

ベトナムの電力需要予測

～ ～ 第 6 次電力マスタープラン作成のための ～ ～

(財)日本エネルギー経済研究所
井上 友幸
東電設計(株)
伊東 雅幸

はじめに

ベトナム社会主義共和国(ベトナム)は持続的な社会経済発展を支えるために電力の安定供給を最重点課題のひとつと位置づけ、5年ごとに電力マスタープランを策定し、計画的な電力設備の開発を目指してきた。また、近年の電力需要は経済の堅調な成長を背景に過去10年間の電力消費量、最大電力とも年平均10%以上の伸び率を示しており、電源および系統の新規開発が緊急の課題である。ベトナムは2006年3月末までに第6次電力マスタープランを策定すべく2004年10月よりその準備に入って、これまでに手法の問題点の改善を図ってきた。そして、日本政府に対し第6次電力マスタープラン策定のための技術協力の要請を行った。本報告書は、その作業の中での電力需要予測について、その調査方法とベトナムの電力需要動向をまとめたものである。

1 社会経済開発計画

エネルギーの需要は社会経済の発展推移と密接な関係があり、通常はエネルギー需要予測にあたり当該国の社会経済見通しを先行的に行う。ところが、現在のベトナムでは公式の長期社会経済開発計画は作成されていない。そこで、今回は2005年にベトナムの専門家グループによって作成された「ECONOMIC DEVELOPMENT FORECAST SERVING STUDY ON ENERGY DEVELOPMENT FOR THE PERIOD UP TO 2050」(超長期経済発展計画)を前提としてベトナムの電力需要予測を行う。この超長期経済発展計画では、ベトナムの長期経済開発シナリオは以下のように想定されている。

1.1 国際事情

(1) 国際経済

ベトナムが直面する今後20年(2005-2025年)の国際経済は次のように想定される。

世界の趨勢は国際協調と平和であるが、最近の国際情勢は急速に変化しているので、各国の開発計画や政策は不透明である。特に、発展途上国では、以下のような事項について難しい舵取りが求められよう。

- ・世界経済はアジアの金融危機から回復し、拡大し始めたものの発展途上国では依然経済基

盤の整備が遅れており、政府は難しい経済運営を迫られる。

- ・ 日本などの先進国の財政赤字により ODA 予算の減少がおり、発展途上国への資金流入に悪影響が出る。
- ・ 世界の貿易量の拡大は歓迎すべきものであるが、ベトナムのような弱小国にとっては危険を伴うものでもある。
- ・ 最近の IT 技術とバイオ技術の革新は世界経済を強くリードしてゆくものと思われる。
- ・ グローバリゼーションの潮流は社会経済活動を促進させており、二国間・多国間を問わず広範囲に拡大しつつある。

(2) 海外直接投資(FDI)

ベトナムでは海外直接投資の流入はアジア通貨危機以降低迷していたが、景気の回復とともに増加している。この傾向は今後とも期待できると思われるが、海外からの投資に関する世界とベトナムの立場は以下のとおりである。

- ・ グローバリゼーションと市場経済化は今後とも発展途上国に「海外直接投資の流入」をもたらす。
- ・ 海外直接投資はベトナムでは増加しているものの、その獲得競争は激しく、海外直接投資の 70%は中国やインドのようないくつかの国に集中し、ベトナムのような低所得国にはわずかに 7%が流入するにすぎない。
- ・ 海外直接投資は被投資国の安い労働力、市場への効率的な輸送などから利益を生み出すものであり、そのためのインフラ投資やハイテク産業への支援投資が必要である。
- ・ 国際的な投資会社はグローバルな投資戦略を展開しており、免税措置や各種生産性などを検討して、もっとも適した国を選択し、投資をおこなっている。また、これらの企業は研究開発・市場開発・会計・エンジニアリングなどのサービスの充実も求めている。

1.2 ベトナムの経済成長

上記の国際経済環境とベトナムへの海外直接投資の流入を背景としてベトナム経済は今後も成長を続けるが、とりわけ資本・技術・経済成長などの動向は以下の通りである。

(1) 資本

- ・ 2001年から2010年間の海外直接投資の成長率は5-7%程度と見込まれている。しかし、投資環境の改革を積極的に進めなければ、これらの投資は期待できない。
- ・ ODAの伸び率は2010年まで4-6%で推移すると見込まれるが、その次の5年間にも同様の成長を期待するのは難しい。また、経済成長の結果、2020年以降、ベトナムは「ODAを受けられない国」になっていると考えられる。
- ・ 総固定資本形成の増加率は2010年まで6-8%で推移すると考えられる。このうち60%は地方での投資と見込まれる。
- ・ 海外に居住しているベトナム人からの投資は(2004年には40億ドル)、今後とも重要な投資源となる。

(2) 技術

供給面からみた経済成長の分析によれば、ベトナムの過去の GDP 成長に対する技術進歩¹の貢献度は 1.2%であったが、60,70,80 年代の先進国の技術進歩は、対 GDP 成長率において 1.6~2.0%で、現在のベトナムよりは高い水準にあった。今後、ベトナムでは技術進歩を増加させる必要がある。

(3) 経済成長

先進国の例を見ると 9~10%の経済成長を 20 年間続けることは難しいとされている。昨今の東南アジア諸国では 7%程度の経済成長が多く見受けられるが、ベトナムでの今後の経済成長のシナリオを考える。

1.3 経済発展シナリオ

2050 年までの経済発展シナリオは、以下のように想定される。

(1) シナリオの要素の前提

- ・国際経済は安定的で、経済の国際化・自由化が進展し、経済の国際的相互依存は拡大・強化される。
- ・2006 年以降のベトナムの国際収支バランスは大きな問題もなく推移する。
- ・今後とも堅調な海外直接投資が見込める。
- ・技術開発・技術革新が今後とも継続的に行われるが、社会や経済に大きな変化はもたらさない。
- ・原油価格の高騰などエネルギー問題は解決され、世界の原油価格も安定的に推移する。

(2) 戦略的要素の前提 (経済発展モデルの選択)

- ・ベトナムの国際経済化・WTO 加盟・AFTA などが実施される。
- ・AFTA や WTO への加盟では、最初の内はベトナム経済は苦境に立つが次第に回復し、経済は高成長に向けて拡大する。
- ・国内での政策立案・規制改革・行政改革などが順調に実施される。
- ・とり進められている広範囲な改革が 2050 年まで継続される。
- ・輸出主導型・労働集約型工業の発展のため、以下のような経済改革が実施される。
 - 農産物の高付加価値化を目指したインフラ投資
 - サービス業、特に旅行・金融・商業などの発展の促進
 - 輸入代替の生産活動の拡大と国内市場の整備
 - 経済インフラ整備のための機能整備と人材開発
- ・2020 年までにベトナムが工業国の仲間入りをするために、以下の政策が実施される。
 - 交通・通信・水道などのインフラの整備
 - 基幹産業 (金属製品・化学製品・機械・情報技術など) の発展促進
 - 農村と地方を都市化するための必要な投資

¹ 一般的に供給面からみた経済成長の要因は、労働、資本、技術進歩の 3 つに分けられる。日本の場合、技術進歩の貢献度は 1970-1980 は 2.4% (GDP4.4%)、1980-1990 は 1.5% (GDP4.0%)、1990-2001 は 1.2% (GDP1.1%) である。発展途上国では、資本の増加に期待できないときは、技術進歩を大きくする以外に GDP の成長は望めないと言われている。

(3) 高成長シナリオの前提

上記のようなシナリオが実現したとき、ベトナムは「高い社会経済発展」を期待できる。すなわち、以下のような政策が順調に進展することを高成長シナリオの前提とする。

- ・ 国際情勢は安定的に推移
- ・ ベトナムの国際経済化（WTO 加盟・AFTA）の実現
- ・ 規制緩和・行政改革の推進
- ・ 持続的な改革の実施
- ・ 輸出・高付加価値産業の促進
- ・ 労働集約産業・旅行業・サービス業などでの労働問題の解決
- ・ インフラの整備

(4) 標準シナリオの設定

高成長シナリオ達成のためには多額の資金が必要であり、実現が困難という意見もある。このことから高成長シナリオ・ファクターのいくつかが達成不可能な場合を「標準シナリオ」として設定する。標準シナリオの個々のファクターの内容は高成長シナリオと同じであるが、「シナリオ・ファクターの実現性が高成長シナリオよりは低い」という設定である。

1.4 シナリオごとの経済見通し

(1) 高成長シナリオの経済見通し (High case scenario)

高成長シナリオでは、2001-2005 年間の経済成長率は 7.5%、2006-2010 年は 8.5%、2011-2020 年は 8.5%、2021-2030 年は 8.0%が見込まれる。そして、2020 年にはベトナムは工業国になることを目標としている。この中でも工業と建設業は相対的に高い成長を示し、2020 年までの平均成長率は 10%程度である。農業の成長は安定的で 2.0-2.5%が予想されていて、サービス産業では 7.0%以上の成長が見込まれる。その結果、2030 年での GDP シェアは工業部門は 51.1%、サービス部門は 42.0%と見込まれる。

(2) 標準シナリオの経済見通し (Base case scenario)

標準シナリオでの 2006-2010 年の経済成長率は 7.5%、2011-2020 年は 7.2%、2021-2030 年は 7.0%であるが、2030 年には工業部門のシェアは 48.7%、サービス部門のシェアは 42.6%である。標準シナリオでは、農業部門は高成長シナリオと同じ伸び率であるが、工業とサービス部門は高成長シナリオより低い成長率となっている。

1.5 超長期経済発展計画の評価

超長期経済発展計画では国際経済、海外直接投資、ベトナムの経済成長、経済成長シナリオの設定という順に計画がまとめられている。ただ、国際経済、海外直接投資、ベトナムの経済成長における国際情勢、国際経済化、規制緩和など指摘や今後の方向については納得の行くものの、これらとベトナムの経済成長率との関係が定量的に関係付けられておらず、不連続な感じを受ける。

表 1-4-1 高成長シナリオの経済見通し (High Case)

		2004	2005	2010	2015	2020	2030
人口	百万人	82	83	88	93	98	105
GDP (1994 年価格)	兆ドン	362	391	587	884	1,330	2,870
農業・漁業・林業	兆ドン	73	76	90	104	121	155
工業・建設業	兆ドン	143	158	266	428	689	1,557
サービス	兆ドン	146	157	231	352	520	1,158
GDP (名目)	兆ドン	713	808	1549	2,968	5,667	19,705
農業・漁業・林業	兆ドン	155	169	264	403	614	1,358
工業・建設業	兆ドン	286	330	697	1,408	2,840	10,079
サービス	兆ドン	272	309	587	1,158	2,213	8,268
部門別シェア	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
農業・漁業・林業	%	21.8	21.0	17.1	13.6	10.8	6.9
工業・建設業	%	40.1	40.9	45.0	47.4	50.1	51.1
サービス	%	38.2	38.2	37.9	39.0	39.0	42.0
一人当たり GDP	ドル	550	604	1,002	1,652	2,736	8,058
為替レート	ドン/ドル	15,785	16,077	17,621	19,313	21,168	23,200
GDP (名目)	10 億ドル	45.2	50.3	87.9	153.7	267.7	849.3
GDP (1994 年価格)	10 億ドル	32.9	35.6	53.5	80.4	120.9	260.9
伸び率							
人口	%	1.40	1.07	1.09	0.75	0.52	0.32
GDP (1994 年価格)	%	8.0	8.5	8.5	8.0	7.0	6.3
農業・漁業・林業	%	3.4	3.5	3.0	2.5	2.0	2.0
工業・建設業	%	10.5	11.0	10.0	8.5	7.0	6.0
サービス	%	7.7	8.0	8.4	8.3	7.5	6.9

(出典)「ECONOMIC DEVELOPMENT FORECAST SERVING STUDY ON ENERGY DEVELOPMENT FOR THE PERIOD UP TO 2050」より

表 1-4-2 標準シナリオの経済見通し (Base Case)

		2004	2005	2010	2015	2020	2030
人口	百万人	82	83	88	93	98	105
GDP (1994 年価格)	兆ドン	362	391	565	794	1,125	2,213
農業・漁業・林業	兆ドン	73	76	88	102	118	151
工業・建設業	兆ドン	143	158	254	376	558	1,150
サービス	兆ドン	146	157	223	317	449	912
GDP (名目)	兆ドン	713	808	1,491	2,673	4,812	15,281
農業・漁業・林業	兆ドン	155	169	258	393	599	1,326
工業・建設業	兆ドン	285	330	667	1,239	2,302	7,445
サービス	兆ドン	272	309	566	1,041	1,911	6,510
部門別シェア	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
農業・漁業・林業	%	21.8	21.0	17.3	14.7	12.5	8.7
工業・建設業	%	40.1	40.9	44.7	46.3	47.8	48.7
サービス	%	38.2	38.2	38.0	38.9	39.7	42.6
一人当たり GDP	ドル	550	604	964	1,488	2,323	6,249
為替レート	ドン/ドル	15,785	16,077	17,621	19,313	21,168	23,200
GDP (名目)	10 億ドル	45.2	50.3	84.6	138.4	227.3	658.7
GDP (1994 年価格)	10 億ドル	32.9	35.6	51.0	72.3	102.3	201.2
伸び率							
人口	%	1.40	1.07	1.09	0.75	0.52	0.32
GDP (1994 年価格)	%	8.0	7.6	7.2	7.0	6.5	5.0
農業・漁業・林業	%	3.4	3.0	3.0	2.5	2.0	1.8
工業・建設業	%	10.5	10.0	8.2	7.5	6.5	5.1
サービス	%	7.7	7.2	7.3	7.3	7.1	5.2

(出典)「ECONOMIC DEVELOPMENT FORECAST SERVING STUDY ON ENERGY DEVELOPMENT FOR THE PERIOD UP TO 2050」より

また、2000 年から 2005 年までのベトナムの平均実質 GDP は 7.5% (実績) で、シナリオのように 2006 年から 2030 年までの成長が 7.5% から 8.5% というのは周辺諸国のこれまでの経済成長パターンと比較しても違和感はないとはいえ、原油価格の高騰、国内の原油生産の横ばい、中国・インド経済の影響など、ベトナム経済が今後直面すると思われる不安定要素を楽観的に見すぎているか、または配慮が不足しているように思える。

2 電力量需要予測

以下にベトナム第 6 次電力マスタープランのために、ベトナムの電力需要特性の変化を分析し、適切な電力需要量の見通しを作成する。具体的には、これまでの電力需要の現況を分析・把握し、前出の超長期経済発展計画、エネルギー消費動向、セクター別電力需要動向などを織り込んだ 2025 年までの電力需要予測を行う。

2.1 電力需要の考え方

ベトナムの電力需要は 2000 年以降の順調な経済成長、地域による需要量とパターンの違い、昼需要の急速な増加という特徴を見せている。したがって、同国の今後の電力需要を予測するためには、これまでの電力需要の推移並びに現況を分析し、その構造的要因を把握することが必要である。電力需要は経済社会活動そのものであることから、こうした電力需要の変化はベトナムの経済発展に伴う社会産業構造の変遷を反映しているものと考えることができる。そのために開発すべき電力需要予測モデルは以下の通りである。

超長期経済発展計画とリンクした電力需要予測

先の超長期経済発展計画を需要予測の前提とし、同計画における「High Case」と「Base Case」について電力需要の予測を行う。

価格効果を織り込んだ電力需要予測

原油価格の上昇は天然ガス価格、石油製品価格の上昇をもたらす。一般的に燃料となる石油製品やガス価格が上昇したときはエネルギーの節約が行われる。これらのエネルギー価格上昇にともなう節約効果を電力需要予測に反映させる。

エネルギー全体の需要から電力使用割合²による電力需要予測

ベトナムの第 6 次電力マスタープランでは電力と一次エネルギーとの関係付けも問われている。したがって、近隣諸国のセクター別の電力需要と電力使用割合（エネルギー使用中の電気の割合）を参考にする。

2.2 電力需要予測モデルの内容

(1) 年間消費電力量の予測

電力需要予測モデルの前提となる経済指標と国の経済計画との整合性を保つため、計画

²電力使用割合はエネルギー全体に占める電力の割合である。

値として発表されるマクロ経済指標は外生変数とし、発表されない変数については内生変数として推定する。また、電力需要予測においては産業セクターごとにエネルギー需要とその一部である電力需要を求め、その後、発電量・電力用エネルギー消費量を求める。

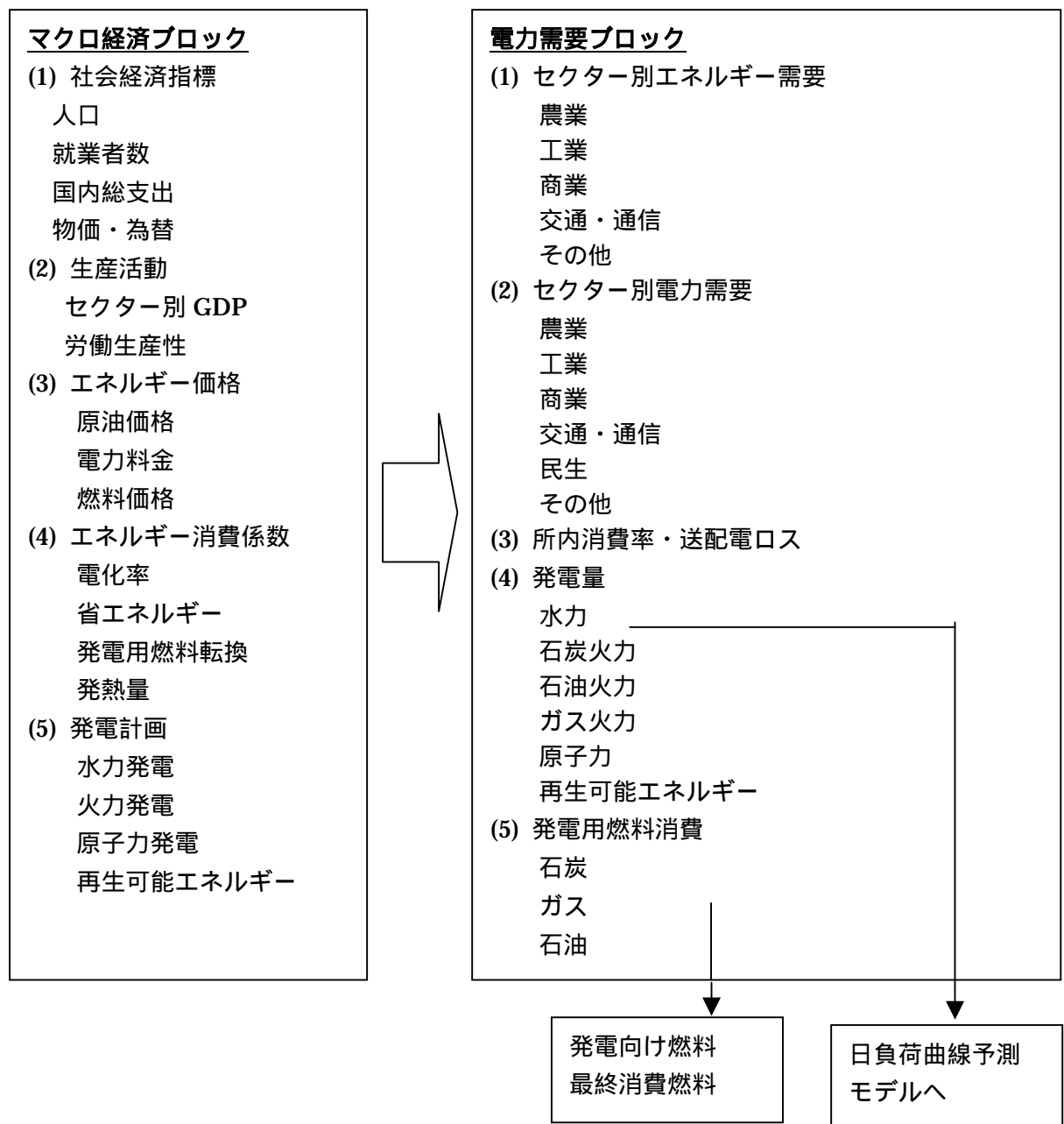


図 2-2-1 電力需要予測モデル概要

図 2-2-1 は、電力需要予測モデルのフロー図である。本モデルは大きくマクロ経済ブロックと電力需要ブロックから構成される。こうすることで経済変動と需要変動を分離して予測することができる。

(2) 需要予測モデルの妥当性の評価

また、電力需要予測モデルの妥当性の評価は以下の指標で行う。

需要予測式の評価

- ・決定係数 (0.85 以上を目標とする)
- ・係数の t 値 (2.0 以上を目標とする)
- ・ダービンワトソン比 ($1 < DW < 3$ の範囲以内であることを目標とする)
- ・係数の符号検定 (経済原則のチェック)

マクロ経済予測の評価

- ・実質 GDP 伸び率
- ・一人当たり GDP (ドルベース、国際比較)
- ・労働生産性伸び率

エネルギー需要予測の評価

- ・エネルギー需要伸び率
- ・GDP あたりエネルギー消費 (GDP 弾性値、国際比較)
- ・一人当たりエネルギー消費

(3) 電力 5 カ年計画の需要予測との整合性

一方、ベトナムの電力 5 カ年計画では 2006 年～2010 年までの需要予測をすでに承認している。本需要予測は電力 5 カ年計画の需要予測と整合性をとるため、2006、2007、2008 年の電力需要予測は電力 5 カ年計画の電力の伸び率を外部から設定するという方法で、High case、Base case とともに計算している。具体的な数字は以下のとおりである。

表 2-2-1 各ケースの前提と与件項目

ケース	5 カ年計画の 2006～2008 年電力需要
High case	年率 17%
Base case	年率 16%

出典 ベトナム当局からの提示

2.3 電力需要予測

(1) 前提

先の超長期経済発展計画の見通しのうち、以下の経済指標を電力需要予測の前提として設定した。

<High Case>

High Case では、先の経済見通しの高成長シナリオを前提としてセクター別エネルギー需要予測をおこない。その後、セクター別の電力使用割合見通し、省エネルギー見通しを考慮した電力の需要予測を行う。ただし、2006-2008 年の電力需要は 5 カ年計画との整合性をとるため年率 17% の成長とする。

<Base Case>

Base Case では、先の経済見通しの標準シナリオを前提として 2006～2008 年の電

力需要を年率16%として予測を行うケースである。

以上の2つのケースごとの主要な前提は以下の通りである。

GDP伸び率と原油価格

先の超長期経済発展計画の見通しでは、GDPの伸び率は2005年から2015年の10年間は比較的高い伸びが見込まれ、2015年以降は安定した成長となっている。High case, Base caseともにGDPの伸びは、超長期経済発展計画の見通しを採用する。(表2-3-1参照)

一方、一次エネルギーや電力の需要見通しではエネルギー価格が大きく影響するので、エネルギー価格の基準となる原油価格の見通しは重要な前提となる。最近の原油高は2、3年は継続するとの見方があるので、2005年から2008年まではWTIベースで\$60/bbl(ベトナム原油価格では\$50/bbl)とし、2009年以降は安定した原油価格\$40/bbl(ベトナム原油価格では\$30~35/bbl)と見込んだ。(表2-3-2参照)

表2-3-1 GDP伸び率

ケース	単位	2005/2000	2010/2005	2015/2010	2020/2015	2025/2020
High Case	%	7.4	8.5	8.5	8.5	8.0
Base Case	%	7.4	7.6	7.2	7.2	7.0

(出典) ベトナム社会経済開発より

表2-3-2 原油価格(WTI)

ケース	単位	2004	2005	2006	2007	2008	2009	・・・	2025
High Case	\$/bbl	40	60	60	60	60	40	・・・	40
Base Case	\$/bbl	上に同じ							

(出典) 調査団による設定

農業部門の電力使用割合³(当該部門エネルギーに占める)

表2-3-4のように諸外国での農業部門での電力使用割合は、2000年においてフィリピンの10.1%、中国の13.7%などが高く、注目されるところであるが、日本や台湾では2.1%と低いところに留まっている。現在のベトナムは農業部門の電力使用割合は11%程度で、フィリピンや中国と同程度である。今回の見通しでは、農業部門は、軽油、重油、電力の伸びは期待できるものの石炭の需要は低下すると思われるので、電力使用割合は11%から2025年には30%前後まで上昇すると見込んでいる。

工業部門電力使用割合(当該部門エネルギーに占める)

³部門別エネルギー使用割合は、初期値としては、周辺国の現状(2000年)の割合を設定して需要予測モデルにより計算されるが、その結果は、全く別に作られた部門別のエネルギー予測式と比較し整合性を評価する。整合性がないときは、部門別のエネルギー使用割合を変えて再度需要予測モデルにて計算し直す。こうすることで、ベトナム全体のエネルギー需要と部門別に予測したエネルギー需要との整合性を確保するように部門別エネルギー使用割合が決められている。表2-3-3は、こうして求めた部門別エネルギー使用割合の中の電力使用割合である。

諸外国での工業部門でのエネルギー需要の中に占める電気の割合は表 2-3-4 の通りで、2000 年においてフィリピンの 32%、日本・台湾の 26%が注目される。2005 年のベトナム工業部門の電力使用割合は再生可能エネルギーを含んでいて 15.9%となっているが、再生可能エネルギーを除くと 22%で 2000 年のマレーシアと同等である。この後は、現在の好調な工業向けの電力需要がしばらくは続くことが予想されるので、現在のフィリピンの電力使用割合（32%）に迫るものと見込まれる。

交通部門電力使用割合（当該部門エネルギーに占める）

現在、ベトナムは交通部門での電力使用はほとんどないが、将来は地下鉄の導入などが計画されているので、若干の電力使用割合の上昇を設定した。

商業部門電力使用割合（当該部門エネルギーに占める）

今後商業部門での電気の割合は急速に増加するものと見込まれる。周辺諸国の割合とベトナム・エネルギー研究所の調査結果を参考に以下のように設定した。

周辺諸国の商業部門と家庭部門を合計した電力使用割合は表 2-3-4 の通りであるが、2000 年においてタイの 71%と台湾の 67%が特に大きい。タイや台湾はベトナムと同様に亜熱帯性の気候であるため、将来ベトナムも商業部門や家庭での冷房用電力の需要は増大し、現状の 11%から 3 倍近い 35%前後になるものと思われる。

家庭部門電力使用割合（当該部門エネルギーに占める）

2005 年のベトナムの家庭部門における電力使用割合は、分母に再生可能エネルギーが入っているため、それぞれ 11%と低い値になっている。ところが、現状では家庭部門での再生可能エネルギー（薪炭）の使用割合は大きく、これを除いた石炭・石油・電力などの家庭での消費エネルギー中に占める比率は 60～70%で、現在のタイ・マレーシアとほぼ同じ割合である。今後は再生可能エネルギー（薪炭）の割合は低下し、石炭・石油・電力などのエネルギーの消費割合が増えると思われるが、家庭部門での電力使用割合は、商業部門と同様に 11%から 27-28%に上昇するものと思われる。

表 2-3-3 部門別電力使用割合（部門電気使用割合）（%）

	ケース	2005	2010	2015	2020	2025
農業	High	11.2	18.4	22.8	27.4	33.8
	Base	11.2	17.9	21.1	24.1	28.8
工業	High	15.9	23.4	29.6	33.8	36.1
	Base	15.9	23.2	29.3	33.5	35.6
交通	High	0.5	0.5	0.8	1.3	2.0
	Base	上に同じ				
商業	High	11.3	21.7	25.6	30.0	34.9
	Base	11.3	20.8	26.0	31.4	37.9
家庭	High	11.3	17.2	22.3	25.5	27.7
	Base	11.3	16.7	21.6	24.8	27.1

（出典）調査団による設定

表 2-3-4 各国の部門別での電力使用割合 (%)

部門	国	1995	1996	1997	1998	1999	2000
農業	Japan	2.7	2.8	2.9	3.0	3.2	2.1
	Taiwan	1.7	1.8	2.1	2.3	2.3	2.1
	Australia	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	Korea	0.9	1.0	0.9	1.0	1.1	1.2
	China	12.8	13.2	13.5	12.8	13.7	13.7
	Thailand	0.6	0.6	0.5	0.7	0.5	0.5
	Philippines	19.8	16.7	18.1	13.8	20.1	10.1
工業	Japan	26.5	26.8	27.1	27.4	26.7	26.6
	Taiwan	22.1	22.2	22.9	23.3	24.4	26.2
	Australia	20.3	19.9	20.0	21.4	21.9	22.0
	Indonesia	12.4	11.9	14.3	13.8	13.9	12.9
	Korea	19.0	19.6	19.4	19.2	19.4	20.0
	China	5.1	5.3	5.5	5.8	6.0	6.1
	Thailand	22.7	20.6	22.5	22.4	23.9	25.4
	Malaysia	18.0	19.8	21.4	21.4	23.1	22.2
	Philippines	19.7	19.7	20.2	26.9	20.4	31.7
商業・家庭	Japan	43.9	43.9	45.4	47.1	47.8	44.8
	Taiwan	64.5	63.6	65.9	66.2	65.8	67.2
	Australia	52.3	53.0	53.7	54.4	55.3	55.5
	Indonesia	3.8	4.3	4.8	5.3	5.4	5.8
	Korea	18.0	19.3	21.0	25.7	24.0	27.6
	China	6.3	7.0	8.0	9.5	10.0	10.0
	Thailand	70.5	70.3	72.6	75.0	72.2	71.2
	Malaysia	55.2	49.7	65.0	68.2	61.0	63.4
	Philippines	39.0	40.6	47.2	45.2	43.7	40.0

(注意) この比率計算には、再生可能エネルギー(薪炭)は含まれていない。

(出典) APERC エネルギーデータベースより作成

その他の前提値⁴

上記以外の前提として、人口、為替レート、発電効率、省エネルギー率、所内消費率などは以下の表の通りである。

表 2-3-5 その他の前提値

項目	設定方法	
人口	超長期経済発展計画の値を設定	
為替レート	同上	
発電効率	石炭火力発電効率：40%、 石油火力発電効率：35% ガス火力発電：40%	ディーゼル発電：36% 石油燃料ガスタービン：48% ガス燃料ガスタービン：48%
省エネルギー率	2008 年以降、毎年 1% の省エネルギー効果	
所内消費率	発電機毎に 4.5% ~ 7.0% を設定 (第 5 次電力マスターより引用)	

(出典) 調査団による想定

⁴ これらの前提は、High case と Base case と同じ値である。

(2) High case の電力需要予測結果

経済の高成長シナリオでは、電力の需要は 2005 年～2025 年の間平均 11.2% で推移する。需要量としては 2005 年の電力需要 46TWh から 2025 年には 381TWh になる。2005-2008 年までの伸びは 16.6% で 2005 - 2010 年の平均 16.1% であることを見ると、2010 年までの前半は多少高めに推移することになる。GDP 弾性値は 2000-2005 年間 2.1、2005-2010 年間 1.9、2010-2015 年間 1.3、2015-2020 年間 1.1、2020-2025 年間 1.0 で、2005-2025 年平均では 1.3 である。

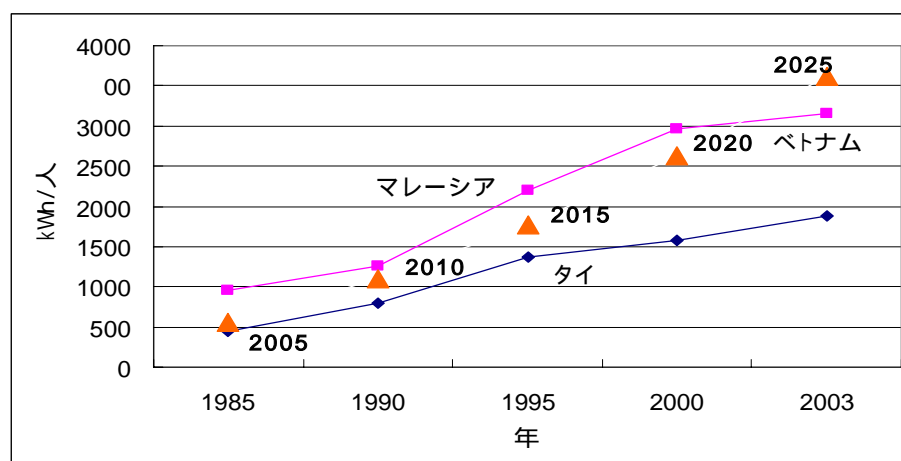
また、一人当たりの電力消費量をマレーシア・タイと比較すると(図 2-3-1 参照)、ベトナムの一人当たりの電力需要は 2005 年から 2025 年までは、マレーシアから 20 年遅れで増えている。また、タイとの比較では、2000 年以降タイではの伸び率が鈍化したため現在のベトナムは、2003 年のタイと比較すると 12 年-15 年遅れている。

表 2-3-6 電力需要見通し (2005 年～2025 年) 単位: GWh

年	2005	2010	2015	2020	2025	2025/05
電力需要	45,997	97,118	164,975	257,286	381,223	
伸び率	15.2 %	16.1%	11.2%	9.3%	8.2%	11.2%
弾性値	2.1	1.9	1.3	1.1	1.0	1.3

(注意) 表中の伸び率と弾性値は、過去 5 年間の平均伸び率と弾性値である。

(出典) HIGH ケース電力需要予測モデルより



(注意) はベトナムの電力需要予測値 (2005, 2010, 2015, 2020, 2025 年) である。

図 2-3-1 一人当たり電力消費のベトナム、タイ、マレーシアの比較

セクター別需要予測では 2005-2025 年の製造業の成長率が 12% なのに対し、商業とその他が 14.0%、14.3% と製造業より高い伸びとなっている。ただ、2025 年の製造業の全体に占める割合は 52% と全電力需要量の半分を占めている。これらを経年推移でみると以下の表の通りである。

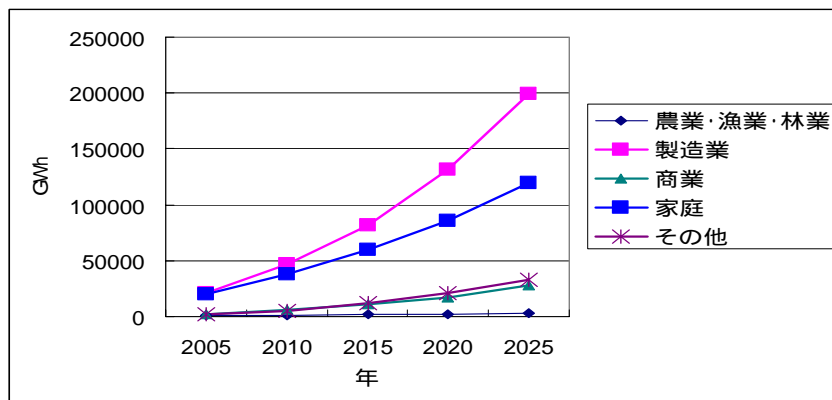


図 2-3-2 High Case のセクター別電力需要予測 (単位: GWh)

(3) Base Case の電力需要予測

標準シナリオでは、電力の需要は 2005 年～2025 年の間平均 10.0% で増加する。2005-2010 年は 15.0%、2010-2015 は 9.8%、2015-2020 は 8.1%、2020-2025 年は 7.3% と伸び率は、遞減傾向にある。主な原因は、GDP の伸び率の低下と省エネルギーの影響によるものである。需要量としては 2005 年の電力需要 46TGWWh から 2025 年には 309TGWWh になり、(High case : 381TGWWh) 2025 年で Base case は High case より 23% ほど需要量は少ない。(図 2-3-3 参照) GDP 弾性値は 2007 年と 2008 年が 2.0、2009 年は 1.9、2010 年は 1.7 で、2005 年の GDP 弾性値 1.9 の勢いが 2010 年ごろまで続くものと思われる。しかし、2015 年以降は弾性値は 1.4 程度になる。

表 2-3-7 電力需要見通し (2005 年～2025 年) 単位: GWWh

	2005	2010	2015	2020	2025	25/05
需要	45,682	91,949	146,899	216,433	308,511	
伸び率	15.3%	15.0%	9.8%	8.1%	7.3%	10.0%

(注意) 表中の伸び率は、過去 5 年間の平均伸び率と弾性値である。

(出典) Base ケース電力需要予測モデルより

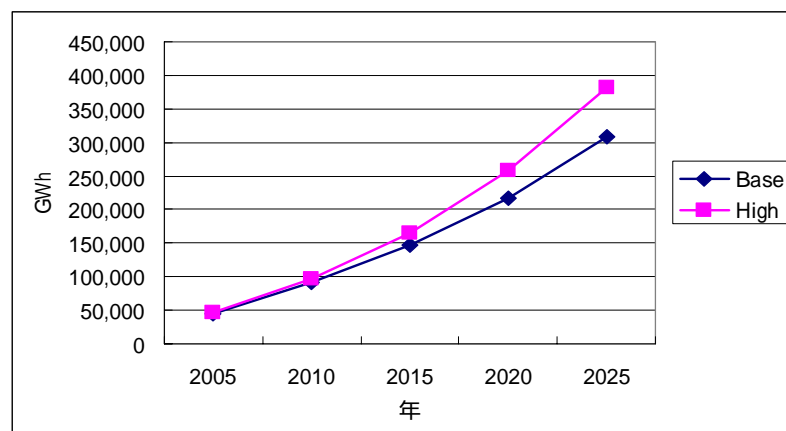


図 2-3-3 Base case と High case の比較

セクター別需要は、2005-2025 年の製造業 10.8%の成長に対して、商業とその他が 14.4%、12.7%と製造業の 10.8%より高い伸びとなっている。ただ、2025 年の電力需要の構成比は、製造業が全体の 53%（2005 年 45.8%）で、次いで家庭部門 32%（2005 年 44.1%）、商業部門 7%（4.4%）となり、家庭部門の電力使用割合が減り、製造業や商業部門での電力使用割合が増加している。これらを経年推移でみると以下の表 2-3-4 の通りである。

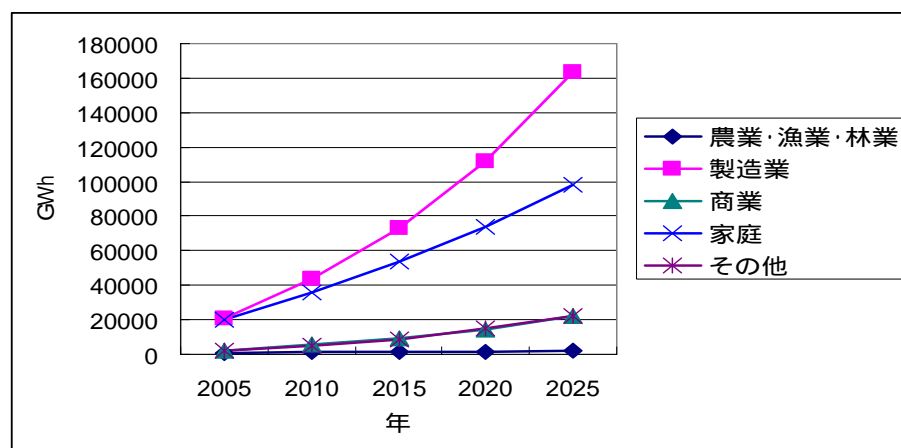


図 2-3-4 Base Case のセクター別電力需要予測 (単位: GWh)

3. 日負荷曲線の予測

3.1 予測の方法

電源開発計画は年間需要量よりもピーク電力の発電能力に大きく左右される。ピーク電力が年間需要量に係数をかけて求まるようであれば問題はないが、最近のベトナムの電力負荷曲線は昼需要の急増という大きな変化の過程にある。タイや日本では経済発展に伴い電力の消費特性である一日のピークが夕方に生じる電気利用の初期型から夏季の昼にピークが生じる先進国型へと移行している。ベトナムにおいても経済発展に伴い夜型ピークから昼型ピークへシフトしてきており先進国型の電力消費特性へと変化していくことが予想される。これらを考慮した日負荷曲線の予測が可能であれば、電力マスタープランの中心をなす電源開発計画に役立つことは言うまでもない。そこで、以下の方法で日負荷曲線の 2025 年時点の予測を試みた。

予測すべき日負荷データの収集

- ・ 北部地区、中部地区、南部地区の 3 地域
- ・ 時間別 (8760 時間/年) 1996 年から 2004 年

必要な説明変数の収集

- ・ 人口 (地区別)
- ・ GDP (地区別、セクター別)
- ・ 気温 (地区別、時間別)
- ・ 湿度 (地区別、月別)
- ・ 電力使用割合 (地区別)

予測単位となる負荷データのタイプ分類

- ・ 最大日（各月の最大 3 日平均の日負荷曲線）
- ・ 平日（各月の最大日および休日を除く日の平均日負荷曲線）
- ・ 休日（日曜・祭日の日負荷曲線）

回帰分析による予測式作成

回帰分析による「3 地域別、年平均日負荷曲線予測」、「3 地域別、月別、タイプ別日負荷曲線」、「3 地域別、月別、年間最大電力量予測」

タイのようにベトナムの周辺国の中には、日負荷曲線が夜ピーク型から昼ピーク型へと変化した経験を持つ国がある。ベトナムの電力需要も同様の発展プロセスを辿るものと仮定し、これらの国々における日負荷曲線の変化の実績を回帰分析に織り込むことにする。参照国の選定に際しては、ベトナムから比較的近い距離に位置すること、ベトナムの北部あるいは南部地域と類似した気候条件を有すること、過去に夜から昼へのピークシフトを経験していることなどを基準に選考した。

その結果、タイ、マレーシア、フィリピン、インドネシアおよび日本を選んだ。この中で、タイは 1990 年代中盤にピークシフトを経験しているし、マレーシアは 1990 年代前半にすでに昼ピークを有している。

現在のベトナムの日負荷曲線は昼 11 時頃に一旦ピークを示した後、夕刻 19 時頃に一日の最大電力を記録する夜ピーク型となっている。しかしながら、最近では産業用電力需要の伸びを背景として昼ピークの増加率が夜ピークのそれを上回る傾向を示しており、この結果昼夜間のピーク電力の格差が年々減少している。

しかしながら、日負荷曲線には当該国や地域の経済状況のみならず文化や気候など様々な要因が複雑に関与しているため、長期的な予測を正確に行うことは困難である。したがって、ここでは一定の仮説に基づき、回帰分析手法により日負荷曲線の将来予測を行う。また、北部・中部・南部の地域別で日負荷曲線が大きく異なることから、地域別に日負荷曲線の予測をおこなうこととする。日負荷曲線予測の回帰分析の方法は以下の通りである。

日負荷曲線を時間別に 24 分割する。

各時間における過去の需要量を GDP や人口、気温など電力需要と関連性の高いパラメータにより回帰する。

回帰式に基づき時間別の需要値の将来予測を行う。これを統合し日負荷曲線の将来予測とする。

最適電源構成検討に供するために収集した毎時需要を月毎に以下の 3 タイプに整理し、3 地域×3 タイプ×24 時間で合計 216 本の回帰式を設定する。

- ・ 最大日：各月の最大 3 日平均の日負荷曲線
- ・ 平日：各月の最大日及び休日を除く日の平均日負荷曲線
- ・ 休日：日曜・祭日の平均日負荷曲線

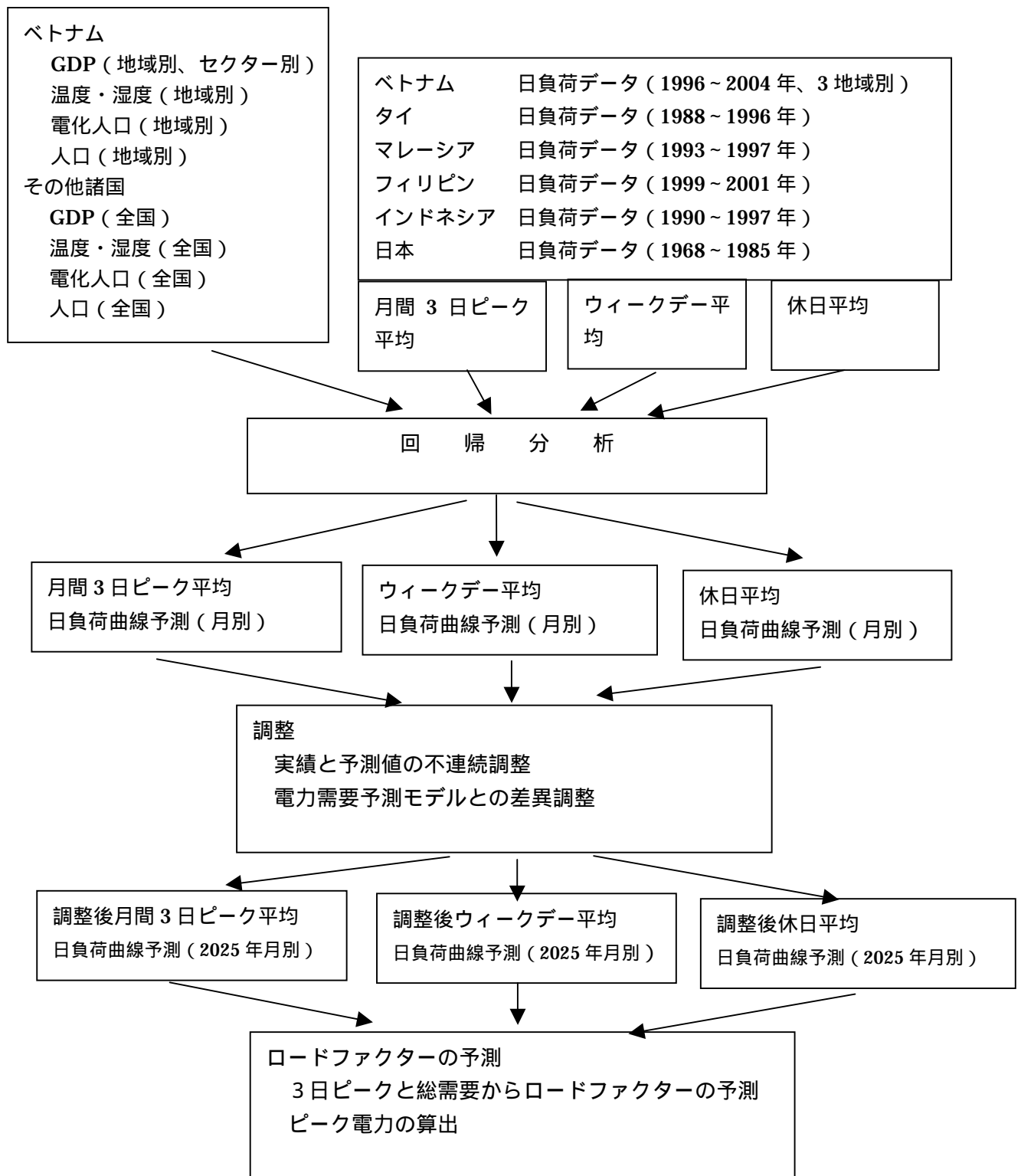


図 3-1-1 日負荷曲線とピーク電力予測フロー

3.2 日負荷曲線予測結果

(1) 予測結果の主な特徴

本予測結果から導かれる結論は以下の通りである。(High case について示す)

北部、中部、南部の各地域とも過去のトレンドと同様に夜ピークに比べて昼ピークの伸びが大きくなる傾向が続き、2005 年には昼のピークと夜のピークが現れ、2010 年頃には夏場の 11 時頃に最大電力を示す昼ピーク型となる。

2010 年以降 14 時～16 時の昼間需要の増加も大きくなり昼休みを挟んで昼間に 2 度のピークを示す先進国型に近づく。

タイプ別の負荷形状については現状とほぼ同程度の比率(最大日:平日、最大日:休日)を維持する。

負荷率は 2005 年 0.62、2010 年 0.64、2015 年 0.66、2020 年 0.69、2025 年 0.69 程度である。

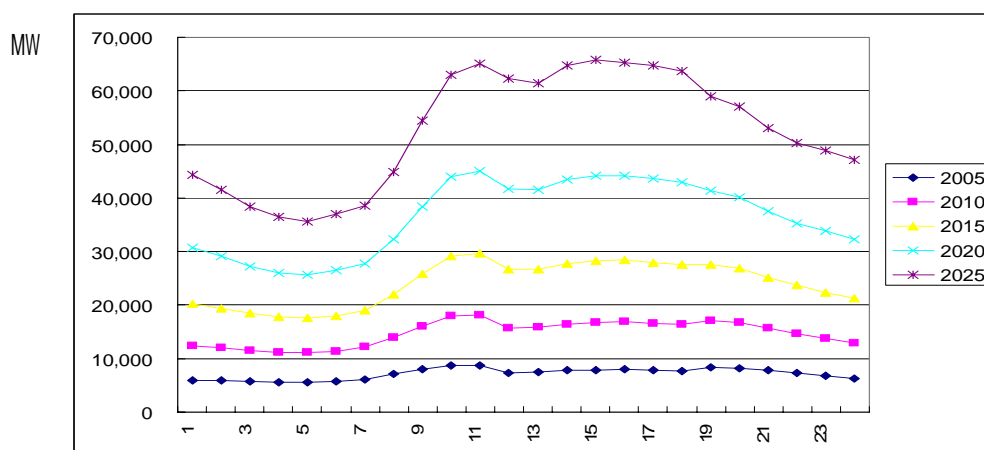


図 3-2-1 毎 7 月の日負荷曲線 (High case)

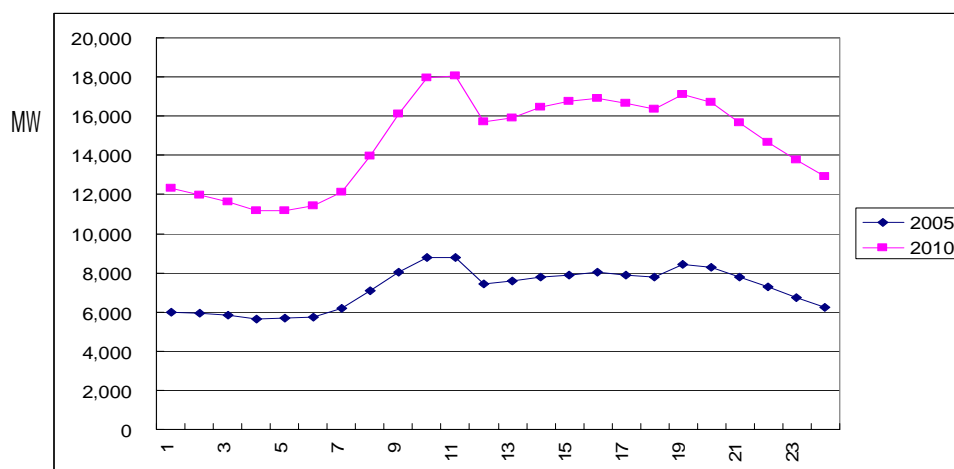
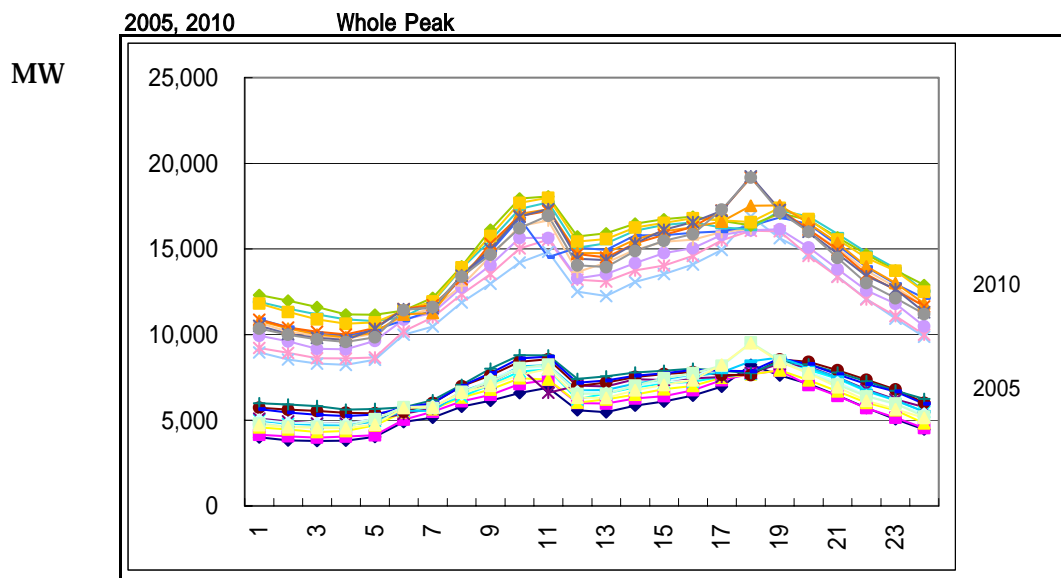


図 3-2-2 2005, 2010 年 7 月の日負荷曲線 (High case)

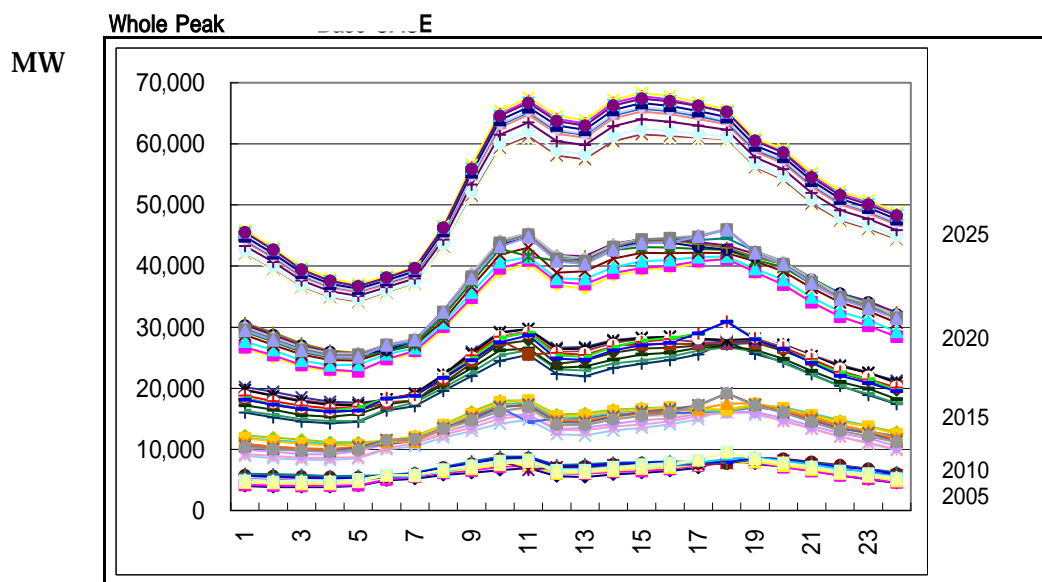
(2) 全国のピーク電力

北部、中部、南部の 3 つの地域を合計したベトナムのピーク電力の日負荷曲線は以下のように予測される。



(注意) 各年には 1 月～12 月までの日負荷曲線が描かれている。

図 3-2-3 2005、2010 年の全国月別日負荷曲線 (ピーク電力) (High Case)



(注意) 各年には 1 月～12 月までの日負荷曲線が描かれている。

図 3-2-4 2005～2025 年の全国月別日負荷曲線 (ピーク電力) (High Case)

(3) ピーク電力の比較

今回の全国の年間ピーク電力をこれまでの電力マスタープランと比較すると以下の表の通りである。比較対照として第 5 次電力マスタープランおよびその修正版ともに High Case を取り上げた。第 5 次電力マスタープランとその修正版は 2020 年までが対象であるので比較期間は 2005～2020 年である。

表 3-2-1 High Case ピーク電力の比較表

	計画	Unit	2005	2010	2015	2020	2025
ピーク電力	第 6 次計画	MW	9,859	19,998	32,354	48,298	71,153
	第 5 次計画	MW	7,797	12,003	18,197	27,204	
	修正 5 次計画	MW	9,199	15,256	22,575	31,432	
伸び率	第 6 次計画	%	18.7	15.2	10.1	8.3	8.1
	第 5 次計画	%	10.1	9.0	8.7	8.4	
	修正 5 次計画	%	12.0	10.6	8.2	6.8	

(出典) 第 5 次電力マスタープラン、修正第 5 次のマスタープラン報告書より

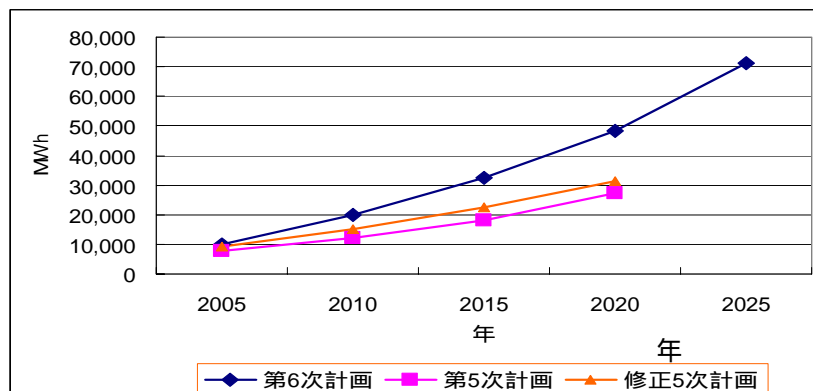


図 3-2-5 ピーク電力の比較 (High Case)

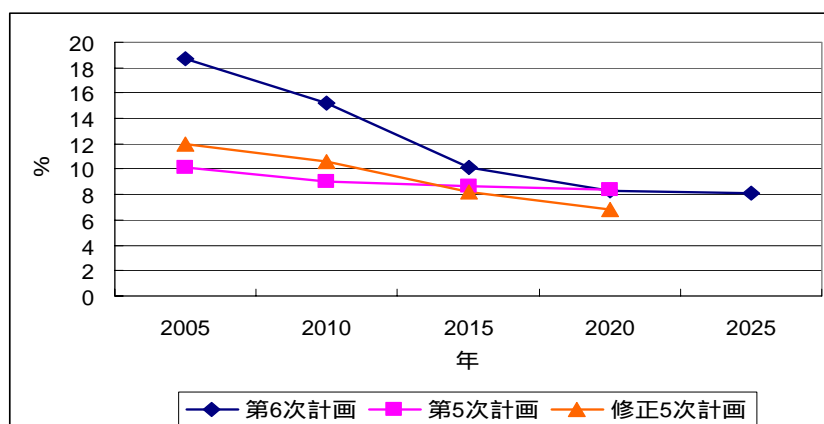


図 3-2-6 ピーク電力の伸び率の推移 (High Case)

4. 考 察

4.1 電力需要予測に関する考察

(1) 電力需要の GDP 弾性値

High case の表 2-3-6 が示すように 2000～2005 年間の電力需要の GDP 弾性値 2.1 は、表 4-1-1 の 5 カ国の 2000-2003 年平均の弾性値 1.0 と比較してもきわめて高い。これはアジア通貨危機から脱却したベトナムに外資による工場の建設が相次いだため、これに伴い工場周辺地域では住宅建設も進みつつある。例としてハノイから南 50 km ほどのフンエン県では年率 30% ほどで電力需要が伸びていると言われている。ただ、本予測では産業別に 2008 年以降年率 1% 程度の省エネルギーを前提としているため GDP 弾性値も徐々に低下し 2005-2010 年：1.9、2010-2015 年：1.3、2015-2020 年：1.1、2020-2025 年：1.0 と予測している。現地ベトナムでの電力需要の GDP 弾性値は長期的には 1.4 に収斂するとの意見もあるが、その時点については明確でない。一方、本予測では 2005-2025 の全平均で High case で 1.3、Base case で 1.4 であり、現地専門家の見通しと大きな違いはない。

表 4-1-1 各国の GDP 弾性値

国	名目 GDP (10 億ドル)			電力需要 (1000GWh)			弾性値
	2000 年	2003 年	伸び率	2000 年	2003 年	伸び率	
ベトナム	31.2	39.0	7.7%	22.4	34.9	15.9%	2.1
タイ	123.0	143.0	5.2%	96.0	117.0	6.8%	1.3
マレーシア	90.3	104.0	4.8%	69.2	78.4	4.2%	0.9
インドネシア	150.0	208.0	11.5%	92.6	112.9	6.8%	0.6
フィリピン	75.9	80.4	1.9%	45.3	52.9	5.3%	2.7
計	470.4	574.4	6.9%	325.5	396.1	6.8%	1.0

(出典) IEA Non OECD countries 2006

(2) High case と Base case の比較

High case と Base case は基本的には GDP 成長率の違いとセクターごとのエネルギー構成比の違いである。2025 年までの需要の伸び率は High case で 11.2%、Base case で 10.0% で、成長率の差は 1.1% 程度である。また、2025 年時点の需要量の違いは High case で 381TWh、Base case で 309TWh で High Case のほうが 23% 多い。通常、電力マスタープランや電源開発計画では予想される高いケースの需要量をカバーするだけの発電能力を確保することを目標とする。したがって、本予測では Base Case より High Case のほうが重要な情報となる⁵。ベトナムでは第 6 次電力マスタープランを作成するに当たり、この High Case にさらに 2～3% 上乗せした需要量を基準としてマスタープランの電力需要予測としている。2～3% 上乗せの理由は 2005～2008 年までの電力需要が本需要予測の High case より高めに推移することが予想されているためである。

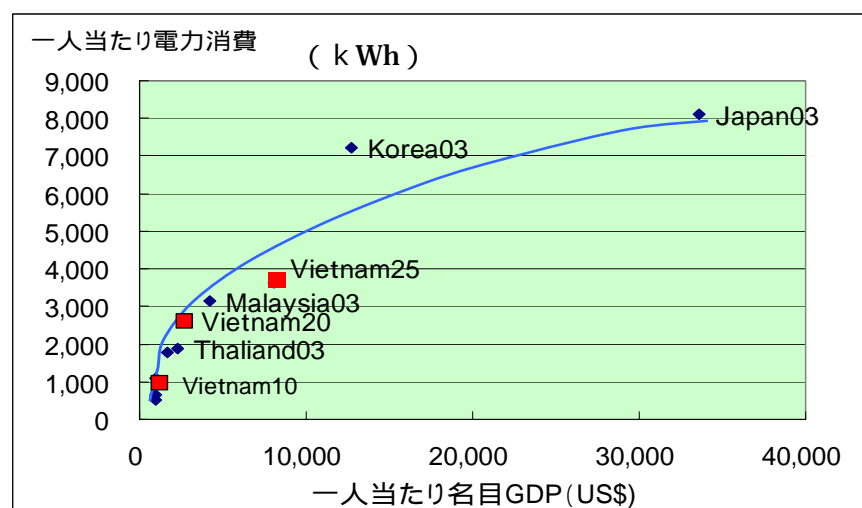
⁵ ただし、今後の需要が Base case で推移したとき、High case で電源開発計画が作られているということは、2025 年時点では電源開発投資が 23% 過剰になるというリスクを含んでいることになる。

(3) 工業部門の電力使用割合

各セクターの電力使用割合は ASEAN 諸国や日本の実績を参考に初期値を定め予測結果を見て、現地専門家と協議のうえ、再度修正して予測をおこなうといった方法で収斂させている。ベトナムの工業部門の 2025 年時点での電力使用割合は 35-36%となっているが、2000 年時点で他の国を見ると日本は 27%、フィリピンは 31%でいずれもベトナムの 35%よりは低い。現在の旺盛な工業部門での電力需要をみると今後とも工業部門での電力使用割合は上昇してゆくように見えるが、工業部門での電力使用割合は、ベトナムの工業がエネルギー多消費型産業が増えるのか、エネルギーをあまり使わない組み立て型産業が増えるのかによって大きく違ってくる。今後、予想される工業部門の変化としては、2010 年から 2025 年にかけて製油所の新增設が続くこと⁶、南部で見られるように天然ガスの利用、北部での石炭の利用などが考えられるので、2025 年に工業部門の電力使用割合が 35-36%になる確率は現地専門家が考えているよりは低いものと思われる。

(4) 電力需要の国際比較

ベトナムの将来の一人当たり消費量をタイ、マレーシア、韓国、日本などの現状（2003 年）と比較すると下図のとおりである。2025 年のベトナムの一人当たり電力消費量は 3,600 kWh/人（High Case）で、この消費量は 2003 年のマレーシア（3,200kWh/人）1985 年のシンガポール（3,800kWh/人）、1995 年の韓国（4,000kWh/人）に近い。また、下のグラフで、日本・韓国は 2003 年のデータで日本は 8,100kWh/人、韓国は 7,200 kWh/人で、2025 年のベトナムの一人当たり電力消費量と比較すると 2 倍程度の消費量である。



(出典) 各国実績データは IEA, “Energy Balances of Non-OECD Countries,”
ベトナムの予測値は High Case

図 4-1-1 一人当たり電力消費量比較

⁶ ベトナムの製油所建設計画は、第 1 計画が中部ベトナムの Quang Ngai 省 Dung Quat(予定処理量 650 万トン、操業予定 2010 年)、第 2 計画が北部ベトナムの Thanh Hoa 省の Nghi Son(予定処理量 650 万トン、石油精製・石化生産併設施設、操業予定 2015 年)、第 3 計画が南部の Ba Ria Vung Tau 省(予定処理量 600-1,000 万トン、操業予定 2025 年)である。

2010 年と 2020 年のベトナムの一人当たり電力消費量は推定線上（図 4-1-1 の青線）にあり、対比国の一人当たり電力消費量と整合性が取れている。このことは今回の電力需要予測が、一人当たり GDP との比較において整合性を持っていることを表している。

(5) 日負荷曲線予測の有効性

今回行った日負荷曲線の予測では、各方面の協力によりモデルとしては構築できたものの最後まで最新の実績値と直近の予測値の乖離といった問題が残った。今回は、内挿法により予測値の修正を行ったが、予測手法の研究は、さらに必要と思われる。したがって、マスタープランの日負荷曲線の予測に関しては、これまでの方法と同じ「積み上げ法」でも日負荷曲線予測をおこない回帰分析法と比較検討した。そして、回帰分析法からの知見を積み上げ法に織り込むことで最終的な予測値とした。

なお、積み上げ法と回帰分析法のピーク電力の差異は以下の表のとおりである。ピーク電力の最大値は 2005 年では 9.9 百万 kW（回帰分析）、2010 年は 19.9 百万 kW（回帰分析）、2015 年は 32.2 百万 kW（積み上げ）、2020 年は 48.2 百万 kW（回帰分析）、2025 年は 71.4 百万 kW（積み上げ）となる。

表 4-1-2 ピーク需要時期と規模の比較

年	積み上げ法	回帰分析法
2005	11 月 18 時 9,512MW	11 月 17 時 9,859 MW
2010	11 月 18 時 19,533MW	11 月 17 時 19,937 MW
2015	11 月 11 時 32,196MW	11 月 17 時 32,255 MW
2020	10 月 10 時 48,972MW	10 月 17 時 48,215 MW
2025	11 月 11 時 71,416MW	10 月 14 時 71,176 MW

（出典）High Case の積み上げ法と回帰分析法

4.2 ベトナムにおける電力需要予測のインプリケーション

今回実施したベトナムの電力需要予測の経験から、今後の同国のエネルギー・電力政策のあり方について次のような点を指摘しておきたい。

現在、ベトナムでは経済成長率に対し電力需要弾性値が 2.0 の勢いで推移している。経済発展の基礎を「工業開発」にしている国ではときどき起きる現象であるが、今後の世界の動向はエネルギー消費を抑えた豊かさの追求であり、この点からも省エネルギーの推進、再生可能エネルギーの利用、高付加価値産業の推進、輸送システムの改善、大都市機能の分散などあらゆる分野でのエネルギー効率の向上を目指した国家計画が必要である。

今後、国民生活にとっての電力使用割合の向上とは家電製品の導入、情報通信の拡大、交通量の増加などである。特に、湿度の高いベトナムでの家庭でのエアコン利用は電力の消費を大きく増加させるものと予想されるので、高効率のエアコンを市場に提供することは言うまでもないが、国民に効率的なエアコンの利用方法（含む電気料金の見直し）を指

導する必要がある⁷。

近年、ベトナムでは電力需要の拡大とともに「電力の質」が問われている。端的には「停電の減少」、「電圧の安定」などである。今後は電力供給設備の増加に合わせて電力システム全体の安定化、あるいは、高度化が求められる。このことは経済発展に拍車をかけるとともに、現在多くの工業団地で行われている団地内の自家発電量を減少させて、公共電力の需要増をもたらすと思われる。これは公共発電所の稼働率の向上をもたらし、公共電力の固定費負担を軽減させるものでもある。

電力需要予測は GDP や電力価格だけで決まるものではない。産業構造の変化や国民のライフスタイルの変化によって電力需要は大きく変化する。いくつかの国では電力の需要予測をするのに電気機器の普及状況、電気機器の効率、電気機器の利用形態などを変数として短期的に細かな電力需要予測をおこない、かつ、国民を指導するときの参考資料作成のツールとしている。ベトナムのしかるべき機関においても将来的には電力マスタープランだけでなく電力の有効利用を示唆できるモデルが必要と思われる。

IEA の 2004 年版世界エネルギー見通しによれば、世界のエネルギーは石油価格の高騰とともに石油からガス・石炭・新エネルギーへとシフトしていく。特に、交通部門におけるガソリンやディーゼルの転換は石油代替という意味において各国で進行している。ガソリンへのエタノール混入、植物油をディーゼル油に代替する、ガソリンの代わりに天然ガスを使うなどさまざまな試みがなされている。ベトナムでもこのような新たな代替燃料や交通システム（鉄道を含む）の計画が必要と思われる。

ベトナムでは新エネルギー（地熱発電、風力発電、太陽熱発電、太陽光発電、海水発電、ゴミ発電）の促進を加速的におこなう必要がある。いくつかの隣国ではエネルギー資源の産出量が少ないという理由もあり、新エネルギーの開発には熱心である。ベトナムでも従来型の一次エネルギー消費を抑制するような新・再生可能エネルギー計画を加速させる必要があると思われる。

以上

Contact: report@tky.ieej.or.jp

⁷ エアコンの熱効率率はヒートポンプの COP の驚異的な改善により急速に上昇しているため、日負荷パターンやピーク電力の予測については、この点を織り込んで検討する必要がある。