

アンゴラ共和国
エネルギー・水資源省

アンゴラ共和国
地方電力開発事業準備調査

最終報告書

平成 23 年 12 月
(2011 年)

独立行政法人 国際協力機構
(JICA)

株式会社ニュージェック

ア フ
CR (3)
11-012

結論と提言

結論と提言

本準備調査は、2010年8月から開始し、2012年1月に完了する予定である。本準備調査は、小水力による地方電力開発事業準備調査であり、Cutato川水力発電所のフィージビリティ調査（FS：Feasibility Study）を含む。調査結果により、Cutato川水力発電所は技術・経済・環境の観点から実施可能と結論づけられる。以下に結論と提言を述べる。

結 論

1. 事業の必要性和効果

(1) 事業の必要性

アンゴラ共和国（以下、「ア」国）では、2002年の内戦終結後、最大電力および発生電力量は毎年10%以上の伸びを記録し、年発電量は2007年から2008年にかけて23%も増加し、2008年時点での設備容量は1,258 MW、発生電力量は4,050 GWhとなっている。また、2010年から2016年までの発生電力量は、毎年13%の増加を予想している。

「ア」国の電力供給はほとんど都市部に限られており、国全体の電化率は30.4%（2008年）とまだ大変低く、地方電化の推進が強く望まれる。国営電力公社（ENE：National Electricity Company）による電力供給のほかに、900 MWから1,200 MWのディーゼル発電設備を需要家独自で所有し、運転している。

発電設備の燃料種別を見ると、64%は水力発電、36%は火力発電である。また、発電設備の81%は首都ルアンダの存する北部地域に偏在する。

「ア」国では原油生産の80%以上が輸出に回されており、国内での使用量は制限されている。また、石油火力発電の燃料として、近年高騰している石油系燃料を使用することは発電原価を高めることになる。その点、純国産資源の水を使用した水力発電は、原油のような輸出品として国内使用制限や燃料価格の高騰の影響を受けず、CO₂排出もない、環境負荷の小さい発電形式である。

流通設備を見ると、全国的な電力系統はまだ出来ておらず、主な電力系統は、首都ルアンダとその近傍地域、Namibe・Lunango地域、Lucapa・Luachimo地域の3地域に分かれており、その他の系統もあわせると、5つの独立系統がENEによって運用されている。送電電圧は400 kV、220 kV、110 kV、60 kVを採用しており、また配電電圧は30 kV、15 kVを採用している。ルアンダでは15 kVの配電網となっている。

送変電については、ENEが設備を建設・運用しており、ルアンダ配電公社（EDEL：Empresa de Electricidade de Luanda）が首都ルアンダ市の配電設備の建設・運営を行っている。

エネルギー・水資源省（MINEA：Ministério da Energia e Águas (Ministry of Energy and Water)）は、特に小水力発電による地方部の電化が、都市部との格差解消の点で大変重要であり、大都市への人口の流入を防ぐためにも大切であるとの見解である。そのため、MINEA は 10 MW クラスの小水力発電による地方電化推進のために、資金・制度構築の支援を求めており、官民パートナーシップ（PPP：Private Public Partnership）の仕組みを適用しようとしている。地方電化は ENE が主体的に行っているが、近年、さらに新しい地方電化事業主体が検討されている。「ア」国政府の電力政策としては、当面は系統の整備と並行して、小水力による地方電化を推進することが望まれる。

「ア」国では都市と地方の地域格差が大きく、人口の約 6 割が農村部に居住している。また、長引いた内戦による破壊で電力設備を含むインフラ設備は大変不足しており、国全体でも電力へのアクセス率（電化率）は他のアフリカ諸国（42%）に比しても低く、約 30%である。そのため、アンゴラ政府は電力セクター中期開発計画を策定し、2008 年の発電力量、4,050 GWh を 2012 年には 11,050 GWh とし、都市部の電化率を 100%、都市部周辺では 60%、農村部では 30%に引き上げることを計画として電化に取り組んでいる。

特に農村部については、地方電化に関する戦略として小規模水力発電所国家プログラム（National Program for Small Hydro Power Stations）を策定して、小規模の水力発電所の開発を進めている。

そのような中で、Cutato 川地点を選定した理由は、Bie 州 Andulo 郡の降水量は「ア」国の中では比較的多く、この標高の高い高原地帯に降った雨が「ア」国の大河川 Cuanza 川に合流する前に、この間の落差を使って水力発電所を計画するのは極めてリーズナブルである。また、Bie 州は人口が国内第 3 番目（194 万人）と大きい州であり、Cutato 川地点は近隣の Andulo 郡の人口（電力需要）も多く（30 万人）、Cutato 川地点での水力発電所の建設により約 4 万人の需要家に新たに電力供給できる。よって、本地点を選ぶことは、最も経済的で支援効果が大きいからである。

また、全輸出量の約 95%を原油に依存し、政府の歳入予算の 70～80%が原油収入による「ア」国政府にとって、昨今の原油などの化石燃料の高騰は国家財政にも大きな影響を与えることになる。このような状況の「ア」国にとって化石燃料を使用する火力発電ではなく、小水力発電のような再生可能エネルギーである分散型電源を開発していくことは、農村部と都市部の地域格差の是正に役立つだけでなく、国全体の発展にも大きく貢献するものである。

(2) 事業の価値と妥当性

1) 事業の価値

「ア」国政府が提案した 5 候補地点の現地調査およびスクリーニング結果から、最適な水力候補地点は Bie 州 Andulo 郡 Cutato 川地点となった。Cutato 川発電所は、流れ込み式で、有効落差 7.5 m および最大使用水量 50 m³/s を使用することによって

最大 3,000 kW の発電が可能となる。

「ア」国中央政府および地方政府は、本発電所による Andulo 郡への電力供給を強く要望している。最大の需要地である Andulo 郡が最終配電地点である。発電所近くの Muenga 村、途中の Chicumbi 村の 2 需要地に配電しながら、郡都まで延長 46 km の 30 kV 高圧配電線により、電力供給を行う。

当該発電所が完成し、発電設備の運用を始めると、年間約 180 日間最大電力 3,000 kW (365 日間では約 1,200 kW) 発生可能である。3,000 kW の発電力は現在の Andulo 郡の発電力の約 5 倍もあり、新たに 6,000 軒 (3,000 kW / 0.5 kW) 分の需要が電化の恩恵を受けることになる。しかしながら、本計画の送配電対象区域である Andulo 郡都の約 23,000 軒 (14 万人 / 6 人 / 軒) の需要が存在するため、さらなる分散型電源の開発 (新たに Cutato 地点下流の小水力や太陽光発電) に取り組むことが肝要である。「ア」国政府が Cutato 川発電所の完成に合わせて配電網を整備することができれば、Cutato 川発電所の全発生電力量が有効に消費されることになる。

2) 事業の妥当性

本事業は水力発電であり、近年高騰している化石燃料の影響を受けず、CO₂ 排出もなく、環境負荷も小さい。

プロジェクトの工期は、L/A 調印時期を 2011 年 11 月末とし、地雷に対する安全性を確認すれば、2014 年 6 月 1 日から本体工事に着手できる。本体工事には、2 年を要するので、運転開始は 2016 年になる。

建設工事費は、①地雷対策工事、②土木工事 (金物工事含む)、③電気機械工事、④送配電工事のベースコストに物理予備費及び価格予備費を加算して工事費を積算した。その結果予備費を含む建設工事費は 4,070 百万円と想定される。

この工事費に、コンサルタントサービス、およびプロジェクト所有者の管理費を考慮すると事業費は 4,416 百万円と推定される。

発電規模に比べて建設工事費が高くなったのは、年率 10% を超える物価上昇率 (価格予備費の高騰) や日本に比べて割高な材料費や機械損料費、地雷調査及び地雷除去工事の実施、鋼製起伏ゲートの採用 (環境対策) 及び低落差・大流量であるため、他の水車に比べて比較的高価な S 形チューブラ水車の採用など「ア」国の特殊事情及びサイトの特殊事情によるものである。

本プロジェクトを経済・財務的に評価した場合の結論は以下の通りである。

- 財務分析ではプロジェクト費用が高いため、財務的に成立し難い結果になったものの、経済分析では経済的內部収益率 (EIRR : Economic Internal Rate of Return) が 13.3% と昨今の原油高を背景に十分に実行可能であることが証明された。
- 認証排出削減量 (CER : Certified Emission Reduction) 収入を考慮しても財務的には厳しい結果となった。財務的に成立し難い要因は、高い事業費に加えて、EDEL の平均電気料金 4 US¢/kWh が安い点が挙げられる。これは、ENE の現在

の平均発電コスト 11 US¢/kWh に比べて著しく低い。

- 「ア」国は 2015 年までに人口の半分が電気にアクセスできることを目標としており、本プロジェクトの実施により、Andulo 郡都で新たに約 6,000 世帯が電気へのアクセスが可能となる。経済分析の結果から本プロジェクトは地方電化事業として実施する価値が十分であると判断する。

2. 概略設計

(1) スクリーニング

MINEA は、地方電化の遅れている内陸部の Bie 州および Huambo 州での水力開発を望んでおり、既往の内部調査結果から候補地点を提案した。候補地点は、以下に示す Bie 州と Huambo 州の 5 地点である。

- | | | | |
|----|----------|------------|------------|
| a. | Bie 州 | Andulo 郡 | Cutato 川地点 |
| b. | Bie 州 | Chicala 村 | Luvolo 川地点 |
| c. | Huambo 州 | Sacapomo 村 | Cunene 川地点 |
| d. | Huambo 州 | Cuima 村 | Põe 川地点 |
| e. | Huambo 州 | Cuima 村 | Cuima 川地点 |

本業務の実施方針の中で可能性調査地点を選定するための一次スクリーニングの評価項目は以下のとおりである。

1. 地方電化により地域格差の是正に貢献する
2. 工事入札中や工事中ではない
3. 出力規模が 500 kW 以上
4. 地雷の危険性がない（あるいは少ない）
5. 国立公園や保護区に位置しない

可能性調査候補地点 5 地点の中で、この一次スクリーニングの第 3 項を満足する地点は Cutato 川地点（第 1 地点、約 1.6 MW）と Luvolo 川地点（第 2 地点、約 0.7 MW）の 2 地点である。

Cutato 川地点は、Luvolo 地点に比べて、サイトの地形・地質が良く、アクセスも優れている。出力は候補地点中最大の約 1.6 MW（当初は乾季流量で推定）もあり、需要地も候補地点中最大の人口 30 万人の Andulo 郡全体を対象としているため、ほとんどのエネルギーが無駄にならずに完全に消費されるものと推察された。すなわち Cutato 川地点は候補地点中最大のエネルギーを発生し、そのエネルギーを完全に消費するだけの裨益需要を持った優れた候補地点であることから、二次スクリーニングで選定した。

(2) プロジェクトサイトの決定

Cutato 川発電所の最適な位置は、完成後の運転・保守と建設工事の容易さを前提にして、

河川勾配による落差や送電ルート・機器搬入路・仮設備用地などを考慮した結果、Cutato 川右分流（Cutato 川は取水堰地点で左右に分流している）右岸側とした。

高さの低い堰を利用する小落差の小水力開発ではあるが、最小流量が $20 \text{ m}^3/\text{秒}$ 程度の河川での建設となるため、地点選定において最も留意すべき点は、建設時の河川切り替えが容易なことと河川勾配による落差が得られることである。最適と考えたサイトはその地点で自然に分岐しており、流量はほぼ均等に分流している。したがって、その自然地形を利用して建設時の河川切り替えが容易にできる。また、分流地点の下流で河川勾配が急になるため、直下式でも数 m の落差が得られる。選定地点より 5 km 上流までの範囲にはより望ましい地点はない。

(3) 事業規模と設備

発電所位置を Cutato 川右分流の右岸側取水堰直下とした上で最適な堰高、最適な最大使用水量を検討した。

まず堰には、設計洪水流量（ $560 \text{ m}^3/\text{s}$ ）流下時においても、水位上昇を抑え、自然・社会環境への影響を極力少なくするために、長さ約 70 m および高さ約 3 m の倒伏堰を設置することにした。そこで堰高は 3 m 以上を検討した。

堰高・最大使用水量の組合せを設定し、その中で費用便益比（B/C : Benefit / Cost）が最大となる最適規模を選定した。その結果、堰高 4 m（有効落差 7.5m）、最大使用水量 $50 \text{ m}^3/\text{s}$ の組み合わせによる最大出力 3,000 kW の計画案が最適となった。

電気設備としては Cutato 川地点の水量と総落差から水車の型式選定を行い、水量が豊富で総落差の小さな地点の発電に最適な、S 形チューブラ水車を選定した。

また、発電所出力は水量により年間で変化する。本発電所では、最大 3,000 kW の発電が可能であるが、発電機などの機器の点検、発電所での故障などの発生に対応できるよう水車・発電機（単機容量 1,500 kW）を 2 台ずつ設置することとする。

3. 維持管理体制の現状と予測

「ア」国にはすでに大小の水力発電所があり、運営維持管理され、電力供給をしている。また、改修工事やダム嵩上げによる補強工事も行われている。クワンザ川流域開発事務所（GAMEK : Office for Exploitation of the Medium Kwanza）などの水力運用の国営会社が所有する水力発電所では、運転維持や改修工事が彼ら自身によって管理されている。直営の維持管理組織がある程度確立されており、有能な管理技術者も存在していると考えられる。しかしながら、地方ではこれら人材が不足しているため、地方の新設水力発電所では、管理技術者や運営組織体制の指導も必要となると考えられる。

Cutato 川発電所の監視制御方式などの具体的運用方法は以下のように提案できる。

まず監視制御方式は随時巡回方式とし、技術員が朝の業務開始時間帯点灯ピーク時間帯等、毎日1回～数回の管理上必要な回数だけ巡回して運転状態を監視するものとする。

発電設備の運転・保守は発電所長1名、技術員3名の合計4名が行い、常駐場所は Andulo の事務所内とする。

発電所長には当該水力発電所に熟知した技術者を選定し、技術員3名を統括して発電所の運転・保守および送配電設備に関する管理を実施させる。また、発電所長は異常時の対応をはじめ、発電所の運用方法に技術員が不安を感じた場合の相談役としても機能させる。

発電所の維持運用が円滑に実施可能となるように、建設段階からトレーニングを行い、教育・訓練していくことが必要と考えられる。

提 言

「ア」国の電力事情は、逼迫した状況が続き、特に地域格差是正のための地方部の分散型電源の新設が不可欠であることから、分散型電源である Cutato 川水力発電計画を推進すべきである。

本発電計画は技術的、経済的、環境的にフィージブルであり、同国の電力系統の安定にも寄与できる発電計画として開発することができる。開発時期は、本 FS 以降に実施される地形・地質調査、水文調査、水理模型実験、詳細設計、資金調達および建設工事等に要する期間を考慮すれば、2014 年中期から本体工事に着手し、2016 年には運転開始が可能である。したがって、本計画実施前に以下の事項を実施しておく必要がある。

- (1) 詳細設計は、第6章「今後の調査」に示す項目に対する追加調査の結果を十分に反映すると共に、工事費算定の精度向上を図り、建設工事発注図書の作成を行う必要がある。
- (2) 本計画の建設工事着工前には、工事資金の準備、工事の入札およびコントラクターの選定を行う必要がある。また、本工事着工前までに、プロジェクトサイトの地雷安全性の確認をし、発電所サイトに至る新設道路の建設および既設道路の改修工事を完了しておく必要がある。
- (3) 本計画の実施により、プロジェクト施設の影響を受ける移転対象家屋や農業や漁業等については、適切な補償を行うと共に、社会アクション計画に盛り込まれたプログラムを実行していく必要がある。

目 次

結論と提言

第1章	序 論	1 - 1
1.1	背 景.....	1 - 1
1.2	調査の目的.....	1 - 1
1.3	調査の範囲.....	1 - 4
1.4	現地調査の概要.....	1 - 4
1.5	チーム構成と調査スケジュール.....	1 - 4
1.6	調査場所.....	1 - 7
第2章	アンゴラ国の現状	2 - 1
2.1	社会環境.....	2 - 1
2.1.1	国の社会経済状況.....	2 - 1
2.1.2	電力需給、送電線網の現状と将来計画.....	2 - 3
2.1.3	地方電化の必要性.....	2 - 16
2.2	自然環境.....	2 - 17
2.2.1	地形・地質.....	2 - 17
2.2.2	水文・気象.....	2 - 19
第3章	水力発電所の可能性調査候補地点	3 - 1
3.1	候補地点.....	3 - 1
3.2	候補地点の特徴.....	3 - 2
3.2.1	Cutato 川地点.....	3 - 5
3.2.2	Luvolo 川地点.....	3 - 13
3.2.3	Cunene 川地点.....	3 - 19
3.2.4	Põe 川地点.....	3 - 26
3.2.5	Cuima 川地点.....	3 - 31
3.3	可能性調査地点の選定.....	3 - 37
第4章	Cutato川発電所の事業可能性調査	4 - 1
4.1	調査地点の特徴.....	4 - 1
4.1.1	地形・地質.....	4 - 3
4.1.2	水文・気象.....	4 - 4
4.1.2.1	水文・気象の概要.....	4 - 4
4.1.2.2	気 象.....	4 - 6
4.1.2.3	水 文.....	4 - 9
4.2	発送電計画.....	4 - 11

4.2.1	発電所位置の決定.....	4 - 11
4.2.2	堰高・最大使用水量の決定.....	4 - 15
4.2.3	水車形式・台数の決定.....	4 - 23
4.2.4	計画と環境影響の範囲.....	4 - 25
4.2.5	電力需要の現状と予測.....	4 - 31
4.2.6	設備（土木設備と電気設備）運用の考え方.....	4 - 32
4.2.7	地雷調査.....	4 - 35
4.2.8	CDMプロジェクト支援.....	4 - 43
4.3	概略設計.....	4 - 58
4.3.1	土木設備.....	4 - 60
4.3.1.1	基本条件.....	4 - 60
4.3.1.2	取水堰.....	4 - 64
4.3.1.3	取水口.....	4 - 67
4.3.1.4	発電所.....	4 - 69
4.3.1.5	放水口.....	4 - 72
4.3.1.6	機器搬入路.....	4 - 74
4.3.1.7	変電所造成.....	4 - 74
4.3.1.8	仮設備.....	4 - 74
4.3.2	電気機械設備.....	4 - 77
4.3.2.1	基本条件.....	4 - 77
4.3.2.2	水車.....	4 - 77
4.3.2.3	発電機.....	4 - 81
4.3.2.4	主要変圧器.....	4 - 87
4.3.2.5	諸設備.....	4 - 89
4.3.3	送配電設備.....	4 - 91
4.3.3.1	基本条件.....	4 - 91
4.3.3.2	送配電線.....	4 - 94
4.3.4	地雷対策工事.....	4 - 99
4.4	施工計画・工程.....	4 - 102
4.4.1	基本条件.....	4 - 102
4.4.2	地雷対策工事工程.....	4 - 102
4.4.3	本体工事工程.....	4 - 103
4.5	プロジェクト実施計画.....	4 - 108
4.5.1	基本条件.....	4 - 108
4.5.2	基本工程.....	4 - 108
4.5.3	CDM工程.....	4 - 110
4.6	事業費.....	4 - 115
4.6.1	基本条件.....	4 - 115
4.6.2	地雷対策工事.....	4 - 116
4.6.3	土木工事.....	4 - 118
4.6.4	電気機械工事.....	4 - 119
4.6.5	送配電工事.....	4 - 119
4.6.6	工事費（ベースコスト）.....	4 - 120

4.6.7	価格予備費	4 - 120
4.6.8	物理予備費	4 - 120
4.6.9	エンジニアリングサービスおよび管理費	4 - 121
4.6.10	事業費	4 - 121
4.6.11	コスト削減策	4 - 123
4.7	経済財務分析	4 - 126
4.7.1	事業費	4 - 126
4.7.2	経済分析	4 - 126
4.7.3	財務分析	4 - 133
4.7.4	経済・財務分析結論	4 - 140
4.7.5	事業運用効果指標の策定	4 - 140
4.8	環境社会配慮	4 - 143
4.8.1	「ア」国の環境影響評価制度	4 - 143
4.8.2	JICA 環境社会配慮ガイドライン	4 - 148
4.8.3	Cutato 川発電所の初期環境影響調査	4 - 151
4.8.4	EIA	4 - 166
4.8.4.1	「ア」国における法的枠組み	4 - 166
4.8.4.2	代替案の検討	4 - 167
4.8.4.3	スコーピング	4 - 168
4.8.4.4	調査内容	4 - 170
4.8.4.5	事業地周辺の環境	4 - 170
4.8.4.6	影響評価	4 - 173
4.8.4.7	緩和策	4 - 175
4.8.4.8	モニタリング計画	4 - 177
4.8.4.9	住民移転・補償	4 - 178
4.8.4.10	ステークホルダー協議	4 - 178
4.8.4.11	結論	4 - 178
4.9	円借款事業実施に向けて	4 - 180
4.9.1	実施体制	4 - 180
4.9.2	実施段階におけるコンサルタントの役割	4 - 182
4.9.3	コンサルタント要員配置計画案	4 - 184
第5章	まとめ	5 - 1
5.1	「ア」国の電力状況	5 - 1
5.2	可能性調査候補地点	5 - 3
5.3	Cutato川発電所の事業可能性調査	5 - 4
5.4	施工計画・工程	5 - 6
5.5	プロジェクト実施計画	5 - 7
5.6	事業費	5 - 7
5.7	経済財務分析	5 - 7
5.8	環境影響評価	5 - 8

第6章 今後の調査	6 - 1
6.1 水 文.....	6 - 1
6.2 地形測量.....	6 - 1
6.3 機器搬入路調査.....	6 - 2
6.4 地質調査.....	6 - 2
6.5 材料調査.....	6 - 2
6.6 地雷調査.....	6 - 2

添付資料

1. 図面集
2. Cutato水力発電所計画概要

図表リスト

図 1.1-1(1)	プロジェクト位置図 Luanda～Cuito～Andulo～Site.....	1 - 2
図 1.1-1(2)	プロジェクト位置図 Andulo～Site	1 - 3
図 1.6-1	調査地点 位置図	1 - 8
図 2.1-1	「ア」国の消費者物価指数	2 - 3
図 2.1-2	MINEA の組織図	2 - 6
図 2.1-3	「ア」国電力系統図	2 - 11
図 2.1-4	「ア」国における 2016 年までの計画電力系統図.....	2 - 14
図 2.1-5	南アフリカ電力融通網	2 - 15
図 2.2-1	「ア」国地形概要図	2 - 18
図 2.2-2	「ア」国地質概要図	2 - 19
図 2.2-3	「ア」国の降水量	2 - 20
図 2.2-4	「ア」国の地形	2 - 21
図 2.2-5	雨量 (Cuito(=Kuito)、Huambo、Luanda) および気温 (ルアンダ市)	2 - 22
図 2.2-6	相対湿度および可能蒸発散量 (ルアンダ市)	2 - 22
図 2.2-7	「ア」国の河川および河川流域.....	2 - 24
図 2.2-8	月別河川流量 (Cuanza 川 Cambambe 地点 1962－1972)	2 - 25
図 3.2-1	可能性調査候補地点 流域概要図.....	3 - 2
図 3.2-2	Cutato 川地点のイメージ平面図.....	3 - 5
図 3.2-3	Cutato 川地点流域図.....	3 - 8
図 3.2-4	地形図と候補地点位置	3 - 9
図 3.2-5	等雨量線図と候補地点位置	3 - 9
図 3.2-6	Cutato 川地点の水車型式選定.....	3 - 11
図 3.2-7	Cutato 川地点からの送電ルート (案)	3 - 12
図 3.2-8	Luvolo 川地点のイメージ平面図.....	3 - 14
図 3.2-9	Luvolo 川地点 流域図.....	3 - 16
図 3.2-10	Luvolo 川地点水車型式選定.....	3 - 17
図 3.2-11	Luvolo 川地点からの送電ルート (案)	3 - 18
図 3.2-12	Cunene 川地点のイメージ平面図	3 - 20
図 3.2-13	Cunene 川地点 流域図	3 - 22
図 3.2-14	Cunene 川地点水車型式選定	3 - 24
図 3.2-15	Cunene 川地点からの送電ルート (案)	3 - 25
図 3.2-16	Põe 川地点のイメージ平面図	3 - 26
図 3.2-17	Põe 川地点 流域図 (右流域)	3 - 28
図 3.2-18	Põe 川地点水車型式選定	3 - 29
図 3.2-19	Põe 川地点からの送電ルート (案)	3 - 30
図 3.2-20	Cuima 川地点のイメージ平面図.....	3 - 32
図 3.2-21	Cuima 川地点 流域図 (左流域)	3 - 33

図 3.2-22	Cuima 川地点水車型式選定	3 - 34
図 3.2-23	Cuima 川地点からの送電ルート (案)	3 - 35
図 4.1-1(1)	プロジェクト位置図 Luanda～Cuito～Andulo～Site	4 - 1
図 4.1-1(2)	プロジェクト位置図 Andulo～Site.....	4 - 2
図 4.1-2	Cutato 川地点のイメージ平面図	4 - 3
図 4.1-3	Cutato 川地点流域図	4 - 5
図 4.1-4	月平均気温 (Cuito (= Kuito), Huambo, Luanda)	4 - 6
図 4.1-5	月平均降水量 (Cuito (= Kuito), Huambo, Luanda)	4 - 6
図 4.1-6	Cuanza 川各年流況曲線 (1962～1972 年)	4 - 9
図 4.1-7	Cuanza 川流況曲線.....	4 - 10
図 4.1-8	Cutato 川流況曲線	4 - 10
図 4.2-1	発電所位置図.....	4 - 11
図 4.2-2	水路案計画図.....	4 - 13
図 4.2-3	堰直下案計画図.....	4 - 14
図 4.2-4(1)	各堰高に対する湛水面積.....	4 - 17
図 4.2-4(2)	各堰高に対する湛水面積.....	4 - 18
図 4.2-5(1)	最適堰高の検討.....	4 - 19
図 4.2-5(2)	最適堰高の検討.....	4 - 20
図 4.2-6(1)	最適最大使用水量の検討.....	4 - 21
図 4.2-6(2)	最適最大使用水量の検討.....	4 - 22
図 4.2-7	水車型式の選定図.....	4 - 25
図 4.2-8	土木設備の影響範囲.....	4 - 27
図 4.2-9	配電線ルート.....	4 - 29
図 4.2-10	送配電計画の検討範囲	4 - 30
図 4.2-11	水 運 用 (堰直下、下流を望む)	4 - 33
図 4.2-12	Cutato 川流況曲線	4 - 34
図 4.2-13	「ア」国の地雷汚染状況.....	4 - 36
図 4.2-14	国別地雷埋設数.....	4 - 37
図 4.2-15	「ア」国の地雷除去に関する組織.....	4 - 37
図 4.2-16	Bie 州における地雷汚染村の状況	4 - 39
図 4.2-17	Andulo 付近の地雷汚染図.....	4 - 41
図 4.2-18	「ア」国のプロジェクト承認手順.....	4 - 46
図 4.2-19	プロジェクトバウンダリー	4 - 50
図 4.3-1	プロジェクトサイト周辺で発生した地震.....	4 - 63
図 4.3-2	地震リスクマップ	4 - 63
図 4.3-3	発電所横における水面形.....	4 - 72
図 4.3-4	河床開削断面図.....	4 - 73
図 4.3-5	仮締切断面図.....	4 - 75
図 4.3-6	河川横断部工事用道路断面図.....	4 - 75
図 4.3-7	All Kind of Efficiency.....	4 - 77
図 4.3-8	Ns-σp.....	4 - 79

図 4.3-9	発電機定格電圧選定図	4 - 82
図 4.3-10	地雷調査・除去時の全般統制組織.....	4 - 100
図 4.3-11	橋梁地域地雷調査・除去隊の編成.....	4 - 100
図 4.3-12	送電ルート地雷調査・除去隊の編成.....	4 - 101
図 4.4-1	河川流量（Cutato 川水力開発地点）	4 - 103
図 4.4-2	施工区域	4 - 104
図 4.7-1	「ア」国原油スポット FOB 価格推移.....	4 - 129
図 4.8-1	事業主の違いによる EIA プロセスの概略.....	4 - 147
図 4.8-2	ガイドラインの構成要素	4 - 149
図 4.8-3	環境保護地区	4 - 159
図 4.8-4	EIA の承認手続き	4 - 167
図 4.9-1	ENE 組織図.....	4 - 181
表 1.5-1	第 1 次現地調査 調査団員構成表.....	1 - 5
表 1.5-2	第 2 次現地調査 調査団員構成表.....	1 - 5
表 1.5-3	第 1 次現地調査 行程表（実績）	1 - 6
表 1.5-4	第 2 次現地調査 行程表（実績）	1 - 7
表 2.1-1	Main Economic Indicators in Angola	2 - 2
表 2.1-2	Export Products in Angola.....	2 - 2
表 2.1-3	Tax Revenue in Angola	2 - 2
表 2.1-4	「ア」国の最大発電力と年間発電力量の推移.....	2 - 4
表 2.1-5	Angola: Key Electricity Data 2008-2012	2 - 4
表 2.1-6	ENE Electricity Production by System (in 2004).....	2 - 4
表 2.1-7	電力料金表	2 - 9
表 2.1-8	2012－2016 年発送電設備建設計画.....	2 - 13
表 2.2-1	ルアンダ市の気象資料	2 - 23
表 2.2-2	月別河川流量（Cuanza 川 Cambambe 地点 1962 - 1972）	2 - 25
表 3.2-1	「ア」国小水力発電現地踏査地点 総括表.....	3 - 3
表 3.3-1	5 地点の環境影響評価比較	3 - 38
表 3.3-2	地点選定評価表	3 - 39
表 4.1-1	水文・気象データ収集状況	4 - 5
表 4.1-2 (1)	雨量資料（Bie 州 Cuito (= Kuito)地点）	4 - 7
表 4.1-2 (2)	雨量資料（Huambo 州 Huambo 地点）	4 - 8
表 4.1-3	月別河川流量（Cuanza 川 Cambambe 地点 1962 - 1972）【再掲】	4 - 9
表 4.2-1	主要工種による直接工事比較表.....	4 - 12
表 4.2-2	検討する堰高と最大使用水量の組合せ.....	4 - 15
表 4.2-3	最適堰高・最適最大使用水量の検討.....	4 - 16
表 4.2-4	水車・発電機台数、1 台案と 2 台案の比較表.....	4 - 23
表 4.2-5	Andulo 郡での聞き取り調査結果.....	4 - 32

表 4.2-6	各州の地雷汚染村数の状況.....	4 - 38
表 4.2-7	各州の地雷による被害者数.....	4 - 40
表 4.2-8	方法論 AMS-I.F.と本事業の適合性の検討	4 - 48
表 4.2-9	Emission Factors for Diesel Generator Systems for Three Different Levels of Load Factors.....	4 - 49
表 4.2-10	クレジット見込量.....	4 - 53
表 4.3-1	Cutato HPS プロジェクト諸元 (Hydro Power Station)	4 - 59
表 4.3-2	設計震度に関する情報収集結果一覧表.....	4 - 64
表 4.3-3	Revolving Speed	4 - 78
表 4.3-4	「ア」国の国家配電系統の電圧変動許容範囲 (電力品質)	4 - 92
表 4.3-5	高圧配電ルート案.....	4 - 92
表 4.3-6	低圧配電ルート案.....	4 - 93
表 4.3-7	本プロジェクトの供給方式.....	4 - 94
表 4.3-8	配電線の電圧、距離および配電容量.....	4 - 95
表 4.3-9	柱上変圧器基本仕様.....	4 - 98
表 4.3-10	Chicumbi 村 柱上変圧器基本仕様.....	4 - 98
表 4.4-1	土木工事工程表.....	4 - 105
表 4.4-2	本体工事工程表.....	4 - 107
表 4.5-1	基本工程.....	4 - 109
表 4.5-2	CDM 登録申請までのスケジュール案.....	4 - 114
表 4.6-1	地雷対策費用.....	4 - 117
表 4.6-2	土木工事費用.....	4 - 118
表 4.6-3	電気機械工事の費用.....	4 - 119
表 4.6-4	工事費総括.....	4 - 120
表 4.6-5	事業費内訳表.....	4 - 122
表 4.6-6	「計画段階に関する再検討」縮減コスト一覧.....	4 - 123
表 4.7-1	Cutato 水力発電所プロジェクトコスト.....	4 - 126
表 4.7-2	Cutato 水力発電所諸元.....	4 - 127
表 4.7-3	代替ディーゼル発電機諸元.....	4 - 128
表 4.7-4	With 及び Without プロジェクトのコスト比較 (ベースコスト)	4 - 130
表 4.7-5	経済分析計算シート (With-Without 手法)	4 - 132
表 4.7-6	気候変動対策円借款供与条件.....	4 - 133
表 4.7-7	融資条件.....	4 - 134
表 4.7-8	総事業費総括表.....	4 - 134
表 4.7-9	Cutato 水力開発プロジェクト支出計画.....	4 - 135
表 4.7-10	その他の財務条件.....	4 - 136
表 4.7-11	CER クレジット取引による収入.....	4 - 136
表 4.7-12	財務指標と評価基準.....	4 - 137
表 4.7-13	財務分析結果総括表.....	4 - 137
表 4.7-14	財務分析計算シート (損益計算書)	4 - 138
表 4.7-15	財務分析計算シート (キャッシュフロー計)	4 - 139
表 4.7-16	工事費高騰の理由.....	4 - 140

表 4.7-17	水力発電事業の運用指標	4 - 141
表 4.7-18	水力発電事業の効果指標	4 - 142
表 4.7-19	本水力発電事業の運用・効果指標.....	4 - 142
表 4.8-1	スコーピング一覧	4 - 151
表 4.8-2	環境影響評価項目、調査方法と内容.....	4 - 154
表 4.8-3	代替案評価結果	4 - 156
表 4.8-4 (1)	IUCN レッドリスト (哺乳類)	4 - 159
表 4.8-4 (2)	IUCN レッドリスト (哺乳類以外)	4 - 160
表 4.8-5	スコーピングリスト	4 - 168
表 4.8-6	調査内容	4 - 170
表 4.8-7	確認重要種一覧	4 - 171
表 4.8-8	水質調査結果	4 - 172
表 4.8-9	騒音調査結果	4 - 172
表 4.8-10	影響評価	4 - 174
表 4.8-11	緩和策 (工事中)	4 - 176
表 4.8-12	緩和策 (供用時)	4 - 177
表 4.8-13	モニタリング計画	4 - 177
表 4.9-1	コンサルタントの人月数	4 - 184
写真 3.2-1(1)	Cutato 川地点の全景写真 (乾季)	3 - 6
写真 3.2-1(2)	Cutato 川地点の全景写真 (乾季)	3 - 7
写真 3.2-2	Luvolo 川地点の全景写真 (乾季)	3 - 15
写真 3.2-3	Cunene 川地点の全景写真 (乾季)	3 - 21
写真 3.2-4	Põe 川地点の全景写真 (乾季)	3 - 27
写真 3.2-5	Cuima 川地点の全景写真 (乾季)	3 - 32
写真 4.1-1	Cutato 川地点の全景写真 (雨季)	4 - 4
写真 4.2-1	送電ルート上の地点写真	4 - 30
写真 4.2-2 (1)	Bie 州内で破壊された戦車.....	4 - 41
写真 4.2-2 (2)	Bie 州内で破壊された戦車.....	4 - 42
写真 4.2-3	Chimonga 村の銃弾の跡が残る廃墟.....	4 - 42
写真 4.2-4	「ア」国の DNA コーディネーター事務所.....	4 - 46
写真 4.8-1	Muenga 村長老からの聞き取り	4 - 157
写真 4.8-2	Chicumbi 村住民.....	4 - 158
写真 4.8-3	Chimonga 村住民.....	4 - 158
写真 4.8-4	Cutato サイト (上流から下流を望む、雨季、2011 年 1 月 26 日)	4 - 161
写真 4.8-5	Cutato 川 (サイト下流) のかご漁.....	4 - 162
写真 4.8-6	事業地周辺の植生	4 - 171
写真 4.8-7	カバが確認された環境	4 - 172
写真 4.8-8	カバの足跡	4 - 172

略 語 表

略 語	正式名	和名
AAAC	All Aluminum Alloy Conductor	アルミアロイ電線
ACSR	Aluminum Conductor Steel Reinforced	鋼芯アルミより線
B/C	Benefit / Cost	費用便益比
BOT	Build, Operation and Transfer	建設・運営・譲渡
CDM	Clean Development Mechanism	クリーン開発メカニズム
CFSVA	Comprehensive Food Security and Vulnerability Analysis	包括的食糧安全保障・脆弱度分析
CNIDAH	Inter Sectoral Commission on Demining and Humanitarian Assistance	地雷除去・人道支援委員会
CED	The Executive Commission for Demining	地雷除去実行委員会
CER	Certified Emission Reduction	認証排出削減量
CPI	Consumer Price Index	消費者物価指数
DNA	National Directorate of Water	国家水資源総局
DNA	Designated National Authority	指定国家機関
DNE	National Energy Directorate	国家エネルギー総局
DNEL	National Direction of Electrification in Ministry of Energy and Water	エネルギー・水資源省 地方電化局
DOE	Designated Operational Entities	指定運営組織
DR	Discount Rate	割引率
DSCR	Debt Service Coverage Ratio	債務返済指数
EDEL	Empresa de Electricidade de Luanda	ルアンダ配電公社
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EFL	Environmental Framework Law	環境基本法
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済的內部収益率
EL	Elevation	標高
ENE	National Electricity Company	国営電力公社
FIRR	Financial Internal Rate of Return	財務的內部収益率
FOB	Free on Board	本船渡し
FS	Feasibility Study	フィージビリティ調査
FWL	Flood Water Level	設計洪水位
GABHIC	Office for the Administration of the Cunene River Basin Hydroelectric (Gabinete de Administracao da Bacia Hidrografia de Rio Cunene)	クネネ川流域開発事務所
GAMEK	Office for Exploitation of the Medium Kwanza (Gabinete de Aproveitamento do Medio Kwanza)	クワンザ川流域開発事務所
GDP	Gross National Product	国内総生産
GNI	Gross National Income	国民総所得
HSD	High Speed Diesel	ディーゼル油
IBRD	International Bank for Reconstruction and Development	国際復興開発銀行
IDC	Interest During Construction	建設中金利
IDF	Institute of Forest Development	森林開発局
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境影響評価
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
INAD	National Institute for Demining	国立地雷除去院
INAMET	Instituto de Nacianal Meteorologia e Geofísica	国家気象局
INEA	Roads Institute of Angola	アンゴラ道路公社
IRR	Internal Rate of Return	内部収益率

略 語	正式名	和名
ITCZ	Intertropical Convergence Zone	熱帯収束帯
IUCN	International Union for Conservation of Nature and Natural Resources	国際自然保護連合
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
LDC	Least Development Country	後発発展途上国
LHV	Lower Heating Value	低位発熱量
LPC	Levelised Production Cost	年均等化発電原価
MINEA	Ministério da Energia e Águas (Ministry of Energy & Water)	エネルギー・水資源省
MOE	Ministry of Energy	エネルギー省
MINAMB	Ministério do Ambiente (Ministry of Environment)	環境省
MOF	Ministry of Finance	財務省
MOW	Ministry of Water	水資源省
MPLA-PT	Popular Movement for the Liberation of Angola - Party of Labour	アンゴラ解放人民運動
NPO	Nonprofit Organization	民間非営利団体
NVE	Norwegian Water Resources and Energy Directorate	ノルウェー水資源エネルギー管理局
NWL	Normal Water Level	常時満水位
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OM	Operation and Maintenance	運転・維持
PCN	Project Concept Note	プロジェクトコンセプトノート
PDD	Project Design Document	プロジェクト設計書
PEAC	Pool Energetique de l's Afique Central	中央アフリカ電力融通網
PIN	Project Information Note	プロジェクトインフォメーションノート
PPIAF	Private Solutions for Infrastructure in Angola	アンゴラ社会基盤民間解決策
PPP	Private Public Partnership	官民パートナーシップ
ROE	Return on Equity	株主資本利益率
SAPP	South Africa Power Pool	南アフリカ電力融通網
SONANGOL	Sociedad Nacional de Combustives de Angola	アンゴラ国営石油会社
SSC	Small-Scale CDM	小規模 CDM
STEP	Special Terms for Economic Partnership	本邦技術活用条件
SWL	Surcharge Water Level	サーチャージ水位
UNITA	National Union for the Total Independence of Angola	アンゴラ全面独立民族同盟
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	気候変動枠組条約
UPDEA	Transporters and Distributors of Electricity Power in Africa	アフリカ電力送配電業者
USAID	United States Agency for International Development	米国国際開発局
USGS	United States Geological Survey	アメリカ地質調査所
WACC	Weighted Average Cost of Capital	資本加重平均
WB	World Bank	世界銀行
WEO	World Energy Outlook	世界エネルギー見通し
WESCOR	Western Power Corridor	西部電力回廊
WFP	World Food Programme	国連世界食糧計画
WL	Water Level	水位

単 位

bbl	barrel (1 bbl = 159 liter)	バーレル
kW	kilowatt	キロワット
MW	Megawatt (= 1,000 kW)	メガワット
GW	Gigawatt (=1,000 MW = 1,000,000 kW)	ギガワット
kWh	Kilowatt - hour	キロワットアワー
MWh	Megawatt - hour (= 1,000 kWh)	メガワットアワー
GWh	Gigawatt - hour (=1,000 MWh = 1,000,000 kWh)	ギガワットアワー
kV	Kilo Volt	キロボルト
kVA	Kilo Volt Ampere	キロボルトアンペアー
Kz	Angola Kwanza	アンゴラクワンザ
Hz	Hertz	周波数
km	Kilometer	キロメートル
km ²	square kilometer	平方キロメートル
V	Volt	ボルト
m	meter	メートル
mm	millimeter	ミリメートル
m ³	cubic meter	立方メートル
s	second	秒
US\$	United States Dollar	米ドル

第1章 序論

第1章 序 論

1.1 背 景

「ア」国では、2002年まで続いた内戦により電力セクターを支えていた送電線や発電所の損傷は深刻であり、電力供給不足は経済成長および貧困削減の大きな障害となっている。2008年の「ア」国の発電設備容量は1,258 MWで、発電量は4,050 GWhである。送電系統については、北部、中部、南部で独立しており、首都ルアンダが供給エリアに入っている北部系統が全系統容量の約8割を占めており、地域格差が大きい。

このような状況を踏まえ、「ア」国政府は、現在策定中の「電力セクター中期開発計画2009-2013年」において、2015年までに人口の約半分に対する電力アクセスの提供を目指しており、これに見合う発電および送配電施設の整備を計画している。また地方における電力供給の拡大を通じ、「地域格差の是正」を進めている。

日本政府は現在「ア」国政府への円借款開始に向けた検討を行っている。独立行政法人 国際協力機構（JICA：Japan International Cooperation Agency）も2008年から2009年まで円借款案件の発掘を目的とした「ポストコンフリクト支援のためのインフラ事業」調査を実施した。同調査を踏まえ、日本政府は、水力発電のポテンシャル（推定約18,000 MW）を活用した地方電化による地域格差の是正を目的として、本協力準備調査の実施につき合意した。

本調査では、将来の円借款供与を想定し、地方における小規模水力による発電事業の候補案件を選定の上、その候補案件のFSを実施する。

プロジェクトの位置図を図1.1-1(1)、(2)に示す。

1.2 調査の目的

本調査は「地方電力開発事業」に対する将来的な円借款供与を念頭に、「ア」国の電力政策や電力需要等のレビューを行い、「ア」国における小規模水力発電による地方電化事業の支援に係る必要性および妥当性を確認した上で、本事業の対象地域を選定し、FSを実施、事業実施計画等を検討／提案することを目的としている。「ア」国側のカウンターパートは、MINEAである。



図 1.1-1(1) プロジェクト位置図 Luanda～Cuito～Andulo～Site

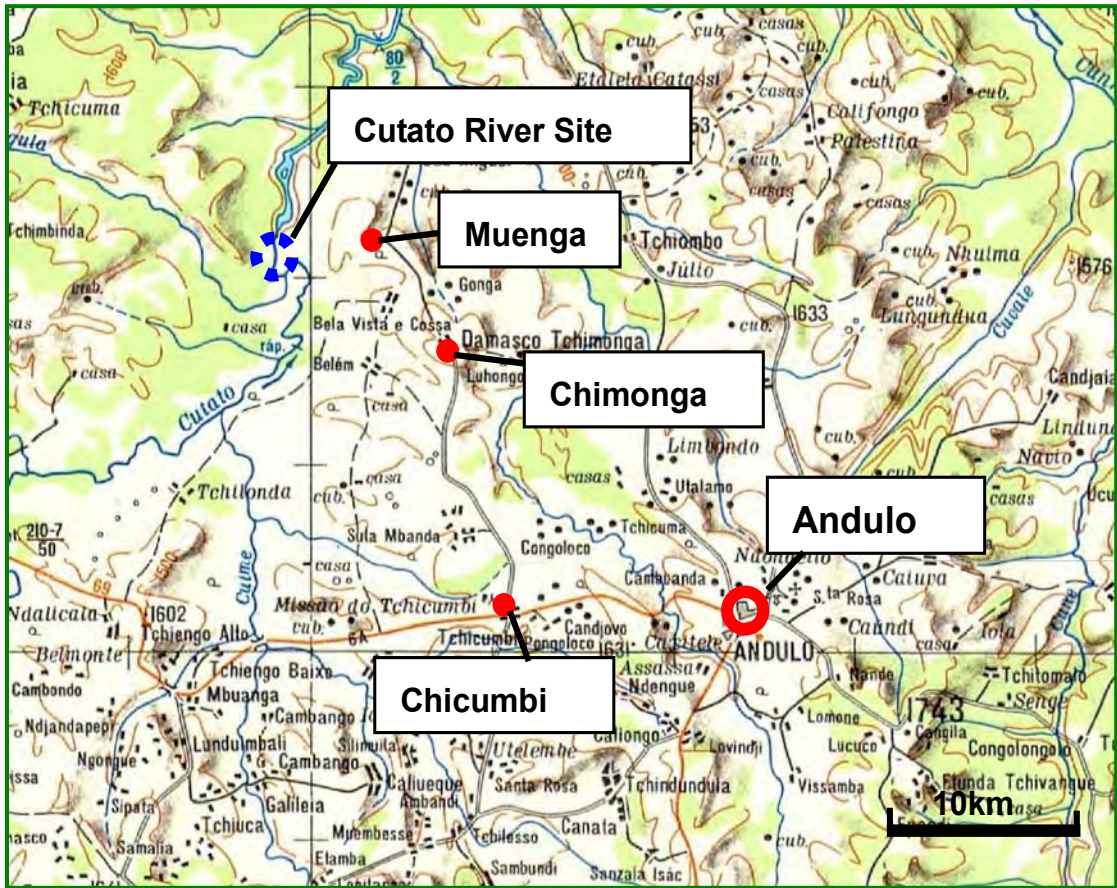


図 1.1-1(2) プロジェクト位置図 Andulo～Site

1.3 調査の範囲

- 1) 「ア」国の電力セクターのレビュー
- 2) 「ア」国の電力セクターにおける他ドナーの活動状況の確認
- 3) 有望な小規模水力発電案件の選定
- 4) 事業の概略設計（地雷対策を含む）
- 5) 調達方法、施工方法の提案
- 6) 事業費用の積算および内訳の作成
- 7) 事業実施スケジュールの提案
- 8) 実施／維持管理体制の検討
- 9) EIRR／財務的内部収益率（FIRR：Financial Internal Rate of Return）の算出
- 10) 事業運用効果指標の策定
- 11) 環境社会配慮支援
- 12) クリーン開発メカニズム（CDM：Clean Development Mechanism）化に向けたプロジェクト設計書（PDD：Project Design Document）の作成支援

1.4 現地調査の概要

第一次現地調査は、2010年8月18日（水）から9月25日（土）にかけて実施した。この内9月7日（火）から11日（土）にかけては、Bie州とHuambo州で小水力発電の可能性調査候補地点5地点の現地踏査を行った。

第二次現地調査は、2011年1月10日（月）から2月8日（火）にかけて実施した。この内1月24日（月）から28日（金）にかけて、Bie州で小水力発電の可能性調査地点（FS実施地点）1地点の現地踏査を行った。

1.5 チーム構成と調査スケジュール

第一次現地調査のチーム構成を表 1.5-1 に、第二次現地調査のチーム構成を表 1.5-2 に示す。また第一次現地調査スケジュールを表 1.5-3 に、第二次現地調査スケジュールを表 1.5-4 に示す。

表 1.5-1 第1次現地調査 調査団員構成表

担当業務	氏名	所属
総括／水土木	板倉 正和	(株)ニュージェック
水力発電機械	白石 高生	(株)ニュージェック
送配電計画	長谷川 義次	(株)ニュージェック
水文気象解析	猿橋 崇央	(株)ニュージェック
地質／測量	徳楠 充宏	(株)ニュージェック
環境社会配慮	山岡 暁	(株)ニュージェック
業務調整	石丸 聡志	(株)ニュージェック
通 訳	松崎 洋子	—

表 1.5-2 第2次現地調査 調査団員構成表

担当業務	氏名	所属
総括／水土木	板倉 正和	(株)ニュージェック
水力発電機械	白石 高生	(株)ニュージェック
送配電計画	長谷川 義次	(株)ニュージェック
経済・財務分析	松田 康治	(株)ニュージェック
環境社会配慮	山岡 暁	(株)ニュージェック
地雷対策	松尾 和幸	(NPO)日本地雷処理を支援する会
クリーン開発メカニズム	大西 ももこ	日本テピア(株)
土木施設設計	竹澤 文雄	(株)OT 設計
業務調整	石丸 聡志	(株)ニュージェック
通 訳	松崎 洋子	—

表 1.5-3 第 1 次現地調査 行程表(実績)

Date	Day	業務主任/ 水力土木 Team Leader/ Hydropower Civil Engineer	水力発電機械 Hydropower Generating Equipment	送配電計画 Transmission and Distribution Planning	通訳 Interpreter	業務調整/ 水力土木補佐 Project Coordinator	水文気象解析 Hydro- Meteorological Analysis	地質/測量 Geology/ Surveying	環境社会配慮 Environmental Social Consideration	Accommoda- tion	
		Mr.Itakura NEWJEC	Mr.Shiraishi NEWJEC	Mr.Hasegawa NEWJEC	Ms.Matsuzaki Technostaff	Mr.Ishimaru NEWJEC	Mr.Saruhashi NEWJEC	Mr.Tokusu NEWJEC	Mr.Yamaoka NEWJEC		
1	2010/8/18	Wed	Leave for Angola Kansai - HongKong - Johannesburg -Luanda (CX507-CX749-SA0054)			Leave for Angola Narita - HongKong - Johannesburg - Luanda (CX521-CX749-SA0054)					Luanda City
2	2010/8/19	Thu	Arrival in Luanda by SA0054, Visit JICA								Luanda City
3	2010/8/20	Fri	AM10:00 Embassy of Japan, PM13:00 MOEW Mr.Serafim Silveira (Director), Mr.Dongara (ENE)								Luanda City
4	2010/8/21	Sat	Internal meeting								Luanda City
5	2010/8/22	Sun	Internal meeting								Luanda City
6	2010/8/23	Mon	AM 11:00 Kick off meeting with MOEW								Luanda City
7	2010/8/24	Tue	ENE								Luanda City
8	2010/8/25	Wed	PM 14:00 Ministry of Ambiente Mr.Giza Martin								Luanda City
9	2010/8/26	Thu	MOML								Luanda City
10	2010/8/27	Fri	AM 11:00 UNDSS Mr.Samuel Odei								Luanda City
11	2010/8/28	Sat	Internal meeting								Luanda City
12	2010/8/29	Sun									Luanda City
13	2010/8/30	Mon	MOEW (1ST Screening result), ENE								Luanda City
14	2010/8/31	Tue	Follow up								Luanda City
15	2010/9/1	Wed	Follow up								Luanda City
16	2010/9/2	Thu	MOID, Follow up								Luanda City
17	2010/9/3	Fri	MOEW (2ND Screeing result), ENE								Luanda City
18	2010/9/4	Sat	Internal meeting								Luanda City
19	2010/9/5	Sun	Leave for Angola Kansai - HongKong - Johannesburg -Luanda (CX507-CX749-SA0054)								Luanda City
20	2010/9/6	Mon	MOEW,ENE,EDEL (on Site survey)				Arrival in Luanda by SA0054				Luanda City
21	2010/9/7	Tue	Move to Cuito (site survey)								Cuito
22	2010/9/8	Wed	Site survey in Bie Province								Cuito
23	2010/9/9	Thu	Site survey in Bie and Move to Huambo Province								Huambo
24	2010/9/10	Fri	Site survey in Huambo								Huambo
25	2010/9/11	Sat	Move to Luanda								Luanda City
26	2010/9/12	Sun									Luanda City
27	2010/9/13	Mon	Data collection, Followup								Luanda City
28	2010/9/14	Tue	INAMET (Data collection)								Luanda City
29	2010/9/15	Wed	Data collection, Followup								Luanda City
30	2010/9/16	Thu	MOEW (Preparation of MD)								Luanda City
31	2010/9/17	Fri	Data collection, Followup								Luanda City
32	2010/9/18	Sat	Internal meeting								Luanda City
33	2010/9/19	Sun									Luanda City
34	2010/9/20	Mon	Signing of MD with MOEW				Follow up				Luanda City
35	2010/9/21	Tue	Data collection and Follow up								Luanda City
36	2010/9/22	Wed	Data collection and Follow up								Luanda City
37	2010/9/23	Thu	Leave for Johannesburg by SA055 (Stay at Johannesburg)								Johannesburg
38	2010/9/24	Fri	Leave for Japan via Hongkong(CX748-CX506)			Leave for Japan via Hongkong (CX748-CX520)		Leave for Japan via Hongkong (CX748-CX506)			
39	2010/9/25	Sat	Arrival in Japan								

MD: Minuta de Discusiones

MOEW	Ministry of Energy and Water
ENE	Empresa Nacional de Electricidade (National Enterprise Electricity)
EDEL	Empresa de Distribuicao de Electricidade de Luanda
INAD	Instituto Nacional De Desminagem
CNIDAH	Comissao Intersectorial de Deminagem e Assistencia Humanitaria
MOML	Ministry of Meteorology
INAMET	Instituto de National Meteorologia e Geofisica

表 1.5-4 第2次現地調査 行程表(実績)

Date	Day	業務主任/ 水力土木 Team Leader/ Hydropower Civil Engineer	水力発電機械 Hydropower Generating Equipment	通訳 Interpreter	業務調整/ 水力土木補佐 Project Coordinator	送配電計画 Transmission and Distribution Planning	経済・財務分析 Economic and Financial Analysis	環境社会配慮 Environmental Social Consideration	地雷対策 Mine Counter- measures	グリーン開発メ カニズム Clean Development Mechanism	土木施設設計 Civil Design	Accommoda- tion	
		Mr.Itakura NEWJEC	Mr.Shiraishi NEWJEC	Ms.Matsuzaki Technostaff	Mr.Ishimaru NEWJEC	Mr.Hasegawa NEWJEC	Mr.Matsuda NEWJEC	Mr.Yamaoka NEWJEC	Mr.Matsuo Japan Mine Action Service	Mr.Onishi Tepia	Mr.Takezawa OT Design		
1	2011/1/10	Mon	Leave for Angola Kansai - Dubai -Luanda (EK317-EK793)		Leave for Angola Kansai - Dubai -Luanda (EK319-EK793)							Luanda City	
2	2011/1/11	Tue	Arrival in Luanda by EK793									Luanda City	
3	2011/1/12	Wed	AM 10:00 Visit JICA									Luanda City	
4	2011/1/13	Thu	AM 9:00 MOEW Mr.Serafim (Director)									Luanda City	
5	2011/1/14	Fri	Visit INAD									Luanda City	
6	2011/1/15	Sat	Internal meeting									Luanda City	
7	2011/1/16	Sun										Luanda City	
8	2011/1/17	Mon	AM 10:00 Embassy of Japan									Luanda City	
9	2011/1/18	Tue	Deta collection									Luanda City	
10	2011/1/19	Wed	Visit JMAS Camp			Leave for Angola Kansai - Dubai -Luanda (EK317-EK793)			Leave for Angola Tokyo - Kansai- Dubai -Luanda (JL187-EK317- EK793)	Leave for Angola Kansai - Dubai -Luanda (EK317-EK793)		Luanda City	
11	2011/1/20	Thu	Deta collection			Arrival in Luanda by EK793						Luanda City	
12	2011/1/21	Fri	Meeting with JMAS									Luanda City	
13	2011/1/22	Sat	Internal meeting									Luanda City	
14	2011/1/23	Sun										Luanda City	
15	2011/1/24	Mon	Move to Cuito (site survey)						AM 11:45 Visit IRSE	Meeting with local consultants	Move to Cuito (site survey)		Cuito
16	2011/1/25	Tue	AM 10:00 Bie Province, Move to Andulo						Study in Luanda		AM 10:00 Bie Province, Move to Andulo		Andulo
17	2011/1/26	Wed	Site Survey in Andulo (Cutato River Site)						Email to WB	Study in Luanda	Site Survey in Andulo (Cutato River Site)		Andulo/Cuito
18	2011/1/27	Thu	Site Survey in Andulo (Cutato River Site)						AM 11:00 Embassy of Japan		Site Survey in Andulo (Cutato River Site)		Cuito
19	2011/1/28	Fri	Move to Luanda						PM 14:00 Visit WB		Move to Luanda		Luanda City
20	2011/1/29	Sat	Visit JMAS Camp									Visit JMAS	Luanda City
21	2011/1/30	Sun										Luanda City	
22	2011/1/31	Mon	Meeting with Monte Co.									Luanda City	
23	2011/2/1	Tue	Site Survey (Cambambe Hydropower)									Luanda City	
24	2011/2/2	Wed	AM 10:00 MOEW (Preparation of MD) PM 16:00 Visit JICA									Luanda City	
25	2011/2/3	Thu	AM 7:30 Signing of MD with MOEW PM 15:30 Embassy of Japan									Luanda City	
26	2011/2/4	Fri	Internal meeting									Luanda City	
27	2011/2/5	Sat										Luanda City	
28	2011/2/6	Sun	AM 9:00 Visit JICA , Leave for Dubai by EK794 (Stay at Dubai)									Dubai	
29	2011/2/7	Mon	Leave for Kansai (EK316)	Leave for Tokyo via Kansai (EK316-JL186)			Leave for Kansai (EK316)			Leave for Tokyo via Kansai (EK316-JL186)	Leave for Kansai (EK316)		
30	2011/2/8	Tue	Arrival in Kansai by EK316		Arrival in Tokyo by JL186		Arrival in Kansai by EK316			Arrival in Tokyo by JL186	Arrival in Kansai by EK316		

MD: Minuta de Discusiones

MOEW:Ministry of Energy and Water
INAD:National Institute of Demining
JMAS:Japan Mine Action Service
IRSE:Instituto Regulador do Sector Electrico
WB:World Bank

1.6 調査場所

第一次現地調査の調査場所は、首都ルアンダと Bie 州と Huambo 州で小水力発電の可能性調査候補地点 5 地点 (Bie 州 Andulo 郡 Cutato 川地点、Bie 州 Chicala 村 Luvolo 川地点、Huambo 州 Sacapomo 村 Cunene 川地点、Huambo 州 Cuima 村 Põe 川地点と Cuima 川地点) で実施した。(図 1.6-1 参照)

第二次現地調査は、首都ルアンダと Bie 州 Andulo 郡 Cutato 川地点で実施した。

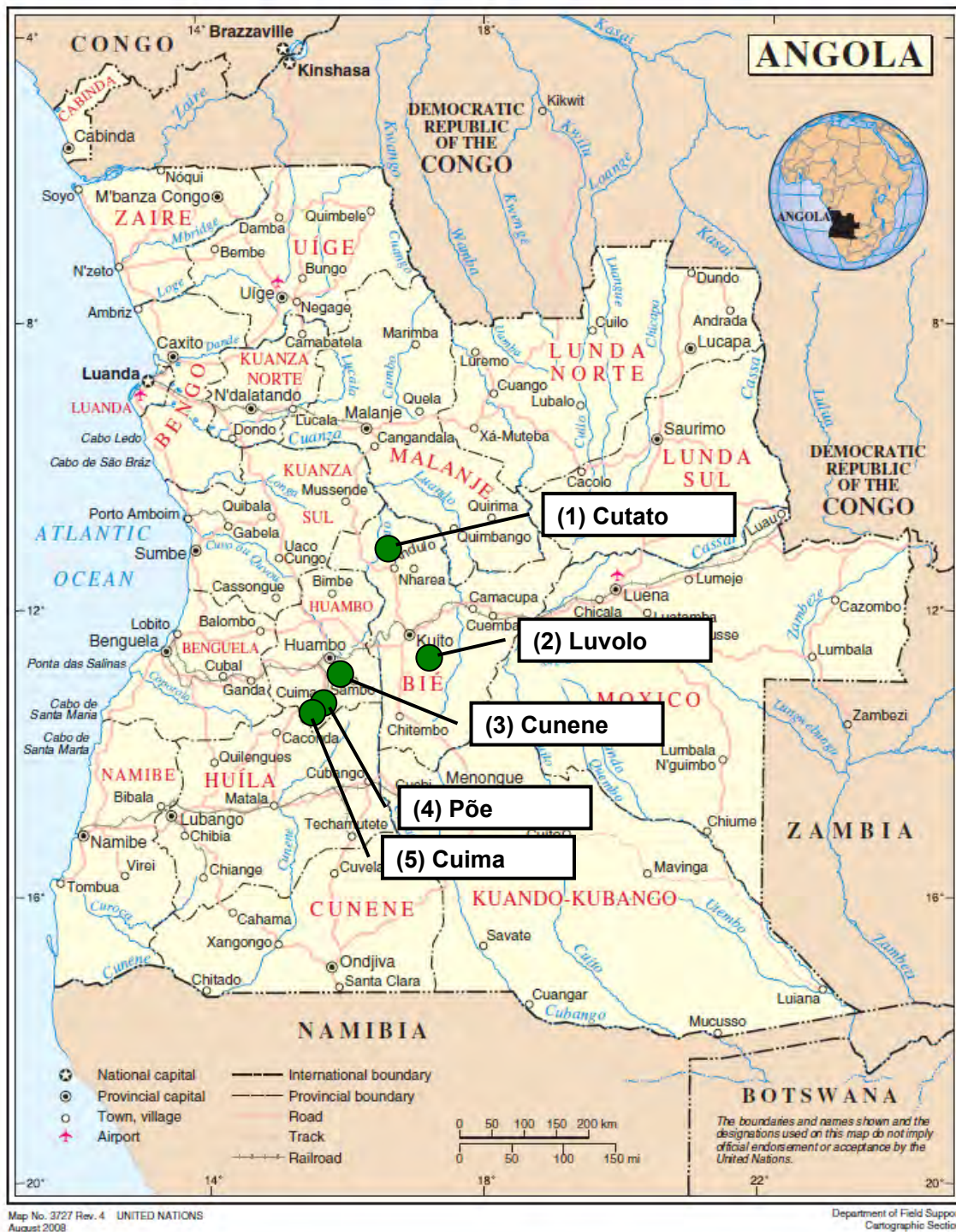


図 1.6-1 調査地点 位置図

第2章 アンゴラ国の現状

第2章 アンゴラ国の現状

2.1 社会環境

2.1.1 国の社会経済状況

(1) 国土

「ア」国は、1,246,700 km²の総国土面積を有し、アフリカ南西部に位置する。南北の延長は約1,300 km、東西は約1,250 kmである。西は大西洋に面し、北はコンゴ民主共和国、東はザンビア共和国、南はナミビア共和国と隣接している。「ア」国は18州に分かれる。

ポルトガルから1975年に独立以降、アンゴラ解放人民運動(MPLA-PT: Popular Movement for the Liberation of Angola - Party of Labour)政権は社会主義国家の建設を目指してきたが、反政府組織であるアンゴラ全面独立民族同盟(UNITA: National Union for the Total Independence of Angola)との内戦が継続した。1991年5月の包括和平協定(ビセス合意)に基づき、国連監視の下で1992年9月に複数政党制による大統領選挙および議会選挙が実施されたが、UNITAのサビィンビ議長が選挙の不正を訴え、政府軍とUNITA軍との間に内戦が再発した。

その後、停戦・内戦が繰り返され2002年4月4日に政府軍とUNITA軍とで間で停戦合意に関する党書が署名され、独立以来27年に亘る内戦は事実上終結した。その後、反政府勢力の武装解除・動員解除も進み、国民和解、国家再建のプロセスが進展している。

(2) 人口動態

首都はルアンダで、人口約350万人を有する。主要都市としてロビト(74万人)やベンゲラ(47万人)などがある。民族構成は、ウンブンドゥ族(38%)とキンブンドゥ族(23%)、バゴンゴ族(15%)、コンゴ人(13%)、メスチーソ人(白人との混血)(2%)、白人(1%)などで構成され、総人口は1,802万人、人口増加率2.6%と推定¹されている(2008年世界銀行統計)。公用語としてポルトガル語、その他土着の言語ウンブンドゥ語などが使われている。

(3) 経済

「ア」国は、沿岸部の石油や内陸部のダイヤモンドを産出するなど豊富な天然資源の他、農業に適した土地が多く、漁業資源も豊富であるが、1975年の独立以来長期にわたる内戦により、経済は極度に疲弊していた。1990年市場原理に基づく混合経済の導入等、西

¹ 「ア」国での国勢調査(Population Census)は1970年を最後にそれ以降実施されていないため、総人口は推定値である。中央情報局(CIA: Central Intelligence Agency)のThe World Factbook-Angolaでは2011年7月時点の総人口を1,300万人と推定している。

側諸国との関係強化の方向性を示した。

2010年の石油総輸出額はUS\$ 520億以上と見込まれており、国内総生産（GDP：Gross National Product）予想US\$ 843億（2010年推定）の50%近くが原油生産によるものとなっている。また、一人当たりのGDPを見ると、近年石油生産増により、急速に高くなっており、エジプトに次ぐ高さとなっている。

全輸出の約95%は原油に依存しており、政府歳入予算の70～80%が原油収入による。そして、ナイジェリアと並ぶサブサハラ最大の産油国になっている。

表 2.1-1 Main Economic Indicators in Angola

	2007	2008	2009	2010 (projection)	2011 (projection)	2012 (projection)	2013 (projection)	2014 (projection)	2015 (projection)
GDP (Mil.US\$)	60,449	84,179	75,508	84,304	89,961	102,351	10,847	119,406	130,016
GDP/ Capita (US\$)	3,443	4,671	4082	4082	4425	----	----	----	----

出典：IMF Country Report, Feb. 2011

表 2.1-2 Export Products in Angola

(Million of US\$)

	2008	2009	2010
Export products total	63,914	40,828	49,724
Crude Oil	61,666	39,271	47,703
Diamonds	1,210	814	1,121
Others	1,038	743	900

出典：IMF Country Report, Feb. 2011

表 2.1-3 Tax Revenue in Angola

		2007	2008	2009	2010
Tax Revenue (billion of Kwanza)	Total	3,070	1,704	3,109	3,389
	Oil	2,602	1,165	2,476	2,691
	Non oil	468	539	632	696

出典：IMF Country Report, Feb. 2011

また、都市部への人口の集中が激しく、50%以上になっており（57%、2008年世界銀行（WB：World Bank）Development Economics）、そのため、都市部への人口の集中抑制のためにも、地方の開発が必要である。

農産物としては、トウモロコシ、豆類等の自給農業のほか、商品作物としてコーヒー、カカオ、サイザル麻が栽培されており、輸出産品となっている。輸出先は中国36%、米国26%、フランス9%、南アフリカ4%などである。

「ア国」の国家開発計画によれば、今後、保健、教育、水を含むインフラ整備に力を入れることを明記しており、電力セクターの地方電化推進はその対応策のひとつである。

しかし、2009年の石油価格の下落による政府収入減が「ア」国政府の開発計画に及ぼす影響は大きく、国際通貨基金（IMF：International Monetary Fund）は2009年11月に「ア」国政府の開発支援の資金として、US\$ 1.4 billionの拠出を決定した。その用途は保健、教育などの社会問題や電力設備などのインフラ整備事業の支援である。

「ア」国の2003年から2010年までの消費者物価指数（CPI：Consumer Price Index）の推移を図2.1-1に示す。2003年は100%を超える物価上昇率であったが、その後次第に安定し、2007年以降はほぼ12～13%台で推移している（注：2010年は推定値）。

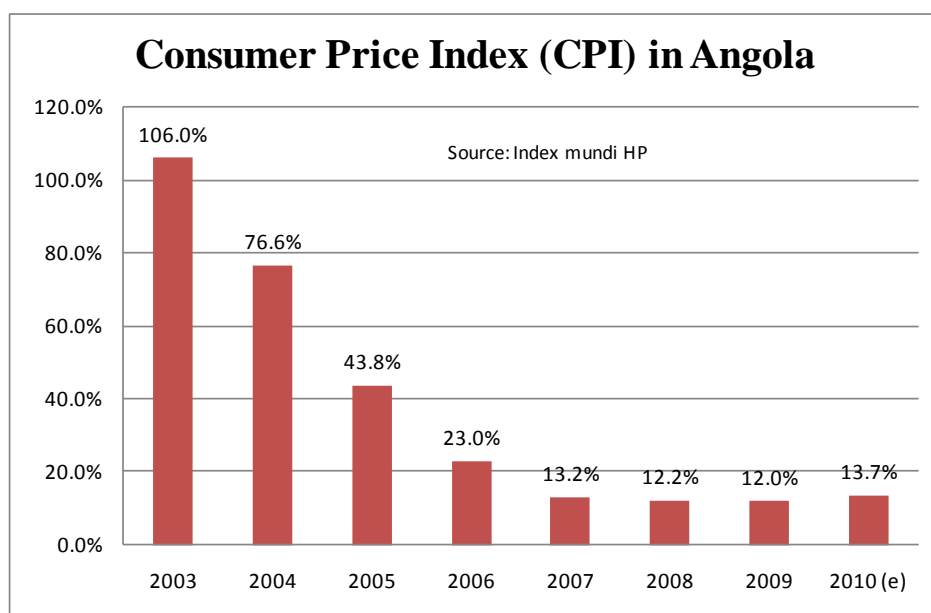


図 2.1-1 「ア」国の消費者物価指数

2.1.2 電力需給、送電線網の現状と将来計画

(1) 最大発電電力と年間発電電力量の推移

- 2002年の内戦終結からは、最大電力および年間発電電力量は毎年10%以上の伸びを記録し、2008年での設備容量は1,258 MW、年間電力需要4,050 GWhになっており、年間発電電力量は2007年から2008年では23%の急激な伸びとなっている。
- また、2010年から2016年の期間では発電電力量の年率13%の伸びを想定している。
- 2008年の設備容量（1,258 MW）、年間発電電力量4,050 GWhは日本の中で一番規模の小さい沖縄電力（1,925 MW、7,345 GWh、2008年3月末）の設備容量の65%、年間発電電力量の55%程度である。

表 2.1-4 「ア」国の最大発電力と年間発電力量の推移

Year	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Energy [GWh]	1,295	1,425	1,634	1,781	1,995	2,244	2,649	2,982	3,293
Growth rate		10%	15%	9%	12%	12%	18%	13%	10%
Peak load [MW]	226	250	270	295	303	365	397	441	535
Growth rate		11%	8%	9%	3%	20%	9%	11%	21%

出典：ENE 2009

表 2.1-5 Angola: Key Electricity Data 2008-2012

	2008	2009(e)	2010(f)	2011(f)	2012(f)
Installed capacity (MW)	1258	1672	1913	2029	2382
Generation (GWh)	4050.3	5280	7028.5	8950	11050
Distribution (GWh)	3442.8	4488	5974.2	7607.5	9392.5
Consumption (GWh)	2476.8	3220.3	4287.4	5459.5	6740.5
Consumption per capita (kWh)	149	188	242	300	359
Access (%)	30.4	33	36.1	40.1	44.9

e: estimate; f: forecast

出典：MOE, Luanda, May 2010

- また、「ア」国の電力供給サービスはほとんど都市部に限られており、電化率は30.4% (2008年)と、アフリカ平均41.9%(世界エネルギー見通し (WEO: World Energy Outlook) 2010)と比較してもまだ大変低く、これからの地方電化の推進が強く望まれる。
- 「ア」国では、900 MW から 1,200 MW の発電設備を需要家独自で所有し、運転しており、そのほとんどはディーゼル発電である。
- 発電設備の燃料種別を見ると、表 2.1-6 のように、2004 年では 64%は水力発電で、36%は火力発電である。また、発電設備の 81%は首都ルアンダの存する北部地域に偏在する。
- 発電力量と送電力量の差は 15%ある。これは発電所での所内ロスであり、日本の 4%と比べて大きい。
- また、送電力量と需要電力量には 28%の差がある。これは送電ロスと盗電などによるものであり、日本の 5%に比べて非常に大きなものである。

表 2.1-6 ENE Electricity Production by System (in 2004)

	Northern	Central	Southern	Isolated	Total	
Capacity production share	81%	5%	6%	8%	100%	
Thermal [MWh]	564,192	67,351	14,252	172,624	818,419	36%
Hydro [MWh]	1,254,104	50,414	117,434	3,266	1,425,218	64%
Energy production by region [MWh]	1,818,296	117,765	131,686	175,890	2,243,637	

出典：ENE 2004

- 「ア」国国家エネルギー総局（DNE：National Energy Directorate）は2010年から2025年にかけての電力設備建設投資額はUS\$ 8.3 billionと見積もっており、PPPのスキームの使用が推奨されている。
- また、世界銀行の2010年3月の調査²で、MINEAとの合意に至った調査分野は、
 - ・蛍光灯の広範囲の普及
 - ・小水力発電のビジネス、制度モデルの提案
 - ・電力セクターの拡充のための優先投資の解析の3分野である。
- MINEAは特に小水力発電による地方部の電化が、都市部との格差解消の点で大変重要であり、大都市への人口の流入を防ぐためにも大切であるとの見解である。そのためMINEAは10 MWクラスの小水力発電での地方電化推進のため資金、制度構築の支援を求めており、PPPの適用が進められている。

(2) 電力セクターの制度・組織

- 電力セクターの制度・組織は現在、過渡的である。エネルギー省（MOE：Ministry of Energy）と水資源省（MOW：Ministry of Water）はその活動を合併し、MINEAが発足した。MINEAと財務省（MOF：Ministry of Finance）の両者が必要な補助金の規定を含め、電気規制、水供給と衛生システム、サービスの質と実績の監督及び電気・水道料金の設定などに対し一般的責任を負っている。MINEAは2つの内部部署であるDNEと国家水資源総局（DNA：National Directorate of Water）を介して電力・水資源セクターの計画と規制を行っている。
MINEAの組織図は図2.1-2の通りである。
- 「ア」国には2つの国営公社がある。一つはENEで、「ア」国の18州の内、15州の主要都市で発電、送電及び配電を行っている。もう一つはEDELでルアンダ都市部の配電を担当している。両者ともその担当区域での独占的供給権は持っていない。
- ENEは「ア」国の主要な3つの非連系ネットワーク及び独立システムでの発電・送電・配電の責任がある。ENEは幾つかに分かれていた事業体を合併して1980年に設立されたものである。1998年にENEは法的地位を得て、政府から分離して公共団体となった。ENEは水力発電所や基幹送電線を運営している。
- EDELは首都ルアンダ及びその近郊での電力供給に責任がある。この首都圏の消費電力は国全体の消費電力の65%を占める。ENEが発電した電力をEDELが買い取る仕組みになっている。EDELは13の変電所に接続している60 kVの送電線を運営している。362 km、15 kVの中圧配電線は814の公共変圧器と862の民間変圧器に繋がっている。1,850 km、400 Vの低圧配電線は1,488の配電箱に繋がっている。配電システムの変圧

² Angola Electricity Dialogue Back to Office Report, 15-26, March 2010

器容量不足は重大な障害と認識されており、夕方の 6 時から 10 時までの間、15～20 MW の負荷制限を実施している。

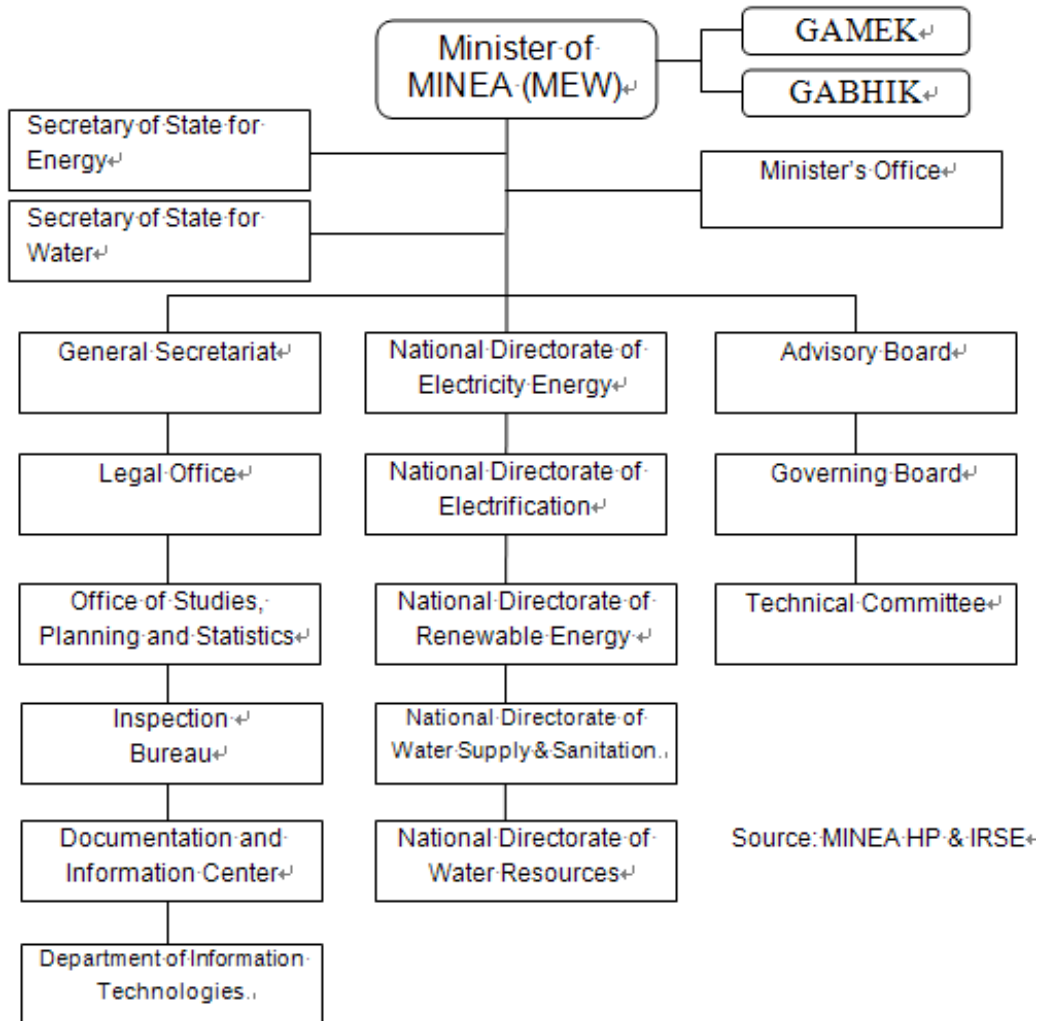


図 2.1-2 MINEA の組織図

(3) 水力開発の行政上機関

- 「ア」国は 40 もの発電に適した川があり、18 GW の発電ポテンシャルがある。
- Cunene 川流域と Cuanza 川流域のみにクネネ川流域開発事務所 (GABHIK : Office for the Administration of the Cunene River Basin Hydroelectric) と GAMEK という行政機関 (局 : Bureau) があり、この行政機関が大型水力発電所及び関連送電線の計画・建設・運転を担ってきた。現在の制度的取り決めに対し、この行政機関と電力公社の役割を明確にすべきとの議論がある。
- GAMEK は 1986 年に当時の計画省、財務省、貿易省及びエネルギー・石油省の合同政令 (1986 年 3 月 17 日) に基づき設立された国営企業であり、設立当初はエネルギー・

石油省の管轄下にあった。

- GABHIC はナミビアとの国境河川である Cunene 川流域を「ア」国とナミビア国で共同に開発する目的で、1991年に設立された国営企業である。
- GAMEK 及び GABHIC とも組織上 MINEA 大臣に直接属している。他の流域には GAMEK や GABHIC などの機関は無い。
- Cunene 川は「ア」国南部高地から南へ流れ、ナミビアとの国境沿いに大西洋に注ぐ、長さ 1,000 km を越す大河である。発電のポテンシャルは 1975 年の独立紛争時に測水所が破壊されたので正確な値はわからないが、そのポテンシャルについては、5 GW 程度と見込まれている。

また、Cunene 川には内戦で破壊された Gove Dam 発電所 (60 MW) が修復中で、2011 年の半ばには竣工予定であり、Huambo 州の州都、Huambo に 220 kV の送電線で電力供給する予定である。総工事費 US\$ 150 Million、建設業者はブラジルの Odebrecht である。Cunene 川にはこの Gove Dam 発電所をはじめとして、Gove Dam 発電所の下流に Jama ya Mina Dam 発電所 (120 MW)、Jamba ya Oma Dam 発電所 (50 MW) の 2 つの連系した発電所が建設される予定である。

- Cuanza 川は Bie 州の標高 1,500 m の高地から大西洋へ注ぐ、長さ 1,000 km を越す大河であり、6 GW の発電ポテンシャルがある。
そして、現在は Cambambe Dam 発電所 (180 MW) と Capanda Dam 発電所 (520 MW) の 2 つの主要な水力発電所がある。
また、近年、PPP のスキームを活用して、Lauca Dam 発電所 (2,120 MW)、Caculo Cabaca Dam 発電所 (1,560 MW) および Nhangé Dam 発電所 (450 MW) を計画中である。

(4) 電力運用効率

- ENE 及び EDEL の供給地域とも、系統の技術的・商業的運用効率は低い。ENE 系統の技術的・商業的系統ロス率は 18 ~ 23% と推定されている。さらに深刻なのは EDEL 系統でロスが大きく、技術的系統ロスが 15%、商業的系統ロスが 21% と言われている。商業的系統ロスが高いのは、殆どが支払い滞納、不法盗電、メータ不足、非効率な請求システムのためと説明されている。商業的系統ロスは電気料金の強制的取立て不足が一層事態を深刻化させている。技術的系統ロスの原因は殆ど場合、送・配電線がその容量の限界で運用せざるを得ないという状況から発生している。両公社とも長い戦争で荒廃した電力系統を修理することがこれまで出来ず、また同時に電力需要増に対応した系統拡張もこれまで出来なかった。
- DNE によれば、発電量の 40% しか請求されておらず、ENE の料金徴収率は 2008 年で 70.5% であった。EDEL の徴収率は 2001 年の 10% から 2004 年 54%、2008 年の 68% と著しく向上した。2008 年に ENE から EDEL に卸した大口電力に対し、EDEL はその約 27% しか ENE に支払っていない。

- 技術的・商業的非効率性が ENE と EDEL の財務損失を一層悪化させている。両公社の低い内部キャッシュフローに対し、「ア」国政府は両公社に系統拡張事業を続けさせるために必要な不足額をこれまで補填してきた。
- EDEL の 2001 年の損失額は US\$ 10 million の補助金を考慮しても約 US\$ 15 million であった。ENE の場合、直接補助金約 US\$ 7 million と燃料価格への間接補助金を含めても損失額は US\$ 4 million に到った。滞納は EDEL の顧客、EDEL から ENE へ、ENE からアンゴラ国営石油公社（SONANGOL：Sociedad Nacional de Combustivos de Angola）へと連鎖し、その結果「ア」国政府が運転費用と投資費用を補助するという悪循環となっている。問題の根源は不適切な料金、高い系統損失、盗電及び料金未払いに根ざしている。
- 1996 年 5 月に発布された電力一般法の第 3 条で、「政府は国家の開発状況と優先度の高い課題を勘案しつつ、全国の電力化に向けた政策を推し進めなければならない」と政府の責任が謳われており、この条項に沿って、EDEL と ENE に運転費用と投資費用に対する政府補助金を支給している。

(5) 電気料金

- GOA は MINEA からの提案を考慮して料金を設定している。EDEL への平均売電単価は約 11 US¢/kWh であるのに対し、EDEL の平均電気料金は 2008 年の場合約 4 US¢/kWh（1US\$ = 69 Kz）であった。電力一般法の第 41 条（料金システム）では「全ての発電、送電、配電事業者に運営費、税金、減価償却、資本回収等をカバーするに不足が無く、且つ妥当な利益をもたらすものとする。」と謳われているにも拘わらず、現実には上述の様に両公社は事業損失を抱えており、妥当な利益をもたらす料金設定とはなっていない。
- なお、電気料金体系は 2004 年以降据え置かれたままであり、現在も以下の電気料金体系が適用されている。
- また、表 2.1-7 の電気料金は力率が 0.8 以上の場合であり、力率が 0.8 を下回る場合には以下の調整係数を掛けたものをその月の電気料金請求額とする。

力率	調整係数
0.75 相当	1.035
0.70 相当	1.078
0.65 相当	1.123
0.60 相当	1.181
0.55 相当	1.248
0.50 相当	1.331
0.45 相当	1.423
0.40 相当	1.573

出典：ENEホームページ

表 2.1-7 電力料金表

分類-1	分類-2	電気料金
低電圧需要家	一般家庭	3.35 Kz/kWh
	一般家庭社会レート (≤ 200 kWh)	1.16 Kz/kWh
	一般家庭特別レート (≤ 200 kWh)	4.40 Kz/kWh
	産業	4.40 Kz/kWh
	商業・サービス	4.40 Kz/kWh
	街路灯	2.46 Kz/kWh
中電圧需要家 (1-30 kV)	産業	$F = Kz 240.42 \times P + Kz 2.02 \times W$
	商業・サービス	$F = Kz 240.42 \times P + Kz 2.02 \times W$
高圧需要家 (30 kV 以上)	産業	$F = Kz 324.47 \times P + Kz 1.83 \times W$

上記表中の記号は以下の通り。

F : 請求額 (Kz)

P : 過去3ヶ月間の最大使用電力 (kW)

W : 電力消費量 (kWh)

(6) 電化と電力需要

- 正規の需要家数と人口数が不確かなため、正確な電気へのアクセス率は把握できていない。推測では電化率は30～32%と言われている。近年、雇用機会や安全性を求めて都市への人口移動が進んでおり、ルアンダは急激に膨張している。流入して来た人々の大半は都市計画が無い地区やルアンダの外環に居住している。この現象が、統一した通り（街路）システムの欠如、正しい（通り）番号付けの欠如、不確かな土地所有者・家屋記録などを産み出し、正確な電気へのアクセス率が分からない障害要素となっている。また、この現象が不法な配電市場も産み出している。個人所有の小型発電機から配電変圧器を利用し、盗電している配電系統に接続して不法なネットワークを経営している仲介者もいる。不幸にも“新顧客”は事故を起こしかねない不十分な安全保護装置と手段で接続する結果になっている。
- 2009年に「ア」国は2009年から2012年にかけての戦略的電化プラン（電力セクター中期開発計画）を作成・発表した。それによれば、都市部での電化率は100%、都市周辺部では60%、農村では30%が達成目標である。また、発電量は2008年で4,050 GWhを2012年には2.7倍の11,050 GWhとすることを目標としている。さらに、MINEAは地方電化に関する戦略として「小規模水力発電所国家プログラム（National Program for Small Hydro Power Stations）」を策定し、推進を図っている。地方電化の推進部局はMINEA内のDepartment of Electrificationで、MINEA内には電力セクターに関する部署として他に、Department of Renewable Energy、Department of Electricity Energyがある。
- 「ア」国の電力供給サービスを行っているENE及びEDELは電力供給不足で、需要を満足する電力を送れず、負荷制限も日常化している。例えば全企業の84%が月に平均8

回の電力供給停止を経験しており、大企業に到っては更に深刻で月に 16 回（1 回当たり 8 時間）の電力供給停止を経験している。生産工場はより一層の打撃を受けている。

- こうした事情から首都ルアンダの企業の約 68%が自家発を有している。ルアンダ以外の地区の企業では約 90%が自家発を所有している。自家発は総電力需要の約 31%相当の電気を発電している。大企業の自家発依存度は中小企業（小企業 28%、中企業 43%）より更に高く（全電力需要の 49%）になっている。自家発の設置容量は 900 MW と推測しているが、自家発の設置容量に関する信頼ある統計資料は無い。

(7) 「ア」国の電力系統

- 現在の「ア」国電力系統は最高電圧 400 kV であり、図 2.1-3 に示すように Cambambe 水力発電所（180 MW）からの送電用などに採用している。次いで 220 kV を送電用に採用している。しかし、全国的な電力系統はまだ出来ておらず、主な電力系統は、首都ルアンダとその近傍地域、Namibe・Lunango 地域、Lucapa・Luachimo 地域の 3 地域に分かれており、その他の系統もあわせて 5 つの独立系統が ENE によって運用されている。
- 送電電圧は 400 kV、220 kV、110 kV、60 kV を採用しており、また配電電圧は 30 kV、15 kV を採用している。ルアンダでは 15 kV の配電網となっている。
- 送変電については、ENE が設備の建設・運用しており、首都ルアンダ市の配電設備の建設・運営を EDEL が行っている。
- 特に地方電化は ENE が主体的に行っているが、近年、さらに新しい地方電化事業主体が検討されている。今後の地方電化においてはどの事業主体が行うかは不明である。
- WB は近年、“the Energy Multi-sector Recovery Program Phase II” により、「ア」国の Uige、Iuena、Cuito の 3 都市の配電線の増強を行った。
- 配電設備のリハビリテーションについては、現在、ルアンダ市、Ndatando 市他の主要都市の緊急配電設備改修計画が進んでおり、WB が設計、入札書類の作成から工事の実施に至るまで、資金の提供をする予定である（約 US\$ 30 billion）。

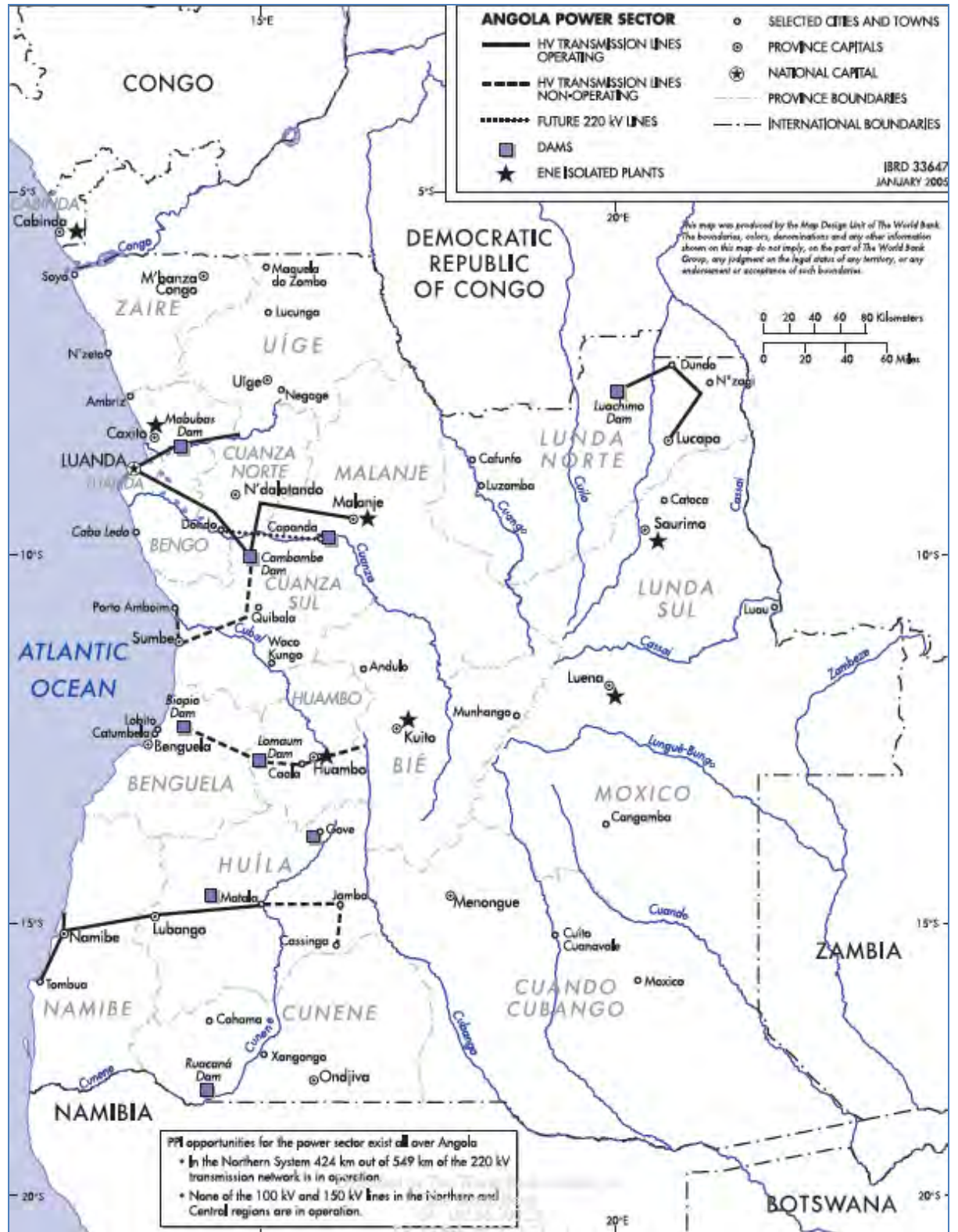


図 2.1-3 「ア」国電力系統図

出典：アンゴラ社会基盤民間解決策(PPIAF : Private Solutions for Infrastructure in Angola) , 2005

(8) 2016 年までの発送配電計画

- 電力・水セクターにおいては、ミレニアム開発目標 (*Millennium Development Goals*) に関する、目標 No.1 (極貧と飢餓の根絶) ならびに目標 No.7 (持続的な環境を保証する) について、以下のような目標を定めた。
 - － 国民一人当たりの電力消費を増加させる
2016 年の年末までに達成すべく主な目標は、取り分け再生可能エネルギーに基づいた 7,000 MW の発電所を建設すること。このことにより、国民一人当たり 4,000 kWh³ の需要に応えることができるのである。これは、現在の実績の 8 倍に相当する数値である。
 - － 家庭向けの配電線数と電力のアクセスを拡大させる
現在、無電化世帯は 2 百万世帯と推定される。
 - － 分割方式の電力ネットワークおよび国家送電線網の設置。
 - － 全てのエネルギーの根幹を成す新エネルギーと再生可能エネルギーの供給源 (風力発電+太陽光発電) の増加させることで 1.5% の成長を目指す。
- 電力セクターの現在進行中のプロジェクトおよび今後予定されているプロジェクト
 - － 既存の発電出力の 6 倍増加に相当する出力 7,000 MW の発電所を建設する。
 - － 400kV レベルにおける 2,607 km の送電線網の設置を行う。また、220kV レベルにおいては、2,010 km の送電線網の設置を行う。
 - － 46 箇所の小水力発電所を建設することにより、合計約 180 MW の出力が確保できる。
 - － ルアンダ地域を対象に集中的なかたちで 2,350 km の配電線網の設置を行い、37 ヶ所の変電所を新たに建設する。また、1,300 本の配電用電柱を設置する。
- 2012 年から 2016 年までの発送電設備の建設計画を表 2.1-8、図 2.1-4 に示す。

³ 「ア」国の人口は、現在 18,000,000 人と推定されるが、2016 年には 20,000,000 人にまで延びると見込まれる。

表 2.1-8 2012-2016 年発送電設備建設計画

プロジェクト名	スコープ	実施完了時期	現状
Cambambe 水力発電所の第二期改修工事	発電出力が 700MW の水力発電所を建設する	2015 年 12 月	調査終了
上記に関する送電線、変電所工事	<ul style="list-style-type: none"> * 電圧 220kV の送電線、Cambambe 地区-Gabela 地区 * 電圧 220kV の送電線、Cambambe 地区-Gabela C2 地区 * 電圧 220kV の送電線、Gabela 地区-Waco-Kungo 地区 * 電圧 220kV の送電線、Secc. Capanda 地区-Cambambe 地区 * 電圧 400kV の送電線、Cambambe 地区-Catete 地区 * 電圧 400kV の送電線、Cambambe 地区-Ramiro 地区 * 電圧 400kV の送電線、Catete 地区-Viana 地区 * 電圧 220kV/400kV の Cambambe 変電所 * 電圧 400kV/220kV の/Catete 変電所 	2015 年 12 月	調査を終了
Laúca 水力発電所の建設	Cuanza 川流域に発電出力 2,067MW の水力発電所の建設	未定	FS 終了
Laúca 水力発電所に関連する 400kV の電圧と 220kV の電圧の変電所の建設及び送電線の設置	<ul style="list-style-type: none"> * 電圧 220kV の送電線、Camama 地区-Ramiro 地区 * 電圧 220kV の送電線、Capanda 地区-Malange 地区 * 電圧 400kV の送電線、Laúca 地区-Catete C1 地区 * 電圧 400kV の送電線、Laúca 地区-Catete C2 地区 * 電圧 400kV の送電線、Laúca 地区-Waco-Kungo 地区 * 電圧 400kV の送電線、Laúca 地区-Laúca 地区 * Laúca L2 変電所 * 電圧 220kV/60kV の Malange 変電所 * 電圧 220kV/60kV の Waco-Kungo 変電所 * 電圧 400kV/220kV の Waco-Kungo 変電所 * 電圧 220kV のサブ送電線 Capanda 地区-Cambambe 地区 	2015 年 12 月	出資プログラム立案中
Caculo Cabaça 水力発電所の建設	Cuanza 川流域に発電出力 2,000 MW の水力発電所の建設	2016 年 12 月	FS (終了段階にある)
Caculo Cabaça 水力発電所の建設に関連する 400kV の電圧と 220kV の電圧の変電所の建設及び送電線の設置	<ul style="list-style-type: none"> * Ramiro 地区の変電所の施設拡張計画 * Cambambe 地区の変電所フェーズ II の施設拡張計画 * 電圧 400kV の送電線、Caculo Cabaça 地区-Cambambe L1 地区 * 電圧 400kV の送電線、Caculo Cabaça 地区-Cambambe L2 地区 * 電圧 400kV の送電線、Cambambe 地区-Ramiro L1 地区 * 電圧 400kV の送電線、Cambambe 地区-Ramiro L2 地区 * 電圧 400kV の送電線、Laúca 地区-Caculo Cabaça 地区 	2017 年 12 月	FS を実施中
Keve 川水力発電所の建設に関連する 400kV の電圧と 220kV の電圧の変電所の建設及び送電線の設置	<ul style="list-style-type: none"> * Cambambe 地区の変電所の施設拡張計画 * 電圧 220kV の送電線、Cafula 地区-Gabela 地区 * 電圧 400kV の送電線、Gabela 地区-Cambambe 地区 * 電圧 400kV/220kV、Gabela 変電所フェーズ II * 電圧 220kV の送電線、Capunda 地区-Gabela 地区 * Gabela 変電所の施設拡張計画 * 電圧 220kV の送電線、Dala 地区-Capunda 地区 * 電圧 220kV の送電線、Gabela 地区-Sumbe 地区 * 電圧 220kV/60kV、Sumbe 変電所 	2016 年 12 月	FS 実施中
Soyo のコンバインサイクル火力発電所に関連する 400kV の電圧と 220kV の電圧の変電所の建設及び送電線の設置	<ul style="list-style-type: none"> * 電圧 400kV の送電線、Soyo 地区-Kapari 地区 * 電圧 400kV の送電線、Kapari 地区-Catete 地区 * 電圧 220kV の送電線、Soyo 地区-M'Banza Congo 地区 * 電圧 220kV の送電線、Soyo 地区-N'zeto 地区 * 電圧 220kV の送電線、Kapari 地区-Cacuaco 地区 * 電圧 400kV/220kV、Soyo 変電所 * 電圧 400kV/220kV、Kapari 変電所 * 電圧 220kV/60kV、M'Banza Congo 変電所 * 電圧 220kV/60kV、N'zeto 変電所 	2015 年 12 月	FS 実施中
Jamba Ya Oma (JYO) 水力発電所及び Jamba Ya Min (JYM) 水力発電所の建設	<ul style="list-style-type: none"> * 発電出力 65MW の JYO 水力発電所の建設 * 発電出力 180MW の JYM 水力発電所の建設 	JYO 水力発電所: 2016 年 12 月 JYM 水力発電所 年:2017 年 12 月	FS の事前調査終了

プロジェクト名	スコープ	実施完了時期	現状
JYO 水力発電所および JYM 水力発電所に関連する 220kV の電圧の変電所の建設及び送電線の設置	<ul style="list-style-type: none"> * 電圧 220kV の送電線、Gove 地区-JYO 地区 * 電圧 220kV の送電線、JYO 地区-Matala 地区 * 電圧 220kV の送電線、Lubango 地区-Matala 地区 * 電圧 220kV/60kV、Matala 変電所 * 電圧 220kV の送電線、JYM 地区-JYO 地区 	2015 年 12 月	FS 実施中
Luachimo 水力発電所、Chiumbe-Dala 水力発電所及び Chicapa フェーズ II 水力発電所の建設	<ul style="list-style-type: none"> * 発電出力 10MW の Luachimo 水力発電所の建設 * 発電出力 26MW の Chiumbe-Dala 水力発電所の建設 * 発電出力 42MW の Chicapa フェーズ II 水力発電所の建設 	Luachimo 水力発電所及び Chiumbe-Dala 水力発電所: 2013 年 12 月 Chicapa フェーズ II 水力発電所: 2014 年 12 月	Luachimo 水力発電所: 改修工事のための調査終了 Chiumbe-Dala 水力発電所: 調査終了 Chicapa フェーズ II 水力発電所: FS のための事前調査を実施中
Luachimo 水力発電所、Chiumbe-Dala 水力発電、Chicapa フェーズ II 水力発電所に関連する 220kV の電圧の変電所の建設及び送電線の設置	<ul style="list-style-type: none"> * 電圧 220kV の送電線、Luena 地区-Chicapa 地区 * 電圧 220kV の送電線、Chicapa 地区-Luo 地区 * 電圧 220kV の送電線、Luo 地区-Lucapa 地区 * 電圧 220kV の送電線、Lucapa 地区-Luachimo 地区 * 電圧 220kV/60kV、Luena 変電所、Chicapa 変電所、Luo 変電所および Lucapa 変電所 * 電圧 60 kV の送電線網ならびに変電所 	2016 年 12 月	FS 実施中

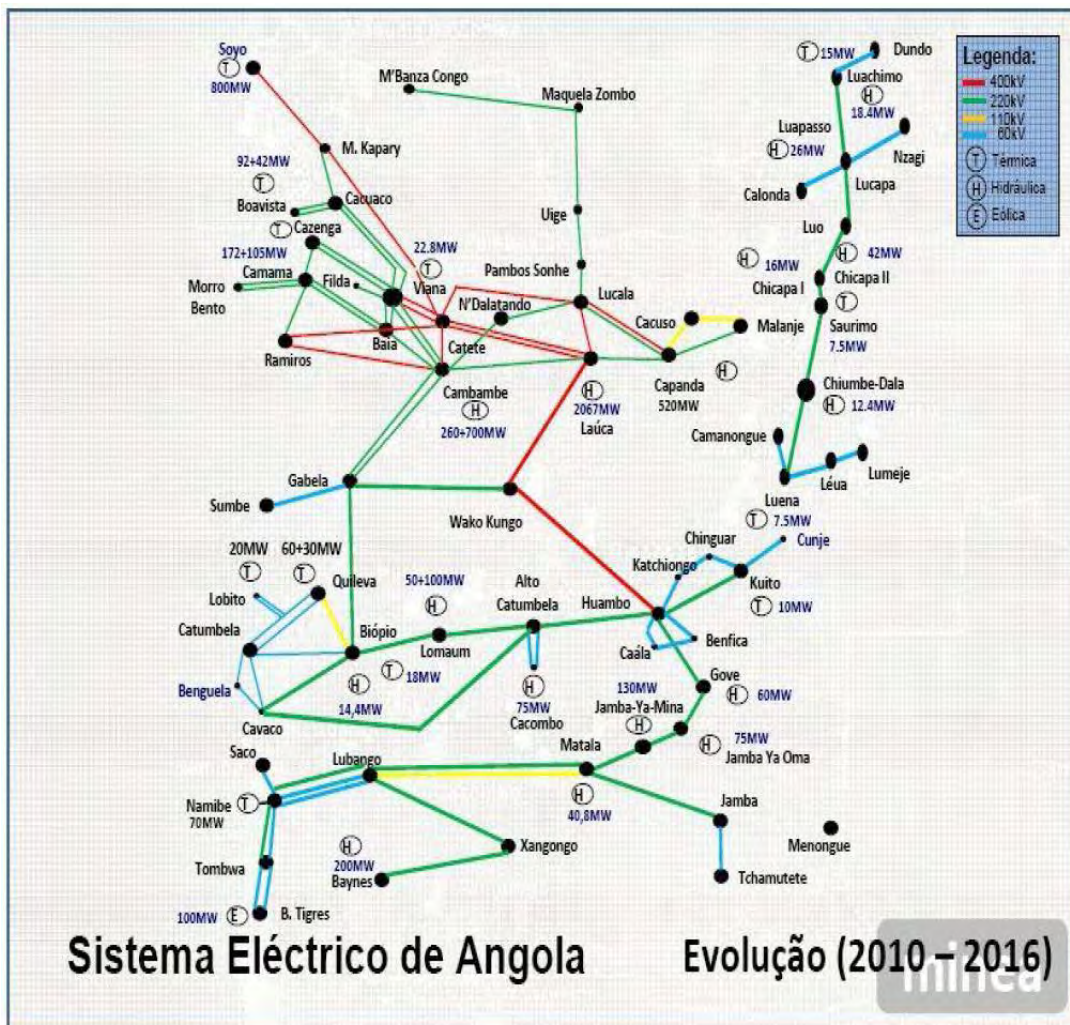


図 2.1-4 「ア」国における 2016 年までの計画電力系統図

(9) 南アフリカ電力融通網

アフリカ南部地域には、南アフリカ、ナミビア、「ア」国、モザンビーク、ザンビア他の16国々で構成される、南アフリカ電力融通網（SAPP：South Africa Power Pool）がある。しかし、「ア」国は長い内線があったため、その他の国とはほとんど連系送電線がなく、ナミビアから「ア」国に1.5 MWの電力融通がなされているのみである。将来的には、図2.1-5のように、他の国々との送電線の連携を強めていく構想がある。アフリカ南部地域には、そのほかにも中央アフリカ電力融通網（PEAC：Pool Energetique de l's Afrique Central）やアフリカ電力送配電業者（UPDEA：Transporters and Distributors of Electricity Power in Africa）、西部電力回廊（WESCOR：Western Power Corridor）などの送電線連系運用組織がある。



図 2.1-5 南アフリカ電力融通網

出典：SAPP report 2009

(10) 小水力発電推進の妥当性

- 「ア」国には 40 もの発電に適した河川があり、18 GW もの水力発電のポテンシャルがあることが過去の水力資源調査でわかっている。
- また昨今の原油、天然ガスなどの化石燃料の値段高騰により、発電に化石燃料を使用すると発電コストが高くなることや、二酸化炭素の大量放出による地球温暖化問題等のデメリットを考えると、国内に豊富にある国産エネルギーである水力資源の活用が望ましい。
- 「ア」国の地方部のような人口密度が低い地域については大電源を開発して長距離を送電線で送電するより、水力を初めとする小規模の分散型電源を開発し、小さな送電網で地方電化を行うほうが効率的であることが多い。
- さらに、小水力発電による地方電化は、都市部と地方部の電化の格差解消に大変有効であり、大都市への人口流入（2008 年、53%都市部、33%はルアンダに居住）を防ぐためにも肝要である。

2.1.3 地方電化の必要性

- 「ア」国の電化率を見ると 2008 年で電化率 30.4%と大変低く、地方電化の大きいなる促進が求められる。そのため、政府は内戦により破壊された小水力発電所のリハビリを含めた水力発電所の開発を建設・運営・譲渡方式(BOT : Build, Operation and Transfer) により進めている。しかし、小水力発電所の建設・運転にかかる費用は大変高く、近年、その対応に先進国では再生可能エネルギーについて“Feed in Tariff”スキームの採用が普及して来つつある。ただし、このスキームは最終的には需要家にコストを負担させるものであり、電気代が高くなるため途上国には適さないと考えられ、途上国の地方電化促進のためには、政府の補助金でカバーすることが必要となる。また、官一民の協力によるプロジェクトの推進、PPP の活用も重要である。
- 「ア」国では、小水力発電による地方部の電化が、都市部との格差解消の点で大変重要であり、大都市への人口流入（2008 年、53%都市部、33%はルアンダに居住）を防ぐためにも肝要である。
- 地方電化を大電源と送電システムで行おうとすると、送電コストだけでなく、昨今の原油、天然ガスなどの化石燃料の値段高騰により、化石燃料を使うと発電コストが大変高くなる。また二酸化炭素の大量放出による地球温暖化問題などのデメリットも生じるので、地方電化には小規模（送電システムが大きくならない）な分散型電源が相応しいと考えられる。その中でも水力は、国内に豊富にある国産エネルギーであり（「ア」国には 40 もの発電に適した河川があり、18 GW の発電ポテンシャルがある）太陽光発電などと比べても出力変動の少ない優れた分散型電源である。

- そのため、「ア」国では 10 MW クラスの小水力発電による地方電化推進を行っている。今回の地点は 10MW クラスに比べ出力は小さいが、水力発電は地点特性（流量と落差）により発電所規模が特定されるものであり、電化率が低い「ア」国にとって 3,000 kW であっても、意義のあるものである。また、国際金融機関や海外の金融機関などの資金的、制度的な支援が求められているし、PPP の適用も進められている。
- なお、本調査は、日本の円借款のスキームを水力発電開発に適用することを前提で進められている。

2.2 自然環境

2.2.1 地形・地質

(1) 地形概要⁴

「ア」国は、東西、南北方向とも約 1,400 km の正方形に近い国土であり、その地形は、大西洋沿岸部の「沿岸低地帯」、沿岸低地帯に隣接し南北に連なる「山岳地帯」及び山岳地帯東方の内陸側に広がる「高原地帯」に大別できる。国土の 2/3 以上が高度 1,000 m 以上の高原であり、沿岸部は平坦である。

地質鉱山省発行の地質図幅によると、「ア」国の地形は大きく東西に分けられ、それぞれを細分化している。同図幅によると西部は、①中央高原、②「ア」国周縁部山脈、③Miaombe 平原、④Zenza-Loge 山脈、⑤Cuanza-Longe 波状平野、⑥Cuango（開析）平原、⑦Cassanji 盆地、⑧沿岸台地（<300m）に、東部は、⑨ルアンダ平原、⑩東部平原、⑪Cunene 平原、⑫Cameia-Lumbate 盆地、⑬AltoZambeze 高地に区分している（図 2.2-1 参照）。

沿岸台地の低地部は、大西洋側の幅の狭い砂浜、砂嘴、砂州および低い段丘と、高さ 20～50 m の段丘崖で接する台地からなる。いくつかの深い入り江もあるが、概して浅い湾が多い。

台地部は海岸部から 30～100 m 内陸にある。概して、水が少なく、幾分不毛の地と言える。全般になだらかな起伏を伴って、東に向かって標高が高くなる。標高は約 300 m 以下で、時折、断崖が認められるが、ほとんど起伏がなく平坦である。この台地には、南部の海岸段丘（標高 145～175 m）や南西部の風成砂丘である Mocamades 平原（標高 200 m 以下）が含まれる。

対象地域（Huambo 州、Bie 州）は、図 2.2-1 に示すように、「ア」国の中西部に広がる標高 2,000 m 前後の山岳地帯に位置するが、山地の起伏は緩やかであり、全般に高原状の景

4 JICA、アンゴラ共和国 緊急地方給水計画（ベンゴ州およびクアンザスール州）予備調査報告書、2005 年 1 月

観をなす。

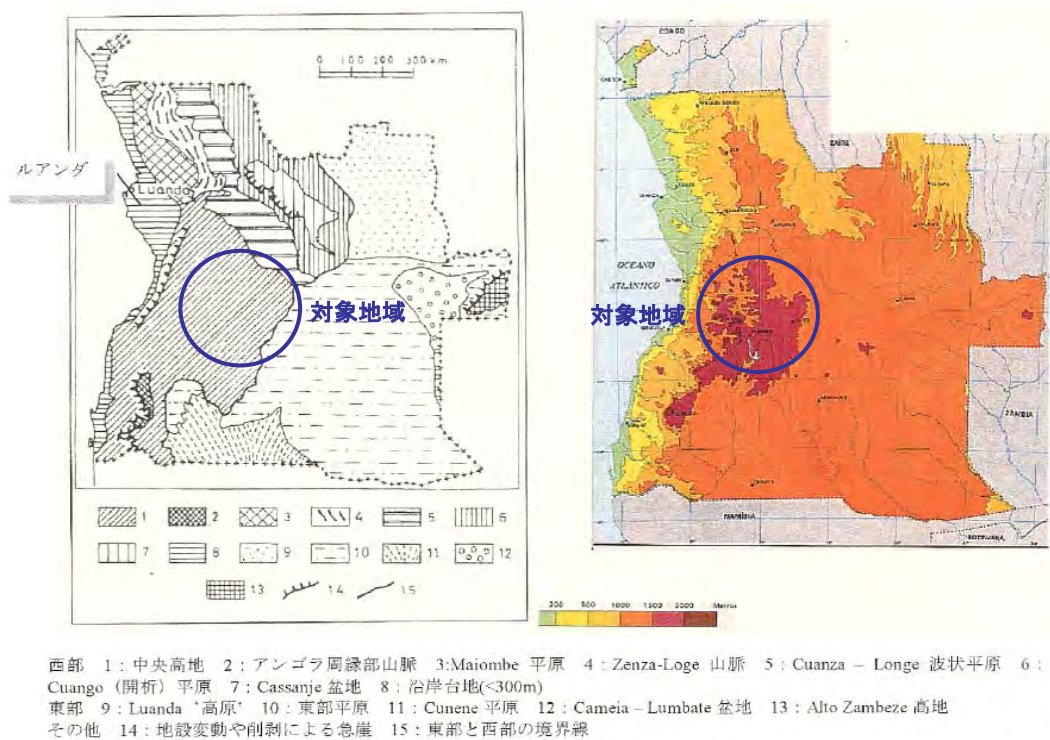


図 2.2-1 「ア」国地形概要図

出典:「アンゴラ国ルアンダ州給水計画基本設計調査報告書(平成13年7月、国際協力事業団・日本技術開発(株)より抜粋

(2) 地質概要

「ア」国の地質は、特徴的な3地域に区分される。それらは、「海岸沿岸部」、「山岳部」および「中央高原以東の地域」である。

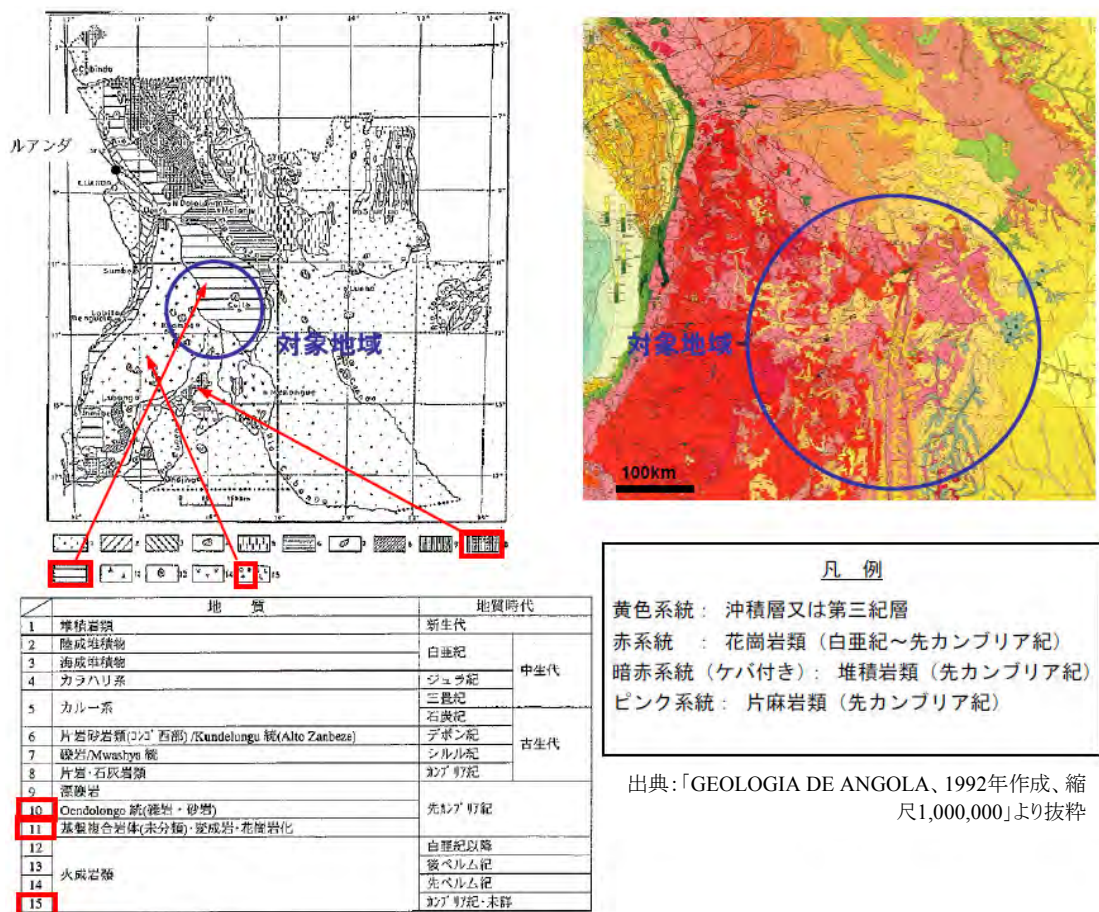
海岸沿岸部では、第三紀、白亜紀の砂岩が分布する。白亜紀の砂岩は赤色が特徴で、主にベンゲラ近くの Dombe グランデ地方に分布する。第三紀の砂岩はルアンダ近くで認められる。

中央の山岳部では、主に原生代以前の花崗岩～斑レイ岩が地表に露出する。また、中央高原以東の地域では、始生代から原生代以前の花崗岩～斑レイ岩を、原生代後期の砂岩・礫岩・石灰岩が覆い、その上を古第三紀(新生代)礫岩・砂岩が覆う。表層は主にラテライトに覆われている。

「ア」国に分布する鉱物資源は、現在は石油、ダイヤモンドおよび装飾用岩類(斜長岩、大理石、赤色花崗岩等)が採取されている。また、少量ではあるが建設材料として、粘土、石灰岩、石膏、砂、ブルガ等も採取されている。かつて、「ア」国には18種の鉱山(石油、ダイヤモンド、鉄鉱石、マンガン、銅、鉛、亜鉛、クリスタルクォーツ、他)が採掘されており、その内14種が輸出を目的とした稼働であった。今後の鉱物資源開発は、それらの鉱山の再稼働および新たな資源開発(塩、蛍石、チタン、石膏等)により活性化が

見込まれている。

対象地域（Huambo 州、Bie 州）は、下図に示すように、主として先カンブリア紀の花崗岩類または片麻岩類の分布域に位置している。いずれも硬質な古い基盤岩類である。



出典：「アンゴラ国ルアンダ州給水計画基本設計調査報告書（平成13年7月、国際協力事業団・日本技術開発㈱）より抜粋

図 2.2-2 「ア」国地質概要図

2.2.2 水文・気象

(1) 気象の概要^{5, 6, 7}

「ア」国の気候は、北部は高温多湿、中部はサバンナ気候、南部は温暖乾燥、海岸低地は熱帯性気候であり、海岸部やナミビアとの国境付近は乾燥が激しい。一般的に5～10月は涼しい乾季であり、11～4月が暑い雨季となる。

⁵ JICA, 日本技術開発㈱「アンゴラ国 ルアンダ州給水計画 基本設計調査 報告書」, 2001

⁶ JICA 「アンゴラ共和国 緊急地方給水計画（ベンゴ州およびクアンザスール州）予備調査報告書」, 2005

⁷ USAID, “Biodiversity and Tropical Forest Assessment for Angola”, 2008

「ア」国の気候は、南大西洋高気圧とベンゲラ海流の影響を受ける。南大西洋高気圧により熱帯収束帯（ITCZ : Intertropical Convergence Zone）の南下が阻まれ、またアフリカ西部を北上する海流であるベンゲラ海流の影響と相俟って、「ア」国南部およびナミビアでは上昇気流が弱まる結果、北部および東部で降水量が多い一方、南部および西部で降水量が小さくなる。

内陸部へ向かうに従い、ベンゲラ海流の影響は弱まり、地形的な影響が卓越し、緯度の割には気温が低く、降水量も特に標高 1,500 m 以上の Huambo 周辺では年間降水量 1,500 mm と降水量が多くなっている。

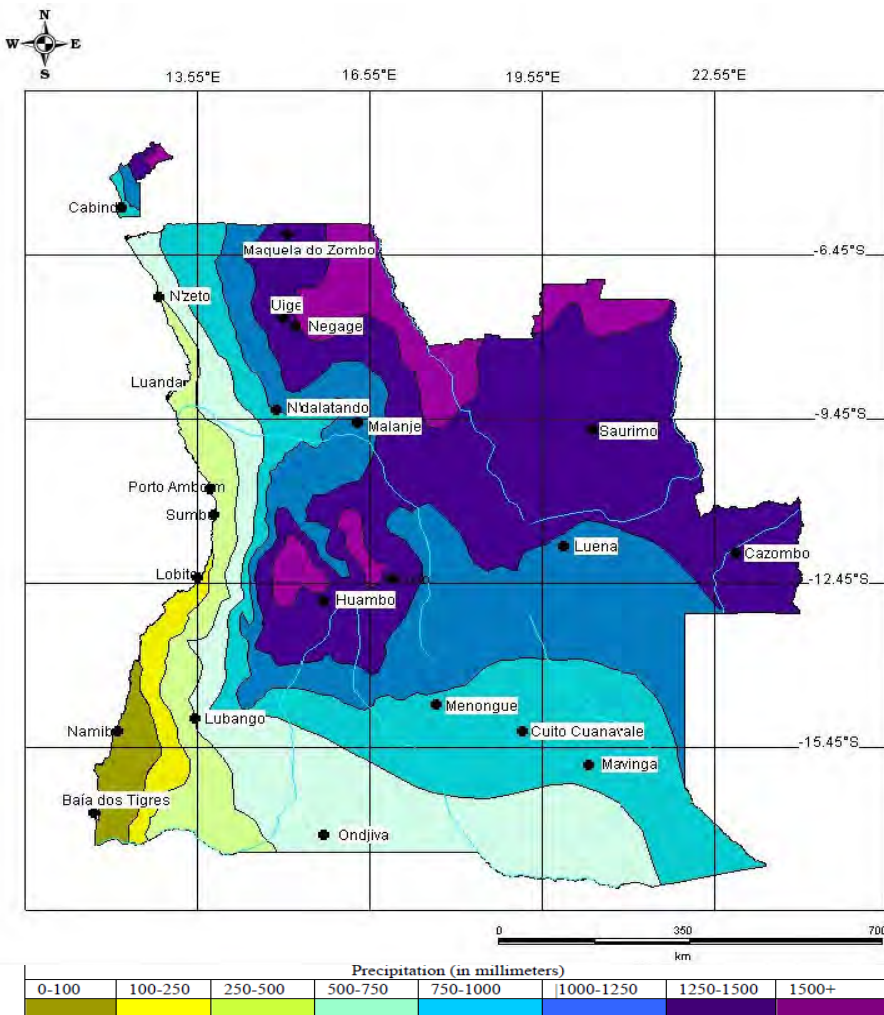


図 2.2-3 「ア」国の降水量

出典：米国国際開発局（USAID : United States Agency for International Development）, “Biodiversity and Tropical Forest Assessment for Angola”, 2008

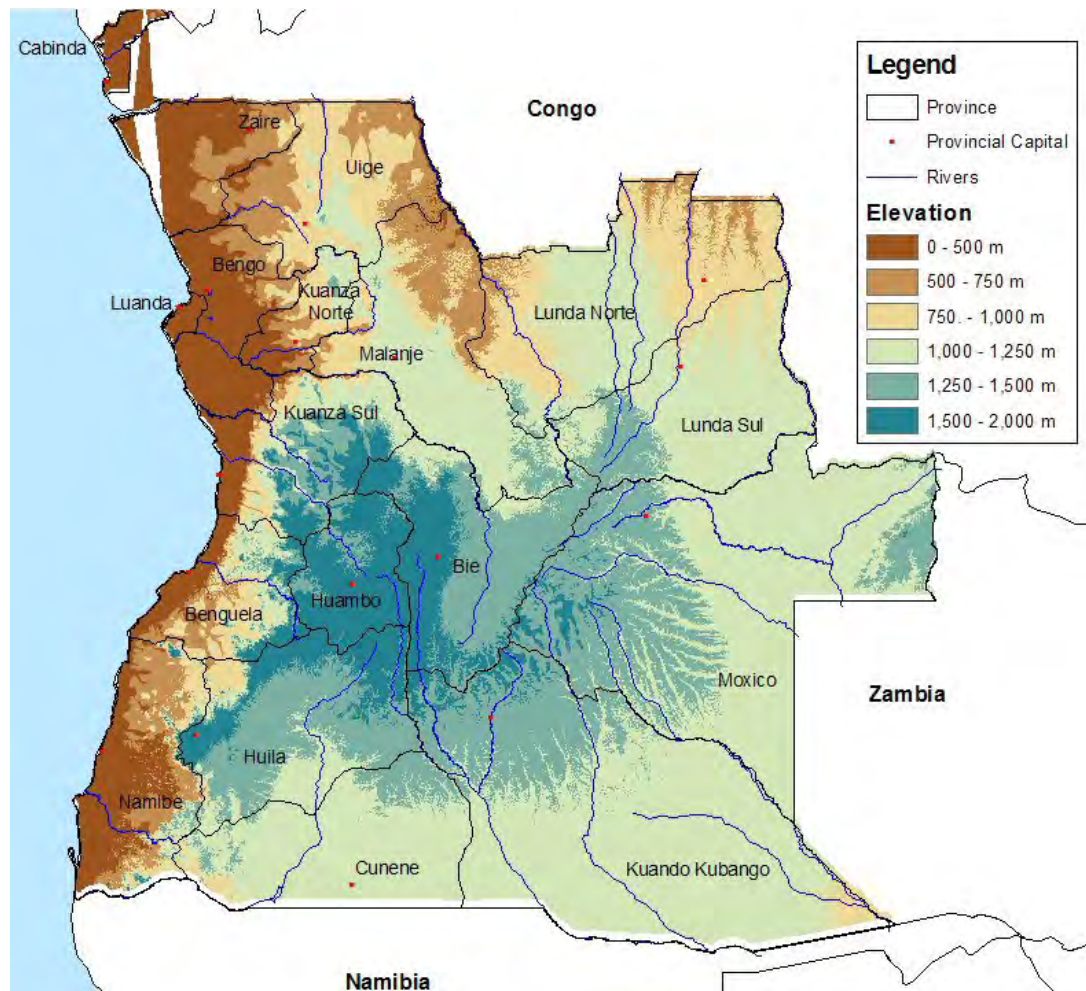


図 2.2-4 「ア」国の地形

出典：国連世界食糧計画（WFP：World Food Programme）

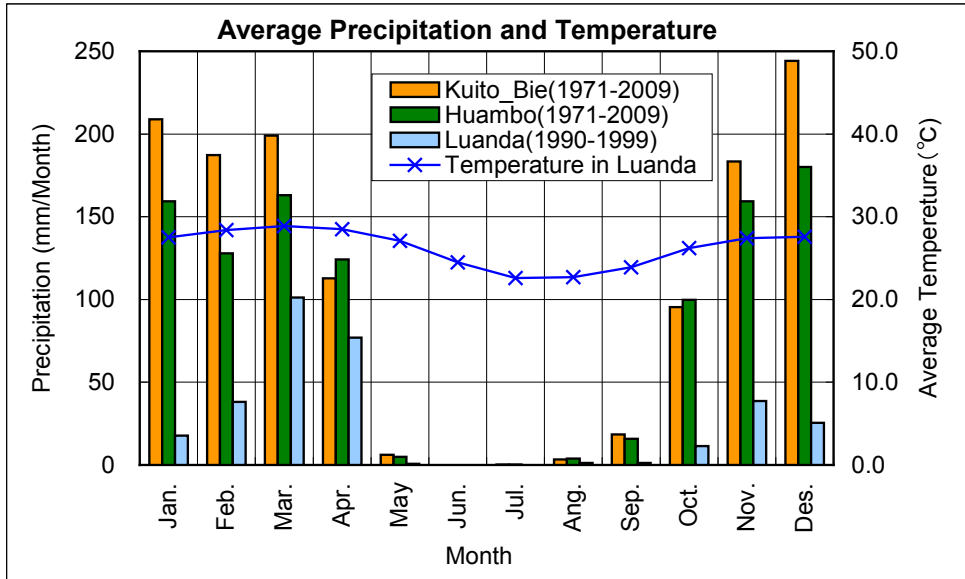
“Angola: Comprehensive Food Security and Vulnerability Analysis (CFSVA)”, 2005

(2) 気象資料

「ア」国の首都ルアンダ、および検討対象の Huambo 州（Huambo）、Bie 州（Kuito）の気象データを以下に示す。

「ア」国の沿岸低地帯は、全般に年間降水量 500 mm 以下の乾燥地帯となっており、ルアンダでは年間 312 mm の雨量があり、11 月～4 月の雨季にその 95%が集中している。

水収支上の指標としてソーンズウェイト法による可能蒸発量を試算すると、月間 74.9 mm（6 月）～183.6 mm（3 月）、年間 1,612 mm と降雨量に対して非常に大きく計算され、ルアンダ付近では河川への流出や地下への浸透は、限られた豪雨時のみに生じると判断される。



	Kuito* : Average of 1971-2009
	Huambo* ; Average of 1971-2000
	Luanda** : Average of 1990-1999

図 2.2-5 雨量(Cuito(=Kuito)、Huambo、Luanda)および気温(ルアンダ市)

出典：*国家気象局（INAMET : Instituto de Nacional Meteorologia e Geofisica）

**JICA, 日本技術開発(株)「アンゴラ国ルアンダ州給水計画基本設計調査 報告書」, 2001

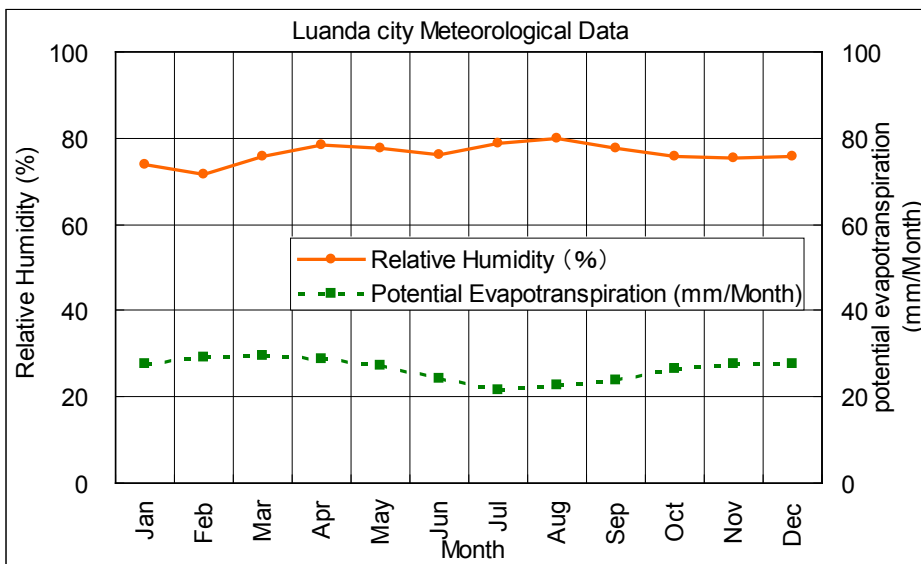


図 2.2-6 相対湿度および可能蒸発散量(ルアンダ市)

出典：JICA, 日本技術開発(株)「アンゴラ国ルアンダ州給水計画基本設計調査 報告書」, 2001

表 2.2-1 ルアンダ市の気象資料

Meteorological data of Luanda
Luanda(1990-1999)

S8°49' E13°13' Elevation 44m

Source : INAMET

Monthly Precipitation (mm/Month)

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Des.	Total
1990	1.0	17.0	14.6	39.7	3.9	0.0	0.0	0.7	1.3	3.1	31.2	10.7	123.2
1991	25.9	0.0	77.6	183.3	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	2.1	3.5	0.5	293.4
1992	2.4	0.8	47.7	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	7.0	19.1	13.3	98.4
1993	5.2	2.8	48.3	168.8	0.0	0.0	0.0	3.7	0.6	0.0	21.5	13.2	264.1
1994	3.2	0.0	140.7	85.9	0.0	0.0	0.0	1.5	1.7	2.6	94.3	67.9	397.8
1995	128.0	204.1	107.4	65.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.8	99.4	42.1	648.2
1996	2.4	114.0	321.0	144.0	2.8	0.0	0.0	0.0	2.3	14.0	10.2	2.1	612.8
1997	3.1	0.6	32.6	53.2	0.0	0.0	0.0	1.7	3.2	71.7	44.0	37.2	247.3
1998	5.1	8.7	102.1	22.3	0.0	0.0	0.0	3.4	1.4	1.2	40.3	0.0	184.5
1999	1.0	32.7	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	12.4	22.1	66.6	255.2
Average(mm)	17.7	38.1	101.2	76.9	0.7	0.0	0.0	1.2	1.3	11.5	38.6	25.4	312.6

Monthly Average Temperature (°C)

Temperature in Luanda

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	average
1990	27.8	29.0	29.4	28.8	27.2	24.2	21.6	22.6	24.0	26.4	27.8	27.7	26.4
1991	27.2	28.7	28.8	28.6	28.4	24.8	22.7	22.0	22.7	24.4	26.2	26.6	25.9
1992	26.6	28.0	28.4	27.6	25.7	22.7	21.1	21.6	23.0	25.9	27.2	27.0	25.4
1993	28.3	28.9	28.6	28.0	26.4	24.7	23.6	22.8	24.0	26.5	27.8	28.6	26.5
1994	26.6	26.9	28.9	28.2	26.8	24.0	22.2	23.3	23.8	27.0	28.0	28.6	26.2
1995	28.4	29.2	29.4	29.2	26.8	24.8	22.6	22.6	23.8	26.4	27.4	27.0	26.5
1996	27.3	28.5	28.8	29.0	27.4	24.5	22.4	22.2	24.6	25.9	26.6	26.6	26.2
1997	26.9	27.2	28.1	27.0	26.2	23.4	22.6	23.0	25.0	27.6	27.3	27.9	26.0
1998	28.5	29.4	29.5	29.1	28.4	26.1	23.7	23.2	25.4	27.2	28.3	28.2	27.3
1999	27.0	28.5	29.0	29.1	28.0	25.4	23.4	23.2	23.0	25.1	27.8	27.8	26.4
Average	27.5	28.4	28.9	28.5	27.1	24.5	22.6	22.7	23.9	26.2	27.4	27.6	26.3

Potential Evapotranspiration (mm/Month)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
	153.0	173.8	183.6	174.2	146.6	100.5	74.9	75.4	92.6	129.7	152.3	155.7	1612.3

Relative Humidity (%)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	average
1990	72	71	75	78	76	76	82	81	74	74	76	73	76
1991	75	74	76	78	76	76	79	81	80	80	79	74	77
1992	77	74	74	78	78	78	78	80	79	76	74	76	77
1993	72	70	74	80	80	78	78	80	79	76	72	76	76
1994	74	67	76	80	80	79	81	80	78	74	78	79	77
1995	76	73	75	77	78	78	80	82	80	73	76	76	77
1996	74	74	75	78	78	76	78	78	78	78	73	76	76
1997	75	72	77	77	74	77	76	78	76	76	74	74	76
1998	71	70	78	81	76	70	78	82	75	76	79	76	76
1999	74	72	76	78	80	74	77	78	78	76	72	76	76
Average	74	72	76	79	78	76	79	80	78	76	75	76	76

出典：JICA，日本技術開発(株)「アンゴラ国ルアンダ州給水計画基本設計調査 報告書」，2001

(4) 水文資料

Cuanza 川の Cambambe 地点の流量は、下図に示すとおりである。流量は、最少月（9月）で平均 254 m³/s、最大月（3月）で平均 1,620 m³/s であり、年較差は6倍以上であるが、流域ではほとんど降雨のない6～8月においても涸れることはない。

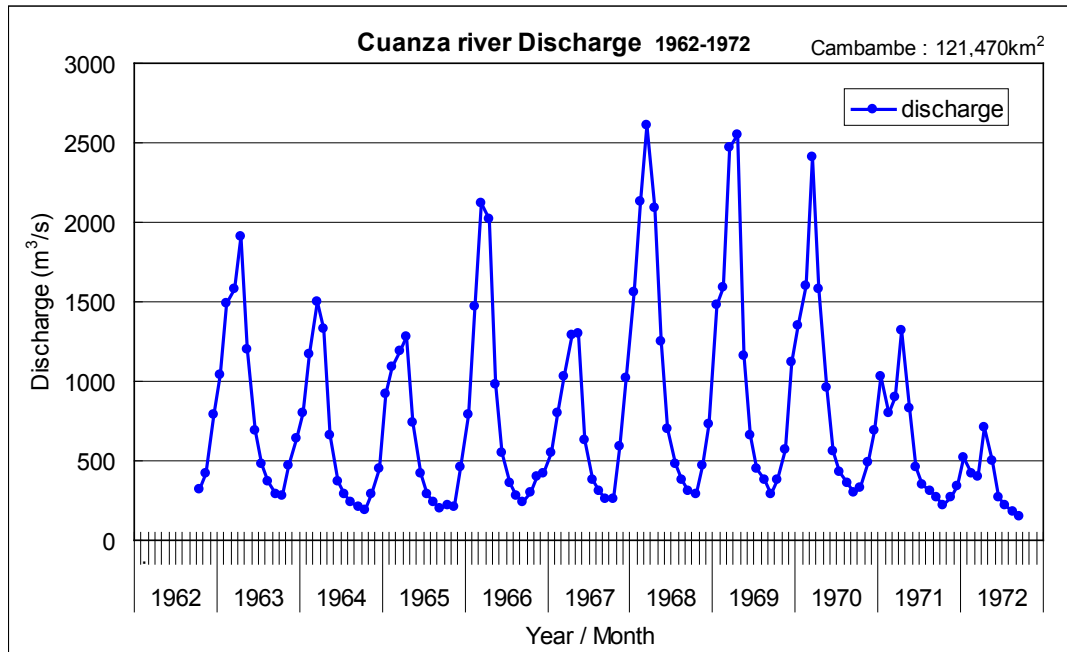


図 2.2-8 月別河川流量（Cuanza 川 Cambambe 地点 1962—1972）

出典：JICA，日本技術開発㈱「アンゴラ国ルアンダ州給水計画基本設計調査 報告書」，2001

表 2.2-2 月別河川流量（Cuanza 川 Cambambe 地点 1962—1972）

Monthly Discharge

Cuanza river Basin Area: 121,470 km² Station: Cambambe

Observation Period: 1962-72 E:14:29:00 S:9:45:00 Elevation: 187 m (m³/s)

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Des.	Total*
1962										318	424	787	882.5
1963	1044	1491	1577	1913	1204	692	477	369	294	281	474	636	663.5
1964	799	1168	1496	1327	660	373	293	244	211	187	290	455	608.0
1965	919	1090	1188	1276	739	416	293	239	204	219	213	459	809.6
1966	794	1466	2120	2022	983	549	365	284	241	300	396	421	639.8
1967	550	798	1030	1286	1299	634	385	313	265	265	592	1017	1114.7
1968	1561	2129	2606	2092	1248	698	485	376	307	286	472	734	1044.3
1969	1478	1588	2469	2554	1163	658	455	380	295	377	569	1123	969.0
1970	1347	1604	2412	1581	961	563	430	361	300	327	489	687	649.4
1971	1034	805	900	1317	832	465	355	307	275	216	268	337	349.8
1972	522	417	397	715	501	269	222	182	151				
Average(m ³ /s)	1004.8	1255.6	1619.5	1608.3	959.0	531.7	376.0	305.5	254.3	277.6	418.7	665.6	773.1

* : Average of Oct.-Sep.

出典：JICA，日本技術開発㈱「アンゴラ国ルアンダ州給水計画基本設計調査 報告書」，2001

第3章

水力発電所の可能性調査候補地点

第3章 水力発電所の可能性調査候補地点

3.1 候補地点

2010年6月8日付で「ア」国政府とJICAが交わしたMINUTES OF DISCUSSIONには、“SCOPE FOR THE FEASIBILITY STUDY ON THE REHABILITATION PROGRAM OF RURAL HYDROPOWER STATION”とあり、可能性調査候補地点は小水力発電のリハビリ地点を対象として選定するつもりでいたが、カウンターパートである「ア」国政府（MINEA）の申し出により、可能性調査候補地点を小水力発電の全くの新規地点を対象に「ア」国政府側が提案することになった。

MINEAは、地方電化の遅れている内陸部の州での水力開発を望んでおり、既往の内部調査結果から候補地点を提案した。候補地点は、以下に示すBie州とHuambo州の5地点であり、これらの地点へMINEAの先導のもと、2010年9月7日（火）から11日（土）にかけて現地踏査を行った。

1. Bie州 Andulo郡 Cutato川地点
2. Bie州 Chicala村 Luvolo川地点
3. Huambo州 Sacapomo村 Cunene川地点
4. Huambo州 Cuima村 Põe川地点
5. Huambo州 Cuima村 Cuima川地点