

令和元年度第1回
山形県地域協調型洋上風力発電研究・検討会議

各種調査の結果概要

海流等に関する情報の収集

系統連系の確保に関する情報の収集

地域産業・雇用等への波及効果等に関する情報の収集

株式会社 建設技術研究所

各種調査

① 海流等に関する情報の収集

② 系統連系の確保に関する情報の収集

③ 地域産業・雇用等への波及効果に関する情報の収集

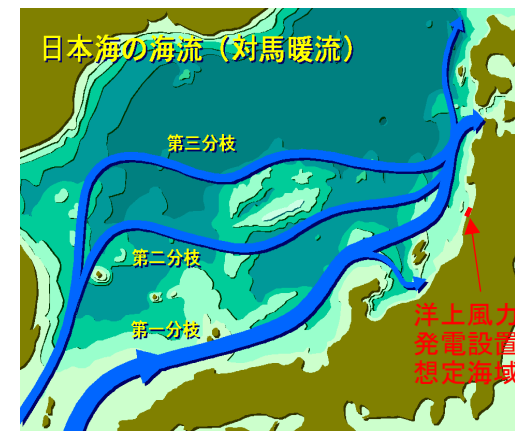
① 海流等に関する情報の収集

日本海を流れる海流の特徴

- ・ 日本海を流れる主な海流は対馬暖流とリマン海流。
- ・ リマン海流は大陸沿いを流れており日本海沖合はほぼ通過しない。
- ・ 対馬海流の流路は3つに分岐しておりその中でも第一分岐が沿岸に最も近い場所を流れている。



出典:第八管区海上保安本部 海洋情報部
図 日本近海を流れる海流の特徴



出典:第九管区海上保安本部 海洋情報部
図 日本海の流れの特徴

海流の情報の概要

- ・ 海流の情報を収集するために、以下の2機関が公開している情報を集めた。

データ出典	期間(年)	時間間隔	水深
気象庁	1982~2018	旬毎	50m
国立研究開発法人 水産研究教育機構	1993~2018	1日毎	1m

① 海流等に関する情報の収集

代表時期(2016年9月下旬頃)のデータを用いた分析

- ・ 暖流は日本海を流れる対馬暖流と太平洋を流れる黒潮に分かれるが、黒潮と比較して流量は小さい(下図左)。
- ・ 対馬暖流は能登半島の影響を受けて、山形県近海をほとんど流れない(下図中)。
- ・ 山形県沖を流れる海流は、主要な流れが分岐したものであるため、流速が小さく、発電施設の設置海域にはほとんど影響がない(下図右)。

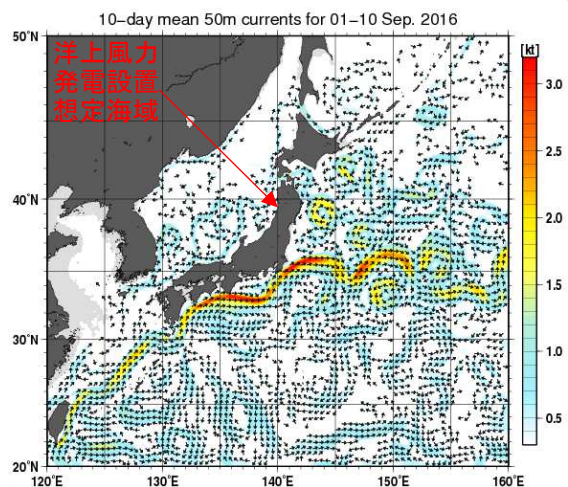


図 海流(流向流速)の平面分布(日本全域)
(気象庁)

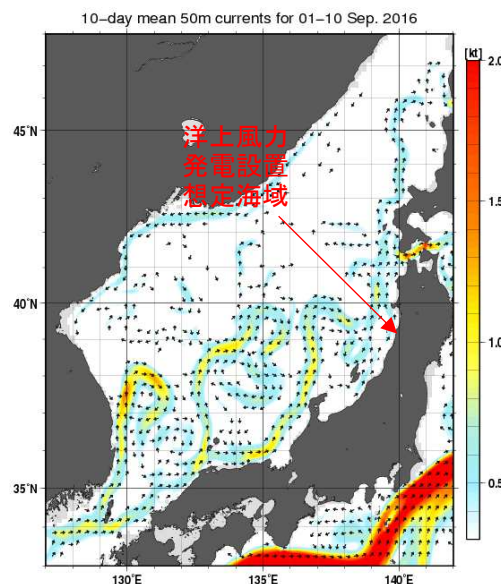


図 海流(流向流速)の平面分布(日本海)
(気象庁)

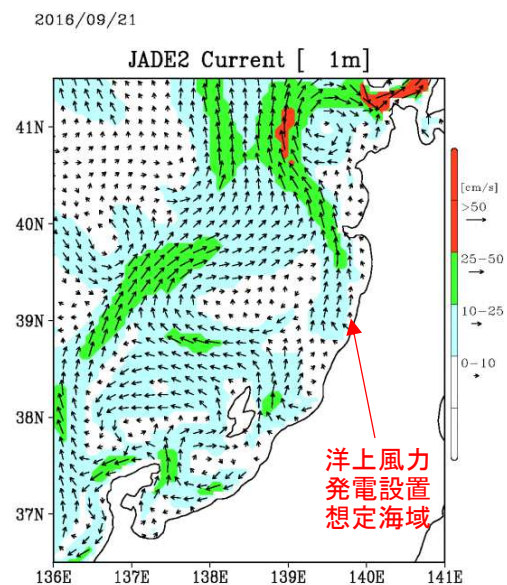
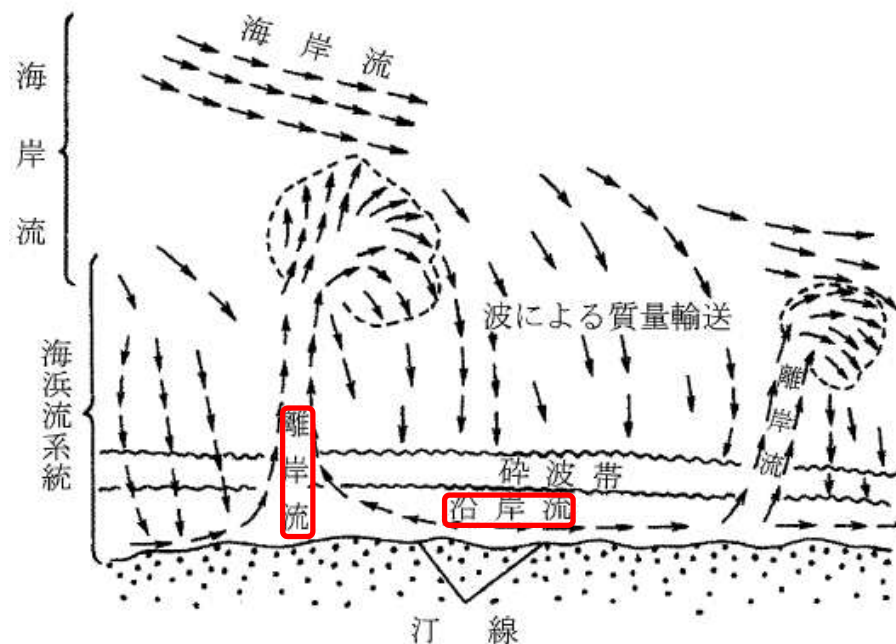


図 海流(流向流速)の平面分布
(JADE2)

① 海流等に関する情報の収集

海浜流とは

- ・ 海岸付近の浅い海域において碎波変形の影響を受けて発達する流れ。
- ・ 岸に平行な**沿岸流**と沖向きの**離岸流**から構成される。
- ・ 今回の発電施設の想定海域の水深は15~40m程度と比較的浅いため、波浪の変化とそれによって発生する海浜流の影響を受けやすい。



出典：海岸保全施設の技術上の基準・同解説(H30.8)

図 海浜流の概念図

① 海流等に関する情報の収集

検討の流れ

① 外力条件・計算領域の設定 地形データの作成

- ・ 右表を参照

② 数値シミュレーションの実施

- ・ 波浪計算 → エネルギー平衡方程式
- ・ 海浜流計算 → 平面二次元海浜流計算

③ 発電施設設置に伴う影響評価

- ・ 発電施設の整備前後の波高・海浜流の変化を調べる。

検討条件一覧

項目	設定
計算領域	沿岸方向20km 岸沖方向8.1km
メッシュサイズ	10m
波浪観測所	山形県沖波浪観測所※1
外力 (波浪ケース)	1. 高波浪時(年数回波) 2. 常時(エネルギー平均波)
地形データ	海底地形デジタルデータ M7000シリーズ※2
計算ケース (全6ケース)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 波浪2ケース ・ 施設3ケース ① 施設なし ① 施設あり(施設間隔650m) ② 施設あり(施設間隔500m)

※1ナウファス(国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網)の波浪データ

※2(財)日本水路協会発行の日本沿岸全域の海底地形データ

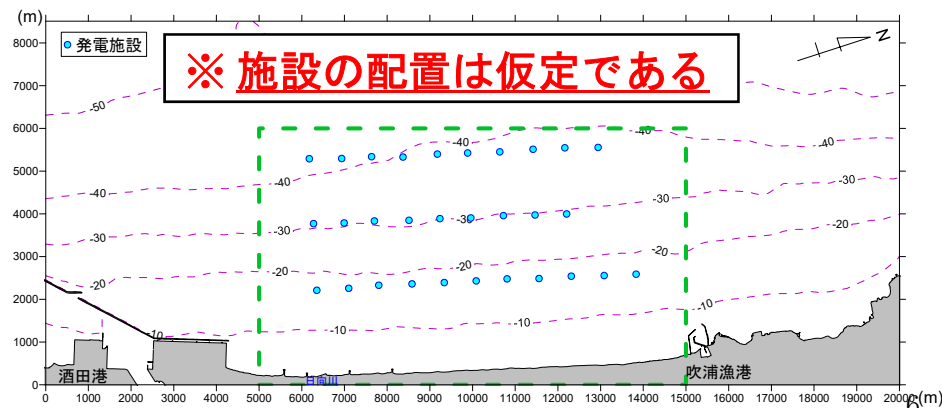


図 発電施設あり(ケース①)の施設配置図

① 海流等に関する情報の収集

波浪観測所の諸元

波浪データは「山形県沖波浪観測所」のデータを用いて解析し、高波浪時・常時の外力条件を求めた。

詳細は「資料2-2」p10-14参照

表 1-4 波浪観測所の諸元

項目	諸元
名称	山形県沖波浪観測所
位置	北緯 38° 58' 29" 東経 139° 36' 02"
機種	GPS
水深	104.0m
データの取得時期	2011～2017年 (確定値の公表期間)
出所	ナウファス (国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網)



図 1-9 山形県沖波浪観測所の位置

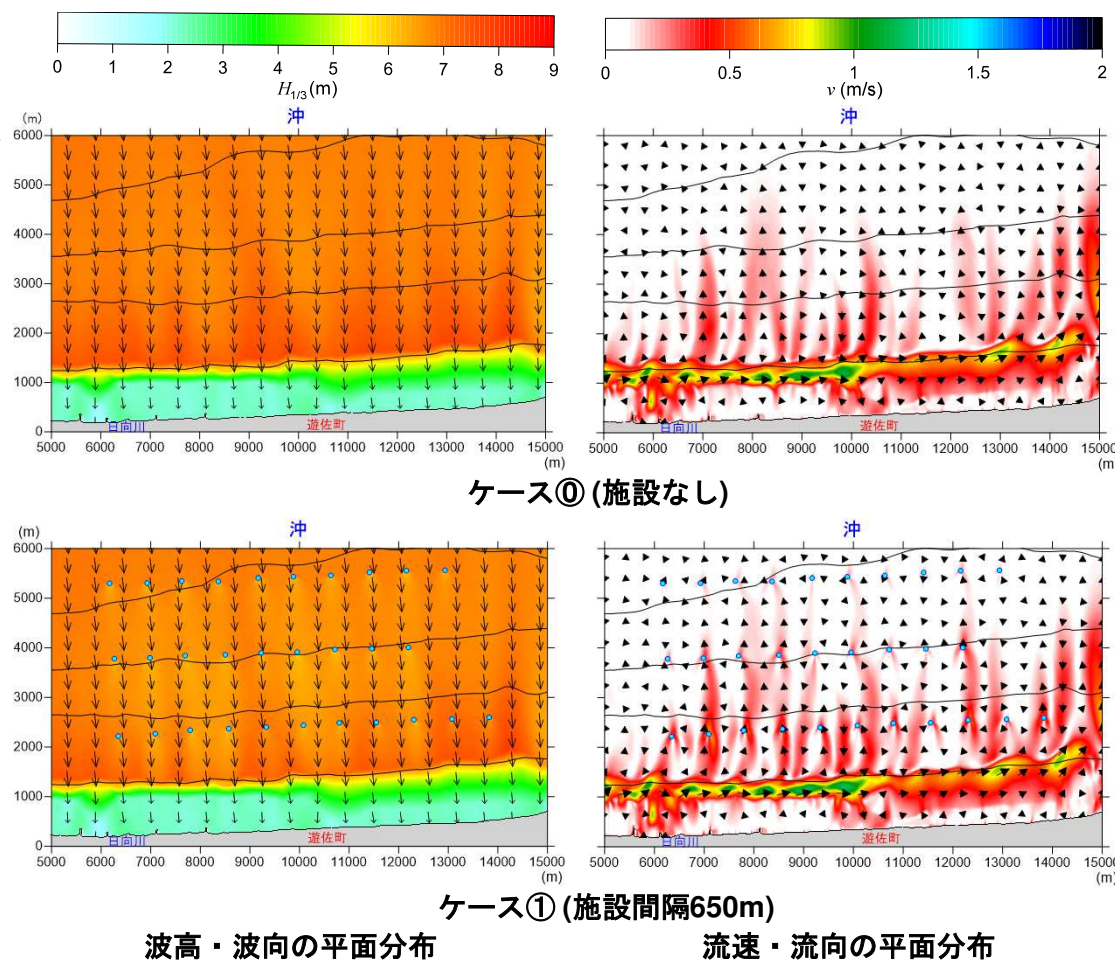
① 海流等に関する情報の収集

(1) 高波浪時(年数回波)の結果

発電施設周辺の海域のみを抽出する。

施設ケースは①(施設間隔650m)を代表として比較する。

- 波高について
 - 発電施設背後(陸側)でわずかな減少がみられる。
 - 汀線近傍および他の海域では ほとんど変化はみられない。
- 流速について
 - 発電施設周辺で向きの変化はみられるが、大きさに変化はみられない。

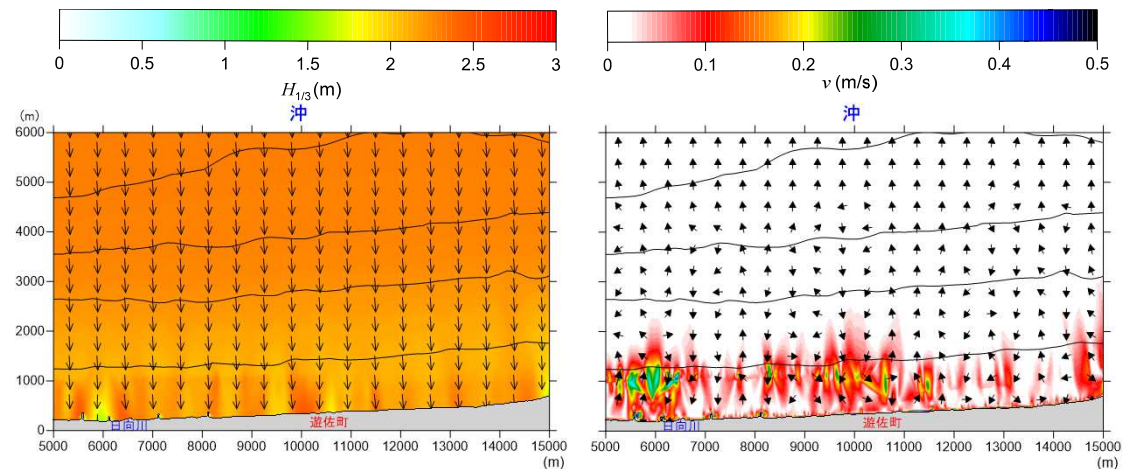


① 海流等に関する情報の収集

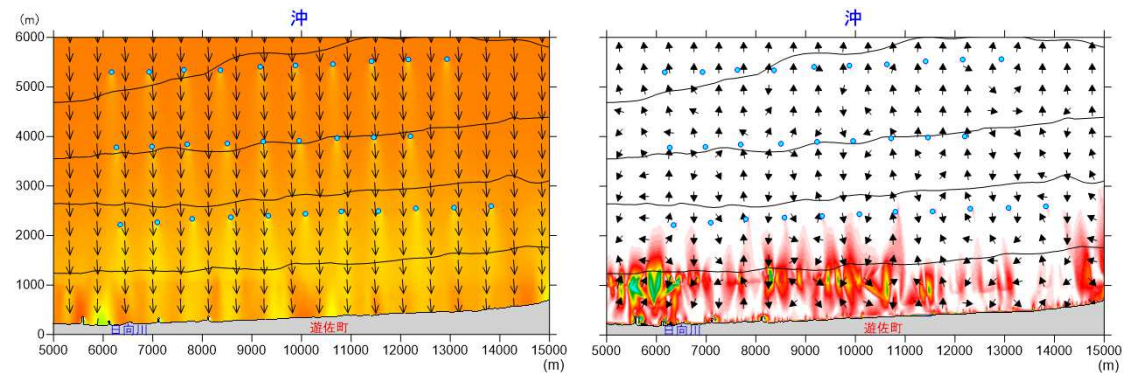
(2) 常時(エネルギー平均波)の結果

発電施設周辺の海域のみを抽出する。
施設ケースは①(施設間隔650m)を代表として比較する。

- 波高について
 - 発電施設背後(陸側)で **20cm程度**の減少がみられる。
 - その他の海域全体では **変化がみられない**。
- 流速について
 - 発電施設周辺で向きの変化はみられるが、**大きさに変化はみられない**。



ケース①(施設なし)



ケース①(施設間隔650m)

波高・波向の平面分布

流速・流向の平面分布

① 海流等に関する情報の収集

波・流れの変化に関するまとめと砂浜への影響

- 高波浪時・常時のどちらの波浪ケースにおいても風力発電施設周辺では若干の影響がみられたが、海域全体では大きな変化がみられなかった。
- この傾向は、施設配置が異なっても、同様の結果が得られた。



風力発電施設を設置しても、背後の砂浜への影響は極めて小さく、
海岸侵食の現状は変わらない。

② 系統連系の確保に関する情報の収集

1. 遊佐沖の洋上風力発電に係る系統連系確保の見通し

- (1) 山形県庄内エリアの系統空き容量の状況
- (2) 東北北部エリア電源接続案件募集プロセスについて
- (3) 発電事業者による系統接続検討の状況

2. 洋上風力発電の特性を踏まえたプッシュ型の系統形成

- (1) 中長期的な系統形成の在り方
- (2) 一括検討プロセスの導入
- (3) 再エネの規模・特性に応じた系統形成

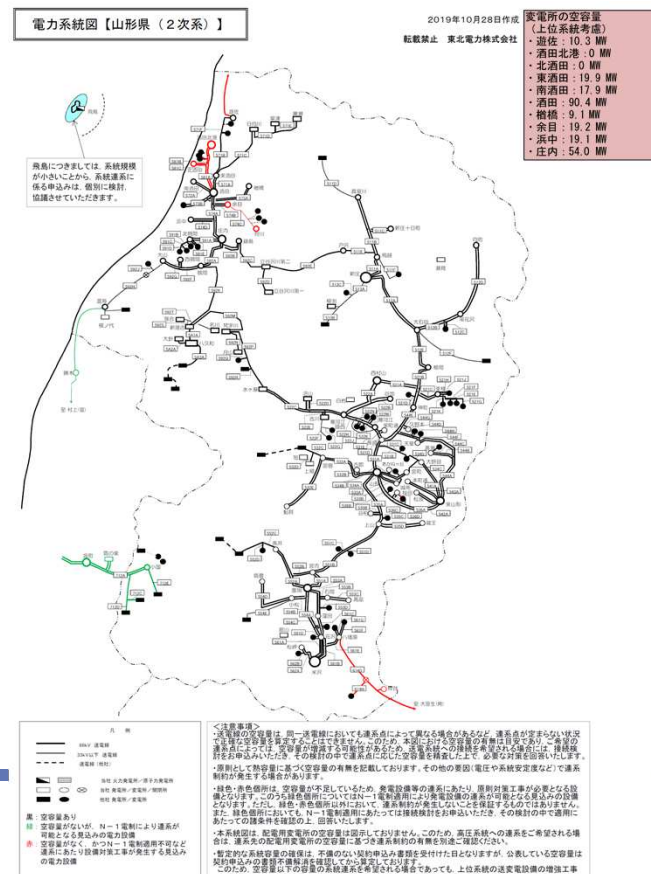
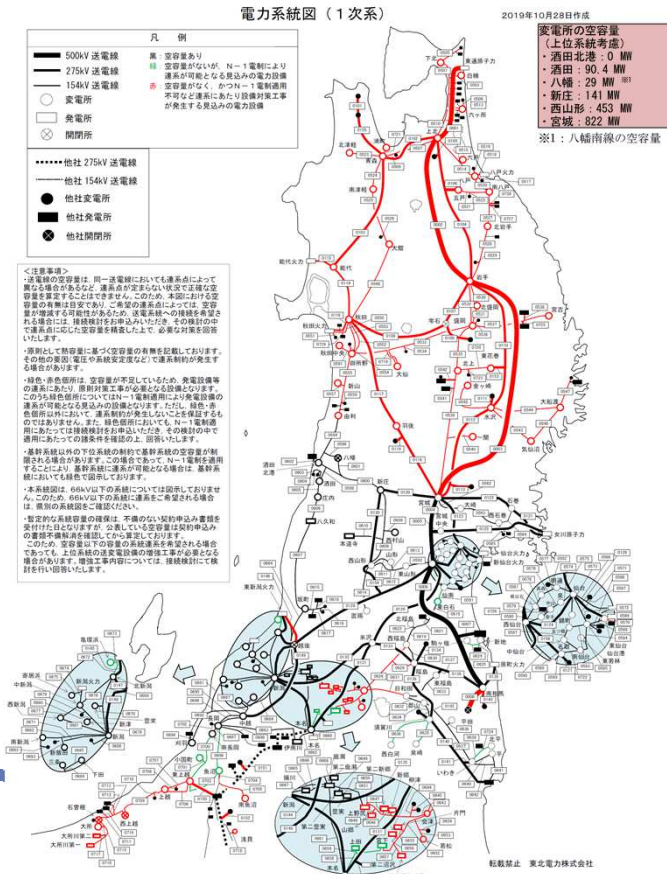
3. 既存系統の有効活用に係る先進的な取組み（参考）

② 系統連系の確保に関する情報の収集

1. 遊佐沖の洋上風力発電に係る系統連系確保の見通し

(1) 山形県庄内エリアの系統空き容量の状況

- ・ 庄内地方において高圧電源による連系が可能な系統の空容量は、令和元年10月28日時点で酒田変電所90.4MW、八幡開閉所29.0MW、庄内変電所54.0MWなど。
- ・ 系統の空容量は、接続検討の申込みや取下げ等の状況により増減する。

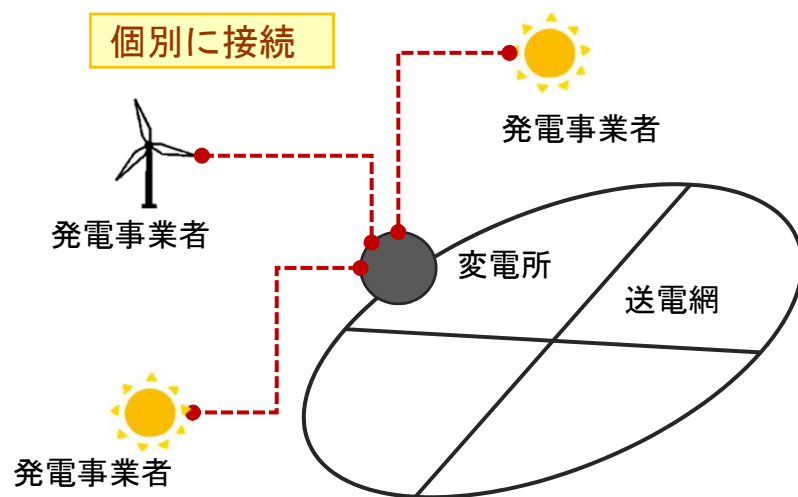


② 系統連系の確保に関する情報の収集

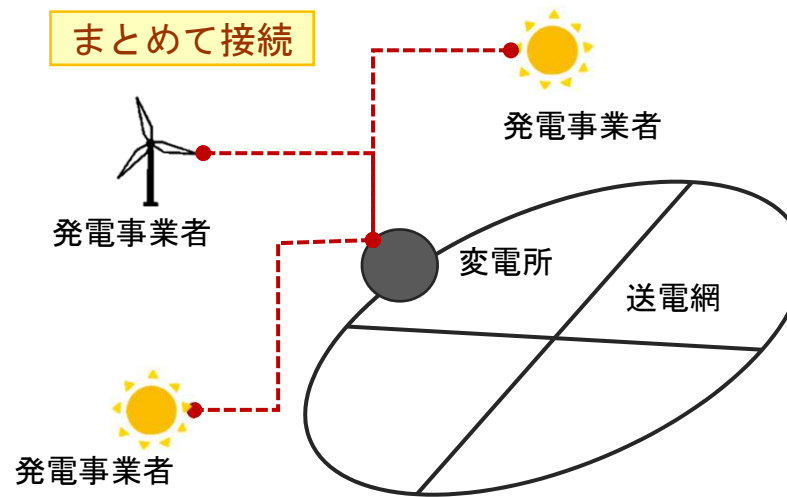
1. 遊佐沖の洋上風力発電に係る系統連系確保の見通し

(2) 東北北部エリア電源接続案件募集プロセスについて

- ・従来の“電源接続検討”は、接続案件をバラバラに処理しているため、非効率であり、工事費の負担が高額になる傾向がある。
- ・工事費負担金を共同負担し、個別事業者の負担を低減するために、近隣の発電事業者の電源接続案件を募ることを“電源接続案件募集プロセス”という。⇒ 東北北部3県(青森、秋田、岩手)については、現状全く空き容量がないことから、当プロセスにより増強を計画している。



従来の“電源接続検討”のイメージ



“電源接続案件募集プロセス”のイメージ

② 系統連系の確保に関する情報の収集

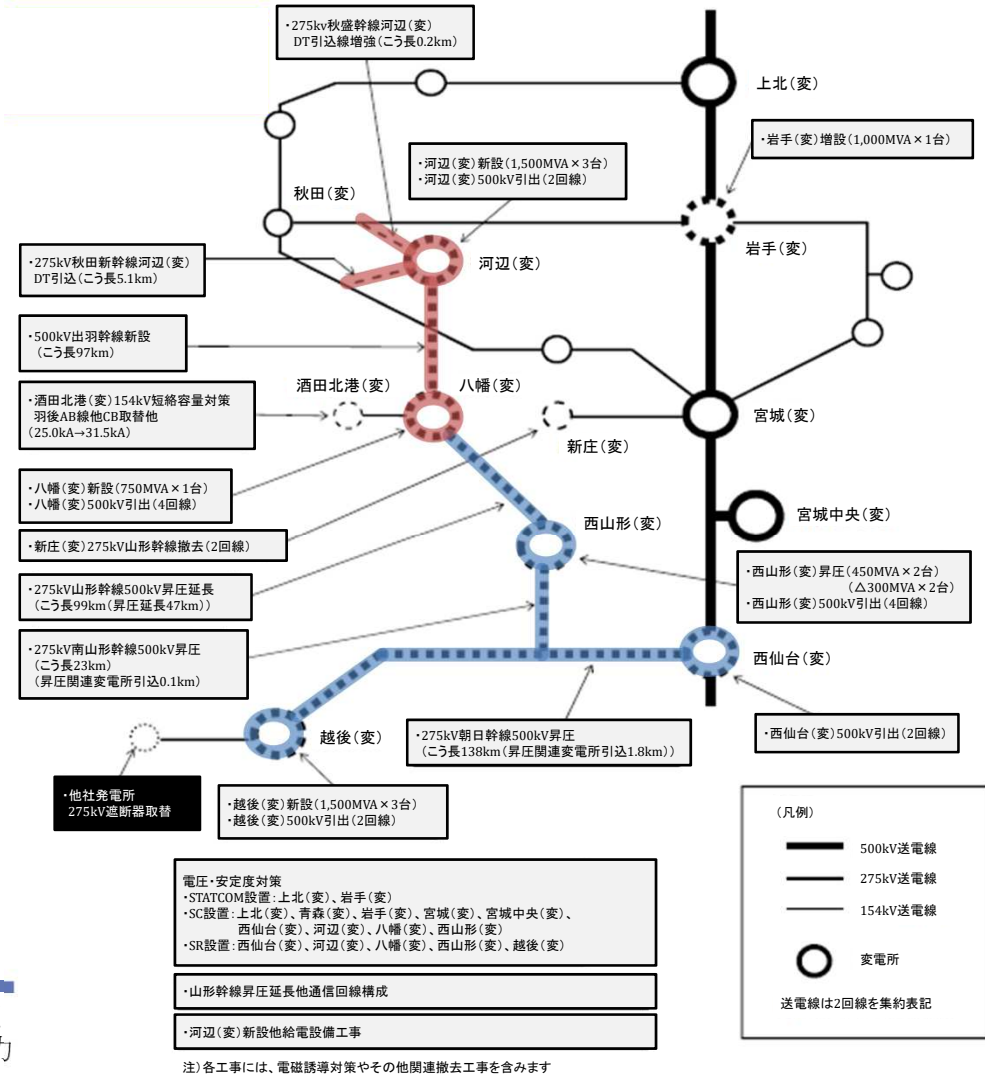
1. 遊佐沖の洋上風力発電に係る系統連系確保の見通し

(2) 東北北部エリア電源接続案件募集プロセスについて

新設
 既設昇圧・延長



本募集プロセスに伴い本県内の系統も増強される見通しであり、遊佐沖の洋上風力にとって、高圧系統へのアクセスがしやすくなるなどの可能性がある。



出典：早期完了対策説明会資料「東北北部エリアにおける電源接続案件募集プロセスの早期完了対策等について」（電力広域的運営推進機関、令和元年11月）

② 系統連系の確保に関する情報の収集

1. 遊佐沖の洋上風力発電に係る系統連系確保の見通し

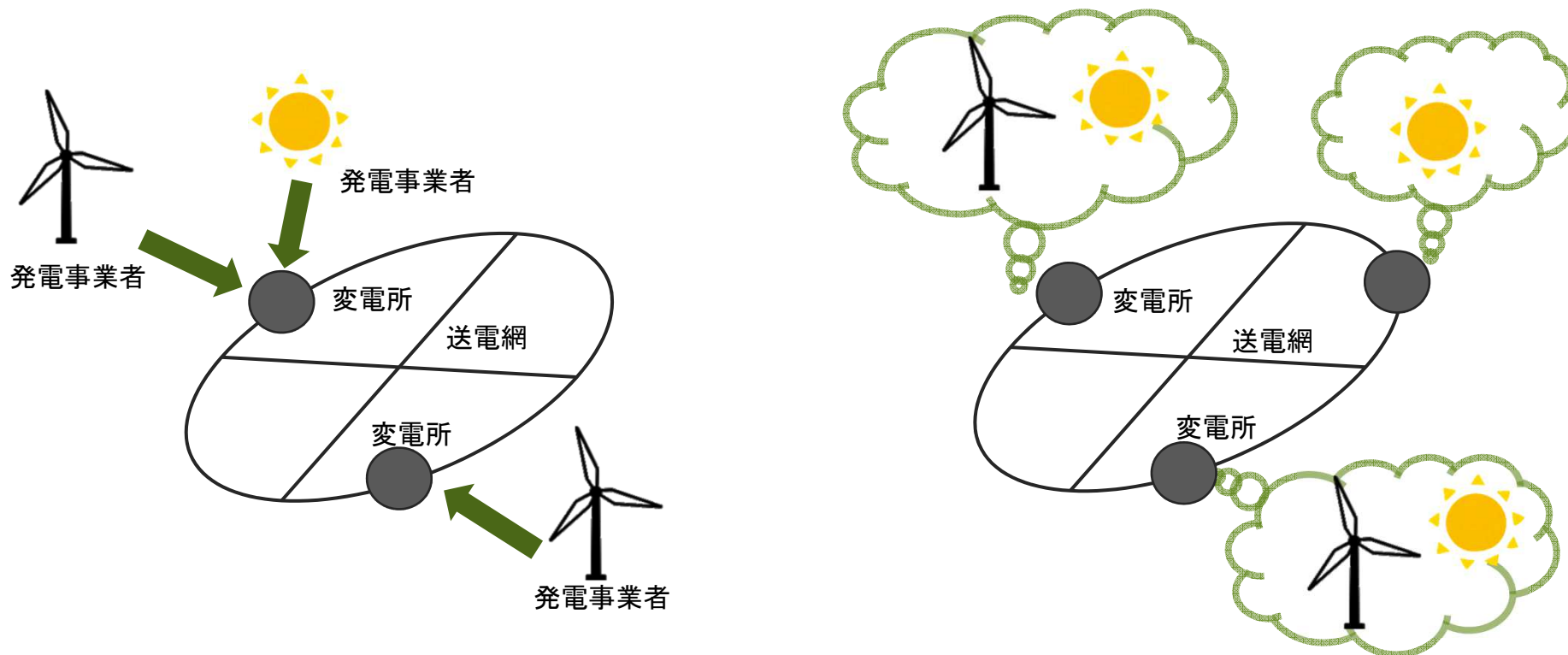
(3) 発電事業者による系統接続検討の状況

- ・ 関係者（発電事業者等）から情報収集したところ、現在検討を進めている遊佐沖の洋上風力発電事業に関しては、数社が東北電力に対して系統接続検討の申込みを行っている模様である。想定される発電規模は30万kW～40万kW程度で、連系地点は酒田北港変電所や八幡開閉所になると考えられる。この場合の工事費負担金は、数千億円と想定される洋上風力発電の事業規模からすると、投資を行う上で現実的な金額になるのでは、との見解が示されている。
- ・ 通常、接続検討に要する期間は3か月程度とされているが、今般の検討に当たっては、東北北部の募集プロセスの結果を踏まえる必要があり、同プロセスのとりまとめが遅れていることから、接続検討に時間を要しており、事業者に対する工事負担金や工期等に関する正式な回答は、同プロセス完了（令和元年12月下旬の予定）の後になる見通しである。

② 系統連系の確保に関する情報の収集

2. 洋上風力発電の特性を踏まえたプッシュ型の系統形成

プッシュ型の系統形成とは



送配電事業者は受動的に、個別の発電事業者の接続申込・募集プロセスに応じて、その都度、変電所や送電線等を増強

送配電事業者が主体となって、各電源のポテンシャルを考慮し、計画的に変電所や送電線等を増強して対応

現行の“プル型の系統形成”のイメージ

将来想定される“プッシュ型の系統形成”のイメージ

※経済産業省の「脱炭素化社会に向けた電力レジリエンス小委員会」や「再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会」で進められている検討状況を踏まえて整理したイメージであり、今後の検討によっては方向性が変わる可能性がある。

② 系統連系の確保に関する情報の収集

2. 洋上風力発電の特性を踏まえたプッシュ型の系統形成

(1) 中長期的な系統形成の在り方

- ・ 今後、再生可能エネルギーの更なる導入を見据えて、費用対効果を考慮しながら、再生可能エネルギーの適地から電力の大量消費地に送るといった機能を果たしつつ、基幹系統等の更なる複線化を進めることによって、より広域的・効率的で柔軟な系統運用が可能な系統形成が求められている。
- ・ このような系統整備に関する新たな長期方針（いわゆる「マスタープラン」）の基本的な考え方を今年度中に示せるように、広域機関で検討が進められている。

② 系統連系の確保に関する情報の収集

2. 洋上風力発電の特性を踏まえたプッシュ型の系統形成

(2) 一括検討プロセスの導入

- 一括検討プロセスは、接続される事業者のニーズを反映し、迅速な系統連系を実現する仕組みであり、また、将来の接続ポテンシャルも踏まえた「プッシュ型」の系統形成に向けた重要な取組であると位置付けられ、広域機関で検討が進められている。

<一括検討方式における効果>

- ①発電事業者からの要請でなく、一般送配電事業者による主体的な取り組みへの転換
⇒プッシュ型の系統形成への転換
- ②現状の個別のアクセス対応ではなく、将来のニーズを踏まえた効率的な系統形成の実現
⇒効率的かつ計画的な系統形成
- ③電源のプロセスからの脱落に伴う工事費の再計算簡略化、脱落防止のための仕組みの導入
⇒迅速な系統連系プロセスの完了

<再計算の簡略化>



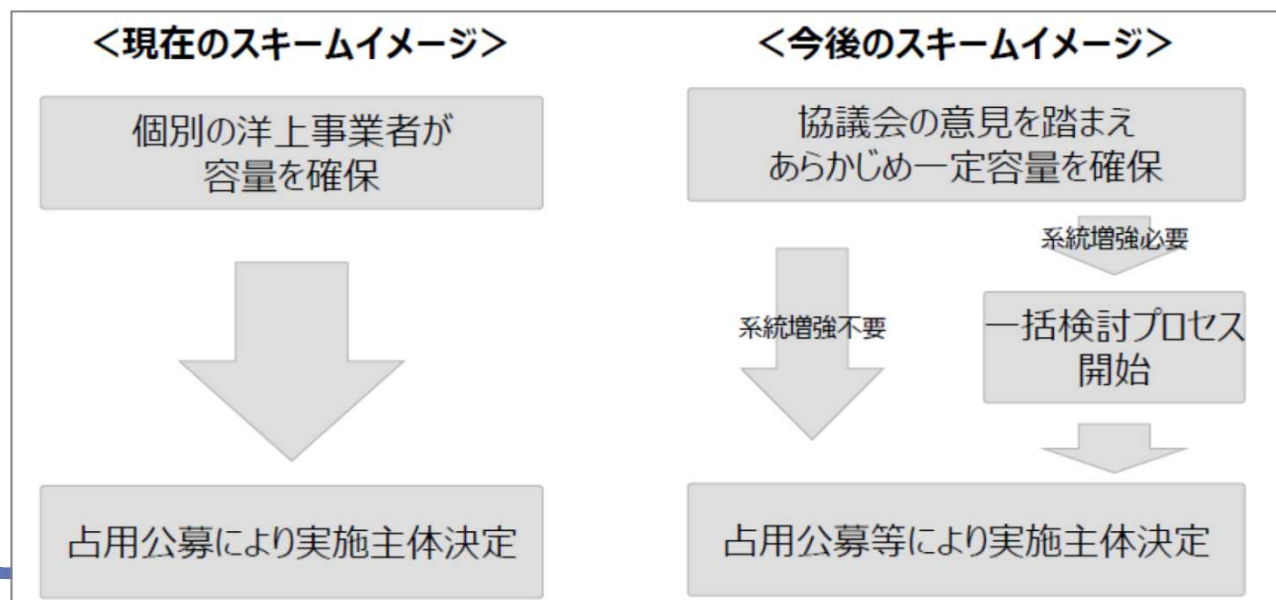
出典：「総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会脱炭素化社会に向けた電力レジリエンス小委員会中間整理」（経済産業省、令和元年8月）

② 系統連系の確保に関する情報の収集

2. 洋上風力発電の特性を踏まえたプッシュ型の系統形成

(3) 再エネの規模・特性に応じた系統形成

- ・「再エネ海域利用法」に基づく「促進区域」の指定の前提として事業者による系統容量の確保を求めることになり、系統枠確保の重複や、事業者公募で勝てなかった場合のリスクを負うといった課題を現状では孕んでいる。
- ・そのため、国が「促進区域の指定」、「占用公募実施」を行うタイミングで当該容量を通知し系統を仮確保する仕組みが検討されている。

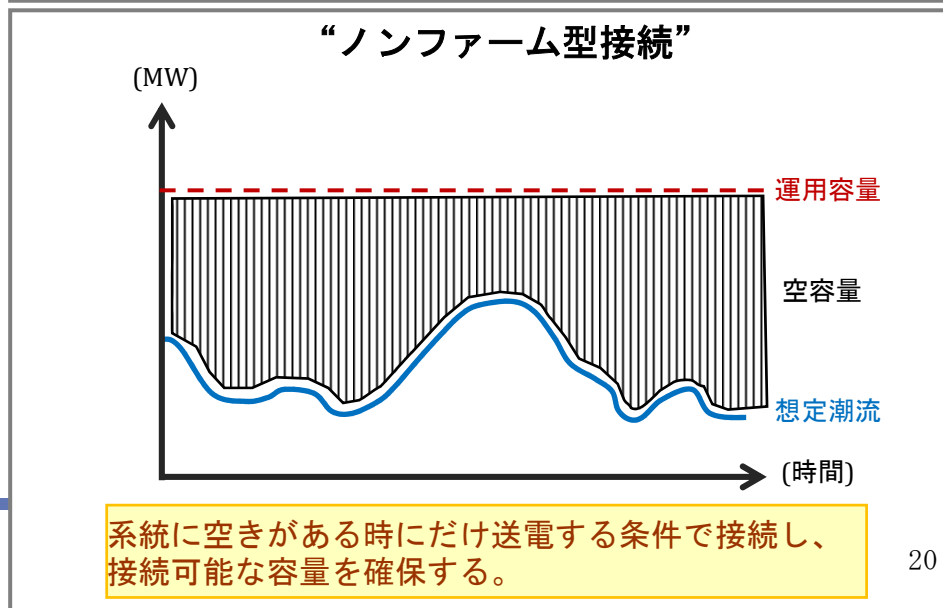
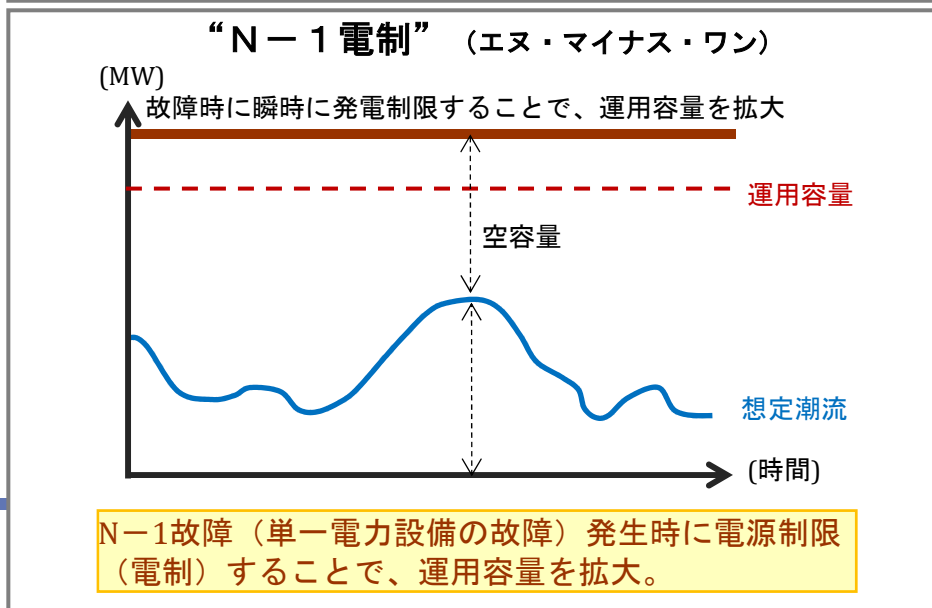
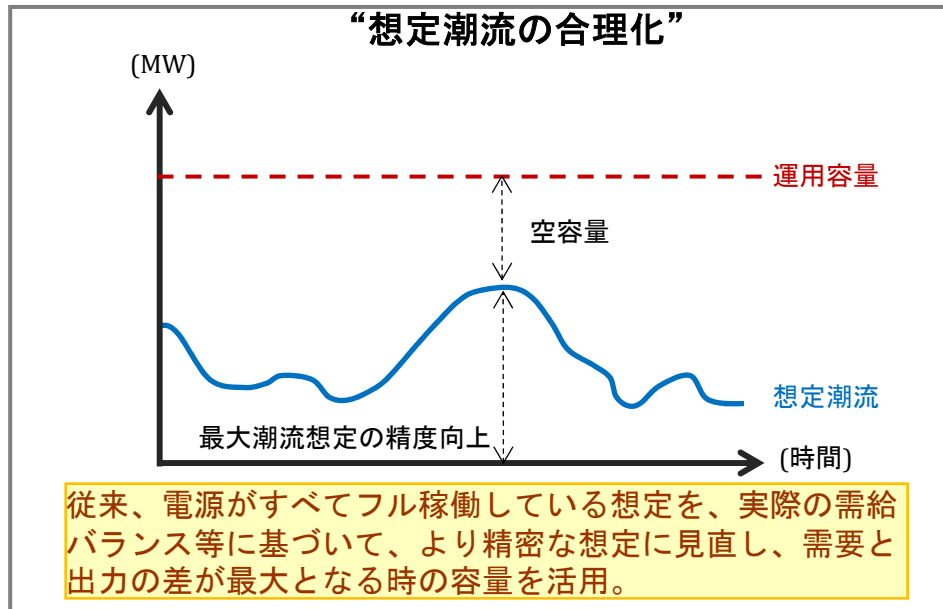
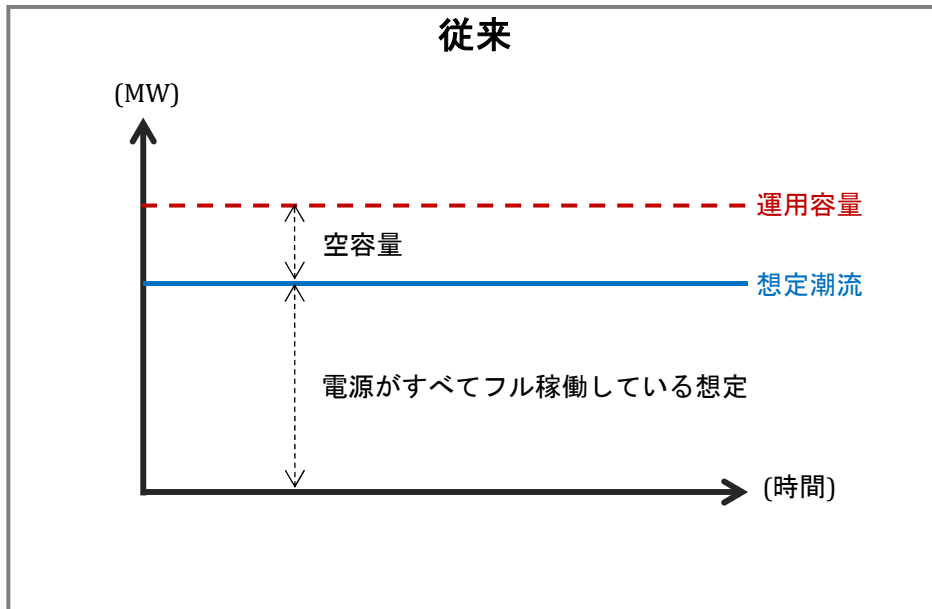


出典：「総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会脱炭素化社会に向けた電力レジリエンス小委員会中間整理」（経済産業省、令和元年8月）

② 系統連系の確保に関する情報の収集

【参考】

3. 既存系統の有効活用に係る先進的な取組み



② 系統連系の確保に関する情報の収集

まとめ

- 「東北北部エリア電源接続案件募集プロセス」の系統増強工事に伴い本県内の系統も増強される見通しであり、遊佐沖の洋上風力発電事業にとって、高圧系統へのアクセスがしやすくなるなどの可能性がある。
- 遊佐沖の洋上風力発電事業に関しては、系統確保の見通しは年明け以降にならないと明らかにならないが、工事費負担金については、現時点での見通しでは、投資を行う上で現実的な金額になるのでは、との見解が示されている。
- 速やかな系統接続が困難な場合であっても、中長期的には、国主導のプッシュ型の系統形成の進展等により、系統接続できる可能性もある。

③ 地域産業・雇用等への波及効果に関する情報の収集

調査の目的

- ・ 遊佐沿岸域において洋上風力発電事業が実現した場合の山形県内における経済に与える波及効果を把握
- ・ 国外事例を中心として洋上風力発電の拠点港化による地域メリットに関する情報を収集し、遊佐町や酒田市において期待される地域メリットを整理

経済波及効果及び雇用創出効果調査の検討の流れ

H29調査の手法及び条件等の整理

発注者側（EPC事業者※、発電事業者、メーカー等）へのヒアリング

経済波及効果の分析

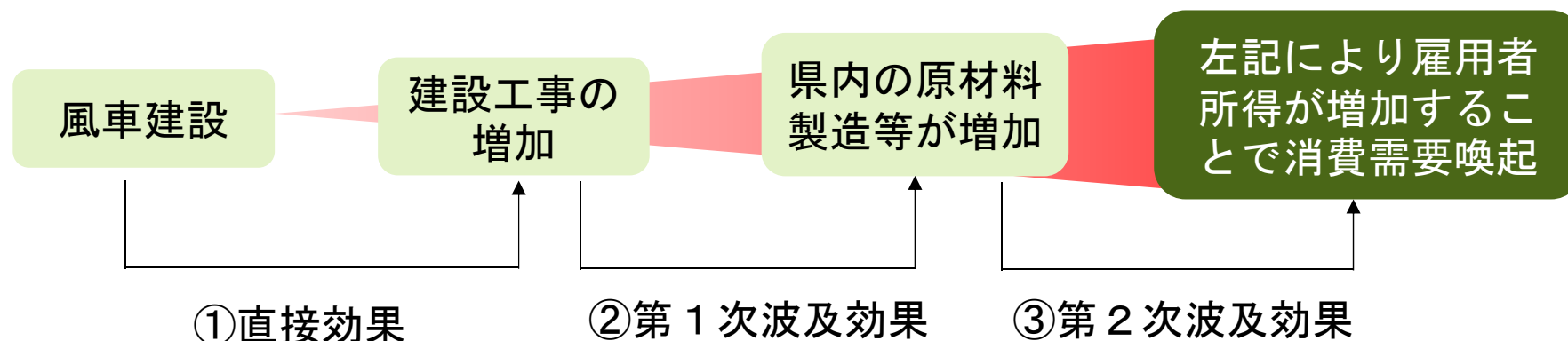
- ・ 対象費目・規模、調達率等の条件設定
- ・ 直接効果（総事業費）の推計、第1次・第2次間接効果の推計

※EPCは、設計(Engineering)、調達(Procurement)、建設(Construction)のことを指し、計画から設備導入、運用管理等のサポート業務までの総称のことである。

③ 地域産業・雇用等への波及効果に関する情報の収集

経済波及効果とは

- 経済波及効果とは、新たな需要が発生したときに、その需要を満たすために次々と新たな生産が誘発されていくもの
- 例えば、新たな洋上風力発電の建設があった場合、建設のための鉄骨やコンクリート、ボルトなどの建設資材や関連設備、それらの建設資材等を得るために原材料（砂利や鋼材など）の生産が必要となるなど、県内の様々な関連産業に効果が波及
- 県内関連産業が多く関わることができれば、県内経済への波及効果も大きくなる



③ 地域産業・雇用等への波及効果に関する情報の収集

経済波及効果及び雇用創出効果推計のための条件設定

1) 推計シナリオ

No.	事業規模	事業規模の考え方
1	150MW	・ 5MW×30基 ・ 出力1/2 (5MW)
2	300MW	・ 10MW×30基 ・ 想定海域における現実的な規模、基数
3	600MW	・ 10MW×60基 ・ エリア倍増

※いずれのシナリオにおいても洋上風力発電施設が20年間運転する想定としている。

2) 県内調達率^{※1}

区分	費用項目	県内調達率 (%)	
		現在	将来
※2 資本費	風車本体	0.0%	0.0%
	基礎本体	0.3%	3.2%
	風車設置	10.0%	15.0%
	基礎設置	2.8%	5.3%
	アレイケーブル	0.0%	0.0%
	アレイケーブル設置	2.8%	5.3%
	洋上変電所	0.0%	0.0%
	エクスポートケーブル供給と設置	0.3%	0.3%
	陸上送電線の供給と設置	57.0%	82.0%
	陸上変電所と系統連系	33.0%	33.0%
	工事組立保険料	0.0%	0.0%
	施工管理	12.5%	17.5%
	リスク対応	0.0%	0.0%
	開発	5.0%	5.0%
	環境アセスメント	10.0%	30.0%
	撤去	10.0%	15.0%

区分	費用項目	県内調達率 (%)	
		現在	将来
※3 O&M費	サービス技術員報酬	10.0%	50.0%
	スベア部品	0.0%	5.0%
	船舶	30.0%	57.5%
	メンテナンス	50.0%	100.0%
	プロジェクトマネジメント	0.0%	0.0%
	港湾/船舶管理	72.5%	97.5%
	気象海象予測	22.5%	57.5%
	状態監視	75.0%	100.0%
	オペレーション (施設管理)	50.0%	82.5%
	オペレーション (安全衛生管理)	50.0%	90.0%
	オペレーション (保険)	0.0%	0.0%
	オペレーション (リース、手数料等)	10.0%	12.5%

※1ヒアリングによる発電事業者等3社の回答結果の平均を県内調達率とした。

※2 資本費：調査費、設計費、設備費、工事費等の事業を始めるために要する費用のこと。

※3 O&M費：運用管理 (Operation) と保守点検 (Maintenance) に要する費用のこと。

3) 項目別のMWあたりの費用単価

区分	費用項目	想定費用 (円/MW)
資本費	風車本体	177,927,750
	基礎本体	52,922,100
	風車設置	23,984,400
	基礎設置	30,892,950
	アレイケーブル	2,476,650
	アレイケーブル設置	13,947,450
	洋上変電所	24,245,100
	エクスポートケーブル供給と設置※1	2,328,915
	陸上送電線の供給と設置	11,401,451
	陸上変電所と系統連系	55,398,750
	工事組立保険料	5,865,750
	施工管理	20,725,650
	リスク対応	43,406,550
	開発	13,165,350
	環境アセスメント※2	20,800,000
	撤去※2	69,000,000
合計	568,488,816	

※1 エクスポートケーブルは距離に依存するものの、便宜的にMWあたりの費用を想定
※2 平成29年度調査と同価格に設定している

区分	費用項目	想定費用 (円/MW)
O&M費	サービス技術員報酬	19,627,813
	スベア部品	58,288,658
	船舶	121,335,573
	メンテナンス	1,486,956
	プロジェクトマネジメント	2,256,551
	港湾/船舶管理	3,384,826
	気象海象予測	282,069
	状態監視	2,256,551
	オペレーション (施設管理)	3,666,895
	オペレーション (安全衛生管理)	1,410,344
	オペレーション (保険)	59,234,459
	オペレーション (リース、手数料等)	13,539,305
合計	286,770,000	

出典：IEA Wind TCP Task 26 Offshore Wind Energy International Comparative Analysis

③ 地域産業・雇用等への波及効果に関する情報の収集

経済波及効果及び雇用創出効果の調査結果

事業規模	効果	県内調達率現状ケース	県内調達率将来（拡大）ケース
150MW	直接	約132億円	約228億円
	一次波及	約33億円	約57億円
	二次波及	約26億円	約39億円
	総合波及	約188億円 雇用創出効果：1,435人	約323億円 雇用創出効果：2,472人
300MW	直接	約264億円	約455億円
	一次波及	約69億円	約113億円
	二次波及	約45億円	約78億円
	総合波及	約376億円 雇用創出効果：2,875人	約646億円 雇用創出効果：4,954人
600MW	直接	約528億円	約911億円
	一次波及	約133億円	約226億円
	二次波及	約90億円	約155億円
	総合波及	約752億円 雇用創出効果：5,749人	約1,292億円 雇用創出効果：9,903人

※洋上風力発電施設が20年間運転する想定で算出しています

※端数処理の関係で、直接、一次波及、二次波及効果の合計は必ずしも一致しない場合があります