

## エネルギーミックスに関する一考察

西廣泰輝

### (はじめに)

エネルギーをトータルに俯瞰して議論すべき節目に立ち至っているように思われる。

この背景には、東日本大震災及び未曾有の東電福島原発事故、アメリカにおけるシェール革命の進展とその世界への波及、COP21など地球温暖化問題への国際的取り組み、さらには電力システム改革など国内制度改革といった、国内外のエネルギーを取り巻く環境激変がある。

エネルギーを論じる際に、扱うテーマが大きすぎて一種の戸惑いを感じ、「エネルギー問題」などという語義不明の言葉を使ってしまいがちである。「エネルギー政策」とするにはおこがましく、「エネルギー経済」というには公（官ではない）の部分が大きすぎる。さらには、科学技術の問題として捉えることは必須であり、自然環境や社会環境（政治・生活・文明・文化等）との関わりも極めて大きいと感じている。

### 〈エネルギーの先賢、巨人たちから学ぶ〉

エネルギーをトータルに俯瞰してみることの明確な定義ができないなかで、エネルギーの先賢、巨人たちの視座、視点から学ぶことは非常に多い。

#### 澤 昭裕氏

この1月に亡くなった澤昭裕氏は私たちへの遺言とでも言うべき「私の提言—総集編—」の中で、「エネルギー問題は公益の最たるものである。筆者がしばしば『インフラ中のインフラ』という言葉を使って表現してきた通り、国民生活や産業の基盤であり、極めて現実的に議論されねばならない。すでに公僕たる立場を離れて長い筆者ではあるが、公益に尽くす情熱は捨てがたく、混乱するエネルギー政策を立て直す議論に貢献すべく心血を注いだつもりである。理想論や対症療法積み重ねでなく、わが国のエネルギー政策が広い視野に基づく新たな思想理念を構築することに今後も微力ながら尽くしていきたいと考えている。」と述べている。

具体的には、地球温暖化、原子力事業の責任、原子力安全規制、タブーに挑む福島の復興、電力システム改革等々、いま求められているエネルギー課題について、現実を直視した著作、提言活動を精力的に展開してきた。

一方で、経済活動の担い手たる事業者に対して、「電力システム改革を契機に、ぜひ電力会社には民間事業者としての野性味を取り戻してもらいたい。安定供給に対する矜持に安住することなく、民間の活力を電力事業者が取り戻すことができなければ、システム改

革という外科手術をする意味がそもそも無に帰すことを、心に刻んでもらいたい。」と言  
い残している。

### 松井賢一氏

また、この2月に亡くなった松井賢一氏は第一次石油危機の直後に「エネルギー経済論」  
を著したのをはじめ、IAEE（国際エネルギー経済学会）会長を務めるなどエネルギー経済  
分野で先導的役割を果たしてきた。「ピーク・オイル説」などサプライサイドに偏した見  
方に対し、「石器時代を終わらせたのは石の供給が無くなったからではない。」との格言  
を述べ、我々をたしなめるのが常であった。特筆すべきは、日本エネルギー経済研究所の  
エネルギーバランス表を整備した経験を踏まえ、IEA（国際エネルギー機関）によるエネ  
ルギー統計の国際的な規格統一に大きく貢献したことである。このおかげで、経済やエネ  
ルギーだけでなく地球温暖化などの環境問題についても、世界各国が同じ土俵で（データベ  
ースで）議論ができるようになっている。氏の著作「エネルギーデータの読み方使い方」  
はエネルギー関係者にとっては必携、必読の書ではなからうか。

### ダニエル・ヤーギン氏

ダニエル・ヤーギン氏は「石油の世紀 一支配者たちの攻防一」で欧米列強の石油獲得  
競争と政治（戦争）を見事に描き切って、1992年にはピューリッツァー賞に輝いた。  
エネルギーが経済だけでなく政治とも極めて深い関係にあることを示した古典的名著であ  
る。さらに、「ピーク・オイル説」がまだまだ根強かった2010年に、同氏が「シェー  
ルガスの台頭は21世紀に入って最大のエネルギー技術革新／革命である」と看破したこ  
とは、エネルギーエコノミストとして面目躍如たるものがある。

### エイモリー・ロビンズ氏

エイモリー・ロビンズ氏はこの対極にあって、原子力や火力発電等のハード・パスに対  
して、環境にやさしい再エネや省エネ等の「ソフト・エネルギー・パス」を提唱するとと  
もに、「脆弱なるエネルギー（Brittle Power）」等で原子力やLNG火力の安全面での脆  
弱性を厳しく指摘している。ここには、エネルギー第2法則（エントロピー増大の法則）  
などへの深い認識からくるエネルギー科学者としての強い危機感が伺える。

### 茅 陽一氏

茅陽一氏はロビンズ氏と同じく世界的なエネルギー・環境科学者である。ロビンズ氏が  
理学的観点から止まることを知らないエネルギー消費の増大がもたらすリスク、危機を訴  
えたのに対し、茅氏は工学的観点から自然環境と人間社会との調和・現実的解決を目指す  
「ホロニック・パス」を提唱している。その核にあるのがエネルギーミックス戦略におけ  
る電力の役割重視である。

茅氏は、大学や RITE（地球環境産業技術研究機構）での研究・提言・啓蒙活動を展開するとともに、政府の各種委員会主査を務めるなど活躍は幅広い。IPCC や COP 等の国際的な場においても、エネルギー・環境に関する「Kaya Model」の定式化など、その初発から先導的役割を果たしている。地球温暖化問題について、国際的合意形成と実践に日本が影響力を発揮できている背景には、現実を直視した氏の長期にわたる貢献がある。

### 〈始まった政府による議論〉

エネルギー政策基本法に基づく手続き論を超え、エネルギーをトータルかつ俯瞰的に議論する作業が政府を中心にスタートしている。

政府の「エネルギー基本計画」の抜本改定（2014年4月閣議決定）を契機に、エネルギー経済研究所が「エネルギーミックスの選択に向けて（2015年1月）」を発表、経産省が「長期エネルギー需給見通し（2015年7月）」を見直しするなど、日本のエネルギー需給構造＝エネルギーミックスに関する「抜本的将来像」が提示されている。

### 何が抜本的なのか（What's New）

#### ・エネルギーミックス戦略の提唱

基本計画や需給見通しに「長期エネルギー需給見通し（エネルギーミックス）」との表現が登場した。

以下では、エネルギーミックスを基本計画の趣旨に沿って「多層化・多様化した柔軟なエネルギー需給構造の具体的数値目標」として論を進めたい。具体的には2030年度の「エネルギー需要見通し」と「1次エネルギー供給構造」、ならびに同年度の「電力需要見通し」と「総発電電力量の電源構成」を意味することになる。

定義が必ずしも明確ではないなかで、パブリックコメントの焦点が電源構成における原子力発電や再生可能エネルギーの比率に当たっていたため「エネルギーミックス＝電源構成もしくはその最適化」とする見方もある。

ここから読み取れるのは、エネルギーを需給両面で見ることの重視と、エネルギー政策における2次エネルギーである電力の役割重視である。

#### ・エネルギー政策の要諦を「S+3E」として定式化

エネルギー政策の要諦は「S+3E」を実現するための最大限の取り組みであるとした。即ち、エネルギーミックス選択にあたっては安全性（Safety）を前提とした、エネルギーの安定供給（Energy Security）、経済性の向上（Economic Efficiency）並びに環境への適合性（Environment）が求められるということである。これまでも、3Eをお互いにトレードオフ化（トリレンマ化）させないとしてきたが、東電福島原発事故を経験して安全の確保が大前提とされたのである。

#### ・グローバルで的確なデータベースとモデルに依拠

今回提示されたエネルギーミックスはエネルギー、環境、経済に関するグローバルかつ的確なデータベースとモデルに依拠している。これにより、理念や気分流されない地についた議論が可能になる。即ち、「原発依存度をできる限り低くする」「再エネを活用する」「CO2 排出量を目標値以下に抑制する」等々の政策変数を動かした際のシミュレーションに基づくオープンな議論が可能である。

・「聴く耳を持った」エネルギーミックス

東電福島原発事故以降、政府、有識者、産業界、環境 NGO、脱原発団体などマスコミ報道にとどまらない議論が続いており、今やエネルギー政策は国民的受容抜きには遂行され難くなっている。政府も「基本計画」や「需給見通し」の策定段階から関連委員会を公開とし、エネルギーミックスに対するパブリックコメントを実施するなどソーシャルコミュニケーションを重視している。今回の決定についても少なくとも3年ごとの必要に応じた見直しを約している。

〈政策を超えてエネルギーミックスを考える〉

今回、政府によって取りまとめられたエネルギーミックス等のエネルギー政策は、2015年末にパリで開かれた COP21 に向けた日本案に反映され国際交渉で活用されるなど、現実的かつ実行性を持つものとして十分に役割を果たしてきていると思われる。

しかしながら一方では、

- ・「安全が前提と言いつつ原子力規制委員会まかせで、『原子力安全神話』についての反省や政府責任等の具体策が見えない。」
- ・「計画経済国家でもない日本の政府が『エネルギー基本計画』や『長期エネルギー需給見通し』を何故決めなければならないのか。エネルギーを一般経済財と考えるならば、市場にまかせることで十分ではないか。」
- ・「今、何故？欧米に比べて20年遅れの電力・ガス分野のエネルギーシステム改革なのか。」  
「エネルギーにおける原子力の位置づけを含む電力の役割重要化との関連で考えるべき。」
- ・『S+3E』のいずれもが地球規模での取組が求められているにもかかわらず、「基本計画」「長期需給見通し」とも国際的視点を全くと言ってよいほど欠いている。」

等々の疑問や意見がある。

テーマとして掲げた「エネルギーをトータルに俯瞰して議論する」ということは、こうした声、疑問の坩堝に飛び込んでいくということである。手に余る課題であることは重々承知の上で、国際ビジネスファイナンス研究会におけるこれまでの報告を整理して、政府が提示した「エネルギーミックス」の戦略的意味合いについての考察を試みることにした。

「考察の視点」は次のとおりである。

## 〈考察の視点〉

### (1) 歴史的に考える

＝エネルギーの現在の課題を歴史から学ぶ

### (2) 国際社会の中で考える

＝世界規模で進展するエネルギーの国際化

＝エネルギーは市場国際化と国内との相克であり、常に国際政治の最大級の課題

### (3) 需給両面（サプライサイドとデマンドサイド）から考える

＝需要が先導するエネルギー経済、供給偏重の従来エネルギー政策

＝石油ショックの勝者は必ずしも産油国でもなければメジャーでもない

### (4) 東電福島原発事故で何が変わったかを考える

＝原発問題と正面から向き合うことなしにエネルギーの解決なし

＝説得調の「原発安全神話」と感覚的な「脱原発原理主義」の神学論争が続いている

（両者とも現実を直視せず、見たいものだけを見ている）

→ポスト福島は安全第一が大前提、国民的理解・受容がポイント

### (5) ポスト市場原理主義の時代を考える

＝公益性の際立つエネルギー、市場まかせに出来るなら議論はいらない

→「S+3E」には市場に加え、「国際⇄国内」「官⇄民」、「公⇄私」など国際化時代の

公益の観点が不可欠

### (6) 電力の役割を考える

＝2次エネルギーとしての電力は需給両面でのアベイラビリティを拡大し、

エネルギー選択を多様化させる

（電気の物理特性、商品特性に対する理解が不可欠）

→電力の役割重視はエネルギーミックス戦略の1丁目1番地

### (7) エネルギーミックス選択は戦略的リスクマネジメント

＝「S+3E」をトレードオフ化させずにマネジメントするポートフォリオ

→エネルギー源の多様化から多次元のエネルギーミックスへ

## 1. 歴史的に考える

＝エネルギーの現在的課題を歴史から学ぶ

戦後日本のエネルギーを概観してみると、その時々 of 戦略的課題（リスク）に対して、供給両面からのエネルギーミックス選択を駆使しながら、政策的に取り組んできたことが読み取れる。

一方で、国際エネルギー市場との関係などグローバルな規模でエネルギーの歴史が動いてきていることも理解できる。

〔図表 1. リスク認識とエネルギーミックス選択〕

### （1）戦後資源立国の時代（敗戦～1960年頃）

#### 〈ないないづくしの時代のエネルギー〉

連合国がとった日本産業の非軍事化方針による原油輸入禁止と製油所の復旧禁止措置、それに続く輸入貿易管理令による外貨割当制度（外貨不足が背景）等により、戦争直後のエネルギーは石油を中心に圧倒的供給力不足の時代であった。

この時期は経済的には資源立国政策がとられ、エネルギーについては安定供給が最大の課題とされた。（安定供給は今日に至るまで我が国エネルギー政策の一丁目一番地の位置づけが続いている。）

需要面については傾斜生産方式による資源の配分統制や迂回生産方式など資源の徹底した有効活用が図られた。加えて、極端な円安等によるエネルギー高価格により需要が抑制された。これは、エネルギー需要面での効率利用、省エネルギーをその後の日本経済に徹底的に擦り込むことになった。

具体的には、エネルギー供給における炭主油従（1955年度の1次エネルギーに占める石炭構成比は47.3%うち国内炭が43.5%、石油は17.5%）、電源構成における水主火従（同年度の総発電電力量に占める水力構成比は78.7%、石炭は19.8%、石油は1.5%）といったエネルギーミックス策がとられた。

需要面では製造プロセスとともに製品自身の省エネ技術も日本製造業の十八番となる礎が築かれた。電気事業においては発電効率の向上、送電ロス率の低減とともに各戸、各需要家へのメーターの設置等による需要の厳格な把握とマネジメントが徹底された。

資源に恵まれない日本が国際社会と切り離された状況下に力を蓄積し、その後のスプリングボードとなった時代と位置づけることができるのではなかろうか。

〔図表 2-① 日本の1次エネルギー供給構造の推移〕

〔図表 2-② 日本の電源構成の推移〕

図表1. リスク認識とエネルギーミックス選択のイメージ

—エネルギーミックス選択は戦略的リスクマネジメントである—

エポックメイキングとなる出来事	エネルギーの戦略的リスク	エネルギーソース								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
		原子力	LNG	天然ガス	石油	石炭	水力	薪炭	再エネ	省エネ
1949年 輸入貿易管理令 1951年 9電力体制発足	資源立国 (安定供給)			●	◎	☆	◎	○		◎
1962年 石油業法施行 原油輸入自由化 1973年, 1978年 石油ショック	貿易立国 (経済性)	●	●	●	☆	◎	○	●	●	○
1988年 IPPC設置 1992年 国連気候変動 枠組条約	地球温暖化 (環境性)	◎	◎	●	◎	◎	○	●	●	◎
2008年 シェール革命 2011年 福島原発事故	ポスト福島(安全第一)	☆	◎	●	◎	◎	○	●	○	◎
2030年の エネルギーミックス	世界の中の日本 (3E+S)	◎	◎	?	◎	◎	○	●	◎	◎

図表 2—① 日本の 1 次エネルギー供給構造の推移

年度 1 次 エネルギー	1 9 5 5	1 9 7 3	1 9 9 1	2 0 1 0
水力	27.3	4.4	4.5	3.2
原子力	0	0.6	9.8	11.3
石炭	47.3	16.9	16.8	22.6
(国内炭)	(43.5)	(4.4)	( — )	( — )
(輸入炭)	(3.7)	(12.5)	( — )	( — )
石油	17.5	77.4	55.1	40.1
天然ガス	0.3	1.6	11.1	19.2
再エネ等	7.6	1.0	2.7	3.6

出典：総合エネルギー統計

図表 2—② 日本の電源構成の推移

年度 電源	1 9 5 5	1 9 7 3	1 9 9 1	2 0 1 0
水力	78.7	17.2	12.7	8.5
火力	21.3	80.1	59.3	61.8
(石炭)	(19.8)	(4.6)	(10.3)	(25.0)
(石油)	(1.5)	(71.3)	(24.5)	(6.6)
(ガス)	( — )	(1.8)	(1.4)	(0.9)
(LNG)	( — )	(2.4)	(23.1)	(29.3)
原子力	—	2.6	27.8	28.6
再エネ		0.03	0.2	1.1

出典：総合エネルギー統計



## （２）石油が切り開いた貿易立国の時代（１９６０年頃～１次・２次石油ショック）

### 〈キイ・エネルギーとなった石油〉

炭主油従の時代は、１９５０年代後半における石炭不況の中で終焉を迎えるが、時代変化を主導したのは石油であった（１９６２年の石油業法の施行、原油輸入自由化等）。中東での大規模油田発見による石油供給過剰・低価格にエネルギーの流体革命が加わって国内炭は一気に競争力を失うことになった。

経済政策の面では、これまでの資源立国から貿易を通じて各国の比較優位を活用する貿易立国政策に転じ、エネルギー調達においても経済性を優先し安価で汎用性の高い石油に対する需要が急拡大した。この時期に、貿易を通じて国際市場との結びつきを強め、豊富で低廉な石油の安定供給を可能にしたエネルギーインフラの拡充抜きに、その後の日本の高度経済成長は語れないものと思われる。

一方で、第１次石油ショックの１９７３年度には１次エネルギーに占める石油の構成比が７７．４％にまで拡大し、石炭は１６．９％まで比率を下げた。なかでも国内炭は４％台までシェアダウンした。同年度の総発電電力量に占める電源別構成は、石油火力が７１．３％、石炭火力が４．６％、水力が１７．２％であった。

これは、キイ・エネルギーが石炭から石油に代わったということを意味している。

しかし、エネルギーミックスという観点からは石油に偏りすぎており、１つのバスケットに殆どの卵を詰め込むというリスクを内包していた。〔図表３．日本の１次エネルギー消費量の推移（１９６５年～２０１３年）〕

### 〈高度成長期のエネルギー需要〉

この時期、エネルギー需要も爆発的に増加した。

具体的には、三種の神器（白黒TV、洗濯機、冷蔵庫）や新三種の神器（3C＝カラーTV、クーラー、自動車）の登場など多様なエネルギー需要が増大したのに対し、石炭から石油への転換がこの旺盛な需要の供給を可能にした。

また、電力は様々なエネルギー需要に対するアベイラビリティが高いことから需要が急伸した。日本においては主として石油火力の大容量化と増設でこの膨大な需要を賄った。因みに、欧米諸国の多くは石炭火力を維持・温存した。

## （３）脱石油とエネルギー源分散化の時代（石油ショック～１９９０年頃）

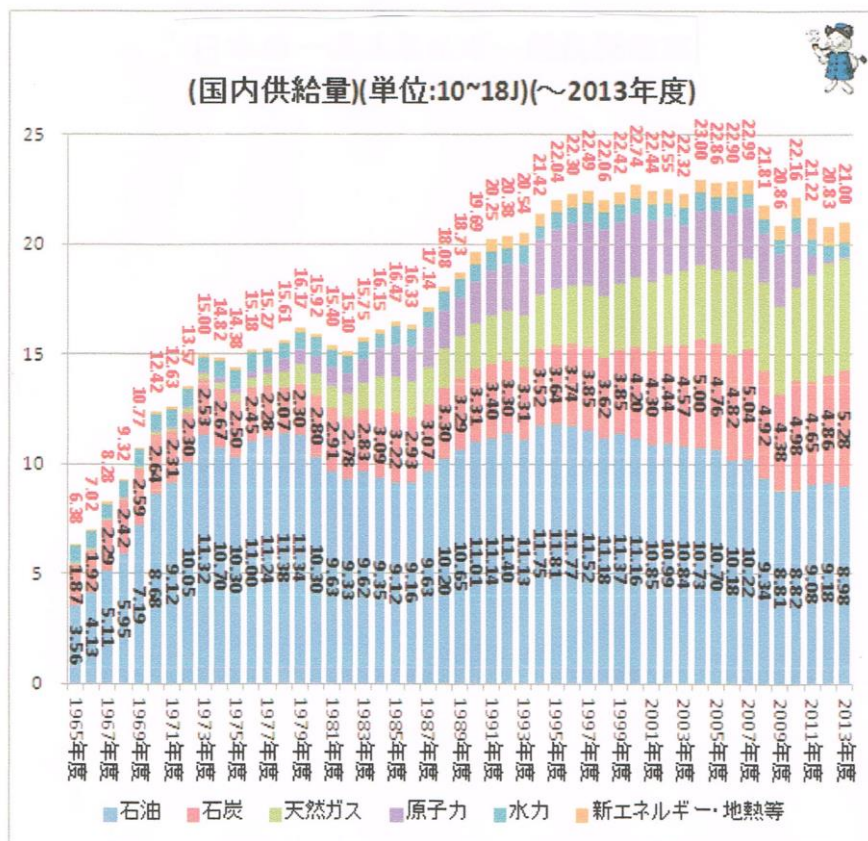
### 〈石油ショックからの脱出〉

我が国をはじめとする世界各国が石油への依存度を高め過ぎたことの咎は、２度にわたる石油ショックを惹起し供給途絶の危機、エネルギーや資源価格の急騰を通じて世界規模

での経済失速などの大混乱をもたらした。とくに、石油への依存度を極端に高め、OPECの禁輸措置等に全く無防備であった日本への影響は甚大なものがあった。

これに対し、OECDを中心とする諸国はそれまでの経済性偏重を修正し、脱石油を核とするエネルギー安定供給とのバランスをとるようになった。日本も率先して石油調達先の分散化や戦略備蓄等の安定確保策を講ずるとともに、脱石油政策として原子力、LNG、海

図表3. 日本の1次エネルギー消費量の推移（1965年～2013年）



〔出所〕2015年「エネルギー白書」

外炭、再エネ等へのエネルギー源分散化をはかった。

その際に、2度の石油ショックを通じてもたらされた石油を中心とする世界的なエネルギー価格の高止まりが、長期的なエネルギー開発につながったことは重要である。具体的には、北海、メキシコ湾、ブラジル沖等での巨大オフショア油田開発につながったのははじめ、従来型内陸ガス田開発に加えてLNGによる輸送と結びついた北アフリカ、中東、マレーシア、ブルネイ、インドネシア、オーストラリアさらにはサハリン等々でのガス田開発が可能となった。このエネルギー供給力拡大強化の流れは2000年代後半に花開くシェールガス田・油田開発まで脈々と続いている。世界のエネルギー需給に長期的市場メカニズムが貫徹しているということであり、アメリカを中心に世界にはそれをファイナン

スする仕組みがあるということである。

日本のムーンライト計画など需給両面での省エネルギーやエネルギー利用の効率化は（マイナスのエネルギー消費＝供給力の増加を意味しており）、啓蒙活動にとどまらず費用対効果の面からも一層深化することになった。

### 〈2次エネルギーとしての電力の役割重要化〉

世界的なエネルギー需給構造変化促進に、2次エネルギー・電力に転換して利用することが重要な役割を果たすことがこの時期に顕著になった。

IEA（国際エネルギー機関）による石油火力新增設禁止等にみられる世界的な脱石油、エネルギー源の分散化スキームの中でこの変化は生じた。即ち、汎用性（需要とのマッチングや輸送・備蓄等）の面で石油に劣る石炭、天然ガス、原子力、再エネなどの1次エネルギー利用を拡大するには、電力などの2次エネルギーに転換して利用することが有効であると認識され、世界的にエネルギー利用の電力化が進むことになった。要するに、資源量は豊かで安価だが、世界に偏在し使い勝手の悪い各種のエネルギーをバルクで輸送・備蓄し、電気という2次エネルギーに変えることにより有効に使える道が開けた。

電力供給面では、脱石油のプロセス（供給の不安定と高価格との闘い）を通じて生まれた電源ポートフォリオで得た燃料費削減や発送電の効率化もあって、電力供給コストは大幅に削減された。

需要面から見ると、電気は安全・清潔・便利ではあるが高価格でパワーが弱いといった難点があり、照明、電子、動力、熱の一部での利用にとどまっていた。これが、電力価格の相対的低下に加え、インバーター（周波数変換）、マイクロウェーブ、ヒートポンプ等の電力利用技術の革命的進歩があり、産業用、オフィス・家庭用、輸送用等殆どの需要分野で電気が経済的に利用できるようになった。

こうした脱石油の取り組みによって、日本の1次エネルギー石油依存度は石油危機時の77.4%から1991年度の55.1%まで低下した。低下分22.3ポイントのうち9.5ポイントが天然ガス、9.2ポイントが原子力であった。同時期に総発電電力量に占める石油の比率は71.3%から24.5%に低下した。低下分46.8ポイントのうち20.7ポイントがLNG、25.2ポイントが原子力であった。

この時期にとられたエネルギー源多様化による脱石油はOECD等先進国を中心に立派な成果をあげ、産業、オフィス・家庭等の需要面で取り組まれた省エネルギーとも相俟って、エネルギーの安定供給ならびに価格の安定化（必ずしも低価格ではない）に寄与したと考えられる。また、エネルギー供給に占める電力化率上昇も脱石油に大きく貢献した。

〔図表3-①世界の一次エネルギー消費量の推移（1965年～2010年）〕

〔図表3-②世界のエネルギー種別消費量の推移（1965年～2010年）〕

〔図表3-③世界の一次エネルギー消費量の構成（1965年～2010年）〕

〔図表3-④主要国の国別エネルギー消費量（1965年～2010年）〕

#### (4) 地球規模の環境問題の時代（1990年頃～福島原発事故）

##### 〈石油ショック後も増え続けた化石エネルギー消費〉

石油ショック後に各国で進められた石油偏重を是正する取組やエネルギー源分散策が功を奏し、1990年頃までには（時々の変動はあるものの）安定供給の確保と価格の安定化がもたらされた。規制緩和、市場原理の活用等による経済の活性化とも相俟って、日本のエネルギー消費も石油ショック後の一時的減少から増加に転じた。

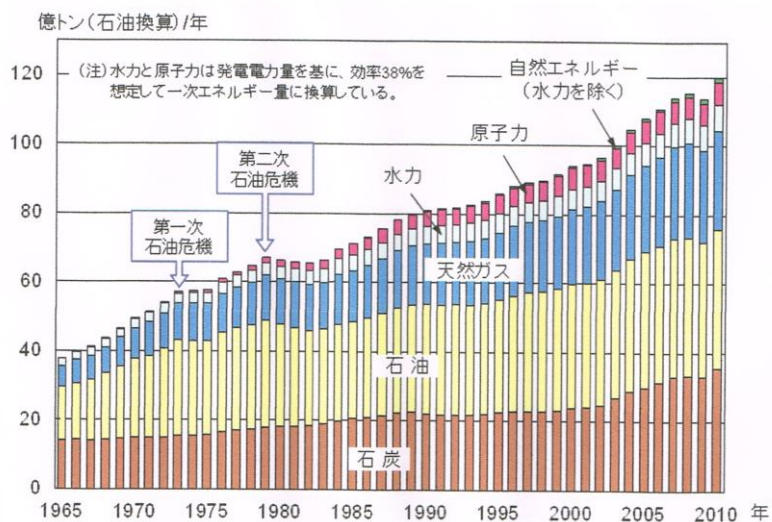
1次エネルギーの供給構造は、化石エネルギーの占める比率が1973年から1991年の間に12.2ポイント低下したものの、石油依存度の低下幅22.3ポイントと比べると約半分にとどまった。即ち、石油依存低減の約半分は他の化石エネルギーで代替（化石燃料内でのエネルギー源分散化）されたことになり、人為的な環境負荷の絶対量はかえって増大することになった。電源構成に占める火力比率についてもほぼ同様の傾向が示され、CO<sub>2</sub>排出度合いの大きな石炭火力の比率が反転増加した（海外炭火力増強による）。

エネルギー安定供給や価格の安定化というエネルギー政策としての成功が、環境の面では新たなリスクを招くという皮肉な結果となった

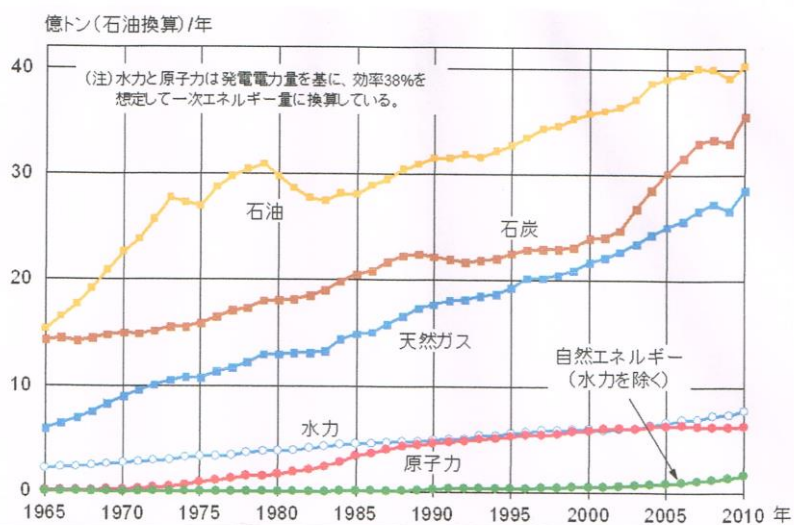
同時期の、世界のエネルギー消費に目を転じると、OECD諸国においては経済の成熟化を反映して抑制された増加となっているが、中国、インドなど非OECD諸国は高い経済成長を反映して非常な勢いでエネルギー消費を増大させており、地球規模でのエネルギー消費増大が続いている。

エネルギー源別に見ると、石油の増加率は多少鈍化したものの、石炭の根強い増勢、天然ガスへの需要シフト等があって化石燃料トータルでは消費増大が続いている。水力や原子力等の非化石エネルギーを除いた1990年の化石燃料依存度は依然として80%台後半を占めている。

図表3-①世界の一次エネルギー消費量の推移（1965年～2010年）

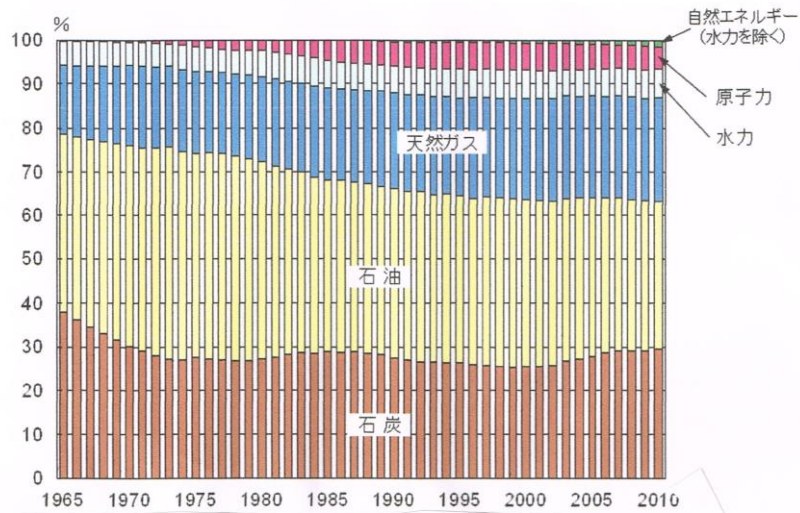


図表3-②世界のエネルギー種別消費量の推移（1965年～2010年）

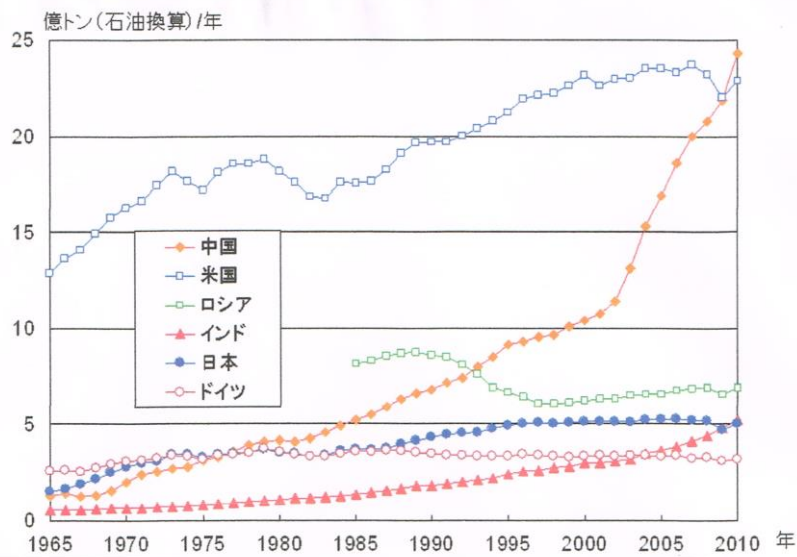


[出所] BP Statistical Review of World Energy 2011 (<http://www.bp.com/statisticalreview>)

図表3-③世界の一次エネルギー消費量の構成（1965年～2010年）



図表3-④主要国の国別エネルギー消費量（1965年～2010年）



【出所】BP Statistical Review of World Energy 2011 (<http://www.bp.com/statisticalreview>)

### 〈地球温暖化の危機〉

全世界的なエネルギー消費増とりわけ化石エネルギー消費の増大は、地球温暖化等の環境問題への懸念を増幅させることになった。

「人類による地球、自然への（人口、食料、資源、汚染等の）負荷は地球が吸収する限界を超えてしまうのではないか」という 1992 年のローマクラブによる警鐘（「成長の限界」メドウズ報告）はあまりにも有名である。また、1976 年にはエイモリー・ロビンスがエネルギー消費増大そのものに対して、原子力や化石燃料等の供給増（ハード・パス）で対処するのではなく、再生可能エネルギーや省エネルギー等（ソフト・パス）によってエネルギー消費を自然循環内に抑制することを訴えた。

こうした懸念は、1980 年代の後半になると一部科学者にとどまらない世界の各国で地球規模の新たな危機として認識されるようになった。エネルギー安定供給（Energy Security）、経済性（Economic Efficiency）を追求してきた OECD 諸国など先進国を中心とする国々が、地球温暖化問題を新たな危機であると受け止めるようになったということである。具体的には、

1988 年に IPCC（気候変動に関する政府間パネル）が UNEP（国連環境計画）と WMO（世界気象機関）共催で設置され、各国推薦の科学者による包括評価作業がスタートした。

1992 年は大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることを目標とする「国連気候変動枠組条約」が採択され、その後の COP（気候変動枠組条約締約国会議）など世界全体での取組につながっている。

COP1 1995 年、ベルリン（枠組み条約だけでは不十分だとして設置）

COP3 1997 年、京都（「京都議定書」は先進国間の枠組にとどまった）

COP21 2015 年、パリ（途上国も含めた枠組合意）

### 〈これまでと違った困難の登場〉

地球温暖化のこれまでの問題にない難しさの一つは、そのまま放置すればカタストロフィックな結末が予見されるにも関わらず、経済の持続的成長とエネルギーの安定供給は世界いずれの国にとっても最大級の政策課題であるが故に、総論はともかく具体策がなかなか打ち出せないことである。即ち、経済成長と化石燃料の消費拡大はリンクしており、化石燃料の消費拡大は CO2 排出量を増大させ地球温暖化問題を深刻化させる。これを防ぐための CO2 排出削減は化石燃料の抑制に直結し経済成長にブレーキをかける、といった形でトリレンマ状況を惹起すると考えられた。

もう一つの難しさは、温暖化は正に地球規模の問題であって、BRICs など非 OECD 諸国の経済拡大とエネルギー消費増大が続いているなかで、今や先進国だけの取組では解決できなくなっているところにある。このことは、世界で 5 番目の CO2 排出国であるとはいえ、2012 年に世界排出量の 3.7% を排出しているに過ぎない日本が国内だけの問題とし

で対処しているだけでは根本的解決につながらないことを意味している。

この地球規模の危機に対して「大気中の温室効果ガス濃度を安定化させることを目標」とした国際的な取り組みがスタートしている。具体的には次のような方策が取られている。

①経済成長とエネルギー消費とのリンクを断ち切るための技術開発、価格効果さらには啓蒙活動等を総動員した省エネルギー・エネルギー効率利用に取り組む。

石油ショック後の脱石油方策のなかで、省エネルギーが LNG、原子力と並ぶ貢献をし、日本を世界トップレベルの省エネ大国に押し上げたことは記憶に新しい。

特に力を傾注すべきは、日本の省エネルギーやエネルギー効率利用技術を CO<sub>2</sub> 排出の大宗を占める諸国に輸出やコンサルなどを通じて移転させることである。

②脱炭素を目指して原子力や再生可能エネルギー等の非化石エネルギーに代替する。

この方策においても日本が持つアドバンテージを海外で活かしていくことが重要である。

③性急な脱化石エネルギーは安定供給や経済性の面からは現実的ではなく、化石エネルギー間のポートフォリオを駆使して CO<sub>2</sub> 排出量の極小化をはかる。また、CCS (CO<sub>2</sub> の回収、貯留) の技術開発を進め化石燃料ポートフォリオとの組合せを模索することも必要となる。

④予想される LNG に対する需要集中には、開発上流への参入も含めサプライチェーンを通じた安定供給戦略が求められる。

⑤エネルギー利用における電力比率（電力化率）の拡大をはかる。

現状では非化石エネルギーの殆どが電力に転換して利用することを前提としおり、電力化率のアップにより水力・原子力・再エネ等の非化石エネルギー利用を拡大することができる。

また、需要面の省エネ技術革新（インバーター、マイクロウエーブ、ヒートポンプ等に液晶・有機 EL や蓄電・電気自動車等が新たに加わった）と供給面での電力転換ロス・輸送ロスの画期的低減を通じてエネルギー効率利用が飛躍的に促進される。

この時期のエネルギー政策は京都議定書（COP3）のしがらみ、2009年国連総会での鳩山首相の「2020年の温室効果ガスを1990年比25%削減」発言やその裏付けとしての「電源に占める原子力の比率50%」など、3Eのなかの「環境性」に軸足が偏りすぎていたとの批判がある。また、福島原発事故を防げなかったこともあり、安定供給、経済性、環境性の全てにおいて原子力頼み、過大な依存があったことを問題視する声も少なくない。

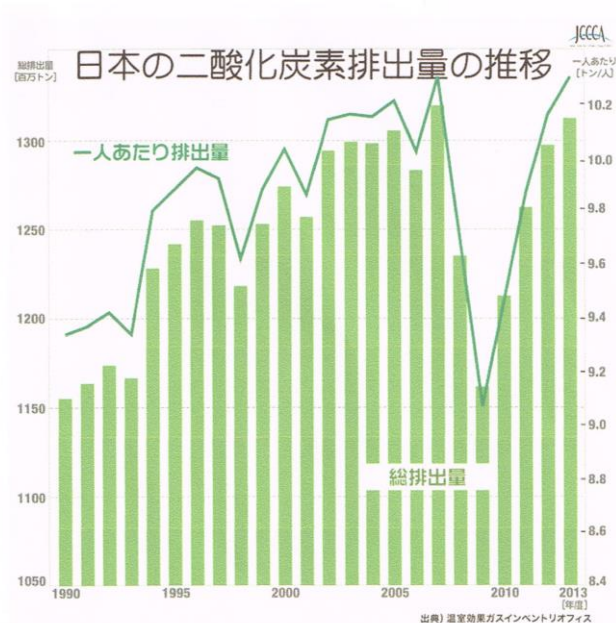
しかしながら、打てる手は限られており実現の難しさは残るものの、地球温暖化という新たな危機に対して採られた日本の施策は、極めて当然であり妥当なものと考えられる。また、世界の舞台においても経験と実績を踏まえた現実的貢献をしてきている。

〔図表4-①日本の二酸化炭素排出量の推移（1990年～2013年）〕

〔図表4-②世界の二酸化炭素排出量（2012年）〕



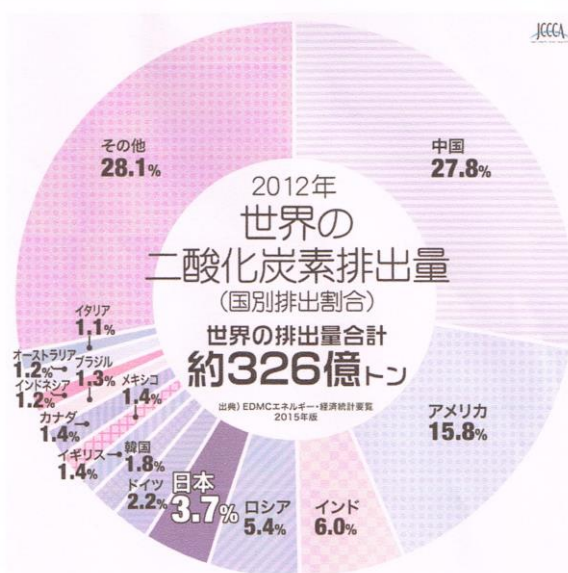
図表4-①日本の二酸化炭素排出量の推移（1990-2013年）



(クリックすると拡大画像が表示されます)

出典) 温室効果ガスインベントリオフィス

図表4-②世界の二酸化炭素排出量



(クリックすると拡大画像が表示されます)

出典) EDMC/エネルギー・経済統計要覧 2015年版

## (5) ポスト福島原発事故の時代（2011年～）

### 〈原子力は安全が大前提〉

世界を巻き込むエネルギーの新たな時代への転機は福島第一原発事故を契機に突然やってきた。

このことは、大きな時代変化をもたらすことになる原子力安全という潜在的リスクが、それまで存在しなかったことを意味している訳ではなく、原子力事業者等がこのリスクを認識できなかったことを免罪するものでもない。

これまでとられてきた「3E」を互いにトレードオフ化させないというエネルギー基本戦略は、時代ごとのリスクを低減させる継続的な努力と闘いのなかで形成されたものである。この「3E」という観点からすると原子力は非常に優れたエネルギーである。とりわけ日本のようにエネルギー資源に恵まれない国にとってはその優位性は際立っている。

しかし、この原子力の優位性に目がくらみ、我が国のエネルギー政策が無防備なまま原子力に頼り過ぎていたことについては厳しい反省が必要である。

原子力は事故が生起する確率が極めて低くなるように設計されてはいるものの、膨大なエネルギーを有しており事故が起きた際の被害は甚大であると認識されていた。事故あることを予見して、原子力賠償法は原子力事業者は無過失無限責任など厳しい責任を課すとともに、国にも重大な責任を負わせている。即ち、原子力最大のリスクは非日常の（殆ど起こることがない）安全（Safety）及び平和利用（Safeguard、原子力基本法及び国際的枠組みで担保）ということにある。エネルギーの安定供給に役立つとか、経済性に富む、さらには環境にやさしいなどの優位性が如何に大きくとも、原子力にとっての最大リスクである「安全リスク」が低減するわけではない。

これまで原子力には安全リスクがあることを、ある意味では承知の上で、原子力発電が受け容れられてきたのは事業者や国さらには原子力専門家への信頼があったからである。福島原発事故により信頼が大きく失墜したなかで、原子力を復活させることは並大抵のことではない。

①「エネルギー基本計画」において、3Eの前提として「S」（＝安全）があると謳ったということは、これと真正面から向き合うことを示したものであり、当然であり、出発点として必要不可欠である。

②事業者は国とともに、原子力安全確保について福島原発事故から学んだことを国民理解が得られるまで、科学的にしかも分かりやすく説明する責務がある。その際に、安全と安心を同列視することは厳に慎まねばならない。「安心」を得るために「安全神話」を生む愚を繰り返してはならないからである。原子力発電にとっては安全第一であり、供給責任、品質の確保、経済性等を超えた前提条件である。

③一方で、ごく普通の人々が抱く原子力への不安感、反原発の心情に対し、事業者、国、専門家などに謙虚さが足りなかったことには猛省が必要である。未曾有の災害を経験した今、原子力安全に対する事業者、国、専門家等の目線と国民目線とのギャップを埋めること無くして原子力問題の解決がないのが現実である。

事業者や専門家は原発事故を原子炉そのものの事故と狭く限定して捉えがちであるが、国民目線では放射能漏洩と広範な放射能汚染に伴う健康被害は当然のこととして、長期にわたる住民避難、家庭や地域コミュニティの崩壊、風評被害等も原子力被害である。福島原発事故は国民目線にも故あることを示したのだと考えられる。

④事業者や国等の原子力推進者には、こうした国民目線を尊重し、IAEA や欧米等の先駆的取組に謙虚に学びながら、非常に稀ではあるものの起こりうる原子力事故に対して持続的に備えることを体質化すること、それが外の社会からも認められることが求められているのではなかろうか。

以上では福島原発事故が原子力自体にもたらした問題に焦点を当てた。原子力にとって安全が最大のリスクであることを直視し、福島原発事故から得た教訓を透明度高く伝えていくことができれば、3E に関して原子力が有するアドバンテージへの理解は自ずと進むと考えたからである。その一方で、「脱原発」といった形で原子力の最大リスクである安全から目を外らし、NIMBY を決め込んでいたのでは現実的なエネルギーの将来像を描くことはできず、日本のエネルギーは世界から取り残される＝ガラパゴス化すると考えた。原子力に関しては「見たいものだけを見る＝見たくないものには目を塞ぐ」では済まされない。

#### 〈福島原発事故がエネルギーのあり方にもたらしたもの〉

福島原発事故がエネルギー全般に与えた影響は何であったのか。

①エネルギーの3E から見て最もアドバンテージを有していると考えられ、基幹エネルギーとして期待されていた原子力が、日本においては今後長期にわたって停滞を余儀なくされることが誰の目にも明らかになった。このことは、質量両面からの供給不安定化、コストアップと価格の上昇、化石エネルギー依存の増大による環境悪化という供給構造の脆弱化を招いている。

②今後長期にわたる原子力の停滞は、LNG、石炭（日本では海外炭）、再エネ、省エネルギー等で代替することになるが、環境性で問題のある石炭、経済性に問題のある再エネ・省エネには限界があり、現実的にはLNG シフトが生じる可能性が高い。

③日本にとって非常にラッキーであったのは、福島原発事故の直前の時期（2008年頃）から、アメリカにおけるシェール革命の進展とその世界への波及が国際的に認識されるようになったことである。シェール革命は「ピーク・オイル」の幻影を20～30年先に追いやることに成功したと考えられる。福島原発事故後に急騰したエネルギー価格が収束に向かった背景の一つにシェール革命がある。また、解決に長時間を要する福島原発事故後

の原子力問題にシェール革命が時間的裕度を与えてくれることも重要である。

④「日本のエネルギー供給構造は脆弱化したというが、3. 1 1以降5年が経っているにも関わらず、環境性の悪化を除けば安定供給は確保され、事故直後の時期はともかくとして化石エネルギーの低価格も続いている。原子力はなくてもエネルギーは大丈夫なのではないか」との声がある。

現在の世界的な化石燃料低価格の背景には、シェール革命の進展に加えて BRICs 等も含めた世界経済のデフレ化に伴うエネルギーや資源の需給緩和がある。化石エネルギーの長期投資サイクルによる需給変動の波と、経済の景気変動の波がシンクロして化石エネルギー低価格を招いたものと考えられる。

準国産エネルギーである原子力コストと価格形成は、現状のような世界の化石エネルギー投資サイクルや景気サイクルとはある意味で独立しているところがある。現状のエネルギー低価格は、化石エネルギーを中心に日本のエネルギー需給構造が世界市場と深くつながっているおかげであり、原子力が稼働していれば今以上にエネルギー低価格を享受出来たと考えられる。必ずしも実感されてはいないが、日本における原子力発電の停滞が国民負担を増大させ、産業の国際競争力低下をもたらしている。

⑤福島原発事故を契機として電力システム改革問題が再浮上したことも重大である。

福島原発事故の未曾有の経験を踏まえ、3E 解決のキイと位置づけてきた原子力を基軸とする電力システムについて、安全性、経済性、事業者への信頼等の観点から再評価し、それをエネルギーミックス選択に織込むことが電力システム改革の本質だと考える。

なかでも、福島原発事故における東電をはじめとする事業者への信頼の失墜は大きく、これを回復するための責任ある改革・実践が求められているのではなかろうか。

一方、「東電が計画停電を実施するなど供給責任を充分果たせなかったのは、各社ごとに系統が分断されていたためだ。50ヘルツと60ヘルツの関係を抜本的に強化すべきだ。」とか、これとは矛盾するが「そもそも巨大電源をつなぐネットワークは安定性に欠ける。再エネ等による分散型供給システムを採り入れるべきだ。」といった声がある。

しかし、冷静に振り返ってみると、東日本大震災に際し、東北電力と東京電力の火力と原子力を合わせた供給力（停止中発電所、共同火力等の卸電気事業者分を含む）の約45%（火力25%、原子力20%）が突然使用不能になった状況からすると、よくぞ乗り切ったというべきではなかろうか。欧米等では30%を超える供給予備力を持ちながらも長期に及ぶ広域停電が平時でも起きているのに対し、10%に満たない供給予備力しか持たなかった両社が需要家の理解や国の協力を得ながら、何とか乗り切ったのだという評価も出来ると考える。

供給予備力の上積みには系統の強化であれ、電源の拡充であれ当然大きなコストアップを伴うのであり、津波対策に「万里の長城」を以て対処するのと同じような愚を犯してはならない。電力システム改革の後戻りは許されないが、実践に当たっては一時的心情に流されない本質を見据えた改革・新生が望まれるのではなかろうか。

また、「原発が次々と停止するなかで、東電をはじめ既存の電力会社が相次ぐ料金値上げをしたのは、電力自由化が十分でなかったためだ。」とか、これと多少矛盾するが「原子力や石炭等による電気を避け、再エネによる電気を自由に選べるシステムが必要だ。」といった声を背景に、官主導の電力小売全面自由化が始まっている。

電力小売分野においても最大限に市場活用を図るのは当然のことであり、国民負担の目に見える増大や、非効率を招くような規制のアンバランスを排除しつつ、電力会社は民間活力を發揮して積極的に改革に取り組むべきと考える。

## (6) 2030年のエネルギーミックス像

以上の歴史を要約すると、

①ナインイ尽くしの敗戦後経済において、限られ国内資源を節約に節約を重ねて大切に使い、その後の飛躍への力として蓄えたもの

→エネルギー安定供給(**E**nergy **S**ecurity)

②ある意味では強いられた「資源立国」から石油輸入の自由化など「貿易立国」へと解き放たれ、世界という活躍の舞台で得たもの

→経済性 (**E**conomic **E**fficiency)

③1次、2次の石油ショック。世界を舞台に押し寄せた大波は日本を沈没させかねないほどのものであった。最も脆弱に思えたこの国に大波を乗り越えさせたもの

→国際協調のなかでの安定供給 (**E**) と経済性 (**E**) のバランス

④地球規模の環境問題、温暖化は人類にとって原子力以上にコントロールが難しく、カタストロフィックな結果を招くのではないかと危惧されている。世界規模で現在進行形の危機に対する闘い

→地球規模での環境性 (**E**nvironment) と安定供給 (**E**)、経済性 (**E**) とのバランス

⑤上から目線の「安全神話の信奉者」と感覚・感情的な「脱原発原理主義者」との間で交わらない神学論争が続く状況を止揚し、福島原発事故が惹起した問題の解決

→安全性 (**S**afety) を前提に、安定供給 (**E**)、経済性 (**E**)、環境性 (**E**) とのバランス

⑥世界各国共通して増加を続けるエネルギー利用の電力化の意味するところ

→エネルギーミックスにおける電力のキイ・エネルギー化

これまで見てきたように、戦後その時々エネルギーの戦略的リスクと向き合い、世界との連携の下に解決に取り組むなかで培われたのが、「S+3E」というエネルギー政策の基本として定式化されたと考えられる。

この基本政策「S+3E」を互いにトレードオフ化させずにエネルギーミックスを実現するキイが2次エネルギー・電力の役割増大である。即ち、2次エネルギー・電力が有するエネルギー需給両面でのアベイラビリティの高さを政策的ドライバーとするエネルギーミ

ックス戦略である。

2030年のエネルギーミックス像は、この戦略に沿って描かれることになる。

