

2012年度インターゼミ〔社会工学研究〕

地域特性を生かした エネルギー自立化モデルの可能性

原子力依存から、参画型 再生可能エネルギーへのシフト

報告日 2013年1月19日

< 指導教官 >

菅野 光公

木村 知義

社会工学研究会

環境・エネルギーチーム

〔執筆メンバー〕

多摩大学 経営情報学部

2年 矢内 勝

1年 勝山 義弘

オブザーバー

新部 均

目次

第1章	はじめに	100
第2章	論文の構成	101
第3章	2012年のエネルギー事情・問題点	102
第1節	日本のエネルギー供給の動向	102
第2節	日本の一般家庭のエネルギー消費動向	103
第3節	日本の業務部門におけるエネルギー消費動向	105
第4節	日本の社会情勢	106
第5節	新エネルギーへの可能性	109
第6節	各エネルギーの特徴、比較	116
第7節	再生可能エネルギーの課題	117
第8節	原子力電の現状	121
第9節	世界各国の原子力発電事情	124
第4章	発電用ベストミックスを考える	130
第1節	時間軸での考察	130
第2節	地域別考慮	133
第5章	私たちの仮説	135
第1節	時間軸でのベストミックス	135
第2節	地域特性を活かしたベストミックスとは	135
第3節	技術立国としての今後の立ち位置	136
第6章	先行研究、フィールドワーク	137
第1節	エネルギー自給化	137
第2節	外部セミナー・学会	141
第3節	フィールドワーク調査	145

第7章	比較、検討.....	169
第1節	都市部と山間部.....	169
第2節	日本と諸外国.....	170
第8章	結論.....	171
第1節	地域特性を活かしたエネルギー自立化について.....	171
第2節	時間軸でのベストミックス実現性.....	172
第3節	自立化モデルの技術輸出.....	173
第9章	今後の課題.....	174
第10章	所感.....	174
第1節	論文執筆を終えて.....	174
第2節	次世代の知恵にゆだねる.....	175
第11章	参考文献.....	177
第12章	参考資料.....	179

第1章 はじめに

2011年3月11日の東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所の爆発事故を契機に、エネルギー政策を根本的に見直す必要に迫られることになった。

福島原発事故により、原子力発電所の新增設が容易ではない状況をふまえて原子力発電への依存から、将来に向けて、再生可能エネルギーへの転換の議論が活発になる中で、コスト、効率性、季節、時刻、天候による不安定性、補助金、電力買取り額変動の懸念が明らかになった。さらに、海外に目を向けるとドイツとフランスの原発に対する対極的な考え方の相違、地球温暖化対策、世界の原発技術リーダーとしての日本の技術立国としての立場など、様々な課題が見えてきた。

こうした状況を背景に、エネルギーのベストミックスが議論されている事をふまえて、発電形態を規模別の大、中、小に細分類し、その中でも主体的に参画する参加型の中小規模のエネルギー、また、地域特性を生かし地産地消型の最適な組合せの可能性に着目し、学生の視点で可能な限り現地調査を試みた。

また、日本国内外の気象条件、地理的条件などの地域特性からの視点、今後のエネルギーのあり方を踏まえたベストミックスに移行するまでの時間軸での検討など、論点、課題の整理をし、問題提起、提案を試みる。

第2章 論文の構成

第3章にて、2012年におけるエネルギーの問題点、懸案、課題を整理し、第4章では、時間軸、地域軸にエネルギーのベストミックスを検討する。第5章では、推定される仮説を立案し、第6章で、先行研究調査、フィールドワークでの実地調査報告、続く第7章で、それぞれを対比し、特徴付け、第8章で結論へと導く。

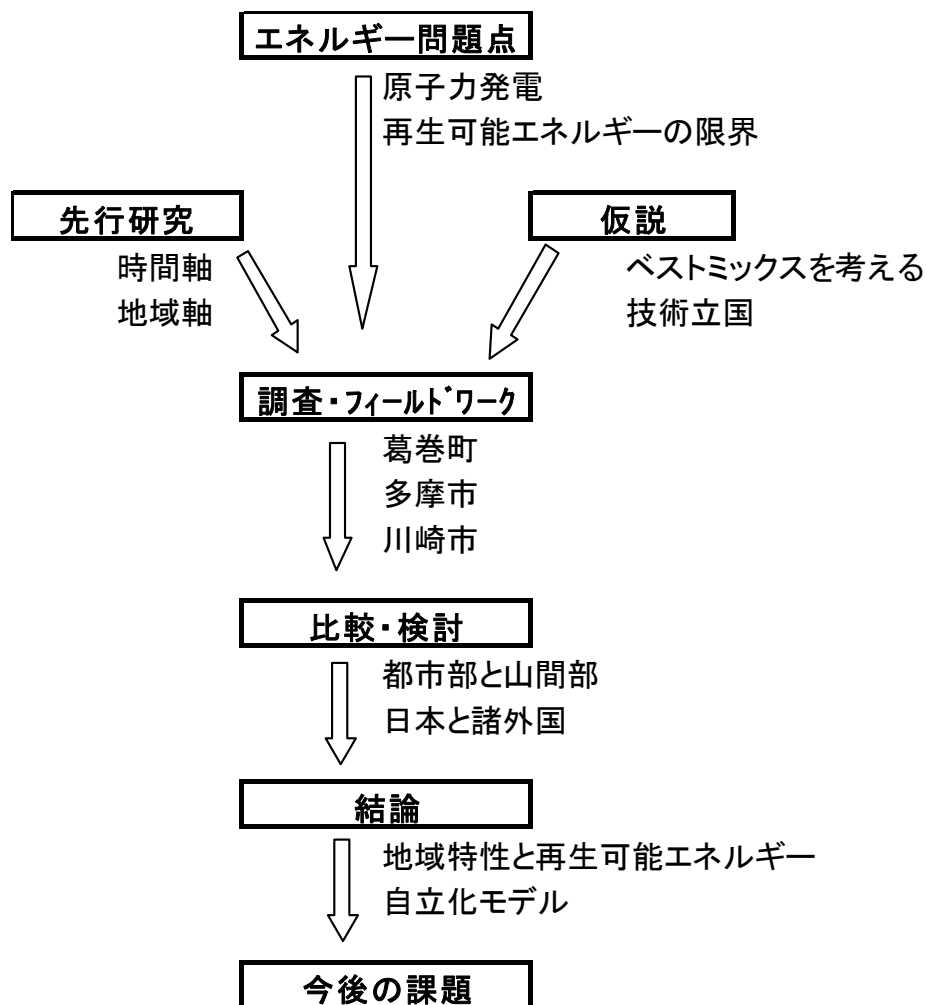


図 2-1 論文構成

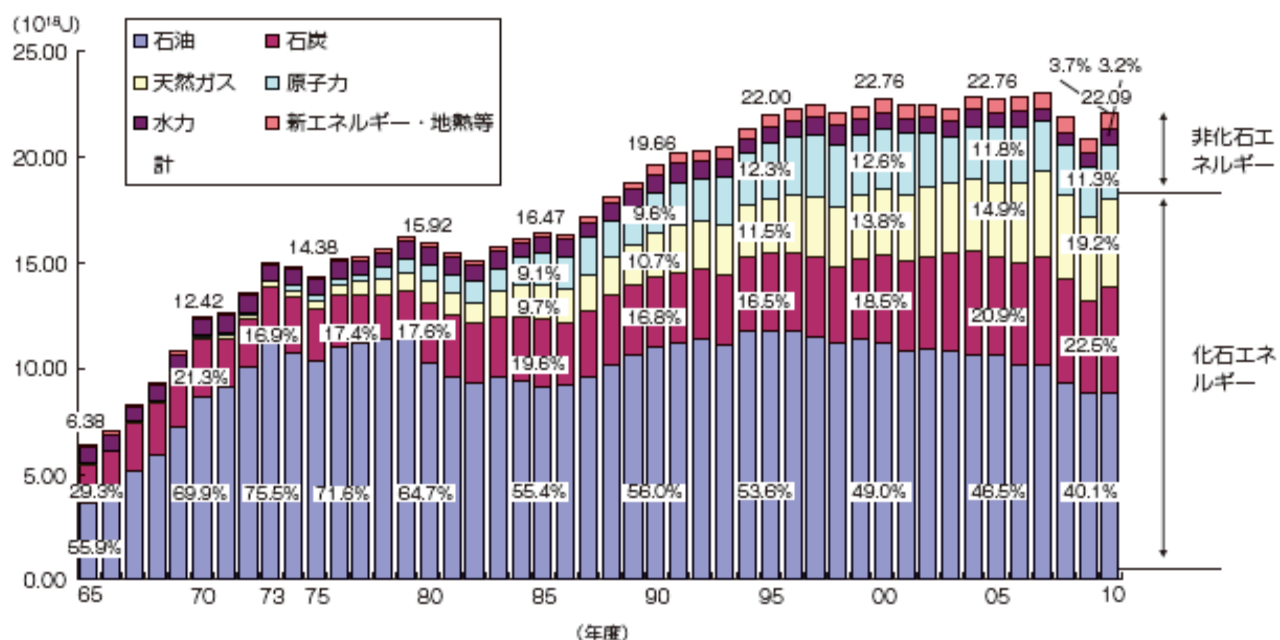
第3章 2012年のエネルギー事情・問題点

2011年3月11日の東日本大震災における福島第一原子力発電所事故を経験し、日本では原子力発電依存から脱却する方向性が支配的になった。加えて、地球温暖化対策、化石燃料の枯渇対策を考えた場合、再生可能エネルギーの重要性が一層高まるだろう。

第1節 日本のエネルギー供給の動向

石炭が価格競争力を失う中で、高度経済成長期をエネルギー供給の面で支えたのが石油だった。石油を大量に輸入し、1973年度にはエネルギー国内供給の75.5%を石油に依存していたが、1973年に発生した第一次オイルショックによって、原油価格の高騰と供給断絶の不安を経験し、依存度を低減させ、代替エネルギーとして、原子力、天然ガス、石炭等の導入を推進した。第二次オイルショック（1979年）でも、さらにそれらの代替エネルギーの更なる導入の促進、新エネルギーの開発を加速させてきた。

その結果、下図の様に石油の割合は、2009年には、42.1%と大幅に改善され、その代替として、石炭（21.0%）、天然ガス（19.0%）、原子力（11.5%）の割合が増加する等、エネルギー源の多様化が図られた。



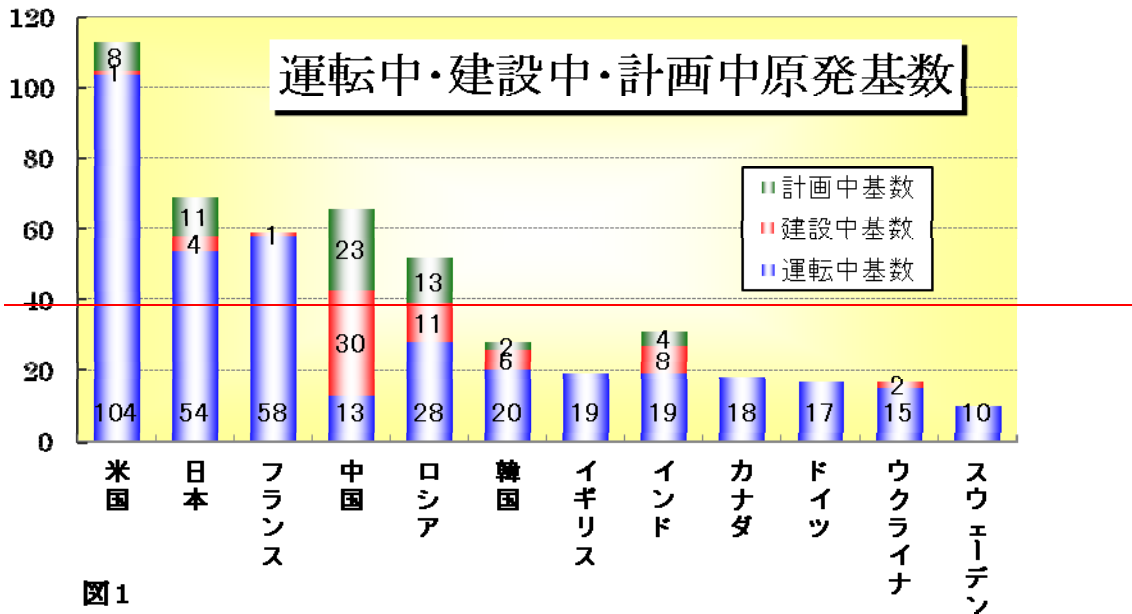


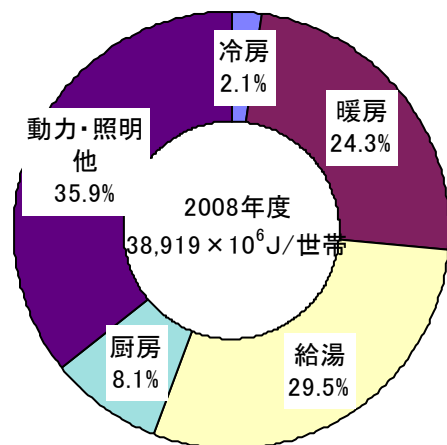
図 3-1 一次エネルギー国内供給の推移

資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」¹をもとに作成

第2節 日本の一般家庭のエネルギー消費動向

家庭用エネルギー消費は、生活の利便性・快適性を追求する国民のライフスタイルの変化、世帯数増加等の社会構造変化の影響を受け、個人消費の伸びとともに、著しく増加している。1973年度の家庭用エネルギー消費量を100とすると、2008年度には208.4となっており、第一次オイルショック当時に比べて、現在の家庭では2倍以上のエネルギーを消費していることになる。

そのため、家庭部門における省エネの推進が喫緊の課題になっている。



¹ 「エネルギー白書 2011」 経済産業省 資源エネルギー庁 96 頁

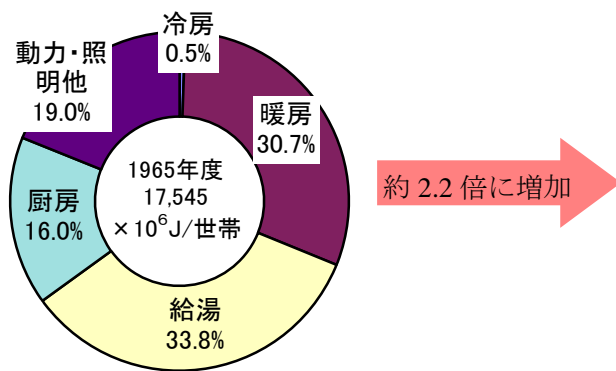


図 3-2 世帯当たりのエネルギー消費と用途別エネルギー消費の変化

(財)日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」、
資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」をもとに作成

第3節 日本の業務部門におけるエネルギー消費動向

業務部門のエネルギー消費量は、「延床面積当たりエネルギー消費原単位×延床面積」で表すことができる。そのエネルギー消費の推移をみると、1965年度から1973年度までは、高度経済成長を背景に年率15%増と顕著に伸びたが、第一次オイルショックを契機とした省エネルギーの進展により、その後のエネルギー消費はほぼ横這いで推移してきた。

しかしながら、1980年代後半からは再び増加傾向が強まり、下図の通り1990年度から2008年度までの18年間で年率2.1%の増加を示している。

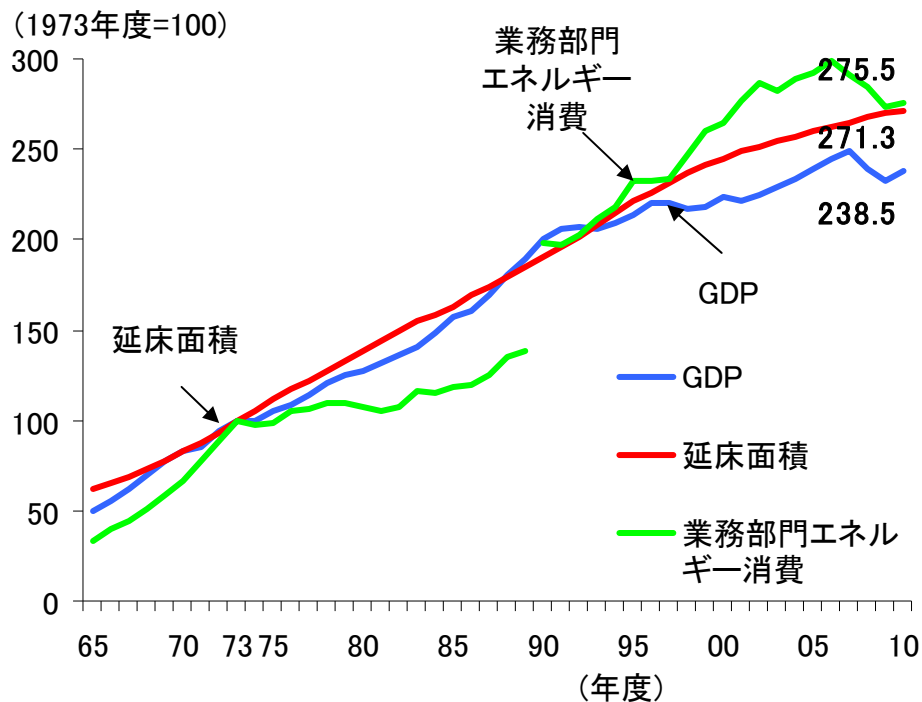


図 3-3 業務部門におけるエネルギー消費の推移

(出所) 内閣府「国民経済計算年報」、
 (財)日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」、
 資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」より経済産業省推計

第4節 日本の社会情勢

第1項 2030年原発依存度比率の世論調査²

民主党政府は2012年6月29日、関係閣僚によるエネルギー・環境会議を開き、2030年の電力をどうするかを定めるため、三つの選択肢を決めた。30年の原発の割合を「0%」「15%」「20～25%」の三つにして、それぞれ使用済み燃料をどう扱うか、温室効果ガスの排出量はどうかを示した。

原発の割合を減らすと、発電に使った後の使用済み燃料の政策も見直さなければならない。今までは、すべての使用済み燃料を再び使えるように処理し、再利用する政策をとってきた。

しかし、0%の場合は再利用せず、地中に埋めて処分する政策に転換する。一方、15%と20～25%では、再利用と埋めて処分の両方を残し、2030年の原発の割合を決めた後に考えることにして、判断を先送りした。

	原子力	自然エネルギー	火力	家庭の電気代 (月額1万円の場合)
案①	0%	35%	65%	4000円 ～11000円 値上げ
案②	15%	30%	55%	4000円 ～8000円 値上げ
案③	20～25%	25～30%	50%	2000円 ～8000円 値上げ

(エネルギー・環境会議)

図 3-4 2030年度 原発依存比率 3案

² 朝日新聞デジタルニュース 「原発依存度3案決まる 政府、今夏に絞り込み」 2012/06/30
<http://www.asahi.com/special/10005/TKY201206290794.html>

第2項 原発再稼働反対デモ³

2030年度の原発依存比率について世論調査を進めているのとほぼ同時期に、関西電力大飯原発（福井県）は、2012年7月1日に再稼働した。

原発再稼働反対デモが始まった当初の2012年3月は参加が300人程だったが、4、5月には少し増えて1000人程度に。急増したのは大飯原発の再稼働の可能性が高まった6月に入ってからで、6月1日に2700人、8日に4000人、15日には1万2000人、そして22日に4万5000人と、週ごとに参加者が膨れ上がり、今回はそれを上回る20万人になった（いずれも主催者発表）。

この再稼働を目前にした6月29日夕、複数の反原発団体のネットワーク「首都圏反原発連合」の呼び掛けで、東京・永田町の首相官邸前で市民の抗議行動が行われた。

国会周辺には「デモをやると聞いて、会社帰りに寄ってみた」というスーツ姿の会社員、子どもをベビーカーに乗せた母親の姿も。時間とともに人の波は膨れ上がり、午後7時過ぎには、首相官邸前側の交差点を警察車両が“封鎖”。午後7時40分ごろには一般車両の通行を止めて、抗議行動をする人に車道を開放。プラカードを持った大勢の人が車道にあふれた。

「首都圏反原発連合」は3月から、ほぼ毎週金曜日に官邸前集合を呼び掛けてきた。動員をかけてデモ行進やデモ活動をするのではなく、口コミやネット、SNSなどでの声掛けで、参加したい人が自由に現場に来ていたのが、特徴である。

一過性の盛り上がりの側面があるが、世論として原発に対し強い拒否感を持つ人々が多数存在する事実を受け止めなければならない。

第3項 エネルギー安定供給、確保

わが国のエネルギー問題の特徴は、石油、天然ガスなどのエネルギー資源に乏しく、自給率はわずか4%程度と低く、残りの約96%を輸入に頼っていることである。（2003年IEA=国際エネルギー機関調べ）。そして、エネルギー全体での石油への依存度は約50%であり、そのほとんど（約85%）を中東諸国からの輸入に頼っている。経済活動の根幹であるエネルギーの供給構造が不安定なことがわかる。

1973年の石油ショック以降、わが国では省エネを進めたが、80年代半ばから、石油価格の低下と快適さを求める生活スタイルの定着などによりエネルギー使用量が増加し、世

³ 「一人ひとりが立ち上がった抗議行動」日経ビジネス 2012/07/21

界第4位のエネルギー消費国となっている。それにともない、温室効果ガスの排出が増加し、日本の温室効果ガスの88%を、エネルギー起源の二酸化炭素（CO₂）が占めている。

政府では、これらの問題に対応するため、2002年6月に「エネルギー政策基本法」を成立させ、「安定供給の確保」「環境への適合」などを基本としたエネルギー政策を推進している。

安定供給の面からも環境問題の視点からも、これから重要になるのは大量エネルギー消費型の社会から脱出して、省資源、省エネルギー型の社会をつくることであり、それは国民一人ひとりの生活スタイルにも関係する問題である。

また、国際的に見ると、日本では少子化や省エネによってエネルギー需要はほぼ横ばいと予想される一方、中国での需要が倍増することが見込まれるなど、東アジアを中心とした増大が予想されている。そのため、世界的規模での資源の節約、省エネ、技術協力などが求められている。

第5節 新エネルギーへの可能性

石炭、石油、そして原子力とエネルギーの主役が時代と共に変化する中で、安全、環境、コストの面で、新たなエネルギーの研究が進んでいる。

第1項 バイオマス

バイオマスは、世界全体では、2009年時点で一次エネルギー総供給の10%と大きな割合を占め、先進国（OECD諸国）平均では4.2%、開発途上国（非OECD諸国）平均では15.1%と多く消費されてきた。

アメリカや欧州等の先進国では、気候変動問題への対応といった観点から、下表の通りバイオマス導入を政策的に推進する国が多くなってきた。

図 3-5 世界各地域のバイオマス利用状況（2009年）

	バイオマス (Mtoe)	一次エネルギー供給 (Mtoe)	シェア(%)
OECD	224.8	5,412.8	4.2
欧州	103.1	1,813.9	5.7
米州	109.3	2,691.4	4.1
アジア・オセアニア	12.5	907.5	1.4
非OECD	1,000.4	6,641.4	15.1
アフリカ	320.2	673.5	47.5
中南米	109.1	575.2	19.0
アジア(中国除く)	344.6	1,459.2	23.6
中国	203.7	2,272.0	9.0
ロシア及びその他旧ソ連邦諸国	8.5	966.3	0.9
非OECD欧州	13.7	106.7	12.9
中東	0.7	588.5	0.1
世界計	1,213.0	12,150.2	10.0
日本	5.6	472.0	1.2

中国の値は香港を含む。

(出所) IEA, Energy Balances 2011 より作成

特に、交通部門における化石燃料依存の軽減及び、温室効果ガス排出の抑制を目指し、バイオ燃料の利用を促進するための政策が打ち出された。例えば EU では、2020年までに交通部門における燃料利用のうち10%程度をバイオ燃料（及び再生可能エネルギー利用電気等）とする目標を掲げた。しかしながら、バイオ燃料の主たる原料は、サトウキビや

トウモロコシといった食糧であるため、バイオ燃料の急激な増大は、食糧価格の高騰など、深刻な影響を与える可能性が指摘された。さらに、バイオ燃料生産のために、森林や熱帯雨林を伐採して耕地とする動きが拡大しかねないとの懸念もあった。

このため、バイオ燃料の生産・消費による自然環境や食糧市場への影響を抑えるための持続可能性基準（LCA での温室効果ガス削減効果等）の策定や国際会議での検討が進められてきた。また、食糧以外の原料（稲わらや木材等のセルロース系原料、藻類等）を用いたバイオ燃料開発への取り組みが進められてきた。近年は、世界の石油メジャーも次世代バイオ燃料の開発に力を入れており、アメリカのシェブロンや、オランダのロイヤル・ダッチ・シェル等が相次いで藻類のバイオ燃料開発に関するベンチャー企業に投資する等の活動を行った。なお、開発途上国のバイオマス利用には薪や炭といったものが含まれている。

今後開発途上国では、経済の成長にともなって灯油、電気、都市ガスといった商業エネルギーの利用が増え、バイオマスの比率は低下することが考えられる。

第2項 地熱発電

地熱による発電は、世界で 1071.0 万 kW が導入されてきた（2010 年）。

設備容量が最も大きいのはアメリカで、合計 308.6 万 kW が設置され、次に高い設備容量を有するのがフィリピンで、国内の発電設備総量（2008 年）の 12.1% を占めた。インドネシア、ニュージーランド及びアイスランドでは、2005 年以降、設備容量が大幅に増大した。また、アイスランド及びグアテマラでは、国内の発電設備に占める地熱発電の割合が 2 割以上となった。

日本ではおよそ 50 万 kW が設置されたが、過去 5 年間ほとんど変化していない。一方、欧州では地熱を利用できる地域が少なく、イタリアやポルトガルの一部等に限られている。

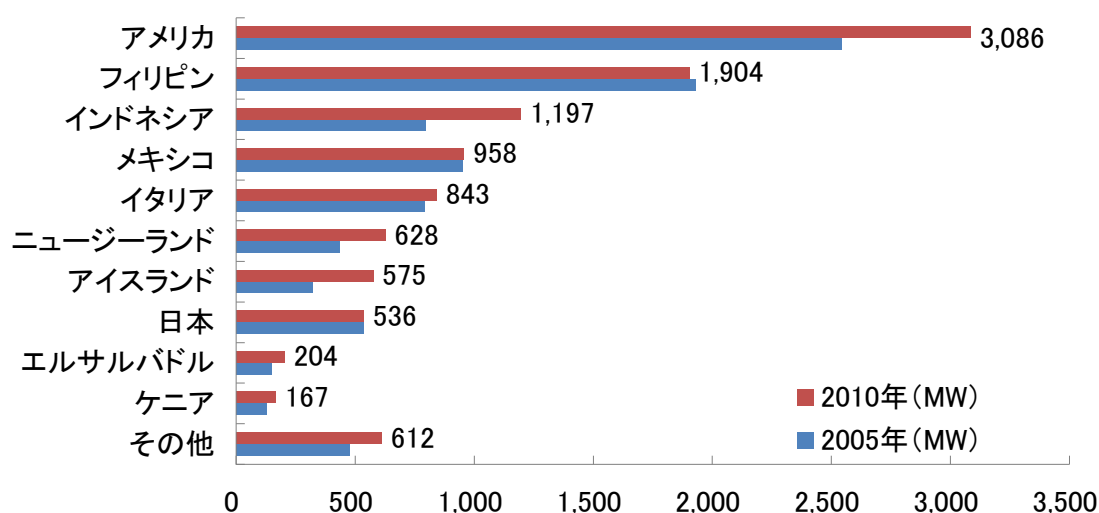


図 3-6 世界の地熱発電設備(2010年)

(出所) 国際地熱協会 (International Geothermal Association)

第3項 天然ガス

①資源の分布

世界の天然ガスの確認埋蔵量は、2010年末で約187兆 m^3 。下図の通り、中東のシェアが約40%と高く、欧州・ロシア及びその他旧ソ連邦諸国が約34%で続いた。石油埋蔵量の54%が中東に存在していることと比べると、天然ガス埋蔵量の地域的な偏りは小さいと言える。また、天然ガスの可採年数は2010年末時点で59年とする推定値がある。

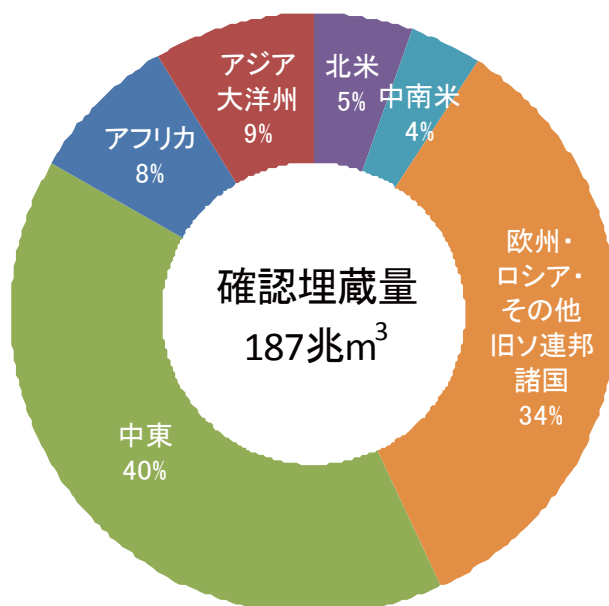


図 3-7 地域別天然ガス埋蔵量 (2010 年末)

(出所) BP, Statistical Review of World Energy 2011 をもとに作成

②天然ガス消費の動向

天然ガス消費は北米、欧州・ロシア及びその他旧ソ連邦諸国で世界の63%を占めた。この理由としては、これらの地域内で豊富に天然ガスが生産されていること、既にパイプライン・インフラが整備されており、天然ガスを気体のまま大量に輸送して利用することが可能であることが挙げられる。

アジアでは天然ガスの消費はまだ少ないが、近年増大してきた。天然ガスの用途をみて

も我が国と欧米とでは大きな差異があります。我が国では発電用としての利用の割合が全体の 65%を占めており、産業用は 9%、民生・その他用は 26%にすぎない。これに対して、アメリカ、OECD 欧州では発電用としての利用の割合が 32%、35%と日本よりも低く、その分、民生・その他用や産業用としての利用の割合が高くなった。

第4項 海洋温度差発電⁴ (Ocean Thermal Energy Conversion : OTEC)

海洋温度差発電は、表層の温かい海水（表層水）と深海の冷たい海水（深層水）との温度差を利用する発電技術である。

海洋の表層 100m 程度までの海水には、太陽エネルギーの一部が熱として蓄えられており、低緯度地方ではほぼ年間を通じて 26～30℃程度に保たれている。一方、極地方で冷却された海水は海洋大循環に従って低緯度地方へ移動する。移動に従い、周辺の海水との間に温度差が生じ密度が相対的に大きい極地方からの冷たい海水は深層へと沈み込んでいく。この表層水と深層 600～1,000m に存在する 1～7℃程度の深層水を取水し、温度差を利用して発電する。

海洋温度差エネルギーは、昼夜の変動がなく比較的安定したエネルギー源であり、季節変動が予測可能であるため、ベース電源として使え、計画的な発電が可能となる。

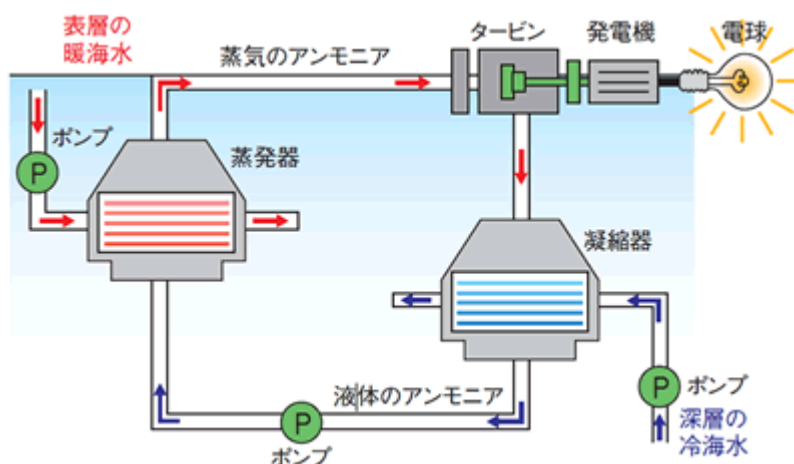


図 3-8 海洋温度差発電の仕組み

第5項 塩分濃度差発電

イオン交換膜という特殊な膜を隔てて海水と淡水を仕切ると、浸透圧が働いてイオンが移動するが、陽イオンないし陰イオンのみを通すようにするので、電位差が生じる。そこから電力を取り出す発電方法である。

⁴ 「海洋温度差発電の技術の現状とロードマップ」 NEDO 2010

第6項 波力発電

波力発電は、波のエネルギーを利用した発電システムで、約1世紀にわたる技術開発の歴史がある。波力発電システムは主に以下の3種類に区分される。また設置形式の観点からは、装置を海面又は海中に浮遊させる浮体式と、沖合又は沿岸に固定的に設置する固定式とに分けられる。

これもクリーンなエネルギーではあるが、漁業関係との軋轢が発生するほか、発電可能な電力量がコストの割にわずかであることなどの短所もある。

(1)振動水柱型

振動水柱型波力発電システムは OWC (Oscillating Water Column) システムとも言い、装置内に空気室を設けて海面の上下動により生じる空気の振動流を用いて、空気タービンを回転させる方式である。構造が簡素で、空気を介してエネルギー変換するため、台風等の異常波浪に対する構造物の対策が比較的取りやすく、より安全な形式とされている。

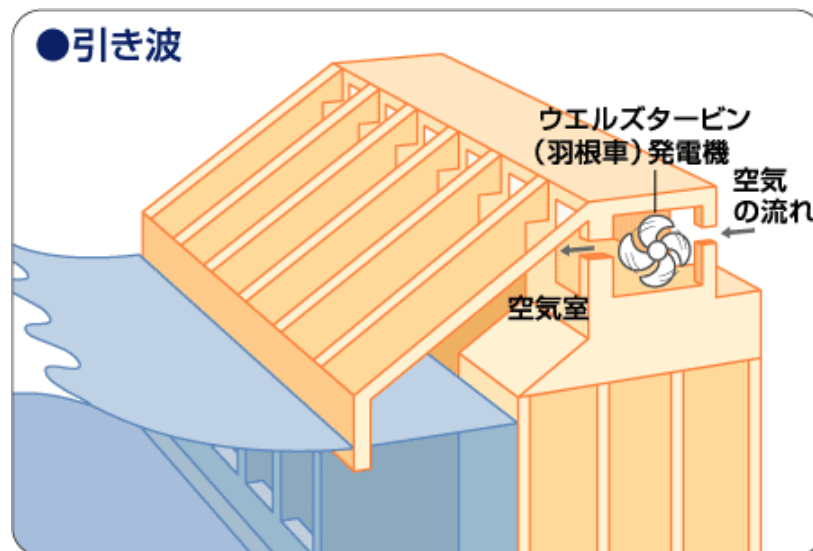


図 3-9 振動水柱型波力発電システム

(2)可動物体型

可動物体型波力発電システムは、波のエネルギーを、可動物体を介して機械的な運動エネルギーに変換し、それを動力源として油圧発生装置等のピストンを動かして発電するシステムである。海中に設置した受圧板で受けた波のエネルギーを受圧板の機械的な振り子

運動エネルギーに変換する方式や、浮遊構造物で波のエネルギーを吸収し機械的エネルギーに変換するポイント・アブソーバー式等が例として挙げられる。

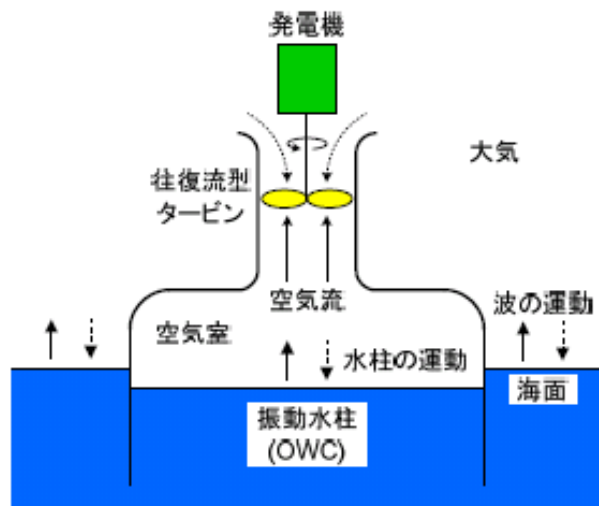


図 3-10 可動物体型波力発電システム

(3)越波型

越波型波力発電システムは、波を貯水池等に越波させて貯留し、水面と海面との落差を利用して海に排水する際に、導水溝に設置した水車を回し発電する方式である。平成 21 年度 NEDO 洋上風力発電等技術研究開発（海洋エネルギー先導研究）では、越波型波力発電システムに関する東海大の提案が採択されている。

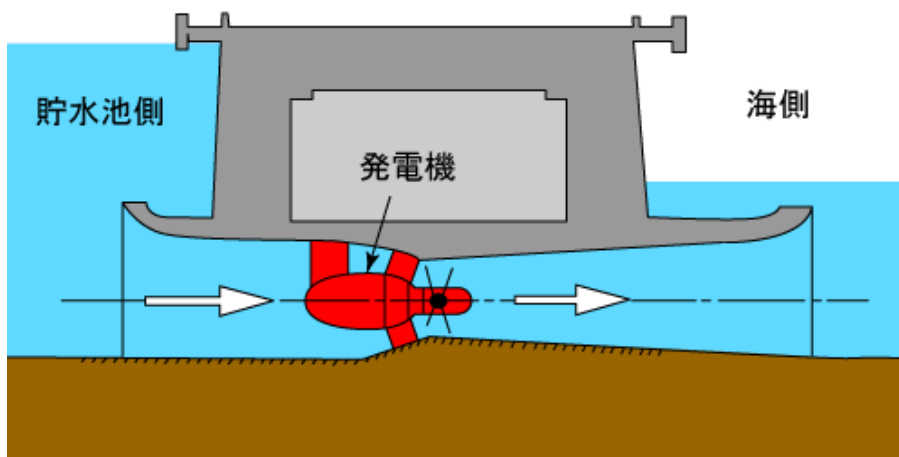


図 3-11 越波型波力発電システム

第7項 海流発電

海流発電（かいりゅうはつでん）、または潮流発電（ちょうりゅうはつでん）は、海流による海水の流れの運動エネルギーを水車、羽根の回転を介して電気（電気エネルギー）に変換させて発電させる方式である。海中に海流発電機を設置する。エネルギー変換効率は20～45%と比較的高い。潮力発電とともに、海水を利用する発電で、「海流」を「海水の流れ」とすれば、潮汐流による潮力発電は海流発電の一種である。

海流は太陽熱と偏西風等の風により生じる大洋の大循環流であり、地球の自転と地形によりほぼ一定の方向に流れている。幅 100km、水深数百 m と大規模である。

日本では黒潮に代表され、八重山諸島、トカラ列島、足摺岬、八丈島などに多くのエネルギー資源が存在する。

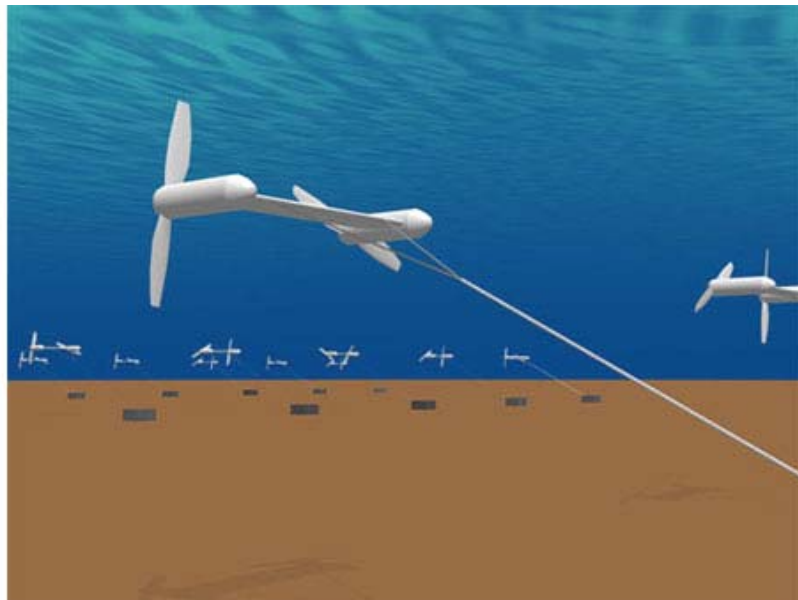


図 3-12 海流発電機

第8項 温度差発電

温度差発電はゼーベック素子と呼ばれるゼーベック効果を利用した半導体素子に温度差を与えて発電する。温度差発電は捨てられている熱を利用して発電できるため、エネルギー変換効率の向上と CO2 排出量の削減に大きく貢献できる可能性を秘めている。

温泉や太陽熱を利用すれば、CO2 を排出しないため、環境にやさしい発電方法といえる。
<使用されず捨てられている熱>

温泉熱、太陽熱、工場や発電所、ゴミ処理場などの排熱

自動車やオートバイのエンジン熱、台所や厨房のガスコンロの熱

第6節 各エネルギーの特徴、比較

現在、様々なエネルギーが運用、検討中であるが、環境、安全、経済性、雇用の4つの側面から、以下の通り比較検討、評価をした。

表 3-1 エネルギー比較

番号	発電方法	環境性	安全性	経済性	雇用
1	原子力発電	△	△	×	○
2	火力発電	△	△	○	○
3	水力発電	○	○	○	△
4	風力発電	○	○	○	△
5	太陽光発電	○	○	×	△
6	太陽熱発電	○	○	○	△
7	地熱発電	△	○	△	○
8	波力発電	○	○	×	△
9	潮力発電	○	○	△	△
10	海水温度差発電	○	○	×	△
11	塩分濃度差発電	○	○	×	△
12	温度差発電	○	○	×	△
13	バイオマス発電（食料）	△	△	△	○
14	バイオマス発電（非食料）	△	△	△	○
15	バイオマス発電	○	△	△	○
16	廃棄物発電	△	△	○	○
17	海流発電	△	○	△	×

※ 矢内、勝山による評価

第7節 再生可能エネルギーの課題

3.11 福島第一原発の爆発事故以来、脱原発の世論が高まり、代替エネルギーとして太陽光や風力のような再生可能エネルギーへのシフトが叫ばれている。しかし現在の段階では、再生可能エネルギーへの転換には限界もある。本章ではこの点を論ずる。

第1項 再生可能エネルギー

再生可能エネルギーとは、太陽・地球物理学的・生物学的な源に由来し、自然を利用することで補充されるエネルギー全般を示す。再生可能であること以外の明確な定義がないが、一例に、太陽光エネルギー・水力発電・風力発電・潮力発電・波力発電・地熱発電・バイオマス発電などがある。

2008年1月のクールアース推進構想を受け、日本で地球温暖化ガスの排出量削減の動きが加速してきている。2030年までに電力の半分以上を再生可能エネルギーと原子力で供給する政策目標が示された。特に太陽光発電の導入量を40倍に引き上げ、さらに地方におけるバイオマスエネルギーの開発を促進するなどの内容がそこには示されている。

第2項 再生可能エネルギーの全般的限界（面積）

第一のポイントとして、太陽光や風力のような再生可能エネルギーは、広い土地を必要とする。さらに、使用する土地に対し発電量が少ないとも言える。日本は島国であり、有効な土地利用には限界がある。下図は、100万kW程度の標準的な原発を再生可能エネルギーで置き換えるために、必要な面積で対比したものである。

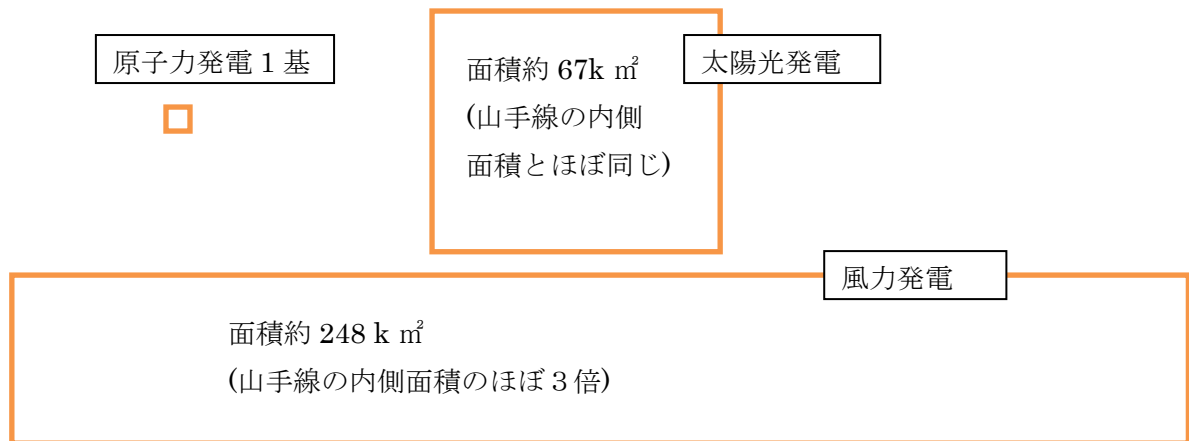


図 3-13 発電必要面積比較（出典：東京電力）

新エネルギーの現状(太陽光・風力)

	太陽光	風力
発電コスト [※]	[住宅用] ・平均値: 66円/kWh [非住宅用] ・平均値: 73円/kWh	[大規模] ・10~14円/kWh [中小規模] ・18~24円/kWh
必要な敷地面積 ^{※※}	100万kW級原子力発電所1基分を代替する場合	
	・約67km ² 山手線の内側面積 (約70km ²)とほぼ同じ	・約248km ² 山手線の内側面積 (約70km ²)の約3.5倍
設備利用率 ^{※※}	・12%	・20%

出典: 総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会報告書(2001年6月)※
資源エネルギー庁「核燃料サイクルのエネルギー政策上の必要性」(2002年3月)他※※

第3項 再生可能エネルギーの全般的限界（コスト）

次に、太陽光や風力発電は、文字通り気象条件に依存する発電方法であり、天候に大きく左右される。一方、現状では大きな電力を蓄えることが可能なバッテリーは、高価であり、耐用年数の限界も合わせ、コストに課題が残る。

従って、このような再生可能エネルギーは、必然的に火力発電や原子力発電と組み合わせるベストミックスが必要と考える。

表 3-2 新エネルギー(太陽光・風力)の概要

新エネルギーの現状(太陽光・風力)		
	太陽光	風力
発電コスト [※]	[住宅用] ・平均値: 66円/kWh [非住宅用] ・平均値: 73円/kWh	[大規模] ・10~14円/kWh [中小規模] ・18~24円/kWh
必要な敷地面積 ^{※※}	100万kW級原子力発電所1基分を代替する場合	
	・約67km ² 山手線の内側面積 (約70km ²)とほぼ同じ	・約248km ² 山手線の内側面積 (約70km ²)の約3.5倍
設備利用率 ^{※※}	・12%	・20%

出典: 総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会報告書(2001年6月)[※]
資源エネルギー庁「核燃料サイクルのエネルギー政策上の必要性」(2002年3月)他^{※※}

第4項 再生可能エネルギーの個別的限界（気象条件）

太陽光発電では、気象条件に大きく左右されることに加え、太陽光発電用蓄電池が高価なことも懸念される。前者の蓄電池とは、太陽光発電で発電したエネルギーを一時的に蓄電する機器である。後者の太陽電池とは光起電力効果を利用し、光エネルギーを直接電力に変換する電力機器であり、太陽光発電には必須になってくる。現在では、結晶型シリコン太陽電池という他材料と比べ、比較的発電効率は高いが高価であり、コスト面の低下と発電効率の上昇、耐久性が課題となっている。

風力発電においても、太陽光と同じく気象条件に左右され、電力需要量に応じた、タイムリーな供給は困難である。更に、発電中の出力は、風速に応じて変動するため、周波数や電圧の変動を起こす要因とも位置づけられている。

一般的に風車は、風エネルギーの30%程度しか利用できない。一定量の発電量を確保す

るためには、大きな風車を数多く設置しなければならず、原子力発電1基は約100万kWに対し、風力発電は、設備容量1,000kWの風車が1,000基必要となり、発電量では4,000基も必要となる。また、風力発電は場所を選ぶ。風があること、広い土地が必要、近くに送電線が必要となる。風切り音、低周波があるため広い土地が必要であり、風車間は乱流が発生する為、主方向に対しローター直径の3倍、縦方向は直径の10倍離して設置するというもので、複数の風車を建てるとなると、それだけ広い土地が必要となる。

地球上にエネルギー源は多数存在するが、我々が資源としてそれを利用できるためには、自然の力によって、その資源がある程度濃縮している状態が必要であり、まさに、化石燃料である石油、ガスがその典型例である。

一方、再生可能エネルギーは濃縮されていない状態でエネルギーを得る為、先に述べたとおり、広大な面積を必要とする。高木と大澤⁵は、代表的な再生可能エネルギーでの発電方式ごとに、一年間の単位面積あたりに得られるエネルギーを、次の表にまとめた。

表 3-3 単位面積あたりに得られるエネルギー

	種類	電力(kWh/m ²)	燃料(kg/m ²)
1	太陽光発電	140	11.5
2	洋上風力発電	41	3.4
3	波力発電	8.5	0.7
4	海流発電	51	4.2
5	バイオマス		0.7~11

これによれば、太陽光発電が最も高いことがわかる。しかし、仮にこの電力を1kWh当たり50円での売電を実施したとしても、一年間に得られる収入は1m²当たり7,000円ではない。

次に、洋上風力発電、海流発電の発電電力量が高い。これらの発電方式は1点に集中的に置かれた発電装置で発電するため、洋上風力発電が一定の成功している要因であったと考える。

⁵ 東京大学大学院 新領域創生科学研究科

第8節 原子力電の現状

本節では、原子力発電について日本、世界、さらに、日本の位置付けについて確認する。

第1項 日本の原子力発電

日本にある原発比率の現状を明らかにする。

下図は日本の原子力発電所の一覧である。

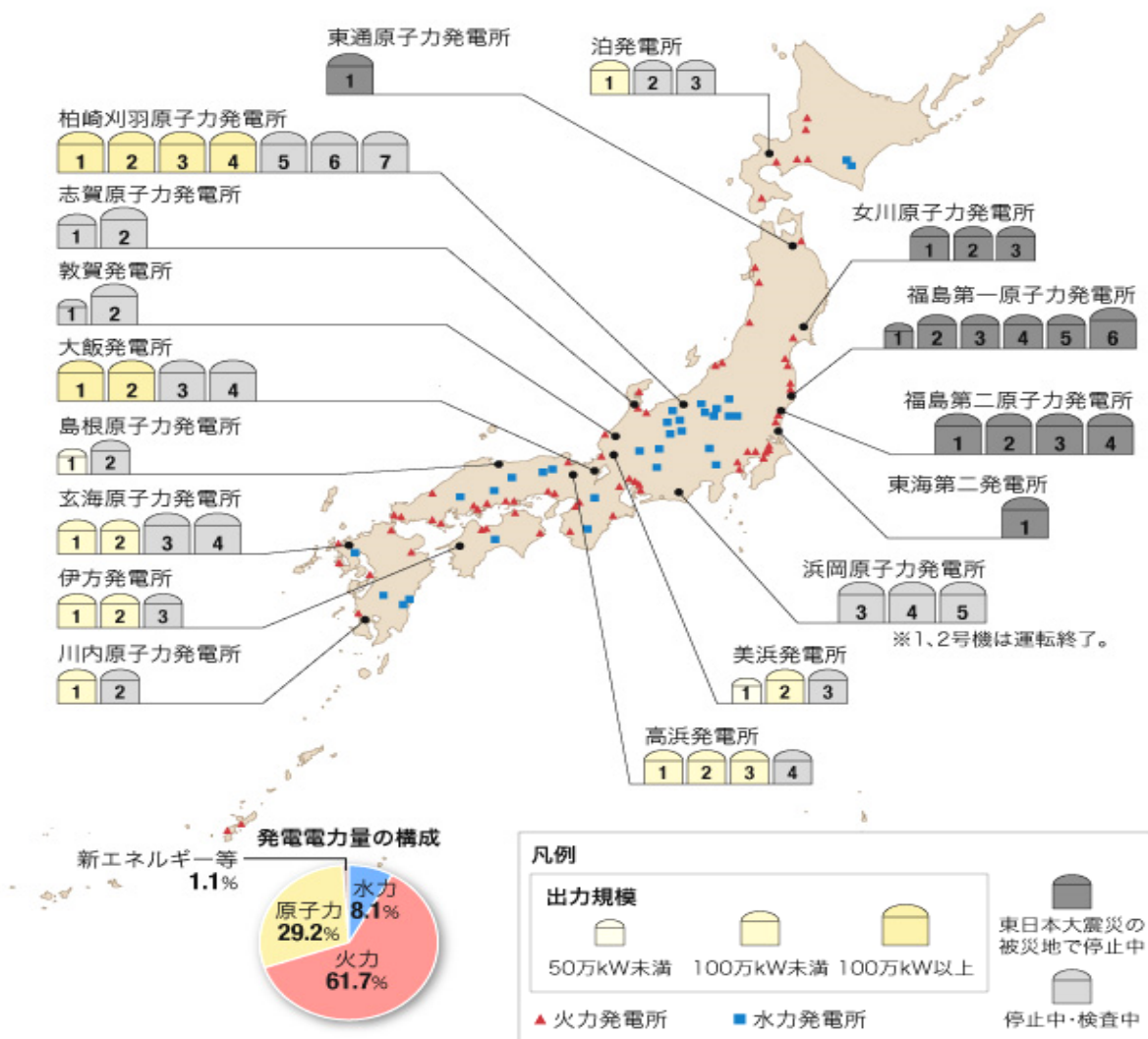


図 3-14 日本の原子力発電 (出典：日本財団 OPINION 原子力 2011 年)

日本の商業用原発は 54 基あり、米国で開発され世界中で商用発電の主流となっている軽水炉が採用されている。中性子の速度を下げる「減速材」と発生した熱を取り出すための

「冷却材」に軽水（普通の水）を使う種類である。

内訳は、沸騰水型（BWR）が 30 基、加圧水型（PWR）が 24 基。BWR は原子炉の中で蒸気を発生させ、それにより直接タービンを回す。PWR は原子炉で発生した高温高圧の水を蒸気発生器に送り、その蒸気でタービンを回す。東日本大震災で事故を起こした福島第一原発は BWR。東京電力の供給を賄い、柏崎刈羽原発に次いで大規模な原発である。

2009 年度の原子力発電電力量は 2,785 億 kWh（キロワット時）で、1973 年度の約 29 倍に達した。電力構成では総発電電力量の 29.2%を占めている。設備利用率は 64.7%（2009 年）で、韓国 91.1%、米国 90.3%、フランス 70.7%などと比べ低い。2003 年以降、電力会社によるデータ改ざん、地震・事故による運転中止が相次いだためだ。また、日本ではほぼ 1 年に 1 回、原発をストップさせて定期検査をすることが義務付けられているのに対し、韓国では定期検査の多くの項目について稼働したまま実施するオンラインメンテナンスで行っているという事情もある。

2011 年 4 月時点の一覧であるが、運転開始年代を見ると、一番古いのは 1970 年である。日本各地の沿岸部に集中して原子力発電が設置されていることがわかる。

計画中で今後も増える予定の物も含まれている。1990 年代から 2000 年代の間に多くの原子力発電所が建造されていることがわかる。

原子力発電所の耐用年数は、目安として 30 年とされている。一覧からは、寿命に近い 1970 年、1980 年に運転を始めた原子力発電は 20 基以上あることがわかる。

第2項 世界の原発状況

2011年3月福島第一原発の爆発事故前の運転中・建設中・計画中原発基数である。

下図の通り、現在、アメリカが104基の原発を運転しており世界1位である。そのあとに、フランスの58基、次に日本の54基で世界3番目に、原発を多く利用していることがわかる。

新興国である中国は建設中・計画中が多く、福島第一原発の事故とは関係無く2012年以降も増え続けており、フランス、日本を抜き2位になると予想される。

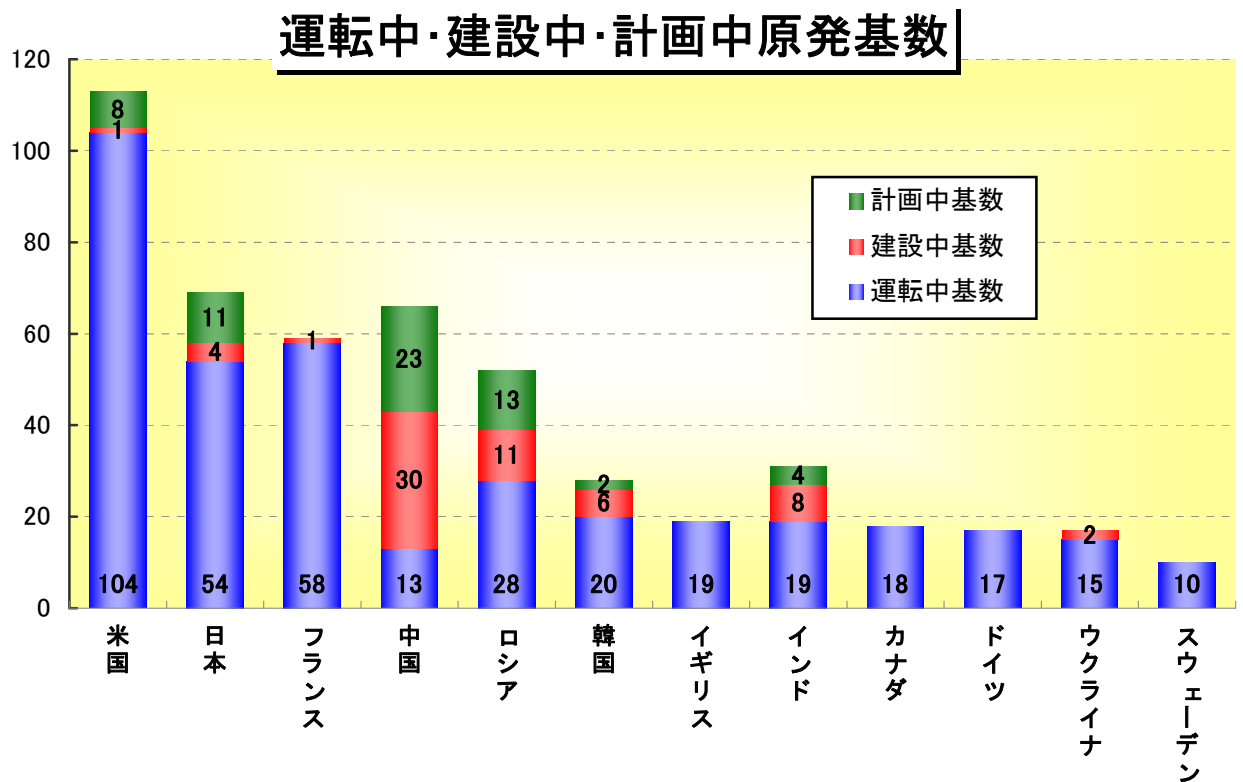


図 3-15 世界の運転中、建設中の原子力発電

出典：「世界の原子力発電開発の動向」

第9節 世界各国の原子力発電事情

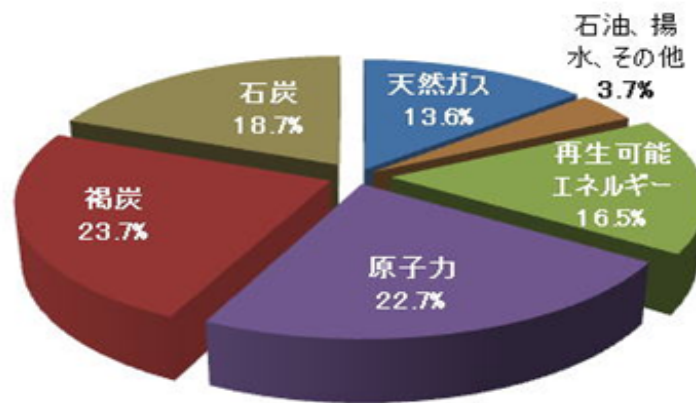
第1項 脱原発国家ドイツの実例・実情について⁶

ドイツは、3.11での福島第一原発事故後、2011年5月30日に、国内にある17基すべての原子力発電所を2022年まで停止すると発表した。

福島第一原子力発電所の事故後、17基ある原子力発電所のうち、7基は老朽化のため、1基は技術的な問題のため既に運転を停止している。

残り9基のうち、6基は2021年までに、建設年度が最も新しい3基は2022年までに停止する予定である。

エネルギー源別発電量の割合（2010年）



注) 再生可能エネルギーの内訳: 水力 (3.2%)、風力 (5.9%)、バイオマス (4.8%)、太陽光 (1.9%)、ごみ (0.8%)

図 3-16 ドイツのエネルギー源別発電量

2011年にドイツは、原子力発電と化石燃料への依存脱却をはかり、2020年までに再生可能エネルギー電源を17%から35%にすると発表した。

ここから見てくる問題として、FIT⁷の負担増 - 標準家庭で1000円/月、2013年から約50%の値上げ、電力多消費産業の工場閉鎖や海外移転、電源の地域偏在に伴う高圧送電線の建設に住民の強い反対、大規模なバックアップ電源や蓄電設備の建設等が挙げられる。これらにより、国民の生活や経済に大きな影響を与える。

日本も同様のケースに襲われるのではないかと懸念されている。しっかりとした、電力整備、法整備を行った上で、原子力発電から再生可能エネルギーにシフトしていくことが大切である。

⁶ 十市 勉 ドイツの脱原子力政策と日本への教訓(2012)

⁷ feed-in-tariffs (フィード・イン・タリフ: 固定価格買い取り補償制度)

第2項 寒冷地フィンランド事情

フィンランドは、脱原発が各国で進む中、今の段階では原発推進を選択し、既存の原子力発電4基から、あらたに3基の原子炉を建設・稼働しようとしている。

2003年12月、TVO社が同国5基目の原子炉としてアレバ社のEPR（160万kW級PWR）を選定し、オルキオト3号機として2005年12月に着工した（計画遅延により2014年以降運転開始の見込）。2010年7月には、議会がTVO社とフェンノボイマ社の新規建設（各1基）を承認した。それを受け、TVO社は、2012年3月にオルキオト4号機建設の入札手続きを開始し、入札は2013年初めに行われる予定。また、フェンノボイマ社は2012年1月にピュハヨキ1号機建設の入札を行い、現在、炉型を選定している状況。

3.11の福島第一原子力発電所の爆発事故を受け、安全点検を実施したが、フィンランド政府は、原子炉の増設政策に対して、考え方を変えなかった。それ支えるものは、南西部にあるオルキオト原子力発電所近くで建設が進む世界初の巨大な最終処分場、通称オンカロと呼ばれる施設で、この施設は18億年間変動しない地盤に築かれている。

掘り進んだ地下500m⁸の場所に、キャスク⁸という特殊容器に閉じ込められた産業廃棄物を埋めていく。2020年に操業を始め、2100年代に処分容量の限度になったら、コンクリートで埋め戻し蓋をする。

原子力発電所の稼働から最終処分まで、人類が初めて実現する「核燃料サイクル」である。しかし、放射性廃棄物が無害に近い状態になるまでには、10万～25万年を要する。

フィンランドは、いずれ再生可能エネルギーへシフトしていく考えも持っている。



図 3-17 キャスク

⁸ 放射性物質の輸送容器の名称

第3項 ベルギーの脱原発法案⁹

ベルギーでは、2003年1月、脱原発法案が成立し、これに基づき、国内7基の原子炉は、建設から40年を経たものから順次閉鎖する予定となった。一方2008年3月に発足した前・連立政権時には、専門家による検討を踏まえ、2009年10月に原子炉3基の運転期間を10年延長することを決定する等の動きもみられたが、2011年10月末、新政権設立を目指す政党間で、2003年の脱原発法の基本方針を踏襲すること、運転期間の10年延長は撤回されることで合意された。

2012年7月4日、ベルギー政府は建設から40年を経たものから順次閉鎖との基本方針を踏襲し、ドール1号機、2号機を2015年に廃炉にすることを決定する一方で、国内最古の原子力発電所の一つであるチアンジュ1号機については10年延長(2025年まで運転)することを決定した。

第4項 イタリアの国民投票

イタリアでは、原子力発電の導入を主張していたベルルスコーニ政権が2008年に発足したことにより、再び原子力発電が計画されることとなり、2009年7月、上院で原子力エネルギー再導入に関する法案が承認されていた。

しかし、東京電力(株)福島第一原子力発電所事故を受けて2011年6月に行われた国民投票の結果を踏まえ、原子力の再導入計画は撤回されている。

第5項 104基を抱えるアメリカ

アメリカでは運転中の原子力発電所の基数が104基(合計出力1億632万kW)あり、その規模は世界一で、原子力発電により発電電力量の約20%を賄っていた(2010年)。

また、平均設備利用率が91.0%(2010年)と順調な運転を続けてきた。近年では電力の自由化により競争が激化し、経済性が重視されるようになってきた。運転の効率化が進められた既存の原子力発電所は大量の電力を生産できることから、電力会社にとって貴重な資産と評価されるようになっており、運転期間(認可)の延長が行われてきた。更に、エンタジー社、エクセロン社等が、小規模な原子力発電所所有会社のプラントを買収する等、原子力発電所所有会社の再編が急速に進んできた。

スリーマイル島原子力発電所事故¹⁰以降、30年間新規建設着工が途絶えていたが、エネルギー省は、2002年2月、2010年までに原子力発電所の新規建設を行うことを目的とした「原子力2010」プログラムを発表した。このプログラムに沿って、アメリカの複数の企業

⁹ 「エネルギー白書」2011 経済産業省

¹⁰ 1979年3月28日アメリカ合衆国東北部ペンシルベニア州のスリーマイル島原子力発電所で発生した重大な原子力事故。スリーマイル島(Three Mile Island)の頭文字をとってTMI事故とも略称される。

原子炉冷却材喪失事故に分類され、想定された事故の規模を上回る過酷事故である。国際原子力事象評価尺度(INES)においてレベル5の事例

が原子力発電所の建設に向け、検討を開始した。また、2005年8月に成立した原子力発電所の新規建設を支援するプログラムを含む「2005年エネルギー政策法」に基づいて、建設遅延に対する政府保険、減税、政府による債務保証制度が整備された。

第6項 中国の拡大計画

中国では、16基の原子力発電所が運転中であり、発電電力量の約2%を原子力発電で賄っている（2012年7月末時点。発電電力量シェアのみ2011年時点）。

2007年の原子力発電中長期発展規則では、2020年までに40GWまで拡大する計画とされている。また、2011年3月に安全確保を前提条件としてより効率的な原子力開発を行う方針を示した第12次5カ年計画を採択した。

第7項 台湾のプロジェクト継続

台湾では、6基の原子力発電所が運転中であり、発電電力量の約19%を原子力発電で賄っている（2012年7月末時点。発電電力量シェアのみ2011年時点）。

2005年の「全国エネルギー会議」では、既存の三つのサイトでの原子力発電の運転と現在の建設プロジェクトの継続が確認されたが、それ以降は原子力発電所の新規建設は行わず、既存炉が40年間運転した後、2018～2024年に廃炉するとの方針が示された。

東京電力（株）福島第一原子力発電所事故後も、その方針に変更は無い。

第8項 4基建設中の韓国

韓国では、23基の原子力発電所が運転中であり、発電電力量の約35%を原子力発電で賄っている（2012年7月末時点。発電電力量シェアのみ2011年時点）。

また4基が建設中である。

第9項 電力需要が増大するインド

インドでは、20基の原子力発電所が運転中であるが、原子力発電の比率は発電電力量の約4%になる（2012年7月末時点。発電電力量シェアのみ2011年時点）。電力需要が増大するなか、原子力に対する期待は高まってきた。

2005年7月、米印両国政府は民生用原子力協力に関する合意に至り、2007年7月には両国間の民生用原子力協力協定に関する二国間協定交渉が実質合意に至った。

同協定は、原子力供給国グループ（Nuclear Suppliers Group: NSG）におけるインドへの原子力協力の例外化の決定や国際原子力機関（IAEA）による保障措置協定の承認、米印両国議会による承認等を経て、2008年10月に発効した。この原子力供給国グループによる例外化の決定以来、インドは、アメリカの他、ロシア、フランス、カザフスタン、ナミビア、アルゼンチン、カナダ、英国、韓国といった国々と民生分野で原子力協力協定を締結している。

また、東京電力(株)福島第一原子力発電所事故以降も、電力需給の逼迫が続くインドでは、原子力発電の利用を拡大するとの方針に変化は見られない。

第10項 ベトナムの原発開発計画と日本

ベトナム政府が2011年までに発表している電力マスター・プランによると、ベトナム国内の電力需要は2005年から20年までの間で年率10%増加し続け、電力供給は逼迫するとされている。ベトナム政府は、現在、総発電量の3割以上を占める水力発電は建設可能な水域が少なくなり、火力発電は資源価格の高騰や二酸化炭素排出の問題を考慮すると増設は困難となっていると分析している。

そのため、ベトナム政府は2010年6月、2030年までに原子力発電所を8カ所、計14基（計1500万～1600万キロワット）建設・稼働するとした原発開発方針を承認した。

既に同国会が承認済みの投資計画では、ニントゥアン省の2カ所に2基ずつ、計4基（計400万キロワット）が建設予定となっている。同国初の原発となる予定のフォック・ディン地区の2基はロシアへの発注が決まっている（2014年着工、2020年の稼働予定）。また残るビンハイ地区の2基は同年10月31日の日越首脳会談で日本へ発注されることが決まった。

日本政府は、パッケージインフラ輸出の一環としてベトナムへの原発輸出を強力に推進してきた。

第11項 11基を建設中のロシア

ロシアでは1986年のチェルノブイリ原子力発電所事故¹¹以降、新規建設が途絶えていたが、積極的に推進するようになり、2001年に新たな原子力発電所が運転を開始、2010年現在28基を運転中、11基を建設中。

ロシア政府は、総発電電力量に占める原子力発電の割合を2030年までに25%に拡大することを目指しており、2006年7月に発表した連邦特別プログラム「2007年から2010年までのロシア原子力産業コンプレックスの発展及び2015年までの展望」では、2013年から毎年2基ずつのペースで運転開始する計画が示された。しかしその後、2008年9月、ロシア政府は新たな連邦政府令「連邦プログラム 長期展望（2009年から2015年）」に基づく国営公社『ロスアトム』の活動を承認し、2006年決定の連邦特別プログラムは2009年1月をもって停止されるとともに、2008年9月政府令が施行された。

¹¹ 1986年4月26日1時23分（モスクワ時間 ※UTC+3）にソビエト連邦（現：ウクライナ）のチェルノブイリ原子力発電所4号炉で起きた原子力事故。後に決められた国際原子力事象評価尺度（INES）において最悪のレベル7（深刻な事故）に分類される事故。

保守点検のため前日より原子炉停止作業中であった4号炉（出力100万kW、1983年12月運転開始）で、急激な出力上昇をもたらす暴走事故が発生し爆発に至った。

爆発とそれに引き続いた火災にともない、大量の放射能放出が継続した。最初の放射能雲は西から北西方向に流され、ベラルーシ南部を通過しバルト海へ向かった。4月27日には海を越えたスウェーデンで放射能が検出され、これをきっかけに28日ソ連政府は事故発生公表を余儀なくされた。

現時点ではそれ以降の新たな修正プログラムの提出、及び政府承認に関する情報は確認されていない。また、2006年1月、プーチン大統領は、核燃料サイクルサービスを提供する「国際センター」設立構想を発表したが、これはウラン濃縮及び再処理に関する機微技術及び施設を自前で保有することを断念した国に対し、国際センターがIAEAの管理下で、無差別かつ合理的な商業条件で、濃縮及び再処理のサービスを提供するものであった。2010年3月、IAEAとの間で、この核燃料国際センター計画が正式に承認された。

更に、国内の原子力産業の再編も進めており、2007年12月には、プーチン大統領が「ロスアトム原子力国営公社設置法」に署名すると共に、同年3月には連邦原子力庁「ロスアトム」を廃止し、原子力国営公社「ロスアトム」に移転する命令に署名をした。この結果、ウラン探鉱・採掘、燃料加工、発電、国内外での原子炉建設等民生原子力利用に関して国が経営権を完全に握っていたアトムエネルギープロム（2007年2月設立）はロスアトム社の傘下に入ることになった。

2011年3月、ロスアトム社キリエニコ総裁及びシュマトコ エネルギー大臣は、東京電力（株）福島第一原子力発電所事故の如何に関わらず、原発開発をスローダウンする意向はないと表明している。

第4章 発電用ベストミックスを考える

火力発電に使用される燃料は何万年もかけて生成してきた化石燃料(天然ガス・石炭・石油)である。千年後、2千年後のエネルギーはどうなるだろうかという疑問、問題意識を元に、現実的な20年後、30年後、100年後について、議論、検討が重ねられている。具体的な方策でベストミックスを、学生である我々の現在の知識と判断にもとづき検討する。

第1節 時間軸での考察

第1項 2030年では

日本国内の各原子力発電所の寿命を元に、資産の合理的な運用を考慮した比率として、原子力発電を18%とする。

再生可能エネルギーについては、水力を含むが、実験段階の新エネルギーの実用性評価、建造期間を勘案しても現在の倍は困難と判断し、20%⇒37%とする。

火力については、原子力と再生可能エネルギーの合理的な配分から導き出され、45%となる。

エネルギー構成比

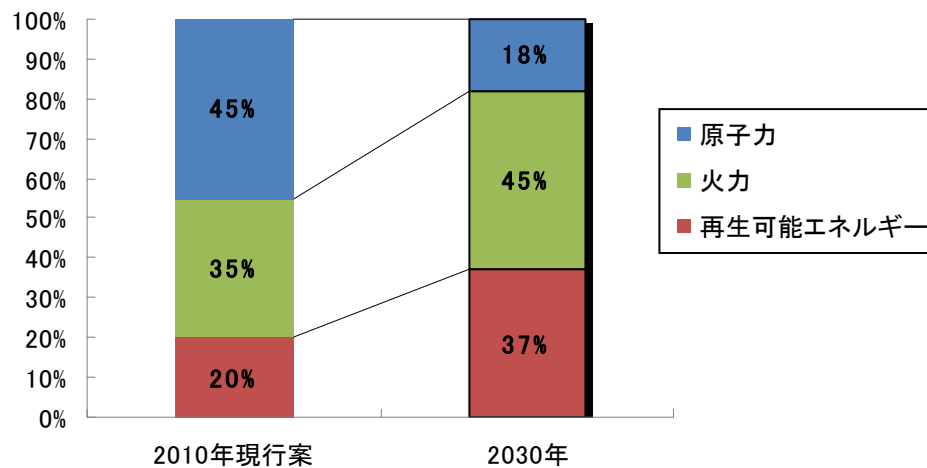


図 4-1 2030年 エネルギー構成比

第2項 2050年では

2030年は、現実的、合理的な側面からの算出であったのに対し、2050年は、我々世代の負の遺産を如何に排除するか理念から、再生可能エネルギーを主力とする配分になる。ここで、原子力発電が10%となっているのは、新たな建設を意味するものである。アジア近隣諸国の保有とのバランス、日本の原子力発電技術の指導的な立場との折り合いで、地理的に不利な立地において、次世代レベルの安全性を備えた機能を有するものである。

エネルギー構成比

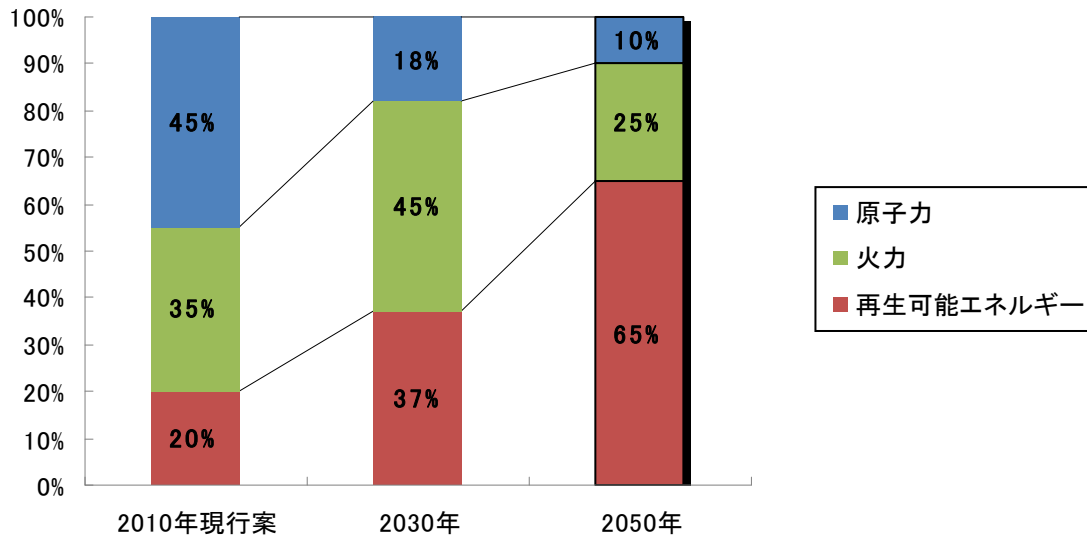


図 4-2 2050年 エネルギー構成比

第3項 2100年では

2050年に比べ原子力発電が5%となっているのは、アジア近隣諸国の保有バランス、原子力技術の維持発展を目論むものであり、今解決できない技術的問題点の克服も将来技術に期待する。再生可能エネルギー技術はこれからも研究が進み発展すると考える。

再生可能エネルギーが75%占め、地球温暖化、化石燃料対策など、将来の子孫の為にも理想的な電力構成比である。

エネルギー構成比

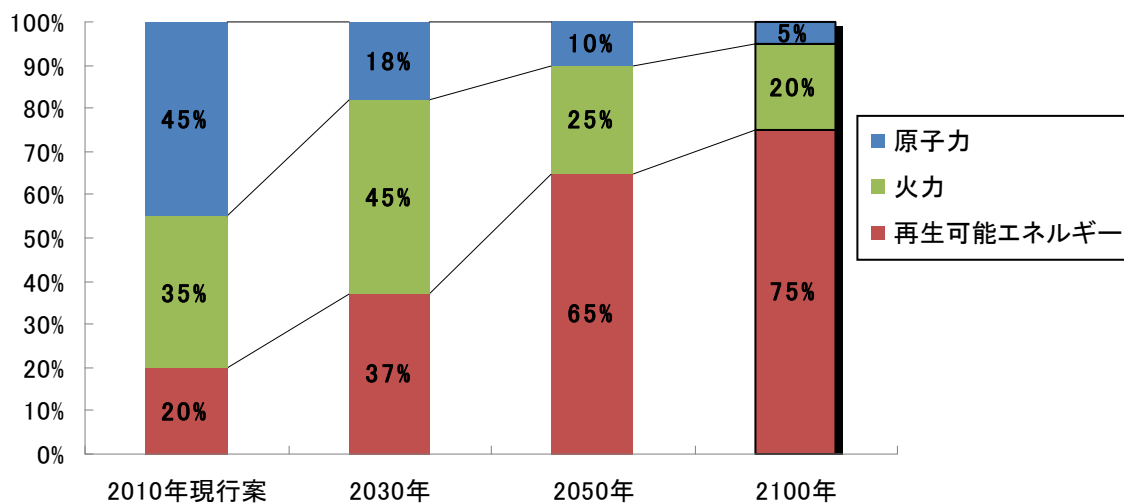


図 4-3 2100年 エネルギー構成比

第2節 地域別考慮

本節では、再生可能エネルギーのベストミックスを気象条件、地理的条件の制約などの、地域軸毎の視点から検討する。

第1項 地方農村部の場合のベストミックス

都市部と比較し、農村、沿岸部など地方では、比較的土壌などが空いているため、大型発電所が建てやすいほか、地域特有の産業を活かした発電方法を利用することができる。

林業、畜産業、農業など、地場産業から出た、廃棄物などを利用し、バイオマス発電や、空いたスペースでメガソーラーや、地熱発電などを行い、蓄電池と併用しITで電力をコントロールし賢く使うことにより再生可能エネルギーの活用が期待出来る。

第2項 都市部の場合のベストミックス

都市では、大型発電設備の立地は難しいため、限られたスペースで発電することが必要である。

清掃工場におけるゴミ発電や、学校、公共施設、物流センター、工場、住宅スペースの屋根などを活用し太陽光発電や小型風力を取り付け、蓄電池と併用し、ITのシステム制御によって、電力を賢く使うことにより実現可能である。

第3項 山間部の場合のベストミックス

山間部では、豊富な水資源、高低差を生かした水力発電を行い、また、丘陵部は平野部と比べ平地が少ないため、風力発電所が設置しやすい。ただし、森林資源との共存について懸念が示されて議論となっていることは留意する必要がある。

山の傾斜を活かし発電した電力と、風力で発電した電力を、蓄電池とITを組み合わせ使用することで、持続可能な社会づくりを行なうことが可能である。

第4項 沿岸部の場合のベストミックス

沿岸部では、海洋資源や風や太陽の力を利用し発電することが可能である。

海洋資源として、潮力発電、波力発電、海洋温度差発電、塩分濃度差発電、海流発電を行い、また風を活かし、洋上風力発電、陸上風力発電を使用、太陽光発電と蓄電池を併用することで、持続可能な社会づくりが可能である。

第5項 離島部の場合のベストミックス

離島部では、電力供給が孤立しており、その場所だけで、持続可能な社会をつくる必要がある。風力や、太陽光などの発電方法を用いて、地場産業で出た廃棄物や、畜産からの

糞尿を利用しバイオマス発電を利用し、蓄電池と併用し、ITで電力を賢く使い、持続可能な社会を作りが可能である。

第6項 海外：熱帯地域、寒冷地域、砂漠地帯

地域軸の概念を、日本だけでなく地球規模の広い範囲で、さらに極端な気象条件を加味し、検討する。

④

②①熱帯地域

熱帯雨林地域は、一年中熱帯収束帯（赤道低圧帯）の影響を受けるため、年間を通して降水量が多い。また太陽高度が年間を通して高いため気温は年中高く年較差が少ない。気温が高いため蒸発量が多く、湿度が高い。

この特徴を活かし、温度差発電、小規模水力発電が適している。

③②寒冷地域

寒冷地域は、冬季には、多くの雪が降り、そして針葉樹などの木々が生い茂る。

この特徴を活かし、コージェネ型火力発電、水力発電、木質バイオマス発電熱利用、雪利用温度差発電を行なうことができる。

天然ガス資源が豊富なロシアからのパイプライン網で火力発電が期待される。

風力発電は凍結だけでなく、メンテナンス面からも適さない。

北極圏に位置しており、夏でも気温が低い、寒冷の国であるフィンランドでは、暖房器具の使用率が高く、熱併給発電(CHP)の占める高い割合で、総発電量の30%である。一人当たりの電力消費量は、約16,000kWhであり、EU域内で最も高い。国内のエネルギー資源が不足しており、バイオエネルギー・泥炭・水力で全体の30%強、残りはすべて輸入エネルギーに頼っている。

④③砂漠地帯

一年を通して、雨量が少なく、日中は、太陽が降りそいでおり、ほぼ快晴の日が多い。

その特徴を活かし、太陽光発電、太陽熱発電を使った発電方法を利用し、電気を供給することで持続可能な社会づくりにつなげたい。

既に、モンゴルのゴビ砂漠をアジアの太陽光発電プラントとして、インド、中国、極東ロシア、日本まで電力融通を図るアジアスーパーグリッド構想¹²を、孫正義が唱えている。

¹² (2012)公益財団法人 自然エネルギー財団

第5章 私たちの仮説

第1節 時間軸でのベストミックス

第4章での考察にあるとおり、既存の設備、経営資源の経済的寿命を考慮した、2030年、技術的克服課題に挑戦する2050年、そして、次世代、将来に向けて理想的なベストミックスの2100年を具体的な比率で仮説とする。

エネルギー構成比

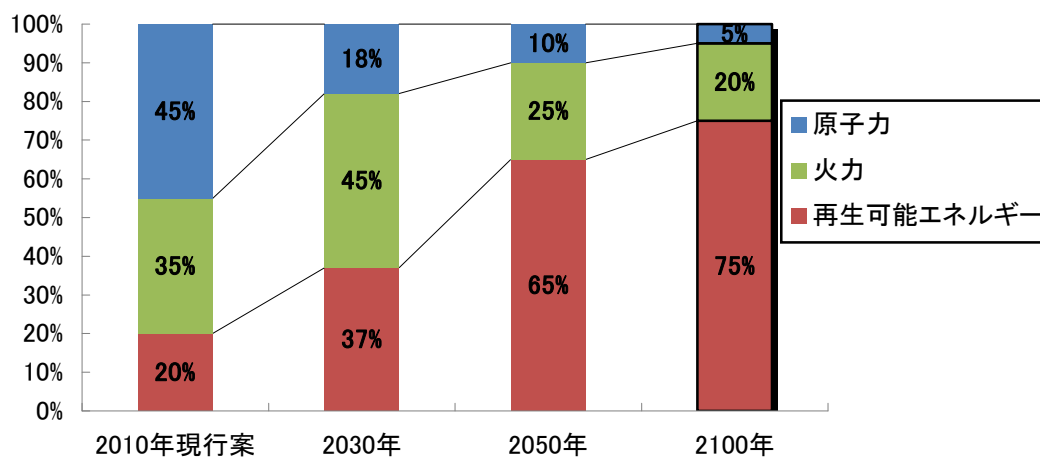


図 5-1 22世紀に向けたベストミックス

第2節 地域特性を活かしたベストミックスとは

地域特性を活かしたエネルギーのベストミックスを考えると、それぞれの地域の特色・地場産業を活かし、それを有効利用し、発電につなげる事が大切である。

従来の電力供給モデルでは、地方にある大型発電所から、電力を大量に、都市やそれぞれの需要先に送っていた。しかし、それは、発電コスト・効率性の面で有効であったが、3.11の震災によって、脆弱性が明らかになった。

これからは、それぞれの、村、町、県の単位にわけられた中小型分散型の発電によって、電力を供給することが必要である。そして、私達の身近な場所で発電することで、供給側や需要先も電力に対し、責任と参画意識を持つことになる。

第3節 技術立国としての今後の立ち位置

戦後、原子爆弾の被爆国、平和利用、最先端技術の習得という位置づけで、日本はアメリカから原子力発電技術を導入した。

しかし、米国、スリーマイル島での原発事故以来、米国での原子力発電の新設は停止し、その後の30年間の間に、日本の日立、東芝、三菱の3社が原子力発電の世界の最大手と提携し、日米原子力共同体として、日本が原子力産業の中心になった。

※提携の構図

- ・日立+ゼネラル・エレクトリック（米）……………戦略的提携
- ・東芝+ウェスチングハウス（米）……………東芝が買収
- ・三菱重工+アレバ（仏）……………技術提携

事実上、この三つの連合だけであり、言い換えれば、全部日本が押さえている。

今、米国は原発を約三十基建造計画があるが、日本の手を借りなければならない。

ドイツが「ふたたび原発を」といっても頼みにできるのも日本であり、これからは日本の三社が中心になって世界中の原発をつくる状況が続くものと思われる。

中国の原発にしても日本の技術を借りなければならない。またパイプライン系においても、その技術をもっているのは新日鉄と住友金属に限られる。

原子炉圧力容器においては、日本製鋼所が世界のシェアの八割を占めている。

日本の技術抜きに原子力産業は動かないのが現状である。

このことを踏まえると、日本の技術力は世界で通用するものであるということがわかる。

明治維新で国を開いてから、近代社会に入り近代工業の時代になると、石炭が必要になり、その後は石油が必要になった。

それが自給できないために日本はずいぶん苦しんできた。

原子力の時代に入って、ようやく日本は世界のトップを切ってエネルギー問題の解決に向かう立ち位置となり、福島第一原子力発電所事故の教訓を生かした次の次元の技術開発を世界中が注目している。

一方、資源を輸入に依存する日本の立場として、安定的な経済発展を継続する為には、上述の原子力発電技術だけでなくエネルギー全般にわたり、安全で効率的な手法、製造方法を広く研究開発を実施し、世界のリーダーとならなければならない。

第6章 先行研究、フィールドワーク

第1節 エネルギー自給化

エネルギー自給化を推進している海外の事例を以下の通り述べる。

第1項 デンマークにおけるエネルギー100%自給化の事例¹³

北欧デンマークのサムソ島は、2002年に再生可能エネルギー100%自給を果たした。また、熱の供給においても65%が再生可能エネルギーでまかなわれ、その中心はバイオマスエネルギーを熱源とする地域暖房システムである。

1. サムソ島の概況

主要産業は、農業と観光で、面積144km²、人口4000人、1997年に再生可能エネルギーのモデル地域に選定された。

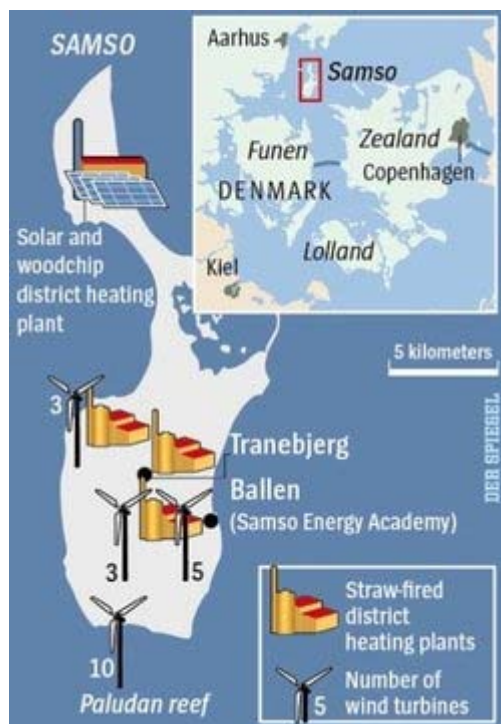


図 6-1 サムソ島のエネルギー施設

2. デンマークのエネルギー政策

欧州の中でも環境先進国であるデンマーク政府は、2025年度までに再生可能エネルギーの割合を28.5%まで段階的に引き上げる計画を打ち出した。

¹³ 八木一成(2008)「小規模地域におけるエネルギーおよび食料自給についての考察」

原子力発電を持たず、石炭、天然ガスを中心とした火力発電と風力、バイオマスを中心とした再生可能エネルギーで構成されている。地域暖房は、バイオマス、天然ガス、石炭を燃料とした熱電併給で、温水、スチームを循環させているのが特徴であり、バイオマスが 38.2%で筆頭となる。

3. 取り組み

(ア) 熱供給

太陽光温水パネル、木質ペレット、間伐材を用いた暖炉、ヒートポンプを使用し、石油と電力は使用しない。



図 6-2 サムソ島の太陽電池

(イ) 電力供給

陸上設置の 1MW、洋上の 2.3MW10 基、11 基の風力発電機がある。風力での電力供給は安定性に欠けるが、街全体でエネルギー効率化を進めるエコシティの開発や、蓄電池としての電気自動車 (EV) の利用、消費者が使用電力の数値をリアルタイムで把握できるスマートメーターの設置や高機能化で補完している。

4. 方法・方策

(ア) 目標設定

1997 年に再生可能エネルギー導入が決定した時点からデンマークの中でも特別な存在となり、住民には日常生活の中に導入する明確な目標が提示された。

(イ) 合意形成

トップダウンではあるが、最もふさわしいエネルギーを住民の意思で選択する方法が取られた。新規住宅には義務付けられたが、既設住宅に関しては、住民の意思が尊重されている。個別暖房に関しても、住民側で最適な暖炉を選ぶ方式とした。

また、早期契約者、既設契約者それぞれの補助金を設定し経済的な動機付けも実施している。

5. 実績

(ア) 地域暖房 60% (藁：ライ麦、小麦)

(イ) 個別暖房 40% (暖炉、ペレットストーブ、太陽光温水器、他)

(ウ) 電力供給：先の洋上、陸上 21 基の風力発電により、379TJ¹⁴を発電し、島内の電力需要を満たしている。

藁 1 トンあたり 87~107US ドルで取引され、穀物生産として、食料供給とエネルギー供給の双方を担っている。

風力発電においては、陸上に対して洋上の方が 3 割効率良いとされるが、建設費用も高額となっている。



図 6-3 サムソ島の洋上風力発電

6. 総括

デンマークは、酪農と穀物生産を中心とした農業国であり、国内消費量¹⁵を 1 としたときの生産量は、穀物で 12.7、肉で 3.5、牛乳で 3.6 である。食糧生産で生じる農業残渣を処理する方法としてバイオマスの利用を進めてきた。

このことは現在、世界的な傾向として見られるエネルギーを目的とした作物の生産とは動機が異なる。

この事例を日本に適用する事はできないが、特定地域に特化した場合は参考となると考える。

¹⁴ TJ T : 10 の 12 乗、J : KWh

¹⁵ 国際連合食糧農業機関

第2項 オーストラリアの自家発電フローティングアイランド

オーストラリアの会社によって設計された、Osros フローティングアイランドは、風力エネルギー・システムによって動力が供給された「自律の電源に基づいたエネルギー・システム」である。さらにソーラーパネルの120以上m²を特色とする。

また、海水からの熱回収は、暖房とエアコンディショニングに使用される。

12人の居住者および4人の職員のためのスペースと共に、6室の寝室を有する。

金額は約3100万ポンド。



図 6-4 Osros フローティングアイランド

本事例は、条件が制約される離島での自給化エネルギーとして、実用化された事例である。送電設備、設置工事、維持の面からは開放される。

気象条件に左右されやすい風力と太陽光の依存度が懸念されるが、蓄電機能との併用で安定化を図る必要があると考える。

第2節 外部セミナー・学会

第1項 「風力発電が日本のエネルギーの一翼を担うために」

・・・そして、愛される風車になるために

会場：首都大学東京 秋葉原サテライトキャンパス

日程：2012年5月11日(金)

講師：斉藤純夫氏 ウィンドコネクト株式会社¹⁶ 代表

参加：矢内、勝山

引率：菅野先生

■ 概要

風力発電はデンマークやドイツでは地域のエネルギーと認識され、農家が農地の一角に風車を建設して農業をやりながら、売電事業で収益も得ている。

自然エネルギー、風力エネルギーは地域のエネルギー、地域住民、地元企業が主役になれば、環境も経済もきつとうまくいく。

日本では大手風力事業者、開発業者の乱開発が目立ち、そこには地域に幸福をももたらしていない現実もある。これからは、地域が主役となり、地域だけで風車が建設できる仕組みづくりをやりたい。また、大手風力事業者も開発では地域と共に進めるような形を作り出し、共に栄えていく。それが目標である。

これまでの原発や大規模火力発電所に見られる、地域に何かを押し付ける構図、一箇所に巨大な発電所を集約する。このモデルは非常に問題が多いことが3.11の東日本大震災、そして原発の事故で明白になった。

風力発電を含む自然エネルギーはまだ未熟で、ポテンシャルは十分にある。その自然エネルギーを健全に、誰からも喜ばれる形で、そして、エネルギーの一翼を担う、そんな形を創り上げる、その一助になることを目標とする。

■ 所感

「建てる」ことに重点を置いた風力発電ではなく、事前に入念な調査や解析・シミュレーションが行われ、メンテナンスの体制を整える、つまり「建てる」ことより「動かす」ことに重点を置いた建設計画を立てれば、風力発電事業は成功すると考察できる。今後、落雷、強風での設備被災面での強化、発電効率向上を求め、技術力の発展が必要と考える。

¹⁶ 自然エネルギー、特に風力発電事業の支援を専門とするコンサルティング&後方支援会社

第2項 「電力システムのスマート化を支えるパワーエレクトロニクス技術の新展開」

会場：東京大学 本郷キャンパス 工学部2号館4階 241 講義室

日程：2012年7月4日(水) 16:30～18:30

講師：高崎昌洋 氏 高木喜久雄 氏 豆谷幸弘 氏

参加：矢内

■概要

電力の発生から消費にいたる様々な場面において、効率、安定性、利便性などの向上に不可欠の技術であり、電力システムのいっそうのスマート化を支える技術として期待されている「パワーエレクトロニクス」をテーマとし、170名を超える参加者を交えての講演・議論と懇談会が開催された。

電力中央研究所からは、システムの観点からパワーエレクトロニクス応用のコア技術についての解説の後、電力流通分野での応用の最新動向、東芝からは、ネットワーク側の柔軟な運用を実現する FACTS、再生可能エネルギーの導入を促進するスマートグリッドなどを支えるパワーエレクトロニクス機器の開発動向について解説された。

中部電力からは、まもなく供用を開始する STATCOM をはじめ、東西を連系する周波数変換設備など、電力システムへの適用が進むパワーエレクトロニクス機器の導入事例とその効果などをユティリティーの立場から紹介された。

■所感

講演を聴講して、スマートグリッドを支えるパワーエレクトロニクス実情について等、各立場の現場の方々の意見を聴き、海外の実例や日本で行った実証結果から、スマートグリッドを進める上での問題点などについて考察した。

第3項 「日立イノベーションフォーラム 2012」

会場：東京国際フォーラム

日程：2012年7月19日(木)・20日(金)

講師：稲垣征司氏 岩村一昭氏 鶴貝満男氏 水上潔氏 丸山幸伸氏

参加：矢内、新部

講演1：スマートシティ実現に向けた離島型スマートグリッドへの取り組み

ハワイマウイ島のスマートグリッド実証 EV を活用した離島型スマートグリッド

稲垣 征司

概要：ハワイマウイ島の実証から、再生可能エネルギーからの電力供給は、不安定性の可能性があり、電力を蓄えるという点で EV を使用し電力を賢く使う方法について聴講した。

講演2：スマートシティにおける都市・生活インフラ連携

社会システムコーディネーターに期待される役割と効果

岩村一昭

概要：スマートシティにおいて、多岐にわたる都市・生活インフラが利用可能となるが、エネルギー、水、交通、医療などのインフラは相互に関係するため、個々に考えるのは無駄が発生するので、これを一貫し、社会システムコーディネーター(SSC)と呼ぶ新しい都市運営者がインフラを連携させ、地域内の利用効率向上を図るとともに、生活者のライフスタイルと利用要望に合わせた都市・生活インフラの提供を行う。インフラ連携に期待される SSC の役割と効果を聴講した。

講演3：スマートシティを実現するエネルギーマネジメント

供給側と需要側の行う六ヶ所村スマートグリッド実証実験

鶴貝 満男

概要：六ヶ所村の実証から、再生可能エネルギーを最大に活用するために、供給側と需要側を IT により制御し、電力を賢く使用することについて聴講した。

講演4：スマートシティ実現に向けたスマートハウス標準化の取り組み

スマートハウス・コミュニティの市場創りに向けて

水上 潔

概要：家庭という需要家のエネルギーの使用を賢くコントロールするシステム HEMS を標準化するためにはどうすべきかなどについて聴講した。

講演5：スマートシティを創る～人間中心のビジョンデザイン～

丸山幸伸

概要：急速な都市化や資源・環境問題が世界規模で深刻化している。また、日本は、グローバル化や少子高齢化が進む中、多様化するお互いの価値観を理解し、支え合い、社会課題を解決し協力するコミュニティ作りが求められている。

真に望まれるインフラ構築を行うために、日立が開発した未来洞察手法や、将来生活者の価値観変化の観点をまとめた 25 のきざしなど、人間中心のビジョンデザインに関する取り組みについて聴講した。



図 6-5 日立の考える都市マネジメントインフラ

第3節 フィールドワーク調査

第1項 岩手県葛巻町¹⁷

地域の特色を生かした取り組みであり、早い段階から「クリーンエネルギーの町」を掲げて取り組みを進め再生可能エネルギーを利用し、エネルギー自給率(カロリーベース)が100%以上ということで、全国から注目されている岩手県葛巻で、山間部型事例のひとつとして、2012年8月6日から8日の3日間現地調査を行った。

葛巻町は、人口:7,770人(H21年4月)、牛の頭数:11,000頭(乳牛約10,000頭、肉牛約1,000頭)「東北一の酪農郷」とも呼ばれている。面積:435k㎡(森林86%)平均気温:8℃ 基幹産業:酪農(明治25年～)、林業(カマツ集成材)、農業(ワイン)、観光客数19万人(H11)から53万人(H22)に増加、再生可能エネルギー導入効果もある。平成7年(1995)に「自然と共に豊かに生きる町」を宣言し、温室効果ガスの排出規制、町議会メンバーらによる海外視察(デンマークの「風の学校」)を行い、新エネルギービジョン、自然と人間との共生「天と地と人のめぐみを活かして」を掲げ、積極的に再生可能エネルギーの導入を推進してきた。

フィールドワークの目的は、以下の3つである。

- ①岩手県葛巻町の再生可能エネルギー稼働の現地視察を通じて、伝聞情報だけではなく自らの目を見て、現場で体感すること。
 - ②稼働している再生可能エネルギー施設を直接訪問し、インタビューし、体感し、現状について認識を深めるとともに、課題や問題点についても考え、今後の展望を探ること。
 - ③中小規模、参加型の発電施設を見学すること。
- 以上の三つを独自の学生視点で、体験することであった。

訪問地は、グリーンパワーくずまき風力発電・森のこだま館・老人介護施設アットホーム葛巻・葛巻林業・森のそば処・エコ・ワールドくずまき風力発電・木質バイオマス・ガス化発電設備・バイオガスプラント・ゼロエネルギー循環住宅・葛巻中学校の10の施設で、各々訪問し、直接生の声を聞くことができた。

¹⁷ 岩手県の中部に位置する岩手郡に所在する町。「北緯40度 ミルクとワインとクリーンエネルギーのまち・葛巻町」。町内に散在する牧場・農場を活用したグリーンツーリズム、山ぶどうを原料とした「くずまきワイン」の生産、風力発電(風車15基)・太陽光発電(例:葛巻町立葛巻中学校・電力自給率100%以上)・バイオマス発電(バイオガス)などの新エネルギー発電で、180%以上の電力自給率(カロリーベース)をもつ。

① グリーンパワーくずまき(風力発電)

場所: 葛巻町役場から車で山道を約 30 分(岩手県岩手郡葛巻町上外川区)

発電所の概要: 基数: 12 基 発電所出力: 21,000kw(1,750kw/基×12 基)、工事費: 約 47 億円、年間発電電力: 約 5,400 万 kwh(一般家庭約 1 万 6 千世帯分葛巻町の年間消費電力量の約 2 倍相当)

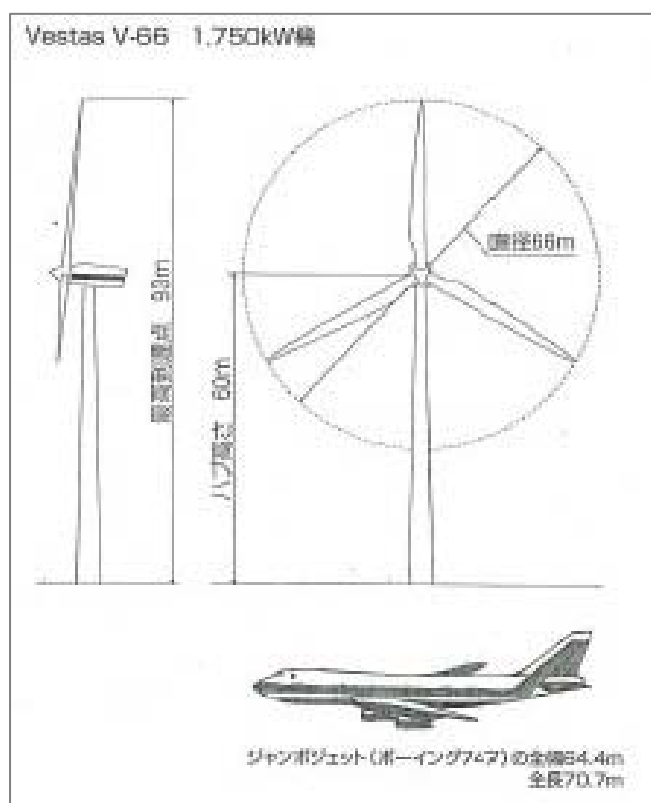


図 6-6 風力発電サイズ

グリーンパワーくずまき計画の特色は四つあり、①1 基あたりの発電機出力 1,750kw の大型発電機の採用 ②山岳高地(1,000m 超)での大規模風力発電 ③風況シミュレーション技術を適用した風車の適正配置 ④牧場経営との共存 である。

グリーンパワーくずまきを調査した所感は、自然と共存する風車だということである。なぜなら、1750kw/基の大きな風車の近くには牛が放牧されている。さらに、風車の周りには森があり、鷹の狩場になっている。案内して下さった市役所環境課の方によると「風車を設置してから風車の影響により動物、鳥が死んだとの連絡は、入っていない」とのことである。自然と発電施設が共存する事例を調査することができた。

② 森のこだま館(チップボイラーと薪・ペレットストーブ)

チップボイラー

ここでは、チップを燃やし、出た熱で湯を沸かし店内全体にめぐらせたパイプに沸かした湯を循環させることにより、部屋を温めている。チップは木質チップを使っている。燃焼して発生する二酸化炭素は、生長している森林の光合成の働きにより、吸収され循環する。チップボイラーは木質バイオマス的一种で、再生エネルギーである。

木質バイオマスの利点は、以下の三つ

- ① 化石燃料に替え使用することにより、CO²発生量を抑え地球温暖化の防止、化石燃料の枯渇の防止につながる。
- ② 継続的な燃料需要は、材料供給のため間伐材の伐採などの森林作業を普及させ、森林の循環利用を促進させることができ、さらに雇用も生むことができる。
- ③ 地域の自前エネルギーであるため、石油価格の変動に左右されず、地域経済の活性化も高めることが可能である。

館内には、「図6-7」のような放熱板が随所に設置されており、この筒のなかに沸騰した湯が循環しており、館内全体を温めている。



図 6-7 館内暖房

表 6-1 チップボイラー概要

使用燃料	葛巻林業 ARAWOOD
暖房出力	18.6kw~50kw
燃料消費量	5.9kg/h~13.9kg/h
保有水量	105L
電熱面積	1.55 m ²
重量	350kg
ボイラー効率	66%以上
導入経費	1842 万円(1/2 補助:林野庁「森林・林業・木材産業交付金」)
ペレット使用量	約 38 トン/年

薪・ペレットストーブ

字の通り、薪のストーブである。電気は使わず、薪又は木質ペレット・チップを燃やし部屋を温めることができる。

初期投資がかかるため、導入には悩んだという。東日本大震災時、電気が使えないときこの薪・ペレットストーブが非常に役に立った。

森のこだま館を調査した所感は、自然と共に住む館である。近くに森林があり、材料の木質ペレットが安価なため出来ることであるが、チップボイラー、薪ストーブを使うことで、①環境に優しい②雇用を生む③電気代が安いなどの利点がある。改善点として、初期投資の費用がかかってしまうことだ。このシステムを普及させるには、初期投資を抑え、安全性を高めていくことが大切であると考ええる。

③ 老人介護施設アットホームくずまき(太陽光発電と木質ペレットボイラー)

太陽光発電フィールドテスト事業

表 6-2 太陽光発電概要

設備内容	20kw
事業費	2,805 万円
補助金	1,402 万円

表 6-3 木質ペレットボイラー設備導入事業

設備内容	500,000k1c × 2基
事業費	4,000万円
補助金	2,000万円

上記で説明した「森のこだま館」と同じ仕組みのチップボイラーを使用している。このチップボイラーは灰が出る。(木質の質により灰が出ないものもある。灰まで燃やし尽くす)福島第一原発事故によって残留放射能に対する基準や調査が厳しくなる前は灰を畑にまくなど、肥料として使っていたため循環していた。今は灰を業者に引き取ってもらっている。

チップボイラーで入れる風呂は、利用者への聞き取り調査によると「五右衛門風呂みたい」と親しまれている。

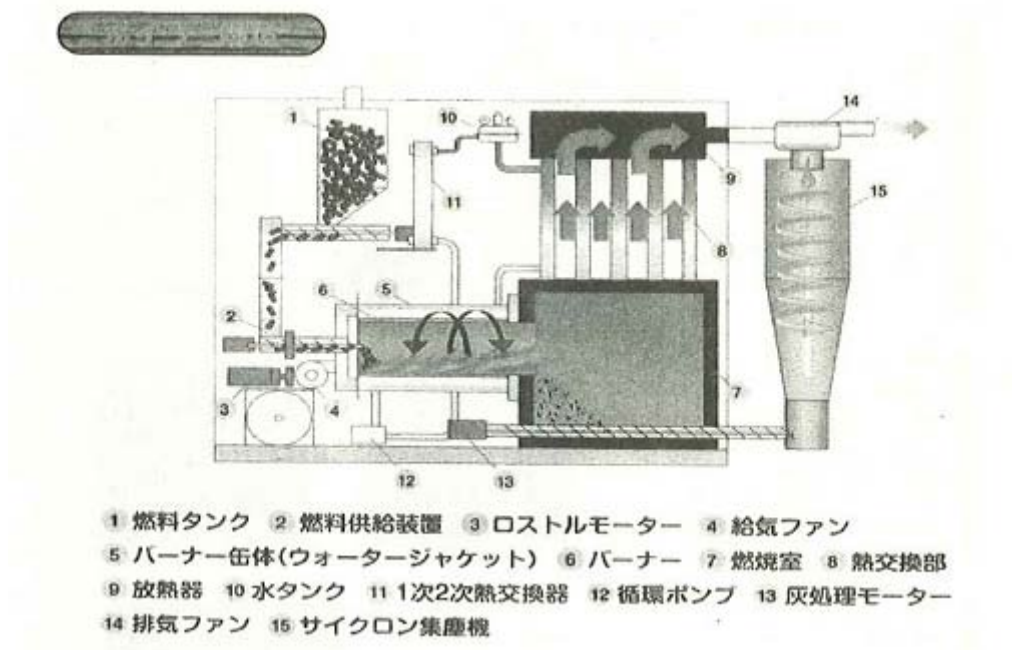


図 6-8 チップボイラー

老人介護施設アットホームくずまきを調査した所感は、森のこだま館と同じチップボイラーを使用していることから同じことが言える。太陽光発電は日照時間が計算され、太陽光パネル設置されていた。施設周辺の民家の屋根にも確認することができた。太陽光発電が落雷によりパネルが数枚壊れていた。改善点として、修理などのサポートを手厚くすることが求められる。

④ 葛巻林業(木質ペレット作成)

木質ペレット作成

日本で現在3社が木質ペレットを製造している。そのうちの1社が葛巻林業。

岩手県は北海道に次ぐ製紙用チップの生産県で、主力商品はチップである。広葉樹からチップを製造する過程で、大量の樹皮が出る。一日に600t 樹皮を処理している。燃焼するのではなく、経費をカットするため樹皮(バーク)を固めてペレットを作ったのが最初である。

木質ペレット燃料は固形燃料でありながら、灯油と同等に使用でき、経済性・公害問題では、灯油よりはるかに優れた燃料であり、石油価格が安定した時期でも、確実に普及した。

近年、「地球温暖化対策」、「森林資源の保護活用」、「循環型資源」等の面でさらに注目され、今後も国内各地で、木質ペレットの生産が計画されている。

益々の安定供給が期待され、地産地消、地域のエネルギーとして、石油に変わる燃料としての期待を集めている。



図 6-9 木質ペレット

⑤ 森のそば処

ここは発電ではないが、川の流れを利用し水車を回しそば粉をつくっている。地元の名物として親しまれている。二階ではそば打ち体験も行っており、そば打ちの体験学習などに活用している。

⑥ エコ・ワールドくずまき風力発電(風力発電)

風力発電

標高1,200mの袖山高原には、約700頭の牛が放牧されており、また、葛巻町のシンボルとなった3基の風車がそびえ立ち、さらには、県内第2の河川「馬淵川」の源流があり、

雄大な景色が楽しめる。晴れた日には、展望台から岩手山や姫神山、遠くは八甲田連峰まで見渡すことができ、夕日や雲海なども見ることが出来る。



図 6-10 くずまき風力発電

袖山高原風力発電施設は、第三セクターであるエコ・ワールド風力発電株式会社が事業主体となり、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO¹⁸）の補助金を導入して平成 11 年 6 月に建設された。

表 6-4 袖山高原風力発電施設

設立年月日	平成 10 年 6 月 1 日
所在地	岩手群葛巻町葛巻第 40 地割 57 番地 125
資本金	1,000 万円
株主	葛巻町 エコ・パワー株式市場 協同組合健翔 日本環境企画株式会社

表 6-5 施設概要

メーカー	NEG MICON 社（デンマーク）
機種	M750-400/100 型
風力形式	ストール方式アップウインドウ型
合数	3 基
出力	1200kw(400kW×3 基)
翼直径	31.0m
翼枚数	3 枚
翼回転数	36/24rpm
発電開始風速	約 3m/s
発電停止風速	約 25m/s

¹⁸ NEDO：「独立行政法人通則法」「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法」に基づいて設立された独立行政法人

表 6-6 事業費及び工期等

総事業費	344,042 千円
補助金	163,829 千円 (NEDO)
工期 着工	平成 10 年 10 月 22 日
完成	平成 11 年 6 月 10 月
請負業者	株式会社荏原製作所

⑦ 木質バイオマス・ガス化発電設備(木質バイオマス)

木質バイオマス

直径3センチ四方の木質チップをガス化炉にいれ、ガス化を行い、ガスと熱を抽出するというものである。ここの施設は、一般企業によって木質バイオマス施設が作られ数年稼動したのち、運転を停止している。

⑧ バイオガスプラント(蓄ふんバイオマス)

蓄ふんバイオマス

近年、畜産経営から発生するふん尿に起因する環境問題は、飼養規模が拡大したことや、地域住民の環境保全意識の高まりなどから顕著になってきた。

一方、この家畜排せつ物は、有機物や窒素、リンを多量に含み、土壌改良材や有機性肥料として高い価値がある。「バイオガスシステム」は、家畜排せつ物などを原料に、熱や電力、有機肥料を回収・有効利用できる、リサイクルシステムである。

また、メタンガスを主体とする混合気体であるバイオガスは、コージェネ設備を利用することで電気と温水を同時に取り出すことができる。これら一連の流れをまとめてシステム化したものが「バイオガスプラント」。これで、発電、温水、肥料と、プラント自身の使用するエネルギーを含めて、理想的な循環リサイクルが完成する。

表 6-7 実施事業の概要

事業名	生産振興総合対策（耕畜連携・資源循環総合対策）事業
事業主体	葛巻町
管理主体	社団法人葛巻町畜産開発公社
施工業者	株式会社協和エクシオ 東北支店

表 6-8 施設の概要

建設場所	岩手郡葛巻町葛巻 40-57-125（くずまき高原牧場内）
処理原料	乳牛ふん尿スラリー、生ごみ
施設規模	13 トン／日（乳牛 200 頭）
処理方式	メタン発酵処理、消化液の 80%液肥利用及び 20%の生物処理による浄化
発行方式	湿式、中温発酵
バイオガス利用方式	デュアルフュエルエンジン式コージェネ設備（発電機=37kW）

主な利点

1. 環境保全

大気に環境汚染ガスを放出することなく有機物を分解するので、悪臭の発生が少ない。

2. 良質の有機肥料

ミネラルはそのまま残り、サラッとした即効性の高い液肥として有効利用できる。

3. エネルギー活用

バイオガスを燃料に、発電機、ボイラーで電気、熱エネルギーを回収。

施設内で有効利用できる。

バイオマス消化液の特徴 肥料としての価値

発酵している間、スラリー¹⁹の固形物は微生物によって分解され、炭素分のほとんどの部分はバイオガスに変換される。一方、肥料分に関連する窒素、磷、カリウムの大部分は無機物として分離され、消化液中に溶け込んでいる。



図 6-11 くずまき高原 バイオガスプラント

¹⁹ スラリー【slurry】 粘土を含む濁水のような懸濁液を一般にスラリーまたは泥漿と呼ぶ。鉱業ではパルプともいう。濃厚なものをスラリー、希薄濃度のものをサスペンションに区別することがある。

⑨ ゼロエネルギー循環住宅

表 6-9 循環住宅

事業名	異分野新連携事業（経済産業省）
参加企業	(株)アトム環境工学、(株)藤島建設、 葛巻町森林組合
施設名称	くずまき型ゼロエネルギー住宅
住宅概要	木造 2 階建て 建設面積 56.31 m ² 延べ床面積 94.39 m ²

設備概要

- ① 地中熱ヒートポンプ²⁰ (9.5kw～10.5kw)：冷暖房
- ② 太陽光発電 (3.36kw)：自家発電（余剰売電）
- ③ 太陽熱温水器 (2.87)
- ④ 事業費:総額 22,000 千円

表 6-10 事業費内訳

経済産業省	9,500 千円
(株) 藤島建設	8,000 千円
(社) 葛巻町畜産開発会社	3,500 千円
葛巻町森林組合	500 千円
葛巻町	500 千円

⑩ 葛巻中学校(太陽光発電)

葛巻中学太陽光発電システムは、校舎改築に合わせ設置し、葛巻中学校生徒をはじめ町内全学校の児童生徒はもとより、地域住民に対しても地球環境保全と新エネルギーへの関心を高める努力を重ね、さらに県内外に向けた情報発信をしている。

システムの概要と要途

太陽電池モジュール(パネル)で発生した直接電力をインバーター²¹(変換装置)に集めて

²⁰ ヒートポンプ：熱(Heat)を汲み上げる(Pump)ことから名づけられている通り、温度の低いところから温度の高いところへ熱を移動させる仕組み。

交流電力に変換し、連携保護装置を通して既存の配電設備に接続し、葛巻中学校の昼間に消費する電力に当てるものである。蓄電型ではないため、夜間の電力確保はできない。

確保した電力は校舎等で消費し、さらに余剰分の電力は、売電用の余剰電力メーターを通して電力会社を買ってもらえるシステムとなっている。

表 6-11 葛巻町立葛巻中学校エコスクール事業

所在地	岩手郡葛巻町葛巻第 20 地割 91 番地	
生徒数	170 名 8 学級	
改築事業	平成 10 年度～平成 11 年度	
総事業費	996, 707 千円	
財源業費	国庫支出金	426, 124 千円
	起債	402, 000 千円
	一般財源	168, 583 千円
改築面積	3, 309 m ²	

表 6-12 太陽光発電システム概要、事業費

設置場所	校庭南側
施設構造	地上設置型 架台基礎：鉄筋コンクリート
パネル数	420 枚（表面積 401. 208 m ² ）
発電容量	50kw 相当
施設使用容量	30～35kw
事業費	45, 150 千円
請負業者	富士電機株式会社
年間予測電力量	56, 750kwh/年
購入電力に換算	794, 500 円/年
原油容量に換算	5, 630 ㍴/年（ドラム缶 28 本）
二酸化炭素削減	5. 5t/年

⑪ フィールドワークを経て、葛巻町の取り組みの現在

フィールドワークを行う前の葛巻町のイメージは、町の中で供給(カロリーベース)され

²¹ インバーター (Inverter) : 直流電力から交流電力を電氣的に生成する (逆変換する) 電源回路、またはその回路を持つ電力変換装置のことである。逆変換回路 (ぎゃくへんかんかいろう)、逆変換装置 (ぎゃくへんかんそうち) などとも呼ばれる。制御装置と組み合わせることなどにより、省エネルギー効果をもたらすことも可能なため、近年、利用分野が拡大している。

ている電力は町内の各発電施設で発電された電力によるもので、地域として自立型電力供給をされていると考えていた。更に、住人は、再生可能エネルギーや、地球温暖化対策などのエコ意識があると考えていた。

このフィールドワークを終えて感じたことは、葛巻町は町内で発電された電力は市や県に売電しており、各発電施設は、再生可能エネルギーの実験施設の位置づけであると知った。また、町民に対しても環境教育の場を設けている。再生可能エネルギーにかかわる諸施策への意識向上にも取り組んでいる。

役場は、地域活性化を図る為に再生可能エネルギーに関心の強い企業を誘致し、そこでの雇用増大、及び、土地、建物の賃貸での固定資産税の収益を得て、町の財源確保にあてていることがわかった。

葛巻町は、東日本大震災のずっと前から、再生可能エネルギープロジェクトを開始したが、震災時には各施設やシステムを十分に活用することができず、電力は止まり、町は停電状態であった。

昨今の太陽光発電は、蓄電池と併用し夜間でも電力供給を行なうことが可能だが、葛巻町の場合システムはいわば前世代というべきものもあり、成長過程にある。今後、町は、蓄電池を太陽光発電と併用し、震災時のみならず、本来的な持続可能な社会を目指したいと考えている。

⑫ まとめ

今回のフィールドワークを通じ、様々な再生可能エネルギーでの発電を一度に身近に見ることが出来た。震災を経て、従来の一方的な大型発電所からの受け身の供給から、主体的に工夫しエネルギー創生に着手する動きが見えてきたが、葛巻町では、特に地域の特性を活かした活動を早くから実用化しており、多くの可能性を秘めている。

今後もこの視点から、地域特性に適した、中小型の発電形態を中心に調査、研究を継続し、将来の日本のエネルギー形態はどうあるべきかを考えて行きたい。

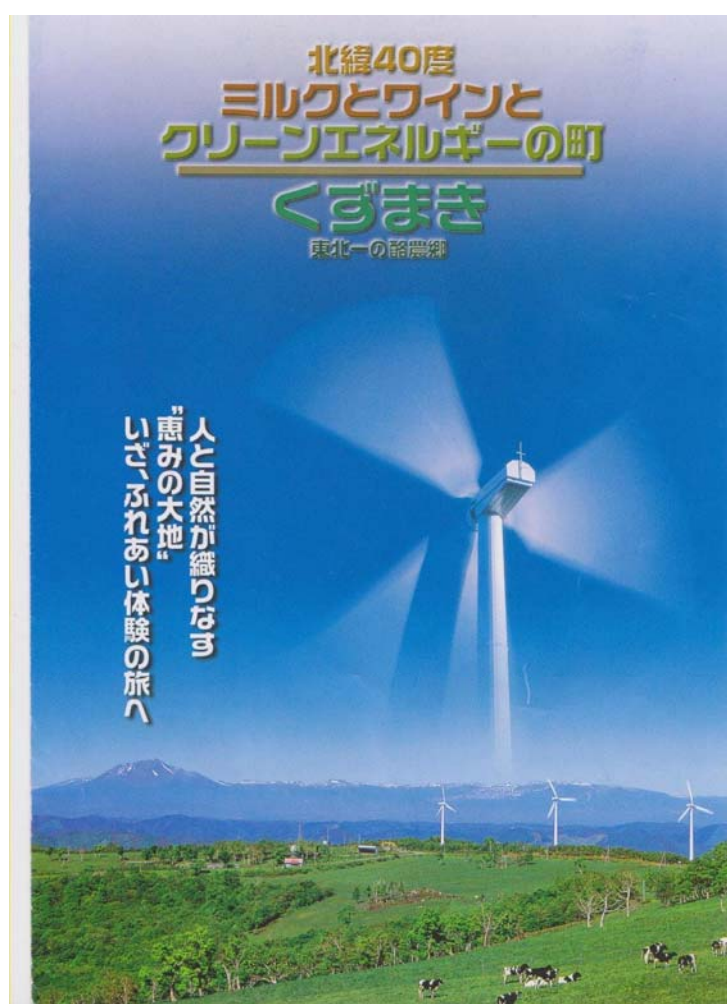


図 6-12 くずまき町 クリーンエネルギー

第2項 多摩市清掃工場 エネルギー有効活用事例視察

都市型の発電用エネルギーのベストミックスを考察する上で、清掃工場のゴミ発電は、大事な資源である。ゴミ活用による電力供給の可能性を考える。

インターネット上の外部情報ではなく、自ら現場に行き清掃工場で働く方々に取材を行い、実際の稼働している所を目で体感することでリアルな情報が得ることができた。

① 訪問先 多摩清掃工場、リサイクルセンター

訪問日 2012年11月9日(金)、12月3日(月)

目的

- ①都市部エネルギー資源としてのゴミ発電の実態調査、現地視察。
- ②先に調査した岩手県葛巻町における山間部との対比。
- ③稼働中施設の視察により、問題点を把握し、今後の可能性、将来性を探る。

参加メンバー

- ・経営情報学部 2年 矢内 勝
- 経営情報学部 1年 勝山義弘
- 引率 菅野先生

場所 東京都多摩市





図 6-13 所在地



図 6-14 多摩市清掃工場概観

② 施設概要

名称 : 多摩ニュータウン環境組合 多摩清掃工場

敷地面積 : 35,600 m²

構成施設 : 管理棟、焼却施設、不燃・粗大ごみ処理施設、リサイクルセンター

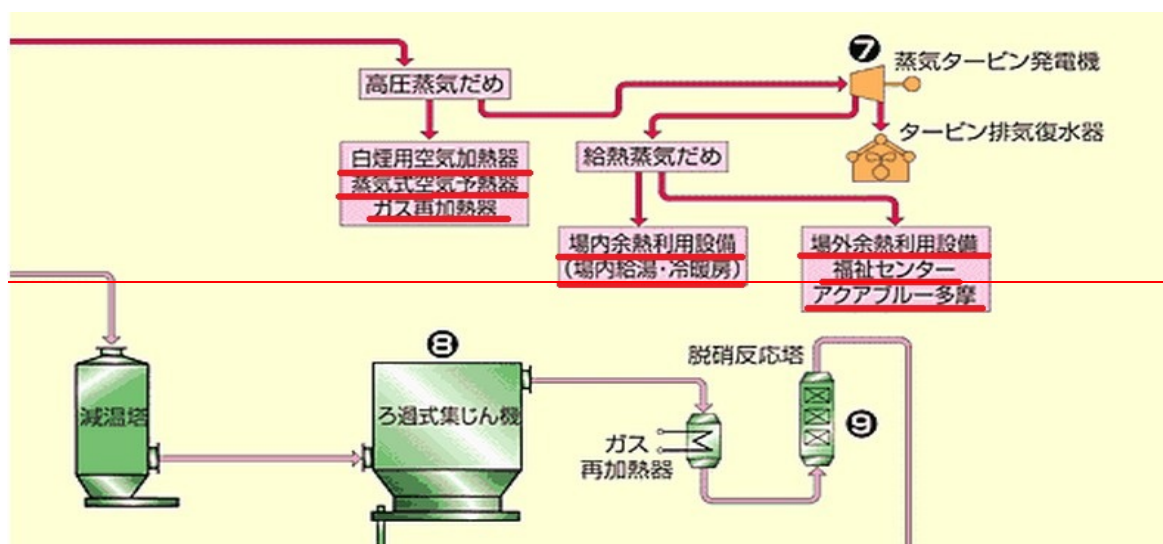




図 6-15 施設全体ジオラマ

・ 蒸気タービン発電機

高温高圧蒸気によって、最大 8,000kW の発電が行える。発電した電力は工場内で使用するほか、電力会社に売電する。なお、余った蒸気や発電に使用した後の蒸気のエネルギーも、給湯や冷暖房の熱源として利用している。



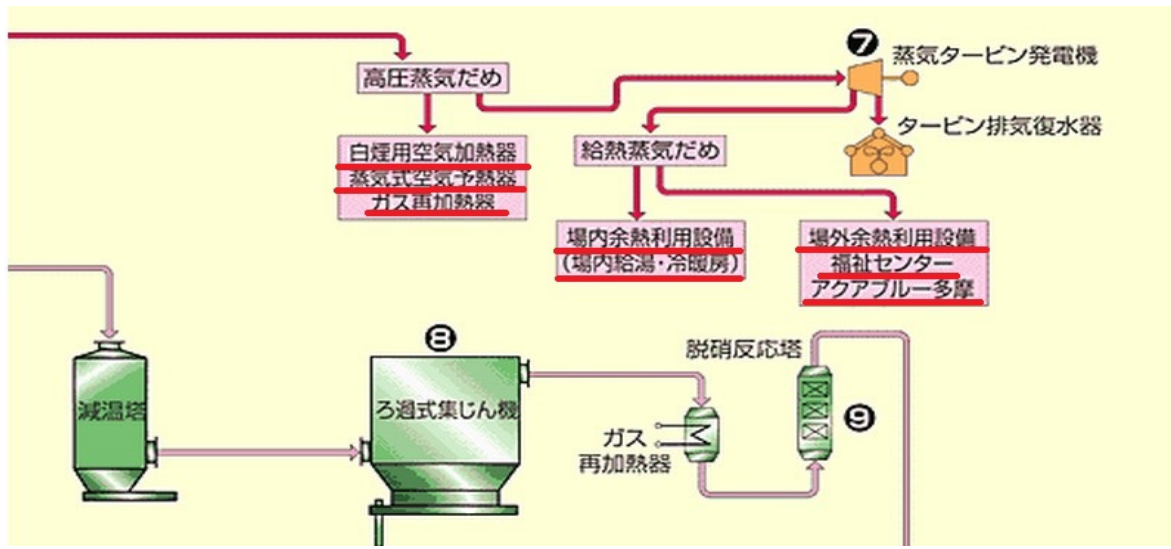


図 6-16 発電のしくみ

・ 焼却施設

ごみの焼却により発生する余熱を最大限活用し蒸気タービン発電機で発電した電力は工場運営のための電力として使用する。余剰電力は電力会社へ売電し隣接する総合福祉センターや温水プールに熱供給を行っている。



図 6-17 制御室



図 6-18 発電量表示

③ 調査内容・結果

フィールドワークを終えて、比較的新しいごみ処理施設の多くは発電設備を備えていることがわかった。多摩清掃工場では一週間でゴミの総量は、約 1500 トンで一日の発電量は、7 万～8 万 kwh で、売電料金は 50～60 万円となる。

ゴミ発電はゴミを燃やしその時に出る熱を利用し発電を行っている。その燃料はゴミである。ゴミは、人間が生活している限り出るので、都会においては、ゴミを燃焼する工程を活かし、発電することは、一石二鳥といえる。だが、現状を見ても主要電力にすることは難しく、一層の技術の進歩が必要である。

今の時代を見ると、ゴミを捨てずに何かに再生活用や、リサイクルなどにより、ゴミを減らそうという動きが出ており、燃やすゴミも年々減っている。また、ゴミを燃やす際にも、質、種類によって、発電効率が下がり、電力を売電しても、清掃工場の運営費を安定的に賄うのは難しい。清掃工場としては、リサイクルなどにより、ゴミが減ることは、いいことだが燃やす事業者の立場としては、燃料の減少は痛しかゆしといった所だろうか。

環境面としては、従来、燃焼後の灰を埋めていたが、今は、コンクリートにするということを行っており、燃やした際に出るガスや水も 99%クリーンである。

3.11 後、エネルギー問題への関心が強まり、工場見学者が増えている。さらに 2012 年 7～9 月の間、宮城県女川で出た震災がれきを受け入れた。また、2012 年 12 月からも受け入れを再開する予定である。震災がれきの受け入れに際して、30 人ぐらいの関係者が見学に

訪れたが、一定期間が経つと落ち着いた。放射線を測定した結果、通常と変化は無かった。

多摩清掃工場では、これからは、太陽光発電などの再生可能エネルギーにも並行し注目していく。

④ まとめ、所感

都市型電力供給モデルとして、ゴミ発電が需給バランスも良く、最適と考える。

一方、廃棄され燃料となるゴミが少なくなり、電力としてまかなえるのか、ゴミ発電と太陽光発電などの再生可能エネルギーを組み合わせ、IT と連携し、電力需給の見える化を図り、賢く使うことが都市型電力供給モデルとして正しいのではないかと考えた。

第3項 川崎市の再生可能エネルギー発電

2012年11月東京都江東区にて実施されたワークプレズメント2012²²に参加した際、川崎市ブースにて、総合企画局の川崎市スマートシティ構想について、説明を受けた。

① 川崎市臨海部 川崎バイオマス発電所

タイトル 「川崎市臨海部におけるグリーンイノベーションについて」
首都圏の電力需要をまかなえるのか？



図 6-19 川崎バイオマス発電所

場所 川崎市川崎区扇町

日時 2012年11月12日

参加 情報経営学部 2年 矢内、1年 勝山

目的 都市部の有効的な新しい形の発電

対応者 総合企画局臨海部国際戦略室担当係長 佐藤直子様



²² 就職を機に世界と人生を考える、新しい就業体験イベント。

施設概要

■出力

バイオマスとしては国内最大 3万3000キロワット
(一般家庭約3万8000世帯 1年分の電力)

■主要設備

発電設備 (循環流動層ボイラー、タービン発電機、冷却塔方式)
大気環境設備 (排煙脱硫設備、排煙脱硝設備、除塵装置)
排水処理設備

■燃料

卸売市場北部市場で発生する搬送用木製パレット
首都圏で発生する建築廃材
味の素川崎工場から出る大豆のしぼりかす

■環境

植物は成長過程で二酸化炭素 (CO₂) を吸収する。
燃焼しても大気中の CO₂ 濃度に影響を与えない「カーボン ニュートラル」な発電

■立地

燃料となる建築廃材は首都圏で多く発生するため、近くで発電することで、輸送コストや運送時の CO₂ 排出を削減することができる。大気汚染公害を克服した川崎市の厳しい環境目標値をクリアするため、地方のバイオマス発電所にはない排煙脱硫装置などの設備を備えている。

■今後の課題

燃料の安定供給が課題。住宅着工戸数が減っていることもあり、建築廃材は今後増えない。食品系の廃棄物利用度はまだ低いので、利用拡大が望める。その際、燃料として使える可能性がありながら、産業廃棄物として廃棄物処理法の規制にかかり利用できないものがある。バイオマスを普及させるため、行政に対し規制緩和が必要となる。

■所感

川崎市臨海は、昔は京浜工業地帯として日本の近代社会を支えたが、その反面、大気汚染などの環境被害を出した。そのため、川崎市は、川崎にある環境技術を活かしクリーンな街づくりと国際貢献に勤めてきた。

2008年2月に川崎市の総合的な地域温暖化対策として、CCかわさき市(カーボンチャレンジ川崎エコ戦略) 策定した。

そして、2011年に再生可能エネルギーの導入を促進するために、浮島・扇島に合計約20,000kWのメガソーラー施設を建設した。その規模は、一般家庭約5,900世帯分の年間電力量に相当する。

24年度から、「低CO₂川崎ブランド」として本格実施した。

川崎市臨海部にある発電施設をこれから、クリーンエネルギーに転換していく考えもっている。

9 川崎バイオマス発電の概要

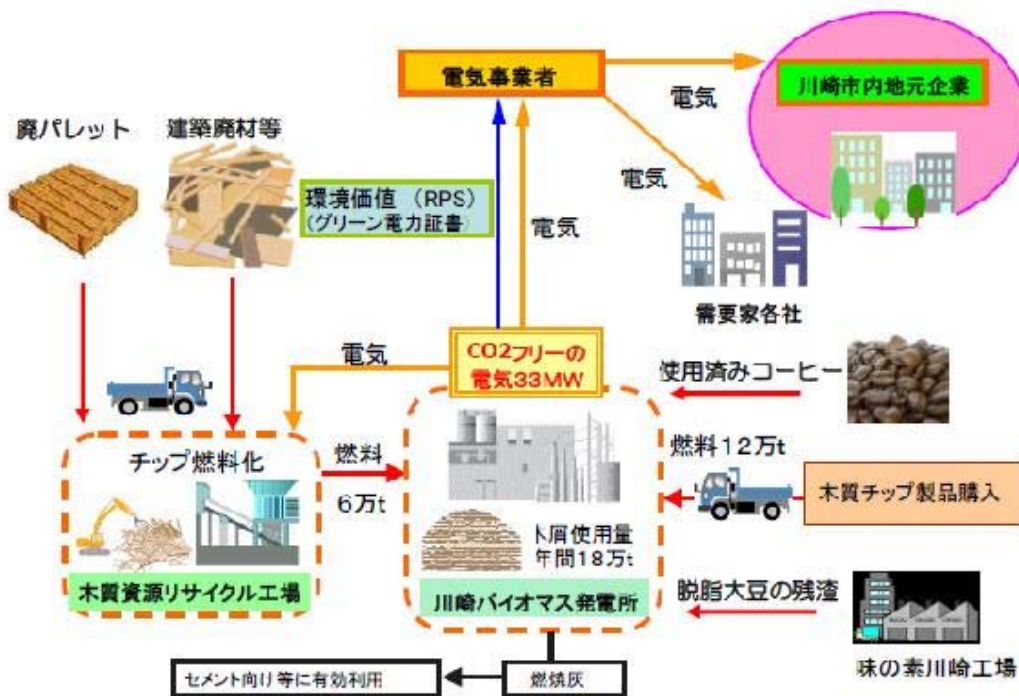


図 6-20 川崎市のバイオマス

② 川崎市のごみ発電、余剰電力「売電」

川崎市には、その他、ごみ処理センターが市内に以下の4箇所ある。

浮島（川崎区）、堤根（川崎区）、橘（高津区）、玉禅寺（麻生区）



図 6-21 橘センター 蒸気タービン発電機 (2,200kW)

玉禅寺を除く各センターに「蒸気タービン発電機」があり、ごみを焼却した熱で発生した蒸気を利用し、タービンを回転させて発電している事がわかった。

そのうち、余剰電力があるのは、以下の表の通り、浮島と橘である。
 玉禅寺については、2013年度から発電施設を稼働させる予定である。

表 6-13 川崎市ゴミ発電能力

(kWh)

	浮島処理センター(12,500kw)			堤根処理センター(2,000kw)			橘処理センター(2,200kw)			合計		
	自家発電量	買電量	売電量	自家発電量	買電量	売電量	自家発電量	買電量	売電量	自家発電量	買電量	売電量
H19	66,926,030	557,256	43,037,904	9,366,600	3,842,352	0	12,492,960	2,091,455	2,383,410	88,785,590	6,491,063	45,421,314
H20	50,084,750	978,000	28,225,608	7,255,200	4,451,432	0	16,405,210	1,370,742	4,070,256	73,745,160	6,800,174	32,295,864
H21	49,209,390	1,077,280	27,868,752	6,619,160	4,694,320	0	17,600,840	577,828	4,621,536	73,429,390	6,349,428	32,490,288
H22	45,534,610	923,140	24,609,528	7,177,910	4,680,560	0	18,031,270	369,604	4,525,458	70,743,790	5,973,304	29,134,986

※ 玉禅寺処理センターについては、発電施設がありません。

第7章 比較、検討

第1節 都市部と山間部

今回、山間部の葛巻町、都市部で住宅地域の多摩市、都市部で工業地帯の川崎市でのフィールドワークを通し、再生可能エネルギーでの地域特性、特色を生かした運用状況を調査し、特徴を把握出来た。

特徴を整理すると、以下のとおりとなる。

表 7-1 都市部と山間部比較

	都市部		山間部
	住宅地域	工場地域	山間地域
風力発電	×	×	○
太陽光発電	○	△	△
ゴミ発電	○	△	×
木質バイオマス	×	△	◎
蓄ふんバイオマス	×	○	○
チップボイラー	△	×	◎
薪ストーブ	△	×	◎

※矢内、勝山による評価

上記の再生可能エネルギー項目は、フィールドワークで出会った再生可能エネルギーである。

住宅地域は、住宅、施設の屋根に太陽光を付ける。都市部の住宅地域の場合、人口が密集していて大量のゴミがでるため、ゴミ発電も適していると言える。チップボイラー、薪ストーブは住宅向けであるが、燃やす資源入手の問題がある。

工場地帯は、バイオマスが適している。木材バイオマスは騒音がでるため、住宅地に作るのは難しく、工場地帯に適していると言える。蓄ふんバイオマスは、騒音と匂いが出るため、工場地帯に適していると言える。

山間地域は、たくさんの再生可能エネルギーに適している。山に風力発電を付け、近くには森林があるため木質バイオマスに適している。酪農が多い地域では蓄ふんバイオマスが適している

第2節 日本と諸外国

日本での先のフィールドワークにおける3つの事例、先行研究で調査した日本とは異なった海外での環境の下で再生可能エネルギーについて、以下の通り整理する。

先行研究で調査したデンマークでは、近隣諸国から足りない電力を受給している。一方、日本は島国であるため、電力を海外から買うことは現在難しい。再生可能エネルギーはバイオマスと地熱発電量が多いが、日本はまだ少ない。日本の地熱発電利用は問題が多く、問題を解決しない限り難しい。バイオマスは技術の発達と共に今少しずつ浸透している。

オーストラリアの自家発電アイランドの事例は、外からの電力供給が無く、再生可能エネルギーで電力を賄い、これからあるべき日本の姿だと私達は考察する。そのためには、自然の資源を効率よく活用しなければならない。日本での地熱発電の問題、技術力の面で発展が必要である。

第 8 章 結論

第 1 節 地域特性を活かしたエネルギー自立化について

3.11 の東日本大震災を受け、既存の電力供給システムに欠陥が生じた。

従来の電力供給システムは、地方などの大型施設で電力を発電し、都市などに供給を行っていたが、この供給モデルでは、震災時にとっても弱いということがわかった。

日本経済や国民の生活を考える上で、電力供給をストップすることは、影響と損失が膨大であり、あってはならないことである。震災時でも、安定・安全に電力供給することが求められている。

今後は、大規模型の発送電だけの形態から、地域、町、県単位毎に電力を発電し供給し、中小規模との並行で運用していく事がリスク回避にもなり重要になる。

その中で、地域の特徴や産業を活かした、町づくり発電システムを構築することで、地域産業の発展と環境にやさしい発電が期待でき、消費者が見える所で発電することにより、安全意識や電力に対して関心、参画意識を高めることにつながる。

従 来	将 来
・ 電力会社任せ、受け身	参画型、主体性
・ 遠くの大型発電所から . .	身近な中小型発電
・ 地域独占、選択肢無し . .	選択肢、ベストミックス
・ 計画停電、電力制限、超過罰金	地域発電と併用で回避
・ 地域全体の停電、原発事故	自己防衛、助け合い、スマートグリッド化

第2節 時間軸でのベストミックス実現性

第4章にて提案した時間軸でのベストミックス案のとおり。2100年に向けてあらためて検証した。

2030年は再生可能エネルギーの更なる普及拡大と、原子力、火力発電などの既存施設の最大限の有効活用と、安全性とのバランス。火力発電が増えているのは、原発を18%にするため、その分のエネルギーを火力発電で補うためである。

2050年は2100年の理想のベストミックスに向けた中間ステップではあるが、原子力発電についてはアジア近隣諸国との保有バランス、原子力技術の世界的リーダーシップの維持発展を目標とするものである。

原子力発電における安全性、放射性廃棄物などの今解決できない技術的問題点の克服、再生可能エネルギーが主力となりうる点も将来技術に期待し、2100年のベストミックスを下記の通り提言する。再生可能エネルギーが75%を占め、地球温暖化、化石燃料対策など、将来の子孫の為にも理想的な電力構成比である。

エネルギー構成比

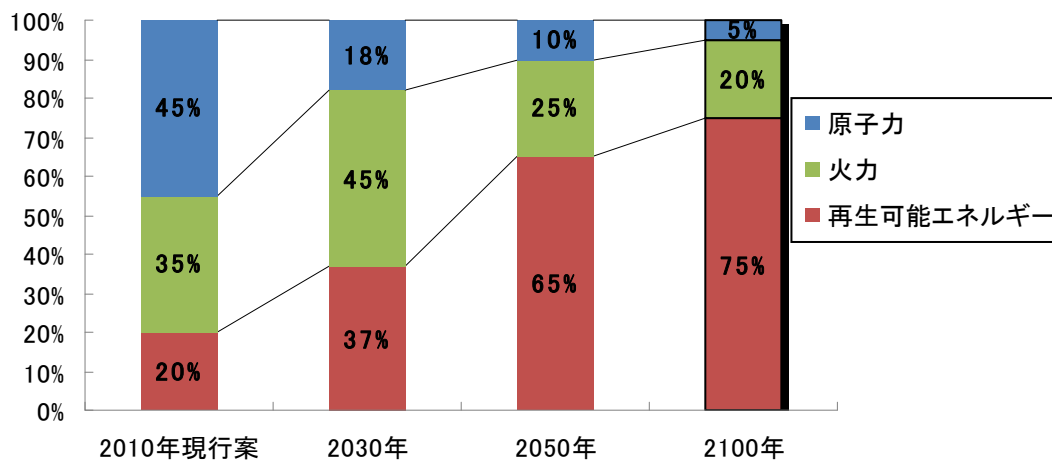


図 8-1 2100年までの電力エネルギー発電構成比率案 [矢内・勝山]

第3節 自立化モデルの技術輸出

原子力発電に関しては、現在、日本の技術が最先端で優位であるとされているが、原子力に限らず、繊細な日本の固有技術力を発揮し、今後も、再生可能エネルギーの自立化モデルとして、インフラを含めた総合的な技術を含めた、技術輸出への転換が期待される。

既に、タービン技術、地熱発電、洋上風力発電などは、トップシェアを占める位置にあり、バイオ、メタンハイドレードなどは、産学官共同で開発が進められている。

発電に限らず、効率的に電力の需給を管理するスマートグリッド技術、省エネ技術についても、世界をリードする立場にあり、発電技術と関連付けて総合的な自立化モデルをグローバルに主導権を持って推進していく事が日本に求められると考える。

第9章 今後の課題

新興国の経済勃興により世界的な資源獲得競争が激しさを増しているため、エネルギーの自立性を高めるべく、わが国の産業技術を活かした再生可能エネルギーの普及を促進することは、エネルギー安全保障の観点からも非常に意義深い。地域分散型の再生可能エネルギーは、活力を増しつつある。

未曾有の大震災の教訓を無駄にしないためにも、将来のわが国の国益を見据えた一貫性を持ったエネルギー国家戦略が示されることを期待したい。また、それを基に再生可能エネルギーを通じた産業振興が実現し、世界に先駆けたエネルギー社会の範が示されることを切に願う。

第10章 所感

第1節 論文執筆を終えて

環境、再生可能エネルギーという分野に、問題意識があり、本研究に取り組むきっかけとなったが、当初は漠然としたものであった。

しかし、各エネルギーについてそれぞれ調査し、深掘りし、問題点を整理し、またフィールドワークを通じ、現場に足を運び当事者側からの視点で事実を把握し、活動を続けていく中で、エネルギー問題に対し、どう解決したらいいのか、問題意識を持ち続け、傍観者ではなく、当事者としての意識が強くなった。

エネルギー問題のニュース、番組、新聞記事を目にすると、ついつい入り込んでいく自分に気がつく。

本研究を纏め上げていく中で、何度も行き詰まり、逃げたくなる場面も多々あったが、指導教官からの叱咤激励を受け、粘り強く一年間続けてこられた事は、将来の自信につながる。

寺島実郎学長からは、環境エネルギー班に対し、インターゼミを通じ、様々な問題認識、問題解決への切り口、視座をいただいた。

特に、現実問題と理想との折り合い点、政治的側面、雇用問題、利害関係など、社会の力学バランスを加味し解決策を探り出すところが、社会工学研究の本質と感じた。

第2節 次世代の知恵にゆだねる

2012年は、原発再稼働などエネルギー問題と同時に近隣諸国との領土問題が勃発し、日本経済への影響も大きかった。

その様な中で1978年中国の鄧小平首相の発言²³にあらためて着目した。

「次の世代は我々より、もっと知恵があるだろう。皆が受け入れられるいい解決方法を見出せるだろう。」

これを先送りと浅く見る方々も多いのも事実だが、この言葉の持つ深い意味として、どうにかしたい、どうしたら解決できるかと言う方向性と問題意識、問題解決への思考を我々に広く、継続し与えてくれた事である。

本研究においても、エネルギー問題の中で原発からの脱却、再生可能エネルギーの限界と、現時点の視点で白黒の判断をするのではなく、この鄧小平首相の発想をいただき、技術革新に向け長期的な視座で解決を図りたいと考える。原子力発電についても、60年前はまだ無かった技術であり、60年後の技術については、無限の可能性を秘めている。

²³ 1978年10月：日中平和友好条約に調印後、来日した鄧小平・中国副首相が記者会見。尖閣諸島問題について、次世代の知恵にゆだねる意向を表明

謝辞

本研究を進めるにあたり、世界的視野、歴史的視座でテーマとなる問題意識、気づき、そして、研究の方向性をあたたく導いて下さった寺島実郎学長、また、論文構成、発表指導、フィールドワークを的確に指導して下さいました指導教官の木村先生、エネルギー問題に精通し、気長に学生のモチベーションをコントロールし論文完成まで根気良く導いて下さった指導教官の菅野先生にお礼を申し上げます。

また、本研究の核となる、再生可能エネルギーのフィールドワークで、親身に対応、案内をして下さった、葛巻町の農林環境エネルギー課 日向信二主任、同じく、農林環境エネルギー課の鈴木美知代様に感謝します。

都市部の再生可能エネルギーの研究フィールドワークとして、2度も対応して下さいました、多摩ニュータウン環境組合 施設課 伊野 正和主査、同じく施設課の丹下 論主査に感謝します。

そして、何より、我々学生に学ぶ機会、研究する機会を与え、育てて下さった、両親に深く感謝いたします。

第 1 1 章 参考文献

<文献>

経済産業省白書 2011

環境省白書 2011

電力需要の概要 2010年 経済産業省

エネルギー・経済統計要覧 2011年 日本エネルギー経済研究所

電気事業便覧 2011年 電気事業連合会

川崎臨海部におけるグリーンイノベーションの推進 2012.4 総合企画局臨海部

柏木孝夫 エネルギー革命 日経 BP 社 2012/2

柏木孝夫 スマート革命 日経 BP 社 2010/7

岡村久和 「スマートシティ」 アスキー社 2011/10

千葉香代子 「原発と生きるフロンティア」 NEWS WEEK 21-27 頁(2012)

寺島実郎 グリーン・ニューディール 日本放送出版協会 (2009)

十市 勉 ドイツの脱原子力政策と日本への教訓(2012)

多摩大学「世界と日本のエネルギー問題Ⅱ 第七講」講義資料

<Web 情報>

日経ビジネス 環境・エネルギー

<http://business.nikkeibp.co.jp/eco/> 2012/06/30

ダイヤモンドオンライン 「環境問題」

<http://diamond.jp/subcategory/> 2012/08/22

<論文>

白井教授 「スマートシティ環境モデル都市とエコライフ」 法政大学

孫 正義 「アジアスマートグリッドの構想から実現へ」 自然エネルギー財団

岡田龍幸 「再生可能エネルギーの発電所としての可能性」 日本工業大院

渋谷榮一 「ごみ発電の動向」 日本エネルギー学界誌 490 - 497 頁

吉野 聡 「列状間伐による木質バイオマス利用の可能性」 東京農大報 31-36 頁

八木一成 「小規模地域におけるエネルギーおよび食料自給についての考察」

大成学院大学紀要 141-148 頁

高木 健 「海洋再生可能エネルギーの現状」 日本船舶海洋工学会 第 41 号 26 - 30 頁

- 原田拓二 「スーパーごみ発電システム」 ガスタービン学会誌 Vol. 31 2003. 5
- 富田輝博 「ドイツにおけるエネルギー政策の転換と電力メジャーの経営戦略」
文教大学情報学部『情報研究』第 30 号
- 豊田 隆 「バイオマス利用と地域農業・農村の活性化」東京農工大紀要 109-125 頁
- 小山 堅 「エネルギー・ベストミックスの連立方程式」外交 Vol. 12 42-48 頁
- 山下譲二 「自然エネルギー利用バイナリータービン発電システム」
日本ガスタービン学会誌 2011. 9 Vol. 39 20-24 頁
- 菅野光公 「日本のエネルギー政策検証 ー供給確保至上主義に翻弄
された石油・石炭エネルギー政策の功罪ー」 室蘭工業大学紀要 2001 年
- 菅野光公 「地方自治体のエネルギー政策立案と地元大学の役割」
高知大学教育研究論集 2007 年
- 山家公雄 「自然エネルギー利用の期待と課題
ーグリーンニューディールとスマートグリッドー」
日本ガスタービン学会誌 2009.11
- 佐々木一成 「水素エネルギーー現状と将来展望ー」 日本機械学会誌 2011.4
- 田中 勝 「廃プラスチックのごみ発電燃料としての利用可能性調査」
Journal of the Japan Institute of Energy 2011
- 山下誠二 「自然エネルギー利用バイナリータービン発電システム」
日本ガスタービン学会誌 2011.9
- 岡田龍幸 「再生可能エネルギーの発電所としての可能性
ー普及できる可能性が高い日本の地域についてー」
Journal of the Japan Institute of Energy
- 菊池 隆 「アジア太平洋太陽エネルギー圏創成プロジェクト」
International Association of P2M
- 渡辺弘美 「米国 IT 業界におけるエネルギー問題への取り組み」
ニューヨークだより 2007.5



Clean Energy



●袖山高原風力発電所
袖山高原風力発電所は、第三セクターであるエコ・ワールドくずまき風力発電(株)が実施主体となり、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の「地域新エネルギー導入等促進対策費補助事業」により平成11年6月に建設されました。
発電した電力は電力会社に売電していますが、クリーンエネルギーを町のキャッチフレーズとして観光資源などに活かしています。

●袖山高原と馬淵川源流
平庭高原から車で20分、雄大な自然を満喫できる高原牧場。岩手山、姫神山など、北上山地や奥羽山脈の山並みと八甲田連峰も見渡せ絶景。袖山高原からの夕映えもすばらしい。この雄大な高原と山並みを眺めながらの食事は「レストハウス袖山高原」がおすすめ。町特産の牛肉などを食材としたメニューをどうぞ。
レストハウスから約1km先には、青森県八戸港に注ぐ、県内第2の河川「馬淵川(まべちがわ)」の源流があります。

[葛巻中学校太陽光発電設備]
校庭に3枚並んだパネルの総面積が413平方メートル。発電容量50キロワットと、県内最大級の規模を誇ります。新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)から事業費の半額助成を受け、平成12年4月に稼働。天気が良ければ、同校の昼間に消費する電力をすべて賄うことが可能で、余剰電力は売電しています。校舎内には発電量が一目でわかる掲示板が設置され、環境教育にも一役かっています。




●レストハウス袖山高原
■営業時間 午前11時～午後7時
(予約の場合、午後9時まで)
■営業期間 4月下旬～10月31日
■連絡先 Tel.0195-68-2010



●上外川高原風力発電所
上外川高原風力発電所は、電源開発株式会社が出資する(株)グリーンパワーくずまきが平成15年12月に建設し運営を行っております。1基あたりの発電出力1.750kWの風車が12基建設され、年間予想発電量5,400万kWhは約16,000世帯分の電力消費量に相当します。
また、標高が1,000mを超える上外川高原は、眺望もすばらしく新たな観光資源として期待されています。



●バイオガスシステム(くずまき高原牧場)
葛巻町が主体となり、平成15年5月にくずまき高原牧場内に建設されたこの施設は、家畜の排泄物を原料に電気や熱、有機肥料を回収・有効利用できるリサイクルシステムです。この施設により家畜の排泄物を適正に処理できるうえ、農村地域の特性を活かした新たな資源循環システムを構築していくための施設として注目されています。



まちなかイベント(夏)
／8月上旬



くずまき夏まつり
／8月中旬



くずまき秋まつり
／9月下旬



まちなかイベント(秋)
森林の恵みフォーラム／10月上旬



平庭高原もみじまつり
／10月中旬

図 12-1 袖山高原



●葛巻町へのアクセス

JRバス

盛岡駅 - (JRバス特急白樺号 / 約1時間30分) - 葛巻町

東北新幹線いわて沼宮内駅 - (JRバス特急白樺号 / 約40分) - 葛巻町

自動車

東北自動車道盛岡I.C. - (約10分 / 滝沢I.C.) - (国道4号で約35分 / 沼宮内 - 国道281号で約45分) - 葛巻町

八戸自動車道八戸I.C. - (約20分 / 九戸I.C.) - (国道340号で約40分) - 葛巻町

岩泉町 - (国道455号・340号で約1時間) - 葛巻町



■観光に関する問い合わせ

葛巻町観光協会 葛巻町葛巻16-1-1 (総務企画課内)

Tel.0195-66-2111 Fax.0195-66-2101

■主要交通機関

JRバス東北(二戸営業所) Tel.0195-23-5229

葛巻タクシー Tel.0195-66-2917

葛巻町総務企画課 / 岩手県岩手郡葛巻町葛巻16-1

Tel.0195-66-2111 (代表) Fax.0195-66-2101

URL <http://www.town.kuzumaki.iwate.jp/>

e-mail kuzumaki@town.kuzumaki.iwate.jp

岩手県 葛巻町

図 1 2-2 葛巻町 再生可能エネルギーマップ