

下水道資源を活用した 水素製造・販売・供給体制整備検討調査



青森県弘前市
平成27年2月5日

弘前市の概要

位置	東北地方 青森県の南西部
面積	約524km ²
人口	183,473人(H22国勢調査、青森県第3位)
世帯数	70,142世帯
地勢	岩木山、八甲田山、世界遺産白神山地に囲まれた盆地
気象	平均気温:10.2℃、年間降水量:1,183mm 夏が短く冬が長い、日本海型気候
主要産業	りんご栽培 (日本一の生産量 約18万トン、日本の約21%)
観光	弘前城、弘前さくらまつり、弘前ねぷたまつり
地場産業	津軽塗、こぎん刺し



問題意識：東日本大震災で実際に供給停止を経験し、エネルギー供給の外部依存への危機感が強い。

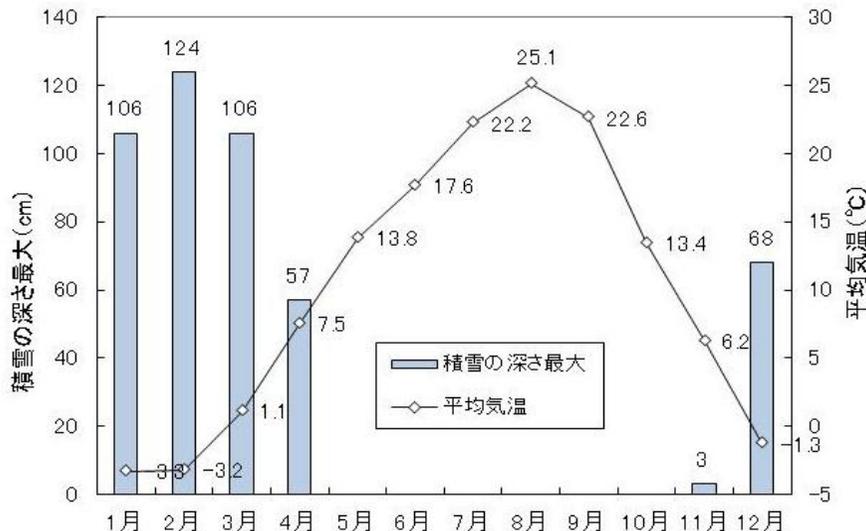
- 東日本大震災により、弘前市では地震による直接の被害は少なかったものの、電気復旧に2～3日、ガソリン、灯油などの燃料は長期間出荷停止となり、市民生活に甚大な影響を及ぼした。

積雪寒冷地であり、

- 冬季の気温は氷点下となり、冬季のエネルギー供給停止は市民の生命に関わる
- 本州最北の立地に加え、積雪が支援の障害となり孤立のリスクは高い。

エネルギー供給の多くを外部からの供給に頼っている
 青森県の世帯当りの灯油使用量は**全国1位**
 東北管内の乗用車年間走行距離は**全国トップクラス**

■ 弘前市の平均気温と積雪の深さ



■ 青森県内のエネルギー供給割合



■ 弘前市のエネルギー供給状況

ガス	<ul style="list-style-type: none"> 日本海側よりローリー車で供給を受ける
石油	<ul style="list-style-type: none"> 最終的には海外に依存
電気	<ul style="list-style-type: none"> 近隣には大規模な発電所がない 大規模な発電所は離れている 市より60km 能代火力発電所(120万kW、秋田) 90km 八戸火力発電所(25万kW) 100km 東通原子力発電所(110万kW)

弘前型スマートシティ構想

目的：地域資源を活用したエネルギー地産地消まちづくり

- 地域の資源を活用し、地域の自立したエネルギー供給体制を実現したい。
- 地域内には豊富な資源が存在するが、十分に活用できていない。

■ 弘前市及び周辺地域の自然エネルギー、未利用エネルギー

市内	下水汚泥、廃棄物、リンゴの剪定枝 等
周辺部	風力、波力、森林バイオマス 等



風力



波力



森林バイオマス



■ 利用の課題

自然エネルギー・未利用エネルギーには地域的な偏在や季節・時間変動があり、安定した利用が難しい

地域の需給ギャップ

- 風力発電適地等は特に半島部に集中しているため、人口が多く需要の高い地域とは距離がある。

季節・時間の需給ギャップ

- 自然エネルギーから得られる電気には季節変動が存在し、需要が高まる冬季に集中して得られるわけではない。
- 特に夏季にはエネルギー需要が低いことから、余剰電力が発生しやすい。
- また、自然エネルギーから得られる電気は、数分で変化する不安定な電気であるため電力網への影響が懸念される。

◆プロジェクトの全体像

- 「くらし」「エネルギー」「ICT」分野の8つのプロジェクトにより弘前型スマートシティを実現
- 実施に際しては、事業性の評価と継続的な検証を行い、弘前型スマートシティを確実に、効率的に実現することをめざす
- これらの他、時代とともに進歩する技術も柔軟に取込みながら継続して進めていく

くらし

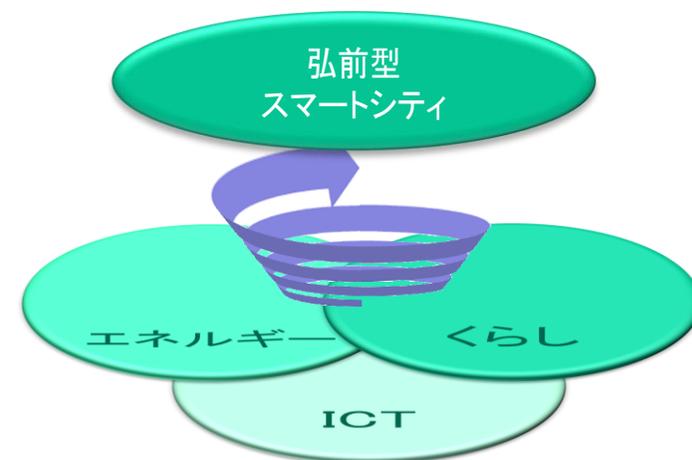
- ・ 融雪推進・快適外出プロジェクト
- ・ 快適住環境プロジェクト
- ・ 雪資源活用プロジェクト

エネルギー

- ・ エネルギーセキュリティ向上プロジェクト
- ・ 地域主導型エネルギー供給体制構築プロジェクト

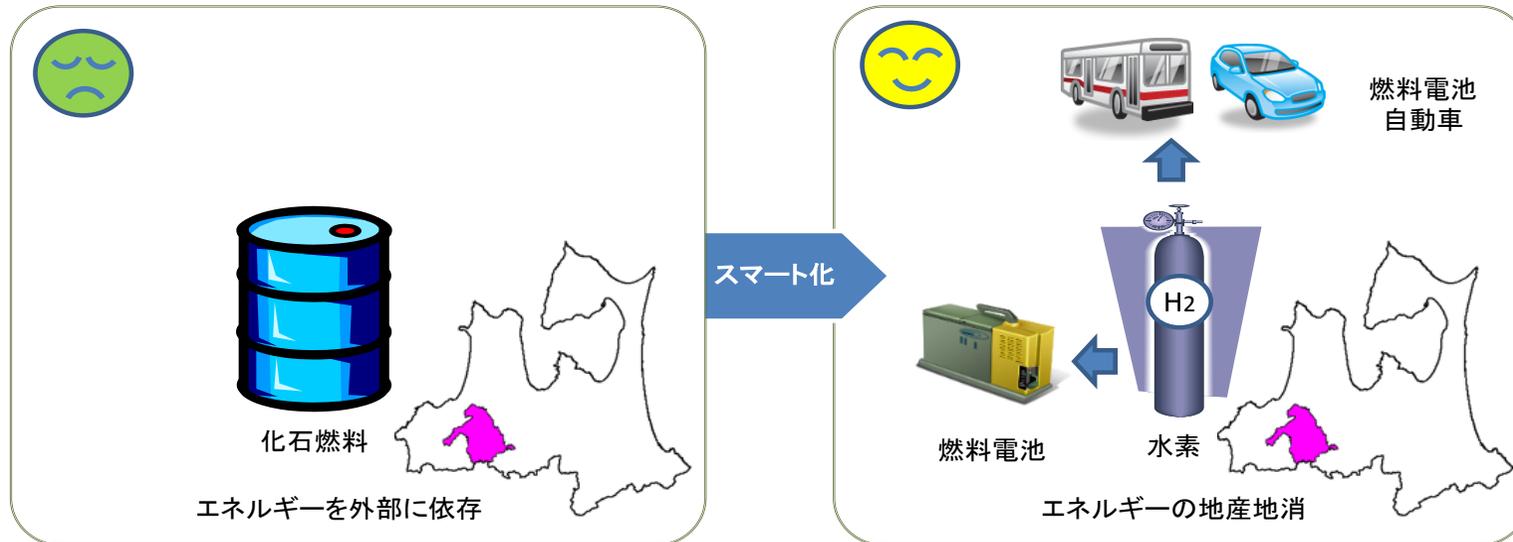
ICT

- ・ ICTによる情報共有プロジェクト
- ・ ICTによる「地域の知と智」活用・創成プロジェクト
- ・ スマート観光都市実現プロジェクト



地域主導型エネルギー供給体制構築プロジェクト

- エネルギーを外部からの供給に頼っている化石燃料消費社会から、津軽地方の豊富な再生可能エネルギー、未利用エネルギーにより製造したグリーンな水素エネルギーを利用する社会へ移行
- エネルギーの地産地消による資金の地域還流(雇用創出)とエネルギー供給体制の構築を図る

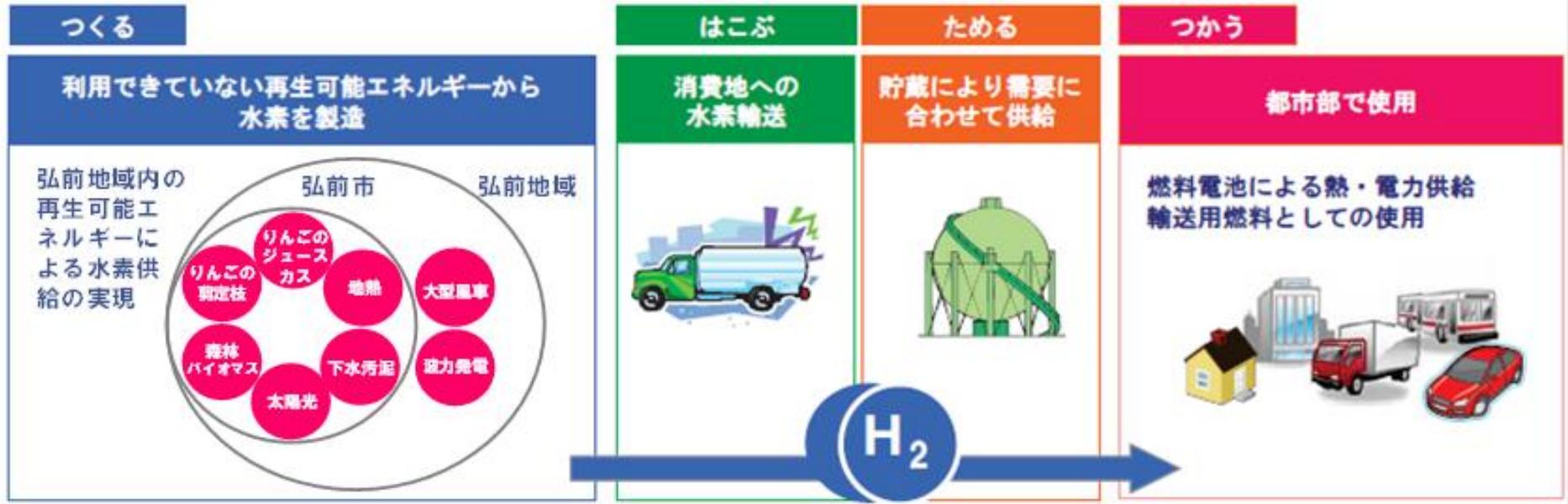


- ・再生可能エネルギー、未利用エネルギーにより製造したグリーンな水素エネルギーを利用するしくみを構築
- ・エネルギーを外部に依存している化石燃料消費社会から、地産地消のグリーンな水素エネルギーを利用する社会へ移行

(国土交通省 平成24年度まち・住まい・交通の創蓄省エネルギー化モデル構築支援事業)

つがるグリーン水素プロジェクト

弘前市および周囲市町村と連携し、近年、新たな燃料として注目を集めている水素燃料を日本海沿岸の風力および波力、弘前市内の下水汚泥等の地域資源から製造し、弘前市まで輸送し、貯蔵・利用する。



- 特徴**
- ① 地域の需給ギャップ、季節・時間の需給ギャップを水素を活用することにより解消する取組みである。
 - ② 地域の自然エネルギー・未利用エネルギーから水素を製造する取組である。
 - 工場の副生水素を前提とした取り組みではなく、あらゆる地域に適用可能
 - ③ 積雪寒冷地の厳しい環境下で燃料電池を運転する取組みである。
 - もっとも厳しい環境下で燃料電池を実証することにより、他地域にも適用可能

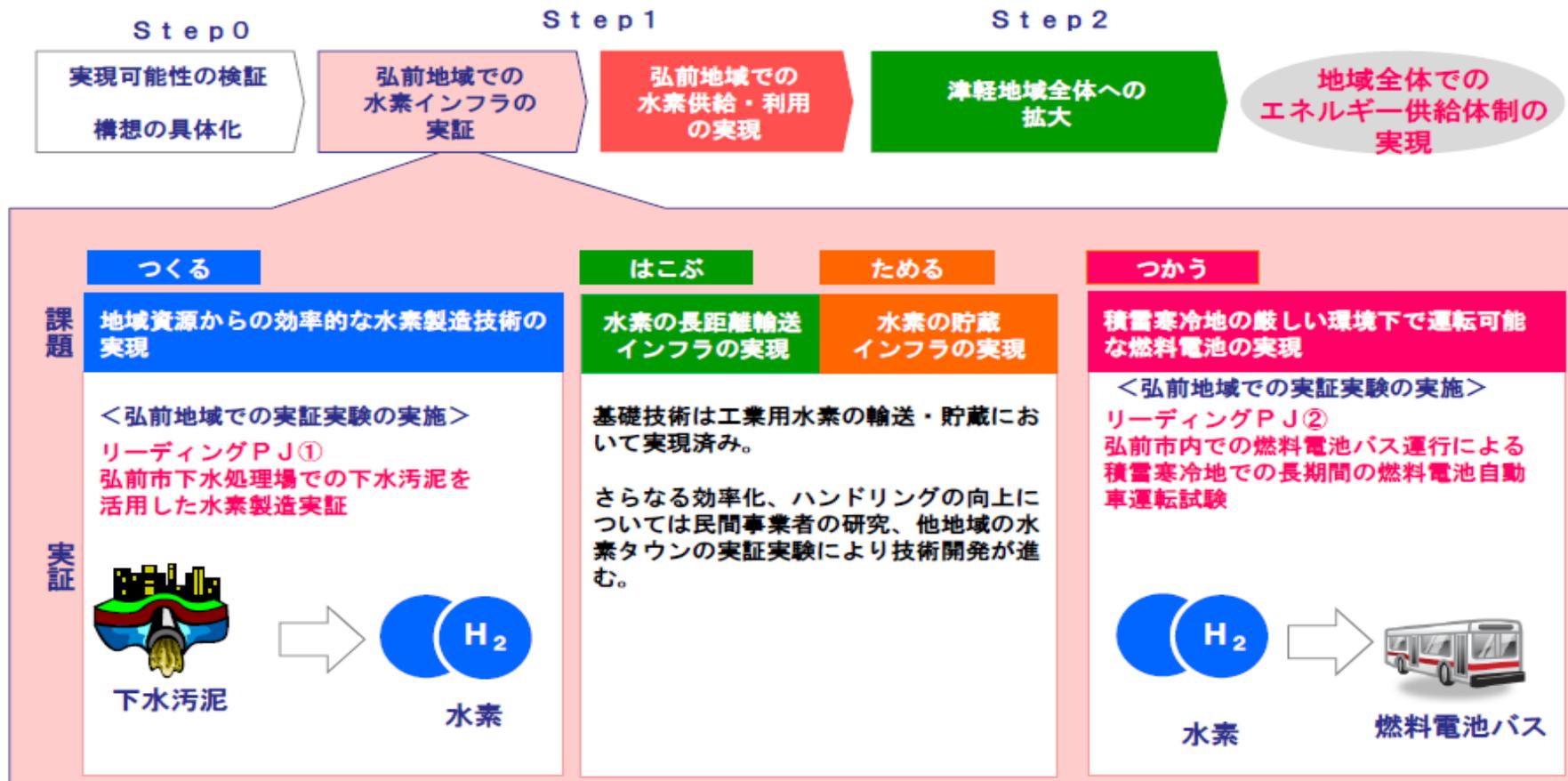
つがるグリーン水素プロジェクト

下水道資源を活用した水素製造・販売供給体制整備検討調査

(国土交通省 平成24年度まち・住まい・交通の創蓄省エネルギー化モデル構築支援事業)

下水汚泥を活用した水素製造・供給・利用の実証

東北大学と連携し、従来の製造技術よりも低コストで、簡易に高純度の水素を製造できる技術を用いた水素製造等を実証



下水汚泥からの高純度水素直接製造の連続式プロセスの設計・開発

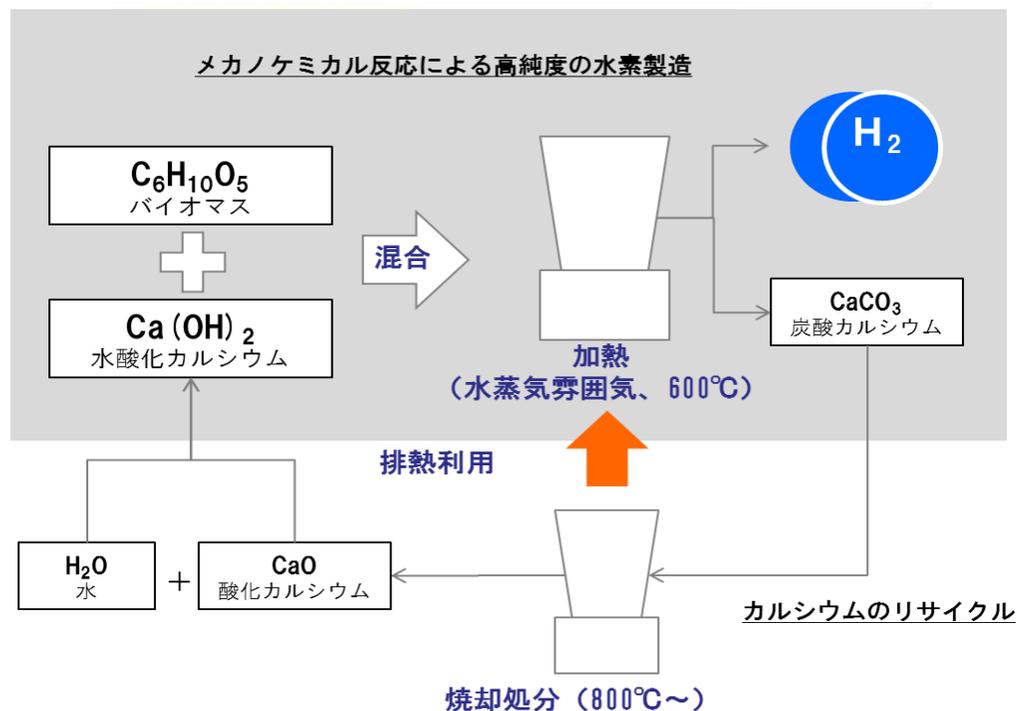
(NEDO 戦略的次世代バイオマスエネルギー利用技術開発事業)

○ 事業の目的・狙い

東北大学の持つ下水汚泥からの水素製造技術の実用プラント化に向けた研究を東北大学、プラントメーカーと協力して行う。

○ 調査内容

下水道汚泥から高純度水素直接製造の連続式プロセスの設計・製作を行い、水素製造に及ぼす混合物量ならびに操作因子の影響を明確化し、実用プラントの設計に対する研究開発を行う。



○ 実施体制

実施主体： 国立大学法人東北大学
株式会社大和三光製作所

協力： 弘前市



目的

弘前市のエネルギー供給については、東日本大震災を経験し地域でのエネルギー自給の重要性を痛感したことから、エネルギーの輸送・貯蔵が可能な水素に着目し、弘前地域の豊かな再生可能エネルギー資源から製造するグリーン水素を地域の次世代エネルギーとして推進している状況にある。

このような状況の中、本調査では、下水汚泥を次世代エネルギー資源として活用し、水素を製造・販売することにより下水汚泥の処理費用を削減できる可能性に着目し、水素という現時点で社会への普及段階にあり今後普及が進むと期待されるエネルギーの販売事業における官民連携手法の導入可能性の検討を行う。

処理施設の概要

■現況

- ・弘前市下水処理場及び青森県岩木川浄化センターが別系統で下水処理を実施。
- ・平成26年度を目途に岩木川浄化センターに処理統合
- ・処理量の大半は弘前市

■岩木川浄化センター概要(本調査の対象施設)

- ・最新の事業認可:平成24年2月。全体計画7,925ha、事業認可6,540ha
- ・処理人口 :全体計画235,600人、事業認可192,640人
- ・水処理方式 :標準活性汚泥法
- ・汚泥処理方式 :遠心濃縮後に汚泥脱水器で含水率を減らし、焼却炉で水分を除去した後セメント原料へ利用
- ・計画処理量 :全体計画 日最大115,300m³、事業認可 日最大94,200m³
- ・平成23年度の年間処理水量は1,860万m³、汚泥量は(脱水ケーキ)1.5万t
- ・弘前市下水処理場との統合後は年間処理水量2,900万t、汚泥量2.1万tを計画

■下水処理施設のエネルギーセンター化の将来構想

- ・青森県は、岩木川浄化センターの施設更新計画策定を平成30年より開始予定。
- ・弘前市では施設更新に合わせた、下水汚泥を活用した水素製造・販売を構想。
- ・今後、事業の実現性や効果等を検証し、流域自治体間の合意形成を目指す。



下水道資源を活用した水素製造・販売供給体制整備検討調査

下水道資源を活用した水素製造・販売・供給体制整備検討調査

(国土交通省総合政策局官民連携政策課 平成25年度先導的官民連携支援事業)

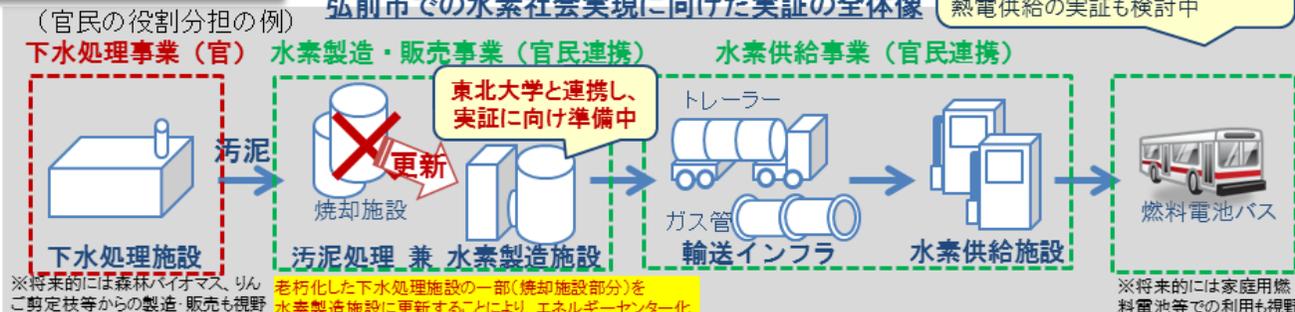
公共施設である岩木川浄化センターより排出される年間約15,000tの下水汚泥から水素を製造し、その販売から供給・利用に至るまでの事業を行うに当たって、官民連携の手法および導入の検討を行うもの。

新たな官民連携事業として検討すべき内容

市内の循環バスに導入を予定
病院等での大規模燃料電池による
熱電供給の実証も検討中

弘前市での水素社会実現に向けた実証の全体像

- 下水汚泥を活用した水素の製造・販売は、下水道事業としては全国初の試み。
- 従来の手法(メタン発酵、固形燃料化等)に比べて高度な技術が求められるため、民間ノウハウを積極的に活用する必要。また、水素の販売益により下水処理費用の削減効果を期待。
- 水素の製造・販売段階のみならず、供給段階、利用段階も含めた流域自治体全体での官民連携スキームを構築し、水素を核とした新たな地域づくりを目指す。



検討① 社会への普及前段階の事業における官民連携事業導入の検討

(市場性が未確定、事業実施時のリスクが不明であることから民間事業者の参入が困難)

課題①-1 事業開始時点では十分な民間需要が存在しないため 需要の創出を含めた官民連携が必要

検討事項

- 事業スキーム(最適システム、事業主体)
- 想定される課題・リスク、法的課題の整理
- 民間事業者の参入が可能な条件(必要な官による支援等)
- 官民連携による需要創出(燃料電池バスの導入等)

課題①-2 水素供給インフラの整備を一体的に実施することが必要

検討事項

- インフラ整備(水素供給施設等の設置、運営)に係る官民の役割分担のあり方

検討② 下水道資源を活用した水素製造・販売の官民連携事業の検討

課題② 下水処理工程の一部を水素製造に換えるため、下水処理と水素製造の分離が困難

検討事項

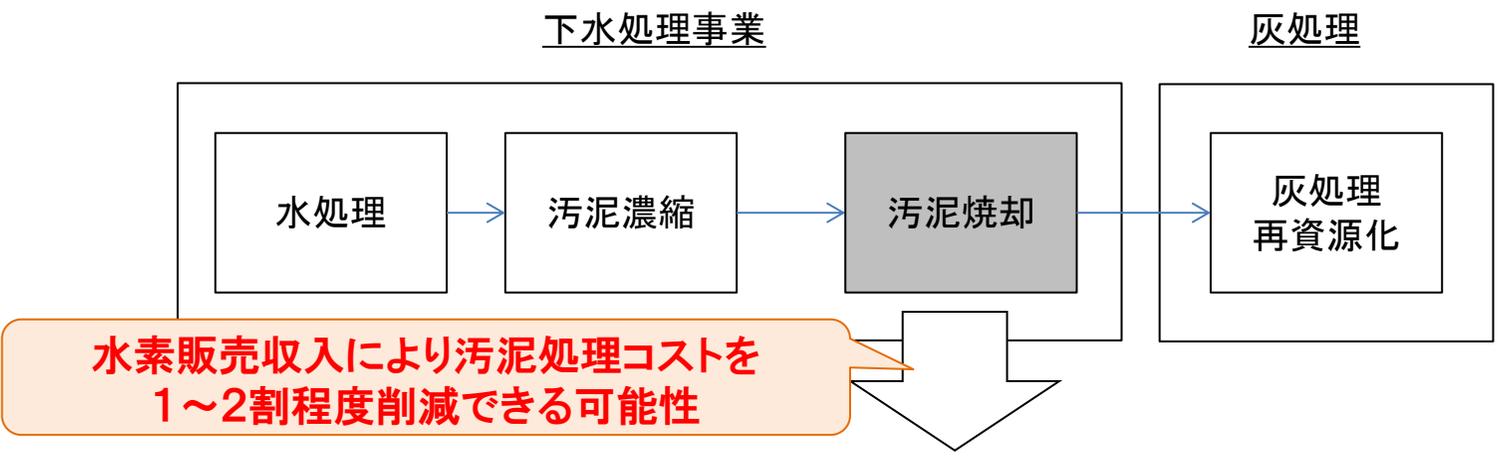
- 官民の役割分担、適用するPPPの事業手法
- 下水処理とエネルギー製造の会計の分離
- 利益配分、リスク分担、法的課題

課題①-3 水素利用の社会への普及の進展に合わせた、官民の役割分担の段階的移行が必要

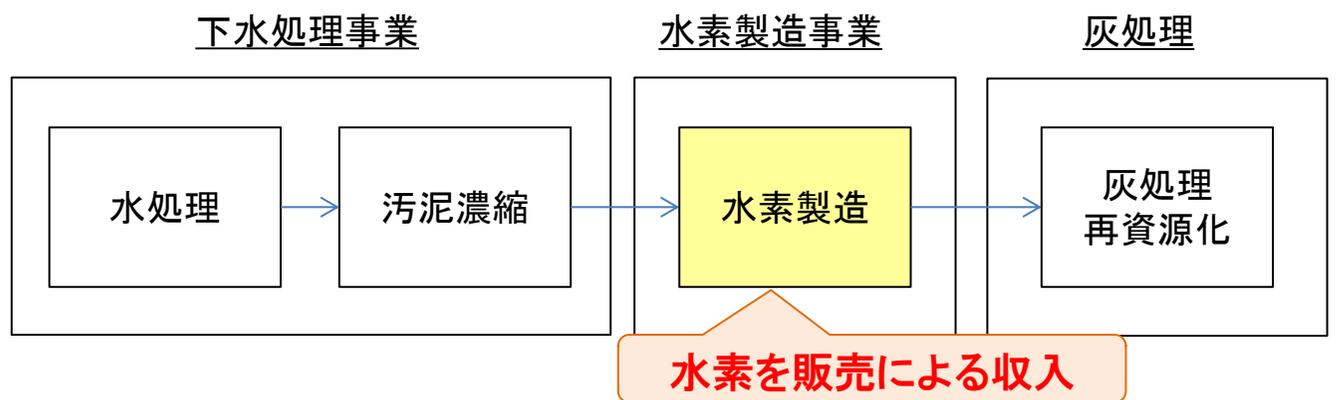
水素製造事業の概要

- 汚泥焼却施設の更新(平成30年より計画策定予定)に合わせ、汚泥を原料として水素を製造する設備を導入、水素製造・販売事業を実施する。
- 汚泥からの水素製造・販売事業の実現により、汚泥の処理コストが削減される可能性がある

現行
= 汚泥の焼却処理

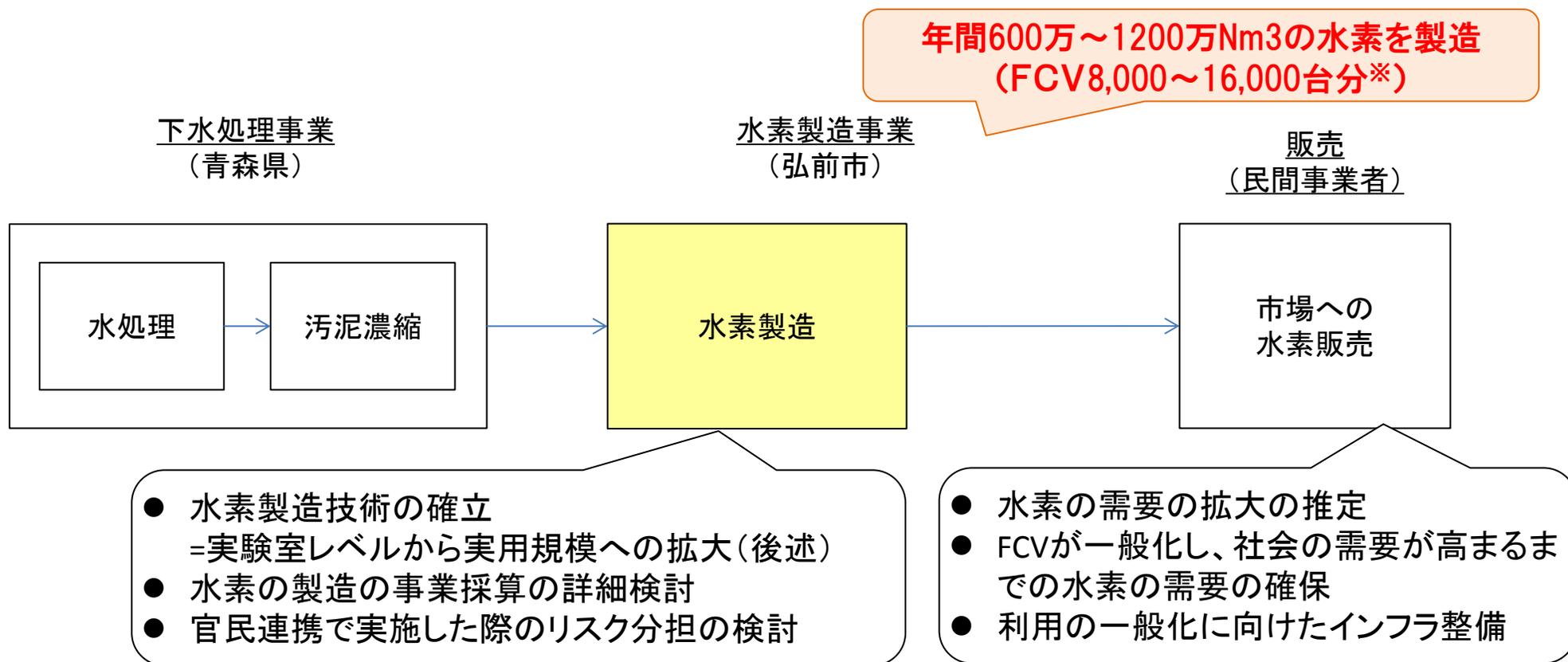


将来像
= 汚泥から水素を製造



水素製造事業実現に向けた課題

- 水素の製造技術、水素の利用インフラの整備等、事業開始以前に解決が必要な課題が存在する。
- 将来の需要拡大を想定した投資であり、リスク管理のための将来推定、官での一定の需要創出が重要となる。

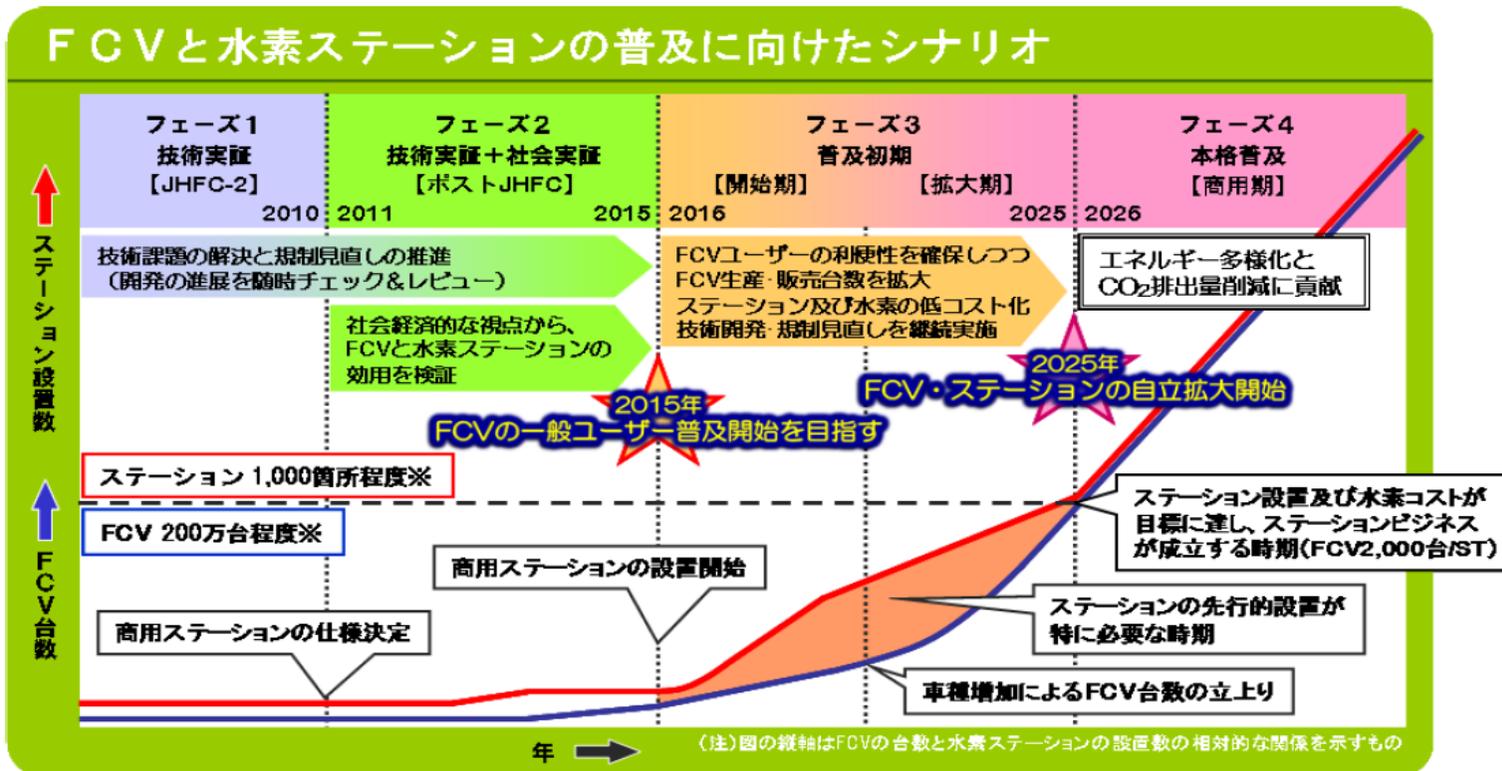


(参考) 水素利用普及の見通し

- 政府、民間事業者ともに今後燃料電池自動車の普及拡大を目指しており、地域のエネルギーインフラとして水素需要の拡大が見込まれる。
- 2015年より燃料電池自動車(FCV)が市場投入される予定。

2011年1月13日自動車会社3社、エネルギー事業者10社「燃料電池自動車の国内投入と水素供給インフラ整備に関する共同声明」

※ 経済産業省も同日に事業者の共同声明が国のエネルギー基本計画の趣旨に合致するものであり、経済産業省としても2015年の市場導入開始並びにその後の全国的な普及拡大に協力する旨の発表がなされている



※前提条件: FCVユーザーのメリット(価格・利便性等)が確保されて、順調に普及が進んだ場合

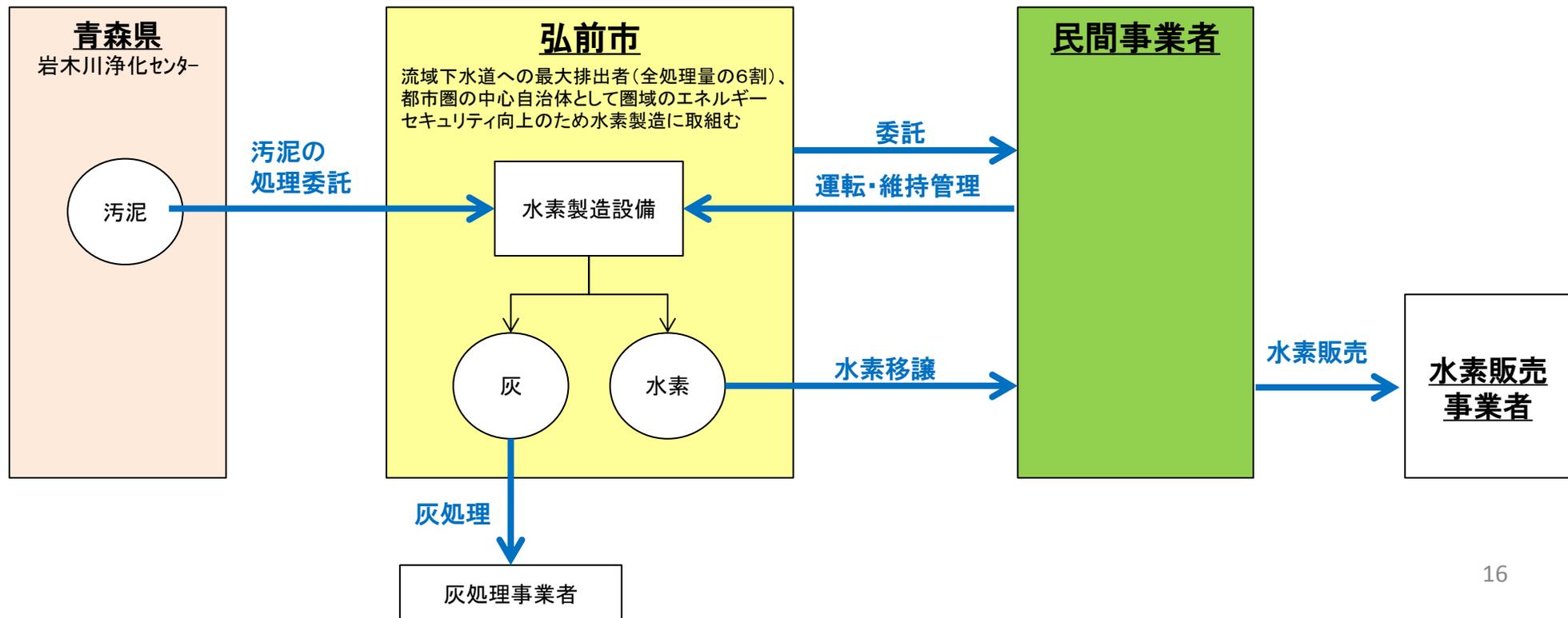
想定される事業形式の特徴

事業方式	公設公営	公設 + 指定管理	DBO	BTO	BOT	民設民営
メリット	<ul style="list-style-type: none"> ・公共が直接コントロールできる ・政策変更等への対応がスムーズ 	<ul style="list-style-type: none"> ・公共が設備整備を担うため、DBOに比べ民間のリスクが小さい ・運営を民間事業者に委託するため民間のノウハウを活用した円滑で効率的な運営が期待できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・設計段階から運営までを一体的に民間事業者に委託することにより、運営を考慮した施設設計ができ、効率的な運営が期待できる。 ・公共が設備整備を行うため政策変更への対応が容易 ・公共が資金調達を行うため、資金調達コストが低い ・資金調達を公共が行うため、小規模事業者の参画余地が高まる 	<ul style="list-style-type: none"> ・設計段階から運営までを一体的に民間事業者に委託することにより、運営を考慮した施設設計ができ、効率的な運営が期待できる。 ・民間が資金調達を行うことにより、民間金融等からのモニタリング機能が働きやすい 	<ul style="list-style-type: none"> ・設計段階から運営までを一体的に民間事業者に委託することにより、運営を考慮した施設設計ができ、効率的な運営が期待できる。 ・民間の自由度が高く、創意工夫を發揮しやすい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・民間のノウハウが最も活用でき、効率的な運営が期待できる。 ・公共のリスクを最小化できる
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ・事業運営に必要なノウハウやチャンネルがない ・効率化が進まず、高コストになりやすい 	<ul style="list-style-type: none"> ・施設の設計・建設と運営を行う事業者が異なるため、運営に合わせた設備の創意工夫が行えない ・問題が生じた際に、施設の設計・建設と運営どちらに責任があったかを特定する必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・運営の要求水準に合わせて民間事業者が施設の設計を行うため、発注段階より運営の要求水準を定めることが必要となり、発注に時間を要する。 ・公共が資金調達を行うため、民間金融機関等によるモニタリング機能が働きにくい 	<ul style="list-style-type: none"> ・運営の要求水準に合わせて民間事業者が施設の設計を行うため、発注段階より運営の要求水準を定めることが必要となり、発注に時間を要する。 ・政策変更への対応が困難 ・資金調達を民間が行う必要があり、資金力がないう事業者の参入は困難 ・民間が資金調達を行うため資金調達コストが高い 	<ul style="list-style-type: none"> ・運営の要求水準に合わせて民間事業者が施設の設計を行うため、発注段階より運営の要求水準を定めることが必要となり、発注に時間を要する。 ・政策変更への対応が困難 ・設備を事業終了まで民間が保有することになり、BTOよりもさらに資金力が重要となる ・民間が資金調達を行うため資金調達コストが高い 	<ul style="list-style-type: none"> ・政策変更への対応が困難 ・民間事業者の経営判断により、事業が継続されない可能性がある。

実施を検討する事業のスキーム

- 県からの汚泥の処理委託費と水素の販売収益で独立採算化を目指す。事業の運営はPFI方式で民間事業者を活用することを想定。
- 汚泥からの水素を製造技術は現時点で未確立であり、民間ノウハウを活用して水素製造効率改善を実現する、官民連携した取組みが必要。

- ・民間事業者が下水処理場の敷地内に施設を整備
- ・県からの汚泥処理費用、水素販売収益をもって独立採算化することを目指す
- ・事業形式は汚泥を扱う許認可、補助金活用、税制等よりBTO方式を想定



定量的評価（VFMの試算）

- VFM(Value for Money)とは、PFI事業における最も重要な概念の一つで、支払い(Money)に対して最も価値の高いサービス(Value)を供給する考え方
- 従来の方式と比べてPFIの方が総事業費をどれだけ削減できるかを示す割合

試算条件

		PSC	LCC (公設+指定 管理)	LCC (BTO)
施設設計・建設	施設規模	汚泥(含水率80%) 50t/日		
	整備期間	3年		
	整備費	800,000千円	760,000千円 5%削減 (既存焼却炉PFI実績より仮定)	
	資金調達	地方債起債100% 償還利率2.0%	民間資金調達 金利 3.5%	
運営維持管理	事業期間	15年		
	運営・維持管理費	500,026千円/年	475,025千円/年 5%削減 (既存の焼却炉PFI実績より仮定)	
	収入	240,000千円/年 40円/Nm3で60,000千Nm3販売した場合を想定		
その他	割引率	4.0%		
	実効税率	消費税5.0%	消費税 5.0% 国(法人税) 30.0% 都道府県(事業税)9.6% 都道府県(事業税)5.0% 市町村(住民税) 12.3%	

$$VFM = \frac{PSC - LCC}{PSC}$$

PSC(Public Sector Comparator) :
公共自らが事業を実施する場合の事業期間全体を通じた公共財政負担の見込み額のこと。

LCC(Life Cycle Cost) :
プロジェクトにおいて、計画から維持管理、運営、事業終了までの事業全体にわたり必要なコストのこと。PFI方式を導入した場合のコスト。

試算結果

	公設+指定管理	PFI(BTO)
PSC	3,484,236千円	
LCC	3,224,765千円	3,162,610千円
VFM 財政負荷削減額 財政負荷削減率	259,471千円 7.45%	321,626千円 9.23%

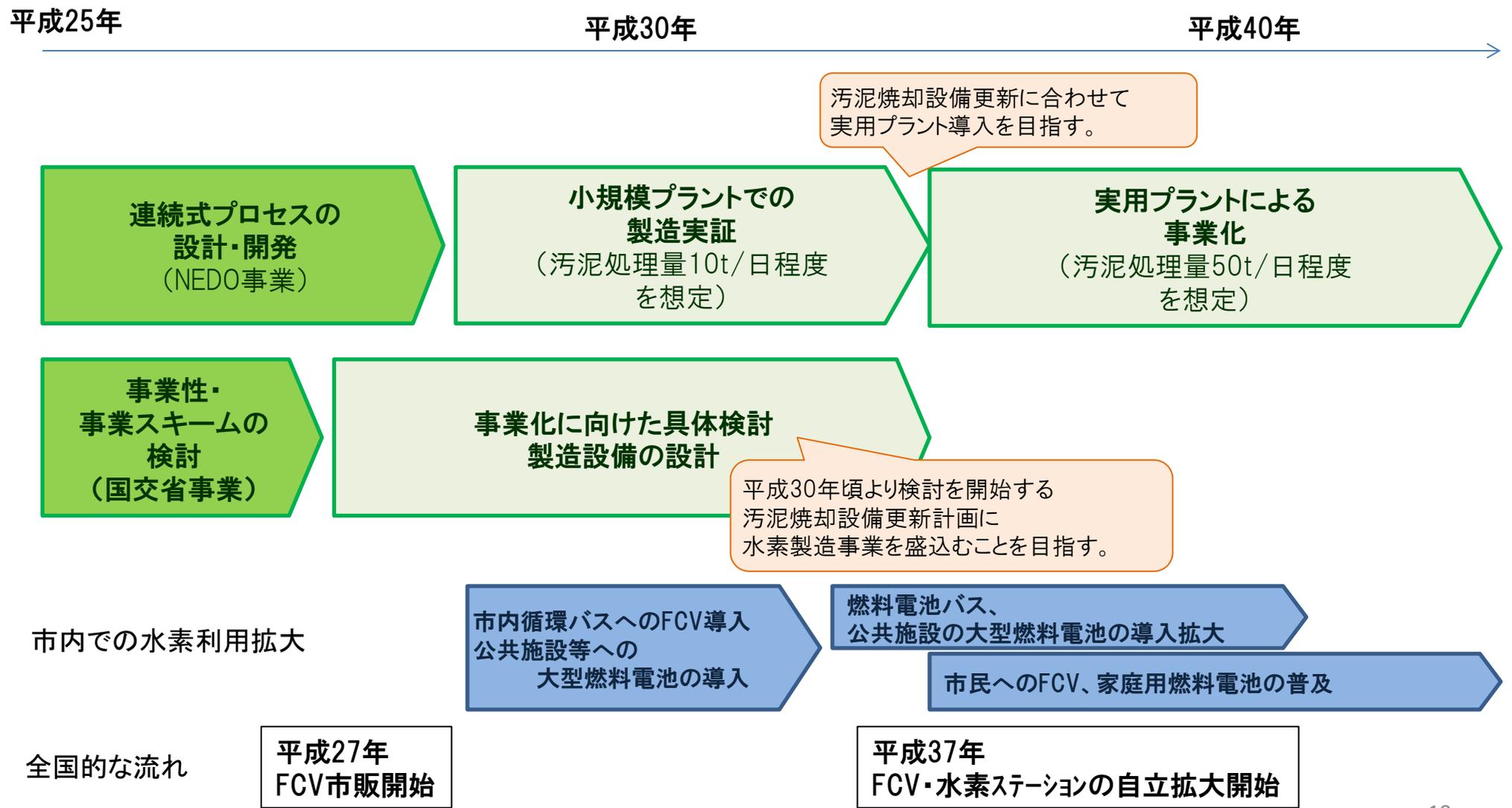
水素製造事業特有のリスク

- 水素は現時点で需要が確立していないエネルギーであり、リスクが高い。地域のエネルギーセキュリティ確保の観点から行政による一定のリスク負担を検討することが必要。
- 主要なリスクは、「販売先となる水素需要の確保ができるか」と「技術が確立し、想定通りの製造が可能であるか」である

水素製造特有のリスクとリスク分担の例

項目	リスクの内容	分担案	リスク分担の考え方
製造技術の不備等	試運転・引渡性能試験の結果、要求水準書で規定した性能事項未達によるコスト増大、遅延リスク	民 (官)	<ul style="list-style-type: none"> ・原則として設計・施工業務を行う民間事業者で負担を行う。 ・これまで前例のない技術の利用を指定しているため、民の設計等に起因しない部分については官で負担することも検討が必要。
市場環境の変化	水素製造設備に関連する安全基準が変更となった場合の追加の設備投資発生リスク	官	<ul style="list-style-type: none"> ・官が主としてリスクを負う
	水素製造に対する住民の理解が得られず、計画通り事業が開始できないリスク	官	<ul style="list-style-type: none"> ・水素社会の実現を目指す市側でリスクを負担する。 (対応) 水素の安全性周知に努め住民の理解醸成に努める。必要に応じて追加の安全対策を実施する。
	市内の水素需要が想定通り伸びなかったことに起因する、水素の売れ残りのリスク	官 (民)	<ul style="list-style-type: none"> ・事前に一定の許容範囲を取り決め、その範囲については民間事業者の負担とする。
	技術革新により、他手法による水素製造単価低下による卸売価格の大幅下落のリスク	官 (民)	<ul style="list-style-type: none"> (対応の例) ・民間事業者が他地域への販売も含めて販売先を探す。 ・水素の余剰分は、官での需要の追加創出や施設内での大型燃料電池導入による水素発電・売電により消費を行う。想定収益との差額についてはサービス対価として行政が負担。

実現にむけたイメージ





弘前市マスコットキャラクター
たか丸くん

ご清聴ありがとうございました