

# 漁村・漁港地域への 再生可能エネルギー導入に関する ハンドブック

2016年7月

一般財団法人 東京水産振興会





## はじめに

1970年代初め地球の未来に対する警鐘を鳴らす画期的な本「成長の限界」(ローマクラブ)が出版されてから、かれこれ40年という歳月が流れた。今でもこの本の教える社会や経済のあり方を含めた人類の生き方の問題提起のインパクトはいささかも衰えていない。私たち団塊の世代が慣れ親しみ、そして永續を願った「高度成長」・「強競争力」もバブルが弾けた1990年代には実現困難な時代となり、今日に至る。「無限の成長」・「無限の競争」・「無限の効率」には無限の惑星が前提であり、これが大いなる幻想・見果てぬ夢であることは今となっては自明の理であるが、当時、私達はいつまでも続くと思っていた。「成長の限界」・「競争の限界」・「効率の限界」という問題意識は極めて今日的課題である。

私達がふだん使用しているエネルギーは、元来すべて約138億年前の宇宙の開闢に起源する。約46億年前に太陽や地球等の惑星を含む太陽系が誕生し、約40億年前に地球上に原始的生命が誕生したとされている。爾来、地球上では地球環境の変遷と生命の進化が起り、生物種が誕生・絶滅を繰り返す、現在百数十万種が存在するといわれている。多くの種の絶滅には餌不足や酸素不足等いろいろな原因があるが、その中でも地球環境の厳しい変化、例えば大氷河・寒冷化・超大陸分裂・乾燥化・巨大隕石の衝突等の天変地異が大きな原因としてあげられよう。

ヒトの祖先である哺乳類は今から約2.2億年前の三畳紀後期には既に出現していたと思われる。霊長目の仲間が、約500万年前に出現した。原人(ホモ・エレクトス)が約180万年前に出現し、そして、今から120万年前に私たちの直接の祖先である新人類(ホモ・サピエンス)が出現した。

その後、人類は道具を使用し、狩猟採集生活を営むようになる。この頃に人類は火という最初のエネルギーを使うようになったといわれている。1万年程前に、農耕文化が始まり、また文字が発明され、本格的な文明というものが始まる。この頃(BC8000年)の人口は100万人程度といわれている。文明が進歩するとともに人口も2億人(BC0年)、3億人(1000年)と徐々に増えた。17世紀後半に起こる産業革命前には5億人(1650年)だったものが、産業革命後10億人(1800年)、20億人(1900年)、30億人(1960年)、40億人(1974年)、50億人(1987年)、60億人(1998年)、70億人(2011年)と急激に増加してきており、2025年には約80億人、そして2050年には100億人弱となると予想される。

このような人口の増加と文明のあり方(文明を特徴づけるキーとなる物質・エネルギー・道具等)は密接に関連しており、例えば、採集、狩猟や漁労などによって生計を立てていた時代(狩猟・採集社会)では、物質として自然界の動植物が、エネルギーとして草木等の天然バイオマスが、道具として石器が用いられていた。しかし、この時代の終わりに気候変動が起り、氷河期(最終氷期)が訪れる。この地球環境の変動(急激な温暖化と寒冷化)により、自然界の動植物が激減し、当時の人口を養う食料の確保が困難になったことが、次の時代の農耕・牧畜社会への大きなモチベーションとなったことは想像に難くない。

その後、物質として天然バイオマスや鉱物資源に加え、石炭・石油を原料とする化学製品へ、エネルギーとして、天然のバイオマスに加え、水力、風力、太陽熱、地熱、石炭、石油、天然ガス、そして近年では

原子力へ、道具としては石器から、土器、青銅器、鉄器、そしていくつかの金属を混合した合金、現代では化学製品や情報機器等多くの発達した道具（機器等）を用いるようになり、今日に至る。

上記のように、人口問題は文明のあり方と切り離しては考えられず、しかも、私達の文明を育むこの地球という惑星は無限ではなく有限の星（宇宙船地球号）であることを明確に自覚した1970年以降は、全ては有限であるという制限のかかった考え方で文明のあり方を模索することは必然であろう。

これからの文明のあり方を考える際、物質や道具の選択とともに、エネルギー選択は重要な課題となる。近い将来、私達が摂取する食料品や身につける装飾品同様、毎日消費するエネルギーについても、その価格だけではなく、エネルギーの原料種・起源・加工の質や販売・流通を司る団体のポリシーを含めた多様な価値を総合的に判断して、人々はエネルギーの購入・使用を選択することになるであろう。

## エネルギー問題の今日的課題

2014年に資源エネルギー庁より我が国の近未来のエネルギー政策の基本的方向性を示す「エネルギー基本計画（第4次）」（資源エネルギー庁2014）が閣議決定された。この中で、「あらゆる面（安定供給・コスト・環境負荷・安全性）で優れたエネルギー源はなく、電源構成については、エネルギー源ごとの特性を踏まえ、現実的かつバランスの取れた需給構造を構築する。そのためのベストミックスの目標を出来る限り早く決定する。」とされ、各種エネルギー源のあり方、特にベースロード電源・ミドル電源・ピーク電源に言及されているが、具体的な数値を示したエネルギーのベストミックスについては明示されていない。本プロジェクトでは、各種エネルギー源のあり方について総合的に調査し、ベストミックスのあり方について検討することは直接の目的ではないので、このことについてはあえて触れないが、同計画の中で、「我が国は、海外からの資源に対する依存度が高いことから、資源調達における交渉力の限界等の課題や、資源調達国やシーレーンにおける情勢変化の影響による、供給不安に直面するリスクを常に抱えており、エネルギー安全保障の確保は、我が国が抱える大きな課題であり続けている。こうした課題を克服し、国際情勢の変化に対する対応力を高めるためには、我が国が国産エネルギーとして活用していくことができる再生可能エネルギー、準国産エネルギーに位置付けられる原子力、さらにメタンハイドレートなど我が国の排他的経済水域内に眠る資源などを戦略的に活用していくための中長期的な取組を継続し、自給率の改善を実現する政策体系を整備していくことが重要である。」とされており、再生可能エネルギーが国産エネルギー等の開発・導入の促進による自給率の改善という観点から重要なエネルギー源の選択肢の一つとされている。

また、同計画の中で、再生可能エネルギーは、「現時点では安定供給面、コスト面で様々な課題が存在するが、温室効果ガスを排出せず、国内で生産できることから、エネルギー安全保障にも寄与できる有望かつ多様で、重要な低炭素の国産エネルギー源である。」と位置付けられ、「再生可能エネルギーについては、2013年から3年程度、導入を最大限加速していき、その後も積極的に推進していく。そのため、系統強化、規制の合理化、低コスト化等の研究開発などを着実に進める。このため、再生可能エネルギー等関係閣僚会議を創設し、政府の司令塔機能を強化するとともに、関係省庁間の連携を促進する。こうした取組により、これまでのエネルギー基本計画を踏まえて示した水準を更に上回る水準の導入を



目指し、エネルギーミックスの検討に当たっては、これを踏まえることとする。これに加えて、それぞれに異なる各エネルギー源の特徴を踏まえつつ、世界最先端の浮体式洋上風力や大型蓄電池などによる新技術市場の創出など、新たなエネルギー関連の産業・雇用創出も視野に、経済性等とのバランスのとれた開発を進めていくことが必要である。」というような政策の方向性が示されている。以上のように、新しいエネルギー基本計画においても、再生可能エネルギーのエネルギー源としての割合の具体的な数値は明示されなかったが、今後のエネルギー源として益々その重要性が示されている。

## 21世紀を「再生資源・持続可能性の時代」へ

産業革命以降の18～19世紀を仮に『石炭・機械の時代』とし、20世紀を『石油・武器の時代』とするなら、100年後の私達の末裔は21世紀を何という時代と呼ぶだろうか。太陽の表面放射エネルギーは $3.8 \times 10^{23}$  KWと巨大であり、そのうちのわずかの量( $1.77 \times 10^{14}$  KW)が地球に達する。この地球に達する太陽エネルギーの大半は地球への吸収、宇宙への反射、地表での熱転換、海中への吸収、私達が再生可能エネルギーの対象とする風・波・海流等の運動エネルギーに転換されるのは僅か0.2%の $4 \times 10^{11}$  KWで、光合成に利用されるのはもっと少なく0.02%の $4 \times 10^{10}$  KWである。私達がエネルギー源としているもののうち、地球起源の原子力(ウラン)や地熱以外の、ほとんどのエネルギー源(石油・石炭・天然ガス等の化石燃料、太陽・風力・水力・海洋エネルギー)は太陽光起源といっても過言ではない。今世紀を『再生資源・持続可能性の時代』とするには、上記の地球に降り注ぐ太陽エネルギーをあと僅か有効利用する方策を打ち立てる英知を私達人類は持つべきではなからうか。

高度経済成長が担保されていた頃、『ジャパンアズナンバーワン』と呼ばれていた頃、石油やウラン等の地下資源が無尽蔵となんとなく思われていた頃、私達は第1次・第2次オイルショックの際に一時的に危機感は覚えたものの、あとは概して楽観的であったような気がする。いろいろ危機はあっても、国家の豊かな経済力と円高の恩恵もあり、エネルギー資源を海外から何とか無事調達・輸入し、地方の隅々まで供給できた。しかし、国家の財政が危機的な今日の状況下では、この仕組みも成立困難な時代となってきている。2011年3月11日の突然の出来事により「成長の限界」・「競争の限界」・「効率の限界」という言葉の有する意味を身心の奥深いところで悟った私達には今、「小規模・自立・分散型、かつ持続可能なエネルギー体系」を許容する地域社会建設への大志と勇気を持つことが必要である。

石油ピークは既に2000年初頭に過ぎ、これから徐々に生産が減少しよう。ウランピークは早くも2020年、遅くても2050年には訪れるといわれている。これらの地下資源は2100年にはおそらく枯渇寸前まで行くであろう。今年生まれた人々の何%かは生きていそう遠くはない未来である。それでも、幸いなことに残された時間は数十年ある。天から与えられた貴重な時間とも言えよう。私達は英知・大志・勇気を持って、今、身の周りで出来ることから「小規模・自立・分散型、持続可能なエネルギー体系」に立脚した活動、例えば家に太陽光パネルを載せる、小さな風車や水車を設置する、照明をLEDに切り換える等の『創エネ・省エネ』活動や、近年個人が求め易い価格帯になってきたクラウド蓄電池の住宅への設置等の『蓄エネ』活動を実行しよう。これらの活動により、地域の小規模・自立・分散型エネルギー体系が発展するだけでなく、新しい我が国の成長産業が産み出される可能性大である。

## 漁業・水産業におけるエネルギー問題

漁業・水産業を取りまく昨今の状況には厳しいものがあり、資源の変動・枯渇、後継者難、収益性悪化等、漁業経営を圧迫している。とくに収益性の悪化の要因の一つとして、例えば、イカ漁業における漁船の動力源や集魚灯のエネルギー源としての重油の高騰による休漁の問題や、冷蔵・冷凍施設の維持・管理の為に電力料金の負担や、水産物の加工・輸送に必要な燃料費の負担等々、エネルギー問題は漁業・水産業においても極めて今日的課題である。

本プロジェクトは、「漁村・漁港地域における自然エネルギーを利用した振興策」について平成25年度～平成27年度の3カ年度にわたり調査・検討したものである。その結果をここに「漁村・漁港地域への再生可能エネルギー導入に関するハンドブック」として上梓する。このハンドブックが、漁業・水産業におけるエネルギー問題に関心を持つ方々の座右の書として、特に、これからはじめて自分達の地域の漁村・漁港施設へ再生可能エネルギー体系を導入せんとする地方行政機関の担当者や漁協等漁業関係者、そして水産加工業等を営む民間の方々への入門書としてお役に立てば幸いである。

2016年7月

漁村・漁港地域における自然エネルギーを利用した振興策委員会

座長 嵯峨 直恒

# 目次

はじめに .....	1
<b>第1章</b> 漁村・漁港地域における再生可能エネルギー導入の可能性 .....	6
1. 漁村・漁港と再生可能エネルギー .....	6
2. 様々な再生可能エネルギー .....	6
<b>第2章</b> 漁村・漁港地域における再生可能エネルギー導入検討事例 .....	17
1. 函館・戸井地区の小規模分散型再生エネルギーの導入検討手順 .....	17
2. 釜谷・戸井両漁港におけるエネルギーミックスの検討 .....	17
3. 各再生可能エネルギーの導入検討 .....	27
4. 釜谷漁港・戸井漁港におけるエネルギーネットワークの検討 .....	31
5. 釜谷・戸井両漁港のエネルギー需給の推計・収支の検討 .....	34
<b>第3章</b> 再生可能エネルギーを活用した漁村・漁港地域の振興策の考え方 .....	39
1. 再生可能エネルギーの導入と地域振興 .....	39
2. 漁村・漁港のエネルギー需要とエネルギーの利用方策 .....	40
<b>第4章</b> 漁村・漁港地域における再生可能エネルギー導入の手引 .....	43
1. 事業主体の検討 .....	43
2. 合意形成について .....	48
3. 関連法規の許認可について .....	50
用語解説集 .....	52

# 第1章

## 漁村・漁港地域における再生可能エネルギー導入の可能性

### 1. 漁村・漁港と再生可能エネルギー

東日本大震災を契機として、大規模・集中型のエネルギー供給から、小規模・自立・分散型かつ持続可能なエネルギー供給、すなわち地域の賦存する再生可能エネルギーの利用へとシフトする機運が生じている。太陽光・太陽熱、水力、風力、海洋、バイオマス、地熱等といった再生可能エネルギーは、資源が有限で枯渇性の石炭・石油などの化石燃料や原子力とは異なり、自然現象の中で更新され、持続的に利用が可能である。さらに、温室効果ガスを排出することなくエネルギーを得られるため、エネルギー変換効率、コスト、需給バランスなどの問題点が残されているが、地球環境や地域の環境問題対策の一つとしても重要視されている。

一方、漁村・漁港は水産業において事業の活動拠点であり、他産業・他地域との交流・連携拠点である。そして東日本大震災により地域の防災拠点としても期待されているものの、その担うべき役割に対してエネルギー問題が障害として横たわっている。

しかし、わが国における漁村・漁港は全国に小集落として点在し、それぞれの地域特性に沿った水産業を維持している。

エネルギー問題においても、地域の特性に合わせた様々な再生可能エネルギーを組み合わせることで、小規模・自立・分散型かつ持続可能なエネルギー供給を実現化していくことが求められているとあってよい。再生可能エネルギーは、基本的に分散型エネルギーであり、地域特性が顕著に表れる。そのため、再生可能エネルギーと地域エネルギーの位置づけを明確にして地元と推進することが重要である。

また、海洋関係の再生可能エネルギーは特に洋上風力をはじめ、将来的な拡大が期待されている。そのため、陸側と海側の接点となる漁村・漁港地域は、今後においてエネルギー供給の拠点としても期待される所である。

### 2. 様々な再生可能エネルギー

再生可能エネルギーの賦存量は、地理的に偏るとともに季節的にも変動する。一方、漁村・漁港はわが国の沿海地域や離島に全体的に展開している。このため、漁村・漁港の立地や具体的な施設構成などにより、それぞれの再生可能エネルギーの利用可能性は大きく異なる。

そのため、まず再生可能エネルギーとして、太陽光、風力（陸上・洋上）、地熱（温泉熱）、小水力、波力、海流・潮流、これに燃料電池についても取り上げ、概略を紹介する。その後、漁村・漁港地域での利用可能性を簡単に検討する。



## 2.1 太陽光発電

太陽光発電は、半導体もしくは色素吸収を利用することで、太陽光エネルギーを電力エネルギーへと変換する。

太陽光発電は、夜間のみならず曇天・雨天時には稼働しないため、日中においても安定した出力が確保できるとは限らない。そのため、コスト等検証委員会（2011）では、太陽光発電の設備利用率を12%に設定している。

太陽光発電による発電量に影響をあたえる要因は、設備環境面と技術面の2つに分けられる。前者の設備環境面に関する要因には、大気透過率、気候、設置方位・傾斜角といった日射条件に依存するが、中でも太陽光発電のポテンシャルを年間再傾斜角の斜面日射量として、**図1**に示す。

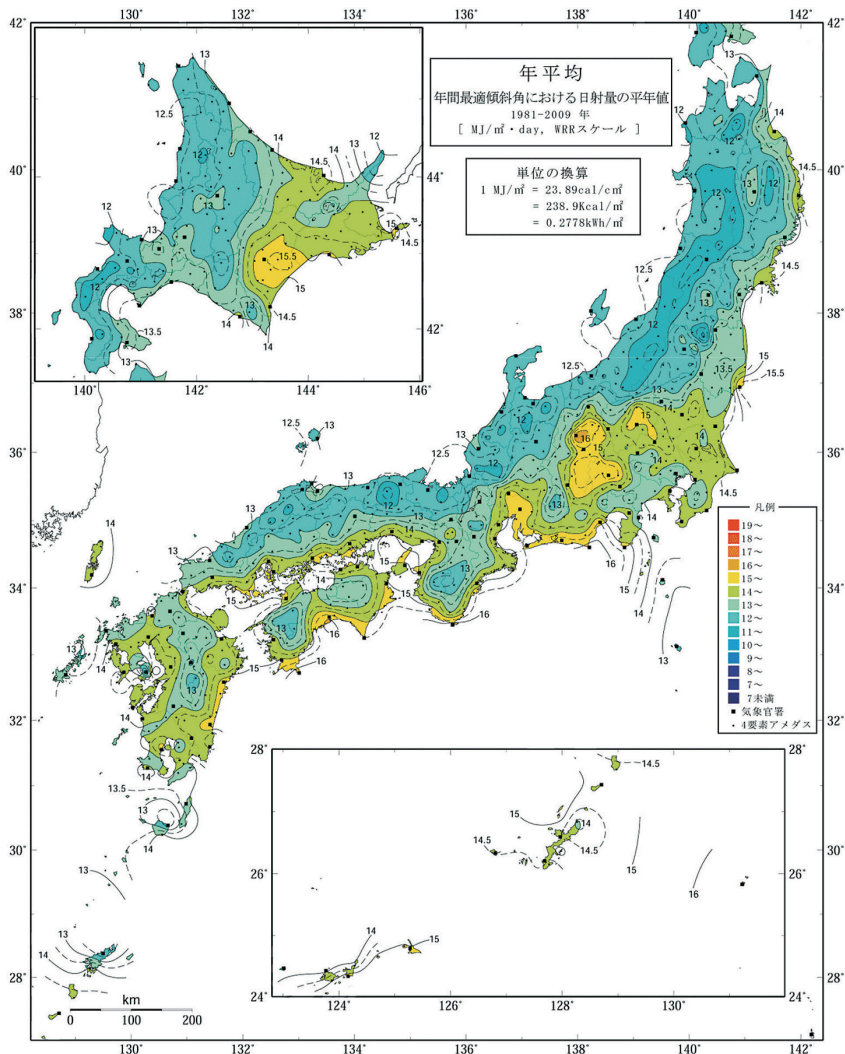


図1 年間最適傾斜角の斜面日射量

(出典：NEDO (2013))

後者の技術面の要因には、機器性能やシステム設計、さらにはモジュール表面の汚れなどがあげられる。特に漁港施設の屋上を利用した太陽光発電においては、鳥害（糞害）により発電量の低下の恐れがある。

太陽光発電の導入までの期間は、コスト等検証委員会（2011）によれば、契約手続き、補助金の申請、設置工事、系統接続まで含めても2～3カ月と短い。

このように、太陽光発電の漁村・漁港地域への導入は、各種の施設の屋根や屋上等において容易に短期間で設置させることができる。また、製氷・貯氷施設や冷凍・冷蔵施設、加工施設や地域内の熱源・動力源・照明といった電力需要に対して、単独ないしは他の再生可能エネルギーと組み合わせて、発電した電気を供給している事例もある。例えば、宮崎県門川漁港では40kWの発電装置を荷捌き施設の屋上に設置し、荷捌き施設に電力を供給している。また、漁場環境モニタリングブイや養殖場の自動給餌などの電源、あるいは災害時の非常用電源として、系統電源とは独立した電源としても利用可能である。

ただし、発電電力は日中の晴れ間に限られるため、既往の系統電源の補助的な利用、もしくは自家消費での利用には何らかの補完設備・機器が必要と考えられる。

## 2.2 風力発電

風力発電は、適地の関係から陸上だけでなく洋上での展開も期待されている。そのため、ここでは陸上・洋上における風力発電の両方について取り扱う。

風力発電は風の運動エネルギーによって風車が回転する運動エネルギーを利用し、電気エネルギーに変換する。この変換において、風力の発電量は、風速の3乗に比例し、風車が風を受ける面積の2乗に比例する。そのため、より強い風、より大きい風車の羽根面積が発電量を大きくする。そのため、風力発電は風車の大型化が主流であり、発電容量はMW級・風車の羽根の長さも数十メートルに及ぶ。ただし、中・小型の風車の開発も取り組まれていないわけではない。

風力発電は、風の強弱で発電量が変わるため、安定した出力が確保できるとは限らない。コスト等検証委員会（2011）では、風力発電の設備利用率について、陸上の場合で20%、洋上の場合で30%に設定している。

陸上風力における電力供給のエリア別導入ポテンシャルでは、主に北海道、東北、九州の3地方で、特にポテンシャルが大きい（**図2**）。

次に、洋上風力における電力供給のエリア別導入ポテンシャルでは、同じく北海道、東北、九州の3地域でポテンシャルが大きい（**図3**）。特に九州地方は、陸上風力のケースと比べても大幅に伸びており、北海道を凌ぐポテンシャルを有していることがわかる。

風力発電の導入までの期間は、コスト等検証委員会（2011）によれば、4～5年程度である。主に、風況調査、環境影響評価と系統連系協議、電気事業法・建築基準法に係る手続き、建設工事、使用前安全管理検査などの段階がある。

風力発電の漁村・漁港地域への導入は、一般に風車1基当たりの発電容量がMW級と大型であり、施設稼働率も高いため、冷凍・冷蔵施設や製氷施設など比較的大きな電力を必要とする施設

に用いることが考えられる。例えば、茨城県波崎漁港では、製氷施設、荷捌き施設、岸壁照明などの漁港施設への電力供給を目的に、漁港敷地内に出力1MW、年間予想発電量200MWhの風力発電装置を設置し、効果を上げている。

ただし、設置までに一定の時間が必要であること、電力供給が安定しないこと、1基当たりの発電容量が大きく、柔軟な設定ができないことなどがデメリットとしてあげられる。

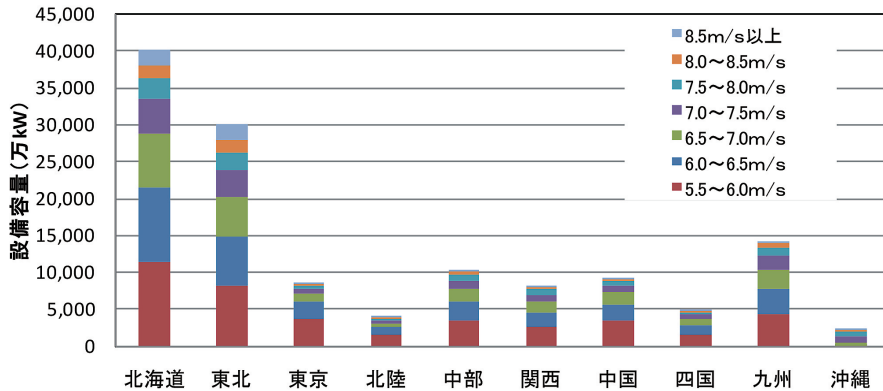


図2 陸上風力のエリア別の導入ポテンシャル分布

(出典：環境省(2011))

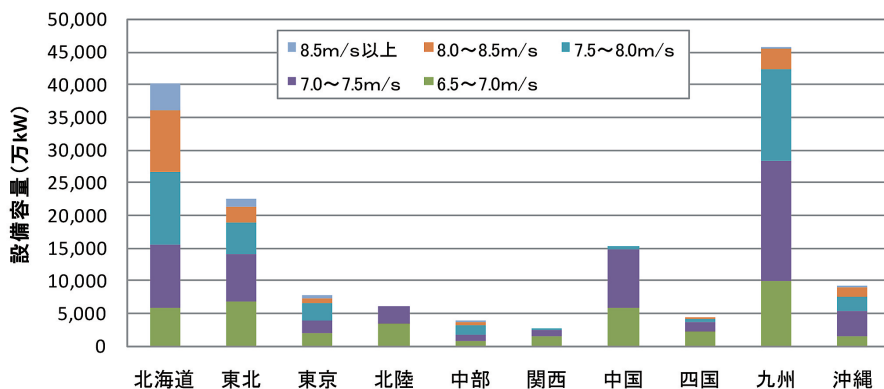


図3 洋上風力のエリア別の導入ポテンシャル分布

(出典：環境省(2011))

### 2.3 地熱発電

地熱発電は、地熱資源が存在する地層まで生産井を掘り、熱水エネルギーおよびその蒸気エネルギーを利用して、電気エネルギーに転換するものである。

地熱エネルギーによる発電は、安定した出力を見込む事ができる。コスト等検証委員会(2011)では地熱発電について安定した電力供給が可能と考えており、設備利用率を80%に設定し、高い稼働率を想定している。

地熱発電の賦存量とポテンシャルは、150度以上、120～150度、53～120度の熱資源毎にまとめられている。53～120度の地熱資源においても導入ポテンシャルは751万kWと見込まれている。漁村・漁港地域においても利用できる可能性は高いと考えられる。

その他、発電のために取り出した熱水について、給湯利用や農業への熱供給などの二次的利用、いわゆる多段階利用がなされているケースもある。例えば、新函館農業協同組合森基幹支店では、北海道電力の森地熱発電所の熱水を利用して、蒸気生産設備を備え、ハウス栽培の熱源としても利用している。

地熱発電の導入までの期間は、コスト等検証委員会（2011）によれば予備調査などを除いても9～13年と見込まれている。主に、資源量調査、許認可および地元との調整、そして建設に3～4年が見込まれている。

このように、地熱発電の漁村・漁港地域への導入は、安定的な電力量の供給が見込めるものの、沿岸域において温泉等が出るような場所に限られること、導入における許認可や建設などで一定の期間を必要とすることがあげられる。

**表1 地熱エネルギーの温度区分毎の賦存量と導入ポテンシャル**

区分	温度区分	賦存量 [万 kW]	導入ポテンシャル [万 kW]
熱水資源開発	150℃以上	2,357	636
	120～150℃	108	33
	53～120℃	849	751
	小計	3,314	1,420
温泉発電		(72)	(72)
合計		3,314	1,420

※：温泉発電は、53～120℃の低温域を活用したバイナリー発電の一部。

(出典：NEDO (2013))

## 2.4 小水力発電

水力発電については、特に固定買取制度 (FIT) において買取りの対象となる30MW未満の発電容量のものを主な対象とする。なお、わが国においては、出力1,000kWの水力発電が「新エネルギー利用との促進に関する特別措置法 (新エネ法)」により新エネルギーとして位置付けられている。

水力エネルギーによる発電は、水量・落差・水車及び発電機の効率によって決まり、おおむね安定した出力が見込むことができる。コスト等検証委員会 (2011) では、小水力発電について安定した電力供給が可能と考えている。設備利用率は60%に設定し、比較的高い稼働率を想定している。ただし、灌漑期と非灌漑期で水量差が大きい農業用水の利用や渇水の影響を受ける水源の利用などにおいては、別の水源を確保する必要があり、稼働率も下がる可能性がある。

中小水力エネルギーの賦存量及び導入ポテンシャルは、河川部、農業用水、上下水道・工業用水の



3つからまとめられている。河川部では賦存量が1,655万 kWh/年 (16,550MWh/年)、導入ポテンシャルが1,398万 kWh/年 (13,980MWh/年)、農業用水では賦存量が32万 kWh/年 (320MWh/年)、導入ポテンシャルが30万 kWh/年 (300MWh/年)、上下水道・工業用水では賦存量18万 kWh/年 (180MWh/年)、導入ポテンシャルが16万 kWh/年 (160MWh/年) となっている(表2)。

河川部における地域別・設備容量別の導入ポテンシャルでは、東北の424万 kW (4,240MW)、中部の230万 kW (2,300MW)、東京の202万 kW (2,020MW) の順で多い(図4)。

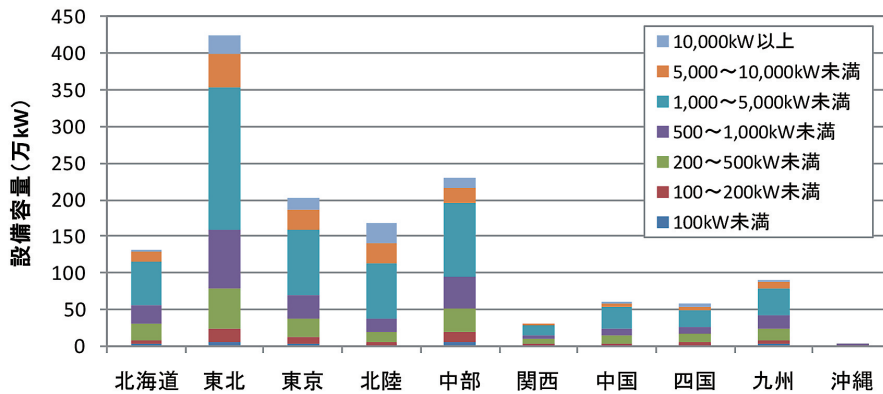
農業用水における地域別・設備容量別の導入ポテンシャルでは、中部の10.1万 kW (101MW)、東京の6.1万 kW (61MW)、北陸の4.9万 kW (49MW)、の順で多い(図5 (p12))。

なお、上下水道・工業用水の地域別・設備容量別の導入ポテンシャルは示されていない。

表2 中小水力エネルギーの賦存量と導入ポテンシャル

	賦存量 (単位: 万 kWh/年)	導入ポテンシャル (単位: 万 kWh/年)
河川部	1,655	1,398
農業用水	32	30
上下水道・工業用水	18	16
合計	1,705	1,444

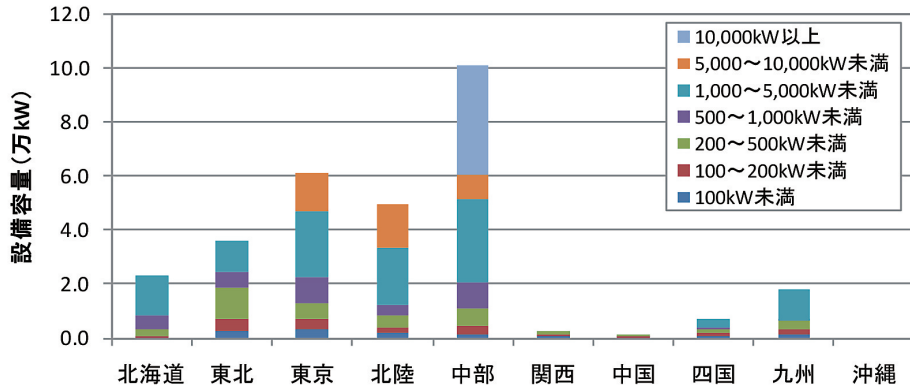
(出典: 環境省 (2011) より作成)



	全国	北海道	東北	東京	北陸	中部	関西	中国	四国	九州	沖縄	範囲外
100kW 未満	28	2	7	4	2	6	1	1	2	3	0	0
100~200kW 未満	64	7	17	9	4	12	2	3	4	6	0	0
200~500kW 未満	188	21	55	24	13	33	6	10	10	15	0	1
500~1,000kW 未満	248	26	82	33	18	44	5	11	10	18	0	1
1,000~5,000kW 未満	620	61	193	88	76	99	13	30	23	36	0	1
5,000~10,000kW 未満	158	12	47	28	27	22	2	3	5	10	0	1
10,000kW 以上	93	3	23	16	29	13	0	1	5	1	0	1
合計	1,398	131	424	202	169	230	29	59	59	90	0	5

図4 河川部における地域別・設備容量別の導入ポテンシャル

(出典: 環境省 (2011))



	全国	北海道	東北	東京	北陸	中部	関西	中国	四国	九州	沖縄	範囲外
100kW 未満	1.1	0.0	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0
100～200kW 未満	1.8	0.0	0.4	0.4	0.2	0.3	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0
200～500kW 未満	3.8	0.3	1.2	0.6	0.5	0.6	0.1	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0
500～1,000kW 未満	3.6	0.5	0.6	0.9	0.4	1.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0
1,000～5,000kW 未満	11.7	1.5	1.2	2.5	2.1	3.1	0.0	0.0	0.3	1.1	0.0	0.0
5,000～10,000kW 未満	3.9	0.0	0.0	1.4	1.6	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10,000kW 以上	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
合計	29.9	2.3	3.6	6.1	4.9	10.1	0.2	0.1	0.7	1.8	0.0	0.0

図5 農業用水における地域別・設備容量別の導入ポテンシャル (出典：環境省 (2011))

水力発電導入までの期間は、コスト等検証委員会 (2011) によれば2～3年と見込まれている。主に、水利権使用許可申請、環境影響評価・系統連系協議、電気事業法・建築基準法に係る手続き、建設工事、使用前安全管理検査などの段階がある。

このように、小水力発電の漁村・漁港地域への導入は、時間的な変動が小さく設備稼働率も高いため、当該地域で選択肢の一つになれば安定的な電力量の供給が見込める。さらに、太陽光発電や風力発電などと組み合わせると全体の発電量の平滑化を図るとともに、既往の系統電源の補助として多様な用途に利用することが考えられる。ただし、導入において許認可などの手続きや一定の時間が必要になるとと思われる。

## 2.5 波力発電

波力発電は、波のエネルギーを直接利用して発電する他、空気エネルギーに変換して発電する方式もある。

これまでの波力発電の研究実績から、防波堤組込方式の日本海側での設備稼

表3 波力エネルギーによる発電のポテンシャル

賦存量	導入ポテンシャル	発電ポテンシャル
195GW	5.4GW	19TWh

(出典：NEDO (2013) より作成)

働率は50%、太平洋側では60%のデータが示されている。海象、気象を検討し変動が小さい海域の選定で設備利用率を高められ、さらに海底地形の影響で波が集まる海域や波高が一定の海域など、局地地形のデータを有効に利用することが重要となる。

わが国における波力エネルギーの賦存量は195GW、導入ポテンシャルは5.4GW、発電ポテンシャルは19TWhである。

波力発電は、1965年以来航路標識の電源として利用されているほか、実験プラントによる実海域での実験が行われてきた。

## 2.6 海流・潮流発電

海流は、地球規模でおきる海水の水平方向の流れで、ほぼ一定方向に長時間流れる。似た現象に潮汐による潮流があるが、潮汐は時間の経過に伴って流れや方向が変化し、短い周期性を持つ。

海流発電および潮流発電は、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エネルギーに変換させて発電させる方式である。

海流発電では、東シナ海を北上して九州と奄美大島間のトカラ海峡から太平洋に入り、日本の南岸に沿って流れ、房総半島沖を東に流れる黒潮が代

表4 海流・潮流エネルギーによる発電のポテンシャル

	賦存量	導入ポテンシャル	発電ポテンシャル
海流	205GW	1.3GW	10TWh
潮流	22GW	1.9GW	6TWh

(出典：NEDO (2013) より作成)

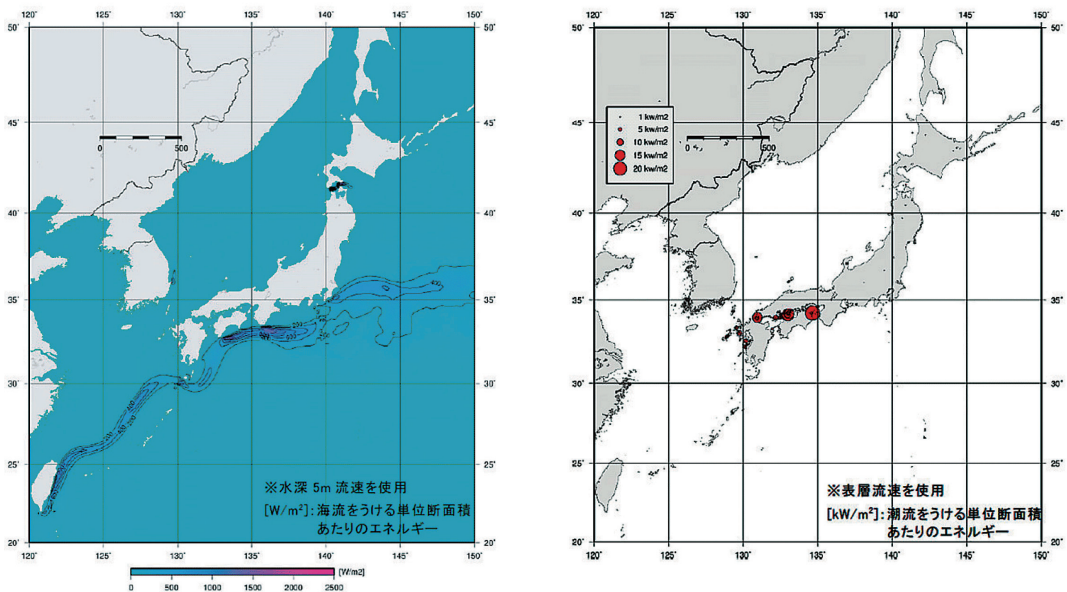


図6 海流・潮流エネルギーの高ポテンシャル海域

(出典：NEDO (2013))

表的なものとして想定される。黒潮は、数年から十数年規模の流路変動が観測されているが、その典型的な流路から、四国沖より西側の海域利用に限定される。

一方、潮流発電は太陽、地球、月などの天体運動による潮汐力によって発生する海の流れである。地球の自転に伴って1日2回の干満、また、15日周期の大潮、小潮によって変動する流れであるが、海岸地形や水深などにも強く依存する。しかし、潮流の変動は規則正しく起こるので長期にわたって予測可能であり、信頼性の高いエネルギー源とみなすことができる。

海流エネルギーの賦存量は205GW、導入ポテンシャルは1.3GW、発電ポテンシャルは10TWhと試算されている。海流エネルギーは地域に偏りが有り、特に、黒潮の通り道である太平洋沿岸において強い海流エネルギーが存在する。

潮流エネルギーの賦存量は22GW、導入ポテンシャルは1.9GW、発電ポテンシャルは6TWhと試算されている。潮流エネルギーも地域に偏りが有り、特に、津軽海峡、瀬戸内海、九州西岸において強い潮流エネルギーが存在する。

海流・潮流発電は実証実験段階であり、その導入にあたっての課題は明確ではないが、海流・潮流発電とも、適地は漁業との競合が見込まれることから、これに配慮した発電システムの確立が期待される。

## 2.7 海洋再生可能エネルギーへの期待と課題

わが国周辺は、波力、海流・潮流の他、潮汐や海洋温度差などの海洋再生可能エネルギーの賦存量には恵まれている。

漁村・漁港地域での海洋再生可能エネルギーの利用は、初期段階では離島や孤立沿岸集落などの発電用のエネルギー源としての利用、つまりスマートグリッドを活用し、小規模・自立・分散型のエネルギー供給システムとしての導入が期待される。

ただし、海洋再生可能エネルギーを用いた発電はその多くがまだ研究開発の段階であり、全体的に、将来の発電コスト見通しの不確実性が大きいと指摘されている。その欠点を補うシステムの導入、エネルギーの蓄積・充電・平滑化などの有効なシステムの導入を考慮する必要がある。例えば、揚水発電との組み合わせであれば5円/kWhのコスト上昇、4kWhのリチウムイオンバッテリーを設置するならば9円/kWhのコスト上昇が見込まれる。

近年は天候や海象予報精度が高まっており、再生可能エネルギー装置の発電予想が可能になれば、蓄電量、需給予測を行い、スマートグリッドや既存の電力系統との連携はますます有効になる。沖合で発電し、海底ケーブルによって陸側の系統と連系することは、コスト面で問題が生じるであろう。しかし、日本の沿岸は電力網の整備が進んでおり、洋上から陸までの安全な送電を確保できれば可能性が高い。

## 2.8 燃料電池

再生可能エネルギーによる発電は、発電出力の変動を伴うケースが多く、このような出力変動によって、電力系統に様々な問題が生じると考えられる。NEDO(2013)では、これらの問題



として、①電力の需給ギャップの発生、②周波数の変動、③電圧の上昇、④単独運転と不要解列、⑤事故時における電力系統への影響、をあげている。このうち、燃料電池を含む蓄エネルギーは、電力の需給ギャップの発生、周波数の変動への対応としている。

蓄エネルギーでも燃料電池の場合、導入までの期間は、コスト等検証委員会（2011）によれば、商品説明・現場調査、見積書の作成・提出、受注・補助金申請書類の作成、受理通知書受領・系統連系協議の依頼、施工・試運転・系統連系検査、引渡しを含め、約2週間と極めて短い。

蓄エネルギーの漁村・漁港地域への導入は、特に自然エネルギーで発電した電力の自家消費を念頭においた場合、需給ギャップが生じるため、余剰電力を蓄積し、電力不足時に活用するためにも欠かせないものと考えられる。

## 2.9 再生可能エネルギーの複合利用

これまで紹介してきた利用可能な再生可能エネルギーによる電力供給と、漁港関連施設への提供、すなわち漁港における小規模・自立・分散型エネルギーシステムのモデルを概念的にとりまとめたものが図7ようになる。また、漁港周辺に再生可能エネルギーを仮想的に配置したものが図8（p16）になる。

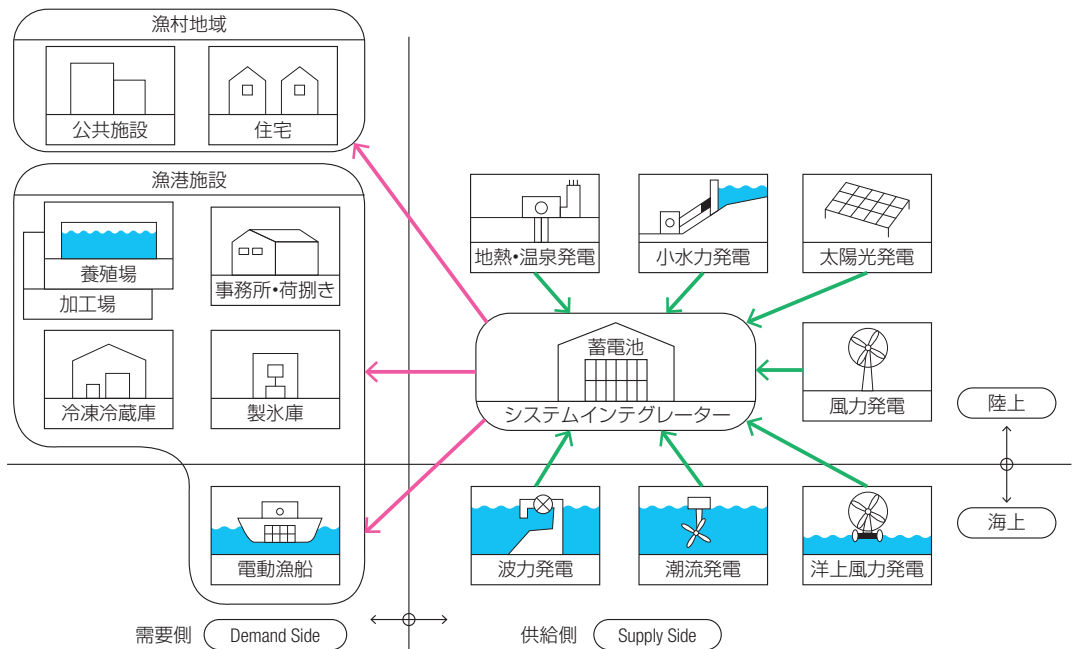


図7 漁港における小規模・分散型エネルギーシステムのモデル

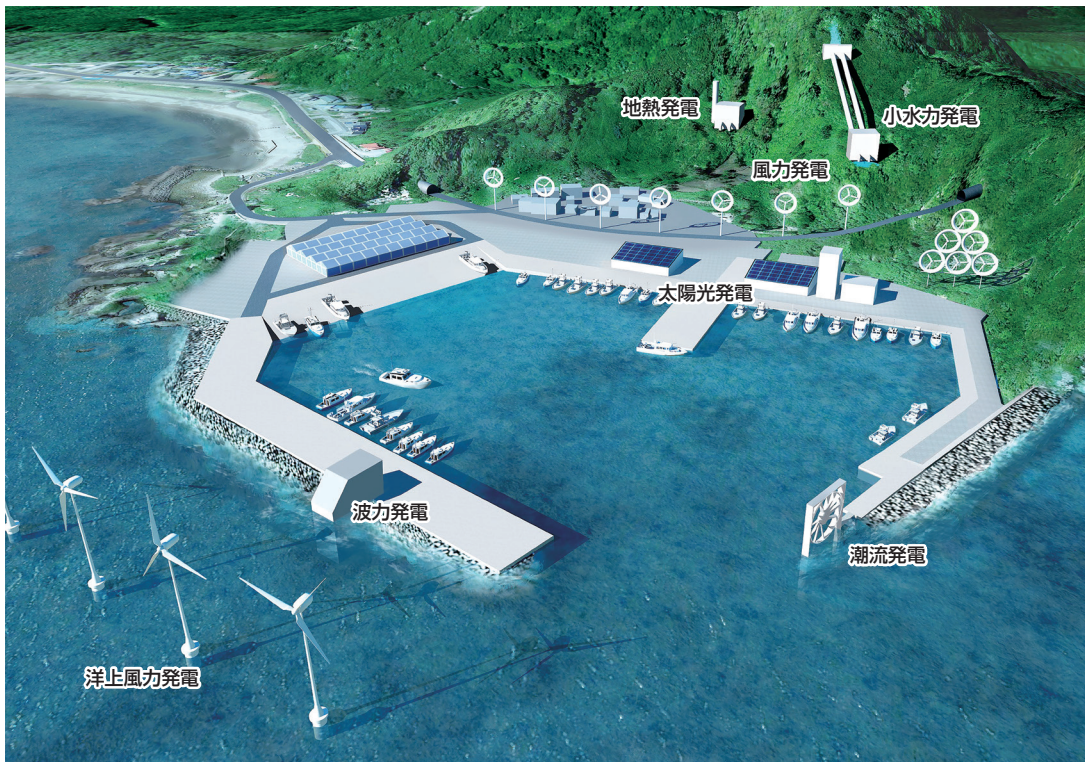


図8 小規模・小型・分散型エネルギーを組み合わせ、導入した漁港モデルのイメージ図

# 第2章

## 漁村・漁港地域における再生可能エネルギー導入検討事例

### 1. 函館・戸井地区の小規模分散型再生エネルギーの導入検討手順

本章では、漁村・漁港地域に導入する再生可能エネルギーを検討した。まず、検討フローとして、函館市の戸井地区にある漁港をモデル地域として具体的に設定し、当該地域の電力需要の調査及び地域特性によって利用可能と思われる各再生可能エネルギーによるエネルギー供給可能性の調査を経て、導入する再生可能エネルギーの組み合わせの検討・決定、そしてエネルギーの需給収支を明らかにした。

この検討フローは図9のとおりである。

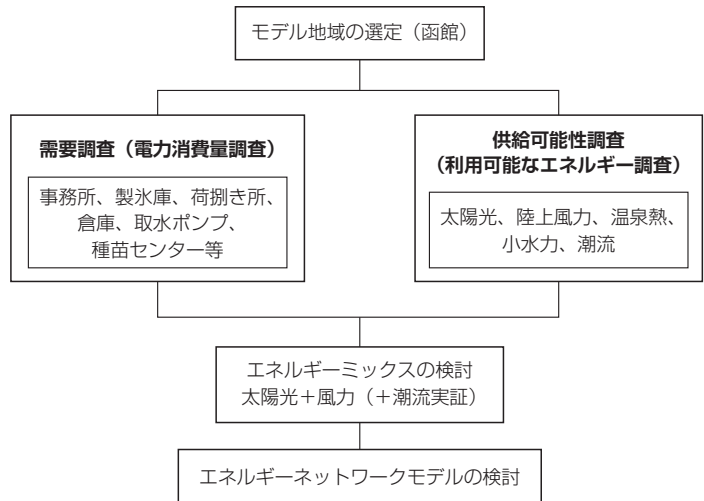


図9 漁港における小規模・分散型エネルギーシステムのモデル

### 2. 釜谷・戸井両漁港におけるエネルギーミックスの検討

#### 2.1 釜谷漁港・戸井漁港の位置

北海道函館市は、2005年に亀田郡戸井町、恵山町、椴法華村、茅部郡南茅部町が同市に編入する形で現在の姿となった。

本調査研究で事例対象となった釜谷漁港・戸井漁港はともに旧戸井町にあたる。両漁港は、ともに戸井漁業協同組合に属する。同漁協には両漁港の他に、小安漁港と汐首漁港があり、計4つの漁港からなる。このうち釜谷漁港に漁協事務所が設置されている。函館市の中心部、釜谷漁港、戸井漁港の位置については、図10に示す。

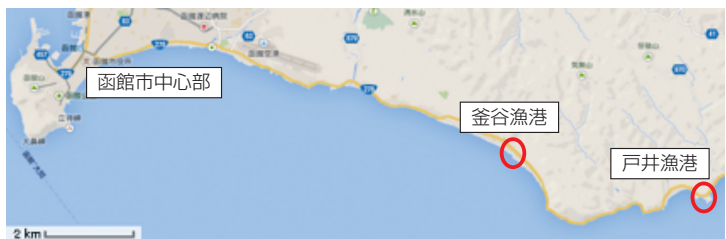


図10 釜谷漁港・戸井漁港の位置

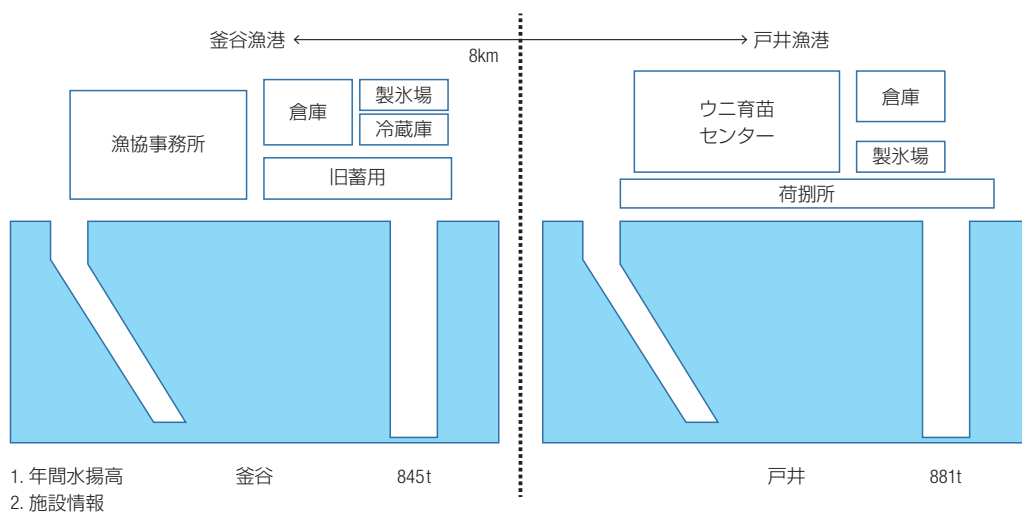
(グーグルマップより補足・作成)

## 2.2 釜谷漁港・戸井漁港の施設情報

釜谷漁港及び戸井漁港の施設配置図、年間水揚高、施設の基本情報を図11にまとめる。

釜谷漁港は第一種漁港に該当し、年間漁獲量は後述するようにイカやコンブを中心に、900トンに満たない。その主な施設は漁協事務所、倉庫、製氷場、冷蔵庫、旧蓄養施設からなる。

戸井漁港も第一種漁港である。年間漁獲量は、こちらも後述するようにコンブが中心で、900トンに満たない。その主な施設はウニ種苗センター、荷捌き所、倉庫、製氷場からなる。



場所	施設	延床面積 m <sup>2</sup>	建築面積 m <sup>2</sup>	階数	構造	暖房	冷房
釜谷	漁協事務所	807	280	地上3階	RC造	ボイラー(灯油)	
釜谷	倉庫	165	165	平屋	木造、モルタル造		
釜谷	冷蔵庫	44	44	平屋	木造、モルタル造		
釜谷	製氷施設	102	43	地上3階	S造		
釜谷	旧蓄用ほか	206	206	平屋	S造、モルタル造		
戸井	倉庫	181	138	地上2階	S造		
戸井	ウニ種苗センター	2,297	673	地上2階	S造、木造、ブロック造	灯油ストーブ	冷凍機
戸井	製氷施設	195	65	地上3階	S造		冷凍機
戸井	荷捌き所	391	391	平屋	RC造	暖房器(灯油)	

図11 釜谷・戸井漁港の施設情報



## 2.3 釜谷漁港・戸井漁港のエネルギー消費量の推計

函館市及び戸井漁業協同組合の協力<sup>1</sup>によって得られた月毎のエネルギー料金について、釜谷漁港は図12及び表5に、戸井漁港は図13及び表6 (p20) にまとめた。

釜谷漁港は冬期に料金が大きく、戸井漁港は秋期に料金が大きい。両漁港合すると年間のエネルギー料金は約1,686万円であった。そのうちウニ種苗センターの電気代が約487万円、ポンプ電気が約267万円(両漁港合計)と大きな割合を占めていた。

釜谷漁港は、年間のエネルギー料金は約655万円、その大部分が施設の電気料金の約328万円が占め、次に灯油の190万円が続いている。月別のエネルギー料金額の推移から、灯油は主に冬期の暖房に利用されていることがわかる。

戸井漁港は、年間のエネルギー料金は約1,031万円、その大部分がウニ種苗センターの約487万円が占め、施設の電気料金が257万円、次にポンプ電気の196万円が続いている。月別のエネルギー料金額の推移から、灯油は主に冬期の暖房に利用されていることがわかる。

上述の月別エネルギー料金を基に試算した両漁港の月別一次エネルギー消費量を表7 (p21) に示す<sup>2</sup>。

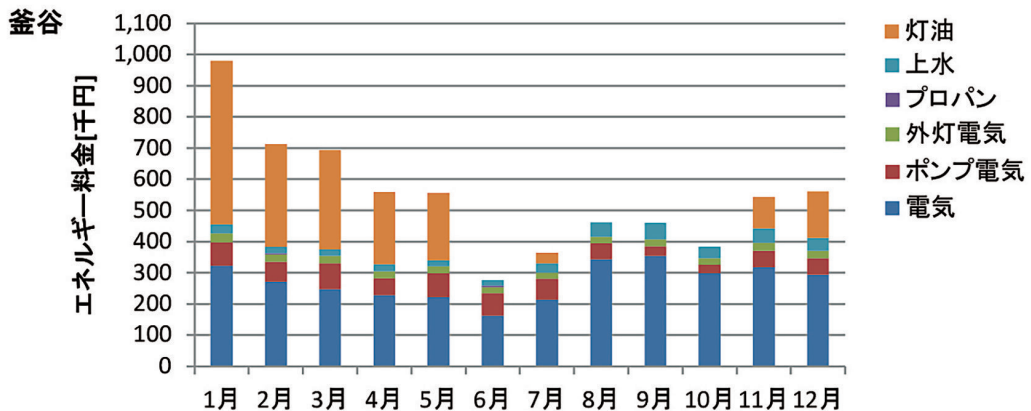


図12 釜谷漁港のエネルギー料金

表5 釜谷漁港の月毎エネルギー料金額 (単位：千円)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
電気	323	272	247	228	222	163	214	343	354	299	317	294	3,276
ポンプ電気	75	63	84	54	77	71	67	51	31	26	54	52	705
外灯電気	28	24	23	23	22	20	19	22	23	22	25	24	275
プロパン		4				4							8
上水	30	20	22	22	19	18	31	46	52	37	47	42	386
灯油	524	329	318	232	216		33				101	148	1,901
													6,551

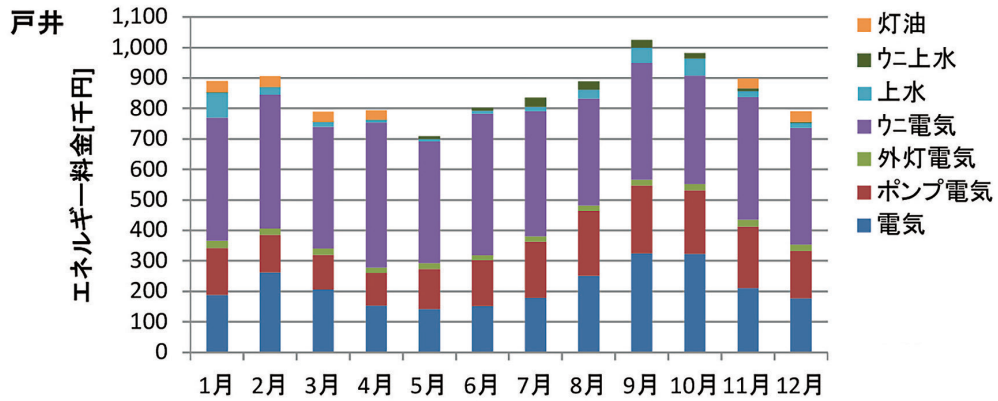


図13 戸井漁港のエネルギー料金

表6 戸井漁港の月毎エネルギー料金額 (単位: 千円)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
電気	188	263	206	154	142	151	179	251	325	323	211	177	2,570
ポンプ電気	154	122	114	107	132	151	184	213	222	208	202	155	1,964
外灯電気	25	21	20	18	18	17	17	18	19	21	22	22	238
ウニ電気	403	439	400	475	399	464	411	351	384	355	402	383	4,867
上水	81	25	15	9	8	10	15	28	49	57	19	15	331
ウニ上水	3	1	1	1	11	9	29	28	27	17	10	3	138
灯油	37	36	34	31							32	36	206
													10,313

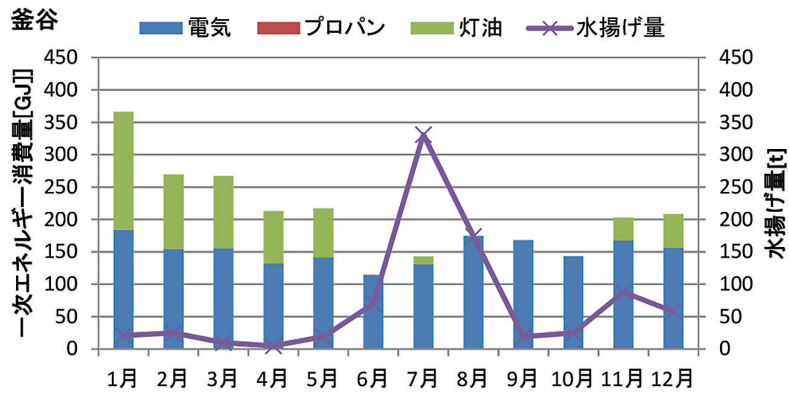


図14 釜谷漁港における月別一次エネルギー消費量

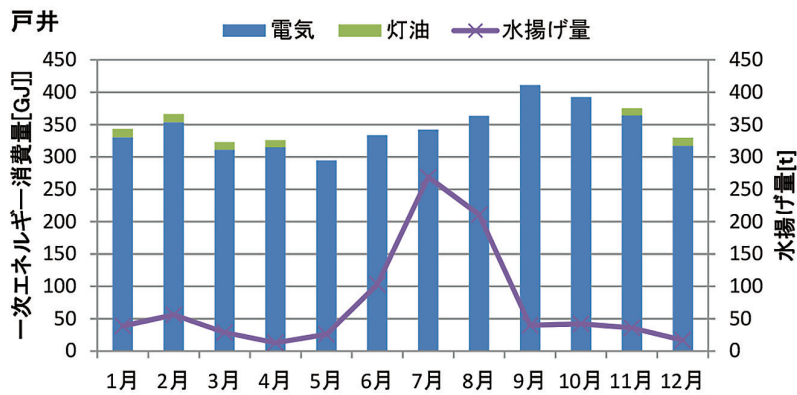


図15 戸井漁港における月別一次エネルギー消費量

表7 釜谷漁港・戸井漁港の月毎一次エネルギー消費量

単位：GJ

釜谷漁港													
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
電気	183.5	154.7	156.1	131.9	141.8	114.4	131.5	174.6	168.3	143.5	167.8	157.1	1,825.0
プロパン	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
灯油	182.8	114.8	110.9	80.9	75.4	0.0	11.5	0.0	0.0	0.0	35.2	51.6	663.2
戸井漁港													
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
電気	330.6	353.7	311.3	315.0	294.9	333.7	342.4	363.6	411.1	392.5	364.1	317.3	4,130.1
灯油	12.9	12.6	11.7	10.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.2	12.6	71.7
両漁港の合計	709.8	636.0	590.0	538.7	512.1	448.3	485.4	538.2	579.3	535.9	578.3	538.6	6,690.6

〈注釈〉.....

- アンケート用紙を配布の上、函館市及び戸井漁業協同組合から併せて回答を得た。アンケート用紙は別紙参照。
- なお、エネルギー単価及びエネルギー消費原単位料金は以下のとおり。電気料金は北海道電力 HP 電力契約標準約款（高圧）、：<http://www.hepco.co.jp/userate/price/unitprice/unitprice04.html>、上水は全国市町村水道料金単価一覧表 HP：<http://homepage2.nifty.com/dorukun/>、灯油は経済産業省 北海道経済産業局 HP：<http://www.hkd.meti.go.jp/hokno/touyu/index.htm?date=20120328>、プロパンはプロパンガス協会 HP：<http://www.propane-gas.jp/area47/Zentodofuken/hokkaido.html> より。

## 2.4 釜谷漁港・戸井漁港の電力消費量の推計

上述のエネルギー料金より推定した月別電力消費量を**表8**（釜谷）、**表9**（戸井）に示す。これによれば、年間電力消費量は釜谷漁港で18万7,000kWh、戸井漁港で42万3,000kWhとなった。

さらに、**表10**に示す各施設設備の使用時間とエネルギー原単位に基づき推定した電力消費量を

**表8** 釜谷漁港の月別電力消費量（推定値、単位：kWh）

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
電気	12,916	10,877	9,877	9,117	8,877	6,518	8,558	13,716	14,156	11,957	12,676	11,757	131,003
ポンプ	4,284	3,599	4,799	3,085	4,399	4,056	3,827	2,913	1,771	1,485	3,085	2,971	40,274
外灯	1,600	1,371	1,314	1,314	1,257	1,143	1,085	1,257	1,314	1,257	1,428	1,371	15,710
													186,987

**表9** 戸井漁港の月別電力消費量（推定値、単位：kWh）

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
電気	7,518	10,517	8,238	6,158	5,678	6,038	7,158	10,037	12,996	12,916	8,438	7,078	102,771
ポンプ	8,797	6,969	6,512	6,113	7,541	8,626	10,511	12,168	12,682	11,882	11,540	8,855	112,197
外灯	1,428	1,200	1,143	1,028	1,028	971	971	1,028	1,085	1,200	1,257	1,257	13,596
ウニ電気	16,130	17,556	16,003	18,979	15,965	18,550	16,440	14,023	15,353	14,215	16,070	15,322	194,606
													423,169

**表10** 各施設設備の使用時間とエネルギー原単位の設定

施設	設備	仕様の想定
漁協事務所	空調	灯油ボイラー（10～5月、24時間、設定25℃）
	照明	15W/m <sup>2</sup> （8-17時）
	コンセント	10W/m <sup>2</sup> （8-17時）、3W/m <sup>2</sup> （17-8時）
	その他	2W/m <sup>2</sup> （24時）※昇降機等
製氷庫	空調	電動冷凍機（効率1.2）、総エネルギー消費量原単位：66.7kWh/t † 算出条件：24h 同じ電力消費、月別の水揚量（コンブ除く）に応じて消費量を按分
倉庫・旧蓄養	照明	5W/m <sup>2</sup> （8-17時）
	コンセント	2W/m <sup>2</sup> （24時間）
	その他	1W/m <sup>2</sup> （24時間）※トランスなど
海水ポンプ		1年中同じ電力を想定
荷捌き所	空調	灯油暖房機（10～5月、4-17時、設定25℃）
	照明	8W/m <sup>2</sup> （4-17時）
ウニ種苗センター	空調	冷房：冷凍機（6～10月、24時間、設定18℃） 暖房：灯油暖房機（11～4月、8-17時、設定20℃）
	照明	10W/m <sup>2</sup> （8-17時）
	コンセント	3W/m <sup>2</sup> （8-17時）、1W/m <sup>2</sup> （17-8時）
	ポンプ	7.5kW、1年中同じ電力を想定
	その他	1W/m <sup>2</sup> （24時間）※トランスなど

表11（釜谷）、表12（戸井）、図16（釜谷）、図17（戸井（p24））に示す。釜谷漁港では事務所が全体の27%、ポンプ22%と大きな割合を占めていた。戸井漁港ではウニ育苗センターが全体の46%、ポンプ27%、製氷庫が11%と大きな割合を占めていた。

表11 釜谷漁港における各施設の電力消費量（推定値、単位：kWh）

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
事務所	4,261	4,261	4,261	4,261	4,261	4,261	4,261	4,261	4,261	4,261	4,261	4,261	51,132
倉庫	488	488	488	488	488	488	488	488	488	488	488	488	5,861
旧蓄用	610	610	610	610	610	610	610	610	610	610	610	610	7,317
製氷庫	1,112	403	479	192	96	364	594	3,988	1,304	173	479	1,687	10,872
ポンプ	4,284	3,599	4,799	3,085	4,399	4,056	3,827	2,913	1,771	1,485	3,085	2,971	40,274
外灯	1,600	1,371	1,314	1,314	1,257	1,143	1,085	1,257	1,314	1,257	1,428	1,371	15,710
その他	6,445	5,115	4,039	3,567	3,422	795	2,604	4,368	7,493	6,425	6,838	4,710	55,821
													186,987

表12 戸井漁港における各施設の電力消費量（推定値、単位：kWh）

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
荷捌き所	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	6,006
製氷庫	5,891	8,459	4,380	1,964	3,927	3,172	3,323	755	1,964	6,344	5,438	2,568	48,185
ウニ種苗	16,130	17,556	16,003	18,979	15,965	18,550	16,440	14,023	15,353	14,215	16,070	15,322	194,606
倉庫	536	536	536	536	536	536	536	536	536	536	536	536	6,429
ポンプ	8,797	6,969	6,512	6,113	7,541	8,626	10,511	12,168	12,682	11,882	11,540	8,855	112,197
外灯	1,428	1,200	1,143	1,028	1,028	971	971	1,028	1,085	1,200	1,257	1,257	13,596
その他	591	1,022	2,821	3,158	715	1,830	2,799	8,246	9,996	5,536	1,964	3,474	42,151
													423,169

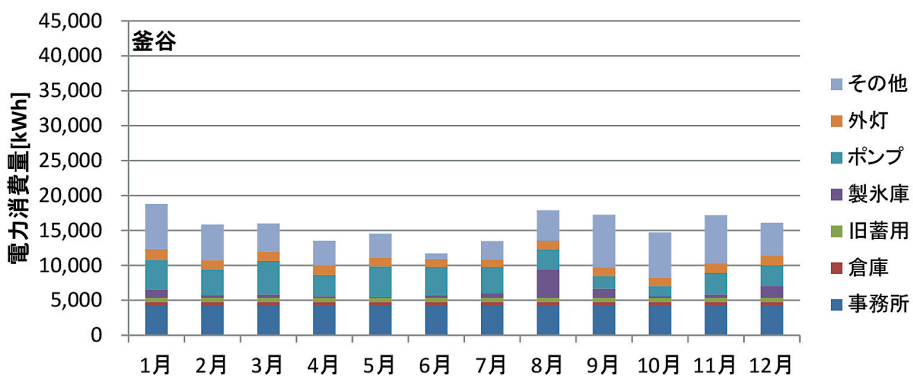


図16 釜谷漁港における各施設の電力消費量（推定値、単位：kWh）



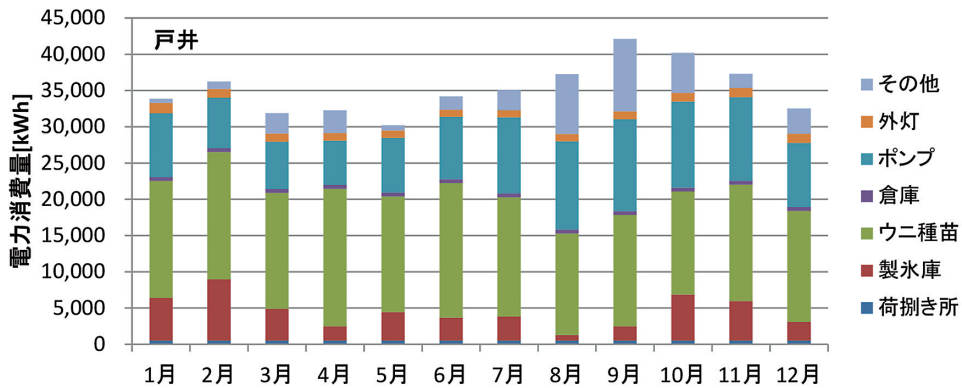


図17 戸井漁港における各施設の電力消費量（推定値、単位：kWh）

## 2.5 省エネルギーの検討

釜谷漁港、戸井漁港について、表13に示す設定ケースに基づき、現状に対する省エネルギー案を検討する。省エネ案は漁港のエコ化方針の省エネルギーのための対策、釜谷漁港及び戸井漁港に向く項目を抽出し、導入効果を試算する。詳細については次ページで述べる。

表14に各施設の具体的な省エネ化の具体案を示す。事務所の空調設備は灯油ボイラからガスヒートポンプ空調に更新する案とした。照明設備はハード対策の場合、LEDに変更し、人感セン

表13 漁港の省エネルギー化案の設定

Case	現状	省エネ案	初期費用 (参考値)
ソフト対策		事務所の不要照明の消灯	—
		事務所空調温度の適正化 (25→23℃)	—
		ウニセンターの不要照明の消灯	—
ハード対策		製氷機を最新機種に更新	2,000,000～円/台
		事務所に人感センサ設置	1,000～10,000円/台
		事務所証明をLEDに更新	1,000～20,000円/台
		事務所空調機器更新(灯油ボイラ→GHP)	6,000,000～円/台
		倉庫・旧蓄用証明をLEDに更新	1,000～20,000円/台
		海水ポンプにインバータ設置(50→40Hz)	50,000～200,000円/台
		荷捌き所照明をLEDに更新	1,000～20,000円/台
		ウニセンターの海水ポンプにインバータ設置(50→40Hz)	50,000～200,000円/台
		ウニセンター人感センサ設置	1,000～10,000円/台
	ウニセンター照明をLEDに更新	1,000～20,000円/台	

※初期費用はあくまでも参考値であり、数字を保証するものではない

表14 省エネルギー化の具体案

		現状	省エネ案
漁協事務所	空調	灯油ボイラ (10~5月24時間、設定25℃)	ガスヒートポンプ空調 (設定23℃) 室外機28kW×2、室内機11.2kW×6
	照明	15W/m <sup>2</sup> (8-17時)	ソフト: 5%削減 (不要照明消灯) ハード: 5W/m <sup>2</sup> (LED) & 10%削減 (人感センサ)
	コンセント	10W/m <sup>2</sup> (8-17時)、3W/m <sup>2</sup> (17-8時)	←
	その他	2W/m <sup>2</sup> (24h) ※昇降機、トランスなど	←
製氷庫	空調	電動冷凍機 (効率1.2)、総エネルギー消費量 原単位: 66.7kWh/t年 (別海資料より) 算出条件: 24h 同じ電力消費量、月別の水揚量 (こんぶ抜き) に応じて消費量按分	高効率電動冷凍機 (効率1.8)
倉庫・旧蓄用	照明	5W/m <sup>2</sup> (8-17時)	2W/m <sup>2</sup> (8-17時) (LED)
	コンセント	2W/m <sup>2</sup> (24h)	←
	その他	1W/m <sup>2</sup> (24h) ※トランスなど	←
海水ポンプ		1年中同じ電力を想定	インバータ設置 (50→40Hz) ※流量が4/5になる点に注意
荷捌き所	空調	灯油暖房器 (10~5月 4-17時、設定25℃)	設定温度23℃
	照明	8W/m <sup>2</sup> (4-17時)	3W/m <sup>2</sup> (4-17時)
ウニ種苗センター	空調	冷房: 冷凍機 (6~10月24時、設定18℃) 暖房: 灯油暖房器 (11~4月 8-17時、設定20℃)	←
	照明	10W/m <sup>2</sup> (8-17時)	ソフト: 5%削減 (不要照明消灯) ハード: 3W/m <sup>2</sup> (LED) & 10%削減 (人感センサ)
	コンセント	3W/m <sup>2</sup> (8-17時)、1W/m <sup>2</sup> (17-8時)	←
	ポンプ	7.5kW 1年中同じ電力を想定	インバータ設置 (50→40Hz) ※流量が4/5になる点に注意
	その他	1W/m <sup>2</sup> (24h) ※トランスなど	←

をを設置する。製氷庫の冷凍機は最新式のものに交換することで効率向上を見込んだ。また、エネルギー消費量が多い海水ポンプにはインバータを設置する。

省エネ化の検討の結果、得られた年間電力消費量を表15 (釜谷)、表16 (戸井) に示す (p26)。

事務所は空調機をガスヒートポンプ空調に変更したため、室内機のファン動力などに電気を使い、空調のエネルギー消費量が増加していた<sup>3</sup>。海水ポンプはインバータ設置により、定格周波数50Hzから40Hzに変更することで流量は4/5になるが、消費エネルギーが現状の49%削減になり、省エネ効果が大きい (ウニセンターの海水ポンプも同様)。製氷庫の機器を最新の高効率機に更新することでエネルギー消費量は33%削減、年間の電気消費量は27%削減が見込まれた。

釜谷漁港及び戸井漁港を対象に行った現状のエネルギー需要（消費量）の分析、および省エネ化の検討をおこなった結果、年間の消費電気量は、現状及び省エネ化によって、表17のように算出された。

表15 釜谷漁港における省エネ化後の電力消費量（推定値、単位：kWh）

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
事務所	5,112	4,709	4,841	4,673	4,704	2,905	3,449	2,905	2,905	2,905	3,527	3,607	46,241
倉庫	409	409	409	409	409	409	409	409	409	409	409	409	4,910
旧蓄用	511	511	511	511	511	511	511	511	511	511	511	511	6,131
製氷庫	741	268	320	128	64	243	396	2,659	869	115	320	1,125	7,248
ポンプ	2,194	1,843	2,457	1,579	2,252	2,077	1,960	1,492	907	760	1,579	1,521	20,620
外灯	533	457	438	438	419	381	362	419	438	419	476	457	5,237
その他	6,445	5,115	4,039	3,567	3,422	795	2,604	4,368	7,493	6,425	6,838	4,710	55,821
	15,945	13,312	13,014	11,305	11,781	7,320	9,690	12,763	13,532	11,545	13,660	12,340	146,208

表16 戸井漁港における省エネ化後の電力消費量（推定値、単位：kWh）

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
荷捌き所	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	2,252
製氷庫	3,927	5,639	2,920	1,309	2,618	2,115	2,215	503	1,309	4,229	3,625	1,712	32,123
ウニ種苗	13,022	14,711	12,895	15,958	12,857	15,529	13,332	10,915	12,332	11,107	13,049	12,214	157,919
倉庫	449	449	449	449	449	449	449	449	449	449	449	449	5,387
ポンプ	4,504	3,568	3,334	3,130	3,861	4,417	5,382	6,230	6,493	6,084	5,908	4,534	57,445
外灯	476	400	381	343	343	324	324	343	362	400	419	419	4,532
その他	591	1,022	2,821	3,158	715	1,830	2,799	8,246	9,996	5,536	1,964	3,474	42,151
	23,156	25,977	22,988	24,535	21,030	24,851	24,688	26,873	31,129	27,992	25,602	22,988	301,809

表17 電力消費量の比較

	現状	省エネ化
釜谷漁港	186,987kWh	146,208kWh
戸井漁港	423,170kWh	301,809kWh

〈注釈〉.....  
 3 LCEM Ver3.03（ライフサイクルエネルギーマネジメント）により計算。国土交通省 大臣官房 官庁営繕部 設備・環境課。  
 .....

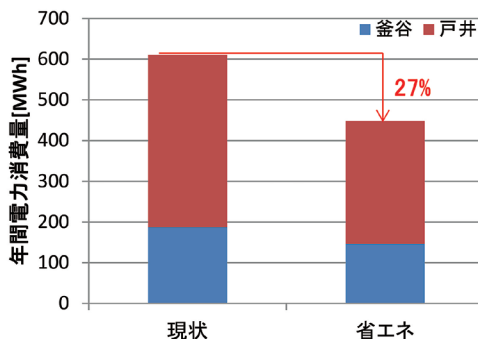


図18 省エネ化前・後における年間電力消費量の比較

### 3. 各再生可能エネルギーの導入検討

漁港及びその周辺地域において利用可能性のある再生可能エネルギーは、**図7** (p15) に示したように、陸域では地熱・温泉、小水力、太陽光、風力等が、海域では波力、潮流、洋上風力等が考えられる。

ここでは函館市における釜谷・戸井漁港を対象に、利用が可能であると想定される小規模・自立・分散型の再生可能エネルギーの組み合わせを検討するために、同地で開発が取り組まれている潮流、当初に資源利用の可能性としてあげられた地熱・温泉と小水力、そして現状として利用が進んでいる太陽光と風力を取り上げ、電力供給のコストと発電量を試算した。その結果を**表18**に示す。また、本節以降に検討内容を添える。これらの試算は、各再生可能エネルギーの個別事例からの結果であり、実際には導入する地域の賦存量や導入する機器・設備により変動する。

**表18** 小規模・小型・分散型エネルギーのまとめ

	規模	利用率	年間発電量	稼働年数	イニシャルコスト※1	ランニングコスト※2	コスト
潮流	28kw	60%	14.9万 kwh	—	—	—	—
小水力	20kw	60%	10.5万 kwh	30年	4,000万円 380円/kwh	205万円/年 19.5円/kwh	32.3円/kwh
地熱	45kw	80%	31.5万 kwh	40年	8,000万円 253.7円/kwh	707万円/年 22.4円/kwh	29.1円/kwh
太陽光	30kw (200m <sup>2</sup> )	12%	3.1万 kwh	20年	1,800万円 570.8円/kwh	27万円/年 8.6円/kwh	38.5円/kwh
風力	60kw (5kw × 12本)	20%	10.5万 kwh	20年	4,800万円 456.6円/kwh	109万円/年 10.4円/kwh	34.4円/kwh

\*1：イニシャルコストは建設費を示す

\*2：ランニングコストは年間の人件費、修繕費、諸費、一般管理費等の合計を示す

#### 3.1 潮流発電

潮流発電のコストについては、NEDO (2014) に、波力・潮流発電の発電コストの試算例として3時点のものが示されている。まずプレ実証プロジェクトが59～70円/kWh、次に実証プロジェクトが23～32円/kWh、そして2020年の想定として23～26円/kWhである<sup>4</sup>。

潮流発電のポテンシャルとして、NEDO (2011) には、津軽海峡における海流の導入ポテンシャルが157MW、同じく潮流の導入ポテンシャルは3,361MWとされている。これに基づき、海流・潮流それぞれの単位面積当たりのエネルギー・ポテンシャルは、海流が約400W/m<sup>2</sup>、潮流が約1,000W/m<sup>2</sup>となる。したがって、両エネルギーのポテンシャルの合計は、1,400W/m<sup>2</sup> = 1.4kW/m<sup>2</sup>となる。

なお、函館市が2013年度に実施した津軽海峡における海流・潮流の実測調査の結果<sup>5</sup>では、年間平均エネルギーが約600/m<sup>2</sup>、冬期・春期のピーク時には約2,000W/m<sup>2</sup>、夏期・秋期は約4,000W/m<sup>2</sup>であった。現在、函館市は、函館工業高等専門学校と小規模潮流発電装置の研究開発を行っている。同装置のデバイスは、約1m<sup>2</sup>のタービン部を対にしたもので、その断面積は約2m<sup>2</sup>である。

ただし、この装置は実験用のデバイスであり、商業レベルの潮流発電装置が実現した場合、出力の定格は大型化することが予想される。現段階では、実用化の設計検討がなされていないため、ここでは便宜的に上記の実験用デバイスを前提に試算を行う<sup>6</sup>。

施設利用率については、木下(2011)に基づき、60%とする<sup>7</sup>。

以上から、函館市と函館工業高等専門学校が研究開発を行っている小規模な潮流発電装置である約1m<sup>2</sup>程度のタービン部を対にもつデバイスを想定し、これを10基設置した場合の年間電力発電量は以下のとおりである。

$$1.4\text{kW/m}^2 \times 2\text{m}^2 \times 10\text{基} \times 365\text{日} \times 24\text{h} \times 60\% = 147,168 \rightarrow 15\text{万 kWh/年}$$

### 3.2 小水力発電

小水力発電のコストとして、コスト等検証委員会報告書(2011)(以下「コスト報告書」)における試算は、19.0~22.0円/kWhになる。

これを参考に、ここでは20kWの小水力発電を想定し、コストと年間の電力発電量を試算する。なお、試算において利用した製品は、山梨県都留市の水車(元気くん1号)20kW、建設費4,337万円である。コスト試算は以下のとおりである。

○規模：20kW

○利用率：60%

○年間発電量：20kW × 365日 × 24h × 60% =  
105,120kWh/年 → 10.5万 kWh/年

○稼動年数：30年

○建設費：1kWあたり200円と想定し4,000万円(380円/kWh)

○廃棄費：5% × 建設費 = 200万円

○人件費(a)：5万円/月 × 12月 = 60万円/年

○修繕費 + 諸費(b)：3% × 建設費 = 120万円/年

○一般管理費(c)：14% × (a+b) = 25万円/年

$$a+b+c = 205\text{万円/年} \\ (19.5\text{円/kWh})$$



- ・落差：2m ・流量：2m<sup>3</sup>/s ・出力：20kW
- ・水車：開放下掛け水車
- ・用途：市役所で使用。(市役所の電気の6分の1) 系統連系、逆潮流あり。
- ・場所：山梨県都留市
- ・主体：都留市役所

#### 写真1 元気くん1号

(出典：H25 JIAM 研修資料  
「中津川市の小水力発電の取組と  
小水力発電の基礎知識」)

稼動年数30年として、発電コストは  $\frac{4,200\text{万} + 205\text{万} \times 30\text{年}}{105,120\text{kWh} \times 30\text{年}} = 32.3\text{円/kWh}$

〈注釈〉

- 4 1ポンド=130円、実証プロジェクトは10MWプロジェクトで試算。また設置水域によって価格が変わる点が明記されている。
- 5 津軽海峡における潮流・海流のエネルギー・ポテンシャルを把握するために、年間の流向・流速の実測調査及びそのデータ解析がなされた。実測値点は、釜谷漁港沖800m、水深25m、期間は平成25年6月11日~平成26年2月28日である。なお、春季のデータは北海道が実施したものを利用している。また、潮流発電のデバイスの実証実験を2014年から開始している。
- 6 例えば、NEDOの海洋エネルギー発電システム実証研究に採用された川崎重工の着定式潮流発電機は、大規模潮流発電装置で定格1,000kW級を目指している。ここでは、漁港を中心とし、小規模の発電装置を検討の前提としているため、基本的な考え方が異なる。
- 7 同資料では、海流・潮流の設備利用率を40~70%という例が紹介されている。



### 3.3 地熱発電

地熱発電のコストとして、「コスト報告書」における試算は9.2～11.6円/kWhになる。コスト試算のための条件は以下のとおりである。

上記の例を参考に、ここでは45kWのマイクロバイナリー発電システムを想定する。瀬戸内自然エネルギー社が大分県別府市において、神戸製鋼所の設備を用いて発電している例を参考とした<sup>8</sup>。バイナリー発電方式の模式図を図19に示す。

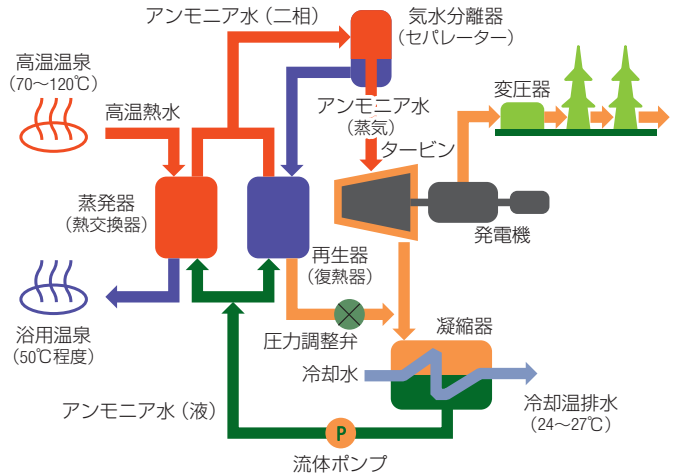


図19 バイナリー発電方式(カリナサイクル、温泉水利用例)模式図

(出典：自然エネルギー財団ホームページ)

コスト試算は以下のとおりである。

- 規模：45kW
- 利用率：80%
- 年間発電量：45kW × 365日 × 24h × 80% = 315,360kWh/年 → 31.5万 kWh/年
- 稼働年数：40年
- 建設費：8,000万円 (253.7円/kWh)
- 廃棄費：5% × 建設費
- 人件費 (a)：20万円 / 月 × 12月 = 240万円 / 年
- 修繕費 (b)：2.2% × 建設費 = 176万円 / 年
- 諸費 (c)：0.8% × 建設費 = 64万円 / 年
- 一般管理費 (d)：16% × (a+b+c) = 76.8万円 / 年
- 冷却水水道料金 (e)：150万円 / 年

$$a+b+c+d+e = 706.8 \text{万円 / 年} \\ (22.4 \text{円 / kWh})$$

$$\text{○発電コスト} = \frac{8,400 \text{万円} + 706.8 \text{万円} \times 40 \text{年}}{315,360 \text{kWh} \times 40 \text{年}} = \frac{3 \text{億} 6,672 \text{万円}}{12,614,400 \text{kWh}} = 29.1 \text{円 / kWh}$$

ただし、上記のバイナリー発電が成立するためには、以下の条件が必要となる。

- 高温 (80℃以上) で十分な熱水の量 (300ℓ/min以上)、十分な冷却水、送電線の近接

先に上げた瀬戸内自然エネルギー社の発電事業では、熱水温度が95℃、湧出量が1,250ℓ/min、冷却水については温度が15～20℃、湧出量が2,000ℓ/minという条件において稼働している。

〈注釈〉

8 「平成25年度小規模地熱発電のうち温泉発電導入促進のための手引書」

### 3.4 太陽光発電

太陽光発電のコストとして、「コスト報告書」における試算は33.4～38円/kWhである。

これを参考にしつつ、まずここではパネル面積あたりの発電量等を試算する。

○例1. シャープ NQ210AD

1枚当り12万円 1.0×1,165m で210W →180W/m<sup>2</sup>、57万円/kW

○例2. 京セラ KJ175P

1枚当り9万円 0.99×1,168m で175W →152W/m<sup>2</sup>、51.4万円/kW

これらの2例より、150W/m<sup>2</sup>、60万円/kW、6.7m<sup>2</sup>/kW、9万円/m<sup>2</sup>とする。太陽光パネルの設置面積をSm<sup>2</sup>とすると、0.15kW/m<sup>2</sup>である。例えばパネル面積200m<sup>2</sup>とすると30kWhとなり、発電量は以下のとおりとなる。

$$30\text{kW} \times 365\text{日} \times 24\text{h} \times 12\% = 31,536\text{kWh/年} \rightarrow 3\text{万 kWh/年}$$

上記を踏まえて、太陽光パネル面積をSm<sup>2</sup>としてコストの試算を行う。

○規模：0.15SkW

○利用率：12%

○年間発電量：0.15SkW × 365日 × 24h × 12% = 157.68SkWh/年

○稼働年数：20年

○建設費：60万円/kW × 0.15S = 9S万円 (→570.8円/kWh)

○廃棄費：5%×建設費 = 0.45S万円

○人件費 (a)：ゼロ

○修繕費 (b)：1.5%×建設費 = 0.135S万円 (→8.6円/kWh)

$$\text{○発電コスト} = \frac{9S + 0.45S + 0.135S \times 20\text{年}}{157.68S \times 20\text{年}} = \frac{12.15S\text{万円}}{3153.6\text{SkWh}} = 38.5\text{円/kWh}$$

### 3.5 風力発電

風力光発電のコストとして、「コスト報告書」における試算は9.9～17.3円/kWhである。

これを参考に、ここでは小規模の風レンズ風車(5kW)を想定し、コストと年間の電力発電量を試算する。コスト試算は次ページのとおりである。



現在九州大学伊都キャンパスに設置されている「風レンズ風車」。高さは13.4メートル、風車本体の直径は3.4メートル、定格出力は5キロワット

**写真2** 風レンズ風車

(出典：日経ビジネスオンライン2012年2月20日)

- 規模：1本当たり5kW × 12本設置とする → 60kW
  - 設備利用率：20%
  - 年間発電量：60kW × 365日 × 24h × 20% = 10万5,120kWh/年
  - 稼働年数：20年
  - 建設費：1本当たり300～400万円 → 400万円とする。4,800万円（→456.6円/kWh）
  - 廃棄費：5% × 建設費 240万円
  - 人件費 + 修繕費 (a)：1.4% × 建設費 / 年 = 67万2,000円
  - 諸費 (b)：0.6% × 建設費 / 年 = 28万8,000円
  - 一般管理費 (c)：1.4% × (a+b) = 13万4,400円
- } a+b+c = 109万4,400円  
(→10.4円/kWh)
- 発電コスト =  $\frac{4,800万 + 240万 + 109万4,400 \times 20}{10万5,120kWh \times 20年} = \frac{7,228万8,000円}{2,102,400kWh} = 34.4円/kWh$

#### 4. 釜谷漁港・戸井漁港におけるエネルギーネットワークの検討

本節では、釜谷漁港及び戸井漁港を対象として、小規模・自立・分散型の再生可能エネルギーを活用したスマート漁港のモデルを検討する。

##### 4.1 両漁港の電力需要

釜谷漁港及び戸井漁港における年間の電力需要量は、省エネルギー化の対策をおこなったものとして、釜谷漁港を15万 kWh/年、戸井漁港を30万 kWh/年と設定する。

釜谷漁港の年間水揚量は845トンであり、電力消費量は水揚1トンあたり年間177.5kWh/tonとなる。戸井漁港の年間水揚量は880トンであり、電力消費量は水揚1トンあたり年間

表19 漁港規模毎の年間電気消費量及び水揚量データ

	年間電気消費量 kwh・年	年間水揚量 トン	kwh/ton	参考文献
① 白糠	65万 kwh	6,707 トン	97.6kwh/ton	※1
② 波崎	—	21,668 トン	—	※1
③ 名立	8.6万 kwh	179 トン	479.9kwh/ton	※1
④ 阿翁	70万 kwh	1,166 トン	598.6kwh/ton	※1
⑤ 門川	38万 kwh	1,336 トン	283.6kwh/ton	※1
⑥ 古仁屋	62万 kwh	1,282 トン	485.0kwh/ton	※1
⑦ 別海	52万 kwh	2,026 トン	255.0kwh/ton	※2
⑧ 田ノ浦	155万 kwh	12,931 トン	120.0kwh/ton	※2
⑨ 枕崎	992万 kwh	93,805 トン	106.0kwh/ton	※2

\* 1：H25年度「漁港のエコ化推進事業・業務報告書」

\* 2：H25年度「漁村・漁港地域における再生可能エネルギーを利用した振興策の検討」

340.9kWh/ton となる。これは、戸井漁港にあるウニ種苗センターに使用する電氣量が大きいためである。漁港における水揚あたりの年間の電氣消費量は、過去の報告書における実例から参照すると、100~600kWh/トンと開きがあるが、その範囲内に、釜谷・戸井両漁港ともおさまっている。

釜谷漁港及び戸井漁港の位置づけだが、日本の漁港2,909港のうち、今回のモデルとした両漁港のような第一種漁港は2,179港と全体の約75%を占める。

第一種漁港の1漁港あたりの平均水揚量は355トンであり、今回のモデル漁港となった釜谷漁港及び戸井漁港の半分以下となっている。

## 4.2 釜谷漁港及び戸井漁港への電力供給のための再生可能エネルギーの検討

釜谷漁港及び戸井漁港において、選択対象の可能性を持つ再生可能エネルギーについて、まずポテンシャル、実用性と適用可能性の観点から整理する。

### (1) 潮流発電

釜谷漁港より800m沖合のポイントで、津軽海峡の潮流エネルギーのポテンシャルが調査され、また潮流発電のデバイスの実証実験を2014年から開始しているが、現時点での実用性は低い。

### (2) 小水力発電

釜谷漁港のそばに運賀川等、戸井漁港のそばに原木川等があるものの、発電のポテンシャルおよび発電のための制約条件等については未調査である。

### (3) 地熱発電

函館市の釜谷・戸井漁港における検討の当初は、地熱発電のポテンシャルの高さが期待されていた。戸井漁港より約800m北東にある温泉施設の戸井ウォーターパーク（ふれあい湯遊館）があるが、その温泉の条件は、地熱発電としての温泉を活用した低温排熱回収発電技術としてのバイナリー発電の条件を満たすものではなかった。

### (4) 太陽光発電

建屋の屋上への設置が可能と考えられる。釜谷漁港については、漁協事務所の屋上、戸井漁港については、ウニ種苗センターの屋根への設置を検討する。

### (5) 風力発電

ポテンシャルに関して、2002年の戸井町の汐首における風況調査において、平均9m/sの風速を観測している。これは発電事業の採算上必要といわれる平均5m/sを上回っており、高いポテンシャルをもつと考えられる。今回は、漁港に隣接した国道沿いに小型風車の設置を検討する。

以上をまとめると、**表20**のようになる。

また、各再生可能エネルギーにおいて、供給量の大小が異なる。太陽光や風力は発電の単位が小さいために、極端に言えば、パネル1枚から、風車1本から暫時的に増加できる。それに対して、たとえ小規模とはいえ、地熱発電は、プラントの建設が必要となり、最低10万kW以上

の供給単位となる。また、小水力発電については、プラントの建設が必要になる場合が多いものの、地理的特性によって選択可能な発電機及びその出力が大きく異なる。

また、太陽光や風力は自然による変動を受けやすいが、それに比べると、プラントとして設置する小水力や地熱は供給の安定性が高いといえる。

**表20** 釜谷漁港・戸井漁港における再生可能エネルギーの利用可能性

自然エネルギー	当地における	
	ポテンシャル	実用性と適用可能性
潮流	◎	△
小水力	△	○
地熱	△	△
太陽光	○	◎
風力	○	◎

### 4.3 電力供給量の設定

釜谷漁港及び戸井漁港を対象とした小規模・分散型の再生可能エネルギーシステムを活用したモデルとして、太陽光及び風力のエネルギーの組み合わせによる検討を行う。その理由は、以下のとおりである。

- 現時点での実用性の高い再生可能エネルギーであること。
- 実際の釜谷漁港、戸井漁港の漁港内施設に設置可能と思われる供給のタイプとしたこと。  
すなわち、風力は漁港に近接する道路沿いに設置を想定し、太陽光パネルは既存建物の屋上への設置を想定した。
- 電力供給量は、年間消費量と同程度とすること。  
これは、経済性や過剰な投資を避けるという意味から、まずシミュレーションにより、どの程度の需要との乖離が生ずるかの明らかにすることを目的としたためである。

釜谷漁港では省エネ化後の同漁港の電力需要である約14万6,200kWh/年に対して、太陽光3万kWh、風力12万kWhの供給を行い、戸井漁港では省エネ化後の同漁港の電力需要である約30万1,800kWh/年に対して、太陽光3万kWh、風力12万kWhの供給を行う。これらを**表21**に示す。

**表21** 釜谷漁港・戸井漁港における電力供給体制

	電力需要量	電力供給体制
釜谷	約14万 6,200kWh/年	<ul style="list-style-type: none"> <li>○太陽光パネル計30kWを漁協事務所屋上200m<sup>2</sup>に設置 <math>30\text{kW} \times 365\text{日} \times 24\text{h} \times 12\% = 31,536\text{kWh/年} \approx 3\text{万 kWh/年}</math></li> <li>○風レンズ風車(5kW/本)を道路沿い400mに計14本設置 <math>5\text{kW} \times 14\text{本} \times 365\text{日} \times 24\text{h} \times 20\% = 122,640\text{kWh/年} \approx 12\text{万 kWh/年}</math></li> </ul>
戸井	約30万 1,800kWh/年	<ul style="list-style-type: none"> <li>○太陽光パネル計195kWをウ二種苗センター屋根1,300m<sup>2</sup>に設置 <math>195\text{kW} \times 365\text{日} \times 24\text{h} \times 12\% = 204,984\text{kWh/年} \approx 20\text{万 kWh/年}</math></li> <li>○風レンズ風車(5kW/本)を道路沿い360mに計12本設置 <math>5\text{kW} \times 12\text{本} \times 365\text{日} \times 24\text{h} \times 20\% = 105,120\text{kWh/年} \approx 10\text{万 kWh/年}</math></li> </ul>



## 5. 釜谷・戸井両漁港のエネルギー需給の推計・収支の検討

### (1) エネルギーの需要・供給バランスの検討

これまで想定した条件に基づき、釜谷漁港及び戸井漁港における需要と供給のバランスの検討を行う。

#### (a) 釜谷漁港

これまで試算した年間の発電量について、時刻別の日射量と風速の気象データ<sup>9</sup>を利用して、時間毎に按分した。

その結果として月別電力量の収支を、**図20**、**表22**に示す。消費電力量は省エネ化後の数値を採用している。年間を通じて、再生可能エネルギーによって生産される電力量が消費電力量を上回った。

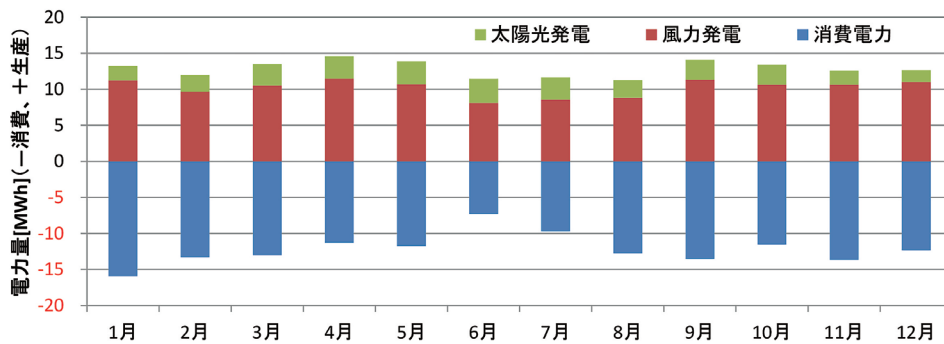


図20 釜谷漁港における月別電力収支

表22 釜谷漁港における月別電力収支

釜谷

単位：MWh

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
消費電力	-15.9	-13.3	-13.0	-11.3	-11.8	-7.3	-9.7	-12.8	-13.5	-11.5	-13.7	-12.3	-146.2
風力発電	11.2	9.7	10.5	11.5	10.7	8.1	8.6	8.8	11.3	10.6	10.6	11.0	122.6
太陽光発電	2.0	2.3	3.0	3.1	3.2	3.3	3.1	2.4	2.7	2.8	2.0	1.7	31.5
収支	-2.7	-1.3	0.5	3.3	2.1	4.1	1.9	-1.5	0.5	1.9	-1.1	0.3	8.0

さらに、1月の晴天及び風速の強い日・曇天及び風速の弱い日における時間毎の電力収支を分析したものが**図21**、8月の晴天及び風速の強い日・曇天及び風速の弱い日における時間毎の電力収支を分析したものが**図22**である。1月の晴天日は収支がマイナスになる時間帯が多かった。8月の晴天日は1日中、生産電力が消費電力を上回った。しかし、曇天日はいずれの月においても消費電力が生産電力を上回った。とはいえ、釜谷漁港では風力発電の割合が太陽光発電より大きく、比較的1日中安定した電力が得られるため、蓄電池の必要性はあまりないと考えられる。

〈注釈〉.....  
<sup>9</sup> 建築学会編纂『拡張アメダス気象データ』を用いて、北海道函館市の標準年気象データ（1981年～2000年まで）を利用した。  
 .....

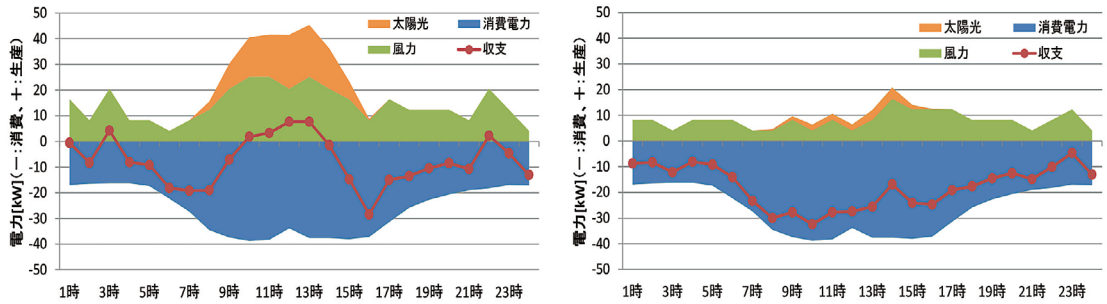


図21 時間毎の電力収支（釜谷・1月）（左：晴天で風速が強い日、右：曇天で風速が弱い日）

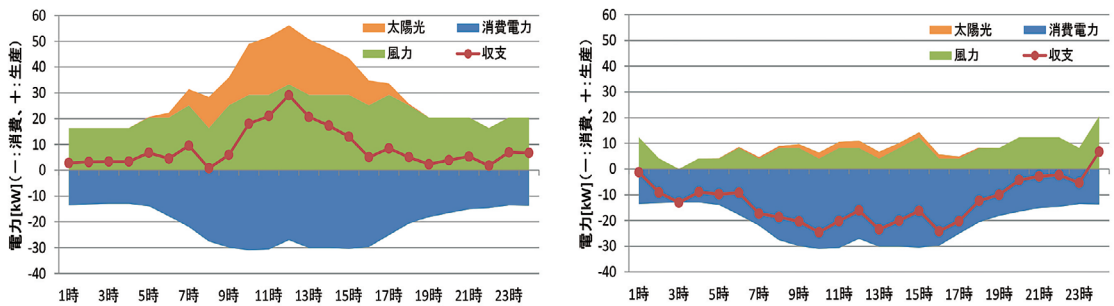


図22 時間毎の電力収支（釜谷・8月）（左：晴天で風速が強い日、右：曇天で風速が弱い日）

(b) 戸井漁港

これまで試算した年間の発電量について、釜谷漁港と同じ手順で、時間毎のデータに按分する。

その結果として、月別電力量の収支を図23、表23に示す (p36)。消費電力量は省エネ化後の数値を採用している。年間を通じて、再生可能エネルギーによって生産される電力量が消費電力量を上回った。

さらに1月の晴天及び風速の強い日・曇天及び風速の弱い日における時間毎の電力収支を分析したものが図24 (p37)、8月の晴天及び風速の強い日・曇天及び風速の弱い日における時間毎の電力収支を分析したものが図25 (p37) である。

戸井漁港は太陽光発電が主体のため、1・8月の晴天日共に日中に収支がプラスになり、夜間に収支がマイナスになる。一方、曇天日はいずれの月も消費電力が生産電力を上回った。戸

戸井漁港では太陽光発電の割合が風力発電より大きいと見られる。このため、戸井漁協では、蓄電池を導入することにより、日中の発電を夜間に利用できると思われる。

戸井漁港に蓄電池を導入した場合について、日中の電力の動きについて検討する。

ここでは、1月と8月の晴天日の電力収支から蓄電池容量257kWhと設計した。蓄電池の放電深さは70%を想定したため、実際使用できる容量は180kWhである。充放電に必要なパワーコンディショナーの容量は50kW、変換効率90%とした（一度に充放電できる最大容量）。上記設備でのイニシャルコストは設置工事費込みで約1億円とする。

その結果を示したものが図26である。電力収支より蓄電池は日中の余った電気で充電し、夕方から夜間にかけて放電することで電力収支を0に抑えていることがわかる。1月は夜間の風力発電量が少ないため、蓄電池は22時頃に放電しきっていた。一方、8月は夜間の風力発電も安定して得られたため、蓄電池は明け方まで放電することができた。

採算性を考慮して、両漁港には年間消費量にほぼ等しい供給量を設定したが、太陽光や風力という自然変動の大きなエネルギーのために、日単位、時間単位での過不足の結果が得られた。

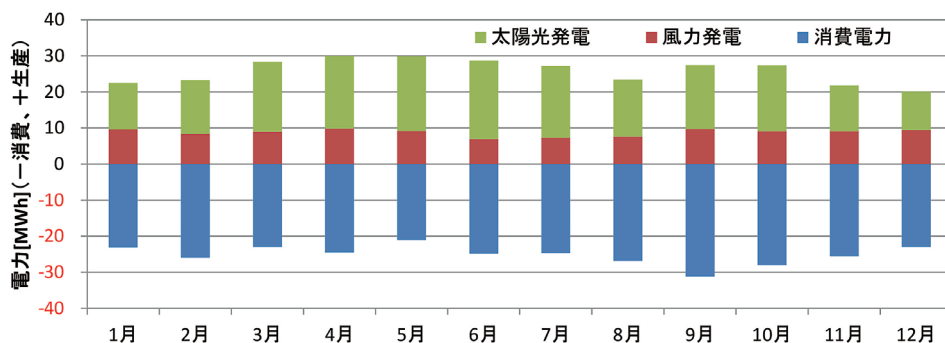


図23 戸井漁港における月別電力収支

表23 戸井漁港における月別電力収支

戸井 単位: MWh

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
消費電力	-23.2	-26.0	-23.0	-24.5	-21.0	-24.9	-24.7	-26.9	-31.1	-28.0	-25.5	-23.0	-301.8
風力発電	9.5	8.3	9.0	9.8	9.2	6.9	7.4	7.6	9.7	9.1	9.1	9.4	105.1
太陽光発電	12.9	15.0	19.3	20.2	20.8	21.8	19.8	15.8	17.7	18.3	12.7	10.7	205.0
収支	-0.7	-2.7	5.4	5.4	8.9	3.9	2.5	-3.5	-3.7	-0.5	-3.8	-2.8	8.3

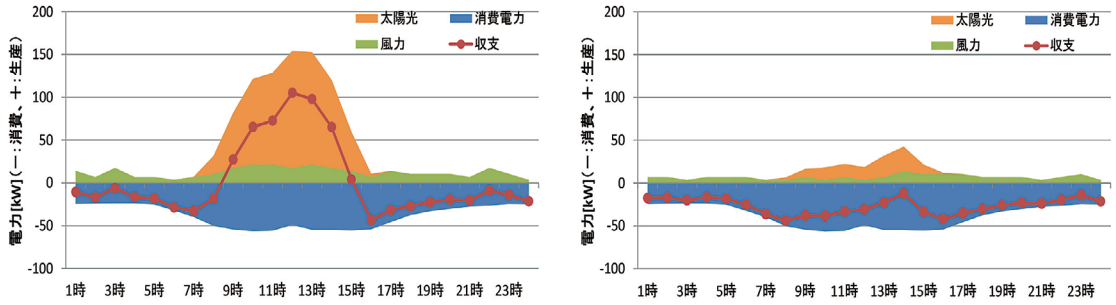


図24 時間毎の電力収支（戸井・1月）（左：晴天で風速が強い日、右：曇天で風速が弱い日）

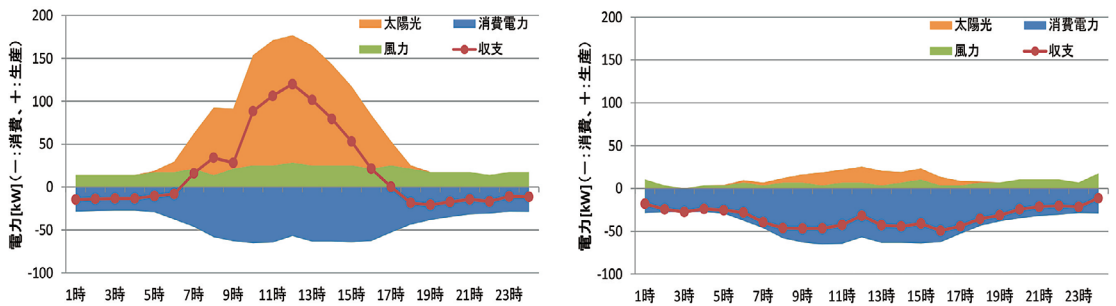


図25 時間毎の電力収支（戸井・8月）（左：晴天で風速が強い日、右：曇天で風速が弱い日）

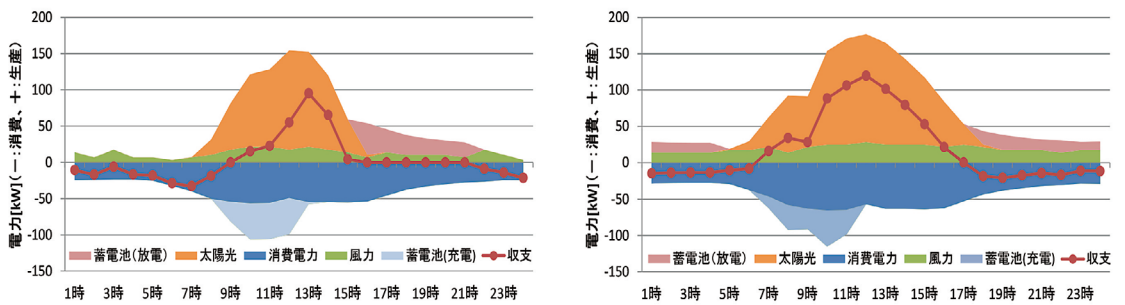


図26 時間毎の電力収支（戸井・蓄電池設定有）（左：1月晴天日、右：8月晴天日）

## (2) コストについて

これまでにまとめた試算を踏まえ、両漁港の再生可能エネルギー導入のための費用を**表24**に示す。kWhあたりのコストは、**表18** (p27) に示したとおりである。

## (3) まとめ

今回、釜谷漁港及び戸井漁港において、実際のエネルギー需要に対して、省エネ化の検討をおこなったのちに、現時点での実用・設置可能性のある太陽光及び風力という再生可能エネルギーの組み合わせによるシミュレーションスタディを実施した。

イニシャルコストを別にすれば、小規模な漁港において十分に運用可能性のあるモデルと考えられる。

今後、漁港における再生可能エネルギーの活用をさらに考えていくにあたっては、小水力発電や地熱・温泉発電が可能な立地の漁港、実用段階の潮流発電が利用可能な漁港におけるスタディならびに、より大規模な漁港におけるエネルギーネットワークの組み合わせの検討が必要となってくると考えられる。

さらに、地熱発電において温熱水の利用が可能であれば、漁港の蓄養・養殖施設への活用も考慮できる。

**表24** 釜谷漁港及び戸井漁港における年間発電量と導入費用の推定

	年間発電量	イニシャルコスト	ランニングコスト
釜谷漁港：太陽光発電 30kw (200m <sup>2</sup> パネル)	31,536kwh	1,800万円	27万1,210円/年
風力発電 70kw (5kw × 14本)	122,640kwh	5,600万円	127万6,800円/年
計	154,176kwh	7,400万円	154万8,010円/年
戸井漁港：太陽光発電 195kw (1,300m <sup>2</sup> パネル)	204,984kwh	1億1,700万円	176万2,860円/年
風力発電 60kw (5kw × 12本)	105,120kwh	4,800万円	109万3,250円/年
計	310,104kwh	1億6,500万円 (+蓄電池 1億円)	285万6,110円/年



## 第3章

### 再生可能エネルギーを活用した漁村・漁港地域の振興策の考え方

#### 1. 再生可能エネルギーの導入と地域振興

##### (1) エネルギー・シフトと産業システムのイノベーション

漁村・漁港地域への再生可能エネルギー導入について、単なる技術論に留めてはならない。いまや、化石燃料を有効に活用しつつ、再生可能エネルギー利用の方向へと転換すべきエネルギー・シフトの時代だからである。そのためには、再生可能エネルギーを導入することにより得られる電気・エネルギーが投入される産業システム自体のイノベーションを考える必要があるだろう。

このような考えに基づく参考の取組として、函館マリンバイオクラスター（詳細は、<http://www.hakodate-marine-bio.com/>）において推進された自立型バイオファーミングを取り上げ、当てはめて説明する。

##### (2) 函館マリンバイオクラスターについて

函館マリンバイオクラスターが目指した姿は、一次産業を基盤にした産業クラスターの形成を進めるものであった。具体的には、海の環境予測、持続的な資源確保、機能性の創出、ブランド形成を推し進めるとともに、それぞれが有機的に結びつけ、発展的なクラスターが形成されることを狙ったものであった。

##### (3) 自立型バイオファーミングと再生可能エネルギーの利用

この事業における取組の一つに、化石燃料に依存しない自立型バイオファーミング構築があった。一般的に、ファーミングでは、水の温度管理と循環に多くの電力を要する。これまでの化石燃料に依存したファーミングから、再生可能エネルギーを利用する自立型バイオファーミングへの転換、すなわちエネルギー・シフトを行うために、風力発電を利用した揚水システム、地中熱を利用した凍結防止システム、地下水を利用した調温システムといった地域特性も活かした検討がなされた。

###### (a) 風力発電を利用した揚水システム

自立型バイオファーミングにおいて検討された風力発電を利用した揚水システムは、風力発電のエネルギーを利用して3メートル弱の高低差がある海面から海水を貯水タンクまで直接汲み上げ、そこから位置エネルギーを利用してファーミングのタンクに移すものである。

風力発電による電気は不安定であるため、注水・排水・エアレイション等についてシミュレーションを用いて、貯水タンクに溜められた海水をファーミングタンク内でスムーズな水循環が検討された。

###### (b) 地中熱を利用した凍結防止システム

函館エリアは、北国に位置するので揚水システムの凍結防止対策を必要とする。そのため、水温調節や冬期間の揚水システムの凍結防止には多くの電力を消費する。海水は、一般的に-1.8℃で凍結する。これにより、ポンプ室の吸水パイプやダイヤフラムポンプ等で揚水システムが損傷するおそれがあった。

そこで、地中熱の有効利用に着目し、ポンプ部屋に地中熱伝達パイプを使用することによって、海水の凍結防止に必要な温度を確保する実験が試みられた。その結果、凍結防止システムは適切に動作したものの、給湯用伝熱管の熱容量がポンプ室内で適切な温度を維持するには容量が不十分であった。しかし、熱伝達パイプの数を増やすことで、対応可能であることが示唆された。

#### (c) 地下水を利用した調温システム

自立型バイオファームでは、メガベントスの生育が想定されたが、その適正水温範囲が狭く、水温調整が非常に重要となった。そこで、地下水の再生可能エネルギーに着目し、その有効利用が検討された。地下水の温度は、函館エリアで年間を通じて約13～14℃程度で安定しており、それは、北方メガベントスの養殖に好都合であった。

#### (d) 潮流発電を利用したエネルギー供給

北海道函館市では、東日本大震災を契機とし、「地理的条件のもとで行われる、漁業の持続性に資する潮流発電」をコンセプトに、潮流エネルギーに関する事業計画があった。

本事業では、適切な水深に、潮流の高速化及び整流効果を反映した位置に人工魚礁を設置することで、潮流発電をメガベントスの自立型バイオファームのエネルギー源として利用することも構想された。

### (4) まとめ

このように再生可能エネルギーを利用するにあたって、その導入・利用自体を目的とするのではなく、持続性のある生産システム形成のための要素として位置づけることが重要である。地域産業において、どのような種類の再生可能エネルギーを、どの段階で、どのように組み込むことができるか、それが適切に行われるのであれば、その地域の産業生態系が持続可能性の高い、健全なものになるはずである。

## 2. 漁村・漁港のエネルギー需要とエネルギーの利用方策

### (1) 漁村・漁港の機能

漁港は、水産業において海洋空間における事業活動と陸上における事業活動の接点であり、漁村は漁港の後背地であるとともに他産業や他地域との連携・交流の接点であると位置づけられる。さらに、東日本大震災の際にも明らかであったが、大規模災害が発生した場合には、船舶を利用した海からの被災者の救出や物資の輸送が効果的である。このように、今後の漁村・漁港は、事業活動、連携・交流、地域防災の拠点として位置づけられる。

### (2) 漁村・漁港におけるエネルギー需要

漁村・漁港におけるエネルギーの用途（利用目的）は多岐にわたるが、製氷・貯氷施設、冷凍・冷蔵施設、水産加工施設、荷捌き施設などにおける熱源や動力源としての消費が大きいことが特徴である。漁港の規模によらず製氷施設や冷凍・冷蔵施設の電力使用量が卓越しており、これに荷捌き施設や加工施設での消費が続いている。

この背景には、生鮮状態にある水産物を常温で保管・流通させることは不可能であるため、保存のための水産加工や冷凍・冷蔵、加工・流通施設自体の冷房が不可欠であり、その過程で電力や石油をはじめとする各種の燃料を大量に消費することがある。

また、漁港における漁獲物や養殖生産物の水揚げや荷捌きの過程におけるベルトコンベアーやフォークリフト、魚体選別機などの装置の駆動、貨物自動車などによる漁獲物や養殖生産物、水産加工品の漁村・漁港外への輸送、水産加工施設における各種装置の駆動にも大量の電力や燃料が消費される。

養殖業においても、陸上の水槽で種苗生産や飼育を行う場合には、飼育水温の加温・冷却のために大量の熱エネルギーが消費、漁業や養殖業に用いられる漁船による燃料の使用量も大きい。

この他、漁村・漁港全体で見れば、研究開発、福利厚生、環境保全、防災、エネルギー供給・調節などの施設においても同様のエネルギー需要がある。

### (3) エネルギー需要の時間的変動性

漁村・漁港では、エネルギー需要の時間的な変動が大きい。これは、漁獲物や養殖生産物の水揚げの季節性や時間依存性によるものである。一般的に、漁港各施設の電力使用量は水揚げ量の季節的な変動に対応する。また、1日における荷捌き施設や製氷・冷蔵施設の電力使用量の時間変化についても、漁獲物の水揚げが行われ市場が活動している時間帯（午前8時頃から午後4時頃）が高くなる。特に冷蔵施設の電力使用量は漁獲物の出し入れが集中する時間帯に増加する。

### (4) エネルギーの多段階利用

漁村・漁港においては、冷凍・冷蔵施設や加工施設をはじめとして熱エネルギーの需要が大きい。したがって、再生可能エネルギーの利用にあたっては発電を目的とするだけでなく、特に熱エネルギーについては、その直接的な利用や発電を含めた多段階利用を考慮する必要がある。

地熱、太陽熱、雪氷熱、海洋温度差（海洋深層水）は、直接に、あるいはヒートポンプを介して熱源としても利用可能である。このうち雪氷熱については、北海道や東北、本州中部や北陸地方をはじめとして、冬季の雪氷を断熱されたスペースに蓄積・格納し、夏季の施設冷房や農作物の保管に利用することが広く行われている。水産業分野においても、北海道苫前町の苫前漁港（第三種漁港）において、漁獲物の鮮度保持を目的とした荷捌き施設の冷却への利用に関する実証試験が行われ効果が確認されているほか、ホタテの出荷調整のための蓄養水槽の温度管理にも雪氷熱を利用している。また、北海道礼文町では、魚類の干物の製造に雪氷で冷却・乾燥させた空気を用いることで、省エネを達成している事例も報告されている。

地熱については、高温の熱水が利用可能な場合は、発電に加え、食品加工や陸上養殖における飼育水の温度調節などの多段階利用が可能である。そうでない場合についても、地中と外気温の温度差を利用したヒートポンプにより、漁村・漁港施設の冷暖房や給湯、陸上養殖における飼育水の温度調節などに利用可能である。海洋深層水についても、表層水や外気との温度差を利用したヒートポンプにより、地熱と同様の利用が可能である。また、海洋深層水を漁獲物や水揚げ物の冷却・保存、洗浄のためのシャーベット状の水や清浄海水として使用することや、熱

交換によって温度が上昇した深層水を陸上養殖の飼育に使用することにより、本来の使用エネルギーの削減（省エネ化）を図ることが可能である。

#### (5) まとめ

これまで述べてきたように、漁村・漁港におけるエネルギー需要は多様性に富みつつ、利用可能な再生可能エネルギーも時間的、空間的に大きく変動する。同時に地域の防災拠点として、漁村・漁港がその役割を果たすためには、系統電源が利用できないような緊急事態への対処能力も必要となる。

したがって、漁村・漁港におけるエネルギー利用にあたっては、エネルギー源を、各種の再生可能エネルギーや他の再生可能エネルギー、従来型エネルギー（化石燃料や系統電源）を含む多様なエネルギーの間で分散させて非常時の対応性を確保することが求められるよう。

一方、各種のエネルギーの複合利用や複数の施設や目的の間での多段階利用を通じて、漁村・漁港地域全体としてのエネルギー需給の安定化と効率化を図ることが必要である。エネルギーの複合利用にあたっては、漁村地域内の水産加工施設や、隣接する農業集落や工業地域と連携したバイオマスエネルギーの利用や廃熱の利用なども視野に入れる必要がある。系統電源との接続においては、電力需要あるいは電力余剰（生産）の時間変化を出来るだけ小さくすることが必要である。

このためには、漁村・漁港地域においても各施設や各種の電源を多重に連結した地域内のスマートグリッド（マイクログリッド）を構成し、各施設におけるエネルギーの使用状況とエネルギーの生産状況を監視して需給の調整を図るとともに、グリッド内の電力やエネルギーのフローに見合った適切な規模の蓄電装置やエネルギー貯蔵システムを組み込んで電力やエネルギーの需給の平滑化を図る必要がある。

再生可能エネルギーで発電された電力を水素へ転換し、燃料電池や水素機関の燃料として利用することも、再生可能エネルギーの利用範囲の拡大や時間的な変動性を平滑化する観点からは重要な取組といえる。

また、熱エネルギーの需要が多い漁村・漁港における容易かつ安全なエネルギーの貯蔵方式として、氷による蓄熱が考えられる。氷や水は、石油や水素などの他の物質に比べてエネルギーの貯蔵密度が小さい。しかし、漁村・漁港では、漁獲物や生産物の保管のために冷凍・冷蔵施設や製氷施設が不可欠である。既存の冷凍・冷蔵施設に加えて、十分な容量の余剰電力により製造された氷や冬季の雪氷の貯蔵施設を設けることにより、熱エネルギーを介したエネルギーや電力の需給の平滑化が期待される。既にスイスにおいては、流通企業が保有する大規模な冷凍冷蔵庫をスマートグリッドのバッファとして利用する実証試験が行われている。

漁港内に係留する漁船に対する陸上からの電力供給装置を利用して、緊急時には漁船が発電した電力を吸収・利用するシステムの構築も必要であろう。

# 第4章

## 漁村・漁港地域における再生可能エネルギー導入の手引

漁村・漁港地域における小規模・分散型の再生可能エネルギー導入にあたって、その受け皿となる事業主体、事業スキーム、類似導入事例について紹介する。

### 1. 事業主体の検討

#### (1) 組織形態の検討

検討対象とした11の組織形態について、法人格、出資者の地位、議決権、責任、課税、利益配分の点からまとめたものを表25に示す。以下、各観点からの各組織形態の特徴を述べる。

まず、法人格について、取り上げた11の組織形態のうち、有限責任事業組織（以下、LLP）、匿名組合、任意組合、投資事業有限責任組合（以下、LPS）はこれを持つことができないので、事業組織として許認可事業の許可や免許を取得することができない。よって、これらの組織形態で事業を取り組む場合、許認可事業については別組織を設ける必要がある。

表25 事業主体の組織形態別の特徴

事業主体	法人格	責任	出資者の地位	議決権	利益分配	課税
株式会社	○	有限	株主	株式比例	株式比例	法人課税
合同会社：LLC	○	有限	社員	原則平等 <sup>2</sup>	定款による	法人課税 構成員課税
一般社団法人	○	有限	拠出者	原則平等 <sup>2</sup>	○ <sup>3</sup>	収益事業に 法人課税
協同組合	○	有限	組合員	平等	○ <sup>4</sup>	法人課税
NPO 法人	○	有限	会員	原則平等 <sup>2</sup>	不可	収益事業に 法人課税
合名・合資会社	○	無限	社員	原則平等 <sup>2</sup>	自由	法人課税
認可地縁団体	○	—	—	平等	原則不可	—
有限責任事業組合：LLP	×	有限	組合員	原則平等 <sup>2</sup>	自由	構成員課税
匿名組合	×	有限	組合員	—	自由	構成員課税
任意組合	×	無限	組合員	原則平等 <sup>2</sup>	自由	構成員課税
投資事業有限責任組合：LPS	×	無限 <sup>1</sup>	組合員	—	自由	構成員課税

（出典：寺林（2013 a）、福岡県飯塚市（2013）から作成）

〈注釈〉.....

- 1 業務を執行する無限責任組合員と、出資のみの有限責任組合員に分かれる。
- 2 定款で変更可能。
- 3 社員には不可。非営利の場合、利益分配は不可。
- 4 利用分配配当。出資配当の制限有り。



次に、責任の観点について、合名・合資会社、任意組合、LPSは無限責任となっている。そのため、事業の責任に限りがなく、リスクが過大になる恐れがある。

3番目に、議決権の観点からは、株式会社において株式の保有比率であること以外は、他の10組織形態において出資者の議決権は平等である。ただし、合同会社（以下、LLC）、一般社団法人、NPO法人、合名・合資会社、LLP、LPSについては定款での変更が可能となっている。

4番目に、課税の観点においては、LLCの場合、事業に対する法人課税に加えて、出資者個別にも構成員課税の対象となる。いわゆる二重課税となり、他の事業形態と比べて事業の収益性の点で厳しい条件となる。

最後に、利益配分の観点では、NPO法人や認可地縁団体ではほぼ不可能とされており、また一般社団法人や協同組合においても一定の制限が課せられている。

以上から、単独での事業組織の運営を念頭に置いた場合、法人格、利益分配、課税の観点から、株式会社と比べると、その他の事業組織は何らかの形で制約を受けたり、相対的に不利な条件となったりする。具体的には、LLP、匿名組合、任意組合、LPSは法人格がない。合名・合資会社、任意組合、LPSは無限責任となる。NPO法人と認可地縁団体は利益分配が不可能であり、一般社団法人と協同組合はこれに一部制約を受ける。LLCは二重課税となる。

ただし、後述するように、事業組織の組み合わせにより、それぞれの相対的不利な条件をカバーしつつ、利点を享受できる可能性はある。

## (2) 事業スキームの検討

事業スキームとしては、基本事業スキーム、LLPによる事業スキーム、匿名組合による事業スキーム、各種協同組合（企業組合）による事業スキーム、の4点があげられる。

### (a) 基本事業スキーム

事業組織は、金融機関ないしは出資者から資金を集め、これを基に発電事業に取り組み、電力会社等に発電した電気を売電することで収入を確保し、借入金の返済や出資者に対する配当を行う。事業主体の例として、株式会社や合同会社等がある。

### (b) LLPによる事業スキーム

事業組織は、組合員同士の契約に基づき共同運営の形で発電事業を運営する。ただし、LLPは組織の存続期間を定める必要があり、参画の仕方についても組合員は単なる出資にとどまらず、事業への従事が求められる。また、発電装置を含む事業の所有物は組合員全体の含有財産であり、分割が不可能な共有財産である。さらに法人格がなく、監査機関の設置も義務付けられていないことから、外部からの資金調達には一定のハードルがあると言えよう。

### (c) 匿名組合による事業スキーム

事業組織は、商法の匿名組合契約に基づき出資を募り、発電事業を運営する。この場合、出資者は匿名組合契約により有限責任となる。一方で出資者は匿名組合員と位置付けられ、事業主体の裁量によって運営が行われる。さらに税務条件を満たせば、法人税がかからず、二重課税を免れることができる。

ただし、このスキームの場合、金融商品取引法により、事業組織は、第二種金融商品取扱業



者として登録、ないしは第二種金融商品取扱業者に登録された事業者に募集業務を委託する必要がある。この事業スキームは、出資者と匿名組合契約(TK)を結び、事業主体に合名会社(GK)を設立する組み合わせから、TK-GKスキームとも呼ばれる。

なお、この事業スキームは、さらに「事業者自己調達型(基本スキーム)：事業者が営業者となり、出資者より資金を募集すると共に、自社事業に投資する基本的なスキーム」、「事業者自己調達変形型：営業者が自社事業のみならず、他者事業にも投資するスキーム」、「貸金業者出資募集型：営業者が他者事業に融資する事業に、匿名組合員が出資するスキーム」、「出資募集取扱型：営業者が、金融商品取引業者(募集・勧誘業務を取扱う業者)に出資の募集・勧誘を委託するスキーム」に分けられる。

この事業スキームは、自社事業だけでなく、出資比率を50%以下に押さえた他者事業にも関与できる形や、自社事業は持たず他者事業への投資という形も取ることができる。また、匿名組合契約に基づく出資募集についても、事業主体が免許を取得する他に、外部に委託する形を選択することができる。

#### (d) 各種協同組合による事業スキーム

この事業組織は、行政から認可を受けた各種協同組合(生活協同組合・農業協同組合・企業組合等)が発電事業を運営する。

漁村・漁港地域での再生可能エネルギーを念頭に置いた場合、漁協協同組合が検討対象となる。そのため、表26(p46)に示す水産庁「水産業協同組合法(水協法)における洋上風力発電事業の位置付け」<sup>10</sup>を踏まえて整理を行う。

同位置付けでは、漁協自らが発電事業に取り組む場合と、発電事業主体への出資の場合の2つに分けられている。

まず前者の漁協自ら(洋上風力)発電事業に取り組む場合、定款に「風力発電事業」を追加するとともに、以下の3点の条件を満たす必要がある。まず、漁場の安定的な利用関係の確保である。ここでは、漁業者の合意を得て、風力発電事業と漁業の共存を求めている。次に、組合員の労働力を利用して行うことである。具体的には、風力発電事業の関連業務について、漁業者の労働力が利用可能な場合、漁協は雇用契約を締結する者の半数以上を組合員とする必要がある。最後に、風力発電事業が漁場の総合的な利用を促進すること、である。

後者の漁協による発電事業主体への出資の場合、水協法第11条及び第87条に限定列挙された事業<sup>11</sup>に必要な範囲内であれば可能としている。

〈注釈〉.....

10 例えば <http://www.rioe.or.jp/0510fuzoku.pdf> で入手可能。

11 具体的には、以下16の事業種類があげられている。水産資源の管理及び水産動植物の増殖、水産に関する経営及び技術の向上に関する指導、組合員の事業又は生活に必要な資金の貸付け、組合員の貯金又は定期積金の受入れ、組合員の事業又は生活に必要な物資の供給、組合員の事業又は生活に必要な共同利用施設の設置、組合員の漁獲物その他の生産物の運搬・加工・保管又は販売、漁場の利用に関する事業(漁場の安定的な利用関係の確保のための組合員の労働力を利用して行う漁場の総合的な利用を促進するものを含む。)、船だまり・船揚場・漁礁その他組合員の漁業に必要な設備の設置、組合員の遭難防止又は遭難救済に関する事業、組合員の共済に関する事業、組合員の福利厚生に関する事業、組合員に関する組合員の知識の向上を図るための教育及び組合員に対する一般的情報の提供、組合員の経済的地位の改善のためにする団体協約の締結、漁船保険組合が行う保険又は漁業共済組合若しくは漁業共済組合連合会が行う共済のあっせん、前各号の事業に附帯する事業。

**表26** 水産業協同組合法（水協法）における洋上風力発電事業の位置付け

漁業協同組合等が洋上風力発電事業を実施する場合は、以下のようなものが想定される。

(1) 漁協等自ら発電事業を実施する場合

漁協等自らが発電事業体となって実施する場合、水産業協同組合法に定める漁場利用事業により次の①～③を満たせば、洋上風力発電事業が可能。

① 漁場の安定的な利用関係の確保

地域の自然環境や漁業形態を勘案し、漁業者の合意を得て、風力発電事業が漁業と共存が可能な形で実施されること。

② 組合員の労働力を利用して行う

風力発電事業に係る雇用のうち発電施設に日常巡視や保守点検等の漁業者の労働力が利用可能な業務について、漁協等と雇用契約を締結する者の1/2以上が組合員であること。

③ 漁場の総合的な利用を促進する

当該漁場の漁業生産力と風力発電の公益性、収益性等を総合的に勘案し、風力発電事業が漁場の総合的な利用を促進すること。

なお、この場合には、定款を改正し「風力発電事業」を追記することが必要。

(2) 漁協が発電事業会社（SPC）等に出資する場合

漁協等が発電事業体に出資（参加）する場合、漁協等が自ら行う水協法第11条、又は第87条、に限定列挙された事業に必要な範囲内で可能。

具体的には、上記の①から③の要件を満たす必要はなく、少なくとも漁協等及びその組合員が管理、利用する漁場において行われる発電事業体への出資であれば「漁場利用事業」に必要な範囲内で可能。

なお、漁協は協同組合としての性格上、組合員への単なる利益配当のみを目的として売電事業を行うことは、協同組合としての性格を逸脱すると考えられることから上記のように水協法上の事業として実施される場合は漁協が事業主体となることが可能。

なお、組合員への利益配当のみを目的とした売電事業は「協同組合としての性格を逸脱するもの」と明記しており、別の事業スキームでの取組が必要となる。

(3) 波崎漁業協同組合の風力発電の導入

茨城県波崎漁港では、2005年度より、漁港内の製氷施設、荷捌き施設、岸壁照明などの漁港施設への電力供給を目的に、漁港敷地内に出力1MW、年間予想発電量200MWhの風力発電装置を導入している。以下に事業主体、組織概要、事業費、発電



**写真3** 海風丸と製氷施設

種類等の概要を**表27**に添える。なお、はさき漁業協同組合ウェブサイト内で風車の概要の他、設置過程等が公開されている<sup>12</sup>。

〈注釈〉

12 <http://www.portland.ne.jp/~hasaki/umimaru/index.html>

13 <http://www.portland.ne.jp/~hasaki/umimaru/press/summary.pdf>

**表27 波崎漁業協同組合の事業概要**

事業主体	波崎漁業協同組合 <sup>13</sup>
組織概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>○波崎漁港は第三種漁港の指定を受ける。</li> <li>○製氷工場を保有（風力発電事業による電力供給を実施）</li> </ul>
事業費等	<ul style="list-style-type: none"> <li>○風力発電事業</li> <li>総額：2億6,682.6万円（内訳）水産庁補助事業……1億2,706万円</li> <li style="padding-left: 20px;">自己調達……残額</li> </ul>
発電種類 / 出力	<ul style="list-style-type: none"> <li>設備容量 ○1MW（海風丸）</li> <li>発電実績（2005年実績） ○270.2万kWh</li> </ul>

## 2. 合意形成について

漁港及びその周辺地域で再生可能エネルギーを活用した発電事業を取り組む上で必要となる合意形成について整理する。

まず、地域の合意形成に関与するステークホルダーとして、地元自治体、金融機関等、地元企業、農林水産業関係者、経済団体、市民団体等があげられる。

次にその役割分担等の関係を図27に示す。図の中央に位置する事業会社については、既に事業主体の検討として紹介した。

本図におけるステークホルダーを構成員として、事業化についての検討または推進を行う「地域協議会」の設立、および事務局としての「環境エネルギー事務所」の設立が考えられる。また、各ステークホルダーに期待される機能としては、「地元自治体」には行政支援、場の提供の他、地元団体や事業関係者からなる地域協議会との連携、「金融機関等」については事業会社に対する融資等、「地元企業」には事業会社への参画や場の提供等をあげることができる。

さらに、事業の取組を発展させていくために、地域を巻き込んでいくステップを表28に示す。

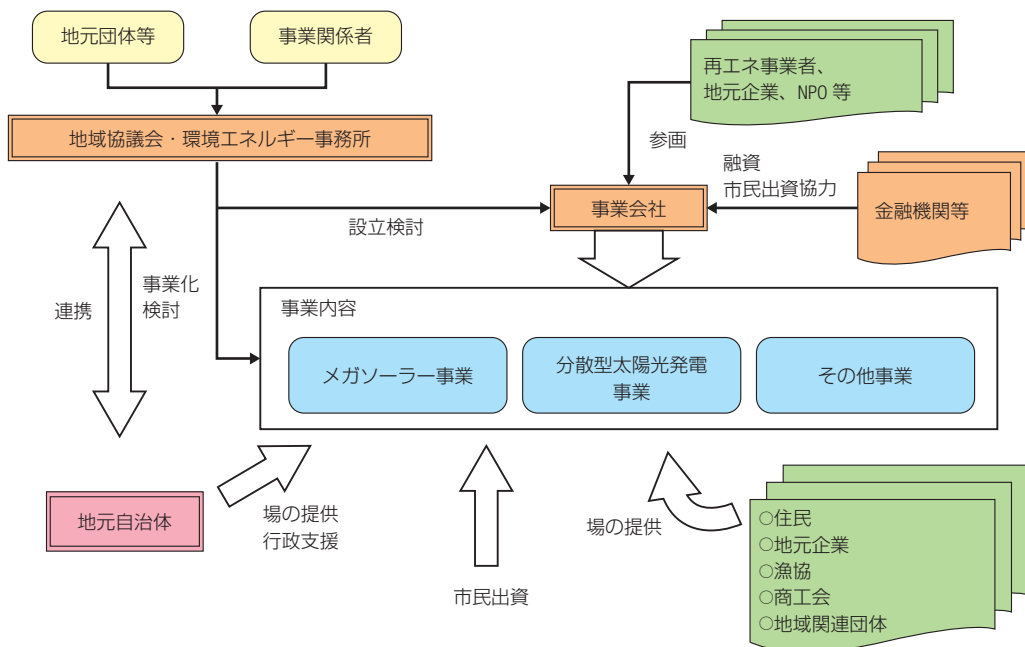


図27 エネルギー事業のスキームにおけるステークホルダーの関係図

(出典：環境省(2012))

表28 事業の開発・計画・実施のための5ステップ

ステップ	具体的な内容	次のステップに進む条件
1 講演会等での 一般的な知識の普及	<ul style="list-style-type: none"> <li>○講演会等の企画主体→関心のある人々への呼びかけ</li> <li>○知識の普及とネットワーク探索に取り組む段階</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○関心を共有する人たちが、継続的に知識を習得しようという姿勢を持ち、そのための企画をたてること。</li> </ul>
2 学習会または ワークショップ	<ul style="list-style-type: none"> <li>○参加する人々を増やすために、関心を有する人々を掘り起こすというネットワーク探索を継続</li> <li>○連続市民講座等、学習会を通じた体系的な基礎知識の習得をコア集団が行う段階</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○事業を自らの地域でおこしてみたいという願望を有する人が少数でも出ること、それに共感する人々が一定数存在すること。</li> </ul>
3 事業化準備の 集団による 諸案形成期	<ul style="list-style-type: none"> <li>○事業化準備協議会というような形態で、自分の地域に再生可能エネルギー事業を起こすことを目指して、複数の案の形成に取り組む段階。</li> <li>○技術面、資金面、組織面での具体的諸案が検討の対象になる。コア集団のまわりに、協力・支援志向を有する人々のネットワークが形成される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○自ら中心になって事業を担うという決意をした人が少数でも出ること。</li> </ul>
4 事業化準備の 集団による1案の 選択決定期	<ul style="list-style-type: none"> <li>○事業化準備協議会というような形態で、実行可能な一つの案を選択していく段階。協力ネットワークの形成により、動員できる資源を確保していく段階。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○コア集団のまわりに、具体的な協力を提供する諸主体がネットワーク化され、一つの案が実行可能なものになるほどに諸資源が確保されること。</li> </ul>
5 事業組織の 立ち上げと運営	<ul style="list-style-type: none"> <li>○実際に、事業組織が設立され、技術的選択と場所の選択がなされ、資金が動員され、建設設置工事がなされ、設備が操業する段階。</li> <li>○コア組織の周辺に、事業を維持するようなネットワークが形成され維持される。</li> </ul>	

(出典：環境省(2012)を基に補足・作成)

### 3. 関連法規の許認可について

再生可能エネルギーによる発電事業においては電気事業法以外に、関連許認可が必要となる。ここでは、導入実績が進んでいる太陽光発電、風力発電、小水力発電、地熱発電について、特に計画・用地選定段階での主な許認可手続について、表29に示す。「○」が添えてあるものが、許認可手続を行わなければならない可能性がある。

この他、漁港区域内において占用が生じる場合は、漁港漁場整備法に基づき、漁港管理者の許可が必要となる。

また、水産庁及び関係団体は、洋上風力発電事業における円滑な漁業協調の促進に向けて、全国の漁業協同組合や事業者側も含めて、相談を受け付ける窓口を設置している(図28)。

表29 計画・用地選定段階における再生可能エネルギーの主な許認可手続

関連法規	許認可手続	太陽光	風力	地熱	中小水力
国土利用計画法	土地売買届出手続	○	○	○	○
都市計画法	開発許可手続	○	○	○	○
農地法・農業振興地域の整備に関する法律	農地転用許認可手続	○	○	○	○
工場立地法	工場立地法に基づく届出手続		○		
道路法	道路の占用許可手続	○	○		
海岸法	海岸保全区域の占用の許可等		○		
港湾法	港湾区域内等における占用許可		○		
森林法	林地開発許可手続	○	○	○	○
自然公園法	行為許可申請等手続	○	○	○	○
砂防法	砂防指定地内行為許可手続		○	○	○
地すべり等防止法	地すべり防止区域内行為許可手続		○	○	○
急傾斜地の崩壊に寄る災害の防止に関する法律	急傾斜地崩壊危険区域内行為許可手続		○	○	○
文化財保護法	埋蔵文化財包蔵地土木工事等届出手続	○	○	○	○
鳥獣の保護及び狩猟の適正化に関する法律	特別保護地区内における行為許可手続	○	○	○	○
絶滅の恐れのある野生動植物の種の保存に関する法律	生息地等保護区の管理地区内等における行為の許可手続	○	○	○	○
温泉法	温泉の掘削許可等手続等			○	
大気汚染防止法	大気汚染に関する届出			○	
騒音規制法	騒音規制に関する届出手続			○	○
振動規制法	振動規制に関する届出手続			○	○
水質汚濁防止法	水質汚濁に関する施設設置の届出手続			○	○
土壤汚染対策法	土地の形質変更に係る届出手続	○	○	○	

(出典：資源エネルギー庁(2015)を元に作成)



## 洋上風力発電事業と漁業実態等に関する相談窓口を設けました

(一社)大日本水産会、全国漁業協同組合連合会、水産庁 平成25年12月

漁業実態等に関する相談、お問い合わせ等は、下記の、(一社)大日本水産会、全国漁業協同組合連合会、水産庁関係課へ。

相談・問い合わせ窓口

- ◎一般社団法人大日本水産会 TEL03-3585-6682
- ◎全国漁業協同組合連合会 TEL03-3294-9613
- ◎水産庁漁港・漁村における再生可能エネルギー活用検討チーム
- 〔水産庁漁港漁場整備部計画課 TEL03-3501-3082〕
- 〔水産庁漁政部企画課 TEL03-6744-2343〕

※漁業協調に関しては(一社)海洋産業研究会も参照 (<http://www.rio.or.jp>, [rio@rio.or.jp](mailto:rio@rio.or.jp))

相談・問い合わせ  
情報提供

発電事業者・自治体等の疑問、課題

- ① 事業を計画している海域を利用している漁協、漁業者等を把握したい。
- ② 事業を行うことによって水産資源へ与える影響等を検討したい。
- ③ 海面利用調整について協議したい、etc.

疑問、課題等を整理した上で、事業概要を説明

漁協、漁業者等

事業実施に向けた取り組みの例 : 協議会を設置して事業計画を地域と一体となって策定する場合(参考)

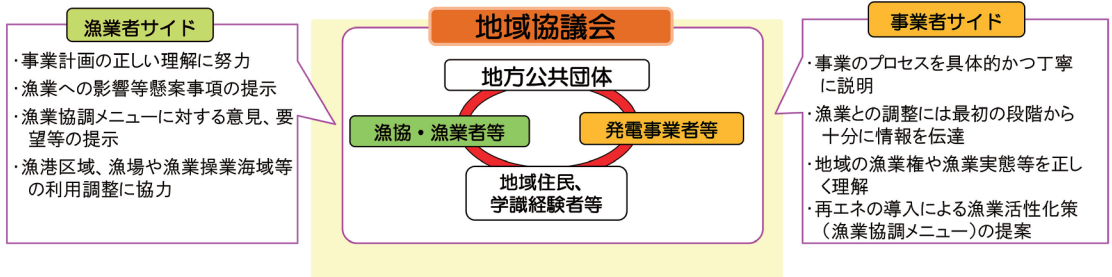


図28 洋上風力発電と漁業実態等に関する相談窓口設置のお知らせ

(出典：水産庁資料)

## ▶ 制度関係

### 1. 海洋情報

わが国では、海洋に関する自然科学から社会科学までを対象とする幅広い情報が管理・公開・利用できる。海洋情報クリアリングハウスでは、海洋情報の所在情報が一元化されており、検索によって必要とするデータがどこにあるのか、知ることができる。海洋台帳（海洋政策支援情報ツール）では、公開された海洋情報を地図上でビジュアル化、印刷等を行うことができる。

海洋台帳：<http://www.kaiyoudaichou.go.jp/>

海洋情報クリアリングハウス：<http://www.mich.go.jp/>

### 2. 漁港施設

漁港漁場整備法では、第三条に漁港施設を大きく基本施設と機能施設の2つに分け、さらに基本施設は3施設から、機能施設は14施設に分けて定義している。

漁港が果たすべき役割については、これまでの生産・流通の拠点である他、近年では防災や交流、生活、エネルギー供給としての拠点としても期待されつつある。

### 3. 固定価格買取制度（Feed In Tariff）

2012年7月1日からスタートし、現在では、再生可能エネルギー（太陽光、風力、水力、バイオマス、地熱の5種）によって発電した電気を電力会社が一定価格で買い取ることを国が保証した制度。毎年その買取価格は、再生可能エネルギーの種類、及び発電容量等によって異なり、買取価格も見直される。

### 4. 水産業協同組合法

同法は、漁業者や水産加工業者による協同組合の発展促進、社会経済的地位の向上、水産業の生産力増進を図ることで、国民経済への寄与を目的としている。

なお、漁協等が洋上風力発電を導入するにあたり、同法における位置付けとして公表されたのが、「水産業協同組合法における洋上風力発電事業の位置付け」である。同位置付けでは、漁協自らが発電事業に取り組む場合と、発電事業主体への出資の場合の2つに分けられて、満たすべき条件を示している。

### 5. 農林漁業の健全な発展と調和のとれた再生可能エネルギー電気の発電の促進に関する法律

農林水産省は、農山漁村地域における再生可能エネルギーの導入の拡大を図るにあたり、①地

域の合意形成、②地域への利益還元、③土地などの利用調整を念頭に、平成25年11月に「農林漁業の健全な発展と調和のとれた再生可能エネルギー電気の発電の促進に関する法律」（農山漁村再生可能エネルギー法）を制定した。

## 6. 漁港区域に風力発電施設を設置する場合の占用等の許可基準等の参考指針

水産庁が、平成23年9月に公表したもので、①施設の設置が漁港の利用にとって合理性があること、②事業に公益性があり事業実施の確実性が確保されていること、③施設が暴風や地震その他に対して安全であること、④施設が、漁港の利用や保全・整備、漁業や養殖業の操業、漁船の航行、水産加工や流通などの妨げにならないこと、⑤施設の設置が、付近の景観や自然環境、漁業者などの労働環境や住民の生活環境に影響を与えないこと、などが求められている。

### ▶再生可能エネルギー関係

## 7. エネルギー賦存量・導入ポテンシャル量

エネルギー賦存量は、太陽光発電であれば設置可能面積等、風力発電であれば平均風速、水力発電であれば河川流量等から、現在の技術水準であれば発電可能なエネルギーの資源量を理論的に算出したもの。

導入ポテンシャル量は、エネルギー賦存量の内、エネルギーの採取・利用に関する種々の制約（土地の自然状況や利用状況、法規制等）による設置の可否を考慮したエネルギー資源量を算出したもの。

## 8. 再生可能エネルギー・海洋再生可能エネルギー

わが国では、「エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律」に基づき、その政令で、太陽光、風力、水力、地熱、太陽熱、大気中の熱その他の自然界に存する熱、バイオマスが定められている。この他、一般的には波力、海流・潮流、潮汐流、海洋温度差等も再生可能エネルギーに含まれる。

## 9. 年間設備利用率・発電容量

一年間を通じて実際に発電した電力量を分子に、同じく一年間を通じて仮に24時間365日稼働・発電し続けた場合に得られる電力量（＝発電容量）を分母に置いて得られる数値。以下の計算式に当てはめて試算できる。

$$\text{年間設備利用率 (\%)} = \frac{\text{実際の年間の発電電力量}}{(\text{定格出力} \times 365 \text{日} \times 24 \text{時間})} \times 100$$

## 10. 洋上風力発電等の漁業協調

2013年5月に、(一社) 海洋産業研究会が提言した「漁業協調型洋上ウィンドファーム」である。これは、洋上ウィンドファームが建設されることで、再生可能エネルギー利用が促進されるだけでなく、沿岸漁業の活性化や新たな漁場の造成、関連産業等の創出により漁村や地域の活性化を図るもので、発電事業者と漁業者がともに利益を享受できる事業形態とする概念である。

### ▶技術 ▶その他

## 11. エネルギー管理システム(工場、住宅、ビル等を一括して含む)

ある空間内における電力・エネルギーの需要と供給の監視と制御を行うシステム。需要側では電力・エネルギーの消費量を可視化させることで、消費の時間的特徴を明らかにし、エネルギーを消費する時間帯の検討や節電等への取組を容易にさせる。供給側では、再生可能エネルギーや蓄電器といった発電・エネルギーを発生する施設・機器の効率的な利用等を制御する。

対象となる空間によって、家庭(HEMS)、ビル(BEMS)、工場(FEMS)、地域(CEMS)等と称される。

## 12. 電力系統(系統連系を含む)

電気の発電設備から消費設備までの設備ネットワークの全体、具体的には、発電所・送電線・変電所・配電線・引込線・消費(家庭・工場等)を指す。これまでわが国では、電力系統数は一般電気事業者である大手電力会社数と同じ10であった。

再生可能エネルギーを利用した電気を電力系統に流す、すなわち系統連系においては、周波数の調整、系統電圧の上昇、電力需給のギャップ等の課題が挙げられる。

## 13. 電源特性(ベースロード電源、ミドル電源、ピーク電源を含む)

わが国では、発電方法によりベースロード電源、ミドル電源、ピーク電源の3つに区別している。

ベースロード電源は「発電(運転)コストが、低廉で、安定的に発電することができ、昼夜を問わず継続的に稼働できる電源」とし、地熱、水力、原子力、石炭を位置付けている。

ミドル電源は「発電(運転)コストがベースロード電源の次に安価で、電力需要の動向に応じて、出力を機動的に調整できる電源」とし、天然ガスを位置付けている。

ピーク電源は「発電(運転)コストは高いが、電力需要の動向に応じて、出力を機動的に調整できる電源」とし、石油、揚水式水力を位置付けている。

## 14. スマートグリッド

各国の事情により、その定義は異なる。次世代電力網とも。わが国では、「日本型スマートグリッド」として、再生可能エネルギーによる電力供給が大量導入を見据え、IT技術を活用するこ

とで安定的な電力ネットワークの維持と地産地消モデルによる相互補完するもの、としている。米国では電力インフラの容量不足を補うために電力消費のピークシフトを進め、設備投資を節約することに主眼があるとされる。欧州では、より多くの再生可能エネルギーを導入することが主目的であるとされる。

マイクログリッドは、離島のような小規模な地域内の発電網において、電気の供給と消費を完結させようとするもの。

## 15. プロジェクト・ファイナンス

資金調達的一种で、事業の予想収益に基づいて銀行等からの借入・返済を行うもの。再生可能エネルギーの導入でいえば、再生可能エネルギーの発電利用（売電含む）で生まれるであろう利益を見込んで銀行等から借入を行い、実際に導入・稼働させて得られる利益から返済していくことになる。

..... 参考文献リスト .....

- 1) 環境省 (2012) 『地域主導による再生可能エネルギー事業化の手引き』
- 2) 環境省 (2011) 『平成22年度 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査』(受託: (株) エックス都市研究所、アジア航測(株)、パシフィックコンサルタンツ(株)、伊藤忠テクノソリューションズ(株)) <https://www.env.go.jp/earth/report/h23-03/full.pdf>
- 3) 木下健 (2011) 『海洋再生エネルギー利用の技術動向』第78回海洋フォーラム資料  
[http://www.sof.or.jp/jp/forum/pdf/78\\_01.pdf](http://www.sof.or.jp/jp/forum/pdf/78_01.pdf)
- 4) 漁港のエコ化推進のための技術検討会 (2012) 『漁港のエコ化方針 (中間とりまとめ)』  
<http://www.jfa.maff.go.jp/j/study/keikaku/pdf/ecotorimatome.pdf>
- 5) 資源エネルギー庁 (2015) 『再生可能エネルギー発電事業支援ガイドブック 平成27年度版』  
[http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saiene/data/guidebook\\_h27.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/data/guidebook_h27.pdf)
- 6) 資源エネルギー庁 (2015) 「総合資源エネルギー調査会 長期エネルギー需給見通小委員会 (第5回会合) 資料1」  
[http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/mitoshi/005/pdf/005\\_05.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/005/pdf/005_05.pdf)
- 7) 市民共同発電所全国フォーラム (2007) 『市民共同発電所全国調査報告書2007』
- 8) 市民共同発電所全国フォーラム (2013) 『市民共同発電所全国調査報告書2013』
- 9) 水産庁漁港漁場整備部計画課 (2014) 『漁港のエコ化方針 (再生可能エネルギー導入編)』  
<http://www.jfa.maff.go.jp/test/keikaku/pdf/gyokouekogaidorain.pdf>
- 10) 低炭素社会づくりのためのエネルギーの低炭素化研究会 (2012年) 『低炭素社会づくりのためのエネルギーの炭素化に向けた提言』 [http://funtoshare.env.go.jp/roadmap/media/h24\\_3/01\\_full.pdf](http://funtoshare.env.go.jp/roadmap/media/h24_3/01_full.pdf)
- 11) 寺林晁良 (2013) 「小規模分散型の再生可能エネルギーと地域金融－事業組織の形態と地域金融機関の役割に着目して－」『一橋経済学』7 (1)、83－100頁 <https://hermes-ir.lib.hit-u.ac.jp/rs/bitstream/10086/25806/1/keizai0070100830.pdf>
- 12) 寺林晁良 (2014) 「地域主導の再生可能エネルギー事業を担う組織づくり－事業組織形態に着目した事業スキームの検討－」『農林金融』第67巻10号、15－27頁  
<https://www.nochuri.co.jp/report/pdf/n1410re2.pdf>
- 13) (一財) 東京水産振興会 (2014) 『漁村・漁港地域における自然エネルギーを利用した振興策の検討』(受託: (一社) 海洋産業研究会)
- 14) (一財) 東京水産振興会 (2015) 『漁村・漁港地域における自然エネルギーを利用した振興策の検討 (Ⅱ)』(受託: (一社) 海洋産業研究会)
- 15) (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) (2008) 『新エネルギー等地域集中導入技術ガイドブック』(受託: 三菱総合研究所) <http://www.nedo.go.jp/content/100083461.pdf>
- 16) (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) (2011) 『平成22年度成果報告書海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務』  
(NEDO 成果報告書データベース (<https://app5.infoc.nedo.go.jp/disclosure/Login>) より)
- 17) (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) (2013年) 『再生可能エネルギー技術白書 (第2版)』 [http://www.nedo.go.jp/library/ne\\_hakusyo\\_index.html#pdfDL](http://www.nedo.go.jp/library/ne_hakusyo_index.html#pdfDL)
- 18) (独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (2013年2月) 『小規模地熱発電及び地熱水の多段階利用事業の導入課題調査』(受託: (一財) エンジニアリング協会)
- 19) (独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (2014年2月) 『小規模地熱発電のうち温泉発電導入促進のための手引書』(受託: (一財) エンジニアリング協会) <http://geothermal.jogmec.go.jp/data/file/023.pdf>
- 20) 函館市・函館工業高等専門学校 (2014) 『函館市海洋エネルギー・ポテンシャル基礎調査事業 委託研究報告書』



## ～水産に関する調査研究事業～

当会では、水産物の生産・流通・消費、及び水産業に関する制度・経済問題、並びに水産業界に影響する諸問題等に関する調査研究を実施しております。また、その結果を報告書に取りまとめ、水産関係の企業・団体、教育機関・官公庁、研究機関等に配布する等、幅広く情報提供を行っております。

一般財団法人 **東京水産振興会**

会 長 井上 恒夫

---

2016年7月25日発行

《本書の内容の無断転用を禁じます》

# 漁村・漁港地域への再生可能エネルギー導入に関する ハンドブック

編集・発行：一般財団法人 **東京水産振興会**

〒104-0055 東京都中央区豊海町5-1

TEL (03) 3533-8111

FAX (03) 3533-8116

---