

発表No.B-31

水素社会構築技術開発事業／  
地域水素利活用技術開発／  
副生水素等による大規模水素供給・利活用モデル  
（周南モデル）の構築と定量化に関する調査

団体名

**株式会社トクヤマ**  TOKUYAMA

徳山製造所 工場企画運営グループ 大森一幸  
バイオマス事業化グループ 清水 勝之

**株式会社テクノバ**  TECHNOVA

エネルギー研究部 丸田 昭輝

発表日

2022年7月28日

連絡先：

株式会社トクヤマ

徳山製造所 工場企画運営グループ

大森一幸

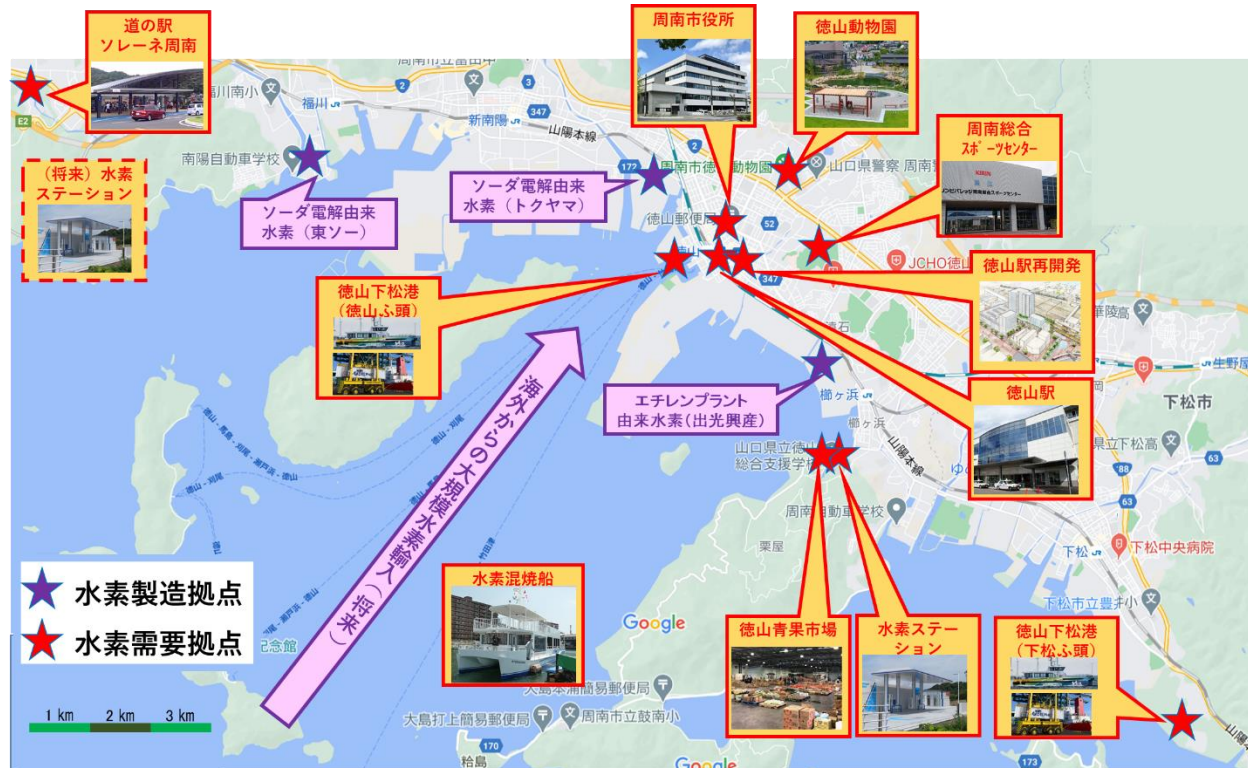
[k.omori.hd@tokuyamagr.com](mailto:k.omori.hd@tokuyamagr.com)

**背景** 周南コンビナートには副生水素のポテンシャルがあり、トクヤマはこれまでも水素関連の実証と水素利活用拡大の取り組みを進めてきた。また徳山下松港では将来的に海外からの水素類の陸揚げが予定されている。

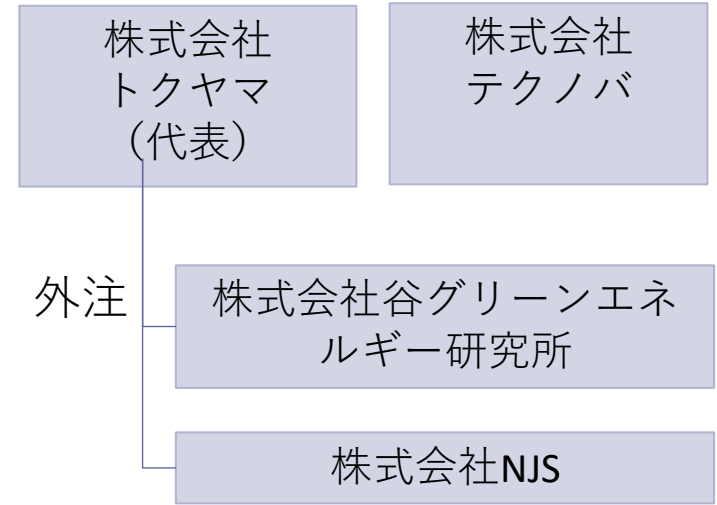
**目的** 周南コンビナートと周辺都市および山口県内コンビナート地区を対象に、以下を行う

- 過去の実証事業の成果を土台とした展開の面的拡大
- エネルギー多消費産業の脱炭素化のためのロールモデルの確立
- 2050年を見越した中国・四国・北部九州エリアでの水素供給モデルの構築
- カーボンニュートラルレポートとの連携
- 水素による新規産業振興育成のモデル提案

## コンセプト

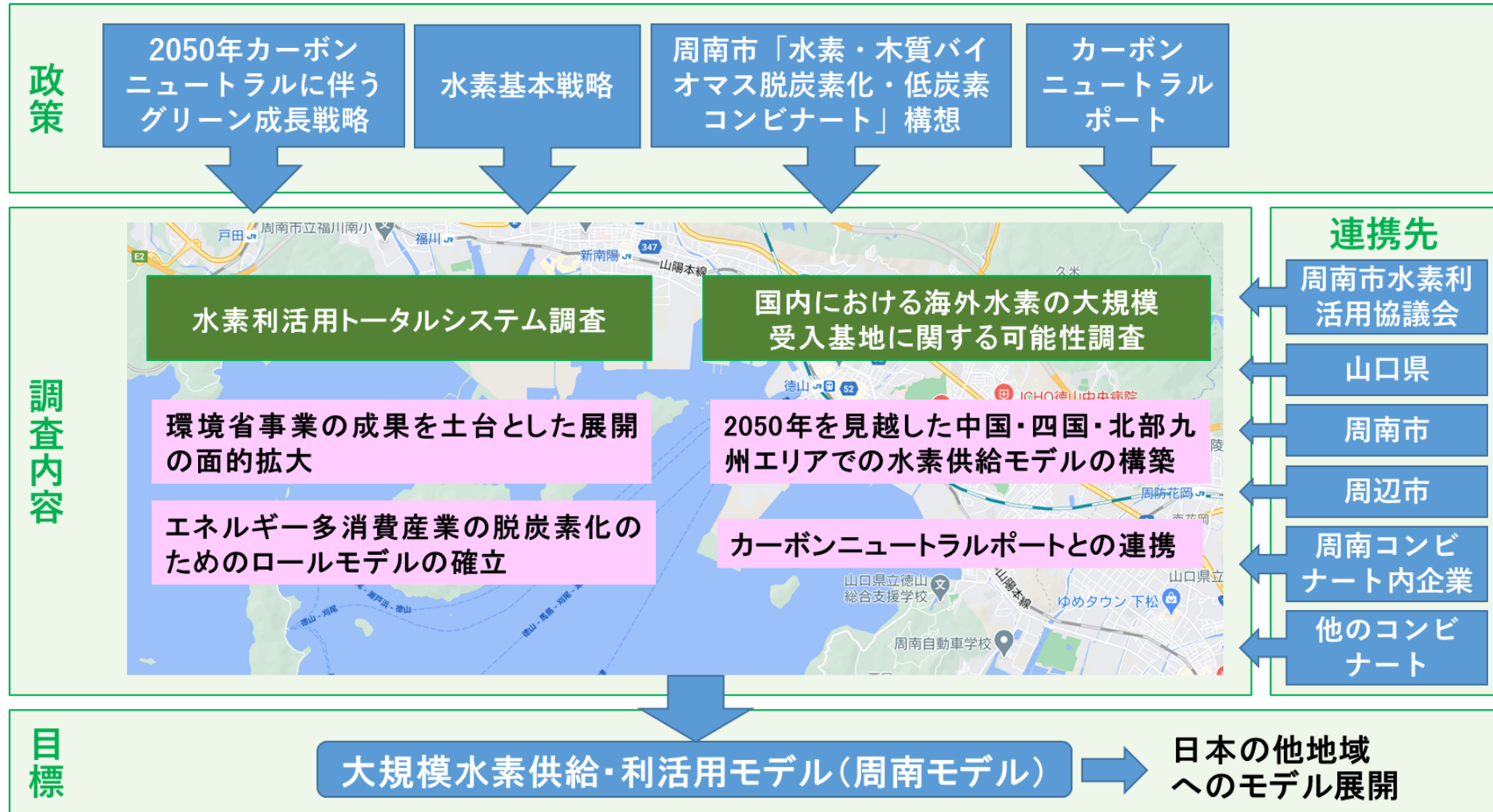


## 実施体制



## 最終目標：周南モデルの構築

政策、調査内容、  
目標の関係



日本や自治体の政策を基礎に関係機関と連携し、水素利活用トータルシステム調査と大規模受入基地に関する可能性を調査し、「大規模水素供給・利活用モデル（周南モデル）」を構築する



## 最終目標：周南モデルの構築

### 政策の背景

周南市  
「水素・木質バイオマスによる脱炭素・低炭素コンビナート構想」

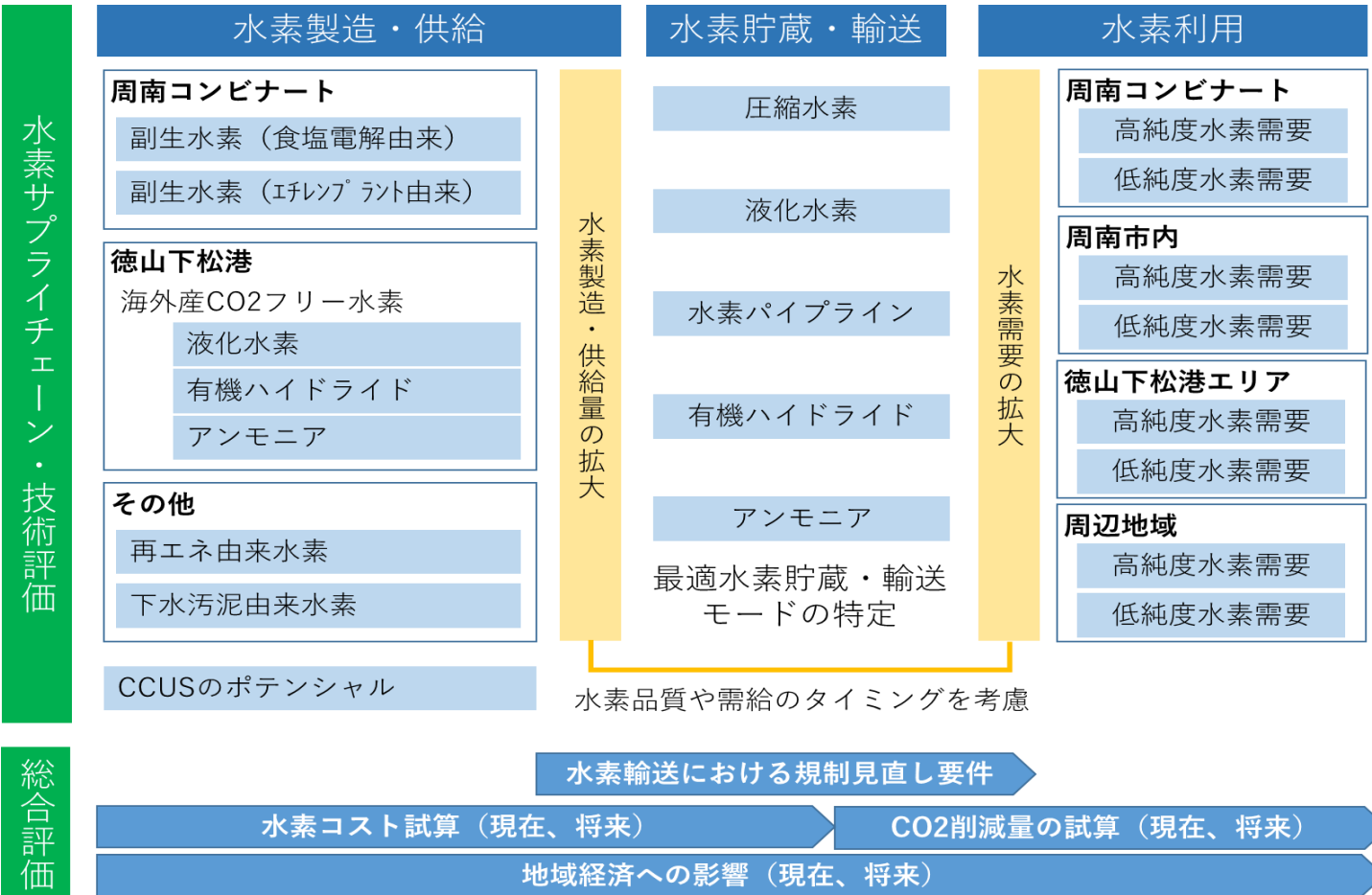


キーワード：水素（副生水素、輸入水素）、バイオマス、パイプライン、原燃料転換、CCUS

# 1. 調査の背景・目的

## 最終目標：周南モデルの構築

### 水素製造ポテンシャル、水素需要ポテンシャル、水素輸送手段等の特定



水素サプライチェーン・技術評価

総合評価

### シナリオ



水素品質、需給バランス（エネルギー貯蔵含む）を考慮

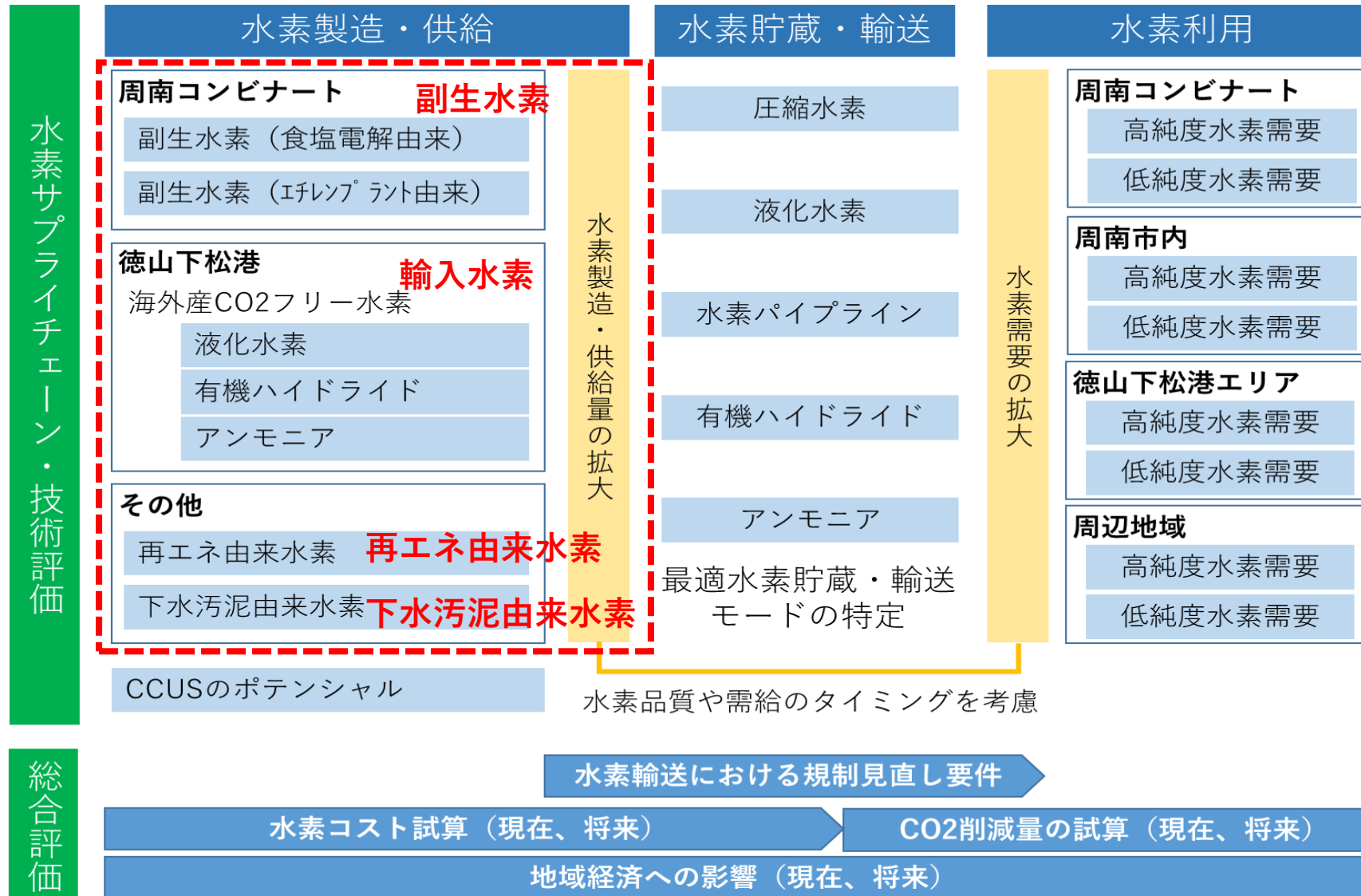


水素サプライチェーンを特定し、2030年/2050年にむけたシナリオを策定する

## 調査の内容とスケジュール

	2021年度			2022年度			
	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
水素製造ポテンシャルの調査	→						
水素利活用ポテンシャルの調査	→						
水素利活用トータルシステムの実現可能性検討				→			
大規模受入基地の基本検討				→			
事業自立化シナリオの検討					→		
水素展開の評価とシナリオ策定					→		
周南モデル検討委員会			★		★		★

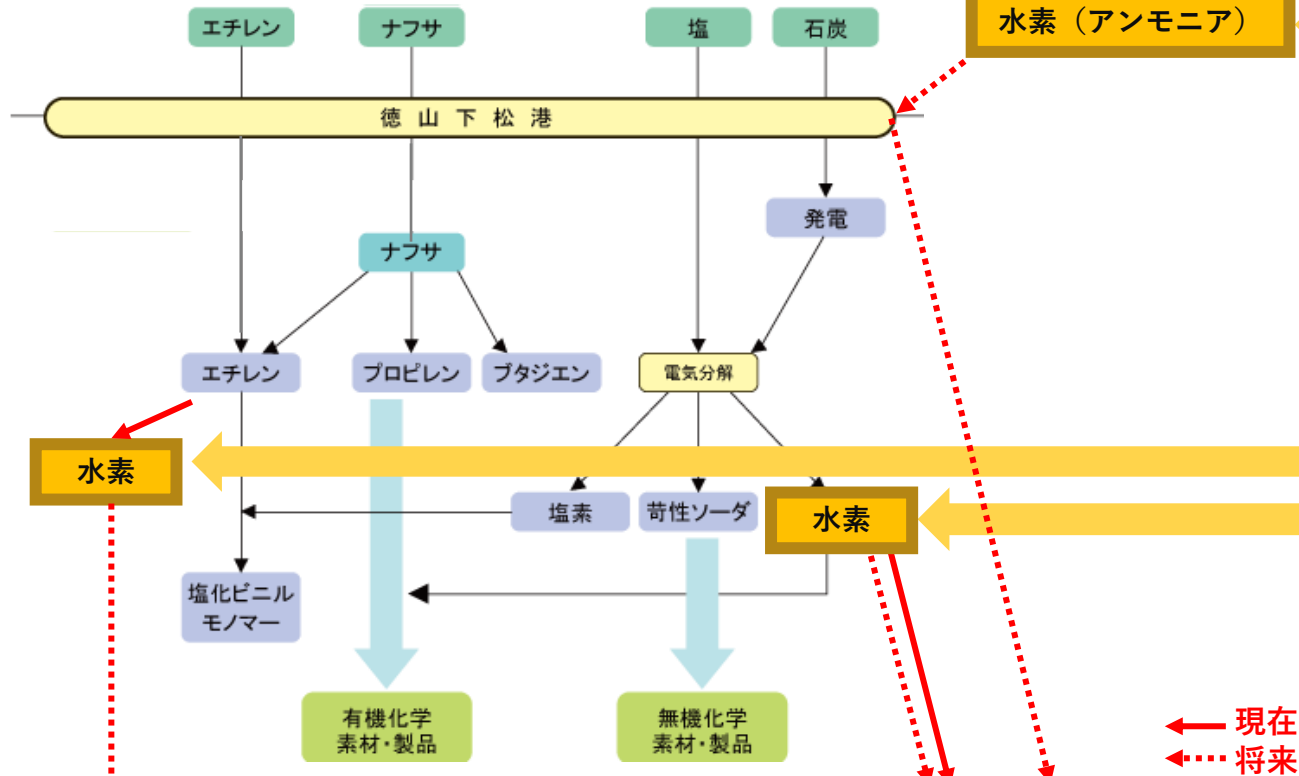
## 水素製造ポテンシャルの調査





## 水素供給ポテンシャルの調査：副生水素と輸入水素

### 周南コンビナートでの水素パス



出典：周南市ガイド「周南コンビナートの特徴」を修正記  
<http://www.shunan-marketing.jp/html/guide/kombinat/>

コンビナート外の水素需要  
 既存：山口リキッドハイドロジェン  
 新規：コンビナート内・市内での需要



← 現在  
 ←···· 将来

### 水素供給ポテンシャル

- 徳山下松港は西日本エリアのエネルギー供給拠点港
- 2050年に政府目標の約10%を担うと仮定した場合  
 水素であれば200万トン/年  
 アンモニアであれば300万トン/年  
 出典：第3回徳山下松港カーボンニュートラルポート検討会（2021年3月26日）
- その類推で2030年は  
 水素であれば30万トン/年  
 アンモニアであれば30万トン/年

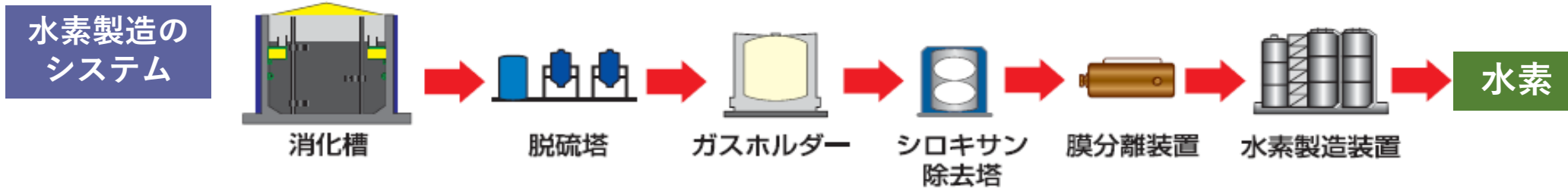
	副生水素製造量
トクヤマ	1.20万トン/年
A社	2.75万トン/年
B社	1.26万トン/年
<b>合計</b>	<b>5.21万トン/年</b>

設備容量・製品製造量から試算。副生水素のポテンシャル量のため、外部に供給できる水素量については精査が必要  
 （現在トクヤマは、約15%を山口リキッドハイドロジェンに供給）

**2030年の水素供給ポテンシャルは輸入30万トン/年（水素の場合） + 副生水素2~3万トン/年程度と想定**



### 水素製造ポテンシャルの調査：下水由来バイオマス由来水素



#### 下水処理場数の状況

区分	全国	山口県内	周南市内	下松市内
公共下水道終末処理場	1,074	27	3	1
特定環境保全公共下水道	715	11	2	0
流域下水道	642	2	—	—
合計	1,850	40	5	1

#### 周南市・下松市・光市における下水処理場

##### 周南市内（5か所）

- ・ 徳山中央浄化センター（周南市・公共下水道）
- ・ 徳山東部浄化センター（周南市・公共下水道）
- ・ 新南陽浄化センター（周南市・公共下水道）
- ・ 新南陽北部浄化センター（周南市・特環公共下水道）
- ・ 鹿野浄化センター（周南市・特環公共下水道）

##### 下松市内（1か所）

- ・ 下松市浄化センター（下松市・公共下水道）

##### 光市内（周南市をカバーしているもの、1か所）

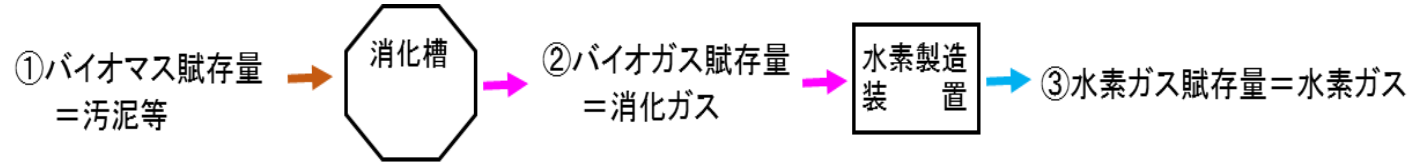
- ・ 周南浄化センター（山口県・流域下水道）

#### 発生下水汚泥量、濃縮汚泥量の状況

区分	全国	山口県内	周南市内	下松市内
発生下水汚泥量 (m <sup>3</sup> /年)	482,612,184	4,304,558	496,207	227,768
濃縮汚泥量(t/年)	85,822,997	739,127	82,692	27,320

活用可能な下水由来バイオマスがあり、再エネ水素源としても有望（全国モデルともなる）

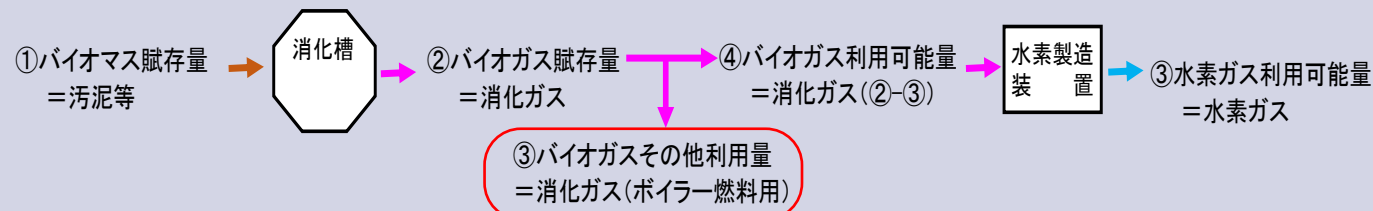
### 水素製造ポテンシャルの調査：下水由来バイオマス由来水素



		①バイオマス賦存量	②バイオガス賦存量	③水素ガス賦存量
下水汚泥等由来	周南市内	82,692 m <sup>3</sup> /年	1,023,314 Nm <sup>3</sup> /年	<b>1,407,056 Nm<sup>3</sup>/年</b>
	下松市内	27,320 m <sup>3</sup> /年	338,085 Nm <sup>3</sup> /年	<b>464,867 Nm<sup>3</sup>/年</b>
	山口県内	739,127 m <sup>3</sup> /年	9,146,699 Nm <sup>3</sup> /年	12,576,711 Nm <sup>3</sup> /年
し尿・浄化槽汚泥由来	周南市内	9,681 kL/年	63,073 Nm <sup>3</sup> /年	<b>86,726 Nm<sup>3</sup>/年</b>
	下松市内	18,692 kL/年	31,732 Nm <sup>3</sup> /年	<b>43,631 Nm<sup>3</sup>/年</b>
	山口県内	411,385 kL/年	1,308,982 Nm <sup>3</sup> /年	1,799,850 Nm <sup>3</sup> /年
生ごみ由来	周南市内	10,804 ton/年	1,279,217 Nm <sup>3</sup> /年	<b>1,758,924 Nm<sup>3</sup>/年</b>
	下松市内	4,364 ton/年	516,709 Nm <sup>3</sup> /年	<b>710,475 Nm<sup>3</sup>/年</b>
	山口県内	115,587 ton/年	18,817,612 Nm <sup>3</sup> /年	18,817,612 Nm <sup>3</sup> /年

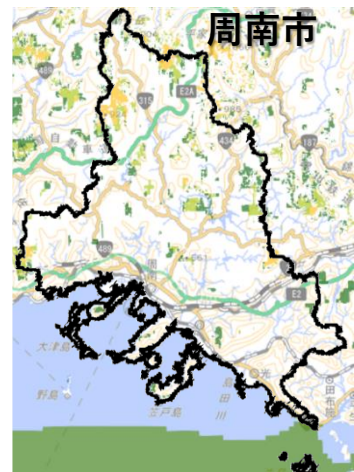
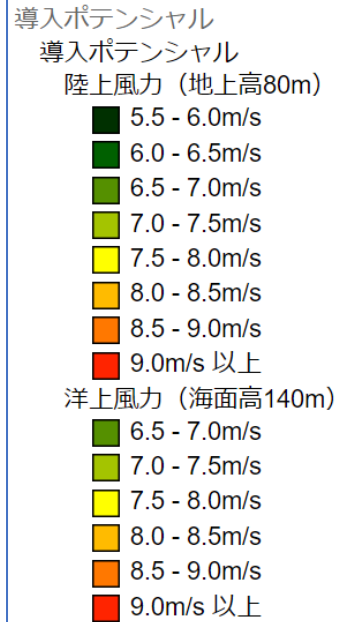
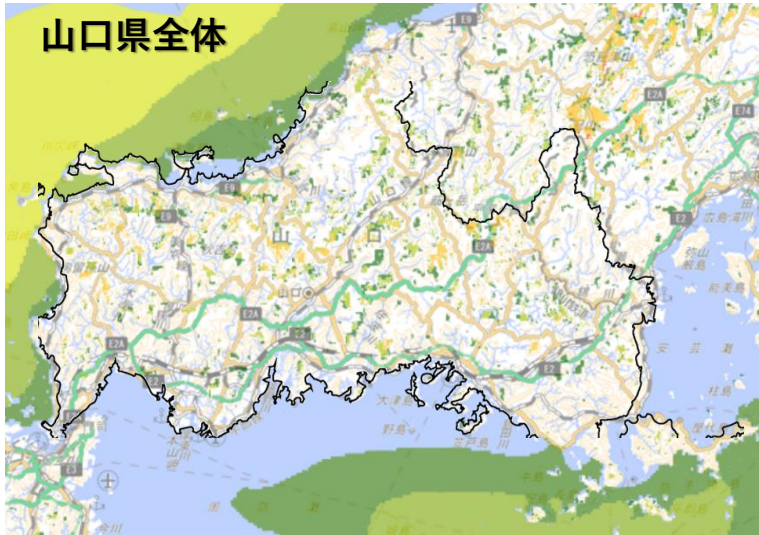
合計	水素ガス賦存量
周南市内	<b>3,252,706 Nm<sup>3</sup>/年</b>
下松市内	<b>1,218,973 Nm<sup>3</sup>/年</b>
山口県内	33,194,173 Nm <sup>3</sup> /年

**周南市・下松市合計で約400トン/年のバイオマス由来水素のポテンシャルあり  
今後、処理場の固形物収支、将来事業計画等より将来の水素製造量を精査する**



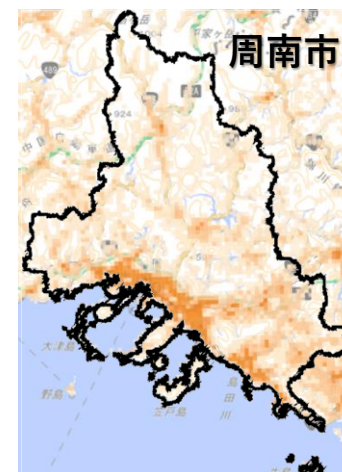
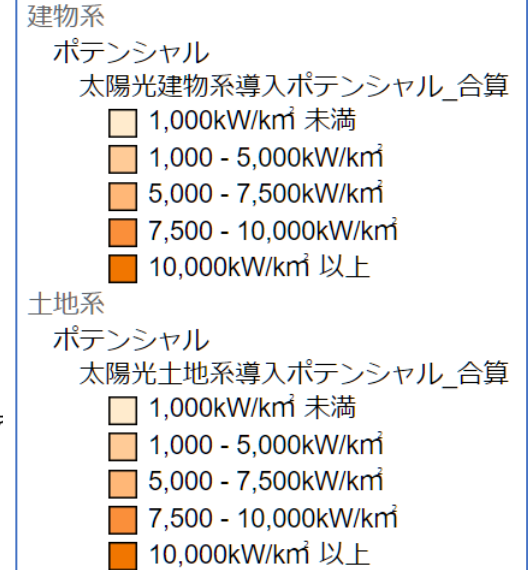
## 水素供給ポテンシャルの調査：風力・太陽光由来水素製造

### 風力発電のポテンシャル



- 周南市の風力発電のポテンシャルは低い
- 山口県全体でも、適地は日本海側

### 太陽光発電のポテンシャル



- 周南市の太陽光発電のポテンシャルは中程度
- 山口県全体としても、瀬戸内海側にポテンシャルあり

出典：環境省 再生可能エネルギー情報提供システム[REPOS(リーポス)]  
<https://www.renewable-energy-potential.env.go.jp/RenewableEnergy/>

周南コンビナート・周南市付近では、再生可能エネルギーとしては風力発電より太陽光が有望



## 水素供給ポテンシャルの調査：太陽光由来水素製造

- 今後、周南市における下水処理場の遊休地（2～3割）に**太陽光＋水電解装置を設置した場合の水素製造量に関して試算**する
  - 酸素の利活用も検討（活性汚泥量と水素量の関係も検討）

徳山中央浄化センターの例（周南市徳山中央浄化センター再構築事業(DBO方式)を実施中）

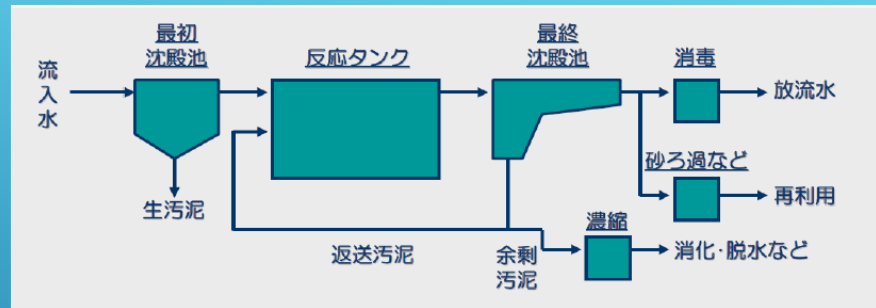


敷地面積：25,300m<sup>2</sup>  
 処理方式：標準活性汚泥法  
 排除方式：一部合流式  
 供用開始：昭和41年10月  
 処理能力：42,000m<sup>3</sup>/日

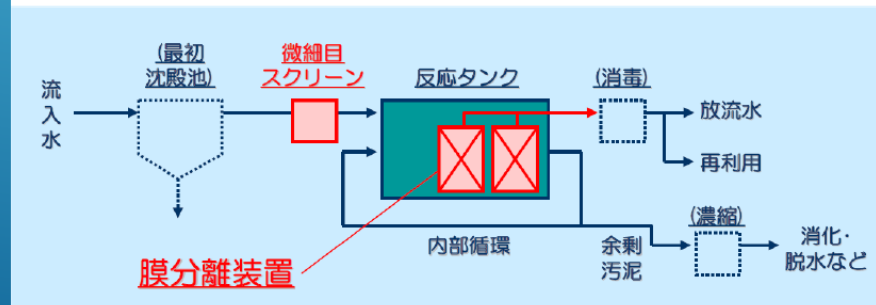
最終沈殿池の代わりに、膜分離装置により、固液分離を行う

↓

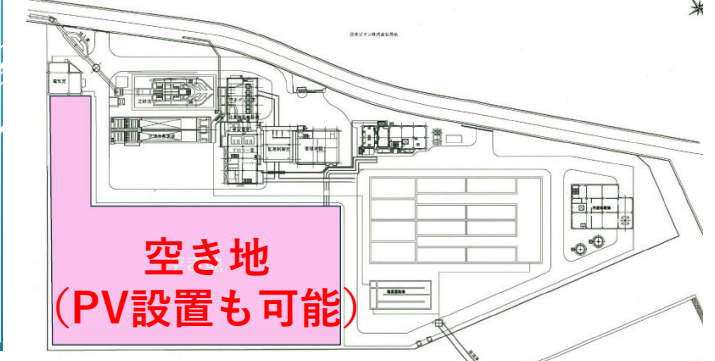
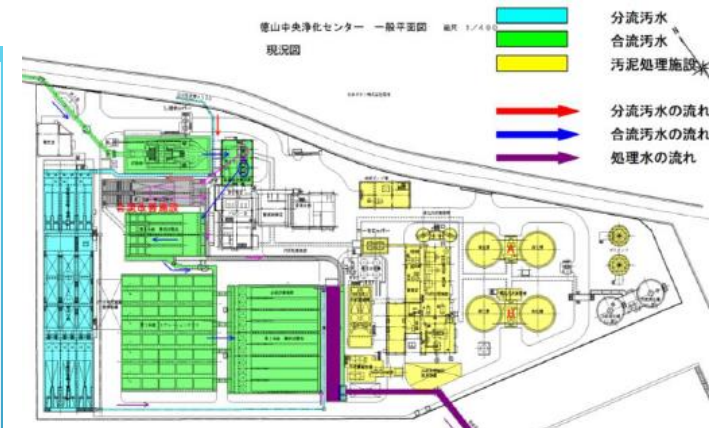
従来法と比べ、最終沈殿池、消毒設備等が不要となり、大幅な省スペースが可能



従来の活性汚泥法(標準活性汚泥法の例)



膜分離活性汚泥法(浸漬型MBRの例)



全国の下水処理場のアップデート時に再エネ水素設備の導入を提案することも検討



### 水素供給ポテンシャルの調査：太陽光由来水素製造

- 市内の公共性の高い施設に太陽光＋水電解装置を設置した場合の水素製造量に関して試算中
- 太陽光パネルや水電解は、トクヤマはじめ山口県の地元産業で調達が可能→地域振興モデル

地域卸売市場・水素ステーション



徳山動物園、周南市文化会館



周南市役所



道の駅ソレーネ周南



周南総合スポーツセンター

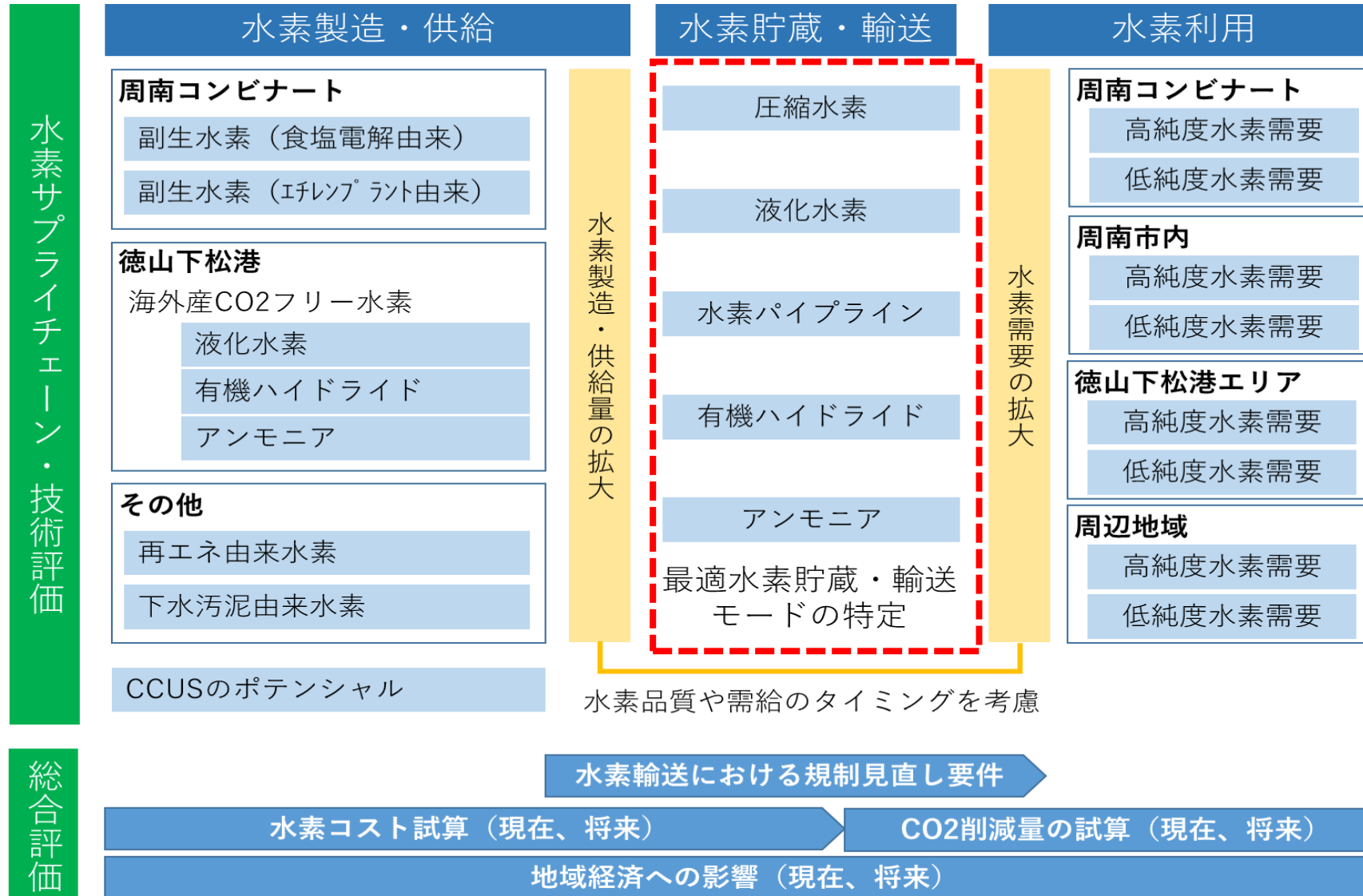


駅・駅前施設



建物に設置する太陽光発電＋水素製造は有望と考えられる

## 水素輸送方法の調査





## 水素輸送方法の調査：潜在的な輸送距離

- **輸送距離は約10km程度**
- 基本は**圧縮水素**あるいはすでに施設がある**液化水素**
- コンビナートという性格において**水素配管**も有望
- 海外からの**輸入水素のキャリア**にも依存



## 実績：環境省地域連携・低炭素水素技術実証事業 (トクヤマ・東ソー)



市内に水素供給する上での輸送距離は約10km程度



## 水素輸送方法の調査：潜在的な輸送距離

- **輸送距離は約10km程度**
- 基本は**圧縮水素**あるいはすでに施設がある**液化水素**
- コンビナートという性格において**水素配管**も有望
- 海外からの**輸入水素のキャリア**にも依存



**動物園エリア：**  
圧縮水素での供給を基本としつつ、パイプラインの敷設を見込む



**市中心部エリア：**  
圧縮水素での供給を基本としつつ、パイプラインの敷設を見込む



**水素ステーションエリア：**  
液化水素での供給を基本とする

市内に水素供給する上での輸送距離は約10km程度





### 水素輸送方法の調査：パイプラインを設置した場合の潜在的な輸送距離とコスト（初期的）

#### 水素配管

- 距離は約5km  
→ 想定1億円/km × 5km  
= **5億円**

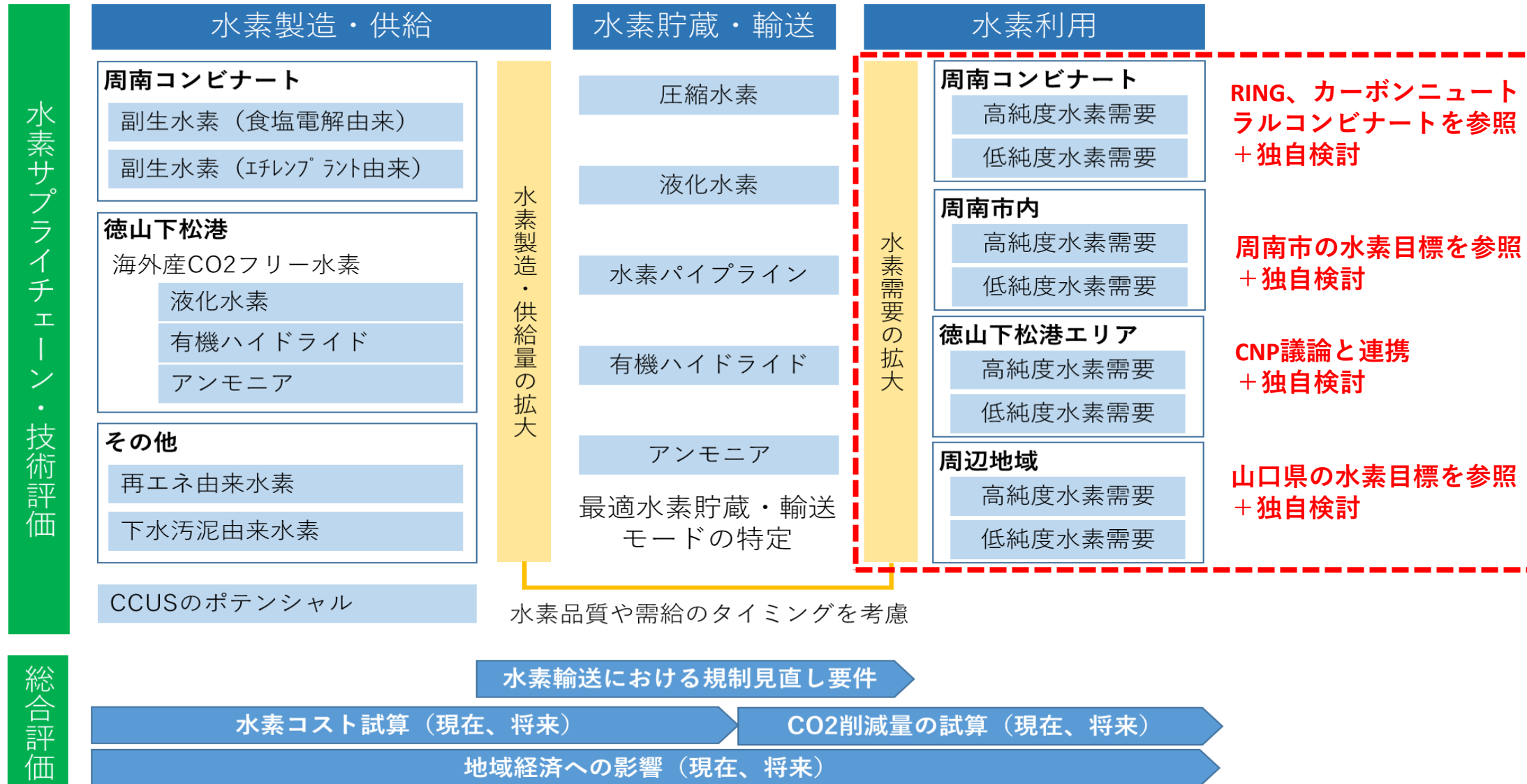
#### CO2配管

- 距離は約6km  
→ 想定5000万円/km × 6km  
= **3億円**

 500m 水素パイプライン(想定)  
 500m CO2パイプライン(想定)

配管コストは水素（CO2）需要（配管径）にも依存する。本年度精査する予定

## 水素利活用ポテンシャルの調査



### 水素利活用ポテンシャルの調査：基本的な考え

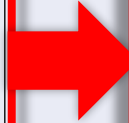
需要エリア	水素需要 (食塩電解由来、高純度)	水素需要 (エチレンプラント由来、低純度)	水素需要 (合成燃料、合成メタン化)
周南市内	<ul style="list-style-type: none"> <li>徳山駅前再開発地でのFC発電</li> <li>FCV</li> <li>FCバス</li> <li>FCコージェネレーション</li> <li>FCフォークリフト 等</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>都市ガス代替 (合成メタン)</li> </ul>
周南コンビナート	<ul style="list-style-type: none"> <li>FCフォークリフト</li> <li>FCトラック 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アンモニア発電 (石炭火力代替)</li> <li>水素発電 (LNG火力代替) 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>化学品 (合成メタノール等)</li> <li>熱源 (合成メタン)</li> </ul>
徳山下松港、瀬戸内海	<ul style="list-style-type: none"> <li>FCフォークリフト</li> <li>FCトラック (港湾トレーラー)</li> <li>FCガントリークレーン (FC)</li> <li>船舶への電源供給 (FC)</li> <li>FC船 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ガントリークレーン (内燃)</li> <li>船舶への電源供給 (内燃)</li> <li>混焼エンジン船 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>化学品 (合成メタノール等)</li> <li>都市ガス代替 (合成メタン)</li> </ul>

**水素需要は純度で区別 (電解由来、エチレンプラント由来)  
合成燃料・合成メタン化した場合の需要も推定**



### 水素利活用ポテンシャルの調査：周南市での水素需要推計

需要エリア	水素需要 (食塩電解由来、高純度)	(エ)
周南市内	<ul style="list-style-type: none"> <li>徳山駅前再開発地でのFC発電</li> <li>FCV</li> <li>FCバス</li> <li>FCコージェネレーション</li> <li>FCフォークリフト 等</li> </ul>	
周南コンビナート	<ul style="list-style-type: none"> <li>FCフォークリフト</li> <li>FCトラック 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アン</li> <li>水素</li> </ul>
徳山下松港、瀬戸内海	<ul style="list-style-type: none"> <li>FCフォークリフト</li> <li>FCトラック (港湾トレーラー)</li> <li>FCガントリークレーン (FC)</li> <li>船舶への電源供給 (FC)</li> <li>FC船 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ガン</li> <li>船舶</li> <li>混焼</li> </ul>



**周南市内の水素需要 (2030年)**



出典：周南市水素利活用計画  
[http://www.city.shunan.lg.jp/uploaded/life/67957\\_172766\\_misc.pdf](http://www.city.shunan.lg.jp/uploaded/life/67957_172766_misc.pdf)

- FCV **4,000台** (周南市目標値) → **344トン/年**
  - FCV 86kg/年 × 200台 = 344,000 kg /年
- FCバス **5台** (想定) → **20トン/年**
  - FCバス 3850kg/年 × 5台 = 19,250 kg/年
- ビル・動物園等：純水素FC (100 kW) **5台** → **27トン/年**
  - 100kW × 12h × 300日 ÷ 40% = 900 MWh/年 = 27トン/年
- FCフォークリフト **12台** → **9トン/年**
  - 2030年の普及目標1万台を人口比で案分
  - 1日8時間 1.2kg × 2シフト × 300日 × 12台 = 8,640 kg/年

市内の純水素需要 (2030年) は400トン程度で、うちFCVが最大需要



### 水素利活用ポテンシャルの調査：周南コンビナートでの水素需要推計

需要エリア	水素需要 (食塩電解由来、高純度)	水素需要 (エチレンプラント由来、低純度)	水素需要 (合成燃料、合成メタン化)
周南市内	<ul style="list-style-type: none"> <li>徳山駅前再開発地でのFC発電</li> <li>FCV</li> <li>FCバス</li> <li>FCコージェネレーション</li> <li>FCフォークリフト 等</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>都市ガス代替 (合成メタン)</li> </ul>
周南コンビナート	<ul style="list-style-type: none"> <li>FCフォークリフト</li> <li>FCトラック 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アンモニア発電 (石炭火力代替)</li> <li>水素発電 (LNG火力代替) 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>熱源 (合成メタン)</li> <li>化学品 (合成メタノール等)</li> </ul>
徳瀬	<p style="text-align: center;"><b>周南コンビナート</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>FCフォークリフト</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ガントリークレーン (内燃)</li> <li>船舶への電源供給 (内燃)</li> <li>混焼エンジン船 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>都市ガス代替 (合成メタン)</li> </ul>

**周南コンビナート**

- FCフォークリフト **30台**  
(ヒアリングに基づく想定) →14トン/年
  - 1日8時間 1.2kg × 2シフト × 300日 × 30台 = 21,600 kg/年
  - (関係者へのヒアリングと)

**自家発電は、2か所の石炭火力でアンモニア混焼の可能性あり (20%混焼でアンモニア約70万トン)**

## 水素利活用ポテンシャルの調査：徳山下松港、瀬戸内海での水素需要推計

需要エリア	水素需要 (食塩電解由来、高純度)	水素需要 (エチレンプラント由来、低純度)
周南市内	<ul style="list-style-type: none"> <li>徳山駅前再開発地でのFC発電</li> <li>FCV</li> <li>FCバス</li> <li>FCコージェネレーション</li> <li>FCフォークリフト 等</li> </ul>	
周南コンビナート	<ul style="list-style-type: none"> <li>FCフォークリフト</li> <li>FCトラック 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アンモニア発電 (石炭火力代替)</li> <li>水素発電 (LNG火力代替) 等</li> </ul>
徳山下松港、瀬戸内海	<ul style="list-style-type: none"> <li>FCフォークリフト</li> <li>FCトラック (港湾トレーラー)</li> <li>FCガントリークレーン (FC)</li> <li>船舶への電源供給 (FC)</li> <li>FC船 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ガントリークレーン (内燃)</li> <li>船舶への電源供給 (内燃)</li> <li>混焼エンジン船 等</li> </ul>

### 徳山下松港・コンビナートでの水素需要

水素需要 **116万トン/年**  
(20%利用で23万トン)

出典：中国地方整備局・山口県「徳山下松港カーボンニュートラルレポート (CNP) 検討会の結果をとりまとめました」  
(2021年4月2日)  
<https://www.cgr.mlit.go.jp/kisha/202104/210402-1top.pdf>

### 荷役設備の実態

#### 徳山地区

種類	数	規模	構造	摘要
岸壁(-14m)【供用中】	1バース	延長 280m 水深 14m	ケーソン式	公共受入施設
岸壁(-14m)【整備中】	延伸分	延長 110m 水深 14m	ケーソン式	公共、耐震強化施設、受入施設
貯炭場(野積場)【供用中】		面積 65,000㎡	未舗装	公共
貯炭場(野積場)【供用中】		面積 170,000㎡	未舗装	民間(SBT)※1
アンローダ(荷役機械)【供用中】	2基	1,500ト/時間 (定格-1基当り)	橋型	民間(SBT)
栈橋(-7.5m)【供用中】	2バース	水深 7.5m	栈橋式	民間(SBT) 払出施設

#### 下松地区

種類	数	規模	構造	摘要
栈橋(-19m)【整備中】	1バース	延長 390m 水深 19m	ジャケット式	公共、耐震強化施設、受入施設
貯炭場(野積場)【整備中】		面積 60,000㎡	未舗装	
貯炭場(石炭サイロ)【供用中】		面積 40,000㎡	立体鉄骨架構	民間ENEOS) ※1
アンローダ(荷役機械)【整備中】	2基	2,000ト/時間 (定格-1基当り)	(未定)	民間(YPM)※2
栈橋(-7.5m)【供用中】	2バース	水深 7.5m	栈橋式	民間ENEOS) 払出用

徳山下松港での最大水素需要は23~116万トン

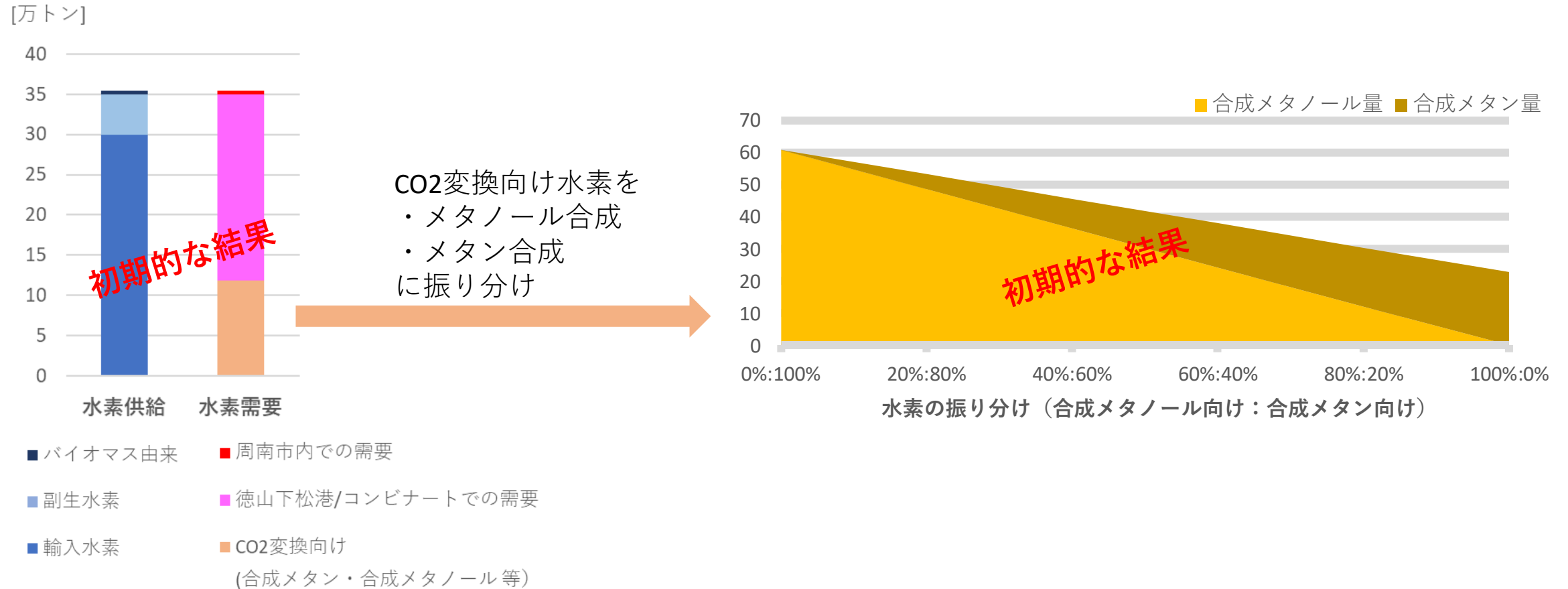
### 水素利活用ポテンシャルの調査：合成燃料・合成メタンの水素需要推計

需要エリア	水素需要 (食塩電解由来、高純度)	水素需要 (エチレンプラント由来、低純度)	水素需要 (合成燃料、合成メタン化)
周南市内	<ul style="list-style-type: none"> <li>徳山駅前再開発地でのFC発電</li> <li>FCV</li> <li>FCバス</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>都市ガス代替 (合成メタン)</li> </ul>
<b>合成燃料・メタノール代替</b>			
CO2量に応じた水素量の確保が必要			
周南コンビナート		メタン転換の場合	エタノール転換の場合
	CO2排出量 [万トン]	必要水素量@95% [万トン]	必要水素量@95% [万トン]
周南コンビナート全体	1600	230	306
周南コンビナートのトクヤマ分	650	93	124
周南コンビナートのトクヤマ分の30%	195	28	37
周南コンビナートのトクヤマ分の10%	65	9	12
徳山下松港、瀬戸内海			<ul style="list-style-type: none"> <li>熱源 (合成メタン)</li> <li>化学品 (合成メタノール等)</li> <li>都市ガス代替 (合成メタン)</li> </ul>

合成メタンの需要は大きい、水素供給量が制限か

### 2030年の水素供給と需要のバランス（初期的な推定）

2030年の水素需給バランス [初期的]  
 (水素輸入30万トン、徳山下松港/コンビナート需要23万トンを想定)



供給では輸入水素が大きく、需要では徳山下松港での需要が大きい  
 (需給バランス面でもカーボンニュートラルポートの活動要素が大きい)



### 周南モデル検討委員会

- 委員：
  - 山口大学大学院技術経営研究科教授 **稲葉 和也**【委員長】（「周南市水素利活用協議会」会長）  
山口大学大学院技術経営研究科 教授 **福代 和宏**（山口県「分散型エネルギー活用検討会」）
  - 国際大学副学長 国際経営学研究科教授 **橘川 武郎**
  - 東京工業大学物質理工学院応用化学系 教授 **伊原 学**
  - 九州大学工学府 エネルギー研究教育機構 教授 **林 灯**
  - ジャーナリスト **浜田 敬子**
  - 東京財団 主任研究員 **平沼 光**
- 関連企業
- 行政機関：山口県、周南市、下松市、山口県産業技術センター
- オブザーバー：NEDO、経済産業省中国経済産業局、国土交通省中国地方整備局
- 事務局：  
トクヤマ、テクノバ  
谷グリーンエネルギー研究所（外注先）、NJS（外注先）

**2022年1月31日 10:00～11:40 第1回 周南モデル検討委員会（オンライン）**

# 3. 今後の見通しについて

## ・ 顕在化した課題と対応方針

- 周南コンビナート内の水素供給可能量の検討や水素需要を検討するにあたり、**独占禁止法等の制約から、正確かつ詳細なデータが得られない**。そのため、**製品製造量や製造能力からの類推をせざるを得ない**。  
 ← **試算結果をフィードバックして、間違いがない範囲であるかどうかを確認する**。

- 水素供給量でも、副生水素よりも輸入水素**（場合によってはアンモニアの形態での輸入）の量のほうが格段に大きく、いわゆる**カーボンニュートラルポートの考えに大きく依存する**。また**需要でも港湾の需要のほうが、市内の見込み需要よりも大きい**。

## ・ **カーボンニュートラルコンビナートの進捗**

←引き続きカーボンニュートラルポートとの連携を行う。

- 輸入水素（水素キャリア）の形態は、基本的には前提無しで検討することとしているが、関係企業・組織においても、多様な意見や方針がある**。

←当初の予定通り「**前提無しで水素キャリアを検討することとし、分析をフィードバックすることで合意形成、合意できるシナリオ策定を図る**」。

## ・ 今後の展開や実現化に向けた計画、シナリオ

- 2022年Q2：ベースとなる試算を完了させる
- 2022年Q3-Q4：2030～2050年のシナリオを策定し、多様な関係者との意見を通じて最終シナリオを策定する（右図）。

