

ラオス国

エネルギー鉱業省

ラオス国
エネルギーセクター
情報収集・確認調査

ファイナルレポート
(要約)

平成 24 年 8 月
(2012 年)

独立行政法人 国際協力機構 (JICA)

委託先

一般財団法人日本エネルギー経済研究所
電源開発株式会社
株式会社三菱総合研究所

ラオ事
JR
12-002

目次

序論.....	1
調査の背景.....	1
調査の目的.....	1
調査対象地域.....	1
カウンターパート機関.....	1
調査期間.....	1
1. エネルギー・経済の現状.....	2
1.1 経済状況.....	2
1.2 エネルギー需給の現状.....	4
2. エネルギー政策の現状と課題.....	7
2.1 エネルギー政策・制度の現状.....	7
2.2 エネルギー政策・制度の課題.....	8
3. エネルギー需給の現状と課題.....	10
3.1 電力.....	10
3.2 石炭.....	13
3.3 石油製品.....	15
3.4 再生可能エネルギー.....	17
4. エネルギー統計の現状と課題.....	21
4.1 エネルギー統計.....	21
4.2 データ収集システム.....	21
4.3 ラオスのデータ収集システムの提案.....	21
4.4 エネルギーデータベース.....	22
4.5 実行計画.....	24
5. エネルギー需給予測.....	25
5.1 本調査の目的と研究概要.....	25
5.2 IEEJ モデルを利用した予測結果について.....	26
5.3 供給シナリオに基づくエネルギー需給バランスの比較.....	27
6. 投資計画.....	29
6.1 エネルギー投資計画.....	29
6.2 ケース・スタディ.....	29
6.3 結論と今後の検討課題.....	30
7. 結論.....	31
7.1 2025年の需給バランスを考える際の留意事項.....	31
7.2 DEPP に期待される役割について.....	31
7.3 今後の協力の可能性提言.....	34
7.4 最後に.....	36

図目次

図 3-1	電力需要と地域別ピーク需要の推移.....	10
図 3-2	電力供給と輸出入の推移.....	11
図 3-3	電力需要予測（PDP2010 revision-1）.....	12
図 3-4	ラオス国内の電源開発計画.....	12
図 3-5	石油製品輸入の推移.....	15
図 3-6	石油製品貯蔵ターミナルとガソリンスタンド.....	16
図 3-7	LP ガス輸入量の推移（単位：トン）.....	17
図 4-1	オンラインデータ収集システムの構造.....	22
図 4-2	ラオ・エネルギーデータベースのユーザーインターフェース（例）.....	23
図 4-3	ラオ・エネルギーデータベースのロードマップ.....	23
図 5-1	需要予測の手法.....	25
図 5-2	エネルギー需要構造の変化（2010 年と 2025 年）.....	26
図 5-3	電力の需給バランス及び電源別発電量の比較（2025 年）.....	28

表目次

表 3-1	電力供給と輸出入の推移.....	11
表 3-2	石炭生産量の推移.....	13
表 3-3	セメント工場一覧.....	14
表 4-1	データ収集システムの実行計画.....	24
表 5-1	エネルギー需給バランスに関するケース比較.....	27
表 5-2	エネルギー需給バランス（2025 年：ケース C - 1）.....	28
表 6-1	投資対象プロジェクト.....	29
表 6-2	損益分岐点分析.....	30

序論

調査の背景

ラオスの2010年のエネルギー需要は、石油換算240万トンで、年率3-4%で増加してきた。2025年には現在のエネルギー需要の約2.6倍の640万トンに増大すると見られている。現在の主要なエネルギー供給源は、薪・木炭(47%)、石油製品(19%)、水力(19%)となっている。しかし、輸送や産業部門の急速なエネルギー需要増加を考えると、全体に占める石油製品の割合は2025年で約60%になると予想される。

ラオス政府は、エネルギー需要見通し、エネルギー政策、供給計画を通じて、エネルギーの安定供給のための制度を構築しようとしている。そのために、ラオス政府は以下の課題に取り組む必要がある。

- (a) 電力需給のアンバランス
- (b) 電力需給の季節変動
- (c) エネルギー安全保障
- (d) 国際間の電力融通
- (e) エネルギー効率化
- (f) 再生可能エネルギーの促進
- (g) 組織能力

調査の目的

本調査は、エネルギー・マスタープラン作成支援等将来的に本格的な技術協力を行うための前段階として、ラオスエネルギーセクター需給に関わる統計データ等基礎的な情報収集、関係機関の現状能力等の分析、国内化石燃料・再生可能エネルギーの評価、需給見通しやエネルギー供給・開発シナリオ骨子の検討、データ整理等を行うものである。

調査対象地域

ラオス国全土(文献調査は周辺国を含む)

カウンターパート機関

エネルギー鉱業省

調査期間

2012年1月から2012年8月

1. エネルギー・経済の現状

1.1 経済状況

1.1.1 市場経済への移行とアセアン域内統合を目指して

ラオスの中央集権的な経済体制から市場経済への転換は、既に 25 年が経過し、外国の援助を受けながら、諸改革が進められてきた。しかし、貿易赤字、財政赤字といった赤字は続いている。こうした赤字幅は、外国からの資金流入など外国からの無償援助により、縮小されている。その中で、2015 年には、アセアン域内の関税の廃止など、地域の経済統合を目指した動きが加速していく予定であり、ラオスにとっても、自立した経済と経済成長を図るには、経済のバランスの均衡を図ることが必要不可欠である。

1997 年のアジア金融危機では、為替の下落、インフレなど厳しい経済状況に見舞われたものの、それ以降、様々な改革に着手を始めた。近年の経済成長は目覚しく、GDP 成長率(実質)は、2010 年までの過去 5 年間で平均 7.5%以上を記録するなど一定の成果が出てきたと言える。この高い成長率は、過去 5 年間の伸びが 12%を超える産業部門に牽引されており、メコン地域の豊富な水力資源を活用した発電開発や金・銅などの鉱山開発の事業がその中核となっている。

経済成長にともない、輸出が増加していくが、原料、中間財などの輸入が増加し、貿易収支の赤字は増加傾向にある。一方、国別の貿易推移を見ると大きな変化が見られる。輸出に関しては、2000 年時点でタイ（第 1 位）とベトナム（第 2 位）の 2 国が輸出額シェアの約 40%を占めていたのに対し、2010 年時点では、急成長を続ける中国がベトナムを抜いて約 24%を占めて第 2 位となった。このことより、中国の重要性が近年飛躍的に高まっている。一方、輸入においては、タイが第 1 位で 60%台、中国は第 2 位で 10%台、ベトナムは第 3 位で 5%前後であり、その順位には変化がないが、ここでも中国の比重が徐々に高まっている。

人口に関しては、2000 年以降年平均 2%前後で増加しており、2010 年時点での 20-60 歳の割合は 45%を占めている。この豊富な労働人口の層が今後のラオス経済発展に大きく貢献する期待があると同時に、この層の雇用問題を満たす必要があるため、ラオス政府による工業化戦略等が今後の重要な政策課題になる。

1.1.2 第 7 次 5 年社会・経済発展計画の概要

第 7 次 5 年社会・経済発展計画（2011 年~2015 年）の目標及び方向性は大きく 4 つに分かれる。

- (a) 社会的調和の取れた高い経済成長を持続し、少なくとも GDP 成長率年率 8%及び 1 人当たり GDP は 1,700 ドル以上を目指す
- (b) 2015 年までに Millennium Development Goal を達成し、2020 年までに LDC (Least-Developed Country) を脱するための技術導入や環境の整備を進める
- (c) 経済成長をしつつも文化、社会、天然資源、環境の保全に努め、発展の持続可能性を

確実にする

(d) 政情安定、平和、秩序のある社会を確実なものにする

マクロ経済指標の目標については、主要なものとして以下の数値を掲げている。

(a) GDP は年平均 8%以上を達成、農業部門では、年率 3%以上、産業部門では、年率 15%以上、サービス部門では、年率 6.5%以上

(b) インフレ率は、経済成長以下の伸び率で安定化、通貨 kip の為替レートの変動幅は 5%以下

(c) 財政赤字は年率で GDP の 3-5%未満に抑制

1.1.3 近隣諸国（GMS）の経済状況

(1) タイ

タイは ASEAN（1967 年）、APEC（1989 年）の結成時からの参加国であり、工業化により高度経済成長を継続した。1980 年代以降、経済の安定や固定相場制による外資の進出や輸出需要などにより高度経済成長を実現し、特に 1985 年からの 10 年間では、年率 9%程度の経済成長を記録した。また、1997 年のアジア通貨危機で変動相場制に移行し、経済も一時落ち込んだが、外資の積極的誘致や輸出拡大などにより再び高成長へ向かった。2010 年もベトナムやフィリピンを上回る経済成長率（7.8%）を示したが、2011 年には大洪水による甚大な被害が発生し、2011 年の経済成長率は 1.5%の見通しである。

(2) ベトナム

ベトナムは 1986 年、ドイモイ（刷新）政策を採用して社会主義国として市場経済システムを取り入れた。その後は、徐々に成長率が高まり 1995 年には社会主義国として初の ASEAN 加盟を果たし、1997 年のアジア経済危機時にもプラス成長を維持した。GDP 構成に占める農林水産業の割合は、工業化の進展とともに下がり続けており、近年は 20%程度で推移している。そして、2006～2010 年においては年率 7%前後の高い経済成長を実現した。

(3) カンボジア

カンボジア経済は、1970 年以降の長年にわたる内戦により低迷していた。しかし、1992 年の国連暫定統治機構による統治を転機に、諸外国からの多額の援助や投資法の整備等を通じて、着実な経済成長を遂げた。2006 年の GDP 成長率は 10.8%、2007 年は 10.2%と高い成長を維持している。農業、漁業、林業が主要産業だが、近年は製造業、観光業が成長分野である。世界金融危機を受けた 2009 年は、カンボジア経済が米国等への輸出に多くを依存しているため、GDP 成長率はマイナス 1.9%と急減速したものの、その後の世界経済の急回復に伴い 2010 年の成長率は 6.0%へ回復した。

(4) ミャンマー

ミャンマーでは、2000 年以降、2007 年まで年率 10%以上の高い経済成長を示していた。しかし、2007 年 9 月、全国的な軍事政権に対するデモが発生した。このデモに対する軍事政権による鎮圧行動に対して国際的な批判が集中し、米・EU 等は経済制裁強化措置を行っ

た。これに加えて世界金融危機の影響もあり、2008年以降のGDP成長率は3～5%台まで鈍化した。近年では、各国の経済制裁の緩和が徐々に進んでおり、新首都のNaypyidawの開発需要、同市とMandalayを結ぶ高速道路の建設などの開発需要、及び食品や天然ガスを輸入する近隣諸国の景気回復などから、2010～2012年のGDP成長率が5.5%前後になると予測されている。

(5) ラオス経済の中長期的な見通し

今後の中長期的な経済成長を考える際には、近隣諸国、特に、タイとベトナムの経済発展の歴史的な記録をたどることは、重要な視点と考えられる。タイは既に1人あたりGDPが5,000ドルを超える水準に達しており、開発途上国を脱しBRICS諸国に入るレベルにある。一方、ベトナムは経済発展においては、同じ社会主義体制下の計画経済から市場経済への移行を目指しており、ラオスよりもやや先行する位置にある。両国とも人口は多く、石油・天然ガス・石炭などエネルギー資源に恵まれるなど、必ずしも、ラオスと同じ環境にあるわけではないが、その経済データは10年後、20年後のラオス経済を考える際には重要な先行指標と考えて良い。

1.2 エネルギー需給の現状

1.2.1 ラオスにおけるエネルギー概況

エネルギー概況において最も注目すべきことは、ラオスはメコン川の豊富な水資源を活用した水力発電での電力を輸出する電力の純輸出国であるという点であり、2010年時点での電力輸出から輸入を差し引いた純輸出量は国内電力消費量の実に2倍以上となっている。また、石炭資源も豊富であり、一部輸入はしているものの国内で使用する石炭のほぼ全量を国内産で賄っている。一方で、石油資源は乏しく、ガソリン等の石油製品全量を輸入で賄っている。

最終エネルギー消費に占めるエネルギー源で最も大きなシェアを占めているのは主に家庭で使用される薪・木炭であり、そのシェアは2010年最終エネルギー消費量の約61%を占めている。次いで運輸関連で主に使用する軽油やガソリン等の石油製品が26%、商業、産業及び家庭部門で多く使われる電力が8%、木炭が5%となっている。

一次エネルギー総供給及び最終エネルギー消費に関して1990年以降のデータにおける比較可能なデータを使用し、ベトナムやタイと比較すると、次のようなことが分かる。2000年から2009年にかけての一次エネルギー総供給も、最終エネルギー消費もベトナムが年平均11%以上の高い伸びを示している。一方、ラオスの一次エネルギー総供給及び最終エネルギー消費は、タイと近い値である年平均5%前後の低い伸びに留まっている。同期間における名目GDPの年平均伸び率においてラオスは、ベトナムやタイ以上の15%という高い伸びを示していたにもかかわらず、エネルギー消費においてこのような結果が出たのは、経済の発展度合いに応じたモータリゼーション化等の進展具合の各国間の違いを示していると考えられるだろう。

先に述べたように、ラオスは豊富な水資源を活用した電力の純輸出国であり、且つその電力は大事な国家収入源ではあるものの、時期や地区によっては近隣のタイから電力を輸入する場合もある。これは、雨季・乾季による水資源量の変化、及びラオス国内での北部、中部、南部における系統間の連系の悪さが原因となっている。これにより電力が余っている地区（例えば南部）では電力をタイへ輸出すると同時に、電力が足りない地区（例えば中部）では輸出時の電力料金より高い電力を輸入するといった非経済的な行動を取らざるを得ない状況となっている。この状況を打開するため、近年では中部、南部での連系強化や中央給電指令所の設置を進める動きが進んでいる。また、水量に左右されない石炭火力発電所の建設も IPP により進んでおり、その発電分の一部をラオス国内で使用することはこうした状況の打開の一つの手段となる期待がある。

そして、ラオスにおける電力の小売りは全て EdL（ラオス電力公社）が実施し、IPP は EdL への供給を通じての国内供給も行っているものの、主に海外向けの電力輸出を担っている。この国内小売りを全て担っている EdL は、国内電力需要の伸びを予測し、発電設備の増強や IPP との長期契約を結ぶ必要がある。しかし、近年の急速な経済発展に伴う急速な電力需要の伸びを正確に予測することが出来なかったため、EdL は国内需要を十分に賄うことが出来なくなり、2007 年以降はタイからの電力輸入が電力輸出を上回るという状況となってしまった。仮に電力需要の予測値が過大になり過ぎて IPP との長期契約で大量の電力購入契約をしてしまった場合は、EdL の損失となってしまいうため、このような状況になったわけではある。しかしながら、正確な需要の伸びを測定し、適切な量の電力を確保することは今後の EdL ひいてはラオス電力事情の改善には非常に重要なことであるだろう。

1.2.2 近隣諸国（GMS）におけるエネルギー概況

(1) タイのエネルギー概況

エネルギー需要は、1980 年代からの急激な経済成長に伴い急増している。供給面においては、一定の国内資源は産出されるものの、拡大する需要は賄い切れず、石油、天然ガスの純輸入国となっている。天然ガスにおいては、かつては国内需要を国内産の天然ガスで賄っていたが、直近では、ガス需要の 3 割程度をミャンマーからパイプラインで輸入している。なお、国内の石炭資源は比較的豊富で、可採埋蔵年数で 70 年分程度が存在しているとされる。

(2) ベトナムのエネルギー概況

エネルギー需要の部門別増加を見ると、工業化の進展により産業部門・運輸部門の増加幅が大きい。総需要に占める割合は依然として民生部門が過半を占めている。供給面においては、国内資源は比較的豊富にあり、1990 年以降の資源別の生産に対する輸出割合が石炭約 7 割、原油 9 割以上である。一方で、天然ガスはほとんど輸出されておらず生産の 8 割以上が発電部門にて消費されている。

(3) カンボジアのエネルギー概況

需要面では、最終エネルギー消費量が 1995 年の 3,153 ktoe から 2009 年には 4,665 ktoe と年率 2.8% の伸びで推移した。特に石油製品需要、及び電力需要の伸びが著しく、同期間

において石油製品は 7.6%、電力需要においては 22.4%もの伸びを示した。統計上では、石炭と天然ガスはまだ使用されておらず、石油のみが使用されている状況である。供給面において、カンボジア国内では、現在、石炭、石油、天然ガスのいずれも生産されていない。2009 年における一次エネルギー供給構成は、石油 28%、その他再生可能エネルギーが 72%、GMS 諸国の中では、非商業エネルギーの割合が一番高い国である。

(4) ミャンマーのエネルギー概況

需要面では、最終エネルギー消費量が 1971 年の 7,135 ktoe からピークの 2005 年までの間に年率 2.4%のペースで増加し 2005 年には 14,146 ktoe となった後、政治不安等による経済の減速に伴い、緩やかな減少傾向に転じ、2009 年には 13,803 ktoe となった。供給面においては、一次エネルギー供給量が 1971 年の 7,882 ktoe からピークの 2005 年に 15,968 ktoe に達したが、その後減少に転じ、2009 年では 15,062 ktoe となった。石油及び天然ガス資源は豊富にあり、2005 年にかけての一次エネルギー供給拡大の中心は天然ガスであった。

2. エネルギー政策の現状と課題

2.1 エネルギー政策・制度の現状

(1) 基本政策

ラオスでは包括的なエネルギー政策は策定されていない。ただし、現地におけるエネルギー関係者へのヒアリング等を通して得られたエネルギーに関する基本政策として、以下の諸点が認められる。

- (a) 経済的、社会的発展を促進するため、経済性、信頼性、持続性のある電力供給の維持拡大を図る
- (b) 政府目標である財源確保のため、電源開発を促進し、電力輸出を拡大する
- (c) 官、民、あるいは官と民のパートナーシップにより電力セクターの開発を効果的なものにするため法規制の整備・強化を図る
- (d) 国際水準の技術、ノウハウや経験を構築しながら自国の能力を向上させる
- (e) 社会環境に対する影響や責任の明確化により持続可能な発展を達成する

さらには、ラオスの財政状況や近隣諸国との地理的關係を配慮し、GMS 諸国との相互依存、つまり外資による電源開発、電力の輸出入を通じて、電力需給のバランスを図ることが現実的な政策的アプローチであることも明らかにされている。

(2) 電力政策

ラオス政府は 2010 年に策定された社会・経済発展計画 2010-2015 (the Socio-Economic Development Plan 2010-2015) の中で以下のとおり、電力部門における基本政策を定めている。

- (a) 電力の輸出により外貨を獲得し財政・経済・社会プログラムに資する
- (b) 送電系統の延長あるいはオフグリッドにより電化率を向上
- (c) 国内需要を満足させる
- (d) 無理のない、ただし経済・社会的発展を促進するに足る電気料金の維持
- (e) EdL を商業原理に基づき運営する
- (f) 輸入燃料への依存を低減する

電力部門の開発目的については改正電力法 (Law on Electricity, 20/12/2011) に明記されており、エネルギーの輸入依存度を減らすために水力、ソーラー、石炭、バイオマスなど国産エネルギーを開発し、村落部分での電化を進め 2020 年には電化率 90%を目指すとしている。また、電力法においては、電力ビジネスは下記の原理原則に基づき実行されるべしと明記されている。

- (a) 社会・経済発展計画 (the National Socio-Economic Development Plan) との一貫性の堅持
- (b) 効率的・経済的そして継続的
- (c) 環境、社会そして自然の保護 (community, forest and water resource)
- (d) 安全性の確保

MEMは電力部門を対象として、“The Strategy Plan For Developing the Energy and Mines from 2006 to 2020”（MESD）と題する戦略を策定、2006年法制化し、2008年にこれを修正した。その目的とするところは、安定的で継続的な成長と貧困の撲滅に貢献することであるとし、下記の諸条項についての細目が定められている。

- (a) 民間による中小規模の電源の開発（SPPs）
- (b) 代替エネルギーによる電源開発の促進
- (c) 発電所の開発
- (d) 国内需油を対象とした送電線の開発

(3) 電力輸出入政策

改正電力法 第 19 条によると、電気の輸出を行なうに際しては、産業の繁栄や国家の社会経済開発を鑑み、内需への十分な供給を優先することを絶対的に保証するものとされている。また、電気の輸入についても、国家の社会経済発展の必要性を鑑み、政府の承認を要するものと定められている。

2.2 エネルギー政策・制度の課題

包括的なエネルギー政策はラオスではまだ策定されていないのが現状である。電力に関しては、社会・経済発展計画 2010-2015 等において、政策の方向性や戦略が明文化されているが、エネルギー全般に関する政策は存在していない。

現在のエネルギーに関する政策としては電力、特に外貨の獲得を目的とした輸出のための電源開発に焦点が当てられているところが大きい。石油、石炭の利用については、その多くを輸入に依存しているが（石油は 100%輸入）、基本的な需給に関する計画などはいまだ存在せず、輸出入や生産の管理・管轄を担当する政府機関は明らかになっていない。

現在の実質的に運用されているエネルギーに関する諸施策は、現状の財政状況下において急拡大を遂げつつある内需及び輸出用電力需要を満たすべく、よく機能していると評価される。ただし、この先 10 年間についてみると、急速に増加を続ける電力需要を、現状どおり GMS との相互依存だけで乗りきることが困難であるのは明確であろう。つまり、電力の国内需要の急速な増加を前提とすると、緊急事態に対応可能なほどに供給の独自性や柔軟性をラオス国内で有することを重要視すべきであろう。具体的には、下記の事項が重要な対応策と考えられる。

- (a) EdL-Gen による発電能力を拡大する
- (b) 電力の輸出量と国内需要量の最適バランスを図る
- (c) 電源のソースの多様化と分散化を図る

結論としては、エネルギー全般について明文化された政策は存在せず、一方、電力に関する政策やその方向性は現実的であり財政の現状等に即したものであると評価されるが、全体的なエネルギー政策・計画が存在しないため、その位置付け等が明らかでなく、また経済発展 5 年計画などマクロ経済の方向性との整合性も明確ではない。

経済発展の本格的飛躍を迎えるには、国家的に整合性のとれた効率的な投資計画に裏打ちされたエネルギー計画が必須であり、このような計画なしに、経済効果をはじめとする様々な成果を得ることは難しい。そういった意味において、社会・経済発展 5 年計画などと首尾一貫したエネルギー計画（Energy Master Plan）を策定することを検討すべき時期に来ているのではないか。

3. エネルギー需給の現状と課題

3.1 電力

3.1.1 電力セクターの概要

改正電力法では、新たに IPP プロジェクトの MOU、PDA の契約期間や更新回数が規定された。手続きの詳細は今後制定される施行令で規定される予定である。

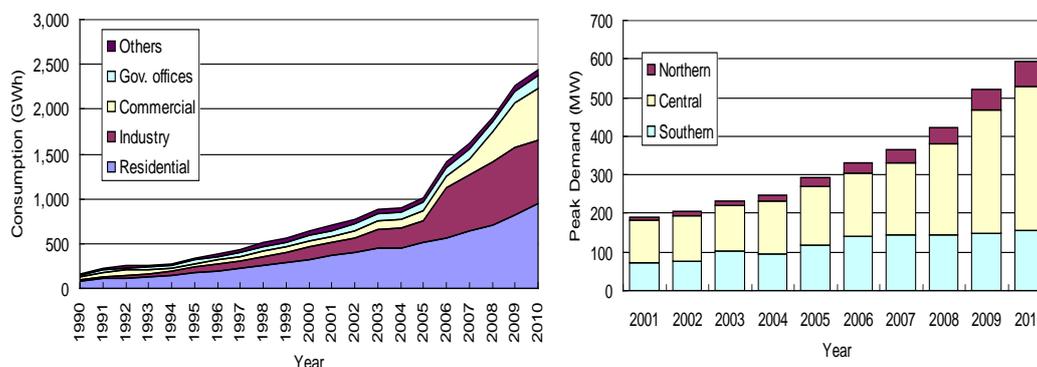
EdL の平均電気料金は 1997 年以降年平均 19% で上昇し、2010 年時点で 559kip/kWh (6.6 cents/kWh) である。2012 年 3 月、新たな電気料金がラオス政府に認可された。計画では 2017 年まで年 2% で電気料金の値上げを行うこととしている。

3.1.2 電力需給の現状

(1) 電力需要

ラオスの電力需要は、産業と商業需要の増加に伴い急速に増加し、2000 年～2010 年では年平均 11% という高い伸び率を記録した。図 3-1 は 1990 年から 2010 年までの電力需要 (GWh) の推移を示している。特に 2005 年以降、産業用需要は年 25%、商業用需要は年 40% と大幅に伸長したことから、国内電力需要は至近 5 年間で約 2.5 倍に拡大した。

ピーク需要 (kW) は 2000 年の 19 万 kW から 2010 年には 59 万 kW と、過去 10 年間で 3 倍に増加した。図 3-1 に示しているとおり、地域別には、中部地区が最もピーク需要が高く、37 万 kW で全体の 60% を占めていることになる。



出所：MEM/DEPP Electricity Statistical Yearbook 2010, EdL PDP 2010 Revision 1

図 3-1 電力需要と地域別ピーク需要の推移

(2) 電力供給

ラオスの電力供給と輸出入の推移を表 3-2 と図 3-3 に示している (Generation (EdL) は EdL、EdL-Gen 他の国内向け発電所の合計)。国内電力需要が急伸したことから、2009 年まで電力輸出は減少してきたが、Nam Theun 2 と Nam Lik 1-2 発電所が運転を開始したことにより、2010 年に電力輸出量は大幅に増加した。乾季には、国内水力発電所からの供給が不足するため EdL は近隣諸国から電力を輸入しており、2010 年の電力輸入量

1,210GWh は国内電力供給量の約半分に相当する。

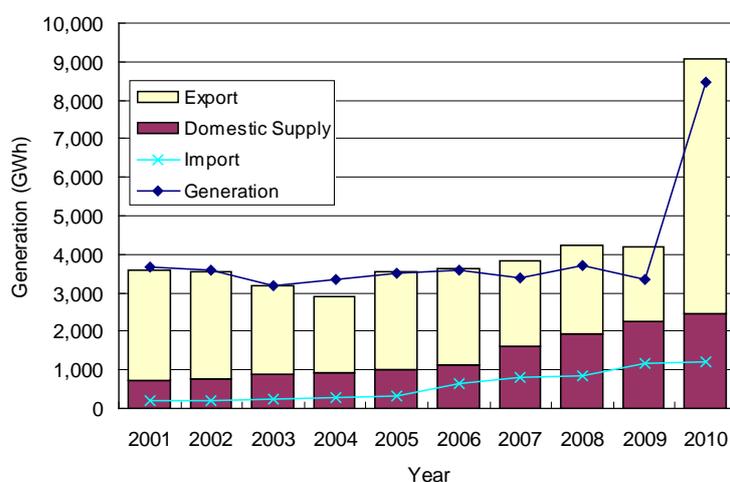
表 3-1 電力供給と輸出入の推移

(GWh)

Generation										
Year	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Generation (EdL)	1,554	1,570	1,317	1,416	1,715	1,640	1,398	1,778	1,656	1,553
Generation (IPP)	2,100	2,034	1,861	1,931	1,794	1,956	1,975	1,939	1,710	6,896
Subtotal	3,654	3,604	3,178	3,348	3,509	3,595	3,374	3,717	3,366	8,449
Import	184	201	229	278	330	631	793	845	1,175	1,210
Total	3,838	3,805	3,408	3,625	3,839	4,226	4,167	4,562	4,541	9,659

Supply										
Year	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Domestic Supply	710	767	884	903	1,011	1,406	1,616	1,916	2,258	2,441
Export	2,871	2,798	2,285	2,425	2,506	2,487	2,230	2,315	1,921	6,646
Total	3,582	3,565	3,168	3,327	3,517	3,893	3,846	4,231	4,179	9,087

出所：MEM/DEPP Electricity Statistics Yearbook 2010

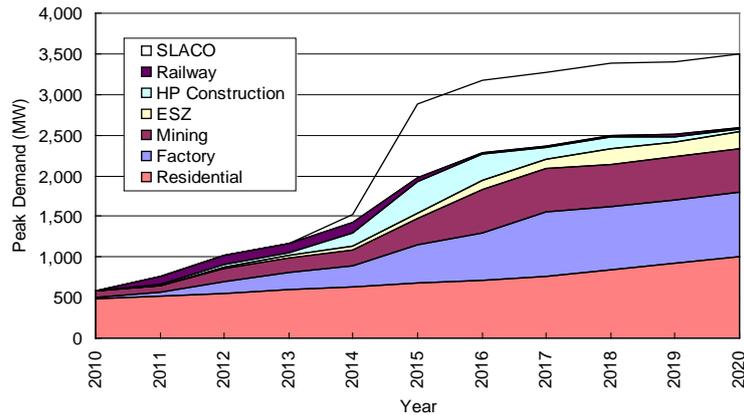


出所：MEM/DEPP Electricity Statistics Yearbook 2010

図 3-2 電力供給と輸出入の推移

3.1.3 電源開発計画

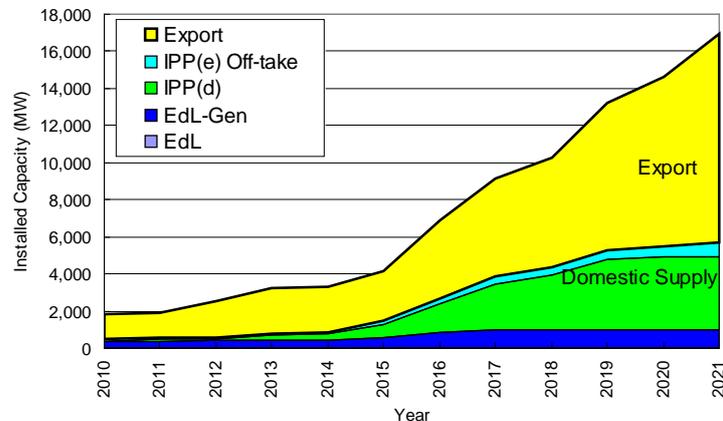
EdL は 2011 年 8 月、PDP 2010-2020 Revision-1 としてラオス国内需要に対する電源開発計画を改定した。電力需要予測では、2014 年以降に鉱山および工場需要の大幅な増加を想定しており、2020 年のピーク需要は約 260 万 kW と、現在の 3 倍超に増加することを予想している (図 3-4)。PDP では南部のアルミニウム工場 (SLACO) の需要 (90 万 kW) を考慮したケースも検討されているが、MEM の情報では、SLACO への電力は EdL 以外の電源から供給される見通しとのことである。



出所：EdL PDP2010-2020 Revision-1

図 3-3 電力需要予測 (PDP2010 revision-1)

電源開発計画では、2021年までに国内供給用として EdL, EdL-Gen, IPP(d)および IPP(e)からの供給を合わせて 570 万 kW の供給力を整備することとしている。一方、輸出用電源として現時点で Theun Hinboun, Houay Ho, Nam Theun 2, Nam Ngum 2 の 4 つの発電所 205 万 kW が運転中であるが、2021 年には輸出用発電所として合計 1,150 万 kW を整備する計画である。2021 年までの電源種類別の発電計画を図 3-4 に示す。2021 年までに国内向け、輸出用を合わせて約 1,700 万 kW の発電所の開発が計画されている。



出所：MEM

図 3-4 ラオス国内の電源開発計画

一方、国内向けおよび輸出用の発電計画のうち半数以上は現時点でフェージビリティ調査の段階であり、今後の国内需要ならび電力輸出に対応するためには、電源開発計画の精度を高めるとともに、状況の変化に合わせて柔軟に電源開発を実施していくことが必要となっている。

3.2 石炭

3.2.1 石炭資源

石炭資源はラオス全土に広く分布することが知られているが、無煙炭は主に Vientiane 県、Phongsaly 県、及びラオス南部に、褐炭は主にラオス北西部と Xiangkhouang 県に賦存する。2001 年 10 月の報告によれば、ラオスの石炭埋蔵量は 5 億 9,963 万トンで、うち確認埋蔵量 (indicated reserves) が 5 億 1,443 万トンである。石炭埋蔵量のうち Hongsa 炭田の埋蔵量が 5 億 1,100 万トンと全体の 85%を占め、その他の炭田の埋蔵量は少ない。なお、現在探査中であるが、Phonesak Construction Ltd が所有する鉱区には 3 億 7,450 万トンの埋蔵量があると報告されている。

3.2.2 石炭生産

表 3-2 にラオスの石炭生産量の推移を示している。ラオス統計年鑑によれば、2010 年の石炭生産量は 71 万トンで、うち褐炭が 50 万トン、無煙炭が 21 万トンであった。

表 3-2 石炭生産量の推移

	(1,000 tons)		
	Lignite	Anthracite	Total
1985	1	-	1
1990	3	-	3
1995	23	-	23
2000	300	-	300
2001	210	-	210
2002	270	31	301
2003	250	41	291
2004	300.0	46.0	346.0
2005	320.0	50.5	370.5
2006	319.2	62.0	381.2
2007	681.7	80.0	761.7
2008	379.2	104.7	483.9
2009	466.1	101.4	567.5
2010	501.6	211.7	713.3

出所：Lao Department of Statistics, “Statistical Yearbook 2010”

ラオスでは現在 8 つの鉱区で石炭が生産されている。例をあげると、Louang Namtha 県では Veing Phoukha Coal mine Co., Ltd が褐炭を生産し、その大部分をタイに輸出しており、Phongsaly 県では Luithing Co., Ltd が無煙炭を生産し、全量を中国へ輸出している。一方、Vientiane 県では Agriculture industry Development Enterprises Imp-Exp & General Services や First Pacific Mining Lao Co., Ltd.等が無煙炭を生産しており、主にセメント工場で利用されている。このほか、Salavan 県や Sekong 県でも無煙炭生産が開始されている。

3.2.3 石炭消費

ラオスには 8 つのセメント工場があり、年間約 30 万トンの石炭を使用している。このう

ち Khammuane province にあるセメント工場では、年間約 12 万トンの石炭を消費しているが、近くに炭鉱がないためその全量をベトナムから輸入している。その他のセメント工場は近くの炭鉱で生産される無煙炭を使用している。セメントキルンの生産効率を維持するためには 5,000kcal/kg 以上の無煙炭が必要であるが、国内無煙炭は品質にバラツキがありかつ発熱量が低い。そのため、発熱量の高い石炭と低い石炭をブレンドすることにより対応しているが、発熱量が低いため使用される無煙炭の発熱量は 5,000kcal/kg を下回ることがあるとのことであった。表 3-3 はラオスのセメント工場の一覧を示している。

表 3-3 セメント工場一覧

Name of Plant and Company	Production Capacity (Ton/year)	comennced year	Note
1. Lao Vangvieng Cement Plant # 1 (Wild Bull Brand) under State Enterprise for Agriculture Development Imp-Exp & General Server (DAI)	80,000	1995	expanding to 900,000 ton/year.
2. Lao Vangvieng Cement Plant # 2 (Gold Wild Bull Brand) under Lao Cement Company (LCC)	240,000	2002	
3. Luangprabang Cement Plant (Deer Brand)	50,000	2006	expanding to 150,000 ton/year.
4. Thakhek Cement Plant (Lion Brand) under Lao Cement Industry Plant (LCI).	1,000,000	2007	
5. Vientiane Cement Company (Dragon Brand) under Vientiane Cement Company (VCC).	100,000	2005	
6. Lao Savannakhet Cement Plant (Bison Brand) under Lao Savannakhet Cement Plan partnership.	130,000	2004	
7. Lao Savannakhet Cement Plant (Elephant Head Brand) under Chougya E.C Lao Cement Co., Ltd.	500,000	end of 2011	
8. BMC Cement Production Limited (Gold Elephant Brand)	300,000	February 2012	
Total	2,400,000		

注 : No. 5, 6 and 8 factories are non-completed production lines which used clinker as raw material to produce the cement. The clinker are supplied from domestic cement plants and imported from neighboring countries such as Thai and Vietnam.

出所 : Cement Association 提供データより作成

3.2.4 課題

ラオスにおいて石炭は、今後、①セメント産業を中心とする産業分野での利用、②発電用燃料としての利用の 2 つの利用が考えられる。

セメント産業では、今後のセメント生産能力の拡大に伴い石炭需要量が増加することが見込まれる。しかし、現状では、セメント工場近くの無煙炭埋蔵量が小規模であること、探査の遅れや品質問題などの問題から、需要量の増加量に見合う無煙炭ができるかが問題となっている。

一方、発電分野では、Hongsa プロジェクトで褐炭発電所向けの炭鉱が建設中であり、年間約 1,200 万トンの石炭生産が予定されている。また、ラオス南部 Sekong province の Kaleum で石炭火力発電所の計画があり、石炭探査が Phonesack Group により行なわれている。計画されている発電規模に見合う石炭量が確保されれば、本プロジェクト実現の可能性が高くなる。しかし、両地域を除けば、発電用燃料として利用できる大規模な炭田は

発見されていない。

3.2.5 今後の石炭産業の発展に向けて

ラオスが自国に有する石炭資源を今後の経済発展のために有効利用するには、石炭調査の継続と石炭鉱区の管理強化が重要であり、以下のような対応が必要であると考えられる。

(a) 政府による石炭探査

海外諸国の協力のもとでの未探査区域と既探査区域の深部の石炭探査の実施

(b) 石炭鉱区管理

開発状況、探査結果（埋蔵量や性状等）、生産状況等の報告の義務付けと管理体制の整備

(c) 地質鉱物局と鉱山局の連携

両局間の情報共有化

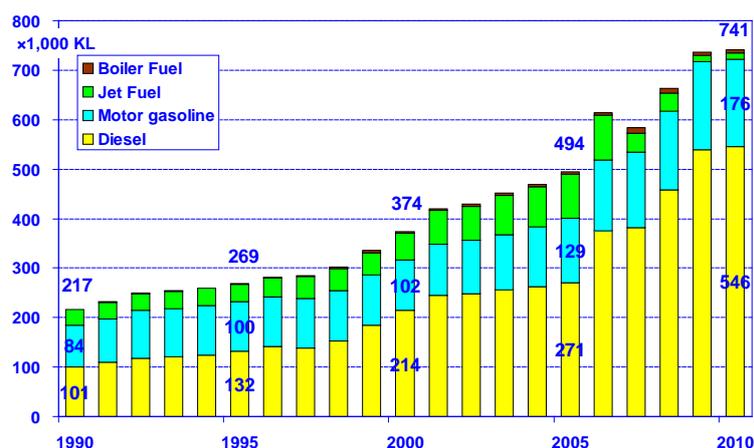
(d) 人材育成

海外の探査技術、開発技術の導入と技術者の育成

3.3 石油製品

3.3.1 石油製品需給

ラオスには石油・ガス資源がなく、石油製品はタイとベトナムから全量輸入しており、タイは輸入量の約 70%、ベトナムが約 30%を占めている。2010 年の石油製品の輸入量は 744,260kL で、ガソリン、軽油、重油、ジェット燃料などを輸入した。これらに加えて、1,510 トンの LPG が輸入された。石油製品の 45-50%は首都圏を含むビエンチャン県で消費されている。最も多く輸入されている石油製品は軽油で、2010 年には全体の 73.4%を占めた、次いでガソリンが 23.6%となっている。自動車の普及に伴い、2000 年から 2010 年までの軽油とガソリンの年平均伸び率は、それぞれ 9.8%と 5.6%に達している。



出所：MEM

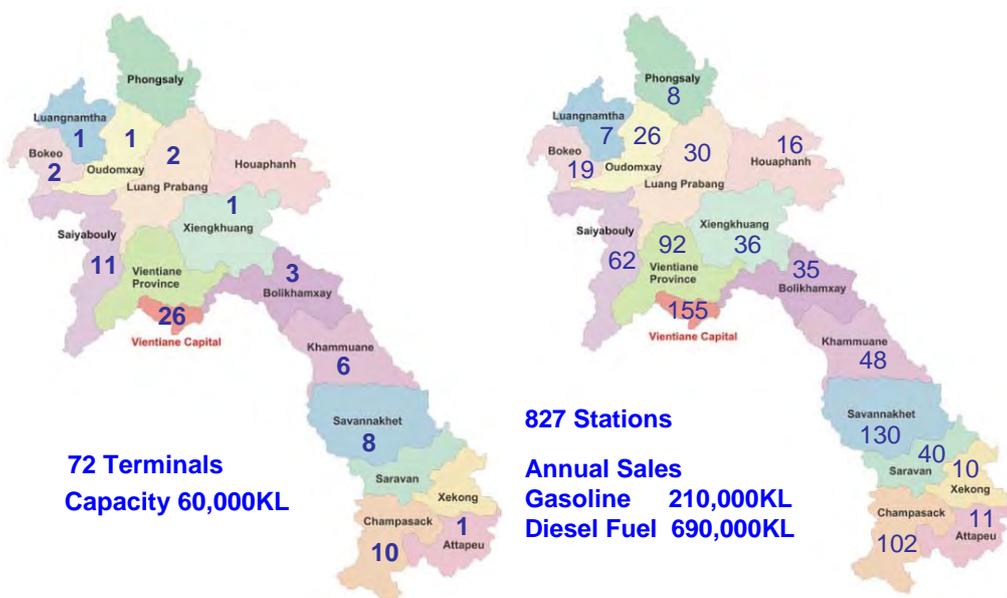
図 3-5 石油製品輸入の推移

国内石油産業の自由化前は、Lao State Fuel Company (LSFC)、Shell 及び Thailand

national company PTT の 3 社だけが石油製品を供給していただけであったが、2012 年 2 月現在、事業者数は 18 社に拡大している。各事業者はそれぞれ石油製品を独自に輸入しており、石油製品を貯蔵するターミナルは全国に 72 ヶ所、貯蔵能力は 60,000kL である。消費者への販売価格は政府が規制していることから、比較的小さい市場の中で競争は激化している。

3.3.2 石油統計

石油 18 社、LPG 事業者 5 社で構成される燃料ガス協会 The Lao Fuel & Gas Association (LFGA) は各社の月次の販売量、売上高等を収集し、政府 (Ministry of Industry and Commerce) に報告している。ただ、このデータの収集は法で定められたものではなく自主的なものであることから、自社の競争力を他社に知られたくないとする石油会社もあり、データの正確さには疑問の余地がある。LFGA は税関の通関データにより、輸入データのクロスチェックを行っているが、これらのデータは金額ベースが主体であり、10 月～9 月の会計年度に基づくものもあることから、年データとの比較が難しい場合が多い。



出所：LSFC

図 3-6 石油製品貯蔵ターミナルとガソリンスタンド

石油事業者は輸入価格と政府が定めた販売価格との差額で利益を得ることから、輸送等に係るコストの削減については非常に熱心に取り組んでいるが、この結果輸入に際して発生する租税すなわち事業売上税 (Business Turnover tax) ならびに消費税 (Excise tax) の支払義務を逃れようとする動きもある。タイの輸出金額と、ラオスの輸入金額を比較した調査では、特に石油とガスについてラオスの輸入金額が極端に少ないことが指摘されている。これは輸入事業者が通関にあたり、複数のインボイスの積み荷でも一部のインボイスの部分しか申告しないとあったことがあるためとされる。また、近年は利用拡大が著しい LP ガスについても、統計上はむしろここ数年減少傾向にある。これは、タイに旅行する

人々が補助金により安価となっている LP ガスのボンベを持ち帰るということが多くなったためとされ、2010 年の輸入量も実態としては 2,000 トンを超すとの見方もある。



出所：MEM

図 3-7 LP ガス輸入量の推移（単位：トン）

3.3.3 改善に向けた方策

政府は、石油製品のデータ収集に関連し、報告義務を伴う法的な措置を検討すべきである。データには月次で各石油製品の輸入量、販売量、在庫、CIF 価格、販売価格が含まれ、望むらくは政府自体が収集すべきと思われる。個々の事業者のデータは秘匿され、集計データのみを公表することが望ましい。

租税の回避を防止し、政府の税収を高めるためには、石油製品の輸入事業者は数社に絞ることが望まれる。輸入した石油製品は政府の管理下にあるターミナルに貯蔵し、ここから CIF 価格に管理コストを加えた価格で各社に販売する。これにより、現在は各社の CIF 価格に基づき策定されている政府の販売価格設定の透明性が向上することが期待される。

3.3.4 将来の対応

上記の対応が完了した段階では、政府は消費者販売価格を自由化し、市場のメカニズムに委ねることが望ましい。将来的には政府が石油製品の戦略備蓄を行い、一時的な供給の中断あるいは輸入価格の高騰に対応すべきである。また、政府がバイオ燃料の導入を行う際には、輸入した基材と国産のバイオマスを適切な割合で混合する必要がある。その際には、このような戦略備蓄基地に混合施設を併設することにより、製品の品質を確保することが可能となろう。

3.4 再生可能エネルギー

3.4.1 ラオス国の再生可能エネルギー利用に関する現況

(1) ラオス国の現況

ラオス国においては、再生可能エネルギー（以下、RE）としての電力への利用は、電力

系統から遠く離れた地域への地方電化が主体であり、主にソーラーホームシステムとマイクロ水力が使用されてきている。ラオス国政府は2020年までに家庭電化率90%を目標(5%がグリッドの延伸で電化し、残りの5%はオフグリッドで電化する計画)に掲げている。地方電化には、世界銀行や他の国際機関の援助や地元民間会社の資金により行なわれてきた。

一方、近年では、バイオマス利用サトウキビの搾りかすであるバガスを利用した9.7MWの発電が行われており、養豚場から出る糞尿を活用した発電プロジェクトが世銀の協力で進められている。バイオ燃料に関しては、ジャトロファ油を利用したバイオディーゼル燃料の試験的使用が開始された。

3.4.2 再生可能エネルギー開発戦略に内在する課題

(1) 再生可能エネルギー開発戦略

ラオス政府はフィンランド政府の資金協力を得て、REの開発戦略を検討し、2011年10月に「再生可能エネルギー開発戦略(REDS; Renewable Energy Development Strategy)」を公表した。その基本的骨子は以下のとおりである。

- ・2025年時点でのRE(電力、バイオ燃料など)の開発目標は、全エネルギー量の30%をREが分担すること
- ・バイオ燃料開発目標は、2025年時点で輸送燃料需要の10%(仮置の値)を代替すること
- ・REDSに記載されたロードマップに従ってRE開発に取り組むこと

(2) REDSに内在する課題(JICA調査団による検討)

1) 現実的データを使用した再生可能エネルギー開発及び投資に関する分析

(a) REDSに記載された2025年時点での設備量及びその投資額の妥当性

- ・「全エネルギー量の30%をREが分担」をベースに分析する
- ・REDSには、設備量(666MW)及びその投資額(1,754百万US\$)が記載されている。JICA検討では、現実的な設備利用率(PF)を用いて以下の2ケースについて設備量及びその投資額を検討した
- ・Case-1: 見直したPF使用による設備量は1,150MW、投資額は2,826百万US\$である。設備投資額はREDSの1,754百万US\$に対し、JICA試算では2,828百万US\$である
- ・Case-2: 水力以外のREのエネルギー量の50%をより発電原価の低廉な水力にシフトした場合について検討する。見直したPFを使用した設備量は954MW、投資額は2,197百万US\$であり、水力を活用することにより、投資額はCase-1の2,828百万US\$から23%減少する。これより、水力開発の有効性が確認できる

(注) 小水力の定義: 15MW未満の水力

(b) 各再生可能エネルギーの発電原価を想定した場合の政府の年間補助額

2025年時点の発電電力量を年間5,000kWh(RE分担30%ベース)と各REの発電原価(タイ・日本・米国から仮定)から、年間発電費用を算定すると483百万US\$である。EdLの買取り価格を0.07US\$/kWhとすると350百万US\$と見積もられるが、差分の約130百万US\$は補助金などで賄う必要がある。

(c) RE のポテンシャルの定義

REDS にはポテンシャルの定義が記載されておらず、また、各 RE のポテンシャル量の算定根拠が不明であるので、日本における定義を紹介した。

3.4.3 日本のエネルギーに関する先端技術の紹介

以下の技術を紹介している。

(a) 太陽光 (PV) :

- ・ 大規模 PV システム導入に伴う電力系統での問題対応
- ・ 貯水池式水力発電所と大規模 PV システムの組合せによる運用
- ・ 集光追尾型太陽光発電

(b) 風力発電

- ・ 風力の評価手法 (ポテンシャル調査に使用)
- ・ 小型風力発電機 (地方電化に使用)

(c) 小水力: マイクロチューブラー水車

(d) バイオマス: 経産省及び農水省の共同プログラム「バイオ燃料技術革新計画」、農業残渣や家畜糞尿などを総合利用するカスケード型の活用など

3.4.4 モデルプロジェクトの概略検討

(1) 現地視察

モデルプロジェクトとして、以下に示す太陽光 (PV)、風力、小水力、バイオ燃料を取り上げた。これらについて、今後の JICA 候補プロジェクトとして、検討に重大な影響を及ぼす要因が存在するか否かを把握するため、現地視察を行った。具体的には、輸送条件・送電線・土地利用などを調査し、懸念される要因が見られないことを確認の上、概略検討を行った。なお、小水力 (12MW) については、ADB の実施済みのプロジェクトを取り上げており、現地視察は行っていない。

(2) プロジェクトの規模

(a) Phalan 太陽光 (PV) プロジェクト: Savanakheth 県 Phalan サイト、規模 1MW

(b) Lakan 風力: Khammouance 県 Lakhang サイト、規模 1.2MW

(c) 小水力: Bolikhamxai 県 Vienthong サイト、規模 12MW (ADB プロジェクトの検討結果を使用)

(d) バイオ燃料: Luangpravang 県及び周辺の県の焼き畑農業が行なわれている地域で、バイオ植物 Vernicia Montana を栽培し、燃料(B10)を年間 30,000 トン生産する

3.4.5 結論及び今後の調査

(1) REDS のレビューと見直し

上記 3.4.2 に述べた REDS に内在する課題を解決のため、最新のデータ、検討及び調査結果を取り入れ、適切なタイミングで REDS を見直すべきである。

(2) 今後の調査

上記に述べた REDS に内在する課題、最新技術、モデルプロジェクトを考慮し、以下の

調査が実施に値するものと考えられる。

1) ポテンシャル調査

電力のポテンシャルに大きな比重を占める小水力、太陽光 (PV)、風力を主に調査することとし、先端技術等の活用を考慮する。なお、バイオマス・バイオガス・廃棄物については、最新の関連資料から見直す。

2) フィージビリティ調査の実施

(a) 小水力(On-grid 用)

ポテンシャル調査で発掘された有望プロジェクトについてフィージビリティ調査 (FS) を実施する。

(b) メガ・ソーラー (PV)、風力 (On-grid 用)

モデルプロジェクトは、FS (基本設計調査も含める) の候補案件である。メガ・ソーラー(PV)については、水力供給が乾期に低下し電力需給がタイトになることから、開発の必要性が認められる電源といえる。

(c) バイオ燃料

モデルプロジェクトで取り上げた Vernicia Montana によるバイオ燃料生産の FS(またはプレ FS) を実施する。プロジェクト会社が、焼き畑農業地域を利用したプランテーションの設置・運営から、最終製品である B10 製造までを調査検討の対象とする。

(d) 地方電化システム

ソーラー (PV)、小水力、小規模風力などを組み合わせたハイブリッドによる地方電化 (ミニグリッド) の FS を実施する。

4. エネルギー統計の現状と課題

4.1 エネルギー統計

ラオスのエネルギー統計は、エネルギー鉱業省の電力局（現エネルギー政策・計画局）によってデータが収集され、集計されてきた。ラオスのエネルギー統計は石炭、石油、電力、バイオマスの生産量、消費量、輸出入量から構成されており、1990年から2010年までのデータが存在する。

石炭のデータは、エネルギー鉱業省の鉱山局から入手し、各炭鉱の石炭生産量や石炭発熱量、輸出量、国内供給量が含まれている。また、石炭輸入量も入手できるが輸入炭の発熱量は明らかになっていない。石油のデータはラオスの石油協会（Lao Petroleum and Gas Association）、Lao State Fuel Company（LSFC）、ラオ航空から入手している。入手可能なデータは輸入量と販売量で、在庫については把握していない。電力データはEdLから入手しており、発電量、輸出量、販売量及びロスが含まれている。IPPの電力データは、直接IPP会社から入手している。再生可能エネルギーのデータは、現在、小水力とバイオマス（薪、木炭）に限られており、この他にバガス、太陽光などがあるがエネルギー鉱業省の統計には含まれていない。

エネルギー統計には、いくつかの問題が見られる。例えば、石炭では2006年の輸出量が生産量を大きく上回っている。電力では1990年から1999年のロスが24.1%-35.0%と大きかったのに対して、2000年以降は2.0%-9.4%になっており大きく異なる。石油では、ジェット燃料の消費量が2006年と2007年で大きく異なっている。

4.2 データ収集システム

エネルギーデータは、将来の需要予測やエネルギー政策を作成するために非常に重要である。エネルギーデータなしではエネルギー政策を立案することは出来ない。アジアの発展途上国でも規制によりエネルギーデータを収集しようとしているが、(1)罰則がない、(2)報告者のエネルギー知識が足りない、(3)提出書式が複雑、(4)政府職員の不足、(5)規制の周知不測のような理由により収集活動はうまくいっていない。日本では、統計法及び省エネルギー法によってエネルギーデータは収集されており、エネルギー供給業者からの供給データと消費者からのデータより、エネルギー統計が作成されている。

4.3 ラオスのデータ収集システムの提案

短期目標としては、まず、ラオスの統計法にエネルギー統計を加え、エネルギーデータの提出を義務化する。エネルギー消費量を提出させる対象は、大規模工場から始め、データ整理の作業量を確認しながら対象規模を拡大していく。また、報告書の書式も始めのうちは簡単なものにしておき、徐々に必要なデータを増やしていくことを勧める。現在、商工省はラオスの工場に質問票を毎年提出させているが、この質問票にエネルギー消費デー

タも加えるのも一案であるが、回収率が低いのが問題である。長期的な目標としては、オンラインシステムを使ったデータ収集システムを構築することである。これはデータ収集のための人手を削減できることと、直接データベースに格納することにより、分析時間が短縮できる。図 4-1 はオンラインデータ収集システムの構造を示している。

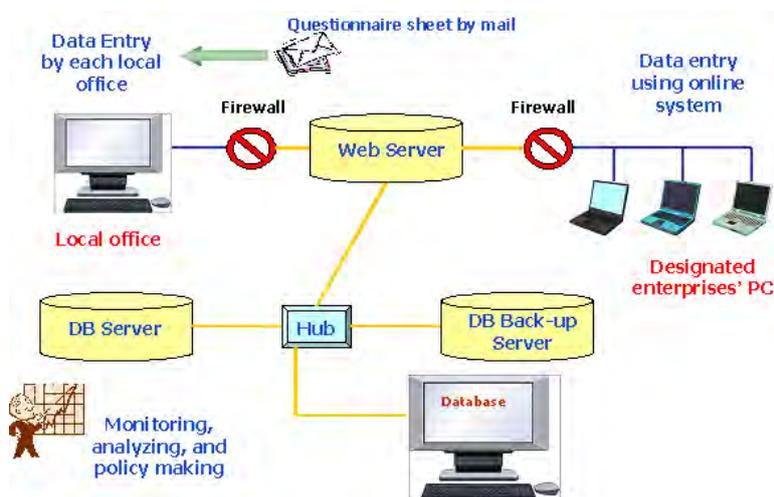


図 4-1 オンラインデータ収集システムの構造

また、データ収集システム構築に加えて、他省庁や関係機関との協調も重要である。現在、エネルギー鉱業省は他省庁や関係機関よりエネルギーデータを手に入れているが、法による強制力はない。経済データやエネルギーデータはエネルギー鉱業省だけでなく、他省庁や関係機関にとっても現状分析や将来計画を立案するのに非常に役に立つ。このようなデータはラオス国にとって財産であり、データを共有することはラオス国の発展にもつながる。

4.4 エネルギーデータベース

4.4.1 ラオスにおけるエネルギーデータベースの現状

ラオスにはエネルギーに関連したデータベースが既にいくつか存在するが、それらは特定の目的で開発されたものであり、提供されるデータ項目・範囲も限定されている。このため、とりわけエネルギー政策策定や計画立案に資するという観点から、総合的なエネルギーデータベースの開発が、求められている。現在、エネルギー使用については、Electricite du Laos (EdL) により進められている「デマンドサイド/省エネ (DSM/EE) Project」の一環として、「Dynamic Energy Use Database」が公開されている。現在、用意されているデータは公共部門の電力使用データのみであるが、今後、他のセクターにも拡大される予定である。社会経済や人口統計については、Lao Statistics Bureau (LSB) が「LaoInfo」や「Lao Expenditure and Consumption Survey (LECS)」等の統計等を整備し、CD ないし印刷物の形態で公表している。

4.4.2 結論と今後の検討課題

本調査では、(1) データ取出機能、(2) データ視覚化機能、及び(3) 簡易型エネルギー需給シミュレータ機能を備えた総合的エネルギーデータベースである「ラオ・エネルギーデータベース」を提案した。(3)は、本調査で開発したラオスのエネルギーモデル (IEEJ モデル) に基づくものである (図 4-2 参照)。

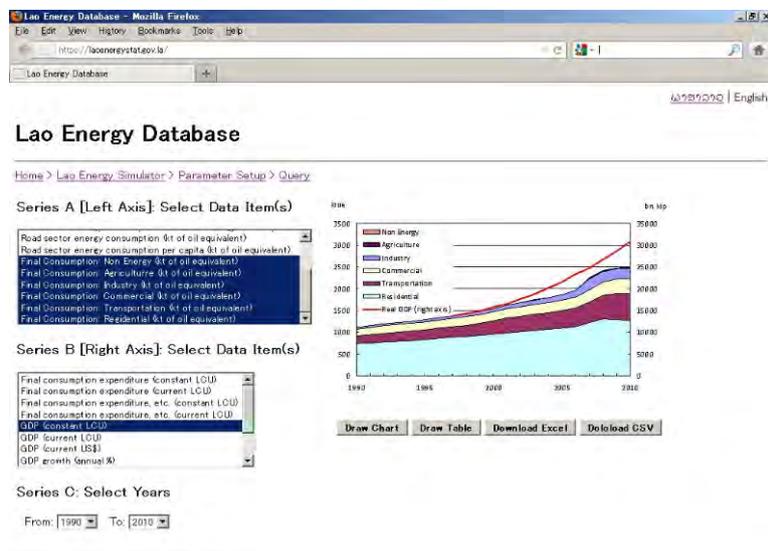


図 4-2 ラオ・エネルギーデータベースのユーザーインターフェース (例)

今後は、オンラインデータ収集システムの構築とともに、データベースシステムの物理設計に進み、2014 年頃にはプロトタイプの内部的試用運転を開始し、2020 年頃のオンライン本格運用開始を目指す。また、システム全体を効果的かつ円滑に運用するためには、関連省庁・機関の共同、ハード面、ソフト面におけるキャパビルが不可欠となる (図 4-3 参照)。

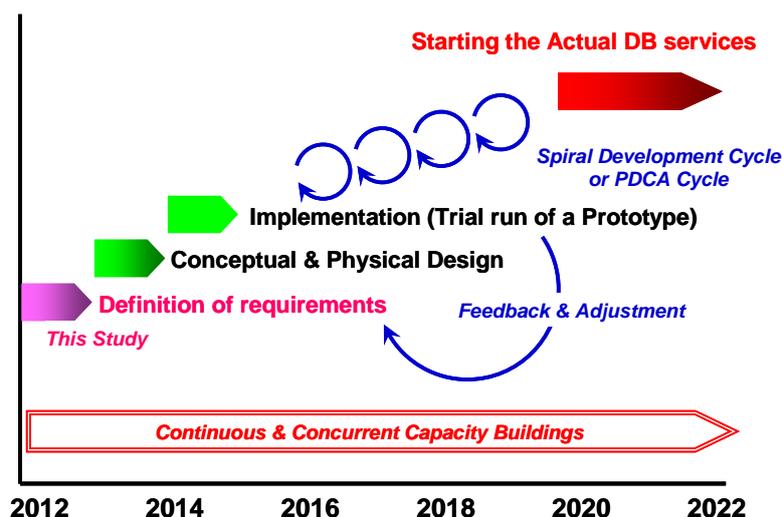


図 4-3 ラオ・エネルギーデータベースのロードマップ

4.5 実行計画

表 4-1 はデータ収集システムの実行計画を示している。計画投資省が統計法を改定して、統計法の第 8 条にエネルギー統計を加える。エネルギー鉱業省は商工省の工場リストを基にエネルギー消費の提出を求める指定工場を選定し、エネルギー消費定期報告書の書式を作成する。また、エネルギー鉱業省はエネルギーデータを整理する組織を省内、または外部組織に設立し、スタッフの教育を行う。中期的には、オンラインシステムとデータベースシステムを併用したデータ収集システムを外注により構築する。

表 4-1 データ収集システムの実行計画

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Organization
Revise Statistics Law	■										MPI
Choose designated factories	■										MEM, MIC
Prepare periodical report	■										MEM
Establish organization for data handling	■										MEM or Outsourcing
Train staff on the matters of energy statistics		■									MEM
Start data collection			→								MEM or Outsourcing
Build online data collection system						■					Outsourcing
Provide ID and password							■				MEM
Build database system						■					Outsourcing
Link online system with database							■				Outsourcing
Start data collection using online								→			MEM

5. エネルギー需給予測

5.1 本調査の目的と研究概要

5.1.1 エネルギー需給モデルの開発

ラオス全体を対象とした全エネルギーに関する需要予測を行うための計量モデルについて、IEEJ が独自に開発を行った。予測期間は 2025 年までで、実績及び予測結果は IEA のエネルギーバランス表に従うものとした。需要予測結果については、感度分析を実施し、GDP に対するエネルギー需要の弾力性の計測、さらには過去の周辺諸国（タイ・ベトナム）のエネルギー需要の比較分析、さらには、EdL が策定している電力開発計画（PDP）の需要想定との比較検証を実施した。また、供給セクターの分析結果をもとに、各種の供給シナリオを設定し、エネルギー需給バランスの検討を行った。最後に、今回開発したエネルギー需要予測モデルは、計量ソフト、開発したモデル、使用した時系列データ、運用マニュアル等については、DEPP の C/P のモデル担当者に譲渡を行ったが、同時に、2 回（1 回目：2 日 6 時間、2 回目：1 日 6 時間）にわたる OJT の指導を通じて、技術移転を実施した。

5.1.2 エネルギー需要予測の手法とラオスの現状について

需要予測の方法には、大きく分けて、積み上げ方式による予測（bottom-up approach）とトップ・ダウンによる予測（econometric approach）がある。各々、特徴（長所と欠点）があり、目的に応じて使い分けるのが一般的である。一般的には、5 年未満の需要想定では、ボトムアップの手法が、10 年を超える長期の見通しでは計量的手法が適していると言える。両者の方式を、(1)短期か中長期か、(2)実務的か戦略的か（Comprehensive Strategy oriented or Practical and Business oriented）、(3)特定エネルギーかエネルギー全般かという軸で整理したのが、図 5-1 である。

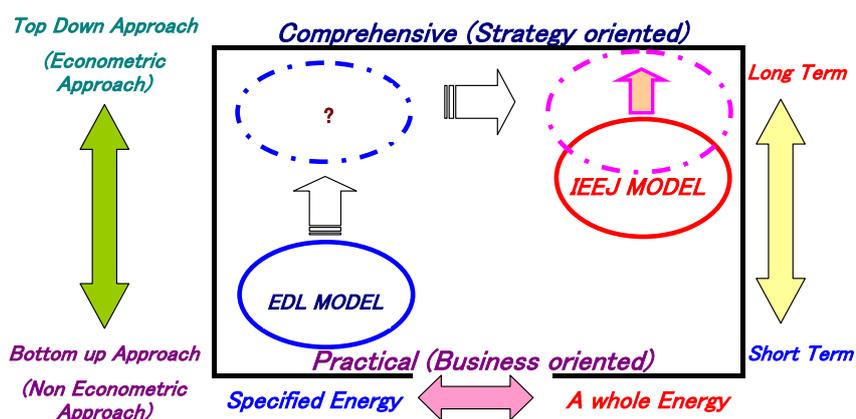


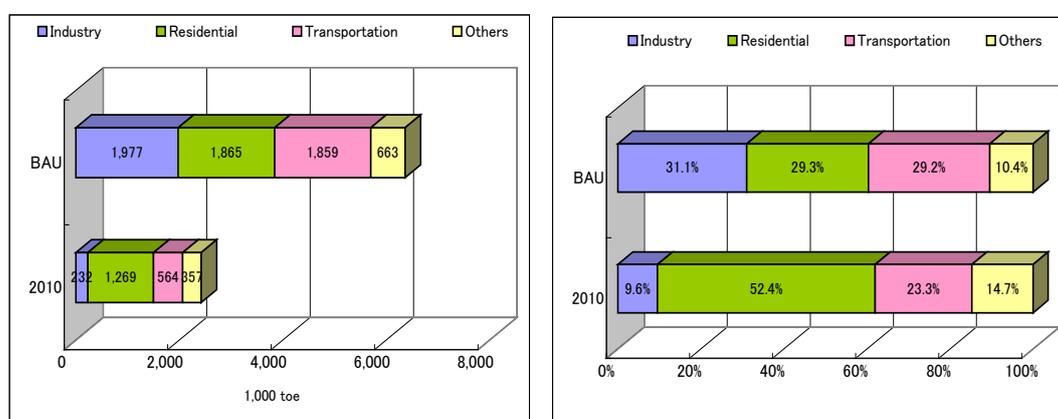
図 5-1 需要予測の手法

ラオスには、計量的な手法を用いた、全エネルギーを対象とする中長期的な予測は未だ存在しない。現状、EdL が作成する電力開発計画（PDP）において需要想定（ボトムアップアプローチ）があるだけである。

5.2 IEEJ モデルを利用した予測結果について

5.2.1 2025 年における需要見通し (BAU)

エネルギー需要予測の前提となるマクロ経済等の前提条件は、第 7 次社会経済発展計画 (5 カ年計画) の主要指標を参考に設定した。ちなみに、GDP 成長率 (2011 年~2025 年) は平均で 7.1%、インフレ率は平均で 6%、為替レートは名目で平均 8,000kips/US\$ を前提としている。これらの条件に基づいて予測された需要見通しを BAU (Business As Usual) とした。2010 年のエネルギー需要量 2,422Mtoe から、2025 年には 2.6 倍の 6,364Mtoe となる。2010 年には、家庭部門が全体の 52.4% を占めていたが、2025 年には大幅に減少するのに対し、逆に、産業部門は大幅に増加して、家庭・産業・輸送部門の構成比はほぼ同等になる見通しである (図 5-2 を参照)。



(部門別エネルギー需要量)

(部門別構成比)

図 5-2 エネルギー需要構造の変化 (2010 年と 2025 年)

5.2.2 感度分析

(1) 感度分析と周辺諸国との比較

IEEJ モデルを利用して、BAU の需要に対する GDP の平均成長率 7% に対して、+2% 高い 9.1%、あるいは-2% 低い 5.1% であるケースを設定し、需要量の変化を検討した。+2% の場合は 7,980Mtoe、-2% の場合は 5,110Mtoe となった。一方、2011 年から 2025 年のラオスにおけるエネルギー需要増加の推移を、過去におけるタイ及びベトナムの実績と比較すると、タイと比較して約 30 年(1990 年代半ば)、ベトナムと比較して、約 10 年の遅れをとまなないながら、同じような成長の軌跡をたどっていることが分かった。

(2) PDP の需要見通しとの比較

IEEJ モデルを利用して、PDP における 2020 年の電力需要と同レベルを達成するには等しい GDP の成長率は 15 年平均で 10% 以上が必要と試算される。しかし、この経済成長の規模が 15 年間にわたり持続可能であるかは疑問が残る。

5.3 供給シナリオに基づくエネルギー需給バランスの比較

5.3.1 供給シナリオの設定

表 5-1 に示すように、各供給シナリオは、J、A、B、C の 4 つに対して、需要は BAU をシナリオ 1 として、共通の基準として設定すると、ケース J-1、ケース A-1、ケース B-1、ケース C-1 の 4 つの需給バランスのケースが得られる。供給シナリオ J は、内需を自国のエネルギー資源の生産で充足させ、その過不足を輸出入で調整する。電力についても、石油・石炭などの化石燃料についてもこの手法がとられる。再生可能エネルギーについては、一定程度の輸送用燃料へのバイオ燃料の導入を除いては、経済性や実現性を考慮して、ミニマムに設定した。

一方、電力については、輸出戦略（PDP の計画）が前提であり、国内需要への供給はあくまでも余剰分であり、供給シナリオ A に相当する。再生可能エネルギーは供給シナリオ J と同等とした。供給シナリオ B も、電力については、供給シナリオ A にしたがっている。相違は、再生可能エネルギーの導入量を REDS に沿って進めるシナリオが加えられるだけであるが、国内電力需要に対する、再生可能エネルギー（小水力・太陽光・風力）の電力供給比率が高くなる。供給シナリオ C は、供給シナリオ A に示された電力計画（PDP）のうち、メコン川本流の水力発電所などの現実性の低い発電能力（輸出）をカットしたものであり、供給シナリオ J と供給シナリオ A の中間的なケースである。一方、再生可能エネルギーの電力（小水力）については、経済性には若干問題が残るものの、環境保護や大水力への過度な依存の抑制などの観点から、可能な範囲で促進することを想定した。

表 5-1 エネルギー需給バランスに関するケース比較

Supply / Demand		J	A	B	C
		Domestic Demand Driven Strategy	PDP Supply Planning*	PDP + REDS Supply Planning	IEEJ Supply Planning
		(Nothing like export strategy)	(only Export Strategy for Power)	(Export Strategy for Power and RE strategy)	(Best mix for Export Strategy and D.Domestic Driven Strategy)
1	BAU (AAGR of GDP 7.1%)	CASE J-1 (BASE)	CASE A-1	CASE B-1	CASE C-1
Supply Conditions					
RE	Small Hydro	5% of Domestic Elec. Demand	⇒	based on REDS	10% of Domestic Elec. Demand
	Biofuel	E10 (Gasoline with 10% ethanol)	⇒	based on REDS	E10 (Gasoline with 10% ethanol)
		B10 (Diesel fuel with 10% BDF)			B10 (Diesel fuel with 10% BDF)
The others	None	⇒	based on REDS	None	
Coal	Coal fired Power station	Only Hongsa	PDP (2 coal fired Plants)	⇒	⇒
Hydro	Hydro power generation	D.Demand Driven Strategy	based on PDP	⇒	IEEJ projection (Review of PDP)

5.3.2 エネルギー需給バランスの比較検討

2025 年の需給バランスを検討した結果、CASE C-1 が最も望ましい。何故なら、CASE C-1 は、現行の電源計画（PDP）に対応する CASE A-1、再生可能エネルギー開発計画（REDS）に対応する CASE B-1 と比較して、安定供給・経済性・環境対策の点からバランスが良いと考えられる。このケースの政策的意味（インプリケーション）は、以下の通りである。

- (a) 電力需要については、内需と輸出のアンバランスをある程度の範囲内にとどめる。より精度の高い需要想定（輸出及び内需）に基づいて、発電設備が過剰とならないように対策を講じる
- (b) 安定供給を高めるには、石炭火力の増強と再生可能エネルギーである小水力の推進に努める。小水力は、環境破壊の防止や、国内資源の効率的利用の点で好ましい
- (c) 小水力を除く再生可能電力については、経済性などの観点から慎重に対応する
- (d) 石炭利用の拡大は、石炭の可採埋蔵量に依存するので、探査・探鉱を進める
- (e) 増大する石油製品需要の増加に対しては、輸入依存の低減（外貨の節約）の観点から、経済性・品質の維持を図れる範囲でバイオ燃料の導入を図る

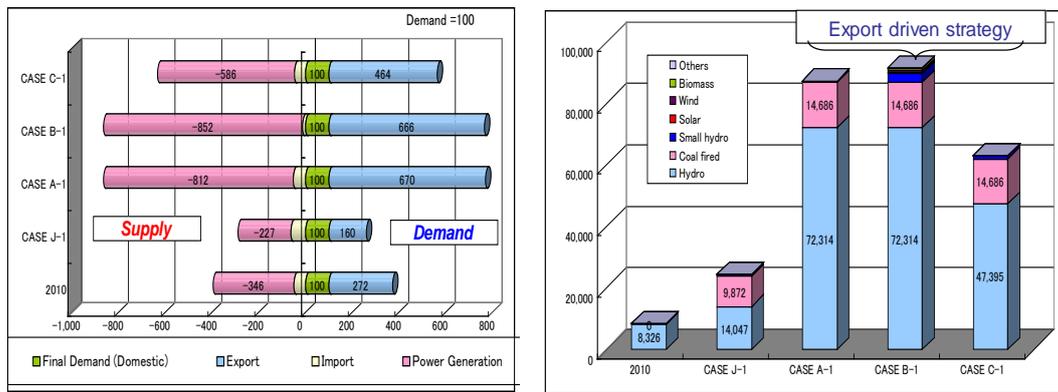


図 5-3 電力の需給バランス及び電源別発電量の比較（2025 年）

<添付資料：IEEJ モデルによるシミュレーション結果>

表 5-2 エネルギー需給バランス（2025 年：ケース C - 1）

(1,000 toe)

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	21																									
			CL								BD		FC			HD		PV		WP		OT		EL		TL																				
			Coal	Petroleum Products	Gasoline	Jet Fuel	Diesel Oil	Heavy Oil	Other Petroleum Products	LPG	Biodiesel	Bioethanol	FuelWood & Charcoal	FuelWood	Charcoal	Hydro	Photovoltaic	Wind Power	Others (Renewables)	Electricity																										
1	DP	Domestic Production	4,259.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	127.1	27.5	2,726.5	2,726.5	0.0	4,075.5	0.0	0.0	92.7							11,308.6																					
2	IM	Import	905.3	1,878.0	265.2	312.6	1,253.3	26.0	17.5	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0											441.0																					
3	PR	Total Primary Energy Supply	5,164.6	1,878.0	265.2	312.6	1,253.3	26.0	17.5	3.4	127.1	27.5	2,726.5	2,726.5	0.0	4,075.5	0.0	0.0	92.7	441.0					14,532.9																					
4	EX	Export	-239.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0											-4,297.4																					
5	PD	Domestic Primary Energy Supply	4,925.0	1,878.0	265.2	312.6	1,253.3	26.0	17.5	3.4	127.1	27.5	2,726.5	2,726.5	0.0	4,075.5	0.0	0.0	92.7	-3,856.5					9,995.9																					
6	PU	Power Generation (EDL)	-3,607.6	-0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-4,075.5	0.0	0.0	-92.7	5,430.9					-2,344.9																					
7	OT	Others (transformation)																					-493.2	-772.1	278.9																					-493.2
8	OU	Own Use & Losses																																									-627.8	-627.8		
9	SD	Statistical Difference	-49.3	-97.3	-18.1	0.0	-79.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0											-19.2																					
10	FD	Total Final Energy Demand	1,268.2	1,760.7	247.1	312.6	1,174.2	26.0	17.5	3.4	127.1	27.5	2,233.3	1,954.4	278.9									927.5																						
11	IN	Industry	1,268.2	26.4	0.0	0.0	0.0	26.0	0.0	0.4	0.0	0.0	174.1	174.1	0.0									508.5																						
12	AF	Agriculture & Forestry	0.0	29.9	0.0	0.0	29.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0									4.8																						
13	HS	Residential	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	1,637.7	1,476.5	161.2									226.3																						
14	CM	Commercial	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	421.5	303.8	117.8									187.9																						
15	TN	Transport	0.0	1,704.0	247.1	312.6	1,144.2	0.0	0.0	0.0	127.1	27.5	0.0	0.0	0.0									0.0																						
16	NE	Non Energy	0.0	17.5	0.0	0.0	0.0	0.0	17.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0											17.5																					

6. 投資計画

6.1 エネルギー投資計画

収集されたデータ及び情報から、投資計画に係るケース・スタディの対象を、表 6-1 に示す 6 つのプロジェクトにバイオ燃料 (BDF) を加えた 7 つのプロジェクトとした。本ケース・スタディの狙いは、今後のプロジェクトの可能性を検討することである。前提条件については、既存のデータ及び情報から試算されたものであり、FS 実施段階においては、再度前提条件をチェックする必要がある。

表 6-1 投資対象プロジェクト

Category	Reference of Investment Plan	Unit Cost of Initial Cost US\$/kW, US\$/MM/MW	Plant Factor	Operating Cost Ratio (%) vs Initial Cost ※1	Capacity	Initial Cost
Conventional Energy	Coal Thermal Power Plant	US\$2,000/kW	75%	5%	600MW	US\$1,200,000,000
Renewable Energy	Small Hydro Power Plant	US\$2,500/kW	75%	1%	10MW	US\$25,000,000
	Mega Solar Power Plant	US\$2,500-3,000/kW	20%	1%	1MW	US\$2,500,000
	Wind Power Plant	US\$1,500/kW	20%	2%	1MW	US\$1,500,000
	Small Wind Power Plant	US\$5,000/kW	60%	2%	4kW	US\$20,000
	Biogas Power Plant	US\$3,200/kW	70%	5%	20kW (500m3 ※2)	US\$64,000

※1 Operation & Maintenance including Replacement
 ※2 Biogas Production Unit Size

出所：JICA Study Team

6.2 ケース・スタディ

表 6-1 に示した 6 つのプロジェクトでは、発電した電力を全て EdL に売電することを前提にしており、以下の条件の下で分析を行っている。

- (a) 売電価格：US \$ 7.00/kWh
- (b) 割引率：10%
- (c) 計算期間：15 年
- (d) 資金調達：100% 市中銀行からの借り入れ
- (e) 金利：12%
- (f) 法人税：10%
- (g) インフレーション：考慮していない

また、バイオ燃料 (BDF) については、製造した BDF を、軽油と BDF をブレンドし B10 等を製造する企業に販売することを前提にしており、条件は以下のとおりである。

- (a) 建設コスト：US\$3,600/kL
- (b) 稼働率：82%
- (c) O&M コスト：16%

(d) BDF 製造量：2,600kL/年

上記の前提条件でプロジェクトの経済分析を行ったところ、どのプロジェクトも経済性は見られなかった。表 6-2 は 6 つのプロジェクトの損益分岐点を示している。石炭火力発電を例にして説明すると、売電料金を US¢ 7.00/kWh にすると kW あたりの初期投資額は US\$1,853 にしなくてはプロジェクトが経済的に成り立たない。差額の US\$147/kW (2,000 - 1,853 = 147) は補助金で補う必要がある。補助金がない場合、売電料金は US¢ 7.556/kWh にしないと経済的に成り立たない。

表 6-2 損益分岐点分析

Projects	Tariff & Cost	Baseline	Base Tariff		Base Cost	
		US¢ 7.00/kWh	US¢ 7.00/kWh			
		No Subsidy	Cost (NPV=0)	vs. Base	Tariff (NPV=0)	vs. Base
1 Coal Thermal Power Plant		US\$ 2,000 /kW	US\$ 1,853.00 /kW	92.7%	US¢ 7.556 /kWh	107.9%
2 Small Hydro Power Plant		US\$ 2,500 /kW	US\$ 2,209.00 /kW	88.4%	US¢ 7.922 /kWh	113.2%
3 Mega Solar Power Plant		US\$ 2,500 /kW	US\$ 589.00 /kW	23.6%	US¢ 29.708 /kWh	424.4%
4 Wind Power Plant		US\$ 1,500 /kW	US\$ 562.05 /kW	37.5%	US¢ 18.681 /kWh	266.9%
5 Small Wind Power Plant		US\$ 5,000 /kW	US\$ 1,686.00 /kW	33.7%	US¢ 20.756 /kWh	296.5%
6 Biogas Power Plant		US\$ 3,200 /kW	US\$ 2,177.00 /kW	68.0%	US¢ 11.140 /kWh	159.1%

*1

*2

*1 : How much is the earning power by projects ?

*2 : How much increase the Tariff to viability ?

出所：JICA Study Team

一方、バイオ燃料（BDF）の場合、販売価格を US¢ 90/L とすると、kL あたりの初期投資額は US\$2,513 にしなくてはプロジェクトが経済的に成り立たない。差額の US\$1,087/kL (3,600 - 2,513 = 1,087) は補助金で補う必要がある。補助金がない場合、販売価格は US¢ 129/L にしないと経済的に成り立たない。

6.3 結論と今後の検討課題

7つのプロジェクトの内、石炭火力発電、小水力発電、バイオ燃料は、一定の条件を満たせば有望なプロジェクトになり得るものと言える。これらのプロジェクトを促進させるための解決方法としては、政府による特別融資、固定価格買取制度、初期投資への補助金、日本の有償資金・無償資金の利用が考えられる。日本の固定価格買取制度は 2012 年 7 月に始まった。固定価格は US¢ 50/kWh で、家庭用電力料金 US¢ 35/kWh の 1.4 倍である。特に考慮すべきことは、ラオスの再生可能エネルギー促進によって引き起こされる経済的な影響を避ける必要がある。ひとつは、基本的な設定料金（例えば US¢ 7.00/kWh）を保つためには、投資者に対してどの程度の補助金が必要かを明らかにすること。二つ目は、補助金がなかった場合の電気料金の国民負担である。ただし、補助金がある場合でも、補助金の原資は税金であるため国民負担という意味では変わらない。

7. 結論

7.1 2025年の需給バランスを考える際の留意事項

急速に拡大する国内の電力需要と、不安定な世界経済に依存する外需（輸出）を想定するならば、ラオス一国の自立性と緊急時への対応の柔軟性を高めることは軽視すべきでなく、以下の3点については十分留意すべきと考える。

(1) EdL-Genの発電能力の増強（IPPに100%依存しない体制）

将来においては、輸出（新增設）をすべてIPPに依存していくのではなく、EdL-Genの発電能力の増強により、輸出と国内供給のバランスが十分可能な体制が必要であることが重要である。なぜなら、輸出IPPのうち発電量の10%程度を国内に供給できるという契約形態はその1つの方策であるが、エネルギー安全保障の観点からは、少なくない輸出IPPが何らかの理由で実行されないリスクは決して低くないと判断するからである。

(2) 電力輸出と国内への供給電力の比率の適正化

国外需要（輸出）が好調である場合は問題ない。しかし、昨今の世界経済の不安定化を鑑みるならば、急激な外需の低下があった場合、成長する国内需要に代替を求めただけでは十分でなくなるからである。この結果、巨大な過剰能力を抱えることが想定される。従って、一般的には、輸出と内需向け供給の比率は適正な範囲にあることが望ましいと考えるからである。

(3) 電源の多様化・分散化

輸出用にしろ、国内用にしろ、特定需要家向けにしろ、ラオス政府（国家）主権下にある発電所である限り、中長期的にはすべてラオス政府に帰属することになる。従って、国内資源の有効利用という観点からは、水力であれ再生可能であれ、石炭火力であれ、電源の多様化・分散化はエネルギー政策のフレキシビリティを高めることに寄与するからである。

その他に、域内での相互信頼と相互依存の強化を踏まえ、将来のGMSレベルでのエネルギー補完、バッテリーとしてのラオスの役割も重要である。同時に、「エネルギーにおける最小限の自立性の確保」も何より優先されてしかるべき事項であると考えている。

7.2 DEPPに期待される役割について

今後、エネルギーマスタープランの策定をはじめ、エネルギー計画・政策検討では、MEMのDEPP（エネルギー政策・計画局）がその中心的な役割を果たすことになる。今後、DEPPに求められる役割と機能について、以下に示すこととしたい。

7.2.1 電力

(1) National PDPによる電力政策の一元化

電力法第 10 条は、MEM が国全体の電力開発計画（PDP）を監理・監督することを定めている。このため、ラオス国のエネルギー政策として国内エネルギー資源の最適な開発を実現するためには、輸出向けと国内向けを合わせた全体の電源開発、電力系統整備計画、ラオス国全体の、いわゆる「National PDP」を策定する。

(2) MEM の審査・監督機能の強化

現在 EdL が策定している PDP は、国内需要に対応する発電所、送電線を計画しているものであり、国全体の電源開発・電力系統整備の一部のみを対象としているに過ぎない。また、輸出向け電源は IPP として MEM とデベロッパーがプロジェクト毎に協議を行っている。ラオス国の電力は、輸出向け電源の開発規模が大きいこと、ならびに電力系統は GMS グリッド計画の一部となる特徴をもっている。従って、EdL 電源開発計画に対する MEM の審査・監督機能を強化し、国家計画と整合した最適な PDP の策定を目指すべきである。MEM の審査・監督機能を強化するため、MEM の人材育成や組織機能の強化を検討する。

7.2.2 石油製品（LPG を含む）・バイオ燃料

(1) 石油製品のロジスティクス管理一元化

石油製品の輸入及び国内流通の管理を MEM へ一元化し、このための組織を MEM 内に新設する。Lao Fuel & Gas Association や Lao State Fuel Company が代行してきた機能を吸収するとともに、バイオ燃料については、ガソリン・軽油に一部混合して使用するため、石油製品の流通システムの中で一元管理する。

(2) 石油関連統計の整備

石油販売業者（輸入会社を含む）の石油製品に関する出荷統計（輸入・在庫・出荷）の定期的な提出を義務づける。原則として、認可された石油販売業者の全数調査とし、罰則規定など統計の提出については、強制力を有する「石油統計法」を制定する。これらは、将来、実施が想定されるバイオ燃料の混合量の管理や品質検査、あるいは製品備蓄時の数量管理に必要な措置である。

(3) 輸入価格の把握と小売価格のモニタリング

税関と協力して、個別の輸入業者により輸入された石油製品の価格の把握を行う。また中央銀行、MPI と協力して、小売価格のモニタリングを実施する。これは、将来、実施が想定されるバイオ燃料の混合時の脱税防止や、石油製品の備蓄・放出時の適正な在庫評価に必要な措置である。

7.2.3 石炭

石炭関連は DEPP ではなく、鉱山局の管轄であるが、DEPP との連携が重要となるので、ここに記載することとした。

(1) 国内における需給バランスの一元管理

- (a) 鉱山局内の石炭管轄部署の組織強化を行う。まず、石炭の需給統計（生産・輸出・輸入・消費）を整備し、石炭需給の一元的な管理を行う。国内の炭鉱・主要な需要家については、定期的に生産・輸入・消費などの報告を義務づけるものとする

(b) 企業に付与されている石炭鉱区については、各企業に対し、探査の実施状況や探査結果の報告の提出を定期的に求め、埋蔵量や性状に関するデータの整理を行う

(2) 石炭調査の推進

鉱山局は、地質局（現在は **Ministry of Natural Resource and Environment** の傘下）と連携して、全国的かつ本格的な（表層部にとどまらず深部も）石炭探査を実施する。

(3) 人材育成

石炭探査や石炭開発技術を養成するための機関を鉱山局に付置する。また、海外の探査技術、開発技術の導入を行う。

7.2.4 エネルギー統計・データベース及び需給予測

エネルギー計画策定にあたっては、正確なエネルギー需要のデータの確保と、これに基づく、データの解析やエネルギーの需給予測が重要な課題となる。そのためには、DEPPが取り組むべき課題は次のようになる。

- (a) 多省庁間に渡る様々なデータの共有化・共通化を目指して、省庁間の連絡調整会議を設置してコンセンサスを図る
- (b) 実際にデータベースのプロトタイプを構築し、関係者に、具体的にその価値と有効性を認識させる。本格的なデータベースの実現に向けたロードマップを作成する
- (c) こうして収集されたデータの解析を行い、エネルギー需給予測を行う体制を確立する

本調査において、データベースのプロトタイプ構築に向けた概念設計や今後の実施に関するロードマップを明らかにした。またエネルギー需給予測については、本調査で開発した IEEJ モデルの技術移転を実施した。以下には、各種統計の整備やデータベース構築に関する留意点を示す。

(1) エネルギー生産者統計の整備

- (a) 石油統計法、石炭統計法を新たに制定し、原則として、全事業者（生産者・輸入者）を対象に、生産・輸入・出荷（消費）などの生産者(輸入者)統計の整備を行う
- (b) 既に、確立している電力統計（MEM・EdL）とあわせて、エネルギー生産者統計（電力・石油・石炭）の整備を行う
- (c) 上記、石油・石炭・電力に関するエネルギー生産者統計を、統計法第8条に追加記載し、管理責任はMEMとし、統計データの集約を速やかに実施できる体制を整備する

(2) エネルギー消費者統計の整備

- (a) 商工省と協力をし、商工省が、毎年、実施する全工場を対象とした調査（生産計画、生産量、価格等について）にエネルギー消費の記載を追加して消費量を把握する
- (b) サンプル調査やインタビューを基に推計を行い、家庭部門・商業ビルなどのエネルギー消費量を把握する

(3) 省エネ法の整備

日本の省エネ法に相当する法律を制定し、ある一定規模の工場、ビルなどに対するエネルギー消費実態の定期的な報告の実施を義務づけることが、最終的な目標であると考え。但し、現状では、時期尚早と考えられるため、上記(1)及び(2)の整備に傾注する。

(4) データベースの制度構築に向けたワークフロー

調査において、データ分析に向けた業務分析を終えた。本調査に続いては、詳細設計に向けてエネルギーデータベースシステムの利用者かつ運営・管理者となる MEM 側と JICA との間で意見交換を行いつつ、具体的仕様等を決定して行く必要がある。また、これと並行してデータ収集、処理等についてのキャパシティー・ビルディングを行うことで、エネルギーデータベースシステムの本格稼動を円滑に行うことが可能となる。

(5) エネルギーデータベースのプロトタイプを開発

一方、エネルギーデータベースのプロトタイプを開発し、およそ2年後を目処に、内部的な試験運用を開始する。この試験運用により、データ収集（当初は質問票方式で運用）からデータチェック、データ蓄積、処理等の一連の流れに沿ってシステムを動かして問題点を洗い出しこれを設計に反映させる、いわゆる「スパイラルモデル」のサイクルに従ってシステム開発を行う。

7.3 今後の協力の可能性提言

本調査の結果に基づき、今後の協力可能性については、次の2つのカテゴリリーが考えられる。すなわち、7.2で述べたように、DEPP・MEMの役割・機能を強化のうち、個別に、技術支援（T/A、能力開発支援を含む）を実施することが効果的な課題と、エネルギーマスタープラン（M/P）において、包括的に取り扱うべき課題である。

7.3.1 技術協力（能力開発支援を含む）

(1) 需給予測スキルの向上について

本調査において開発した IEEJ モデルは、少なくとも2年ごとには、モデルのメンテナンスが必要となる。時系列データの整備と更新、需要の推計式の再推計、推定精度をあげるための統計的手法の向上、モデルの構想式の入れ替え、及びシュミレーションテストによる説明力の向上などが必要で、モデリングやシミュレーションを行うものの能力向上が常に求められている。今回は、C/P に対し、OJT で短期間に、技術移転を行ったが、本調査終了後は、少なくとも2、3年一度に、専門家のフォローアップが必要である。

(2) 石炭の地質・探査調査と能力開発支援

非鉄金属の調査が進んでいるのに対し、石炭資源の調査は、資金の制約や関連技術者を有する技術者の不足もあって、殆ど進捗していないのが現状である。7.2で述べたように、既に外国ドナーの協力によって整備が進んでいる地質調査を十分に利用しながら、石炭資源の調査を効率的に実施する必要があると考える。特に、調査に伴い派遣される専門家・技術者により、ラオス側の技術者の能力開発支援も合わせて実施する（OJT）が好ましい。

(3) データベースの開発及び技術支援

統計・データの収集並びにデータベースの構築は、いかなるエネルギー計画や政策の策定においても、必要かつ優先度の高い課題であることは前述した通りである。しかしながら、データベースの構築は、統計・データ収集の体制が完成してから行われることが、一般的なこともあり、関係する省庁間、あるいは中央と地方間の連携・認識上の齟齬により、中々進まない場合が多いのも事実である。従って、前述したように、ある程度の分野に的を絞ったプロトタイプ構築をまず行い、それを元にして、関係機関の認識の共有を高め、本格的なデータベースの構築への関心を高め、協力体制をより円滑に行うことが可能な場合もあると考えられる。以上のことから、データベース構築に関する技術支援は、独立した1個のPJとして可及的速やかに実施することが、より効果的と思われる。

7.3.2 マスタープラン (M/P)

ラオスで大きな比重を占める電力については、実務的なレベルでは、一定の政策とその方向性は明らかになっている。しかし、エネルギー全般から見た電力計画の位置づけや、5カ年計画（社会経済発展計画）のようなマクロ経済レベルでの整合性になると、曖昧であり、全体としてはバラバラな印象を受ける。今後は、経済成長が本格化するにつれ、国全体としての整合性ある計画と効果的な投資の実行なくしては、その成果は十分に得ることが難しくなるであろう。まさに、国全体のエネルギー計画（エネルギーマスタープラン）を考える時期に来ているのではないかと判断する。議論すべき項目は、多岐にわたるが、参考までに、主要な課題のリストアップを行った。

(1) 長期の経済指標及び社会インフラ整備の目標値設定（5カ年計画との整合性確保）

- (a) 輸出戦略（電力・非鉄金属・その他における生産量・輸出量及び外貨収入目標）
- (b) 社会インフラ整備（地方農村地域の電化・都市部での住宅政策・交通計画等）
- (c) 物流インフラ整備（道路・鉄道・パイプライン及びGMS域内のネットワーク）
- (d) 各セクターへの投資計画
- (e) 財政・金融・為替等の政策

(2) エネルギー需要の長期予測

- (a) エネルギー需要モデルの開発とその運用
- (b) 全エネルギーにおける各部門の長期需要見通し（2035年）
- (c) 省エネルギー・ライフスタイル・公共輸送のモーダルシフトの分析と政策シナリオ

(3) エネルギー供給の長期計画

- (a) 電源開発計画及び電力政策（国家PDP）
- (b) 石油備蓄・石油流通システム・輸入政策
- (c) 石炭の探査・開発計画
- (d) 再生可能エネルギーの開発戦略（現行のREDSの見直し）

(4) エネルギー投資計画（投資額・投資効率・調達財源）

- (a) 電源開発及び系統整備に関わる投資計画

(b) 石油備蓄・石油物流システム整備に関わる投資計画

(c) 石炭探査・開発計画に関わる投資計画

(5) 税制及び補助金政策

(a) 電力料金体系の整備

(b) 石油・石炭等の化石燃料への課税（環境税及び省エネ促進）及び価格政策

(c) 再生可能エネルギーへの補助金制度の整備

(6) エネルギー基本計画及び閣僚レベルの政策協議機関の設置

(a) エネルギー需給計画・投資計画の策定及び承認

(b) 政策協議機関における事務局の役割（エネルギー政策計画局（DEPP）、MEM）

(c) GMS における政策調整の必要性

(7) 海外の公的機関からの資金援助

(8) 海外からの技術協力・能力開発支援

7.4 最後に

本調査では、全エネルギーセクターをカバーする需要予測モデルを開発し、2025年におけるエネルギーの需要予測を行った。同時に、電力・石油・石炭・再生可能エネルギーなど、各供給セクターの分析結果をもとに、様々な供給シナリオを作成して、ラオスにおける将来設定し、あるべきエネルギー需給バランスの姿を示した。エネルギー投資については、再生可能エネルギーの一部ではあるが、投資採算性や政府の支援などの有り方について議論を行った。また、需要予測の前提となる統計データについては、統計の整備やデータベースの構築に関する今後の方針について提言を行った。このように、本調査は、エネルギーデータ収集の基礎調査が主たる目的ではあったが、ラオスの「国家エネルギー計画」（エネルギーマスタープラン）の雛形を提示することにより、今後のエネルギー政策における重点課題を抽出し、検討の方向性を示すことにもなった。しかし、調査期間は、約半年と極めて短かったこともあり、その内容については、色々な点で不十分であると言える。