慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	東アジアにおける中長期的なエネルギーセキュリティの定量的分析
Sub Title	Quantitative analysis of middle and long term energy security in East Asia region
Author	藤堂, 寧子(Todo, Yasuko) 中野, 冠(Nakano, Masaru)
Publisher	慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科
Publication year	2010
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	修士学位論文. 2010年度システムエンジニアリング学 第22号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40002001-00002010-0003

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

修士論文　　2010 年度

東アジアにおける中長期的な
エネルギーセキュリティの定量的分析

藤堂 寧子

(学籍番号：80834629)

指導教員　中野 冠

2010 年 9 月

慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科

システムデザイン・マネジメント専攻

論　　文　　要　　旨

学籍番号	80834629	氏　名	藤堂　寧子

論　文　題　目

東アジアにおける中長期的なエネルギーセキュリティの定量的分析

（内容の要旨）

中国やインドをはじめとする東アジアの国々は急速な経済発展に伴いエネルギー消費が拡大している。東アジアのエネルギー消費の拡大は、域外からの輸入依存拡大、原油の価格高騰、需給逼迫など国際的な影響を及ぼしている。しかしながら、石油をはじめとする化石燃料は今後も東アジアの持続的な経済の発展には必要不可欠であり、その需要は伸びるものと考えられる。従って東アジアにとってエネルギーの安定供給の確保は重要な課題となっている。さらに、近年ではエネルギーの使用に起因する温室効果ガスの排出量が増加するなど地球環境問題も加わり、エネルギーセキュリティの確保は単にエネルギー資源の安定供給確保だけではなく、環境を配慮したエネルギーの開発・利用など多くの課題を抱えている。

そこで本研究では、東アジアの持続的経済の発展を目的として、まずは各国のエネルギーセキュリティレベルの定量化を行った。そして東アジア各国のエネルギー政策に基づいて、どの対策がエネルギーセキュリティレベルの向上策として有効であるかを評価分析した。

エネルギーセキュリティの定義は多くの研究者の間で議論の対象となっているが、本研究では、国家および国民に便益をもたらす為にエネルギーを確保すると定義した。また、国際エネルギー市場の価格高騰に伴い国家および国民の生活に影響を及ぼすことをリスクと定義し、対象国である中国・インド・インドネシア・日本の４カ国のセキュリティレベルを評価した。評価に用いる指標はIEA の Energy Security Price Index（国際エネルギー市場における価格変動リスク）を拡張した Total ESPI という指標である。この指標を用いることによって、経済格差のある国を比較することを可能にした。

その結果、Total ESPI は Total Primary Energy Supply に占める原油の純輸入量の数値が大きい国ほどリスクが大きく、原油の輸入依存を軽減することがエネルギーセキュリティレベルの向上に繋がることが分かった。また、経済規模を考慮すると、GDP が高い国ほど国際マーケットの価格変動リスクの影響は少なく、対象国の４カ国の中では経済規模が低く且つ 2004 年から原油の輸入依存が増加しているインドネシアにおけるリスクが高いという結果が計算によって求められた。

また、エネルギーセキュリティレベルの向上策として現状掲げられている 3 つの政策を比較分析した。対象は、供給面の対策として、新エネ・再生可能エネルギーの導入、原子力発電の開発、需要面対策として電気自動車の普及による省エネルギーの促進の政策効果を検証した。その結果、一般的に小国で原油の輸入依存が著しい国ほどセキュリティが低い為、将来の需要面の抑制対策である省エネの促進をすることが他の政策よりも直接的に原油削減効果が高いという結果が得られた。

従って、本研究の結果から将来の東アジアの持続的経済発展の為には、原油の輸入依存を低減するべく、省エネルギーの促進を強化することが重要であることが示唆された。特にモータリゼーションの進展により原油の輸入増大が見込まれている東アジアの発展途上国においては省エネルギーの促進が今後の経済発展の重要な鍵となる。

キーワード（5 語）
エネルギーセキュリティ、東アジア、定量的分析、政策比較、リスク分析

SUMMARY OF MASTER'S DISSERTATION

Student Identification Number	80834629	Name	Yasuko Todo

Title

Quantitative Analysis of Middle and Long Term Energy Security in East Asia Region

Abstract

East Asian countries such as China and India have increased their energy consumption due to the rapid economic growth and the population increase, which is now becoming a global concern. With the expansion of the energy consumption, East Asian countries have increased their dependencies on imports from outside of their regions. Consequently, it has brought serious issues, such as rising oil prices and a tightening in the global energy. However, energy experts project that the demand for fossil fuel, especially for oil, will continue to grow until 2030. Securing the supply of energy is essential to the sustainable economic development of East Asia. In addition, the environmental issues resulting from the energy usage are now global concern. Ensuring energy security does not just simply mean securing stable energy resources, but also includes the development of environmentally-friendly energy.

We have approached this research from the perspective of sustainable economic development in East Asia, firstly we quantify the energy security level, and secondly we identify and assess the effectiveness of energy policies and measures to improve each country's level of energy security.

The definition of energy security has become a subject of debate among many energy experts and policy makers. In this research, the notion energy security is defined as "ensuring sufficient energy in order to benefit the economy and the public". Risk is defined as "The loss of welfare which might occur as a result of price fluctuation in the international energy market". Under these definitions we evaluate the energy security level of the four countries in East Asia: China, India, Indonesia and Japan. The evaluation is conducted by applying the International Energy Agency (IEA)'s Energy Security Price Index (the price volatility risk in international market concentration) but the indicator is extended by making it possible to compare among countries with economic disparities.

As a result, the Energy Security Price Index appeared to be high in the countries with large share of net imports in their Total Primary Energy Supply, hence a reduction of the oil import dependency will improve the

country's energy security level. Furthermore, the size of the economy is a significant factor. Those countries with higher GDP amongst the 4 countries had less impact in price volatility. Among the four countries, Indonesia had the highest risk despite the fact that Indonesia is rich in natural resources with the exception of oil.

As for policy measures on the improvement of energy security, the assessment has been taken by comparative analysis. The introduction of clean energy/renewable energy and nuclear power development was selected for supply-side policy. The promotion of energy conservation is considered as demand-side policy. As a result, the promotion of energy conservation is demonstrated to significantly reduce the risk and improve the country's energy security level. This result indicates that the promotion of energy conservation is essential for the sustainable economic development for East Asia Region.

Key Word(5 words)
Energy Security, East Asia, Quantitative Analysis, Energy Policy

第 1 章　序論 1
1.1　研究の背景 1
1.1.1　エネルギー安定供給への取り組み 1
1.1.2　エネルギーセキュリティと環境制約 3
1.1.3　東アジアのエネルギーセキュリティ 4
1.2　研究目的 5
1.3　本研究に関連する先行研究 6
1.4　本研究の目標と手順 13
1.5　本論文の構成 14
第 2 章　東アジアのエネルギー需給現状分析と問題定義 15
2.1　東アジア各国現状とエネルギー政策 16
2.1.1　中国 16
2.1.1.1　中国の現状と課題 16
2.1.1.2　中国のエネルギー政策 19
2.1.1.3　エネルギーセキュリティに関連する取組 22
2.1.2　インド 24
2.1.2.1　インドの現状と課題 24
2.1.2.2　インドのエネルギー総合政策 26
2.1.2.3　エネルギーセキュリティに関連する取組 28
2.1.3　インドネシア 30
2.1.3.1　インドネシアの現状 30
2.1.3.2　インドネシアのエネルギー政策 32
2.1.4　日本 35
2.1.4.1　我が国の現状と課題 35
2.1.4.2　我が国のエネルギー政策 38
2.2 各国の課題と政策のまとめ 41
第 3 章　モデリング 44
3.1　エネルギーセキュリティの定義と指標 44

3.1.1　エネルギーセキュリティとリスクの定義 44
3.1.2　エネルギーセキュリティ評価モデル 46
3.1.3　評価シナリオ 47
3.1.4　エネルギーセキュリティの指標と評価方法 51
3.2　本研究で提案する指標 55
3.2.1　Depletion Risk 56
3.2.2　経済リスク Economy Risk 57
第 4 章　結果と考察 58
4.1　分析結果 58
4.1.1　Business As Usual 58
4.1.2　ESPI と New ESPI の比較 60
4.1.3　先進国と発展途上国の比較 64
4.1.4　過去の事例を用いた検証 66
4.2　What If 分析 69
4.2.1　再生可能エネルギー最大導入ケース 69
4.2.2　原子力最大導入ケース 74
4.2.3　省エネ導入ケース 77
4.3　分析の考察 80
4.3.1　Total ESPI 80
4.3.2　エネルギー政策 81
4.3.3　我が国と東アジアの今後の課題 82
第 5 章　結論 84
5.1　まとめ 84
5.2　今後の課題 86
謝辞 87
参考文献 89
Appendix A 97
Appendix B 101
Appendix C 105

図 1　世界の一次エネルギー消費 5
図 2　The 4A's of Energy Security に基づく分類 10
図 3　先進諸国との比較における我が国のエネルギーセキュリティレベルの評価 11
図 4　Energy Security Implication of Resource Concentration 12
図 5　研究の手順と V モデル 13
図 6　中国の人口と GDP 16
図 7　中国の一次エネルギー供給構成 17
図 8　中国の一次エネルギー消費量（部門別） 18
図 9　インドの人口と GDP 24
図 10　インドの一次エネルギー供給構成の推移 25
図 11　インドの国内生産エネルギーの推移 26
図 12　Indonesia Oil Production / Consumption 1998-2008 31
図 13　インドネシアの一次エネルギー需要 31
図 14　大統領第 5 号に定める 2025 年エネルギーミックス 33
図 15　Roadmap Bio-fuel Development 34
図 16　我が国の一次エネルギー供給と輸入依存率 36
図 17　我が国の原油の輸入先 36
図 18　我が国の一次エネルギー消費量の推移 37
図 19　エネルギーセキュリティの課題と政策的取組 43
図 20　東アジアにおける現状の課題と価格変動に影響するリスク要因 45
図 21　エネルギーセキュリティ評価モデル 46
図 22　Business As Usual 時点でのエネルギーセキュリティ 48
図 23　将来のエネルギーセキュリティレベルを評価 48
図 24　Lefevre の指標の構造 51
図 25　2010－2030 年までの一次エネルギー供給構成の推移 58
図 26　2010－2030 年までの国産エネルギーと輸入量の推移 60
図 27　ESPI 価格変動リスク（Business As Usual） 61
図 28　New ESPI 価格変動リスク（Business As Usual） 61
図 29　経済規模を考慮した時の Total ESPI (Business As Usual)　国別 64
図 30　経済規模を考慮した Total ESPI (Business As Usual), 四カ国比較 65

図 31　原油価格 WTI の価格推移 67
図 32　新エネルギーと再生可能エネルギーの概念 70
図 33　新エネ・再生可能エネルギー最大導入ケース（国別） 72
図 34　新エネ・再生可能エネルギー最大導入ケース（四カ国比較） 73
図 35　原子力政策最大導入ケース（国別） 74
図 36　原子力政策最大導入ケース（四カ国比較） 75
図 37　電気自動車を最大導入したケース 79

表 1　自動車の保有台数の推移と予測 19
表 2　第 11 次 5 カ年計画の主要目標 20
表 3　近年における中国の省エネルギー政策の概要 22
表 4　Renewable energy in India 28
表 5　2030 年までの政策ターゲット 50
表 6　国際マーケットの燃料別のシェアとリスク 63
表 7　東アジア 4 カ国の GDP と成長率 65
表 8　消費物価指数の変化率 67
表 9　Business As Usual 時の各燃料の輸入比率 71
表 10　我が国の次世代自動車の導入目標 77
表 11　電気自動車導入時の燃料削減量 78

Abbreviations

APEC	Asia Pacific Economic Cooperation
APERC	Asia Pacific Energy Research Centre
APSA	ASEAN Petroleum Security Agreement
ASEAN	Association of Southeast Asian Nations
BAU	Business as Usual
BEE	Bureau of Energy Efficiency
CCS	Carbon Capture and Storage
CERM	Coordinated Emergency Response Measure
EIA	U.S. Energy Information Administration
ERIA	Economic Research Institute for ASEAN and East Asia
ESMC	Energy Security Market Concentration
ESPI	Energy Security Price Index
GDP	Gross Domestic Product
GJ	Giga Joules
IEA	International Energy Agency
IEEJ	The Institute of Energy Economics, Japan
KL	Kilo Liter
KTOE	Kilo Tonnes of Oil Equivalent
METI	Ministry of Economy, Trade and Industry
MTOE	Million Tonnes of Oil Equivalent
MWe	Megawatt Electrical
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
OPEC	Organization of the Petroleum Exporting Countries
PPP	Purchasing Power Parity
TPEC	Total Final Energy Consumption
TPES	Total Primary Energy Supply

第 1 章　序論

1.1　研究の背景

1.1.1　エネルギー安定供給への取り組み

エネルギー資源は、一国の経済の発展、そして私たちの生活に必要不可欠である。エネルギー資源は大別すると「枯渇性エネルギー」と「非枯渇性エネルギー」の二つに分類することができる。「枯渇性エネルギー」は石油、石炭、天然ガスなどの化石燃料と核燃料の資源であるウランが含まれ、「非枯渇性エネルギー」には再生可能エネルギーである太陽、水力、風力、地熱エネルギーが含まれる。中でも石油は輸送用燃料や化学製品を作る原料として使用され、経済の基盤となる重要な資源である。一国経済が発展し国民生活レベルが向上するに伴い、私たちはより多くのエネルギー資源を消費する様になった。その結果、需要と供給のバランスが崩れ石油をはじめとするエネルギー資源が枯渇する可能性があるという不安に脅かされている。また、枯渇性エネルギー資源の多くは地政学的に不安定な地域に偏在しており、気象災害や戦争など突発的事象による供給途絶というリスクを伴う。供給途絶、また地政学的リスクに伴う価格変動は国際経済、一国経済、そして私たちの生活に大きな影響を与える。従ってエネルギー資源安定供給の確保は世界各国の Policy maker にとって常に重要な課題となってきた (Belkin 2008)。

資源小国である我が国も化石燃料の多くを輸入依存している為、エネルギー資源の安定供給確保はエネルギー政策の最重要課題と捉えている。我が国は二度のオイルショックを経験により、突発的な事故など不測の事態による価格高騰の影響に備え、政策的取組を通じて積極的にエネルギーの安定供給を強化してきた。我が国のエネルギー政策基本法 (METI, 2002)の冒頭に以下の様に明記されており、安定供給の重要性が解る。

‘第 2 条　エネルギーの安定的な供給については、世界のエネルギーに関する国際情勢が不安定な要素を有していること等にかんがみ、石油等の一次エネルギーの輸入における特定の地域への過度な依存を低減するとともに、我が国にとって重要なエネルギー資源の開発、エネルギー輸送体制の整備、エネルギーの備蓄及びエネルギーの利用の効率化を推進すること並びにエネルギーに関し適切な危機管理を行うこと等により、エネルギーの供給源の多様化、エネルギー自給率の向上及びエネルギーの分野における安全保障を図ることを基本として施策が講じられなければならない。‘

国際的には、IEA (International Energy Agency:国際エネルギー機関)が OECD（Organization for Economic Co-operation and Development; 経済協力開発機構）加盟国[1]に対し,石油純輸入量の 90 日分以上の緊急時備蓄を保有する様に勧告しており、CERM（Co-ordinated Emergency Response Measure : 協調的緊急時対応措置） (OECD/IEA 2007)を締結している。CERM とは、石油供給の途絶等緊急事態が発生または発生の恐れがある場合に、加盟国が協調して備蓄の放出を行うという仕組みである。実際に CERM は 1991 年の湾岸戦争、2003 年対イラク軍事行動、2005 年米国の大型ハリケーン「カトリーナ」と過去 3 回発動されており、短期的な対策としての石油備蓄の存在意義とその重要性を示している。

アジアにおいても IEA の CERM 同様、ASEAN（東南アジア諸国連合）[2]加盟国間で石油の安定保障を目的として 1986 年に APSA（Asean Petroleum Security Agreement：アセアン石油安定協定）と呼ばれる協定を締結されている。しかし APSA ではあくまで

---

1 OECD は先進諸国間の自由な意見交換・情報交換を通じて 1）経済成長 2）貿易自由化 3）途上国支援に貢献することを目的として 1948 年に発足。2009 年現在加盟国は 30 カ国、http://www.oecdtokyo.org/

2 1）域内の経済成長、社会・文化的な発展、2）地域における政治・経済的安定確保、3）域内諸問題に関する協力を目的とし、1967 年にベトナムで発足。現在の加盟国は、インドネシア、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ、ブルネイ、ベトナム、ラオス、ミャンマー、カンボジアの 10 カ国。

も多国間協調の基本方針がVoluntary basisであるという点でIEAのCERMとは大きく異なる。当時のASEAN諸国が自給自足を達成できていたことと、経済格差のあるASEANの国々にとってAPSAの基準が厳しかったという理由により実際に発動されたことはない。この二つ国際的な枠組みを比較すると、

- エネルギー安定保障＝エネルギーセキュリティの対象が石油中心である。
- 供給途絶時を想定した短期的対策に重点がおかれている

という点で共通性があることが解る。しかしIEAとASEANでは加盟国の地域性が影響し、アジアにおける枠組みについてはまだ議論が不十分である。

以上の理由によりエネルギーの安定供給の取組については以前から我が国はもとよりグローバルな問題としてきた。

1.1.2　エネルギーセキュリティと環境制約

1980年頃から温室効果ガス排出に起因する地球温暖化問題が出現し、1997年に先進国の温室効果ガスに関わる数値目標を設定した「京都議定書」が採択された頃からエネルギーセキュリティの概念が変化し始めた。地球環境問題は国際的に重要課題とされエネルギー需給を考える上で考慮されるようになった。天然ガスや再生可能エネルギーの利用等、よりクリーンなエネルギーの利用促進・開発が求められるようになった。エネルギーセキュリティが単なる安定的な供給確保という意味から、より広範な意味を持つようになり、政策においても短期的な政策から中長期的な将来を視野にいれた政策に関心が集まるようになった。

しかし、東アジア地域では中国やインドなど化石燃料の中でも地政学的リスクも比較的少ない石炭の埋蔵量を豊富に保有している。石油や天然ガスに比べ経済的な為、石炭を主要エネルギーとしている事が多い。その結果として、地球温暖化問題の起因とする温室効果ガスの排出の為に、中国やインドは世界から注目されている。

その一方で、国際的には炭素貯留（Carbon Capture and Storage；CCS）を含めた近年のクリーンコール技術の進歩により石炭利用が見直されており、IEA や米国エネルギー省（DOE）などの中長期エネルギー予測よると石炭のシェアが伸びるという傾向もある。しかしながら長期的な観点から石炭消費量が増加して良いかという問題に対しては国際的な議論の対象となっている (星野, 杉山 2009)。

1.1.3　東アジアのエネルギーセキュリティ

アジアの国々の多くは石油を中心とした一次エネルギー資源を中東など他地域からの輸入に依存している。資源制約、また環境制約の下で東アジアの急速な経済成長に伴う需給逼迫、価格高騰、資源争奪などの国際情勢の異変は、経済発展や国民生活のセキュリティを脅かし、エネルギー資源安定確保が再び国際的な問題となっている。

東アジア地域（ASEAN10 カ国+3、インド、オーストラリア、ニュージーランドを含む 16 カ国）の国々では、今後も急速な経済成長が見込まれている。人口においても、2050 年にはインドが 16 億人、中国が 14 億人、アジア全体では 52 億人に増加、世界人口の 57%を占めると見込まれており (United Nations, 2010)、エネルギーセキュリティの確保は政治的にも経済的にも大きなインパクトを与えるリスクがある。

この様な状況の下、日本エネルギー経済研究所はアジア／世界エネルギーアウトルック 2009 (IEEJ, 2009)を発表した。図 1 が示す様に世界の一次エネルギー消費量は 2030 年までに年率で 1.5%の増加が見込まれ、2007 年の 111 億トンから 2035 年には 169 億トンへ増加、アジアは世界の一次エネルギー消費量の 61%を占めると予測されている。また一次エネルギー消費の化石燃料のシェアは 2035 年においても 86%を占め、化石燃料は今後も東アジアにとって重要な役割を担うと予測されており、安定供給の確保は依然として重要課題でなる。

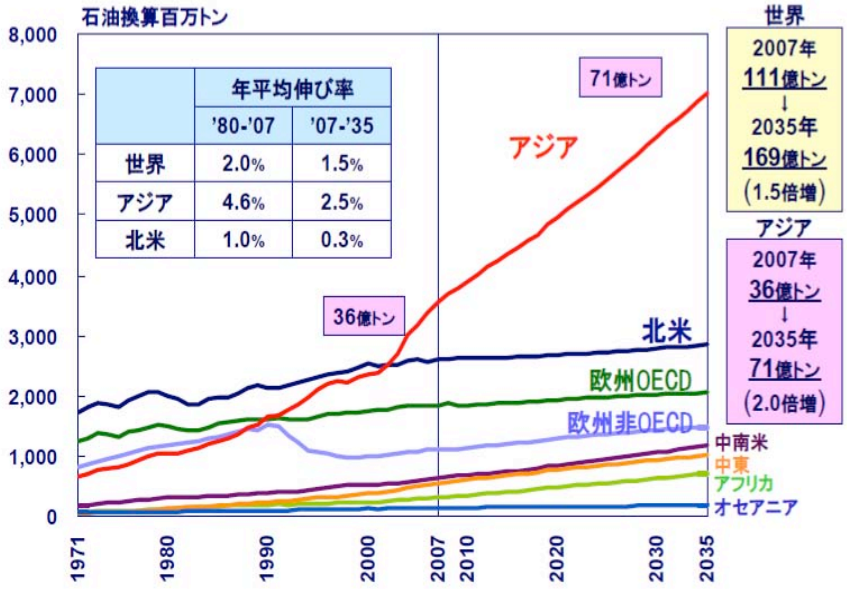


図 1　世界の一次エネルギー消費

出典：アジア/世界エネルギーアウトルック 2009 (IEEJ, 2009)

1.2　研究目的

以上の様な理由により、石油をはじめとする化石燃料は東アジアの基盤となるエネルギーであり、持続的発展の為には不可欠なものである。今後も経済発展と共に需要増大が見込まれ、それに伴う需給ギャップが生じ輸入依存が拡大すると考えられる。この様な状況のもとで東アジアの持続的発展の為に各国政府はエネルギー政策として、再生可能エネルギー利用・促進、原子力の利用促進による自給率の向上、また省エネによる需要抑制等、需給ギャップや輸入依存などのリスクを低減する為の方針を打ち出している。

そこで本研究では、急速な経済成長がもたらした東アジアのエネルギー需給ギャップ増大に伴うリスクを定量的分析するとともに、東アジアの今後の持続的な発展の為のエネルギーセキュリティレベルの向上策として、具体的にどの様な対策が有効であるかを検証することを目的とする。

ここで以下の事を定義する。

エネルギーセキュリティ：

国家及び国民に便益をもたらす為に必要とするエネルギーを確保すること言う。
また、エネルギーの価格変動やエネルギーの物理的不足によって国家また国民の便益を損なう要因となるものをリスクと考える。

エネルギー：

一次エネルギー（石油、石炭、天然ガス、原子力、水力、地熱、再生可能エネルギー）を対象とする。

東アジア：

東アジア地域はASEAN10カ国+日本、韓国、中国、インド、オーストラリア、ニュージーランドを含む16カ国を指す。しかしながら政策やデータが公表されていない国も含まれる為、本研究で分析する対象国は中国、インド、インドネシア、日本の四カ国とする。

1.3　本研究に関連する先行研究

そこでエネルギーセキュリティに関する従来研究を概観してみた。従来研究のエネルギーセキュリティの概念は、保障されるべきものの対象は石油供給が中心であることが特徴であった。しかし地球温暖化問題が出現した事により、保障されるべき対象が石油供給だけではなく、エネルギー資源、環境、地域経済とより包括的な概念へと変化している。

エネルギーセキュリティの従来研究は膨大に行われているが、以下に分類することができる。

① エネルギーセキュリティの問題定義の研究

② エネルギーセキュリティの定性的な研究

③ エネルギーセキュリティの定量的な研究

以下①ー③について具体的に説明する。

① エネルギーセキュリティの問題定義の研究

OECD が、世界のエネルギーセキュリティの研究を行っている (IEA, 2010)。1973-1974 年の石油ショックを機に、エネルギーセキュリティを強化する必要性があると考え IEA をにおけるエネルギーセキュリティの枠組みを構築している。しかし、OECD 加盟国全 30 カ国のうち 19 カ国が EU 加盟国であり、その他の国に含まれる東アジアの国としては日本、韓国のみである。また OECD のエネルギーセキュリティは主に石油供給を中心とした短期的なエネルギーセキュリティの研究がされており、その他の一次エネルギー資源を含んだ包括的なセキュリティの枠組みはまだ構築されていない。

② エネルギーセキュリティの定性的な研究

Cabalu (Cabalu et al, 2008) が、APERC が考案した The 4A's of Energy Security (APERC, 2007)に基づき APEC に偏在するエネルギー資源と地域協力の可能性について分析を行った。その結果、ASEAN+3 の今後の持続可能な発展の為には、資源の貯留、共有、貿易による相互依存など地域協力の強化が必要であると述べた。

Hughes (Hughes, 2009)は、エネルギー問題が複雑な問題であり、またセキュリティには明確な概念が存在しない為、Policy maker や政治家、そして一般国民を混乱させていると指摘し、エネルギーセキュリティをより明確に理解する為の方法論として The Four 'R's Energy Security を提案した。以下の 4 段階に沿って定性的に分析行うことでエネルギーセキュリティの理解を深めることできると示した。

- Review (understanding the problem)
- Reduce (using less energy)
- Replace (shifting to secure sources)
- Restrict (limiting new demand to secure sources)

Hughes の提案した The Four 'R's Energy Security は、エネルギーセキュリティを向上させる為に必要とする対策であり、エネルギー問題を理解する為の教育ツールとしての活用や、エネルギーセキュリティ向上の為の政策立案など多目的用途に有効であると述べている。

Cheng (Y.S.Cheng J., 2008)は、中国人の視点から、中国がエネルギーセキュリティ問題をどの様に理解しているか、既に公表されているデータや文献を用いてサーベイを行った。そして中国が抱えるエネルギーに関する課題について政策的にどの様な取組を行っているのか、中国のエネルギー戦略について定性的な分析を行った。結果、Cheng は中国のエネルギー戦略はある意味で 1970 年代のオイルショックの影響を受けた日本と同じ戦略（産業構造改革、省エネ政策の施行、エネルギー供給元の多様化、産油国との関係強化、エネルギー源の多様化）を辿っていると述べている。

③　エネルギーセキュリティのリスク定量化の研究

エネルギーセキュリティのリスクの定量的な研究としては、APERC (Asia Pacific Economy Research Centre)が APEC（アジア太平洋地域）のエネルギーセキュリティの定量化の研究を行っている (APERC, 2007)。APERC は、エネルギーセキュリティを以下の様に定義している。

> 'energy security as the ability of an economy to guarantee the availability of energy resource supply in a sustainable and timely manner with the energy price being at a level that will not adversely affect the economic performance of the economy'

またAPERCはエネルギーセキュリティに影響する要因として以下の4つの側面をあげた。

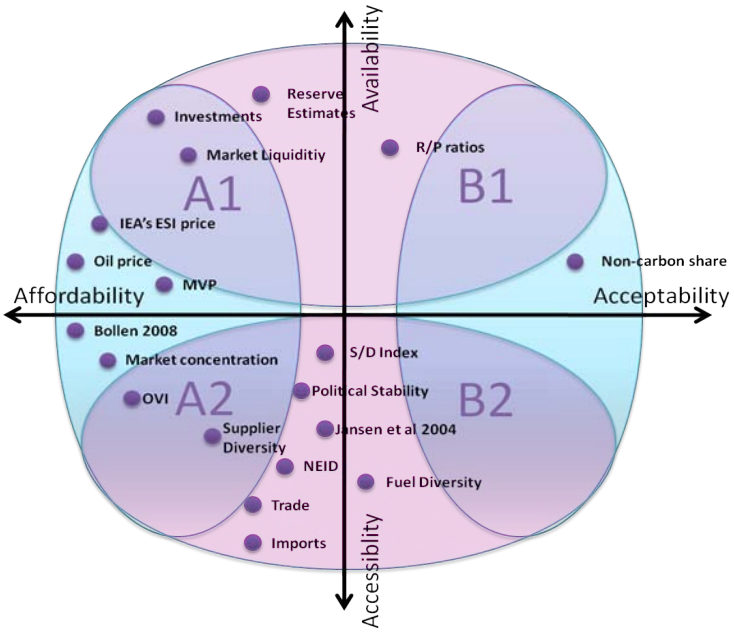
1　化石燃料の埋蔵資源の有効性（Energy Resource **Availability**）
2　資源獲得に纏わる地政学的なリスク、またエネルギー関連のインフラやエネルギーの輸送インフラという観点から、エネルギー資源へのアクセスのし易さ（**Accessibility** Barriers）
3　将来のエネルギー需要を充分に満たす為の財政面からみた国家のエネルギー供給能力（Investment Cost **Affordability**）
4　持続可能な発展とエネルギー資源の利用、環境の持続性（Environmental **Acceptability**）

これをAPERCはThe 4A's of Energy Securityと称した。その上で以下の通りのエネルギーセキュリティの指標を設定し、APEC 諸国のエネルギーの供給面におけるリスクの定量的分析を行った。

- エネルギーの供給元の多様性
- 総エネルギー輸入依存度
- Non-carbonのエネルギー利用度
- 石油輸入依存度及び中東石油依存度

APERCの称するThe 4A's of Energy Securityは経済、環境、資源、地域性と包括的にエネルギーセキュリティを捉えている。しかしこのモデルでは各国で実際に導入されている政策を考慮した将来のリスクを定量的分析することができない。

Kruytら(Kruyt et al, 2009)は、従来研究のエネルギーセキュリティという概念に統一性がない事を指摘した。その上、従来研究で考案された指標をAPERCの称するThe 4A's of Energy Securityに基づき分類することにより、各々の指標がエネルギーセキュリティの異なる事に焦点を当てているのかを明確にした。図 2に示す。また、過去に考案され



た

図 2　The 4A’s of Energy Security に基づく分類　(Kruyt et al., 2009)

指標を用いつつ、近年温暖化政策に切迫している西ヨーロッパのケーススタディを行うことによって、西ヨーロッパのエネルギーセキュリティの将来予測を行い、また過去に考案された指標の比較をした。しかしエネルギーセキュリティの向上策としての対策までは研究していない。

Gupta (Gupta, 2008)は石油が経済の基盤となる燃料であり、近年の石油価格高騰や供給途絶は経済への影響を与えるリスクとして指摘し、石油に対する脆弱性の指標を考案している。いずれも統計的手法を用い国と国を比較しランキングをつけることで、石油輸入依存また国際マーケットに依存する国々のリスクを分析した。然しながら、そのリスクを軽減する為の各国の政策については触れていない。

エネルギーセキュリティレベルの研究として山田（山田, 2007)は、統計的手法を用いた。山田はエネルギーセキュリティの従来研究では環境等を含めた広義のエネルギーセキュリティの定量的な評価が行われていないことを指摘した。山田は、エネルギーセ

キュリティを‘国際社会の一員として守るべき環境、安全といった「国際的公益」を含

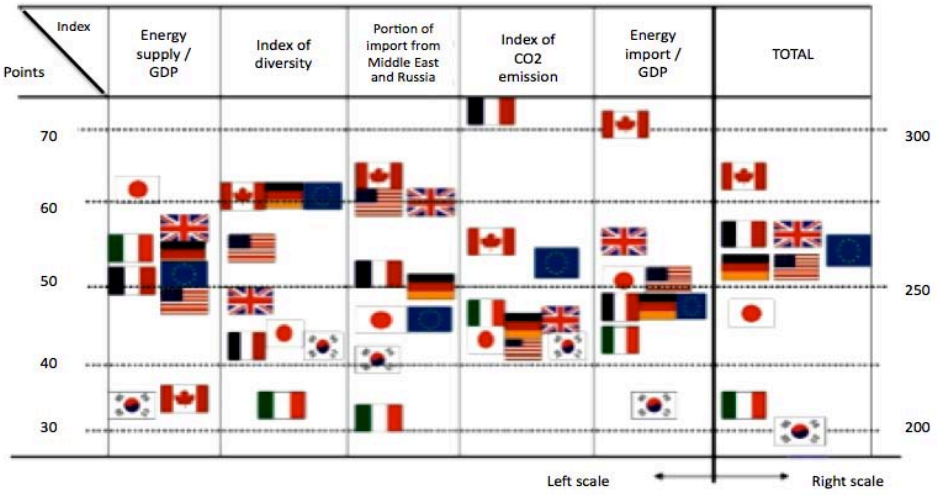


Fig. 3 Points of security on energy supply among advanced countries and area in 2004

図 3　先進諸国との比較における我が国のエネルギーセキュリティレベルの評価 (山田, 2007)

む global energy security’と定義した。その上で、エネルギーセキュリティ向上に向け、エネルギー需給構造に関し評価を行った。山田は我が国のエネルギー基本計画の基本方針である「安定供給の確保」「環境への適合」「市場原理の活用」という定性的な評価軸を定量的に示す指標を設定し、その上で達成度を定量化した。平均値を正規分布の中央とする統計的分析手法を使い、我が国のエネルギー政策を基準にして他の先進国の平均値をもとめ各国がその平均からどれだけ離れているかという相対的な位置関係を比較することによって我が国のエネルギーセキュリティレベルの定量的評価を可能にした。図 3 に示す。しかし、エネルギー政策は各国、各地域においておかれている重点が異なる。特に本研究で扱う東アジア地域は政治的にも経済的にも格差がある。従って各国または地域格差を考慮したエネルギーセキュリティレベルを測れる手法を考える必要がある。

各国のエネルギーセキュリティレベルを測れる手法として Lefevre（Lefe`vre, 2010）は新しい手法を考案した。Lefevre は ’Loss of welfare that may occur as a

result of a change in the price or availability of energy’ をエネルギーインセキュリティであると定義した。Lefevre はエネルギーインセキュリティが資源の偏在性に起因すると指摘し、国際マーケットの寡占化が経済にもたらす影響（リスク）を指標に設定することでエネルギーセキュリティレベルを比較した。 図 4 が示す様に、資源集中による物理的な供給不足がもたらすリスクとして ESPAI（Energy Security Availability Price Index）、国際マーケットの寡占であることによって価格変動がもたらす経済的リスクとして ESPI（Energy Security Price Index）という二つの指標を設定した。物理的な不足がもたらすリスクは、一国のエネルギー総供給量に占めるパイプラインベースの天然ガス輸入量を元に算出する。Lefevre はパイプラインベースの輸入天然ガスは何らか供給障害が生じた場合、他資源に切り替えることができないものとして物理的リスクと捉えられている。国際マーケット集中による価格変動リスクは、ハーフィンダル・ハーシュマン指数を用い、各輸出国の国際マーケットシェア及び輸出国の地政学的リスクでもとめられる。輸入国のエネルギー総供給量に占める各燃料シェアを重みづけすることにより、輸入国の価格変動リスクを算出する。Lefevre の研究では、複雑なエネルギーセキュリティという概念を簡易化することによって定量的分析を成功させたことと、今まで困難であった輸出国の地政学的なリスクが考慮されているという点で優れている。しかしながら、この研究では輸出国の地政学的リスクのみが国際マーケットの価格変動に潜在するリスクと捉えている点においては不十分である。

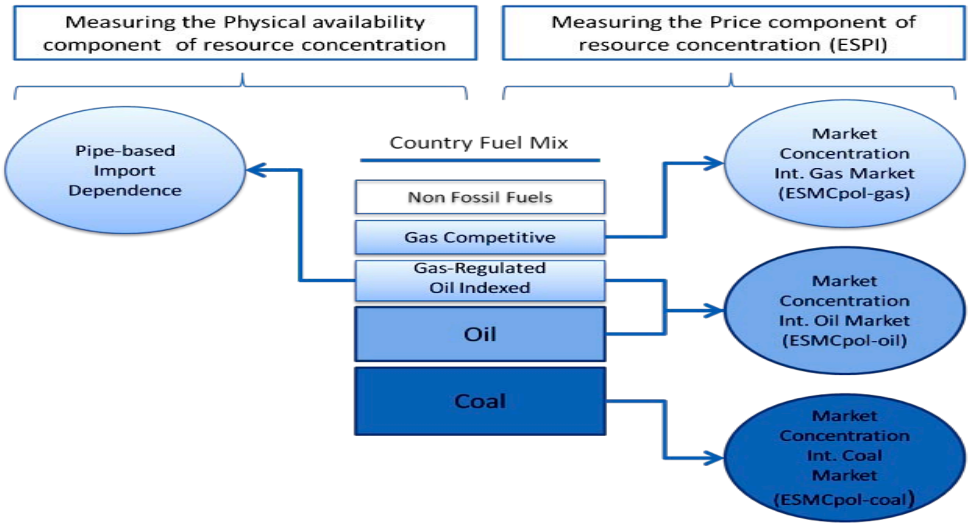


図 4　Energy Security Implication of Resource Concentration　(Lefe`vre, 2010)

そこで本修士研究では、地政学的リスクだけではなく、需要増大に伴う資源枯渇リスクを加え、また経済規模を考慮した指標でエネルギーセキュリティレベルを定量化する研究を行う。

1.4　本研究の目標と手順

この様に、東アジアの持続的な経済発展の為には、地政学的リスクだけではなく需要増大に伴う資源枯渇リスク及び異なるレベルの国々比較する為に経済規模を考慮したエネルギーセキュリティレベルの評価方法を考案する必要である。本研究においてそのモデリングと分析を行う。具体的には図 5 に示す手順に沿って研究を進める。

① 東アジアのエネルギーに関する現状分析
② 東アジアのエネルギーセキュリティの為のシミュレーションモデルの設計
③ 現在のエネルギーセキュリティレベルを評価する。
④ BAU の将来のエネルギーセキュリティレベルを評価する。
⑤ 各国毎のエネルギー政策目標に基づき What-If 分析を行い、将来のエネルギーセキュリティレベルを評価し、国を比較分析する。
⑥ 評価結果をもとに具体的なエネルギーセキュリティレベル向上策を検討する。

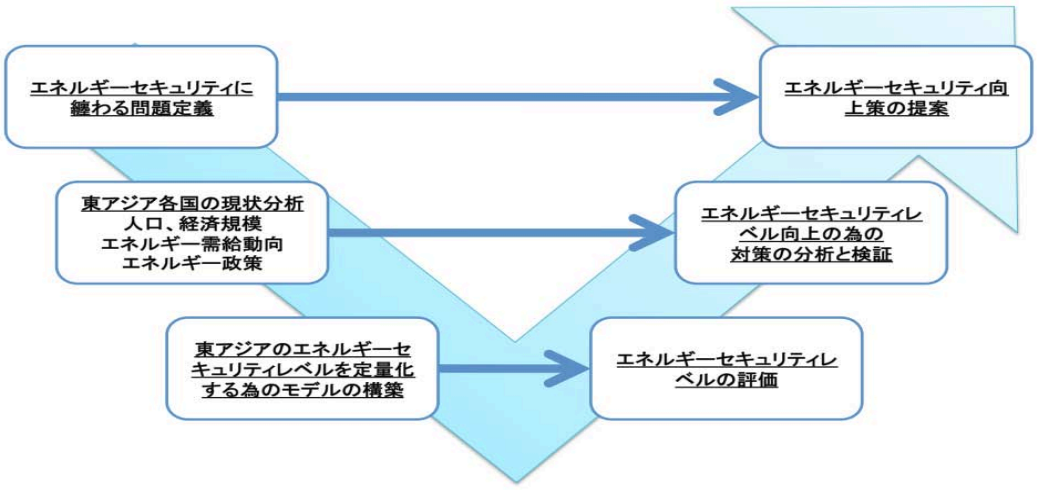


図 5　研究の手順と V モデル

1.5　本論文の構成

本研究の構成は、第2章で政治的にも経済的にも格差のある東アジアを研究し、各国の特徴とエネルギーに纏わる問題を抽出する。次に各国毎に導入されているエネルギー政策を比較する。東アジア地域のエネルギーセキュリティの確保を考えた際の、各国政策の政策効果と現状を述べる。

第3章では東アジアのエネルギーセキュリティレベルを定量化する為に、エネルギーセキュリティを詳細に定義、具体的な指標、評価手順を述べる。現状のエネルギーセキュリティレベルを測り、第2章で調査した各国毎のエネルギー政策の数値目標に基づきシナリオを構築し、現状導入されている政策の評価を行う。

第4章では、東アジア地域の中長期的なエネルギーセキュリティレベル向上策として

- 再生可能エネルギーの導入
- 原子力発電の利用促進
- 省エネの促進

による効果を定量的に述べる。また、本研究で提案する向上策の課題を検討する。

第 5 章では本研究を通して導き出された結論をまとめ、さらに今後の課題について述べる。

第 2 章　東アジアのエネルギー需給現状分析と問題定義

東アジアのエネルギー需要の急増は急激な人口増加と経済成長に起因すると言われている。本章では、将来的なエネルギーセキュリティレベルの向上策提案の為のモデリングを行う事を前提に、まずは東アジアのエネルギー需給に纏わる現状分析を行い各国における問題を抽出する。そして現在各国がその課題の対策として導入しているエネルギー政策とその数値目標を明確にする。

本章では以下のデータを参照して現状分析を行った。

- 人口データ：
  United Nations, World Populations Prospects; The 2008 Revision (United Nations, 2010)

- エネルギー資源埋蔵量：
  BP. “BP Statistical Review of World Energy June 2009 (BP, 2009)

- 経済データ、エネルギーデータ、エネルギー部門別データ：
  “APEC Energy Demand and Supply Outlook 4th Edition.” Asia Pacific Energy Research Centre. 2009 (APERC, 2009a)、
  Asia Pacific Energy Research Centre (APERC). Energy Statistics in Asia and the Pacific (1990-2006). APERC, 2009 (APERC, 2009b)

2.1　東アジア各国現状とエネルギー政策

2.1.1　中国

2.1.1.1　中国の現状と課題

■　人口と経済

中国の人口は 1990 年時点で 11 億人、2005 年には 13 億人に到達した。15 年間年平均 0.9%の成長率で増加し続けてきた。一人っ子政策を実施した結果 2030 年をピークに人口の増加は鈍化するが国連の見通しによると 2035 年には総人口は 14.6 億人までに上ると予測されており世界人口の 20%を占める。図 6 の示す様に経済成長においても中国は 1990 年-2007 年の間、7.6-14.2%で堅調に成長し続けてきた。2008 年時点で名目 GDP は 4 兆 4000 億ドルと中国は米国と日本に次いで世界第 3 位の経済規模を持つ国へと成長した。

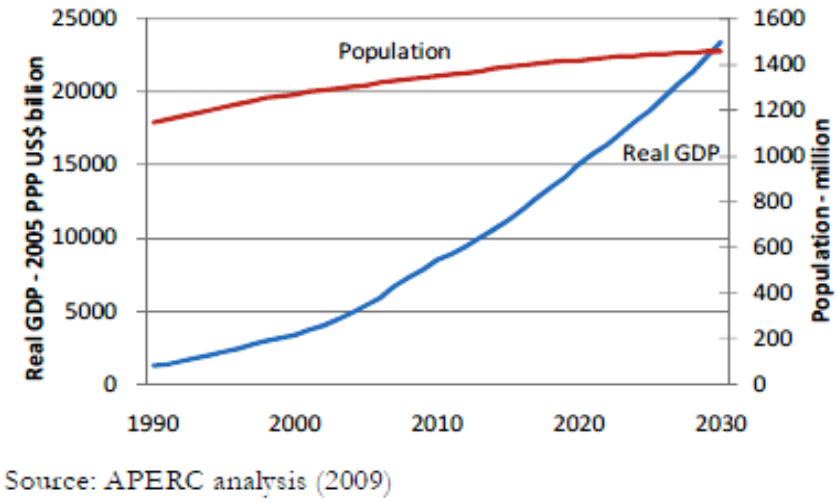


図 6　中国の人口と GDP

出典；APEC Energy Demand and Supply Outlook 4th Edition　（APERC, 2009a）

■　エネルギー資源

中国は東アジアの中では石油、天然ガス、石炭と比較的豊富な資源を保有している。特に石炭資源においては 1145 億トン、2007 年度の需要レベルで 44 年間相当の可採埋蔵量を保有している。石油については確認埋蔵量が 21 億トン、天然ガスの確認埋蔵量については 2460bcm、2008 年度の需要レベルで 30 年相当の資源量を保有する。それに加え中国は 400GW の水力発電の潜在性も持っており世界のどこよりもその潜在性は高い。

■　エネルギー需給

エネルギー構成のシェアにおいては、図 7 の示す様に 1990 年時点で 78%が石炭、18%が石油、天然ガスは僅か 2%である。それに対し 2005 年では石炭が 73%と依然として主要エネルギーとして圧倒的にシェアは高いものの 5%減っているのに対し、石油がその分 21%とシェアが伸びている。

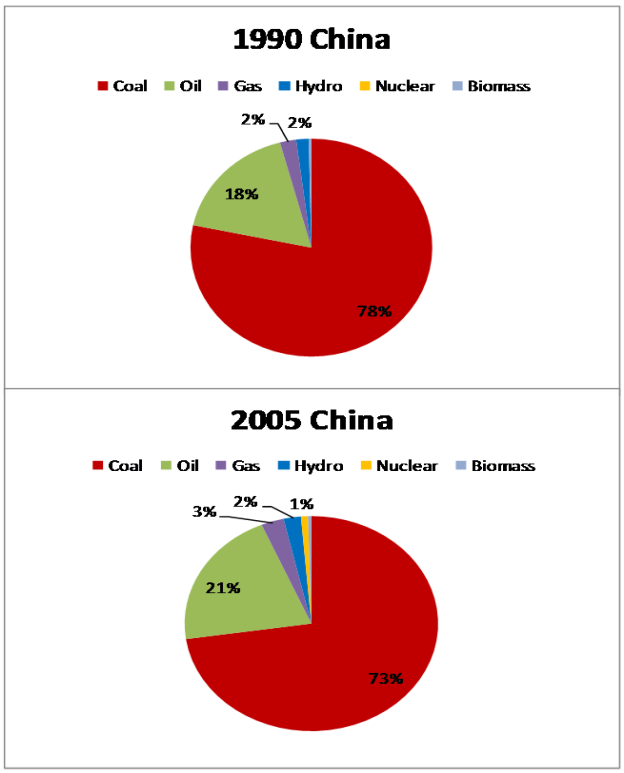


図 7　中国の一次エネルギー供給構成

Energy Statistics in Asia and Pacific (APERC, 2009b)を元に筆者作成

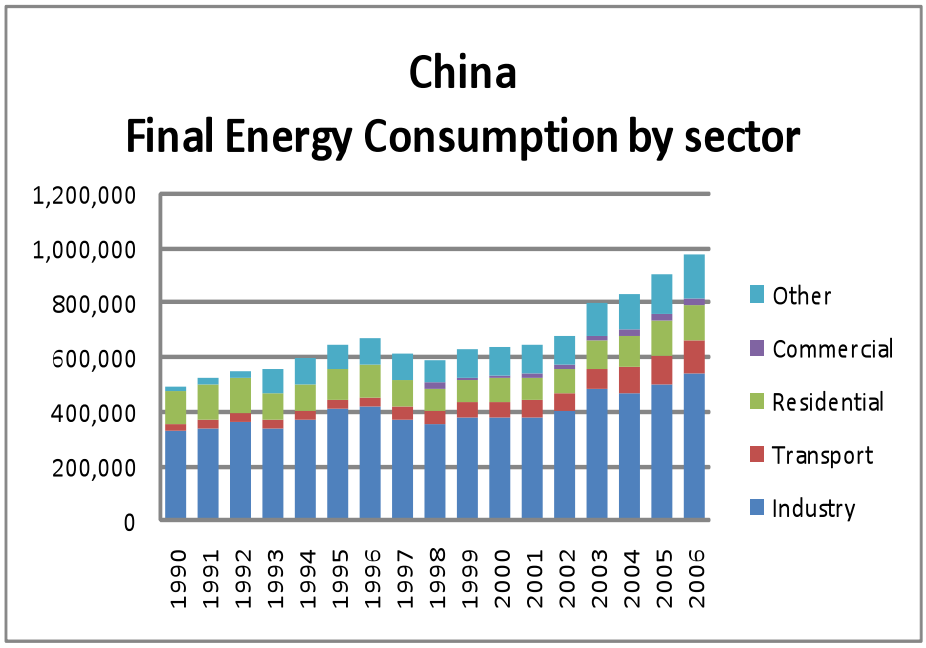


図 8　中国の一次エネルギー消費量（部門別）

(Energy Statistics in Asia and Pacific (APERC, 2009b)を元に筆者作成)

図 8 は部門別のエネルギー消費構成を示す。部門別にみると産業部門が最も大きな成長を示しており、2006 年時点で一次エネルギー消費量の 43.8%産業部門が占める。その次に高い需要の伸びを示している部門は輸送部門である。2000－2005 年の間で輸送部門は年率 9.1%で消費が伸びている。 その要因としてはモータリゼーションの進展により急速に自動車の普及が伸びていることが輸送部門の消費拡大の原因と考えられる。アジア／世界エネルギーアウトルック 2009 (IEEJ, 2009)の報告によると、表 1 が示す様に中国は 1980 年の自動車の保有台数は約 200 万台であったのに対し、2007 年には 4200 万台の約 20 倍に急増している。

表 1　自動車の保有台数の推移と予測

アジア／世界エネルギーアウトルック 2009 (IEEJ, 2009)を基に筆者作成

(単位/百万台)

	実績		予測		年平均伸び率(%)		
	1980年	2007年	2020年	2030年	2007/1980	2020/2007	2030/2020
中国	2 (1.8)	42 (31.8)	123 (86.2)	232 (158.4)	12.4	8.6	6.5
インド	2 (2.4)	18 (15.9)	50 (36.7)	82 (55.6)	9.2	8.1	5.1
インドネシア	1 (8.7)	8 (34.1)	15 (60.1)	26 (97.1)	6.8	5.4	5.6
シンガポール	0 (102.9)	1 (159.2)	1 (159.8)	1 (170.3)	4.0	0.7	1.0
日本	38 (324.2)	76 (592.6)	75 (612.8)	75 (648.9)	2.6	-0.1	-0.1

カッコ内は千人当り自動車保有台数(台/千人)

その結果、国内石油生産と石油精製能力を拡大しても、急激なディーゼルとガソリンの需要を十分に満たすことができず、中国は石油需要の増加分を輸入、国際石油マーケットに依存するようになり、国際的にも大きなインパクトを与えている。また、中国は 1993 年に石油輸出国から輸入国に転じた。2003 年には我が国を抜いて米国に次ぐ世界第 2 位の石油消費国となり、2004 年には米国、日本に続く世界第 3 位の石油輸入国となった (Zhao, 2008)。また、2004 年には急速な経済成長に伴い深刻な電力不足、石炭の供給不足も発生している。エネルギー需給ギャップは中国の持続的発展の阻害要因となったと考えられる。

2.1.1.2　中国のエネルギー政策

この様な状況の下で、中国政府は中長期的なエネルギー政策として2004年6月に「エネルギー中長期発展企画　(2005～2020 年)」を公表しており、以下の 8 つの方針を公表している。

① 省エネを最重要対策とし、エネルギー効率を高める

② エネルギー構成を最適化し、各エネルギー源の多様化戦略を堅持する

③ エネルギー資源開発地域的配分を合理的にする

④ 国内・海外の両資源を活用する

⑤ 科学技術の進歩と確信を推進し、管理方法を強化する

⑥ 環境保護を強化し、資源の制約と環境の負荷を考慮する

⑦ エネルギーの安全を高度に重視し、エネルギー供給の多元化進める

⑧ エネルギー開発の支援政策を制定する

また中国政府は2006年3月に2006年から2010年まで第11次五カ年計画を公表している。五カ年計画はあらゆる経済問題を統括する中国政府の経済政策の集大成であり、第11次五カ年計画には、経済成長、経済構造、人口、資源、環境、公共サービスと人民活動分野について数値目標を定めている。　第 11 次五カ年計画に定める数値目標には**エラー! 参照元が見つかりません。**の表 2 の示す様に「所期性目標」と「拘束性目標」に分けられる。前者は市場により達成されるべき目標で、政府はそのための環境整備に努力するという位置づけであり、後者は政府が公共資源の合理的な配置や行政力の有効活用にて必ず実現しなければならない目標と定義されている(NEDO, 2006)。

表 2　第11次５カ年計画の主要目標

出典：第11次5カ年計画に示された中国経済の方向性 (三菱東京UFJ銀行, 2006)

	第11次（2006～2010）		第10次（2001～2005）	
	目標		目標	実績
実質GDP成長率（年平均、%）	7.5	所期性	7	9.5
１人当りGDP（元）	19,270	所期性	9,400	13,985
研究開発費のGDP比（%）	2.0	所期性	1.5	1.3
単位GDP当りエネルギー消費量（%）	▲20	拘束性	n.a.	n.a.
単位工業生産当り水使用量（%）	▲30	拘束性	n.a.	n.a.
主要汚染物質総排出量（%）	▲10	拘束性	▲10	▲10未達
都市部平均可処分収入伸び率（年平均、%）	5	所期性	5	9.6
農村部平均純収入伸び率（年平均、%）	5	所期性	5	5.3
耕地保有面積(億ha)	1.2	拘束性	1.28	1.22
都市部年金保険加入者数(億人)	2.23	拘束性	n.a.	1.74
新型農村医療制度加入率(%)	80	拘束性	n.a.	23.5

第 11 次 5 カ年計画の中でエネルギーに関連する数値目標には以下の内容があげられる。

- 2006～2010 年の年平均経済成長率 7.5%
- 2010 年に対 2000 年比で一人当たりの GDP を 2 倍
- 2006 年にエネルギーの GDP 原単位 5%改善
- 2010 年にエネルギーの GDP 原単位を 20%削減

第 10 次 5 カ年計画時点では実質経済成長率の目標が 7%であったのに対し、第 11 次 5 カ年計画では 7.5%という目標を掲げている。中国は今後も堅調に経済成長をしていくという積極的な目標を設定している。この政府目標を達成する上でも、エネルギーセキュリティの確保は政府の最重要課題とされている。第 11 次 5 カ年計画に含まれる資源・エネルギー・環境分野に関連する具体的な要旨は以下の通りである。

- 省エネルギーの促進、エネルギー効率の向上
- 国産エネルギー供給に立脚、石炭資源を基礎とする、
- エネルギー源の多様化
- 需給構造の最適化
- 国際協力の推進
- 安定的・経済的・クリーン・安全なエネルギーの供給体制の構築

エネルギー中長期発展企画同様、ここでも中国政府は省エネの促進を強調している。エネルギー源の多様化に伴い、天然ガスや再生可能エネルギーなどのエネルギー源のシェアが拡大するものと期待される。しかしながら、中国は経済成長とともに拡大するエネルギー需要を満たすには引き続き埋蔵資源を豊富に持つ国産エネルギーである石炭、そして石油を中心とした消費構造が続くと見込まれる。中国にとっては環境面またエネルギーセキュリティの面からみても省エネの促進が重要課題となっていくことが考えられる。

2.1.1.3 エネルギーセキュリティに関連する取組

以上の様に、中国が持続的な経済成長をしていく為にはエネルギーセキュリティの強化が必要であり、その対策として省エネルギー政策が中国にとって重要課題となってきたことが解る。本節では中国のエネルギーセキュリティ強化の対策として、具体的にどの様な政策があり、またどの様な目標値を掲げているか政策別に述べる。

A) 省エネルギー政策

前述した通り、2006 年に発表した「第 11 次 5 カ年計画」では 2010 年までに単位 GDP 当たりのエネルギー消費量を 20%削減する目標が掲げられている。また中国的能源状況にも省エネの促進は経済と社会の発展の為の国家戦略だと述べている。省エネルギー政策の具体的対策としては、産業構造の改善、省エネ技術の促進、金融政策の活用、行政指導の強化、省エネ基準の強化、新エネ導入の促進、国際協力の推進、エネルギー価格の改革、省エネ宣伝の強化などがあげられる。以下表 3 に近年における中国の省エネルギー政策の取り組みを示す。

表 3　近年における中国の省エネルギー政策の概要 (IEEJ, 2010)

2010年5月4日	省エネ基準を満たさぬ企業を対象に「懲罰制電気料金」を導入発表
2010年4月29日	中国・EU首脳会談で「中欧エネルギーセンター」の北京設置決定
2010年4月28日	中国国務院「第11次5カ年計画」の省エネ目標を達成する為に一層の省エネ対策を決定
2009年11月26日	中国政府、2020年までにGDP原単位あたりのCO2排出量を2005年比で40-45%減らす目標を発表
2009年8月	「省エネルギー法」が施行
2006年3月	エネルギー11次5カ年計画で「省エネ推進」-2005年より単位GDPあたりのエネルギー消費を20%削減を目標に掲げる
2006年4月	「省エネルギー中長期計画」発表

B) 原子力政策

中国政府は“原子力発電を積極的に開発する”との方針を打ち出している。原子力発電設備容量を現在の 900 万 kW から 2020 年には総発電施設容量の 4%前後に相当する 4000 万 kW 程度に拡大する目標を掲げている。

具体的な政策としては、以下に示す通りである。

- 原子力発電基地の建設の加速
- 先進適用技術の優先展開
- 核燃料サイクルの生産力および技術水準の向上
- 先端エネルギー技術研究の強化

C) 再生可能エネルギー政策

再生可能エネルギーがエネルギーの供給拡大、エネルギー構造の改善、環境保護、エネルギーの需要供給を解決するべく代替資源として、再生可能エネルギーの開発をエネルギー政策の優先課題と考え、中国政府は2006年1月にアジア最初の「再生可能エネルギー法」を施行した。この法律は再生可能エネルギーの開発及び促進を目的としたものであり、再生可能エネルギーの開発と利用促進のための特別基金も設立している（中華人民共和国中央人民政府, 2007)。中国政府は一次エネルギーに占める再生可能エネルギーのシェアを 2010 年には 10%、2020 年には 16%にするという目標を掲げている。

以上の様に、中国は大規模な人口と経済成長対し資源が不足していることを認識し、持続可能な経済成長の為には、エネルギーセキュリティはエネルギー政策の最重要課題としている。その解決策として省エネルギー政策が基本政策として打ち出されているが、中国には地域格差があり中央政府が全容を把握することが困難であるという大きな問題があり、省エネを計画通りに遂行するにあたり一つの阻害要因となっている。

2.1.2　インド

2.1.2.1　インドの現状と課題

■　人口と経済

インドは中国に続く世界第 2 位の人口を持つ国として、中国と同様に今後の発展が世界的にも注目されている。国連世界人口推計によるとインドは 1990 年時点で 849.5 百万人の人口を有し、1.7%年平均伸び率で 2005 年に 10.9 億人に到達、2035 年には中国を抜く世界最大の 16.5 億人の人口となると予測されている。

図 9 が示す様に経済成長においても 1990 年には名目 GDP は僅か 2739 億ドル(2000 年 US$価格）であったのに対し、2005 年時点では 6548 億ドルと年平均伸び率 6%超で急成長をしている。インドは 1991 年以来貧困問題や失業問題の解決を目的として経済成長を 4 倍にするという経済改革期にあり、Paul ら (Paul and Rabindra, 2004)は、この様な経済成長や産業化、都市化はエネルギー消費を増大させる要因である指摘している。またエネルギーの供給不足が頻繁に起こることは経済成長の阻害要因の一つであるとも述べている。

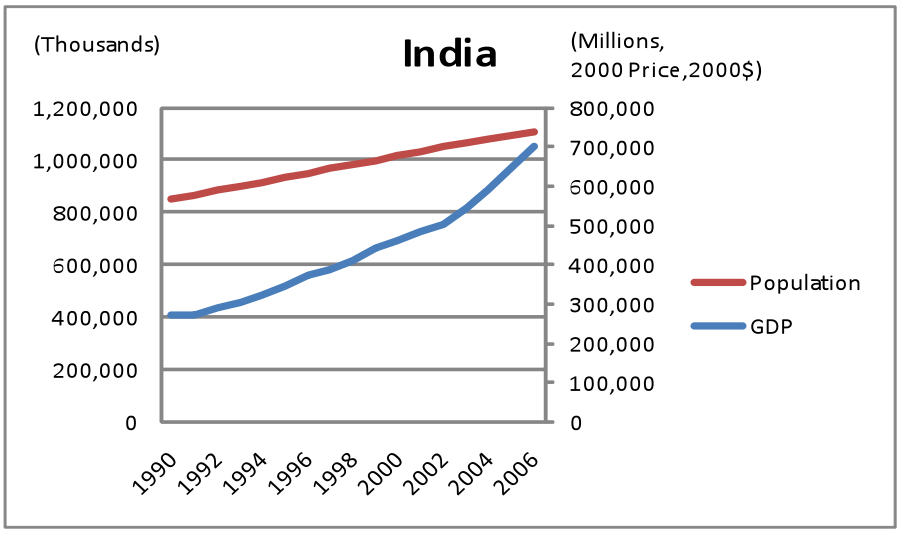


図 9　インドの人口と GDP

(Energy Statistics in Asia and Pacific（APERC）を元に筆者作成)

■　エネルギー資源

インドは中国同様多くの石炭資源を保有する。石炭においては、2008 年時点で 58.6 億トンの確認埋蔵量があり世界シェアの約 8%を占める。しかしながら、石油や天然ガスなどに関しては僅かの資源しか保有しない。

■　エネルギー需給

インドのエネルギー供給構成は、2005 年のエネルギー総供給量が 379 万トンのうち、最も大きいシェアを占める主力エネルギーは石炭の 55%、続き石油が 34%、天然ガスとなっており、年平均伸び率 4.8%で需要が上昇している。しかしながら図 10 と図 11 の示す様にインドは石炭、石油ともに国内需要を満たすに足りる国内産エネルギーの生産が追いつかない為に輸入量が 1990 年から年々拡大している。またインドでは急速な経済成長に伴う電力の供給不足も深刻化している。

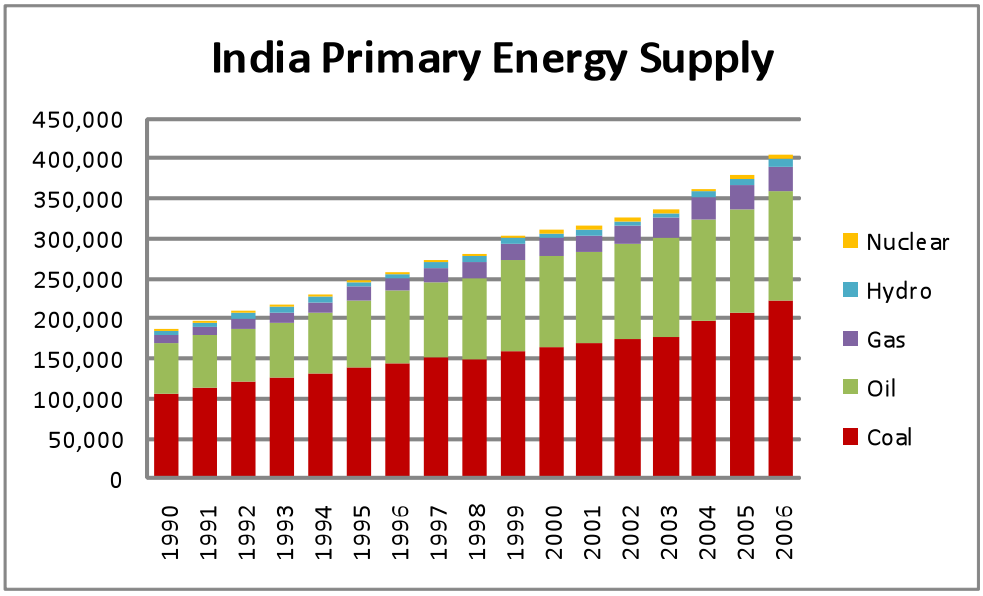


図 10　インドの一次エネルギー供給構成の推移

(Energy Statistics in Asia and Pacific（APERC）を元に筆者作成)

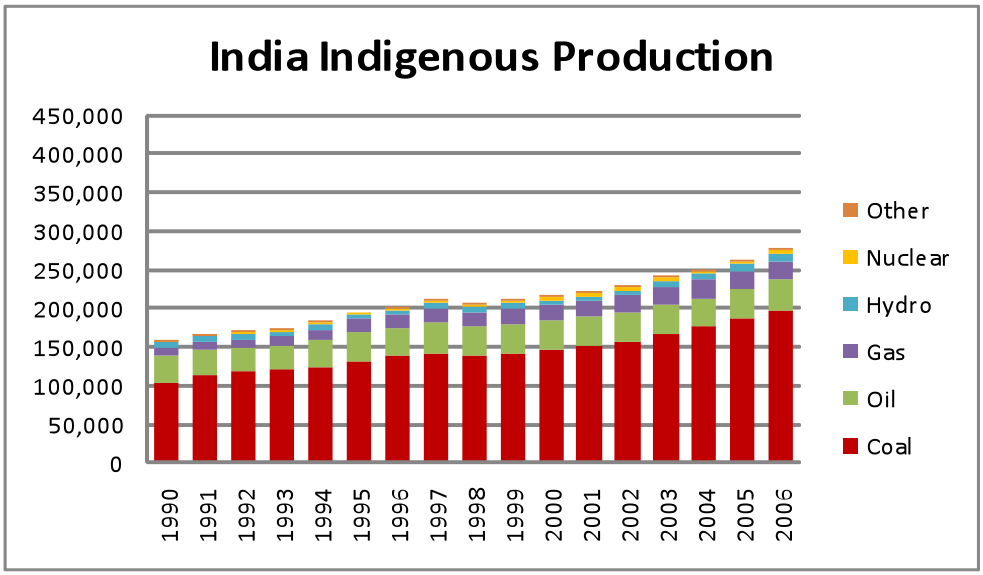


図 11　インドの国内生産エネルギーの推移

(Energy Statistics in Asia and Pacific（APERC）を元に筆者作成)

拡大する輸入依存は、エネルギーの価格高騰や国際マーケットの価格変動による輸入コストの上昇など、インドの経済や国民へ負担を与える要因となっており、エネルギーの安定供給はインドにとって重要な課題となっている。

2.1.2.2　インドのエネルギー総合政策

この様な背景の下に、インド政府は 2000 年に中長期的なエネルギー政策として Indian Hydrocarbon Vision 2025 を発表しており、インドのエネルギー基本政策となるものである。Indian Hydrocarbon Vision　2025 では、エネルギー政策においてエネルギーセキュリティは最重要課題と述べており、Hydrocarbon が今後のインドの経済成長が重要な役割を担い、将来的にインドに必要となるエネルギーになると述べている。続き 2006 年 8 月に発表された Integrated Energy Policy「総合エネルギー政策」 (Government of India Plannining Comission , 2006) においても以下の様な記述がある。

'The broad vision behind the energy policy is to reliably meet the demand for energy services of all sectors including the lifeline energy needs of vulnerable households in all parts of the country with safe, clean and convenient energy at the least-cost. This must be done in a technically efficient, economically viable and environmentally sustainable manner using different fuels and forms of energy, both conventional and non-conventional, as well as new and emerging energy sources to ensure supply at all times with a pre-scribed confidence level considering that shocks and disruption can be reasonably expected. **In other words, the goal of the energy policy is to provide energy security to all**'

この総合エネルギー政策の特徴としては、従来エネルギーから新エネルギーと全てのエネルギーを扱い、環境や国民の安全を配慮にいれた広範な意味のエネルギーセキュリティの確保の必要性を目的としていることである。このIntegrated Energy Policyの中でエネルギー需給の課題に対する具体的な対策としては以下の通りとなっている。

- エネルギー効率向上・省エネを通じた需要の抑制
- エネルギー資源・供給の増加
- 効率的な燃料選択や代替
- 石油輸入の促進
- 電力部門の改革仮想と発電コストの低減
- 再生可能エネルギーの推進と地方電化
- エネルギー安全保障の効果
- エネルギー研究開発の促進と集中
- 家庭エネルギー安定供給、貧困層への政府給付

2.1.2.3　エネルギーセキュリティに関連する取組

この様にインドの課題を解決する為の対策として、インド政府は化石燃料の安定供給とともに、原子力発電、新・再生可能エネルギーの促進、省エネルギーへの取り組みを強化する方針を打ち出している。以下に具体的な政策を述べる。

A) 新・再生可能エネルギー政策

インドには豊富な新・再生可能エネルギー資源が存在する。以下表 4 に示す。インドでは新・再生可能エネルギーの導入・利用促進はエネルギー資源の多様化、国産エネルギーの選択支拡大など、エネルギーの安定供給確保に貢献するとされ、Ministry of Non-Conventional Energy Sources が新・再生可能エネルギーの取組を強化している。実際に今までの取組によってインドは風力発電において世界第 5 位の市場規模を持つ。政府新エネの具体的な目標しては、太陽光を除き、2022 年までに 5,400 万 kW の設備能力達成という目標を掲げている。また新・再生可能エネルギーの導入・利用促進するにあたり具体的な制度面の政策としては、The Electricity Act 2003, National Electricity Policy 2005 を発表している。

表 4　Renewable energy in India (Government of India, 2010)を基に作成

Source System	Estimated potential	Cumulative installed capacity
Wind Power	45,000 MW	3595 MW
Biomass Power	16,000 MW	302.53 MW
Bagasse cogeneration	3,500 MW	446.00 MW
Small hydro	15,000 MW	1705.63 MW
Waste energy		
Municipal solid waste	1,700 MW	17 MW
Industrial waste	1,000 MW	29.50 MW

B) 原子力政策

インドはインド国内に膨大なトリウムが賦存する為、国内産資源の有効利用またエネルギーセキュリティの向上の為に原子力の利用と開発に力を入れている。Integrated Energy Policy には原子力開発の 3 段階計画が述べられている。またインドの原子力計画にとって高速増殖炉（FBR）の開発が重要課題とされている。高速増殖炉の技術がなければ現状の国内産のウランの資源量では10,000MWe の発電は難しいとされているが、高速増殖炉の発電技術が可能になれば、2020 年までには 20,000MWe の原子力発電が可能となると期待されている。

C) 省エネルギー政策

インドでは 2001 年に The Energy of Conservation Act を発効し、エネルギー多消費産業へのエネルギー診断の実施、エネルギー診断士の設置等を義務付けている。その後 2002 年 3 月に省エネ推進機関として、電力省の(BEE: Bureau of Energy Efficiency)が省エネ政策の立案・推進を目的として設立された。また 2006 年 8 月に策定されたでは Integrated Energy Policy インドの課題とする低いエネルギー効率の改善をすることを課題とし、省エネルギーの推進、即ちエネルギーの需要の抑制（Demand Side Management）を通じてエネルギーの供給拡大を図るとしている BEE の Annual Report では (Bureau of Energy Efficiency, 2010) によればその具体的な省エネのポテンシャルは以下の図に示す通りとなっている。

この様に、インドは国内のエネルギー問題の課題解決の為に、原子力発電の導入拡大、や新・再生可能エネルギー、また省エネルギーの推進による国内のエネルギー需要の抑制強化が不可欠である..

2.1.3　インドネシア

2.1.3.1　インドネシアの現状

■　人口と経済

インドネシアは17,508個以上の島からなる世界最大の列島国家である。人口においても2008年には2億2千7百万人と世界第4位の人口を有している。

経済規模においては1990年から年平均伸び率4.4%の割合で上昇し続け、2005年時点では2080億ドル、2008年には5107億ドルと中国と同様に急速な経済成長をしていっている。

■　エネルギー資源

一方エネルギー資源は、列島国家であるにも関わらず東アジアの中では豊富な資源を保有している。 BP Statistical Review of World Energy 2009によると、石油の確認埋蔵量におけるシェアは0.5%、可採年数が20.7年、続き天然ガスのシェアが1.7%、可採年数45.7年、石炭のシェアは0.5%、可採年数が19年と報告されている。特に石油においては東アジアで唯一のOPECの加盟国であった。しかしながら図 12の示す様に生産量の低下と国内の需要の増加に伴い2004年にOPECを脱退し石油純輸入国と転じ、今日ではアジアの石油輸入依存度の上昇の要因の一つとなっている。またインドネシアはLNGにおいても世界最大の輸出国であったが、内需の拡大により2006年時点でカタールにその地位を譲ることになった。インドネシアは化石燃料のみならず非枯渇性エネルギーである水力、地熱、バイオマスやなどの再生可能エネルギーの潜在性も高く、近年では開発利用促進が進められている。

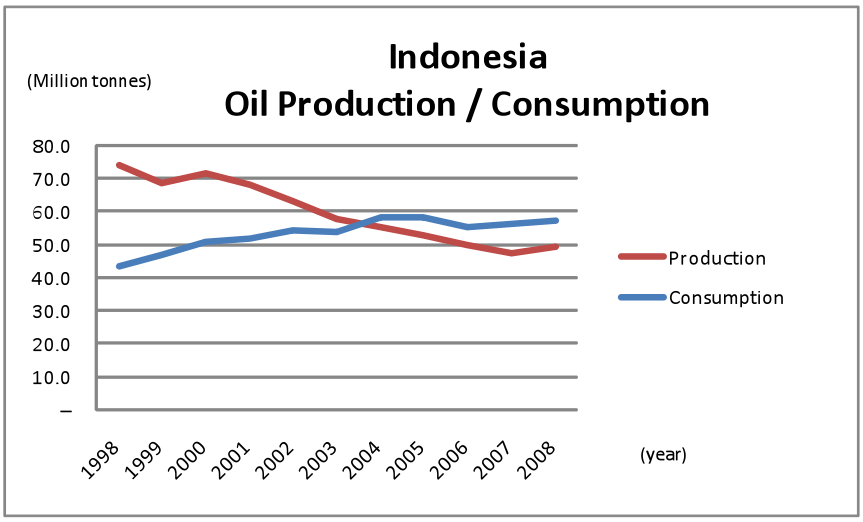


図 12　Indonesia Oil Production / Consumption 1998-2008

(BP Statistical Review of World Energy 2009 を元に筆者が作成)

■　エネルギー需給

一次エネルギーの供給構成においては、1990 年と 2005 年ともに主要エネルギーとして 50%以上が石油で 1990 年に比べ 2005 年時には 5%減、その分石炭のシェアが 7%から 18%へと伸びており、石油輸出国から石油純輸入国に転じた影響がエネルギー供給構造においても見ることができる。また、天然ガスにおいても 1990 年のシェアが 32%であるのに対し、2005 年には 29%と減少しており、国内のエネルギー供給構成に変化がみられる。図 13 に示す。

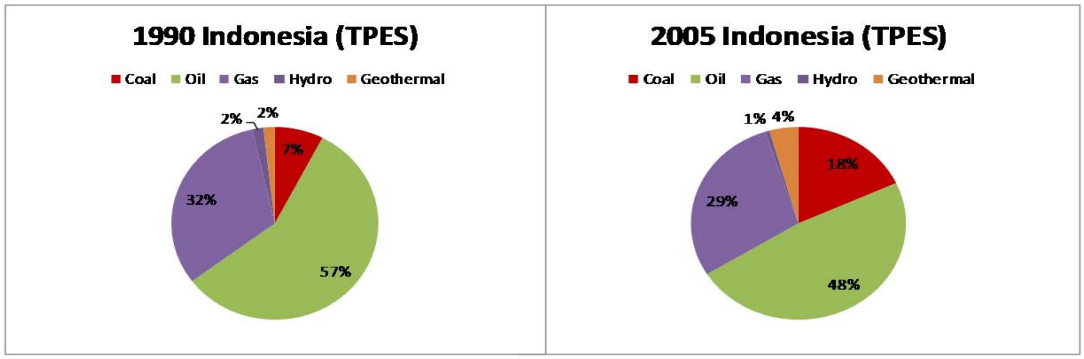


図 13　インドネシアの一次エネルギー需要

(Energy Statistics in Asia and Pacific（APERC）を元に筆者作成)

2.1.3.2　インドネシアのエネルギー政策

以上の様にインドネシアは石油や天然ガスという豊富な資源を所有し、アジアでの数少ない輸出国でもあった。しかし内需が拡大したことにより、国内の需要に対し生産が追い付かず 2004 年から石油においては、輸入に依存することになった。またその量は年々と増加している。この様な状況をインドネシア政府は危機的状況と認識している。

この様な状況の下、インドネシア政府は 2004 年 3 月に国家エネルギー計画を発表し、国家の持続的可能な経済成長と便益の為に必要とするエネルギーの安全保障、即ちエネルギーセキュリティを確保することを目的としている。続いて 2005 年に国家エネルギー政策（大統領令第 5 号）を発表としている。具体的なエネルギーセキュリティの確保の為の対策としては以下の事が掲げられている（IEEJ, 2006）。

供給サイドの政策としては、

- エネルギー供給能力の向上
- エネルギー生産の最適化

需要サイドの政策としては、

- 省エネルギー
- エネルギー利用の効率化
- エネルギー資源の多様化

エネルギー資源の多様化政策の主目的としては、一次エネルギー需要における石油のシェアを減らすことである (Othman et al, 2009)。具体的なエネルギー多様化政策として、インドネシア政府は 2025 年までのエネルギーミックスの詳細な数値目標が掲げている。図 14 に示す様に一次エネルギー需要に占める石油の割合が 20%以下、石油を 20%以下にする為には天然ガスが 30%以上、石炭が 33%以上、新エネルギー・再生可能エネルギーがその残りで 17%というエネルギー構成となっている。これは、近年続く原油価格高騰のもと、石油は政府補助金を増加させ国の財政を圧迫することから、石油は輸出にまわし相対的に価格の低い石炭や天然ガスで内需を満たす方が経済効率が良いという考え

によるものである。特に天然ガスにおいては、ガスの輸出と国内需要の双方を投資による増産で賄い、大輸出国としての地位を維持すると 2007 年インドネシア・ガス会議にてユドヨノ大統領が表明している。国内ガス政策においても政府は国内のガスの利用を奨励している。

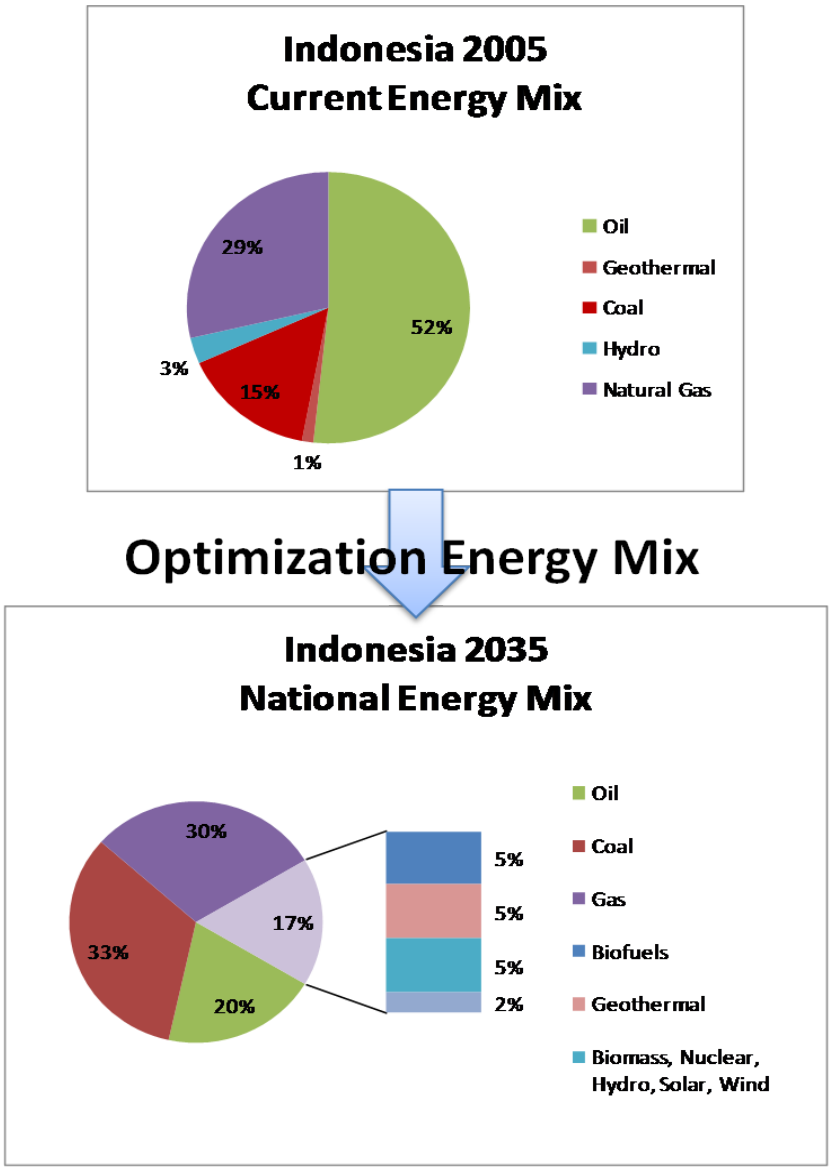


図 14　大統領第 5 号に定める 2025 年エネルギーミックス

National Energy Policy and Recent Development in Indonesia を元に筆者作成

国家エネルギー政策では、最適なエネルギーミックスを目標とする以外にエネルギー消費量率（Energy Elasticity）[3]を毎年1%減にするという意欲的な目標も掲げている。エネルギー多様化政策の中にも示されるように、インドネシアは一次エネルギー需要の石油のシェアを20%に抑制する事に貢献する代替エネルギーとして、新エネルギー・再生可能エネルギーに期待をしている。中でもインドネシア政府はバイオ燃料産業が雇用機会を増加させ、国民の購買力を高め、さらに輸出することも可能であることから、バイオ燃料の推進に積極的に取組を行っている（East Asia Summit/Energy Cooperation Task Force, 2009）。具体的な数値目標は以下の図 15 に示されるように2025年までに陸上輸送部門のディーゼル油の代替燃料として20%をバイオディーゼル油に、ガソリンの代替燃料として15%をバイオエタノールにすると定めている（APERC, 2009）。

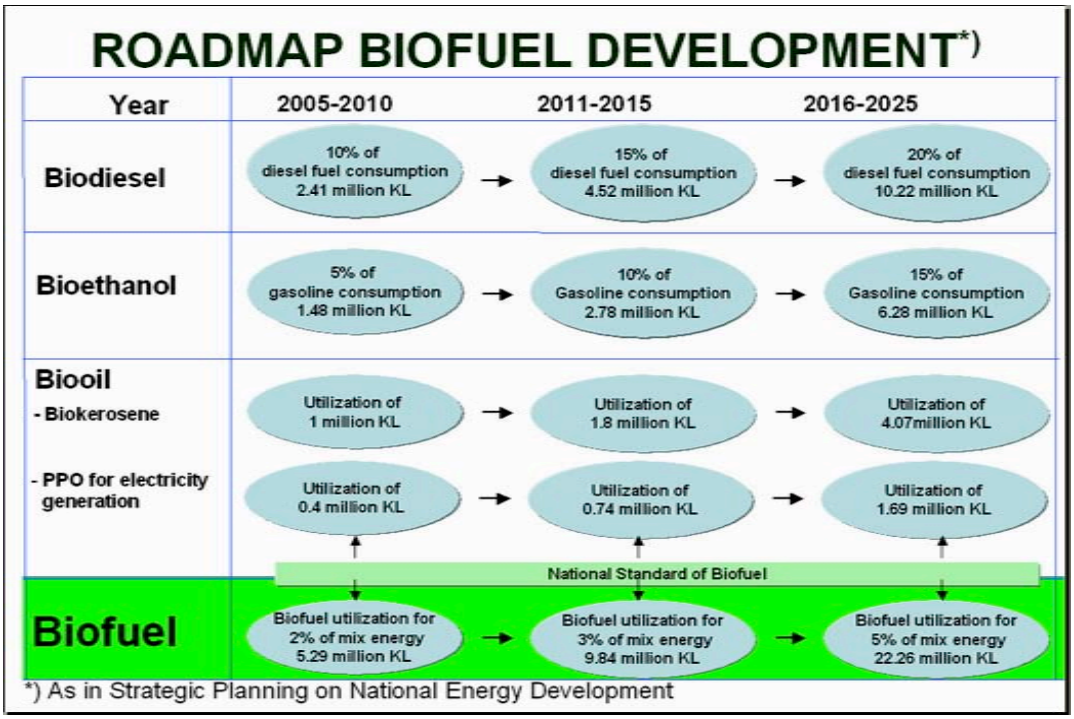


図 15　Roadmap Bio-fuel Development

出典：East Asia Summit/Energy Cooperation Task Force, 2009）

[3] エネルギー消費の増加率と経済成長率の比でエネルギー利用効率を見る為に使われる指標

2.1.4　日本

2.1.4.1　我が国の現状と課題

■　人口と経済

我が国は2006年時点で実質GDPは4兆1960億ドル（2005US$ at PPP）と米国に次いで世界第2位の経済規模を持ち、2030年までに年平均伸び率1.2%で経済成長をしていくと見込まれている。人口においては2006年時点で約1億2800万人を保有するが2030年に向けて年率0.4%で減少傾向、また高齢化が進むという問題を抱えている。しかしながら、我が国の持つ技術開発力で今後も堅調に経済発展を維持すると予測されている（APERC, 2009a）。

■　エネルギー資源

我が国は資源小国である。その為我が国はエネルギー資源のほとんどが輸入に依るものである。2006年時点で我が国は一次エネルギー総供給量の82%を輸入しており、資源別における輸入量の割合は石油が99%、石炭が99%、天然ガスが96%となっている。この様な状況の下、近年の国際マーケットの価格変動や原油価格高騰の世界情勢は、我が国の経済に大きな影響を及ぼすリスクとなっている。過去2度のオイルショックを経験し我が国はこの輸入依存度の低減を図ってきたが、依然として輸入依存率は高く今後も政策的に取り組む必要がある。

■　エネルギー需給

図 16の示す様に2005年時点で我が国の一次エネルギーの供給構成は約48%が石油、次いで21%が石炭、天然ガスが13%とその大部分が化石燃料でしめている。前節でも述べた通り我が国は化石燃料の 82%を輸入に依存しており、主にアラブ首長国連邦、サウジアラビア、イラン、カタールやクェートという政治的に不安定な中東地域からの輸入に依存をしている（METI, 2009）。図 17に我が国の原油の輸入元を示す。特に石油

における中東依存率は 1985 年の 68%から 2006 年には 89%と継続的に増加しており、その要因としてはアジア域内の石油輸出国であったインドネシアや中国が内需の拡大により輸入国へと転じたことが考えられる。

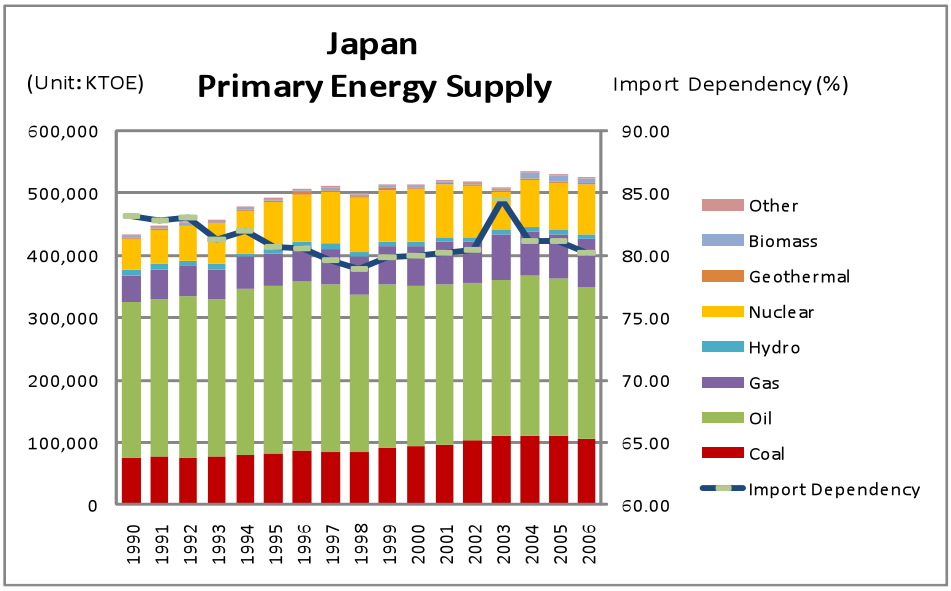
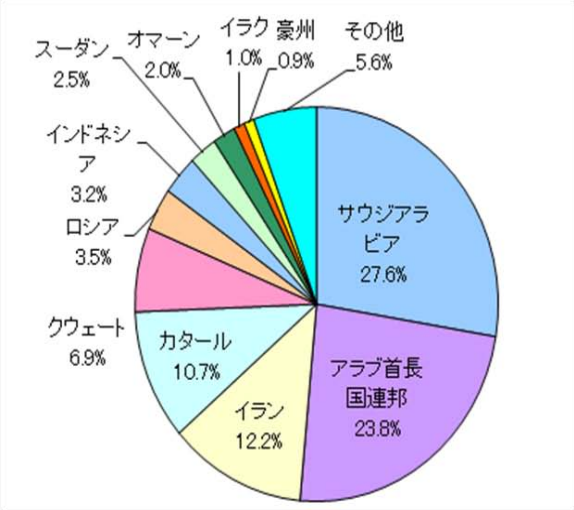


図 16　我が国の一次エネルギー供給と輸入依存率

Energy Statistics in Asia and Pacific（APERC）を元に筆者作成



第213-1-2　原油の輸入先(2007年度)

（単位:%）

サウジアラビア	28%
アラブ首長国連邦	24%
イラン	12%
カタール	11%
クウェート	7%
ロシア	3%
インドネシア	3%
スーダン	2%
オマーン	2%
イラク	1%
豪州	1%
その他	6%

資料:経済産業省「資源・エネルギー統計年報」

図 17　我が国の原油の輸入先

出典：経済産業省、資源エネルギー庁、エネルギー白書 2009 (METI, 2009)

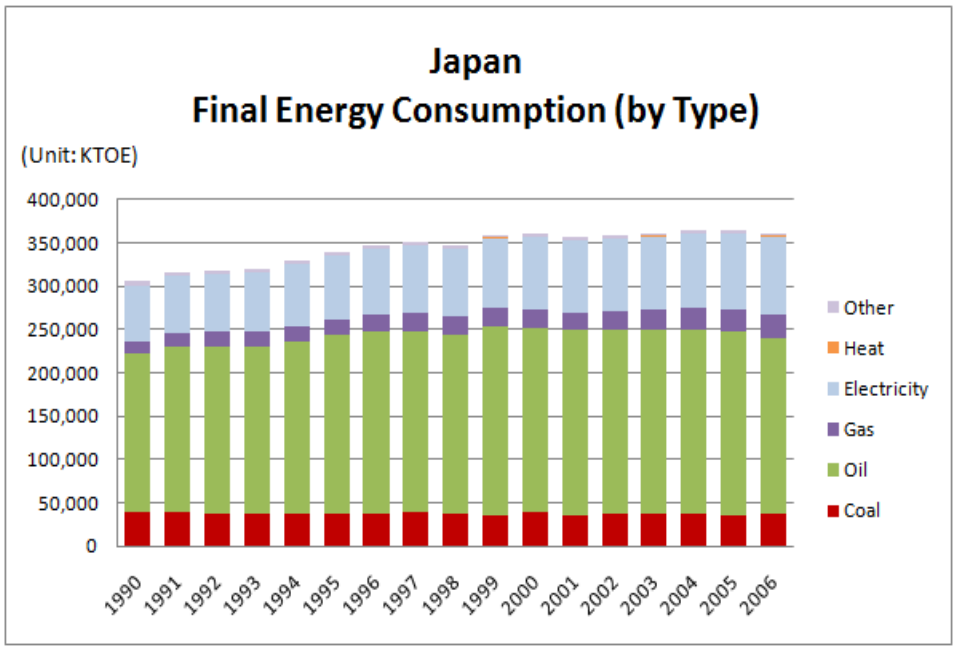


図 18　我が国の一次エネルギー消費量の推移

Energy Statistics in Asia and Pacific（APERC）を元に筆者作成

一方最終エネルギー消費量においては、我が国は世界第 5 位のエネルギー消費大国であり、世界第 3 位の電力の消費及び生産国である。(Gasparatos and Gadda, 2009)。経済発展、所得水準に向上に伴ってエネルギー消費の高度化に伴い、世界的にも電力需要は増加傾向にあるが、図 18 の示す様に我が国においても 1990 年から 2006 年にかけて電力によるエネルギー消費量は伸びており、今後もさらに電力消費が増えると考えられる。

また我が国は地球温暖化の原因である温室効果ガス排出の約 9 割が二酸化炭素であるという問題を抱えている。従って、我が国のエネルギー政策を考えるにあたり、環境負荷を低減することは考慮することが重要な課題となっている。この様な状況の中、2009 年には、鳩山政権発足直後 2013 年-2020 年の間の温室効果ガス削減目標を 1990 年比で 25%にすると意欲的な数値目標を国連気候変動首脳会合で公表した。また国連気候変動枠組み条約第 15 回会議（COP15）では先進国と発展途上国の対立が激化し、ポスト京都議定書の方向性を示す合意文書でまとまり決着がなされたが、今後も温暖化対策の一体化した取組が不可欠になると考えられる。

2.1.4.2　我が国のエネルギー政策

我が国のエネルギー政策は 2002 年に制定されたエネルギー政策基本法 (METI, 2009)に基づくものである。エネルギー政策基本法は、以下のことが定められている。

> ‘**第一条**　この法律は、エネルギーが国民生活の安定向上並びに国民経済の維持及び発展に欠くことのできないものであるとともに、その利用が地域及び地球の環境に大きな影響を及ぼすことにかんがみ、エネルギーの需給に関する施策に関し、基本方針を定め、並びに国及び地方公共団体の責務等を明らかにするとともに、エネルギーの需給に関する施策の基本となる事項を定めることにより、エネルギーの需給に関する施策を長期的、総合的かつ計画的に推進し、もって地域及び地球の環境の保全に寄与するとともに我が国及び世界の経済社会の持続的な発展に貢献することを目的と する。’

ここに述べられる基本方針とは「安定供給の確保」(Energy Security)「環境への適合」(Environment Protection)「効率性の確保」(Economic Efficiency)　の実現である。我が国のエネルギーに関する施策はこのエネルギー政策基本法を則り、長期的、総合的かつ計画的に図ることを目的とし、3 年毎に検討を加えながらエネルギー基本計画が策定される。昨今のエネルギーを取り巻く環境の変化により平成22年6月に新たなエネルギー基本計画が発表された (METI, 2010)。平成 19 年 3 月に発表されたエネルギー基本計画との違いは、第一に我が国の基本方針の「安定供給の確保」「環境への適合」「効率性の確保」に加え、エネルギーを基軸とした経済成長の実現とエネルギー産業構造改革が追加された。これは我が国をはじめとして多くの国がエネルギー・環境関連技術の開発、新たな市場開拓や雇用獲得などが国家戦略となってきたことが示唆される。第二には、エネルギー需給の改革や経済的観点からみた 2030 年までの中長期的な目標が記された。この目標の中には具体的な数値目標も示されている（以下に示す）。

1. 資源小国である我が国の実情を踏まえつつ、エネルギー安全保障を根本的に強化する為、エネルギー自給率（現状18%）及び化石燃料の自主開発比率（現状26%）をそれぞれ倍増させる。これらにより、自主エネルギー比率を約70%（現状38%）とする。
2. 電源構成に占めるゼロ・エミッション電源（原子力及び再生可能エネルギー由来の比率を約70%（2020年には約50%以上）とする。
3. 「暮らし」（家庭部門）のエネルギー消費から発生するCO2を半減させる。
4. 産業部門では、世界最高のエネルギー利用効率の維持・強化を測る。
5. 我が国に優位性があり、かつ、今後も市場拡大が見込まれるエネルギー関連の製品・システムの国際市場において、我が国企業郡が最高水準のシェアを維持・獲得する。

東アジアの他の国と比較して特徴的なのは、中国やインドなどはエネルギー政策の筆頭に省エネを掲げているのに対し、我が国が資源小国であるというコアな問題を明確にした上でその対策としてエネルギー自給率を高めることが重要課題としている。また電力化が進展する中、2030 年までに期待している我が国基幹エネルギーとして原子力や再生可能エネルギーが重要視されていることである。実際に上記の中長期目標を達成する為の取り組みとしては以下の事柄が示されている。

- 資源確保・安定供給強化の取り組み
- 自立的・環境調和的なエネルギー供給構造の取り組み
- 低炭素型成長を可能とするエネルギー需要構造の実現
- 革新的なエネルギー技術開発・普及拡大
- エネルギー環境分野の国際展開の推進
- エネルギー国際協力の強化
- エネルギー産業構造改革、国民との相互理解の促進と人材育成
- 地方公共団体、事業者、非営利組織の役割分担、国民の努力等

これらの取り組みの中で特に中長期的な観点からのエネルギーセキュリティレベルの向上に直接的に貢献するものとして、再生可能エネルギーの導入、原子力の推進、低炭素化社会の構築（省エネ、新・再生可能エネルギーの利用）に着目し、さらに詳細の目標を以下にまとめる。

A) 再生可能エネルギー導入拡大

我が国の新・再生可能エネルギーへの開発は比較的早い段階から取組がされてきた。1973 年にはサンシャイン計画、1980 年代には原子力、石炭、液化天然ガス、水力、地熱、太陽エネルギー等石油代替エネルギーの開発に取り組んできた。平成 22 年 6 月に発表されたエネルギー基本計画では、再生可能エネルギーの導入拡大は地球温暖化、エネルギー自給率向上、エネルギー源の多様化、環境関連産業育成の観点から重要とし、2020 年までに一次エネルギー供給の占める再生可能エネルギーの割合について 10%に達成する。

B) 原子力の推進

原子力は供給安定性と経済性に優れた準国産エネルギーであり、発電過程において CO2 を排出しない低炭素電源である。その為、我が国の基本方針の「安定供給の確保」(Energy Security)「環境への適合」(Environment Protection)「効率性の確保」(Economic Efficiency)を同時に満たす中長期的な基幹エネルギーとして安全の確保を大前提として積極的に推進する。2020 年までに 9 基の原子力発電所を新増設。設備利用効率 85%を目指す。（現状 60%）さらに 2030 年までに少なくとも 14 基以上の原子力発電所を新増設し設備利用効率を 90%にしていく。

C) 低炭素化社会型成長を可能とする需要構造の実現

エネルギー安全保障の強化、地球温暖化の対応、エネルギーを基軸にした経済発展を同時に達成する為にはエネルギー需給構造の改革が必要であるとし、部門毎の特性を踏まえて推進していく。

この様に、我が国は資源小国であることから、東アジアの他国と比較してエネルギー供給の安定確保には早くから取組を行ってきた。また我が国は供給面のみの取り組みだけではなく、需要面の対策として省エネルギー・エネルギー効率を改善することにより国内の資源を温存するという取組も積極的に行ってきた。近年、地球温暖化問題が国際的な問題となり、省エネルギーは地球温暖化問題を解決する対策としても注目されている。我が国においても、エネルギーセキュリティレベルの向上の為に、国際的に深刻化するエネルギー問題の制約に加え、地球温暖化問題などの問題解決も含めた総合的なアプローチを推進している。

2.2 各国の課題と政策のまとめ

これまで東アジアで近年国際的にも注目されている 4 カ国の国毎の現状を見てきた。この 4 カ国のエネルギーに関する課題をまとめると以下の事柄が挙げられる。需要が急増している要因としては、

- 枯渇性エネルギー資源（化石燃料）の制約
- 急速な経済成長
- 人口の増加
- 電力化
- モータリゼーションの進展
- 低いエネルギー効率
- 低い自給率

が挙げられる。東アジアの多くの国々は年率 8－10%と高い GDP 成長率で発展し続けてきている。この高度成長を維持する為にも充分なエネルギーの供給を確保する必要がある。しかしながら、東アジアの多くの国は国内のエネルギー生産量に対し、消費量が上回るという危機に直面している。その結果として、東アジアの国々の輸入依存が拡大

している。しかしエネルギー資源を輸入することにより様々なリスクを伴う。そのリスクとしては以下の事があげられる。

- 枯渇性エネルギー資源の偏在性に起因する資源集中リスク
- 輸出国の地政学的問題に起因する価格変動リスク
- 突発的事象における供給途絶リスク
- 国際マーケット集中リスク
- 国際マーケット集中に伴う価格高騰リスク

東アジアの国々の輸入依存の拡大に伴うこれらのリスクは、東アジア地域のみならず、国際的な問題へと発展している。この様なリスクを軽減し、且つエネルギーの安定供給確保の為の対策として各国では政策的取組を強化しており、各国で数値目標を掲げている。その対策としては、供給面と需要面に分けることができる。

供給面の対策としては、

- 国内産のエネルギーを有効活用する
- 新・再生可能エネルギーなど開発・利用促進
- 原子力の利用促進
- 石油代替燃料の開発・利用促進

需要面の対策としては、

- 省エネルギーの促進による国内産資源の温存

などが挙げられる。図 19 に示す。特に、新・再生可能エネルギーの開発・利用促進、省エネルギーの促進という対策に関しては、エネルギーの安定供給という目的の他に地球温暖化の原因である温室効果ガスの削減に貢献するとして、我が国のみならず発展途上国においても政策的に関心が高くなってきている。

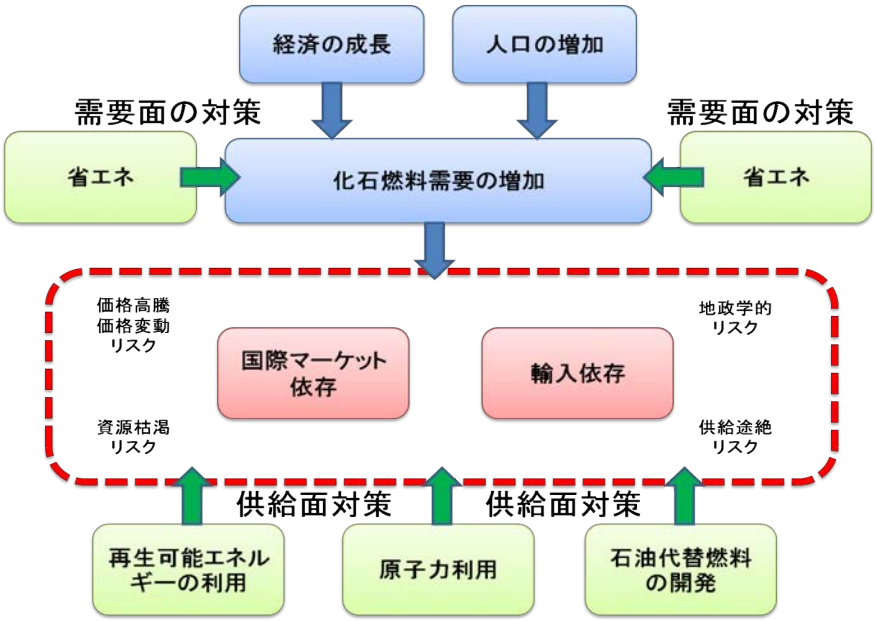


図 19　エネルギーセキュリティの課題と政策的取組

しかしながら、これらの対策には課題がある。国内産エネルギーの有効活用においては、中国、インド、インドネシアにおいては石炭利用の取組がなされている。環境側面から見ると石炭の継続的利用促進は多くの場で議論されている。また新・再生可能エネルギーに関しては、開発にかかるリードタイムと膨大な開発費用がかかる。各国の経済力、経済情勢、またその国の技術力の差によっては開発が遅れる可能性もあると考えられる。特に中国、インド、インドネシアの様な発展途上国は先進国である我が国よりもその影響が大きいと考える。また、新・再生可能エネルギーの開発には広大な土地を必要とする。 国土が狭い我が国においては、新・再生可能エネルギーの利用促進の制約となっている。省エネルギー政策においては、中国、インド、インドネシアは地方分権制の為、地方政府と中央政府の目標がかみ合わない、または中央政府の目が行き届かない等といった問題も抱えている。従って各国のエネルギー政策に掲げられている数値目標は不確定要素であり目標を達成できない可能性もあると考えられる。

よって、仮に各国のエネルギー政策の数値目標が達成された時の各国のエネルギーセキュリティレベルを測ることは将来のエネルギーセキュリティレベル向上の為の対策を考える上でも重要である。

第 3 章　モデリング

2 章では東アジアのエネルギー需給ギャップ増大に伴う各国毎の現状の課題を分析し、中長期的な視野で見たエネルギー政策、及び数値目標をまとめた。本章では異なる条件を持つ東アジアの国々のエネルギーセキュリティレベルを実際に定量化するための詳細な定義と指標を述べ、エネルギーセキュリティレベルを評価する為のモデルを構築する。

3.1　エネルギーセキュリティの定義と指標

3.1.1　エネルギーセキュリティとリスクの定義

エネルギーセキュリティを評価する為に、本研究で重要となるキーワードを以下の様に定義する。

セキュリティ：
リスクからの解放、安全
リスク：
損失や被害などその他望ましくない出来事の起こる可能性
エネルギーセキュリティ
エネルギーリスクから解放された状態
エネルギーリスク
エネルギーの価格変動や供給障害などによるエネルギーの物理的不足

この定義が示す様に、一般的にはセキュリティのある状態とはリスクから解放することによって生成される状態である。エネルギーセキュリティのある状態とはエネルギーリスクから解放された状態のことを言う。従って、この様にエネルギーリスクを定義し、評価することがエネルギーセキュリティを考える上で重要である。

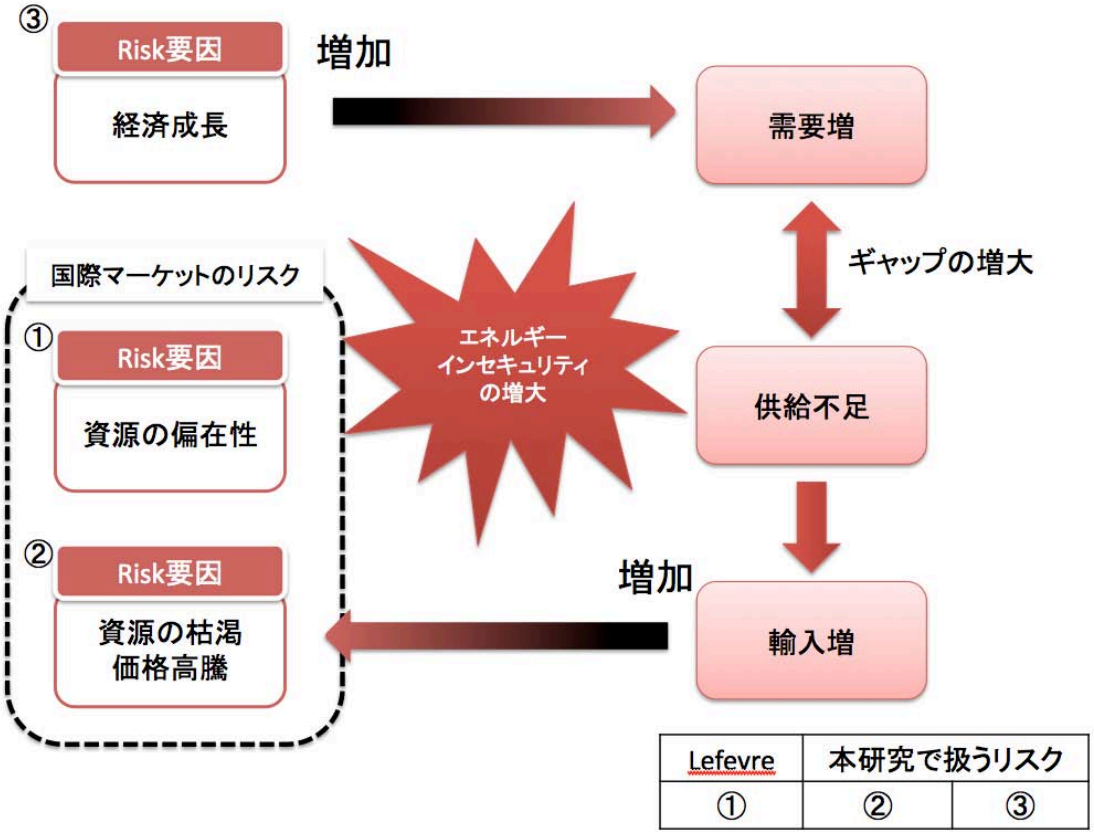


図 20　東アジアにおける現状の課題と価格変動に影響するリスク要因

この事を踏まえて、2 章で見てきた東アジアの各国の現状とリスクの関係図を図 20 に示す。

東アジアの国々では経済の急成長に伴って内需が拡大、その結果エネルギー需要が増加している（リスク要因③）。国内生産エネルギーは、各国の天然資源賦存量、及び生産能力によって限界があり、或る一定以上の需要を超えると国内の供給で需要を満たすことができなくなりその為需要と供給のギャップが生じている。従って、供給が不足してきた国の多くが国際マーケットからの輸入に依存している。エネルギー資源が地域的に偏在している為国際マーケットに集中している。国際マーケットには、エネルギー資源の偏在性に伴う輸出国の地政学的なリスク（リスク要因①）、また枯渇リスク（リスク要因②）など価格変動に影響する要因が多く存在する。しかしながら、経済を維持し続ける為には国内の需要を充足させる必要があり、多大なリスクを持った国際マーケット

からの輸入に依存せざるを得ない状況にある。この様に、地政学的リスクや価格変動リスクを持つ国際マーケットに依存することはエネルギーインセキュリティ（リスクがある状態）を増大させている。

従って本研究ではこのエネルギーインセキュリティレベルを定量化し、インセキュリティレベルを低減させることでエネルギーセキュリティレベルの向上策を提案する。

3.1.2　エネルギーセキュリティ評価モデル

持続可能な経済発展を今後も継続する為には、3.1.1 で述べたインセキュリティな状態をセキュリティのある状態にする必要がある。即ちそれはリスクを減らすことである。エネルギーセキュリティ評価モデルの全体図を以下の図 21 に示す。

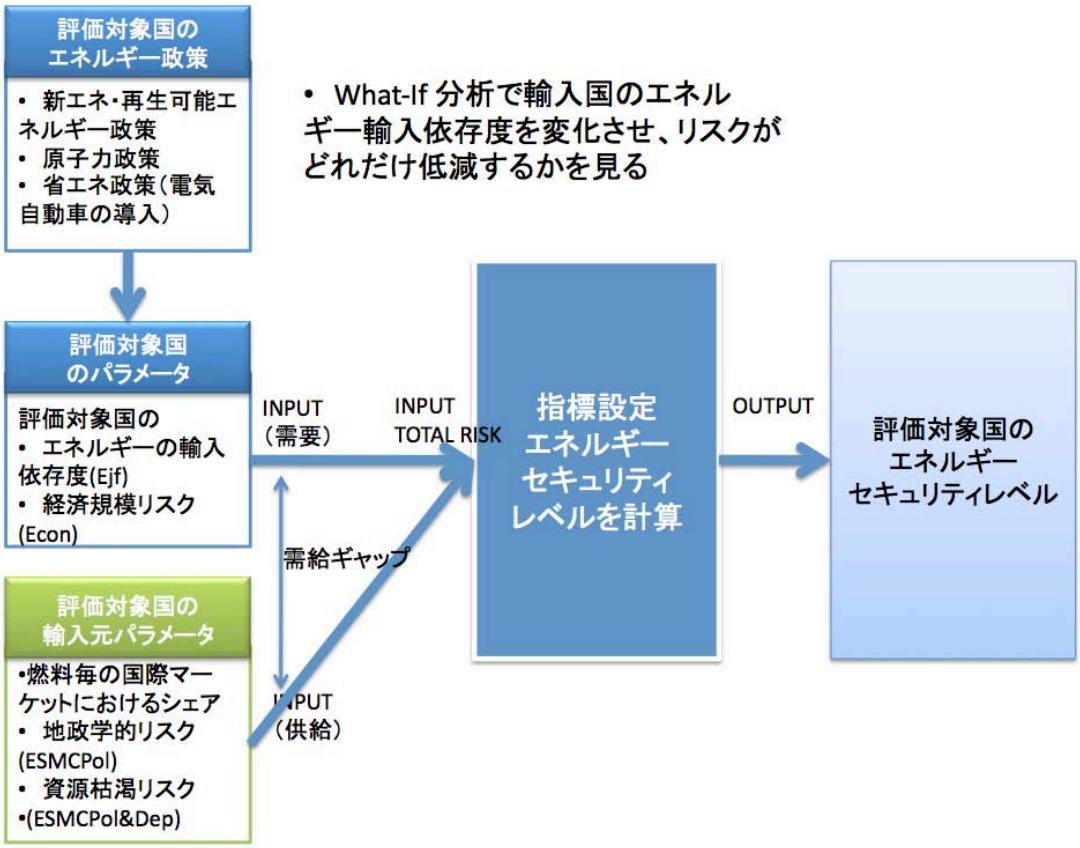


図 21　エネルギーセキュリティ評価モデル

図 21 に示すエネルギーセキュリティ評価モデルは、3.1.1 節、図 20 に示した国際マーケットのリスク要因を計算することにより評価対象国のエネルギーセキュリティレベルを測ることができる様に設計されている。入力パラメータを以下の様に設定した。

- 評価対象国のリスク（需要）
  - エネルギーの輸入依存度（E*if*/ TPES）
  - 経済リスク(Economy Risk)
- 評価対象国の輸入元リスク（供給）
  - 地政学的リスク(Political Risk)
  - 資源枯渇リスク(Depletion Risk)

指標の詳細とエネルギーセキュリティレベルの計算方法については、3.1.4 節で述べる。

3.1.3 評価シナリオ

また、本研究の目的は中長期的な視野で見た時、エネルギーセキュリティレベルの向上策としてどの様な対策が有効であるかを検討することである。そこで本研究では What If 分析を行い図 21 に示される評価対象国の入力パラメータであるエネルギー輸入依存度の変化を見ることにより、エネルギーセキュリティレベルの向上策を検討するものとする。

What If 分析とは、リスクを分析する手法の一つであり、「もし～なら」と仮定を変えて結果を評価するアプローチである。不確実な要素の数値を複数のパターンに分けて、また複数の不確実要素を組み合わせ、そして計算を行うというものである。本研究では 2 章でまとめた各国の中長期的なエネルギー政策目標を不確実要素として扱い、各国の政策目標を基に複数シナリオを構築する。

概念図を図 22、図 23 に示す。

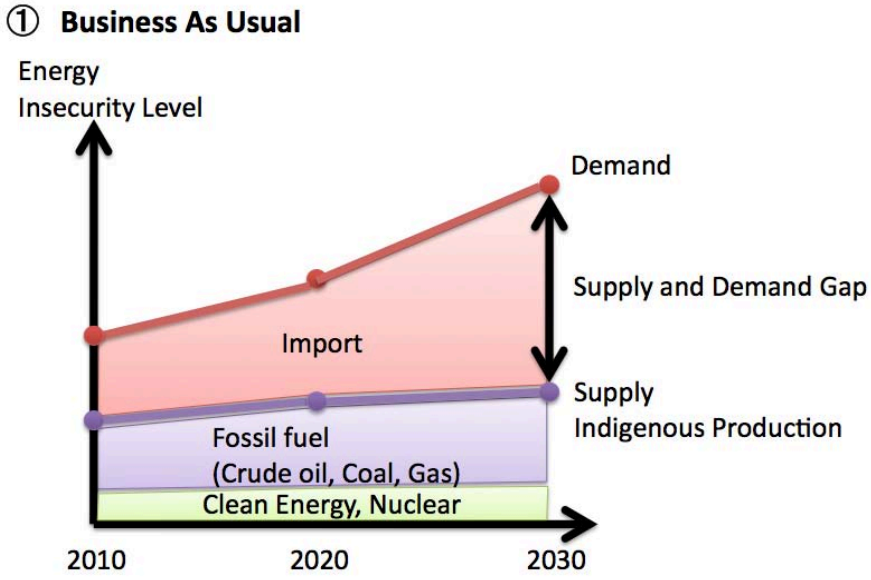


図 22　Business As Usual 時点でのエネルギーセキュリティ

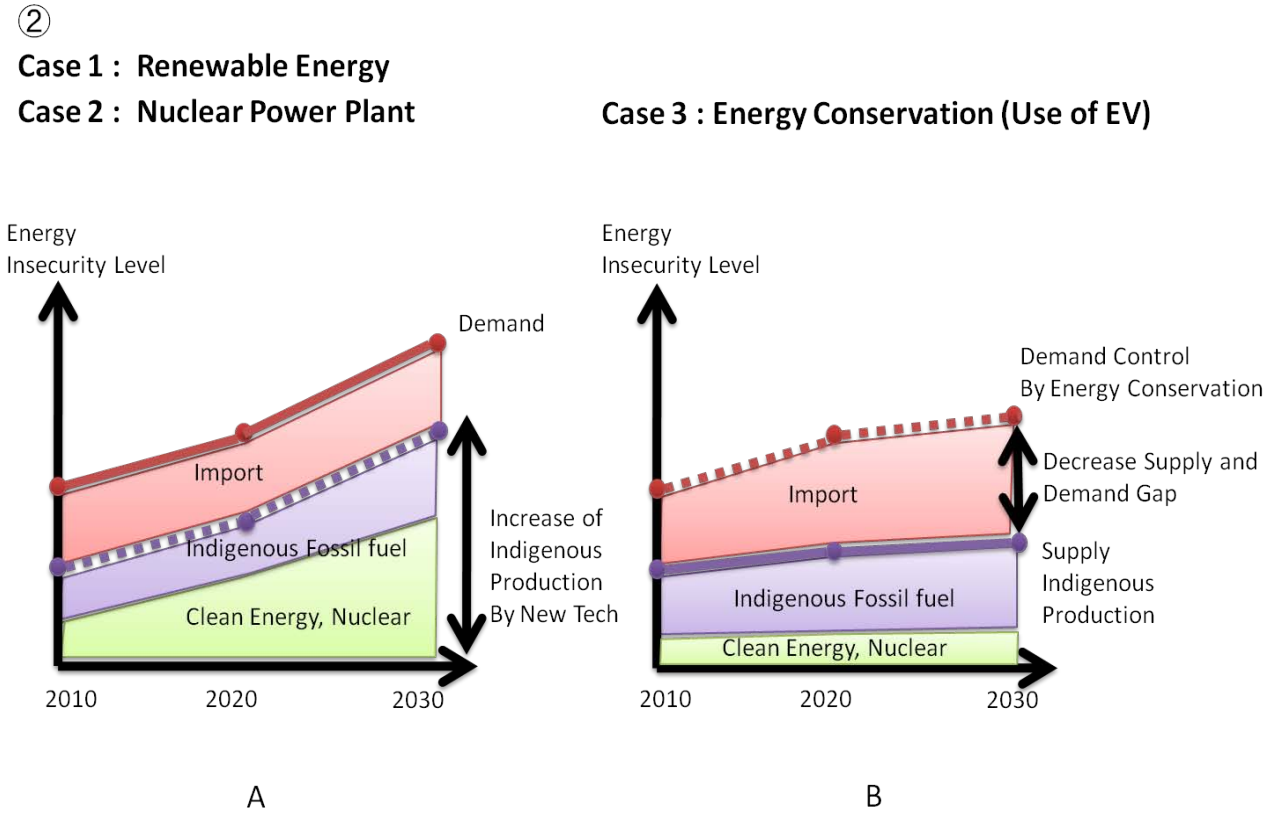


図 23　将来のエネルギーセキュリティレベルを評価

図 22 の①は前節で述べた現状（Business As Usual）の状態を示す。現状、国内の需要を国内生産で充たすことができない需給ギャップ（Supply and Demand Gap）は Import に依存している。この図 22 で示す需給ギャップ（Supply and Demand Gap）を少なくする政策的要因として、

- 新エネ・再生可能エネルギーの導入（Renewable Energy）
- 原子力発電の導入（Nuclear Power Plant）
- 省エネルギー（Energy Conservation）

が考えられる。これらの政策の導入を Business as Usual の variation として図 22 の②に示す 3 つのケースシナリオを考える。

- Case 1

Business As Usual に対し、新エネ・再生可能エネルギーの導入により供給を増加させ Import を減少させる（図 23A）。

- Case 2

Business As Usual に対し、原子力発電の利用拡大により供給を増加させ Import を減少させる（図 23A）。

- Case 3

省エネルギーを促進させて、需要を抑制することによって Import を減少させる（図 23B）。

Case 1, Case 2, Case 3 を比較し、Business As Usual に対して Import を減少させる効果がより高い政策を見いだすことにより、どの政策が有効か検証するものとする。

評価対象国の具体的な政策ターゲットは表 5 に示す。この表は縦軸に導入政策として、再生可能エネルギー政策、省エネ・エネルギー効率向上政策、原子力政策を示す。横軸に評価対象国の Target : 導入目標値、Year : 目標年度を示している。本研究では、ERIA (ERIA, 2007) が予測した東アジアの中長期エネルギー需給予測のデータ(Appendix A 参照)と、表 5 に示される各国の政策導入目標値を用いながら、まずは 2010 年、2020 年、2030 年時点の各燃料の輸入量、及び輸入依存度を求める。それをもとに各国のエネルギーセキュリティレベルを算出するものとする。

表 5　2030 年までの政策ターゲット

Country / Target / Policies	Japan		China		India		Indonesia	
	Target	Year	Target	Year	Target	Year	Target	Year
Renewable Energy	8.2% of TPES	2020	18% of TPEC	2020	N/A		17% of TPES	2025
	11% of TPES	2030	30% of TPEC	2050	20% of TPES	2020		
Improve Energy Efficiency ・Energy Conservation	Reduce Energy Intensity 30%	2030	Reduce Energy Intensity 20%	2020	23MTOE Saving / year	2015	Reduce Energy Intensity 1%/year	2025
Nuclear	Improve Current Op level 60% to 80-90%	2030	Improve Current 900MWe to 4000MWe	2010	Improve Current 395MWe to 2000MWe	2020	N/A	

3.1.4　エネルギーセキュリティの指標と評価方法

そこで次に各国のエネルギーセキュリティレベルを定量化する為の指標を述べる。エネルギーセキュリティレベルを評価する指標については 1.4 節でも述べた通り、従来研究の Lefevre (Lefe`vre, 2010)の指標を改良して用いることする。指標に考慮されるリスクとしては 3.1.2 節の図 20 にも示す通り① ついては Lefevre ②、③ は本研究にて新たにリスクとして考慮し加えたものである。

まず Lefevre (Lefe`vre, 2010)の指標を説明する。 Lefevre の指標の構造をに図 24 示す。第一 International Level は資源輸出国、第二 International Level に国際マーケット、そして第三 Level が輸入国の 3 つの Level により構成される。Lefevre は化石燃料の資源が集中する (Resource Concentration) ことにより市場は寡占状態 (Market Concentration) になる。また寡占状態であればあるほど価格変動リスク (Price Risk) が大きく経済や国民の便益を損なうと考え、この輸入国の持つ Price Risk を定量化する為の指標 Energy Security Price Index を考案した。

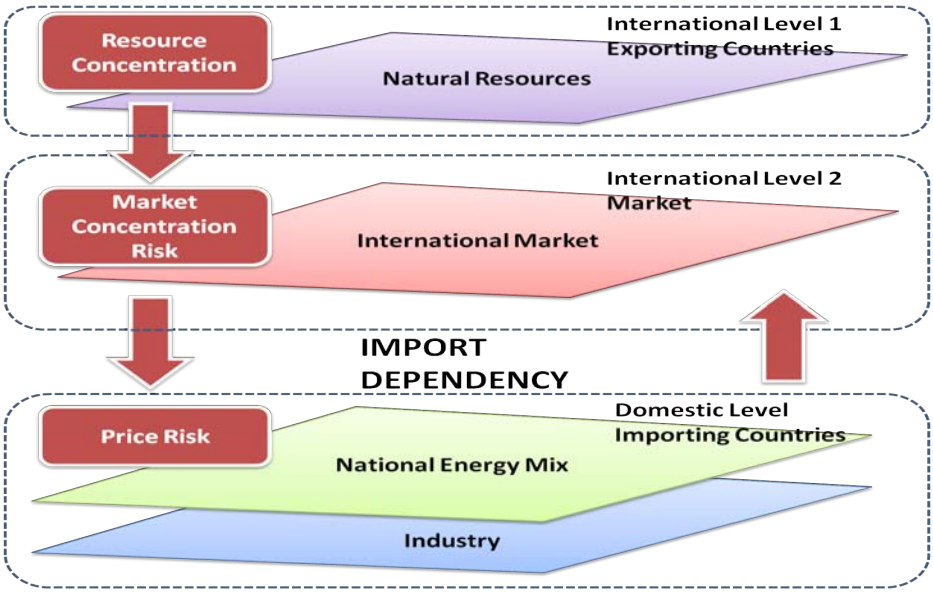


図 24　Lefevre の指標の構造

■ **ESMC: Energy Security Market Concentration**

ESMCf は国際マーケットにおける燃料 f のシェアのことを示し、式（1）から算出する。ESMC はハーフィンダル・ハーシュマン指数（Herfindhal-Hirschman Index）を用いる。ハーフィンダル・ハーシュマン指数とは市場の集中度を測る指標であり、業界各社のシェア（市場占有率）を 2 乗した合計で求められる。数値は大きければ大きいほど市場が寡占が進んでいると判断できる。

$$ESMC_f = \sum_i S_{if}^2 \qquad (1)$$

S_{if} ： 国際マーケットにおける輸出国iの化石燃料fのシェア

i ： 輸出国

f ： 化石燃料の種類（原油・石炭・天然ガス）

市場は原油・石炭・天然ガスと化石燃料毎に分けて考える。業界各社のシェアとは本研究の場合、2006 年度の輸出国iにおける燃料fの国際マーケットにおけるシェアを指し、また、2030 年までのシェアは変わらないものとする。Sif は f という燃料における輸出国 i の国際マーケットシェアを示し（Sif の数値は 0－100 となる）ESMC は 0－10000 の範囲で表わされる。0 に数値が近ければ市場は競争状態にあり、市場に参加する国が少ない程数値は大きくなり寡占状態であると言える。

■ **地政学的リスクの導入**

ESMCPol$f$ は国際マーケットの集中における燃料 f の地政学リスクを示す。地政学的リスクは資源を輸入する国にとっては最大な課題である。2 章でも述べた通り、特に化石燃料においては資源が地域的に偏在しており、また政治的にも不安定な国が資源を保有している。その為地政学的リスクを考慮する必要性がある。そこで式（1）を以下の様に変化させて地政学的リスクを反映させる。

$$ESMCPol_f = \sum (r_i \times S_{if}^2) \qquad (2)$$

r_i ： 輸出国iにおける地政学的リスク

S_{if} ： 国際マーケットにおける輸出国iの化石燃料fのシェア

ri は輸出国 i の地政学的リスクを表わす。この様に地政学的リスクを式（1）に算入することにより、輸出国が政治的に不安定な国であった場合、寡占化した国際マーケットのリスクが拡大評価される。地政学的リスク r は 1 から 3 の範囲でスケーリング行う。政治的に最も安定している国の場合 1、不安定な場合を 3 地政学的リスク r とする。
地政学的リスクの指標としては、World Bank の Worldwide Governance Indicators (World Bank , 2009)の数値を用いる(Appendix B 参照)。Worldwide Governance Indicators は 1998－2008 年の期間、様々な研究機関、国際機関、非政府組織、シンクタンクなどが調査した世界212カ国の地域のガバナンスに関するサーベイレポートに基づいたデータを集約し、個々の地域のガバナンスを 6 つの側面から統計的に集計した指標である。本研究ではこの 6 つの側面のうち、エネルギーセキュリティレベルを定量化する上で関連する 2 つの指標を地政学的リスクに用いる。以下がその 2 つの指標である。

- 政治の安定性（Political Stability and Absence of Violence）
- 法の支配（Regulatory ）

この指標は年度ごとに集計されており、各国のガバナンスは -2.5 から +2.5 の範囲で、高い数値の方がよりガバナンスが安定した国として表わされている。 前述の通り、式 (2) で用いる地政学的リスク ri は 1 から 3 の範囲でスケーリングする為、スケーリングした後は、数値が高い国の方がよりリスクが大きいと表わされる。ri は上に示した 2 つの指標の 2003 年-2006 年の平均からもとめる。

将来のエネルギーセキュリティレベルを定量化する際に 2003 年−2006 年という期間のガバナンスの平均を使用することが妥当かどうかは議論の余地がある。しかし、ガバナンスに影響する要因は、政治的、経済的、或るいは宗教的な問題など多数考えられる為、それを予測することは難しい。本研究の最終的な目的は東アジアの各国のエネルギーセキュリティレベル向上の対策としてどの様な対策が有効かを検証することなので、重要なパラメータとなるのは輸出国側ではなく輸入国の輸入数量及び国内の生産量となる。従って、輸出国側のマーケットシェア及び地政学的リスクは 2030 年まで一定としても評価は可能である。

■ **ESPI: Energy Security Price Index**

ESPI*j* は輸入国 *j* の輸入依存における価格変動リスクを示す。ESPI*j* は ESMCPol*f* (国際マーケット集中リスクに地政学的リスクを加味したもの) にさらされる輸入国 *j* の一次エネルギー総供給量に占める各化石燃料のシェアによって決まる。ESPI*j* は式 (2) でもとめた燃料毎の ESMCPol の積でもとめる。

$$ESPI_j = \sum \left[ESMCPol_f \times \left(E_{jf} / TPES_j \right) \right] \qquad (3)$$

$ESMCPol_f$: 燃料 *f* の国際マーケット集中リスクに地政学的リスクを加味した

$TPES_j$: 輸入国 *j* の一次エネルギー総供給量

E_{jf} : 輸入国 *j* の一次エネルギー総供給量に占める燃料*f*の純輸入量

E*if* は輸入国 j の一次エネルギー総供給量にしめる各化石燃料のシェアを指し、純輸入量のことを言う。純輸入量は以下の式から求める。

$$E_{jf} = TPES_j - IndP_{jf} \qquad (4)$$

$TPES_j$: 輸入国jの一次エネルギー総供給量

$IndP_{jf}$: 輸入国jの国内生産エネルギー

式 (4) を見ても解る様に純輸入量とは輸入国 j の一次エネルギー総供給量から国内生産エネルギーの差によってもとめることができる。しかし将来の国内生産量を予測することは困難である。例えば、従来の化石燃料以外にオイルサンドやオイルシェールなど新たな化石燃料など新たな技術によって急激に生産量が伸びる場合も考えられる為、不確実性な要素が多く含まれる。従って国際的なエネルギー研究機関でも将来の国内生産量の予測はあまり多くは見られない。そこで本研究における将来の国内生産量はこの様な新たな技術を用いた化石燃料は考慮にいれないものとし、APERC (APERC, 2009b)の 2006 年時点の実績値のデータと 2030 年までの各国の国内生産量を予測した EIA (EIA, 2010)の World Production の伸び率を使用して求めた。

3.2 本研究で提案する指標

以上が Lefevre の考案したエネルギーセキュリティの指標である。しかし、Lefevre の指標は以下の点で問題がある。

① 枯渇性エネルギーの資源別の特性が考慮されていない
② 東アジアの場合は輸入国の経済規模の格差があるので、その点を考慮しないとリスクを比較することができない

本研究では上記の 2 点につき改良を加えエネルギーセキュリティレベルを評価する為の指標として用いるものとする。

3.2.1 Depletion Risk

国際マーケットの集中に潜在するリスクとして地政学的リスクを考慮するだけでは不十分であると考える。その理由は二つ挙げられる。第一に, Lefevre の指標においては化石燃料別の持続性が加味されていない。資源がどこに偏在しているかによって地政学的リスクの差異はあるものの、枯渇性エネルギー資源が本来持っている物理的持続性リスクが考慮されるべきである。 第二に, 内需の拡大による需給逼迫という問題は輸入国のみの問題ではない。実際にインドネシアは内需が拡大したことにより 2004 年を境に輸出国から純輸入国に転じているという事象もある。従って、資源の持続性を考慮する事は重要であり、式（2）に Dep$f$: 枯渇リスクとして算入することとする。Dep$f$ は Depletion Rate を適用し、以下の方法で算出する。

$$Dep_f = AnnualP_f / R_f \tag{5}$$

$AnnualP_f$: 輸出国iの燃料fの年間生産量
R_f : 輸出国iの確認埋蔵量

使用するデータは BP Statistical Review of World Energy 2009 (BP, 2009)を用い、地政学的リスクと同様にスケーリングを行う。枯渇リスクにおいては 1 から 10 の範囲でスケーリングを行うものとし、数値が高い方がより枯渇速度が高いと表わす。

$$ESMCPol\ \&\ Dep_f = \sum_i (r_i \times d_{if} \times S_{if}^2) \tag{6}$$

r_i : 輸出国iにおける地政学的リスク
d_{if} : 輸出国iにおける化石燃料fの資源枯渇リスク
S_{if} : 国際マーケットにおける輸出国iの化石燃料fのシェア

この枯渇リスクを考慮することにより資源別の特徴がより明確に表わされる。どの資源

が最もリスクが高いが明確になり、どの資源を多く利用することによってエネルギーセキュリティレベルの影響するかが明らかとなり、セキュリティレベル向上の対策を検討をし易くする。

従って、輸入国 j の輸入依存における価格変動リスク ESPI は、式 (3) の ESMCPol$f$ を ESMCPol&Dep に置き換えられ、以下の式でもとめられる。

$$NewESPI_j = \sum_f \left[ESMCPol\,\&\,Dep_f \times \left(E_{jf} / TPES_j \right) \right] \qquad (7)$$

これを NewESPIj とする。

3.2.2 経済リスク Economy Risk

さらに、本研究で扱う東アジアの国々では経済格差が大きい為、その点を考慮する必要性がある。本研究では輸入国の急速な経済成長を経済リスク：Economy Risk としてとらえ、Economy Risk は輸入国 j の GDP を用いることにより反映させる。従って、最終的に輸入国 j の持つトータルリスク：TotalESPIj は式（8）よって求められる。

$$TotalESPI_j = \frac{NewESPI_j}{GDP_j} \qquad (8)$$

GDP_j ： 輸入国jのGDP(Gross Domestic Product)

また本研究では 2010 年、2020 年、2030 年のリスクを比較する為、時間的要素を加味する必要がある。そこで DFC 法（Discounted Cash Flow 法）[4]を用いて将来の価値を現在価値に変換した上で比較する。

[4] DFC 法は投資家が投資の採算を検討しようとする場合、現在の投資金額と将来の投資金額する代わりに、将来の金額を現在価値に換算して比較する手法。
現在価値＝将来のキャッシュフロー÷（1+投資コスト）＾年数 で求められる。

第 4 章　結果と考察

4.1　分析結果

4.1.1　Business As Usual

■　エネルギー供給構成

What-If 分析を行う前に、まずは ERIA（ERIA, 2007)の 2010 年から 2030 年までのデータを基づいて各国の現状の一次エネルギー総供給量の構成の推移、及び国内生産エネルギーと輸入量の推移を見てみる。2006 年のデータに関しては APERC（APERC, 2009b)の統計データから実績値を用いる。

この図 25 を見ると我が国を除く中国、インド、インドネシアにおいては需要が急激に伸びている。我が国は 2006 年の TPES(Total Primary Energy Supply: 一次エネルギー総供給量)が 524.744Mtoe(Million ton of equivalent:石油換算百万トン)であるのに対し 2030 年には 521Mtoe と横ばい、中国は 2006 年の TPES は 1681.044Mtoe に対し

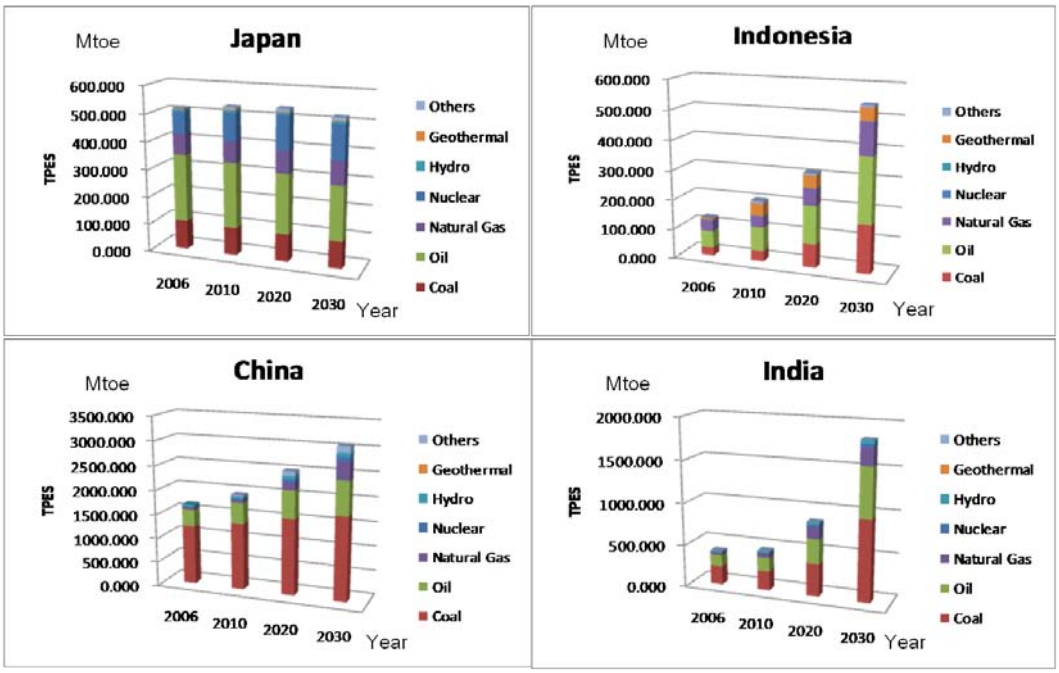


図 25　2010－2030 年までの一次エネルギー供給構成の推移

2030 年には 3075.200Mtoe と約 1.8 倍増、インドは 2006 年の TPES は 524.744 Mtoe に対し 2030 年には 1831.500Mtoe と約 3.5 倍、インドネシアは 2006 年の TPES が 174.844Mtoe であるのに対し 2030 年には 542.900Mtoe と約 3 倍となっている。供給構成を見ると、我が国は天然ガス以外の化石燃料は年々減っているのに対し、中国、インド、インドネシアは化石燃料を含む全ての燃料が増加傾向にあることが解る。

■ 国内生産と純輸入量

次にエネルギーミックスを国内生産エネルギーと輸入エネルギーに分けたものを図 26 に示す。輸入エネルギーとは既に 3 節でも述べた通り純輸入量のことを指し、3 節の式(4)を使いもとめる。しかし東アジアの各国の純輸入量をもとめることは容易ではない。

将来のエネルギー需給予測は多く行われているが、国内生産量においてはエネルギーの専門研究機関でもその予測は難しくあまり行われていない。世界的なエネルギー研究機関の中で唯一エネルギーの国内生産量の中長期予測を行っているのは、EIA(U.S. Energy Information Administration)である。EIA は International Energy Outlook 2010 で化石燃料における将来予測を行っている。従って、本研究ではこのデータを元に純輸入量をもとめることにした。また、エネルギーデータを取り扱うにあたり注意すべき点は、扱う研究機関によって単位がまちまちであることである。例えば、本研究が使用した ERIA の中長期エネルギー需給予測においては化石燃料の単位はすべて石油換算トンの Million ton of equivalent で表すが、米国のエネルギーデータでは液体燃料の場合は U.S. Barrels を用いている。そこでこの問題を回避策として、純輸入量をもとめる際に単位変換をすることなく、2006 年から 2030 年までの年平均伸び率を使用することにした。

その結果、我が国はエネルギー安定供給確保の対策として早くから政策的に取組をしていたにも関わらず、他の国と比較して輸入依存度が高いことが解る。2006 年から比較すると若干は減少しているものの、2030 年に至っても TPES が 521Mtoe に対し、372.026Mtoe と約 70%を占めている。中国に関しては、年々輸入は増加傾向にあるが、国内に腑存する豊富な石炭資源が TPES の約半分近くを占める為、2030 年において

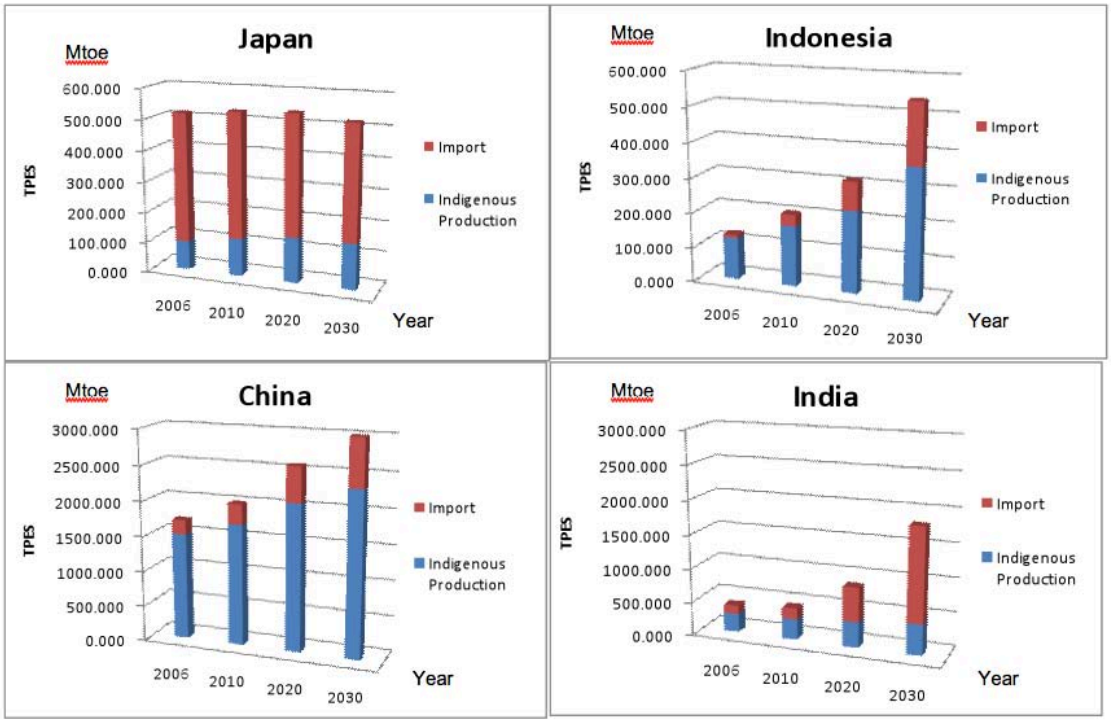


図 26　2010－2030 年までの国産エネルギーと輸入量の推移

輸入量は TPES の約 27%にしか過ぎない。しかし 2030 年の輸入量は我が国の輸入量の約 2 倍である。インドネシアは 2006 年ではほとんど国内生産エネルギーできていたものが 2030 年には 2006 年比で約 18 倍増えている。この増加は全て原油に起因するものである。しかし我が国と比較すると輸入量は 173.049Mtoe と 1/2 程度である。インドに関しては、2006 年の輸入量が 129.927Mtoe であったのに対し、2030 年には 1384.985Mtoe と約 10 倍近くに急増している。この輸入量は我が国と比較すると約 3.7 倍であり、また中国をも上回っており、インドの輸入依存の拡大は深刻であると考える。

4.1.2　ESPI と New ESPI の比較

次に、この 2010－2030 年までの輸入量を基に、BAU の ESPI(Energy Security Price Index を求める。まずは Lefevre の従来式を用いた ESPI と、本研究の式を用いた New ESPI（経済規模を考慮する前）の結果を比較する。

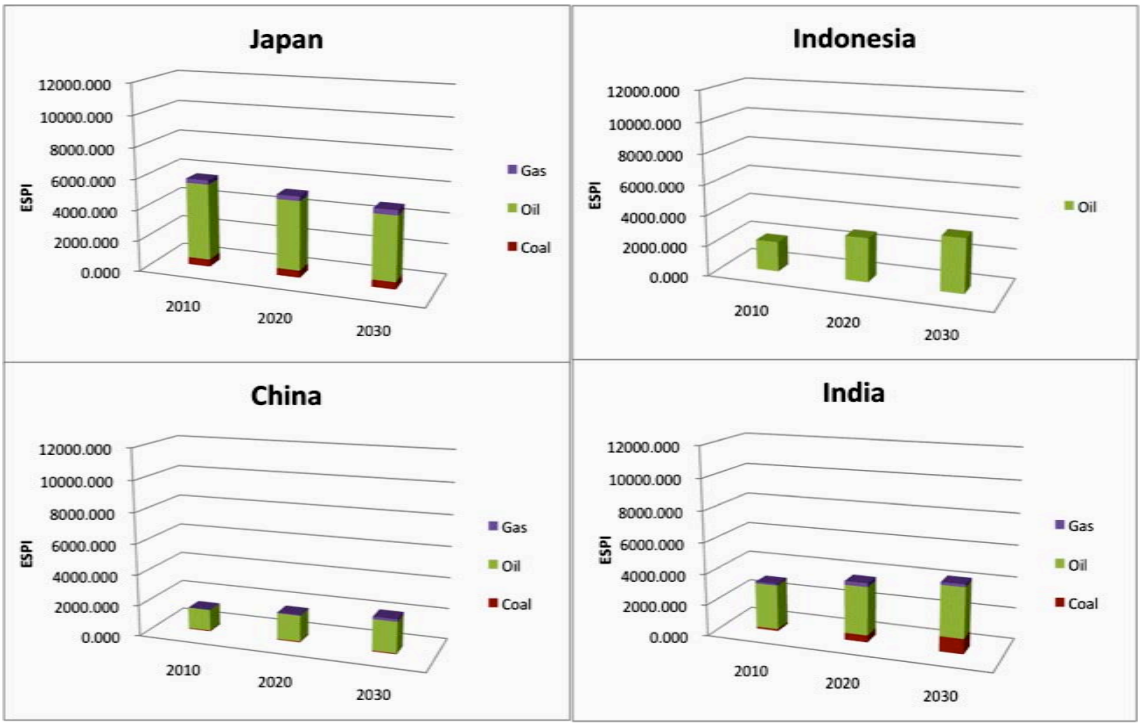


図 27　ESPI 価格変動リスク(Business As Usual)

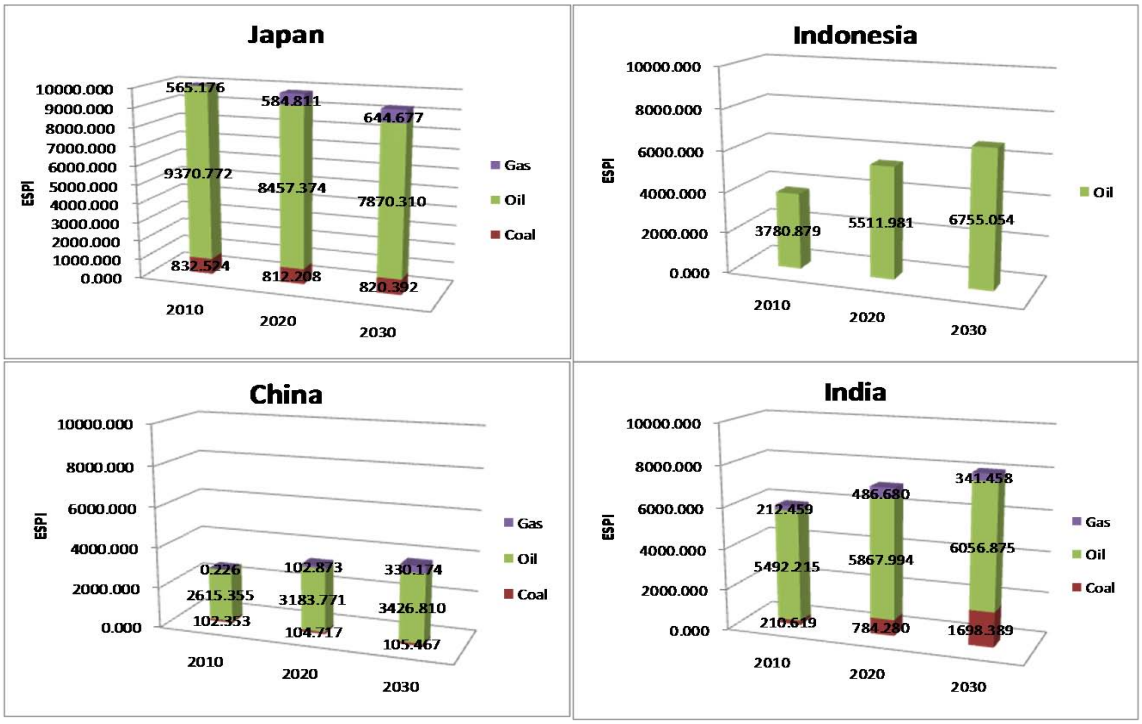


図 28　New ESPI 価格変動リスク (Business As Usual)

上に示す図 27 は Lefevre の従来式を使用してもとめた ESPI 価格変動リスクである。3.1.4 節でも述べた通り、従来式で考慮されているリスクは国際マーケットリスクと、地政学的リスクのみである。2030 年時点での ESPI は、

日本	4981.217
インド	4351.750
インドネシア	3580.418
中国	2228.371

となっており、四カ国の間であまり大きな違いは見ることができない。しかし、本研究で扱う枯渇リスクを加えると、図 28 の様に示される。New ESPI は枯渇リスク、即ち資源の持続性を考慮することによって石油の価格変動リスクが拡大評価され、資源を考慮する方が各国間の違いを明確に表すことができる。

日本	9335.380
インド	8096.722
インドネシア	6755.054
中国	3862.451

本研究の New ESPI 価格変動リスクの評価式には資源の偏在性に起因する国際マーケットリスク（ESMC）、地政学的リスク(Pol)、また枯渇リスク(Dep)によって算出される。各国の国際マーケットリスク、地政学的リスク、そして枯渇リスクの数値は表 6 に示す。これを見ると、原油は天然ガスや石炭に比べマーケットの寡占度が高く、且つ地政学的により不安的な地域に偏在し、尚且つ物理的に枯渇する速度が速い、即ち持続性がない燃料であるということが示されている。

表 6　国際マーケットの燃料別のシェアとリスク

Oil Exporters	ESMC	Pol	Dep	Coal Exporters	ESMC	Pol	Dep	Gas Exporters	ESMC	Pol	Dep
Canada	1.804	1.466	3.704	US	1.650	4.444	1.070	US	0.815	1.650	5.722
Mexico	1.670	1.942	5.351	Canada	1.466	3.363	1.148	Trinidad & Tobago	7.698	1.881	4.502
OPEC	68.067	2.243	1.806	Colombia	2.389	6.520	1.196	Oman	5.467	1.700	2.293
Russia	18.774	2.240	2.712	Russia	2.240	11.417	1.023	Qatar	14.728	1.760	1.000
United Kingdom	1.730	1.543	7.525	Kazakhstan	2.104	3.557	1.043	UAE	3.354	1.717	1.321
Norway	3.623	1.434	6.021	Poland	1.763	2.211	1.144	Algeria	11.692	1.975	1.919
Indonesia	2.829	2.423	4.760	Australia	1.474	26.404	1.075	Egypt	7.092	2.257	2.155
				Indonesia	2.423	17.678	1.748	Libya	0.341	2.296	1.506
				China	2.108	6.521	1.325	Nigeria	8.328	2.580	1.189
				Vietnam	2.056	3.308	1.497	Australia	8.541	1.474	1.708
				South Africa	1.936	8.140	10.000	Brunei	4.647	1.559	2.870
								Indonesia	14.008	2.423	2.431
								Malaysia	13.283	1.816	2.220

従って、New ESPI が高くなる要因としては

- 化石燃料の輸入依存度
- TPES に占める原油の純輸入量

の二つがあげられる。図 26 の示す通り、我が国と中国、インド、インドネシアと比較すると、2030 年時点での純輸入量は我が国よりも中国やインドの輸入量の方が多い。しかし TPES に占めるシェアを比較すると、中国やインドに比べ我が国は原油の純輸入量のシェアが高くその為に New ESPI が高く示されている。

4.1.3　先進国と発展途上国の比較

前節では資源の持続性を考慮する New ESPI を用いることにより、各国の価格変リスクがより明確に示されることがわかった。しかしながら、我が国、中国、インド、インドネシアは経済規模の格差がある。また産業構造も異なる。その為、単純に数値比較をしてもどの国が最もリスクが高いかを断定することはできない。そこで、本研究では 3.2.2 節で述べた評価式を用い各国の経済リスクを考慮して Total ESPI を再度算出してみた。表 7 に示す。

経済規模を考慮すると Total ESPI 価格変動リスクは以下の数値となった。図 29 と図 30 にその結果を示す。

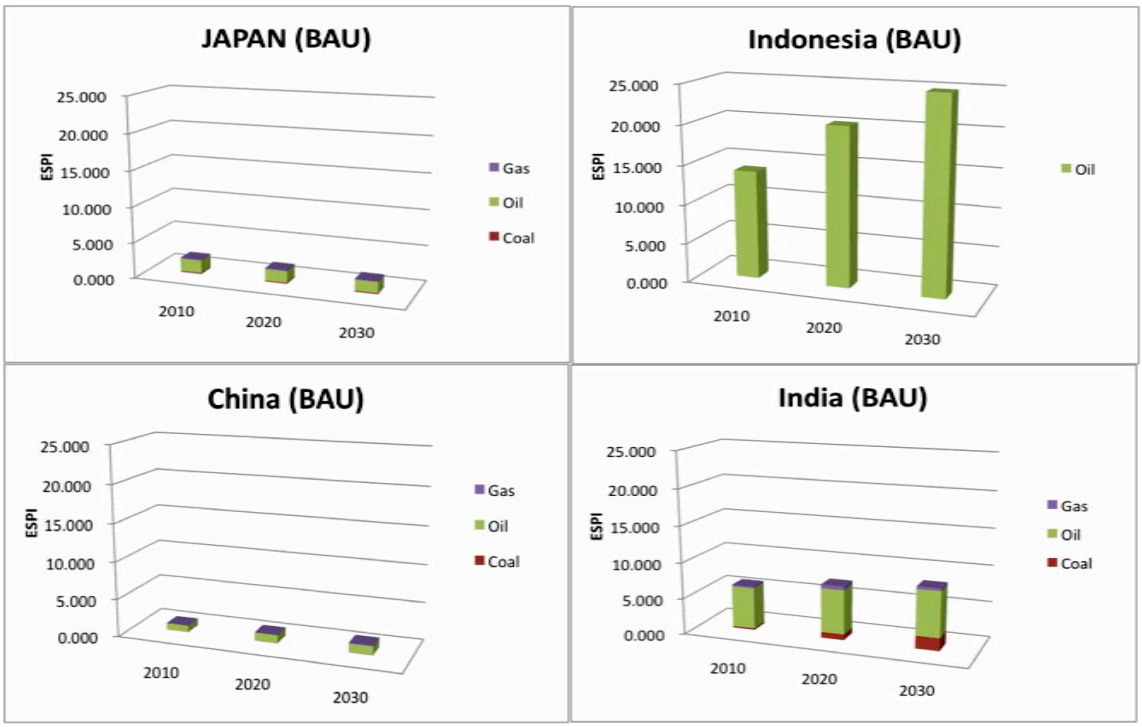


図 29 経済規模を考慮した時の Total ESPI (Business As Usual)　国別

表 7　東アジア 4 カ国の GDP と成長率

	2010	2020		2030	
	GDP	GDP	Growth Rate	GDP	Growth Rate
Japan	5168.0	5822.0	1.2%	6431.0	1.0%
China	3012.0	5594.0	6.4%	8644.0	4.4%
India	958.0	2067.0	8.0%	4463.0	8.0%
Indonesia	272.0	499.5	6.3%	937.6	6.5%
				GDP(billions of 2000/US$)	

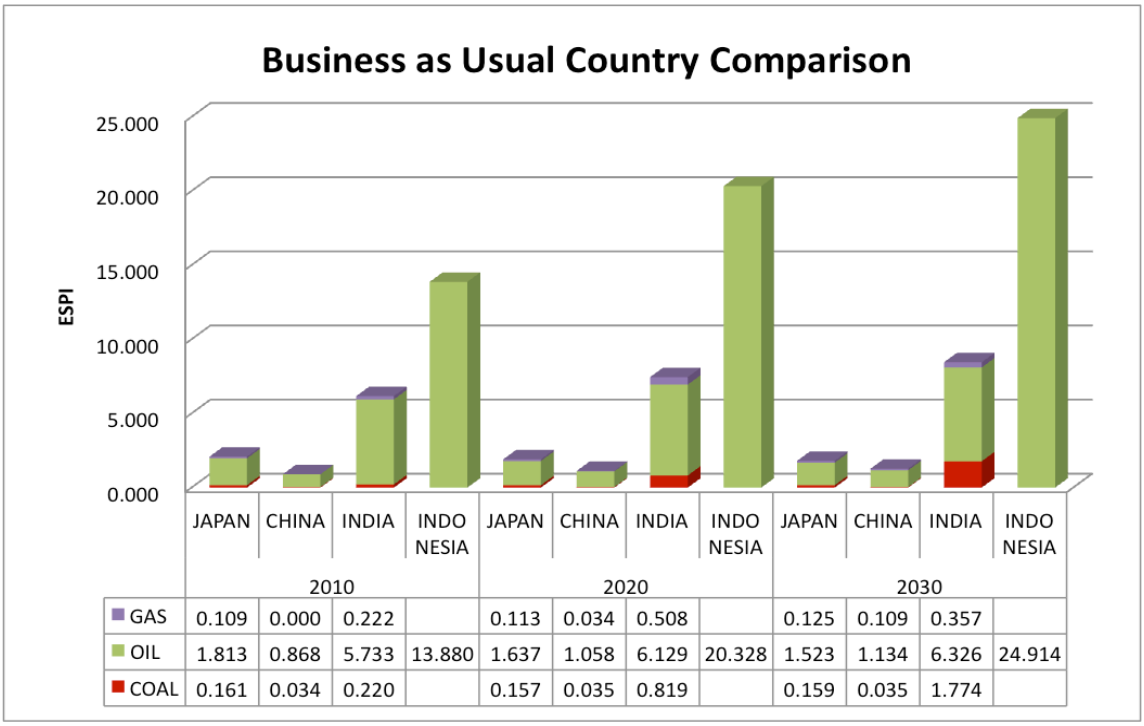


図 30　経済規模を考慮した Total ESPI (Business As Usual), 四カ国比較

経済規模を考慮すると2030年時点での各国のTotal ESPI価格変動リスクは以下の通りとなる。

日本	1.807
インド	8.456
インドネシア	24.914
中国	1.278

我が国とインドネシアを比較するとインドネシアの方が約14倍、インドは約5倍Total ESPI価格変動リスクが高いことが示された。

この結果から以下のことが分析できる。

- 経済規模が小さく、TPESに占める原油依存率が高い国ほどTotal ESPIが高い。
- 我が国を除く他3カ国のリスクが増加傾向にある。中でもインドネシアの原油に対するTotal ESPIが急上昇している。それに対し、我が国の原油のTotal ESPIは年々微量ながら減少してきている。これは我が国の政策的取り組みとして、特に原油の輸入依存率を下げることを強化してきた結果を示すものと考える。
- インドにおいては石油と石炭の２種類の燃料においてTotal ESPIが共に増加傾向にある為、長期的な視野でみるとリスクは非常に高いと考えられる。

4.1.4　過去の事例を用いた検証

本研究の評価式を用いると、４カ国のうち GDP の低い発展途上国の方が Total ESPI 価格変動リスクの影響が大きいという結果を導かれた。本節では、具体的に類似した過去の事例(2008年の原油価格高騰時の消費者物価指数の変化率)を取って比較し、導かれた結果の妥当性を確認する。

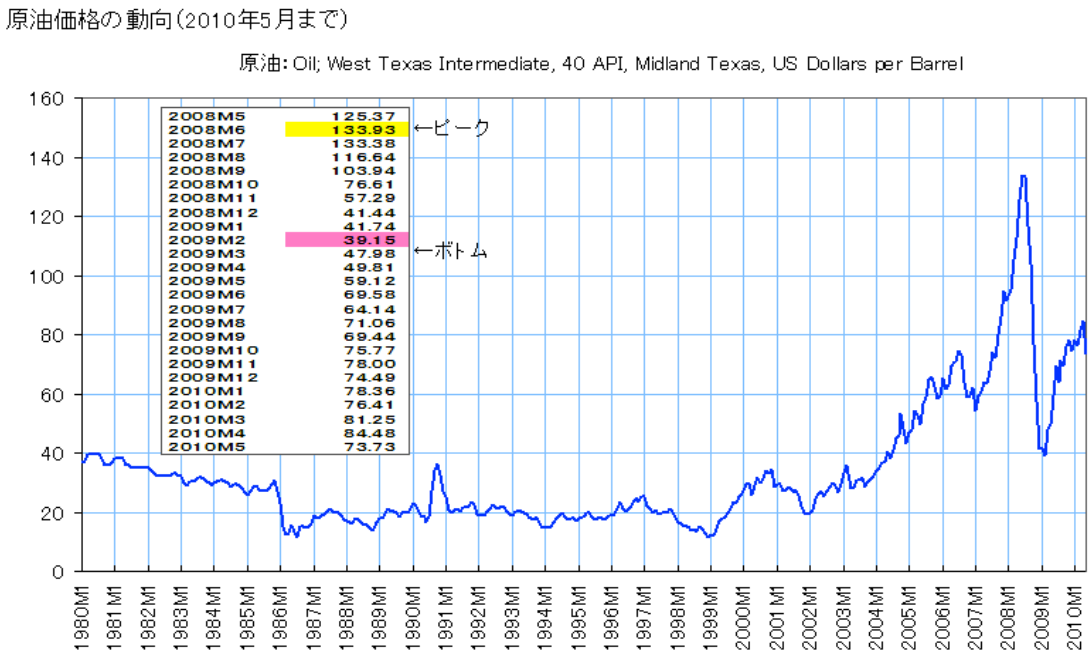


図 31　原油価格 WTI の価格推移　（International Monetary Fund, 2010）

図 31 は 1980 年から 2010 年の原油価格（WTI）の価格動向を示した図である。この図の示す通り、原油価格は 2004 年から 2008 年をピークに急激に高騰している。この時点での東アジアの経済への影響を見ることで検証を行う。一国経済への影響を見るには、GDP や消費者物価上昇率など色々な指標が存在するが、国民生活への直接的な価格の影響を見ることができる消費者物価[5]の上昇率を見る。以下表 8 に示す。

表 8　消費物価指数の変化率

（JETRO 基礎的経済指標を基に作成）

消費者物価指数の変化率(%)					
	2004	2005	2006	2007	2008
インドネシア	6.4	17.11	6.6	6.59	11.06
インド	4.2	5	6.7	7.9	9.1
中国	3.9	1.8	1.5	4.8	5.9
日本	0	-0.3	0.3	0	1.4

[5] 消費者物価指数：消費者が実際に購入する段階での、商品の小売り価格（物価）の変動を示す指数

原油価格が高騰し最終財価格に転嫁が進んでいけば、消費者物価は上昇し家計の実質所得が圧迫される、即ち経済発展への障壁となる。表 8 に示す通り、原油価格が高騰した際に物価に大きく影響を示す国は、先進国の我が国ではなく発展途上国である。

2008 年の変化率を我が国とインドネシアで比較するとインドネシアの物価指数は日本よりも約 8 倍、インドと日本では約 6.5 倍影響が大きく経済に対するインパクトがある。本研究で GDP を考慮した後に導かれた Total ESPI 価格変動リスクの結果は消費者物価指数の変化率の大きい順とほぼ一致しており、インドネシアは価格変動時の影響が大きい。

■ 価格高騰による発展途上国の影響

インドネシアを含む発展途上国では、燃料補助金制度[6]を取り入れている国も多い。従って燃料価格が高騰した場合の一国経済に対するインパクトは大きい。

内閣府（内閣府、2005）の報告によると、中国の場合は政府が石油製品価格を統制することで消費者への転嫁を回避してきたが、その負担を石油会社が被る格好となっている。その為石油産業の業績が著しく悪化し、石油精製業（国有業及び一定規模以上の国有企業）で赤字を計上し、その結果として一部の地区でガソリン不足となる問題も発生している。

6 燃料補助金制度とは、原油価格の変動による市民生活への影響を押さえるために政府が補助金を拠出し、石油製品の国内価格を低水準に維持する制度

4.2 What If 分析

4.2.1 再生可能エネルギー最大導入ケース

Business As Usual では Total ESPI はエネルギーの純輸入総量ではなく、各国の TPES に占める原油のシェアが大きく影響すること、また Total ESPI 価格変動リスクは先進国よりも発展途上国の方がより影響が大きいという事が考察された。本節では各国が新エネ・再生エネルギー政策の目標値の最大を満たした時、Total ESPI がどれだけ変化するか見る為に What If 分析を行う。

新エネ・再生可能エネルギーは主に二次エネルギーである電力に用いられている為、多くの国では政策目標が発電種類別（図 32）の詳細な目標が掲げられており、どの数値目標を分析に用いるかという選定に困難をきたした。その理由としては、

- 新エネ・再生可能エネルギーの目標値の最大を導入した時の化石燃料の純輸入量の減少率を見る為に、最終的に単位を石油換算に単位変換をする必要がある
- 新エネ・再生可能エネルギーは発電種類により発電効率が違うため、発電種別毎の目標値を採用すると複雑な単位変換が必要となる

この様な複雑な単位変換を回避する為に、本研究では新エネ・再生可能エネルギーを目標数値通りに導入した時の TPES 或いは TPEC に占める新エネ・再生可能エネルギーのシェアを数値目標として用いることにした。数値目標は 3.1.3 節、表 5 に示す。

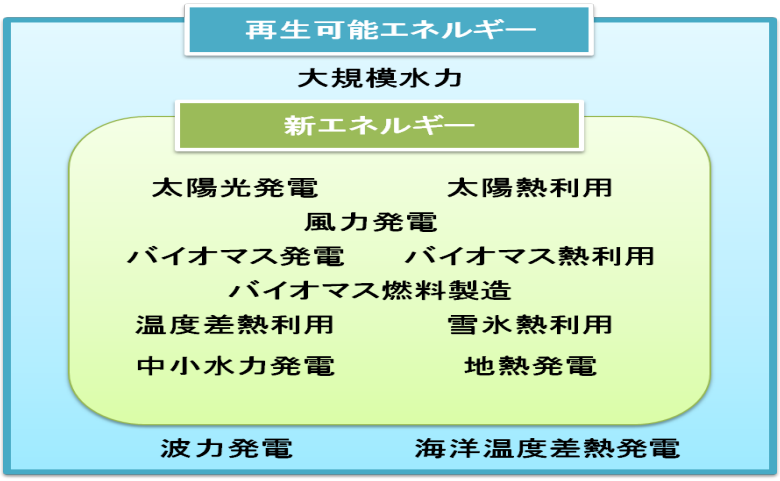


図 32　新エネルギーと再生可能エネルギーの概念　(METI,2009)

2006 年の実績値と各国の数値目標を基にその時点での新エネ･再生可能エネルギー導入量を算出し、算出した結果を線形式に当てはめて、各国の 2010 年、2020 年、2030 年の新エネ・再生可能エネルギーをもとめた。ここでもとめられた数値と BAU の差をもとめることにより、新エネ・再生可能エネルギーを導入することによる国内産エネルギーの増量分をもとめられる。増量分は各国の BAU の各燃料の純輸入総量における比率に応じて、輸入量から減少させることとした。各燃料の輸入比率を表 9 に示す。インドネシアにおいては原油の輸入に限定されており他の燃料に関しては輸入していない為、表には含まれていない。

表 9　Business As Usual 時の各燃料の輸入比率

Japan

	2010	2020	2030
Coal	25%	26%	26%
Oil	58%	55%	52%
Gas	18%	19%	22%

China

	2010	2020	2030
Coal	16%	12%	9%
Oil	84%	76%	61%
Gas	0%	12%	30%

India

	2010	2020	2030
Coal	13%	31%	51%
Oil	72%	48%	38%
Gas	14%	20%	11%

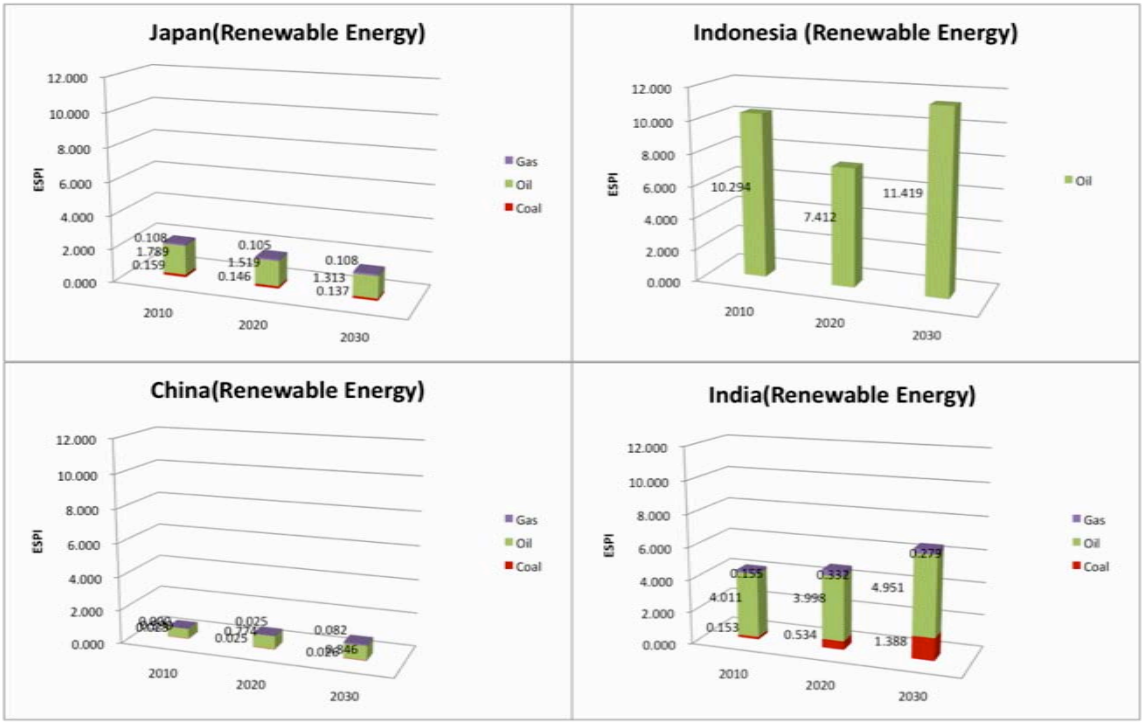


図 33 新エネ・再生可能エネルギー最大導入ケース（国別）

その後、再度 Total ESPI をもとめた。その結果、新エネ・再生可能エネルギーを最大導入ケースの Total ESPI の減少率は以下の通りとなった。

日本：2010 年　-1%　2030 年　-14%

中国：2010 年　-32%　2030 年　-25%

インド：2010 年　-30%　2030 年　-22%

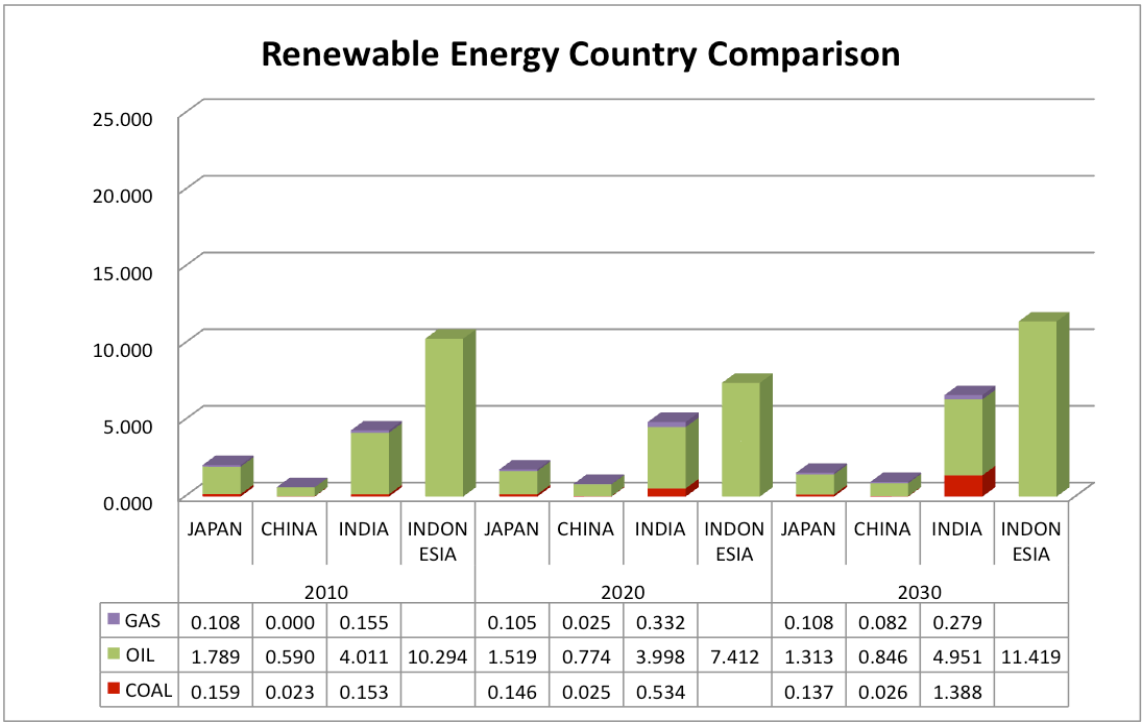
インドネシア：2010 年　-26%　2030 年　-54%

図 33 に国別の結果を示す。

四カ国比較を図 34 に示す。新エネ・再生可能エネルギーの導入による Total ESPI の減少率は我が国が一番低い。新エネ・再生可能エネルギーを最大限導入しても 2030 年時点で Total ESPI を下げる効果としては僅か 14%である。これは我が国よりも中国、インド、インドネシアの方が積極的な政策目標を掲げられている為と考える。また我が国

はTotal ESPIの減少率は年々上昇傾向にあるが、中国、インドにおいてはTotal ESPIの減少率は下がっていく傾向がみられる。これは新エネ・再生可能エネルギーの導入速度よりも経済成長率が高いことを示唆している。

しかし国内産エネルギーの増量分をどの燃料から減らすべきかという議論がある。本研究ではBAUの時の輸入量の比率に応じて各燃料から増量分を減らすことによりTotal ESPIを減らしたが、前述した通りTotal ESPIはTPESに占める原油のシェアに大きく影響される為、増量分を全て原油から減らすことによってさらに各国のTotal ESPIは減少させることも可能である。



	JAPAN	CHINA	INDIA	INDONESIA	JAPAN	CHINA	INDIA	INDONESIA	JAPAN	CHINA	INDIA	INDONESIA
	2010				2020				2030			
GAS	0.108	0.000	0.155		0.105	0.025	0.332		0.108	0.082	0.279	
OIL	1.789	0.590	4.011	10.294	1.519	0.774	3.998	7.412	1.313	0.846	4.951	11.419
COAL	0.159	0.023	0.153		0.146	0.025	0.534		0.137	0.026	1.388	

図 34　新エネ・再生可能エネルギー最大導入ケース（四カ国比較）

4.2.2　原子力最大導入ケース

次に原子力政策を導入した場合をみてみる。原子力政策を主に推進している国は本研究の対象としている国の中では日本、中国、インドの３カ国である。新エネ・再生可能エネルギー同様に各国の中長期エネルギー政策の目標値を元に、2010 年、2020 年、2030 年時点での原子力の最大導入量をもとめた。 原子力は前節でも述べた通り二次エネルギーに利用されているものであり、電力を石油換算トンに転換する必要ある。石油換算する為には以下の式を用いた。

年間発熱量＝（電気出力／熱電効率）x（年間時間）x（稼働率）

石油換算トン（toe: ton of oil equivalent) = 41.868GJ

各国の稼働率は(JAIF, 2009)を参照した（Appendix C 参照)。本来は稼働率が上がると熱電効率も上がるはずだが、個々の発電所によって稼働率も異なる為、本シミュレーションでは熱電効率は 33%一律で計算をした。図 35 以下に示す。

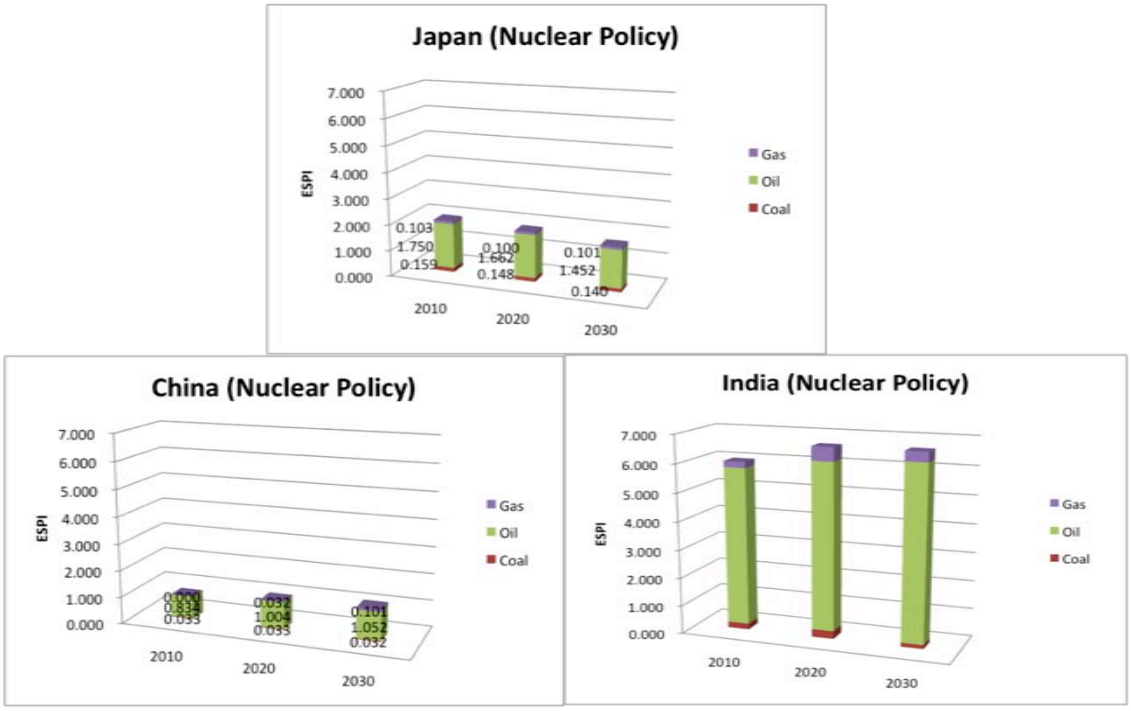


図 35　原子力政策最大導入ケース（国別)

原子力政策は我が国のエネルギー基本計画が発表(METI, 2010)にも記されている通り、原子力は我が国で期待される基幹エネルギーである。2020 年には発電時に CO2 を排出しないゼロエミッション電源の割合を 50%にするという「低炭素社会づくり行動計画」に原子力は貢献するエネルギーと考えられている。2030 年には総発電電力量の 30%–40%に引き上げるという目標も掲げている。しかしながら、シミュレーションの結果をみると、原子力政策の目標値を満たしたとしても、Total ESPI の数値は新エネ・再生可能エネルギーを最大導入したケースよりも Total ESPI を減少させる効果は小さい。BAU と原子力政策を導入した時の 2010 年、2030 年の変化率を以下に記す。

日本 : 2010 年　-3%　2030 年　-6%

中国 : 2010 年　-4%　2030 年　-7%

インド : 2010 年　-3%　2030 年　-21%

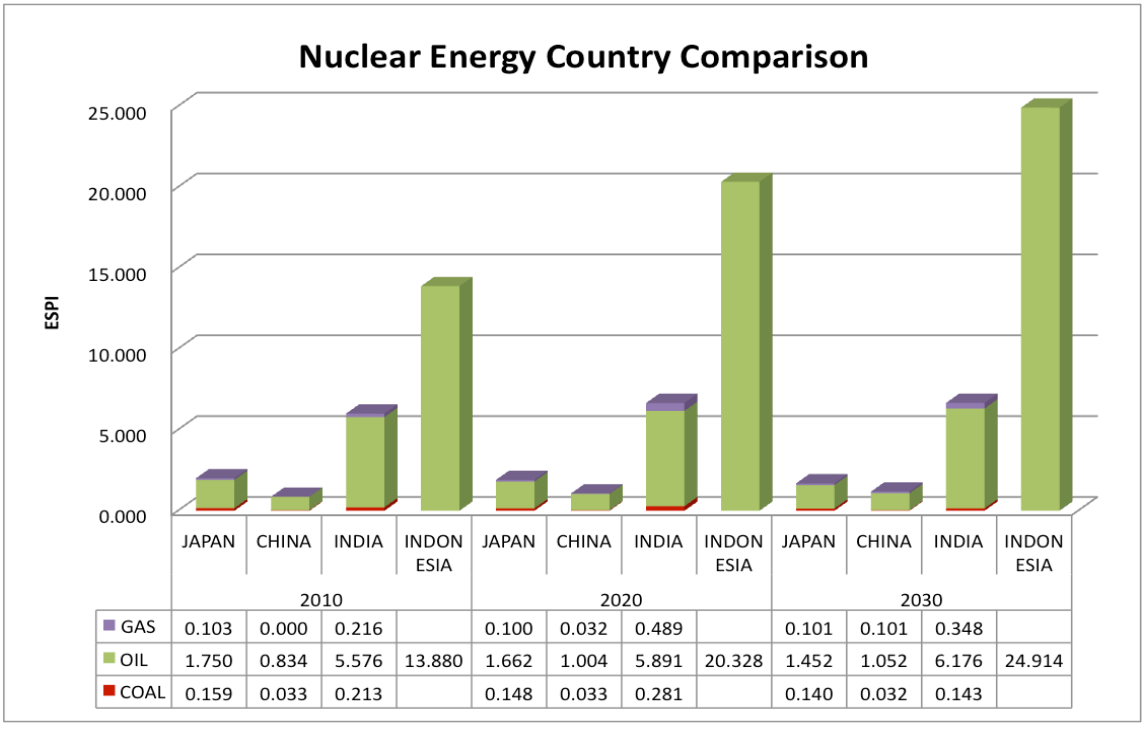


図 36　原子力政策最大導入ケース（四カ国比較）

図 36 は原子力政策最大導入時の四カ国比較を示す。インドネシアにおいては現時点ではまだ原子力発電の設備がない為、Total ESPI 価格変動リスクは Business As Usual のままの数値である。インドにおいては 2030 年に-21%と変化率の比較的大きいが、これはインドの原子力政策の目標値がかなり積極的な目標値を提示していることによるものである。

4.2.3　省エネ導入ケース

各国の省エネルギー政策では、エネルギー効率の向上を目標値としている国が多い。エネルギー基本計画をみてみるとエネルギー効率向上の具体的な対策として、部門別に詳細にその目標値が掲げられている。今まで行ってきた What-If 分析も示すように、Total ESPI の数値に最も大きく影響する要因は、Total TPES に占める原油の純輸入量である。従って、原油の純輸入量を直接的に減少することに最も貢献する部門である輸送部門の省エネについてシミュレーションを行うこととする。

我が国の輸送部門の中長期的な政策として、2020 年までに最大で乗用車の新車販売の 50%を次世代自動車にするという政策目標がある。具体的に次世代自動車の内訳としては、表 10 に示す通りである。この内訳を見ると、ハイブリッド及びクリーンディーゼル車においては燃料消費量を減少させる効果はあるものの、依然として燃料を使用するという観点で対象外とした。また、燃料電池車は導入目標値が 2030 年に至っても 3%と目標値そのものが低い為、電気自動車の最大導入目標を用いてシミュレーションを行った。

表 10　我が国の次世代自動車の導入目標
次世代自動車戦略 2010(METI, 2010)を元に筆者作成

政策目標	2020年	2030年
従来車	50%-80%	30%-50%
次世代自動車	20%-50%	50%-70%
ハイブリッド	20%-30%	30%-40%
電気自動車	15%-20%	20%-30%
燃料電池車	-1%	-3%
クリーンディーゼル	-5%	5-10%

具体的に原油の削減量は以下の様にして求めた。

ガソリン削減量 = 乗用車の台数 x 乗用車の走行キロ(km/台・年) ／ 走行燃費 (km/l)

2020 年、2030 年における乗用車（軽自動車を除く）の予測台数および実走行燃費と 1 台当たりの走行キロ数は、次世代自動車戦略 2010 (METI, 2010) の数値を用いた。2010 年時点の数値においては、一般社団法人　日本自動車工業会の低公害車等の出荷台数をみると、2008 年までの出荷台数はなしと報告されておりまだ市場に普及していないので、2010 年時点の電気自動車のガソリン削減量はなかったものとみなした。

Total ESPI をもとめる為には原油換算に直す必要がある為に、以下の換算式を用いてガソリン削減量を算出した後に単位変換を行った。

ガソリン　1 kl　=　原油換算量　0.89 kl　= 原油換算トン　0,925 t

表 11 にその結果を示す。

表 11　電気自動車導入時の燃料削減量

（原油換算ton）	2020	2030
従来のガソリン車の燃料消費量	20,972,240	16,945,506
電気自動車を導入時のガソリン消費量	18,367,356	12,734,508
ガソリン削減量	2,604,884	4,210,997

我が国のエネルギー政策の目標通りに従来車が電気自動車になった場合、2020 年時点で燃料の削減率は 12%、2030 年では 25%となっておりこの政策効果を見ることができる。しかしながら、数値的には 2020 年 2.604Mtoe, 2030 年には 4,210Mtoe と TPES に占める割合が小さい為 Total ESPI にはインパクトがない。そこで Total ESPI については将来的に新車販売が全て電気自動車になった場合を想定してシミュレーションを行った。以下の図 37 にその結果を示す。

電気自動車を全く導入していない 2010 年と 2020 年と比べ、Total ESPI は 20%減少した。また、BAU の 2020 年と電気自動車を導入した 2020 年を比較すると Total ESPI は 10%減少、2030 年においては Total ESPI が 9%減少している。減少率が 2020 年、2030 年で減少しているのは我が国の自動車保有台数の増加率が減少していることによるものである。

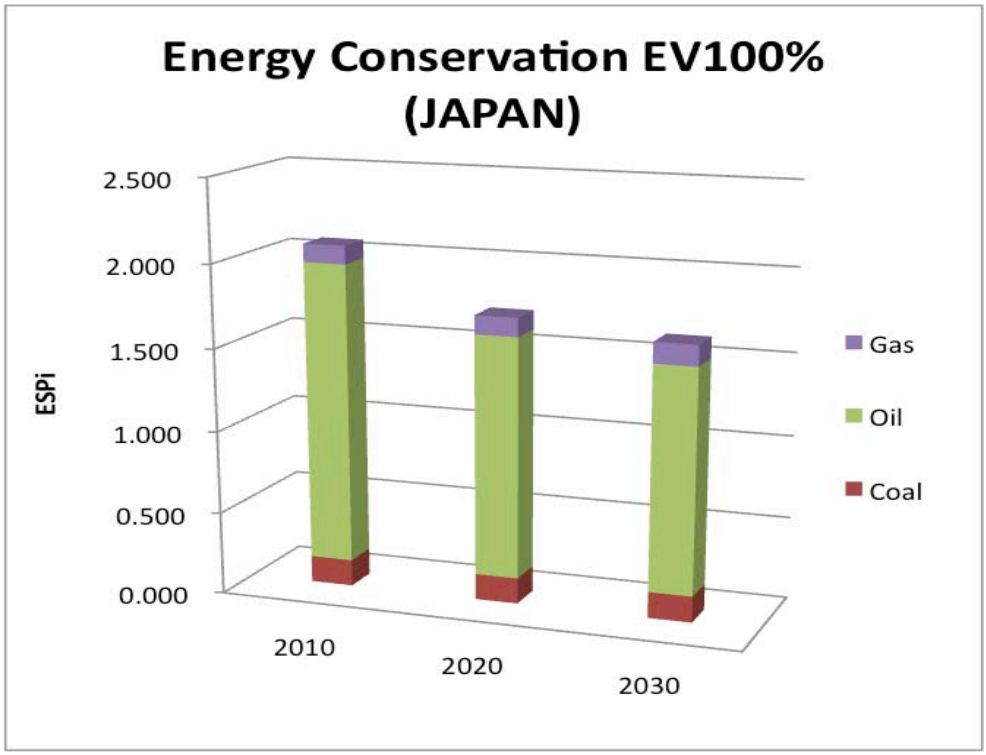


図 37　電気自動車を最大導入したケース

4.3　分析の考察

4.3.1　Total ESPI

分析の結果、まずTotal ESPI 価格変動リスクはTPESに占める原油の輸入依存度が高い国ほど数値が高く予測された。また今回の分析の対象とした四カ国において、中長期的な視野でみても原油における Total ESPI の数値は高く、今後も原油の輸入依存は各国にとって重要な問題であることを示している。しかし、経済規模を考慮してTotal ESPIを比較分析すると、一国の経済規模が大きい国ほどTotal ESPIの値が小さくなっている。これは輸入依存度が高くても、経済規模が大きく国力が強ければ価格変動に伴う国家・国民生活の影響を相殺することができることを示唆する。

従って、我が国と中国、インド、インドネシアを比較すると、我が国は資源の85%を輸入に依存しているにも関わらず、Total ESPIの値は他の国と比べて低い。また天然資源を豊富に持つインドネシアにおいては近年原油の依存度が増加傾向にあり、且つ経済規模が小さい為にTotal ESPIの値が高く示された。

しかし、今回の分析においては議論されるべき点がいくつかある。第一に、輸出国側のリスクは全ての国に対して同じリスクと仮定している。その理由としては、国際マーケットの価格変動というものは、仮にどこかの国で戦争や突発的な事象が起きた場合、輸入元がどこであるにも関わらず価格への影響があるからと考えたからである。しかしながら、我が国のエネルギー政策の資源の安定供給の対策としてエネルギーの輸入元の多様化という対策がある。従って、我が国と中国、インド、インドネシアでは輸入元が異なる為、それを考慮するという考え方もある。

第二に、本シミュレーションでは2010年、2020年、2030年の輸出国のシェアが変わらないものと仮定して Total ESPI を算出した。これは、本研究の目的が輸出国側のリスクより、輸入国側の政策効果を検証することに注力していたからである。しかし化石燃料が枯渇性エネルギー資源であることから、将来的にこのシェアは現在と変わることが考えられる。

第三に、今回のシミュレーションでは化石燃料の対象をconventional fossil fuelの

みに限定した。しかし近年カナダやアメリカ合衆国で確認されているオイルサンドやオイルシェールなどのunconventional fossil fuelを考慮すると輸出国の国際マーケットのシェアが大きく変わり、特に今回 Total ESPI の数値を大きく左右している原油におけるリスクが変わることも考えられる。

4.3.2 エネルギー政策

What-If 分析の結果、今回とりあげた 3 つの政策の中で最も Total ESPI の値を下げる効果がある政策としては省エネルギーであるという知見を得られた。今回は我が国の運輸部門の政策を例にシミュレーションを行ってみたが、省エネルギー政策は運輸部門以外にも、民政部門、産業部門など部門別の目標が各国で掲げられており、各部門で夫々政府目標を達成すれば輸入依存に起因する価格変動リスクを低減することに大きく貢献するものと考える。

それに対し、自給率向上の対策として我が国の今後の基幹エネルギーと期待される原子力は、新エネ・再生可能エネルギーを最大導入ケースよりも Total ESPI の数値を下げる効果は小さいということが示された。また、中国やインドなどの発展途上国においては積極的な政策目標を掲げているが、経済発展に伴うエネルギー需要の量が多い為に輸入依存を低減するほど顕著な効果は見ることができなかった。

しかし、今回の分析に採用した評価指標はあくまでも輸入依存における Total ESPI 価格変動リスクに限定されている。原子力の利用拡大、新エネ・再生可能エネルギーの利用促進を図るのであれば、評価指標に安定性、安全性なども考慮する必要性がある。また東アジア地域の様に発展途上国を多く含む地域では経済性という評価指標も重要な指標となる。

4.3.3　我が国と東アジアの今後の課題

我が国においては、二度のオイルショックという経験を経て、原油の輸入依存における経済への影響を痛感し、原油の輸入依存低減において政策的な取り組みを強化してきた。しかし、他国と比較すると（経済規模を考慮しなければ）依然として我が国はエネルギー資源のほとんどを他国からの輸入に依存しており、中でも原油の依存度は高い。その為価格変動リスクは膨大であるということ結果が得られた。中長期的な観点からみると、エネルギーセキュリティレベルを向上させる為には、原油の輸入依存度の低減に努めることが我が国にとっての最優先課題である。その対策として、電気自動車など次世代自動車の導入による省エネの促進、エネルギー効率の向上への取り組みを強化していくことが効果的である。 しかし、今後電気自動車等の普及が進む事により、電力需要の増加の可能性が考えられる。従って、電力の多様化を推進する必要性がある。電力の多様化という観点から、新エネ・再生可能エネルギー及び原子力の利用促進をより一層に強化していく必要性がある。また、新エネ・再生可能エネルギーは従来の化石燃料の代替資源として我が国の自給率の向上にも貢献することから、我が国のエネルギーセキュリティレベルの向上へと繋がる重要な鍵である。

東アジアの他の国々においては、経済成長に伴い急速に拡大しているエネルギーの需給ギャップを、経済成長を止めることなく如何に低減するかということが今後の重要な課題と考える。その対策として、原子力か新エネかという議論が多くされている。しかし、今後の東アジア地域においては、どちらか一方を選択するのではなく、まずは国内に賦存するエネルギー資源を最大限に活用することが重要である。東アジアの国々の国内賦存エネルギーという観点からみると石炭資源は重要であるものの、CO2 の排出量の多さという環境保全の観点からは問題がある。従って、今後新エネ・再生可能エネルギー、原子力の開発と利用促進にも取り組みを強化、エネルギーの多様化を図ることが重要である。また国内賦存エネルギーである石炭を効率的に利用する為に CCS 技術の開発も強化も重要である。しかしながら、新エネ・再生可能エネルギー、原子力の開発

と利用促進、また高度な技術開発にはリードタイムと多額な投資が必要である。また、原子力の開発と利用促進においては、核不拡散、原子力の安全及び平和利用など安全面の問題もある。

この様な事を考慮すると、需要面の対策として省エネルギー・エネルギー効率向上を図ることがエネルギーセキュリティレベルの向上策として効果的な対策であると考える。特に巨大エネルギー消費国である中国・インドにおいては、急速な経済成長に伴いモータリゼーションの進展も著しく、原油の供給という問題のみならず、環境面においても対処すべき問題であり、省エネルギー・エネルギー効率向上への強化が今後の持続可能な経済発展に貢献すると考える。

第 5 章　結論

5.1 まとめ

本研究では、東アジアの持続的経済の発展を目的として、各国のエネルギーセキュリティレベルの定量化を行った。第 2 章で分析した東アジアの課題の対策として実際に掲げられている各国のエネルギー政策の政策目標値に基づいて、どの対策がエネルギーセキュリティレベルの向上策として有効であるかを評価分析した。

エネルギーセキュリティの定義は多くの研究者の間で議論の対象となっているが、本研究では、国家および国民に便益をもたらす為にエネルギーを確保すると定義した。また、国際エネルギー市場の価格高騰に伴い国家および国民の生活に影響を及ぼすことをリスクと定義し、対象国である中国・インド・インドネシア・日本の 4 カ国のセキュリティレベルを評価した。評価に用いる指標は IEA の Energy Security Price Index（国際エネルギー市場における価格変動リスク）を拡張した Total ESPI である。この指標を用いることによって、経済格差のある国を比較することを可能にした。
その結果として、以下の知見を得ることができた。

- Total ESPI は TPES に占める原油の純輸入量の数値が大きい国ほどリスクが大きく、原油の輸入依存を軽減することがエネルギーセキュリティレベルの向上に繋がる。

- 経済規模を考慮すると、GDP が高い国ほど国際マーケットの価格変動リスクの影響は少なく、対象国の 4 カ国の中では経済規模が低く且つ 2004 年から原油の輸入依存が増加しているインドネシアにおけるリスクが高い。Business As Usual で比較した場合、2030 年時点の Total ESPI は我が国の 1.807 に対し、インドネシアは 24.914 と約 14 倍のリスクを持つ。

また、エネルギーセキュリティレベルの向上策として現状掲げられている 3 つの政策を比較分析した。対象は、供給面の対策として、新エネ・再生可能エネルギーの導入、原子力発電の開発、需要面対策として電気自動車の普及による省エネルギーの促進の政策効果を検証した。その結果として、

- 我が国の政策比較をした場合、BAU に対し 2030 年時点で Total ESPI の低減効果は再生可能エネルギー導入が-14%、原子力発電導入政策が−6%と我が国の基幹エネルギーと期待されている原子力発電の低減効果は再生可能エネルギーよりも 8%も低い。それに対し、省エネ導入については電気自動車という輸送部門単体の対策で 2030 年時点　−9%のリスク低減効果がある。

本研究の結果から、将来の東アジアの持続的経済発展の為には、国際マーケット集中における価格変動リスクを低減する為に、原油への輸入依存を低減する必要性があるという知見が得られた。原油の輸入依存低減の対策として、電気自動車などの導入促進による省エネルギーは有効な対策であるということが示唆された。特にモータリゼーションの進展により今後原油の輸入増大が見込まれている東アジアの発展途上国においては省エネルギーの促進が今後の経済発展の重要な鍵となる。

5.2　今後の課題

本研究では、従来研究で考慮されていなかった経済リスク、枯渇リスクをリスク要因として考慮することによって、経済規模の違う四カ国のエネルギーセキュリティレベルを定量化、比較分析した。今後の課題としては以下のことが考えられる。

■　安全面を指標に考慮する必要性

本研究ではリスクとして“突発的な事故”または“危険”ということを考慮しなかった。今後、我が国をはじめとして、中国やインドなど、多くの発展途上国で原子力発電の利用が促進すれば、国家、または国民の“安全”を考慮した上でのエネルギーセキュリティを確保することが重要な課題と考える。

■　燃料毎の使用目的を考慮する必要性

原油は中長期的な観点からみれば、当面の間、自動車の燃料などで必要不可欠となる燃料である。特に、中国やインド、インドネシアと言った発展途上国においては経済成長に伴うモータリゼーションの進展によって今後も需要が増大すると思われるエネルギー資源である。原油のリスクが高いからという理由で、全く使用しないというわけにはいかない。従って、東アジアの持続可能な経済発展の為には、各国における燃料毎の使用目的を考慮した上でエネルギーセキュリティを考える必要性がある。

■　東アジアのデータの整備の必要性

近年中国やインドは急速な経済成長、エネルギーの消費量の拡大、環境問題と世界に注目されている為、基本となるデータは存在したが、その他の発展途上国においては情報収集に困難を極めた。また、中国やインドなどのデータにおいては、各国政府機関、エネルギー機関によって需給予測が異なり、どのデータを扱うかによって予測される結果が異なってくるという問題があり、今後東アジアのエネルギーセキュリティを考える上ではこの様なデータの整備が課題となる。

謝辞

本論文は筆者が慶應義塾大学大学院、システムデザイン・マネジメント研究科、システムデザイン・マネジメント専攻、修士課程に在籍中の研究成果をまとめたものである。

本研究を実施する機会を与えて戴き、またその遂行にあたり指導教官として終始適切ご指導を戴きました同研究科、中野冠教授に謹んで感謝の意を表します。副査としてご助言を戴くとともに本論文について細部のご指導をいただきました同研究科、小木哲朗教授並びに浦郷正隆准教授に感謝の意を表します。また論文の英語要旨のご指導を戴きました湊宣明助教に感謝の意を表します。

シミュレーションの実施の際、アジア太平洋地域のエネルギーデータ、既存研究、及びアジアに関する有益な情報を提供していただきました Asia Pacific Energy Research Centre の小林健二所長、中西聡研究部長に感謝の意を表します。また、中国の国家エネルギー政策や第11次５カ年計画の直近の Progress Report という貴重な情報を提供していただいた同 Asia Pacific Energy Research Centre, Senior Researcher, Zhang Jiangu 氏に感謝の意を表します。

東アジア各国の省エネルギーにおける課題についてご丁寧な指導をしてくださり、省エネルギー政策の情報を提供していただきました（財）省エネルギーセンター国際協力本部の関山武司部長、岸正世氏に感謝の意を表します。

我が国の緊急備蓄体制と緊急時に対応する為の国際的枠組みについて詳細の説明をしてくださり、エネルギー輸入価格データ、他有益な情報提供していただきました独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 備蓄企画部、岩原達也企画課長に感謝の意を表します。

エネルギー安全保障の為の我が国と中東との関係強化について、またエネルギーの安定供給の為の国際的枠組みについてご丁寧に指導してくださいました（財）中東協力センター　日本・サウジアラビア産業協力タスクフォース事務局の大住正孝氏、大畑進多郎氏に感謝の意を表します。

最後に、同研究科博士課程 Yudha Prambudia 氏は、共同研究者として実りある Discussion ができたこと、またモデリングとシミュレーションについて丁寧な助言をくださいましたことを心より感謝いたします。また、中国語の文献の英語翻訳に協力していただいた Seng-Tat Chua 氏、羅宏勝氏をはじめとして、中野研究室の皆様には多くの助言といただくとともに、励まし、サポートしてくださったことに感謝いたします。

参考文献

APERC, 2007

A Quest for Energy Security in the 21st Century: Resources and Constraints

APERC Research Reports 2007

http://www.ieej.or.jp/aperc/publications.html

[アクセス日: 2010 年 06 月 18 日].

APERC, 2009a

APEC Energy Demand and Supply Outlook 4th Edition

APERC Research Reports 2009

http://www.ieej.or.jp/aperc/publications.html

[アクセス日: 2010 年 06 月 18 日].

APERC, 2009b,

Energy Statistics in Asia and the Pacific (1990-2006)

Asia Pacific Energy Research Centre

APERC, 2009c

Understanding Energy in China,

APERC Research Report 2009

http://www.ieej.or.jp/aperc/publications.html

[アクセス日: 2010 年 06 月 18 日].

APERC, 2010

Compendium of Energy Efficiency Policies of APEC Economies

Asia Pacific Energy Research Centre

http://www.ieej.or.jp/aperc/CEEP.html

[アクセス日: 2010 年 02 月 01 日].

Asif M., Muneer T., 2007

Energy supply, its demand and security issues for

Renewable and Sustainable Energy Reviews, p1388–1413.

Belkin P., 2008

The European Union's Energy Security Challenges

Congressional Research Service, 第 RL33636 .

Bielecki J., 2002

Energy security: is the wolf at the door?

The Quarterly Review of Economics and Finance 42, p235-250.

BP, 2009

BP Statistical Review of World Energy June 2009

http://www.bp.com/

[アクセス日: 2009 年 11 月 01 日].

Cabalu H., Alfonso C., Manuhutu C., 2008

Regional Cooperation in Energy Security in the ASEAN+3.

Curtin University of Technology, Perth. p75-96.

Cheng Y.S. Joseph., 2008

A Chinese View of China's Energy Security

Journal of Comtemporary China, 17(55), p297-317.

Chester L., 2010

Conceptualising energy security and amking explicit its polysemic nature

Energy Pollicy 38, p887-895.

Daojiong Z., 2006

China's Energy Security: Domestic and International Issues

Survival, 48 (1), p179–190

East Asia Summit、Energy Cooperation Task Force

Bio- Fuel Database in East Asia

http://www.asiabiomass.jp/biofuelDB/indonesia/contents001.htm#12

[アクセス日: 2010 年 06 月 01 日]

EIA(Energy Information Administration), 2009

International Energy Outlook 2009

http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html

[アクセス日: 2010 年 06 月 01 日].

ERIA(Economic Research Institute of ASEAN and East Asia), 2007

Analysis on Energy Saving Potential in East Asia Region

ERIA Research Project 2007, No.6-1.

Gasparatos A., Gadda T., 2009

Environmental support, energy security and economic growth in Japan

Energy Policy 37, p4038-4048.

Government of India Plannining Comission, 2006

Integrated Energy Policy

New Dehli, 2006 年 8 月.

Government of India, Ministry of Petroleum and Natural Gas

Annual Report 2007-2008

http://www. petroleum.nic.in

[アクセス日: 2010 年 06 月 01 日].

Gupta E., 2008

Oil Vulnerability index of oil-importing countries

Energy Policy 36, p1195-1211.

Hong Z., 2009

China and India: The energy policies

EAI Background Brief No.462.

Hughes L., 2009

The four 'R's of energy security

Energy Policy 37, p2459-2461.

IEA(International Energy Agency), 2007

Energy Security and Climate Policy, Assessing Interactions

http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2007/energy_security_climate_policy.pdf

[アクセス日: 2010 年 06 月 01 日].

IEA(International Energy Agency), 2010

IEA Response System for Oil Supply Emergencies

http://www.iea.org/Textbase/nppdf/free/2007/fs_response_system.pdf

[アクセス日: 2010 年 06 月 01 日].

IEEJ,（日本エネルギー経済研究所、2006

インドネシアの石油・天然ガス・その現状

http://eneken.ieej.or.jp/data/pdf/1335.pdf#search='インドネシアの石油・天然ガス：その現状と課題'

[アクセス日: 2010 年 06 月 01 日]

IEEJ,（財）日本エネルギー経済研究所, 2009

アジア／世界エネルギーアウトルック 2009

ーアジアのエネルギー・環境問題とその解決にむけた技術の役割ー
http://eneken.ieej.or.jp/data/2833.pdf
[アクセス日: 2010 年 06 月 10 日].
IEEJ, (財) 日本エネルギー経済研究所), 2010
低炭素化とエネルギー安全保障
http://eneken.ieej.or.jp/data/2967.pdf
[アクセス日: 2010 年 06 月 10 日].
Jansen C.J., Seebregts J.A., 2010
Long-term energy services security: What is it and how can it be measured and valued?
Energy Policy 38(4), p1654–1664.
JAIF (社団法人 日本原子力産業協会), 2009
世界の原子力発電の状況 (原子力発電所を運転している国 : 31 カ国・地域)
http://www.jaif.or.jp/ja/news/2009/world_npp_status090316.pdf
[アクセス日: 2010 年 06 月 01 日]
Jansen J.C., vam Arkel W.G., Boots M.G., 2004
Designing indicators of long-term energy supply security
Jun E., KimW., Chang H.S., 2009
The analysis of security cost for different energy sources
Applied Energy 86, p1894-1901.
Kimura S., 2009
Analysis on Energy Saving Potential in East Asia
ERIA Research Project Report 2008 No.8-1.
Kumar A., Kumar K., Kaushik N., Sharma S., Mishra S., 2010
Renewable energy in India,: Current status and future potentials
Renewable and Sutainable Energy Reviews, doi:10.1016/j.rser.2010.04.003
Kruyt B., van Vuuren D.P., de Vries H.J.M., GroenenbergH., 2009
Indicators for energy security
Energy Policy 37(6), p2166–2181.
Lefe`vre N., 2010
Measuring the energy security implicaitons of fossil fuel
Energy Policy 38, p1635–1644.
Lesbirel S.H., 2004

Diversification and Energy Security Risks:The Japanese Case

Japanese Journal of Political Science 5 (1), p1-22.

National Development and Reform Commission, 2009

China's Policies and Actions for Addressing Climate Change

The Progress Report 2009

National Development and Reform Commission, 2010

"十二五"需要研究解决好六大问题

http://xwzx.ndrc.gov.cn/mtfy/zymt/t20100301_332916.htm

[アクセス日: 2010 年 07 月 08 日]

NEDO, 2006

第十一次五カ年計画におけるエネルギー政策の動向等（中国）

NEDO 海外レポート、No.976.

OECD/IEA, 2007

Oil Supply Security

http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2000/oilsecu2001.pdf

[アクセス日: 2010 年 06 月 01 日]

Othman M.R., Martunus, Zakaria R., Fernando W.J.N., 2009

Strategic planning on carbon capture from coal fired plants in Malaysia and Indonesia: A Review

Energy Policy 37, p1718-1735

Paul S., Rabindra N.B., 2004

Causality between energy consumption and econnomic growth in India:a note on conflicting results

Energy Economics 26, p977-983.

Shahi R.V., 2006

India's Strategy Toward Energy Development

Paper presented to the Board of International Energy Agency at Sydney on 12th December, 2006 in the Seminar on"Energy Insights from Asia Pacific"

Turton H., Barreto L., 2006

Long-term security of energy supply and climate change

Energy Policy 34, p2232-2250.

United Nations,2008

World Populations Prospects; The 2008 Revision.
http://esa.un.org/unpd/wpp2008/index.htm.
[アクセス日: 2010 年 06 月 01 日]

Vivoda V., 2009
Diversification of oil import sources and energy security
Energy Policy 37, p 4615-4623.

von Hipple D., Suzuki T, Williams J.H., Savage T., Hayes P., 2009
Energy Security and the Sustainability in Northeast Asia
Energy Policy

World Bank, 2009
Governance Matters 2009,
Worldwide Governance Indicators 1990-2008
http://info.worldbank.org/governance/wgi/index.asp
[アクセス日: 2010 年 06 月 01 日]

Y.S.Cheng Joseph, 2008
A Chinese View of China's Energy Security,
Journal of Contemporary China 17(55), p.297-317.

Zhao Suisheng, 2008
China's Global Search for Energy Security: cooperation and competition in
Journal of Contemporary China 17, 2008: 207-227.

経済産業省、2009
エネルギー白書 2009
http://www.meti.go.jp/report/whitepaper/index_enehaku.html
[アクセス日: 2010 年 06 月 18 日]

経済産業省、2010
エネルギー白書 2010
http://www.meti.go.jp/report/whitepaper/index_enehaku.html
[アクセス日: 2010 年 06 月 18 日]

経済産業省、資源エネルギー庁,
エネルギー政策基本法とエネルギー基本計画
http://www.enecho.meti.go.jp/topics/kihonkeikaku/index.htm
[アクセス日: 2010 年 06 月 10 日].

経済産業省、資源エネルギー庁、2002
エネルギー政策基本法
http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H14/H14HO071.html
[アクセス日: 2010 年 06 月 10 日]
経済産業省、資源エネルギー庁、2008
総合資源エネルギー調査会, 需給部会. 長期エネルギー需給見通し
http://www.enecho.meti.go.jp/topics/080523.htm
[アクセス日: 2010 年 06 月 18 日]
経済産業省、2010
次世代自動車戦略研究会
http://www.meti.go.jp/press/20100412002/20100412002-3.pdf
[アクセス日: 2010 年 06 月 18 日]
曲 暁光、2006
第十一次五ヵ年計画におけるエネルギー政策の動向等(中国)
ＮＥＤＯ海外レポート ＮＯ.976
内閣府、政策統括官室、2005
世界経済の潮流
http://www5.cao.go.jp/j-j/sekai_chouryuu/sa05-02/index.html
[アクセス日: 2010 年 08 月 20 日]
日本貿易振興機構
国・地域別情報、アジア
http://www.jetro.go.jp/world/asia/
[アクセス日: 2010 年 08 月 20 日]
大和総研、2010
中国：第 11 次５カ年計画の成績表と今後の注目点
Strategy and Economic Report, 2010 年５月 13 日
http://www.dir.co.jp/souken/research/report/economic/monthly
[アクセス日: 2010 年 07 月 17 日]
星野優子, 杉山大志、2009
中長期の国際エネルギー需給展望のなかでの石炭の位置づけ
社会経済研究所、SERC Discussion Paper、SERC09012
http://criepi.denken.or.jp/jp/serc/discussion/09012.html

三菱東京 UFJ 銀行、2006
第 11 次５カ年計画に示された中国経済の方向性
経済レビュー、No.5
山田　英司、2007
先進諸国との比較におけるわが国のエネルギーセキュリティレベルの評価研究.日本原子力学会和文論文誌 6(4), p383-382.

Appendix A

A - 1　東アジアの中長期エネルギー予測データ（ERIA, 2007）

Primary energy demand 及び Energy and economic indicator のデータを使用。

本データは http://www.eria.org/でも取得可能であるが、若干データの修正がみられる。

CHINA [BAU]

Primary energy demand	Mtoe					Share, %					AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990	2005	2010	2020	2030	1990-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
Total	**662.8**	**1,493.6**	**1,961.8**	**2,520.9**	**3,075.2**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**5.6**	**5.6**	**2.5**	**2.0**	**2.9**
Coal	528.5	1,087.6	1,374.9	1,575.9	1,723.0	79.7	72.8	70.1	62.5	56.0	4.9	4.8	1.4	0.9	1.9
Oil	110.4	318.4	429.1	571.4	695.8	16.7	21.3	21.9	22.7	22.6	7.3	6.2	2.9	2.0	3.2
Natural gas	12.8	40.1	61.7	146.0	357.8	1.9	2.7	3.1	5.8	11.6	7.9	9.0	9.0	9.4	9.1
Nuclear	0.0	13.8	21.0	65.8	91.3	0.0	0.9	1.1	2.6	3.0	-	8.7	12.1	3.3	7.8
Hydro	10.9	34.1	52.1	69.7	76.0	1.6	2.3	2.7	2.8	2.5	7.9	8.8	3.0	0.9	3.3
Geothermal	0.0	0.0	0.1	0.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	15.8	9.8	-
Others	0.2	-0.5	23.0	91.7	130.6	0.0	0.0	1.2	3.6	4.2	-208.4	-312.4	14.8	3.6	-224.6

Final energy consumption by Sector	Mtoe					Share, %					AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990	2005	2010	2020	2030	1990-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
Total	**462.5**	**890.3**	**1,162.9**	**1,516.7**	**1,861.9**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**4.5**	**5.5**	**2.7**	**2.1**	**3.0**
Industry	258.8	517.8	675.2	787.7	843.0	56.0	58.2	58.1	51.9	45.3	4.7	5.5	1.6	0.7	2.0
Transportation	37.2	114.2	158.6	246.7	344.2	8.0	12.8	13.6	16.3	18.5	7.8	6.8	4.5	3.4	4.5
Others	142.1	208.4	274.6	419.3	604.2	30.7	23.4	23.6	27.6	32.4	2.6	5.7	4.3	3.7	4.3
Non-energy	24.5	49.9	54.5	63.0	70.5	5.3	5.6	4.7	4.2	3.8	4.9	1.8	1.4	1.1	1.4
by Energy															
Total	**462.5**	**890.3**	**1,162.9**	**1,516.7**	**1,861.9**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**4.5**	**5.5**	**2.7**	**2.1**	**3.0**
Coal	314.7	373.3	448.2	458.5	434.9	68.0	41.9	38.5	30.2	23.4	1.1	3.7	0.2	-0.5	0.6
Oil	83.4	270.4	355.3	505.1	645.6	18.0	30.4	30.5	33.3	34.7	8.2	5.6	3.6	2.5	3.5
Natural gas	9.7	31.9	50.6	100.6	187.9	2.1	3.6	4.4	6.6	10.1	8.2	9.7	7.1	6.4	7.4
Electricity	41.4	171.4	247.1	355.1	461.0	9.0	19.2	21.3	23.4	24.8	9.9	7.6	3.7	2.6	4.0
Heat	13.2	43.4	59.5	87.2	115.5	2.9	4.9	5.1	5.8	6.2	8.2	6.5	3.9	2.8	4.0
Others	0.0	0.0	2.1	10.2	16.9	0.0	0.0	0.2	0.7	0.9	-	-	17.0	5.2	-

Power generation	TWh					Share, %					AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990	2005	2010	2020	2030	1990-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
Total	**621.2**	**2,497.4**	**3,529.6**	**5,006.6**	**6,449.0**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**9.7**	**7.2**	**3.6**	**2.6**	**3.9**
Coal	442.8	1,972.3	2,710.9	3,509.4	4,223.2	71.3	79.0	76.8	70.1	65.5	10.5	6.6	2.6	1.9	3.1
Oil	49.0	60.6	59.1	57.1	56.0	7.9	2.4	1.7	1.1	0.9	1.4	-0.5	-0.4	-0.2	-0.3
Natural gas	2.8	11.9	33.1	182.0	647.8	0.4	0.5	0.9	3.6	10.0	10.2	22.6	18.6	13.5	17.3
Nuclear	0.0	53.1	80.4	252.3	350.5	0.0	2.1	2.3	5.0	5.4	-	8.7	12.1	3.3	7.8
Hydro	126.7	397.0	606.2	810.8	883.5	20.4	15.9	17.2	16.2	13.7	7.9	8.8	3.0	0.9	3.3
Geothermal	0.0	0.0	0.1	0.4	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	15.8	9.8	-
Others	0.0	2.5	39.8	194.5	287.1	0.0	0.1	1.1	3.9	4.5	-	73.8	17.2	4.0	20.9

Power generation Input	Mtoe					Share, %					AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990	2005	2010	2020	2030	1990-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
Total	**144.8**	**545.5**	**691.2**	**870.6**	**1,088.1**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**9.2**	**4.8**	**2.3**	**2.3**	**2.8**
Coal	131.8	527.6	670.3	820.6	949.5	91.0	96.7	97.0	94.3	87.3	9.7	4.9	2.0	1.5	2.4
Oil	12.4	15.3	13.8	12.7	12.0	8.5	2.8	2.0	1.5	1.1	1.4	-2.0	-0.9	-0.6	-1.0
Natural gas	0.6	2.6	7.1	37.3	126.6	0.4	0.5	1.0	4.3	11.6	10.2	22.0	18.0	13.0	16.7

Thermal Efficiency	%					Share, %					AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990	2005	2010	2020	2030	1995-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
Total	**29.4**	**32.2**	**34.9**	**37.0**	**38.9**						**0.6**	**1.6**	**0.6**	**0.5**	**0.8**
Coal	28.9	32.1	34.8	36.8	38.3						0.7	1.6	0.6	0.4	0.7
Oil	34.0	34.1	36.8	38.8	40.2						0.0	1.5	0.5	0.4	0.7
Natural gas	38.9	38.9	39.9	42.0	44.0						0.0	0.5	0.5	0.5	0.5

CO_2 emissions	Mt-C					Share, %					AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990	2005	2010	2020	2030	1990-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
Total	**671.4**	**1,466.8**	**1,853.3**	**2,226.7**	**2,604.5**						**5.3**	**4.8**	**1.9**	**1.6**	**2.3**

Energy and economic indicators						AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
GDP (billions of 2000 US dollars)	445	1,890	3,012	5,594	8,644	10.1	9.8	6.4	4.4	6.3
Population (millions of people)	1,143	1,308	1,346	1,415	1,452	0.9	0.6	0.5	0.3	0.4
GDP per capita (thousands of 2000 USD/person)	0.4	1.4	2.2	4.0	6.0	9.1	9.1	5.9	4.2	5.8
Primary energy consumption per capita (toe/person)	0.6	1.1	1.5	1.8	2.1	4.6	5.0	2.0	1.7	2.5
Primary energy consumption per unit of GDP (toe/million 2000 U	1,491	790	651	451	356	-4.1	-3.8	-3.6	-2.3	-3.1
CO_2 emissions per unit of GDP (t-C/million 2000 US Dollars)	1,510	776	615	398	301	-4.3	-4.5	-4.3	-2.7	-3.7
CO_2 emissions per unit of primary energy consumption (t-C/toe)	1.01	0.98	0.94	0.88	0.85	-0.2	-0.8	-0.7	-0.4	-0.6
Automobile ownership volume (millions of vehicles)	5.5	31.8	46.5	117.5	233.9	12.4	7.9	9.7	7.1	8.3
Automobile ownership volume per capita (vehicles per person)	0.00	0.02	0.03	0.08	0.16	11.4	7.3	9.2	6.8	7.9

A - 2

INDIA [BAU]

Primary energy demand	Mtoe					Share, %					AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990	2005	2010	2020	2030	1990-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
Total	**186.4**	**379.3**	**469.9**	**882.0**	**1,831.5**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**4.8**	**4.4**	**6.5**	**7.6**	**6.5**
Coal	106.1	208.0	228.5	385.6	962.3	56.9	54.8	48.6	43.7	52.5	4.6	1.9	5.4	9.6	6.3
Oil	62.6	128.6	163.5	293.6	581.9	33.6	33.9	34.8	33.3	31.8	4.9	4.9	6.0	7.1	6.2
Natural gas	9.8	28.8	50.4	139.6	201.0	5.3	7.6	10.7	15.8	11.0	7.4	11.8	10.7	3.7	8.1
Nuclear	1.6	4.5	10.8	34.5	42.4	0.9	1.2	2.3	3.9	2.3	7.2	19.0	12.3	2.1	9.4
Hydro	6.2	8.6	16.0	28.0	43.1	3.3	2.3	3.4	3.2	2.4	2.2	13.3	5.7	4.4	6.7
Geothermal	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	
Others	0.1	0.8	0.7	0.7	0.8	0.1	0.2	0.2	0.1	0.0	13.2	-1.9	-0.2	0.9	-0.1

Final energy consumption by Sector	Mtoe					Share, %					AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990	2005	2010	2020	2030	1990-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
Total	**116.8**	**199.1**	**281.2**	**521.5**	**1,019.8**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**3.6**	**7.1**	**6.4**	**6.9**	**6.8**
Industry	60.4	90.3	133.2	229.0	406.1	51.7	45.3	47.4	43.9	39.8	2.7	8.1	5.6	5.9	6.2
Transportation	20.3	37.0	55.7	119.2	292.0	17.4	18.6	19.8	22.9	28.6	4.1	8.5	7.9	9.4	8.6
Others	32.5	58.5	73.5	136.2	248.6	27.8	29.4	26.1	26.1	24.4	4.0	4.7	6.4	6.2	6.0
Non-energy	3.6	13.4	18.8	37.1	73.1	3.1	6.7	6.7	7.1	7.2	9.2	7.0	7.0	7.0	7.0
by Energy															
Total	**116.8**	**199.1**	**281.2**	**521.5**	**1,019.8**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**3.6**	**7.1**	**6.4**	**6.9**	**6.8**
Coal	41.3	37.7	60.5	97.1	157.5	35.4	18.9	21.5	18.6	15.4	-0.6	9.9	4.9	5.0	5.9
Oil	51.7	106.3	146.3	271.9	549.3	44.2	53.4	52.0	52.1	53.9	4.9	6.6	6.4	7.3	6.8
Natural gas	5.6	13.9	17.7	31.8	59.8	4.8	7.0	6.3	6.1	5.9	6.2	4.8	6.0	6.5	6.0
Electricity	18.2	41.1	56.8	120.8	253.2	15.6	20.6	20.2	23.2	24.8	5.6	6.7	7.8	7.7	7.5
Heat	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	
Others	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	-	-100.0	-	-	-100.0

Power generation	TWh					Share, %					AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990	2005	2010	2020	2030	1990-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
Total	**289.4**	**699.0**	**966.6**	**2,048.3**	**4,303.2**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**6.1**	**6.7**	**7.8**	**7.7**	**7.5**
Coal	191.6	480.0	550.3	963.7	2,812.0	66.2	68.7	56.9	47.1	65.3	6.3	2.8	5.8	11.3	7.3
Oil	10.0	31.2	10.4	9.6	13.1	3.5	4.5	1.1	0.5	0.3	7.9	-19.7	-0.8	3.2	-3.4
Natural gas	10.0	62.5	167.0	596.0	774.0	3.4	8.9	17.3	29.1	18.0	13.0	21.7	13.6	2.6	10.6
Nuclear	6.1	17.3	41.4	132.5	162.8	2.1	2.5	4.3	6.5	3.8	7.2	19.0	12.3	2.1	9.4
Hydro	71.7	100.0	186.6	325.2	500.8	24.8	14.3	19.3	15.9	11.6	2.2	13.3	5.7	4.4	6.7
Geothermal	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	
Others	0.0	8.1	10.9	21.3	40.5	0.0	1.2	1.1	1.0	0.9	44.6	6.2	6.9	6.6	6.7

Power generation Input	Mtoe					Share, %					AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990	2005	2010	2020	2030	1990-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
Total	**66.8**	**176.5**	**178.2**	**348.0**	**862.6**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**6.7**	**0.2**	**6.9**	**9.5**	**6.6**
Coal	58.0	155.5	146.9	249.5	735.0	86.9	88.1	82.4	71.7	85.2	6.8	-1.1	5.4	11.4	6.4
Oil	5.3	8.2	2.9	2.7	3.6	8.0	4.7	1.6	0.8	0.4	2.9	-18.8	-0.8	3.2	-3.2
Natural gas	3.5	12.8	28.4	95.9	124.0	5.2	7.3	16.0	27.6	14.4	9.1	17.3	12.9	2.6	9.5

Thermal Efficiency	%					Share, %					AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990	2005	2010	2020	2030	1995-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
Total	**27.2**	**27.9**	**35.1**	**38.8**	**35.9**						**0.2**	**4.7**	**1.0**	**-0.8**	**1.0**
Coal	28.4	26.5	32.2	33.2	32.9						-0.4	4.0	0.3	-0.1	0.9
Oil	16.3	32.7	31.0	31.0	31.0						4.8	-1.1	0.0	0.0	-0.2
Natural gas	24.7	41.9	50.5	53.4	53.7						3.6	3.8	0.6	0.0	1.0

CO_2 emissions	Mt-C					Share, %					AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990	2005	2010	2020	2030	1990-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
Total	**167.2**	**329.2**	**383.4**	**686.8**	**1,531.6**						**4.6**	**3.1**	**6.0**	**8.4**	**6.3**

Energy and economic indicators						AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
GDP (billions of 2000 US dollars)	274	655	958	2,067	4,463	6.0	7.9	8.0	8.0	8.0
Population (millions of people)	850	1,095	1,163	1,326	1,460	1.7	1.2	1.3	1.0	1.2
GDP per capita (thousands of 2000 USD/person)	0.3	0.6	0.8	1.6	3.1	4.2	6.6	6.6	7.0	6.7
Primary energy consumption per capita (toe/person)	0.2	0.3	0.4	0.7	1.3	3.1	3.1	5.1	6.6	5.3
Primary energy consumption per unit of GDP (toe/million 2000 U	681	579	491	427	410	-1.1	-3.3	-1.4	-0.4	-1.4
CO_2 emissions per unit of GDP (t-C/million 2000 US Dollars)	611	503	400	332	343	-1.3	-4.5	-1.8	0.3	-1.5
CO_2 emissions per unit of primary energy consumption (t-C/toe)	0.90	0.87	0.82	0.78	0.84	-0.2	-1.2	-0.5	0.7	-0.1

A - 3

INDONESIA [BAU]

Primary energy demand	Mtoe					Share, %					AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990	2005	2010	2020	2030	1990-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
Total	**64.6**	**135.1**	**183.2**	**314.0**	**542.9**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**5.0**	**6.3**	**5.5**	**5.6**	**5.**
Coal	3.9	25.4	36.1	76.8	163.1	6.1	18.8	19.7	24.5	30.0	13.2	7.3	7.8	7.8	7.
Oil	34.2	66.2	81.4	129.9	220.8	53.0	49.0	44.4	41.4	40.7	4.5	4.2	4.8	5.4	4.
Natural gas	18.5	30.6	36.8	56.3	106.9	28.6	22.6	20.1	17.9	19.7	3.4	3.8	4.3	6.6	5.
Nuclear	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	
Hydro	0.6	0.9	1.5	1.8	2.1	0.9	0.7	0.8	0.6	0.4	3.0	10.8	1.8	1.6	3.
Geothermal	0.9	5.7	20.8	41.5	41.5	1.5	4.2	11.4	13.2	7.6	12.7	29.6	7.2	0.0	8.
Others	6.4	6.3	6.6	7.7	8.5	9.9	4.7	3.6	2.5	1.6	-0.1	0.9	1.6	1.0	1.

Final energy consumption by Sector	Mtoe					Share, %					AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990	2005	2010	2020	2030	1990-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
Total	**43.9**	**89.8**	**120.5**	**217.7**	**400.9**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**4.9**	**6.1**	**6.1**	**6.3**	**6.**
Industry	16.5	34.4	47.9	90.7	171.5	37.6	38.3	39.8	41.7	42.8	5.0	6.8	6.6	6.6	6.
Transportation	11.0	26.1	38.9	74.0	139.6	25.1	29.1	32.3	34.0	34.8	5.9	8.3	6.6	6.6	6.
Others	8.9	18.1	20.6	35.1	65.0	20.2	20.2	17.1	16.1	16.2	4.9	2.6	5.5	6.4	5.
Non-energy	7.5	11.2	13.1	17.9	24.8	17.1	12.5	10.9	8.2	6.2	2.7	3.2	3.2	3.3	3.
by Energy															
Total	**43.6**	**89.7**	**120.5**	**217.7**	**400.7**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**4.9**	**6.1**	**6.1**	**6.3**	**6.**
Coal	0.6	9.6	14.1	30.4	65.7	1.5	10.7	11.7	14.0	16.4	19.8	8.0	8.0	8.0	8.
Oil	27.6	51.9	66.7	115.1	205.7	63.3	57.9	55.4	52.9	51.3	4.3	5.1	5.6	6.0	5.
Natural gas	6.6	12.7	18.8	34.8	59.4	15.2	14.2	15.6	16.0	14.8	4.4	8.2	6.4	5.5	6.
Electricity	2.3	9.2	14.3	30.1	61.9	5.3	10.3	11.9	13.8	15.4	9.6	9.2	7.7	7.5	7.
Heat	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	
Others	6.4	6.3	6.6	7.3	8.0	14.7	7.0	5.5	3.4	2.0	-0.1	0.9	1.0	0.9	1.

Power generation	TWh					Share, %					AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990	2005	2010	2020	2030	1990-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
Total	**33.3**	**130.2**	**201.7**	**425.9**	**875.8**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**9.5**	**9.1**	**7.8**	**7.5**	**7.**
Coal	10.5	51.8	94.3	223.5	506.3	31.5	39.8	46.8	52.5	57.8	11.2	12.7	9.0	8.5	9.
Oil	14.2	44.2	37.2	30.4	32.0	42.7	33.9	18.4	7.1	3.7	7.8	-3.4	-2.0	0.5	-1.
Natural gas	0.8	16.8	28.9	100.8	261.6	2.3	12.9	14.3	23.7	29.9	23.0	11.5	13.3	10.0	11.
Nuclear	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	
Hydro	6.7	10.8	16.9	21.1	24.3	20.2	8.3	8.4	5.0	2.8	3.2	9.4	2.2	1.4	3.
Geothermal	1.1	6.6	24.2	48.3	48.3	3.3	5.1	12.0	11.3	5.5	12.7	29.7	7.2	0.0	8.
Others	0.0	0.0	0.2	1.8	3.3	0.0	0.0	0.1	0.4	0.4	-	-	24.6	6.2	

Power generation Input	Mtoe					Share, %					AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990	2005	2010	2020	2030	1990-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
Total	**6.9**	**29.1**	**37.2**	**73.9**	**148.7**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**10.1**	**5.0**	**7.1**	**7.2**	**6.**
Coal	2.7	15.8	22.7	49.4	99.9	39.7	54.3	61.0	66.8	67.2	12.4	7.5	8.1	7.3	7.
Oil	3.8	9.8	8.2	6.5	6.5	55.7	33.7	22.0	8.8	4.4	6.5	-3.5	-2.3	0.0	-1.
Natural gas	0.3	3.5	6.3	18.0	42.3	4.7	12.0	16.9	24.4	28.4	17.3	12.5	11.1	8.9	10.

Thermal Efficiency	%					Share, %					AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990	2005	2010	2020	2030	1995-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
Total	**32.0**	**33.3**	**37.1**	**41.3**	**46.3**						**0.3**	**2.2**	**1.1**	**1.1**	**1.**
Coal	33.2	28.2	35.7	38.9	43.6						-1.1	4.8	0.9	1.1	1.
Oil	32.1	38.8	39.0	40.2	42.3						1.3	0.1	0.3	0.5	0.
Natural gas	20.2	41.3	39.5	48.2	53.2						4.9	-0.9	2.0	1.0	1.

CO_2 emissions	Mt-C					Share, %					AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990	2005	2010	2020	2030	1990-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
Total	**41.6**	**90.6**	**116.7**	**207.6**	**401.2**						**5.3**	**5.2**	**5.9**	**6.8**	**6.1**

Energy and economic indicators						AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
GDP (billions of 2000 US dollars)	109.2	207.9	272.4	499.5	937.6	4.4	5.6	6.3	6.5	6.2
Population (millions of people)	178.2	220.6	234.1	263.8	288.5	1.4	1.2	1.2	0.9	1.1
GDP per capita (thousands of 2000 USD/person)	0.6	0.9	1.2	1.9	3.2	2.9	4.3	5.0	5.6	5.1
Primary energy consumption per capita (toe/person)	0.4	0.6	0.8	1.2	1.9	3.6	5.0	4.3	4.7	4.6
Primary energy consumption per unit of GDP (toe/million 2000 U	592	650	673	629	579	0.6	0.7	-0.7	-0.8	-0.5
CO_2 emissions per unit of GDP (t-C/million 2000 US Dollars)	381	436	428	416	428	0.9	-0.3	-0.3	0.3	-0.1
CO_2 emissions per unit of primary energy consumption (t-C/toe)	0.64	0.67	0.64	0.66	0.74	0.3	-1.0	0.4	1.1	0.4

A - 4

JAPAN [BAU]

Primary energy demand	Mtoe					Share, %					AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990	2005	2010	2020	2030	1990-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
Total	**444.5**	**530.5**	**531.8**	**538.1**	**521.0**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**1.2**	**0.1**	**0.1**	**-0.3**	**-0.1**
Coal	77.2	112.1	101.2	99.9	97.7	17.4	21.1	19.0	18.6	18.7	2.5	-2.0	-0.1	-0.2	-0.5
Oil	255.0	251.7	236.0	215.8	194.8	57.4	47.4	44.4	40.1	37.4	-0.1	-1.3	-0.9	-1.0	-1.0
Natural gas	44.2	70.5	75.4	78.8	83.9	9.9	13.3	14.2	14.6	16.1	3.2	1.4	0.4	0.6	0.7
Nuclear	52.7	79.4	100.7	123.5	123.5	11.9	15.0	18.9	22.9	23.7	2.8	4.9	2.1	0.0	1.8
Hydro	7.7	6.7	7.6	7.6	7.6	1.7	1.3	1.4	1.4	1.5	-0.9	2.4	0.0	0.1	0.5
Geothermal	1.6	3.0	3.2	3.2	3.2	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	4.4	1.1	0.0	0.0	0.2
Others	6.1	7.0	7.8	9.4	10.4	1.4	1.3	1.5	1.7	2.0	0.9	2.0	1.9	1.0	1.6

Final energy consumption by Sector	Mtoe					Share, %					AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990	2005	2010	2020	2030	1990-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
Total	**304.4**	**350.8**	**343.4**	**337.9**	**325.2**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**1.0**	**-0.4**	**-0.2**	**-0.4**	**-0.3**
Industry	125.7	127.1	124.2	119.7	113.4	41.3	36.2	36.2	35.4	34.9	0.1	-0.4	-0.4	-0.5	-0.5
Transportation	76.7	93.0	89.7	84.0	76.5	25.2	26.5	26.1	24.9	23.5	1.3	-0.7	-0.6	-0.9	-0.8
Others	90.5	121.2	120.1	125.0	126.3	29.7	34.5	35.0	37.0	38.8	2.0	-0.2	0.4	0.1	0.2
Non-energy	11.4	9.6	9.4	9.1	9.0	3.8	2.7	2.7	2.7	2.8	-1.2	-0.5	-0.2	-0.1	-0.3
by Energy															
Total	**304.4**	**350.8**	**343.4**	**337.9**	**325.2**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**1.0**	**-0.4**	**-0.2**	**-0.4**	**-0.3**
Coal	31.8	26.1	23.1	21.3	18.8	10.4	7.4	6.7	6.3	5.8	-1.3	-2.3	-0.8	-1.2	-1.3
Oil	189.6	208.4	196.8	181.7	164.6	62.3	59.4	57.3	53.8	50.6	0.6	-1.1	-0.8	-1.0	-0.9
Natural gas	14.3	28.0	29.6	33.1	36.6	4.7	8.0	8.6	9.8	11.2	4.5	1.1	1.1	1.0	1.1
Electricity	64.6	84.6	90.0	97.4	100.9	21.2	24.1	26.2	28.8	31.0	1.8	1.2	0.8	0.4	0.7
Heat	0.2	0.6	0.6	0.6	0.6	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	7.9	-0.9	0.0	0.0	-0.2
Others	3.9	3.2	3.3	3.9	3.7	1.3	0.9	1.0	1.2	1.1	-1.2	0.6	1.6	-0.4	0.6

Power generation	TWh					Share, %					AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990	2005	2010	2020	2030	1990-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
Total	**836.7**	**1,094.2**	**1,141.2**	**1,234.6**	**1,281.3**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**1.8**	**0.8**	**0.8**	**0.4**	**0.6**
Coal	116.9	309.3	272.2	289.0	303.1	14.0	28.3	23.9	23.4	23.7	6.7	-2.5	0.6	0.5	-0.1
Oil	249.8	146.0	113.5	87.6	72.7	29.8	13.3	9.9	7.1	5.7	-3.5	-4.9	-2.6	-1.8	-2.7
Natural gas	166.1	231.4	251.3	256.9	291.1	19.9	21.1	22.0	20.8	22.7	2.2	1.7	0.2	1.3	0.9
Nuclear	202.3	304.8	386.3	473.8	473.8	24.2	27.9	33.8	38.4	37.0	2.8	4.9	2.1	0.0	1.8
Hydro	89.3	78.2	88.1	87.9	88.7	10.7	7.1	7.7	7.1	6.9	-0.9	2.4	0.0	0.1	0.5
Geothermal	1.7	3.2	3.4	3.4	3.4	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	4.2	1.1	0.0	0.0	0.2
Others	10.7	21.3	26.3	36.1	48.4	1.3	1.9	2.3	2.9	3.8	4.7	4.3	3.2	3.0	3.3

Power generation Input	Mtoe					Share, %					AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990	2005	2010	2020	2030	1990-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
Total	**107.7**	**133.2**	**122.9**	**118.7**	**117.7**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**1.4**	**-1.6**	**-0.3**	**-0.1**	**-0.5**
Coal	25.6	63.0	55.0	55.6	55.8	23.8	47.3	44.8	46.9	47.4	6.2	-2.7	0.1	0.0	-0.5
Oil	48.8	26.2	20.6	15.9	13.2	45.3	19.7	16.8	13.4	11.2	-4.1	-4.7	-2.6	-1.8	-2.7
Natural gas	33.3	44.0	47.3	47.2	48.7	30.9	33.0	38.5	39.7	41.4	1.9	1.5	0.0	0.3	0.4

Thermal Efficiency	%					Share, %					AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990	2005	2010	2020	2030	1995-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
Total	**42.6**	**44.3**	**44.6**	**45.9**	**48.7**						**0.3**	**0.1**	**0.3**	**0.6**	**0.4**
Coal	39.2	42.2	42.5	44.7	46.7						0.5	0.1	0.5	0.4	0.4
Oil	44.0	47.9	47.4	47.4	47.4						0.6	-0.2	0.0	0.0	0.0
Natural gas	42.9	45.3	45.7	46.8	51.4						0.4	0.2	0.2	0.9	0.5

CO_2 emissions	Mt-C					Share, %					AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990	2005	2010	2020	2030	1990-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
Total	**294.9**	**342.0**	**322.7**	**308.6**	**293.9**						**1.0**	**-1.2**	**-0.4**	**-0.5**	**-0.6**

Energy and economic indicators						AAGR(%)				
	1990	2005	2010	2020	2030	1990-2005	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2005-2030
GDP (billions of 2000 US dollars)	4,111	4,993	5,168	5,822	6,431	1.3	0.7	1.2	1.0	1.0
Population (millions of people)	124	128	127	123	115	0.2	-0.1	-0.4	-0.6	-0.4
GDP per capita (thousands of 2000 USD/person)	33.3	39.1	40.6	47.5	55.9	1.1	0.8	1.6	1.6	1.4
Primary energy consumption per capita (toe/person)	3.6	4.2	4.2	4.4	4.5	1.0	0.1	0.5	0.3	0.3
Primary energy consumption per unit of GDP (toe/million 2000 U	108	106	103	92	81	-0.1	-0.6	-1.1	-1.3	-1.1
CO_2 emissions per unit of GDP (t-C/million 2000 US Dollars)	72	68	62	53	46	-0.3	-1.8	-1.6	-1.5	-1.6
CO_2 emissions per unit of primary energy consumption (t-C/toe)	0.66	0.64	0.61	0.57	0.56	-0.2	-1.2	-0.6	-0.2	-0.5

Appendix B

B - 1　Worldwide Governance Indicators (World Bank , 2009)

地政学的リスクをもとめる時に使用した Regulatory Quality のデータ

Est.と記載されている数値を計算に用いた。

		Regulatory Quality																	
		2006				2005				2004				2003				pol	reg	pol+reg	Risk 1-3
Country	Code	% Rank	Est.	S.E.	N.	% Rank	Est.	S.E.	N.	% Rank	Est.	S.E.	N.	% Rank	Est.	S.E.	N.	ave	ave	ave	
AFGHANISTAN	AFG	3	-1.68	0.22	6	4	-1.6	0.22	5	5	-1.63	0.22	5	2	-1.8	0.24	3	-2.02	-1.69	-1.85	2.74
ALBANIA	ALB	52	-0.11	0.18	11	47	-0.3	0.18	10	49	-0.17	0.19	9	37	-0.4	0.19	8	-0.61	-0.25	-0.43	2.17
ALGERIA	DZA	25	-0.66	0.16	11	30	-0.6	0.16	11	27	-0.59	0.16	11	30	-0.6	0.17	10	0.72	-0.60	0.06	1.98
AMERICAN SAMOA	ASM	61	0.35	0.35	1	63	0.36	0.31	1	66	0.47	0.33	1	..	..	..	..	0.75	0.39	0.57	1.77
ANDORRA	ADO	90	1.33	0.35	1	90	1.34	0.31	1	88	1.37	0.33	1	90	1.39	0.3	1	1.37	1.36	1.36	1.46
ANGOLA	AGO	13	-1.08	0.16	11	8	-1.3	0.17	10	11	-1.18	0.17	10	9	-1.3	0.18	9	-1.06	-1.22	-1.14	2.46
ANGUILLA	AIA	90	1.33	0.35	1	83	1.09	0.31	1	79	0.87	0.33	1	..	..	..	..	1.05	1.10	1.07	1.57
ANTIGUA AND BARBUDA	ATG	70	0.6	0.35	1	67	0.53	0.3	2	68	0.54	0.31	2	70	0.65	0.3	1	0.90	0.58	0.74	1.70
ARGENTINA	ARG	24	-0.71	0.18	11	25	-0.6	0.17	11	23	-0.71	0.17	11	23	-0.7	0.17	10	-0.42	-0.69	-0.55	2.22
ARMENIA	ARM	59	0.23	0.17	13	58	0.11	0.18	11	56	0.03	0.18	10	55	0.06	0.19	9	-0.47	0.11	-0.18	2.07
ARUBA	ABW	76	0.84	0.35	1	75	0.85	0.31	1	74	0.73	0.33	1	..	..	..	..	1.22	0.81	1.01	1.59
AUSTRALIA	AUS	96	1.66	0.21	8	96	1.62	0.2	8	96	1.73	0.2	8	94	1.6	0.19	8	0.98	1.65	1.31	1.47
AUSTRIA	AUT	95	1.61	0.21	8	94	1.56	0.2	8	91	1.51	0.2	8	93	1.52	0.19	8	1.09	1.55	1.32	1.472
AZERBAIJAN	AZE	32	-0.51	0.17	13	31	-0.5	0.17	13	26	-0.61	0.17	12	31	-0.6	0.17	11	-1.22	-0.55	-0.88	2.353
BAHAMAS	BHS	80	1.03	0.28	3	81	1.09	0.26	3	81	1.11	0.27	3	84	1.13	0.25	3	0.89	1.09	0.99	1.605
BAHRAIN	BHR	73	0.76	0.2	8	72	0.75	0.19	8	77	0.85	0.19	8	74	0.77	0.19	7	0.04	0.78	0.41	1.835
BANGLADESH	BGD	20	-0.87	0.18	12	18	-0.9	0.18	11	14	-1.05	0.17	11	18	-0.9	0.17	10	-1.17	-0.94	-1.05	2.422
BARBADOS	BRB	74	0.83	0.26	4	86	1.16	0.27	4	80	1.04	0.27	4	81	1.08	0.27	3	1.14	1.03	1.08	1.567
BELARUS	BLR	4	-1.67	0.18	10	6	-1.5	0.19	9	6	-1.43	0.19	9	4	-1.6	0.19	9	0.00	-1.56	-0.78	2.311
BELGIUM	BEL	91	1.41	0.21	8	88	1.29	0.2	8	90	1.43	0.2	8	88	1.36	0.19	8	0.97	1.37	1.17	1.532
BELIZE	BLZ	46	-0.25	0.23	6	52	-0	0.25	5	52	-0.06	0.25	5	58	0.15	0.25	4	0.50	-0.05	0.23	1.909
BENIN	BEN	37	-0.44	0.16	11	33	-0.5	0.18	9	34	-0.5	0.19	7	32	-0.5	0.21	6	0.35	-0.50	-0.07	2.030
BERMUDA	BMU	90	1.33	0.35	1	90	1.34	0.31	1	89	1.39	0.33	1	90	1.39	0.3	1	0.81	1.36	1.08	1.566
BHUTAN	BTN	48	-0.17	0.25	5	50	-0.1	0.25	5	23	-0.71	0.25	5	54	-0	0.24	4	0.85	-0.26	0.30	1.881
BOLIVIA	BOL	18	-0.98	0.18	11	27	-0.6	0.18	10	49	-0.15	0.18	10	52	-0.1	0.18	9	-0.65	-0.45	-0.55	2.220
BOSNIA-HERZEGOVINA	BIH	40	-0.4	0.18	11	40	-0.4	0.18	11	45	-0.29	0.18	11	28	-0.6	0.18	9	-0.63	-0.43	-0.53	2.211
BOTSWANA	BWA	66	0.49	0.16	13	68	0.59	0.16	12	70	0.6	0.16	12	75	0.79	0.17	11	0.93	0.62	0.77	1.690
BRAZIL	BRA	54	-0.04	0.17	12	56	0.05	0.17	11	58	0.07	0.17	11	63	0.31	0.17	10	-0.07	0.10	0.02	1.993
BRUNEI	BRN	79	0.96	0.3	2	77	0.95	0.27	2	85	1.19	0.28	2	80	1	0.26	2	1.18	1.03	1.10	1.559
BULGARIA	BGR	67	0.53	0.16	13	70	0.64	0.17	11	72	0.67	0.17	11	68	0.59	0.17	11	0.24	0.61	0.42	1.830
BURKINA FASO	BFA	38	-0.44	0.16	12	38	-0.4	0.18	8	40	-0.35	0.18	8	43	-0.3	0.2	7	-0.23	-0.38	-0.30	2.121
BURUNDI	BDI	11	-1.17	0.17	10	10	-1.2	0.19	7	11	-1.18	0.2	6	11	-1.3	0.22	5	-2.06	-1.21	-1.64	2.654
CAMBODIA	KHM	26	-0.61	0.19	10	34	-0.5	0.19	9	34	-0.52	0.19	8	40	-0.4	0.19	7	-0.61	-0.50	-0.55	2.222
CAMEROON	CMR	23	-0.73	0.16	12	23	-0.7	0.16	11	29	-0.57	0.17	10	20	-0.8	0.17	10	-0.64	-0.70	-0.67	2.268
CANADA	CAN	94	1.56	0.2	9	94	1.54	0.2	8	95	1.65	0.2	8	93	1.52	0.19	8	1.11	1.57	1.34	1.466
CAPE VERDE	CPV	50	-0.15	0.19	7	48	-0.2	0.21	6	44	-0.3	0.22	6	46	-0.2	0.24	5	0.86	-0.21	0.32	1.870
CAYMAN ISLANDS	CYM	90	1.33	0.35	1	90	1.34	0.31	1	90	1.42	0.33	1	90	1.39	0.3	1	1.05	1.37	1.21	1.517
CENTRAL AFRICAN REPUBLIC	CAF	9	-1.26	0.19	6	8	-1.3	0.19	7	9	-1.25	0.19	7	10	-1.3	0.21	6	-1.39	-1.29	-1.34	2.537
CHAD	TCD	13	-1.09	0.17	10	14	-1.1	0.18	8	20	-0.78	0.19	8	17	-0.9	0.2	7	-1.41	-0.97	-1.19	2.475
CHILE	CHL	92	1.43	0.18	11	91	1.43	0.17	11	89	1.4	0.17	11	91	1.48	0.17	10	0.91	1.43	1.17	1.531
CHINA	CHN	42	-0.33	0.17	12	46	-0.3	0.17	11	45	-0.29	0.17	11	39	-0.4	0.17	10	-0.22	-0.32	-0.27	2.108
COLOMBIA	COL	56	0.12	0.17	12	55	0.04	0.17	11	53	-0.06	0.17	11	53	-0.1	0.17	10	-1.96	0.01	-0.97	2.389
COMOROS	COM	6	-1.46	0.22	4	6	-1.6	0.22	4	6	-1.51	0.23	4	6	-1.5	0.25	3	-0.09	-1.50	-0.79	2.318
CONGO	COG	14	-1.07	0.18	9	11	-1.2	0.18	9	16	-0.98	0.2	7	15	-1.1	0.22	6	-1.56	-1.10	-1.33	2.532
Congo, Dem. Rep.	ZAR	7	-1.4	0.18	8	4	-1.6	0.17	9	3	-1.7	0.17	9	4	-1.7	0.2	7	-2.47	-1.60	-2.04	2.814
COOK ISLANDS	COK	68	0.57	0.71	1	69	0.61	0.8	1	61	0.18	0.62	1	61	0.28	0.57	1		0.41		
COSTA RICA	CRI	64	0.41	0.18	10	68	0.59	0.18	10	71	0.62	0.18	10	67	0.52	0.18	9	0.86	0.53	0.70	1.720
COTE D'IVOIRE	CIV	19	-0.94	0.17	10	17	-1	0.17	9	16	-0.99	0.17	10	23	-0.7	0.18	9	-2.07	-0.91	-1.49	2.596
CROATIA	HRV	63	0.38	0.17	12	66	0.49	0.17	12	68	0.5	0.17	12	66	0.4	0.17	11	0.28	0.44	0.36	1.855
CUBA	CUB	4	-1.59	0.2	8	3	-1.7	0.19	8	5	-1.62	0.19	8	8	-1.3	0.19	7	-0.04	-1.55	-0.79	2.318
CYPRUS	CYP	87	1.28	0.23	6	88	1.29	0.21	6	86	1.23	0.22	6	86	1.2	0.21	5	0.34	1.25	0.80	1.682

B - 2

		Regulatory Quality																		
		2006				2005				2004				2003				pol	reg	pol+reg	Risk 1-3
Country	Code	% Rank	Est.	S.E.	N.	% Rank	Est.	S.E.	N.	% Rank	Est.	S.E.	N.	% Rank	Est.	S.E.	N.	ave	ave	ave	
CZECH REPUBLIC	CZE	81	1.04	0.17	12	80	1.07	0.17	11	80	1.02	0.17	12	83	1.12	0.16	12	0.84	1.06	0.95	1.619
DENMARK	DNK	99	1.86	0.21	8	98	1.71	0.2	8	98	1.8	0.2	8	99	1.79	0.19	8	1.14	1.79	1.47	1.414
DJIBOUTI	DJI	21	-0.85	0.21	5	21	-0.8	0.22	5	21	-0.76	0.22	5	21	-0.7	0.24	4	-0.54	-0.80	-0.67	2.268
DOMINICA	DMA	78	0.89	0.3	2	71	0.66	0.27	3	69	0.6	0.27	3	74	0.78	0.27	2	0.79	0.73	0.76	1.697
DOMINICAN REPUBLIC	DOM	48	-0.17	0.18	11	44	-0.3	0.18	10	43	-0.31	0.18	10	47	-0.2	0.18	9	0.03	-0.25	-0.11	2.043
ECUADOR	ECU	15	-1.05	0.18	10	20	-0.8	0.18	10	25	-0.65	0.18	10	31	-0.6	0.18	9	-0.85	-0.78	-0.81	2.324
EGYPT	EGY	35	-0.46	0.16	12	37	-0.5	0.16	11	36	-0.48	0.16	11	34	-0.5	0.17	10	-0.81	-0.48	-0.64	2.257
EL SALVADOR	SLV	57	0.14	0.19	9	57	0.09	0.18	9	59	0.13	0.18	9	51	-0.1	0.18	8	-0.05	0.07	0.01	1.996
EQUATORIAL GUINEA	GNQ	8	-1.34	0.19	7	7	-1.3	0.2	6	7	-1.41	0.2	7	7	-1.3	0.21	6	-0.28	-1.36	-0.82	2.327
ERITREA	ERI	2	-1.89	0.19	7	2	-1.7	0.2	6	4	-1.65	0.2	6	8	-1.3	0.22	5	-0.64	-1.65	-1.15	2.458
ESTONIA	EST	91	1.41	0.17	12	90	1.41	0.16	12	88	1.39	0.17	12	91	1.4	0.16	12	0.83	1.40	1.12	1.553
ETHIOPIA	ETH	20	-0.87	0.16	11	16	-1	0.16	10	17	-0.93	0.17	10	14	-1.1	0.18	9	-1.36	-0.98	-1.17	2.467
FIJI	FJI	36	-0.44	0.28	3	40	-0.4	0.26	3	24	-0.65	0.27	3	42	-0.3	0.26	3	0.36	-0.46	-0.05	2.018
FINLAND	FIN	97	1.76	0.21	8	99	1.76	0.2	8	100	1.83	0.2	8	100	1.9	0.19	8	1.61	1.81	1.71	1.315
FRANCE	FRA	85	1.12	0.2	9	83	1.1	0.2	8	84	1.17	0.2	8	85	1.18	0.19	8	0.64	1.14	0.89	1.643
FRENCH GUIANA	GUF	76	0.84	0.35	1	75	0.85	0.31	1	67	0.49	0.33	1	77	0.9	0.3	1	0.23	0.77	0.50	1.800
GABON	GAB	33	-0.49	0.18	10	42	-0.3	0.18	9	36	-0.49	0.18	9	49	-0.2	0.19	8	0.12	-0.37	-0.12	2.049
GAMBIA	GMB	39	-0.4	0.18	8	36	-0.5	0.19	7	40	-0.37	0.2	7	36	-0.4	0.21	6	0.39	-0.42	-0.02	2.006
GEORGIA	GEO	45	-0.26	0.18	11	29	-0.6	0.19	10	32	-0.53	0.19	10	20	-0.8	0.2	8	-1.20	-0.53	-0.86	2.346
GERMANY	DEU	93	1.48	0.2	9	91	1.42	0.2	8	91	1.44	0.2	8	92	1.51	0.19	8	0.85	1.46	1.15	1.538
GHANA	GHA	54	-0.02	0.16	12	51	-0.1	0.16	12	42	-0.31	0.16	12	42	-0.3	0.17	11	0.01	-0.19	-0.09	2.036
GREECE	GRC	73	0.79	0.2	9	76	0.88	0.2	8	78	0.86	0.2	8	80	1.01	0.19	8	0.57	0.89	0.73	1.708
GRENADA	GRD	65	0.43	0.28	3	61	0.31	0.27	3	61	0.19	0.27	3	65	0.38	0.27	2	0.79	0.33	0.56	1.776
GUAM	GUM	70	0.6	0.35	1	69	0.6	0.31	1	73	0.68	0.33	1	..	..	..	..	0.70	0.63	0.66	1.735
GUATEMALA	GTM	49	-0.15	0.18	11	44	-0.3	0.18	9	48	-0.18	0.18	9	43	-0.3	0.18	8	-0.79	-0.23	-0.51	2.205
GUINEA	GIN	16	-1.03	0.17	10	19	-0.9	0.18	8	17	-0.91	0.18	8	13	-1.2	0.2	7	-0.97	-1.00	-0.99	2.394
GUINEA-BISSAU	GNB	17	-1	0.2	6	13	-1.1	0.2	6	12	-1.14	0.2	6	19	-0.9	0.22	5	-0.50	-1.04	-0.77	2.307
GUYANA	GUY	37	-0.44	0.2	8	39	-0.4	0.21	7	46	-0.26	0.22	6	45	-0.2	0.23	5	-0.35	-0.34	-0.35	2.138
HAITI	HTI	20	-0.87	0.2	7	10	-1.2	0.2	7	8	-1.31	0.2	7	17	-1.1	0.2	7	-1.51	-1.12	-1.32	2.528
HONDURAS	HND	38	-0.4	0.18	10	37	-0.5	0.18	9	41	-0.34	0.18	9	34	-0.5	0.18	8	-0.47	-0.43	-0.45	2.180
HONG KONG	HKG	100	1.91	0.2	9	100	1.84	0.2	8	99	1.82	0.2	8	98	1.76	0.19	8	0.96	1.83	1.40	1.442
HUNGARY	HUN	86	1.16	0.16	13	84	1.12	0.16	12	83	1.15	0.17	12	82	1.08	0.16	12	0.94	1.13	1.04	1.586
ICELAND	ISL	95	1.62	0.21	7	97	1.66	0.22	6	95	1.69	0.23	6	96	1.67	0.21	6	1.62	1.66	1.64	1.344
INDIA	IND	47	-0.19	0.17	12	47	-0.2	0.17	11	40	-0.35	0.17	11	41	-0.3	0.17	10	-0.95	-0.27	-0.61	2.245
INDONESIA	IDN	43	-0.31	0.17	13	36	-0.5	0.17	12	26	-0.63	0.17	12	26	-0.7	0.16	11	-1.60	-0.52	-1.06	2.423
IRAN	IRN	5	-1.55	0.19	10	7	-1.5	0.18	9	9	-1.26	0.18	9	15	-1.1	0.18	8	-1.00	-1.34	-1.17	2.469
IRAQ	IRQ	6	-1.47	0.22	6	5	-1.6	0.2	6	3	-1.73	0.21	6	6	-1.4	0.2	6	-2.52	-1.55	-2.04	2.816
IRELAND	IRL	99	1.87	0.2	9	96	1.59	0.2	8	94	1.63	0.2	8	95	1.66	0.19	8	1.23	1.69	1.46	1.417
ISRAEL	ISR	80	0.98	0.2	9	76	0.85	0.2	8	76	0.83	0.2	8	78	0.91	0.19	8	-1.43	0.89	-0.27	2.108
ITALY	ITA	77	0.85	0.2	9	77	0.89	0.2	8	80	1.05	0.2	8	80	1.02	0.19	8	0.48	0.95	0.72	1.714
JAMAICA	JAM	60	0.27	0.19	9	60	0.25	0.18	9	62	0.2	0.18	9	58	0.19	0.18	8	-0.40	0.23	-0.09	2.034
JAPAN	JPN	86	1.19	0.2	9	86	1.17	0.2	8	81	1.11	0.2	8	79	0.99	0.19	8	1.12	1.11	1.12	1.553
JORDAN	JOR	63	0.39	0.17	12	60	0.25	0.17	11	65	0.36	0.17	11	60	0.22	0.17	10	-0.37	0.30	-0.03	2.012
KAZAKHSTAN	KAZ	33	-0.49	0.17	13	38	-0.5	0.17	12	27	-0.59	0.17	11	24	-0.7	0.17	10	0.03	-0.55	-0.26	2.104
KENYA	KEN	42	-0.31	0.16	13	45	-0.3	0.16	12	44	-0.3	0.16	12	49	-0.2	0.17	11	-1.08	-0.27	-0.68	2.271
KIRIBATI	KIR	16	-1.01	0.28	3	17	-1	0.27	3	31	-0.53	0.27	3	19	-0.9	0.42	2	1.28	-0.85	0.21	1.915
KOREA, NORTH	PRK	0	-2.29	0.22	6	1	-2.2	0.2	6	1	-2.26	0.2	6	2	-2	0.22	4	-0.06	-2.20	-1.13	2.453
KOREA, SOUTH	KOR	71	0.7	0.18	11	73	0.79	0.17	10	75	0.79	0.18	10	71	0.67	0.17	10	0.42	0.74	0.58	1.768
KOSOVO	LWI	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..				
KUWAIT	KWT	65	0.43	0.21	8	67	0.53	0.21	7	70	0.6	0.22	6	65	0.38	0.21	6	0.02	0.49	0.25	1.899
KYRGYZSTAN	KGZ	28	-0.59	0.18	12	24	-0.7	0.19	11	42	-0.33	0.19	10	46	-0.2	0.19	9	-1.09	-0.46	-0.78	2.311
LAOS	LAO	12	-1.15	0.2	9	11	-1.2	0.21	8	10	-1.23	0.21	7	7	-1.4	0.21	6	-0.54	-1.24	-0.89	2.356
LATVIA	LVA	83	1.07	0.17	11	78	1.01	0.17	11	79	1.01	0.17	11	81	1.03	0.17	11	0.84	1.03	0.94	1.626
LEBANON	LBN	46	-0.2	0.19	10	49	-0.2	0.18	9	50	-0.12	0.18	9	48	-0.2	0.18	8	-0.90	-0.17	-0.54	2.215

B - 3

		Regulatory Quality																			
		2006				2005				2004				2003				pol	reg	pol+reg	Risk 1-3
Country	Code	% Rank	Est.	S.E.	N.	% Rank	Est.	S.E.	N.	% Rank	Est.	S.E.	N.	% Rank	Est.	S.E.	N.	ave	ave	ave	
LESOTHO	LSO	31	-0.55	0.18	10	29	-0.6	0.2	8	28	-0.57	0.21	8	29	-0.6	0.22	7	0.24	-0.57	-0.16	2.065
LIBERIA	LBR	7	-1.4	0.21	4	5	-1.6	0.2	4	2	-1.86	0.2	5	3	-1.7	0.22	4	-1.84	-1.66	-1.75	2.700
LIBYA	LBY	9	-1.28	0.21	7	9	-1.3	0.2	7	10	-1.23	0.2	7	5	-1.6	0.19	7	-0.13	-1.35	-0.74	2.296
LIECHTENSTEIN	LIE	90	1.33	0.35	1	95	1.58	0.31	1	92	1.51	0.33	1	95	1.63	0.3	1	1.39	1.52	1.45	1.419
LITHUANIA	LTU	81	1.05	0.18	11	84	1.11	0.17	11	84	1.16	0.17	11	83	1.1	0.17	11	0.88	1.10	0.99	1.603
LUXEMBOURG	LUX	98	1.84	0.21	7	99	1.79	0.22	6	100	1.93	0.23	6	100	1.94	0.21	6	1.56	1.87	1.72	1.313
MACAO	MAC	84	1.09	0.35	1	83	1.09	0.31	1	93	1.54	0.33	1	84	1.14	0.3	1	1.03	1.21	1.12	1.551
MACEDONIA	MKD	53	-0.05	0.18	11	49	-0.2	0.18	11	51	-0.07	0.18	11	44	-0.3	0.18	10	-0.99	-0.14	-0.57	2.227
MADAGASCAR	MDG	45	-0.26	0.16	13	42	-0.3	0.17	10	41	-0.34	0.18	9	45	-0.2	0.19	8	0.05	-0.29	-0.12	2.048
MALAWI	MWI	27	-0.6	0.16	12	32	-0.5	0.16	11	32	-0.53	0.17	11	38	-0.4	0.18	10	-0.10	-0.51	-0.30	2.122
MALAYSIA	MYS	66	0.51	0.17	12	66	0.52	0.17	11	67	0.48	0.17	11	70	0.66	0.17	10	0.38	0.54	0.46	1.816
MALDIVES	MDV	60	0.25	0.27	4	63	0.36	0.26	4	50	-0.12	0.26	4	67	0.57	0.25	3	0.82	0.26	0.54	1.783
MALI	MLI	40	-0.39	0.16	12	39	-0.4	0.17	10	38	-0.46	0.18	10	37	-0.4	0.19	9	0.14	-0.43	-0.14	2.057
MALTA	MLT	87	1.25	0.22	6	85	1.15	0.23	5	87	1.26	0.24	5	87	1.27	0.23	5	1.43	1.23	1.33	1.467
MARSHALL ISLANDS	MHL	19	-0.96	0.45	2	23	-0.8	0.47	2	19	-0.83	0.42	2	35	-0.5	0.42	2	1.17	-0.76	0.20	1.919
MARTINIQUE	MTQ	76	0.84	0.35	1	75	0.85	0.31	1	75	0.77	0.33	1	77	0.9	0.3	1	0.99	0.84	0.92	1.634
MAURITANIA	MRT	43	-0.29	0.18	9	50	-0.2	0.21	6	53	-0.05	0.21	6	51	-0.1	0.23	5	-0.14	-0.15	-0.14	2.056
MAURITIUS	MUS	67	0.54	0.17	10	64	0.38	0.18	8	65	0.37	0.18	8	72	0.68	0.21	6	0.69	0.49	0.59	1.764
MEXICO	MEX	62	0.38	0.17	12	62	0.32	0.17	11	66	0.44	0.17	11	64	0.37	0.17	10	-0.09	0.38	0.14	1.942
MICRONESIA	FSM	57	0.13	0.28	3	58	0.16	0.27	3	55	0	0.27	3	36	-0.5	0.42	2	0.90	-0.04	0.43	1.828
MOLDOVA	MDA	40	-0.39	0.17	12	35	-0.5	0.17	12	28	-0.57	0.17	11	28	-0.6	0.17	10	-0.36	-0.51	-0.44	2.175
MONACO	MCO	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..				
MONGOLIA	MNG	44	-0.29	0.18	11	41	-0.4	0.19	9	37	-0.47	0.2	8	40	-0.4	0.2	7	0.91	-0.38	0.27	1.893
MONTENEGRO	MNP	32	-0.52	0.24	6	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..		-0.52		2.000
MOROCCO	MAR	50	-0.15	0.16	12	43	-0.3	0.16	11	48	-0.22	0.16	11	48	-0.2	0.17	10	-0.32	-0.22	-0.27	2.108
MOZAMBIQUE	MOZ	34	-0.49	0.16	13	30	-0.5	0.16	12	38	-0.45	0.16	12	39	-0.4	0.17	11	0.07	-0.47	-0.20	2.080
MYANMAR	MMR	1	-2.25	0.2	8	1	-2.2	0.19	8	0	-2.32	0.19	8	1	-2	0.19	7	-1.12	-2.21	-1.66	2.665
NAMIBIA	NAM	55	0.08	0.16	11	56	0.05	0.16	12	59	0.1	0.16	12	62	0.3	0.17	11	0.46	0.13	0.29	1.882
NAURU	NRU	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..				2.000
NEPAL	NPL	26	-0.62	0.2	9	26	-0.6	0.19	9	31	-0.55	0.19	8	33	-0.5	0.21	6	-1.89	-0.57	-1.23	2.492
NETHERLANDS	NLD	96	1.72	0.21	8	98	1.7	0.2	8	98	1.8	0.2	8	98	1.76	0.19	8	1.07	1.75	1.41	1.437
NETHERLANDS ANTILLES	ANT	76	0.84	0.35	1	75	0.85	0.31	1	71	0.61	0.33	1	..	..	..	..	0.84	0.77	0.80	1.678
NEW CALEDONIA	NCL	55	0.03	0.7	1	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..		0.03	0.01	1.994
NEW ZEALAND	NZL	97	1.73	0.2	9	97	1.68	0.2	8	97	1.8	0.2	8	97	1.71	0.19	8	1.38	1.73	1.56	1.378
NICARAGUA	NIC	35	-0.45	0.18	10	41	-0.4	0.18	9	43	-0.3	0.18	9	41	-0.4	0.18	8	-0.18	-0.37	-0.27	2.110
NIGER	NER	27	-0.6	0.17	10	35	-0.5	0.18	8	30	-0.56	0.18	8	24	-0.7	0.2	7	-0.34	-0.58	-0.46	2.185
NIGERIA	NGA	18	-0.99	0.16	13	18	-0.9	0.16	12	8	-1.33	0.16	12	13	-1.2	0.17	11	-1.79	-1.10	-1.45	2.580
NIUE	NIU	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..				
NORWAY	NOR	90	1.35	0.2	9	92	1.47	0.2	8	93	1.54	0.2	8	90	1.39	0.19	8	1.39	1.44	1.41	1.434
OMAN	OMN	72	0.74	0.23	6	71	0.66	0.22	6	72	0.66	0.22	6	71	0.67	0.21	6	0.82	0.68	0.75	1.700
PAKISTAN	PAK	36	-0.44	0.18	12	28	-0.6	0.18	11	18	-0.89	0.17	11	22	-0.7	0.17	10	-1.65	-0.66	-1.16	2.462
PALAU	PCI	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..				
PANAMA	PAN	61	0.33	0.18	10	60	0.25	0.18	10	64	0.31	0.18	10	64	0.35	0.19	8	0.17	0.31	0.24	1.904
PAPUA NEW GUINEA	PNG	24	-0.7	0.19	9	19	-0.9	0.19	9	21	-0.72	0.18	9	25	-0.7	0.18	8	-0.69	-0.74	-0.72	2.287
PARAGUAY	PRY	25	-0.64	0.19	9	22	-0.8	0.18	9	22	-0.72	0.18	9	26	-0.7	0.18	8	-0.69	-0.70	-0.70	2.280
PERU	PER	56	0.1	0.18	11	57	0.08	0.18	10	62	0.21	0.18	10	56	0.08	0.18	9	-0.89	0.12	-0.39	2.155
PHILIPPINES	PHL	51	-0.12	0.17	12	52	-0	0.17	11	47	-0.25	0.17	11	52	-0.1	0.17	10	-1.02	-0.12	-0.57	2.229
POLAND	POL	70	0.68	0.16	13	72	0.79	0.16	12	74	0.74	0.17	12	69	0.61	0.16	12	0.48	0.71	0.59	1.763
PORTUGAL	PRT	82	1.05	0.2	9	87	1.2	0.2	8	85	1.18	0.2	8	86	1.21	0.19	8	1.12	1.16	1.14	1.543
PUERTO RICO	PRI	79	0.94	0.3	3	78	1.01	0.28	3	76	0.84	0.29	3	82	1.1	0.27	3	0.75	0.97	0.86	1.657
QATAR	QAT	62	0.38	0.22	7	62	0.33	0.21	7	64	0.31	0.22	6	62	0.28	0.21	6	0.87	0.33	0.60	1.760
REUNION	REU	84	1.09	0.35	1	83	1.09	0.31	1	83	1.16	0.33	1	..	..	..	..	0.47	1.11	0.79	1.684
ROMANIA	ROM	64	0.41	0.16	13	59	0.18	0.16	13	60	0.16	0.16	13	50	-0.1	0.16	12	0.22	0.16	0.19	1.925
RUSSIA	RUS	30	-0.57	0.16	13	43	-0.3	0.16	12	47	-0.24	0.17	12	40	-0.4	0.16	12	-0.83	-0.38	-0.60	2.240

B - 4

		Regulatory Quality																		
		2006				2005				2004				2003				pol	reg	pol+reg	Risk 1-3
Country	Code	% Rank	Est.	S.E.	N.	% Rank	Est.	S.E.	N.	% Rank	Est.	S.E.	N.	% Rank	Est.	S.E.	N.	ave	ave	ave	
RWANDA	RWA	31	-0.54	0.18	7	21	-0.8	0.19	6	29	-0.57	0.2	6	22	-0.7	0.22	5	-1.08	-0.66	-0.87	2.348
SAMOA	SAM	53	-0.04	0.28	3	53	0.01	0.27	3	54	-0.04	0.27	3	55	0.03	0.25	3	1.15	-0.01	0.57	1.772
SAO TOME AND PRINCIPE	STP	23	-0.73	0.21	5	20	-0.8	0.22	4	19	-0.84	0.23	4	27	-0.6	0.25	3	0.53	-0.76	-0.12	2.046
SAUDI ARABIA	SAU	47	-0.18	0.2	8	53	0.02	0.2	7	54	-0.02	0.2	7	53	-0	0.19	7	-0.64	-0.05	-0.34	2.137
SENEGAL	SEN	44	-0.28	0.16	12	46	-0.3	0.17	10	46	-0.26	0.17	10	47	-0.2	0.18	10	-0.21	-0.26	-0.23	2.092
SERBIA	YUG	41	-0.38	0.18	10	31	-0.5	0.17	10	35	-0.49	0.18	10	27	-0.6	0.17	10	-0.83	-0.51	-0.67	2.268
SEYCHELLES	SYC	29	-0.59	0.21	5	26	-0.6	0.2	6	24	-0.69	0.2	6	44	-0.3	0.24	4	0.83	-0.54	0.15	1.941
SIERRA LEONE	SLE	14	-1.07	0.18	8	15	-1	0.18	7	15	-1.02	0.19	7	11	-1.3	0.2	6	-0.69	-1.10	-0.89	2.358
SINGAPORE	SGP	98	1.76	0.18	10	100	1.8	0.18	9	99	1.82	0.19	9	99	1.84	0.17	9	1.17	1.80	1.49	1.404
SLOVAKIA	SVK	84	1.1	0.17	12	85	1.15	0.16	12	82	1.11	0.17	12	79	0.95	0.16	12	0.71	1.08	0.89	1.643
SLOVENIA	SVN	74	0.8	0.18	11	73	0.81	0.17	11	78	0.87	0.17	11	76	0.88	0.16	12	1.07	0.84	0.95	1.619
SOLOMON ISLANDS	SLB	12	-1.13	0.28	3	14	-1.1	0.27	3	7	-1.39	0.27	3	0	-2.7	0.42	2	-0.04	-1.56	-0.80	2.319
SOMALIA	SOM	0	-2.7	0.21	4	0	-2.3	0.2	5	0	-2.32	0.2	5	1	-2.1	0.22	4	-2.46	-2.38	-2.42	2.968
SOUTH AFRICA	ZAF	68	0.55	0.15	13	65	0.48	0.15	13	69	0.55	0.16	13	68	0.58	0.16	12	-0.23	0.54	0.16	1.938
SPAIN	ESP	85	1.11	0.2	9	87	1.23	0.2	8	87	1.29	0.2	8	88	1.29	0.19	8	0.46	1.23	0.85	1.662
SRI LANKA	LKA	52	-0.1	0.18	12	48	-0.2	0.18	11	55	0.02	0.17	11	57	0.13	0.17	10	-1.06	-0.04	-0.55	2.220
ST. KITTS AND NEVIS	KNA	80	0.98	0.3	2	80	1.05	0.27	3	57	0.06	0.27	3	60	0.21	0.52	1	1.36	0.58	0.97	1.612
ST. LUCIA	LCA	82	1.07	0.3	2	80	1.05	0.27	3	60	0.15	0.27	3	60	0.21	0.52	1	0.97	0.62	0.79	1.682
ST. VINCENT AND THE GRENA	VCT	78	0.89	0.3	2	79	1.01	0.27	3	60	0.14	0.27	3	60	0.21	0.52	1	0.94	0.56	0.75	1.700
SUDAN	SDN	11	-1.16	0.17	9	9	-1.3	0.17	9	12	-1.13	0.17	9	12	-1.2	0.18	8	-2.02	-1.19	-1.61	2.642
SURINAME	SUR	39	-0.4	0.23	6	33	-0.5	0.24	5	33	-0.52	0.24	5	35	-0.5	0.24	4	0.42	-0.47	-0.02	2.010
SWAZILAND	SWZ	30	-0.57	0.19	8	27	-0.6	0.2	7	25	-0.63	0.21	7	32	-0.5	0.22	6	0.06	-0.58	-0.26	2.105
SWEDEN	SWE	93	1.53	0.2	9	93	1.53	0.2	8	96	1.73	0.2	8	97	1.69	0.19	8	1.35	1.62	1.48	1.406
SWITZERLAND	CHE	92	1.44	0.21	8	92	1.47	0.2	8	94	1.59	0.2	8	94	1.63	0.19	8	1.42	1.53	1.48	1.409
SYRIA	SYR	8	-1.32	0.19	10	13	-1.1	0.19	8	15	-1.02	0.19	8	20	-0.8	0.19	7	-0.49	-1.06	-0.77	2.309
TAIWAN	TWN	78	0.92	0.18	10	80	1.08	0.18	9	82	1.15	0.19	9	78	0.94	0.17	9	0.68	1.02	0.85	1.659
TAJIKISTAN	TJK	15	-1.05	0.18	12	15	-1	0.19	11	14	-1.08	0.19	10	16	-1.1	0.19	9	-1.38	-1.07	-1.22	2.488
TANZANIA	TZA	41	-0.34	0.16	12	40	-0.4	0.16	12	39	-0.41	0.16	12	38	-0.4	0.17	11	-0.40	-0.39	-0.40	2.158
THAILAND	THA	59	0.23	0.17	12	64	0.41	0.17	11	63	0.24	0.17	11	61	0.24	0.17	10	-0.16	0.28	0.06	1.976
TIMOR-LESTE	TMP	5	-1.49	0.26	4	12	-1.1	0.27	3	13	-1.09	0.29	3	10	-1.3	0.27	2	-0.45	-1.25	-0.85	2.340
TOGO	TGO	17	-0.99	0.17	10	20	-0.9	0.18	8	20	-0.77	0.18	8	21	-0.7	0.2	7	-0.58	-0.84	-0.71	2.284
TONGA	TON	22	-0.77	0.28	3	24	-0.7	0.27	3	20	-0.78	0.27	3	12	-1.2	0.42	2	0.75	-0.86	-0.05	2.021
TRINIDAD AND TOBAGO	TTO	71	0.7	0.2	8	70	0.64	0.19	9	73	0.68	0.2	8	73	0.73	0.2	7	-0.10	0.69	0.30	1.881
TUNISIA	TUN	58	0.14	0.16	12	51	-0.1	0.16	11	58	0.09	0.16	11	57	0.08	0.17	10	0.12	0.06	0.09	1.963
TURKEY	TUR	58	0.2	0.17	13	59	0.18	0.17	12	57	0.05	0.17	12	56	0.08	0.17	11	-0.79	0.13	-0.33	2.132
TURKMENISTAN	TKM	1	-2.19	0.19	8	2	-2.1	0.19	8	2	-1.96	0.2	7	3	-1.8	0.2	7	-0.48	-1.99	-1.24	2.496
TUVALU	TUV	21	-0.78	0.33	2	34	-0.5	0.3	2	51	-0.06	0.31	2	60	0.23	0.57	1	1.31	-0.28	0.52	1.793
UGANDA	UGA	49	-0.16	0.16	13	54	0.03	0.16	12	52	-0.06	0.16	12	50	-0.1	0.17	11	-1.49	-0.07	-0.78	2.312
UKRAINE	UKR	34	-0.49	0.17	12	45	-0.3	0.17	11	37	-0.47	0.17	11	25	-0.7	0.17	11	-0.30	-0.48	-0.39	2.155
UNITED ARAB EMIRATES	ARE	72	0.71	0.2	8	65	0.42	0.19	8	77	0.84	0.19	8	75	0.82	0.21	6	0.72	0.70	0.71	1.717
UNITED KINGDOM	GBR	100	1.88	0.2	9	95	1.58	0.2	8	97	1.77	0.2	8	96	1.68	0.19	8	0.56	1.73	1.14	1.543
UNITED STATES	USA	94	1.54	0.2	9	93	1.54	0.2	8	92	1.51	0.2	8	92	1.48	0.19	8	0.23	1.52	0.87	1.650
URUGUAY	URY	60	0.25	0.19	9	61	0.27	0.18	10	63	0.29	0.18	10	63	0.31	0.18	9	0.55	0.28	0.42	1.833
UZBEKISTAN	UZB	3	-1.71	0.18	11	3	-1.7	0.18	10	4	-1.68	0.18	10	5	-1.5	0.18	10	-1.47	-1.65	-1.56	2.624
VANUATU	VUT	51	-0.11	0.28	3	55	0.05	0.27	3	39	-0.44	0.27	3	9	-1.3	0.42	2	1.05	-0.45	0.30	1.880
VENEZUELA	VEN	10	-1.25	0.17	12	12	-1.2	0.17	11	13	-1.12	0.17	11	14	-1.1	0.17	10	-1.24	-1.17	-1.20	2.482
VIETNAM	VNM	29	-0.58	0.18	12	28	-0.6	0.18	11	35	-0.49	0.17	11	30	-0.6	0.17	10	0.27	-0.55	-0.14	2.056
VIRGIN ISLANDS (U.S.)	VIR	70	0.6	0.35	1	83	1.09	0.31	1	86	1.23	0.33	1	..	..	..	..	0.76	0.97	0.87	1.653
WEST BANK GAZA	WBG	10	-1.17	0.32	2	16	-1	0.29	3	22	-0.71	0.29	3	16	-1.1	0.28	2	-1.75	-1.00	-1.37	2.550
YEMEN	YEM	22	-0.75	0.19	10	22	-0.8	0.19	8	18	-0.87	0.19	8	18	-0.9	0.19	7	-1.51	-0.83	-1.17	2.468
ZAMBIA	ZMB	28	-0.59	0.16	12	25	-0.6	0.16	11	30	-0.56	0.16	12	29	-0.6	0.17	11	-0.22	-0.59	-0.41	2.163
ZIMBABWE	ZWE	2	-2.14	0.16	13	0	-2.4	0.16	12	1	-2.14	0.16	11	0	-2.2	0.17	10	-1.60	-2.20	-1.90	2.761
OPEC(12 countries)																		-0.58	-0.64	-0.61	2.243
South Africa																		0.29	0.03	0.16	1.936

Appendix C

C - 1　世界の原子力発電の状況（JAIF, 2009）設備稼働率データ

1．世界の原子力発電の状況（原子力発電所を運転している国：31 ヶ国・地域）

2009 年 3 月 8 日、原産協会国際部作成

No	国名	原子力発電所 運転中 万 kW(基)	原子力発電所 建設中 万 kW(基)	原子力発電量シェア	設備利用率(%) 2007 年 2008 年	原子力開発動向
1	米国	10,606 (104)	−	19.4%	91.01 89.91	・TMI 事故（1979 年）頃より 30 年間、新規原子力発電所建設ゼロ。しかし各発電所の出力増強により、運転中原子力発電所の合計規模は約 500 万 kW 増大。 ・新規建設の動き：2007 年後半～2008 年末迄に 26 基の建設・運転一括許可（COL）申請中。2016 年迄に 4～6 基の運転目標。 ・2009 年、オバマ新政権発足。チューDOE 長官就任。ユッカマウンテン処分場計画見直しの方向（新しい廃棄物戦略策定へ）。
2	フランス	6,602 (59)	163 (1)	76.9%	75.98 76.09	・原子力による余剰電力を近隣諸国に輸出。 ・2005 年 7 月の法律でエネルギー源の多様化と原子力の重要な役割を明示。 ・2020 年頃、第 3 世代型炉 EPR に移行。 ・EPR 初号機(フラマンビル 3 号機)、2007 年着工。 ・2030/40 年代、第 4 世代炉へ移行。
3	日本	4,958 (55)	257 (3)	27.5%	63.87 59.16	・現行計画（3 基建設中、10 基建設準備中、合計 13 基 1,723 万 kW）。 ・福田首相講演「原子力発電の着実推進が極めて重要」（2008 年原産大会）。 ・「低炭素社会づくり行動計画」（2008 年 7 月閣議決定）：2020 年を目途に原子力等のゼロエミッション電源の割合を 50%以上とする。 ・2008 年 12 月、中部電力、浜岡 1、2 号機を廃炉、6 号機の新設を決定。
4	ロシア	2,319 (27)	615 (8)	16.0%	70.69 73.09	・発電分野で、ガス火力の縮小と原子力の増大の基本方針。 ・原子力発電量シェアを 2007 年の 16%から 2020 年に 25～28%に増大目標。 ・この目標実現のためには約 30 基の新規運転開始が必要。
5	ドイツ	2,137 (17)	−	27.3%	73.42 76.69	・2002 年 4 月、脱原子力法施行（原子力の段階的廃止等を規定）。 ・現在の社会民主党(SPD)とキリスト教民主・社会同盟(CDU/CSU)の大連立政権も脱原子力路線継続。 ・2009 年独シーメンス、仏アレバとの原子力合弁解消発表。 ・注目される 2009 年 9 月の総選挙（CDU/CSU は原子力の必要性明言）
6	韓国	1,772 (20)	680 (6)	35.3%	87.93 93.29	・電力需給計画（2008 年 12 月、政府決定）：2022 年迄に原子力発電所 12 基建設。原子力発電比率は 48%に拡大。
7	ウクライナ	1,384 (15)	200 (2)	48.1%	75.26 73.25	・国家エネルギー戦略（2006 年 3 月）：2030 年の原子力発電シェアは現行の 50%維保目標。このため 2,000 万 kW の原子力発電所建設必要。
8	カナダ	1,343 (18)	−	14.7%	66.74 66.73	・世界のウラン生産量の約 1/3 を占める。 ・オンタリオ、ニューブランズウィック、アルバータの 3 州で新規原子力発電所計画。
9	英国	1,195 (19)	−	15.1%	53.34 48.71	・ガス炉の老朽化により 2020 年頃には原子力発電所は数基に減少。 ・2008 年 1 月、政府、原子力発電所建設に向けた白書発表。 ・包括設計評価（GDA）に加 AECL、仏アレバ、GE 日立、WH の認証審査。 ・2009 年 1 月、仏 EDF、英電力大手 BE の買収を完了。
10	スウェーデン	938 (10)	−	46.1%	80.42 78.17	・国民投票（1980 年）で 2010 年迄の原子力発電所の段階的廃止を決議。 ・1999 年にバーセベック 1 号機閉鎖、2005 年に同 2 号機閉鎖。 ・運転中原子力発電所の出力増強を実施。（原子力の代替電源見つからず） ・2006 年 9 月の総選挙で勝利した 4 党、脱原子力政策の凍結で合意。 ・2009 年 2 月、政府は脱原子力発電所政策を転換すると発表、3 月に新法案を議会に提出の予定。
11	中国	912 (11)	790 (8)	1.9%	79.61 89.84	・「原子力発電中長期計画」（2007 年 10 月）：2020 年迄に 4,000 万 kW 目標。 ・2009 年 2 月、2020 年の原子力発電所規模 7,000 万 kW に拡大方針表明。 ・海外技術導入と自力国産化路線を推進。 ・仏アレバ、ロスアトム、WH、加 AECL が激しい受注獲得競争を展開。
12	スペイン	773 (8)	−	17.4%	81.88 87.76	・2004 年発足の社会労働党政権、脱原子力政策推進。 ・スペイン電事連、「2030 年の電源開発見通し」で原子力の必要性強調。
13	ベルギー	612 (7)	−	54.1%	90.06 85.14	・原子力発電シェア 5 割を超す原子力高依存国。 ・脱原子力法（2003 年 1 月可決）見直しの動き。
14	台湾	516 (6)	270 (2)	19.3%	90.29 88.98	・2008 年 5 月、馬英九国民党政権発足（民進党の非核国家構想から離脱）。 ・第 4 原子力発電所（龍門）2 基建設中（日本以外で初の ABWR 建設）1 号機は 2009 年 7 月、2 号機翌年 7 月の運開予定であるが、遅延の可能性。
15	インド	412 (17)	316 (6)	2.5%	48.75 42.70	・少量の U 資源、大量の Th 資源をベースにした 3 段階開発計画を推進中。 ・2032 年迄に原子力 6,300 万 kW 目標（総発電設備 7 億 kW の 9%）。 ・NPT 非加盟国だが、原子力供給国グループ(NSG)例外扱いで、外国メーカーが受注競争展開。（軽水炉 100 万 kW 級、25～30 基導入計画）
16	チェコ	386 (6)	−	30.3%	83.38 83.19	・2008 年 7 月、チェコ電力、テメリン原子力発電所サイトに 2 基 340 万 kW 増設計画発表（2013 年着工、2020 年に最初の 1 基運転）。 ・ドコバニ原子力発電所サイトにも 1 基建設の可能性表明。

注：運転中・建設中の原子力発電所は 2007 年末現在のデータ（世界の原子力発電の動向 2007/2008 年版、原産協会）。
原子力発電シェアは 2007 年のデータ（IAEA ホームページ）。
設備利用率はニュークレオニクス・ウィークのデータ引用。