

パキスタン国 港湾・船舶省

パキスタン国
カシム港石炭荷揚げターミナル・鉄道本線間
接続に係る計画策定支援
【有償勘定技術支援】
ファイナルレポート

平成 28 年 6 月
(2016 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社

南ア
JR(先)
16-025

パキスタン国 港湾・船舶省

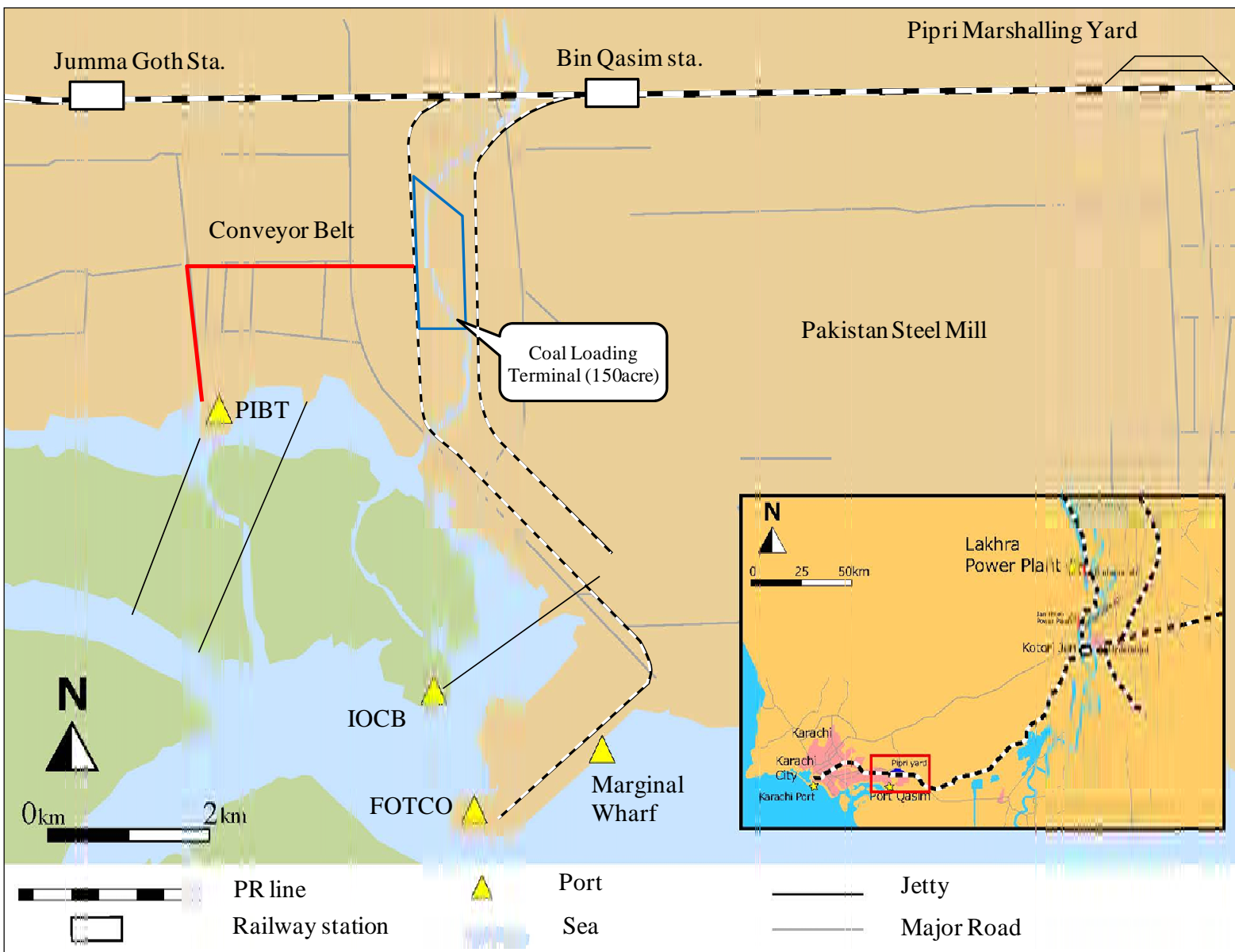
パキスタン国
カシム港石炭荷揚げターミナル・鉄道本線間
接続に係る計画策定支援
【有償勘定技術支援】
ファイナルレポート

平成 28 年 6 月
(2016 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社

調査対象位置図



パキスタン国

カシム港石炭荷揚げターミナル・鉄道本線間接続に係る計画策定支援【有償借款技術支援】

ファイナルレポート

目次

第1章	業務実施の基本方針	1
1.1	事業の概要	1
1.1.1	事業の予定地	1
1.1.2	調査の背景	2
1.2	調査の目的	2
1.3	調査対象地域	2
1.4	関係諸機関	3
第2章	輸入炭を使用する新設石炭火力発電所計画のレビュー	4
2.1	電力セクターの概要	4
2.1.1	電力セクターにおける近況	4
2.1.2	電力セクターにおける CPEC 影響	6
2.1.3	公共セクタープロジェクト	6
2.1.4	民間セクタープロジェクト	7
2.2	公共セクターにおける新設プロジェクト	9
2.2.1	ラクラ発電所	9
2.2.2	Jamshoro 発電所	10
2.3	民間セクターにおける新設プロジェクト	11
2.3.1	Sahiwal 発電所	11
2.3.2	Rahim Yar Khan における発電プロジェクト	12
2.3.3	Muzaffargarh における発電プロジェクト	13
2.3.4	その他の発電所プロジェクト	14
2.4	石炭需要予測	24
2.4.1	PIBT における石炭取扱量	24
2.4.2	30年間の石炭需要予測	27

第 3 章	石炭荷揚げターミナルと積込み駅間の石炭運搬計画	28
3.1	PQA での石炭荷揚げ計画	28
3.1.1	Marginal Wharf	28
3.1.2	Iron Ore and Coal Berth (IOCB)	29
3.1.3	パキスタン国際バルクターミナル (PIBT).....	29
3.2	石炭荷揚げターミナルの潜在能力.....	30
3.2.1	潜在能力検討における前提条件.....	30
3.2.2	PIBT の提案計画の検討 (PC-I).....	34
3.2.3	PIBT の埠頭における荷揚げ能力増大方策	35
3.2.4	航路の制約と対処法策.....	37
3.2.5	入出港時間帯が設定された場合の PIBT バースの運用形態.....	40
3.2.6	ベルトコンベアー・システムの所要能力	41
3.2.7	結論	43
3.3	マージナル埠頭の潜在能力.....	43
3.3.1	マージナル埠頭に寄港する石炭専用船のサイズの推定	43
3.3.2	マージナル埠頭バース No. 3 および No. 4 の 石炭荷揚げ潜在能力の検討.....	44
3.4	石炭輸送計画のスクリーニング	45
3.4.1	一回目のスクリーニングの手順	45
3.4.2	評価項目	46
3.4.3	第一回スクリーニング	48
3.4.4	推奨する石炭輸送計画	50
3.5	地質および地形状況.....	51
3.5.1	地質調査	51
3.5.2	地質状況と想定される基礎構造物	51
3.5.3	測量調査	53
3.5.4	地形的特徴	53
第 4 章	石炭輸送計画	56
4.1	NESPAK による計画のレビュー	56
4.1.1	石炭ストックヤードの候補地	56
4.1.2	候補地の現状と NESPAK の選定.....	57
4.1.3	PIBT ターミナルの機械設備	58
4.1.4	NESPAK が提案する石炭輸送システムと機械設備	58

4.2	IOCB 施設のレビュー	60
4.2.1	IOCB の既設機械設備	60
4.2.2	石炭取り扱いに IOCB の活用	61
4.3	既存マージナル埠頭における石炭取扱作業のレビュー	62
4.3.1	マージナル埠頭における前提条件	62
4.3.2	現況における石炭荷揚げ作業のレビュー	62
4.3.3	マージナル埠頭における石炭専用ターミナルの石炭輸送システム	64
4.4	JST が提案する石炭輸送計画	65
4.4.1	石炭輸送計画	66
4.5	運転・保守管理計画	74
第 5 章	鉄道石炭輸送計画	76
5.1	石炭積み込みターミナル設備配置図および軌道配線図	76
5.2	列車運転計画	78
5.2.1	列車運転計画の条件	78
5.2.2	石炭の輸送需要	79
5.2.3	石炭貨車の諸元	79
5.2.4	石炭積み込み設備から石炭貨車への石炭積み込み時間の検討	80
5.2.5	石炭輸送に必要な列車本数	81
5.2.6	石炭積み込み操作	83
5.2.7	Bin Qasim 駅から石炭積み込みターミナル間の石炭積み込み列車運転計画	84
5.2.8	Pipri Yard - Kotri junction 間の線路容量	87
第 6 章	信号・通信設備	89
6.1	PR 信号・通信設備の現状:	89
6.1.1	システム概要	89
6.1.2	Bin Qasim 駅 - Kotri 駅 - Budapur 駅	90
6.1.3	Bin Qasim 駅	91
6.1.4	Port Qasim 駅 - Bin Qasim 駅	92
6.1.5	PR 信号設備改修工事の現状	93
6.2	石炭積み込みターミナルに設置される信号設備要件	93
6.2.1	システム概要	93
6.2.2	信号設備	94
6.2.3	石炭積み込みターミナル通信設備	97

6.2.4	システム設備施工計画	97
第7章	環境	99
7.1	パキスタン国の EIA 制度	100
7.2	プロジェクト地の状況	101
7.2.1	自然条件	101
7.2.2	EIA 調査のスクーピングと TOR	106
7.2.3	EIA 調査結果	108
7.2.4	環境影響評価	113
7.2.5	影響低減策と費用	115
7.2.6	環境モニタリング	117
7.3	土地取得・住民移転	118
7.3.1	土地取得・住民移転の必要性	118
7.3.2	用地取得・住民移転に係る法的枠組み	118
7.3.3	IFC の方針と「パ」国関連法令とのギャップ	119
7.3.4	受給方針と受給要件のマトリックス	120
7.3.5	苦情処理のメカニズム	122
7.3.6	実施体制	123
7.3.7	モニタリングと評価 (M & E)	123
7.3.8	ステークホルダー協議	125
第8章	プロジェクトコスト積算	127
8.1	初期コスト	127
8.1.1	ベルトコンベアー建設にかかる土木工事費	127
8.1.2	ベルトコンベアー建設にかかる電気・機械費	127
8.1.3	積み下ろし駅建設にかかる土木工事費	127
8.1.4	Stage1 での初期コストのまとめ	128
8.2	O&M コスト	129
8.2.1	Stage2 に必要な追加投資	129
8.2.2	固定 O&M コスト	130
8.2.3	変動 O&M コスト	131
8.2.4	オーバーホールコスト	131
第9章	事業実施スケジュール	132
9.1	仮定項目	132

9.2	実施スケジュール	132
9.3	石炭輸送に関わる役割と責任	133
9.3.1	PIBT	133
9.3.2	PQA	133
9.3.3	PR	134
第 10 章	財務分析	135
10.1	財務分析の目的・方法	135
10.2	前提条件	135
10.2.1	プロジェクト寿命、残存価値、価格ベース	135
10.2.2	物理的予備費・価格予備費	135
10.2.3	基準レート	136
10.2.4	維持管理費用	136
10.2.5	料金	136
10.2.6	石炭輸送需要	137
10.2.7	本調査・PC-1 間の前提条件の相違	137
10.3	財務分析	137
10.3.1	財務費用	137
10.3.2	財務便益	138
10.3.3	財務的内部収益率・正味現在価値	138
第 11 章	結論	145
11.1	全般	145
11.2	石炭火力発電所計画及び輸入石炭の需要予測	145
11.3	石炭輸送計画	145
11.4	石炭取扱い計画	146
11.5	鉄道による石炭輸送	146
11.6	鉄道信号及び通信	146
11.7	環境社会配慮	146
11.8	プロジェクトコスト	147
11.9	実施スケジュール	147
11.10	財務分析	147

図目次

図 1-1	事業予定地.....	1
図 1-2	調査対象地域.....	3
図 2-1	パキスタンにおける公共電力セクターの組織図.....	7
図 2-2	民間セクターにおける標準的な実施プロセス.....	8
図 2-3	石炭火力発電所プロジェクト候補地.....	10
図 2-4	建設中 Sahiwal 発電所の衛星画像(2016年1月時点).....	11
図 2-5	Port Qasim Electric Power Company の全体図.....	15
図 2-6	PQEPCL の建設の様子.....	16
図 2-7	Qasim 港における発電所け計画地.....	17
図 2-8	FFBL プロジェクトの建設の様子.....	19
図 2-9	天然ガス、石炭及び重油の価格推移 (in \$/Mmbtu).....	20
図 3-1	カシム港の石炭取扱施設.....	28
図 3-2	船からカシム港駅ヤード内への石炭積み下ろし.....	29
図 3-3	アクセス航路およびカシム港のターミナル施設.....	30
図 3-4	カシム港潮位変化 (2016年2月20日から3月15日、2016).....	32
図 3-5	PIBT のバルクターミナルの完成予想図.....	33
図 3-6	予想される PIBT バースの運用形態.....	36
図 3-7	1レーン航路の運用図式 (航行速度8ノット).....	38
図 3-8	コンテナ船2隻が互いに逆方向に1レーン航路を航行.....	39
図 3-9	入出港時間帯を設定した場合の航路運用形態.....	40
図 3-10	PIBT バースのための投錨水域の推奨位置.....	41
図 3-11	入出港時間帯が設定された場合の船舶配置計画.....	41
図 3-12	ベルトコンベア・システムと所要能力.....	42
図 3-13	国別石炭輸入量の変遷.....	44
図 3-14	組み合わせ模式図.....	46
図 3-15	ボーリング調査位置図.....	51
図 3-16	地質縦断図.....	52
図 3-17	測量調査位置図.....	53
図 3-18	PIBT から Jumma Goth までの縦断図.....	54
図 3-19	石炭ターミナル内の地盤高.....	54
図 3-20	石炭積込ターミナル内の断面図.....	55

図 4-1	4つの石炭ストックヤード候補地	56
図 4-2	石炭荷役システム物資フロー	58
図 4-3	石炭ストックヤードのレイアウト(NESPAK 案)	59
図 4-4	IOCB の位置図	60
図 4-5	IOCB の栈橋とアンローダーとベルトコンベアー	61
図 4-6	PSM にある 27.5ton 用グラブバケットと受取ホッパ及び ベルトコンベア	61
図 4-7	マージナル埠頭の施設配置現況	63
図 4-8	マージナル埠頭における石炭荷揚げ状況想定図	64
図 4-9	マージナル埠頭におけるベルトコンベアシステムの想定図.....	65
図 4-10	プロジェクト位置図	66
図 4-11	石炭輸送計画概念図	66
図 4-12	石炭輸送計画のレイアウト	67
図 4-13	石炭ストックヤードのレイアウト	69
図 4-14	石炭積み込み設備	70
図 4-15	FRP ベルトコンベアーカバー	72
図 4-16	スタッカーリクレーマー (左) 炭塵抑制ネット(右).....	73
図 5-1	Phase1 における石炭積込線レイアウト	76
図 5-2	Phase2 における石炭積込線レイアウト	77
図 5-3	石炭積み荷時間	81
図 5-4	石炭積み込みの運転操作	83
図 5-5	Pipri yard 石炭積み込みターミナル駅間の距離.....	85
図 5-6	Bin Qasim 本線から Kotri junction までの線路容量.....	88
図 6-1	Bin Qasim 駅の信号機器室および信号用機器箱	92
図 6-2	「Line Clear Paper Ticket」および Port Qasim 駅の石炭貨物列車	92
図 6-3	Bin Qasim 駅の暫定的な信号制御盤および手動式転てつ機	93
図 6-4	Stage1 における信号システムのコンセプト図.....	94
図 6-5	Stage2 における信号システムのコンセプト図.....	94
図 6-6	PR 本線に設置されている継電連動装置と電動式転てつ機.....	95
図 7-1	事業予定地.....	99
図 7-2	EIA プロセスのフロー	101
図 7-3	「パ」国の地震災害予測地図	102
図 7-4	生態系調査地点	104

図 7-5	調査対象地区と近隣保護区.....	105
図 7-6	大気汚染調査地点.....	108
図 7-7	採水地点図.....	110
図 7-8	調査地の廃棄物処理.....	111
図 7-9	環境管理およびモニタリング体制.....	117
図 7-10	苦情処理のメカニズム.....	122
図 7-11	移転計画に伴う実施体制.....	123
図 9-1	実施スケジュール.....	132
図 9-2	推奨する建設スケジュール.....	133

表目次

表 2-1	燃料毎の 1 次エネルギー供給量	4
表 2-2	発電種別毎の発電電力量	5
表 2-3	CPEC の優先開発石炭火力発電所リスト	6
表 2-4	PIIB に登録済みの石炭火力発電所プロジェクト一覧	8
表 2-5	ラクラ発電所まとめ	9
表 2-6	Jamshoro 発電所のまとめ	11
表 2-7	Sahiwal 発電所プロジェクト	12
表 2-8	Rahim Yar Khan における発電所プロジェクト	13
表 2-9	Muzaffargarh における発電所プロジェクト	14
表 2-10	PQEPCL 発電所プロジェクト	16
表 2-11	LEPCL プロジェクト	17
表 2-12	SDSEL プロジェクト	17
表 2-13	HUBCO プロジェクト	18
表 2-14	GPL プロジェクト	18
表 2-15	KE プロジェクト	19
表 2-16	FPCL プロジェクト	20
表 2-17	石炭転換プロジェクト一覧	21
表 2-18	「パ」国内における輸入炭仕様予定の石炭火力発電所計画一覧	22
表 2-19	石炭取扱に係る契約及び覚書取交しの案件一覧	24
表 2-20	PIBT で石炭荷降ろしを予定しているプロジェクト一覧	25
表 2-21	PIBT において荷揚げする石炭の場合分け	26

表 2-22	PIBT から鉄道にて輸送される輸入炭の需要予測	27
表 3-1	カシム港の各施設の特性値	31
表 3-2	カシム港潮位表	32
表 3-3	潮流 (単位：ノット)	32
表 3-4	埠頭における作業項目および各作業項目所要時間	34
表 3-5	年間寄港船数とバース占有率の計算	34
表 3-6	年間荷揚げ量とバース占有率	35
表 3-7	アンローダーを 2 基追加した場合の PIBT バースの能力	36
表 3-8	カシム港各ターミナルの寄港船数	38
表 3-9	コンテナ船の寄港数と取扱いコンテナ数	38
表 3-10	行き違いレーンを設けることによる航路容量の増加	39
表 3-11	マージナル埠頭に接岸した石炭船 (2016 年 1 月 24 日～3 月 15 日)	44
表 3-12	バース No. 3 および No.4 の荷揚げ能力の計算	45
表 3-13	PR の鉄道技術基準	47
表 3-14	第 1 回スクリーニング評価区分	48
表 3-15	PIBT からの石炭輸送	48
表 3-16	FOTCO からの石炭輸送	49
表 3-17	IOCB からの石炭輸送	49
表 3-18	マージナルワーフからの石炭輸送	50
表 3-19	支持層の深さ	52
表 4-1	石炭ストックヤードの選択解析	57
表 4-2	PIBT の栈橋とベルトコンベアーシステムの機械設備	58
表 4-3	NESPAK 提案の石炭荷役機械設備	59
表 4-4	IOCB の既存機械設備	60
表 5-1	発電所毎の石炭需要量	79
表 5-2	石炭ホッパーワゴンの諸元	80
表 5-3	列車本数の計算	82
表 5-4	発電所への輸送本数の例	82
表 5-5	図 5-4 の条件における石炭積み込みサイクルタイム	83
表 5-6	石炭積み込みサイクルタイム	85
表 6-1	PR における信号システムの基準	89
表 6-2	PR における通信システムの概要	90

表 6-3	信号システム Bin Qasim - Kotri - Budapur	90
表 6-4	Bin Qasim 駅－Kotri 駅、本線の信号設備改修状況	90
表 6-5	Kotri 駅－Budapur 駅、支線の信号設備改修状況	91
表 6-6	石炭積込みターミナル信号設備	95
表 6-7	石炭積込みターミナル通信設備	97
表 6-8	システム設備施工計画	98
表 7-1	調査地点の降水量	103
表 7-2	調査地点、生息地分類、及び選定理由	104
表 7-3	予測される環境への影響	106
表 7-4	EIA 調査の TOR	107
表 7-5	大気汚染調査結果	109
表 7-6	水質分析結果	110
表 7-7	騒音調査地点とその期間	112
表 7-8	測定期間中の騒音レベル	112
表 7-9	環境影響評価結果	113
表 7-10	工事前/工事中の影響低減策	115
表 7-11	供用時の影響低減策	116
表 7-12	施工業者が行う低減策に係る費用	116
表 7-13	石炭搬送業者が行う低減策に係る費用	116
表 7-14	PQA が負担する費用	117
表 7-15	環境モニタリング計画(工事中)	118
表 7-16	環境モニタリング計画(供用時)	118
表 7-17	LAA と IFC 方針との比較	120
表 7-18	受給のマトリックス	120
表 7-19	RAP 実施に伴うモニタリングフォーム	124
表 7-20	モニタリング指標	124
表 7-21	協議概要	125
表 7-22	反対意見の概要	126
表 8-1	Stage1 の初期コスト	128
表 8-2	20 年間の O&M コスト	129
表 8-3	Phase2 に必要な追加投資コスト	130
表 8-4	想定される固定 O&M コスト	130

表 8-5	想定される変動 O&M コスト	131
表 10-1	維持管理費用	136
表 10-2	オーバーホール費用	136
表 10-3	石炭輸送需要	137
表 10-4	前提条件の主な相違	137
表 10-5	完工時プロジェクト財務費用(単位:百万ルピー)	138
表 10-6	収入予測	138
表 10-7	財務的内部収益率・正味現在価値	139
表 10-8	感度分析(FIRR・FNPV)(税前利益ベース)	139
表 10-9	プロジェクト費用・財務費用	140
表 10-10	財務的内部収益率・正味現在価値	141
表 10-11	損益計算書	142
表 10-12	貸借対照表	143
表 10-13	キャッシュフロー計算書	144
表 10-14	石炭輸送量に基づく料金レベル	144

略語

略語	正式名称	日本語訳
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
APs	Affected Persons	被影響住民
BOO	Build Own and Operate	建設・所有・運営
BOR	Berth Occupancy Rate	バース占有率
CBI	Computer Based Interlocking	電子連動装置
CDTO	China Overseas Investment Company	中国海外投資会社
CMEC	China Machinery and Engineering Company	中国機械工程
COD	Commercial Operation Date	営業運転開始日
CPEC	China-Pakistan Economic Corridor	中国－パキスタン経済回廊
CSA	Coal Supply Agreement	石炭輸送協定
DWT	Dead Weight Tonnage	重量トン(雑貨トン)
EA	Executive Agency	実施機関
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EOI	Expression of Interest	関心表明
EPA	Environmental Protection Agency	環境保護庁
EVTL	Engro Vopak Chemical Terminal	エングロ・ヴォパック化学ターミナル
FAP GT	Fauji Akbar Portia Grain & Fertilizer Terminal	ファウジ・アクバー穀物・肥料ターミナル
FBC	Fluidized Bed Combustion	流動床
FFBL	Fauji Fertilizer Bin Qasim Limited	Fauji 傘下にある財団
FGD	Flue Gas Desulfurization	排煙脱硫装置
FIRR	Financial internal rate of return	財務的內部収益率
FNPV	Finaicial net present value	財務的正味現在価値
FOTCO	Fauji Oil Terminal & Distribution Co., Ltd.	港湾ターミナルの一つ
FPCL	FFBLPower Company	FFBL の子会社
FRP	Framework of Resettlement Policy	住民移転計画
FS	Feasibility Study	実現可能性調査

略語	正式名称	日本語訳
FSA	Fuel Supply Agreement	燃料輸送協定
GDP	Gross Domestic Products	国内総生産
GENCO	GENCO Holding Company Limited	石炭火力発電公社
GOP	Government of Pakistan	パキスタン政府
GPL	Grange Power Limited	英国の発電力会社の一つ
GRC	Grievance Redress Committee	苦情処理委員会
HIV/AIDS	Human Immunodeficiency Virus/ Acquired Immune Deficiency Syndrome	HIV ウィルス/エイズ
HUBCO	Hub Power Company	独立発電事業者の一つ
IA	Implementation Agreement	事業実施協定
ID	Identification	身分証明書
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境調査
IFC	International Finance Cooperation	国際金融公社
IOCB	Iron Ore & Coal Berth	港湾ターミナルの一つ
IsDB	Islamic Development Bank	イスラム開発銀行
JDA	Joint Development Agreement	共同企業体協定書
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JPGP	Jamshoro Power Generation Project	ジャムショロ火力発電所調査
JST	JICA Study Team	JICA 調査団
KAPCO	Kot Addu Power Company	電力会社の一つ
KE	K-Electric	電力会社の一つ
KESC	Karachi Electric Supply Company	電力会社の一つ
L/A	Loan Agreement	借款契約
LAA	Land Acquisition Act	土地収用法
LAC	Land Acquisition Collector	土地収用官
LCPP	Lakhra Coal Fired Thermal Power Plant	ラクラ火力発電所
LCT	Liquid Bulk Terminal	液体バルク・ターミナル
LNG	Liquefied Natural Gas	液化天然ガス
LOA	Length Over all	(船の) 全長
LOC	Letter of Comfort	念書

略語	正式名称	日本語訳
LOI	Letter of Intent	落札内示書
LOS	Letter of Support	支援書
LPG	Liquefied Petroleum Gas	液化石油ガス
MoR	Ministry of Railway	鉄道省
MoPS	Ministry of Ports and Shipping	港湾・船舶省
MOU	Minutes of Understandings	覚書
MoWP	Ministry of Water and Power	水利電力省
MTPA	Million tons per annum	百万トン/年
MW	megawatt	メガワット
M/W	Marginal Wharf	マージナル埠頭
NCPL	Nishat Chunian Power Limited	電力会社の一つ
NEL	Nishat Energy Limited	電力会社の一つ
NEPRA	National Electric Power Regulatory Authority	国家電力規制当局
NEQS	National Environmental Quality Standards	国家環境基準
NESPAK	National Engineering Services Pakistan	現地コンサルタント
NGO	Non-Governmental Organization	非政府系団体
NTDC	National Transmission Dispatch Board	送電公社
O&M	Operation and Maintenance	運営・維持監理
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PAPs	Project Affected Persons	プロジェクトによる被影響住民
PC-I	Planning Commission-I	予算請求書
PEPA	Pakistan Environmental Protection Agency	パキスタン環境保護庁
PG	Performance Guarantee	性能保証
PGA	Peak Ground Acceleration	地震加速度
PIBT	Pakistan International Bulk Terminal Limited	港湾ターミナルの一つ
PM	Project Manager	プロジェクトマネージャー
PMU	Project Management Unit	事業実施局
PPA	Power Purchase Agreement	電力購買契約
PPDB	Punjab Power Development Board	パンジャブ電力開発局

略語	正式名称	日本語訳
PPIB	Private Power and Infrastructure Board	民間促進の窓口機関の一つ
PPR	Project Progress Report	プロジェクト進行報告書
PQ	Port Qasim	カシム港
PQA	Port Qasim Authority	カシム港湾庁
PQEPCL	Port Qasim Electric Power Company Limited	カタールの特別目的事業体
PR	Pakistan Railways	パキスタン国鉄
PSM	Pakistan Steel Mill	パキスタンスチールミル
RAP	Resettlement Action Plan	移転行動計画
SC	Super Critical	超臨界
SDSEL	Siddiqsons Energy Limited	発電所の一つ
SEPA	State Environmental Protection Agency	州環境保護機関
SEQS	State Environmental Quality Standards	州環境基準
SHM	Stakeholder Meeting	ステークホルダー協議
SPV	Special Purpose Vehicle	特別目的事業体
SSGC	Sui Southern Gas Company Limited,	スイ サザン ガス会社
QICT	Qasim International Container Terminal	カシム国際コンテナターミナル
QT2	Qasim Container Terminal 2	カシム第2コンテナターミナル
TEU	Twenty-foot Equivalent Unit	20 フィート換算個数
TOR	Terms of Reference	委託事項
USAID	U.S. Agency for International Development	アメリカ合衆国国際開発庁
USC	Ultra Super Critical	超々臨界

第1章 業務実施の基本方針

1.1 事業の概要

1.1.1 事業の予定地

石炭荷揚げターミナル予定地は、カラチカシム港の工業団地の西北部に位置する（図 1-1 を参照）。石炭は全長 4~4.5 km のベルトコンベアにより運ばれる。本事業には、リクレーマー等 PIBT の石炭荷揚げターミナルに係る施設、及び PR 駅の石炭ストックヤード施設も含む。しかし、船舶からの荷揚げ、貨車への積み込み、船舶及び貨車輸送は本事業のスコップ外である。



出典: EIA 報告書

図 1-1 事業予定地

1.1.2 調査の背景

急激な経済の発展により、パキスタンでは電力需要が過去 10 年間に於いて毎年6%の割合で増加を続けている。2011 年における電力の可能供給量は 23,538MW であったが、燃料油の不足により実際の供給量は 16,104MW に留まっていた。電力の需要と供給の差が最大となったのは 2011 年の夏で、6,000MW に達していた。突然の停電を防ぐために、パキスタン全土において 1 日平均 10 時間に及ぶ計画停電が実施されている。上記のような状況を改善すべく電力セクターへの投資が急がれる。

現在、総発電量の約 34%を比較的発電コストの高い石油火力発電所からの供給に頼っている。この石油の輸入のため、国際収支への悪影響をおよぼしている。さらに、発電事業への補助金は国庫の赤字を増大させている。また、電力料金徴収や補助金交付の遅れによる不十分な燃料購入は電力の安定的な供給を妨げている。

このような状況下においてパキスタン政府は電力セクターに対して“電力政策 2013”を策定した。この政策の主題はより安価な石炭を燃料とするものであった。

国際協力機構(以下 JICA)は 2013 年 9 月より、シンド州に出力 600MW の超超臨界発電タイプで高効率のラクラ石炭火力発電所(以下 LCPP)を建設すべく、「ラクラ石炭火力発電所建設事業協力準備調査」(以下ラクラ調査)を実施中である。

上記のプロジェクトでは、カシム港で荷揚げする輸入炭 200 万トン(以下 200 万トン)を鉄道によって発電所まで輸送する計画である。しかし、石炭の荷揚げターミナルから既存の鉄道本線まで輸送するしっかりとした計画が存在しない。パキスタン国鉄(以下 PR)は、アジア開発銀行(以下 ADB)が計画したジャムショロ発電所(以下 JPGP)のためにカシム港駅の改良及びカシム港駅とピンカシム駅間の軌道改良を計画している。この計画では石炭の積み下ろしターミナルと石炭積み込み設備間の接続は考慮されていたが、パキスタン政府への予算請求の「ための書類(PC-I)に石炭積み込み設備のコストは計上されていなかった。

船からの積み下ろし設備、貯炭場、ベルトコンベアーを含む棧橋、等の設備はパキスタン国際ばら荷ターミナル(以下 PIBT)に建設中であるが、鉄道との接続設備及び駅における石炭積み込み設備については検討されていない。

上述の如く、発電所への鉄道による石炭輸送は可能となるものの、荷降ろしターミナルと積み込み駅間の石炭輸送の問題が解決されていない。

1.2 調査の目的

上記の背景を考慮して、石炭火力発電所の商業運転開始以前に輸入石炭の積み下ろしターミナルの選定を行わなければならない。調査の目的としては、石炭積み下ろしの場所、輸送のルートと方法の特定、石炭積み込み駅の位置、貨車への積み込み方法、等の提言を行うことにある。目的として上記に加えて、近い将来関係諸機関自身で同様の計画を実施できるように技術移転を行うことも含んでいる。

1.3 調査対象地域

調査の対象とした地域は、図 1-2 に示すカシム港内の石炭積み下ろしターミナルとして可能性を有する施設と、カシム港近傍の国鉄の数駅、及びカシム港工業団地を通過する輸送ルートを含むものである。石炭積み下ろしターミナルとして可能性を有する施設としては、Pakistan International Bulk Terminal (以下 PIBT)、Fauji Oil Terminal & Distribution Co. Ltd (以下 FOTCO)、Oron Ore & Coal

Berth (以下 IOCB)及びマージナルワープの4ヶ所である。国鉄の石炭積み込み駅としては、ジュマ・ゴス駅、ビン・カシム駅、ピプリー操車場、カシム港駅、及び調査地域内に建設する新駅の5駅である。石炭の運搬ルートはカシム港工業団地内を通過するものとする。



出典：

図 1-2 調査対象地域

1.4 関係諸機関

本調査における主なカウンターパートは港湾船舶省(以下 MoPS)である。他の関係する諸機関として、鉄道省(以下 MoR)、水力電力省(以下 MoWP)、パキスタン国鉄、PIBT、FOTCO、ジェンコ持株会社(以下 GENCO)、パキスタン製鉄(以下 PSM)、電力調整庁(以下 NEPRA)等を挙げることができる。

第2章 輸入炭を使用する新設石炭火力発電所計画のレビュー

2.1 電力セクターの概要

2.1.1 電力セクターにおける近況

パキスタンにおける今日の電力不足は、ベースロード電源やピーク稼働させる電源の開発を必要としている。電力セクターは現在深刻な電力危機に直面しており、国民の生活や経済を悪化させている。2013-14年の夏には需要の21%に相当する最大約5,400MWの電力不足となった。天然ガスの枯渇と、国内産石炭と水力発電の開発遅れが、輸入燃料への依存を強めている。NEPRA から公表されているデータによれば、2012-13年において、オイル燃料の火力発電所で使用するために購入した燃料費は年間約26億ドルであった。これによりパキスタンにおける循環債務は増加し、中央電力購入局(CPPA)は資金不足に陥り、発電事業者に対して合計約50億ドルの支払いが滞った。これはGDPの約4%に相当する。高価な輸入燃料に依存した成長では需要に応えることは難しく、load sheddingを引き起こしており、産業や商業の発展の妨げとなっている。燃料油のコストは発電全体の79%を占めるのに対して、期待される発電量は全体の約38%程度に留まる。燃料油への依存度は2006年において16%あったのに対して、2014年には訳38%となり、燃料コストはおよそ2.4倍増加した。2014年における燃料毎の1次エネルギー供給量を表2-1に示す。また発電種別毎の発電電力量を表2-2に示す。

表 2-1 燃料毎の1次エネルギー供給量

	MTOE	%
Gas	31.14	48.22%
Oil	20.79	32.47%
LPG	0.31	0.48%
Coal	3.68	5.98%
Hydro	7.13	11.03%
Nuclear	1.08	1.68%
Imported Electricity	0.14	0.14%
	64.59	100.00%

Source: Pakistan Energy Yearbook 2014 (page 68 Table 1 Primary Energy Supplies by Source (MTOE))

表 2-2 発電種別毎の発電電力量

	Generation		Energy Charge		Cost per kWh
	GWh	Share %	million PR	%	Rs
Hydro	32,294	34.0	1,768	0.24	0.10
Coal	112	0.12	419	0.06	3.74
HSD	1,653	2.0	32,888	5.0	19.9
Residual Fuel Oil	37,277	39.0	541,622	77.0	14.53
Natural Gas	18,341	19.0	101,648	14.5	5.54
Nuclear	4,402	5.0	5,820	0.83	1.32
Mixed	1,108	1.0	11,283	1.61	10.18
Import from Iran	419	0.44	4,416	0.63	10.54
Wind	263	0.27	0.5879	0.0001	0
Bagasse	23	0.02	143	0.03	6.22
Total	95,892	100	701,499	100	7.92

Source: Determination of the Authority in the matter of Islamabad Electric Supply Company Limited No. NEPRA/TRF-278/IESCO-2014 Page 38 Power Purchase Price (PPP)

パキスタンのパワーセクターは新政権発足後、注視されている。発足から間もなく、新首相は load shedding を解消するのに時間を要するが、政府が経済発展を図るため円力供給問題に取り組んでいくことを表明した。新首相は、パキスタンには 100 年間の発電に供することが可能な石炭貯蔵量を有していることに注目している。これらの炭田開発には数十億ドルの費用がかかり、最大の石炭貯蔵量を有するタール炭田はいまだ開発が進んでいない。そのため、貯蔵量が多いにもかかわらず、石炭が 1 次エネルギーに占める割合は 5.98% で、石炭火力の発電量ではわずか 0.06 % にとどまり、パキスタンの炭素排出量は世界平均の 19% 程度である。電気料金は、石炭に 30% 以上の発電量を依存する中国(0.07 セント/kWh)、米国(0.11 セント/kWh)、ドイツ(0.27 セント/kWh)に比べて、15 セント/kWh である。

パキスタン国内での電力需要は現在の発電容量の 18,000 MW に対して 2020 年までに 32,000 MW を上回ることが予想される。従い、可能な限り電源を拡大する必要があり、パワーセクターはこの需要に応えるために、ベース電源、ピーク電源をともに増設する必要がある。

2.1.2 電力セクターにおける CPEC 影響

「パ」国内における電力不足を解消するために、多数の発電所建設プロジェクトが計画されている。それに加え、中国－パキスタン経済回廊 (CPEC¹) の優先開発案件リストに記載された発電所プロジェクトもあり、これらのプロジェクト推進による需給ギャップの解消が期待されている。

本調査においては、PIBT から鉄道本線まで石炭を輸送する設備を設計するため、開発計画中の案件から実現性を見極め、PIBT から鉄道本線へ輸送する石炭量を見積もる必要がある。

表 2-3 CPEC の優先開発石炭火力発電所リスト

Sr. No*	Projects	Capacity MW
1	2×660 MW Coal-fired Power Plants at Port Qasim Karachi	1,320
3	Sahiwal (2×660 MW) Coal-fired Power Plants	1,320
4	Engro Thar (2×330 MW) Coal-fired Power Plants & Surface mine in Block II of Thar Coal Field, 3.8 million tons / year	660
6	Gwadar Coal Power Project	300
7	Muzaffargarh (2×660 MW) Coal-fired Power Project	1,320
12	Rahim Yar Khan (2×660 MW) Coal Power Project	1,320
13	SSRL Thar Coal Block-I, 6.5 mtpa & CPIH Mine Mouth Power Plant (2×660 MW)	1,320
Total Capacity of Coal Power Plants		7,560

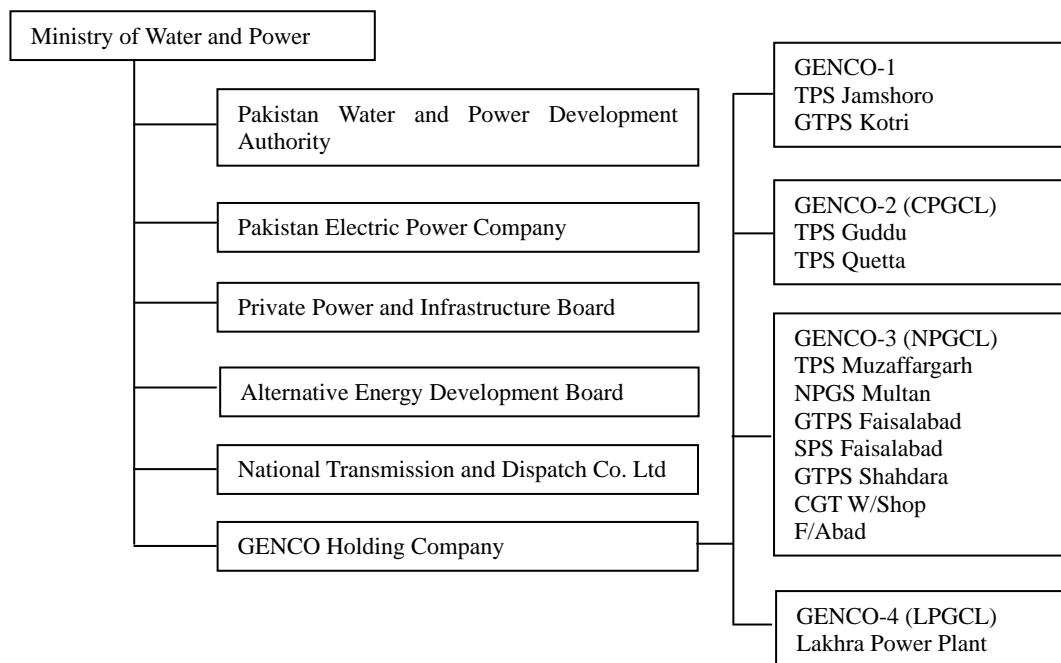
*Sr numbers are original sr number of the list in CPEC. There are 14 power projects including hydel and renewable power projects.

出典：JICA 調査団

2.1.3 公共セクタープロジェクト

公共電力セクターにおける組織図を図 2-1 に示す。GENCO は親会社であり、傘下に Jamshoro Power Generation Company Ltd. (GENCO-1)、Central Power Generation Company Ltd. (GENCO-2)、Northern Power Company Ltd. (GENCO-3)、Lakhra Power Generation Company Ltd. (GENCO-4)がある。既存 Jamshoro 発電所敷地横で新設の 660 MW×2 基を設置するプロジェクトが GENCO-1 によって実施中である。その他、既設ラクラ発電所構内に新設の 660 MW×1 基を設置するための協力準備調査 (F/S) が JICA によって実施中である。これらのプロジェクトについては、2.2 と 2.3 章において記載する。

¹ 中国とパキスタンは中国から US456 億ドルの投資協定に調印した。主な投資対象として、電源開発、Gwadar 港、道路、鉄道、LNG パイプライン等がある。



出典: 各関係機関の組織図より調査団作成

図 2-1 パキスタンにおける公共電力セクターの組織図

2.1.4 民間セクタープロジェクト

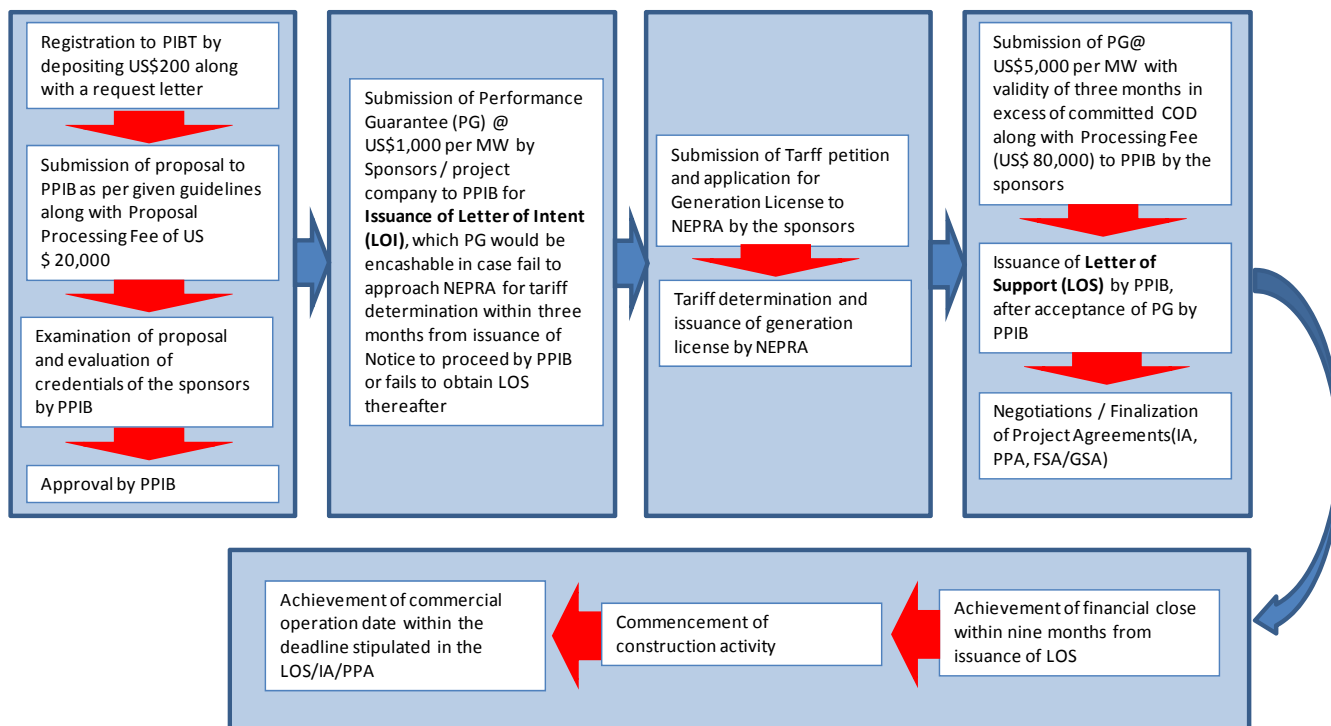
Private Power and Infrastructure Board (PPIB) は 1994 年に、「パ」国内での電力セクターへの民間参入を促進する為に設立されたワンストップ窓口機関である。PPIB は投資家が民間の電力プロジェクトと周辺インフラの開発を促進し、「パ」国政府の代わりに投資家と共に Implementation Agreement (IA)を結び、政府保証を付与する。

図 2-2 に「パ」国での民間電力セクターにおけるプロジェクト形成のプロセスを示す。全ての個人発電事業者 (IPP) はプロジェクト開始当初に PPIB へプロジェクトの登録を行わなければならない。登録申請書は登録手数料の支払いを受けて承認される。承認後、Letter of Intent (LOI) が Performance Gurantee (PG) の支払いを以って出状される。一般的に、LOI を受領した後に売電料金が申請され、発電認可が下りると同時に売電料金が確定される。Letter of Support (LOS) は、PPIB に LOS のための PG が支払われた後に出状され、その後、実施合意書 (IA) や売電契約 (PPA) を含むセキュリティパッケージや、燃料供給契約 (FSA) が実施段階に移行する前に最終化される。

また、Punjab 電力開発局 (PPDB)²のような地方機関が窓口の役割を果たし、PPIB の代わりに LOI を出状する場合もある。これまでに、Sahiwal や、Muzaffargarh、Rahim Yar Khan のように Punjab の複数のプロジェクトは PPDB に登録されており、FS 実施前に PPDB から LOI を受領している。

表 2-4 に PPIB に登録されている新設案件を示す。個々の発電所についてはこれ以降で詳細をレビューする。

² Government of Punjab established PPDB in 2006 for implementation of Power Generation Policy 2006.



出典: Guideline for Setting Up of Private Power Projects を元に調査団作成

図 2-2 民間セクターにおける標準的な実施プロセス

表 2-4 PPIB に登録済みの石炭火力発電所プロジェクト一覧

Sr. No	Projects	Sponsor/Company name	Location	Capacity MW
1	1,320 MW Imported coal based Power Projects at Qadarabad Dist Sahiwal	Huaneng Shandong Ruyi(Pakistan) Energy (Pvt) Limited	Qadarabad District Sahiwal	1,320
2	660 MW Thar Coal based Power Project	Engro Powergen Thar Limited (EPL)	Thar Block-2, Sindh	660
3	1,320 MW Imported coal based Power Project	Sinohydro Resources Limited, China / Al Mirqab Capital, Qatar	Port Qasim Karachi	1,320
4	1,320 MW Thar Coal based Power Project	Shanghai Electric	Thar Block-1, sindh	1,320
5	1,320 MW Imported Coal based Power Project at HUB	HUB Power Company	HUB, Balochistan	1,320
6	300 MW Local Coal based Power Project	China Machinery Engineering Corporation	Salt Rang Pond Dadan Khan, Punjab	300
7	660 MW Imported coal based Power Projects	Lucky Electric Power Company Limited	Port Qasim, Sindh	660
8	350 MW Imported coal based Power Projects at Port Qasim	Siddiqsons Limited	Port Qasim, Sindh	350
9	150 MW Imported coal based Power Projects at Arifwala	Grange Power Limited	Arifwala, Punjab	150
Total Capacity of Coal Power Plants				7,400

出典: PPIB からの情報を元に調査団作成

2.2 公共セクターにおける新設プロジェクト

2.2.1 ラクラ発電所

(1) 既存 Lakhra 発電所

GENCO 傘下の公共株式会社であるラクラ発電所 (GENCO-4) は、3×50 MW の流動床ボイラー式の発電所を運営している。ラクラ発電所は、現在もなお「パ」国内初めてで、唯一の石炭火力発電所である。

発電所より 20 km 西に離れた Lakhra 鉱山より掘削され石炭が燃料として供給されている。石炭の熱量は約 3,400 kcal/kg で、硫黄分 5 % を含む。多くの技術的な問題を抱えており、1995 年の運転開始以来、稼働率は低迷し続けている。例えば、高硫黄分に対して低純度の石灰石が使用されているため、硫酸酸素を低減させる科学反応が十分に得られず、燃焼炉内が硫黄の還元反応の影響を受けて損傷している。

これら損傷を受けて 2007 年にリハビリが行われ、1 号機は 50 MW の定格出力に対して 31 MW まで改善されたが、2 号機、3 号機は経済的問題よりリハビリが行われなかったまま、現在に至っている。

(2) 新設 Lakhra 発電所

2016 年 3 月現在、1×660 MW の新設に関する F/S が JICA によって実施されている。新たなプラントは既存発電所の空き地に建設される予定で、超々臨界圧プラントで輸入炭が使用される概念設計となっている。輸入炭は鉄道を通じてカシム港地区から輸送することが想定され、タール炭田が開発された後、国内炭が 20% を上限に混焼される計画である。商業運転開始時期は 2022 年 6 月が見込まれている。

表 2-5 ラクラ発電所まとめ

既存プラント	
✓ 設備容量	3×50 MW
✓ 燃料種別	国内炭 (Lakhra 炭鉱)
✓ 発電システム	流動床 (FBC) ボイラー
新設プラント	
✓ 設備容量	1×660 MW
✓ 燃料種別	混炭 (輸入炭 80 % : Thar 炭 20%) ³
✓ 発電システム	超々臨界 (USC)
✓ 運転開始日	2022 年 6 月
✓ 年間石炭消費量	200 万トン/年
✓ 石炭輸送	PIBT から鉄道輸送

出典：JICA 調査団

³ ラクラプロジェクトは輸入炭とタール炭の混焼を計画しているが、タール炭田開発はすでに数年遅れている。単 d ン開発がさらに遅れる場合、運転開始当初は輸入炭の単味焚きとなる。タール炭の輸送に関しては、タール炭田から新たな鉄道新線敷設が必要であり、既存の Mirpur Khas-Khokhropar 線まで約 150 km の建設を要する。



注記:赤線は新設石炭火力プロジェクト近傍を通過する PR の路線を示す。

出典:Google Earth 上に調査団作成

図 2-3 石炭火力発電所プロジェクト候補地

2.2.2 Jamshoro 発電所

(1) 既存 Jamshoro 発電所

Jamshoro 発電所(GENCO-1)は、GENCO の傘下であり、250 MW×1 基(1 号機)、200 MW×3 基(2～4 号機)を運転している。1 号機に関しては、三井造船と富士電機により建設され、2 号機から 4 号機までは Harubine Boiler と Harubine Turbine/Electric が建設を行った。このため、1 号機(ブロック 1)と 2～4 号機(ブロック 2)では異なる運転制御システムを採用しており、ブロック毎にデータを収集している。使用燃料にも差異があり、ブロック 1 では RFO を使用している一方で、ブロック 2 では RFF とガスの混合火力として運転されている。

Jamshoro 発電所ではヒートレートの改善のために、2012-13 年度に USAID によって 1 号機のリハビリが大々的に行われた。この工事によって、送電端の発電容量として設置容量 880 MW に対して 649 MW まで回復している。

(2) 新設 Jamshoro 発電所

既設 Jamshoro 発電所の敷地隣に新設の超々臨界発電所 660 MW×2 基の新設プロジェクトが進められている。2014 年 9 月にアジア開発銀行(ADB)と「パ」国政府間で 9 億ドルのローン供与に調印が行われ、翌 2015 年 3 月にはイスラム開発銀行(IsDB)が 2.2 億ドルのローン供与に合意している。輸入炭 80% : 国内炭 20% で混焼され、輸入炭はカシム港地区から鉄道で輸送される見通しである。新設 Jamshoro 発電所で予想される石炭の年間消費量は 660 MW×2 基でおおよそ 420 万トンである。

2016 年 3 月現在、実施フェーズのコンサルタントが現地に常駐し、入札図書のレビューを行っている。石炭調達に関しては PQ が公示されており、2016 年 2 月に PQ 前の説明会が Jakarta で開催された。

運転開始は2018年中とされているが、F/Sに示された工程表から2016年3月時点で、2年以上の遅延が発生しているため、本F/Sにおいては2020年後半の運転開始と想定する。

表 2-6 Jamshoro 発電所のまとめ

既存プラント	
✓ 設備容量	880 MW (250 MW (unit 1), 210 MW (unit 2 to 4))
✓ 燃料種別	混合火力 (RFO と Gas)
✓ 発電システム	蒸気タービン
新設プラント	
✓ 設備容量	2×660 MW
✓ 蒸気温度	593 °C/593 °C
✓ 上記圧力	24.1 MPa
✓ 燃料種別	混炭 (輸入炭 80%: Thar 炭 20%)
✓ 発電システム	超々臨界 (USC)
✓ 運転開始日	1号機: 2020年9月、2号機: 2020年12月
✓ 年間石炭消費量	420万トン
✓ 石炭輸送	PIBT から鉄道輸送

出典：JICA 調査団

2.3 民間セクターにおける新設プロジェクト

2.3.1 Sahiwal 発電所



出典:Google Earth 上で調査団作成

図 2-4 建設中 Sahiwal 発電所の衛星画像 (2016年1月時点)

Sahiwal 発電所建設プロジェクトは Punjab 州の Sahiwal 郡で実施中である。中国の Huaeng Shandong と Shandong Ruyi Science & Technology がそれぞれ 51% と 49% の比率で出資し、プラントは 660 MW×2 基で輸入炭を使用することが計画されている。プロジェクトは計画初期に PPDB へ登録され、PPDB が LOI を出状した。LOS が既に PPIB から出状され、IA および PPA も調印済みで、さらに Punjab 州の灌漑局から冷却水供給への了承を取り付けている。

2014年5月に起工式が執り行われたが着工は遅れ、2015年2月にサイトで土木工事が開始された。ファイナンス組成に時間を要しており、事業者の資本にて着工された。図 2-4 は 2016年1月時

点のサイトの工事現況を映した衛星画像である。2 基の冷却塔と建屋の建設が進められている様子が分かる。

本プロジェクトは、建設中の PIBT で荷揚げされた石炭を鉄道で輸送する計画である。なお、PIBT は本プロジェクトより早く完工する計画である。既に FSA が PIBT との間で締結されており、これまでに PIBT が計画・進行中の石炭火力発電所との間で締結した唯一の契約となっている。PR は石炭輸送に係る Letter of Comfort (LOC) を出状しており、Sahiwal 発電所まで年間 420 万トンの石炭輸送が決定している。このプロジェクトを含めた内陸部の発電所へ石炭を輸送するため、PR は 55 輛の新しい機関車と、800 輛の貨車を発注した。PR 本線から約 4 km の発電所への支線が計画されており、建設費は Punjab 州政府にて賄われることになっている。PQA は本プロジェクトのためにローカルコンサルタントの NESPAK を雇用して、PIBT と鉄道本線の間接続について調査を実施中である。試運転調整を考慮すると、1st ユニット運転開始の 6 カ月前までにサイトへの石炭輸送方法が確立される必要が有る。

2.1.1 章に記載されている通り、本プロジェクトは CPEC にリストアップされており、Port Qasim Electric Company と共に「パ」国内で最も進捗しているプロジェクトの 1 つである。

表 2-7 Sahiwal 発電所プロジェクト

新設プラント	
✓ 設備容量	2×660 MW
✓ 蒸気温度	571 °C/569 °C
✓ 蒸気圧力	25.5 MPa
✓ 燃料種別	輸入炭
✓ 発電システム	超臨界 (SC)
✓ 運転開始日	1 号機: 2017 年 9 月、2 号機: 2017 年 12 月
✓ 年間消費量	420 万トン
✓ 石炭輸送	PIBT から鉄道輸送

出典: 発電 License と PPiB からの情報を元に調査団作成

2.3.2 Rahim Yar Khan における発電プロジェクト

Punjab 州 Rahim Yar Khan 郡では 660 MW×1 基のプロジェクトが 2 件計画されている。両プロジェクト共に年間 200 万トンの石炭使用が予想され、カシム港地区から鉄道で運搬することが計画されている。

(1) Nishat Energy Limited 発電プロジェクト

Nishat Energy Limited (NEL) は Nishat グループの会社で、PPDB から LOI が出状された後にローカルコンサルタントを雇用して F/S を実施し、調査結果を PPDB に提出している。Punjab 州環境局 (Punjab EPA) からの承認と送電公社 (NTDC) からの系統接続に係る LOC の出状が待たれる一方、PR は既に LOC を出状している。鉄道本線から発電所までの石炭輸送については、鉄道本線から発電所への専用支線がプロジェクトで建設される予定となっている。今後 NEPRA から売電料金が決定された後に、プロジェクトは政府保証を受けるために PPiB へ登録される予定である。

PPDB から得た情報に拠れば、NEL より運転開始が 2018 年末に想定されているが、現況の進捗遅延を考慮すると 2019 年中旬以降となる可能性が高い。

(2) Nishat Chunian Power Limited プロジェクト

Nishat Chunian Power Limited (NCPL)も、NEL 同様 Nishart グループの会社である。NEL は LOI を PPDB から受領済みで、2015 年末までに F/S レポートを提出する予定であったが、未だ提出されていない。プロジェクトの進捗は不透明であるが、PPDB は運転開始時期が NEL 同様 2019 年 6 月になると予想している。しかし、先行する隣接の NEL との工程調整及び、本プロジェクトの進捗がこれまでに全く見られないことから、本調査では少なくとも 6 カ月遅れの 2019 年 12 月を運転開始と想定した。プロジェクトの進捗が長期で報告されていないため、更なる遅延も考えられる。なお、PR は本プロジェクトに対して既に石炭輸送に係る LOC を出状している。

表 2-8 Rahim Yar Khan における発電所プロジェクト

NEL 新設プラント	
✓ 設備容量	1×660 MW
✓ 燃料種別	輸入炭
✓ 運転開始日	2019 年 6 月
✓ 年間石炭消費量	200 万トン
✓ 石炭輸送	PIBT から鉄道輸送
NCPL 新設プラント	
✓ 設備容量	1×660 MW
✓ 燃料種別	Imported Coal
✓ 運転開始日	2019 年 12 月
✓ 年間石炭消費量	200 万トン
✓ 石炭輸送	PIBT から鉄道輸送

出典: PPDB からの情報を元に調査団作成

2.3.3 Muzaffargarh における発電プロジェクト

Punjab 州 Muzaffargarh 郡では 660 MW×1 基のプロジェクトが 2 件計画されている。両プロジェクト共に年間 200 万トンの石炭使用量が予想され、カシム港地区から鉄道で運搬することが計画されている。

(1) Kot Addu Power Company Ltd プロジェクト

Kot Addu Power Company (KAPCO) Ltd は現在新設に関する F/S を行っており、社会配慮調査以外はほぼ終了している。現在 Land Acquisition Act 1894 の Section 4 に基づき、社会配慮に関する調査を実施している。これまでに社会配慮に関する問題は、PPDB へ報告されていない。既に PR からは石炭輸送に関する LOC が出状されている。PR 本線がプロジェクト用地境界付近を通過し、短距離の専用支線を敷設することで石炭の鉄道輸送が可能となる。

売電料金申請の準備はほぼ完了しており、F/S 完了次第、NEPRA に提出される予定である。NEPRA より売電料金が決定された後に政府保証を受けるため PPIB へ登録される見通しである。PPDB は 2019 年 9 月の運転開始を予測している。

(2) China Machinery and Engineering Company プロジェクト

China Machinery and Engineering Company (CMEC) は LOI 受領後、PPDB に対して案件の詳細な

⁴ 調査団が 2015 年 12 月に調査を開始して以来、2 次調査の 2016 年 2 月時点においてもプロジェクトに進展が無い場合、PPDB 予測に比べてこの間の 3 カ月及び工程調整 3 カ月の 6 カ月遅れと想定した。

報告を行っていない。PPDB は同規模で隣接地に予定されている KAPCO の運転開始予定日から、本プロジェクトは 2019 年 9 月の運転開始を予想している。しかし、先行する隣接の KAPCO との工程調整及び、本プロジェクトの進捗が全く見られない⁵ことから、本調査では少なくとも 6 カ月遅れの 2020 年 3 月を運転開始と想定した。プロジェクトの進捗が長期で報告されていないため、更なる遅延も考えられる。一方で、PR は本プロジェクトに対して既に石炭輸送に係る LOC を出状している。

表 2-9 Muzaffargarh における発電所プロジェクト

KAPCO 新設プラント	
✓ 設備容量	1×660 MW
✓ 燃料種別	輸入炭
✓ 運転開始日	2019 年 9 月
✓ 年間石炭消費量	200 万トン
✓ 石炭輸送	PIBT から鉄道輸送
CMEC 新設プラント	
✓ 設備容量	1×660 MW
✓ 燃料種別	輸入炭
✓ 運転開始日	2020 年 3 月
✓ 年間石炭消費量	200 万トン
✓ 石炭輸送	PIBT から鉄道輸送

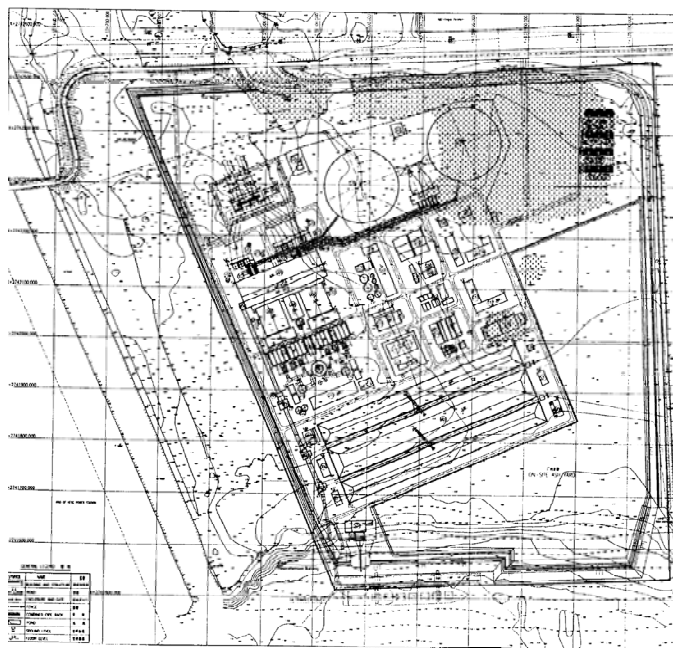
出典: PPDB からの情報を元に調査団作成

2.3.4 その他の発電所プロジェクト

(1) Port Qasim Electric Power Company Limited プロジェクト

カタールの Al Marqab group と Sino Hydro Resources Limited China が特別目的事業体(SPV)である Port Qasim Electric Power Company (Private) Limited (PQEPCL)を組成した。現在カシム港で建設が進んでいる。発電所構内配置図案と、衛星写真を下図に示す。

⁵ 調査団が 2015 年 12 月に調査を開始して以来、2 次調査の 2016 年 2 月時点においてもプロジェクトに進展が無いため、PPDB 予測に比べてこの間の 3 カ月及び工程調整 3 カ月の 6 カ月遅れと想定した。



出典: 上図) NEPRA、下図) Google Earth

図 2-5 Port Qasim Electric Power Company の全体図

上図: 構内配置図、下図: 衛星写真(2015年12月現在)

設計されている設備容量は 660 MW×2 基で、輸入炭使用を計画しており、K-Electric の系統へ接続される。本プロジェクトでは年間 400 万トンの輸入炭荷降ろしのための専用棧橋と岸壁を建設する予定である。PPIB からすでに LOS が出状されており、IA と PPA も調印済みである。臨海地区での建設ではあるが冷却塔方式を採用し、冷却水はサイト南より海水を取水する。

建設工事は 2015 年 5 月に自己資金にて着工し、ファイナンシャルクローズを 2015 年 12 月に達成した。図 2-5 に発電所構内配置図と 2015 年 10 月時点のサイト衛星写真を示す。冷却塔と煙突の基礎工事や、ボイラー、タービン建屋の建設工事の様子が進んでいる様子がわかる。1 号機が 2017 年末、2 号機が 2018 年 6 月の運転開始を予定している。

なお、2.1.1 章で示されているように、本プロジェクトも CPEC の優先案件となっている。



Source: 調査団

図 2-6 PQEPCL の建設の様子

表 2-10 PQEPCL 発電所プロジェクト

新設プラント	
✓ 設備容量	2×660 MW
✓ 蒸気温度	566 °C/566 °C
✓ 蒸気圧力	24.2 MPa
✓ 燃料種別	輸入炭
✓ 発電システム	超臨界 (SC)
✓ 運転開始日	1 号機: 2017 年 12 月、2 号機: 2018 年 6 月
✓ 年間石炭消費量	400 万トン
✓ 石炭輸送	専用棧橋および岸壁

出典: 発電 License と PPIB からの情報を元に調査団作成

(2) Lucky Electric 輸入炭ベースプロジェクト

Lucky Electric Power Company Limited (LEPCL) はカシム港近郊の Bin Qasim Town に 660 MW×1 基を建設することを目的に 2014 年に設立された。本プロジェクトは超臨界圧プラントで、200m の煙突と、ばい煙低減対策、排煙脱硫装置 (FGD)、排水処理設備、その他環境対策機器が導入されることになっている。年間 200 万トンの輸入炭を PIBT から約 1.5 km をベルトコンベアにて搬送する計画であることが、PPIB からのヒアリングで判明している。LEPCL は既に石炭荷降ろしに関して、PIBT と接触しており、2016 年 2 月時点で PIBT によれば、数週間のうちに石炭取扱に係る簡易契約書を取交す予定となっている。

現在までに PPIB から LOS が出状されており、IA および PPA も最終化中である。運転開始予定は 2019 年 3 月である。

表 2-11 LEPCL プロジェクト

新設プラント	
✓ 設備容量	1×660 MW
✓ 蒸気温度	566 °C/566 °C
✓ 蒸気圧力	24.2 MPa
✓ 燃料種別	輸入炭
✓ 発電システム	超臨界(SC)
✓ 運転開始日	2019年3月
✓ 年間石炭消費量	200万トン
✓ 石炭輸送	PIBT からベルトコンベヤ輸送

出典 EIA report および PPIB からの情報に元に調査団作成

(3) Siddiqsons 輸入炭ベースプロジェクト

Siddiqsons Energy Limited (SDSEL)は石炭火力発電所と太陽光発電所の建設を目的に 2014 年に設立された。SDSEL は超臨界石炭火力発電所 350 MW×1 基のプロジェクトを推進中である。PPIB より既に LOS が出状されており、IA と PPA は現在最終化中である。冷却方式として、海水直接冷却方式が採用される予定である。石炭輸送に関しては、PIBT からのトラック輸送もしくは、小型船での輸送を計画している。なお、SDSEL と PIBT は年間 120 万トン石炭取扱に係る覚書を取交わしている。運転開始は 2019 年 3 月を予定している。

表 2-12 SDSEL プロジェクト

新設プラント	
✓ 設備容量	1×350 MW
✓ 燃料種別	輸入炭
✓ 発電システム	超臨界 (SC)
✓ 運転開始日	2019年3月
✓ 年間石炭消費量	120万トン
✓ 石炭輸送	PIBT からベルトコンベア輸送

出典:SDSELWEB SITE および、PPIB からの情報を元に調査団作成



出典: Google Earth 上に調査団作成

図 2-7 Qasim 港における発電所け計画地

(4) Hub Power Company 輸入炭ベースプロジェクト

Hub Power Company (HUBCO)は Power policy 1994 により設立された「パ」国初の独立発電事業者 (IPP)である。323 MW×4 基の亜臨界油焚火力発電所を Balochistan 州 Lasbela 郡にて操業している。ボイラーは日本の IHI、タービン発電機はイタリアの Ansaldo から供給された。

HUBCO は現在石炭火力 660 MW×2 基を既存発電所横に建設する計画を立てており、専用の栈橋と岸壁から年間 400 万トンの輸入炭を搬入する予定である。

PPIB より LOI が出状されており、NEPRA による売電料金決定及び売電認可待ちである。IA と PPA も最終化作業中で、運転開始は 2018 年中が予定されている。これまで、2015 年 11 月に北京において EPC コントラクターの入札会が開催された。

表 2-13 HUBCO プロジェクト

Planned New Power Project	
✓ 設備容量	2×660 MW
✓ 燃料種別	輸入炭
✓ 運転開始日	2018 年
✓ 年間石炭消費量	400 万トン
✓ 石炭輸送量	専用栈橋および岸壁

Source: PPIB からの情報を元に調査団作成

(5) Grange Holdings Power Plant プロジェクト

英国の Grange Holdings のグループ配下にある Grange Power Limited (GPL)により、163 MW の石炭火力発電所が Punjab 州 Arifwala 郡で提案されている。輸入炭年間 50 万トンの石炭消費が見込まれ、PIBT からトラックで運搬することが検討されている。既に LOS が PPIB より出状されており、IA と PPA は最終化中である。運転開始は 2019 年 1 月とされている。

表 2-14 GPL プロジェクト

新設プロジェクト	
✓ 設備容量	1×163 MW
✓ 燃料種別	輸入炭
✓ 運転開始日	2019 年 1 月
✓ 年間石炭消費量	50 万トン
✓ 石炭輸送	PIBT からトラック

Source: PPIB からの情報を元に調査団作成

(6) K-Electric プロジェクト

K-Electric (KE) Limited Karachi とその近郊および、Balochistan 州の Hub、Utal、Vindarand、Bela に電力を供給している。KE は「パ」国で唯一の、発電所と送電線、配電線の全てを総合的に管理する電力会社である。以前は国有で、2005 年に Karachi Electric Supply Company (KESC)として民営化され、2014 年に KE に名称変更した事で知られている。現在、KE は 2,422 MW の設備容量を保有している。

KE は新設の石炭火力 350 MW×2 基をカシム港地区に 10 億ドルの費用で建設する計画を立てている。輸入炭年間 350 万トンの消費が見積もられ、石炭取扱に係る覚書を PIBT と取交している。2015 年 1 月に CMEC とプロジェクト推進に係る共同企業体協定書(JDA)を取交し、China Overseas Investment Company (CDTO)を結成した。KE は 2016 年 1 月に発電所用地を取得したことを公表し

た。運転開始は 2018 年 12 月を予定している。

なお、本プロジェクトにより KE の系統に共有される電力は KE 系統内需要家により消費され、NTDC 系統に流出することが無い予定であるため、政府保証を得る必要が無く、PIIB に登録する必要もない。

表 2-15 KE プロジェクト

新設プロジェクト	
✓ 設備容量	2×350 MW
✓ 燃料種別	輸入炭
✓ 運転開始日	2018 年 12 月
✓ 年間石炭消費量	350 万トン
✓ 石炭輸送	PIBT 使用

出典: KE の WEB サイトならびに PIBT からの情報を元に調査団作成

(7) Fauji Power Plant プロジェクト

Fauji 財団は「パ」国において最も大きな財団の 1 つで、Fauji Fertilizer Bin Qasim Limited (FFBL) は Fauji 財団の傘下にある。FFBL Power Company (FPCL) は FFBL の子会社として、KE 系統供給用の蒸気タービン 60 MW×1 基、FPCL 所内消費と FFBL 供給用の 58 MW(24 MW×2 基と 10 MW×1 基)の発電所建設のため、2014 年 6 月に設立された。

KE の系統へ接続する 60 MW は、KE 系統内で消費され NTDC の系統に流入しないことから、本プロジェクトは政府保証を受ける必要がなく、PIIB に登録する必要もない。FPCL は NEPRA に売電価格の申請を行っており、また石炭取扱に関する MOU を PIBT と取交している。さらに 2015 年 8 月に本発電所の従業員確保のため、求人広告を新聞に掲載している。2015 年 12 月にファイナンシャルクローズしており、運転開始は 2017 年 3 月を予定している。



出典: 調査団

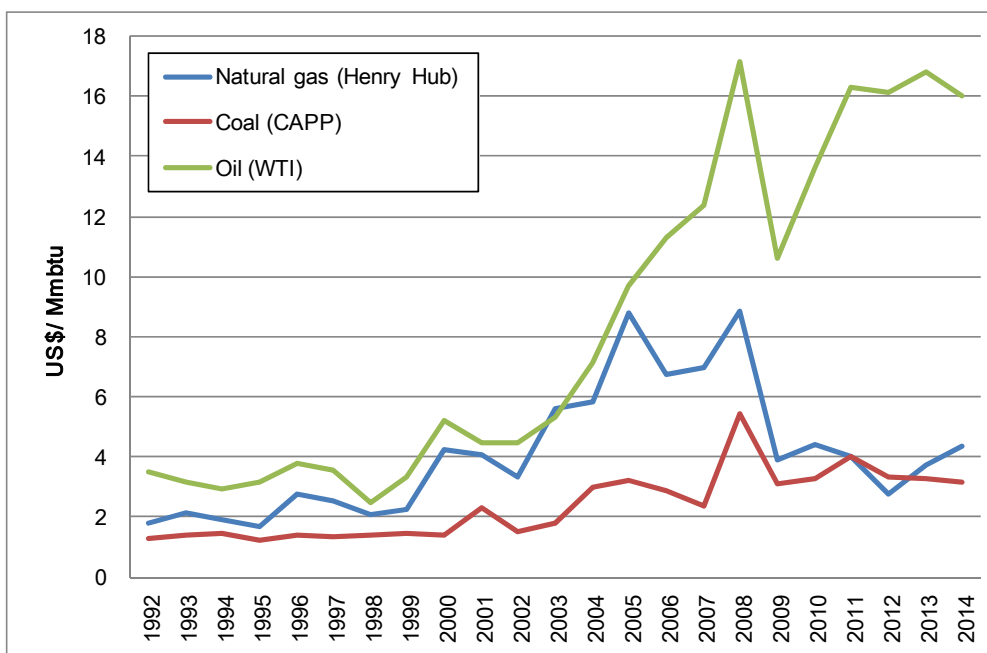
図 2-8 FFBL プロジェクトの建設の様子

表 2-16 FPCL プロジェクト

新設プラント	
✓ 設備容量	118 MW (1×60 MW, 2×24 MW, 1×10 MW)
✓ 燃料種別	輸入炭
✓ 運転開始日	2017年3月
✓ 年間石炭消費量	50万トン
✓ 石炭輸送	PIBT からトラック

出典: Tariff Petition 並びに PIBT からの情報を元に調査団作成

(8) 石炭転換プロジェクト



出典: “BP Statistical review of World Energy June 2015”を元に調査団作成

図 2-9 天然ガス、石炭及び重油の価格推移 (in \$/Mmbtu)

図 2-9 に天然ガス、石炭および原油の取引価格の 1992 年から 2014 年の推移を示す。原油価格は高騰し、2014 年時点の価格は 1992 年に比べ、4.5 倍以上となっている。天然ガスの価格は期間を通じて大きく変動している一方で、石炭価格は他に比べて安定かつ安価である。このため、いくつかの油焚発電所を石炭焚発電所へ転換させるプロジェクトが計画されている。表 2-17 に民間セクターにおける石炭転換プロジェクト一覧を示す。

表 2-17 石炭転換プロジェクト一覧

Sr no	Implementation Body	Location	Capacity (MW)	Coal Consumption (mtpa)	Coal Transportation	Status	Financial Close	COD	Construction period
1	K-Electric	Port Qasim	420 (1×210)	1.5	-	Tariff awarded	-	-	28 months for 1st unit 32 months for 2nd unit
2	AES LALPIR	Muzaffargarh	362	0.93	By railway from Port Qasim/PIBT	Tariff awarded	-	-	36 months
3	Pakgen	Muzaffargarh	362	0.93	By railway from Port Qasim/PIBT	Tariff awarded	-	-	36 months
4	Saba Power Company	Farouqabad	136	0.4	By truck	Tariff awarded	-	-	30 months

出典: PPIB からの情報を元に調査団作成

リスト上にある全発電事業者が発電認可を既に NEPRA から取得しているため、新設プロジェクトのようにライセンス取得申請をする必要はない。一方で、燃料を石炭へ転換するための工事費用を売電価格に転嫁するため、売電価格の申請をする必要がある。また、LOI は不要であるが、政府保証を受けるために KE のプロジェクト以外では LOS 取得が必要となる。

事業者が自ら広報しない限り NEPRA の売電料金の認可後まで案件進捗を知ることができない。輸入炭の輸送の観点では、AES Lalpir と Pakgen のプロジェクトが punjab 州 Muzaffargarh 郡で計画されており、カシム港地区から鉄道輸送するものと考えられる。2 発電所での年間消費量は約 186 万トンと見積もられる。

なお、公共セクターである GENCO-3 においても石炭転換が計画されたことがあったが、現在は白紙になっている。

次ページに 2.2 章、2.3 章でレビューした新設プロジェクトの取り纏めを示す。

表 2-18 「パ」国内における輸入炭仕様予定の石炭火力発電所計画一覧

	Project Name	Implementing Body	Location	Capacity (MW)	Coal Consumption (mtpa)	Coal Transportation	Status	Financial Close	COD	Forecast of PPDB	Expectation by JST	
1	Lakhra Power Plant	GENCO	Lakhra, Sindh	660	2	Railway from PIBT	Feasibility Stage	JICA	June 2022			
2	Jamshoro Power Plant	GENCO	Jamshoro, Sindh	1320	4.2	Railway from PIBT	Bidding Doc is under Review by Mott MacDonald. Tender floating: end of 2015 ⇒ Delayed . PQ floating for coal: Jan. 2016	ADB LA Dec2013 (ADB and IsDB US\$ 1,120 million)	in 2018			Considering 2 years delay against the bar chart in FS Report, →1st 2020 Q3, 2nd 2020 Q4
3	Grange Holdings Power Plant	Grange Holdings	Arifwala, Punjab	163	0.5	Truck from PIBT	Tariff awarded. LOS Issued. Security Package are being Finalized.	Feb 2016	Jan 2019			
4	Port Qasim Power Project	Sinohydro and AL Mirqab Capital	Port Qasim, Sindh	1320	4	Dedicated jetty and belt conveyor	Tariff awarded. LOS Issued. IA and PPA signed. The construction was started by their own equity.	Dec 2015 Achieved	1st: end of 2017, 2nd: Jun 2018			
5	HUBCO Imported Coal based Power Project	HUBCO	Hub, Balochistan	1320	4	Dedicated jetty and belt conveyor	LOI issued. Tariff determination and issuance of generation license: second week of Dec2015 Security Package are being finalized.	Apr 2016	in 2018			
6	Sahiwal Imported Coal Based Project	Shandong	Sahiwal, Punjab	1320	4.2	Railway from PIBT	Tariff awarded. LOS issued. IA and PPA signed. The construction is ongoing by their own equity.	End of 2015 ⇒ Delayed	1st Sep 2017, 2nd Dec 2017			

	Project Name	Implementing Body	Location	Capacity (MW)	Coal Consumption (mtpa)	Coal Transportation	Status	Financial Close	COD	Forecast of PPDB	Expectation by JST
7	Lucky Electric Imported Coal Based Power Project	Lucky group	Port Qasim, Sindh	660	2	Conveyor Belt from PIBT MOU	Tariff awarded. LOS issued. Security Package are being finalized.	Jun 2016	Mar 2019		
8	Siddiqsons Imported Coal Based Power Project	Siddiqsons	Port Qasim, Sindh	350	1.2	Truck/Barge from PIBT MOU	Tariff awarded. LOS issued. Security Package are being finalized.	Mar 2016	Mar 2019		
9	NEL Project	Nishat Energy Ltd (NEL)	RahimYar Khan, Punjab	660	2	Railway from PIBT	LOI issued by PPDB F/S report has been approved by PPDB. (EIA: approved, connection to grid: under evaluation by NTDC, Land acquisition: in process) NOT registered to PPIB yet			PIBT and Railway COD: Jun 2019	COD: Jun 2019
10	NECL Project	Nishat Chunian Power Ltd (NCPL)	RahimYar Khan, Punjab	660	2	Railway from PIBT	LOI issued by PPDB feasibility stage Not registered to PPIB yet			PIBT and Railway COD: Jun 2019	COD Dec 2019
11	KAPCO Coal Fired Power Project	KAPCO (Kot Addu Power Company)	Muzaffargarh, Punjab	660	2	Railway from PIBT	LOI issued by PPDB Feasibility stage (F/S report is under evaluation by PPDB.) not registered to PPIB yet			PIBT and Railway COD: Sep 2019	COD :Sep 2019
12	CME Coal Fired Power Project	China Machinery Engineering Corp	Muzaffargarh, Punjab	660	2	Railway from PIBT	LOI issued by PPDB Feasibility stage Not registered to PPIB yet			PIBT and Railway COD: Unknown	COD: Mar 2020
13	Fauji Power Plant Project	FFBL PowerComapny	Port Qasim, Sindh	118	0.5	Truck from PIBT MOU	No need to register to PPIB	Dec2015 Achieved	Mar 2017		
14	K-Electric 2 x 350 MW	K-Electric	Port Qasim, Sindh	700	3.5	PIBT MOU	Not registered to PPIB JDA was concluded. Land acquisition 's done.	not announced	Mar 2018		

出典：JICA 調査団

2.4 石炭需要予測

2.4.1 PIBT における石炭取扱量

(1) 石炭供給契約および MOU 締結に対する需要量

2.2 章、2.3 章より、PIBT と石炭供給契約および MOU を締結したプロジェクト一覧を表 2-19 に示す。

表 2-19 石炭取扱に係る契約及び覚書取交しの案件一覧

	Project Name	Location	Capacity (MW)	Coal Consumption (mtpa)	Coal Transportation from PIBT	COD
Coal Handling Agreement						
1	Sahiwal Imported coal based project	Sahiwal, Punjab	1320	4.2	Railway	1st Sep 2017 2nd Dec 2017
sub-Total				4.2		
Exchange MOU						
2	K-Electric 2×350 MW	Port Qasim, Sindh	700	3.5	not announced	Mar 2018
3	Siddiqsons imported coal based power project	Port Qasim, Sindh	350	1.2	Truck or Barge	Mar 2019
4	Fauji Power Plant Project	Port Qasim, Sindh	118	0.5	Truck	Mar 2017
5	Lucky Electric Imported Coal based power project	Port Qasim, Sindh	660	2	Conveyor Belt	Mar 2019
sub-total				7.2		
Total of Agreement/MOU				11.4		

出典：JICA 調査団

Sahiwal プロジェクトはこれまでに PIBT との間で石炭供給契約を結んだ唯一のプロジェクトである。また、KE や Siddiqsons、Fauji は MOU を締結済みであり、LEPCL も締結間近である。これらの合計取扱量は、PIBT の第 1 フェーズ計画容量年間 1,200 万トンに対して 1,120 万トンに達している。石炭荷降ろしを PIBT で行うことを契約ベースで確定させているのは Sahiwal プロジェクトのみで KE、Fauji は PPIB への登録を済ませていない段階だが、MOU ベースでみると PPIB の第 1 フェーズ容量はほぼフルになりつつある。係る状況を鑑みて、PIBT は需要量の増加に併せ、第 2 フェーズの取扱容量引き上げを検討している。

(2) PIBT 使用を想定しているプロジェクトの石炭需要

表 2-20 に PIBT 使用を想定しているプロジェクトを示す。

表 2-20 PIBT で石炭荷降ろしを予定しているプロジェクト一覧

	Project Name	Location	Capacity (MW)	Coal Consumption (mtpa)	COD
By Railway from PIBT					
1	Lakhra Power Plant	Lakhra, Sindh	660	2	at the end of June 2022
2	Jamshoro Power Plant	Jamshoro, Sindh	1320	4.2	in 2020 (estimated)
3	Sahiwal Imported coal based project	Sahiwal, Punjab	1320	4.2	1st Sep 2017, 2nd Dec 2017
4	NEL Project	RahimYar Khan, Punjab	660	2	Jun 2019 (estimated)
5	NECL Project	RahimYar Khan, Punjab	660	2	Dec 2019 (estimated)
6	KAPCO coal fired power project	Muzaffargarh, Punjab	660	2	Sep 2019 (estimated)
7	CME coal fired power project	Muzaffargarh, Punjab	660	2	Mar 2020 (estimated)
8	AES LALPIR (sub critical)	Muzaffargarh, Punjab	362	0.93	-
9	Pakgen (sub critical)	Muzaffargarh, Punjab	362	0.93	-
sub-Total				20.26	
By Others from PIBT					
10	Grange Holdings power Plant	Arifwala, Punjab	163	0.5	Jan 2019
11	Lucky Electric Imported Coal based power project	Port Qasim, Sindh	660	2	Mar 2019
12	Siddiqsons imported coal based power project	Port Qasim, Sindh	350	1.2	Mar 2019
13	Fauji Power Plant Project	Port Qasim, Sindh	118	0.5	Mar 2017
14	K-Electric 2×350 MW	Port Qasim, Sindh	700	3.5	Mar 2018
sub-Total				7.7	
Total of Handling at PIBT				27.96	

出典：JICA 調査団

PIBT で石炭荷降ろしを行うと想定されているプロジェクトの石炭需要は年間合計 2,796 万トンに上り、PIBT で想定されている第 2 フェーズの石炭取扱量も超える需要量である。一方で、表に記載のある Sahiwal プロジェクト以外の全プロジェクトにおいて、開発が進み PIBT から石炭を輸送するかは確実ではないため、PIBT は各プロジェクトの実際の進捗を見極めながら、第 2 フェーズの開発を行う予定としている。

(3) PIBT から鉄道輸送が想定される需要量

表 2-21 に示されるように、PIBT から石炭の鉄道輸送を行うことが想定される石炭需要量は年間 2,026 万トンである(案件番号 1~9)。しかし、石炭転換プロジェクトに関しては、売電価格決定以外の具体的な進捗に関する情報が公開されていない。KE は新設プロジェクトと石炭転換プロジェクト双方を計画しているが、これまでに新設プロジェクトに関してのみ、プロジェクトの進捗を公表している。これらの状況から、石炭転換プロジェクト(no.8 と 9)に係る需要は不透明である。

No.4~7 に関しては現在も調査段階であり、PPIB への案件登録を済ませていないが、CPEC の優先開発案件として Muzaffargarh は 7 番目、Rahim Yar Khan は 12 番目にリストアップされている。さらに同リスト上 1 番目の Port Qasim、3 番目の Sahiwal の進捗および計画をみると、建設開始からわずか 2.5 年で商業運転する計画となっている。以上より、Muzaffargarh および Rahim Yar Khan におけるプロジェクトは本調査の需要量に勘案することとする。これにより、PIBT から内陸部へ鉄道輸送する石炭需要量は年間合計 1,840 万トンと見積もられる。ファイナンスの確実性を考慮すると、Sahiwal、Jamshoro、Lakhra の各プロジェクトの確度が高く、3 プロジェクトの石炭消費量は年間 1,040 万トンである。一方で、本調査における港湾設備から鉄道本線への石炭輸送においては安全側で計画することとし、不透明である石炭転換プロジェクトも含めることとする。これにより PIBT にて石炭荷揚げを行い、内陸部へ鉄道で輸送する石炭量を no.1~9 のプロジェクトで使用される見込みの 2,026 万トンとする。

表 2-21 PIBT において荷揚げする石炭の場合分け

Unit: mtpa	
Handling at PIBT (all)	27.96
Handling at PIBT and transported by railway (including coal conversion)	20.26 本調査における 需要量
Handling at PIBT and transported by railway (excluding coal conversion)	18.40
Handling at PIBT and transported by railway (excluding FS stage) with highly reliability of finance	10.40

Source: JST

2.4.2 30年間の石炭需要予測

石炭需要合計量が年間 2,026 万トンとした 30 年間の需要予測を表 2-22 に示す。日本の石炭火力発電所の新設工事を参照し、試運転時の石炭使用量を通常運転時の 40 %として見積もった。試運転期間については、公共セクターの Jamshoro と Lakhra では商業運転開始予定の 9 カ月前から行うこととした。Sahiwal に関しては、PQA が商業運転開始の 6 カ月前までに石炭輸送を開始する必要があるとしているため、石炭需要に関しても同様に 6 カ月前からの試運転調整使用を想定した。Muzaffargarh および Rahim Yar Khan に関しては PPDB から部分的な情報が得られたのみで、通常 4 年の建設期間を設けるところを 2.5 年～3 年程度しか計画されていない。これより、これら 4 発電所に関しては試運転調整期間も 6.75 カ月と仮定して需要を予測した。ラクラの新設発電所が運転開始し、全ての発電所が操業するころには、年間 2,026 万トンの石炭が PIBT から内陸部へ鉄道で輸送される必要がある。

表 2-22 PIBT から鉄道にて輸送される輸入炭の需要予測

year	C.Y.	Sahiwal	Jamshoro	Lakhra	Rahim Yar Kahn (NEL)	Rahim Yar Kahn (NOPL)	muzaffargarh (KAPCO)	muzaffargarh (CME)	AES LARPIL (coal conv)	Pakgen (coal conv)	Total
0	2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	2017	1.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.79
2	2018	4.20	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.25
3	2019	4.20	0.00	0.00	1.40	0.45	0.95	0.25	0.65	0.65	8.55
4	2020	4.20	1.79	0.00	2.00	2.00	2.00	1.70	0.93	0.93	15.55
5	2021	4.20	4.20	0.20	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	18.46
6	2022	4.20	4.20	1.40	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	19.66
7	2023	4.20	4.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	20.26
8	2024	4.20	4.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	20.26
9	2025	4.20	4.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	20.26
10	2026	4.20	4.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	20.26
11	2027	4.20	4.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	20.26
12	2028	4.20	4.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	20.26
13	2029	4.20	4.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	20.26
14	2030	4.20	4.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	20.26
15	2031	4.20	4.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	20.26
16	2032	4.20	4.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	20.26
17	2033	4.20	4.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	20.26
18	2034	4.20	4.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	20.26
19	2035	4.20	4.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	20.26
20	2036	4.20	4.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	20.26
21	2037	4.20	4.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	20.26
22	2038	4.20	4.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	20.26
23	2039	4.20	4.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	20.26
24	2040	4.20	4.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	20.26
25	2041	4.20	4.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	20.26
26	2042	4.20	4.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	20.26
27	2043	4.20	4.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	20.26
28	2044	4.20	4.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	20.26
29	2045	4.20	4.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	20.26
30	2046	4.20	4.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.93	0.93	20.26

出典：JICA 調査団

第3章 石炭荷揚げターミナルと積込み駅間の石炭運搬計画

3.1 PQA での石炭荷揚げ計画

現在 PQA の石炭荷揚げ施設としては、マージナルワーフ、IOCB2 か所の既設設備と建設中の PIBT がある。マージナルワーフは一般貨物を取扱っており石炭の取扱量は限定された数量にとどまっている。IOCB は PSM 専用になっており製鉄所で使用する石炭を取り扱っている。PIBT はバルクカーゴを取扱う新規施設を建設中である。これらの施設を図 3-1 に示す。



出典：JICA 調査団

図 3-1 カシム港の石炭取扱施設

3.1.1 Marginal Wharf

Marginal Wharf は水深が 9m と浅く、バースにより 25,000 から 35,000DWT の船舶が停泊できる。PQA は Marginal Wharf を輸入石炭の取扱いを目的として、単独の電力会社に対し専有使用免許 (concession) を与え使用する計画である。PQA はこの計画をすでに公式に発表し数社が現地を視察している。石炭取扱量は年間で約 400 万トンを予定している。

図 3-2 にマージナルワーフでの積降し作業とその背後にあるポートカシム駅ヤードを示す。



出典：JICA 調査団

図 3-2 船からカシム港駅ヤード内への石炭積み下ろし

3.1.2 Iron Ore and Coal Berth (IOCB)

IOCB は 50,000DWT までの船舶が停泊でき、年間 300 万トンの取扱いが可能である。しかし現在 PSM 民営化事業が進められおり、今後の事業の推移により新事業者の取組が確定できない状況となっている。今後の調査対象となる可能性はあるものの、現時点で IOCB における取扱量は今回の調査対象としない事とする。

3.1.3 パキスタン国際バルクターミナル (PIBT)

PIBT はカシム港内に石炭、クリンカー及び石炭を専門に取扱うターミナルとして計画され現在建設中である。Phase-1 では年間最大で石炭 1200 万トン、セメント、クリンカー 400 万トンを取扱う計画で概要は下記の通りとなっている。

- (1) 栈橋の長さは 460m で両側に係留用ドルフィンを備え、2 隻の 55,000DWT クラス船舶を同時に停泊させることが可能。
- (2) 荷揚げ設備として容量 1350ton/hr のアンローダーを 2 基備えている。
- (3) 岸壁の水深は 14m。
- (4) 栈橋は延長 2.5km のトレススル橋で貯蔵エリアと結ばれている。
- (5) トレススル橋には石炭(輸入)用とセメント・クリンカー(輸出)用、2 本のベルトコンベアーを設置する。

PIBT は石炭消費者からの需要が大きくなればターミナルの拡張を表明している。Phase-2 では 2 基のアンローダーを追加する事で石炭、セメント及びクリンカーを年間合計 2000 万トンの取扱量を予定している。一方 JST の調査によると、Phase-2 が完成した場合、年間 2800 万トンの取扱いが可能でそれ以上需要が高まれば追加のアンローダーを設置したバースを新設する事で取扱量の拡大が可能である。(本報告書の 3.2 節参照)

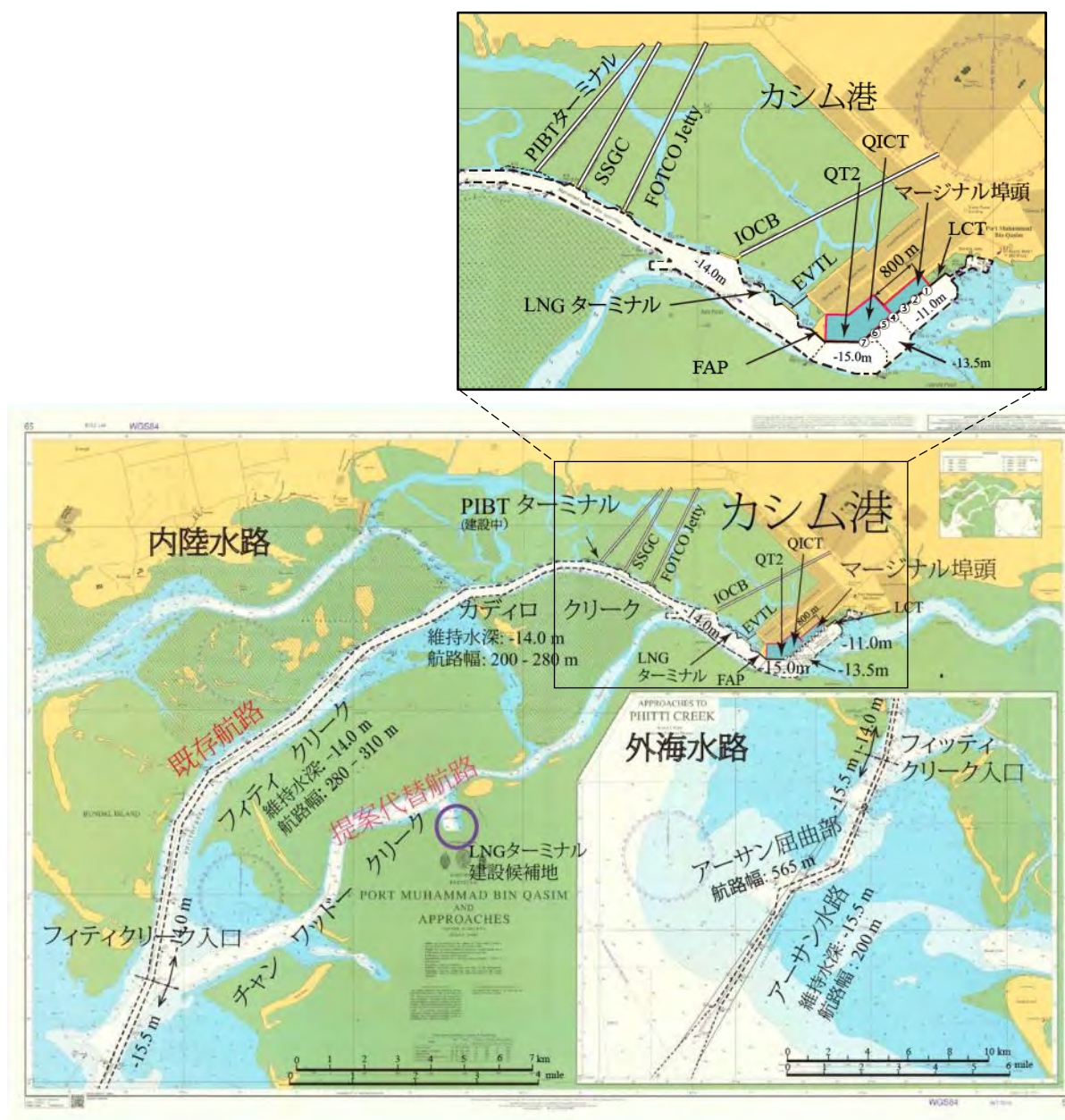
3.2 石炭荷揚げターミナルの潜在能力

3.2.1 潜在能力検討における前提条件

PIBT の石炭埠頭における荷揚げ能力は、航路の形状、港湾庁の運営規則および PIBT の石炭ターミナルの設計条件など、種々の影響要素によって決定される。

(1) 航路の形状によって決まる条件

カシム港へのアクセス航路は図 3-3 に示す形状である。



出典：英国海軍本部海図、調査団編集

図 3-3 アクセス航路およびカシム港のターミナル施設

アクセス航路はアーサン水路と呼ばれる海岸線より外側に位置する外海水路とフィッティ・クリークおよびカディロ・クリークからなる内陸水路から構成される。航路水深は、外海水路は -15.5 m、内陸水路は -14.0 m である。航路幅は 200~310 m の範囲であり、現在 1 レーンの航路として運営されている。

アクセス航路の全長は外海航路と内陸航路を合わせて 45 km である。

航路の最奥に PQA が管理するの埠頭があり、この埠頭には液体貨物ターミナル (LCT)、マージナル埠頭 (MW)、コンテナ・ターミナル (QICT および QT2)、および穀物・肥料ターミナル (FAP GT) がある。

埠頭の南東側は延長 1,500 m の岸壁があり、延長 800m のマージナル埠頭 (水深 -11.0 m、4 バース、各 200 m) と 700 m のコンテナ・ターミナル (QICT、水深-13.0 m、2 バース、各 300 m) に分割されている。埠頭の南側は最近開発されたコンテナ・ターミナル QT2 があり、岸壁延長は 600 m、水深-15.0m で 2 バースとして利用されている。

埠頭先端の三角形の地区は穀物・肥料ターミナルで FAP GT ターミナル (Fauji Akbar Portia Grain & Fertilizer Terminal) と呼ばれている。

航路の下流に向かって西側には、エングロ・ヴァポック化学ターミナル (EVTL)、液化天然ガス・ターミナル (LNG Terminal)、て鉱石・石炭バース (Iron Ore & Coal Berth、IOCB)、FOTCO 石油栈橋 (FOTCO Oil Jetty)、および液化石油ガス (SSGC LPG Terminal) の 5 本の栈橋がある。これらの栈橋のうち FOTCO 石油栈橋は BOT 方式で、その他の栈橋は BOO 方式によりそれぞれの民間会社が建設し自社の原材料や製品を扱っている。さらに西側には、パキスタン国際バルクターミナル (PIBT) が建設中である。

これらの各施設の構造様式、取扱貨物、接岸可能な港船諸元、および最近寄港した船舶の最大・最少寸法を表 3-1 に一覧表として示す。

表 3-1 カシム港の各施設の特性値

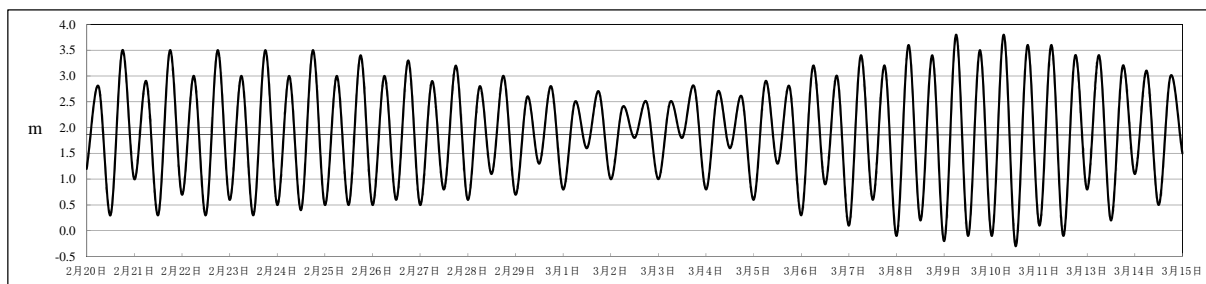
バース/ターミナル 略号	ターミナル名	構造様式	取扱品目	許容喫水 (m)	許容船長 LOA (m)	2016年1月24~3月15日の寄港船			
						船長LOA (m)		積載貨物量 (トン/ TEU*)	
						最大	最少	最大	最少
LCT	液体貨物ターミナル	栈橋	食用油	10	210	183	128	34,000	9,999
M/W Berth No.1	マージナル埠頭 (多目的埠頭)	埠頭	雑貨、一般貨物	10	225	144	100	16,500	4,616
M/W Berth No.2						200	32	40,000	329
M/W Berth No.3						200	32	23,532	359
M/W Berth No.4						200	32	42,470	1,120
QICT - 1	カシム国際コンテナターミナル	埠頭	コンテナ	12	310	337	207	4,670*	588*
QICT - 2						354	199	4,111*	3131*
QT2-I						334	255	2,637*	630*
QT2-II						334	222	3,743*	970*
FAP G.T.	ファウジ・アクバー穀物・肥料ターミナル	埠頭	穀物、肥料	13	250	229	185	64,581	28,845
				最大 75,000DWT					
EVTL-13	エングロ・ヴァポック化学ターミナル	栈橋	化学製品、液化石油ガス (LPG)	11	225	178	99	22,074	1,600
LNG - 1	LNG ターミナル	栈橋	液化天然ガス (LNG)	12	295	315	291	143,352	63,920
IOCB	鉄鉱石・石炭バース	栈橋	鉄鉱石、石炭	12.00	230	0	0	0	0
		栈橋							
FOTCO Oil Jetty	FOTCO石油栈橋	栈橋	燃料油、原油	13	245	250	180	69,999	10,033
		栈橋							
SSGC / LPG	LPGターミナル	栈橋	液化石油ガス (LPG)	10	163	139	99	6,821	1,697
PIBT	パキスタン国際バルクターミナル	栈橋	石炭、クリンカー						

出典：PQA Notice to Mariner No. 76/2015 および Daily Vessel Movement (PQA Web サイト)の情報をもとに調査団編集

マージナル埠頭においては 40,000 トンを超える貨物を積載した船が寄港しており、コンテナ・ターミナルにはポストパナマックス型のコンテナ船が寄港している。FAP GT や LNG ターミナルおよび FOTCO の石油ターミナルには 60,000DWT を超える船が寄港している。

一般に、寄港船は昼間に接岸している。一方、コンテナ・ターミナルおよび LNG ターミナルには夜間に接岸している船もある。

図 3-4 は 2 月 20 日から 3 月 15 日までの潮位変化を示しており、カシム港の潮位変化は一日 2 回潮であることがわかる。



出典：Daily Vessel Movement、PQA Web サイトのデータをもとに調査団作成

図 3-4 カシム港潮位変化（2016 年 2 月 20 日から 3 月 15 日、2016）

潮位の特性値は表 3-2 に示すとおりであり、潮差は最大 4 m である。

表 3-2 カシム港潮位表

潮位	略号	水路入口	カシム港
最高天文潮位	H.A.T.	+3.67 m	+4.01 m
大潮平均高潮位	M.H.H.W.	+3.10 m	+3.45 m
小潮平均高潮位	M.L.H.W.	+2.42 m	+2.66 m
平均水面	M.S.L.	+2.87 m	+2.03 m
小潮平均低潮位	M.H.L.W.	+1.32 m	+1.40 m
大潮平均低潮位	M.L.L.W.	+0.64 m	+0.62 m
最低天文潮位	LAT	-0.50 m	-0.57 m

出典：Pakistan Tide Tables 2015、パキスタン海軍水路部

潮流の速さは表 3-3 に示すとおりである。内陸水路では流れは水路沿い方向で、外海航路では北東モンスーンの時季には東寄り、南西モンスーンの時季には東寄りという 2 方向の流れが見られる。モンスーン時季の流れの速度は一般に 1 から 2 ノットであり、上げ潮時に比べ下げ潮時の方が速い。

表 3-3 潮流 (単位：ノット)

位置	上げ潮		下げ潮	
	最大	平均	最大	平均
外海水路	2.0	1.1	2.5	1.0
フィッティ・クリーク	2.2	1.3	2.8	1.1
カディロ・クリーク	1.2	0.8	1.9	1.0

出典：Port Qasim Project, Navigational Study, Report Feb. 1975

上記のように海図および PQA の公表情報に基づき、PIBT の荷揚げ能力の検討には次以下の

諸量をもちいることとする。

- a. 航路延長: 45 km (24.3 mile)
- b. 航路幅: 200m (一方通行)
- c. 行き違い: LNG 船は禁止、他の船種の場合には行き違いを行うこともある
- d. 内陸航路の水深:- 14m

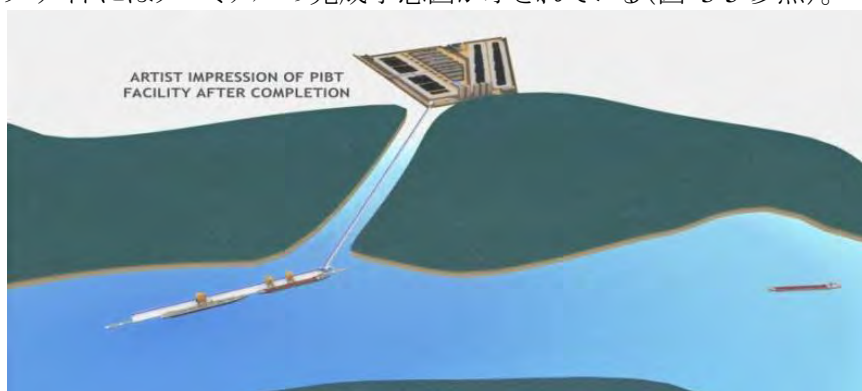
(2) PQA の規則による諸量

以下の諸量は PQA へのヒアリングにより得た現在のカシム港の運用規則および船舶航行に関する情報に基づいて設定した。

- a. 航路: 1 日 24 時間、年間 365 日通航可能 (夜間航行可能)
- b. 航行速度: 6 ~12 ノット
- c. アクセス航路の航行所要時間: マージナル埠頭まで 3.5 時間、LNG ターミナルまで 2.5 時間

(3) PIBT ターミナルの設計条件

PIBT のウェブサイトにはターミナルの完成予想図が示されている(図 3-5 参照)。



出典：PIBT のウェブサイト

図 3-5 PIBT のバルクターミナルの完成予想図

PC-1 計画書には次のような設計および計画条件が示されている。

- a. 対象船舶のサイズ: 石炭輸送船、55,000 DWT
- b. 埠頭延長: 460 m バース両側に係船柱を有する。
- c. バース数: 2 バース
- d. アンローダーの数: 2 基 (各バース 1 基)
- e. アンローダーの平均荷揚げ能力: 一基当たり時間 1,350 トン

(4) その他の諸量

PIBT ターミナルの運営に係る以下の諸量は PC-1 には示されていない。

- a. 埠頭の年間稼働日数
- b. 船の着岸に要する時間留
- c. 税関、入国管理、検疫手続きおよび荷役準備に要する時間
- d. 荷役終了等出発準備に要する時間
- e. 船の離岸に要する時間

PIBT の埠頭における荷揚げ能力を検討することを目的として、調査団の知見により世界の港において一般に用いられている値を採用することとし、その数値は表 3-4 に一覧表として示す。なお同表において*印で示した 55,000 トンの石炭を荷揚げに要する時間 (40.7 時間) は、アンローダー1 基 (効率 1,350 t/h) のみを使用した場合である。同時に 2 基使用することにより 1 船あたりの荷揚げに要する時間は 20.4 時間に短縮される。

表 3-4 埠頭における作業項目および各作業項目所要時間

作業項目	推定所要時間
1) 船の着岸	1.0 時間
2) 税関、入国管理、検疫手続きおよび荷役準備	1.5 時間
3) 1船(55,000トン)の石炭荷揚げ(アンローダー1基使用)	40.7 時間*
4) 荷役終了作業、船の出発準備	1.5 時間
5) 離岸、出発	1.0 時間
1サイクル合計所要時間	45.7 時間

注) * アンローダー1 基使用

出典：JICA 調査団

3.2.2 PIBT の提案計画の検討 (PC-I)

(1) PIBT バースの運用計画の検討

以下の PIBT バースの能力の検討においては、アクセス航路の航行に関するは無いものと仮定する。している。したがって、船舶はいつでも PIBT の埠頭に着岸し離岸可能と想定している。

55,000 トンの石炭を積載した船から荷揚げするのに要する時間は表 3-4 に示すとおり 45.7 時間と想定される。

PIBT は段階的に施設整備を行う計画を持っており、第一期計画では年間 8 百万トン、第二期計画では 12 百万トンを扱う計画である。平均 1 船あたり 55,000 トンの石炭が荷揚げされると仮定すると、第一期、および第二期計画において年間に寄港する船舶数はそれぞれ 145.5 隻、218.2 隻と推計される (表 3-5 参照)。一隻あたりの合計作業時間は 45.7 時間であるため、第一期、第二期計画において埠頭における 1 バースあたりの年間作業時間の合計はそれぞれ 3,327 時間 (139 日) および 4,990 時間 (208 日) となる。

表 3-5 の右端に示したバース占有率 (BOR) はバースの混雑程度を表す指標であり、年間総時間に対するそのバースにおける船の総係留時間 (通常、着岸および離岸に要する時間すなわち表 3-4 における作業項目 1)および 5)を含まない時間) の割合である。船が不規則に到着するものという前提で、一般にバース占有率が 60%を超えると船待ちが発生し、70%を超えると急激に船待ち時間が増大するといわれている。

表 3-5 年間寄港船数とバース占有率の計算

フェーズ	年間総荷揚げ量 (トン/年) (1)	1船あたりの貨物量 (トン) (2)	年間寄港船 (隻) (3) [=(1)/(2)]	合計所要時間 (時間) (4) [=(3) x 45.74]	バース数 (5)	バースあたり合計作業時間 (時間) (6) [=(4)/(5)]	バース占有率 (BOR) (7)
稼働当初	8,000,000	55,000	145.5	6,653	2	3,327	34.7%
第一期	12,000,000	55,000	218.2	9,980	2	4,990	52.0%

出典：JICA 調査団

PC-1 計画の第二期におけるバース占有率は 52% で 60% より少ない。したがって、第二期経過においても PIBT の埠頭は寄港船を待たせることなく円滑に荷揚げ作業が行うことができると判定される。ただし、これは航路による制約がないという条件の下での評価であることに注意されたい。平均寄港頻度は第一期計画では 4 日一度、第二期計画では 3 日に一度である。

3.2.3 PIBT の埠頭における荷揚げ能力増大方策

(1) 埠頭の能力の強化策

埠頭の能力はより多くの船を寄港させることにより増大することが可能である。寄港船の数を増加するには次のような段階的強化策が考えられる。

第一段階: 埠頭の空き時間を減少させる。すなわち荷揚げを終えた船が出港してから次の船が着岸するまでの時間を短縮する。

第二段階: アンローダーを追加することにより、荷揚げ効率を高め、作業時間を短縮する

第三段階: バースを増設し 3 船同時に荷揚げ作業ができるようにする。

(2) 能力増強策第一段階

表 3-6 に年間総荷揚げ量を増加した場合のバース占有率の増加を示す。

表 3-6 年間荷揚げ量とバース占有率

年間荷揚げ量 (トン/年)	1船あたりの 貨物量 (トン/隻)	寄港船数 (隻)	アンローダーの 数 (基/バース)	1船あたり荷役 時間 (時間)	年間所要時 間 (時間)	バースあたり 所要時間 (時間)	バース占 有率 BOR (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
		[(1) / (2)]			[(3) x (5)]	[(6)/2]	
4,000,000	55,000	72.7	1	45.7	3,327	1,663	18.2%
8,000,000	55,000	145.5	1	45.7	6,653	3,327	36.3%
12,000,000	55,000	218.2	1	45.7	9,980	4,990	54.5%
18,000,000	55,000	327.3	1	45.7	14,970	7,485	81.7%
20,000,000	55,000	363.6	1	45.7	16,633	8,316	90.8%

出典：JICA 調査団

提案計画 (PC-I) には PIBT の埠頭での年間作業日数は示されていないけれども、年間作業日数は 365 日より少なく、年間 20 日から 30 日は施設の定期点検維持補修や悪天候や機械のトラブルにより荷揚げ作業が休止すると考えるのが合理的である。そのため、定期点検のために年間 12 日 (月 1 日)、悪天候や機械のトラブルによる休止日数として 13 日を想定し、年間の作業可能日数を 340 日と仮定した。したがって、年間の総作業時間は 8,160 時間 (=24 時間 x 340 日) となる。したがって表 3-6 の第(7)欄から PIBT の提案計画では最大 18 百万トンと判定される。この場合のバース占有率は 80% を超えており、寄港船は PIBT の埠頭に係留されるまでに数日沖合で待たされることが想定される。

(3) 能力強化第二段階

アンローダーをバースあたり1基ずつ追加し、1船あたり2基のアンローダーを同時に運転することにより、荷揚げ効率は倍になり、所要時間は半分の20.4時間に短縮される(= 55,000トン/[1,350 x 2 t/h])。その結果埠頭作業の1サイクルは離着岸および準備時間を含めて25.4時間に短縮される。またPIBTの埠頭はマージナル埠頭から下流側4.5海里の位置にあることを考慮し、航行速度を8ノットと想定する、航路の入り口からPIBT埠頭までの航行時間はマージナル埠頭までの航行時間より0.5時間短いと考えられる。航路の入り口からマージナル埠頭までの航行時間が3.5時間であることから、航路の入り口とPIBTバースの間の航行時間は3時間と想定される。したがって、入港および出向の航行時間を含めた1サイクル全体の所要時間は31.4 hours (=25.4 + 3.0 + 3.0) と算定される。

実際の運用形態として、埠頭はスケジュールに従った一連の繰り返し作業を行うのが一般的である。そのため、1サイクルの所要時間が32時間未満であることから、バースあたり4日間に3船を扱うことが可能である。このスケジュールで運用した場合のPIBTバースにおける作業は図3-6に示す流れとなる。

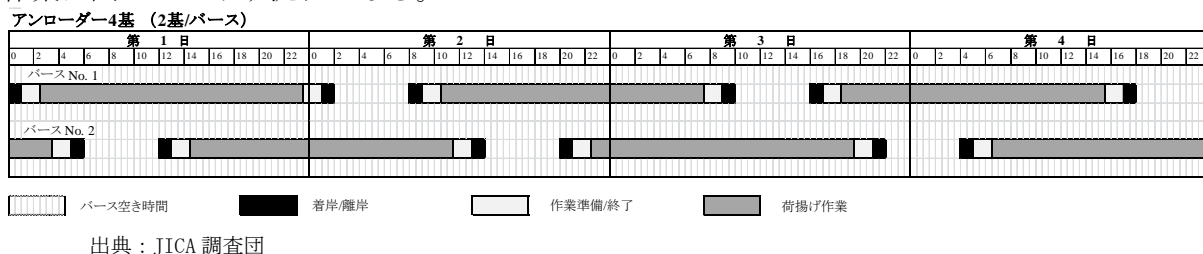


図 3-6 予想される PIBT バースの運用形態

上記(2)で述べたように、定期点検維持補修や悪天候や機械のトラブルにより年間25日間荷役作業が休止すると考えて、年間の作業日数を340日と仮定した場合の年間取扱能力の推計を行った。その結果は表3-7第(5)欄に示すとおり、総貨物取扱量は2バースで28.1百万トンとなる。

表 3-7 アンローダーを2基追加した場合のPIBTバースの能力

年間作業日数 (日)	年間寄港船 (隻)	1船あたり貨物量 (トン)	バースあたり 貨物量 (トン)	総貨物取扱量 (2バース) (トン)	バース占有時間 (時間)	バース占有率 BOR (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
340	[(1) x (3/4)] 255.0	55,000	[(2) x (3)] 14,025,000	[(4) x 2] 28,050,000	[(2) x 23.4 時間] 5,967.0	[(6) / 365 日 / 24 時間] 68.1%

出典：JICA 調査団

バース占有率は2つのケースでそれぞれ66.1%と68.1%と推計され、船待ちが生じるほど埠頭は混雑することが予想される。

また、年間27~28百万トン荷揚げするには、図3-6に示すスケジュールで船舶が接岸する必要がある。そのためには、寄港船は沖合の投錨地で待機し、PIBTのバースが空き航路に侵入できるよう準備しておく必要がある。また、埠頭での荷役サイクルを保持するためには、PIBTは船社やエージェントに対し、スケジュールに従って船を運航するよう要請することも必要となる。

さらに、PIBTに寄港する船舶はPIBTの埠頭に時刻通りに接岸することが要請され、そのた

めにはいつでもアクセス航路に侵入することが許可されなければならない。したがって、航路通航に制約が無いよう十分な航路の容量でなければならず、2レーンの交互通航が可能な航路が望まれる。

航路要領については3.2.4節で述べる。

(4) 能力強化第三段階

第三バースを建設することにより、PIBTの荷揚げ能力は2バースの場合に比べて1.5倍となる。しかし第二段階と同様に、アクセス航路の通航に係る制約がなく、任意の時刻に航路に侵入できることがが所要条件となる。

3.2.4 航路の制約と対処法策

PQAが航路を拡幅し2レーンの航路として運用することが最も望まれる。航路が2レーンとなり交互通航が可能となれば任意の時刻に入港、出港することが可能となる。PQAは交互通航の航路を整備するための調査を実施中であり、その一案としてチャンウッドクリーク（図3-3参照）を航路として利用することが検討されている。

既存航路の拡幅、あるいは新しいアクセス航路を整備することにより2レーンの航路が完成するまでの間、何らかの方法より増加する寄港船に対処する必要がある。既存の1レーン航路の容量を強化するための方策について以下に検討する。PQAが2レーンの航路を整備するまでの間、以下に述べるような対策が講じられることが望まれる。

(1) 1レーン航路の容量

PQAは過去5年間の港湾統計を公表している（表3-8参照）。年間寄港船数は2010会計年度には1,229隻であったけれども翌年の2011会計年度には1,083隻に減少している。2012年までに航路が-12mから-14mまで浚渫増深されたことに鑑みれば、船社が大型船を運航させたことによると考えられる。実際、コンテナ船の平均積み卸しコンテナ数は2010会計年度から2011会計年度にかけて、寄港船数は651隻から525隻まで約20%減少したにもかかわらず、1船あたりの積み卸しコンテナ数は1,197TEUから1,394TEUまで増加している（表3-9参照）。

表3-8および表3-9より、2014会計年度には寄港船数が1,280隻（1日平均3.5隻）に、また取扱貨物量は3百万トンにそれぞれ前年度より20%増加している。こうした増加はパキスタンのGDPの増加率に上昇に追随している（世界銀行データによれば、パキスタンのGDP増加率は2010年には1.6%、2011年には2.7%、2012年には3.5%、2013年には4.4%、2014年には4.7%であった）。

表 3-8 カシム港各ターミナルの寄港船数

ターミナル	会計年度(6月末)				
	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15
液体貨物ターミナル	138	135	113	121	122
マージナル埠頭	124	62	115	103	142
穀物・肥料ターミナル	-	49	61	43	46
エングロ・ヴォパック化学ターミナル	125	123	130	126	153
LNGターミナル	-	-	-	-	5
鉄鉱石・石炭バース	17	10	13	8	21
フォトコ石油棧橋	166	144	130	112	144
LPGターミナル	8	84	9	-	-
コンテナターミナル	651	525	545	559	647
合計寄港船数	1,229	1,083	1,055	1,072	1,280

出典：PQA ウェブサイト、調査団編集

表 3-9 コンテナ船の寄港数と取扱いコンテナ数

諸量	会計年度 (6月終了)				
	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15
コンテナターミナル (4 バース)					
コンテナ取扱量 (1,000 TEU)	779	732	722	854	971
寄港船数 (隻)	651	525	545	559	647
一船あたりの積み卸しコンテナ数 (TEU)	1,197	1,394	1,325	1,528	1,501
コンテナ貨物量 (1,000 t)	10,027	9,820	10,245	10,988	12,643
t/TEU	12.9	13.4	14.2	12.9	13.0
カシム港全体の取扱量(1,000 t)	25,168	24,025	24,859	25,775	30,014

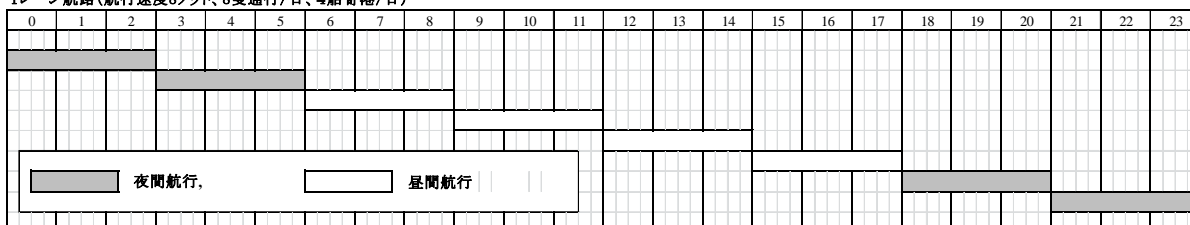
Source: PQA Web Site

出典：Vessel Berthing Report, PQA ウェブサイト

国の経済成長および PIBT を含む新たなターミナルの開設に伴って寄港船の数は増加傾向にあり、近い将来航路の容量を超えることが予想される。以下は船舶航行の制約条件となる航路の容量の検討と可能な容量拡大方策である。

既存航路は1レーン航路であり、水路全区間にわたって一度に一隻のみしか通航が許可されない。夜間航行が可能であり、航路の入り口からカシム港各ターミナルまでの航行時間を平均3時間（航行速度8ノットに相当）と想定すると、1日8回の通航が可能となる（図3-7参照）。1隻の船がカシム港に寄港するには、入港と出港で航路を2回通過せねばならないので、1日あたり4隻しか寄港できない。これは年間1,460隻の寄港船数に相当する。

1レーン航路(航行速度8ノット、8隻通行/日、4船寄港/日)



出典：JICA 調査団

図 3-7 1レーン航路の運用図式（航行速度8ノット）

寄港船の数は2014会計年度には1,280隻であり、今後国の経済成長と共に増加すると予想される。PIBTがフル稼働すれば1年間に寄港すると予想される500隻を受け入れるためには、航路の容量を増大するための何らかの方策を取る必要がある。

(2) 航路の容量増大方策

a. 行き違いレーンの建設

1レーン航路の容量を増大する手段の一つとして、行き違い区間（2レーン区間）を建設することであり、これにより入港船とい出港船がこの区間ですれ違うことができる。最近のグーグル写真（2015年12月22日撮影、図3-8）は2隻のコンテナ船（1隻はパナマックス型、もう一隻はポストパナマックス型）が、互いに逆の方向にフィッティ・クリークを同時に航行している。これはPQAが航路幅の広い同クリークで入出港船のすれ違いを許可していると考えられる。



出典：Google Earth（2015年12月22日撮影）、調査団編集

図 3-8 コンテナ船 2 隻が互いに逆方向に 1 レーン航路を航行

水路の中間に行き違いレーンを設けることにより入港船と出港船の 2 隻が同時に逆方向に航行することが可能となる。昼間に行き違いが許可されるなら、1日当たりの寄港船数は 2 隻（4 航行）増加し、これにより年間 2,190 隻の寄港が可能となる。さらに、夜間も行き違い可能となれば 1 日当たりの容量は 4 隻増加し、年間 2,190 隻の通行が可能となる。表 3-10 は行き違いレーンの有無、および航行速度の違いによる航路容量を一覧表に示したものである。

表 3-10 行き違いレーンを設けることによる航路容量の増加

航行速度 ノット	航行時間 時間	1日当たり寄港船数			年間最大寄港船数		
		1レーン航路			1レーン航路		
		行違い不可	行き違い可		行違い不可	行き違い可	
		24時間不可	昼間のみ	昼夜可能	24時間不可	昼間のみ	昼夜可能
8	3.0	4	6	8	1,460	2,190	2,920

出典：JICA 調査団

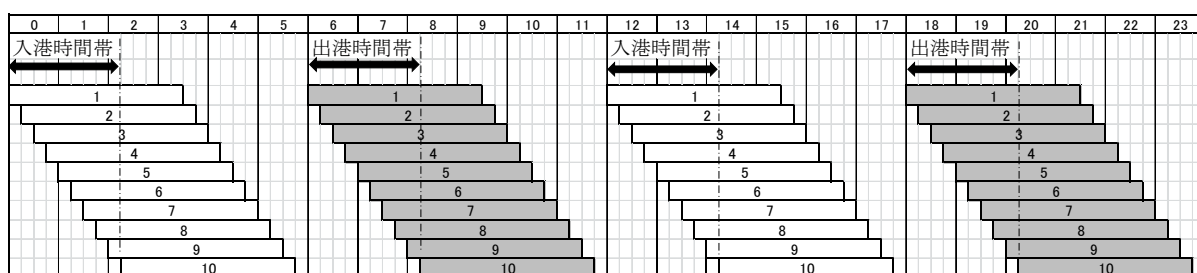
b. 入出港船の航行時間帯の設定

航路容量を増加するもう一つの方法は一定の時間間隔で航行方向を替えることである。この手法を以下入出港時間帯と呼ぶことにする。入出港時間帯が設定されれば、その時間帯の間、航路は一方通航となる。

スエズ運河も上記の2方法を組み合わせることにより、1レーン航路の容量を増加させており、年間の約15,000隻の船が通航している。なお、15,000は運河通航回数であるので、港湾のアクセス航路にあてはめれば寄港船の数としては半分となる。

カシム港は1日2回潮であるので、入出港時間帯は6時間毎に切り替え、船舶の運航間隔を15分程度（8ノットの速度では間隔は2海里）と想定するのが实际的である。このように想定した航路運用方式を図示したものが図3-9である。同図の航路運用方式に従えば、入港時間帯は00:00~02:15と12:00~14:15の2回、出港時間帯は06:00~8:15と18:00~20:15となる。各時間帯の時間は2時間15分である。

この運用方式により、毎日20隻が入港、20隻が出向可能である。しかし、カシム港区域内には投錨地が無いので係留予定のバースが空いていなければ入港することはできないため、航路の容量は埠頭の運用形態によっても左右される。

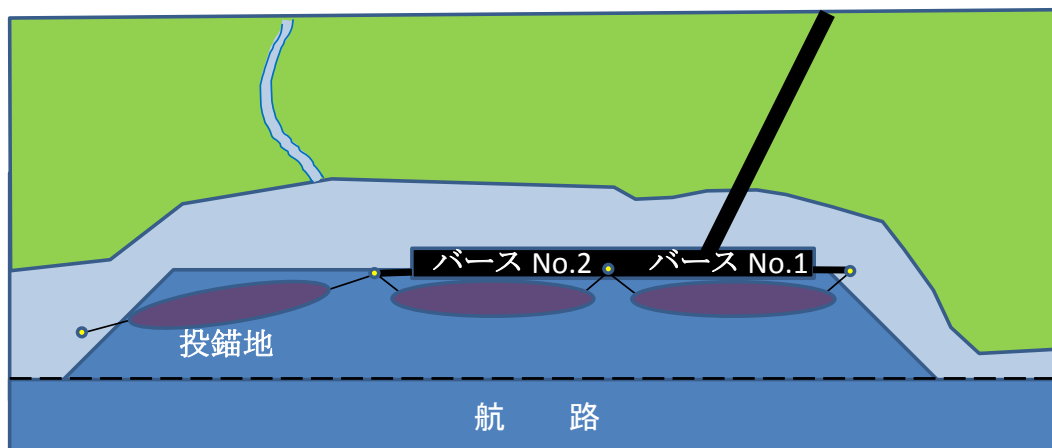


出典：JICA 調査団

図 3-9 入出港時間帯を設定した場合の航路運用形態

3.2.5 入出港時間帯が設定された場合の PIBT バースの運用形態

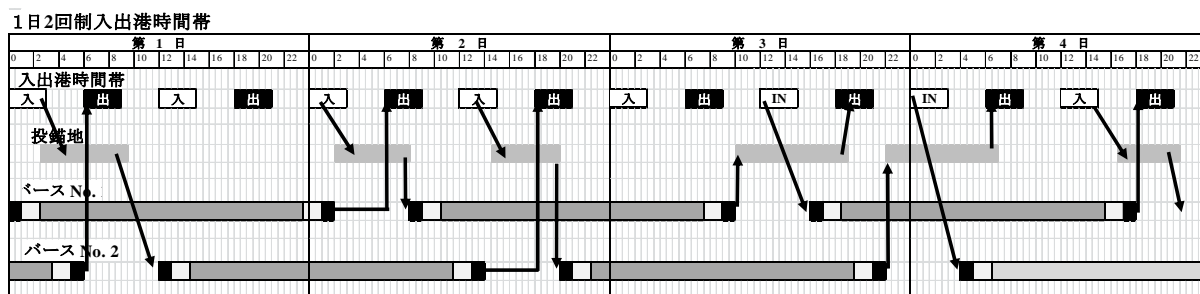
PIBT の埠頭における荷役作業のサイクルと航路の入出港時間帯のさいくるとは一致しないので、出航予定の船が出港時間帯まで埠頭で待たされることや、入港予定の船がPIBTのバースが空いても入港時間帯まで航路に侵入できないということが起こる。このような出港や入港の遅れが発生すればPIBTのターミナルの能力の減少となる。こうした到着や出発の遅れを避けるため投錨あるいは係留水域が必要となる。投錨（係留）水域としては図3-10に示すようにPIBTの埠頭付近が望ましい。



出典：JICA 調査団

図 3-10 PIBT バースのための投錨水域の推奨位置

6 時間ごとに切り替わる入出港時間帯が設定された場合の埠頭運用方式を図示したものが図 3-11 である。投錨地を利用することにより、4 日間に 6 隻（バースあたり 3 隻/4 日）の荷揚げ作業が可能となり、年間 27 から 28 百万トンの石炭を扱うことが可能となる。



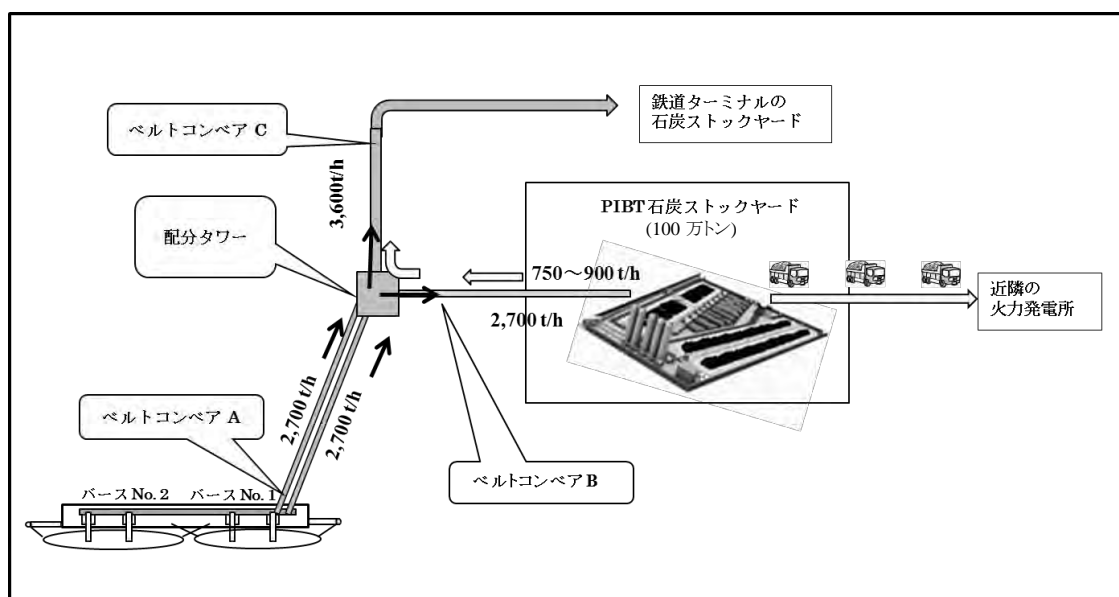
出典：JICA 調査団

図 3-11 入出港時間帯が設定された場合の船舶配置計画

3.2.6 ベルトコンベアー・システムの所要能力

埠頭から PIBT の石炭ストックヤードおよび鉄道の石炭積み込みターミナルの石炭ストックヤードに輸送するベルトコンベアー・システムは 3 つの部分から構成される (図 3-12 参照)。

- a. 埠頭と石炭輸送の方向を PIBT のストックヤードと鉄道ターミナルとに切り替える分配タワーを結ぶベルトコンベアー (ベルトコンベアーA)。
- b. 分配タワーと PIBT の石炭ストックヤードを結ぶベルトコンベアー (ベルトコンベアーB)。
- c. 分配タワーと鉄道の石炭積み込みターミナルの石炭ストックヤードを結ぶベルトコンベアー (ベルトコンベアーC)。



出典：JICA 調査団

図 3-12 ベルトコンベア・システムと所要能力

ベルトコンベア A は埠頭のアンローダーと同期して稼働する必要がある。2 隻同時に荷揚げ作業が行われる場合には、4 基のアンローダーがそれぞれ 1,350 t/h の効率で荷揚げするので、ベルトコンベア A は 5,600 t/h (=1,350 x 4) の能力を持つ必要がある。

1 隻の船から荷揚げされた石炭は直接鉄道ターミナルの石炭ストックヤードに輸送するという設計条件であるので、2 隻同時に荷揚げ作業が行われる時間帯には片方の船から荷揚げされた石炭は PIBT の石炭ストックヤードに輸送する必要がある。したがってベルトコンベア B の能力は 2,700t/h が必要となる。

図 3-6 に示した埠頭上の荷揚げ作業計画に従えば、4 日間で 6 隻の船の荷揚げが行われる。したがって埠頭における 1 日平均荷揚げ量は 82,500 t/day (=55,000 トン x 6 隻 / 4 日) となり、これは時間あたり 3,438 t/h (=82,500 トン / 24 時間) となる。そのため、ベルトコンベア C は埠頭から直接鉄道ターミナルに輸送する 2,700t/h に加えて、一旦 PIBT の石炭ストックヤードに置かれた石炭を鉄道ターミナルに輸送するための能力 735 t/h が必要とされ、合わせて 3,500 t/h 以上の能力を持つことが要請される。

具体的な点検方法、点検スケジュールの検討は詳細設計の段階で行われるので、本件調査の段階では想定したオペレーション方法・スケジュールを適用した場合、点検や修理に必要な時間を確保しつつ所要の能力が発揮できることを確認できれば良いと考えられる。

荷役システムの点検や修理は荷役機械やベルトコンベアを停止して行うものと考え、毎年 1 回の総合点検、毎月一回の定期点検および毎週・毎日の点検を想定する。年 1 回の総合点検は、すべてのベルトコンベアおよび荷役機械を停止して行うと考え、3 日程度必要と想定している。毎月の定期点検はバース毎に行えるよう、埠頭から配分タワーまでのベルトコンベア A は 2 系統設置 (Phase 2 ではアンローダーと共にベルトコンベアも追加されると考えている) することを想定している。したがって、一方のバースは他方のバースが休止中でも作業は継続することができる。配分タワーと PIBT のストックヤードを結ぶベルトコンベア B および同タワーと鉄道駅のストックヤードを結ぶベルトコンベア C の 2 系統のベルトコンベア

アは、埠頭の荷役機械の点検の日（2 バースをそれぞれ別の日に実施するので、毎月 2 回）に合わせて実施することにより、ベルトコンベア B あるいは C を停止して点検を行うことができる。

その他の毎週・毎日の点検は、バース上の荷役機械が停止している時間帯（それぞれのバースにおいて、荷役終了から次の船の荷役開始まで 6 時間以上の停止時間がある）に実施することが可能である。

3.2.7 結論

以上の議論を取りまとめ、PIBT の石炭荷揚げ能力を年間 28 百万トンに増強する方策は以下のとおりである。

PIBT は以下の対策を講じる必要がある。

- (1) 2 基のアンローダーを追加設置し、1 隻あたり 2 基のアンローダーを同時に稼働させる、
- (2) 埠頭での荷揚げ作業日数を年間 340 日とする
- (3) 航路が 2 レーンに拡幅されず交互交通が不可能である場合には、埠頭に隣接して係留水域を設ける。
- (4) 船社やエージェントに対して PIBT の埠頭運用スケジュールに合わせて外海の投錨地に到着するよう運航を行うよう要請する。

PQA は航路の容量を増加するため、以下の対策を講じる必要がある

- (1) 行き違いレーンを建設するかあるいは入出港時間帯の設定を行う。
- (2) 既存航路の拡幅あるいは新水路の建設を行い、2レーンの通航を可能とする。

3.3 マージナル埠頭の潜在能力

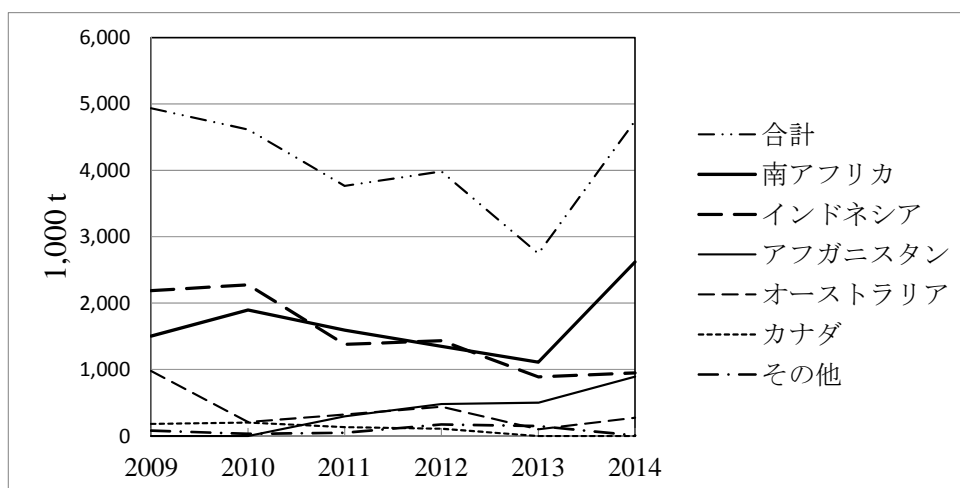
PQA は PIBT が商業ベースで石炭を扱う唯一のターミナルととする一方、マージナル埠頭のバース No. 3 および No. 4 をコンセッション契約により自社の貨物を扱う専用岸壁として民間会社にリースする方針である。PQA はすでに民間会社に対しコンセッションの提案書を公募している。このように、マージナル埠頭のバース No.3 および No. 4 は特定の電力会社の専用石炭ターミナルとして使用される可能性が高い。

本節ではマージナル埠頭のバース No. 3 および No. 4 が石炭専用ターミナルとして使用された場合の石炭取扱能力を検討する。

3.3.1 マージナル埠頭に寄港する石炭専用船のサイズの推定

パキスタンの主な石炭輸入元は図 3-13 に見られるように、南アフリカおよびインドネシアである。2009～2014 会計年度のこれら 2 か国からの石炭輸入量のシェアは 70%を超えている。

南アフリカのリチャードベイ（ダーバン港の近くに位置する）石炭ターミナルおよびインドネシアの北プラウ・ラウト石炭ターミナル（南カリマンタンに位置する）からカシム港までの海上輸送距離はいずれも 3,800 海里強で、ほぼ同じである。このように主要な輸出 2 か国からの距離は共に大きいので、大型化の経済利益を得るため、船社や荷主は接岸できる最大船型の船を用いる傾向にある。



出典：UN Comtrade Database (<http://comtrade.un.org/>)、調査団編集

図 3-13 国別石炭輸入量の変遷

マージナル埠頭の水深は - 11m であり、PQA は喫水-10.5 m までの船舶しか同埠頭の利用を許可していない。そのため、マージナル埠頭を利用する石炭輸送船最大サイズは 35,000 DWT (満載喫水 10.5m) である。2016 年 1 月 24 日から 3 月 15 日までの期間中、3 隻の石炭輸送船がマージナル埠頭に接岸している (表 3-11 参照)。これら三隻の船の石炭積載量は 35,000 トンから 42,750 トンであり、三隻共に 3 日間のうちに石炭の荷揚げを完了している。また 1 日の最大荷揚げ量は 23,120 トンである。これは 24 時間連続荷役とした場合、時間当たり 963 トンに相当する。表 3-11 に見られるように、1 日当たり平均 15,000 トン (船上クレーン利用) と推定される。

表 3-11 マージナル埠頭に接岸した石炭船 (2016 年 1 月 24 日～3 月 15 日)

バース	船名	船長 (m)	喫水 (m)	着岸 (日) (時)	積載量 (t)	荷揚げ量			離岸 (日) (時)
						第一日 (t)	第二日 (t)	第三日 (t)	
M/W-IV	M.V- KONKAR THEODOROS	198	-	2月19日	42,470	2月19日	2月20日	2月21日	2月22日
				10:30		15,760	23,120	3,590	7:40
M/W-II	M.T- STAR GLOBE	190	9.36	2月27日	35,000	2月27日	2月28日	2月29日	3月1日
				16:02		7,028	15,738	12,234	6:30
M/W-II	M.V- ALAM MUTIARA	200	9.85	3月1日	40,000	3月1日	3月2日	3月3日	3月4日
				10:00		13,100	15,214	11,686	7:05

出典：Daily Vessel Movement、Download Report、PQA Web サイト、調査団編集

3.3.2 マージナル埠頭バース No. 3 および No. 4 の 石炭荷揚げ潜在能力の検討

マージナル埠頭における石炭荷揚げ能力の検討は以下の条件の下に行っている。

- 船の平均積載量は PQA の接岸記録に基づき、40,000 トンと想定。
- 石炭荷揚げ能力効率は 600 トン/時間 (=14,400 トン/日)

注) 2016 年 2 月 29 日には 23,120 トンの石炭を荷揚げした記録があるけれども、安定した連続に荷役作業を行うため、平均値よりやや少ない効率を想定している。なおこの効率は容量 6 トンのグラブバケットを装着した 4 基の船上クレーンを用い、1 サイクル 2.5 分 (時間当たり 25 回) で運転することを想定したものである。

- 着岸・離岸および荷揚げ作業準備・終了に要する時間は合計 5 時間と想定。

- d. PQA の船舶接岸記録(表 3-11)にに基づき、1 船あたり3 日間で一連の作業を完了するものと想定。
- e. バースNo. 3 およびNo.4のどちらか一方のバースにおいて荷揚げ作業を行うものとし、その作業が行われている間に他方のバースには次の船を係留する。

荷揚げ能力は表 3-12 に示すように計算され、マージなる埠頭バース No. 3 および No. 4 の 2 バースで、年間 4 百万トンの石炭を取り扱うことができると判定される。

表 3-12 バース No. 3 および No.4 の荷揚げ能力の計算

項目	番号	計算	量	単位
平均船舶積載量	(1)		40,000	トン/船
アンローダー荷役効率	(2)		600	トン/時間
1船あたりの荷揚げ時間	(3)	$[(1)/(2)]$	66.7	時間
1船あたりの付加作業時間	(4)		5	時間
荷役前後の準備時間	(5)	$[(3)+(4)]$	71.7	時間
作業1サイクルの時間	(6)		3 (72)	日 (時間)
年間作業日数	(7)		300	日
年間寄港船数	(8)	$[(7)/3]$	100	隻
年間荷揚げ量	(9)	$[(1) \times (8)]$	4,000,000	トン
バース占有率 (BOR、2バースの場合)	(10)		39.9	%

出典：JICA 調査団

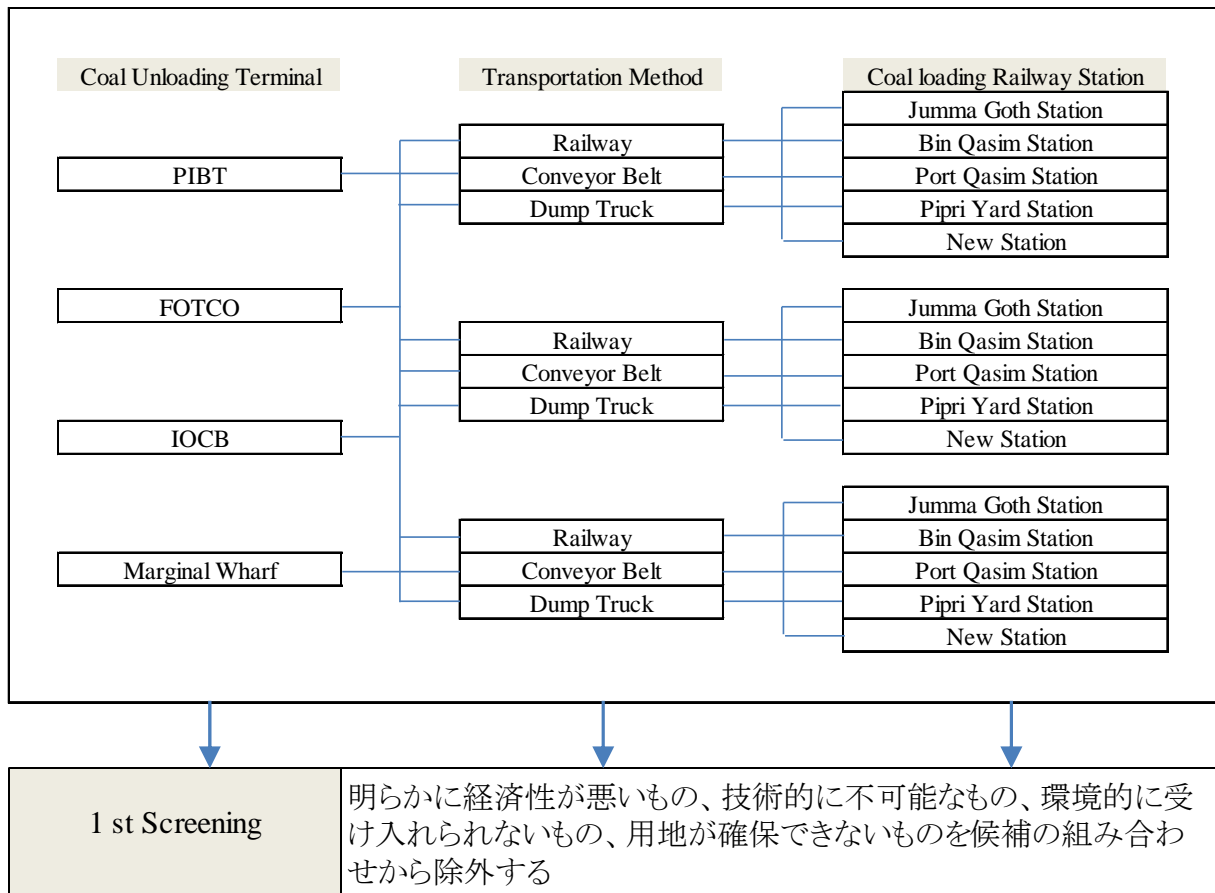
3.4 石炭輸送計画のスクリーニング

3.4.1 一回目のスクリーニングの手順

適切な輸送計画を立案するため、本調査では図 3-14 に示す通り、スクリーニングにより、石炭荷揚げターミナルから石炭ターミナル駅間の輸送方法の組み合わせを選定する。

一回目のスクリーニングでは、明らかに経済性の悪いものや技術的に不可能なもの、積み荷に必要な土地が確保できないもの等を候補から除外する。

なお、一回目のスクリーニングでは可能性のある全ての荷揚げターミナル・鉄道本線間の輸送手段を比較する。



出典：JICA 調査団

図 3-14 組み合わせ模式図

3.4.2 評価項目

(1) 地形

鉄道輸送の場合、以下に示す PR の設計基準に従って最急勾配を 5‰(0.5%)以下としなければならない。

表 3-13 PR の鉄道技術基準

項目	諸元
軌間	広軌 1,676mm
	メーターゲージ 1,000mm
軸重	Group I: 23.3 ton, 22.86 ton, 19.3 ton
	Group II: 17.78 ton
	Group III: 17.27 ton
	Group IV: 16.76 ton
	Group V: 13.21 ton
最小曲線半径	10 degree (=175m)
最大勾配	5‰ (0.5%)
最高速度	120km/h
	(planned and designed, in operation depend on the condition of line)

出典：Pakistan Railways

建設現場が 5‰より急な勾配を必要とするような場合、軌道の線形を変更して 5‰以下の勾配となるようにしなければならない。地形条件が迂回を許さない場合には、橋梁、トンネル、大規模切土等の土木工事によって解決することとなる。

上記のような土木工事による解決が経済／財務的に実行が困難な場合には、他の輸送手段を採用することになる。

ベルトコンベアー及びダンプトラックによる輸送の場合、地形条件が問題となることは少ない。

鉄道の場合、最小半径や最急勾配等の技術的制約により輸送ルートを選択肢は非常に限られている。平地区間においてもオイルやガス管が路線を横切っている場合、それらの障害物を迂回するために建設費が増加する。

ベルトコンベアーシステムは、鉄道に比較してルート選定の際の障害は少ないが、機械的な性質上ルートは直線の組み合わせとなる。ベルトコンベイヤーが方向を変える地点には接続塔を建設する必要がある。直線部においても 1 本のベルトには長さ制限がある。そのため、多くの接続塔や長大な距離のセクションを有する場合、建設費や O&M 費の観点からベルトコンベアーシステムは推奨し難い。

ダンプトラックによる石炭輸送は、そのルートや輸送距離の面において最も柔軟に対応できる手段である。しかし、1 台あたりの輸送量から長距離、大量輸送には適していない。また大量輸送の場合、専用道路であれば問題ないが、他の車両と道路を共用する場合占有率の高さが問題となる。

(2) 環境問題

市街地において石炭の輸送や貯蔵等の取扱いを行う場合、微細な粉塵の飛散による公害問題を引き起こすことは避けがたい。貨車やダンプトラックによって石炭を輸送する場合、カバーを用いることによって粉塵の飛散を減少させることは可能である。また、市街地においてベルトコンベアーによる石炭輸送を行う場合、天井、側面及び床面を覆う必要がある。

石炭のストックヤードを市街地に設けた場合、カバーをかける事が困難であるため粉塵の問題が必ず生じる。したがって、市街地の近傍に石炭のストックヤードを設けるべきではない。

(3) 石炭ストックヤードの建設用地

石炭積み下ろしターミナルから鉄道またはベルトコンベアーによる輸送が選択された場合、構造物建設の用地が必要となる。もし、そのための用地取得が不可能或いは非常に困難である場合、それらの輸送方法を選択することはできない。

石炭輸送システムが複数の種類の石炭を取り扱う場合、効率的な積み込み作業を行うために積み込み駅の近傍に石炭のストックヤードを設けることが必須である。ストックヤードが無い場合、石炭の種類が変更されるたびにベルトコンベアー上の石炭を取り除く必要がある。巨大な貯炭曹をホッパー上部に設けることによってストックヤードの代用とする方法もあるが、ストックヤードを用いる場合に比較して効率的とは言い難い。

3.4.3 第一回スクリーニング

3.4.1 節において記述したとおり、(石炭積み下ろしターミナル)－(石炭輸送手段)－(石炭積み込み駅)の全ての組み合わせについて、3.4.2 節で述べた諸点を考慮して以下の3種類の評価に区分した。

表 3-14 第1回スクリーニング評価区分

評価区分	N.A.	適用不可
	N.R.	適用可なるも推奨せず
	A.P.	適用可

出典：JICA 調査団

(1) PIBT からの輸送のケース

PIBT からの輸送の場合、表 3-15 に示すように2通りの方法のみが適用可能である。

表 3-15 PIBT からの石炭輸送

石炭積み下ろしターミナル(CUT)	石炭輸送方法	石炭積み込み駅(CLS)	評価	注記
PIBT	鉄道	ジュマ ゴース 駅	N.A.	CUT～CLT間の勾配が石炭列車には急すぎるため適用不可。
		ビン カシム 駅	N.A.	同上
		カシム 港 駅	N.A.	新線建設用地が得られないため。
		ビブリ 操車場	N.A.	同上
		新駅(NESPAK案)	N.A.	同上
	コンベヤーベルト	ジュマ ゴース 駅	N.R.	地域住民との間で環境問題が発生する可能性が高い。
		ビン カシム 駅	N.R.	同上
		カシム 港 駅	N.R.	運搬距離が長い。(9.2 km).
		ビブリ 操車場	N.R.	運搬距離が非常に長い。(14.5km).
		新駅(NESPAK案)	A.P.	運搬距離 4.8km.
	ダンプトラック	ジュマ ゴース 駅	N.R.	地域住民との間で環境問題が発生する可能性が高い。
		ビン カシム 駅	N.R.	同上
カシム 港 駅		N.R.	PQA.港内輸送が必要(恐らく不許可)	
ビブリ 操車場		N.A.	運搬距離が非常に長い。(14.5km).	
新駅(NESPAK案)		A.P.		

出典：JICA 調査団

(2) FOTCO からの輸送のケース

FOTCO はカシム港駅に近接しているという優位性を持つが、現在のところ石炭荷揚げのビジネスに参画する意向を示していない。従って今回の調査では FOTCO の可能性は除外した。

表 3-16 FOTCO からの石炭輸送

石炭積下しターミナル (CUT)	石炭輸送方法	石炭積み込み駅 (CLS)	評価	注記
FOTCO	鉄道	ジュマゴース駅	N.R.	FOTCOは現在のところ石炭荷揚げビジネスへの参加の意思を示していない。
		ビンカシム駅	N.R.	
		カシム港駅	N.R.	
		ピプリ操車場	N.R.	
		新駅(NESPAK案)	N.R.	
	コンベヤーベルト	ジュマゴース駅	N.A.	FOTCOは現在のところ石炭荷揚げビジネスへの参加の意思を示していない。しかし、カシム港駅に近いという最も有利な地理的位置を占めている。
		ビンカシム駅	N.A.	
		カシム港駅	A.P.	
		ピプリ操車場	N.A.	
		新駅(NESPAK案)	N.R.	
	ダンプトラック	ジュマゴース駅	N.A.	FOTCOは現在のところ石炭荷揚げビジネスへの参加の意思を示していない。
		ビンカシム駅	N.A.	
		カシム港駅	N.A.	
		ピプリ操車場	N.A.	
		新駅(NESPAK案)	N.A.	

出典: JICA 調査団

(3) IOCB からの輸送のケース

IOCB からの輸送の場合、カシム港駅及び新駅へのベルロコンベアーおよびダンプトラックによる輸送が適用可能である。

表 3-17 IOCB からの石炭輸送

石炭積下しターミナル (CUT)	石炭輸送方法	石炭積み込み駅 (CLS)	評価	注記
IOCB	鉄道	ジュマゴース駅	N.A.	地域住民との間で環境問題が発生する可能性が高い。また、逆方向の列車運転が必要。
		ビンカシム駅	N.A.	地域住民との間で環境問題が発生する可能性が高い。
		カシム港駅	N.R.	石炭の貨車への積み込みが2度必要。
		ピプリ操車場	N.A.	運搬距離が長い。(9.2 km).
		新駅(NESPAK案)	N.R.	石炭の貨車への積み込みが2度必要。
	コンベヤーベルト	ジュマゴース駅	N.A.	地域住民との間で環境問題が発生する可能性が高い。
		ビンカシム駅	N.A.	同上
		カシム港駅	A.P.	距離2.2km。
		ピプリ操車場	N.A.	運搬距離が長い。(9.2 km).
		新駅(NESPAK案)	A.P.	距離5.1km。
	ダンプトラック	ジュマゴース駅	N.A.	地域住民との間で環境問題が発生する可能性が高い。
		ビンカシム駅	N.A.	同上
		カシム港駅	A.P.	専用道路建設が必要。
		ピプリ操車場	N.A.	運搬距離が非常に長い。
		新駅(NESPAK案)	A.P.	専用道路建設が必要。

出典: JICA 調査団

(4) マージナルワープからの輸送のケース

マージナルワープからカシム港駅への輸送はベルトコンベアー及びダンプトラックによる輸送が適用可能である。

表 3-18 マージナルワープからの石炭輸送

石炭積下しターミナル(CUT)	石炭輸送方法	石炭積み込み駅 (CLS)	評価	注記
マージナルワープ	鉄道	ジュマ ゴース駅	N.A.	地域住民との間で環境問題が発生する可能性が高い。また、逆方向の列車運転が必要。
		ビン カシム駅	N.A.	同上
		カシム港駅	N.R.	新線建設用地が得られないため。
		ピプリ操車場	N.R.	運搬距離が非常に長い。
		新駅(NESPAK案)	N.R.	石炭の貨車への積み込みが2度必要。
	コンベヤーベルト	ジュマ ゴース駅	N.R.	地域住民との間で環境問題が発生する可能性が高い。
		ビン カシム駅	N.R.	同上
		カシム港駅	A.P.	新線建設用地が得られないため。
		ピプリ操車場	N.A.	運搬距離が非常に長い。
		新駅(NESPAK案)	N.R.	It is better to use railway track.
	ダンプトラック	ジュマ ゴース駅	N.A.	地域住民との間で環境問題が発生する可能性が高い。
		ビン カシム駅	N.A.	同上
		カシム港駅	A.P.	現在実施中。
		ピプリ操車場	N.A.	運搬距離が非常に長い。
		新駅(NESPAK案)	N.R.	PQA.港内の輸送が必要。(恐らく不許可)

出典: JICA 調査団

3.4.4 推奨する石炭輸送計画

- PIBT から石炭輸送を行う場合、NESPAK 社が計画している新駅のみが石炭積み込み駅として適用可能である。運搬方法としてはベルトコンベアー或いはダンプトラックのいずれもが適用可能である。
- 現在、FOTCO は石炭荷揚げビジネスに参画する意図を示していない。
- IOCB から石炭輸送を行う場合、カシム港駅或いは NESPAK 社の計画した新駅が石炭積み込み駅として適用可能である。また輸送方法としてコンベヤーベルト及びダンプトラックのいずれもが適用可能である。
- マージナルワープから石炭輸送を行う場合、カシム港駅のみが石炭積み込み駅として適用可能である。また輸送方法としてコンベヤーベルト及びダンプトラックのいずれもが適用可能である。

PIBT の石炭取扱い能力及び計画された新駅の石炭積み込み設備を考慮すると、石炭輸送の最適な組み合わせは、(PIBT) – (ベルトコンベアー) – (新駅)である、

利用の確実性から、補助的な輸送方法として(マージナルワープ) – (ダンプトラック) – (カシム港駅)が考えられる。

IOCB は施設利用の不確実性から第 3 の輸送方法である。

3.5 地質および地形状況

3.5.1 地質調査

2016年1月3日から2月16日にかけて、35本のボーリング調査をカシム港内の以下図 3-15 に示す箇所を実施した。選定される可能性が高いベルトコンベアーのルートがボーリング調査地点として選定された。

標準貫入試験は306回実施され、計129個の試料を採取した。これらの試料を用いて、せん断試験や一軸圧縮試験などの室内試験を行った。詳細な調査結果は Appendix-1 に示す。

地質調査は石炭荷揚げターミナルから石炭ターミナル駅間の輸送をベルトコンベアーで行う場合の構造物基礎の種類を決定を目的とする。また、室内試験結果より、石炭ターミナル駅近隣に設置する石炭ストックヤードの圧密沈下の有無の確認も行う。



出典：JICA 調査団

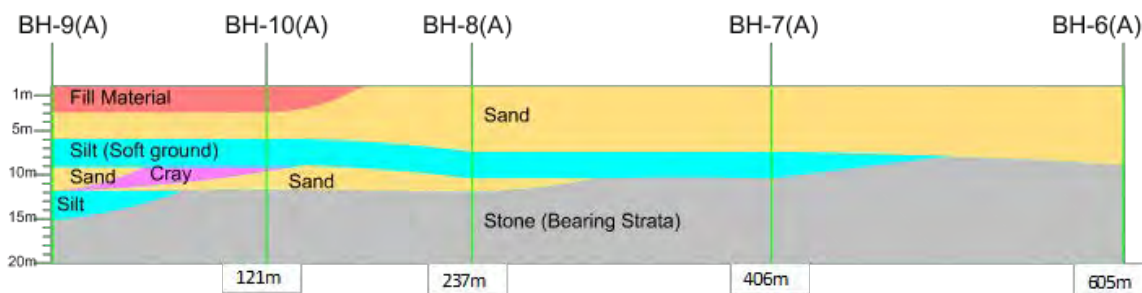
図 3-15 ボーリング調査位置図

3.5.2 地質状況と想定される基礎構造物

支持層は平均して海側で 12m、内陸側で 3m の箇所に見られる。支持層が一番深い箇所は海側で 15m に位置する。海側で約 10m 以内に軟弱層が分布しているが、全て 15m 以内に岩盤層にあたる。海側と陸側で性質が異なるため、海側と陸側に分けて基礎構造物の検討を行う。

(1)海側の地質状況と基礎構造物

標準化入試験結果(BH-09(A), BH-10(A), BH-08(A), BH-07(A))より、PIBT から北側 400m まで特に深さは 6~9m 付近に存在するシルト層は、N 値 10 以下を計測していることから、比較的軟弱な地盤が存在していることが分かる。地質縦断図を以下に示す。



出典：JICA 調査団

図 3-16 地質縦断面図

また、それぞれの標準貫入試験箇所での支持層は以下の通りである。

表 3-19 支持層の深さ

地点	ボーリング調査	支持層の深さ
北側 (Jumma Goth) ↑	BH-06 (A)	6 m
	BH-07(A)	10.5 m
	BH-08(A)	12 m
	BH-10(A)	12 m
南側 (PIBT) ↓	BH-09(A)	15 m

出典：JICA 調査団

上記を勘案し、PIBT から軟弱層が無くなる地点まで(概ね北側 400m)については杭基礎を提案する。構造物の設計荷重を考慮して、一本の橋脚に対して 4 本のプレストレストコンクリート杭基礎を想定する。杭はベルトコンベアーに対してはφ400 mm、その他の構造物に対してはφ600 mmを想定している。

(2)陸側の地質状況と基礎構造物

陸側の地質状況はかなり良好である。支持層は深さ 3m 付近に存在し、それ以上の位置には軟弱と言える地盤は存在していない。

よって、軟弱層がない箇所は基礎構造物は直接基礎とする。直接基礎のサイズは 6m x 2m x 0.6m を想定している。

(3)石炭ストックヤードにおける圧密沈下の可能性

石炭ストックヤードにはリクレーマーやスタッカー、ストックパイルがあり、ベルトコンベアーと比べると重い荷重がかかる。石炭ストックヤードに一番隣接する標準貫入試験(BH-16, BH-17, BH-18, BH-19, BH-20)の結果、全て砂層であったが、石炭ストックヤードからは 1km

離れている。一般的に圧密沈下は粘土層に対して生じるものである。対象の石炭ストックヤード付近のボーリング調査結果では圧密沈下は考えにくい結果と言えるが、石炭ストックヤード設置予定位置でもボーリング調査を実施すべきである。

3.5.3 測量調査

中心線測量と縦断測量、横断測量は石炭荷揚げターミナルから石炭ストックヤード間の輸送手段の決定のために必要な勾配を求めることを目的とする。加えて、選定された輸送手段の概略設計およびコスト積算に活用される。また、地形測量は石炭ストックヤードの選定および概略設計を行うことを目的とする。

中心線測量および縦断測量、横断測量の基準点は PIBT の基準点を参照している。また、石炭ストックヤードの地形測量の基準点は調査団によって提供された。以下図 3-17 に調査対象位置図を示す。



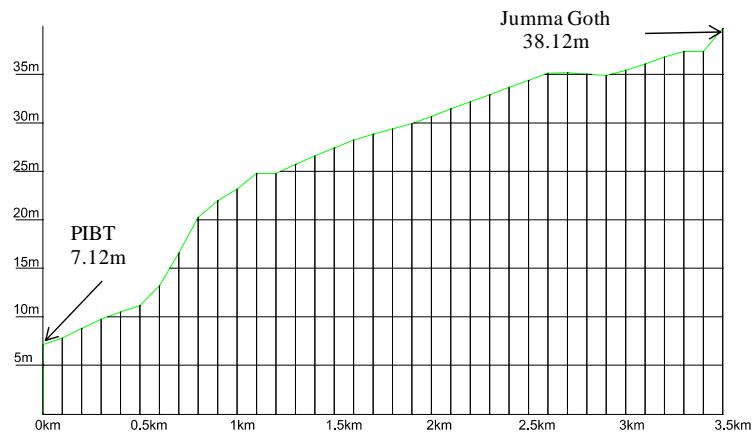
出典：JICA 調査団

図 3-17 測量調査位置図

3.5.4 地形的特徴

(1) 路線沿いの地形的特徴

中心線測量の結果、Jumma Goth の地盤高は 38.12、PIBT 前の地盤高は 7.12m であった。PIBT までの 3.5km 区間で、勾配差が 31m のため勾配は 0.89% である。パキスタン国鉄の鉄道技術基準では最大勾配が 0.5% のため、Jumma Goth から PIBT までの鉄道敷設にはトンネルか大規模な切土工事が必要となる。一方、ベルトコンベアーの許容勾配は鉄道より広く、地形的観点から見てベルトコンベアーの導入が望ましいと言える。東西のライン 3.4km は地盤高約 29m で推移しており、大きな勾配差はない。以下に PIBT から Jumma Goth までの断面図を示す。なお、詳細な測量調査結果は Appendix-2 に示す。

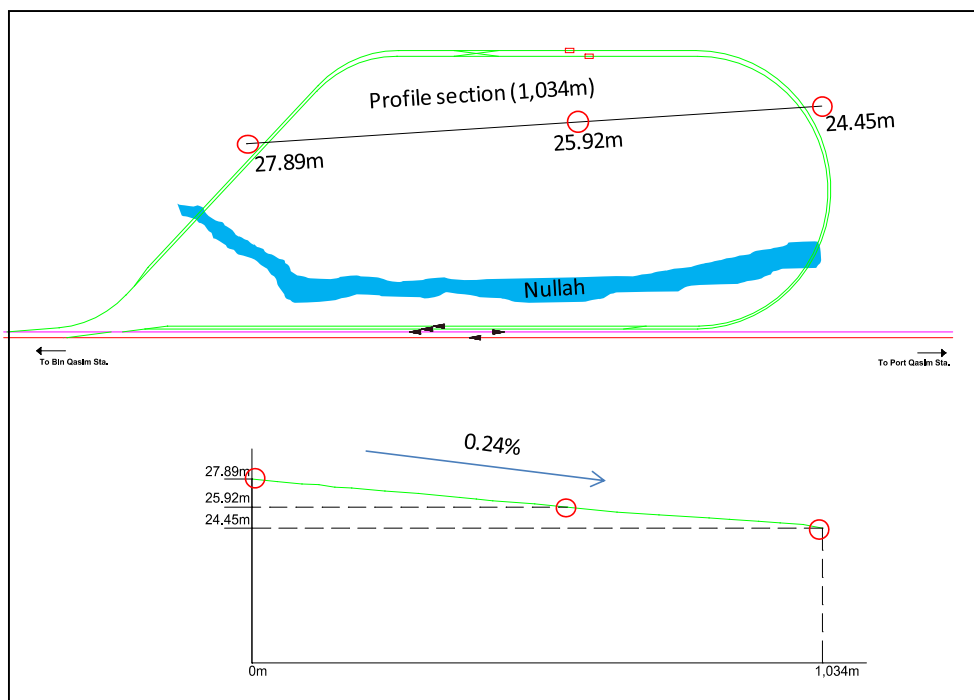


出典：JICA 調査団

図 3-18 PIBT から Jumma Goth までの縦断面図

(2)石炭ストックヤードの地形的特徴

上述の通り、石炭ストックヤードでも南北で勾配差が生じているが、図 3-19 に示す測量調査結果によると、1,034m での平均勾配は 0.24%である。よって、鉄道技術基準を満たしているため、現状でも石炭ターミナル内に鉄道積込ループ線を敷設することが可能である。

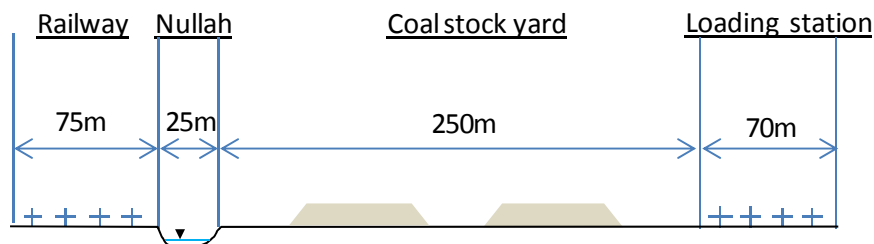


出典：JICA 調査団

図 3-19 石炭ターミナル内の地盤高

(3)Nullah 埋め戻しの必要性

提案している石炭ストックヤード付近に Nullah が存在している⁶。鉄道ループ線が Nullah に被る場合は、Nullah 全ての埋め戻しが必要であるが、測量調査の結果、Nullah と既存鉄道線の間の新設する鉄道ループ線が敷設可能と分かった。以下に断面図を示す。なお、Nullah を横断する二箇所ボックスカルバートの設置が必要のためコストに見積もっている。



出典：JICA 調査団

図 3-20 石炭積込ターミナル内の断面図

⁶計画高水位がストックヤードの地盤高と同じ若しくは高い場合は、ボックスカルバート部分だけ突起した状態になることを避けるために、河道の拡幅や河床の掘削を検討する必要がある。なお、PQA は計画高水位の情報を持っていなかったため、今後確認もしくは調査が必要となる。

第4章 石炭輸送計画

4.1 NESPAK による計画のレビュー

NESPAK は PIBT ターミナルとパキスタン国鉄カシム港線の石炭積込み施設間の石炭輸送システムを調査・検討した。その計画は下記の条件を基本としている。

- (1) 輸入石炭は PIBT 栈橋で 55,000DWT までの船舶より荷揚げする。
- (2) 国内北部の発電所用石炭は、PIBT のベルトコンベアに直接接続している PQA コンベアに積込まれる。
- (3) 石炭は PQA スtockヤードに集積された後、鉄道ネットワークの石炭積込み設備にベルトコンベアで運搬される。
- (4) 石炭の貨車への積込みは石炭積込み設備で行う。
- (5) スtockヤード容量は当初は年間 400 万トン、その後 800 万トンまでの需要に合わせて拡張する。Stockヤードは PQA が PSM から買収し開発する。

4.1.1 石炭Stockヤードの候補地

石炭Stockヤードの候補地の選定と開発は下記の条件を考慮する。

- (1) 適切な一区画の用地が準備できる事。
- (2) 土工事に費やすコストを最小にできる地形である事。
- (3) 現地へのアクセスが容易であること。
- (4) 貨車への積込み施設に近接している事。
- (5) 既存の公共設備移設の必要性。
- (6) 輸送システムの立地場所による投資金額と運転・維持補修費。

上記要因に基づき下記 4 か所のStockヤードを調査した。図 4-1 に候補地の位置を示す。



出典：NESPAK

図 4-1 4つの石炭Stockヤード候補地

Site-1

土地は PSM が所有し、PQA 北西産業ゾーンの東側に位置している。大きな枯川 (Nullah) が用地内を横断しており、現地にアクセスするためにはこの枯川を跨ぐ 2 か所の鉄道橋梁の建設が必要である。石炭ストックヤードと鉄道ループ線設置には200エーカーの用地が必要である。しかし用地取得には時間がかかりプロジェクトは遅れることが予想される。

Site-2

既設の鉄道線路と南西産業ゾーン近くのアクセス道路に挟まれた 75 エーカーの用地である。地形は平坦でなく、地盤高さは 7m から 22m と変化している。高圧電線がこの用地を横断しており、ストックヤード建設には大量の土工事と高圧電線の移設工事が必要となる。このため開発には大きな費用が必要となる。

Site-3

既設の鉄道線路西側の北西産業ゾーンに位置する 53 エーカーの用地である。PQA の報告によると、この土地は民間投資家に割り当てられたものの、支払い問題のためまだ引き渡されていない。この用地は平坦で既設道路からのアクセスも良く、鉄道線にも非常に近いところである。

Site-4

PIBT ターミナル北側の 73 エーカーの用地で、PQA によるとこのうち 36 エーカーの土地がストックヤードとして準備ができています。この用地は平坦で大規模工事は必要ないが、地盤状態が比較的悪く地盤改良工事が必要となる。土地はパキスタン国鉄ポートカシム線沿いに新設される石炭積出設備から遠く離れているため、長大なベルトコンベアで結ぶ必要がある。

4.1.2 候補地の現状と NESPAK の選定

用地選定の解析比較表を表 4.1 に示す。複数の発電所に異なった品質の石炭を配送する事を考慮すると、石炭ストックヤードが石炭積出設備の近くにあるほうが有利である。

表 4-1 石炭ストックヤードの選択解析

S.No	Description	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4
1	Land Availability	Owned by Pakistan Steel Availability is not confirmed	Owned by PQA. Availability is confirmed	Owned by private party. Availability is not confirmed	Owned by PQA. Availability is not confirmed.
2	Suitability of land w.r.t topography -geotechnical conditions	-Moderate amount of earthwork required. -Suitable Sub-soil conditions	-Undulating terrain. Extensive earthwork required. -Moderate subsoil conditions.	-Leveled. -Suitable sub-soil conditions	-Leveled but needs earth fill -Relatively poor sub-soil condition
3	Access	Presently no access. Roads will need to be developed	Link Roads will need to be developed	Available	Available
4	Hindrance / utility Re-location	-Nallah Crossing -Railway Crossing	HT Lines and Pylons	None	None
5	Proximity to load-out Station	Close	Far	Close	Far
6	Operational Advantage w.r.t to handling of different coal types for various power plants	Good. Easily managed due to short feed conveyor length.	Poor. Will require strict coal handling management due to long feeding conveyor length (2 km)	Good. Easily managed due to short feed conveyor length.	Poor, will require strict coal handling management due to long feeding conveyor length (4.5 km)
7	Capital cost of conveying system w.r.t to site location	High, due to higher capacity of main conveyor.	High, due to higher capacity if main conveyor and supporting structure and foundation.	High, due to higher capacity of main conveyor.	Low, due to lower capacity of main conveyor
8	O & M cost of conveying system w.r.t site location	Low Less stoppages of long conveyor	High Frequent stoppages of 2km long feeding conveyor	Low Less stoppages of long conveyor.	High Frequent stoppages of 4.2 km long feeding conveyor.
9	Overall site suitability	Good, but land availability is yet to be confirmed by PQA.	Poor and not suitable for stockyard.	Good but land availability is to be confirmed by PQA.	Moderate and availability of land is to be confirmed by PQA.

出典：NESPAK

Site-1 と Site-3 は共にストックヤードとしては適している。十分な広さの用地が確保されるなら、Site-1 は鉄道の迂回線の配置も可能である。Site-2 は高圧電線移設や大規模土工事の必要性からストックヤードとして適していない。Site-4 は石炭積出設備から遠く離れており、効率的な石炭輸送、貨車への積み込みには注意深く石炭貯蔵や配送に気を配る必要がある。以上より PQA は鉄道近くの土地を確実に準備する必要がある。結果として Site-1 を推薦する。

4.1.3 PIBT ターミナルの機械設備

PIBT 栈橋で荷揚げされた輸入石炭は 2.5km の橋梁に設置されたベルトコンベアで PIBT ターミナルに運搬される。表 4-2 に使用される機械設備を示す。

表 4-2 PIBT の栈橋とベルトコンベアシステムの機械設備

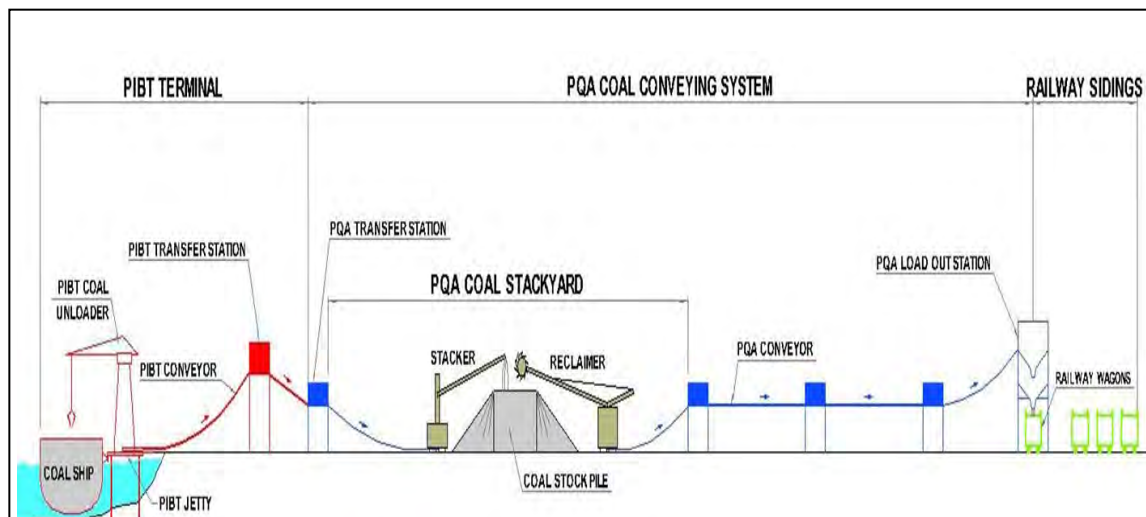
Location	Equipment	Capacity	Quantity
PIBT Jetty	Unloader	1850 t/h (Design) 1350 t/h (operation)	2
PIBT Jetty to PIBT terminal	Conveyor belt	3600 t/h (coal) 1200 t/h (cement, clinker)	1 1

出典：NESPAK

4.1.4 NESPAK が提案する石炭輸送システムと機械設備

NESPAK が提案する石炭輸送システムを

図 4-2 に示す。



出典：NESPAK

図 4-2 石炭荷役システム物資フロー

(1) PIBT ターミナルから PQA 石炭ストックヤード

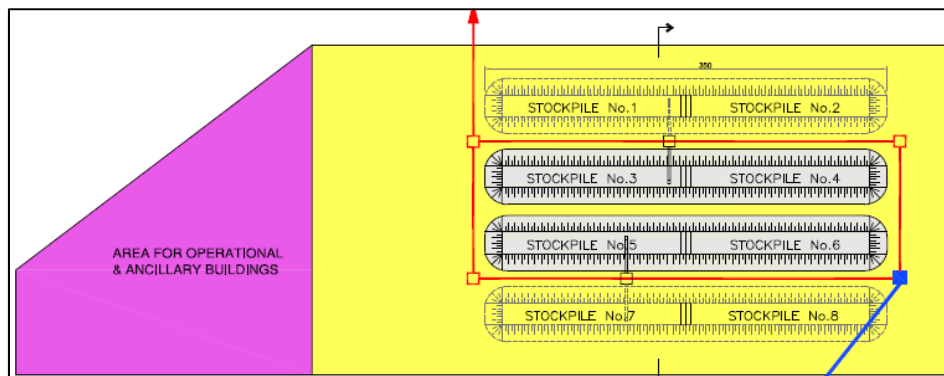
石炭は PIBT ターミナルから PQA 搬送ステーションに直接運搬されし、その後 4.5km のベルトコンベアで PQA 石炭ストックヤードまで搬送する。

(2) 石炭積出設備に隣接したストックヤード

ストックヤードには 55,000 トンを貯蔵するストックパイル 8 か所が予定されており、各ストックパイルは幅 50m、長さ 115m で高さは 15m となっている。Phase 別で下記の開発予定となっている。

- 当初は石炭年間 400 万トンの取扱いに対しストックパイル 4 か所の設置。
- 次に需要が年間 800 万トンまで拡大した場合、ストックパイル 4 か所の追加設置。

石炭ストックヤードのレイアウトを図 4-3 図 4-3 に示す。



出典：NESPAK

図 4-3 石炭ストックヤードのレイアウト (NESPAK 案)

(3) 石炭のストックヤードから積出設備までの搬送

スカッターリクレーマーあるいはリクレーマーによりストックパイルから採取した石炭を積出設備に搬送する。

(4) 積出設備から貨車への積込み

石炭積出設備は鉄道の引き込み線に 1 セットが設置され、サージビン、計量ビンそれに積出シュートから構成されている。無載荷の列車は、計量された石炭がビンから貨車に排出される間、一定の速度で積出シュートの下を移動している。列車は WBKC タイプで容量 70 トン(ペイロード 60 トン)を 40 輛連結している。積出容量は 1 列車当り 2400 トンで積出時間は 1 貨車当り 40~60 秒である。石炭輸送システムに使用する機械設備を表 4-3 に示す。

表 4-3 NESPAK 提案の石炭荷役機械設備

Location	Equipment	Capacity	Quantity
PIBT terminal to PQA's stock yard	Conveyor belt	3600 t/h	1 no (4500m)
PQA's stock yard	Stacker-Reclaimer	Stacking : 3600 t/h Reclaiming: 2400 t/h	2 no
PQA's Stock Yard to Loading system	Conveyor belt	2400 t/h	1 no
Coal loading system	Surge bin Weighing bin, Loading chute	2400 t/train 40~60sec/wagon	1 no.

出典：NESPAK の資料をもとに調査団編集

4.2 IOCB 施設のレビュー

IOCB はパキスタン製鉄所に鉄鉱石、石炭それとマンガン鉱石を取扱う専用栈橋となっている。栈橋は 279m の長さに 2 基のグラブ式アンローダーを備え、55,000DWT の船舶が停泊できる。栈橋と PSM の石炭ストックヤードは原材料を配送するために橋梁の上に設置された 2 本の 4.5km のベルトコンベアで結ばれている。IOCB の位置図を図 4-4 に示す。



出典：JICA 調査団

図 4-4 IOCB の位置図

IOCB の施設について、PQA は栈橋の構造物と船舶の栈橋への航行誘導を、PSM は 2 基のアンローダー、2 本のベルトコンベア、その他の荷役設備、石炭発注業務を所有、管轄している。近年の鉄鋼生産量は年間 110 万トンで 300 万～350 万トンの石炭、鉄鉱石等を PSM に搬送している。しかし鉄鋼生産量が将来拡大すると栈橋の拡張と 2 基のアンローダーを追加設置することになる。

4.2.1 IOCB の既設機械設備

IOCB で使用されている機械設備を表 4-4 に示す。

表 4-4 IOCB の既存機械設備

Location	Equipment	Capacity	Quantity
IOCB Jetty	Unloading machine	700 t/h	2 nos.
Jetty to PSM Stock Yard	Conveyor belt	1000 t/h (Coal)	1 no x 4500 m
		1200 t/h (Ore)	1 no x 4500 m

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団作成

図 4-5 IOCB の栈橋とアンローダーとベルトコンベアー



出典：JICA 調査団

図 4-6 PSM にある 27.5ton 用グラブバケットと受取ホップ及び ベルトコンベア

4.2.2 石炭取り扱いに IOCB の活用

IOCB の石炭取り扱い、取り下ろし及び輸送、能力は、3.2.3(2)で示されているものと同じ条件、1 日 24 時間、年間 340 日稼働の場合で、年間約 1 千万トンである。PSM の年間鉄鋼生産 1.1 百万トンの場合、年間 3.0～3.5 百万トンの石炭、鉄鉱石などの取り扱いが必要である。この条件で年間 6.5～7.0 百万トンの取り扱い能力の余力があり、この余力を石炭を船から取り下ろし鉄道への積み込みに活用できる。石炭のストックおよび鉄道への積み込み設備の建設は、次の 3 箇所が考えられる。

Site 1: 既存の PSM の石炭ヤード

新しい石炭ストックヤードを既存の石炭ストックヤードに隣接して建設し、PSM 内の鉄道線路を石炭ストックヤードまで延伸する。既存の設備を有効活用できるため、この案は建設が容易でありコストも安いと見込まれる。この場所が使用できるかどうかは、民営化された新しい製鉄会社の方針によるため、新しい製鉄会社により検討される必要がある。

Site 2: カシム港への鉄道支線と PSM の間の空き地

石炭積み込み設備を持った石炭積み込み駅は、カシム港への鉄道支線の PSM 側に建設し、石炭ストックヤードはこの駅に隣接して建設する。この地域には、高圧送電線の鉄塔が多く建っていること

から、鉄道駅および石炭ストックヤードの建設にはこれらの鉄塔の移設が必要である、多くの問題があるとともにもそのコストが高くなる。よって推奨されない。

Site 3: IOCB のジェティの西側の Qasim Port Road の付近

IOCB のジェティの西側、Port Qasim Road に近い浅瀬を埋め立てて石炭ストックヤードの建設を提案する。石炭はこのストックヤードからベルトコンベアでマージナルワープに隣接した鉄道のカシム港駅まで輸送し、4.3.3 で述べる方法と同じ方法で鉄道に積み込む。この地域は PQA の将来計画で埋め立て建設する予定のマージナルワープの一部である。IOCB の余剰能力は、民営化された新しい製鉄会社の鉄鋼生産プランなどにより大きく変動することから新しい製鉄会社によって IOCB をどのように利用するかを検討する費強い卵がある。

4.3 既存マージナル埠頭における石炭取扱作業のレビュー

4.3.1 マージナル埠頭における前提条件

PQA はマージナル埠頭のバース No. 3 および No. 4 を石炭専用埠頭としてリースする計画である。これらのバースを石炭ターミナルとして利用するには次のような物理的な制約がある。

- 1) 現在のバース水深は -11 m
- 2) 岸壁構造は大型の荷役機械を設置するには強度が不足する可能性がある
- 3) 石炭ストックヤードの面積の制約

これらの制約は大規模な投資を行い、バース構造の改修、水域の浚渫および十分な広さのストックヤードの購入などを行うことにより解決できる。しかし、本節においては、船から埠頭への荷役は大型荷役機械を使わず、またストックヤードも既存の指定ヤードを使用することを前提する。

4.3.2 現況における石炭荷揚げ作業のレビュー

石炭ストックヤード、石炭積み込み用鉄道引き込み線を含むマージナル埠頭の施設配置を図 4-7 に示す。マージナル埠頭の直背後に、鉄道引き込み線沿いに石炭ストックヤードがある。石炭ストックヤードの広さは概略 450 m x 30 m と見積もられる。



出典：Google Earth, 調査団編集

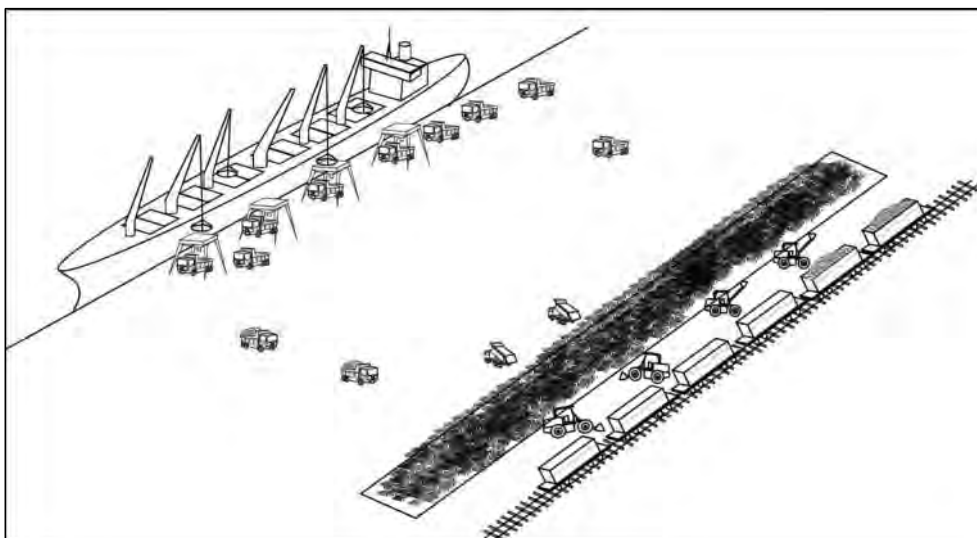
図 4-7 マージナル埠頭の施設配置現況

PQA の船舶記録によれば、2016 年 1 月 24 日～3 月 15 日の間にマージナル埠頭に 3 隻の石炭運搬船が接岸している（表 3-11 参照）。この埠頭には大型荷役機械やベルトコンベアが無いので、荷揚げ作業は船上クレーンで行われ、石炭ストックヤードへの輸送はダンプトラックにより行われたものと考えられる。また、石炭ストックヤードの広さに制約があるため、石炭は直ちに鉄道で搬出されたものと考えられる。

第 3.3 節で述べたように、船から埠頭への荷揚げ作業の効率は 600 t/h 以上と想定されるので、埠頭からストックヤードまでの輸送も同じ効率で行われたものと考えられる。したがって、ダンプトラックの積載量を 15 トンと想定すれば、時間当たり 40 台（船上クレーン 1 基あたり 10 台/時間）のダンプトラックが埠頭と石炭ストックヤードを往復したことになる。言い換えれば 4 基の船上クレーンごとに、ダンプトラックが 6 分毎に到着し石炭を運び去るという運行状況であり、最少 2 倍の 80 台のダンプトラックが必要となる。もし 1 ダンプトラックの 1 サイクル（埠頭上での石炭積み込み→ストックヤードに移動→石炭の卸し→再び埠頭への移動→積み込み待機）所要時間が 12 分以上であれば、さらに多数のダンプトラックが必要となる。

石炭ストックヤードの容量は、高さ 3m まで積み上げると仮定すれば、40,000 トンとなる。しかしこの高さまで積み上げるのは非現実的であり、実際には埠頭における荷揚げ作業と並行して鉄道による運び出しを行っていたものと考えられる。

上記のマージナル埠頭における作業状況を図 4-8 に模式的に示しておく。



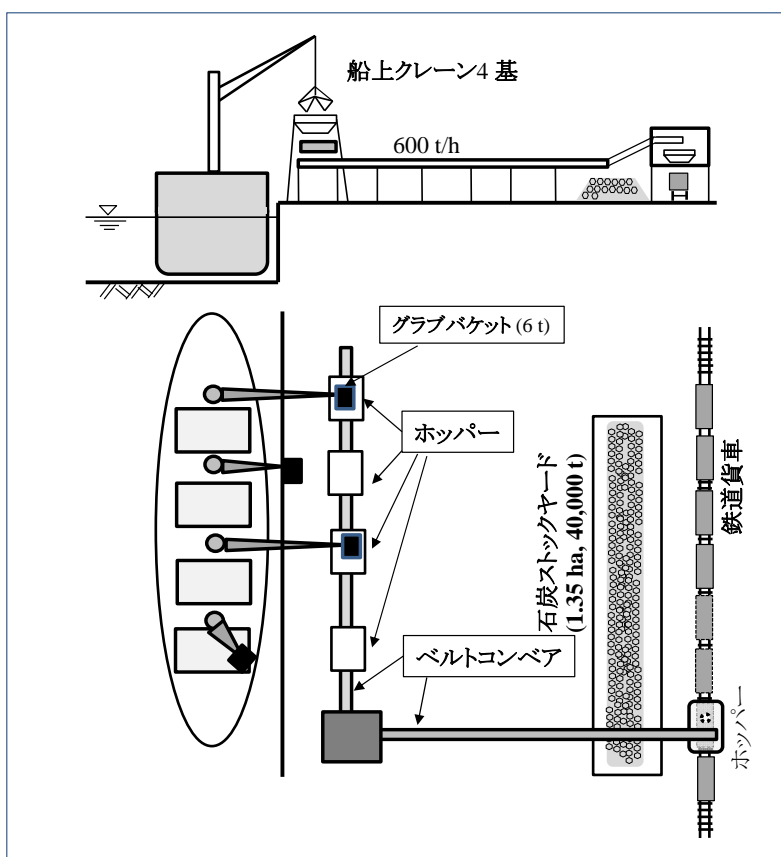
出典：JICA 調査団

図 4-8 マージナル埠頭における石炭荷揚げ状況想定図

4.3.3 マージナル埠頭における石炭専用ターミナルの石炭輸送システム

第3.3節においてマージナル埠頭バース No. 3 および No. 4 を石炭専用ふ頭とすることにより、年間 4 百万トンの石炭の荷揚げが可能であることを示した。これらのバースの能力を最大限活用するにはバースから石炭ストックヤードまでの輸送および鉄道貨車への積み込みシステムの強化が不可欠である。ダンプトラック輸送に替わる最も効果的な手法はベルトコンベア・システムの設置である。さらに、石炭ストックヤードの広さの制約を考慮すれば、バースからベルトコンベアで運ばれてきた石炭を直接鉄道貨車に積み込むことを可能とする石炭積み込み駅を設置することがなる望ましい。このようなベルトコンベア・システムの配置イメージを図 4-9 に示す。

バースにおける荷揚げ効率を 600 t/h と仮定すれば、ベルトコンベアの輸送効率も 600t/h 以上の能力が必要となる。同様に、鉄道駅における積み込み効率も 600 t/h 以上とする必要がある。鉄道貨車 1 台の積載容量を 60 トンとすれば、1 時間以内に 10 台の貨車、すなわち 6 分以内に 1 台の貨車に積み込む能力が必要となる。



出典：JICA 調査団

図 4-9 マージナル埠頭におけるベルトコンベアシステムの想定図

4.4 JST が提案する石炭輸送計画

JST は下記の条件を基本として石炭輸送計画を作成した。

- (1) PIBT における輸入石炭の取扱量は年間 2800 万トンでこのうち 2000 万トンを PQA のベルトコンベアで鉄道積出設備に搬送する。
- (2) PIBT の運営当初においては、石炭取扱量は年間 2000 万トン以下の予定である。このためこの報告書では、取扱量を基本とした Phase 別の計画を下記の通り検討する。
 - Stage-1 : 当初取扱量を年間 1000 万トンとし、3 本の引込線と 2 基の石炭積込み設備を設置。
 - Stage-2 : 将来需要取扱量を年間 2000 万トンとし、追加の引込線と 3 基の石炭積込み設備を配置。
- (3) パキスタン国鉄カシム港ラインに近接する PSM 用地が確保できる事、その面積は 150 エーカーとする。
- (4) PQA 石炭積込みターミナルは、石炭ストックヤード、石炭積込み設備それと引込線からなる。
- (5) 輸入石炭は PIBT ターミナルから直接 PQA のベルトコンベアに運搬される。
プロジェクトの位置図を図 4-10 に示す。



出典：JICA 調査団

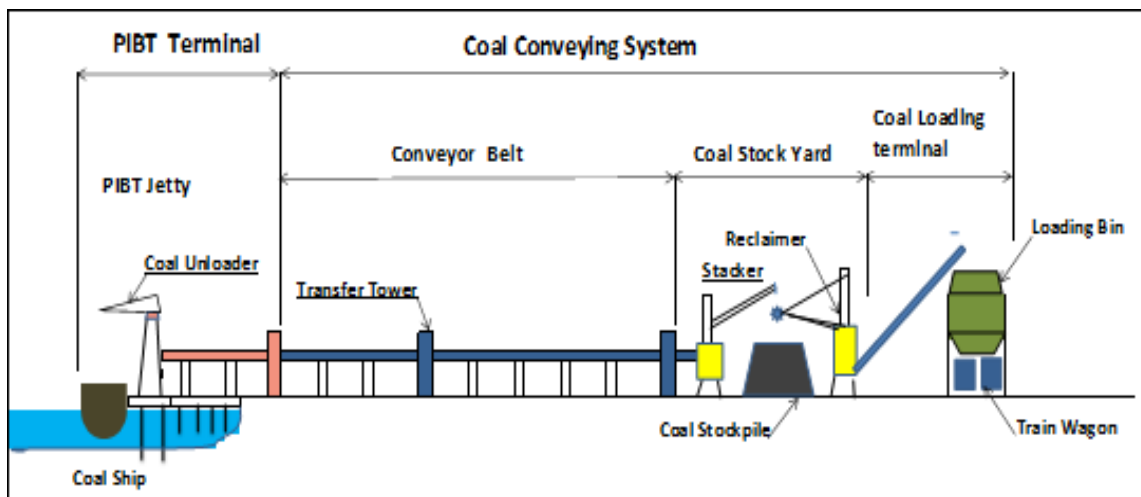
図 4-10 プロジェクト位置図

4.4.1 石炭輸送計画

石炭輸送計画は上記 Stage-2 について検討し、下記のパートからなっている。

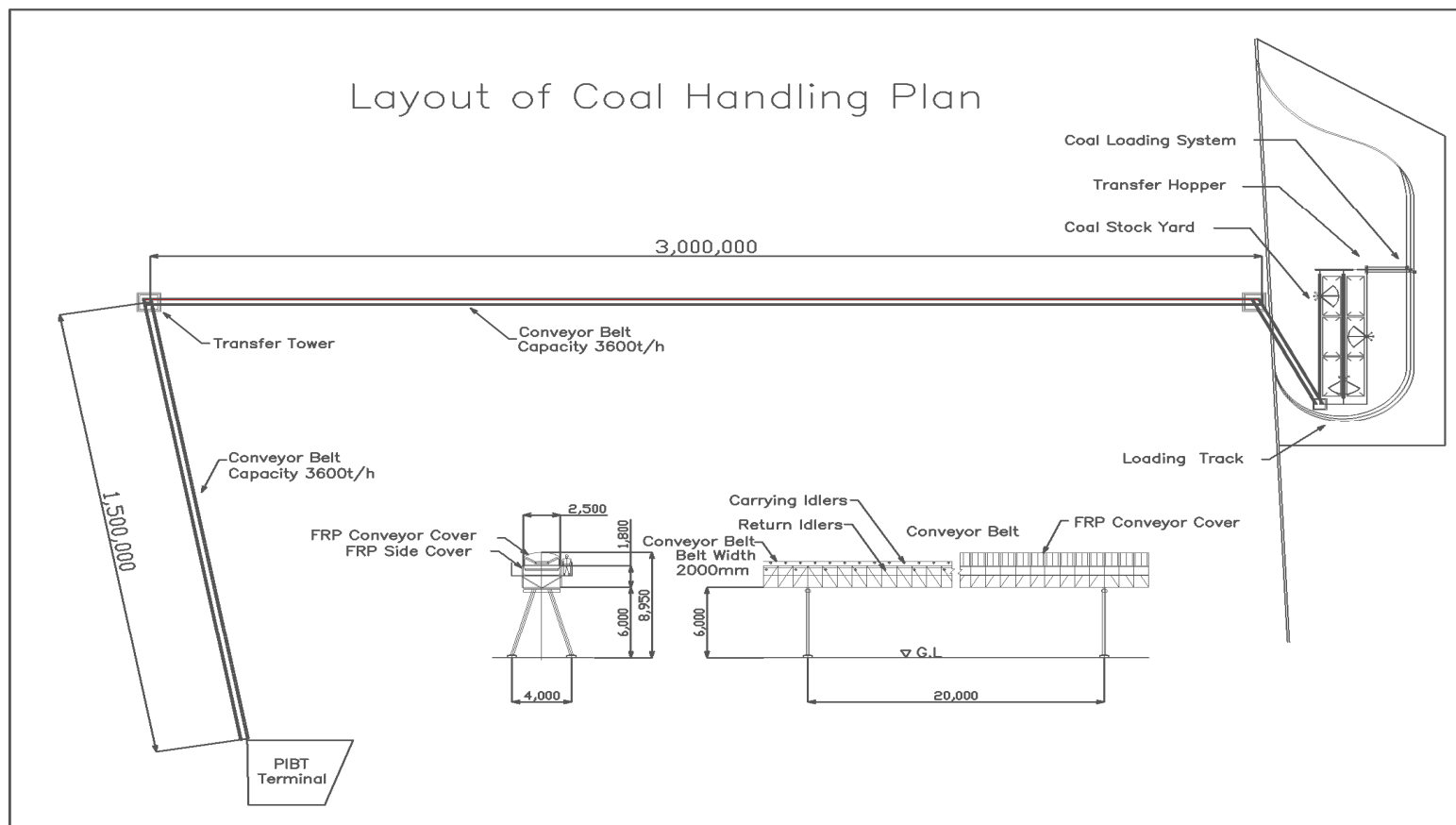
- PIBT ターミナルから PQA スtockヤードまでの石炭搬送システム
- PQA 石炭ストックヤード
- 駅の石炭積出設備

石炭輸送計画の概念図を図 4-11、レイアウトを図 4-12 に示す。



出典：JICA 調査団

図 4-11 石炭輸送計画概念図



出典：JICA 調査団

図 4-12 石炭輸送計画のレイアウト

(1) PIBT ターミナルから PQA スtockヤードまでの石炭搬送システム

PIBT ターミナルから石炭ストックヤードまでは高架式の単線ベルトコンベア 4500m を通じて運搬する。ベルトコンベアは長さ 1500m 及び 3000m の 2 本が中継点のトランスファータワーで交差し、現道に沿って建設され、基礎部分は道路の中央分離帯内に設置される。基礎には 2 タイプの形式を採用する。一つは海側の軟弱地盤に対応する杭基礎、もう一つは山側の堅固な地盤に対応する直接基礎を採用する。

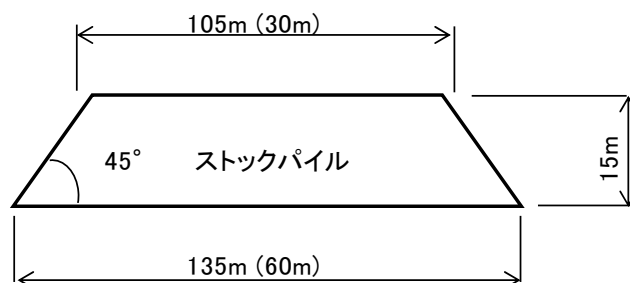
(2) PQA 石炭ストックヤード

石炭ストックヤードはパキスタン鉄道カシム港ラインの東側に位置する。石炭は PIBT ターミナルからカシム港ラインと自然の排水路(Nullah)を横断し搬入される。

石炭ストックヤードには 6 か所のストックパイルを設置し、各ストックパイルは容量 70,000 トンで総貯炭量は 420,000 トンである。ストックパイルのサイズは幅 60m、長さ 135m、高さ 15m となっている。

ストックパイルの断面を下図に、石炭ストックヤードのレイアウトを図 4-13 に示す。

スタッカー、リクレーマー等の重量機械用の基礎には杭基礎を採用する。



石炭の比重 : 0.8t/m³

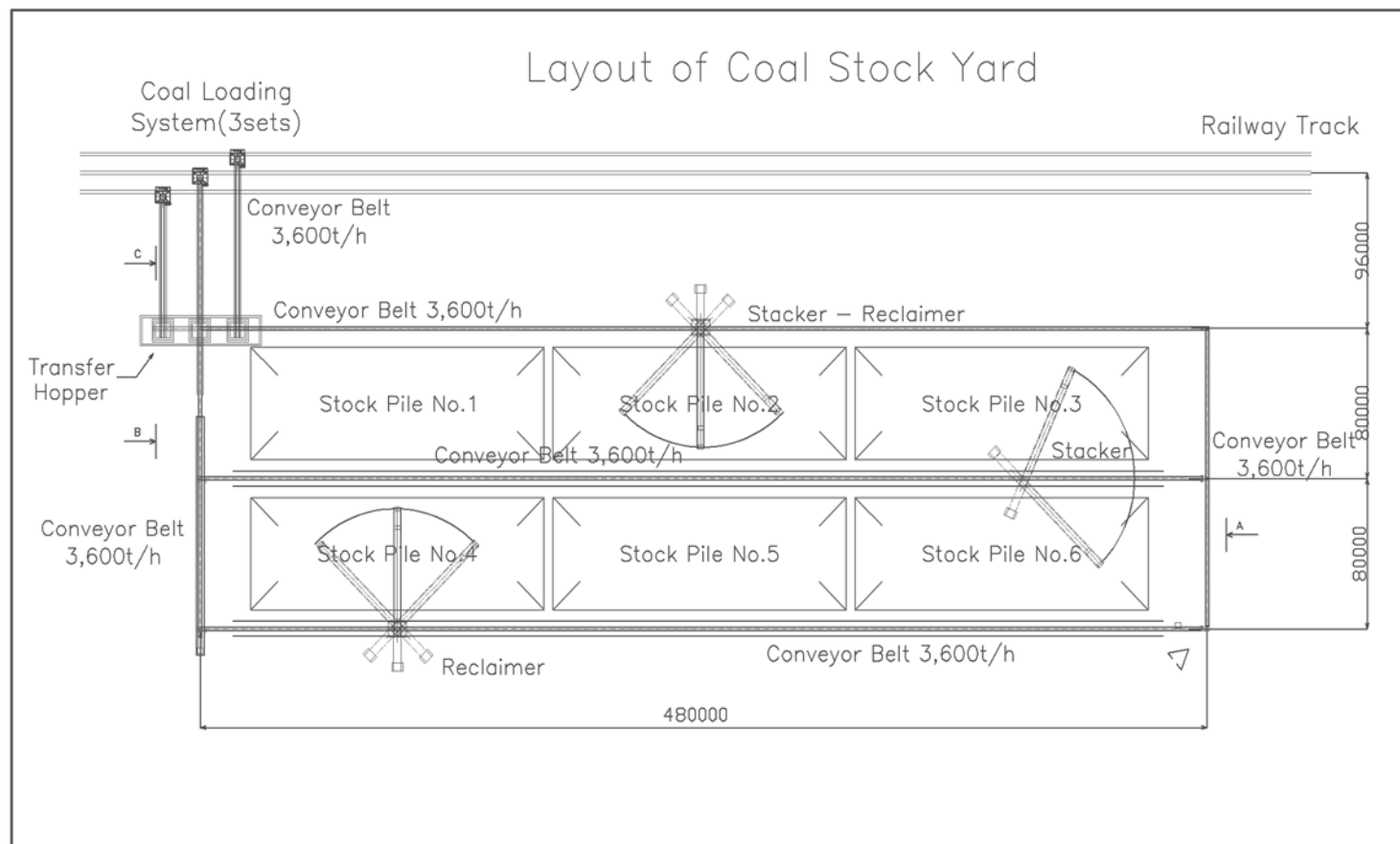
石炭の安息角 : 45°

出典：JICA 調査団

(3) 石炭積込み設備

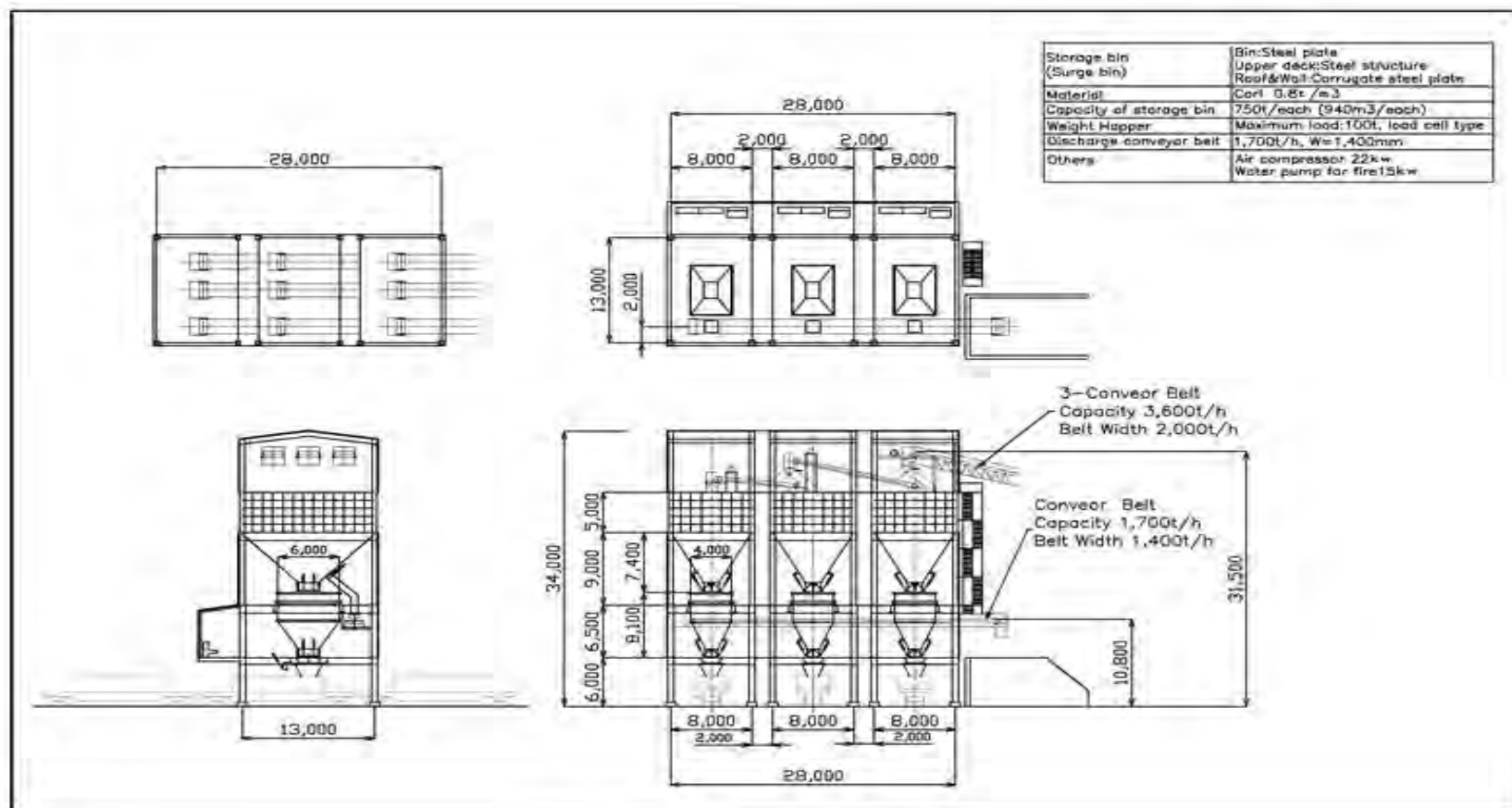
パキスタン国鉄によると、石炭運搬列車は一列車当り 60 トン載荷できる貨車を 40 輛連結しており、一列車当り 2400 トン取扱うことができる。JST の試算では、将来需要の年間 2000 万トンの石炭を取扱うには一日当たり 27 列車が必要となる。石炭積込み設備を図 4-14 に示す。

積込み設備基数の試算では、1 基の積込み設備で取り扱う事が出来る列車数は 11 本となり、年間 2000 万トンの取扱いには積込み設備が 3 基、年間 1000 万トンの取扱いには 2 基、4 百万トンに対しは 1 基が必要となる。



出典：JICA 調査団

図 4-13 石炭ストックヤードのレイアウト



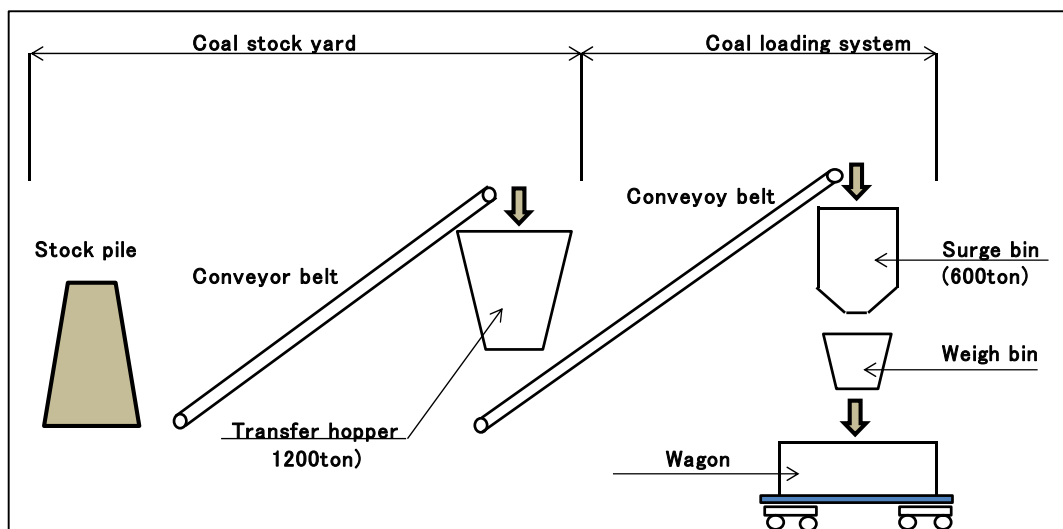
出典：JICA 調査団

図 4-14 石炭積込み設備

(4) 石炭取扱い設備の運転

① リクレーマーの容量と積込み設備への石炭投入

図 4-15 にストックヤードから積込み設備までの石炭フローを示す。



Source: JST

図 4-15 石炭搬送フロー概念図

一日の列車数はリクレーマーの能力より下記の通り計算できる。

$$N = T_o / (T_f + T_m) = 1200 / (40 + 4.4) = 27.03 > 27 = \text{運行必要列車数}$$

ここに、

N : 一日当りの運行列車数

T_o: 一日当りの列車運行時間 60分 * 20時間 = 120分

T_f: 1列車分の石炭投入時間 60分 * 2400 / 3600 = 40分

T_m: リクレーマの走行時間 220m / 50m = 4.4分

② 石炭積込み作業

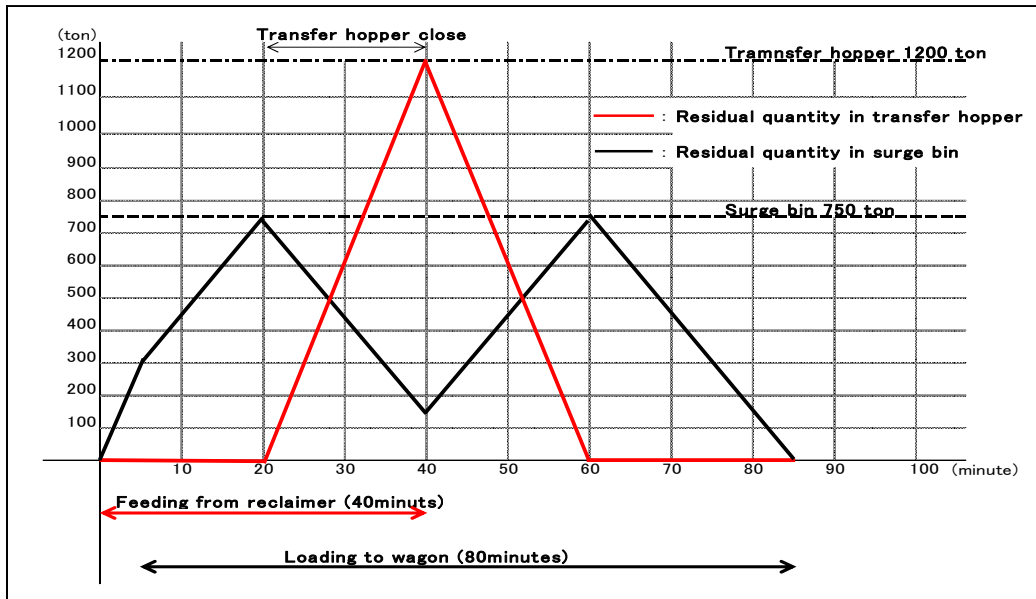
貨車への石炭を連続的に積込みむためには、ストックヤードに設置した中継ホッパーにより積込み設備にあるサージビンへの投入量を調整する必要がある。これは中継ホッパーからの搬送量と、貨車への投入量に差があるためである。中継ホッパーは石炭ストックヤードに位置し積込み設備への各ベルトコンベアに設置し容量は 1200 トン / 基である。石炭の投入量は中継ホッパーからサージビンが 60 トン / 分、サージビンから計量ビン (貨車含む) は 30 トン / 分となっている。

図 4-16 に中継ホッパーとサージビンの時間経過における残留石炭量を示す。

運転手順

- ・ 貨車への積込みに先立ち、サージビンに 5 分間石炭を投入する。
- ・ サージビンから貨車への積込み開始して 15 分後に、サージビンは満杯となる。
- ・ 中継ホッパーを閉じてホッパーが満杯になるまでリクレーマーから投入する。満杯になるのはホッパーを閉じて 20 分後となる。この間サージビンから計量ビン (貨車含む) には投入継続。

- ・ 続いてホッパーが空になるまでゲートを開く。開いて空になるまでは 20 分である。
- ・ この間サージビンは 80 分間継続して貨車への石炭積込みを行う。



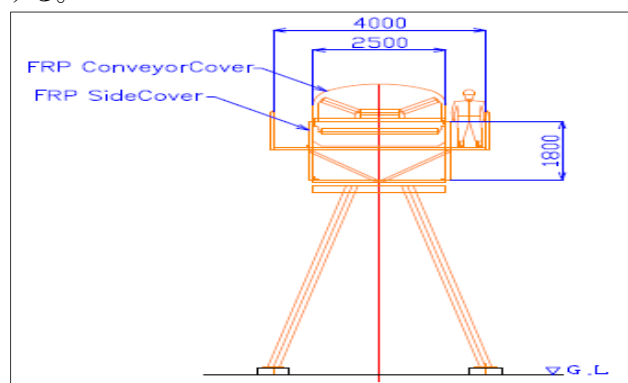
出典：JICA 調査団

図 4-16 石炭ストックヤードのレイアウト

石炭輸送システムには下記の機械設備を使用する。

(1) PIBT ターミナルから PQA ストックヤードへのベルトコンベア

使用するベルトコンベアは、3600 トン/時の容量を持ち PIBT の最大荷揚容量に対応したものとなっている。ベルトコンベアはスティールコードベルトを使用した耐重量型で、粉塵拡散防止のため繊維補強プラスチック (FRP) カバーを設置している。FRP ベルトコンベアカバーを図 4-15 に示す。ベルトコンベアルートには 2 基の鉄骨構造を持つ転送タワーを設置し、石炭粉塵を外部に出さないため波板鋼板でカバーする。



出典：JICA 調査団

図 4-15 FRP ベルトコンベアカバー

機械設備の仕様

- 運搬材料 : 石炭
- 運搬容量 : 3600トン/時
- ベルト幅 : 2000 mm
- ベルト速度 : 3.3km/時
- ベルト傾斜 : 最大 15 度
- 炭塵抑制 : FRP 屋根及びサイドカバー

(2) 石炭ストックヤードの機械設備

ストックヤードには2列のストックパイルを配置し、その両側と中央にベルトコンベアを設置する。石炭のストックパイルへの積込み／取出し用に3基の機械を配置する。スタッカー1基を2列の中央、リクレーマー1基とスタッカーリクレーマー1基を2列の両側に設置する。

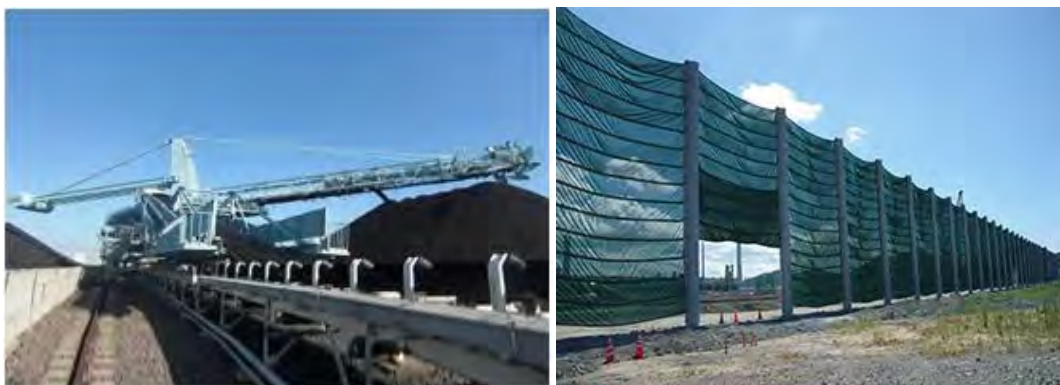
粉塵抑制対策として、ストックヤードでは石炭粉塵が拡散するのを防ぐため下記の設備を設置する。

- ストックヤードの北側と西側に粉塵抑制ネット
- ストックパイルにスプリンクラー

図 4-16 にスタッカーリクレーマーと炭塵抑制ネットを示す。

機械設備の仕様

- スタッカーリクレーマー : 積込み 3600トン/時
取出し 3600トン/時
- スタッカー : 積込み 3600トン/時
- リクレーマー : 取出し 3600トン/時
- ベルト幅 : 2000 mm
- ベルト速度 : 3.3m/秒(200m/分)
- レール幅 : 8000 mm
- 移動距離 : 480m
- ブーム長さ : 45m



出典：三井三池製作所パンフレット、JFE シビル株式会社パンフレット

図 4-16 スタッカーリクレーマー（左）炭塵抑制ネット(右)

(3) 石炭積込み設備

石炭積込み設備は貯蔵ビン(サージビン)、排出用ベルトコンベア、計量ビン、それと排出ゲートから構成される。異種の石炭が混合されるのを防ぐため、サージタンクに残っている石炭撤去用の排出ベルトコンベアをサージビンと計量ビンの間に設置する。積込み設備は鉄道線路上に置かれ、列車は計量された石炭が貨車に排出される間一定の低速で走行する。

サージビン

サージビンは内部に石炭の安息角ラインを持つ鋼製シリンダーコーンタイプで、容量はストックヤードからの受入れのため 750 トンとなっている。

チャージゲート

チャージゲートはサージビンから計量ビンへの投入部で空気圧駆動による扇型タイプゲートで、開口部は 2000 mmとなっている。

排出用ベルトコンベア

サージビンに残っている石炭は、昆炭を避けるため異種の石炭がサージビンに投入される前に撤去する。ベルトコンベア幅 1400 mm(1700t/h)をサージビンと計量ビンの間に設置する。

計量ビン

計量ビンは内部に石炭の安息角ラインを持つ鋼製シリンダーコーンタイプで、最大容量 100 トン、ロードセル60トンの容量となっている。貨車への連続投入ができるように 2 基の投入口がついている。

排出ゲート

排出ゲートは空気圧駆動による扇型タイプゲートで、開口部は 1500 mmで貨車への急速投入ができるようになっている。

機械設備の仕様

- 送込みベルトコンベア : 3600 トン/時
- 積込み時間 : 貨車1台 120 秒 列車当り 80 分
- 列車速度 : 0.45~0.5 km/時
- 貨車タイプ : 容量 70 トン、有効搭載量 60 トン
- 計量ビン : 最大 100 トン、ロードセル 60ton
- サージビン : 750 トン
- 排出用ベルトコンベア : 1400 mm

4.5 運転・保守管理計画

石炭輸送計画は、ベルトコンベア、石炭ストックヤードそれと積込み設備の 3 施設からなり、運転操業は総合的に管理される

(1) 運転

運転に関わるスタッフは管理部門と実際の作業部門に分かれる。

- 総合管理スタッフ

部門長	1 名
機械技師	1 名
電気技師	1 名
計測技師	1 名

- 作業スタッフ

管理チーム	5 名 (電気、機械、工程)
中央管理オペレーター	4 名
運転熟練工	14 名 (スタッカーリクレーマー, コンベヤ, その他)
非熟練工	10 名

(2) 保守管理

保守管理業務としては、毎日、毎月、毎年別に下記の頻度と確認項目を実施する。

- 毎日 :1~2 時間/日 異音、発熱、油漏れ(電動機、減速機、軸受)、その他。
- 毎月 :1 日/月 部品交換(小)、計量システム、その他。
- 毎年 :3~5 日/年 総合管理システム、ベルト交換、スタッカーリクレーマー

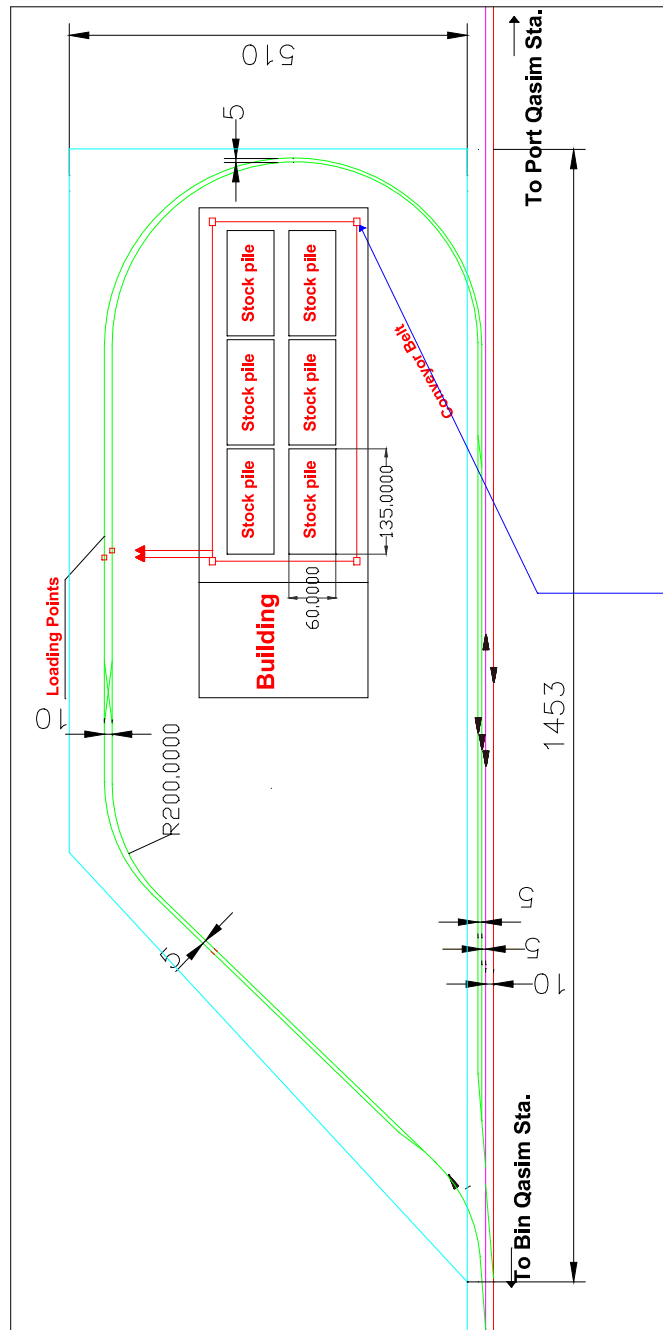
の曲がり補正、部品交換(大)、その他。

毎日及び毎月の保守点検は直営のメンテナンスチーム、毎年の保守点検は製造会社とメンテナンスチームが行う。

第5章 鉄道石炭輸送計画

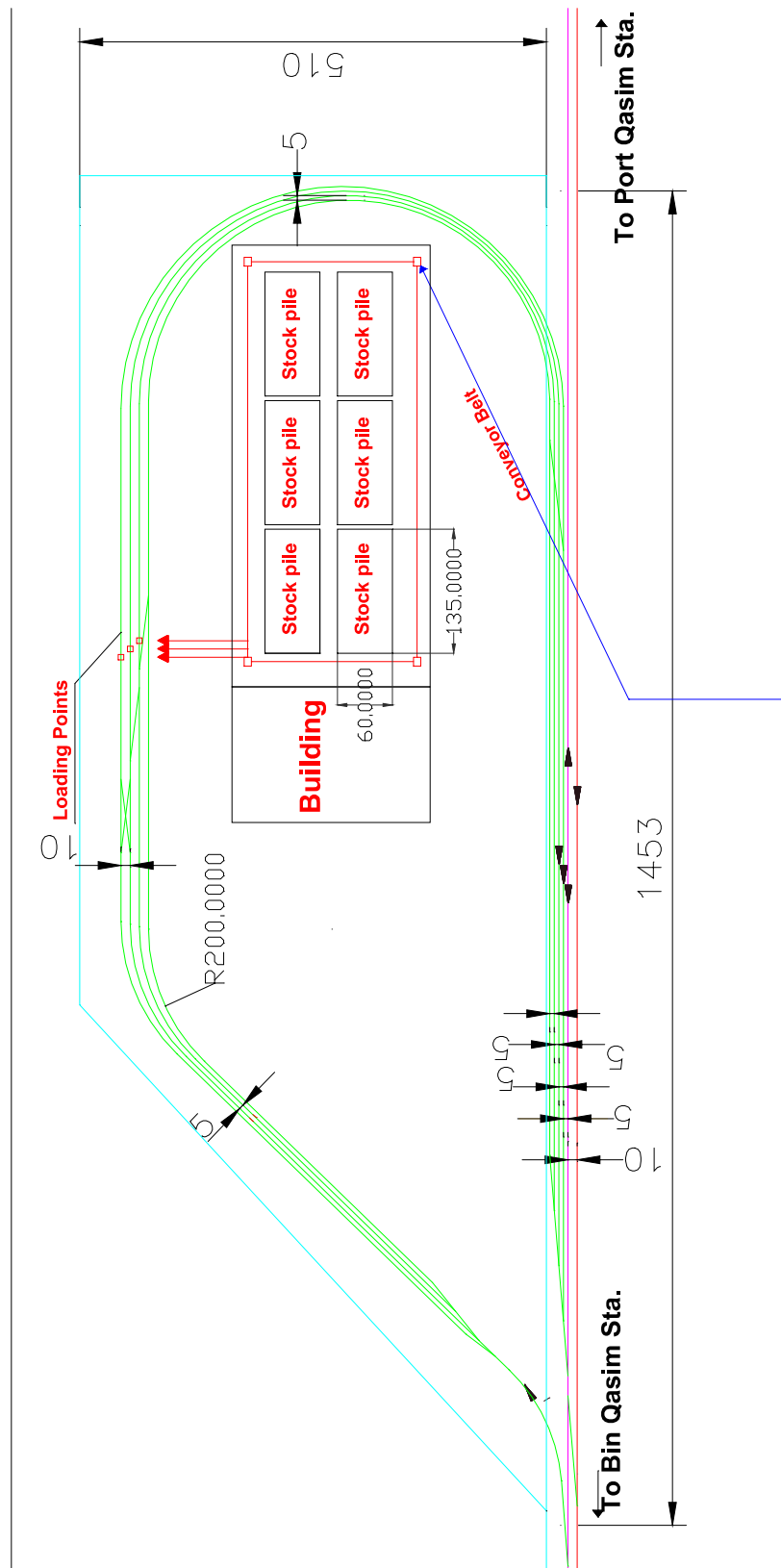
5.1 石炭積込みターミナル設備配置図および軌道配線図

石炭需要量に応じた取り扱い能力別の石炭積込みターミナル設備配置図および軌道配線図について、フェーズ1を図5-1、フェーズ2を図5-2に示す。



出典：JICA 調査団

図 5-1 Phase1 における石炭積込線レイアウト



出典：JICA 調査団

図 5-2 Phase2 における石炭積込線レイアウト

直線的な線形とループ線形による軌道配線図を検討した結果、以下の特長からループ線形が推奨される。

- 石炭列車の運転本数の増大
- 石炭積み込みターミナル構内の列車運転時分の短縮
- 効率的かつ円滑な列車運行

フェーズ1においては1,000万トン/年の需要に対応するため2本のループ軌道が必要となる。

フェーズ2においては2,000万トン/年の将来需要に対応するため、さらに2本のループ軌道の増設が必要となる。

フェーズ毎に段階的に軌道敷設工事を行うこととし、フェーズ1では2本のループ軌道と分岐器等の付帯設備、フェーズ2では追加が必要となる2本のループ軌道と分岐器等の付帯設備の設置工事を実施する。

軌道配線図が示すとおり石炭列車は図面左側に位置する Bin Qasim 駅から石炭積み込みターミナルのループ線に進入し、時計回りの方向でループ軌道を進行し石炭積み込みシステムの直前で停止、前方の石炭積み込み線への進入許可を待つ。

石炭積み込みシステムの準備が完了し積み込み線への進路が構成されると、列車は再び走行を開始し40両の貨車への積み込みが完了するまで約0.5km/hの低速度で石炭積み込みシステムの直下を走行する。40両の積み込み終了後、列車はループ軌道を時計回りに20km/h程度の速度で走行を続けQasim港線の下り線を横断、その後上り線をBin Qasim駅まで走行する。

石炭積み込みターミナルでの安全で効率的な列車運行を実現するため、軌道配線図に応じて必要とされる電子連動装置(CBI)、色灯式信号機、電動式転てつ機、軌道回路方式による列車検知装置など近代的な信号システムを併せて設置する。

鉄道設備に関連した工事の実施に関しては、港湾・船舶省と鉄道省の緊密な調整が不可欠である。

5.2 列車運転計画

5.2.1 列車運転計画の条件

石炭ターミナル駅における列車への石炭積み込みの列車運転計画は以下の条件の元で検討する；

- すべての本線運転の石炭列車は Pipri Yard に着発する、
- すべての石炭列車は、Pipri Yard の到着線より Bin Qasim 駅経由で石炭ターミナル駅まで運転され、石炭積み込み終了後、同じ経路で Pipri Yard の到着線に戻る、
- Pipri Yard 内における石炭列車の操車時間は、石炭積み込み運転計画には含めない。この操車時間は本線の運転計画における全運転時間の計算に含めるものとする、
- 石炭列車は、機関車1両+60トン積み石炭貨車40両+車掌車1両よりなる固定編成とする、
- Pipri Yard の到着線と Bin Qasim 駅間および Bin Qasim 駅と石炭ターミナル駅の間はそれぞれ1閉塞区間とする、
- 発電所毎に石炭の炭種が異なるものとする、但し NECL (Rahim Yar Khan) 1 と 2 は同じ炭種とする、
- 石炭列車への積み込みにおける炭種の切り替えは、夜間の保守時間帯に行うものとし、1日の積み込み作業時間内における炭種の切り替えは可能な限りさけるものとする、

5.2.2 石炭の輸送需要

石炭積み込み設備建設計画は、最初の設備の建設を急ぐとともに初期の投資コストを最小限のするため、2フェーズに分けるものとする。

Phase 1: 1 千万トン/年; Sahiwal, Jamshoro and Lakhra

Phase 2: 2 千万トン/年; 9 power plants

発電所毎の石炭需要の詳細を表 5-1 に示す。

表 5-1 発電所毎の石炭需要量

フェーズ	発電所名	場所/駅名	発電容量	石炭消費量	石炭輸送量
			MW	Ton/year	Ton/day
フェーズ 1	Sahiwal	Sahiwal /Punjab	1,320	4,200,000	12,728
	Jamshoro	Jamshoro /Sindh	1,320	4,200,000	12,728
	Lakhra	Lakhra /Sindh	660	2,000,000	6,061
	小計		3,300	10,400,000	31,517
フェーズ 2	NECL	Rahim Yar Khan /Punjab	660	2,000,000	6,061
	NECL	Rahim Yar Khan /Punjab	660	2,000,000	6,061
	KAPCO	Muzafargarh /Punjab	660	2,000,000	6,061
	CME	Muzafargarh /Punjab	660	2,000,000	6,061
	AES LALPIR	Muzafargarh /Punjab	362	930,000	2,819
	Pakgen	Muzafargarh /Punjab	362	930,000	2,819
	小計		3,364	9,860,000	29,882
合計			6,664	20,260,000	61,399

注：年間の稼働日数は 330 日

出典：JICA 調査団

5.2.3 石炭貨車の諸元

PR は下記 2 種類のうちの 1 種の調達を進めている。

表 5-2 石炭ホッパーワゴンの諸元

項目	単位	Type A	Type B
長さ	mm	14,364	15,257
幅	mm	3,220	3,220
高さ	mm	3,560	3,560
連結器の高さ	mm	1,100	1,100
軸重	ton	23	23

出典：JICA 調査団

上記 2 車種の違いは、フレームの長さや連結器の長さの違いによるもので、個々の 2 点以外は同じである。車体の幅、高さ、荷台の長さ等の諸元は同じである。

本件調査における石炭積載容量、積載時間の検討においては、下記諸元の貨車を使用するものとする。

- 車輻長: 15 m
- 車輻幅: 3.22 m
- 車輻高さ: 3.56 m
- 荷台の長さ: 10m
- 石炭積載容量: 60tons

5.2.4 石炭積み込み設備から石炭貨車への石炭積み込み時間の検討

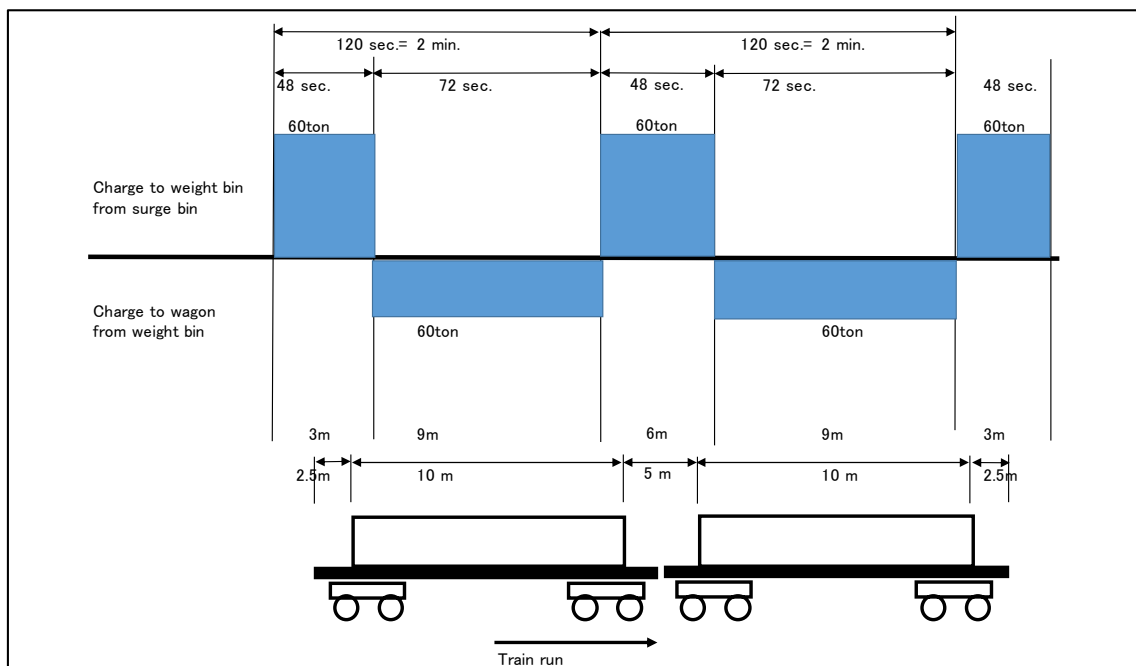
空の石炭貨車は、石炭積み込み設備の下に一定速度で走行し、60 トンの石炭を長さ 10m の石炭貨車の荷台に等分に積み込む。石炭積み込み設備の計量ビンの下に設けたシュートのサイズは 1m 角(1m x 1m)とする。

シュート全体が貨車の荷台の上に達した時点で、シュートから石炭の放出をはじめ、シュートが荷台の他の端に達した時点で石炭の放出を終わるものとし、これは石炭貨車が 9m 走行する間石炭の積み込みが継続することとなる。

貨車の荷台の端から次の貨車の荷台のはじめまでの長さ 6m の間の貨車の走行の間は、計量ビンの石炭放出ゲートは閉じられ、この間にサージビンから 60 トンの石炭が計量ビンに補給される。

列車は石炭積み込み設備のシュートの下を時速 450m で走行すると、貨車の長さが 15m であることから貨車 1 両が通過するのに 2 分間を要する。これは貨車が 1m 走行するのに 8 秒を要することとなり、荷台の 9m が通過するのは 72 秒 (9m x 8 秒) となりこの間に 60 トンの石炭を積載する。計量ビンにサージビンから 60 トンの石炭を補給する時間は貨車の走行距離 6m に要する 48 秒(6m x 8 秒)となる。(図 5-3 参照)

以下の検討においては、石炭貨車 1 両に石炭積み込みに要する時間を 2 分とする。



出典：JICA 調査団

図 5-3 石炭積み荷時間

5.2.5 石炭輸送に必要な列車本数

(1) 石炭輸送の列車の容量

石炭列車の編成は；

機関車 1 両 + 60 トン積み貨車 40 両 + 車掌車 1 両

とする。石炭列車 1 編成の石炭積載量は、2,400 トンである。

年間の列車運転日数は 330 日とする。

この条件下で表 5-1 に示した石炭を輸送するのに必要な列車本数を表 5-3 に示す。

計算された列車本数は、端数がついており、列車運転計画上はこの数値を切り上げた数量となる。切り上げた列車本数は表 5-3 に示すとおりフェーズ 2 の時点では 31 列車必要となるが、この列車本数で石炭列車を運転すると石炭の輸送量は過大となり発電所の石炭ストックヤードがあふれることとなる。

実際の石炭の運転は、輸送量が過大とならないように列車本数を調整して運転することとなり、表 5-4 にその例を示す。

表 5-3 列車本数の計算

発電所	石炭消費量	石炭需要	列車本数		サイクル	列車本数	石炭輸送量	
			計算上	ダイヤ上			/day	/year
	Ton/year	Ton/day	/day	/day	days	/cycle	/day	/year
Sahiwal	4,200,000	12,728	5.4	6	2	11	13,200	4,356,000
Jamshoro	4,200,000	12,728	5.4	6	2	11	13,200	4,356,000
Lakhra	2,000,000	6,061	2.6	3	5	13	6,240	2,059,200
小計	10,400,000	31,517	13.4	15		27	32,640	10,771,200
NECL 1	2,000,000	6,061	2.6	3	5	13	6,240	2,059,200
NECL 2	2,000,000	6,061	2.6	3	5	13	6,240	2,059,200
KAPCO	2,000,000	6,061	2.6	3	5	13	6,240	2,059,200
CME	2,000,000	6,061	2.6	3	5	13	6,240	2,059,200
AES	930,000	2,819	1.2	2	5	6	2,880	950,400
Pakgen	930,000	2,819	1.2	2	5	6	2,880	950,400
小計	9,860,000	29,882	12.8	16			30,720	10,137,600
合計	20,260,000	61,399	26.2	31			63,360	20,908,800

出典：JICA 調査団

表 5-4 発電所への輸送本数の例

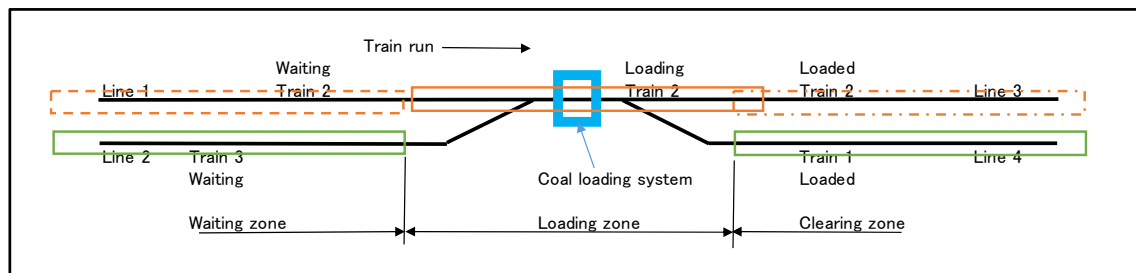
発電所	Pipri Yard からの距離	サイクル	列車本数	1日の列車本数										合計
				km	days	/cycle	1	2	3	4	5	6	7	
Sahiwal	1,002.32	2	11	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	55
Jamshoro	130.45	2	11	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	55
Lakhra	163.08	5	13	2	3	2	3	2	3	2	3	3	3	26
小計				13	14	13	14	13	14	13	14	14	14	136
NECL 1	599.58	5	13	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	26
NECL 2	599.58	5	13	3	2	3	2	3	2	3	3	2	3	26
KAPCO	896.73	5	13	2	3	2	3	2	3	2	3	3	3	26
CME	896.73	5	13	3	2	3	2	3	2	3	2	3	3	26
AES LALPIR	896.73	5	6	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	12
Pakgen	896.73	5	6	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	12
小計				13	13	13	13	13	12	13	13	12	13	128
合計				26	27	26	27	26	26	26	27	26	27	264

出典：JICA 調査団

年間 1 千万トン輸送のフェーズ 1 では、1 日 13 本または 14 本の運転となる。年間 2 千万と輸送のフェーズ 2 では、1 日 26 本または 27 本の運転となる。

5.2.6 石炭積み込み操作

下図 5-4 に、石炭積み込み設備を最大限の効率で使用する場合の配線計画と石炭積み込み操作の例を示す。



出典：JICA 調査団

図 5-4 石炭積み込みの運転操作

列車 2 は Line1 の待機区間で待機、列車 1 が石炭の積み込みを終了し Line 4 に待避が完了した時点で、列車 2 は待機区間を出発し、石炭積み込み設備で石炭を積み込み Line 3 に抜ける。列車 2 が石炭積み込みを終わり、Line3 に抜けて石炭積み込み区間がクリアされた時点で、Line 2 で待機していた列車 3 が発車する。この間、列車 1 は速やかに Line4 を離れ本線に入り Bin Qasim 駅に向かう。

石炭積み込み時の列車走行速度は、450m/hour とし、Line1 または Line2 の待機線を発車時の速度 0km/h から約 150m離れた積み込み設備のシュートの位置に達するまでに走行速度が 450 m/h となるよう加速調節が必要である。この区間は短い距離であるが低速域で必要な速度に調節することが求められる。

石炭積み込みのための列車操作のサイクルタイムを表 5-5 に示す。

表 5-5 図 5-4 の条件における石炭積み込みサイクルタイム

項目	単位及び長さ	速度	所要時間/分	フェーズ 2
Line 1/2 待機				
	150m	1 km/h	9min.	
石炭積み込み				
	20m	450m/h	80min.	
	120m	1km/h	7min.	
Line 3/4 解放待避				
小径			96min.	
列車本数			14 trains/day	27 trains/day
合計積み込み時間			1344 min.= 22.4 hours	2592 min.= 43.2 hours

石炭積み込み設備の炭種切り替え時間				
サージビン及びベルコンのクリアー			50 min.	
ベルコンおよびサージビンへの石炭補充			10 min.	
小計			60min. x 2= 120min.	
合計時間			1464 min.= 24.4 hours	

出典：JICA 調査団

発電所毎に使用炭種が異なることから、石炭列車の行き先によって積み込み石炭を切り替える必要がある。石炭の種類を切り替えるには、一旦ベルコン及びサージビン、計量ビンを含む積み込み設備の中を空にする必要があり、このためにベルコン上およびサージビンの中に残った石炭を積み込み設備の外に取り出さねばならない。

フェーズ 1 においては、Sahiwal, Jamshoro および Lakhra への 1 日 14 本の列車への積み込み時間は、石炭炭種の切り替え時間を含めて 24.4 時間となり、石炭積み込み設備 1 基では積み込み能力が不足する。

JST は、年間 1 千万トンの石炭を扱うフェーズ 1 では 2 基の積み込み設備を、年間 2 千万トン扱うフェーズ 2 では 3 基の石炭積み込み設備を設置することを提案する。これらの台数は積み込み設備の保守及びトラブルを考慮したものである。

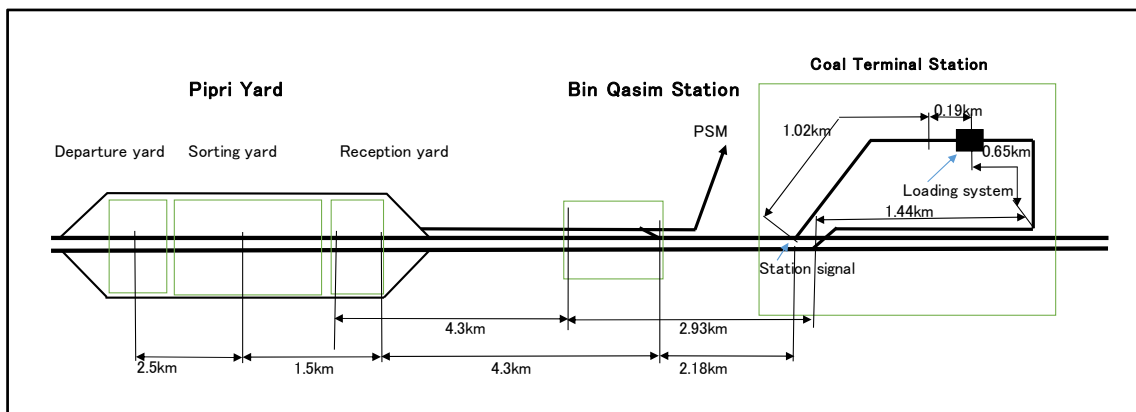
石炭積み込みターミナルにおける配線計画では、上記に示した配線例とは異なっている。この配線計画では、フェーズ 2 にいても効率的な運用により石炭積み込み設備 1 基に対して待機線 1 線、積み込み設備後方の待避線も 1 線で可能であり、積み込み設備および積み込み線路は 3 線としている。

詳細な配線計画は、5.1 節に示しているとおりでである。

5.2.7 Bin Qasim 駅から石炭積み込みターミナル間の石炭積み込み列車運転計画

(1) Pipri Yard から石炭積み込みターミナル駅間の線路状況

Pipri Yard、Bin Qasim 駅および石炭積み込みターミナル駅間の距離は図 5-5 に示すとおりでである。



出典：JICA 調査団

図 5-5 Pipri yard 石炭積み込みターミナル駅間の距離

(2) 石炭積み込みの列車運転計画

石炭列車への石炭積み込みのための列車運転扱いの手順は以下の通り；

- 空車列車は Pipri Yard に到着後、操車ヤードまたは到着ヤードにて積み込み待ち、
- Pipri yard の到着ヤードから空車列車は Bin Qasim まで行き石炭積み込みターミナル駅へ出発を待機する、
- 前の列車が石炭の積み込みを終わり、積み込み設備前の待機線が解放された時点で、空車列車は Bin Qasim 駅を出発して石炭積み込みターミナル駅へ向かう、
- 空車列車は、石炭積み込み設備において 5.2 節で示したように 60 トンの石炭を 2 分間で 1 両の貨車に積み込む速度で全貨車に石炭を積み込む、
- 石炭の積み込みが終了した列車は、Bin Qasim 駅経由で Pipri yard に戻る。

石炭積み込みの詳細なサイクルタイムを次の表 5-6 に示す。

表 5-6 石炭積み込みサイクルタイム

駅		距離 (km)	速度 (km/h)	走行時間 (min)
Pipri Yard	Departure yard	9.5 km :2.5 km	-	
	Sorting yard	5.8 km :1.5km	-	
	Reception yard	4.3 km	20 km/h	(12.9 min.)
Bin Qasim station		0km		
Coal Terminal station	Station signal	2.18km	20 km/h	6.54 min.
	Waiting line	3.20km :1.02km	20 km/h	3.06 min.
	Coal loading system	3.39km :0.19km	1 km/h	11.4 min.
	Clearance zone	4.04 km :0.65km	0.45 km/h	86.67 min.
	小計	4.04 km		108 min. = 1h48 min.

	Spur line connection	5.48km :1.44km	20 km/h	4.32 min.
Bin Qasim station		8.41km :2.93km	20 km/h	8.79 min.
合計		8.41 km		121 min. = 2h01min.

出典：JICA 調査団

Bin Qasim 駅を出発して石炭積載と Bin Qasim 駅まで戻るサイクルタイムは 121 分 (2 時間 01 分) であるが、1 列車が石炭積載を終了し石炭積み込み設備後方に抜けて、待機線が空いた時点で次の列車が Bin Qasim 駅を出発した場合には、サイクルタイムは 108 分 (1 時間 48 分) となり、列車は 108 分間隔で運転することが可能となる。

1 日 20 時間稼働の場合には、積み込み設備 1 基、線路 1 線で 1 日 11 本の列車の石炭積み込みが可能である。(20 hours = 1200 minutes, 108 minutes x 11 train sets = 1,188 minutes).

(3) フェーズ 1、年間 1 千万トンの石炭積み込み運転計画

3 発電所、3 駅に年間 1 千万トンの石炭を輸送するためには、表 5-4 に示すように 1 日 14 本の列車の運転が必要である。3 発電所行きの列車本数は、6 本、5 本及び 3 本の合計 14 本である。

各発電所の使用石炭の種類は未確定であることから、本調査では 3 発電所で 3 種類の石炭を使用するものと仮定している。石炭積み込みターミナルでの石炭積み込みにあたっては、石炭の炭種の切り替えが必要となる。積み込み設備における石炭炭種の切り替えには、5.2.6 節で示したように 1 時間必要である。

5.2.7(2)節で示したように 1 線 1 積み込み設備で 1 日 11 本の列車への積み込み能力がある。フェーズ 1 においては、14 本の列車が必要であり 2 線、2 セットの積み込み設備が必要となる。

1 線 1 積み込み設備より 1 日 6 列車で 1 発電所の積み込みを行い、他の 1 線 1 積み込み設備で 2 発電所 8 本の列車(5+3=8)への積み込みを行う。

1 日 5 列車および 3 列車への積み込みに必要な時間は；

- 5 列車; 5 x 108 分 = 540 分
- 石炭種の切り替え; 1 時間 = 60 分
- 3 列車; 3 x 108 分 = 324 分
- 合計: 924 分 = 15 時間 24 分 < 20 時間

2 線 2 セットの石炭積み込み設備で 3 発電所に必要な年間 1 千万トンの石炭の積み込みが可能である。

(4) フェーズ 2、年間 2 千万トンの石炭積み込み運転計画

フェーズ 2 では、6 発電所向け 13 石炭列車がフェーズ 1 の 14 列車に追加となる。

フェーズ 2 では、9 発電所に 27 石炭列車の運転で必要な石炭の輸送が可能である。

フェーズ 2 で追加される発電所は 6 箇所であるが、NECL 1 と 2 は同じ発電所であり同じ種類の石炭を使用するものと仮定した。追加される石炭は 5 種類、行き先駅は 2 駅、すなわち、

NECL2 発電所は Rahim Yar Khan 駅、 KAPCO, CME, AES LALPIR および Pakgen 発電所は Muzaffargar 駅となる。

追加される 1 日の運転列車本数は 13 : 5 + 3 + 3 + 1 + 1, 石炭は 5 種類、
合計して 1 日の列車本数は 27 本、石炭は 8 種類であり、石炭種別の列車本数は、
 $6 + 5 + 3 + 5 + 3 + 3 + 1 + 1 = 27$
となる。

石炭積み込み施設は、3 線、3 セットの石炭積み込み設備の建設を提案する。

各列車本数の石炭積み込み時間は、

- 6 列車; 6×108 分 = 648 分
- 5 列車; 5×108 分 = 540 分
- 3 列車; 3×108 分 = 324 分
- 1 列車; 108 分
- 石炭炭種切り替えの時間; 1 時間 = 60 分

3 線、3 セットの石炭積み込み設備に対する石炭炭種と列車本数の組み合わせは以下の通り ;

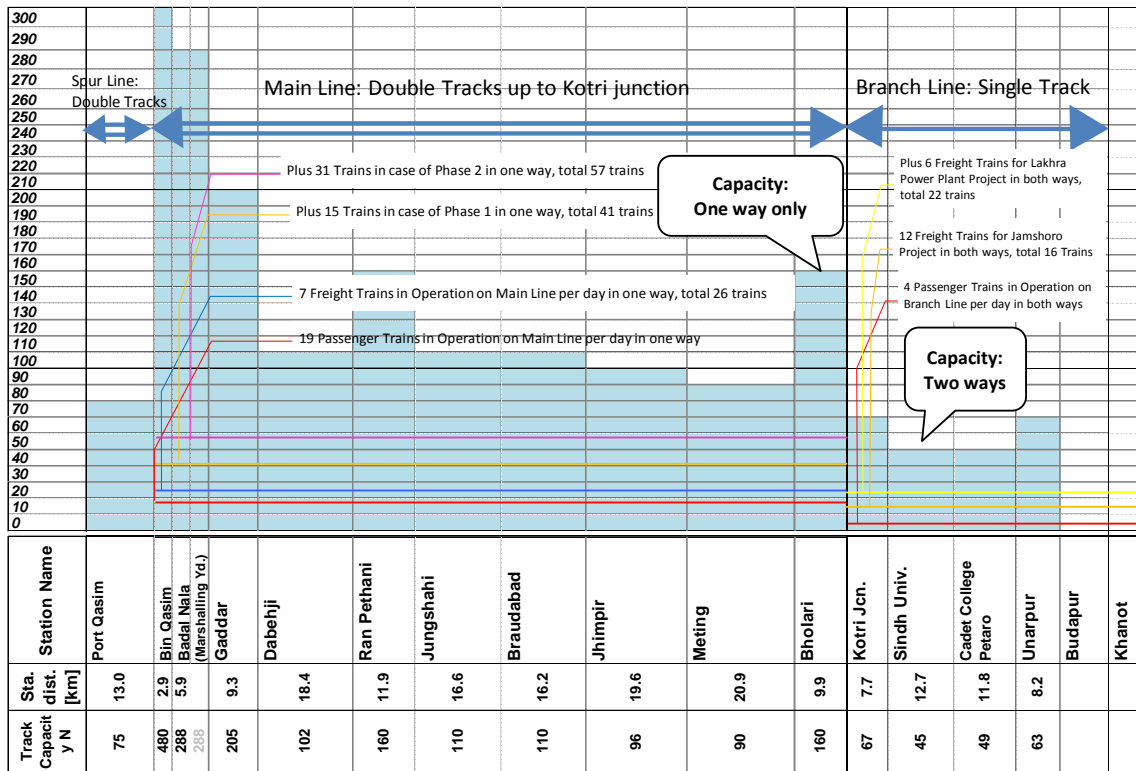
- $6+3=9$; $648+324+60=1032=17$ 時間 12 分 < 20 時間
- $5+3+1=9$; $540+324+108+60+60=1092=18$ 時間 12 分 < 20 時間
- $5+3+1=9$; $540+324+108+60+60=1092=18$ 時間 12 分 < 20 時間
- 合計: $9 \times 3=27$ 列車, $1032+1092+1092=3216$ 分

3 線、3 セットの石炭積み込み設備は、9 発電所、27 本の石炭列車により年間 2 千万トン石炭の積み込み、輸送の能力がある。

5.2.8 Pipri Yard – Kotri junction 間の線路容量

(Lakhra Power Plant study Report の検討結果より)

図 5-6 に示すように Meting 駅 と Bholari 駅の間が最も線路容量の小さな区間であり、線路容量は 90 本である。PR の運転管理に使用されている運転時刻表では現在 1 日 26 本の列車が運転されている。フェーズ 1 時点では、運転時刻表上では 15 本の石炭列車の運転が必要であり、これを足しても 41 本の列車本数となる、またフェーズ 2 では 31 本の石炭列車の運転が必要となり、これを足すと 1 日 57 本の列車が運転されることとなる。線路容量は、90 本であることから、フェーズ 2 の時点でもさらに 33 本の列車の運転が可能である。 ($90 - 57 = 33$).



出典：JICA 調査団

図 5-6 Bin Qasim 本線から Kotri junction までの線路容量

第6章 信号・通信設備

6.1 PR 信号・通信設備の現状:

6.1.1 システム概要

PRにおける駅構内の信号システムの基準は表 6-1 のとおり3段階に分類されている。Standard I および II は機械式の連動装置が中心で運転速度が遅い支線区間を対象として整備されている。

Standard III の信号システムは以下のサブシステムの組み合わせにより構成されている。

- (1) 継電連動装置あるいは電子連動装置
- (2) 自動閉そく信号
- (3) 遠隔制御信号装置(信号機、分岐器の遠隔操作)
- (4) 機械式連動装置(信号機器室からの手動による列車運行制御)

表 6-1 PR における信号システムの基準

	STANDARD - I	STANDARD - II	STANDARD I - III
Speed	50 km/h	75km/h	Unrestricted
Signals	(1) Compulsory Outer and Home Signal (2) Optional Starter and Warner Signal	(1) Compulsory Warner, Outer and Home Signal (2) Optional Starter Signal	(1) Compulsory Warner, Outer, Home, Starter and Advance Starter Signal
Points	Fitted with Key Locks	Fitted with Hand Plunger Locks and Key Locks	(1)Fitted with Locks and Lock Bars (2)Fitted with Electric Operated Points machine
Interlocking	Indirect	Indirect	Direct

出典: JICA 調査団

PR の通信システムはマイクロ波、UHF、VHF による無線通信や線路沿いに敷設されている架空通信線や地下埋設線による電話網から構成されている。

無線通信装置は 1981-82 年に Rawalpindi 駅から Karachi 駅間の本線や重要な支線区間に設置され 2,700 k m の路線長をカバーしている。Karachi 駅から Kotri 駅の区間では VHF による列車無線が乗務員、運転指令員、駅員間の通信手段として使用されている。

Kotri 駅から Dadu 駅の支線区間においても本線と同じ無線通信装置が 1981-82 年に設置された。また本線区間と同様に VHF による列車無線装置が乗務員、運転指令員、駅員間の通信手段として使用されている。

表 6-2 PR における通信システムの概要

Telephone Exchange	No of lines	3,000 Nos.
Microwave Radio	Route km covered	1,850 km
UHF Radio	Route km covered	2,700 km
VHF Radio	Route km covered	6,000 km

出典: JICA 調査団

6.1.2 Bin Qasim 駅－Kotri 駅－Budapur 駅

現在、PR 本線の複線区間である Bin Qasim 駅と Kotri 駅間の信号システムは、暴動後の改修工事が遅れている一部区間を除いてほぼ全区間にわたり自動信号装置と継電連動装置が導入されている。一方、Kotri 駅から Budapur 駅への支線の単線区間では旧式のタブレット式閉そく装置と機械式の連動装置が導入されている。

表 6-3 信号システム Bin Qasim - Kotri - Budapur

	Interlocking System	Block System	System Standard
Bin Qasim to Kotri	Automatic	Relay Interlocking / Electronic Interlocking (CBI)	Standard III
Kotri to Budapur	Mechanical	Single Line Token Instrument	Standard I

出典: PR

2007 年 12 月に発生した暴動により PR の Karachi Division および Sukkur Division の合計 65 駅にわたる鉄道設備が深刻なダメージを受けた。同区間に設置された多くの信号設備も他の鉄道設備と同様に広範囲にわたり重大なダメージを受け、列車の安全運行に不可欠な信号システム機能を喪失したことから列車運行に深刻な影響を与える結果となった。

暴動により深刻な被害を受けた鉄道設備を復旧・改修して鉄道システムを再構築するため、“Rehabilitation of Railway Assets Damaged during the Riots of 27th and 28th December, 2007” プロジェクトが政府により承認され、PR によって復旧・改修工事が実施されてきている。

表 6-4 のとおり Bin Qasim 駅と Kotri 駅間では、電子連動装置（CBI）や継電連動装置などの近代的な信号システムを導入する改修工事がほぼ実施済みで、Bin Qasim 駅を含む一部区間の工事を残すだけとなっている。

表 6-4 Bin Qasim 駅－Kotri 駅、本線の信号設備改修状況

No	Station Name	Damage	Present Status
1	Bin Qasim	Damaged	To be provided with CBI etc.
2	Badar Nara	Nil	Being used
3	Gaddar	Damaged	Replaced with Relay Interlocking
4	Dabheji	Damaged	Replaced with Relay Interlocking
5	Ran Pathani	Nil	Being used
6	Jungshahi	Damaged	Replaced with Relay Interlocking

7	Braudabad	Nil	Being used
8	Jhampir	Damaged	Repaired
9	Meting	Nil	Being used
10	Bholari	Nil	Being used
11	Kotri	Damaged	Repaired

出典: PR

表 6-5 に示すように Kotri 駅と Budapur 駅の支線区間でも本線区間同様に被害を受けた信号設備の改修工事が実施された。

しかし、Kotri 駅と Budapur 駅区間は旧式のタブレット式閉そく装置と機械式の連動装置が導入されているため同区間の信号システムの近代化が求められる。

表 6-5 Kotri 駅－Budapur 駅、支線の信号設備改修状況

No	Station Name	Damage	Present Status
1	Sind University	Damaged	Repaired
2	Cadet College	Damaged	Repaired
3	Unapur	Damaged	Repaired
4	Budapur	Damaged	Repaired

出典: PR

2007 年 12 月の暴動では Karachi 駅から Kotri 駅間および Kotri 駅と Budapur 駅間に設備された通信システムにおいても指令電話、無線電話、VHF 無線装置、通信用電力設備、蓄電池等多くの設備が完全に破壊された。被害は 6 か所の UHF 基地局、53 か所の VHF 無線局の設備、各駅に設置された指令電話、無線・有線通信機器、ディーゼル発電機等の通信設備におよんだ。

暴動後、列車の安全運行に不可欠な VHF 無線装置については緊急性が高いため直ちに更新された。VHF 無線装置以外の被害を受けた通信設備の修復工事では、当初銅線ケーブルの地下埋設方式を計画したが、修正 PC-1 において信号システムの近代化に合わせた見直しを行い、光ファイバーケーブル方式やデジタル伝送機器を設置するなど通信設備の近代化を含む修復工事を行うこととした。

6.1.3 Bin Qasim 駅

PR 本線の Bin Qasim 駅は、Qasim 港支線に新設予定の石炭積み込みターミナル駅と Pipri 操車場の中間に位置しており、石炭積み込みターミナル駅と Pipri 操車場までの列車運行を扱う重要な役割を担っている。しかし、暴動後に暫定的に設置されている現在の信号設備では今後想定される同区間を走行する多数の石炭列車の運行を取り扱うことは困難である。

現在、Bin Qasim 駅には列車の運行を安全かつ効率的に行うための連動装置、電気転てつ機、軌道回路などの設備が設置されておらず、駅の信号係が手動で制御できる色灯式の信号機が設置されているだけである。Qasim 港支線から Bin Qasim 駅に進入する列車および Bin Qasim

駅から Qasim 港支線に進行する双方向の石炭列車の運行の安全性と信頼性を強化するため Bin Qasim 駅の信号設備改良は重要な課題となっている。

図 6-1 に示すように、BinQasim 駅の信号機器室や信号用機器箱は暴動時に完全に破壊されたままの状況が続いている。



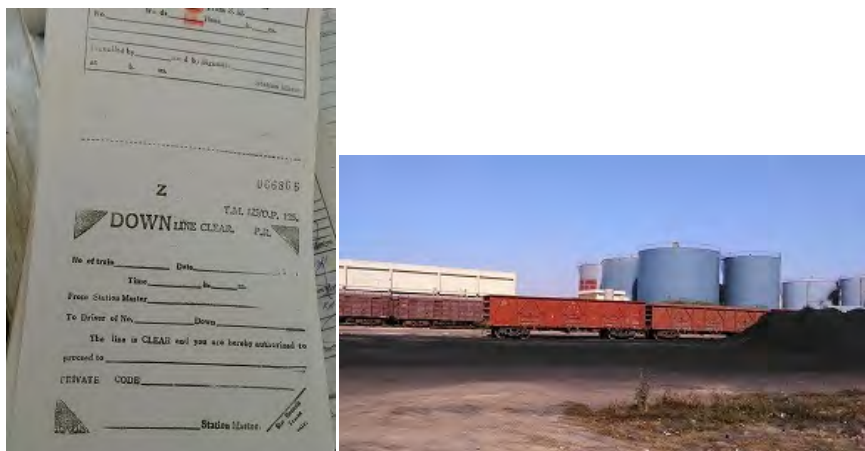
出典: JICA 調査団

図 6-1 Bin Qasim 駅の信号機器室および信号用機器箱

6.1.4 Port Qasim 駅－Bin Qasim 駅

現在、Qasim 港駅と Bin Qasim 駅間には僅かな本数の貨物列車が運行されているのみである。Qasim 港駅と Bin Qasim 駅間の 13 km は 1 閉そく区間のため、この区間には 1 列車の運行しか許可されない仕組みとなっている。列車の出発駅で旧式な信号システムである「line clear paper ticket」と呼ばれる紙による通票を発行し、列車運転士に通票の半券を渡すことで閉そく区間内での運行を許可している。紙による通行許可証である通票を持っている列車に対してのみ閉そく区間への進入を許可することで、駅間 1 閉そくと列車の安全運行を実現している。

また駅構内には Qasim 港線への出発信号機や場内信号機は設備されていないため駅からの出発や駅構内への進入時は、運転士が無線通信で駅信号係から出発・進入許可を得て列車の運行を行っている。



出典: JICA 調査団

図 6-2 「Line Clear Paper Ticket」および Port Qasim 駅の石炭貨物列車

6.1.5 PR 信号設備改修工事の現状

暴動時に破壊された PR の信号設備の改修工事は Bombardier Transportation 社が受注しこれまで順次改修工事が進められてきている。

本改修工事により電子連動装置(Computer Based Interlocking:CBI)、電動式転てつ機、信号用軌道回路、色灯式信号機、無停電電源装置 (UPS)、避雷器等が設置されることとなっている。

ラホールにある PR 本社 Chief Signal Engineer によると Bin Qasim 駅の北に位置する Sukker Division の信号設備改修工事は概ね完了しており、Sukker Division の工事が完了後 Karachi Division に属する Bin Qasim 駅の信号設備の改修工事が開始される計画で 2016 年内には完成予定とのことである。

図 6-3 に示すように、現在 Bin Qasim 駅には駅構内の場内信号機および出発信号機を手動で制御するための暫定的な信号制御盤が設置されている。また手動式の転てつ機により駅構内の分岐器が操作されている。



出典: JICA 調査団

図 6-3 Bin Qasim 駅の暫定的な信号制御盤および手動式転てつ機

6.2 石炭積み込みターミナルに設置される信号設備要件

6.2.1 システム概要

PR は Bin Qasim 駅をはじめとした主要路線上に位置する駅の信号システムとして電子連動装置 (CBI) / 継電連動装置、色灯式信号機、電動式転てつ機等、また駅間には自動閉そく信号機を設置するなど近代的な信号システムの導入を推進している。

新設される石炭積み込みターミナルに設置される信号設備は、PR が導入を推進している信号システムとの一貫性および運用面やメンテナンス等に配慮し Bin Qasi 駅に設置予定の電子連動装置 (CBI)、電動式転てつ機、信号用軌道回路、色灯式信号機、無停電電源装置 (UPS)、避雷器等の信号設備と整合性を図ることが必要となる。また石炭積み込みターミナルの軌道の配線計画に合わせた適切な信号設備を設置することが求められる。

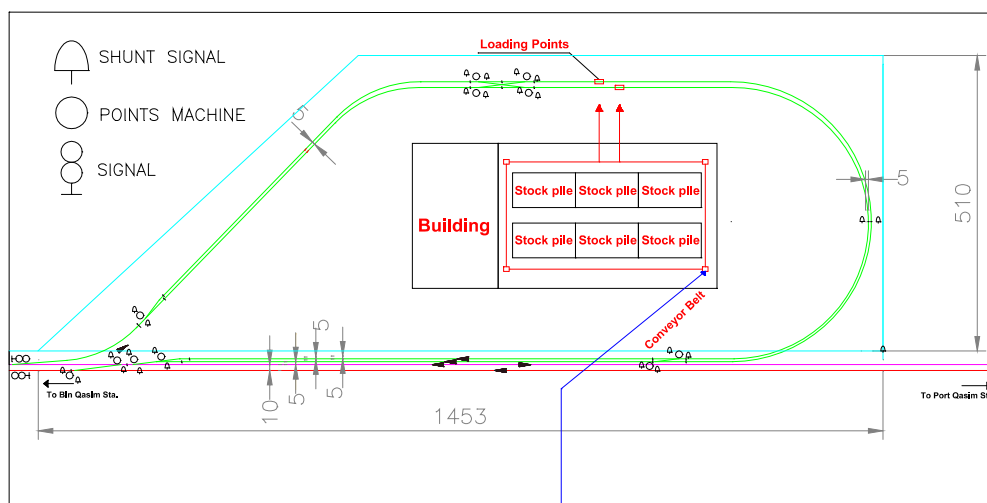
これらの信号システムにより石炭積み込みターミナル内での列車の効率的な運行、閉そく区間での列車運転時間の短縮、事故防止/安全運行、運行速度の向上等が促進される。

6.2.2 信号設備

表 6-6 に電力設備や制御盤を含めた石炭積み込みターミナルに設置される信号システムを示す。

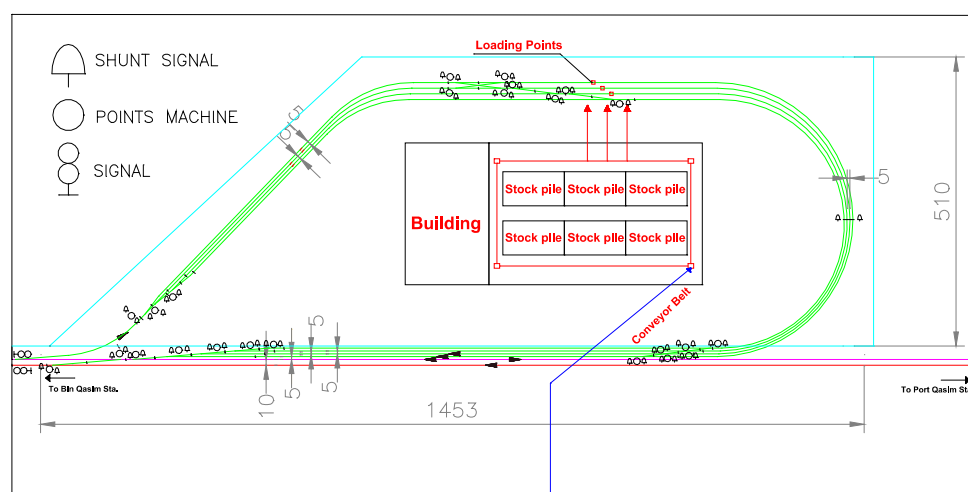
図 5-1 および図 5-2 の軌道配線図および 5.2 章に記載されている石炭列車運転計画に基づき信号システムを設備する。軌道上の列車検知は軌道回路方式を適用し、閉そくシステムを構築する。

ループ軌道は(1) 積み込み待機線 (約 1km) (2) 積み込み施設接続線 (約 0.2km) (3) 積み込み線 (約 0.7km) (4) 下り本線接続線 (約 1.5km) から構成される。軌道配線図が示すとおり石炭列車は図面左側に位置する Bin Qasim 駅からループ線に進入し、時計回りの方向でループ線を進行し石炭積み込み設備直前の積み込み待機線で停止して前方の積み込み施設接続線への進入許可を待つ。なお Bin Qasim 駅と石炭積み込みターミナル間は駅間 1 閉そくとする。



出典: JICA 調査団

図 6-4 Stage1 における信号システムのコンセプト図



出典: JICA 調査団

図 6-5 Stage2 における信号システムのコンセプト図

表 6-6 石炭積込みターミナル信号設備

Major Equipment	
1	Electronic Interlocking Equipment (CBI)
2	Electric Point Machines
3	Track Circuit Equipment
4	Main Color Light Signal
5	Ground Shunt Signal
6	Power Supply Equipment •Generator Set •UPS and Battery and Power Control Unit
7	Control Panel
8	Lightning Protection Equipment

出展: JICA 調査団

(1) CBI

隣接する Bin Qasim 駅に設置される電子連動装置 (CBI) と同等の連動装置を設置し駅間の信号システムの一貫性を確保する。

CBI は、ハードウェアなどの一部が故障することで連動装置全体または主要部分がダウンしないように、常時ホットスタンバイモードのバックアップ系を有する 2 重系として冗長性を有する設備とする。CBI は、列車運行に支障をきたす進路が構成されないよう、また誤った信号が現示されないように信号機と転てつ機間に連動関係を持たせて動作を制御する機能を有する。

(2) 電動式転てつ機

鎖錠装置を備えた分岐器を動作させるための電動式転てつ機を設置する。

電動式転てつ機は電源ダウンなどの緊急時においては駅関係者が手動用のクランク操作により転てつ機を動かし必要な進路を構成できる設備とする。

電動式転てつ機は CBI からの制御信号により分岐器の転換を行うが、制御信号が受信できないなどの故障時には分岐器はロックされた状態を保持し安全性を確保する。

分岐器の転換動作が十分になされずレールと分岐器の密着度が不足し許容値を超えた場合は転てつ機から CBI に警報信号を発信する。



出典: JICA 調査団

図 6-6 PR 本線に設置されている継電連動装置と電動式転てつ機

(3) 軌道回路方式による列車検知システム

列車の在線検知システムとして軌道回路方式を適用する。

軌道回路は信号電流の送信側、受信側を含めた独立した軌道回路を構成する。確実な列車検知ができるように軌道回路の長さは土壌やバラスト条件に応じて慎重に決定するものとする。

列車検知システムには落雷の影響を受けないよう避雷器などの保護装置を設置する。避雷器は落雷による直撃電圧や誘導電圧から列車検知システムを確実に保護できるよう適切に設置する。

(4) 色灯式信号機

色灯式信号機は連動装置から送信された信号を現示し列車運転士に進行/停止を明確に指示できるように、様々な気象条件の下でも運転士が確実に目視できる性能を有するものを設置する。

場内信号機、外方信号機、出発信号機は遠方の列車からも識別でき複数の信号現示が可能となる色灯式信号機とする。入換え用信号機は石炭積み込みターミナル構内の列車運行を制御するための信号機としてターミナル構内の分岐器箇所に設置する。

(5) 電力供給システム

無停電電源装置(UPS)は蓄電池、充電器、整流器から構成される。UPSは石炭積み込みターミナルに設置する信号/通信設備全体に必要な電力を供給できる容量を有する設備とする。

UPSが故障した場合には直ちにディーゼル発電機による電源に切替えて信号/通信設備への電力供給が維持できるようバイパススイッチを電力供給システムに組み込む。

停電時にはバックアップ用のディーゼル発電機が自動的にスタートさせる機能を持たせ、併せて手動によるスタートも可能な設備とする。

(6) 信号制御装置

信号制御装置は大型カラーモニター/キーボードから構成され、石炭積み込みターミナル構内の分岐器および信号の制御および列車の運行状況、在線位置、進路構成の表示機能を有する装置とする。

(7) Port Qasim 駅信号設備

カシム港線全体の輸送能力強化のためにはカシム港に設置されている旧式な信号システムについても改良する必要がある。カシム港線の複線化工事には信号の改良工事の一部含まれておりカシム港駅の信号設備も改良される計画がある。

“Dualization and Rehabilitation of Track between Port Qasim and Bin Qasim”プロジェクトではPort QasimとBin Qasim間の信号の改良工事の一部含まれており、カシム港駅の信号システムについても改善されるが予定されている。

6.2.3 石炭積み込みターミナル通信設備

石炭積み込みターミナルの通信設備として(1)電話システム、(2)マイクロ波/UHF/VHF 無線システム、(3)PA(Public Address)システム、(4)CCTV(Closed Circuit Television)システムを設置する。

表 6-7 石炭積み込みターミナル通信設備

	Major Equipment	Unit
1	Telephone System	No
2	Radio System	No
3	Public Address System	Set
4	Closed Circuit Television (CCTV) System	Set

出典: JICA 調査団

通信設備は以下のとおり。

1) 電話システム

列車の運行管理用に隣接駅Train Dispatcherとの専用指令電話を設置する。

2) 無線システム

駅関係者、列車運転士、移動無線ハンドセットを所持する作業員との通信用無線システムを設置する。

3) PA (Public Address) システム

石炭積み込みターミナル構内の作業員の安全を確保するため、作業員への注意喚起や指示を伝えるスピーカーシステムとしてPAシステムを設備する。

4) CCTVシステム (Closed Circuit Television System)

石炭積み込みターミナル構内での列車運行や石炭積み込み作業の状況をモニタリングするためのシステムとしてCCTVシステムを設置する。CCTVシステムの画像は石炭積み込みターミナルのControl Roomでモニターできるとともに、データ伝送装置を設置すればOCC (Operation Control Center) から遠隔監視することも可能となる。

6.2.4 システム設備施工計画

システム設備施工計画を表 6-8 に示す。

表 6-8 システム設備施工計画

System Installation Schedule																
Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1 Tendering and Award of Contract																
2 System Detailed Design																
3 Procurement of Equipment																
4 Building Works																
5 System Installation																
6 Testing and Commission																
7 Commencement of Operation																★

出典: JICA 調査団

第7章 環境

環境社会配慮調査は、PQA がパキスタン国の法律/規則にしたがい、EIA 及び RPF を作成することへの支援を目的とする。

負の影響は Juma Goth 駅、Bin Qasim 駅、Pipri ヤードが輸送ルートに選定された場合に発生すると推定され、被影響住民への土地収用、または騒音レベルの増加によって引き起こされると予測される。

石炭荷揚げターミナル予定地は、カラチカシム港の工業団地の西北部に位置する（図 7-1 を参照）。



出典：EIA 報告書

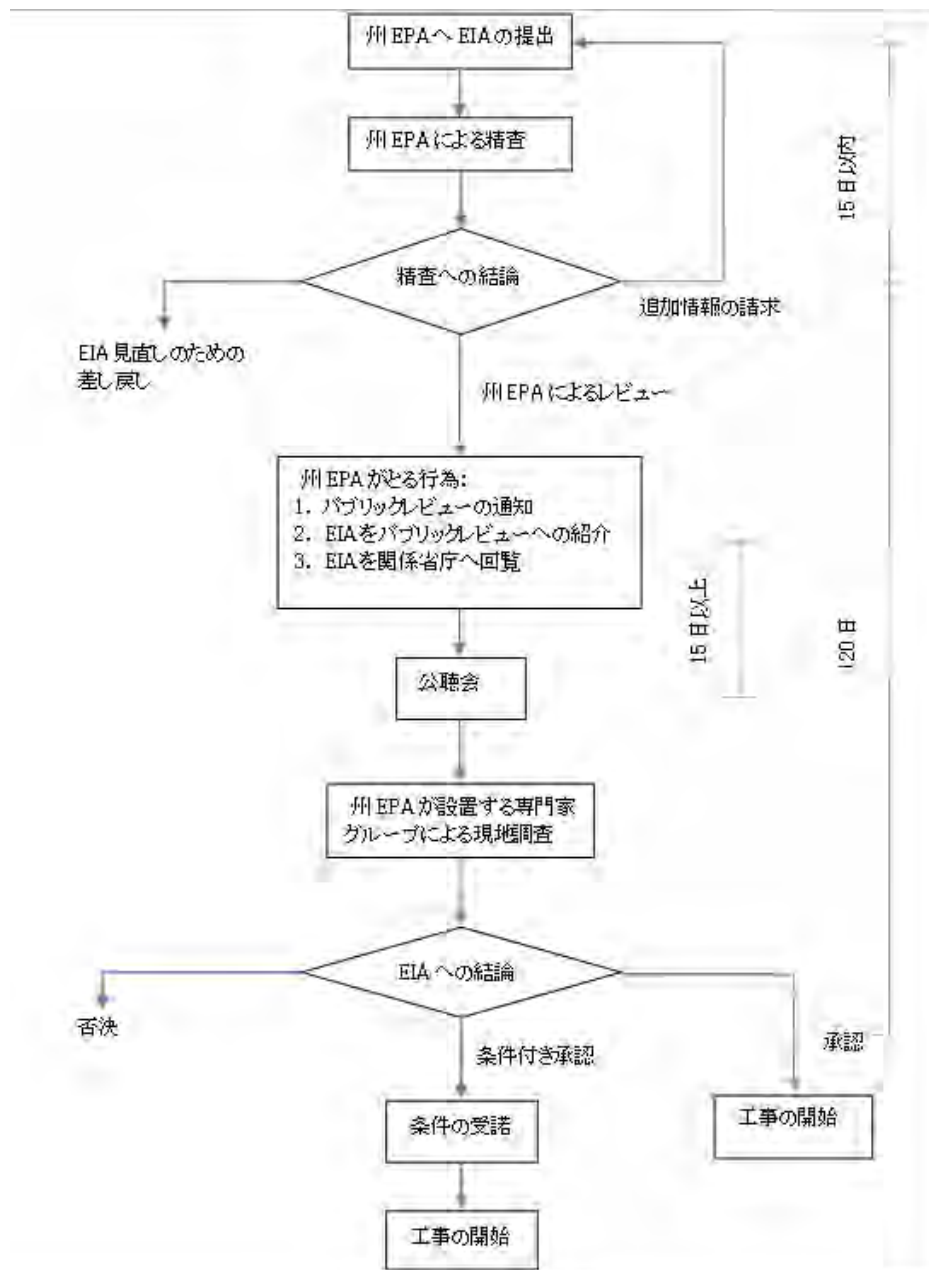
図 7-1 事業予定地

7.1 パキスタン国の EIA 制度

パキスタン環境保護機関(PEPA)は同国の環境保護法に基づき、“「パ」国環境アセスメント手順”を1997年に作成した。その後の“PEPAが行うIEE及びEIAに係る規則,2000”に記載内容、提出、レビューに係る項目が掲載され、IEE及びEIAのガイドラインとして使用されている。本規則によれば、プロジェクトは環境に及ぼす影響の程度により2種類に分類され、Schedule-1には影響の程度が多大ではなくIEEが妥当であるプロジェクト、Schedule-2には影響が深刻でありEIAの実施が妥当であるプロジェクトが示されている。なお、本規則にはIEE・EIAについて次のように示されている：

- 環境評価に係る記載・レビュー・許可のための方針とそのフロー；
- 報告書のレビューと作成に係るガイドライン；
- 公聴会のガイドライン

本“カシム港石炭荷揚げターミナル・鉄道本線間接続に係る計画策定支援”は鉄道事業としてSchedule-IIに分類される。このため、図7-2に示すとおり、事業者はEIAを作成して環境許可を取得しなければならない。



出典: EIA 報告書

図 7-2 EIA プロセスのフロー

7.2 プロジェクト地の状況

7.2.1 自然条件

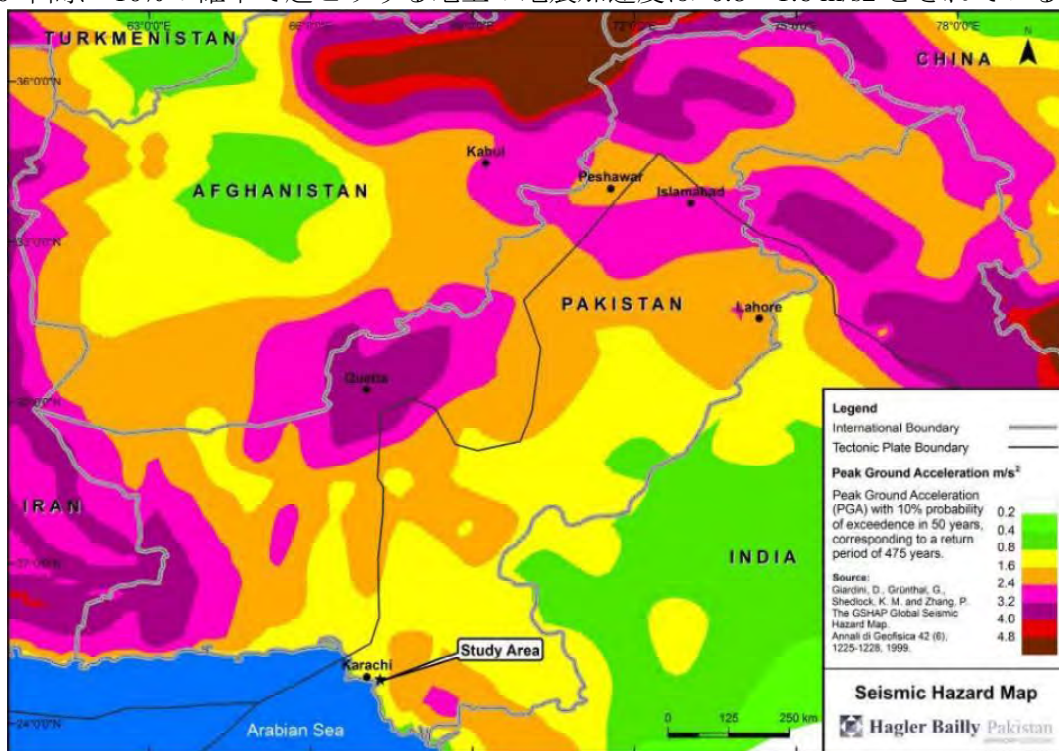
(1) 地形

調査対象地は Kirthar 山脈の南延長にあり、第 3 紀層の鮮新世・中新世により均質に形成されている。基岩は Manchar であり、鮮新世の殆どは厚さ 4,500 フィートの古い頁岩、砂岩、礫岩で構成されている。

(2) 地震

カシム港は活断層の近くにあり、アラビア・ユーラシア・インドプレートが接する活断層から東方 190 km の位置にある。

世界地震災害予知地図プロジェクト(GSHAP)発行の地震予想地図を図 7-3 に示す。これによれば、50 年間に 10%の確率で起こりうる地上の地震加速度は 0.8~1.6 m/s² とされている。



出典：世界地震予知地図

図 7-3 「パ」国の地震災害予測地図

(3) 水文

プロジェクト地域への水供給は非常に限られている。本地域は Malir 川の西部の排水原、Ghaggar ナラ、東部の Rempethani 川を除き、水供給は Kalri-Baghar 支流に依存している。

Malir 川と幾つかのナラは Cattle コロニーからの工場排水として使用され、そのうちの一つは下水道として Jumma Goth を流れる。

(4) 気象

カシム港では夏期は暑く乾燥し、冬期は穏やかであり、モンスーン期は時々激しい降雨に見舞われる。4 月～10 月にかけては南西のモンスーンが吹く。その他の時期は、モンスーンとは逆方向の風が吹き、ほとんどのインド亜大陸で激しく雨の降る季節が終わる。

(5) 気温

カラチをはじめとする沿岸地域の気温は穏やかである。夏季の平均最高気温は 32℃、平均最低気温は 10℃である。沿岸地域が熱波に襲われ最高気温が 40℃を超えることもあるが、これは稀なことであり長くても 3 日間以内に終わる。

(6) 降水

夏季の平均湿度は 60～70%で冬季の平均湿度は 25 から 30%である。カラチの降水量は極端に少なく不規則のため、本地域は亜乾燥地帯に分類される。本地域はラジャスタン州からシンド州にかけてはモンスーンのため大雨が降ることも稀ではない。モンスーンはバロチェスタン州までは影響をおよぼすこととなないが、シンドから湿った空気が運ばれて、特にバロチェスタンの沿岸部に大雨が降ることもある。降水量を表 7-1 に示す。

表 7-1 調査地点の降水量

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
降水量 (mm)	6.0	9.8	11.7	4.4	0.0	5.5	85.5	67.6	19.9	10.0	1.8	4.4

出典：EIA 報告書

(7) サイクロン

熱帯性のサイクロンはアラビア湾の緯度 5～20 度の位置で発生して、上陸後に消滅する。サイクロンの発生する時期は二期あり、一期目は 4 月～6 月、二期目は 10 月と 11 月である。6 月のサイクロンによる被害は本地域では少ない。

平均すれば、76%のサイクロンは南から東にかけてシンド州の沿岸部に接近する。カラチ近辺では、その勢力は弱くなる。1999 年 5 月 12 日のサイクロンは方向を変えバディン地方の沿岸部に被害を与えたが、カラチはその周辺地域のため、中程度の雨が記録されている。

(8) ツナミ

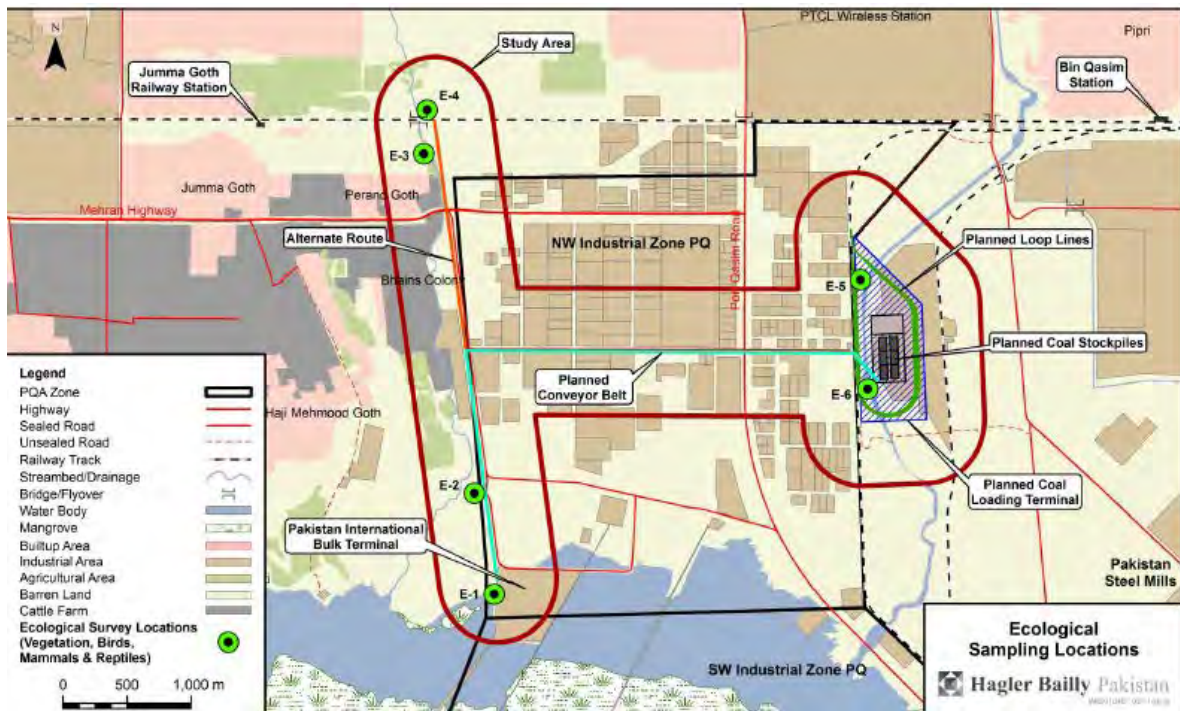
津波は、海底地震によってできた高波を意味する。パキスタン沿岸の津波の発生記録によれば、特に被害は発生していない。頻発する地域の地震活動、および活断層の密生する北部アラビア海の位置関係から、シンド州からバロチスタン州の沿岸部にかけての発生が予測される。

1945 年に沖合で発生したマグニチュード 8 の地震により、カシム港は 1.2m の津波に襲われたが、被害は小さかった。2004 年 12 月 26 日の津波では、カシム港とその周辺地域に被害は発生していない。

(9) 生態系

生態系調査は、異なる生息地の全体がカバーできるよう調査地点を定めた。注目すべきは、調査地点はプロジェクト関連事業によって開発が行われることである。調査はベルトコンベア付近の植物、石炭粉じんによる影響が考えられる地点、及び石炭ストックヤードの造成のため影響を受けると思われる地点を含む。

計 6 か所の調査地点を選定した。これら地点の土地利用、生息地分類、選定理由を表 7-2 に示す。調査地点は図 7-4 に示す。



出典：EIA 報告書.

図 7-4 生態系調査地点

表 7-2 調査地点、生息地分類、及び選定理由

調査地点 ID	生息地分類	緯度・経度	選定理由
E-1	海と沿岸	24°48'38.3" 67°17'16.9"	本地点は建設工事中、供用時に影響を受けると懸念される。 既に、工業目的のため阻害を受けている。
E-2	植物群	24°49'03.9" 67°17'11.0"	本地点はベルコンへの積み込みのため影響を受けると懸念される。
E-3	定住用の建造物 近くの植物群	24°50'30.01" 67°16'55.75"	本地点は石炭粉じんによる影響を受けると懸念される。
E-4	農地近くの比較的 植物群の豊かな地区	24°50'41.1 67°16'56.5"	石炭ストックヤード建設のため植物群が影響を受け、既存の水質も影響を受けると懸念される。
E-5	水路西部の植物群	24°49'59.4 67°18'57.5"	石炭ストックヤード建設のため植物群が影響を受け、石炭ストックヤードからの未処理水による水質への影響が懸念される。
E-6	水路西部の植物群	24°49'31.6 67°18'59.9"	石炭ストックヤード建設のため植物群が影響を受け、石炭ストックヤードからの未処理水による水質への影響が懸念される。

出典：EIA 報告書

植物群: 植物群は乾性植物属である。2016年1月の調査では8種類の陸生植物が見つかった。このうち2種類は陸生植物地域中の限定された水域で発見された。

哺乳類: 2016年1月の調査ではアジアジャッカル(*Canis aureus*)とインドウサギ(*Lepus nigricollis*)の生息が確認された。E-4において両方の足跡が確認され、現地聞き取り調査においても、アジアジャッコルの目撃情報が得られた。2013年の調査時にはアジアジャッコルの他に、キツネ(*Vulpes vulpes*)も生息していた足跡が確認されている。

爬虫類及び両生類: 2016年1月の調査では爬虫類・両生類は発見されなかった。

(10) 保護区

保護区を図 7-5 に示す。調査対象地区は開発済みであり、近くの保護区は 43 km 離れた Haleji Wildlife Sanctuary である。



出典: 保護区 Hagler Bailly 社

図 7-5 調査対象地区と近隣保護区

7.2.2 EIA 調査のスコーピングと TOR

現地踏査を行い、プロジェクトが与える自然および社会への影響予測を表 7-3 に示し、調査の TOR を表 7-4 に示す。

表 7-3 予測される環境への影響

No	影響項目	環境への予測		理由
		工事前/ 工事中	供用時	
汚染対策				
1	大気汚染	B-	C	工事中：工事機器からの排気ガスとホコリによる影響が懸念される。 供用時：影響の程度は不明である。
2	水質汚濁	C	C	工事中：影響の程度は不明である。 供用時：影響の程度は不明である。
3	土壌汚染	D	D	影響は発生しないと想定される。
4	廃棄物	C	D	工事中：影響の程度は不明である。 供用時：影響はほとんど発生しない。
5	騒音・振動	B-	B-	工事中：騒音のレベルが増加する。 供用時：騒音のレベルは、引き続きが増加したままである。
6	地盤沈下	D	D	地下水くみ上げ作業はなく、地盤沈下は発生しない。
7	悪臭	D	D	悪臭を伴う作業は想定されない。
8	越境の影響、及び気候変動	D	C	工事中：建設機器から影響はあるが、極わずかである。 供用時：影響の程度は不明である。
自然環境				
9	地形、地質	D	D	プロジェクトは地形、地質の変更を伴うものではなく、影響の発生は想定されない。
10	底質	D	D	プロジェクトは底質への影響を伴うものではない。
11	生態系	C	C	工事中、供用時とも影響の程度は不明である。
12	水象	D	D	プロジェクトは水象への影響を伴うものではない。
13	水利用	C	C	工事中、供用時とも影響の程度は不明である。
14	保護区	D	D	近隣に保護区はなく、影響は発生しない。
社会環境				
15	用地取得・住民移転	C	-	工事前：影響の程度は不明である。
16	雇用や生計手段等の地域経済	B+	B+	工事中、供用時をとおして新規雇用が予想される。
17	土地利用や地域資源利用	B+	B+	現在の荒地が石炭ストックヤードとして利用される。
18	社会関係資本、地域の意志決定機関、社会インフラ	D	D	影響の発生は予測されない。

No	影響項目	環境への予測		理由
		工事前/ 工事中	供用時	
19	貧困層	D	D	影響の発生は予測されない。
20	少数民族・先住民 族	D	D	影響の発生は予測されない。
21	被害と便益の偏 在	D	D	ベルトコンベアは中央分離帯内、または 空き地に設置されるので影響は発生しな いと想定される。
22	地域内の利害対 立	D	D	影響の発生は予測されない。
23	ジェンダー	D	D	影響の発生は予測されない。
24	子どもの権利	D	D	影響の発生は予測されない。
25	文化遺産	D	D	近隣に文化遺産はない。
26	HIV/AIDS 等の感 染症	B-	D	工事中：工事関係者による罹患が想定さ れる。 供用時：影響は極めて小さい。
27	景観	D	D	影響の発生は予測されない。
28	労働環境	B-	B-	工事中：安全管理が不適切な場合に事故 が発生する。 供用時：安全管理が不適切な場合に事故 が発生する。
その他				
29	事故	B-	B-	工事中：交通誘導が不適切な場合、また はベルトコンベアの設置に伴う事故が想 定される。 供用時：設置された高架ベルトコンベア に伴う事故が想定される。

注： A+/-著しい正/ 負の影響が想定される。

B+/-: ある程度の正/ 負の影響が想定される。

C: 影響の程度は不明であり、更なる調査が必要である

D: 影響の程度は非常に小さいか、無く、更なる調査は不要である

出典：JICA 調査団

表 7-4 EIA 調査の TOR

影響項目	調査項目	調査手法
大気	<ul style="list-style-type: none"> ● パキスタン国の大気質環境基準 ● ベースラインの確認 ● 住宅地、病院、学校との位置関係（距離） ● 工事中的影響項目のレビュー 	<ul style="list-style-type: none"> ● 既存データ ● サンプルング、分析の実施 ● 調査結果の評価
水質	<ul style="list-style-type: none"> ● パキスタン国の水質環境基準 ● ベースラインの確認 ● 工事中的水質汚染のレビュー 	<ul style="list-style-type: none"> ● 水質基準 ● サンプルング、分析の実施 ● 調査結果の評価
廃棄物	<ul style="list-style-type: none"> ● 工事中的処理方法 	<ul style="list-style-type: none"> ● 近隣の処理状況
騒音	<ul style="list-style-type: none"> ● パキスタン国の騒音環境基準 ● 住宅地、病院、学校からの距離 ● 工事中的騒音のレビュー 	<ul style="list-style-type: none"> ● 騒音基準 ● 調査結果の評価
越境の影響、及び気候変動	<ul style="list-style-type: none"> ● 現況の確認 ● 供用時のレビュー 	<ul style="list-style-type: none"> ● カラチ/ シンド州のデータ
生態系	<ul style="list-style-type: none"> ● 予定地に存在する種 	<ul style="list-style-type: none"> ● 現地調査

影響項目	調査項目	調査手法
水利用	<ul style="list-style-type: none"> 現在の利用状況 	<ul style="list-style-type: none"> 現地調査
用地取得・住民移転	<ul style="list-style-type: none"> 移転が必要となる世帯数 FRPの作成 	<ul style="list-style-type: none"> パキスタン国/シンド州の法令 JICA ガイドラインに基づくRPF
雇用や生計手段等の地域経済	<ul style="list-style-type: none"> 新規雇用（職種、採用人員）をDFRで確認 	<ul style="list-style-type: none"> 現地調査
土地利用や地域資源利用	<ul style="list-style-type: none"> 現在の土地利用状況 	<ul style="list-style-type: none"> 現地調査
HIV/AIDS等の感染症	<ul style="list-style-type: none"> HIV/AIDS罹患者の分布 	<ul style="list-style-type: none"> カラチ/シンド州のデータ
労働環境	<ul style="list-style-type: none"> 供用時の労働者安全確保手段 	<ul style="list-style-type: none"> 現地調査
事故	<ul style="list-style-type: none"> 供用時の事故防止のための機器・道具 	<ul style="list-style-type: none"> 現地調査

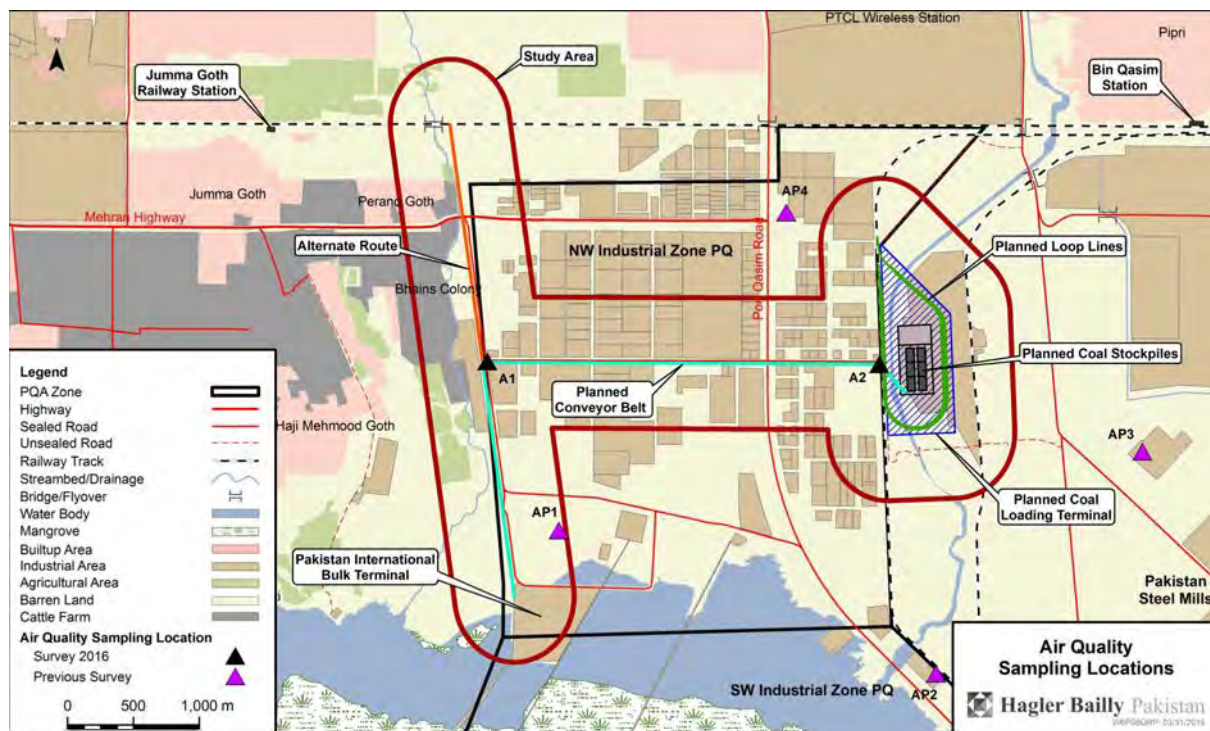
出典：JICA 調査団

7.2.3 EIA 調査結果

(1) 大気汚染

大気汚染調査地点を図 7-6 に示し、分析結果を表 7-5 に示す。

分析結果は、国家環境基準（NEQS）シンド環境基準（SEQS）と比較した。



出典：EIA 報告書

図 7-6 大気汚染調査地点

表 7-5 大気汚染調査結果

Sample ID	NO ₂	NO	SO ₂	CO	CO ₂	O ₃	PM _{2.5}	PM ₁₀	TSP
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
A1	14.18	6.76	14.18	1.71	323.47	12.18	26.06	118	362
A2	14.12	7.06	20.12	1.63	338.71	16.76	27.53	133	371
AP1	18.27	8.10	30.92	1.73	na	na	na	124	na
AP2	10.10	6.10	11.80	na	na	na	20.80	89	216
AP3	na	na	na	2.00	na	na	na	144	na
AP4	na	na	na	1.00	na	na	na	91	na
平均	14.17	7.01	19.26	1.61	331.09	14.47	24.80	117	316
NEQS (24-時間)	80		120	-	-		35		400
NEQS (8-時間)	-		-	5	-		-		-
SEQS (24-時間)	80		120	-	-		75	150	500
SEQS (8-時間)	-		-	5	-		-		-

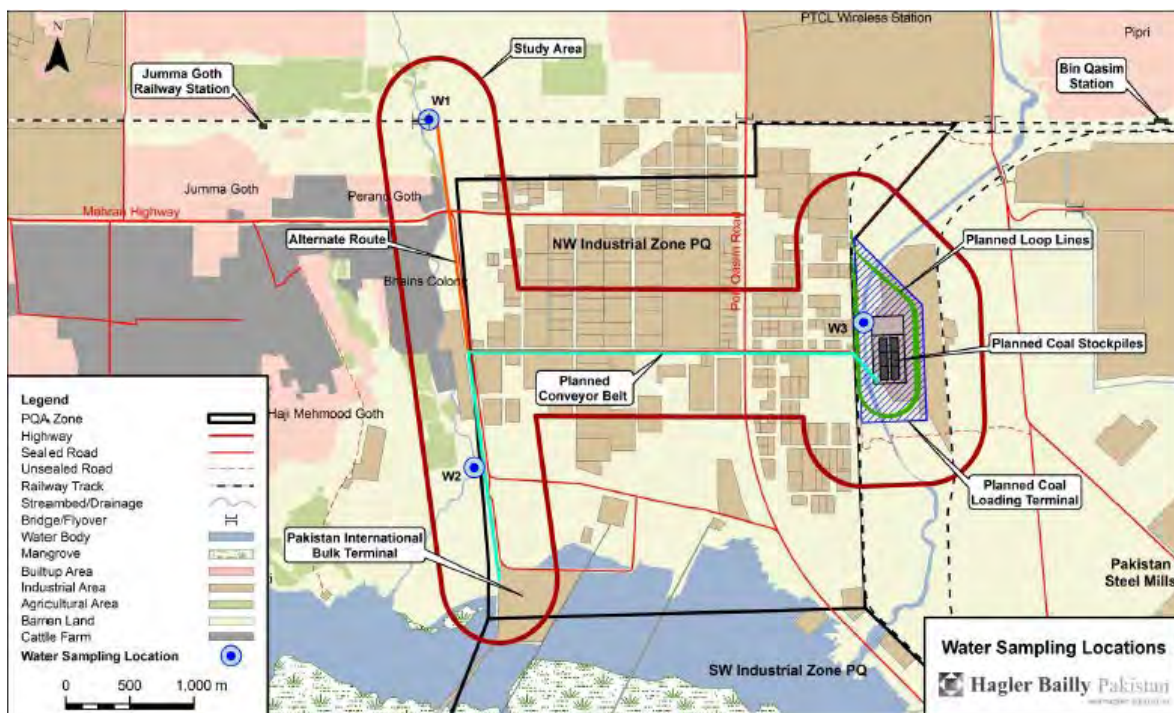
出典：EIA 報告書

調査の結果から以下の結論が導き出される。

- 全地点とも NEQS 及び SEQS が定める基準値以内にある。
- 調査地点と NW 工業団地付近では似通った結果である。
- AP3 の PM₁₀ は 144µg/m³ と高く、SEQS の基準値 150 µg/m³ に近い。理由としてはパキスタンスチールミル (PSM) に近いことが考えられる。PM₁₀ で次の高い値を示しているのは A2 で 133 µg/m³ である。これはサンプリングを行った場所が線路に近く、PSM を取り巻く乾いた荒地による影響と思われる。

(2) 水質汚濁

2 河川で一般的な水質と含有物の調査のため採水を行った。採水は 2016 年 1 月 13 日に行い、SUPARCO の試験室で分析を行った。採水場所は図 7-7 に示し、分析結果を表 7-6 に示す。



出典：EIA 報告書

図 7-7 採水地点図

表 7-6 水質分析結果

項目	単位	許容誤差	NEQS ガイドラインによる基準値		採水 ID		
			一般用	飲料用	W1	W2	W3
一般項目							
水温	°C	0.1	—	—	28.6*	27.8*	22.8*
溶存酸素	%	0.1	—	—	2.1*	15.3*	14.5*
生物化学的酸素要求量	mg/l	1.0			5072	109	53
電導度	mS/cm	1.0	—		8.91 6.5*	20.90 OL*	2.17 2.10*
濁度	NTU	1	—	5	719	120	14
pH		0.1	6 - 9	6.5 - 8.5	6.74 6.99*	8.50 8.54*	8.27 8.45*
総懸濁物質 量	mg/l	1.0	200		1670	217	9
重金属							
ヒ素	mg/l	0.001	1.0				0.013
ホウ素	mg/l	0.001	6.0	0.3			0.044
カドミウム	mg/l	0.001	0.1	0.01			<0.001
カルシウム	mg/l	1.0	—	—			286.358
マグネシウム	mg/l	1.0	—	—			194.001

ウム						
銅	mg/l	0.001	1.0	2		0.037
鉄	mg/l	0.001	8.0	-		0.192
ニッケル	mg/l	0.001	1.0	0.02		0.028
カリウム	mg/l	0.001	-	-		0.016
ナトリウム	mg/l	0.001	-	-		24.142
ストロンチウム	mg/l	0.001	-	-		253.818
亜鉛	mg/l	0.001	5.0	5.0		0.371

注: * は現地で簡易計測器による読取値。OL は計測器による読取値の上限を超えたことを示す。

出典: EIA 報告書

分析結果は飲料用と一般用から比較した。これは水路の水利用は飲料用だけでなく、灌漑用、家畜用に使用されているためである。

分析試験の結果は次のとおりである。

- どのサンプルとも濁度の値は非常に高く、飲料用に定めた値を上回っている。
- 東側水路 (W1 と W2) での総懸濁物質の値は非常に高く、NEQS が定める一般用の基準値を上回っている。これは、家畜小屋から水路に直接、廃棄が行われているためである。

重金属による汚染は、SEQS ガイドラインによる基準値を上回るものはない。

(3) 廃棄物

大量の固形廃棄物が、工業団地周辺の荒地で焼却処分されている。工場からの廃棄物（使用済みの絶縁物、布、その他）と家庭ゴミの両方が処分されている。焼却処分はひろく行われている。図 7-8 に焼却状況と焼却前に野積になっている状況を示す。

いくつかの地点で、液状の廃棄物が水路に廃棄されているのが確認された。



出典: EIA 報告書

図 7-8 調査地の廃棄物処理

(4) 騒音

1月11日と13日、3地点で8時間の騒音調査を行った。同時に交通量調査も行い、通過交通が騒音レベルに与える影響を確認した。調査地点の詳細を表 7-7 に示す。

表 7-7 騒音調査地点とその期間

調査 ID	緯度・経度	場所	選定理由	日時・期間
N1	24° 50' 15.8" N 67° 17' 02.8" E	Mehran 高速道路と NWIZ との交差点	Jumma Goth へ の影響が想定さ れる	1月13日 2016年 0900 - 1700
N2	24° 49' 40.5" N 67° 17' 09.0" E	PIBT 及び NWIZ 方面へ の交差点	Bhains Colony へ の影響が懸念さ れる	1月12日 2016年 1000 - 1800
N3	24° 49' 40.7" N 67° 18' 55.6" E	石炭ストックパイルの 近辺	石炭ストックヤ ードの予定地	1月11日 2016年 1000 - 1800

出典: EIA 報告書 t

測定結果と SEQs の騒音基準を表 7-8 に示す。測定結果は以下の項目を含む。

- L_{90} : 測定時間中、90%の時間期間を超える騒音値。暗騒音の代表値。
- L_{10} : 測定時間中、10%の時間期間を超える騒音値 (L_{90} より高い)
- L_{eq} : 測定時間中の平均騒音値

表 7-8 測定期間中の騒音レベル

調査 ID	N1	N2	N3	SEQs が定める工業地区での 基準値
LA_{eq} , 8 時間 (dBA)	65.9	63.4	56.4	75
L_{90} , 8 時間 (dBA)	55.9	50.7	50.7	-
L_{10} , 8 時間 (dBA)	69.2	65.9	56.8	-

出典: EIA 報告書

- 騒音レベルは SEQsが定める工業地区の基準値より低い。
- N2 と N3 は工場地区の東と西に位置する。 L_{90} は双方とも 50.7 であり、この値が暗騒音値を代表していると考えられる。
- N1 と N2 の LA_{eq} は 65.9、及び 63.4 と似通っている。双方とも交通量の多い交差点で測定されている。
- N3 での LA_{eq} は 56.4 と 3 か所の測定値の中で最も値が小さい。本地点の南は空き地、北には倉庫となっている。交通量は少なく、騒音の要因となるのは、近くを走る鉄道である。測定中は 2 列車が通過した。

(5) 土地利用

調査対象地は工業団地、及び広大な空き地として利用されている。

工業用地 (55%)

調査対象地の大半は、工業用地でありカシム港工業地域となっている。ベルコンは全面積 2,920 エーカーの内、904 エーカーが港湾関連事業、2,016 エーカーが工業関連に開発された NWIZ 内を通過する。工業関連には自動車組立、医薬品、食品・食用油加工工場が操業している。

空地 (38%)

調査対象地には広大な空地がある。空地はヤギの放牧地に使用されている。空地の大半は工場用地であり、将来、工場建設による開発が予定されている。

牧舎 (4%)

4%であるが、調査対象地にはコミュニティの主幹産業である牧舎がある。

農地(2%)

僅かであるが、調査対象地・周辺には農地がある。灌漑は牧舎からの栄養分を多く含んだ排水が使用されている。

住宅地 (1%)

プロジェクト周辺には Jumma Goth と Bhains Colony の住宅地がある。住宅地は都市型と牧舎とが共存している。畜産農家は Bhains Colony では多数を占め、Juma Goth にもある程度の数がある。ほとんどの家屋は石造りである。

7.2.4 環境影響評価

EIA 調査の結果、工事前、工事中、供用時に発生する影響を次の表 7-9 に示す。

表 7-9 環境影響評価結果

No	影響項目	環境への予測		理由
		工事前/ 工事中	供用時	
汚染対策				
1	大気汚染	B-	B-	工事中：工事機器からの排気ガスとホコリによる影響が懸念される。 供用時：ベルトコンベアと石炭ストックヤードからの粉じんが想定される。
2	水質汚濁	B-	B-	工事中：石炭ストックヤードの建設に伴い、水質汚濁が激しくなる。 供用時：石炭ストックヤードからの排水による汚濁が懸念される。
3	土壌汚染	D	D	影響は発生しないと想定される。

No	影響項目	環境への予測		理由
		工事前/ 工事中	供用時	
4	廃棄物	B-	D	工事中：ボックスカルバート等の工事に伴い建築廃材が発生する。 供用時：影響は発生しないと想定される。
5	騒音・振動	B-	B-	工事中：騒音のレベルが増加する。 供用時：騒音のレベルは、引き続きが増加したままと想定される。
6	地盤沈下	D	D	地下水くみ上げ作業はなく、地盤沈下は発生しない。
7	悪臭	D	D	影響は発生しないと想定される。
8	越境の影響、及び気候変動	D	D	工事中：影響はほとんど発生しない。 供用時：影響は極く僅かである。
自然環境				
9	地形、地質	D	D	プロジェクトは地形、地質の変更を伴うものではなく、影響の発生は想定されない。
10	底質	D	D	プロジェクトは底質への影響を伴うものではない。
11	生態系	D	D	石炭ストックヤードのナラ横断に伴う影響は、極く僅かであると判断される。
12	水象	D	D	石炭ストックヤードのナラ横断に伴う影響は、極く僅かであると判断される。
13	水利用	D	D	影響は発生しないと想定される。
14	保護区	D	D	石炭ストックヤードとからマングローブ林までは約3kmあり、影響は発生しないと想定される。
社会環境				
15	用地取得・住民移転	D	-	工事前：住民移転は発生しない。
16	雇用や生計手段等の地域経済	B+	B+	工事中：新規雇用の機会を創出する。 供用時：同上
17	土地利用や地域資源利用	B+	B+	空地进行を石炭ストックヤードとして活用できる。
18	社会関係資本、地域の意志決定機関、社会インフラ	D	D	影響は発生しないと想定される。
19	貧困層	D	D	影響は発生しないと想定される。
20	少数民族・先住民	D	D	影響は発生しないと想定される。
21	被害と便益の偏在	D	D	ベルコンは道路中央の分離帯の上、又は空地に設置されるので、両側への工場への便益は等しい。
22	地域内の利害対立	D	D	影響は発生しないと想定される。
23	ジェンダー	D	D	影響は発生しないと想定される。
24	子どもの権利	D	D	影響は発生しないと想定される。
25	文化遺産	D	D	近傍に文化遺産はない。
26	HIV/AIDS等の感染症	B-	D	工事中：労働者の流入に伴うリスクの増加が想定される。 供用時：影響は極く僅かと判断される。

No	影響項目	環境への予測		理由
		工事前/ 工事中	供用時	
27	景観	D	D	影響は発生しないと想定される。
28	労働環境	B-	B-	工事中:不適切な施工管理によって事故が発生する。 供用時: 同上
その他				
29	事故	B-	B-	工事中: 不適切な交通誘導、又は高架工事に伴い事故が発生する。 供用時: ベルコンは高架構造のため、事故のリスクを伴う。

注： A+/-著しい正/ 負の影響が想定される。
 B+/-: ある程度の正/ 負の影響が想定される。
 C: 影響の程度は不明であり、更なる調査が必要である
 D: 影響の程度は非常に小さいか、無く、更なる調査は不要である

出典：JICA 調査団

7.2.5 影響低減策と費用

表 7-10 に工事前/工事中の影響低減策、表 7-11 に供与時の影響低減策を示す。

表 7-10 工事前/工事中の影響低減策

影響項目	低減策	実施機関	責任機関
大気汚染	- 散水車を用意して散水を行う。	施工業者	PMU
水質汚濁	- 仮堰堤を設けて濁水を沈殿させ、工事に伴う排水が直接河川に流出しないよう防止する。 - 施工業者は仮設トイレ、ゴミ箱を設置して工事関係者に起因する水質汚濁を防止する。	施工業者	PMU
廃棄物	- 施工業者は工事に伴い発生する建設廃棄物の処理計画を作成し、廃棄物管理を行う。	施工業者	PMU
騒音・振動	- 建設機器に起因する騒音が基準値以内に収まるよう、騒音防止マフラー付きの機器を使用し維持管理を行う。 - 施工業者は状況に応じ、低騒音型の機器を建設現場で使用する。	施工業者	PMU
HIV/AIDS 等の感染症へのリスク	- 施工業者は、工事関係者へ適切な教育を定期的に行う。	施工業者	PMU
労働環境	- 施工業者は工事関係者へヘルメット、安全ベルト等を支給する。 - 施工業者は足場、山留め等施工中の作業員の安全を確保するに必要な手段を講じる。	施工業者	PMU
事故	- 施工業者は、工事中の交通誘導計画、交通切り回し計画の適切性を確認して計画を承認する。 - 重機が公道の近辺で作業する場合は交通誘導員等を配置する。	施工業者	PMU

出典：JICA 調査団

表 7-11 供用時の影響低減策

影響項目	低減策	実施機関	責任機関
大気汚染	- ベルコンは密閉構造にしてホコリの拡散を防ぐ。また、石炭ストックヤードに防塵ネットを設置し、貯炭場と石炭貨車への散水を行う。	石炭搬送業者	PQA
水質汚濁	- 石炭ストックヤードには汚濁沈殿槽を設置する。	石炭搬送業者	PQA
騒音・振動	- 石炭搬送業者は騒音計測とそのレビューを行う。 - 基準値を上回る場所にはハンブ・植樹帯を設置して騒音の低減を図る。	石炭搬送業者	PQA
労働環境	- 石炭搬送業者による現地確認を行う。	石炭搬送業者	PQA
事故	- 工場労働者が横断する場所にはハンブを設置する。	石炭搬送業者	PQA

出典：JICA 調査団

以下の表 7-12 に施工業者が工事中に行う低減策実施のため係る費用を示す。表 7-13 に石炭搬送業者が供用時に実施する低減策に係る費用を示し、表 7-14 に PQA が供用時に負担する費用を示す。

表 7-12 施工業者が行う低減策に係る費用

	項目	費用 (千 USD)	費用負担者
A	粉じん防止		
a-1	ベルコンカバー (FRP) の取付け	5.50	施工業者 (契約条件書に含む)
a-2	散水設備	0.24	施工業者 (契約条件書に含む)
a-3	防塵ネット	1.40	施工業者 (契約条件書に含む)
B	水質汚濁防止		施工業者
b-1	汚濁沈殿槽	0.03	
b-2	トイレ	0.01	
C	騒音・振動	0.01	施工業者
D	HIV/AIDS	0.01	施工業者
E	労働環境	0.80	施工業者
F	事故	0.72	施工業者
	計	8.72	

出典：JICA 調査団

表 7-13 石炭搬送業者が行う低減策に係る費用

	項目	費用/年 (千 USD)	費用負担者
A	粉じん防止	0.50	搬送業者
B	水質汚濁防止	0.10	搬送業者
C	騒音・振動	0.01	搬送業者
D	労働環境	0.05	搬送業者
E	事故	0.05	搬送業者
	計	0.71	

出典：JICA 調査団

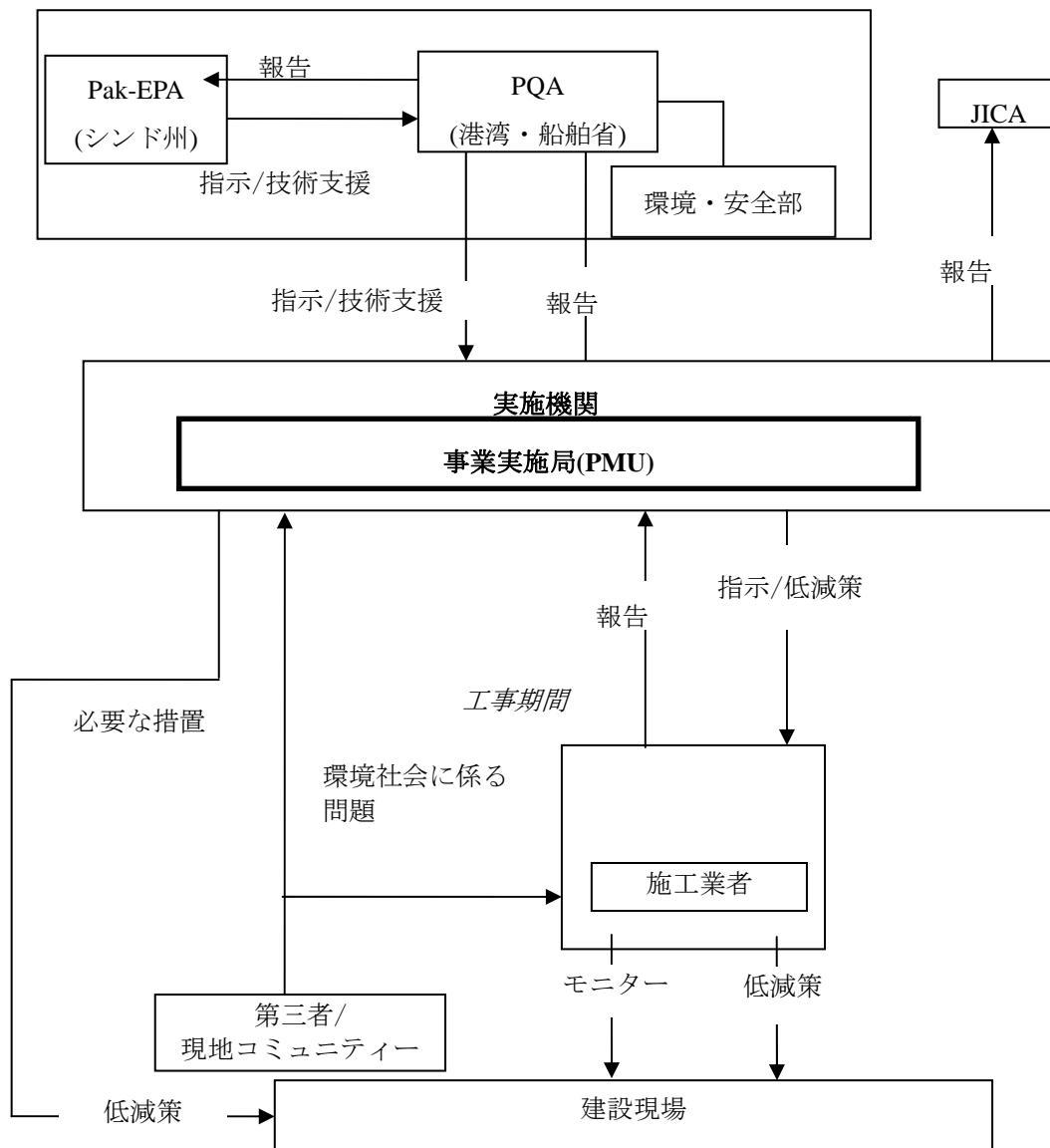
表 7-14 PQA が負担する費用

	項目	費用（百万 USD）	費用負担者
I	NGO の雇上	0.05	PQA
II	外部モニタリングコンサルタントの雇上	0.05	PQA
	計	0.10	

出典：JICA 調査団

7.2.6 環境モニタリング

環境管理・モニタリングに係る体制を図 7-9 に示す。



出典：JICA 調査団

図 7-9 環境管理およびモニタリング体制

監理機関は環境モニタリングを定期的に行うことが求められる。通常、影響項目のモニタリングには二通りのアプローチが用いられる。すなわち、工事中のモニタリングと供用時のモニタリングである。

表 7-15 環境モニタリング計画(工事中)

No.	環境影響項目	指標/単位	モニタリング方法	頻度	実施機関	責任機関
1	水質	濁度、pH	目視	毎日	施工業者	PMU
2	粉じん	散水状況	目視	毎日	施工業者	PMU
3	廃棄物	事務所、宿舍のゴミ、トイレ	目視	毎日	施工業者	PMU
4	騒音	工事に伴う騒音計測(dB)	計測	毎日	施工業者	PMU
5	労働環境・事故	用具、機器、架設施設の点検	目視	毎日	施工業者	PMU

出典：JICA 調査団

表 7-16 環境モニタリング計画(供用時)

No.	環境影響項目	指標/単位	モニタリング方法	頻度	実施機関	責任機関
1	石炭ストックヤードの水質	濁度, pH, BOD 等	計測	一か月に1回	搬送業者	PQA
2	騒音	運送に伴う騒音計測 (dB)	計測	一年に1回	搬送業者	PQA
3	労働環境・事故	交通手段による事故の発生件数	警察からデータを収集	一か月に1回	搬送業者	PQA

出典：JICA 調査団

7.3 土地取得・住民移転

7.3.1 土地取得・住民移転の必要性

ここでは土地取得・住民移転に係る「パ」国の法律・規則と国際金融公社（IFC）方針について示す。

石炭搬送は、全土の石炭火力発電所の生命線と言える。ベルコンにより1年間にラクラ火力発電所へ200万トン、ジャムショロ発電所へ400万トン、パンジャブ発電所へ400万トン、計1,000万トンの搬送が予定されている。

ベルコンの通過する予定地の周辺には、様々な所有者による建物がある。通過する場所によっては住民移転が発生し、土地に対しての借上げ契約、又は許可が州政府・個人所有を問わず必要となる。

7.3.2 用地取得・住民移転に係る法的枠組み

プロジェクトの住民移転では、それぞれの異なる権利の適用等が関連する法律に基づいて行われようになっている。特に、(i) 用地取得法 1894 (修正) は、移転家族/コミュニティへ公

正な補償と生計回復を求めており、; (ii) Easements Act of 1882 (修正)は、コミュニティが長期間慣習的に使用してきた水、土地・畑、特に牧草地等生活のために使用してきた天然資源への配慮、 (iii) The Katchi Abadis Act of 1987 は、正規の所有権を持たない人たちへの補償と生計回復をプロジェクト費用で行うことが求められている。

用地取得法, 1894 (LAA) はその後の補足条項により、公的・私的な土地収用のため適用される主法律となった。LAA は地方政府により解釈され、いくつかの地方政府では LAA を改良して地方の条例とした。LAA と実施規則では影響評価の努力を払うこと、土地・収穫物への補償は正規の土地所有者、登録された土地使用者にそれぞれ市場価格の対価を現金で支払うことが求められている。

LAA に基づき、補償・生計回復の受給は正規所有者、地方の土地歳入部に登録された借家人、又は契約書の所有者のみが対象となっている。非正規所有者へ権利は Easements Act, 1882 と慣習的使用権を求めた Katchi Abadis Act, 1987 により移転地の区画、基本的公共施設の提供、生計回復手段への補償・支援が提供される。

LAA は被影響住民、社会的弱者、貧困層に自動的に回復/支援を与えるものではなく、自動的に収入、生計損失又は移転費用への補填を行うものでもない。しかし、法律が実施に伴い広く地方に理解され、地方の実情、社会経済環境から本法律の適用の除外もある。実施機関と被影響住民間の依頼により、住民移転が難しい状況であることへの同意・理解に基づき特別な調整が行われる。プロジェクトにはこれらを最大限に活用し、加えて IFC の住民移転に関する条項を適用する。

7.3.3 IFC の方針と「パ」国関連法令とのギャップ

LAA は公的収用のため 1894 年に制定され、収用にあたっては所有権・法的所有者へのみ、以下のように補償を行うとなっている。

- 土地・収穫物への補償は市場価格に基づく対価を現金で支払われる。
- 登録された所有者/使用者への補償は、市場価格に基づき支払われる。

LAA 1894 では、土地価格は過去 3 年/5 年間の取引価格に基づくとなっているが、いくつかの場合では過去 1 年間の平均取引価格、または現在の取引価格が適用されている。長年の間、土地歳入部が行った平均価格を下回る査定により、法律の改正により、現在の市場価格には 15% の上乘せが認められている。

下表 7-17 に LAA 1894 と IFC の方針との比較を示す。

原則的には、LAA1894 と IFC 方針の双方とも、被影響住民への補償目的だけでなく、生活再建も強く掲げている。しかしながら、LAA1894 では生活再建の指針がはっきりと示されておらず、生活再建は地方政府と事業者による場当たりの対応に委ねられている。この問題を確認し、LAA1894 と IFC 方針のギャップを解消するために、PQA は IFC 方針にしたがって、家屋、移転・転住に必要な費用には再取得価格を採用し、基本的な公共施設を提供し、生計の損失に対する補填を行う必要がある。

表 7-17 LAA と IFC 方針との比較

No.	IFC の方針	「パ」国 LAA, 1894
1.	所有権のないことにより、補償を否定してはならない。	土地への補償は正規所有者、又は慣習的所有者へのみ行われる。
2.	収穫物への補償は、それぞれの被影響農民の使用形態により行なう。	収穫物への補償は、登録された土地所有者、土地借り人/小作人を対象に行われる。(登録していない農民は、しばしば対象とならない)
3.	樹木への補償は樹木の生産年齢、種類により市場価格で補償する。	樹木への補償は、森林農業部/園芸部が定める公定価格で補償する。
4.	土地評価は現在の再取得価格とする。	土地価格は、通達第6条に基づき、1年前の平均取引価格とする。
5.	建物の補償価格は新規に建築した場合の市場価格であり、原価償却は考慮しない。被影響住民は、建物解体に伴う発生材を自由に持ち去ってよい。	建物の補償価格は公的価格であり、建物の原価償却分を差し引いて支払う。
6.	不満、苦情は非公式に設置される苦情処理委員会 (GRC)、地方政府、NGO、その他コミュニティレベルの機関で調停される。	土地収用官 (LAC) のみが土地、及びその他の資産に係る苦情処理に対応して係争を裁定する。
7.	プロジェクトと実施前に土地収用面積とその価格、その他の資産額、受給要件、支払い総金額、財政支援等の情報を被影響住民に公開する。	土地収用と補償金額は、公平を期すため官報に公示し、住民にとって都合の良い場所に公開する。
8.	IFCでは特に、移転のプロセスにおいて被影響住民が蒙る損失収入の回復と支出への回復措置を求める。	被影響住民、社会的弱者、移転費用等の生計回復手段は考慮されていない。

出典: JICA 調査団

7.3.4 受給方針と受給要件のマトリックス

プロジェクトの実施は LAA が示す権利行使で行われ、これを IFC の非自発的住民移転方針を用いるきっかけとしたい。プロジェクトのもたらす負の影響については“被影響住民が移転前の生活水準を確保し、用地収用に伴い水準が悪化することのない、損失補償と生計確保のための受給方針と受給要件”を第一とする IFC の方針で賠償を行う。

受給資格を明確にするため、センサス時にカットオフデートを宣言する。カットオフデートの宣言後の当該地への流入者には、補償又は移転に伴う支援は行わない。

表 7-18 受給のマトリックス

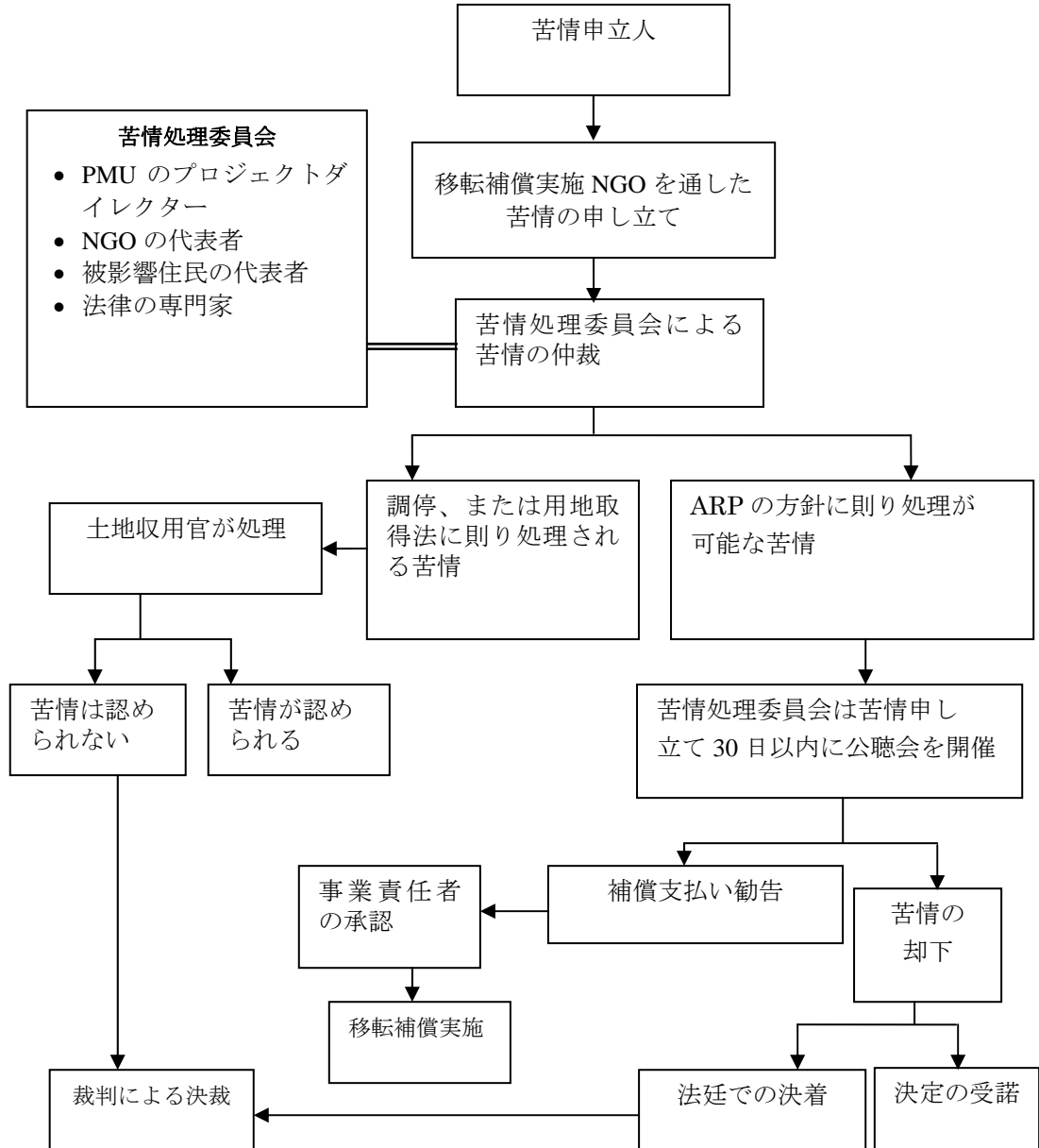
資産	特記事項	被影響住民	補償内容
耕地	影響の程度に関わらず、すべての土地	農民/所有権保持者	収用は市場再取得価格に 15% を上乗せした価格で、税金、登録料、移転費用は無料
		賃借人/借地人 (登録は問わず)	残借地期間中の総生産額を市場価格で支払う (最高 3 年まで)。
		小作人 (登録は問わず)	収穫時の収入を市場価格で支払い、土地所有者と小作人で借地契約に基づき取り分を決める
		失職する農業労働者	契約残期間への賃金 (職種を考慮し

	深刻な影響をうけるもの（10%以上の損失が見込まれるもの）	不法占拠者	た) の支払い 土地損失分として一収穫期に加えて、さらに一収穫期分を市場価格で支払う
		農民/所有権保持者/ 借地人	通常の収穫量に加え、さらに一年分の収穫量（冬季+夏季）を支払う
		小作人 （登録は問わず）	通常の収穫量に加え、さらに地主との契約相当分を一回支払う。
		不法占拠者	通常の収穫量に加え、さらに一年分の収穫量（冬季+夏季）を支払う
住宅地/ 商業地		所有権保持者	収用は市場再取得価格で、税金、登録料、移転費用は無料
		貸家人 /借家人	3 か月分を支払う
		不法占拠者	政府の用意する移転地、または自己都合で定めた場所への移動。 a) 公用収用に伴う一区画の提供 b) 政府の移転地リース c) 生計損失補填のため、一年間の使用権の付託
建造物		すべての被影響住民 （不法占拠者を含む）	再取得価格による現金補償で、原価償却は考慮せず、解体作業で発生した材料は持ち去ってよい。 一部を取り壊す場合は、残りの建物の復旧のための全額を現金で支払う。
穀物	影響を受ける穀物	すべての被影響住民 （不法占拠者を含む）	一年分（冬季+夏季）の収穫量を市場価格で支払う。
ビジネスの損失	木	すべての被影響住民	商店主 a) 影響が恒久的な場合は、6 か月間の収入分を現金で支払う b) 影響が一時的な場合は、6 か月間を最高に現金で支払う。 c) 労働者/使用人には、6 か月分間を最高に現金で支払う。
移転	運搬/暫定的な生活のための費用	すべての被影響住民 （不法占拠者を含む）	Rs. 20,000 の支給。内訳は輸送費 Rs. 5,000, 生計補填費 Rs.15,000
コミュニティの資産			影響を受ける施設に代わる、代替施設を建設
弱者		貧困ライン下の被影響住民	Rs. 6,500 の支払い プロジェクト実施地区での優先雇用

出典: JICA 調査団

7.3.5 苦情処理のメカニズム

プロジェクトでは地方政府、影響住民の代表、第三者（NGO）、法律専門家を含む苦情処理委員会（GRC）を設置して、効果的かつ時間とコストを節約して小規模な係争の解決にあたる。

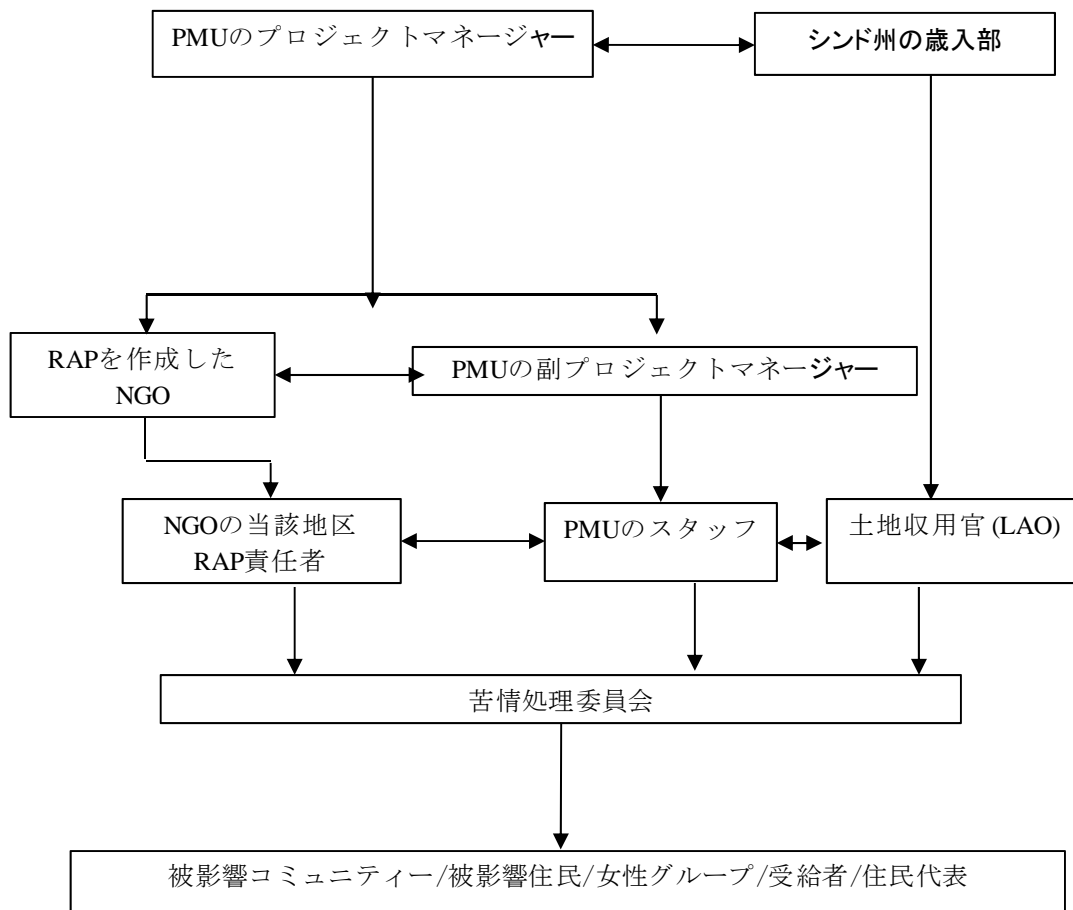


出典：JICA 調査団

図 7-10 苦情処理のメカニズム

7.3.6 実施体制

事業は PMU の監督の下、RAP に伴う移転の実施とその管理を総括する。図 7-11 に実施体制（案）を示す。



出典：JICA 調査団

図 7-11 移転計画に伴う実施体制

7.3.7 モニタリングと評価 (M & E)

モニタリングは内部モニタリングと外部モニタリングを行ない、その結果を PQA 伝えて移転に係る効果を評価する。モニタリングでは移転に係る目標が ARP の実施期間中、およびその後適切であったか、特に、生計・生活水準は回復・改善されたかを評価する。評価により、今後の移転計画作成のための移転の効率、効果、影響と持続可能性を検証する。

(1) 内部モニタリング

内部モニタリングは PMU のエンジニアを介して行う。RAP 実施機関は、スケジュールに従い実施される RAP 諸作業に伴う情報を収集する。PMU は四半期ごとにプログレスレポートを作成して RAP 実施状況を示す。本レポートには；(i) 現在の進捗状況、(ii) 期間中に達成、達成できなかった目的、(iii) 問題への対応、および(iv) 次四半期の目標を含む。また、モニタリングは供用後半年ごとに少なくとも二年間行う。表 7-19 に報告書に記載するモニタ

リング指標を示し、表 7-19 に RAP の実施に伴い四半期ごとにするモニタリング表を示す。

表 7-19 RAP 実施に伴うモニタリングフォーム

項目	総数 (単位)	今期実施数 (単位)	累計実施済み数 (単位)	今期の進捗 (%)		状況、および備考
				目標 (%)	達成 (%)	
移転準備						
パンフレットの配布						
影響を受ける APs/CBEs の 特定						
ID カードの発行						
コンサルテーション						
補償支払い						
土地補償						
樹木/作物/漁業補償						
住居/商店等の建造物 補償						
借家人への補償						
移転費用						
社会開発						
雇傭喪失補償						
営業損失補償						
営業回復補償						
間接的影響への補償						
生計回復手段						

出典: JICA 調査団

表 7-20 モニタリング指標

モニタリング項目	モニタリング指標
費用と必要な期間	用地取得、および移転に関わるスタッフ全員が予定どおり任命され現地の作業に従事しているか？ 能力育成、およびその訓練は予定どおり完了しているのか？ 移転業務は承認された移転系計画どおりに進行しているのか？ 受給者に支給される費用は予定どおりに移転機関に配布されているか？ 移転事務所に予定通りに費用が配布されているか？ 費用は RAP に則り支払われているか？ 用地取得は工事が開始される前に終わっているか？
受給要件の通知	被影響住民は受給要件マトリックスに示された項目、数量に基づく損失補償を受給できるようになっているか？ 土地権利を取得した被影響世帯数は何世帯か？ 移転し、新しく住居建設した被影響世帯数は何世帯か？ 収入・生計回復活動は予定に従って行われているのか？ 被影響商店は受給したのか？ 受食地を失う住民への補償は適切に支払われたのか？ プロジェクトにより立ち退く PQA の土地、または政府の所有する土地の不法占拠者・侵入者に対する補償は行われたのか？

モニタリング項目	モニタリング指標
	コミュニティの公共施設への補償が行われ、新たな場所に再建されたのか？
協議、苦情、および留意の必要な事項	移転に関する小冊子・パンフレットは配布されているのか？ 協議、グループ・コミュニティ活動を含むコンサルテーションは行われたのか？ 苦情処理による救済を申し入れた住民はいるのか？ その結果どうなったのか？ 係争は解決したのか？
受益のモニタリング	工事前と比較して住民が従事する職業にどのような変化が起きたのか？ 工事前と比較して住民の収入・支出にどのような変化が起きたのか？ 住民の収入は変化に対して遅れをとっていないか？ 社会的弱者のグループにどのような変化が生じたのか？

出典：JICA 調査団

(2) 外部モニタリング

PQA は移転終了後 6 か月以内に、個人または企業に依頼して社会影響調査を実施する。実施方法は、住民の移転後の社会経済状況が移転前に行った基礎情報と比較するにあたり妥当性があり・信ぴょう性があり・分析力に優れた手法を用いるものとする。

外部モニタリングでは移転を IFC の住民移転政策、及び「パ」国政府方針に沿って解決する上で予測される今後の問題、移転によって生計が苦しくなったと感じる住民達への更なる緩和策を示す。また、評価の実施により、今後「パ」国の非自発的住民移転政策の改正に有益となる課題についても示す。

7.3.8 ステークホルダー協議

EIA プロセスに一環として、影響を受けると思われるコミュニティ及び団体・機関とのステークホルダー協議を行った。

協議は 2016 年 1 月 28 日から 29 日、2 月 8 日、2 月 24 日から 25 日にかけて行った。

協議は以下の要領で行ない、協議概要を表 7-21 に示す。

- プロジェクトの概要説明
- EIA 調査の内容説明と建設される構造物の概要
- ステークホルダーからの意見聴取と記録作成

表 7-21 協議概要

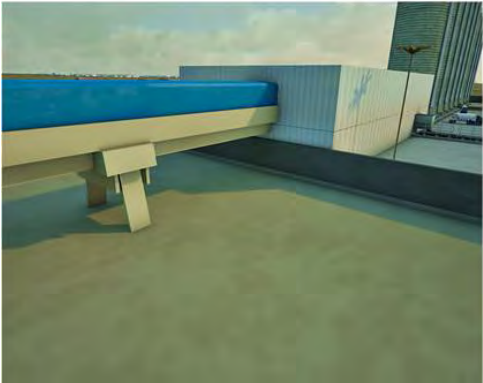
項目	意見
PIBTでの石炭荷揚げ	漁業組合からは、石炭運搬船による海の汚染への懸念が表明された。船舶からは、時々、油の流出事故も発生し、海洋生物に影響を及ぼすとして問題となっている。また、黒い水：トイレ・医療施設からの排水で有害な細菌を含み、海洋生物に影響を与えることも指摘された。
雇用促進	雇用の要請は熟練工、未熟練工の双方に及んだ。本地区の就業率は低く、どのような職種にでも就業する用意がある。他の地区から雇用する場合はプロジェクトに反対する。
石炭の搬送	ベルコン輸送によって、工業地帯内を行き来するトラックの円滑な通行が妨げられることが懸念される。

出典：JICA 調査団

一方で、工業団地に進出している 4 社より、ベルコン建設に反対を表明するレターが届いた。

彼らの懸念と対応策（案）は以下のとおりである。

表 7-22 反対意見の概要

反対意見	対応策（案）
石炭ダストによって品質と生産性が低下する。	<p>1. ベルコンは強化プラスチックで覆う。下図を参照。</p>  <p>2. 石炭ストックヤードに散水してダストの飛散を防ぐ。</p> <p>3. 石炭ストックヤードに飛散防止ネットを設置する。</p>
石炭ダストによって空気清浄装置が必要となり、洗浄用コストが増加する。	
ベルコンは交通混雑と交通事故の増加につながる。	
工場の労働者への健康被害が懸念される。	

この問題はまだ解決しておらず、PQA は事業者として、ステークホルダー協議によって対応することが求められる。

第8章 プロジェクトコスト積算

本章は Stage1 の初期コストと O&M コストの二つに分けて述べることとする。なお、Stage1 は 1,000 万トンの鉄道輸送取り扱い施設、Stage2 は 2,000 万トンの鉄道輸送取り扱い施設であることは第 5 章で述べられている。

8.1 初期コスト

8.1.1 ベルトコンベアー建設にかかる土木工事費

ベルトコンベアーおよび石炭ストックヤード設置には直接基礎または杭基礎が必要である。3.5.2 に示した通り、PIBT から 400m 北側までは軟弱地盤そうが存在しているため、杭打ちが必要である。その他の箇所では直接基礎のみが必要となる。コンクリートや鉄筋、型枠など、最近の調達事情を考慮してコストを積算している。

8.1.2 ベルトコンベアー建設にかかる電気・機械費

1.5km と 3.0km のベルトコンベアー 2 本が PIBT から石炭ストックヤードまで設置される。また、4.4 節に述べた通り、短いベルトコンベアー 8 本が石ターミナル駅内に設置される。

石炭ストックヤード内にはスタッカーリクレーマー 1 機、スタッカー 1 機、リクレーマー 1 機およびスプリンクラーが設置される。また、サージビンやホッパーゲート、計量ビン、消化設備、エアーコンプレッサー、レベル計が積みこみ施設として設置される。

ベルトコンベアー用のスペアパーツ、アイトラ、電気設備、リクレーマー消耗品、スタッカー消耗品も費用に見積もられている。全ての機械設備は日本から調達されることを想定している。

8.1.3 積み下ろし駅建設にかかる土木工事費

二本のループ線が Phase1 事業で考えられている。延長は 5.7km、8 本の分岐器と 1 本のシーサスクロッシングが設置される。これらのコストは「Revised PC-1 for Coal Transportation by Rail to Jamshoro Power Plant」と「PC-1 for Dualization and Rehabilitation of Track between Port Qasim and Bin Qasim Stations」を根拠としている。

積み込みターミナル外周北側、南側、東側に境界壁を設置することを想定している。さらには、ループ線内に鉄道用オペレーションルームも設置する。これらのコストは「PC-1 for the Provision of Coal Conveying System from PIBT to Railway Network at Port Qasim」の積算根拠を参考にしている。

鉄道用信号システムとして、インターロッキング装置やポイント機器、軌道回路、カラー信号、UPS、バッテリー、動力運転、スペアパーツ、設置、コミッションングが含まれている。同様に通信システムも見積もられている。これらのコストは最新のプロジェクトの調達事情が考慮されている。

8.1.4 Stage1 での初期コストのまとめ

Stage1 の初期コストを以下の表 8-1 に示す。土地収用コストは「PC-1 for the Provision of Coal Conveying System from PIBT to Railway Network at Port Qasim」を参考にしている。なお、予備費はプロジェクトコストの5%を見積もっている。なお、Loading track における全コストの25%をパキスタン国鉄の間接費として見積もっている。

表 8-1 Stage1 の初期コスト

非公開

出典：JICA 調査団

8.2 O&M コスト

想定される O&M コストを以下表 8-2 にまとめる。

表 8-2 20 年間の O&M コスト

<h1>非公開</h1>

出典：JICA 調査団

8.2.1 Stage2 に必要な追加投資

追加で一つのサージビン、石炭ストックヤードからサージビンまでのベルトコンベアーが三つ目の積み込み施設として必要である。またこれらに関連して、土木工事費用も必要となる。

鉄道積込線は、2 本の追加ループ線と 12 個の分岐器が Stage2 事業で必要となる。Stage2 事業に必要な追加投資コストを以下に示す。

表 8-3 Phase2 に必要な追加投資コスト

<h1>非公開</h1>

出典：JICA 調査団

8.2.2 固定 O&M コスト

給料や賃金は「PC-1 for the Provision of Coal Conveying System from PIBT to Railway Network at Port Qasim」を参考にしている。月額かかる電気代は K-Electrik の料金表を参考にしている。メンテナンスコストはインフラ施設および電気機器に対して初期投資額の 2%を想定している。

表 8-4 想定される固定 O&M コスト

<h1>非公開</h1>

出典：JICA 調査団

8.2.3 変動 O&M コスト

全システムの電力消費量は 5,180kw である。想定される年間の電力消費量は 37,606,800kwh となる。運転時間は年間で 330 日、一日 22 時間と想定している。単価は K-Electrik の料金表を参考にしている。想定される変動費用を以下表 8-5 に示す。

表 8-5 想定される変動 O&M コスト

<p>非公開</p>

出典：JICA 調査団

8.2.4 オーバーホールコスト

オーバーホールコストは比較的高い。ベルトコンベアーは 10 年に一回、コストは機器の初期コストの 40%を見積もっている。また、ローラーは 5 年に一回、コストは初期コストの 30%が必要と見積もっている。

第9章 事業実施スケジュール

9.1 仮定項目

カシム港内の石炭荷降ろしターミナルからパキスタン国鉄の積み込み駅までの石炭輸送施設の建設スケジュール策定にあたり、以下の仮定を前提としている。

- PIBT のフェーズ1の建設工事が 2016 年の 12 月までに完成する。
- 国鉄がビンカシム駅～カシム港駅間の複線化工事を 2016 年 6 月末までに完成させる。
- サヒワル石炭火力発電所の商業運転が 2017 年 9 月より開始される。

9.2 実施スケジュール

プロジェクトの実施機関である PQA は、2015 年 12 月 18 日に入札への関心表明 (EOI) 提出のアナウンスを行い、2016 年 1 月 18 日までに 11 社が EOI を提出している。PQA は 2016 年 6 月 3 日現在、事前資格審査用の書類を準備している。

PQA によれば、サヒワル発電所の要求に合わせるべく、工事は 2016 年 7 月 1 日に開始され、2017 年 3 月 17 日までに完成されなければならないとしている。ベルトコンベアシステムの調達・製造、および建設の期間を考慮するとこのスケジュールの達成は非常に挑戦的なものといえる。以下の図は PQA の設定した当初の実実施スケジュールを示している。

この当初のスケジュールからすでに 2 カ月遅れていることが分かる。PQA によれば、PQA ですらいつ事前資格審査が終了するかは目途は立っていない。

Year	Month	2016												2017											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	最終版PC-1の作成	■																							
2	EPC契約の入札手続き																								
2-1	EPC契約の事前資格審査	■	■	■	■																				
2-2	EPC契約書の準備			■	■	■																			
2-3	EPC契約の入札						■	■																	
2-4	EPC契約入札書評価							■	■																
2-5	EPC契約のネゴ及び調印								■	■															
3	建設工事																								
3-1	土工及び基礎工事							■	■	■	■	■													
3-2	ベルトコンベアシステムの調達及び据付									■	■	■	■	■	■	■									
3-3	貯炭場整備									■	■	■	■	■	■	■									
3-4	鉄道工事									■	■	■	■	■	■	■									
4	試運転及び引渡し																			■	■				
5	サヒワル発電所の試運転																					■	■	■	
6	商業運転																							■	

出典：PQA

図 9-1 実施スケジュール

工事の規模及び内容を考慮すると、図 9-2 に示す通り建設期間として 18 ヶ月程度とすることが望ましいと考えられる。工事が遅延した場合、暫定的にマージナルワープを使用して石炭を輸送することを考慮する必要がある。

		月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	詳細設計		■	■																				
2	製造と輸送				■	■	■	■	■															
3	建設																							
3-1	ベルトコンベアー			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■										
3-2	ストックヤード				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■									
3-3	積みこみ施設									■	■	■	■	■	■	■	■	■						
3-4	電気関係												■	■	■	■	■	■	■					
3-5	鉄道工事				■	■	■	■	■															
4	試運転および引き渡し																		■	■				
5	発電所向け試験運転																				■	■	■	■
6	商業運転開始																							→

出典：JICA 調査団

図 9-2 推奨する建設スケジュール

9.3 石炭輸送に関わる役割と責任

PIBT から鉄道までの石炭輸送に関わる関係諸機関の役割分担は以下の通り；

9.3.1 PIBT

2010年11月6日にPQAとPIBTの間で、国内初となる(汚れ)ばら積み貨物専用ターミナル建設の契約が調印されている。このターミナル建設期間として当初3年とされていたが、完工時期は2016年末に延期されている。

PIBTの責任範囲は、PIBTの埠頭における石炭の積み下ろしから、ベルトコンベアーによってPIBTの貯炭場までの輸送、貯炭、更にPQAのベルトコンベアーまでの輸送までである。

9.3.2 PQA

PQAの責任範囲は、PIBTから石炭列車までの石炭輸送システムの建設及び運転である。システムの内容として、PIBTから石炭積み込みターミナル内の貯炭場までと、貯炭場から石炭積み込み線上の石炭計量容器までのベルトコンベアー設備を含む。また石炭積み込み用のリクレーマーやスタッカーの調達及び運転、更に列車への石炭積み込み作業もPQAの責任である。

石炭の粉塵によって引き起こされる環境問題への対応もPQAの責任に含まれる。計画されたベルトコンベアーはPQAの産業地域の中心部を西から東に向けて横断するため、FRP製のカバーで天井部と側面部を覆う必要がある。さらに、貯炭場の周囲は防塵ネットで覆い、貯炭場は粉塵飛散防止のためのスプリンクラーを設置しなければならない。

PQAは石炭輸送システムの運営・維持管理体制の構築及びスペアパーツや維持管理用機器の格納設備を有する工場の建設・維持管理も行わなければならない。機器の運転及び維持管理用の取扱い説明書の作成、及び各種設備の運転要員の訓練は建設工事の契約中に要求事項として含まなければならない。

9.3.3 PR

パキスタン国鉄はビンカシム駅～カシム港駅間の複線化工事及び石炭積み込みターミナル内に軌道工事に関して責任を持つ。更に、石炭積み込み駅に出入りする列車の運転に関しても責任を持つ。

第10章 財務分析

10.1 財務分析の目的・方法⁷

財務分析は、実施機関の視点からプロジェクト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（プロジェクトからの料金収入増分）と市場価格に基づいた費用を考慮したうえで、プロジェクトの純便益が計算される。

価格予備費、建中金利、その他金融費用は、財務費用から除かれている。FIRR、FNPV は、利払い・償却前キャッシュフローに基づいて計算している。

FIRR、FNPV を計算するために、プロジェクト・キャッシュフローを準備する。これらの数値は、以下の式に基づいて計算される。FIRR は FNPV をゼロとする割引率に等しい。FNPV 計算のために、事前に決められた割引率が使われる。

$$\sum_{t=1}^n \{(B - C)_t \div (1 + r)^t\} = 0$$

Where, C=cost, B=Benefit, t=tth year (1,2,3...n), n=project life, r=internal rate of return

FIRR、FNPV の計算のために、通常は「プロジェクトを実施した場合 (with project)」、「プロジェクトを実施しなかった場合 (without project)」の2つのケースを比較して、純増分便益・費用を決定する。今回の分析では、プロジェクト実施に伴う逸失便益が重要でないと想定しているため、プロジェクト実施による機会費用は考慮されていない。

10.2 前提条件

このセクションでは、調査結果に基づいて、FIRR、FNPV 計算に使われる主な前提条件について記述する。

10.2.1 プロジェクト寿命、残存価値、価格ベース

プロジェクトは、建設完工後 20 年のプロジェクト寿命を有すると想定している⁸。プロジェクトの寿命が来たときに、残存価値はないものとする。便益・費用は、2016 年価格（パキスタンルピー）で示されている。

10.2.2 物理的予備費・価格予備費

物理的予備費は、プロジェクト完成に必要なベース費用を超えて必要な追加リソースの金銭的価値と定義される。同予備費は、ベース費用（EPC(設計・調達・建設)費用＋価格予備費）のパーセンテージとして見積もられる。物理的予備費はベース費用の 5%と想定している。

価格予備費は、費用見積もり時と借款承認時の間の為替相場や価格変動に備えるものである。同費用は、外貨分の 1.8%、内貨分の 5.9%と想定している。

⁷ 本報告書では、経済便益の定量化が困難なため、また、港湾・船舶省が同意したため、経済分析は実施していない。

⁸ プロジェクト寿命 (20 年) の前提は、「PC-1: Provision of Coal Conveying System from PIBT to Railway Network at Port Qasim” (14th, January, 2016) prepared by Ministry of Ports & Shipping and Port Qasim Authority.」に従っている。

将来の価格変動の不確実性と 2016 年価格の適用という前提条件により、価格予備費は、財務費用ではゼロと見積もられている。

10.2.3 基準レート

基準レートは、FNPV を計算するために使われ、プロジェクトが実施機関の観点から実施すべきかどうかを判断するために使われる。

原則として、財務分析に採用される基準レートは、資本機会費用の考えに基づいて計算される。EPC 費用を含む初期費用は、公共セクター開発計画（PSDP）のもと、パキスタン政府の補助金によって資金手当てがされる。プロジェクトは、政府や金融機関から借り入れはしない。政府補助金の名目上の財務コストはゼロであるが、資本機会費用として、また FNPV 計算のために、財務省短期証券金利（6.28%）が使われる。⁹

10.2.4 維持管理費用

プロジェクトの維持管理費用は、1) 固定維持管理費用、2) 変動維持管理費用、3) 諸経費から構成される。

表 10-1 維持管理費用

非公開

出典：JICA 調査団
注：変動維持管理費用の数字は、最大石炭輸送量時（2030 万トン）であり、輸送量に応じて変動する。

さらに、オーバーホール費用は、以下の表が示す通り、定期的に支出される。PC-1 では、オーバーホール費用は明示的にプロジェクト費用に含まれていない。

表 10-2 オーバーホール費用

非公開

出典：JICA 調査団

10.2.5 料金

プロジェクトによる石炭輸送料金は、現時点で決定していない。輸送料金は、暫定的に財務的正味現在価値が若干プラスになるレベル、すなわち、トンあたり 253.7 ルピーとする。

料金レベルは、トンあたり 335.71 ルピーと想定する PC-1 とは異なる。本調査と PC-1 の間で想定料金が大きく異なるのは、次セクションで説明するように、それぞれの石炭輸送需要の想定が異なるためである。¹⁰

⁹ 2016 年 2 月 4 日の 12 ヶ月財務省短期証券金利は 6.2758%であった。(Domestic Markets & Monetary Management Department, State Bank of Pakistan, “Result of of Government of Pakistan Market Treasury Bills”)

¹⁰ 石炭輸送量の料金に対する影響を確認するため、年間石炭輸送量 100 万トンから 2000 万トンまでの料金が暫定的に計算されている。詳細は、表 10-14 を参照のこと。

10.2.6 石炭輸送需要

財務分析は、第2章で記述されている石炭輸送需要予想に基づいて実施される。

表 10-3 石炭輸送需要

Year of operation	Coal (Mil. Ton)
Year 1	1.8
Year 2	4.3
Year 3	8.6
Year 4	15.6
Year 5	18.5
Year 6	19.7
Year 7-20	20.3

出典：JICA 調査団

本調査における石炭輸送需要の前提は、PC-1 と異なる。PC-1 では、操業 1-3 年目は 400 万トン、4-10 年目は 600 万トン、11-20 年目は 800 万トンと想定している。

10.2.7 本調査・PC-1 間の前提条件の相違

本調査と PC-1 の前提条件の主な相違を下記表に示す。最大石炭輸送量予測の違いにより、料金レベルに大きな違いが出ている。

表 10-4 前提条件の主な相違

非公開

出典：JICA 調査団

注：年間維持管理費用は、最大石炭輸送量時の数字である。（本調査は 2030 万トン、PC-1 は 800 万トン）

注：ベルトコンベヤーのオーバーホール費用は 10 年ごと、ローラーは 5 年ごとに支出される。

注：プロジェクト費用は、ステージ 1 の費用のみを含む。

10.3 財務分析

10.3.1 財務費用

財務費用は、プロジェクト費用見積もりから算出され、初期投資費用と維持管理費用から構成される。

プロジェクト費用には、設計・調達・建設費用、税金、土地購入費、物理的・価格予備費が含まれている。一方、財務費用は、実施機関の視点からプロジェクト・パフォーマンスを評価するために使われ、10.2.2 で説明したように、価格予備費は除外している。

表 10-5 完工時プロジェクト財務費用（単位：百万ルピー）

非公開

出典：JICA 調査団

注：財務費用詳細は、表 10-9 を参照。

さらに、操業開始後 3 年目に、追加投資（10 億 2000 万ルピー）が行われる。¹¹

10.3.2 財務便益

このセクションでは、財務便益を特定し、数値化する。財務便益は、プロジェクト実施により実現する石炭輸送システムによる増分収入である。

プロジェクトの財務パフォーマンスは、実施機関（カシム港湾庁および委託契約に基づきシステムを運営する企業）の観点から評価される。

便益は、プロジェクト寿命まで（20 年間）計算される。財務分析のために、特定年の増分収入という便益が、石炭輸送量と料金を掛けることにより算出される。

$$\text{収入} = \text{石炭輸送量（トン）} \times \text{料金（トン当たりルピー）}$$

表 10-6 収入予測

Year of operation	Coal transported (Mil ton)	Tariff (Rs./ton)	Revenue (Mil. Rs.)
Year 1	1.8	253.7	453
Year 2	4.3	253.7	1,078
Year 3	8.6	253.7	2,170
Year 4	15.6	253.7	3,944
Year 5	18.5	253.7	4,683
Year 6	19.7	253.7	4,988
Year 7-20	20.3	253.7	5,140

出典：JICA 調査団

石炭輸送施設が建設される土地で生産されている農産物などの逸失便益がない、すなわち、機会費用がないと想定しているため、総収入は、上記式で計算した便益に一致する。

10.3.3 財務的内部収益率・正味現在価値

これまで記述された前提条件、費用、便益をもとに、財務的内部収益率（FIRR）と正味現在価値（FNPV）が計算される。

FIRR を求めるために、便益・費用は、2016 年の価格をもとに計算されている。FNPV を算出されるために、基準レート（6.28%）が使われている。

¹¹ 追加投資費用の詳細は、8.2.1 を参照。

表 10-7 財務的内部収益率・正味現在価値

	FIRR	FNPV (Rs. million)	FNPV (US\$ million)
Earning before tax basis	6.29%	22	0.2
Earning after tax basis	2.54%	(4,630)	(44)

出典：JICA 調査団

注：FIRR・FNPV 計算の詳細は、表 10-10 を参照。

注：税引き後利益はプロジェクトの予測財務諸表に基づいて計算されている。詳細は、表 10-11、10-12、10-13 を参照。

料金は、石炭輸送需要予測に基づき、かつ FNPV が若干プラスになるように設定されているので、税引き前利益ベースで同数値がプラスとなっている。

一方、税引き後利益ベースでは、FNPV がマイナスとなっている。これは、税引き前利益ベースで、同数値がゼロより大きくなる料金としているためである。しかし、法人税を投下資本へのリターン（政府の歳入）とみなせば、プロジェクト実施は正当化しうるであろう。

実際の状況はベース・ケースの想定と異なるかもしれないので、財務分析に関する感度分析を実施している。感度分析では、1)料金下落（マイナス 10%）、2)初期投資費用増加(プラス 20%)、3)需要減少（マイナス 10%）のケースを検討した。

表 10-8 感度分析（FIRR・FNPV）（税前利益ベース）

Case	Benefit	Cost	FIRR (%)	FNPV (Rs. in million)	FNPV (US\$ in million)
Base case	No change	No change	6.29%	22	0.2
Tariff decreases (-10%)	-10%	No change	3.45%	(4,286)	(41)
Initial investment cost increases (+20%)	No change	+20%	4.60%	(3,087)	(29)
Demand decreases (-10%)	No change	No change	3.45%	(4,286)	(41)

出典：JICA 調査団

上記表から明らかなように、前提条件の変化（料金下落、費用増加、需要減少）によって、FNPV がマイナスとなっている。

前提条件の変化は、正味現在価値に大きな影響を与える。そのため、プロジェクトの財務パフォーマンスへの悪影響を避ける、もしくは減らすために、何らかの対策を講じておくべきである。例えば、変動費用（例：電気料金）が変動した時にすぐに料金を調整するための自動調整メカニズムを料金システムに取り入れることが可能である。また、料金収入は実際の石炭輸送量に大きく左右される。そのため、プロジェクトを利用する石炭火力発電所事業者との交渉の余地を残し、石炭輸送量が想定と大きく異なる場合は調整できるようにしておくべきである。

表 10-9 プロジェクト費用・財務費用

<p>非公開</p>

出典：JICA 調査団作成

表 10-10 財務的内部収益率・正味現在価値

<h1>非公開</h1>	
--------------	--

Before tax basis		After tax basis	
FIRR=	6.29%	FIRR=	2.54%
FNPV=	22 Mill Rs.	FNPV=	(4,630) Mill Rs.

出典：JICA 調査団作成

注：税引き後利益計算のため、法人税(35%)が適用されている。法人税計算の詳細は、表 10-11 を参照。

表 10-11 損益計算書

非公開

出典：JICA 調査団作成

表 10-12 貸借対照表

2. Balancesheet	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10	Year 11	Year 12	Year 13	Year 14	Year 15	Year 16	Year 17	Year 18	Year 19	Year 20	Year 21
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Cash & equivalent	0	183	605	1,456	4,300	7,993	2,233	6,232	10,473	13,934	17,346	8,167	12,546	16,593	20,447	24,217	18,341	22,834	27,075	31,194	35,281
Receivables	0	38	90	181	329	390	416	428	428	428	428	428	428	428	428	428	428	428	428	428	428
Other current assets	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fixed asset (building)	1,274	1,092	936	802	687	589	505	433	371	318	272	233	200	171	147	126	108	92	79	68	58
Fixed asset (equipment)	13,009	8,664	5,770	4,771	3,177	2,116	10,881	7,247	4,826	3,214	2,141	13,812	9,199	6,126	4,080	2,717	11,282	7,514	5,004	3,333	2,220
Fixed asset (land)	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500	2,500
Other fixed asset	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total asset	16,783	12,182	9,694	9,076	10,557	13,286	15,898	16,405	18,300	20,187	22,541	24,480	24,426	25,514	27,393	29,842	32,130	33,010	34,841	37,354	40,368
Payables	0	80	93	114	150	164	170	173	173	173	173	173	173	173	173	173	173	173	173	173	173
Other current liability	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Loan	0	200	180	160	140	120	100	80	60	40	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Other fixed liability	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capital	16,783	16,358	16,358	16,358	16,358	16,358	16,358	16,358	16,358	16,358	16,358	16,358	16,358	16,358	16,358	16,358	16,358	16,358	16,358	16,358	16,358
Accumulated profit	0	(4,576)	(6,936)	(7,555)	(6,089)	(3,355)	(729)	(204)	1,710	3,617	5,992	7,951	7,896	8,984	10,863	13,312	15,600	16,480	18,311	20,824	23,838
Liabilities & shareholder's equity	16,783	12,182	9,694	9,076	10,557	13,286	15,898	16,405	18,300	20,187	22,541	24,480	24,426	25,514	27,393	29,842	32,130	33,010	34,841	37,354	40,368

出典：JICA 調査団作成

表 10-13 キャッシュフロー計算書

3. Cash flow statement	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10	Year 11	Year 12	Year 13	Year 14	Year 15	Year 16	Year 17	Year 18	Year 19	Year 20	Year 21
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Balance at beginning of year	0	0	183	605	1,456	4,300	7,993	2,233	6,232	10,473	13,934	17,346	8,167	12,546	16,593	20,447	24,217	18,341	22,834	27,075	31,194
A) Operational cash flow																					
Net profit	0	(4,576)	(2,481)	(619)	1,466	2,735	2,626	525	1,915	1,907	2,374	1,959	(54)	1,088	1,879	2,450	2,287	880	1,832	2,512	3,015
Change in working capital	0	42	(40)	(70)	(112)	(47)	(19)	(10)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Depreciation	0	4,527	3,050	2,061	1,708	1,160	791	3,707	2,482	1,665	1,119	754	4,647	3,101	2,071	1,384	926	3,784	2,523	1,683	1,123
Others	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B) Investment cash flow																					
Fixed asset (building)	(1,274)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fixed asset (equipment)	(13,009)	0	0	(928)	0	0	(9,472)	0	0	0	0	(12,386)	0	0	0	0	(9,472)	0	0	0	0
Fixed asset (land)	(2,500)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C) Financial cash flow																					
Capital	16,783	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Loan	0	200	(20)	(20)	(20)	(20)	(20)	(20)	(20)	(20)	(20)	(20)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Balance at end of year	0	183	605	1,456	4,300	7,993	2,233	6,232	10,473	13,934	17,346	8,167	12,546	16,593	20,447	24,217	18,341	22,834	27,075	31,194	35,281

出典：JICA 調査団作成

表 10-14 石炭輸送量に基づく料金レベル

Coal demand (Mil ton/year)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Tariff (Rs./ton)	3,541.0	1,785.7	1,200.5	908.0	732.5	615.4	531.8	469.1	420.4	381.4	349.5	322.9	300.4	281.1	264.4	249.8	236.9	225.4	215.1	205.9

出典：JICA 調査団作成

注：石炭輸送量は、操業開始 1 年目から操業終了時まで一定と想定している。石炭輸送量的前提が異なるため、上記表の 2000 万トンの料金レベルと IRR 計算時(年間 2000 万トン)の料金も異なっている。

注：料金は、財務的正味現在価値がほぼゼロとなるように計算されている。

第11章 結論

11.1 全般

- 石炭積み込みターミナルの位置は最終的な決定となっていないが、JST は PSM 内の用地が活用できるものとみなしている。JST は、PSM によって提示された 150 エーカーの用地をベースとしてベルトコンベアーシステムと石炭積み込みターミナルの計画を策定した。

11.2 石炭火力発電所計画及び輸入石炭の需要予測

- JST の需要予測によれば、PIBT は将来 2,800 万トン／年の石炭取扱い能力を必要とするものとされた。この処理能力は PIBT の埠頭に 2 基の積み下ろし設備を追加すれば達成可能であり、2,800 万トン／年を超える場合でも、既存の埠頭に隣接して新規の埠頭を建設すれば対応可能と分析されている。
- JST の需要予測によれば、PIBT から石炭積み込みターミナルへのベルトコンベアーシステムは 2,700 トン／時(2,000 万トン／年)の輸送能力を持てば十分としたが、NESPAC は PIBT の設置するベルトコンベアーシステムと同様に 3,600 トン／時(2,700 万トン／年)のシステムを計画している。これは PIBT のシステムと直結した場合を想定した結果である。そのようなケースの可能性があれば、3,600 トン／時の能力をせざるを得ない。

11.3 石炭輸送計画

- カシム港内には石炭の荷降ろしが可能なターミナルが3ヶ所存在する。すなわち、PIBT、マージナルワフ、及び IOCB である。PIBT は将来 2,000 万トン／年の処理能力を持つことを計画しており、同様にマージナルワフは 400 万トン／年の処理能力を持つことを計画している。IOCB はかつて 300 万トン／年の処理能力を有していたが、現在民営化の手続き中であることから石炭の荷降ろしターミナルとして検討の対象とはできない。
- JST は PIBT 及びマージナルワフの潜在的な処理能力について検討したが、その分析によれば、PIBT は 2 基の荷降ろし設備を追加し、埠頭までの航路を拡張することによれば 2,800 万トン／年は可能であった。マージナルワフで 400 万トン／年の処理も可能と分析された。
- 石炭の輸送について、(石炭積み下ろしターミナル)－(輸送方法)－(石炭積み込み駅)には様々な組み合わせが考えられる。検討の結果、その中で(PIBT)－(ベルトコンベアー)－(新駅)の組み合わせが最適と評価された。
- 地質調査及び地形測量の結果、選定された輸送ルート及び石炭積み込み駅の状態は良好と判定された。杭基礎が必要となるのは海岸に近い部分だけで、丘陵部では直接基礎で対応可能と判定されている。貯炭場において圧密沈下が発生する可能性もない。

11.4 石炭取扱い計画

- JSTによる石炭取扱い計画はNESPAKによる提案に近いものであるが、石炭積込みターミナルにおける軌道配置、列車の走行ルート、石炭積込み線数、等は大きく異なっている。NESPAKの軌道配置はサヒワル発電所のみを対象としたもののように見受けられるため、より多くの石炭列車の運転が必要となった場合には軌道配置の変更が必要となろう。石炭積込み設備の数は、システムの冗長性や列車の運転スケジュールを考慮して慎重に検討する必要がある。
- JSTはフェーズ1において1,000万トン／年の石炭を取り扱うためには2基の石炭積込み設備の設置を提案しており、フェーズ2において2,000万トン／年を取り扱うためにはさらに1基(合計3基)を追加する必要があるとしている。

11.5 鉄道による石炭輸送

- 鉄道により年間2,026万トンの石炭を輸送するためには、石炭積込みターミナルから毎日31本の列車を送り出す必要がある。ビンカシム駅と石炭積込み用の新駅間が複線化された場合、この間の線路容量は102本となるため、石炭列車以外のコンテナ列車や他の貨物列車の運行に支障はない。
- JSTの見積もりによれば、ビンカシムに待機していた石炭列車が石炭積込み駅に移動し、石炭の積み込み後にビンカシム駅戻るまでの時間に121分を要するとしている。従って、1日に31本の列車を送り出すためには少なくとも3基の石炭積込み設備が必要となる。

11.6 鉄道信号及び通信

- 現在ビンカシム駅とカシム港駅間は単線区間で、運行している列車本数もわずかであるため、信号の設備は設置されていない。この区間に列車が入るために紙製の進入票が発行されている。
- ビンカシム駅とカシム港駅間に新駅が建設され、増加する列車本数に対応すべくPRはこの区間に軌道の追加工事を実施している。この複線化工事に加えて瀬k単積み込みターミナル内に複数の石炭積込み線の建設も行われる。効率的な運行を行うために、電動転轍機、軌道回路、色灯式信号機等を含むコンピューター制御による閉塞装置を設置する。

11.7 環境社会配慮

- パキスタンにおける環境制度では、対象プロジェクトの環境に対する予想される悪影響の程度に応じて2種類に区分される。区分-Iに分類されるプロジェクトは環境への影響が軽微なもので、IEEのみが要求される。区分-IIの区分されるプロジェクトは環境に大きな影響が予想されるものでEIAの作成が要求される。
- 本件の「カシム港石炭荷揚げターミナル・鉄道本線間接続に関わる計画策定支援」プロジェクトは鉄道輸送に関わるもので、区分-IIに分類されるためEIAの業務指示書を準備すべき提案者がみつようである。

- EIA 報告書によれば工事前、工事中及び運営開始後に様々な影響が想定されており、詳細は添付の Appendix 3 EIA 報告書参照のこと。

11.8 プロジェクトコスト

- プロジェクトコストは、以下のように 2 分割している。まずフェーズ1における初期費用、次にフェーズ 2 における追加費用及び O&M 費用。
- フェーズ 1 における初期費用として 163.58 億ルピーを見積もっている。その内容は、1) 土木工事、2) 機械及び電気設備の調達、3) 機械及び電気設備の据付工事、4) 信号・通信設備、運転指令室建設を含む軌道工事、
- システムのオーバーホールを実施しない年の年間の O&M 費用として 10.3 億ルピーを見込んでいます。また 5 年に一度のオーバーホールを実施する年の O&M 費用は 109.8 億～140.4 億ルピーを見込んでいます。
- フェーズ 2 の追加費用として 9.83 億ルピーを見積もっている。その内訳は、1) 土木工事、2) 機械及び電気設備の調達、3) 機械及び電気設備の据付工事、4) 軌道工事、及び 5) その他、プライスエスカレーション、予備費、税金、一般管理費等の諸費用。

11.9 実施スケジュール

- PIBT～鉄道新駅間の石炭輸送システム建設スケジュールは、以下の仮定の下に策定されている。
 - ✓ PIBT のフェーズ 1 工事は 2016 年 12 月に完成する。
 - ✓ ビンカシム駅～カシム港駅間の複線化工事は国鉄により 2016 年 6 月末までに完成する。
 - ✓ サヒワル石炭火力発電所の商業運転は 2017 年 9 月より開始される。
- 2016 年 7 月 1 日から 12 ヶ月という工期の設定は非常に挑戦的なものと言える。但し、パキスタン政府の決定であることから JST も同一の期間を設定した。

11.10 財務分析

- 事業費見積もり(167.83 億ルピー)を基に財務的内部収益率(FIRR)及び正味現在価値(FNPV)が下記のように計算された。本プロジェクトがパキスタン政府の補助金により資金手当てされるものと推定されているため、財務省短期証券の利率(6.28%)を機会費用とみなして、財務分析において正味現在価値を計算する際の割引率として用いている。本調査においても NESPAK と同様プロジェクトライフを 20 年として推定しているが、ベルトコンベアーシステムは適正に維持管理を行えば 20 年以上使用することが可能である。
 - ◆ 財務的内部収益率: 6.29%
 - ◆ 財務的正味現在価値: 2200 万ルピー