

弘前地域の資源を活用したエネルギー地産地消まちづくり構想 ～グリーン水素へのエネルギー変換による「つくる」「はこぶ」「ためる」の実現～

対象地域	青森県弘前市
代表提案者	弘前市
協同提案者	
対象分野 (まち・住まい・交通)	まち・住まい・交通

【1 構想策定の背景・目的】

1.1 問題意識

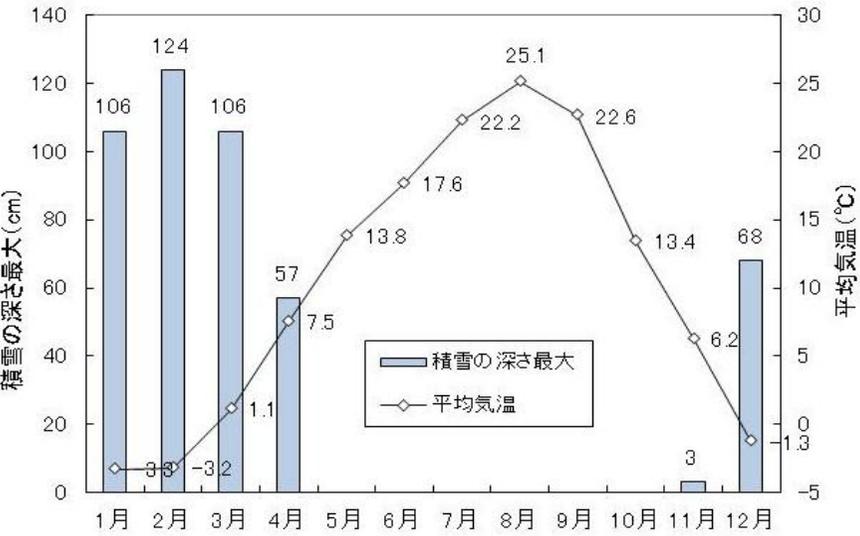
問題意識：東日本大震災で実際に供給停止を経験し、エネルギー供給の外部依存への危機感が強い。

- 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、

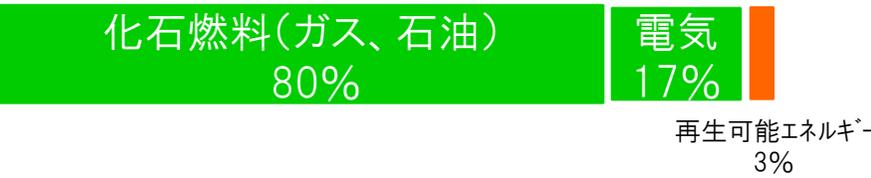
- 冬季の気温は氷点下となり、冬季のエネルギー供給停止は市民の生命に関わる
- 本州最北の立地に加え、積雪が支援の障害となり孤立のリスクは高い。

■ 弘前市の平均気温と積雪の深さ



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<ul style="list-style-type: none">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)

【1 構想策定の背景・目的】

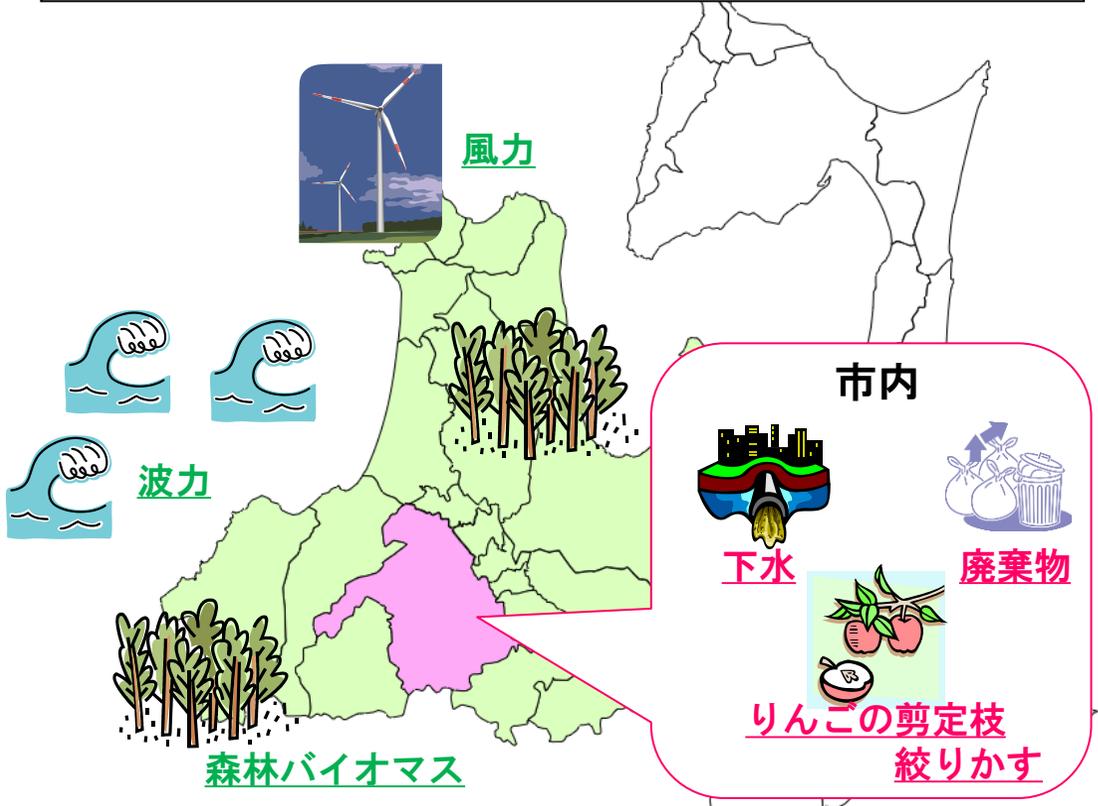
1.2 目的

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



■ 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。

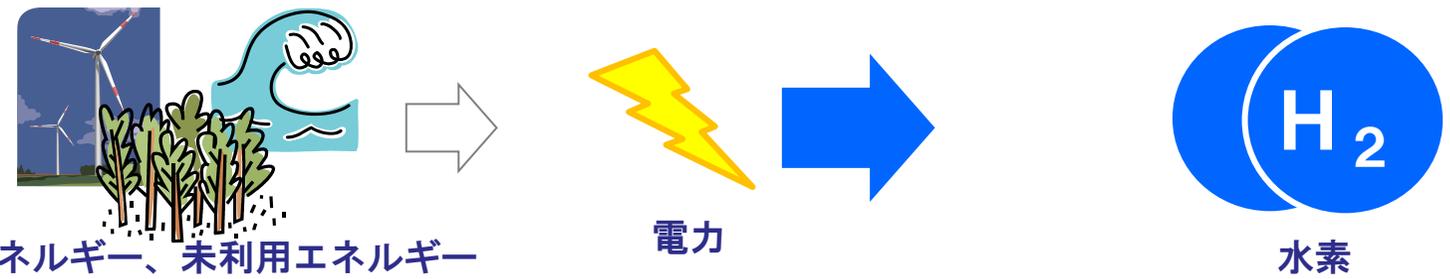
季節・時間の需給ギャップ

- 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悪影響が懸念される。

【1 構想策定の背景・目的】

1.2 目的

水素への変換により、エネルギーの運搬・貯蔵を実現し、地域・季節の需給ギャップを解消



自然エネルギー・未利用エネルギーから製造された電力はエネルギーの輸送、エネルギーの貯蔵が困難

水素への変換によりエネルギーの輸送、貯蔵を実現

地域の需給ギャップの解消

≡ エネルギーの輸送

- 輸送のためには送電線の敷設が必要であり、大規模な投資が必要となる。
- 系統へと流すためには系統に変動が生まれ、安定化のための負担がかかる。

季節・時間の需給ギャップの解消

≡ エネルギーの貯蔵

- 電力は貯蔵することが難しい。貯蔵のためには大規模な蓄電池等の整備が必要となり現実的ではない。

つくる

- 水の電気分解等により、製造可能

はこぶ

- 化石燃料同様に、トラック・鉄道輸送が可能
- 大量供給ルートではパイプラインによる輸送が可能。

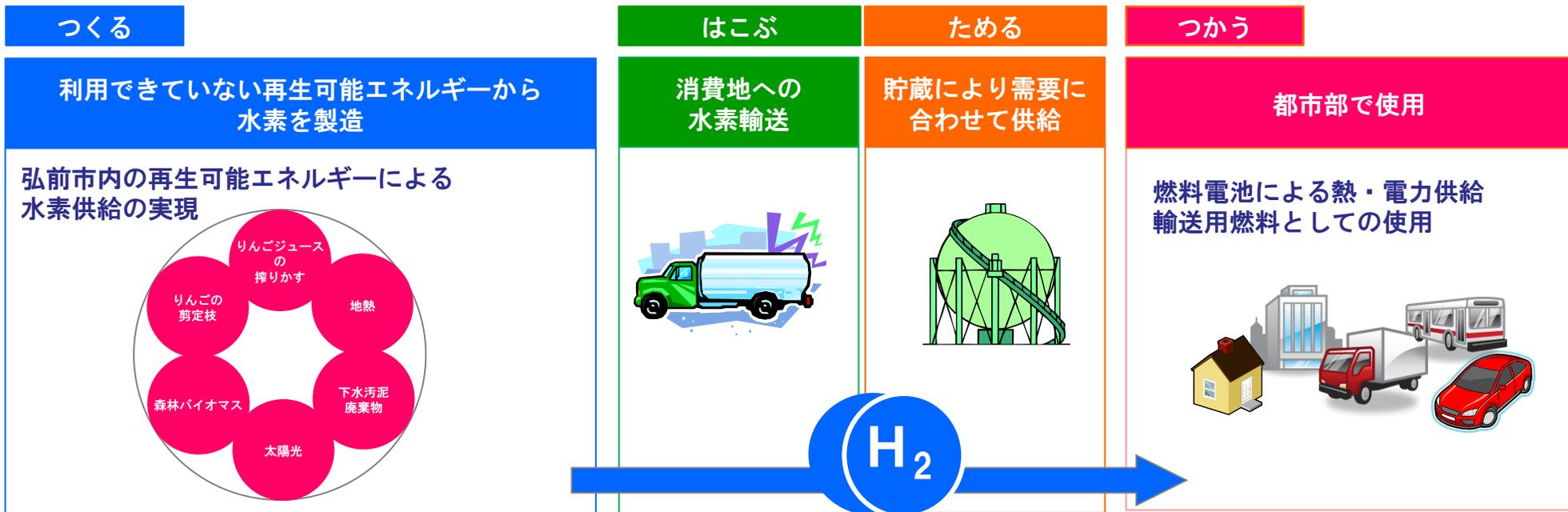
ためる

- ガスとタンクにより貯蔵が可能。

「グリーン水素によるエネルギー地産地消モデル」

【2 構想の全体像】

2.1 構想の概要



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

将来的には

津軽グリーン水素プロジェクト

津軽半島の豊富な自然エネルギーで水素製造を行い、
青森県の中核都市・弘前市まで輸送し、貯蔵・利用する広域でのエネルギー供給体制の実現。

周辺自治体との広域連携での
エネルギー供給体制の実現



風力



波力



バイオマス

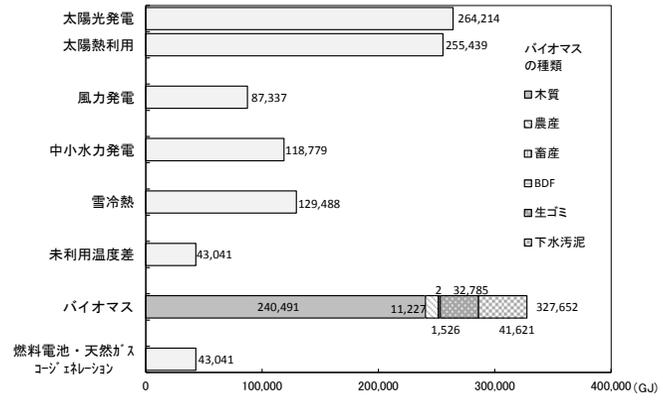
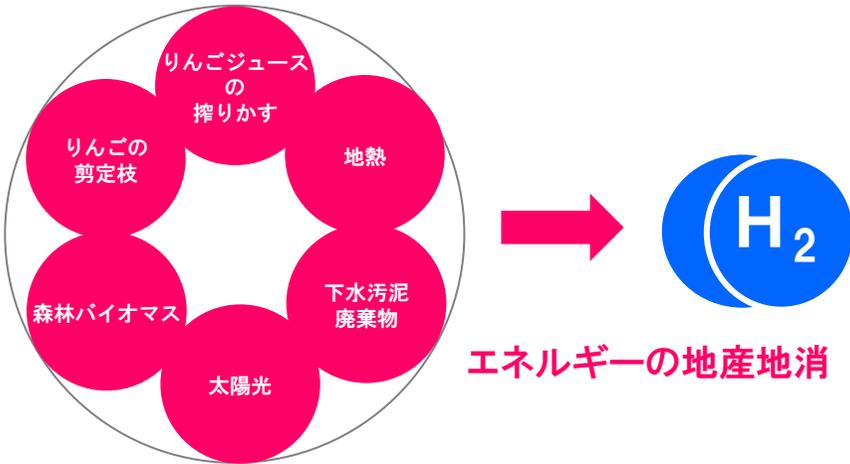
【2 構想の全体像】

2.1 構想の概要

つくる

Step 1 弘前地域での水素供給 『地域内でのエネルギー、資金の循環の実現』

弘前市内の様々な自然エネルギー、未利用資源から水素を製造

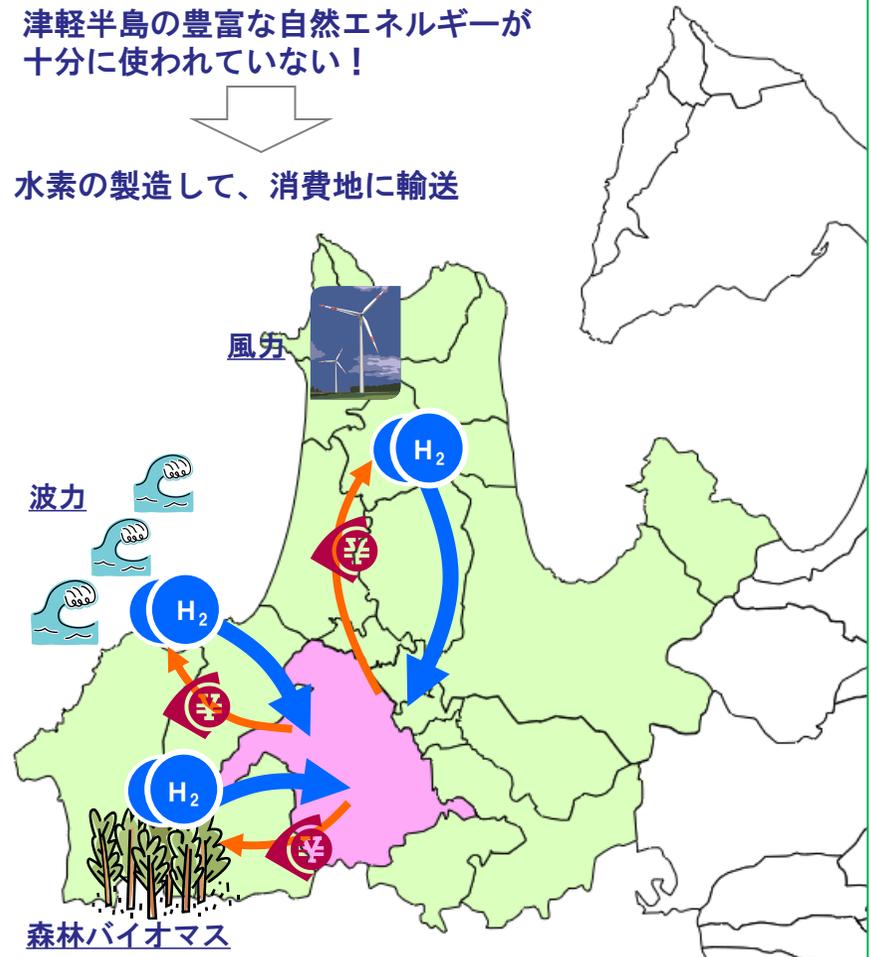


はこぶ

Step 2 津軽地域全体での水素供給 『津軽地域全体でのエネルギー、資金の循環の実現』

津軽半島の豊富な自然エネルギーが十分に使われていない！

水素の製造して、消費地に輸送



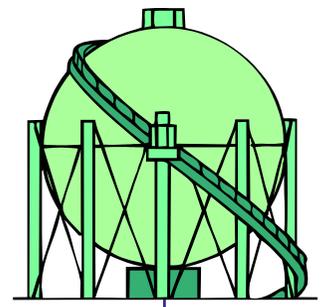
【2 構想の全体像】

2.1 構想の概要

ためる

災害時に備えた備蓄

化石燃料同様に貯蔵が可能



電力 熱 輸送用燃料

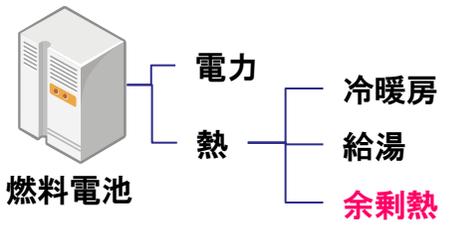
災害時に必要なエネルギーを供給可能

『非常時にも安心して暮らせるまち』
(弘前型スマートシティのめざす姿 4)

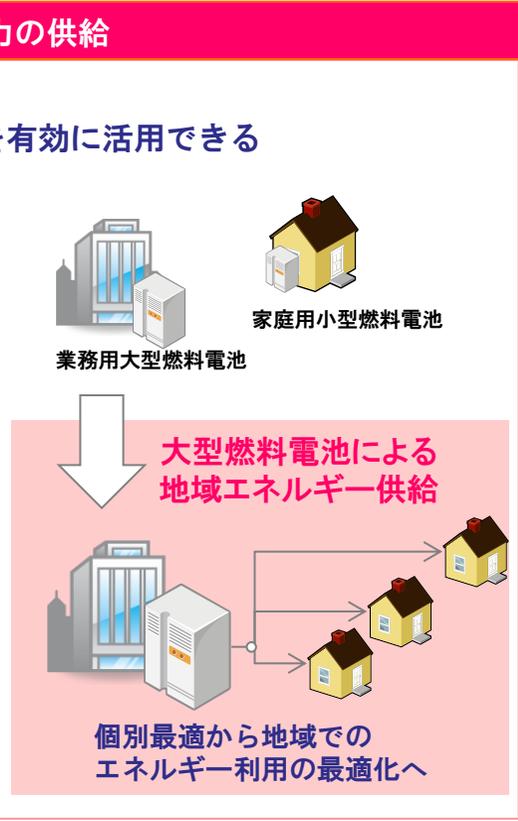
つかう

熱・電力の供給

寒冷な気候により、熱需要が大きく
熱・電力を同時供給する燃料電池を有効に活用できる



『一年を通して快適に外出できる
活気あふれるまち』
(弘前型スマートシティのめざす姿 1)



『効率的にエネルギーが活用された快適な住環境が整備されたまち』
(弘前型スマートシティのめざす姿 2)

輸送用燃料の代替

グリーン水素への転換により、
低炭素・低環境負荷の交通が実現



燃料電池自動車

【2 構想の全体像】

2.2 グリーン水素によるエネルギー地産地消モデルの実現に向けて



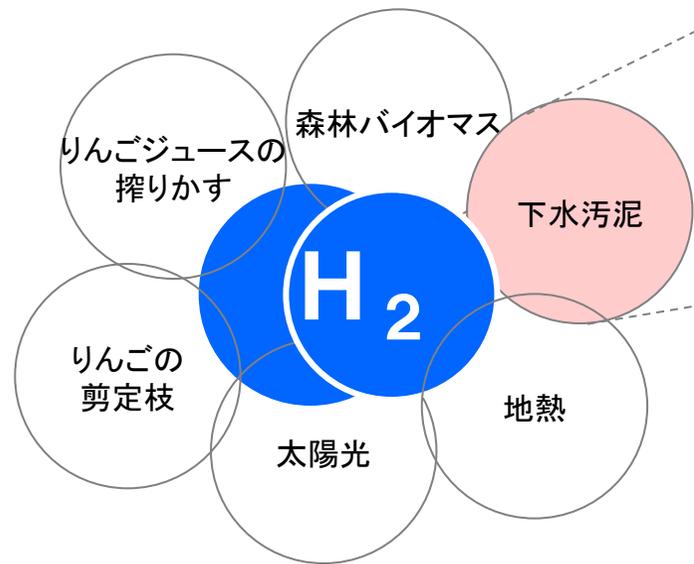
	つくる	はこぶ	ためる	つかう
課題	地域資源からの効率的な水素製造技術の実現	水素の長距離輸送インフラの実現	水素の貯蔵インフラの実現	積雪寒冷地の厳しい環境下で運転可能な燃料電池の実現
実証	<p><弘前地域での実証実験の実施> リーディングPJ① 弘前市下水処理場での下水汚泥を活用した水素製造実証</p> <p>下水汚泥 → 水素</p>	<p>基礎技術は工業用水素の輸送・貯蔵において実現済み。</p> <p>さらなる効率化、ハンドリングの向上については民間事業者の研究、他地域の水素タウンの実証実験により技術開発が進む。</p>		<p><弘前地域での実証実験の実施> リーディングPJ② 弘前市内での燃料電池バス運行による積雪寒冷地での長期間の燃料電池自動車運転試験</p> <p>水素 → 燃料電池バス</p>

【3 構想の実現に向けたリーディングプロジェクトの内容】

3.1 リーディングPJ① 下水汚泥を活用した水素製造実証

- 地域の資源からの水素製造の第1ステップとして市内での製造実証を行う。
- 実証は、県と市の施設の統合が予定されており、タイミングがよい下水処理場を対象とする。

市内の様々な
自然エネルギー、未利用資源から
水素を製造



リーディングPJ① 弘前市下水処理場での水素製造実証

弘前市下水処理場、青森県岩木川浄化センターは2年後に統合を向かえ、エネルギー供給センターとしての可能性について検討を行う良い機会である。

両処理場では、下水汚泥の焼却排熱をエネルギー利用していない地域住民からエネルギーを廃棄しているのであれば地域供給して欲しいとの要望がある。

弘前市下水処理場をフィールドとして活用し、地域内での水素製造の実証を行う。

→岩木川浄化センターの設備は5～10年後に更新を迎える予定であり、弘前市下水処理場での実証結果を踏まえて将来のエネルギーセンター化に向けた構想の検討を開始するためには 適した時期である。

さらに、市内に様々な水素製造技術実証を誘致することで水素に関する研究・実証フィールドとしての売り出しも行いたい。地域に技術が集まり、産業の活性化につながる

【3 構想の実現に向けたリーディングプロジェクトの内容】

3.1 リーディングPJ① 下水汚泥を活用した水素製造実証

実証内容

下水汚泥からの水素製造技術について検証を行う。
 東北大学多元物質科学研究所と連携し、従来の製造技術よりも低コストで簡易に製造可能な水素製造技術の実証を行う。

- 実証場所 弘前市下水処理場
 (汚泥は青森県岩木川浄化センターより提供)
- 期間 平成27年より3年間の製造実証を目指す



実証のポイント

- 製造される水素の純度
 - ✓ 燃料電池の運転に十分な純度を有する水素を製造できるか。
- エネルギー収支
 - ✓ 製造～貯蔵～輸送～利用のトータルでのエネルギー収支がプラスになることを確認する。
- 経済性
 - ✓ 製造～貯蔵～輸送～利用のトータルでの経済収支がプラスになることを確認する。
 - ✓ 汚泥の処理費用の減少分も考慮に入れて評価を行う。
 - ✓ 化石燃料、工場の副生水素との価格差についても評価を行う。

実証規模

水素利用の実証実験に必要な量の水素の製造を目指す。
 年間約13万m³ 汚泥2～4 t を利用。

燃料電池バス 1台	必要な水素	2.5万m ³ /年
燃料電池自動車(公用車)	2台	0.1万m ³ /年
家庭用燃料電池	20台	5.0万m ³ /年
大型燃料電池	1台	5.0万m ³ /年



【3 構想の実現に向けたリーディングプロジェクトの内容】

3.2 リーディングPJ② 燃料電池バスの運行による寒冷地での燃料電池の運転実証

- 燃料電池バスの導入により、低炭素街づくりに寄与するとともに、中心市街地の利便性、魅力向上につながる。
- 市中心部を走り、市民の利用が多く、注目度の高い循環バスで運転を行うことで燃料電池の市民への普及啓発に効果的に活用できる。

実証内容

循環バスのうち1台を燃料電池バスに転換。
 (※順次台数は拡大予定)
 積雪寒冷地での3年間の長期運転実証を実施。

○運行ルート 土手町循環バスでの運行
 5.5km/周 × 6周/日 = 33km/日 (年間1.2万km)

○期間 平成27年より3年間の運行を目指す

- 水素スタンド候補地：弘前市立大成小学校跡地
- ✓ 循環バスのルート中に立地し、十分な広さ(14,000m³)を持つ
- ✓ 正面に市立病院が立地し、将来的には市立病院での大規模燃料電池の実証が可能

100円バス共通
1日乗車券
 お1人さま 大人 **500円**
 中学生 **300円**
 小学生 **200円**

土手町循環バス
 市街地の主要施設を循環
 弘前駅～大学病院～市役所・弘前城～大型商業施設～弘前駅
 利用客数も多く、市民の足となっている。
 10:00～18:00 (冬季は17:00) 10分間隔 計48便 (冬季は42便)
 1乗車100円 (子供50円)
 弘南バスが、8台のバスを用いて運行

弘前市立病院
 ・将来的に大規模燃料電池の実証を検討
 ・向かいの市立大成小学校跡地が水素スタンド候補地

実証のポイント

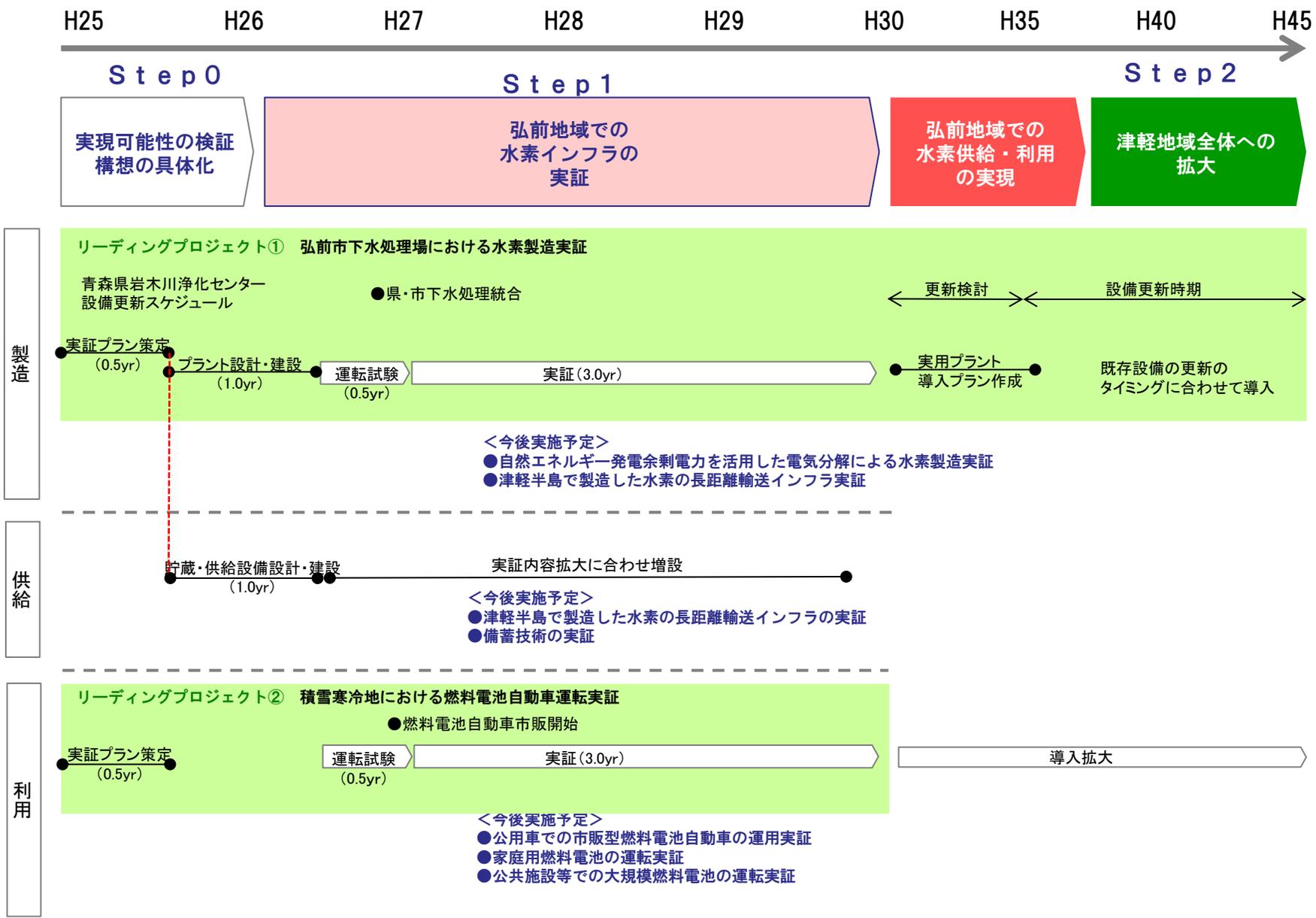
- 積雪寒冷地での燃料電池の挙動の確認
 - ✓ 電気自動車は低温化ではバッテリーの性能が下がり、走行距離が十分に確保できない、暖房をつけることもままならない状況である。
 - ✓ 燃料電池自動車の低温環境下での長期間の運用時の影響を確認をしたい。
- 積雪に伴う悪路面に対する燃料電池の挙動の確認
 - ✓ 積雪時の路面は、轍、除雪作業等により、非常に大きな振動が発生する。この振動が燃料電池自動車に与える影響について確認を行う。
- 市民への燃料電池の啓蒙の推進
 - ✓ 土手町循環バスは市中心部の主要施設を巡る市民の足として定着しており、利用者が多い。
 - ✓ 市中心部を巡るため、市民、観光客の目に触れやすい。

実証規模

燃料電池バス	1台	0.7 億円/台	最終的には全8台を燃料電池バスに置き換える予定
水素スタンド	1箇所	5.0 億円/箇所	
ローリー車(水素輸送用)	3台	0.35億円/台	

【4 まとめ(構想の実現に向けて)】

4.1 ロードマップ



地域全体でのエネルギー供給体制の実現

【4 まとめ(構想の実現に向けて)】

4.2 実現に向けた体制

- ・ 複数の事業者が参加する推進協議会を立ち上げ、官民が連携して検討を推進する。
- ・ 東北大学の技術を活用し、産学官が連携して実証事業を実施する。

弘前市

弘前市長

- ・ 都市整備部スマートシティ推進室 (主担)
- ・ // 都市計画課交通政策推進室 (バス)
- ・ 上下水道部下水道施設課 (下水処理)
- ・ 上下水道部工務課 (施設改修計画)
- ・ 農林部りんご課 (りんご剪定枝等バイオマス)

検討組織

スマートシティ推進協議会

平成25年3月28日(木) 設立

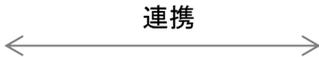
協議会メンバー

- ・ 岩谷産業株式会社
- ・ 川崎重工業株式会社
- ・ 株式会社大林組
- ・ 富士電機株式会社
- ・ 東北緑化環境保全株式会社
- ・ 株式会社長大
- ・ 株式会社日水コン
- ・ 伊藤忠商事株式会社 他

現在90社

専門部会

- 再生可能エネルギー部会
- 雪対策部会
- まちづくり部会
- ICT関連部会



実証実験

リーディングプロジェクト①
弘前市下水処理場における水素製造実証

事業主体 : 弘前市
協力 : 青森県岩木川浄化センター (汚泥提供等)

技術協力 : 東北大学多元物質科学研究所 加納研究室

実証プラント : 調整中

貯蔵設備 : 調整中

リーディングプロジェクト②
積雪寒冷地における燃料電池自動車運転実証

事業主体 : 弘前市
事業協力 : 青森県岩木川浄化センター (汚泥提供等)

車両製造 : 調整中

バス運行 : 弘南バス株式会社

水素スタンド : 調整中

水素移送 : 調整中

【4 まとめ(構想の実現に向けて)】

4.3 実現に向けた課題

項目	課題
水素構想全体	<ul style="list-style-type: none">● 水素を用いたエネルギー供給の実現可能性について、十分な検討ができていない。水素製造ポテンシャル、供給体制、利用インフラの整備に関する、調査を行う必要がある。● 津軽地域全体でのエネルギー供給を目指しており、今後周辺市町村、県との連携が必要である。● 既存のエネルギー供給の在り方を大きく変えるため、電力事業者、ガス事業者、石油事業者との調整が必要である。
リーディングプロジェクト① 下水処理場での水素製造	<ul style="list-style-type: none">● 実証にかかる費用の確保が課題である。● 実用化に向けては下水処理施設の流域自治体との調整が必要である。● 実証事業にあたり、設備製造、運転を行う事業者の参画が必要である。(現在声掛け中)
リーディングプロジェクト② 燃料電池バスの運行	<ul style="list-style-type: none">● 燃料電池自動車、水素スタンド等のコストが高く、実証費用の確保が課題である。● 燃料電池バスの年間の製造台数が非常に少なく、台数の確保が困難である。● 水素供給にかかる国内の安全基準が厳しく、海外の安価な設備が利用できず、非常に高額な日本独自仕様の設備が必要となる。

【参考】弘前市の概要

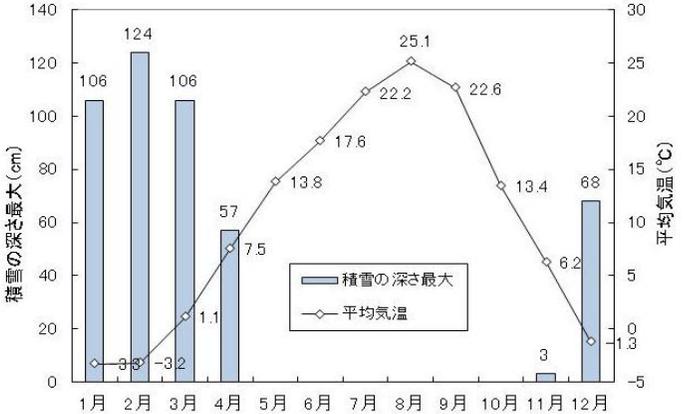
地図



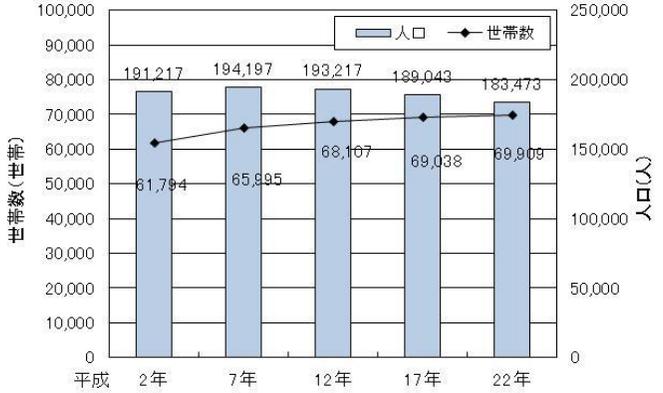
概要

人口: 183,473人
 青森県で3番目に多い
 面積: 524.12km²
 農業: 弘前市はりんご生産量が全国1位(約2割)です。
 歴史: 青森西部を領地とした津軽藩の城下町として栄えました。
 アクセス:
 青森から車で1時間
 東京から新幹線と電車で約4.5時間、飛行機とバスで約3時間

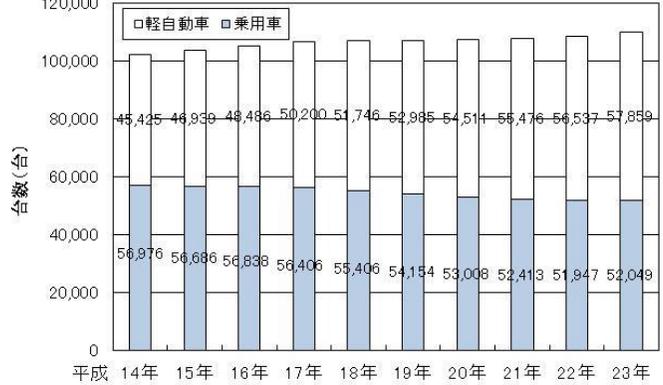
弘前市の積雪の深さは、平成24年2月に124cmと多く生活の支障となっている。除雪に要する費用は19億円(平成23年度市予算の2.5%)である。除雪車輛の走行や融雪のための灯油ボイラー使用により、大量のエネルギーが利用されている。また、CO2排出にもつながり環境面での負担が大きくなっている。



弘前市の人口は、約18万人であり、平成7年以降、減少傾向であり。産業振興による職場の確保が課題となっている。また、この10年間で世帯あたりの人口が2.8人から2.6人となり、高齢者の世帯が増加し、毎年雪下ろし作業中での事故が発生し、家庭での除雪が課題となっている。



弘前市の自動車台数は、横ばいで推移し、世帯あたりの自動車台数は1.5台と多い。都市部のように公共交通機関は発達しておらず、バス乗車人数の減少により廃路が進んでいる。積雪があることから、自家用車は生活に不可欠な交通手段となっている。



【参考】今回の事業の市の計画における位置づけ

弘前市総合計画の目標を実現するに当たって
エネルギー・ICTに関する分野のマスタープラン

弘前型スマートシティ構想(平成25年3月策定)

基本理念 : 豊かな資源を活用した世界一快適な雪国 弘前

基本的な考え方

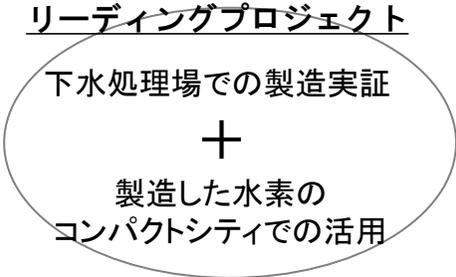
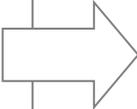
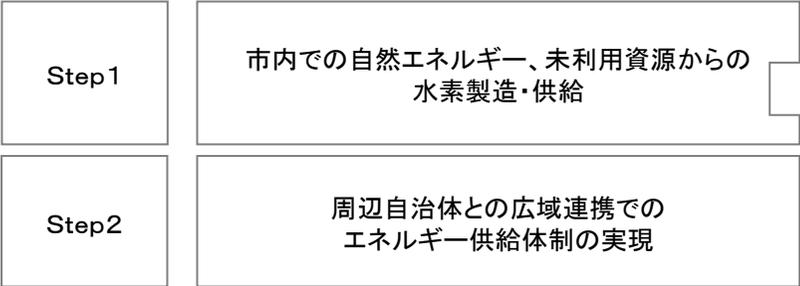
- 方針1 雪との共生
- 方針2 **地域資源の活用**
- 方針3 **エネルギーの自律**
- 方針4 市民生活の向上
- 方針5 地元産業との共栄

地域内の資源を活用して
安定したエネルギーを確保を目指す



津軽グリーン水素プロジェクト

津軽地方の豊富な自然エネルギーで水素製造を行い、
青森県の中核都市・弘前市まで輸送し、貯蔵・利用するプロジェクト。



【参考】東北大の技術

- 下水汚泥に水酸化カルシウムを混合し水蒸気雰囲気下、600℃で加熱することにより高純度の水素製造が可能
- 反応後に発生する炭酸カルシウムは焼却することにより、再利用が可能。

東北大大学多元物質科学研究所プレスリリース
平成23年11月23日

下水汚泥から高純度の水素製造
～無機添加物と 600℃程度の加熱で収率 90%以上達成～

多元物質科学研究所の張 其武助教と齋藤 文良教授の研究グループ（現・加納研究室）は、下水汚泥（含水率約80%）から高純度の水素を高効率で発生する手法を見出しました。

水素は、燃料電池用ガスや燃料ガスなどとして利用が拡大することが期待されております。張助教・齋藤教授の研究グループはこれまでも木質バイオマスから純度 98%の水素をセルロース基準で 97%の収率で発生させることに成功しましたが、今回は、その手法に工夫を凝らし、下水汚泥（仙台市広瀬川浄化センター提供）から粉碎と乾燥工程なしに高純度水素を高収率で発生させることに成功しました。その手法は以下のとおりです。

- 下水汚泥に無機粉体を添加・混合後、600℃程度で加熱すると H₂ : 89.4%、CH₄ : 0.7%で、CO : 2.1%、CO₂ : 7.8%が発生
- 無機粉体は低廉な物質で、ガス発生促進剤の役割を果たす
- 加熱時の雰囲気は水蒸気

下水汚泥は細かい粒子になっており、無機粉体と簡単に混合でき、それを加熱すると上記の濃度のガスが発生します。加熱後の固体残渣は、炭酸カルシウムが主です。本手法は、混合-加熱処理のみであり、先に発表した木質バイオマスからの高純度水素発生法における粉碎処理がありません。したがって、処理コストが大幅に低減できますし、加熱して水素などの有価ガスが得られます。

