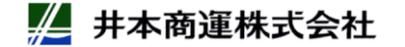


NEDO水素・燃料電池成果報告会2022

発表No.B-12



水素社会構築技術開発事業／地域水素利活用技術開発／石狩湾新港 洋上風力の余剰電力を活用した水素サプライチェーンに関する調査



発表者名：曾我一路（株式会社グリーンパワーインベストメント）

団体名：株式会社グリーンパワーインベストメント

北海道電力株式会社

日鉄エンジニアリング株式会社

井本商運株式会社

エア・ウォーター株式会社

京セラコミュニケーションシステム株式会社

発表日：2022年7月28日（木）

連絡先：ichiro.soga@greenpower.co.jp

石狩湾新港洋上風力発電所（グリーンパワー石狩）



事業規模：112,000kW（8,000kW x 14基）

着工：2020年

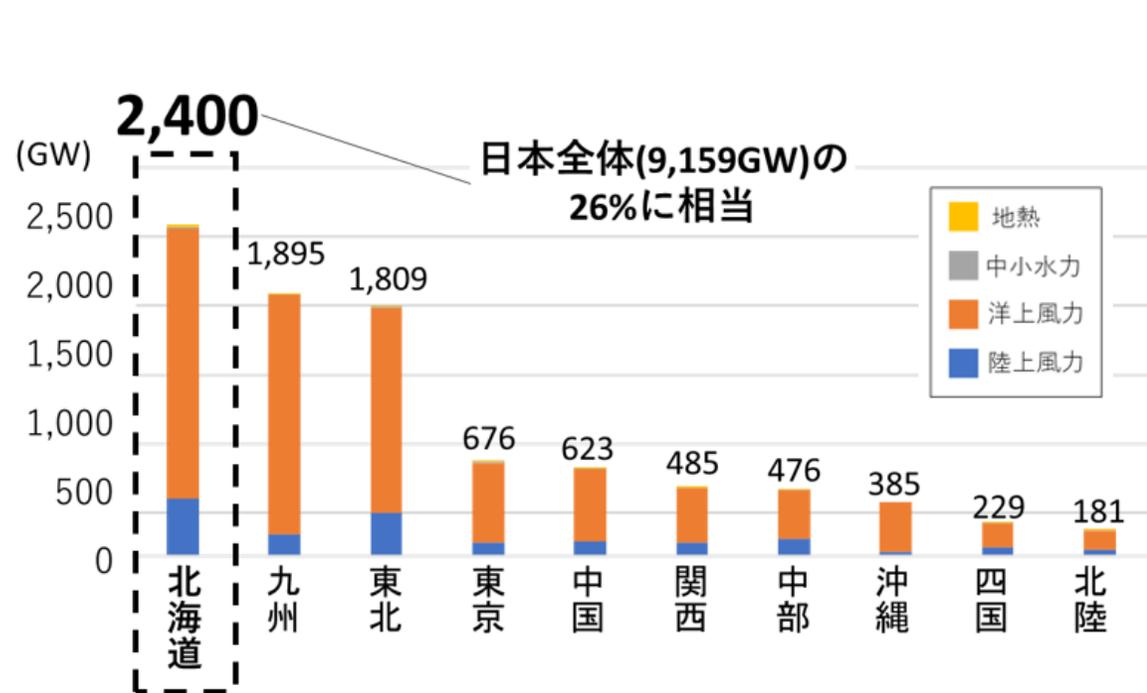
完工：2023年



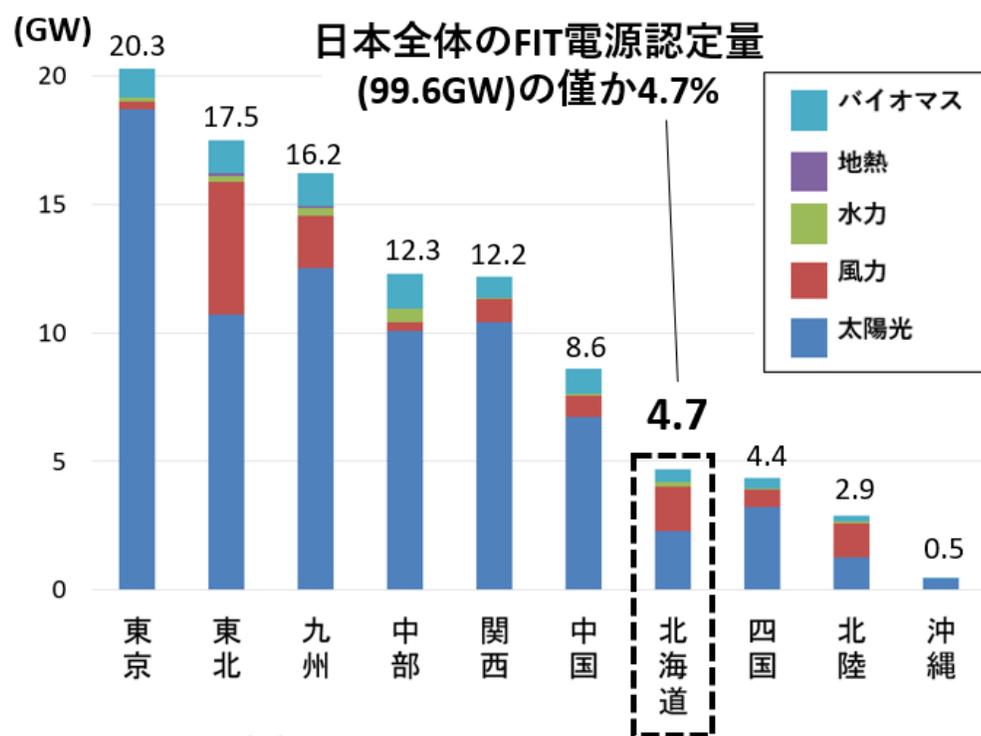
石狩湾新港航空写真(石狩湾新港パンフレットより)

北海道は日本最大の再エネ賦存量を有する。

①各エリアにおける再エネの賦存量（除. 太陽光）*1



②2021年12月末時点のFIT電源認定量*2

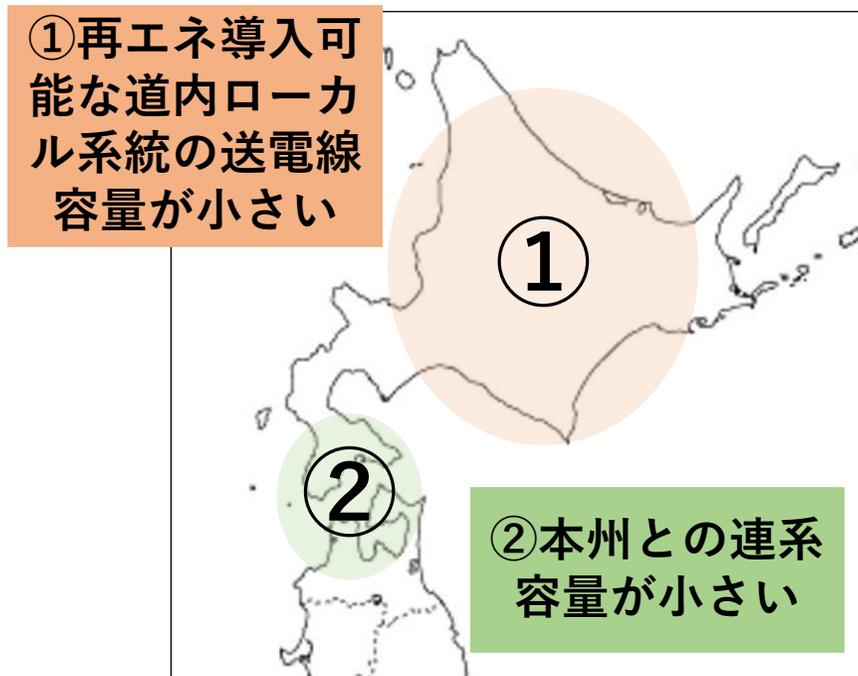


*1 出典：環境省「平成21年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査 調査報告書」に基づいてGPI作成
<http://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/dat/report/h25-05/full.pdf>

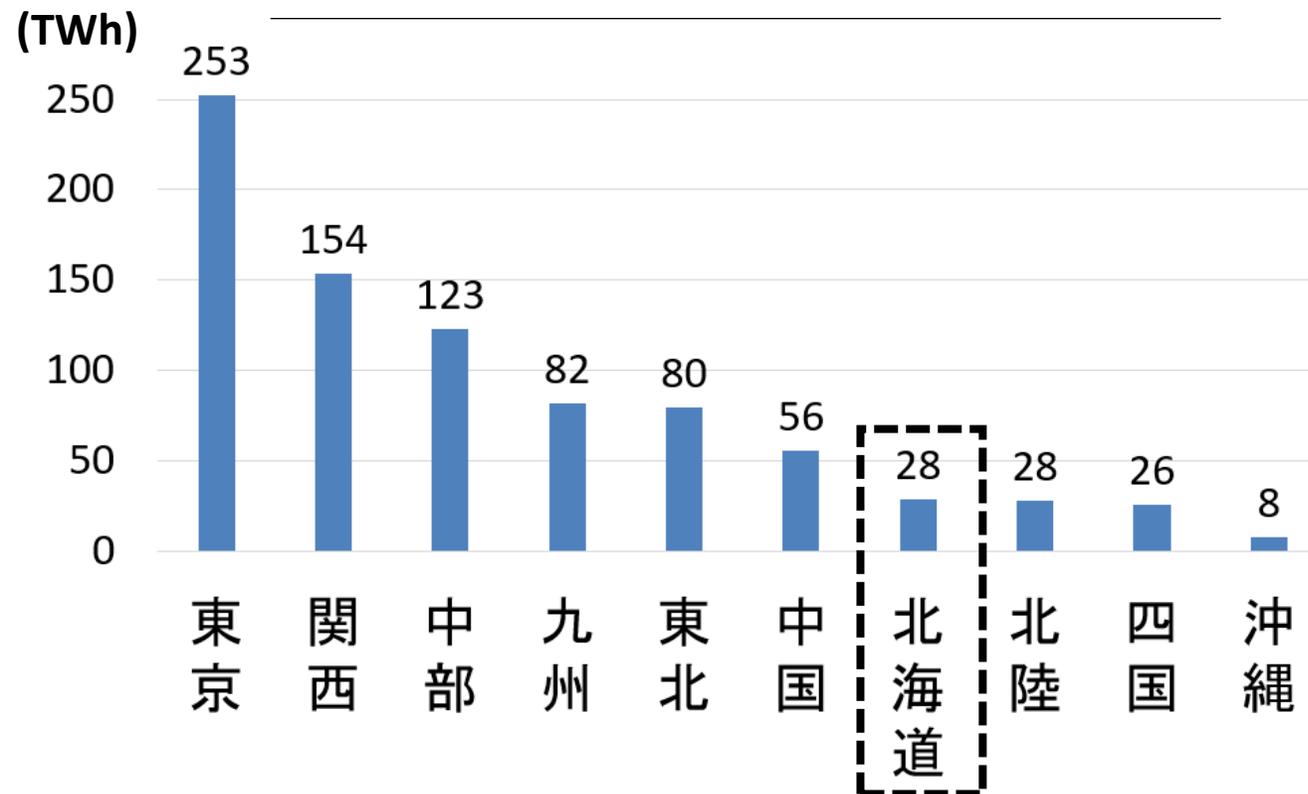
*2 出典：資源エネルギー庁 <https://www.fit-portal.go.jp/servlet/servlet.FileDownload?file=0150K00000AyktZ>よりGPI作成

北海道における再エネ導入拡大の課題

送電線容量の制約 *1



限定的な電力需要(2021年度実績) *2

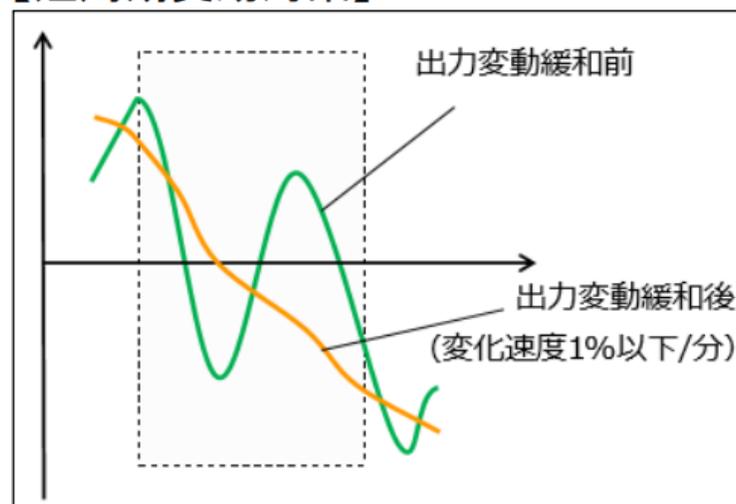


*1 出所: 北海道電力ネットワーク株式会社「北海道における再生可能エネルギーの連系拡に向けた一般送配電事業者の取り組み」よりGPI作成
<https://smcs.eng.hokudai.ac.jp/wp-content/uploads/2021/02/f911be22118c4aa53086317d52e62cec.pdf>

*2 資源エネルギー庁電力調査統計2021年度都道府県別電力需要実績よりGPI作成
https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/electric_power/ep002/xls/2021/3-2-2021.xlsx

風力発電設備の出力変動緩和対策に関する技術要件

【短周期変動対策】

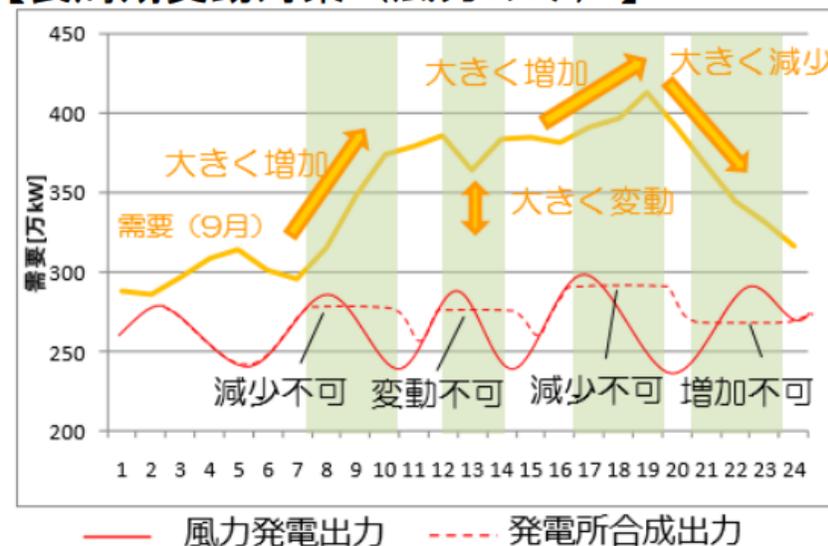


- 火力発電機の比較的緩やかな出力調整でも追従できる出力変化速度まで緩和（短周期変動対策）

出力変化速度 1%以下/分

- 各時間帯の需要変化に合わせ、出力変動を制限（長周期変動対策）

【長周期変動対策（風力のみ）】



指定時間帯において、発電所合成出力の変動方向を制御

7:00～10:00：制約①

11:30～13:30：制約②

16:00～19:00：制約①

20:00～23:00：制約③

制約①：蓄電池の放電等により合成出力を減少させない

制約②：蓄電池の充放電等により合成出力を増減させない

制約③：蓄電池の充電等により合成出力を増加させない

調査の背景・目的

北海道における再エネ大量導入

- 2050年カーボンニュートラルの実現に向け、今後洋上風力の大量導入が期待されている。特に**日本最大の賦存量を有する北海道における導入拡大はその鍵となる。**

道内電力系統制約と再エネ余剰電力

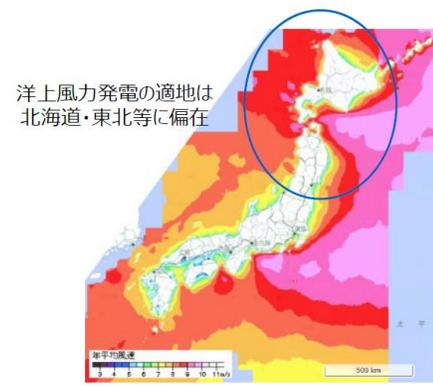
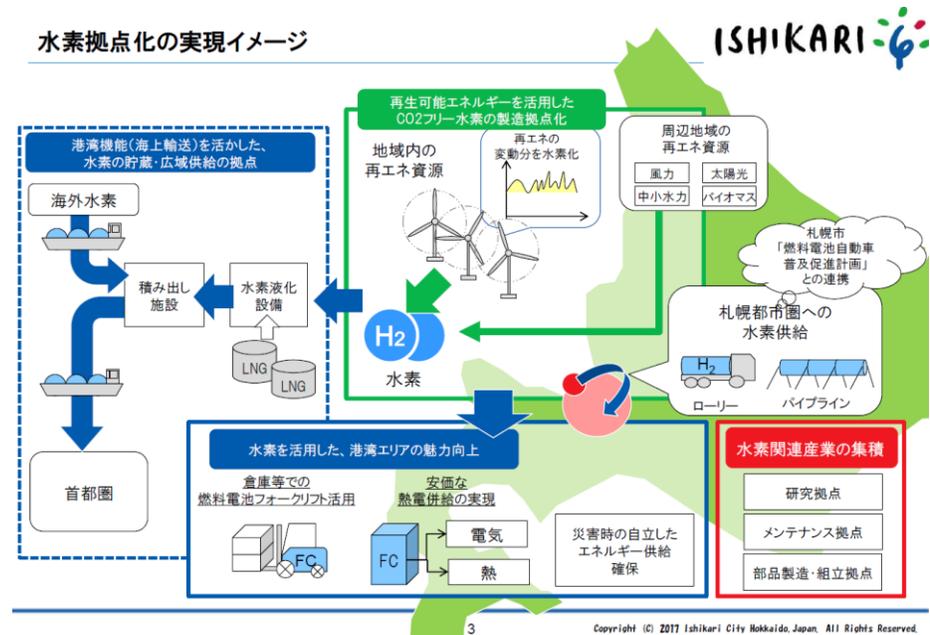
- しかし道内系統及び電力需給事情から風力発電所に大型蓄電施設を併設してもなお発電した電気を全量系統に流すことが出来ず、**発電所の収入とならない余剰電力（捨電）が相当量発生する。**その余剰電力の有効活用策の1つとなりうるのは**今注目を集める水素**である。

石狩市水素戦略構想の実現

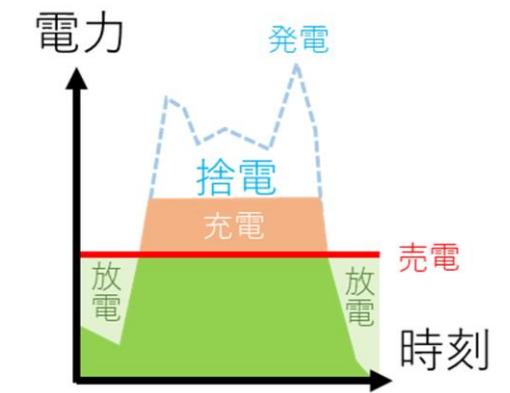
- 石狩市では2017年3月「石狩市水素戦略構想」を策定し、**洋上風力の集積が進む石狩湾新港エリアの再エネ資源を活用し、CO2フリー水素の製造拠点化**を目指し、取り組みを進めてきた。

2023年運転開始の洋上風力発電所を活用した水素実証

- 本調査は石狩市水素戦略構想の実現に向けて**2023年に運転開始を予定する石狩湾洋上風力発電所**の事業主体である(株)グリーンパワーインベストメント及び共同検討者の北海道電力(株)を中心とした民間事業者グループが洋上風力の余剰電力を活用した水素サプライチェーン構築の事業実現性及び**実証事業の検討**を行うものである。



(出所) NeoWins (NEDO) 風況マップ



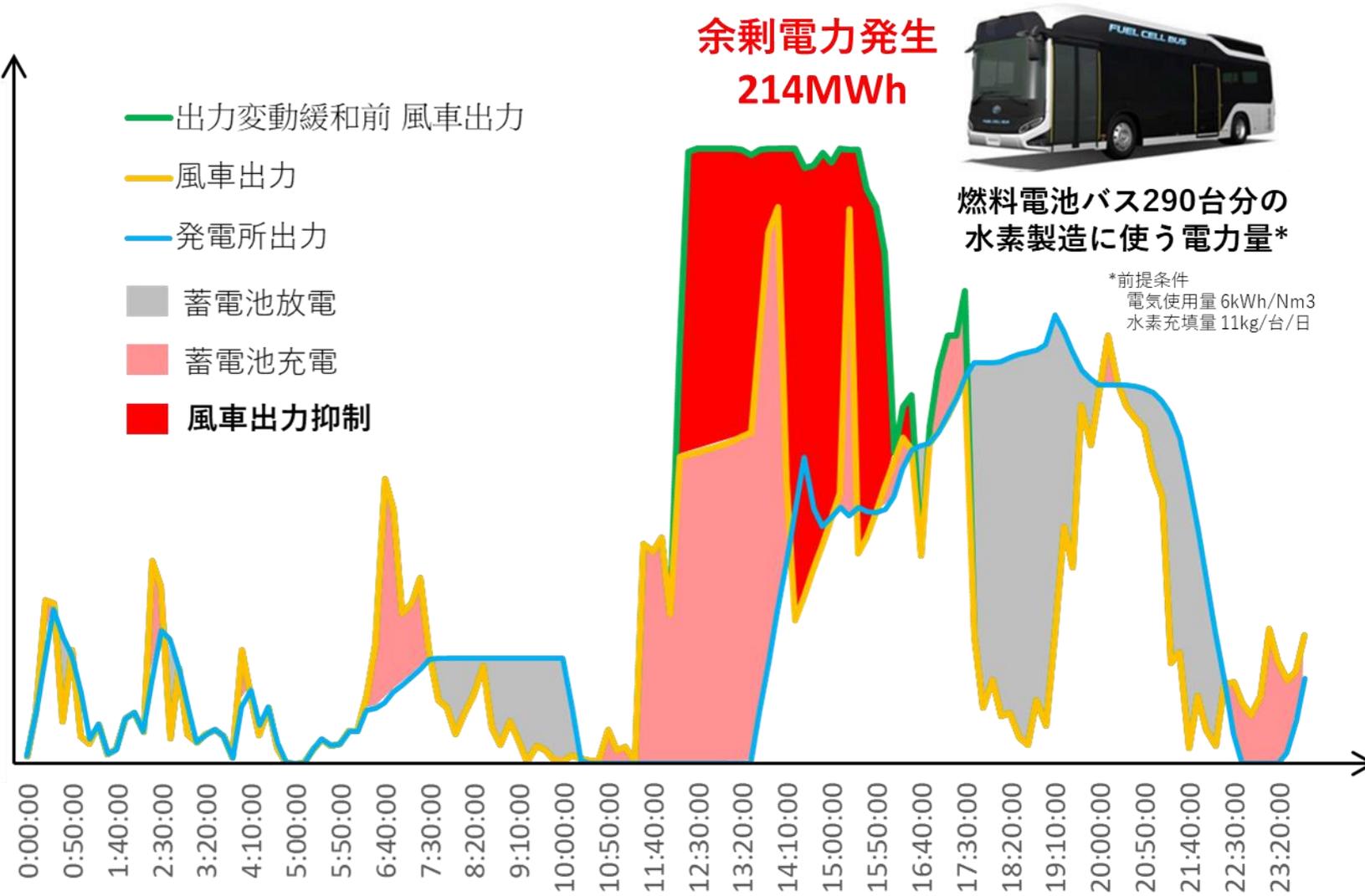
調査の全体像

- 2023年に運転開始となる石狩湾新港洋上風力発電所（100MW規模）から発生する余剰電力を活用した水素製造（地産）並びに石狩市・札幌市等地元地域での水素利活用（地消）について技術的・経済的課題を抽出し、将来の水素社会構築に必要な改善策等を明確にすることを目指します。

石狩・札幌地域における水素サプライチェーンの実現イメージ
(イラスト:石狩市提供)



ある1日の余剰電力発生状況（例）



- 発電所出力に対して風車出力が足りない場合は蓄電池から**放電**して補う。
- 風車出力が発電所出力を上回り、その上回った風車出力を蓄電池に貯められる場合は**充電**を行う。
- 発電所出力を上回る風車出力を蓄電池に貯め切らない場合は**風車出力を抑制**する。

↓
余剰電力と定義

余剰電力の特徴

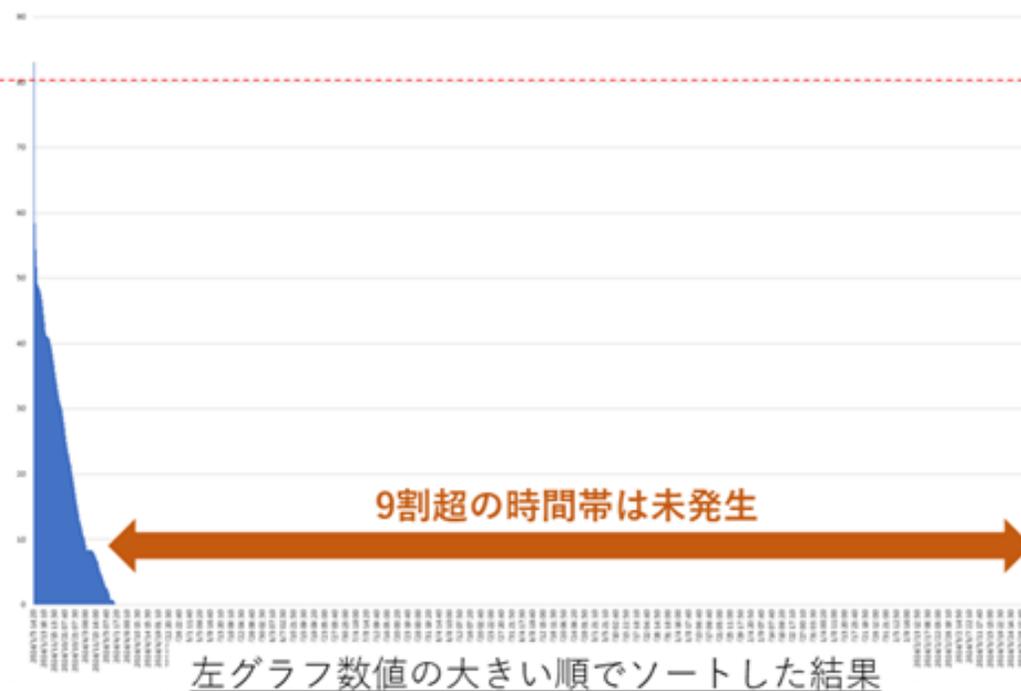
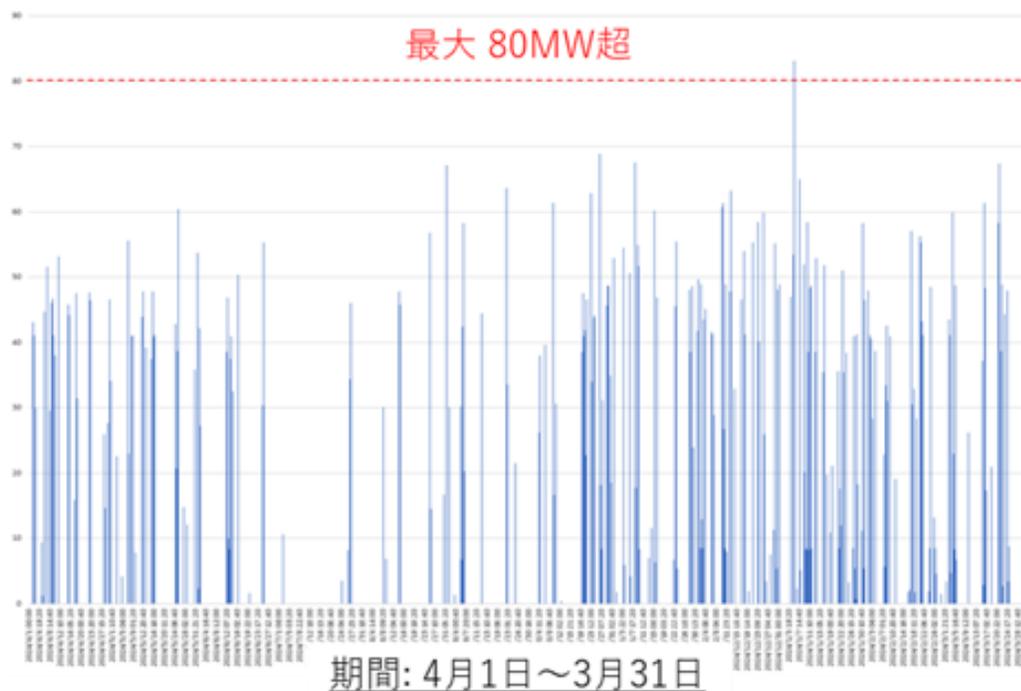
大きな最大出力

×

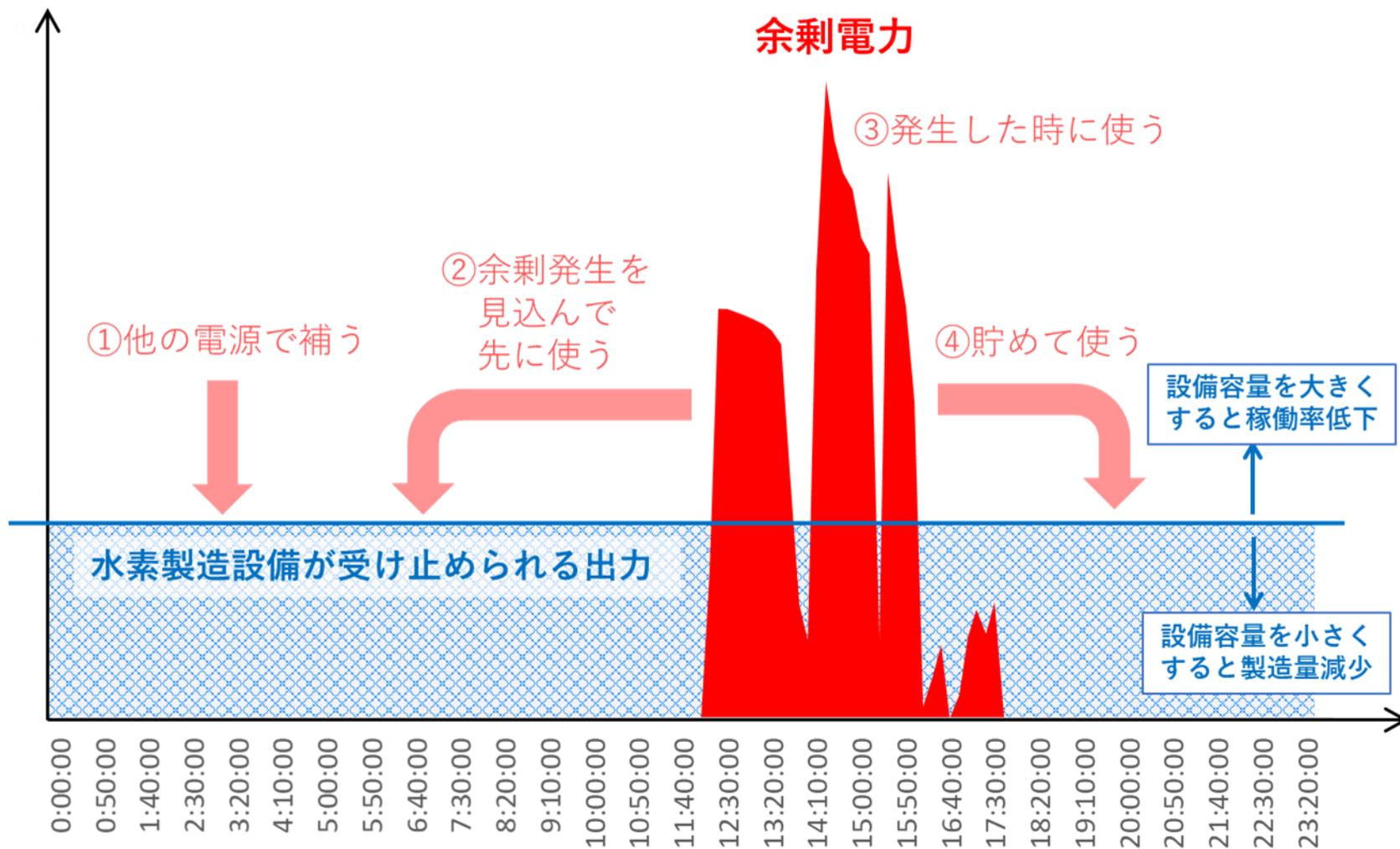
短い発生時間

ピーク出力を受け止められる水素製造設備容量は80MW超

出なりの余剰電力で装置を稼働出来るのは1年間で1割未満



余剰電力を使いこなすためのチャレンジ



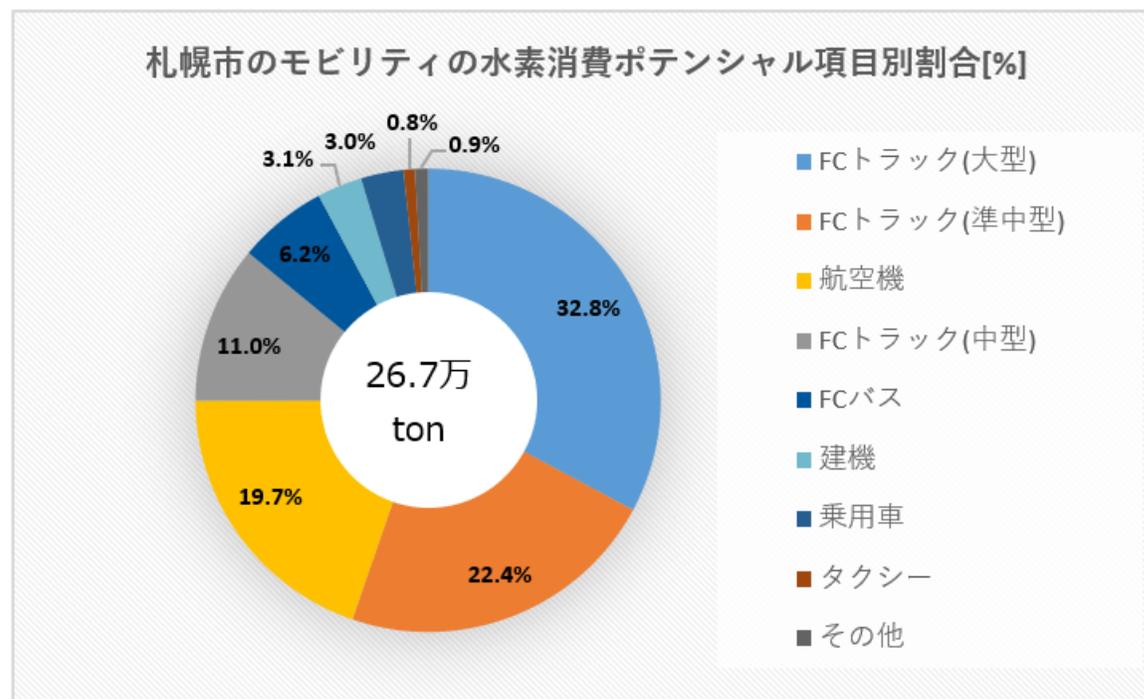
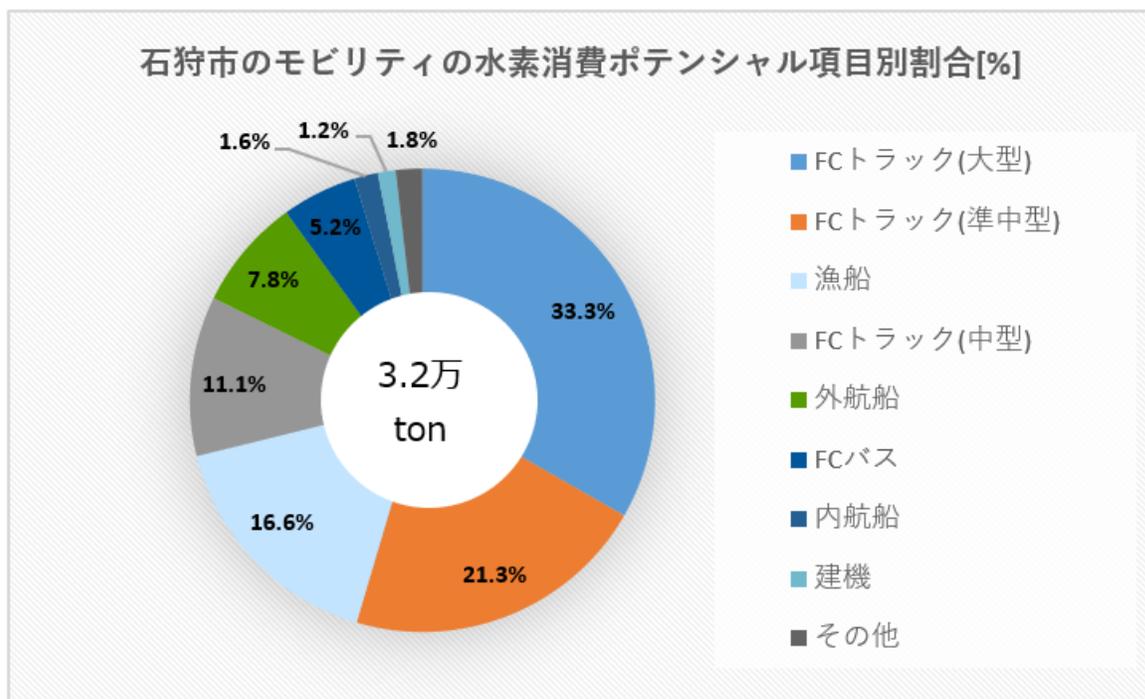
- ①は、コストや調達可能な電力量が課題（太陽光発電追加設置、卸電力市場 0.01円コマ利用等）
- ②は、発電所の既設蓄電池に余剰電力の貯め代を予め確保することを可能にする予測制御等の技術開発や既存設備及びプログラミングの改造が課題。
- ③は、低い設備稼働率が課題。
- ④は、蓄電池や水素貯蔵設備等の蓄エネルギー設備追加によるコスト増加と低いままの設備稼働率（特に蓄エネルギー設備の稼働率）が課題。

石狩・札幌地域水素需要推計（モビリティ）

- 各市公表情報や各種統計資料を基に石狩市および札幌市におけるモビリティ向け水素需要を推計した。
- トラック向け需要が全体の6割程度を占める。港湾拠点を有する石狩市では船舶への利活用ポテンシャルがトラック向け需要に次ぐ結果となった。

石狩市のモビリティ向け需要推計結果

札幌市のモビリティ向け需要推計結果

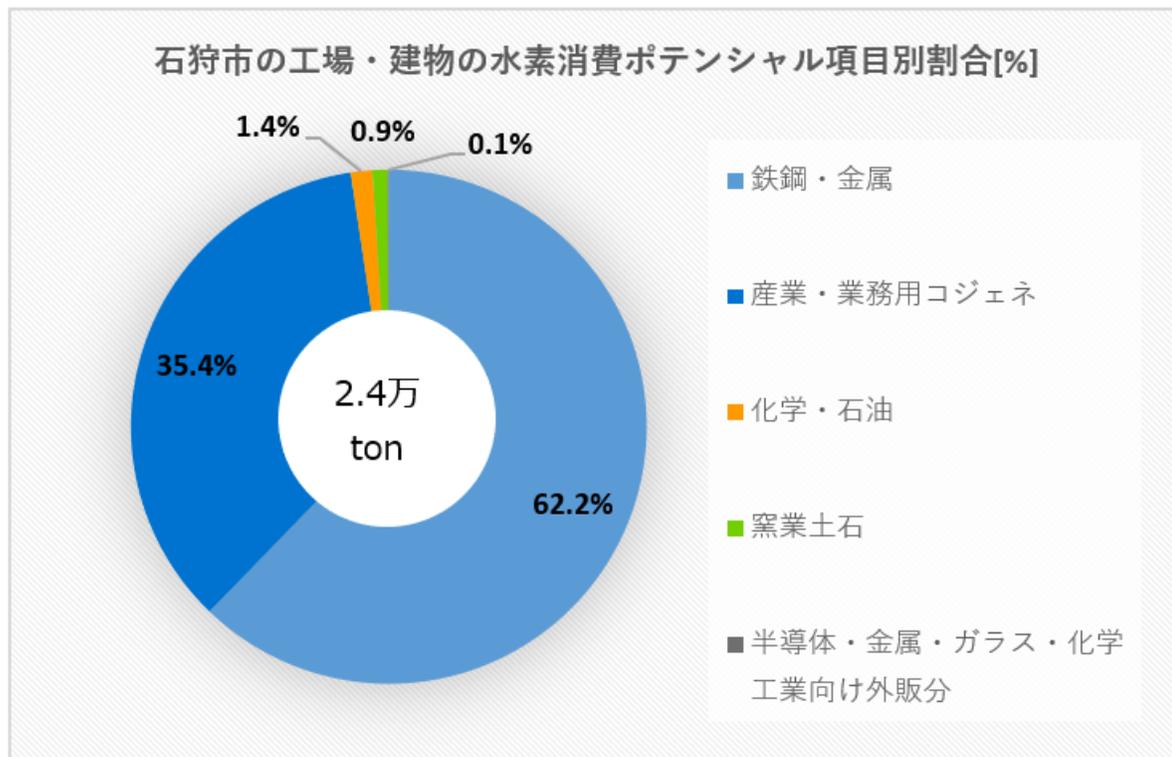


※航空機には市内ではないが札幌都市圏の主要空港である新千歳空港を含めている。

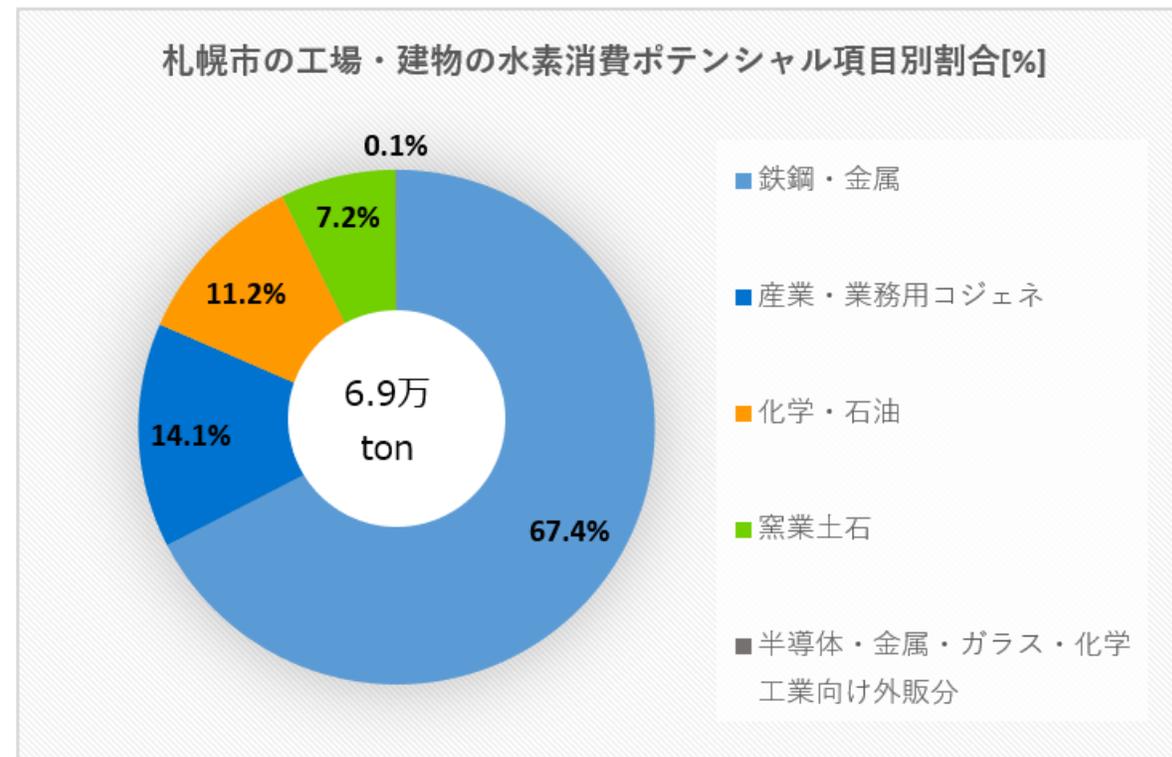
石狩・札幌地域水素需要推計（建物・工場）

- 各市公表情報や各種統計資料を基に石狩市および札幌市における建物・工場向け水素需要を推計した。
- 建物・工業等に対する水素需要ポテンシャルの推計結果は以下のとおり。

石狩市の建物・工場等の需要推計結果



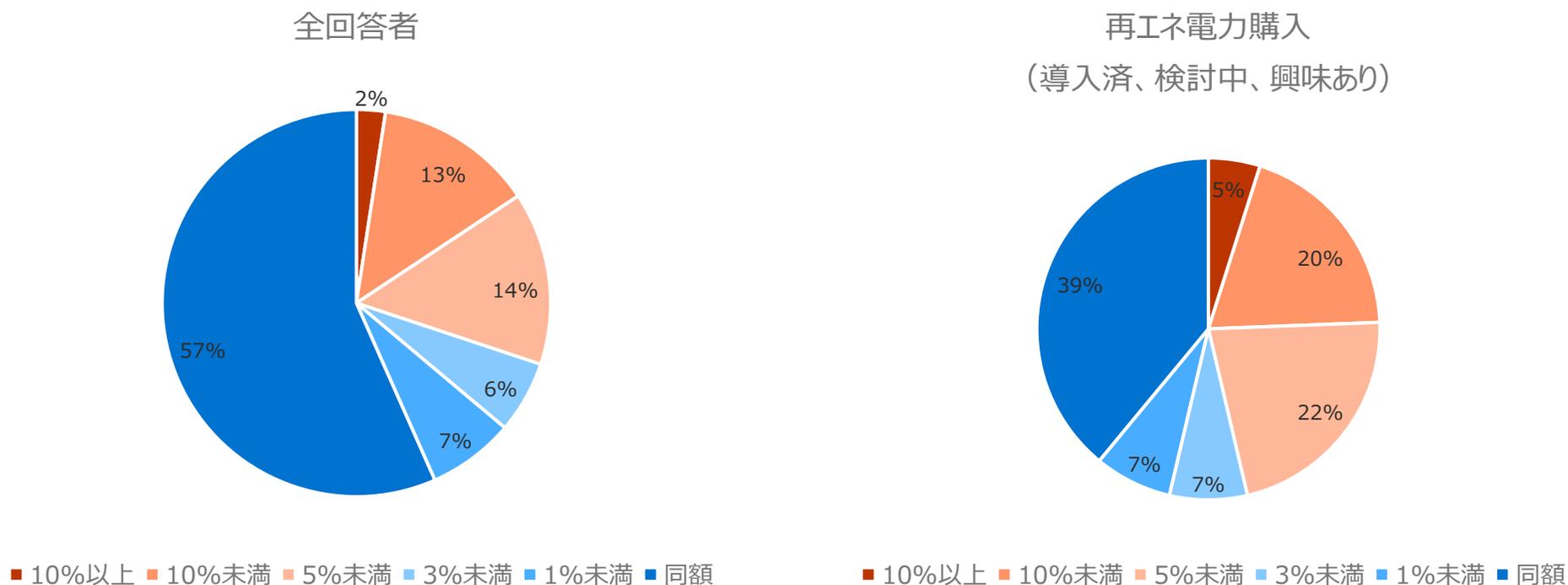
札幌市の建物・工場等の需要推計結果



水素導入における価格許容度（アンケート調査結果）

- 石狩市・札幌市・石狩湾新港企業団地連絡協議会の協力のもと、石狩・札幌地域の事業者に対して①脱炭素の取組み状況、②水素利活用に関する検討状況、及び③エネルギー消費実態についてアンケート調査を実施。460事業者に配布し、100事業者から回答を得た。
- 全回答者の57%が再エネへ切り替える際のコスト増は許容しないという回答であった。
- 価格許容が可能と回答した事業者の価格許容範囲は、10%以上と回答した少数派を除くと、3%以上～10%未満。

業種別価格許容度の分布



ユーザー期待水素価格（系統電力代替目的）



- アンケート結果より事業者が許容可能な水素価格は現行コスト +6%と想定し、系統電力を燃料電池で代替する場合を想定した水素引き渡し価格（輸送費込み）を試算。（廃熱利用含まず）
- 100万kWh以上使用の事業者で28.5円/Nm3、100万kWh未満の事業者で38.5円/Nm3と推定される。
- 今後、水素貯蔵コスト、契約電力量の削減によるコスト効果、廃熱の利用効果等を検証し、精緻化を行う。

	年間購入電力量 100万kWh未満	年間購入電力量 100万kWh以上
a 現行調達価格	25.2円/kWh	19.0円/kWh
b 許容価格 (+6%) $b = a \times (100\% + 6\%)$	26.7円/kWh	20.6円/kWh
c 発電原価（設備費） $c = \text{設備費} 36 \text{万円/kWh} \div \text{運転時間} (8760 \text{時間} \times 0.9) \times 15 \text{年} \times (100\% (\text{CAPEX}) + 10\% (\text{OPEX}))$	3.3円/kWh 設備費36万円*1、発電効率55% (LHV) *2、 設備利用率90%*3、耐用年数15年*4、OPEX（設備費の10%と仮定）	
d 発電原価（燃料費） $d = b - a$	23.4円/kWh	17.3円/kWh
e 水素供給価格目標 （輸送費含む） $e = d \times (\text{水素の低位発熱量} 10.78 \text{MJ/Nm}^3 \div 3.6 \text{MJ/kWh}) \times \text{発電効率} 55\%$	38.5円/Nm3	28.5円/Nm3

※水素利用に際して価格増を許容可能と回答した企業の7割が3%以上～10%未満の価格増を許容可能と回答していることから中央値の6%を設定

※1 CAPEX：30万円/kWh（産業用燃料電池の2025年政府目標価格）

※2 SOFC発電効率（LHV）：55%（産業用燃料電池の2025年政府目標：55%超より設定）

※3 設備利用率：90%（仮定）

※4 耐用年数：15年（産業用燃料電池の2025年政府目標：耐用年数13万時間超より設定）

ユーザー期待水素価格（都市ガス代替目的）

- ガスボイラーを水素ボイラーへと転換した場合を想定し、事業者が許容可能な水素引き渡し価格(輸送費込み)を試算した。
- 都市ガス年間使用量1万m³未満の事業者で60円/Nm³、年間1百万m³未満の事業者で30円/Nm³と推定される。
- 今後、改造費、貯蔵コスト等を検証し、精緻化を行う。

	年間100m ³ ～1万m ³	年間1万m ³ ～1百万m ³	年間1百万m ³ ～
a 現行調達価格	200円/ m ³	100円/ m ³	50円/m ³
b 許容価格 (+6%) $b = a \times (100\% + 6\%)$	212円/m ³	106円/m ³	53円/m ³
c 水素の発熱量 (高位) :	12.79MJ/Nm ³		
d 都市ガスの発熱量 (高位) :	45.0 MJ/Nm ³		
e 水素供給価格目標 (輸送費含む) $e = b \div (d \div c)$	60.1円/Nm ³	30.1円/Nm ³	15.1円/Nm ³

※水素利用に際して価格増を許容可能と回答した企業の7割が3%以上～10%未満の価格増を許容可能と回答していることから中央値の6%を設定

需要側の水素導入課題（ヒアリング調査結果）

- アンケート調査回答者の中から特に優先的な調査対象を抽出し、ヒアリング調査を実施した。
- 水素利活用に向けて、イニシャルコストの課題に加えて、**安定供給に関する懸念**の声が多かった。従来燃料と水素の**混焼設備の導入補助**を実施することで初期ユーザーの懸念を取り払うことを検討してはどうか。
- 特に雪による影響は水素に限らず物流網への影響も大きいため、本格的に水素を大量導入する際はパイプラインやその他手法の検討が必要と考えられる。

水素利活用に関してユーザーから挙げられた課題（ヒアリング調査結果の一部抜粋）

導入における課題

- ✓ 水素の利活用に関しては、イニシャルが高すぎるという印象。実際、提案された設備は非常に高価であった。**補助金**が使えたとしても、**現状の設備更新に係る費用と同程度まで下げられないと厳しい**。（エネルギー）
- ✓ **エンジン発電機など回転系の設備の場合騒音が気になる**。実際、騒音に関する苦情を受けたことがある。**燃料電池ならば騒音も少なく済むかもしれない**。（医療・福祉）

供給における課題

- ✓ 水素の供給の問題がある。輸送路を安定的に確保できるのかが心配。また、病院として設備を止めることができないという点でも、安定的な稼働は重要な要素。（医療・福祉）
- ✓ 札幌に限らず、北海道全体の話になるが、**雪の懸念もあり車両での水素輸送には不安**がある。（エネルギー）

調査全体で顕在化した主な課題と対応

分野	課題	対応
製造	余剰電力が間欠的に発生することに起因する水素製造設備の低い稼働率	風車・蓄電池等の洋上風力発電所設備の制御システム改造による余剰電力の平滑化等の検討
陸上輸送	エネルギー密度の低さと高い輸送コスト	効率の良いオペレーションの検討
海上輸送	石狩⇔本州では冬季の波浪による航行不能の懸念	苫小牧⇔本州の利用も検討
	危険物接岸荷役許容量の制限（港則法）	緩和措置の可能性検討
	コンテナターミナル内における高圧ガス貯蔵制限	港頭地区での貯蔵所の確保の検討
	液化水素・圧縮水素・液化アンモニア・MCHの各品目ごとに、性質・法令により輸送課題と輸送容器の調達コストが異なり、将来のシナリオによって最適解が異なりうる。	製造と利活用の検討を踏まえながら、コストと効率のバランスを考慮のうえ、水素キャリアの最適解となる品目を検討する。
利活用	水素需要の掘り起こし（設備費の低減、機器実績及び安定供給に関する顧客懸念解消等）	公共需要及び民需喚起策に関する地元行政との協議・連携、先行需要家候補企業との協議
	FCバス・FCトラック・FCリフト等の寒冷地対応	自動車／荷役機器メーカーとの協議
	都市部における水素の貯蔵	監督官庁との協議、水素吸着合金等の技術検討等

ご清聴ありがとうございました。



地球の恵みを、社会の望みに。

