

自然エネルギーの有効利用について

浜辺 聖・赤澤 貴光・大橋 智志*

The Effective Utilization of Natural Energy
Masashi HAMABE, Takamitsu AKAZAWA, and Satoshi OHASHI

Key Words : Natural Energy, DO

キーワード：自然エネルギー，溶存酸素

はじめに

平成16年度の分野融合研究として当所と総合水産試験場で自然エネルギー等を利用した環境修復手法および漁業への応用に関する研究を行ったので、その結果を報告する。

平成16年度分野融合研究報告書

研究の背景

近年閉鎖的海域（大村湾等）における水質、底質環境の悪化は、下水道施設等の普及推進にもかかわらず悪化の傾向を続けている。また、同様の閉鎖的海域である諫早湾では、タイラギ等の主産生物の激減によりカキ養殖等への産業構造の転換を余儀なくされているが夏場の斃死により不安定な生産となっている。

平成15年までに衛生公害研究所が共同研究によって開発した海中曝気によるカキの夏場の生残、成長の向上技術は、貝類養殖による海中の富栄養物質（リン、窒素）の取り上げと、夏場の斃死対策を検討する諫早湾等のカキ養殖の課題に対して有効な手法となりうると考えられた。

このため、衛生公害研究所と総合水産試験場による共同研究として本研究会で検討することになった。

分野融合研究提案に際しては、環境修復面からの自然エネルギー活用の検討と、漁業生産現場の実情（陸上電源利用の困難）を併せて検討し、風光力を用いたエネルギー源を利用した同手法の利用を提言し、採択後はその可能性を検討した。

調査内容

まず、同様の構想を持ち、検討を行っている水産工学研究所において情報の収集を行った結果、考えられる自然エネルギー技術（過去に試験された技術等）としては、

- ① 風力
- ② 波浪
- ③ 太陽光

等が挙げられる。これらのうち、風力と太陽光については実用的な実験や実用型発電が行われているが、以下の理由から自然エネルギーの海域での利用は多くの課題を有している。

1. 安定出力の問題

電気は積分値としては計算されず、安定した部分のみでの利用となる。このため、風力等の不安定要素の多いエネルギーでは、実用可能な部分が非常に小さくなる傾向がある。

光力はその点安定しているが、夜間利用できないという欠点がある。

2. オーダーメイドとなる配電基盤

自然エネルギーは各地で利用できる内容（風力、風向、日照量等）が異なり、発電装置から動力駆動に至る回路が独自に必要でこの設計に多額の費用が必要になる。

3. 塩害の問題

現在あるモーターあるいはコンプレッサー等の機器は塩害に弱い。これらの塩害対策については別途考えなければならない。

*) 総合水産試験場 介藻類科

4. 装置設置場所の課題

上記のような条件を整えると相当の重量あるいは規模の施設が想定される。この場合設置する筏あるいは土台等の耐久力の問題が発生する。

情報収集の結果

1. 風光力は不安定なエネルギー源であり（特に風力）大きな出力は望めない。

参考

①風速および発電量の変動

大村湾における過去 8 年間の平均風速の変動は± 4.7 %、発電量に換算すると、変動幅は 86 %～ 115 %となる。

これは、大村湾アメダスサイトにおける 8 年間の平均風速（下表）より算出されたものである。

年間の風速のバラツキは $4.42 \pm 0.2 \text{ m/s}$ 、率では± 4.7 %である。

観測年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
年間平均風速(m/s)	4.4	4.1	4.3	4.1	4.1	4.4	4.3	4.2

実際の発電量計算は、平均風速より、ワイブル分布（またはレーレ分布）で風速分布の確率を求め、これより、風力発電機の特長（カットイン、カットアウト、風力係数など）を考慮して月別の予想発電量を算出している。

②日射量の変動

長崎における過去 12 年間の年々の全天日射量（∝発電量）の変動係数（別紙参照）は以下のとおりである。従って、発電量の変動幅は 95 %～ 105 %程度となる。

7月± 14 %、10月、± 8 %、
通年± 4～ 5 %

上記データは NEDO 事業による「太陽光発電システム実用化技術開発・発電量基礎調査」（日本気象協会/NEDO、全国 225 地点、12 年間）による。

2. 塩害、耐水性、蓄電池等の重量等の課題を有する

3. 現況の技術では相当に高価となる

4. 光力発電装置および風力発電装置の土台はひねりに弱く、波をたわみで緩衝している養殖筏に直接積載することは難しい

等の課題が抽出された。

課題に基づく検討内容の整理

上記の課題に基づき、本研究会で検討する曝気装置の条件について検討し、

①限定された電力を蓄積して使用する（夏場の無風日を想定）

夜間の風力発電での電力供給は困難で、蓄電池のみの電力で稼働させる。

②使用時間を限定する（夏場の夜間小潮時の貧酸素水塊を想定）

蓄電力には限界があり終日の稼働は困難。また、蓄電能力等の試算から筏 1 台程度に供給する能力が限界。

③曝気装置は養殖筏とは別体とする。

養殖筏と異なり、曝気装置筏には堅牢性が求められ、相反する部分が多い。

を考慮し以下のように条件を設定した。

①作動期間は 6 月から 10 月までの 5 ヶ月（夏期のみ）

②作動方法は、日中の光力、風力による蓄電により夜間約 6 時間以上の曝気を行う。

③曝気については潮汐を考慮したタイマー運転とする。

④装置は養殖筏とは別体とする。

⑤概ね 20m × 10m の筏一台を対象とする。

そのうえで、実際に実用的な装置の作成が可能かどうか検討を行った。

下記の内容で理論的には曝気装置が制作可能であることが判った。

カキ筏用風力/ソーラ発電装置&エアレーション装置のシステム案

1) 発電装置仕様案

- ・風力発電機 : 垂直軸直線翼風車 WK18-20 × 1 基 (定格 1070W、風速 13m/s 時)
風車寸法Φ 1.8 × 2.0 m、風車部重量 140 k g (支柱除く)
- ・ソーラパネル : 多結晶太陽電池 120W × 8 枚 = 960W
パネル 1 枚当り 1.2 × 0.8 m、13kg/枚 × 8 = 104kg
- ・蓄電池 : 密閉式鉛蓄電池 48V250A h
(単電池 12V50Ah × 4 直 × 5 並 = 20 個)
単電池 170 × 260 × 240mm、23kg/個 × 20 個 = 460kg
総重量 704 k g (ケース込み) + α (支柱など)

2) 風力&ソーラ発電量の試算

上記 1. の装置で、夏場の 6 月から 10 月の 5 か月分を対象の場合の予想発電量を下表に示す。

場所：長崎県大村市 (単位：kWh)

	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	合計	月平均	日平均
風力 (定 格 1070W)	48.4	110.1	100.1	64.8	71.9	395.3	79.1	2.58
ソーラ (定 格 960W)	90.8	106.8	112.8	87.6	77.2	475.2	95.0	3.10
合計)	139.2	216.9	212.9	152.4	149.1	870.5	174.1	5.69

∴蓄電池への充電量は、発電量にシステム充電効率風力 72 %、ソーラ 90 %を見込むと、1 日
当たり平均充電量は風力 1.8+ソーラ 2.8 = 4.6kWh/日 と試算された。

3) 負荷条件

- 負荷 : ①案) DCエアープンプ (DC24V、60W/台) × 3 台
②案) AC小型コンプレッサー (AC100V、400W) × 1台
- 使用条件 : 夏限定 6 月～10 月の 5 ヶ月間の夜間のみ
- ①案は毎夜 12h また ②案は毎夜 6 h 以上 の連続運転、タイマー制御による
- 変換効率 : ①案の場合コンバータ効率 (DC48V→DC24V) 80%
②案の場合インバータ効率 (DC48V→AC100V、60Hz) 80%
- 無充電日 : 日照なしまたは無風が 2 日間程度、連続稼働出来る蓄電池容量とし、保
守率 80 %含む

4) 負荷使用に関する試算結果

上記 2), 3) の場合、エア発生装置別に使用台数/時間などの試算結果を下表に示す。

但し、使用水深 2～3m (水圧 0.02～0.03 Mpa)

負荷種類	①案)	②案)
負荷名	DC エアープンプ	AC 小型コンプレッサー
入力	DC24	AC100V
出力	60W	400W
消費電力	85W	500 ～ 600W
最高圧力	0.1MPa	0.05MPa
吐出量(定格)	30 ㍓/min	160 ㍓/min
連続稼働時間 (h/日)	35.3 h /日	5.46 h /日
使用台数	3 台	1 台
使用時間	11.8 h /日	5.46 h /日
全吐出量(1 日当り)	30 ㍓/min × 3 × 11.8 h = 63.7 m ³	160 ㍓/min × 5.46 h = 52.4 m ³

注 1) 使用可能電力は、4600 W h/日のうち制御器の自己消費とバッテリー自己消費を引いたもの、

即ち

$$\text{使用可能電力} = 4600 - 307 - 120 = 4173\text{Wh/日}$$

注2) 制御器にて充/放電制御を行います。その消費電力は、307 Wh/日です。

注3) バッテリーの自己放電は、最大容量の1%/日なので、120 Wh/日です。

注4) DCの場合：連続使用時間 = $4173\text{Wh/日} \times 0.9 \times 0.8 \div \text{消費電力}$
(0.9は放電効率、0.8はDC/DCのコンバータ効率)

ACの場合：連続使用時間 = $4173\text{Wh/日} \times 0.9 \times 0.8 \div \text{消費電力}$
(0.9は放電効率、0.8はDC/ACのインバータ効率)

注5) 使用台数 = 連続稼動時間 ÷ 12 h (夜間) の端数切捨てで算出。

注6) 吐出量には、管路長さ、屈曲、オリフィス効果など流体損失は含んでいない。

注7) 上表のエア発生装置は海上用でない(メーカより)。よって、海で使用した場合の耐久性は不明。

物品コスト表(概算)

<単位：千円>

構造方式	ブイ式		イカダ式	
	エアポンプ	コンプレッサ	エアポンプ	コンプレッサ
1 風力発電機	4,000	4,000	4,000	4,000
2 ソーラパネル	1,600	1,600	1,600	1,600
3 蓄電池	1,000	1,000	1,000	1,000
4 エア発生装置	500	300	500	300
5 制御装置	1,000	1,000	1,000	1,000
6 標識灯	250	250	250	250
7 浮体構造物	14,000	14,000	8,000	8,000
8 係留装置	—	—	—	—
合計)	22,350	22,150	16,350	16,150

注1) 係留装置については、含んでいません。

注2) 予備品、付属品、運賃および現地立会い費は含んでいません。

検討結果

以上の結果から

- ①理論値として実用的な運行が可能である。
- ②台風等については理論上耐えうると考えられる。
- ③耐水、耐塩害については、メンテナンス等により解決できると考えられる。
- ④価格帯については1500～2500万円程度の高額なものとなり、組み合わせ技術である点から汎用化しても価格の低減化はあまり望めない。
- ⑤1機の装置で筏1台相当の出力となる。
- ⑥メンテナンス費用
風力発電機はメンテナンスが必須
コンプレッサの寿命は約半年と想定される。
蓄電池は3年程度の寿命

等の結果が得られた。

なお、曝気方法の選択枝としてはマイクロバブル技術等が開発される中で、曝気装置の選択枝が増えているが、限られた電源で必要な作動時間を得られるのかは今後開発中の企業等の検討の必要があると考えられた。

費用対効果の検討

現行技術で実稼働する機器が作成できることは判ったが、コストの面での検討の必要があると考えられた。

諫早湾におけるカキ筏からの水揚げは、現在 20m × 10m 筏 1 台で 1 ～ 4 トンの範囲にあり、これは金額に換算すると 500 千円～ 2,000 千円に相当する。この生産量は現状の夏場の斃死を織り込んだものであるため、斃死が軽減されたと想定（現行の生残率が 10 ～ 40%これが 80%になったと想定）して試算し、最大で筏 1 台から 8 トン前後のカキの収穫があったとしても水揚げ金額は 4,000 千円程度に留まり、今回の試算で得られた機器の価格および維持運営費を賄うことは難しいと考えられた。

小長井町漁協のカキ養殖業者数と生産量、生産金額の推移

年	業者数	生産		筏 1 台あたりの推定生産	
		Kg	千円	Kg	千円
1999	2	985	444	493	222
2000	3	4,061	2,017	1354	672
2001	5	21,722	9,113	4344	1823
2002	24	28,038	10,811	1168	450

検討結果に対する研究会参加メンバー等の助言・指導等

3月16日に上記の結果をもとに検討会を開催した。

参加者	水産工学研究所	高木儀昌	漁場施設研究室長
	長崎総合科学大学	山中孝友	客員教授
	衛生公害研究所	渡部哲郎	所長
		白井玄爾	公害研究部長
	総合水産試験場	藤井明彦	介藻類科長
報告者	衛生公害研究所	浜辺 聖	専門研究員
	総合水産試験場	大橋智志	研究員

長崎総合科学大学 山中孝友 客員教授

・蓄電池については、リチウム・イオン電池が実用化されつつあり軽量小型で短時間の充電が可能である等、調査で利用を検討した鉛蓄電池より有利な点を多く持つ。寿命も長く 10 年程度である。しかし、現状の価格では 3 倍程度かかり鉛蓄電池とコストは同等程度となる。

近未来については、2 層コンデンサー電池があり、これはさらに小型軽量となる。しかし、大型のものは未開発であること、価格が高いことから実用化は携帯電話等に限定されている。今後中韓製造の安価なものが増産され、容量もあがると考えられる。また、太陽電池も薄く柔軟な素材のものができており、ひねりに対しても強い可能性がある。

これらの新技術を用いて風光力船を検討しているところであり、成功すればその技術の転用も可能と考えている。将来的には筏に小型軽量の装置として搭載し、たわみに破損しない太陽電池でエネルギーを集めることは不可能ではない。ただ、数年内の実用化が難しいことは理解できる。

水産工学研究所 高木儀昌 漁場施設研究室長

・すべての計算が費用対効果の面から検討されていることは、このような施設の利用意義からすると正しくない。現在は確かに商業電力が安価で、自然エネルギーを利用した電力の 1/10 程度の価格であるから、当然費用対効果でより有利なものが現存する状況にある。しかし、化石燃料や原子力に限界があることが明白である以上、今後はハイコストでも自然エネルギーのようなものにシフトせざるを得ないというのも共通した認識である。そのような中でどこまで先駆的に投資するか、あるいは試験するかは直近の価値判断では決めにくい部分がある。

今回の報告については、現存の企業が想定されるメンテナンスの安全性まで見込んで出した金額と考えられ、実際の 1.5 倍程度になっているのではないかと考えられる。また、実際に漁業者が負担できる部分を再度検討するとさらに必要な経費は減額されると考えられる。

ただ、それでもカキ養殖の利益率は低く、現在の環境に対する経済的負担に対する認識がまだ低いことも事実であり、数年内の実用化が難しいことは理解できる。それでも、近未来に対して今回の試算結果のみで実用的でないとの判断を残すのはいかがかと考える。近未来には、技術開発の進展とともにこのような理論の受け入れも進むものと考えられるので、その点を考慮にいった結論として欲しい。

プロジェクト研究としての将来性

現行技術で実稼働する機器が製作できることは判ったが、現状ではコストの面で課題があると考えられた。従って、プロジェクト研究テーマとして数年内の実用化技術開発を成果目標とする場合は達成は困難と考えられた。

しかし、技術面における革新が進んでおり、今回の検討で断念した小型軽量で筏にも搭載できるような素材での検討ができれば、将来的には実用化の可能性を残していると考えられた。特に長崎総合科学大学で検討しているソーラー駆動船等に用いられる技術（太陽電池、蓄電池、防水技術、駆動機器等）は相当の部分で応用可能と考えられた。

また、今後の自然エネルギーや環境修復に対する理解の進展も期待でき、かつ、コストという考え方も変化があるものと考えられることから、今後近未来において再度検討を行うべき実用的な課題であると結論づけた。