

東日本大震災から考えるこれからの 発電¹

～原子力から自然エネルギーへ～

明治大学 山田知明ゼミ 資源エネルギー分科会

佐藤 真

木村 圭吾

鈴木 宏平

保坂 太一

2011年12月

¹ 本稿は、2011年12月17日、18日に開催される、ISFJ日本政策学生会議「政策フォーラム2011」のために作成したものである。本稿の作成にあたっては、山田准教授（明治大学）をはじめ、多くの方々から有益且つ熱心なコメントを頂戴した。また、明治大学資産管理課、環境保全推進委員会からは有益なデータを頂戴した。ここに記して感謝の意を表したい。しかしながら、本稿にあり得る誤り、主張の一切の責任はいうまでもなく筆者たち個人に帰するものである。

東日本大震災から考えるこれからの 発電

～原子力から自然エネルギーへ～

2011年12月

要約

本稿では現在の原発に大きく依存したエネルギー体制を見直し、長期的なスパンで原発依存から脱却することを目的としている。本稿では、明治大学リバティータワーのエネルギー体制を具体的な例として挙げながら、省エネと自然エネルギーを利用することで、現在の使用電力の30%を削減することを提案していく。これは、現在の日本全国のエネルギー割合のうち約30%が原発によるものであるため、この削減により脱原発依存への足掛かりとしていきたいと考えたからである。

第1章では今まで日本が何故、原発に大きく依存する形のエネルギー体制を作ってきたのかを見ていく。第1節では原発の仕組みや歴史を見ていくことで最低限必要な基本的な知識を説明する。第2節と3節では震災以前から言われていた、原発推進派と反対派の意見を見ていく。これらの意見から私たちの取るべき立場を明確にしていく。

第2章では今回の東日本大地震により明らかになった問題点を、第1節放射能汚染、第2節風評被害、第3節発電コストといった面から見ていく。そこから第1章で見てきた原発推進派の意見の矛盾を述べていく。第1節は放射能汚染である。元々、放射能への不安は叫ばれていたが原発は安全であり、放射能が漏れることはないとしてきた安全神話があった。しかしながら、今回の事故では放射能は漏れてしまった。これにより、周辺の汚染は広がり10年、100年単位という長期的な被害を出してしまったことを述べる。第2節は放射能汚染による風評被害を述べていく。放射能への不安から人々の不安は東北の農産物へと移り、最終的に日本経済に大きな影響を与えたことを説明する。第3節では原発推進の一つの大きな理由であった発電コストについて述べる。確かに、単純な発電コストは安く設定できるかもしれない。しかし、もし今回のような事故が起きた時にその問題を解決するコストが含まれておらず、その点に大きな問題があると私たちは考える。

第3章では過去に原発事故や今回の東日本大震災による原発事故を受けたうえで、世界各国は今後どのように原発と向き合っていくのかを述べていく。まず第1節ではスリーマイルとチェルノブイリの事故を見ていくことで原発の問題点をさらに深める。第2節と3節では原発に反対する国と推進していく国を見ていくことで世界の未来への情勢を知り日本が今後取るべき方針を見つけていく。また4節では日本政府が発表した原発輸出について述べる。大きな事故を起こした原発を海外へ輸出することの意図や問題点を説明する。

第4章では、まず第1節で代表的な自然エネルギーを整理する。そこから特に太陽光を採用している海外都市を第2節で紹介する。また第3節では明治大学のリバティータワーの構造上の環境配慮としてどのようなものがあるのかを紹介する。そこから第4節の政策提言へと繋げていく。

具体的に第4節では、まず昨年10月と今年10月のリバティータワーの電力消費量を比較することによって震災後の節電効果を検証する。その後、リバティータワーの太陽光パネルが張り付けられる面積を計算し、そこから太陽光での発電量を求め、リバティータワーの電力消費量の何%分に相当するかを求める。最後に、この2つの結果をまとめ、政策提言とする。

目次

はじめに

第1章 原発の歴史と原発に対する2つの立場

- 第1節 原発の仕組みと歴史
- 第2節 原発推進派の意見
- 第3節 原発反対派の意見

第2章 今回の震災で明らかになった問題点

- 第1節 放射能汚染
- 第2節 風評被害
- 第3節 発電コスト

第3章 世界各国の対応

- 第1節 過去の原発事故
- 第2節 原発推進国
- 第3節 原発反対国
- 第4節 原発輸出

第4章 政策提言

- 第1節 自然エネルギー
- 第2節 太陽光発電を採用している海外都市
- 第3節 明治大学リバティータワーの環境配慮
- 第4節 政策提言

先行論文・参考文献・データ出典

はじめに

私たちはこの論文を通して、我が国が現在抱えているエネルギー問題の解決へ向けて新たなエネルギー体制を提案することを目的としている。そのため、本稿では自然エネルギーを取り入れた具体的な都市計画を考案し、提案することでこの目的を果たしていきたいと考えている。

これは2011年3月11日の東日本大震災の発生により、国民の多くが原子力発電や放射線に大きな不安を抱くようになったことで将来へのエネルギー問題がより深刻化したと私たちは考えたためである。その大きな要因の一つは福島第一原子力発電所の問題であろう。以前から安全性に疑問を持つ人も少なくなかったが、我が国では原発を未来のエネルギーとして推進してきた。しかしながら、地震の発生によりその安全性の不十分さが露呈する形となってしまった。電源を喪失した原発は十分な措置が行われず、最終的にメルトスルー²という最悪の事態を招いてしまった。

図表 1 事故の流れ

3月11日	地震発生
12日	原子力圧力上昇
26日	水漏出
31日	福島原発 1-4 号機廃炉宣言
4月1日	原子炉計画見直し
8日	余震により女川原子力発電所の電源途絶
12日	レベル7に引き上げ
18日	収束工程表の発表
21日	海水から放射能
5月7日	浜岡原子力発電所を全面停止へ
14日	浜岡全機の発電停止
6月7日	メルトスルー発生

(出典) 政府発表を参考に著者作成

ここで明らかになった問題点は、①原子力発電そのものの安全性の不十分さ、②政府の対応の遅さである。そんな中で、世論の中には自然エネルギーの採用を求める声が増して大きくなった。

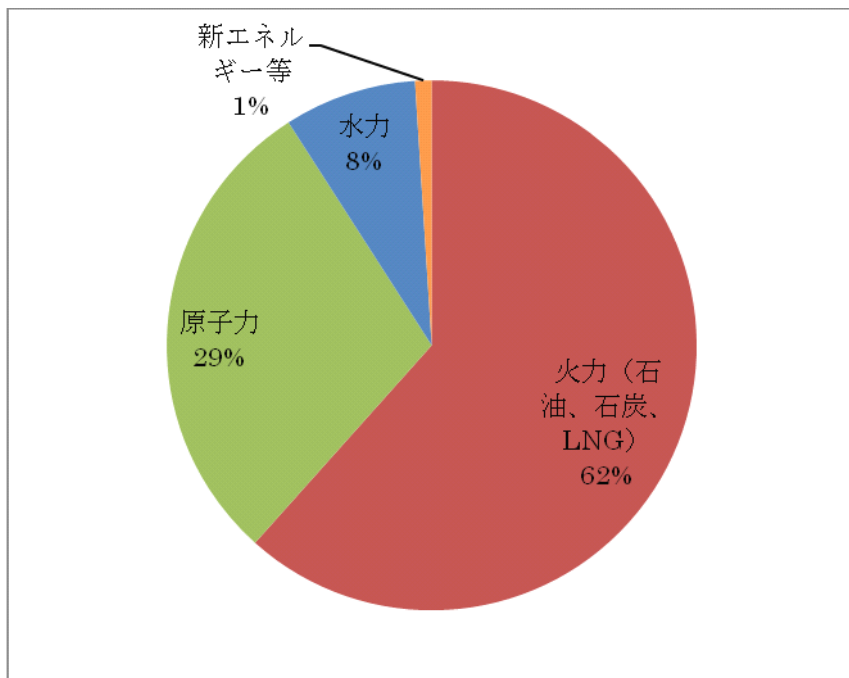
そこで私たちは本稿で、震災以前の研究からはどのように原発が推進されてきたのか、当時どのような反対意見があったのかを調べることにより、今まで日本が歩んできた原発

² 原子炉内で、炉心の核燃料が熱により溶融する「メルトダウン」を起こした後、溶融して原子炉の底部に落下した核燃料が、高熱で原子炉を破損し、炉外に漏出すること。「新語時事用語辞典」より引用。

推進の基礎となる考え方を知る。また震災以後の研究からは、原発による具体的な被害を受けた後で政策や世論がどのように変化してきたのかを調べ、そこで今まで言われてきた原発の安全性や発電効率などの真偽を確かめることにより、今回の震災で明らかになった原発の問題点を検証していく。

その一方で、自然エネルギーに対する知識も同様に深める。そこから今後、実現の可能性が高いと思われるエネルギー体制を考察していく。具体的には、現在の明治大学リバティータワーの消費電力を省エネと自然エネルギーを利用することで30%削減を目標としていきたいと考えている。これは現在の日本の発電割合を見てもと原発による発電割合が約30%を占めており、その30%を、リバティータワーという小規模ではあるが消費電力を削減の目安とすることで、原発依存からの脱却への足掛かりになると考えたからである。

図表 2 発電割合



(出所) 電気事業連合会 <http://www.fepc.or.jp/learn/hatsuden/nuclear/index.htm> のデータを参考に著者作成

このように過去から現代における考え方の推移を理解することで、未来への政策提言へと繋げていきたいと考えている。

第1章 原発の歴史と原発に対する2つの立場

第1節 原発の仕組みと歴史

① 原発の歴史

今や原発は大きな役割を担っている。では、原発はどのように普及してきたのか。世界で原発が普及するきっかけとなったのは、1953年12月8日に国連総会においてアメリカのアイゼンハワー大統領が「Atoms For Peace」構想を提案したこととされている。この「Atoms For Peace」とは、原発を平和利用することによって、世界の経済発展、人類の生活向上、福祉増進を目指すという構想である。この頃のアメリカは、ソ連との冷戦に突入して核開発競争を始めており、原爆外交に行き詰まりを感じていた。このことと原爆開発に携わったアメリカの科学者たちの深い悔恨が「Atoms For Peace」の提案につながったとされている。その後、1956年には原子力委員会が発足して原子力開発体制の骨格が整った。さらに1957年には国際原子力機関（IAEA）が設置されることになる。この構想は提案されてすぐ日本にも波及した。

1954年3月に中曽根康弘代議士が国会に原子力研究開発予算を提出し、このことが日本にとって原発普及の出発点になったとされている。その後、1955年には原子力基本法が、1956年には「原子力の研究開発及び利用に関する長期計画」が策定され、原発普及への土台が築かれていく。このように原発普及に向けて順調に進んでいった背景には、資源に恵まれない国としての期待と、資源を海外に求めたことが第二次世界大戦につながったという苦い思いがあるとされている。

② 原発の仕組み

次に、原子力発電について理解するため、簡単にその仕組みについて説明する。

まず、原子力発電の原料であるウランという物質についてである。

ウランとは物質の構成要素である原子の一つであり、その構造としては、まず原子核と呼ばれる核が存在し、その周りを電子と呼ばれる物質が回っている。さらに原子核は陽子と中性子という物質に分かれている。その原子核が二つ以上に分かれることを核分裂と呼び、核分裂が起こる際には大量の熱が発生する。

原子力発電ではこのウランを原子炉へ出し入れしやすくするために燃料棒と呼ばれる形に加工し、さらにその燃料棒を束ねて燃料集合体としている。そしてそのウラン（燃料集合体）に対して中性子をぶつけることにより核分裂を人為的に引き起こし、その際に発生する熱エネルギーを利用してタービンを回し、電力を得ている。

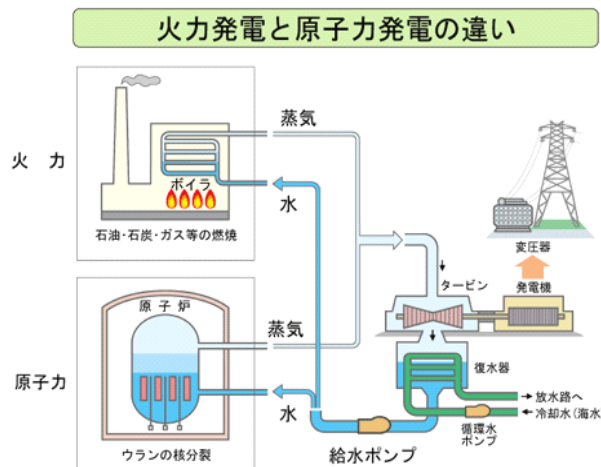
また、ウランには核分裂を起こしやすい「ウラン 235」と核分裂を起こしにくい「ウラン 238」がある。自然界に多く存在するのはウラン 238の方であり、天然ウランにおいてウラン 235は0.7%しか含まれていない。原子力発電ではこのウラン 235の含有量を3~5

％に高めたものを使用している。そしてこのウラン 235 に中性子をぶつけることで核分裂を引き起こすわけだが、このときさらに新しく 2~3 の中性子が生まれるのである。そしてこの新たに生まれた中性子がまた別のウランにぶつかり核分裂を引き起こし、またさらに新たな中性子が生まれる。そのたびにウランからは大量の熱が発生する。

発生した中性子の速度を制御するのは水であるが、個数を制御するのは「制御棒」である。制御棒とは発生した中性子を吸収する装置であり、中性子の数が急増するのを防ぎ、ゆっくりと継続的な核分裂を行うことを可能にする。制御棒は原子炉内で上下に出し入れを行うことで操作され、核分裂を弱めたい場合は原子炉から引き抜き、強めたい場合には入れていくことで核分裂をコントロールすることが可能となる。

図にもあるように、原子力発電で使用するエネルギーはウランの核分裂によって生まれるものであり、その過程において物質を燃焼させることがない（「ウランを燃やす」といった表現をすることがあるが、実際にウランが燃えるわけではない）。それに対し、水を蒸発させ生じた蒸気を利用してタービンを回すという仕組みに関しては火力発電も同じであるが、火力発電では熱エネルギーを石油、石炭、天然ガス等を燃焼させることで得るので、その過程において二酸化炭素が発生してしまうのである。

図表 3 火力発電と原子力の違い



(出所) 電気事業連合会 <http://www.fepec.or.jp/learn/hatsuden/nuclear/index.htm>

③プルトニウム

原子力を語る上ではプルトニウムの存在も重要である。プルトニウムとは、ウランと同様に原発に深く関わる原子であり、1940年頃にカリフォルニア大学バークレー校の化学専任講師であったシーボーグによって発見された。

しかし、前節のウランとは大きく異なる点がある。それは、ウランの原子番号を超える超ウラン元素であるため天然には存在しない点である。主な特徴は、ウランの連鎖反応を利用することによって大量に生産可能であること、ウラン 235 と比べて 1.5 倍も核分裂を起こしやすいこと、少量の核分裂で大量のエネルギーを出すことである。また、プルトニウムには同位体が複数あるが、その中でも核分裂を起こしやすく原発に利用しやすいプルトニウム 239 の半減期は 2 万 4100 年ととてつもなく長い。

では、原発とどのように関わっているのか。原子炉内で核分裂を起こしたウラン 235 から中性子が生まれ、これがウラン 238 に捕獲されてウラン 239 になり、2 度のベータ崩壊³

³ 不安定な原子核が電子を放して別の元素の原子核に転換すること。友清裕昭「プルトニウム-超ウラン元素の正体」より引用。

を経てプルトニウム 239 になる。このプルトニウムにも中性子がぶつかり、その一部は核分裂して発電用のエネルギー源になる。平均すると、発電用原子炉で生じるエネルギーの 30%程度がプルトニウムの核分裂によって出てくるとされている。

では、人体にはどのような影響を及ぼすのか。プルトニウムはアルファ線という放射能を出すことで人体に大きな影響を与える。アルファ線は、体の外から飛んでくる場合は皮膚の上皮細胞、つまりアカとほとんど変わらないようなところまでしか侵入できないため害はないといってもよい。

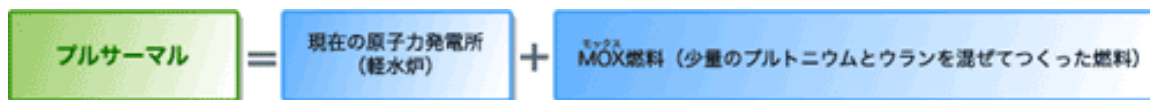
しかしながら、仮に体内に入った場合は異なる。水や人体組織の中ならば 50 マイクロメートル、すなわち 100 分の 5 ミリしか進まないため、体内に入れば狭い範囲内に強烈なエネルギーを与えるのだ。このエネルギーは細胞を傷つけ、そのメカニズムは電離作用と呼ばれる。電離作用とは、原子が持っている電子をはぎとることである。人体を構成する細胞は多種多様な分子から出来ており、分子は原子同士が結びついて出来ている。電子がはぎとられると、分子が切れるなど原子の結合状態にさまざまな変化が起こり、こうして人体に影響を及ぼすのである。プルトニウム 239 の生物学的半減期⁴は約 118 年であり、一度体内に入れば一生影響を受け続けることになる。たった数十マイクログラム吸入しただけでも肺ガンを引き起こすとされている。

以上のようにプルトニウムは人体に多大な影響を及ぼす可能性がある物質であり、世界ではプルトニウムの利用が大きく後退しているにも関わらず、日本は国策として高速増殖炉で積極的に利用しようとしている。それは、現在使われている軽水炉では天然ウランのごく一部しか燃料にならないが、高速増殖炉では原理的に天然ウランの全てをプルトニウムの形で再利用できるというメリットがあるからである。日本が積極的である他の理由としては、将来頼りになる主要エネルギー源はプルトニウムしかないという期待と、世界で停滞しているからこそ、技術力がある日本がプルトニウム利用の技術開発をして世界を先導しなければならないという使命感があるといえる。

④ プルサーマル計画

原子力発電の使用済み燃料の中には、まだ燃料として使用可能なウランやプルトニウムが含まれている。これらを含む MOX 燃料 (Mixed Oxide Fuel) ⁵を現在の原子力発電所の設備で使用し、そして発電するのがプルサーマルである。プルサーマルを簡潔に表しているのが図表 3 である。メリットは、図表 3 からわかるように、プルトニウムを使用することでウランを節約し、エネルギーを長期的、安定的に確保できること、使用済み燃料の再利用によって高レベル放射性廃棄物を削減できることなどである。

図表 4 プルサーマルとは

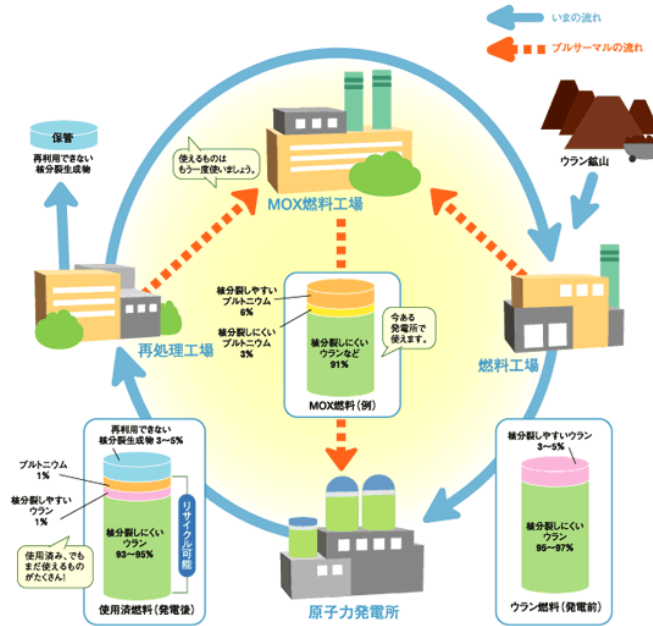


(出所) 中部電力 http://www.chuden.co.jp/energy/nuclear/nuclearfuel/pluthermal/index.html?cid=ul_me

⁴ 体内に残っている量が最初に入った量の半分になるまでに要する時間。友清裕昭「プルトニウム—超ウラン元素の正体—」より引用。

⁵ プルトニウムと核分裂しにくいウラン 238 を混ぜたもの。中部電力「プルサーマルとは」より引用。

図表 5 プルサーマル計画の仕組み



(出所) 四国電力 http://www.yonden.co.jp/energy/atom/pulthermal/page_02.html

第2節 原子力推進派の意見

次に、今まで日本で原発が推進されてきた理由を原発推進派の考え方から見ていく。原発推進派の推進理由としては、主に①エネルギー問題、②地球温暖化に対する懸念と、③その他いくつかに分ける事が出来る。以下で1つずつ挙げていく。

①エネルギー問題

最初にエネルギー問題であるが、これには(1)エネルギー不足、(2)安定供給の二つの問題がある。まずは、エネルギー不足問題を取り上げる。現在の化石燃料の可採年数⁶は、石油が41年、石炭164年、天然ガス67年といわれており、石炭以外は今世紀中にも枯渇する恐れがあるといえる。

一方で、原発の燃料であるウランの可採年数も85年といわれているが、石油などとは違い、この数字は延ばすことができる。なぜならば、原子力発電に使用されたウランの中には、まだ燃料として利用できるものがあり、また新たな資源を生みだすことが出来るからである。

このような新たな資源は、元々輸入してきた原料を国内で加工することによって生まれた資源であると考えられるので、準国産資源であると考えられる。日本のような資源豊かではない国にとって、このような準国産資源を生みだせる発電方式は、エネルギー自給率を向上させるという点において非常に有効なのである。また、ウランは原子力発電において1gを核分裂させると、石油に換算して約2000リットル分、石炭に換算して約3トン分のエネルギーを得ることができるので、原子力発電は火力発電に比べ圧倒的な量のエネルギーを生産できるといえる。さらに、プルサーマル計画が実現すればウランの可採年数を約4200年に延ばすことができるといわれており、以上の理由から原発が有効策になるとしている。

⁶ 確認埋蔵量を年間生産量で割った数字で、現在の技術のままで採掘した場合に資源が枯渇する年数のこと。資源について「資源用語」より引用。

そして次に安定供給問題であるが、先にも述べたように、石油や天然ガスは今世紀中に枯渇する恐れがある。また、火力発電の燃料となる石油、石炭は産出国が中東に偏っているため、中東情勢の変化によって輸入量や輸入価格が変動すれば安定した供給が望めなくなるというリスクがあり、こうした事態が発生すれば燃料価格高騰による影響は免れられない。一方で、原子力発電の燃料となるウランはオーストラリアやカナダ等、一般的に政情が安定していると考えられる国が供給国となっており、安定した輸入が望めるのである。その点で、原子力はより安定的なエネルギーの供給を可能にするとと言える。

②地球温暖化問題

次に地球温暖化であるが、温暖化によってさまざまな異変が起きている。例えば、北極や南極の氷が融けたり、海水の酸性化によりホッキョクグマやサンゴ、魚が減少したりするなどといった事例がある。それだけでなく、氷河や永久凍土も融けたり、気象異常による暴風雨が増えたりしている。では、温暖化の原因は何か。1番の原因は温室効果ガスである。温室効果ガスとは、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、代替フロン等の6種類のガスのことで、石油や石炭を燃やすと発生する。この2つが、2008年の1次エネルギー総供給量の約69%を占めているのである。この2つを燃焼させ、その際に生じる熱エネルギーを利用して発電する火力発電とは違い、原発はウランが核分裂した際に生じる熱エネルギーを利用して発電を行うものなので、1kWhあたりの排出量が化石燃料の1/20~1/40であることから、原発の方が環境に優しく、温暖化対策へつなげられるとしている。また、このことは、京都議定書で二酸化炭素の6%削減を課せられている日本にとって非常に大きなメリットといえる。

③その他

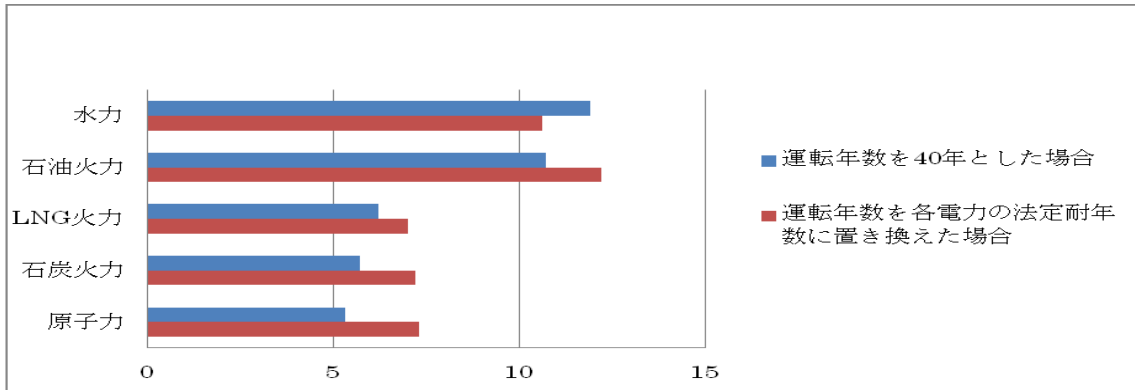
原発が建設されると、建設地域の経済が活性化されるということがある。例えば、原発周辺住民への交付金や漁業補償の支給による地元の発展などである。また、原発は水力発電所や地熱発電所よりも場所的制約が少なく、他の発電方法と比べて原発自体の建設単価は高いものの発電費用は安い。他にも、ウランは石油、石炭に比べ少量で莫大なエネルギーを得ることが可能であることから、輸入量も少なくて済むため、輸入コストを低額に抑えることができるというメリットがある。

図表 6 1kW/hあたりの電力別発電コスト（円）

	運転年数を40年とした場合	運転年数を各電力の法定耐年数に置き換えた場合
水力	11.9	10.6
石油火力	10.7	12.2
LNG火力	6.2	7
石炭火力	5.7	7.2
原子力	5.3	7.3

(出所) 電気事業連合会 <http://www.fepec.or.jp/faq/necessity/index.html>

図表 7 1kW/h あたりの電力別発電コスト (円) グラフ



(出所) 電気事業連合会を参考に著者作成

第3節 原発反対派の意見

このようなメリットが挙げられる一方で、原発は強く反対されてきた側面も持つ。この節では、原発が反対されてきた理由として原発反対派の意見を見ていく。

まず、原発反対派は地球温暖化への対策として、原発を建設することなく省エネルギーを進めることで十分な対策になるとしている。ここでの省エネルギーとは以下の2つである。1つは、一般的な単なる節電であり、もう1つは、エネルギーの利用効率の向上である。例えば、自動車の燃費性能を向上させることや、建物の断熱設備を改善させることなどが挙げられる。他にも、植物の光合成を利用して二酸化炭素を減らすために森林伐採を停止して植林をするということでも対策になり得るとしている。

次に、原発自体のデメリットが挙げられる。原発は変換効率が悪く、生み出すエネルギーの7割が廃熱として捨てられる。また、原発は出力の調節が難しく、増設する際は出力調整用の火力、水力発電所や、余った電力を捨てる場所としての揚水発電所、事故時のバックアップ電源も必要になる。火力発電への依存を減らすための原発建設がかえって火力発電の増設を進める結果となってしまうのである。そして何よりも、原発は技術的安全性（安全、廃棄対策、核拡散防止など）や、社会的安全性（原発建設が核兵器保有能力の拡散につながる）について多くの問題を抱えている。

原発反対派の意見をまとめると、そもそも原発性の安全性にはまだ問題があり、また原発を建設することがかえって二酸化炭素の増加に結びつくことも考えられるため、原発に手を伸ばす前に出来ることはやるべきであるというものである。

第2章 今回の地震で明らかになった問題点

第1節 放射能汚染

原子力発電に対してこのような問題点が指摘されてきた中で、3月11日の東日本大震災は日本の原子力発電の安全神話を崩壊させ、問題点を顕著なものにした。

まず第一に、地球環境への影響が挙げられる。確かに原子力発電は温室効果ガスの発生を抑制するのに有効であるといえ、その点では環境にやさしいエネルギーであるといえるかもしれない。しかし一方で、放射線が漏れいする可能性があることは重大な問題である。放射線が漏れるということは、温室効果ガスに比べて少量でかつ急速に、環境はもちろん人体にさえ悪影響を与える危険が潜んでいるということである。また、風向きや天候などに大きく影響され予測が困難なことも大きな問題である。元々、放射線が大気中に漏れるということ自体は安全対策上想定されていなかったことであるようだが、今回の震災ではその想定外のもとで多くの放射線が漏れてしまった。これは、もしまた大きな災害が起こればまだ他にも今回のような事故が起きる可能性があることを示している。

一般的に原子力発電は、蒸気を冷却するための冷却水が必要なために発電所は沿岸に作らなければならない。そのため津波の対応策は十分に取る必要があるが、それが今回、不十分であったことは重大な問題である。

これらの事故は、きっかけは天災であったとはいえ、事前の安全対策を怠った点を考慮すると人災であるといっても過言ではない。

放射能は人体に有害であるのはもちろん、他の動植物にも影響を与える。また、放射能自体は目に見えないため人々の不安を大きなものにしてしまい、それによる風評被害をもたらす。特に問題なのは、放射能の影響は人体に、10年、100年単位といったとても長い期間で影響を及ぼすことである。つまり直ちに人体に影響がでるものではないのである。今回の震災により、1日に浴びてよい放射線量の基準が曖昧なもので、上限が何度も変更したり、大人と子供の対応を同様にしたりしたことも住民の不安を仰いでしまった。そもそも、このような非常時における基準が存在していなかったとさえいわれており、非常時における原子力政策の安全基準は不十分であったといえる。

第2節 風評被害

このような曖昧さは不安を生み、不安は風評という形で被災地はもちろん日本全国に広まってしまった。風評により地元の農作物や魚介類はもちろん、人に対する偏見さえ生まれてしまった。もちろん、実際に汚染された農作物や魚介類を市場に出すわけにはいかないが、汚染と全く関係のない作物や人々がこのような形で否定されるのには問題があ

る。これらは被災地のみならず日本全体の観光や輸出入にも大きく影響する。実際、原発事故だけでなく地震そのものに対する不安から観光客が減少した一面もあるであろうが、海外からの観光客は激減した。たとえ日本にきたとしても原発の影響が少ないと思われる西日本への観光が多くを占めている。また、日本からの輸入品はすべて検査をし、異常が見られないものに限って認められた。これらの風評の影響は地元の住人に大きな負担を生み、その点で原発事故のツケの多くが地元の住人に回ることになったといえる。

確かに、原子力発電所誘致による雇用の創出や交付金の支給、その結果としての地域の活性化は魅力的ではある。しかし、一度放射線が漏れてしまえばその地域の安全性や信頼性は失われてしまい、結果として自治体としての機能を失ってしまう。

第3節 発電コスト

また、原発のコストにも問題点が潜んでいる。原子力発電による発電量は1kW/hあたり5.3円と発表されているが、これは単純な発電コストであり、燃料の後処理の費用や問題発生時の費用は考慮されていない。これらの点を考慮した時に、他の発電方法と比べて低コストに発電が可能であると到底言えないであろう。実際、今回の震災の被害により東京電力の損失は大きく、前代未聞の大赤字を計上する結果となってしまった。この損失のしわ寄せは電気料金の値上げや増税という形で国民に来る可能性も否めない。確かに、原子力発電を容認してきた責任は国民にもあるが、このような想定外という形で安全対策が不十分であったのは国民にとっての想定外である。

地震による機能停止に加え、安全性への不安から現在日本にある原発のほとんどが稼働していない。そのため、電力供給能力が低下し計画停電や、電気使用制限といった問題が発生した。計画停電では都市機能がマヒし都会の脆さを露呈しただけでなく、ここでも政府の不十分な対応をも露呈してしまい計画停電すら計画通りに満足に行うことができなかった。

また、電気使用制限では必要とされる電力さえも抑制した結果、中小企業、特に工場には大きな損失を生みだしてしまった。もちろん節電という形でエネルギーに関心を持ち無駄使いをしないことは重要である。しかし、これらの問題はある特定の発電方法に大きく依存してきたことにより一度問題が起こると脆くも崩れ去ってしまうエネルギー体制そのものに問題があるのではないだろうか。

第3章 世界各国の対応

第1節 過去の原発事故

過去、世界では今回の福島と同等の深刻な原発事故が数件発生した。この節では、それらの事故の中から、スリーマイルとチェルノブイリの事故を見ていくことで、今回の福島の事故と何が同じで、何が異なるのかを述べる。

①スリーマイル

これは、1979年3月28日にアメリカ東部ペンシルバニア州のスリーマイル島原発2号機で起こった事故である。

・事故の原因・経緯

事故の発端は、制御用空気系の故障であった。これにより、主給水ポンプとタービンが緊急停止し、原子炉も緊急停止した。この際に関いた加圧器逃し弁という装置が、本来はその後閉まるべきはずが故障により閉まらなくなり、これが原因で原子炉を直接冷却する一次冷却材が流出した。そのまま放置すれば、炉心が露出して空焚き状態となり大事故につながる。しかし運転員は、一次冷却材は十分にあるという誤った判断をしてしまった。複数のアラーム信号を関連付けて判断すべきだったものの、一部の信号にのみ注目したことが誤判断の原因だった。この誤判断で、運転員は、冷却材が炉心から流出した場合に新たに冷却材を注入する非常用炉心冷却装置を停止してしまい、炉心が3分の2露出して大きな損傷を受ける事態となったのである。最終的には放射性物質が外部に漏れ出してしまった。

・事故の影響(人体)

事故から2日後の3月30日に、原発周辺の約8km以内に住む幼児や妊婦に対して退避勧告が出された。しかし、これは原発周辺の放射線測定結果の誤伝や、原発内で水素爆発が起こるかもしれないといった誤った噂が広がったことで出されたものであり、実際には原子炉格納容器の効果により放射性物質の放出が抑えられていた。そのため、周辺住民の被曝線量は最大でも1mSv以下であり、人体への影響はほとんどないものと考えられている。

・事故の影響(環境)

事故関係者は事件とは関係ないと否定しているが、事件後、繁殖率が著しく低下したり、奇形な動植物が発見されたりしている。また、反核運動家のHarvey Wasserman氏も牛や馬等の家畜の繁殖率が著しく低下していることがペンシルバニア州の農業局の統計に表れていると述べたが、アメリカ政府はこれも事故との関連性を否定している。

- ・事故後

まず、大統領の任命によって事故調査特別委員会が発足し、調査結果としてケメニー報告書が作成された。原子力規制委員会も特別調査グループに調査を委託し、ロゴビン報告書が作成された。この2つの報告書に基づいて改善措置がなされた。原子力産業界においても、独自の調査が行われ、改善措置を行っている。しかし、この事故がアメリカ国民に与えた不安は非常に大きく、反原発運動等も起きたことから、これ以降アメリカでは原発に対する不安が広がり、アメリカ政府は新たな原発の建設中止を余儀なくされた。

- ②チェルノブイリ

チェルノブイリ原子力発電所とはウクライナ（旧ソビエト連邦）にあった原子力発電所である。1978年に運転開始を開始したが、1986年に爆発事故を起こしてしまったことで世界中に知られることとなった。その事故は歴史上における原子力発電関連の事故の中で最悪のものである。

事故後、建設予定であった5、6号機については建設が中止され、1～3号機については国の電力不足への懸念からしばらくの間運転されていたが、2000年12月にはその全てが停止した。

- ・事故の原因、経緯

事件発生時、4号機では有事の際に電源がカットされたとしても、非常発電機が作動するまでの間に慣性によってタービンが回り続け、その際に生まれる電力で動作の不能を防げるかどうかという実験が行われていた。しかし、実験開始の前に予定よりも原子炉内の熱出力（原子炉の発熱量）が低下してしまい、実験を行うことが困難な状況となってしまった。そこで当時の作業員は原子炉の制御棒を引く抜くことで熱出力の回復を試みた。これにより熱出力はある程度回復したものの、炉内の制御棒が著しく少ない状況となってしまい、作業員たちはこのことが実験に不具合を与えることを恐れ、実験を敢行するために非常用安全装置を全て解除してしまった。しかし、このような不安定な状態で実験を行った結果、炉内の蒸気圧がどんどん上昇し、結果的に爆発を起こしてしまったというのが事故の大まかな流れである。

- ・事故の影響（人体）

203人が即座に入院、内31人が死亡、28人が急性放射線障害だった。また、一説ではウクライナで350万人、ベラルーシで220万人、ロシアで270万人が事故の影響（放射線の影響）を受けているとされており、関連性を証明することは難しいとされているが、これらの地域では癌や白血病の発症が増加しているという報告があり、特に小児はその影響を受けやすいとされている。しかし、2005年に開かれたIAEAフォーラムでは公式発表としてチェルノブイリ原発事故での死者は4000人とされている。

- ・事故の影響（環境）

事故現場から10km圏内にある森ではマツが枯死してしまい、それが赤みを帯びた色をしていることから、そこは通称「赤い森」と呼ばれている。この地域では動植物の突然変異等も報告され、現在でも汚染された状態にある。だが、皮肉なことに人間が居住を諦めて避難したことにより、草木が生い茂り、多くの動物が移動してきたため、現在では多くの絶滅危惧種動物の楽園となっている。

- ・事故後

4号炉は現在「石棺」と呼ばれるコンクリートの建造物に覆われている。この石棺の耐用年数は30年とされているので、老朽化への対策が望まれている。また、事故当時は放射能汚染により人間が立ち入ることができなかったため、石棺内には救出するこのできなかった当時の作業員数名の遺体がいまだに残されていると考えられている。

第2節 原発反対国

政府が公式に反原発を打ち出している国はドイツ、スイスとイタリアであり、この三国の対応は以下の通りである

・ドイツ

主要国の中で初めて原発の廃止を決定し、国内にある17基の原子力発電所を2022年までに全て廃止するという法案を閣議決定した。また、それに伴い自然エネルギーの普及拡大についても関連法案を閣議決定しており、原発に代わるエネルギーとして自然エネルギーを普及させていく姿勢が伺える。これらの議論の様子はドイツ国内で150万人が視聴したと言われ、ドイツ国民の原発に対する意識の高さが感じ取れる。そしてドイツでは反原発集会も頻繁に行われており、福島第一原発事故を受け「フクシマは警告する。すべての原発を停止せよ」と書かれたステッカーが登場するなど、国民の中でも反原発の気運が高まっていると言えよう。しかし、上記の閣議決定に対し、ポーランドやオーストラリア（オーストラリアには原発がない）は賛同の意を表明しているが、フランスは決定を尊重するとしながらも自国では原発政策を推進するとしており、またスウェーデンは各国のエネルギー政策が乱れるとして批判的な立場をとっている。

・スイス

ドイツに続き、国内に5基ある原子力発電所をそれらが寿命を迎える2034年までに廃炉とし、改修や新規建設はしないとの国家目標を定めた。ただし、原発を即時停止するというわけではなく、現在の原発は安全性が保証できる限り継続して運転させ、順次廃止としていく方針である。環境エネルギー相のロイトハルト氏は朝日新聞の記者の取材に対して「フクシマが、今後数十年のスイスのエネルギー戦略を変えた」と答えており、福島第一原発事故の衝撃の大きさを窺い知ることができる。スイスでは電力の約40%を原発でまかなっているが、それ以上にアルプス水源を利用した水力発電所が500か所以上あり、そこから56%もの電力をまかなっているため、今後はこの水力発電の割合を高めていく方針である。

・イタリア

イタリアは、チェルノブイリ原発事故翌年の1987年、原発をすべて廃炉にした。

また、福島第一原発事故後の2011年6月12、13日に原発凍結の是非を問う国民投票が行われ、内務省の報告によるとその投票率は54.79%、そのうちの94.05%は凍結賛成票であった。

この結果を受け、当時の首相であったベルルスコーニ氏は当初は原発推進派であったものの「イタリア国民の意思を無視することはできない。」との声明を発表し、新たな原発の建設や、既存の原発の再起動等は当面断念する意向を示した。

また、各国の世論調査機関が加盟する「WINーギャラップ・インターナショナル」が3月21日から4月10日までの期間にアジア、欧州、北南米、アフリカなどの3万4千人

以上を対象に原発に反対か賛成かを問う調査を行ったところ、原発に賛成する人々は震災前の57%から49%に減り、一方で原発に反対する人々は32%から43%に増えた。

回答者の91%は日本での震災を知っており、81%は福島第一原発の事故を知っていると答えた。また、18%は日々インターネットを使用して情報収集を行っていると答えた。

日本においては原発反対が28%から47%に増加し、原発賛成は62%から39%に減少、カナダやオランダなどにおいても反対と賛成の割合が逆転している。中国やロシアでは依然として原発賛成が多数派であるが、いずれも賛成の割合は10%以上減少している。また、震災前からすでに原発反対が賛成を上回っていたベルギーやドイツ、スイス、ブラジルなどではその差はさらに広がった。

第3節 原発推進国

原発推進国にはBRICs（ブラジル、ロシア、インド、中国）を始め他にも韓国やアメリカ、フランスなどが挙げられる。

これらの国が原発を推進している理由は既に述べたような今まで日本で原発が推進されてきた理由と同様であると言える。つまり、地球温暖化対策や経済的側面からである。特に、経済的発展が著しいBRICSや韓国などは経済発展とともにエネルギーの需要も大きく拡大していると言えその点で、原発は一機で大量の電力を賄える発電のため現在の経済活動の妨げとなることなく導入が進められる。

また、フランスのような既に国のエネルギーの多くを原発に依存している国では、エネルギー体制のシフトによる脱原発を目指すのではなく、現在の原発によるエネルギー体制を維持しながらより安全面の強化に力を入れている。安全面を強化し深刻な事故が起きないようにすることで安定したエネルギー体制を実現する考えである。

ここで推進国として挙げている国は現在の政府が原発を利用したエネルギー政策を行うことを表明している国であり、国民の世論と必ずしも一致しているわけではない。そのため今後方針の変更も否めない。

第4節 原発輸出

経産省は昨年、「2020年の世界の原発市場は年16兆円」と予測した。発展途上国や新興国の原発に対する期待が大きいため、原発市場の成長が見込まれている。そのため、日本を始めとする各国が原発輸出に力を入れてきた。では、震災によって世界の原発市場に変化はないのか。

日本では震災前から政府や電力会社、原発メーカーが官民一体となって原発輸出を推進してきた。特に民主党政権は、原発輸出を新成長戦略の柱の一つとして力を入れてきた。その理由としては、多くの発展途上国や新興国が原発の導入を検討していることが挙げられる。それらの国々には、単に原子力プラントの建設だけではなく、運転、安全対策、人材育成も含めた1つのパッケージでの購入を希望するという特徴がある。そのため、1国からの受注でも非常に大きなプロジェクトとなり、売り上げも大きくなるため経済も潤うのである。日本だけでなく、ロシアや韓国も力を注いでいる。

日本は、昨年10月にはベトナムから受注し、交渉中の国も複数あった。そこに震災が発生し、福島第一原発事故という深刻な事故が起こったのである。それにも関わらず、ベトナムやその他の交渉中の国々は原発導入の方針を変えていない。これは、電力需要が急増する新興国では原発に対する期待が大きく、また日本の原発の信頼性がいまだに高いからであろう。経産省も原発市場に対する昨年の予測を変えていない。

いまだに日本の原発は海外から信頼され、日本政府も輸出を継続する方針を示しているが、東京電力が賠償や事故の鎮静化に集中することから原発輸出事業からの撤退を表明したため、この先輸出は難しくなるであろう。運転、安全対策、人材育成のノウハウを持つ電力会社が抜ければ、新興国の希望を満たせないからである。また、朝日新聞が9月3日と4日に行った世論調査によると、原発輸出に賛成が30ポイント、反対が51ポイントであった。「ものづくり日本」がこんな不完全なものを輸出してよいのか、輸出した国々で原発を巡る事故が起き、その国民が大きな被害に苦しむ事態になったとき、日本は責任の一端を負うことができるのかといった国民の声もある。輸出を継続したい政府や原発メーカーと国民の間には隔たりがある。

第4章 政策提言

第1節 自然エネルギー

この章では、現在開発が進んでいる代替エネルギーの一部について、それらの特徴やメリット、デメリットを整理する。その上で、実用性や普及可能なレベルまで達しているかということについて考察し、政策提言へつなげる。なお、この論文における自然エネルギーとは再生可能エネルギーや環境エネルギーと同義のものとして扱う。

第1項 太陽光発電

太陽光発電推進上位国は、1位がドイツ、2位がイタリアと原発廃止を明言した国が占めている。また、欧州以外では日本が1位と、代替エネルギー採り入れへの動きは積極的であると言えるだろう。

太陽光発電のメリットとしては、温室効果ガス排出量を削減できることによって、低炭素社会の成長産業として期待できるということである。また、いわゆるデッドスペースといわれる屋根や壁などのスペースを有効に利用することができる。

太陽光発電とは太陽光のエネルギーを直接、電力に変換する発電方式であるが、太陽光発電装置は一般に、導入時の初期費用が高額であることや、夜間の発電ができないこと、天候による影響を受けやすいことがデメリットとして上げられる。

しかしながら、近年メーカー間の競争によって、性能向上と低価格化や、施工技術の普及も進み、運用と保守管理経費が安価になってきていることで、世界的に需要が拡大してきている。近年ソーラータウンといった、街計画として一部分の地域にソーラー発電を採り入れている街もある。

第2項 風力発電

1891年にデンマークにおいて世界で最初の風力発電が誕生した。風力発電は、風→動力→電気というように風をプロペラで受けて発電機を回し電気エネルギーを取り出す発電方法である。風車には利用目的によってさまざまな形がある。例えば、オランダやデンマークは4枚羽根であるが、高回転で使用する風力発電では力とのバランスの関係で3枚羽根が効果的である。世界の風力発電施設容量は、2001年には1,871万kWであったのが2004年には4,200万kWとなり、世界中で導入が進んでいる。日本の風力発電施設容量は世界9位の74万kWであるが、積極的に導入を進めている。

風力発電のメリットは、二酸化炭素や放射性物質を排出しないこと、エネルギー源がクリーンで無尽蔵であり半永久的に電気を生み出せること、他の発電に比べ設備のコストが安いこと、簡便でメンテナンスが容易なこと、太陽光発電と比べ夜でも雨の日でも発電できることである。

逆にデメリットは、太陽光発電と同じく季節や天候に左右され計画的な発電ができないこと、エネルギー密度が低く大規模な発電に向かないことである。それ以外に問題点もあ

り、それは風切り音による騒音問題や電波障害、風車の羽根に鳥が巻き込まれること、景観への影響、落雷で生じるトラブルなどである。他にも、風車を製造、建設する際に化石燃料を使った電力を使用するため二酸化炭素排出を余儀なくされること、寿命や破壊で使わなくなったブレードの廃棄方法、タワー自体の倒壊や台風による強風や落雷によってブレードが破壊される恐れがあるなど、考慮すべきことが多くある。また、風→動力→電気と変換する過程でエネルギーの損失が生じるという弱点もある。風→動力へ変換する際に風から取り出せるエネルギーは最大で59%であり、さらに動力→電気の変換の際にも損失が生じるため、全体の効率は約30%である。これについては、最近は高性能のプロペラ型風車で約40%まで向上している。

このように多くのデメリットや問題点があるが、対策も考えられている。例えば、蓄電池を使って電気を蓄えることで天候による不安定な供給を克服する方法が考えられている。また経済産業省資源エネルギー庁は、計画的な発電を可能にするために蓄電池との組み合わせなどの支援策を進める方針である。また、設置場所を考えることや技術の進歩など前向きに検討されている。

第3項 地熱発電

日本は火山列島と呼ばれるほど多くの火山が存在する国であり、その地下には大量のマグマが存在し大量の熱エネルギーが存在している。地熱発電とはこの地熱のエネルギーを利用した発電方法である。具体的には地熱によって高温に熱せられた地下水をくみ上げ、その際に生じる蒸気の手でタービンを回し電力にするのである。

地熱発電は発電のための資源が無尽蔵のエネルギーとも言える地熱であるということから、資源の供給を輸入に頼ることなく国内だけで満たすことのできる純国産エネルギーである。また、地熱が急に消滅するという事は起こらないため、一度発電所を設置すればそれ以降は一定の出力を得ることができる。最近設立されている地熱発電所の発電規模は約2~3万キロワットであり、5万キロワットの電力で約20万人程度の人口の都市の電力をまかなうことが可能である。また、発電する際に取り出した熱水は河川水と熱交換を行って造成熱水とすることにより、地域の浴用、暖房用および園芸施設等に利用することができる。よって地熱発電はローカルエネルギーとしての利用価値が非常に高いと言える。そして、地熱発電はその発電過程において資源を燃焼させることがないため、CO₂をほとんど排出しないというのも大きな長所である。

一方でデメリットも存在する。まず、地質調査や地化学調査を行い、どこがより効率のよい地熱資源を得られる地域なのかを調査しなくてはならない。そして、例え有効であると考えられる地域が見つかったとしても、そこが国立公園である場合や既になんらかの施設が存在する場合があるため、自治体との交渉を行っていかなくてはならない。このように、地熱発電は発電所を設置する地域に制限があるのである。

このような現状の中で、現在国内に存在する地熱発電所のユニット数は21である。合計の出力は約53万キロワットであり、これは2010年時点で世界第8位であるが、国内の電力割合としては約0.2%である。発電量の世界第1位はアメリカ合衆国で、約2500万キロワットの発電量を誇るが、これも国内の電力割合で見ると0.2%である。発電量、割合ともに高い数値を誇っているのはフィリピンであり、その発電量は1900万ワット、国内割合でも14%を占める地熱発電大国でもある。(いずれも2010年時点)しかし、日本は世界中の地熱発電設備容量の70%にあたるプラントを供給しており、ニュージーランドにある世界最大の地熱発電プラントを供給したのも日本企業である。このようなことから、地熱発電に対する日本の技術力は非常に高いと言えるので、日本も将来的には地熱発電の割合をもっと高めていくことができると考えられている。

第4項 バイオマス発電

そもそもバイオマス発電とは動植物を利用した発電方法のことであり、一概にバイオマス発電といっても、その種類はいくつもある。バイオマスで重要な点は再生可能エネルギーであること、大気中の二酸化炭素を増やさないこと、貯蔵性・賦存量に優れていることである。ここで具体的なバイオマス発電の方法を見ていく。

まず初めに木質系のバイオマス発電を見ていく。木質系バイオマスとは林業の廃棄物や建築廃材などを焼却することでその熱を使って、発電を行うものである。これは、その多くがゴミとして処分されているものを利用する。

次に、畜産系と都市ゴミ系のものを見ていく。畜産系バイオマスとは主に家畜の糞尿を利用したもので、そこに含まれるガスを利用して発電を行う方法である。また、都市ゴミ系バイオマスとは一般廃棄物として焼却処分されている可燃ゴミを利用して、特定の設備を持った焼却所で焼却することにより、その熱で発電を行う。木質系バイオマスは産業廃棄物を利用するのに対し、都市ゴミ系バイオマスは一般廃棄物を利用する点で異なる。

これらの発電方法は通常火力発電とは違い石油や石炭を消費するものではなく、日々の生活の中で発生するものを利用してエネルギーを生み出すことに大きな特徴があるといえ、このほかにも、農作物を利用した発電方法や、海藻を利用した発電方法がバイオマス発電として挙げられる。

以上のような自然エネルギーを提案してきたが、これらのエネルギーは環境への悪影響が少ないというメリットがある一方で、開発段階であるため初期投資費用が大きくかかり、発電効率が十分ではないため発電コストが火力や原子力に比べ大きい（図表8）といったいくつかの課題が存在していることも事実である。

図表 8 環境エネルギー発電コスト

	発電単価(円)	年度
太陽光	46/kWh	2008
風力	10~14/kWh	2008
地熱	21/GJ	2007
バイオマス(廃棄物発電)	9~15/kWh	2007

(出典) ECO は本当にエコなのか <http://eco.mu-sashi.com/energycost.htm>

図表 9 環境エネルギー比較

太陽光発電	<ul style="list-style-type: none"> ・メリット —スペースの有効活用が可能 ・デメリット—出力が不安定で、コストも高い
風力発電	<ul style="list-style-type: none"> ・メリット —低コスト ・デメリット—安定した供給が困難
地熱発電	<ul style="list-style-type: none"> ・メリット —安定供給が可能 ・デメリット—立地が限られる
バイオマス発電	<ul style="list-style-type: none"> ・メリット —資源が有効活用できる ・デメリット—コストが高い

(出典) 筆者作成

第2節 太陽光発電を採用している海外都市

前節で4種類の自然エネルギーを取り上げたが、その中で風力、地熱、バイオマス発電は都市での設置及び普及は難しいと考えた。そのため政策提言では、都市の中でどのように太陽光発電を生かしていくかということを中心に研究することとし、この節では既に太陽光発電を取り入れているフライブルク市の事例をみていく。

私たちが注目したフライブルク市は、ドイツ南西部に位置する人口約20万人の都市である。フライブルク市は1992年に環境首都に選ばれ、太陽光を生かしたユニークな政策を打ち出すことからソーラー首都とも呼ばれている。環境対策に非常に力を入れており、日本の和歌山市などからモデルとして注目されている。では、フライブルク市ではどのように太陽光発電が普及しているのか。

フライブルク市の商業施設ではユニークな方式で太陽光発電の導入を進めている。例えば、市営サッカー場の観客席屋根には太陽光パネルが取り付けられている。日本の球場やサッカー場ではなかなか見られない方法である。さらに独特なのは、この設備の持ち主が200人の市民という点である。1993年に「市民共同発電所」という事業として始まり、1口5枚=500W相当の「太陽光電池株」が発行され、2004年時点で計158口が販売された。発電された電気は地域の電力会社であるバデノヴァ社が買い取る。出資者に対しては発電量に応じて配当が支払われ、2004年時点での利率は年間5%である。その他にも、出資者にはフライブルクSC年間観戦チケット購入割引特典が与えられるなど、さまざまな工夫が凝らされている。大手出版社、学校、銀行などでも同様の取り組みが行われている。

フライブルクで上記のように太陽光発電が普及している要因としては、ドイツ国民の環境への意識が高いことと、ドイツの法制度が日本よりも整っていることが挙げられるだろう。日本とドイツの「再生可能エネルギー法」を比較すると、日本では太陽光発電による余剰電力1kwh当たり20~40円で買い取られるのに対して、ドイツでは1kwh当たり58~66円(建物屋根や遮音壁に設置されるもの)と約3倍の値段で買い取られている。

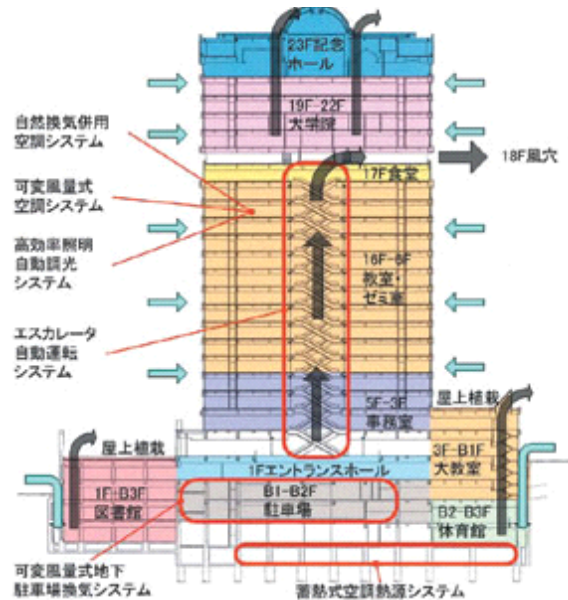
第3節 明治大学リバティータワーの環境配慮

最後に、自分たちにとって身近な大学における環境問題を考えてみる。明治大学リバティータワーが現在行っている省エネとして大きな割合を占めているものにその換気システムが挙げられる。リバティータワーのほとんどの教室には自動開閉窓が設置されている。これは室内温度や外気温度をセンサで感知することで自動的に換気を行い適切な温度を保つシステムである。また中央監視室からの操作も可能で空調機と補完的に機能することでより効率的に温度調節が行える。

また各階の自動開閉窓から取り入れられた空気は、リバティータワーの上階に送り込まれその喚起窓から上昇気流となって外部に排出される。これは自然換気を利用しているため空調機の必要がなく大きな省エネの効果がある。

このほかにもエスカレーターの自動運転システムや地下の水を循環させることで空調機の熱源として利用する蓄熱式空調熱源システムなどがある。これらのシステムはいずれも既存のエネルギーをより効率的に利用するという点に大きな特徴があると言える。

図表 10 明治大学リバティータワー



(出典) 明治大学 HP

<http://www.meiji.ac.jp/koho/academeprofile/activity/environmental/libertytower/libertytower.html>

第4節 政策提言

私たちが提言する政策は、日本の発電量に占める原発の割合を徐々に減らしていき、その代わりとして自然エネルギーの割合を増やすというものである。そのために、今後実現の可能性が高いと思われるエネルギー体制を考察することとし、本論文においては、私たちにとって身近な明治大学リバティータワーをモデルとして考えていく。具体的には、現在のリバティータワーの消費電力の約 30%を、省エネと自然エネルギーを利用することにより削減することを目指す。これは、現在の日本の発電割合の約 30%を原発が占めており、小

規模ではあるが、リバティタワーにおいてもその約 30%を削減できれば、原発依存からの脱却への足掛かりになると考えたためである。

・節電

第3節で述べたように、リバティタワーでは元々環境に配慮してさまざまな省エネシステムを導入しているが、震災後は、電力供給不足により大口需要家として電気使用制限の対象に指定されたため、更なる節電対策が行われた。その例としては以下のようなものがある。

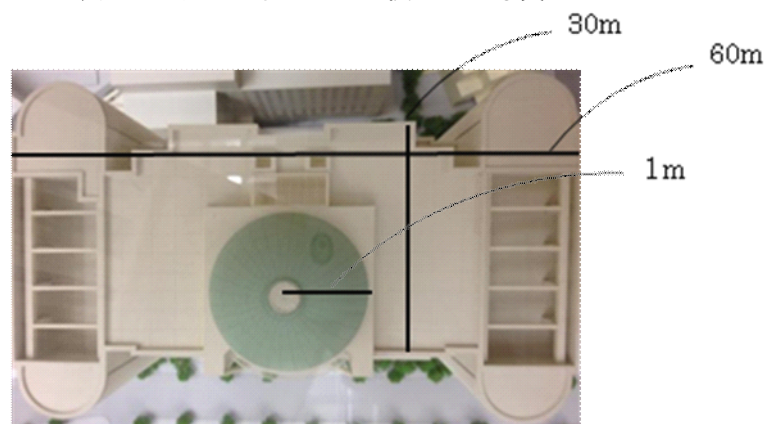
- ・空調温度を 28℃に設定。
- ・空調用冷凍機等の稼働時間の調整など。（これによりピークシフトをはかる）
- ・ブラインド、ロールスクリーン等の適切な調整。（これにより室内断熱性を向上させ、冷房効果を高める）
- ・共用部証明の間引き・消灯。
- ・建物外壁サイン照明の消灯。
- ・事務室の照明間引き。
- ・昼休みの室内照明消灯。
- ・共用部給湯器、便座ウォーマ等の停止。
- ・エレベーターの運転台数削減、上下階移動時の階段利用の呼びかけ。
- ・パソコンの省エネモード設定、未使用時の電源オフ。
- ・事務室等のプリンタ、コピー機の共有。（使用しない機器の電源オフ）
- ・自動販売機の節電対応。（照明の消灯、ピーク時の冷却装置の停止）

これらの節電対策⁷によりどのような効果が表れたのかを具体的に示すため、昨年 10 月と今年 10 月のそれぞれ 1 ヶ月の電力使用量を比較すると、昨年 10 月は 1613390kW であったが、今年の 10 月は 1295460kW に下がった。これは昨年の 10 月の 80.29%に相当することから、つまり 19.71%節電できていることがわかる。

・面積

まず、屋上の面積は単純なリバティタワーの屋上の面積に、一部ドーム型の施設があり、そこへの設置は困難と考えたため、その面積を差し引く。その結果は、屋上=60×30-1×1×π=1800-π (㎡) となる。

図表 11 リバティタワー模型屋上写真

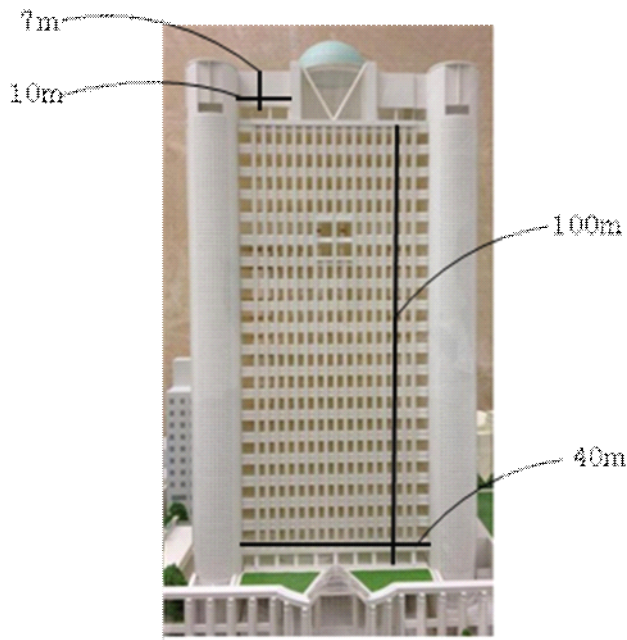


(出典) 著者撮影

⁷ 明治大学ホームページ「明治大学の夏期節電対策について」より引用。

次に、側面の面積を求める。壁の左右には円柱状の柱が存在し、ここへの設置も困難であると考えたため、横の長さを40mとし計算する。また、リバティータワーは高さ120mであるが、設置可能な高さは約100mとする。これは1階から3階までの約13mは構造上設置できないと考え、また上部は構造が違うので他の方法で後に求めるためである。これに加えて、リバティータワーの側面の多くを占める窓の面積も差し引かなければならない。窓の面積は縦3mの横1.1mであるためその結果は、側面 $=40 \times 100 - 3 \times 1.1 \times 400 = 2680$ (m²)となる。また、上部の壁の面積は上部面積 $=10 \times 7 \times 2 = 140$ (m²)となる。つまり正面壁の全体の面積はここでは、2820 m²といえる。

図表 12 リバティータワー模型正面写真



(出典) 著者撮影

また、両側面の面積も必要となる。側面は前面とは異なり少し小さく設計されており、横幅が30mになっている。それを考慮して計算すると側面 $=30 \times 100 - 3 \times 1.1 \times 228 = 2246.6$ (m²)となり、2面あるので合計で4495.2 (m²)あるといえる。そこに、上部の面積も加えるため、上部面積 $=30 \times 7 \times 2 = 420$ (m²)となる。また北側の一面には既に建築物があり、十分な発電が不可能であると考えたため太陽光パネルを設置することができないものとする。そのため3側面に太陽光パネルを設置すると考えると3側面の面積は9530.06 m²といえる。

・太陽光パネル 発電量

太陽光が地上に降り注ぐ際のエネルギーを電力に換算した場合、1平方メートルあたりおよそ1kWほどである。現在の太陽光パネルの平均変換効率は既存の複数の企業のを参考にした結果、およそ10~15%であり、仮に1平方メートルの太陽光パネルを設置した場合に得られる電力は最大で約0.15kWであると考えられる。

東京における平均的な有効日射時間は3~4時間程度であるので、理論上では1平方メートルあたりの太陽光パネルは1日あたり0.6kWの発電を行うことが可能である。

しかし、太陽光パネル表面の汚れ、設置する角度や場所、近隣の建物による日陰、送電ロス、バッテリーへの充電、放電のロス、インバーターの電力変換効率などの諸条件により、実際に利用することが可能な電力量はその半分ほどになると考えられる。つまり、太陽光パネルによる1日の発電可能量は0.3kWであると言える。これらのロスを考慮しながら計算してみると

$$1 \text{ か月での太陽光の発電量} = (1800 - \pi + 9530.06) \times 0.3 \times 31$$

となり、約105340kWになることが分かる。リバティータワーの2011年10月の使用電力量は1295460kWであるため、これは8.13%にあたるといえる。

以上の結果をまとめると、節電と自然エネルギーの合計は27.84%となり、目指していた30%にはやや及ばなかった。しかし、私たちの目標は原発を徐々に減らしていくことであるため、全ての原発が廃炉になるまでにその比率を徐々に高めていけば問題ないと考えている。また、本論文では、リバティータワーという小規模なモデルで考えたが、この結果を他大学施設などに応用するなどして全国でこの取り組みを広げていくことができれば、大きな効果が生まれ、脱原発体制へとつながっていくと考えている。

先行論文・参考文献・データ出典

《参考文献》

- ・長尾秀美『原発が日本の破滅を救う—京都議定書必勝法』ERC 出版 2008 年
- ・日本科学者会議（編集）『地球環境問題と原子力』リベルタ出版 1991 年
- ・高木仁三郎（監修）『反原発、出前しません—原発・事故・影響そして未来を考える—高木仁三郎講義録』七つ森書館 1993 年
- ・友清裕昭『プルトニウム—超ウラン元素の正体—』講談社 1995 年
- ・山本良一（監修）『「クリーン発電」がよくわかる本』東京書籍 2005 年
- ・週刊東洋経済 2009 年 3 月 21 日号 P40～41
- ・武田邦彦『原発大崩壊!』ベスト新書 2011 年
- ・朝日新聞 2011 年 3 月 16 日 朝刊「原子力政策、岐路に 依存戦略に厳しい目 福島第一原発事故」
- ・朝日新聞 2011 年 4 月 17 日 朝刊「グローブ 6 1 号<原発、揺れる世界>原子力政策をめぐる各国の動き」
- ・朝日新聞 2011 年 8 月 11 日 朝刊「（声）原発輸出継続は納得できない」
- ・朝日新聞 2011 年 8 月 22 日 朝刊「原発輸出へ官も民も メーカー、海外一層重視」
- ・朝日新聞 2011 年 9 月 10 日 朝刊「全国世論調査の質問と回答 東日本大震災半年」
- ・朝日新聞 2011 年 9 月 26 日 朝刊「（原発国家 民主党編：下）経済無策、輸出案丸のみ」
- ・朝日新聞 2011 年 9 月 26 日 朝刊「野田首相、原発容認へ回帰 再稼働時期を明言、輸出も継続方針」
- ・朝日新聞 2011 年 9 月 29 日 朝刊「初の原発輸出、始動 日本原電、ベトナムと調査契約」
- ・朝日新聞 2011 年 10 月 7 日 朝刊「（私の視点）ベトナム原発輸出 国情や安全考え見直しを 伊藤正子」
- ・週刊 週刊朝日 2011 年 8 月 26 日『誰が総理になっても「大連立」しかない 前原誠司 前外相、独占インタビュー』
- ・Harvey Wasserman, *CounterPunch*, 24 March 2009, [People Died at Three Mile Island](http://www.counterpunch.org/2009/03/24/people-died-at-three-mile-island/)

《データ出典》

- ・地熱エンジニアリング株式会社
<http://www.geothermal.co.jp/index.htm>
- ・経済産業省資源エネルギー庁
http://www.enecho.meti.go.jp/energy/index_energy09.htm
- ・経済産業省 行政事業レビュー
「中小水力・地熱発電開発費等補助金」に関する取りまとめ結果に関する緊急提言
<http://www.soc.nii.ac.jp/grsj/proposal/proposal2010.pdf>
- ・富士電機 世界最大の地熱発電設備の運転開始について
<http://www.fujielectric.co.jp/about/news/10051702/index.html>
- ・でんきの情報広場
<http://www.fepc.or.jp/index.html>
- ・中部電力

- <http://www.chuden.co.jp/index.html?cid=lq>
- 北陸電力
<http://www.rikuden.co.jp/index.html>
 - 九州電力
<http://www.kyuden.co.jp/>
 - 「世界各国で原発建設一時停止が広がる」 独誌「原発時代の終わり告げる」 J-CAST ニュース <http://www.j-cast.com/2011/03/21090909.html>
 - 『ドイツの街で「原子力？お断り」ステッカーがブーム、フクシマのマークも登場』 Yahoo! ニュース <http://zasshi.news.yahoo.co.jp/article?a=20110822-00000302-alterna-int>
 - 「ドイツ政府、主要国で初めて脱原発政策実施へ」 Yahoo! ニュース <http://zasshi.news.yahoo.co.jp/article?a=20110607-00000303-alterna-int>
 - 『ドイツ「2022年までに脱原発」全17基閉鎖決定』 asahi.com (朝日新聞社) <http://www.asahi.com/international/update/0606/TKY201106060523.html>
 - 「ドイツの脱原発政策、各国の反応」 AFPBB News <http://www.afpbb.com/article/environment-science-it/environment/2803284/7283609>
 - 『「2034年までに原発全廃」 スイスが国家目標』 asahi.com (朝日新聞社) <http://www.asahi.com/international/update/0525/TKY201105250628.html>
 - 『スイス、原発計画を当面凍結 「国民の健康が最優先」』 asahi.com (朝日新聞社) <http://www.asahi.com/international/update/0314/TKY201103140503.html>
 - 「スイス、脱原発へ」 - WSJ 日本版 - jp.WSJ.com http://jp.wsj.com/World/Europe/node_241493
 - 「スイス政府、エネルギー政策で段階的な脱原発に方向転換。」 Swissinfo http://jp.wsj.com/World/Europe/node_241493
 - 「韓国で原発反対運動が拡大し、住民の葛藤が深刻化」 日経ビジネスオンライン <http://business.nikkeibp.co.jp/article/world/20110517/220020/>
 - 『「原発の寿命延長に反対」、韓国で地元住民が集会』 wowkorea.jp <http://www.wowkorea.jp/news/Korea/2011/0622/10085426.html>
 - 『世界の世論「原発反対」増加 9割が東日本大震災認識』 asahi.com (朝日新聞社) <http://www.asahi.com/international/update/0420/TKY201104200520.html>
- 電気事業連合会 <http://www.fepec.or.jp/index.html>
 - 製剤産業省 資源エネルギー庁 エネルギー白書 <http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/index.htm>
 - 新語時事用語辞典 <http://www.weblio.jp/cat/business/sngjy>
 - 企業のための太陽光発電導入A to Z (経済産業省) <http://www.enecho.meti.go.jp/energy/newenergy/sun.pdf>
 - 新エネルギー 太陽光発電 (資源エネルギー庁) <http://www.enecho.meti.go.jp/energy/newenergy/newene02.htm>
 - 株式会社いころ 太陽電池 (ソーラーパネル) と太陽光の関係 <http://www.ikoro.co.jp/hpgen/HPB/entries/14.html>

- 原子力百科事典 ATOMICA
<http://www.rist.or.jp/atomica/>
- 明治大学
<http://www.meiji.ac.jp/>