

# FS検討結果 【概要版】

## 【本資料の主な内容】

- 各モデルの比較表
- FS検討結果(弘前市モデル)
- FS検討結果(埼玉県モデル)
- FS検討結果(横浜市モデル)
- FS検討まとめ
- 水素製造単価および温室効果ガス排出量について

# 各モデルの比較表【第2回委員会資料を更新】

項目		弘前市モデル	埼玉県モデル	横浜市モデル
水素関連事項	目標年次	・～H30 水素インフラの実証 ・～H35 水素供給・利用の実現 ・～H45 津軽地域への拡大	2020年に向けて水素製造	2020年（横浜市エネルギーアクションプラン）
	水素製造プロセス	汚泥熱分解による水素直接製造	バイオガスの改質による水素製造	バイオガス燃料電池による水素、電気、熱の製造
	水素利用用途	定置型燃料電池による近隣の工場、農業ハウス等への電気、熱の供給	広域利用、FCV、FCバス、FCフォークリフト等	FCV、FCバス等
処理場関連事項	対象処理施設	岩木川浄化センター（青森県）	中川水循環センター	北部汚泥資源化センター
	供用開始年	昭和62年	昭和58年	昭和62年
	汚泥処理方法	濃縮－脱水－焼却	濃縮－脱水－焼却	濃縮－消化－脱水－焼却
	消化槽	なし	新規建設予定	12基（総容量81,600m <sup>3</sup> ）
FS検討より	原料	脱水汚泥量：16,500 t-WS/年 （50 t-WS/日）	消化ガス量（12h/日運転の場合） 水素製造用：約 1,190,000Nm <sup>3</sup> /年（約3,300Nm <sup>3</sup> /日） H <sup>2</sup> イカ <sup>3</sup> 発電用：約 1,900,000Nm <sup>3</sup> /年（約5,500Nm <sup>3</sup> /日）	消化ガス量：約 640,000 Nm <sup>3</sup> /年 （1,800 Nm <sup>3</sup> /日）
	水素製造量（発電量）	水素製造量：約 1,600,000 Nm <sup>3</sup> -H <sub>2</sub> /年 （約 300 Nm <sup>3</sup> -H <sub>2</sub> /hr） ※発電量：約 3,200,000 kWh/年相当	水素製造量：約 1,200,000 Nm <sup>3</sup> -H <sub>2</sub> /年 （約 275Nm <sup>3</sup> -H <sub>2</sub> /hr） H <sup>2</sup> イカ <sup>3</sup> 発電量：約 3,800,000 kWh/年 （約 11,000kWh/日）	水素製造量：約 190,000 Nm <sup>3</sup> -H <sub>2</sub> /年 （約 23Nm <sup>3</sup> -H <sub>2</sub> /hr） H <sup>2</sup> イカ <sup>3</sup> 発電量：約 1,500,000kWh/年 ※200kW発電を想定（約 4,300kWh/日）

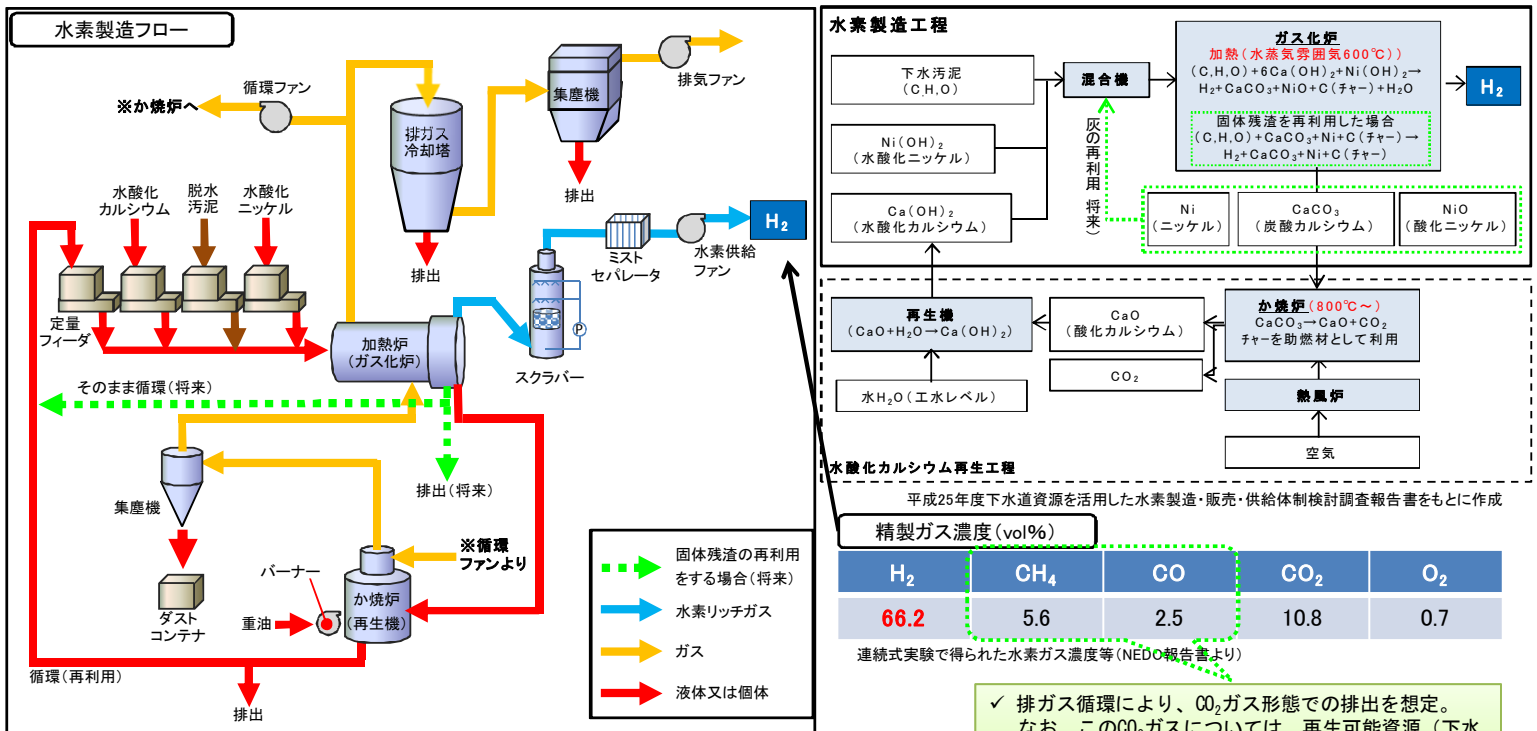
2

## FS検討結果 【弘前市モデル】

3

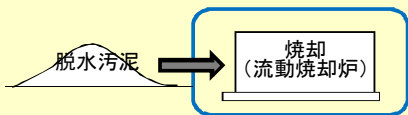
# 弘前市モデルにおける水素製造技術の概要

- 下水汚泥(脱水汚泥)に触媒(水酸化カルシウムと水酸化ニッケル)を混合し、水蒸気雰囲気下で600°Cで加熱することにより、水素を製造する技術。
- 反応後に発生する炭酸カルシウムと酸化ニッケルは焼却(か焼および再生)することにより、再利用が可能。
- (将来的に)反応後に発生する炭酸カルシウムとニッケルをそのまま再利用することも想定。



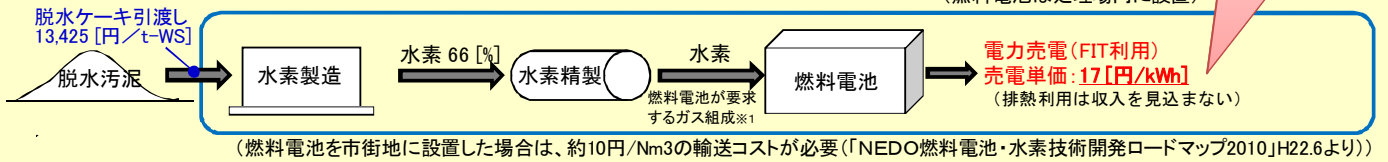
## 弘前市モデルにおける考え方

【ケース0(現状)】脱水汚泥を焼却し、灰を最終処分(公設・公営)

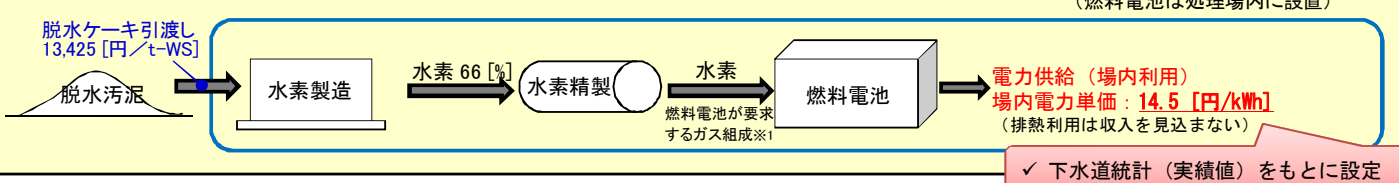


✓ 固定価格買取制度(平成27年度)の価格表より、一般廃棄物その他のバイオマスの買取価格(調達価格1kWh当たり)

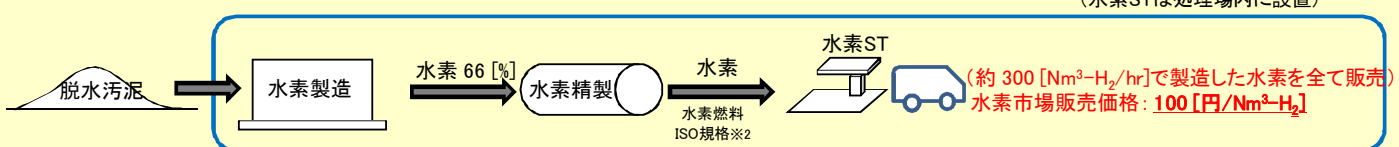
【ケース1】FIT制度を活用して売電(公設・民営、燃料電池建設費は単独費)



【ケース2】電力を場内利用(公設・民営、燃料電池建設費は交付金活用)



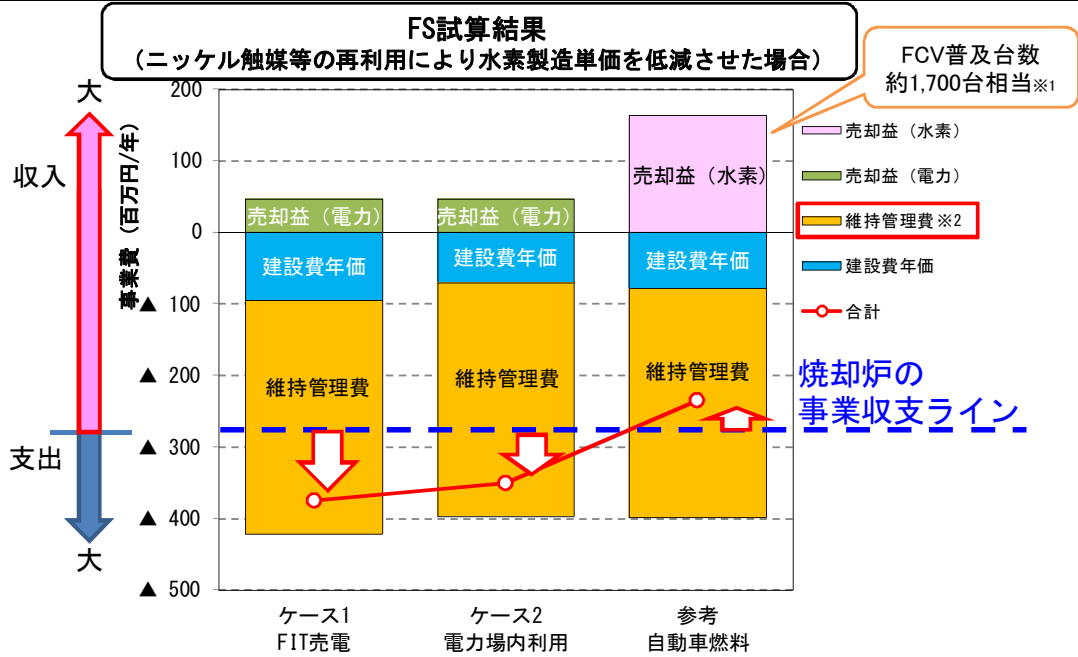
【参考】FCV燃料として販売(公設・公営、水素ST建設費は経済産業省補助を想定)



※1: 水素濃度99.99%  
 ※2: 水素濃度99.97%

# 試算結果（ケース毎の全体収支、水素製造単価を低減させた場合）

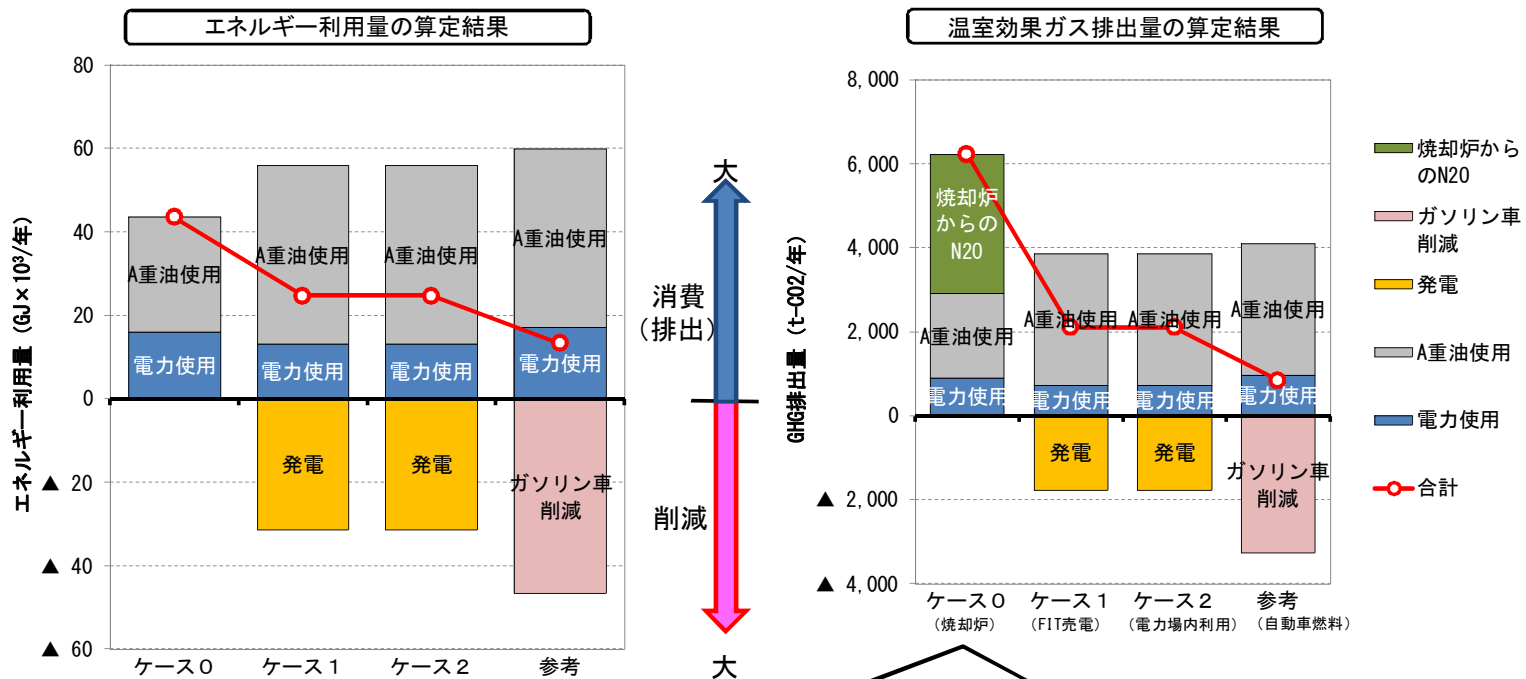
- 水素製造ケースの中では、燃料電池自動車（FCV）用燃料として利用する参考ケースが最も経済的となり、次に、電力を場内利用した場合（ケース2）、FIT制度を利用した売電（ケース1）の順に経済的となる。
- ただし、自動車の燃料として利用するケース（参考）については、製造した水素をすべて売却できることが前提条件であるため、FCVの普及促進に影響を受ける。
- 下水汚泥熱分解による水素製造（精製を含む）と焼却炉との差分を水素製造コストとして算定すると、約49[円/Nm<sup>3</sup>-H<sub>2</sub>]となる。



※1燃料電池自動車の水素使用量を 963 [Nm<sup>3</sup>-H<sub>2</sub>/台・年]と想定  
(第5回水素・燃料電池戦略協議会 (H27.11) 資料より)  
※2維持管理費には、ユーティリティ費（触媒購入費用を含む）を含む

# 温室効果ガス（GHG）排出量等の算定結果

- 本水素製造技術による水素製造事業および発電事業（あるいはFCV燃料利用）の組合せ（ケース1・2、参考）は、既設技術である焼却炉による焼却処理（ケース0）に比べてエネルギー消費量が小さく、温室効果ガス排出量削減効果大きい。



【焼却（ケース0）におけるN2O排出による温室効果ガス排出量算定条件】

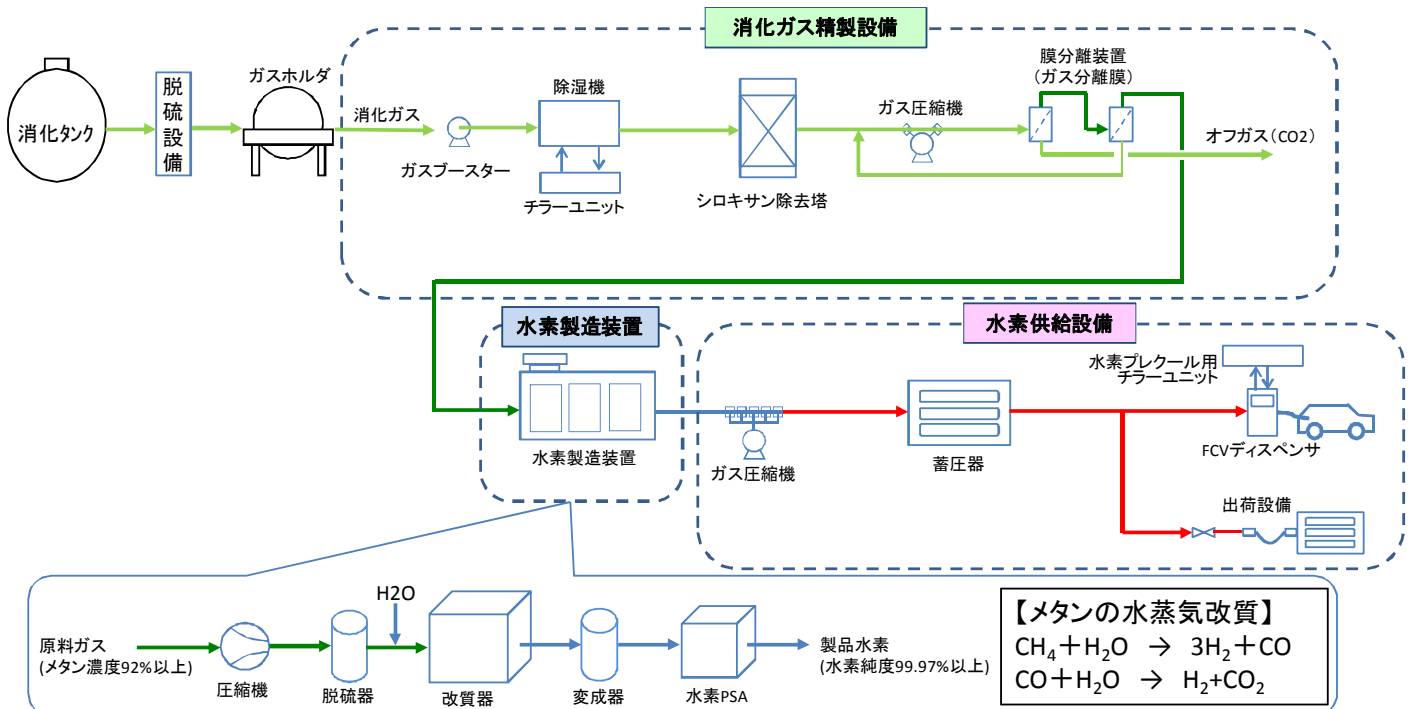
焼却炉 N2O排出係数（下水汚泥（高温燃焼））	0.000645 (tN <sub>2</sub> O/t)
N2O 地球温暖化係数	310

※「地球温暖化対策の推進に関する法律」：温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧(2015)より

# FS検討結果 【埼玉県モデル】

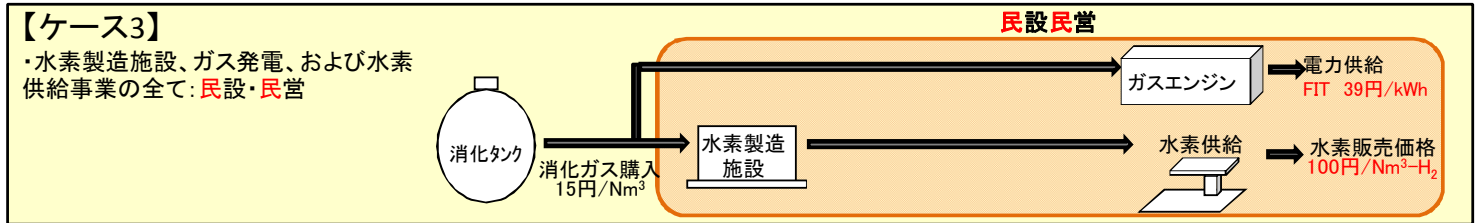
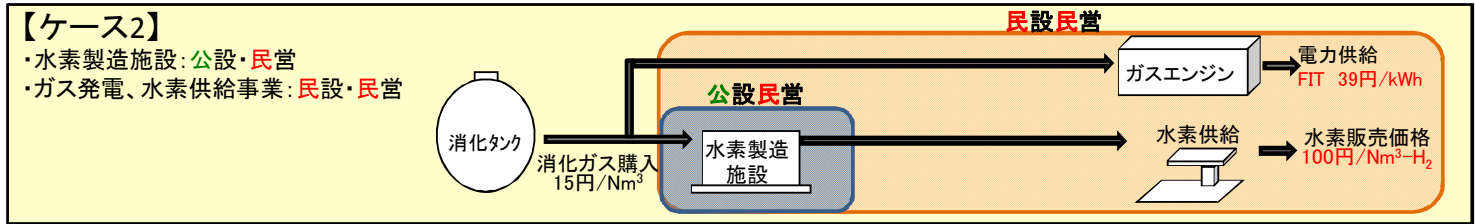
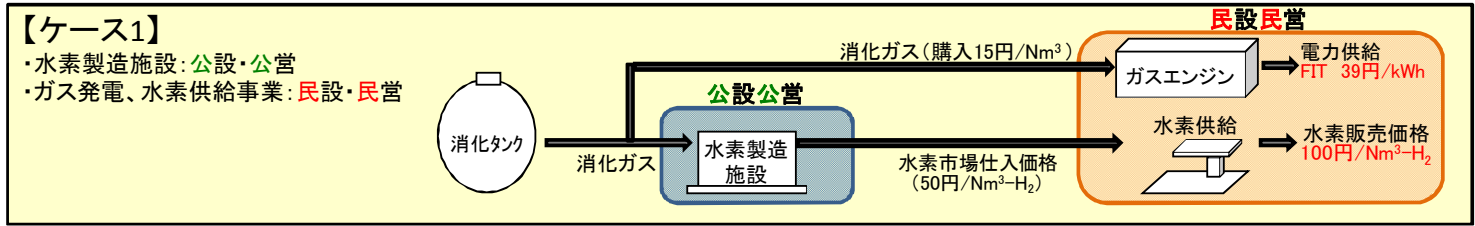
## 埼玉県モデルにおける水素製造技術の概要

- 福岡市におけるB-DASHプロジェクトにて実証実験中の技術を対象として検討。
- 消化タンクから発生した消化ガスを脱硫処理してガスホルダに貯留し、この消化ガス(バイオガス)を原料とする。
- 水素製造施設としては、消化ガスのメタン濃度を高める「消化ガス精製設備」と、水蒸気とメタンの水蒸気改質反応により水素を製造する「水素製造装置」からなる。
- 本モデルには、FCVIに水素を供給するステーション機能と水素出荷設備を具備する「水素供給設備」も含める。



# 埼玉県モデルにおける考え方

- 本モデルでは、「公設・公営」、「公設・民営」、「民設・民営」の組み合わせにより、3ケースを検討。
- 公共側から民間事業者へ消化ガスを販売する単価を15 [円/Nm<sup>3</sup>]とし、ケース1(公設・公営)では、民間事業者が水素製造施設から水素を仕入れる単価を50 [円/Nm<sup>3</sup>-H<sub>2</sub>]とする。
- 民間事業者が市場にて水素供給設備から販売する水素販売単価を100 [円/Nm<sup>3</sup>-H<sub>2</sub>]とする。
- 民間事業者によるガス発電については、固定価格買取制度(FIT)により39 [円/kWh]で売却されるとする。



FS検討範囲

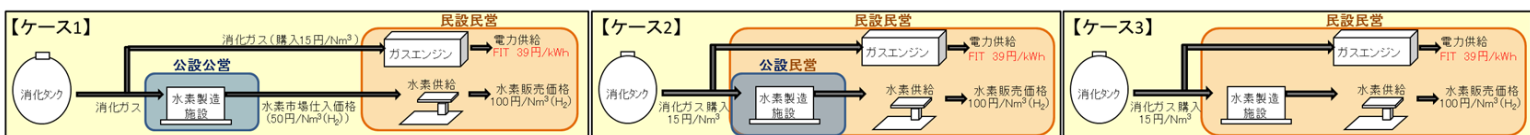
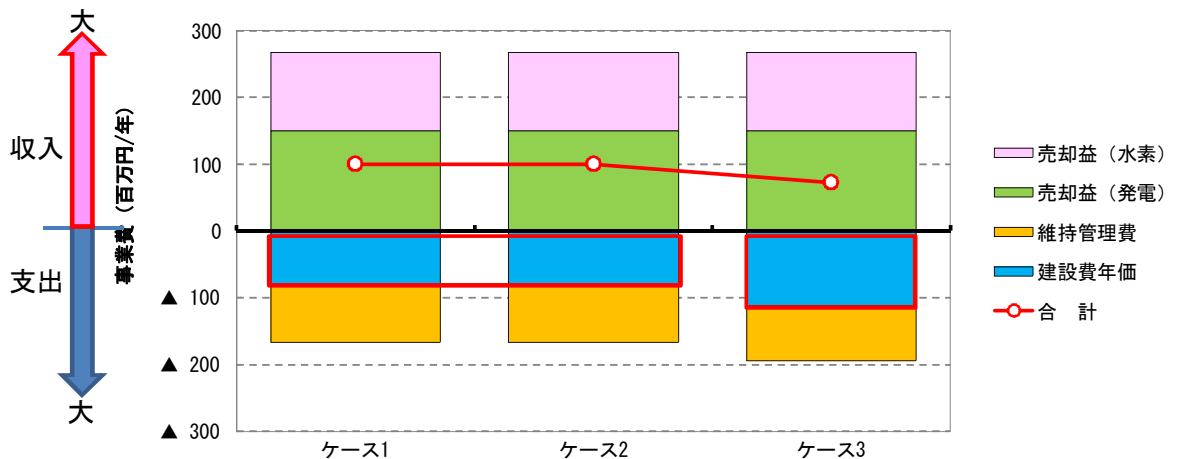
10

## ケース毎の事業全体収支の試算（12時間稼働の場合）

- 消化ガス購入から始まり、電力供給(売電)および水素販売までを含めた範囲で、事業全体の収支を算定。
- 全てのケースにおいて販売される水素は、製造したもののすべてが売却されることを前提。
- 同じ施設・設備構成であるが、水素供給設備が交付対象とならないケース3が高価となる。
- いずれのケースも事業採算性は得られるが、水素製造施設へ補助を入れたケース1と2の収益が高い。

### FS検討結果

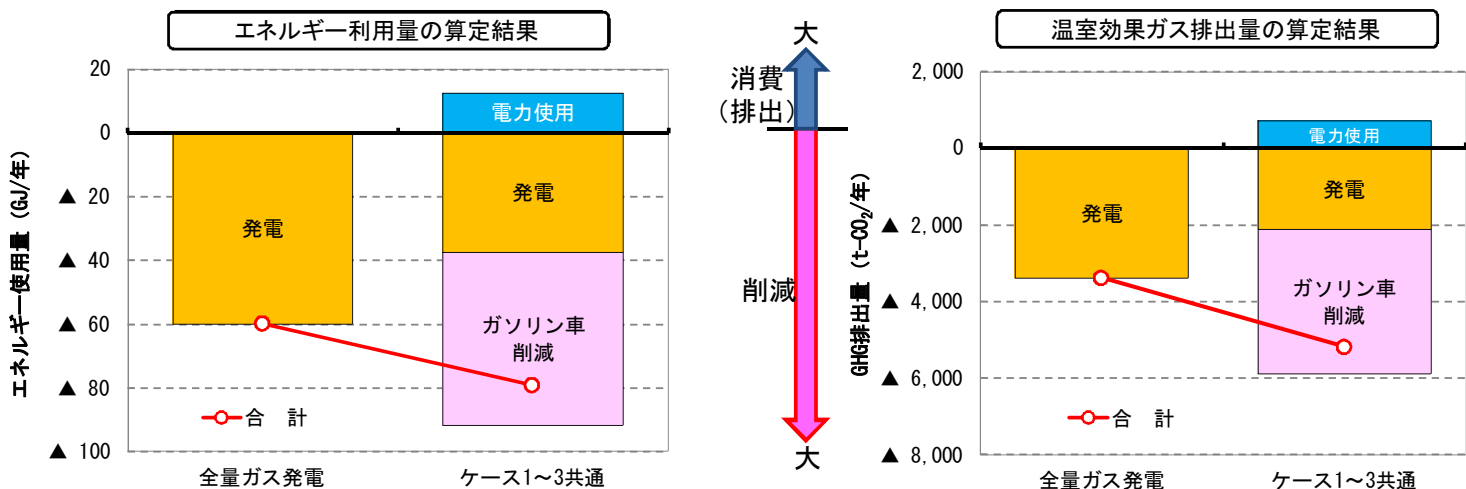
消化ガス発電(FIT利用)+水素製造・供給			
	ケース1	ケース2	ケース3
水素製造(精製含む)	公設公営	公設民営	民設民営
ガス発電・水素供給(水素ST)	民設民営		



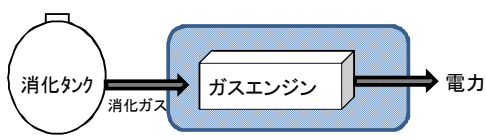
11

# 温室効果ガス（GHG）排出量等の算定（12時間稼働の場合）

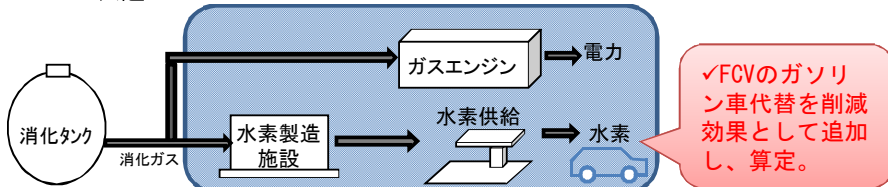
- エネルギー利用量および温室効果ガス排出量について、全量ガス発電した場合とケース1～3を比較。
- 水素製造・供給設備の供用と並行して、FCVがガソリン車に置き換わると仮定し、ガソリン車のエネルギー使用量、温室効果ガス排出量をケース1～3の削減効果として加えた。
- 消化ガス全量をガスエンジンで発電した場合と水素製造を行った場合（ケース1～3共通）を比較すると、水素製造を行った場合の方が環境性に優れる。



## 【比較対象】全量消化ガス発電を実施



## ケース1～3共通



12

# 水素需要としてのFCV普及台数の設定

- 本モデルの時間軸での水素需要見込みとして、FCV普及台数を想定。
- FCV普及台数は、水素・燃料電池戦略ロードマップ(H28.3改訂)の公表資料に基づき、トレンド予測(累乗関数による近似)を行い、ステーション箇所数については、同資料に基づき、トレンド予測(指数関数による近似)を行い、想定。
- 両者より、ステーション1箇所当たりのFCV普及台数を推計した。(埼玉県目標よりも緩やかな普及を想定)

水素・燃料電池戦略ロードマップ (H28.3) より

### 水素ステーション数の想定条件

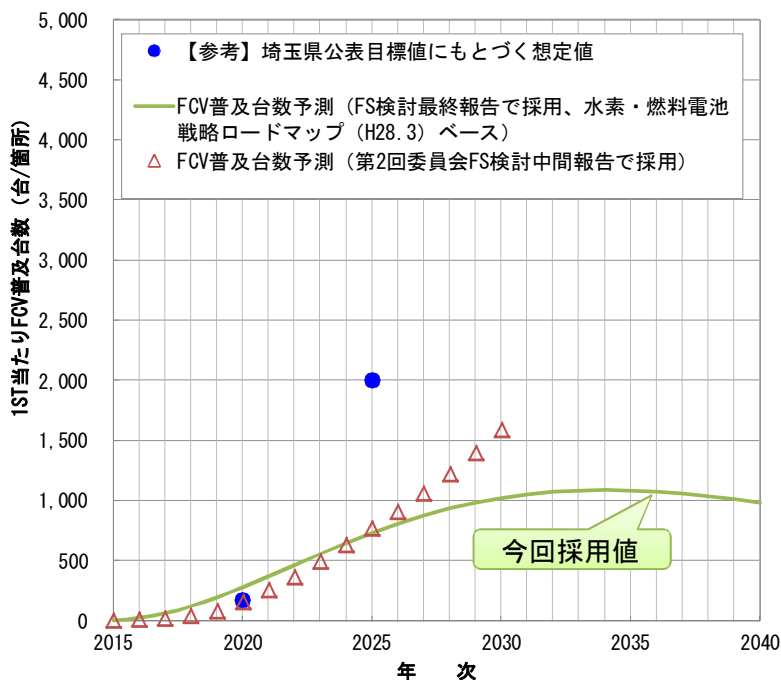
- ・2015年度末までに80箇所が開所予定
- ・2016年度内に100箇所程度の確保を達成
- ・2020年度までに160箇所程度
- ・2025年度までに320箇所程度

### FCV普及台の想定条件

- ・2015年末までに国内で約400台が販売
- ・2020年までに4万台程度の普及
- ・2025年までに20万台程度の普及
- ・2030年までに80万台程度の普及

1ステーション当たりの普及台数を想定すると

### ステーション1箇所当たりのFCV普及台数の想定

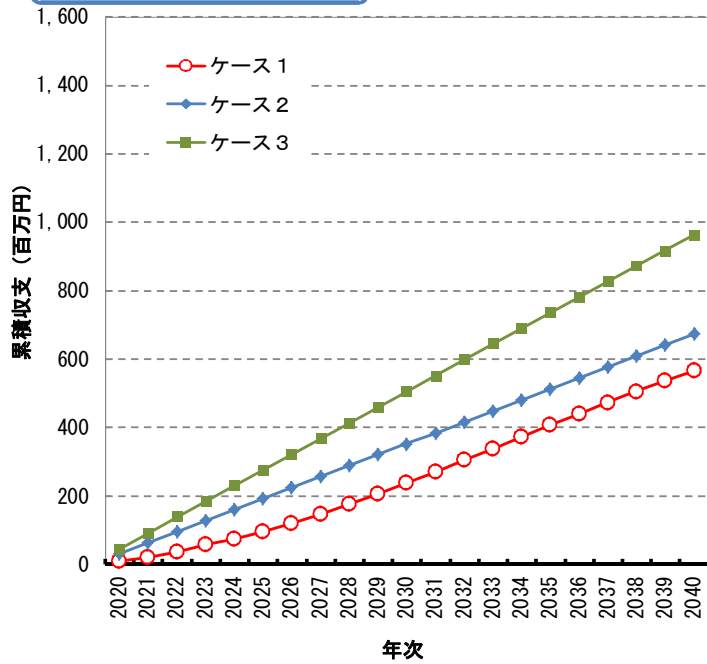


13

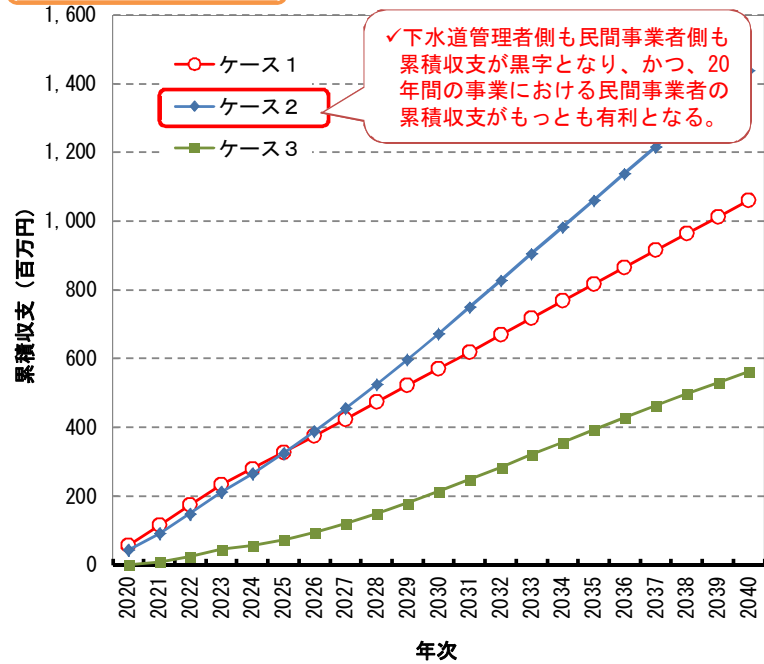
# 水素需要（FCV普及台数）に応じた事業収支の算定

- 下水道管理者の累積収支を比較すると、ケース3が最も経済的であり、次いで、ケース2、ケース1の順に経済的。
- 民間事業者は、2025年度頃まではケース1が最も事業性が高いが、2026年度以降はケース2が最も有利。

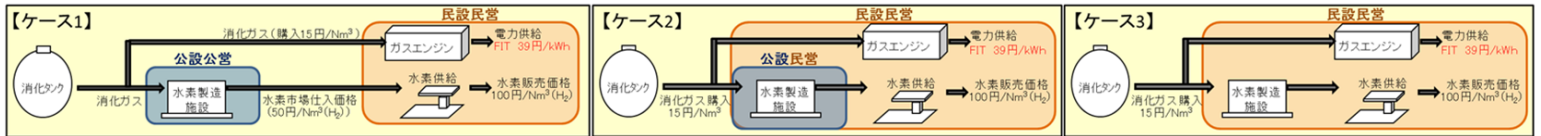
下水道管理者の累積収支



民間事業者の累積収支



✓下水道管理者側も民間事業者側も累積収支が黒字となり、かつ、20年間の事業における民間事業者の累積収支がもっとも有利となる。

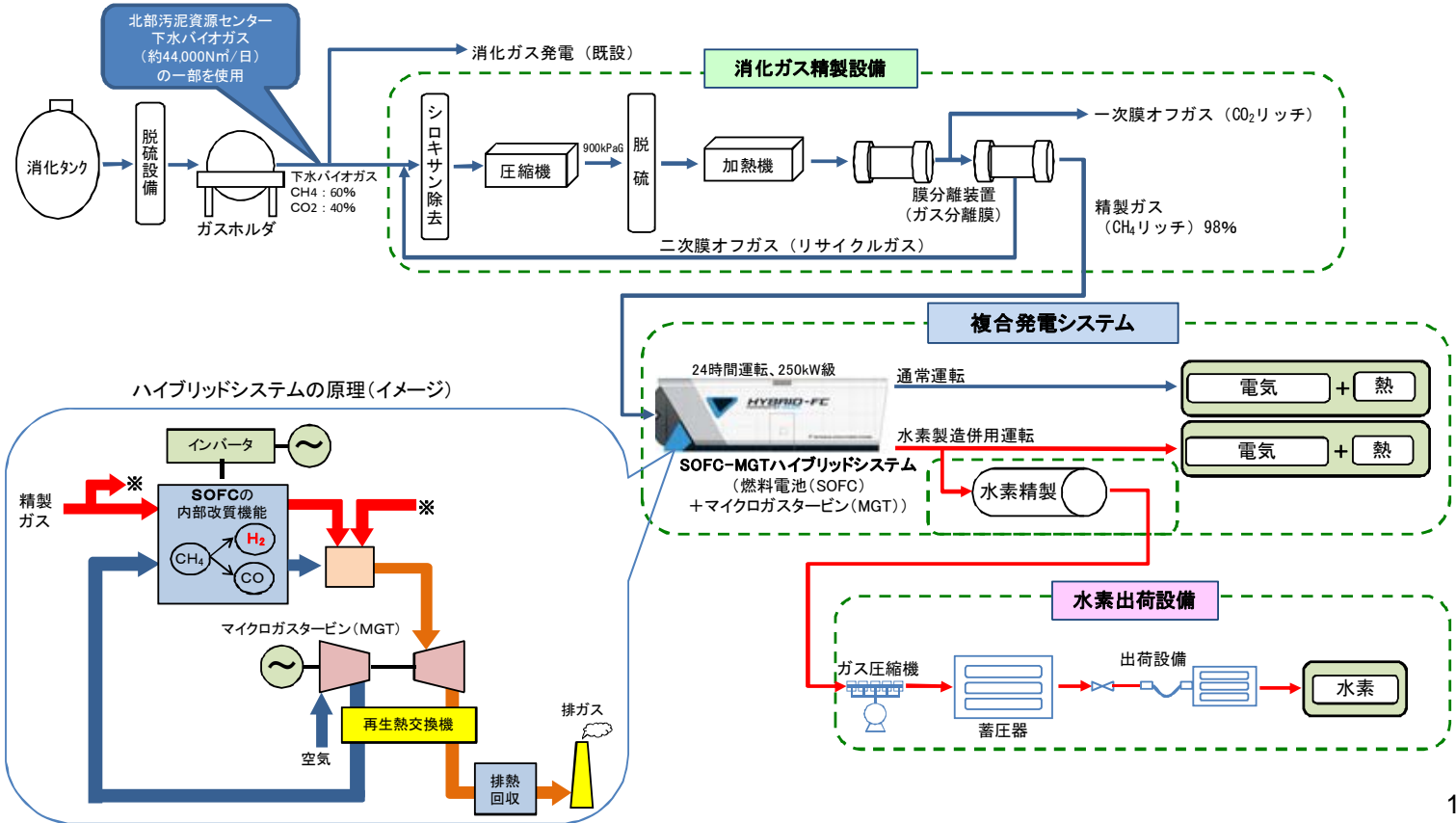


## FS検討結果 【横浜市モデル】



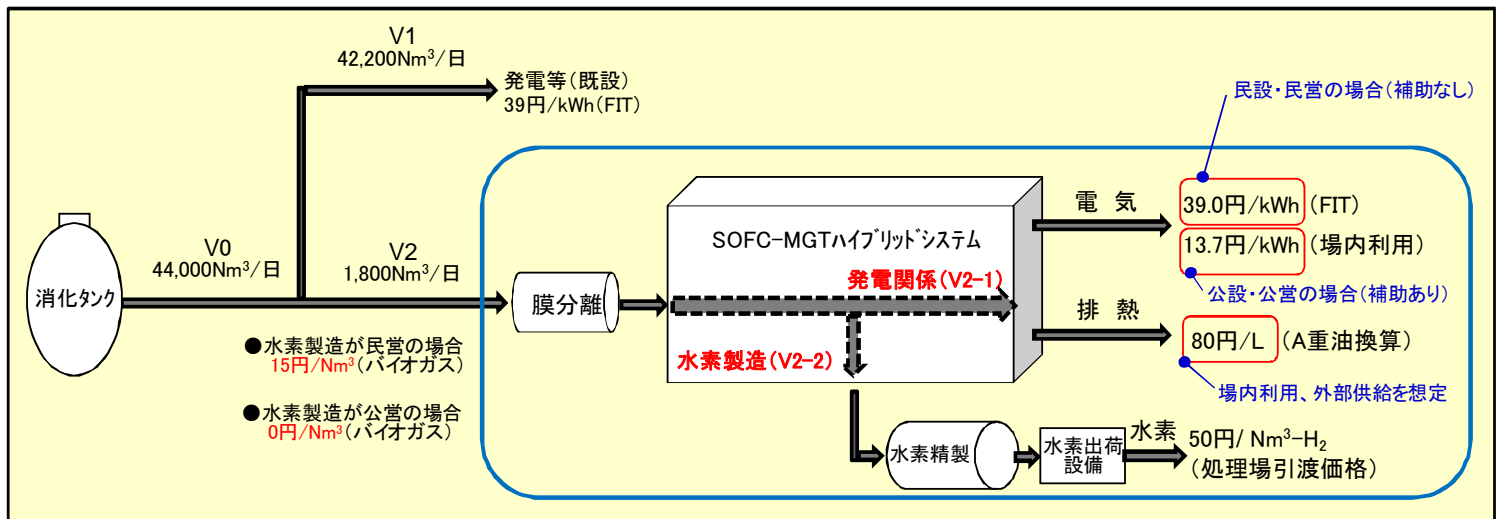
# 横浜市モデルにおける水素製造技術の概要

- 本システムは、消化ガス(バイオガス)を膜分離方式により精製し、精製されたメタンガスを用いて高温作動の固体酸化物形燃料電池(SOFC)とマイクロガスタービン(MGT)の2段階にて発電するシステムであり、排ガス系統に熱回収装置を設置することも可能。
- 水素製造については、SOFCの内部改質機能により発生した水素の一部を直接取り出して利用する。



# 横浜市モデルにおけるマテリアルバランスと考え方

- 検討対象バイオガス量V0(44,000Nm<sup>3</sup>/日)は、北部汚泥資源化センターにおけるH26年度バイオガス量実績値より設定。
- 水素利活用へのバイオガス量V2(1,800Nm<sup>3</sup>/日)は、複合発電システム250kW級を想定し、SOFCの発電出力、発電効率及び膜分離装置の性能等から算定。
- 膜分離装置に供給する消化ガス量(V2)及び精製するガス量を一定として、ハイブリッドシステム内の発電出力と水素製造量を変化させ、採算性やエネルギー量等を検討する。(V2のうち、発電・熱への利用量(V2-1)と水素への利用量(V2-2)のマテリアルバランスを変化させる)



FS検討範囲

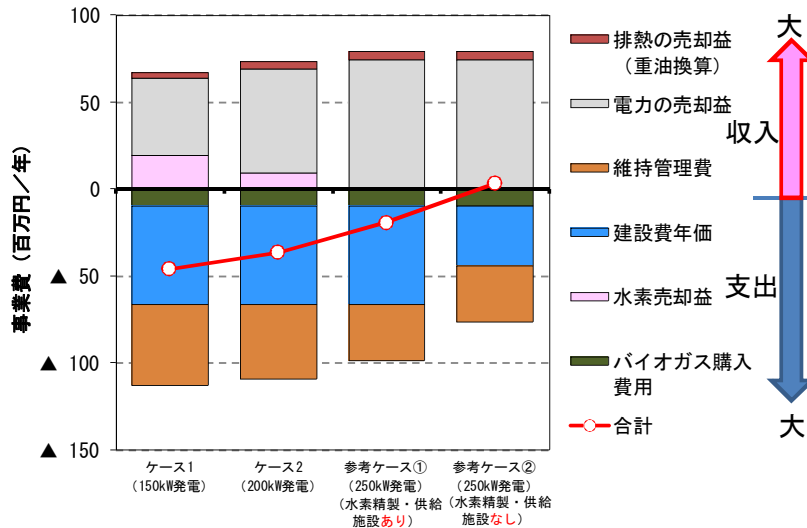
# 試算結果（各スキーム・ケースの収支、発電および水素製造）

- 事業スキームA(民設・民営、固定価格買取制度(FIT)を利用)の方が、事業スキームB(公設・公営、電力場内利用)より経済的。
- ケース1と2では、どちらのスキームでも、電力売却益および水素売却益だけでは投資費用を回収できない。
- FIT利用と場内利用の電力単価差により、事業スキームB(電力場内利用)では全てのケースにおいて経済的に不利となる。
- (参考)本システムを単に発電機として導入した場合には、採算性の確保が可能(事業スキームA、参考ケース②)

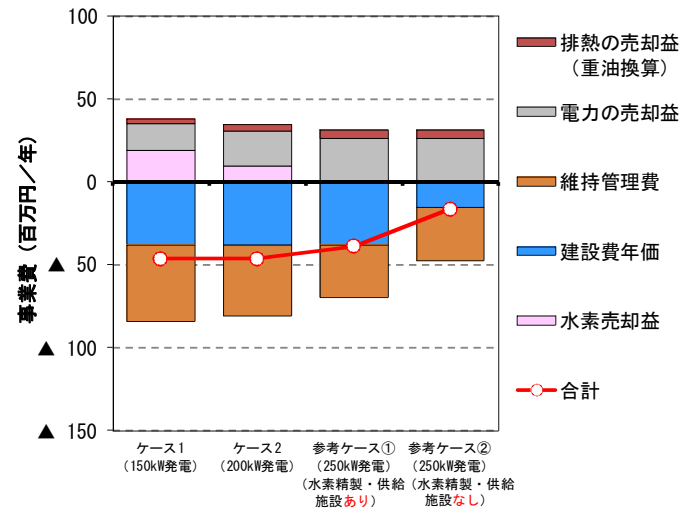
	スキーム	電力売却方法	国庫補助(交付金)
事業スキームA	民設・民営	FIT利用(39.0円/kWh)	なし
事業スキームB	公設・公営	場内電力利用(13.7円/kWh)	あり

※参考ケース①：水素を取り出さず、発電のみを行う  
(水素精製・供給設備あり)  
参考ケース②：水素を取り出さず、発電のみを行う  
(水素精製・供給設備なし)

事業スキームA(民設・民営)の事業収支内訳



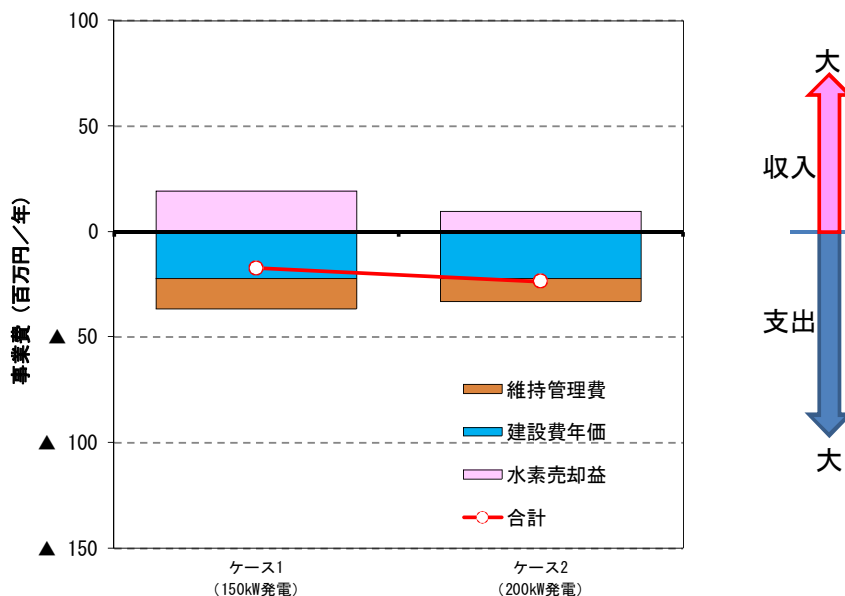
事業スキームB(公設・公営)の事業収支内訳



# 試算結果（各スキーム・ケースの収支、水素精製・供給のみ）

- SOFC複合発電システムは、下水バイオガス発電に加えて、追加設備投資により付帯的に水素を(需要に応じて)製造できるシステムであるため、水素精製および供給部分を切分けて事業収支を試算。
- バイオガス精製および発電部分が切り離されるため、スキームAおよびBについて、ケースごとに同じ事業収支となる。
- 採算性確保が困難であるため水素売却益では投資費用を回収できないものの、バイオガス精製およびSOFC発電を含む事業スキームA(民設・民営)および事業スキームB(公設・公営)における事業採算性に比較して有利となる。

水素精製・水素供給の事業収支内訳

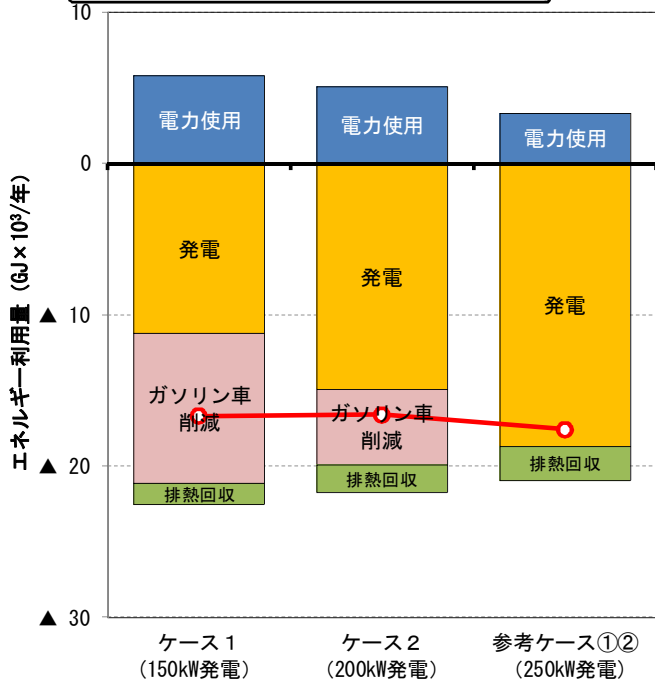


# 温室効果ガス(GHG)排出量等の算定

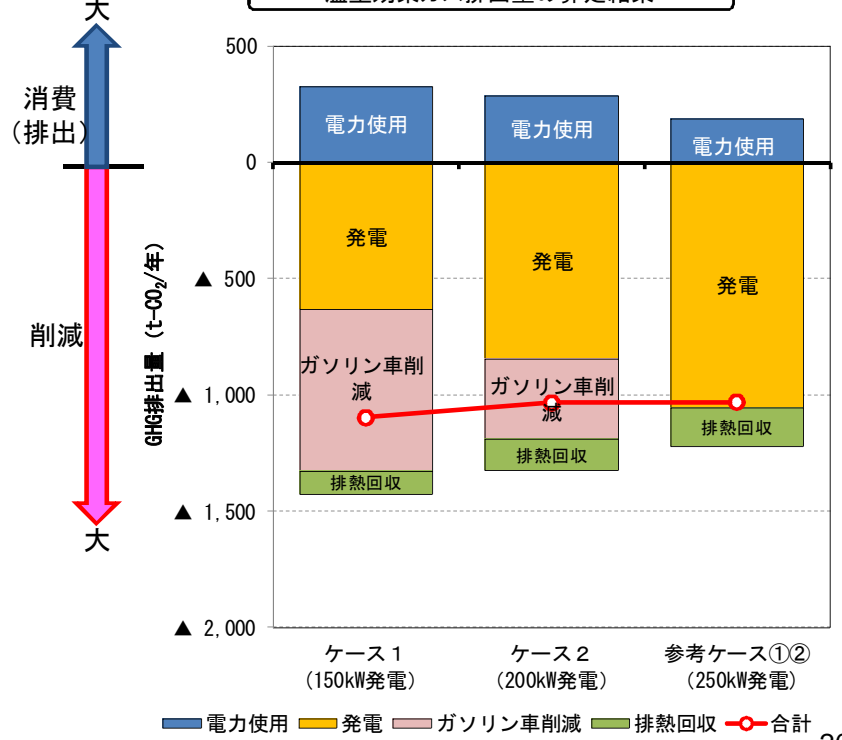
○全てのケースにおいて、エネルギー利用量と温室効果ガス排出量の削減効果が見込め、その環境負荷削減効果はほぼ同等となる。

○FCVのガソリン車代替によるエネルギー利用削減効果や温室効果ガス削減効果を有効に発揮させるためには、本複合発電システムの高効率化による電力使用量削減や発電電力量増大が求められる。

エネルギー利用量の算定結果



温室効果ガス排出量の算定結果

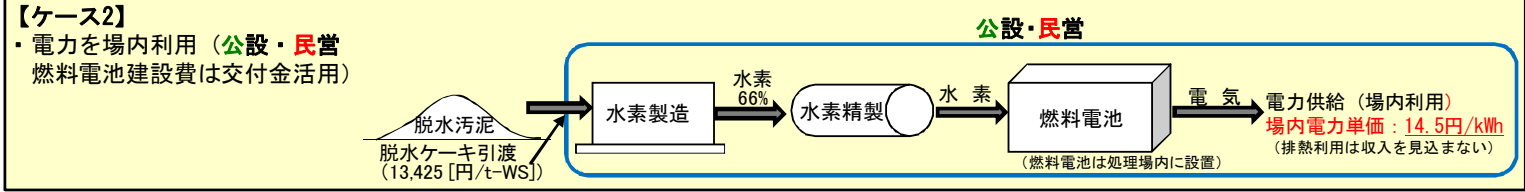


## まとめ

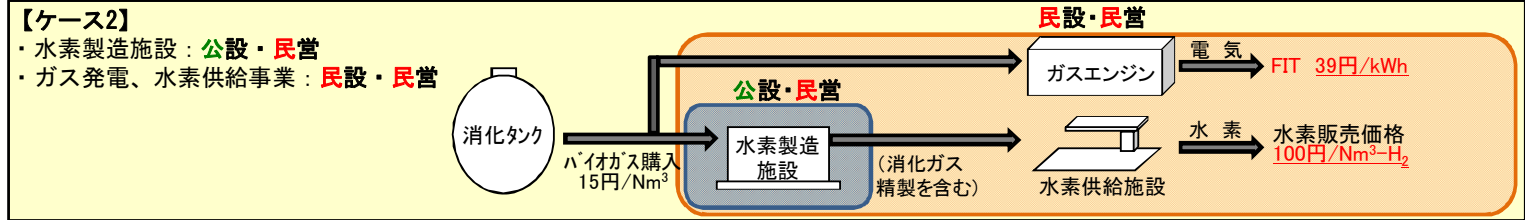
# FS検討結果の評価（各モデルにおける最適なモデル案）

	弘前市モデル	埼玉県モデル	横浜市モデル
最適なモデル案	【ケース2】 電力場内利用 水素製造事業と発電事業を公設・民営 (水素製造コストを半減)	【ケース2】 水素製造を公設・民営、ガス発電・水素供給を民設・民営	【事業スキームA】民設・民営 【ケース2】200kW発電

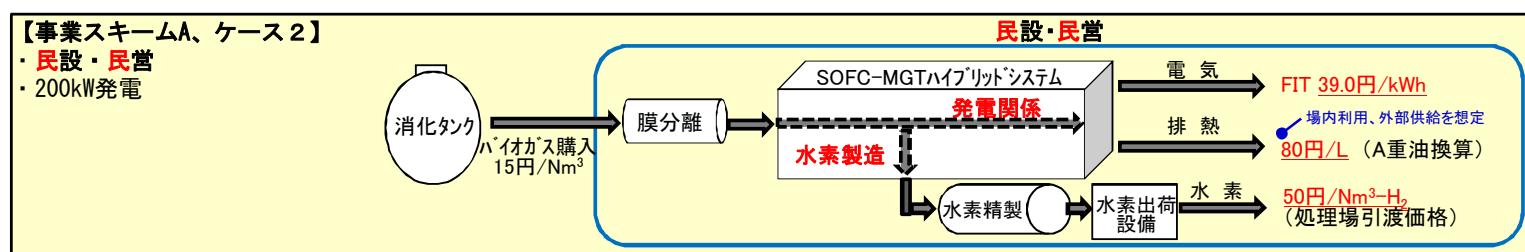
## 【弘前市モデル】



## 【埼玉県モデル】



## 【横浜市モデル】



22

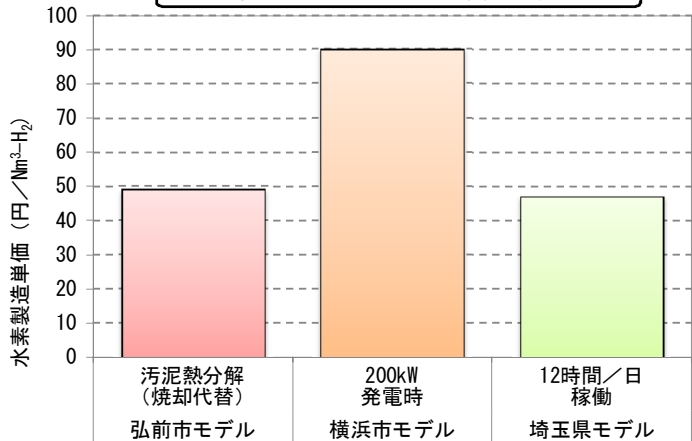
# 水素製造単価および 温室効果ガス排出量について

23

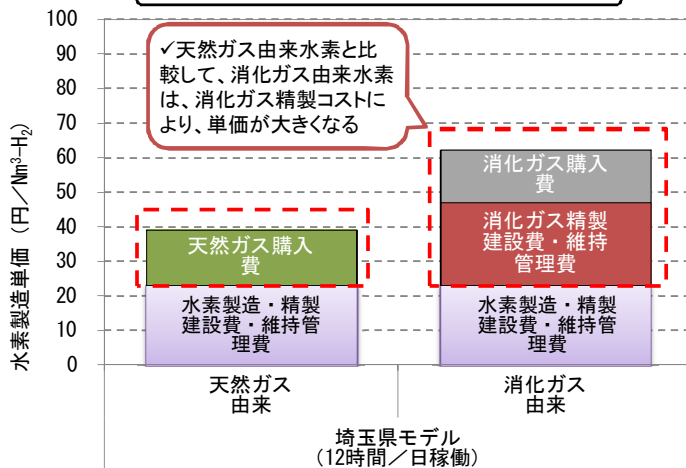
# 水素製造単価について（プラント引渡し価格を想定）

- 各モデルにおける水素製造単価を算定し比較（高純度水素を製造したプラント引渡し価格を想定）
- 弘前市モデルについては、水素製造（污泥熱分解）が污泥焼却代替であることから、水素製造に係るコスト（水素製造および水素精製）から焼却炉コストを差し引いたコストを、水素製造量で割った値を水素製造単価と想定。
- 横浜市モデルについては、SOFC燃料電池による発電と水素製造を切り分け、製造される水素ガスの精製コストを水素製造量で割った値を水素製造単価と想定。
- また、埼玉県モデルにおいて、原料調達まで含めて化石燃料由来水素と下水由来水素を比較すると、下水由来水素の製造単価は比較的高い。

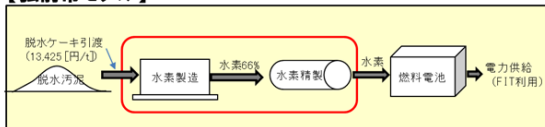
各モデルにおける水素製造単価



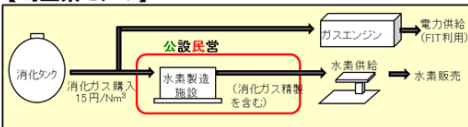
埼玉県モデルにおける天然ガスとの比較



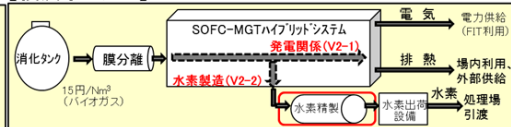
【弘前市モデル】



【埼玉県モデル】



【横浜市モデル】



# 水素製造量あたりの温室効果ガス排出量（天然ガス由来水素との比較）

- 埼玉県モデルにおいて、原料由来の温室効果ガス排出量まで考慮すると、化石燃料由来水素と下水由来水素を比較した場合、下水由来水素の温室効果ガス排出量は少なく、環境性が高い。

埼玉県モデルにおける天然ガスとの比較

