



2024年3月21日

秋田県で進む再エネ発電の体系的理解
～県経済における需要創出に貢献～

日本銀行秋田支店

本稿の執筆は、菊池慶が担当しました。本稿の内容について、商用目的で転載・複製を行う場合は、予め日本銀行秋田支店までご相談ください。転載・複製を行う場合は、出所を明記してください。なお、レポートで示された意見は執筆者に属し、必ずしも日本銀行の見解を示すものではありません。

照会先：日本銀行秋田支店 総務課（山本、菊池）
（TEL：018-824-7802）

本稿は日本銀行秋田支店のホームページ（<https://www3.boj.or.jp/akita/>）からもご覧いただけます。

[目 次]

0. はじめに	2
1. 秋田県内の再エネ発電の動向	3
1-1 再エネ発電の導入状況	3
1-2 今後の再エネ発電の導入見込み	4
1-3 導入が進んだ背景①環境	6
1-4 導入が進んだ背景②自治体の後押し	7
1-5 導入が進んだ背景③金融機関の後押し	8
2. 秋田県内の電力需給と系統制約緩和に向けた取り組み	9
2-1 秋田県内の電力需給と系統制約	9
2-2 電力系統の整備と効率的利用	9
3. 電力の需給バランス維持に向けた取り組み	12
3-1 再エネ発電量の傾向的な変動	12
3-2 再エネ発電量の不規則な変動	13
3-3 再エネ発電量の変動への対応と出力制御	14
3-4 ディマンド・レスポンスと蓄電システム	16
4. 再エネ発電の本県経済への取り込み	19
4-1 発電事業への直接的な参入	19
4-2 インフラ関連の受注	20
4-3 人材育成への参入	21
4-4 個人消費への波及	22
4-5 本県経済における需要創出	22
4-6 エネルギー消費産業の誘致・育成	23
5. 終わりに	25

【BOX 1. FIT 制度と FIP 制度】

【BOX 2. 卸電力市場・容量市場・需給調整市場】

【BOX 3. 洋上風力発電事業における地域との協調・共生策】

0. はじめに

秋田県では、近年、港湾区域での大型洋上風力発電の商業運転が全国で初めて開始したほか、一般海域での洋上風力発電建設計画が進捗するなど、風力発電を中心とする、再生可能エネルギーを利用した発電（以下、「再エネ発電」）の大規模プロジェクトが相次ぎ、全国的に注目を集めている。

本県の再エネ発電を巡っては、個別の発電プロジェクトに着目した解説は様々な形でなされている。もっとも、電力はただ発電量を確保すればよいというものではなく、発電した場所から需要地までの送電手段を確保する必要があるほか、周波数を一定に保つために常時全体としての需給バランスを保つ必要がある。

そこで本稿では、電力供給側のみならず、電力系統や需給バランスの議論にも着目し、関係機関の公表資料やデータ、関係者から聞かれた声等を纏めることで、これまでの各分野における取り組みと現在進みつつあることを体系的かつ可能な限り平易な形で整理した。

再エネ発電を巡り、本県で今、何が起きているのかについて多面的に理解をし、その先進性や特徴点、更には本県経済の今後の可能性について考えるに際し、本稿が少しでも参考になることを期待する。

1. 秋田県内の再エネ発電の動向

1-1 再エネ発電の導入状況

本県の再エネ発電導入状況を種類別に他県と比較すると、太陽光発電やバイオマス発電が下位となる¹一方、風力発電や地熱発電が上位に位置しており、他県に先駆けて導入が進んでいることがわかる（図表1）。

図表1：秋田県内の再エネ発電導入状況

	県内出力	全国順位	全国に占める割合
	(万kW)		
風力発電	76.3	3	14.0%
うち洋上風力	8.4	1	95.0%
太陽光発電	32.3	46	0.5%
うち家庭用	4.6	47	0.3%
水力発電	28.2	27	0.6%
地熱発電	13.4	2	26.7%
バイオマス発電	5.8	34	0.2%
合計	156.0	33	1.0%

（注）風力発電、太陽光発電、バイオマス発電はFIT・FIP制度のみ（2023年9月時点）、地熱発電は発電端出力1,000kW以上のみ（2023年4月時点）、水力発電は電気事業者のみ（2023年9月時点）。

（出所）風力発電、太陽光発電、バイオマス発電、水力発電は資源エネルギー庁より、地熱発電は日本地熱協会より日本銀行秋田支店作成。

特に、風力発電は、従来から陸上風力発電が盛んであったことに加え、2022年12月に能代港、2023年1月には秋田港で、全国初の大型洋上風力発電の商業運転が開始している。こうした中、FIT・FIP制度<BOX1>を利用した風力発電の出力は、2023年9月時点で青森県、北海道に次ぐ全国3位となっている。

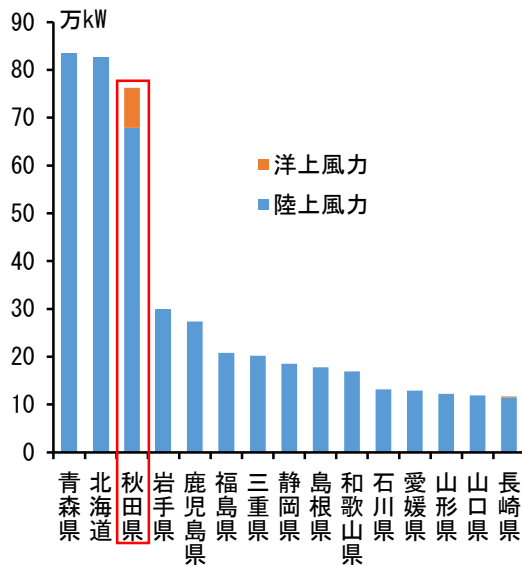
また、地熱発電も、湯沢市と鹿角市の奥羽山脈沿いに4か所の地熱発電所が立地し、出力は、2023年4月時点で大分県に次ぐ全国2位となっている（図表2）。

¹ 太陽光発電の導入量が下位にとどまっている背景として、秋田市の日照時間平年値（1991～2020年）が都道府県庁所在地の中で最も少ないなど、本県の日照時間が少ないことがある。また、バイオマス発電は、FIT・FIP制度による導入量は少ないものの、同制度以外にも、木材関連企業などで端材を利用した木質バイオマス発電を行う例がみられる。

図表 2 : 都道府県別の風力発電・地熱発電導入状況

▼風力発電（上位 15 都道府県）

▼地熱発電



出力順位	都道府県	発電所数	出力 (万kW)
1	大分県	6	16.6
2	秋田県	4	13.4
3	鹿児島県	4	6.7
4	岩手県	3	6.1
5	福島県	1	3.0
6	北海道	1	2.5
7	宮城県	1	1.5
8	熊本県	2	0.4
9	岐阜県	1	0.2
合計		23	50.4

（注）風力発電は FIT・FIP 制度のみ（2023 年 9 月時点）、地熱発電は発電端出力 1,000kW 以上のみ（2023 年 4 月時点）。

（出所）風力発電は資源エネルギー庁より、地熱発電は日本地熱協会より日本銀行秋田支店作成。

1-2 今後の再エネ発電の導入見込み

先行きも、本県では洋上風力発電や地熱発電を中心に、再エネ発電の導入が一段と進む見通し。風力発電は、陸上の適地への建設が既に進んでいるため、今後は洋上が中心になるとの見方が聞かれる（図表 3）。洋上風力発電は、能代港・秋田港での商業運転開始に続き、先行きも、再エネ海域利用法²に基づく一般海域の案件が 4 件計画されている（図表 4）。能代市・三種町・男鹿市沖、由利本荘市沖の案件は同法に基づく全国初の公募案件であり、2021 年 12 月に事業者が決定したのち、現在、運転開始に向けた準備が進められている。また、男鹿市・潟上市・秋田市沖の案件は、2023 年 12 月に事業者が決定したほか、八峰町・能代市沖の案件についても、2024 年 3 月までに事業者が決定する予定。これらの案件が全て稼働すると、本県における洋上風力発電の出力は、214.9 万 kW まで増加する見通し。

図表 3 : 先行きの風力発電導入に関する声

行政関係者	現在は、陸上風車の建設適地が減少している。そのため、今後は、陸上ではリプレース案件が中心となり、出力増加の中心は洋上となる。
-------	----------------------------------------------------------------

² 海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律

図表 4 : 秋田県内の洋上風力発電導入計画

	海域	事業者選定	運転開始	出力
区 港 域 湾	能代港	2015年2月	2022年12月	8.4万kW
	秋田港		2023年1月	5.5万kW
	港湾区域計（運転開始済み）			13.9万kW
一 般 海 域	能代市・三種町・男鹿市沖	2021年12月	2028年12月	49.4万kW
	由利本荘市沖		2030年12月	84.5万kW
	男鹿市・潟上市・秋田市沖	2023年12月	2028年6月	31.5万kW
	八峰町・能代市沖	2024年3月	～2033年9月	35.6万kW
	一般海域計（計画中）			201.0万kW
合計				214.9万kW

（注）港湾区域計・一般海域計・合計は各項目を単純合計したもの。

八峰町・能代市沖の案件における運転開始は、公募占用指針より日本銀行秋田支店試算。また、同案件における出力は系統確保容量を記載。

（出所）秋田県、三菱商事洋上風力（株）、経済産業省、国土交通省より
日本銀行秋田支店作成。

更に、秋田市は、秋田市南部沖が洋上風力発電事業実施のための促進区域に指定されることを目指しており、更なる着床式洋上風力発電の増加も期待される。

先行きの浮体式洋上風力の導入に向けた動きも始まっている。2022年8月に、経済産業省のGI基金³事業の一環で、秋田市・潟上市沖における浮体式洋上風力発電設備の係留試験の開始が公表された。また、2023年10月に、同事業の浮体式洋上風力の実証実験において、秋田県南部沖（由利本荘市、にかほ市沖）が国内4か所の候補区域の1つに選定された。今後、NEDOによる審査等を経て、4区域のうち2区域程度で実証事業が行われる見通し。

地熱発電は、湯沢市で、かたつむり山発電所が建設されているほか、木地山地区、矢地ノ沢地区でも建設に向けた調査が行われている（図表5）。これらの計画によって本県における地熱発電の出力は増加する見通し。また、鹿角市、東成瀬村で開発に向けた調査が、北秋田市、大館市で基礎調査がそれぞれ行われるなど、地熱発電の更なる導入に向けた動きもみられる。このほかにも県内には地熱発電所建設の適地は残されているとの見方がある一方、系統への接続費用や掘削費用、掘削リスクを課題として指摘する声も聞かれる（図表6）。

³ グリーンイノベーション基金。経済産業省は、2050年カーボンニュートラルの実現に向け、NEDO（（国研）新エネルギー・産業技術総合開発機構）に基金を造成し、野心的な目標にコミットする企業等に対して、最長10年間、研究開発・実証から社会実装までを継続して支援する。基金総額は2023年7月時点で2兆7,564億円。

図表 5 : 湯沢市における地熱発電導入計画

発電所名／地域	運転開始予定	出力
かたつむり山発電所	2027年	1.5万kW
木地山地熱発電所	2029年	1.5万kW
矢地ノ沢地域	調査中	0.2万kW

(出所) 小安地熱 (株)、東北自然エネルギー (株)、秋田県より
日本銀行秋田支店作成。

図表 6 : 先行きの地熱発電導入に関する声

行政関係者 民間事業者	周辺地域には、まだ地熱発電所を建設できる場所はあるとみられるが、秋田県で地熱発電所を増設するための課題は二点。一点目は、建設地が山間部になるため、送電網への連系線が長くなり費用が嵩むこと。二点目は、積雪が多いため、冬場の調査開発が困難であり、他の地域に比べ開発が遅れがちとなること。
民間事業者	現在は、新たな生産井（蒸気を取得するための井戸）を掘るための費用が高騰しているほか、掘削した生産井から蒸気が湧出するかのリスクもあり、新規の掘削を躊躇してしまう。

加えて、水力発電についても、建設中の成瀬ダム、鳥海ダムに水力発電所が建設される計画。もともと、成瀬発電所 (0.6 万 kW)、鳥海発電所 (0.1 万 kW) とともに発電所の出力はさほど大きくないため、両発電所稼働後の本県における水力発電の出力は、微増にとどまる見込み。

1-3 導入が進んだ背景①環境

本県で風力発電や地熱発電を中心とした再エネ発電が発展してきた背景には様々な要因が考えられるが、本稿では、環境・自治体・金融の 3 点を取り上げる。

第一に、本県は風力発電や地熱発電に適した環境に恵まれている。風力発電を巡る環境について、風力発電所は人口集積地から離れた場所に建設されることが多いため割り引いてみる必要はあるものの、秋田市の平均風速は県庁所在地の中で那覇市に次ぐ全国 2 位であり、風況に恵まれた地域であることが伺える (図表 7)。

また、地熱発電を巡る環境については、特に奥羽山脈沿いに高温の地熱地帯が広がっている。

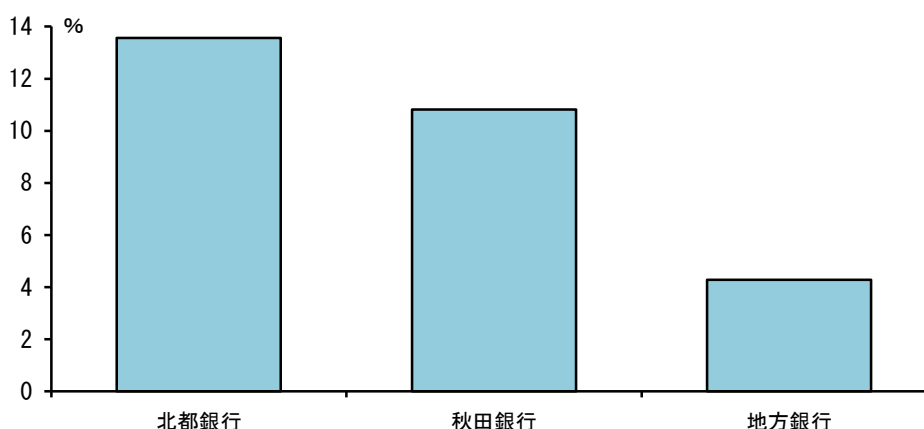
図表 9 : 自治体の後押しに関する声（地熱発電）

行政関係者	当市は、「地熱のまち」として、地熱発電の導入を積極的に推進しており、事業者と地域の利害調整を行う協議会も市役所が事務局となっている。こうした協議会や、地域住民への理解促進活動も評価され、JOGMEC（（独）エネルギー・金属鉱物資源機構）から地熱モデル地区に選定されている。
民間事業者	自治体の積極的なサポートに加え、過去に行われた地熱発電所建設の際に、事業者が住民への説明を丁寧に行った経緯もあり、地域住民の理解が比較的得られやすい。

1-5 導入が進んだ背景③金融機関の後押し

第三に、地元金融機関も、再エネ発電の導入を積極的に支援している。本県に本店を置く地方銀行 2 行は、再エネ発電関連の融資を積極的に行っており、融資残高は、地方銀行の業態平均を大きく上回っている（図表 10）。

図表 10 : 電気・ガス等業種向け融資の割合



(注) 2023 年 9 月末時点。北都銀行、秋田銀行は事業性融資に占める電気・ガス・熱供給・水道業向けの割合。地方銀行は、中央政府・地方公共団体・個人・海外円借款、国内店名義現地貸を除く貸出のうち、電気・ガス・熱供給・水道業向けの割合。

(出所) フィデアホールディングス（株）、（株）秋田銀行、（一社）全国地方銀行協会より日本銀行秋田支店作成。

また、地元金融機関は、風力発電の運営主体としての関わりもみられる。北都銀行は、風力発電事業を行う県内企業に、フィデアグループとして出資している。当該企業は、他社との合弁会社を設立するなどして県内で複数の陸上風力発電所を運営している。加えて、洋上風力発電でも再エネ海域利用法による由利本荘市沖の案件に出資しており、運転開始に向けた準備を進めている。

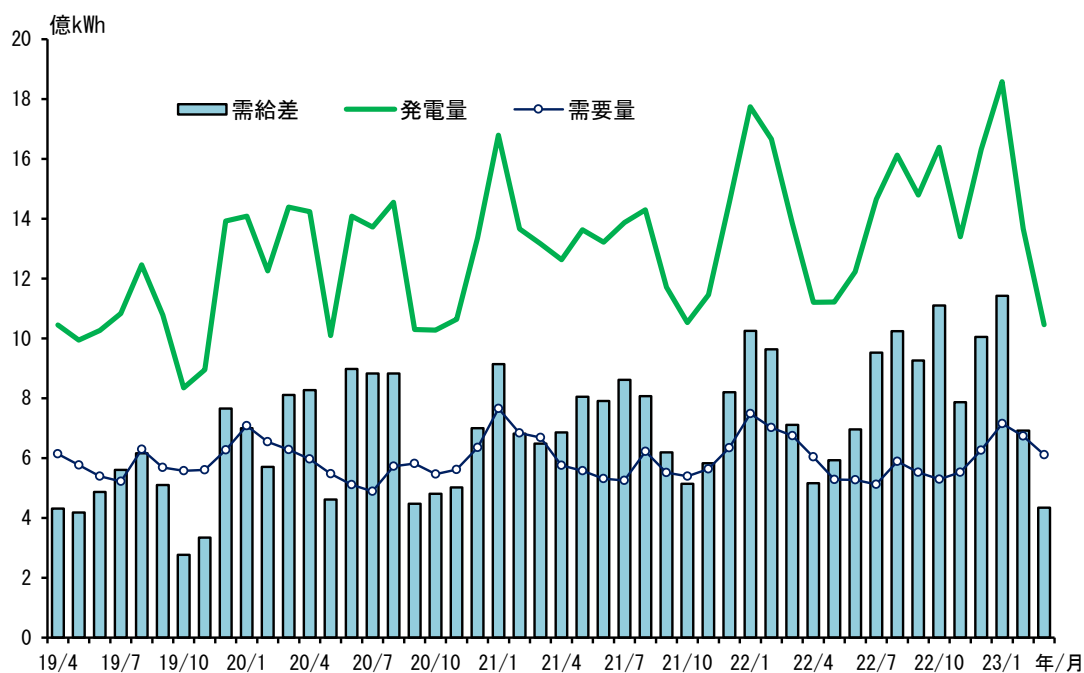
秋田銀行は、県内企業と合弁会社を設立し、潟上市で陸上風力発電所を運営している。加えて、洋上風力発電でも、能代港・秋田港で商業運転を開始した事業者に出資している。

2. 秋田県内の電力需給と系統制約緩和に向けた取り組み

2-1 秋田県内の電力需給と系統制約

本県は、上述の通り再エネ発電の導入が進んでいることに加え、火力発電所が能代市・秋田市に立地することなどから、月次ベースでは、発電量が需要量を常に超過している（図表11）。

図表11：秋田県内の電力需給



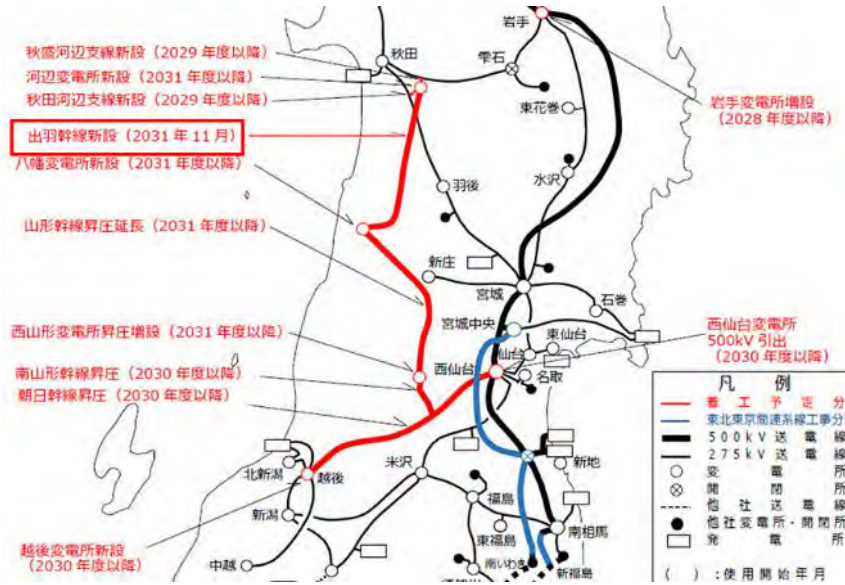
（出所）資源エネルギー庁より日本銀行秋田支店作成。

そのため、本県で発電された電力の一部を県外に移出することとなるが、隣県の青森県でも風力発電の導入が積極的に進められている。こうした中、東北北部エリア全体での電力供給超過幅の拡大に対し、東北北部エリアと南部エリアを結ぶ送変電設備の容量が不足したことで、東北北部エリアにおいて新規電源の系統接続が制限される状態となっていた。

2-2 電力系統の整備と効率的利用

そこで、2016年10月より「東北北部エリア電源接続案件募集プロセス」が行われ、東北北部エリアにおいて優先的な系統接続を希望する電源が募集された。現在は、このプロセスを経て、秋田市—酒田市を結ぶ出羽幹線の新設などの系統増強工事が行われている（図表12）。出羽幹線の新設などにより、約390万kWの再エネ電源が優先的に系統に接続できることとなる。

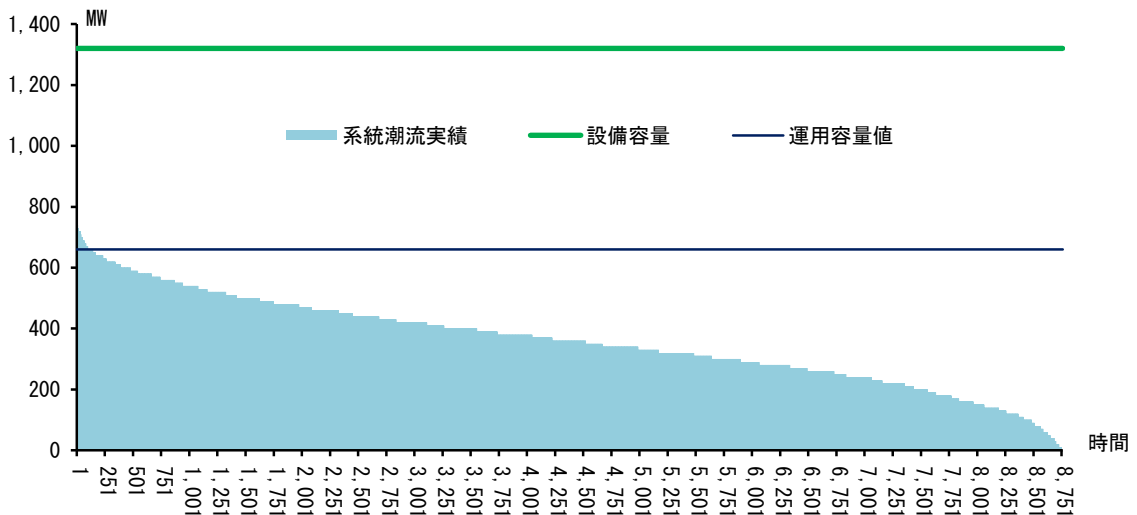
図表 1 2 : 東北北部エリア電源接続案件募集プロセス関連工事



(出所) 東北電力ネットワーク (株) 「出羽幹線新設工事の本格工事開始について」

もともと、出羽幹線の全線稼働開始は2031年が予定されており、完成までに時間を要する。こうした中、従来空きがないとされていた系統にも、実際の運用上は、運用容量値に達しない時間が相応に存在するものがある。例えば、秋田県と岩手県を結ぶ秋盛幹線は、2022年度の1年間に系統潮流が運用容量値の660MWに達したのは、8,760時間中144時間のみであった(図表13)。

図表 1 3 : 秋盛幹線の運用状況



(注) 2022年度の潮流実績を絶対値が大きい順に並べ替えたもの。

(出所) 東北電力ネットワーク (株) より日本銀行秋田支店作成。

そこで、東北北部エリアでは、こうした運用上の空き容量を利用して、系統増強工事が完了する前の段階から、系統混雑時には出力制御（発電設備の出力を抑制すること）を受けることを前提に、系統接続を認めるスキーム（暫定ノンファーム型接続）が導入されている。2031年より前の運転開始を予定する一般海域の洋上風力発電等は、出羽幹線の工事完了までの間、本スキームの対象案件となる。

また、こうした系統の増強を念頭に置いた取り組みと平行して、既存の送変電設備の能力を最大限活用するための「日本版コネクト&マネージ⁴」という取り組みが全国で進められている。その中には、系統混雑時には出力制御を受けることを前提に、系統への新規接続を認める取り組み（ノンファーム型接続）などがある。これは、東北北部エリアにおける暫定ノンファーム型接続と異なり、時限性がない取り組みとなる。

なお、東北北部エリア電源接続案件募集プロセスは2021年に終了しているため、このプロセスの際に計画されていなかった案件は優先的な系統接続を受けられない。また、2023年4月以降に系統への接続検討の受付を行う案件には、原則としてノンファーム型接続が適用される。そのため、今後本県で浮体式洋上風力発電等の新たな再エネ発電が導入される場合には、現在の制度のもとでは、系統混雑時に出力制御が求められる可能性がある。

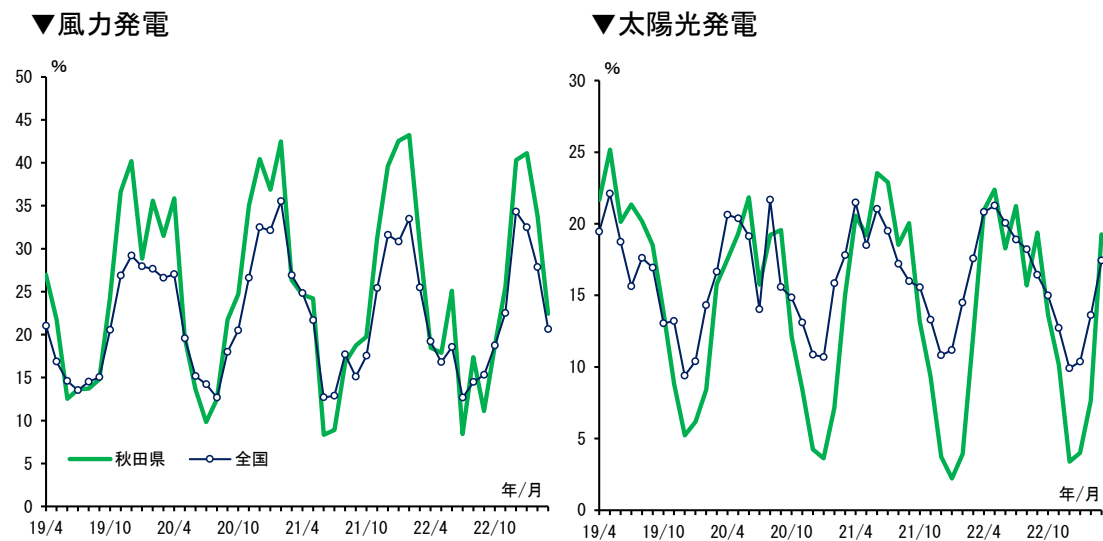
⁴ 既存の送変電設備を最大限活用するための取り組みであり、具体的には「ノンファーム型接続」のほか、「想定潮流の合理化」、「N-1電制」がある。想定潮流の合理化は、送変電設備の空き容量を算定する際に、従来は全ての電源がフル稼働する前提を置いていたところ、風力発電や太陽光発電の発電量が多いときは火力発電所の発電量を抑制するといった運用実態を反映して空き容量を算定する取り組みである。また、N-1電制は、従来は設備容量の半分程度は緊急時用に確保し平時は使用していなかったところ、事故発生時には瞬時に系統接続を遮断する装置を設置することで、緊急時用に確保していた枠も平時から使用できるようにする取り組みである。

3. 電力の需給バランス維持に向けた取り組み

3-1 再エネ発電量の傾向的な変動

再エネ発電では、その発電量（以下、「再エネ発電量」）が季節や昼夜により傾向的に変動するものがある。特に、風力発電や太陽光発電では変動幅が大きく、季節による変動をみると、秋田県、全国ともに風力発電は冬場に発電量が多く、太陽光発電は夏場に発電量が多い（図表14）。また、時間による変動をみると、風力発電はさほど変動しないが、太陽光発電は昼に発電を行い、夜は発電しない（図表15）。

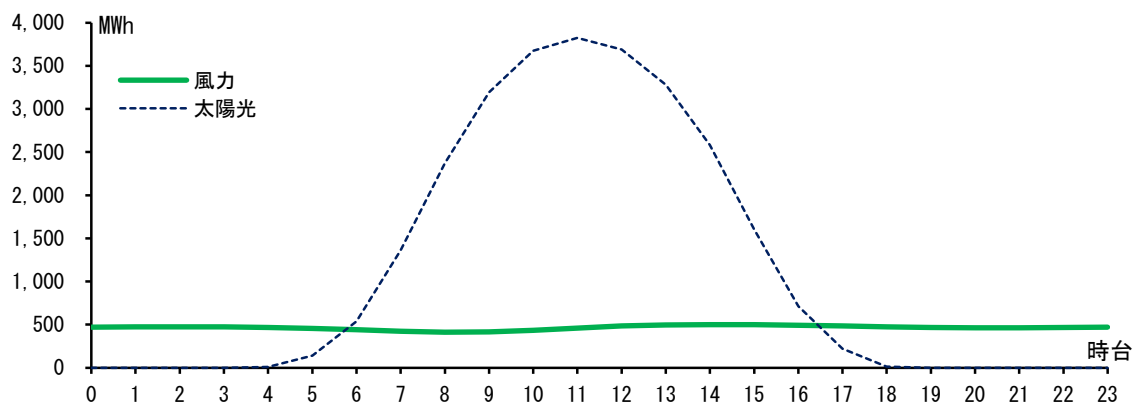
図表14：風力発電・太陽光発電の設備利用率の季節変動



(注) 設備利用率は、発電量の出力に対する比率。電力調査統計上の発電出力・発電実績より試算。

(出所) 資源エネルギー庁より日本銀行秋田支店作成。

図表15：東北エリアにおける時間毎の発電量



(注) 2022年度平均。東北エリアは東北六県と新潟県を指す（以下同様）。

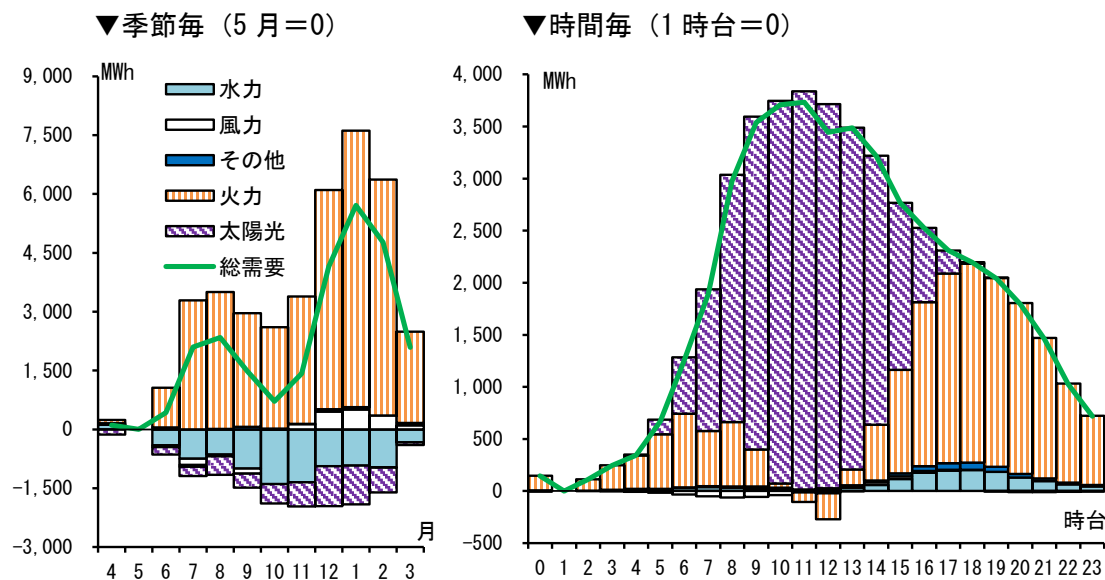
(出所) 東北電力ネットワーク（株）より日本銀行秋田支店作成。

このように、風力発電や太陽光発電の発電量に傾向的な変動がある中で、電力系統では周波数を一定に保つために常時電力需給のバランスを図る必要があり、火力発電を中心とする電源が需給のギャップをカバーしている（図表16）。

具体的には、月毎にみると、需要の多い冬場は太陽光発電の発電量が減少するほか、河川の流量が減るため水力発電も減少する。一方で風力発電は増加するものの、需要の増加をカバーするにはほど遠く、火力発電により補っている。

また、時間毎にみると、最も需要の多い昼間は需要の増加を上回って太陽光発電の発電量が増加し、その分、火力発電の発電量を抑えている。需要が比較的多いが太陽光発電が少ない夕方は、火力発電に加えて水力発電の発電量も増加させている。

図表16：東北エリアの月・時間毎の発電量変動



(注) 総需要 (域内需要+移出) が最も少ない月・時間を基準に発電量の変動を示した。2022年度の1時間平均。

(出所) 東北電力ネットワーク(株)より日本銀行秋田支店作成。

3-2 再エネ発電量の不規則な変動

日本では、常時電力需給のバランスを図るため、発電事業者等と小売電気事業者等が予め発電/需要計画を作成し、まず計画段階で電力需給のバランスを確保するようにしている。そのうえで、発電事業者等と小売電気事業者等は、それぞれの計画値と実績値をできるだけ一致させるようにする。もっとも、風力発電や太陽光発電などは、天候により発電量が不規則に変動するため、実績との間でどうしても誤差が生じる（図表17）。こうした誤差により崩れた電力需給のバランスを短時間で調整するための能力（調整力）を調達するために、需給調整市場<BOX 2>が設けられており、現在、風力発電や太陽光発電などの予測誤差は、

その多くが火力発電や揚水発電により調整されている。

図表 17：風力発電・太陽光発電の予測誤差

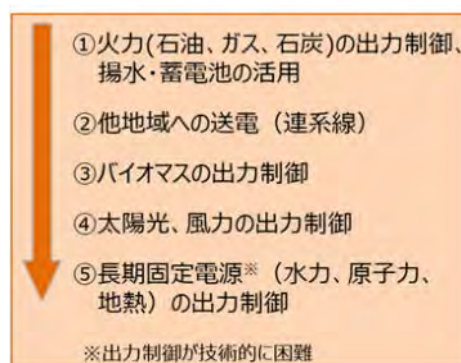
エリア	風力	太陽光
北海道	13.8%	11.7%
東北	14.1%	11.6%
東京	-	5.8%
中部	17.1%	11.5%
北陸	15.1%	13.6%
関西	21.9%	9.9%
中国	12.2%	9.6%
四国	17.0%	11.1%
九州	16.3%	9.5%
沖縄	23.3%	18.7%

(注) 1日の最大誤差の2021年度平均(年度末設備量比)。
(出所) 経済産業省より日本銀行秋田支店作成。

3-3 再エネ発電量の変動への対応と出力制御

このように、現在、再エネ発電量の傾向的な変動や、不規則な変動の調整には、火力発電や揚水発電が大きな役割を果たしている。その背景には、電力の供給が需要を上回った際に必要となる出力制御について、再エネ発電をできるだけ後順位とする(再エネ発電による電力供給を優先する)「優先給電ルール」(図表18)が定められているという側面もある。

図表 18：優先給電ルールに基づく対応



(出所) 資源エネルギー庁「出力制御について」

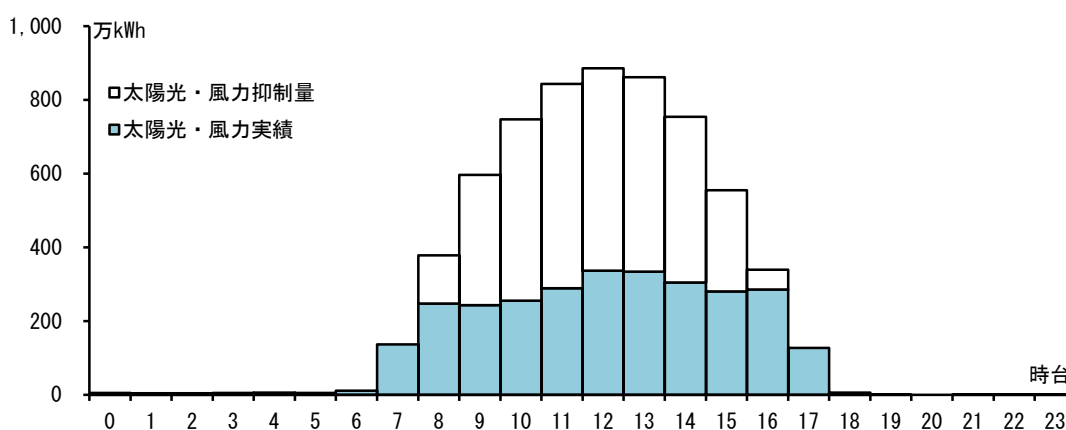
しかしこのことは、火力発電所の平均的な稼働率が能力対比で低く抑えられる可能性があることを意味し、適正原価に適正利潤を乗せる総括原価方式⁵が段階的に廃止され、売電価格が市場原理に委ねられていくもとでは、火力発電所の

⁵ 最大限の経営効率化を踏まえた上で、電気を安定的に供給するために必要であると見込まれる費用に利潤を加えた額と等しくなるように電気料金を設定する方式。

建設・維持に係る多額の投資回収の予見性の低下に繋がっている。こうした状況を受け、火力発電所を含む電源の新設やリプレースにかかる投資回収の予見性を高め、将来にわたる電力の供給力を確保する（その中でも、調整力を持った電源が導入されることで将来の調整力を確保する）ため、容量市場が設けられている<BOX 2>。

なお、優先給電ルールのもとで、風力発電や太陽光発電の出力制御をできるだけ行わないような系統運用を行っているものの、出力制御に至る例もある。例えば、太陽光発電の導入が進んでいる九州エリアでは、1時間に最大で554万kWh（当該時間帯の風力発電と太陽光発電による発電量の66%）の出力制御を実施した日もある（図表19）。また、東北エリアでも出力制御が行われている。

図表19：2023年3月19日の九州エリアにおける出力制御の状況

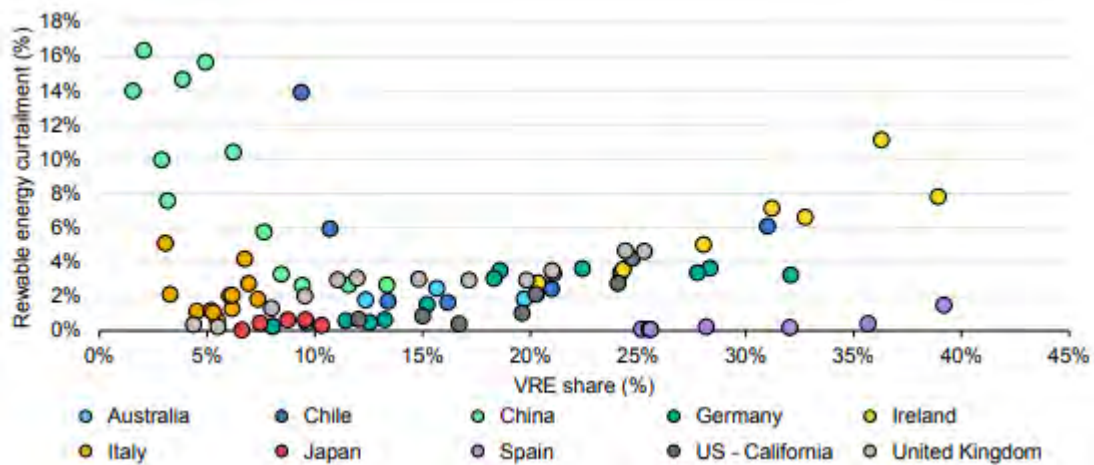


（出所）九州電力送配電（株）より日本銀行秋田支店作成。

今後、再エネ発電の導入が増える中、出力制御量が増加する可能性もある⁶。IEA（国際エネルギー機関）は、発電量の変動する再エネ発電（風力発電や太陽光発電）の割合が高まるにつれ、多くの市場では、出力制御によりこれらの発電量が抑制される割合が高まる傾向にあると指摘している（図表20）。

⁶ 火力発電の最低出力引き下げ等、再エネ出力制御を低減するための取り組みも進められている。

図表 20 : 主要国における変動再エネと出力制御の割合



(注) 縦軸は出力制御 (Curtailment) の割合、横軸は発電量が変動する再エネ発電 (VRE) の割合。

(出所) IEA 「Renewable Energy Market Update June 2023⁷」

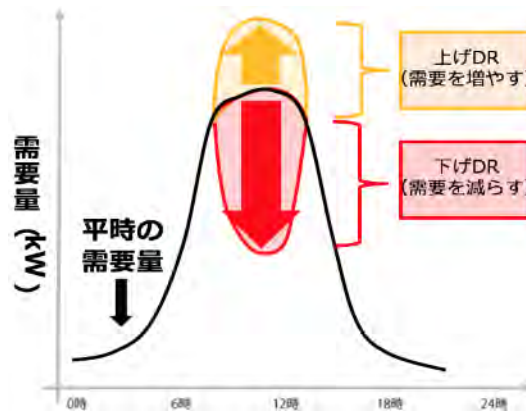
3-4 ディマンド・レスポンスと蓄電システム

上述の通り、当面は、引き続き火力発電や揚水発電が電力の調整力の提供に中心的な役割を果たすと考えられるが、長期的には、CO2 排出量の一段の削減の観点からも、化石燃料によらない他の手段による調整力を高めていくことが期待される。更に、発電量全体に占める風力発電や太陽光発電の割合が今後高まるにつれ、調整力の必要量も増加していくと考えられる。こうした中、需要家の電力消費を柔軟に変化させるディマンド・レスポンス (DR) や、蓄電システムが注目されている。

DR は、電力の需要家が、電力の需要超過が見込まれる際に需要を減らす「下げ DR」と、供給超過が見込まれる際に需要を増やす「上げ DR」に区分される (図表 21)。具体的には、空調・照明等の調整や企業における生産計画の変更などがあり、需要の上げ下げによって、需給ひっ迫時における電力供給余力の提供や、再エネ発電の出力制御の抑制などが期待できる。

⁷ <https://www.iea.org/reports/renewable-energy-market-update-june-2023>

図表 2 1 : 需要制御のパターン



(出所) 資源エネルギー庁「VPP・DR とは」

DR は、卸電力市場・容量市場・需給調整市場<BOX 2 >に参加することなどを通じて、収益を得る手段ともなる。収益を得るには、まずは需要家の時間毎の電力使用量を計測できる必要があり、そのために使用されるスマートメーターは、工場等の高圧部門には既に導入が完了しているほか、家庭等の低圧部門でも、東北エリアでは 2023 年度中に導入が完了する計画となっている。なお、本県でも、一部の製造業において、電力の需給状況に応じた設備の稼働調整を行う先がみられる (図表 2 2) ほか、家庭向けの DR にも多くの事業者が参入している。

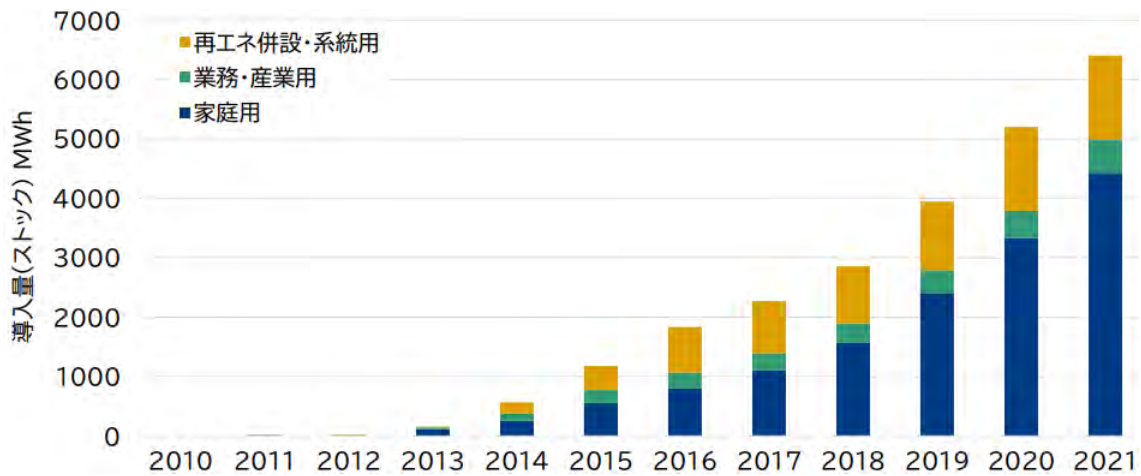
図表 2 2 : 電力の需給状況に応じた稼働調整に関する声

民間事業者	当工場は電解工程において多くの電力を消費する。電解工程前の溶液を貯蔵する大型タンクを設置しており、電力の需給状況に応じて、設備の稼働を柔軟にコントロールできる。
-------	----------------------------------------------------------------------------------

次に、蓄電システムも、系統からの受電量や系統への放電量を柔軟に調整することにより、DR 同様、需給ひっ迫時における電力供給余力の捻出や、再エネ発電の出力制御の抑制などが期待できる。蓄電システムは、家庭・工場や発電設備等に設置される定置用、自動車に搭載される車載用⁸、PC・携帯電話等に搭載される民生用に区分される。これまで活用が先行している定置用蓄電システムは、家庭用に加え、再エネ発電併設・系統用の導入が急速に増加してきている (図表 2 3)。

⁸ EV (電気自動車) を系統に接続し、車載用蓄電池を有効活用する取り組み (V2G: Vehicle-to-Grid) は、実証実験などが進められている。

図表 2 3 : 国内の定置用蓄電システム導入量実績



(出所) (株) 三菱総合研究所

「定置用蓄電システムの普及拡大策の検討に向けた調査 調査報告書」

本県でも、鹿角市で、FIT 制度による買取期間が終了した（卒 FIT）陸上風力発電所に、車載用電池を利用した蓄電システムを併設する実証実験が行われている。また、能代市では、風力発電の出力変動の緩和を企図して蓄電システムを併設するとともに、災害等による停電時には、市の保有する電気自動車を経由して避難場所等に電力を配るスキームが導入されている。こうした取り組みは、今後卒 FIT の案件や、FIP 制度適用案件が増加し、再エネ発電の市場統合が進んでくる<BOX 1>中でより増えてくるとみられる。

また、蓄電システムも収益を得る手段となり、卸電力市場で電力価格が安い時間に蓄電し、高い時間に売電する方法⁹のほか、容量市場、需給調整市場<BOX 2>に参加する方法もある。

⁹ 東北エリアにおける 2022 年度平均の卸電力価格（スポット市場）をみると、12:00～12:30 の時間帯に最低の約 11 円/kWh、18:30～19:00 の時間帯に最高の約 34 円/kWh を記録している（価格差は約 3 倍）。蓄電システムには蓄電時および放電時に電力のロスが生じるものの、収益機会は十分に存在すると考えられる。

4. 再エネ発電の本県経済への取り込み

本章は、これから本県への導入が本格化する洋上風力発電を中心に記載する。

4-1 発電事業への直接的な参入

再エネ発電の本県経済への取り込みの経路としては、発電事業への出資や発電事業者からの受注といった直接的な参入に加え、インフラ関連の受注、人材育成への参入、人流増加に伴う個人消費¹⁰への波及、エネルギー関連産業の誘致・育成など、様々なものが考えられる。加えて、洋上風力発電の事業者による地域や漁業との協調・共生策による効果も期待される<BOX 3>。

まず、発電事業への直接的な参入方法として、洋上風力発電関係では、事業への出資のほか、部品製造、設置（周辺工事等を含む）、O&M（Operation and Maintenance）等への参入がある。事業への出資では、能代港・秋田港の案件で、県内企業 7 社が出資しているほか、由利本荘市沖の案件でも、県内企業が出資している。

部品製造の分野では、参入ハードルの高さを指摘する声も聞かれるが、県内製造業数社が参入を表明しており、受注に向けた取り組みが進んでいる（図表 2 4）。

図表 2 4 : 部品製造への参入に関する声

民間事業者	洋上風力発電は大規模なプロジェクトであり、工事の数年前に発注が行われることが多い。そのため、予め発注者と十分なコミュニケーションを取り、求められる部品を理解したうえで研究開発等に先行投資することが必要になる。
民間事業者	洋上風車に設置する機器の受注を見据え、新工場を建設している。また、ナセル（風車上部の機械室）内部の構造部品の受注に向けた検討も進めている。

設置の分野では、起重機船（クレーン船）を新たに建造し、洋上風車の基礎工事等に活用するという声や、陸上送電線の工事への参入を期待する声が聞かれる。（図表 2 5）。

図表 2 5 : 設置分野への参入に関する声

民間事業者	起重機船を建造し、着床式洋上風車の洗掘防止工事（土台が浸食されることを防ぐための工事）等に活用する。
民間事業者	系統接続点までの陸上送電線の長さは、由利本荘市沖の案件では数十キロに達する。この整備には、地元の事情に精通しており、陸上風力発電でノウハウを蓄積している県内企業に優位性がある。

¹⁰ 県民経済計算上、県外在住者の県内消費は移出となるが、本稿では個人消費としてまとめて扱う。

また、事業期間にわたって行われる O&M では、新たな雇用が生まれているほか、CTV (Crew Transfer Vessel : 作業員を風車まで輸送する船) の運行面で県内企業の参入がみられる (図表 2 6)。そのほか、事務所の建設、廃棄物処理等、様々な分野で地元企業への発注が見込まれている (図表 2 7)。

図表 2 6 : O&M への参入に関する声

民間事業者	メンテナンス従事者のうち半数程度は地元から新規に採用し、現在は、海外の洋上風車で経験を積んだスーパーバイザーの下で業務に就いている。洋上風車のメンテナンス技術や経験はメーカーを問わず応用が効くため、今後、国内で洋上風車が増えてくると、彼らは貴重な経験者として迎え入れられる可能性もある。
民間事業者	現在は、欧州からスーパーバイザーを呼び寄せ風車の点検作業を行っているが、日本人作業員も経験を積めば対応が可能になる。そのため、風車メーカーの OB を招聘してノウハウの蓄積を図っている。
民間事業者	CTV の運航は、風車の設置から撤去までの長い間継続する。この間、備船、運転員や陸上スタッフの雇用、M&R (メンテナンス&リペア) など幅広い分野で波及効果がある。

図表 2 7 : その他の分野での地元企業への発注に関する声

民間事業者	事務所の警備、廃棄物の処理、工具の調達などはできる限り県内企業に発注している。
民間事業者	事業の準備段階において、基地港湾の仮設事務所、倉庫建設などは地元業者への発注が見込まれる。

4-2 インフラ関連の受注

事業者を通じた直接的な発注以外にも、洋上風力発電の基地港湾関連工事や、電力系統関連工事など、再エネ発電の拡大に向けたインフラ関連の受注もある。

現在、洋上風車の設置・撤去・解体等に使用するための基地港湾に全国で 5 港が指定されているが、そのうちの 2 港 (秋田港・能代港) が本県にある。両港では、埠頭の拡張工事等で県内企業が参入している。また、秋田市と能代市の間に位置する男鹿市では、2022 年 3 月に「船川港港湾ビジョン」を策定し、船川港を、基地港湾 (秋田港・能代港) を支える補完港や O&M 拠点として活用する構想を打ち出している。今後、船川港で拡張工事等が本格的に行われることになれば、秋田港・能代港と同様、県内企業の参入が期待される。

電力系統の整備では、現在、上述の出羽幹線をはじめ、東北北部エリア電源接続案件募集プロセスの関連工事 (総工費約 1,542 億円) が行われている。当該工事の元請けは県外の専門業者となるものの、整地工事等で県内企業も相応の受注があるのではないかとこの声が聞かれる (図表 2 8)。

図表 28 : 送電線増強工事に関する声

民間事業者	出羽幹線の工事では、元請けは県外の専門業者となるものの、整地工事等で地元企業も相応の受注があるのではないかと。
-------	---------------------------------------------------------

4-3 人材育成への参入

現在、国内各地で急速に洋上風力発電の計画・導入が進んでおり、今後、必要人材数は大きく増加していくとみられる。日本風力発電協会等が行った試算では、洋上風力発電の導入量増加に伴い、必要人材数が増加し、洋上安全作業訓練等を提供する施設の必要数も増加するとされている（図表 29）。

図表 29 : 洋上風力発電必要人材数・トレーニング需要推計

	2030年	2040年	2050年
洋上風力必要 人材数合計(人)	15,700	38,200	48,500
洋上安全作業訓練 対象職種(人)	3,900	11,400	17,000
洋上安全作業訓練 需要(人/年)	2,900	7,900	11,400
洋上安全作業訓練 施設(施設数)	8	10~20	15~30

(注) 本表の数値は概算値。

(出所) (一社) 日本風力発電協会より日本銀行秋田支店作成。

こうした中、本県では、風力発電の導入が他県に先がけて進んでいることを背景に、安全作業訓練施設等の立地が進んでいる。これらの施設を利用することで、世界的な業界団体である GWO (Global Wind Organisation) が定める、洋上風力発電の作業員に推奨される GWO-BST (Basic Safety Training) という基礎訓練を県内ですべて受けられることとなる（図表 30）。これらの施設は、本県在住者に技術習得の場を提供し、本県に多く立地する風力発電所への就業機会を増やすことに繋がる。

図表 30 : 県内の風力発電関連人材育成施設の状況

民間事業者	O&M 拠点内にトレーニング施設を配置し、安全確保、風力発電設備の基礎知識、技術習得等の訓練を実施して、保守リーダーを育成している。
民間事業者	国内で 4 例目となる GWO-BST の訓練提供機関としての認証を取得した。これにより、本県の他施設が提供するシーサバイバル訓練と併せ、洋上風力発電の O&M に必要な安全訓練をすべて受講可能。
民間事業者	GWO-BST の洋上風力発電の作業員向け訓練のうち、シーサバイバルの訓練や、STCW 条約 ¹¹ で定める船員向けの訓練（生存訓練・消火訓練）等を提供する。

¹¹ 船員の訓練及び資格証明並びに当直の基準に関する国際条約

4-4 個人消費への波及

上述の通り、再エネ発電の導入は、様々な波及経路を通して県内の交流人口増加をもたらし、宿泊・飲食サービスを中心とした個人消費関連業種にも恩恵をもたらしている。既に、能代港・秋田港の案件に関連して、宿泊・飲食サービスへの波及効果を指摘する声が聞かれるほか、今後についても、宿泊施設の新設に期待する声が聞かれる（図表3-1）。

図表3-1：宿泊・飲食サービスへの波及に関する声

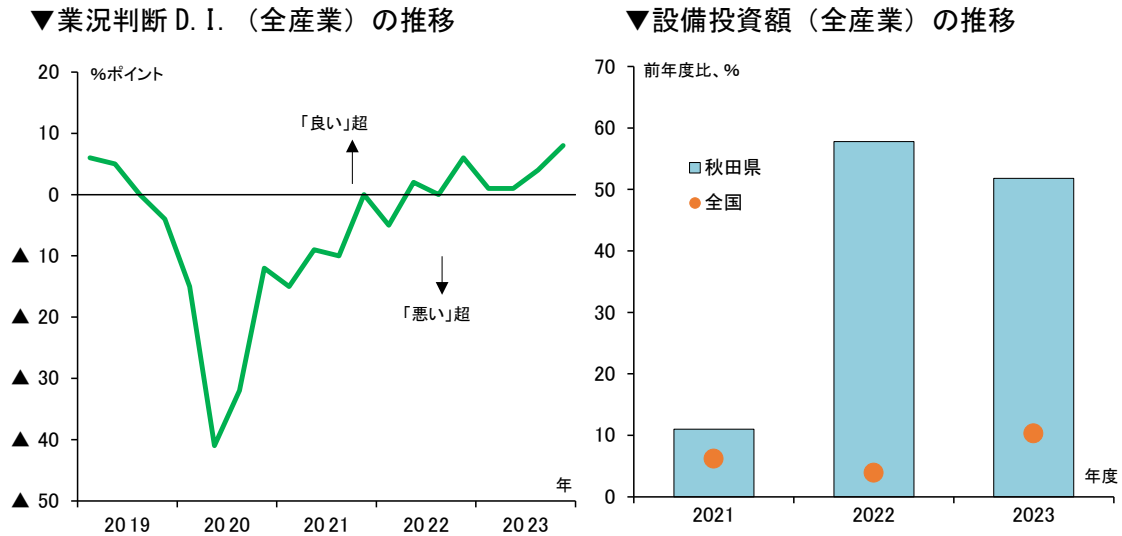
行政関係者	能代港の洋上風力発電には自治体・民間等多くの見学者が訪れている。多くの人が市内を訪れるなか、既存のホテルの客室数を増やす動きや、ホテルを新設する動きもみられている。
行政関係者	由利本荘市沖の案件や出羽幹線等の工事関係者増加の影響か、市内の飲食店では秋田弁以外を話す人が増えたほか、客単価も上がったと聞いている。また、市中心部ではホテルが新設中。
民間事業者	風車の設置時には、100人以上の技術者や作業員が海外から来県することとなるため、宿泊・飲食業への波及効果が期待できる。
行政関係者	出羽幹線の工事関連では、ピーク時に市内に約160名の作業員が寝泊まりするため、飲食業等への波及効果が見込まれる。
民間事業者	当訓練施設は年間1,000人の輩出を計画しているため、個人消費への波及も期待できる。なお、GWOの訓練は2年に1度の受講が推奨されているほか、STCW条約の訓練は5年に1度の受講が義務付けられているため、初回の訓練で秋田を気に入れば、次は家族を連れてくることも考えられる。

4-5 本県経済における需要創出

こうした中、日本銀行秋田支店が四半期毎に行う秋田県内の全国企業短期経済観測調査（短観）の結果をみると、近年、県内企業の景況感は改善方向にある（図表3-2）。これには様々な要因があるが、一部の県内企業からは、洋上風力発電事業の波及効果による需要の増加を指摘する声が聞かれる。具体的には、<4-1～4>で確認してきたような、基地港湾関連工事の受注（建設）、関連資材への波及による売上増加（卸売）、工事関係者や視察関係者の流入による宿泊客数の増加（宿泊・飲食サービス）等がみられている。

また、先行きの洋上風力発電関連の受注獲得のため、設備投資を積極化させる動きもみられる。短観における県内の設備投資額をみると、2023年度にかけて3年連続で前年比二桁増の計画となっている。現時点では、設備投資全体に占める洋上風力発電関連の投資は限定的と考えられるが、今後、波及効果の広がりにより県内の設備投資を下支えする要因の一つとなることも期待される。

図表 3 2 : 秋田県内の短観



(注) 設備投資の秋田県は全規模、全国は中小企業。2023 年度は計画。
 (出所) 日本銀行秋田支店、日本銀行

4-6 エネルギー消費産業の誘致・育成

本県で再エネ発電の導入が進む中、再エネ発電による電力を県内でより有効に活用しようとする動きも広がっている。すなわち、＜3-3＞で述べた通り、今後本県で再エネ発電の導入が増加するにつれ、風力発電や太陽光発電は需給調整上の出力制御を受けやすくなる可能性がある。また、＜2-2＞で述べた通り、東北北部エリア電源接続案件募集プロセスの際に計画されていなかった案件を今後進める場合には、系統混雑時に出力制御を求められる可能性がある。そのため、こうした出力制御により生じる発電余力等を用いて¹²、自家消費などの形でエネルギー消費・変換を行う取り組みや、電力の需給状況等に応じて柔軟に稼働状況を変化させられる (DR が可能な) 企業の誘致等が注目されている。

こうした中、秋田県は、2022 年 3 月に「第 2 期秋田県新エネルギー産業戦略 (改訂版)」を策定し、その中で「再エネを活用した水素製造やカーボンリサイクル、燃料アンモニアの取組推進」を重点プロジェクトの一つに掲げている。実際、能代市では、環境省の地域連携・低炭素水素技術実証事業の一環として、2018 年から風力発電の電力を用いたグリーン水素¹³の製造が行われている。また、2021 年からは、環境省の事業に県内企業が参画し、アンモニアを利用したゼロエミッション農業の実証実験が行われている。更に、2023 年 7 月に県内企業が中心となって「あきた次世代エネルギーコンソーシアム」を設立し、風力発電の電力を用いたグリーン水素の製造を計画している (図表 3 3)。

¹² 加えて、今後卒 FIT・FIP 案件が増加し、再エネ発電の市場統合が進む中、卸電力市場における電力価格が低い時間帯の電力活用も論点となる。

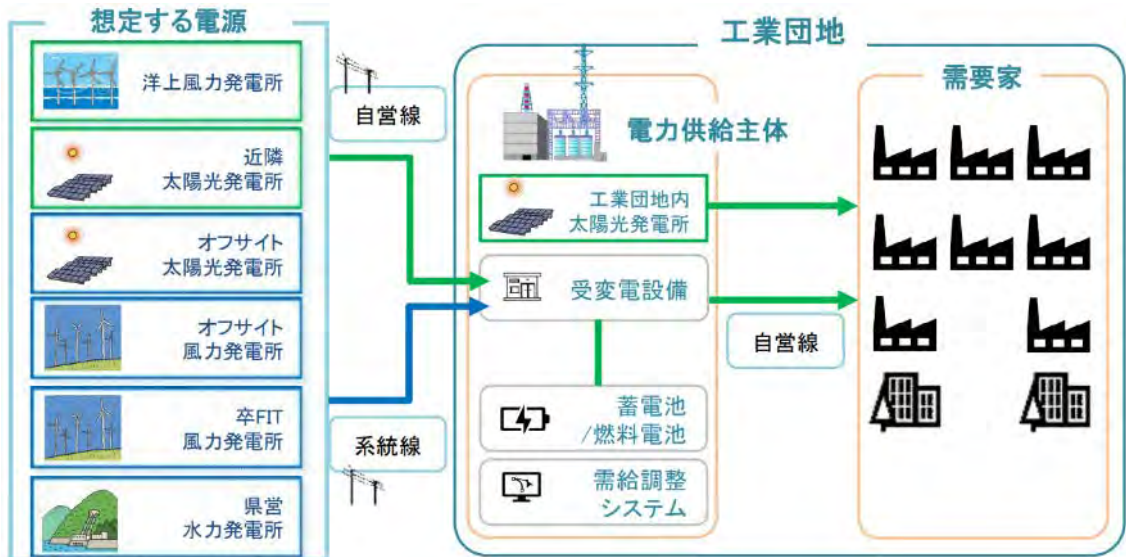
¹³ 再エネ電力を用いた水の電気分解により製造される、生産時に CO₂ を排出しない水素。

図表 3 3 : 水素製造に関する声

民間事業者	当発電所は、需給制御上の出力制御を受けるほか、系統確保量の問題で最大出力を抑制している。そのため、出力制御分の電力を活用してグリーン水素の製造ができないか検討している。
-------	--------------------------------------------------------------------------------------

なお、秋田県は、2023年5月に「『秋田県の豊富な再エネポテンシャルを活かした再エネ工業団地での電力供給事業』マスタープラン」を策定した。この中では、秋田市下新城に造成する工業団地に、本県の再エネ発電により得た電力を100%供給することが計画されている。このプランでは、工業団地内企業のDRや、再エネ発電所からの自営線を用いた「フィジカルな」電力供給が計画されており（図表34）、今後の進展が期待される。

図表 3 4 : 再エネ工業団地において想定する電源と需要家



(出所) 秋田県「『秋田県の豊富な再エネポテンシャルを活かした再エネ工業団地での電力供給事業』マスタープラン (概要)」より日本銀行秋田支店作成。

5. 終わりに

本県では、風や地熱といった特徴的な天然資源に早くから着目し、自治体や地元金融機関の後押しもあって、再エネ発電の導入を進めてきた。その結果、風力発電や地熱発電といった電力の供給側の取り組みでは全国のトップランナーになっており、今後も、一般海域における洋上風力発電等、大規模な案件が複数計画されている。

こうしたもとの、本県の再エネ発電による電力供給は、今後一段と増加すると見込まれるが、電力系統では常時需給のバランスを保つ必要があるほか、需要地までの送電手段を確保する必要がある。この点、安定的な電力供給を維持しつつ如何に再エネ発電の導入を進めていくか、DR や蓄電システムの活用を含め、電力の需要側の取り組みも、供給側の取り組みと合わせて一段と加速する必要がある。

再エネ発電の本県経済への取り込みの状況をみると、発電事業への直接的な参入では、周辺工事や O&M を中心に参入範囲を拡大しようとする県内企業があるほか、インフラ関連の受注や人材育成への参入、個人消費関連業種への波及もみられており、様々な分野で本県経済における需要の創出に繋がり始めていることが窺われる。

今後、一般海域における洋上風力発電等の新たな再エネ発電の導入や、既存の再エネ発電設備のリプレース案件が増加する中で、これらの動きと連携して電力の需要側の取り組みが一段と加速していくこととなれば、より幅広い分野で本県経済における需要の創出に繋がる可能性がある。県内企業が、再エネ発電の導入を契機に幅広い分野で創出される需要を積極的に取り込んでいくことができれば、再エネ発電は、広い意味で本県経済を中長期的に下支えする産業の一つになると考えられる。

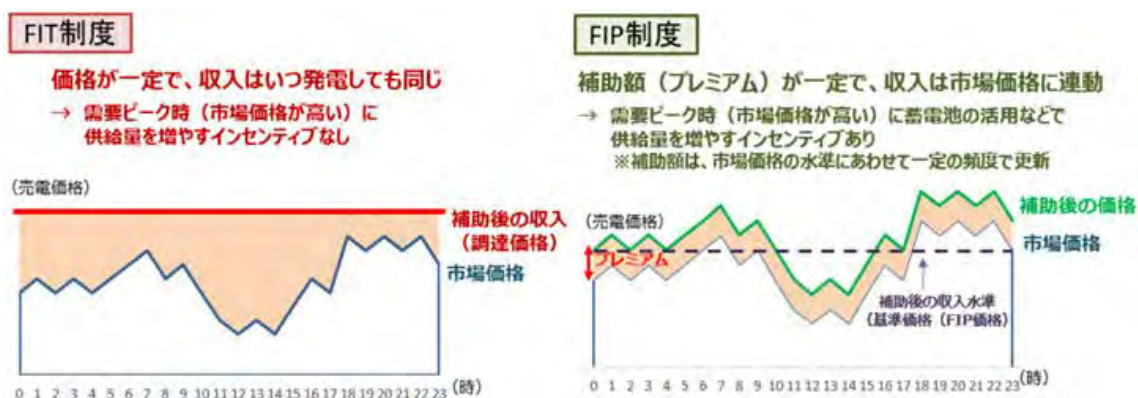
以 上

BOX 1. FIT 制度と FIP 制度

日本では、再エネ発電の普及促進の観点から、2012 年に、再エネ発電による電力を電力会社が一定価格で一定期間買い取る FIT 制度 (Feed In Tariff) が導入された。FIT 制度では、事業者は、市場価格の変動の影響を受けずに基本的に全量を買取りされるほか、発電の計画値と実績値に誤差が生じた場合に課されるペナルティ (インバランス料金の支払い) も免除される。FIT 制度により再エネ発電事業への参入障壁は大きく低下したが、その一方で、事業者が、電力需給の状況 (市場価格の変動) に合わせて自ら電力供給量を調整したり、発電計画の精度を向上させるといった経済的インセンティブを有していないという課題もあった。

こうした課題を踏まえ、また、再エネ発電の自立化を後押しし、将来的に再エネ発電の市場統合を図っていく観点から、2022 年に、売電額に一定のプレミアムを上乗せする FIP 制度 (Feed In Premium) が導入された (図表 3 5)。FIP 制度では、発電事業者は自ら売電を行う必要があり、収入が市場価格に応じて変動するほか、発電の計画値と実績値に誤差が生じた場合にはペナルティが課される。FIP 制度の適用対象案件は順次増えており、本県では、一般海域の洋上風力発電事業のうち、男鹿市・潟上市・秋田市沖の案件、八峰町・能代沖の案件などが対象となる。

図表 3 5 : FIT 制度と FIP 制度

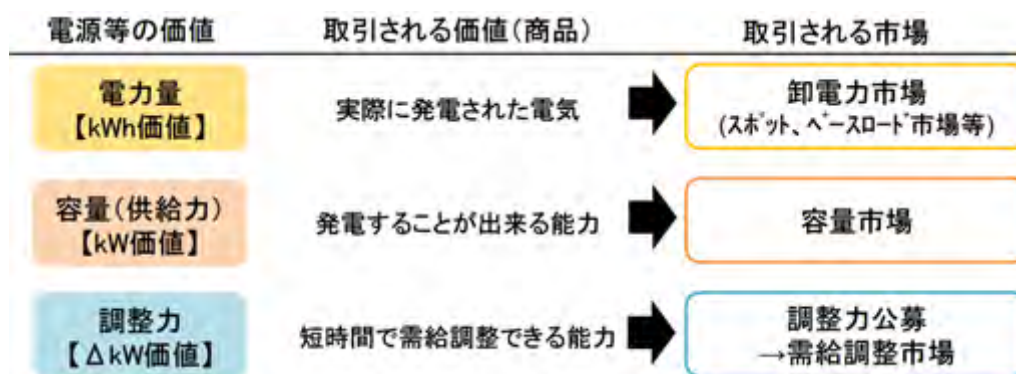


(出所) 資源エネルギー庁より日本銀行秋田支店作成。

BOX 2. 卸電力市場・容量市場・需給調整市場

現在、日本では、様々な電力の価値を取引する市場が形成されており、卸電力市場・容量市場・需給調整市場などがある（図表 3 6）。

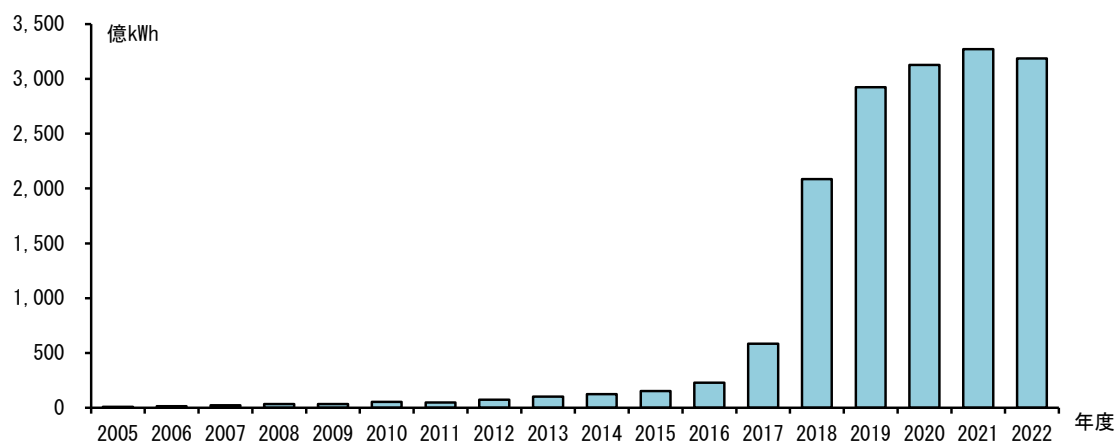
図表 3 6：市場整備の方向性



(出所) 経済産業省より日本銀行秋田支店作成。

以前は、旧一般電気事業者が、発電・送配電・小売までを垂直統合し、地域独占的にサービスを提供していたため、こうした電力取引市場は存在しなかった。2000年から徐々に電力小売の自由化が進められる中、2005年に電力の使用価値(kWh 価値)を取引する卸電力市場が開設された。当初、取引量は僅少であったが、2016年の電力小売全面自由化後に急増した(図表 3 7)。

図表 3 7：卸電力市場(スポット市場)の約定総量



(出所) (一社) 日本卸電力取引所より日本銀行秋田支店作成。

なお、これまでは旧一般電力事業者が電力の安定供給に責任を負っており、発電することができる能力である供給力(kW 価値)や、短時間に需給調整できる能力である調整力(ΔkW 価値)はkWh 価値と明確に区分して取引されていなかった。その後、電力自由化に伴いkWh 価値が単体で取引されることとなったため、kW 価値やΔkW 価値の適切な調達を確保する仕組みづくりが必要とされ、容量市場や、需給調整市場の開設に至った。

BOX 3. 洋上風力発電事業における地域との協調・共生策

洋上風力発電は、長期にわたり海域を占有することや、他の再エネ発電と比べても地元関係者が多く、そうした関係者との調整が必要なことなどを踏まえ、再エネ海域利用法に基づく公募プロセスでは、事業者における地域との協調・共生にかかる提案力が重視されている。具体的には、240点満点中40点が「地域との調整、地域経済等への波及効果」に割り当てられ、更にそのうちの10点が「周辺航路、漁業等との協調・共生」に割り当てられている（図表38）。

図表38：再エネ海域利用法を利用した洋上風力発電事業の評価項目

合計	240点
供給価格	120点
事業実現性	120点
事業の実施能力	80点
地域との調整、地域経済等への波及効果	40点
関係行政機関の長等との調整能力	10点
周辺航路、漁業等との協調・共生	10点
地域経済波及効果	10点
国内経済波及効果	10点

（注）再エネ海域利用法に基づく公募プロセス（第二ラウンド）の基準。

（出所）経済産業省、国土交通省より日本銀行秋田支店作成。

「周辺航路、漁業等との協調・共生」の評価では、都道府県知事の意見が優先されるが、知事の意見がない場合等の評価目線として、地域の特色を踏まえた具体的かつ実現可能性のある地域共生策であり、中長期的な地域・漁業の発展や振興に資する提案であるといったことが示されている。

こうした中、関係者からは、一過性の対応ではなく、前向きかつ継続的な地域支援を期待する声が聞かれる（図表39）。

図表39：漁業・地域との協調策に関する声

行政関係者	漁業関係者の安定的な収入を確保していく観点から、「つくる漁業」を成長させることが大切であり、地域共生策は、そうした前向きな取り組みに活かしていきたい。そのため、漁業関係者には、地域共生策を一過性の補償金のように捉えることのないよう説明し、理解を得てきている。
民間事業者	基金を通じて発電事業で得られた利益を地域に還元するにとどまらず、当社のリソースを生かしたビジネスを展開し、それが地域の支援にも繋がっていくような方向（地元製品のEC販売などを含む）を模索している。