

平成26年度福岡県水素エネルギー戦略会議

高効率水素製造研究分科会



下水汚泥消化ガスからの水素ステーション構築について



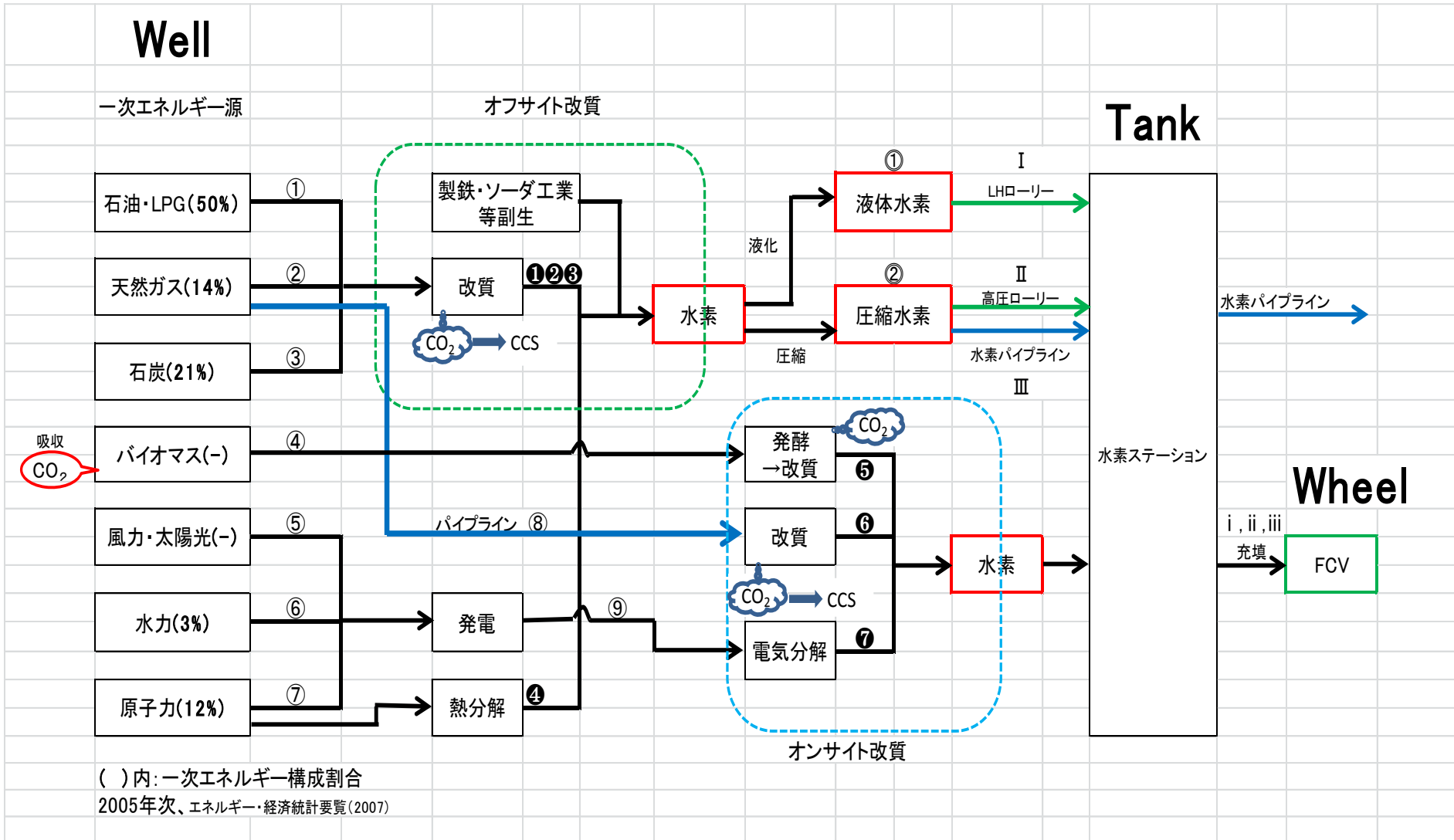
平成27年3月12日

九州大学大学院工学研究院機械工学部門

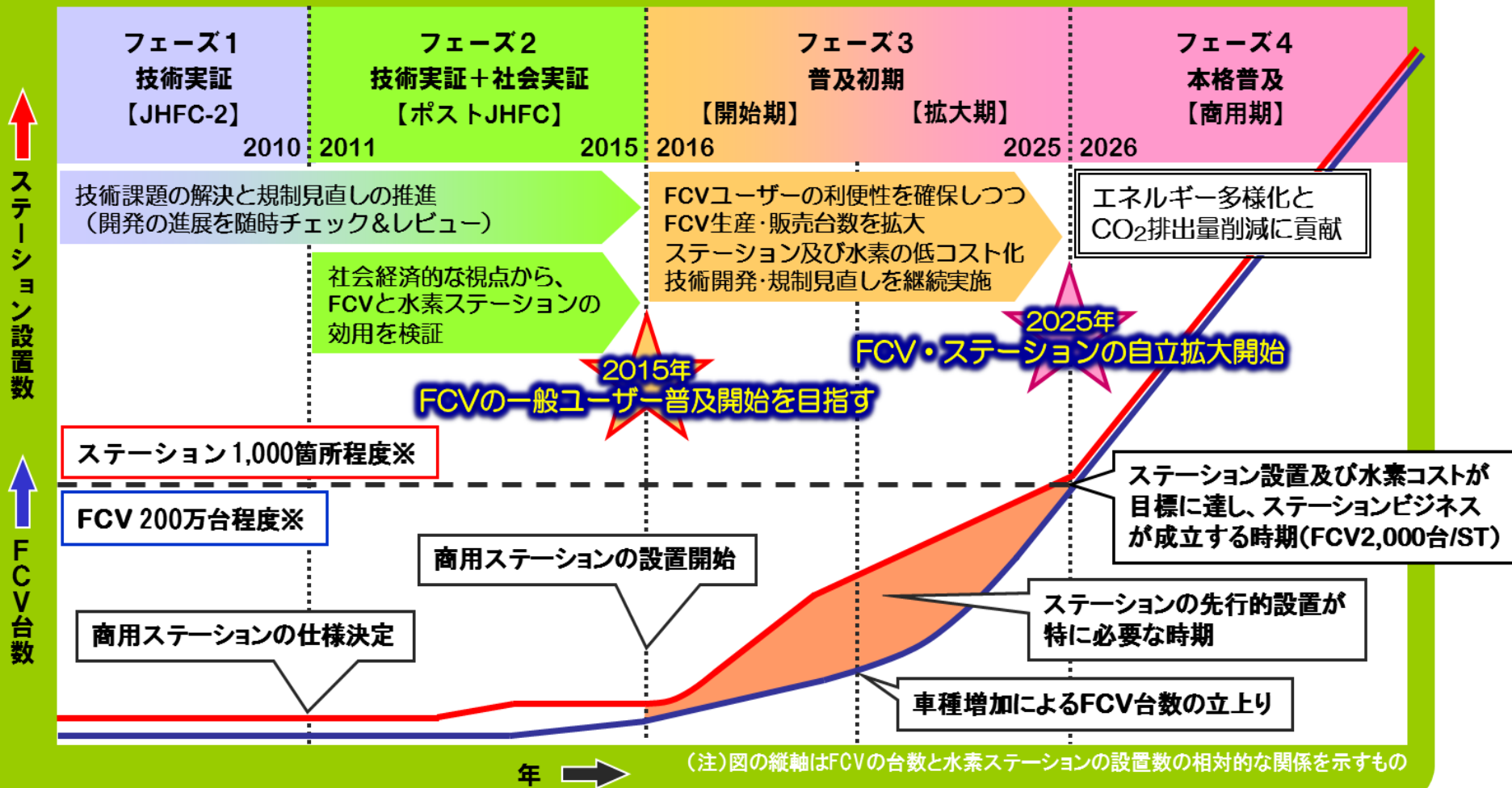
日本ガス協会水素製造システム研究室

田島 正喜 tajima@mech.kyushu-u.ac.jp

水素製造のエネルギーパス

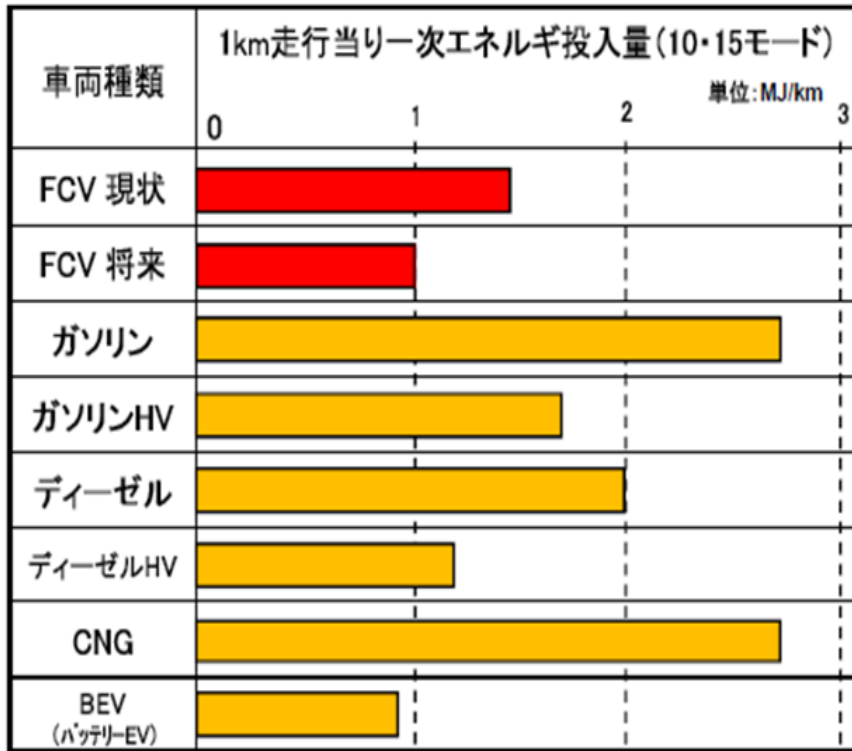


FCVと水素ステーションの普及に向けたシナリオ

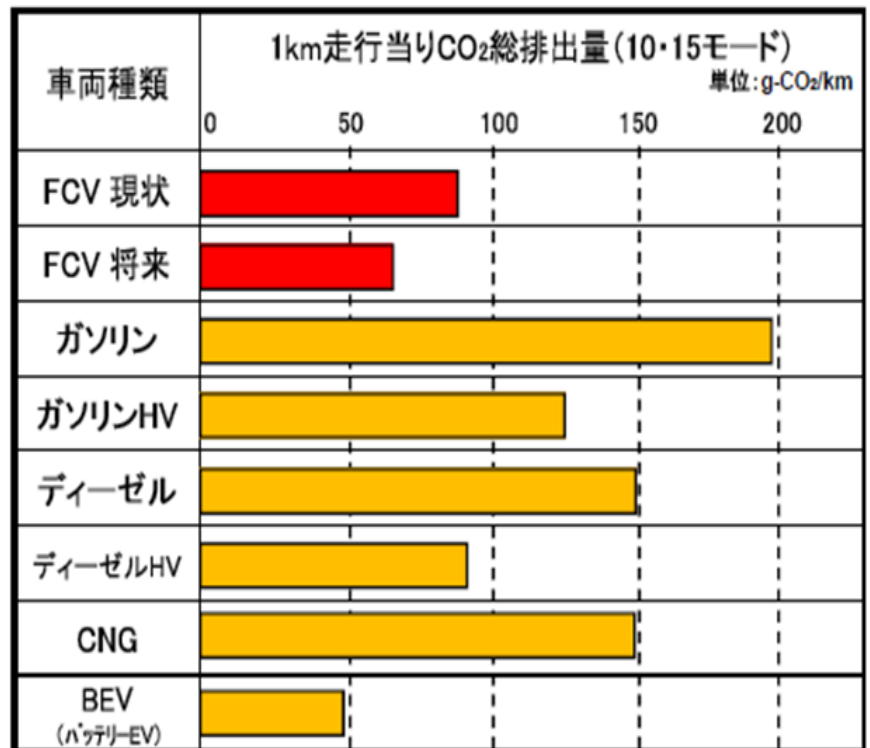


※前提条件:FCVユーザーのメリット(価格・利便性等)が確保されて、順調に普及が進んだ場合

ガソリン車他とFCVのエネルギー投入量とCO₂排出量比較

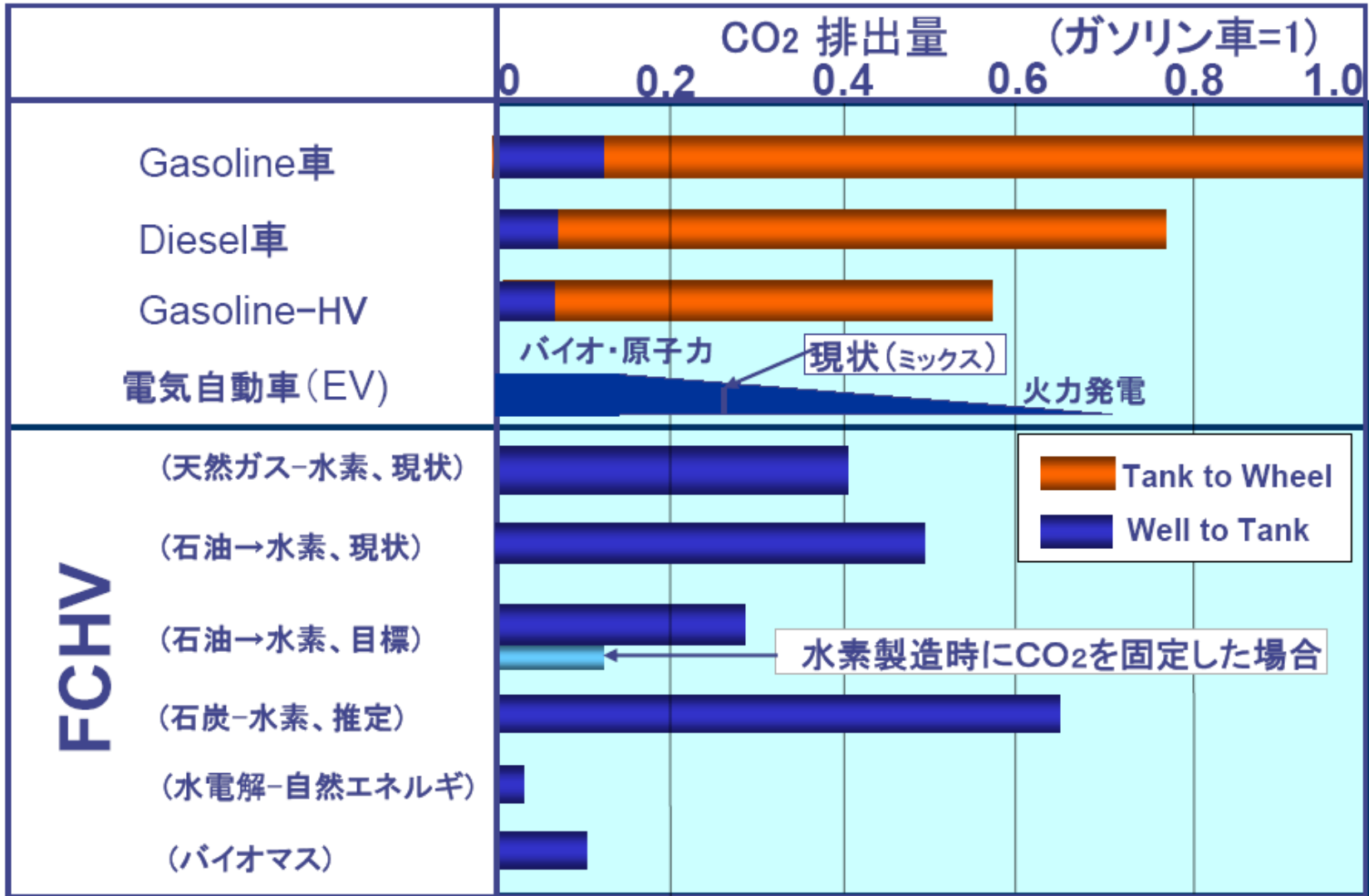


Well to Wheel効率



Well to Wheel CO₂排出量

自動車のCO₂排出量の比較



FCHV

水素の特性: 搭載貯蔵

500 km の航続距離に対するエネルギー貯蔵システムの重量と体積

ディーゼル

圧縮水素 700 bar
6 kg H₂ = 200 kWh chemical energy

リチウムイオンバッテリー
100 kWh electrical energy

System
Fuel

System
Fuel

System
Cell



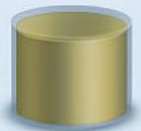
43 kg
33 kg



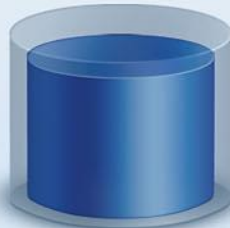
125 kg
6 kg



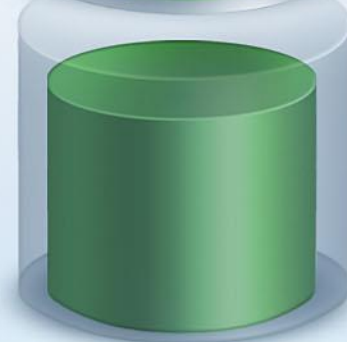
830 kg
540 kg



46 ℓ
37 ℓ



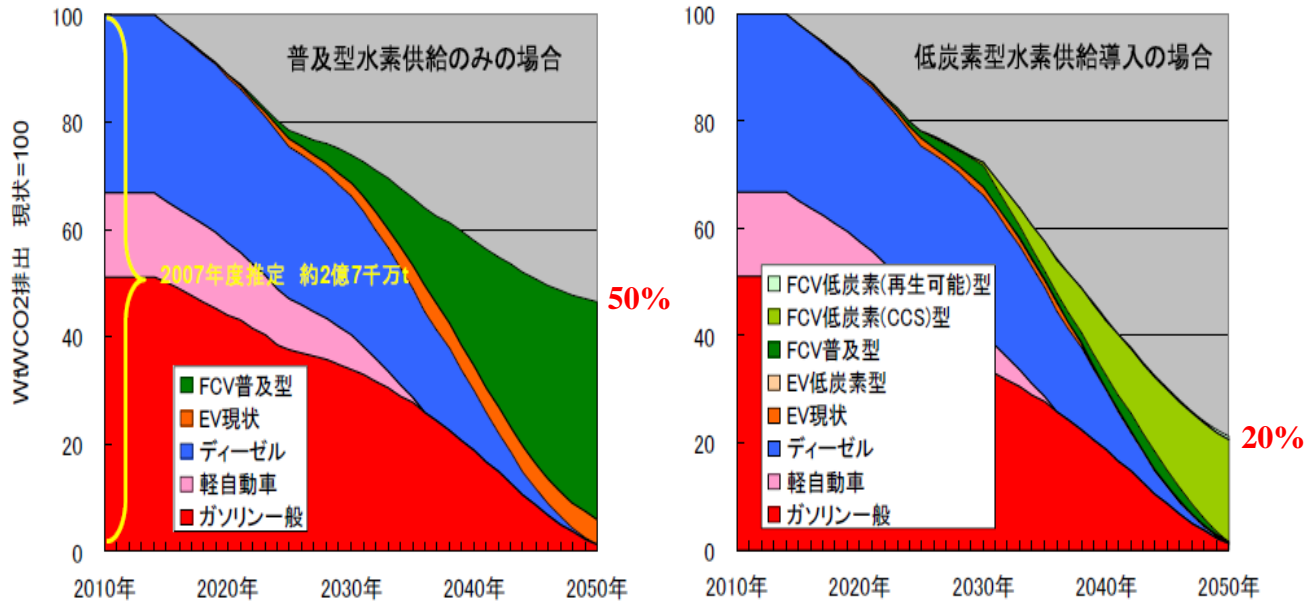
260 ℓ
170 ℓ



670 ℓ
360 ℓ



FCV導入によるCO₂削減効果試算 (普及型, 低炭素型)



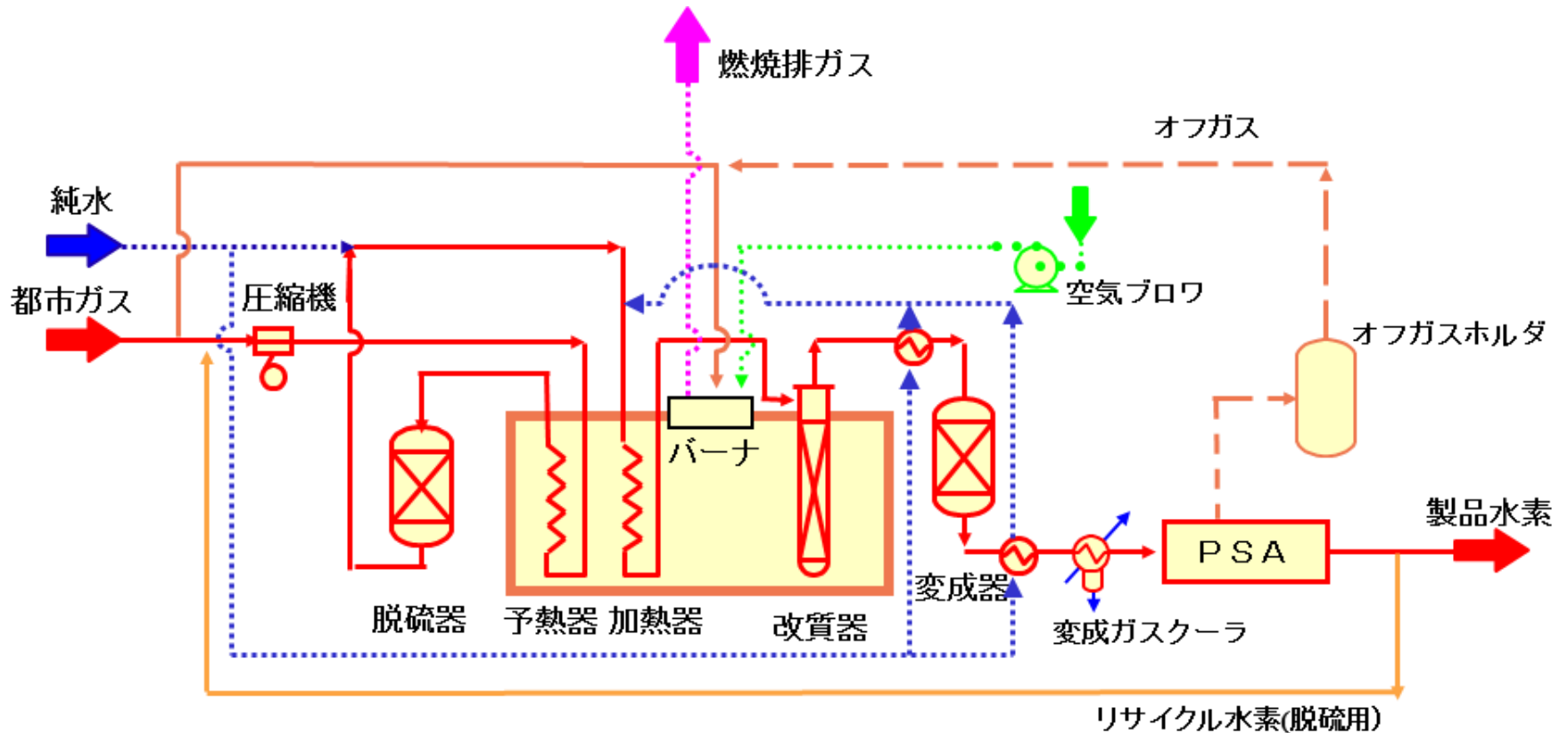
普及型:化石原料からの水素のみ

低炭素型:

化石原料からの水素+CCSおよび再生可能型水素(太陽光, 風力発電の水電解水素)

出典:産業競争力懇談会資料,「燃料電池自動車・水素供給インフラ整備普及プロジェクト~低炭素社会を目指して~」

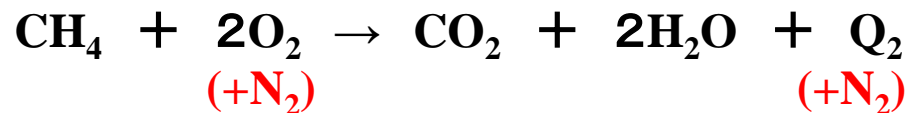
都市ガスの水蒸気改質フロー図



メタンの水蒸気改質反応



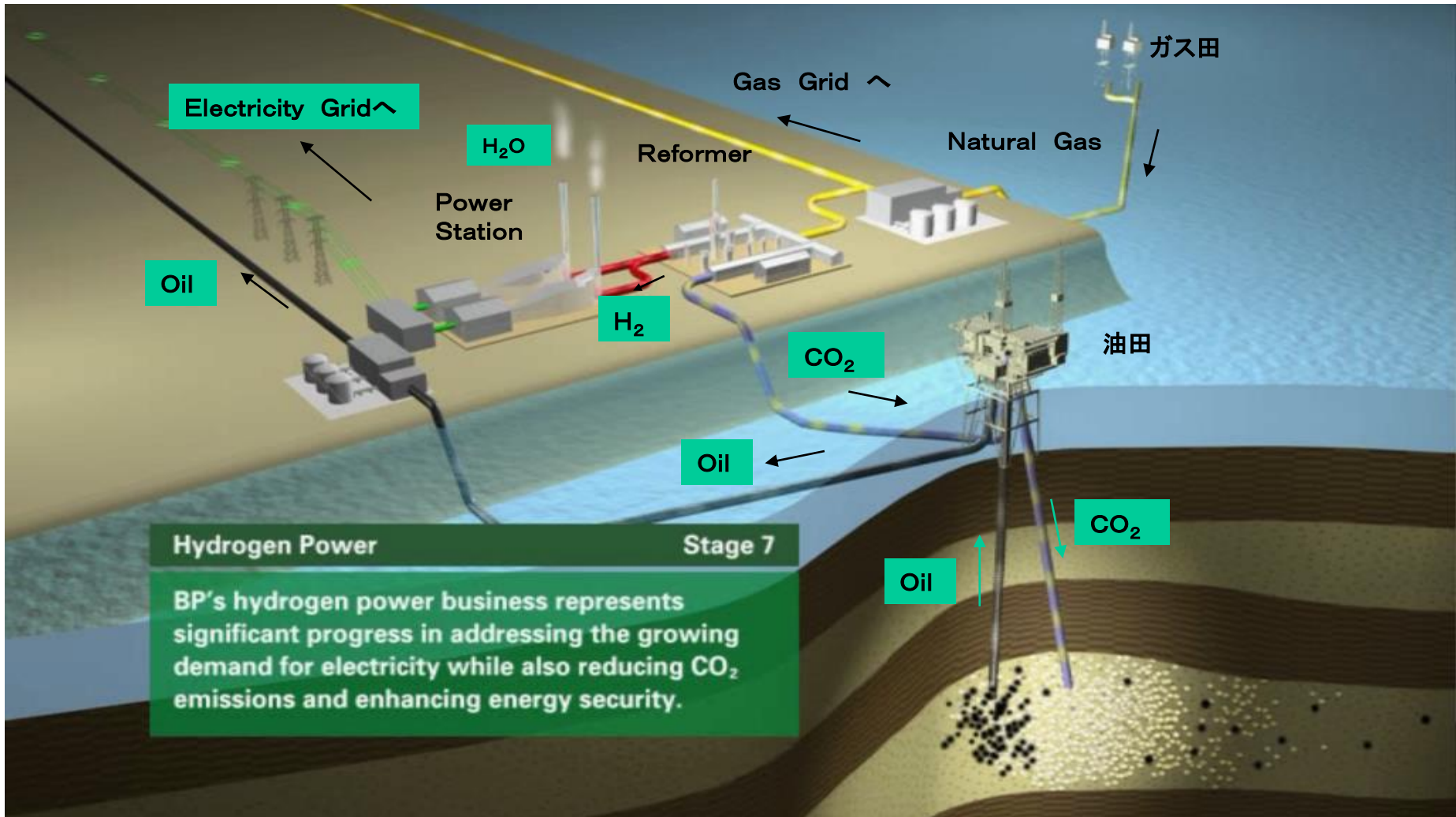
メタンの燃焼反応



天然ガス改質水素発電とCO₂の固定化 (CCS: Carbon dioxide Capture and Storage)



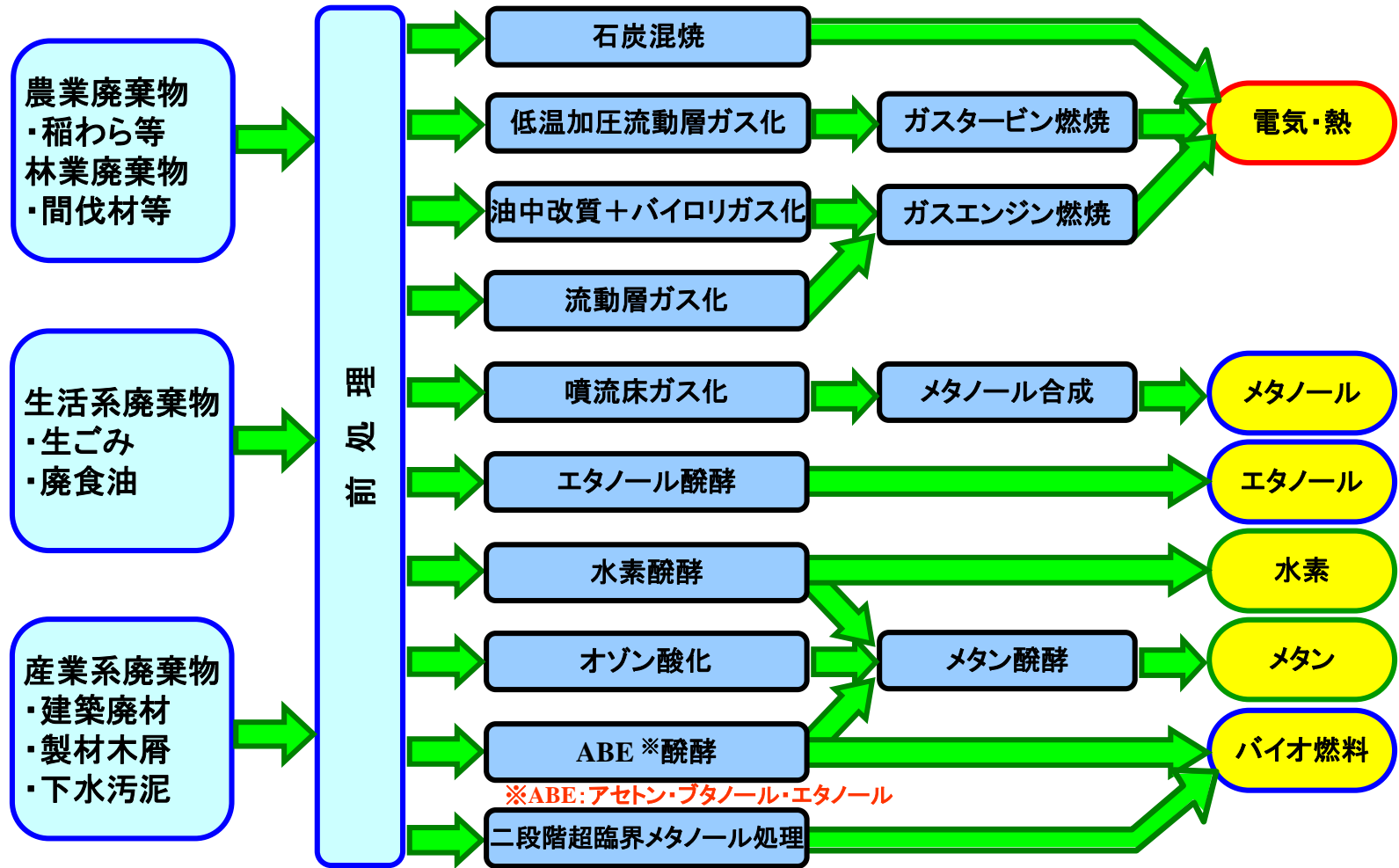
EOR (Enhanced Oil Recovery)法にCO₂を利用



出典:BP資料

カーソン発電所(カリフォルニア)、50万Kw

バイオマスからのエネルギー転換経路



出典: NEDOパンフレット, バイオマスエネルギー高効率転換技術開発

バイオマス種と転換技術のマトリックス



		バイオマス資源															
		木質系バイオマス		製紙系バイオマス	草本系バイオマス			糞尿・汚泥		食品廃棄物	その他						
					草・海草	牧草	農業残渣	家畜糞尿	下水汚泥 槽汚泥		でんぷん	植物油					
Dry/Wet	D	D	D	D	W	D	W			W			W	W	W		
例示		製材残材・間伐材	林地残材	建築廃材	古紙	ネピアグラス	牧草	アオサ	稲藁・もみ殻、麦藁	トウモロコシ	家畜糞尿	下水汚泥槽汚泥	食品加工廃棄物	厨芥、水産加工残渣	甘藷	パーム油、菜種油	
転換技術	燃焼	直接燃焼ボイラ	◎	◎	◎			◎		◎							
		直接燃焼発電	◎	◎	○			◎	△		◎						
		固形燃料化	◎	◎					◎		○	◎					
		混焼発電	◎	◎					◎	△	○	◎					
	熱化学的変換	溶融ガス化	○	◎													
		固定床ガス化	◎	○					○								
		低温流動層ガス化	○	○													
		噴流床ガス化	○	○		○		○									
		高カロリーガス化	○	○		○		○									
		急速熱分解	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○					
		スラリー燃料化	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○					
		直接液化	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○					
		超臨界水ガス化	○			○	△			○	○						
		超臨界メタノール処理	○		○												○
	炭化	◎	○	○	△	△	○		○	○							
	エステル化															◎	
生物化学的変換	メタン発酵	△			△	◎	◎	◎	◎	◎							
	エタノール発酵	○	○	○						○		◎					
	アセト・ブタノール発酵											○	◎				
	水素発酵			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			

◎: 実用化実績のある組み合わせ

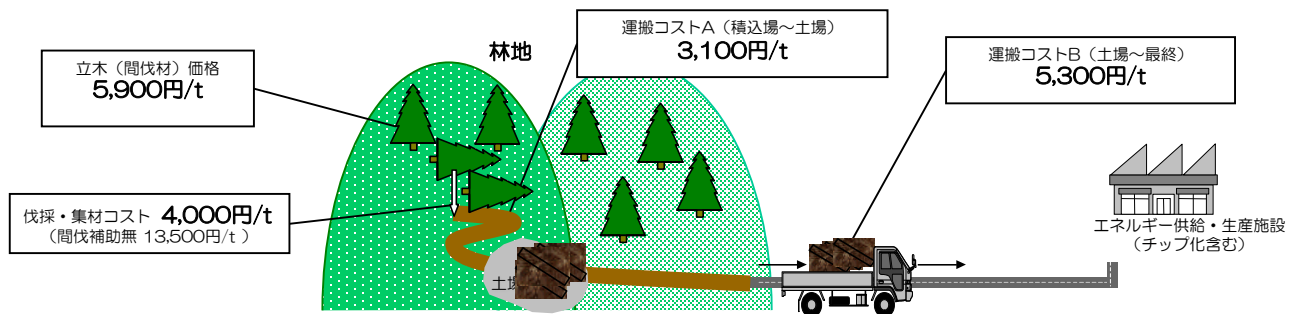
○: 実験段階もしくは実証段階の組み合わせ

△: フィージビリティスタディが行われている組み合わせ

出典: (株)三菱総合研究所, 平成14年度新エネルギー等

導入促進基礎調査

バイオマスの収集・運搬コスト(コジェネ100t/d規模)



間伐材調達費 18,300円/t (立木価格、伐採・集材コスト、運搬コストA、B)

10km以内ならコストBは
50%以上削減可

運搬コストBの輸送距離と運賃

状態	価格 (円/wet-t)
立木 (間伐材)	5,900
伐採・収集コスト	4,000
運搬コストA (積込場~土場)	3,100
運搬コストB (土場~最終消費地) 63.4 km	5,300
合計費用	18,300 (コストB比率=約30%)

輸送距離	運賃
$x \leq 10\text{km}$	230.3円/km · t
$10 \text{ km} < x \leq 50 \text{ km}$	57.9円/km · t + 1,724円/t
$50 \text{ km} < x \leq 100 \text{ km}$	50.6円/km · t + 2,090円/t
$100 \text{ km} < x \leq 200 \text{ km}$	31.4円/km · t + 4,010円/t
$200 \text{ km} < x \leq 500 \text{ km}$	27.5円/km · t + 4,790円/t
$500 \text{ km} < x$	27.7円/km · t + 4,690円/t

現実的な
ケース

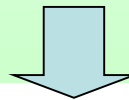
木質バイオマス : Wet Base

出典 : (株)三菱総合研究所, 平成14年度新エネルギー等導入促進基礎調査
(バイオマスエネルギー開発・利用戦略に関する調査研究)METI新エネ課

バイオマスー水素モデルの優位性

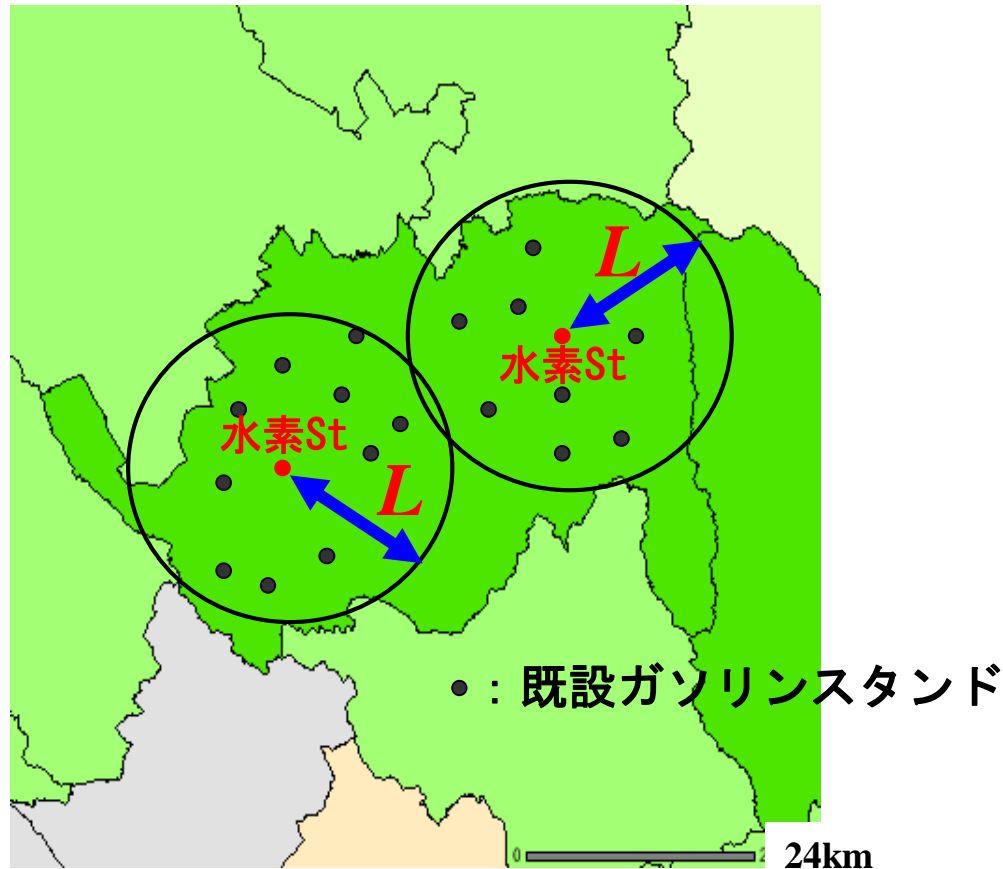
バイオマスー水素製造モデルは、①バイオマスの利活用が推進し、かつ基礎的な②水素供給インフラの整備が進行した上で達成できる、言わば**ダブルの条件をクリアーする必要のある**困難な課題のように見える。

⇒ふたつの条件は、単独に達成することには未だ多くの課題が存在するが、同時に達成することを視野に入れれば、**バイオマスの収集運搬距離を短くでき**、かつ、バイオマス賦存サイトでの**CO₂排出の少ない水素ステーション構築**に資するという、**双方の課題を補完**し合って達成可能なモデルとなる可能性を秘めている。



バイオマスから水素を製造し、水素ステーションにてFCVに供給するモデルの、定量的かつ経済的な実現可能性を検討することが重要

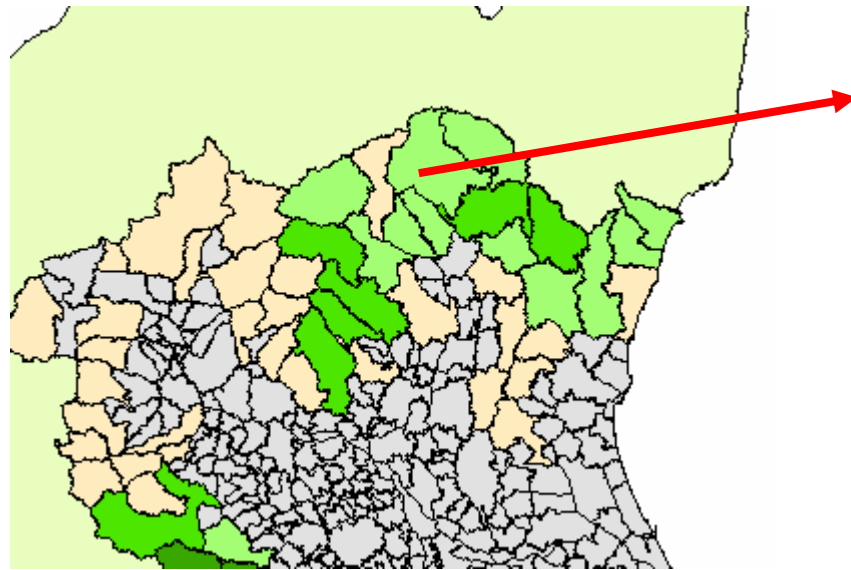
バイオマス運搬距離 L の考え方



既設20箇所のガソリンスタンドのうち、2箇所が水素ステーションに転換されたケースを想定：転換割合10%（2020年頃を想定）

バイオマスから水素製造の可能性定量評価試算

バイオマス輸送距離Lの試算



Q : バイオマス利用可能量 (t/y)

木質: 林地残材, 製材残材, 果樹剪定枝, 公園剪定枝 (4種)

畜産廃棄物: 乳牛, 食肉牛, 豚, 鶏の排泄物 (4種)

農業残渣: 稲わら, もみ殻, 麦わら (3種)

下水汚泥: 下水汚泥 (1種)

S : 市町村面積 (km²)

N : 現存ガソリンスタンド数 (ヶ所)

p : 水素スタンド転換割合 (ー) とすると、

水素ステーション1ヶ所あたりのバイオマス利用可能量 **q** (t/d)は、

$$q = Q / (360 \cdot N \cdot p)$$

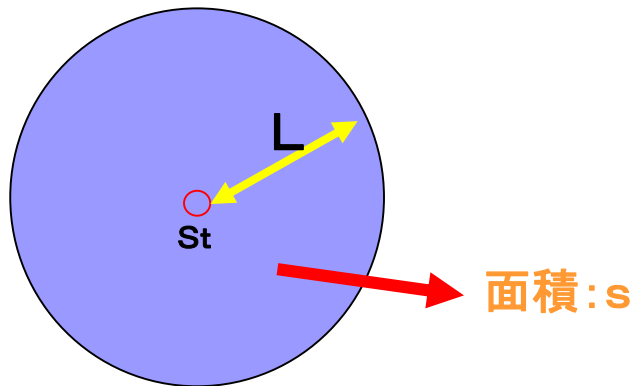
年間不稼働日数: 定修1日+盆・暮れ休業4日

また、水素ステーション1ヶ所あたりのカバー面積 **s** (km²)は、

$$s = S / (N \cdot p) \quad \text{より、}$$

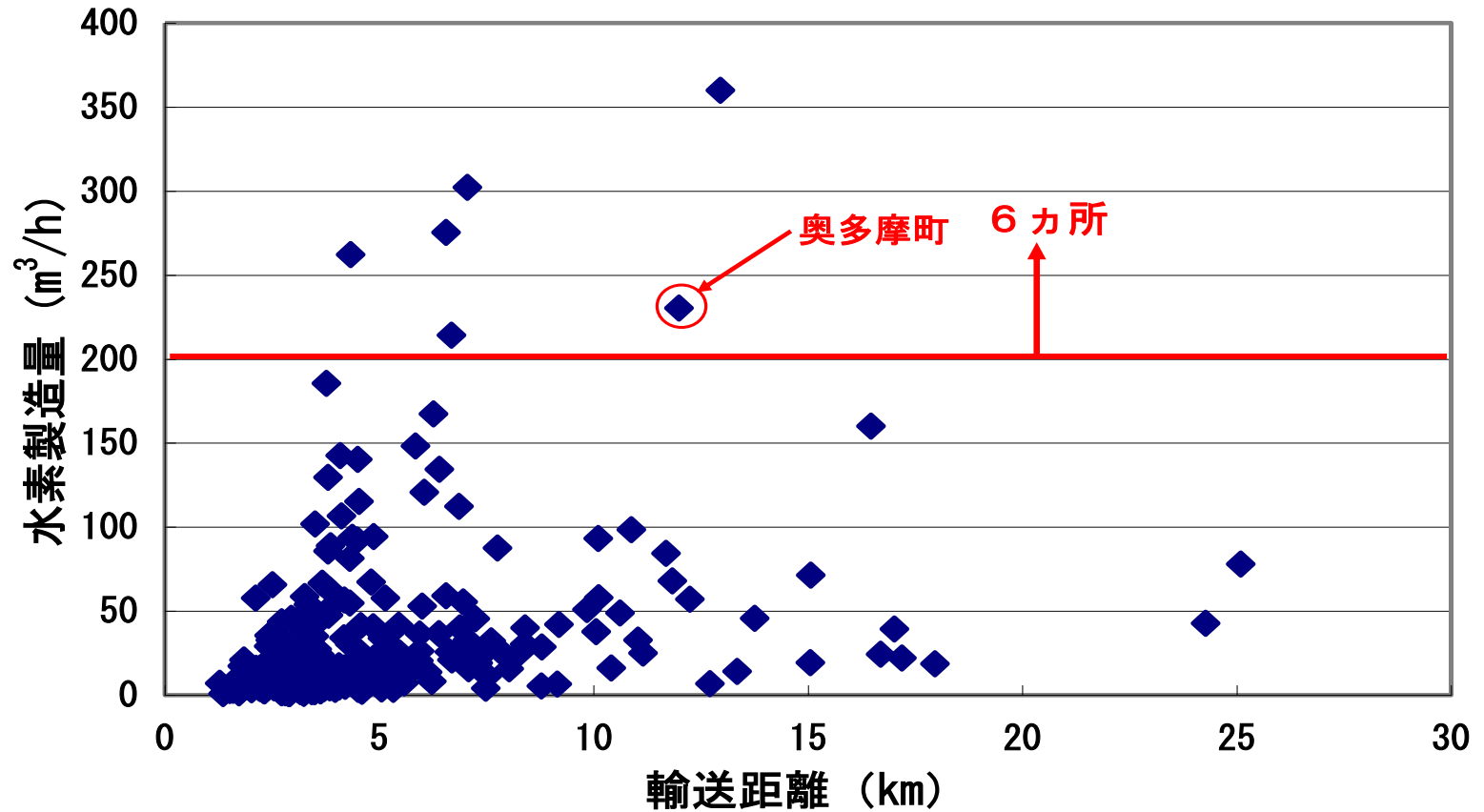
バイオマスの最長運搬距離 **L** (km)は、

$$L = (S / (N \cdot p \cdot q))^{1/2}$$

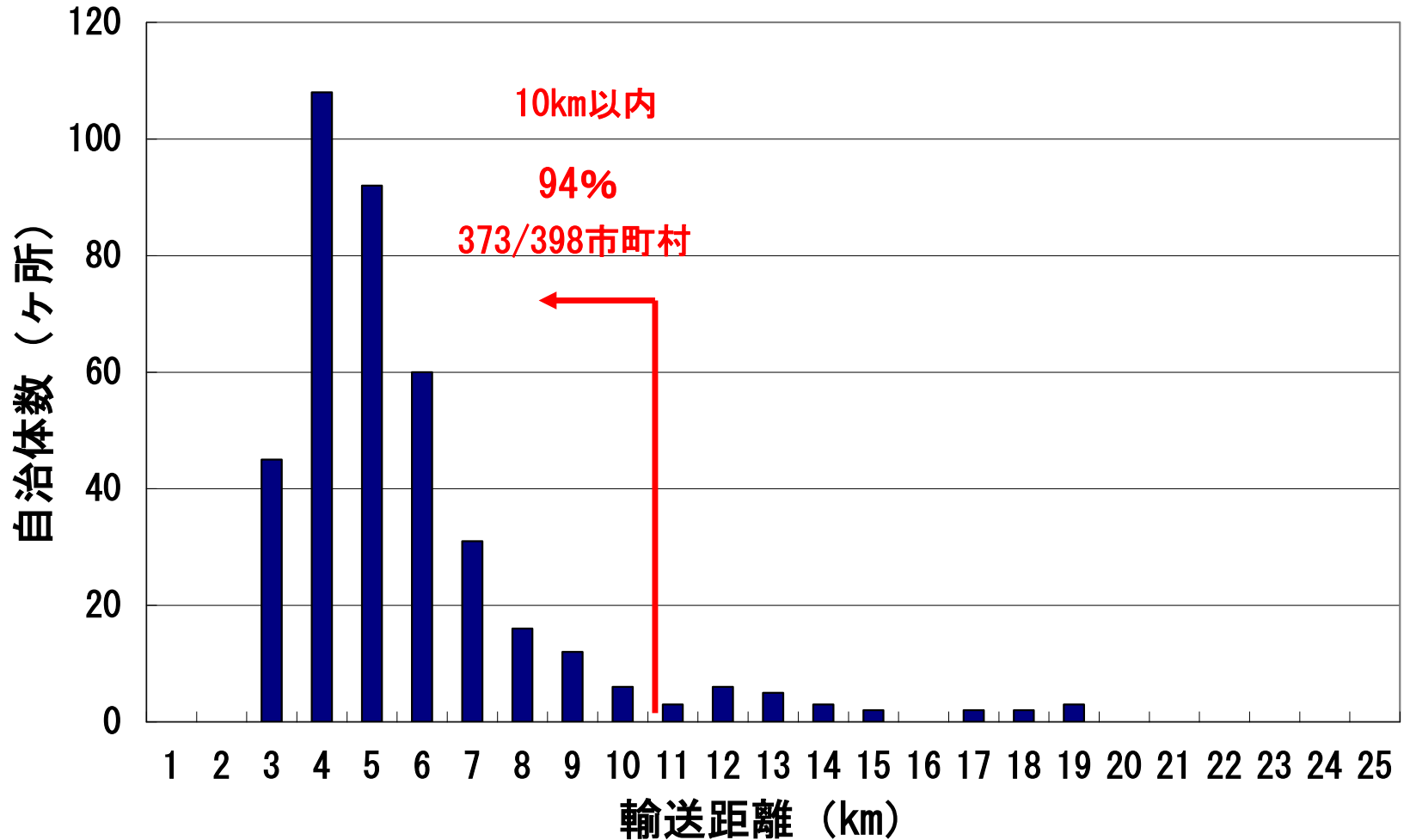


利用可能量データ出典:
NEDOバイオマス賦存量・利用可能量の推計

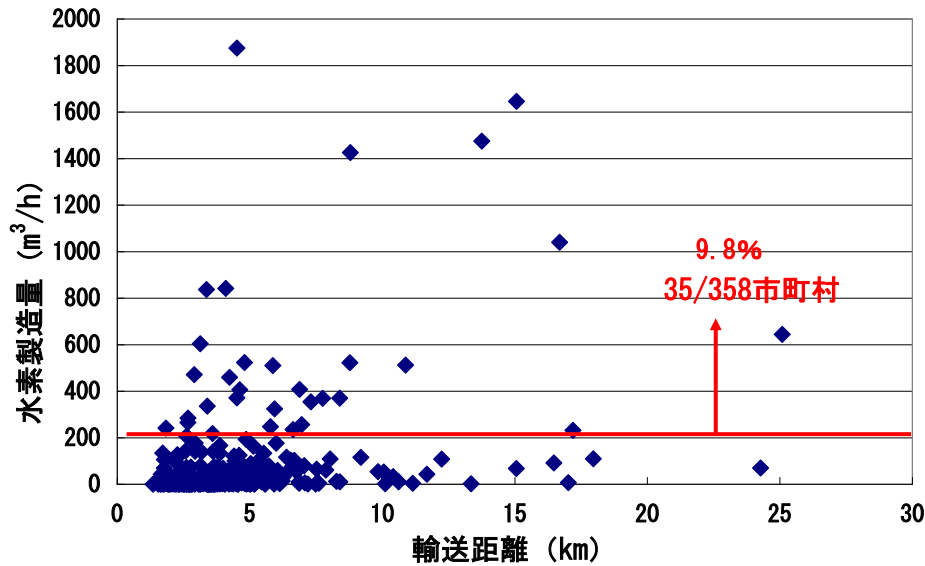
バイオマス輸送距離と水素製造量 (木質バイオマス)



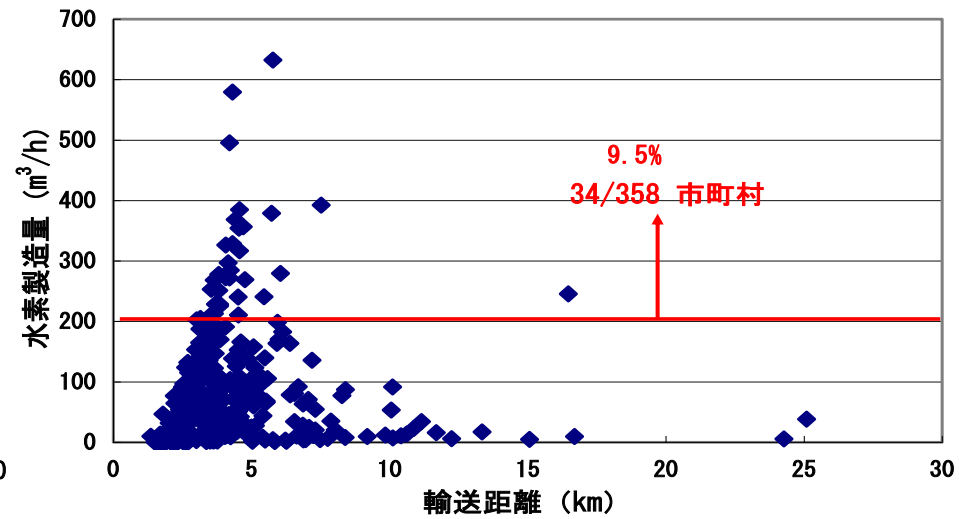
輸送距離と自治体数の関係



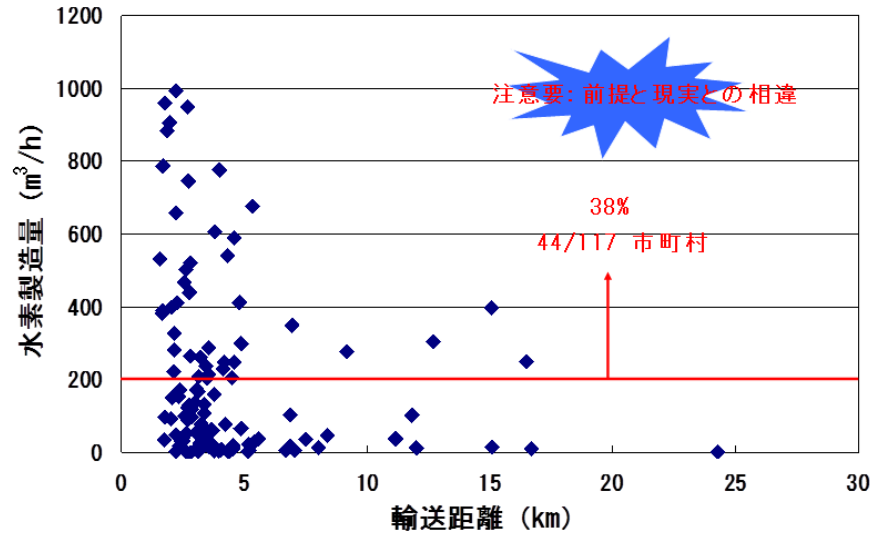
バイオマス輸送距離と水素製造量



(畜産廃棄物) 湿式メタン発酵+メタン改質水素製造

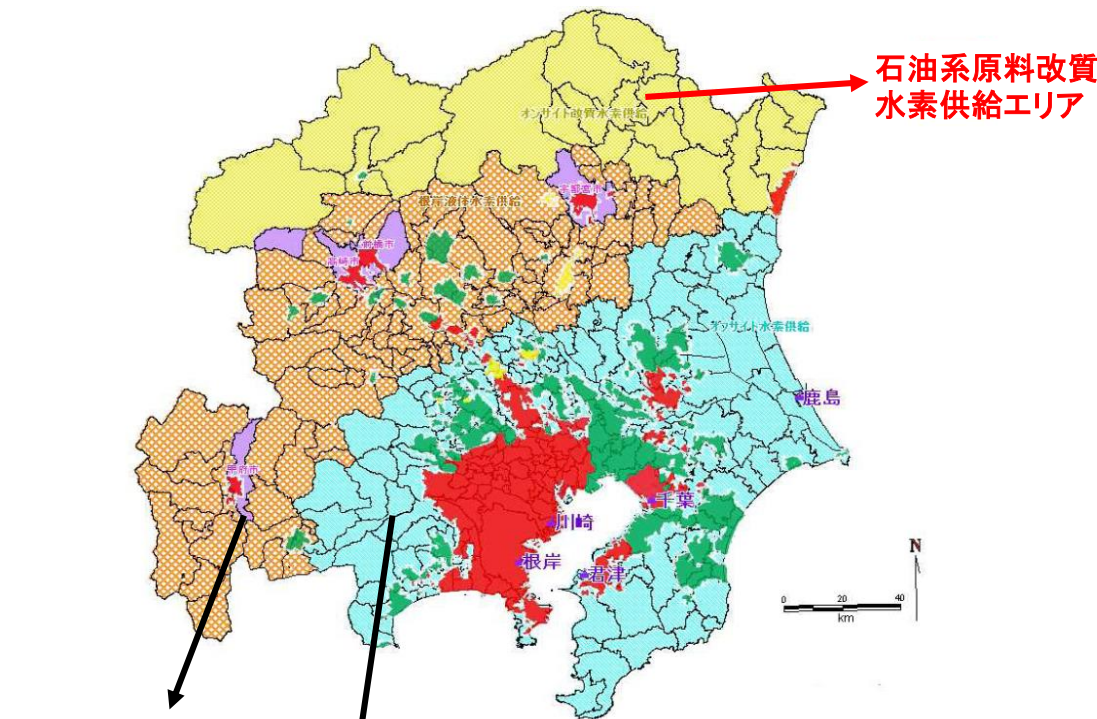


(農業残渣) 乾式メタン発酵+メタン改質水素製造



(下水汚泥), 水素製造量1,000Nm³/h以下,
湿式メタン発酵+メタン改質水素製造

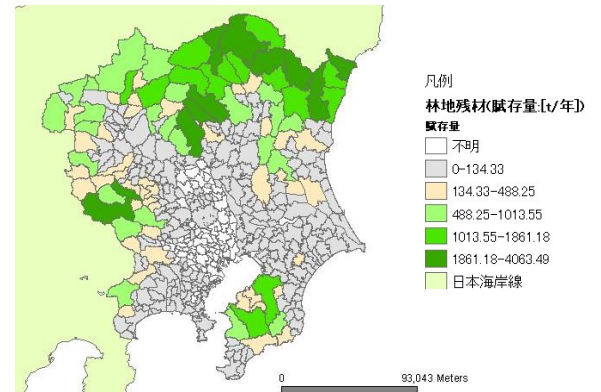
首都圏における最適水素供給の考え方



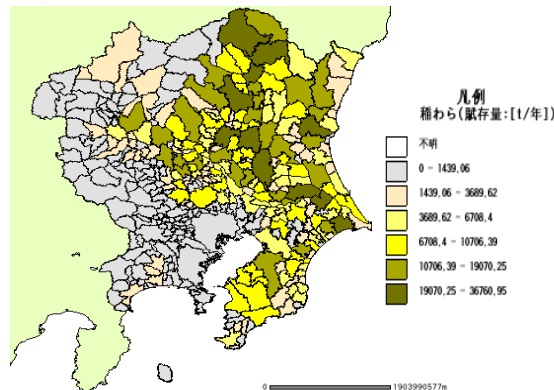
根岸地点からの液体水素供給エリア

東京湾周辺コンビナート7箇所からの水素供給エリア

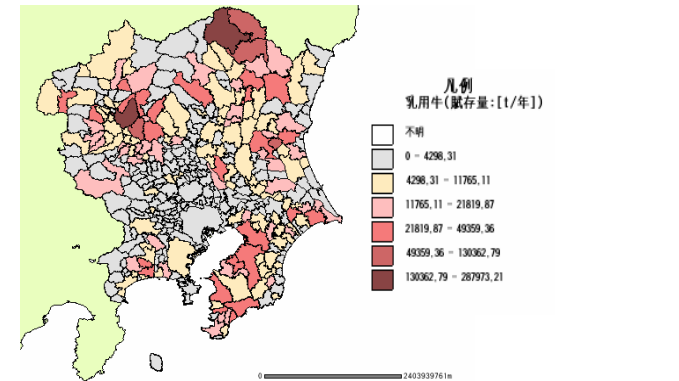
石油系原料改質水素供給エリア



林地残材の賦存量分布図

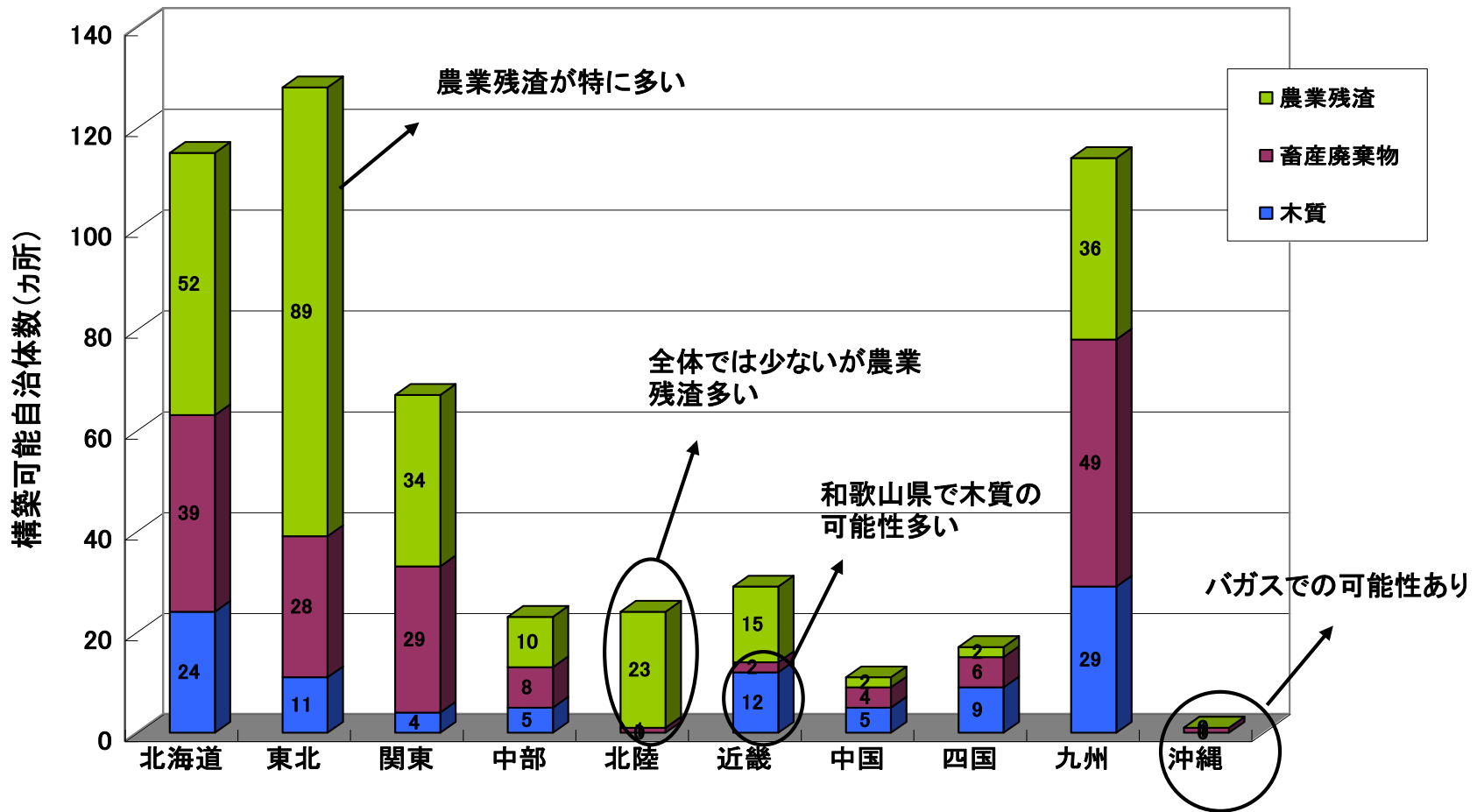


農業残渣(稲わら)の賦存量分布図

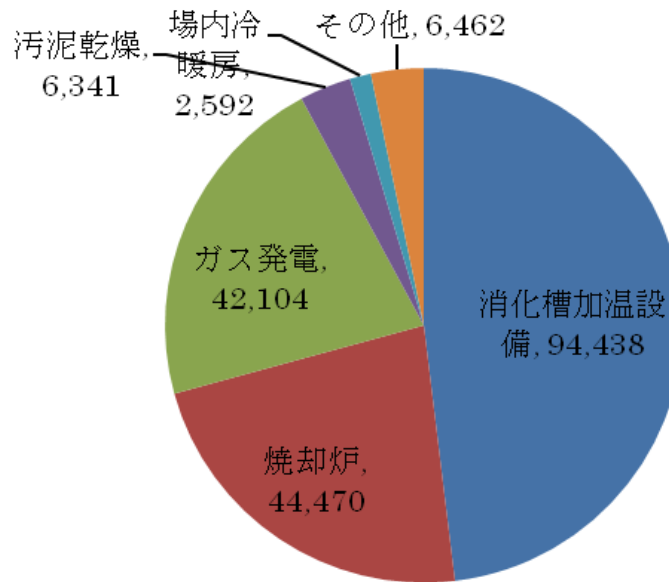


家畜糞尿(乳牛糞尿)の賦存量分布図

バイオマス原料による水素ステーション実現性のポテンシャル



消化ガス有効利用の現状



消化槽加温設備	94,438
焼却炉	44,470
ガス発電	42,104
汚泥乾燥	6,341
場内冷暖房	2,592
その他	6,462
合計	196,407

消化ガス発生量	276,251
有効利用された消化ガス量	196,407 (71%)
有効利用されなかった消化ガス量	79,844 (29%)

全国の下水処理場から発生する消化ガス



全国約1,900ヶ所の下水処理場のうち、
(2010年度2,145ヶ所)
約300ヶ所が消化槽(メタン発酵槽)を保有

北海道	
人口(千人)	5,627
消化槽数	25
余剰メタン(千Nm ³ /日)	55

東北	
人口(千人)	12,065
消化槽数	32
余剰メタン(千Nm ³ /日)	51

中部	
人口(千人)	17,635
消化槽数	51
余剰メタン(千Nm ³ /日)	73

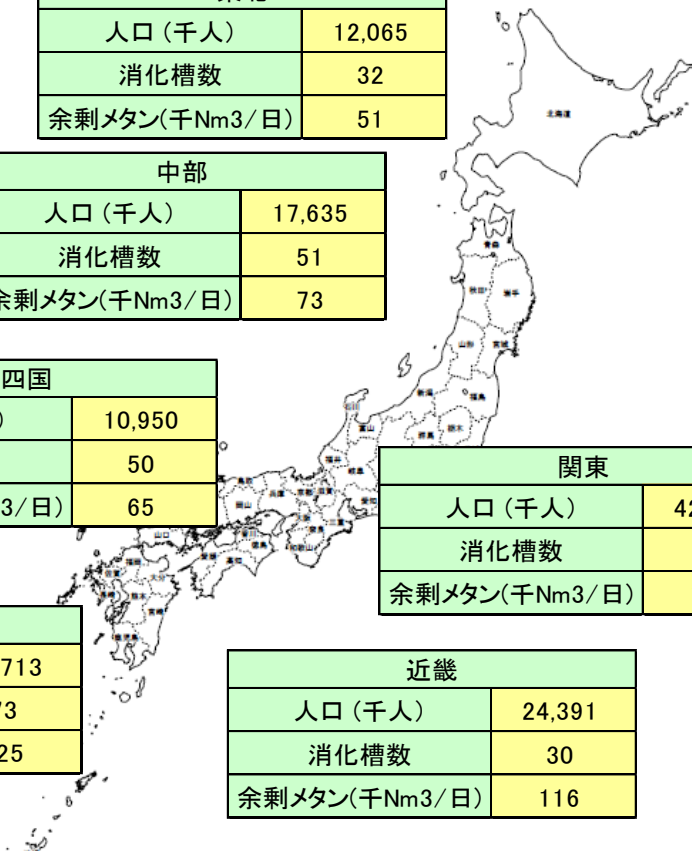
中四国	
人口(千人)	10,950
消化槽数	50
余剰メタン(千Nm ³ /日)	65

関東	
人口(千人)	42,372
消化槽数	41
余剰メタン(千Nm ³ /日)	134

合計	
人口(千人)	127,753
消化槽数	302
余剰メタン(千Nm ³ /日)	622

九州	
人口(千人)	14,713
消化槽数	73
余剰メタン(千Nm ³ /日)	125

近畿	
人口(千人)	24,391
消化槽数	30
余剰メタン(千Nm ³ /日)	116



全国で、1,752千Nm³/日の消化ガス(再生可能エネルギー)発生量が期待される