

3A2 未利用自然エネルギー利用に関する施策の研究

○竹林 恵一，柿崎 文彦，権田 金治（科学技術政策研究所）

1. はじめに

本研究は従来の生産のための科学技術が支えてきた大量生産、大量消費、大量廃棄がはたして生活者にとって望ましい豊かさであり、環境調和型の地球規模でのアメニティであるのか、また今後の成長はいかにあるべきかという問題に対し、未利用エネルギー、自然エネルギー（未利用自然エネルギー）利用の局面で新たな発想の転換を指向し、未利用自然エネルギーの利用可能性について検討している。

本大会において報告した成果^[1,2]の一つとしてエネルギー密度の低い自然エネルギーにおいても、その利用者の便益を考慮した地域分散型システムを構築することにより、経済性を有する利用システムが十分に機能することが認識できた。しかしながら現状では、地域分散型の未利用自然エネルギー利用システムの構築を進めるための十分な情報が提供されていない。

今回は、未利用自然エネルギーをエネルギー活用事業に資することのできる望ましい姿について検討する。

2. 未利用自然エネルギー利用のための科学技術の位置づけ

人間の諸活動という多様性を理解するための基準となる視点として、科学技術を通じて価値ある人工物を生産し、またそれを使う行為において補完性を矛盾なく説明できる枠組みを見い出すことを検討してきた^[1~3]。その条件を満たすものにより利益の有無を示す「経済性」と人工物を利用する生活者のマスとしての数の大小を示す「社会性」の二つの組み合わせであることが認識できた（図1）。その考えの根底に存在する思想は、科学技術という一つの普遍性のある対象を生産の立場で捉えるか、また利用する立場で捉えるかという相対性である。

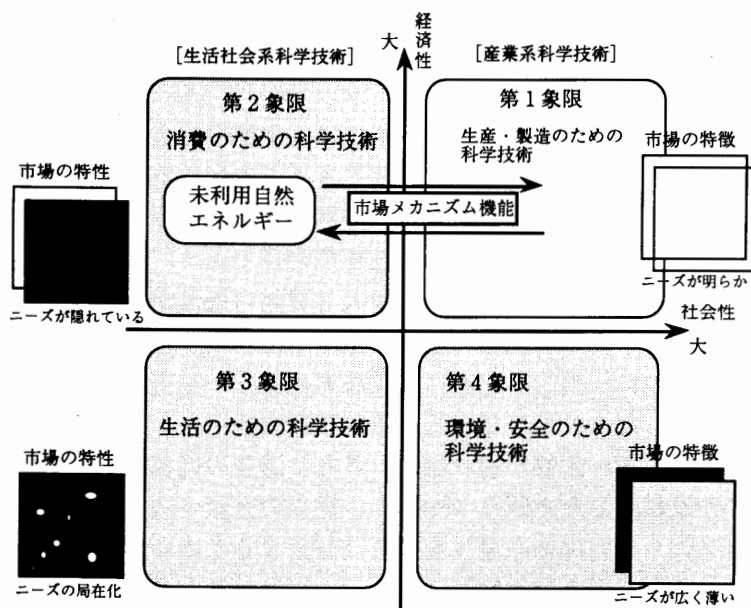


図1 産業系科学技術と生活社会系科学技術の位置づけ

生産の立場での産業系科学技術は実体としての人工物の生産を促進し、その人工物が市場を通じて消費者の手元にいきわたることを生活の豊かさであるとしてきた。しかし、物質文明の定着はその代償として人口及び生産基盤の集中とその現象に起因する自然環境の汚染と破壊を引き起こし、成長の限界が問われることになったのである。

科学技術が経済社会を牽引する主体であることは以前にも増して重要視されている。しかし、科学技術のパラダイムは大きく転換している。すなわち、地球環境の保全、エネルギーの効率的利用等に視点を定めた持続的成長が科学技術に課せられた経済的、社会的な使命となっている。

この科学技術のパラダイムシフトとは科学技術の客体が生産のみならず、日常の生活において利用する局面にまで及ぶことである。生活社会系科学技術の基本的な考え方はここに存在し、生活者の多様な活動と科学技術の関係を理解することである。この概念は前掲の図1における三つのドメインにより視覚化している。

本研究は係る認識に基づき、「科学技術を利用する」ということを未利用自然エネルギーの利用という実例を取り上げたものであると共に、生活社会系科学技術の概念を一層明確にすることをねらいとしている。

3. 未利用自然エネルギー利用のための視点

未利用自然エネルギーによる発電システムは、既存の火力、原子力発電と比較して、エネルギー密度の低いエネルギーを利用するため、大規模集中型供給システムとして捉えるより、むしろ地域特性の上に立った地域分散型のエネルギー利用システムとして位置づける必要がある。しかし、現在のところ、そのような位置づけがなされておらず、単なる代替エネルギーとして位置づけられている。すなわち今後のエネルギー利用の局面で単にエネルギー源を変更すると言う論議だけでは、地球的規模でのエントロピー増大に対する解決には何ら貢献しないことになる。

また既存の価値観における生産性は、生産単位当たりの速度で定義されている。しかしながら、今後の生産性は熱力学的尺度で考え、生産単位当たりの速度ではなく、生産単位当たりで生じたエントロピーの量に基づいて算出するという考え方が次第に社会に受容されるべきであるということが生活社会系科学技術の含意である。人間の諸活動によってエネルギーの消費が高まるたびに、エントロピーが増大し製品の価値が減じて環境負荷が高まることになる。従って、生産性を従来の産業の視点で生産単位当たりの速度で測っていく限り、資源を経済的価値のあるものに転換するために無駄なエネルギーを消費してしまうことになる。このような過程で増大したエントロピーは最終的に社会費用という形で支払うことになる。現在、既存の資源・エネルギー基盤が崩れ始め、さらに過去の経済活動によるエントロピーの蓄積が社会システムの吸収能力を上回りつつあり、従来の生産システムは、環境負荷などに対する外部不経済を内部化あるいはその発生を未然に防止するためのシステムを内在させているに過ぎず、地球という極めて大きな生態系（システム）と自らとを分離した不十分なシステムであるということについての視点が欠けている。すなわち、使用可能な資源やエネルギーを自然の再生速度以上に枯渇し、社会に対する供給費用を増加させる問題を十分認識していない。

ここで、化石エネルギーの利用による温室効果ガスの排出に着目し、大気という社会共通資本の価値の低減を将来の化石エネルギーの利用に伴う環境負荷に対する社会費用として試算した(表1)。社会的共通資本は生活者の基本的権利に重要な関わりをもつサービスを生み出すという点で、その管理に関しては一般の希少資源とは異なった基準に基づいて管理を委ねられている。こうした社会機構の信託の責任の概念は、温室効果ガスの排出^[4]をはじめ核廃棄物の処理^[5,6]など様々な社会費用に共通するものであり、エネルギー利用の局面で今後ますます重要になるものと考えられる。

表1 我が国の一次エネルギー供給構成の見通しと
二酸化炭素排出による社会費用の予測

	1990年 (実績) (%)	2000年 (%)*	2010年 (%)*	2030年 (%)	2050年 (%)
天然ガス	10.1	10.9	12.2	20	17
石炭	16.6	17.5	15.7	17	20
石油	58.3	51.3	45.3	23	13
化石エネルギー	85.0	79.7	73.2	60	50
小計(年平均伸び率(予測値))		(1.4%)	(1.1%)	(0.8%)	(0.5%)
社会費用* ² (億円)	85,000	130,000	180,000	270,000	380,000

*: 総合エネルギー調査会 長期エネルギー需給見通し(平成2年10月)による。

*2: 社会費用の算出は1990年の実績^[4]を基に、2000年~2050年までの国民所得の平均伸率を2.0%~3.5%で推移するものと想定して試算した。

化石燃料の単位当たりのCO₂発生量はIEA-ORAU試算データを用いた。

未利用自然エネルギー利用技術の開

発は、現在個々の技術開発が実施されているレベルにあり、複合利用による利用技術と普及の施策は研究が開始されたばかりである。

自然エネルギー利用技術の社会的な受容性は、太陽光発電を例に挙げると、その普及は電卓などの消費電力の小さな装置の電源として乾電池に取って替わることから始まり、屋外の時計台の電源、腕時計の電源へと広がり、またNEDO、地方自治体によるデモンストレーションプラントの建設などで具体的に展開している。

この段階で、太陽光発電は大型太陽光発電施設と住宅への小型施設への利用の二つの場合に分けた開発利用を推進、合わせて余剰電力の電力会社による買取システム、利用者ニーズに沿った住宅用太陽光発電装置の開発を推進することなど普及に対して具体的な施策が行われている。また、メーカー側もその需要に対し、多くの企業が参画し低コスト化、高出力化に向けて装置の開発に取り組んでいる。

しかし、大型太陽光発電システムについては、電力会社等が展示用に設置している場合が多く、このような傾向は風力発電、波力発電などについても同様の傾向が見られ、社会普及が達成できる環境が整っているとは言えない。

その理由は導入に際して、利用者の論理に立脚した供給システムが指向されず、産業側の視点からは利益が生じない場合が多く、逆に設備投資によるコスト増になるからである。その解決のためには近隣の地域において電気や熱などの形でつくられたエネルギーをお互いに融通し、その地域全体のエネルギー使用量をバランスさせることが大切になる。すなわち、利用者が公正にエネルギーを選択できるため近隣のエネルギーを融通し合える仕組みとそれを支える情報ネットワークの整備が今後非常に重要となってくるのである。こうした制度的な取り組みと新たな社会基盤を充実させていくことが環境を保全しながら持続可能な成長のためのエネルギーシステムの構築の課題である。

4. エネルギーを高効率で利用できる社会の構築

人間の諸活動におけるエネルギーの消費を火力発電所の電力供給を例に利用効率を調べたところ、実に投入された全エネルギーの約60%が損なわれている。最近の20年間の熱効率は約1%程度の漸増の改善に止まっているのが実情である。この現象の解釈は単純な問題ではないが、大規模な供給と利用のシステムに一つの原因を掲げることができる。大規模集中型のシステムに見られる欠陥はすでにおおむね合意ができていて、効率を考える限り集中から分散へという時勢の流れに逆らうことは難しい。むしろ、電力供給も例外ではない。

例えば生活者が家庭内で使用する電力は光りや熱に多くを占め、必ずしも質の高いエネルギーが必要であるとは限らない。むしろ質の高い電力は公共性の高い情報通信や産業のために用いられた方が望ましい。未利用自然エネルギーを利用する視点で評価すると、大都市や生産現場などの大規模なシステムには適していないが、適切な規模でそれを利用する場合には、運用上もエネルギーの価格としても特に問題となることはないとの結論を得ている。

一方、科学技術政策の立場からは、多極分散型国土の形成及び生活者の視点に基づく豊かさの実現を追求するための地域科学技術の重要性が指摘されている。地域における科学技術基盤を確立することは、産業基盤形成に資することのほか、規模の経済を前提としない地域分散型の産業の成立を導くものと理解できる。これは同時に生活の質の向上を画一的に推し進めるものではなく、地域特性に見合う、より生活者の立場に立った政策を展開することができるためでもある。

以上を前提に、将来のエネルギー環境の変化が穏やかに進行し、我々のライフスタイルも徐々に変貌を遂げるとの想定のもとに未利用自然エネルギー利用の技術開発及びその技術の普及がなされるケースにおいて、温室効果ガスの低減に着目し、その経済的な効果について予測した

(表2)。この場合、従来の高エネルギーを基盤とした社会・経済システムが再生不可能な化石エネルギーを継続的に投入するものと想定しており、各要素技術と新たな社会資本等の環境整備が2010年～2030年にほぼ完成することを前提条件とした。

現在の社会的生存形態を維持していくという観点からは未利用自然エネルギーのもつエネルギーの特性および現在予測されている科学技術から見て、民生エネルギー需要の40～60%程度の供給は可能であると見積られる。この場合、従来の巨大なエネルギー供給システムが中小規模のシステムに分解され、集中処理が近隣で分散処理されるようになるため、きめ細かい運用が可能となり、その効用は大幅に向上すると思われる。また、今まで隠れていた環境に対する外部不経済といった社

表2 未利用自然エネルギー利用による経済効果予測

	1990年 (実績) (%)	2000年 (%)*	2010年 (%)*	2030年 (%)	2050年 (%)
新エネルギー等**	1.3	3.0	5.3	11	20
水力**	4.2	3.7	3.7	3	3
地熱 (原子力)	0.1 (9.4)	0.3 (13.3)	0.9 (16.9)	1 (25)	2 (25)
非化石エネルギー 小計	5.6 (15.0)	7.0 (20.3)	9.9 (26.8)	15 (40)	25 (50)
経済効果** (億円)	7,100	14,000	31,000	89,000	240,000

* :総合エネルギー調査会 長期エネルギー需給見通し(平成2年10月)による。

**2: 新エネルギー等には、国内における太陽、風力、バイオマスエネルギー等の新エネルギーおよび未利用エネルギーの有効利用分のほか、水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術(WE-NET)による海外水力、太陽、風力、地熱等のクリーンエネルギー導入分を含んでいる。

**3: 水力は一般水力によるものであり、揚水発電は含まない。

**4: 経済効果は原子力利用を除く非化石エネルギー利用によるCO2排出量低減により予測される社会費用削減分を経済的效果として記した。

会的側面も明らかになることによって、生活者の意識も大きく変わるものと予測される。今後は産業系科学技術の視点からは解決できなかったエネルギー供給システムの仕組みを利用者の論理で変革してこそ様々なエネルギー技術が広く普及し、新たな社会の構築が実現していくものと考えられる。

このような観点から、今後のエネルギーを高効率で利用するための社会を支援する科学技術は、それをいかにきめ細かく制御して、効果を高めていくかが重要になる。そのためには、国が中心となってエネルギー情報のデータベース等の公共財的性格を有する新たな社会資本を、今後のマルチメディア化の進展も考慮しつつ、関係機関との協力のもとに整備し積極的な情報発信に努めなければならない。このため、未利用自然エネルギー関連情報の総合的なデータベースの構築及び情報流通促進のための情報ネットワーク等エネルギー研究開発に関する情報基盤の整備を推進することが急務であると考ええる。

これを念頭におき、地域での未利用自然エネルギーの分布、賦存量、周期性などの特性を把握し、地域産

業、民生からのニーズを踏まえた最適な利用システムの構成を推奨できる機関（未利用自然エネルギー観測センター（仮称））（図2）を設置することが提案できる。

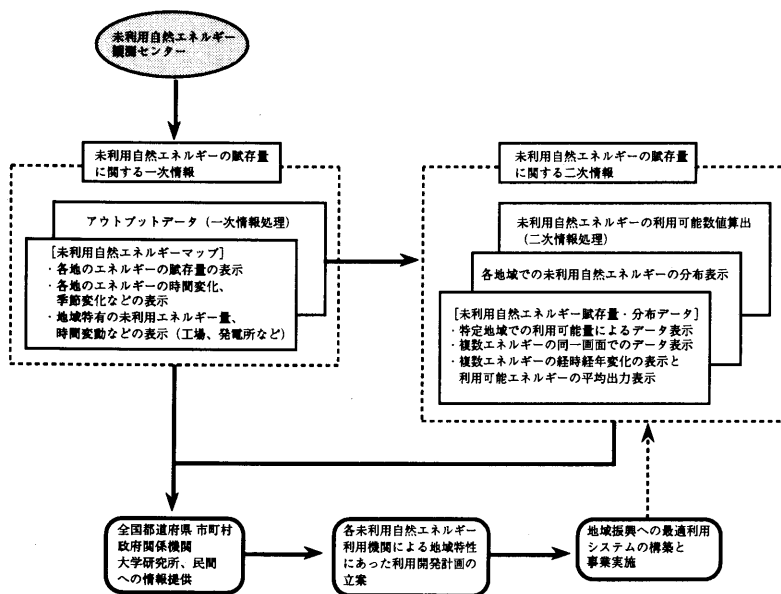


図2 未利用自然エネルギー利用に関する情報ネットワーク

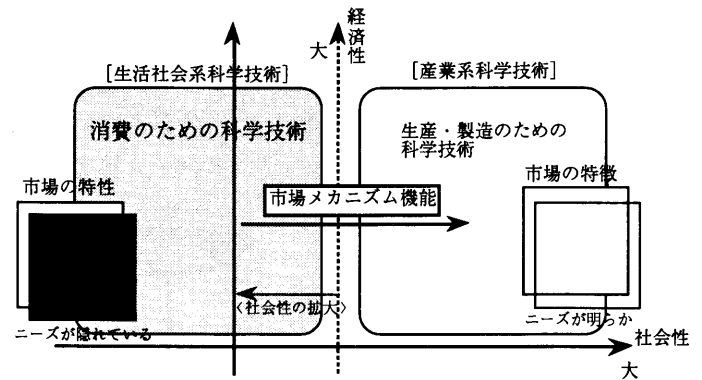
5. まとめ

未利用自然エネルギーの利用における開発と普及の問題点においてはこれらのエネルギーの導入に際してのコストの高さと現状の制度上の弱さが指摘される。

こうした問題点の解決策としては、中長期的展望に立った、技術的、経済的かつ制度的（政府による促進政策）の改革と利用者側における民生用としての利用、新たな社会基盤の導入に対する関心の高まりの必要性が挙げられる。

従来エネルギー供給システムと未利用自然エネルギーを組み合わせた複合システムの研究においては、地域での適切な複合利用においてコスト的には十分可能であり、市場メカニズムが機能することが示唆されており、今後はさらに社会的受容性を高め、経済軸の左側へのシフトを促進することに努め、利用する側のニーズに的確に対応できる多様性のある技術の提供と普及を推進する仕組み作りが必要となる。

今後、人間の生存環境の変化につれて、人々の意識が変わり次第に効率的なエネルギー利用を指向するライフスタイルに移行するものと思われる。そして生活者の関心は、消費のための活動から、価値ある人工物の創造や他者と個性的、独創的に関わり合うことに移っていくものと考えられる。しかし、大半の生活者や民間企業に、自主的な変貌を期待することは難しい。すなわち、効果的な転換を図るには、生活者や企業の利益が社会の利益と合致するような枠組みを提示することが重要である。



エネルギー環境が変化していく上で、エネルギー利用を高効率で実現していく社会の構築には今後の二、三十年が最も肝心な期間と考えられる。そのためには社会システムを支えていくための新しい思想、制度、方法を柔軟に取り入れた新たな社会資本の整備が急務であり、再生可能な未利用自然エネルギー利用のための情報基盤の整備が必須である。

文献

- [1] 柿崎文彦、松原克志、権田金治 「社会系科学技術の開発・普及に関する施策の研究」、研究・技術計画学会 第9回年次学術大会講演要旨集、pp.160-165, (1994)
- [2] 高橋潔、権田金治、尾形賢、梶川武信 「社会系科学技術の普及メカニズム - 海洋温度差発電を中心とした複合エネルギー利用システム -」、研究・技術計画学会 第8回年次学術大会講演要旨集、pp.169-175, (1993)
- [3] Fumihiko Kakizaki & Keiichi Takebayashi “A New Paradigm of Science and Technology for Social Needs - Criteria of Socio-beneficial Science and Technology - ” International Workshop on Regional Science and Technology Policy Research(RESTPOR`95), pp.7. 1-15, (1995)
- [4] 宇沢弘文 「地球温暖化の経済学」(1995)
- [5] 総合研究開発機構 「原子燃料を取り巻く課題に関する総合的研究」 研究報告書 No.940056(1995)
- [6] Lester R. Brown, Christopher Flavin and Hal Kane “The Trends that are Shaping Our Future” Curtis Brown Ltd. (New York: 1992)