

社会系科学技術の開発普及メカニズム

—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—

○高橋 潔, 権田 金治, 富沢 宏之 (科学技術政策研究所),
尾形 賢 (日本鋼管), 梶川 武信 (湘南工科大学)

1、はじめに

昨今、社会的課題として地球的規模の環境対策、エネルギー対策、生活大国の実現、高齢化社会への対応などがあげられ、これは同時に科学技術政策にとっても重要な課題となっている。これらに対しては、公的な大規模プロジェクトを中心として様々な取り組みがなされているが、膨大な開発資金と時間、人を投じているにもかかわらず、その開発・普及の進んでいない事例が多くみられる。

この原因として、技術的なボトルネックはもちろんのこと、社会的ニーズの問題、開発者と利用者のニーズの不一致の問題、マーケットとしての市民の価値観の問題、経済的な評価手法の問題、法制度や税制補助金制度などの公的制度的問題など様々な要因が複雑に絡み合っていることが考えられる。

本研究は、このように社会的要請が高いにもかかわらず開発・普及のすすんでいない科学技術を社会系科学技術 (Socio-beneficial Science and Technology) と呼び、その開発・普及メカニズムの一般モデルを提示しようとするものであるが、本検討では「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」という1つの事例を取り上げ、一般モデル形成に向けてのフレームを提示する。

2、事例研究—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

(1) 概要

1970年代のオイルショックを契機として化石燃料に替わるエネルギーの開発は、我が国ばかりではなく世界各国で熱心に実施されてきた。現在検討されている代替エネルギーは自然エネルギー利用として、太陽光、太陽熱、地熱、風力、海洋温度差、波力など多岐にわたり取り上げられるが、化石エネルギーがいずれは枯渇しエネルギー弾性値が高くなることがあらかじめ予想されているにもかかわらず、石油価格の下落もあってか、ほとんどの代替エネルギー開発はトーンダウンしてきている。

一方で、世界環境会議でアジェンダ21が採択されるなど例えばCO₂、NO_x、SO_x排出などに起因する地球環境問題が人類の最重要課題の1つとして認識されるようになってきており、現在の石油を核とした文明のあり方も問われている。

このように、クリーンな自然エネルギーの利用に関する科学技術の問題は、典型的な社会系科学技術の事例と考えられるが、本研究では、その中の1つ「海洋温度差発電を中心とした複合エネルギー」をその分析の対象として取り上げた。

(2) 海洋温度差発電が日本で普及しない理由

海洋温度差発電が日本で普及しない理由として以下の点があげられる。

- ・エネルギー密度の低い海洋エネルギーから温度差発電単体で経済的に成立することを目的としたため、スケールメリットを考慮し大きなシステムの創出を前提に条件設定を行ってきた。しかしながら、高緯度地域に位置する日本では海洋の表層水と深層水の温度差が小さいため、発電単体では経済的に成立しないことが判明したこと。
- ・深層水の有効利用に関しては、海外では発電と切り放した形で深層水の低水温、富栄養、清浄性を利用し、魚介類、藻類の生産に用いられ一部商業化している実例はあるものの、日本では、発電のために汲み上げられ、排出される大量の深層水の利用方法に適切な対応システムができていないこと。

(3) 火力発電所温排水利用複合エネルギーの経済評価

海洋温度差発電を中心とした自然エネルギーと未利用エネルギーの利用については、図 1 に示すように数多くの分野で技術的検討が進められているが、ここでは火力発電所をモデルとした発電所温排水利用による海洋温度差発電に関する技術的検討および経済評価を実施した。

A地点の場合の計画条件概略は以下の通り。

・海洋温度差発電プラント

サイクル	クローズドサイクル
作動媒体	アンモニア
送電端出力	100kW(夏期)
取水管長	3,000m
深層水量	1,200ton/hr
表層水量	1,632ton/hr

・ガスタービン発電機(4月~11月、8hr/day稼働)

定格出力	144MW
設定吸気温度	13℃
冷却海水量	2,100ton/hr

経済評価については表 1、表 2の通り。

A地点における火力発電所をモデルとして、発電所から排出される温排水の有効利用をはかることで、4月~12月の9カ月間海洋温度差発電の自立運転が可能であることが示された(1月~3月は電力出力を小さくすることで運転は可能。)(data not shown)。

しかし、海洋温度差発電の発電容量は小さく、独立した発電事業として成立させることは問題も多い。

そこで、大量に汲み上げられるが、エネルギー利用率の低い深層水の冷熱を、発電所内のガスタービン発電機の吸気冷却に用い、タービン出力の向上に資することに着目し、夏期の電力消費がピークとなる期間の電力供給対策として技術検討を行った。

その結果、電力出力向上容量は4月～11月の昼間のみ8時間運転した場合、19、031、000kwが得られる（5月～10月の24hr稼働とすると36、869、000kwとなる。）。このことは、発電所の設備増強をすることなく夏期の電力不足を補うことができ、他方採算性からの検討ではガスタービン発電機の出力向上による事業収入増額分と海洋温度差発電所設備投資との収支バランスから、初年度から経常収支でプラスを計上でき初期投資さえ可能であれば深層水の有効利用の最も実現性の高い事業の1つであると考えられる。

（4）地方自治体に対するアンケート

陸上設置型海洋温度差発電所の設置に適した海岸線を保有する自治体（海岸線から水平距離5km以内に200m以上の深度線をもつことを前提条件とした。）は16あり、その県を対象としたアンケートを実施した。

結果を要約すると

- ・海洋エネルギー利用技術に対する各県ごとの取り組み姿勢はかなりのばらつきがみられるが、大変意欲的に取り組みたいとする県と情報収集にとどまる県とに二分される。
- ・意欲的に取り組みたいとする県に対しその問題点を聞いたところ、海洋エネルギー利用技術の必要資金の大きさ、自治体レベルでの限界、地元の意志が不明確、環境に対する影響への不安等を問題点にあげる県が多かった。また、「現状では自治体レベルで利用するには技術的に可能であっても投資額が多額になることが予想される。また多額の投資をしても他のエネルギーで得られない何かがあるとは思えない。」という声もあった。
- ・情報収集にとどまる県においては、一般情報については収集を行っているものの、将来の課題とする県がほとんどであった。

3、社会系科学技術の開発・普及のフレーム

社会系科学技術の開発・普及を進めるにあたっては、①「社会的要請が高い」こと自体の概念整理およびその検証、②開発・普及が進まない構造の明確化およびそれに対する解決法の提示が必要である。

（1）「社会的要請が高い」ことの意味・・・ニーズからのアプローチ

個々人が感じているニーズの強弱および当該ニーズの分布の普遍性という2つの軸を設定すると、図2のような場が設定できる。図上の4つのドメインは社会系科学技術の政策対象領域を現しており、それぞれの領域毎に異なった政策論理が構築される必要がある

と考えられる。また、図の左下から右上へというラインに対してはニーズ密度という考え方が導入でき、開発・普及へのインセンティブを測る尺度としても有効であると考えられる。今回の事例研究である「海洋温度差発電」は、図上では左下、地域設定の仕方によっては右下に位置するものと考えられる。

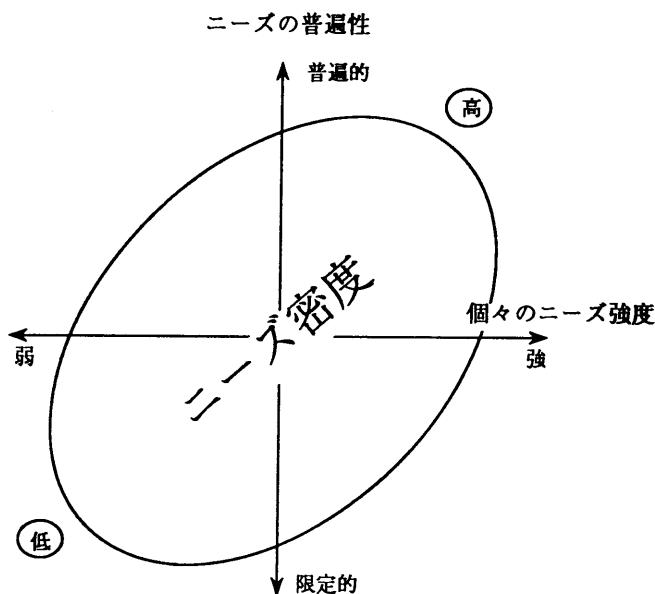


図 2 ニーズ分布による社会系科学技術のドメイン

(2) 開発・普及が進まない構造の明確化およびそれに対する解決法

開発・普及が進まない構造の明確化およびそれに対する解決法の提示については、研究開発、技術開発の観点からのアプローチとニーズの観点からのアプローチの2つがある。

(1) 限定的視野による研究課題、技術課題の設定

具体的な研究開発、技術開発を決定する際に、コスト計算範囲（経済視野）、素材・要素技術などのサーチ範囲（技術視野）、スケール・立地条件の許容範囲（条件視野）が限定的になっているため、ブレークスルーすべき対象が意識されなくなってしまう場合が考えられる（図 3）。事例研究からは、ガスタービン発電機の出力向上による事業収入と海洋温度差発電所設備投資との収支、深層水を利用した魚介類の養殖事業（以上、経済視野拡大の例）、海洋温度差発電プラントの作動媒体、熱交換器およびその素材（以上、技術視野拡大の例）、海洋温度差発電と自然エネルギー、未利用エネルギーの組み合わせ方、海洋温度差発電プラントの発電量の設定（以上、条件視野拡大の例）などがそれぞれの課題解決策として提示された。

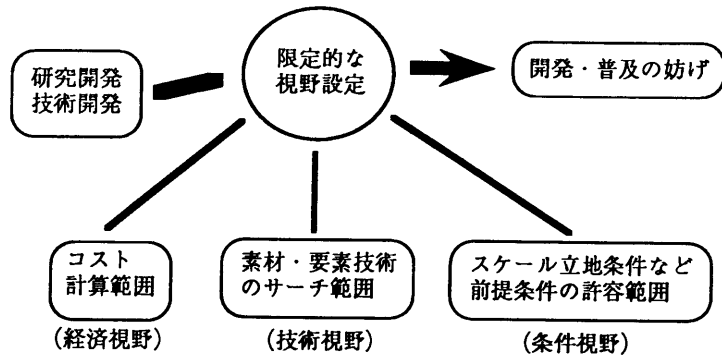


図 3 研究開発・技術開発からのアプローチ

(II) ニーズの読み違い現象

ニーズに適応した開発がなされているのか？という問に対してニーズの解釈の仕方に問題がある場合が想定される。図 4 に示すように異なる4つのドメインを想定すると、異なる4つのドメインに属する人々は、それぞれの立場から研究・開発ニーズあるいは利用ニーズを解釈し、そして発信する。そのことは、その時点で本来あるべき姿のニーズ（図の中心）はそれぞれのドメイン理論によって変換され、本来あるべき姿のニーズ、そしてもちろん他のドメインで形成されているニーズとの間にズレが発生するということである。事例研究から海洋温度差発電の場合開発者—非利用者理論が先行し、導入場所の持っている各種インフラ、潜在ニーズが組み込まれないような歪んだニーズが生じていたことがあげられる。

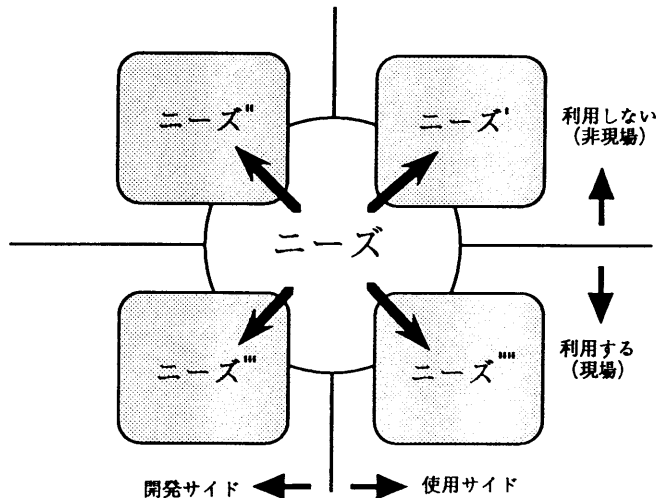


図 4 ニーズの読み違い現象

4、最後に

今回提示した一般モデル形成に向けてのフレームは、まだ包括的なものになっておらず、アプローチもまだ限定されている。しかしながら、本研究では今回の講演で報告した「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」に加えて、「福祉・医療技術の開発・普及に関する研究」、「環境修復技術の開発・普及に関する研究」を具体的事例研究として、その開発・普及のあり方を検討しているところであり、事例研究の積み重ねと、より精緻な概念整理の双方からより包括的なフレームの設定をめざしたい。

図1. 海洋温度差発電を中心とした自然エネルギー、未利用エネルギー利用による事業化フロー

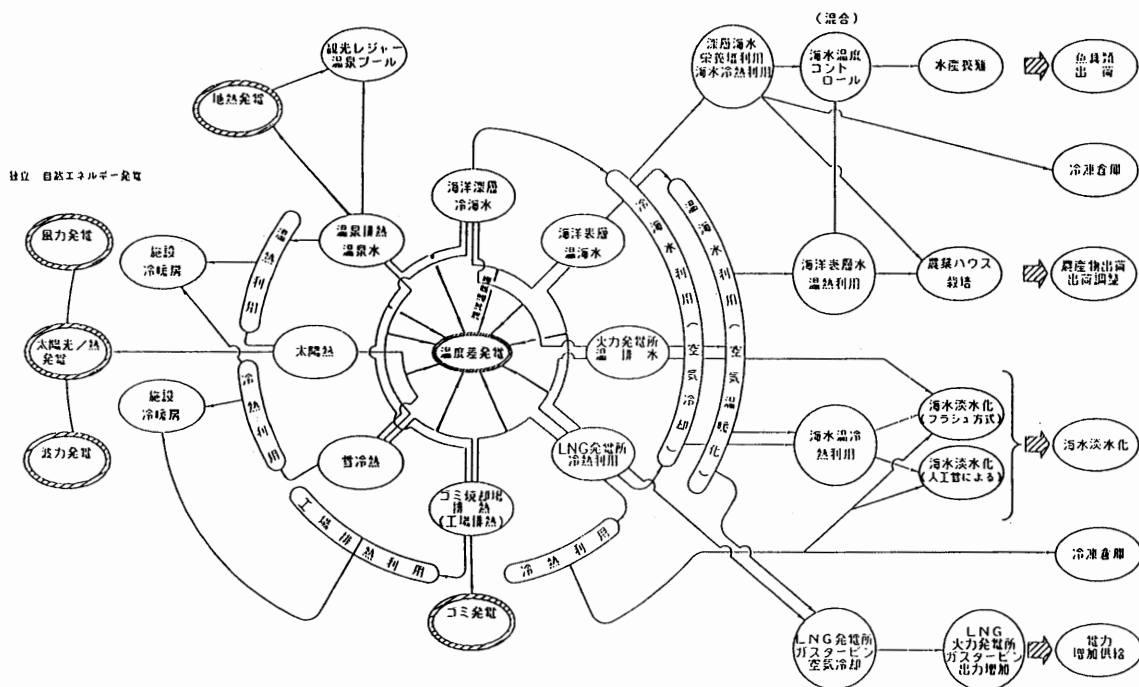


表1. ガスタービン吸気冷却検討結果(144MWガスタービン吸気冷却による発電増加量)

毎日8時間/日稼働の場合(9:00~17:00)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
日中(ピーク時)平均気温(℃)	8.5	8.8	11.9	17.4	21.8	24.4	27.9	29.9	25.9	20.6	16	11.4	
温度差(13度に対する℃)	-4.5	-4.2	-1.1	4.4	8.8	11.4	14.9	16.9	12.9	7.6	3	-1.6	
出力係数(G/Tメカのグラフより)				0.03	0.06	0.08	0.1	0.11	0.09	0.05	0.02		
出力増加量(KW)				4,320	8,640	11,520	14,400	15,840	12,960	7,200	2,880		77,760
日数	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	214
吸気冷却実施時間(H)				240	248	240	248	248	240	246	240		1,712
ガスタービン稼働時間(H)	248	224	248	240	248	240	248	248	240	246	240	248	2,920
出力係数 x 実施時間				7.2	14.88	19.2	24.8	27.28	21.6	12.4	4.8		
電力使用量ピーク時期 総電力(MWH)(4~11月)				1,037	2,143	2,765	3,571	3,928	3,110	1,786	691		19,031
ピーク時期総電力料金 (千円)(4~11月)				22,291	46,068	59,443	76,781	84,459	66,874	38,390	14,861		409,000

表2. 海洋温度差発電所事業収支計算表(144MWガスタービン吸気冷却をモデルとする収支バランス)

毎日8時間/日稼働の場合(9:00~17:00)

(千円/年間)

	金額(千円/年間)	備考	費用分割		合計	備考
			変動費	固定費		
建設運転費	千円 1,344,000	建設費 1,313,000 事業資金 31,000				※事業資金、ランニングコストの10%
(A)事業収入	409,000					
(B)年間ランニングコスト	163,700		133,000	30,700	163,700	
(C) 保険料	4,600	建設費1,313,000×70%×0.5%	-	4,600	4,600	
固定資産税	13,400	建設費1,313,000×60%×1.7%	-	13,400	13,400	
減価償却費	60,500	20年償却残存10%	-	60,500	60,500	
諸経費	8,200	ランニングコスト5%	-	8,200	8,200	
小計(C)	86,700		-	86,700	86,700	
(D)事業支出(B)+(C)	250,400		133,000	117,400	250,400	
(E)事業収支(A)-(D)	158,600					
営業外収支						
(F)事業資金返済利息	57,800	20年返済、元利均等方式	-	57,800	57,800	
(長期借入金返済額)	(67,200)	利息7%				
(元利合計返済額)	(125,000)					
経常収支(E)-(F)	100,800		変動費(計) 133,000	固定費(計) 175,200	計 308,200	

※事業資金に関しては、建設資金、事業資金のトータル、1,344,000千円は全額銀行借入とします。返済年月 20年(240回)元利均等方式による返済、金利7%とします。