

# 既存都市ガスネットワークへの 水素混合とカーボンニュートラルメタン混合の 経済性分析

第37回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス  
セッション8 水素(1)

2021年1月26日

柴田善朗、永田敬博  
新エネルギーグループ  
日本エネルギー経済研究所

# 背景・目的

- 水素の需要創出策として、欧州を中心に既存都市ガスインフラへの水素混合に向けた動き
- 水素混合は技術的・制度的障壁が多い
- ほぼそのまま混合できるカーボンニュートラルメタン(CNメタン)のメリットについては既往研究で分析
- 本研究では、水素混合とCNメタン混合の都市ガス低炭素化への貢献度や経済性に関する比較分析を行う

# 分析体系

## 電源構成シミュレーション

- ✓ 毎時の余剰電力を特定
- ✓ 毎時集約的CO<sub>2</sub>排出量
- ✓ 水素とCNメタンの製造可能量を特定
- ✓ 水電解、メタネーションの設備容量は変数

## 都市ガス需要モジュール

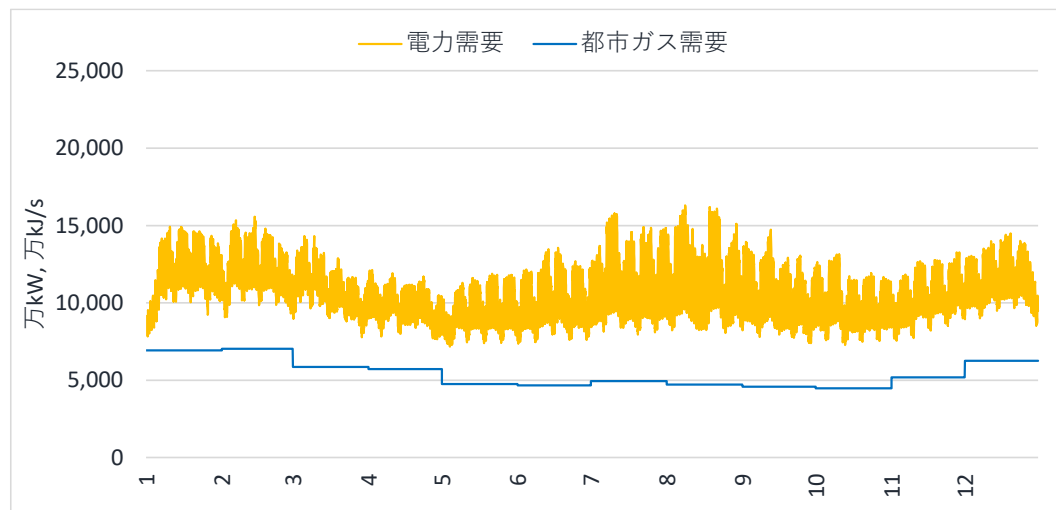
- ✓ 毎時の都市ガス需要
- ✓ 混合許割合 (vol%) はシナリオ
- ✓ 水素貯蔵設備、都市ガスホルダも考慮

## アウトプット

- ✓ 混合可能量、低炭素化効果、設備容量、経済性

## 前提条件

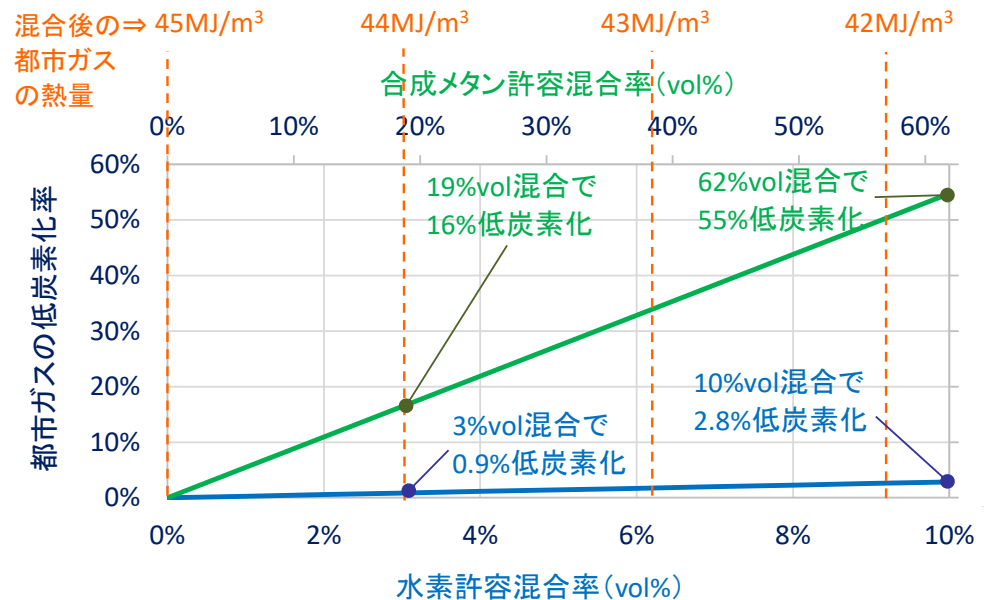
- ✓ 全国1地域の仮想的地域
- ✓ 電力需要は約1兆kWh
- ✓ 安定電源(原子力以外)は2030年から少し上乗せ
- ✓ 火力は全てLNGを想定
- ✓ PVと風力はシナリオ
- ✓ 都市ガス需要は約351億m<sup>3</sup>(45MJ/m<sup>3</sup>換算)



# 混合許容割合の想定(シナリオ)

許容熱量 下限値(MJ/m <sup>3</sup> )	H2混合許容割合 (vol%)	CH4混合許容割合 (vol%)
39.8	16.1%	100.0%
41.0	12.4%	76.9%
42.0	9.3%	57.7%
43.0	6.2%	38.5%
44.0	3.1%	19.2%

- ✓ 都市ガスの熱量のみを変数とした想定
- ✓ 実際には熱量のみならず燃焼速度やウォッベ指数の基準あり
- ✓ また、熱量やガス組成が変更することによる技術的対策やその費用は捨象していることに注意



# 前提条件

## 水素製造・混合の電力消費原単位

	水電解	圧縮機	計	単位
直接混合 (1MPa)	4.50	0.076	4.58	kWh/Nm <sup>3</sup> -H <sub>2</sub>
圧縮タンク経由 (20MPa)	4.50	0.224	4.72	kWh/Nm <sup>3</sup> -H <sub>2</sub>

## 都市ガス貯蔵容量(CH<sub>4</sub>用)

ガスホルダ	0.34	億Nm <sup>3</sup> -CH <sub>4</sub>
導管	0.38	億Nm <sup>3</sup> -CH <sub>4</sub>
合計	0.72	億Nm <sup>3</sup> -CH <sub>4</sub>

## CNメタン関連の原単位

水電解・メタネーション 補機	18.0	kWh/Nm <sup>3</sup> -CH <sub>4</sub>
CO <sub>2</sub> 分離回収用電力	0.32	kWh/Nm <sup>3</sup> -CH <sub>4</sub>
圧縮機(1MPa)	0.02	kWh/Nm <sup>3</sup> -CH <sub>4</sub>
計	0.074	kWh/Nm <sup>3</sup> -CH <sub>4</sub>
CO <sub>2</sub> 分離回収用熱	18.42	kWh/Nm <sup>3</sup> -CH <sub>4</sub>
	3,549	kJ/Nm <sup>3</sup> -CH <sub>4</sub>
	(1,800)	MJ/t-CO <sub>2</sub>
CO <sub>2</sub> 回収効率	90%	
ボイラ効率	80%	

## 設備費

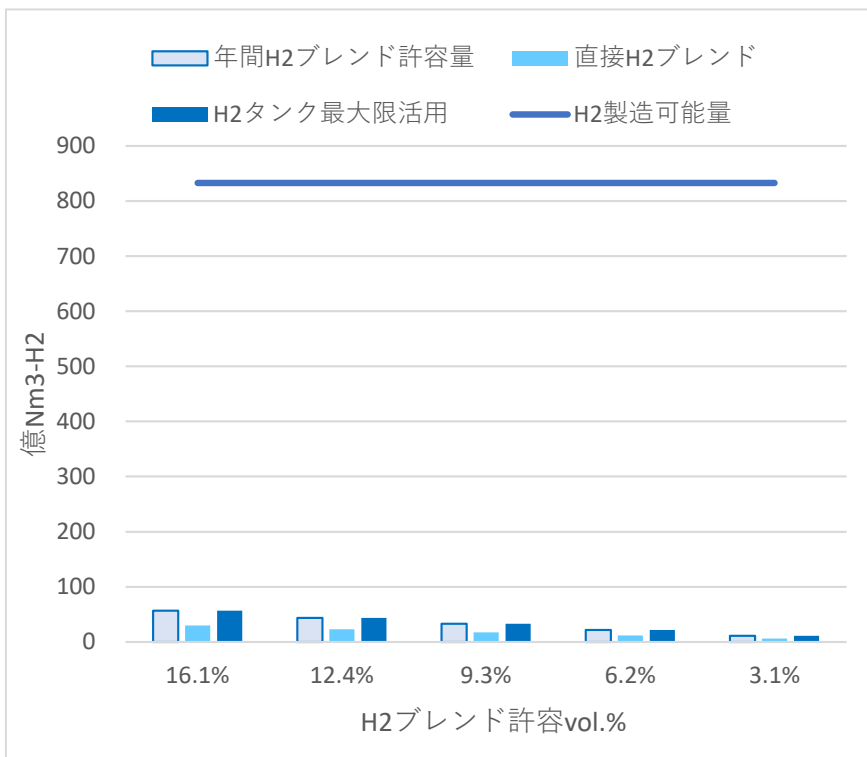
水電解	21.5	万円/(Nm <sup>3</sup> -H <sub>2</sub> /h)
メタネーション	50	万円/(Nm <sup>3</sup> -CH <sub>4</sub> /h)
CNメタン製造	136	万円/(Nm <sup>3</sup> -CH <sub>4</sub> /h)
CCU(CO <sub>2</sub> 分離回収・ボイラ)	1.34	億円/(t-CO <sub>2</sub> /h)
	0.0026	億円/(Nm <sup>3</sup> -CH <sub>4</sub> /h)
水素圧縮機	12	万円/kW
水素タンク	0.22	万円/Nm <sup>3</sup>

# 年間の製造可能量・混合許容量・混合量の関係

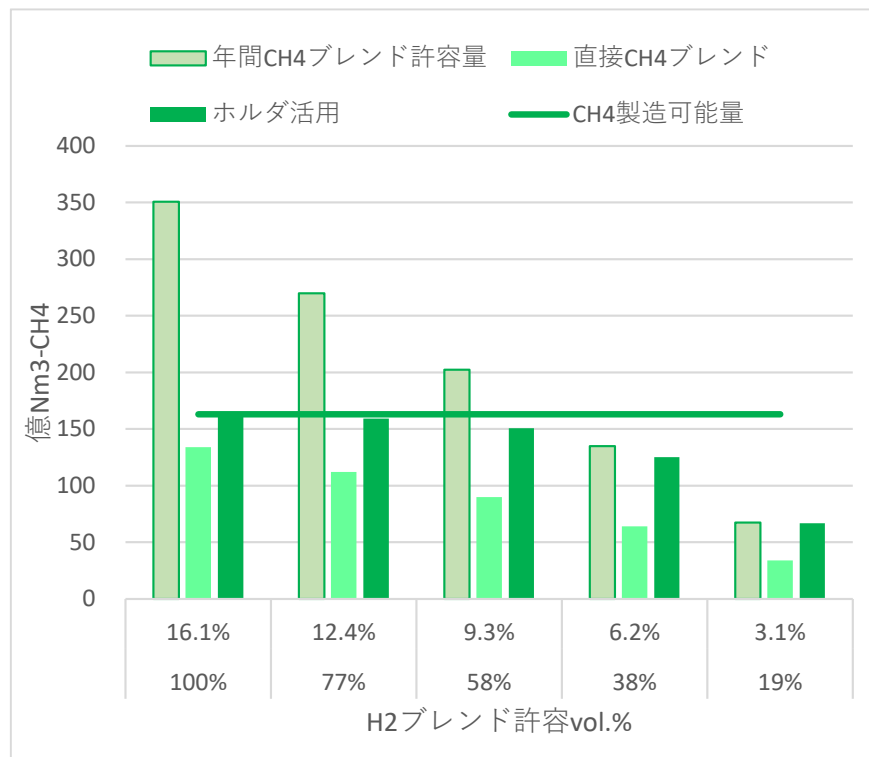
- 再エネ余剰電力の規模と比較して都市ガスの水素混合許容量はかなり小さいが、CNメタン混合許容量は再エネ余剰電力の規模と同等レベルにある

太陽光＋風力＝300GW＋300GWのケース

H<sub>2</sub>混合



CH<sub>4</sub>混合



# 都市ガスへの混合状況

- 既存都市ガスホルダ利用、水素タンク導入により、より多くの混合が可能
- 水素タンク導入の場合、ほぼフラットに

$$H_2 \text{ 3.1vol\%} = CH_4 \text{ 19.2 vol\%}$$

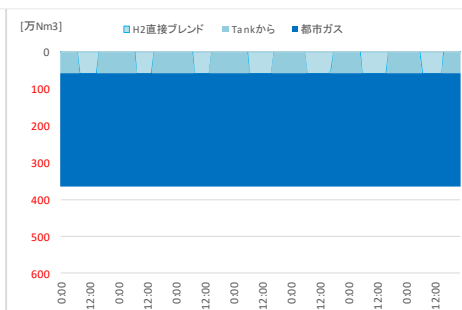
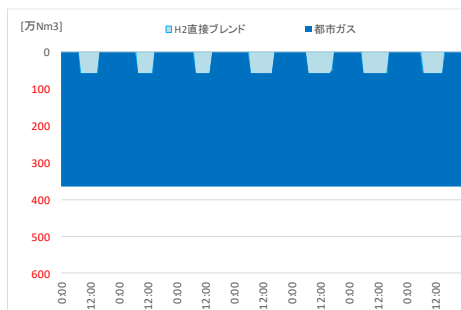
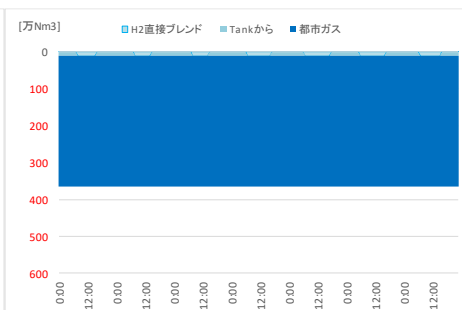
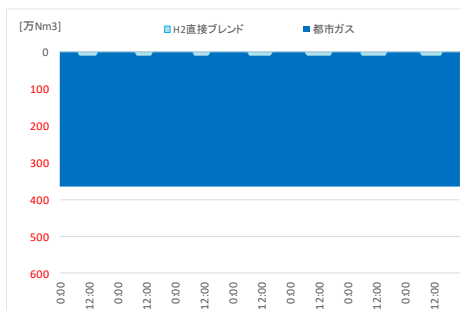
水素直接混合

水素タンク導入

$$H_2 \text{ 16.1vol\%} = CH_4 \text{ 100 vol\%}$$

水素直接混合

水素タンク導入

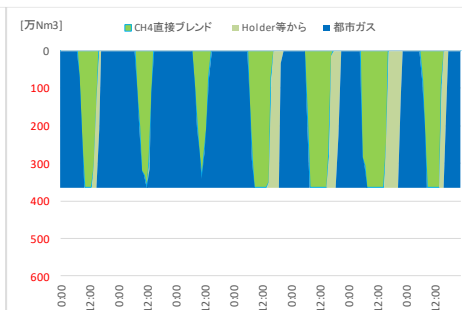
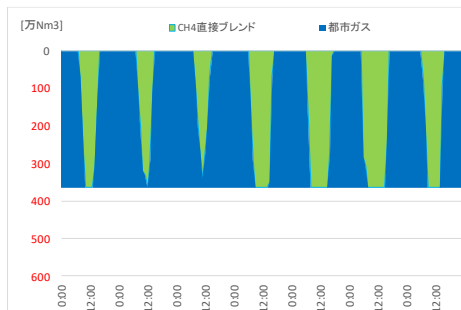
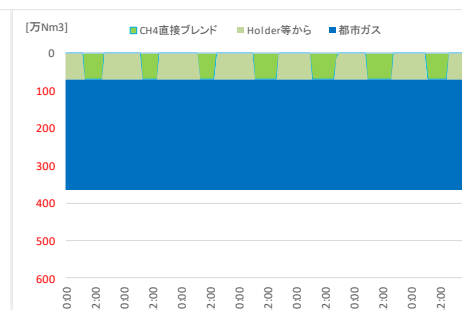
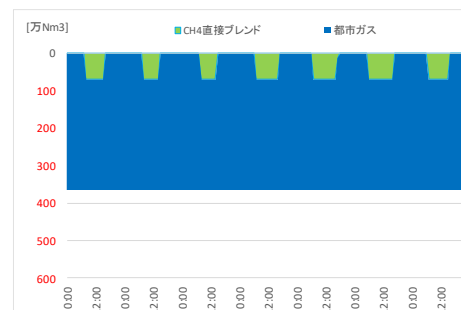


CNメタン直接混合

都市ガスホルダ等活用

CNメタン直接混合

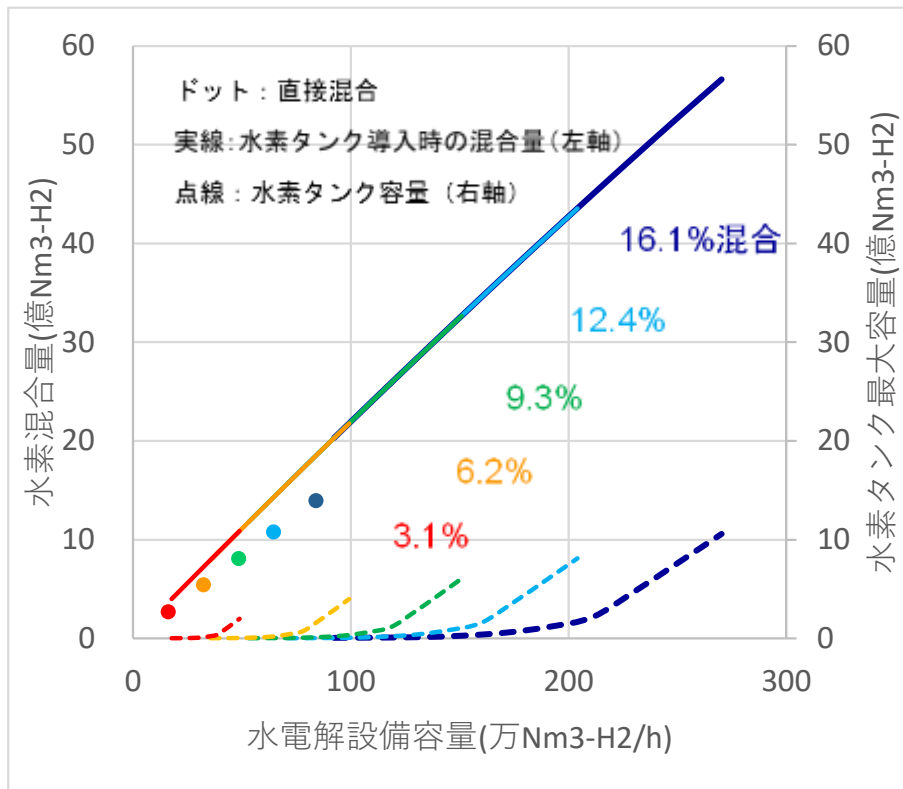
都市ガスホルダ等活用



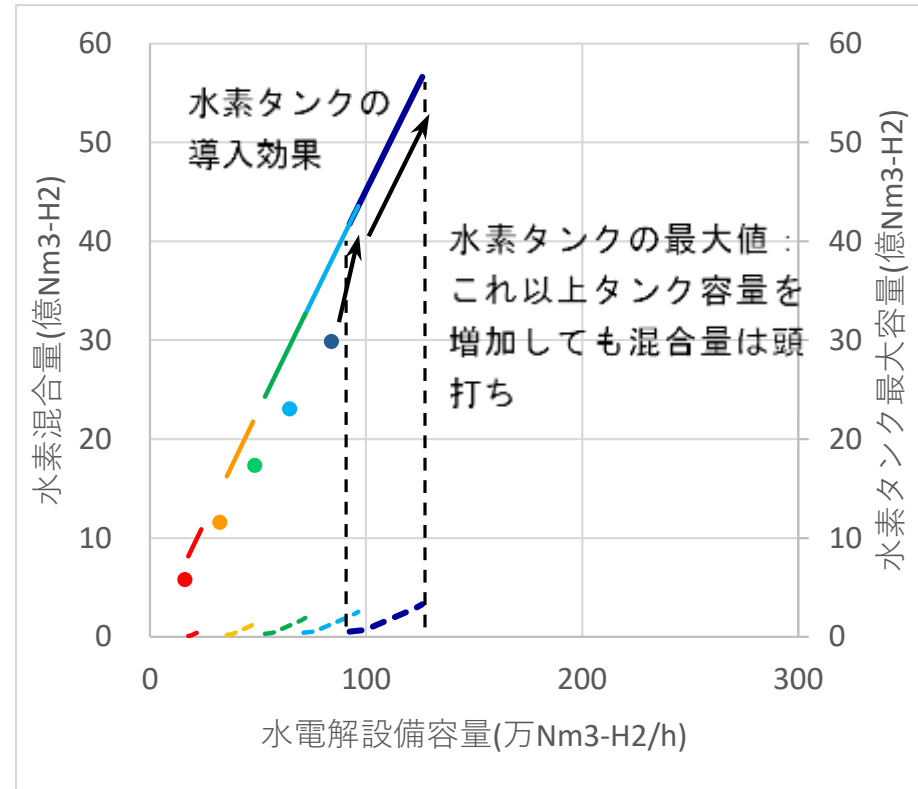
# 都市ガスへの混合量：水素

- 混合量増大のためには、水素タンク導入＋水電解の大規模化（稀頻度・高出力な余剰電力まで取り入れる）が必要。再エネ導入規模が拡大すると、水電解設備も水素タンクも小規模で済む。なお、各混合許容割合において、最大限の水素タンクを導入すれば、ほぼ年間を通じて混合許容量まで混合が可能

## PV300GW＋風力100GWのケース



## PV300GW＋風力300GWのケース

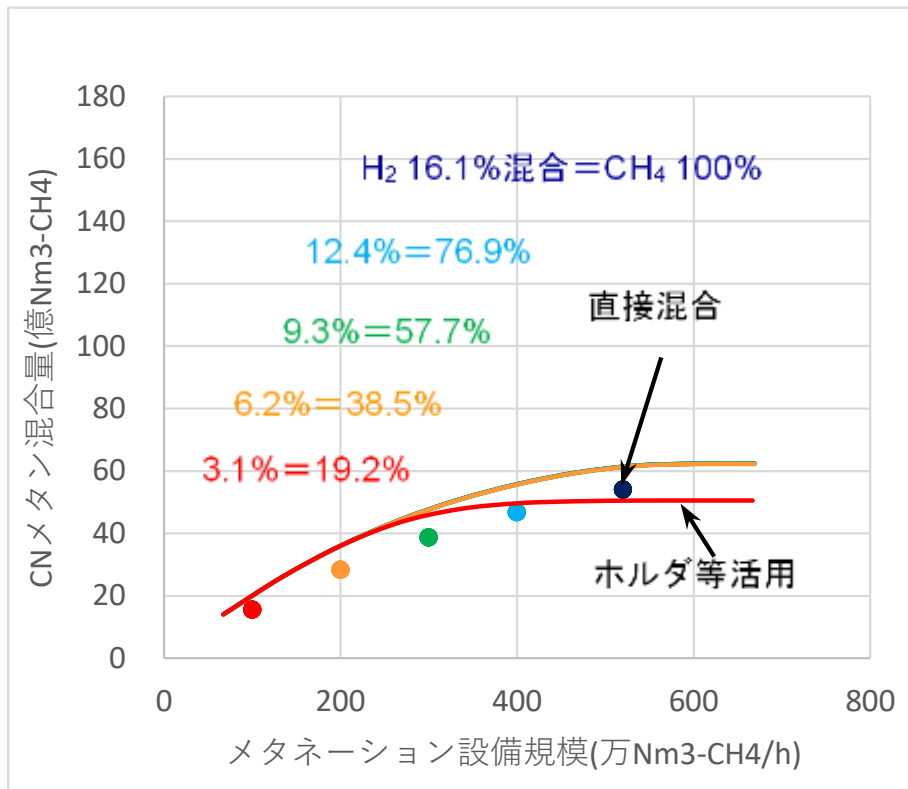




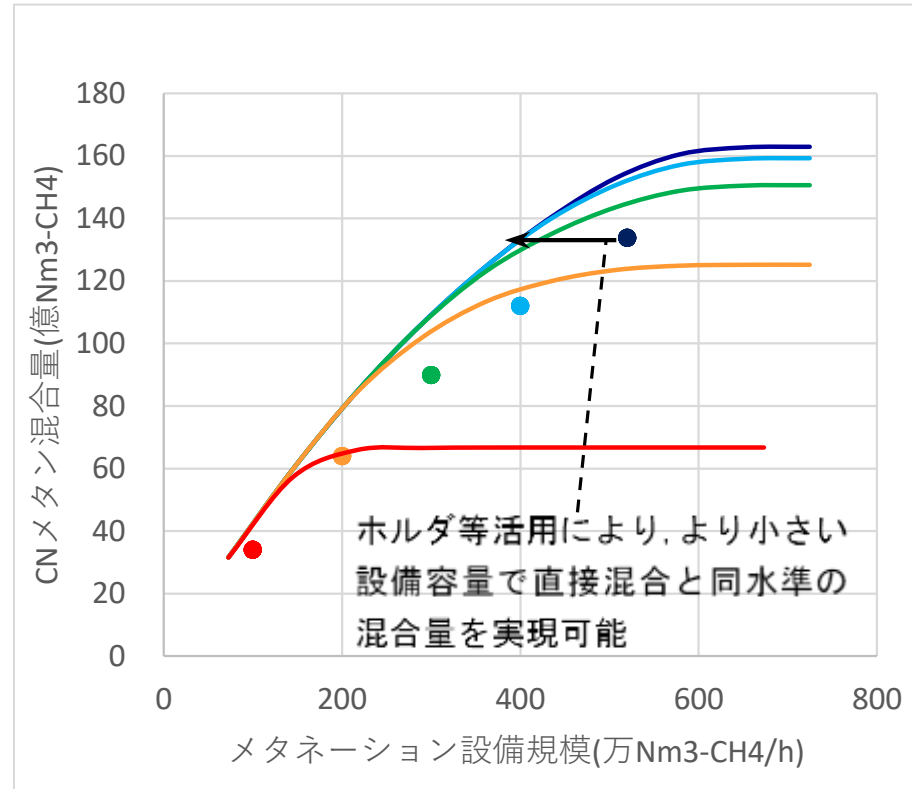
# 都市ガスへの混合量:CNメタン

- 非線形: 余剰電力量と混合許容量の規模の相対的關係による。CNメタン混合の場合は、混合許容規模が大きいいため、混合許容量の拡大に伴いメタネーション設備容量を拡大させても、稀頻度発生 of 余剰電力を吸収するだけの効果しかなく、追加的に混合できるCNメタンの量が漸減する。

## PV300GW + 風力100GWのケース



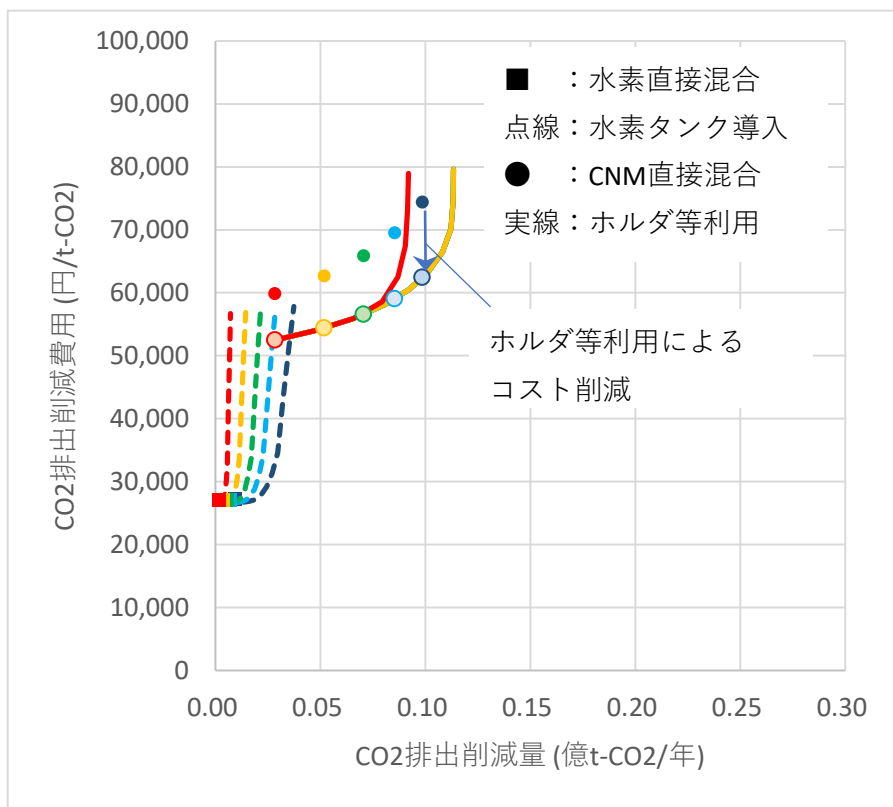
## PV300GW + 風力300GWのケース



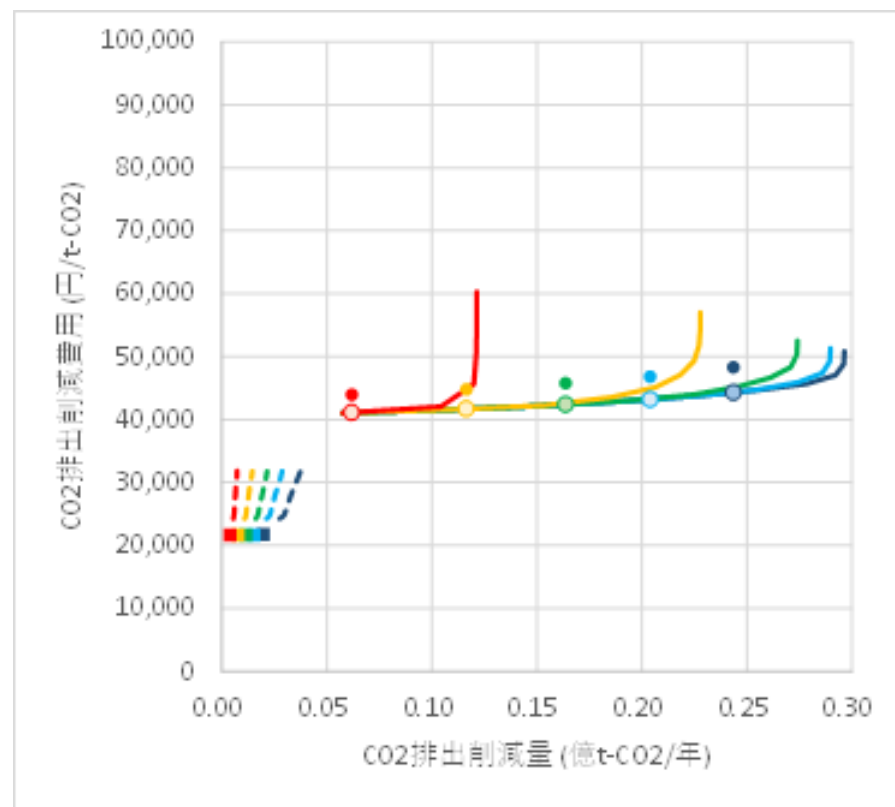
# 低炭素化効果と経済性

- 水素混合の方がCNメタン混合に比べてCO<sub>2</sub>排出削減費用が半分程度だが、CO<sub>2</sub>排出削減量が極めて小さい。水素タンクを導入拡大しても最大でも0.04億トン程度に過ぎない(現在の都市ガスからのCO<sub>2</sub>排出量0.8億トン)。一方、CNメタン混合はCO<sub>2</sub>排出削減量は大きい、CO<sub>2</sub>排出削減費用が高い。

## PV300GW＋風力100GWのケース



## PV300GW＋風力300GWのケース



# まとめ

- 水素混合はCO<sub>2</sub>排出削減費用は小さいが都市ガスの低炭素化効果は限定的
- CNメタン混合はより大きな低炭素化効果が得られるがCO<sub>2</sub>排出削減費用は高い  
→CNメタン特有の既存インフラ活用による経済的メリットを水素混合も生かすことができるという想定に起因
- 本研究は標準熱量を技術的支障なく変更できるとの仮定の下での分析。実際には、水素やCNメタンが混合された都市ガスへのLPG等の添加による熱量・燃焼性の調整が必要で、水素混合の場合にはCNメタン混合よりも係る費用が大きいものと推察される
- この課題や現行のガス事業託送供給約款に基づいた分析が今後の課題
- ただし、CNメタンは既存インフラの活用が大きなメリットであり、将来的にインフラ更新を迎える場合には、地域によっては水素専用インフラの構築も視野に入れた検討の価値はある