

南アフリカ共和国
Eskom ホールディングス

南アフリカ共和国
メデュピ火力発電所
排煙脱硫装置建設事業
準備調査

ファイナルレポート

令和元年 6 月
(2019 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社

アフ
JR
19-013

南アフリカ共和国
Eskom ホールディングス

南アフリカ共和国
メデュピ火力発電所
排煙脱硫装置建設事業
準備調査

ファイナルレポート

令和元年 6 月
(2019 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社

目次

1. 調査概要	1-1
1.1 本事業の必要性	1-1
1.2 基本設計報告書のレビュー	1-3
1.3 調達並びに建設の方針	1-5
1.4 水資源並びに石灰石輸送	1-19
1.5 FGD の仕様	1-23
1.6 本事業の組織体制	1-24
1.7 環境社会配慮	1-25
1.8 施工計画	1-27
1.9 財務経済分析	1-30
2. 序論	2-1
2.1 基本方針	2-1
2.2 調査の実施方法	2-15
3. 本事業の必要性	3-1
3.1 電力セクターの現況	3-1
3.2 本事業の必要性	3-16
3.3 南アフリカの FGD 設置計画	3-20
4. メデュピ TPS の概要	4-1
4.1 メデュピ TPS の概要	4-1
4.2 電力系統との接続計画	4-3
4.3 メデュピ TPS 第 6 号機の運転記録	4-3
5. 発電所位置並びに設置予定地点の特徴	5-1
5.1 設置予定地点の詳細	5-1
5.2 設置予定地点と近接性	5-1
5.3 気候データ	5-5
5.4 地質データ	5-6
5.5 単線結線図	5-9
6. 基本設計のレビュー	6-1
6.1 本事業の範囲	6-1
6.2 基本設計のレビュー	6-1
7. 調達並びに建設の方針	7-1
7.1 南アフリカの建設市場	7-1
7.2 調達・建設方針	7-29

7.3	リスク分析	7-33
7.4	安全対策	7-35
8.	水資源および石灰石輸送	8-1
8.1	水資源	8-1
8.2	石灰石並びに石膏輸送	8-11
9.	前提条件とFGDの仕様	9-1
9.1	前提条件	9-1
9.2	FGDの仕様	9-9
10.	本事業の組織体制	10-1
10.1	Eskomの組織体制にかかる現状	10-1
10.2	既存の発電所におけるFGDの運転・維持管理体制の現状	10-10
10.3	本事業でのFGD導入にかかる組織体制	10-11
10.4	FGD運営・維持管理計画にかかる追加人員の雇用と人材育成計画	10-26
10.5	FGDの運転・維持管理にかかる費用	10-28
11.	環境社会配慮	11-1
11.1	事業の概要	11-1
11.2	環境及び社会の状況	11-2
11.3	南アフリカの環境社会配慮制度・組織	11-13
11.4	代替案の検討	11-25
11.5	スコーピング	11-26
11.6	環境社会配慮調査結果	11-30
11.7	影響評価	11-60
11.8	緩和策	11-63
11.9	モニタリング計画	11-65
11.10	実施体制	11-67
11.11	ステークホルダー協議	11-68
11.12	不可分一体事業及び関連事業	11-76
12.	実施計画	12-1
12.1	事業のパッケージ	12-1
12.2	JICA円借款の範囲	12-1
12.3	本事業実施計画	12-1
12.4	プロジェクト費用の積算	12-7
12.5	支出予想	12-12
12.6	許認可と通関手続き	12-12

13. 財務経済分析	13-1
13.1 財務経済分析の目的・方法	13-1
13.2 財務経済分析で使われる前提条件	13-2
13.3 財務分析	13-6
13.4 経済分析	13-12
13.5 Eskom の財務状況・ガバナンスの課題	13-14
13.6 本事業の期待効果(運用・効果指標)	13-32

表の一覧

表 1.1-1	燃焼施設から発生する排ガス中の汚染物質の最低濃度	1-2
表 1.3-1	大手建設会社により指摘された共通リスク	1-5
表 1.3-2	南アフリカの建設会社の FGD 建設工事の施工能力	1-9
表 1.3-3	石膏発生量	1-11
表 1.3-4	B-BBEE における企業分類	1-13
表 1.3-5	Generic Enterprise 用の配点表における BEE 要素ごとの要求事項並びに配点	1-14
表 1.3-6	BEE 等級への換算表	1-14
表 1.3-7	FGD 構成機器の国内調達可能性	1-15
表 1.5-1	FGD の性能 (100% BMCR)	1-23
表 1.8-1	推奨するパッケージ案	1-27
表 1.8-2	予備品として推奨する部品等の種類と数量の概要	1-28
表 1.8-3	本事業実施費用 (単位: FC and Total: JPY in Million, LC: ZAR in Million)	1-28
表 1.8-4	すべてのパッケージを考慮した本事業建設の支出予想	1-29
表 1.9-1	財務的内部収益率・正味現在価値 (ケース 1: 発電所費用あり)	1-30
表 1.9-2	財務的内部収益率・正味現在価値 (ケース 2: 発電所費用なし)	1-30
表 1.9-3	財務分析 (ケース 1: 発電所費用あり) 感度分析	1-31
表 1.9-4	財務分析 (ケース 2: 発電所費用なし) 感度分析	1-31
表 1.9-5	経済的内部収益率・正味現在価値	1-32
表 1.9-6	経済分析感度分析	1-32
表 1.9-7	運用指標	1-33
表 1.9-8	効果指標	1-33
表 2.1-1	FGD の比較	2-9
表 2.1-2	基本設計の概略内容	2-13
表 2.1-3	基本設計で想定している 6 ケースの結果の概要	2-15
表 3.1-1	2012 年時点の免許済み並びに操業可能な発電所	3-1
表 3.1-2	南アフリカの発電所建設プロジェクトの状況	3-7
表 3.1-3	MTSAO における十分な発電容量の確保のための前提条件	3-12
表 3.1-4	電力セクターに対する世界銀行からの援助	3-14
表 3.1-5	電力セクターに対するアフリカ開発銀行からの援助	3-15
表 3.2-1	大気汚染に係る環境基準	3-16
表 3.2-2	燃焼施設から発生する排ガス中の汚染物質の最低濃度(日平均値)	3-17
表 3.3-1	Eskom の火力発電所の寿命と大気汚染防止対策計画	3-20
表 5.4-1	既存調査資料 (一部抜粋)	5-6
表 6.2-1	湿式 FGD システムのガスクーラー有無の比較	6-4
表 6.2-2	低温 FF システムと低低温 FF システムの比較	6-10
表 6.2-3	腐食の原理	6-14
表 6.2-4	参考火力発電所の石炭性状	6-15
表 6.2-5	Eskom によるパッケージ方針	6-16

表 6.2-6	Eskom により作成された工程(2017 年 3 月時点)	6-17
表 7.1-1	面談企業一覧	7-1
表 7.1-2	大手建設会社により指摘された建設業における共通リスク	7-3
表 7.1-3	建設会社の CIDB 等級判別基準 (単位: ZAR)	7-7
表 7.1-4	建設産業のうち面談企業の B-BBEE 等級 (2017 年 7 月時点)	7-11
表 7.1-5	南アフリカの土木作業費用情報 (単位: ZAR per m ³)	7-11
表 7.1-6	作業階級賃率表 (2018 年 9 月から 2021 年 8 月)	7-12
表 7.1-7	南アフリカの建設会社の FGD 建設工事の施工能力	7-13
表 7.1-8	鉄鋼会社のうち面談企業の B-BBEE 等級 (2017 年 7 月時点)	7-16
表 7.1-9	南アフリカの材料費(単位: ZAR per ton).....	7-17
表 7.1-10	石灰石の代表的性状.....	7-19
表 7.1-11	石膏発生量	7-24
表 7.1-12	B-BBEE における企業分類.....	7-27
表 7.1-13	Generic Enterprise 用の配点表における BEE 要素ごとの要求事項並びに配点	7-28
表 7.1-14	BEE 等級への換算表	7-28
表 7.2-1	FGD 構成機器の国内調達可能性.....	7-30
表 7.4-1	労働安全衛生法の下部に制定されている規則.....	7-36
表 7.4-2	安全衛生の対策が必要な建設作業.....	7-38
表 8.1-1	4 ダムの概要	8-2
表 8.1-2	ダムの月平均貯水池蒸発量	8-3
表 8.1-3	MCWAP Phase 2 の主要な作業スケジュール.....	8-6
表 8.1-4	メデュピ TPS の水使用量.....	8-8
表 8.1-5	メデュピ TPS への給水計画.....	8-9
表 8.2-1	近年 5 年間の貨物鉄道輸送実績	8-12
表 8.2-2	メデュピ FGD 実施プロセス (鉄道部分)	8-14
表 8.2-3	鉄道ヤードに係る線形と本線の設計条件	8-14
表 8.2-4	鉄道ヤードにおける各線の役割	8-15
表 8.2-5	ヤードにおける石灰石の荷卸サイクル.....	8-16
表 8.2-6	ヤードにおける石膏の積載サイクル.....	8-17
表 8.2-7	ヤードにおける石灰石荷役サイクルタイムの概略試算結果	8-18
表 8.2-8	ヤードにおける石膏荷役サイクルタイムの概略試算結果.....	8-18
表 8.2-9	基本設計で想定している 6 ケースの結果の概要	8-19
表 8.2-10	FGD ユニット数と必要日列車本数.....	8-22
表 8.2-11	鉄道パッケージの概要と事業費試算結果	8-25
表 8.2-12	設備投資コスト概要.....	8-26
表 8.2-13	鉄道ヤード運営コスト概要.....	8-26
表 9.1-1	周囲条件.....	9-1
表 9.1-2	燃料性状 (石炭).....	9-3
表 9.1-3	燃料性状 (液体).....	9-4

表 9.1-4	水の性状 (MCWAP phase 1: Mokolo water system)	9-5
表 9.1-5	水の性状 (MCWAP phase 2: Crocodile water system)	9-6
表 9.1-6	FGD の設計条件 (100% BMCR).....	9-7
表 9.1-7	石灰石の仕様	9-7
表 9.1-8	排ガス排出の要求事項.....	9-8
表 9.1-9	副生物品質の要求事項.....	9-8
表 9.2-1	土木工事数量	9-10
表 9.2-2	建築工事数量	9-10
表 10.1-1	メデュピ・プロジェクトの職員構成	10-5
表 10.1-2	メデュピ TPS のジェネレーション (発電)・ディビジョンの職員構成	10-7
表 10.1-3	ユニット 6、5、4 の商業運転にかかる人員構成 (2017 年 10 月現在).....	10-9
表 10.3-1	プロジェクト・ステアリング・コミッティー (PSC) の概要	10-14
表 10.3-2	コンサルタントの業務	10-16
表 10.3-3	FGD 運転のためのシステムと運転員の業務.....	10-22
表 10.3-4	FGD 共通システム運転のためのシステムと運転員の業務.....	10-22
表 10.3-5	点検・メンテナンス対象の FGD 関連機器	10-23
表 10.5-1	FGD の運転・維持管理計画にかかる年間費用.....	10-28
表 11.2-1	レパラレ地区の環境及び社会の状況	11-2
表 11.2-2	国の大気環境基準上限値の超過回数 (2016 年)	11-6
表 11.2-3	メデュピ TPS 周辺の騒音モニタリング結果 (2014 年・2015 年)	11-7
表 11.2-4	メデュピ TPS 内地下水質データ 2016 年(1).....	11-9
表 11.2-5	メデュピ TPS 内地下水質データ 2016 年(2).....	11-10
表 11.3-1	南アフリカの環境法制度の概要.....	11-13
表 11.3-2	国家環境管理法の第 24 項・第 24 項(d)に基づき定められている活動.....	11-15
表 11.3-3	南アフリカ国環境法制度と JICA 環境ガイドライン間のギャップ分析表.....	11-18
表 11.3-4	GN R718 (2008)に示される廃棄物管理活動	11-23
表 11.3-5	廃棄物管理ライセンス申請手続き手順.....	11-23
表 11.3-6	国家水法 1998、21 項に基づく水利用活動	11-25
表 11.3-7	水利用ライセンス申請書手続き	11-25
表 11.4-1	技術検討のための代替案分析	11-26
表 11.5-1	環境社会影響評価におけるスコーピング結果 (工事前・工事中・供用時).....	11-27
表 11.5-2	EIA 実施に係る TOR	11-29
表 11.6-1	大気質シミュレーションの概要.....	11-31
表 11.6-2	メデュピ TPS 最寄のセンシティブレセプター等において予測された大気質	11-32
表 11.6-3	メデュピ TPS 周辺の地下水質データ 2015 年(1).....	11-37
表 11.6-4	メデュピ TPS 周辺の地下水質データ 2015 年(2).....	11-38
表 11.6-5	FGD 事業実施に伴う地下水質への影響検討.....	11-39
表 11.6-6	騒音伝搬モデルの条件	11-42
表 11.6-7	メデュピ TPS における水の需要供給計画	11-50

表 11.7-1	環境社会影響評価結果(工事前, 工事中, 供用時).....	11-60
表 11.8-1	主な提案する緩和策.....	11-64
表 11.9-1	モニタリング計画	11-66
表 11.11-1	DSR 段階における住民公開方法及び概要.....	11-70
表 11.11-2	DSR に係る主要ステークホルダー協議会及び住民協議会の概要.....	11-71
表 11.11-3	FSR に対する住民公開方法及び概要.....	11-72
表 11.11-4	DEIR に対する住民公開方法及び概要.....	11-73
表 11.11-5	DEIR に係る主要ステークホルダー協議会及び住民協議会の概要	11-74
表 11.12-1	メデュピ TPS 事業の環境影響評価の実施状況	11-76
表 11.12-2	メデュピ TPS 事業における環境社会配慮の確認.....	11-77
表 11.12-3	メデュピ TPS 事業実施に伴う環境影響評価の概要 (Medupi PS EIA 2006).....	11-79
表 11.12-4	メデュピ TPS 事業実施に伴う大気環境予測結果(Medupi PS EIA 2006)	11-80
表 11.12-5	メデュピ TPS 事業の環境許可付帯条件の対応状況	11-82
表 11.12-6	世界銀行インスペクション・パネルの手続き状況	11-83
表 12.1-1	推奨するパッケージ案	12-1
表 12.3-1	施工工程計画.....	12-2
表 12.3-2	FGD の全体配置	12-4
表 12.3-3	建設の手順案.....	12-5
表 12.3-4	国道における輸送の制限値.....	12-5
表 12.3-5	最大軸重.....	12-6
表 12.3-6	メデュピ TPS の東門付近の様子.....	12-6
表 12.4-1	FGD の建設費用の積算 (ZAR = JPY : 7.94).....	12-8
表 12.4-2	予備品として推奨する品目の種類と数量の概要	12-10
表 12.4-3	本事業実施費用 (単位: JPY in Million)	12-11
表 12.5-1	すべてのパッケージを考慮した本事業の支出予想.....	12-12
表 12.6-1	GN R718 (2008)に示される廃棄物管理活動	12-13
表 12.6-2	水利用ライセンス申請書手続き	12-13
表 13.2-1	財務経済分析のケース	13-2
表 13.2-2	資産種類に基づく減価償却年数	13-2
表 13.2-3	メデュピ TPS の商業運転スケジュール.....	13-3
表 13.2-4	kWh あたり石炭費用	13-4
表 13.2-5	発電所・FGD の必要水量.....	13-4
表 13.2-6	GWh あたり石灰石費用.....	13-4
表 13.2-7	所内率・送配電ロス.....	13-6
表 13.2-8	標準変換係数.....	13-6
表 13.3-1	発電所の過去支出費用の現在価値	13-7
表 13.3-2	本事業完工時の財務費用 (ケース 1 : 発電所費用含む)	13-7
表 13.3-3	財務費用年次支出 (ケース 1 : 発電所費用含む)	13-8
表 13.3-4	本事業完工時の財務費用 (ケース 2 : 発電所費用含まず)	13-8

表 13.3-5	財務費用年次支出（ケース 2：発電所費用含まず）	13-8
表 13.3-6	財務便益	13-9
表 13.3-7	増分収益（ケース 1：発電所費用あり）	13-9
表 13.3-8	増分収益（ケース 2：発電所費用なし）	13-10
表 13.3-9	FIRR・FNPV（ケース 1：発電所費用あり）	13-10
表 13.3-10	FIRR・FNPV（ケース 2：発電所費用なし）	13-10
表 13.3-11	ケース 2 に適用した料金の標準料金レベルへの影響	13-11
表 13.3-12	財務分析（ケース 1：発電所費用あり）感度分析	13-11
表 13.3-13	財務分析（ケース 2：発電所費用なし）感度分析	13-11
表 13.4-1	完工時の本事業経済費用（FGD 費用のみ）	13-12
表 13.4-2	経済費用年次支出	13-12
表 13.4-3	増分経済便益	13-13
表 13.4-4	経済的内部収益率・正味現在価値	13-14
表 13.4-5	経済分析感度分析	13-14
表 13.5-1	Eskom 連結損益計算書(2015-2017)	13-15
表 13.5-2	総収益に対する費用・利益の割合	13-16
表 13.5-3	Eskom 債務残高・借入コスト	13-16
表 13.5-4	2017 年 3 月 31 日時点の Eskom 信用格付け	13-16
表 13.5-5	Eskom 連結貸借対照表(2015-2017)	13-17
表 13.5-6	Eskom 連結キャッシュフロー計算書 (2015-2017)	13-18
表 13.5-7	Eskom 向け政府保証	13-19
表 13.5-8	地方自治体の延滞債務	13-19
表 13.5-9	Eskom 連結中間損益計算書 (2017/4-9)	13-20
表 13.5-10	Eskom 連結中間貸借対照表(2017/4-9)	13-21
表 13.5-11	Eskom 連結中間キャッシュフロー計算書 (2017/4-9)	13-21
表 13.5-12	Eskom の規則に反した支出	13-22
表 13.5-13	2018/19 年総許容収益の概要	13-23
表 13.5-14	標準料金価格	13-23
表 13.5-15	規定による調整勘定の詳細	13-24
表 13.5-16	売電量の計画・実績値	13-25
表 13.5-17	モニタリング指標	13-27
表 13.5-18	売電量の計画・実績値	13-28
表 13.5-19	総収益に対する費用の割合	13-29
表 13.5-20	総収益に対する EBITDA の割合	13-29
表 13.5-21	Eskom キャッシュフローの過去の傾向・予想	13-30
表 13.6-1	運用指標	13-32
表 13.6-2	効果指標	13-32

図の一覧

図 1.2-1	工程案	1-4
図 1.3-1	建設最大手 9 会社の市場価格(単位: Bil. ZAR)	1-5
図 1.3-2	輸送経路図	1-16
図 1.4-1	調査対象位置図	1-19
図 2.1-1	石灰-石膏法のイメージ	2-5
図 2.1-2	水酸化マグネシウム法のイメージ	2-6
図 2.1-3	スプレードライヤー法のイメージ	2-6
図 2.1-4	循環法のイメージ	2-7
図 2.1-5	石炭灰利用法	2-8
図 2.1-6	Eskom による CDS と石灰-石膏法の比較	2-10
図 2.1-7	本事業の範囲	2-11
図 2.1-8	発電所周辺の概況	2-12
図 3.1-1	南アフリカの電力供給構造	3-1
図 3.1-2	ピーク需要並びに供給能力 (2008 to 2016)	3-3
図 3.1-3	2010 年時点の GDP 予測と実際の GDP	3-4
図 3.1-4	2010 年時点のエネルギー需要予測と実際の需要	3-5
図 3.1-5	エネルギー効率の推移(1990 年から 2016 年)	3-5
図 3.1-6	2018 年時点のエネルギー需要予測	3-6
図 3.1-7	Eskom 発電所の稼働予測	3-8
図 3.1-8	Eskom の発電所の概要	3-9
図 3.1-9	Eskom の発電所の位置	3-10
図 3.1-10	発電所の廃止予定	3-11
図 3.1-11	電力セクターに対する世界銀行からの援助	3-13
図 3.1-12	電力セクターに対する世界銀行からの援助	3-14
図 3.3-1	Eskom 大での FGD 設置計画	3-21
図 4.1-1	メデュピ TPS の配置	4-2
図 4.2-1	南アフリカの電力系統図 (400 kV 以上)	4-3
図 4.3-1	試運転時からの 6 号機の電力利用率	4-4
図 4.3-2	Eskom の既設の石炭発電所の PCLF (2000 - 2013)	4-4
図 4.3-3	試運転時からの 6 号機の予定内容量損失率	4-5
図 4.3-4	Eskom の既設の石炭発電所の予定内発電量損失率 (2000 - 2013)	4-5
図 4.3-5	試運転時からの 6 号機の予定外容量損失率	4-6
図 4.3-6	Eskom の既設の石炭発電所の予定外発電量損失率 (2000 - 2013)	4-7
図 4.3-7	試運転時からの 6 号機の予定外解列率	4-7
図 5.1-1	FGD 設置予定区画の概観	5-1
図 5.2-1	ベルトコンベアと道路の離隔	5-2
図 5.2-2	吸収塔の輸送のイメージ	5-2
図 5.2-3	各号機のダクト周辺の様子	5-3

図 5.2-4	FGD の設置予定区画の現況.....	5-4
図 5.2-5	仮設資材置き場の候補地	5-4
図 5.3-1	レパラレの気温・雨量グラフ (2016).....	5-5
図 5.4-1	ユニット 2 FGD 基礎岩盤	5-7
図 5.4-2	ボーリング調査位置.....	5-8
図 5.4-3	地質縦断図 (岩盤境界)	5-8
図 5.5-1	単線結線図 (供給側).....	5-9
図 5.5-2	単線結線図 (負荷側).....	5-10
図 6.1-1	本事業範囲のイメージ.....	6-1
図 6.2-1	BUF 付加のノン・リーク型 GGH システム.....	6-7
図 6.2-2	ノン・リーク型 GGH システム.....	6-8
図 6.2-3	螺旋型ミスト除去器のイメージ	6-9
図 6.2-4	ガスクーラーの位置/型式によるシステム構成.....	6-12
図 6.2-5	石灰石粉末噴霧装置のイメージ	6-12
図 6.2-6	D/S 比と湿/乾状態の相関図.....	6-13
図 6.2-7	ガスクーラーでの硫酸の振舞いのモデル.....	6-14
図 6.2-8	メデュピ TPS と参考火力発電所での D/S 率の例	6-15
図 6.2-9	パッケージの推奨	6-16
図 7.1-1	建設最大手 9 会社の市場価格(単位: Bil. ZAR).....	7-2
図 7.1-2	Eskom、Transnet 並びに Sanral による支出 (単位: Bil. ZAR).....	7-2
図 7.1-3	エネルギー関連建設にかかる支出 (単位: Bil. ZAR).....	7-3
図 7.1-4	各等級の建設会社の数 (2015 年 7 月時点)	7-7
図 7.1-5	南アフリカの石灰石並びにドロマイトの産地	7-18
図 7.1-6	石灰石鉱山のイメージ	7-22
図 7.2-1	輸送経路図.....	7-31
図 7.2-2	重機情報.....	7-32
図 7.4-1	南アフリカにおける安全にかかる法体系.....	7-35
図 7.4-2	建設作業の開始前の安全衛生手続き	7-37
図 8.1-1	調査対象位置図.....	8-1
図 8.1-2	レパラレ地域の水需要予測.....	8-2
図 8.1-3	3 ダム下流からタバジンビまでの残流域概略図.....	8-4
図 8.1-4	排水処理場の概略図.....	8-7
図 8.1-5	メデュピ TPS への水供給計画模式図.....	8-9
図 8.2-1	貨物鉄道インフラの概略図.....	8-12
図 8.2-2	鉄道ヤードにおける各線の概要	8-15
図 8.2-3	Rotary Car Dumper のイメージ	8-20
図 8.2-4	オープンワゴンの例 (CAR Type Wagon).....	8-20
図 8.2-5	ホッパー車の例.....	8-20
図 8.2-6	石灰石輸送経路 (Lime Acers – メデュピ FGD Site を鉄道で輸送する場合).....	8-21

図 8.2-7	概略経路図と輸送時間.....	8-22
図 8.2-8	石灰石輸送に係る供給元、TFR と Eskom の役割分担.....	8-23
図 8.2-9	2017 年 9 月時点におけるメデュピ FGD ヤードの状況.....	8-24
図 8.2-10	2017 年 9 月時点の石灰石山元(Lime Acers, PPC) の状況.....	8-25
図 9.1-1	FGD システム構成図.....	9-2
図 9.1-2	FGD 設置後の排ガス系統図.....	9-3
図 9.2-1	上部構造別 建築建屋配置図.....	9-11
図 10.1-1	Eskom の組織体制.....	10-2
図 10.1-2	グループ・キャピタル・ディビジョンの組織体制.....	10-2
図 10.1-3	Eskom の主な子会社.....	10-3
図 10.1-4	メデュピ・プロジェクトの組織体制（概要）.....	10-4
図 10.1-5	メデュピ・プロジェクトの組織体制（詳細）.....	10-4
図 10.1-6	メデュピ TPS のジェネレーション（発電）・ディビジョン傘下の機能別グループ.....	10-6
図 10.1-7	メデュピ TPS のオペレーティング・グループの組織体制.....	10-8
図 10.1-8	メデュピ TPS のメンテナンス・グループの組織体制.....	10-8
図 10.1-9	メデュピ TPS のエンジニアリング・グループの組織体制.....	10-9
図 10.2-1	クシレ TPS の FGD の運転体制（すべての FGD 設置後の想定）.....	10-10
図 10.3-1	基本設計における本事業の組織体制.....	10-12
図 10.3-2	PSC を含む事業組織体制図（案）.....	10-14
図 10.3-3	設計（Engineering）に必要な人員数の推移（想定）.....	10-18
図 10.3-4	コンストラクション・マネジメント・チームの組織体制.....	10-20
図 10.3-5	基本設計における FGD の運転・維持管理体制.....	10-24
図 11.1-1	メデュピ TPS の位置図.....	11-2
図 11.2-1	メデュピ大気質モニタリング地点.....	11-4
図 11.2-2	各汚染物質の月別平均濃度(1)（2016 年）.....	11-5
図 11.2-3	各汚染物質の月別平均濃度(2)（2016 年）.....	11-6
図 11.2-4	メデュピ TPS 周辺騒音モニタリング地点(2014,2015).....	11-7
図 11.2-5	メデュピ TPS 内水質モニタリング地点.....	11-8
図 11.2-6	メデュピ TPS 事業地.....	11-11
図 11.2-7	メデュピ TPP 事業地内施設配置図.....	11-12
図 11.3-1	南アフリカにおけるスコーピング及び EIA 実施手順.....	11-16
図 11.3-2	南アフリカにおける環境部局（DEA）組織図.....	11-17
図 11.3-3	廃棄物管理ライセンス申請手続きのためのスコーピング及び EIR フロー.....	11-24
図 11.6-1	メデュピ TPS における FGD 有/無の場合の SO ₂ NAAQS 超過範囲(1 時間値).....	11-33
図 11.6-2	メデュピ TPS における FGD 有/無の場合の SO ₂ NAAQS 超過範囲(24 時間値).....	11-34
図 11.6-3	メデュピ TPP 周辺の地下水観測地点（2015 年）.....	11-36
図 11.6-4	Class C 埋め立て処分場ライナーシステム.....	11-41
図 11.6-5	FGD 事業実施に伴う騒音レベル予測結果（等価騒音レベル）.....	11-43
図 11.6-6	FGD 事業実施に伴う騒音レベル予測結果（上昇レベル）.....	11-44

図 11.6-7	調査地域の植生分布(from Abell et. al. 2018).....	11-46
図 11.6-8	改変予定区域及びその周辺における保護上重要な動物種確認位置図 (from Abell et. al. 2018).....	11-47
図 11.6-9	メデュピ TPP 周辺の湿地の分布状況	11-49
図 11.6-10	DWS 水供給計画図.....	11-51
図 11.6-11	MCWAP Phases 1 and 2 位置図 (Tabazimbi-Lephalale).....	11-52
図 11.6-12	MPS 周辺の道路ネットワーク.....	11-53
図 11.6-13	ピーク時の交通量 – ネルソン・マンデラ・ドライブ及び D1675 交差点.....	11-54
図 11.6-14	導水配管レイアウト図	11-55
図 11.6-15	医療援助を求めた人々の診断結果 (Lephalale,Marapong 及び Steenbokpan)	11-56
図 11.10-1	メデュピ TPS の建設段階における環境コミュニケーションの枠組み	11-67
図 11.10-2	メデュピ TPS の供用段階における環境コミュニケーションの枠組み	11-68
図 12.4-1	仮設区画.....	12-3
図 13.5-1	2017 年 3 月 31 日時点の Eskom 債務支払い期限プロファイル	13-18

1. 調査概要

1.1 本事業の必要性

1.1.1 業務の背景と目的

南アフリカ共和国(以下、南アフリカ)では、経済成長に伴って電力需要が増加し、NERSA に資料によれば(後述の図 3.1-2)、ピーク電力需要が 2008 年時点で約 37,000 MW であるのに、全電力容量は約 40,000 MW であった。これは電力供給の予備容量が 7.5%しかなく、電力の需給が極めて逼迫していることを意味する。石炭火力は電源の 80%を占めるほど主要な位置にあるが、長きにわたり、排煙脱硫装置(FGD: Flue Gas Desulfurization)が設置されている石炭火力発電所は存在しなかった。南アフリカ政府は 2010 年 3 月に同国政府の大気保全法を改正し、新規の石炭火力発電所による SO₂の排出基準を、2020 年 4 月までに 500 mg/N m³以下(既存の石炭火力発電所の排出基準は 2015 年までに 3,500 mg/N m³以下とする。)と定めた。このため、この法改正前から建設事業が開始されていた同国最大規模の石炭火力発電所であるメデュピ火力発電所(以下、メデュピ TPS (Thermal Power Station))においても、法改正により FGD を設置することが必要となった。一方、2019 年 5 月時点で、メデュピ TPS の 6、5、4 号機は 2015 年 8 月、2017 年 4 月、2017 年 11 月にそれぞれ商用運転を開始し、残りの 3 基は 2020 年 12 月ころまでにそれぞれ商用運転となる計画である。環境省(DEA : Department of Environmental Affairs)による履行期限の延期の承認以降、6 基の FGD の設置並びに運転開始のための履行期限は 2025 年 3 月末となった。また、2018 年の法改正でさらに 5 年の延長も求めることができるようになっている。さらに、発電所建設事業に融資する世界銀行(WB: World Bank)と Eskom、(Eskom: 南アフリカ電力公社)は運転開始後 6 年以内に FGD を設置することを合意している。これに加え、メデュピ TPS がリンポポ州に位置するため、Eskom はリンポポ州政府(Limpopo Provincial Government)により発出された大気排出免許(AEL: Atmospheric Emissions License)を遵守しなければならない。AEL の 7.1.4 節は被免許事業者、すなわち Eskom が各々のユニットの最初の試運転から 6 年以内に FGD を設置することを求めている。

このように、「メデュピ火力発電所排煙脱硫装置建設事業」(以下、本事業)を実施することにより、この排出基準を遵守することが、緊急且つ重要な課題となっている。このような背景の下、Eskom は資金源の多様性の確保のために、メデュピ TPS に FGD を設置するための借款供与を検討することを JICA に対して要請した。

本調査は、実施機関である Eskom による基本設計調査報告書(以下、基本設計)をレビューした上で、本事業の必要性、概要、最適案の提案、事業費、実施スケジュール、実施方法(調達・施工)、事業実施体制、運営・維持管理体制、環境社会配慮等について円借款の審査に必要な調査を行うものである。

1.1.2 大気保全法の最低排出ガス基準

表 1.1-1 に固形燃焼施設を対象とした排ガス基準の概要を示す。既存の燃焼施設に該当するメデュピ TPS からの排ガス中の二酸化硫黄濃度の限度は、以下のように設定される。

2015 年 4 月 1 日から 3500 mg/Nm³ (at 273K, 101.3 kPa and 10% O₂) : 既存施設対象基準

2020 年 4 月 1 日から 500 mg/Nm³ (at 273K, 101.3 kPa and 10% O₂) : 新規施設対象基準

しかしながら、その後、本報告書 3.2.4 節に示す通り、リンポポ州からの排出ガス許可(AEL)発行の過程でメデュピ TPS における適用開始時期が審議され、新規の燃焼施設を対象とした基準 (500 mg/Nm³)を適用する時期が見直されている。

NEMAQ の第 21 項の最低排出ガス基準の補足として 2018 年 10 月の政令 No.1207 の第 3 項において、“新規”施設に該当する規制値の遵守期間の延長は 1 回きりで通達から 5 年間以内、2025 年 3 月 31 日までと規定されている。一方、メデュピ TSS は既存の燃焼施設に該当することから、同政令において“既存”施設の場合は“新規”施設を対象とした最低排出ガス基準の遵守の発効を 2030 年の 3 月 31 日まで延期するための申請が可能と規定されている。

表 1.1-1 燃焼施設から発生する排ガス中の汚染物質の最低濃度

適用	All installations with design capacity equal to or greater than 50MW heat input per unit, based on the lower calorific value of the fuel used.		
物質または物質混合物		施設の状態	mg/Nm ³ 標準状態 (酸素 10% , 273 Kelvin、 気圧 101.3kPa.)
一般名称	化学式		
粒子状物質	N/A	新規	50
		既存	100
二酸化硫黄	SO ₂	新規	500
		既存	3500
窒素酸化物	NOx expressed as NO ₂	新規	750
		既存	1100

備考 : Compliance Time Frames

New Plant must comply with the new plant minimum emission standards from 01 April 2010

Existing Plant must comply with minimum emission standards for existing plant by 01 April 2015

Existing Plant must comply with minimum emission standards for new plant by 01 April 2020

出典: Government Notice No.248 (2010) of National Environmental Management: Air Quality Act (Act 39 of 2004)

1.1.3 リンポポ州政府による排出ガス許可

排ガス許可(Atmospheric Emissions License :AEL)では、排ガス基準と遵守期間が指定される。発電所は政令第 248 号 (表 1.1-1 参照)に基づき既存の燃焼施設としてカテゴリ 1 に分類され、同政令に定められる期間までに二酸化硫黄の排ガス濃度を 500mg/Nm³ 未満にしなければならないとされている。

1.2 基本設計報告書のレビュー

1.2.1 性能保証

Eskom は、当初、FGD をシュタインミュラー・エンジニアリング社(Steinmuller Engineerin. 独国の設計会社。本邦の IHI の 100%子会社)よりライセンスを受けて、基本設計、詳細設計をブラックアンドベッチ社(Black & Veatch 。米国の EPC 会社)に委託し、性能保証については自ら責任を持つよう計画していた。

同様なビジネスモデルの例は、米国において日本の FGD プラントメーカーからライセンスを受けて米電力会社が脱流装置を設計製造している例がある。このようなビジネスモデルは、高レベルの技術を Eskom に供与する利点を有する。一方で、その場合 Eskom は性能面での全責任とリスク、さらには納期管理の責任まで負うことになる。

1.2.2 ガスクーラーの採用の推奨

FGD を節水するためのガスクーラーは、使用水量を節約でき、環境保全の観点からも採用すべきである。

また FGD の吸収塔、ガスクーラー、場合によってはガス再加熱器も追加設置することによる通風抵抗の増加は、既設の通風装置の能力の余裕の範囲内に収まり、通風力を増強させるための IDF の追加や要領増強などの改造は発生しない。

1.2.3 工程案

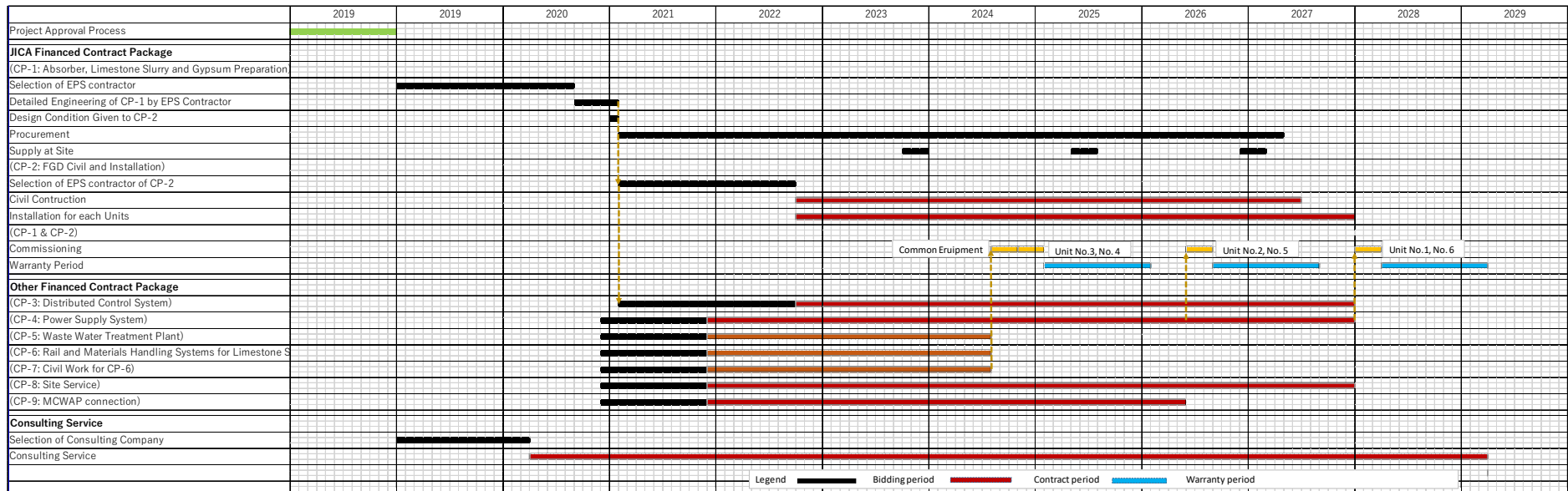
工程案を図 1.2-1 に示す。

1.2.4 適用すべき規格

基本設計では、以下のように述べている。

“設計並びに作業の仕様は基本的に Eskom 基準もしくは南アフリカ基準に基づいてなされなければならない。ただし、Eskom 基準もしくは南アフリカ基準のいずれも適用できない場合には、英国基準を使用する。もし、英国基準を適用できない場合には米国基準もしくは国際基準を使用する。”

基本設計は適用すべき基準や規程を指し示しているが、FGD の性能保証試験の手順については規定していない。もし、Eskom が自ら FGD の性能保証をするのであれば問題ない。しかし、もし FGD 製作者に性能保証させる場合には、ASME など FGD の性能保証試験の手順を規定しておくべきである。そのため、JICA 調査団は性能保証試験の手続き PTC40-2017 を、入札資料で記載する適用すべき規格の項に追記することを推奨する。



出典: JICA 調査団にて作成

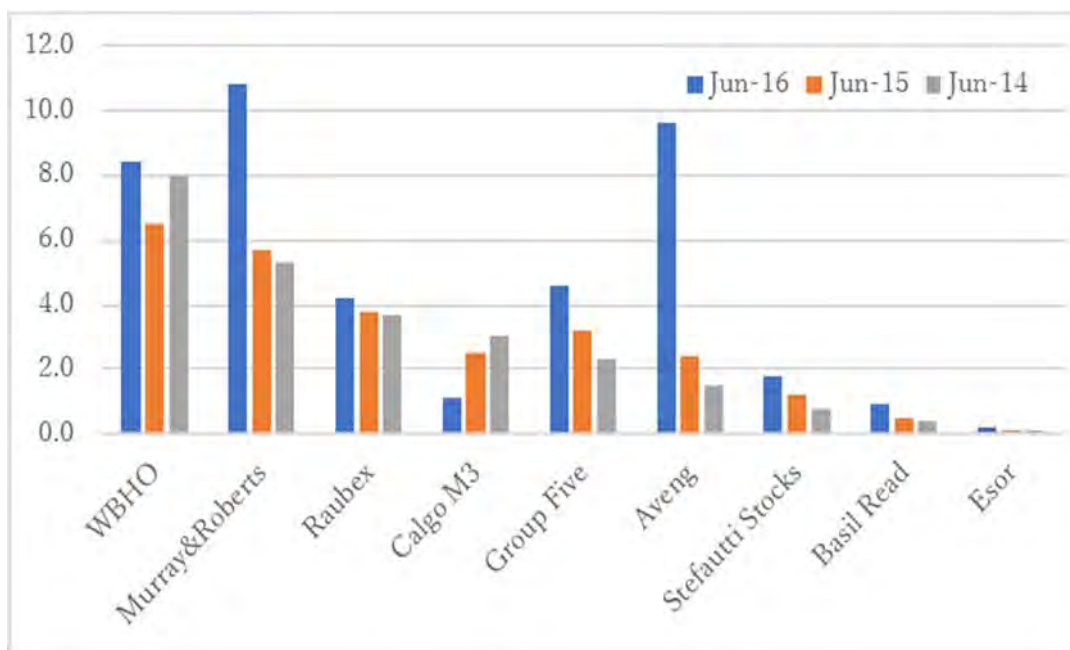
図 1.2-1 工程案

1.3 調達並びに建設の方針

1.3.1 南アフリカの建設市場

(1) 一般情報

南アフリカにおける建設業界は、2009 年以降この業界が不況に見舞われているにもかかわらず、雇用確保と経済成長に寄与している。この業界の 9 会社、すなわち、WBHO, Murray & Roberts、Raubex、Calgro M3、Group Five、Aveng、Stefautti Stocks、Basil Read、Esor は南アフリカで主要な位置を占めている。建設最大手 9 会社の市場価格を図 1.3-1 に示す。



出典: SA construction 4th Edition, pwc

図 1.3-1 建設最大手 9 会社の市場価格(単位: Bil. ZAR)

大手建設会社により指摘された共通リスクを表 1.3-1 に示す。

表 1.3-1 大手建設会社により指摘された共通リスク

Challenges	Actions required by industry
<p>B-BBEE and Transformation</p> <p>Transformation is a key challenge in South Africa. Despite significant progress since the establishment of a democratic government in 1994, South African society is characterized by income and social service inequalities.</p>	<p>Proactive monitoring of compliance with B-BBEE codes and employment equity targets as well as changes to legislation are imperative in the South African construction industry. Timely transformation strategies (or compliance planes) should follow in order to remain competitive and achieve transformation goals.</p> <p>The transformation commitment in the October 2016 settlement agreement clearly indicate the high importance attributed to</p>

	transformation by both Government and the industry.
In 2007, the Department of Trade and Industry released original B-BBEE codes, Nine sectors, including construction, have their own codes and the Construction Sector Charter on Black Economic Empowerment was issued in June 2009. Compliance with the Charter by the industry is seen as not only society but also economically imperative.	Construction companies increased their participation in discussions about the new B-BBEE codes while adjusting business practices to be compliant with new codes.
In May 2015, the new B-BBEE codes were gazetted. The amendments to the codes significantly changed the manner in which companies' B-BBEE status is calculated, increasing the number of points required to achieve a particular level. On 4 March 2016, the Minister of Public Works, Thulas Nxesi, convened a high level meeting of construction industry captains and principals with the view to mapping out an urgent way forward in the finalization of the gazette of the Construction Sector Code.	Other strategic responses included various empowerment programmes, a focus on management control and skills development, other internal initiatives and headhunting.
Non-compliance with employment equity could negatively impact companies in the following manner; Reduce their ability to win tenders; Increase the likelihood of client sanctions and sanctions from the Department of Labor; and Increase the possibilities of penalties being imposed on South African projects.	
Health, Safety and Environmental Sustainability	
Construction is inherently a high-impact and dangerous industry. Any major incident, while a tragedy in its own right, also has implications for the reputation and ability of the entity involved to procure work in certain sectors. The construction industry has a less than 50 percent rate of compliance with health and safety standards.	Health, safety and environmental statistics have improved in recent years. However, this needs to be monitored, and reporting of statistics
Industrial Action	
Ongoing industrial unrest in South Africa continues to cause project delays and disruptions, affecting safety, productivity and profitability. It also adds a further hurdle to the decision-making process for investment in new capital projects.	In order to mitigate the risk of labor unrest and prevent significant project disruptions and delays, open communication between unions and construction companies to monitor and resolve potential labor issues is essential.
Strikes have reached a new level in terms of number, duration and violence and have inflicted significant damage to the economy in both the short and medium term.	Strike mitigation plans must be put into place, proactive labor relations strategy with allowances in tenders for labor unrest.
This has had an impact on both project and business performance. The recent wide-scale and prolonged industrial action has placed pressure on the underlying contractual relationships.	Proactive engagement with communities prior to project commencement assists to manage expectations.
Liquidity Risk	
A lack of sufficient working capital increases exposure to liquidity risk. This may negatively impact credit, acquisitions and growth opportunities.	It is essential that cash-flow requirements over the life of a contract be considered at the tendering stage, together with robust

	working capital cash-flow management.
The negative conditions experienced in the economy has contributed to the liquidity problems experienced by construction companies as well as the significant cash outlays required for new projects.	Close monitoring and management of outstanding claims and project overheads and tougher debt collection measures are also essential to to mitigate liquidity risk.
Talent Management and Staff Retention	
People are an entity's most important asset, and various specialist skills are required to deliver projects successfully. South Africa's construction industry has grown significantly in size over the last decade, resulting in a skills shortage in the industry at all grades. Loss of skills and expertise affects the ability of companies to successfully complete contracts and undermines expansion. Growth strategies place high demands on companies to maintain appropriate leadership capacity, and this has been a continued focus of 2016.	A remuneration policy focusing on performance and the retention of key talent is essential for the sustainability of a business. Regular succession reviews to identify potential talent retention risks and career planning strategies should be undertaken, as should in-house training, promotion from within and development initiatives.
Growth, expansion and operational performance	
Growth in the South African construction industry has declined in recent years due to; <ul style="list-style-type: none"> • The decline in business confidence and the volatile labor market; • Government's reduced spending on infrastructure projects; • Competition in the industry, which has continued to drive down margins; • Limited expansion into new markets, which has been hampered by volatile commodity prices and exchange rates 	In order to address the risks posed to growth and expansion, companies need to; <ul style="list-style-type: none"> • Focus on effective contract negotiation on equitable terms, and efficient contract management; • Align capacity with planned with SA Government spend; • Focus on gaining a competitive edge in the market; and • Explore growth options in new and emerging markets
Poor performance has also been concern. Due to the competitive nature of the market, combined with skills shortages, places pressure on companies to deliver on projects.	The implementation and monitoring of project management procedures a policies over the life cycle of a project and the assignment of accountability are imperative in mitigating the risks posed to project execution.
Poor execution of contracts results in margin erosion and losses. This includes the risk of poor quality control on site, which results in rework, increased costs and delayed delivery of contracts.	Increased focus on closing out loss-making projects, improving efficiencies and productivity.
Macro-Economic Environment	
Continued poor economic performance by the South African economy has had a negative financial impact on business and their operations. This affects business and investor confidence and limits for capital projects and infrastructure.	Maintaining key stakeholder relationships in order to assist in winning of new work in this depressed cycle.
Tender Risk	
There is inherent risk in the tendering process as it requires educated and highly judgmental views to be taken on pricing, mark-up, geological conditions, and the quality and availability of materials.	To mitigate tender risk, extensive tender risk assessment procedures need to be undertaken at the tendering stage of each project.

There is a risk of bidding for and winning contracts on onerous terms or under unacceptable commercial conditions.	Experienced estimators should be involved in contract pricing, which is to be subject to review by senior management.
Legislation and Regulatory Compliance	
Non-compliance with applicable legal and regulatory requirements may lead to reputational damage, penalties and fines and may impact the entities operations. The increasingly complex regulatory landscape requires entities to meet new regulatory requirements and stakeholder expectations while supporting performance objectives, sustaining value and protecting the brand.	Compliance with regulatory and legislative requirements is imperative in preventing loss to a business and maintaining a company's reputation in the industry.

(2) 企業の DICB

南アフリカには建設産業振興委員会(CIDB:Construction Industry Development Board)がある。

CIDB の役割は、南アフリカの経済社会に対して建設産業がよりよい貢献を推進、促進することである。とりわけ CIDB は、建設調達の均一化、効率的効果的なインフラ建設、建設産業の業績改善、振興セクターの発展、技能の発展を推進しなければならない。

CIDB 登録には公的部門の 200,000ZAR 以上のプロジェクト、民間並びに国有企業体の 10Mil. ZAR 以上のプロジェクトが登録されている。建設会社の CIDB 登録は建設産業振興委員会法の 5(1)(d)節により設立された制度であり、CIDB に公的部門購入を推進し、建設会社発展の促進に資する方法で建設会社を区分する登録制度の確立を要求している。これは南アフリカで建設会社にとっての唯一の登録ならびに格付け制度であり、公共部門の工事に参画を希望するすべての建設会社は、住宅建設会社、作業員を派遣するのみの下請会社を除いて、CIDB に登録しなければならない。CIDB 登録は、請負ったプロジェクトに基づく建設会社の能力に応じて等級 1 から等級 9 の 9 段階に分類されている。

(3) 本事業の建設可能性

南アフリカの建設会社の FGD 建設工事の施工能力を表 1.3-2 に示す。JICA 調査団の経験では、FGD 建設工事は 12 分野、すなわち、通信仮設、通信本設、FGD 吸収塔、ダクト、配管、構造物、電気、鋼構造物、機械、制御、鉄道、変圧器工事である。南アフリカの建設会社は押しなべて通信工事が弱い。AVENGE、GROUP FIVE 並びに Stefanutti Stocks Civils はほかの分野の工事については概ね対応可能である。

表 1.3-2 南アフリカの建設会社の FGD 建設工事の施工能力

項目	AVENG	GROUP FIVE	Stefanutti Stocks Civils	WBHO
Construction for IT & Communication	N/A	N/A	N/A	N/A
Permanent Plant IT & Communication	N/A	N/A	N/A	N/A
FGD Absorber Construction	N/A	Capable	Capable	Capable
Duct Construction	Capable	Capable	Capable	Capable
Piping Construction	Capable	Capable	Capable	Capable
Structure Construction	Capable	Capable	Capable	Capable
Electrical Construction	Capable	Capable	Capable	N/A
Superstructure Construction	Capable	Capable	Capable	Capable
Mechanical Construction	Capable	Capable	Capable	N/A
C&I Installation	Capable	Capable	Capable	N/A
Rail Road Construction	Capable	Capable	Capable	Capable
Substation Construction	Capable	Capable	Capable	N/A

N/A: Not Available

出典: 南アフリカの建設会社からのインタビューに基づいて JICA 調査団にて作成

1.3.2 南アフリカの石灰石市場

(1) 石灰石の調達

1) IDWALA

IDWALA は、南アフリカで最も大きい石灰石メーカーの一つである。IDWALA は 1 ユニットあたり毎月 10,000 トン、粒径 20-8 mm の石灰石をクシレ火力発電所（以下、クシレ TPS）に納入している。

IDWALA は年間 1.3 百万トンの石灰石供給能力を有する。

現在、IDWALA はダニエルスカイルからヴェリーニヒングまで石灰石を鉄道輸送している。ヴェリーニヒングからクシレ TPS までは、ティップパートラックを用いて石灰石を道路輸送している。

IDWALA は 95% 以上の純度の石灰石のみ取り扱っており、それより低い順度の石灰石の取扱はない。

2) PPC

PPC は、南アフリカで最も大きい石灰石メーカーの一つである。現在、PPC はメデュピ TPS およびクシレ TPS のいずれにも石灰石を納入していない。

PPC は山元のライムエーカーズ から Botswana Power Corporation に道路輸送で FGD 用の石灰石を輸送している。

PPC は 96% の純度の石灰石を取り扱っており、それより低い順度の石灰石の取扱はない。

3) Afri-Roads

Afri-Roads は石灰石や石膏製品を取り扱う企業である。

Afri-Roads は自社でトラックを保有しておらず、石灰石輸送のためには一時的にトラッ

クを借りている。また、石灰石の輸送に鉄道を用いる場合には、Transnet との契約もある。

Afri-Roads は 5 つの石灰石メーカから代理店契約を受けている。

Afri-Roads は天然の石膏および人工の石膏を取り扱う。Afri-Roads によれば、現在南アフリカでは石膏が不足しており、2017 年 10 月現在、Afri-Roads は中東から石膏を輸入している。Afri-Roads によれば、南アフリカの石膏市場は毎月 400,000 トンの需要がある。

一方で、Afri-Roads は現在毎月 22,000 トンの石膏を取り扱っており、そのほとんどが粉末状かペースト状である

(2) FGD に使用される石灰石の仕様の検討

1) 純度

2018 年 1 月時点で、メデュピ TPS の必要量に耐えうる供給が可能な鉱山は、純度 95% 以上の石灰石を生産する PPC または IDWALA のみである。

もし、85%を採用する場合には、石灰石事業者は石油資源開発法の手続きに則って鉱山を開発する必要がある。建設に期限が定められている FGD の建設を円滑かつ確実に進捗することを考慮すると、鉱山開発事業者との協議を伴う新たなリスク要因を許容するより、既に開発されている鉱山の活用を前提とするほうが低リスクである。

そのため、FGD の基本設計で純度 85%の石灰岩について言及しているが、純度 85%の鉱山は 2018 年 1 月現在では開発されていないため、除外することが妥当である。

2) 粒度

前述の通り、石灰石事業者は、大きい石灰を砕いて篩いにかけて後にメデュピ TPS に納入することになる。細かい粒径の石灰石は、石灰石事業者側での加工の手間が多くなり、高価格となる。また、細かい粒径の石灰石は輸送時の散逸などの恐れがある。

クシレ TPS へ納入される石灰石 (IDWALA) は、8-20mm 径であり、メデュピ TPS においても同じ粒径の石灰石を提案する。

なお、FGD においては、石灰石準備(Limestone preparation)設備でミルにより粉状にすりつぶされることになる。そのため、FGD のミルは 8-20mm 径の石灰石の加工が可能な仕様を指定すべきである。

(3) 石灰石の単価

石灰石事業者からのヒアリングでは、2018 年 1 月時点において、上述の石灰石仕様で 196.43 ZAR/ton (PPC)である。

(4) 石灰石の輸送

上述の石灰石仕様の石灰石を供給可能な鉱山は、北ケープ州に位置するダニエルスカイル (IDWALA) 並びにライムエーカーズ (PPC) である。輸送の可否並びに輸送費用については、8.2 節にて検討した。

1.3.3 石膏の売却

(1) メデュピ TPS の石膏発生量

メデュピ TPS FGD の基本設計では、FGD からの石膏発生量は表 1.3-3 の通り整理される。基本設計では、純度 85%と 96%の 2 ケースの石灰石が想定されていた。最も多いケースでは、85% の石灰石で 248,354.42kg/時 (=2.18M ton/年)、96% の石灰石で 233,768.97kg/時 (=2.05M ton/年)の石膏発生量が見込まれる。ただし、7.1.4 節“石灰石の市場”にて検討したとおり、2018 年 1 月時点で、メデュピ TPS の必要量に耐えうる既に開発されている純度 85%の石灰石鉱山はないため、純度 96%のケースのみを想定するのが妥当である。

表 1.3-3 石膏発生量

		Crocodile West Water		Mokolo Water	
		Gypsum Production kg/h	Gypsum Purity %	Gypsum Production kg/h	Gypsum Purity %
85% Limestone	Design Coal	145,512.91	88.90	145,697.63	88.85
	Worst Coal	247,536.96	88.48	247,758.45	88.44
	Worst Coal + Attempt	248,111.61	88.48	<u>248,354.42</u>	88.43
96% Limestone	Design Coal	139,214.95	96.56	139,281.70	96.54
	Worst Coal	233,249.68	96.49	233,330.49	96.47
	Worst Coal + Attempt	233,680.45	96.49	<u>233,768.97</u>	96.47

出典：基本設計

(2) 地元企業聞き取り調査

JICA 調査団は、石膏市場の調査のため、石膏製品を取り扱う地元企業に聞き取り調査を実施した。聞き取り調査は Gyproc 社と Marley 社 (旧 Lafarge 社) に申し込み、Marley 社のみ回答が得られた。

Marley 社は自社の鉱山を持っていたが、Marley の鉱山は閉鎖されリハビリ中であるため、さまざまな鉱山から石膏(人工石膏と天然石膏)を入手している。人工石膏は、Anglocoal 社と OMV 社から入手しており、受け入れられる品質は 93%から 95%である。天然石膏はモスクワとスペインから供給されており、受け入れられる品質は 85%~100%で、平均値は 92%である。

天然石膏を粉砕し、人工石膏と混合して、製造に必要な純度を得る。Marley は年間 1,500 万平方メートルの石膏ボードを生産している。

Marley 社の買取価格は、下記の通りである。

- ・ FGD synthetic gypsum – 300ZAR / ton
- ・ OMV (Uranium Plant gypsum) – 200 to 250ZAR / ton
- ・ Water Treatment Plant (gypsum with more magnesium) – 90 to 200ZAR / ton
- ・ Natural gypsum (from Moscow) – 450 to 550ZAR / ton
- ・ Natural gypsum (from Spain) – 400 to 500ZAR / ton

(3) 石膏の売却可能性

1) 国内市場

純度 85% の石灰石を用いる場合には、生じる石膏の純度は約 88% となり、市場性が低い。また、純度 95% の石灰石を用いる場合には、石膏ボード産業における需要があるが、主要消費地であるハウテン州の需要はクシレ TPS で生ずる石膏でまかなえるため、売却の可能性は小さい。また、もう一つの主要消費地ケープ州は、輸送コストが大きくなるため、市場性が低いと判断される。

2) 国外市場

メデュピ TPS は内陸に位置し、国際港がある南部へは 1,000km を超える距離の長距離輸送が必要となる。このため、輸送コストが大きくなるため、国外輸送についても市場性は低いと判断される。

(4) 石膏の処理方法並びに発電所外への搬出設備の除外の提案

上記の検討結果から、FGD 基本設計では、石膏の発生量の 1/5 を売却しメデュピ TPS 外に搬出することを前提としているが、市場性が低いために売却しないことを提案する。

これに伴い、発電所外への搬出設備が不要となり、そのために計上されていた費用が削減される。一方、発電所外へ搬出をする予定であった石膏は埋め立てされることになり、埋立て場の整備をするべきサイクルが若干早くなる。

1.3.4 B-BBEE

(1) B-BBEE の概要

広汎的黒人経済強化法(B-BBEE Act: Broad -Based Black Economic Empowerment Act) は 2003 年に制定され、2015 年に改正された。黒人経済強化(BEE)助言委員会が 2009 年に設立され、その構成員は、大統領、閣僚、企業、労働組合並びに地方政府からの代表者となっている。

(2) B-BBEE における企業分類

B-BBEE における企業分類を表 1.3-4 に示す。B-BBEE 法の下で、企業は 3 種、すなわち、除外される零細企業(EME: Exempted Micro-Enterprises)、有資格の小企業(QSE: Qualifying Small Enterprises)そして一般企業(Generic Enterprises)に分類される。EME は年間の売上高が 10 Mil. ZAR 未満の企業である。EME は、毎年、年間の売上高と黒人所有権を証明するための供述書(Sworn affidavit)を取得するのみでよい。EME は自動的に B-BBEE4 等級もしくは黒人所有に基づいてそれよりも高評価を得ることができる。QSE は年間の売上高が 10 Mil. ZAR 以上 50 Mil. ZAR 未満の企業である。QSE は、Generic Enterprises よりも煩雑ではないながらも、5 種類の BEE 評価要素すべてを遵守することが求められる。Generic Enterprises は 50 Mil. ZAR 以上の企業である。

表 1.3-4 B-BBEE における企業分類

Classification	Annual Turnover	Duty of compliance with BBE element
Exempted Micro-Enterprises (EME)	10 Mil. ZAR or less	No
Qualifying Small Enterprises (QSE)	10 Mil. ZAR or more but less than 50 Mil. ZAR	All
Generic Enterprise	50 Mil. ZAR or more	All

出典: JICA 調査団にて作成 (amended Codes of Good Practice に基づく)

(3) BEE 評価要素と評価点

法人の BEE 遵守を計測するため、Generic Enterprises 用と QSE 用の配点表がそれぞれ作成されている。Generic Enterprise 用の配点表における BEE 要素ごとの要求事項並びに配点を表 1.3-5 に示す。BEE 評価要素は 5 種類あり、すなわち、所有権、経営支配、技能開発、企業とサプライヤーの開発、社会経済発展が設定されている。所有権は、当該企業における黒人の実効所有権、議決権及び経済的利益により測定される。経営支配は、企業のトップ、シニア、ミドル・ジュニア管理職への黒人の参画の度合いにより測定される。技能開発は、黒人従業員への能力開発を促す程度により計測される。企業とサプライヤーの開発は、優先調達やその他の手段により中小零細企業 (SMME: Small, Medium and Micro Enterprises)の開発を支援し促進する程度により計測される。社会経済発展は、経済開発プログラムや組織を通じて、南アフリカ人の育成に取り組む特定の措置への取組みにより計測される。

表 1.3-5 Generic Enterprise 用の配点表における BEE 要素ごとの要求事項並びに配点

BEE Element	Requirements	Points
Ownership	25% + 1 vote to black shareholders	25
Management Control	Participation on junior to executive level management by black, black women, black disabled	19
Skills Development	6% of payroll on programmes for black employees 0.3% of payroll on programmes for disabled black employees 2.5% of learnerships for black employees	20 + 5
Enterprise and Supplier Development	80% Procurement from B-BBEE supplier 15% to 40% Procurement from QSE, 50% black owned and more than 30% black women owned supplier 3% of net profit after tax on Enterprise and Supplier development Initiatives	40 + 4
Socio Economic Development	1% of NPAT	5
Total		109 + 9

出典: JICA 調査団にて作成 (amended Codes of Good Practice に基づく)

(4) BEE 等級

得点表により計測された点数は B-BBEE 到達等級と B-BBEE 認識等級に換算することができる。BEE 等級への換算表を表 1.3-6 に示す。

表 1.3-6 BEE 等級への換算表

Range of Total Points by Scorecard	Broad Based BEE status level	BEE procurement recognition level
100 or more	1	135%
95 or more but less than 100	2	125%
90 or more but less than 95	3	110%
80 or more but less than 90	4	100%
75 or more but less than 80	5	80%
70 or more but less than 75	6	60%
55 or more but less than 70	7	50%
40 or more but less than 55	8	10%
less than 40	Non compliant contributor	0%

出典: JICA 調査団にて作成 (amended Codes of Good Practice に基づく)

(5) 優先要素

所有権、技能開発、企業とサプライヤーの開発は優先要素として指定されている。優先要素では最低要求要件(Sub-minimum requirement)として40%が設定されている。もしいずれかの優先要素の最低要求要件を遵守できないと前述の B-BBEE 到達等級が減点される。

(6) 公共部門での BEE 要求事項

政府の関与を最大化し、現地供給業者の開発を改善し、その手続きを簡素化するために、公共部門は供給者開発と現地調達(SD&L: Supplier Development and Localisation)を調達方針に適用している。つまり、これらの企業は、現地調達並びに B-BBEE、技能開発目標を入札の重要は評価基準として設定する必要がある。これらの要求要件は入札ごとに設定され、契約時に測定される。供給業者はこれらの目標に違反した場合には罰則を課される。

1.3.5 調達建設方針

(1) FGD 構成機器の調達先

FGD 構成機器の国内調達可能性を表 1.3-7 に示す。国内調達品と国外調達品に区別される。国内調達と国外調達両方にチェックがあるものは、現地調達はできないが原材料や一部の部品を輸入することで、国内生産可能なものである。FGD 材料に占める割合が多いものは、炭素鋼材、板材、パイプなどであり、それら材料の多くは国内調達可能である。しかし計装制御関係(DSC 等)、ブーストアップファン、GGH などは、国内での調達ができないため海外調達の割合が多くなる。

表 1.3-7 FGD 構成機器の国内調達可能性

No.	Items	Localization	
		on shore	off shore
1	Valves	✓	✓
2	Spray Nozzle	✓	✓
3	Pumps(water)	✓	✓
4	Pumps(slurry)	✓	✓
5	Agitator	✓	✓
6	Lining of Rubber	✓	
	Lining of FRP	✓	✓
7	Limestone Feeder	✓	
8	Oxidation Air Blower	✓	✓
9	Mist Eliminator	✓	✓
10	Spray Header	✓	
11	Tanks (Metal)	✓	
12	Tanks (Plastic)	✓	
13	Piping(Metal)	✓	✓
14	Piping(Plastic)	✓	
15	Absorber	✓	
16	Duct	✓	
17	Limestone Silo	✓	
18	Structural Steel	✓	
19	Expansion Joint	✓	✓
20	Damper	✓	
21	Insulation	✓	
22	Gypsum Conveyor	✓	
23	Elevator	✓	✓

24	HVAC	✓	
25	Lighting	✓	
26	Gypsum Dewatering System	✓	
27	Limestone Ball Mill	✓	
28	DCS	✓	✓
29	Electrical	✓	
30	Boost Up Fan	✓	✓
31	Gas to Gas Heater (with fine tube)	✓	✓

出典: JICA 調査団にて作成 (南アフリカ企業との面談に基づく)

(2) 海外調達品の輸送ルート

基本設計 03 Construction Execution Plan によれば海外調達品は南ア国内の以下 3 箇所の港のいずれかより陸揚げされる。

- 1) ダーバン :
- 2) ポートエリザベス :
- 3) ケープタウン :

この輸送時間はトレーラーによる重量物を運搬することを考慮して、時速 60 km/h~80 km/h で一般道を走行し休憩時間を含めると、上記の輸送時間がかかると推定される。輸送ルートを図 1.3-2 に示す。なお、この走行ルートは基本設計に基づくルートを Google Map に落とし込んだものである。



出典: JICA 調査団にて作成 (Google Map 使用、2017 年 11 月作成)

図 1.3-2 輸送経路図

(3) FGD の建設

FGD 建設に使用する大型重機は、南アフリカ国内で調達可能である。大型重機を所有する主な建設会社は MAMMOET, LIEBHERR, SARENS, および Tubular の 4 社である。その内 Tubular はクシレ TPS にて FGD を製作、据付の実績がある。

高所作業車(Telescopic Diesel Booms)はメデュピ TPS 近くの EAZI ACCESS と TOTAL ACCESS HIRE の 2 社でレンタル可能である。

(4) 労働者の能力

鋼構造の製作過程における溶接や合わせ作業に必要な区分 4 以上の技能者が南アフリカでは乏しいため、海外の技能者を雇用することを推奨される。

1.3.6 リスク分析

(1) 水源開発の遅れのリスク

水源開発の遅れにより、運転の開始が遅れる恐れがある。

もし、ガスクーラーが設置されるならば、メデュピ TPS における水消費量は 13.4 Mil. m³/year から 11.0 Mil. m³/year に節約される。既存の MCWAP Phase 1 からの水利権は 9.4 Mil. m³/year である。そのため、すべての FGD を運転するためには MCWAP phase 2 からの水供給が必要となる。

MCWAP phase 2 は資金供与者を探している途中であり、もしいくつかの課題、例えば資金調達や用地買収、EIA の承認の遅れが顕在化すると、水供給も遅れることとなる。JICA 調査団は発生可能性が中、影響の大きさが中であると考ええる。

(2) 実施機関のリスク

1) 本事業実行機関の能力不足

本事業実行機関の能力不足により、本事業の実施が遅れる恐れがある。

もし、本事業実施機関に日々の作業を適切に進捗させ、適時に決定し、関係官庁と調整するのに十分な能力がないなら、本事業に深刻な遅れが生じる恐れがある。その場合、施工管理のコンサルタントや建設会社と、支払い面や契約面で紛争が生じる恐れがある。

Eskom は既存のメデュピ TPS のボイラー、タービン、発電機、補機についておよそ 30 パッケージ程度に分割して制御、調整をした経験がある。

JICA 調査団は、発生可能性が低、影響の大きさが中であると考ええる。

2) PIU もしくは建設業者の調達手続きでの汚職

一般的に、大規模な予算を扱うプロジェクトでは、PIU もしくは建設業者の調達手続きでの汚職が発生する恐れがある。もし、例えば PIU もしくは建設業者の調達手続きのように本事業のいずれかの過程において汚職が発生した場合、本事業の実施を妨げる。

もし、汚職問題が発生し、公にさらされるならば、本事業は前進しなくなる恐れがある。

JICA 調査団は、発生可能性が低、影響の大きさが高であると考ええる。

(3) 本事業のリスク

1) 労働者のストライキ

労働者のストライキにより、本事業の遅れや予算超過の恐れがある。南アフリカでは、労働組合が強い力を持って居り、たびたび長期間のストライキを選択する。これは、建設作業の遅れと予算超過の両方を引き起こす深刻な理由となる恐れがある。

メデュピ TPS の建設の事例から判断するとストライキが発生する恐れは高い。JICA 調査団は、発生可能性が高、影響の大きさが高であると考えている。

2) 所期の性能の未達

施工不良などの理由により所期の性能を達成できない恐れがある。EPC (Engineering, Procurement and Construction)の枠組みと異なり、EPS(Engineering, Procurement and Supply)と建設の建設会社はそれぞれ有限責任を負う。

米国では、EPS(Engineering, Procurement and Supply)と建設を分離した契約の事例があり、経験のある製造者は適切な施工手引書を作成することができる。

JICA 調査団は、発生可能性が低、影響の大きさが中であると考えている。

3) 設置費用の未回収

環境対策として設置した FGD の費用を回収するべく電力料金の改定をする場合に、許可が遅れるならば貸し倒れリスクが顕在化する。FGD はなんら財務面での利益をもたらさず、莫大な投資と運転費用がかかることになる。電力料金の改定の許可が遅くなると、Eskom は財務的に悪影響を受ける。

NERSA (National Energy Regulatory of South Africa)は FGD の支出を勘案した電力料金の必要性について理解している。

JICA 調査団は発生可能性が低、影響の大きさが高であると考えている。

4) 既存の排ガスシステムとの不適合

設計会社の経験もしくは能力の不足により、既存の排ガスシステムと不適合となる恐れがある。設計作業の能力不足は、圧力の不足や磨耗などの問題を引き起こす。

既存のメデュピ TPS は高品質であるので、FGD のための機器も経験豊かな製造者により設計、供給されるべきである。そうすることで FGD の設置後も高い信頼性を維持可能となる。

JICA 調査団は、発生可能性が中、影響の大きさが高であると考えている。

(4) リスク管理シート

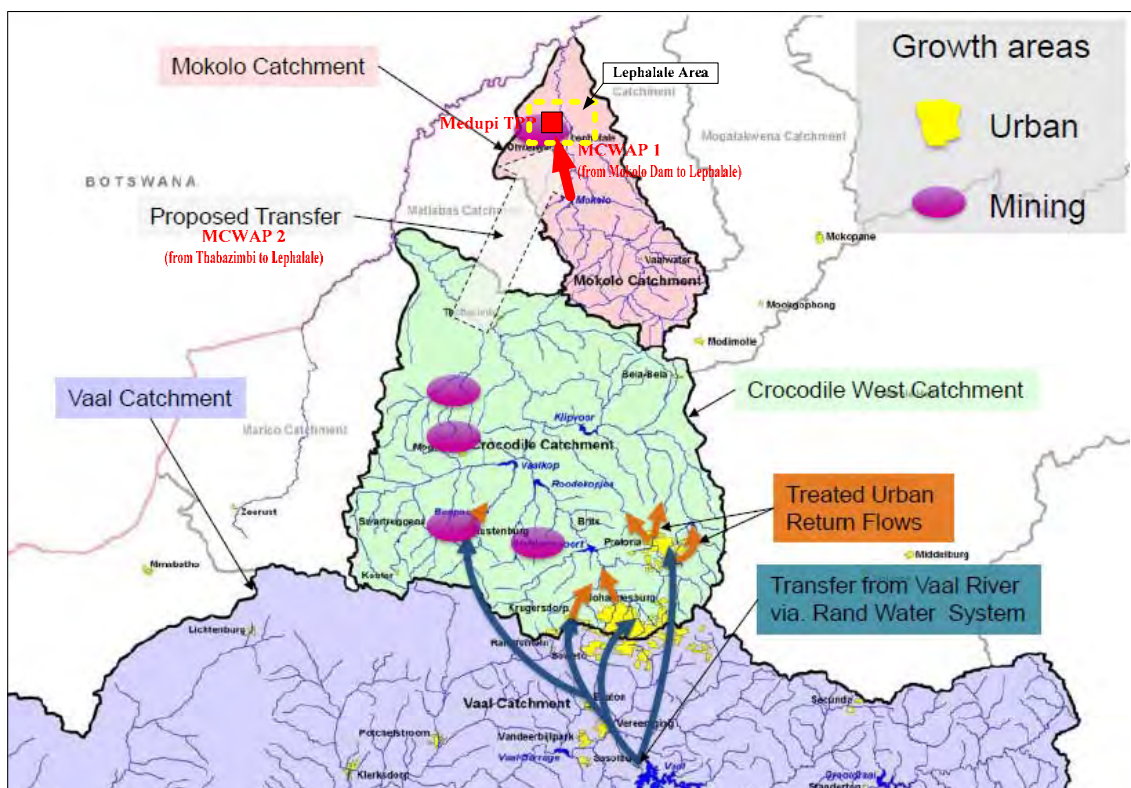
JICA 調査団はリスク管理シート(RMF: Risk Management Framework)案を作成した。添付 7.1 として添付した。

1.4 水資源並びに石灰石輸送

1.4.1 水資源

レパラレ地域の水資源であるモコロ川およびクロコダイル川の既存の水資源では、レパラレ地域の将来の水需要量を満足することが出来ない。そのため、DWS は、MCWAP2 を実施することで、バール川流域からレパラレ地域への水供給量を現状の水供給量から増量する計画である。

レパラレ地域、モコロ川流域、クロコダイル川流域、およびバール川流域、既存の Mokolo and Crocodile (West) Water Argumentation Project Phase 1 (以下 MCWAP 1) パイプライン、計画中の MCWAP 2 パイプラインの位置を図 1.4-1 に示す。



出典: Presentation Material of Water Resources Assessments, DWS, 30 Nov.2017

図 1.4-1 調査対象位置図

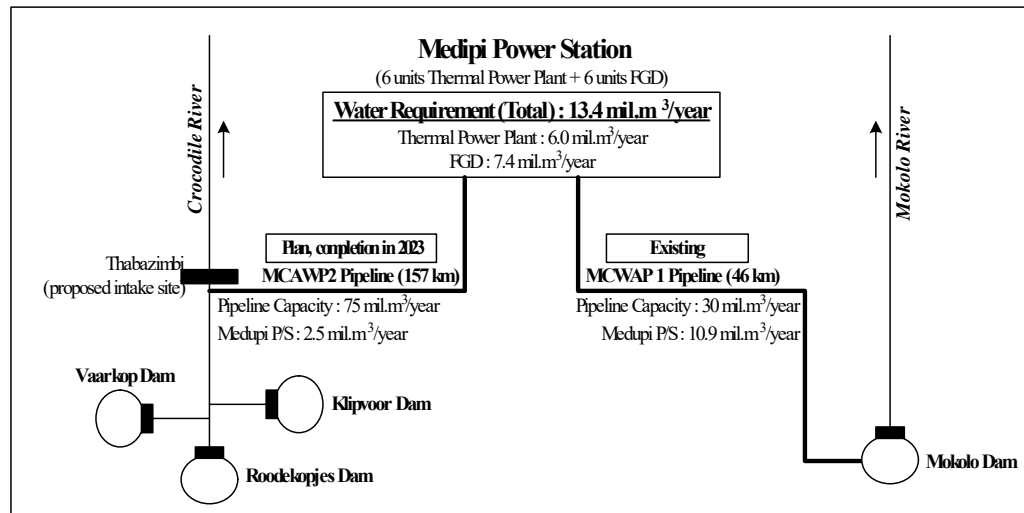
レパラレ地域における将来の水需要は、モコロ川およびクロコダイル川からの水供給では足りず、不足分をバール川流域からの水供給の増量をして補う必要がある。その不足分については、排水処理場の拡張または新規排水処理場の建設によるバール川流域への処理水の増加により埋められる想定である。。

(1) 水資源計画

Eskom および TCTA からインタビューしたメデュピ TPS の将来の水利用は、表 8.1-4 の通り発電プラント 6 基および FGD 6 基の合計は 13.4 百万 m³/年である。発電プラントと FGD の水利用内訳は、それぞれ 6.0 百万 m³/年と 7.4 百万 m³/年である。FGD に節水目的

のガスクーラーを設置した場合、FGD で使用する水が FGD6 基で 7.4 百万 m³/年から 5.0 百万 m³/年に減少する。8 章にて後述する通り、炭鉱の開発に伴い、将来この地域での水利用の需要が多くなることが予想されている。

メデュピ TPS への水供給計画の模式図を図 1.1-1 に示す。



出典: JICA 調査団にて作成

図 1.4-1 メデュピ TPS への水供給計画模式図

(2) 水収支計算

1) モコロダムからの水供給

モコロダムからレパラレ地域への給水は MCWAP1 パイプラインを通して、30 百万 m³/年 (2.50 百万 m³/月) である。一方、モコロダムへの流入量は 156 百万 m³/年 (12.98 百万 m³/月) あり、水利用には十分に余裕がある。

2) クロコダイル川からの水供給

A) ダムへの流入量とダム下流域の水利用の比較

2016 年時点のダム下流域の水利用は 212 百万 m³/年 (17.67 百万 m³/月) である。一方、ダムへの流入量は、ダム自流域から 129 百万 m³/年 (10.75 百万 m³/月) およびハウテン州の排水処理場から 250 百万 m³/年 (20.83 百万 m³/月)、合計 379 百万 m³/年 (31.58 百万 m³/月) である。月平均および年平均では、MCWAP2 による 75 百万 m³/年 (6.25 百万 m³/月) の取水には問題ない水量が存在している。なお、排水処理場からの流入量は、過去の実績データより、月変動が小さいことを確認している。

B) 乾季のリスクの検討

乾季の雨量が少ない月は、ダム自流域からのダム流入量がゼロとなることがある。仮にダム自流域からのダムへの流入量がゼロの場合、ダムへの流入量はハウテン州の排水処理場から 250 百万 m³/年 (20.83 百万 m³/月) に対して水利用が 287 百万 m³/年 (23.92 百万 m³/月 = 17.67 百万 m³/月 + 6.25 百万 m³/月) となり、MCWAP2 への水供給量が 37 百万 m³/年 (3.09 百万 m³/月) の不足が生じる。

C) 排水処理場の拡張によるリスクの緩和

他方、ハウテン州では、排水処理場の拡張および増設が段階的に進められている。排水処理場からの流入量は2016年の250百万m³/年(20.83百万m³/月)から2030年には少なくとも485百万m³/年(40.41百万m³/月)へと235百万m³/年(19.58百万m³/月)増加すると予測されている。排水処理場の増加進捗が一定と仮定した場合、早ければ2019年にも上記不足分37百万m³/年(3.09百万m³/月)が満たされると想定される。

なお、2016年時点のダム下流域の水利用は212百万m³/年(17.67百万m³/月)のうち、大部分を占める灌漑については、MCWAP2のEIA報告書において特段記載がないことから、将来大きく増加することはないと推測する。

(3) 結論

2016年時点の流入量では、乾季にMCWAP2への水供給に不足が出るが、ハウテン州の排水処理場の拡張により2019年以降にはMCWAP2の水供給に不足が生じることはない。

1.4.2 石灰石並びに石膏の輸送

(1) 導入

本節では、基本設計及び2015年3月13日付で提出されたメデュピ Yard Concept Report 第1巻の内容を鉄道輸送の観点からレビューし、これらの報告書を基にした輸送計画を検討する。

(2) 南アフリカの鉄道事業

南アフリカでは、特筆すべき規模で鉄道輸送が運用されており、直近(2017年)の輸送量は2.19億トンに達する。貨物鉄道網はトランスネットが保有しており、維持管理はTFRにより行われている。

(3) 基本設計のレビュー

鉄道設備の整備に合計で45ヶ月が見込まれており、基本的な石灰石の荷役の考え方は基本設計のProject design manual にしめされているが、石灰石の調達に係る発地については記載がない。また、石膏の配送地及び輸送経路については現在検討を進めている段階で、今後詳細な検討を行った上で設定することとなる。

(4) メデュピ Rail Yard and Off/loading Facility Concept Report のレビュー

メデュピ Yard Concept Report における主要なコンセプトを以下に示す。ヤード内の全てのポイントは自動制御であり、中央管理システムで信号制御がなされる。

- ・ TFR が本線を通じて貨物を届け、卸した貨車をピックアップする
- ・ 年間有効輸送日数は342日を想定
- ・ Medupi の貨物ヤードで扱える本数は4本

ヤードは6線で構成されており、石灰石と石膏の荷役が想定されている。

石灰石の輸送に関しては1サイクルで360分(6時間)が見込まれ、石膏の輸送に関

しては1サイクルで370分(約6時間)が見込まれる。Medupi Yard Concept Report では、*12 hours train handling time applicable within the yard¹*と記載があり、推定された荷役時間はこの範囲に収まる。なお、上記荷役時間は予備的な検討に留まり、今後詳細な荷役設備の検討・実施においては見直しが必要であることを注記すべきである。

(5) 運転計画

1) 前提条件

(a) 輸送物品と輸送量

本調査では、メデュピ TPS の FGD6 基全てが稼働し、143,556 kg/h を鉄道により輸送する想定である。したがって、大雑把な必要量は 24 トン/時間・基となる。石灰石量は、130 万トン/年となる。想定年間輸送日数は保守的に 300 日を見込んでおり、貨車の形式はホッパーか Rotary Car Dumper を利用したオープンワゴンを利用した荷役を想定する。経路上の軸重は 20 トンであること、4 軸数であることから積載量は 50 トン/貨車と想定した。

2) 運転計画

発地の Lime Acers と着地のメデュピ FGD 間は 1,050km 程度で、TFR によると所要時間は 3 日程度である。1 日あたりの必要車両数と列車本数は以下の通り。

- ・ 石灰石の輸送に必要な車両数：84 両
- ・ 日列車本数：2 本/日

メデュピ TPS に予定されている 6 基の FGD が全て稼働するという条件のもとで、1 日あたり 2 本の運転を想定した場合、必要な貨車編成は以下の通り算出される。

- ・ 1 編成あたりの貨車数：42 = 84 両/日 / 2 本/日

今のところ、経路上の線路容量には余裕があり、数本の増加には全く問題が無い (TFR への面談による)。Lime Acers～メデュピ TPS FGD 間は複数の代替経路を形成できるネットワークとなっている。

(6) 現地状況

1) メデュピ TPS FGD サイト

本用地は Eskom の ROW の範囲であり、鉄道ヤードに利用するためには盛土や切土が必要にはなるが、技術面では鉄道ヤード用地として適切であると言える。

2) 石灰石山元 (Lime Acers, PPC)

PPC が保有する施設では、1 度に 20 両積み込み、3 つ繋いで 60 両編成の列車を仕立てることは問題ないことを確認している。現状の施設容量では 1 日に 2~3 本の列車を搬出しており、ヤードについては石灰石の積み込みに問題は見られない。

¹ Medupi Yard Concept Report (2015), pp.13, ESKOM

(7) メデュピ TPS FGD サイトの鉄道ヤードにかかるプロジェクトコスト

基本設計では、鉄道施設の建設に合計で 1.27 億 ZAR (1,220 万米ドル相当) が見込まれている。また、Concept Report では設備投資 (Capital Expense: CAPEX) 及び運用コスト (Operating Expense: OPEX) でそれぞれ 2.33 億 ZAR および 430 万 ZAR がそれぞれ見込まれている。

1.5 FGD の仕様

1.5.1 FGD の性能

基本設計で設定された諸性能を表 1.5-1 に示す。

表 1.5-1 FGD の性能 (100% BMCR)

Parameter	unit	Design Basis Design Fuel	Design Basis Worst Fuel (L/G Dimensioning)	Design Worst Fuel with Tempering Air(Absorber Dimensioning)
Maximum Inlet Flue Gas Temp	°C	200	200	200
Inlet Flue Gas Rate	Nm ³ /hr, wet	2,427,840	2,495,520	2,814,610
Inlet Flue Gas Temperature	°C	137	137	137
Inlet Flue gas Pressure range	kPa	91.62	91.64	91.71
Max Inlet SO ₂	kg/h	8.262	13.32	13.32
	mg/Nm ³ (dry, mg/Nm ³ at 6% O ₂)	3.406	5.339	5.378
Max Inlet PM	kg/h	121.3	124.7	123.85
	mg/Nm ³ (dry, mg/Nm ³ at 6% O ₂)	50	50	50
Max Inlet HCl	kg/h	388.3	399.2	396.3

出典: 基本設計, Project Design Manual

1.5.2 規格

設計ならびに工事の仕様は、南アフリカ規格、現地規格並びに法規、Eskom 規格もしくは国際規格に拠らなければならない。南アフリカ規格、Eskom 規格が適用できない場合は英国規格を使用する。もし、英国規格を適用できない場合には米国規格もしくは国際規格を使用する。

JICA 調査団は性能保証試験の手続きとして ASME の PTC40-2017 を入札資料で記載する適用すべき規格の項に追記することを推奨する。

設計や調達、供給に関係する適用可能な南アフリカ規格、Eskom 規格を添付 9.1 に示す。

1.6 本事業の組織体制

1.6.1 事業実施体制

本事業の着実な実施のためには、定期的に関係者が集い、事業の進捗状況を確認するとともに、課題等を共有しその解決に向けて協調して行動することが求められる。これを目的として、円借款借入人である Eskom 及び JICA、アフリカ開発銀行（AfDB）、New Development Bank（NDB）、Arab Bank for Economic Development in Africa（BADEA）を主な構成員とするプロジェクト・ステアリング・コミッティー（PSC：Project Steering Committee）の設置が検討されるべきである。

1.6.2 設計・建設段階におけるプロジェクト組織体制

設計及び建設は Eskom が主導し、コンサルタントの協力を得ながら進められる。多数の関係者が本事業に従事することになるため、関係者間での情報共有や課題管理など適切なプロジェクト管理体制の整備が重要となる。また、FGD は Eskom にとって比較的新しい技術であることから、Eskom の技術者の積極的な本事業への参画を通じて、Eskom 内部に FGD にかかる経験や知識を蓄積するための工夫が求められる。

1.6.3 運転・維持管理体制

原則として、FGD の運転は Eskom 内部の人員で行い、維持管理（メンテナンス）は外部コントラクターに外注する。FGD の設置はクシレ TPS が先行しており、運転・維持管理体制はクシレ TPS のものを参考にして検討されるべきである。初期運転段階においては運転員及びメンテナンス担当者（外部コントラクターを含む）は FGD メーカーからの技術指導が受けられる体制とする。FGD のメンテナンスに関しても Eskom のメンテナンス・サービスを提供する子会社を活用するなどして、Eskom 内部に FGD に関する技術・知見が蓄積されるようにすべきである。

1.6.4 追加人員の雇用と人材育成計画

FGD の運転・維持管理に必要な追加人員の新規雇用は現時点において必ずしも想定されていないが、FGD 運転・維持管理のための組織体制、必要な要員数とその充当の方法、各要員の担当職務、シフト・スケジュール、必要な人材育成計画などの検討を FGD の設計が確定したのち早期に開始すべきである。FGD の運転・維持管理に関わる人材の育成に関しては、クシレ TPS における経験の共有や同発電所の人材による技術指導、FGD メーカー、JICA 等からの協力を得ての FGD の運転・維持管理にかかる体系的なトレーニング・コースの開発などが検討されるべきである。クシレ TPS 及びメデュピ TPS において FGD の運転・維持管理経験のある人材が指導役となって後進の人材育成に携わる仕組みの構築も検討されるべきである。

1.7 環境社会配慮

1.7.1 本事業周辺の環境の状況

(1) レパラレ地区の環境

レパラレ地区はステップ気候に該当する。年間平均気温は 24 度程度である。2016 年の年間降雨量は 310mm と年間を通じて降雨が少なく、7 月、8 月及び 9 月は降雨がなく 2 月が降雨のピークである。平坦な地形で海岸から約 580km 離れているほか、最寄り河川は計画地の約 19km 西を流れており、地下水も含め水資源が限られている。レパラレ自治区の主要な経済活動は鉱業と発電事業となっている。

(2) 事業用地の位置及び周辺環境

メデュピ TPS は、リンポポ州のレパラレ市街から 15km 西側に位置する。FGD 施設は、現在のメデュピ TPS 内に設置を計画しているため、新たな大規模土地改変はなく、用地取得や住民移転はない。北東約 7km に位置するマラポン村が発電所から距離的に最も近い住居住区であり、発電所に隣接した住居は存在しない。

1.7.2 環境関連法令

(1) 大気質管理

メデュピ TPS に対し、リンポポ政府から 2015 年 4 月 1 日付けで国家環境管理：大気法 (Act No.39、2004 年) に基づいた排出ガス許可 (Atmospheric Emissions License (AEL)) が発行されている。AEL 発行の過程において、メデュピ TPS における FGD 施設の現実的な導入時期が考慮され、同法第 21 項に規定されている新規石炭火力発電所に該当する排出規制値の遵守開始時期を 2020 年 4 月から 2025 年 4 月に延期することが DEA により認められた。

(2) 環境影響評価、水利用及び廃棄物管理

本事業の実施においては南アフリカ国内の法令に基づき、以下に示す許可及びライセンスが必要となる。

- 国家環境管理法 (Act No.107、1998 年) 及び環境影響評価規制 (2017 年改定) に基づくスコーピング及び EIA に対する環境許認可
- 国家環境管理：水法 (Act No.36、1998 年) の第 21 項に基づく水利用に係るライセンス
- 国家環境管理：廃棄物法 (Act No.59、2008 年) に基づく廃棄物管理に係るライセンス

1.7.3 世界銀行との合意状況

メデュピ TPS 建設事業の資金の一部は世界銀行の融資であり、2010 年 4 月 16 日に合意をしている。合意における環境社会配慮に関する付帯条件として、メデュピ TPS に FGD 施設を導入することが求められている。

1.7.4 環境影響評価実施状況

(1) スコーピング

事業者により南アフリカの EIA 手続きに基づき、住民協議や情報公開手続きを踏まえ 2015 年 6 月にスコーピングレポートが提出されている。

FGD 事業の概要及び地域特性を鑑み、本事業の実施に伴い、大気質、騒音、廃棄物、水利用、労働環境、事故に対する潜在的な影響が想定される。

(2) 影響検討及び評価、並びに環境管理計画

環境管理計画案も含めたドラフト EIA が 2018 年 2 月から 4 月にかけて公開され、3 月に住民協議が開催された。2018 年 5 月にファイナル EIA が DEA に提出され、2018 年 9 月（一部改訂 2018 年 10 月）に環境許認可（Environmental Authorisation:EA）が発行されている。

1.7.5 不可分一体事業及び関連事業

(1) メデュピ TPS 事業

JICA 環境社会配慮ガイドラインにおいては、①JICA 事業の一部として実施しない関連事業のうち、②仮に JICA 事業がなければ、その関連事業は建設される、あるいは、拡張されることはなく、かつ、③その関連事業がない場合には、JICA 事業は実行可能性がないと考えられる事業を「不可分一体の事業」と定義している。不可分一体事業とみなされる事業に対しては、想定される環境社会影響に応じた適切な環境社会配慮が求められる。上記判断により、メデュピ TPS は、JICA 環境ガイドラインに基づき FGD 事業と不可分一体事業とみなされる。メデュピ TPS 建設事業に関しては、資金の一部は世界銀行のであるため、南アフリカの環境影響評価制度及び世界銀行のセーフガードポリシーに基づいて環境影響評価報告書が既に作成され、2006 年 9 月 21 日に南アフリカ政府から条件付きで環境認可が付与されている。当該環境影響評価報告書及び Eskom 環境チームへの聞き取りにより環境社会配慮の実施状況を確認した結果、環境影響評価書の手続き及びその内容は JICA 環境ガイドライン（2010 年）の観点における環境社会配慮の要求項目を満たしていることを確認した。現在は許可時の付帯条件に従い、環境管理やモニタリングが適切に実施されている。

なお、メデュピ TPS 事業は世界銀行の異議申し立て制度に基づき 2010 年 4 月に地域住民から異議申し立てがあった。世界銀行は指摘事項に対してすべて調査・回答し、2012 年 5 月に手続きは終了している。

(2) 水供給プロジェクト MCWAP2

レパラレ地区の水需要対策として水衛生省（DWS）によるモコロ・クロコダイル用水増設プロジェクト事業（Mokolo and Crocodile (West) Water Argumentation Project Phase 2（以下 MCWAP2））が進められている。水利用者は発電所だけではなく、下流部の生活用水、工場用水、灌漑用水及び地方部の農業用水にわたることから、本用水事業と FGD 事業との関係は JICA 環境ガイドラインに定義される不可分一体事業とはみなされない。

MCWAP2 の EIA 手続きは、2018 年 5 月にファイナル・スコーピングレポートが承認さ

れ、2018年9月にドラフトEIAがDEAに提出されている。2018年11月にファイナルEIAがDEAに提出され、DEAからは2019年3月に環境許可 Environmental Authoriztiaon が発行された。2019年4月現在、EIA法令に基づきEAに対する異議申し手続き中である。

また、MCWAP2のメデュピTPS取水地点からのメデュピTPS場内FGD施設への導水配管の建設に関しては、Eskomが事業実施者となる。EskomはBasic Assessment手続きの準備を開始し、2019年12月の承認取得を目指している（2018年12月現在）。

1.8 施工計画

1.8.1 プロジェクトパッケージ

推奨するパッケージ案を表 1.8-1 に示す。当初、Eskomは吸収塔を独立したパッケージとして、そのほか、石灰石スラリー調製並びに脱水工程関連装置の組を別パッケージとし、さらに電気や制御などをそれぞれ別パッケージとした、7つのパッケージ案を作成していた。JICA調査団は吸収塔と石灰石スラリー調製、脱水工程関連装置の組を合体させつつ、設計、調達と建設(据付)を分割するパッケージを提案した。吸収塔、石灰石スラリー準備、脱水を一体とした理由は、FGDシステムの性能保証を確実にするためである。これらのFGDの3要素は1つのパッケージに統合されているべきである。設計、調達と建設(据付)を分割する理由は、豊かな経験を有する海外からの入札参加者が入札に参加しやすい環境とするためである。契約の範囲から建設を除外することにより建設にかかるリスクから開放される。もし、分割するならば、海外からの入札者は南アフリカの特別な法令から解放され、Eskomは建設パッケージの現地調達を確実にすることが可能である。

表 1.8-1 推奨するパッケージ案

	Package	Contracting Arrangement
CP-1	Supply of Equipment Absorber, Limestone Slurry Preparation and Gypsum Dewatering	EPS
CP-2	Civil Work and Installation for CP-1	C
CP-3	Distributed Control System	EPC
CP-4	Power Supply System	EPC
CP-5	Waste Water Treatment Plant	EPC
CP-6	Rail and Materials Handling Systems for Limestone Supply and Gypsum Disposal	EPC
CP-7	Civil Work for CP-6	C
CP-8	Site Service	Service providing
CP-9	MCWAP connection	EPC

EPS: Engineering, Procurement and Supply

EPC: Engineering, Procurement and Construction

C: Construction (Civil Work and/or Installation)

出典: JICA 調査団にて作成

1.8.2 本事業費用の積算

本事業の費用は、Eskom が基本設計業務を通して設計コンサルタントに積算させ、その後時間の経過による条件変動などを加味して再積算した価格に遵った。本事業実施のための費用の積算には以下が含まれている。

- ✓ 建設費（予備品含む）
- ✓ 資金調達費
- ✓ 管理費(施主の費用)
- ✓ 公租公課
- ✓ 予備費

建設費用は約 2,990 億円となる。

資金調達費は、この後の財務経済分析の章にて積算している。

予備品は建設期間中に納入されるものと想定し、それら予備品にかかる費用は建設費に含まれているべきである。予備品の品目と数量は、アメリカのエネルギー庁(Department of Energy, USA)が発表している資料”COST AND PERFORMANCE BASELINE FOR FOSSIL ENERGY PLANTS”内の石炭発電所のモデルケースで示されている FGD の予備品と数量と同等以上となることを推奨する。

本事業のために申請するプロジェクト費用を表 1.8-3 に示す。本事業実施のための費用積算は日本の円借款を想定している。物価上昇は外貨(FC: Foreign Currency)で 1.83%、内貨(LC: Local Currency)で 1.0%である。利子は、日本の円借款(建設費かかる費用に対する利率: 1.5%、コンサルタントにかかる費用に対する利率: 0.01%)を適用する。

円借款の対象として適格な費用、建中金利、手数料などは表 1.8-3 に示されている通りである。

表 1.8-2 予備品として推奨する部品等の種類と数量の概要

	Spare Item	Number
Sorbent Preparation and Feed	Limestone Weigh Feeder	1
	Limestone Ball Mill	1
	Auxiliaries	1
Flue Gas Clean up FGD & ESP	Pumps	1 respectively
	Belts	1
	Blower	1

出典: “Cost and Performance Baseline for Fossil Energy Plants Volume 1: Bituminous Coal and Natural Gas to Electricity”, DOE
に基いて JICA 調査団にて作成

表 1.8-3 本事業実施費用 (単位: FC and Total: JPY in Million, LC: ZAR in Million)

Item		Total		
		FC	LC	Total
A. ELIGIBLE PORTION				
I)	Procurement / Construction	73,845	4,240	107,507
	CP-1 Supply of Equipment Absorber, Limestone Slurry Preparation and Gypsum Dewatering (EPS)	62,421	0	62,421
	CP-2 Civil Work and Installation for CP-1 (C)	117	3,674	29,289

	Base cost for JICA financing	62,539	3,674	91,710
	Price escalation	4,593	180	6,024
	Physical contingency	6,713	385	9,773
II)	Consulting services	7,177	362	10,051
	Base cost	6,338	330	8,961
	Price escalation	498	14	661
	Physical contingency	342	17	479
	Total (I+II)	81,022	4,602	117,559
B. NON ELIGIBLE PORTION				
a	Procurement / Construction	24,493	10,638	108,958
	CP-3 Distributed Control System (EPC)	208	148	1,385
	CP-4 Power Supply System (EPC)	1,343	958	8,952
	CP-5 Waste Water Treatment Plant (EPC)	6,860	4,896	45,735
	CP-6 Rail and materials handling systems for Limestone Supply and Gypsum Disposal (EPC)	12,463	277	14,663
	CP-7 Civil Work for CP-6 (C)	0	1,513	12,017
	CP-8 Site service	0	1,484	11,781
	CP-9 MCWAP connection	0	70	557
	Base cost	20,874	9,347	95,089
	Price escalation	1,392	324	3,964
	Physical contingency	2,228	967	9,905
b	Land Acquisition	0	0	0
	Base cost	0	0	0
	Price escalation	0	0	0
	Physical contingency	0	0	0
c	Administration cost	0	2,337	18,552
d	VAT	0	3,994	31,712
e	Import Tax	0	619	4,917
	Total (a+b+c+d+e)	24,493	17,588	164,139
	TOTAL (A+B)	105,515	22,189	281,698
	C. Interest during Constructio	16,056	0	16,056
	Interest during Construction(Const.)	16,051	0	16,051
	Interest during Construction (Consul.)	5	0	5
	D. Front End Fee	1,227	0	1,227
	GRAND TOTAL (A+B+C+D)	122,798	22,189	298,980
	E. JICA finance portion incl. IDC (A + C)	86,554	4,602	123,090

出典: JICA 調査団にて作成

1.8.3 支出予想

すべてのパッケージを考慮した支出予想を表 12.5-1 に示す。建設が開始した年である 2019 年度の支払いは支払い総額の約 4.9%となる。この支払いは主に着手金となる。2020 年度から 2024 年度までの支払いは支払い総額の約 20.6%、18.2%、20.6%、17.1%、10.0%で推移する。建設が完了する 2025 年度の支払いは支払い総額の約 4.9%となる。補償期間が終わる 2025 年度の支払いは支払い総額の約 3.9%となる。

表 1.8-4 すべてのパッケージを考慮した本事業建設の支出予想

Schedule	Payments	
	USD in million	In %
Year	JPY in million	In %
FY2019 (Construction 1 st)	13,668	4.6%
FY2020 (Construction 2 nd)	61,675	20.6%
FY2021 (Construction 3 rd)	54,274	18.2%

FY2022 (Construction 4 th)	61,728	20.6%
FY2023 (Construction 5 th)	51,190	17.1%
FY2024 (Construction 6 th)	29,934	10.0%
FY2025 (Construction 7 th)	14,776	4.9%
FY2026 (Warranty)	11,735	3.9%

出典: JICA 調査団にて作成

Note: Including consultant fee for construction supervision

1.9 財務経済分析

1.9.1 財務経済分析の目的・方法

財務経済分析は、内部収益率(IRR)、正味現在価値(NPV)を計算することによって、本事業の財務・経済的実行可能性を検討することを目的とする。

財務分析は、本事業実施機関 (Eskom) の視点から本事業の採算性を評価するために実施される。財務的内部収益率(FIRR)・財務的正味現在価値(FNPV)を得るために、便益(増分料金収入)と市場価格に基づいた費用を考慮したうえで、本事業の純便益が計算される。

経済分析は、国家経済の観点から本事業の採算性を評価するために実施される。経済的内部収益率(EIRR)・経済的正味現在価値(ENPV)を得るために、標準電力料金の一要素である環境課徴金の経済便益と経済費用を考慮して、本事業の純便益が計算される。

1.9.2 財務分析

財務分析は2つのケースに分けられる。ケース1は、1) 発電所、2) FGDの合算費用と電力料金による便益に基づく。ケース2は、FGDのみの費用とFGD関連費用に相当する電力料金の便益に基づく。

FIRRを得るため、便益・費用は、2017年度価格によりまとめられ、計算される。さらに、FNPVを算出するため、割引率2.97%を使用する。ケース1のFNPVはプラスになる。

表 1.9-1 財務的内部収益率・正味現在価値（ケース1：発電所費用あり）

FIRR	FNPV (百万ランド)	FNPV (百万ドル)
10.77%	252,058	17,876

出典: JICA 調査団にて作成

一方、FNPVがほぼゼロとなる料金を適用したため、ケース2のFNPVは若干のプラスとなる。

表 1.9-2 財務的内部収益率・正味現在価値（ケース2：発電所費用なし）

FIRR	FNPV (百万ランド)	FNPV (百万ドル)
2.97%	4	0

出典: JICA 調査団にて作成

実際の状況はベースケースで想定されたものと異なるかもしれないので、ケース1、2それぞれに感度分析を実施する。感度分析では、1) 費用増加(10%)、2) 建設遅延(1年)、3) 基準レート(8.4%)を検討する。

ケース 1 の FNPV は、すべてのケースでプラスである。基準レートに 8.4%を適用しても、FNPV はプラスとなる。費用増加、建設遅延は、FIRR、FNPV に少しマイナスの影響を与える。

表 1.9-3 財務分析（ケース 1：発電所費用あり）感度分析

ケース	便益	費用	FIRR		
			(%)	(百万ランド)	(百万ドル)
ベースケース	変化なし	変化なし	10.77%	252,058	17,876
費用増加 (+10%)	変化なし	+10%	10.51%	247,796	17,574
建設遅延 (1 年)	変化なし	変化なし	9.98%	240,049	17,025
基準レート (8.4%)	変化なし	変化なし	10.77%	36,325	2,576

出典：JICA 調査団にて作成

ケース 2（発電所費用なし）の FNPV は、ベースケース以外すべてマイナスとなる。ケース 2 想定料金は仮定のものであるが、本事業実施にあたり注意深い管理が必要といえる。

表 1.9-4 財務分析（ケース 2：発電所費用なし）感度分析

ケース	便益	費用	FIRR		
			(%)	(百万ランド)	(百万ドル)
ベースケース	変化なし	変化なし	2.97%	4	0
費用増加 (+10%)	変化なし	+10%	2.47%	(2,965)	(210)
建設遅延 (1 年)	変化なし	変化なし	2.91%	(323)	(23)
基準レート (8.4%)	変化なし	変化なし	2.97%	(12,972)	(920)

出典：JICA 調査団にて作成

1.9.3 経済分析

EIRR を得るために、経済便益・費用がまとめられ、社会的割引率（2%）により割引し、ENPV を算出する。EIRR は-3.25%となり、ENPV はマイナスとなる。しかし、もし環境課徴金を若干高くすれば（0.05904 ランド/kWh）、EIRR は2%と基準レートと等しくなり、ENPV は若干のプラスとなる。

表 1.9-5 経済的内部収益率・正味現在価値

EIRR	ENPV (百万ランド)	ENPV (百万ドル)
-3.25%	(18,650)	(1,323)

出典：JICA 調査団にて作成

経済分析でも感度分析を行う。費用増加、建設遅延、より低い基準レート（1%）が検討される。

表 1.9-6 経済分析感度分析

ケース	便益	費用	EIRR	ENPV	
			(%)	(百万ランド)	(百万ドル)
ベースケース	変化なし	変化なし	-3.25%	(18,650)	(1,323)
費用増加 (+10%)	変化なし	+10%	-3.57%	(21,208)	(1,504)
建設遅延 (1年)	変化なし	変化なし	-3.40%	(18,382)	(1,304)
低い割引率(1%)	変化なし	変化なし	-3.25%	(17,850)	(1,266)

出典：JICA 調査団にて作成

費用増加、建設遅延、より低い割引率の場合、いずれも ENPV はマイナスとなる。

1.9.4 Eskom の財務状況・ガバナンスの課題

Eskom の最近の財務諸表によると、過去 3 事業年度では、収益が毎年 7~9%程度着実に増加してきた。連結損益計算書では税引後利益を出しているものの、純財務費用が大きく増加しており、単体では 2015 年、2017 年に税引後損失を出している。

大規模資本プログラムの実施により、1) 固定資産（資産、設備、機材）と 2) 債券・借入の残高は、年率 10~13%増加している。債務残高の増加は、今後 Eskom に更なる財務負担を課すことになりそうである。

最近の Eskom のキャッシュフローを見ると、営業活動で生み出す現金では、メデュピ、クシレプロジェクトのような資本プログラムを含む投資活動に必要な金額を賄っていない。

ガバナンスは、事業・財務パフォーマンスに影響を与える 1 つの要因である。しかし、Eskom のガバナンス（経営陣、調達、支出管理）には脆弱性があるように見える。ガバナンスの脆弱性は、財務管理に悪影響を与えているようである。

Eskom は、財務・ガバナンスの課題の困難に対処、解決をするために様々な手段をとってきており、今後もとる予定である。これらの手段は、1) 収益の増加、2) 費用の管理、3) キャッシュフローの管理、4) ガバナンスの強化に集約される。

1.9.5 本事業の期待効果(運用・効果指標)

運用指標は、本事業の運用状況を評価するためのものであり、本事業が適切に運用されて

いるかどうかを定量的に確認するものである。

表 1.9-7 運用指標

指標	計算式	ターゲット
定格出力時の SO _x 排出濃度 (mg/Nm ³)	指標名の通り	500 mg/Nm ³
脱硫効率 (%)	$= (1 - \text{煙突排出量} / \text{ボイラ発生量}) \times 100$	90%
発電時間に対する脱硫設備稼働率 (%)	$= (\text{年間脱硫運転時数} / \text{年間発電時間数}) \times 100$	100%

出典：JICA「円借款運用・効果指標リファレンス」（2014年7月）を基に JICA 調査団にて作成

効果指標は本事業のアウトカムを評価するためのものである。

表 1.9-8 効果指標

指標	計算式	ターゲット
SO _x 削減量(トン/年)	= ボイラ発生一煙突発生量	281 トン/年 (=46.778ton×6unit) (3,500 - 500) × 2,225 × 8,760 × 0.8 / 1,000,000,000 =46.7784ton/unit

出典：JICA「円借款運用・効果指標リファレンス」（2014年7月）を基に JICA 調査団にて作成

2. 序論

2.1 基本方針

2.1.1 業務の背景と調査目的

(1) 業務の背景と目的

南アフリカ共和国(以下、南アフリカ)では、経済成長に伴って電力需要が増加し、NERSA に資料によれば(後述の図 3.1-2)、ピーク電力需要が 2008 年時点で約 37,000 MW であるのに、全電力容量は約 40,000 MW であった。これは電力供給の予備容量が 7.5%しかなく、電力の需給が極めて接近していることを意味する。また、後述するとおり、電力妥当性中期見通し(MTSAO: Medium Term System Adequacy Outlook)では 2023 年までに約 5,700MW 分の火力発電を停止することとなっており、2018 年 9 月時点ですでに約 1,400MW 分の火力発電が停止されているため需給の逼迫は深刻な課題である。石炭火力は電源の 80%を占めるほど主要な位置にあるが、2000 年代まで FGD が設置されている石炭火力発電所は存在しなかった。そのため、南アフリカ政府は 2010 年 3 月に同国政府の大気保全法を改正し、新規の石炭火力発電所による SO₂の排出基準を、2020 年 4 月までに 500 mg/N m³以下(既存の石炭火力発電所の排出基準は 2015 年までに 3,500 mg/N m³以下とする。)と定めた。このため、この法改正前から建設事業が開始されていた同国最大規模の石炭火力発電所であるメデュピ TPS においても、法改正により FGD を設置することが必要となった。一方、2018 年 12 月時点で、メデュピ TPS の 6、5、4 号機は 2015 年 8 月、2017 年 4 月、2017 年 11 月にそれぞれ商用運転を開始し、残りの 3 基は 2019 年 12 月までにそれぞれ商用運転となる計画である。これは、最初の FGD は 2021 年 8 月までに建設完了しなければならないことを示している。環境省(DEA : Department of Environmental Affairs)による履行期限の延期の承認以降、6 基の FGD の設置並びに運転開始のための履行期限は 2025 年 3 月末となった。さらに、発電所プロジェクトの開発パートナーの 1 員である世界銀行(WB: World Bank)と Eskom、(Eskom: 南アフリカ電力公社)は運転開始後 6 年以内に FGD を設置することを合意している。(2025 年 3 月末まで)これに加え、メデュピ TPS がリンポポ州に位置するため、Eskom はリンポポ州政府(Limpopo Provincial Government)により発出された大気排出免許(AEL: Atmospheric Emissions License)を遵守しなければならない。AEL の 7.1.4 節は被免許事業者、すなわち Eskom が各々のユニットの最初の試運転から 6 年以内に FGD を設置することを求めている。

このように、本事業を実施することにより、この排出基準を遵守することが、緊急且つ重要な課題となっている。このような背景の下、Eskom は資金源の多様性の確保のために、メデュピ TPS に FGD を設置するための借款供与を検討することを JICA に対して要請した。

本調査は、実施機関である Eskom による基本設計調査報告書をレビューした上で、本事業の必要性、概要、最適案の提案、事業費、実施スケジュール、実施方法(調達・施工)、事業実施体制、運営・維持管理体制、環境社会配慮等について円借款の審査に必要な調査

を行うものである。

(2) 調査地点

リンポポ州。

(3) 本調査に関連する機関

本調査に関連する機関は次のとおり。

1) 関係省庁等

- 南アフリカ公共企業省 (Department of Public Enterprises、以下、DPE)
- 南アフリカエネルギー省 (Department of Energy、以下、DoE)
- 南アフリカ環境省 (Department of Environmental Affairs、以下、DEA)
- 南アフリカ水衛生省 (Department of Water and Sanitation、以下、DWS)
- 南アフリカ運輸省 (Department of Transport、以下、DT)
- 南アフリカ貿易産業省 (Department of Trade and Industry、以下、DTI)
- 南アフリカ財務省 (National Treasury、以下、NT)
- 南アフリカエネルギー規制庁 (NERSA)

2) カウンターパート (以下、「C/P」)

- 南アフリカ電力公社(Eskom。以下、Eskom)

(4) 業務に関連する既往調査

調査に関連する既往調査は次のとおり。

1) FGD 設計

- 基本設計、シュタインミュラー エンジニアリング(Steinmüller Engineering)並びにブラック&ベッチ (Black and Veatch)、2014年、Eskom 資金による

2) レパラレ近辺の水源調査

- モコロ・クロコダイル(西)水源可能性調査、アフリコン (Africon)、2009年、DWS の資金による

3) 運輸調査

- メデュピ鉄道操車場並びに荷卸設備にかかる基本設計並びに詳細設計、ボシュ持ち株会社 (Bosch Holdings Consortium)、2015年、Eskom 資金による

(5) 南アフリカにおける関連する法並びに規則

南アフリカにおける関連する法並びに規則は次のとおり。

1) 南アフリカにおける調達

- 優遇調達方針枠組法 (PPPFA: Preferential Procurement Policy Framework Act)、NT 主管
- 公共資金活用法 (PFMA: Public Finance Management Act) 、NT 主管
- 国家工業参画プログラム (NIPP: National Industry Participation Program)、DTI 主管
- 競合的供給者の成長プログラム (CSDP: Competitive Supplier Development Program)、DPE 主管

2) Eskom の調達方針

- Eskom における優良事例の広汎な黒人経済強化規則の適用 (英文名: Application of the Broad-Based Black Economic Empowerment Codes of Good Practice within Eskom)
- Eskom における黒人経済強化戦略の実施 (英文名: Implementation of Eskom's Black Economic Empowerment Strategy)
- 石炭についての一次エネルギー分配契約のための要求事項 (英文名: Primary Energy Division (PED) contracting requirements for coal)
- Eskom における調達サプライチェーン管理方針 (英文名: Eskom Supply Chain Management Policy)
- Eskom におけるサプライチェーン管理手順 (英文名: Eskom Supply Chain Management Procedure)

3) 環境社会配慮

- 大気環境管理法 (NEMAQA: National Environmental Management Air Quality Act)
- 環境管理法 (National Environmental Management Act)
- 世界銀行との公害防止にかかる協定
- リンポポ州により発行された排出ガス許可(AEL)

4) 建設業

- 建築基準法 (英文名: National Building Regulations and Building Standards Act)
- 建設業振興規則 (英文名: Construction industry Development Regulations)

5) 現場状況並びに労働条件

- 南アフリカ建設規則 (英文名: Construction regulation)
- 南アフリカ労働規則 (英文名: Labour Relations Act)

2.1.2 関係する基準

(1) 本業務に関連する本邦の基準等

本業務に関連する本邦の基準等は次のとおり。

- 標準入札書類
- 円借款事業に係る標準入札書類／調達ガイドライン
- GTC (General Term and Condition for Japanese ODA Loans)
- 環境社会配慮ガイドライン (2010年4月)
- 日本のODAプロジェクトにおける建設の安全管理の手引き

(2) 本業務に関連するその他の基準等

- 火力発電所のための安全衛生指針、2008、IFC

2.1.3 FGD の概要

(1) FGD の導入の目的

FGD は排ガスから二酸化硫黄を除去するシステムである。

一般的に、石炭は幾分か硫黄分を含んでおり、石炭の燃焼に伴って二酸化硫黄が発生する。FGD が設置されていない発電所では、発生した二酸化硫黄は煙突を通して排出され、発電所の近傍に落下する。しかし、二酸化硫黄は公害物質の一つであり人間や動物の健康被害、鋼やコンクリートの腐食などの悪影響を及ぼす。

(2) FGD の種類

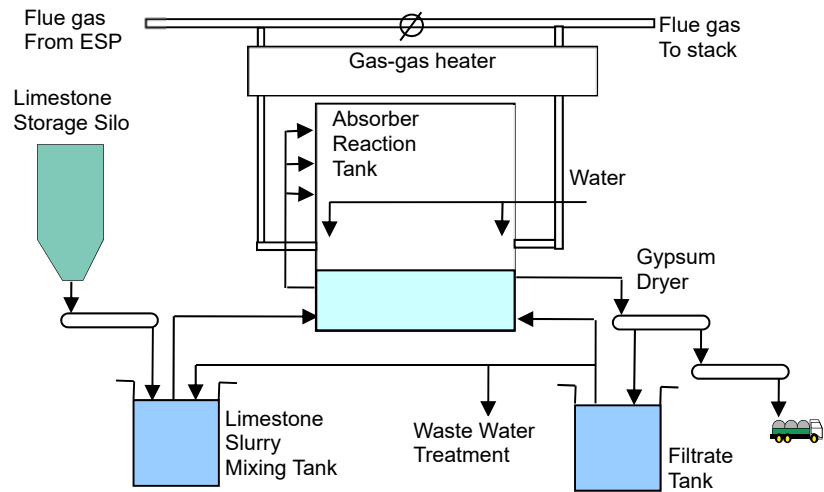
多くの種類のFGD方式が知られており、石灰-石膏法、水酸化マグネシウム法、スプレードライヤーシステム、循環システム、石炭灰を活用したシステムなどが用いられている。それぞれのFGD方式の特徴を以下に示す。いずれのFGD方式も水の供給、反応薬品の調達、副生物の排出が伴う。

1) 石灰-石膏法 (湿式)

石灰-石膏法は湿式に分類される。石灰-石膏法の構成例を図 2.1-1 に示す。

石灰-石膏法では FGD は集じん装置と煙突の間に設置される。SO₂ と炭酸カルシウムが反応し、石膏と水と二酸化炭素が発生する。排水が発生するために、排水処理装置が必要である。

吸収塔に何らかの不具合が発生した場合、集じん装置を出た排ガスを直接に煙突に流すバイパスラインの設置が可能である。バイパスラインに排ガスが流れている間は、SO₂ は除去されない。



出典: JICA 調査団にて作成

図 2.1-1 石灰-石膏法のイメージ

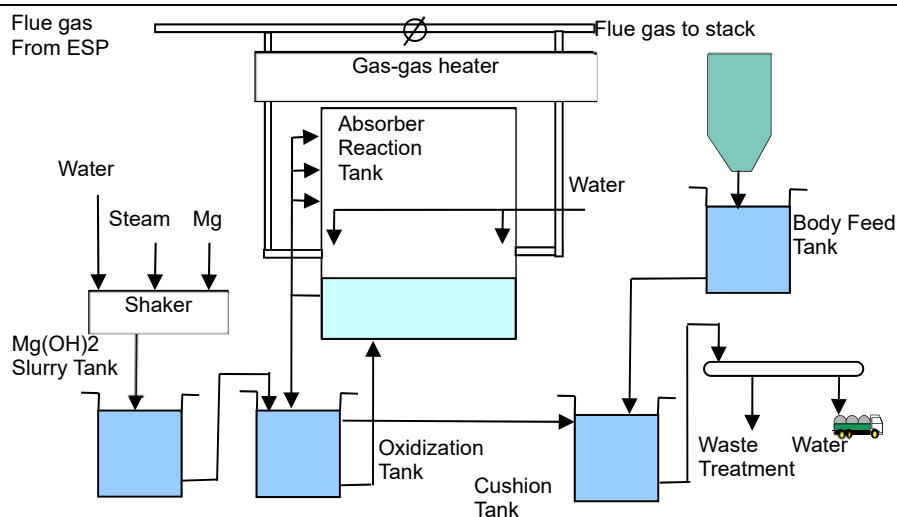
2) 水酸化マグネシウム法 (湿式)

水酸化マグネシウム法は湿式に分類される。水酸化マグネシウム法の構成例を図 2.1-2 に示す。

水酸化マグネシウム法では設備は、集じん装置と煙突の間に設置される。集じん装置を通過した排ガスはガスガスヒーターを経て吸収塔に入る。ガスガスヒーターは吸収塔での蒸発量を少なくするために、排ガスを冷やす役割をする。その後、煙突からの白煙防止のためにガスガスヒーターで加熱する。吸収塔の中では、 SO_2 が水酸化マグネシウムと反応し、硫酸マグネシウムが発生する。

排水が発生するので、排水処理施設の導入が必要である。

吸収塔に何らかの不具合が発生した場合、集じん装置からの排ガスはバイパスラインにより直接に煙突に排出される。



出典: JICA 調査団にて作成

図 2.1-2 水酸化マグネシウム法のイメージ

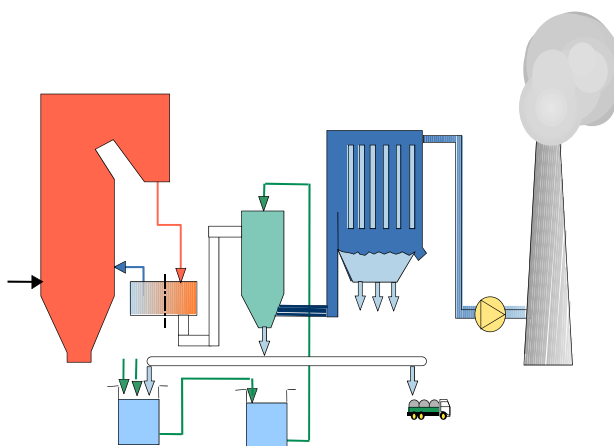
3) スプレッドライヤー法 (半乾式)

スプレッドライヤー法は半乾式に分類される。スプレッドライヤー法の構成例を図 2.1-3 に示す。

スプレッドライヤー法では設備は空気予熱器と集じん装置の間に設置される。排ガスはスプレッドライヤーの中を通過する。スプレッドライヤーの中で SO₂ と水酸化カルシウムが反応し、石膏が発生する。

排水が発生しないため、排水処理装置が不要である。

もし、スプレッドライヤーに不具合が生じたときには、発電機本体も停止する。



出典: JICA 調査団にて作成

図 2.1-3 スプレッドライヤー法のイメージ

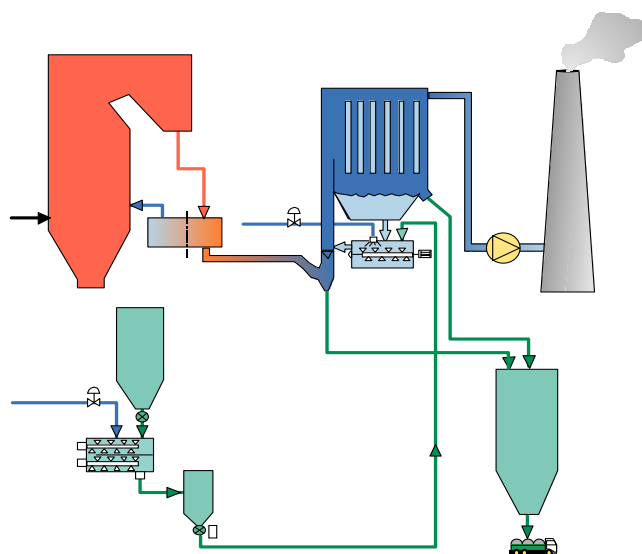
4) 循環法 (半乾式)

循環法は半乾式に分類される。循環法の構成例を図 2.1-4 に示す。

循環法では設備は空気予熱器と集じん装置の間に設置される。排ガスは排ガスダクトの中でスプレーを受け、集じん装置に入る。集じん装置は反応塔の役割も果たし、集じん装置内で SO_2 と水酸化カルシウムが反応して石膏が発生する。

排水が発生しないため、排水処理施設は不要である。

既設の集じん装置を活用する場合、集じん装置内で反応させるため、FGD 設置後には集じん装置の効率が低下する。



出典: JICA 調査団にて作成

図 2.1-4 循環法のイメージ

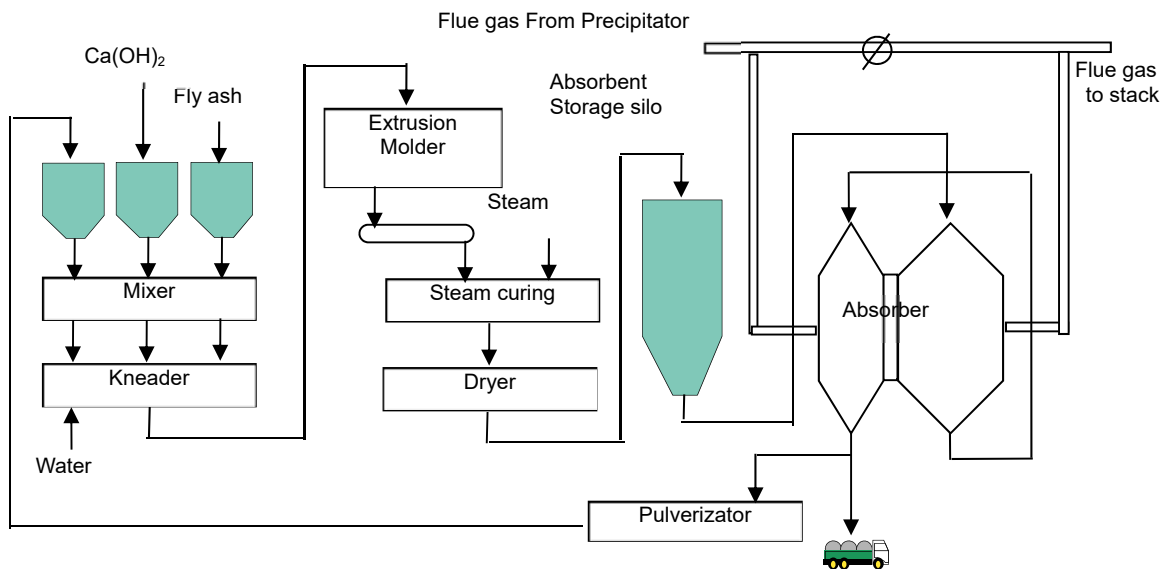
5) 石炭灰利用法 (乾式)

石炭灰利用法は乾式に分類される。石炭灰利用法の構成例を図 2.1-5 に示す。

SO_2 の吸収のために固形のペレットを使用し、このペレットのために水を消費するが、湿式に比べて水の消費量は格段に少ない。石炭灰利用法では設備は集じん装置と煙突の間に設置される。排ガスは生石灰と石炭灰で出来た固形のペレットが充填された吸収塔に入る。吸収塔では、 SO_2 と水酸化カルシウムが反応し石膏が発生する。

排水が発生しないので、排水処理装置は不要である。

吸収塔に何らかの不具合が発生した場合、集じん装置からの排ガスはバイパスラインを通して直接に煙突へ流れる。



出典: JICA 調査団にて作成

図 2.1-5 石炭灰利用法

(3) FGD の比較

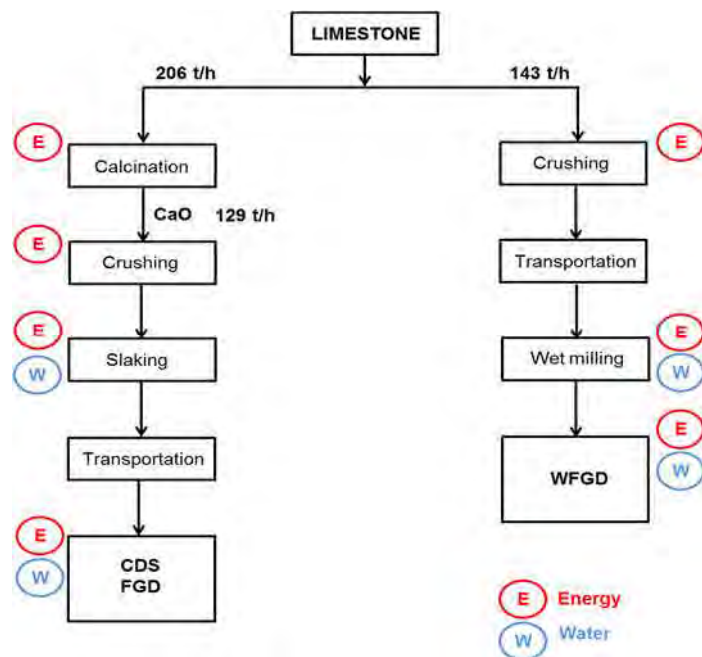
FGD の比較を表 2.1-1 に示す。JICA 調査団は、Eskom の検討結果と同様に石灰-石膏法を推奨する。理由は初期費用並びに運転費用が低く、加えて最も広く採用されているからである。

(4) Eskom による FGD の選定

Eskom は本調査が開始された 2017 年 6 月時点で、自らの検討に基づいて、既に石灰-石膏法を採用していた。Eskom は、電力消費量、水消費量の観点から石灰-石膏法と乾式循環洗浄法(CDS: Circulating Dry Scrubbing)を比較した。Eskom による比較の結果を図 2.1-6 に示す。この比較では、電力消費量は $0.1997 \text{ m}^3/\text{MWh}$ で水の消費量に換算している。CDS では石灰-石膏法でガスクーラーを採用して 90 度まで排ガス温度を低下させた場合と同じ水消費量と評価されている。しかし、CDS は石灰-石膏法に比べ初期投資が膨大であることから優位性は無い。

表 2.1-1 FGD の比較

Items	Lime-gypsum (Wet) (Water Saving Type)	Magnesium hydroxide (Wet)	Spray-dryer (Semi dry)	Circulation (Semi dry)	Utilizing fly ash (Dry)
Initial Cost	982 – 1,122 mil. USD	912 – 1,157 mil. USD	1,132 – 1,412 mil. USD	1,483 – 1,623 mil. USD	1,438 - 1,823 mil. USD
Operational Cost (annual)	87.3 mil. USD	109.1 mil. USD	109.1 mil. USD	109.1 mil. USD	100.0 Mil USD
Efficiency	> 95% Highest efficiency	> 90%	> 70% Low efficiency	> 90%	> 90%
Necessary Water (annual)	7.4 mil. m ³ (5.0 mil. m ³)	10.4 mil. m ³	7.4 mil. m ³	7.4 mil.m ³	1.0 mil. m ³
Kind of Chemicals (Toxicity)	Limestone (Calcium hydroxide invades membrane and the skin, especially eye)	Magnesium hydroxide (No problem)	Quicklime (Calcium hydroxide invades membrane and the skin, especially eye)	Quick lime (Calcium hydroxide invades membrane and the skin, especially eye)	Slaked lime (No problem)
By-products	Gypsum	MgSO ₄	Gypsum	Gypsum + Ash + Quick lime	Gypsum + Ash+ Slaked Lime
Utilization of By- products	Gypsum can be reused for wall or ceiling materials for building.	MgSO ₄ can be reused as desulfurization agent.	Gypsum can be reused for wall or ceiling of building materials.	By-product not can be reused, as it becomes cocktail.	By-product not can be reused, as it becomes cocktail.
Space for Installation	Large area is needed.	Large area is needed.	Necessary to remove existing ESP	Necessary to remove existing ESP	Large area is needed.
Abating Dust (PM)	Dust is expected to be abated by FGD.	Dust is expected to be abated by FGD	As efficiency of abating dust is decreased.	As efficiency of abating dust is decreased.	
Conclusion	Wet type is widely used. To apply the water saving type, the usage water can be minimized, same as semi-dry. Existing FGD can be used.	As the water consumption is much, the type cannot be applied.	The initial cost and operation cost are too expensive. The efficacy is low, and much augmentation is necessary between boiler and stack.	The initial cost and operation cost are too expensive.	The initial cost is too high. There are few supply records.
Recommendation	Recommend to Apply				



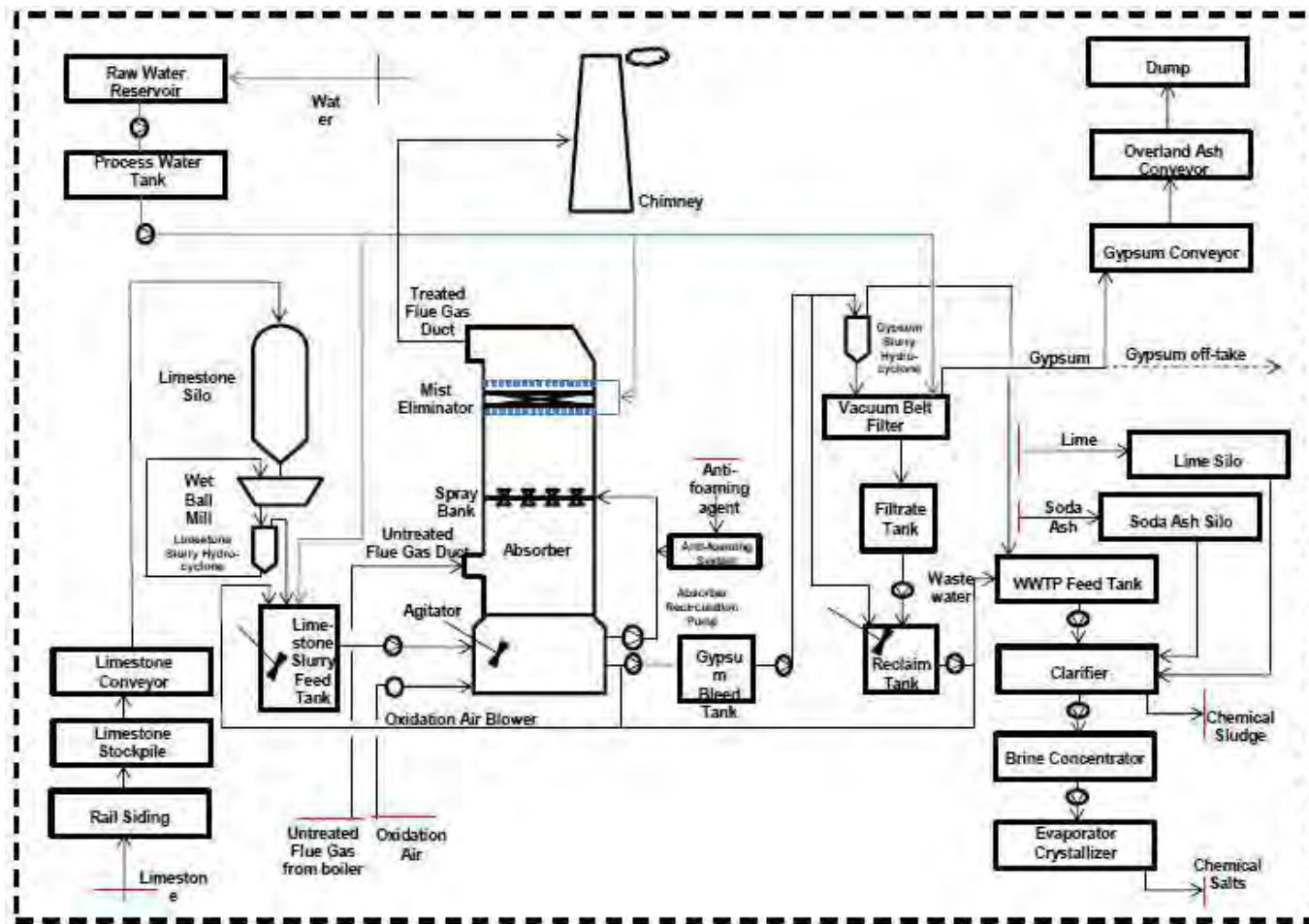
	WFGD	WFGD (with Cooler 100°C)	WFGD (with Cooler 90°C)	CFB-FGD
Total Water (m ³ /annum)	6,498,402	4,638,100	4,135,883	3,707,546
Total Power (MWh/annum)	247,642	254,533	254,533	1,015,367
Power to Water (m ³ /annum)	49,450	50,826	50,826	202,752
Total Water (m ³ /annum)	6,547,852	4,688,927	4,186,709	3,910,298

出典: Power Point Document “Medupi Power Station Flue Gas Desulphurisation Project” prepared by Eskom

図 2.1-6 Eskom による CDS と石灰-石膏法の比較

(5) 本事業の範囲

本調査で検討する FGD の適用範囲を図に示す。FGD 本体のみならず、鉄道の分岐や水供給施設並びに排水処理システムを含むものとする。



出典: Prepared by Eskom

図 2.1-7 本事業の範囲

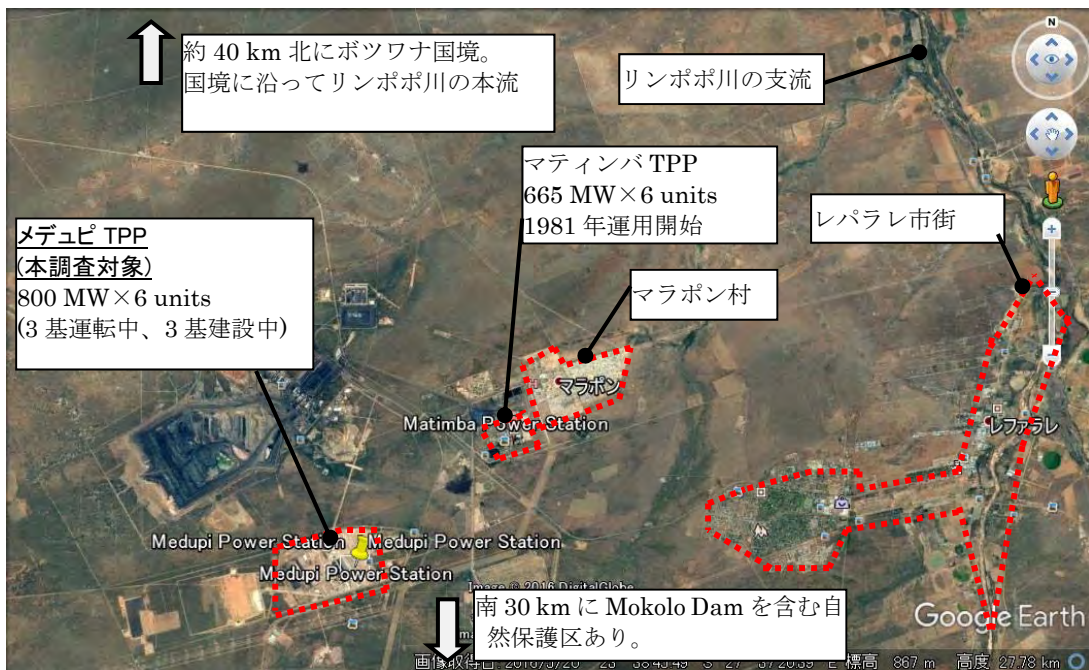
2.1.4 現場の現況並びに課題

(1) 調査対象地域並びに建設予定地等の概況

メデュピ TPS のあるリンポポ州は、ボツワナ、ジンバブエ国との国境に位置し、国境はリンポポ川によって分けられている。総面積 123,9101 km²、人口は約 540 万人である。

メデュピ TPS は首都のヨハネスブルグから北へ約 290 km、直近の海岸までは南東へ 580 km のモザンビーク国マプト市となっている。したがって、石炭火力発電所は冷却、灰処理、タービン系統への補給水などのために多くの水を使用するにも関わらず、海水の活用は難しい。したがって、河川水もしくは地下水により供給される必要がある。近傍の河川としては、リンポポ川の支流が発電所の西に約 19km に流れており、その他、国境のリンポポ川本流までは北に 40km である。しかしながら、リンポポ川は国際河川であり、南アフリカの他、ボツワナ、モザンビーク、ジンバブエが関係国となり、水利権の観点から水源とするには相当な困難が伴う。

メデュピ TPS 周辺を図 2.1-8 に示す。発電所の近傍に石炭鉱山があり燃料供給には大きな課題はない。発電所周辺は概ね人家の少ない草原地帯であり、近隣の市街地として東へ約 12~13km にリンポポ州レパラレ市が所在する。なお、上述のリンポポ川支流はレパラレ市街の中心部を流れている。さらに人家としてはより発電所に近い位置にマラボン村がある。なお、上述のリンポポ川支流はレパラレ市街の中心部を流れている。レパラレの近傍には D'nyala 自然保護区、メデュピ TPS の約 30 km 南方には Thiane Wildlife Sanctuary、Mokolo Dam 自然保護区がある。



出典: Google Earth の写真(2016年5月撮影)を使用して JICA 調査団にて作成

図 2.1-8 発電所周辺の概況

(2) レビューすべき基本設計

基本設計の概略内容は表 2.1-2 に示すとおりである。Eskom は、シュタインミュラー・エンジニアリング社のライセンスを受けてブラックアンドビーチ社に委託して設計を実施した。FGD の方式としては石灰-石膏法が採用されている。なお、石灰-石膏法は脱硫における一般的な反応方法で、排ガスに石灰水溶液を緊密に接触させて学反応させ排ガス中の SO₂ を除去するものであり、副生物として石膏が発生する。基本設計調査では、石灰濃度や石炭品質の組合せによる 6 ケースを想定した上(表 2.1-2 の Process Flow Diagram のうち(1)~(6)に相当)で、それぞれのケースにおいて SO₂ 濃度、石灰石の消費量、水の使用量、排水量等について推計している。

結果の概要(表 2.1-2 の Process Flow Diagram のうち(7)の抜粋)を表 2.1-3 に示す。これによれば、800 MW×6 基で、水の使用量は概ね 1,200 m³/h であり、石灰の消費量は概ね 150,000 kg/h である。なお、副生物である石膏は 2 割を建材等の用途への再利用のため鉄道で搬出し、残りを埋め立てる。石灰は鉄道により搬入する計画となっている。

表 2.1-2 基本設計の概略内容

	基本設計	概略内容
1	Design Basis Documents	設計の前提条件、設計方針、設計結果の総括
2	Process Flow Diagram	FGD のシステムを石灰濃度及び石炭/加熱器の有無により設定した 6 ケースについて、処理フローの想定と比較並びに結果の総括表 (1) PFD Design Coal, 85% CaCO ₃ (2) PFD Worst Coal, 85 % CaCO ₃ (3) PFD Worst Coal, Attemperated Air, 85% CaCO ₃ (4) PFD Design Coal, 96% CaCO ₃ (5) PFD Worst Coal, 96% CaCO ₃ (6) PFD Worst Coal, Attemperated Air, 96% CaCO ₃ (7) FGD Design Controlling Cases
3	Studies	FGD を構成するサブシステム等に関する以下の 22 検討書がある。 (1) Chimney Analysis (2) Induced Draft Fan Analysis (3) Byproduct Disposal Study (4) Water Supply / Waste Water Disposal (5) Absorber Sizing Design Report (6) FGD Redundancy & Size Evaluation (7) Balance & Plant System Sizing Criteria Study (8) Support of Bypass Tie-In with Hitachi Duct Design Study (9) Rubber Lining vs Rubber Lining with Insulation Study Cost Estimation (10) Wet Oxidation Cooling Study (11) Operability Study (12) Limestone Quality Range Study (13) FGD Startup and Shutdown Concept (14) FGD Oxidation Air Blower Optimize Energy Consumption Study (15) Definition of Pipe Material (16) Stackwater Collection Study (17) Material Concept for the Inlet Duct (18) Technical Evaluation of Flue Gas Cooling Options (19) Five Protection / Detection Assessment Report (20) RAM Analysis (21) FMECA Analysis (22) HAZOP Analysis
4	Arrangement Design	12 枚の図面集。そのうち特に重要な 2 枚の情報は以下の通り。 (1) FGD Retrofit Plot Pan (排煙脱硫装置、石灰石受入・貯蔵、副生物貯蔵などの全体配置案) (2) FGD Retrofit Site Arrangement (FGD の配置計画)

5	Process System Design	FGD の反応過程に係る設計書並びに設計図面。以下の 8 つのパートに分かれている。 (1) System Description, FGD Plant General System Description, FGD Process (2) Absorber (8 Reports, 32 Drawings) (3) Flue Gas (4 Reports, 12 Drawings) (4) Limestone Preparation (3 Reports, 6 Drawings) (5) Limestone Slurry Feed (3 Reports, 1 Drawing) (6) Bleed and Drain System (4 Reports, 2 Drawings) (7) Gypsum Dewatering (10 Reports, 10 Drawings) (8) Process Water (3 Reports, 3 Drawings)
6	Mechanical System Design	FGD の付帯設備並びに配管・計装に係る設計書並びに設計図面。以下 11 のパートに分かれている。ただし、下線を付した設備の報告書並びに図面は未受領。 (1) P&ID Index (1 Drawing) (2) P&ID Legend (1 Drawing) (3) Auxiliary Steam (LBG) (1 Report, 1 Drawing) (4) Compressed Air (QFB) (1 Report, 1 Drawing) (5) Closed Cycle Cooling Water (PGB) (1 Report, 1 Drawing) (6) Fire Protection (SGA) (1 Report, 2 Drawings) (7) Zero Liquid Discharge (GNG) (1 Report, 1 Drawing) (8) Portable Water (GKC) (1 Report, 1 Drawing) (9) FGD Makeup Water Supply (HTQ) (1 Report, 2 Drawings) (10) Sumps (HTT) (1 Report, 15 Drawings) (11) Material Handling System Design (2 Report, 16 Drawings)
7	Electrical System Design	7 通の報告書並びに 12 枚の図面。電源容量の試算並びに単線結線図等が含まれている。
8	Control System Design	4 通の報告書並びに 1 枚の図面。制御の基本思想、制御システムズなどが含まれている。
9	Building Design	1 通の報告書並びに 20 枚の図面。20 棟の建物が予定されており、報告書では、それぞれの建物の寸法、構造、空調、防火の思想が、図面ではそれぞれの建物内のレイアウト案が示されている。
10	Lists	(1) Interface List (2) FGD BOP Equipment List (3) Pipeline List (4) FGD In-Line Components List (5) FGD Instrument List (6) FGD Valve List (7) FGD Relief Valve List (8) Equipment List (9) Piping List (10) Valve List (11) Equipment Load List Absorber (12) Equipment Load List Dewatering (13) Equipment Load List Limestone Preparation (14) Equipment Load List Limestone Preparation (15) Electrical Load List Absorber 1-6 (16) Electrical Load List Limestone Preparation (17) Electrical Load List Gypsum Dewatering (18) Electrical Load List Drain & Bleed Tank (19) Electrical Load List Process Water (20) Measuring Point List
11	Operation and Maintenance Planning	(1) Maintenance & Access Diagram FGD Medupi (2) Maintenance & Access Drawing Pump house (3) Maintenance Staffing Plan (4) M&A Drawing Gypsum Dewatering Building +0.000M (5) M&A Drawing Gypsum Dewatering Building +9.000M (6) M&A Drawing Gypsum Dewatering Building +16.000M (7) M&A Drawing Limestone Building 0.00M (8) M&A Drawing Limestone Building +20.0M (9) Maintenance & Access Drawing Gypsum Bleed Tank Area (10) Evaluation of Access Equipment for Maintenance of Top Entry Agitators (11) Mobile Equipment Plan
12	Project Execution Planning	(1) Project Execution Plan (2) Project Procurement Plan (3) Construction Execution Plan (4) FGD Plant Construction Facilities (5) FGD Absorber Erection Manual

	(6) Medupi FGD Level 1 Schedule (7) Medupi FGD ERA Schedule Level 2 (8) Capital and O&M Cost Estimates
--	--

Eskom から JICA へ開示が無かった資料。

出典:基本設計の資料に基づき、JICA 調査団にて作成

表 2.1-3 基本設計で想定している 6 ケースの結果の概要

石灰濃度	石炭の質/ 加熱器の有無	ケース分類	FGD 出口 SO ₂ 濃度 mg/Nm ³	SO ₂ 除去率 %	石灰消費量 kg/h	Crocodile West Water		Mokolo Water	
						使用水量	排水量	使用水量	排水量
						m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h
85%	設計炭	Case1	384.27	89.22	85,202.38	929.20	72.28	926.34	69.47
	低品質炭	Case2	396.22	92.95	143,235.88	1,030.31	74.20	1,027.15	71.09
	低品質炭/加熱器付	Case3	389.67	93.14	143,556.27	1,128.50	73.99	1,125.04	70.59
96%	設計炭	Case4	300.18	91.63	75,328.76	933.49	73.24	930.54	70.39
	低品質炭	Case5	295.32	94.78	125,735.02	1,034.74	75.25	1,031.48	72.09
	低品質炭/加熱器付	Case6	289.08	94.94	125,964.87	1,132.82	75.04	1,129.25	71.59

色網掛けの箇所は、6 ケースの中で最も多い消費量となる数値。

出典:基本設計の資料に基づき、JICA 調査団にて作成

2.1.5 技術基本方針

(1) 基本設計の尊重

Eskom は海外のコンサルタントであるシュタインミュラーエンジニアリング(並びにブラック&ビーチ)を活用して 2014 年に自らの資金で基本設計を実施し、その後現在まで継続的に検討している。

JICA 調査団は Eskom との一連の協議の後に基本設計をレビューし、基本設計を尊重しつつ、システム構成やパッケージ、仕様について変更すべき箇所を提言した。

(2) 南アフリカの法制度の尊重

Eskom には PFMA の付表 2 で指定された公的企業として、PPPFA 並びにその規則を遵守する義務がある。

(3) JICA 環境社会配慮並びに労働安全管理の採用の合意

Eskom は自らの資金で調達したコンサルタントにより、環境影響評価(EIA: Environmental Impact Assessment)を実施した。これに対し、JICA は、“JICA guideline for Environmental and Social Consideration (April 2010)”に基づき、評価を行った。

JICA 調査団は Eskom による環境影響評価と JICA の環境ガイドラインとのギャップを明らかにし、そのギャップの対応状況について確認した。

2.2 調査の実施方法

2.2.1 実施工程

本調査は、2017 年 6 月に開始され、2019 年 6 月に完了した。2017 年 6 月から、2018 年 2

月にかけて4回の現地渡航をし、現場の確認、Eskom 及び関係機関からの情報収集並びに協議、貴機構と Eskom との協議の補助を実施した。ファイナルレポートは2019年6月に提出された。

2.2.2 実施方法

- (1) 本事業の必要性並びに背景の確認
 - 本事業の必要性並びに重要性の確認
 - 石炭焚火力発電所にかかる環境対策にかかる法令の調査
 - 既往調査並びに文献の理解
 - 南アフリカにおける石炭焚火力発電所のFGD設置の計画のまとめ
- (2) 本事業の現況についての検証
 - 基本設計の自然条件のレビュー
- (3) 基本設計のレビューと最適解の提案
 - 本事業の範囲並びに資金の確認
 - 基本設計のレビューと最適解の提案
- (4) 調達並びに建設の計画
 - 調達並びに建設計画のレビュー
 - FGDの維持管理体制並びに関連する設備の提案
 - 技術的補助の必要性の検討
 - 建設方法の検討
- (5) 本事業実施工程
 - 実施方法の検討
 - 実施工程の検討
- (6) 本事業実施体制
 - 南アフリカの類似プロジェクトの実施体制の調査
 - プロジェクトのための実施体制の検討
- (7) 環境社会配慮
- (8) 本事業の積算
- (9) JICA円借款の適用範囲
 - JICA円借款の適用範囲
 - 建設段階でのコンサルティングサービス
- (10) 運転並びに効果指標の補助
 - 経済財務分析
 - 運転並びに効果指標

(11) 本邦招聘の準備

(12) リスク・マネージメント・フレームワークの作成

3. 本事業の必要性

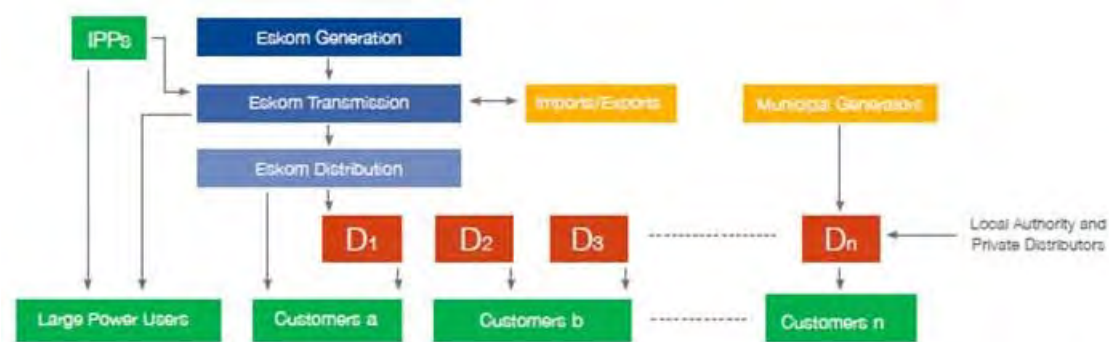
3.1 電力セクターの現況

3.1.1 電力セクターの構造並びに電力需要

(1) 南アフリカの電力供給の構造

南アフリカの電力供給の構造を図 3.1-1 に示す。電力供給におけるすべての市場参加者はエネルギー規制庁(NERSA： National Energy Regulatory of South Africa)から操業許可を得る必要がある。電力市場はエネルギー規制法(the National Energy Regulatory Act, 2004)に基づき NERSA によって管理される。NERSA は発電、送電、配電の事業にかかる免許を交付し、すべての料金改定を管理し、国内電力系統管理法を整備する権限を有する。発電セクターにおいて国有企業である Eskom が主たる役割を担っているが、いくつかの独立系発電事業者(IPP)も存在する。Eskom は送電セクターでは独占事業者である。Eskom のほかに免許を受けている 2 事業者がいるが、そのサービス提供範囲はきわめて狭く、NERSA は送電にかかるデータを専ら Eskom から取得している。配電セクターでも Eskom が主たる役割を担っているが、2012 年に 178 の官(地方政府)系配電事業者や 12 の民間系配電事業者が存在していた。

2012 年時点で発電事業の免許を交付されていた発電所並びに操業可能な発電所を表 3.1-1 に示す。2012 年時点の送電端の最大電力供給は 49,717.32 MW であり、火力発電所がそのうち概ね 70%(34,926.33 MW)を占めている。火力発電が南アフリカでの主たる電源であることは明白である。



出典: Electricity Supply Statistics for South Africa 2012, NERSA

図 3.1-1 南アフリカの電力供給構造

表 3.1-1 2012 年時点の免許済み並びに操業可能な発電所

発電所名	認可種別	認可容量 (MW)	送電端発電容量 (MW)	年間発電量 (MWh)
Umfoloji	Private	16.00	4.00	
Bagasse		16.00	4.00	0.00
Komati Mill	Private	20.00	18.00	86,880.00
Malelane Mill	Private	19.00	16.00	92,226.00
Amatikulu Sugar Mill	Private	12.00	11.80	36,999.25
Darnall Sugar Mill	Private	12.00	7.00	17,957.00
Felixton Sugar Mill	Private	32.00	24.00	71,360.00

発電所名	認可種別	認可容量 (MW)	送電端発電容量 (MW)	年間発電量 (MWh)
Maidstone Sugar Mill	Private	22.50	-	39,320.00
Bagasse and Coal		149.50	84.80	344,742.25
Arnot	Eskom	2,232.00	2,012.00	13,026,226.03
Camden	Eskom	1,450.00	1,451.00	8,902,148.00
Duvha	Eskom	3,450.00	2,645.00	18,131,754.00
Grootvlei	Eskom	1,090.00	1,077.00	6,232,252.89
Hentrina	Eskom	1,865.00	1,596.00	10,695,691.49
Kendal	Eskom	3,840.00	3,949.00	28,855,844.90
Komati	Eskom	791.00	757.00	3,963,569.04
Kriel	Eskom	2,850.00	2,580.00	16,944,768.72
Lethabo	Eskom	3,558.00	3,575.00	24,333,573.60
Majuba	Eskom	3,843.00	3,814.00	27,647,993.22
Matimba	Eskom	3,690.00	3,723.00	29,865,255.36
Matla	Eskom	3,450.00	3,388.00	22,765,429.29
Tutuka	Eskom	3,510.00	3,378.00	20,747,557.00
Rooiwal Power Station	Municipality	300.00	76.26	328,683.10
Kelvin Power Station	Private	600.00	250.00	1,624,950.00
Sasol Chemical Industries	Private	128.00	116.07	848,970.33
Sasol Synfuels Stream Power Station	Private	600.00	539.00	3,144,578.17
Coal		37,247.00	34,926.33	238,059,245.14
Pretoria West Power Station	Municipality	180.00	-	-
Coal and Gas		180.00	0.00	0.00
Acacia	Eskom	171.00	172.00	6,837.00
Ankerlig	Eskom	1,327.00	1,367.00	833,192.00
Gouikwa	Eskom	740.00	726.00	499,235.33
Port Rex	Eskom	171.00	171.00	7,828.00
Athlone Gas Turbine	Municipality	40.00	37.00	520.54
Roggebaai Gas Turbine	Municipality	42.00	19.80	201.87
Nelson Mandela Metropolitan	Municipality	40.00	38.00	-
Sasol Synfuels Gas Power Station	Private	252.00	232.00	1,761,971.97
Power Alt Middleburg	Private	10.70	10.70	3,222.83
Cogeneration Plant Methcap Petro SA	Private	4.24	3,151.00	4,163.60
Newcastle Cogeneration	Private	18.50	4,371.00	46,511.50
Gas		2,816.44	10,295.50	3,163,684.64
Gariep	Eskom	360.00	365.00	432,397.00
Vanderkloof	Eskom	270.00	270.00	495,644.00
Lydenburg Hydro	Municipality	2.10	2.10	7,980.84
Friedenheim Hydro electric Power Station	Private	2.50	1.90	12,588.46
Sol Plaatja	Private	3.00	2.23	15,346.13
Marino	Private	4.00	3.58	20,156.13
Clanwillian Dam Hydro Power Station	Private	1.50	1.50	6,350.14
Hydro		643.10	646.31	990,462.70
Koeborg	Eskom	1,860.00	1,865.00	12,967,435.00
Nuclear		1,860.00	1,865.00	12,967,435.00
Drakensberg	Eskom	1,000.00	1,021.00	2,047,041.00
Palmiet	Eskom	400.00	427.00	865,522.00
Steenbras Pumped Storage Scheme	Manicipality	180.00	167.00	126,319.29
Pumped Storage		1,580.00	1,615.00	3,038,882.29
Mpact, Piet Retief	Private	5.10	5.10	7,094.30
Spent liquor and Coal		5.10	5.10	7,094.30
Sappi Saiccor	Private	46.00	36.08	225,356.25
Sappi Tugela	Private	10.00	20.00	29,022.64
Sappi Ngodwana	Private	117.00	117.00	771,736.59
Mondi Richards Bay Mill	Private	17.00	97.00	675,344.30
Spent pulping liquor and Coal		190.00	270.08	1,701,459.78
Darling Wind Power		5.30	5.20	7,498.61
Wind		5.30	5.20	7,498.61
Total		44,692.44	49,717.32	260,280,504.71

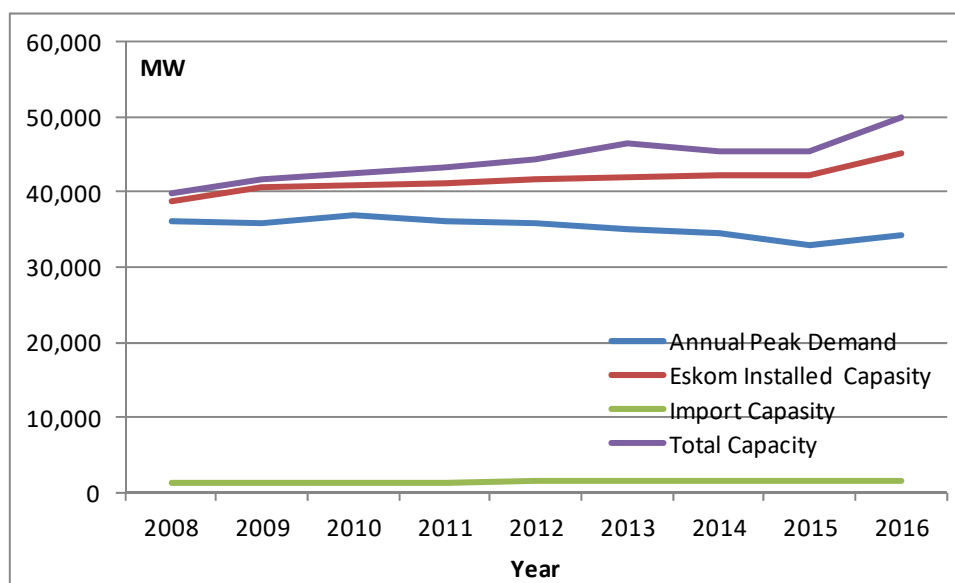
出典: Electricity Supply Statistics for South Africa 2012, NERSA

(2) ピーク需要並びに電力容量

ピーク需要並びに電力容量を図 3.1-2 に示す。2008 年から 2016 年において、ピーク需要は概ね 37,000 MW から 33,000 MW で推移している。総電量容量は上昇傾向にあり 40,000 MW から 50,000MW に増加している。一見、一時的には、南アフリカの電力逼迫が緩和されたようにも見える。しかし、後述するとおり、石炭火力発電所の停止が予定されており、今後、電力容量が落ちていく。

Eskom 収入申請(Eskom revenue application)では、近年の需給状況について、以下のように述べている。“Eskom は、逼迫した環境から十分なもしくは余剰の電力容量を持つにいたった。その理由は、発電の信頼性の向上、需要の伸びの鈍化、Eskom 並びに IPP による新たな電源の投入である。”

他方、2018 年 8 月に発表された改訂 2018 年版 IRP (IRP upgrade 2018)でも、2017 年以降の急激な電力の伸びを予測(後述の図 3.1-3)しており、今後の電力逼迫が予想される。また、運転開始日(COD: Commercial Operation Date)から 50 年以上経過した発電所は南アフリカでは廃止される。すなわち、6 発電所、クリエル、アルノット、ヘンドリナ、カンデム、グループリー、コマティの計 10,976MW は 2029 年までに系統から離脱する。このことは、中長期的な観点からは、需給バランスが依然として重大な課題であることを示している。



出典: System Adequacy Outlook Issue 12, NERSA

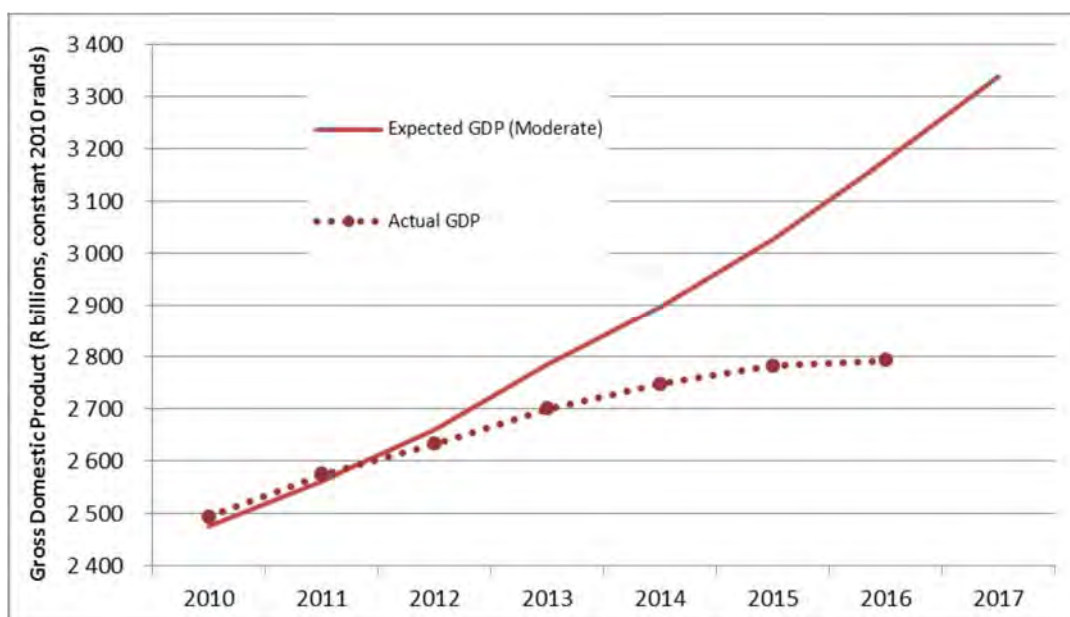
図 3.1-2 ピーク需要並びに供給能力 (2008 to 2016)

(3) エネルギー消費量

2010年時点のGDP予測と実際のGDPを図3.1-3に示す。2010年時点のGDPは約2,500Mil. ZARであったが、2016年までに約3,200Mil. ZAR弱まで増加すると予想されていた。しかし、2016年まで約2,800Mil. ZARにとどまった。

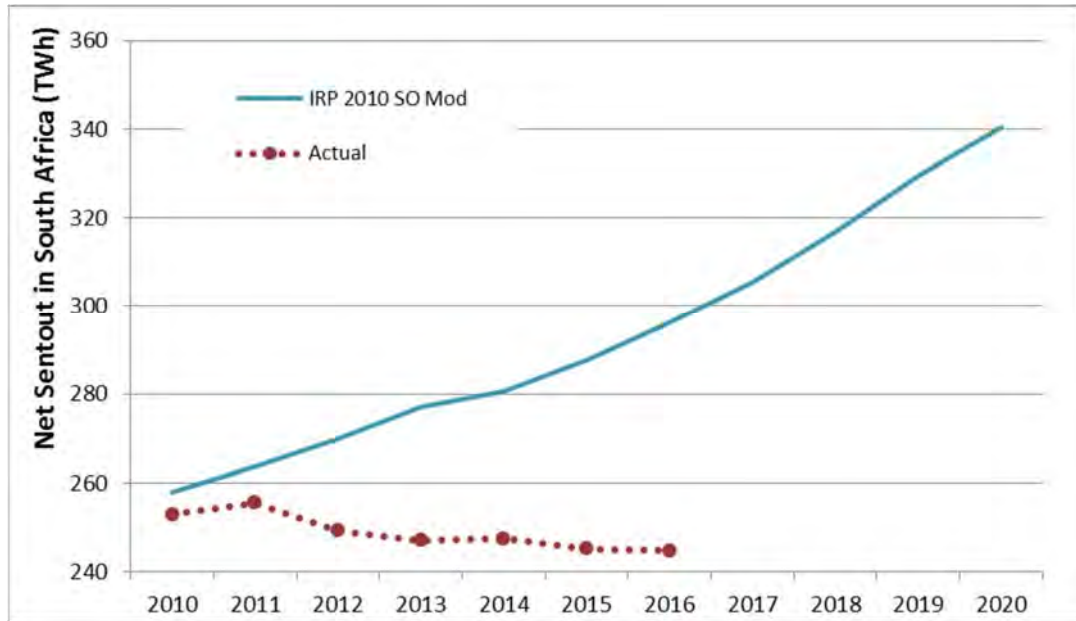
2010年時点のエネルギー消費予測と実際のエネルギー消費を図3.1-4に示す。2010年から2016年まで、GDPが予測よりも低い水準ながら成長しているのに対し、エネルギー消費量は減少傾向にある。

エネルギー消費効率の推移を図3.1-5に示す。年間のエネルギー消費量をGDPで除した指標であるエネルギー消費効率(EI: Energy Intensity)は1997年ごろをピークにして減少に転じている。このことは、経済活動でエネルギーが効率的に消費されていることを示している。原因について、改訂2018年版IRPでは、電力料金の上昇などからエネルギー消費効率が向上したこと、エネルギー源をガスから電気に切り替えたこと、屋根置き太陽光の導入が進んだこと、などを上げている。



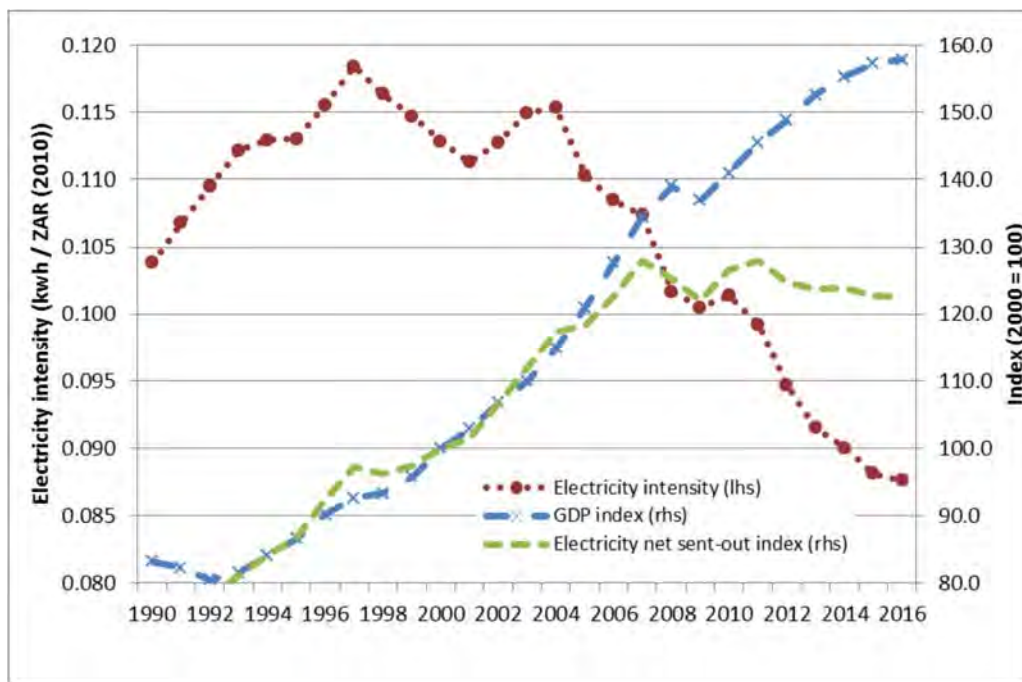
出典: Integrated Resource Plan 2018 Updated, August 2018, Department of Energy

図 3.1-3 2010年時点のGDP予測と実際のGDP



出典: Integrated Resource Plan 2018 Updated, August 2018, Department of Energy

図 3.1-4 2010 年時点のエネルギー需要予測と実際の需要

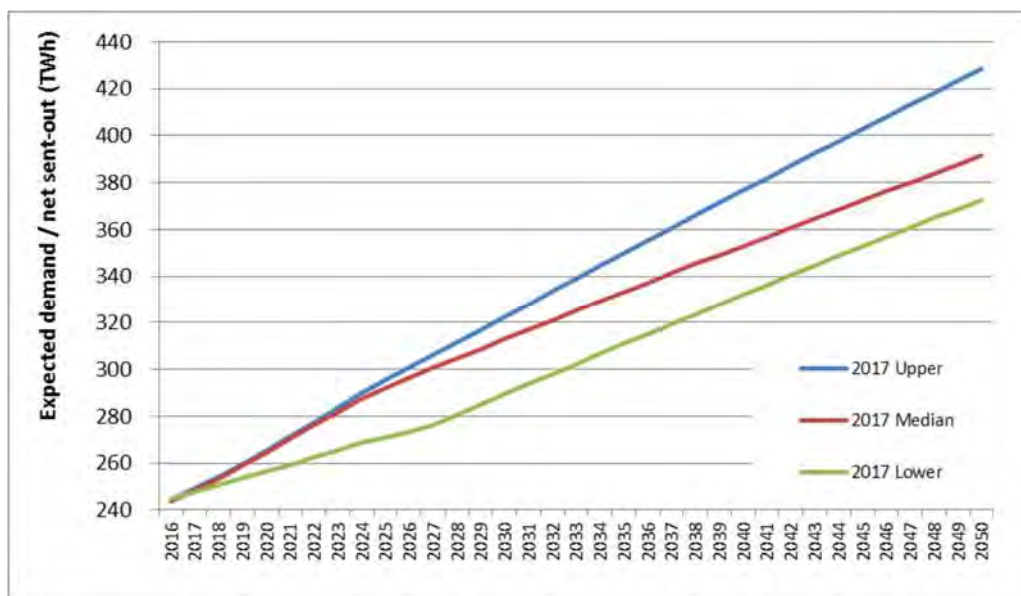


出典: Integrated Resource Plan 2018 Updated, August 2018, Department of Energy

図 3.1-5 エネルギー効率の推移(1990 年から 2016 年)

(4) エネルギー需要予測

エネルギー需要予測を図 3.1-6 に示す。条件別で3つの予測、すなわち、IRP 2010-2030 で想定した条件での予測、低需要条件での予測、高需要条件での予測、が示されている。IRP 2010-2030 の予測に比べ、2016 年時点で見通しているほかの2つの予測はエネルギー消費が少ないと想定している。IRP 2010-2030 の改訂版では高需要条件での予測を採用している。



出典: Integrated Resource Plan 2018 Updated, August 2018, Department of Energy

図 3.1-6 2018 年時点のエネルギー需要予測

(5) 南アフリカの発電所建設プロジェクトの実施状況

改訂 2018 年版では、図 3.1-7 の通り、南アフリカが企図している発電所建設プロジェクトの実施状況が示されている。2017 年 9 月時点で、総計 39,830 MW の発電所建設プロジェクトがある。しかし、そのうちの約半分に当たる総計 18,576 MW は進捗していない。

表 3.1-2 南アフリカの発電所建設プロジェクトの状況

Type	Scale (MW)	Ministerial Determination date	Status (As of September 2017)
RE	3,725	11 August 2011	3,772.04 MW in commercial operation
RE	3,200	19 December 2012	
RE	6,300	18 August 2015	
CHP	800	19 December 2012	11.5 MW procured. No contract signed.
CHP	1,000	18 August 2015	
Nuclear	9,600	17 December 2013, Revised 5 December 2016	Not yet implemented
Gas/Diesel peaking plants	1,020	25 May 2012	1,005 MW in commercial operation
Coal Baseload IPP	2,500	19 December 2012	900 MW procured. No contract signed.
Coal Baseload IPP	3,750	20 April 2016	Not yet implemented
Gas and OCGT/diesel	3,126	18 August 2015	Not yet implemented
Additional gas	600	27 May 2016	Not yet implemented
Hydro	2,609	19 December 2012	Treaty signed with DRC for 2,500 MW
Solar	1,500	27 May 2016	Not yet implemented
Diesel	100	27 May 2016	Construction not started
Total	39,830		

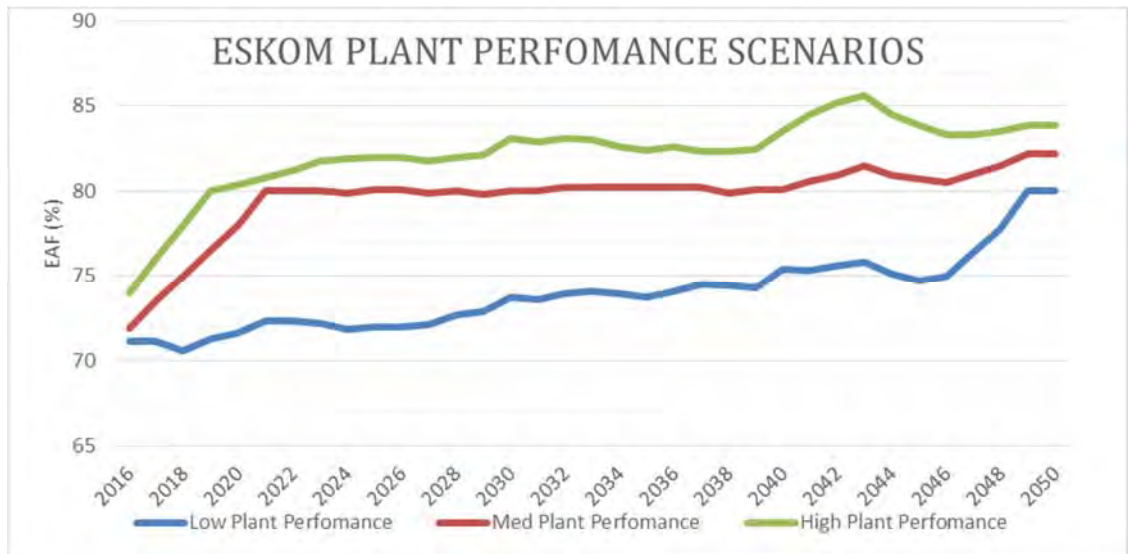
RE: Renewable Energy, Co-gen: Combined Heat and Power,

出典: Integrated Resource Plan 2018 Updated, August 2018, Department of Energy に基いて
JICA 調査団にて作成

(6) Eskom 発電所の稼働

改訂 2018 年版では、Eskom が所有している発電所の実稼働率 85%に対し、稼働 86%を目標としていた。しかし、それ以降、2015 年度には稼働率が約 71%、2016 年度には稼働率が約 77%にとどまった。

Eskom 発電所の稼働予測を図 3.1-4 に示す。3 つの前提条件、すなわち、高稼働、中稼働、低稼働が想定されている。高稼働は Eskom から電力消費者への価格低減を重視して運発電設備の運用をすると仮定した事業設計の場合であり、エネルギー利用率は許容できる水準とされる。中稼働は企業が通常選択する場合であり、エネルギー利用率を Eskom の 2017 年度株主説明資料に適合する水準とする。低稼働はより積極的に発電所建設を進める場合である。



出典: Integrated Resource Plan 2018 Updated, August 2018, Department of Energy

図 3.1-7 Eskom 発電所の稼働予測

3.1.2 Eskom の石炭火力発電所

Eskom が所有している発電所の容量並びに設置地点をそれぞれ図 3.1-5 と図 3.1-6 に示す。

2019 年 5 月時点で、Eskom は 16 箇所の定常負荷対応発電所(石炭火力並びに原子力)、9 箇所のピーク負荷対応発電所(ガス、揚水、水力)並びに再生可能 1 箇所、水力発電 4 箇所の以上の 30 発電所の総容量は 48,039MW となる。

14 箇所の石炭火力発電の総容量は 40,180 MW であり、これは Eskom の全発電所の総容量の 84%を占める。

メデュピ TPS は建設中であり、4 から 6 号機(794 MWx3 基)のみ上述の表に含まれている。メデュピ TPS の 6 基すべてが運用開始したのちに、2,382MW (794 x 3 基地)が加わることになる。

Power station	Location	Years commercial from to last year	Number and installed capacity of generators each, MW	Total installed capacity, MW	Total nominal capacity, MW
Base-load stations					
Coal-fired (15)				49 180	37 869
Arnot	Middelburg	Sep 1971 to Aug 1972	1x370; 1x390; 2x290; 2x400	1 350	1 271
Candelo ^{1,2}	Erniebs	Mar 2005 to Jun 2008	3x200; 1x196; 2x185; 1x190; 1x185	1 561	1 461
Qutha ¹	Erniebs	Aug 1990 to Feb 1991	5x600	3 000	2 975
Greentree ¹	Saltour	Apr 2008 to Mar 2011	4x200; 2x190	1 180	1 130
Hendrina ^{1,2}	Middelburg	May 1970 to Dec 1976	1x210; 4x200; 3x195; 1x170; 1x168	1 738	1 638
Kerridge ¹	Erniebs	Oct 1989 to Dec 1992	6x688	4 116	3 940
Komati ^{1,2}	Middelburg	Mar 2009 to Oct 2012	4x100; 4x125; 1x90	990	904
Kriel	Sethal	May 1976 to Mar 1979	6x500	3 000	2 850
Kusile ^{1,2}	Cogen	Aug 2017	1x799	799	720
		Under construction	5x800		
Lethabo	Vereeniging	Dec 1985 to Dec 1990	6x105	3 705	3 558
Majuba ¹	Volksrust	Apr 1996 to Apr 2001	3x633; 3x713	4 110	3 943
Masibisa ^{1,2}	Laphalala	Dec 1987 to Oct 1991	6x665	3 990	3 690
Metsi	Sethal	Sep 1979 to Jul 1983	6x600	3 600	3 450
Medupi ¹	Laphalala	Aug 2013 to Nov 2017	3x794	2 382	2 157
		Under construction	3x794		
Tutu	Standerfont	Jun 1985 to Jun 1990	6x609	3 654	3 510
Nuclear (1)					
Koeberg	Cape Town	Jul 1984 to Nov 1985	2x970	1 940	1 840
Peaking stations					
Gas/liquid fuel turbine stations (4)				2 424	1 409
Acacia	Cape Town	May 1976 to Jul 1976	3x37	111	171
Arbaryk	Atlanta	Mar 2007 to Mar 2009	4x149.2; 5x148.2	1 338	1 323
Crookwa	Pleasant Bay	Jul 2007 to Nov 2008	5x149.2	746	740
Port Bax	East London	Sep 1976 to Oct 1976	3x57	171	171
Pumped storage schemes (3)				2 731	1 734
Draakenberg	Bergville	Jun 1981 to Apr 1982	4x250	1 000	1 000
Ingule	Ladymanth	June 2016 to Feb 2017	4x332	1 328	1 324
Palmas	Grabouw	Apr 1988 to May 1988	2x200	400	400
Hydroelectric stations (1)¹				600	600
Gariep	Norvalfont	Sep 1971 to Mar 1975	4x90	360	360
Vanderkloof	Petrusville	Jan 1977 to Feb 1977	3x200	600	600
Total used for capacity management purposes				47 878	45 481
Renewable energy					
Wind energy (1)¹					
Son	Wendland	Mar 2015	4x23.2	100	100
Total capacity including renewable energy				47 978	45 581
Other hydroelectric stations (4)¹				61	-
Colley Wobbles	Pieterse River		3x14	42	-
First Falls	Umtata River		3x2	6	-
Neora	Neora River		1x0.4; 1x1.3	3	-
Second Falls	Umtata River		2x5.5	11	-
Total Eskom power station capacities (30)				48 039	45 541
Available nominal capacity – Eskom-owned					94.84%

出典: Eskom integrated report 2018

図 3.1-8 Eskom の発電所の概要

Eskom power stations

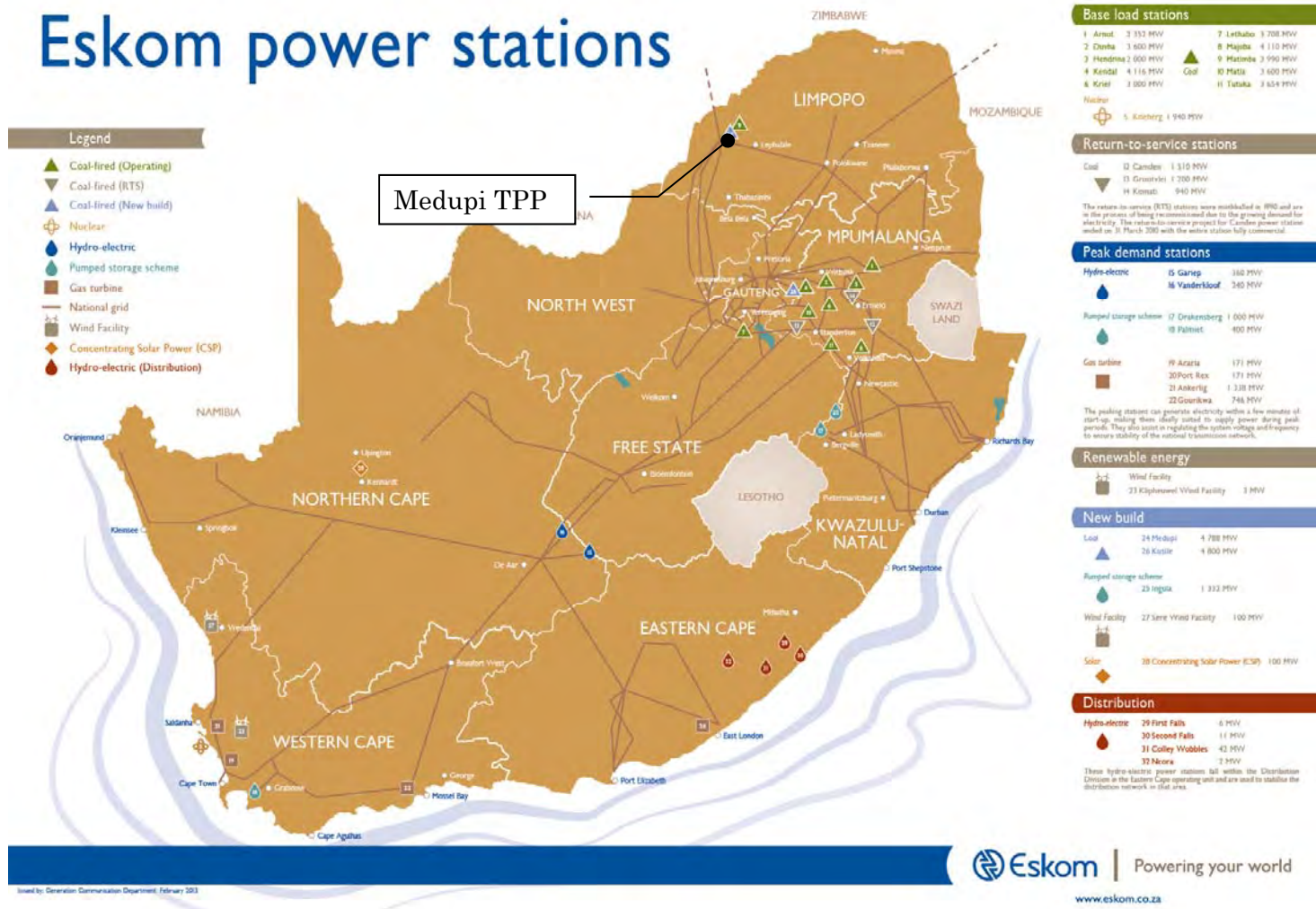


図 3.1-9 Eskom の発電所の位置

3.1.3 電力セクターにおけるマスタープラン並びに基本計画

(1) 総合電源計画 (IRP: Integrated Resource Plan 2010 -2030)

南アフリカ開発計画 2030(NDP 2030: The National Development Plan 2030)で、南アフリカの中長期の社会経済成果をあげるための経済基盤の整備の必要性が掲げられている。そして、2030年までに、南アフリカのエネルギーセクターが、信頼性、効率性を備えつつも、妥当な価格で電力を提供し、かつ、環境面でも持続可能である姿を描いている。

総合電源計画 (IRP: Integrated Resource Plan 2010 - 2030)はエネルギー省によりまとめられ、2011年3月に公布された。この計画は、2010年10月に公開された改正電力均衡計画 (RBS: Revised Balanced Scenario)を継ぐものであった。計画が活かすものになるために、エネルギー省が頻繁に改訂するべきとされている。IRP 2010-2030は、仮定条件における将来像を推定したものであり、社会経済状況の変化に応じて改訂される。IRP 2010-2030改訂2016年版が、2016年11月に公開されている。その後、IRP2010-2030改訂2018年版(以降、IRP2018年版)が2018年8月に公開された。IRP2018年版では、従来、2030年までの予測に加えて2050年までの予測が追加された。

IRP2018年版に示されている発電所の廃止予定を図3.1-10に示す。2030年までに12.93 MW、2040年までに33.40 MWの発電容量が系統から離脱することを示している。

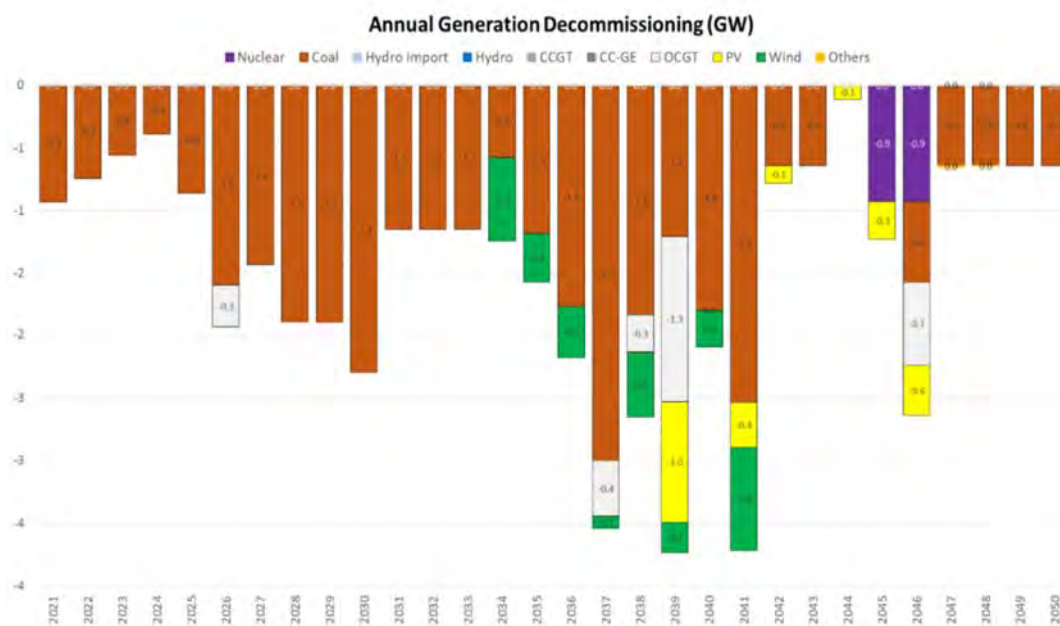


図 3.1-10 発電所の廃止予定

(2) 電力妥当性中期見通し(MTSAO: Medium Term System Adequacy Outlook)

南アフリカ系統連系要件(SAGC: The South African Grid Code Version 9 July 2014)によれば、Eskom は、南アフリカの系統規則の規定に基づいて長期(向こう 5 か年)の要求に適合するべく電力システムの妥当性をレビューし、電力妥当性中期見通し (MTSAO: Medium Term System Adequacy Outlook)を毎年発行しなければならない。

これを受けて、Eskom は NERSA からの要請により、MTSAO 2016 to 2021 を 2017 年 7 月末に、MTSAO 2017 -2022 を 2017 年 10 月に、MTSAO 2018 to 2023 を 2018 年 10 月に作成している。

MTSAO では、もっぱら発電について着目しており、送電、配電については言及されていない。

十分な発電容量の確保のために、表 3.1-3 に示される条件を満たす必要がある。この 4 つの前提条件は 2008 年の負荷制限(load shedding)の経験に基き、予想外の供給不足により高コストの電力を購入するのを避けるために設定され、すべてを満たせば、電力系統が満足な状態にあるとされている。

IRP2018 年版では 50 年経過した発電所の廃止をしめしているが、MTSAO ではさらに停止について言及されている。デュバ(Duvha)発電所 3 号機については、MTSAO の対象期間内に電力容量に算入できないものとみなされている。さらに、グルブリー(Grootvlei)、ヘンドリナ(Hendrina)、コマティ(Komati)、3 発電所は労働安全衛生法(OHSA: Occupational Health and Safety Act No. 85 of 1993)の規定やタービン運転時間で求められている維持をすると、もはや経済的に見合わないために、2018 年 9 月時点で 10 基、計 1,398 MW がすでに停止し、系統を支える電源として算入できなくなっている。この停止は、必要な維持をすれば、復旧可能であるので、厳密には廃止ではないが、現時点では復帰が見込まれない。

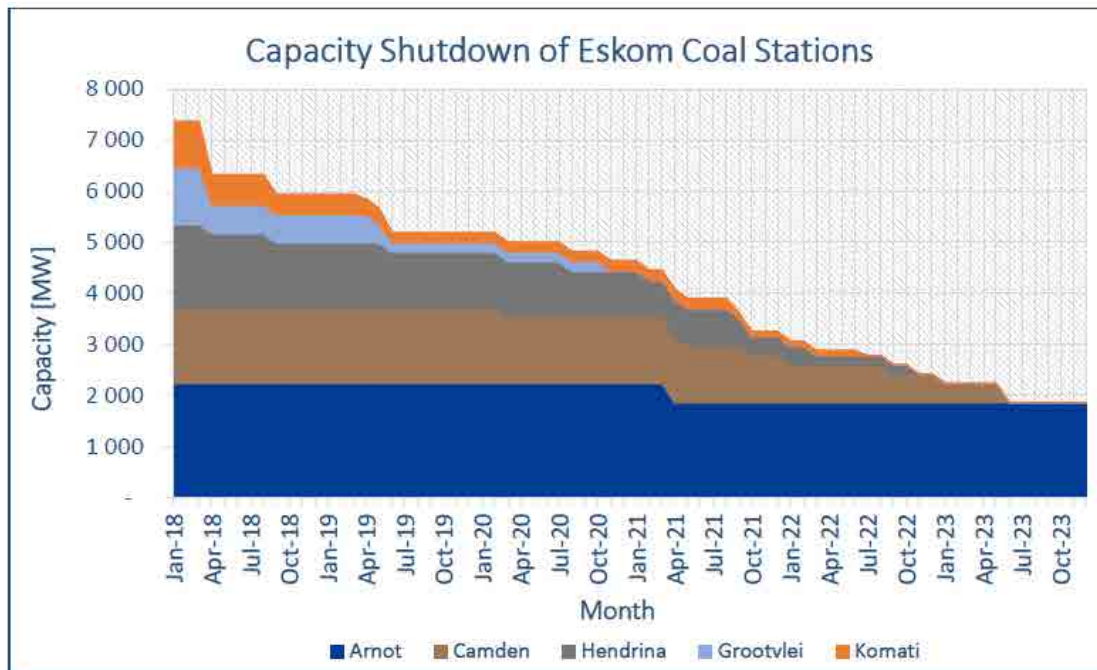
さらに、50 年経過した発電所となるため、アルノット(Arnot)発電所の 1 基が 2021 年に、カム(Camden)のすべての発電機が 2021 年から 2023 年にかけて停止する。

MTSAO の検討期間である 2023 年までに発電機の停止の推移を図 3.1-11 に示す。合計 5,731 MW 相当の発電機が停止すると見込まれる。

表 3.1-3 MTSAO における十分な発電容量の確保のための前提条件

Adequacy metrics	Threshold	Detailed
Underved Energy	Not less than 20 GWh per annum	Energy not supplied
OCCGT load factor	Not less than 6% per annum	Gross load factor of all OCGT plant
Emergency level 1	Not less than 133 GWh per annum	Energy supplied by generators operating above their continuous rating. EL1 above the 133 GWh threshold is adjusted against the OCGT energy production.
Expensive load station	Not less than 50%	Gross load factor of the expensive coal-fired base-load stations

出典: Medium Term System Adequacy Outlook 2018 to 2023



出典: Medium Term System Adequacy Outlook 2018 to 2023

図 3.1-11 電力セクターに対する世界銀行からの援助

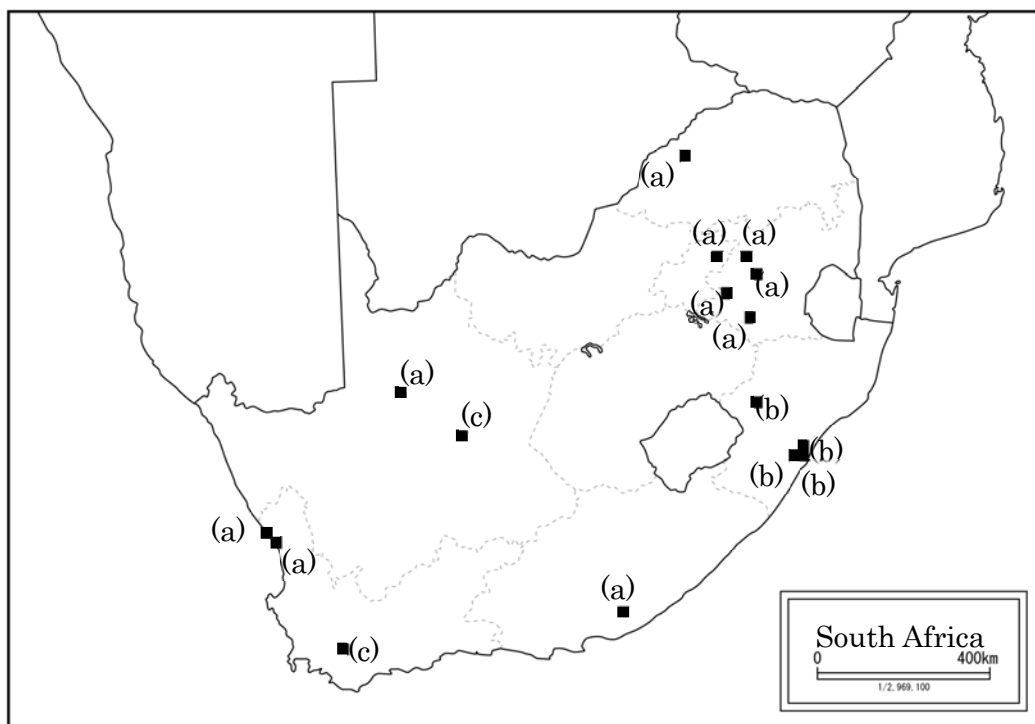
3.1.4 電力セクターに対する開発パートナーからの支援

(1) 世界銀行

電力セクターに対する世界銀行からの支援を図 3.1-7 並びに表 3.1-2 に示す。2007 年以降、南アフリカの電力セクターでは世界銀行の資金を活用して 3 プロジェクトが実施されている。

Eskom Investment Support Project の目的は、経済成長と低炭素化戦略を実現するためにを効果的にかつ持続可能なやり方で電力供給を強化することである。世界銀行の他、Eskom, アフリカ開発銀行、ヨーロッパ信用機関(European Credit Agencies)、中国開発銀行、そのほかの資金源による共同出資によって実施されている。プロジェクト総費用は 10,750.00 Mil USD であったが、メデュピ TPS を主因としてプロジェクト費用が 18.4 Bil. USD まで膨らんでいると推定されている。その内訳は、メデュピ TPS が 17 Bil. USD、メデュピ TPS との接続のための送電線 260Mil. USD、マジュバ(Majuba)鉄道 491Mil. USD、風力発電導入の再生可能エネルギー655Mil. USD、技術援助 10Mil. USD となっている。世界銀行は、3,750.00 Mil USD を融資するもので、その内訳は、メデュピ発電所の建設に 2,380.85 Mil USD、風力発電に 267.83 Mil USD、マジュバ(Majuba)鉄道に 415.77 Mil USD となっている。当初の完了予定は 2015 年 10 月末であったが、3 事業とも遅れており 2019 年 4 月時点での実施状況並びに結果報告(Implementation Status & Results Report)では、2019 年 12 月末の完了を想定している。世銀の融資予定額の 80%以上がすでに支払い済みであるが、プロジェクト費用の見直しの後に、残り分を支払うかを含め改めて判断するとされている。

Eskom Renewables Support Project は、100MW の風力と蓄電池の導入を支援するプロジェクトである。世界銀行とアフリカ開発銀行、CTF(Clean Technology Fund)による共同出資である。プロジェクトの進捗が遅れており、当初 2016 年 12 月 31 日完了予定であったところ、2021 年 12 月 31 日完了に変更されている。



出典: Website of World Bank as of 15th May 2019 の情報に基づいて JICA 調査団にて作成

図 3.1-12 電力セクターに対する世界銀行からの援助

表 3.1-4 電力セクターに対する世界銀行からの援助

No.	プロジェクト名	借主	承認日	完了予定日	プロジェクト総費用	貸出額
(a)	Eskom Investment Support Project	Eskom	Apr. 8, 2010	Dec. 31, 2019	10,750.00 Mil USD	3,750.00 Mil USD
(b)	Durban Landfill Gas-to-Electricity Project	Carbon finance to developer of project	Jun. 11, 2004	Sep. 30, 2018	15.00 Mil USD	0.00 Mil USD
(c)	Eskom Renewables Support Project	Eskom HOLDINGS LTD.	Oct. 27, 2011	Dec. 31, 2021	1,288.00 Mil USD	195.00 Mil USD

出典: Website of WB as of 15th May 2019 の情報に基づいて JICA 調査団にて作成

(2) アフリカ開発銀行

電力セクターに対するアフリカ開発銀行からの援助を表 3.1-3 に示す。南アフリカの電力セクターではアフリカ開発銀行の資金を活用して 6 プロジェクトが実施されており、そのほかに 5 プロジェクトが評価段階にある。

表 3.1-5 電力セクターに対するアフリカ開発銀行からの援助

No.	プロジェクト名	借主	承認日	完了予定日	プロジェクト総費用	貸出額
(a)	Eskom II - A Loan	-	Dec. 15, 2015	-	7.17 Mil USD	7.17 Mil USD
(b)	Eskom II Power Project	-	Dec. 15, 2015	-	2,147.48 Mil ZAR	299.84 Mil ZAR
(c)	Medupi Power Project Supplementary Loan	Eskom	Jul. 31, 2015 (Appraisal)	-	950.00 Mil USD	-
(d)	Eskom Transmission Improvement Project	Eskom	Sep. 25, 2018 (Appraisal)	-	206.76 Mil USD	158.71 Mil. USD
(e)	Thabametsi Coal Power Plant	-	Sept. 25, 2017 (Appraisal)	N/A (Pipeline)	2,147.48 Mil USD	-
(f)	Black Lite Solar Project	-	May. 4, 2016 (Appraisal)	N/A (Pipeline)	2,147.48 Mil USD	-
(g)	Xina Solar One Project	-	Jun. 23, 2014	-	91.71 Mil USD	64.82 Mil USD
(h)	Eskom Renewable Energy - Upington CSP	Eskom	May. 30, 2011 (Appraisal)	-	628.70 Mil USD	140.85 Mil USD
(i)	Medupi Power Project (Loan in Euro)	Eskom	Nov. 25, 2009	-	2,147.48 Mil USD	1,689.98 Mil USD
(j)	Eskom Holdings Limited	Eskom	Jun. 28, 2007	-	331,08 Mil USD	331,08 Mil USD
(k)	Redstone Concentrated Solar Power		Nov. 29, 2018		620.35 Mil. ZAR	1685.35 Mil. ZAR

出典: JICA 調査団にて作成 (on information from website of AfDB as of 15th May 2019 に基づく)

3.2 本事業の必要性

3.2.1 国家環境管理大気法

(1) 大気汚染に係る環境基準

大気汚染に係る環境基準 the National Environmental Management: Air Quality Act (NEMAQA) (Act 39 of 2004)の第9項において、表 3.2-1 に示すとおり政令 No1210 (2009年12月発令) に基づき一般環境大気に係る環境基準が設定されている。

表 3.2-1 大気汚染に係る環境基準

パラメータ	平均期間	基準値	基準値超過頻度	達成時期
二酸化硫黄 (SO ₂)	10 minutes	500 µg/m ³ (191 ppb)	526	Immediate
	1 hour	350 µg/m ³ (134 ppb)	88	Immediate
	24 hours	125 µg/m ³ (48 ppb)	4	Immediate
	1 year	50 µg/m ³ (19 ppb)	0	Immediate
二酸化窒素 (NO ₂)	1 hour	200 µg/m ³ (106 ppb)	88	Immediate
	1 year	40 µg/m ³ (21 ppb)	0	Immediate
粒子状物質 10 (PM10)	24 hours	120 µg/m ³	4	Immediate-31 December 2014
	24 hours	70 µg/m ³	4	1 January 2015
	1 year	50 µg/m ³	0	Immediate-31 December 2014
	1 year	40 µg/m ³	0	1 January 2015
粒子状物質 2.5 (PM2.5)	24 hours	65 µg/m ³	4	Immediate-31 December 2015
	24 hours	40 µg/m ³	4	1 January 2016-31 December 2029
	24 hours	25 µg/m ³	4	1 January 2030
	1 year	25 µg/m ³	0	Immediate-31 December 2015
	1 year	20 µg/m ³	0	1 January 2016-31 December 2029
	1 year	15 µg/m ³	0	1 January 2030
オゾン (O ₃)	8 hours (running)	120 µg/m ³ (61 ppb)	11	Immediate
ベンゼン (C ₆ H ₆)	1 year	10 µg/m ³ (3.2 ppb)	0	Immediate-31 December 2014
	1 year	5 µg/m ³ (1.6 ppb)	0	1 January 2015
鉛 (Pb)	1 year	0.5 µg/m ³	0	Immediate
一酸化炭素 (CO)	1 hour	30 µg/m ³ (26 ppb)	88	Immediate
	8 hours (calculated on 1 hourly averages)	10 µg/m ³ (1.6 ppb)	11	Immediate

出典: Government Notice No.1210 (2009) of National Environmental Management: Air Quality Act (NEMAQA) (Act 39 of 2004)

(3) 最低排出ガス基準

2010年4月より国家環境管理：大気質法（National Environmental Management: Air Quality Act (NEMAQA) (Act 39 of 2004)）の第21項において規定される排出ガスを伴う活動のリスト及びその最低排出ガス基準（日平均値）が発効され、石炭及び液体燃料の火力発電を含む産業によって厳守されるべき排出基準の条件が改められた。

表 3.2-2 に固形燃焼施設を対象とした排ガス基準の概要を示す。これによると、既存の燃焼施設に該当するメデュピ TPS は 2020 年までの暫定期間は“既存”の排ガス基準値が適用されるが、2020 年までには“新規”施設を対象とする排ガス基準値が遵守されなければならない。メデュピ TPS からの排ガス中の二酸化硫黄濃度の限度は、以下のように設定される。

- ・ 2015 年 4 月 1 日から 3500 mg/Nm³ (at 273K, 101.3 kPa and 10% O₂) : 既存施設対象基準
 - ・ 2020 年 4 月 1 日から 500 mg/Nm³ (at 273K, 101.3 kPa and 10% O₂) : 新規施設対象基準
- しかしながら、その後、本報告書 3.2.4 節に示す通り、リンポポ州からの排出ガス許可 (AEL) 発行の審査過程の中でメデュピ TPS における”新規” 燃焼施設を対象とした基準(500 mg/Nm³)の適用開始時期が見直されている。

表 3.2-2 燃焼施設から発生する排ガス中の汚染物質の最低濃度(日平均値)

適用	All installations with design capacity equal to or greater than 50MW heat input per unit, based on the lower calorific value of the fuel used.		
物質または物質混合物		施設の状態	mg/Nm ³ 標準状態 (酸素 10%, 273 Kelvin、 気圧 101.3kPa.)
一般名称	化学式		
粒子状物質	N/A	新規	50
		既存	100
二酸化硫黄	SO ₂	新規	500
		既存	3500
窒素酸化物	NOx expressed as NO ₂	新規	750
		既存	1100

備考：Compliance Time Frames

New Plant must comply with the new plant minimum emission standards from 01 April 2010

Existing Plant must comply with minimum emission standards for existing plant by 01 April 2015

Existing Plant must comply with minimum emission standards for new plant by 01 April 2020

出典：Government Notice No.248 (2010) of National Environmental Management: Air Quality Act (Act 39 of 2004)

3.2.2 国家環境管理法 1998

南アフリカの環境管理全般に関する上位法令として環境管理法（the National Environmental Management Act (NEMA) (Act No. 107 of 1998)）が設定されており、環境に関する許可（Environmental Authorization:EA）の規定も同法令に含まれる。同法令では南アフリカ憲法第 24 項（the Constitution of the Republic of South Africa (1996)）の権利章典を制定しており、人々の健康または幸福に被害を与えることなく、現在と将来の世代のために環境を保護することを目指している。

NEMA の第 5 章、第 23 項及び第 24 項では総合的な環境管理活動をするために、適切な環境管理手段の適用を促進しており、総合的な環境管理の目的とは、環境、社会経済条件、文化遺産に対する現実的または潜在的な影響を認識し、予測及び評価することとしている。

NEMA の第 28 項では、環境負荷への配慮及び改善の義務を定めており、著しい環境の汚染や悪化を引き起こす全ての人々は、その影響を回避または最小化するために適切な措置を行わなければならないとしている。

3.2.3 世界銀行の合意

世界銀行は、メデュピ TPS 建設事業に対する借款を 2010 年 4 月 16 日に合意した。メデュピ TPS に FGD 施設を導入することを合意時の環境社会配慮に係る付帯条件（下記参照）としている。

“2. The Borrower shall:

(a) not later than June 30, 2013, develop, adopt and thereafter implement a program, satisfactory to the Bank, to install FGD equipment in each of the six power generation units of the Medupi Power Plant, taking into account technical, environmental and financial criteria in accordance with terms of reference to be discussed with the Bank, such program to be designed such that the installation of the FGD equipment for the first power generation unit shall commence in the later of (i) the sixth anniversary of the Commissioning Date or (ii) March 31, 2018 or such later date as the Bank may establish following consultations with the Borrower), and, thereafter, continue the installation of the FGD equipment sequentially, in each case thereafter at the time each of the remaining five power generation units is taken out of service for the first major planned outage, it being understood and agreed that all the FGD equipment for the six power generation units shall be installed and fully operational not later than December 31, 2021, or such later date as the Bank may establish following the said consultations with the Borrower; and

(b) afford the Bank a reasonable opportunity to exchange views with the Borrower on such FGD installation program at each of its preparation and implementation phases.”

出典 Retrofitting Flue Gas Desulphurisation (FGD) at Medupi Power Station in Lephalale, Limpopo Province スコーピング報告書に関する質問対応
<http://www.zitholele.co.za/projects/12949%20-%20EIA%20for%20Medupi%20FGD/2.%20Scoping%20Phase/Draft%20Scoping%20Report/App-D8-CRR.pdf> (2017 年 12 月アクセス)

3.2.4 リンポポ州政府による排出ガス許可

排ガス許可(Atmospheric Emissions License :AEL)では、排ガス基準と遵守期間が指定される。発電所は政令第 248 号（表 3.2-2 参照）に基づき既存の燃焼施設としてカテゴリ 1 に分類され、同政令に定められる期間までに二酸化硫黄の排ガス濃度を 500mg/Nm³ 未満にしなければならないとされている。

メデュピ TPS の SO₂ の排ガス規制値の遵守期間については、本報告書の 3.2.1(2)に示したとおり、本来は同政令に基づき 2015 年 4 月から”既存”施設に該当する排ガス規制値が、FGD 施設を整備後の 2020 年からは”新規”施設に該当する規制値が適応される。しかしながら、Eskom は FGD 設置時期の状況を考慮すると、新規施設に該当する規制値の満足は困難であると認識していたため、DEA に対して 2014 年 2 月末に遵守開始時期の延期申請を行い、2015 年 2 月 13 日に DEA から延期申請が認められた。DEA は”新規”施設に対する 3500mg/Nm³ 排ガス規制が適用される期間の終了時期を 2020 年 4 月 1 日から 2025 年 3 月 31 日に、排ガス濃度 500mg/Nm³ の適用が開始される期間を 2025 年 4 月 1 日からに変更することを承認した。

上記協議を踏まえ、Eskom は NEMAQA (Act No 39 of 2004)の第 5 章に基づき、リンポポ州政府により許可されたメデュピ TPS の AEL (資料 3.1 参照) を受領した。

Section 7.1.4 of the revised AEL states:

“The License Holder shall, continuously operate, and maintain a flue gas desulphurization (FGD) plant for control of SO₂ on all six units. The Flue Gas Desulphurisation plant shall be retrofitted in each unit within Six (06) years after the first commissioning of each unit and during the General Overhaul outages.”

Section 7.2 tables the SO₂ limits for Stack 1 and Stack 2 as:

- 3500 mg/Nm³, to be achieved from 01 Aril 2015 (continuous daily average)
- 500 mg/Nm³, to be achieved from 01 April 2025 (continuous daily average)

Section 7.2.1 of the PM10 and NOx limitation state:

- PM10 emissions shall not exceed 50mg/Nm³
- NOx emissions shall not exceed 750mg/Nm³

出典：リンポポ州排ガス許可 (抜粋) 2015 年 3 月

NEMAQ の第 47 項. Renewal of atmospheric emission licenses and atmospheric emission licenses において AEL 更新手続きについて規定されている。状況が変化するような場合には、本項に基づき、Eskom は適用期間前に AEL の内容の見直しをするためにリンポポ州政府及び DEA と交渉を行うことができる。その一方で、NEMAQ の第 21 項の最低排出ガス基準の補足として 2018 年 10 月の政令 No.1207 の第 3 項において、”新規”施設に該当する規制値の遵守期間の延長は 1 回きりで通達から 5 年間以内、2025 年 3 月 31 日までと規定されている。メデュピ TSS は既存の燃焼施設に該当することから、同政令において”既存”施設の場合は”新規”施設を対象とした最低排出ガス基準の遵守の発効を 2030 年の 3 月 31 日まで延期するための申請が可能と規定されている。

3.2.5 ウォーターバーグ-ボジャナラ優先地区（WBPA）大気環境管理計画

メデュピ TPS は、ノース・ウェスト州とリンポポ州の州境界を横断するウォーターバーグ-ボジャナラ優先地区（Waterberg-Bojanala Priority Area）内に位置する。NEMAQA のもと、大気汚染の懸念が高い地域を対象として、大気優先地区（Airshed priority areas）が定められ、2012年6月15日（政府 Gazette、No.35435）に公表されている。WBPA における大気環境管理計画（AQMP）は、大気質に関する現在と将来の脅威について考慮が必要とされている。AQMP 策定過程においては以下の3つの内容を含むことが求められている。まず第一に WBPA 内の現在の大気環境状況、第二にウォーターバーグ地区とボツワナ国内における2030年までのエネルギーをベースとする将来の事業からの排ガスが原因となる大気汚染負荷、そして第三に WBPA AQMP とその実施計画である。2014年8月7日のパブリックコメントによると、ウォーターバーグ地区における大気汚染のうち、SO₂の95%、NO₂の93%、粒子状物質の68%が火力発電事業に起因すると報告されている。

3.3 南アフリカの FGD 設置計画

3.3.1 南アフリカの FGD 設置計画

(1) 大気汚染防止のための対策

IRP 2018 年版では Eskom 火力発電所の寿命と政府から承認された大気汚染防止対策を示している。表 3.3-1 に示す。

表 3.3-1 Eskom の火力発電所の寿命と大気汚染防止対策計画

Year	2016	20	25	30	35	40	45	2050
Majuba								
Kendal								
Matimba								
Lethobo								
Tutuka								
Duvha								
Matla								
Kriel								
Arnot								
Hendrina								
Camden								
Grootvlei								
Komati								

■: 50 year life decommissioning □: Emission abatement retrofit (FFP and/or LNB)

FFP: Fabric Filter Precipitator LNB: Low NOx Burner

出典: Integrated Resource Plan 2010 - 2030 Updated, November 2016, Department of Energy

(2) Eskom による FGD 設置計画

Eskom による FGD 設置計画を図 3.3-1 に示す。クシレ並びにメデュピ TPS は国内規制に適合する予定であるが、ほかの 7 発電所、すなわち、マジユバ、ケンダル、マティンバ、レサボ、テュテユカ、デュヴァ並びにマトラ、はいくつかの要因により今後 10 年以内は FGD なしで運転継続することとなっている。上述の発電所とは別に、6 発電所は運転開始から 50 年以上となるため、老朽化による廃止が予定されている。

	PM	NOx	SO ₂	
Kusile	On commissioning			Most power stations currently comply with the 2015 Minimum Emission Standards
Medupi	On commissioning		After 6 yrs	
Majuba	Compliant	2025	No retrofit plans	Currently comply
Kendal	2025	Already	Not funded	Comply after postponement
Matimba	Compliant	Already	Not funded	No retrofit plans for 10 years
Lethabo	2025	No retrofit plans	No retrofit plans	
Tutuka	2025	2025	No retrofit plans	Decommissioning within 10 years
Duvha	2025	No retrofit plans	No retrofit plans	
Matla	2025	2025	No retrofit plans	Need to comply, funding limited
Kriel	2025	Decommissioning	Decommissioning	
Arnot	Compliant	Decommissioning	Decommissioning	No retrofit plans for SO ₂ and NOx at some stations because their ambient NOx levels are low, impact on tariff, no water available for FGD
Hendrina	Compliant	Decommissioning	Decommissioning	
Camden	Compliant	Decommissioning	Decommissioning	
Grootvlei	2017	Decommissioning	Decommissioning	
Komati	Decommissioning	Decommissioning	Decommissioning	

出典: Power Point document “Japanese International Cooperation Agency (JICA) and Nippon Koei Medupi FGD Orientation” prepared by Eskom, 4th September 2017

図 3.3-1 Eskom 大での FGD 設置計画

3.3.2 実施中の FGD 設置プロジェクト並びに将来計画

(1) クシレ TPS

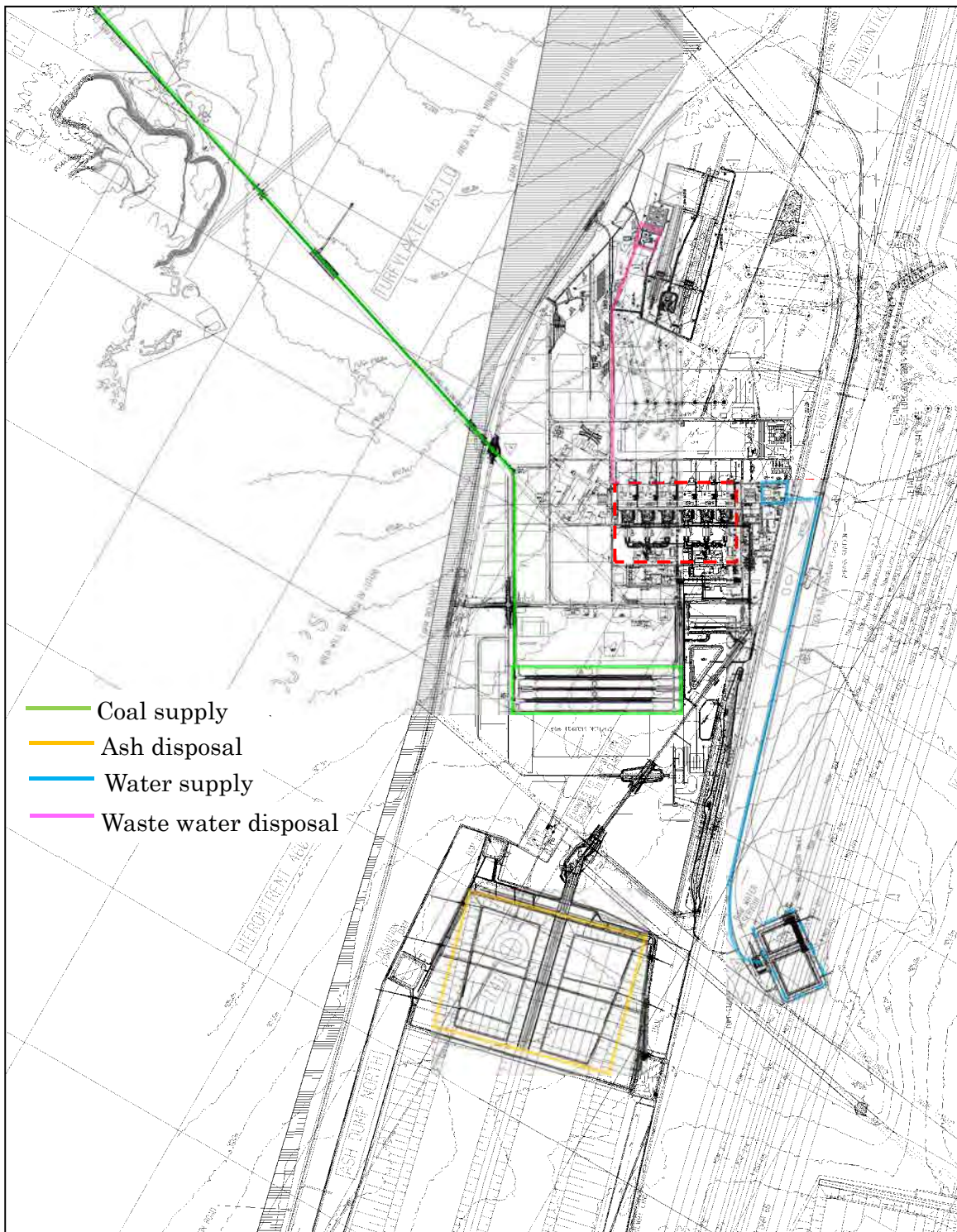
クシレ TPS では、ボイラーの建設と同時に FGD が設置される。現在、1 基のみが商用運転中である。

4. メデュピ TPS の概要

4.1 メデュピ TPS の概要

4.1.1 配置

メデュピ TPS の配置を図 4.1-1 に示す。メデュピ TPS の領域は南北方向に約 1,800 m、東西方向に約 2,700 m である。主要機器、すなわち、ボイラー、タービン建屋並びに空冷復水器 (ACC: Air Cooled Condensor) はメデュピ TPS の中央部に配置されている。給水設備は主要機器の南側脇に配置されている。排水設備はメデュピ TPS の西端に位置する。グルーテグリユク (Grootegeluk) 炭鉱がメデュピ TPS の北側にあり、ベルトコンベアで石炭を供給している。グルーテグリユク (Grootegeluk) 炭鉱はタバジンビ (Thabazinbi) 方面へほかの消費者に対してもメデュピ TPS の東側に敷設されている既存の鉄道で供給している。



(a)	Belt conveyor from coal mine	(b)	Water treatment plant
(c)	Waste water treatment	(d)	Coal ash dump (Future gypsum dump)
(e)	Coal yard	(f)	Raw water reservoir

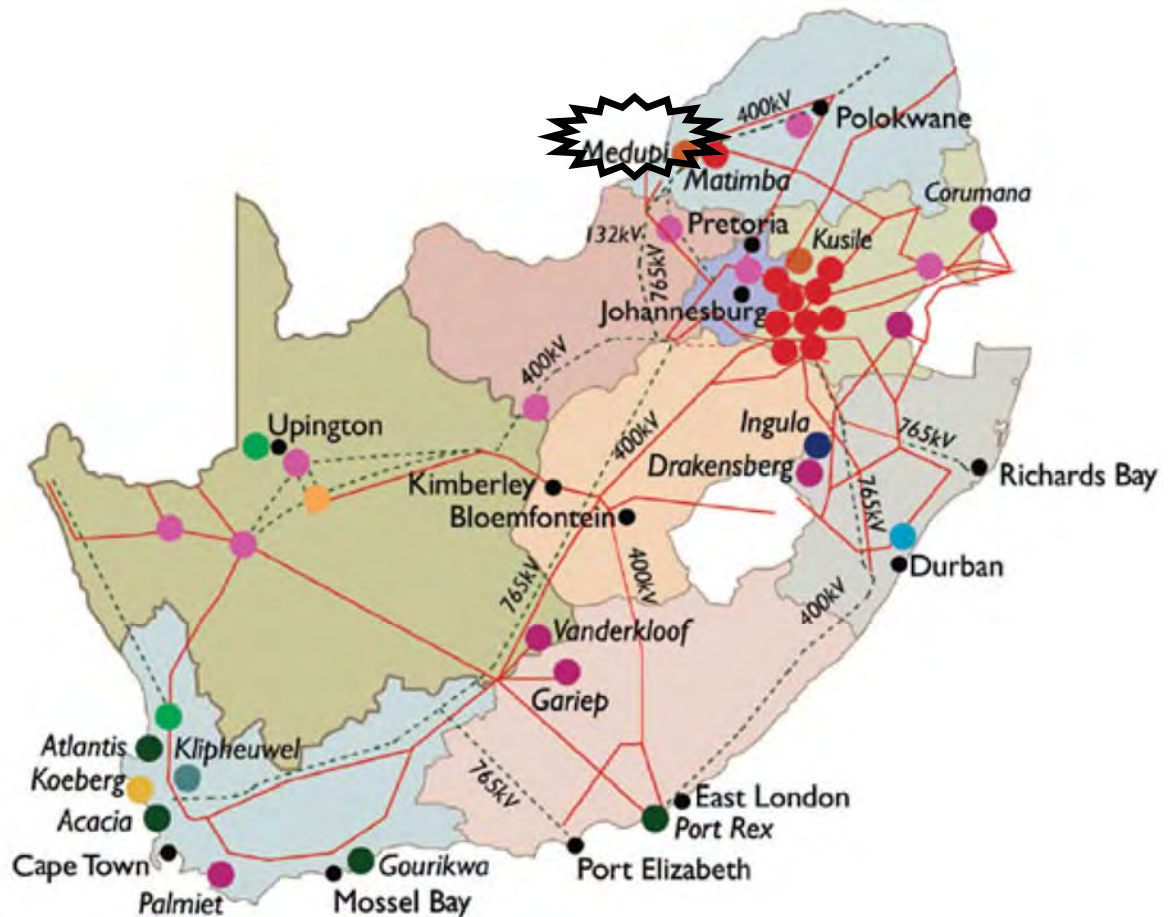
出典: Receive from Eskom at end of September 2017

図 4.1-1 メデューピ TPS の配置

4.2 電力系統との接続計画

メデュピ TPS 4,800 MW (800 MWx6 基)で発電された電力は 400 kV 3 回線の送電線により電力消費地であるヨハネスブルグ、ポロクワネ並びに東方地域へ送り出される。

- 南アフリカの電力系統図を図 4.2-1 に示す。



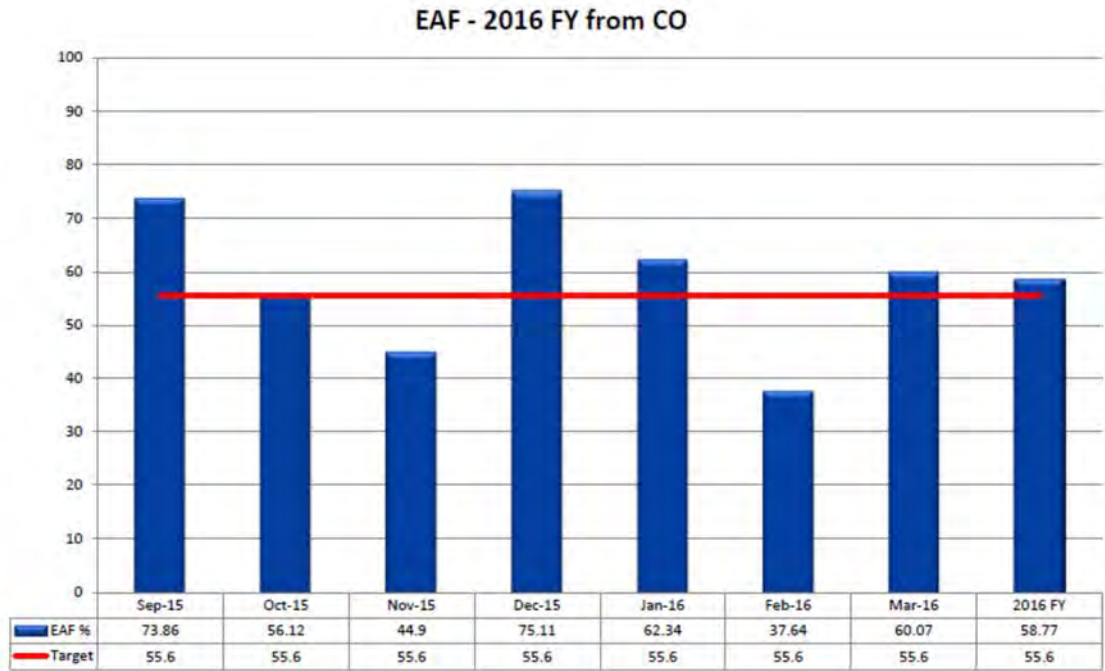
出典: Eskom home page

図 4.2-1 南アフリカの電力系統図 (400 kV 以上)

4.3 メデュピ TPS 第 6 号機の運転記録

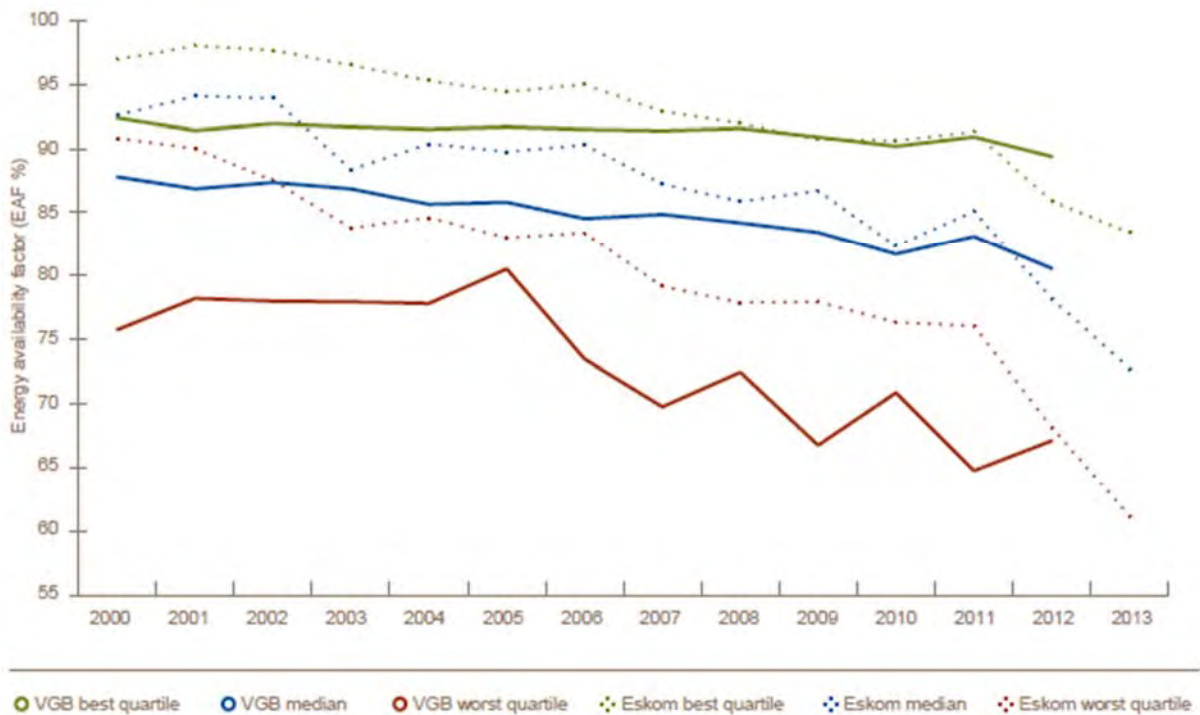
4.3.1 電力利用率

試運転時からの 6 号機の電力利用率 (EAF: Energy Availability Factor)を図 4.3-1 に示す。EAF は系統に送りうるエネルギーの割合を示す指標である。つまり、発電機を停止させないで最大出力で運転し続けた場合の発電量を 100%とみなした時に、予定内予定外にかかわらず停止や出力減などで発電できなかった発電量を控除したのちの、実際の発電量をパーセンテージで示したものである。6 号機の EAF は 55.6 に設定され、試運転から概ね目標値を守ることが出来ている。



出典: Power Point document “Medupi Unit 6 Performance FY2016/17” prepared by Eskom, 3rd October 2017

図 4.3-1 試運転時からの 6 号機の電力利用率



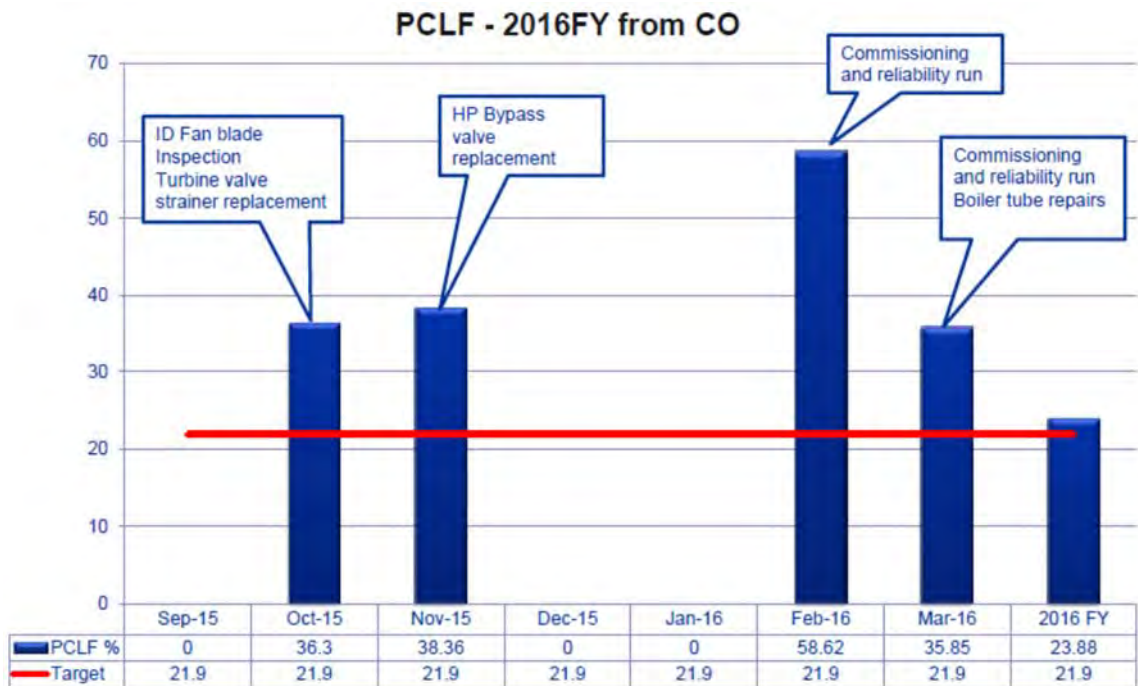
出典: Website of Eskom

図 4.3-2 Eskom の既設の石炭発電所の PCLF (2000 - 2013)

4.3.2 予定内容量損失率

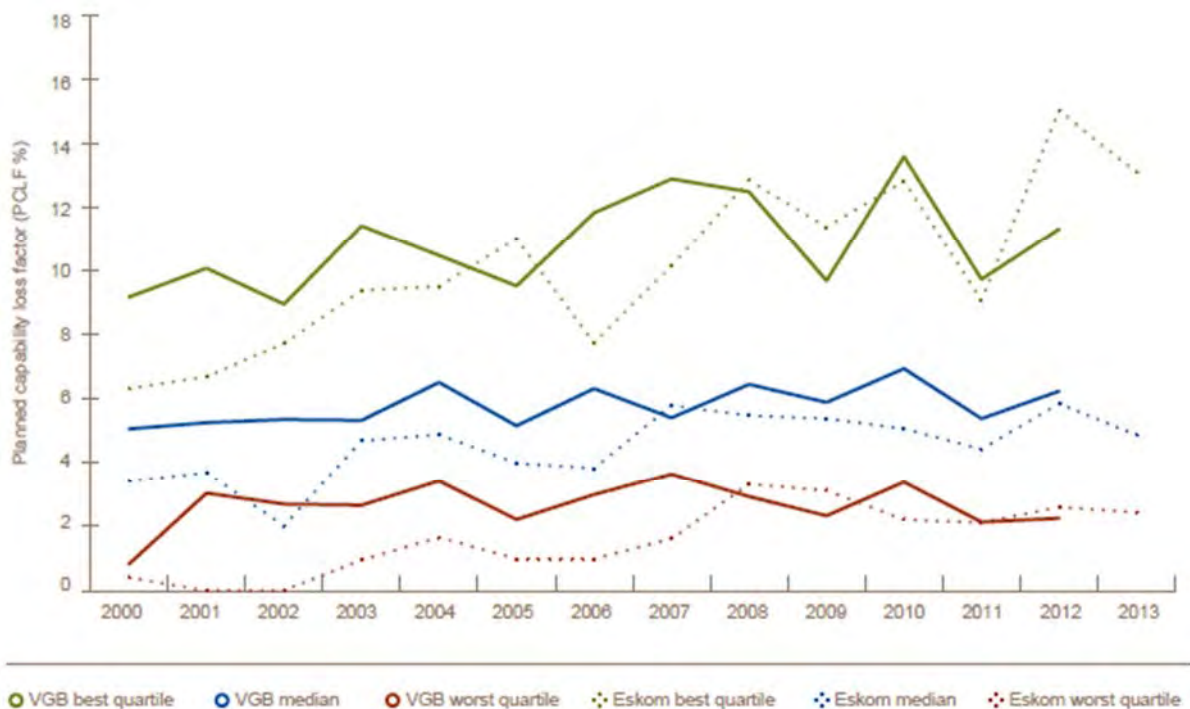
試運転時からの 6 号機の予定内発電量損失率 (PCLF: Planned Capability Loss Factor)を図 4.3-3 に示す。PCLF は、発電機を停止させないで最大出力で運転し続けた場合の発電量を 100%とみなした時に、予定された停止や出力減による減少した発電量をパーセンテージで

示したものである。PCLF の目標値は 21.9% に設定されている。初期トラブルにより、FY2015 は目標値を守れない月がいくつかあったが、FY2016 には改善された。



出典: Power Point document “Medupi Unit 6 Performance FY2016/17” prepared by Eskom, 3rd October 2017

図 4.3-3 試運転時からの 6 号機の予定内容量損失率

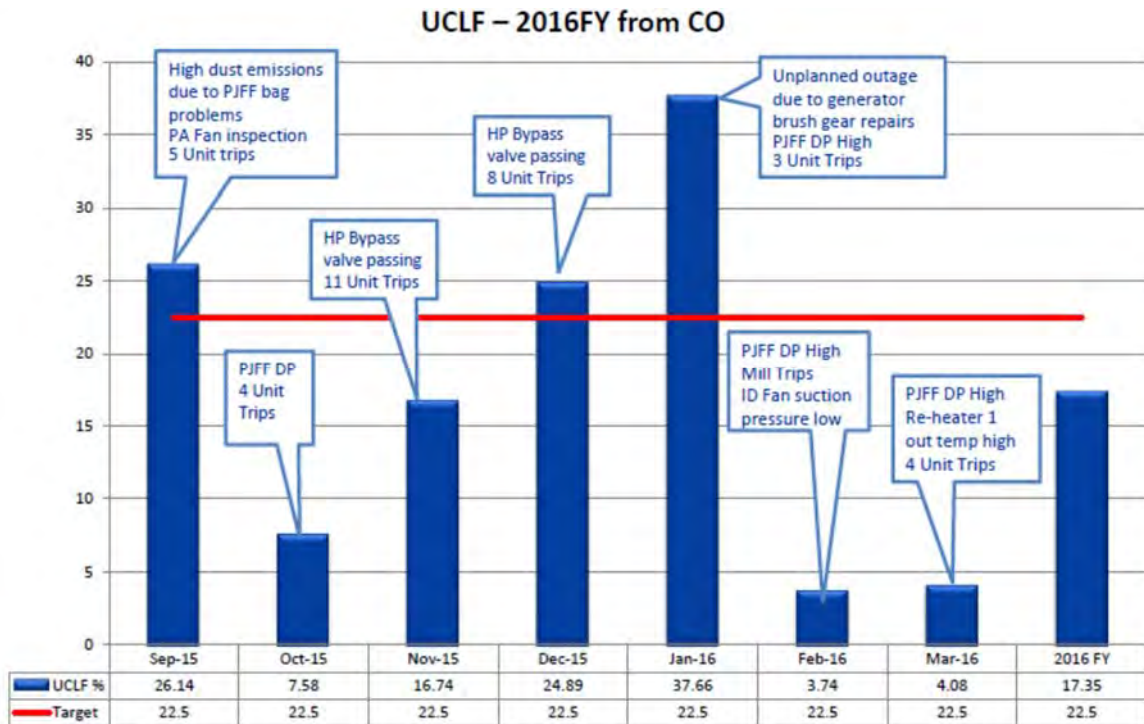


出典: Website of Eskom

図 4.3-4 Eskom の既設の石炭発電所の予定内発電量損失率 (2000 - 2013)

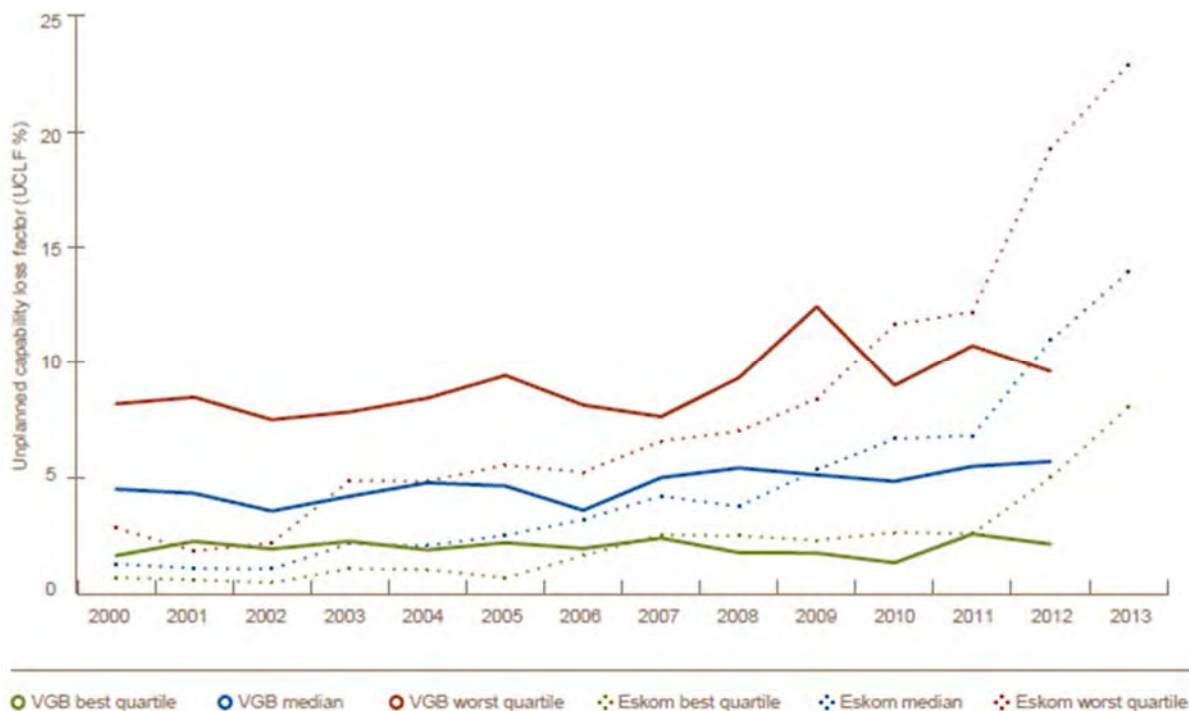
4.3.3 予定外容量損失率

試運転時からの 6 号機の予定外発電量損失率 (UCLF: Unplanned Capability Loss Factor)を図 4.3-5 に示す。UCLF は、発電機を停止させないで最大出力で運転し続けた場合の発電量を 100%とみなした時に、予定されない停止、停電の延長、予定外の出力減により減少した発電量をパーセンテージで示したものである。UCLF の目標値は 22.5%に設定されている。初期トラブルにより、FY2015 は目標値を守れない月がいくつかあったが、FY2016 には改善された。



出典: Power Point document “Medupi Unit 6 Performance FY2016/17” prepared by Eskom, 3rd October 2017

図 4.3-5 試運転時からの 6 号機の予定外容量損失率

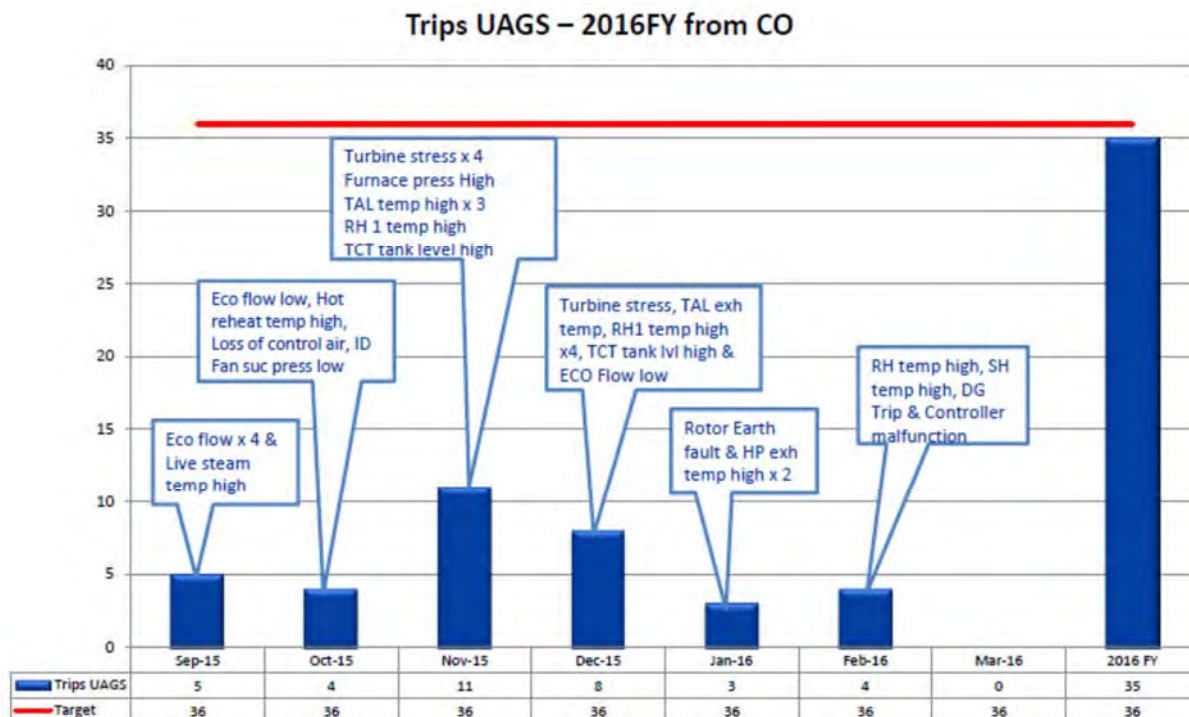


出典: Website of Eskom

図 4.3-6 Eskom の既設の石炭発電所の予定外発電量損失率 (2000 - 2013)

4.3.4 予定外自動解列率

試運転時からの 6 号機の予定外解列率 (UAGS: Unplanned Automatic Grid Separation)を図 4.3-4 に示す。6 号機の UAGS の目標値は 8 に設定されているが、試運転開始から FY2016 にかけて概ね達成されている。



出典: Power Point document “Medupi Unit 6 Performance FY2016/17” prepared by Eskom, 3rd October 2017

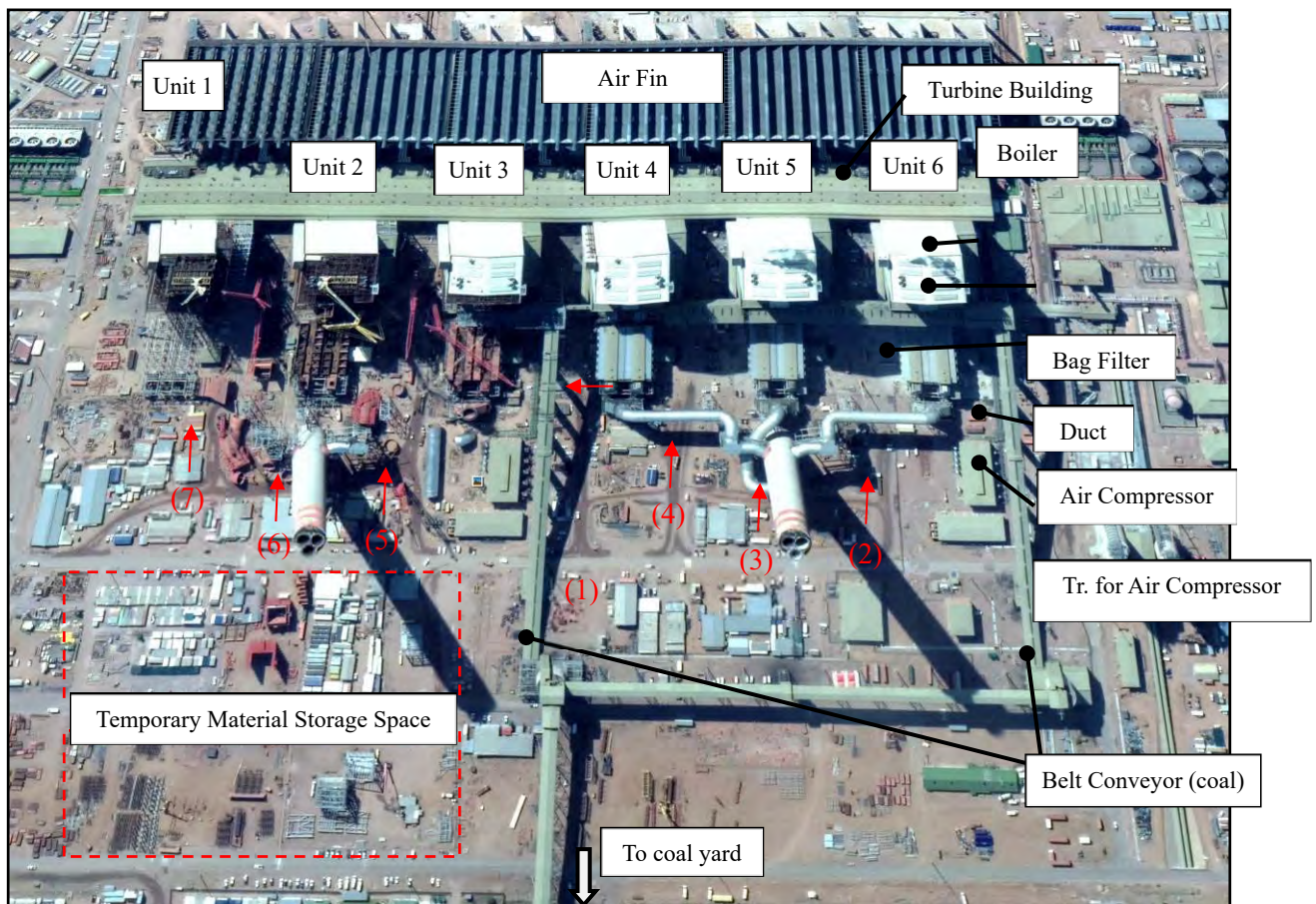
図 4.3-7 試運転時からの 6 号機の予定外解列率

5. 発電所位置並びに設置予定地点の特徴

5.1 設置予定地点の詳細

5.1.1 全体図

FGD 設置予定区画の概観を図 5.1-1 に示す。FGD はバイパスダクトも伴って、バグフィルタと煙突の間に設置される。4 号機から 6 号機はベルトコンベアに囲まれているが、後述のとおり建設資材の運び込みや重機の搬入に問題はない。また、後述するように仮設資材置き場があるため、資材置きのための新たな用地を必要としない。



FFP: Fabric Filter Precipitator

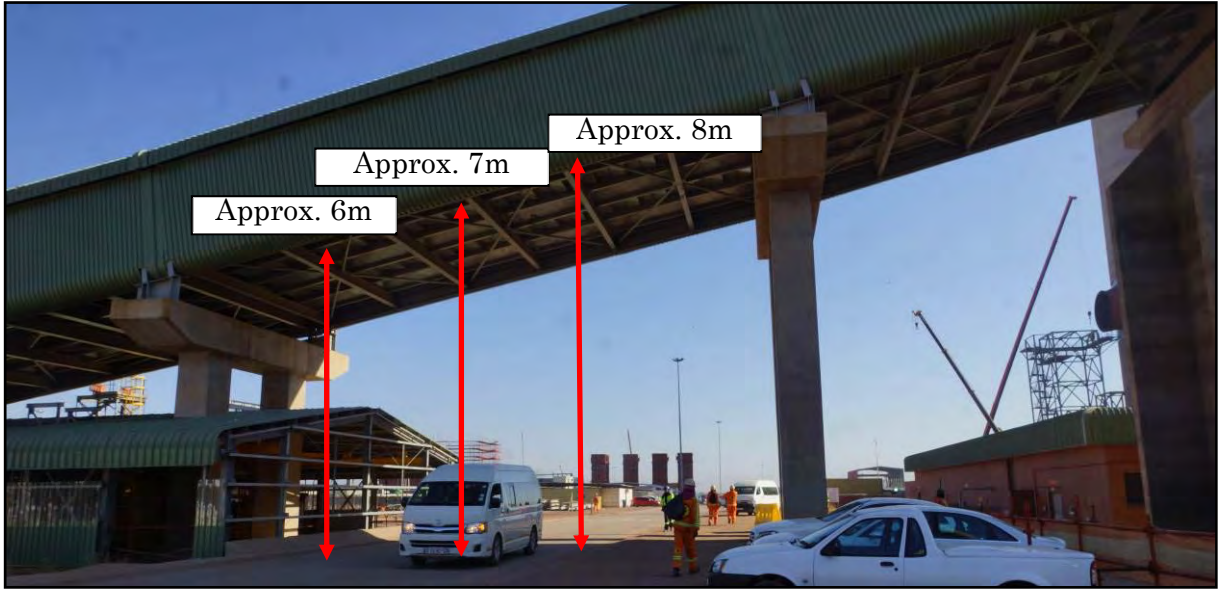
出典: Google Earth (2017 May 撮像)に基いて JICA 調査団にて作成

図 5.1-1 FGD 設置予定区画の概観

5.2 設置予定地点と近接性

5.2.1 ベルトコンベアと道路までの離隔

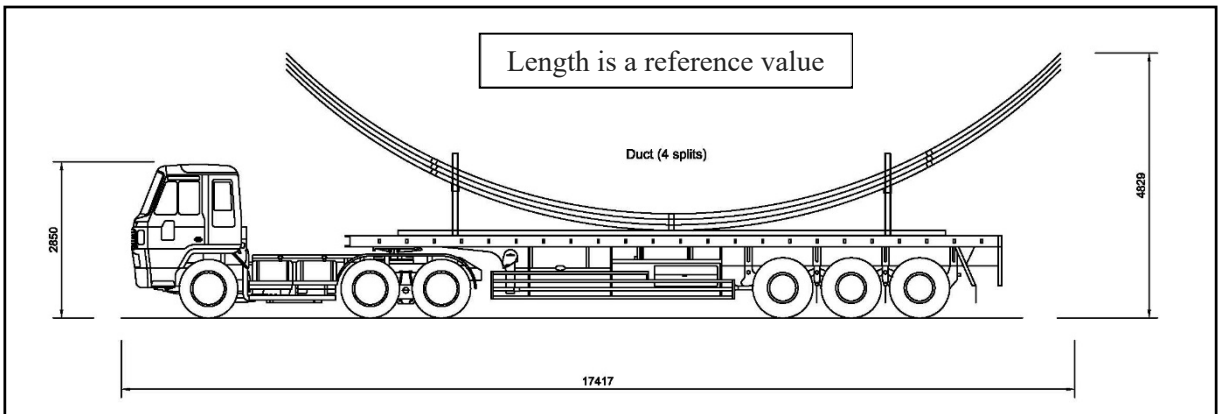
ベルトコンベアと道路の離隔を図 5.2-1 に示す。最も狭い個所で 6 m の離隔がある。そのため、ベルトコンベアの下を通り抜けるために輸送車両の荷姿の高さを 6 m 以下にする必要がある。



出典: JICA 調査団にて作成

図 5.2-1 ベルトコンベアと道路の離隔

吸収塔の輸送のイメージを図 5.2-2 に示す。もっとも大きな構造物である吸収塔を 4 分割した場合でも、輸送車両を含めたその荷姿は 5 m 以下となる。



出典: JICA 調査団にて作成

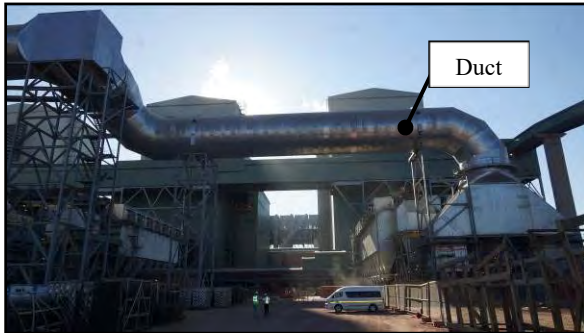
図 5.2-2 吸収塔の輸送のイメージ

5.2.2 1号機から6号機のダクトの状況 (2017年6月29日時点)

各号機のダクト周辺の様子を図5.2-3に示す。

既設のダクトは架空で鋼構造物に支持されている。吸収塔とバイパスダクトは限られた区画に設置されることになる。

View No. (2) Duct for Unit 6



View No. (5) Duct for Unit 3



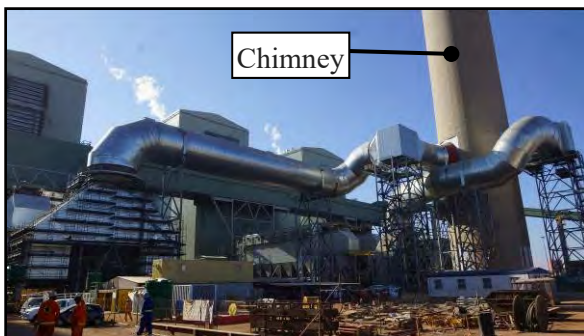
View No. (3) Duct for Unit 5



View No. (6) Duct for Unit 2



View No. (4) Duct for Unit 4



View No. (7) Duct for Unit 1



出典: JICA 調査団にて作成

図 5.2-3 各号機のダクト周辺の様子

5.2.3 煙道の機器

FGD の設置予定区画の現況を図 5.2-4 に示す。



(a)	煙突	(b)	ダクト
(c)	ボイラー棟	(d)	バグフィルター
(e)	ドラフト誘引ファン	(f)	石炭搬送ベルトコンベア

出典: JICA 調査団にて作成

図 5.2-4 FGD の設置予定区画の現況

5.2.4 仮設資材置き場の候補地

仮設資材置き場の候補地を図 5.2-5 に示す。この区画は現在使用されている。



出典: JICA 調査団にて作成

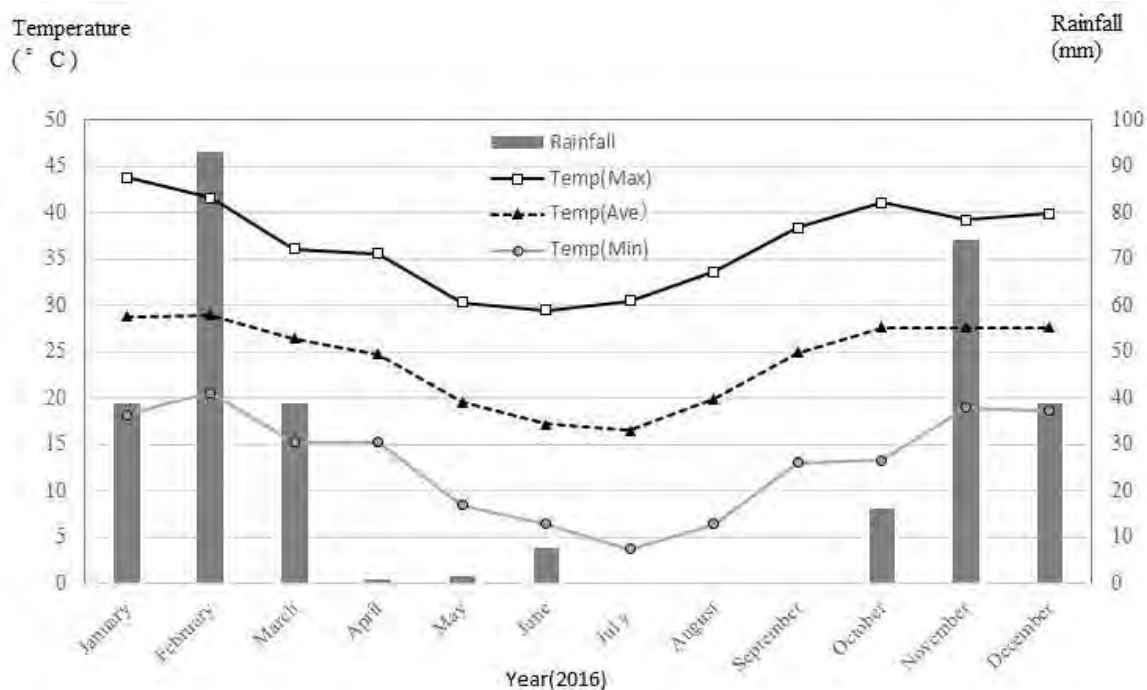
図 5.2-5 仮設資材置き場の候補地

5.3 気候データ

メデュピ TPS の南西、約 4.5km に位置する観測基地には暫定の AEL に沿った風速(WVL)、風向(WDR)の気象監視データを連続的に監視する装置は設備されている。

監視データを見てみると、昼間の主要な風向は北東、東北東であった。夜間の最も頻発する風向は東北東、東そして西南西であった。冬季の主要な風向について(6月から8月)。昼間は東北東の風向が最も頻発していた。夜間に限ると、西と西南西の風向が際立っていた。その他の全ての風向(北西、南東)は昼間も夜間もまばらであった。また風速も遅いままであった。2016年7月から2017年6月の10分間平均風速で最も速い風速は8.6 m/s である。

レパラレは局所的な草原気候に影響され、一年中たいした雨量がない。レパラレの平均気温は24.1℃である。2016年の年間合計雨量は310mmであり、乾季の6、7、8月の雨量は0mmである。2月は降水量のピークに達し、平均して93mmである。



出典 : http://rp5.co.za/Weather_archive_in_Ellisras

図 5.3-1 レパラレの気温・雨量グラフ (2016)

5.4 地質データ

5.4.1 一般事項

メデュピ TPS 建設地の基礎地盤はウォーターブルグ (Waterberg)グループの堆積岩で構成されている。それらの岩盤はエインザーヘイド (Eenzaamheid)断層に沿って、ナーウーオントコメン (Naauw Ontkomen)の北側の境界近くのエインザーヘイド断層の北で終結されている。その岩盤は現在のカロー (Karoo)超層群である。

モコリアン (Mokolian)時代 (16 億年から 17 億年前) のウォーターブルグの岩盤にはいくつもの輝緑岩の細長い岩塊が貫入している。それらの岩盤はカロー超層群の岩盤では Permian 時代 (2 億 5 千万年から 3 億年前) である。ナーウーオントコメン におけるウォーターブルグの岩盤の表面は道路建設材料のための浅い掘削で大部分が露出しているが、この岩盤の露頭は稀である。メデュピ TPS 建設地の大部分は、さまざまな厚さの表土で覆われている。

メデュピ TPS 建設地の北側境界近くで東西走向のエインザーヘイド断層は、ウォーターブルググループ内の北側の岩盤で境界を形成する。断層の北側で鉛直落差が 250m 発生している。

エインザーヘイド断層は活断層ではない。この断層の年代編成の特徴はわかっていないが、おそらく断層周辺のカロー超層群の岩盤が堆積する以前のものである。このエインザーヘイド断層の動きが現世で再開した徴候はない。

出典 : MEDUPI POWER STATION 6 x 800 MW (GROSS) UNITS WET FLUE GAS DESULFURIZATION (FGD) RETROFIT PROJECT DESIGN MANUAL / Eskom

5.4.2 地質特徴

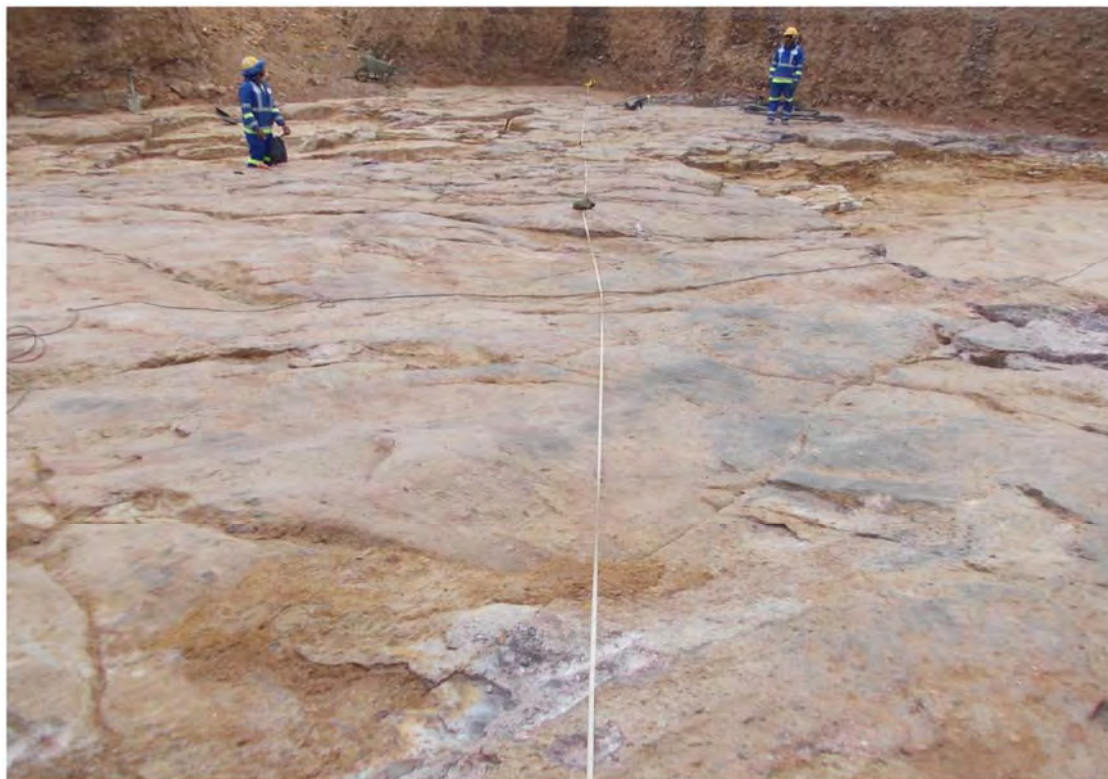
メデュピ TPS 建設地の地盤は礫質珪岩で構成されている。岩盤の状態は全体的に新鮮であり、風化は限定的である。2011 年から 2013 年に行われた FGD 建設予定地での岩盤調査では、基礎岩盤の強さは「H=hard(25-70MPa)–VH=very hard(70-200MPa)」と評価された。ボーリング調査資料を巻末資料に添付する。(添付 5.2 参照)

表 5.4-1 既存調査資料 (一部抜粋)

Title	Outline	Date
MEDUPI POWER STATION: SHALLOW GROUNDWATER STUDY	Survey of shallow groundwater and consider dewatering system.	2009-06
MEDUPI POWER STATION FOUNDATION MAPPING: CHIMNEY SOUTH	Geotechnical mapping of the chimney south foundation	2009-11-04
Rock Logging Data of each FGD -Inspection certificate	Geotechnical mapping of each FGD foundation	2011-2013
Geotechnical Investigation – Excess Coal	Geotechnical investigation required for	2013-02-06

Stockyard Final Report	detailed design of Excess coal stock yard and others.	
---------------------------	--	--

出典: JICA 調査団



出典： Unit 2 Rock Logging Data Flue Gas Duct Base D - Inspection Certificate(18/July/2013)

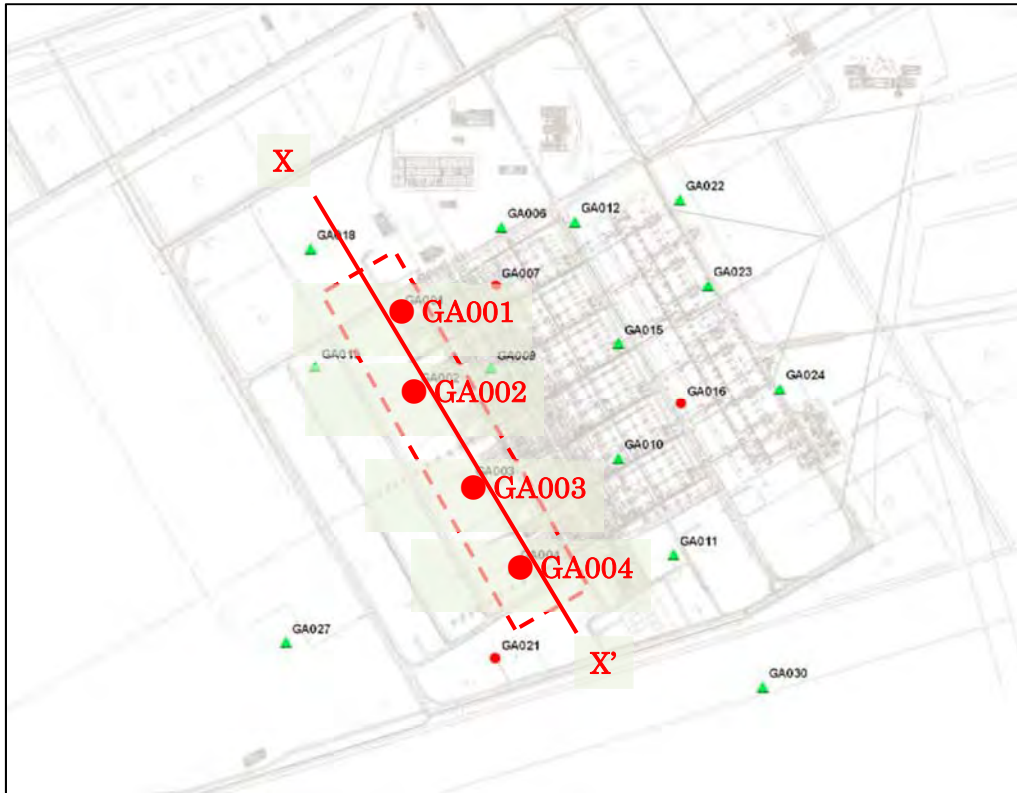
図 5.4-1 ユニット 2 FGD 基礎岩盤

Eskom による既往の地質調査では、浅層地下水調査並びに水抜き対策検討の目的のために、いくつかのボーリング調査がされている。FGD 設置予定区画近傍での掘削穴の位置を図 5.4-2 に示す。また地質縦断図(FGD 設置予定区画近傍)を図 5.4-3 に示す。

FGD 設置予定区画には高さ 213m、直径 24m のコンクリート製の煙突が既に建設されている。

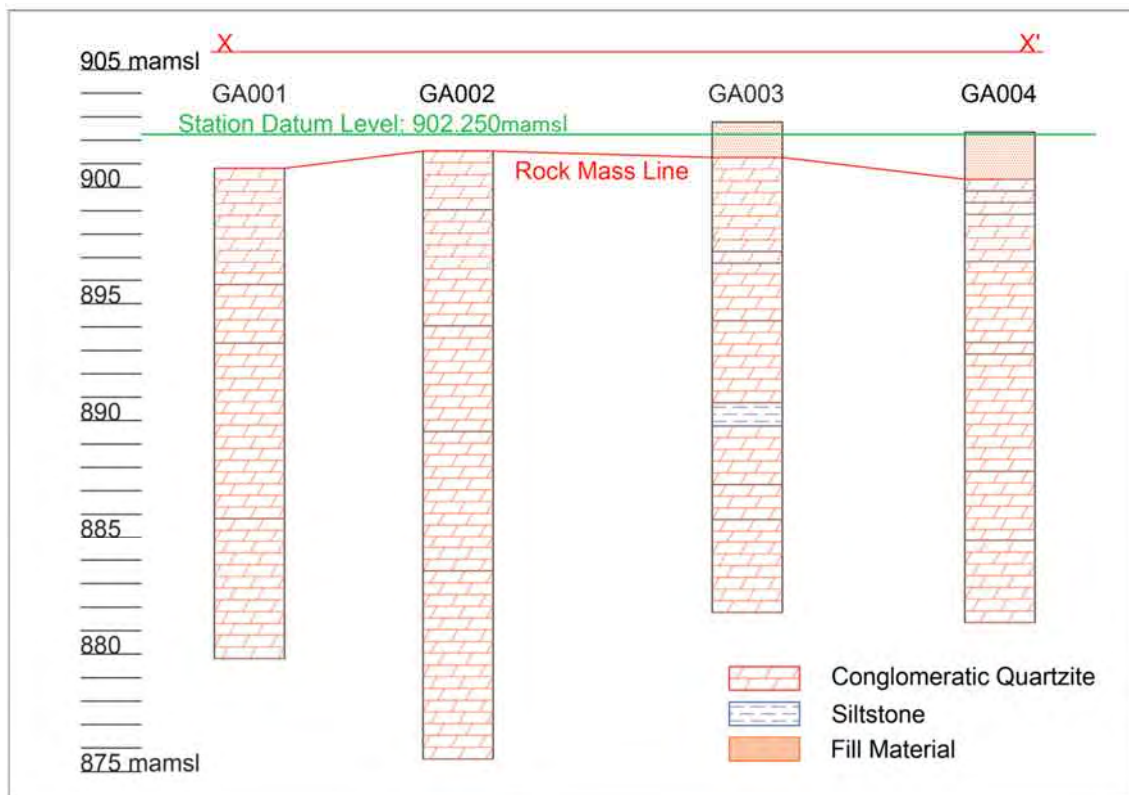
この煙突の基礎は FGD 設置予定区画と同一の基礎岩盤への直接基礎となっており、コンクリート製の煙突全体の自重は 18,000t の長大な構造物である。

FGD を構成する設備にこの煙突の自重を超える荷重の設備はなく、この岩盤は FGD 設備の基礎地盤として問題ないと思われる。



出典：MEDUPI POWER STATION SHALLOW GROUNDWATER STUDY / June 2009

図 5.4-2 ボーリング調査位置

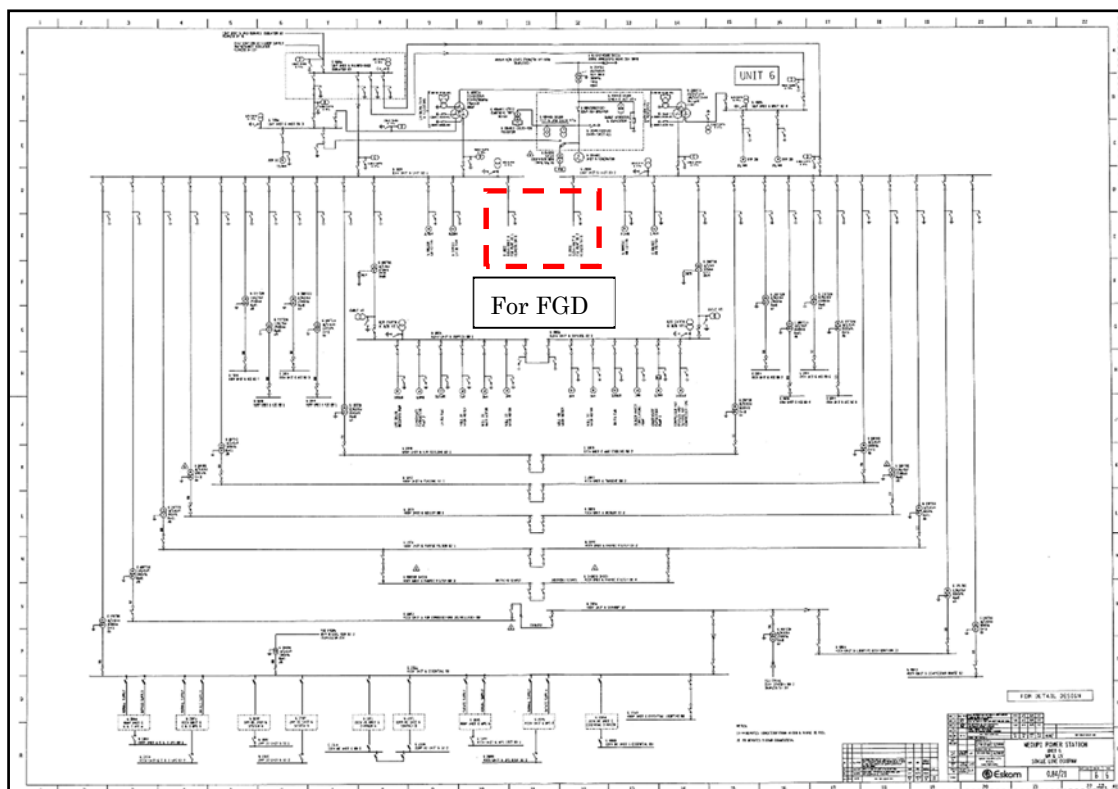


出典：JICA 調査団にて作成

図 5.4-3 地質縦断図（岩盤境界）

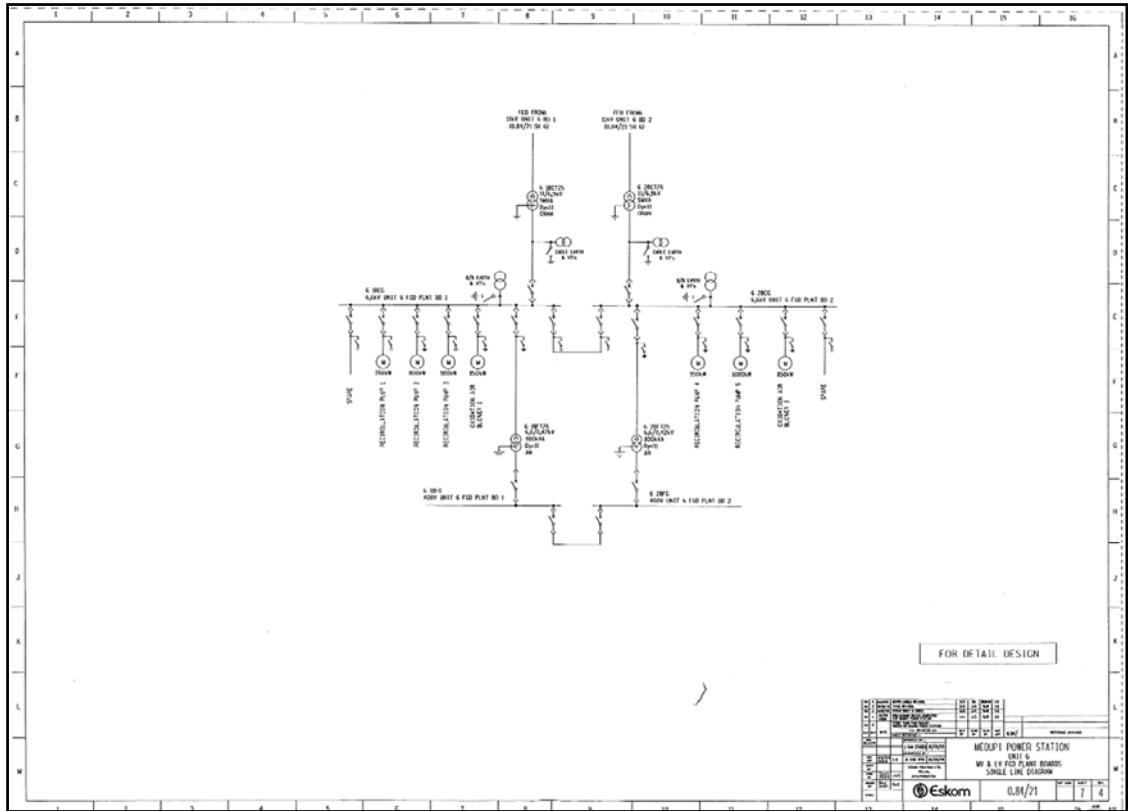
5.5 単線結線図

単線結線図 (供給側)を図 5.7-1 にしめす。Eskom はすでに FGD へ電力を供給する分岐点を準備している。単線結線図(負荷側)を図 5.7-2 に示す。Eskom はすでに FGD 設置に必要な容量を計算し、基本構成を検討している。FGD1 基あたり、5 MW の 2 組の変圧器が必要である。



出典: Received from Eskom at end of June 2017

図 5.5-1 単線結線図 (供給側)



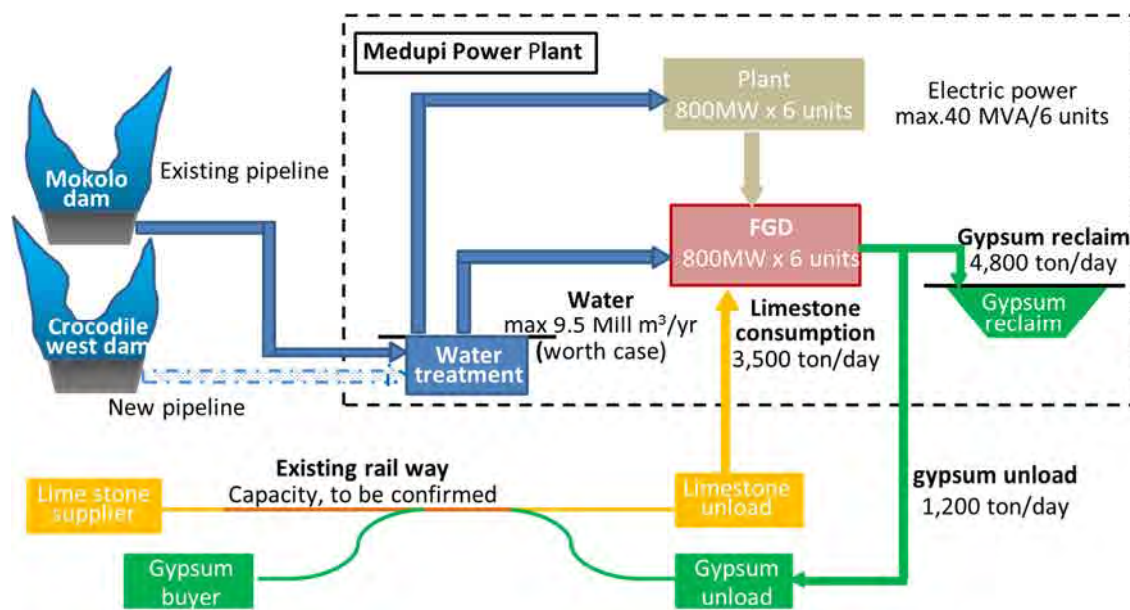
出典: Received from Eskom at end of June 2017

図 5.5-2 単線結線図 (負荷側)

6. 基本設計のレビュー

6.1 本事業の範囲

本事業範囲のイメージを図 6.1-1 に示す。Eskom は湿式の FGD の採用を採用している。湿式の FGD は化学反応過程のために水と石灰石を必要とし、化学反応の副生物として石膏が発生する。水および石灰石の消費量、石膏発生量はそれぞれ $9.5 \text{ mil m}^3/\text{yr}$ 、 $3,500 \text{ ton/day}$ 、並びに $6,000 \text{ ton/day}$ となる。



出典: JICA 調査団にて作成

図 6.1-1 本事業範囲のイメージ

6.2 基本設計のレビュー

6.2.1 性能保証

Eskom はかつて FGD をドイツのスタインミュラーエンジニアリング社(独)よりライセンスを受けて、基本仕様システムも設計詳細もともに自ら設計し、性能保証まで自ら実施するよう計画していた。

同様なビジネスモデルの例は米国において日本の FGD メーカーからライセンスを受けて米電力会社が脱硫装置を設計製造している例がある。このようなビジネスモデルは Eskom に高い技術レベルを与える利点はあるがその場合 Eskom は性能面での全責任とリスク、さらには納期管理の責任まで取ることになる。

6.2.2 システム構成

(1) システム構成の現状

ボイラ排ガスは GAH (Gas Air Heater)から排出され、バグフィルタを通り、IDF (Induced Draft Fan)で誘引されて吸収塔に入り、そして煙道を通して煙突内筒に接続される。

日本では吸収塔の前にガスクーラーを設置、挿入し、吸収塔での水分蒸発を抑える方式が一般的に採用されている。メデュピ TPS でも水の節約を図り、その地域の環境に寄与するためにも、ガスクーラーを設置することが強く望まれる。

Eskom はすでに 2014 年に技術仕様書の中でガスクーラーシステムを検討しているが、下記の理由により不採用としている。

- ガスクーラー配置のためのスペースは既設の煙道に設置するには十分ではない。ユニット #-6,-4,-3,-1 はそのスペースを取れるが、ユニット #-5、-2 はそのスペースをとるのが困難である。
- ガスクーラーの腐食対策と摩耗対策は Eskom においてまだ検討中で結論に至っていない。Eskom により 2014 年までにヨーロッパや他地域において収集された運転データやメンテナンス記録では十分な信頼できる運転データや妥当な経済的修理メンテナンスコストにまで到達できていない。
- ガスクーラーは腐食や磨耗などにより頻繁に大規模修繕費用を要すること。

(2) 節水への配慮の必要性について

8 章で述べるように、2018 年 1 月時点で、メデュピ TPS の唯一の水源はモコロ川から 10.9 百万 m³/年(MCWAP phase1 と呼ばれる)のみである。しかし、6 基の FGD が完成した後には 13.4 百万 m³/年の水が必要となる。そのため、新たな水源の確保が重要である。

Eskom は 2018 年 6 月にクロコダイ川から 140km 経て入水する MCWAP phase2 の水利権を申請し、2019 年 5 月に承認を受けられる予定である。(2018 年 11 月時点)

現在の水利権で 3 基の FGD が運用可能であるが、ガスクーラーが採用されるならば、現在の水利権で 5 基の FGD の運用に耐えられる。

(3) 節水装置を備えた FGD

FGD のシステム設計は 1990 年代にガスガスヒータ(GGH)を導入することにより水の蒸発量を抑え更に進化してきた。

電気式集塵器またはバグフィルタを通ったボイラ排ガスはガスクーラーにより 30-40℃ 温度を下げられ、それにより吸収塔での水蒸発量を一般的に 30~35%下げられる。ガス温度の選定はケースバイケースで決められる。

初期は、GGH は再生回転式のユングストロム型が開発され導入されたが、このタイプは複雑で長い煙道が必要であり、更に少量(5%程度)の未処理ガス(ダーティガス)が処理ガス(クリーンガス)側に漏れ込むことが避けられなかった。

よって別のノンリーク型 GGH が開発され導入された。即ちガスクーラー熱交換器とガ

ス再加熱熱交換器を配管で結び、熱媒体(水)をポンプで循環させる。このシステムは配置上のスペースとレイアウトの問題を大きく解決でき、1995 年代以降日本では主流となった。

煙突出口からの蒸気の白煙は地方条例により規制されている。日本では白煙排出は住民に好まれず、従ってガス再加熱器を吸収塔下流に設置することが必要となる。

こうして日本の全発電所は GGH 付きシステムで設計され建設されている。

このような熱交換器は硫酸ガスを使うため GGH 導入の初期から材料選定も含めて腐食対策が肝要なテーマであった。日本の FGD EPC メーカーはこれに対する対応技術とノウハウを發展させ、信頼性のある GGH システムをそれぞれ確立させてきた。

日本のこの技術の特徴は、ガスクーラーもガス再加熱器も基本的には大半を耐候性炭素鋼 (JIS;S-ten または ASTM ; Cor-ten) を使用していることで、(再加熱器のごく一部にステンレス鋼管を使用することもあるが)、メンテナンスの経済性を達成していることである。

良き一例として、実際の常陸那珂(#1 号)での運転実績はガスクーラー更新までに 10~15 年で各部管バンドル(低温部、中温部、高温部)を数年かけて定期点検工事期間に部分交換している例があった。

(4) 推奨事項

FGD システムを節水型とするガスクーラーシステムは、吸収塔での水分蒸発量を減少させるためこの発電システムに採用すべきである。これはこの地域のために水を節約でき、また環境保全の観点からも高く評価すべき重要な要素である。

湿式 FGD システムのガスクーラー有無の比較を表 6.2-1 に示す。

また FGD の吸収塔、ガスクーラー、場合によってはガス再加熱器も追加設置することによる通風抵抗の増加は、既設の通風装置の能力の余裕の範囲内に収まり、改造は発生しない。

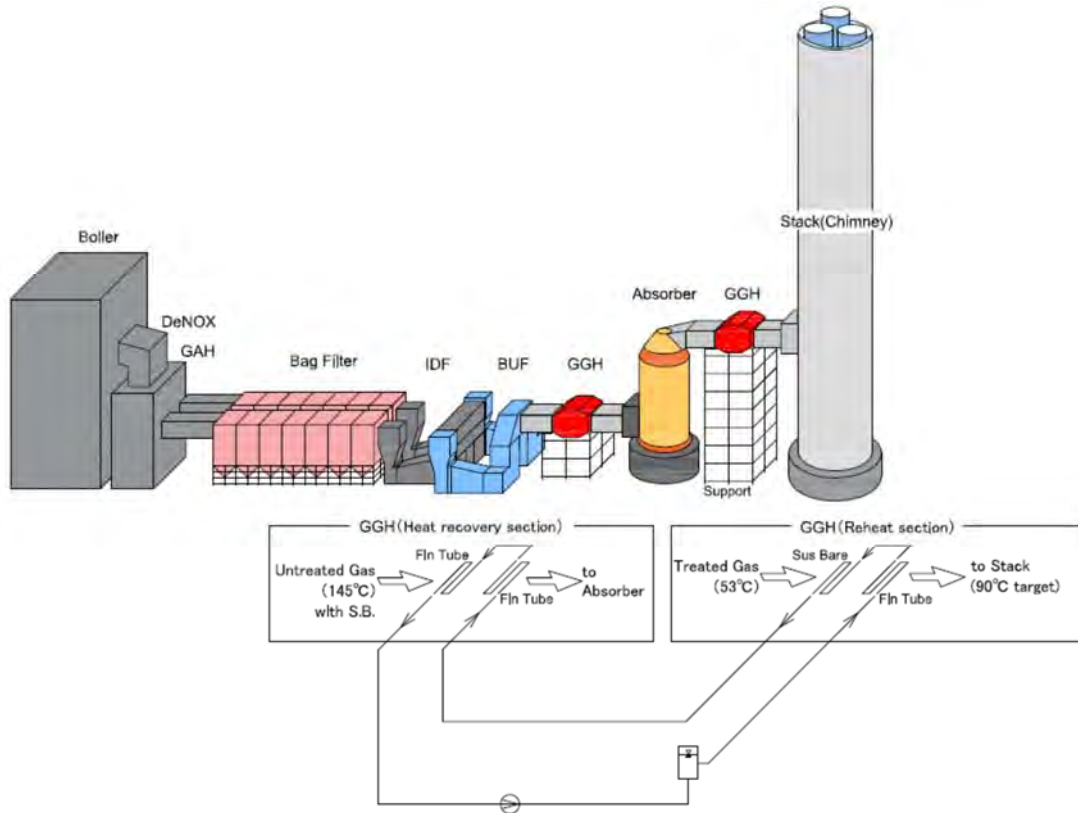
表 6.2-1 湿式 FGD システムのガスクーラー有無の比較

	Option A	Option B	Option C
	With Both of Gas Cooler & Gas Reheater (new proposal from Japan side)	With Gas Cooler (without Gas Reheater) (alternative of Medupi FGD BD)	Neither Gas Cooler nor gas reheater (original plan of Medupi FGD BD)
Layout	No problem Kindly refer to 図 6.2-1	No problem Kindly refer to 図 6.2-2	No problem Kindly refer to Medupi FGD BD
Water Saving (Positive impact for environmental and social aspect)	Water consumption per unit will be reduced from 200 t/h to 130 t/h. it means 35% reduction of the evaporation of water at absorber.	Same as left	Original case No water saving.
Necessity of additional improvement of flue gas system	(Induced Draft Fan) (and/or additional BUF); It is necessary to modify or replace IDF (Induced Draft Fan) or add, in series, BUF (Boost up Fan) to compensate the increased draft loss of GGH (gas cooler and reheater).	(Induced Draft Fan); Similar to left. It should be confirmed whether the head margin of existing IDF could cover the increased draft loss of absorber and gas cooler. (Stack); It should be confirmed by Eskom whether the existing stack refractory can permit such flue gas as low temperature as 53 - 60 deg C, though the SO ₂ contents is controlled at 500 mg/m ³ N or less due to regulation. (In Medupi FGD BD, 400 mg/m ³ N is targeted) If the refractory of flue tube inside is not designed against acid corrosion, another Wet Stack with acid resistant lining material (such as FRP) should be additionally installed. (However, the plant layout may not allow the space for another Wet Stack construction.)	(Induced Draft Fan) In case that the margin of IDF delivery pressure, such as 2.5kPa, could accommodate total FGD draft loss, existing IDF could be used as they are, depending on total draft loss of FGD system.
Environmental impact	No negative impact	(Acid droplet) If low temperature wet gas such as 53 - 60deg C is emitted from stack top, acidic droplet, sometimes called acid rain, may fall on the power station and surrounding area. Reheating and evaporate the acidic water droplet up to vapor before discharging from stack is highly recommended.	(More Water usage) More amount of water (2.9 million ton per six units annual) will be consumed by FGD. If water saving countermeasure (Gas cooler) adopts, environmental impact by FGD will be mitigated.
Social impact	No negative impact White steam will not be observed even in winter. Maximum ground level concentration will be reduced if the stack outlet gas is reheated and its temperature is raised.	(White steam / vapor) White steam smoke can be observed especially in winter. It will give negative impression to neighborhood. Some neighbors may call to power station to claim reduction of air "pollution" frequently in case of Japan. (SO _x ground level concentration) Lower temperature will reduce blow off velocity and gas spreading. Small acidic droplet may fall on nearby. The mal-function of low temperature flue gas will remain for ground level concentration, although the local regulation requires only discharging	(More Water usage) More amount of water (2.9 million ton per six units annual) will be consumed by FGD. If water saving countermeasure (Gas cooler) adopts, environmental impact by FGD will be mitigated. For example, the margin water will be utilized for drinking water and/or irrigation water.

		Option A	Option B	Option C
		With Both of Gas Cooler & Gas Reheater (new proposal from Japan side)	With Gas Cooler (without Gas Reheater) (alternative of Medupi FGD BD) concentration at stack tube outlet.	Neither Gas Cooler nor gas reheater (original plan of Medupi FGD BD)
GGH structure and consisting elements		<p>The history introducing water saving type FGD; From the ecological point of view water saving type FGD is greatly required and major FGD engineering companies developed several types and applied in various power stations. Various technical operation records had been fed and improved.</p> <p>GGH materials against corrosion or erosion; Basically, some kinds of carbon steel tubes are the key for GGH heat exchangers which are physically tough and economically recommendable. Such technical outcome and fruits backed up with long and sound operation records can be applied to this project which will assure less maintenance.</p>		(Base); no GGH
Operational impact		<p>No negative impact Water saving type FGD with GGH is already established technology in Japan and Japan manufacturers have many track record. Such type FGD plant has already been proven more than 10 years with general normal maintenance under stable operation. (One sample case); In Hitachinaka case, tube bundle of gas cooler had been operated 13 years without heavy trouble, and after gas reheater tube bundle they has replaced and renewed, they remained as they are.</p>	Same as left	No negative impact
Outgo	Additional Cost for Gas Cooler system per six (6) units (A)	<p>1,121 million ZAR. (9,750 million JPY. 1 ZAR = 8.7 JPY) Additional cost is incurred as additional BUF is required to compensate pressure loss by GGH. Break down Set of Gas cooler & reheater, 776 million ZAR BUF, 345 million ZAR</p>	465 million ZAR. (4,050 million JPY. 1 ZAR = 8.7 JPY)	No additional cost
	Replace Cost per six (6) units (B)	<p>276 million ZAR per 10 years. (bundle replace) (2,400 million JPY. 1 ZAR = 8.7 JPY)</p>	166 million ZAR per 10 years. (bundle replace) (1,440 million JPY. 1 ZAR = 8.7 JPY)	No additional cost
	Additional operation power cost per six (6) units (C)	<p><i>If capacity of BUF is 4 MW per unit,</i> $6 \times 4 \times 24 \times 365 \times 80\% \times 236$ ZAR/MWh =40 million ZAR per year (348 million JPY/year. 1 ZAR = 8.7 JPY)</p>	No additional cost	No additional cost

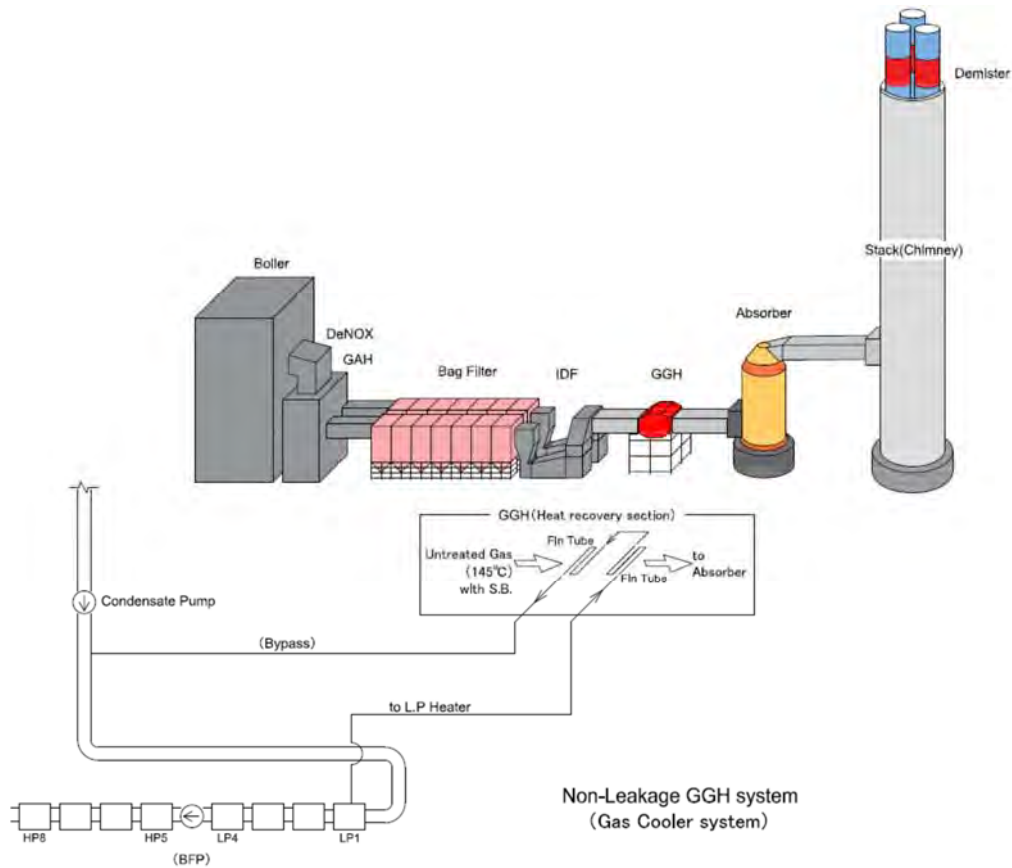
		Option A	Option B	Option C
		With Both of Gas Cooler & Gas Reheater (new proposal from Japan side)	With Gas Cooler (without Gas Reheater) (alternative of Medupi FGD BD)	Neither Gas Cooler nor gas reheater (original plan of Medupi FGD BD)
Outgo	Outgo per 30 years ($D=A + 3xB + 30 \times C$)	3,149 million ZAR / 30 years. (27,396 million JPY/30 years. 1 ZAR = 8.7 JPY)	963 million ZAR. (8,370 million JPY. 1 ZAR = 8.7 JPY)	Original case
	Reduction of water consumption fee per (6) units (E)	Suppose that the water reduction merit could be converted to water costs; --- Water consumption 130t/h. Water reduction 70 t/h $6 \times 70 \times 24 \times 365 \times 80\% \times 14$ ZAR/t =41 million ZAR/year (358 million JPY/year. 1 ZAR = 8.7 JPY)	Same as left	Water consumption 200 t/h This is a “big” ecological issue to solve in Japan
Income	Reduction of coal by Efficiency improvement per (6) units (F)	NA	<i>If plant efficiency is higher 0.3% (tentative) than original case,</i> $4,800 \text{ MW} / 20.5 \text{ (MJ/kg)} \times 3,600 \times 0.3\% \times 24 \times 365 \times 80\% \times 870$ ZAR/t =15 million ZAR/year (134 million JPY/year. 1 ZAR = 8.7 JPY)	NA
	Reduction of operation cost per 30 years ($F=30 \times E + 30 \times F$)	1,230 million ZAR. (10,740 million JPY. 1 ZAR = 8.7 JPY)	1,680 million ZAR. (14,616 million JPY/year. 1 ZAR = 8.7 JPY)	Original case

出典: JICA 調査団にて作成



出典: JICA 調査団にて作成

図 6.2-1 BUF 付加のノン・リーク型 GGH システム



出典: JICA 調査団にて作成

図 6.2-2 ノン・リーク型 GGH システム

6.2.3 ほかの技術的課題

(2) ガスクーラーにおける課題と解決策

1) 酸ミストの液滴 (螺旋型ミスト除去器)

基本設計のオプション 2 によれば、Eskom は吸収塔の下流にガス再加熱器を設置する予定ではない。即ち低温度の飽和湿りガスが煙突の内筒に導かれることになる。ガスは煙突上部に上昇するまでに冷却され数℃温度低下しそれは微酸性のミスト(液滴であって気体ではない)であり、煙突上部のノズルから放出されることになる。

この場合煙突内筒上部に例えば渦巻き式デミスタなどを、吸収塔の上部のミストエリミネータとは別途に設置することが推奨される。

この種のデミスタなしの場合には、濃度は薄いものの酸性のミスト液滴(スタックレインともいう)が煙突近傍あるいは発電所内に落下する可能性がある。煙突出口からの蒸気の白煙は公害防止の観点からは何の重要な意味を持たないが、煙突からの微酸性ミストの液滴は発電所内の鉄鋼物や屋根や道路上に落ちて軽い損傷を起こす可能性があることになる。

この渦巻き式デミスタは幾分の通風抵抗を生ずるので、全体の通風損失と IDF を検討する場合にこの分も考慮しておくべきである。

2) 酸ミストによる煙突の腐食(煙突内筒のライニングの温度)

Eskom によれば煙突内筒の既設のライニングは 48~145°Cの広い範囲をカバーできるとのことである。一方、煙突内を通過する排ガスの温度は 50°C以上となると推定されるので、酸ミストによる煙突の腐食の問題は発生しない。

3) 灰による磨耗

Eskom は灰の特性には特別の関心を持っており、特に南アフリカ産石炭の磨耗性が高いことに関心が高い。日本の外国産石炭焚き発電所からの灰の 1 サンプルを比較分析のため南アフリカに持ち帰り Eskom が比較し分析したところ、南アフリカ産石炭灰の成分のほう磨耗性が低かった。即ち、実際の(日本の発電所でのガスクーラーの)磨耗と腐蝕と運転可能時間とは信頼できる指標となりうる。更なる確認のための検討が待たれる。

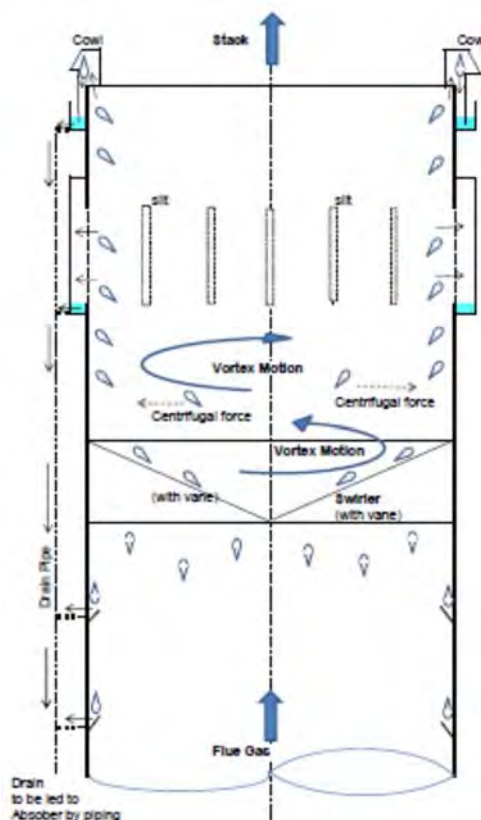
4) ガスクーラーの位置の検討

今日、低低温 EP(電気式集塵器)は日本では最も一般的に使用されている。

低低温 EP(電気式集塵器)は改良され、課題の少ない運転実績により最も普及している。これは低温 EP よりも EP の上流にガスクーラーを入れてガス温度を冷やした低低温 EP のほうの集じん効率が良いためである。

ガスクーラーの位置の比較を表 6.2-2 に示す。

さらに、No.2 ユニットと No.5 ユニットには設置区画の課題があり建設作業をするためのクレーンアクセス空間を含め検討を要する。



出典: JICA 調査団にて作成

図 6.2-3 螺旋型ミスト除去器のイメージ


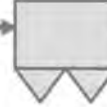




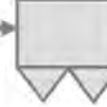








表 6.2-2 低温 FF システムと低低温 FF システムの比較

		PFA material GC located at downstream of PJFF (Low Temp. FF)	Steel material GC located at downstream of PJFF (Low Temp. FF)	GC located at upstream of PJFF (Low-Low Temp. FF)
Image		Case-1; Refer to 図 6.2-4	Case-2; Refer to 図 6.2-4	Case-3; Refer to 図 6.2-4
		Flue gas is cooled by GC to around 90 C° at downstream of FF (at inlet of FGD).		Flue gas is cooled by GC to around 90 C° at upstream (inlet) of FF.
Lifetime	Erosion (Wear);	<u>No issue (Few negative impacts regarding erosion.)</u> Erosion of GC tubes will seldom be seen because the dust (fly ash) concentration in flue gas is very low. (deducted at upstream of GC)		No issue (Few negative impacts regarding erosion.) Flue gas velocity is one of the major factors to consider erosion in high dust (fly ash) environment. Ash erosion in GC can be avoided by sizing GC to be appropriate flue gas velocity and shaping to prevent drift. ∴ Erosion ∝ (Flue Gas Velocity) ⁴
	Corrosion & Clogging and/or Plugging;	<u>It causes pressure-loss increase in GC rapidly.</u> <u>Great care of water washing is required.</u>	<u>It causes pressure-loss increase in GC rapidly.</u> <u>Injection of limestone powder at upstream of GC can be considered as a measure to prevent corrosion and plugging of GC.</u>	<u>No issue (Few negative impacts regarding corrosion & clogging and/or plugging.)</u>
Maintenance	Pressure loss	<u>Periodical water washing is required.</u> <u>In Europe PS case, water spray washing is necessary 4 to 6 times/day.</u> If pressure loss increase, even washings carried out, GC shall be <u>necessary to shut down</u> for full washing.	<u>Periodical soot-blower or steel ball cleaning is necessary frequently.</u> If pressure loss increase, even washings carried out, GC shall be <u>necessary to shut down</u> for full washing.	<u>No issue (Few negative impacts regarding maintenance.)</u> Pressure loss might rise gradually during operation, however, periodical soot blowing can regain almost original pressure loss. The accumulated dust on GC tubes/fins is easily blow down out by soot blowers without GC shutdown.
Modification of Equipment	Measures against pressure loss increase	<u>No issue (Few negative impacts regarding maintenance.)</u> Pressure loss increases by installing GC will be lower than 0.9 kPa. Pressure losses at original flue gas system will be expected, FGD and spray nozzles are 5.0, 1.53, and 0.50 kPa respectively. It means that total pressure loss is 7.93 kPa (= 5.0+1.53+0.5+0.9), plus some draft loss margin by fouling factor. Since the capacity of IDF is 10.18 kPa, existing IDF may be able to accommodate the pressure loss due to introduction of FGD, spray nozzles and GC without modification of impeller/blade.		<u>No issue (Few negative impacts regarding maintenance.)</u> Pressure loss increases by installing GC will be lower than 0.9 kPa. However, existing IDF can accommodate pressure loss due to introduction of FGD and spray nozzles, and GC without modification of impeller/blade. At the same time, flue gas temperature downstream of GC is lowered to 90 C° from 145 C° and thus actual gas volume is decreased and it will reduce flue gas velocity and draft loss between GC and FGD only in 13 % (= 1 - (273 + 90) / (273 + 145)) and help IDF's capacity. It means power consumption of IDF will be reduced compared with the low temp. FF system.

	Replacement	According to study report, replacement of bundles is necessary <u>every 6 years</u>	In Soma-Kyodo PS case, replacement of bundles is necessary with <u>interval of 10 or more years.</u>	In Hitachi-Naka PS case, replacement of bundles is necessary with <u>interval of 10 or more years.</u>
	Other measures against corrosion, etc.	Waste Water Treatment system to treat washing water shall be considered, which should accommodate waste water with low pH, high temp. and some fly ash.	To prevent corrosion and plugging of GC, measures to inject such as limestone powder at upstream of GC can be considered, if necessary.	<u>Reinforcement of Heating system of FF may be required.</u> The lowered inlet gas temp. might require to reinforced heating system (such as by low pressure steam heating) of FF ash hopper zone to maintain FF ash fluidity.
Additional cost	Introduction of limestone power injection system	No need	Needed, if necessary 2.0 Mil. USD x 6 = 12.0 Mil. USD	No need
	Water treatment system	<u>Needed</u> <u>0.3 Mil. USD x 6 = 1.8 Mil. USD</u>	No need	No need
	<u>Reinforcement (by steam) of heating system of FF</u>	No need	No need	<u>Needed</u> <u>0.1 Mil. USD x 6 = 0.6 Mil. USD</u>
Recommendation			<u>Recommended.</u> This system is expected to have less additional costs and has few negative impacts from aspect both of erosion, corrosion, stable operation and less maintenance costs.	

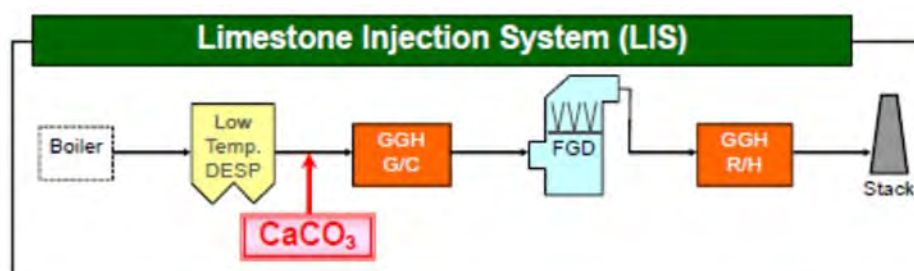
APH: Air Preheater, PJFF: Pulse Jet Fabric Filter, GC: Gas Cooler, ID Fan: Induced Draft Fan

出典: JICA 調査団にて作成

	APH	GC	PJFF	GC	WFGD	Stack
Case-1				 PFA Tube Type (Periodic water washing required)	 Lower Water Evaporation	
(Assumed Dust Conc.)	~ 50 g/Nm ³		< 50 mg/Nm ³	< 50	< 25	< 25
Case-2				 Steel Tube Type (SO ₃ mitigation or more dust required)	 Lower Water Evaporation	
(Assumed Dust Conc.)	~ 50 g/Nm ³		< 50 mg/Nm ³	< 50	< 25	< 25
Case-3		 Steel Tube Type	 Higher SO ₃ Removal (Lower gas temp. spec possibly required)		 Lower Water Evaporation	
(Assumed Dust Conc.)	~ 50 g/Nm ³	< 50 g/Nm ³	< 50 mg/Nm ³		< 25	< 25

出典: JICA 調査団

図 6.2-4 ガスクーラーの位置/型式によるシステム構成



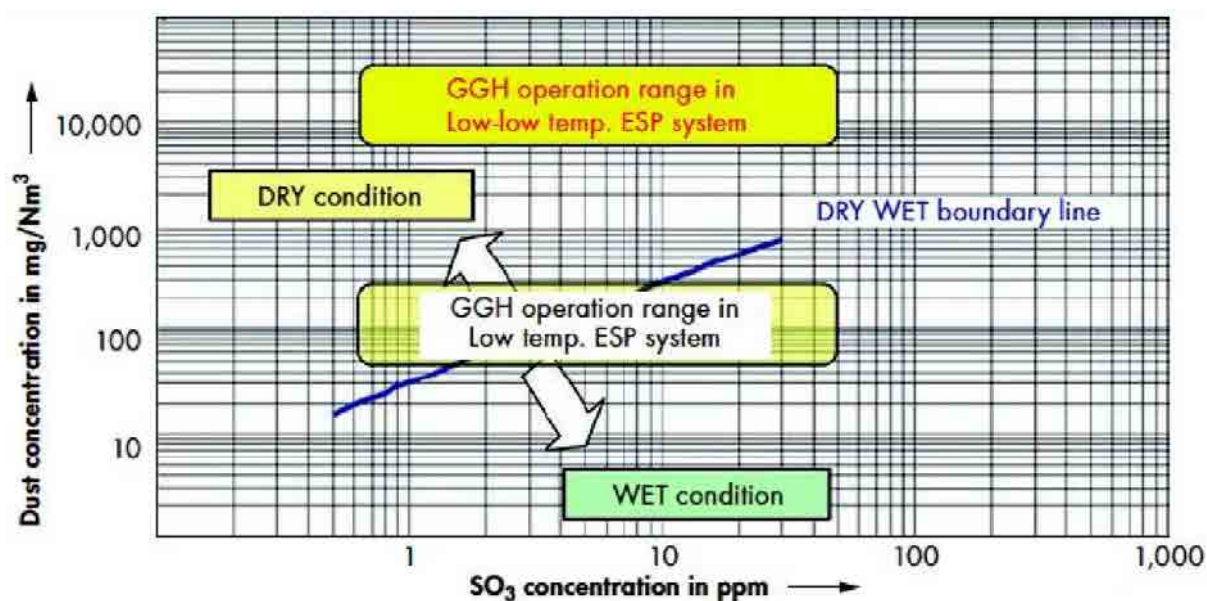
出典: MHPS

図 6.2-5 石灰石粉末噴霧装置のイメージ

5) 腐食の原理

Eskom はヨーロッパのいくつかの発電所がガスクーラーの採用に伴って腐食の問題に直面していることについて、FGD 調査を通じて知っており、腐食について深い関心を持っている。実際、日本の火力発電所は同様の課題に直面し、それを克服してきた。JICA 調査団は、一連の協議を通じて、Eskom の技術部署に腐食の原理を説明し、PJFF の前段にガスクーラーを設置する場合にはなんら問題が無いことを示した。

本邦では、粉体過剰の雰囲気での排ガスでは SO_3 による腐食が発生しないことが知られている。粉体過剰の雰囲気での排ガスの中で SO_3 ミストが塵に包まれているならば腐食は避けられる。これは、(化学的な中和による効果ではなく)物理的な無力化である。いわば十分なパン粉に覆われていれば、コロケの表面が乾いた状態を保っているのに似ている。鍵となるのは、塵と SO_3 の割合(D/S 比)である。D/S 比と湿/乾状態の相関図を図 6.2-6 に示す。もし、D/S 比が湿乾状態分岐線より右上の領域にプロットされるなら、つまり D/S 比が高いならば、排ガスは乾状態にある。それで SO_3 は塵に覆われている。



出典: VGB powertech 11, 2014

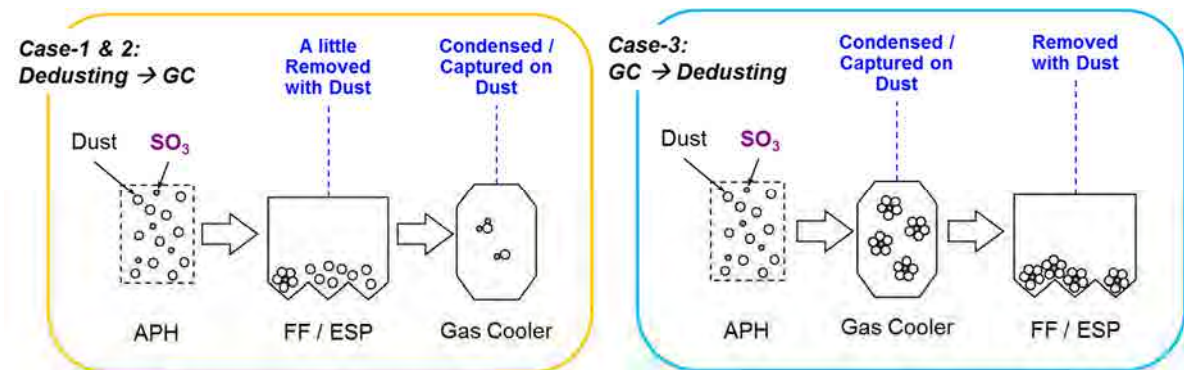
図 6.2-6 D/S 比と湿/乾状態の相関図.

腐食の原理を表 6.2-3 に示す。もし PJFF の前段にガスクーラーが設置されるならば、D/S 比は高くなり、 SO_3 ミストは塵に包まれる。(課題が生じない)

表 6.2-3 腐食の原理

	PFA material GC located at downstream of PJFF (Low Temp. FF)	Steel material GC located at downstream of PJFF (Low Temp. FF)	GC located at upstream of PJFF (Low-Low Temp. FF)
At APH zone;	<u>No issue (Dry)</u> <u>The gas temperature is higher than dew point.</u>		
At FF/ESP zone;	<u>No issue (Dry)</u> <u>The gas temperature is higher than dew point.</u> Though a part of SO ₃ is condensed at the cold end of APH element, the rest of SO ₃ is still vapor phase at FF zone. Therefore, the dust (fly ash) is completely “dry” there at 130-140 C° and corrosion at the FF and/or clogging of filter mesh can be prevented by maintaining temp. in the FF more than acid dew point.		<u>No issue (Dry)</u> <u>SO₃ mist coated by dust come, and is caught as dry dust.</u> As described in below, the dust is completely “dry” at FF zone though operating temp. is around 90 C° (lower than acid dew point, but higher than water dew point). In semi-dry FGD system, the operating temp. of the FF is around 80 C° or sometimes lower (even after considering some margin to water dew point), but this process is practically and commercially used and still clogging issues has seldom been reported. Thus, corrosion and/or acid smut will not occur in or after Low-Low Temp. FF when the design concept of FF is similar to that of Low-Low Temp. ESP and/or FF for semi-dry FGD.
At GC	<u>Issue of plugging of GC surface (wet)</u> <u>With decreasing lower than dew point, SO₃ mist is condensed. Because they are in less dust conc., SO₃ mist is NOT coated by dust. Wet SO₃ mist adhere GC surface.</u> At downstream of the FF, the dust content in flue gas is generally 10 mg/Nm ³ or lower. In case some SO ₃ is contained and the flue gas is cooled down to 90 C° simultaneously and SO ₃ is condensed to be SO ₃ mist without dust at GC zone. The dust with SO ₃ mist will be in “wet” condition, and those SO ₃ mist may be stuck onto GC tubes/fins.		<u>No issue (Dry)</u> <u>With decreasing lower than dew point, SO₃ mist is condensed. Because they are in much dust conc., SO₃ mist is coated by dust. those adhere GC surface, however not so much.</u> There is much amount of dust in the flue gas at GC zone in comparison with the SO ₃ content. When the flue gas is cooled down to around 90 C° at GC, SO ₃ is condensed at acid dew point and it is captured by dust and then removed at the FF with dust as shown in 図 6.2-4 (Case-3). Rich dust particles will adhere to the surface of SO ₃ mist particles, and then SO ₃ particles temporarily become no more adhesive nor sticky. The SO ₃ with dust is still “dry” condition due to high D/S*. In “dry” condition, the accumulated dust on GC tubes/fins is easily blown out by soot blowers without GC shutdown.

GC: ガスクーラー(Gas Cooler)

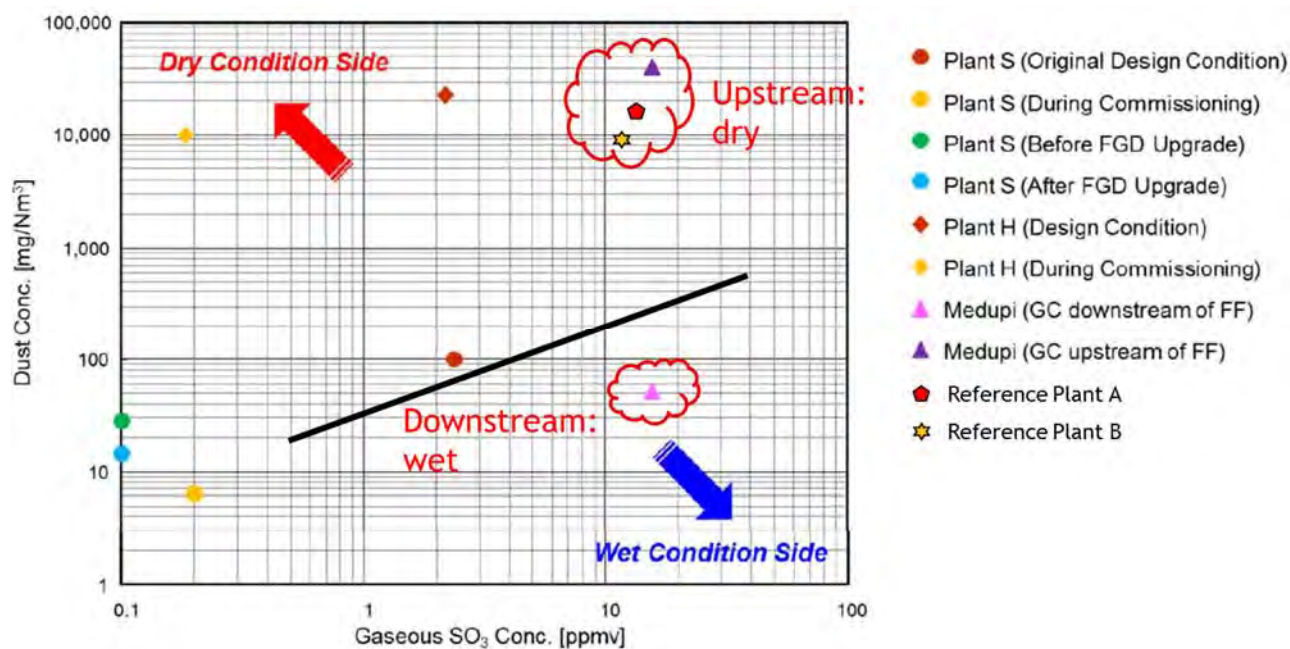


出典: JICA 調査団にて作成

図 6.2-7 ガスクーラーでの硫酸の振舞いのモデル

メデュピ TPS と参考火力発電所での D/S 比の例を図 6.2-6 に示す。メデュピ火力発電所では、もし、ガスクーラーが PJFF の前段に設置されるならば、腐食は発生しない参考火力発電所 A 並びに B はそれぞれ 10 年以上または数年の連続運転をしており腐食が深刻な課題とならないことを証明している。なお、メデュピ TPS の運転状態は腐食の観点から参考火力発電所よりも安全側にある。

ただし、ガスクーラーが PJFF の後段に設置される場合には SO₃ は湿状態になる。



出典: JICA 調査団にて作成

図 6.2-8 メデュピ TPS と参考火力発電所での D/S 率の例

表 6.2-4 参考火力発電所の石炭性状

	Reference plant A	Reference Plant B
Producing Area	South Africa	N/A
Commercial operation	2000	2013
Capacity (MW)	1,050	1,000
Gas Cooler inlet flue gas condition (Actual measurement / Design condition)		
Flow rate (Nm ³ /h-wet)	2,844,000 / 2,939,000	2,900,000 / 2,721,700
Temperature (°C)	146 / 140	125 / 132
H ₂ O (vol. %)	7.9 / 8.7	8.1 / 7.9
SO _x (ppmv-dry)	384 / 875	390 / 406
Dust content (g/Nm ³ -dry)	15.05 / 18.7	8.6 / 14.8
Ash properties (Actual measurement / Design condition)		
SiO ₂	46.6 / 39.5	69.2 / 76
Al ₂ O ₃	31.4 / 32.7	15.3 / 17.5
Fe ₂ O ₃	2.33 / 4.3	2.2 / 4.5
CaO	8.52 / 11.5	1.5 / 0.4
MgO	1.67 / 2.1	0.69 / 0.35
Coal properties (Design condition)		
Moisture (%)	10.3	9
Total sulfur (%)	0.7	0.5
Ash (%)	15.9	15.9
Cl (mg/kg)	300	N/A

6.2.4 パッケージ

(1) パッケージの方針の現状

大規模な建設プロジェクトの場合、“EPC” (Engineering、Procurement、Site Construction) システムをとり、エンジニアリング、調達、据付、そして場合によっては土木 工事までを一括実施することが一般的である。

しかしながら、Eskom は、2014 年当時、本事業を 35 の調達パッケージにプロジェクトを細分化していた。その後 Eskom は、35 パッケージを再編成して 9 パッケージに組みなおした。 Eskom が組みなおした後のパッケージ計画を表 6.2-5 に示す。

(2) 推奨事項

上述の Eskom が検討しているパッケージは、Eskom により南アフリカ国内調達条件等を長い間検討されて決められたものと想定される。他方、

CP1(FGD)CP2(石灰石ミルと石膏脱水)はプロセスの主幹プロセス部分であり、性能を確保するために統合すべきである。また、南アフリカの特別な建設事情から、技術力を有する企業が参入しづらいため、EP(エンジニアリングと調達-海外調達部分)と C(建設据付-南アフリカ国内部分) とに分割することが望ましい。こうしたパッケージ分割の方針について、Eskom との協議の結果、調査団及び JICA からの提案を Eskom は了承した (詳細は

表 6.2-5 Eskom によるパッケージ方針

項目	枠組み
P-1 Absorber	Eskom Engineering, Eskom Procurement, Eskom Construct
P-2 Limestone Slurry Preparation and Gypsum Dewatering	EPC (International)
P-3 DCS	EPC (International)
P-4 Electrical	EPC (International)
P-5 Water Treatment Plant	EPC (International or Domestic)
P-6 Rail, Limestone Supply and Gypsum Disposal	EPC (Domestic)
P-7 Civil Work for Rail, Limestone Supply and Gypsum Disposal (Liners, PCD's, Storm Water Management)	EPC (Domestic)
Batching Plant (under investigation)	
Site support, Project and Engineering Services	ODC
	Total

出典: Eskom からの情報に基づいて JICA 調査団にて作成

Eskom Plan		JST Proposal	
P-1 Absorber	Eskom Engineering Eskom Procurement Eskom Construct	CP-1 Absorber, Limestone Preparation and Gypsum Dewatering	EPS +TA
P-2 Limestone Slurry Preparation and Gypsum Dewatering	EPC	CP-2 Absorber, Limestone Preparation and Gypsum Dewatering	Eskom Construction

EPS: Engineering, Procurement and Supply, TA: Technical Adviser

出典: JICA 調査団にて作成

図 6.2-9 パッケージの推奨

6.2.5 プロジェクト工程

(1) プロジェクト工程の現状

当初、Eskom は FGD 建設の承認から試運転までのプロジェクト工程を作成しており、それには 35 パッケージに細分化された詳細設計、調達並びに建設が含まれていた。しかしながら、前述のとおり、パッケージの再検討と同時に工程の再検討もしている。

Eskom により作成された工程を表 6.2-3 に示す。建設にかかる契約を 2019 年 11 月に締結し、2020 年 1 月に工事を開始する。6 号機用の FGD の商用運転は 2021 年 8 月となり、FGD 建設開始から 1.5 年かかるとされている。

表 6.2-6 Eskom により作成された工程(2017 年 3 月時点)

項目	時期
Overall project execution packaging strategy developed	February 2017
Environment Impact - Specialist Reports review complete	March 2017
Environment Impact Report - draft report (DEIR)	July 2017
Construction contracting (document finalisation and signing)	September 2020
Construction begin	October 2022
Commercial Operation U3 FGD	February 2025
Commercial Operation U4 FGD	February 2025
Commercial Operation U2 FGD	September 2026
Commercial Operation U5 FGD	September 2026
Commercial Operation U1 FGD	March 2028
Commercial Operation U6 FGD	April 2028

出典: JICA 調査団にて作成 (Eskom から得た情報に基づき作成)

6.2.6 適用すべき基準

基本設計では、以下のように述べている。

“設計並びに作業の仕様は基本的に Eskom 基準もしくは南アフリカ基準に基づいてなされなければならない。ただし、Eskom 基準もしくは南アフリカ基準のいずれも適用できない場合には、英国基準を使用する。もし、英国基準を適用できない場合には米国基準もしくは国際基準を使用する。”

基本設計は適用すべき基準や規程を指し示しているが、FGD の性能保証試験の手順については規定していない。もし、Eskom が自ら FGD の性能保証をするのであれば、性能保証試験の手順について規定していなくても、問題ない。しかし、もし FGD 製作者に性能保証させる場合には、ASME など FGD の性能保証試験の手順を規定しておくべきである。

JICA 調査団は性能保証試験の手続きとして ASME の PTC40-2017 を入札資料で記載する適用すべき規格の項に追記することを推奨する。

7. 調達並びに建設の方針

7.1 南アフリカの建設市場

7.1.1 南アフリカの建設業界の主要な事業者

JICA 調査団は現地企業との面談を通して、本事業に関する南アフリカの市場を調査した。

面談企業は以下のとおり。

表 7.1-1 面談企業一覧

No.	Company Name	Main Agenda
1	AVENG	Construction for TPS
2	GROUP FIVE	Construction for TPS
3	Stefanutti Stocks Civils	Construction for TPS
4	WBHO	Construction for TPS
5	ACTOM	Steel Production for TPS
6	A. Leita Steel	Steel Production for TPS
7	Murray & Roberts	Steel Production for TPS
8	Tubular	Steel Production for TPS
9	IDWALA	Limestone & Gypsum
10	PCC	Limestone & Gypsum
11	Afri-Roads	Gypsum
12	Marley	Gypsum

出典: JICA 調査団にて作成

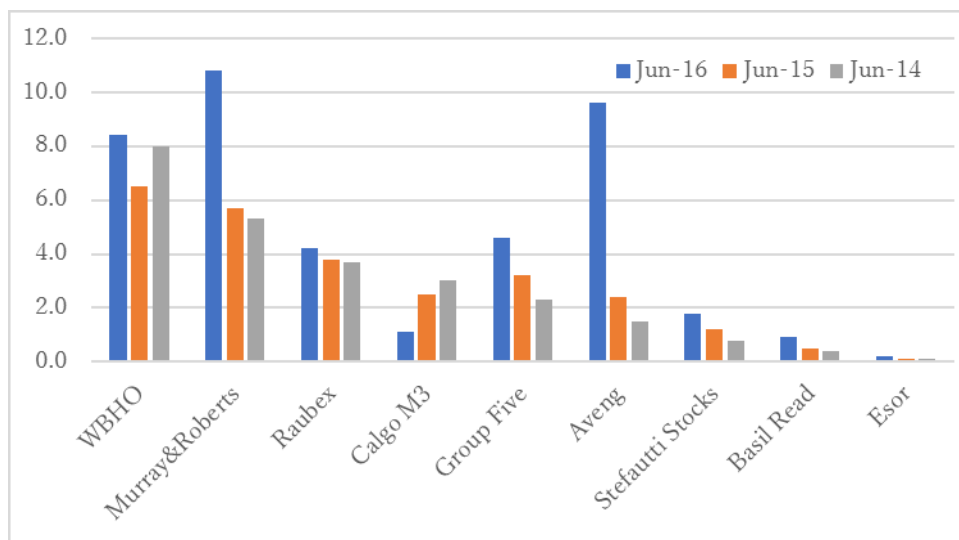
7.1.2 南アフリカの建設市場

(1) 一般情報

南アフリカにおける建設業界は、2009 年以降この業界が不況に見舞われているにも関わらず、雇用確保と経済成長に寄与している。この業界の 9 会社、すなわち、WBHO, Murray & Roberts、Raubex、Calgro M3、Group Five、Aveng、Stefautti Stocks、Basil Read、Esor は南アフリカで主要な位置を占めている。建設最大手 9 会社の市場価格を 図 7.1-1 に示す。

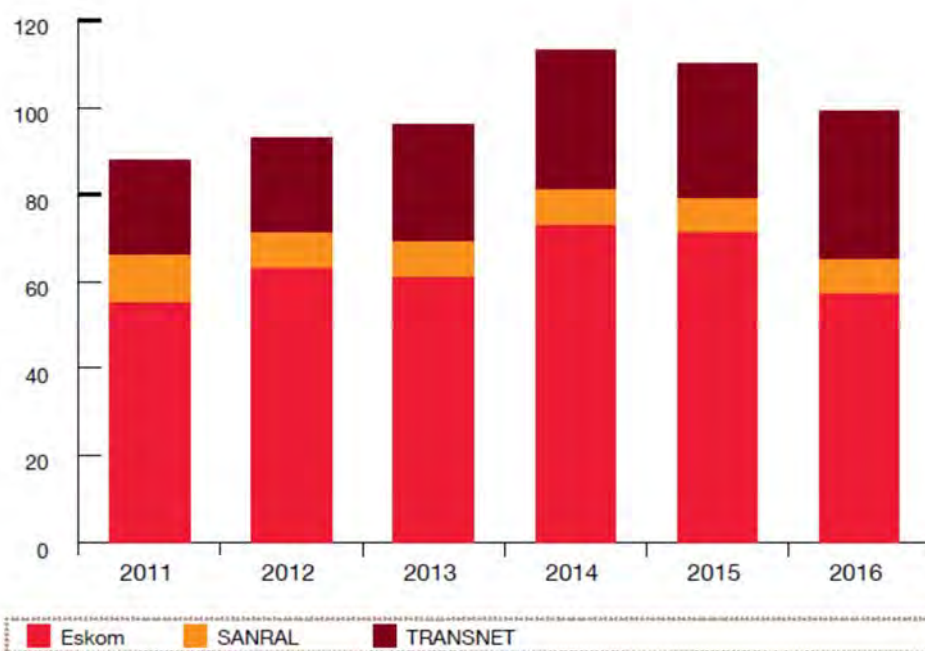
Eskom、Transnet 並びに Sanral による支出を図 7.1-2 に示す。近 3 年間に於いて、Eskom を含めた公的企業の規模は全体で 100 Bil. ZAR である。公的部門の支出の大部分は Eskom、Transnet 並びに Sanral (South African National Roads Agency)によるものである。Eskom の 2016 年の支出は 57 Bil. ZAR である。参考までに、公的部門の総支出は 258 Bil. ZAR である。

エネルギーにかかる支出を図 7.1-3.に示す。現在、エネルギーにかかる支出は増加傾向にあり、2016 年時点の規模は 2010 年に比べて 2 倍となっている。



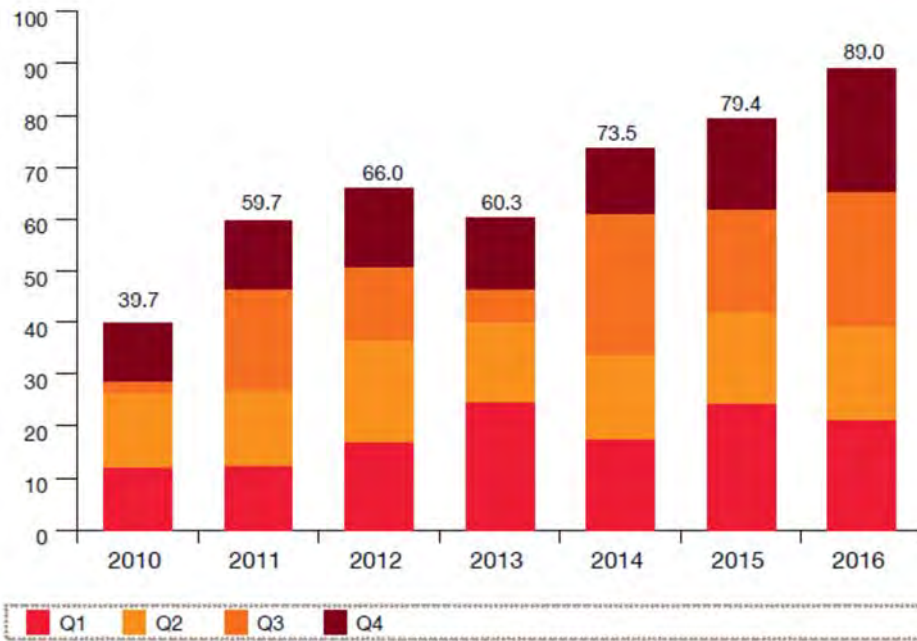
出典: SA construction 4th Edition, pwc

図 7.1-1 建設最大手 9 会社の市場価格(単位: Bil. ZAR)



出典: SA construction 4th Edition, pwc

図 7.1-2 Eskom、Transnet 並びに Sanral による支出 (単位: Bil. ZAR)



出典: SA construction 4th Edition, pwc

図 7.1-3 エネルギー関連建設にかかる支出 (単位: Bil. ZAR)

表 7.1-2 大手建設会社により指摘された建設業における共通リスク

Challenges	Actions required by industry
B-BBEE and Transformation	
Transformation is a key challenge in South Africa. Despite significant progress since the establishment of a democratic government in 1994, South African society is characterized by income and social service inequalities.	Proactive monitoring of compliance with B-BBEE codes and employment equity targets as well as changes to legislation are imperative in the South African construction industry. Timely transformation strategies (or compliance planes) should follow in order to remain competitive and achieve transformation goals. The transformation commitment in the October 2016 settlement agreement clearly indicate the high importance attributed to transformation by both Government and the industry.
In 2007, the Department of Trade and Industry released original B-BBEE codes, Nine sectors, including construction, have their own codes and the Construction Sector Charter on Black Economic Empowerment was issued in June 2009. Compliance with the Charter by the industry is seen as not only society but also economically imperative.	Construction companies increased their participation in discussions about the new B-BBEE codes while adjusting business practices to be compliant with new codes.
In May 2015, the new B-BBEE codes were gazetted. The amendments to the codes significantly changed the manner in which companies' B-BBEE status is calculated, increasing the number of points required to achieve a particular level. On 4 March 2016, the Minister	Other strategic responses included various empowerment programmes, a focus on management control and skills development, other internal initiatives and headhunting.

of Public Works, Thulas Nxesi, convened a high level meeting of construction industry captains and principals with the vies to mapping out an urgent way forward in the finalization of the gazette of the Construction Sector Code.	
Non-compliance with employment equity could negatively impact companies in the following manner; Reduce their ability to win tenders; Increase the likelihood of client sanctions and sanctions from the Department of Labor; and Increase the possibilities of penalties being imposed on South African projects.	
Health, Safety and Environmental Sustainability	
Construction is inherently a high-impact and dangerous industry. Any major incident, while a tragedy in its own right, also has implications for the reputation and ability of the entity involved to procure work in certain sectors. The construction industry has a less than 50 percent rate of compliance with health and safety standards.	Health, safety and environmental statistics have improved in recent years. However, this needs to be monitored, and reporting of statistics
Industrial Action	
Ongoing industrial unrest in South Africa continues to cause project delays and disruptions, affecting safety, productivity and profitability. It also adds a further hurdle to the decision-making process for investment in new capital projects.	In order to mitigate the risk of labor unrest and prevent significant project disruptions and delays, open communication between unions and construction companies to monitor and resolve potential labor issues is essential.
Strikes have reached a new level in terms of number, duration and violence and have inflicted significant damage to the economy in both the short and medium term.	Strike mitigation plans must be put into place, proactive labor relations strategy with allowances in tenders for labor unrest.
This has had an impact on both project and business performance. The recent wide-scale and prolonged industrial action has placed pressure on the underlying contractual relationships.	Proactive engagement with communities prior to project commencement assists to manage expectations.
Liquidity Risk	
A lack of sufficient working capital increases exposure to liquidity risk. This may negatively impact credit, acquisitions and growth opportunities.	It is essential that cash-flow requirements over the life of a contract be considered at the tendering stage, together with robust working capital cash-flow management.
The negative conditions experienced in the economy has contributed to the liquidity problems experienced by construction companies as well as the significant cash outlays required for new projects.	Close monitoring ad management of outstanding claims and project overheads and tougher debt collection measures are also essential to to mitigate liquidity risk.
Talent Management and Staff Retention	
People are an entity's most important asset, and various specialist skills are requires to deliver projects successfully. South Africa's construction industry has grown significantly in size over the last decade, resulting in a skills shortage in the industry at all grades. Loss of skills and expertise affects the ability of	A remuneration policy focusing on performance and the retention of key talent is essential for the sustainability of a business. Regular succession reviews to identify potential talent retention risks and career planning

companies to successfully complete contracts and undermines expansion. Growth strategies place high demands on companies to maintain appropriate leadership capacity, and this has been a continued focus of 2016.	strategies should be undertaken, as should in-house training, promotion from within and development initiatives.
Growth, expansion and operational performance	
Growth in the South African construction industry has declined in recent years due to; <ul style="list-style-type: none"> • The decline in business confidence and the volatile labor market; • Government's reduced spending on infrastructure projects; • Competition in the industry, which has continued to drive down margins; • Limited expansion into new markets, which has been hampered by volatile commodity prices and exchange rates 	In order to address the risks posed to growth and expansion, companies need to; <ul style="list-style-type: none"> • Focus on effective contract negotiation on equitable terms, and efficient contract management; • Align capacity with planned with SA Government spend; • Focus on gaining a competitive edge in the market; and • Explore growth options in new and emerging markets
Poor performance has also been concern. Due to the competitive nature of the market, combined with skills shortages, places pressure on companies to deliver on projects.	The implementation and monitoring of project management procedures a policies over the life cycle of a project and the assignment of accountability are imperative in mitigating the risks posed to project execution.
Poor execution of contracts results in margin erosion and losses. This includes the risk of poor quality control on site, which results in rework, increased costs and delayed delivery of contracts.	Increased focus on closing out loss-making projects, improving efficiencies and productivity.
Macro-Economic Environment	
Continued poor economic performance by the South African economy has had a negative financial impact on business and their operations. This affects business and investor confidence and limits for capital projects and infrastructure.	Maintaining key stakeholder relationships in order to assist in winning of new work in this depressed cycle.
Tender Risk	
There is inherent risk in the tendering process as it requires educated and highly judgmental views to be taken on pricing, mark-up, geological conditions, and the quality and availability of materials.	To mitigate tender risk, extensive tender risk assessment procedures need to be undertaken at the tendering stage of each project.
There is a risk of bidding for and winning contracts on onerous terms or under unacceptable commercial conditions.	Experienced estimators should be involved in contract pricing, which is to be subject to review by senior management.
Legislation and Regulatory Compliance	
Non-compliance with applicable legal and regulatory requirements may lead to reputational damage, penalties and fines and may impact the entities operations. The increasingly complex regulatory landscape requires entities to meet new regulatory requirements and stakeholder expectations while supporting performance objectives, sustaining value and protecting the brand.	Compliance with regulatory and legislative requirements is imperative in preventing loss to a business and maintaining a company's reputation in the industry.

出典: SA construction 4th Edition, pwc

(2) 企業の CIDB 登録

南アフリカには建設産業振興委員会(CIDB:Construction Industry Development Board)がある。CIDB は、CIDB 法(CIDB Act 38, of 2000)に基いて設立された組織である。CIDB の役割は、南アフリカの経済社会に対して建設産業がよりよい貢献を推進、促進することである。とりわけ CIDB は、建設調達の均一化、効率的効果的なインフラ建設、建設産業の業績改善、振興セクターの発展、技能の発展を推進しなければならない。

住宅については国立住宅建設規制委員会 (NHBRC: National Home Builders Regulatory Council)が規制しているために、住宅部門は CIDB の活動範囲に含まれない。つまり、公的部門の住宅プロジェクトを請負っている建設会社は、建設会社の CIDB 登録に登録しなくても良い。しかし、すべての発注者は CIDB 登録にプロジェクトを登録する必要がある。CIDB 登録には公的部門の 200,000ZAR 以上のプロジェクト、民間並びに国有企業体の 10 Mil. ZAR 以上のプロジェクトが登録されている。建設会社の CIDB 登録は CIDB 法の 5(1)(d)節により設立された制度であり、CIDB に公的部門購入を推進し、建設会社発展の促進に資する方法で建設会社を区分する登録制度の確立を要求している。これは南アフリカで建設会社にとっての唯一の登録ならびに格付け制度であり、公共部門の工事に参画を希望するすべての建設会社は、住宅建設会社、作業員を派遣するのみの下請会社を除いて、CIDB に登録しなければならない。

CIDB 登録は、請負ったプロジェクトに基づく建設会社の能力に応じて等級 1 から等級 9 の 9 段階に分類されている。等級の判別基準は表 7.1-2 に示したとおりである。

登録制度は公共部門の発注者にとって、本質的なリスクマネジメントとなりうる。発注者は、登録に基づいて、受注した案件の能力を示すことが可能な建設業者のみを選定することが可能である。

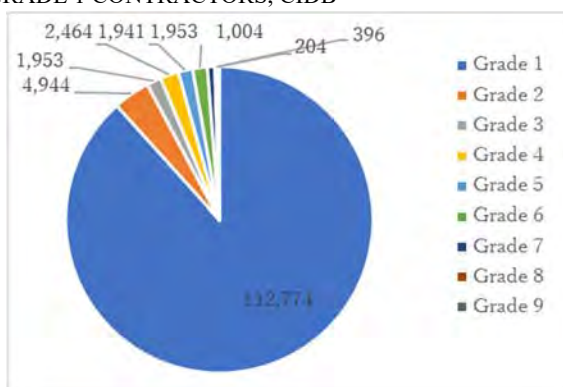
対照的に、CIDB 等級 3 から等級 9 の登録には、建設会社は財務能力を証明するための財務諸表、並びに、作業の遂行能力を裏付ける実績の証明書、例えば完成証明や最終支払い証明、を提供することが求められている。

CIDB 等級 1 の建設会社は CIDB 登録の建設会社の 80%を占めていたが、2015 年 6 月までにこの比率は 88%まで上がった。

表 7.1-3 建設会社の CIDB 等級判別基準 (単位: ZAR)

Grade	Maximum value of a contract	Largest contract completed in the past 5 years
1	200,000	No requirement
2	650,000	130,000
3	2,000,000	450,000
4	4,000,000	900,000
5	6,500,000	1,500,000
6	13,000,000	3,000,000
7	40,000,000	9,000,000
8	130,000,000	30,000,000
9	No limit	90,000,000

出典: STUDY OF GRADE 1 CONTRACTORS, CIDB



出典: STUDY OF GRADE 1 CONTRACTORS, CIDB

図 7.1-4 各等級の建設会社の数 (2015年7月時点)

1) AVENG

AVENG は、主に建設および土木工事業に重点を置いた多分野の会社である。

AVENG にはさまざまな部門、すなわち、建設部門、製造部門、鉄道部門と鉄筋と鉄骨を扱う鉄鋼部門を有している。AVENG には配管を行う部門もあり、メデュピおよびクシレ TPS プロジェクトで配管工事を実施した。

AVENG は FIDIC レッドブックを好み、FIDIC イエローブックの経験がある。

2) GROUP FIVE

Group Five は、多様な建設、社会的生産基盤と確立されたサービスグループと国際的な顧客基盤の拡大に伴い、エネルギーと社会的生産基盤を提供する。Group Five には以下の部門がある。建築工事と土木設計、エネルギー設計 (電力・石油・ガス)、道路・土木工事、鉄鋼製造がある。

Group Five は、Stefanutti Stocks、WBHO と Basil Read の JV にてクシレ FGD に取り組んだ。この JV は、タービンハウスやボイラーハウスの土木工事にも携わっている。

グループ 5 は FIDIC レッドブックに精通しており、CIDB の経験もある。

3) Stefanutti Stocks Civils

Stefanutti Stocks は南アフリカ最大の土木建設会社の 1 つである。彼らは南アフリカの証券取引所に上場している。

Stefanutti Stocks には以下の区分があり、構造物、道路と土木工事、地質工学、建築工事、およびパイプラインである。

4) WBHO

WBHO は、南アフリカ最大の土木建設会社の 1 つである。WBHO には以下の区分があり、建築工事、土木設計、道路・土木工事などがある。

WBHO は、Stefanutti Stocks、Group Five、Basil Read と JV にてクシレ FGD に取り組んだ。WBHO はクシレ FGD の基礎工事を行い、そのとき設計は FGD の作業に十分な経験を持つ Andile Sangweni によって行われた。クシレ TPS には、3 つのユニット (1~3) と残りの 3 つのユニット (4~6) の 2 つの FGD プラントがある。WBHO は、スライド (スリップフォーミング) 法を用いてボイラーハウスのリフトシャフトを建設した。ボイラーハウス構造用鋼は、日立の下請け会社 Murray & Roberts によって行われた。WBHO は、もし 1 社の契約であれば、FIDIC レッドブックを好む。また NEC の経験もあるが、この契約タイプは高い管理作業量が伴う。

(3) 追加情報

1) AVENG

- Aveng は杭工事部門があり、年間売上高は約 200 百万ランドである。
- Aveng は現在 Majuba (鉄道整備プロジェクト) TPS で Eskom の仕事をしている。
- Aveng 製造部門は、鉄筋加工組立て、舗装および枕木を提供している。
- Aveng は FGD の土木工事をする能力を有する。クシレ TPS での主な作業は、主機以外の周辺機器 (BOP) と補助冷却塔システムを担当した。
- 基本労働時間は 7 時~17 時である。
- 現場での安全対策について Aveng は、Sasol / Eskom / Mines などの実践的な実績がある。

2) GROUP FIVE

- Group Five は、100 億ランドを超えるプロジェクトに対応可能。
- Group Five の鉄鋼製造部門は、大口径の鋼管、製作された鋼構造物、足場、型枠、鉄筋コンクリートを使ったコンクリート構造物の工事を行っている。
- Group Five は、上記のように社内設計でほぼ実施し、FGD に対し十分な能力を備えている。クシレ TPS でのいくつかの主な作業は、空冷式凝縮器 (ACC) であり、120 本の ACC の支柱をスリップフォーミングで実施した。
- 基本労働時間は 7 時~16 時で週 5 日である。
- 休日や日曜日は仕事をしない。また彼らは最大で 1 ヶ月に 2 回の土曜日に仕事をすることができる。しかし南アフリカの労働法は、現地スタッフが働くことができる

時間の数を管理し、多くの残業を禁止しているので注意が必要である。

- Group Five の安全は、労働安全衛生法（OHS 法）に従って最優先事項である。立法上の安全要件が維持されていることが標準的要件であるため、企業の方針と手順に組み込まれている。

3) Stefanutti Stocks Civils

- Stefanutti Stocks は、発電所建設の経験を持つ土木建設会社である。彼らは大規模な土木工事やクシレ TPS での杭工事を実施した。
- 彼らはクシレ TPS の JV のリードパートナーであり、JV の主要メンバーは WBHO、Basil Read、Group Five である。
- Stefanutti Stocks は自社ですべてを賄える土木建設会社である。彼らはタワークレーン、コンクリートポンプ、トラックを所有している。保有する最大のクレーンは 150,000t を持ち上げる能力を持っている。
- Stefanutti Stocks は、地元企業から鉄鋼、PVC(ポリ塩化ビニル)、HDPE(高密度ポリエチレン)を購入している。
- 下請け業者の Stefanutti Stocks はクシレ TPS のリードパートナーであり、JV パートナーは WBHO、Basil Read、Group Five である。
- 基本労働時間は 7 時～17 時で 30 分の昼食時間を含みます。彼らには 55 時間の平均労働時間がある。月曜日から金曜日 7 時～17 時 =9.5 時間、土曜日 7 時～13 時 =5.5 時間である。
- 労働者は毎月 3 回の土曜日しか働くことができず、日曜日に働くことはできない。祝日は例外的で、残業として払われる。プログラムは、週 5 営業日に基づいていなければならない。しかし南アフリカの労働法は、現地スタッフが働くことができる時間の数を管理し、多くの残業を禁止しているので注意が必要である。
- ゼロ災害は、安全性に関して彼らの理念である。クシレ TPS では、9000 時間の無事故を記録した。

4) WBHO

- WBHO には建設工事、土木設計、道路・土木工事がある。
- WBHO には、すべてのコンクリート工事、道路工事と基盤工事（鉄道工事、アスファルト工事など）、建築工事の売上高 55 億ランドである。
- WBHO グループ RMS（WBHO 所有）は、鉄筋加工と型枠と鉄筋コンクリートの構築を行うが、鉄筋組み立ては除かれる。WBHO は現場にバッチプラントを設置し、現地サプライヤから材料を購入する。
- WBHO は、上記のように社内グループにて実施し FGD 対し十分な能力を備えている。クシレ TPS での主な作業は、吸収材のコンクリート工事と空冷凝縮器（ACC）のコンクリート工事であった。
- 基本労働時間は 7 時～17 時で 45 分の昼食と小休憩がある。
- 休日には仕事をしない。プログラムは週 5 日に基づいている。土曜日は作業の遅れを取り戻すために、最大 3 回働くことができる。しかし南アフリカの労働法は、現

地スタッフが働くことができる時間の数を管理し、多くの残業を禁止しているので注意が必要である。

- WBHO では、労働安全衛生法（OHS 法）に基づき、安全が最優先事項である。次の点を定めることが標準的な要件である。標準業務手順書（SOP）、リスクアセスメント、すべての個人保護装置（PPE）とアクセス要件、OHS 法に精通した有資格者の法的任命、Eskom の手続きに沿ったもの、現地手続きを理解している者である。

(4) 契約のための標準様式(条件)

CIDB により作成された”南アフリカにおける建設の健康安全”によれば、“建設調達における均一化のための CIDB 標準書”は設計並びに建設にかかる契約において以下の標準様式を使用することを推奨している。

- General Conditions of Contract (GCC) for Construction Works as published by the South African Institution of Civil Engineering;
- Conditions of Contract for Construction for Building and Engineering Works designed by the Employer ("Red Book")(1999), Conditions of Contract for Plant and Design-Build for Electrical and Mechanical Plant and for Building and Engineering Works, designed by the Contractor ("Yellow Book")(1999), Conditions of Contract for EPC/Turnkey Projects ("Silver Book")(1999) or Short Form of Contract ("Green Book")(1999) published by the International Federation of Consulting Engineers (FIDIC);
- JBCC series 2000 Principal Building Agreement or Minor Works Agreement published by the Joint Building Contracts Committee; or
- NEC3 Engineering and Construction Short Contract, NEC3 Engineering Construction Contract, NEC3 Professional Services Contract or NEC3 Term Services Contract published by the Institution of Civil Engineers.

面談によれば、Aveng は FIDIC の red book を好み、yellow book の経験がある。GROUP FIVE は FIDIC の red book に慣れている。WBHO は設計を伴わない請負の場合には red book を好む。New Engineering Contract (NEC)の経験もあるが、この契約方式は監督のための負荷が高いとのことである。

(5) 建設会社の B-BBEE

建設産業のうち、面談した会社の B-BBEE 等級を表 7.17 に示す。AVENG は等級 3 の認証へ改善するべく努力中である。GROUP FIVE は等級 3 である。Stefanutti Stocks Civils は等級 4 である。WBHO は等級 4 であるが等級 3 の認証へ改善するべく取り組んでいる。

面談したすべての会社すなわち、AVENG、GROUP FIVE、Stefanutti Stocks Civils、並びに WBHO は、南アフリカで働く場合、入札で B-BBEE が免除される可能性はないと回答した。

B-BBEE 要求の達成のために最低でも受注の 30%を下請けする必要がある。入札時に外国企業は活用する予定の現地企業すべてを明らかにしなければならないことに留意する

べきである。B-BBEE の格付けを得るためには、B-BBEE の遵守報告(Compliance report)を B-BBEE 委員会(B-BBEE Commissioning)に提出する必要がある、その報告書に基づく審査には約 3 ヶ月かかる。すなわち、南アフリカで建設業に係る入札に参加するためには、入札日の 3 か月以上前に B-BBEE に係る手続きを開始する必要がある。

表 7.1-4 建設産業のうち面談企業の B-BBEE 等級 (2017 年 7 月時点)

No.	Company Name	B-BBEE score
1	AVENG	Level 3
2	GROUP FIVE	Level 3
3	Stefanutti Stocks Civils	Level 4
4	WBHO	Level 4

出典:各社からのインタビュー情報に基づいて JICA 調査団にて作成

(6) 南アフリカのコスト情報(参考値)

南アフリカの土木作業費用情報を表 7.1-2 に示す。JICA 調査団は AVENG、GROUP FIVE、Stefanutti Stocks Civils 並びに WBHO に費用情報の提供を依頼した。

GROUP FIVE、Stefanutti Stocks Civils 並びに WBHO によれば、土木作業員の賃金は、作業階級賃率表 (Task Grade Wage Rates Table) に規定されている。

表 7.1-5 南アフリカの土木作業費用情報 (単位: ZAR per m³)

項目	AVENG	GROUP FIVE	Stefanutti Stocks Civils	WBHO
Concrete Work				
1) Concrete	3,500	12,000 to 16,000 (including Concrete,Excavation, Form and Re-bar)	1,500	1,100 to 1,300
2) Excavation	N/A		N/A	90
3) Form Work	N/A		N/A	150 to 400
4) Re-bar	N/A		N/A	11,000 ZAR/ton

N/A: Not Available

出典: 南アフリカの建設会社からのインタビューに基づいて JICA 調査団にて作成

(7) 南アフリカの建設労働者の賃金

土木作業員の賃金は、作業階級賃率表 (Task Grade Wage Rates Table) に規定されている。

作業階級賃率表は、南アフリカ土木請負業者会議(SAFCEC: South African Forum of Civil Engineerign Contractors)、経営者機構(CEO: Consolidated Employers Organization)、鉱山労働者組合(NUM: National Union of Mine Workers)、建設並びに関連業組合(BCAWU: Building Construction and Allied Worker Union)の 4 社間にて合意される労働協約の一部として規定され、労働大臣によって公布(Gazette)される。前述した 4 者に加盟していない会社や組合も、この労働協定により制約される。

改定のための交渉は、基本的に 3 年間ごとに実施されるが、そのほか建設業公正取引委員会(BCCEI: Bargaining Council for the Civil Engineering Industry)が勧告した場合にも実施することができる。直近の改定は、2018 年 6 月に実施され、2018 年 9 月に公布されている。直近の改定の作業階級賃率表を表 7.1-6 に示す。

作業階級は、難易度により 9 等級に分類されており、等級 1 が最も単純な作業にかかる労働者で、等級 9 がもっとも高度な作業の労働者となる。すべての階級が一定の昇給割合で労働単価が上昇枠組みとなっており、2018 年 9 月の改定では、改定前の最終年の単価から、毎年 7.5%の昇給という設定となっている。

表 7.1-6 作業階級賃率表 (2018 年 9 月から 2021 年 8 月)

Grade	Occupational Group	Job Title	Hourly rate (ZAR/hr)		
			Up to 31 Aug. 2019	From 1 Sep. 2019 to 31 Aug. 2020	From 1 Sep. 2020 to 31 Aug. 2021
1	General Worker	General Worker	34.45	37.04	39.82
2	Site Support	Artisan Aid	35.26	37.90	40.75
	Construciton Hand Grade IV	Structure Construction Hand Premix Paving Checker Steel Bending Machine Operator Civil Corntruction Bricklayer Gr II Crusher Asaislant			
	Operator Grade V	Boom Scraper Operator Pedestrian Roller Operator			
	Checker	Checker			
	Chainman	Chainman			
3	Construciton Hand Grade III	Shutterhand Gr III Concrete Hand Gr II	36.24	38.96	41.88
	Operator Grade IV	Track Rig Operator (General) Bore Pile Operator Drilling Operator			
	Site Support	Junior Clerk			
	Welder	Welder Semi Skilled			
4	Construciton Hand Grade II	Shutterhand Gr II Reinforcing hand Gr II Concrete Hand Gr I Fence Erector Guard Rail Erector	37.59	40.41	43.44
	Operator Grade III	Concrete Mixer Operator Continuous Fligt Auger Operator Batch Plant Operator Concrete Dumper Operator Concrete Pum pOperator Tower Crane Operator General Premix Roller Operator Milling Machine Operator Paver Operator Excavator Operator Front End Loader Operator TLB Operator Dozer Operator Grader Operator (General) Gunite Nozzleman			
	Driver Grade II	Motorcycle Driver Tractor Driver Light Motor Vehicle Driver Driver Operator Heavy Duty Driver (Rigid) Extra Heavy Duty Driver (Rigid)			
	Site Support	Material Tester			
5	Construciton	Shutterhand Gr I	42.54	45.73	49.16

	Hand Grade I	Piling Auger Machine Operator Reinforcing hand Gr I Pipelayer Gr I Kerblayer Gr I Civil Construction Brick layer Gr I			
	Operator Grade II	Moble Crane Operator Screed Operator Scraper Operator			
	Driver Grade I	Heavy Duty Driver (Articulated) Extra Heavy Duty Driver (Articulated)			
	Site Support	Assistant Surveyor			
6	Operator Grade I	Grader Operator (final level)	48.29	51.91	55.80
7	Supervisor Gr II Plan Surviceman	Supervisor Gr II Plan Surviceman	55.31	59.46	63.92
8	Supervisor Gr I	Supervisor Gr I	62.01	66.66	71.66
9	Artisan	Deisel Mechanic, Fitter & Tuner	70.09	75.35	81.00

(8) 本事業の建設可能性

南アフリカの建設会社の FGD 建設工事の施工能力を表 7.1-7 に示す。JICA 調査団の経験では、FGD 建設工事は 12 分野、すなわち、通信仮設、通信本設、FGD 吸収塔、ダクト、配管、構造物、電気、鋼構造物、機械、制御、鉄道、変圧器工事である。南アフリカの建設会社は押しなべて通信工事が弱い。AVENGE、GROUP FIVE 並びに Stefanutti Stocks Civils はほかの分野の工事については概ね対応可能である。

表 7.1-7 南アフリカの建設会社の FGD 建設工事の施工能力

項目	AVENG	GROUP FIVE	Stefanutti Stocks Civils	WBHO
Construction for IT & Communication	N/A	N/A	N/A	N/A
Permanent Plant IT & Communication	N/A	N/A	N/A	N/A
FGD Absorber Construction	N/A	Capable	Capable	Capable
Duct Construction	Capable	Capable	Capable	Capable
Piping Construction	Capable	Capable	Capable	Capable
Structure Construction	Capable	Capable	Capable	Capable
Electrical Construction	Capable	Capable	Capable	N/A
Superstructure Construction	Capable	Capable	Capable	Capable
Mechanical Construction	Capable	Capable	Capable	N/A
C&I Installation	Capable	Capable	Capable	N/A
Rail Road Construction	Capable	Capable	Capable	Capable
Substation Construction	Capable	Capable	Capable	N/A

N/A: Not Available

出典: 南アフリカの建設会社からのインタビューに基づいて JICA 調査団にて作成

7.1.3 南アフリカの建材市場

(1) 南アフリカの主要な建材製作会社の製作能力

1) ACTOM

ACTOM は Eskom とのボイラ供給契約に基づき稼働中の発電所にサービスを提供する会社である。

ACTOM は、十分な能力を備えた工場をケープタウンのベルヴィルに有している。現在、ACTOM はボイラ内装、高圧配管敷設、バグフィルタ、スクレーパーコンベアを製作できる。

ACTOM は Eskom とのボイラ供給契約において NEC に基づいた経験があり、その契約手続きは十分に書類化されている。ACTOM は FIDIC についても精通している。

2) A. Leita Steel

A. Leita Steel は、Kents の下請けとしてメデュピ TPS に空冷コンデンサ用の鋼材を納入した企業である。工場の鋼板生産能力は、板金作業を除けば毎週 150 トンである。

A. Leita Steel は、十分な能力を備えた工場をプレトリアのウォルトロウ に有している。A. Leita Steel は以構造用鋼材の製作および板金作業を製作できる。

メデュピ TPS には、3 年 4 ヶ月で 26,000 トンの鋼材を納入した。この工事では A Leita Steel は応札したが、通常は建設会社の下請けとして工事に参入する。

3) Murray & Roberts:

Murray & Roberts は、メデュピ TPS で工事を実施している建設会社である。

Murray & Roberts はヴァーダヴルに工場があり FGD に関して十分な製作能力を持っている。工場では、毎月 2,500 トンから 5,000 トンの鉄骨を生産しており、平均的な生産量は 4,500 トン/月である。

Murray & Roberts は FIDIC と同様に NEC も経験があり、その他顧客が要求するいかなる契約形態にも対応できる。

4) Tubular

Tubular は、南アフリカでも最大の鋼構造建築業者である。Tubular には、以下の部門がある。構造、機械、電気、計装、配管、板金、詳細設計。Tubular は鋼板の加工能力（圧延）を持ち、加工の最大厚さは 65mm である。

Tubular は、Stefanutti Stocks や WBHO などと共同事業体を形成し、クシレ TPS の FGD 工事に携わった。Tubular はフィン付管については加工機械を有しておらず、取扱いも無いため、フィン付管が必要な場合には下請けに発注する。クシレ TPS では、直径 6.5m、長さ 45m のダクトを輸送するために 150 トンのトレーラを使用した。このような大型貨物を輸送するためには、許可が必要となる。

(2) 会社の一般情報

1) ACTOM

- ACTOM は、完全に南アフリカ人所有の機電メーカーであり、8千人を雇用している。ACTOM は43の部門がある。
- ACTOM は、現在20mm厚のS235(DIN規格普通鋼板)について、南アフリカ国内において差し支えなく入手・加工可能である。
- ACTOM は、社内に有資格者と溶接手順書を有しているため、鉄板の溶接が可能である。
- ACTOM はFGD吸収塔を組立てるために十分な資格と経験値を持つため、組み立てと建設ができる。
- ACTOM はダクトとダンパの製作をするのに十分な能力がある。ACTOM は社内に十分な資格と経験値があるので組み立てとその設備の建設ができる。
- ACTOM は、必要であれば様々な規格の弁を下請けからではなく社内で調達することができる。
- ACTOM は、資格・経験を有する人材を社内に有するため、支保工を制作できる十分な能力を持つ。
- ACTOM は、FGDを同時並行では製作不可である。納期は業務範囲や仕様、図面、溶接手順や工程に左右される。
- ACTOM は道路輸送に対応できる。

2) A. Leita Steel

- A.Leita Steel 完全に南アフリカ人所有の鋼材メーカーである。
- A.Leita Steel は、南アフリカ国内において厚さ20mmのS235を差し支えなく入手可能である。
- A.Leita Steel は鋼板の溶接が可能である。
- A.Leita Steel は同時並行でのFGDの製作は不可能である。
- A.Leita Steel は道路輸送に対応できる。

3) Murray & Roberts

- Murray & Roberts は電力、水、石油化学および鉱山部門を持つ。
 - 製作部門では有資格者と溶接手順書を保有しているため、板厚20mmのS235を差し支えなく溶接加工可能である。
 - Murray & Roberts は、設備の製作・据付に十分な訓練され経験を有する人材を持つため、FGD吸収塔を制作する十分な能力がある。Kusire発電所のユニット3では、Cosira社に代わってFGDの製作、建設を実施した。
 - Murray & Roberts はダクトとダンパの据付に十分な能力を持つ。
 - Murray & Roberts は必要であれば様々な規格の弁を下請けからではなく社内で調達することができる。
 - Murray & Roberts は、支保工の据付に十分な能力を持つ。
-

- Murray & Roberts は、道路輸送に対応する。

4) Tubular

- Tubular は、包括的な鋼構造、板金、配管、配線及び計装が可能な鋼構造建設市場の主要企業である。
- Tubular は、プラント、設備、輸送および工作機械に関して、自社にて完結できる。Tubular は、エマラフレニに作業場、製作機械、ブラストおよび塗装設備、ヴァーダヴルとジャーミンストンに配管設備、そしてムプマランガ州のサンドラにプラント維持管理設備を持つ。
- Tubular は、鋼構造の作業場を持っている。Tubular は月に 1,200 トンの鋼材を生産し、クシレ TPS で 24,000 トンの鋼材を生産した、重さ 90 トンという世界最大の炉蓋を有している。クシレ TPS で使用されたファイバークラスは、ALSTOM から無償で Tubular に提供された。
- Tubular は土木工事に関する能力を有さず、土木作業は下請けを必要とする。優先的下請け先は、WBHO および Stefanutti Stocks である。
- 基本の労働時間は、7時から17時で、30分の昼休みを挟む。週平均の労働時間は55時間である。月曜日から金曜日までは7時から17時までの9.5時間、土曜日は7時から13時までの5.5時間である。土曜日は月に3回まで働ける。
- 労働者は毎月土曜日に3回出勤し、日曜出勤は禁じられている。祝日出勤は例外で、残業代として支払われる。工程計画は週5日を基本として計画されるべきである。しかし、現場労働者の勤務時間は南アフリカ政府の労働法により管理され、過度の残業は禁止されていることに注意が必要である。
- Tubular は、現場での安全対策を最優先としている。Tubular の健康基準は、全て OHSAS 18001 規制に基づいており、Eskom に承認されている。

(3) 会社の B-BBEE

鉄鋼会社のうち面談した会社の B-BBEE 等級を表 7.1-8 に示す。Actom は、32% の黒人所有権を持つレベル 3 の BEE サプライヤである。Actom の戦略目標は、2017 年 9 月までに 51% の黒人所有権を達成することである（プロセスは進行中）。A. Leita Steel は、2017 年 9 月に商社を再編して、レベル 4 の BEE サプライヤの格付けを達成することを目指している。Murray & Roberts はレベル 3 の BEE サプライヤである。Tubular はレベル 8 の認定である。

表 7.1-8 鉄鋼会社のうち面談企業の B-BBEE 等級 (2017 年 7 月時点)

No.	Company Name	B-BBEE score
1	Actom	Level 3
2	A.Leita Steel	Level 4
3	Stefanutti Stocks Civils	Level 3
4	WBHO	Level 4

出典: 各会社からのインタビューに基づいて JICA 調査団にて作成

(4) 南アフリカのコスト情報(参考値)

南アフリカの材料費を表 7.1-4 に示す。JICA 調査団は ACTOM、A. Leita Steel、Murray & Roberts 並びに Tubular の 4 社に材料費の情報提供を依頼した。そのうち、ACTOM、A Leita Steel 並びに Murray & Roberts の 3 社は情報を提供しなかった。材料費は労賃を含んでいない。Tubular によれば、製作労賃は金属・設計産業取引委員会(MEIBC : Metal and Engineering Industries Bargaining Council)により定められている。津お外情報はウェブサイトにて公開されている。(http://www.meibc.co.za/)

表 7.1-9 南アフリカの材料費(単位: ZAR per ton)

Item	ACTOM	A.Leita Steel	Murray & Roberts	Tubular
Structural Steel				
1) Supply and fabrication	N/A	N/A	N/A	27,000
2) Detailing	N/A	N/A	N/A	1,400
3) Corrosion protection	N/A	N/A	N/A	6,500
4) Erection	N/A	N/A	N/A	8,000
Plate work				
1) Supply and fabrication	N/A	N/A	N/A	55,000
2) Detailing	N/A	N/A	N/A	1,200
3) Corrosion protection	N/A	N/A	N/A	5,900
4) Erection	N/A	N/A	N/A	14,500
Piping work				
1) Supply and fabrication	N/A	N/A	N/A	45,000
2) Detailing	N/A	N/A	N/A	2,500
3) Corrosion protection	N/A	N/A	N/A	12,500
4) Erection	N/A	N/A	N/A	85,000

N/A: Not Applicable

出典: 南アフリカの材料会社からのインタビューに基づいて JICA 調査団にて作成

7.1.4 南アフリカの石灰石市場

(1) 石灰石の概要

石灰岩は、主に方解石（炭酸カルシウム・CaCO₃）という鉱物から出来ている岩石である。

石灰石の採掘・生産は、穿孔・発破、積込・運搬、破碎・選鉱、出荷・輸送を経て、石灰石製品として販売される。

穿孔・発破では、孔機で採掘ベンチの高さ（5～15m）に合わせて発破孔（直径 10～20cm 程度）を穿孔する。穿孔後、この孔に爆薬を装填して発破が行われる。

積込・運搬では、発破により起砕された石灰石が、ホイールローダや油圧ショベルによってダンプトラックに積みこまれ立坑まで運搬される。積込・運搬に使用される重機類は高能率化のために大型化が進められており、ホイールローダではバケット容量が 5～10m³ のものが一般的で（最大は 20m³）、ダンプトラックは積載量 20t～100t のものが多く使用される（最大は 218t）。

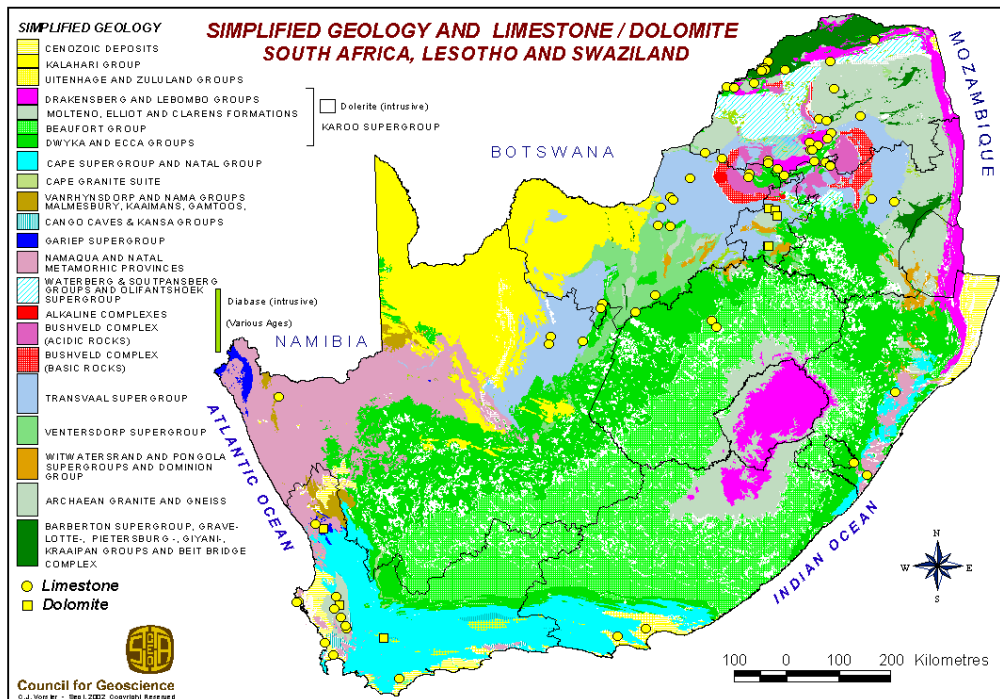
破碎・選鉱では、立坑に投入された石灰石は、破碎機で 10~20cm 程度の大きさに破碎され、ベルトコンベヤで運搬され、ふるい分け設備（スクリーン）によってふるい分けられる。また必要に応じて 2 次、3 次的に破碎、ふるい分けを繰り返し、各種用途に応じたサイズの石灰石製品が生産される。

出荷・輸送では、破碎・選鉱設備で生産された石灰石製品はセメント工場や製鉄所、生コン工場、石灰焼成工場など各ユーザーへ出荷される。輸送方法は地理的条件に合わせてベルトコンベヤ、船舶、トラック、鉄道が使用されている。

(2) 南アフリカ国内における石灰石の産地

南アフリカの石灰石並びにドロマイトの産地を図 7.1-5 に示す。なお、ドロマイトは石灰石とよく似た鉱物であるが、炭酸カルシウムの他に炭酸マグネシウムを含んでいる。

南アフリカには石灰石鉱山が多く確認されているが、その多くは小規模の鉱山である。



出典: Council for Geoscience

図 7.1-5 南アフリカの石灰石並びにドロマイトの産地

(3) 鉱山開発の枠組み

南アフリカでは、すべての鉱山は南アフリカ政府が所有し、鉱山資源省(Department of Mineral Resource)が、鉱山並びに石油資源開発法(MINERAL AND PETROLEUM RESOURCES DEVELOPMENT ACT)に基づいて管轄している。南アフリカにおいては、鉱物採掘に関わる権利は、石油資源開発法により、鉱山探査権(prospecting right)、鉱業権(mining right)、石油試掘権(exploration right)、石油採掘権(production right)に区分されている。石油試掘権と石油採掘権は石油の試掘及び採掘にかかる権利であり、石灰石等の鉱物の採掘には関わりない。鉱山探査権、鉱業権はともに、事業者から提案が提出されることにより許可される。石油資源開発法の要求事項を満たした事業者が、石油資源開発法の定めに従った様式で提案書を提出した場合、管轄大臣は当該権利を供与(must grant right)しなければならない。鉱山探査権は5年を超えない範囲で、鉱業権は30年を超えない範囲で供与される。鉱山探査権、鉱業権はともに排他的な権利であり、当該区画に先に鉱山探査権、鉱業権、が供与されている場合には、新たな権利は供与されない。

(4) 石灰石の開発事業者並びに取扱い事業者

南アフリカの石灰石の開発事業者は、PPC と Idwala の2社である。両社が産出する石灰石の代表的な性状を表 7.1-10 に示す。

表 7.1-10 石灰石の代表的性状

Limestone Supplier & Type	CaCO ₃	MgCO ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO ₂	Mn ₂ O ₃	SO ₃	P ₂ O ₅
PPC									
% Crushed	93.5	2.2	2.5	0.3	0.5	-	0.8	<0.05	<0.005
% Graded	96.0	2.2	0.8	0.2	0.2	-	0.7	<0.05	<0.005
Idwala	96.0	1.5	0.7	-	-	0.8	-	-	-

出典: Gypsum Market Research Study, 2009年4月

(5) 石灰石の調達

1) IDWALA

IDWALA は、南アフリカで最も大きい石灰石メーカーの一つである。IDWALA は1ユニットあたり毎月10,000トン、粒径20-8mmの石灰石をクシレ TPS に納入している。

IDWALA は年間1.3百万トンの石灰石供給能力を有する。

現在、IDWALA はダニエルスカイルからヴェリーニヒングまで石灰石を鉄道輸送している。ヴェリーニヒングからクシレ TPS までは、ティップトラックを用いて石灰石を道路輸送している。

IDWALA は95%以上の純度の石灰石のみ取り扱っており、それより低い順度の石灰石の取扱はない。

2) PPC

PPC は、南アフリカで最も大きい石灰石メーカーの一つである。現在、PPC はメデュピ TPS およびクシレ TPS のいずれにも石灰石を納入していない。

PPC は山元のライムエーカーズ から Botswana Power Corporation に道路輸送で FGD 用の石灰石を輸送している。

PPC は 96% の純度の石灰石を取り扱っており、それより低い順度の石灰石の取扱はない。

3) Afri-Roads

Afri-Roads は石灰石や石膏製品を取り扱う企業である。

Afri-Roads は自社でトラックを保有しておらず、石灰石輸送のためには一時的にトラックを借りている。また、石灰石の輸送に鉄道を用いる場合には、Transnet との契約もある。

Afri-Roads は 5 つの石灰石メーカーから代理店契約を受けている。

Afri-Roads は天然の石膏および人工の石膏を取り扱う。Afri-Roads によれば、現在南アフリカでは石膏が不足しており、2017 年 10 月現在、Afri-Roads は中東から石膏を輸入している。Afri-Roads によれば、南アフリカの石膏市場は毎月 400,000 トンの需要がある。

一方で、Afri-Roads は現在毎月 22,000 トンの石膏を取り扱っており、そのほとんどが粉末状かペースト状である

(6) FGD に使用される石灰石の仕様の検討

1) 純度

2018 年 1 月時点で、メデュピ火力発電所の必要量に耐えうる供給が可能な鉱山は、純度 95%以上の石灰石を生産する PPC または IDWALA のみである。

もし、85%を採用する場合には、石灰石事業者は石油資源開発法の手続きに則って鉱山を開発する必要がある。建設に期限が定められている FGD の建設を円滑かつ確実に進捗することを考慮すると、鉱山開発事業者との協議を伴う新たなリスク要因を許容するより、既に開発されている鉱山の活用を前提とするほうが低リスクである。

そのため、基本設計で純度 85%の石灰岩について言及しているが、純度 85%の鉱山は 2018 年 1 月現在では開発されていないため、除外することが妥当である。

2) 粒度

前述の通り、石灰石事業者は、大きい石灰を砕いて篩いにかけて後にメデュピ TPS に納入することになる。細かい粒径の石灰石は、石灰石事業者側での加工の手間が多くなり、高価格となる。また、細かい粒径の石灰石は輸送時の散逸などの恐れがある。

クシレ TPS へ納入される石灰石 (IDWALA) は、8-20mm 径であり、メデュピ TPS においても同じ粒径の石灰石を提案する。

なお、FGD においては、石灰石準備(Limestone preparation)設備でミルにより粉状にすりつぶされることになる。そのため、FGD のミルは 8-20mm 径の石灰石の加工が可能な仕様

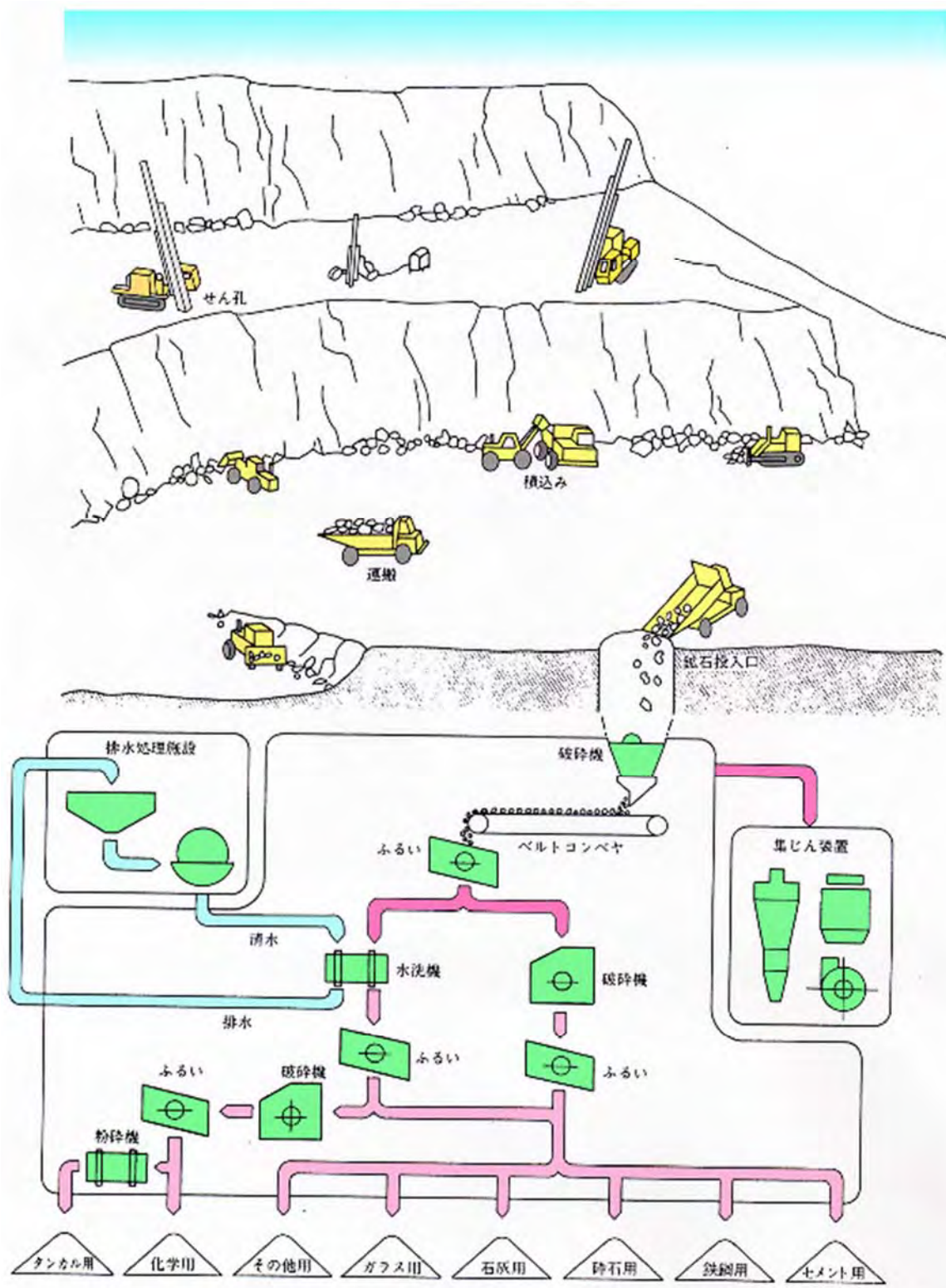
を指定すべきである。

(7) 石灰石の単価

石灰石事業者からのヒアリングでは、2018年1月時点において、上述の石灰石仕様で196.43 ZAR/ton (PPC)である。

(8) 石灰石の輸送

上述の石灰石仕様の石灰石を供給可能な鉱山は、北ケープ州に位置するダニエルスカイル (IDWALA) 並びにライムエーカーズ (PPC) である。輸送の可否並びに輸送費用については、8.2節にて検討した。



出典: website of Limestone Association of Japan (<http://www.limestone.gr.jp/introduction/>)

図 7.1-6 石灰石鉱山のイメージ

7.1.5 石膏の売却

(1) 石膏の概要

石膏は硫酸カルシウム (CaSO_4) の化学組成をもつ鉱物の総称であり、鉱山にて産出される天然石膏と人工的に製造又は副生する化学石膏とがある。化学石膏には、リン酸石膏、排煙脱硫石膏、チタン石膏、製錬石膏及びフッ酸石膏などがある。

石膏には、そのまま利用する場合と焼石膏にして使う場合とがある。主な用途はセメント用で、セメントは石灰石に粘土や珪石を調合、粉碎後、焼成するとクリンカを生成する。クリンカは、粉碎してそのまま水と混練りするとすぐ凝結硬化するが、適量の石膏を加えると凝結を調整・緩和出来る。

また、硬化した石膏は結晶水があるため、火災の際、結晶水が水蒸気となって放出されるまで熱を通さず、不燃、断熱、防火、遮音の優れた性質を発揮する。この特性を利用してボードやプラスターなどの建築材料に使用される。石膏プラスターは、焼石膏を主体に消石灰やドロマイトを混合して製造する。水を加えると短時間で固まり、塗っても収縮や亀裂をおこさない特性を持つ。

そのほか、石膏はアルカリ土壌の改良やカルシウム補給用の肥料としても利用されている。

化学石膏については全世界で約 200 百万トン(ほとんどがリン酸石膏)生産されていると推定される。全世界で石膏の利用分野はセメント及びコンクリート分野が約 51%、ウォールボード及びプラスター分野が約 39%を占めている。

(2) メデュピ TPS の石膏発生量

基本設計では、FGD からの石膏発生量は表 7.1-11 の通り整理される。基本設計では、純度 85%と 96%の 2 ケースの石灰石が想定されていた。最も多いケースでは、85% の石灰石で 248,354.42kg/時 (=2.18M ton/年)、96% の石灰石で 233,768.97kg/時 (=2.05M ton/年) の石膏発生量が見込まれる。ただし、7.1.4 節“石灰石の市場”にて検討したとおり、2018 年 1 月時点で、メデュピ TPS の必要量に耐えうる既に関発されている純度 85%の石灰石鉱山はないため、純度 96%のケースのみを想定するのが妥当である。

表 7.1-11 石膏発生量

		Crocodile West Water		Mokolo Water	
		Gypsum Production kg/h	Gypsum Purity %	Gypsum Production kg/h	Gypsum Purity %
85% Limestone	Design Coal	145,512.91	88.90	145,697.63	88.85
	Worst Coal	247,536.96	88.48	247,758.45	88.44
	Worst Coal + Attempt	248,111.61	88.48	248,354.42	88.43
96% Limestone	Design Coal	139,214.95	96.56	139,281.70	96.54
	Worst Coal	233,249.68	96.49	233,330.49	96.47
	Worst Coal + Attempt	233,680.45	96.49	233,768.97	96.47

出典：基本設計

(3) 南アフリカの石膏（鉱物資源省）

鉱物資源省の報告書”Gypsum in South Africa”（鉱物資源省, 2011年9月）によると、南アフリカ国内の石膏は鉱物資源省が管轄している。なお、鉱物資源省の情報収集の対象は天然石膏のみであり、人工石膏の統計はとっていない。

同報告書によれば、南アフリカ国内で現在流通している石膏はほとんどが純度の低い天然石膏である。焼成石膏は石膏ボード、その他はセメント、ついで農業用途に用いられる。また、調査時点では、南アフリカ国内で流通している人工石膏はリン酸石膏であり、FGD石膏は流通していないことが明記されている。

調査時点でのアメリカにおける石膏の価格は、7.25USD/トンである。

(4) 南アフリカの石膏市場調査 (Over the Moon)

Eskom が Over the Moon 社に南アフリカ国内の石膏市場を調査させた際の報告書 (Gypsum Market Research Study, 2009 年 4 月) には、以下の記載がある。

1) 石膏の用途

石膏の主な用途としては、下記が挙げられる。

- ・ 石膏ボード
- ・ 漆喰
- ・ セメント
- ・ 農業 (土壌改良)
- ・ 鉱山
 - 酸発生材料の不溶化/中和
 - 酸性鉱山排水の中和または輸送障壁の形成 (鉱山空隙充填を含む)
 - 酸生成岩石を中和するためのアルカリ補正
 - 地下鉱山における地盤沈下制御
 - 地表鉱山のおおよその元の輪郭を得るための穴埋め
 - 土壌改良
 - 合成土成分

このうち、南アフリカでは、石膏ボードの人口あたりの普及率が比較的 low、石膏ボードの市場は成長が見込まれている。一方で、漆喰、セメント市場は微増、農業用途については市場の成長は見込めない。また、石膏の道路/鉱山の用途については石灰石に置き換わる可能性が示唆されているものの、市場の動向により市場性が大きく変わるものと考えられる。

2) 石膏の品質

石膏ボード市場では、原材料の石膏に要求される純度は 95%以上とされている。一方、Eskom が純度 85%の純度の石灰石を使用する場合、発生する石膏の純度は約 88% となり、セメントおよび農業部門に利用可能になる可能性があるが、市場の成長性が低く売却は望めない。

3) 石膏の供給量

南アフリカにおける石膏の主な消費地 (石膏製品製造拠点) は、市場の 80% を占める Gyproc 社の工場があるケープ州と、市場の 20% を占める Marley 社 (旧 Lafarge 社) の工場があるハウテン州である。このうち、ハウテン州の石膏需要は 600 キロトン/年と予測されるが、この需要はクシレ TPS にて発生する石膏で賄える量である。なお、ケープ州への輸送は、ハウテン州からさらに追加で 500 ZAR/トンの追加輸送コストが必要となり、経済性が低く持続不可と結論付けられている。

(5) 地元企業聞き取り調査

JICA 調査団は、石膏市場の調査のため、石膏製品を取り扱う地元企業に聞き取り調査を実施した。聞き取り調査は Gyproc 社と Marley 社 (旧 Lafarge 社) に申し込み、Marley 社のみ回答が得られた。

Marley 社は自社の鉱山を持っていたが、Marley の鉱山は閉鎖されリハビリ中であるため、さまざまな鉱山から石膏(人工石膏と天然石膏)を入手している。人工石膏は、Anglocoal 社と OMV 社から入手しており、受け入れられる品質は 93%から 95%である。天然石膏はモスクワとスペインから供給されており、受け入れられる品質は 85%~100%で、平均値は 92%である。

天然石膏を粉砕し、人工石膏と混合して、製造に必要な純度を得る。Marley は年間 1,500 万平方メートルの石膏ボードを生産している。

Marley 社の買取価格は、下記の通りである。

- ・ FGD synthetic gypsum – 300ZAR / ton
- ・ OMV (Uranium Plant gypsum) – 200 to 250ZAR / ton
- ・ Water Treatment Plant (gypsum with more magnesium) – 90 to 200ZAR / ton
- ・ Natural gypsum (from Moscow) – 450 to 550ZAR / ton
- ・ Natural gypsum (from Spain) – 400 to 500ZAR / ton

(6) 石膏の売却可能性

1) 国内市場

純度 85% の石灰石を用いる場合には、生じる石膏の純度は約 88%となり、市場性が低い。また、純度 95% の石灰石を用いる場合には、石膏ボード産業における需要があるが、主要消費地であるハウテン州の需要はクシレ TPS で生ずる石膏でまかなえるため、売却の可能性は小さい。また、もう一つの主要消費地ケープ州は、輸送コストが大きくなるため、市場性が低いと判断される。

2) 国外市場

メデュピ TPS は内陸に位置し、国際港がある南部へは 1,000km を超える距離の長距離輸送が必要となる。このため、輸送コストが大きくなるため、国外輸送についても市場性は低いと判断される。

(7) 石膏の処理方法並びに発電所外への搬出設備の除外の提案

上記の検討結果から、基本設計では、石膏の発生量の 1/5 を売却しメデュピ TPS 外に搬出することを前提としているが、市場性が低いために売却しないことを提案する。

これに伴い、発電所外への搬出設備が不要となり、そのために計上されていた費用が削減される。一方、発電所外へ搬出をする予定であった石膏は埋め立てされることになり、埋立て場の整備をするべきサイクルが若干早くなる。

7.1.6 B-BBEE

(1) B-BBEE の概要

広汎的黒人経済強化法(B-BBEE Act: Broad -Based Black Economic Empowerment Act) は 2003 年に制定され、2015 年に改正された。黒人経済強化(BEE)助言委員会が 2009 年に設立され、その構成員は、大統領、閣僚、企業、労働組合並びに地方政府からの代表者となっている。

(2) B-BBEE における企業分類

B-BBEE における企業分類を表 7.1-5 に示す。B-BBEE 法の下で、企業は 3 種、すなわち、除外される零細企業(EME: Exempted Micro-Enterprises)、有資格の小企業(QSE: Qualifying Small Enterprises)そして一般企業(Generic Enterprises)に分類される。EME は年間の売上高が 10 Mil. ZAR 未満の企業である。EME は、毎年、年間の売上高と黒人所有権を証明するための供述書(Sworn affidavit)を取得するのみでよい。EME は自動的に B-BBEE4 等級もしくは黒人所有に基づいてそれよりも高評価を得ることができる。QSE は年間の売上高が 10 Mil. ZAR 以上 50 Mil. ZAR 未満の企業である。QSE は、Generic Enterprises よりも煩雑ではないながらも、5 種類の BEE 評価要素すべてを遵守することが求められる。Generic Enterprises は 50 Mil. ZAR 以上の企業である。

表 7.1-12 B-BBEE における企業分類

Classification	Annual Turnover	Duty of compliance with BBE element
Exempted Micro-Enterprises (EME)	10 Mil. ZAR or less	No
Qualifying Small Enterprises (QSE)	10 Mil. ZAR or more but less than 50 Mil. ZAR	All
Generic Enterprise	50 Mil. ZAR or more	All

出典: JICA 調査団にて作成 (amended Codes of Good Practice に基づく)

(3) BEE 評価要素と評価点

法人の BEE 遵守を計測するため、Generic Enterprises 用と QSE 用の配点表がそれぞれ作成されている。Generic Enterprise 用の配点表における BEE 要素ごとの要求事項並びに配点を表 7.1-6 に示す。BEE 評価要素は 5 種類あり、すなわち、所有権、経営支配、技能開発、企業とサプライヤーの開発、社会経済発展が設定されている。所有権は、当該企業における黒人の実効所有権、議決権及び経済的利益により測定される。経営支配は、企業のトップ、シニア、ミドル・ジュニア管理職への黒人の参画の度合いにより測定される。技能開発は、黒人従業員への能力開発を促す程度により計測される。企業とサプライヤーの開発は、優先調達やその他の手段により中小零細企業 (SMME: Small, Medium and Micro Enterprises)の開発を支援し促進する程度により計測される。社会経済発展は、経済開発プログラムや組織を通じて、南アフリカ人の育成に取り組む特定の措置への取組みにより計測される。

表 7.1-13 Generic Enterprise 用の配点表における BEE 要素ごとの要求事項並びに配点

BEE Element	Requirements	Points
Ownership	25% + 1 vote to black shareholders	25
Management Control	Participation on junior to executive level management by black, black women, black disabled	19
Skills Development	6% of payroll on programmes for black employees 0.3% of payroll on programmes for disabled black employees 2.5% of learnerships for black employees	20 + 5
Enterprise and Supplier Development	80% Procurement from B-BBEE supplier 15% to 40% Procurement from QSE, 50% black owned and more than 30% black women owned supplier 3% of net profit after tax on Enterprise and Supplier development Initiatives	40 + 4
Socio Economic Development	1% of NPAT	5
Total		109 + 9

出典: JICA 調査団にて作成 (amended Codes of Good Practice に基づく)

(4) BEE 等級

得点表により計測された点数は B-BBEE 到達等級と B-BBEE 認識等級に換算することができる。BEE 等級への換算表を表 7.1-7 に示す。

表 7.1-14 BEE 等級への換算表

Range of Total Points by Scorecard	Broad Based BEE status level	BEE procurement recognition level
100 or more	1	135%
95 or more but less than 100	2	125%
90 or more but less than 95	3	110%
80 or more but less than 90	4	100%
75 or more but less than 80	5	80%
70 or more but less than 75	6	60%
55 or more but less than 70	7	50%
40 or more but less than 55	8	10%
less than 40	Non compliant contributor	0%

出典: JICA 調査団にて作成 (amended Codes of Good Practice に基づく)

(5) 優先要素

所有権、技能開発、企業とサプライヤーの開発は優先要素として指定されている。優先要素では最低要求要件(Sub-minimum requirement)として40%が設定されている。もしもいずれかの優先要素の最低要求要件を遵守できないと前述の B-BBEE 到達等級が減点される。

(6) 公共部門での BEE 要求事項

政府の関与を最大化し、現地供給業者の開発を改善し、その手続きを簡素化するために、公共部門は供給者開発と現地調達(SD&L: Supplier Development and Localisation)を調達方針に適用している。つまり、これらの企業は、現地調達並びに B-BBEE、技能開発目標を入札の重要評価基準として設定する必要がある。これらの要求要件は入札ごとに設定され、契約時に測定される。供給業者はこれらの目標に違反した場合には罰則を課される。

南アフリカ政府の法律で求めている BEE 要求事項を免除するためには、Eskom を通じて財務省の承認を得る必要がある。財務省からの許可を得るための手続きにかかる時間はプロジェクトごとに異なり、プロジェクトの遅延のリスクに直結すること、免除に対する理解が得られにくい恐れがあることから、BEE については免除しない。

7.2 調達・建設方針

7.2.1 FGD 構成機器の調達先

FGD 構成機器の国内調達可能性を表 7.2-1 に示す。国内調達品と国外調達品に区別される。国内調達と国外調達両方にチェックがあるものは、現地調達はできないが原材料や一部の部品を輸入することで、国内生産可能なものである。FGD 材料に占める割合が多いものは、炭素鋼材、板材、パイプなどであり、それら材料の多くは国内調達可能である。しかし計装制御関係(DSC 等)、ブーストアップファン、GGH などは、国内での調達ができないため海外調達の割合が多くなる。

表 7.2-1 FGD 構成機器の国内調達可能性

No.	Items	Localization	
		on shore	off shore
1	Valves	✓	✓
2	Spray Nozzle	✓	✓
3	Pumps(water)	✓	✓
4	Pumps(slurry)	✓	✓
5	Agitator	✓	✓
6	Lining of Rubber	✓	
	Lining of FRP	✓	✓
7	Limestone Feeder	✓	
8	Oxidation Air Blower	✓	✓
9	Mist Eliminator	✓	✓
10	Spray Header	✓	
11	Tanks (Metal)	✓	
12	Tanks (Plastic)	✓	
13	Piping(Metal)	✓	✓
14	Piping(Plastic)	✓	
15	Absorber	✓	
16	Duct	✓	
17	Limestone Silo	✓	
18	Structural Steel	✓	
19	Expansion Joint	✓	✓
20	Damper	✓	
21	Insulation	✓	
22	Gypsum Conveyor	✓	
23	Elevator	✓	✓
24	HVAC	✓	
25	Lighting	✓	
26	Gypsum Dewatering System	✓	
27	Limestone Ball Mill	✓	
28	DCS	✓	✓
29	Electrical	✓	
30	Boost Up Fan	✓	✓
31	Gas to Gas Heater (with fine tube)	✓	✓

出典: JICA 調査団にて作成 (南アフリカ企業との面談に基づく)

7.2.2 海外調達品の輸送ルート

基本設計 03 Construction Execution Plan によれば海外調達品は南アフリカ国内の以下 3 箇所の港のいずれかより陸揚げされる。

- 1) ダーバン :
南アフリカ東部に位置し内陸輸送でサイトまで約 900 km(約 18~27 時間)
- 2) ポートエリザベス :
南東に位置し、サイトまで約 1,400 km(約 28~42 時間)

3) ケープタウン：

南西に位置し、サイトまで約 1,700 km(約 34～51 時間)

この輸送時間はトレーラーによる重量物を運搬することを考慮して、時速 60 km/h～80 km/h で一般道を走行し休憩時間を含めると、上記の輸送時間がかかると推定される。輸送ルートを図 7.2-1 に示す。なお、この走行ルートは基本設計に基づくルートを Google Map に落とし込んだものである。



出典: JICA 調査団にて作成 (Google Map 使用、2017 年 11 月作成)

図 7.2-1 輸送経路図

7.2.3 FGD の建設

FGD 建設に使用する大型重機は、南アフリカ国内で調達可能である。大型重機を所有する主な建設会社はMAMMOET,LIEBHERR,SARENS,およびTubularの4社である。その内Tubularはクシレ TPS にて FGD を製作、据付の実績がある。

高所作業車(Telescopic Diesel Booms)はメデュピ TPS 近くの EAZI ACCESS と TOTAL ACCESS HIRE の2社でレンタル可能である。主な重機の写真を図 7.2-2 に示す。

Crawler Crane LR-13000 (1856t)	Hydraulic Cranes RT-880E (72.6t)
	
Crawler Crane RG912 (800t)	Telescopic Diesel Booms JLG-800S (26.38m)
	

出典: JICA 調査団にて作成, MAMMOET, Tubular, EAZI ACCESS 各ウェブサイトから引用

図 7.2-2 重機情報

7.2.4 労働者の能力

鋼構造の製作過程における溶接や合わせ作業に必要な区分4以上の技能者が南アフリカでは乏しいため、海外の技能者を雇用することを推奨される。

7.3 リスク分析

7.3.1 利害関係者のリスク

本事業で建設する 6 基すべての FGD を運転するためには、MCWAP フェーズ 2 がタイムリーに実施されることが必要である。Eskom は、MCWAP フェーズ 2 の実施が遅延した場合の対応について、当該事業を所管する水衛生省と協議を行っている。具体的には、メデュピ TPS (FGD 含む) の運転に必要となる水に関する水利用については、2019 年 5 月取得見込みの水利用ライセンスに基づき、水衛生省が必要な期間必要量を確保する見込み。

7.3.2 実施機関のリスク

(1) 本事業実行機関の能力不足

本事業実行機関の能力不足により、本事業の実施が遅れる恐れがある。

もし、本事業実施機関に日々の作業を適切に進捗させ、適時に決定し、関係官庁と調整するのに十分な能力がないなら、本事業に深刻な遅れが生じる恐れがある。その場合、施工管理のコンサルタントや建設会社と、支払い面や契約面で紛争が生じる恐れがある。

Eskom は既存のメデュピ TPS のボイラー、タービン、発電機、補機についておよそ 30 パッケージ程度に分割して制御、調整をした経験がある。

JICA 調査団は、発生可能性が低、影響の大きさが中であると考える。

(2) PIU もしくは建設業者の調達手続きでの汚職

一般的に、大規模な予算を扱うプロジェクトでは、PIU もしくは建設業者の調達手続きでの汚職が発生する恐れがある。もし、例えば PIU もしくは建設業者の調達手続きのように本事業のいずれかの過程において汚職が発生した場合、本事業の実施を妨げる。

もし、汚職問題が発生し、公にさらされるならば、プロジェクトは前進しなくなる恐れがある。

JICA 調査団は、発生可能性が低、影響の大きさが高であると考える。

7.3.3 本事業のリスク

(1) 労働者のストライキ

労働者のストライキにより、本事業の遅れや予算超過の恐れがある。南アフリカでは、労働組合が強い力を持って居り、たびたび長期間のストライキを選択する。これは、建設作業の遅れと予算超過の両方を引き起こす深刻な理由となる恐れがある。

メデュピ TPS の建設の事例から判断するとストライキが発生する恐れは高い。建設業者にストライキ緩和計画を作成させ、モニタリングする。JICA 調査団は、発生可能性が高、影響の大きさが高であると考える。

(2) 建設会社の倒産

建設部分パッケージを南アフリカの建設事情に通じた地場の建設会社が請け負うことが想定される一方、流動性リスクについては南アフリカの建設業の一般的なリスクとして

知られている。

キャッシュフローの問題で建設が中断する恐れがある。入札時に企業体力のモニタリング、資金計画の確認をすることが肝要である。JICA 調査団は、発生可能性が中、影響の大きさが高であると考ええる。

(3) 所期の性能の未達

施工不良などの理由により所期の性能を達成できない恐れがある。EPC (Engineering, Procurement and Construction)の枠組みと異なり、EPS(Engineering, Procurement and Supply)と建設の建設会社はそれぞれ有限責任を負う。

米国では、EPS(Engineering, Procurement and Supply)と建設を分離した契約の事例があり、経験のある製造者は適切な施工手引書を作成することができる。

JICA 調査団は、発生可能性が低、影響の大きさが中であると考ええる。

(4) 必要なコストを網羅した料金改訂が NERSA に承認されないリスク

NERSA は、原価に対して適正な利潤を上乗せした Eskom の料金改訂申請を承認しない恐れがある。もし、Eskom の要求する水準よりも低い料金改訂しか認められなかったら、Eskom の資金繰りの悪化と運営状況の低下を招く。

実際に、Eskom は電力料金決定に 対し、NERSA に訴訟を起こしており、原価と適正な利潤が見込めない電力料金を強いられた場合には、訴訟にて対応することになると想定する。

JICA 調査団は発生可能性が中、影響の大きさが高であると考ええる。

(5) 既存の排ガスシステムとの不適合

設計会社の経験もしくは能力の不足により、既存の排ガスシステムと不適合となる恐れがある。設計作業の能力不足は、圧力の不足や磨耗などの問題を引き起こす。

既存のメデュピ TPS は高品質であるので、FGD のための機器も経験豊かな製造者により設計、供給されるべきである。そうすることで FGD の設置後も高い信頼性を維持可能となる。

JICA 調査団は、発生可能性が中、影響の大きさが高であると考ええる。

7.3.4 リスク管理シート

JICA 調査団はリスク管理シート(RMF: Risk Management Framework)案を作成した。添付 7.1 として添付した。

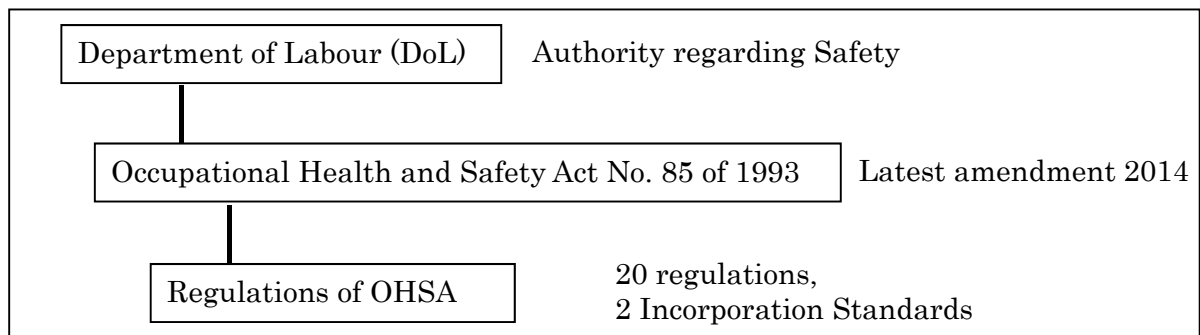
7.4 安全対策

7.4.1 南アフリカの安全規則

(1) 南アフリカにおける安全にかかる法体系

南アフリカにおける安全にかかる法体系表 7.4-1 に示す。

安全に関係する上位法令は、労働安全衛生法(OHSA: Occupational Health and Safety Act No. 85 of 1993). OHSA の制定前にいくつかの法令、すなわち、機械と労働安全法 1983 年制定、1989 年改正、1991 年改正(Machinery and Occupational Safety Act No. 6 of 1983, the Machinery and Occupational Safety Amendment Act No. 40 of 1989, the Machinery and Occupational Safety Amendment Act No. 97 of 1991) が制定されていた。OHSA は労働者の衛生を強化しつつ、これらの法令に替わるものである。



出典:DoL のウェブサイトの情報に基づいて JICA 調査団にて作成

図 7.4-1 南アフリカにおける安全にかかる法体系

表 7.4-1 労働安全衛生法の下部に制定されている規則

No.	Name of Regulation	Promulgation	Remake
1	General Safety Regulations, 1986	May 1986	
2	Environmental Regulations for Workplaces, 1987	October 1987	
3	Driven Machinery Regulations, 1988	February 1988	
4	General Machinery Regulations	August 1988	
5	Facilities Regulations, 1988	August 1988	
6	Electrical Machinery Regulations, 1988	August 1988	
7	Certificate of Competency Regulations, 1990	March 1990	
8	Electrical Installation Regulations, 1992		
9	Lift, Escalator and Passenger Conveyor Regulations, 1994	April 1994	
10	Hazardous Chemical Substances Regulations, 1995	August 1995	
11	Diving Regulations, 2001	January 2001	
12	Regulations for Hazardous Biological Agents	December 2001	
13	Major Hazard Installation Regulations	July 2001	
14	Asbestos Regulations, 2001	February 2002	
15	Explosives regulations	January 2003	
16	Noise Induced Hearing Loss Regulation	March 2003	
17	General Administrative Regulations, 2003	June 2003	
18	Incorporation of Safety Standards Into Electrical Installation Regulations, 2009	March 2009	
19	Electrical Machinery Regulations, 2011	March 2011	
20	Incorporation of Health and Safety Standards Into the Electrical Machinery Regulations, 2011	March 2011	
21	Construction Regulations, 2014		Revised 2003 version
22	Driven Machinery Regulations, 2015		

出典: DoL のウェブサイトの情報に基づいて JICA 調査団にて作成

南アフリカにおいて安全衛生面での規制並びに体制強化の主要な役割を果たしているのは労働省内に位置する労働安全衛生監査員 (OH&S Inspectorate)である。建物規制の遵守は、地方行政体の管轄となる。また、CIDB 法は CIDB が規制や推進をする役割を果たすことを認めている。

(2) 労働安全衛生監査員

労働安全衛生監査員 (OH&S Inspectorate)は労働安全衛生の強化に責任を負い、労働省内に位置する。現在、労働省監査員の影響は主に下流、すなわち現場側であり、彼らの役割は受動的である。

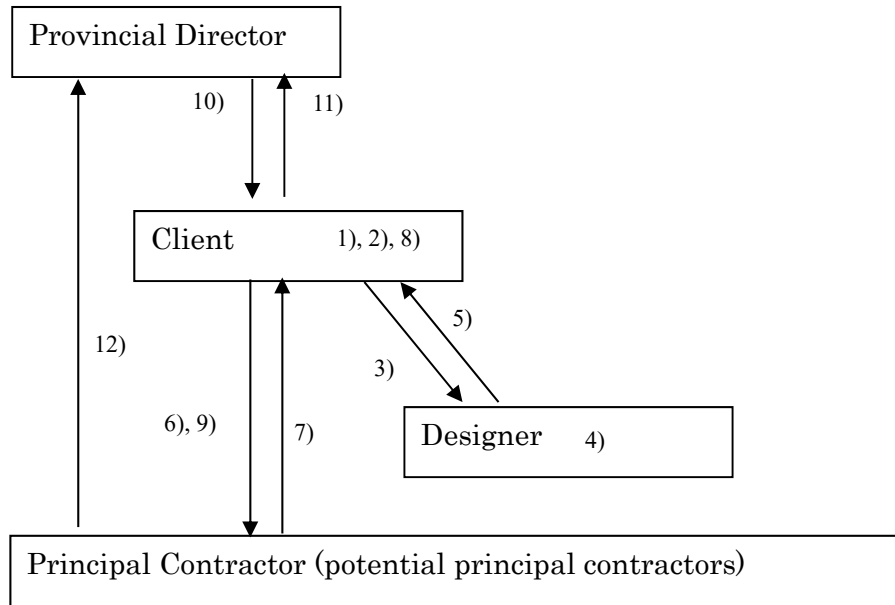
(3) 補償委員

労働省内にある補償委員(CC: Compensation Commissioner)は労働災害法(COIDD Act :Occupational Injuries and Diseases Act No. 130 of 1993)の実施に責任を負っており、労働者補償保険にかかるすべての面での制御をする。労働災害法の主要な目的は、労働災害による身体障害、疾病や労働災害に起因する死亡に対する補償を備えることにある。同法は、報告すべき労働災害の発生から 7 日間以内に労働災害について、診断の日から 14 日以内に労働疾病を報告するように求めている。

(4) 建設作業の開始前の安全衛生手続き

建設作業の開始前の安全衛生手続きを、図 7.4-2 に示す。最初に、発注者はベースラインリスク評価と当該サイトの労働衛生仕様を作成する必要がある。構造設計の設計者はサイトの労働衛生仕様を参照しつつ設計する。発注者は、入札参加者が適切に労働安全対策

費用を見積もるべく、入札資料に労働衛生仕様を含めなければならない。元請建設業者は、労働衛生計画を作成しなければならない。建設作業を開始する前に、発注者は、前述の3文書、ベースラインリスク評価、当該サイトの労働衛生仕様、労働衛生計画を添えて建設作業許可申請書を提出する。



- 1) Preparation of baseline risk assessment (Article 5(1)(a))
- 2) Preparation of site specific health and safety specification (Article 5(1)(b))
- 3) To Provide designer with specific health and safety specification (Article 5(1)(c))
- 4) To make available in a report regarding all relevant health and safety information (Article 6(1)(c))
- 5) To design with taking into consideration of the health and safety specification (Article 6(1)(b))
- 6) To include specific health and safety specification in the tender document (Article 5(1)(f))
- 7) To provide and demonstrate to the client site specific health and safety plan, based on health and safety specifications (Article 7(1)(a))
- 8) To discuss and negotiate with the principal contractor the contents of the principal contractor's health and safety plan (Article 5(1)(l))
- 9) To approve that plan for implementation (Article 5(1)(l))
- 10) Submission of application for construction work permit (Article 3(1))
- 11) Issue of construction work permit (Article 3(3))
- 12) Submission of notification of construction work

出典: JICA 調査団にて作成 (Construction Regulations, 2014 に基づく)

図 7.4-2 建設作業の開始前の安全衛生手続き

(5) 安全衛生の対策が必要な建設作業

安全衛生の対策が必要な建設作業は法の 10 条から 29 条に指定されている。安全衛生対策を取るべく指定されている作業項目を表 7.4-2 に示す。20 項目が指定されている。

表 7.4-2 安全衛生の対策が必要な建設作業

	Item		Item
Article 10	Fall protection	Article 20	Bulk mixing plant
Article 11	Structures	Article 21	Explosive actuated fastening device
Article 12	Temporary works	Article 22	Cranes
Article 13	Excavation	Article 23	Construction vehicles and mobile plant
Article 14	Demolition work	Article 24	Electrical installations and machinery on construction sites
Article 15	Tunneling	Article 25	Use and temporary storage of flammable liquids on construction sites
Article 16	Scaffolding	Article 26	Water environments
Article 17	Suspended platforms	Article 27	Housekeeping and general safeguarding on construction sites
Article 18	Rope Access Work	Article 28	Stacking and storage on construction sites
Article 19	Material hoists	Article 29	Fire precautions on construction sites

出典: JICA 調査団にて作成 (Construction Regulations, 2014 に基づく)

7.4.2 安全対策

JICA 調査団は OHSА と JICA 安全指針の間の比較を作成した。添付 7.2 に示す。

安全計画書の作成については、南アフリカの法令ならびに Eskom の工事請負者規定(Eskom Contract Regulation)に則った処理により JICA 安全指針の要求を満たすことが可能である。

各作業への注意としては、型枠工、鉄筋工、コンクリート工、吊り作業について、安全作業に関する規定がないため、JICA 安全指針に準じて作業させる必要がある。そのほかの作業は、南アフリカの法令である “Construction Regulations-2014”、“1031 - OHS - General Safety Regulations, 1986”、“109 - OHS - Explosives Regulation” に従うことで JICA の安全指針の要求を満たすことができる。

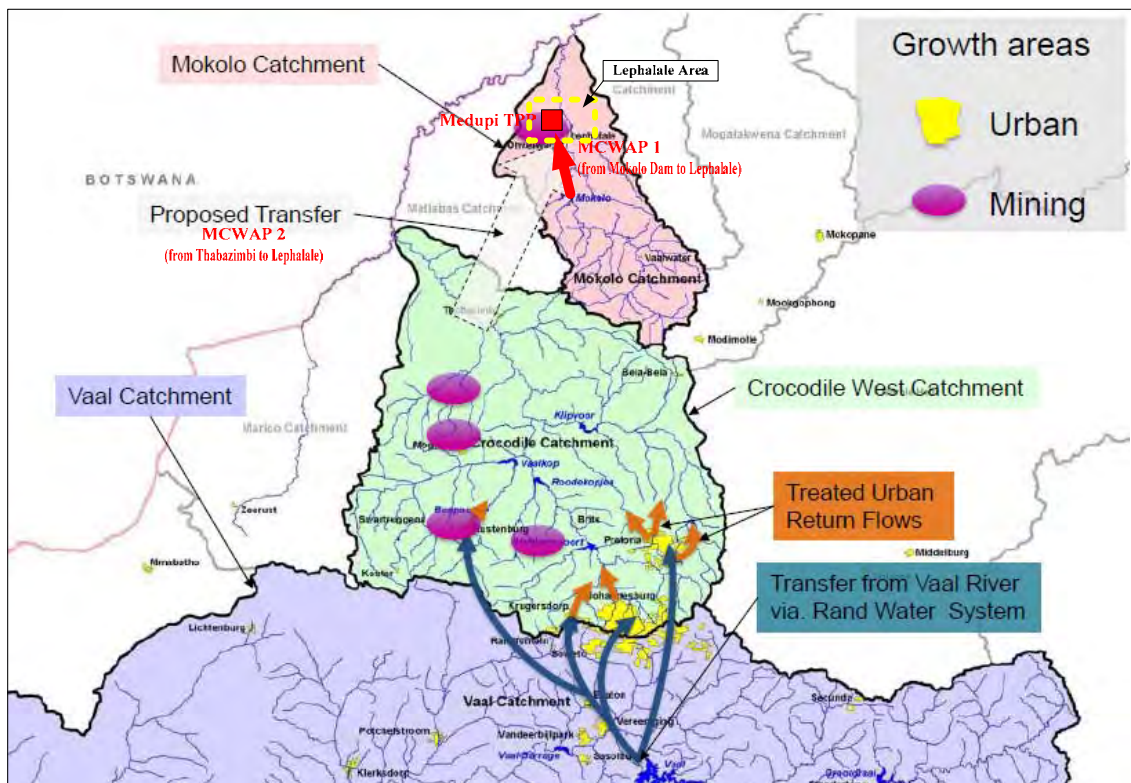
8. 水資源および石灰輸送

8.1 水資源

メデュピ TPS の位置するレパラレ地域の水は、現在モコロ川から供給されており、2025 年には Mokolo and Crocodile (West) Water Argumentation Project Phase 2（以下 MCWAP 2）によりクロコダイル川からの供給も開始される予定である。モコロ川流域内には、南アフリカの石炭埋蔵量のほぼ半分に相当するウォーターバーク炭鉱がある。現在の鉱山地域が枯渇した場合、ウォーターバーク炭鉱は国の主要石炭資源とされている。そのため、Eskom、Exxaro、および Sasol などによる開発がレパラレ地域で計画および実施されており、将来の水需要は大幅に増加すると予想されている。

レパラレ地域の水源であるモコロ川およびクロコダイル川の既存の水資源では、レパラレ地域の将来の水需要量を満足することが出来ない。そのため、DWS は、MCWAP2 を実施することで、バル川流域からレパラレ地域への水供給量を現状の水供給量から増量する計画である。

レパラレ地域、モコロ川流域(Mokolo Catchment)、クロコダイル川流域(Crocodile West Catchment)、およびバル川流域(Vaalkop Catchment)、既存の Mokolo and Crocodile (West) Water Argumentation Project Phase 1（以下 MCWAP 1）パイプライン、計画中の MCWAP 2 パイプラインの位置を図 8.1-1 に示す。

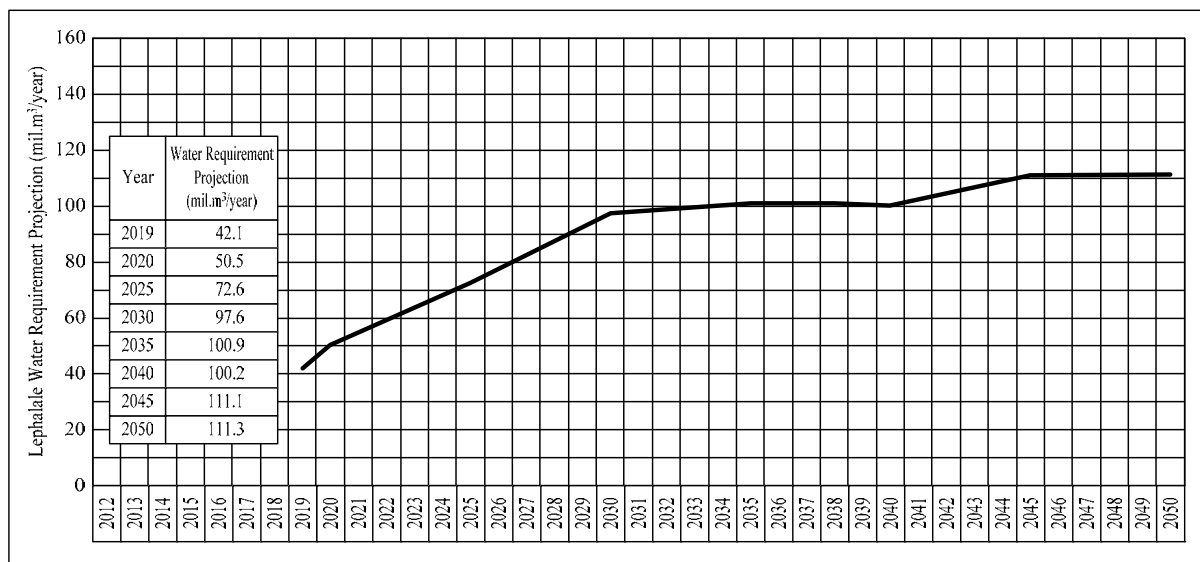


出典: Presentation Material of Water Resources Assessments, DWS, 30 Nov.2017

図 8.1-1 調査対象位置図

レパラレ地域の水需要予測は、水需要は図 8.1-2 に示す通り、2019 年の 42.1 百万 m³/年から

2050年の111.3百万m³/年に大幅に上昇すると推定されている。この水需要については、モコロ川およびクロコダイル川からの水供給では賅えないため、不足分をバール川流域からの水供給の増量をして補う必要がある。この不足分については、排水処理場の拡張または新規排水処理場の建設によるバール川流域への処理水の増加により埋められる想定である。



出典: DWS, Feb.2018

図 8.1-2 レパラレ地域の水需要予測

8.1.1 データおよび情報収集

メデュピ TPS に必要な水量の妥当性は、水源であるモコロ川とクロコダイル川の観測データから以下の通り検討を行った。

(1) ダム概要

メデュピ TPS に給水する水は、モコロ川のココロダム、クロコダイル川のクリプボール、バールコップ、ローデコップジェスダム、およびクロコダイル川の残流域流量である。DWS から入手した4つのダムの概要を表 8.1-1 に示す。

表 8.1-1 4ダムの概要

Item	Dam			
	Mokolo	Klipvoor	Vaalkop	Roodekopjes
River	Mokolo	Crocodile	Crocodile	Crocodile
Location	S 23°59'06"	S 25° 7'53"	S 25°18'31"	S 25°24'25"
	E 27°43'25"	E 27°48'33"	E 27°28'28"	E 27°34'39"
Catchment Area (km ²)	4,220	6,160	6,098	6,027
Full Supply Level (El.m)	911.98	989.07	980.71	1006.57
Low Water Level (El.m)	871.82	972.91	969.30	985.00
Net Reservoir Capacity (mil.m ³)	145.77	40.73	51.32	96.35

出典: DWS

(2) 各ダムへの流入量(モコロ、クリプボール、バールコップ、ローデコップジェスダ

ム)

各ダム流入量は DWS によって計算および管理されている。モコロ、クリプボール、パールコップ並びにローデコップジェスダムの平均流入量は、それぞれ 4.94 m³/sec、3.80 m³/sec、1.86 m³/sec 並びに 8.87 m³/sec である。

すなわち、モコロダムへの流入量は年平均で 156 百万 m³/年(=4.94 m³/sec×60sec/min×60min/hour×24hour/day×365day/年)となる。そのほかの 3 ダム(クリプボール、パールコップ、およびローデコップジェスダム)の平均流量には、後述する排水機場からの還元水が含まれており、補正をする必要がある。

ダムの記録は、ダム建設後の 1984 年 7 月から 2017 年 6 月までである。

入手したダム流入記録を Appendix 8.1 に添付した。

(3) 各ダムの貯水池水位(モコロ、クリプボール、パールコップ、ローデコップジェスダム)

各ダムの貯水池水位は DWS によって観測されている。ローデコップジェスダムの記録は、ダム建設後の 1984 年 7 月から 2017 年 6 月までである。

入手した貯水池水位を Appendix 8.2 に添付した。

(4) 貯水池水位-容量曲線 (H-V カーブ)

各ダムの貯水池水位と貯水池容量の関係は、DWS から観測データを入力した。観測データから、モコロ、クリプボール、パールコップ、ローデコップジェスダムの貯水池水位-容量曲線を作成した。

(5) 各ダムの貯水池蒸発量(モコロ、クリプボール、パールコップ、ローデコップジェスダム)

ダムの貯水池蒸発量は DWS によって観測されている。モコロ、クリプボール、パールコップ、ローデコップジェスダムの月平均貯水池蒸発量を表 8.1-2 に示す。年平均の貯水池蒸発量は、約 3mm/day から 4mm/day として検討をした。

表 8.1-2 ダムの月平均貯水池蒸発量

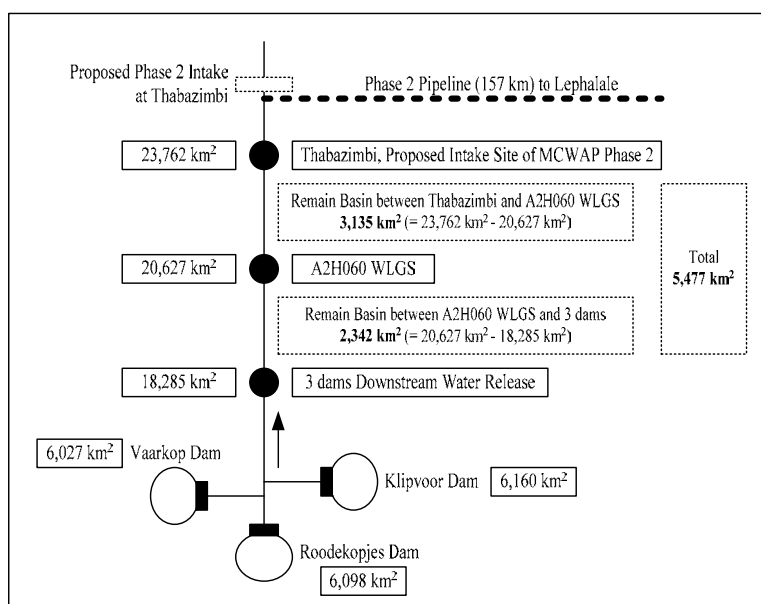
Dam	Unit : mm												
	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Average
Mokolo	5.09	5.02	4.84	5.13	5.32	4.72	3.77	3.16	2.54	2.55	3.25	4.42	4.15
Klipvoor	3.78	3.92	4.27	4.84	4.99	4.31	3.70	3.04	2.43	2.50	3.17	3.86	3.73
Vaalkop	3.36	3.32	3.53	3.62	4.09	3.50	2.69	2.22	1.66	1.76	2.12	2.83	2.89
Roodekopjes	3.32	3.34	3.48	3.58	3.88	3.46	2.94	2.51	1.95	1.93	2.43	3.07	2.99

出典: DWS

(6) クロコダイル川流域の残流域面積

クロコダイル川の 3 ダム(クリプボール、パールコップ、ローデコップジェスダム)下流から MCWAP2 の取水口(タバジンビ)までの残流域面積は、5,477 km²である。これは、3 ダムの下流側での降雨など、3 ダムの放流等に拠らないで MCWAP2 の取水口に合流する水量の算出に関する。

図 8.1-3 にクロコダイル川の 3 ダム下流からタバジンビまでの残流域概略図を示す。
 検討に用いたデータ並びに算出した残流域流量を Appendix 8.4 に添付した。



出典: JICA 調査団

図 8.1-3 3 ダム下流からタバジンビまでの残流域概略図

(7) 各ダムの水利用(モコロ、クリプボール、パールコップ、ローデコップジェスダム)

1) モコロダム

モコロダムの水利用は、MCWAP1 としての上工水利用である。年平均で 30 百万 m^3 /年をレパラレ地域にパイプラインで供給している。

これらの水利用は DWS によって観測されている。入手した上工水利用とダム下流への放流の記録を Appendix 8.4 に添付した。

パイプラインを流れる流量は月変動無く、年平均で約 $0.35 m^3/sec$ が供給されている。メデュピ TPP は本検討時点で 3 基運転しており (ユニット番号 4, 5, 6)、使用水量は $0.09 m^3/sec (=0.03 m^3/sec \times 3 \text{ 基})$ である。

12 月から 5 月迄の雨期はモコロダムからの下流放流量が多い。

2) クリプボールダム

クリプボールダムの目的は灌漑である。

灌漑放流量は DWS によって観測されており、Appendix 8.4 に添付した。

年平均の灌漑用水量は $3.59 m^3/sec$ である。

3) パールコップダム

パールコップダムの水利用は上工水利用であり、そのほか維持放流としてダム下流へ放流されている。

これらのデータは DWS によって観測されており、Appendix 8.4 に添付した。

年平均の上工水供給量並びに下流放流量はそれぞれ $1.07 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、 $1.23 \text{ m}^3/\text{sec}$ である。

4) ローデコップジェスダム

ローデコップジェスダムの水利用は灌漑利用であり、そのほか維持放流としてダム下流へ放流されている。

これらのデータは DWS によって観測されており、Appendix 8.4 に添付した。

年平均の灌漑利用の給水量並びにダム下流への放流量はそれぞれ $2.05 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、 $1.34 \text{ m}^3/\text{sec}$ である。

5) クロコダイル川下流の水利用の整理

上述のクリプポールダム、パールコップダム、ローデコップジェスダムの水利用の合計は $6.71 \text{ m}^3/\text{sec}$ ($=3.59 \text{ m}^3/\text{sec} + 1.07 \text{ m}^3/\text{sec} + 2.05 \text{ m}^3/\text{sec}$) となる。すなわち、クロコダイル川流域での年平均での水利用は 212 百万 $\text{m}^3/\text{年}$ ($=6.71 \text{ m}^3/\text{sec} \times 60 \text{ sec}/\text{min} \times 60 \text{ min}/\text{hour} \times 24 \text{ hour}/\text{day} \times 365 \text{ day}/\text{年}$) となる。

8.1.2 MCWAP2 の進捗

MCWAP2 の目的は、クロコダイル川からレパラレ地域に水供給することであり、メデュピ TPS への水供給も含まれている。TCTA が作成した 2018 年 12 月時点の計画では、2025 年 1 月に商用運転開始予定である。以下は TCTA が作成した MCWAP2 の概要である。

MCWAP2 には、取水堰および水輸送システム（ポンプ場と約 160km のパイプライン）の建設、それに関連する設備の導入、プロジェクトが自然環境および社会環境に及ぼす影響を緩和するための措置が含まれている。MCWAP2 の目的は、エネルギー需要の増加に起因するウォーターバーク炭田開発への想定される水の供給を増加させることである。ウォーターバーク炭田は、特別基金プログラム（SIP-1）の下で国家戦略的開発として特定されている。採取された石炭は直ちに販売可能であり、積極的なエネルギー安全保障と経済成長、雇用創出、税収、社会インフラに恩恵をもたらす。この地域における社会経済開発を達成するために、水インフラが必要である。

MCWAP2 は、クロコダイル川のタバジンビ近くのビリエポートに取水堰と低揚力ポンプを建設し、スティーンボクパンに 300m のヘッドで $8.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ の速度で 75 百万 $\text{m}^3/\text{年}$ を送水する予定である。また、ハースベートポートダム、ローデコップジェスダム、およびクロコダイル川その他ダムの水位・流量管理とモニタリングに重点を置く河川管理システムの設備も含まれている。河川管理システムの導入は、施設試運転 18 ヶ月前に完了する必要がある。

MCWAP2 では、MCWAP1 を包含した設備監視および制御システムが導入される予定である。

MCWAP2 の主要な作業スケジュールを表 8.1-3 に示す。

表 8.1-3 MCWAP Phase 2 の主要な作業スケジュール

Work	Month/Year
Implementation Agreement signed	Oct 2018
Water Supply Agreements signed	Nov 2018
Guarantee Framework Agreement signed - DWS, DoE, NT, TCTA	Oct 2018
Environmental Authorisation	March 2019
Professional Service Provider Appointment (Design & Construct)	Jan 2019
Tender Design concluded	Dec 2019
Construction Tender award	Sept 2020
Construction start	Jan 2021
Commissioning	Jun 2024
Water delivery	Jan 2025
Defect Notification Period concluded	Dec 2025
Rehabilitation	Dec 2025
Project Close Out	June 2026

出典：TCTA

8.1.3 排水機場による還元水

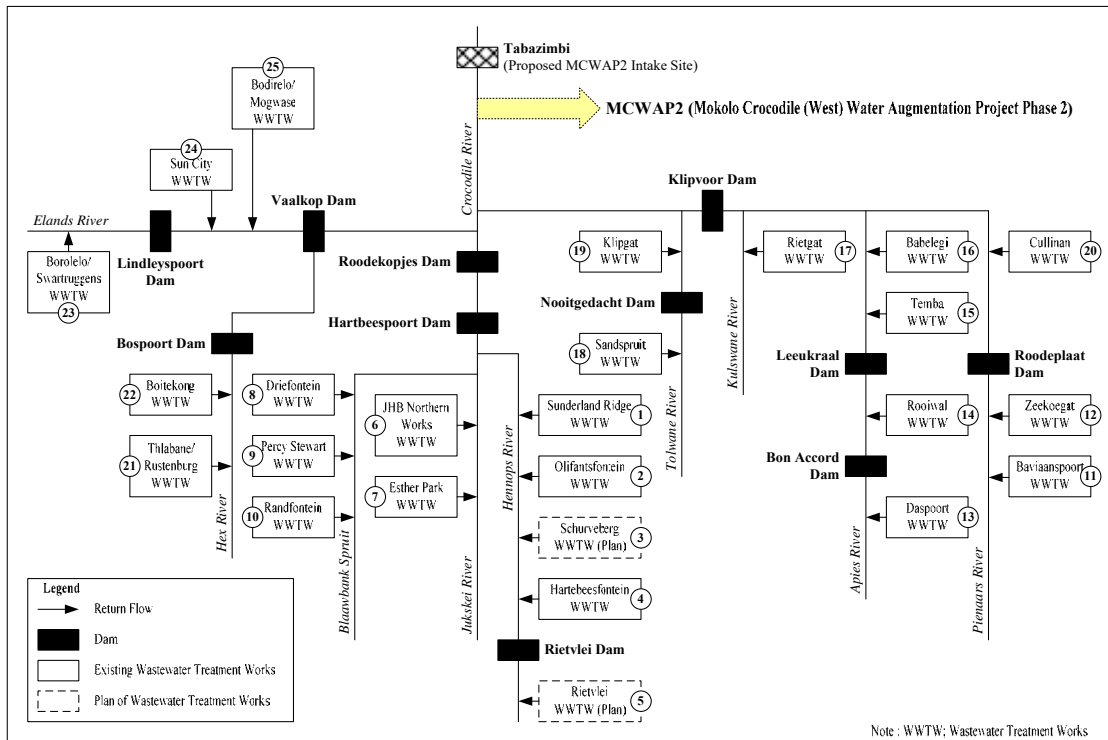
(1) 排水機場による還元水の推定

クロコダイル川流域には、ランドウォーターシステムによりバール川流域からヨハネスブルグおよびプレトリアの生活用水、マイニング用水などの利用を目的に給水されている。ランドウォーターシステムとは、バール川流域からクロコダイル川流域に給水するプロジェクトである。給水された水は生活用水などに利用された後、排水処理されクロコダイル川流域に還元される。ランドウォーターの供給は前掲の図 8.1-1 のバール川流域からクロコダイル川流域に向かう複数の太い青矢印で示しているとおりでである。

クロコダイル川流域のランドウォーターシステムから水利用され、排水処理を行なう排水処理場(WWTW)が、既設で 23 箇所あり、その他に 2 箇所が計画されている。クロコダイル川流域の既設および計画の排水処理場の概略図を図 8.1-4 に示す。

2016 年並びに 2030 年の排水処理上のキャパシティは DWS の資料によれば、それぞれ約 500 百万 m³/年、970 百万 m³/年である。還元水は、キャパシティの約 50%であると推定し、2016 年時点で約 250 百万 m³/年、2030 年時点で約 485 百万 m³/年とした。

排水機場のデータの整理並びにクロコダイル川流域への還元水の量の推定は Appendix 8.6 に添付した。



出典： JICA 調査団

図 8.1-4 排水処理場の概略図

(2) 排水機場による還元水の影響を受けないクロコダイル川ダム流入量

将来の還元水は上記の通り予測したが、既存の WWTW からの還元水は既にクロコダイル川流域のダム流入量に反映されている。2016 年時点の WWTW 建設状況および還元水記録を所持しているが、WWTW の建設年（投入年）までの情報が無い。現在のダム流入量記録は、WWTW からの還元水がある期間および還元水が無い期間が混在している。

5 年間の平均流出率を算出したところ、ローデコップジェスダムは 1994 年と 2009 年に流出率の変化、クリプボールダムとパールコップダムは 1994 年に流出率の変化が認められる。流出率は変化するものではなく、ほぼ一定であるはずである。そのため、流出率の変化は、還元水によるものと判断できる。

そのため、1994 年以前の流出データの平均値をもって、排水機場による還元水の影響を受けない流入量とした。ローデコップジェスダム、クリプボールダム、パールコップダムのそれぞれの流入量は $1.8 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、 $0.45 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、 $1.84 \text{ m}^3/\text{sec}$ となる。すなわち、クロコダイル川全体での流入量は $4.09 \text{ m}^3/\text{sec} (=1.8 \text{ m}^3/\text{sec} + 0.45 \text{ m}^3/\text{sec} + 1.84 \text{ m}^3/\text{sec})$ と推計され、年平均では $129 \text{ 百万 m}^3/\text{年} (=4.09 \text{ m}^3/\text{sec} \times 60 \text{ sec}/\text{min} \times 60 \text{ min}/\text{hour} \times 24 \text{ hour}/\text{day} \times 365 \text{ day}/\text{年})$ となる。

8.1.4 水資源計画

メデュピ TPP の水使用量が FGD 設置後にも安定的に確保可能であることを以下の通り確認した。Eskom および TCTA からインタビューしたメデュピ TPS の将来の水利用は、表 8.1-4 の通り発電機 6 基および FGD 6 基の合計は 13.4 百万 $\text{m}^3/\text{年}$ である。発電プラントと FGD の水利用内訳は、それぞれ 6.0 百万 $\text{m}^3/\text{年}$ と 7.4 百万 $\text{m}^3/\text{年}$ である。FGD に節水目的のガス

クーラーを設置した場合、FGD で使用する水が FGD6 基で 7.4 百万 m³/年から 5.0 百万 m³/年に減少する。

表 8.1-4 メデュピ TPS の水使用量

Plant	Water Use (6 units)		Water Use (per 1 unit)	
	mil.m ³ /year	m ³ /sec	mil.m ³ /year	m ³ /sec
without Gas Collar				
TPS	6.0	0.19	1.0	0.03
FGD	7.4	0.23	1.2	0.04
Total	13.4	0.42	2.2	0.07
with Gas Collar				
TPS	6.0	0.19	1.0	0.03
FGD	7.4	0.23	1.2	0.04
Gas Collar	-2.4	-0.08	-0.4	-0.01
Total	11.0	0.34	1.8	0.06

出典: JICA 調査団にて作成

メデュピ TPS の水源はモコロダム（既設、MCWAP1）から 10.9 百万 m³/年、クロコダイル川から 2.5 百万 m³/年（計画中、MCWAP2）である。MCWAP1 並びに MCWAP2 の概要およびメデュピ TPS への給水計画を表 8.1-5 に示す。

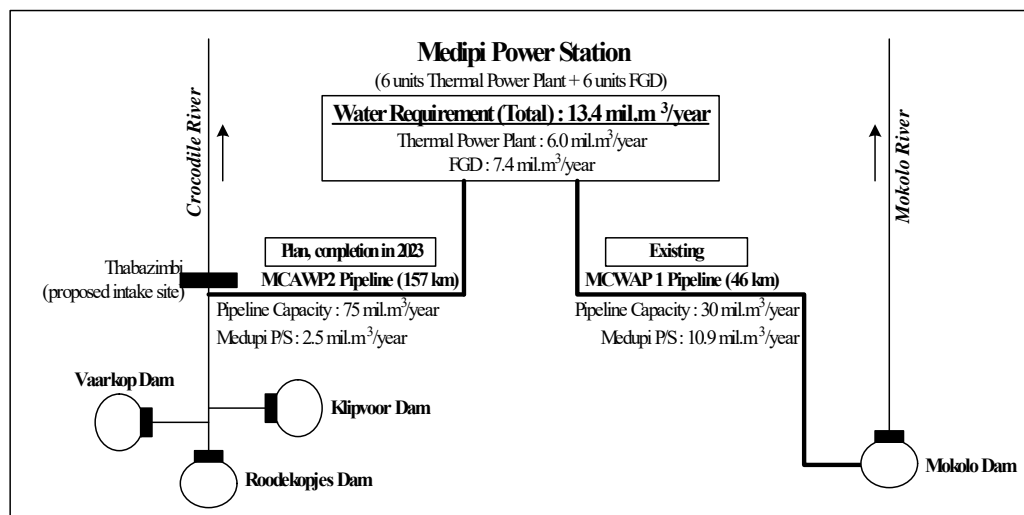
表 8.1-5 メデュピ TPS への給水計画

Item	MCWAP1	MCWAP2
River	Mokolo	Crocodile
Location of Intake	Mokolo Dam	Thabazimbi
Pipeline Length	46 km	157 km
Pipeline Capacity	30 mil.m ³ /year	75 mil.m ³ /year
Water Supply Plan for Medupi TPS without Gas Cooler (6 units Coal Fire TPSt + 6 units FGD)	10.9 mil.m ³ /year	4.5 mil.m ³ /year
Water Supply Plan for Medupi TPS with Gas Cooler (6 units Coal Fire TPS + 6 units FGD)	10.9 mil.m ³ /year	0.1 mil.m ³ /year

出典: JICA 調査団にて作成

TCTA からのインタビューによると、MCWAP1（モコロ川）からの水が不足していれば、MCWAP2（クロコダイル川）から不足分を供給する計画である。逆に、MCWAP2（クロコダイル川）からの水が不足していれば、MCWAP1（モコロ川）から不足分を供給する。

メデュピ TPS への水供給計画の模式図を図 8.1-3 に示す。MCWAP2 のパイプラインキャパシティは 75 百万 m³/年である。



出典: JICA 調査団にて作成

図 8.1-5 メデュピ TPS への水供給計画模式図

(1) 水収支計算

1) モコロダムからの水供給

モコロダムからレパラレ地域への給水は MCWAP1 パイプラインを通して、30 百万 m³/年 (2.50 百万 m³/月) である。一方、モコロダムへの流入量は 156 百万 m³/年 (12.98 百万 m³/月) あり、水利用には十分に余裕がある。

2) クロコダイル川からの水供給

a) ダムへの流入量とダム下流域の水利用の比較

2016 年時点のダム下流域の水利用は 212 百万 m³/年 (17.67 百万 m³/月) である。一方、ダムへの流入量は、ダム自流域から 129 百万 m³/年 (10.75 百万 m³/月) およびハウテン州の排水処理場から 250 百万 m³/年 (20.83 百万 m³/月)、合計 379 百万 m³/年 (31.58 百万 m³/月) である。

月)である。月平均および年平均では、MCWAP2による75百万m³/年(6.25百万m³/月)の取水には問題ない水量が存在している。なお、排水処理場からの流入量は、過去の実績データより、月変動が小さいことを確認している。

b) 乾季のリスクの検討

乾季の雨量が少ない月は、ダム自流域からのダム流入量がゼロとなることがある。仮にダム自流域からのダムへの流入量がゼロの場合、ダムへの流入量はハウテン州の排水処理場から250百万m³/年(20.83百万m³/月)に対して水利用が287百万m³/年(23.92百万m³/月=17.67百万m³/月+6.25百万m³/月)となり、MCWAP2への水供給量が37百万m³/年(3.09百万m³/月)の不足が生じる。

c) 排水処理場の拡張によるリスクの緩和

他方、ハウテン州では、排水処理場の拡張および増設が段階的に進められている。排水処理場からの流入量は2016年の250百万m³/年(20.83百万m³/月)から2030年には少なくとも485百万m³/年(40.41百万m³/月)へと235百万m³/年(19.58百万m³/月)増加すると予測されている。排水処理場の増加進度が一定と仮定した場合、早ければ2019年にも上記不足分37百万m³/年(3.09百万m³/月)が満たされると想定される。

なお、2016年時点のダム下流域の水利用は212百万m³/年(17.67百万m³/月)のうち、大部分を占める灌漑については、MCWAP2のEIA報告書において特段記載がないことから、将来大きく増加することはないと推測する。

(2) 結論

2016年時点の流入量では、乾季にMCWAP2への水供給に不足が出るが、ハウテン州の排水処理場の拡張により2019年以降にはMCWAP2の水供給に不足が生じることはない。

8.2 石灰石並びに石膏輸送

8.2.1 導入

Eskom は本事業の基本設計を Steinmüller Engineering (及び Black & Veatch) に委託し、2014 年に報告書が提出された。石灰石と石膏に係る鉄道による荷役のコンセプトは、この報告書では議論されておらず、Eskom は別途 Bosch Holding Consortium (及び Bosh Holdings, Thabile Engineering, Thabo Consulting and Nemaï Consulting) に対してヤードの取卸設備の設計 (以下、メデュピ Yard Concept Report) を委託し、2015 年に報告書が提出されている。

本節では、基本設計及び 2015 年 3 月 13 日付で提出されたメデュピ Yard Concept Report 第 1 巻「Rail yard and services」の内容を鉄道輸送の観点からレビューし、これらの報告書を基にした輸送計画を検討する。

8.2.2 南アフリカの鉄道事業

南アフリカ共和国では、鉄道事業者は貨物輸送と旅客輸送で分けられている。

(1) 貨物輸送

トランスネットは政府公社である。全株式は南アフリカ政府が保有しており、Transnet Freight Rail (TFR)、Transnet Rail Engineering (TRE)、Transnet National Ports Authority (TNPA)、Transnet Port Terminals (TPT) 及び Transnet Pipelines (TPL) の合計 5 つの部署からなる。本公社は、貨物輸送だけでなく、港湾やパイプラインの管理も行っている。

貨物鉄道事業は、TFR が事業者である。下図に示すとおり、鉄道網は南アフリカ全土に広がり、鉄道輸送障害に対して強固なネットワークを形成している。貨物鉄道網はトランスネットが保有しており、維持管理は TFR により行われている。

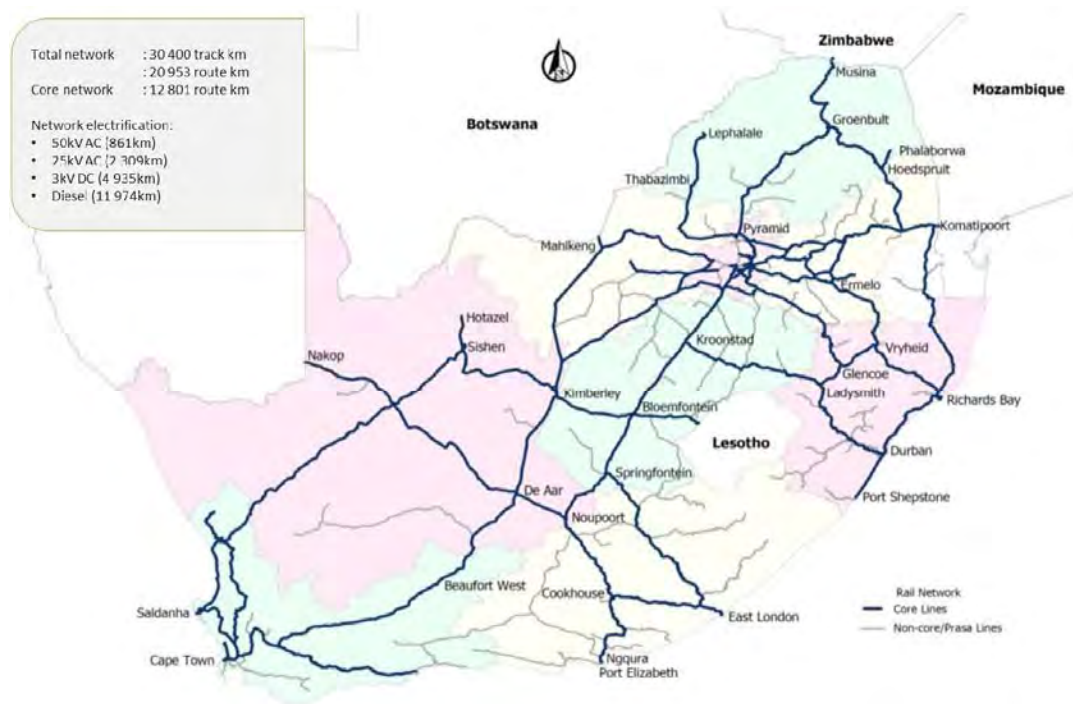


Figure 1: Infrastructure Overview Map

出典：Long Term Planning Framework 2016, TFR

図 8.2-1 貨物鉄道インフラの概略図

南アフリカでは、特筆すべき規模で鉄道輸送が運用されている。最長の編成では 5 台の機関車と 340 台の貨車を繋いで編成長は 4km にも及び、世界でも最長規模の貨物列車として知られる。近年 5 年の TFR 輸送実績を下表に取りまとめる。直近(2017 年)の輸送量は 2.19 億トンに達する。

表 8.2-1 近年 5 年間の貨物鉄道輸送実績

項目	年				
	2013	2014	2015	2016	2017
一般貨物 (百万トン)	82,6	88,0	90,6	84,0	88,1
輸出用石炭 (百万トン)	69,2	68,1	76,3	72,1	73,8
輸出用鉱物 (百万トン)	55,9	54,3	59,7	58,1	57,2
鉄道合計 (百万トン)	207,7	210,4	226,6	214,2	219,1

出典：Results Announcement (2017), TFR

FGD には大量の石灰石が必要となると見込まれており、効率的な輸送を行う観点から本事業では鉄道で輸送することが計画されている。

(2) 旅客輸送

旅客輸送は、Passenger Rail Agency of South Africa (Pty) Ltd (以下、PRASA)が事業者である。メトロレールの名称で南アフリカの 6 都市 (Johannesburg、Pretoria、Cape Town、Durban、East London 及び Port Elizabeth) で旅客事業を展開しており、都市圏における鉄道網は PRASA の保有である。PRASA は Shosholozza Mayl の名称で主要都市間鉄道輸送も実施しているが、郊外では TFR の軌道を共用している。

8.2.3 基本設計のレビュー

(1) FGD 計画地における荷役の基本的考え方

基本的な石灰石の荷役の考え方は基本設計の Project design manual 中の“9.1.1 Limestone Handling and Storage”に以下の通り記載がある。

Limestone will be received via rail (either via bottom discharge containers handled by an overhead crane, or via bottom discharge wagons) or truck (side tippers). Limestone will be conveyed to a stockpile via belt conveyors and stocked out via a traveling tripper and boom stacker into a 30-day capacity longitudinal storage pile.²

The main components of construction in the limestone handling system between the rail unload and the limestone stockpile are the gantry crane and hopper off-load system, belt feeder, underground link conveyor, limestone stockout conveyor with tripper, and limestone stacker.³

しかしながら、石灰石の調達に係る発地については記載がない。

対照的に、FGD の過程の中で発生する脱水済の石膏は鉄道で輸送することが Project Design Manual の「9.1.2 Gypsum Handling and Storage」で明確に示されていない。本検討にあたっては、以下の詳細な検討を行うことが提言されている。

- 石膏の荷役を行うための設備の配置・計画
- 石膏の商業的な運用を行うための配置計画－石膏の一時的な貯蔵施設（エンドユーザーの鉄道インフラなど）

したが、石膏の配送地及び輸送経路については今後詳細な検討を行った上で設定することとなるため、インテリムレポートでは石膏の輸送計画については言及しない。

(2) 実施計画

The services of a specialty railroad contractor will be utilized to construct the limestone receiving and gypsum loadout rail facilities that will be completed just prior to, or in parallel with, the limestone and gypsum material handling conveyors, and prior to Unit 6 FGD commissioning.⁴

本事業では、鉄道部分は別パッケージとなっており（Package No.15⁵），“Majority of railroad work will be under separate contract outside FGD project⁶”の記載のとおり、本事業とは別個とすることが明確に書かれている。ヤードの整備は以下の期間が見込まれている；

- 入札、業者選定に 12 ヶ月
- 猶予期間として 9 ヶ月、そして
- 建設に 24 ヶ月

鉄道設備の整備に合計で 45 ヶ月が見込まれている。詳細な内訳については開示資料で

² Project Design Manual (2014), pp.9-1, “9.1.1 Limestone Handling and Storage”, Eskom

³ Construction Execution Plan (2014), pp.27, Eskom

⁴ Construction Execution Plan (2014), pp.25, Eskom

⁵ Construction Execution Plan (2014), Table 7-1 in pp.30, Eskom

⁶ Project Procurement Plan (2014), pp.2, Eskom

明示されていないが、一般的な貨物駅の整備には十分な期間が見込まれていると言える。

表 8.2-2 メデュピ FGD 実施プロセス（鉄道部分）

Eskom Medupi FGD ERA Schedule			Medupi ERA Level 2 Summary Schedule												20 May 14 15:33
Activity Name	Original Duration	Start	Finish	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025		
71.0204 Railroad Construction	871	26-Jan-18	21-Oct-21												
Specification	442	26-Jan-18	07-Oct-18												
Construction	534	01-Oct-19	21-Oct-21												

出典：Eskom (2014)

8.2.4 メデュピ Rail Yard and Off/loading Facility Concept Report のレビュー

本節では、メデュピ Yard Concept Report における主要な前提条件について説明する。

(1) 主要コンセプト

主要なメデュピ Yard Concept Report におけるコンセプトを以下に示す。ヤード内の全てのポイントは自動制御であり、中央管理システムで信号制御がなされる。

- 鉄道で輸送する物品の年間輸送量は（石灰石 120 万トン／年、FGD 石膏 40 万トン／年）
- TFR が本線を通じて貨物を届け、卸した貨車をピックアップする
- CAR タイプの貨車を石灰石と FGD 石膏の輸送に使用（連結装置の形状は検討中）
- ヤード内の操車には私有の入替機関車が必要（トランスネットに委託）
- ロータリートリッパーまたはサイドトリッパーにより石灰石を荷卸する
- 年間有効輸送日数は 342 日を想定（年間 365 日のうち 5 日を祝日、2 日を単線による運用、16 日間を軌道のメンテナンスとして見込む）
- 石灰石の輸送は貨車 60 両、Class 39 の機関車 4 台を繋いで発着する事を想定
- FGD 石膏の輸送は貨車 50 両、Class 39 の機関車 3 台を繋いで発着する事を想定
- 任意の時間にメデュピ TPS の貨物ヤードで扱える本数は 4 本

上記の「CAR タイプの貨車」とは、8.2.5 (1) 3) 貨車タイプと積載量に示すオープンワゴンの貨車を示している。

(2) メデュピ FGD における石灰石荷役計画

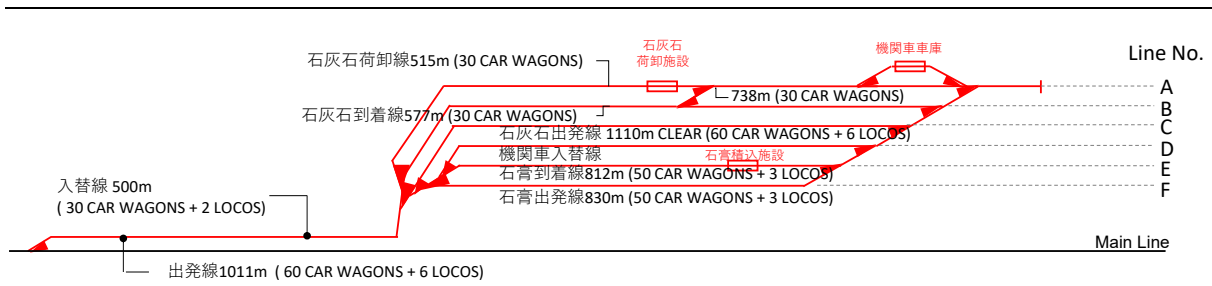
メデュピ Yard Concept Report に基づく設計諸元を下表に示す。

表 8.2-3 鉄道ヤードに係る線形と本線の設計条件

分類	項目	数値
本線	ゲージ	1,065mm
	レール	48 kg/m
線形条件	最小曲線半径	200m
	最大勾配	1:800 (1.25%)
	本線分岐	60 kg/m 1:12
	ヤード分岐	48 kg/m 1:9
	中心線間隔	5.5 ~ 12m

出典：Medupi Yard Concept Design (2015), Eskom

ヤードは 6 線で構成されており、石灰石と石膏の荷役が想定されている。レイアウトと各線の概要を下図に示す。



出典：Eskom からの情報に基づいて JST

図 8.2-2 鉄道ヤードにおける各線の概要

荷役ヤードは以下の条件で計画されており、各線の役割は下表の通り。石灰石はもちろん、石膏の荷役も考慮されている。

- 線数：6 線
- 中心線間隔：5.5m
- 石灰石：60 両編成での運用、1 度に 30 両の荷卸し
- 石膏：50 両編成での運用、1 度に 10 両の荷積み
- 最大で、機関車 6 両を繋いだ石灰石列車が到着可能
- 入替機関車は 2 両まで連結可能
- 構造物は 26 トン軸重設計

表 8.2-4 鉄道ヤードにおける各線の役割

線番号	役割	記事
A	石灰石荷卸線	荷卸容量：1 度に 30 両まで
B	石灰石到着線	-
C	石灰石出発線	-
D	機関車入替線	-
E	石膏到着線	-
F	石膏出発線	積載容量：1 度に 10 両まで

注：線番号は図 8.2.2 に記載された番号と一致する

出典：Eskom,からの情報に基づいて JICA 調査団にて作成

石灰石と石膏の荷役パターンをそれぞれ表 8.2.5 と表 8.2.6 にそれぞれ示す。

表 8.2-5 ヤードにおける石灰石の荷卸サイクル

#	荷役作業の説明	運用のイメージ
1	石灰石を積んだ 60 両編成の列車が 1 番線に到着	
2	貨車計量を行った後、石灰石を積んだ 60 両編成の列車が 1 番線に入り、8 番線を通して 11 番線に至る。30 両は 8 番線で切り離し、そのまま残る。	
3	11 番線に留置された前側 30 両は逆方向に押され、トリッパーに貨車を接続、12 番、13 番、6 番線を通り、7 番線の荷卸の終わった 60 両編成の列車に接続する。 本線受入許可が下りたら 7 番線から発車する。11 番線の貨車は押されながら荷卸され、10 番線に至る。	
4	入替機関車は機関車庫から 8 番線に至り、荷積された 30 両編成の列車を牽引して 11 番線に至る。	
5	入れ替え機関車は 12 番、13 番、6 番線を通して 10 番線に到着し、取卸の済んだ 30 両編成の列車を 7 番線に留置する。	
6	11 番線の荷積みされた 30 両の列車は押されながら荷卸され、10 番線に至る。	
7	入替機関車は 12 番、13 番、6 番を通して 10 番線に至り、取卸の済んだ 30 両編成の列車を 7 番線に移動させ、60 両編成に仕立てる。 その後、入替機関車は支障を回避するため機関車車庫に戻る。	
8	次の列車が到着したら、1 の作業を開始し、工程を繰り返す。	<p>凡例</p> <ul style="list-style-type: none"> 30 空貨車30両 30 荷積貨車30両 ▶ 機関車 ① 番線 30 空貨車30両 (移動済) 30 荷積貨車30両 (移動済) ▶ 機関車 (移動済) □ 積載/荷卸施設/入替機関車庫

出典：Eskom からの情報に基づいて JICA 調査団にて作成

表 8.2-6 ヤードにおける石膏の積載サイクル

#	荷役作業の説明	運用のイメージ																
1	空の 50 両編成の列車が到着																	
2	空の 50 両編成の列車は 4 番線に牽引され、機関車を切り離す																	
3	機関車は 5 番、6 番を通り 3 番線に至り、荷積済んだ 50 両編成の列車に接続する。																	
4	必要なブレーキテストや貨車点検を行い、発車が承認されたら貨車計量を行った後に発車する。その間に入替機関車は貨車車庫から 13 番、5 番を通して 5 番線に至る。																	
5	最大 10 両の貨車に石膏を荷積みして順次 13 番線に送る																	
6	荷積みした 10 両の貨車を 3 番線に留置する																	
7	荷積み作業を 10 両単位で 5 回繰り返し、5 番線に 50 両編成の列車を仕立てる																	
8	この手順を次の空の列車が到着したら再度繰り返す (1.に戻る)	<p>凡例</p> <table border="0"> <tr> <td></td> <td>空貨車10両</td> <td></td> <td>空貨車10両 (移動済)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>荷積貨車10両</td> <td></td> <td>荷積貨車10両 (移動済)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>機関車</td> <td></td> <td>機関車 (移動済)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>番線</td> <td></td> <td>積載/荷卸施設/入替機関車車庫</td> </tr> </table>		空貨車10両		空貨車10両 (移動済)		荷積貨車10両		荷積貨車10両 (移動済)		機関車		機関車 (移動済)		番線		積載/荷卸施設/入替機関車車庫
	空貨車10両		空貨車10両 (移動済)															
	荷積貨車10両		荷積貨車10両 (移動済)															
	機関車		機関車 (移動済)															
	番線		積載/荷卸施設/入替機関車車庫															

出典：Eskom からの情報に基づいて JICA 調査団にて作成

(3) 荷役作業から見たメデュピ FGD ヤードの運転計画の妥当性

1) 石灰石

石灰石の荷役に必要な項目と想定時間を予備的に検討したものを下表に示す。1 サイクルで360分（6時間）が見込まれる。

表 8.2-7 ヤードにおける石灰石荷役サイクルタイムの概略試算結果

#	項目	所要時間 (分)
1	石灰石計量作業；60両	120
2	貨車の分離作業；60両列車を2編成に	15
3	貨車の荷卸；30両	90
4	荷卸が未だの30両編成貨車の操車	5
5	入替機関車の操車	25
6	残りの荷卸作業；30両	90
7	30両2列車の編成作業	15
	合計	360

注：項目番号は表 8.2-5 のものと一致する。

出典：JICA 調査団にて作成

2) 石膏

石灰石の荷役に必要な項目と想定時間を予備的に検討したものを下表に示す。1 サイクルで370分（約6時間）が見込まれる。

表 8.2-8 ヤードにおける石膏荷役サイクルタイムの概略試算結果

#	項目	所要時間 (分)
1	50両の空列車の到着	
2	4番線に空列車を操車	5
3	機関車を3番線に操車し、積み終わった貨車に接続	15
4	石膏の計量	150
5, 6, 7	10両ずつ石膏を積載	200
	合計	370

注：項目番号は表 8.2-5 のものと一致する。

出典：JICA 調査団にて作成

メデュピ Yard Concept Report では、*12 hours train handling time applicable within the yard*⁷と記載があり、推定された荷役時間はこの範囲に収まる。なお、上記荷役時間は予備的な検討に留まり、今後詳細な荷役設備の検討・実施においては見直しが必要であることを注記すべきである。

⁷ Medupi Yard Concept Report (2015), pp.13, Eskom

8.2.5 運転計画

(1) 前提条件

1) 輸送物品と輸送量

輸送を想定するのは FGD の稼働に必要な石灰石である。必要量は下表に示すとおり。

表 8.2-9 基本設計で想定している 6 ケースの結果の概要

石灰濃度	石炭の質/ 加熱器の有無	ケース分類	FGD 出口 SO ₂ 濃度 mg/Nm ³	反応効率 %	石灰消費量 kg/h	Crocodile West Water**		Mokolo Water***	
						使用水量 m ³ /h	排水量 m ³ /h	使用水量 m ³ /h	排水量 m ³ /h
85%	設計炭	Case1	384.27	89.22	85,202.38	929.20	72.28	926.34	69.47
	低品質炭	Case2	396.22	92.95	143,235.88	1,030.31	74.20	1,027.15	71.09
	低品質炭/加熱器付	Case3	389.67	93.14	143,556.27*	1,128.50*	73.99	1,125.04	70.59
96%	設計炭	Case4	300.18	91.63	75,328.76	933.49	73.24	930.54	70.39
	低品質炭	Case5	295.32	94.78	125,735.02	1,034.74	75.25	1,031.48	72.09
	低品質炭/加熱器付	Case6	289.08	94.94	125,964.87	1,132.82	75.04	1,129.25*	71.59

*色網掛けの箇所は、6 ケースの中で最も多い消費量となる数値。

**Crocodile と Mokolo は FGD プロセスに必要な水の供給元となる川の名前

出典：JICA 調査団にて作成（基本設計に基づく）

本調査では、最も必要量が多いケースを輸送計画の前提条件とする。すなわち、メデューピ TPS の 6 基全てが稼働し、143,556 kg/h を鉄道により輸送する想定である。したがって、大雑把な必要量は 24 トン/時間・基となる。石灰石量は、以下のとおり算出される。

- 必要石炭量：130 万トン/年

143 トン/時間 x 365 日 x 24 時間/日

2) 想定年間輸送日数

TFR はクリスマス、イースター休暇（それぞれ 1 週間）を除いて 24 時間毎日輸送を行っている。さらに、鉄道輸送を適切に行うためには軌道のメンテナンスも考慮する必要がある。TFR の意向を踏まえ、軌道のメンテナンスには 10 日を見込んだ。

また、予期できない事故や石灰石の供給側の事情によっては鉄道輸送が一時的に停止することも考えられる。したがって、年間の 10%の余裕を考慮した。その結果、保守的な検討により想定年間輸送日数は以下の通り 300 日を見込んでいる；

- 想定年間輸送日数：300 日（304 日を 10 日単位で切り捨て）

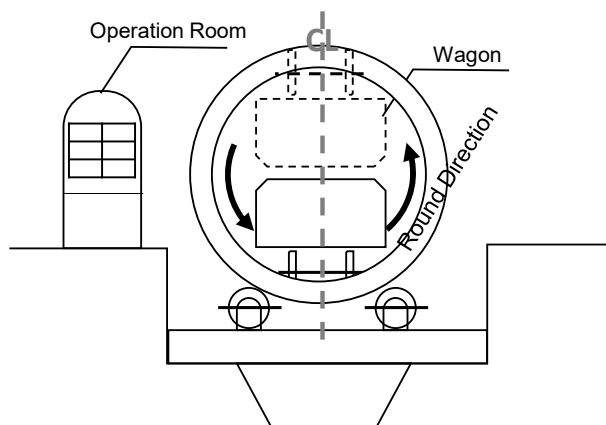
365 日 - クリスマス休暇 7 日 - イースター休暇 7 日 - 軌道メンテナンス 10 日 - 37 日 (365 x 10%)：予期できない事故や石灰石の供給側の事情を考慮

3) 貨車タイプと積載量

貨車のタイプは輸送する貨物の種類によって決まる。南アフリカでは砂利のような形状の荷物はオープンワゴンによって輸送することが一般的である（TFR との面談結果）。一方で、粉状の荷物は、輸送中の荷物の飛散を防ぐためにタンク車が必要である。副次物としての石膏の形状は未だ確定していないため、石膏の輸送についても検討することが必要

である。

石灰石の粒径が確定していないことに加え、石灰石を現地の FGD で粉砕して共用する前提であることを考えると、飛散の恐れは低いサイズであると想定される。したがって貨車の形式はホッパーか Rotary Car Dumper (トリッパータイプ；図 8.2-3 を参照)を利用したオープンワゴンを利用した荷役と想定される。TFR が保有するオープンワゴンとホッパー車の主要諸元をそれぞれ図 8.2-4 と図 8.2-5 にそれぞれ示す。



出典：JICA 調査団にて作成

図 8.2-3 Rotary Car Dumper のイメージ



主要諸元:

- カップラー間距離: 12m
- 高さ: 3.217m
- 幅: 3.0m
- 自重 (平均): 20,820 kg
- 最大積載量: 58,000 kg
- 容量: 67.5m³

出典：RR Picture Archives.net のウェブサイト情報に基づいて JICA 調査団にて作成

図 8.2-4 オープンワゴンの例 (CAR Type Wagon)



主要諸元

- カップラー間距離: 12.5m
- 高さ: 3.6m
- 幅: 3.0m
- 自重 (平均): 20,000 kg
- 最大積載量: 44,000 kg
- 容量: 66.9m³

出典：RR Picture Archives.net のウェブサイト情報に基づいて JICA 調査団にて作成

図 8.2-5 ホッパー車の例

TFR によると、石灰石はオープンワゴンによる輸送が主である。その積載量はホッパー車で 52-58 トン、オープンワゴンで 63 トンとなり貨車種類により変動する。

具体的なワゴンの種類は報告書では示されていないため、現時点では保守的に積載量を

想定する必要がある。この観点と経路上の軸重は 20 トンであることから、以下の通り積載量は 50 トン／貨車と想定した。

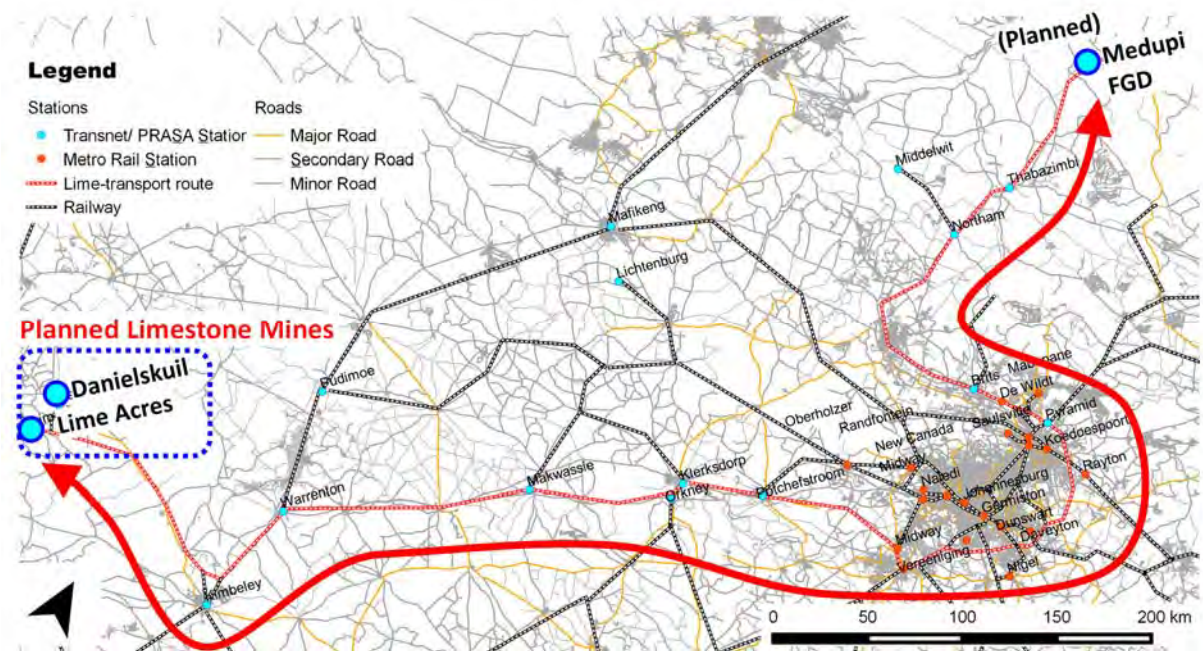
- 積載量：50 トン／貨車
20 トン／軸 x 4 軸 - 貨車自重 30 トン／貨車

(2) 運転計画

本節では、石灰石輸送のために必要な列車の運転本数について論じる。FGD の福次物としての石膏はまだ輸送先が確定していないため、石膏の運転計画については扱わない。

1) 石灰石輸送経路

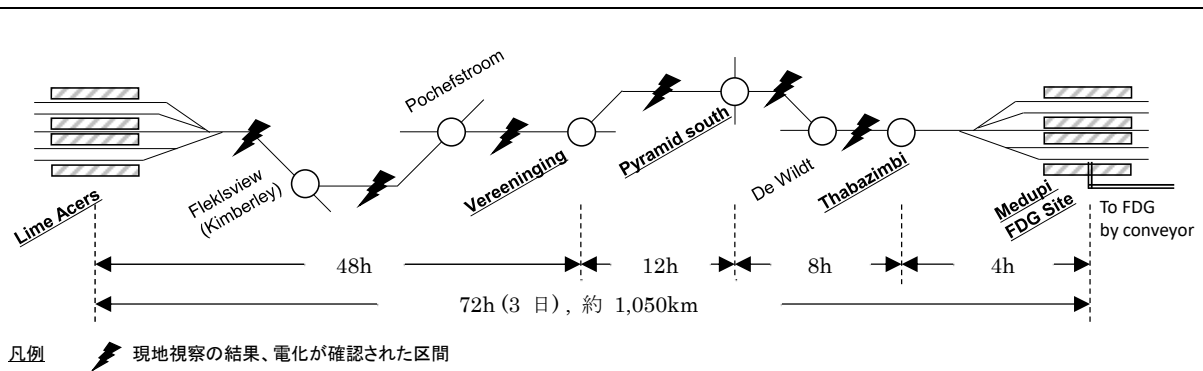
南アフリカにおける鉄道網は B.O.Tambo 国際空港とヨハネスブルグ、プレトリアを結ぶ空港連絡線(標準軌 1,435mm)を除き、メーターゲージ(1,065mm)で広く張り巡らされている。Eskom への面談によると、石灰石の鉱山は Lime acers に分布しており、鉄道ネットワークと、想定される Lime acers・メデュピ TPS 間の輸送経路は下図に示す通りである。貨物列車は線路容量の確保や周辺環境への影響緩和を考慮してヨハネスブルグやプレトリアといった都市圏を迂回する経路となる。



出典：TFR への面談結果を元に JICA 調査団にて作成

図 8.2-6 石灰石輸送経路 (Lime Acers – メデュピ FGD Site を鉄道で輸送する場合)

概略経路図を下図に示す。経路の大部分は電化されているが、Thabazimbi とメデュピ FGD 間は非電化である。概ね発地の Lime Acers と着地のメデュピ FGD 間は 1,050km 程度で、TFR によると所要時間は 3 日程度であり、内訳についても下図に示す通りである。ただし、この推定時間は概略であり、実際の所要時間は今後確認が必要であることに注意が必要である。



Note:

1. 図中の数字は概略であり、実際の輸送時間と必ずしも一致しない。また、Lime Acers とメデュピ FGD のヤードレイアウトは実際のレイアウトとは異なる。
 2. 全経路に亘り単線で行き違い設備が設けられており、20 トン以上の軸重設計となっている。
- 出典：TFR への面談結果を元に JICA 調査団にて作成

図 8.2-7 概略経路図と輸送時間

2) 日列車本数

1 日あたりの必要車両数は以下の通り算出される。

- 石灰石の輸送に必要な車両数：84 両
130 万トン／年 / 50 トン／貨車 / 300 日／年
- 日列車本数：1.4 本
84 両／日 / 60 両／列車
- 本調査で適用する列車本数：2 本／日

メデュピ TPS に予定されている 6 基の FGD が全て稼働するという条件のもとで、1 日あたり 2 本の運転を提案する。その理由として、1) 石灰石の調達先としては PPC 社と IDWALA 社の二者があること、2) PPC への面談では、必要な石灰石量を全て賄うには施設の容量が不足すること（年間 130 万トン）3) 石灰石の供給量の変動を考慮するため—という点が挙げられる。参考までに、FGD の導入基数と必要列車本数の関係を下表に取りまとめる。

表 8.2-10 FGD ユニット数と必要日列車本数

メデュピ TPS に整備される FGD のユニット数	必要年間石灰石量（百万トン）	必要日列車本数
1	0.21	0.23
2	0.42	0.46
3	0.63	0.70
4	0.84	0.93
5	1.05	1.16
6	1.26	1.40

出典：JICA 調査団にて作成

3) 提案車両編成

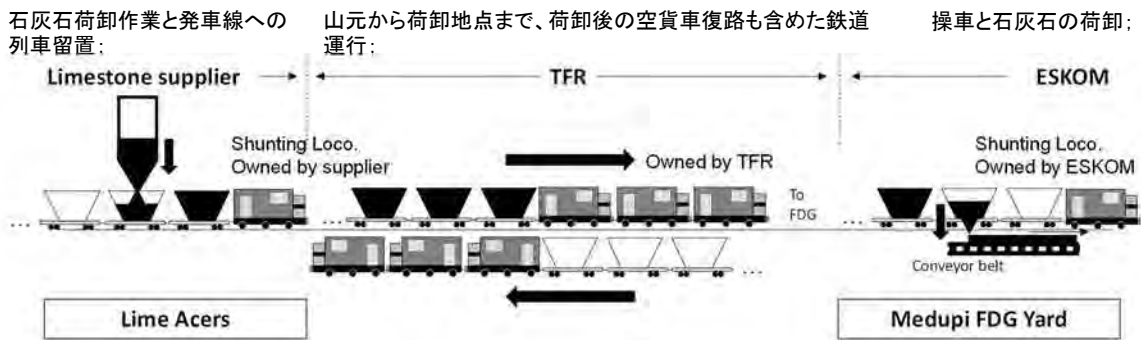
必要貨車数は、前項で算出したとおり。必要な貨車編成は以下の通り算出される。

- 1 編成あたりの貨車数：42 = 84 両／日 / 2 本／日

南アフリカにおいては、100 両を超える貨車編成の列車が日常的に運用されている。TFR によると、当然、60 両編成の列車についても本線では問題なく割当てできるとの見解である。

4) 線路容量

今のところ、経路上の線路容量には余裕があり、数本(2~3本)の増加には全く問題が無い(TFRへの面談による)。また、図8.2-6に示した通り、Lime Acers~メデュピFGD間は複数の代替経路を形成できるネットワークとなっている。現状、輸送経路はまだ確定しておらず、もし線路容量が不足する場合には代替経路を設定することも可能である。さらに、以下に図示している通り、駅間鉄道輸送はTFRの責任の元で行うこととなっており、荷卸/荷積作業はそれぞれ供給業者/Eskomによって行われ、その作業以外の一切の費用は輸送料金に含まれる。以上の観点から、輸送契約に基づき、年間130万トンの石灰石を鉄道で輸送することは可能であると考えられる。



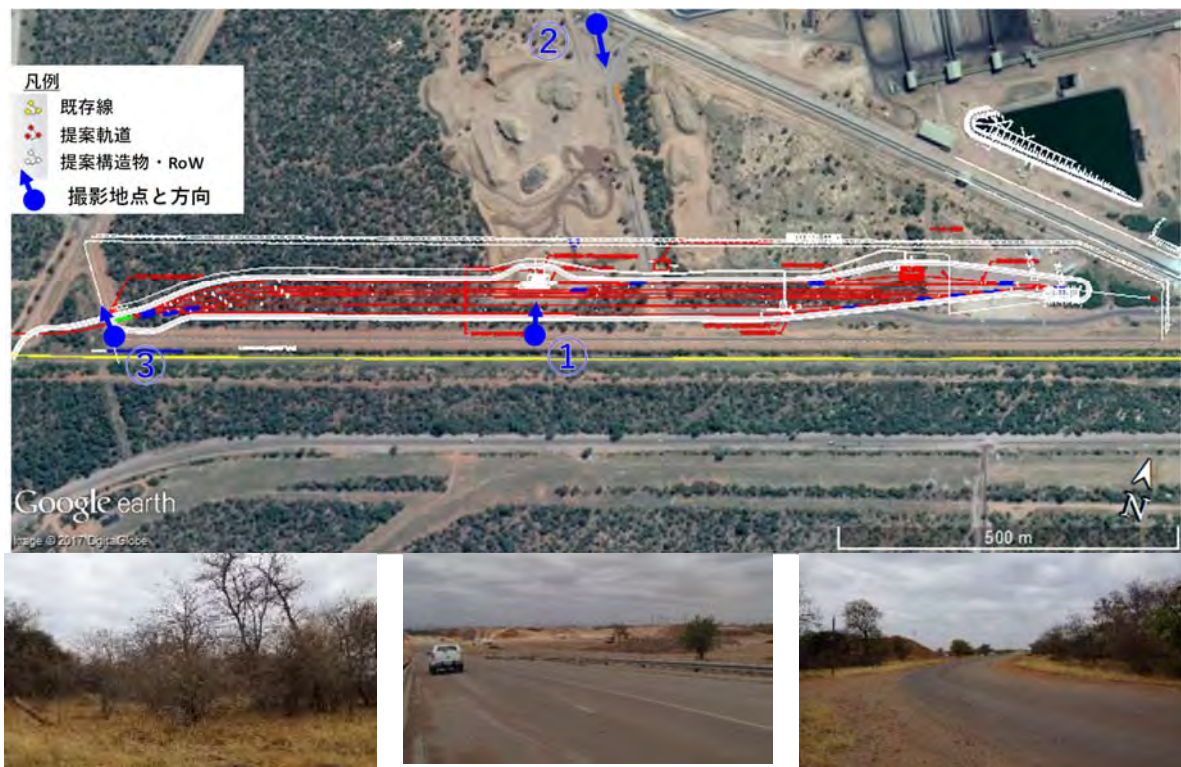
注：機関車数はイメージ
出典：JICA 調査団にて作成

図 8.2-8 石灰石輸送に係る供給元、TFR と Eskom の役割分担

8.2.6 現地状況

(1) メデュピ FGD Site

メデュピ TPS に計画されている鉄道ヤードの現況を下図に取りまとめる。



1. ヤード建設予定地（南側） 2. ヤード建設予定地（北側） 3. 用地境界付近
出典：Google Earth 並びに Eskom 提供図面に基いて JICA 調査団にて作成

図 8.2-9 2017年9月時点におけるメデュピ FGD ヤードの状況

ヤードの候補地は既存の TFR 本線脇に計画されている。分岐点はヤードより約 2km 西側に位置し、本線と約 20m の距離を保って並行に走り、ヤードに接続する。

現状、鉄道ヤードのための構造物は一切建設されていない。また、既存線至近にヤード候補地が存在するため、本線との接続は比較的容易となる。さらに、本用地は Eskom の ROW の範囲であり、鉄道ヤードに利用するためには盛土や切土が必要にはなるが、技術面では鉄道ヤード用地として適切であると言える。

1) 石灰石山元 (Lime Acers, PPC)

Lime acers における石灰石の山元の現状を下図に取りまとめる；



石灰石積込の様子

粒度別ストックヤード

PPC が保有するヤード

出典：JICA 調査団にて作成

図 8.2-10 2017 年 9 月時点の石灰石山元(Lime Acers, PPC) の状況

PPC が保有する施設では、1 度に 20 両積込み、3 つ繋いで 60 両編成の列車を仕立てることは問題を確認している。現状の施設容量では 1 日に 2~3 本の列車を搬出しており、ヤードについては石灰石の積込に問題は見られない。

8.2.7 Project Cost in Railway Yard in メデュピ FGD Site

(1) 基本設計概略

基本設計における鉄道建設の費用総括表は下表に示すとおり。合計で 1.27 億 ZAR (1,220 万米ドル相当) が見込まれている。

表 8.2-11 鉄道パッケージの概要と事業費試算結果

項目	説明／数値	
契約番号	71 Civil Structural Construction and Erection 71.0204 Railroad Construction	
パッケージ No.	15	
費用内訳	原材料	ZAR 71,118,000 (US\$6,805,550)
	人件費	ZAR 44,615,800 (US\$4,269,455)
	外注費	ZAR 124,000 (US\$11,866)
	機材	ZAR 11,270,700 (US\$1,078,536)
	その他	ZAR 0 (US\$0)
	合計	ZAR 127,128,500 (US\$12,165,407)
全体に占める必要設備投資の割合	0.7%	
全体の設備投資額 (参考)	ZAR 17,677,731,800	

出典：Capital and O&M Cost Estimates (2014), ESCOM

8.2.8 Overview of メデュピ Yard Concept Report

設備投資 (Capital Expense: CAPEX) 及び運用コスト (Operating Expense: OPEX) の総括表を表 8.2-12 と表 8.2-13 にそれぞれ示す。CAPEX は基本設計よりも増加しているが、詳細な内訳が開示されていないため、コスト増加要因・妥当性について詳しく分析することは現時点では困難である。

表 8.2-12 設備投資コスト概要

TOTAL RAILWAY YARD	ZAR	83 420 900,00
RAILWAY YARD INFRASTRUCTURE	ZAR	61 376 900,00
RAIL WAY YARD (IN-MOTION WEIGHBRIDGE)	ZAR	1 056 000,00
ROLLINGSTOCK (SHUNT LOCOMOTIVE)	ZAR	20 988 000,00
TOTAL CIVIL SERVICES and INFRASTRUCTURE	ZAR	104 111 810,00
CIVIL SERVICES	ZAR	104 111 810,00
TOTAL ELECTRICAL CONTROL & INSTRUMENTATION	ZAR	4 975 000,00
YARD AREA LIGHTING	ZAR	4 975 000,00
TOTAL STRUCTURAL AND BUILDING SERVICES	ZAR	12 051 250,00
DIESEL LOCO SHED	ZAR	7 391 250,00
ADMINISTRATION BUILDING	ZAR	3 412 500,00
SECURITY OFFICE	ZAR	250 000,00
FUEL STORAGE AND DISPENSING	ZAR	997 500,00
TOTAL FIRE PROTECTION AND PREVENTION	ZAR	28 200 000,00
FIRE PROTECTION AND PREVENTION	ZAR	28 200 000,00
TOTAL CAPEX ESTIMATE		
MEDUPI RAIL YARD AND ASSOCIATED INFRASTRUCTURE	ZAR	232 758 960,00

出典：Medupi Yard Concept Report (2015), Eskom

表 8.2-13 鉄道ヤード運営コスト概要

鉄道運営		AMOUNT (ZAR)
説明		
年間スタッフ給与 (鉄道事業のみ)		2 200 000.00
年間メンテナンスコスト - 入替機関車		865 500.00
年間燃料費 (36642.86 liters @ R11 per lt)		403 100.00
	予備費 (10%)	346 900.00
鉄道運営コスト小計		3 815 500.00
鉄道インフラ維持管理費		
説明		AMOUNT
パトロール (2 x 常勤巡回員)		280 000.00
メンテナンス		240 000.00
	予備費 (10%)	52 000.00
鉄道インフラメンテナンス費小計		572 000.00
鉄道運営コスト合計		4 387 500.00

出典：Medupi Yard Concept Report (2015), Eskom

9. 前提条件と FGD の仕様

9.1 前提条件

9.1.1 緒言

(1) 周囲条件

周囲条件は、基本設計通りとする。

設計が参照するべき周囲条件を表 9.1-1 に示す。

表 9.1-1 周囲条件

Parameter	Value
Ambient Temperature	23.7 °C
Ambient Pressure	91.33 kPa (900 meters ground altitude above sea level)
Ambient Humidity	50 %
Fuel Analysis	According to 表 9.1-2
Test Intolerance/Uncertainly	Not allowed
FGD system pressure loss	2.5 kPa (10 in. Wc)
Outlet SO ₂ concentration	400 mg/Nm ³ at 6 % O ₂ , dry basis utilizing the worst case coal without attemperating air
Maximum chloride level in the FGD slurry	30,000 ppm

出典: 基本設計 Project Design Manual

(2) システム構成

システム構成は、基本設計通りとする。

FGD システム構成図並びに FGD 設置後の排ガス系統図を図 9.1-1 及び図 9.1-2 にそれぞれ示す。

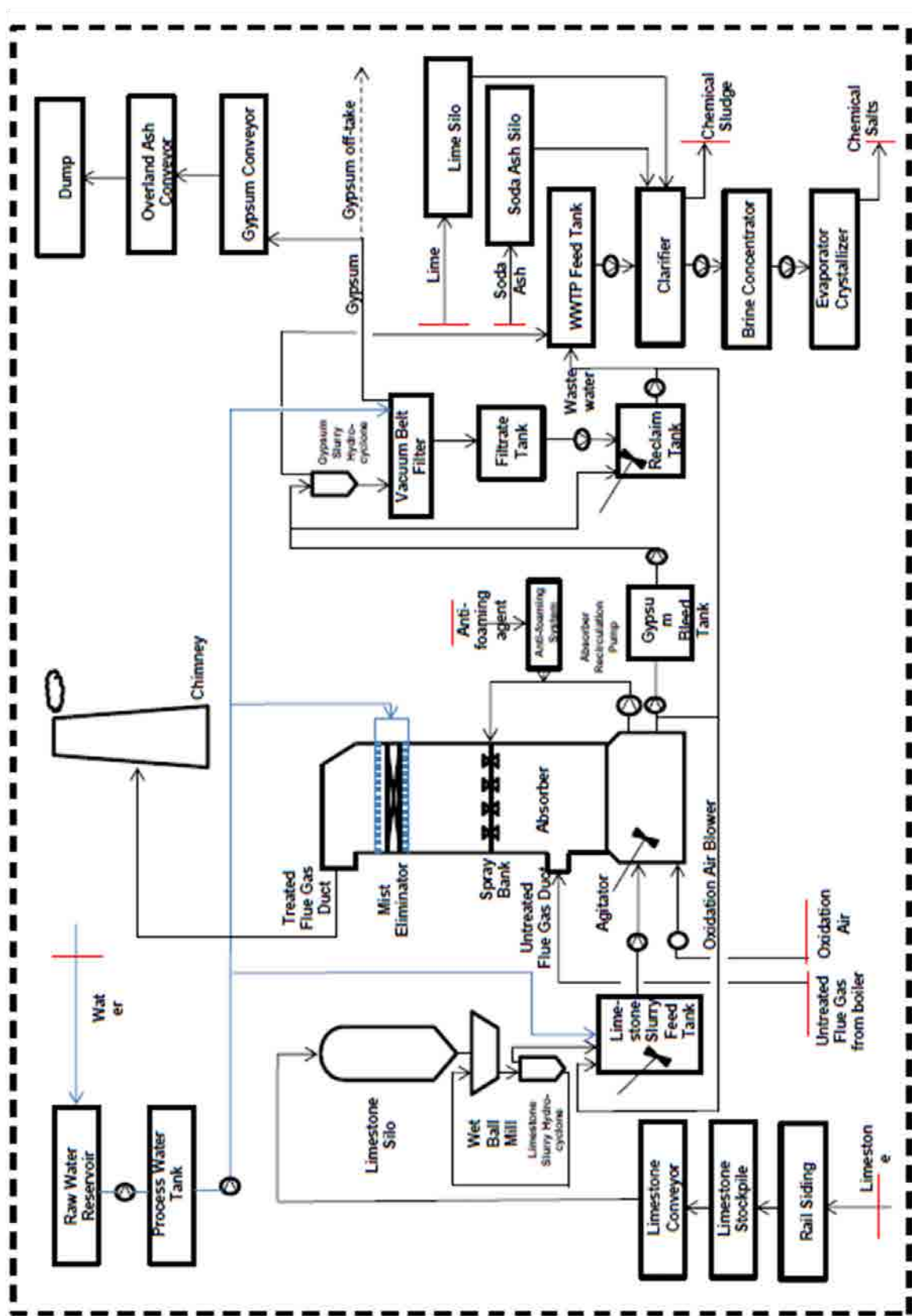
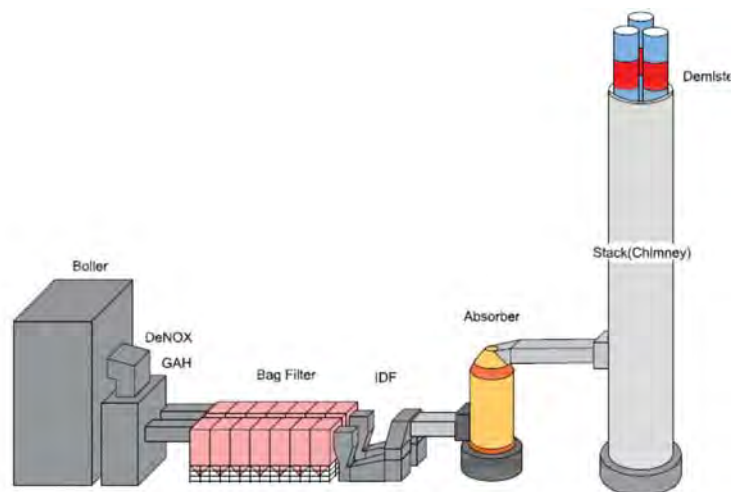


図 9.1-1 FGD システム構成図



出典: JICA 調査団にて作成

図 9.1-2 FGD 設置後の排ガス系統図

(3) 燃料性状

燃料性状は、基本設計と同じ条件とする。

設計が参照するべき燃料性状(石炭)並びに燃料性状(液体)を表 9.1-2、表 9.1-3 にそれぞれ示す。

表 9.1-2 燃料性状 (石炭)

Parameters	Unit	Design Basic	Minimum	Maximum
Higher Heating Value (HHV) air dried at 25 Degree Celsius	MJ/kg	20.5	19.0	21.5
Total moisture	%	10.5	5.0	12.0
Ultimate Analysis Air Dried Basis				
Inherent Moisture	%	2.0	1.5	2.5
Ash	%	35.0	31.0	38.0
Total Carbon	%	50.7	50.3	53.4
Hydrogen	%	3.0	2.4	3.6
Nitrogen	%	1.0	0.7	1.5
Sulfur	%	1.2	0.8	1.8
Carbonates (CO ₃)	%	1.1	0.6	1.8
Chlorine	%	<0.1	-	-
Fluorine	%	<0.05	-	-
Oxygen	%	6	5.9	7.6
Total	%	100	-	-
Approximate Analysis				
Volatile	%	25.9	24.1	29.1
Fixed Carbon	%	37.1	37.7	40.6
Physical Property				
Hardgrave Grindability Index		51	45	56
Abrasiveness	mgFe/kg	500	200	500
Coal Size > 100mm	%	0	-	-
Coal Size > 40 mm	%	5	-	10
Coal Size < 1mm	%	25	-	35

Coal Burn-out time*	sec	2.3	2.1	2.6
Ash				
Silicon (as SiO ₂)	%	57.46	52.69	62.24
Aluminum (as Al ₂ O ₃)	%	26.24	24.03	28.46
Iron (as Fe ₂ O ₃)	%	5.79	4.98	6.61
Titanium (as TiO ₂)	%	1.24	1.11	1.36
Phosphorus (as P ₂ O ₆)	%	0.47	0.34	0.6
Calcium (as CaO)	%	3.19	1.9	4.48
Magnesium (as MgO)	%	1.11	0.62	1.61
sodium (as Na ₂ O)	%	0.07	0.00	0.29
Sulphur (as SO ₃)	%	2.60	1.41	3.79
Manganese	%	0.06	0.04	0.08
Potassium (as K ₂ O)	%	0.76	0.54	0.99
Ash Characteristics				
Initial Deformation temperature (Reduction)	°C	N/A	1.25	N/A

出典:基本設計, Project Design Manual

表 9.1-3 燃料性状 (液体)

Parameters	Unit	Design Basic
Flash point (PMCC) min	°C	60
Water (v/v) max	%	0.5
Sediment (v/v) max	%	0.1
Total sediment in residual fuels by standard aging (v/v)	%	0.1
Viscosity at 50 °C, min	cSt	90
Viscosity at 50 °C, max	cSt	150
Viscosity at 100 °C, max	cSt	20
Conradson carbon residue mass, max	%	15
Ash mass, max	%	0.1
Sulphur mass, max	%	3.5
Copper strip corrosion rating (3 hours at 100 °C), max	-	-
Density at 20 °C, max	kg/m ³	991
Pouring point (winter), max	°C	9
Aluminum, max	mg/kg	30
Silicon, max	mg/kg	-
Aluminum and silicon, max	mg/kg	80
Vanadium, max	mg/kg	400
Iron	mg/kg	50
Acid number	-	Nil
Stability: Accelerated dry sludge, (m/m), max	%	0.1
Stability: Existent dry sludge (m/m), max	%	0.1
Energy content, min	MJ/kg	41

出典: F 基本設計, Project Design Manual

(4) 水の性状

原水の性状は、基本設計と同じ条件とする。

設計が参照するべき水の性状(MCWAP phase 1: Mokolo water system)ならびに水の性状(MCWAP phase 1: Mokolo water system)を表 9.1-4 にそれぞれ示す。

表 9.1-4 水の性状 (MCWAP phase 1: Mokolo water system)

Constituent/Water Quality	Unit	Raw water Max	Raw water min	Raw water average	Design Basis
Turbidity	NTU	3.6	0.7	1.5	1.8
Suspended Solid	mg/L	10.0	10.0	10.0	12.0
pH		9.5	6.0	8.1	8.8
Conductivity, K25	μS/cm	112.3	66.7	88.6	106.3
Alkalinity to pH8.3, P-alk as CaCO ₃	mg/L	15.0	1.0	5.7	6.9
Alkalinity to pH4.5, M-alk as CaCO ₃	mg/L	36.9	22.1	31.3	37.6
Total Alkalinity T-Alk as CaCO ₃	mg/L	50	22.1	32.6	39.1
Magnesium Hardness MgH, as CaCO ₃	mg/L	22.3	5.0	17.5	21.0
Calcium Hardness CaH as CaCO ₃	mg/L	36.0	10.1	15.9	19.1
Total Hardness, TH as CaCO ₃	mg/L	56	18	32	38.5
Sodium, Na	mg/L	15.2	5	6.2	7.4
Potassium, K	mg/L	1.5	1.1	1.3	1.6
Ammonia, NH ₃	mg/L	1.5	0	0.6	0.7
Chloride, Cl	mg/L	24.8	5.3	10	12
Sulphate, SO ₄	mg/L	3.7	0.5	1.8	2.2
Fluoride, F	mg/L	0.2	0.1	0.1	0.2
Nitrate, NO ₃	mg/L	-	-	-	-
Oxygen Absorbed (OA) as KMnO ₄	mg/L	3.3	1.2	2.3	2.7
Reactive Silica as SiO ₂	mg/L	99.2	4.9	15.8	19
Strontium, Sr	μg/L	90.0	90.0	90.0	108.0
Barium, Ba	μg/L	20.0	20.0	20.0	24.0
Iron, Fe	μg/L	5.0	5.0	5.0	6.0
Manganese, Mn	μg/L	5.0	5.0	5.0	6.0
Boron, B	μg/L	70.0	20.0	42.5	51.0

出典:基本設計, Project Design Manual

表 9.1-5 水の性状 (MCWAP phase 2: Crocodile water system)

Constituent/Water Quality	Unit	Raw water average	Design Basis
Turbidity	NTU	14.3	17.16
Suspended Solid	mg/L	29	34.8
pH		9	9.1
Conductivity, K25	μS/cm	792	950.4
P-Alkalinity as CaCO ₃	mg/L	30.3	36.36
M-Alkalinity as CaCO ₃	mg/L	208.7	230.44
Total Alkalinity T-Alk as CaCO ₃	mg/L	208.7	250.44
Magnesium Hardness MgH as CaCO ₃	mg/L	99.2	119.0
Calcium Hardness CaH as CaCO ₃	mg/L	107.0	128.4
Total Hardness, TH as CaCO ₃	mg/L	206.2	247.4
Sodium, Na	mg/L	84.0	100.8
Potassium, K	mg/L	13.0	15.6
Ammonia, NH ₃	mg/L	0.36	0.44
Chloride, Cl	mg/L	89.7	107.6
Sulphate, SO ₄	mg/L	74.8	89.8
Fluoride, F	mg/L	0.53	0.64
Nitrate, NO ₃	mg/L	3.9	4.68
Oxygen Absorbed (OA) as O ₂	mg/L	0.94	1.13
Reactive Silica as SiO ₂	mg/L	10.9	13.8
Strontium, Sr	mg/L	0.20	0.24
Barium, Ba	mg/L	0.08	0.10
Iron, Fe	mg/L	0.20	0.24
Manganese, Mn	mg/L	0.02	0.02
Boron, B	mg/L	0.27	0.32

出典:基本設計, Project Design Manual

9.1.2 FGD の基本仕様と性能

(1) FGD の設計条件

FGD の設計条件は基本設計と同じ条件とする。

設計において遵守すべき FGD の設計条件を表 9.1-6 に示す。

表 9.1-6 FGD の設計条件 (100% BMCR)

Parameter	unit	Design Basis Design Fuel	Design Basis Worst Fuel (L/G Dimensioning)	Design Worst Fuel with Tempering Air(Absorber Dimensioning)
Maximum Inlet Flue Gas Temp	°C	200	200	200
Inlet Flue Gas Rate	Nm ³ /hr, wet	2,427,840	2,495,520	2,814,610
Inlet Flue Gas Temperature	°C	137	137	137
Inlet Flue gas Pressure range	kPa	91.62	91.64	91.71
Max Inlet SO ₂	kg/h	8.262	13.32	13.32
	mg/Nm ³ (dry, mg/Nm ³ at 6% O ₂)	3.406	5.339	5.378
Max Inlet PM	kg/h	121.3	124.7	123.85
	mg/Nm ³ (dry, mg/Nm ³ at 6% O ₂)	50	50	50
Max Inlet HCl	kg/h	388.3	399.2	396.3

出典: 基本設計, Project Design Manual

(2) 石灰石の仕様

石灰石の仕様は、基本設計と同じ条件とする。

設計において遵守すべき石灰石の仕様を表 9.1-7 に示す。

表 9.1-7 石灰石の仕様

Parameter		Design Basis Range Value	Design Basis Value Range
CaCO ₃	% min	85	96 (94-97)
MgCO ₃	% Max	-	2.2 (2-3)
SiO ₂	% Max	-	2.5 (2-3)
Other Inlet	% Max	-	2 (1-4)
Bond Work Index	kWh/kg Max	12 (11-13)	12(11-13)
Size Range	mm	19×0	19×0

出典: 基本設計, Project Design Manual

(3) 排ガス排出の要求事項

排ガス排出の要求事項は、基本設計と同じ条件とする。

設計において遵守すべき排ガス排出の要求事項を表 9.1-8 に示す。

表 9.1-8 排ガス排出の要求事項

SO ₂	dry Max	mg/NSm ³	400
	Max	ppmdv	136.52
PM total	Removal Efficiency	% min	95
Fine Particulate Matter PM10	Removal Efficiency	% min	50
HCl	Removal Efficiency	% min	98

出典: 基本設計, Project Design Manual

(4) 副生物品質の要求事項

副生物品質の要求事項は、基本設計と同じ条件とする。

設計において遵守すべき副生物品質の要求事項を表 9.1-9 に示す。

表 9.1-9 副生物品質の要求事項

		Design for 85% Limestone	Design for 93% Limestone
CaSO ₄ 2H ₂ O	% min	83	88
CaSO ₃ 1/2H ₂ O	% max	0.12	0.12
Free Moisture	% max	15	15
Water Soluble Chloride	mg/kg Max	111	111
Mean Particle Distribution	µm min	35 (D-50)	35 (D-50)

出典: 基本設計, Project Design Manual

(5) 土木設計の前提条件

土木設計の前提条件は、基本設計と同じ条件とする。

ただし、ガスクーラーの採用に伴い、既存のボイラー基礎とガスクーラーの支持構造との干渉に留意する必要があるため、既設のボイラー基礎の情報の開示が求められる。

9.1.3 規格

設計ならびに工事の仕様は、南アフリカ規格、現地規格並びに法規、Eskom 規格もしくは国際規格に拠らなければならない。南アフリカ規格、Eskom 規格が適用できない場合は英国規格を使用する。もし、英国規格を適用できない場合には米国規格もしくは国際規格を使用する。

FGD の性能試験の手順は ASME を適用する。

設計や調達、供給に係る適用可能な南アフリカ規格、Eskom 規格を添付 9.1 に示す。

9.2 FGD の仕様

9.2.1 FGD

EPS 請負会社が“FGD の設計並びに性能”を遵守しつつ、6 基の FGD について、吸収塔を含めた FGD 全体の設計、調達、供給を実施する。

EPS 請負会社は、土木工事の入札資料を準備するために EPS 契約の開始の日から 6 ヶ月以内に、Eskom に負荷データ並びに重心の情報を渡さなければならない。

9.2.2 ダクト工事

EPS 請負会社が“FGD の設計並びに性能”を遵守しつつ、6 基のダクトシステムの設計、調達、供給する。

EPS 請負会社は、土木工事の入札資料を準備するために EPS 契約の開始の日から 6 ヶ月以内に、Eskom に負荷データ並びに重心の情報を渡さなければならない。

9.2.3 石灰石搬送

EPS 請負会社が“FGD の設計並びに性能”を遵守しつつ、1 基の共通の石灰石搬送システムの設計、調達、供給する。本事業に含む範囲は、石灰石貯蔵場から石灰石サイロまでとし、鉄道での石灰石受入れから石灰石貯蔵場までの間は、別パッケージにて実施する。

EPS 請負会社は、土木工事の入札資料を準備するために EPS 契約の開始の日から 6 ヶ月以内に、Eskom に負荷データ並びに重心の情報を渡さなければならない。

9.2.4 石灰石準備

EPS 請負会社が“FGD の設計並びに性能”を遵守しつつ、1 基の共通の石灰石準備システムの設計、調達、供給する。

EPS 請負会社は、土木工事の入札資料を準備するために EPS 契約の開始の日から 6 ヶ月以内に、Eskom に負荷データ並びに重心の情報を渡さなければならない。

9.2.5 土木・建築

(1) 土木

FGD 装置の配置予定地は既設の煙突周辺となり、吸収装置の基礎やバイパスダクトのサポート基礎は既設排煙ダクトサポート基礎の間に配置することとなる。そのため基礎の平面的形状は各ユニットごとに違いが出ると思われるが、基本となる基礎の種別は直接基礎のマット基礎、鉄筋コンクリート造であると思われる。

基礎の支持地盤は礫質珪岩からなる岩盤であり、発電所計画地盤高 902.250masl から深さ平均 1.26m の位置が表土との岩盤境界ラインとなる。基礎の厚みは各機器の上載荷重を用いた構造計算、安定計算から決定されるが、この支持岩盤との岩着が基本となると思われる。表 9.2-1 に本事業における土木工事数量を示す。

表 9.2-1 土木工事数量

01	0100	Demolition Demolition 01 Demolition	1,993.00 m ³
02	0200 0210 0260 0261 0400 0500 0700 4120	Site Work Site Clearing, General, Mass & Structural Earthwork Site Clearing Excavation Utilities Backfill Utilities Paving & Surfacing Underground Gravity Drains Railroad Work Fire and Safety Equipment 02 Site Work	228,626.00 m ³ 122,059.00 m ³ 51,050.00 m ³ 36,500.00 m ³ 198,937.00 m ³ 760.00 m 230.00 m 73.00 ea
03	0230 0250 0251 1100 1160 1210 1270 1310 1360 1370 1400 1600 2200	Foundations & Concrete Excavation Mass Excavation Foundations Backfill Foundations Formwork Setting & Stripping Formwork & False-work for Elevated Concrete Reinforcing Steel for Cast in Place Embed Anchor Bolts Concrete Placement for Cast in Place Concrete Placement for Elevated Concrete Mudmats Concrete Finishing & Coatings Precast Concrete Architectural Finishes 03 Foundations & Concrete	62,423.00 m ³ 90,179.00 m ³ 23,921.00 m ³ 32,050.00 m ² 29,077.00 m ² 5,707.97 mt 79,775.00 kg 109,269.00 m ³ 5,186.00 m ³ 5,261.00 m ³ 2,677.00 m ² 930.00 ea 8,849.98 m ²

引用元 : REV. 1 CAPITAL AND O&M COST ESTIMATES Medupi FGD Retrofit Project B&V PROJECT NO. 178771 B&V
FILE 25.2000 ESKOM DOC NO. 200-128137

(2) 建築

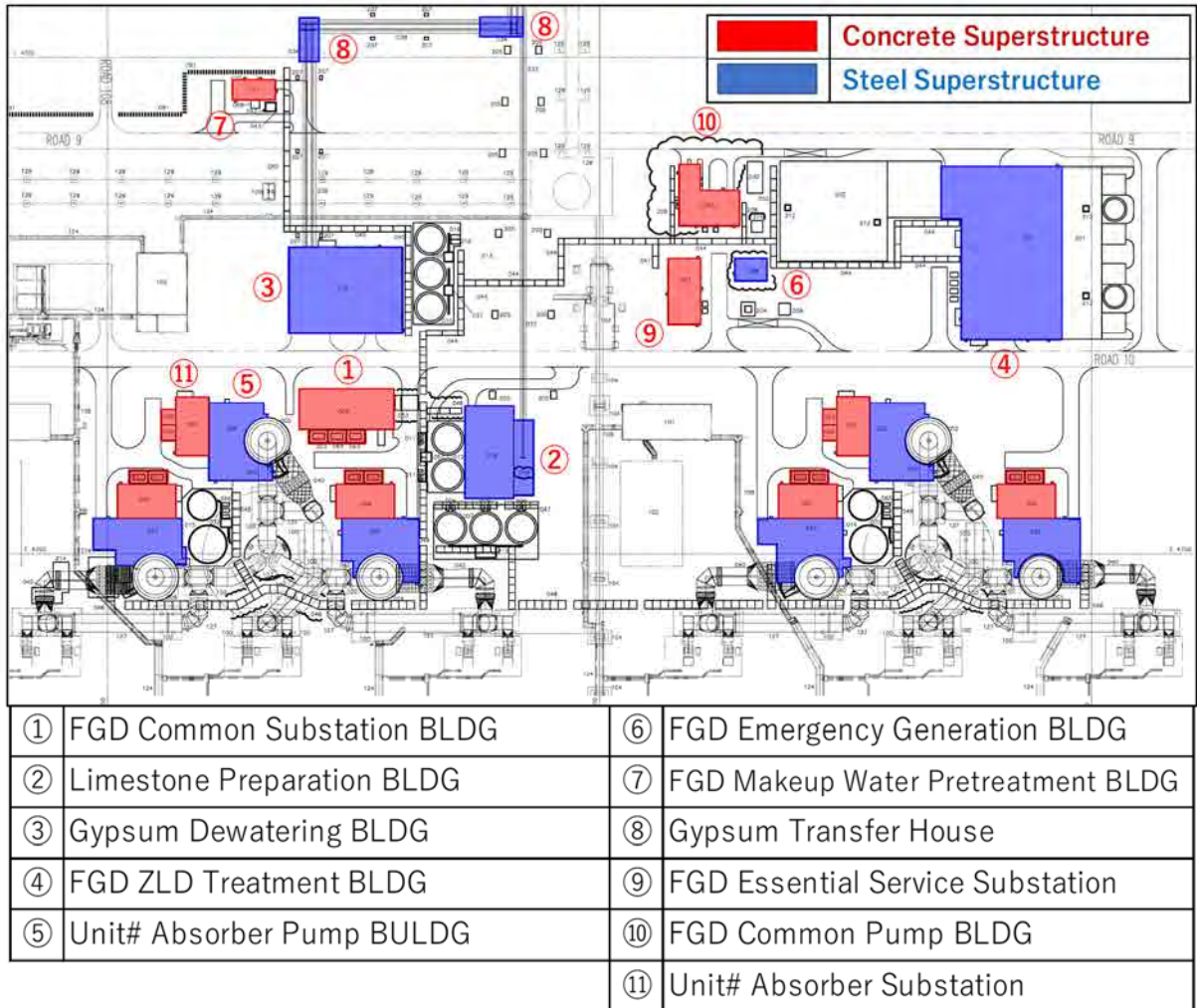
FGD 装置建設工事に伴う建築工事数量を下記に示す。

表 9.2-2 建築工事数量

04	1900 2200 2220 4065 4067 4120	Buildings Concrete Misc. Architectural Finishes HVAC AQCS Equipment AQCS Ductwork Fire and Safety Equipment 04 Buildings	1,524.98 m ² 4,150.00 m ² 838.00 ea 1.00 ea 9.00 ea
05	0600 0611 2240 2250 2400 2600 2601 2602 4067 4110	Steel Site Improvements Site Finishing Siding Roofing Structural Steel Structures Misc Steel & Platforming Misc. Steel & Platforming Handrail AQCS Ductwork Material Processing Equipment, Systems and Skids 05 Steel	100.00 ea 100.00 ea 23,646.26 m ² 23,786.22 m ² 13,270.48 mt 2,603.56 mt 20,658.67 m ² 14,176.73 m 944.00 mt

引用元 : REV. 1 CAPITAL AND O&M COST ESTIMATES Medupi FGD Retrofit Project B&V PROJECT NO. 178771 B&V
FILE 25.2000 ESKOM DOC NO. 200-128137

FGD 装置関連施設の建築建屋上部構造は基本設計によるとコンクリート構造と鉄骨構造の2種類に分けられる。コンクリート構造の建屋には主に変電設備や共通施設が該当し、鉄骨構造の建屋には機械室が該当する。下記に上部構造別の建築建屋配置図を示す。



出典：JICA 調査団にて作成

図 9.2-1 上部構造別 建築建屋配置図

10. 本事業の組織体制

10.1 Eskom の組織体制にかかる現状

10.1.1 Eskom の組織体制にかかる法令

(1) 一般法令

2001年4月13日に制定、2002年7月1日に施行された Eskom 民営化法 (Eskom Conversion Act) により、Eskom は国営企業へと転換した。Eskom の単独株主は公営企業大臣 (Minister of Public Enterprises) を代表とする南アフリカ共和国政府である。国営企業として、Eskom の経営は下記に示す法令の順守が求められる。

- Code of Corporate Practices and Conduct contained in the King Report on Corporate Governance for South Africa 2002 (King II Report)
- Protocol on Corporate Governance in the Public Sector 2002
- Companies Act, 71 of 2008
- Public Finance Management Act, 1 of 1999, as amended by Act 29 of 1999 (PFMA)

(2) 労働、雇用、健康、安全に係る規制

Eskom では以下に示す労働、雇用、健康、安全に係る法令を順守して経営にあたっている。

- Labour Relations Act 66 of 1995 (LRA), amended in 2002 by Labour Relations Amendment Act, 2002
- Basic Conditions of Employment Act 75 of 1997 (BCEA), amended in 2002 by the Basic Conditions of Employment Amendment Act 2002
- Employment Equity Act 55 of 1998 (EEA)
- Skills Development Act 97 of 1998 (SDA)
- Unemployment Insurance Act, 2001 (UIA)
- Occupational Health and Safety Act 85 of 1993 (OHSA)
- Compensation for Occupational Injuries and Diseases Act 130 of 1993 (COIDA)

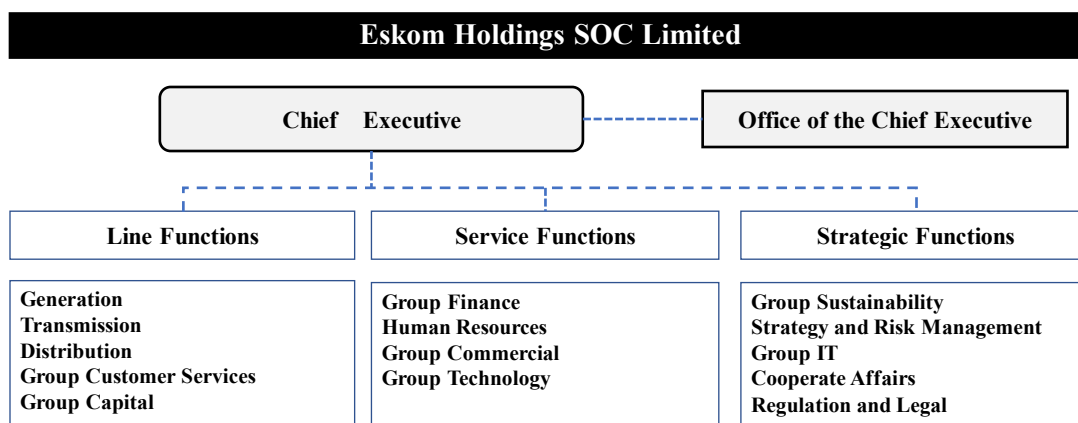
10.1.2 Eskom の組織体制

(1) 全体

Eskom グループは、Eskom ホールディングス並びに複数の子会社から構成される。Eskom ホールディングスは 3 つの主な機能グループ、すなわち Eskom の根幹業務の運営を担うライン部門 (Line Functions)、社内の各部門に必要なオペレーション・サービスを提供するサービス部門 (Service Functions)、及びビジネス開発を担う戦略部門 (Strategic Functions) を有する。グループの本部機能はヨハネスブルクにあり、発電所は南アフリカ国中に存在する。同社は南アフリカのほとんどの主要な都市に事務所を置いている。

体制の変化に伴い組織体制は見直される予定であるが、Eskom の組織図は以下に示す通

りである⁸。メデュピ TPS での FGD の建設を担うプロジェクト組織はグループ・キャピタル・ディビジョン (Group Capital Division) に属することになるが、同発電所における稼働中のユニット及び FGD 稼働後の運転・維持管理は、ジェネレーション (発電)・ディビジョン (Generation Division) によって行われる。全体の組織体制の中で両者の所属が異なる点に注意が必要である。

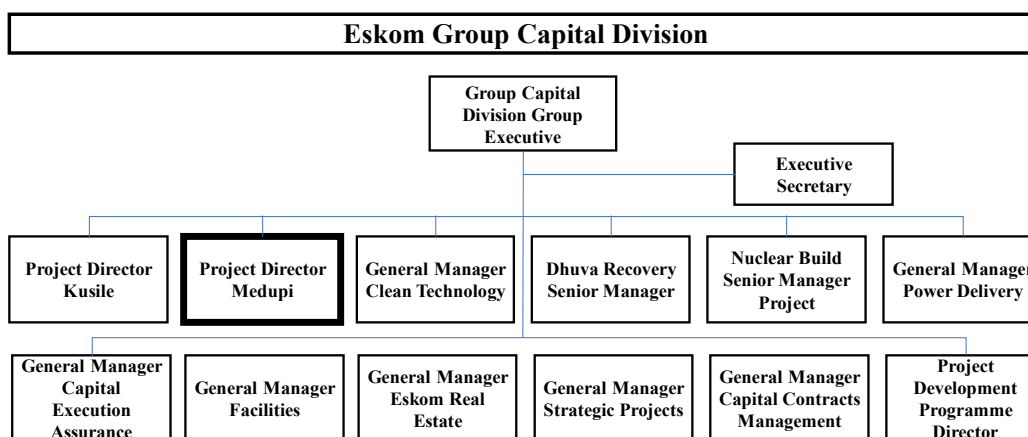


出典: Eskom Integrated Report 2015 に基づいて JICA 調査団にて作成

図 10.1-1 Eskom の組織体制

(2) グループ・キャピタル・ディビジョンの組織体制

グループ・キャピタル・ディビジョンの役割は全社レベルでのあるいは大規模プロジェクトの計画、開発、モニタリング及び実施の各段階における設備投資の割り当て及びモニタリングに関しての中核拠点となることである。メデュピ・プロジェクトのプロジェクト・ディレクターはグループ・キャピタル・ディビジョンの担当役員の指揮・命令を受けてプロジェクトを統括する。



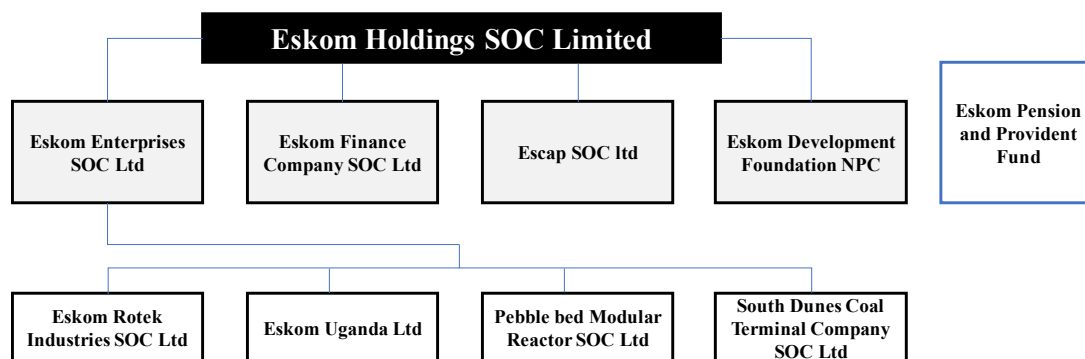
出典: Eskom からの提供情報に基づいて JICA 調査団にて作成

図 10.1-2 グループ・キャピタル・ディビジョンの組織体制

⁸ 図 10.1 1 に示す組織体制は Eskom Integrated Report 2015 の情報を基に作成したものであるが、2017 年 11 月の Eskom への聞き取り調査においても同様の組織体制にあることを確認した。

(3) 子会社

Eskom は複数の子会社をその傘下に持つ。Eskom エンタープライズ (Eskom Enterprise) はプラントのライフサイクルに応じた各段階におけるメンテナンス支援、ネットワーク防護、及び Eskom ホールディングスの各部署に対する能力向上プログラムに関するサービスを提供している。Eskom エンタープライズはメデュピ TPS を含め主に南アフリカ国内においてサービスを提供しているが、一方で 2 つの子会社がマリ、セネガル、モーリシャス、ウガンダなどにおける電気事業のメンテナンス契約に関心を有している。Eskom ファイナンス (Eskom Finance Company SOC) は Eskom グループの従業員に対して住宅ローンを提供している。Escap は Eskom の自家保険取扱会社であり、Eskom グループのビジネス上のリスクに対応している。Eskom 開発基金 (Eskom Development Foundation) は、Eskom が保有する非営利企業であり、Eskom の社会投資を管理している。Eskom の主要子会社は下図に示すとおりである。



出典: Eskom Integrated Report 2017 に基いて JICA 調査団にて作成

図 10.1-3 Eskom の主な子会社

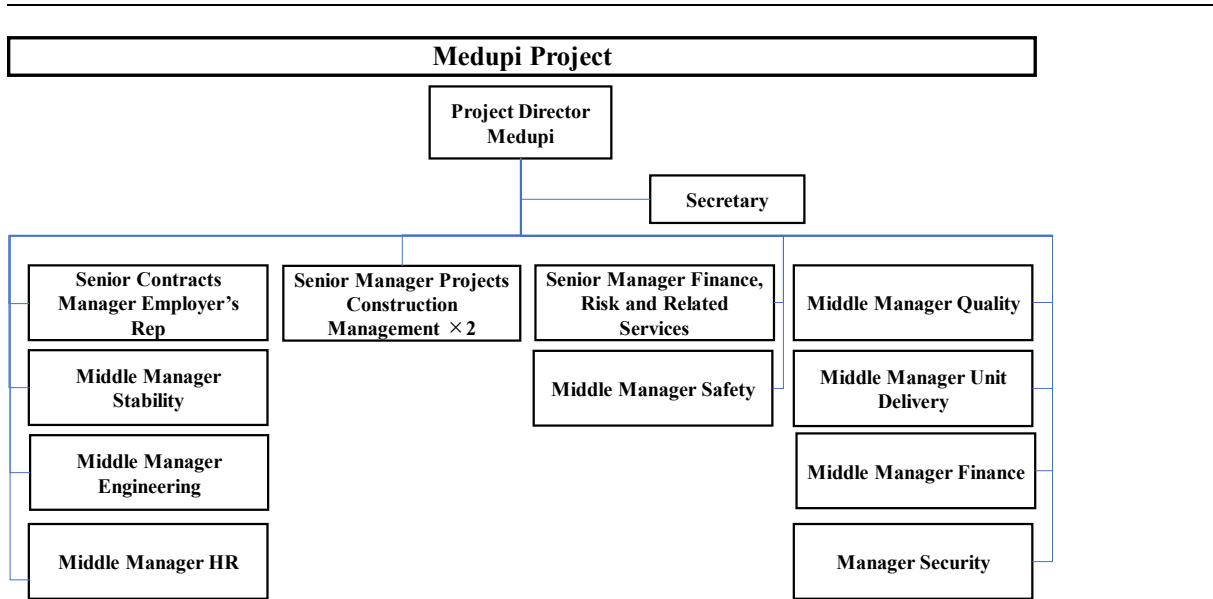
(4) メデュピ TPS の組織体制

メデュピ TPS では、現在進行中のユニットの建設はグループ・キャピタル・ディビジョン傘下のメデュピ・プロジェクトによって監理されており、稼働中のユニットの運転・維持管理はジェネレーション (発電)・ディビジョンのもとで行われている。

1) メデュピ・プロジェクト

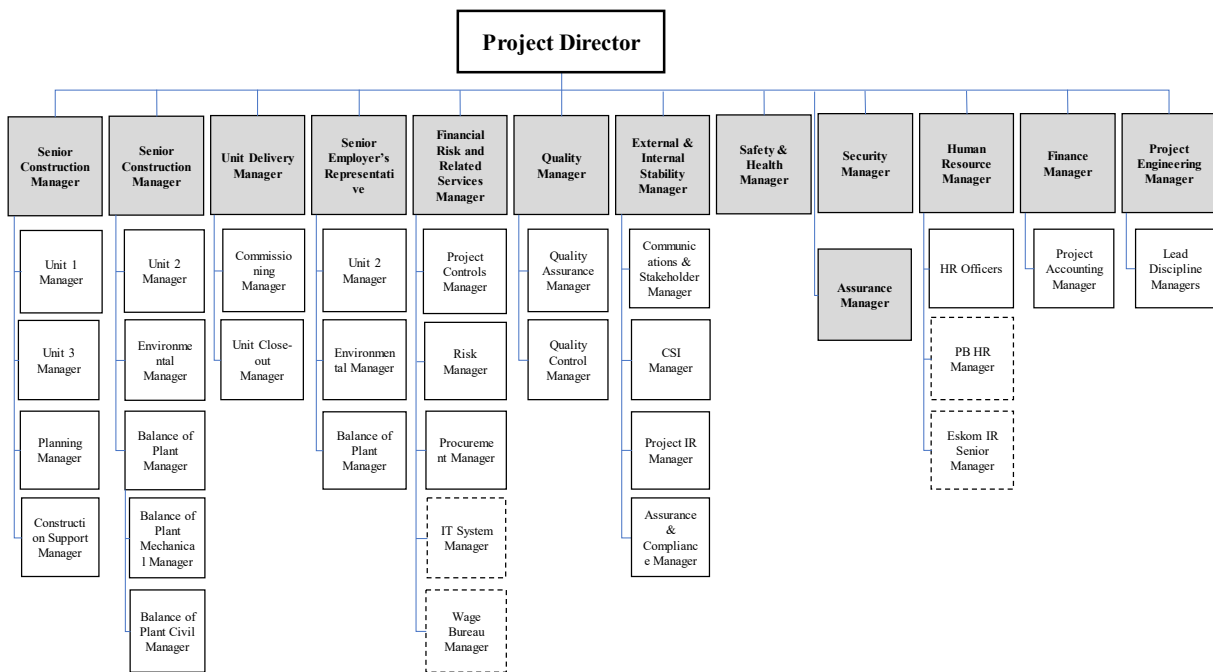
A) 組織

メデュピ・プロジェクトの組織体制は図 10.1-4 に示すとおりである。なお、以下の組織体制は 2017 年 11 月時点で Eskom に聞き取り調査をした際に確認したものであり、Eskom 内部での更なる検討の結果組織体制が変更されることがあり得る。



出典: Eskom からの提供情報に基づいて JICA 調査団にて作成

図 10.1-4 メデュピ・プロジェクトの組織体制（概要）



出典: Eskom からの提供情報に基づいて JICA 調査団にて作成

図 10.1-5 メデュピ・プロジェクトの組織体制（詳細）

B) 職員構成

メデュピ・プロジェクトの職員構成は下表のとおりである。

表 10.1-1 メデュピ・プロジェクトの職員構成

職種	正規雇用	有期雇用	外注業者	合計
Construction Management	69	40	42	151
SHEQ	11	47	126	184
Project / Site Services, CSI	16	67	29	112
Contract Management	38	30	78	146
Project Controls	4	8	4	16
Commissioning	18	2	-	20
Engineering	83	2	21	106
Other Eskom secondments	9	-	-	9
Finance	14	1	-	15
Commercial & Procurement	6	1	-	7
Human Resources	4	2	1	7
Trainees & Lerner Artisans	62	-	-	62
合計	334	200	301	835

出典: Eskom

2) メデュピ TPS のジェネレーション（発電）・ディビジョン

A) 概要

(a) 機能別グループ

メデュピ TPS のジェネレーション（発電）・ディビジョンは3つの主要な機能別グループによって構成されている。コア・グループ (Core Group)、サポート (Support)、及び P/Line である。各々の機能別グループの下にはさらにいくつかのグループが存在するが、中でも発電所の運転及び維持管理に主要な枠割を果たしているのが、いずれもコア・グループに属するオペレーティング・グループ (Operating Group)、メンテナンス・グループ (Maintenance Group)、及びエンジニアリング・グループ (Engineering Group) である。メデュピ TPS のジェネレーション（発電）・ディビジョンの機能別グループは下図に示すとおり構成となっている。

Generation Division at Medupi Power Station		
CORE GROUPS	SUPPORT	P/LINE
PSM Office Operating Maintenance Engineering Risk Management Coal Management Environmental Management FTC (Documentation)	Finance HR & EAL Commercial MM Medical Centre Fleet Management Protective Services	Pupil Tech (Maint/Eng/Chem) Interns LPO University Bursars

出典: Eskom からの提供情報に基づいて JICA 調査団にて作成

図 10.1-6 メデュピ TPS のジェネレーション（発電）・ディビジョン傘下の機能別グループ

(b) 職員構成

メデュピ TPS のジェネレーション（発電）・ディビジョンの職員構成は下表に示すとおりである。

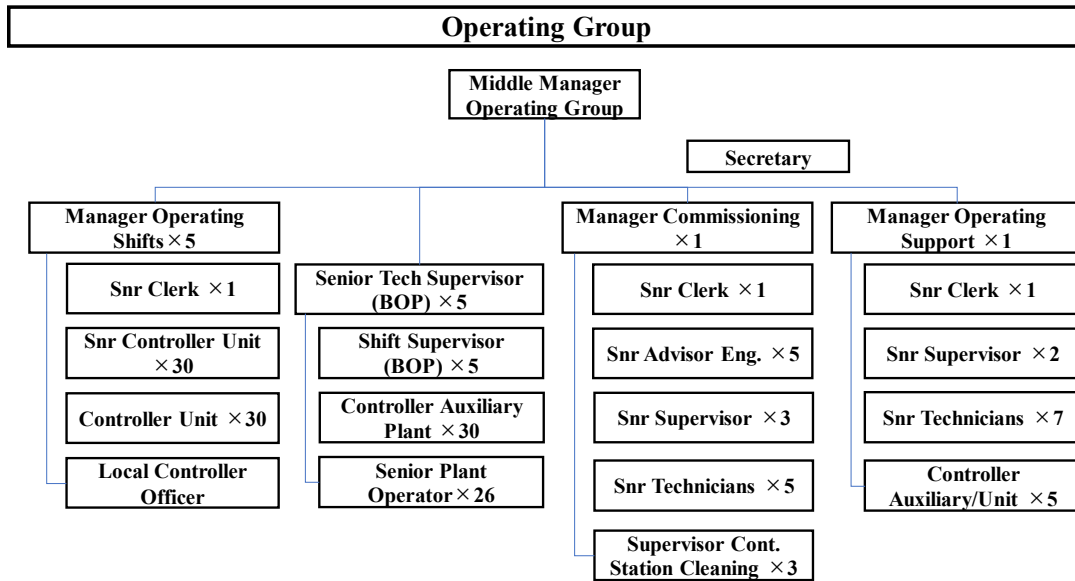
表 10.1-2 メデュピ TPS のジェネレーション（発電）・ディビジョンの職員構成

機能別 グループ	グループ	実数	計画	実数 合計	年末の 計画数
Core Groups	PSM Office (excl. PSM)	1	1	287	307
	Operating	121	145		
	Maintenance	50	66		
	Engineering	81	110		
	Risk Management	15	26		
	Coal Management	5	8		
	Environmental Management	3	3		
	FTC (Documentation)	10	-		
Support	Finance	7	12	92	-
	HR&EAL	2	8		
	Commercial	9	15		
	MM	7	15		
	Medical Centre	1	2		
	Fleet Management	3	3		
	Protective Services	62	62		
P/Line	Pupil Tech (Maint/Eng/Chem)	13	20	59	-
	Interns	8	10		
	LPO	7	7		
	University Bursars	31	30		

出典: Eskom

B) オペレーティング・グループ

オペレーティング・グループの組織体制は下図に示すとおりである。



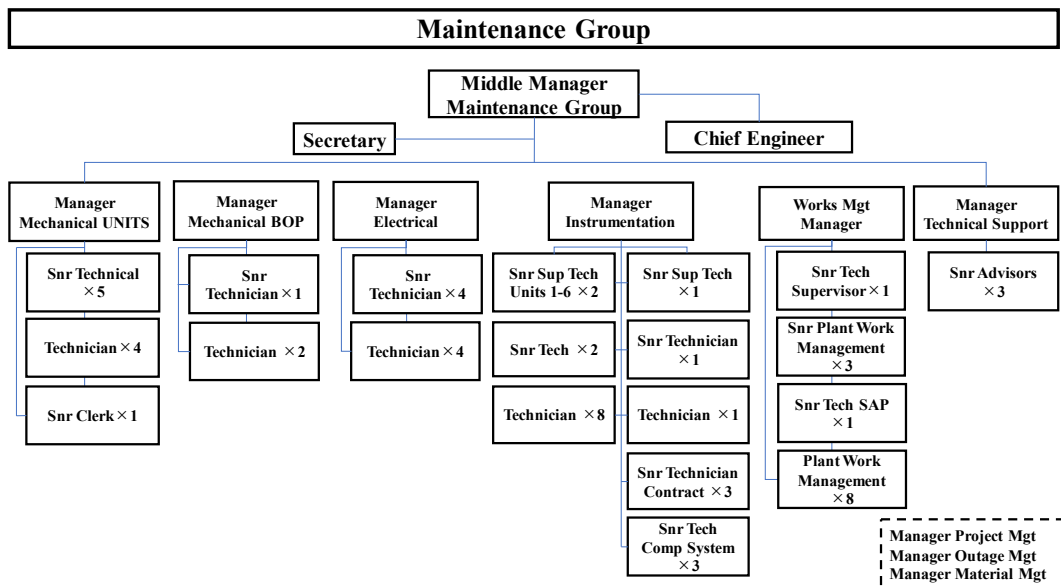
注: 数字は所属する職員数を示す

出典: Eskom からの提供情報に基づいて JICA 調査団にて作成

図 10.1-7 メデュピ TPS のオペレーティング・グループの組織体制

C) メンテナンス・グループ

メンテナンス・グループの組織体制は下図に示すとおりである。



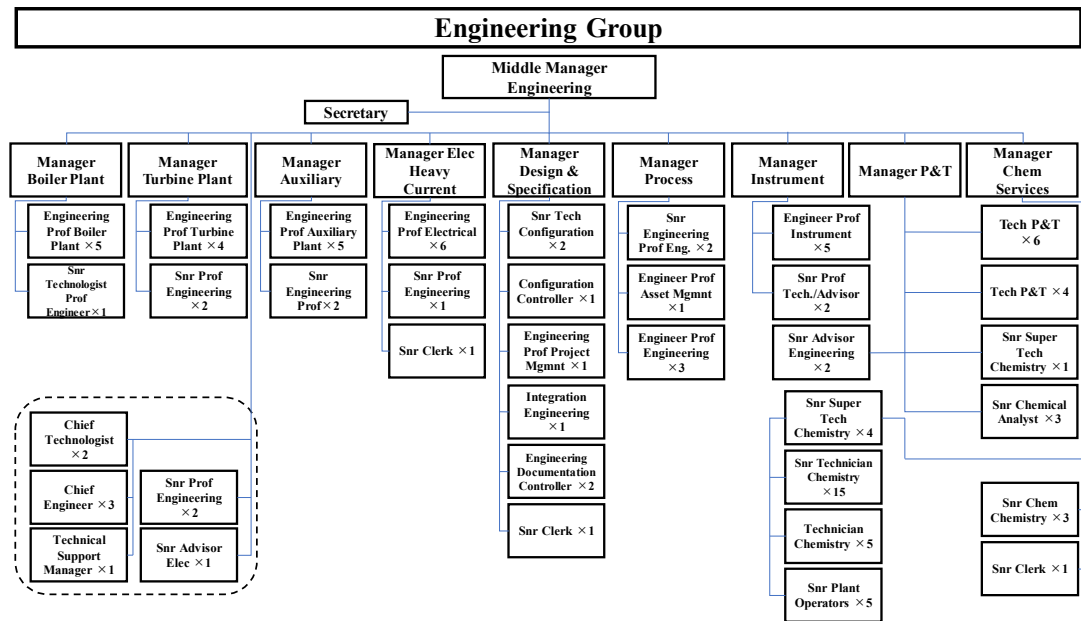
注: 数字は所属する職員数を示す

出典: Eskom からの提供情報に基づいて JICA 調査団にて作成

図 10.1-8 メデュピ TPS のメンテナンス・グループの組織体制

D) エンジニアリング・グループ

エンジニアリング・グループの組織体制は下図に示すとおりである。



注: 数字は所属する職員数を示す

出典: Eskom からの提供情報に基づいて JICA 調査団にて作成

図 10.1-9 メデュピ TPS のエンジニアリング・グループの組織体制

10.1.3 運転・維持管理にかかる職員の人員構成

2017年10月現在、メデュピ TPS のユニット6、ユニット5、及びユニット4の商業運転にかかる職員の人員構成は下表に示すとおりである。

表 10.1-3 ユニット6、5、4の商業運転にかかる人員構成 (2017年10月現在)

ポジション	必要人員	ユニット6 実数	ユニット5 実数	ユニット4 実数	空席
Shift Manager	5			5	0
Snr Controller	15	5	5	5	0
SPO Boiler and Turbine	15	5	5	5	0
EOD LCO	5			5	0
SPO EOD	5			5	0
Supervisor BOP	5			5	0
Controller BOP	5			5	0
Controller BOP/Plant	5			5	0
Coal	3			3	0
Chemistry	15			27	0
Commissioning	5			8	0
合計	83			98	0

出典: Eskom

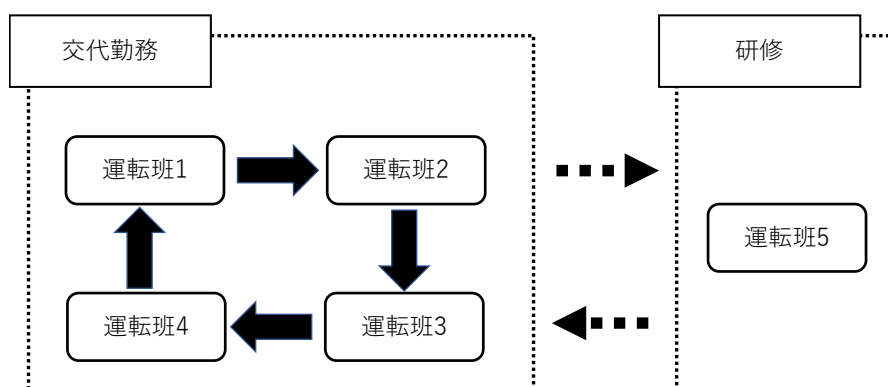
10.2 既存の発電所における FGD の運転・維持管理体制の現状

10.2.1 クシレ TPS のケース

(1) 運転体制

FGD の運転は運転員（Controller：1名）と現場操作員（Filed Operator：1名）の計2名が1チームとなって2つの FGD を担当する。本準備調査のために現地調査を行った2017年11月現在、クシレ TPS は1号機及び2号機のみが稼働中であったが、最終的に6ユニットそれぞれに FGD が設置されれば、その運転に必要な人数は6名（2名×3チーム）となる。FGD の運転は5班によるシフト体制（4班が交代勤務、残り1班は研修）で、12時間勤務での交代制が想定されている。したがって、最終的に FGD の運転に必要な人数は6名×5班=30名となる。クシレ TPS における FGD の運転体制の概要（すべての FGD 設置後の想定）は以下の図に示すとおりである。

ユニット・クラスター	ユニット	運転班（1班あたり）
クラスター 1	FGD ユニット 1	運転員 (1名) 現場操作員 (1名)
	FGD ユニット 2	
クラスター 2	FGD ユニット 3	運転員 (1名) 現場操作員 (1名)
	FGD ユニット 4	
クラスター 3	FGD ユニット 5	運転員 (1名) 現場操作員 (1名)
	FGD ユニット 6	
合計		運転員 (3名) 現場操作員 (3名) } 6名



出典: Eskom からの提供情報に基づいて JICA 調査団にて作成

図 10.2-1 クシレ TPS の FGD の運転体制（すべての FGD 設置後の想定）

なお、FGD、ユニット、BOP それぞれに別の運転室が設けられている。FGD の運転室には FGD の運転員及び (Controller) と現場操作員 (Filed Operator) が配置されている。

(2) 維持管理体制

FGD のメンテナンスに関しては、ユニットのメンテナンスとは別に専門のメンテナンス・チームを設置している。

(3) 教育・訓練

現在 GE-Alstom の担当者が常駐し、FGD のオペレーションに関する技術指導を行っている。また、FGD のオペレーションの訓練のためのシミュレーターが設置されており、運転員はシミュレーターを用いて FGD の運転の訓練が可能である。

10.3 本事業での FGD 導入にかかる組織体制

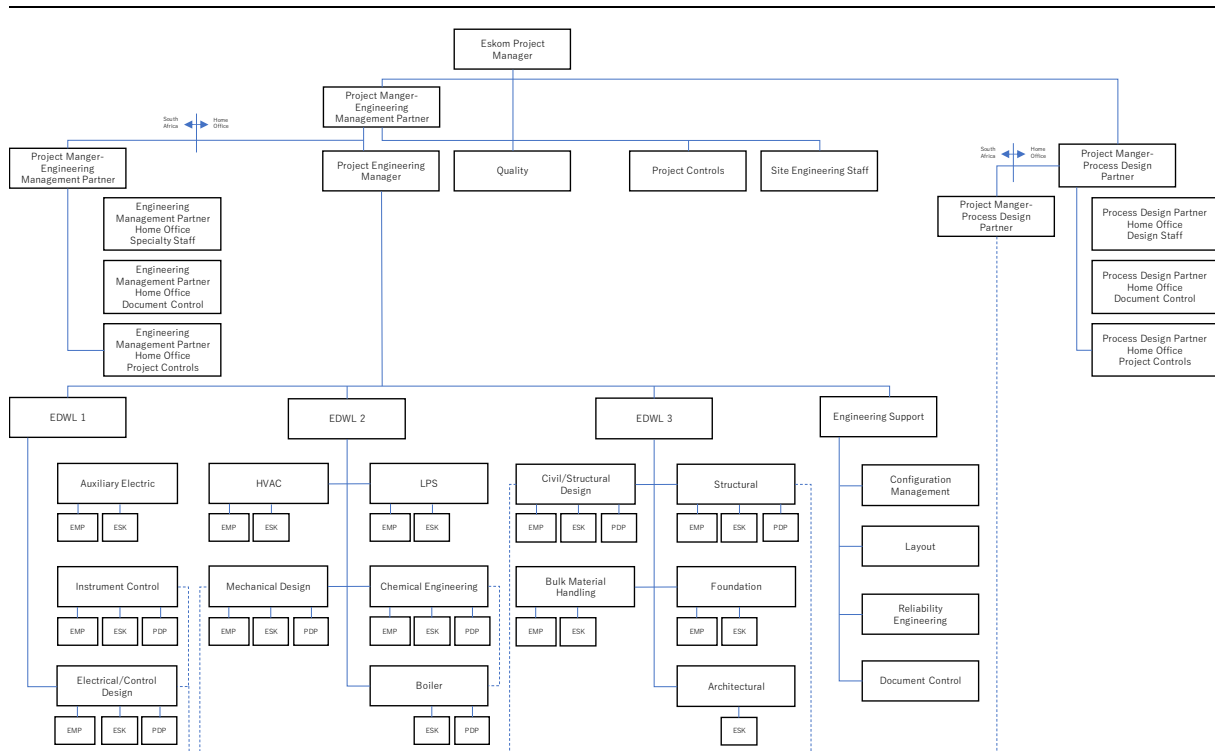
FGD 導入に関しては本準備調査の段階では不確定な要素も多く、現時点で具体的な事業実施体制や、FGD 導入後の運転・維持管理体制について詳述することは困難である。したがって、以下では基本設計についてレビューするとともに、本準備調査期間中に Eskom 側へのインタビュー等を通して明らかとなった現時点における検討状況、さらにこれらを踏まえて JICA 調査団として考える留意事項を述べる。

10.3.1 事業実施体制

(1) 基本設計⁹のレビュー

基本的な考え方として、本事業は Eskom のチームが主導し、設計及びエンジニアリングの管理は事業の開始前に決定される外部コントラクタによって補完されるとしている。基本設計で示されている事業実施体制を以下に示す。

⁹ Project Execution Plan, Medupi FGD Retrofit Project (2014), Eskom



出典: Project Execution Plan, Medupi FGD Retrofit Project (2014), Appendix B, Eskom

図 10.3-1 基本設計における本事業の組織体制

(2) 基本設計における事業実施体制の評価

Eskom によれば、基本設計に示された考え方に基づいて事業実施体制を構築するつもりはなく、Eskom の標準に基づいて事業実施体制が構築される予定である。本事業の期間は借款契約準備段階から現場での試運転試験の完了まで 111 ヶ月(約 9 年)を想定しており、したがって事業実施体制も事業の進捗段階に応じて見直しが必要であることに留意する必要がある。以下に特に留意すべき事項を挙げる。

- ・ Eskom が想定している事業実施体制は、主に建設段階のものと考えられる。事業の立ち上げから設計、調達、建設、運営・維持管理に至るまでに必要な組織の構成が事業の進捗の段階で変化することを考慮して、事業実施体制を計画する必要がある。
- ・ 事業スコープやスケジュールの変更など、事業全体に影響を及ぼす可能性のある事項に関連する意思決定の方法やプロセスを明確にすることが必要である。また各担当者の責任事項についても明確にする必要がある。
- ・ 建設段階では期間を短縮するために、3~4 つのチームが形成され、建設作業が並行して行われることが想定されている。この場合、プロジェクト管理が複雑になるため、事前に適切な事業実施体制を検討する必要がある。
- ・ 現場での事業実施を監督するプロジェクト・インプリメンテーション・ユニット (PIU) の設置¹⁰を検討すべきである。

¹⁰ Figure 10-3-2 PSC を含むプロジェクト組織体制図(案)を参照のこと。

(3) 事業実施体制にかかる検討状況

1) 事業実施体制

2018年12月現在、本事業に関しては、プロジェクト・ディレクターを含め、数名がメデューピ TPS 建設事業との兼任ないし専任で任命されている。Eskom からの聞き取りによれば、今後、Eskom 本社やメデューピ、クシレ TPS などの内部人材及び Eskom 内に求められる人材がない分野については外部コンサルタントを雇用する想定である。Eskom からの聞き取りによれば、プロジェクトを立ち上げる際の標準的な組織体制が整備されており、本事業も同標準に沿って組織体制の整備がなされる予定である。

2) 本事業にかかる Eskom の内部ガバナンス体制

Eskom 全体の組織体制上¹¹、本事業は、グループ・キャピタル・ディビジョン¹²の下に位置し、同プロジェクト・ディレクターは、グループ・キャピタル・ディビジョンの担当役員に対してレポーティングすることとなる。設計、スコープ、スケジュールなど本事業にかかる大きな変更については、まずプロジェクト・ディレクターからグループ・キャピタル・ディビジョンの担当役員に報告され、その後、グループ・キャピタル・ディビジョンの部門委員会 (Division Committee)、グループ・キャピタル・ディビジョンが主催する財務委員会 (Capital Committee) 及び投資委員会 (Investment Committee) によって、Eskom としての承認及び意思決定がなされることとなっている。なお、通常のケースでは資金提供者 (投資機関) との窓口は、グループ・ファイナンス・ディビジョンの財務部門が担当しており、事業の進捗状況や課題等の報告は同部門から行われることになる。

(4) 留意事項

1) プロジェクト・ステアリング・コミッティー (PSC) の設置

基本設計では、本事業を監督する組織体の設立について言及しておらず、また Eskom からの聞き取りでも、本事業は、Eskom が実施する他のプロジェクトと同様、プロジェクト組織の上位に特別な組織を置く想定はなされていない。しかしながら本事業が円借款によって供与される資金によって実施されるものであること、また JICA、アフリカ開発銀行 (AfDB)、新開発銀行 (NDB)、アフリカ経済開発アラブ銀行 (BADEA) との協調融資が想定されていることを考慮すると、融資機関を含む関係者が常に進捗状況を確認するとともに、課題等を共有しその解決に向けて協調して行動することが求められる。この観点から JICA 調査団は、関係機関と事業の着実な推進を目的としてプロジェクト・ステアリング・コミッティー (PSC : Project Steering Committee) の設置を提案する。PSC の概要は以下の通りである。

¹¹ Eskom 全体の組織体制については、図 10-1-1 Eskom の組織体制を参照のこと。

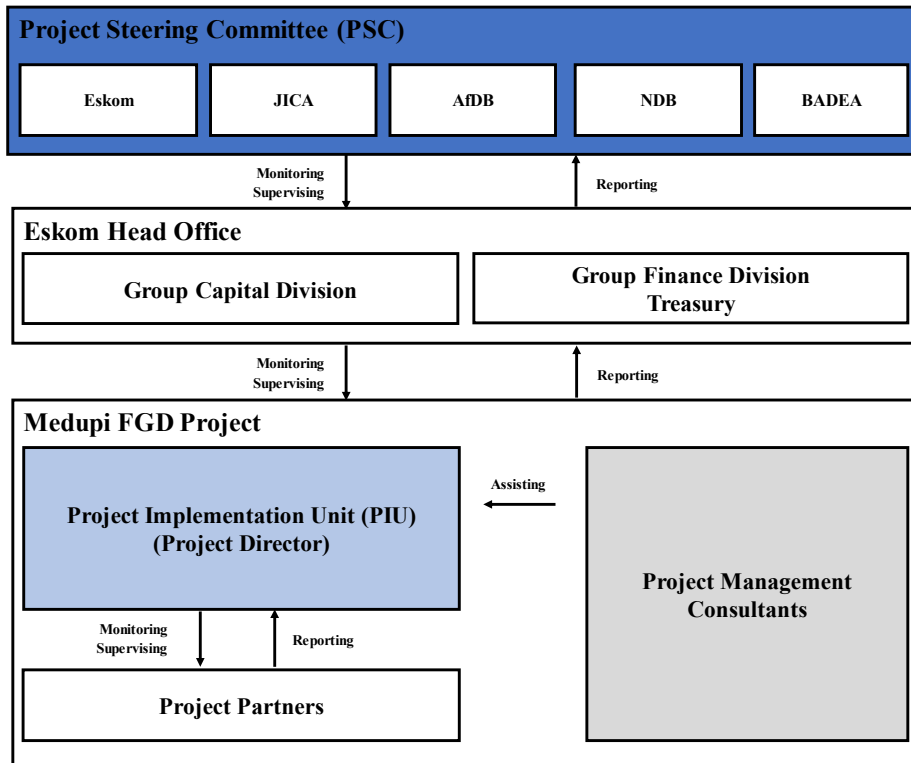
¹² グループ・キャピタル・ディビジョンには「プロジェクト・開発」と「コンストラクション・マネジメント」の2つの部署があり、本事業は「コンストラクション・マネジメント」に所属することとなる。

表 10.3-1 プロジェクト・ステアリング・コミッティー（PSC）の概要

役割と責任	<ul style="list-style-type: none"> a) 目的とスコープに沿って事業の実施を監督すること b) 事業実施に関与する関係者間の調整を支援すること c) 事業にかかる成果の進捗を監視すること d) 事業の円滑な実施と成果に影響を及ぼしかねない課題の発生を監視するとともに、必要な対策をとること e) 事業実施に向けた指針と方向性を提供すること
委員の構成	<ul style="list-style-type: none"> ・ Eskom ・ JICA ・ アフリカ開発銀行（AfDB） ・ 新開発銀行（NDB） ・ アフリカ経済開発アラブ銀行（BADEA）
協議の開催	<ul style="list-style-type: none"> ・ 半年に 1 回及び必要性が生じたとき

出典: JICA 調査団にて作成（Eskom と JICA 間での協議内容（Minutes of Discussions on Flue Gas Desulphurization Retrofit Project for Medupi Coal-fired TPS between Eskom Holdings SOC Ltd. and Japan International Cooperation Agency, , Annex II Main Points Discussed）を基に作成）

以下に PSC を含む事業実施体制図（案）を示す。



出典: JICA 調査団にて作成

図 10.3-2 PSC を含む事業組織体制図（案）

2) コンサルタントの雇用¹³

JICA「円借款事業の調達およびコンサルタント雇用ガイドラインに係るハンドブック」(2012年4月)で言及されている通り、円借款プロジェクトを推進するにあたって中立的な立場から借入人に対して助言を与えるコンサルタントの雇用の必要性については円借款の交渉に先立ち、または円借款の交渉に際して合意されるものであり、コンサルタントのTOR またその契約金額及び実施スケジュールについても借入人とJICAとの間で合意される必要がある。Eskom側はコンサルタントの雇用が必要であるものと認識しているが、一方でコンサルタント選定方法やその業務内容、プロジェクト組織における位置づけなどについては理解が十分ではないため、これらを整理の上、JICA側とEskom側で共通理解を深めることが早急に求められる。現在、Eskomはシュタインミュラー(Steinmüller Engineering)及びブラック・アンド・ビーチ(Black & Veatch)との包括的なコンサルタント契約関係にあり、両社はクシレTPSやメデュピTPSだけでなく、Eskomの実施するプロジェクトに全般的に関与している。本事業のコンサルタントとの雇用に関しては、これらコンサルタント会社との関係について十分に留意が必要である。

参考までに、円借款事業における一般的なコンサルタントの業務について表10.3-2に示す。

¹³ コンサルタントの雇用については第12章にて詳述。

表 10.3-2 コンサルタントの業務

準備業務

- (i) 詳細な調査および投資前スタディの見直し
 - (ii) 詳細設計、仕様書および契約書類の作成
 - (iii) 請負業者または供給者の事前資格審査 (P/Q)
 - (iv) 入札評価および落札者決定にかかる提言
 - (v) 環境影響調査の実施／レビューを含む、環境および社会面に関連する提言および／または調査業務
-

実施業務

- (i) 建設の施工監理
 - (ii) 本事業の実施および経営のための技術面・管理面の業務
 - (iii) 環境管理、環境モニタリング、環境監査を含む、環境および社会面に関連する提言および／または調査業務
-

開業、運営にかかる補助業務

本事業完成後の施設の維持管理、開業および当初一定期間の運営における補助

その他、本事業のために必要な業務

- (i) 開発計画、セクター開発計画、制度構築等に関する助言業務
 - (ii) 本事業についての諸提言、事後評価およびインパクト・スタディの実施補助
 - (iii) その他、借入人を補助する業務
-

出典: JICA 「円借款事業の調達およびコンサルタント雇用ガイドラインに係るハンドブック (和)」(2012年4月)

10.3.2 設計段階における組織体制

(1) 基本設計¹⁴のレビュー

1) 設計段階の作業スコープ

設計段階における作業スコープには、設計業務を完成させるためのすべての作業、すなわち調達仕様及び調達パッケージの検討、コントラクタによって提供される詳細設計のレビューと必要な調整、その他の詳細設計等が含まれる。以下に設計段階において想定される必要な主な作業及び成果品¹⁵を示す。

■設計

- プロセス設計
- 土木構造設計
- マテリアルハンドリング設計
- 機械設計
- 化学設計
- 電気設計
- 計装制御設計
- アレンジメントデザイン

■設計成果物一覧

■設備及び建設のための調達仕様

■入札評価と交渉サポート

■コントラクタから提出される製作図面及び設計のレビュー

■建設段階への支援

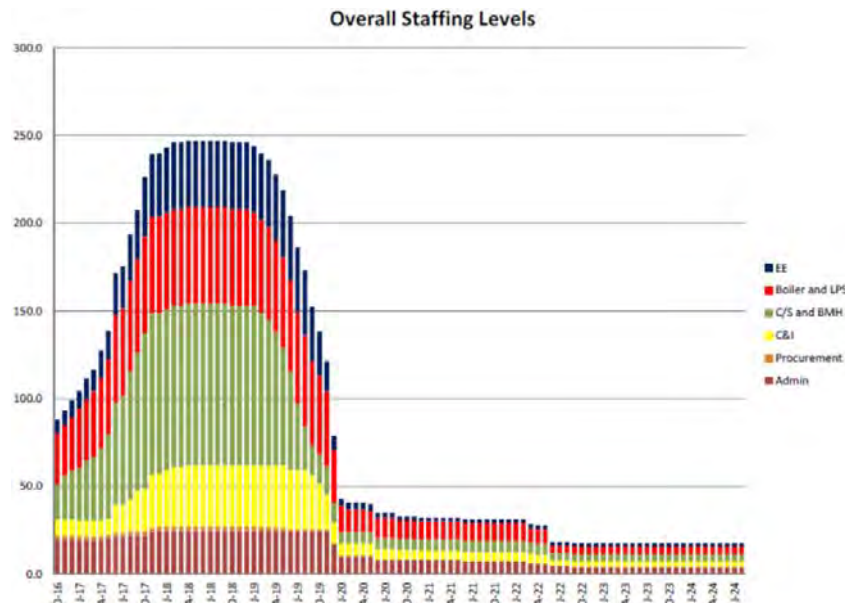
■稼働開始と試運転のサポート

2) 設計段階における組織体制

基本設計では、本事業の開始時には 88 名のフルタイム職員が配置され、以降スタッフの数は本事業の開始から 19 ヶ月目頃までに最大 247 人（外部コントラクタを含む）に達すると想定している。必要な人員数はピークに達した後、38 ヶ月後に約 30 人、そして本事業の後半に約 20 人で安定する。当初の設計段階での作業量が膨大であることから、本事業前半で多くの人員が本事業に従事することになる。

¹⁴ Project Execution Plan, Medupi FGD Retrofit Project (2014), Eskom

¹⁵ Project Execution Plan, Medupi FGD Retrofit Project (2014), pp.20-24, Eskom



出典: Project Execution Plan, 基本設計, p.4-25

図 10.3-3 設計 (Engineering) に必要な人員数の推移 (想定)

(2) 設計段階の組織体制にかかる検討状況

Eskom からの聞き取りでも、前述した設計段階における人員構成についての基本的な考え方に変化がないことが確認された。一方で、ERA の承認に先立って準備される設計文書の中で詳細な作業項目が検討されることになっており、これらの作業を切り分け、外部コントラクタ (コンサルタント) からの支援も受けながらどのように作業を進めていくかについては本準備調査の段階では未定である。

(3) 留意事項

1) 適切なプロジェクト・マネジメント

上述の通り、設計段階においては Eskom の人員のみならず外部コントラクタ (コンサルタント) を含めて多数の人材が本事業に従事することになる。このため、全ての本事業関係者が参加する定期ミーティングの開催、プロジェクト・インプリメンテーション・ユニット (PIU) からの情報発信などを通じて、常に最新の進捗や課題が関係者間で共有されるよう努める。また、設計文書は膨大な量に上ることが想定されることから、適切な文書管理の徹底が求められる。

2) FGD の設計にかかる知識・スキルの習得

本事業で導入する FGD は、クシレ TPS での先行経験があるとはいえ、Eskom (南アフリカ) にとってまだ新しい技術であり、本事業を通じて Eskom の技術者が FGD に関しての知識・スキルアップの向上を図ることのできるような体制・仕組みの構築が求められる。設計段階では外部コントラクタ (コンサルタント) との共同作業となるが、Eskom の技術者を積極的に本事業に参画させることにより、FGD に関する知識・スキルの獲得に努め、Eskom、ひいては南アフリカ国内の FGD に関する技術力の向上を図ることが必要である。

10.3.3 建設段階における組織体制

(1) 基本設計¹⁶のレビュー

1) 建設段階の作業スコープ

基本設計では、建設段階では現場にて建設作業を統括するサイト・プロジェクト・マネージャー（SPM）の配置が想定されている。サイト・プロジェクト・マネージャーは、労使関係マネージャー、契約マネージャー、エンジニアリング・マネージャー、サポート・サービス・マネージャー、労働安全衛生マネージャー、品質管理マネージャー、コントロール・マネージャー、及びスタートアップ・マネージャーを含むライン・マネージャーから報告を受けることとなっている。建設段階における主なタスク¹⁷は以下のとおりである。

- コントラクターと設計及び調達部門間の調整
- 建設契約の管理と進捗に応じた支払いの決定と承認
- コントラクターからの資材・資材の受領及び保管
- 安全、警備体制、保険、火災・医療設備の管理など、プロジェクトサイト全体の安全及びリスク回避のための対応
- 共通施設の清掃及びメンテナンスを含む現場サービスプログラム全体の管理
- クリティカル・パス・スケジュールを含む全体的な建設スケジュールとコスト管理
- 本事業全体の建設品質保証・管理プログラムの管理
- 本事業建設環境管理及び性能保証プログラム全体の管理
- 本事業の状況、進捗、コスト、スケジュールの経営陣への報告
- 雇用安定化プログラムを含む本事業全体の労使関係の管理
- オペレーション・スタッフへのシステム及びユニットの引継ぎを含む、プラントスタートアップ及び試運転プログラムの管理
- 以下を含む労使関係の管理
 - 雇用安定化プログラムの管理
 - 労働者間の調和の促進
 - 統一された本事業就業規律の順守
 - 地元の労働者代表とのコミュニケーションの維持
 - 定例労使会議への出席
 - 労務関連の課題についての本事業管理者への報告
 - 雇用安定化プログラムの適切な周知とすべてのコントラクターと本事業関係者による順守の確保

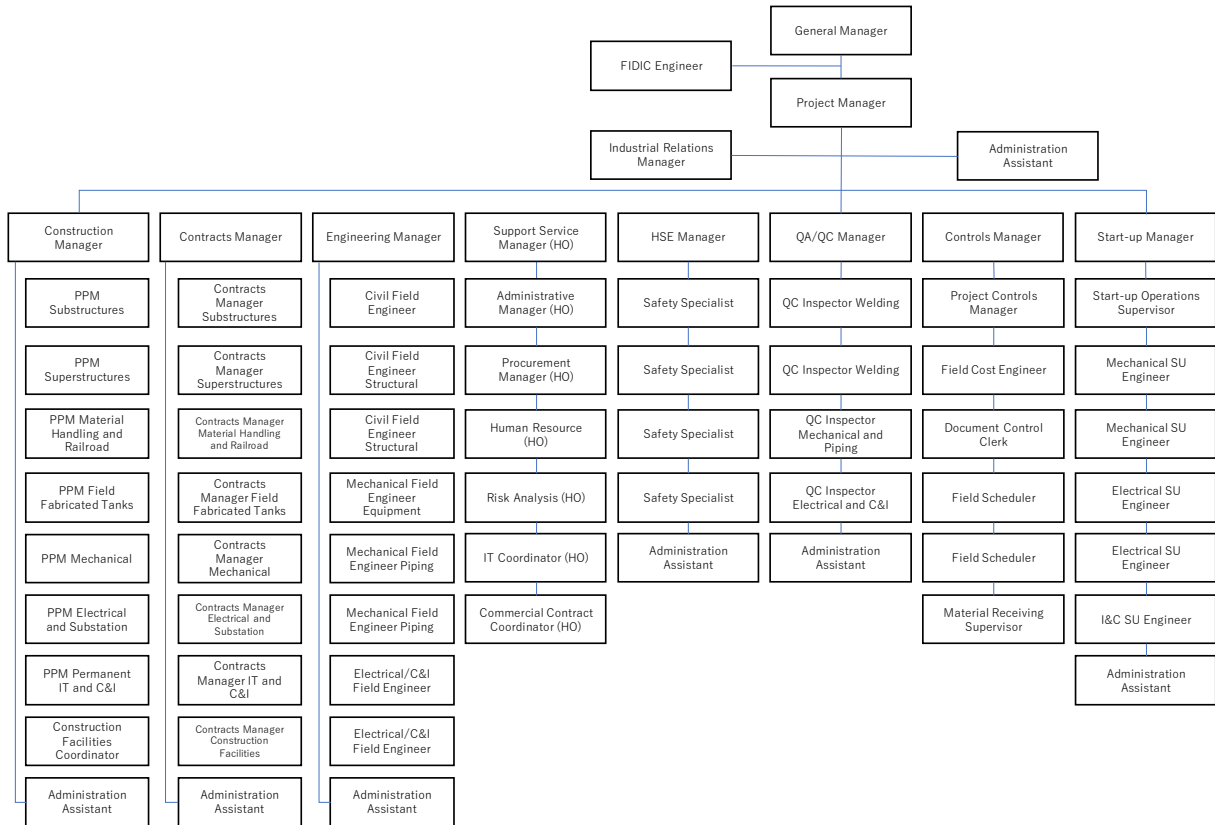
¹⁶ Construction Execution Plan, Medupi FGD Retrofit Project (2014), Eskom

¹⁷ Construction Execution Plan, Medupi FGD Retrofit Project (2014), pp.33-34, Eskom

2) 建設段階における組織体制

A) コンストラクション・マネジメントチーム

コンストラクション・マネジメント・スタッフは、原則として本事業あるいは様々な Eskom の部署から充当された Eskom の要員で構成する。また、Eskom 内部の人間でポジションを埋めることができない場合にはコントラクターから要員を借り上げる場合もある。以下に、コンストラクション・マネジメント・チームの組織体制を示す。



出典: Project Execution Plan, 基本設計, p.4-25

図 10.3-4 コンストラクション・マネジメント・チームの組織体制

B) 建設作業員の確保

ピーク時には約 1,250 人の建設作業員が必要とされると推定されている。コンストラクション・マネジメント・チームと労使関係マネージャーは、コントラクターとともに質の高い労働者の就労を促進するとともに、作業員の労働意欲を高めるための取り組みを行う。

(2) 建設段階の組織体制にかかる検討状況

Eskom からの聞き取りによれば、FGD の建設チームは 3 チームまたは 4 チーム設け、並行して建設作業を進めることで工期を短縮することを想定している。本準備調査の段階では建設段階における具体的な組織体制やコントラクターとの契約、作業員の確保の方法については未定である。

(3) 留意事項

1) 安全管理・品質管理・労務管理の徹底

建設段階においては多くの作業員が並行して作業を行うこととなるため、徹底した安全管理及び品質管理が求められる。本事業開始時だけでなく、定期的に研修プログラムを実施するなどして、作業員が常に安全及び品質についての意識を高く持つようにする仕組みが必要である。また、作業員の就労環境には十分な注意を払い、定例労使会議を開催するなどして、作業員との良好な関係構築に努め、ストライキの発生などによって工期への影響が発生することを避ける。

2) 関係者間の密接なコミュニケーション

建設段階において現場作業員を含めて多くの人数が現場作業に従事することになる。定期ミーティングを開催するなどして関係者間での密接なコミュニケーションをとり、進捗状況や課題が常に共有されるように努めるとともに、関係者間で迅速な課題処理が行われるような仕組みを構築する。また、過去に発生した事故事例を建設段階でステークホルダー間で共有し、同様のトラブルを未然に防ぐことも重要である。

3) 運転・維持管理への円滑な引継ぎ

建設段階におけるプラントスタートアップ及び試運転の段階から運転・維持管理に携わる予定の人員を配置し、円滑な運転・維持管理チームへの引継ぎが行われるよう努める。

10.3.4 運転・維持管理体制

(1) 基本設計¹⁸のレビュー

1) 運転・維持管理の作業スコープ

基本設計では、FGDは6基のユニットごとに設置されている運転室及び共通システムのために設置されている運転室それぞれに運転員が配置されるものと想定している。これに加えて、FGD関連機器の操作は機器の周辺を点検しながら見回りを行う点検員(Inspector)が行うものと想定している。

A) FGD プロセス管理

メデュピ TPS では6基のユニットごとに運転室が設置されており、これに加えて共通のシステムのために共通コントロールが設置されている。FGDの運転もこの構成に従うとすると、各ユニット運転室及び共通システム運転室における運転員の業務は以下の表に示すとおりとなる。

¹⁸ Project Operations and Maintenance Staffing Plan, Medupi FGD Retrofit Project (2014), Eskom

表 10.3-3 FGD 運転のためのシステムと運転員の業務

ユニット運転室 × 6	
FGD ユニットシステム	FGD ユニット運転員の業務
<ul style="list-style-type: none"> ■ Absorbers ■ Absorber recycle pumps ■ Absorber bleed pumps ■ Oxidation air blowers ■ Process water pumps ■ Control of flue gas path dampers ■ Flue gas duct temperatures and pressures ■ Agitators ■ Reagent distribution 	<ul style="list-style-type: none"> ● Overall supervision of the unit specific equipment mentioned above ● Interaction with the inspectors for the respective cluster ● Absorber level control ● Absorber pH control ● Absorber density control ● Limestone feed to Absorbers ● Bleed pump and inlet valve control ● Oxidation air control ● Mist eliminator wash tank level control ● Mist eliminator wash sequences

出典: Project Operations and Maintenance Staffing Plan, Medupi FGD Retrofit Project (2014), pp.5-6, Eskom

表 10.3-4 FGD 共通システム運転のためのシステムと運転員の業務

FGD 共通運転室	
FGD 共通システム	FGD 共通システム運転員の業務
<ul style="list-style-type: none"> ■ Limestone storage silos ■ Limestone feeders ■ Ball mills ■ Reagent storage tanks ■ Reagent distribution pumps and common header ■ Reagent area sumps ■ Reclaim water pumps ■ Gypsum conveyors ■ Vacuum belt filters ■ Filter feed tanks ■ Wastewater treatment ■ Wastewater pre-treatment and post-treatment sludge removal ■ FGD/ZLD equipment cooling ■ ZLD equipment 	<ul style="list-style-type: none"> ● Overall supervision of the unit specific equipment mentioned above ● Interaction with the inspectors for common systems ● Ball mill grinding water flow control ● Ball mill density control ● Reagent feed tank level control ● Filter feed pump pressure control ● Chloride bleed control ● Reclaim water tank level control ● Reclaim water pressure control ● Cake thickness control ● Cake wash flow control

出典: Project Operations and Maintenance Staffing Plan, Medupi FGD Retrofit Project (2014), pp.5-6, Eskom

B) FGD 関連機器管理

下表に示す FGD 関連機器はさらに小さな部品単位に分割して点検・メンテナンスが行われる。これらの機器はメンテナンス計画に沿って点検員 (inspector) 及び金属技術者 (metalworker) によって周期的なメンテナンスが行われる。点検員 (inspector) はオイル残量、漏出、位置、摩耗などの点検・管理とともに目視による部品の点検も行う。これに対して、金属技術者 (metalworker) はスペア・パーツの交換、オイルの交換、潤滑剤の塗布、洗浄などを行う。点検員と金属技術者 (metalworker) によって行われるメンテナンス業務に加えて、プラントメーカ (機器納入業者) によるモーターやポンプのインペラの交換などのようなメンテナンス業務も必要となる。

表 10.3-5 点検・メンテナンス対象の FGD 関連機器

■ Flue Gas Dampers for Absorber 1-6	■ Limestone Slurry Hydrocyclone
■ Absorber 1-6	■ Vacuum Belt Filter 1-5
■ Emergency Drain Tank 1&2	■ Filtrate Receiver 1-5
■ Gypsum Bleed Tank 1&2	■ Vacuum Pump 1-5
■ Reclaim Tank 1&2	■ Filtrate Separator 1-5
■ Process Water Tank 1-3	■ Cloth Wash Tank 1-5
■ Limestone Slurry Feed Tank 1&2	■ Cake Wash Tank 1-5
■ Limestone Ball Mill Weight Belt Feeder 1-3	■ Filtrate Tank 1&2
■ Limestone Wet Ball Mill 1-3	■ Waste Water HC Feed Tank 1&2
■ Limestone Ball Mill Circulation Tank 1-3	■ Waste Water Hydrocyclone 1-2

出典: Project Operations and Maintenance Staffing Plan, Medupi FGD Retrofit Project (2014), pp.7-8, Eskom

2) 運転・維持管理体制

A) 運転体制

FGD の運転体制がユニットの運転体制と同じであると仮定すると、1名ずつの FGD ユニット運転員が各ユニット運転室 (6 室) に配置され、2名の FGD 共通システム運転員が FGD 共通システム運転室に配置されることとなる。

B) 維持管理体制

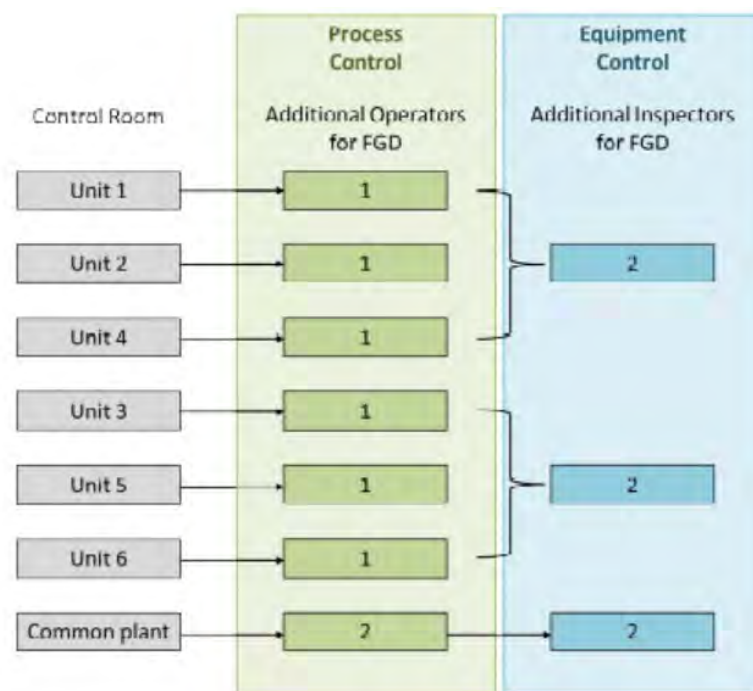
FGD の運転に加えて、点検員 (inspector) と金属技術者 (metalworker) が FGD 関連機器のメンテナンスのために必要である。基本設計では、メデュピ TPS の FGD の運転・維持管理について、以下に示すと通りの要員が必要であるとしている。

ユニット・クラスターごと (クラスター1: ユニット 1・2・4、クラスター2: ユニット 3・5・6) に点検員 2 名 (日勤及び夜勤)

FGD 関連機器 (共通システム) に点検員 1 名 (日勤及び夜勤)

必要に応じて金属技術者 1~2 名 (夜勤)

下図は基本設計で示されている FGD の運転・維持管理体制を示したものである。



出典: Project Operations And Maintenance Staffing Plan, 基本設計, p.4

図 10.3-5 基本設計における FGD の運転・維持管理体制

(2) 基本設計における運転・維持管理の組織体制の評価

基本設計で提案されている FGD の運転・維持管理体制は、クシレ TPS で FGD の運転が開始される前に検討されたものである。基本設計でも認めているように、提案されている運転・維持管理体制は、通常 FGD のプラントメーカーによって用意される保守マニュアルがない中での記載となっているためその内容は極めて一般的である。基本設計はこのような限られた状況下で準備されたということを念頭に置きつつも、以下の点についても考慮が必要である。

- ・ 運転室の数 (1つの運転室でそれぞれのユニットに対応するのか、または1つの運転室で複数のユニットに対応するのか)
- ・ 運転・維持管理チームの構成とシフトスケジュール (訓練シフトを含む)

(3) 運転・維持管理の組織体制にかかる検討状況

本準備調査の段階では、Eskom からの聞き取りでは、運転・維持管理体制については現時点では未定であるものの、クシレ TPS における FGD の運転・維持管理体制が参考になるとのことであった。クシレ TPS における体制を採用する場合、基本設計で示されている体制とは異なり、FGD の運転は運転員 (Controller : 1名) と現場操作員 (Filed Operator : 1名) の計2名が1チームとなって2つの FGD を担当することとなる。また、維持管理についてもクシレ TPS における体制を採用する場合、ユニット本体とは別に FGD のみを担当する専門のメンテナンス・チームが設置されることとなる。

Eskom はクシレ TPS での FGD の運転と保守の経験を蓄積していることから、基本設計で提案されている運転・維持管理体制に従うのではなく、クシレ TPS の運営・維持管理体制を参考とするのが現実的な選択肢となる。現在、クシレ TPS で商業運転中の FGD は 1 基だけであるが、同発電所での FGD の運転は順調に行われており、クシレ TPS の担当者からの聞き取りでは技術的または管理上の懸念は見られなかった。メデュピ TPS の FGD は 2023 年から 2025 年にかけて商業運転が順次開始される予定であるため、FGD の運営・維持管理要員の体系的かつ段階的な育成と組織体制の確立を検討する必要がある（必要に応じて人材募集を含む）。FGD の設計が確定されれば、より具体的な運転・維持管理体制とその要員配置を検討することが可能となるであろう。運転・維持管理体制とその要員配置計画についての検討は、早い段階からメデュピ TPS の運営・維持管理チームを含めて開始されるべきである。

(4) 留意事項

1) プラントメーカーの技術者による技術指導

Eskom の基本的な考え方として、FGD の運転については Eskom の内部人材で行い、維持管理については外部コントラクターに外注するというものであるが、一方で維持管理について外部コントラクターに頼りすぎてしまえば Eskom 内部に FGD の維持管理についての知識やスキルの蓄積ができないという懸念もある。Eskom は複数の子会社をその傘下に持つが、そのうち Eskom エンタープライズ (Eskom Enterprise) はプラントのメンテナンスにも対応している。FGD の維持管理にはこうした子会社を活用するなど Eskom 内部に FGD の維持管理についての知識や経験の蓄積が図られるような工夫が求められる。

2) Eskom 内部での運転・維持管理スキルの蓄積

Eskom の基本的な考え方として、FGD の運転については Eskom の内部人材で行い、維持管理については外部コントラクターに外注するというものであるが、一方で維持管理について外部コントラクターに頼りすぎてしまえば Eskom 内部に FGD の維持管理についての知識やスキルの蓄積ができないという懸念もある。Eskom は複数の子会社をその傘下に持つが、そのうちエスコム・エンタープライズ (Eskom Enterprise) はプラントのメンテナンスにも対応している。FGD の維持管理にはこうした子会社を活用するなど Eskom 内部に FGD の維持管理についての知識や経験の蓄積が図られるような工夫が求められる。

10.4 FGD 運営・維持管理計画にかかる追加人員の雇用と人材育成計画

10.4.1 基本設計¹⁹のレビュー

(1) 人材育成と技術移転にかかる基本方針

実行フェーズの開始時に、Eskom と同社と契約関係にある関係会社は共同で到達されるべき知識及び技術移転のための基本方針を策定する。基本方針に基づいて、実施計画の詳細が記載されたスキル及び知識移転計画が作成され、文書化される。スキル及び知識移転計画には、コンピテンシー目標、方法論（教室及び/またはメンタリング学習）、個別評価計画、プログラム調整計画、及びプログラム報告要件が記載される。スキル及び知識移行計画に含まれる項目²⁰は以下のとおりである。

■Eskom スタッフのコントラクタトレーニング

- オペレーター・トレーニング
- メンテナンス・トレーニング
- エンジニアリング・トレーニング（国内外）
- 機器の仕様

■トレーニング計画とスケジュール

■安全教育

■環境トレーニング

■QA/QC トレーニング

■リーンコンストラクショントレーニング

■クラフト・トレーニング

■スーパーバイザー・トレーニング

■マネジメント・トレーニング

■労使関係研修

■その他のトレーニング

(2) 追加で必要な人員

一般的な電力業界の経験に基づいて推定される、メデューピ発電所の FGD の運転、メンテナンス、ならびにそれらの人員の管理のために追加的に必要とされる正規職員の数は 89 人である。これは FGD の運転員のみならず、石灰石の受入れ/積み出しならびにこれにかかる準備、石膏の脱水・貯蔵、排水の再利用、固形廃棄物処理など共通設備で必要となる人員数も含むものである。

¹⁹ Project Execution Plan, Medupi FGD Retrofit Project (2014), Eskom

²⁰ Construction Execution Plan, Medupi FGD Retrofit Project (2014), p.97, Eskom

10.4.2 追加人員の雇用及び人材育成にかかる検討状況

(1) FGD の運転・維持管理のための人員の採用

上述の通り、基本設計では追加に必要な人員は 89 人 であると推定されているが、Eskom からの聞き取りでは本準備調査の段階で具体的な追加人員の採用は検討されていない。Eskom の基本的な考え方は、FGD の運転については Eskom の人員によって行い、メンテナンスは外部のコントラクタに委託して行うというものであるが、運転に関しても現有の人員にて賄えるか、または新規採用が必要かどうか今後検討される予定である。

(2) FGD の運転・維持管理のための人員のトレーニング

先行して FGD が設置されているクシレ TPS には、FGD を納入した GE-Alstom の技術者が常駐して Eskom の運転員に対して技術指導を行っている。メデュピ TPS においても同様に、FGD 運転員及びメンテナンスにかかる人員（コントラクタを含む）は FGD のプラントメーカーが派遣する技術者からの技術指導を受ける想定である。

10.4.3 留意事項

(1) クシレ TPS における FGD の運転・維持管理経験の共有

クシレ TPS ではメデュピ TPS に先行して FGD の運転・維持管理を行っており、クシレ TPS で得られた知識・スキル及び教訓は積極的にメデュピ TPS における FGD の運転・維持管理にも活用されるべきである。この観点からは、クシレ TPS での運転・維持管理経験のある人員がメデュピ TPS において自らの経験をもとに技術指導にあたるというような工夫も考えられる。また、クシレ TPS で発生した運転・維持管理に関連する過去のトラブルは、同じトラブルを防ぐためにメデュピ TPS でも共有される必要がある。

(2) 継続的な FGD の運転・維持管理のための人材育成

Eskom において FGD の運転・維持管理に関わる人材を安定的に確保するためには、継続的な人材育成を図っていく必要がある。FGD のプラントメーカーからの協力のもと、FGD の運転・維持管理に携わる人員（外部コントラクタを含む）を対象にした体系的なトレーニングコースを開発し、定期的に研修を実施するなどして継続的な能力強化を図っていく必要がある。将来的には、クシレ TPS 及びメデュピ TPS で FGD の運転・維持管理にあたる人員が指導役となって、将来世代の指導を行うような仕組みの構築も検討する。

10.5 FGD の運転・維持管理にかかる費用²¹

10.5.1 追加で必要な人員数

一般的な電力業界の経験に基づいて推定される、メデュピ TPS の FGD の運転、メンテナンス、ならびにそれらの人員の管理のために追加的に必要とされる正規職員の数は 89 人である。これは FGD の運転員のみならず、石灰石の受入れ/積み出しならびにこれにかかる準備、石膏の脱水・貯蔵、排水の再利用、固形廃棄物処理など共通設備で必要となる人員数も含むものである。FGD の運転及びメンテナンスにかかる Eskom の基本的な考え方は、運転については Eskom の正規職員が行い、メンテナンスについては外部コントラクタにアウトソーシングするというものである。追加で必要な正規職員の数については基本設計において上記の通り見積もられている一方で、メンテナンスのために必要な外部コントラクタから派遣される人員数は本準備調査の段階では具体的な数字は見積もられていない。これにかかる費用は以下に示すとおりの方法で推定する。

10.5.2 追加人員にかかる費用

基本設計では追加的に必要な正規職員数を 89 名と想定しており、これに基づいて追加の正規職員の人件費は年間 44,429,000 南アフリカランド (ZAR) (1 人あたり平均約 50 万 ZAR/年) としている。また、メンテナンスのために必要な外部コントラクタから派遣される人員にかかる費用は、一般的な電力業界の経験に基づいて FGD の建設費の 0.50% と推定される。この結果、同費用は年間 88,389,000 南アフリカランド (ZAR) となる。FGD 運営・維持管理計画にかかる年間費用の要約は下表に示すとおりである。

表 10.5-1 FGD の運転・維持管理計画にかかる年間費用

正規職員の人件費 (年間)	ZAR 44,429,000
外注コントラクタへの支払いにかかる費用 (年間)	ZAR 88,389,000
FGD の運転・維持管理計画にかかる費用 (年間)	ZAR 132,818,000

出典: 基本設計 (Capital and O&M Cost Estimates, Medupi FGD Retrofit Project (2014), Eskom) に基づいて JICA 調査団にて作成

²¹ ここでは人件費についてのみ記述する。他の運転・維持管理にかかる費用については第 13 章財務・経済分析にて詳述する。

11. 環境社会配慮

11.1 事業の概要

11.1.1 事業計画

メデュピ TPS は 800 MW×6 ユニットの発電容量を有し、高温・高圧化において最大効率で稼働可能な超臨界ボイラー及びタービン技術を採用している。設計上 50 年間の寿命を想定している。メデュピ TPS の 6 ユニットには二酸化硫黄の発生を抑制する湿式型の FGD を導入する計画である。

FGD システムは、全ユニット共通で利用する共通プラントとユニット化されたプラントから構成される。主な共通プラントは石灰貯蔵庫、石膏脱水プラント、石膏貯蔵建屋、原水前処理建屋、廃水処理プラント等からなる。吸収塔、吸収塔用のポンプハウス及変電所等は、ユニット化されたプラントであり、6 基それぞれに必要となる。

投入する物質（または試薬）は未処理の燃焼排ガス、プロセス用水、酸素及び石灰である。石灰は鉄道（初期段階はトラック）輸送により、採取地から回収・搬入・備蓄され、FGD システム内に投入されるまでレールで搬送される。FGD プロセスから、大気中に放出される処理済みの燃焼排ガス、脱水化された石膏及び排水が発生する。排水は処理され、プラント内で再利用される。廃水処理プロセスの副生成物（塩及び汚泥）は、適切にライン化された施設内に投棄される予定である。発電時には、石炭の燃焼により石炭に含有される硫黄が酸化して SO₂ を形成する。FGD インフラに加え、主要施設として廃棄物処理施設（既存灰処理施設を灰及び石膏処理施設に変更）、鉄道車両引き込みヤード及び MCWAP Phase 2 の取水口から FGD 施設までの導水配管を設置する。

11.1.2 事業の位置

メデュピ TPS は、リンポポ州のレパラレ市街から 15km 西側に位置する。衛星写真上のレファラル市街及びメデュピ TPS の位置を図 11.1-1 に示す。本発電所は、面積約 883ha を占め、これまでゲームエリア及び家畜用農場として利用されていた (Medupi Power Station EIA report, Bohlweki, 2005)。

隣国モザンビーク共和国のマプトがメデュピ TPS の最も近場に位置する海岸であるが、約 580km 離れているため発電所稼働用水は河川又は地下水から確保する必要がある。距離的に最も近いリンポポ川の支流は本発電所の約 19km 西を流れ、リンポポ川の本流までは約 40km 離れている。リンポポ川はその流れに沿ってボツワナ共和国、モザンビーク共和国、ジンバブエ共和国がそれぞれ水利権を有する。

燃料供給に関しては、炭田及び鉍山地域が近隣に位置するため大きな懸念事項はないと予想される。本発電所の周辺地域は牧草地であり、北東約 7km に位置するマラポング村が発電所から最も近い居住区となっている。



出典:JICA 調査団にて作成

図 11.1-1 メデュピ TPS の位置図

11.2 環境及び社会の状況

11.2.1 メデュピ TPS 事業地域の環境及び社会の状況

調査地域の環境・社会ベースライン状況を以下の表 11.2-1 に示す。

表 11.2-1 レパラレ地区の環境及び社会の状況

項目	内容
公害	
大気質*1並びに*2	レパラレ地区は省令により大気への排出ガスについて得に配慮が必要な地区とされている (DEA; 2012)。メデュピ大気質観測地点の位置及び 2016 年の窒素酸化物、二酸化硫黄、オゾン及び粒子状物質濃度の結果を図 11.2-1、図 11.2-2、図 11.2-3 及び表 11.2-2 に示す。主な大気汚染物質はマティンバ発電所 (以下、マティンバ TPS)、メデュピ TPS、グルーテグリック炭鉱、野焼き、飼育場の作業、休作地や農作業による砂埃、家庭での炊事及び自動車の排ガスなどの、輸送、工場、工事及び生活活動である。年平均値に対する南アフリカの環境基準値は全ての項目において満足している。降雨の少ない乾季においては、通常より裸地の砂埃の飛散などが想定されるため PM が高濃度を示し、日平均値が環境基準を超過することがあるが、年間の超過回数は上限回数以下となっている。
騒音*2並びに*3	メデュピ TPS 周辺の騒音調査地点及び結果概要をそれぞれ図 11.2-4 及び表 11.2-3 に示す。主な騒音源は、周辺の道路交通騒音である。毎月のモニタリング報告によると工事中においては事業からの騒音レベルは基準を超過することなく問題になっていない。振動については特にモニタリングはしていないが、苦情等は発生していない。
水質*1並びに*2	地下水質は事業用地内及びその周辺で観測している。pH は一般的に酸性から中性を示す。いくつかの測定地点でフッ素濃度が 3 mg/l 以上を示している。一般的に地下水中のフッ素濃度は最大 3 mg/l 程度であるが、フッ素を含む鉱物からフッ素が地下水に溶出している場合には、3-12 mg/l 程度となる (DWAf, 1996)。メデュピ発電所におけるベースラインデータによると、モニタリング地点のフッ素濃度は自然由来と推察されている。重金属 (Cd, Co, Cu, Pb, Ni, and Zn) についてはほとんど計量下限値以下となっている。

項目	内容
廃棄物*3	メデュピ TPS は灰に関する廃棄物処理のライセンスを取得している(2015年9月)。有効期限は4年である。
自然環境	
気象*5	レパラレ地区の気候はステップ気候に属している。年間を通じて降雨が少ない。年間平均気温は24.1度で2016年の年間降雨量は310mmである。7月、8月及び9月は降雨がなく2月が降雨のピークであるが93mm程度となっている。
地形*1並びに4	ウォーターバーグ炭鉱は、Zoetfontein 断層と Eenzaamheid 断層によって南の境界線と北の境界線を作る地溝構造を形成している。始生代の花崗岩は、Zoetfontein 断層の北まで露出し、Eenzaamheid 断層の南方に Waterberg 層が露出する。地域の地形は平坦で、標高900から922m程度である。一般的な地形上の排水システムは複雑ではなく東方のモコロ川(標高810m)に流下する。
地下水*1並びに4	計画地及びその周辺の地質は低い透水性、貯留能力のための、自然由来の水源量は限られており、計画地内に被圧地下水の井戸はない。
表流水 *1並びに4	北のリンポポ川に流入するモコロ川の流域に計画地は位置する。モコロ川集水域は約8,387km ² を占める。その流域はウォーターバーグ山脈からサンド川までに渡り、モコロダムや多くの小河川を含む。メデュピ TPS 用地内には小河川はなく、敷地外南側に西から東に流れてモコロ川に合流するサンドループ川がある。
植生及び生態系*3	発電所近くには3つの保護区がある。D'nyala Natural Reserve (発電所から15km東のLephalale市街地の更に2km東)、Thiane Wildlife Sanctuary (発電所から30km南)及びMokoloダム自然保護区
社会環境	
人口*6	メデュピ発電所はレパラレ地方自治体管区に位置する。レパラレ自治区は、ウォーターバーグ地区の一部である。最新のレパラレ地区の人口は115,767人である(2011年)。レパラレ地区の面積は約13,784km ² 、12地区38村2町区(Marapong and Onverwacht)、1街(Lephalale)からなる。レパラレ地区の国内避難民 Internally Displaced Persons (IDP) (2014-2016) 調査によると、2001年から2011年で約35.8%の増加が報告されている。
土地利用*4	レパラレ地区の主な土地利用を以下に示す。 <ul style="list-style-type: none"> •主にゲームや放牧のための開墾農地。 •住居及び工場地域-例 Onverwacht, Lephalale 街区 •Grootegeeluk 炭鉱 (Kumba Resources Pty Ltd 所有) •マティンバ TPS •Ferroland 私営動物保護区を含むゲームファームやロッジ •Zongezien and Nelsonskop 農場の下水処理場。 10km 圏内はほぼ同じような土地利用である。
経済活動*1並びに4	レパラレ地区の IDP (Integrated Development Plan:総合開発計画)では、自治体が雇用創出、インフラの改善及び基盤と低炭素経済に移行することに焦点を当てることを示唆している。レパラレ地区の主要な経済セクターとして鉱業と発電に依存しており、農業と観光は、経済効果を産む産業としては大きな位置を占めていない。大部分の住民は、40の地方の村に居住している。社会的向上に関する重要問題は、住宅、社会的コミュニティ施設、水と電気の供給である。
水利用*1並びに4	集水域の中の水使用は主に農業(87%)及び工業(13%)関連である。現在は利用可能な水量と水使用量は、バランスがとれている状態である。一方で国家水源戦略に明記される国水法(改定1998年法令39)の規定において、(基本的な人間のニーズと生態系に必要な)水の量と質に関して連邦準備制度理事会の水資格が要求されることとなった。この要求を考慮に入れた場合、現在の水収支を維持するためには水不足問題が生じる。これらの背景からMokoloダムから水利用者には計画的・十分な水を提供するために、MCWAP計画が開始された。メデュピ TPS は、既にMCWAP フェーズ1事業からの水供給を受けているが、今後、FGD事業のため排水量の増量するために、Eskomはフェーズ2事業のWater Use License Applicationの準備をしている。年間合計13.4百万 m ³ の水利用を計画している。

出典 *1 Final Scoping Report on Integrated Environmental Authorisation Process for the Medupi Power Station Fuel Gas Desulphurisation (FGD) Retrofit Project 2015 prepared by Zithholele Consultant (Pty) Ltd

*2 Medupi Power Station Annual EHS Report, Eskom, 2016-2017

*3 Environmental Control Officer Monthly Environmental Report Medupi Power Station Project (2016-2017), NCC Environmental Services (Pty) Ltd

*4 Environmental Impact Assessment Report for the Proposed Establishment of a new Coal-Fired Power Station in the Lephalale Area, Limpopo Province, 2006 prepared by Bohlweki Environmental (Pty) Ltd

1) 大気環境

メデュピ TPS の大気モニタリング地点を図 11.2-1 に示す。

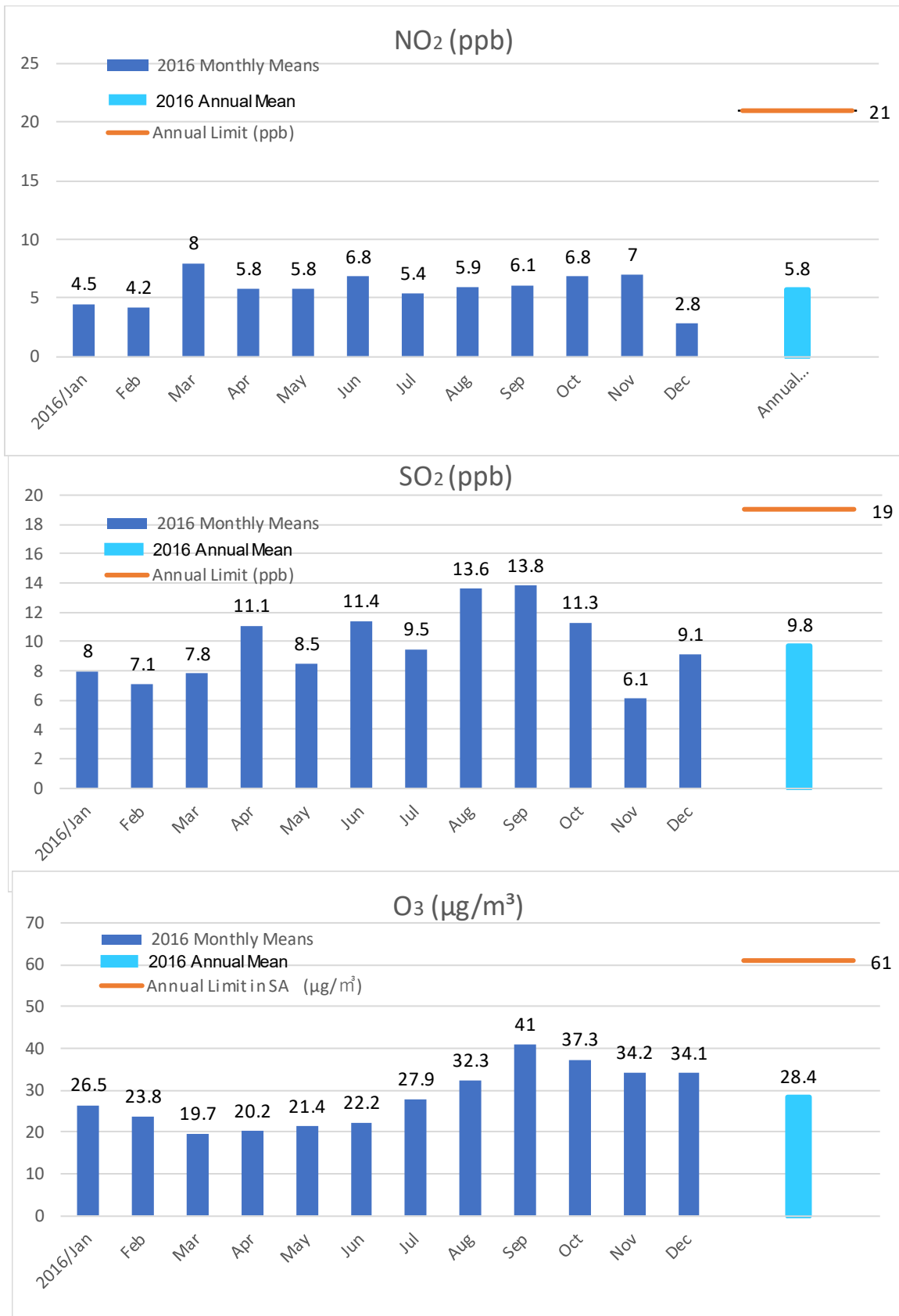


出典:JICA 調査団にて作成

図 11.2-1 メデュピ大気質モニタリング地点

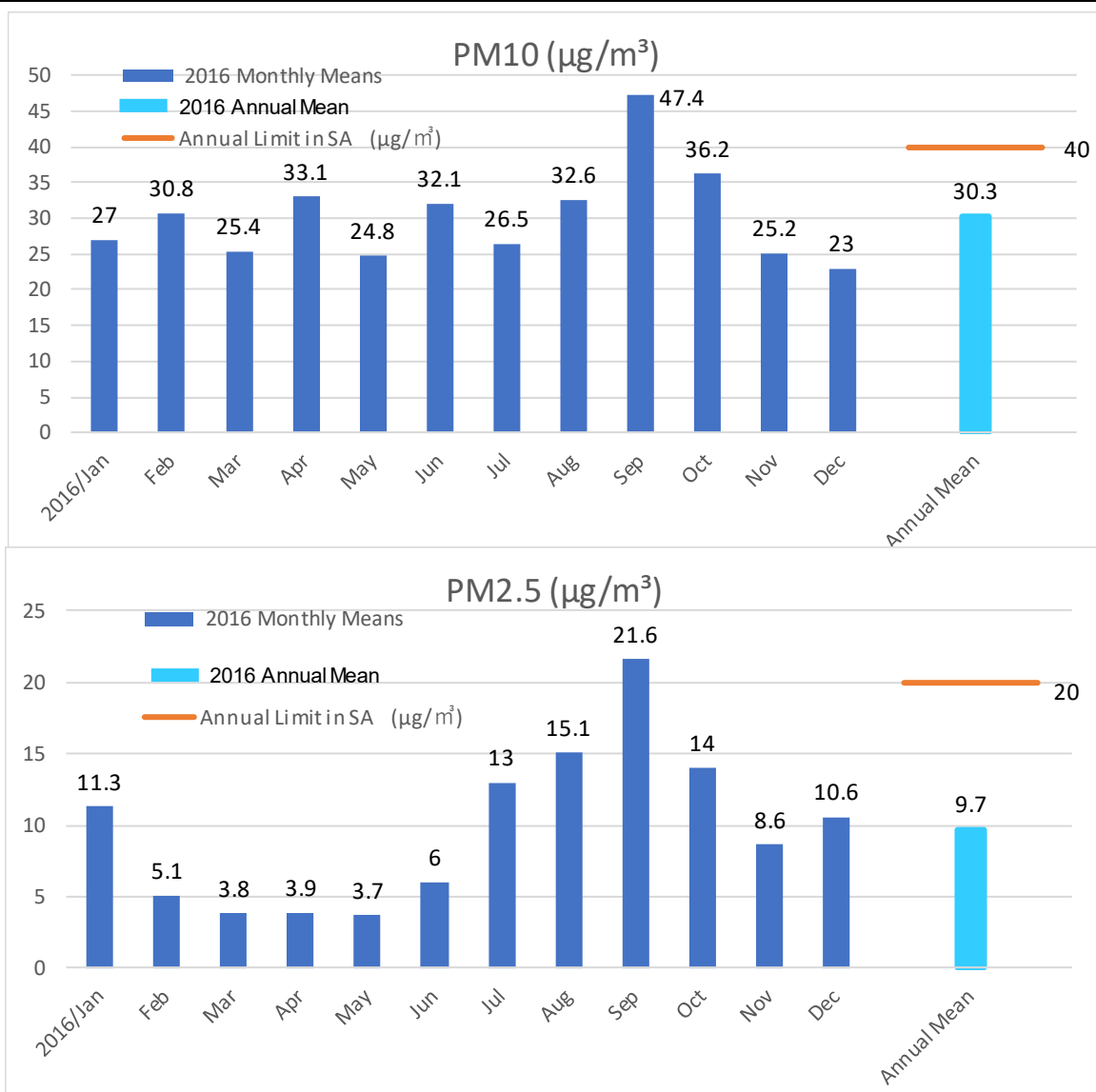
NO_x、SO₂、O₃ 及び PM 濃度の 2016 年の年間を通じた傾向を図 11.2-2 及び図 11.2-3 に示す。全ての項目において南アフリカの年平均値の環境基準満足している。PM については月の平均値が降雨の少ない乾季（9 月）に高濃度となっているが、年平均値では基準を満足している。周辺の大気汚染物質の発生原因としては、マティンバ TPS、メデュピ TPS、グルーテゲルク炭鉱、野焼き、飼育場の作業、休作地や農作業による砂埃、家庭での炊事及び自動車の排ガスなどの、輸送、工場、工事及び生活等による活動が挙げられる。

各項目の 1 日平均値または 1 時間平均値が環境基準値を超過した回数を表 11.2 2 に示す。2016 年 1 月～12 月の記録では短期間の基準値の超過がいくつか確認されるものの、O₃を除き年間の超過回数は法令で設定されている各々の上限回数以下となっている。NO₂ に関しては、1 時間平均値は 2016 年 1～12 月のいずれにおいても超過は確認されていない。SO₂ についてはほぼ毎月日基準値を超過する日が確認されているが、上限回数以下である。PM については特に降雨の少ない乾季においては人為的な活動による排ガスに加えて通常よりも裸地からの砂埃の飛散などが想定されることから PM が高濃度を示し、日環境基準を超過していると想定されるが、合計では上限回数以下である。O₃ に関しては、年平均基準値は満足しているものの、8 時間平均値が基準値を超過した回数が年間の上限回数を超えており、国の大気汚染に係る環境基準を満たしていない。超過が確認されたのは 9 月及び 10 月の乾季であり、また、気温が上昇する時期でもあることから、紫外線の影響も一因と考えられる。なお、南アフリカの大気汚染に係る環境基準（表 3.2-1 参照）は IFC が参照する WHO の大気環境基準のガイドラインの指針値（Guideline 値）と暫定目標値（Interim Target-1）の間に入っている。



出典: Medupi Power Station Project Annual EHS Report 2016/2017, Eskom

図 11.2-2 各汚染物質の月別平均濃度(1) (2016 年)



出典: Medupi Power Station Project Annual EHS Report 2016/2017, Eskom

図 11.2-3 各汚染物質の月別平均濃度(2) (2016年)

表 11.2-2 国の大気環境基準上限値の超過回数 (2016年)

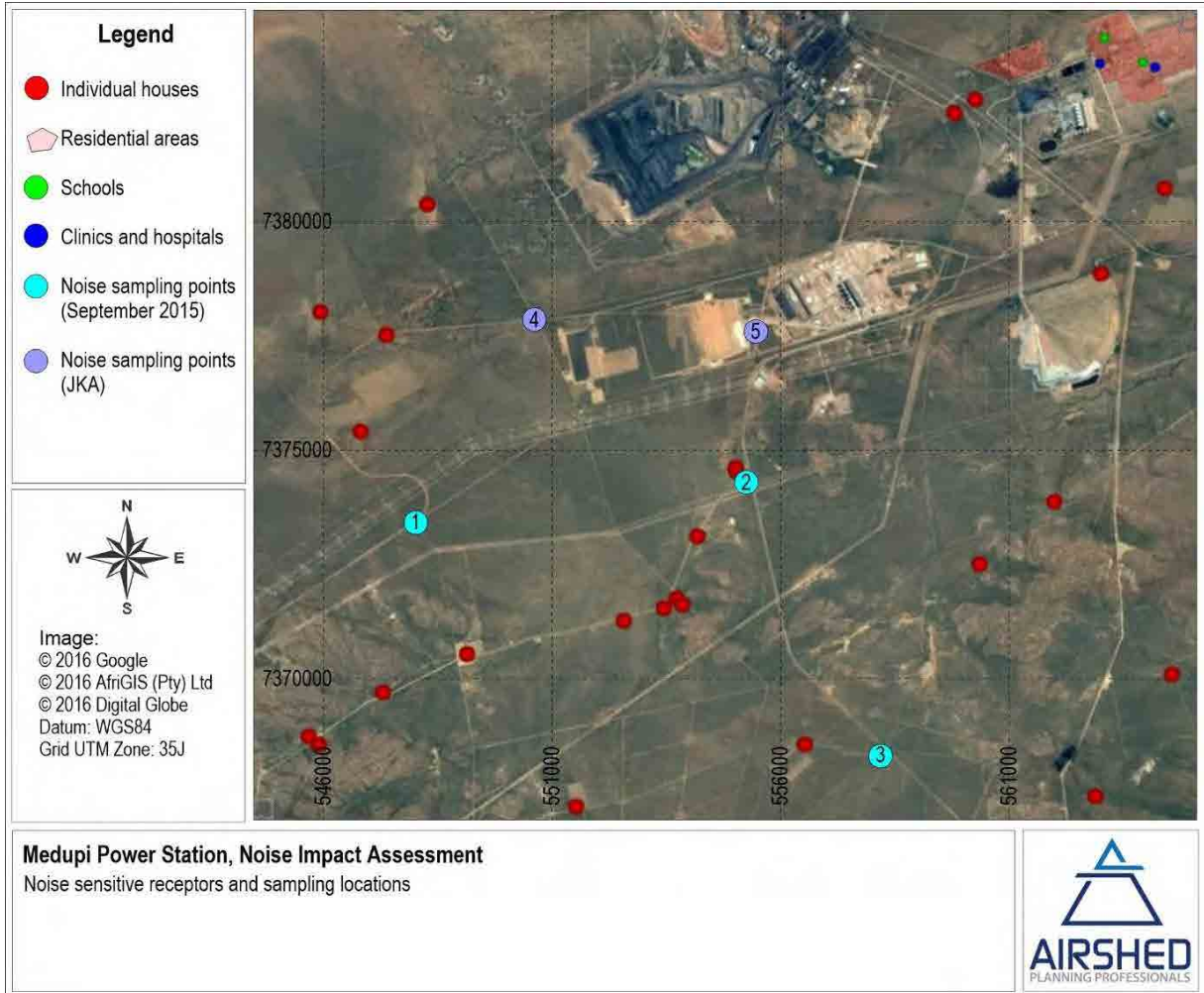
Parameter	Year/ Month	2016												Number of Exceedances	Allowed number of exceedances
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec		
SO ₂ hourly		7	1	1	6	1	1	6	9	3	2	1	6	44	88
SO ₂ daily		1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	4
NO ₂ hourly		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM ₁₀ daily		0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	4
PM _{2.5} daily		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	4
O ₃ 8-hourly		0	0	0	0	0	0	0	0	14	17	0	6	37	11

出典: Medupi Power Station Project Annual EHS Report 2016/2017, Eskom

2) 騒音・振動

発電所周辺 5 地点における騒音調査地点及び結果概要をそれぞれ図 11.2-4 及び表 11.2 3 に示す。主な騒音源は一般車両や輸送などの道路交通騒音であり、発電所事業活動以外の騒音も含まれ、地点によっては一部基準を超過している地点もみられる。騒音・振動に関する住民からの苦情は発生していない。

なお、南アフリカの環境基準は IFC が参照する WHO の騒音基準と同値である。



出典 Noise Specialist Report for the Proposed Medupi Flue Gas Desulphurisation (FGD) Retrofit Project, Airshed Planning Professionals (Pty) Limited, February 2018

図 11.2-4 メデュピ TPS 周辺騒音モニタリング地点(2014,2015)

表 11.2-3 メデュピ TPS 周辺の騒音モニタリング結果 (2014 年・2015 年)

単位：dB(A)

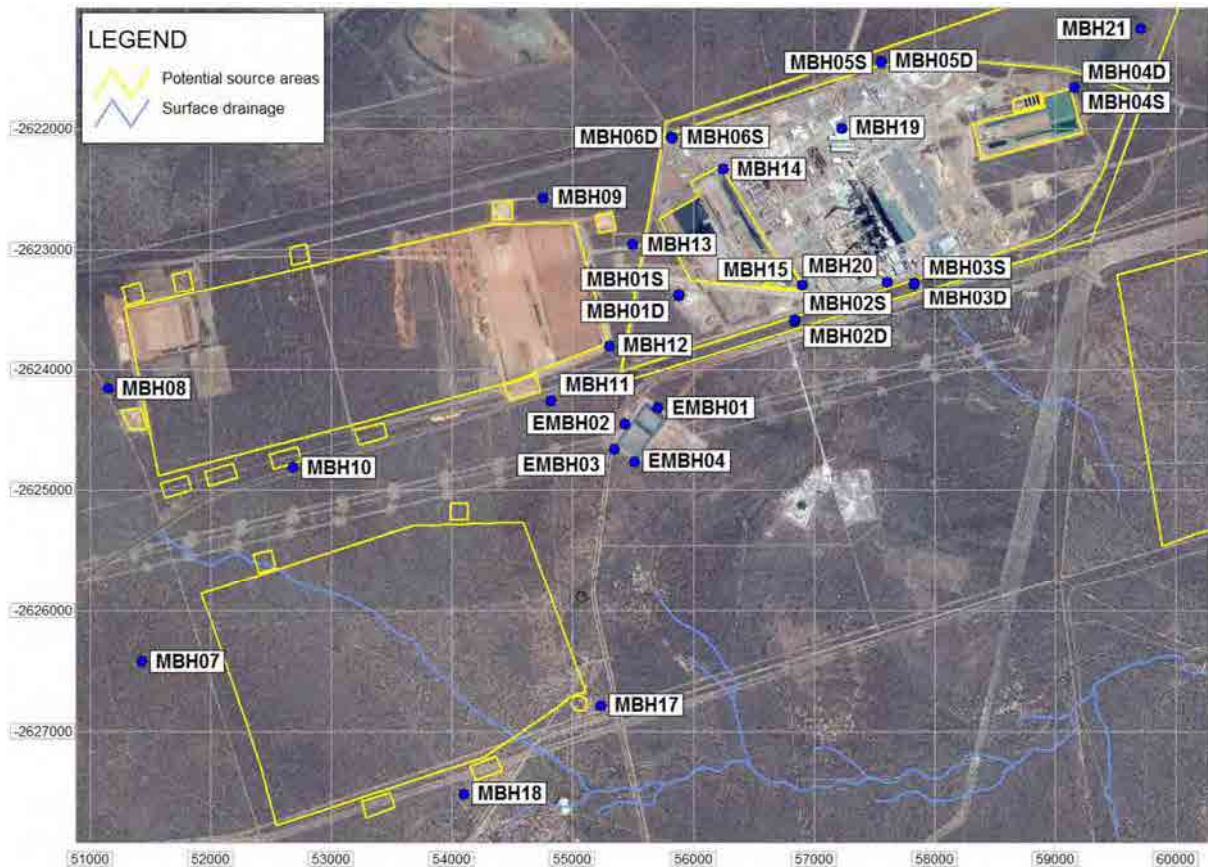
地点 (測定年)	1 (2015)	2 (2015)	3 (2015)	4 (2014)	5 (2014)	基準値 区分:Urban district
昼間:6:00-22:00	45.2	49.5	62.6	46.2	45.1	55
夜間:22:00-6:00	43.5	40.1	34.4	47.2	39.6	45

備考：測定方法及び基準は SANS10103-2008 に基づく

出典： Noise Specialist Report for the Proposed Medupi Flue Gas Desulphurisation (FGD) Retrofit Project, Airshed Planning Professionals (Pty) Limited, February 2018

3) 地下水位・水質

地下水位及び地下水質は、現在、メデュピ発電所及びその周辺 30 地点にある既存ボーリング孔にて事業者によりモニタリングが実施されている。ボーリング孔の位置及び近年のモニタリング結果はそれぞれ図 11.2-5、表 11.2-4 及び表 11.2-5 に示すとおりである。水位は地表下 29m±4 で確認されている。pH は一般的に酸性から中性を示す。これらのボーリング孔の一部は、メデュピ FGD 整備事業地域周辺に位置し、施設からの影響をモニタリングする役割を果たす。調査地点の水質は、DWAF（水問題・森林管理省）ガイドラインの 0 から 4 の水質分類（Class 0：理想的な水質、Class 1：良好な水質、Class 2：限界水質、短期使用に適した水のみ、Class 3：水質不良、Class 4：許容できない水質）によると、多くの地点が水質不良（Class 3）に該当する。項目別では EC, TDS, Na, Cl, N, SO₄, Al, F, Fe 及び Mn については南アフリカ国家基準（SANS）241（2011）の最大許容基準の超過が確認された。過年度からの継続的な調査報告でも比較的高濃度が確認されており、対象地点の水質は畜産の影響などを含む元来の水質であり、メデュピ発電所の活動による悪化は報告されていない。フッ素が高濃度確認されている点に関しては自然由来と判断されている。



出典： Medupi Power Station Annual EHS Report, Eskom, 2016-2017

図 11.2-5 メデュピ TPS 内水質モニタリング地点

表 11.2-4 メデュピ TPS 内地下水質データ 2016 年(1)

Borehole Number	Physical Determinants			Chemical Determinants				
	pH	EC (mS/m)	TDS (mg/l)	MALK (mg/l)	Ca (mg/l)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)
MBH2	5.22	10.4	76	9.48	1.51	6.15	2.96	7.97
MBH3	5.77	13.2	84	26.9	4.97	6.49	5.42	7.85
MBH3D	6.57	23.6	144	61.2	13.7	8.93	7.51	15.3
MBH4	6.29	16.5	86	86	8.03	7.81	8.19	7.74
MBH4S	4	1754	10208	<1.99	115	110	281	2885
MBH4D	8.17	356	1798	718	37.6	35.2	81.2	695
MBH5D	6.65	433	3468	167	272	44.7	142	472
MBH6D	6.09	77.4	518	115	28.6	15.8	16.4	119
MBH10D	5.67	32.6	226	51.4	8.99	10.4	9.4	35.3
MBH11	6.97	711	4386	678	191	173	264	1063
MBH12	6.51	450	2746	169	198	37.9	184	525
MBH13	6.96	519	3074	657	141	66.5	156	864
MBH14	6.82	203	1632	179	140	20.5	104	252
MBH15	7.53	683	5088	911	172	70	361	1108
MBH17	6.88	55.2	342	200	25.2	7.13	19.1	71.5
MBH18	7.84	278	1538	607	11.3	16.6	12.5	632
MBH19	6.75	681	4780	247	592	25.6	326	420
MBH20	4.75	19.1	144	5.03	6.46	5.82	4.92	15.3
MBH21	7.3	175	1086	504	129	37.4	41.1	206
SANS241: 2011 Max. Allowable Limit	9.7	<170	1200	-	-	-	-	200
Class 0 Max. Allowable Limit	9.5	<70	<450	-	<80	<25	<70	<100
Class 1 Max. Allowable Limit	10	150	1000	-	150	50	100	200
Class 2 Max. Allowable Limit	10.5	370	2400	-	300	100	200	400
Class 3 Max. Allowable Limit	11	520	3400	-	>300	500	400	1000
Class 4 Max. Allowable Limit	>11	>520	>3400	-	-	>500	>400	>1000
South African Water Quality Guidelines (SAWQG), Volume 5 – Agricultural Use – Livestock Watering Target Range	-	154	1000	-	1000	-	500	2000
Minimum	4.00	10.4	76	5.0	1.51	5.8	2.96	7.74
Maximum	8.17	1754.0	10208	911.0	592.0	173.0	361.0	2885.0
Average	6.46	341.6	2180	299.6	110.3	37.2	106.7	494.84

Note1: 2016 年 11 月調査データ。その他の 3 地点 (MBH08, MBH09, MBH07) は井戸枯れ、もしくは水位が低すぎるためサンプリング不可。

Note2: DWAF (水問題・森林管理省) ガイドライン 1998 の水質分類: Class 0: 理想的な水質、Class 1: 良好な水質、Class 2: 限界水質、短期使用に適した水のみ、Class 3: 水質不良、Class 4: 許容できない水質

Note3: 赤色数字は SANS241:2011 の上限値を超過する値を示す。

出典: Hydrogeological Impact Assessment for Medupi FGD Retrofit Project, February 2018

表 11.2-5 メデュピ TPS 内地下水質データ 2016 年(2)

Borehole Number	Chemical Determinants							Water Quality Class
	Cl (mg/l)	NO ₃ as N (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Al (mg/l)	F (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	
MBH2	13	0.423	14.1	<0.005	0.263	<0.004	<0.001	0
MBH3	17.2	0.293	10.8	0.211	0.917	<0.004	<0.001	I
MBH3D	18.7	0.212	33.7	<0.004	0.441	<0.001	<0.003	0
MBH4	8.41	0.258	11	<0.002	1.84	<0.001	<0.003	I
MBH4S	6815	0.194	<0.141	<0.002	<0.263	<0.001	<0.003	IV
MBH4D	788	0.538	38.2	<0.002	4.13	<0.002	<0.001	II
MBH5D	1187	0.196	291	<0.002	1.26	<0.001	<0.003	III
MBH6D	99.1	11.7	70.9	<0.002	5.02	<0.001	<0.003	II
MBH10D	77.7	0.476	4.25	<0.002	0.263	<0.002	0.001	0
MBH11	2002	0.718	350	<0.005	2.79	<0.005	<0.005	IV
MBH12	1152	0.42	453	<0.001	1.06	<0.005	<0.001	III
MBH13	1357	6.12	111	<0.002	4.98	<0.003	<0.001	III
MBH14	101	45.1	714	<0.007	4.08	<0.011	<0.001	IV
MBH15	757	368	836	<0.007	4.92	<0.009	<0.001	IV
MBH17	74.4	0.52	9.37	<0.005	2.1	<0.009	<0.001	0
MBH18	533	0.372	173	<0.005	8.96	<0.009	<0.007	II
MBH19	2174	0.914	96.9	<0.005	1.01	<0.009	0.37	IV
MBH20	29.8	3.57	17.6	0.713	0.88	<0.009	<0.001	I
MBH21	232	5.28	117	<0.005	2.29	<0.009	<0.001	II
SANS241: 2011 Max. Allowable Limit	300	11	500	0.3	1.5	0.3	0.5	
Class 0 Max. Allowable Limit	<100	<6	<200	-	<0.7	<0.01	<0.1	0
Class 1 Max. Allowable Limit	200	10	400	-	0.7-1.0	0.01-0.2	0.1-0.4	I
Class 2 Max. Allowable Limit	600	20	600	-	1.0-1.5	0.2-2.0	1.0-4.0	II
Class 3 Max. Allowable Limit	1200	40	1000	-	1.5-3.5	2.0-10.0	4.0-10.0	III
Class 4 Max. Allowable Limit	>1200	>40	>1000	-	>3.5	>10.0	>10.0	IV
South African Water Quality Guidelines (SAWQG), Volume 5 – Agricultural Use – Livestock Watering Target Range	1500	1000	100	5	2	10	10	
Minimum	8.41	0.194	4.25	0.211	0.263	<0.001	0.001	
Maximum	6815.0	368.0	836.0	0.713	8.96	<0.011	0.37	
Average	917.7	23.437	186.21	0.462	2.62		0.1855	

Note1: 2016 年 11 月調査データ。その他の 3 地点 (MBH08, MBH09, MBH07) は井戸枯れ、もしくは水位が低すぎるためサンプリング不可。

Note2: DWAF (水問題・森林管理省) ガイドライン 1998 の水質分類: Class 0: 理想的な水質、Class 1: 良好な水質、Class 2: 限界水質、短期使用に適した水のみ、Class 3: 水質不良、Class 4: 許容できない水質

Note3: 赤色数字は SANS241:2011 の上限値を超過する値を示す。

出典: Hydrogeological Impact Assessment for Medupi FGD Retrofit Project, February 2018

(2) メデュピ TPS の土地利用状況

メデュピ TPS の状況を図 11.2-6 に施設配置図を図 11.2-7 に示す。現在敷地内では発電ユニットが建設中であり、発電所敷地内の発電ユニット横に FGD システムの導入を想定したスペースが確保されている。メデュピ発電所の準備工事にあわせて FGD 施設設置箇所の植生と表層土は除去されているが、発電所敷地内の用途未定地の植生・表層土は残存している。発電所施設に隣接して住居は存在しない。



出典: Final Scoping Report on Integrated Environmental Authorisation Process for the Medupi Power Station Fuel Gas Desulphurisation (FGD) Retrofit Project 2015 prepared by Zithholele Consultant (Pty) Ltd

図 11.2-6 メデュピ TPS 事業地



出典: Eskom 提供資料をもとに JST 作成 (2017 年 5 月撮影)

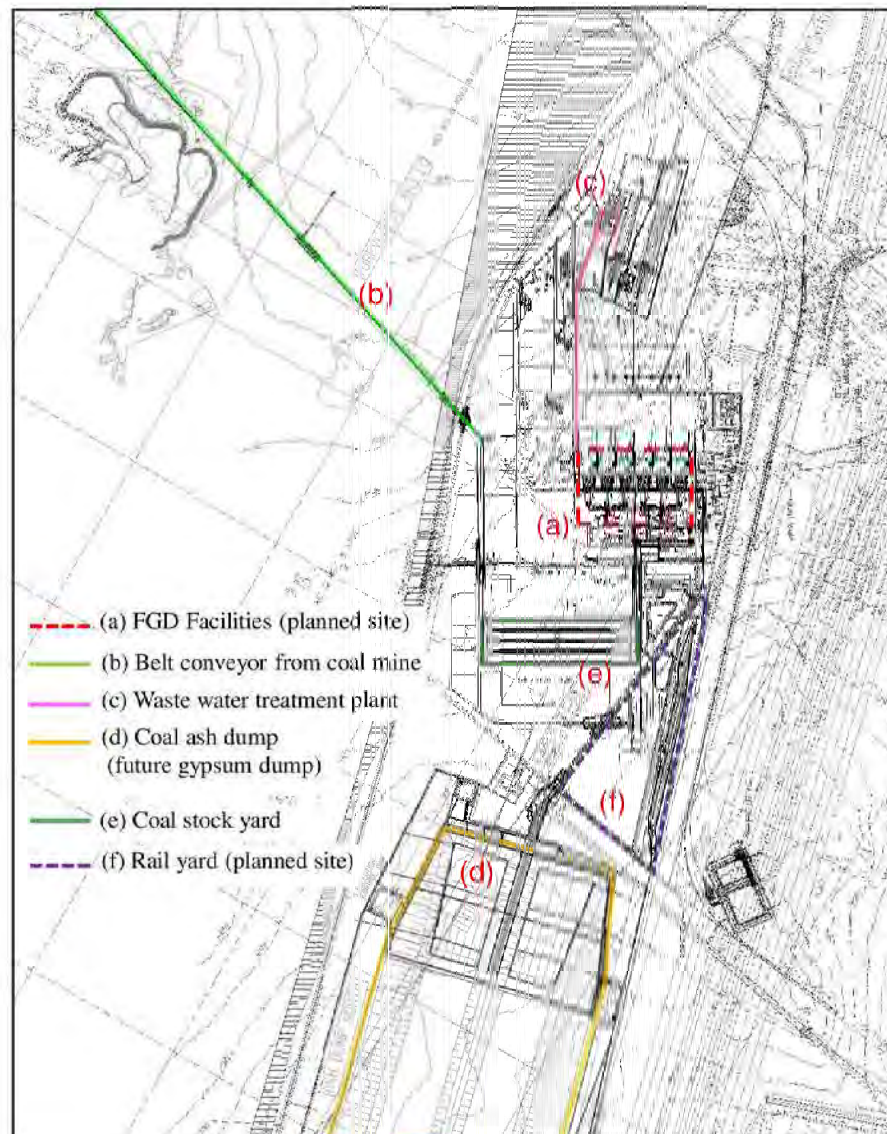


図 11.2-7 メデピュ TPP 事業地内施設配置図

11.3 南アフリカの環境社会配慮制度・組織

11.3.1 南アフリカの法体制

(1) 南アフリカの環境法制度

FGD 事業の実施に係る南アフリカの環境関連の法制度を表 11.3-1 に示す。

表 11.3-1 南アフリカの環境法制度の概要

法制度名	対応する項及びその内容
The Constitution of Republic of South Africa (Act No 108 of 1996)	Chapter 2; Bill of Rights.
	Section 24; Environmental rights.
	Section 25; Rights in property.
National Environmental Management Act (Act No 107 of 1998)	Section 2; Defines the strategic environmental management goals and objectives of the government. Applies throughout the Republic to the actions of all organs of state that may significantly affect the environment.
	Section 28; The developer has a general duty to care for the environment and to institute such measures as may be needed to demonstrate such care.
National Environmental Management Act (Act No 107 of 1998): Environmental Impact Assessment Regulation, 2014	Government Notice 982; Defines the process of environmental impact assessment, 2014
	Government Notice R326; Amendment to Environmental Impact Assessment Regulations, 2017
	Government Notice R327, R325, R324; Triggering activities in terms of Listing, 2017
National Environmental Management Waste Act (Act No. 59 of 2008)	Defines waste management activities which are required to carry out EIA process as a part of the Waste management license application process
National Environmental Management: Air Quality Act, 2004 (No. 39 of 2004)	National Ambient Air Quality Standards, Government Notice 1210, Government Gazette 32816, 242 December 2009 The Air Quality standards published in Government Notice 1210 must be adhered to. Medupi has applied for an Atmospheric Emissions License as an independent process. At present the appeals response has been submitted to the relevant provincial authority (LEDET) and decision is awaited. GN 248; List of activities that trigger an air emission license
Atmospheric Pollution Prevention Act (No 45 of 1965)	Sections 27-35; Dust control & dust control areas.
	Section 36 – 40; Air pollution by fumes emitted by vehicles.
	Second Schedule; Scheduled processes. No 29 relates to power generation processes.
National Water Act (No 36 of 1998)	Section 19; Water quality management.
	Sections 21, 22, 26, 32 and 39; Water quantity management: water use.
	Sections 27-29; Licensing of water use.
Occupational Health and Safety Act, 1993 (Act No. 85 of 1993)	Section 8; General duties of employers to their employees.
	Section 9; General duties of employers and self-employed persons to person other than their employees.
Hazardous Substance Act, 1973 (Act No. 15 of 1973)	Provides for the definition, classification, use, operation, modification, disposal or dumping of hazardous substances.
Lephalale Municipality Integrated Development Plan Final Draft 2013-2016	The Integrated Development Planning is regarded as a tool for municipal planning and budgeting to enable municipalities to deliberate on developmental issues identified by communities. The IDP points the Medupi Power Station out as a significant contributor to the economy of Lephalale and one of the key employers of the area.
Environment Conservation Act (No 73 of 1989)	Section 2; General policy.
	Sections 19 and 19A; Prevention of littering by employees and subcontractors during construction and the maintenance phases of the proposed project.
	Sections 20 and 24; Waste management.
	Section 25; Regulations regarding noise, vibration and shock.
	Sections 21, 22, 25, 26 and 28; EIA Regulations, including listed activities

法制度名	対応する項及びその内容
	Section 28A ; Exemptions.
Conservation of Agricultural Resources Act, 1983 (Act No. 43 of 1983)	Relates agricultural natural resources and the conservation, management and use thereof, including soil conservation, declared weeds etc.
National Environmental Management: Biodiversity Act (No 10 of 2004)	Relates to the management and conservation of South Africa's biodiversity.
Occupational Health and Safety Act (No 85 of 1993)	Section 8; General duties of employers to their employees. Section 9; General duties of employers and self-employed persons to persons other than their employees.
National Road Traffic Act (No 93 of 1996) GNR 225 of 17 May 2000	Transportation of dangerous goods and large components.
National Heritage Resources Act (No 25 of 1999)	Section 34: Structures; Structures which are older than 60 years may not be demolished without a permit issued by the relevant provincial Heritage Resources Authority. No structures older than 60 years were recorded in the Heritage Impact Study (Bohlweki; 2006; pg 378). Any new construction sites outside of the existing Medupi Power Station footprint will need to adhere to this Act.
	Section 35: Archaeology, paleontology and meteorites; Any archaeological or paleontological objects that are found on the site, must be reported to the provincial Heritage Resources Authority. The discovered archaeological or paleontological objects may not be removed from its original position and damaged, destroyed or altered prior to a permit being issued by the heritage resources authority. Any new construction sites outside of the existing Medupi Power Station footprint will need to adhere to this Act.
	Section 36: Burial grounds and graves; Any graves that are discovered may not be destroyed, damaged, altered, exhumed or removed from its original position without a permit issued by SAHRA or a provincial heritage resources authority. Any new construction sites outside of the existing Medupi Power Station footprint will need to adhere to this Act.
	Section 38(1)(c): Heritage Resource Management; As the proposed development area may exceed 5000 m ² , with the submission of the Heritage Impact Assessment to SAHRA, the responsible heritage resources authority has been notified of the project and provided with information relating to the project. Authorisation to proceed with the development is required from SAHRA.

出典: South Africa Government

本事業の実施にあたり、以下の許可及びライセンスの取得が必要となる。

- 国家環境管理法 (Act No.107、1998 年) 及び環境影響評価規制 (2017 年改定) に基づいたスコーピング及び EIA に対する環境許可
- 国家環境管理：大気法 (Act No.39、2004 年) に基づいた、大気への排ガス許可ライセンス
- 国家環境管理：水法 (Act No.36、1998 年) の第 21 項に基づいた水利用に係るライセンス
- 国家環境管理：廃棄物法 (Act No.59、2008 年) に基づいた廃棄物管理に係るライセンス

11.3.2 南アフリカの EIA 法令

(1) EIA の体系

2010 年公布の旧 EIA 規制に代わり、2014 年に新たな環境影響評価規制が公布され、2017 年 4 月 7 日に一度改訂されている。これら規制（GN R326）は 3 つの Listing Notices (LN) からなり、LN 1 (GN R327) 及び LN 3 (GN R 324) は基本アセスメント（Basic Assessment (BA)）プロセスを規定、LN 2 (GN R325) はスコーピング及び環境影響評価報告書（Scoping and Environmental Impact Reporting (S&EIR)）プロセスを規定している。

2017 年改訂の環境影響評価規制で規定されている活動は、環境部局（DEA）からの環境許認可なく活動開始はできない。潜在的影響への調査・評価・情報公開に基づいて付与される環境許認可発行のプロセスは、環境影響評価規制（Government Notice No. R982, R324, R325, R327、2014 年）及び国家環境管理法の第 24 項・第 24 項(d)の規定に示される手順に従う。提案する FGD 施設に関しては表 11.3-2 に示す活動が該当すると想定されるため、スコーピング及び環境影響評価報告書が必要とされる。

表 11.3-2 国家環境管理法の第 24 項・第 24 項(d)に基づき定められている活動

番号	活動内容
Government Notice No.325 NEMA as amended on 07 April 2017 (LN2)	
3	The development and related operation of facilities or infrastructure for nuclear reaction including energy generation, the production, enrichment, processing, reprocessing, storage or disposal of nuclear fuels, radioactive products, nuclear waste or radioactive waste.
7	The development and related operation of facilities or infrastructure for the bulk transportation of dangerous goods— (i) in gas form, outside an industrial complex, using pipelines, exceeding 1 000 metres in length, with a throughput capacity of more than 700 tons per day; (ii) in liquid form, outside an industrial complex, using pipelines, exceeding 1 000 metres in length, with a throughput capacity of more than 50 cubic metres per day; or (iii) in solid form, outside an industrial complex, using funiculars or conveyors with a throughput capacity of more than 50 tons per day.
12	The development of railway lines, stations or shunting yards excluding — (i) railway lines, shunting yards and railway stations in industrial complexes or zones; (ii) underground railway lines in a mining area; or (iii) additional railway lines within the railway line reserve.
15	The clearance of an area of 20 hectares or more of indigenous vegetation, excluding where such clearance of indigenous vegetation is required for— (i) the undertaking of a linear activity; or (ii) maintenance purposes undertaken in accordance with a maintenance management plan

備考: 上表は、現在最終化中の EIA 報告書を元に今後見直しが必要（2018 年 1 月現在）。

出典: Government Notice No.325 NEMA as amended on 07 April 2017 (LN2)

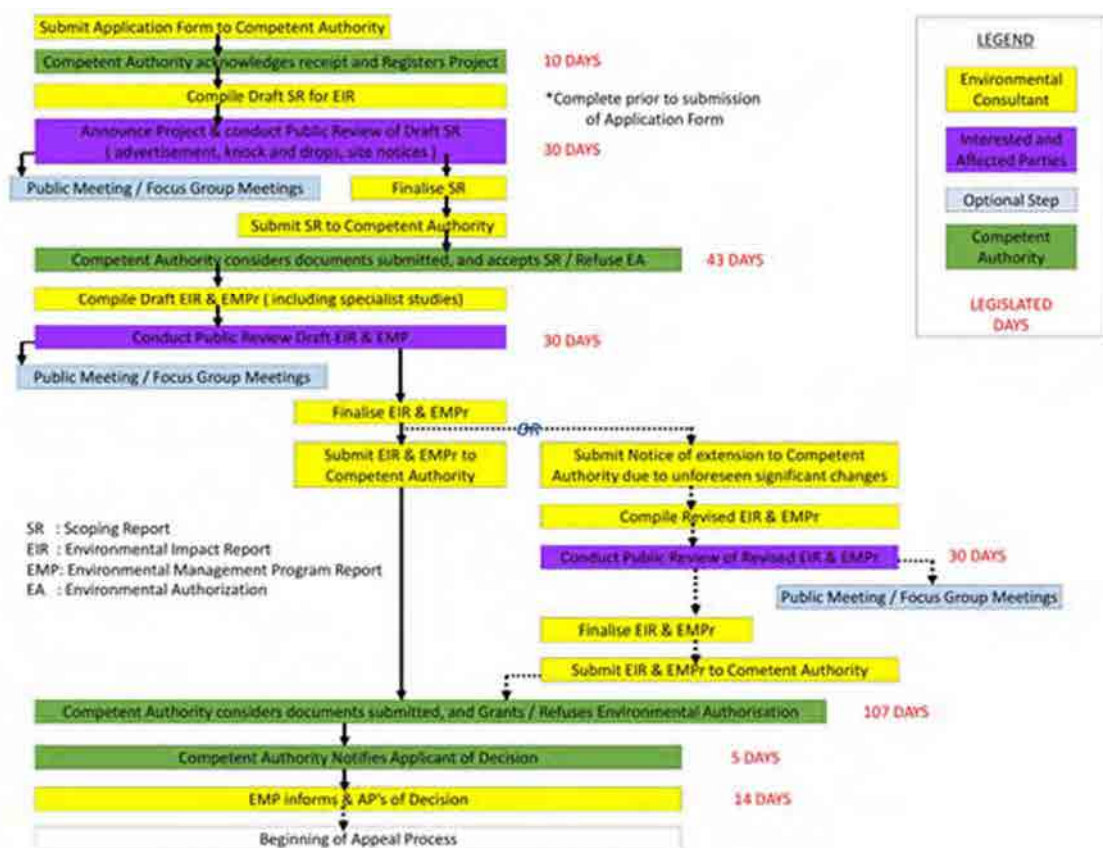
(2) スコーピング及び EIA 実施手順

EIA 実施手順は、国家環境管理法（Act No.107、1998 年）及び環境影響評価規制（2014 年）に規定されている。環境影響調査は、スコーピング段階と EIA 段階の 2 フェーズに分けて実施される。スコーピングは、追加の詳細調査が必要な項目や側面を抽出する重要な手続きであり、その後の EIA 段階におけるスコープを決定する。環境影響評価は、スコーピングレポートの情報を記載し、調査地域の生物-物理学的及び社会経済的な潜在的影響

を評価することを目的とする。スコーピングと EIA 実施手順を図 11.3-1 に示す。

メデュピ FGD 事業に係る最終 EIA レポートは 2018 年 5 月 23 日に DEA(環境省)に提出され、2018 年 9 月(一部改訂 2018 年 10 月)に環境許認可 (Environmental Authorisation:EA) が発行されている。

一方で MCWAP Phase2 のメデュピ TPS 取水地点から原水貯留池を經由して FGD 施設までの導水配管の建設事業に関しては、事業規模から基本アセスメント (BA) 報告書が求められるため、事業者の Eskom は BA 手続きの準備を開始し、2019 年 12 月 (2018 年 12 月現在) の承認取得を目指している。

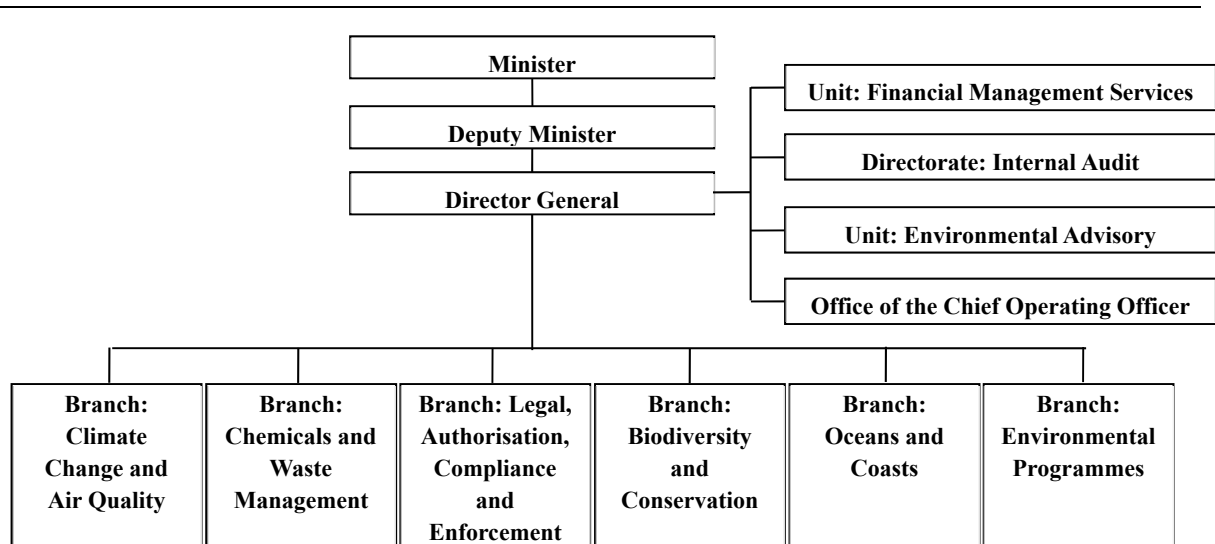


出典: NEMA (No.107 of 1998): Environmental Impact Assessment Regulations,(2014)に基づいて JICA 調査団にて作成

図 11.3-1 南アフリカにおけるスコーピング及び EIA 実施手順

(3) 南アフリカにおける EIA 関連機関・組織

南アフリカにおける環境部局 (DEA) の組織体制を図 11.3-2 に示す。DEA 下の Legal, Authorisation, Compliance and Enforcement Branch が EIA に係る権限を与えられている。



出典: <https://www.environment.gov.za/aboutus/structure> のウェブサイトの情報に基づいて JICA 調査団にて作成

図 11.3-2 南アフリカにおける環境部局（DEA）組織図

(4) JICA 環境社会配慮ガイドラインに基づくカテゴリ分類

JICA 環境社会配慮ガイドライン 2010 年 4 月（以下、JICA 環境ガイドライン）によって定義されているカテゴリ A 事業は、一般的に i) 影響を及ぼしやすいセクターのプロジェクト、ii) 影響を及ぼしやすい特性を持つプロジェクト、iii) 影響を受けやすい地域あるいはその近傍に立地するプロジェクト、が含まれる。加えて、大規模な非自発的住民移転が発生する場合もカテゴリ A 事業として分類される。環境面及び社会面に潜在的な負の影響がカテゴリ A と比較して小さいと判断される場合は、カテゴリ B 事業として分類される。

上記ガイドラインを考慮すると、FGD 事業は、大規模開発ではないこと、影響を受けやすい地域に立地しないこと、JICA 環境ガイドライン下で影響を及ぼしやすいセクターではないことから、重大な負の影響は発生しないと考えられる。そのため、JICA によってカテゴリ B 事業として分類されている。

(5) 南アフリカ環境関連法制度と JICA 環境ガイドライン間のギャップ分析

南アフリカ環境法制度と JICA 環境ガイドライン間のギャップ分析の結果を添付 11.1 に示す。分析の結果、JICA 環境ガイドラインにより求められる以下の項目が環境関連法制度で言及されていないことが確認された。

- 情報公開に係る使用言語
- EIA レポートへのアクセスしやすさ
- モニタリング結果の公開
- 労働安全衛生環境に関する影響検討
- 用地取得及び非自発的住民移転
- 先住民族

一方で、法令には上記明確な記述がない事項に関しても、一般的には適切に対応がなされており、Eskom による過去又は現在実施中の EIA に係る活動においても使用言語や EIA

レポートへのアクセスしやすさ、モニタリング結果の公開等住民参加プロセスに係る活動は JICA 環境ガイドラインを満足しており、本事業においても同様な対応が期待できる。また、本事業の実施による用地取得及び非自発的住民移転の発生は想定されず、先住民族の問題もないため、本項目は該当しない。労働安全衛生に係る対応は、南アフリカ国の EIA 法令にもとづく検討事項には含まれていないものの、Occupational Health and Safety Act などに基づき適切に対処しているため、本事業においてもこれらを明らかにする。

表 11.3-3 南アフリカ国環境法制度と JICA 環境ガイドライン間のギャップ分析表

No.	JICA 環境社会配慮ガイドライン (2010年4月)	南アフリカ国家環境管理法 NEMA (107/1998)	ギャップの有無	対処方針
基本的事項				
1	プロジェクトを実施するに当たっては、その計画段階で、プロジェクトがもたらす環境や社会への影響について、できる限り早期から、調査・検討を行い、これを回避・最小化するような代替案や緩和策を検討し、その結果をプロジェクト計画に反映しなければならない。(JICAガイドライン、別紙1.1)	The potential consequences for or impacts on the environment of listed activities or specified activities must be considered, investigated, assessed and reported on to the competent authority or the Minister responsible for mineral resources, as the case may be, except in respect of those activities that may commence without having to obtain an environmental authorisation in terms of this Act. Every applicant must comply with the requirements prescribed in terms of this Act in relation to (a) steps to be taken before submitting an application, where applicable, (b) any prescribed report; (c) any procedure relating to public consultation and information gathering, (d) any environmental management programme, (e) the submission of an application for an environmental authorisation and any other relevant information; and (f) the undertaking of any specialist report, where applicable. [NEMA: Sec 24(1), (1A)] Integrated environmental management is to identify, predict and evaluate the actual and potential impact on the environment, socio-economic conditions and cultural heritage, the risks and consequences and alternatives and options for mitigation of activities, with a view to minimizing negative impacts, maximizing benefits, and promoting compliance with the principles of environmental management. [NEMA: Sec 23(2)]	There is no gap.	The project policy on environmental and social impact assessment is based on the national regulations and JICA environmental guidelines.
情報公開				
2	環境アセスメント報告書(制度によっては異なる名称の場合もある)は、プロジェクトが実施される国で公用語または広く使用されている言語で書かれていなければならない。また、説明に際して	Where a person who desires but is unable to access written comments as contemplated in sub regulation (1) due to— (a) a lack of skills to read or write; (b) disability; or (c) any other disadvantage; Reasonable alternative methods of recording comments must be provided for.	There is no reference to language in laws and regulations.	Since English is a widely understandable language in the site, all documents related to environmental

No.	JICA 環境社会配慮ガイドライン (2010年4月)	南アフリカ国家環境管理法 NEMA (107/1998)	ギャップの有無	対処方針
	は、地域の人々が理解できる言語と様式による書面が作成されねばならない。(JICAガイドライン、別紙2)	[NEMA: EIAR2014 (mended 2017), Sec44(2)] The participation of all interested and affected parties in environmental governance must be promoted, and all people must have the opportunity to develop the understanding, skills and capacity necessary for achieving equitable and effective participation, and participation by vulnerable and disadvantaged persons must be ensured. [NEMA: Sec 4(4)(f)]		issues are disseminated in English.
3	環境アセスメント報告書は、地域住民等も含め、プロジェクトが実施される国において公開されており、地域住民等のステークホルダーがいつでも閲覧可能であり、また、コピーの取得が認められていることが要求される。(JICAガイドライン、別紙2)	Chapter 2 and Chapter 6 of NEMA: EIAR2014 (amended 2017) described time frame and methodology of public participation, respectively to obtain Environmental Authorization.	There is no reference to availability of accessing the EIA report, but previous EIA report for Eskom projects are disclosed in the company website of Eskom. Project stakeholders can access to the all environmental reports any time. Reports are to be made available to the public, by placing such reports in easily accessible public venues, such as Public Libraries, Police stations and Municipal Offices.	All documents related to EIA report for FGD Project are disclosed on the project Eskom's website.
住民協議				
4	特に、環境に与える影響が大きいと考えられるプロジェクトについては、プロジェクト計画の代替案を検討するような早期の段階から、情報が公開された上で、地域住民等のステークホルダーとの十分な協議を経て、その結果がプロジェクト内容に反映されていることが必要である。(JICAガイドライン、別紙1、社会的合意.1)	(1) The applicant must ensure that the comments of interested and affected parties are recorded in reports and plans and that such written comments, including responses to such comments and records of meetings, are attached to the reports and plans that are submitted to the competent authority in terms of these Regulations. (3) Potential or registered interested and affected parties, including the competent authority, may be provided with an opportunity to comment on reports and plans contemplated in sub regulation (1) prior to submission of an application but must be provided with an opportunity to comment on such reports once an application has been submitted to the competent authority. [NEMA: EIAR2014 (mended 2017), Sec44(1)(3)]	There is no gap.	Public meetings were conducted at two stages in line with the national regulation. Public meeting for draft scoping report for Medupi FGD project was conducted in November 2014. And public meeting for draft EIA report for Medupi FGD project was conducted in March 2018.

No.	JICA 環境社会配慮ガイドライン (2010年4月)	南アフリカ国家環境管理法 NEMA (107/1998)	ギャップの有無	対処方針
5	環境アセスメント報告書作成に当たり、事前に十分な情報が公開されたうえで、地域住民等のステークホルダーと協議が行われ、協議記録等が作成されていない。	The applicant must ensure that the comments of interested and affected parties are recorded in reports and plans and that such written comments, including responses to such comments and records of meetings, are attached to the reports and plans that are submitted to the competent authority in terms of these Regulations. [NEMA: EIAR2014 (mended 2017), Sec44]	There is no gap.	Minutes of meetings of all stakeholder meetings are prepared. Comment and response reports is also prepared for each public participation.
6	地域住民等のステークホルダーとの協議は、プロジェクトの準備期間・実施期間を通じて必要に応じて行われるべきであるが、特に環境影響評価項目選定時とドラフト作成時には協議が行われていることが望ましい。 (JICAガイドライン、別紙2.カテゴリAに必要な環境アセスメント報告書)	The following section provides guidance as to when Public Participation must be undertaken - • Before the submission of an application for Environmental Assessment (EA), but the relevant Competent Authority (CA) and potential and registered interested and affected parties must, irrespective of whether or not any Public Participation (PP) took place prior to the submission of the application. • Additional PP may be required where significant changes have been made or significant new information has been added to the basic assessment report (BAR), scoping and environmental impact report (S & EIR), environmental management program (EMPr) or, where applicable, a closure plan, which changes or information was not contained in the reports or plans consulted on during the initial Public Participation Process (PPP), for a period of at least 30 days. [Public Participation Guideline in terms of NEMA, 1998 EIAR, DEA, 2017]	There is no gap. Public meeting for draft scoping report for Medupi FGD project was conducted in November 2014. And public meeting for draft EIA report for Medupi FGD project was conducted in March 2018.	Public meetings were conducted at two stages, scoping phase and draft EIA phase, in line with the national regulation.
環境影響評価項目				
7	環境社会配慮に関して調査・検討すべき影響の範囲には、大気、水、土壌、廃棄物、事故、水利用、気候変動、生態系及び生物相等を通じた、人間の健康と安全及び自然環境への影響（越境の又は地球規模の環境影響を含む）並びに以下に列挙する様な事項への社会配慮を含む。非自発的住民移転等人口移動、雇用や生計手段等の地域経済、土地利用や地域資源利用、社会関係資本や地域の意思決定機関等社会組織、既存の社会インフラや社会サービス、貧困層や先住民など社会的に脆弱なグループ、被害と便益の分配や開発プロセス	Sustainable development requires the consideration of all relevant factors including the following: ecosystems, biological diversity, landscapes and sites that constitute the nation's cultural heritage, use and exploitation of non-renewable/ renewable natural resources, people's environmental rights, unfairly discriminate against any person, particularly vulnerable and disadvantaged persons, equitable access to environmental resources, benefits and services to meet basic human needs, human well-being, environmental health and safety consequences, social, economic, right of workers, human health dangers, actual or potential conflicts, global and international responsibilities, vital role of women and youth, sensitive, vulnerable, highly dynamic or stressed ecosystems, such as coastal shores, estuaries, wetlands. [NEMA 2(4)]	There is no reference to working condition, land acquisition and in involuntary resettlement in EIA regulations. Occupational Health and safety act No. 83 of 1993, OSHSAS 18001, and the accompanying Construction Regulations are applied for the working health and safety condition. South African laws relating to resettlement and land acquisition are to be solved in accordance with Interim Protection of Informal Land Rights (Act 31 of 1996), The Constitution 108 of 1996, Restitution of Land Rights Act 22 of 1994,	Eskom's activities and considerations for working safety and health conditions shall be clarified in this report. Occupational Health and safety act No. 83 of 1993, OSHSAS 18001, and the accompanying Construction Regulations are applied for the working health and safety

No.	JICA 環境社会配慮ガイドライン (2010年4月)	南アフリカ国家環境管理法 NEMA (107/1998)	ギャップの有無	対処方針
	<p>スにおける公平性、ジェンダー、子どもの権利、文化遺産、地域における利害の対立、HIV/AIDS等の感染症、労働環境(労働安全を含む)。(JICAガイドライン、別紙1.検討する影響のスコープ.1)</p>		<p>Expropriation Act (Act 63 of 1975), and Extension of Security of Tenure Act (1997) Not applicable for Medupi FGD Project, since there is no land acquisition and no resettlement due to the implementation of the project.</p>	<p>condition. South African laws relating to resettlement and land acquisition are to be solved in accordance with Interim Protection of Informal Land Rights (Act 31 of 1996), The Constitution 108 of 1996, Restitution of Land Rights Act 22 of 1994, Expropriation Act (Act 63 of 1975), and Extension of Security of Tenure Act (1997) Not applicable for Medupi FGD Project, since there is no land acquisition and no resettlement due to the implementation of the project.</p>
8	<p>調査・検討すべき影響は、プロジェクトの直接的、即時的な影響のみならず、合理的と考えられる範囲内で、派生的・二次的な影響、累積的影響、不可分一体の事業の影響も含む。また、プロジェクトのライフサイクルにわたる影響を考慮することが望ましい。 (JICAガイドライン、別紙1、検討する影響のスコープ.2)</p>	<p>If a proponent or applicant intends undertaking more than one activity as part of the same development within the area of jurisdiction of a competent authority, a single application must be submitted for such development and the assessment of impacts, including cumulative impacts, where applicable, and consideration of the application, undertaken in terms of these Regulations, will include an assessment of all such activities forming part of the development. If one or more proponents intend undertaking interrelated activities at the same or different locations within the area of jurisdiction of a competent authority, the competent authority may, in writing, agree that the proponent or proponents submit a single application in respect of all of those activities and to conduct a consolidated assessment process but the potential environmental impacts of each activity, including its cumulative impacts, must be</p>	<p>There is no gap.</p>	<p>Air quality concentrations during operation of the project are predicted including cumulative concentrations due to existing Matinba PS emissions. Medupi PS Project is considered as an indivisible project from FGD project.</p>

No.	JICA 環境社会配慮ガイドライン (2010年4月)	南アフリカ国家環境管理法 NEMA (107/1998)	ギャップの有無	対処方針
		<p>considered in terms of the location where the activity is to be undertaken. [NEMA: EIAR2014 (mended 2017), Sec11(3)(4)]</p> <p>An assessment of each identified potentially significant impact and risk, including— (i) cumulative impacts, (ii) the nature, significance and consequences of the impact and risk, (iii) the extent and duration of the impact and risk, (iv) the probability of the impact and risk occurring, (v) the degree to which the impact and risk can be reversed, (vi) the degree to which the impact and risk may cause irreplaceable loss of resources; and (vii) the degree to which the impact and risk can be mitigated; [NEMA: EIAR2014 (mended 2017), Appendix3, Sec3(1)(j)]</p>		<p>Therefore, the status of environmental and social considerations is confirmed from the point of view of JICA Environmental Guidelines thorough reviewing the existing environmental documents and interviewing with Eskom Environmental Team experts.</p>
モニタリング苦情処理等				
9	<p>モニタリング結果を、当該プロジェクトに関わる現地ステークホルダーに公表するよう努めなければならない。(JICAガイドライン、別紙1、モニタリング.3)</p>	<p>There is no reference to public review, discussion and examination of the results of monitoring process in laws and regulations. However, DEA can issue Record of Decision for EIA report attached with specific conditions. In terms of specific conditions for Medupi TPS, Environmental Monitoring Committee (EMC) which includes representative local community members was required. EMC must monitor and audit project compliance to relevant regulations and environmental documents, have a meeting and report periodically.</p>	<p>There is no reference to public review, discussion and examination of the results of monitoring process in laws and regulations.</p>	<p>EMC for Medupi PS has been established and is executing its task continuously in line with Record of Decision.</p>
10	<p>第三者等から、環境社会配慮が十分でないなどの具体的な指摘があった場合には、当該プロジェクトに関わるステークホルダーが参加して対策を協議・検討するための場が十分な情報公開のもとに設けられ、問題解決に向けた手順が合意されるよう努めなければならない。(JICAガイドライン、別紙1、モニタリング.4)</p>		ditto	ditto
生態系及び生物相				
11	<p>プロジェクトは、重要な自然生息地または重要な森林の著しい転換または著しい劣化を伴うものであってはならない。(別紙1、6)</p>	<p>Sustainable development requires the consideration of all relevant factors including the following: (i) That the disturbance of ecosystems and loss of biological diversity are avoided, or, where they cannot be altogether avoided, are minimized and remedied [NEMA 2(4)(a)(i)] South Africa has two other laws for natural conversation, which are the Protected Areas</p>	There is no gap.	<p>The project policy on environmental and social impact assessment is based on the national regulations and JICA environmental</p>

No.	JICA 環境社会配慮ガイドライン (2010年4月)	南アフリカ国家環境管理法 NEMA (107/1998)	ギャップの有無	対処方針
		Act 57 of 2004 and the Biodiversity Act 10 of 2004		guidelines.
先住民族				
12	プロジェクトが先住民族に及ぼす影響は、あらゆる方法を検討して回避に努めねばならない。このような検討を経ても回避が可能でない場合には、影響を最小化し、損失を補填するために、実効性ある先住民族のための対策が講じられなければならない。(別紙1、8.1)	There is no reference to indigenous peoples in laws and regulations.	There is no reference to indigenous peoples in EIA regulations.	Not applicable for Medupi FGD Project, since there is no indigenous people.

出典: JICA 調査団にて作成

11.3.3 国家環境管理：廃棄物法

全ての廃棄物管理に係る活動は国家環境管理：廃棄物法 National Environmental Management Waste Act, 2008 (Act No. 59 of 2008) (NEM:WA) 及びその関連法により規定されている。廃棄物管理活動を規制し、人の健康や環境への負の影響が生じないようにするため NEM:WA では廃棄物管理ライセンスを定めている。政令で定めるリストにあげられている活動を実施する際には、活動を始める前に管轄機関からライセンスを取得しなければならない。NEM:WA では取り扱う廃棄物の種類に応じて3つのカテゴリを設けている。

カテゴリ“A”に区分される活動を実施する事業者は、NEMA EIA に基づく基礎アセスメント (Basic Assessment (BA)) 手続きが必要となる。

カテゴリ“B”に区分される活動を実施する事業者は、NEMA EIA に基づくスコーピング及び環境影響評価手続きが必要となる。

カテゴリ“C”に区分される活動を実施する事業者は、廃棄物の保管に係る基準 Storage of Waste (GN 926 of 2013)を遵守しなければならない。

本事業における廃棄物処理に係る活動を表 11.3-4 に示す。

表 11.3-4 GN R718 (2008)に示される廃棄物管理活動

番号	活動の概要
Government Notice No.718 NEMA 2008 as amended on 2013: Category B	
7	The disposal of any quantity of hazardous waste to land.
10	The construction of a facility for a waste management activity listed in Category B of this Schedule (not in isolation to associated waste management activity).
Government Notice No.718 NEMA 2008 as amended on 2013: Category C	
2	The storage of hazardous waste at a facility that has the capacity to store in excess of 80m ³ of hazardous waste at any one time, excluding the storage of hazardous waste in lagoons or temporary storage of such wastes.

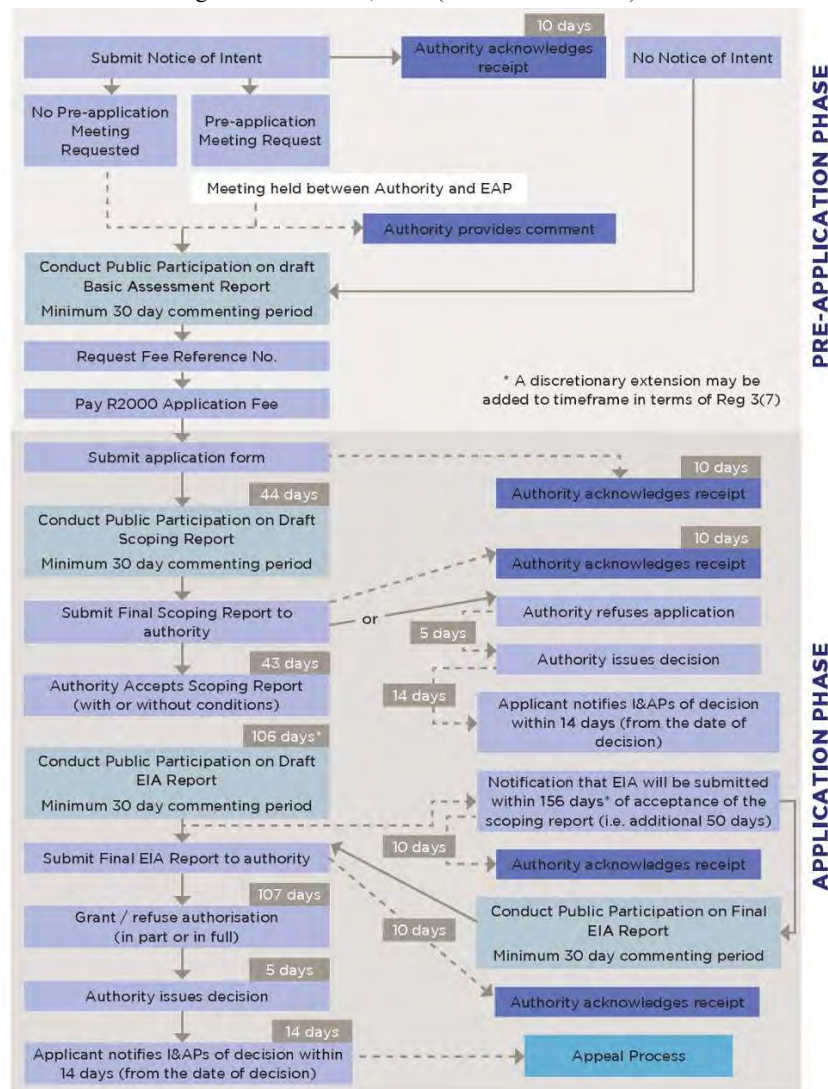
出典: Government Notice No.718 NEMA 2008 as amended GNR921 on 2013

廃棄物管理ライセンス申請手続き及び要求事項の概要を表 11.3-5 及び図 11.3-3 に示す。

表 11.3-5 廃棄物管理ライセンス申請手続き手順

工程	ステップ ⁶	廃棄物管理ライセンス申請の作業
Pre-Application Process	1-1	Submit a notice of intent to apply for a WML to the LA (Licensing Authority)
	1-2	Set up a consulting meeting with the LA
	1-3	Submit a pre-application Basic Assessment Report or pre-application Scoping Report for comment to the LA
	1-4	Conduct pre application public participation process (“PPP”) for a period not shorter than 30 days
Public Participation Process	2-1	Advertisement must be placed in at least two local newspapers or an official Gazette and at least in one provincial
	2-2	Any reports must be made available for public comment for a minimum of 30 days.
Basic Assessment Process (Category A)	3-1	Conduct Basic Assessment Process as described in regulation 19 of the EIA Regulations, 2014
	3-2	Once the LA has reached a decision, the LA has to inform the applicant of the decision in writing within 5 days
Scoping and Environmental Impact Reporting Process (Category B)	4-1	Conduct Basic Assessment Process
	4-2	Once the LA authority has reached a decision, the LA has to inform the applicant of the decision in writing within 5 days,
	4-3	The applicant must notify all I&AP’s of the outcome of the application, reasons for the decision as well as the date of the decision within 14 days.

出典：National Environmental Management Waste Act, 2008 (Act No. 59 of 2008)



出典: Waste Management License Guideline 2017, Western Cape Government

図 11.3-3 廃棄物管理ライセンス申請手続きのためのスコーピング及び EIR フロー

11.3.4 国家水法

メデュピ TPS FGD 設置事業に係る活動のいくつかの水利用活動は、国家水法（National Water Act, 1998 (Act No. 36 of 1998) (NWA)）の第 21 項に定義される活動に該当する。これらの活動を行うためには DWS から水利用許可を取得しなければならず、NWA（1998）の第 40 項及び 41 項に基づく申請が必要となる。本事業では以下の活動が該当する。

表 11.3-6 国家水法 1998、21 項に基づく水利用活動

番号	活動の概要
Section 21 of National Water Act, 1998 (Act No. 36 of 1998)	
A	Taking water from a water resource
G	Disposing of waste in a manner which may impact on a water resource.
H	Disposal of water that has been heated within a power generation process.

出典: National Water Act, 1998 (Act No. 36 of 1998)

水利用ライセンス申請の手続きの概要を表 11.3-7 に示す。

表 11.3-7 水利用ライセンス申請書手続き

Step	Steps in processing of water use license applications	Maximum Days allocated	Cumulative days	Responsible
0	Pre-application enquiry	0	0	Applicant / Responsible authority
1	Application submitted	1	1	Applicant
2	Responsible authority acknowledges receipt of the application	10	11	Responsible authority
3	Applicant confirm arrangement for site inspection with an allocated case officer	5	16	Applicant
4	Site inspection to confirm water uses, determine information requirements and the need for public participation	20	36	Responsible authority / Applicant
5	Confirm requirements for water use license application technical report based on site visit and meeting	5	41	Responsible authority
6	Compilation, consultation and submission of water use license application technical report by applicant	105	146	Applicant
7	Reject / Accept water use license application technical report	10	156	Responsible authority
8	Assessment	139	295	Responsible authority / Applicant
9	Decision and communication to applicant	5	300	Responsible authority

出典 : Water Use Licence Application and Appeals Regulation, 2017 (Act No. 36 of 1998)

11.4 代替案の検討

11.4.1 本事業を実施しない案

FGD を設置しない状態で発電所の運転を継続する場合、メデュピ発電所が排出ガス許可（AEL）の条件に違反して運転することになるため、同状況下では、法律遵守のため運転を停止させる必要が生じる。これは、南アフリカ経済及び同地域への電力供給の安定性に壊滅的な影響をもたらすと思われる。これらの理由から、ゼロ・オプションは非現実的であり、メデュピ PS への FGD 設置は大気環境及び継続的な電力系供給の面からも欠くこ

とのできない事業と考えられる。

11.4.2 FGD 技術の代替案検討

代替案検討は、湿式 FGD 及び乾式 FGD-CFB（循環流動床）を対象とした。結果として、下表に示す通り、湿式 FGD 設備の設置が実現可能な技術と評価された。

なお、FGD は既存のメデュピ TPS に設置される予定であり、配置位置が限られているため設置場所の代替案は検討しなかった。

表 11.4-1 技術検討のための代替案分析

項目	湿式FGD	乾式FGD-CFB
技術概要	あらゆる規模の化石燃料利用の火力発電所に適用されてきた長い歴史を持ち、現在まで主流な処理プロセスである。	世界中で広く用いられている。石灰、水及びフライアッシュを含む煙道ガスを反応器内で混合し、ボイラー煙道ガス流から二酸化硫黄を除去する。
技術面・運用面	- 歴史が古くサイズに汎用性がある。 - 世界的に広く採用されている。 - 脱硫率 >98%	- 小規模の燃焼機械群に対して効果的 - 複数の乾燥/半乾燥の低濃度硫黄のボイラー - 脱硫率 >90-95%
費用面	- 初期投資：982-1,122mil. USD - 運用費用：87.3 mil USD/year	- 初期投資：1.483-1,623mil. USD - 運用費用：109.1 mil USD/year - 費用便益に難あり。乾式FGD技術は、既存の配管設計と追加の新しい布ろ過装置に必要な変更に伴い、資本コストが増加すると推定される。 - 乾式FGDの推定運転費用は、主に石灰試薬の高コストを理由に、湿式FGDシステムよりも高い
環境社会面の有利な点	- 高硫黄石炭の除去効率が高く、ボイラーごとに1基の吸収塔で処理可能 - 低品質の石灰岩を使用できるため、レパラレ及びその周辺地域の社会経済発展に貢献できる	- 排出される汚染水を排出しない
環境社会面の不利な点	- 一般的に、排水処理プロセスを必要とする - このシステムで使用される水量は、乾式FGD-CFB技術で必要な水量より多い	- このプロセスで生成されたフライアッシュは、埋立処分が必要 - 費用便益に難あり。乾式FGD技術は、既存の配管設計と追加の新しい布ろ過装置に必要な変更に伴い、資本コストが9%増加すると推定される。乾式FGDの推定運転費用は、主に石灰試薬の高コストを理由に、湿式FGDシステムよりも53%高い。
評価	実現可能な技術と考えられる	経済的に実現可能ではない

出典: Final environmental impact report for the proposed Medupi flue gas desulphurization (FGD) retrofit project (Zitholet Consulting, May 2018)に基づいて JICA 調査団が要約

11.5 スコーピング

11.5.1 EIA におけるスコーピング段階

環境と社会に生じうる重大な影響を評価するため、事業計画及び周辺環境・社会状況を元に想定しうる環境及び社会影響が特定される。影響に対する緩和策が行われない状況下で、汚染・自然環境・社会環境への影響がそれぞれ以下に示す A から D の区分に分類される。

- | | |
|--------------------------|---------------|
| A: 著しい負の影響 | A+: 著しい正の影響 |
| B: 一定程度の負の影響 | B+: 一定程度の正の影響 |
| C: 影響が確かではないため、追加調査が必要 | |
| D: 影響無、あるいは軽微な影響で追加調査は不要 | |

11.5.2 スコーピング結果

スコーピング結果を表 11.5-1 に示す。影響は工事前、工事中、供用中の 3 段階で評価する。FGD は既に影響を受けた用地内に設置されることになる。メデュピ TPS の地上構造物・植生は既に除去されているため、FGD 事業の実施に伴い非常にわずかながらに残存している自然環境は影響を受ける可能性があるが、基本的には FGD 事業により新たに著しい影響が生じることはない想定される。

表 11.5-1 環境社会影響評価におけるスコーピング結果 (工事前・工事中・供用時)

No	環境要因 項目	影響程度		内容
		工事前/ 工事中	供用中	
Pollution				
1	大気汚染	B-	A+/ C	[工事中] 建設機械の稼働及び工事用車両の走行に伴い発生する排ガスにより大気質への影響が想定される。また、導水配管理設時の掘削工事による粉じんの発生も想定される。 [供用時] FGD 事業により現在の排ガスは改善されるものの、発電所からの排ガスは発生する。
2	水質汚濁	B-	B-	[工事中] 掘削等の土工事による一時的な水質汚濁や労働者の活動に伴う生活排水が生じる可能性がある。 [供用時] 適切な管理下でない場合、廃棄物処理場では地下水質及び表流水の汚染が生じる可能性がある。FGD の過程で使用する水は処理されたのち、全てプラント内で再利用される。このため、表流水を汚染することはない。
3	土壌汚染	D	D	一般的な作業条件において土壌汚染が生じることはない。
4	廃棄物	B-	B-	[工事中] 工事に建設副産物が発生する。 [供用時] FGD の過程において、石膏、汚泥等が廃棄物として発生する。
5	騒音及び振動	B-	B-	[工事中] 建設機械の稼働及び工事用車両の走行に伴い騒音が発生する。周辺地域に受容体となる建物・居住区がないため、振動の影響はない。 [供用時] 施設の稼働による騒音が生じる。
6	地盤沈下	D	D	[地盤沈下が生じないよう、基礎工事をするため、事業の実施により地盤沈下が生じることはない。
7	悪臭	D	D	悪臭を生じさせる影響要因はない。
8	底質	D	D	底質に負の影響を生じさせる影響要因はない。
自然環境				
9	保護区	D	D	FGD 施設は既存のメデュピ TPS の敷地内に計画されている。計画地内及びその周辺に保護区は存在しない。
10	生態系	C	C	FGD 施設は既存のメデュピ TPS の敷地内に計画されているため、動物、植物、生態系への影響はほとんどない。計画地内に希少な動物、植物及び生態系は確認されていない。一方で、引込み線計画部分については、メデュピ用地内であるものの一部改変されていない箇所がある。
11	水象	D	D	地表水の利用を計画していることから周辺の地下水及び推奨に影響を与えることはない。
12	地形・地質	D	D	既存のメデュピ TPS の敷地内に FGD 施設は計画されているため、FGD 施設の建設においては地形・地質を改変する要因はない。
13	土壌浸食	C	C	既存のメデュピ TPS の敷地内に FGD 施設は計画されている。しかし、鉄道引き込み線計画地はメデュピ TPS 用地内の未改変地域であり、工事中及び供用後に土壌浸食が生じる可能性がある。
社会環境				
14	非自発的住民移転	D	D	既存のメデュピ TPS の敷地内に FGD 施設は計画されているため、用地取得及び非自発的住民移転は生じない。 また、MCWAP2 からメデュピ TPS 導水配管に関しては、一部公共用地(道路及び鉄道用地)を横断するが、それ以外はメデュピ TPS 内の用地を使用するため用地取得及び非自発的住民移転は生じない。
15	貧困層、先住民族、少数民族	D	D	計画地内及びその周辺に貧困層、先住民族、少数民族は存在しない。
16	雇用や生計な	B+	B+	[工事中/供用時] 事業の実施により雇用の機会が増える。

表 11.5-2 EIA 実施に係る TOR

	環境項目	調査項目	調査方法
1	大気汚染	i)現在の大気環境 ii)供用後の事業実施に伴う大気質への影響の確認 iii) 現在及び/または計画している環境保全措置の内容	- メデュピ FGD 事業ファイナル EIA レポート (2018 年 5 月) 及び資料編のレビュー -メデュピ TPS の工事中及び稼働時のモニタリングレポートのレビュー
2	水質汚濁	i) 現在の地下水質の状況 ii) 現在及び/または計画している環境保全措置の内容	- メデュピ FGD 事業ファイナル EIA レポート (2018 年 5 月) 及び資料編のレビュー -メデュピ TPS の工事中及び稼働時のモニタリングレポートのレビュー
4	廃棄物	i)事業活動に伴う廃棄物の流れ ii) 廃棄物管理計画 iii) 現在及び/または計画している環境保全措置の内容	- メデュピ FGD 事業ファイナル EIA レポート (2018 年 5 月) 及び資料編のレビュー -メデュピ TPS の工事中及び稼働時のモニタリングレポートのレビュー
5	騒音	i) 現在の騒音の状況 ii)周辺の騒音受信環境 ii) 現在及び/または計画している環境保全措置の内容	- メデュピ FGD 事業ファイナル EIA レポート (2018 年 5 月) 及び資料編のレビュー -メデュピ TPS の工事中及び稼働時のモニタリングレポートのレビュー
10	生態系	i) 現在の植物相・植生の状況 ii) 現在の動物相・群集の状況 iii) 現在の水流、湿地、一時的水域の状況 vi) 現在及び/または計画している環境保全措置の内容	- メデュピ FGD 事業ファイナル EIA レポート (2018 年 5 月) 及び資料編のレビュー
13	土壌浸食	i)計画地及びその周辺の土壌の状況 ii) 現在及び/または計画している環境保全措置の内容	- メデュピ FGD 事業ファイナル EIA レポート (2018 年 5 月) 及び資料編のレビュー
18	水利用・水利権	i) 計画地及びその周辺の水利用計画	- メデュピ FGD 事業ファイナル EIA レポート (2018 年 5 月) 及び資料編のレビュー - モコロ・クロコダイル用水増設プロジェクト事業報告書のレビュー - 地域全体の水源及び水利用計画のレビュー
20	既存社会インフラ及びサービス(道路交通・道路及び鉄道)	i)現在及び将来の最寄交差点交通量 ii)導水配管計画	- メデュピ FGD 事業ファイナル EIA レポート (2018 年 5 月) 及び資料編のレビュー -事業者ヒアリング
27	HIV/AIDs 等の伝染病	i) 現在の伝染病などの状況 ii) 現在及び/または計画している環境保全措置の内容	- メデュピ FGD 事業ファイナル EIA レポート (2018 年 5 月) のレビュー -事業者ヒアリング
28	労働環境	i) 労働者に係る安全衛生環境に係る法令 ii) 現在及び/または計画している環境保全措置の内容	- メデュピ FGD 事業ファイナル EIA レポート (2018 年 5 月) のレビュー -事業者ヒアリング
29	事故	i) 事故等の状況 ii) 現在及び/または計画している環境保全措置の内容	-事業者ヒアリング
30	地球温暖化	i) FGD 操業のための発電量の変化	-事業者ヒアリング

出典: JICA 調査団にて作成

11.6 環境社会配慮調査結果

11.6.1 大気質

(1) 調査結果

1) 現在の大気環境

EIA 調査のためにレビュー及び使用された 2013 年及び 2014 年の大気観測データは以下の通り。

- SO₂ 濃度は、マラポン及びレパラレの大気観測地点で稀に短期間（毎時）の大気環境基準(NAAQS)を超えているものの、超過頻度は規定の上限数を超えておらず、NAAQS を遵守している。
- 現在、マティンバ TPS が調査地域の SO₂ 地上レベルの濃度に寄与する主な排出源である可能性が高い。排出量が低いために著しく寄与する可能性は低いその他の排出源としては、鉱業活動に関連する石炭廃棄物の自発燃焼、ハングリップでの煉瓦製造過程で生じる燃焼、及び潜在的なマラポン居住区内での家庭燃料の燃焼による排出が挙げられる。
- NO₂ 濃度は、マラポン及びレパラレの大気観測地点にて、NAAQ の限度を短期的に超えることが稀にある（ただし、NAAQS は遵守）。この地域におけるその他の小規模な NO_x の発生源には、石炭廃棄集積場の燃焼、煉瓦焼成処理、家庭用燃料の燃焼及び稀ではあるが野焼きなどがある。
- 測定された PM₁₀ 濃度は、2014 年はマラポン観測地点における 1 日当たりの NAAQS を超えたが、レパラレ観測地点では比較的濃度が低かった（NAAQS は遵守）。一方、2013 年及び 2014 年の間にマラポン観測地点で測定された PM₁₀ 濃度は NAAQS の基準値を超えていた。マラポン観測地点における PM_{2.5} 濃度は、2029 年まで適用される NAAQS の基準値内だが、2030 年に適用されるより厳しい NAAQS の基準値を上回っている。

(2) 予測結果

1) 工事中の大気質

FGD 施設に関してはすでに改変されている用地内に FGD ユニットを設置するため土工事や重機の活動は限られるため、工事中の影響は、その影響が局地的かつ一時的である。鉄道引き込み部沿線と運搬作業からの影響、および新しいアクセスの車両運行が、粒子状物質に寄与すると考えられる。工事中のディーゼル貯蔵施設は、揮発性有機化合物に寄与する可能性がある。しかし、これらの活動による影響も局地的であり、現場から離れた場所においては NAAQS の基準値を超えないと推察された。一方で、MCWAP phase2 の取水箇所から場内貯水池、貯水池から FGD をつなぐ導水配管に関しては、総延長約 5.3km で、基本的には埋設で計画されている。掘削幅は単管部が 1.8m、複管部は 3.6m、掘削深さは 2.0-2.5m 程度を想定しており、掘削に伴う粉塵の発生が想定される。

2) 供用中の大気質

FGD 有り/無しの場合のメデュピ TPS 運転による大気質への影響は、ベースラインの大気環境モニタリングデータと排出量に基づき、適切な大気分散モデルを用いて大気濃度を計算することで検討した。影響の重要度の評価は、シミュレーションによる大気濃度と評価対象地点の NAAQS との比較によって実施した。大気質シミュレーションの概要を下表に示す。

表 11.6-1 大気質シミュレーションの概要

項目	内容	
シミュレーションモデル	拡散モデル - USEPA&CALMET 気象モデルと CALPUFF 分散モデル - 灰処理時における一時的な排出量の定量化のための飛散モデル - ADDAS 屋内飛散モデル(Burger & Held, 1997; Burger, 2010)	
モデル地域	- 対象地域：50km（東西）x 50km（南北）	
入力気象データ	- 2011 年から 2013 年までの表層及び上層気象条件	
予想シナリオ	シナリオ 1	2014 ベースライン: マティンバ TPS (FGD なし) の運転時 - マティンバ TPS 煙突からの排出量
	シナリオ 2	2020 ベースライン: マティンバ TPS (FGD なし) の運転及びメデュピ TPS (FGD なし) の運転時 - マティンバ TPS 煙突からの排出量 - メデュピ TPS 煙突からの排出量 (6 ユニット全て FGD 無し)
	シナリオ 3	マティンバ TPS (FGD なし) 及びメデュピ TPS (FGD あり) の運転時 - マティンバ TPS 煙突からの排出量 - メデュピ TPS 煙突からの排出量 (6 基全て FGD 有り) - 緩和策なし (対策なし) の供用時における灰処分場からの粉じん

出典 Final environmental impact report for the proposed Medupi flue gas desulphurization (FGD) retrofit project (Zitholele Consulting, May 2018)に基づいて JICA 調査団が要約

各シナリオのシミュレーション結果を表 11.6-2 及び SO₂ の拡散シミュレーションの結果の 1 時間値及び 24 時間値をそれぞれ及び図 11.6-1 及び図 11.6-2 示す。

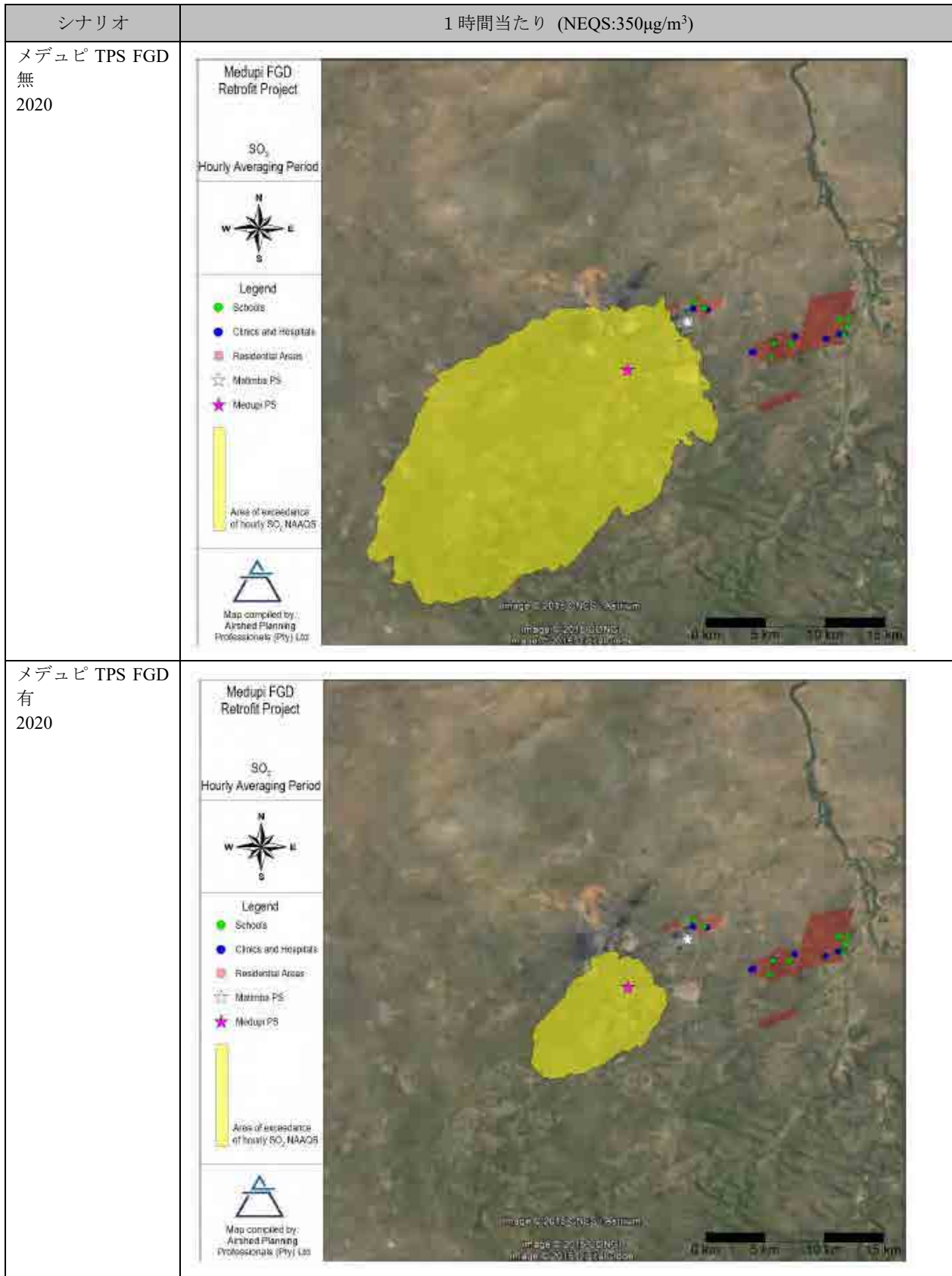
FGD を設置しない場合、マティンバ TPS 及びメデュピ TPS (2020 ベースライン) の運転により、その地域一帯では SO₂ の NAAQS を遵守できず、中程度の影響があると予測される。しかしながら、FGD を設置する提案事業のシナリオでは、SO₂ 濃度の基準不適合範囲は大幅に減少し、センシティブレセプターの地点では NAAQS を超過しないことから著しく低い影響となると予測された。

NO₂、PM10 及び PM2.5 についても、提案事業の供用により影響度が低くなるため、センシティブレセプターの地点において NAAQS の超過はないと予測された。過去のモニタリング結果では、PM10 の濃度がマラポンにおける 1 日当たりの NAAQS を遵守していなかったが、本事業供用後の予測結果では、現在の大気の微粒子濃度の増加に大きく寄与しないと確認された。

表 11.6-2 メデューピ TPS 最寄のセンシティブレセプター等において予測された大気質

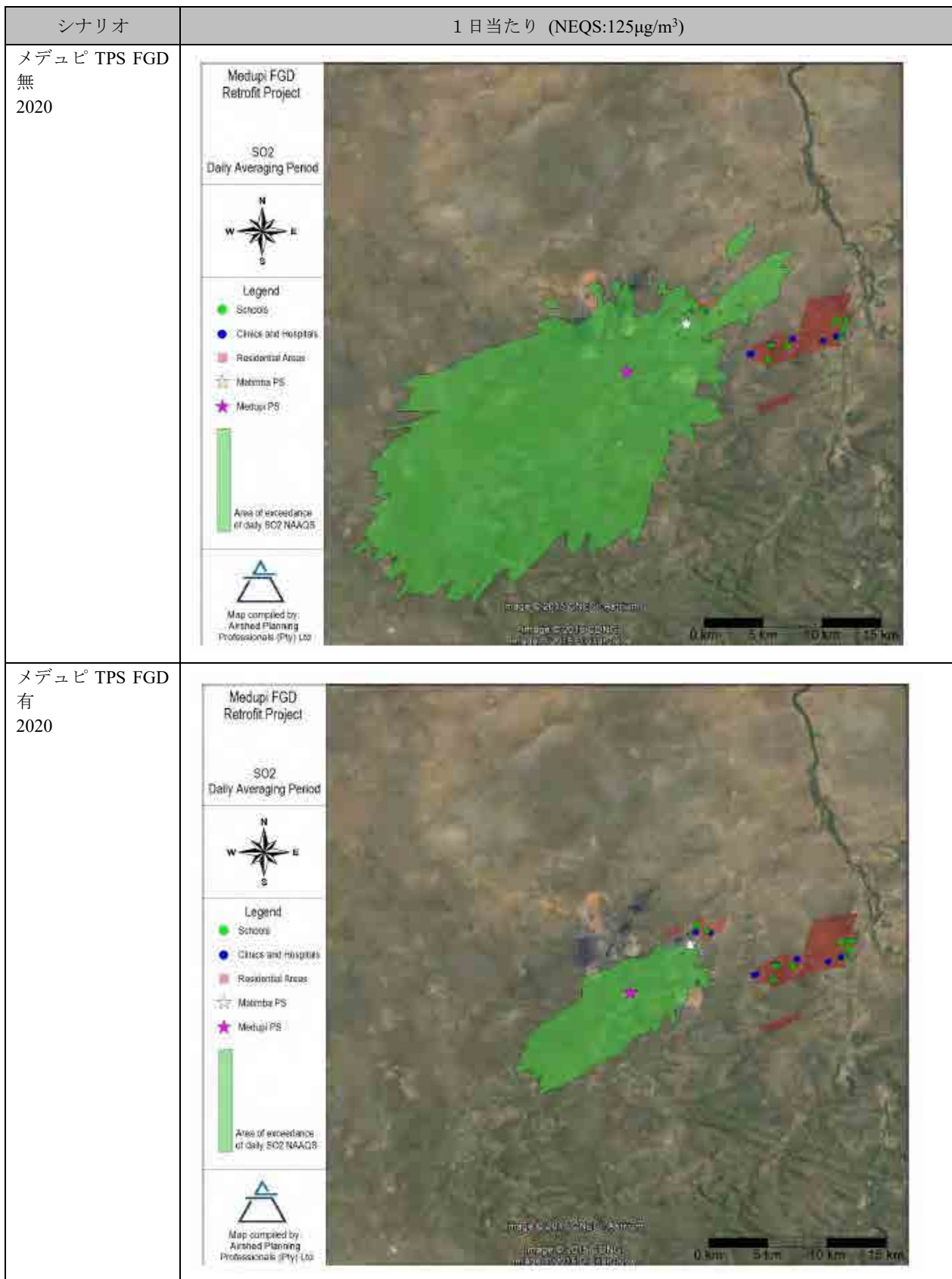
汚染物質 及び NAAQ	シナリオ	レセプター (予測地)	1 時間当たりの NAAQ 限度超過 頻度		1 日当たりの NAAQ 限度超過 頻度		年間平均濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		NAAQ 内
			超過	NAAQ 限度	超過	NAAQ 限度	予測	NAAQ	O.K./ N.G.
SO ₂ 1 時間: 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 24 時間: 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1 年間: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	シナリオ 1: 2014 ベース ライン	居住地 (マティンバ TPS 北西)	31	88	1	4	5.6	50	O.K.
		マラボング	22	88	2	4	4.3	50	O.K.
		レバラレ	24	88	1	4	4.2	50	O.K.
	シナリオ 2: 2020 ベース ライン	居住地 (マティンバ TPS 北西)	89	88	6	4	11.8	50	N.G.
		マラボング	67	88	4	4	9.4	50	O.K.
		レバラレ	55	88	1	4	8.7	50	O.K.
	シナリオ 3: 提案事業運 転	居住地 (マティンバ TPS 北西)	34	88	2	4	8.0	50	O.K.
		マラボング	22	88	2	4	5.8	50	O.K.
		レバラレ	25	88	1	4	5.6	50	O.K.
NO ₂ 1 時間: 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1 年: 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	シナリオ 1: 2014 ベース ライン	居住地 (マティンバ TPS 北西)	3	88	NA	NA	1.0	40	O.K.
		マラボング	4	88	NA	NA	0.7	40	O.K.
		レバラレ	1	88	NA	NA	0.7	40	O.K.
	シナリオ 2: 2020 ベース ライン	居住地 (マティンバ TPS 北西)	9	88	NA	NA	1.9	40	O.K.
		マラボング	4	88	NA	NA	1.5	40	O.K.
		レバラレ	1	88	NA	NA	1.4	40	O.K.
	シナリオ 3: 提案事業運 転	居住地 (マティンバ TPS 北西)	27	88	NA	NA	3.4	40	O.K.
		マラボング	14	88	NA	NA	2.6	40	O.K.
		レバラレ	5	88	NA	NA	2.0	40	O.K.
PM10 24 時間: 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1 年: 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	シナリオ 1: 2014 ベース ライン	居住地 (マティンバ TPS 北西)	NA	NA	0	4	0.4	40	O.K.
		マラボング	NA	NA	0	4	0.3	40	O.K.
		レバラレ	NA	NA	0	4	0.3	40	O.K.
	シナリオ 2: 2020 ベース ライン	居住地 (マティンバ TPS 北西)	NA	NA	0	4	0.7	40	O.K.
		マラボング	NA	NA	0	4	0.6	40	O.K.
		レバラレ	NA	NA	0	4	0.6	40	O.K.
	シナリオ 3: 提案事業運 転	居住地 (マティンバ TPS 北西)	NA	NA	0	4	0.7	40	O.K.
		マラボング	NA	NA	0	4	0.6	40	O.K.
		レバラレ	NA	NA	0	4	0.6	40	O.K.
PM2.5 24 時間: 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1 年: 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	シナリオ 1: 2014 ベース ライン	居住地 (マティンバ TPS 北西)	NA	NA	0	4	0.4	20	O.K.
		マラボング	NA	NA	0	4	0.3	20	O.K.
		レバラレ	NA	NA	0	4	0.3	20	O.K.
	シナリオ 2: 2020 ベース ライン	居住地 (マティンバ TPS 北西)	NA	NA	0	4	0.7	20	O.K.
		マラボング	NA	NA	0	4	0.6	20	O.K.
		レバラレ	NA	NA	0	4	0.6	20	O.K.
	シナリオ 3: 提案事業運 転	居住地 (マティンバ TPS 北西)	NA	NA	0	4	0.7	20	O.K.
		マラボング	NA	NA	0	4	0.6	20	O.K.
		レバラレ	NA	NA	0	4	0.6	20	O.K.

出典: Airshed Planning Professionals (Pty) Ltd, Air Quality Specialist Report for the Proposed Medupi Flue Gas Desulphurisation (FGD) Retrofit Project (Dec. 2016)



出典：Airshed Planning Professionals (Pty) Ltd, Air Quality Specialist Report for the Proposed Medupi Flue Gas Desulphurisation (FGD) Retrofit Project (Dec. 2016)

図 11.6-1 メデュピ TPS における FGD 有/無の場合の SO₂ NAAQS 超過範囲(1 時間値)



出典：Airshed Planning Professionals (Pty) Ltd, Air Quality Specialist Report for the Proposed Medupi Flue Gas Desulphurisation (FGD) Retrofit Project (Dec. 2016)

図 11.6-2 メデュピ TPS における FGD 有/無の場合の SO₂ NAAQS 超過範囲(24 時間値)

11.6.2 水質

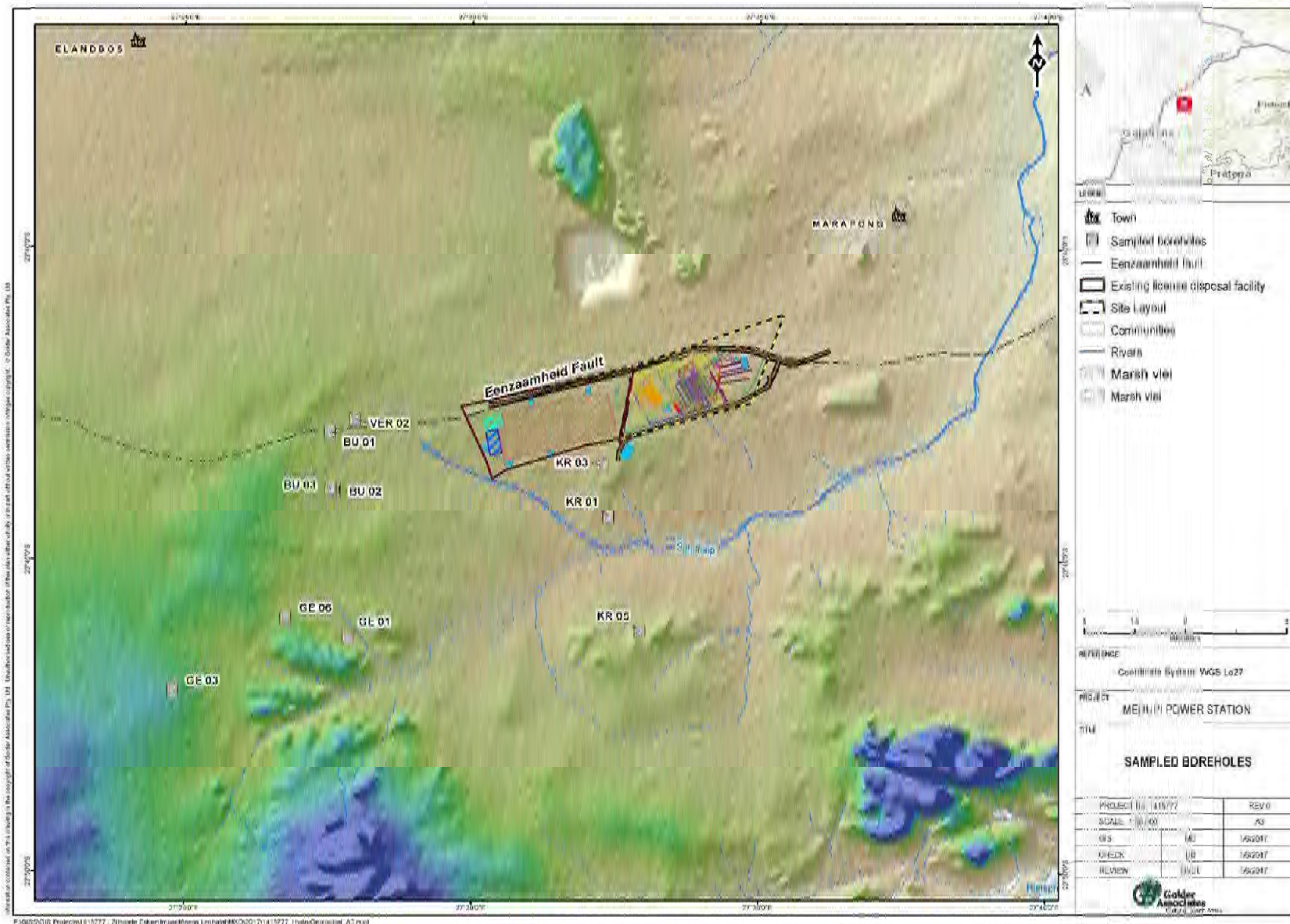
(1) 調査結果

1) 地下水質の現状

2015年9月にメデュピ TPS 周辺 10 地点で行われた地下水質調査及び 2016年にメデュピ TPS 地域 19 地点で行われた定期的地下水モニタリング結果を以下に示す。

周辺地域の地下水質 (2015年9月)

- 調査地点及び調査結果を図 11.6-3、表 11.6-3 及び表 11.6-4 に示す。
- EC (2), TDS (2), Na (2), Cl (3), N (2), Al (3), F (4), Fe (5), 及び Mn (1)については南アメリカ国家基準 (SANS) 241 (2011) の最大許容基準の超過が確認された。なお、括弧内の数字は、基準を超えた地点数を示す。
- メデュピ TPS の西側に位置する 2 箇所の掘削孔 (BU02 及び BU03) の地下水は、高い硝酸塩濃度を示した (DWAf ガイドラインにて Class 2 に相当する 16mg/l 及び Class 4 に相当する 66mg/l)。これは慢性的な健康リスクをもたらす、許容できない悪い水質といえる。硝酸塩濃度の上昇の原因として畜産業に関連する点汚染源が考えられる。
- 既存の認可を受けた処分施設のバックグラウンドの地下水質は、DWAf ガイドラインにおける「限界水質」(Class 2) から「水質不良」(Class 3~4) に分類される。



出典: Hydrogeological Impact Assessment for Medupi FGD Retrofit Project, February 2018

図 11.6-3 メデュピ TPP 周辺の地下水観測地点 (2015 年)

表 11.6-3 メデュピ TPS 周辺の地下水質データ 2015 年(1)

Borehole Number	Physical Determinants			Chemical Determinants				
	pH	EC (mS/m)	TDS (mg/l)	MALK (mg/l)	Ca (mg/l)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)
KR05	7.3	31	180	160	14.57	2.601	<2	52.47
BU03	7.3	288	1896	292	186.4	22.59	95.25	237.8
KR01	5.7	15.7	116	8	6.462	6.399	3.619	11.21
KR03	5.4	27.4	198	8	11.26	6.992	5.197	23.29
BU02	7.5	204	1320	288	135.4	16.99	64.56	194.8
VER02	7.4	112	652	356	77.3	15.34	34.14	108.1
BU01	7.5	178	1058	368	81.3	18.44	54.05	194.4
GE03	7.8	124	670	276	23.38	6.421	16.57	200.1
GE01	7.1	12.2	84	48	3.492	2.483	1.525	16.91
GE06	7	39.6	248	208	31.94	2.945	26.2	11.87
SANS241: 2011 Max. Allowable Limit	9.7	<170	1200	-	-	-	-	200
Class 0 Max. Allowable Limit	9.5	<70	<450	-	<80	<25	<70	<100
Class 1 Max. Allowable Limit	10	150	1000	-	150	50	100	200
Class 2 Max. Allowable Limit	10.5	370	2400	-	300	100	200	400
Class 3 Max. Allowable Limit	11	520	3400	-	>300	500	400	1000
Class 4 Max. Allowable Limit	>11	>520	>3400	-	-	>500	>400	>1000
South African Water Quality Guidelines (SAWQG), Volume 5 – Agricultural Use – Livestock Watering Target Range	-	154	1000	-	1000	-	500	2000
Minimum	5.4	12.2	84	8	3.492	2.483	<2	11.2
Maximum	7.8	288	1896	368	186.4	22.59	95.250	237.8
Average	7	103.19	642.2	201.2	57.1504	10.1201	30.311	105.1

Note1 : DWAF (水問題・森林管理省) ガイドライン 1998 の水質分類 : Class 0 : 理想的な水質、Class 1 : 良好な水質、Class 2 : 限界水質、短期使用に適した水のみ、Class 3 : 水質不良、Class 4 : 許容できない水質

Note2: 赤色数字は SANS241:2011 の上限値を超過する値を示す。

出典: Hydrogeological Impact Assessment for Medupi FGD Retrofit Project, February 2018

表 11.6-4 メデュピ TPS 周辺の地下水質データ 2015 年(2)

Borehole Number	Chemical Determinants							Water Quality Class
	Cl (mg/l)	NO ₃ as N (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Al (mg/l)	F (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	
KR05	9	<0.2	8	0.715	0.3	2.143	0.044	III
BU03	664	66	62	0.1	2.2	0.108	<0.025	IV
KR01	25	<0.2	24	0.576	0.9	7.056	0.068	I
KR03	36	2	51	2.207	2.7	0.566	0.138	III
BU02	518	16	36	0.255	2.2	6.59	0.775	III
VER02	167	0.5	40	<0.100	1.3	3.614	0.324	III
BU01	336	<0.2	71	0.103	2.3	1	0.09	II
GE03	280	<0.2	41	<0.100	0.7	0.042	0.122	II
GE01	18	<0.2	<5	0.13	<0.2	4.817	0.131	III
GE06	17	0.3	<5	<0.100	<0.2	0.03	0.065	0
SANS241: 2011 Max. Allowable Limit	300	11	500	0.3	1.5	0.3	0.5	
Class 0 Max. Allowable Limit	<100	<6	<200	-	<0.7	<0.01	<0.1	0
Class 1 Max. Allowable Limit	200	10	400	-	0.7-1.0	0.01-0.2	0.1-0.4	I
Class 2 Max. Allowable Limit	600	20	600	-	1.0-1.5	0.2-2.0	1.0-4.0	II
Class 3 Max. Allowable Limit	1200	40	1000	-	1.5-3.5	2.0-10.0	4.0-10.0	III
Class 4 Max. Allowable Limit	>1200	>40	>1000	-	>3.5	>10.0	>10.0	IV
South African Water Quality Guidelines (SAWQG), Volume 5 – Agricultural Use – Livestock Watering Target Range	1500	1000	100	5	2	10	10	
Minimum	9	<0.2	<5	<0.100	<0.2	0.030	<0.025	
Maximum	664	66.0	71	2.207	2.7	7.056	0.775	
Average	207	8.6	34	0.439	1.3	2.597	0.178	

Note1 : DWAF (水問題・森林管理省) ガイドライン 1998 の水質分類 : Class 0 : 理想的な水質、Class 1 : 良好な水質、Class 2 : 限界水質、短期使用に適した水のみ、Class 3 : 水質不良、Class 4 : 許容できない水質

Note2: 赤色数字は SANS241:2011 の上限値を超過する値を示す。

出典: Hydrogeological Impact Assessment for Medupi FGD Retrofit Project, February 2018

事業地域の地下水質(2016年11月)

- 調査地点及び調査結果は図 11.2-5、表 11.2-4 及び表 11.2-5 に示したとおり。
- 既存のボーリング孔の水質は、DWAF クラスでは理想的な水質 (Class 0) から許容できない水質 (Class 4) の範囲であり、概ね良好な水質とはいえない。

2) 地表水質

調査地域の表流河川は、サンドループ川に代表されるように、季節的に流水があり、降雨後にのみ流れる非恒常河川である。表流水の流向は、モコロ川に向かう東向きである。地表水質影響評価の現場調査では、流量不足のために水質サンプリングの対象地点は枯れており、水質サンプルは採取できなかった。周辺地域の水質データは湿地評価書 (Natural Scientific Services, 2015) を参照した。上流域での畜産業に起因すると思われるアンモニア汚染 (0.10~2.80 mg/L) が唯一の懸念事項として指摘された。

なお、メデュピ TPS の既存水管理システム (EWMS) により以下のように地表水の水質管理をしている。

- 発電所及び既存の灰処理施設（ADF）を含む関連インフラからの汚染水及び改変区域からの土砂の流出を、その他の区域の排水系統から確実に分離し、汚染制御ダム（PCD）に導水する。
- 事業の影響を受ける地域において、発電所運転に影響されない水を導水する用水管理システム

(2) 予測結果

1) 地下水質

事業活動に伴う水質への影響検討結果を下表に示す。FGD システムおよび関連インフラの建設および供用中には、いくらかの負の影響が生じるとみられる。

表 11.6-5 FGD 事業実施に伴う地下水質への影響検討

活動/事業ステージ		正の影響	負の影響	
有害廃棄物処理施設へのタイプ1 廃棄物の貨物輸送	供用時	既存の認可廃棄物処理施設からの有害廃棄物の除去	汚染源の除去	該当なし
		許可された有害廃棄物処理場への有害廃棄物の輸送	有害廃棄物の除去及び輸送	該当なし
		輸送中の有害廃棄物流出	該当なし	地下水汚染及び流出付近の既存利用者への影響
		有害廃棄物の処理	有害廃棄物の処理	該当なし
FGD システムの設置	工事中	FGD 建設	該当なし	不適切な建設工事による一時的な水質汚染による中程度の影響
	供用時	FGD 運転	クローズドサイクル冷却水システムが適応されるため、FGD システムからの排水はない	該当なし
ディーゼル貯蔵施設を含む鉄道操車場、石灰石および石膏処理施設、及びメデュピ TPS と既存の ADF との間の関連施設の設置	工事中	鉄道操車場、石灰石および石膏処理施設の建設	該当なし	不適切な建設工事による一時的な水質汚染による中程度の影響の可能性有
	供用時	鉄道操車場、石灰石および石膏処理施設および関連インフラの運用	該当なし	有害廃棄物の運搬中に漏洩事故が起こった場合の中程度の影響

出典: Final environmental impact report for the proposed Medupi flue gas desulphurization (FGD) retrofit project (Zitholete Consulting, May 2018)に基づいて JICA 調査団にて作成

2) 地表水質

FGD システム、鉄道操車場及び導水配管等の関連インフラの建設作業は、地表水質に若干の汚染影響をもたらすが、既存の雨水管理システム（SWMS）があるため非常に限定的である。事業用地内の排水はその他の区域の排水系統から確実に分離し、汚染制御ダムに貯留されるため、外部への影響は発生しない。提案する事業地域は、自然の水路や河川から離れて位置するため、環境へのさらなる影響は予期されない。

さらに、メデュピ TPS から許可された有害廃棄物処理場への塩化物およびスラッジの輸送は、調査地域および同地区の水資源に深刻な影響をもたらすことはない。

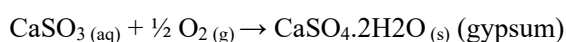
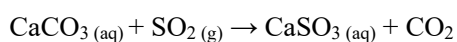
11.6.3 廃棄物

(1) 調査結果

1) 事業供用における主な廃棄物の発生状況

廃棄物アセスメント報告書 (Jones&Wagner (Pty) Ltd, 2015年1月)によると、FGDプラント及びFGDのWWTPの運転では、FGD石膏、FGD排水処理施設(WWTP)スラッジ、及びFGD WWTP結晶固体(塩化物)の3種類の廃棄物が発生する。

- FGD石膏：湿式の石灰-石膏法脱硫法のFGDシステムの運転プロセスにおいては石灰石(CaCO₃、吸着剤)がガス状のSO₂と反応して石膏(CaSO₄・2H₂O)を副生成物として生成する。メデュピTPSにおいては、2つのタイプ(85%と96%)の石灰石の使用を想定している。



- FGD排水処理施設(WWTP)スラッジ及びFGD WWTP結晶固体(塩化物)：廃水処理場(WWTP)からは副生成物として化学汚泥および塩化物が発生する。

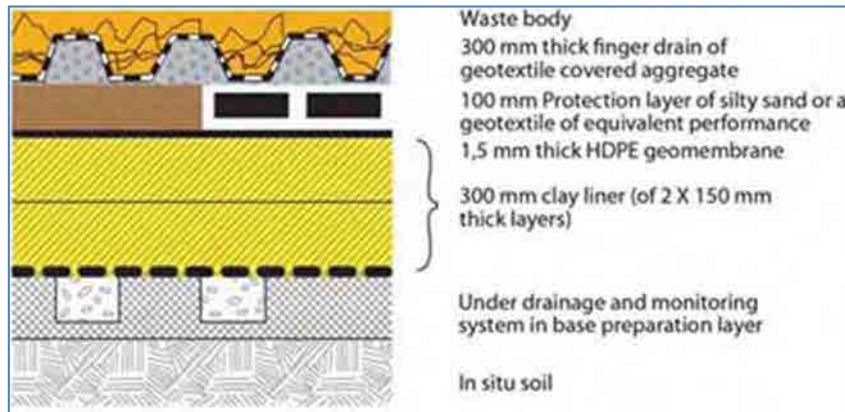
2) 廃棄物管理計画

メデュピTPSは2015年に既存発電所における灰処理施設(ADF)の廃棄物管理ライセンス(WML)を取得しているが、FGD事業実施にあわせて2018年3月に変更申請をDEAに提出している。変更申請書では既存の灰処理のみを対象としていたADF(ash only)からFGD石膏を含めた廃棄物処理施設(Ash and gypsum)とする点について説明している。

また、2018年6月には統合水使用許可申請書(IWULA)とあわせて統合水廃棄物管理計画(IWWMP)を提出した。IWWMP申請では、上記、廃棄物処理施設(Ash and gypsum)の内容と湿式FGD施設からの廃水処理による副産物の処理管理方法について以下のように説明している。

廃棄物処理施設(Ash and gypsum)

浸出水の可能性を考慮したバリア(ライナー)の階級分けを規定しているNEM:WAの「埋め立て処分廃棄物の評価のための基準」に基づき、メデュピTPSからの灰及びFGD石膏はともにType3廃棄物に該当することからClass C管理方法(下図参照)を採用する。FGD石膏は、既存の灰コンベアに搬送され、そこでコンベア上の灰と混合され、既存の灰と共に埋め立て処分される。処分先はメデュピTPSの西側に隣接して約1,000haが確保されており、既に灰処理のための利用が開始されている。FGD石膏を含む灰の堆積量は1月当たり791,452.50m³を想定し、合計193,315,105m³の容量でこれは約19.2年分の利用期間に該当する。



出典: “Norms and Standards for the Assessment of Waste for Landfill Disposal” (National Norms and Standards) promulgated in the form of Government Notice Regulations (GNR) 635 (DEA, 2013a)

図 11.6-4 Class C 埋め立て処分場ライナーシステム

FGD WWTPスラッジ及び塩化物

FGD WWTP からのスラッジ及び塩化物は場内にて仮置きされる。仮置きスペースは廃棄物保管基準 (GN926 of 29 Nov 2013) に基づき 7 日間仮置きできる容量が必要とされており、面積 2370m² で堆積高さ約 60cm 程度の廃棄物の保管可能な施設用地を場内に計画している。施設の床及び外周壁 (高さ 2m) とともにコンクリート構造である。石灰岩の品質 (85%または 95%)によりスラッジの発生量は、2.7 または 5.0m³/h と想定される。仮置きされたスラッジ及び塩化物は Eskom が契約する廃棄物処理業者により一次保管施設から Class A 廃棄物処理施設へ搬送される。

(2) 予測結果

1) 建設段階の影響

FGD システムやその他関連施設 (鉄道ヤード、石灰石及び石膏処理施設等) の建設作業により、一定量の廃棄物が生じると予測されている。また、導水配管埋設のための掘削工事による建設発生土も発生する。ただし、廃棄物は、該当する規制及びメデュピ TPS の廃棄物管理システムに従って分類、削減、リサイクル、処理される。従って、廃棄物問題は重大な環境影響を引き起こすことはないと考えられる。

2) 供用段階の影響

FGD プロセスにおいて、有害廃棄物を含む副生成物が複数発生する。しかし、発生した廃棄物は全て国家環境管理廃棄物法 (2008 年法律第 59 号) (NEM : WA) に則り管理される。事業者は、IWWMP を策定し、廃棄物管理許可 (WML) を取得または修正することで適切な管理を確保している。したがって、メデュピ TPS FGD 廃棄物は適切に処分/処理され、周辺地域への関連する環境への影響は限られたものであると考えられる。

11.6.4 騒音

(1) 調査結果

1) 騒音環境及び周辺の騒音受信環境

周辺の騒音の影響を受けやすい対象（NSR）及び騒音の状況は以下の通り。

- 数軒の個人住宅がメデュピ TPS から数キロ以内に存在する（図 11.2-4 参照）。また、マティンバ TPS の北と北東にも住宅地域が存在する（図 11.1-1 参照）。
- ベースラインの騒音レベルは、道路交通、鉱業活動、鳥類および昆虫の影響を受けている。メデュピ TPS 付近の騒音レベルは現在、郊外地区で通常確認されるレベルに相当する。調査結果から代表的調査地点の平均的な昼間・夜間の騒音レベルはそれぞれ 48.3dBA 及び 43.7dBA であった（Noise Specialist Report for the Proposed Medupi FGD Retrofit Project (Airshed Planning Professionals (Pty) Ltd, February 2018)。

(2) 予測結果

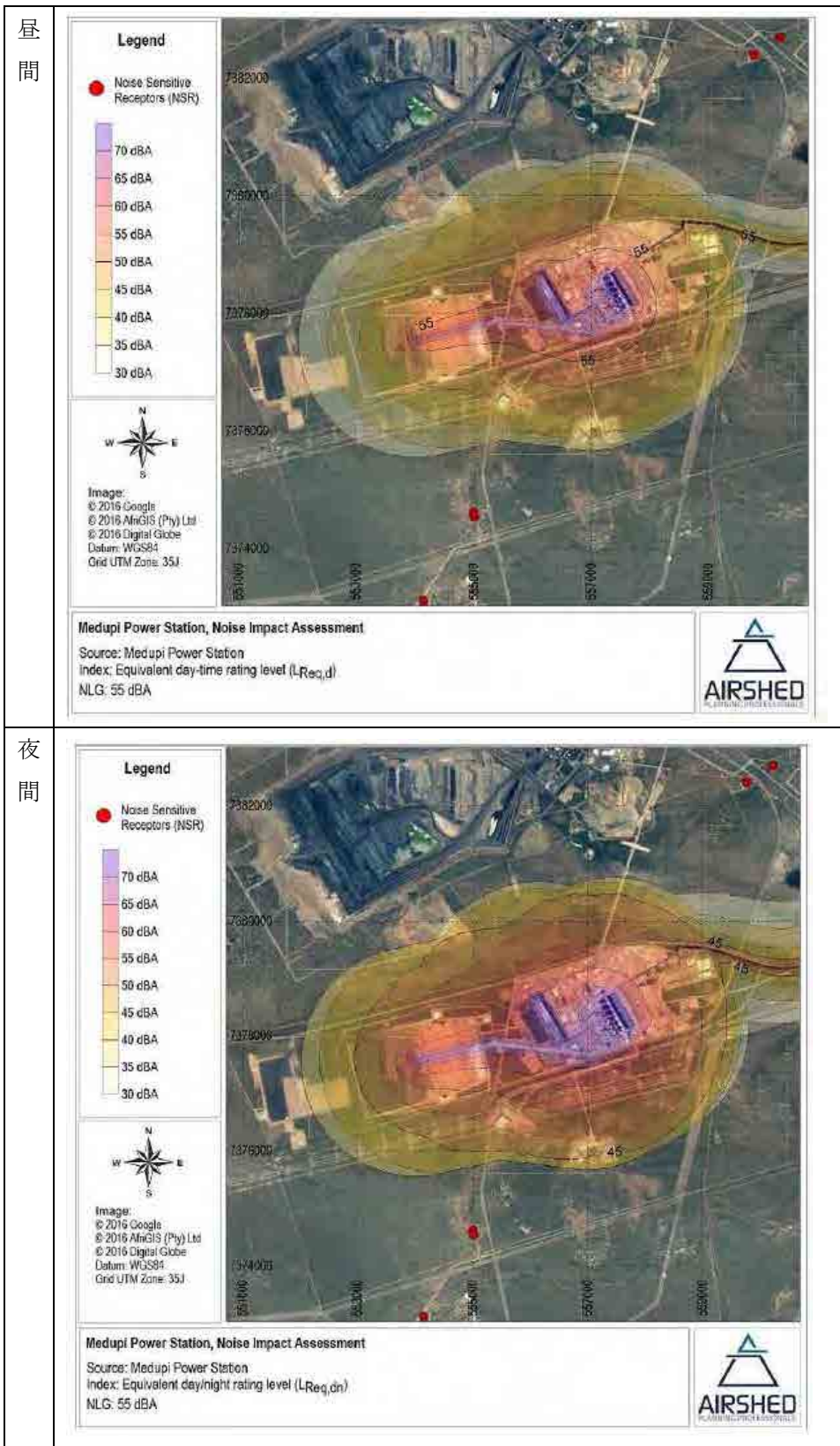
1) FGD 稼働時の騒音

供用時の騒音レベルは、表 11.6-6 に示す条件の環境騒音予測モデルによって計算された。日中及び夜間の予測結果は、図 11.6-5 に、事業実施に伴う上昇レベルを図 11.6-6 に示す。予測された騒音レベルは、近くの NSR に適用可能な都市部を対象にした南アフリカ国家基準（SANS）10103（昼間 55dBA および夜間 45dBA）を遵守しているため、国際金融公社（IFC）の住宅、施設および教育関連レセプターに対するガイドライン（昼間 55dBA および夜間 45dBA）と比較検討した。騒音への影響を判断するために IFC の現状+3 dBA 上昇基準が適用された。予測の結果、最も近くの NSR においても当該事業によって発生した騒音による影響はみられず、メデュピ TPS 周辺の NSR（図 11.6-5 計画地南側の赤いシンボル）にて、3 dBA 以上の上昇で騒音ガイドラインを超えることはないと示された。周辺住人等からの騒音にかかる苦情は想定されない。

表 11.6-6 騒音伝搬モデルの条件

項目	内容
ベースラインデータ	2015 年 9 月にメデュピ TPS 周辺の 3 箇所で計測された騒音調査データ
モデル地区	東西 10 km 南北 10 km
シミュレーション含む騒音源	主蒸気ボイラー、蒸気タービン発電機ユニット、ボールミル、アッシュスタッカー、石炭および灰コンベア、コンベア輸送所、一般産業用騒音（小型ポンプ、コンベア、モーター、石炭処理等）、オフサイトの塩および汚泥を輸送するためのアクセス道路
騒音予測モデル	Cadna A in accordance with ISO 9613 (屋外での伝搬中の騒音減衰)

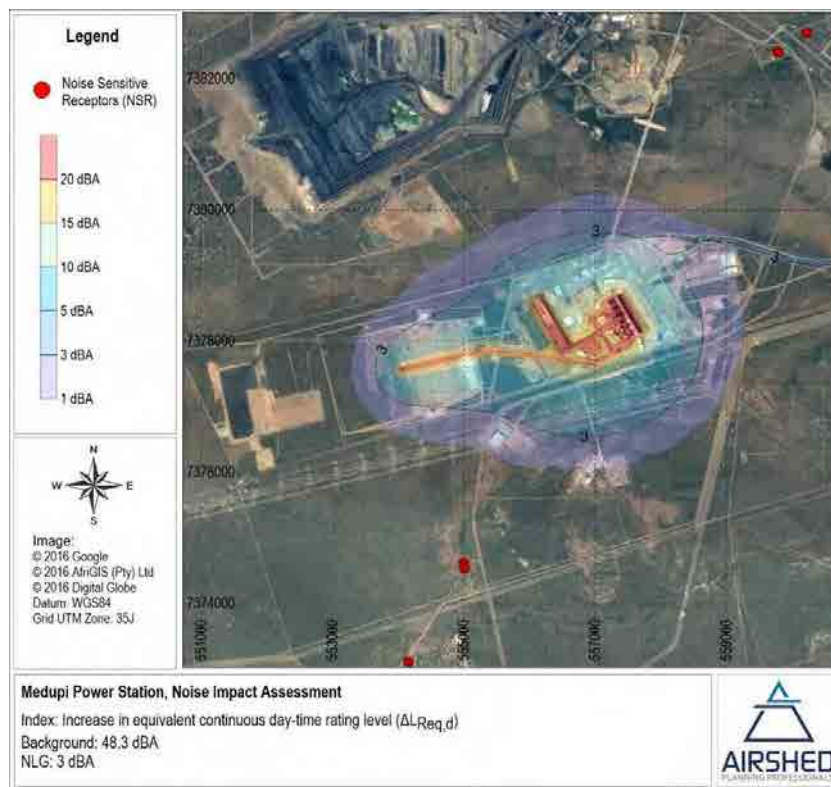
出典: Noise Specialist Report for the Proposed Medupi Flue Gas Desulphurisation (FGD) Retrofit Project (Airshed Planning Professionals (Pty) Ltd, February 2018)に基づいて JICA 調査団にて作成



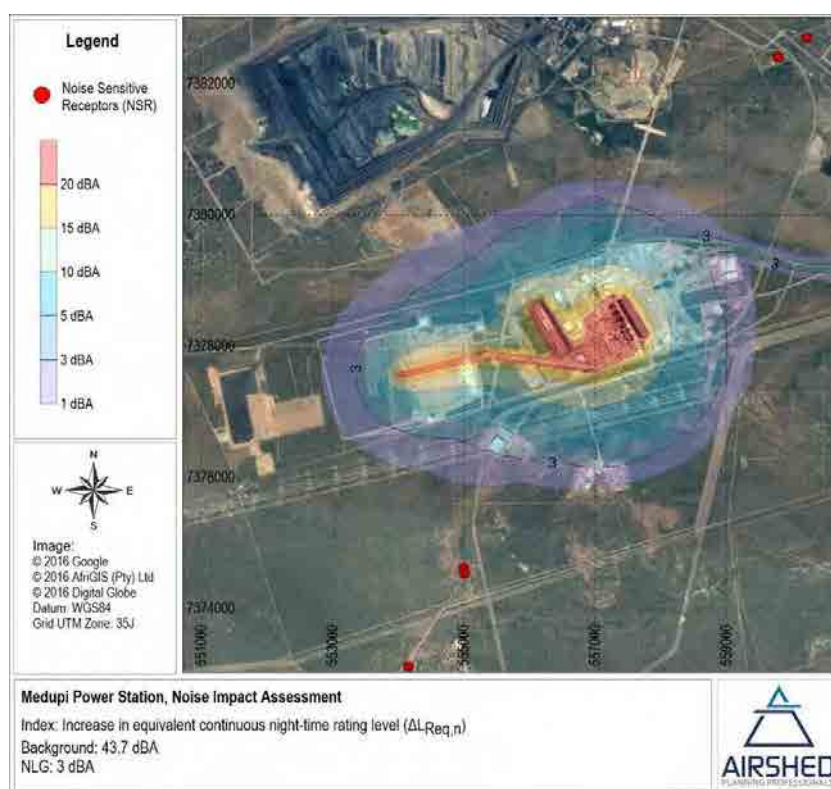
出典: Noise Specialist Report for the Proposed Medupi Flue Gas Desulphurisation (FGD) Retrofit Project (Airshed Planning Professionals (Pty) Ltd, February 2018)

図 11.6-5 FGD 事業実施に伴う騒音レベル予測結果 (等価騒音レベル)

昼
間



夜
間



出典: Noise Specialist Report for the Proposed Medupi Flue Gas Desulphurisation (FGD) Retrofit Project (Airshed Planning Professionals (Pty) Ltd, February 2018)

図 11.6-6 FGD 事業実施に伴う騒音レベル予測結果 (上昇レベル)

11.6.5 生態系

(1) 調査結果

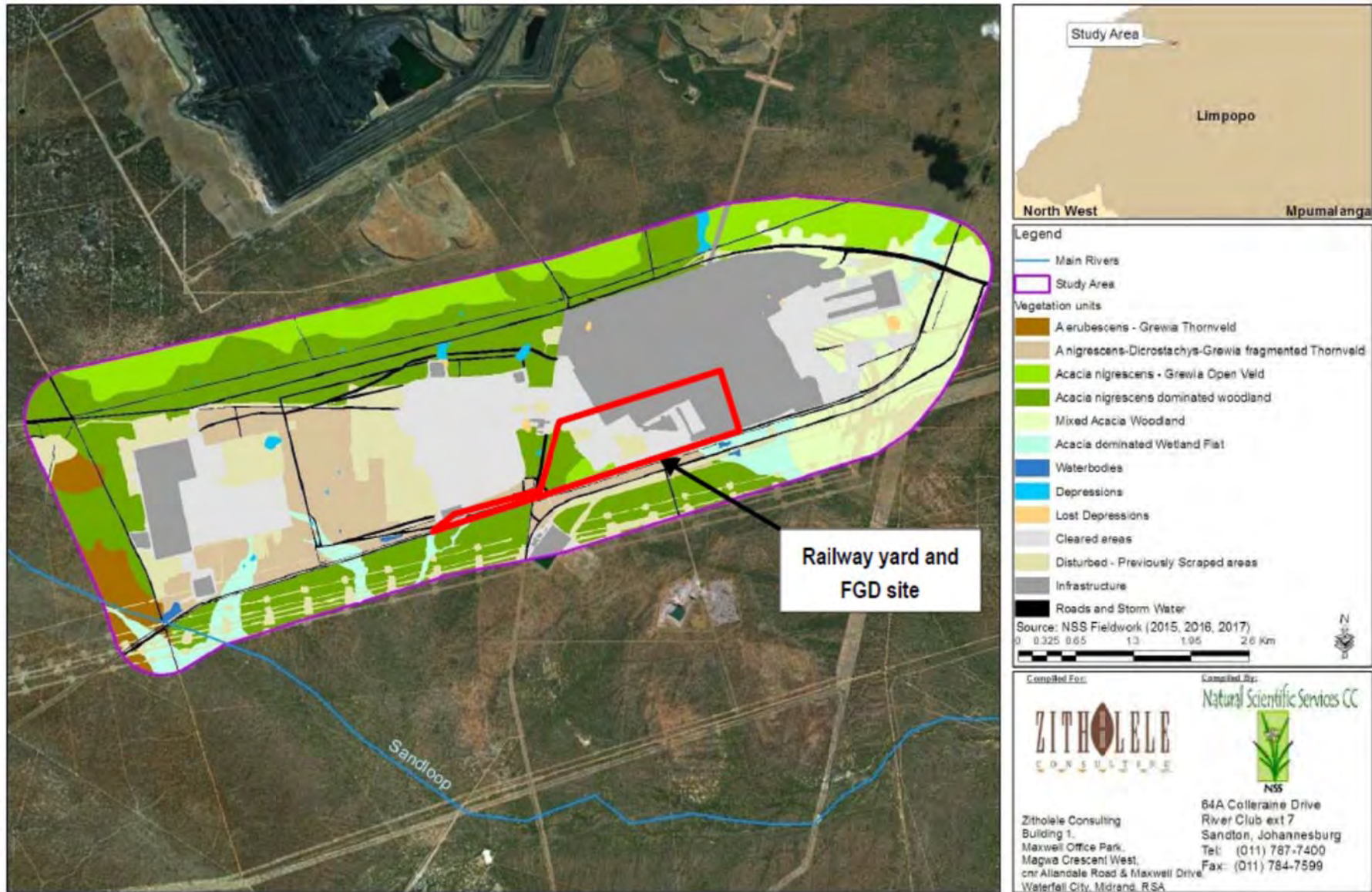
NSS (Natural Scientific Services)の専門家により調査された調査地域は、既存のメデュピ TPS の改変区域だけでなく未改変区域を含み、また 500m の周辺地域を含んでいるが、この環境影響評価では、湿地等の水域資源と鉄道引き込み線による直接改変および 500m の間接影響の可能性について検討された。

1) 植生及び植物相・群集

事業区域及びその周辺植生分布図を図 11.6-7 に示す。典型的な植生は低密度な低木群落で構成される。すでに改変された区域では、*Acacia erubescens*、*Acacia mellifera* 及び *Dichrostachys cinerea* が密生している。調査地域で同定された植物群落は、主にアカシア類が優占する森林及び湿地及び湿地に生育する *Acacia nigrescens* 群落及びアカシア混成群落である。．鉄道引き込み線予定地そのものには湿地、水域、窪み、一時的水域は分布しない。

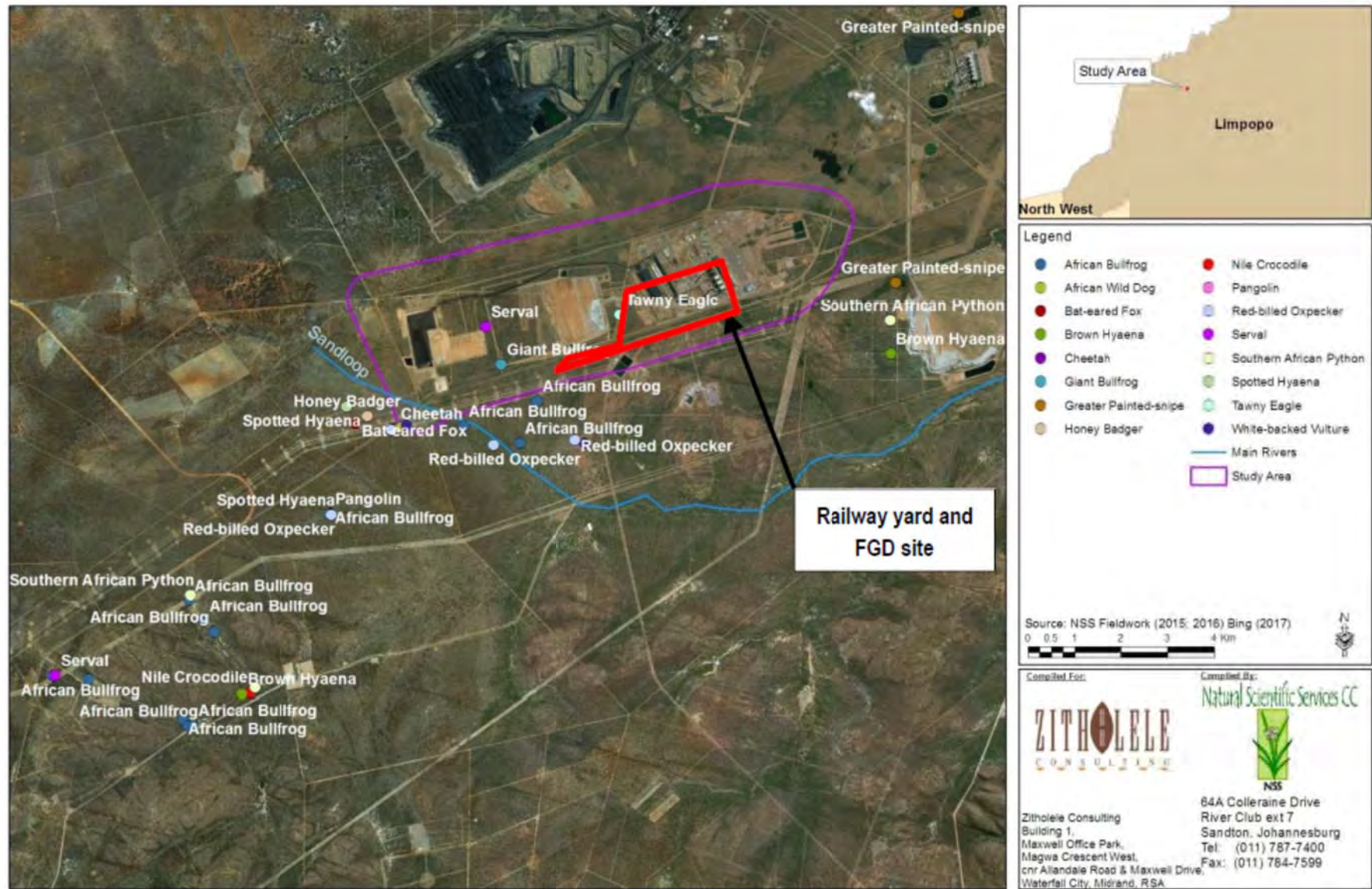
2) 動物群集

FGD による改変予定地域及び周辺区域を調査地域とする NSS による現地及び既存文献調査では、43 種の哺乳類、158 種の鳥類、20 種の爬虫類、16 種のカエル類、9 種のチョウ類、2 種のトンボ類及び 1 種のサソリ種が確認された。これらのすべての種のうち、調査地域の内側ではアフリカソウゲンワシだけが記録された。FGD による改変予定地域及び周辺区域での注目すべき動物として、サーバル (準絶滅危惧)、カッシュクハイエナ (準絶滅危惧)、コシジロハゲワシ (絶滅危惧)、アルリカソウゲンワシ (危急)、アカハシウシツツキ (準絶滅危惧)、アフリカウシガエル属の一種 (国内保護動物) 及びアフリカウシガエル (準絶滅危惧)が確認された。事業区域及びその周辺における保護上重要な動物種確認位置図を図 11.6-8 に示す。既存文献による記録も含まれていることから個体数の詳細・状況については不明である。



出典: Final environmental impact report for the proposed Medupi flue gas desulphurization (FGD) retrofit project (Zitholele Consulting, May 2018)

図 11.6-7 調査地域の植生分布(from Abell et. al. 2018)



出典: Final environmental impact report for the proposed Medupi flue gas desulphurization (FGD) retrofit project (Zitholele Consulting, May 2018)

図 11.6-8 改変予定区域及びその周辺における保護上重要な動物種確認位置図

3) 水流、湿地及び一時的水域

サンドループ川は、ハビタットと生物相の喪失と変化がすでに生じているものの、基本的な生態系の機能は変化していない、中程度に改変された(Cカテゴリ)の生態的現況(PES)を有していることが確認された。生態学的重要度(EI)および生態学的感受性(ES)は中程度および低度としてそれぞれ報告されている。

メデュピ TPS 周辺で南西 2 カ所、北東 1 カ所の一時的流路(SEW1~3)、複数の窪地(D1)を含む 4 カ所の水理地形的な湿地が確認された。改変地域内の調査地域では湿地は確認されなかったが、一時的流路 SEW2 は直近に位置する。(図 11.6-9)

鉄道引き込み線予定地と関連施設・インフラを含む FGD 施設予定地は、直接的にはサンドループ川支川には影響を与えない。

この水系の上流地域は、メデュピ TPS 及び灰処理施設(ADF) 予定地の南西部のコーナーを斜めに二分しており、現状としてはほぼ自然な状態にある丘陵麓の一時的水域としての参照的な適性を認識して、淡水生態系重要エリア(FEPA)に分類される。メデュピ TPS を取り囲む調査地域で同定された窪地は規模が小さく、一時的な水域である。

調査地域周辺の 4 つの水理地形的な湿地が提供する生態系サービスは生物多様性保全と分類される。大雨時にこれらの湿地が浸水し、繁殖と餌場としての生息地を提供する。

(2) 予測結果

1) 工事中

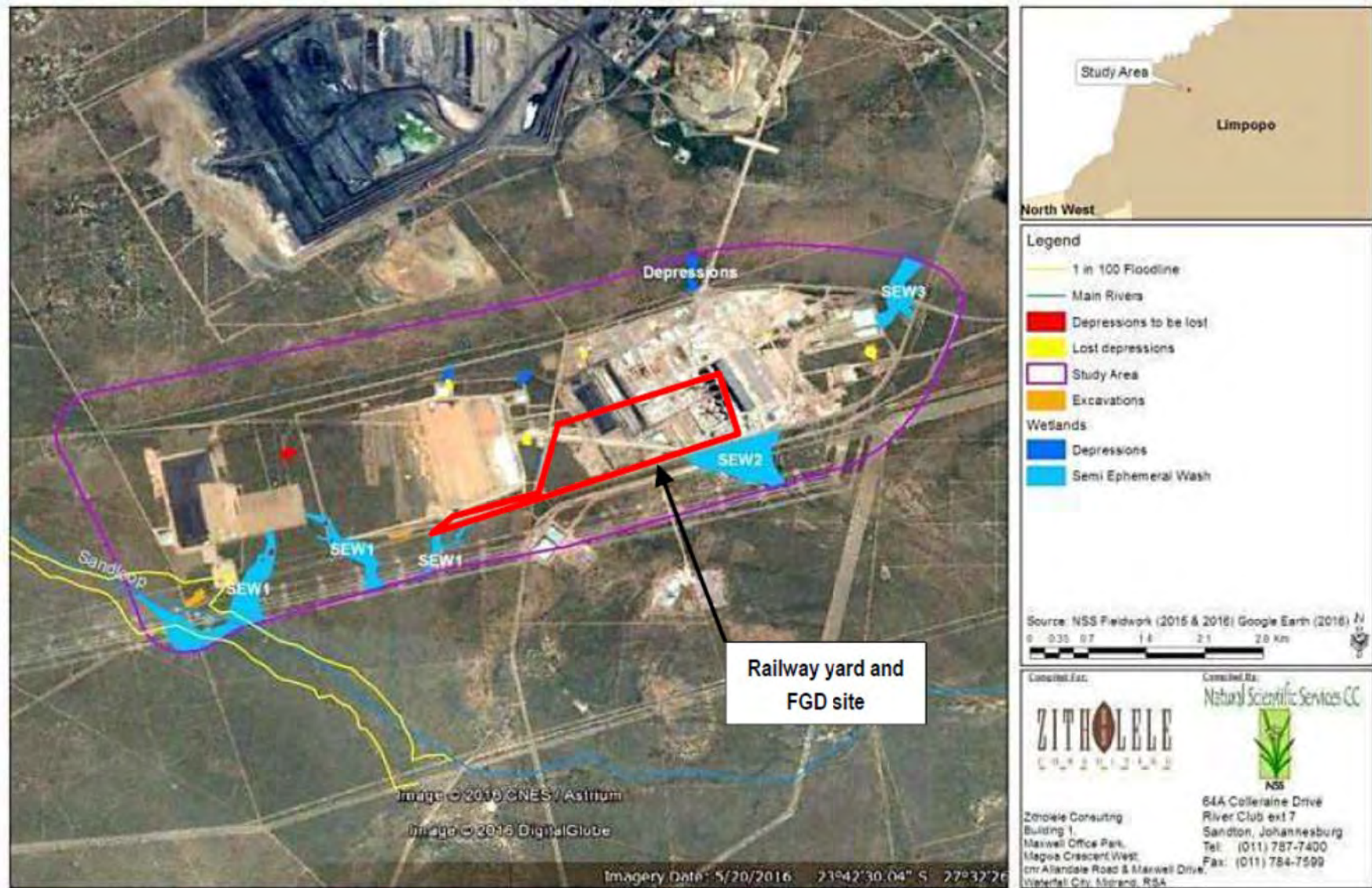
FGD 改変地、鉄道引き込み線の予定地内において、生物多様性と潜在的な湿地の影響はないと予測された。提案された改変区域に最も近い湿地は、FGD インフラ予定地直近の南に位置している。FGD 施設、鉄道引き込み線及び導水配管等の関連施設による直接改変は回避されることからこの湿地(図 11.6-9 中 SEW2)への影響は軽微であると予測された。

また、植物群落や種の消失の可能性、外来種の潜在的増加、動物相及びハビタットの消失に関する多くの潜在的な影響の可能性が示唆された。

その他の工事中の影響は、雨水の流出時における自然流域の改変と改変区域からの流出である。これに関連して、出水のピーク増加と濁水流出が予測される。

2) 供用時

FGD および鉄道引き込み線による供用時における影響は、主に工事中の影響の継続である。また、メデュピ TPS 内の関係車両の走行による動物相のロードキルの恐れ、発電所南側の小規模の湿地の集水域(Catchment area)の損失と水量の減少は供用後も残る。



出典: Final environmental impact report for the proposed Medupi flue gas desulphurization (FGD) retrofit project (Zitholete Consulting, May 2018)

図 11.6-9 メデュピ TPP 周辺の湿地の分布状況

11.6.6 土壌浸食

(1) 調査結果

調査地の表土は微細から中粒度であり、比較的低い粘土含量 (<12%) 及び全体的に低い有機物層により、土壌は非常に浸食されやすい。いくつかの地域を除いて比較的平坦な地形であることにより調和がとれているが、表面保護されていない表土がかく乱されたり、除去されたりすると、浸食の可能性が増加する。

(2) 予測結果

既に大部分が発電所の工事により改変されているものの、本事業の実施に伴い、施設に関連するインフラ整備計画には、表土除去・一部掘削が含まれる。導水配管は約 5.3km の延長で幅は単管部が 1800mm で複管部が 3600mm、深さは 2000mm から 2500mm の掘削工事が発生する。降雨量は少ないものの植生や表土の除去により、風や流水による土壌浸食の可能性はある。

11.6.7 水利用もしくは水利権

(1) 調査結果

1) FGD に必要な水量

メデュピ TPS における水の需要供給計画を表 11.6-7 に示す。メデュピ TPS は、FGD ユニットを含む発電所運転のため、原水の総量 13.4 百万 m³/年を必要とする。現在、発電所の総配水量は 10.9 百万 m³/年であり、モコロ・クロコダイル用水増設プロジェクト事業 (MCWAP) フェーズ 1 を通じてモコロダムから供給されている。この 10.9 百万 m³/年の配分は、メデュピ TPS 及び 3 基の FGD を運転するのに十分である。不足分となる 2.5 百万 m³/年は、水衛生省 (DWS) が実施したクロコダイル川からの MCWAP のフェーズ 2A を介して供給され、残りの 3 基の FGD に利用される予定である。水供給に係る合意は、水利用許可 (WUL) に則りメデュピ TPS とマティンバ TPS の両方に水を供給するために、2018 年中頃までに DWS との間で最終化及び締結される予定である。本事業計画では FGD 供用における水はクロズドシステムにより、可能な限り再利用するなど、使用量を最小限に抑えている。

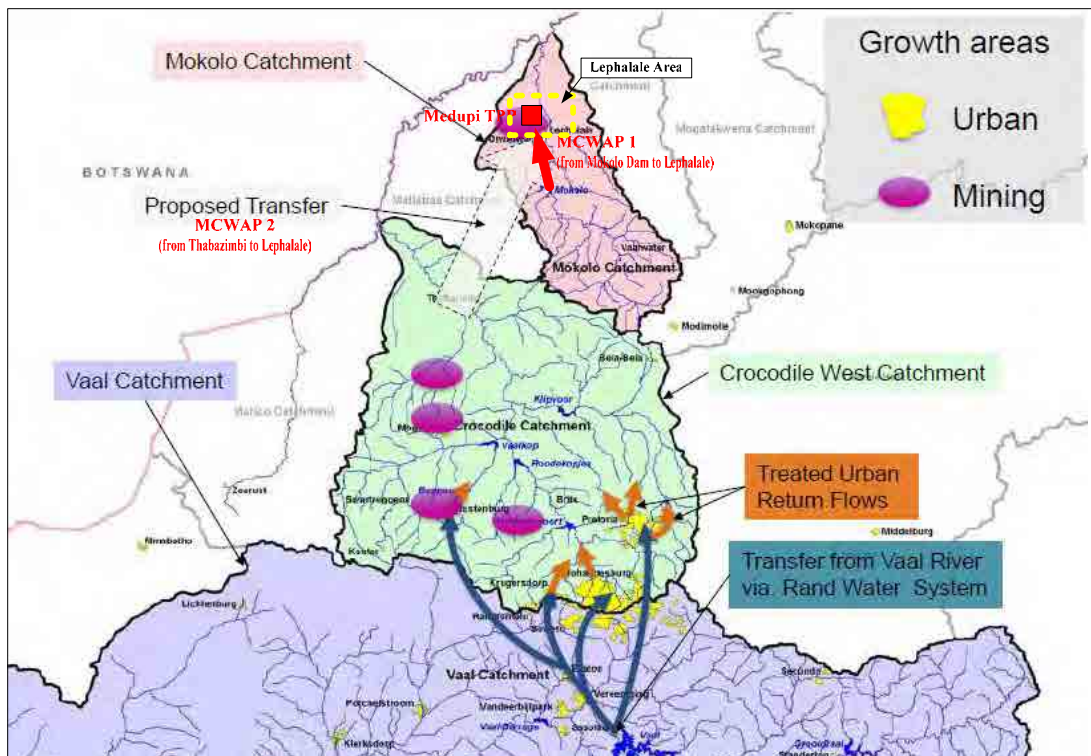
表 11.6-7 メデュピ TPS における水の需要供給計画

区分	項目	水量 (百万 m ³ /年)	
需要計画	(1) メデュピ TPS 6 基の必要水量	6.0	13.4
	(2) メデュピ TPS FGD6 基の必要水量	7.4	
供給計画	(3) 現在確保済の水量 (MCWAP1 による供給)	10.9	13.4
	(4) 新たに必要となる水量 (MCWAP2 による供給) (1)+(2)-(3)	2.5	

出典：DWS 資料及び Eskom 資料に基づいて JCIA 調査団にて作成

2) レパラレ地区における水収支

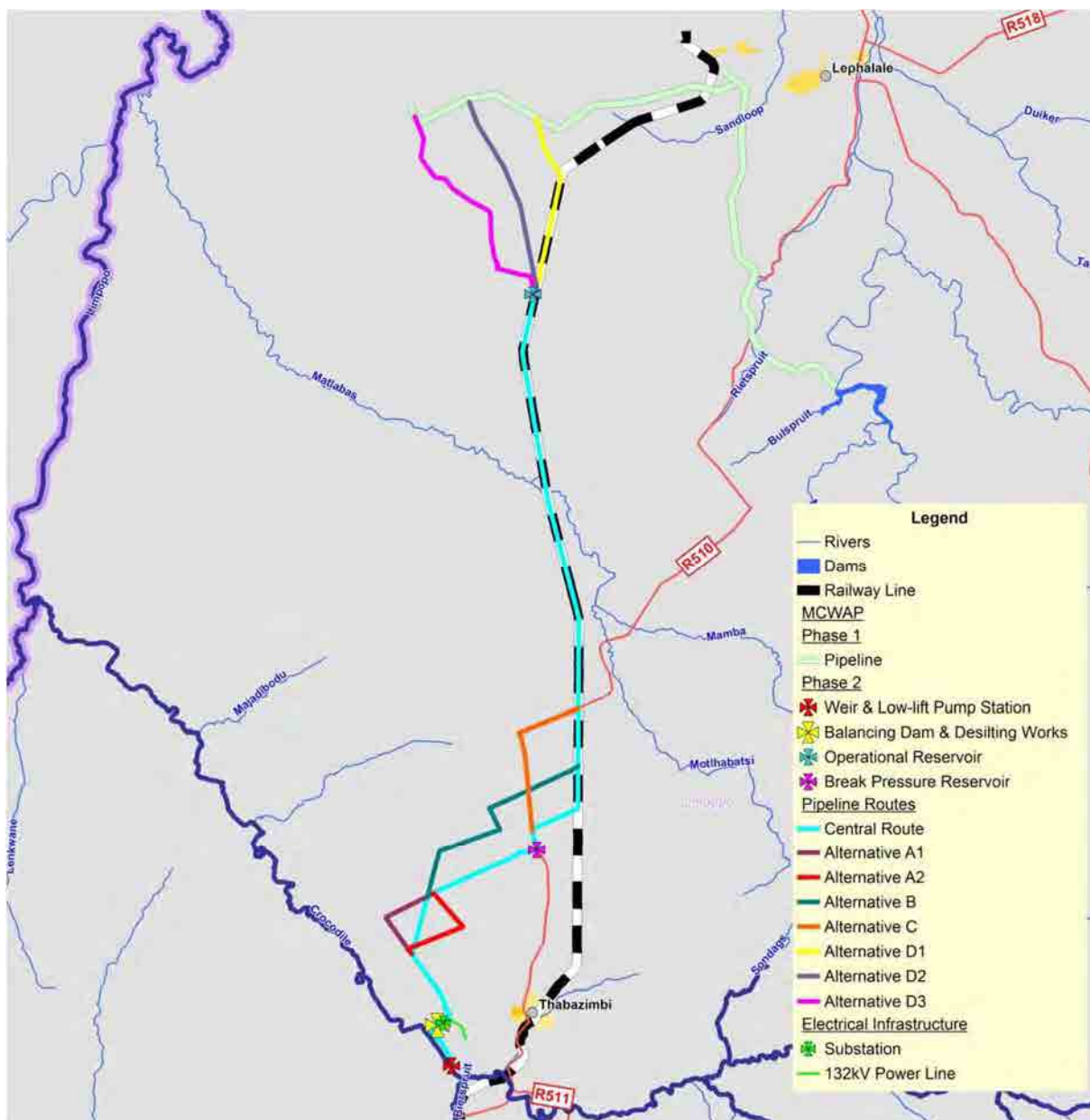
レパラレ地区における水需給バランスは本報告書の 8.1 節で分析された通り、今後の水需要は大幅に増加するとの結論に達した。水利用者は発電所だけではなく、下流部の生活用水、工場用水、灌漑用水及び地方部の農業用水にわたる。モコロ川やクロコダイル川流域からの水供給は、需要を満たすには不十分であり、ヴァール川流域からの供給で不足分を補う必要がある。レパラレ地域、モコロダム流域、クロコダイル川流域、ヴァール川流域の位置関係を示した DWS 水供給計画図を図 11.6-10 に、既存の MCWAP 1 パイプライン及び将来の MCWAP 2 パイプライン計画図を図 11.6-11 に示す。DWS はすでにランドウォーターシステムとよばれる、南部のヴァール川流域からクロコダイル川流域に給水するプロジェクトを実施している。給水された水は生活用水などに利用された後、排水処理されクロコダイル川流域に還元されている。ヨハネスブルグおよびプレトリアは将来人口が増加することが予想され、水需要が増大することから DWS は既存排水処理場の拡張または新規排水処理場の建設を計画している。メデュピ TPS の FGD 施設稼働の為に追加で供給される水量 2.5 百万 m^3 /年は、MCWAP2 の給水キャパシティ 75.86 百万 m^3 /年の約 3.3% 程度である。



出典: Presentation Material of Water Resources Assessments, DWS, 30 Nov.2017

図 11.6-10 DWS 水供給計画図

また、MCWAP 2 の取水源となるクロコダイル川へのランドウォーターシステムを考慮した流入量と下流域の水利用について、乾季も含めて水収支解析したところ、クロコダイル川を水源とする MCWAP 2 に水不足が生じることはなく、クロコダイル川流域への水供給に影響を及ぼさないことを確認した（本報告書「8.1 水資源」参照）。



出典: Proposed Mokolo and Crocodile River (West) Water Augmentation Project (Phase 2a) (MCWAP-2a): Water Transfer Infrastructure, Final EIA report, November 2018, DWS

図 11.6-11 MCWAP Phases 1 and 2 位置図 (Tabazimbi-Lephalale)

(2) 予測結果

FGD の適用には追加的に水の供給が必要となる。しかし、水供給インフラは、DWS 主導のレパラレ地区における将来の水需要予測に基づいて開発される。本事業の統合水使用許可申請書は、2018年6月に策定され、DWSに提出された。事業者は、MCWAPスキームの下、申請書に基づき他の水需要と調整しながら必要な水供給量を確保することとなる。本事業においては申請して得られた水利権以上の給水および消費はできないことから、水の需給バランスは、DWS 主導のもと、関連する水利用者間で水の配分は適切に管理され、同地域において水に係る紛争を引き起こす可能性は低い。

11.6.8 既存社会インフラ及びサービス(道路交通・道路及び鉄道)

(1) 調査結果

1) メデュピ TPS 周辺の道路交通

メデュピ TPS 周辺の道路ネットワークを図 11.6-12 に示す。ネルソン・マンデラ・ドライブ (Nelson Mandela Drive) とアフガンズ・ロード (Afguns Road) を利用し、D1675 道を通って、ゲート 1、2 及び 4 から発電所にアクセスできる。アフガンズ・ロードは、周辺地域の農場へのアクセス及び、さらに南にある R510 に接続する。

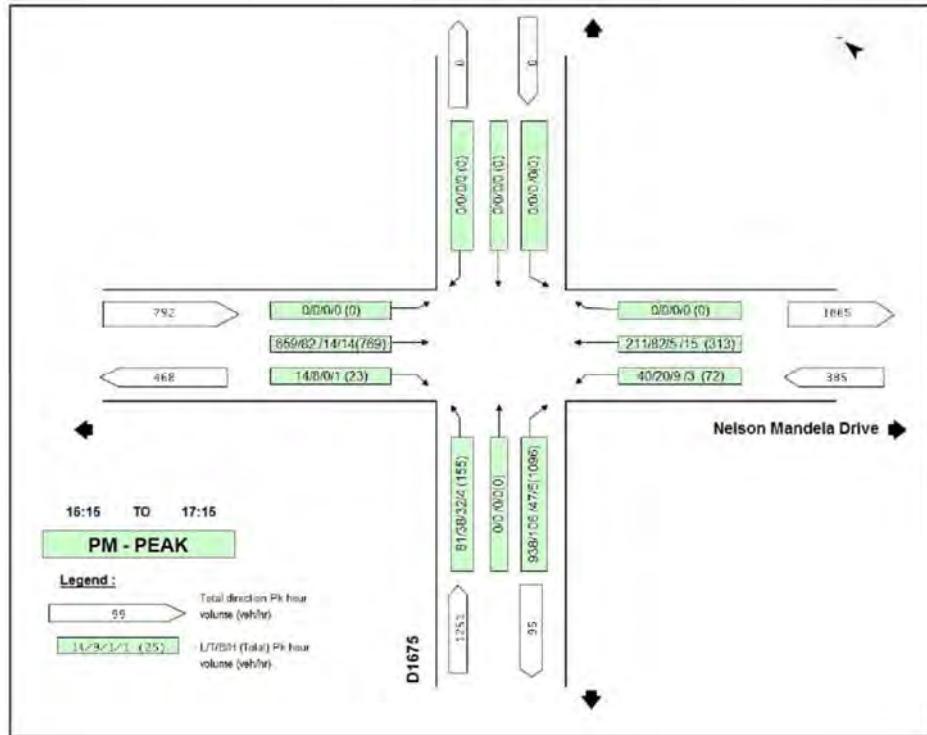


図 11.6-13

出典: Final environmental impact report for the proposed Medupi flue gas desulphurization (FGD) retrofit project (Zitholele Consulting, May 2018)

図 11.6-12 MPS 周辺の道路ネットワーク

24 時間交通量調査は、メデュピ TPS 内及びその周辺の計 6 つの交差点で行われた。このうちネルソン・マンデラ・ドライブと D1675 の交差点で行われた調査結果を以下に示す。交通量のピーク時間は、16:00~17:00 であった。



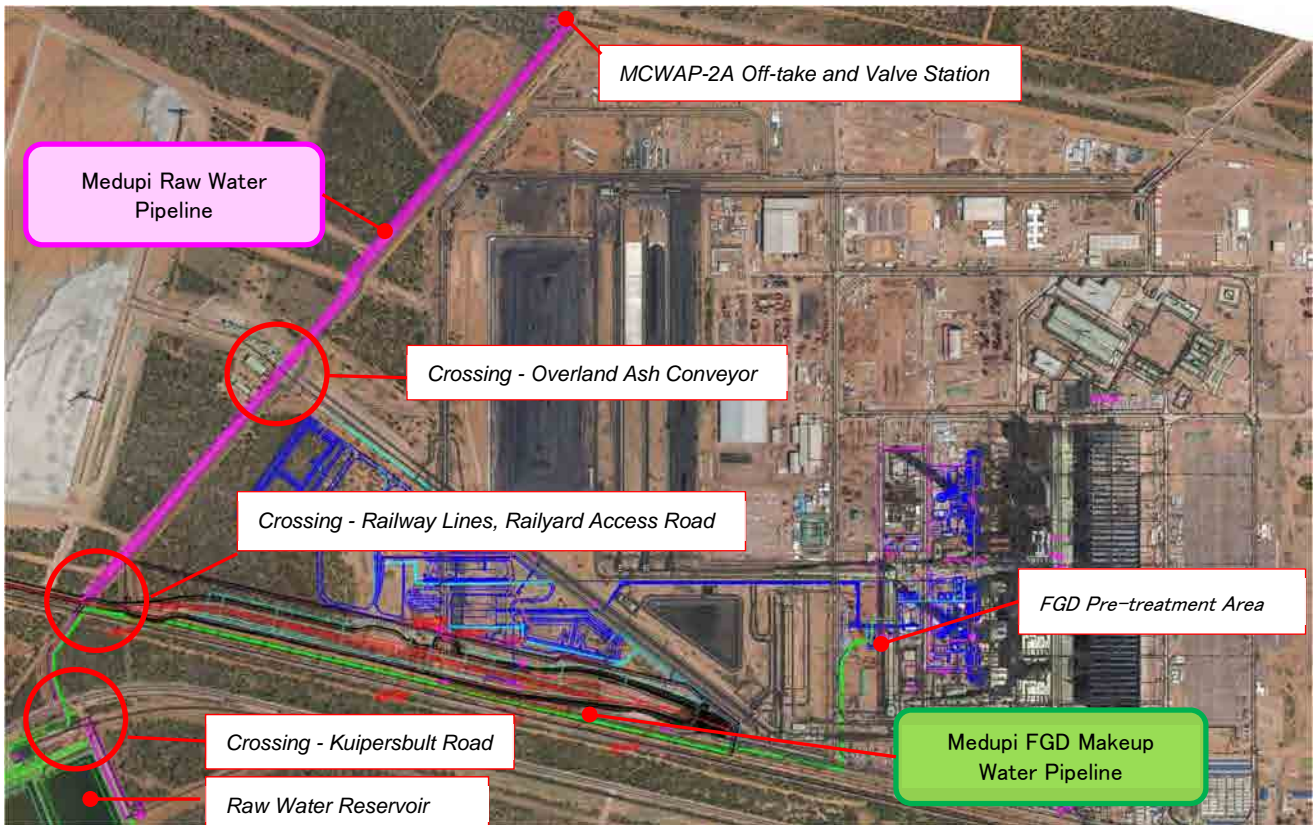
出典: Final environmental impact report for the proposed Medupi flue gas desulphurization (FGD) retrofit project (Zitholette Consulting, May 2018)

図 11.6-13 ピーク時の交通量 – ネルソン・マンデラ・ドライブ及び D1675 交差点

現在および将来の交通量を評価するために、サービスレベル (LOS) による評価を用いた。LOS は、現在の交通状況が交差点でどの程度良好であるかを評価する。交通渋滞の点で交通の定性的な尺度であり、レベル A から F までに 6 段階に評価される。レベル A は、運転者が自由な速度で運転でき遅延がないことを表し、レベル F は長い遅延を伴う不快な渋滞状態を表す。ネルソン・マンデラ・ドライブ及び D1675 交差点における現状交通量に関しては、午後のピーク時の北向き交通はレベル F で、西と東向きの交通はレベル A と評価される。

2) 導水配管計画

導水配管計画は原水供給配管と FGD への水供給配管からなり、その概要を以下に示す。原水供給配管はメデュピ TPS 北側に設置される予定の MCWAP2 の off-take 地点から既存の貯水池をつなげる。MCWAP2 取水口から南西方向に配管され、貯水池への途中、鉄道引き込み線、鉄道及び Kuipersbult 道路の下を通過させる。延長は約 2550m (図中ピンク色)。FGD への水供給配管は貯水池と FGD プラントを結ぶ。貯水池から一旦北上するが、Kuipersbult 道路、鉄道を地下で交差した後、東方向に向かう。延長は約 2,780m (図中緑色)。導水管は基本的に地下構造であり、鉄道及び Kuipersbult 道路とは地下で横断する。交差点においては関係機関から必要な許可を取得する。掘削幅は単管部 1800mm、複管部 3600mm、掘削深さは 2000mm から 2500mm、を計画している。



出典:Advisory Technical Report -Medupi FGD Makeup Water Supply and Medupi Raw Water Supply Report, August 2018, Eskom

図 11.6-14 導水配管レイアウト図

(2) 予測結果

1) メデュピ TPS 周辺の道路交通

FGD 施設および廃棄物処理施設の工事中には、以下の輸送および交通活動が含まれる。

- 労働者、材料、資材の移動
- 巨大資材の搬送
- 工事中における計画地周辺の既存の交通の管理

供用後の、FGD の運用への搬入資材は、ソーダ灰及び石灰または石灰岩である。石灰岩は、集積所から鉄道又は大型ダンプで運搬され、利用されるまで場内保管施設にて保管される。ソーダ灰は従来の大型粉粒体運搬車で運搬される。FGD からの廃棄物は、脱水された FGD 石膏及び廃水が含まれ、廃水はプラントで再利用するために場内処理される。廃水処理プラントからの副生成物（塩およびスラッジ）は、場内に一時貯蔵した後、既存の許可済の有害廃棄物施設場に運搬され処分される。FGD 石膏は灰と同じ廃棄物の種類に分類されるので、一緒に、適切な拡散防止施設を持つ既存の場内灰処分施設で処分される。

Eskom は大規模な資材についての運搬・搬入計画を策定中であるため、正確な交通量予測は現時点では実施できない状況である。交通が集中するネルソン・マンデラ・ドライブ

/D1675 の交差点では、LOS がすでにレベル F で渋滞している状況であるため、工事中及び供用後の交通の影響が大きくなることが予測されることもあり、関係機関との協議を通じて必要な対策を実施するとしている。

2) 導水配管計画

導水配管は関係機関からの承諾を得て公共インフラ（鉄道及び道路）を地下で横断することにより、導水配管工事中・供用時に支障を生じさせないことを設計の条件としていることから、パイプと既存インフラ交錯部の影響は回避される。

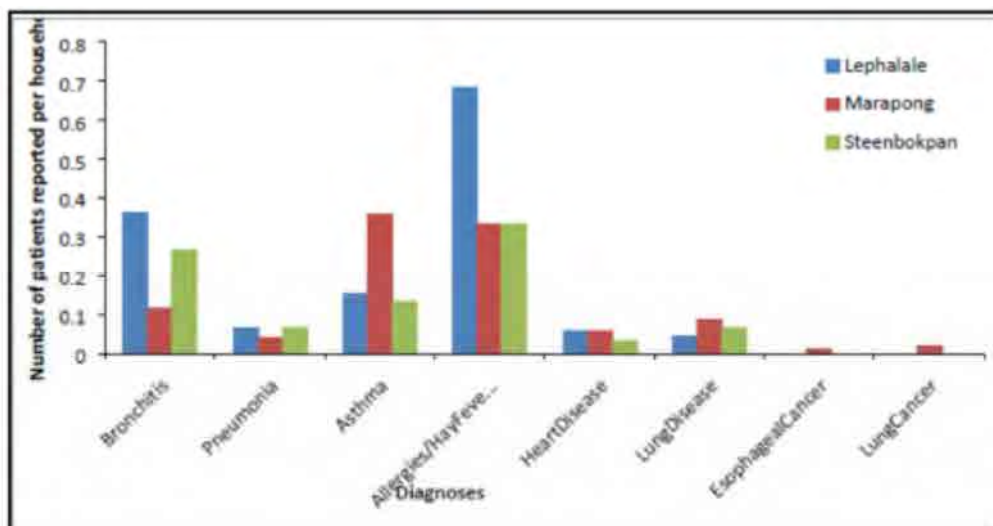
11.6.9 HIV/AIDS 等の感染症

(1) 調査結果

1) 大気汚染に関連した公衆衛生及び疾病

世界保健機関（WHO）の 2012 年報告によると、世界の死亡者 8 人のうち 1 人の割合で大気汚染が死因としている。汚染は屋外及び屋内を含んでいる。さらに、WHO は、中・低所得国で未成年の死亡の 88% が石炭経済に基づく環境汚染が原因であると結論付けた。南アフリカは、石炭経済をベースとする国の一つである。

レパラレでは、石炭は、そのライフサイクル（抽出、燃焼、廃棄）を通しての主要な大気汚染源である。これは、PM（微粒子/粉塵）、SO₂、NO₂、O₃ のような汚染物質を通して屋外および屋内の大気汚染に寄与している (Itzkin, 2015, as cited in (Tomose, et al., 2018))。自動車によって燃焼される液体化石燃料は一酸化炭素排出に寄与するとともに、他の一般的な汚染物質として鉛および揮発性有機化合物が知られている。Itzkin（2015 年）が行った研究は、石炭の燃焼により、ウォーターバーグの人々が暴露された汚染の量についての詳細な資料を示した。図 11.6-15 は、Lephalale LM の Lephalale、Marapong および Steenbokpan の住民で診断された石炭の燃焼と病気との関連性を示している (Tomose, et al., 2018)。



出典: Final environmental impact report for the proposed Medupi flue gas desulphurization (FGD) retrofit project (Zitholete Consulting, May 2018)

図 11.6-15 医療援助を求めた人々の診断結果 (Lephalale, Marapong 及び Steenbokpan)
(from Itzkin, 2015 as cited by Tomose, et al., 2018)

2) HIV/AIDS

Lephalale の HIV 陽性率は、Limpopo 州及び Waterberg 郡の HIV 陽性率の約 2 倍であり、AIDS 感染率に関してはほぼ 20%高い(Lephalale Local Municipality, 2014)。

マラポンのコミュニティでは、メデュピ TPS の設立以来、地域社会は大きく成長しており、コミュニティ、地域社会、レパラレ地区全体の生活様式に多くの変化をもたらした。懸念される問題の中には、酒場の数の増加、事故や死亡の増加がある。増加した男性コミュニティが起こした新たな経済現象や文化としては、レパラレ地区にはなかった売春幹旋があげられている。

Eskom 社は、事業持続可能性を維持するためのリスクの 1 つとして HIV/Aids を扱っており、HIV/AIDS の影響について管理を行っている。HIV/Aids に係る職場プログラムの目標としては、新しい HIV 感染症や母子感染症をゼロとし、差別や偏見をなくすことである。Eskom 社は、教育と啓発、従業員の HIV 感染予防や治療・処置・支援を含めた統合された対応戦略を策定しており、従業員への避妊具の無料配布も行っている。また、Eskom 社と請負業者が提供する毎月の医療保健サービスは政府の保健サービスと連携して実施される。Eskom 社は、従業員の 50%が任意のカウンセリングとテスト (VCT) を受けていることを求める人材サステナビリティ指標基準を満たしている。

(2) 予測結果

1) 大気汚染に関連した公衆衛生及び疾病

FGD の供用後は、FGD 技術による大気中の SO₂ 濃度の低下をもたらし、周囲大気の水質を改善し、住民の健康と生活の質を向上させる事が予測される。(プラスの影響)

2) HIV/AIDS

工事中においては、一定量の労働者流入が想定され、性風俗産業や少年非行の助長、薬物及びアルコール乱用に繋がる可能性がある。このような事項は、HIV/AIDS の感染リスクが増加に寄与すると予測される。事業者は既に適切な対応策が計画・実施されており、本事業においても実施される。

11.6.10 労働環境

(1) 調査結果

1) 法的要求事項

南アフリカにおいては労働者の安全衛生管理のために以下の法令が定められている。

- Occupational Health and Safety Act,1993
- OHSAS 18001:2007system Safety Management Process
- Construction Regulations,2014

また、Eskom 社も独自に以下の対応を実施している。

- Eskom Safety, Health and Environmental Requirements
- 工事業者が実施する Safety, Health and Environmental (SHE) program

Eskom 社は既にメデュピ TPS 事業における包括的な SHE プログラムと実施システムを確立/適用しており、この既存フレームワークを見直し、本 FGD 事業に適用する。

2) 請負業者のための Safety, Health and Environmental (SHE)管理フレーム

請負業者および供給業者の労働条件は、安全衛生および環境（SHE）の仕様によって保証されている。これらの仕様は、入札段階で候補請負業者に提供され、業者評価時に適応される。また、これらの仕様は、請負業者が実施する契約の条件にも含まれており、詳細な安全衛生プログラムについては、請負業者によって本事業のために作成され、工事開始前に Eskom 社によって承認され、継続的に改定/更新される。

加えて、本事業の全ての労働者に対して、人材調達・技能開発・支払い・作業条件・苦情処理メカニズム・紛争解決プロセス・失業問題に関連する現場労働協定を設ける。

労働局は、本事業と請負業者のコンプライアンスを監理するための年次監査を実施し、保証監査/アセスメントは Eskom 社の労使関係担当者が実施する。

3) 安全衛生プログラムの実践的手続き

現地で働くすべての従業員は、サイト入場許可前に健康診断及び Eskom 社の事前受け入れ検査対象となる。各請負業者は、それぞれの業務範囲における固有リスクに集中した独自の受け入れ計画を毎年更新する予定である。これらの実施に加えて、各請負業者は、従業員への安全トレーニングを実施し高等教育にも取り組む。ツールボックスミーティングにおいては、毎月特定のトピックを扱い、特定のリスクについて協議を行う予定である。さらに、事故から学んだ教訓についても、毎朝共有される計画である。

4) 労働者のキャンプ

本事業における労働者の宿泊施設は、既存のメデュピ TPS 建設のために設営された宿泊施設を使用予定である。

5) Safety, Health and Environmental (SHE) トレーニングプログラム

メデュピ TPS 事業労働者を対象に、個人またはチーム毎に様々な種類のトレーニングプログラムが開発されている。現場の各主請負業者のためのトレーニングマトリクスには、SHE の導入、OHSAS 18002 のトレーニング、応急処置プログラム、避難所の設置、労働安全衛生法（Act 85 of 1993 OHS Act）、高所作業の要点、消防の基本、建設規則、Eskom 社救命措置規則、及び行動安全意識等が設けられている。

毎月の交通安全運転点検は地方政府と交通警察と合同で実施する。また、結核や HIV/AIDS などの疾病へのトレーニングや意識啓発、自発的な検査提供など、定期的な対応が実施される。

6) 地域社会の為の保護措置

近隣住民との全ての傷害については、Eskom 社もしくは請負業者の管轄範囲内ではなく、南アフリカ警察によって管理される。しかし、傷害事件等の発生前に予防の措置が講じられるように、定期的な合同会議を開催する。メデュピ TPS 事業においては、環境を含む多くのメカニズムを講じている。

モニタリング委員会（EMC）及び事業の苦情に対処するための手続きを設けており、住民は苦情を提起することが可能である。

(2) 予測結果

工事中において、労働者と地域社会のための安全衛生管理の追加要求が発生する可能性がある。しかし、SHE マネジメントの包括的なプログラムと実施体制は既に整備されており、本事業において実施される予定である。そのため、定期的な労働環境管理・教育が実施により、安全衛生リスクは可能な限り低減されると予測される。

11.6.11 事故

(1) 調査結果

工事中の事故については、現場労働者だけでなく周辺地域の環境や住民にも影響を与える可能性がある。Eskom 社は前述の通り、予防措置を講じ、事故や事故に対して適切に対応する（11.6.10：労働環境）。本事業に適用される主な既存の措置は以下の通りである。

請負業者が使用する必要があるすべての個人用保護具（PPE）は Eskom 社から供給される。最低限、全員に作業着、安全ブーツ、反射ベスト、安全ゴーグル、耳栓、ヘルメット等が支給される。

さらに、メデュピ TPS 事業においては、健康・安全・環境及びセキュリティに関連する全ての事故に対処するためのメデュピ緊急時対策計画があり、必要な設備や専門職員を保有している。この計画は、環境事故を含むすべての潜在的な事故に対しての、準備と対応を対象としており、以下の内容を含む。

- 緊急時前の準備計画
- 緊急時の医療及び一時対応
- 緊急時の労働者への警報手段
- 安全距離及び避難ルート、避難場所
- 訓練

上記計画に基づき定期的な避難訓練が実施されている。緊急時の医療対応としては、メデュピ TPS 事業において、24 時間体制の必要な医療機器を提供する緊急救助チームが Eskom 社から提供されているほか、緊急時に支援するためのサービスや地方自治体からの支援についても合意されている。町には設備の整った病院があり、セキュリティサービスも提供される（現場の警報やアラートによる避難計画を含む）。

(2) 予測結果

FGD 事業における工事中及び供用時については、特に不適切な設備利用の際に、施設または環境事故における危険性のリスクを高める可能性が想定される。しかし、本事故のリスクについては、メデュピ緊急時対策計画により管理・低減されると予測される。

11.6.12 地球温暖化

(1) 調査結果

発電所の運転計画によれば、発電所における発電量と石炭の消費量は固定されているため、FGD 供用による総発電量の増加はない。

(2) 予測結果

調査結果に基づき、FGD 供用中の温室効果ガス排出量は増加しないと予測される。FGD 供用で使用される電力はメデュピ TPS で発電した電力を使用しており、発電所の総発電量は変化しない(増加しない)ためである。

11.7 影響評価

EIA 調査結果に基づき、環境社会影響評価の結果を下表に示す。

表 11.7-1 環境社会影響評価結果(工事前, 工事中, 供用時)

番号	項目	スコーピング結果		評価結果		根拠/ 調査結果の理由
		工事前/工事中	供用時	工事前/工事中	供用時	
汚染						
1	大気汚染	B-	A+/C	B-	A+	[工事中] FGD 施設の建設現場での影響は局地的であり、現場から離れた居住区の大気質を著しく悪化させないため、建設作業が大気質に悪影響を及ぼす可能性は低い。一方で導水配管に関しては、掘削に伴う粉塵の発生が想定される。現状で日平均値の環境基準を超過する時期もあることから本事業実施時における配慮が必要。 [供用時] FGD 設置後、SO ₂ 濃度の基準超過範囲は大幅に減少する。影響を受けやすいレセプターの地点にて NAAQS の超過はない。周囲の大気質は、FGD システム供用による SO ₂ 減少によって改善される。
2	水質汚濁	B-	B-	B-	B-	[工事中] - FGD システム、鉄道引込み線及び関連インフラの建設に関連して、地下水質に及ぼす中程度の影響が予想される。 - 既存の雨水管理システム (SWMS) により、自然の地表水質の汚染は予想されるが、かなり限定的である。 [供用時] - 有害廃棄物の輸送中に事故的に流出した場合、地下水の汚染が懸念される - FGD で使用した水は処理された後にプラント内で再利用されるため、地表水を汚染する要因はない。
3	土壌汚染	D	D	N/A	N/A	スコーピング段階 (表 11.5-1 参照) で評価され、それ以上の評価は行われなかった。
4	廃棄物	B-	B-	B-	B-	[工事中] 建設工事により建設廃棄物が発生し、中程度の影響が生じる。しかし、メデュピ TPS の廃棄物管理システムによって適切に管理される。 [供用時] FGD 技術は、副生成物として石膏、スラッジ、および塩化物を生成し、処分場が必要となる。ただし、これらの廃棄物は、廃棄物管理許可を取得と共に適用すべき規制に従って管理される。

番号	項目	スコアリング結果		評価結果		根拠/ 調査結果の理由
		工事前/工事中	供用時	工事前/工事中	供用時	
5	騒音及び振動	B-	B-	D	D	[工事中] FGD 施設は既存のメデュピ TPS に設置予定である。周囲にはレセプターがないため、騒音及び振動の影響は一時的であり、著しい影響は予期されない。 [供用時] 事業の実施に伴い騒音が発生するものの、計画地最寄のレセプターに影響が生じる程度ではないと予測された。発電所に隣接してレセプターがないため、振動の影響は想定されない。
6	地盤沈下	D	D	N/A	N/A	スコアリング段階(表 11.5-1 参照)で評価され、それ以上の評価は行われなかった。
7	悪臭	D	D	N/A	N/A	スコアリング段階(表 11.5-1 参照)で評価され、それ以上の評価は行われなかった。
8	底質	D	D	N/A	N/A	スコアリング段階(表 11.5-1 参照)で評価され、それ以上の評価は行われなかった。
自然環境						
9	保護区	D	D	N/A	N/A	スコアリング段階(表 11.5-1 参照)で評価され、それ以上の評価は行われなかった。
10	生態系	C	C	B-	B-	[工事中] FGD 改変地、鉄道引き込み線の予定地内において、生物多様性と潜在的な湿地の影響はないと予測された。提案された改変区域に最も近い湿地は、FGD インフラ予定地直近の南に位置している。この湿地(SEW2)への影響は、直接改変されないことから軽微であると予測された。 また、植物群落や種の消失の可能性、外来種の潜在的増加、動物相及びハビタットの消失に関する多くの潜在的な影響可能性が予測された。 その他の工事中の影響は、雨水の流出時における自然流域の改変と改変区域からの流出である。これに関連して、出水のピーク増加と濁水流出が予測される。 [工事中/供用時] FGD および鉄道引き込み線による供用時における影響は、主に工事中の影響の継続である。また、MPS 内の車両の交通によるロードキルは動物相にとって脅威であり、湿地の集水域(Catchment area)の損失と水量の減少は供用後も残る。
11	水象	D	D	N/A	N/A	スコアリング段階(表 11.5-1 参照)で評価され、それ以上の評価は行われなかった。
12	地形・地質	D	D	N/A	N/A	スコアリング段階(表 11.5-1 参照)で評価され、それ以上の評価は行われなかった。
13	土壌浸食	C	C	B-	D	[工事中] 新たな改変エリアは部分的ではあるものの、植生や表土の除去及び導水配管の掘削工事により、風や流水による土壌浸食の可能性がある。 [供用時]改変後、速やかに施設が設置されるため、土壌表面は保護される。
社会環境						
14	非自発的住民移転	D	D	N/A	N/A	スコアリング段階(表 11.5-1 参照)で評価され、それ以上の評価は行われなかった。
15	貧困層、先住民族、少数民族	D	D	N/A	N/A	スコアリング段階(表 11.5-1 参照)で評価され、それ以上の評価は行われなかった。
16	雇用や生計などの地域経済	B+	B+	B+	B+	スコアリング段階(表 11.5-1 参照)で正の影響が評価されたため、それ以上の評価は行われなかった。
17	土地利用	D	D	N/A	N/A	FGD は既存のメデュピ TPS に設置されるため、土地利用に負の影響をもたらす要素はない。
18	水利用/水利権	D	C	N/A	D	[工事中] スコアリング段階(表 11.5-1 参照)で評価され、それ以上の評価は行われなかった。 なお、現在、発電所の総配水量は 10.9 百万 m ³ /年であり、モコロ・クロコマイル用水増設プロジェクト事業(MCWAP)フェーズ 1 を通じてモコロダムから供給されている。この 10.9 百万 m ³ /年の配分は、メデュピ TPS 及び 3 基の FGD を運転するのに十分な量であるため、工事中の水使用に問題はない。 [供用時] FGD 技術導入により水使用量が増加するものの、本事業においては申請して得られた水利権以上の給水および消費はできないことから、水の需給バランスは、DWS 主導のもと MCWAP 事

番号	項目	スコーピング結果		評価結果		根拠/ 調査結果の理由
		工事前/工事中	供用時	工事前/工事中	供用時	
						業の下で関連する水利用者間で水の配分は適切に管理され、同地域において水に係る紛争を引き起こす可能性は低い。また、MCWAP 2の取水源となるクロコダイル川へのランドウォーターシステムを考慮した流入量と下流域の水利用について、乾季も含めて水収支解析したところ、クロコダイル川を水源とする MCWAP 2の水不足が生じことはない、クロコダイル川流域への水供給に影響を及ぼさないこと確認済。
19	社会組織	D	D	N/A	N/A	事業実施によるコミュニティの分断は予想されない。
20	既存社会インフラ及びサービス	C	C	B-	B-	[工事中] 工事に関連する発電所の自動車・トラックの発生集中交通量の増加による交通への影響が予測される。 [供用時] 供用に関連する石灰岩、塩、スラッジ、その他の資材廃材の移動のための発生集中交通量による交通への影響が予測される。また、導水配管は基本的に地下埋設され、公共インフラ（鉄道・道路）交差部に影響は生じない。
21	利害と便益の偏在	D	D	N/A	N/A	スコーピング段階（表 11.5-1 参照）で評価され、それ以上の評価は行われなかった。
22	地域内利害対立	D	D	N/A	N/A	スコーピング段階（表 11.5-1 参照）で評価され、それ以上の評価は行われなかった。
23	文化遺産	D	D	N/A	N/A	スコーピング段階（表 11.5-1 参照）で評価され、それ以上の評価は行われなかった。
24	景観	D	D	N/A	N/A	スコーピング段階（表 11.5-1 参照）で評価され、それ以上の評価は行われなかった。
25	ジェンダー	D	D	N/A	N/A	スコーピング段階（表 11.5-1 参照）で評価され、それ以上の評価は行われなかった。
26	子供の権利	D	D	N/A	N/A	スコーピング段階（表 11.5-1 参照）で評価され、それ以上の評価は行われなかった。
27	HIV/AIDS 等の感染症	B-	A+	B-	A+/B-	[工事中/供用時] 工事現場及び供用時プラントでの労働者の増加による、感染症の増加の可能性が予測される。 [供用時] FGD 技術による大気中の SO ₂ 濃度の低下をもたらし、周囲大気の質を改善されるため、住民の健康と生活の質を向上させる事が期待される。（プラスの影響）
28	労働環境	B-	B-	B-	B-	[工事中/供用時] 労働環境上のリスクは工事や FGD 稼働の結果として増加することが想定される。ただし、包括的な SHE マネジメントプログラムと本実施体制は既に構築されており、本事業においても実施される。
その他						
29	事故	B-	B-	B-	B-	[工事中/供用時] 不適切な施設の操作により工事中及び供用時の事故の発生が懸念されるが、Medupi Emergency Preparedness Plan の適切な運用により事故のリスクは低減される。
30	地球温暖化	D	C	N/A	D	[工事中] スコーピング段階（表 11.5-1 参照）で評価され、それ以上の評価は行われなかった。 [供用時] FGD 供用中の温室効果ガス排出量は増加しないと予測される。FGD 供用で使用される電力はメデュピ PS で発電した電力を使用しており、発電所の総発電量は変化しない。

出典: JICA 調査団にて作成

備考:

- 影響

A+/-: 著しい正/負の影響が予想される

B+/-: 一定程度の正/負の影響が予想される

C: 影響の度合いが不明 (更なる検討が必要であるため、影響は調査の進捗に応じて明確化される)

D: 影響は予想されない。

N/A: スコーピング段階でカテゴリ D に分類されたため、影響評価は行われなかった

11.8 緩和策

想定される負の影響に対する緩和策を適切に実施するために、本事業の環境管理プログラムに関する報告書（Jitholele Consulting (Pty) Ltd、2018年5月）が作成され、DEAに提出されている。以下に本報告書「11.7 影響評価」にて B-と評価された全ての項目の緩和措置を示す。

また、本事業の環境に係る許可申請や緩和策及びモニタリングに係る費用として約 18.6 百万円程度を事業費予算に含んでいる。

表 11.8-1 主な提案する緩和策

番号	項目	提案された緩和策	実施機関	責任機関
1	大気質	- 関係車両の定期点検 - 定期的な散水の実施 - 減風対策（風よけや囲い等）	工事業者	事業実施者
		- 定期的な大気質モニタリング	工事業者	事業実施者
2	地下水質	- 汚染リスク及び有害廃棄物の流出を防ぐために、労働者に対して危険物や汚染物質の運搬・取り扱い時の安全現場作業手順（SWP）の教育を実施	工事業者	事業実施者
		- 汚染物質漏洩事故の処理と記録	工事業者	事業実施者
		- 定期的な地下水モニタリング	工事業者またはコンサルタント	事業実施者
4	廃棄物	- 廃棄物管理許可及びIWWMPの要件（申請に示した保管容量、施設の構造・材料）遵守のため詳細設計及び施工完了時の施設の確認	工事業者	事業実施者
		- 廃棄物量のモニタリング	工事業者またはコンサルタント	事業実施者
10	生態系	- メデュピ TPS 外来種のコントロールプログラムに基づく外来種のコントロール（定期的な雑草除去等）	工事業者	事業実施者
		- 保全の重要な種のモニタリングと移植	工事業者	事業実施者
		- 工事区域境界への柵の設置	工事業者	事業実施者
		- 猛禽類の巣が確認された場合の工事中断及び対策実施（可能性はかなり低い）	工事業者またはコンサルタント	事業実施者
		- 変更区域の最小化による湿地の集水域（Catchment area）変更の最小化	工事業者	事業実施者
		- ロードキル防止のための標識設置。速度制限の継続。	工事業者	事業実施者
14	土壌浸食	- 変更区域の最小化による土壌変更の最小化	工事業者	事業実施者
		- 工事終了後の表土被覆	工事業者	事業実施者
		- 車両の移動制限による圧密低減	工事業者	事業実施者
20	既存の社会インフラ及びサービス(道路交通)	- 関係車両の走行時間帯・ルートの調整	工事業者	事業実施者
27	HIV/AIDS等の感染症	- HIV/エイズ関連のキャンペーンの実施（労働者に対するセミナー、避妊具配布、カウンセリング、診断等）	工事業者またはコンサルタント	事業実施者
28	労働環境	- 安全・健康・環境（SHE）方針の作成と遵守	工事業者	事業実施者
29	事故	- 安全・健康・環境（SHE）方針の作成と遵守	工事業者	事業実施者
27 28 29	HIV/AIDS等の感染症 労働環境 事故	- HIV/エイズ関連のキャンペーンの実施（労働者に対するセミナー、避妊具配布、カウンセリング、診断等）	工事業者またはコンサルタント	事業実施者
		- 安全・健康・環境（SHE）方針の作成と遵守	工事業者	事業実施者

番号	項目	提案された緩和策	実施機関	責任機関
		- 安全・健康・環境（SHE）方針の作成と遵守	工事業者	事業実施者
4	廃棄物	- 廃棄物管理許可及び IWWMP の要件遵守（危険物及び一般廃棄物管理状況の点検、ライナー敷設部の点検）	事業実施者	事業実施者
		- 廃棄物量のモニタリング	事業提案者またはコンサルタント	事業実施者
10	生態系	- 外来種管理（(定期的な雑草除去等）	事業実施者	事業実施者
		- 重要種モニタリング	事業提案者またはコンサルタント	事業実施者
		- ロードキル防止のための標識設置。速度制限の継続。	事業実施者	事業実施者
20	既存の社会インフラ及びサービス(道路交通)	- メデュピ TPS への石灰石を輸送、及び同発電所から処分場に塩およびスラッジを輸送して他の道路利用者への影響を最小限に抑えるための車両/トラック等の関係車両の走行時間帯・ルート調整	事業提案者またはコンサルタント	事業実施者
27	HIV/AIDS 等の感染症	- HIV /エイズ関連のキャンペーンの実施	事業実施者	事業実施者
28	労働環境	- 安全・健康・環境（SHE）方針の作成と遵守	事業提案者	事業実施者
29	事故	- 安全・健康・環境（SHE）方針の作成と遵守	事業提案者	事業実施者

備考*：緩和策が通常の工事及び操業にかかる作業内容に含まれるため費用は全体の工事及び操業費用に含まれることから追加費用はなしとした。

出典: Final environmental impact report for the proposed Medupi flue gas desulphurization (FGD) retrofit project (Zitholele Consulting, May 2018) and Report on the Environmental Management Programme for the Medupi FGD Retrofit Project (Zitholele Consulting (Pty) Ltd, May 2018) に基づいて JICA 調査団にて作成

11.9 モニタリング計画

緩和措置の有効性を確認するために、緩和措置が講じられる項目をモニタリングする。各事業段階でのモニタリング項目、頻度、モニタリング地点、担当機関、報告システムなどを明確にするためのモニタリング計画を下表に示す。

また、大気環境については、排ガス許可(Atmospheric Emissions License :AEL)にもとづき大気環境モニタリングが義務付けられているため、既存の大気環境モニタリング地点にて継続観測する。

水利用に関しては、乾季も含め、MCWAP 2 の水確保及びクロコダイル川流域の河川に影響を及ぼさないことを確認しているが、この分析に大きな変更が生じないか実施段階で随時モニタリングする必要があることから、これをモニタリング項目に含めることについて実施機関と合意する必要がある。

なお、モニタリングにあたっては、実施機関及び融資機関双方における情報共有、業務効率化の観点から統一されたフォーマットを用いることが推奨される。

表 11.9-1 モニタリング計画

番号	項目	小項目	調査地点	モニタリング及び報告頻度	責任機関/者	監督機関/者
全ての段階に関連する項目						
全て	コンプライアンス	EMP の遵守、承認とライセンス	特に該当なし	毎月	SCM, CM, EM, EA, EO	PD (事業提案者)
工事中						
1	大気質	PM, NO _x , SO ₂ ※AEL 義務	発電所周辺定点	毎日	請負業者	EO, EA, EM (事業提案者)
2	地下水質	分析項目は表下参照*	既存モニタリングボーリング孔、または既存の許可された処理施設周辺地域における新たに掘削されたモニタリングボーリング孔	毎月：既存ボーリング 隔月：新規ボーリング	請負業者	EO, EA, EM (事業提案者)
4	廃棄物	現場で発生した廃棄物 (kg 及び L)	工事区域及び周辺	毎月	請負業者	EO, EA, EM (事業実施者)
10	生態系	メデュピ TPS の既存モニタリング手順の規定に基づく	工事区域及び周辺	既存のモニタリング要求事項に基づく	請負業者	EO, EA, HO, PD (事業実施者)
13	土壌浸食	表土被覆状況点検	工事区域	毎月	請負業者	EO, EA, EM (事業実施者)
27	HIV/AIDS 等の感染症	HIV/AIDS 対策職場プログラムおよび健康診断の記録	工事区域	毎月	請負業者/EMC	CM, EM, PD (事業実施者)
28	労働環境	SHE トレーニングプログラムの記録	工事区域	毎月	請負業者/EMC	同上
29	事故	メデュピ緊急時計画の策定・実施、事故記録	工事区域	毎月	請負業者/EMC	同上
供用時						
1	大気質	PM, NO _x , SO ₂ ※AEL 義務	発電所周辺定点	毎日	請負業者	EO, EA, EM (事業提案者)
2	地下水質	分析項目は表下参照*	既存モニタリングボーリング孔	毎月	EO, EA, HO (事業実施者)	同上
4	廃棄物	分類毎の廃棄物量 (ton または m ³)	廃棄物発生源もしくは収集箇所	毎月	EO, EA, HO (事業者)	EO, EA, EM (事業実施者)
10	生態系	メデュピ TPS の既存モニタリング手順の規定に基づく	発電所敷地内	既存のモニタリング要求事項に基づく	同上	EO, EA, HO, PD (事業実施者)
20	既存の社会インフラ及びサービス	交通ルート及び交通問題の確認	主要交差点	毎月	同上	EO, EA, EM 事業実施者)
27	HIV/AIDS 等の感染症	HIV/AIDS 対策職場プログラムおよび健康診断の記録	発電所敷地内	毎月	同上	同上
28	労働環境	SHE トレーニングプログラムの記録	発電所敷地内	毎月	同上	同上
29	事故	メデュピ緊急時計画の策定・実施、事故記録	発電所敷地内	毎月	同上	同上

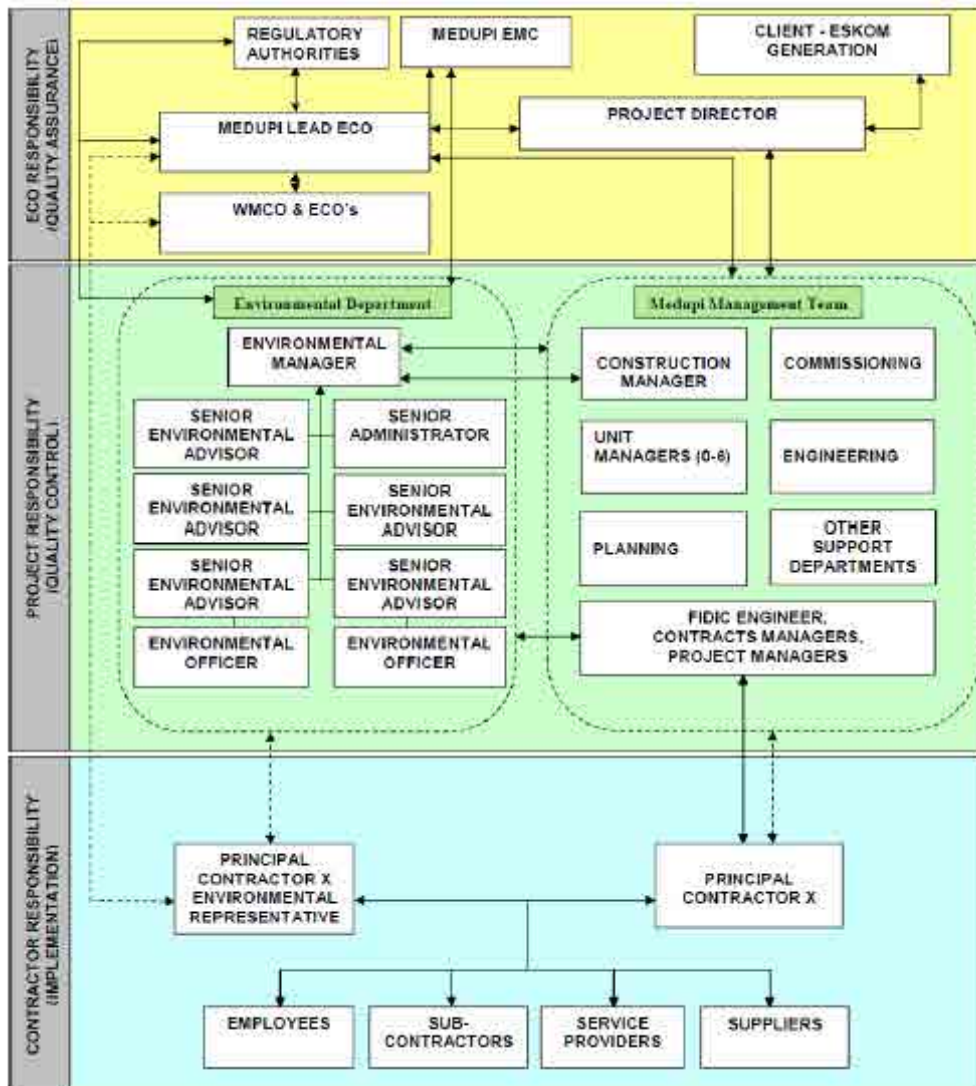
*地下水質分析項目: 地下水水位及び水質 (pH、EC、カドミウム、マグネシウム、ナトリウム、カリウム、p-Alk&m-Alk、塩化物、硫酸塩、硝酸塩、フッ化物、アルミニウム、鉄、マンガン、クロム3&6、銅、コバルト、COD)

注釈; PSM: Station Manager, GM: General Manager, PD: Project Director, SCM: Senior Construction Manager, CM: Contracts Manager, EM: Environmental Manager, EA: Environmental Advisor, EO: Environmental Officer, ECO: Environmental Control Officer, C: Contractor including sub-contractors, EMC: Environmental Monitoring Committee, HO: Eskom Head Office

出典: Environmental Performance Monitoring and Measurement Procedure (Eskom, Oct 2015)に基づいて JICA 調査団にて作成

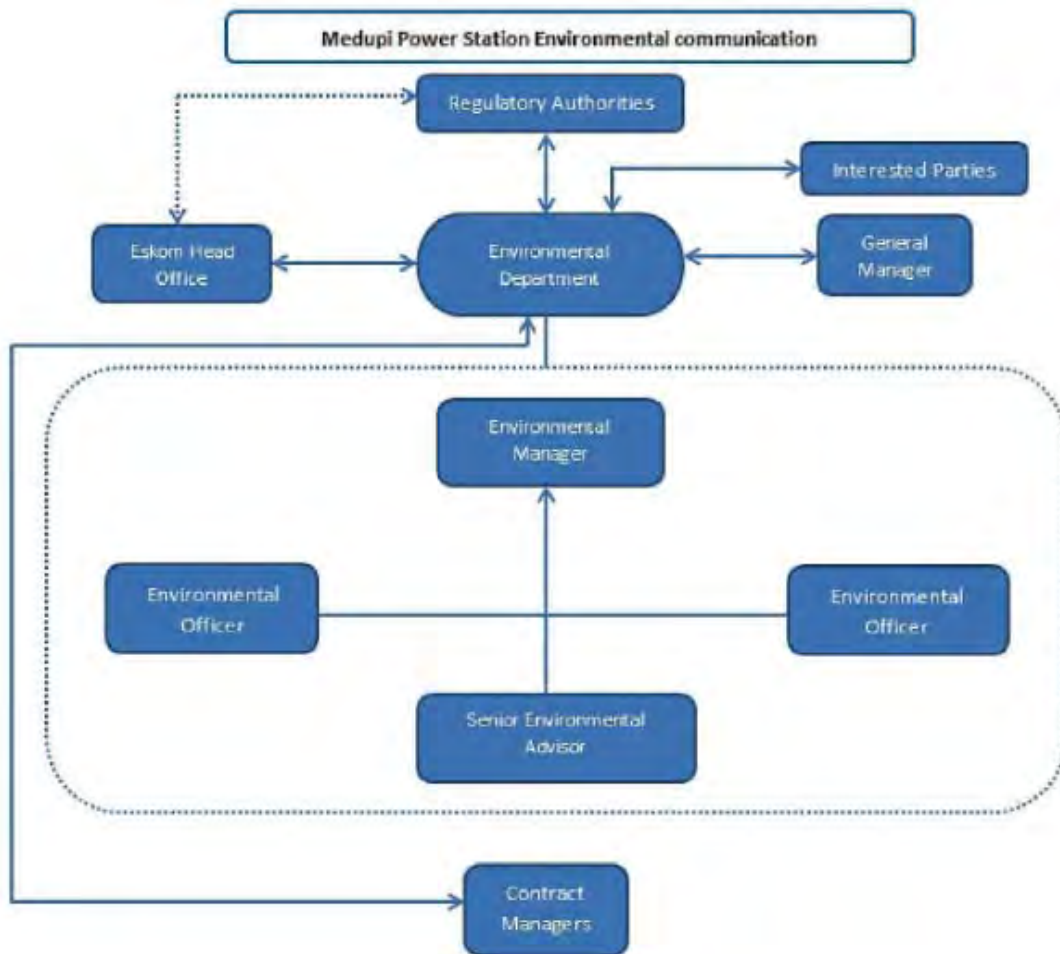
11.10 実施体制

環境管理計画及び環境モニタリング計画の実施は、メデュピ TPS の現行の環境コミュニケーション手順に準拠する。メデュピ TPS の建設段階における現在の環境コミュニケーションの枠組みは図 11.10-1 に、供用段階のものは図 11.10-2 に示す。苦情の仕組みも現在の手順に従う。申立人の連絡先詳細、苦情の種類、苦情内容の詳細、及び苦情申告及び解決された日時を含んだ苦情登録簿が、現場で管理される。



ECO: 環境制御オフィサー, EMC: 環境モニタリング委員会, WMCO: 廃棄物管理制御オフィサー
 出典: IWULA and IWWMP for the proposed Medupi power station FGD retrofit project and associated (Zitholele Consulting (Pty) Ltd, June 2018)

図 11.10-1 メデュピ TPS の建設段階における環境コミュニケーションの枠組み



ECO: 環境制御オフィサー, EMC: 環境モニタリング委員会, WMCO: 廃棄物管理制御オフィサー
 出典: IWULA and IWWMP for the proposed Medupi power station FGD retrofit project and associated (Zitholele Consulting (Pty) Ltd, June 2018)

図 11.10-2 メデュピ TPS の供用段階における環境コミュニケーションの枠組み

11.11 ステークホルダー協議

11.11.1 住民参加

住民参加は、環境認可のために不可欠な法律上の要件となっており、社会とのコミュニケーションにおいて重要な役割を果たしている。住民参加の原則は、南アフリカの最も重要な環境法である国家環境管理法（Act No. 107、1998年）にも明記されている。

本案件における住民参加プロセスは、上記の法律及びガイドラインに定められた要件を満たすように設定されており、スコーピングとEIAの各フェーズでの住民参加プロセスの要点について説明している。

住民参加プロセス（PPP：Public Participation Process）に関する詳細（ステークホルダー協議の議事録を含む）は、本事業ファイナルEIAレポートのAppendix F-6「PPP-Presentations-and-minute」にとりまとまられている。

(1) ステークホルダー及び被影響者の特定

Eskom、メデュピ環境モニタリング委員会、地方自治体、国家研究機関、その他の機関と協力し、主要なステークホルダー及び被影響者（I&AP）が特定されている。

(2) ステークホルダーや住民への通知

住民協議への参加やコメント・レビューの通知に係る項目を以下に示す。

- 会場のお知らせ（英語版）は、メデュピ TPS の住民専用入口に設置された。
- 2014 年 6 月に I&AP やステークホルダー宛に本事業の詳細について記載された背景情報文書（**BID: Background Information Document**）と招待状が配布され、登録シートについては電子メールやファックス、郵便にて送付された。
- また、**BID** は住宅やバス停等の調査地域にも配布された。
- **EIA** プロセスは、**Mogol Post** や **Lephalale Express**、**Northern News** によって公表された。
- ステークホルダーを **EIA** プロセスに参加させるために、**A3** サイズの **EIA** プロセス通知用紙が公共施設内の人目に付きやすい位置に設置された。

11.11.2 スコーピング段階

EIA の住民参加の第 1 段階は、本事業に関連する潜在的な環境問題を理解し、詳細情報が必要な場所については専門調査を実施するスコーピング段階である。

スコーピングレポートと **EIA** の調査計画は、次の段階で必要となる詳細調査に対するレビューと提案された手法の承認を目的として **DEA** に提出される。スコープフェーズに関連する主な活動を以下に示す。

- プロセスおよび調査要件に関する関連組織との合意
- 初回公表及び地主への通知
- 住民からコメントを得るためのコメント・レスポンスレポート（**CRR: Comments and Responses Report**）を含むドラフト・スコーピングレポート（**DSR: Draft Scoping Report**）の配布
- スコーピング段階におけるステークホルダー協議の開催
- コメントに対する **FSR**（**Final Scoping Report**）の配布
- **DEA** への **FSR**（**EIA** の調査計画を含む）の提出
- **DEA** による **FSR** 及び関連文書の承認（この時点で本事業は **EIA** 段階に移行）

(1) **DSR** に対する住民からのコメント及びレビュー

DSR に対する住民からのコメント及びレビューの概要を下表に示す。

表 11.11-1 DSR 段階における住民公開方法及び概要

項目		内容	
住民公開	会場	<ul style="list-style-type: none"> ・ Lephalele Local Municipality ・ Marapong Community Library ・ Agri Lephalele/Farmers Association 	
	ウェブ*	http://www.zitholele.co.za/cia-for-medupi-fgd	
住民公開期間		2014年10月27日~2015年1月9日	
住民レビュー期間		2014年11月20日~2015年1月9日	
DSR に対するコメントの提供方法		<ul style="list-style-type: none"> ・ 付属のコメントシートへの記入 ・ レターまたは追加書面の提出 ・ 電子メールの送信または住民参加オフィスへの電話 ・ 住民協議会への出席 	
主要なコメント及び回答		<p>[主要なコメント]</p> <p>1) (EIAの中で) 使用する水の消費量を可能な範囲で最小化・改善するための検討を含むべきである。</p> <p>2) 今後12年間でSO₂排出量は約30%削減されると説明であるが、同地域の大気質に大きなプラスの影響を与える。</p> <p>3) FGDの過程により発生する石膏及びその他の廃棄物の分類上のベースラインとして使用されるものは何か。また、情報の使用が可能な同様のユニット施設はあるか。</p>	<p>[回答]</p> <p>1) 基本設計の中で、Eskomはライフサイクルアセスメントとして水消費量の最小化オプションに配慮している。EIAでは基本設計の結果を踏まえている。</p> <p>2) Eskomの保有する石炭火力発電所からのSO₂排出量を2030年までに相対的に30%削減を想定しており、メデュピ TPS のFGD及びクシレ TPS のFGDによる削減効果及び高濃度のSO₂を排出する古い発電所の閉鎖なども含めたEskom全体の削減量である。このためレパレ地域の大気質に直接的な影響（削減）を示すものではない。</p> <p>3) 化学組成に基づき、廃棄物は分類される。(メデュピよりも先行する)FGD施設を持つクシレ TPS の運用が開始されれば、発生した廃棄物試験によって情報が検証される。</p>

* : 上記 web 縦覧サイトは当時の業務委託していた環境コンサルタントのサイトで周知レターなどに記載
 現在は、Eskom 社のホームページ以下サイトで確認が可能
<http://www.eskom.co.za/OurCompany/SustainableDevelopment/EnvironmentalImpactAssessments/medupi/Pages/default.aspx>

出典: Final Environmental Impact Report for the Proposed Medupi Flue Gas Desulphurisation (FGD) Retrofit Project, Eskom, 2018

(2) DSRに係る住民協議会

DSRに係る主要ステークホルダー協議会及び住民協議会の結果の概要を下表に示す。

表 11.11-2 DSRに係る主要ステークホルダー協議会及び住民協議会の概要

項目	内容	
日時	キーステークホルダー協議会 2014年11月5日 14:00 – 16:00 住民協議会 2014年11月5日 18:00 – 20:00	
会場	Mogol Golf Club	
参加者	キーステークホルダー協議会 31人 (男性: 21人, 女性: 10人) 住民協議会 27人 (男性: 15人, 女性: 12人)	
主要なコメント及び回答	キーステークホルダー協議会 [主要なコメント] 1) 水源に乏しいレパラレ地域においてなぜ乾式FGDシステムは検討しないのか。 2) FGDユニットと脱硫装置は、発電所操業開始6年間後に設置されるため、この間、周辺地域は汚染被害を受けることになるが、特にMarapongの汚染レベルについてはどのような影響を想定しているか。 3) 石膏は商品として販売されるのか。	
		[回答] 1) Eskomは、世界銀行が規定する最低排出基準及び要件を遵守する必要がある。このため、代替案検討においては、十分な脱硫能力のある技術を採用する必要がある。採算性も考慮した実行可能なオプションとして、湿式FGD及び半乾燥の循環流動床 (CFB) の2つのシステムが抽出され、技術面・経済面からの検討を実施している。 2) 2010年に最大排出基準が公表された後に、メデュピTPSに湿式FGDを導入することが決定された。FGDシステムが設計され、建設されるまでは、発電所は最小排出基準を遵守しながら運転することとなる。 3) Eskomとしては商品化を考えているが、クシレからの供給もあるため市場が供給過多となると考えている。
	住民協議会	
	1) 湿式または乾式FGDの代替案検討がされているか、また、使用量の削減が検討されているか。Lephalale地方自治体の水源は非常に乏しく、湿式FGDが使用されると、その地域での水使用に影響を与え、Eskomにとってもコストに影響を与えると考えられる。 3) FGDシステムにより灰は生産されるか。また、生成された灰は再使用されるか。	1) 技術面及び経済面からの検討に基づき、湿式FGDシステムが導入される見込みである。代替案検討についてはEIAの中で示す。FGDとメデュピTPSでは、モコロ・クロコダイル用水増設プロジェクト事業において割り当てられた水を使用する。 2) 灰はFGDシステムからの副産物ではない。石膏、塩類及びスラッジが副産物として生成される。

出典: Final Environmental Impact Report for the Proposed Medupi Flue Gas Desulphurisation (FGD) Retrofit Project, Eskom, 2018

(3) FSR に対する住民からのコメント及びレビュー

FSR に対する住民からのコメント及びレビューの概要を下表に示す。

表 11.11-3 FSR に対する住民公開方法及び概要

項目		内容	
住民公開	会場	<ul style="list-style-type: none"> ・ Lephalale Local Municipality ・ Marapong Community Library ・ Agri Lephalale/Farmers Association 	
	ウェブ*	http://www.zitholele.co.za/cia-for-medupi-fgd	
住民公開・レビュー期間		2015年6月12日~2015年7月13日	
FSR に対するコメントの受付方法		<ul style="list-style-type: none"> ・ 付属のコメントシートへの記入 ・ レターまたは追加書面の提出 ・ 電子メールの送信または住民参加オフィスへの電話 	
主要なコメント及び回答		<p>[主要なコメント]</p> <p>1) 大気汚染防止装置管理プログラムは、本装置が実質的な排出量増加をもたらさないように開発及び実施される必要がある。</p> <p>2) DSRにおいて提案されている石膏の処分施設については、EIAの検討対象とすべき。</p>	<p>[回答]</p> <p>1) FGDの目的は、発電所から排出する大気汚染物質の濃度を低減することにある。発電所は、既存の整備計画を引き続き活用し、大気汚染の可能性の低減を目指す。</p> <p>2) 処理施設のオプションは、EIAフェーズで評価及び検討する。FGD廃棄物の優先処分施設の基本設計の結果をEIAに反映させる。石膏は処分施設で灰とともに処分される。</p>

* : 上記 web 縦覧サイトは当時の業務委託していた環境コンサルタントのサイトで周知レターなどに記載
 現在は、Eskom 社のホームページ以下サイトで確認が可能
<http://www.eskom.co.za/OurCompany/SustainableDevelopment/EnvironmentalImpactAssessments/medupi/Pages/default.aspx>

出典: Final Environmental Impact Report for the Proposed Medupi Flue Gas Desulphurisation (FGD) Retrofit Project, Eskom, 2018

11.11.3 EIA 段階

第2段階では様々な専門的調査の実施を通して EIR 案を作成する EIA 段階である。評価の一環として、環境管理プログラム (EMPr) を DEA へ提出する。EMPr に従うことにより、Eskom とその請負業者は、計画、建設、運用段階で環境規制への準拠を保証する。EIA 段階での主な活動を以下に示す。

- スコーピング段階での成果とステークホルダーから提起された問題に基づいた専門家調査
- ステークホルダーへの進捗状況のフィードバック
- 潜在的なプラスとマイナスの影響を示す EIR 及び EMPr ドラフトの作成
- プラスの影響の促進及びマイナスの影響の軽減または回避手段の検討
- 優先的な代替案とその理由を示した環境影響声明
- EIR と EMPr のドラフト (問題と回答を含む) の公表
- 本事業地域におけるステークホルダー協議における、ステークホルダーからのコメントに対する EIR の調査結果の概要の提示
- コメントのためのファイナル EIR と EMPr の配布
- DEA による意思決定のためのファイナル EIR と EMPr の提出

(1) 環境影響報告書（案）（DEIR）に対する住民からのコメント及びレビュー
DEIR に対する住民からのコメント及びレビューの概要を下表に示す。

表 11.11-4 DEIR に対する住民公開方法及び概要

項目		内容
住民公開	会場	<ul style="list-style-type: none"> • Lephalale Local Municipality • Marapong Community Library • Agri Lephalale/Farmers Association
	ウェブ*	http://www.zitholele.co.za/cia-for-medupi-fgd
住民公開期間		2018年2月19日~2018年4月5日
住民レビュー期間		2018年2月19日~2018年4月19日
DSR に対するコメントの受付方法		<ul style="list-style-type: none"> • 付属のコメントシートへの記入 • レターまたは追加書面の提出 • 電子メールの送信または住民参加オフィスへの電話 • 住民協議会への出席
主要なコメント及び回答	<p>[主要なコメント]</p> <p>1) 本事業の環境評価プロセスは大幅に遅れており、現在の計画では2026年までにFGDのみが完全に設置される予定か（操業開始6年後にFGDが設置完了か）。</p> <p>2) 高品質の石膏を生産するために必要な高品質の石灰が確保されていない。</p> <p>3) FGD実施前の発電所の稼働による健康影響を懸念する。</p> <p>4) FGDにはガスクーラーが組み込まれる必要があると考える。ガスクーラーを採用しない点について同意できない。</p>	<p>[回答]</p> <p>1) メデュピ TPS に係る Record of Decision（2006年）においては、適切な排出ガスの管理及び大気環境への配慮を求めるとの記載はあるものの、当時は排出ガス規制または大気質基準が発効していなかった。SO₂除去技術を導入するための大気質基準が存在しないため、Eskomは最悪のシナリオを想定して、メデュピ TPS に湿式FGDの採用を設計している。できるだけ早急に電力供給するために発電所の建設を進めるとともにFGDの導入に向けての調査を併行で取り組んでいる。</p> <p>2) メデュピ TPS FGDは石灰石の品質に応じて90%のSO₂除去効率を達成するよう設計されている。適切な石灰石の調達に関しては提供者との商業契約時に確定することとなる。</p> <p>3) 大気影響検討においては、周辺環境と人の健康に起因する可能性のある影響を定量化することを目的とする。EIAにおいては潜在的な影響を把握するために、マティンバとメデュピ TPS を含む全6設備をFGDなし/ありで稼働させるケースを想定した2つのベースラインシナリオを検討した。</p> <p>4) ガスクーラーの設置に係るコストや南アフリカでの使用背景、現時点での維持管理面での問題に対する慎重な検討が必要であることを考慮し、ガスクーラーの採用を見送った。</p>

* : 上記 web 縦覧サイトは当時の業務委託していた環境コンサルタントのサイトで周知レターなどに記載
現在は、Eskom 社のホームページ以下サイトで確認が可能
<http://www.eskom.co.za/OurCompany/SustainableDevelopment/EnvironmentalImpactAssessments/medupi/Pages/default.aspx>

出典: Final Environmental Impact Report for the Proposed Medupi Flue Gas Desulphurisation (FGD) Retrofit Project, Eskom, 2018

(2) DEIRに係る主要ステークホルダー協議会及び住民協議会

DEIRに係る主要ステークホルダー協議会及び住民協議会の結果の概要を下表に示す。

表 11.11-5 DEIRに係る主要ステークホルダー協議会及び住民協議会の概要

項目	内容	
日時	<p>キーステークホルダー協議会</p> <p>1回目: 2018年3月13日 14:00 – 16:00</p> <p>2回目: 2018年3月14日 8:00 – 10:00</p> <p>住民協議会</p> <p>1回目: 2018年3月12日 11:00 – 13:00</p> <p>2回目: 2018年3月12日 15:00 – 17:00</p> <p>3回目: 2018年3月13日 18:00 – 20:00</p>	
会場	<p>キーステークホルダー協議会</p> <p>1回目: Mogol Golf Club</p> <p>2回目: Medupi TPS Visitor Center</p> <p>住民協議会</p> <p>1回目: Community Hall, Lesedi Tshukudu Thusong Center</p> <p>2回目: Ditheku Primary School</p> <p>3回目: Mogol Golf Culb</p>	
参加者	<p>キーステークホルダー協議会</p> <p>1回目: 14人 (男性: 11人, 女性: 3人)</p> <p>2回目: 9人 (男性: 6人, 女性: 1人, 不明: 2人)</p> <p>住民協議会</p> <p>1回目: 111人 (男性: 63人, 女性: 33人, 不明: 15人)</p> <p>2回目: 1人 (男性: 1人, 女性: 0人)</p> <p>3回目: 18人 (男性: 13人, 女性: 4人, 不明: 1人)</p>	
主要なコメント及び回答	<p>主要ステークホルダー協議会</p> <p>[主要なコメント]</p> <p>1回目:</p> <p>1) レパラレに一時的な廃棄物処分場はあるか?</p> <p>2) 技術レベルに応じて地域住民に雇用機会が与えられるか。</p> <p>2回目:</p> <p>1) FGD建設期間はどのくらいになりそうか。</p> <p>2) 石膏と石灰石の貯蔵場所はいくつあるか。また、それは別に保管されているか。</p> <p>3) 20年後に既存の処分施設が閉鎖された場合、Eskomはどのような対応をするか。</p>	<p>[回答]</p> <p>1) EIAは既存の処分施設のみを扱っている。石膏は既存の施設に灰を入れることにより処分されるが、塩と汚泥は既存の処分場に運ばれる前に一時的にメデュピTPS内に保管される。</p> <p>2) Eskomでは実施にむけて、unskilled、semi-skilled、skilledの3段階技術レベルに応じた雇用形態を準備中である。</p> <p>1) Eskomによる各設備の建設には約52ヶ月かかるが、複数のチーム体制の場合、36ヶ月で設備を完成させることができる。</p> <p>2) 石灰石の一時貯蔵エリアは鉄道敷地内に1箇所計画している。石膏については石膏脱水工場近くに計画しており、石膏が漂白に適している場合は鉄道敷地内の1箇所で貯蔵されるが、処分される石膏は灰と一緒に処理施設に運搬され、処分される。</p> <p>3) 20年経過後に利用可能な灰と石膏の処理施設を建設するための調査を別途実施することとなる。</p>
	<p>住民説明会</p>	
	<p>[主要なコメント]</p> <p>1回目:</p> <p>1) なぜ発電所は排ガスによる健康影響から住民を守る</p>	<p>[回答]</p> <p>1) 発電所は許可やライセンスの法的要件を準拠しなければならず、メデュピTPSは排ガス基準の規制値の改定に伴い、</p>

項目	内容	
	<p>るための配慮が必要か。</p> <p>2) 工事期間と工事開始時期は？</p> <p>2回目</p> <p>3回目:</p> <p>1) Eskomは浄水を使用するつもりかそれともシステムからの生活雑排水を使用する予定か。</p> <p>2) 灰の組成の特徴は何か。</p>	<p>FGDシステムの導入に努めている。</p> <p>2) 工事は2020年から開始を目標とし、工期は3年程度を想定</p> <p>参加者1名。特に質疑は無し</p> <p>1) システム上の必要水量についての詳細はなく、処理水も使用できる。現在、処理水をMCWAP Phase 2A経由でプレトリアから得る計画がある。</p> <p>2) 灰の混合物中には硫化カルシウムや硫酸カルシウムが含まれている。</p>

出典: Final Environmental Impact Report for the Proposed Medupi Flue Gas Desulphurisation (FGD) Retrofit Project, Eskom, 2018 に基づいて JICA 調査団が要約

11.12 不可分一体事業及び関連事業

11.12.1 メデュピ TPS

JICA 環境社会配慮ガイドラインにおいては、①JICA 事業の一部として実施しない関連事業のうち、②仮に JICA 事業がなければ、その関連事業は建設される、あるいは、拡張されることはなく、かつ、③その関連事業がない場合には、JICA 事業は実行可能性がないと考えられる事業を「不可分一体の事業」と定義している。不可分一体事業について、想定される環境社会影響に応じた適切な環境社会配慮が求められる。上記判断により、メデュピ TPS 開発計画は、JICA 環境ガイドラインに基づく FGD 事業と不可分一体とみなされることから、既存の環境影響評価関連文書のレビュー及び Eskom 環境専門家チームへのインタビューを通じ、JICA 環境ガイドラインの観点から環境社会配慮の実施状況を確認した。

また、2010 年には本発電所事業の融資先の世界銀行におけるインスペクション・パネルにて審議が起案されたため、その経過についても整理した。

(1) 環境影響評価の進捗

メデュピ TPS 事業の資金は世界銀行からの融資によるものであることから、環境影響評価は南アフリカの環境影響評価制度、及び世界銀行のセーフガードポリシーに基づいて実施されている。メデュピ TPS 事業に対する条件付き許認可は、2006 年 9 月 21 日に付与された（添付 11.3 参照）。環境影響評価に関する主な活動内容は表 11.12-1 の通り。

表 11.12-1 メデュピ TPS 事業の環境影響評価の実施状況

主な活動	実施日
ドラフト・スコーピングレポートの住民公開	2005年10月3日から2005年11月1日
ドラフト・スコーピングレポートの住民説明会	2005年6月28日
最終スコーピングレポートの提出	2005年11月18日
ドラフトEIAレポート（EIR）の住民公開	2006年3月23日から2006年4月28日
ドラフトEIAレポート（EIR）の住民協議	2006年3月28日及び29日
ドラフトEIAレポート（EIR）のキー・ステークホルダー協議	2006年3月30日
環境影響評価書及び環境管理計画の提出	2006年5月22日
補足環境影響評価書の提出	2006年6月
環境許可	2006年9月21日

出典: Environmental Impact Assessment Report for the Proposed Establishment of a new Coal-Fired Power Station in the Lephalale Area, Limpopo Province, 2006 prepared by Bohlweki Environmental (Pty) Ltd

(2) 環境社会配慮実施状況の確認

メデュピ TPS 事業は、JICA 環境ガイドラインでカテゴリ A に分類される大規模な事業に該当すると考えられる。環境影響評価は 2006 年に終了しているため、現行の JICA 環境ガイドライン（2010 年）の直接的な適用対象とはならないが、JICA 環境ガイドラインの別紙 2 を参考に環境及び社会配慮の状況を確認した。同別紙 2 は EIA レポートで含めるべき事項を記載したものである。環境社会配慮の実施状況の確認結果を表 11.12-2 に示す。

表 11.12-2 メデューピ TPS 事業における環境社会配慮の確認

	JICA 環境ガイドラインに基づく確認事項	環境関連図書における記載
以下の項目が満たされていることを原則とする。		
1	当該国に環境アセスメントの手続制度があり、当該プロジェクトがその対象となる場合、その手続を正式に終了し、相手国政府の承認を得なければならない。	事業実施者は、南アフリカの法令に基づき、2006年9月21日にEIA手続きを終了している。
2	環境アセスメント報告書（制度によっては異なる名称の場合もある）は、プロジェクトが実施される国で公用語または広く使用されている言語で書かれていなければならない。また、説明に際しては、地域の人々が理解できる言語と様式による書面が作成されねばならない。	EIA報告書は南アフリカの公用語である英語で書かれている。
3	環境アセスメント報告書は、地域住民等も含め、プロジェクトが実施される国において公開されており、地域住民等のステークホルダーがいつでも閲覧可能であり、また、コピーの取得が認められていることが要求される。	EIAに関係する全ての関連図書は、事業者及び世界銀行の2つのウェブサイトへアップデートされている。報告書は地域住民等のステークホルダーがいつでも閲覧可能である。 公開サイトを以下に示す。
4	環境アセスメント報告書の作成に当たり、事前に十分な情報が公開されたうえで、地域住民等のステークホルダーと協議が行われ、協議記録等が作成されていなければならない。	住民協議の記録は協議EIA報告書に添付されている。
5	地域住民等のステークホルダーとの協議は、プロジェクトの準備期間・実施期間を通じて必要に応じて行われるべきであるが、特に環境影響評価項目選定時とドラフト作成時には協議が行われていることが望ましい。	住民公開及び住民説明会は以下のスケジュールで実施された。 1)ドラフト・スコーピングレポート 公開：2005年10月3日から2005年11月1日 説明会：2005年6月28日 2)ドラフト EIA レポート 公開：2006年3月23日から2006年4月28日 説明会：2006年3月28日及び29日
環境影響評価報告書		
環境アセスメント報告書の範囲及び詳細さのレベルは、そのプロジェクトが与える影響に応じて決まるべきもの。環境アセスメント報告書には以下の項目が含まれるべきである（順不同）		
6	概要 — 重要な結果と推奨される行動について、簡潔に述べる。	序文、結論及び予測結果から導かれた提案事項はそれぞれEIRの1章と16章に記載がある。
7	政策的、法的、及び行政的枠組み — 環境アセスメント報告書が実施される際の政策的、法的、及び行政的枠組みを述べる。	政策的、法的及び行政的枠組みに関してはEIRの3章に取りまとめている。
8	案件の記述 — 提出案件、及びその地理的、生態学的、社会的、時間的背景を簡潔に記述する。プロジェクトサイト外で必要となり得る投資（例：専用パイプライン、アクセス道路、発電所、給水設備、住宅、原材料及び製品保管施設等）についての記述も全て含まれる。住民移転計画、先住民族計画、または社会開発計画の必要性を明らかにする。通常、プロジェクトの地域とプロジェクトが与える影響範囲を示す地図を含む	事業計画についてはEIRの2章に記載がある。 本事業の背景及び関連施設（石炭燃焼施設、ボイラ、蒸気タービン、ジェネレーター、送電線、コンベヤベルト、FGD施設）の必要性について説明している。
9	基本情報 — 調査地域の特性を評価し、関連する物理的、生物学的、また社会経済的条件を記述する。プロジェクトが開始する前から予期されている変化も記述に含む。またプロジェクト地域内での、しかしプロジェクトとは直接関係のない、現在進行中及び提案中の開発行為も考慮に入れる。ここで与えられる情報はプロジェクトの立地、設計、運営、及び緩和策に関する決定に関わるものであるべきである。数値の正確さ、信頼度及び情報源についても、この節に記される。	地域の環境概況については以下の項目に関し、図面やデータを用いてEIRの5章に記載されている。 気候、地形・地質、水源、自然及び生態系、社会環境（土地利用、人口、ジェンダー、教育、労働、住宅、インフラサービス）
10	環境への影響 — プロジェクトが与える正及び負の影響を、可能な範囲で定量的に予測・評価する。緩和策及び緩和不可能な負の環境影響全てを特定する。環境を向上させる機会を探る。入手可能な情報の範囲並びにその質、重要な情報の欠落及び	水源、生態系、地質、土壌、農業、大気質、景観、観光、建築、交通、騒音及び社会的影響についてEIRの6章から15章の中で検討している。

	JICA 環境ガイドラインに基づく確認事項	環境関連図書における記載
	予測値に伴う不確実性を認知、評価する。また、更なる配慮を要としない事項を特定する。	以下に環境影響検討の概要を示す。
11	代替案の分析 — プロジェクトの立地、技術、設計、運営についての有効な代替案（「プロジェクトを実施しない」案を含む）を、それぞれの代替案が環境に与える影響、その影響の緩和可能性、初期及び経常経費、地域状況への適合性、及び必要となる制度整備・研修・モニタリングの観点から、系統的に比較する。それぞれの代替案について、環境影響を可能な範囲で定量化し、可能な場合は経済評価を付す。特定のプロジェクト設計案を選択する根拠を明記し、望ましい排出レベル及び汚染防止・削減策の正当性を示す。	スコーピングの過程において、プロジェクトを実施しない場合を含め、付属インフラに関しては8つの代替案検討、発電所施設に関しては4つの立地位置の代替案検討を実施している。自然環境、生物環境及び社会環境の面の各項目について、事業実施に伴うその潜在的な影響を5段階で評価し、総合的に適地を選定した。プロジェクトを実施しない場合については、将来の電力需要予想を元に実施の妥当性を検討している。
12	環境管理計画（EMP） — 建設・操業期間中に負の影響を除去相殺、削減するための緩和策、モニタリング及び制度の強化を扱う。	メデュピTPSの工事中及び供用時における環境管理計画（EMP）はそれぞれ2008年1月（2010年9月改訂）と2009年7月（2014年3月改定）に作成されている。EMPの中では遵守すべき法令、緩和策の内容及び責任者、モニタリングのパラメータ等が整理されている。 廃棄物管理、危険物管理、水管理、粉塵対策、漏出防止、動植物管理、灰処理施設、石炭管理等の保全対策の実施並びに大気、水質、騒音等のモニタリングを計画している。
13	協議 — 協議会の記録（協議会の開催時期・場所、参加者、進行方法、及び主要な現地ステ、及び規制当局が情報を与えられた上で有する見解を得るために行われた協議の記録も含む）。	キーステークホルダーやフォーカスグループ協議を含め、すべての住民協議の結果は記録されている。

出典: JICA 調査団にて作成

1) 環境への影響（総論）

スコーピングの結果を踏まえ、主な潜在的な環境影響項目として、以下の影響について検討している。

- 燃焼施設の稼働に伴う大気質及び人の健康への影響
- 事業実施に伴う地表水及び地下水への影響
- 事業施設の存在による視覚や観光への影響
- 事業実施に伴う騒音の影響
- 事業実施に伴う遺跡・文化財への影響
- 工事中の資材の運搬及び供用時の燃料の搬送による周辺交通への影響
- 事業実施に伴う動物・植物及び生態系への影響
- 事業実施に伴う土壌及び農業への影響
- 事業実施に伴う社会環境への影響

なお、用地取得・住民移転に関しては、発電所の敷地の一部が農地として使用されていたところ、同国の法令に従い Resettlement Program に基づき取得された。同 Program は世界銀行がレビューし世銀 OP（業務マニュアル）4.12 と照らして問題がないことが確認されている。

表 11.12-3 メデュピ TPS 事業実施に伴う環境影響評価の概要 (Medupi PS EIA 2006)

No.	項目	EIR該当箇所	環境影響評価の概要
1	水源	6章	<ul style="list-style-type: none"> ・断層や地下水に関する既存資料及びボーリングデータによる事業用地周辺の地質構造、地形及び、降雨、地下水位・水質の状況をもとに水源情報を収集した。 ・既存資料によると計画地の表流水、地下水は限りがあるため、発電所の新設においては水源にリスクがある。 ・ベースラインとなる地下水の水質の状況は、既に既存の発電所やインフラの影響を受けていた。 ・石炭保管場所、石炭灰処理場からの漏水管理の徹底及びモニタリングの実施を提案。 ・FGDを導入する場合には、更に水使用量の増加が想定されるため、再利用や使用する水量の少ない技術が必要である。
2	動物・植物	7章	<ul style="list-style-type: none"> ・現地調査及び既存文献により計画地内及びその周辺に生育・生息する動植物を確認し、レッドデータブック等の希少動植物への影響や野生動物、自然植物への影響を検討した。 ・一部自然生息地及び保存樹木の改変の可能性があるため、適切な保全措置が必要である。 ・野生動物の密猟の危険があるが、本事業と関係性はない。 ・ゲーム・ファームから11km離れており、野生動物への著しい影響はないものと推察する。
3	土壌・農作業	8章、	<ul style="list-style-type: none"> ・石炭灰処理場及び発電所内の土壌分析を実施。 ・石炭灰処理場及び発電所の存在により、土壌が使用できなくなる。工事前に事前に地表土壌 (3-4m) を移動・保管しておくなどの適切な対処により、土壌が他の場所での使用可能となる。
4	大気質	9章	以下参照
5	景観	10章	<ul style="list-style-type: none"> ・近景、中景、遠景からの景観の変化を検討。発電施設(煙突含む)及び灰処理場についても対象とする。 ・施設の存在により草木が減少することによる景観の変化が生じるため、できる限り緑地エリアの創出が求められる。
6	観光	11章	<ul style="list-style-type: none"> ・ゲーム・ファームを所有する土地所有者に聞き取りを実施 ・基本的に事業実施に伴う観光産業への影響はないが、視覚や騒音などには配慮が必要。新規施設にはビジネスツアーなども考えられる。
7	遺跡・文化財	12章	<ul style="list-style-type: none"> ・発電所及び関連施設の計画用地を踏査。 ・コンベアー用地選定では墓地を回避すること。 ・万が一工事中に遺跡等が確認された場合には速やかに報告すること。
8	交通	13章	<ul style="list-style-type: none"> ・既存の周辺道路交通量及び近傍の発電所建設時の交通混雑度を参考に本事業実施による影響を検討した。 ・工事終了時には道路復旧などの措置が望ましい。 ・石炭及び灰の運搬による交通への影響はわずかであるが、長期となる。 ・FGDを導入する場合には、現材料の輸送のための交通量が最小となるような技術を選定すること。
9	騒音	14章	<ul style="list-style-type: none"> ・現地騒音測定、土地利用、騒音源の情報を整理した。 ・工事中及び供用時の施設の稼働 (場内の灰搬送コンベヤ含む) による騒音の影響が想定されるため、適切な騒音対策が必要である。 ・国家騒音法を遵守すること。
10	社会	15章	<ul style="list-style-type: none"> ・工事中及び供用時の雇用機会、職探しの流入、人口増加による社会問題、地域インフラ要求の変化、地域農業主や居住者への影響、安全等を潜在的に影響がある項目として、対応策を検討した。

出典：Environmental Impact Assessment Report for the Proposed Establishment of a new Coal-Fired Power Station in the Lephalale Area, Limpopo Province, 2006 prepared by Bohlweki Environmental (Pty) Ltd に基いて JICA 調査団にて作成

2) 大気環境への影響検討

調査では既存資料の収集・整理のほか発電所計画地周辺において、現地調査にて風向・風速及び大気汚染物質のベースラインの測定を実施し、既存のマティンバ TPS による影響を含むベースライン状況を確認した。

予測では、設計値から排出強度を設定して、複数の条件（ユニットの数：3 x 800 MW または 6 x 800 MW、煙突の高さ：220m または 250m）にて拡散シミュレーションを実施した。SO₂ については、脱硫効果（0%、60%、80%及び 90%）も変更して予測を実施した。評価においては、長期（一年間）及び短期（1 時間、24 時間）において、自国の基準、WHO、EC、World Bank、UK、Australia 及び US-EPA の基準を比較し、最も厳しい基準値との比較をしている。PM の予測においては、既存及び計画する灰処理場も発生源として考慮して予測を実施している。

また、人の健康については UK の時間あたりの SO₂ 濃度によるリスク評価（Low:<660、Moderate:660–930、High : 930–1400、Very high:>1400）を用いて検討し、農作物への影響については、EC 及び WHO の知見をベースに SO₂ 濃度によるリスク評価（Low:< 1 300 µg/m³/hour かつ< 20 µg/m³/日、Moderate : < 1 300 µg/m³/時または 20–30 µg/m³/日、High : >1 300 µg/m³/時かつ> 30 µg/m³/日）を用いて検討した。

検討結果の概要を以下に示す。予測の結果から SO₂ 削減のための対処法として FGD の導入が提案されている。

表 11.12-4 メデュピ TPS 事業実施に伴う大気環境予測結果(Medupi PS EIA 2006)

予測項目及びパラメータ	予測及び評価の結果
NO 及び NO ₂	既存マティンバ TPS の稼働による影響を含んだうえで、自国環境基準を満足する。
PM10	自国環境基準（1 日及び 1 年平均値）を満足するものの、発電所近傍（4km 以内）にて EurpianCommunity 及び South Africa National Standard (SANS) Limit の 1 時間規制値及び日規制値をわずかに超過する。
SO ₂	既存のマティンバ TPS からの影響により、90%除去のケースを想定しても、既に SO ₂ の 10 分間及び日平均基準値を超過すると予測された。
健康への影響	既存のマティンバ TPS からの影響は“low” または“moderate”と評価される。新規発電所を追加する場合には、60%の除去率では、3 ユニットのみでは著しい悪化が見られ、6 ユニット稼働させるためには 80%以上の除去率がないと健康への影響が悪化すると予測された。
農作物への影響	既存のマティンバ TPS からの影響は概ね“low”と評価される。新規発電所を追加する場合には、60%以上の除去率がないと農作物への影響が悪化すると予測された。

出典：Environmental Impact Assessment Report for the Proposed Establishment of a new Coal-Fired Power Station in the Lephalale Area, Limpopo Province, 2006 prepared by Bohlweki Environmental (Pty) Ltd に基いて JICA 調査団にて作成

3) 情報公開

住民協議結果は EIA の資料編に添付され、以下サイトにて環境関連図書として公開されている。

Eskom 社ホームページ (2018 年 8 月アクセス)

<http://www.eskom.co.za/OurCompany/SustainableDevelopment/EnvironmentalImpactAssessments/medupi/Pages/default.aspx>

世界銀行ホームページ(2018 年 1 月アクセス)

<http://projects.worldbank.org/P116410/eskom-investment-support-project?lang=en&tab=documents&subTab=projectDocuments>

(3) 付帯条件への対応状況

メデュピ TPS 事業で付与された条件付き許認可では、特定の条件が提示されている。同条件への対応状況を表 11.12-5 に示す。

表 11.12-5 メデュピ TPS 事業の環境許可付帯条件の対応状況

特別条件	事業者の対応状況
大気質監視	<ul style="list-style-type: none"> ・ 発電所南側に常時モニタリング地点を設置した。モニタリング地点は図 11.2-1 に示したとおり。モニタリング地点では SO₂、NO、NO₂、O₃、PM2.5、PM10 のほか気温、風向・風速が継続的に常時観測され、観測結果を Air Quality Monthly Report として Limpopo Economic Development Environment and Tourism に毎月提出している。 ・ Atmospheric Emission License に基づき毎日の石炭消費量及び排ガス量から生成する汚染質量をモニタリングし、Emission Monthly Report を提出している。 ・ FGD の導入検討については本業務にて支援中。
Environmental Monitoring Committee (EMC) 及び Environmental Control Officer (ECO)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 環境に係る課題に関係する事業の進捗の情報共有、環境に関する課題への意見や提案のプラットフォーム、EMC と関係者 (Interested and Affected Parties:I&APs)及びステークホルダーとの良好な交流が EMC の主な目的である。 ・ EMC は Chairperson、Lead Environmental Control Officer (ECO)、Waste Management Control Officer、Ecologist、Medupi Management Representative、Medupi Environmental Representative、Eskom Stakeholder Representative 及び Community Representatives から構成される。 ・ 定期的に現地視察、モニタリングや保全措置についてインスペクションを実施している。 ・ ECO は ECO リーダー、3名の副 ECO、Eskom とともに EMC によって任命される廃棄物管理担当 (WMCO) から成る。WMCO は建設段階 (リハビリテーションの完成を含む) に必要に応じて環境適合性と事業活動をモニタする。ECO の主な役割は環境に関連する全ての対応の品質を確保することであり、定期的な現地視察や、定例会議、二次的影響が生じた場合の対処方法のアドバイスなどをする。また、ECO は EMC に代わって環境チームや工事業者から提出されるモニタリング報告書を検証し、コンプライアンスアセスメントを実施する。
環境管理計画、モニタリング及び監査	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事業実施前に作成した EMP に基づき、毎月 Environmental Compliance Report を DEA に提出している。 ・ 廃棄物管理、危険物管理、水管理、粉塵対策、漏出防止、動植物管理、灰処理施設、石炭管理、定期監査、モニタリング実施状況の確認及び事故状況等を整理し、定期的に報告している。 ・ 内部監査: 事業の環境チームは特に工事業者に対し廃棄物管理、事故管理、危険物・薬物管理、不適合箇所の管理に特に着目して監査を実施する。 ・ ECO 監査: ECO は工事業者に対し EMP 及び EA の付帯条件の遵守状況を確認する。本監査は四半期に一度実施される。 ・ 外部監査: 世界銀行やアフリカ開発銀行による調査団が訪問し、半年に一度、コンプライアンスアセスメント監査の一部として実施される。事業における環境社会セーフガード及び一般的な環境管理の対応状況について確認する。
水質管理	<ul style="list-style-type: none"> ・ 供用時の土壌汚染に備えて、図 11.2-5 観測井戸にて継続的な地下水モニタリングを実施している。 ・ 結果は EMC 等で報告されている。

出典: JICA 調査団にて作成

(4) 環境社会配慮の状況確認結果

上記環境社会配慮の実施状況のレビューの結果、表 11.12-2 及び表 11.12-3 に示す通りメデュピ TPS 事業にかかる EIA の手続き及びその内容は世界銀行のセーフガードポリシーだけでなく、JICA 環境ガイドラインに基づく記載項目を概ね満たしていると判断する。メデュピ TPS EIA 報告書承認時の付帯条件に対しては表 11.12-5 に示す通り適切に対処し、定期的な報告書が作成されていることを確認した。

(5) 世界銀行銀行インスペクション・パネルにおける対応状況

インスペクション・パネルにおける手続き及び対応状況を表 11.12-6 に示す。2010 年 4 月 6 日に世界銀行に対して地域住民を代表する NGO から異議申立があった。申立事項は、健康への影響、水利用、生活への影響、文化的影響、川上からの影響、累積的影響、住民移転、人権、国家制度、貧困層へのアクセス、世界銀行による遺物（既存電力供給への不公平等）、経済への影響、代替案、気候変動、が挙げられている。世界銀行は指摘事項に対してすべて調査・回答し、手続きは終了している。

表 11.12-6 世界銀行インスペクション・パネルの手続き状況

Step	日付	手続きの内容
1	2010 年 4 月 6 日	異議申し立て
2	2010 年 4 月 7 日	受領記録
3	2010 年 5 月 25 日	異議申し立てに対する世界銀行からの回答
4	2010 年 6 月 28 日及び 7 月 29 日	委員長コメント、Inspection Panel 報告及び提言
5	2011 年 11 月 21 日	インスペクションパネルによる調査結果
6	2012 年 3 月 2 日	Step 5 に対する世界銀行の回答
7	2012 年 5 月 26 日	世銀理事会による討議完了のプレリリース

出典：下記サイトの情報に基づいて JICA 調査団が要約

http://ewebapps.worldbank.org/apps/ip/_layouts/OSSSearchResults.aspx?k=medupi&cs=This%20Site&u=http%3A%2F%2Fwebapps.worldbank.org%2Fapps%2Fip
<https://www.inspectionpanel.org/panel-cases/eskom-investment-support-project>

Step 1 : Request for Inspection

[http://ewebapps.worldbank.org/apps/ip/PanelCases/65-Request for Inspection \(English\).pdf](http://ewebapps.worldbank.org/apps/ip/PanelCases/65-Request for Inspection (English).pdf)

Step 2 : Notice of Registration

[http://ewebapps.worldbank.org/apps/ip/PanelCases/65-Notice of Registration \(English\).pdf](http://ewebapps.worldbank.org/apps/ip/PanelCases/65-Notice of Registration (English).pdf)

Step 3 : Bank Management Response to Request for Inspection Panel Review

[http://ewebapps.worldbank.org/apps/ip/PanelCases/65-Management Response \(English\).pdf](http://ewebapps.worldbank.org/apps/ip/PanelCases/65-Management Response (English).pdf)

Step 4 : Eligibility Report and Chairperson Statement

[http://ewebapps.worldbank.org/apps/ip/PanelCases/65-Eligibility Report and Chairperson Statement \(English\).pdf](http://ewebapps.worldbank.org/apps/ip/PanelCases/65-Eligibility Report and Chairperson Statement (English).pdf)

Step 5 : Investigation Report

[http://ewebapps.worldbank.org/apps/ip/PanelCases/65-Investigation Report \(English\).pdf](http://ewebapps.worldbank.org/apps/ip/PanelCases/65-Investigation Report (English).pdf)

Step 6 : Management Report and Recommendations

[http://ewebapps.worldbank.org/apps/ip/PanelCases/65-Management Report and Recommendations \(English\).pdf](http://ewebapps.worldbank.org/apps/ip/PanelCases/65-Management Report and Recommendations (English).pdf)

Step 7 : Inspection Panel Investigation Report

<https://www.inspectionpanel.org/sites/www.inspectionpanel.org/files/ip/PanelCases/65-Inspection%20Panel%20Overview%20of%20Investigation%20Report%20%28English%29.pdf>

11.12.2 水供給プロジェクト (MCWAP-Phase2)

メデュピ TPS への水供給を含むレパラレ地区の水需要対策として水衛生省 (DWS) によるモコロ・クロコダイル用水増設プロジェクト事業 MCWAP2 が進められている。MCWAP2 による給水キャパシティ 75.86 百万 m³/年のうちメデュピ TPS への供給量は 2.5 百万 m³/年であり、約 3.3%に相当する。水利用者は発電所だけではなく、下流部の生活用水、工場用水、灌漑用水及び地方部の農業用水に亘ることから、本用水事業と FGD 事業との関係は JICA 環境ガイドラインに定義される不可分一体事業とはみなされない。

MCWAP2 の EIA 手続きは、2018 年 5 月にファイナル・スコーピングレポートが承認され、2018 年 9 月にドラフト EIA が DEA に提出されている。2018 年 11 月にファイナル EIA が DEA に提出され、2019 年 3 月に環境許可 Environmental Authoriztiaon が得られており、2019 年 4 月現在、引き続き法令に基づく異議申し立て手続き期間中である。

また、MCWAP2 のメデュピ TPS 取水地点からの導水配管の建設 (延長約 5.3km) に関しては、図 11.6-14 に示した計画にて Eskom が事業者として Basic Assessment の準備を開始し、2019 年 12 月 (2018 年 12 月時点) の承認取得を目指している。