

第 2 部 2025 年までのエネルギー需給見通し

第4章 長期エネルギー需給見通しの作成手順

第2部では、本調査のために構築したエネルギーデータベース、エネルギー需要予測モデル、エネルギー需給最適化モデルを用いてさまざまケーススタディを行い、異なる社会経済発展シナリオの下で予想されるエネルギー展望の違いとそのインプリケーション、エネルギー安定供給を実現するための各種のエネルギー政策の効果、環境への影響度などを検証し、国家エネルギーマスタープラン策定のための基礎的な分析を行う。¹⁴ 本章では、これらの分析を進めるにあたって、世界のエネルギー情勢、原油価格動向やベトナムの抱える課題などについての基本的な理解、分析ツールの構成、主要な前提条件、基本シナリオの設定やケーススタディの方向などについて説明する。

4.1 国際エネルギー情勢と政策課題

21世紀の始まりとともに世界のエネルギー需要が増加の歩を早める一方、石油の増産には翳りが見え始め、石油価格は7年間で3倍にも高騰した。また、エネルギー消費の増加にともなう地球温暖化問題はいまや世界的な関心事である。一人当たりエネルギー消費が先進国の1/10にも満たないベトナムでは、経済発展とともにエネルギー需要が大幅に増加することは確実である。また、エネルギーの純輸出国から純輸入国に転じるのは時間の問題で、世界市場の荒波を直接受けることにもなる。このように、少し長期的な視点から見れば、ベトナムは発展に欠くことの出来ないエネルギーを巡るさまざまな課題に直面している。

4.1.1 増大する世界のエネルギー需要と課題

世界の長期エネルギー需給見通しは不確実性に満ちている。世界経済は好調なアジアの発展に牽引されて堅調に推移しているが、十分なエネルギー供給の確保と環境保護を両立させつつ成長トレンドを将来も持続できるかどうかには、多くの疑問が提出されている。2007年のG8ハイリゲンダム・サミットではエネルギー・環境問題が精力的に議論されたけれども、未だその答えはおろか、国際的な共同行動が実現できるかどうかはまだ闇の中である。例えば、IEAは2006年版世界エネルギー見通しを次のような言葉で書き出している。

「現代世界はエネルギーにまつわる二つの脅威に直面している。すなわち、手の届く価格での安定した十分なエネルギーの供給確保は難しくなり、エネルギーの使いすぎによる環境破壊を惹起している。」

「化石燃料需要の増大を抑制し、燃料供給の地理的分散化や供給源の多様化を図り、気候変動を不安定化させるガスの排出量を緩和する必要性はかつてないほどの急務となっている。本年度版の『長期見通し』では、リファレンス・シナリオで強調したような新たな政府の政策が発動されなければ、化石燃料需要とその貿易、温室効果ガス排出量は、2030

¹⁴ 分析ツールの技術的側面については第4部に説明を纏めたので、必要に応じ参照されたい。

年に至るまで現在の持続不可能なパス（unsustainable current path）に沿って推移することを確認した。同時に、本年の見通しでは、代替政策シナリオ（Alternative Policy Scenario）の中で、世界の諸国が検討している政策や対応手段が総体として実現されれば、エネルギー需要や温室効果ガスの排出増加率を相当程度抑制することが可能であることを示した。

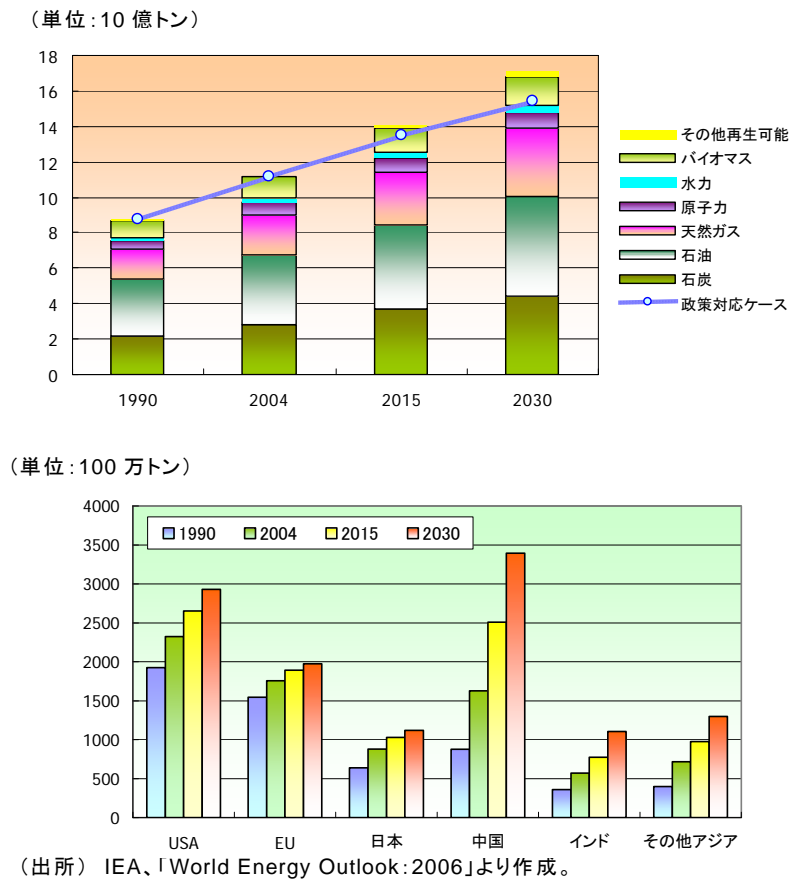


図 4.1-1 2006 年版 IEA 世界エネルギー需要見通し(基準ケース)

IEA の見通しによれば、世界のエネルギー消費はリファレンスケースで 2004 年の石油換算 112 億 toe (石油換算トン) から 2015 年には 141 億 toe へと 25%増加し、2030 年には 171 億 toe へと 53%増加する。しかしながら、省エネルギー推進などの対策をとることで、2015 年の消費は 135 億 toe に、2030 年の消費は 154 億 toe に抑制できると見込まれる。一方、リファレンスケースにおける地域別内訳を見ると、先進国の需要増加は微増するにとどまるのに対し、中国、インドやアジアの発展途上国のエネルギー消費は 2030 年には現在の 2 倍に増加すると見込まれている。しかしながら、IEA は報告書の中でこの「政府の新政策がなければ、リファレンスケースは持続可能ではない」と述べている。さらに、国民の生活環境をいささかでも改善したいと願う発展途上国は、このような状況にどのように対処すべきであろうか。

このような IEA 見通しのベースとなっている最近の動向をみると、世界経済の牽引車となったアジアでは、中国、インド、東南アジア諸国などでエネルギー需要が大幅に増加している。2000 年からの 5 年間に世界のエネルギー消費が 14%増加する間、アジアのエネルギー

ギー需要は 25%増加し、なかでも中国では 60%を超える増加を記録した。さらに、国産原油の増産が限界に達した中国の原油輸入は年を追うごとに増加し、2005 年には韓国を抜いて 1.27 億トンに達した。ベトナムのエネルギー消費も 1990 年代以降年平均 11%を超える大幅な増加を示し、最近では増加速度がむしろ加速している。ただし、エネルギー需要の絶対量は東アジアの中でわずか 0.9%を占めるに過ぎない。エネルギー問題はベトナムにとり大きな課題だが、同時に、世界の潮流の中で考えてゆくべきことが一目瞭然である。

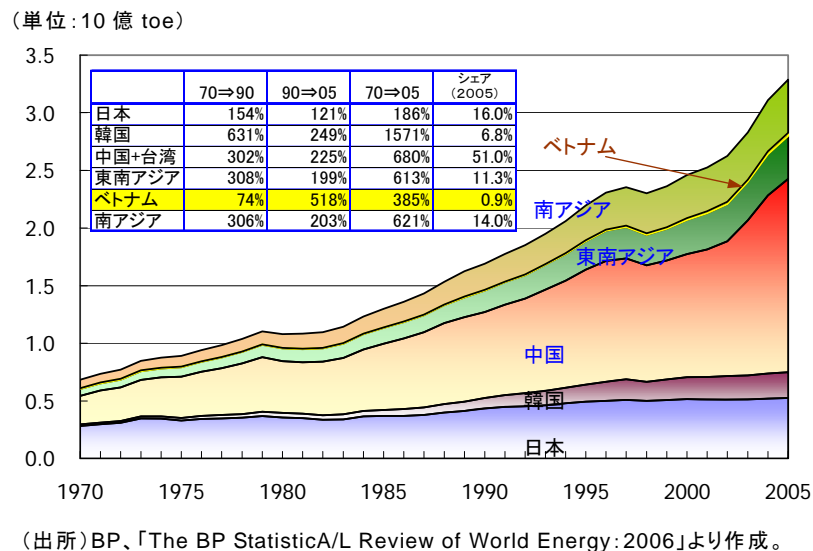


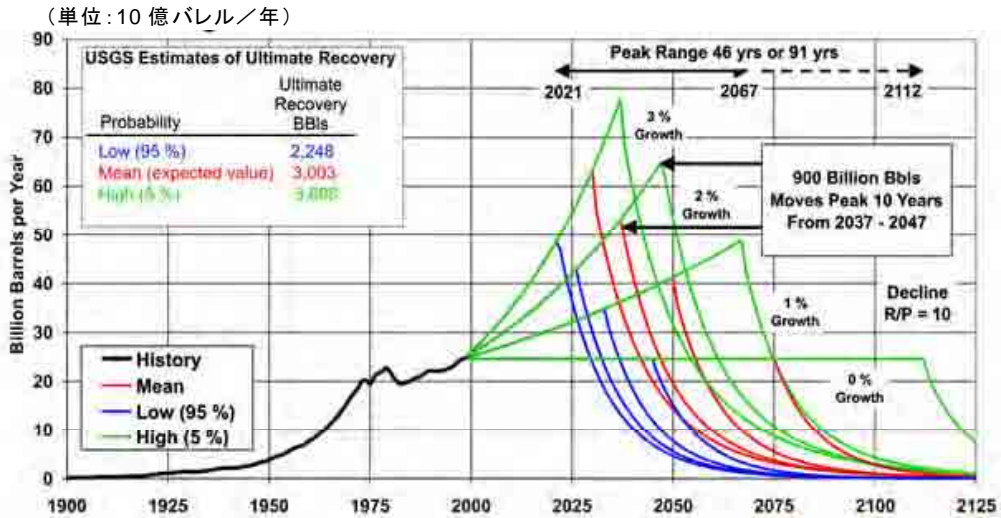
図 4.1-2 アジアのエネルギー需要の推移

このように石油需要の増大が進むなか、2001 年 9 月 11 日の同時多発テロ事件を契機にエネルギーの世界にはパラダイムシフトが起こり、エネルギー安全保障が世界的な関心事となった。石油は戦略物資として再認識され、その安定確保は各国政府にとって極めて重要な政策課題となっている。2003 年のイラク侵攻以来、米軍のイラク駐留が長期化するなか今後の展望が開けず、石油価格は現在までに 1997 年の 6 倍、2003 年の 3 倍に高騰している。

同じ時期に俄かに勢いをえたのが「石油ピーク論」である。石油は資源量に限りのある化石燃料で、いずれその生産量がピークを迎えるであろうことは論理的には正しい話である。

石油の残存可採埋蔵量は長い間 40 年程度で推移してきており、石油ピーク論がエネルギー問題の全面に躍り出ることにはなかった。しかしながら、世界の石油消費量が日量 8,000 万バレルを超え 1 億バレルを向うようになると、目前のイラク危機長期化の影と重なって、石油ピーク論が世界の耳目を集めている。現在では、「今後 20~30 年の間に世界の石油生産はピークを迎える」という認識が世界共通のものとなりつつある 15。このような状況の中で、エネルギー価格は今後とも高止まりするとの見方が定着しつつある。

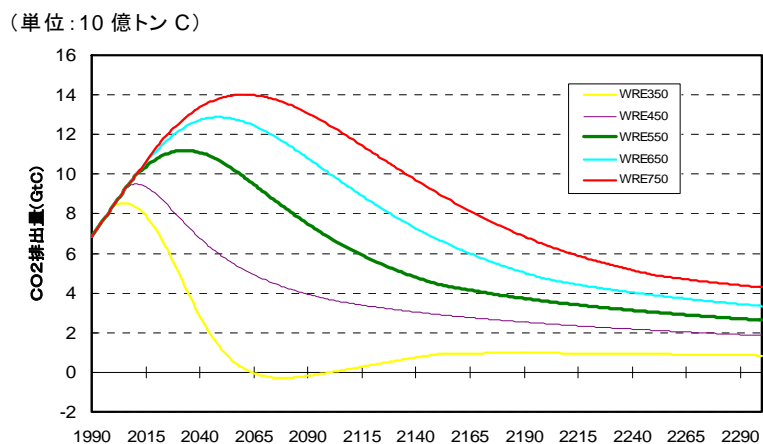
¹⁵ なお、天然ガスの残存可採埋蔵量は 65.1 年、石炭は 155 年で、いずれも石油ほど差し迫った問題とはなっていない。数字はいずれも(The BP StatisticA/L Review of World Energy)BP 統計による 2005 年末推計値。



(出所) J.H. Wood, G.R. Long, D.F. Morehouse「Long-Term World Oil Supply Scenarios」
 USDOE/EIA (Energy Information Agency) より。

図 4.1-3 オイルピークの予想 (米国エネルギー省)

1990年代には、もう一つ、エネルギーと環境の問題を巡る世界的な大転換が生じた。それは「温室効果ガス (GHG: Greenhouse Gas)」の排出を巡る議論が、国際的な行動として具体化したことである。1997年に京都で開催された第3回気候変動枠組条約締約国会議 (COP3) では、気候変動枠組条約 (UNFCCC) に加盟する先進国 (付属書 I 国) が第1約束期間 (2008~2012年の5年間) について具体的な排出削減目標を設定するという画期的な京都議定書が成立した。その衡平性や実効性についてはさまざまな議論があるが、もはや「地球温暖化対策は人類共通の目標」という認識が覆ることはありえない。そして、いまや論点は「京都議定書の第一約束期間経過後 (Post-Kyoto) の長期的対策をいかに講じるか」に移りつつある。



(出所) Intergovernmental Panel on Climate Change、第3次報告より。

図 4.1-4 大気中の CO₂ 濃度安定化シナリオ

2006年1月には京都議定書から脱落した米国や京都議定書上では削減義務を負わない中国、インドなどが参加するアジア太平洋パートナーシップ（APP）が発足し、分野別のエネルギー効率改善を目指す国際協議がスタートした。京都議定書とAPPの両者を合わせれば温室効果ガスの大半をカバーするという意味で、地球温暖化問題が今や人類共通の課題として強く認識されるに至っている¹⁶。2007年のG8ハイリゲンダム・サミットではEU、カナダ、日本による「2050年に世界全体で温室効果ガスの排出量を半減する」という提案を真剣に検討する（will consider seriously the decision made by EU, Canada and Japan）ことが合意された。G8諸国はこのためのフォーラムを作って枠組みのあり方について協議を開始する予定で、2008年の日本サミットで中間報告を行い、2009年のイタリアサミットで最終報告を行う予定である。

いまだ経済発展の度合いが低く、一人当たりエネルギー消費も先進国の1/10以下のレベルにあるベトナムでは、今後の国土建設に多くのエネルギーを必要とし、また、国民所得の向上とともに一人当たりエネルギー消費は確実に増加する。一方で、エネルギー消費の増加に対する風当たりが国際的に強まるのは避けられない。国連気候変動条約は地球温暖化問題について全ての参加国が「共通だが差異のある責任を果たす」ことを謳っているが、これをどのように受け止め、どのように国家建設を進めていくかはベトナムにとって大きな課題である。

4.1.2 エネルギー政策の検討軸

1986年にドイモイ（経済改革）計画を開始して以来、ベトナム経済は驚異的な成長軌道に乗り、エネルギー消費も大幅な増加を続けてきた。一方、国内のエネルギー資源開発を着実に進め、トータルバランスとしてはエネルギー自給を実現してきた。しかし、現在でもエネルギー需要、特に電力需要は十分に満たされているとはいえ、今後かなりの速度で増加する可能性が高い。一方、国内のエネルギー生産は次第に頭打ちに向かう見込みである。その結果、ベトナムはエネルギーの純輸出国から純輸入国に転じる。このことは、ベトナムのエネルギー問題が一国内の問題から国際的な荒波を受ける課題へと変化することを示唆している。

それでは、エネルギー需給の国際化を控え、どのような点に留意してエネルギー政策を展開すべきであろうか。今日、エネルギー問題は世界的な関心事項となっているが、エネルギー計画の策定において着目される点は以下のように整理できよう。

- ①社会発展の保証と経済、エネルギー、環境（3E）の調和
- ②エネルギー分野における3S（安全保障、持続可能性、市場安定性）の強化

¹⁶ Asia-Pacific Partners for Clean Development and Climate :

2006年1月にシドニーで第1回閣僚会合が開催された。米国、豪州、中国、インド、韓国、日本、の6ヶ国が参加し、8部門のタスクフォース(①よりクリーンな化石エネルギー、②再生可能エネルギーと分散型電源、③発電および送電、④鉄鋼、⑤アルミニウム、⑥セメント、⑦石炭鉱業、⑧建物および電気機器)による既存技術の普及や新技術の開発などを目指す活動が行われている。しかし、現時点における活動範囲は主要産業部門に絞られており、また、運輸部門が入っていないなど、GHGの排出にかかわるすべての活動をカバーしているわけではない。

京都議定書が排出量削減義務という強制的な Top Down Approach をとっているのに対し、APPは「a voluntary, non-legally binding framework」というコンセプトのもとで、各セクターでの効率改善を目指す Bottom-up Approach をとっている。また、京都議定書が共同実施(JI)、クリーン開発メカニズム(CDM)、排出権取引(ET)といった制度的な仕組みにより温室効果ガスの削減を目指しているのに対し、APPは技術開発の促進や既存技術の普及拡大など、技術に焦点を当てた地域協力によって地球環境問題解決の糸口を見出そうとしている。(参考資料:日本エネルギー経済研究所「平成18年度環境問題対策調査:アジア太平洋パートナーシップに関する基盤整備調査」平成19年3月)

③エネルギーの合理的使用・省エネルギー

④エネルギー供給のベストミックス

これらの要素の概略は以下のとおりである。

(1) 社会発展の保証と経済、エネルギー、環境(3E)の調和

エネルギーは経済のあらゆるセクターで消費され、国民生活には欠かせない基礎物資である。経済発展とともにエネルギー需要は増加し、エネルギーの安定確保なくして持続的発展は期しえない。一方、環境面では、エネルギー消費はSO_x、NO_xなどの大気汚染物質やCO₂などの地球温暖化ガスの排出をとめない、製油所や発電所などのエネルギーインフラの建設や運転も環境負荷を増大させる。このような点に鑑み、経済発展(Economy)、エネルギー消費(Energy)、環境(Environment)の3Eの調和を念頭においてエネルギー計画を考えることが肝要である。

(2) エネルギー分野における3S(安全保障、持続可能性、市場安定性)の強化

エネルギー安定確保という問題を一段と掘り下げると、それはエネルギーの安全保障(Energy Security)、長期持続可能性(Sustainability)と市場の安定性(Stability of the Market)の3つの要素からなっている。

エネルギー安全保障面での課題は事故や異常気象、テロリストの攻撃などのリスクに対し、強靱な対応力を備えているかということである。エネルギー供給チェーン上におけるこのような脅威への対策としては、国際協力による平和の回復や安全の確保、緊急事態等への即応体制の強化などに加え、エネルギー源の多様化、エネルギー供給地の分散、石油戦略備蓄などの対応が挙げられる。

持続可能性は、エネルギー供給が長期的に保証されるかどうかという問題である。量の確保という点では、国内資源の探査・開発の推進、エネルギー輸入面では国際エネルギー市場の安定化が課題であり、一国のエネルギーシステムという点では、供給、輸送、消費の各分野で、経済性や環境面から見て望ましいエネルギーシステムを構築することが検討課題である。その答えとしては、①出来るだけ効率的でクリーンなエネルギー利用システムを構築する、②原子力や再生可能エネルギーなどの非化石燃料導入を推進する、などの対策が相乗的な効果を挙げると期待されている。そこでは、省エネルギーの推進や効率的エネルギー利用技術の導入における技術移転、技術開発、広報啓発、あるいは価格、税制、補助金による誘導など、政府部門のイニシアティブが重要な役割を果たすであろう。

ベトナムのエネルギー消費量は東アジア諸国のなかでも決して大きいわけではない。したがって、諸外国に伍していく力さえ備えていれば、エネルギーの輸入依存度が高まるとしても国際エネルギー市場の大きな流れのなかから必要な量を汲み上げればよいわけで、供給確保に重大な支障が生じるとは考えられない。しかし、そのためには価格や利用効率などの面で国際的にも競争力のある強靱なエネルギー利用システムを備えておくことが必要である。

市場の安定性の問題は、市場の透明性と価格の安定性が確保されているかどうかという論点である。経済のスムーズな発展を実現するためには、ある程度予見可能な公正で透明性のある安定したエネルギー市場を提供することが望まれる。そのためには適切に設計された枠組みのなかで、透明性を確保しつつ市場が運営されることが望ましい。ただし、国際市場の荒波に耐えうる企業の育成も重要である。また、一人当たり国民所得がASEAN

諸国の中でもまだ低位にあるベトナムでは、貧困層の保護や僻地農村の開発など、社会福祉政策との調和を前提とした総合的エネルギー政策の実施が必要であろう。

国際的には、ベトナムも東アジア諸国の一員である。市場の安定という領域で、東アジア諸国は「中東原油のアジアプレミアム」、「原油価格の軽質、重質格差の拡大」という二つの問題を抱えている。これらの問題は、①東アジアでは石油の中東依存度が極めて高い、②東アジアには安定性の高い国際石油市場がない、③世界的に石油下流部門での設備投資が遅れている、などの事情に起因している。今後石油の純輸入国への移行が見込まれるベトナムでは、このような国際動向にも十分目配りをしていくことが必要である。

(3) エネルギーの合理的使用・省エネルギー

21世紀に入って中国、インドなどの新興国でのエネルギー需要の増加が加速したことを背景に世界のエネルギー需給はタイト化し、エネルギー価格も高騰を続けている。ベトナムでも、BAU ケースでは、エネルギー消費が20年間に7倍も増加すると予測される。それに見合う供給の確保は不可能なわけではないが、社会経済の発展にとって大きな負担となることは間違いない。ベトナムの場合、現状は自給自足型のエネルギー構造だが、大きな資源量が見込まれるわけではなく、いずれ輸入依存型に移行せざるをえない。したがって、エネルギーの合理的使用を進め、省エネルギー型の経済を構築することは極めて重要な政策課題である。

省エネルギーについては、①各セクターにおいてエネルギーの合理的使用を進め、たとえばセクターGDPに対するエネルギー原単位の引き下げを図る方向と、②産業構造におけるエネルギー多消費型産業の構成比を引き下げ、省エネ型経済構造を構築する、という2点に着目する。また、エネルギー多消費型産業は一般に規模の経済の働く大規模工場が中心なので、建設プロジェクトなどと照合しながら全体的な動向を検証することが大切である。

(4) エネルギー供給のベストミックス

国家エネルギーマスタープランの目的は、想定されるエネルギー需要に対し、内外からのエネルギー供給の可能性を最適に組み合わせ、上述の3E、3Sという視点から見て最適なエネルギーのベストミックスを実現することである。しかし、長期にわたり安定的で信頼のおけるエネルギーシステムとは何かについて、自動的に計算される論理解が存在するわけではない。ある前提のもとで最適のエネルギー政策も、経済情勢やエネルギー情勢が変化すれば、それに合わせて柔軟に調整していくことが必要である。したがって、マスタープランにおいてはエネルギー・ベストミックスを実現するための基本的なエネルギー政策の方向と優先順位を設定するとともに、内外の情勢変化に対しどのように舵を切っていくかの方策についても検討しておかねばならない。

4.2 経済動向と省エネルギー

ベトナムのエネルギー需要動向を検討する上では、同国の経済発展動向と省エネルギーの可能性とが極めて大きなインパクトをもつと考えられるので、本調査における基本的な考え方を整理しておきたい。

4.2.1 ベトナムの経済発展の動向

ベトナムの長期経済動向に関する直近の公的な見通しとしては「社会経済発展計画 2006～2010」がある。これに並ぶような公式の長期展望はないが、2005年に「2050年までのエネルギー発展計画研究のための経済発展の予測（Economic Development Forecast serving Study on Development for the period up to 2050：EDF2050）」が専門家グループにより作成されている。この見通しは第6次電力開発計画の経済発展シナリオとして使用されており、いわば準公式のものといえる。これらの見通しは年率8%を超える高い経済成長が今後も続くと思込んでいるが、次のような視点にたてば、概ね妥当な線と云えよう。

世界的には、エネルギーや環境を巡る問題が深刻の度を強めると予想されているとはいえ、それは「忍びよる危機」であり、世界経済の大破局が目前に迫っているわけではない。むしろ、目下のところ世界経済はいたって堅調である。ただし、世界経済の規模がどんどん巨大化し、それが経済基盤の新規建設を必要とする発展途上国の台頭によって進むのだとすれば、今後発展途上国間で原料や基礎資材の争奪戦が激化するであろうことは容易に想像できる。

経済理論の教えるところから従えば、グローバル化の進行する現代世界では「先進国と発展途上国間の巨大な経済格差が今後も世界経済の成長を支える強力なドライバーとして作用する」であろう。これと同じ論理によれば、今後20年間という本調査の予測期間についても、ベトナムはこれまでと同様に堅調な経済成長を続けることになる。ただし、そのためには経済発展に必要なエネルギーや基礎資材が確実に安定的に確保できることが条件となる。

「国際政治の現状は複雑かつ不確実で、発展途上国は今後WTO体制の下での経済開放政策を実施するため難しい舵取りを強いられるであろう」（EDF2050）との危惧もあるが、ある程度の基礎条件が整えば発展途上国が先進国とのギャップを縮めることは可能である。これまでもODAや技術移転が途上国の発展のためのインフラや初期条件を整えるために利用されてきたし、現代世界はこのような支援策を幅広く用意している。

ベトナムにおける最近の外国直接投資（FDI）の急増は、同国が発展準備の初期段階を抜け出し、テイクオフに向けての第二段階に入ってきたことを示す顕著な指標といえよう。2007年9月末までのFDI額は96億ドルに達し、この傾向が続けば2007年末には112億ドルにも相当する。さらに2008年には145億ドルに達するという見通しも明らかにされており、現行の社会経済発展計画で想定されているFDI額の2倍以上にも達する。経済のグローバル化と市場化がベトナムへのFDIの流入を加速しているといえよう。このように、WTO加盟による周辺国や日本などアジアの先進国、欧米市場などとの結びつきの強化、経済の一体化の進展は、ベトナム経済の成長をさらに加速する可能性が高いといえる。また、近隣諸国からの産業の移転は労働集約産業で既にかなり進行してきたが、農業部門はいまだGDPの20.9%、労働力人口の56.9%（2005年）をしめており、今後もかなり長期にわたり製造業やサービス業に労働力を供給し続けるであろう。

このような視点にたてば、ベトナムが今後も8%を超える高度成長を続けるとみるのは妥当で、本調査では現行の社会発展計画およびEDF2050における経済発展見通しをリファレンスケースとして採用する。その結果、ASEAN後発4カ国の一員であるベトナムの一人当たりGDPは2006年の724ドルから2025年には2,550ドルへと増加し、ほぼ現在のタイの水準に達する。

2004年の実績では、ベトナムとタイの一人当たり GDP は 501 ドルと 2,355 ドルであった。ベトナムの一人当たり GDP はタイの 21.3%に過ぎず、その格差は 1,854 ドルにも及んでいる。タイ経済が、ここ 10 年来と同様年率 4%で成長するとすれば、2025 年にはベトナムの一人当たり GDP はタイ(5,200 ドル)の 50%相当となるが、両者の格差は現在より 2 割増加する。比較競争原理からすれば、これはベトナムの経済成長を控えめに見るものである。ベトナムの GDP が「2025 年にはタイに追いつく」というドリームケースでは、成長率は 10.5%ということになる。この場合もベトナムのほうがタイより人口が多いので、一人当たり GDP はタイの 73% (3,705 ドル)にとどまる。このような観察からすれば、高成長ケースでは「ドリームケースとリファレンスケースの中間の 9.5%」くらいの経済成長もありうると考えても良いだろう。

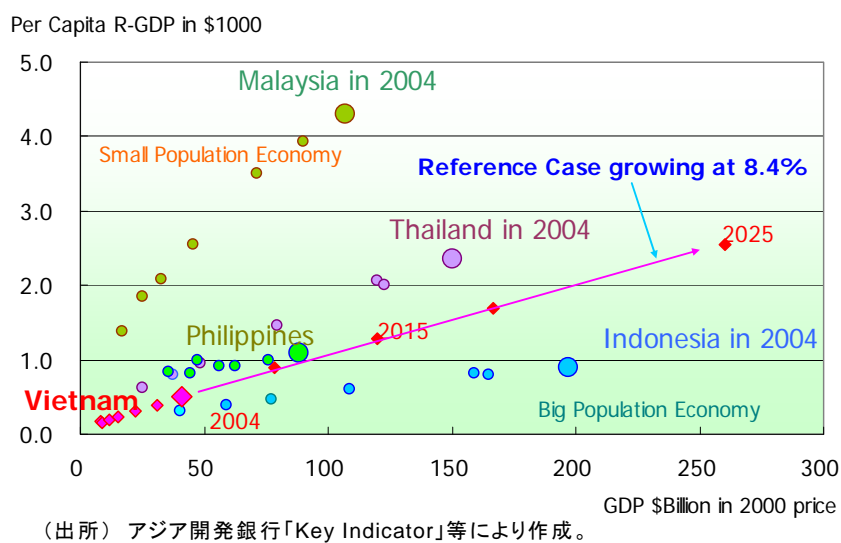


図 4.2-1 ベトナムの経済成長と ASEAN

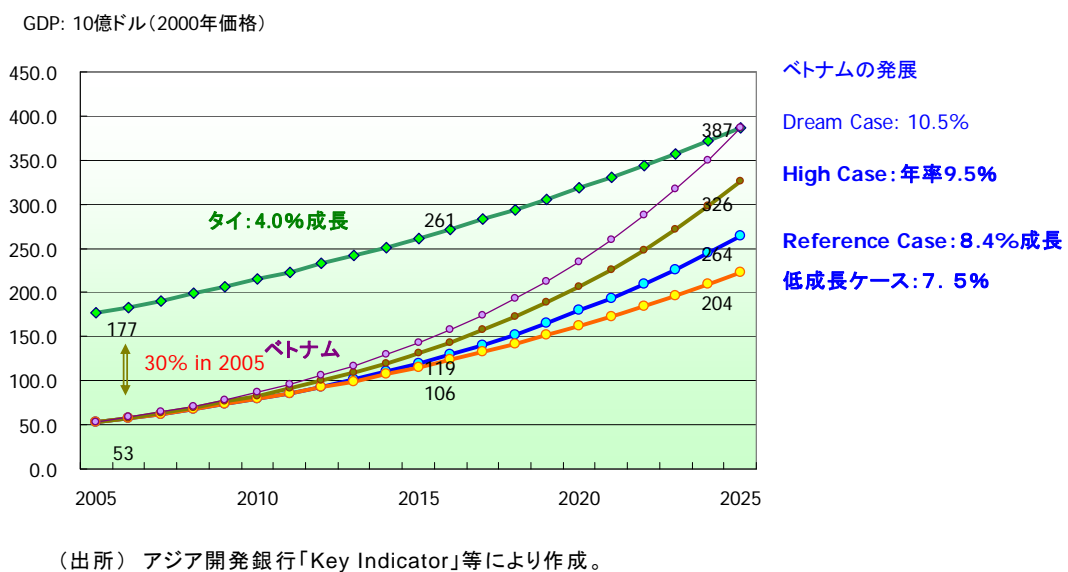


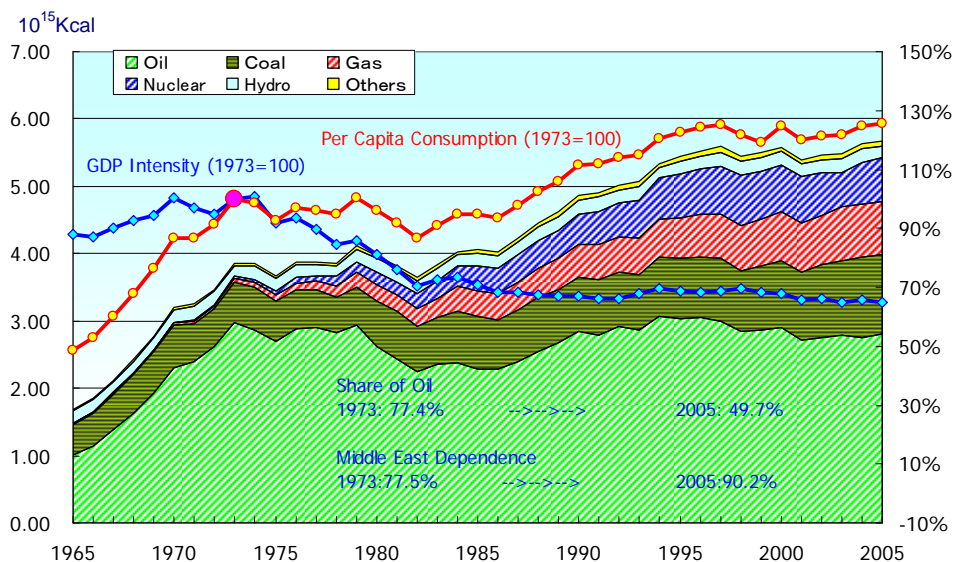
図 4.2-2 ASEAN に追いつくベトナム

ただし、賃金格差だけで何時までも資本や産業が流れ込んでくるわけではない。比較優位を根拠にベトナムに進出してくる企業は、大規模な国際市場を活動の場とし、国内市場だけを対象とするのではないという意味で基本的に輸出指向型である¹⁷。そのアウトプットは、ハイテクとローテクとを問わず、品質と価格の両面において国際市場で十分通用するものでなければならない。また、円滑で合理的な経済活動が保証されることが重要である。したがって、ベトナムが周辺国に追いつくには、エネルギーや輸送、通信、事業・生活環境など、経済活動に欠かせない基本インフラの整備と国際市場で通用する商品・サービスを生み出す人材の育成を図り、国力の質を高めることが必要とされよう。

4.2.2 省エネルギーに関する考察

経済成長にともなうエネルギー需要の増加は避けられないが、それによって生じるエネルギー安全保障と環境問題を緩和する手段として、エネルギー使用の合理化と省エネルギー（Energy Efficiency and Conservation: EEC）は極めて重要である。省エネルギーはいわば「マイナスの需要」を創出する手段であり、また、その効果は大油田の発見にも匹敵する。そこで、省エネルギーへの取組みとその効果について、日本の例を参考としてみておきたい。

日本では 1973 年の石油危機を契機にエネルギー安全保障を強化するためのさまざまな取組みが進められた。省エネルギーはエネルギー供給の多角化と並ぶ重要な政策のひとつであり、大きな成果をあげた。実質 GDP あたりのエネルギー消費は 1970 年対比で 2005 年には 65%にまで低下した。しかし、一人当たりのエネルギー消費は同じ期間に 26%も増加している。



(出所)IEEJ「エネルギー経済統計要覧」

図 4.2-3 日本の GDP 当たりエネルギー消費の推移

¹⁷ 「輸出指向型産業」を「製品を輸出することを目的とする産業」というクラシックな定義で捉えるのではなく、現代世界では、国際市場を舞台とする企業が原料から最終製品までの事業のバリューチェーンのなかから、それぞれの国情に応じて比較優位を享受できる部分を各国に立地させると考えるのが妥当であろう。したがって、これらの企業活動を支えるには、エネルギー、物流、通信などの基本要素について、国際水準を充たすものの提供が望まれていることを認識しておかねばならない。

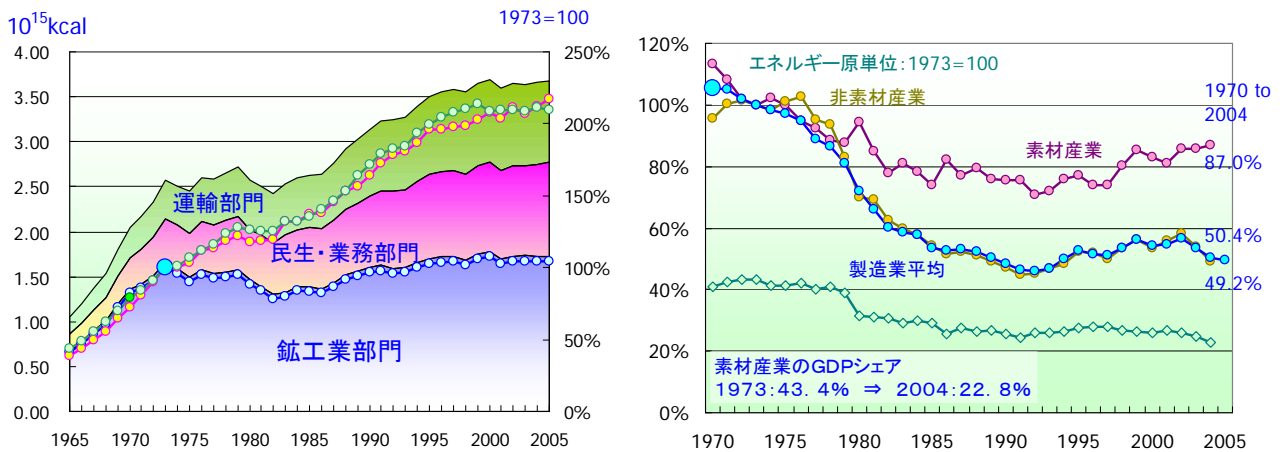


図 4.2-4 産業別エネルギー原単位の推移

この間の経過をさらに掘り下げてみると、図 4.2-2 に示すように、幾つかの顕著な傾向が読み取れる。

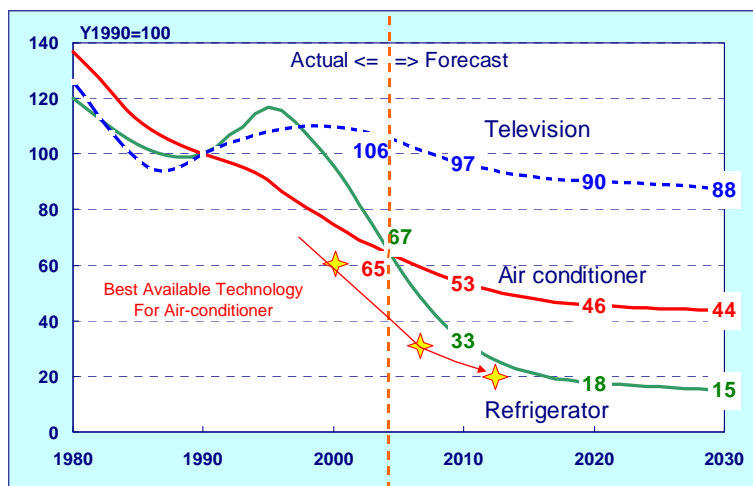
- ① 1973 年～2005 年の間に鉱工業部門のエネルギー消費は僅か 4% しか増加していないが、民生・業務部門、運輸部門のエネルギー消費はいずれも倍増している。
- ② 製造業では、エネルギー消費の多い素材産業では、部門 GDP あたりのエネルギー消費は 13% の減少にとどまっているが、非素材産業では 50% を超える減少を記録した。
- ③ また、製造業全体でも GDP 原単位はほぼ 50% 低下したが、これは各セクターでの省エネに加え、素材産業の GDP シェアが 1973 年の 43.4% から 2004 年には 22.8% へと半減したことの効果も大きい。もし産業構造の変化がなければ GDP 原単位の低下は 21% にとどまっていた計算になり、エネルギー寡消費型への産業構造の変化が大きく貢献している。

次に、省エネルギーはエネルギーを使用する機器の効率改善、より高率の高い運転と効果的なメンテナンスを通じて実現されるが、なかでも機器の高率改善の貢献度が大きい。これらの機器は 5～15 年、あるいはそれ以上の長期にわたって使用されるから、効率的な機器が市場に投入されても、社会に普及するまでにはかなりの時間がかかる。つまり、省エネ型機器開発の効果は累積的に実現される。たとえばある機器の社会平均ストックに対して市場に投入された最新機器の効率が 10% 高く、その機器は 10 年程度で更新されるとすれば、新規の技術開発がなくても毎年 1% の効率改善は進むという計算になる。

表 4.2-1 トップランナー・プログラムによる効率改善

	Base Year	Target Year	Improvement	
			Target	Result
TV Sets	1997	2003	16.4%	25.7%
Video Cassette Recorders	1997	2003	58.7%	73.6%
Air Conditioners	1997	2004	66.1%	67.8%
Refrigerators	1998	2004	30.5%	55.2%
Freezers	1998	2004	22.9%	29.6%
Gasoline Passenger Cars	1995	2004	23.0%	22.0%

(出所) 経済産業省



(出所)日本エネルギー経済研究所

図 4.2-5 家庭用機器のエネルギー効率

表 4.2.1 に示すように、日本では「トップランナー・プログラム」のもとでエネルギー使用機器の効率改善が協力的に推進されてきた。しかし、それらの機器が全て市場を代表しているわけではない。日本エネルギー経済研究所によれば、日本全体のエアコンのエネルギー消費率は 1990 年対比で 2005 年には 2/3 程度に改善されたと推定されるが、これは 1998 年頃の最新機器の効率に相当する。2005 年時点の最新機器では、エネルギー消費率は 1998 年の 2/3 程度へとさらに改善されている。ただし、このような効率改善は関係者のなみなみならぬ努力によって実現されていることを忘れてはならない。現在、日本では 21 品目がトップランナー・プログラムにリストされているが、品目ごとに 20 名を超える専門家による委員会があり、その下にさらに多くの専門家によるワーキング・グループが設置されて、省エネルギー目標の実現可能性を技術と経済性の面から検討している。そのようにして設定された目標に向けて産業界のたゆまぬ努力が加わり、表 4.2-1 のような成果が実っているのである。

上記のような観察から、年率 1% 程度の省エネルギーは自然のトレンドとして実現されると見込まれるが、さらなる省エネの推進を図るには国を挙げての取り組みの強化が必要であろう。また、省エネの推進には各セクターにおける努力が必要なことは言うまでもないが、前述のように経済構造の変化が果たす役割も大きい。ベトナムの場合、今後 20 年間で経済は 5 倍にも拡大するわけだから、20 年後の経済の 8 割はこれから建設されるものである。したがって、過去のトレンドの上で省エネを論じるよりも、将来どのような経済社会を建設するかというグランドデザインのなかで省エネルギーを的確に位置づけていくことが大切であろう。

4.3 原油価格シナリオの考え方

4.3.1 最近の原油価格形成と需要予測モデルにおける原油価格シナリオ

4.3.1.1 最近の原油価格形成の特徴

今日、世界の原油価格形成は、「先物市場」における原油価格指標（NYMEXのWTI原油、IPEのBrent原油等）を参照して決定する方式が主流となっている。国際原油価格は、1973年の石油危機以前には国際石油会社（メジャーズ）により、石油危機以降から1980年代半まではOPEC（石油輸出国機構）によって形成されてきた。この時代にはOPECの代表油種であるサウジアラビアのアラビアンライト（A/L）が「基準原油：マーカー原油（Maker Crude）」とされ、OPEC総会での基準原油価格の決定を受けて、各国はAPI比重¹⁸、S分等の差を勘案して自国産原油の価格を決定した。この価格差は「ディファレンシャル：DifferentiA/L」と呼ばれた。

原油需給の緩和によって1986年にOPEC主導の原油価格決定システムが崩壊し、OPECは価格形成指導力を失った。その結果市場の需給関係に基づく「石油市場」が原油価格を決定することとなった。価格形成の指標として、「スポット価格」、「ネットバック価格」、「先物市場価格」等が参照されてきた。

現在世界の石油市場は、大きく3つの市場に大分することができる。米国市場、西欧市場、アジア太平洋市場といわれる市場である。世界の主要な先物市場としては、「ニューヨーク商業取引所：NYMEX」、ロンドンの「国際石油取引所：IPE、現在IPC先物取引所」、「東京工業品取引所」等があり、刻々と先物価格の情報が公開されている。石油関係者以外にも実需とは無関係に取引する投機資金の市場参加が可能となり、石油はいわゆる「市況商品」となっている。この結果投機による価格形成が市場の需給を超えて進み、現在の市場価格は「実態=Fundamentalsにより決定される価格」より10~30ドル/バレルあるいはそれ以上高いといわれている。

4.3.2 エネルギー需要予測と原油価格のシナリオ

エネルギー需給を予測する際には、通常こうした原油価格の動向を1つの前提条件として設定している。一般には、原油価格を予測するのではなく、将来の原油価格についてのシナリオを想定する手法が採られ、「基準（現状維持）シナリオ」、「高価格シナリオ」等を、国際石油情勢を勘案しながら設定する。今回の予測でもこうした手法を用いて「シナリオ」設定をすることとし、後述のように「リファレンス・シナリオ」に対して「高価格シナリオ」や「超高価格シナリオ」を設定することとした。

4.3.2.1 国際エネルギー機関による原油価格の想定

IEA「World Energy Outlook 2006」の化石燃料価格の想定によると、IEA諸国の平均原油輸入価格は、2005年価格で、2005年の50.62ドル/バレルから2030年には55.00ドル/バレルに上昇すると想定されている。名目価格では、同期間に50.62ドル/バレルから97.30ドル/バレルに上昇する（デフレーターの上昇率は+2.3%/年）。IEAの予測では、「石油開発投資遅延シナリオ」も想定されており、この設定では、2030年の原油価格は基準ケースに対して実質19ドル/バレル程度、名目33ドル/バレル程度高くなるとされている。すなわち、実質74ドル/バレル、名目130.3ドル/バレルである（表4.5-1）。¹⁹上記価格

¹⁸ 米国石油協会（American Petroleum Institute）の定める石油の比重の換算方式。密度1.0がAPI=10°に相当し、数字が大きいほど比重が軽い、すなわちガソリンなどの軽質分を多く含むことを表す。ちなみにA/LはAPI=34°（密度0.8550）、A/HはAPI=28°（密度0.8871）が標準とされている。

¹⁹ IEAのWorld Energy Outlook 2007では、2030年のIEA輸入原油価格をリファレンス・シナリオでは62.00ドル、高成長ケースでは87.00ドル（いずれも2006年価格）と想定している。

は、よく話題に上るWTI原油価格に比べると、約5ドル/バレル程度低めの値となっている。つまり、IEA諸国の輸入原油には重質油を含み、それに較べてガソリン得率等が高い軽質油のWTI原油の価値は高く評価されている。WTIは先に述べたように「先物市場」の投機的な動きにも左右されやすく、格差が品質の差以上に拡大することもある。なお、アジアでは「ドバイ+オマーン」のスポット取引価格をベースとし、個々の油種の品質格差をプラス・マイナスして期間契約取引価格を決定するのが主流である。

表 4.3-1 IEA(国際エネルギー機関)による化石燃料価格見通し

(単位:ドル/単位)

	unit	2000	2005	2010	2015	2030
Real term (year-2005prices)						
IEA Crude Oil Imports	barrel	31.38	50.62	51.50	47.80	55.00
(Deferred Investment Case)						(74.00)
Natural Gas						
Us imports	MBtu	4.34	6.55	6.67	6.06	6.92
European imports	MBtu	3.16	5.78	5.94	5.55	6.53
Japanese LNG imports	MBtu	5.30	6.07	6.62	6.04	6.89
OECD steam coal imports	tonne	37.51	62.45	55.00	55.80	60.00
Nominal terms						
IEA Crude Oil Imports	barrel	28	50.62	57.79	60.16	97.3
(Deferred Investment Case)						(130.30)
Natural Gas						
Us imports	MBtu	3.87	6.55	7.49	7.62	12.24
European imports	MBtu	2.82	5.78	6.66	6.98	11.55
Japanese LNG imports	MBtu	4.73	6.07	7.43	7.59	12.18
OECD steam coal imports	tonne	33.47	62.45	61.74	70.19	106.14

(注)2000、2005年の価格は実績データ。ガス価格はグロスカロリーベースで表示されている。
 全ての価格は税抜き。名目価格は、2006年以降+2.3%のインフレーションを想定している。
 (出所) IEA「World Energy Outlook 2006」より作成。

4.3.2.2 将来の原油価格シナリオ

需要見通しの前提として用いる原油価格については、IEAの見通しなどを参考に、「リファレンス・シナリオ」、「高価格シナリオ」、さらに、極端に原油価格が上昇するとベトナムにとってどんな状況が出現するかをチェックしておくための「超高価格シナリオ」、原油価格が低落する「低価格シナリオ」の4シナリオを設定する。図4.3-1にこれらの諸ケースを示す。

1)「リファレンス・シナリオ」

世界の原油価格は、石油(原油および石油製品)需給、天候、経済状況などの伝統的ファクターに加え、近年では市場における投機資金の動向などの影響も受け大きく変動するようになった。このような事情を勘案してIEAや日本エネルギー経済研究所では将来の原油価格は「実質価格で横ばいか微増」というシナリオをリファレンス・シナリオとして採用している。今回、「リファレンス・シナリオ」としては、2007年10月までのIEA諸国の平均輸入価格(データとしてはUSDOEの世界輸出FOB価格を採用) 65ドル/バレルを基準とし、2025年まで実質横ばいというシナリオを設定する。

2)「高価格シナリオ」

高価格ケースは、中国やインドなどの新興国を中心に石油需要の増加が続くのに対して、

石油開発投資は遅延し、需給がタイト化し、原油価格がかなり上昇するケースである。今回は 2010 年時点で実質 75 ドル／バレルの水準にまで上昇し、その後実質で横ばいになると想定する。

IEA は「投資遅延が続けば、原油価格は 2030 年に実質 74 ドル／バレルの水準に達する」と見ている。IEA はこのケースをかなり極端なケースと見なしているが、IEA の長期見通しが作成された 2005 年に比べ、昨今では石油開発に係る資機材の高騰や技術陣の不足が著しく、原油価格の上昇圧力はコスト面でも増大している事情を考慮している。また最近の原油価格高騰は市場での原油価格上昇圧力がさらに強いことを示していると思なすことができよう。

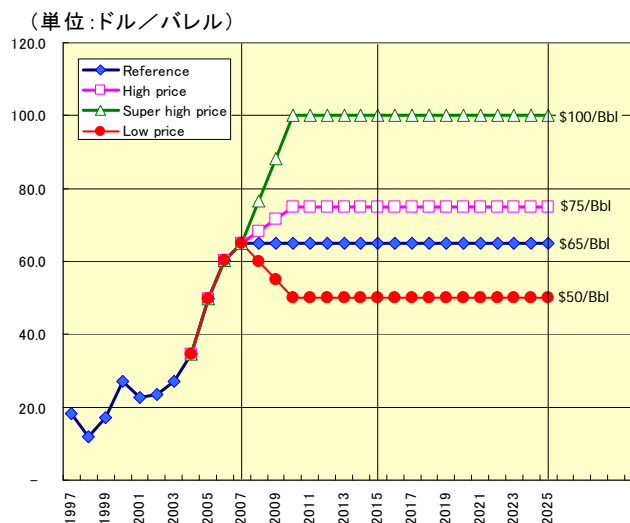


図 4.3-1 世界の平均輸入価格 (FOB) の実績とケース設定

3)「超高価格シナリオ」

上記の高価格ケースでは基本的にノーマルな需給関係を想定しているが、価格上昇に伴う需給抑制効果や開発促進効果がうまく機能せず、投機資金がさらに不安を煽り、市場もこれに反応するという事態を想定する。そして、その場合にベトナムではどのような事態が生じるかを予めシミュレーションしておくために、2010 年時点で実質 100 ドル／バレルの水準にまで原油価格が上昇し、その後実質で横ばいになるという極端なケースを設定する。USDOE でも (「Annual Energy Outlook : 2007」)、2030 年に実質 100 ドル／バレルを超える水準を「高価格ケース」として想定しており、マスタープラン策定において検討しておくべきケースであるといえよう。

4)「低価格シナリオ」

他方、現状の原油価格は需給関係以外の要因によって引き上げられているという判断から正常な状態に戻るといったシナリオを想定することも可能である。原油価格は 2010 年頃まで徐々に低落して 50 ドル近辺で安定化する、即ち、実質 50 ドル／バレルで横ばいとなるシナリオである。

4.3.3 ベトナムの輸出輸入原油価格および石油製品価格の推定

4.3.3.1 ベトナムの輸出原油価格

ベトナムの主力国産原油はBach Ho原油で、その性状は「軽質、低硫黄（API：34.7、S分0.08%）」である。Bach Ho原油の性状²⁰はアジアの代表的低硫黄原油であるインドネシアのSumatra/Light（S/L=Minas）原油²¹とほぼ同等で、国際石油市場でもベトナム原油とS/L原油の価格はほぼ同一水準と見なされている。したがって、以下ではベトナム国産原油は国際統計の入手が容易なS/L原油と同等と見なして議論を進める。

米国 DOE/EIA のデータに基づき、世界の原油輸出価格（FOB）と S/L 原油の輸出価格（FOB）の過去の動向について回帰分析を行うと以下のとおりである。

$$\text{Sumatra/Light} = -0.4775 + 1.0877 \times \text{世界輸出価格}$$

（T 値：-3.02） （228.30）

推定期間：1997年1月第1週～2007年2月第4週

R=0.995 R2=0.990

上記の推定式を適用した場合の S/L 原油（＝ベトナム原油）の将来価格を図 4.3-2 に示す。2010年の推計値で「世界輸出価格」と比較すると、「リファレンスケース」は 70 ドル/バレル（5 ドル増）、「高価格ケース」は 81 ドル/バレル（6 ドル増）、「超高価格ケース」は 108 ドル/バレル（8 ドル増）、また「低価格ケース」では 53 ドル/バレル（3 ドル増）となる。このような格差の拡大は、品質格差（ディファレンシャル）の原因である脱硫・分解コストに関して、設備建設費が上昇傾向にあるのに加え、これらの装置で使用する燃料費や水素の製造費（いずれも原油や副製品を自家消費する）がかなり大きな割合を

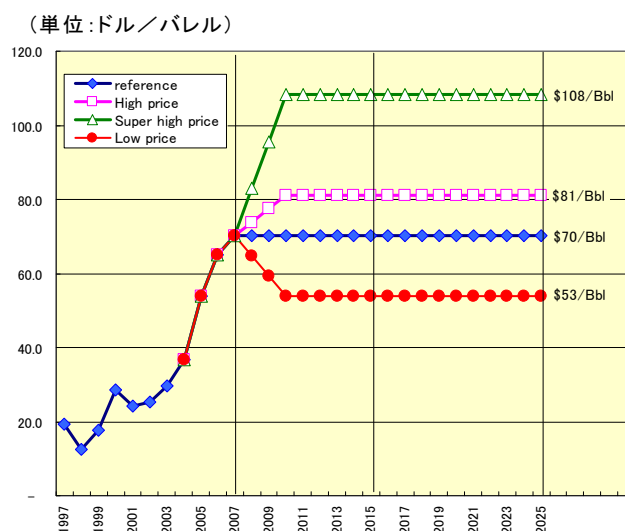


図 4.3-2 ベトナム原油の平均輸出価格(FOB)の推定実績とケース設定

20 バクホー原油は API:34.7 度、S 分:0.08%、常圧ボトム得率 57.8%で、S/L 原油の API:35.0 度、S 分:0.09%、常圧ボトム得率:60.8%と酷似している。

21 スマトラ島中部のデュマイから出荷されている原油は中軽質の Sumatra/Light と重質の Duri の 2 油種である。Sumatra/Light は、もともと大油田 Minas を出発点としているが、Minas 油田そのものからの生産は既に大幅に減退しており、現在ではその周辺部で発見された多くの中小油田からの原油もブレンドされて、Sumatra/Light と総称して出荷されている。ただし、米国 DOE 統計等では Minas 原油と記載されている。

占めているため、原油価格が上昇すると分解・脱硫コストも増大し、油種間格差も拡大するという事情を反映している。

4.3.3.2 ベトナムの輸入原油価格

将来ベトナムが石油精製用に輸入する原油は、供給のアベイラビリティという点で中東原油になると考えるのが妥当である。中東原油の種類は豊富であるが、本分析では軽質油の代表油種であるサウジアラビアのアラビアン・ライト（A/L）と重質油の代表油種であるアラビアン・ヘビー（A/H）を取り上げる。

(単位:ドル/バレル)

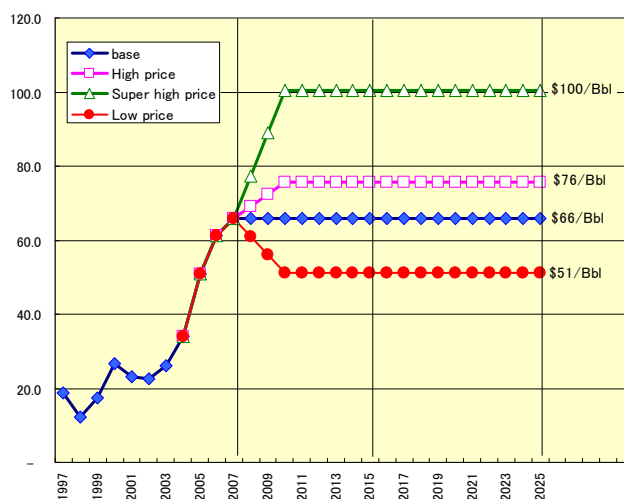


図 4.3-3 アラビアンライト原油の平均輸出価格 (FOB) の実績とケース設定

A/L原油は、S/L (Bach Ho) 原油に比べて、軽油以上の軽質溜分はかなり多いが、重油の比重が高いため原油平均の比重はAPIで2度程度重質となっている²²。一方、S分は圧倒的に多いので、製品製造面では脱硫装置を必要とする。従って、その分原油価格の評価は低い。軽質油得率とS分含有率の両者を差し引きすると、S/Lの方がA/Lより高い評価となっている。

A/L (API : 33 度、S 分 : 1.9%) と世界平均輸入価格との回帰分析を行い、各ケースに対応する原油輸入価格の将来見通しを推定すると下記のとおりである。

$$\text{Arabian Light} = 0.1799 + 0.9859 \times \text{世界輸出価格}$$

(T 値 : 2.08) (379.86)

推定期間 : 1997 年 1 月第 1 週 ~ 2007 年 2 月第 4 週

$$R = 0.998 \quad R^2 = 0.996$$

上記の式にみられるように、A/L の価格水準は世界平均輸入価格の水準に近い。すなわち、2010 年で「基準ケース」は 66 ドル/バレル (1 ドル増)、「高価格ケース」は 76 ドル (1 ドル増)、「超高価格ケース」は 100 ドル (同等) で、「低価格ケース」では約 1 ドル

²² 343℃+のボトム得率は A/L が 44.8%、S/L が 60.8%。一方、S 分は、LGO で A/L:1.0%、S/L:0.04%、ボトムでは A/L:3.15%、S/L:0.13%である。ちなみに、A/H は API 比重:28 度、ボトム得率:71.5%、S 分は LGO:1.45%、ボトム:4.49%である。

増である。

他方、世界的に軽質原油需要が増大し、需給がタイトになる場合を勘案し、重質中東原油を輸入する可能性もある。その代表油種として、A/H（API28度、S分3.0%）を想定した。A/L原油とA/H原油の品質格差は、第1義的には石油精製における分解・脱硫コストの差である。ただ、いずれも高硫黄原油なので、ガソリンや軽油の製造において脱硫装置を必要とする原油である。S/L原油（≒Bach Ho）の場合は超低硫黄なので、脱硫装置は必要とされない。つまり、アラビア原油と東南アジア原油の格差は、脱硫コストの差が非常に大きな要因となっている。また、市場で実現される価格差は、コストの差というよりは、これらの2次精製設備の過不足も織り込んだ需給を反映するもので、近年その格差はかなり拡大してきている。

実際のモデルでは、各油種と世界輸入価格との回帰分析によって得られる値を採用する。因みに、A/H原油の世界輸出価格との回帰分析の結果は以下のとおりである。

$$\text{Arabian Heavy} = 0.7086 + 0.8892 \times \text{世界輸出価格}$$

(T値：5.56) (232.99)

推定期間：1997年1月第1週～2007年2月第4週

R=0.995 R2=0.990

4.3.3.3 国内エネルギー価格と国際エネルギー市場価格

以上の原油価格シナリオに基づいて、国内エネルギー価格を想定した。エネルギー価格は、国際エネルギー市場価格の水準に準拠し、将来的にもこれにリンクすると想定した。

ベトナムは、経済構造を競争的な市場経済に変革することで資源利用の効率化を図り、さらなる経済発展の基礎を構築しようとしている。そのことは、国家規制的な価格形成から市場による価格形成への転換を意味している。その際には、国際市場における価格形成にも注意を払わねばならない。ベトナムは2015年頃にはエネルギー輸出国から輸入国に転換すと予想されている。「国家エネルギー政策」では、エネルギー源毎にエネルギー価格政策が規定されているが、今後のエネルギー追加供給は国際市場からの調達となるので、国際市場価格に準拠する方式に速やかに移行することが望まれる。

現在、国産エネルギーの価格は、国際市場価格水準の1/2～1/3程度の低水準となっている。そのことはエネルギーの効率的利用を阻害し、浪費に導く原因となっている。また、国内資源開発を推進し、技術や資金を導入するためには、国内価格を国際水準価格に準拠して決定することが求められる。今回調査では、国内エネルギー価格は、2015年に国際エネルギー市場価格に達するものと想定する。

1) ベトナムの石油製品価格²³

現在ベトナムは国際石油製品市場から石油製品をほぼ全量輸入している。したがって、既に国際価格に準拠して国内価格を決定していると判断でき、その指標としては「シンガポール」スポット市場のFOB価格を参照できよう。US DOE/EIAのデータからシンガポール市場のガソリン、灯油、軽油、燃料油のFOBスポット価格が入手できるので、この価格

²³ ここで使用する石油製品価格は、IEより入手した小売価格に関するデータである。これには輸入価格プラス関税、国内輸送費等諸経費が含まれている。

にフレート、関税等国内諸経費を上乗せすると、コストベースでの国内販売価格が得られる。

ここで、将来の石油製品価格の推定には以下の前提をおいた。1) シンガポールのスポット市場価格は原油シナリオに対応して変化する。2) 国内諸経費はシンガポールスポット市場価格と国内販売価格の値差に等しい。3) これをさらにフレートおよび対米ドル為替レートの見通しによって調整する。以上の前提により石油製品（ガソリン、灯油、軽油、重油）価格を想定するが、一例として1) に対応したガソリン価格を、図 4.3-4 に示す。

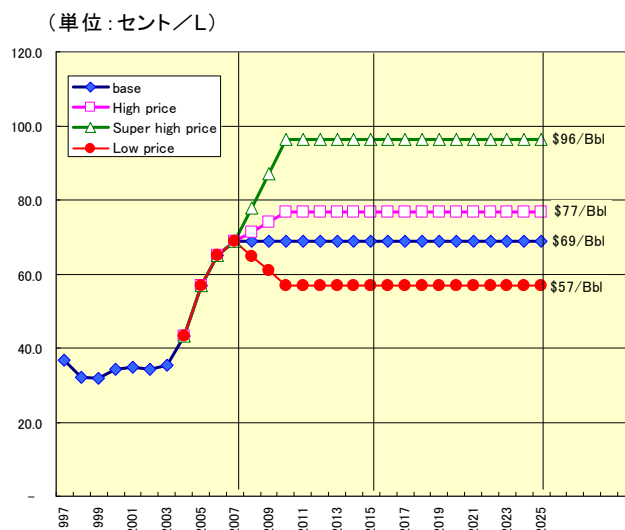


図 4.3-4 ケース別ガソリン価格の推移

2) ベトナムの石炭および天然ガス価格²⁴

石炭や天然ガスの国内価格は現在国際価格よりかなり安いレベルに設定されているが、2015 年には国際水準並みに達すると想定する。また、それぞれの価格シナリオにおいて、石炭や天然ガスの価格は原油価格に準じて変動するものと想定する。

a) 石炭価格

国内石炭価格は、炭種により価格が設定されており一様ではない。電力向け石炭価格は現行 20 ドル/トンの水準にあり、第 6 次電力開発計画 (PDP6) では 2025 年に 29.7 ドル/トンの水準に引き上げるとしている。しかし、現在の国際市場での石炭価格は約 60 ~ 70 ドル/トンの水準にあり、これと比べて極めて低い水準である。将来、発電用に石炭を輸入する場合、国際市場価格が基準となることは明らかである。

今回調査では、豪州一般炭輸出価格 (FOB) を国際石炭市場価格と見なし、国内炭価格は 2015 年に国際水準に達すると想定した。²⁵ セメント等の産業向け石炭価格は既に 2007 年に規制緩和がなされ、価格は交渉により決定されるようになっているが、まだ国際水準には達していない。産業向け石炭価格も 2015 年には国際水準に達するものと想

²⁴石炭および天然ガス価格は、IE および VINACOMIN から入手したものに、国際データについては日本エネルギー経済研究所の独自調査により入手した。

²⁵熱量調整は豪州炭: 6,322kcal、ベトナム炭: 5,500kcal として、熱量等価としてで換算。一部に 4,500kcal のものもある。産業向け石炭も、電力向け価格に準拠するものとし、熱量の差により熱量等価のトン当たり価格が適用されるものとした。

定する。

b) 天然ガス価格

天然ガスについては、現在、随伴ガスと天然ガスで2種類の価格が存在する。天然ガス利用開始の経緯から当初は随伴ガスが主流で、最近になりガス田ガスも追加された。価格はいずれも国際価格を下回っている。ガスの品質に差が無ければ本来価格も同じと評価されるべきであろう。したがって、国内の天然ガス価格は2015年には国際水準に到達し、その際にはすべて熱量等価体系に移行するものと想定する。

国際価格の指標としてはアジアの天然ガス取引の指標である日本のLNG輸入価格を採用し、フレート差を調整して、適用する。

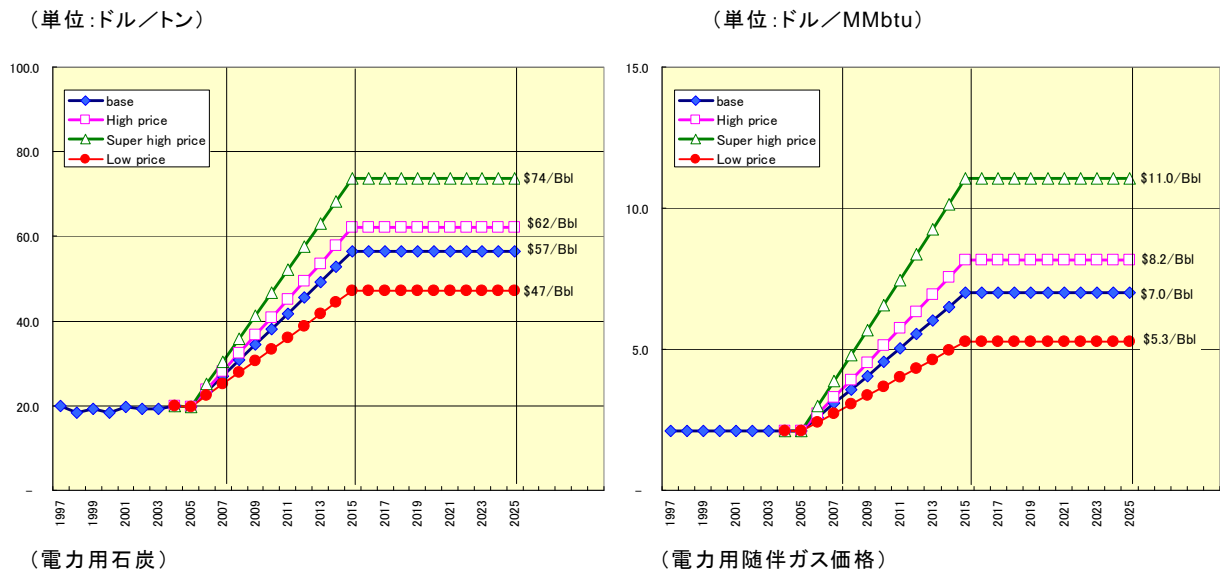


図 4.3-5 ケース別国内エネルギー価格の推移

4.4 長期エネルギー需給モデルの構成

本調査で使用する分析するツールは、図 4.4-1 に示すようにエネルギーデータベース、需要予測モデル、供給分析モデルの3つのブロックで構成されている。このうちエネルギーデータベースはベトナムのエネルギーデータを体系的に整理するためのツールで、IEAの手法を基準に設計した。データベースはモデルとは独立に運用され、ここで整理、集約されるデータはシステムとしてモデルに直結しているわけではなく、必要に応じ需給モデルに転記して使用する。

需給モデルは、操作性という観点から需要予測モデルと供給最適化モデルの2ブロックに分け、さらに「需要予測 ⇒ 供給最適化」という一方通行型の手順を採用している。モデルではベトナムのエネルギーシステムを適切に表現することを第一としているが、モデルの肥大化を避けるため極力簡略化を計っている。たとえば、社会経済動向を詳細に検討することは本調査の目的ではないので、社会経済発展動向のシナリオは与件としてモデルに与え、そのシナリオを出発点としてエネルギー需要動向を分析し、需給最適化を実現す

るための政策・施策のありかたを検討する仕組みとしている。²⁶

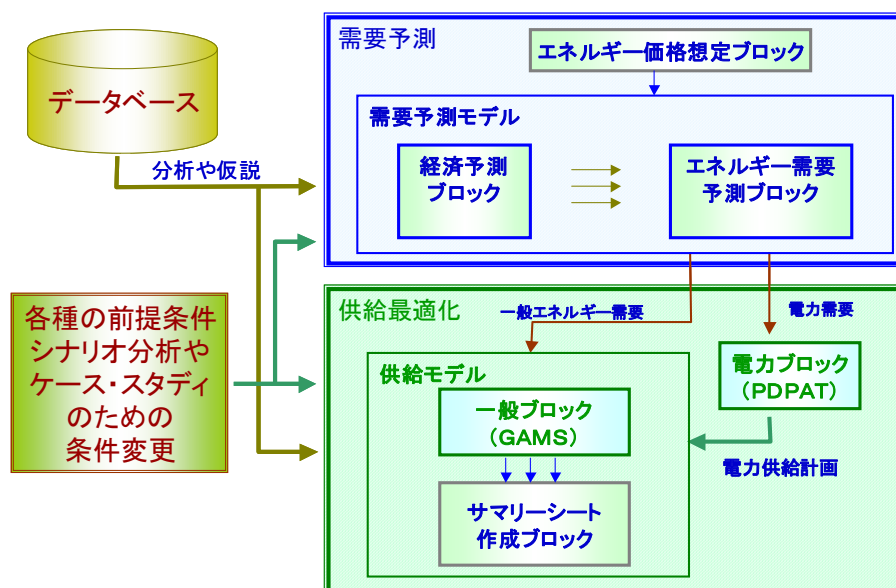


図 4.4-1 エネルギー需給モデルの構成

需要予測モデルと供給最適化モデルはさらに次のように細分化されている。まず、需要予測ブロックでは、価格動向を扱うサブモデルを設け、世界の価格動向を与件としてベトナム国内のエネルギー価格を算定している。その結果は需要予測モデルに転写して使用する。需要モデルは経済ブロックと需要予測ブロックで構成されるが、モデルそのものは一体であり、主要な経済前提や価格などの前提条件を与えると、予測結果が計算される。結果はエクセルのサマリーシートに展開され、これを供給モデルへのインプットとして使用する。

供給ブロックは電力ブロックと一般ブロックで構成され、以下のような手順で最適化計算が行われる。

- ①需要予測モデルで得られた電力需要を対象に、東京電力株式会社の開発した電力需給分析モデル「PDPAT」を用いて発電所タイプ別（石炭、重油、ガス、原子力等）の発電量と燃料消費量を決定する。
- ②電力以外の一般ブロックでは、今回開発したエネルギー需給最適化モデル（以下「需給モデル」）によりエネルギーの最適供給パターンを求める。
- ③最終的にこれらの解を集計して一次エネルギー供給を求める。集計結果は EXCEL のサマリーシートにアウトプットされ、ケースの比較検討が容易に可能である。また、計算結果の簡易要約表も EXCEL シートでアウトプットされる。

作業手順としては、価格に関する前提条件を変更するときは1ケースにつき①価格モデル→②需要予測モデル→③電力開発モデル→④供給最適化モデルの四つのモデルを動かすことになる。需要予測に関する前提条件を変更した場合は②以下の3つのモデルを、電力需給の条件を変更する場合は③以下の2つのモデルを、一般ブロックのエネルギー供給条

26 本調査では、日本エネルギー経済研究所の経験やIEAなど内外の諸機関が用いている分析手法を基礎に、操作性に重点をおいて分析モデルを構成した。その考え方については第4部で詳述する。

件を変更するときは最後の④のモデルを動かすことになる。このようにケーススタディの手順がやや輻輳するが、各ブロックを分けることでモデルの操作性向上を図っている。

上記のシステムでは、最終段階の供給最適化モデルで線形計画(LP)法を用いている。これは「エネルギーシステム全体としての最適解」を論理的に保証するシステムであるが、モデルがはじき出す解はモデルに与える前提条件とパラメーターにより決定されるのであり、その解が真の最適解に近いかどうかはそれらの前提条件やパラメーターが正確かつ現実的な値で与えられているか否かにかかっている。

しかし現実には完璧な前提条件やパラメーターをモデルに与えることは困難である。また、操作性の上でもモデルはシンプルなものが好ましい。つまり、モデルはシナリオの変化や政策選択の効果を相対的に評価する手段であり、試行計算を繰り返しながら、望ましい社会を構築していくための計画を策定する手段と考えるべきである。つまるところエネルギーのベストミックスについてはモデルが自動的にその解を出すのではなく、モデルによる検討を経て我々自身が政策目標としてのベストミックスを設定することになる。今回用意したモデルは、あくまでもそのような検討を行うためのツールにすぎない。

4.5 シナリオ設定とケーススタディ

本調査での分析を進めるうえで、どのようなケースを出発点とするかは国家エネルギーマスタープラン策定の基本方向を示すものであり、リファレンスケースの設定は最も重要な作業である。今回の調査では、最初に現在のトレンドを延長したビジネスアズユージュアル (Business as usual: BAU) ケースを検討した。BAU ケースでは「ベトナム経済は今後 20 年間にわたり 8.4%の高度成長を続ける一方、世界のエネルギー価格は概ね現在の横ばい程度で推移する」というシナリオを想定し、将来のエネルギー需給バランスを計算した。その結果は次のように要約される。

- ①今後 20 年間、最終エネルギー需要は年平均 8.6%で増加を続け、2025 年には 2005 年の 5.2 倍に達する。
- ②国内のエネルギー資源量は限られており、今後新規大型発見がない限り、エネルギーの国内生産量は 2015 年頃には頭打ち傾向が顕著になる。
- ③この結果、ベトナムのエネルギー自給率は今後急速に悪化に向かう。2015 年までにベトナムはエネルギーのネット輸入国に転じ、2025 年には輸入依存率が 50%近くに到達する。

一人当たりエネルギー消費と一人当たり GDP の関係で見た場合、ベトナムのエネルギー消費は ASEAN 諸国のトレンドをかなり上回っている。世界のエネルギー需給がタイト化に向かい、ベトナムのエネルギー供給も輸入依存に転じるという趨勢の中で、このような流れを漫然と続けることは到底許されないだろう。エネルギー問題が持続的成長の制約となるのを避けるためには、このようなトレンドから生じるストレスを可能な限り緩和する必要がある。そこで、本調査では、BAU ケースよりも省エネルギー努力を強化し、一次エネルギー供給合計で 2015 年では約 10%、2025 年では 25-30%の省エネルギー達成を目標とするリファレンスケースを長期エネルギー政策の指標として設定した。

- ・近代化・都市化と非商業エネルギーの動向
- ・モータリゼーションの動向

②供給条件の差異に関するもの

- ・石炭：輸入炭導入のタイミング
- ・天然ガス普及の浸透度：ガス火力の建設、都市ガスの普及
- ・原子力発電の遅れ

さらに、図 4.5-2 に示すように、リファレンスケースを出発点としてさまざまな検討を行った。それらは次のように需要動向の変化に関するものと供給条件の差異に関するものとに大別される。

①需要動向の変化に関するもの

- ・経済成長シナリオ
- ・エネルギー価格シナリオ
- ・省エネルギー促進シナリオ
- ・製油所建設の効果
- ・再生可能エネルギー導入速度

上記のケース設定と試算結果の詳細について、第 5 章では主として需要動向の変化に関するケース、第 6 章では供給条件の変化に関するケースについて説明する。

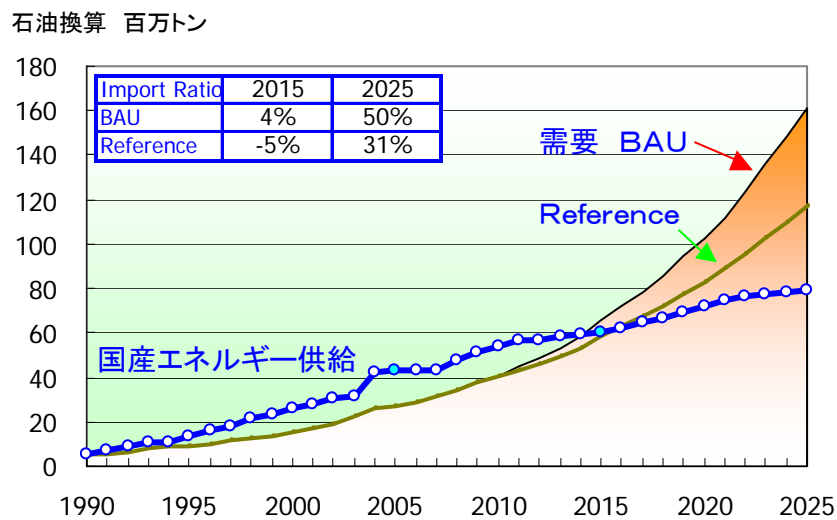


図 4.5-1 BAU ケースとリファレンスケース

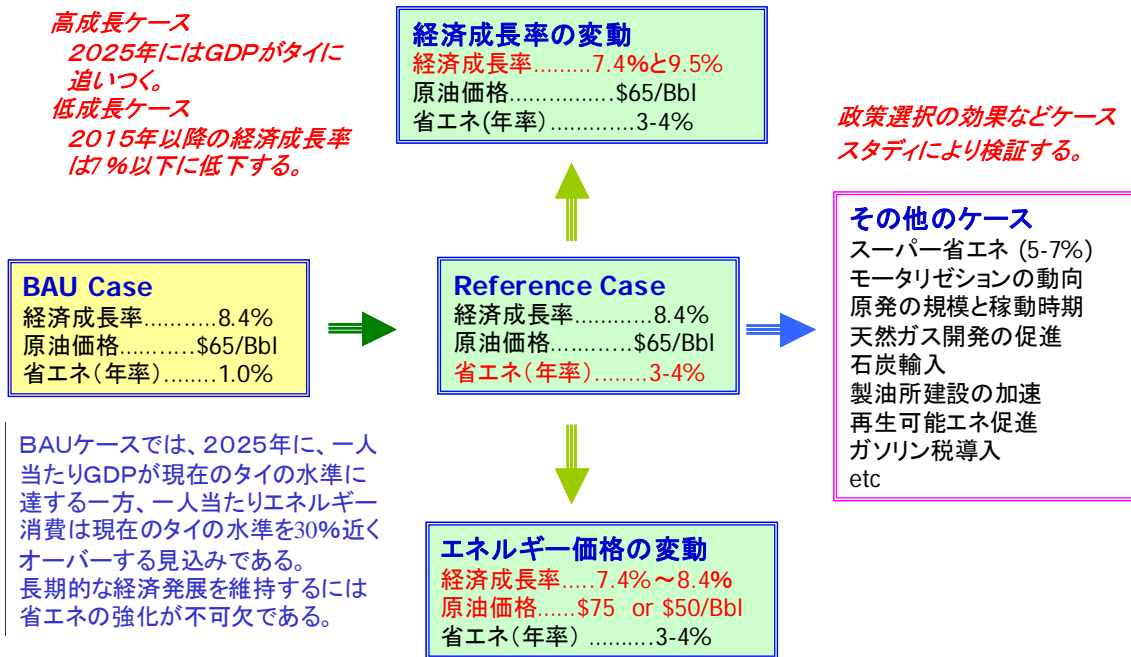


図 4.5-2 ケースの設定

第5章 エネルギー需要予測

本章ではエネルギー需要予測モデルによる需要分析結果を説明する。リファレンスケースを出発点とし、需要動向の変化に関するケース、すなわち高経済成長シナリオ（参考として低成長シナリオ）、エネルギー高価格シナリオ（参考として低価格シナリオ）、スーパー省エネルギーシナリオについて、ケース設定と試算結果を説明する。

5.1 標準的なシナリオと前提条件

5.1.1 経済成長のシナリオ

ベトナムの中長期経済動向については、現行の経済社会発展計画および EDF2050 の見方を踏襲し、リファレンスケースとして 2020 年までの経済成長率を年率 8.5% と見込み、それ以降は年率 8.0% へとやや低下するものと想定する。その根拠は、前章で検討したように、次のような点である。

- ① ASEAN 内の先行国や隣接する中国との経済格差がベトナムの高度成長のドライバーとなる。年率 8% を超える経済成長が続いても、これら先行国との経済格差（一人当たり GDP の差）は容易に解消しない
- ② 農業人口比率が労働力人口（4,360 万人）の 57% を占め、タイ（43%）やインドネシア（44%）に較べても高く、今後も第 2 次産業、第 3 次産業への労働力供給圧力は高い水準で推移すると見込まれる
- ③ このような状況から、社会インフラの整備が順調に進めば、現在の高成長を支えている外資流入（FDI）と固定資本形成は今後もかなりの期間にわたり高水準で継続すると見込まれる。

表 5.1-1 中長期経済見通し

		2006-2020	2020-2025
エネルギーマスタープラン（今回想定）	BAU ケース	8.50%	8.00%
		2011-2020	2021-2030
EDF2050 の経済見通し	高成長ケース	8.50%	8.00%
	標準ケース	7.20%	7.00%

（注）個々の経済変数の推定値は第 12 章に掲載。

なお、現行の社会経済発展 5 ヶ年計画（2006～2010 年）では、高度経済成長の維持、教育・医療・貧困などの社会問題の解決、環境の保護と改善などを政策目標として掲げ、以下のような数値目標を設定している。

- ① 2006～2010 年間の年平均 GDP 成長率：7.5～8.0%（目標は 8.0% 以上）
- ② 2010 年の経済構造：農業 15～16%、工業・建設 43～44%、サービス 40～41%
- ③ 輸出増加率：年平均 16%
- ④ GDP に占める総投資の比率：40% を維持
- ⑤ 2006～2010 年間における海外直接投資額（FDI）：350～400 億ドル／計画期間

2006～2007年の実勢を見ると、輸出とFDIの高い伸びを背景に上記の目標値をかなり上回る経済成長が続いており、控えめに見ても2006～2010年の経済成長率は8.5%以上を十分達成できると見込まれる。また、長期見通し（EDF2050のシナリオ）では、2011～2030年間の経済成長率を表5.1-1のように7.0～8.5%という高い水準に設定している。ここでASEANの先行国マレーシアとタイについて「アジア通貨危機以前の20年間の経済成長率」をみると、マレーシアでは11.9%、タイでは7.9%であった。特に、1970年代半におけるタイの一人当たりGDPは現在のベトナムとほぼ同じ水準にあったこと、未だにベトナムの一人当たりGDPはタイの1/4の水準に止まっていることなどを考慮すると、上記のシナリオは決して過大なものではない。

5.1.2 その他の主要な前提

エネルギー需要動向に大きな影響を持つ主要ファクターについて、リファレンスケースでは次のように想定する。

5.1.2.1 人口増加率

過去5年間の人口増加率は1.4%であるが、EDF2050では「今後は1.1%程度に低下し、2020年以降ではさらに0.8%程度に低下する」と見込んでいる。今回調査ではこの見通しを採用する。

表 5.1-2 人口伸び率の見通し

変数	単位	2010/2005	2015/2010	2020/2015	2025/2020
人口	%	1.1	1.1	1.1	0.8

（出所）人口の伸びはEDF2050より

5.1.2.2 為替レート

為替レートの長期予測には購買力平価説がしばしば用いられる。ベトナムドン（VND）の対米ドル為替レートの変化は、この考え方を適用すれば、両国のインフレ率の差で決定される。たとえば、「ベトナムのインフレ率は6%、米国のインフレ率は3%」と想定すれば、ベトナムドンは米ドルに対し年率3%で目減りする計算になる。実際の為替レートの推移はこのように単純ではなく、金利差や経済のファンダメンタルズ、貿易収支なども関係し、為替レートの予測は難しいものがある。EDF2050では、ベトナムドンの対米ドルレートは2020年ごろまでは年率2%程度で目減りし、それ以降は横ばいと想定されている。今回はその為替レート見通しを採用する。

表 5.1-3 ベトナムドンの対米ドルレートの見通し

	2005	2010	2015	2020	2025
VND/US\$	15,916	16,856	17,947	19,609	21,168

（出所）EDF2050より

5.1.2.3 エネルギー価格

世界の原油価格については、第4章でも検討したように、国際エネルギー機関（IEA）

や日本エネルギー経済研究所の見通しなどを参考として、2025年まで2007年前半と同じ水準が続くものと見込み、他のエネルギー価格についても概ね同様の見込みを採用する。ただし、国際価格連動という考えを適用すると、ベトナムドン（VND）の対米ドルレートが目減りする分（計算上はベトナムのインフレ率と米国のインフレ率の差分だけ）、国内エネルギー価格は上昇することとなる。

①石油製品価格

現在、ベトナムでは石油製品価格体系の見直しに入っている。ここ1～2年、電力向け石油製品以外は30%ほど製品価格が上昇している。今後はさらに上昇を続け、国際価格に則した市場で決定される価格体系に移行すると思われる。石油製品はコスト構成から見れば原油価格を出発点として精製コスト、流通コスト、販売コストなどが加算され、税金や補助金などにより調整されて、最終価格が形成される。今後自動車の急速な普及が見込まれること、道路などのインフラ整備には巨額の資金が必要であることなどに照らし、エネルギー・環境税制についてどのような舵取りをするかという政策選択について、諸外国の例も参考として、大いに検討する必要がある。

②石炭価格

石炭価格は、現在、電力向け以外の石炭は国際価格レベルに是正されつつあり、電力向け石炭も来年以降順次値上げされるものと思われる。今後、国内炭鉱では露天掘りから坑内掘りへの移行が進むためコストアップが生じると見込まれるが、国内炭の価格はある程度の価格是正を経て国際価格とリンクした推移に移行するものと思われる。総じて、国内炭の価格は2015年を目処に国際価格と同等の水準に達するものと想定する。

③天然ガス価格

現在、ベトナムの天然ガス価格は個々のプロジェクトとの個別契約による価格で取引されているが、今後天然ガス価格は国際価格等価（アジアで取引されるLNGのCIF価格）に鞅寄せされる方向にあり、2015年頃を目処に国際価格等価に達するものと想定する。天然ガスの国際価格は、基本的に原油価格リンクが維持されるものと見込み、その結果、2015年以降は原油と同様横ばいで推移するものと想定する。

④電力価格

電力価格では、セクター別の料金体系、大規模需要家の高額負担などを基本とする一方、

表 5.1-4 主要エネルギー価格の想定(リファレンスケース)

Products	Unit	2005	2010	2015	2020	2025
IEA world export price	US\$/bbl	50	65	65	65	65
Crude oil export price of Vietnam	US\$/bbl	54	70	70	70	70
Coal FOB	\$/ton	20	38	57	57	57
Asian LNG CIF	\$/MMBTU	6.4	7.5	7.5	7.5	7.5
Natural Gas (Domestic price)	\$/MMBTU	3.3	5.1	7.0	7.0	7.0
Gasoline retail price	Dong/liter	8,933	11,885	13,010	13,820	14,257
Kerosene retail price	Dong/liter	6,300	11,266	12,348	13,126	13,547
Diesel retail price	Dong/liter	6,500	10,897	11,943	12,696	13,102
Fuel oil price in Vietnam	Dong/liter	4,633	6,761	7,410	7,877	8,129
LPG price in Vietnam	Dong/kg	13,800	20,484	22,451	23,866	24,630
Electricity for Agriculture use	Dn/KWh	660	1,012	1,118	1,236	1,365
Electricity for Residential use	Dn/KWh	695	1,065	1,177	1,301	1,437
Electricity for Industry use	Dn/KWh	829	1,271	1,405	1,553	1,716
Electricity for Commercial use	Dn/KWh	1,359	2,083	2,302	2,544	2,811

地方の消費者に対して優遇策などもある。これらは2015年から2020年にかけて見直され、基本的にはコストベースの料金体系になると想定する。今回は、これらの新しい制度の詳細がまだ見えてこないため、現状を出発点として原油価格と労働生産性の向上（賃金の向上）の二つのコスト要素がそれぞれ50%の比率で電力料金に影響するという形で将来の電力料金が形成されると想定した。今後、新しい電力料金体系が明らかになれば、その方式に沿って検討を行うこととする。

5.1.2.4 産業構造と省エネルギーの動向

中長期エネルギー需要の想定においては、省エネルギーがどのように浸透するかが累積的に大きな影響を持つ。わが国の経験からすれば、省エネルギー問題は以下の二つの要素に分けて考察することが必要である。

①産業構造におけるエネルギー多消費産業（主として素材産業）とエネルギー寡消費産業の比率の変化

②個々のセクターにおける省エネルギーの浸透度

(1) 産業構造の考察

2025年頃までのベトナムの経済発展では周辺諸国との経済格差と巨大農業人口の存在がドライバーになると見込まれ、輸出指向型製品加工業が経済をリードすると予想される。一方、豊富なボーキサイトの賦存を除けば、ベトナムは巨大な素材産業の構築を支持するような環境にはない。ただし経済の成長にはある程度素材の供給も必要である。

一般に、素材産業では規模の経済が強く働き、一工場の規模が大きいため、鉄鋼・非鉄、紙パ、石油精製・石油化学、セメント・窯業などのエネルギー多消費4産業については、今後、個々の具体的な新增設計画をあわせて検討する必要がある。今回の検討では、ベトナムがエネルギー寡消費経済の構築を目指していることを考慮し、エネルギー多消費産業は製造業全体の成長率の1/2程度のスピードで成長するものと想定した。ただし、ベトナムのエネルギー多消費産業はGDP比率では製造業の63%を占めているが、エネルギー消費のシェアは製造業の中では47%程度、全産業では22%程度を占めるに過ぎない。したがって、産業構造におけるエネルギー多消費産業の変化よりも、その他のセクターにおける省エネルギーの進展の方がより大きなインパクトを持つと考えられる。以上の製造業の方向やEDF2050での産業成長見通しなどを参考に、セクター別の将来見通しを考えると下のグラフのとおりである。

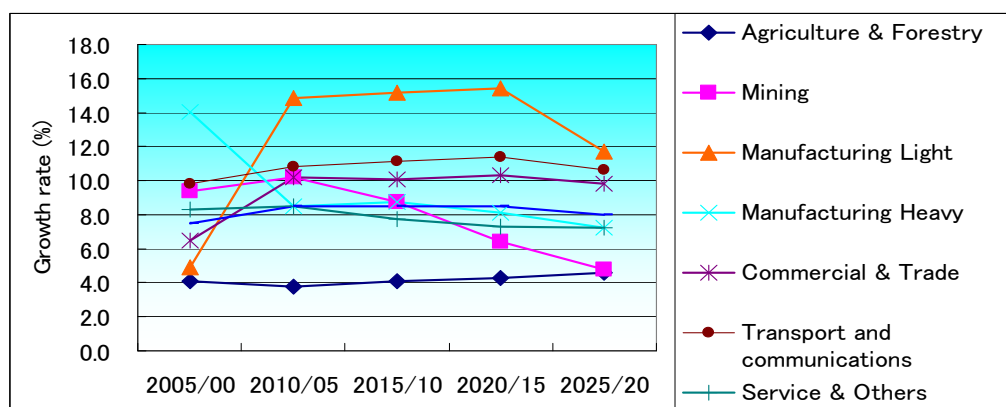


図 5.1-1 産業別 5 年平均伸び率

農業は、今後とも換金作物の奨励に沿って順調に推移するが、鉱業は石油の生産量の伸びの低下が影響して大きな伸びは期待できない。また、家電、自動車、電子機器などのアセンブリー産業（Manufacturing Light）は、日本企業や周辺諸国からの投資の増加により、急速に拡大するものと思われる。一方、重化学工業は、先に述べたように国内市場を充足するだけの成長となるため、GDPをやや下回る成長になるものと思われる。商業や交通部門は、一般的にはGDPに比例して拡大するが、ベトナムの現状の商業・交通部門は、ASEAN諸国と比較してもかなり低い状態にあるため、今後は急成長が期待される。このようにセクターごとの成長は経済政策や出発点である現状の位置において決まる。このように考えると今後のベトナムGDPのけん引役は、アセンブリー産業・商業部門・交通部門などである。

(2)省エネルギーの考察

省エネルギーの推進が現状程度のまま推移した場合（BAU ケース）と、主要産業が自主努力を強化し政府も省エネルギー対策を強力に推進する場合（リファレンスケース）の2ケースを想定する。ベトナムのエネルギー消費は急速に増加する趨勢にあるが省エネルギー関連法令や実施体制の整備状況をみると、国家戦略目標に掲げられている達成時期はかなり遅れると思われる。

省エネルギーの実現については、実際に効果が現れるまでのタイムラグを考慮し、2010年から2025年間の期間を下記のように3段階に分けて想定した。

ステップ1：準備、試験実施期間

2009年までに省エネルギー法令に基づく実施体制の構築・強化、データベースの構築および促進・普及活動を重点とし、試験的に実施をスタートさせる。

ステップ2：セクター別の適用と部分実施期間

2010～2015年までに省エネルギーに関する政府方針および対策を各セクター別の「指定エネルギー消費者」に対し適用・実施する。

ステップ3：全面実施期間

2016～2025年までに指定エネルギー消費者全てに関連法令の適用と対策を実施する。

表 5.1-5 省エネルギー率

(単位：%)

Sectors	Cases	2010-2015		2016-2020		2021-2025	
		Power	Fossil	Power	Fossil	Power	Fossil
Agriculture	BAU	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Promotion	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Industry (Light)	BAU	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Promotion	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Industry(Heavy)	BAU	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	Promotion	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Transportation	BAU	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Promotion	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Comercial &Service	BAU	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Promotion	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Residential	BAU	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Promotion	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0

上記のような努力により、各セクターでは前ページ表 5.1-5 に示すような省エネルギーが進展するものと想定する。なお、各セクターにおける具体的な省エネルギー施策については第 9 章および第 10 章で検討する。

5.1.2.5 自動車普及率

ベトナムでは、庶民の足として二輪車（バイク）が定着している。2005 年のバイクの保有台数は 1,907 万台とほぼ一家に一台の普及率で、売れ行きも引続き好調である。しかし、四輪以上の自動車保有台数は 57.7 万台で、このうち乗用車は 19.5 万台にすぎない。所得水準が低いことに加え、輸入関税が高く、中古車の輸入も規制されている、規制の背景として道路整備が遅れているなどの事情がある。しかしながら、所得水準が向上し、事業成功者などの高所得層が増えてくれば、他のアジア諸国の例にみられるようにある時点から乗用車の普及が急速に進む可能性がある。そうすると、バイクのガソリン消費原単位が年間 150 リットル程度であるのに対し、乗用車では 1,500 リットルを超えることから、ガソリンや軽油の消費が急速に拡大する可能性がある。輸入関税の引き下げ、中古車輸入規制の緩和、国内の自動車組み立て産業の成長などがそのきっかけになるものと思われる。

自動車用燃料についてみると、今後はバイクの普及が次第に飽和状態に達し、代わって乗用車の普及が始まると思われる。しかしながら、本計画期間中の乗用車の総台数は 300 万台程度にとどまるので、ガソリン需要の伸びは比較的穏やかなレベルで推移すると見込まれる。バイクの普及上限がもっと高いレベルになればガソリン需要の増加も当然大きくなるが、たとえばプラトー水準が 3000 万台から 3500 万台に増加した場合、2025 年のガソリン需要は 30 万 kl (4.4%) 程度増加する。これは 20 年間のガソリン需要の増加率を 4.7% から 4.9% に押し上げる程度で、石油需給に深刻な影響をもたらすほどではない。むしろ、トラックの台数が大幅に増加するトレンドの中で、小型車や軽自動車の分野でガソリン仕様の車の増える可能性に注意しておく必要がある。

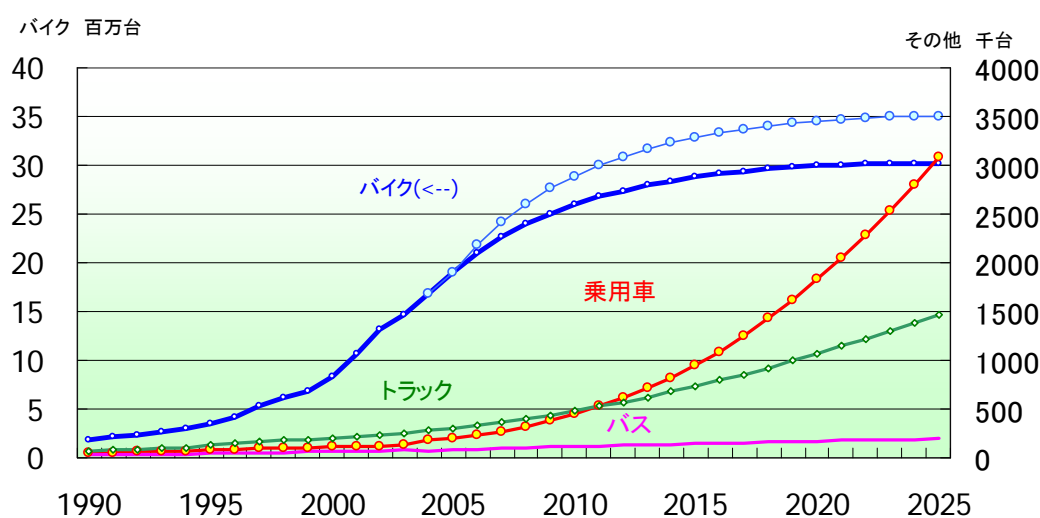


図 5.1-2 バイクおよび自動車の普及動向

モータリゼーションの進展は世界的な傾向である。今回の計画期間中における石油需要の増加がそれほど大きくないとはいえ、いずれ自動車の爆発的な普及が始まる可能性があ

る。このことを踏まえ、将来の交通体系のグランドデザインを早めに構築することが必要である。交通インフラの建設には長いリードタイムを要する。公共交通機関の拡充が遅れれば東南アジア諸国や中国の先例のように過度に自動車に依存する **Mono-mode** の交通体系が先行し、石油消費の爆発的増加を引き起こす可能性がある。一方で、交通インフラの整備には巨額の資金を必要とする。この分野への外資による商業投資には自ずと限界があるので、ベトナム国民自らが資金を負担する制度を交通体系のグランドデザイン構築のなかで確立することが重要である。

本モデルでは、現地自動車関係者のヒアリングと ASEAN 諸国における過去の自動車普及などを参考に自動車の普及速度を想定した。対象となる輸送手段は、自動車ではモーターバイク、四輪自動車、バス、トラックである。また、船舶や航空機、鉄道などで消費されるガソリン、ジェット燃料、軽油、重油などについてもそれぞれのセクター別に需要想定を行った。

5.1.2.6 新・再生可能エネルギー・電力輸入

新・再生可能エネルギーの用途は発電用と石油代替に大別される。電力源としては水力・風力発電・太陽光発電・バイオ発電・原子力発電などがあり、石油代替燃料としてはバイオエタノールやバイオディーゼルなどがある。これらの将来見通しは、新・再生可能エネルギー計画の供給シナリオとして入力する。表 5.1-6 にこれらの値を示す。

表 5.1-6 新・再生可能エネルギーの設定

(単位: TWh)

	2005	2006	2010	2015	2020	2025
水力発電	16.6	18.3	34.6	52.4	62.9	63.7
電力輸入	0.1	0.9	4.9	8.0	24.8	24.8
再生可能エネルギー	0.7	0.3	2.2	4.7	6.6	8.2
原子力発電					10.3	24.6
合計	17.4	19.5	41.6	65.0	104.6	121.3

5.2 需要動向の変化に関するその他のケース

リファレンスケースに加え、エネルギーマスタープランの検討に大きな影響を与えるような需要動向の変化を引き起こすケースとして、①経済成長率の変化、②エネルギー価格の変化についてそれぞれつのケースを検討する。

5.2.1 経済成長率の変化

リファレンスケースよりも高い経済成長が実現した場合、エネルギー需要がどの程度上方修正となり、どのような課題が生じるかを検討しておくことは極めて重要である。第 4 章で議論したように、GDP 総額が 20 年後の 2025 年にはタイに追いつくのをドリームケース (2025 年までの平均経済成長率は 10.5%) とすれば、BAU ケースとドリームケースの間あたりが高成長ケースの上限かと想定される。その場合、2025 年までの経済成長率は 9.5% 程度となる。

エネルギー政策面での検討課題は、必要なエネルギー供給の確保と合理的な利用のためのインフラの整備が主体であるから、このような高成長に対しての備えを検討しておけば

表 5.2-1 ケース別経済成長率

Years	High Case	Reference Case	Low Case
2005	8.4	8.4	8.4
2006	8.5	8.5	8.5
2007	8.5	8.5	8.5
2008	9.5	8.5	8.5
2009	9.5	8.5	8.5
05-10	8.9	8.5	8.5
10-15	9.5	8.5	7.8
15-20	9.5	8.5	7.0
20-25	9.5	8.0	6.5
05-25	9.4	8.4	7.4

よい。また、経済成長がリファレンスケースよりも低いケースでは、エネルギー政策の進捗が緩やかで良く、低経済成長ケースにおけるエネルギー需給は「エネルギー高価格ケース」に似たものとなると予想される。低成長ケースでは、経済成長率が2005～2010年の平均8.5%から2020～2025年では平均6.5%に次第に低下し、全期間平均では7.5%との設定の下でシミュレーションをおこなう。

5.2.2 エネルギー価格の変化

エネルギー価格が高騰すれば、エネルギー需要は抑制される。エネルギー価格の動向についてはさまざまな見方があるが、「世界の原油価格が2005年実質価格で1バレル75ドル程度に高騰する」ケースを「高価格ケース」と想定する。このケースは国際エネルギー機関(IEA)の2006年版世界エネルギー見通しにおける「石油上流部門への投資停滞ケース」に相当する。このようなエネルギー価格の高騰は世界経済の成長を相当程度引き下げることになるので、IEAの見通しを踏襲し、高価格ケースではリファレンスケースに比べ経済成長率も1%程度低下するものと想定する。この場合、石油製品や天然ガスの価格もほぼ原油価格に連動して上昇しよう。ただし、石炭は世界的に広く豊富に賦存しているので、需要増に応じて供給増も進み、石油価格が高騰するケースでも石炭価格の上昇は原油価格上昇の1/2程度にとどまるものとみる。

(単位: Gasoline, Diesel: Dn/Liter, LPG: Dn/kg)

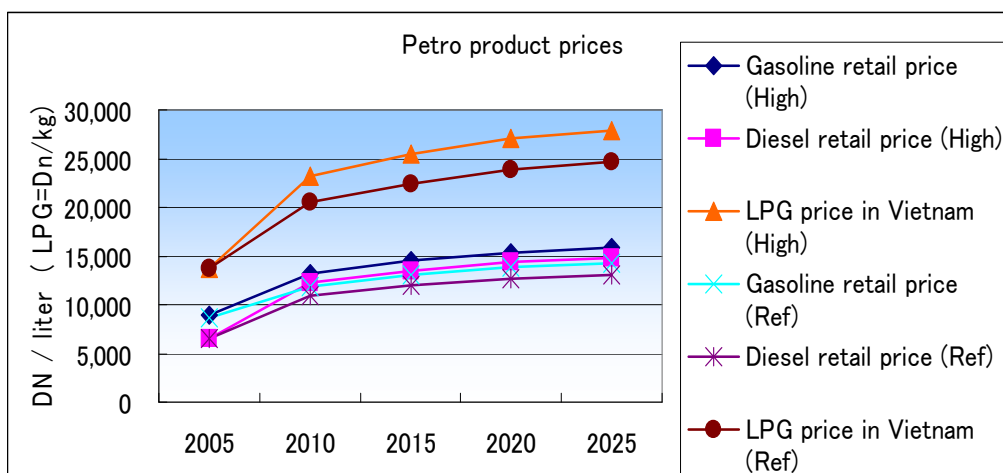


図 5.2-1 リファレンスケースと高価格ケースにおけるエネルギー価格

上記のケースとは逆に、エネルギー価格が低下に向かったときのインパクトを検討する。ここでは、世界原油価格が2010年に向けて1バレル当たり50ドルまで緩やかに低下し、その後横ばいとなるケースを想定する。このケースでは、産業構造の変化が進展せず、省エネルギー意欲が薄れることなどから、エネルギー需要がリファレンスケースより増大する。日本の経験でも、原油価格低下時にはエネルギーのGDP原単位が増大している。

5.3 リファレンスケースにおける需要動向

5.3.1 リファレンスケースの最終エネルギー需要見通し

今後のベトナムでは、一般産業部門、商業・サービス部門、家庭部門などでのエネルギー近代化が進むと考えられる、これらの部門では非商業用エネルギーが減少に向かう一方、これに代替するLPGや電力の伸びが大きい。交通部門では自動車用燃料のガソリンや軽油の伸びが大きい。しかし、モーターバイクの普及が頭打ちになり、四輪自動車の普及はやや遅れているので、ガソリン需要の伸びはそれほど大きくない。一方、貨物輸送では自動車のウェイトが増大し、軽油の需要拡大が速い速度で進展するものと思われる。

今回のBAUケースでは、第4章で議論したように一般的な認識として期待されている省エネルギー率1%を設定し、省エネルギーを強化するリファレンスケースでは年率3%を想定した。

BAUケースでは現行の極めて高い弾性値が、2025年には周辺諸国のように比較的安定した弾性値1.2にまで低下する。しかし、一人当たりの電力需要は周辺諸国と比べると際だって高い。これまでのエネルギー供給体制は電力に大きく依存しており、今後もこの体制はあまり変化しないと想定している。当面の電力不足は深刻だが、高いエネルギー原単位と電力偏重の傾向が今後も続くかどうかは慎重に検討する必要がある。

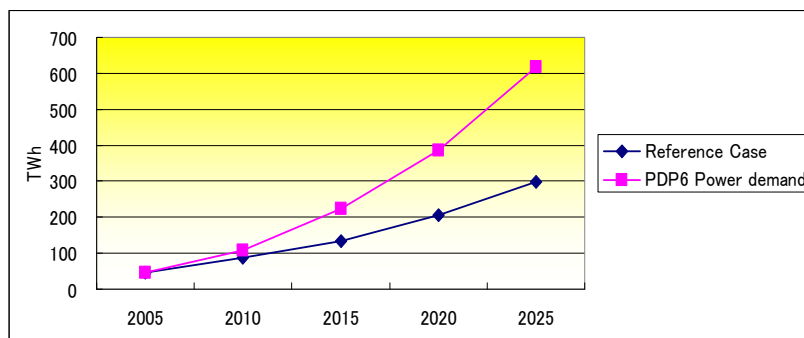
リファレンスケースでは「経済構造の改革や各セクターでの努力により政府の現行省エネルギー計画が原案の1/2程度は実現される」と想定する。この結果、最終エネルギー需要はBAUケースに対し2015年で9%、2025年で23%の減少となる。また、2025年のGDP弾性値は0.9で、通常各国で見られる値に近いものとなる。

表 5.3-1 リファレンスケースのエネルギー需要見通し

		2005	2010	2015	2020	2025	25/05
Power demand (TWh)	Reference Case	46	86	132	203	293	9.8
	BAU Case	46	87	148	252	400	11.6
	Gap%	0%	-2%	-11%	-19%	-27%	
	Elasticity	2.0	1.6	1.1	1.1	0.9	
Final energy demand (MTOE)	Reference Case	23	33	47	67	91	7.2
	BAU Case	23	34	51	80	118	8.6
	Gap%	0%	-2%	-9%	-16%	-23%	
	Elasticity	1.6	1.0	0.8	0.9	0.9	

(注) 最終エネルギー需要には、転換部門(石油精製や発電所など)で消費される化石燃料や非商業エネルギーは含まない。

第2章で検討したように、PDP6の電力需要見通しは周辺国の電力需要動向に照らしてかなり過大である。これはベトナムでは水力比率が高く、また、石油や天然ガスの供給体制が不十分であったこともあり、水力からの安い電力供給に過度に依存しているからと思われる。この状態が今後も続けば、周辺国より高い電力依存が続くことになる。しかし、低廉な水力資源には限りがあるので、いずれ電力料金の上昇が始まって電力への過剰依存体制は解消し、一人当たり電力消費量も周辺諸国（2005年で2,000～3,000kWh/人）と同程度の電力需要量に向かうだろう。それに伴い、都市ガスや工業部門での天然ガス普及がある程度進展することになるだろう。



(出所)PDP6のBaseケースより作成。

図 5.3-1 リファレンスケースと PDP6 における電力需要の比較

5.3.2 セクター別需要動向

BAU ケースとリファレンス・ケースの比較という形で 2025 年の最終エネルギー需要におけるセクター別省エネルギー状況を見ると、下表のように軽工業部門が 30%でトップで、以下商業部門、家庭部門、重工業部門、交通部門、農業部門という順で省エネルギーが進むという想定である。ベトナム全体では、2025 年の省エネルギーは 23%で、目標とする 20%-30%の範囲である。

表 5.3-2 セクター別最終エネルギーの省エネ状況 (BAU 対リファレンス)

		2010	2015	2020	2025
(1)Agriculture	%	0	0	0	0
(2)Industry (Light)	%	-3	-14	-22	-30
(3)Industry (Heavy)	%	-1	-6	-10	-14
(4)Transportation	%	-1	-4	-8	-12
(5)Commercials & Service	%	-2	-12	-20	-28
(6)Residentials	%	-2	-12	-20	-28
Total	%	-2	-9	-16	-23

電力需要については、リファレンスケースでは BAU ケースと比較して 2015 年で 11%、2025 年で 27%の省エネルギー効果を見ている。これは最終エネルギー需要の省エネの 23%よりは大きい。2025 年の電力節約の内訳は商業部門 28%、軽工業部門 28%、家庭部門 28%、

重工業部門 15%、交通部門 15%、農業部門 0%の順である。政府が計画している省エネルギー政策が半分程度実現すれば、2025年時点で 27%程度の電力節約効果が出るということである。

表 5.3-3 セクター別電力省エネルギー状況 (BAU 対リファレンス)

		2010	2015	2020	2025
(1)Agriculture	%	0	0	0	0
(2)Industry (Light)	%	-2	-12	-20	-28
(3)Industry (Heavy)	%	-1	-6	-11	-15
(4)Transportation	%	-1	-6	-10	-15
(5)Commercials & Service	%	-2	-12	-20	-28
(6)Residentials	%	-2	-12	-20	-28
Total	%	-2	-11	-19	-27

5.3.3 農業部門におけるエネルギー需要

農業部門の最終需要は 2005 年の 570KTOE (含む電力) から 2015 年 830KTOE、2025 年 1,159KTOE に増加し、2005～2025 年の平均伸び率は年率 3.6%である。エネルギー別の平均増加率は石炭 0.9%、石油製品 (ガソリン、軽油、重油) 3.0%、ガス 0%、電力 8.0%で、電力の伸びが大きい。なお、農業部門の電力化率は、2005 年 8%の実績から順次大きくなり、2010 年 12%、2015 年 15%、2020 年 17%、2025 年 20%である。

(単位:KTOE)

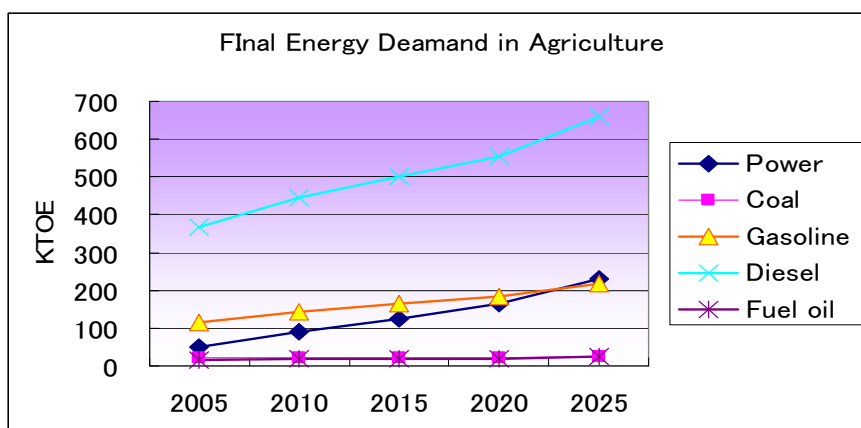


図 5.3-2 農業部門の最終エネルギー需要

5.3.4 軽工業部門におけるエネルギー需要

軽工業部門は今後のベトナム経済を牽引する主力部門で、セクター別需要の中で最大の需要の伸び率を示す部門である。エネルギー需要は 2005 年の 8,800KTOE (含む電力、非商業エネルギー) から 2015 年は 17,600KTOE、2025 年には 39,800KTOE に増加すると予測される。この間のセクターGDP に対する需要弾性値は 0.52 と低い値を見込んでいる。2005～2025 年の平均増加率は 7.9%となる。同セクターにおける需要動向や省エネルギーの可能性については、今後さらに一歩踏み込んだ検討を行うことが望ましい。エネルギー別では石炭 5.8%、LPG15.6%、石油製品 (灯油、軽油、重油) 8.6%、ガス 10.3%、電力 10.3%

で、総じて伸びが大きい。天然ガスの増加率は 10.3%だが、これは現状の需要構成を将来に延長したときの伸びで、今後ガス配送網などのインフラ整備が進めば、石炭や石油に代わってさらに伸びる可能性がある。

軽工業部門で特筆すべきは石油製品である LPG で、直近の 5 年間（2001～2006 年）の伸びは年率 38%で急激な勢いで伸びている。LPG の急激な伸びは 1999 年からの現象で、軽工業の成長に合わせて、多くの工場で生産ラインや福利厚生施設で利用されている。LPG は輸送や使用が容易で環境にも優しい便利な燃料であり、現在のトレンドが継続すれば軽工業部門での需要は 2015 年には現在の 5 倍、2025 年には 16 倍にも達する。LPG の国内供給は限られているので、大半は輸入に頼ることになる。しかしながら、国際市場での LPG 供給は不安定で価格変動も激しい。したがって、LPG の供給増加には限界があり、他の石油製品や石炭などの代替供給手段とのベストミックスを検討することが必要である。なお、電力の需要比率を示す電力率は、2005 年 17%の実績から順次大きくなり、2010 年 24%、2015 年 25%、2020 年 26%、2025 年 26%である。

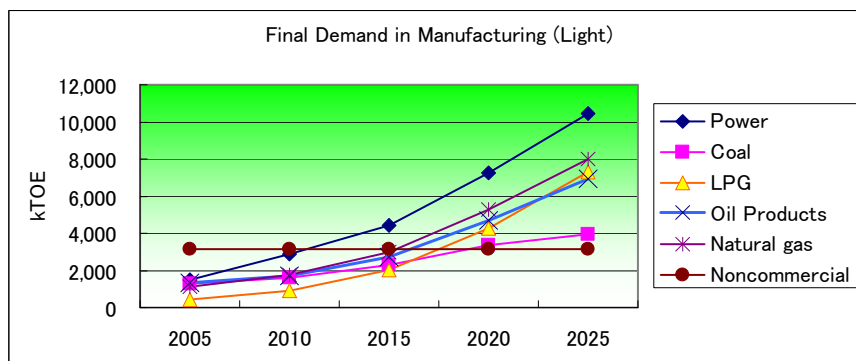


図 5.3-3 軽工業部門の最終エネルギー需要

5.3.5 重工業部門におけるエネルギー需要

重工業部門のエネルギー需要は、2005 年の 4,900KTOE（含む電力）から、2015 年には 9,000KTOE、2025 年には 13,300KTOE に増加すると見込まれる。省エネルギー型経済構造

(単位:KTOE)

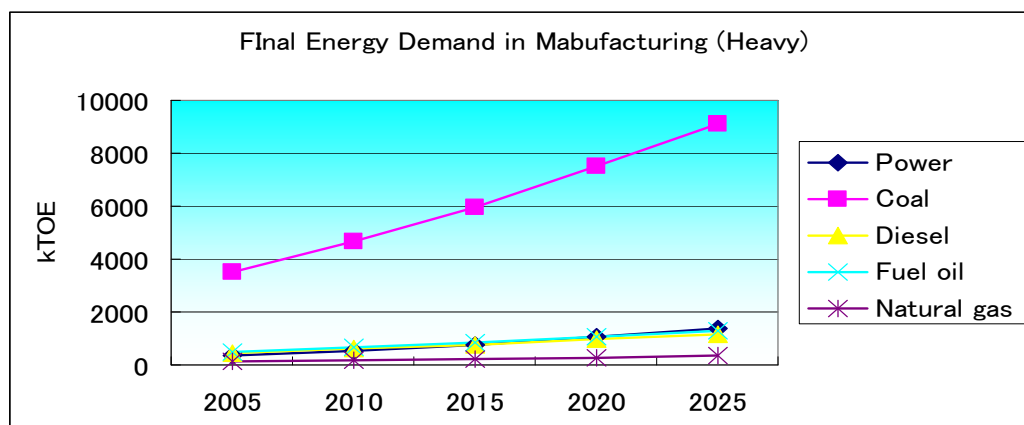


図 5.3-4 重工業部門の最終エネルギー需要

の構築を目指すベトナムでは重工業部門の発展は比較的穏やかなレベルに止まる。2005～2025年の増加率は年率5.1%となる。エネルギー別では石炭4.9%、石油製品5.1%、ガス4.8%、電力7.1%で電力の伸びが高い。軽工業と同様、天然ガスの需要は今後のインフラ整備次第でさらに高くなる可能性がある。（このとき石炭や石油製品の伸びは下がる）なお、電力の需要比率を示す電力率は、2005年7%の実績から順次大きくなり、2010年8%、2015年9%、2020年10%、2025年11%である。

5.3.6 交通部門におけるエネルギー需要

現在、ベトナム市民の交通機関としてはモーターバイクが普及しており、貨物輸送ではトラックと鉄道、船舶による輸送が中心である。しかし、鉄道は狭軌の上単線で効率が悪く、現状では多くを期待できない。東南アジア諸国に見られるように、今後モータリゼーションの到来は必至で、ある時期から自動車の普及が急速に進むと予想される。

表 5.3-4 は、ベトナムの自動車台数の予測である。お隣のタイと肩をならべて世界の普及率を誇るバイクの増加は今後次第に頭打ちに向うものと思われる。現在（2006年）4人に1台（総数2,000万台）程度に普及しているバイクは、将来は、3人に1台（2025年人口1億人として3,300万台）で頭打ちになるものと思われる。一方、乗用車は2010年頃より増加の歩を早め、2025年には現在の23倍の300万台程度に達する可能性がある。ただし、バイクが頭打ちとなるので、ガソリン需要の増加はそれほど大きくはない。バスは周辺国などとの比較においても、ベトナムの人口からみて20万台程度が当面の目安だろう。

現在、貨物輸送量ではトラックと鉄道輸送の比率は51：49だが、2025年にはトラックの比率が65%くらいまで増加するものと思われる。その場合トラックの台数は現在の7.5

表 5.3-4 輸送車両の推移(登録台数)

		2005	2015	2025	15/05	25/15	25/05
バイク	百万台	19.1	32.8	35.0	5.6%	0.7%	3.1%
乗用車	千台	195	950	3084	17.2%	12.5%	14.8%
バス	千台	79	147	193	6.5%	2.8%	4.6%
トラック	千台	304	733	1469	9.2%	7.2%	8.2%
自動車計	千台	577	1830	4746	12.2%	10.0%	11.1%

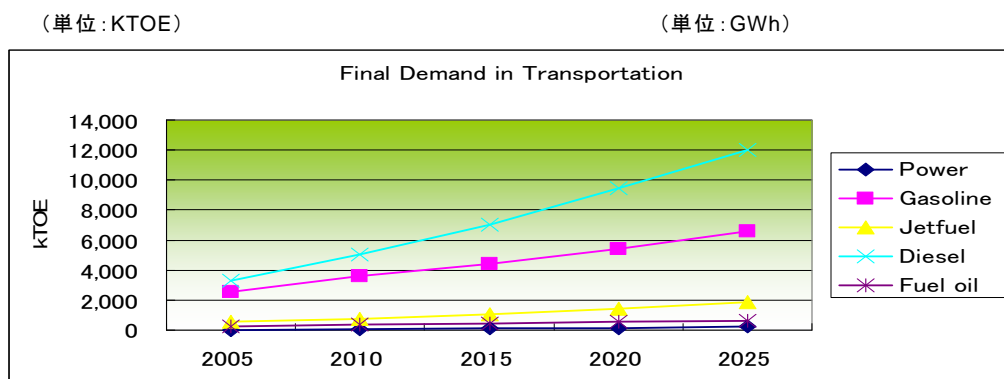


図 5.3-5 交通部門の最終需要

倍の150万台に達すると想定される。以上のような輸送用車両の増加で、交通部門の最終エネルギー需要は2005年の3,900KTOE（含む電力）から2015年には12,900KTOE、2025年には13,900KTOEに増加しよう。

この結果、輸送用燃料の2005～2025年の平均増加率は年率5.9%となる。エネルギー別ではガソリン4.8%、軽油6.7%、ジェット燃料6.5%、重油4.7%で、軽油の伸びが大きい。ガソリン需要は四輪自動車の普及とモーターバイクの頭打ちと相殺され、需要全体の伸びは穏やかなものとなる。しかし、四輪自動車の普及は2025年以降に加速すると見込まれるので、その兆候に十分注意する必要がある。一方、軽油需要は経済活動を支える主要物資として堅調な増加を続ける見通しである。また、地下鉄の建設などにより、交通部門向けの電力需要が増えるものと思われる。

5.3.7 商業部門におけるエネルギー需要

商業部門の最終エネルギー需要は2005年の1,300KTOE（含む電力）から2015年には2,400KTOE、2025年には3,900KTOEに増加しよう。2005～2025年の平均増加率は年率5.5%となる。エネルギー別では、石炭1.9%、LPG5.7%、石油製品(灯油、軽油、重油)3.57%、電力11.2%で電力の伸びが大きい。

商業部門の特徴は、電力以外では、過去5年間（2001年-2006年間）で、LPGの伸びが16%と著しく、次いで同期間の電力需要の伸びは12%以上である。一方、重油・灯油の需要はこの5年間減少しており、これらの需要がLPGに代替されていることが分かる。軽工業部門と同様に商業部門でもクリーンで扱いやすいLPG型燃料の伸びが大きいものと思われるが、このような燃料をどのように供給するかの検討をさらに進める必要がある。なお、電力の需要比率を示す電力率は、2005年15%の実績から順次大きくなり、2010年21%、2015年27%、2020年34%、2025年40%である。

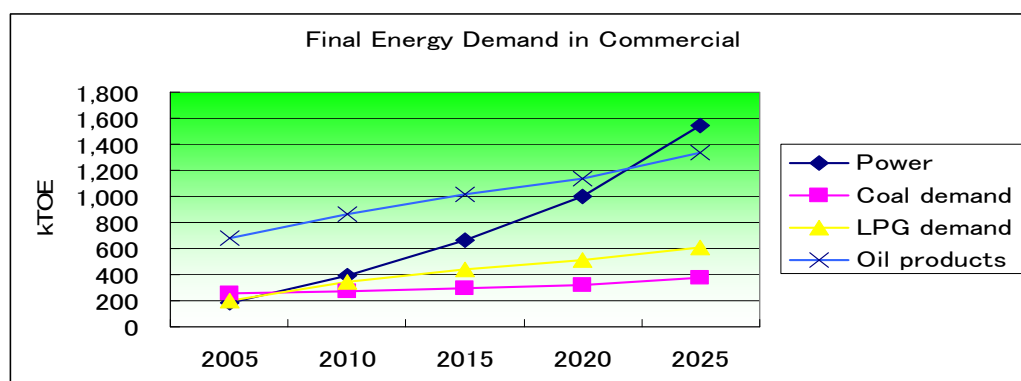


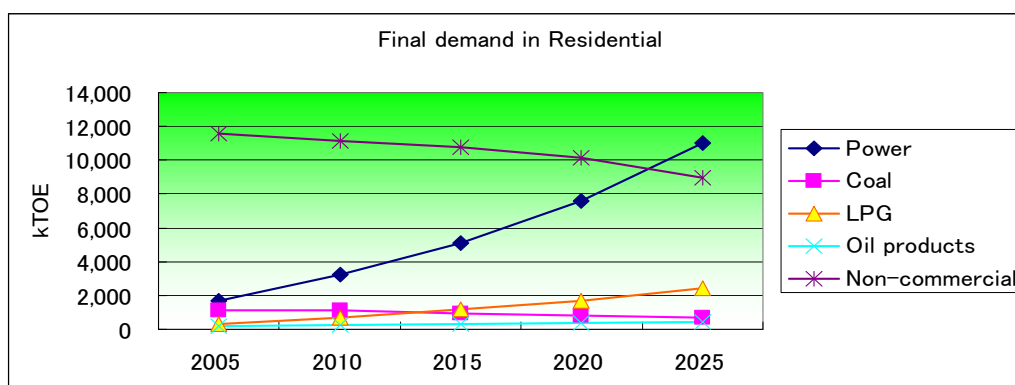
図 5.3-6 商業部門の最終需要

5.3.8 家庭部門におけるエネルギー需要

家計部門の最終エネルギー需要は2005年の14,900KTOE（含む電力）から2015年には18,400KTOE、2025年には23,700KTOEに増加しよう。2005～2025年の平均増加率は年率2.3%となる。同期間のエネルギー別伸び率では、石炭マイナス2.5%、LPG10.4%、石油製品(灯油、軽油、重油)3.8%、電力9.8%、非商業エネルギーマイナス1.3%と見込まれる。

家庭部門の特徴は、電力と石油製品（LPGが中心）の伸び率が高いということで、好調

な GDP に支えられて、都市勤務者の増加、生活水準の上昇などにより、電力（冷蔵庫やエアコン）や LPG（厨房用）の需要が上昇している。一方、地方人口の減少や都市部の厨房形態の変化により、薪などの非商業エネルギーや石炭燃料の需要は低下するものと思われる。ただし、LPG は国内供給は限られ、国際市場も基本的にはタイトに推移すると見込まれるので、都市ガスなどこれに代わる近代的燃料の導入方策を早急に検討することが必要である。なお、電力の需要比率を示す電力率は、非商業エネルギーを除いたところで、2005 年 54% の実績から順次大きくなり、2010 年 60%、2015 年 67%、2020 年 72%、2025 年 75% である。



(注)電力は右メモリ、電力以外は左メモリ。

図 5.3-7 家庭部門の最終需要

5.3.9 石油製品のエネルギー需要

リファレンスケースにおける石油製品需要の見通しは表 5.3-5 のとおりである。ここで、LPG 代替需要としているのは、LPG 需要の増加に供給が追いつかないため、灯油や都市ガスなどの他の燃料で供給されると仮定した数量である。

表 5.3-5 石油製品の需要見通し

Products	2005	2010	2015	2020	2025	2005	2015	2025	15/05	25/15
LPG	963	1,971	3,641	4,342	4,418	8.3	16.1	10.1	14.2	2.0
LPG Substituted	0	0	0	2,133	5,937	0.0	0.0	13.6		
Gasoline	2,687	3,697	4,516	5,491	6,657	23.2	19.9	15.2	5.3	4.0
Kerosene	332	342	373	423	511	2.9	1.6	1.2	1.2	3.2
Jetfuel	534	736	1,031	1,415	1,872	4.6	4.5	4.3	6.8	6.2
Diesel	5,162	7,456	10,294	14,089	18,301	44.5	45.4	41.8	7.1	5.9
for General	5,149	7,456	10,294	14,089	18,301	44.4	45.4	41.8	7.2	5.9
for Power	13	0	0	0	0	0.1	0.0	0.0		
Fuel oil	2,214	2,096	2,807	4,329	6,090	19.1	12.4	13.9	2.4	8.1
for General	1,616	2,020	2,742	3,939	5,295	13.9	12.1	12.1	5.4	6.8
for Power	598	76	65	390	795	5.2	0.3	1.8	-19.9	28.5
Total Oil demand	11,598	16,298	22,662	32,223	43,786	100.0	100.0	100.0	6.9	6.8

5.3.9.1 LPG の国内需要

LPG は、製造業・商業・家庭部門で消費されている。しかも、この分野の天然ガス利用が明確でない昨今の状況では、LPG の需要は、他の石油製品と比較して、特段の需要増加

が見込める。国内全体としては年率 12.6%増であるが、今後は、製造業部門（軽工業）15.3%、家庭部門で 10.4%、または商業部門でも 5.7%の需要増が見込める。2005 年実績で 1,000 k toe の需要が 2025 年には 10,000ktoe ほどになり、供給の可否が問題になるものと予想される。

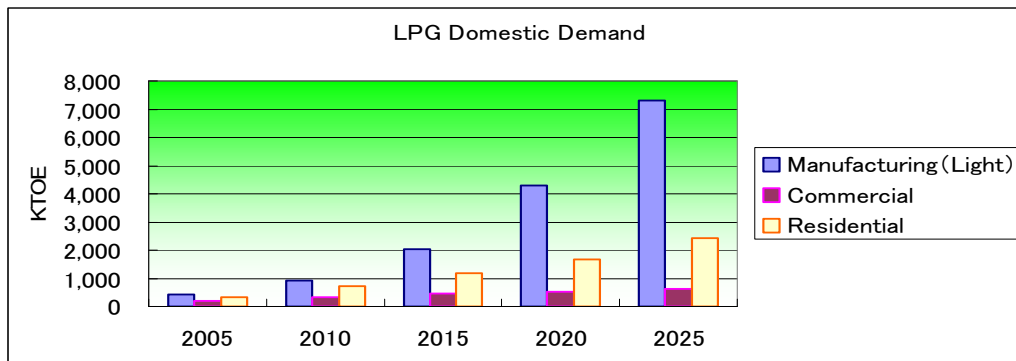


図 5.3-8 LPG の国内需要

5.3.9.2 ガソリンの国内需要

ガソリンは、バイク・乗用車で消費されるが、ベトナムでは、小型船舶のエンジン用にもガソリンは使用されている。これまでのセクター別分類では、小型船舶用は「農業・漁業部門」、バイク・乗用車は「交通部門」での消費と言うことになるが交通部門での消費が圧倒的である。したがって、全体としての伸びも 4.6%とバイク・乗用車の伸び 4.7%とほぼ同じである。ガソリン需要は、2005 年の 2,700ktoe から 2025 年には 2.5 倍の 6,700ktoe になる。しかも、その 97%はバイク・乗用車用である。

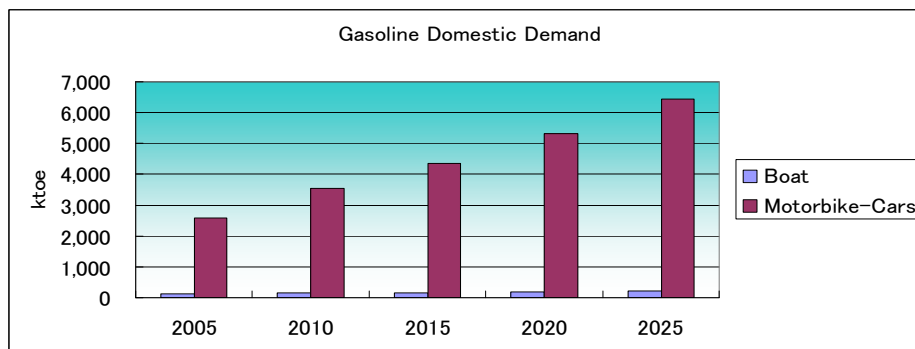


図 5.3-9 ガソリンの国内需要

5.3.9.3 灯油の国内需要

ジェット燃料油を含めた灯油類は、航空機・製造業（軽工業）・商業・家庭で利用されている。このうち、ジェット燃料は、これからの国際化・国内経済の活性化などを背景に 2005～2025 年 6.5%の伸びを示す。また、製造業部門でも灯油は活発に消費され、同期間 6.8%/年の消費の増加が期待される。一方、商業や家庭部門では、灯油は電力や LPG に代替され、伸びは抑えられ、それぞれ 1.6%、2.3%の伸びに留まるものと思われる。全体

としては、2005年の900ktoeから2025年には2.8倍の2,400ktoeに増加するものと予想される。

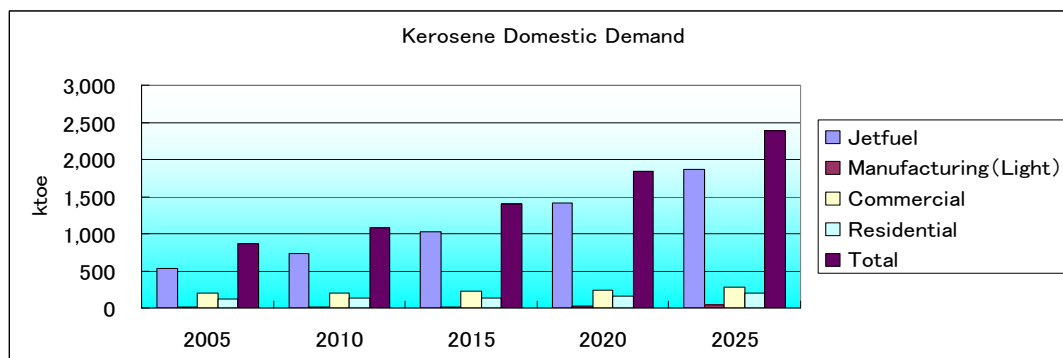


図 5.3-10 灯油の国内需要

5.3.9.4 軽油の国内需要

軽油は、交通部門・製造業・農業・商業・家庭部門と幅広く使われているが、交通部門と製造業部門での消費が大きい。ただ、製造業の消費は、自社製品の運搬用の貨物車両用の燃料としての利用が多く含まれていると思われ、これらも交通用と考えれば、軽油は、大半が交通・運搬車両用に使われていると言える。また、軽油は、これまで発電用としても利用してきたが、最近では減少傾向にあり、将来は地方での独立したディーゼル発電機用の燃料として利用されるに留まりものと思われる。今後は、製造業用と交通用燃料としての軽油の需要が大きく、2005～2025年平均伸び率は、製造業用と交通用それぞれ8.0%、6.5%になるものと予測される。家庭用、商業用軽油の需要も堅調で、それぞれ5.9%、4.3%の伸びになる。全体としては、2005年の5,100 ktoeから2025年には3.6倍の18,000ktoeに増加するものと予想される。

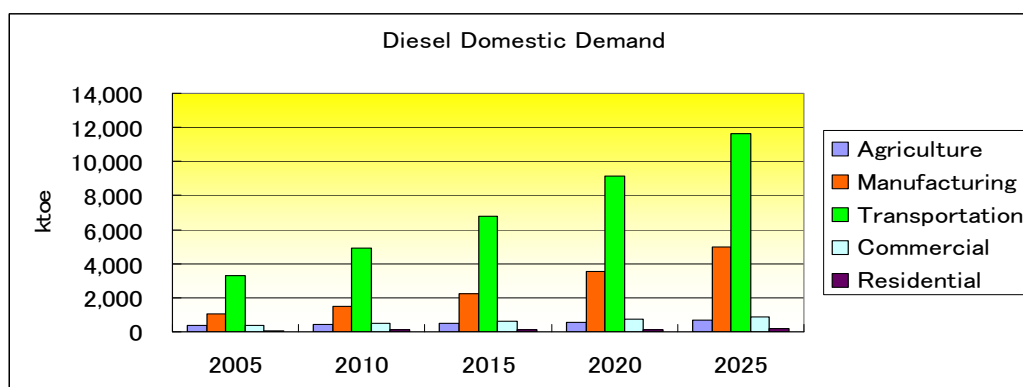


図 5.3-11 軽油の国内需要

5.3.9.5 重油の国内需要

重油は製造業・電力部門・交通部門・商業・農業・家庭部門と幅広く使われている。特に製造業と電力部門の需要は大きく2005年の実績で消費先の構成比では製造業54%、電力部門での消費が28%である。次いで交通部門の12%となっている。商業・農業・家庭

部門の消費はこれらの合計でも 7%と小さく、製造業、電力部門、交通部門が 3 大消費先である。これらの傾向は 2025 年でも同じで、構成比は、製造業 65%・電力 22%・交通部門 9%という見込みである。伸び率は 2005～2025 年平均で製造業 6.7%、交通部門 4.7%、電力部門 4.3%という見込みで、製造業の高い伸びに比例して重油の消費も拡大するものと思われる。全体としては、2005 年の 2,200ktoe から 2025 年には 3.0 倍の 6,700ktoe に増加するものと予測される。

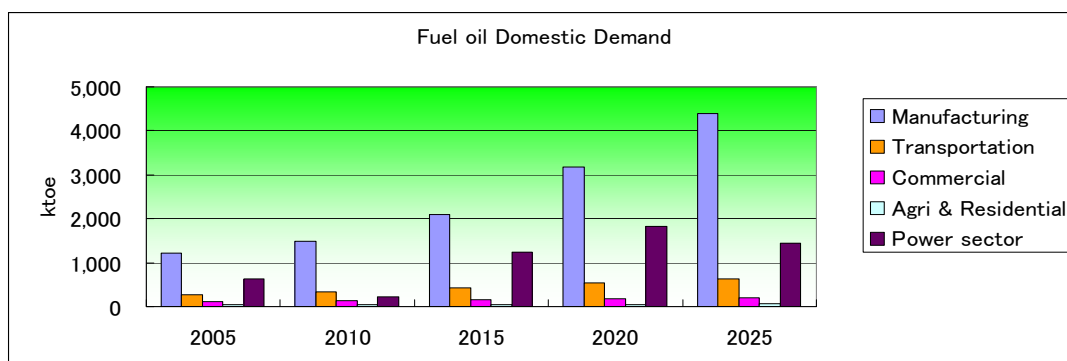


図 5.3-12 重油の国内需要

5.4 各種シナリオの下での需要見通し

5.4.1 経済成長率の変化

5.4.1.1 高成長ケース

高成長ケースは、リファレンスケースの 8.4%に対して 9.5%というかなり高めの経済成長率を設定したケースである。リファレンスケースとの最終エネルギー需要の差は 2015 年で 9%、2025 年では 34%になる。高成長ケースでは 2008～2025 年の平均経済成長がリファレンスケースより相当に高く、工業部門、商業部門、家庭部門のすべてにおいてエネルギー需要が極めて旺盛になる。弾性値をみると 2000～2005 年の 1.7 から 2020～2025 年には 1.0 に下がるが、20 年間にわたって超高度経済成長が続く場合、これほど高いエネルギー弾性値が続くことは考えられず、さらなる省エネルギー意識が出てくる可能性もある。いずれにせよ、このような高度成長が続く兆候が現れれば、経済に破綻を来たさないよう各種の対策を相当前倒しで実施しなければならない。

表 5.4-1 高成長ケースとリファレンスケース

		2005	2010	2015	2020	2025	25/05
Power demand (TWh)	High Growth Case	46	89	145	237	389	11.3
	Reference Case	46	86	132	203	293	9.8
	Gap(%)	0%	3%	9%	16%	33%	
	Elasticity	2.0	1.6	1.1	1.1	1.1	
Final energy demand (MTOE)	High Growth Case	23	34	51	78	121	8.8
	Reference Case	23	33	47	67	91	7.2
	Gap(%)	0%	3%	9%	17%	34%	
	Elasticity	1.7	1.0	0.9	0.9	1.0	

電力需要は、高成長ケースでは2015年で9%、2025年で33%も高くなる。また、高成長ケースの電力需要のGDP弾性値は2000～2005年の2.0から2020～2025年には1.1へと漸次低下する。しかし、2005～2025年間の平均でGDPが6倍（年率9.4%）に増加するところ、電力需要は8倍となる。この電力需要見通しは相当高いと思われるが、PDP6ではこれ以上の電力需要の伸びを想定している。本調査では、高成長ケースは経済成長に示されるようにエネルギー需要の「最も高い需要」を試算したケースで、出現する確率は低いエネルギー供給政策の一つの目安になるものとする。

5.4.1.2 低成長ケース

高成長と逆に低成長ケースを設定して、電力と最終エネルギー需要を計算すると以下の表の通りである。最終エネルギー需要は、2015年では、低成長ケースでは、リファレンスケースより17%需要が低く、2025年では41%も低い。また、電力では2015年では19%低く2025年では44%ほど低い。低成長ケースは高成長ケースとは逆で、エネルギー需要の「最も低い需要」を試算したケースで、これも出現する確率は低いエネルギー供給政策の下限值としての目安になるものと思われる。この場合は、エネルギー部門への過剰投資を控え、効率的なエネルギーシステムの構築を目指すことが必要である。

表 5.4-2 低成長ケースとリファレンスケース

		2005	2010	2015	2020	2025	25/05
Power demand (TWh)	Low Growth	46	86	126	176	233	8.5
	Reference	46	86	132	203	293	9.8
	Gap(%)	0%	-4%	-19%	-35%	-44%	
	Elasticity	2.0	1.6	0.9	0.8	0.9	
Final energy demand (MTOE)	Low Growth	23	33	44	57	71	5.9
	Reference	23	33	47	67	91	7.2
	Gap(%)	0%	-3%	-17%	-33%	-41%	
	Elasticity	1.7	1.0	0.6	0.6	0.7	

5.4.2 エネルギー価格の変化

5.4.2.1 高価格シナリオ

リファレンスケースと比較して、「エネルギー価格の上昇があり、エネルギーコストの上昇により産業活動が停滞し、経済成長率が0.5%ほど減少する」と考えたときのケースを試算する。

表 5.4-3 高価格ケースとリファレンスケース

		2005	2010	2015	2020	2025	25/05
Power demand (TWh)	High Price Case	46	83	124	186	261	9.1
	Reference Case	46	86	132	203	293	9.8
	Gap(%)	0%	-3%	-6%	-9%	-11%	
	Elasticity	2.0	1.6	1.1	1.0	0.9	
Final energy demand (MTOE)	High Price Case	23	32	44	61	80	6.5
	Reference Case	23	33	47	67	91	7.2
	Gap(%)	0%	-4%	-6%	-9%	-12%	
	Elasticity	1.7	0.9	0.8	0.8	0.8	

(注) 最終エネルギー需要には、転換部門(石油精製や発電所など)で消費される化石燃料や非商業エネルギーは含まない。

一般的にエネルギーの需要は、原単位の変化とそれにかかる経済活動の積でもとまる。エネルギー価格の高騰は、原単位の変化よりは、むしろ経済活動の変化に影響する。高価格ケースでは、価格上昇に伴う経済活動への影響（GDPの減少）は、2010～2020年では8.5%から8.0%、2020-2025年間8.0%から7.5%へ低下するもののリファレンスケースに比べ高価格ケースでは、2015年で6%、2025年時点で12%ほど低くなる。この減少は高価格によるエネルギー原単位の減少と経済成長が各年0.5%ほど停滞することに起因している。ここで経済の伸びが高価格にもかかわらずリファレンスケースと変わらないとしたとき2015年では1.5%の減少、2025年でも1.5%の減少になる。すなわち、高価格エネルギーのもとでは、エネルギー原単位の減少効果はわずかである。ただ、エネルギー高価格の下では、リファレンスケースよりもさらなる省エネルギーが進む可能性があるため、先の2015年6%、2025年12%の需要低下は、最少減少幅とも考えられる。電力需要も同様で2015年で6%、2025年で12%ほどリファレンスケースよりは低い。一方、経済の伸びがリファレンスケースと同じ場合は、2015年では0.9%の減少、2025年でも0.9%の減少になる。

5.4.2.2 低価格ケース

低価格ケースについても高価格ケースと同様なことが言える。すなわち、低価格ケースでは省エネルギーによるエネルギー原単位の改善が遅れる可能性がある。低価格ゆえに省エネルギーの動機づけが弱くなり、省エネルギーが進まないというシナリオである。一方、経済の伸びはリファレンスケースよりも高くなることも考えられるが、ここでは経済の伸びについてはリファレンスケースと同じとする。表5.4-4と表5.4-5は、低価格ケースで設定された価格推移と省エネルギーファクターである。

表 5.4-4 低価格ケースとリファレンスケースとの価格

Low Prices		2005	2010	2015	2020	2025
IEA world export price	US\$/bbl	49.9	50.0	50.0	50.0	50.0
Crude oil export price of Vietnam	US\$/bbl	51.5	53.9	53.9	53.9	53.9
Coal FOB (For Power)	\$/ton	19.7	28.8	37.9	37.9	37.9
Asian LNG CIF	\$/MMBTU	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4
NG price (Non Associated)	\$/MMBTU	3.3	4.6	5.9	5.9	5.9
Reference Prices		2005	2010	2015	2020	2025
IEA world export price	US\$/bbl	49.9	65.0	65.0	65.0	65.0
Crude oil export price of Vietnam	US\$/bbl	54.0	70.2	70.2	70.2	70.2
Coal FOB (For Power)	\$/ton	19.7	38.1	56.5	56.5	56.5
Asian LNG CIF	\$/MMBTU	6.4	7.5	7.5	7.5	7.5
NG price (Non Associated)	\$/MMBTU	3.3	5.1	7.0	7.0	7.0

低価格シナリオでの需要を試算すると次のとおりである。低価格ケースとリファレンスケースでは最終エネルギー需要は2015年で7%、2025年で16%ほど低価格ケースの方が大きい。これは、低価格により省エネルギーがリファレンスケースより進まないと見たため、省エネルギーが低価格にも係わらずリファレンスケースと同じように進めば、低価格ケースとリファレンスケースとの需要差はほとんどない。つまり、省エネルギーをリファレンスケースと同じとしたとき、今回前提となっている原油価格（リファレンスケースで\$61/bbl、低価格ケースで\$50/bbl）程度では、需要に余り影響が出ない。低価格シナリオでは、低価格がゆえに省エネルギー意識が薄れるならば、最終エネルギー需要は2025年にリファレンスケースよりは16%も需要が上昇することがあり得るということである。

ただ、低価格のときには経済状態が好調に推移するとも考えられるので、リファレンスケースよりは経済成長率が高めに推移する可能性もある。そのときには最終エネルギー需要はさらに増加する。電力についても同様に、低価格ケースは 2015 年で 6%、2025 年で 18%の需要増がある。

表 5.4-5 低価格ケースとリファレンスケースとの省エネルギーファクター

Sectors	Cases	2010-2015		2016-2020		2021-2025	
		Power	Fossil	Power	Fossil	Power	Fossil
Agriculture	Reference	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Low price	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Industry (Light)	Reference	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	Low price	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Industry(Heavy)	Reference	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	Low price	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Transportation	Reference	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Low price	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Comercial &Service	Reference	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	Low price	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Residential	Reference	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	Low price	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

表 5.4-6 低価格ケースとリファレンスケース

		2005	2010	2015	2020	2025	25/05
Power demand (TWh)	Low price	46	87	140	227	345	10.6
	Reference	46	86	132	203	293	9.8
	Gap(%)	0%	1%	6%	12%	18%	
	Elasticity	2.0	1.6	1.2	1.2	1.1	
Final energy demand (MTOE)	Low price	23	34	50	75	105	8.0
	Reference	23	33	47	67	91	7.2
	Gap(%)	0%	3%	7%	12%	16%	
	Elasticity	1.7	1.0	0.9	1.0	0.9	

5.4.3 参考ケーススタディ

(1)スーパー省エネケース

2010～2025 年間で 20-30%の省エネルギーを実現しようとしたのがリファレンスケースであるが、さらに高いレベルの省エネルギーを期待したケースとして「スーパー省エネ」

表 5.4-7 セクター別省エネルギーファクター(スーパーEEC)

Sectors	2010-2015		2016-2020		2021-2025	
	Power	Fossil	Power	Fossil	Power	Fossil
Agriculture	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Industry (Light)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Industry(Heavy)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Transportation	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	2.0
Comercial &Service	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Residential	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0

ケースを参考のため検討した。期待される省エネルギーの量は政府計画にある 40%～50%で、セクター別省エネルギーファクターは表 5.4-7 のとおりである。

図 5.4-1 に示すように最新の省エネルギー技術を導入した場合のシナリオ「スーパー省エネ」ケースの場合では、リファレンスケースに比べてエネルギー需要が 2015 年では 6%

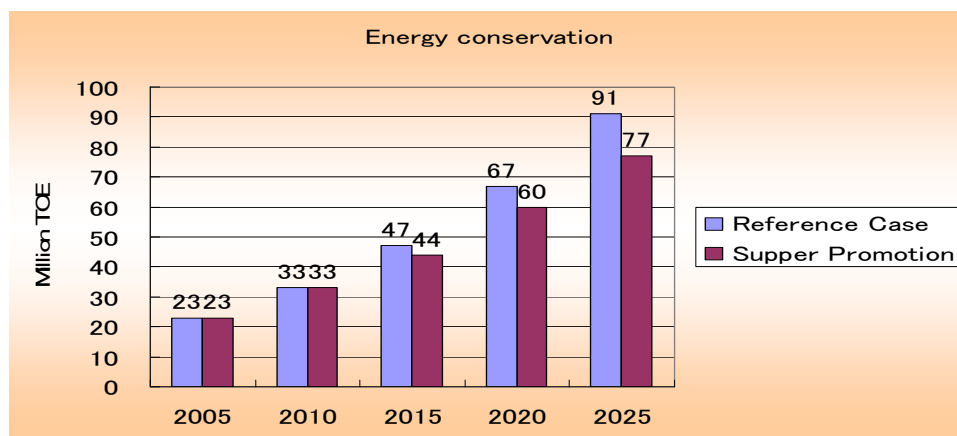


図 5.4-1 スーパー省エネケースとリファレンスケースの比較

減、2025 年では約 15%の削減になる。ベトナム政府の省エネ計画は、「スーパー省エネ」ケースに近いものであるが、これを達成するには特段の政策と技術導入が必要と思われる。

(2)スーパー高価格ケース

参考のケースとして原油価格が\$100/bbl のケースをシミュレーションすると以下の通りである。原油価格を実質ベースで 2010 年以降\$100/bbl として設定した。

表 5.4-8 スーパー高価格とリファレンスケースの価格前提

Super High Case		2005	2010	2015	2020	2025
IEA world export price	US\$/bbl	49.9	100.0	100.0	100.0	100.0
Crude oil export price of Vietnam	US\$/bbl	54.0	108.3	108.3	108.3	108.3
Coal FOB (For Power)	\$/ton	19.7	46.7	73.8	73.8	73.8
Asian LNG CIF	\$/MMBTU	6.4	11.5	11.5	11.5	11.5
NG price (Non Associated)	\$/MMBTU	3.3	7.1	11.0	11.0	11.0
Reference Prices		2005	2010	2015	2020	2025
IEA world export price	US\$/bbl	49.9	65.0	65.0	65.0	65.0
Crude oil export price of Vietnam	US\$/bbl	54.0	70.2	70.2	70.2	70.2
Coal FOB (For Power)	\$/ton	19.7	38.1	56.5	56.5	56.5
Asian LNG CIF	\$/MMBTU	6.4	7.5	7.5	7.5	7.5
NG price (Non Associated)	\$/MMBTU	3.3	5.1	7.0	7.0	7.0

そのうえ、原油の高騰による経済への影響は、リファレンスケースより各年 1%ほど低下すると考え、2005-2020 年 7.5% (リファレンスケースは 8.5%)、2020-2025 年 7.0% (リファレンスケースは 8.0%) とした。結果は、スーパー高価格ケースは 2015 年で 14%、2025 年 24%ほどリファレンスケースより最終エネルギー需要が落ち込むことになる。これは、各年 1%ほどの経済成長の低下によるところが大きく影響し、原油高が続き、リファレンスケースより経済が停滞したときは、最終エネルギー需要は 3/4 ほどになることもありえるとの意味である。電力についても同様でスーパー高価格ケースは 2015 年で 12%、2025

年 22%ほどリファレンスケースより電力需要が落ち込んでいる。リファレンスケースの2025年の電力需要は293TWhだが、スーパー高価格ケースでは230Twhになり22%の低下である。

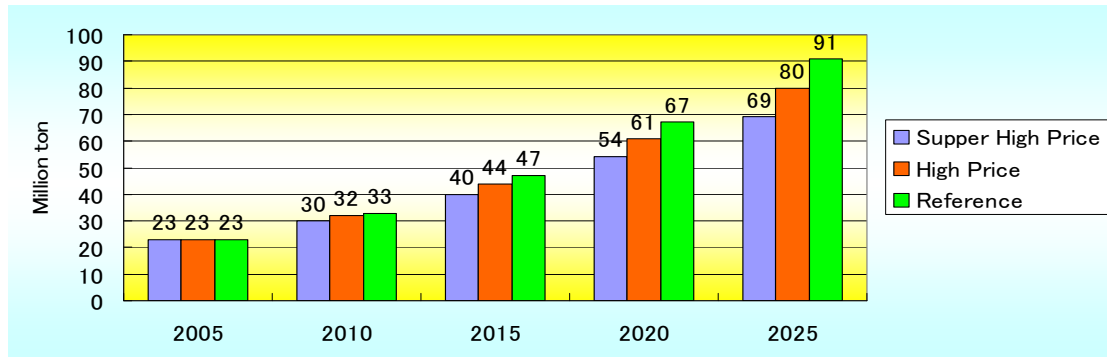


図 5.4-2 スーパー高価格ケースとリファレンスケースの比較

5.4.4 各ケースの需要比較

これまでみてきたケースについて、最終エネルギー需要(図 5.4-3)と電力需要(図 5.4-4)を比較すると以下の図のとおりである。

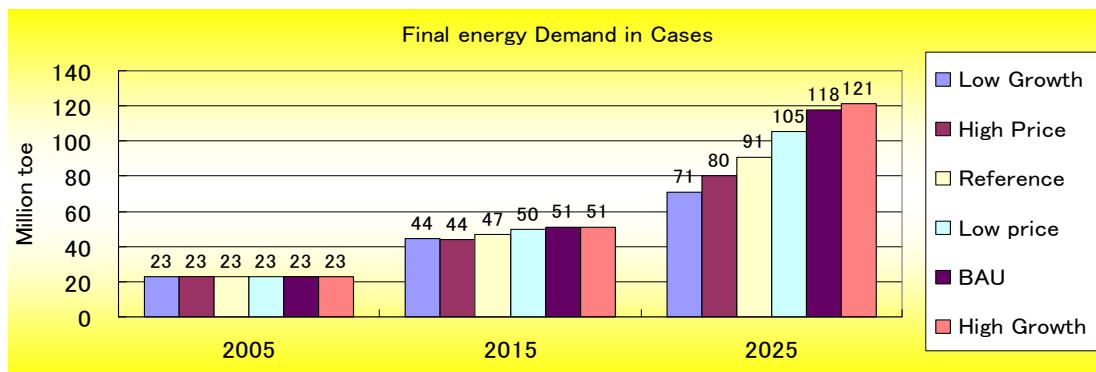


図 5.4-3 各ケースの最終エネルギー需要

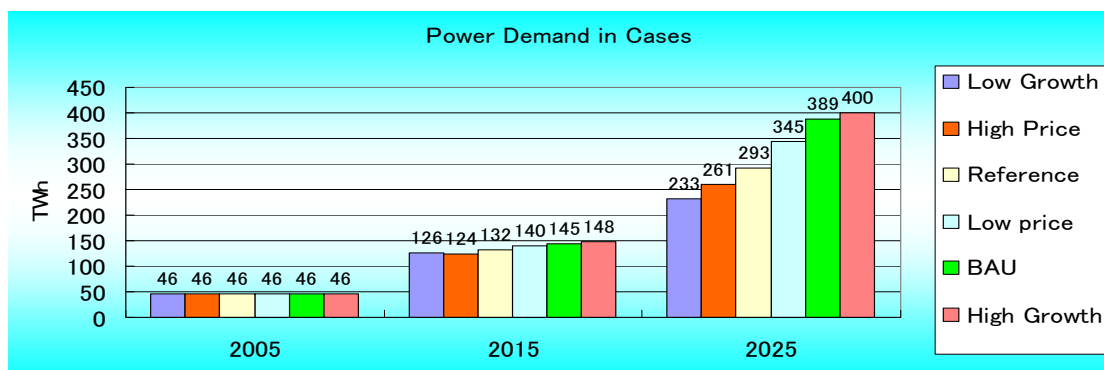


図 5.4-4 各ケースの電力需要

図 5.4-3 の最終エネルギー需要の推移をケースごとに需要の多い順から並べると以下の順である。

- ① 高成長ケース
- ② 低価格ケース（EEC は 1% Slow）
- ③ リファレンスケース
- ④ 高価格ケース（GDP は 0.5% 低い）
- ⑤ 低成長ケース

5.5 需要分析のインプリケーション

(1) 工業部門と家庭部門でのエネルギー需要拡大

最終エネルギー需要の伸びは、工業部門で 8.1%、家庭部門では 7.2% で、ベトナム全体のエネルギー需要の伸び 7.2% を底上げしている。リファレンスケースでは工業部門・家庭部門ともに BAU ケースより 2% 多い省エネルギーを期待しているが、これらが達成されたとしても工業部門や家庭部門の需要の伸びは高率である。今後の世界およびベトナムでのエネルギー供給状態を考えると、政府は真剣に省エネルギーに取り組む必要がある。

(2) LPG 需要の急激な拡大

今後、工業部門・商業・家庭部門では LPG 需要が大幅に拡大するものと予想される。しかし、LPG は、ベトナム国内でも、国際的にも供給量が限られており、リファレンスケースのまま需要が推移（2005～2025 年間、年率 12% の上昇）すれば供給不足をきたすのは必定である。多くの国では工業部門・商業・家庭部門の燃料として LPG 以外に天然ガスの供給が行われている。ただし、天然ガスパイプラインの建設には多くの時間と資金が必要である。ベトナムでは、早期にこれらの将来設計を実施し、国土に適した多様なガス配送システムの創設を検討する必要がある。

(3) 自動車の普及とガソリン・軽油の需要拡大

ベトナムではモーターバイクの利用が普及し、市民の重要な交通手段となっている。国策により自動車の普及は抑えられているが、税制上有利なトヨタの「INOVA」（7 人乗り）などは最近急激に普及し始めている。1500～2000cc の乗用車はモーターバイクの 10 倍ほどの燃費がかかるが、今後は乗用車の普及とともにガソリンや軽油の需要が拡大すると予想される。

自動車普及の上昇が始まれば、道路が狭く入り組んでいるハノイやホーチミンなどの大都市では、近い将来、深刻な交通渋滞が起こると懸念される。車の渋滞が近隣住民の健康被害をもたらすことは、日本の経験などからも予想される。合理的な交通システムの構築とガソリンや軽油の品質向上は、自動車燃料の安定供給とともに重要な課題である。

第6章 エネルギー供給の検討

前章では、さまざまなシナリオにおける 2025 年までのエネルギー需要予測結果を説明した。本章では、それらの需要見通しに対してエネルギー供給パターンがどのように変化するか、また、その結果どのような課題が生じるかを、エネルギー需給モデルを使用して検討する。さらに、前章で説明した需要変動にかかわるケース（BAU ケース、リファレンスケース、高成長ケース、低成長ケース、高価格ケース、低価格ケース）に加え、以下のような供給条件の変動にかかわるケースについてもエネルギー需給の変動を検討する。

1. 原子力発電の規模と稼働時期
2. 天然ガスの供給量の増大
3. 第 2、第 3 製油所の繰上げ稼働
4. 再生可能エネルギー供給量の増大
5. CO₂ 排出量の規制

6.1 エネルギー供給分析における前提条件

最初に、本章の分析で適用するエネルギー供給に関する前提条件について説明する。これらの前提条件は、以下で説明するエネルギー供給条件の変化に関するケーススタディを除いて、全てのケースで共通に適用されるものである。

6.1.1 電力セクターの前提条件

電源構成は、ベトナムの電源開発戦略に従って IE が作成した年度別発電所の開発計画をベースとする。燃料別発電所開発の基本条件を以下に整理する。ピーク電源としては揚水、ミドルピークではガス火力、ベースでは石炭や原子力の発電単価が安いことがわかる。従って、ベトナムにおける地理的な燃料供給の制約から、北部は水力と国内炭による石炭火力、南部では原子力・ガス・輸入炭による石炭火力が電力供給の中心となる。

- ・水力：2019 年までに全ての水力開発を終了する。
- ・原子力：2020 年に 1 号機運開、2025 年時点での容量 4,000MW。
- ・石油／ディーゼル火力：既設発電所は耐用年数が終わり次第順次停止。
- ・石炭火力：北部に国内炭による発電所を建設。水力とともに北部における供給力の基幹を担う。南部は国内資源であるガスを利用したガス火力を優先させるが、不足分を補うために輸入炭による石炭火力も需要に応じて建設。
- ・ガス火力：南部沿岸ガス田からのガスを利用して南部に建設する。
- ・再生可能エネルギー：30MW 以下の小水力、風力を見込む。
- ・電力輸入：中国・ラオス・カンボジアからの輸入。
- ・揚水発電：2019 年に 1 号機運開。

需要変動にかかわる各ケースについては、水力・原子力・石油／ディーゼル火力・再生可能エネルギー・電力輸入・揚水発電の開発計画は基本計画に従う。石炭火力とガス火力開発については、6 つのケースそれぞれの需要の大きさに配慮し、開発年を早めるあるいは遅らせることで、需要に対して必要な供給力を確保することとする。

一方、原子力、天然ガス、再生可能エネルギーについて供給条件変化の影響を検討するケースでは、リファレンスケースのエネルギー需要をもとに、インフラ開発条件を変更する。それぞれのケースの考え方は、各供給セクターの前提条件の項で説明する。

(単位: USD/kW)

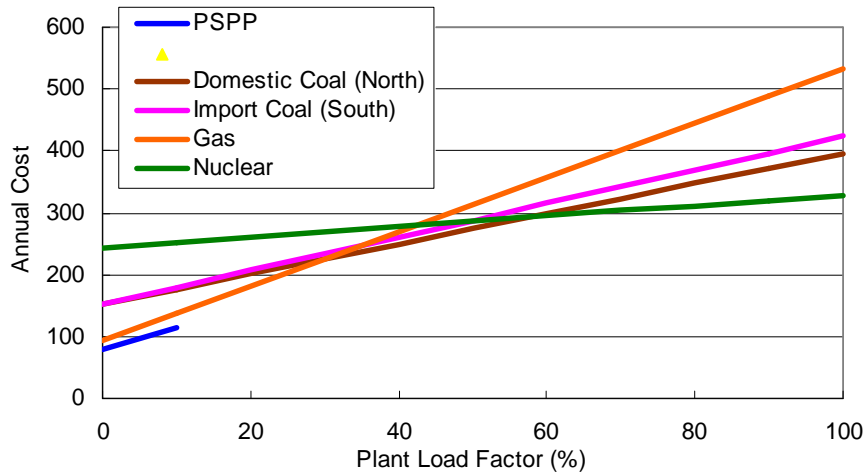


図 6.1-1 燃料種類別発電所の発電コスト

供給条件変動ケース:原発遅延/増設ケース

原子力発電所の建設が遅れ、2020年以降も、原子力が分担すべき発電量を他に求めざるを得ない場合を想定する。代替源としては、石炭、および天然ガスが考えられるが、経済性を考慮すると、全量石炭で置換すると考えるのが現実的である。しかし、供給セキュリティの確保、供給源の分散化等の観点から、2020年から年間300万トンのLNG輸入を開始し、天然ガスが導入されることも別途想定する。現時点のLNG需給状況はタイトではあるが、2020年時点であればその手当は想定可能であるとみる。

一方、2020年の1号機運開から原子力発電所の運転が順調に推移し、設備容量の増強あるいは2地点目の開発により、2025年時点で総容量が8,000MWに達するケースも検討する。その結果、南部の電力需要は主に天然ガスと原子力で賄い、不足分を輸入石炭による火力発電で賄うこととなる。

6.1.2 石炭セクターの前提条件

1) 生産

国内生産は、基本的にVINACOMINが発表した「石炭セクターの持続的開発戦略 2007年」に記載された石炭生産見通しを基礎に、石炭生産能力を2025年で最大の6,750万トンと設定し、生産量に上限を設けている。

また、石炭の品位を発熱量別に高中低の3段階に区分し、それぞれの発熱量は高品位炭 7,500 kcal/kg、中品位炭 5,500 kcal/kg、低品位炭 4,000 kcal/kg で設定している。原炭生産量を100%とすると、選炭処理を経て精炭と廃石に分離されるが、その比率は高品位炭 25%、中品位炭 45%、低品位炭 20%、廃石 10%で設定している。つまり、精炭生産量は原

炭生産量の 90%で固定している。この比率は、ベトナムで最大規模の Cua Ong 選炭工場における選炭フローを参考に設定した。

2) 輸入

輸入には中・南部の電力向け一般炭輸入と北部の鉄鋼向け原料炭輸入があるが、基本的には「国内生産－需要量」による差分を輸入量として算出している。ただし、中・南部の石炭火力は輸入炭専焼のため対象となる石炭は輸入のみで、発熱量は 6,500kcal/kg で計算している。

3) 輸出

輸出は、2005～2006 年は実績値をとり、2007 年は見込み値である 1,800 万トンを下限值として設定している。2008 年以降は高品位炭のうち鉄鋼向け PCI 炭など付加価値の高い高品位炭については全量を輸出し、その他の品位の石炭は需給バランスから余剰分が発生した場合に輸出をすることとした。なお、原炭生産量の 7%が PCI 炭であることから、輸出量の下限値を 7%と設定している。

4) 国内消費

国内消費は電力部門向けとその他部門向けの 2 つに大別され、電力部門が優先的に石炭を消費する。電力向けはさらに国内無煙炭と輸入一般炭の石炭火力に分けられる、石炭消費量は PDPAT II で算出された数値を使用している。国内無煙炭火力では国内炭を品位に関係なく消費するが、5,500 kcal/kg の発熱量を基準としているため高品位炭と低品位炭は混炭により発熱量を 5,500 kcal/kg に調整して消費するように設定している。また、輸入一般炭火力は発熱量 6,500 kcal/kg の輸入炭のみを消費する条件に設定している。一方、その他部門向けの石炭は、電力部門による消費で余った国内炭を消費し、それでも不足する場合は輸入炭も消費する。

供給条件変動ケース:生産性向上ケース

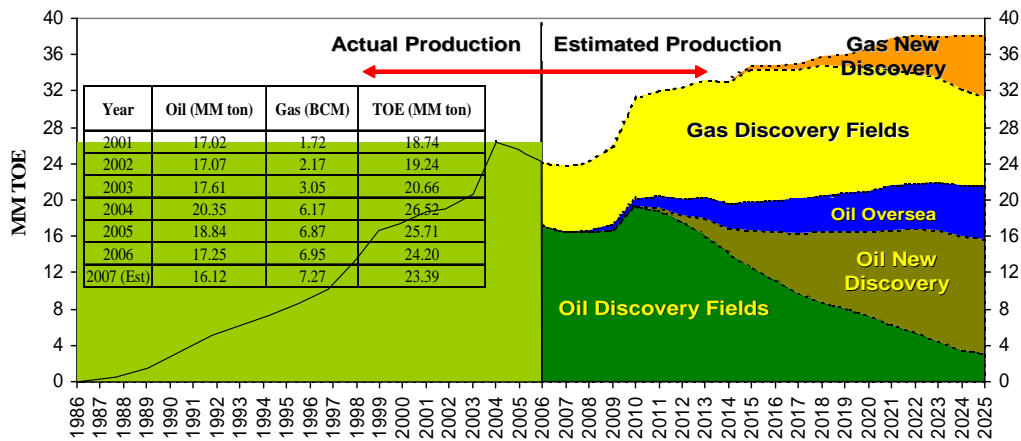
現状では採掘コストの高い紅河デルタ炭田の開発は困難であるが、採掘コストを大幅に上回る石炭価格の高騰により、紅河デルタ炭田からの石炭供給でも採算が採れると仮定し、2015 年以降に生産を開始する。さらに、Quang Ninh 炭田への近代的な生産・保安技術の導入により生産性が大幅に向上することで、2025 年に石炭生産量 1 億トンを達成するケースを想定する。

なお、リファレンスケースでは一般向け需要を国内炭で十分賄えるため、本ケースにおいては輸出が増えるだけで基本的にその結果に変化がない。したがって、ケーススタディとしては特に意味がないと判断されるので、ここでは実施していない。しかし、高成長ケースでは輸入炭が一般向け需要の一部を担っているため、検討の価値はある。

6.1.3 石油・天然ガスセクターの前提条件

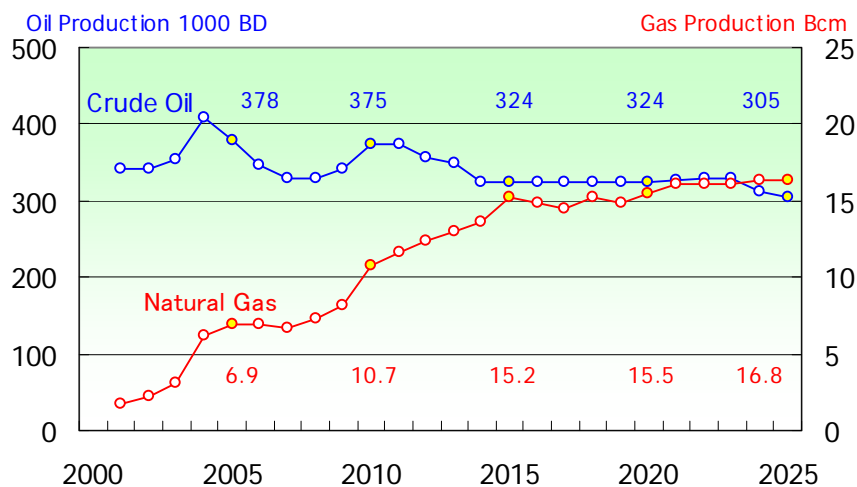
2025 年までの石油・天然ガスの生産見通しは、2007 年 9 月に発表され IEA との共同スタディの見通しを採用する。これらの生産量見通しは、図 6.1-2 に示すように、石油、天然ガスともに既発見埋蔵量に今後の期待発見量を加えたものである。原油生産は 2010 年頃までは現状よりやや微減で推移し、その後は新規発見が加わることで 2015 年から 2020 年にかけては 32 万 B D、2025 年には 30 万 B D と、30 万 B D 台の生産を維持する見通しとなっている。その実現のためにはかなりの探鉱努力が必要となろう。一方、天然ガスでは未開

発ガス田が戦力化し、生産量は現在の 70 億立米／年から 2015 年には倍の 150 億立米、2025 年には 160 億立米に達すると見込んでいる。ただし、ベトナムにおける既発見の天然ガス田は埋蔵量が 1～2 Tcf 程度と東南アジアにおいても比較的小さい部類に属する。今後大水深域などで大きな発見があれば、天然ガスの生産量は飛躍的に増加する可能性がある。



(出所) Tran Huu Truong Son, Ministry of Industry and Trade, Vietnam, "VIETNAM OIL SECURITY POLICIES", Oil Security and National Emergency Preparedness, IEA, Bangkok: 17-18 September 2007

図 6.1-2 商工省による石油・ガス生産の実績と生産見通し



(注) 図 6.1-2 より作成

図 6.1-3 石油・天然ガスの生産見通し

原油の需給バランスについては、これらの国内生産原油から国内製油所で使用する分を差し引いた残りが輸出されるものとする。

下流部門では 2009 年から Dung Quat に建設中の第 1 製油所が稼働する。当初は 100% 国産原油で賅うが、2020 年からは設計上の高硫黄原油処理可能量 Max である 15% が輸入原油に切り替わるものとする。2015 年には第 2 製油所が稼働し、稼働当初から処理量の 50% は輸入原油を使用する計画である。

2010年からは石油備蓄が開始され、備蓄は輸入原油で行うとする。ベトナムの「国家エネルギー政策(戦略): National Energy Policy (Strategy)」では2010年で石油消費の30日分、2020年で60日分、2020年以降は90日分を備蓄するという目標を掲げている。そこで、本調査では石油備蓄量の条件は以下のように設定する。

まず、石油消費の30日分を2010年に備蓄する。2011年から2019年までは石油消費の増加に伴い石油消費の30日分に満たなくなった分だけを毎年補充する。2020年には石油備蓄を石油消費の60日分にするために30日分を補充する。「国家エネルギー政策(戦略)」では90日分の備蓄目標は2020年以降となっているが、ここでは2025年に石油備蓄を90日分にする想定し、それまでは石油消費の増加に伴い石油消費の60日分に満たなくなった分だけを2024年まで毎年補充する。

なお、以下の分析では、原油需給バランスには上記の備蓄充当分を反映しているが、総合エネルギー需給の分析では全体の傾向を把握するために除外している。つまり、エネルギーの総輸入量はエネルギー需給上必要となる輸入量に備蓄積み増し分を加えた量である。

また国内の天然ガス生産に伴うコンデンセートは、便宜上ガソリン相当として扱った。ガソリンの需給バランスの考慮に際しては、輸入・生産されたガソリンとコンデンセートの合計量をガソリンの国内向供給量とし、余剰が生じた場合にはライトナフサとして輸出されるものとする。

供給条件変動ケース

1)天然ガス供給倍増ケース

国産天然ガスの開発、生産が進展し、かつ、LNGの輸入開始も相俟って、天然ガスの供給量が2025年にはリファレンスケースの倍量にいたるとする。計画中も含めて石炭火力発電所が燃料転換され、さらに産業用や民生用の転換、潜在需要が励起されることを想定する。この部分は、既存の石炭、石油、非商業エネルギーの部分が置換されるとした。LNG受入基地は2020年に南部に1地点(受入量年間300万トン)、2023年に北部1地点(受入量年間300万トン)を建設すると想定する。

2)第2、第3製油所前倒し建設ケース

第2、第3製油所の建設を急ぎ、それぞれ2013年、2016年に操業が開始されるとする。第3製油所の能力や得率、供給原油種は、第2製油所と同一と考える。

6.1.4 再生可能エネルギーセクターの前提条件

再生可能エネルギーセクター供給条件は6.1.1に示す再生可能エネルギー電源に加え、バイオ燃料についても考慮する。

“Development of Bio-Fuels in the Period up to 2015, Outlook to 2025 (Draft)”(国家バイオ燃料開発計画(案))によると、「2025年までにガソリン及びディーゼルオイルの需要の100%を各々ガソールE5及びバイオディーゼルB5にて代替」という導入目標が設定されている。

しかしながら、ベトナム国の現在のバイオマス生産量や国際的なバイオ燃料生産実績から見て、目標達成は非常に困難と考えられるため、エネルギー供給分析の前提状況としては、サトウキビやキャッサバなどの原料作物の生産量が比較的多いバイオエタノールについては、2025年までにガソリン需要の30%をガソールE5にて代替、またパームやココ

ナツ等の原料作物の生産量が少ないバイオディーゼルについては、2025年までにディーゼル需要の10%をバイオディーゼルB5にて代替と仮定した。

供給条件変動ケース：バイオ燃料増大ケース

“Development of Bio-Fuels in the Period up to 2015, Outlook to 2025 (Draft)”（国家バイオ燃料開発計画（案））で設定された目標が実現され、「2025年までにガソリン及びディーゼルオイルの需要の100%を各々ガソホールE5及びバイオディーゼルB5にて代替」されるケースを検証する。

6.2 リファレンスケースのエネルギー需給バランス

本調査で基準ケースとして設定したリファレンスケースについて、上記のモデルを用いて分析した最適エネルギー需給バランス結果は、次のとおりである。

6.2.1 原油の需給

原油のバランスは生産、輸入、輸出、原油処理、石油備蓄の各項目より成り立っている。結果は図6.2-1に示されている。以下のグラフは、すべて横軸は2005年を初年度として2025年までの21年間の各年を表している。生産量は外生変数として与え、製油所での消費量と輸出入量、更に石油備蓄量を定めてゆく。石油備蓄量の詳細は、第13章で述べるように、原則は石油製品の年間の消費量を原油に換算し、指定した日数分を石油備蓄とする。

グラフの上段は生産量と輸入量、下段は輸出と製油所での処理および石油備蓄の量を示している。上段の合計と下段の合計は一致し、バランスしている。2005年から4年間はまだ製油所が稼働していないので、原油の生産はすべて輸出に回されている。但し原油バランスに関しては、2025年時点でも純輸出国である。

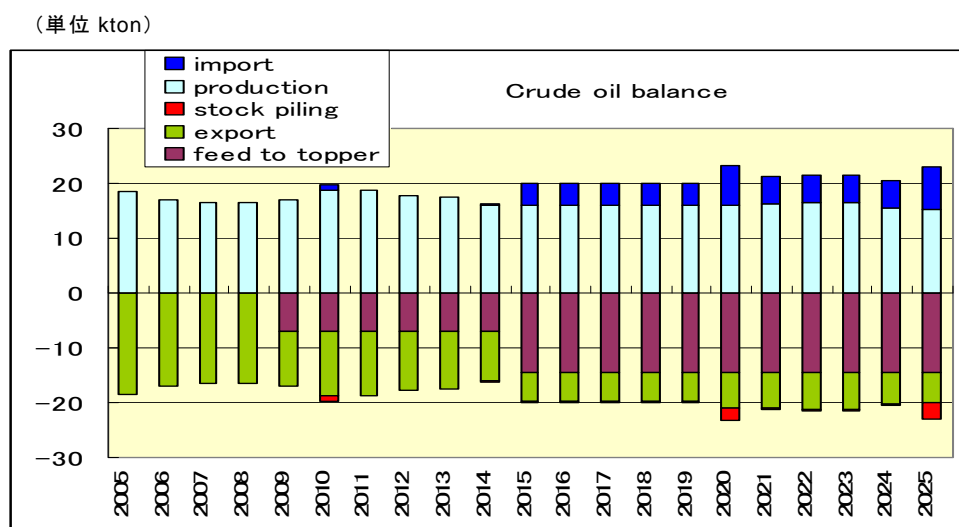


図 6.2-1 原油需給バランス

2009年から第1製油所が稼働し、当初から2025年までフル運転である。2010年からは石油備蓄が開始されるので、その分が輸入され、2020年、2025年に段階的に増加している。

2015年には第2製油所が稼働を始め、当初からフル運転となる。第2製油所の処理量の50%は輸入で賄うので、2015年からは原油の輸入が毎年行われている。さらに2020年からは第1製油所でも処理原油の15%が輸入原油に切り替わり、原油輸入量が増加する。

石油備蓄は国内石油消費量を基準に、2010年には30日分、2020年には60日分、2025年には90日分を備蓄するものとした。それ以外の年で毎年少しずつ増えているのは、備蓄数量の基準となる石油製品需要が上昇しているからである。

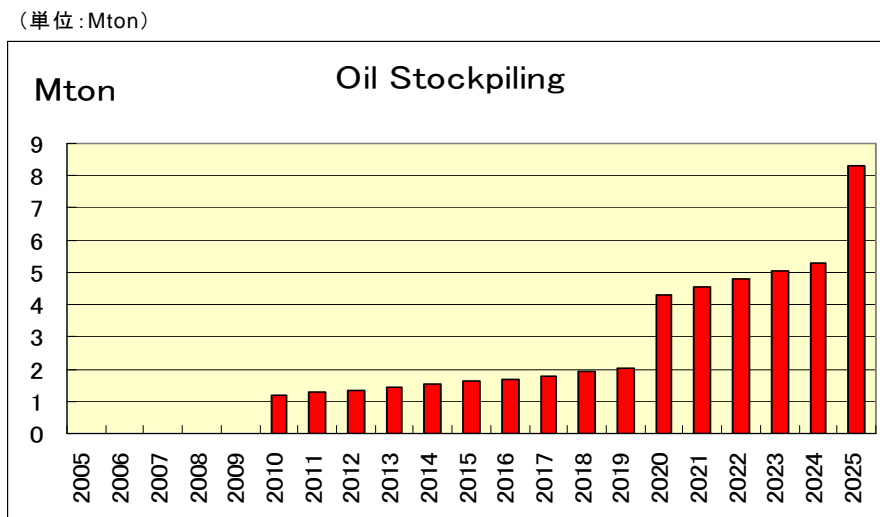


図 6.2-2 石油備蓄の推移

6.2.2 石油製品の需給

2009年までの期間はまだ製油所が稼働していないが、すでに述べたようにガソリンの生産がされるようになってきているのは、少量のライトナフサがブンタオのガス処理プラントで生産されるコンデンセートを使用してコンデンセート・スプリッターにより生産され、このライトナフサが必要量だけガソリンに回っているからである。

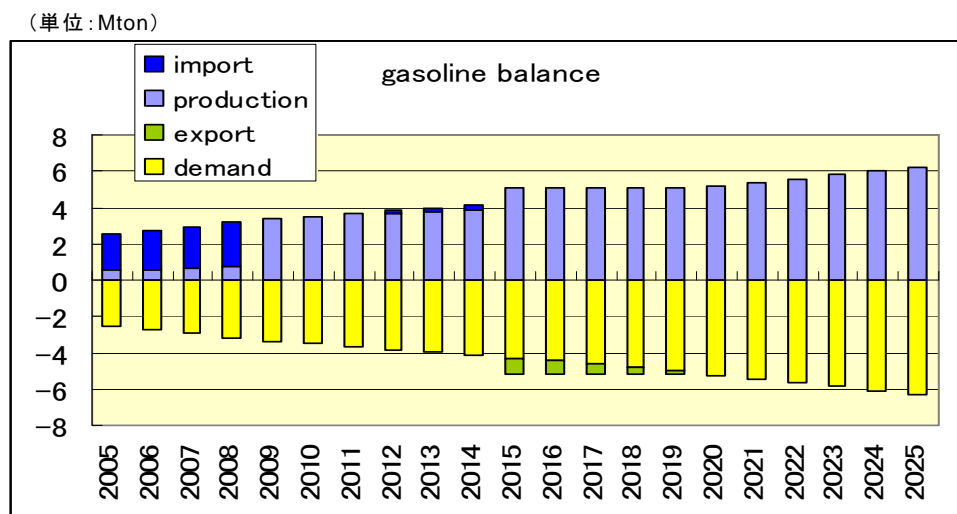


図 6.2-3 ガソリン需給バランス

2009年には第1製油所が稼働するが、当初の2年間はライトナフサ込みのガソリン生産量が国内需要を上回り、余剰分はナフサとして輸出に回る。その後4年間は国内供給力が不足し輸入が発生するが、2015年には第2製油所が立ち上がり、以後2019年までの5年間のガソリン生産量は需要量を上回るが、それ以後は再び余剰サイドになっている。

軽油の国内生産は常に需要に対して不足しており、生産量は能力一杯になっているが、輸入を余儀なくされている。さらに2005年から5年間は小型発電所での軽油の使用が継続すると見込んでいるが、消費量が少ないのでグラフ上では判別できない。

ただし、モデルではナショナル・グリッドに接続されている電力のみを対象としている。

重油需要は発電用と一般需要家用（電力部門を除いた最終需要）に大別される。発電用重油消費量はPDPATで計算された推計値である。2009年から2019年まで発電所での利用が非常に少ないが、その後は電源開発の不足を反映して重油の消費が伸びる兆候がみられ

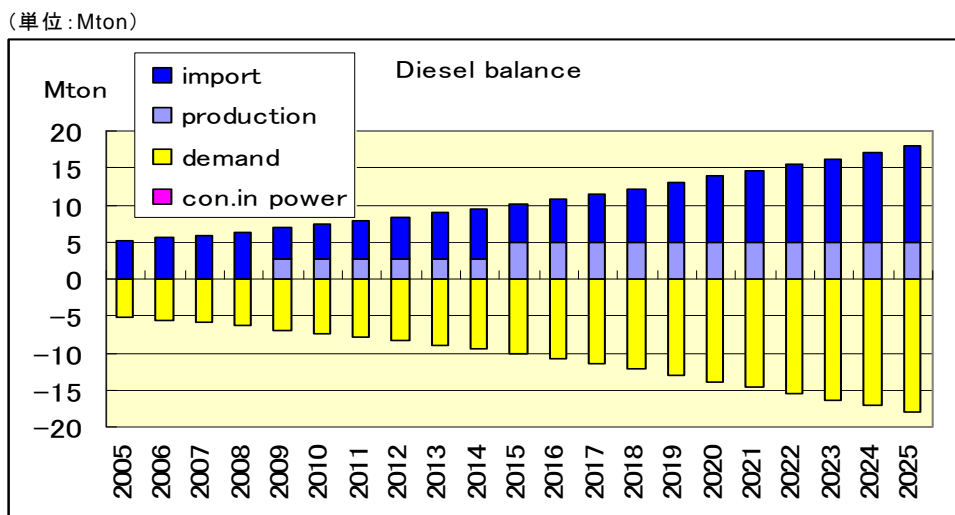


図 6.2-4 軽油需給バランス

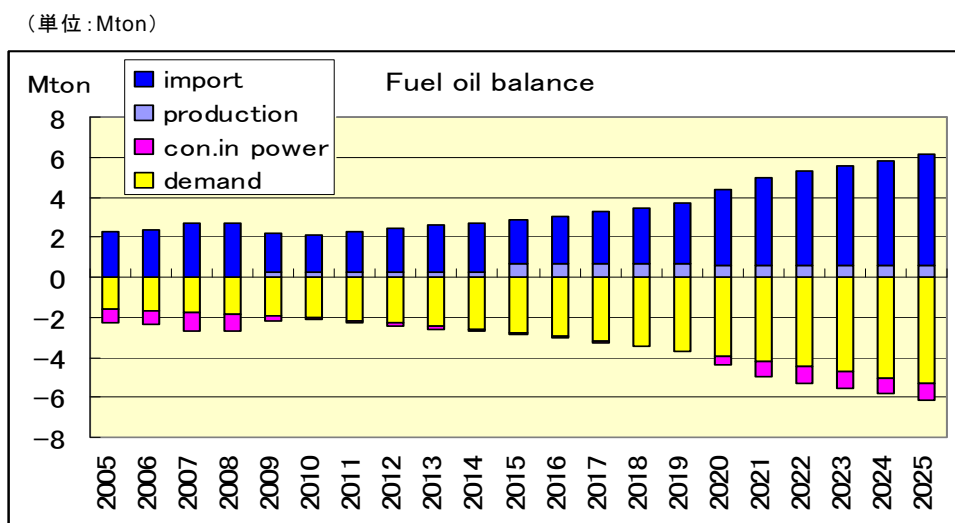


図 6.2-5 重油需給バランス

るので、慎重に検討する必要がある。一般需要家の重油消費量は、2005年から2025年までの間で毎年平均6%ずつ伸びている。重油生産量は精製能力一杯で推移し、変動は全て輸出入でバランスされている。

LPGは一般需要家で消費されるだけなので、図6.2-6の棒グラフの高さが需要量を表している。国産LPGは製油所とガス処理施設で生産され、残りは輸入により供給される。しかしながら、国際市場におけるLPGの供給は必ずしも潤沢ではない。モデルでは、ガス処理施設での生産に加え、製油所からは最大約110万トン/年が生産され、最大200万トン/年の輸入が可能と想定している。一方、需要量は図6.2-6のように年を追って増大し、国内生産と輸入だけでは需要を満たしきれない。ここでは、その差分をLPG代替エネルギー（LPG substitute）とし、仮に灯油を輸入して供給するように計上しているが、産業用および民生用が主体となるLPGの潜在需要を今後どのように供給してゆくか、一段と掘り下げた検討を行う必要がある。もし、天然ガスの供給体制を整えることが出来れば、需要側のニーズからすれば都市ガスによる代替が一番ふさわしい。

(単位: Mton)

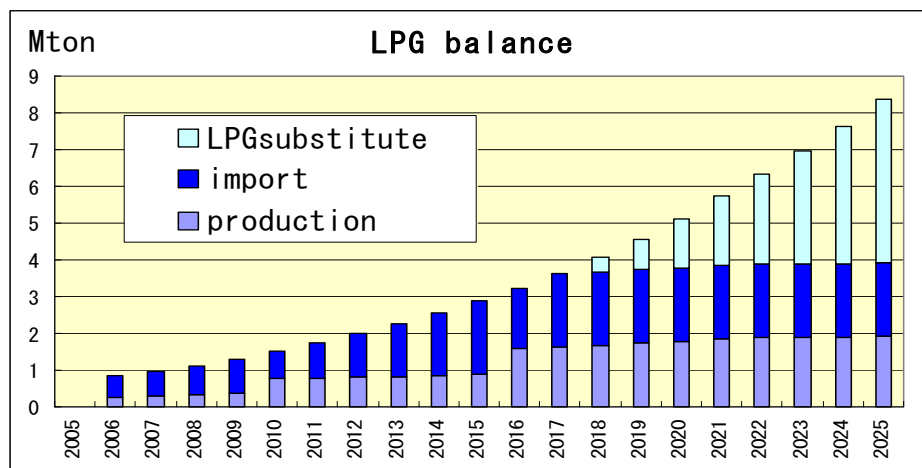


図 6.2-6 LPG 需給バランス

6.2.3 石炭の需給

国内で採掘された原炭は、粒度調整または選炭処理を行い高・中・低の3種類の品質の製品炭に大別される。このモデルにおいても、国内炭は高品位炭、中品位炭と低品位炭の3種類に分けている。石炭火力発電所で使用される石炭は、輸入炭が一般炭で6,500 kcal/kg、国内炭は中品位炭の5,500 kcal/kg、並びに高品位炭と低品位炭を5,500 kcal/kgになるように混炭したものを利用する。石炭の需給バランスは図6.2-7に示すとおりである。

国内炭生産量は2006年以降2025年の6,750万トンまで順調に伸びるため、発電向けならびに一般需要家向けの需要を十分満たし、かつ数量は減るものの高品位炭や低品位炭を輸出に振り向ける余力もある。石炭の輸入増は輸入炭専焼石炭火力発電所向けがほとんどであるため、2015年以降徐々に増加するが、2025年でも1,400万トン程度で十分間に合う。

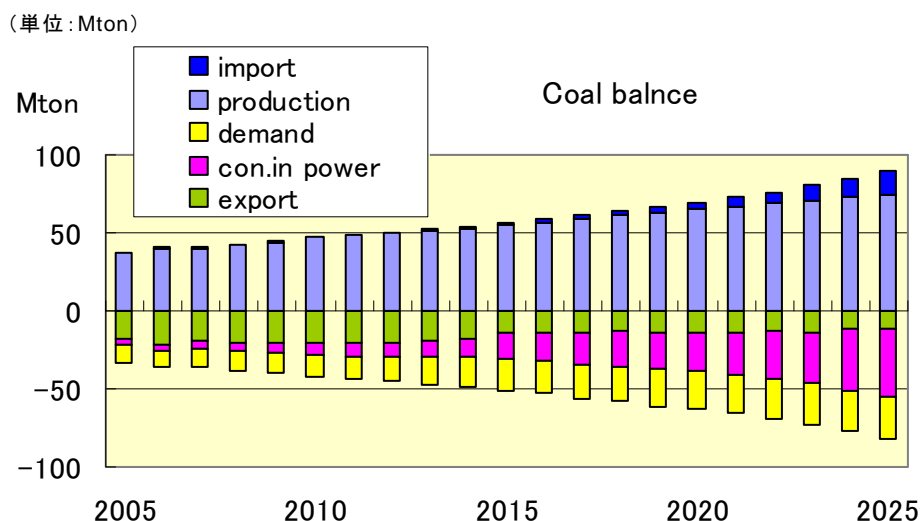


図 6.2-7 石炭需給バランス

6.2.4 天然ガスの需給

天然ガスの需給バランスを図 6.2-8 に示す。国内の天然ガス生産は現在の確認埋蔵量に基づき推計された値だが、現在までに確認された資源量は周辺諸国と較べてもそれほど大きくはない。一方、発電所、一般需要家の利用が着実に増加すると見込まれる。その結果、2021年からは輸入が必要となるので、どのように対処するかを検討を前広に進める必要がある。なお、先述したLPG供給の不足分を天然ガスで補う場合、天然ガスの輸入開始時期は上記の計算よりもかなり早まることになる。発電用消費量はPDPATによる計算値である。

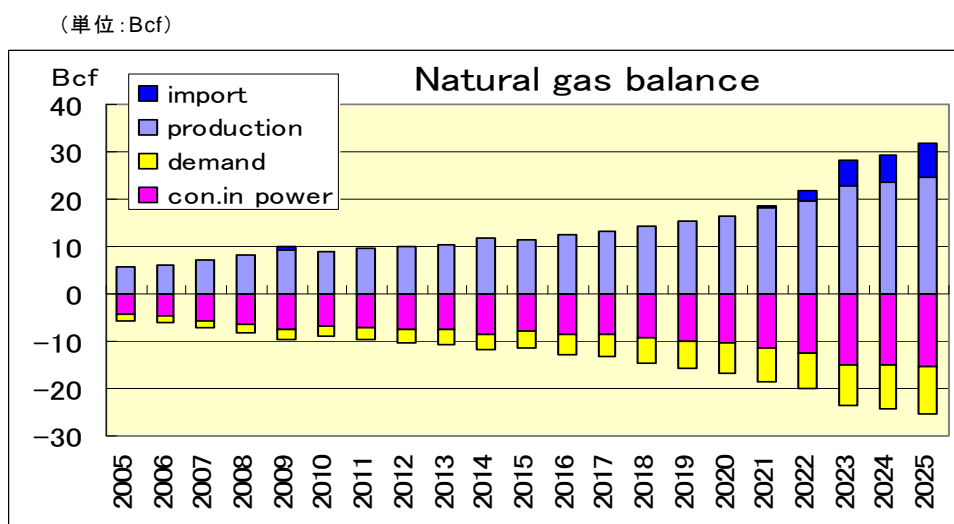


図 6.2-8 天然ガス需給バランス

6.2.5 電力需給

発電用燃料の需給バランスは、PDPATによる推定値である。各燃料別の発電量は、資源や立地等の制約があるため、原子力、水力、再生可能エネルギーによる発電の自由度は少ない。その結果、比較的自由度のある石炭（国産、輸入）や天然ガスによる発電の割合が

大きくなり、常に全体の 50%を超えている。なお、2020 年からは原子力発電所の稼働を見込んでいる。2025 年の発電用燃料を多い順にみると、天然ガス、国内炭、水力、輸入炭、輸入電力、原子力、再生可能エネルギー、重油の順となっている。

原子力は全体から見るとまだ少なく、石油（重油）は非常に少ないと想定している。ただし、他電源の開発が遅れると、高価であっても石油に頼らざるをえない事態が発生したり、製油所でアスファルト分を発電用に利用するケースが発生するなどの可能性には留意しておく必要がある。

(単位: TWh)

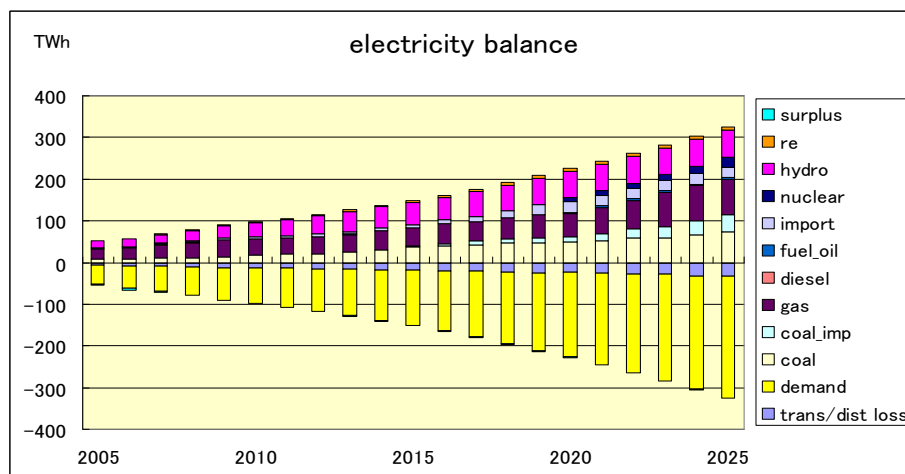


図 6.2-9 電力バランス

6.2.6 CO₂ 排出量

CO₂ の排出量は、図 6.2-10 に示すようにエネルギー需要の増加とともに増加する。

この排出量は、これまでにベトナム側で予測している数字とほぼ一致している。今後のエネルギー需要の増加の大宗は、石炭、石油、天然ガスなどの化石燃料により供給することになる。

(単位: MtonCO₂)

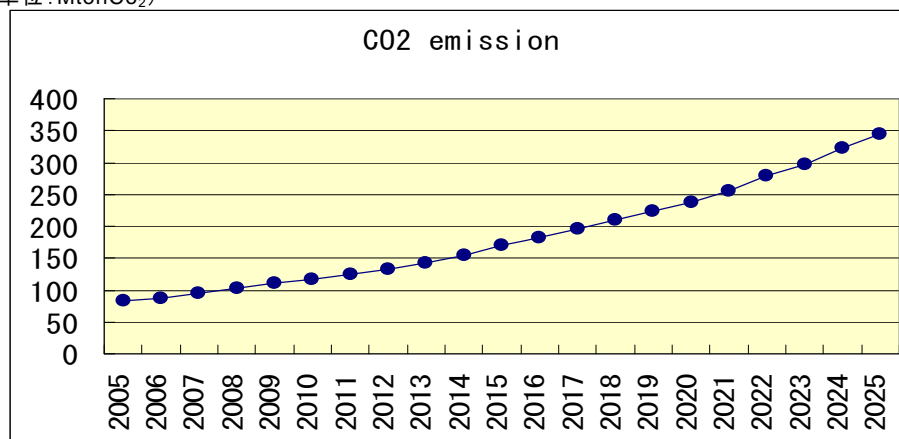


図 6.2-10 CO₂ 排出量

世界的な地球温暖化問題への関心が高まるなか、東アジアサミットでも合意された「共通だが差異のある責任」をどのように果たして行くかについて、議論を高めてゆくことが必要である。

6.3 主要ケースにおけるエネルギー供給パターン

本節では BAU、リファレンス、高成長、低成長、高価格、低価格の 6 つの主要ケースについて、どのような点でエネルギー供給パターンに大きな差が見られ、どのような課題が生じるかを検証する。なお、さらに掘り下げた各セクターの分析については後節で述べる。

6.3.1 輸入量・輸入比率の比較

上記の主要 6 ケースの差は、エネルギーの輸入量と輸入比率の差に最も著しく顕著に表れている。これは、経済成長やエネルギー価格の見方によって需要増加率がかなり異なるのに対し、国産エネルギーの増産には限りがあり、また、ここでは同じ供給シナリオを全てのケースにあてはめているからである。各ケースのエネルギー輸入量と輸入比率を図 6.3-1 と図 6.3-2 に示す。

(単位: Mtoe)

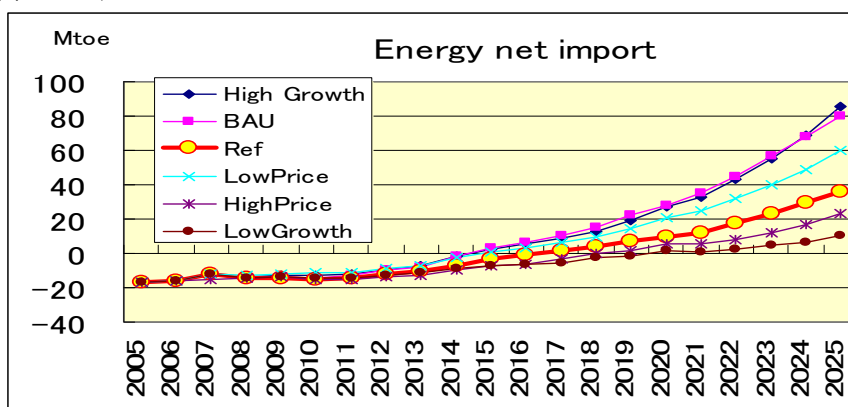


図 6.3-1 エネルギー輸入量

(単位: Mtoe)

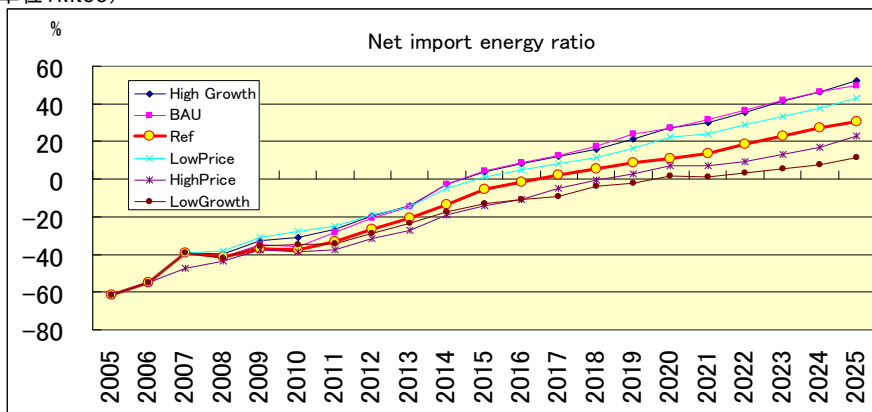


図 6.3-2 エネルギー輸入比率

リファレンスケースでは、ベトナムは石油備蓄分を別としても 2017 年にはエネルギーの純輸入国に転じる。その時期は一番早い高成長ケースでは 2015 年、低成長ケースでは最も遅く 2020 年となる。いずれのケースにおいても早晩エネルギー輸出国から輸入国に転じる訳で、そのような事態に今後どのように対処してゆくかがエネルギー分野における最大の課題である。

6.3.2 石油製品需給

第一製油所（Dung Quat）が 2009 年に稼動し、国内での本格的な石油製品生産が開始するが、この時点では全需要の 7 割程度が国内供給され、残りは引続き輸入されることになる。その後も石油需要の増加は続くので、6 ケースともに製油所は稼働開始直後からフル操業で、石油製品は能力一杯生産され、不足部分は輸入での対応となっている。石油製品の輸出入バランスのグラフは図 6.3-3 に示されている。上段が輸入、下段が輸出である。輸出はガソリン（ナフサ含む）のみである。ただし、ガソリン(ナフサを含む)の需給バランスは、第 2 製油所以降では、高成長ケースのみ 2020 年以降輸入ポジションに転じ、他のケースでは 2015 年以降すべての年次で輸出ポジションとなり、余剰分が輸出されるバランスとなっている。なお、第 2 製油所の稼働以降はアスファルト等の副製品も生産されることになるので、石油精製分野の細かい需給バランスはそのような検討の行えるより詳細なモデルにより分析しなければならない。

(単位 mtoe)

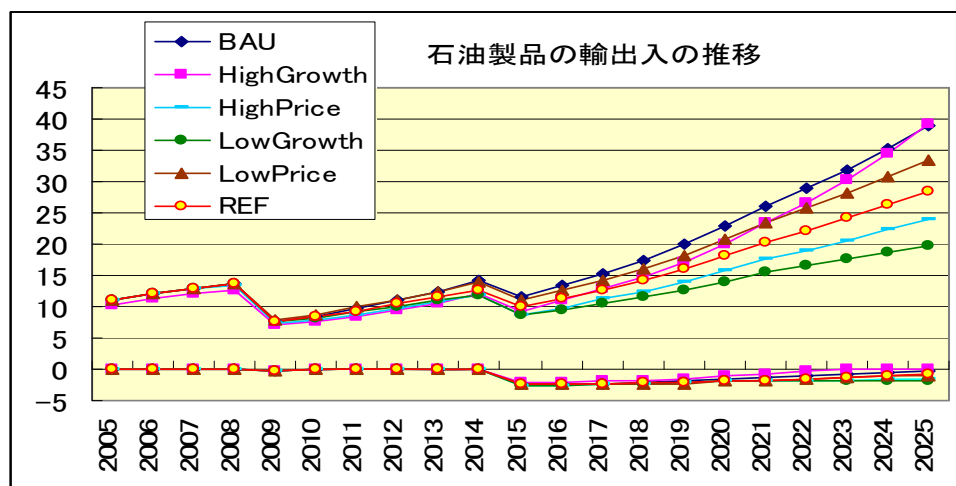


図 6.3-3 石油製品の輸出入の推移

6.3.3 石炭需給

国内炭生産量の推移は図 6.3-4 に示すとおりである。国内炭生産については、2025 年まで安定が上がるため生産能力最大まで生産を行う。その反対の場合には、生産量は国内需要を満たし、的に増産が進むと見ている。石炭の輸出平均価格が国内販売価格より高ければ、輸出による利益かつ原炭生産量の 7%に相当する鉄鋼向け高品位炭を最低限輸出する条件を満たす。本調査での石炭価格設定からは、ケースに関係なく 2007 年から 2025 年に至るまで生産能力最大までの生産を行う結果となっている。

(単位:Mton)

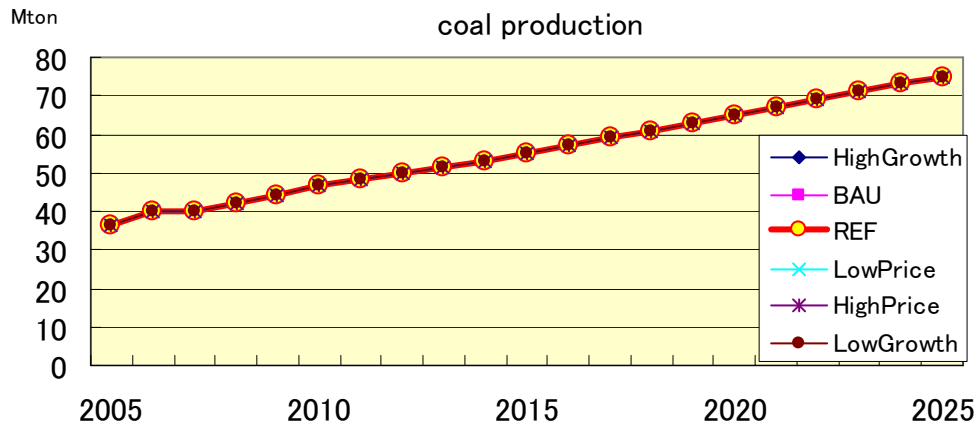


図 6.3-4 石炭の生産量

一方、ベトナム南部では 2014～2018 年にかけて大型発電所向けの石炭輸入が始まり、
図 6.3-5 に示すように、BAU ケース、高成長ケース、低価格ケースでは 2021 年頃から急
激に増加する。リファレンスケースでは、2025 年における輸入量が約 1,400 万トンと BAU
ケースの 1/4 程度に抑制されており、省エネ効果による電力需要抑制が十分発揮された結
果であることが分かる。

なお、海外炭の導入には、石炭輸入基地を含めた石炭受入設備などリードタイムの長い
インフラの建設が必要であり、石炭需給動向をさらに掘り下げて検討し、対応策を講じる
必要がある。

(単位:Mton)

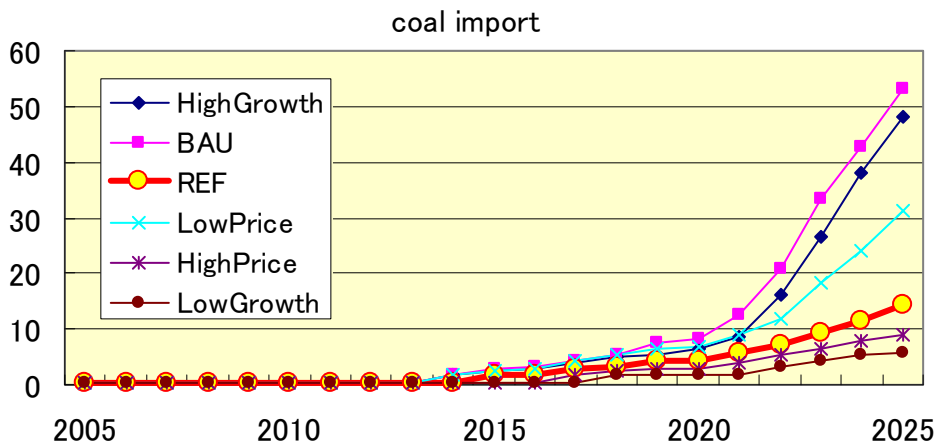


図 6.3-5 石炭の輸入量

(単位: Bcf)

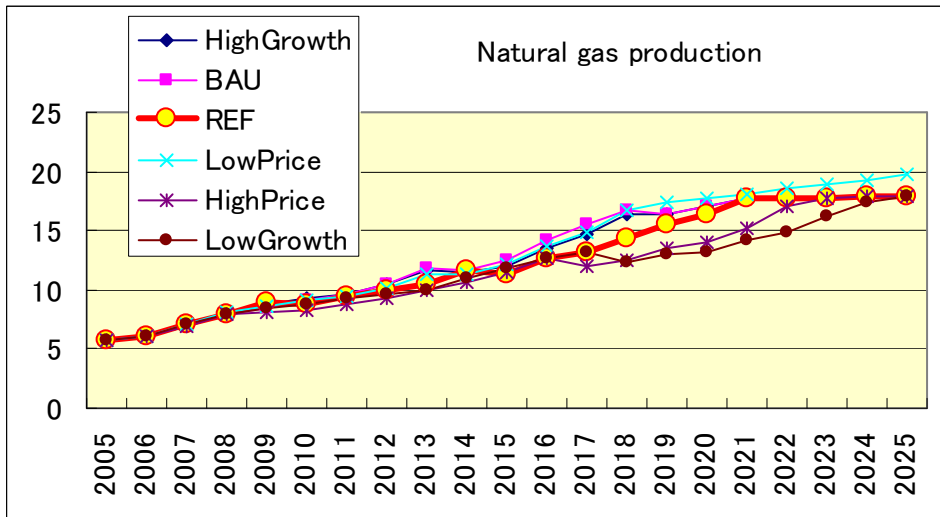


図 6.3-6 天然ガスの生産量

6.3.4 天然ガス需給

天然ガスの生産量はケースによって順位が入れ替わる等、他のケースとはかなり様相が異なっている。2021年からはBAU、リファレンス、高成長の3ケースでは国内ガス田はフル生産になっているが、高価格ケースや低成長ケースなどエネルギー需要の伸びが低めのケースではなかなかフル稼働に達しない。天然ガスの供給量の変動は、主に電力部門での天然ガス需要の変化を反映している。実際には、一旦完成したガス焼き発電所はガス価格などの変化があってもそれなりに稼働を続け、これに対応してガス田が稼働するパターンとなっている。図 6.3-7 は発電用天然ガス需要量の推移である。

都市ガスの普及が図られ、LPGの需要が天然ガスに代替される場合には、既発電資源量を前提とした国産天然ガスだけで需要を賄えなくなる時期がかなり早まることになる。

(単位: Bcf)

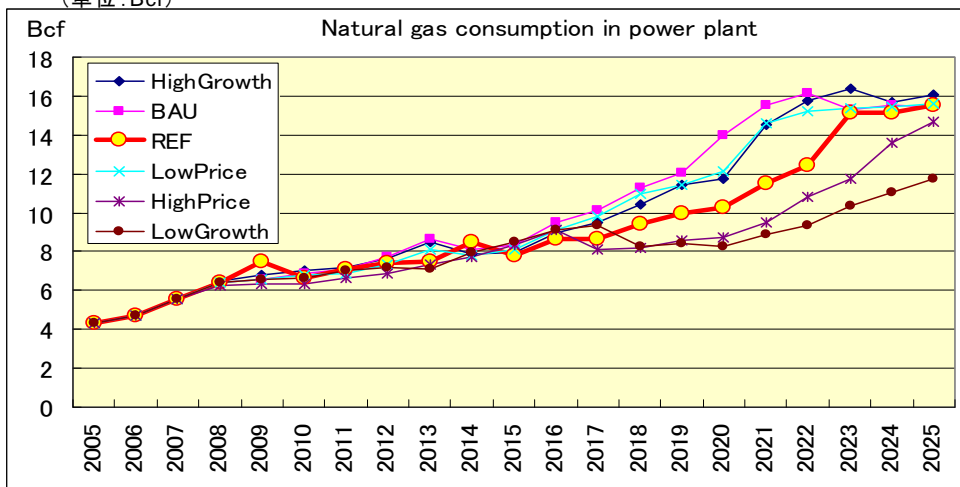


図 6.3-7 天然ガスの発電所での消費量

輸入システムの構築には長いリードタイムが必要なので、天然ガスの普及を早める政策においては、上述のグランドデザインの構築を急ぐ必要がある。

(単位: Bcf)

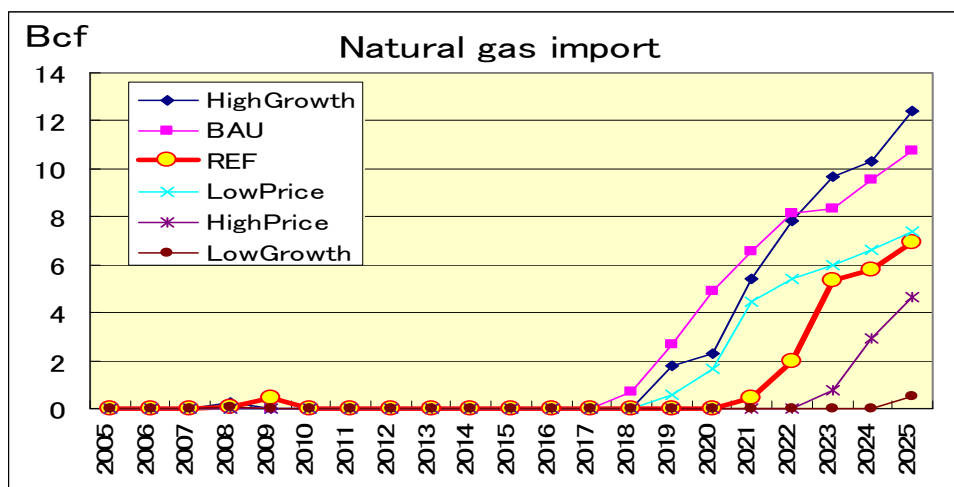


図 6.3-8 天然ガスの輸入量

6.3.5 CO₂ 排出量

図 6.3-9 は、主要 6 ケースの CO₂ 排出量を示している。CO₂ 排出量は、2025 年の段階で、高成長ケースとリファレンスケースとでは約 1.5 倍の格差が生じている。

(単位: MtonCO₂)

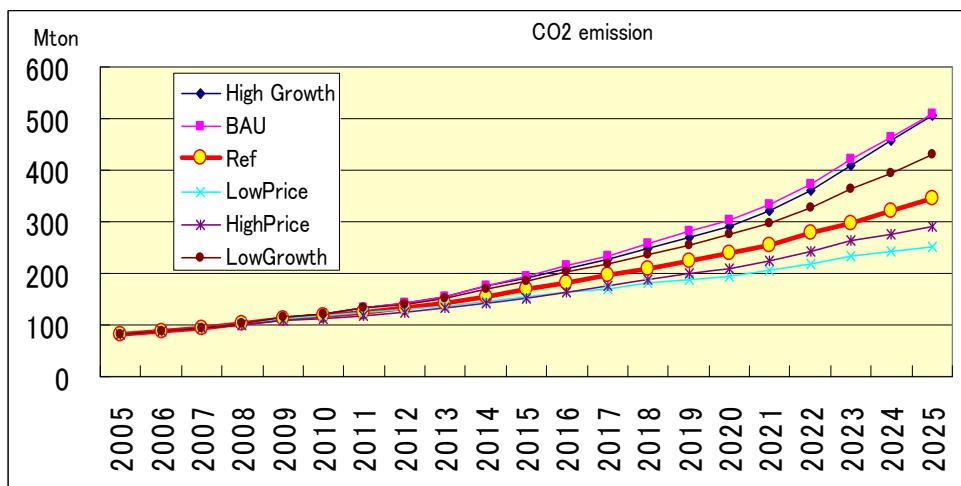


図 6.3-9 CO₂ 排出量

6.4 需要変化によるエネルギー供給の変化

6.4.1 省エネルギー推進の効果

今後の省エネルギーの進展について、BAU ケースでは年率 1%、リファレンスケースでは年率 3~4%で省エネルギーが進むものと想定している。この省エネ効果の差は一次エネ

ルギー供給パターンに大きく反映する。省エネ効果によるエネルギー供給の差異が最大となる 2025 年には、リファレンスケースのエネルギー供給量は BAU に対し 20%以上減少する。

表 6.4-1 省エネルギー効果の順位

order	year	energy	term	unit	REF	BAU	差異	比率対BAU
1	2025	石炭	輸入	kton	14,226	53,026	-38,800	-73.2
2	2025	電力	輸入炭燃料	GWh	41,461	125,696	-84,235	-67.0
3	2025	石炭	電力用	kton	43,716	85,785	-42,069	-49.0
4	2025	LPG	LPG代替	kton	5,259	9,099	-3,841	-42.2
5	2025	天然ガス	輸入	MMm3	6,911	10,781	-3,869	-35.9
6	2025	ナフサ	ガソリンへ合流	kton	1,260	1,944	-684	-35.2
7	2025	CO2	排出量	Mton	345	508	-163	-32.1
25	2025	原油	輸入	kton	7,805	8,537	-732	-8.6
26	2025	天然ガス	電力用	MMm3	15,512	15,472	40	0.3
27	2025	電力	天然ガス燃料	GWh	85,186	84,889	298	0.4
28	2025	石炭	輸出	kton	13,203	5,250	7,953	151.5
29	2025	ナフサ	輸出	kton	844	160	684	427.3

表 6.4-1 は省エネルギーによってエネルギー需要が減少した場合にどのような供給項目が大きな影響を受けるかを BAU ケースとリファレンスケースの比較で示したものである。上位 3 位はいずれも発電用の国内炭と輸入炭である。すなわち、省エネの進展により電力需要が削減され、「国産+輸入」石炭を燃料とする発電量の減少、燃料使用量の減少、結果として輸入石炭の減少が起きる。省エネ効果はこのように石炭火力発電量の大きな差として出ている。ひいては石炭の輸出の増加 60%の効果(28 位を参照)ともなっている。石炭の次には LPG の需要が減少し、LPG 代替エネルギーの輸入が 73%(4 位)の減少となっている。天然ガスの場合には需要量の減少が、56% (5 位)の輸入減少につながっている。その他では、石油製品の需要減が原油の備蓄の減少 9.4% (25 位)につながっている。ガソリン減少の効果がナフサ輸出増 81%(29 位)につながっている。また CO₂ 排出量も 47% (7 位)の減少につながる。

このように省エネの効果はさまざまな分野で明白に出てくると期待される。上表で順位が飛んでいるのは途中を省略しているからである。

6.4.2 経済成長率の影響

次に、省エネ率は同じだが経済成長率がリファレンスケースよりも高いケースと低いケースの影響を検討してみる。表 6.4-2 は、格差が一番拡大する 2025 年について、高成長ケースとリファレンスケースの差が大きい順の項目を示している。

表 6.4-3 は低成長ケースとリファレンスケースの差が大きい順の項目を示している。上位は表 6.4-1 とほぼ同じで、電力需要の増加→石炭火力発電の燃料増加→輸入石炭の増加→石炭需要の増加という事象がみられる。これに次いで天然ガスの輸入増加、LPG 代替燃料の輸入増加が上位に入っている。表 6.4-1 の省エネ推進の影響は、成長率 1%の影響の度合いに匹敵するか若干大きい。

表 6.4-2 高成長率の影響の度合いの順位

順位	年	エネルギー	項目	単位	高成長	REF	差異	上昇率(対REF%)
1	2025	石炭	輸入	kton	48,300	14,226	34,074	239.5
2	2025	電力	輸入炭燃料	GWh	109,213	41,461	67,752	163.4
3	2025	天然ガス	輸入	MMm3	12,385	6,911	5,474	79.2
4	2025	ナフサ	ガソリンへ合流	kton	2,104	1,260	844	67.0
5	2025	石炭	電力向け	kton	80,412	43,716	36,697	83.9
6	2025	LPG	LPG代替品	kton	9,302	5,259	4,044	76.9
9	2025	CO2	排出量	Mton	507	345	162	46.9
31	2025	石炭	輸出	kton	5,250	13,203	-7,953	-60.2
32	2025	ナフサ	輸出	kton	0	844	-844	-100.0

表 6.4-3 低成長の影響の度合いの順位

順位	年	エネルギー	項目	単位	低成長	REF	差異	比率(対REF%)
1	2025	天然ガス	輸入	MMm3	480	6,911	-6,432	-93.1
2	2025	ナフサ	ガソリンへ合流	kton	420	1,260	-840	-66.7
3	2025	電力	輸入石炭	GWh	16,270	41,461	-25,191	-60.8
4	2025	石炭	輸入	kton	5,686	14,226	-8,540	-60.0
5	2025	LPG	LPG代替	kton	2,947	5,259	-2,311	-43.9
6	2025	石炭	電力向け	kton	27,239	43,716	-16,477	-37.7
7	2025	diesel	輸入	kton	8,598	12,958	-4,360	-33.6
9	2025	CO2	排出量	Mton	252	345	-94	-27.1
30	2025	LN	輸出	kton	1,684	844	840	99.5
31	2025	coal	輸出	kton	26,724	13,203	13,521	102.4

6.4.3 エネルギー価格動向の効果

低成長率の場合は、リファレンスケースに比べてエネルギー供給は逆に低くなる。減少順位では天然ガスの輸入減少率が一番大きい、その減少の度合いはほぼ1倍程度であり、石炭の輸入減少率よりは遙かに小さい。成長率が高いとエネルギーの利用上昇は大きくなるが、成長率が低い場合は、エネルギー利用の減少には大きくは影響を与えない。

次に、エネルギー価格がリファレンスケースよりも高い場合と低い場合について検討した。高価格ケースではエネルギー価格が上昇し、需要が減少し、そのために供給に影響が生じる。一位はナフサがガソリンへ合流する減少である。これは高価格のためガソリンの需要が抑制され、ガソリンに回るナフサが減って輸出に回っているのである。表 6.4-4 のように、増加分の中でナフサの輸出の増加率が大きくなっている。さらに輸入石炭による電力発電の減少、従って輸入石炭の減少につながっている。さらに天然ガスの需要減、電力向けの国内炭の減少があり、発電用国内炭の減少は石炭の輸出増につながっている。

スーパー高価格のケースは高価格ケースと傾向はほぼ同じで、上位6位までは順位や規模は異なるものの項目は同じである。石炭の輸出、ナフサの輸出の増加も高価格ケースと同じである。

しかしいずれの減少、増加も省エネ、成長率の変動に比べれば小さい。低価格ケースでは、電力向けの国内炭、輸入炭の減少が目立つ程度で、リファレンスケースと比べて需要にほとんど変化がないことから、供給パターン面でもリファレンスケースとの差は小さいといえる。このようにエネルギー価格の変化は、エネルギーの利用量という面からみると、需要、供給ともに影響は小さいといえる。

表 6.4-4 エネルギー高価格の影響の度合いの順位

順位	エネルギー	項目	単位	高価格	REF	差異	比率(対REF%)
1	ナフサ	ガソリン評価	kton	701	1,260	-559	-44.4
2	電力	輸入石炭燃料	GWh	25,838	41,461	-15,623	-37.7
3	石炭	輸入	kton	8,920	14,226	-5,306	-37.3
4	天然ガス	輸入	MMm3	4,663	6,911	-2,248	-32.5
5	石炭	電力向け	kton	31,892	43,716	-11,824	-27.0
6	LPG	LPG代替	kton	3,974	5,259	-1,284	-24.4
7	電力	国内炭	GWh	56,884	73,138	-16,254	-22.2
30	ナフサ	輸出	kton	1,403	844	559	66.2
31	石炭	輸出	kton	23,133	13,203	9,931	75.2

表 6.4-5 エネルギースーパー高価格の影響の度合いの順位

順位	エネルギー	項目	単位	超高価格	ferencve	差異	比率(対REF%)
1	天然ガス	輸入	MMm3	0	6,911	-6,911	-100.0
2	ナフサ	ガソリンへ合流	kton	210	1,260	-1,050	-83.4
3	電力	輸入石炭燃料	GWh	15,696	41,461	-25,765	-62.1
4	石炭	輸入	kton	5,485	14,226	-8,741	-61.4
5	LPG	LPG代替	kton	2,699	5,259	-2,560	-48.7
6	石炭	電力向け	kton	26,240	43,716	-17,476	-40.0
7	軽油	輸入	kton	8,702	12,958	-4,256	-32.8
8	天然ガス	需要	MMm3	6,419	9,274	-2,855	-30.8
36	石炭	輸出	kton	28,763	13,203	15,561	117.9
37	ナフサ	輸出	kton	1,879	844	1,035	122.7

表 6.4-6 エネルギー低価格の影響の度合いの順位

順位	エネルギー	項目	単位	低価格	REF	差異	比率(対REF%)
1	石炭	輸入	kton	31,241	14,226	17,015	119.6
2	電力	輸入炭燃料	GWh	82,178	41,461	40,716	98.2
3	石炭	電力向け	kton	63,790	43,716	20,074	45.9
4	LPG	LPG代替	kton	7,301	5,259	2,043	38.8
5	CO2	排出量	Mton	429	345	84	24.3
35	石炭	輸出	kton	5,250	13,203	-7,953	-60.2

6.5 各種の条件変化とエネルギー供給

本節では、主としてエネルギー供給条件の変化に関するケーススタディの結果を検討する。原発の稼働状況や天然ガス供給量の増大、第2、第3製油所の早期稼働、再生可能エネルギーの増量などの影響を見た。

6.5.1 原子力発電所の稼働時期

原発の稼働が遅れ、その穴埋めを化石燃料の自由選択で行うケースでは、発電コストの安い石炭が圧倒的に選択される。輸入炭が大幅に増加するとともに、CO₂排出量も増加する。その逆に、原子力の能力が倍になる場合には、輸入炭が大幅に減少し、CO₂排出量も減少する。

(1) 稼働開始時期遅延を石炭で代替

リファレンスでは2020年から原子力発電が稼働するとしているが、原子力発電の稼働が遅れ石炭火力で代替した場合のリファレンスとの比較を図6.5-1に示す。原子力はベトナム南部に立地予定であるため、原子力開発が遅延すれば基本的に輸入用石炭火力発電所

の建設を早めることとなる。2022年に輸入用石炭火力が相次いで運開し容量が大きく増加する開発計画を採用しているため、図 6.5-1 の 2022 年データでは一時的にガスや国内石炭火力による発電量が低下している。

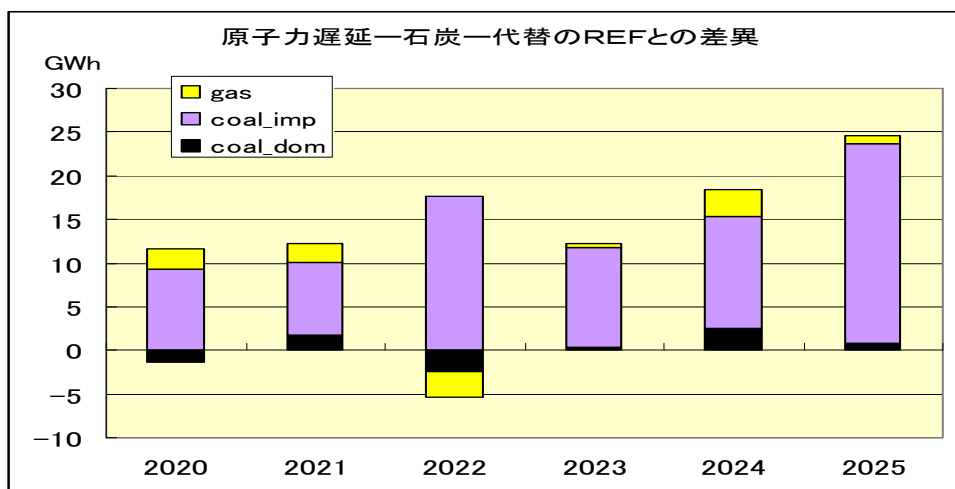


図 6.5-1 原子力遅延—石炭代替

現実として原子力開発が遅延した場合その単機容量が大きいいため、既設発電所の稼働率の上昇だけで需要を賅うのは難しい。従って、原子力開発を進める傍ら、遅延する場合に備えてこうした代替電源(石炭)の開発計画も同時進行的に進めておくことも重要である。

(2) 稼働開始時期遅延をガスで代替

天然ガスの増産や輸入が可能で、クリーンエネルギーとしても優先使用するとの方策のもとに、ガスで代替したときの結果とリファレンスケースとの比較の結果を示したのが図 6.5-2 である。天然ガス火力の稼働のために、石炭消費量も計算上は少し影響を受けている。

本ケースでは LNG 基地と発電所の建設によって原子力の発電量をカバーすることを想定している。実際に原子力開発の遅延など電源開発計画に大きな変動が予見される場合に

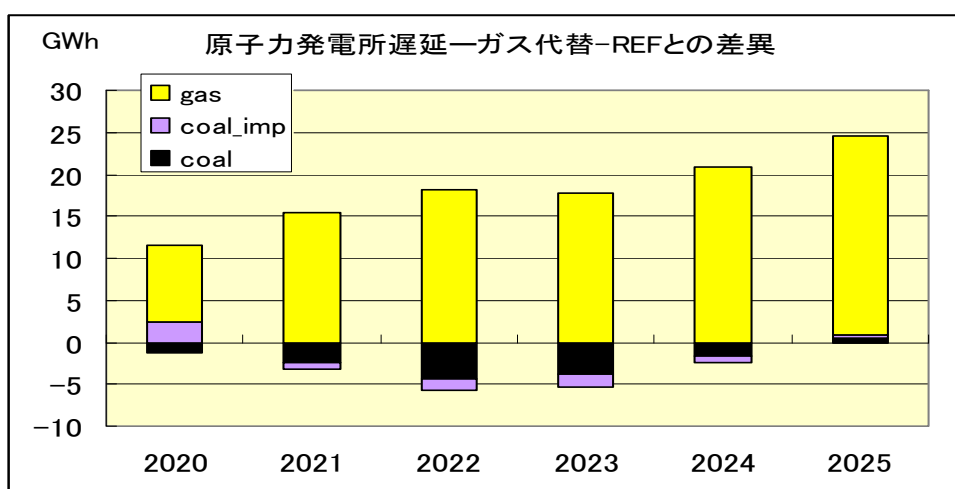


図 6.5-2 原子力発電所遅延—ガス代替ケースと REF の差異

は、代替電源の建設リードタイムを考慮して、出来る限り早く全体計画の見直しを行わなくてはならない。

(3) 能力増強のケース

2021年以降原子力発電能力を2025年時点で8,000MWと、リファレンスケースより倍増させた場合のリファレンスケースに対する原子力発電量の増分を図6.5-3に示す。図の各年の右側の棒グラフ（薄青）は原子力による発電量の増加分を示し、左側の棒グラフはこの原子力発電量の増加によって逆に減少した発電量を燃料別に示したものである。棒グラフの色は国内炭（黒色）と輸入炭（紫）と天然ガス（黄色）である。2021、2022年は原子力の増強によって種類を問わず系統全体の火力発電所の発電量が低下している。2023年以降は、原子力の増強によって輸入石炭火力の開発を遅らせることが出来る結果、輸入石炭の消費量がリファレンスケースと比較して大きく減少する結果となっている。

（単位 GWh）

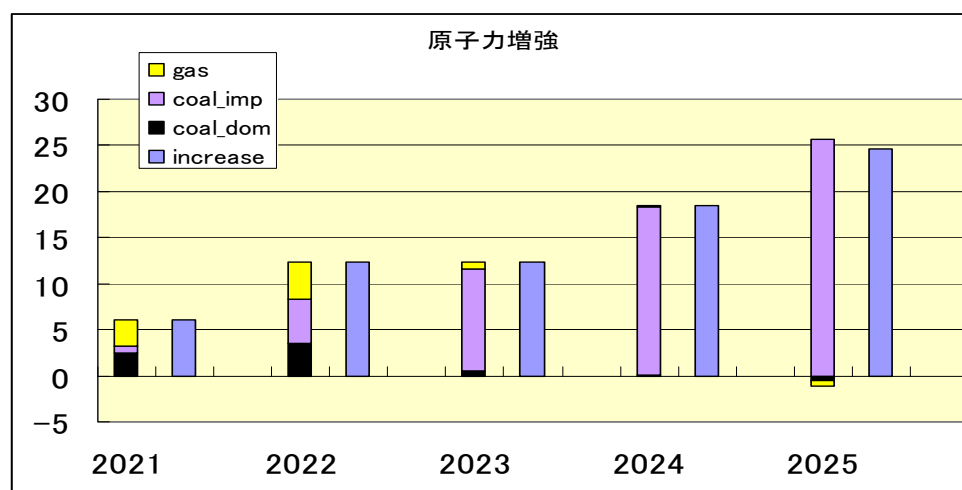


図 6.5-3 原子力発電所増強のケースと REF の差異

6.5.2 天然ガス供給量の増大

国内の天然ガス生産量には2015年頃からの新規生産も織り込まれているが、現時点では飛躍的増加は期待されていない。(6.1.3 参照)しかし、国産天然ガスの開発、生産が進展し、LNGの輸入も開始する(2020年から年間300万トン进行想定)と想定し、2025年の天然ガス供給量がリファレンスケースの倍量にいたる場合を仮定する。その際には、計画中也含めて石炭火力発電所が大幅に天然ガス燃料に転換され、電力向けの石炭需要が減少する。その結果、CO₂の排出量は2015年以降リファレンスケースに比べて減少し続け、2025年では約3000万トン分が削減されることになる。

年間所要コストを見ると、基本的には石炭から天然ガスへの転換が発電所で行われているため、リファレンスケースよりは高くなっている。2014年までは両ケースに全く変化がないが、2015年から徐々に発電所でのガス利用が高くなり、それにつれてコストも上昇している。

過去の天然ガス市場の創生と発展の歴史を見ると、コア需要である発電用途に天然ガス

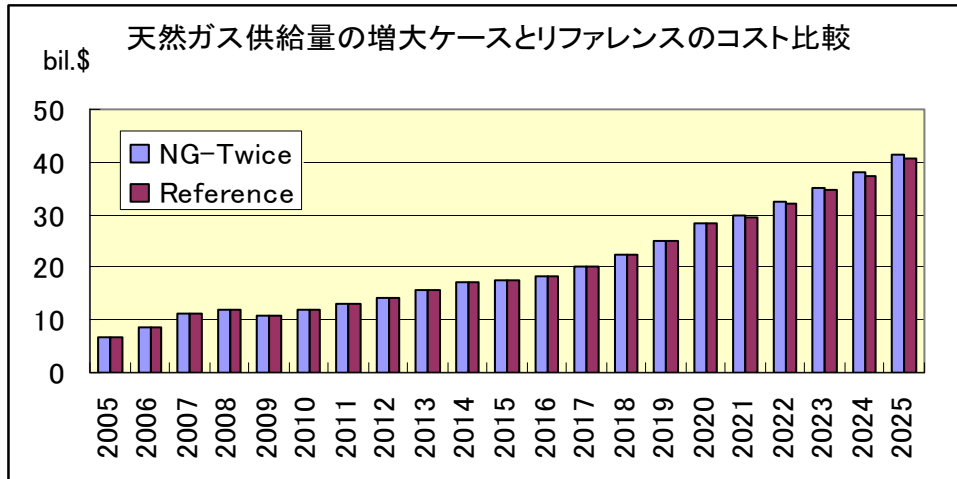


図 6.5-4 天然ガス供給量の増大—リファレンスケースとのコスト比較

が導入されると、その周辺の産業用や民生用需要で他のエネルギーから天然ガスへの転換が起こり、潜在需要も励起されてきた。こうした転換や、潜在需要はモデルでは扱っていないので、実際には上記の計算以上に加速された転換が起こると考えられる。

6.5.3 第 2、第 3 製油所の繰上げ稼働

石油製品需要（とりわけ、輸送用燃料）の増大に対応するため、第 2、第 3 製油所の建設時期を早め、それぞれ 2013 年、2016 年に操業が開始されることを想定した。

第 1 製油所の稼働に伴って輸入の必要が無くなるガソリンの需給バランスに注目してみると、2013 年の第 2 製油所の運転開始に際してガソリンの輸出余力が生じ、2016 年の第 3 製油所運転開始時にはこの輸出量はさらに増加する。需要の増大は続くが、2025 年までは輸出ポジションが維持される。（図 6.5-5）したがって、第 2 製油所以降の製油所の新增設にあたってはそのタイミングを慎重に計るとともに、中国や ASEAN 諸国など、周辺国の需要も効果的に取り込み、規模の経済を実現することに留意すべきである。2015 年以降は石油製品は輸出ポジションとなるので、さらなる製油所能力の増強は検討しなかった。能力増強の場合は、既存 3 製油所での増設が経済的にも優先されることになる。

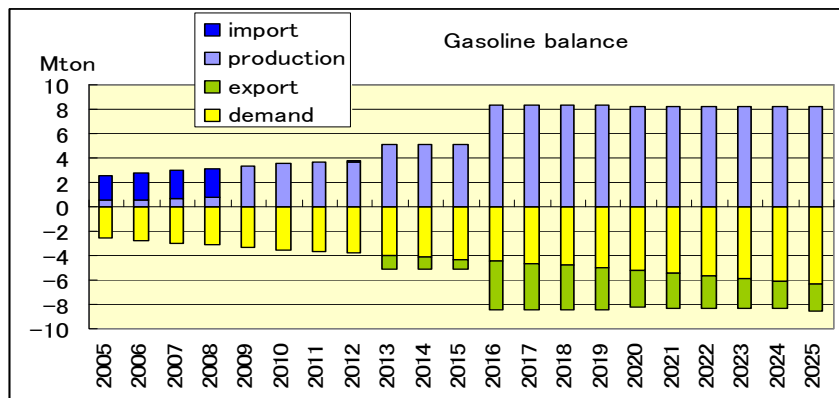


図 6.5-5 第 2、第 3 製油所が繰上げ稼働した場合のガソリン需給バランス

6.5.4 再生可能エネルギーの増量

現状、ベトナムにおいてバイオフェューエルの商業生産が行われていないことを考慮すると、本ケースの供給条件である、“Development of Bio-Fuels in the Period up to 2015, Outlook to 2025 (Draft)”（国家バイオ燃料開発計画（案））におけるバイオフェューエル導入目標の達成には相当な努力が必要である。

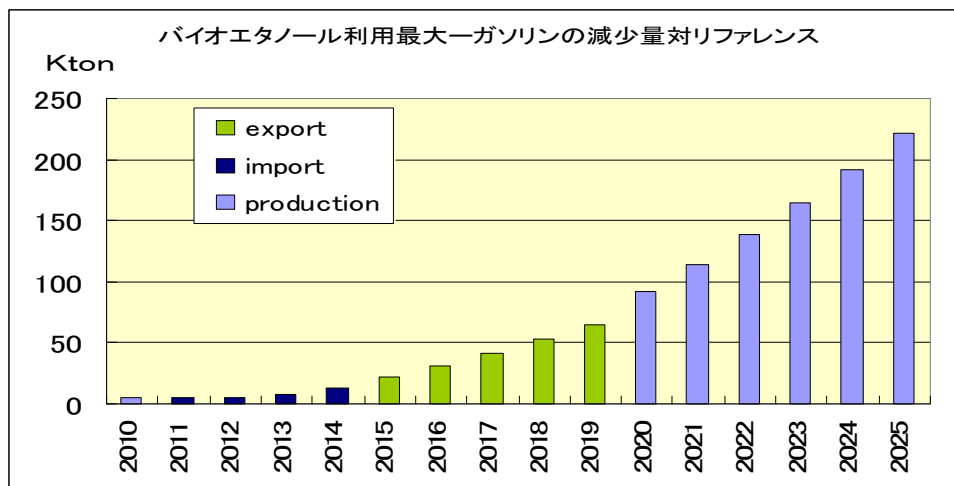


図 6.5-6 バイオエタノール利用最大—ガソリンの減少量対リファレンスケース

特にバイオディーゼルについては、原料作物としてベトナムにおいてほとんど生産実績のないパームやジェトロファ等の栽培が必要となるため²⁷、今後は技術開発とともに、これらの栽培拡張が農村の経済発展に寄与するような社会システムも同時に構築することが必要である。

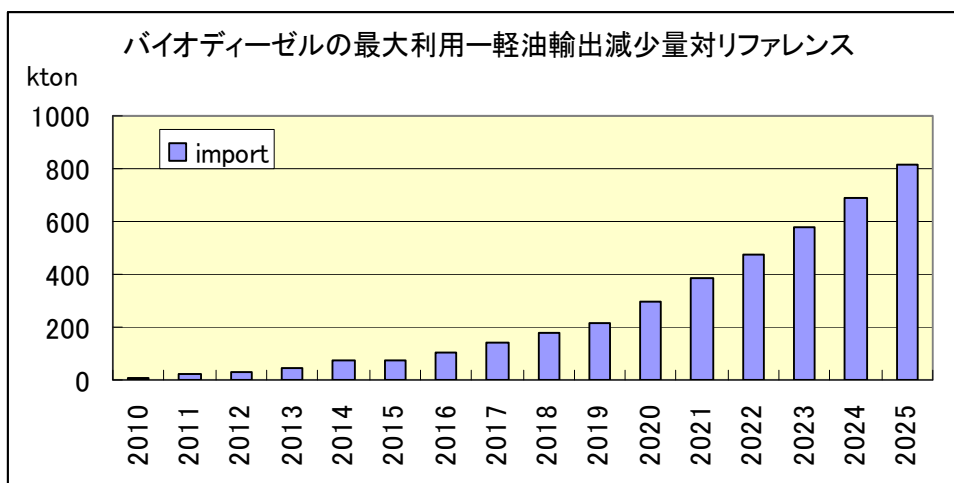


図 6.5-7 バイオディーゼル利用最大—軽油の減少量対リファレンスケース

27 例えば、ジェトロファ油の収量を 2ton/ha、バイオディーゼルへの変換効率を 95%、バイオディーゼルの密度を 0.84kg/liter と仮定すると、2025 年にバイオディーゼルの約 100 万 kl 供給するためには約 45 万 ha の土地が必要となる。

特にバイオディーゼルについては、原料作物としてベトナムにおいてほとんど生産実績のない農村の経済発展に寄与するような社会システムも同時に構築することが必要である。

しかし、この目的を達成できれば、以下に示す通り、化石燃料需要を相当程度抑制するとともに、石油の輸入依存度もかなり引き下げることができる。また、現在、東アジアサミットでの議パームやジェットロファ等の栽培が必要となるため²⁸、今後は技術開発とともに、これらの栽培拡張論を軸に、ASEAN諸国では先進国との協力のもとにバイオフェューエルへの取組みが大々的に進められようとしており、ベトナムの貢献が期待されている。

ガソリンと軽油に混ぜるバイオフェューエルの混入率を大きくした場合、増えたバイオフェューエル分だけガソリン、軽油の量の変動する。生産や輸入を減少させたり、輸出を増大させたりすることによりバランスを保持できる。リファレンスケースに対してガソリンの生産、輸入の減少量、輸出の増大量を示しているのが図 6.5-6、軽油の場合は図 6.5-7 である。

ガソリンの場合は生産量の減少は 2010、2020～2025 年、輸入の減少は 2011～2014 年、輸出の増大は 2015～2019 年に発生している。

軽油の場合は常時不足サイド従って毎年輸入せざるを得ない状況にあるので、バイオディーゼルで補っても基本的には輸入サイドの状況は変わらない。従ってバイオディーゼルで補った分輸入量が減少となる。

ガソリンの場合は生産量の減少は 2010、2020～2025 年、輸入の減少は 2011～2014 年、輸出の増大は 2015～2019 年に発生している。

軽油の場合は常時不足サイド従って毎年輸入せざるを得ない状況にあるので、バイオディーゼルで補っても基本的には輸入サイドの状況は変わらない。従ってバイオディーゼルで補った分輸入量が減少となる。

6.5.5 CO₂に対する制約

毎年の CO₂ 排出量に制限を与えた場合（これまでのケースでは排出量制限はない）、現在のモデルの前提になっている PDPAT による燃料消費量の固定を利用する限り、自由度が非常に小さくて、最大排出量を制約で与えてもほとんど意味をなさない。本検討を行う場合には電源構成を自由な状態にしておく必要がある。しかし、電源構成を自由にして本モデルの計算だけで電力の電源構成を試算すると、ピーク対応等の可否に対しては保証がなくなる。

そこで机上の計算として PDPAT の計算値を利用しないで、燃料消費量と発電量の理論式を本モデルで定義して最適化の対象とすれば、電源構成も自由になり CO₂ 排出量の制約を加味しても、実行可能解を得る可能性があがる。その条件下で CO₂ 排出量をリファレンスケースの各年の CO₂ 排出量の 90% に設定して計算を試みたが、各年すべてが制約内に収まる解は存在しなかった。今後 CO₂ 排出制限の解を得るためには発電設備の能力、稼働率を見直す必要がある。

²⁸ 例えば、ジェットロファ油の収量を 2ton/ha、バイオディーゼルへの変換効率を 95%、バイオディーゼルの密度を 0.84kg/liter と仮定すると、2025 年にバイオディーゼルの約 100 万 kl 供給するためには約 45 万 ha の土地が必要となる。

6.6 長期エネルギー需給における課題

前節までの分析では、リファレンスケースを中心に各ケースにおけるエネルギー供給上の特徴と差異を明らかにした。これらの分析に基づき長期エネルギー供給における課題を抽出してみよう。世界の各国では、いまや3E（経済発展、エネルギー供給、保護環境）の調和、3S（安全保障、持続可能性、市場安定性）の強化がエネルギー政策上の共通の課題となっている。世界経済とのリンケージがますます強まるなか、ベトナムも世界共通となったこれらの政策課題を避けて通ることはできない。端的に言えば、持続的発展を継続する上で欠くことができないのが省エネルギーの推進とエネルギー安定供給システムである。

a) 課題その1: エネルギーの合理的使用と省エネルギーの推進:

まずケース設定とエネルギー需要の動向を再整理してみよう。

BAU ケースでは経済成長率が2025年まで年平均8.4%で成長する。特段の省エネルギー政策が採用されない場合、一次エネルギー供給は2005年の2,695万toeから2025年には1億6,138万toeへ、約6倍増加する。エネルギー輸出国であったベトナムは純輸入国に転じ、2025年には輸入依存度が50%にも達する。リファレンスケースでは、輸入依存度を引き下げるためにBAU ケースよりも年平均2~3%程度省エネルギー努力を強化し、需要の抑制に努めることとしている。その結果2025年の一次エネルギー供給は1億1,706万toeへ約27%の減少し、輸入エネルギー依存度も30%程度に引き下げることが可能となる。

一方、現在のベトナム経済は非常に好調なので、経済成長率が9.5%へ約1ポイント増加するケースを検討した。この高成長ケースにおける一次エネルギー供給所要量はBAU ケースとほぼ同水準である。エネルギーの輸入依存度も50%を超え、エネルギー安全保障上の問題が発生する。20年間わたる経済成長率1ポイントの変化と省エネルギー率年2~3%の改善の効果は、一次エネルギー供給所要量に対してほぼ相殺する。

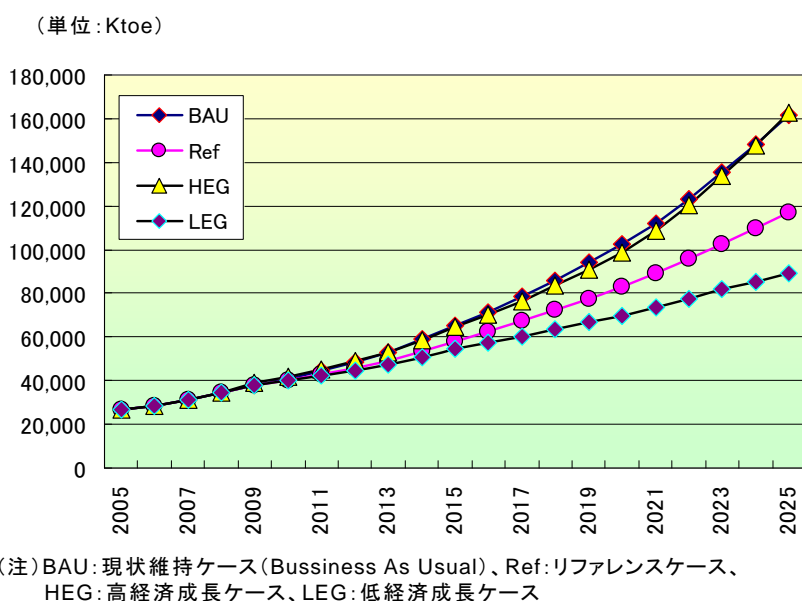


図 6.6-1 ケース別エネルギー需要の推計結果比較

この逆に、経済成長率が世界経済の後退や金融不安などの理由で1ポイント程度悪化し、年平均7.4%に低下したケースも検討した。この低経済成長ケースでは、2025年の一次エネルギー供給は8,917万toeとなる。1ポイントの経済成長率の低下は、リファレンスケースに比べて一次エネルギー供給を24%減少させる効果をもっている。また、輸入エネルギー依存度は11%となり、大幅な改善が図られる。

以上の推計結果からは、高成長ケースは国民生活の向上に資するという意味では望ましい選択だが、必要となるエネルギー量は膨大で、エネルギー安全保障上大きな課題が生じることが懸念がされる。特に、世界の長期エネルギー需給がタイトに向かう情勢のなか、輸入依存度はエネルギー安全保障を脅かす大きな判断材料である。その意味では、低成長ケース(7.4%という成長率は、多くの国にとっては高経済成長ケースである)へのスローダウンが望ましいという選択もあろう。リファレンスケースは丁度その中間に位置し、高い経済成長と低い輸入依存度の両立を目指すケースである。

以上の推計結果から第1の課題が生じる。すなわち3Eや3Sという政策目標を実現するうえでは自然のトレンドを超えた省エネルギーの実現が必要で、リファレンスケースで設定した目標はなんとしても達成しなければならない。

b) 課題その2:信頼度の高い効率的なエネルギー供給システムの建設

(例えば、ガス資源の開発とガス需要の開拓)

ケース別に一次エネルギー供給構造の変化についてみると、経済成長が高まるにつれて石油のシェアが後退し、石炭のシェアが拡大する。天然ガスは概ねシェアを維持している。水力発電のシェアは一時的に増大するが、資源制約もあり、再び徐々に減退に向かう。原子力や再生可能エネルギーは非常に重要ではあるが、エネルギー供給に占めるシェアは2025年時点ではまだ小さい。このような動向は供給側におけるエネルギー資源制約(石炭は比較的豊富、石油は制限制約がある、ガスは開発の可能性はある)を反映するとともに、需要側の制約にも影響を受けている。

なかでも石炭供給が一番大きく変化しているのは、需要変化に対して電力需要がまず反応し、その対応で石炭火力が影響を受けるためである。これは比較的安価な価格で国内炭や輸入炭の増量が可能で、需要の変化に対応しやすいという事情を反映している。石油は資源制約もあり供給増加を新規発見や輸入に依存せざるをえないが、石油需要の中心となる運輸部門の需要増加は比較的穏やかである(図6.6-2参照)。天然ガスは、資源制約はあるもののまだ開発余地があり、発電部門を中心に増加することが予測される。

他方地球環境問題の視点から見ると、現在ベトナムは、京都議定書(COP3)に定められたCO₂排出量に関する義務はないが、「共通だが差異ある責任」という原則に則ってCO₂排出量に関しても何らかの努力が要請されるだろう。上記4ケースについてCO₂排出量を推計すると、エネルギー需要の大きなBAUおよび高成長ケースではCO₂の排出量が現状のCO₂換算8,300万トンから2025年には約5億トンへ、約6倍も増加する。それに対して低成長ケースでは約半分の2億5,000万トン(約3倍)である。リファレンスケースでは、ほぼ中間の3億4,500万トン(4.2倍)程度となる。地球環境問題の視点からは、リファレンスケース程度にCO₂排出量をとどめることが穏当な政策といえよう。

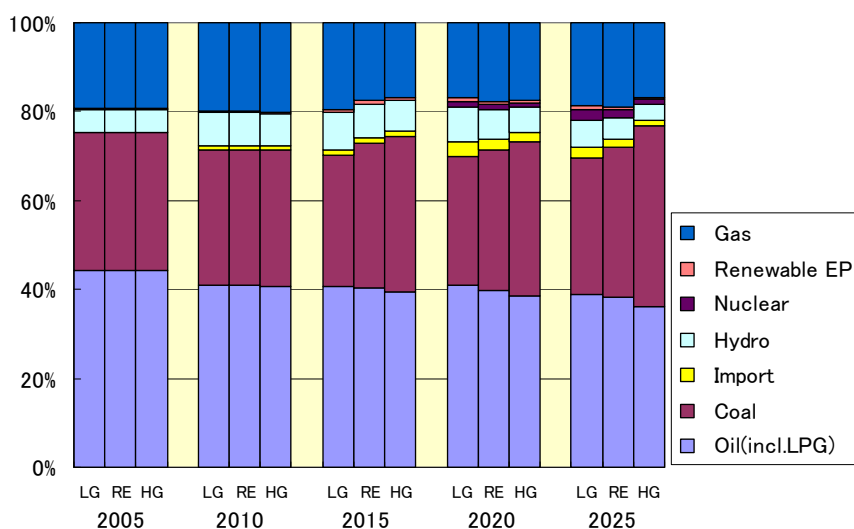


図 6.6-2 ケース別一次エネルギー供給構造の変化

(単位: CO₂ 換算 Mton)

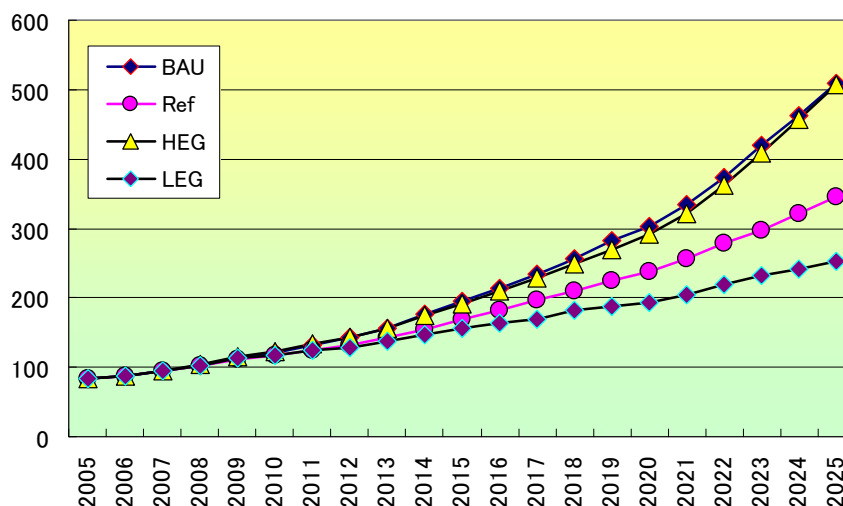


図 6.6-3 ケース別 CO₂ 排出量の比較

以上の推計結果から導き出される第2の課題は、信頼度の高い効率的なエネルギー供給システムを建設し、望ましい供給構造を実現することである。ケーススタディでは石炭が **Swing Fuel** の役割を果たしているが、大気汚染、家庭での健康管理、地球温暖化問題などの課題を考えれば、石炭への過度の依存が生じないように天然ガス資源の開発、需要の開拓と供給システムの構築（電力以外の産業用ガス需要および民生用ガス需要）なども視野に入れておくことが重要であろう。

c) 課題その3: エネルギー輸入の安定確保とエネルギー安全保障の強化

需要動向にもよるが、2015年頃を境にベトナムがエネルギーの純輸入国へ転換するのは

必然と見込まれる。これまで、石油製品は全量輸入に頼ってきたが、今後は原油、天然ガス、石炭などの分野でも世界のエネルギー市場の荒波をまともに受けることになる。したがって、エネルギー輸入の安定確保とエネルギー安全保障の強化が第3の課題となる。エネルギーセクターは規模の経済が強く働く分野であり、石油や石炭の分野では国際レベルの輸入システムを構築することが求められる。また、世界市場への依存が増すことにより、国際市場の荒波に耐えられるエネルギー供給企業の育成と、石油の国家備蓄など緊急時対応態勢の強化が必要とされよう。

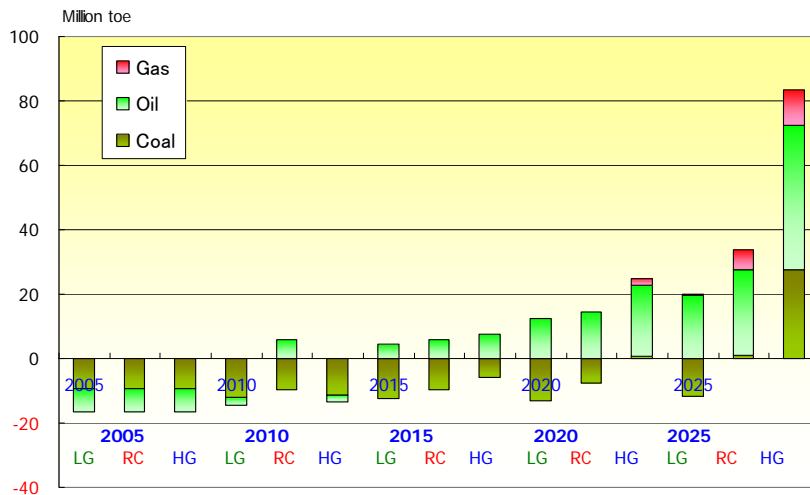


図 6.6-4 エネルギーの純輸入

d) 課題その4: エネルギーセクター改革とエネルギー市場の近代化

エネルギー節約やエネルギー供給システムの強化は、経済原則に則って市場機能を活用して実現することが望ましい。これが第4の課題である。経済規模が格段に巨大化し、かつ国際経済社会との結びつきが密となった現代社会では、市場機能の活用がさまざまな経済目標を達成する最強の手段である。ただし、1990年代には多くの国で市場の失敗が経験された。市場経済化を効果的に進めるには、そのルールについて適切な市場設計を行うことが必要である。この点については第3部でさらに検討する。

長期エネルギー需給見通しおよび供給最適化検討により示唆されるさまざまな課題を解決するためには、エネルギー政策の基本的方向を確認した上で、省エネルギー、エネルギー供給、市場化などに関し具体的なロードマップとアクションプランを策定し、実行に移すことが必要である。以下、第3部ではこのような課題への取り組みについて検討する。

第7章 戦略的環境アセスメント（環境社会配慮）

7.1 戦略的環境アセスメント適用の背景

善意に基づく人間の活動は、政策立案であれ、計画策定であれ、開発事業であれ、便益を社会や環境にもたらすことを目指している。しかし、それらは副次的に不利益ももたらす可能性があることについては、既に多くの人が承知している。細心の注意を払いながら活動しなければ、汚染質の排出をふやして環境汚染を促進してしまう。あるいは、大きな物理的な改変の結果、不必要に多くの自然を消滅させることや多くの住民の生活手段を奪ってしまうこともある。

このような負の影響を避けながら有効な開発や計画を進めるために、物理的な改変や汚染質の生成などを伴う計画事業を行う時には、「環境社会配慮」という活動を必ず同時に進めなくてはならない。

環境社会配慮活動で国際的にもっともよく知られている制度は、環境影響評価（EIA）の制度である。当計画調査が対象とするエネルギー分野も、化石燃料の燃焼による温室効果ガスの排出や大気汚染、電力や石炭・石油開発に伴う物理的な改変の影響や水質汚濁の問題などに無関心ではいられない。

そこで当計画に際しても、環境影響評価（EIA）を実施したいところだが、当計画事業「国家エネルギーマスタープラン」にはEIAを適用しにくい理由が2つある。ひとつは、対象範囲が大きいこと、即ち国全体を対象としており、エネルギー（電力も石炭、石油・ガス開発もすべて含む）という広範なセクター全体を対象としていること。もうひとつの理由は、マスタープラン、特に政策形成にかなり近い段階の活動であること。EIAは1970年代以降、多くの有効な分析・評価の道具を生み出したが、本来、個別具体的な事業を対象としたものなので、広範な対象を扱う計画行為や、開発計画の上流部での配慮活動は得意としていない。

このようなEIAの弱点とマクロレベルでの様々な環境悪化に直面した1990年代半ば以降、戦略的環境アセスメント（SEA）という新しい手法が急速に研究されてきた。特に、ここ数年実際に法的制度や標準的な方法として採用する国や国際機関が増えている。北欧を中心としてオランダ、デンマーク、スウェーデン、フィンランド、フランス、スペインなどが、国の法規でSEAの実施を義務付けている。また、EUがSEAに関する指針を設け、世界銀行もアンブレラポリシーなどにその手法を反映しようとしている。

実は、ベトナムも開発途上国としていち早く、SEAの実施義務を法制化した国となった（新環境保護法、2006年7月施行）。

このような背景の下、当計画調査活動では、SEAという手法を環境社会配慮の方法として適用することになった。

7.2 方法論

7.2.1 戦略的環境アセスメント(SEA)実施の目的

本件調査で SEA を実施する目的は、理念的には、経済（効率と安全保障）、社会（公平・公正さ）、環境保全の 3 者を総合して考慮することにより、持続可能な社会の発展を促すことにある。実務的には、国家エネルギー基本計画（MP）の策定に際して評価手法を提示することにより、ベトナム国内法が要求する SEA の実施を技術的に支援することである。JICA 環境社会配慮ガイドラインも、MP の策定支援に際しては、SEA の観点での環境社会配慮調査を求めている。

7.2.2 SEA 適用のレベル

環境影響を評価する方法には、EIA と SEA がある。EIA が個別事業に対して適用されるのに対して、SEA は行政の意思決定の上流段階にある政策、基本計画、複数の事業を束ねるプログラムなどに適用される。本件調査の対象とする SEA は、エネルギーというセクターの基本計画に対して適用されるものである。エネルギーセクターには、石油、天然ガス、石炭、電力、再生可能エネルギーなどの下部セクターが含まれるので、それら下部セクターも評価した。

7.2.3 評価の方法

1) スコーピング

セクター基本計画の段階のスコーピングとして、各下部セクターでチェックリストを作成した。すなわち、ベトナムでのエネルギー・フローチャートや、同分野に関する既存の EIA ガイドライン²⁹の標準項目などを基にして、無視することのできない環境社会影響を与える可能性がある項目を抽出し、評価指標群として整理した。また、ベトナムの環境社会現況、基本的な資源立地、環境社会配慮法制を調べて、環境社会負荷を与えそうなエネルギー分野の活動を判定するための基礎情報を集めた。

2) 代替案の形成

経済成長率、原油価格、省エネ率などの相違に基いて 6 つの基本ケースを設定した。各ケースは異なるエネルギー供給構造と環境負荷をもつ。基本ケースのほかに、リファレンスケースを軸として、地球温暖化への配慮を念頭に、CO₂の排出を半分に抑えたケース等の需給計画を付加検討した。ただし、あるべき社会像の検討は、ベトナム国内での更なる協議と検討が必要である。

3) 代替案の評価

チェックリストとして抽出した指標ごとに、影響の度合いを数値化することにより、エネルギーの下部セクター別に、代替案を比較評価した。指標としては、6 つの大指標（地球温暖化指標 G、大気環境指標 A、水環境指標 W、森林・生態指標 F、社会的公平指標 S、土地・生活環境改変指標 T）と各大指標の下に下位指標群がある。これらの指標ごとに、代替案の影響の大小を比較した上で、各指標には、大きく 2 種類の重み付けにより、指標

²⁹ 国際協力銀行 (JBIC) や世界銀行の EIA ガイドライン

の影響度・深刻度を差別化した。

1 つは、時間・空間・可逆性・発生確度などで指標の重大さを差別化する重み (V) であり、他の 1 つは影響緩和策の難易度 (技術的難度、経済的難度、社会政治的難度) による重み (M) である。これら 2 種類の重み (V と M) を指標の素点に乗じた。上のように指標別に数値化した影響を、下部セクター別に、代替案ごとに合計した結果、合計 18 ケース (3 下部セクター、6 代替ケース) の総影響指数 (ESI) を算出した。これにより、ケース別の影響予測の比較分析が可能となった。

7.2.4 ステークホルダーとの協議

スコーピング、指標選定とチェックリスト作成、代替案形成、代替案評価など、それぞれの段階で、以下の調査・協議を繰り返した。計画の主体者としてのベトナム側関係者の意見確認と、情報の共有を目指したものである。

- ・基礎調査 (情報収集と分析)
- ・調査団による原案作成
- ・エネルギーセクター CP チームとの協議・確認
- ・ワークショップでのエネルギー関係者 (下部セクターの主要事業機関、エネルギーと環境行政機関、同専門家、大規模事業の地方関係者など) への説明と意見交換

7.2.5 ミティゲーションと環境管理

最後に、基礎的な提案ケースとなるリファレンスケースに関して、大きな環境社会負荷を示す指標を抽出し、抽出された指標に関する負の環境社会影響の回避・緩和策を整理、提案する。

7.3 (計画対象地の) 立地環境

7.3.1 対象地(ベトナム全土)の気候と地理

ベトナムは 30 万平方キロの国土を持つ。北西部と南シナ海に臨む中央高地は山地帯で、2,450m の高峰もある。ハノイ周辺の北部とホーチミン周辺の南部には、紅河とメコン川にそれぞれ低地帯が広がる。

ベトナムは熱帯モンスーン気候で、5 月から 9 月の間、南からのモンスーンが吹き、国土は南から南東風に支配される。10 月から 4 月にかけては、北からのモンスーンで、北から北東風の影響を受ける。

2 つのモンスーンの間移行期には、風は弱く方向が定まらない。雨季は南方モンスーン (5-9 月) が吹く時期に年 1 度訪れる。雨季以外の季節は、降雨はまれで雨足は弱い。しかし、ほぼ全土で年間降雨量は 1,000 ミリを超える。

丘陵部、特に沿海部では年間降雨量は更に多く、2,000 から 2,500 ミリ降る。沿岸地域や中央高地の一部では、9 月から 1 月にかけて南方モンスーンが吹き、雨季のピークを迎える。この地域はこの時期に南シナ海からやってくる台風の激しい降雨に会う。この頃の天候はぐずついたものになる。北方モンスーンの時期、北部ベトナムは曇りがちで時折軽く雨が降る、他方、南部ベトナムでは乾燥し晴天が続く。南部と中央部地域では、年間を通

じて気温が高いが、北部では、北方モンスーンが中国側から冷風を運ぶ時期には、冷涼さが際立つ季節となる。北部の最大標高の山岳地帯では、年に数日だが霜や雪が降りることもある。一方、南部低地は冷たい北風が届かず、乾燥し日射量の多い暖かく暑い時期となる。

表 7.3-1 ハノイとホーチミン市の平均雨量と気温

(単位: 降雨 mm、気温 °C)

Hanoi						Ho Chi Minh					
Month	Rainfall Monthly Average	Temperature				Month	Rainfall Monthly Average	Temperature			
		Daily Average		Lowest Recorded	Highest Recorded			Daily Average		Lowest Recorded	Highest Recorded
		min.	max.					min.	max.		
Jan	19	12	20	6	33	Jan	14	21	32	13	37
Feb	27	13	21	7	35	Feb	4	22	33	15	38
Mar	39	18	24	11	37	Mar	12	23	34	19	39
Apr	80	21	29	10	38	Apr	42	24	34	20	40
May	198	22	32	15	42	May	220	25	33	21	39
Jun	240	25	33	20	39	Jun	331	24	32	22	38
Jul	322	26	32	23	40	Jul	313	25	31	20	35
Aug	345	25	32	21	39	Aug	267	24	32	19	34
Sep	250	24	31	18	37	Sep	334	23	31	21	35
Oct	99	23	28	14	37	Oct	268	23	31	20	34
Nov	44	19	25	8	36	Nov	115	22	30	18	35
Dec	21	16	21	7	37	Dec	56	22	31	15	36

(出所) 2002 The Embassy of the Socialist Republic of Vietnam in the United Kingdom.
 < <http://www.vietnamembassy.org.uk/climate.html> >

7.3.2 環境社会条件

同国の自然生態系には、世界の哺乳類と鳥類の10%近くが生息する(「ベトナム環境モニター(VEM)2005」による³⁰)。この生物多様性は林業、漁業、農業、保健、工業、観光など多くの開発分野に大きく貢献している。森林被覆率は増加しており、政府は2010年までに森林被覆率を43%にすることを目標にしている。しかし同時に、天然林はどんどん分断され、劣化しつつあり、同国の3分の2以上の天然林は貧弱な再生林だと考えられている。

森林被覆は、天然林と人口植林地を合わせ、国土の37%に及ぶ。その内、約18%は人口林地だ。原生林は、残存する森林の7%に過ぎない。そしてほぼ70%が品質の悪い2次林である。マングローブなどの潮間帯林、汽水湖、藻場、珊瑚礁など39の湿地タイプが記録されており、どれもが多様な生物層と生産性を持つ。海洋環境は20の異なる生態系に区分でき、その多くは海洋特性上この地域に固有のものとして、これらは1万1,000種の生物層を支える。約1,100平方キロの珊瑚礁が南北に伸び、中南部沖に最大の広がりを持つ最も生物の多様な珊瑚礁が見られる。同国の珊瑚礁は、約400種のサンゴを育むが、これは世界的にも最も多様な部類に入る。

絶滅危惧種に関して、IUCN Red List³¹によれば、ベトナムの生息危惧種は表7.4-2、表7.4-3、表7.4-4に要約できる(ただし、表の情報は種の単位に関するもので、亜種や地理的に隔離による下位集団や異株は指していない)。

30 VEM 2005 要約版IX-Xページを参照。ベトナム環境モニター(The Vietnam Environmental Monitors)報告書は、ベトナムが直面する環境管理上の動向、脅威、優先課題などを伝える年報で、同国天然資源環境省(MONRE)、世銀、スウェーデン国際開発援助庁(SIDA)の共同出版になる。

31 IUCN 2006. 「2006 IUCN Red List of Threatened Species」 <www.iucnredlist.org>.

表 7.3-2 各主要生物群の危機に晒された種の数
(絶滅寸前種、絶滅危惧種、脆弱種のみ)

Mammals	Birds	Reptiles	Amphibians	Fishes	Molluscs	Other Invertebrates	Plants	Total
45	42	27	18	30	0	0	148	310

(出所) Summary Statistics, 2006 IUCN Red List of Threatened Species.

表 7.3-3 動物の絶滅種、脆弱種などの数

EX	EW	Subtotal	CR	EN	VU	Subtotal	LR/cd	NT	DD	LC	Total
0	0	0	27	47	88	162	4	113	89	995	1,363

(注) IUCN レッドリスト分類: EX - 絶滅種、EW - 野生絶滅種、CR - 絶滅寸前種、EN - 絶滅危惧種、VU - 脆弱種、LR/cd - 低リスク・保全対策依存種、NT - 準絶滅危惧種 (LR/nt 種を含む)、DD - 情報不足、LC - 軽度懸念種 (LR/lc 種を含む)。

(出所) Summary Statistics, 2006 IUCN Red List of Threatened Species.

表 7.3-4 植物の絶滅種、脆弱種などの数

EX	EW	Subtotal	CR	EN	VU	Subtotal	LR/cd	NT	DD	LC	Total
0	0	0	25	38	85	148	1	32	15	65	261

(出所) Summary Statistics, 2006 IUCN Red List of Threatened Species.

生態系とその多様性は、食糧、薪燃料、薬品、飲料水などを提供することにより、地方の貧しい住民の暮らしを支える。加えて、貧困住民がとりわけ脆弱さを露呈する自然災害に対して保険となる。ベトナムでは凡そ 2,500 万人が森林に依存して暮らす。800 万人が漁業を主要な収入源とし、更に 1,200 万人以上が漁業から部分収入を得るか、自給していると見られる。そして、同国にある自然保護区の 85%以上は、高い貧困地域に位置する。

7.3.3 自然保護区

2004 年時点で、国指定の保護区域は、28 の国立公園、59 の保全地域、39 の景観保護区からなる 126 の特別使用林 (SUFs) を抱え、その総面積は 254 万 1,675 ヘクタールに及ぶ (VEM 2005 の 37 ページによる (付属資料 7.3、表 7.4-5 参照))。

ベトナムの国際的保護区としては、2 つのラムサール保護区、4 つの人間と生物圏保存地域、5 つの世界遺産地区 (ハロン湾など) がある。ナチャン (Nha Trang) 湾のホンムンには、2001 年に、1 万 500 ヘクタールの規模をもつ最初の海洋保護区 (MPA) が誕生した。ここは国際自然保護連合 (IUCN) と協同で、ベトナムにおける海洋保護区管理のモデル地区として管理されている。

表 7.3-5 ベトナムの自然保護区

国の指定地域	国際保護区分類
Special-use forests 126	Wetlands of International Importance (Ramsar) 2
National Parks 28	World Heritage Convention 5
Conservation Areas 59	UNESCO-MAB Biosphere Reserve 4
Nature Reserve 48	ASEAN Heritage 4
Species and Habitat Conservation Areas 11	
Landscape Protected Areas 39	
Marine Protected Areas (proposed) 15	

(出所) (左列) BirdLife International, 2005, Sourcebook of existing and proposed protected areas in Vietnam.
 (右列) World Database on Protected Areas 2006, IUCN Vietnam-URL April 2007
<http://www.iucn.org/places/vietnam/>

7.3.4 人口情報

2007年現在ベトナムの人口は8,500万人で、アセアン諸国ではインドネシアに次いで多い。その約4分の3は地方在住で、生計を農業に依存している。ベトナムはまた人口密度の高い国でもあり(平均257人/1km²)、2007年の人口増加率は1.3%あった。地方部の人口密度は、灌漑低地、特に紅河やメコン河のデルタ地帯で最も高い(1,238人および432人/km²)。人口密度の高い地域では、土地は乏しく、自然はあまり残っていない。したがって灌漑低地には自然保護区はほとんどない。近年、人口密度の高い北部ベトナムから、自然の豊かなコントゥム(Kon Tum)・ザライ(Gia Lai)・ダクラク(Dak Lak)など中央高地に位置する州へ、大量の人口移動がある(出典:「ICEM, 2003」、13ページ、データは原典の数値を更新)。

貧困率を地域的に見ると、山岳地帯ではほぼ50%であるのに対して、北西部の丘陵地帯、中央高地や中部沿海地域では30%以下であった。他方紅河デルタ、南部中央沿海部、東南およびメコンデルタ地域では、国の平均値である16%(2006年数値)を下回っている。

表 7.3-6 1990年度当時のベトナムの地域貧困率

(単位: %)

	Whole country	Red River Delta	North East	North West	North Central Coast	South Central Coast	Central Highlands	South East	Mekong River Delta
1998	37.4	29.3	62.0	73.4	48.1	34.5	52.4	12.2	36.9
2006	16.0	8.8	25.0	49.0	29.1	12.6	28.6	5.8	10.3

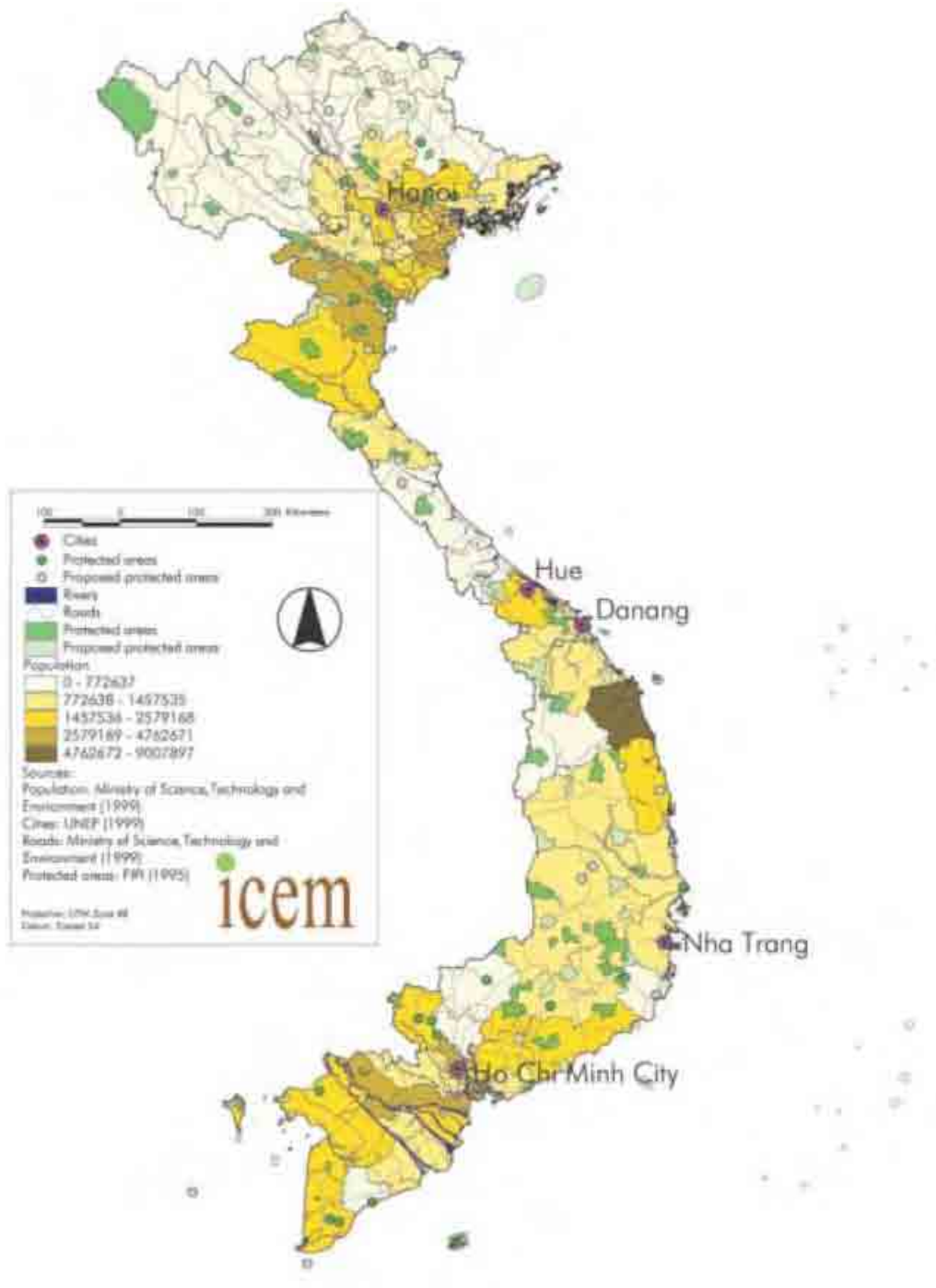
(注) 総合貧困化率はGSOや世界銀行が策定した貧困化ラインに従って月平均一人当たり支出によって推計されている。ただし、評価年によって、貧困化ラインは相違しており、1998年は14.9万ドン、2002年は16万ドン、2004年は17.3万ドン、2006年は21.3万ドンである。(1ドル=16,000ドン)

(出所)JBIC ベトナム貧困プロフィール 2001、21ページ

ベトナム学術会議の調査による「ベトナムの貧困、2006年レポート(Vietnam Poverty Update Report 2006)」によると、少数民族はベトナムの成長過程への参加が遅れ、その利益を十分には享受できていない、またそのことがベトナムでは大きな関心事となっているという。学術会議は、GSO(統計局)のVHLSS04(Vietnam Household Living Standards Survey:2004)のデータを引用して「少数民族は総人口のわずか12.6%しか占めていないが、ベトナムの貧困人口の39.3%にも達している」ことを明らかとしている。少数民族の貧困

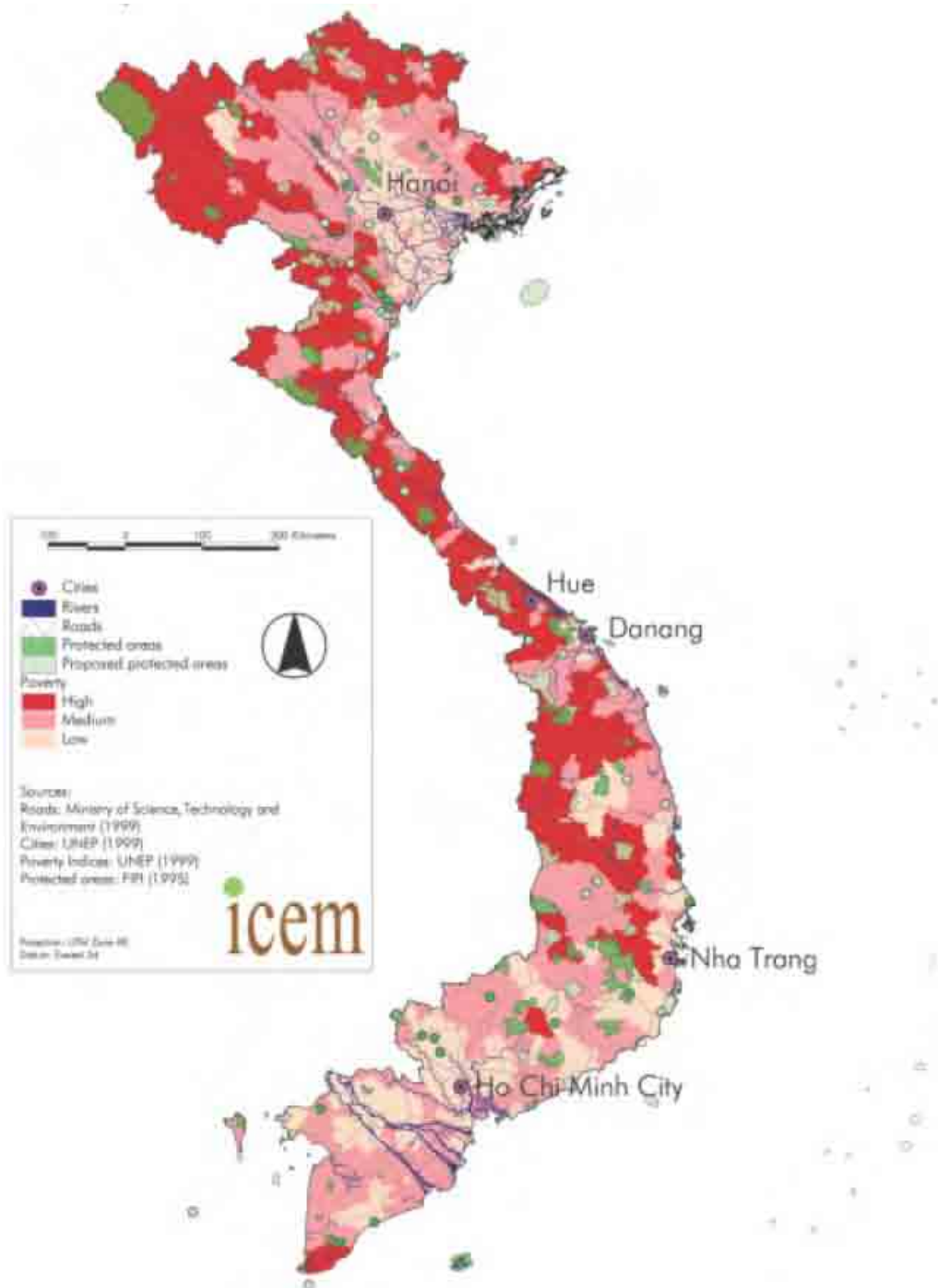
改善過程は、多数派民族の金族よりは遙かに遅れている。その結果金族と少数民族との貧困度合いの絶対的格差はますます拡大している。2004年現在総数民族の貧困化率は61%であり、金族の貧困化率の実に4.5倍に達している。

ベトナムでは、保護区の位置と貧困にも強い相関が見られる（図7.4-3参照）。保護区周辺に見られる貧困は、遠隔地の山間部に閉ざされ、市場に遠く最小限の耕作可能地しかない地域条件に拠っている。同国の多くの保護区は少数民族地域にある。それゆえ、少数民族の集落は、保護区の自然と資源に自分たちの生活の無事を依存して暮らしている（出所：ICEM, 2003. 28ページ）。



(出所) Vietnam National Report on Protected Areas and Development, Review of Protected Areas and Development in the Lower Mekong River Region, 14 ページ。 ICEM, 2003.

図 7.3-1 ベトナムの人口分布と保護区分布図



(出所) Vietnam National Report on Protected Areas and Development, Review of Protected Areas and Development in the Lower Mekong River Region, 29 ページ. ICEM, 2003.

図 7.3-2 ベトナムの貧困分布と保護区分布図

7.3.5 経済動向と政策

ベトナムは、経済面では、2006年によく一人当たり GDP が 724 米ドルをわずかに上回ったところで、アセアン諸国の中では最後尾に位置してきた。けれども、1986年に始まったドイモイ政策により、同国経済は急速に伸び、2005年度には年間経済成長率が 8.5% を記録した。2006年4月に開催されたベトナム共産党の第10回全国大会で、次のような国家目標を掲げている。

- ・ベトナムは、2010年までに 8% の年間経済成長率を達成し、一人当たり GDP は 1,000 米ドルを超える。
- ・ベトナムは後進国を卒業する。
- ・ベトナムは 2020 年までに近代工業国家となる。

7.3.6 ベトナムの環境目標

「2010年を目標年次とする環境保護に関する国家戦略」に従えば、2005年から2010年までの5つの主要目標は次の通り。ここでは、水質管理と廃棄物管理に重点が置かれているようである。

- ・この時期に建設されるすべての生産会社はグリーンテクノロジー指針を順守し、標準的な排水処理設備を備えなければならない。
- ・事業活動及び生産活動に従事している企業の半数は環境基準ないしは ISO14001 の基準を満たさなければならない。
- ・都市住民の 30%、事業活動の 70%、公共地域の 80% は、廃棄物を収集するために収集バスケットを装備しなければならない。
- ・都市部の 40%、工業及び輸出ゾーンの 70% では、環境基準を満たすために排水処理システムを設置する。
- ・90% の生活廃棄物と産業・商業廃棄物を収集管理し、60% の有毒廃棄物と 100% の医療廃棄物を処理する。

7.4 環境社会配慮に関する法制度

7.4.1 環境社会配慮(EIA、SEA)に関連する法規とプロジェクトとの関係

同国の環境社会配慮（EIA、SEA 制度）を統括する法律には以下の法規がある。

- ・基本法：環境保護法（2005年11月29日制定、2006年7月1日施行）
- ・実施細則：環境保護法のいくつかの条文の実施のための細則と指針に関する政令（No: 80/2006/NĐ-CP）、政府令、2006年8月9日
設計、開発戦略、計画化、プラン、プログラムおよびプロジェクトにおける環境保護規制に関する政令（No: 140/2006/NĐ-CP）、政府令、2006年11月22日。
- ・実施指針：戦略的環境アセスメント、環境影響評価と環境保護のための指針に関する通達（No. 08/2006/TT-BTNMT）、環境天然資源省令、2006年9月8日

政令 (No: 140/2006/NĐ-CP : 2008 年 11 月 22 日) および計画投資省令 (No: 06/2006/TT-BKH : 2007 年 8 月 27 日)

「環境保護法」は 1994 年に最初に導入され、2006 年に改訂施行された。同法は、環境影響評価や環境保護問題を規定するベトナムの基本法である。旧法は、ベトナムでの環境影響評価 (EIA) と環境保護責任を規定していたが、新法には戦略的環境アセスメント (SEA) 規定が新たに加わった。

環境保護法に規定された要求事項を実施・実現するために、ベトナム政府は、政令 (No: 140/2006/NĐ-CP) を制定した。同法は、以下の SEA 報告を作成するための開発活動リストを必要としている。

表 7.4-1 SEA 報告を作成するための開発活動リスト

(政令 No: 140/2006/NĐ-CP の要求事項)

No.	Type of Development Activities
1	National economic and social development strategies. These are commonly prospects in the range of 10 years and more
2	Development strategies of a sector or a field on the national scale.
3	Economic and social development strategies for economic - social regions and special territory areas.
4	Economic and social development master plannings
5	Sector or field development master plannings
6	Other development plans as stipulated in item 4, provision 1 of the decree

この政令の第 23 条には「情報公開」についての規定がある。その補遺 1 (Annex 1) で、同令は EIA を実施しなければならない事業リストを示している。その中には、石炭、石油・ガス、電力分野などエネルギーセクターも含まれる。

表 7.4-2 補遺 1: EIA 報告書の作成を要求される事業のリスト

(政令 No. 80/2006/NĐ-CP に付属)

No	Projects	Scale
1	Projects of national importance	All
2	Projects that use partly or wholly land area, or have bad influence on natural conservation areas, national parks, historical and cultural vestiges, famous landscapes that are ranked or not yet but gazetted by people's committees of provinces and cities directly under the central government as protected areas.	All
3	Projects that are potentially risky for bad impacts directly on water sources of river basins, coastal seas, or areas with protected ecology	All
4	Atomic power station projects	All
5	Thermonuclear power station projects	All
6	Nuclear reactors projects	All
7	Projects of construction of production, business, and service establishments that use radioactive or generate radioactive wastes	All
.	-
23	Projects of oil, gas exploitation	All
24	Projects of oil refinery (except LPG extracting, lubricant production projects)	All
25	Projects of building oil, gas pipelines	All
26	Projects of gasoline, oil stock	Capacity from 1000 m ³ or more
27	Projects of petrochemical products (surface activated substances, methanol)	All
29	Projects of building oil, gas storage	All
30	Thermo-electric stations projects	Capacity from 500 MW or more
31	Hydro-electric stations projects	Lake with capacity from 1,000,000 m ³ of water or more
32	Projects of high voltage electricity lines	Length from 50 km or more

7.4.2 当計画と関連する SEA の手順

環境保護法の第 14 条は、「国家規模の産業領域に関わる戦略、立案、開発計画は SEA 報告書を作成しなければならない。」と、規定する。この規定と、工業省および天然資源環境省での聞き取り結果によれば、ベトナムで国家エネルギーMPを策定する場合、同 MP 策定の主管機関は SEA 報告書を作成しなくてはならない。

また、同法の第 17 条 (7a) は、「天然資源環境省は、国会、政府、首相の承認を必要とする事業 (projects) の戦略的環境アセスメント報告書を審査する委員会を組織しなければならない。」と述べられている。同計画策定事業では、(首相承認を要することから)³²、MONREがそれに関係するSEA報告書の審査をすることになる。

更に、MONRE 通達 (No. 08/2006/TT-BTNMT) は、その第 2 節で、「事業を形作る任を負った機関 (以後、事業主) は SEA 報告書を作成し、環境専門家、事業分野に資格を持つ科学者を含む SEA ワーキンググループを設置した上で、SEA を実施し、戦略 (マスタープランや開発計画) に関する SEA 報告書の取りまとめをしなければならない」と述べている。

32 MOIT の環境管理担当部署である MOIT 科学技術局産業環境室と、ベトナムの SEA・EIA の所轄機関である MONRE の環境影響評価局でのヒアリング (2006 年 12 月と 2007 年 5 月) の結果、両機関の担当者とも、同計画事業 (国家エネルギーセクターMP 策定) は首相承認を要する、という見解で一致した。

この規定に則れば、本件調査を受けて、国家エネルギーMPの策定に入る段階で、MOITはSEA報告書を準備するとともに、その評価結果を取りまとめるためのSEAワーキンググループを設置する責任を負う。

続いて、MOITは、SEA報告書の審査を申請する文書をMONREに送付することになる（政令No.80/2006/ND-CPの第9条と、MONRE通達No.08/2006/TT-BTNMTのSection II、2.1に従う）。

審査の申請文書は以下のa)、b)、c)からなる。（政令No.80/2006/ND-CPの第9条第一項とMONRE通達No.08/2006/TT-BTNMTのSection II、2.2に従う）

- a) 事業主による審査申請書
- b) SEA報告書
- c) 戦略・立案・計画のドラフト

通達およびMONREとのヒアリングによれば、評価を得るためにMONREにSEA報告書を提出しなければならないが、MONREによる環境アセスメントに関するスコーピング文書は法的に要求されているわけではない。

SEAの手続きは、上述のようにまた7.4.3で説明するように規定はされているが、SEAの手法やモデルはまだ用意されていない。この研究の目的は、ベトナム政府が国家エネルギーマスタープランを策定するための技術援助を行うことであり、JICAチームはMOITやMONREに対して、JICAの環境社会配慮ガイドラインに沿ったスコーピング文書やSEA研究（草案）に関する説明を行った。今回研究で提案された手法は、ベトナム国家エネルギーマスタープランにおいてSEAの手法やモデルを構築するために貢献することになる。

7.4.3 当計画調査が支援する国家エネルギーMPとSEAに関連する主務機関

- 1) 当計画調査による国家エネルギーMP(SEAの章含む)の試案作成

MOIT エネルギー・石油局、IE、JICA 調査団

- 2) 国家エネルギーMPの策定

MOIT エネルギー・石油局

- 3) 国家エネルギーMPのためのSEAワーキンググループ設置とSEA取りまとめ

MOIT エネルギー・石油局

- 4) 国家エネルギーMPのためのSEAの審査

天然資源環境省、環境影響評価審査局

- 5) 同SEA審査委員会

審査委員会は、SEA報告書の作成に携わっていない第三者の、計画事業分野内容・特徴に関連の専門性をもつ経験豊富な専門家と、ステークホルダーの代表者からなるメンバーで構成される。

- 6) 国家エネルギーMPの承認

首相

7.5 環境社会配慮調査の概要

当調査の SEA は、次の側面から検討した。

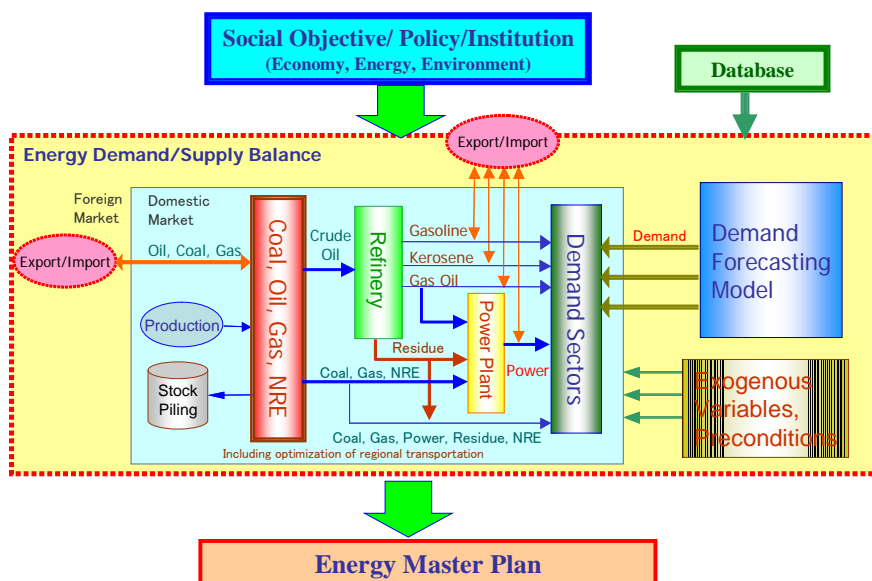
- ・エネルギー需要
- ・エネルギー供給：石炭、石油、天然ガス、電力（発電・給電）、再生可能エネルギー

7.5.1 環境社会配慮調査の構造

図 7.5-1 は、当調査のエネルギー需給モデルの構造を示している。この構造が、エネルギー最適化モデルの等式を立てる基礎にある。例えば、左側からの物質・エネルギー供給と、「需要予測モデル」の与える「需要セクター」の条件や外生変数、前提条件などが整合（バランス）しなければならない。経済、エネルギー、環境等に関する「社会的目標、政策、制度」は、モデル計算の外側にある前提として、エネルギーフローや諸条件の全体的設定に関する可能なシナリオを与える。

同様に、物質・エネルギーのフローは、エネルギーセクターの活動により潜在的な環境影響が生じる要因や活動機会を分析するための基礎となる。

図 7.5-1 に関して、エネルギー需給ワーキンググループ（WG）が、それぞれ「エネルギーフロー図」を作成した。各 WG は、それぞれの下部セクターの事業や業務活動の広がり範囲を決定し、次に当該分野での環境社会影響の範囲を決定した。



(出所) 調査団資料、第1回ワークショップ(2006年12月19日)

図 7.5-1 エネルギー需給モデルの構造

環境社会配慮調査（ESC）チームは、WG が行う影響評価のための書式とチェックリストを提供して、各 WG は第4次調査で、各代替案により生じる可能性のある環境社会影響の規模を評価した。環境社会影響は、各 WG が代表するエネルギーの下部セクターごとに、以下に示す共通指標を使用して評定した。

表 7.5-1 エネルギーの各下部セクターに共通する指標

- | |
|--|
| ① 温室効果ガス排出総量の規模（オーダー）
② 大気汚染負荷（SO _x , NO _x , ダスト等）
③ 水環境と水資源への負荷（水消費、水質汚濁、表流水・沿岸海水への障害等）
④ 森林資源への負荷（森林減少、災害防止機能の低下）
⑤ 開発区域の不均衡、社会的弱者への負荷
⑥ 居住生活圏の潜在的改変・改変圧力（移転問題、土地の占有と改変等） |
|--|

（注）負荷 = 計画事業による潜在的な負の影響
 （出所）調査団資料、インセプションレポート、2006年12月

各代替案に対して想定される環境社会影響の規模は、下の式（共通指標と指標の重み付けおよび代替案ごとの影響緩和策の難易度の組合せ）に基づく評価作業によって導く。

$$ESI = \sum_{i=1}^n Vi * Wi * Mi$$

$$Wi = Wi(significance) \sum_{j=1}^3 Wij \quad Mi = \sum_{k=1}^3 Mik$$

ESI: 代替案により生じる可能性のある環境社会影響の規模 Vi: 各代替案に対応して指標 i に与えられる値（序数） Wi: 指標 i に与えられる重み Mi: 各代替案での指標 i に関する緩和策の難易度 n: 指標の数（6 指標に設定）

重みと緩和策（ミティゲーション）の判定の要点を以下に示した。

(指標)の重み	緩和策の難易度
<ul style="list-style-type: none"> ● 影響の及ぶ距離（空間的な指標） ● 影響持続時間（時間的な指標） ● 影響の不可逆性（原状回復の難しさ） ● 該当分野での潜在影響の深刻度 （問題事象が発生する確率） 	<ul style="list-style-type: none"> ● 技術的難易度 （負の影響を回避・軽減するための有効な手段をとるための） ● 経済的難易度 （必要な対策にかかる費用の大きさに関する） ● 社会的政治的難易度 （必要な方策を実現する、対策を取る上で、横たわる社会的政治的な障害から見た）

7.5.2 スコーピング

調査のスコーピングは、3種類のエネルギーサブセクター、すなわち石油/ガス、石炭および再生可能エネルギーを含む電力サブセクターについて実施した。各サブセクターにつ

いては、当該サブセクターの活動について予見される潜在的なインパクトのチェックリストを準備した。³³ これはベトナムのエネルギーフロー図と当該セクターに関する現在のEIAガイドラインの標準的な項目に基づいている。総合的なチェックリストについてはAppendix-6.1を参照されたい。そこでは主要指標およびサブ指標に関して6カテゴリー³⁴を設けている。これらの指標がスコーピング結果を示す一つのパート（部品）である。

表 7.5-2 石油/ガスサブセクターにおけるスコーピング表

Oil & Gas Sector

Category (Six Major Indicators)	Sub- Indicators	Relative Weight of Indicator in the Category	Wi				Mi						
			W-ing in reach of impacts	W-ing in duration of impacts	W-ing in irreversibility of impacts	W-ing in significance (probability of incidence)	Weight of Indicator	Technical mitigation difficulty	Economic mitigation difficulty	Sociopolitical mitigation difficulty	Mitigation difficulty of Indicator		
			W=0,1,2, ...	0≤W≤5	0≤W≤5	0≤W≤5	0≤W≤1	0<W≤15	0≤W≤5	0≤W≤5	0≤W≤5	1≤W≤15	
G	G1	7	5	4	4	1	13.0	10.6	3	4	4	11.0	10.1
	G2	3	4	3	4	0.7	7.7		3	3	3	9.0	
	G3	1	2	1	1	0.5	2.0		2	3	2	7.0	
11													
A	A1	8	3	4	3	1	10.0	7.8	2	4	3	9.0	9.2
	A2	3	1	3	3	0.6	4.2		4	4	3	11.0	
	A3	1	0	1	1	0.2	0.4		2	2	1	5.0	
12													
W	W1	8	2	2	2	0.6	3.6	3.3	2	2	1	5.0	7.1
	W2	2	2	1	3	0.6	3.6		3	4	3	10.0	
	W3	2	3	3	3	0.6	5.4		2	4	3	9.0	
	W4	0	2	3	2	0	0.0		2	3	3	8.0	
	W5	3	2	3	2	0.3	2.1		3	4	3	10.0	
	W6	1	2	3	2	0	0.0		2	2	1	5.0	
16													
F	F1	1	3	3	3	0.2	1.8	1.7	4	3	3	10.0	9.0
	F2	1	2	3	3	0.2	1.6		4	2	3	9.0	
	F3	1	3	3	3	0.2	1.8		3	2	3	8.0	
3													
S	S1	1	2	3	2	0.4	2.8	3.7	4	3	3	10.0	8.0
	S2	1	3	3	2	0.5	4.0		2	2	4	8.0	
	S3	1	3	3	3	0.3	2.7		4	2	4	10.0	
	S4	1	1	3	3	0.5	3.5		3	2	1	6.0	
	S5	1	1	2	1	0.1	0.4		1	2	3	6.0	
	S6	3	2	5	5	0.1	1.2		4	3	3	10.0	
	S7	3	3	2	3	1	8.0		2	1	3	6.0	
11													
T	T1	4	2	2	2	0.4	2.4	2.7	2	2	3	7.0	8.5
	T2	5	2	4	5	0.1	1.1		4	4	4	12.0	
	T3	3	2	4	4	0.2	2.0		3	3	3	9.0	
	T4	3	1	3	5	0.4	3.6		3	3	2	8.0	
	T5	1	2	2	2	0.1	0.6		2	2	2	6.0	
	T6	3	2	3	3	0.8	6.4		3	3	2	8.0	
	T7	3	2	3	3	0.3	2.4		3	2	2	7.0	
	T8	1	1	2	1	0.4	1.6		2	3	1	6.0	
	T9	0	1	3	2	0.3	1.8		2	2	3	7.0	
	T10	0	2	3	2	0.4	2.8		2	2	2	6.0	
	T11	2	2	3	5	0.3	3.0		2	2	4	8.0	

25

次に、これら指標に関して3種の重みを設定した。これらの重みは、もうひとつのスコーピング結果を表すものである。第1に、サブ指標についてはそれぞれの主要指標（G、A、W、F、S、T）内における相対的な重要度に従って重み付けをし、主要指標の6カテゴリーについては相対的な重みは同じと仮定した。第2に、サブ指標は4つの側面から見た影響の重さで重み付けするものとし、その要素として影響の範囲、影響の期間、影響の不可逆性および影響の確率的な重要性あるいは深刻性をとりあげた。第3に、サブ指標は緩和策

³³ JBIC や世界銀行の EIA ガイドラインを参照した。

³⁴ これらは次の6つのカテゴリーである。G=地球温暖化と気候変動、A=大気環境、W=水質環境および水資源、F=森林資源および生息物、S=社会的公正、T=土地および生活環境の変貌。

の技術的困難性、経済的困難性および社会経済的困難性の3側面からみた緩和策の困難性で重み付けした。

エネルギーの3サブセクターのスコージングの結果は、表7.5-2、7.5-3および7.5-4に示すとおりである。

表 7.5-3 石炭セクターにおけるスコージング表

Coal Sector

Category (Six Major Indicators)	Sub-Indicators	Relative Weight of Indicator in the Category	Wi				Mi						
			W-ing in reach of impacts	W-ing in duration of impacts	W-ing in irreversibility of impacts	W-ing in significance (probability of incidence)	Weight of Indicator	Technical mitigation difficulty	Economic mitigation difficulty	Sociopolitical mitigation difficulty	Mitigation difficulty of Indicator		
	Range of Value	W=0,1,2, ...	0 ≤ W ≤ 5	0 ≤ W ≤ 5	0 ≤ W ≤ 5	0 ≤ W ≤ 1	0 < W ≤ 15	0 ≤ W ≤ 5	0 ≤ W ≤ 5	0 ≤ W ≤ 5	1 ≤ W ≤ 15		
G	G1	5	5	4	4	0.7	9.1	7.2	3	4	4	11.0	9.8
	G2	1	4	3	4	0.7	7.7		3	3	3	9.0	
	G3	2	2	1	1	0.5	2.0		2	3	2	7.0	
		8											
A	A1	5	3	3	3	0.8	7.2	7.3	2	4	3	9.0	7.1
	A2	7	2	3	3	1	8.0		2	3	1	6.0	
	A3	1	1	3	1	0.6	3.0		2	2	1	5.0	
		13											
W	W1	1	2	3	3	0.8	6.4	6.4	4	3	1	8.0	7.3
	W2	1	2	3	3	0.9	7.2		2	3	2	7.0	
	W3	1	2	3	3	0.7	5.6		3	3	1	7.0	
		3											
F	F1	1	3	3	3	0.7	6.3	4.1	4	3	3	10.0	9.0
	F2	1	2	3	3	0.4	3.2		4	2	3	9.0	
	F3	1	3	3	3	0.3	2.7		3	2	3	8.0	
		3											
S	S1	2	2	3	3	0.8	6.4	3.8	3	3	3	9.0	7.9
	S2	1	1	2	2	0.5	2.5		1	2	2	5.0	
	S3	2	2	3	3	0.2	1.6		4	2	4	10.0	
	S4	1	2	3	3	0.5	4.0		3	2	1	6.0	
	S5	1	1	2	1	0.1	0.4		1	2	3	6.0	
	S6	2	2	5	5	0.1	1.2		4	3	3	10.0	
	S7	1	3	3	2	0.5	4.0		2	2	4	8.0	
	S8	2	3	2	3	1	8.0		2	1	3	6.0	
		12											
T	T1	2	1	2	2	0.4	2.0	6.1	2	2	3	7.0	8.4
	T2	3	2	4	5	0.8	8.8		4	4	4	12.0	
	T3	1	2	4	4	0.8	8.0		3	3	3	9.0	
	T4	1	1	4	5	0.5	5.0		4	3	3	10.0	
	T5	1	2	3	4	0.1	0.9		2	2	2	6.0	
	T6	1	2	4	3	1	9.0		3	3	1	7.0	
	T7	2	2	3	3	0.8	6.4		3	3	2	8.0	
	T8	1	2	3	5	0.3	3.0		2	2	4	8.0	
	T9	1	1	3	4	1	8.0		3	3	1	7.0	
	T10	1	2	4	4	1	10.0		2	3	2	7.0	
	T11	1	2	3	1	0.8	4.8		2	2	2	6.0	
		15											

ここで、影響度 (Wi) に関する指標の重みづけは以下のように行った。

- 影響の範囲、継続期間および不可逆性に関するサブ指標の重みの評価：

全ての重みは、 $0 \leq W \leq 5$ (積分) の範囲内にある。

- 影響の範囲：

1=サイト、2=周りの環境、3=地域、4=地方、国レベル、5=大陸、世界規模

- 影響の期間：

1 ≤ 数年、2 ≤ 数十年、3 ≤ 100年、100年 ≤ 4 ≤ 1,000年、1,000年 ≤ 5

- 不可逆性：

1=短期間で回復可能、2=修復は容易、3=修復は容易ではない、困難、4=修復は非常に困難、5= 修復は全く困難、不可能

- 重要性の重みの評価：

特定の指標に関しては $0 \leq W \leq 1$ の範囲内にある。

● 範囲、期間および不可逆性を重要性で重み付けし合計する。その後各主要指標内で加重平均し、Wi を得る。

表 7.5-4 再生可能エネルギーを含めた電力セクターにおけるスコアリング表

Electric Power Sector (including Renewable Energy)

Category (Six Major Indicators)	Sub- Indicators	Relative Weight of Indicator in the Category	Wi				Mi						
			W-ing in reach of impacts	W-ing in duration of impacts	W-ing in irreversibility of impacts	W-ing in significance (probability of incidence)	Weight of Indicator	Technical mitigation difficulty	Economic mitigation difficulty	Sociopolitical mitigation difficulty	Mitigation difficulty of Indicator		
			W=0,1,2, ...	0≤W≤5	0≤W≤5	0≤W≤5	0≤W≤1	0<W≤15	0≤W≤5	0≤W≤5	0≤W≤5	1≤W≤15	
G	G1	5	5	4	4	1	13.0	10.7	3	4	4	11.0	10.1
	G2	1	4	3	4	0.7	7.7		3	3	3	9.0	
	G3	1	2	1	1	0.5	2.0		2	3	2	7.0	
		7											
A	A1	10	3	3	3	1	9.0	7.7	2	4	3	9.0	8.1
	A2	4	2	3	3	0.7	5.6		2	3	1	6.0	
	A3	4	2	5	5	1	12.0		4	4	1	9.0	
	A4	1	0	1	1	0.1	0.2		2	2	1	5.0	
	A5	3	1	3	1	0.6	3.0		2	3	3	8.0	
		22											
W	W1	6	2	3	3	1	8.0	6.1	3	3	4	10.0	8.3
	W2	3	2	2	2	0.7	4.2		2	3	1	6.0	
	W3	2	2	3	3	0.7	5.6		2	3	2	7.0	
	W4	1	2	2	2	0.6	3.6		2	3	2	7.0	
	W5	1	2	3	3	0.3	2.4		3	3	2	8.0	
	W6	2	2	5	5	1	12.0		4	3	2	9.0	
	W7	1	2	2	2	0.6	3.6		2	2	1	5.0	
	W8	1	2	3	3	0.3	2.4		5	4	3	12.0	
	W9	1	2	3	2	0.3	2.1		2	2	3	7.0	
		18											
F	F1	1	3	4	4	0.3	3.3	5.9	4	3	3	10.0	9.5
	F2	1	2	3	3	0.6	4.8		4	2	3	9.0	
	F3	1	3	3	3	0.4	3.6		3	2	3	8.0	
	F4	1	2	5	5	1	12.0		4	3	4	11.0	
		4											
S	S1	2	2	3	2	0.7	4.9	5.2	3	3	3	9.0	8.6
	S2	1	3	3	2	0.5	4.0		2	2	4	8.0	
	S3	2	3	3	3	0.3	2.7		4	2	4	10.0	
	S4	1	2	3	3	0.4	3.2		3	2	2	7.0	
	S5	1	1	2	1	0.3	1.2		1	2	3	6.0	
	S6	2	2	5	5	0.2	2.4		4	3	3	10.0	
	S7	3	3	3	3	1	9.0		2	1	3	6.0	
	S8	2	5	2	2	1	9.0		4	3	5	12.0	
		14											
T	T1	3	2	2	2	0.7	4.2	6.1	3	3	4	10.0	10.2
	T2	2	2	4	5	0.2	2.2		4	4	4	12.0	
	T3	1	2	4	4	0.4	4.0		3	3	3	9.0	
	T4	1	1	4	5	0.4	4.0		3	3	2	8.0	
	T5	1	2	2	2	0.1	0.6		2	2	2	6.0	
	T6	3	2	3	3	0.8	6.4		3	3	3	9.0	
	T7	1	2	3	5	0.3	3.0		2	2	4	8.0	
	T8	1	2	3	2	0.3	2.1		2	2	2	6.0	
	T9	3	2	3	3	0.3	2.4		3	3	3	9.0	
	T10	1	2	2	1	0.8	4.0		2	2	2	6.0	
	T11	2	3	5	5	1	13.0		4	4	4	12.0	
	T12	2	3	5	5	1	13.0		5	5	5	15.0	
	T13	2	4	5	5	1	14.0		5	5	5	15.0	

23

次に、緩和策の困難性（Mi）に関する指標の重み付けは次のように行った。

● 技術的、経済的、社会的、政治的な見地から見たサブ指標の緩和策の困難性の評価：

全ての指標は、 $0 \leq W \leq 5$ （積分）の範囲内にあるとする。ただし、全てが同時にゼロにはならない。

● 困難性のレベル：

1=非常に簡単、2=容易で通常の方法で解決可能、3=容易でない、困難、あるいは解決に

は厳しい努力、手段が必要、4=非常に困難、先進的革新的な手段あるいは外部からの助けが必要、5=全く困難、最先端技術あるいは外部からの強力な支援が必要

● サブ指標に関して全ての緩和策の困難性を合計し、各主要指標内で加重平均し、Miを得る。

7.6 代替案の分析・評価

7.6.1 代替ケースの諸元

1)BAU ケース(ゼロ・オプション)

2025年までのGDPの年平均成長率が8.4%、省エネ率の向上が年率1%で進む現状推移型のケースである。これをアセスメントのゼロ・オプションケースと考える。

経済成長率	8.4% (2006-20: 8.5%、2020-25: 8.0%)
原油価格	1 バレル 65 米ドル (\$65/Bbl)
省エネ率	年率 1 %
2025年度の電力供給能力	401 テラワットアワー (TWh)

2)リファレンスケース(R ケース)

2025年までのGDPの年平均成長率が8.4%、省エネ率の向上がセメント、鉄鋼、製紙など中核産業で年率3から4%で進むと仮定する。以下3以降の代替案は、省エネ率がリファレンスケースと同等であるとし、経済成長率や原油価格がリファレンスケースと異なる場合を想定する。

経済成長率	8.4% (2006-20: 8.5%、2020-25: 8.0%)
原油価格	1 バレル 65 米ドル (\$65/Bbl)
省エネ率	年率 3-4 %
2025年度の電力供給能力	324 テラワットアワー (TWh)

3)(経済)高成長ケース(HG ケース)

2025年までのGDPの年平均成長率が9.4%と仮定し、他はリファレンスケースと同じ条件とする。

経済成長率	9.4 % (2005-10: 8.9%、2010-25: 9.5%)
原油価格	1 バレル 65 米ドル (\$65/Bbl)
省エネ率	年率 3-4 %
2025年度の電力供給能力	544 テラワットアワー (TWh)

4)(経済)低成長ケース(LG ケース)

2010年までリファレンスケースと同じGDPの成長率を維持するが、それ以降徐々に低成長となり、2020年以降6.5%に下がると仮定する。他はリファレンスケースと同じ条件とする。

経済成長率	7.4 % (2005-10: 8.5%、2010-15: 7.8%、2015-20: 7.0%、2020-25:6.5%)
-------	--

原油価格	1 バレル 65 米ドル (\$65/Bbl)
省エネ率	年率 3-4 %
2025 年度の電力供給能力	259 テラワットアワー (TWh)

5) (エネルギー) 高価格ケース (HP ケース)

世界の原油価格が 2010 年以降 1 バレル 75 ドル程度に高騰するケース。この結果、経済成長率が年率 0.5% 程度低下し、2025 年までの平均で、リファレンスケースより 1% 低くなると仮定する。ただし、石炭は世界的に広く豊富に賦存しているため、需要増に応じて供給増も進み、石油価格が高騰するケースでも石炭価格の上昇は原油価格上昇の 1/2 程度にとどまるものとみる。

6) (エネルギー) 低価格ケース (LP ケース)

世界原油価格が 2010 年に向けて 1 バレル当たり 50 ドルまで緩やかに低下し、その後横ばいとなるケースを想定する。このケースでは、産業構造の変化が進展せず、省エネルギー意欲が薄れることなどから、エネルギー需要がリファレンスケースより増大する。省エネ率が年率 1% 低下すると仮定する。日本の経験でも、原油価格低下時にはエネルギーの GDP 原単位が増大している。

7.6.2 ケースの評価結果

上の基本 6 ケースについて、経済指標とエネルギー需給の変化、CO₂ 排出量などを最適化モデルで計算した結果³⁵に基づき、各指標³⁶について 6 ケースの環境社会影響量を相对比较した。それにより与えられた数値に、重み付け (Wi と Mi) をして、すべての指標について積算し、3 つの下部セクター (石油・ガス、石炭、電力³⁷) について 6 ケースの総合影響指数を求めた。合計 18 シートの評価集計表があるが、これは付属資料とする。ここでは、それらを総合して分析する。

7.6.2.1 基本 6 ケースの総環境社会影響

基本 6 ケースについて、総合的な環境社会影響を評価した結果を比較してみると、エネルギー全セクターのトータルでは、エネルギー経済現状推移型 (平均成長率 8.4%、省エネ率 1%) の BAU ケースで最大指数 5,079 を示した。経済成長率が 9.5% になると仮定した高成長型 HG ケースは、リファレンスケースを元に省エネ率を年率 3-4% と仮定した結果、BAU ケースに近いが、BAU よりわずかに少ない指数 5,068 を示した (表 7.6-1 を参照)。

下部セクターで見ると、全ケースの最大指数は、電力セクターの現状推移 BAU ケースと高成長 HG ケースで、それぞれ 1,963 と 1,964 だった。石炭セクターでは、BAU ケースで最大の 1,705 となり、石油ガスセクターでは、HG ケースで最大の 1,442 となった。

上の数値をどのように解釈すればよいだろうか。理論値として可能な ESI 指数値 (Range) は、0 から 8100 の間にある。理論上の最大値 8100 という指数は、6 つの全指標で、6 ケー

³⁵ 付属資料に、各シナリオの結果を整理したワークシートを添付する。

³⁶ 6 つの大指標 (G, A, W, F, S, T) とそれぞれの下位指標群がある。

³⁷ 電力セクター評価には、再生可能エネルギー分野の評価も含めた。

ス中、最悪のシナリオであるだけでなく、重み指数とミティゲーション難易度がすべて最大5の場合であり、実際にはあり得ないほどの破壊的な環境影響をもたらされた社会を意味する。それでは、1964 という数値はどうか。これは、6 ケース比較で2 番目か3 番目に環境負荷の大きいシナリオで、重み指数とミティゲーション難易度がすべて3 であった場合にほぼ匹敵する（表 7.6-2 を参照）。全指標で W_i と M_i が3 というのは、どの指標でも現実的には実社会で相当の環境社会負荷がかかっている場合を意味し、決して見過ごせない数値である。一般に、全ケース平均のシナリオで ($V_i=3.5$)、 W_i と M_i が2 である場合に相当する ESI 値 756 程度の環境社会負荷が社会にかかった場合に、その社会に環境社会面での悪影響が目に見えて顕在化し始めるのではないかと推察される。

一方、全ケースで最小の影響は、エネルギーセクター全体では、低成長 LG ケースの 1,839 で、下部セクターでは石炭の LG ケース 299 であった。

表 7.6-1 基本 6 ケースの環境社会影響の指数(総 ESI)

Sub Sector \ Case	BAU Case	Reference Case	High Growth	Low Growth	High Price Case	Low Price Case
	BAU	R	HG	LG	HP	LP
Oil and Gas	1410	893	1442	439	725	1211
Coal	1705	915	1663	299	618	1292
Electric Power	1963	1510	1964	1101	848	1209
Total of all energy sectors	5079	3318	5068	1839	2191	3712

表 7.6-2 ESI 指数値のとりうる範囲 (Range)

$0 < \text{ESI の可能値} \leq 8100 = 6*6*15*15 = (6\text{指標})*(\text{Max } V_i)*(\text{Max } W_i)*(\text{Max } M_i)$			
$4320 = 6*5*12*12$	$1944 = 6*4*9*9$	$1701 = 6*3.5*9*9$	$756 = 6*3.5*6*6$

7.6.2.2 指標別に見る影響

6つの指標別に環境社会影響の予測結果を見ると、石油・ガス、石炭、電力セクターともに、地球温暖化に関する G 指標の貢献度が最も高い指数を示す結果となった（表 7.7-3 を参照）。それぞれ、639、418、649 の最大値が G 指標で表れている。これは、 W_i （影響の及ぶ距離、影響持続時間、原状回復の難しさと、影響の出現確率）で見た指標の重み付けと、 M_i （影響のミティゲーションの難しさ）で見た指標の重み付けが、G 指標ではともに高い数値となったことによる。

一方、環境社会影響の少ない指数は、下部セクターでばらつきが見られた。石油・ガスセクターでは、森林・生態資源への負荷を示す F 指標が各代替ケースとも低い指数（影響が少ない）となったが、最低指数は水環境負荷に関する W 指標の低成長ケース LG に表れた。石炭セクターでは、社会的公正・公平に関する S 指標が、各代替ケースともに影響の少なさを示したが、最低指数は森林指標 F の低成長ケース LG に表れた。電力セクターでは、各代替ケースを通じて低い影響を示す指標はなく、最低指数は、W 指標と F 指標の高価格ケース HP に見られた。

表 7.6-3 下部セクターの指標別 Vi、Wi、Mi 値と ESI 値

Oil & Gas Sector		Vi,Wi,Mi Value for respective indicators							
		Vi						Wi	Mi
		BAU	R	HG	LG	HP	LP		
G		5.8	3.4	6.0	1.0	2.1	4.7	10.6	10.1
A		5.8	3.2	6.0	1.0	3.0	5.1	7.8	9.2
W		5.1	3.1	5.2	1.8	2.6	4.3	3.3	7.1
F		3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	1.7	9.0
S		3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.7	8.0
T		4.2	3.3	4.3	2.7	3.1	3.9	2.7	8.5

Oil & Gas Sector		ESI for respective indicators					
		ESI					
		BAU	R	HG	LG	HP	LP
G		620.7	363.0	639.0	106.5	223.7	503.1
A		415.4	225.1	424.7	71.0	210.3	360.2
W		120.3	72.8	122.3	41.8	61.8	100.6
F		54.6	54.6	54.6	54.6	54.6	54.6
S		104.4	104.4	104.4	104.4	104.4	104.4
T		94.8	73.6	97.0	60.9	70.2	87.7

Coal Sector		Vi,Wi,Mi Value for respective indicators							
		Vi						Wi	Mi
		BAU	R	HG	LG	HP	LP		
G		6.0	3.2	5.9	1.0	1.8	4.6	7.2	9.8
A		6.0	3.2	5.9	1.0	2.7	4.9	7.3	7.1
W		6.0	3.2	5.8	1.0	2.1	4.4	6.4	7.3
F		6.0	3.2	5.8	1.0	2.1	4.4	4.1	9.0
S		5.6	3.2	5.4	1.4	2.4	4.2	3.8	7.9
T		6.0	3.2	5.8	1.0	2.1	4.4	6.1	8.4

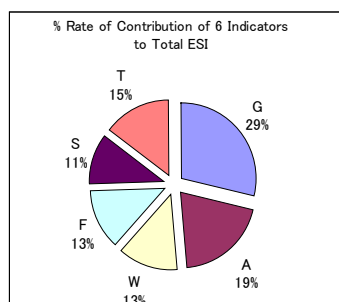
Coal Sector		ESI for respective indicators					
		ESI					
		BAU	R	HG	LG	HP	LP
G		418.3	223.9	413.3	69.7	122.2	319.0
A		310.3	166.6	302.8	51.7	137.2	252.7
W		281.6	148.8	272.7	46.9	100.1	206.3
F		219.6	116.0	212.7	36.6	78.0	160.9
S		166.9	96.4	162.2	42.3	70.5	126.9
T		308.8	163.1	299.1	51.5	109.7	226.2

Electric Power Sector		Vi,Wi,Mi Value for respective indicators							
		Vi						Wi	Mi
		BAU	R	HG	LG	HP	LP		
G		5.9	3.5	6.0	1.0	2.1	4.8	10.7	10.1
A		5.5	4.1	5.5	2.9	1.5	2.2	7.7	8.1
W		4.8	4.1	4.7	3.6	2.3	2.5	6.1	8.3
F		5.4	4.7	5.3	4.1	1.6	1.8	5.9	9.5
S		3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	5.2	8.6
T		4.4	4.0	4.3	3.8	2.6	2.7	6.1	10.2

Electric Power Sector		ESI for respective indicators					
		ESI					
		BAU	R	HG	LG	HP	LP
G		640.2	376.0	649.4	108.2	228.0	517.6
A		347.8	254.7	344.4	180.2	91.2	137.9
W		240.1	206.3	238.3	182.7	113.7	127.5
F		302.5	261.8	300.1	233.0	91.5	98.7
S		158.6	158.6	158.6	158.6	158.6	158.6
T		273.9	252.8	272.7	238.0	164.9	168.6

表 7.6-4 リファレンス(R)ケースで見た 6 つの指標の影響貢献度

Rケース、サブセクター別の6指標のESI指数					Rケース、サブセクター別 総ESI指数への6指標の相対的貢献率(%)				
	Oil and Gas	Coal	Electric Power	Total Energy	(%)	Oil and Gas	Coal	Electric Power	Total Energy
G	363.0	223.9	376.0	962.8		40.6	24.5	24.9	29.0
A	225.1	166.6	254.7	646.4		25.2	18.2	16.9	19.5
W	72.8	148.8	206.3	427.9		8.2	16.3	13.7	12.9
F	54.6	116.0	261.8	432.4		6.1	12.7	17.3	13.0
S	104.4	96.4	158.6	359.3		11.7	10.5	10.5	10.8
T	73.6	163.1	252.8	489.5		8.2	17.8	16.7	14.8
Total						100.0	100.0	100.0	100.0



代替案比較の基礎となるリファレンスケースに絞って結果を観察した場合、G指標が3つの下部セクターとも高い影響指数を示しており、エネルギーセクター全体では29%、約3割の影響に貢献する評価となった（表7.6-4を参照）。エネルギーセクター全体での影響は、G指標に続いて、水環境負荷のW指標の19%（約2割）、その次に、居住生活圏の改変圧力やリスク増大要因に関するT指標の15%が大きい。

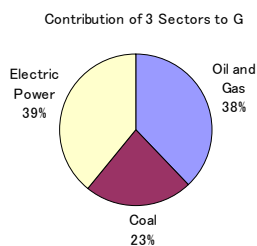
7.6.2.3 セクター全体に占める、3つの下部セクターの影響貢献度

次に、6つの各指標に関して、セクター全体に占める各下部セクターの影響貢献度を見つめる。G指標（地球温暖化要因）では、電力セクターの貢献が最大だが、石油・ガスセクターも同等の大きさである。同じ傾向は、A指標（大気環境への負荷要因）についても見られるが、石炭セクターの貢献が少し増える。W指標（水環境への負荷要因）では、電力セクターの貢献度が半分近くに達し、次に石炭セクターによる負荷が続く。更に、W指標と同じ傾向がF指標（森林・生態資源への負荷要因）でも見られるが、F指標では電力

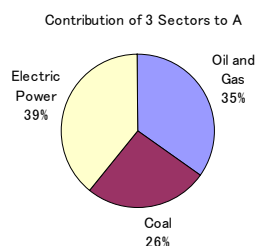
表 7.6-5 セクター全体に占める3つの下部セクターの影響の割合(%)

	Oil and Gas	Coal	Electric Power	Total Energy
G	37.7	23.3	39.0	100.0
A	34.8	25.8	39.4	100.0
W	17.0	34.8	48.2	100.0
F	12.6	26.8	60.5	100.0
S	29.0	26.8	44.1	100.0
T	15.0	33.3	51.6	100.0
Total	26.9	27.6	45.5	100.0

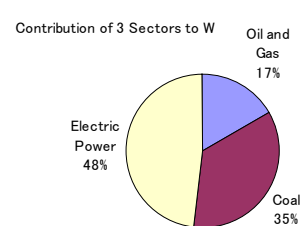
G 指標



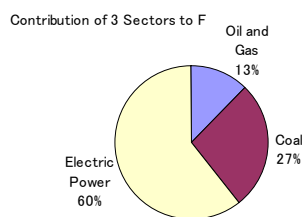
A 指標



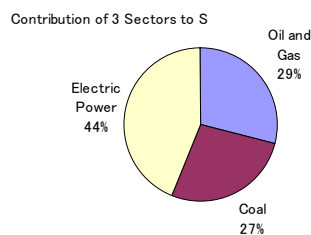
W 指標



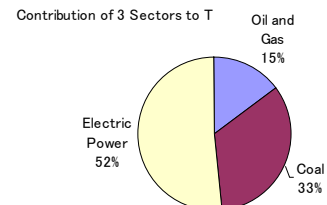
F 指標



S 指標



T 指標



セクターの影響度は更に高く、エネルギーセクター全体の6割を占めるという評価結果になった。更に同じ傾向はT指標（居住生活圏の改変圧力やリスク増大要因）にも見られ、電力セクターによる影響が5割超を占める。S指標（社会的公正・公平への負の要因）では電力、石油・ガス、石炭の順位で、社会的影響が大きいという結果が見られた。

上述の比較分析から、エネルギー消費増大の影響度は非常に大きい。それ故にエネルギー効率改善と省エネルギーは、長期的なエネルギー政策において最優先で取り組むべき課題である。エネルギー部門では、電力部門の影響度が最大で、次いで石炭部門となっている。石炭部門の活動レベルの高さは主として電力向け需要の増大に起因している。各要素の中では、G要因での影響度が最大である。このため、エネルギー政策の中では、非化石燃料による電力供給の推進を真剣に考慮すべきである。このような観察結果を反映して、第3部におけるエネルギー基本政策構築の議論を進める。

7.7 ステークホルダー会合の役割と結果

7.7.1 ステークホルダー会合の目的とワークショップ

エネルギーマスタープランに関するSEAでは、ステークホルダーの理解と参加を得ることが非常に重要なプロセスである。原則としてまずステークホルダー会合を開催し、そこで代替案、共通な評価指標、手法等を議論し、マスタープラン策定に提案できるように決定する。この調査ではワークショップをステークホルダー会合の一部あるいは代替プロセスと位置づけた。これは時間の制約もあり、調査がまだ初歩的な段階で、ベトナムの国家エネルギー計画についてSEAを実行する最初のケースであることによる。本調査においては合計4回のワークショップを開催し、各ワークショップでSEAの検討状況や試算結果を説明し、議論した。

7.7.2 ワークショップでのSEAに関する議論

2006年12月19日第1回ワークショップでは、SEAの考え方を含めてマスタープランの概念、接近方法、手法などを説明し、議論した。ステークホルダーや参加者に対し、このとき初めてSEAについての説明を行った。ステークホルダーのコメントに応じ、南北で異なるベトナムの地域的气候条件を考慮することが議論された。この点は、最終的にはSEAのF指標（森林、生態指標：SEA評価の6指標の中の一つ）に含めた。

2007年8月15日に開催した第2回ワークショップでは、プログレスレポートを報告した。ここで5つのケース（BAU、レファレンス、高成長、高価格、高省エネケース）が提起され、これらのケースをSEA評価における代替案として取り扱うこととした。SEAの手法や共通の指標に関する理解、コンセンサスを得るためにステークホルダーや参加者と議論が行われ、この議論を通して参加者は「今回のエネルギーマスタープランがSEAを含んでいることは非常に新しい試みであり、評価に値する」との認識で一致した。地球環境問題への対応も重要であり、G指標はSEAにおける影響度評価の重要な目標のひとつと認識された。

2007年10月23日に開催した第3回ワークショップでは、インテリムレポートを報告し、マスタープランの構造、ロードマップおよびアクションプランの案を紹介した。SEAに関

しては、主要な 6 ケースに関して評価結果の概要が示し、SEA の手法や評価に関して真剣な議論が戦わされた。

例えば、以下の様な点が議論されたことを記録しておきたい。

質問) 原子力発電は SEA 評価で検討されたかどうか？

答え) SEA 評価では、適切なサブ指標として含まれている。

質問) 主要 6 指標の選択、指標の重み付け、評価の幅、評価結果の意味はどうか？

答え) こうした指標は、世界銀行や JBIC のガイドラインに従っている。またエネルギーや環境を考慮した。

質問) 世界で SEA 評価システムに相違はあるのか？

答え) 現在 SEA に関しては世界共通なガイドラインは存在しない。将来、皆さんの協力を得て改良していきたい。

最後に、2008 年 1 月 23 日に開催した第 4 回ワークショップではドラフトファイナルレポートを報告し、参加者の十分な理解を得るための議論を行った。SEA に関しては、環境に関する基本的な評価結果を紹介し、評価手法に関して大いに議論が行われた。また環境に関する制度や組織の構築が議論された。

最後に、2008 年 1 月 23 日開催された第 4 回ワークショップでは、ドラフトファイナルレポートが報告され、参加者の十分な理解を得るための議論がなされた。SEA に関しては、環境に関する基本的な評価結果が紹介され、評価手法に関して大いに議論が行われた。また環境に関する制度や組織の構築が議論された。

4 回のワークショップを通じ、MOIT は水力発電に関する地方の専門家や民間石油関係者等を、エネルギーマスタープラン構築に関するステークホルダーとして招待した。今回の作業はベトナムのエネルギーマスタープラン構築に関する SEA 評価の最初の試みであった。こうした活動を通じてベトナムの人々の間に「SEA とは何であり、それをマスタープランにいかにして取り込んでいくか」に関する理解が大いに進んだと思われる。これはささやかだが、SEA 手法の評価について得られた最初の成果である。

7.8 エネルギー需給と環境面の課題

7.8.1 計画がもたらす主要な環境社会影響の緩和策

リファレンスケース (R ケース) の環境社会影響の緩和策について考える。

戦略的な計画段階で、環境社会影響の回避・緩和策を考える必要がある項目を調べるために、エネルギーマスタープランの標準ケースであるリファレンスケースで以下の条件を満たす下位指標³⁸を抽出する。

a) 個別指標の ESI 値 $> 198.45 = 3.5 * 0.7 \quad (3*3) \quad * \quad (3*3)$

b) 大指標の中での当該指標の比重が 10 分の 1 以上

a) は、「平均して V、W、M の中央値以上の環境社会影響を持ち、70% 程度の確率で問

38 6 大指標を構成する下位の指標群。個別には、付属資料 7.1 下部セクター別スコوپング・評価用指標を参照。

題事象が生じるだろう」という条件である。この条件に当てはまる項目として、次の指標群が見出される。丸括弧付きの指標は、a) の条件は満たすが、b) の条件は満たさない指標である。これらの指標項目について、環境社会影響の緩和策を検討する。

石油・ガスセクター：G1、G2、A1

石炭セクター：G1、G2、A1、F1、T2、(T3)、(T6)、(T10)

電力セクター³⁹：G1、G2、A1、A3、W1、W6、F2、F4、S8、T6、(T11)、(T12)、(T13)

1) G 指標に関する対策

G1 (3セクター共通)：相当量のCO₂を排出する活動

G2 (3セクター共通)：相当量のメタンや亜酸化窒素、その他の温室効果ガスを排出する活動

2) A 指標に関する対策

A1 (3セクター共通)：SO_x や NO_x、煤塵、(ニッケルやバナジウムなどの重金属を含む)ダスト、炭化水素類、硫化水素などの大気汚染物質を排出する活動

A3 (電力セクター)：運用段階で大気中への排気ガスの放射線レベルを監視する必要がある原子力発電所計画

3) W 指標に関する対策

W1 (電力セクター)：水力発電計画でのダム湖や貯水池の創出

W6 (電力セクター)：運用段階で、施設排水の放射線レベルを監視する必要がある原子力発電所計画

4) F 指標に関する対策

F1 (石炭セクター)：原生林、熱帯自然林などを広範に切り開く大規模施設

F2 (電力セクター (再生可能エネルギーを含む))：ベトナムの法律や国際条約で指定された自然保護区や絶滅危惧種の生息地、あるいは珊瑚礁、マングローブ、干潟など生態学的に重要な生物の生息地に位置する開発計画

F4 (電力セクター)：運用段階で、施設周辺環境の放射線レベルを監視する必要がある原子力発電所計画

5) S 指標に関する対策

S8 (電力セクター)：原子力発電計画に対する国際原子力機関 (IAEA) など国際社会や機関の理解の取り付け

6) T 指標に関する対策

T2 (石炭セクター)：世界遺産など、重要な文化 (考古、歴史、文化、宗教) 遺産また

39 電力セクター評価には、再生可能エネルギー評価を含む。

は自然遺産に近接する大規模開発計画

- (T3) (石炭セクター) : 有名な景勝地、貴重な景観地に位置する、もしくは深刻な影響を及ぼす大規模施設の計画
- T6 (電力セクター (再生可能エネルギーを含む)) : 廃棄物の適切な処理と廃棄処分ができる土地とシステムを確保することを考慮した計画地選定
- (T6) (石炭セクター) : 埋立て、森林の再生、鉱山廃水処理などの適切な環境保護対策や環境回復措置の必要な鉱山閉鎖後の跡地
- (T10) (石炭セクター) : 土捨て場、排石場、鉱さい処分池の斜面崩壊や土砂流出などと関連する災害に脆弱そうな炭鉱開発の候補地
- (T11) (電力セクター) : 原子力発電の利用計画がもつべき施設運用時の安全確保のための技術的裏付け
- －必要な制度 (法規、安全基準、指針)
 - －組織・人材の育成
 - －同分野で、過去に世界中で発生した事故に関する知見の集積
- (T12) (電力セクター) : 原子力発電所建設候補地の選定
- －地質、水文、地形等の適切かつ十分な調査
 - －核燃料の陸揚げ港、貯蔵所、移送経路の確保
- (T13) (電力セクター) : 核燃料廃棄物の最終処分場、処分費用、移送と一時的保管所など、処分プロセスの周到な計画。施設寿命経過後の発電所の最終閉鎖に関する発電所計画段階での検討
- －低レベル放射性廃棄物 (LLW)
 - －高レベル放射性廃棄物 (HLW)

今後、第 10 章で展開する行動計画に続いて各部門の開発計画を準備する中では、上記のような緩和策について特に配慮がなされるべきである。

7.8.2 環境管理とモニタリング計画

エネルギーマスタープランの構築に際しては、SEA で評価する環境要因のパフォーマンスをモニターし検証する、また予測できなかったような事態が発生したかどうかをチェックするための公的システムを構築することが望ましい。当該制度の下でモニタリングとオーディットを定期的 to 実施し、結果を公表する。エネルギーマスタープランでとりあげたような主要プロジェクトについては、環境の状況を随時ステークホルダーに報告する。また、このような観察結果は、必要な対応策を含めて将来のエネルギー計画に反映することとする。

そこでは、まず、モニタリングやオーディットプロセスを構築するために、エネルギー・環境データベースの概念を確立する必要がある。次に、収集されたデータや観測された環境状況を中央政府に報告し、データのチェックを経て緩和策の検討および環境保護の実施に役立てる体制を構築する。これら一連の活動の基礎としてエネルギー・環境データベースが必要だが、現在のベトナムではデータの質量ともに不十分であるといわざるをえない。

このような状況を踏まえると、以下のようなモニタリングやオーディット機能を備えた

環境管理システムの構築が必要と考えられる。

1) データベース：

エネルギー・環境データベースの基本的な概念を設定した上で、モニタリング結果も含めたデータ収集システムを構築する。このデータベースは公開し、自由にアクセス可能とする。

2) モニタリングシステム：

モニタリングの対象となる諸要素を設定した後、定期的かつ厳密な観察を行う。モニター結果は、その他の関連データとともに編集し、公開する。

3) オーディットシステム：

全国の一般環境状況および主要エネルギープロジェクトの状況に関して収集したデータや情報を定期的にチェックし、検証して、将来の調査や政策実施に役立てる。こうした検証過程では、できる限り多くの科学者、専門家およびステークホルダーからの見解や意見を集約し、検討することが望ましい。

このような活動の展開を支援し、強化するためには、多層的組織を構築することが望ましい。そこでは、エネルギー政策全般や主要エネルギープロジェクトに関する環境社会配慮の状況を定期的にチェックし、全国レベルおよび地域レベルでのエネルギー・環境委員会でレビューをおこなう。このようなシステムの構築においては、中央政府や地方政府の関係者、研究部門や実業界の科学者や専門家、そしてさまざまなステークホルダーなどを一貫性のある形で組織化することが望まれる。