

# 内航海運における燃料動向等に関する調査研究 エグゼクティブサマリー

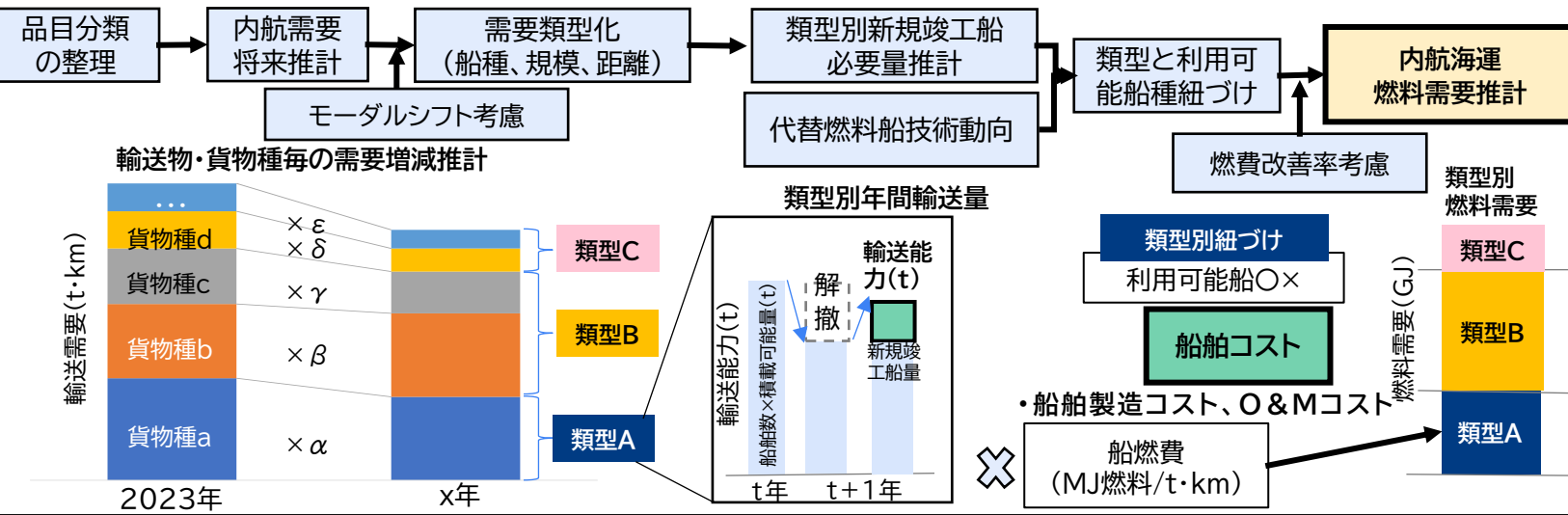
# 調査全体像

- 本調査では①内航海運の需要 ②代替燃料船の切り替え時期やコスト ③代替燃料のコストや炭素強度の将来シナリオを調査・設定した上で、④数理モデル分析し、内航海運における代替燃料転換の将来像を調査研究した。

## ①内航海運の需要に関する将来シナリオの構築

## ②代替燃料船に関する技術動向調査等

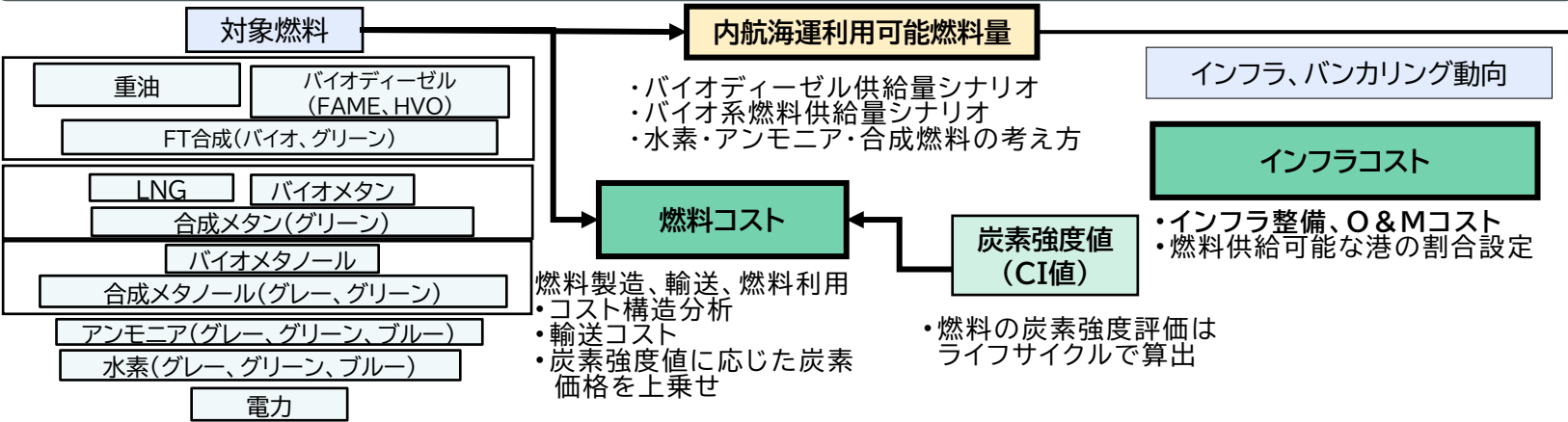
## ④数理モデル分析による代替燃料等の需給に関するシナリオ試算結果



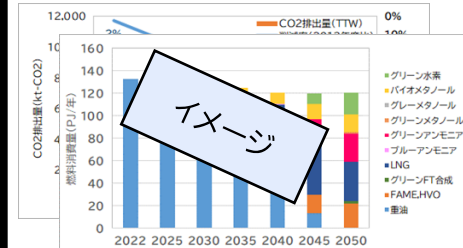
### 2022~2050年燃料船への需給シナリオ推計

期間総コスト最小化計算  
 ○モーダルシフト  
 ○炭素価格による分岐を設定したシナリオ推計を実施  
 →2030年~2050年で段階的に炭素価格(t-CO<sub>2</sub>)を設定  
 ・12~36千円:  
 2030年12千円、2050年36千円

## ③代替燃料供給に関する将来シナリオの構築



船種類別CO<sub>2</sub>排出量、燃料消費量、隻数データ



## ⑤試算結果を踏まえた本調査のまとめ

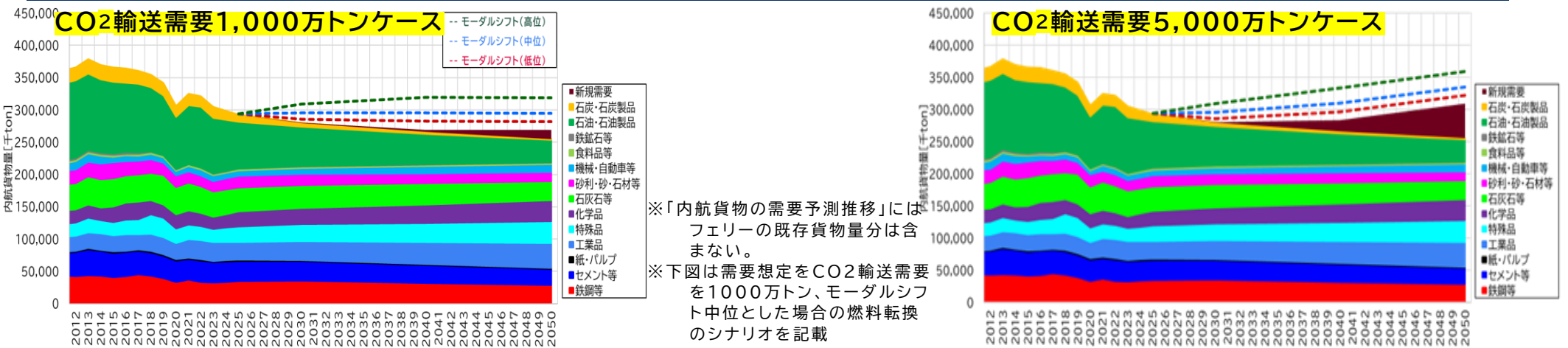
需要分析

供給分析

# 本調査まとめ(エネルギー転換のシナリオ)

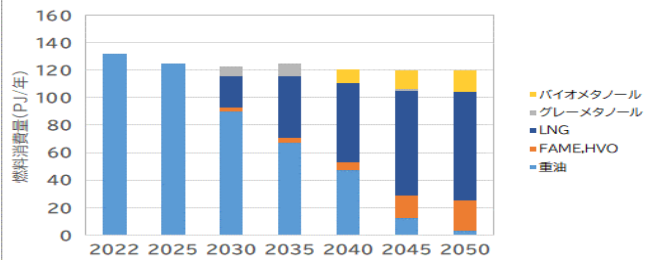
- 既存の内航貨物は石油・石炭で需要減が予想される一方、石油代替品(バイオ燃料、メタノール、エタノール、水素、アンモニア)やCCUS等の新規需要貨物とモーダルシフトの推進による増加が期待される。
- 船舶の燃料転換は炭素価格等の影響を受けるが、バイオ燃料、LNG、メタノール等は転換が期待される。

## 内航貨物の需要予測推移

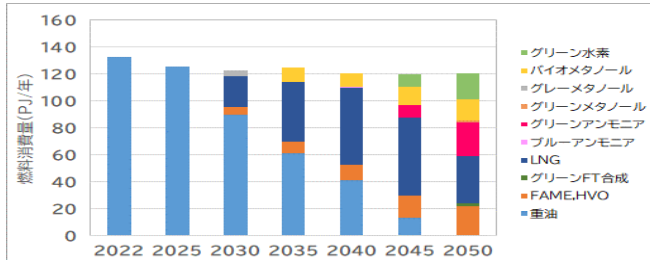


燃料消費量

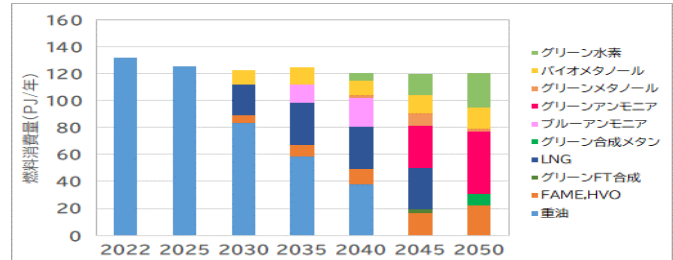
### 炭素価格(12~36千円/t-CO<sub>2</sub>)



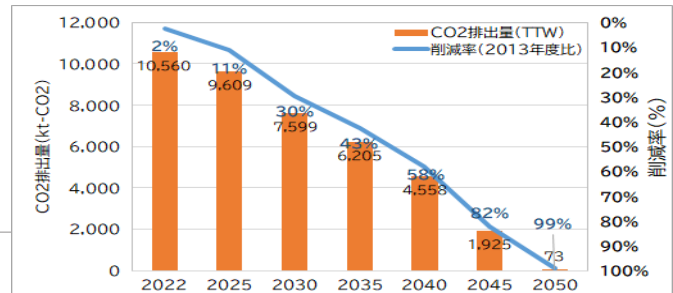
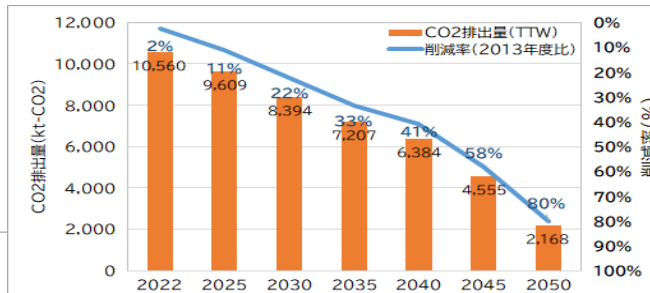
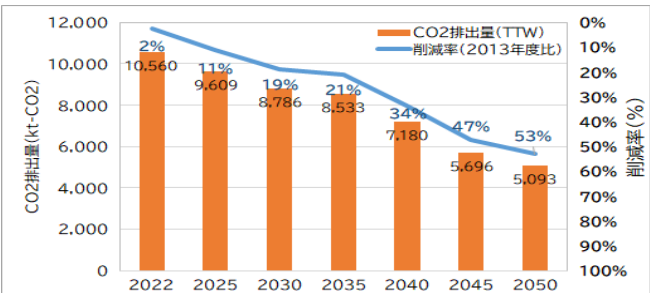
### 炭素価格(30~50千円/t-CO<sub>2</sub>)



### 炭素価格(50~70千円/t-CO<sub>2</sub>)



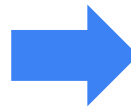
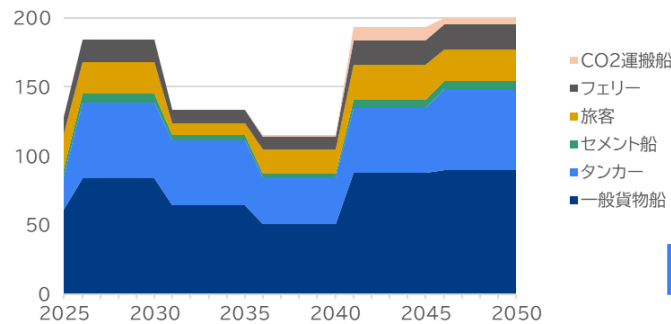
CO<sub>2</sub>排出量



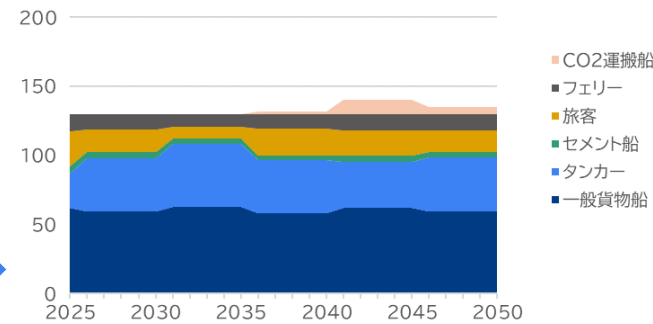
## 必要造船量(需要:中位ケース)

- 前述の内航需要の将来見通し、及び今後の解撤量を踏まえた将来の必要造船量は以下のとおり。
- 本試算の解撤及び新造は現状の内航船舶3,500隻、総トン数4,400千GTを一律の残存率曲線(19年残余率0.5)で算出しており、既に船齢が19年を超えている船舶群によって2030年にかけての解撤時期が集中する特徴を有しており、1年間にどのくらいの内航船の新造が必要かという観点では補正が必要。
- 本計算では船舶の大型化を想定していない。内航海運で進んでいる大型化を織り込むと、約130隻/年となる。
- CO<sub>2</sub>運搬船の隻数は載貨重量2,350トン(総トン数749トン)で算出。CO<sub>2</sub>の運搬には載貨重量を大型化し10,000~20,000トンとする検討も行われており、CO<sub>2</sub>運搬船のサイズによって必要造船量は変動する。

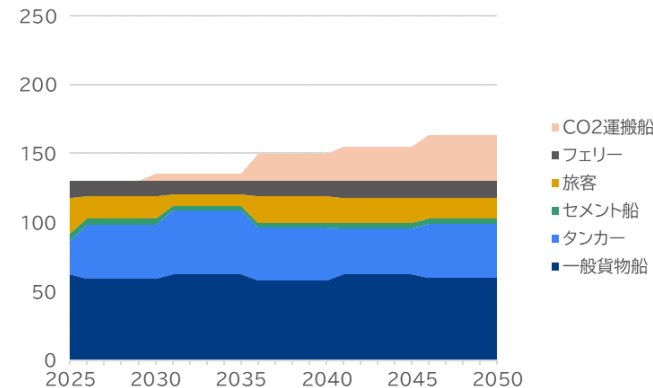
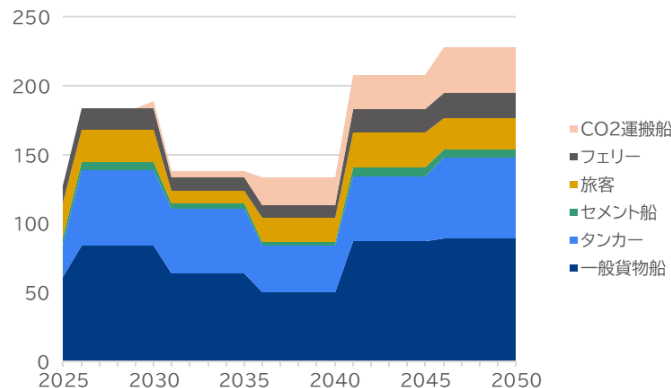
モデルで算出された隻数推移



実際の建造イメージ(補正)



上記課題を踏まえ、年次別造船数を慣らし、また過去トレンドも参考に2%/年程度の大型化を想定すると、必要造船量は約130隻/年となる。



## 本調査のまとめ①

- 内航海運の需要について
  - 既存の内航貨物は、**石油、石炭において、輸送需要減少**が予想される。
  - 新規の内航貨物として、石油代替貨物(バイオ燃料、メタノール、エタノール、FT合成燃料、水素、アンモニア)に加え、CCUSによる**CO<sub>2</sub>輸送は特に大きな将来需要が期待**される。
  - **モーダルシフトの推進**(RORO船、コンテナ船、フェリー)での内航輸送に期待される役割は大きい。
  - 新規増と既存減の船舶は船種が異なるため、内航海運には**需要変化への対応**が求められる。
- 内航海運における技術的調査について
  - 本調査では船舶の建造年の分布分析より、19年を残存率50%とするモデルを設定した。その結果、2050年にかけては**年間130隻程度の新造需要**が定常的に生じる。
  - 本調査では燃料転換の傾向は将来の炭素価格水準によって異なるものの、**重油からの燃料転換はどのケースでも発生**することが示された。
  - 上記の新造並びに代替燃料船建造を担う**技術者の確保や育成の重要性**が示唆される。
  - 内航海運は様々なサイズの船舶で構成されているが、内航全体の燃料消費量は大型船の割合が大きく大型船の状況を捉えながら対策を講じていく有効性が示唆される。
    - **1,000GT以上の隻数** : 全体16%(560隻) → 燃料消費量は内航海運全体の約70%
    - 内、RORO船とフェリーの隻数** : 全体 6%(207隻) → 燃料消費量は内航海運全体の約40%
  - 代替燃料船は従来船より高額であり、普及に向けた移行には考慮の必要性が示唆された。

## 本調査のまとめ②

### ● 燃料技術動向について

- 短中期的には**バイオディーゼル(FAME)**や**LNG**、**メタノール**には**コスト競争力があり**、**重油からの転換が期待される燃料**と言える。
  - **バイオディーゼル**は他燃料と競合するため**原料の確保が重要**であり、**LNG**や**メタノール**は**インフラの整備やバンカリングの更なる合理化**を進める必要性がある。
  - 中長期的には**バイオ系合成燃料**(バイオメタノール、バイオメタン)から**グリーン系合成燃料**(水素、アンモニア、FT合成燃料、メタノール、e-メタン)へのシフトが考えられるが、これらの燃料への転換は将来燃料が持つ**炭素価格**がどう評価されるかによって、変化することが示唆された。
  - 将来的な燃料コスト動向を見据える上で、**グリーン水素**はグリーン系燃料の製造コストを多く占めること、**水素キャリア**といわれる燃料の位置づけが変化するという意味で**注視すべき重要な燃料**と言える。  
本調査で設定した**生産方法のシフト(アルカリ水電解→PEM→SOEC)**が生じるか、**輸送費の低減が図れるか**が今後の注視ポイント。
  - **電力**は**燃料電池船**や**バッテリー船**は**電池コスト低減が更に進めば有力なエネルギー**となりうる。
- ### ● その他
- **内航のCO<sub>2</sub>排出量低減**には、**燃料費を主としたコスト増**が生じる。Scope3を鑑みた荷主理解が必須。
  - 代替燃料は従来燃料と取り扱いが異なり**新規資格所得・該当燃料を利用した船舶の運航等に向けた人材育成・教育が重要**と言える。
  - 代替燃料は従来より**燃料タンクスペース等を広く確保する必要があり**、同じサイズの船舶では**積載スペースが縮小される可能性**がある。

# 本調査まとめ



# Appendix. 参考情報：燃料関連事項

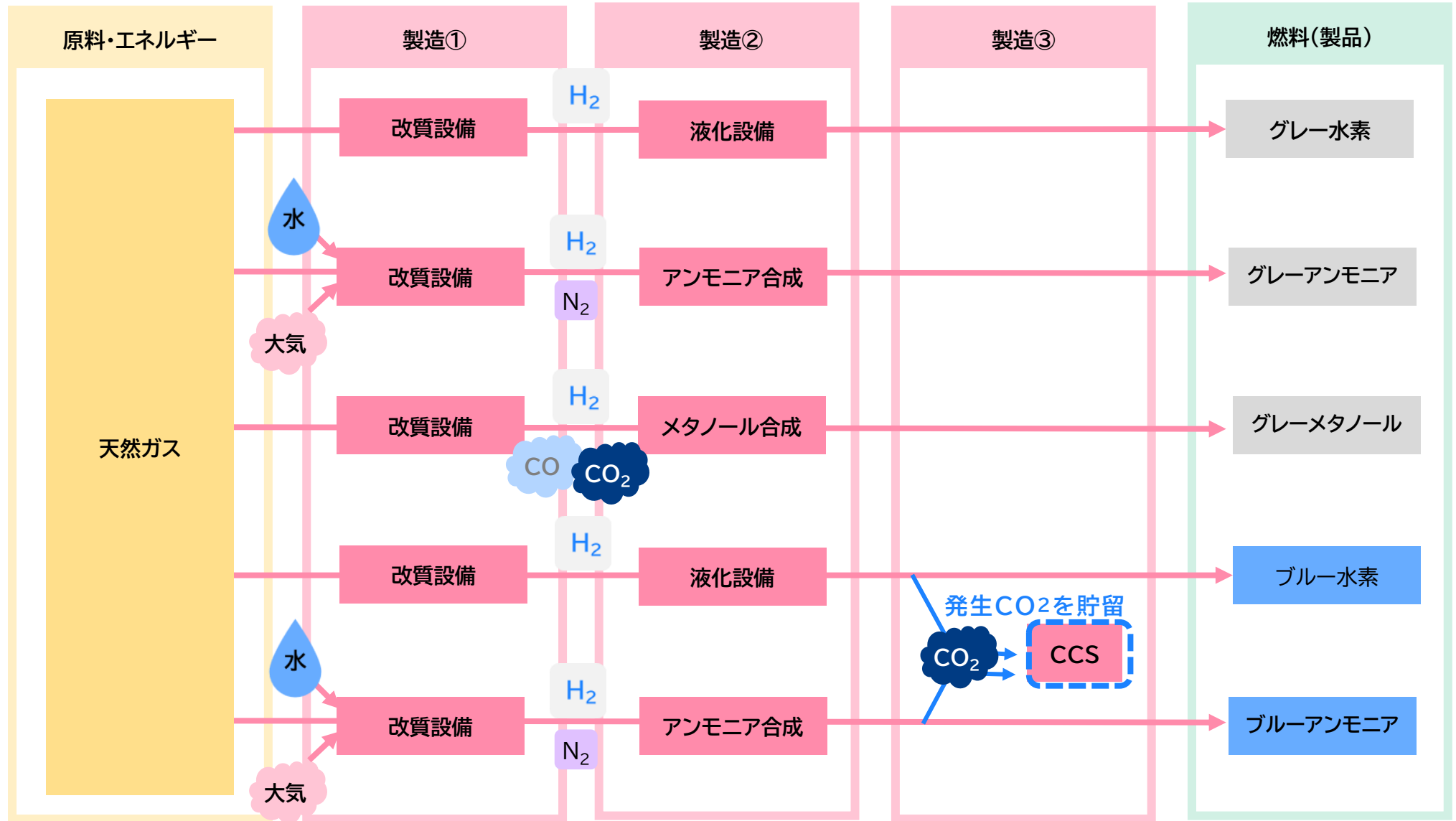
---

# 検討対象燃料

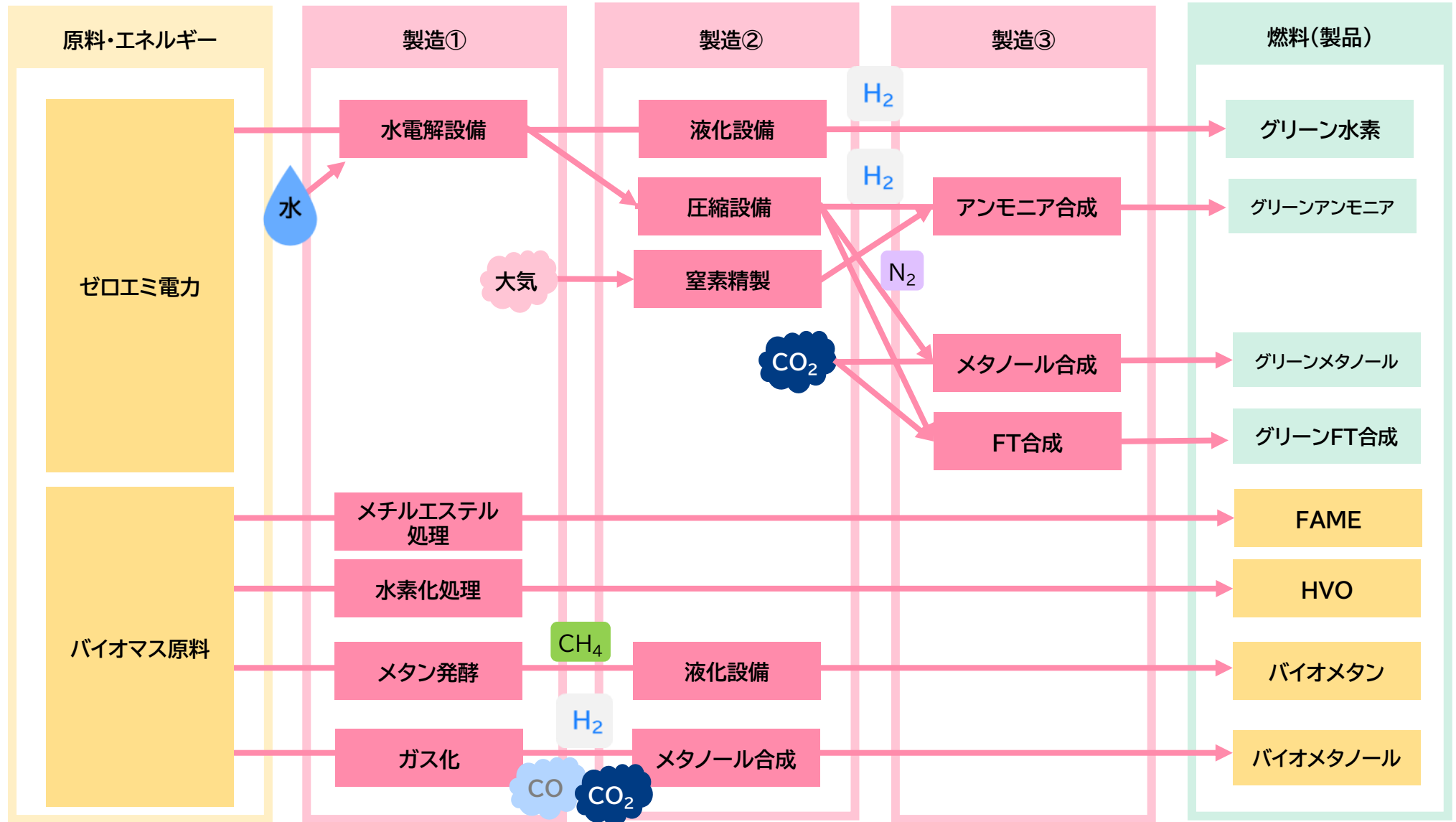
- 本分析において検討対象とする燃料は以下のとおりを想定した。

| 大分類        | 低位発熱量<br>(GJ/t) | 重油換算係数<br>(kl/t) | 小分類         | 概要                                 | (参考)C重油比<br>熱量あたり燃料<br>体積比率 |
|------------|-----------------|------------------|-------------|------------------------------------|-----------------------------|
| 重油         | 41.2            | 1.11             | 重油          | (代替対象)                             | 1                           |
| 重油代替<br>燃料 | 37              | 1.15             | バイオディーゼル    | 植物油・獣脂のエステル処理(or水素化処理)             | 1.18                        |
|            |                 |                  | バイオFT合成油    | バイオマスのガス化FT合成                      | 1.09                        |
|            |                 |                  | グリーンFT合成油   | グリーン水素とCO <sub>2</sub> を用いたFT合成    | 1.09                        |
| メタン        | 50              | 1.35             | LNG         | (代替対象)                             | 1.65                        |
|            |                 |                  | バイオメタン      | バイオマスのメタン発酵                        |                             |
|            |                 |                  | グリーン合成メタン   | グリーン水素とCO <sub>2</sub> を用いたメタン合成   |                             |
| 水素         | 120             | 3.24             | グレー水素       | 天然ガス改質による水素製造                      | 4.35                        |
|            |                 |                  | ブルー水素       | 天然ガス改質+CCS                         |                             |
|            |                 |                  | グリーン水素      | 非化石電力による水電解                        |                             |
| アンモニア      | 18.8            | 0.51             | グレーアンモニア    | ハーバー・ボッシュ法によるアンモニア製造               | 2.82                        |
|            |                 |                  | ブルーアンモニア    | ハーバー・ボッシュ法+CCS                     |                             |
|            |                 |                  | グリーンアンモニア   | グリーン水素と窒素を用いたアンモニア合成               |                             |
| メタノール      | 19.9            | 0.54             | グレーメタノール    | 天然ガスの部分酸化・メタノール合成                  | 2.36                        |
|            |                 |                  | バイオメタノール    | バイオマスのガス化メタノール合成                   |                             |
|            |                 |                  | グリーン合成メタノール | グリーン水素とCO <sub>2</sub> を用いたメタノール合成 |                             |
| 電力         |                 |                  |             | 系統電力                               | —                           |

# 各合成燃料の精製方法



# 各合成燃料の精製方法



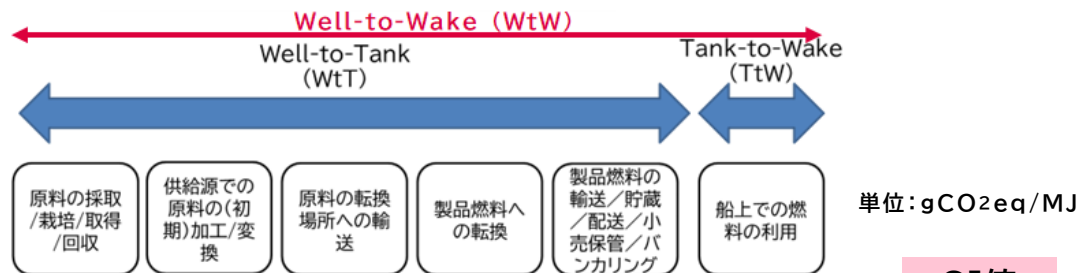
# 本調査におけるCI値設定の考え方

- CI値とは、Carbon Intensity(炭素強度)の略。
- 本調査では、燃料の製造から船上で消費(≒燃焼)されるまでの全GHG排出量の総和(gCO<sub>2</sub>)を燃料の熱量(MJ)で除した値を本調査のCI値と設定する。
- この評価方法は、LCA(Life Cycle Assessment)評価と言い、国際海事機関(IMO)がGHG削減対策として採用。井戸(Well)から(to)航海(Wake)までという意味で、WtWとも言われる。
- 本調査では各燃料のLCAを以下に分けて、各燃料の特徴を調査した。
  - ①燃料製造、②燃料輸送、③燃料利用(TtW(Tank to Wake))

船のタンクから航海利用部分を指す≒燃料利用部分

## 本調査におけるCI値、WtW、TtWの概要

$$GHG_{WtW} = GHG_{WtT} + GHG_{TtW}$$



CI値

|     |       |   |      |   |       |   |       |
|-----|-------|---|------|---|-------|---|-------|
| 重油  | 16.50 | + | 0.85 | + | 76.77 | = | 94.13 |
| LNG | 17.95 | + | 0.72 | + | 61.18 | = | 79.86 |

値は本調査で設定した2030年のCI値

## CI値とカーボンプライシング(炭素価格、CP)

炭素価格として、WtWベースで10,000円/t-CO<sub>2</sub>が設定された場合のMJ当たりの価格は？  
重油価格:2.4円/MJ、LNG価格:1.34円/MJとする。

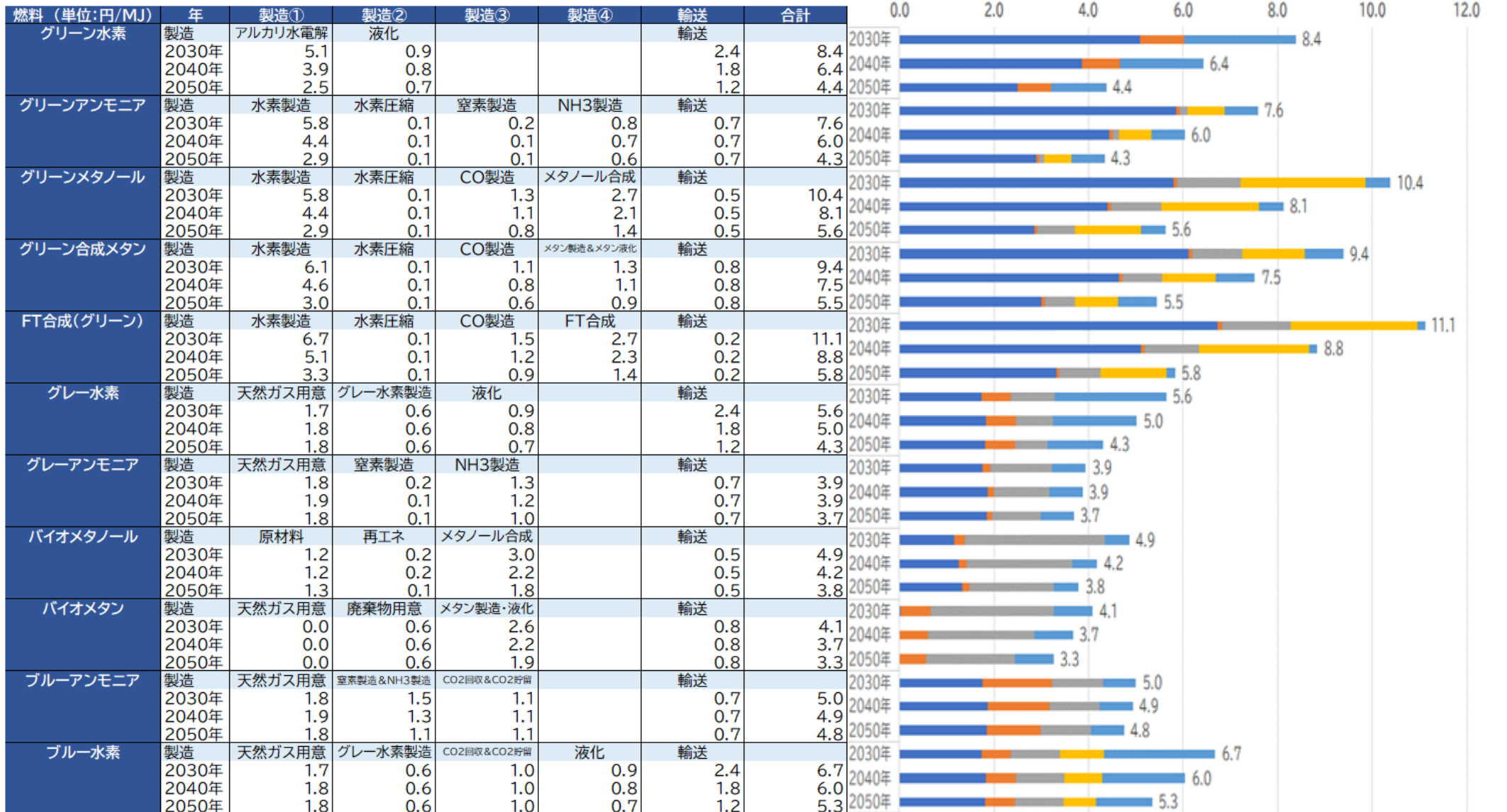
重油:10,000円/t-CO<sub>2</sub>×94.13CO<sub>2</sub>eq/MJ  
 $\div 1,000,000 \div 0.94$ 円/MJ(炭素価格)  
 g→tの単位換算 →2.4+0.94=3.34円/MJ

LNG:10,000円/t-CO<sub>2</sub>×79.86CO<sub>2</sub>eq/MJ  
 $\div 1,000,000 \div 0.80$ 円/MJ(炭素価格)  
 g→tの単位換算 →1.34+0.80=2.14円/MJ

# 本調査における燃料製造コスト

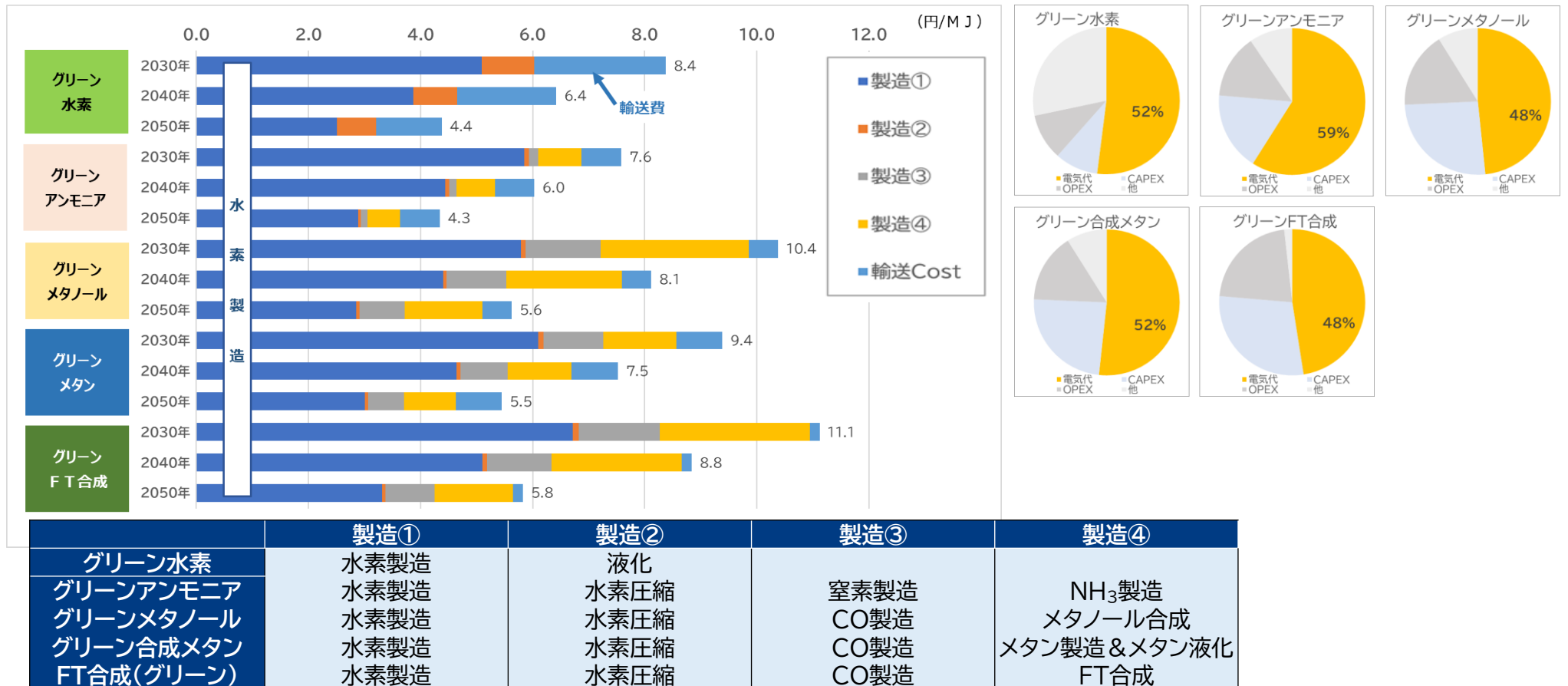
- 燃料製造における特徴はグリーン系とそれ以外(グレー、バイオ、ブルー)別で後述する。

(円/MJ)



# 本調査における燃料製造コスト(グリーン系)

- グリーン系燃料は、グリーン水素製造が共通する工程となる。
- 水素燃料製造のコスト低減(製造方法のシフト、後述)に従い、他グリーン系燃料のコストは低減。
- 水素は**輸送費が他燃料と比べて高い**ことが課題。本ケースでは輸送コストの半減を織り込んでいるが、輸送費の低減が困難な場合、他グリーン系燃料がコスト優位となる可能性がある。
- グリーン系燃料の製造コストの**電力コストは50%程度**であり、電力コスト変動による影響が大きい。



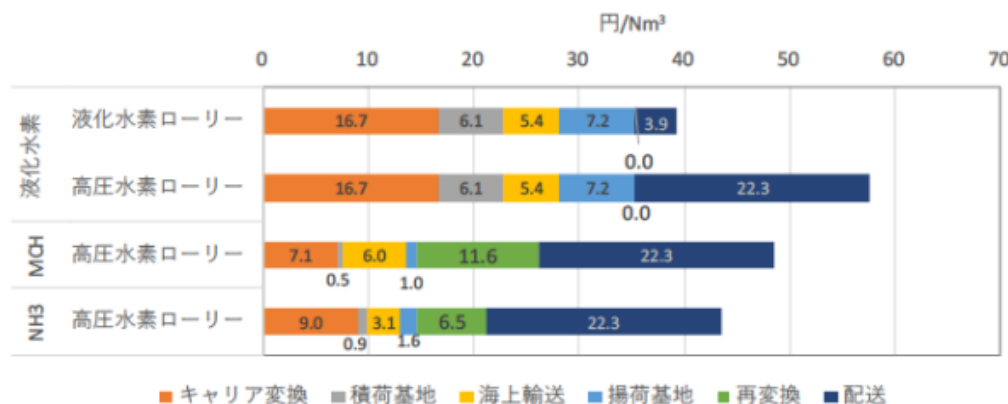
# 本調査における燃料コスト(グリーン水素)

- グリーン水素製造方法のシフト(アルカリ水電解→PEM→SOEC)を織り込んでおり、技術革新により、コスト低減が進むと想定。
- 水素は輸送費コストが高いことも課題の1つ。本調査では2030年値をエネルギー総合工学研究所報告書を参考に設定。2050年に向けては、右下図の具体的な輸送コスト低減技術が確認出来なかったため、本調査では2050年の輸送費を2030年値の1/2の値を設定。

|         | 2030年 |         | 2040年 |         | 2050年 |         |
|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|
|         | 生産シェア | コスト円/MJ | 生産シェア | コスト円/MJ | 生産シェア | コスト円/MJ |
| アルカリ水電解 | 50%   | 2.3     | 5%    | 0.2     | 0%    | 0.0     |
| PEM     | 33%   | 1.8     | 40%   | 1.6     | 20%   | 0.6     |
| SOEC    | 17%   | 1.0     | 55%   | 2.0     | 80%   | 1.9     |
| 合計      | 100%  | 5.1     | 100%  | 3.8     | 100%  | 2.5     |

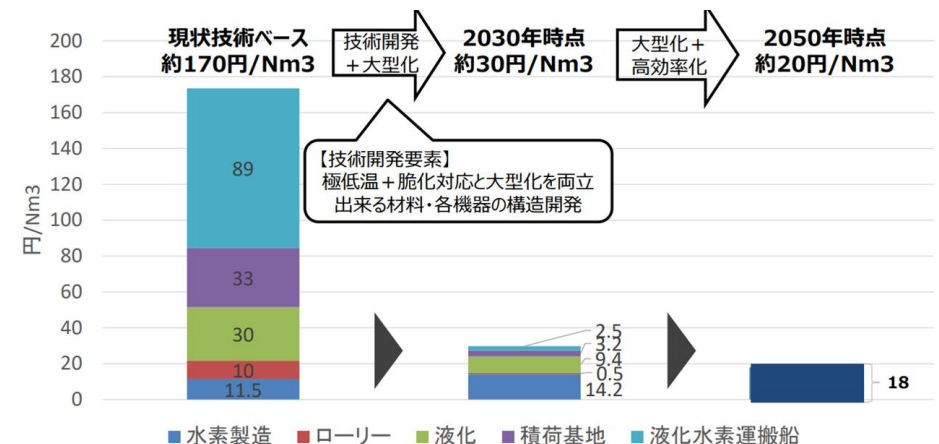
|           | 2030年 | 2040年 | 2050年 |
|-----------|-------|-------|-------|
| 輸送費(円/MJ) | 2.4   | 1.8   | 1.2   |

(参考)液化水素の輸送コスト情報  
輸入GtTコストローリー輸送による水素供給



出所)一般社団法人エネルギー総合工学研究所、「令和4年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業(競争的な水素サプライチェーン構築に向けた水素コスト分析に関する調査)報告書」2023年2月

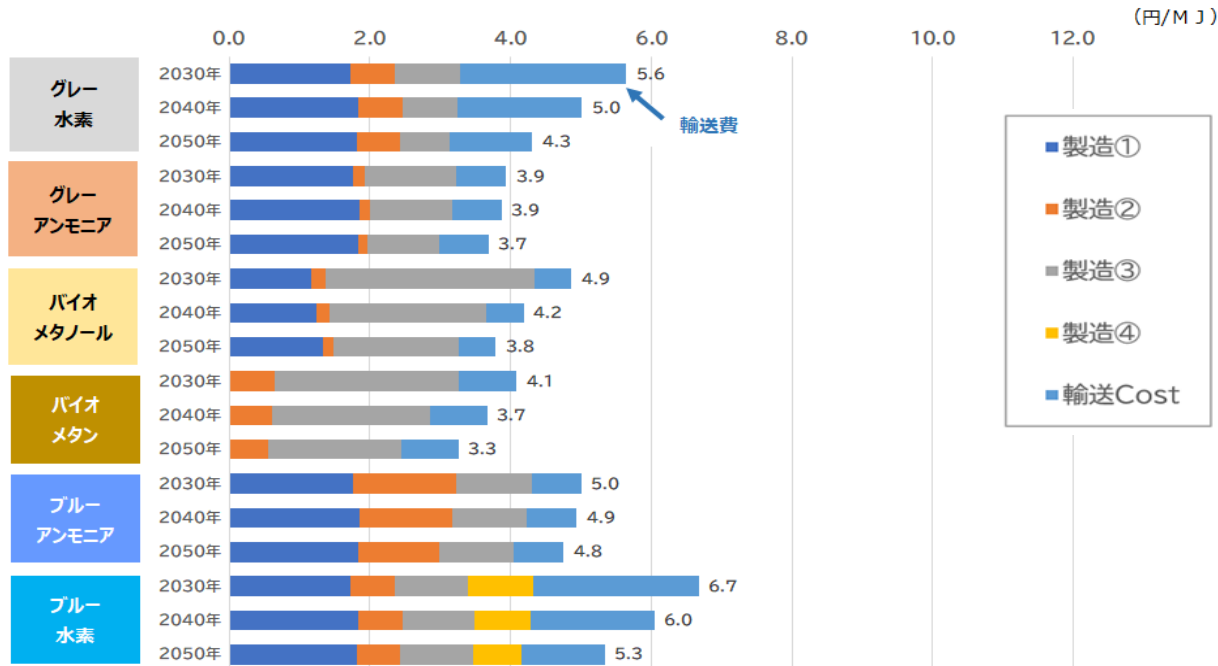
(参考)液化水素の将来コスト情報



出所)経済産業省資源エネルギー庁、「今後の水素政策の課題と対応の方向性中間整理(案)」,  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/suiso\\_nenryo/pdf/025\\_01\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/025_01_00.pdf), 2021年3月

# 本調査における燃料製造コスト(グレー、バイオ、ブルー)

- グレー、バイオ、ブルー燃料は天然ガス等が原材料となることから、製造コストは低い。
- 2050年に向けてのコスト変化は、「メタノール合成」「メタン製造・液化」においては該当する合成技術、メタネーションの技術革新を織り込み低減すると設定。
- グレー水素、ブルー水素の輸送費低減はグリーン水素と同様とした。

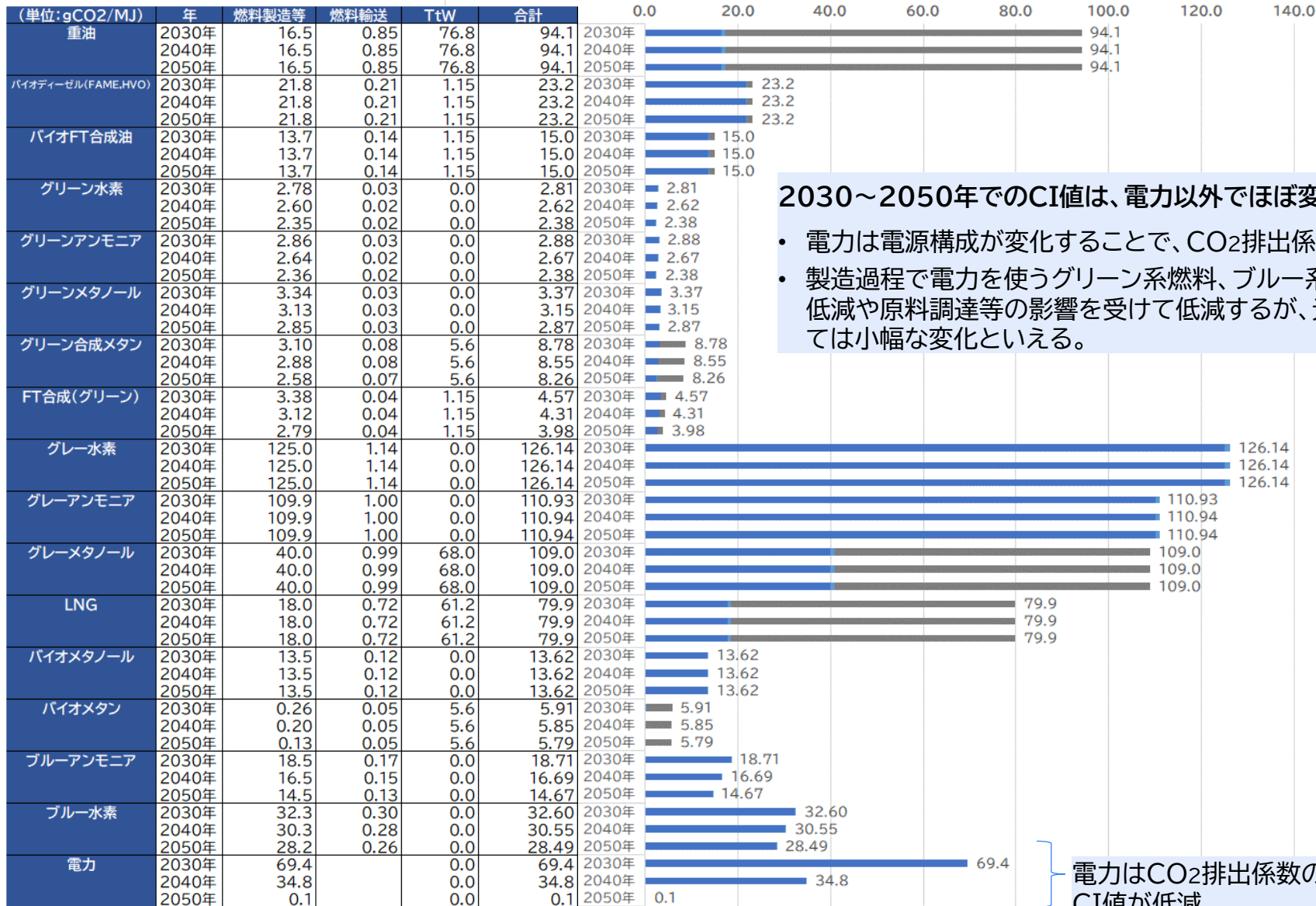


|          | 製造①    | 製造②                     | 製造③                                   | 製造④ |
|----------|--------|-------------------------|---------------------------------------|-----|
| グレー水素    | 天然ガス用意 | グレー水素製造                 | 液化                                    |     |
| グレーアンモニア | 天然ガス用意 | 窒素製造                    | NH <sub>3</sub> 製造                    |     |
| バイオメタノール | 原材料    | 再エネ                     | メタノール合成                               |     |
| バイオメタン   | 天然ガス用意 | 廃棄物用意                   | メタン製造・液化                              |     |
| ブルーアンモニア | 天然ガス用意 | 窒素製造&NH <sub>3</sub> 製造 | CO <sub>2</sub> 回収&CO <sub>2</sub> 貯留 |     |
| ブルー水素    | 天然ガス用意 | グレー水素製造                 | CO <sub>2</sub> 回収&CO <sub>2</sub> 貯留 | 液化  |

# 本調査におけるCI値の比較

- 前述の方法を踏まえて各燃料のCI値を推計した結果を以下に示す。

(円/MJ)



# Appendix. 参考情報:モデル分析関連事項

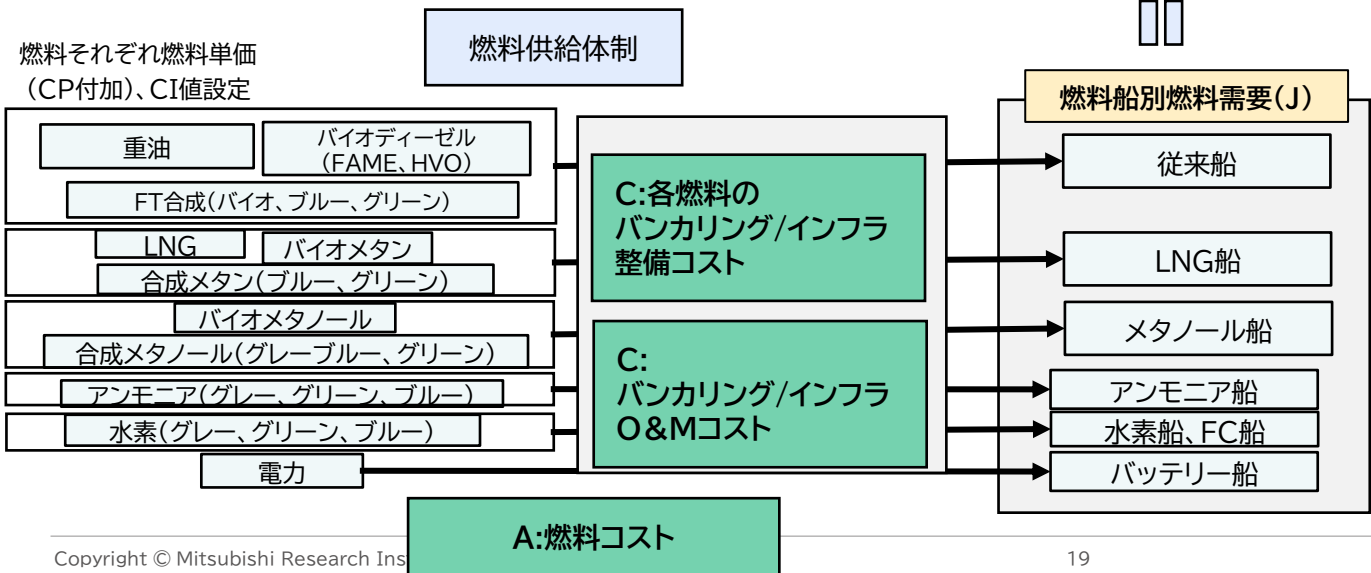
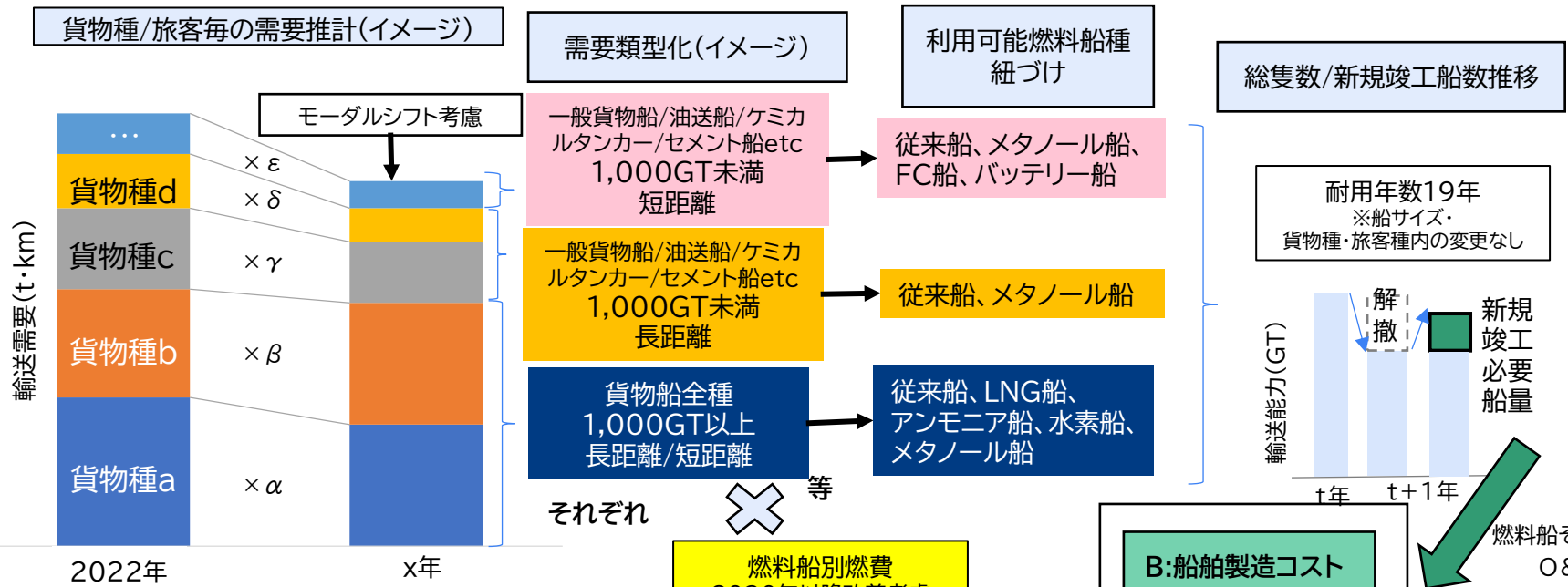
---

# モデル試算のロジック

- 将来の内航船需要、代替燃料、代替燃料船の開発動向等を踏まえ、CPをかけた(排出制約と同義) 将来の内航船種、内航船燃料の導入状況について、最適化モデルを用いて導出を行った。
- モデルの概要は以下の通り。また、フロー図を次頁に示す。

| 項目          | 内容   |
|-------------|--|
| 分析対象期間      | 2022～2050年、5年間隔  |
| 目的関数        | 期間総コスト最小化(A:燃料関連コスト+B:船舶関連コスト+C:インフラ関連コスト)   |
| 特徴          | ○2050年までの未来を見据えたコスト最小化試算。<br>○一度製造された船は耐用年数(19年)まで使用される。   |
| コストに関する前提条件 | A:燃料関連:燃料単価(CI値に応じてCP分を上乗せ)<br>B:船舶関連:建造単価、O&M単価<br>C:インフラ関連:インフラ整備単価、O&M単価  |
| その他インプットデータ | ○内航海運需要(区分別)、CO <sub>2</sub> 輸送新規需要は2050年度1,000万トンのケースで実施。<br>○内航船の現状ストック隻数、解撤・耐用年数<br>○燃料船種と内航海運需要区分(貨物/旅客やサイズの大小、長距離・短距離)との対応関係<br>○燃料別CI値<br>○船舶燃費(将来的な改善も想定) |
| 主な制約条件      | 次節のCPを設定   |
| 主なアウトプットデータ | ○CO <sub>2</sub> 排出量推移 ○燃料消費量推移<br>○隻数(ストック、フロー)の推移 ○各A,B,C,全体のコスト   |
| 注意点         | 2050年までの総コストが最安となるような選択がされること、一度製造された船は耐用年数一杯まで利用するため、逐次における最も安価な燃料選択となるとは限らない。  |

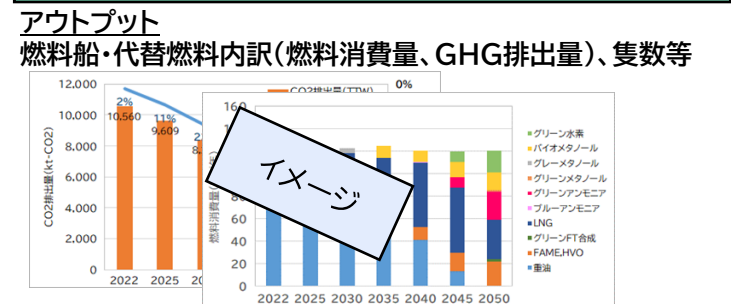
# モデル試算のフロー全体図



**B:船舶製造コスト**  
**B:船舶O&Mコスト**

燃料船それぞれ製造コスト、O&Mコスト設定

**A,B,Cの合計が2050年までで最適化されるように、船種・インフラ・燃料種が選択される。特に選択された燃料船の中での燃料の競争が発生。**

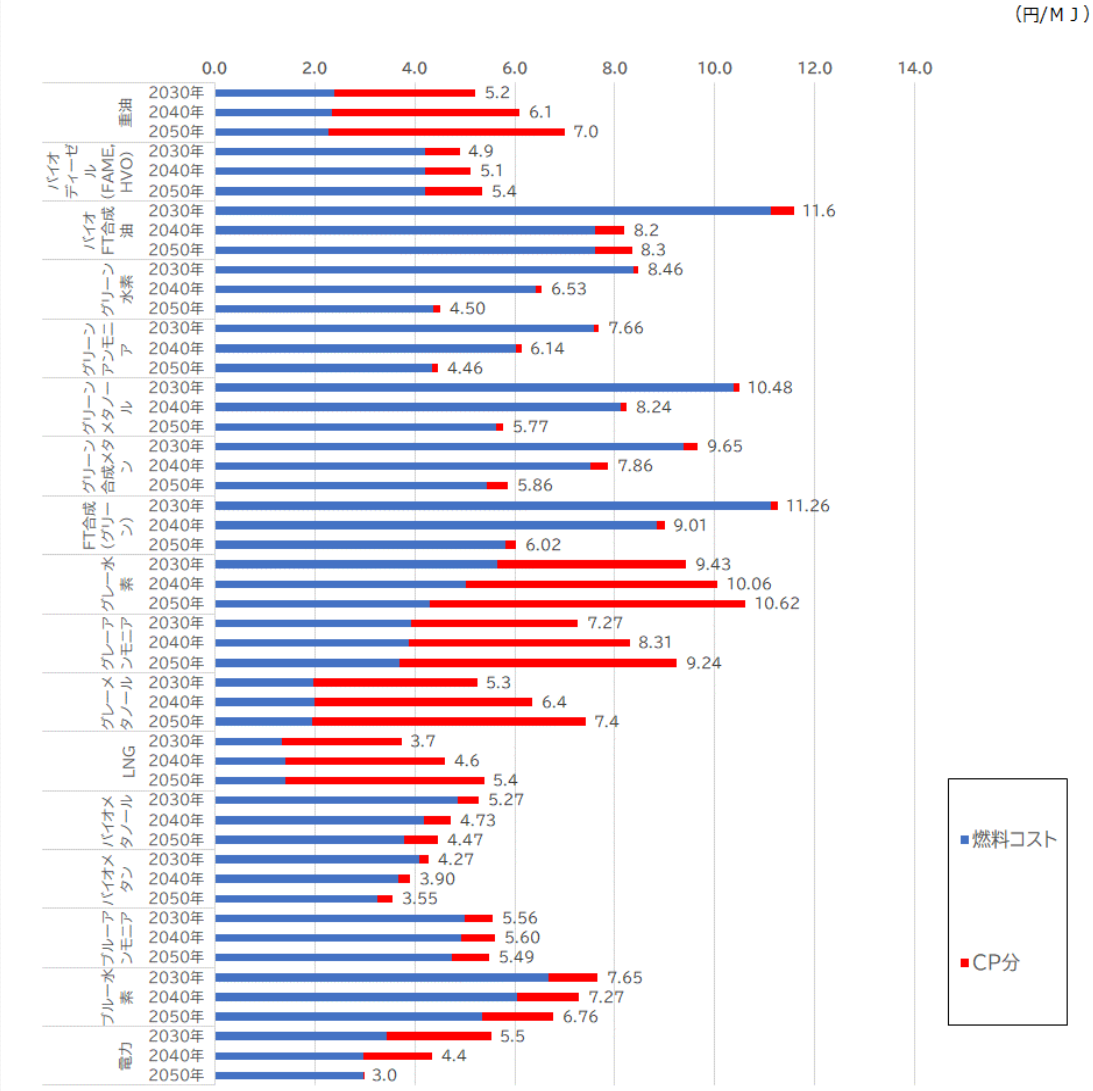
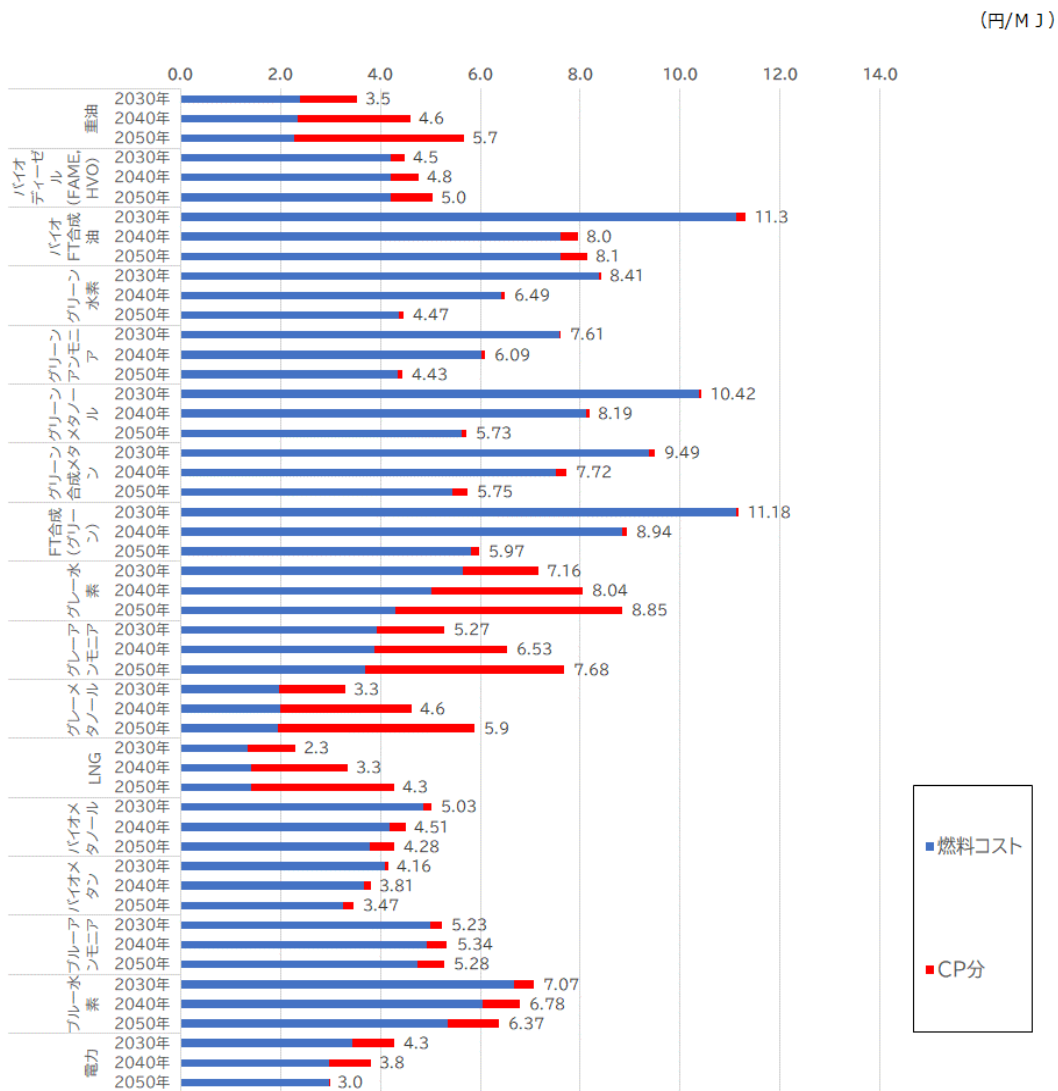


# 炭素価格を付加した燃料価格の推計

- 今回のモデル計算における炭素価格を付加した場合の燃料価格は下記の通り。

炭素価格12,000~36,000円/t-CO<sub>2</sub>ケース

炭素価格30,000~50,000円/t-CO<sub>2</sub>ケース



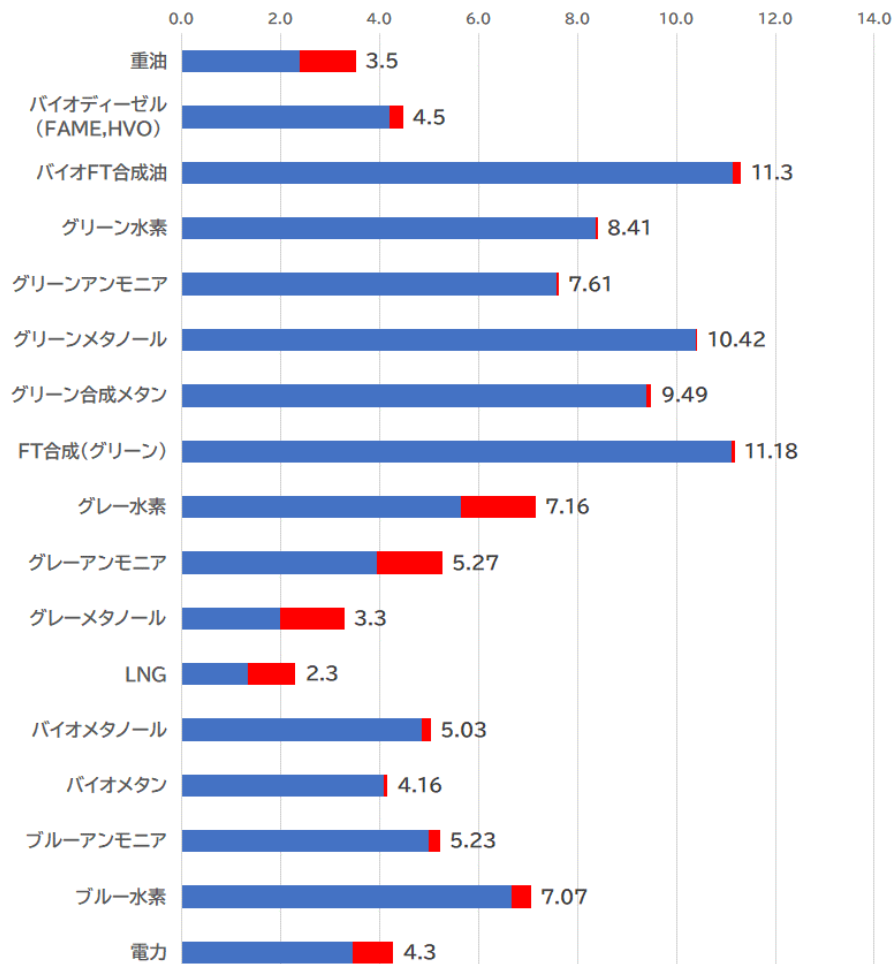
# 炭素価格を付加した燃料価格比較(2030年)

- 今回のモデル計算における炭素価格を付加した場合の燃料価格は下記の通り。

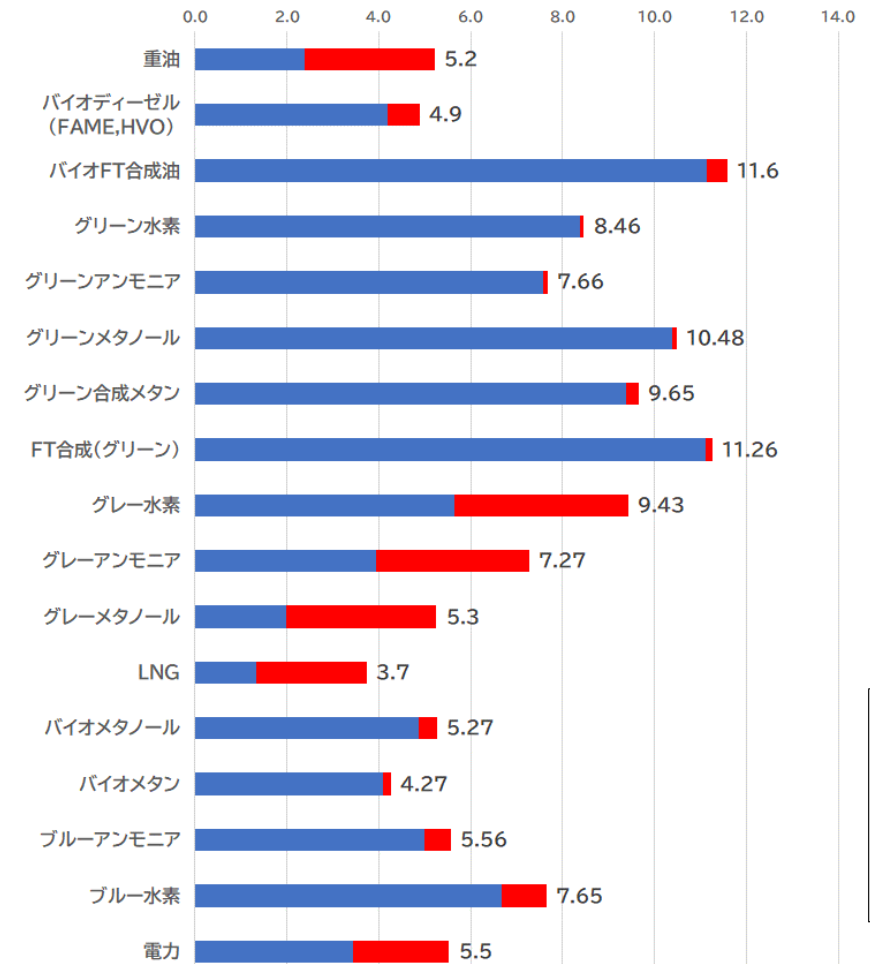
炭素価格12,000円/t-CO<sub>2</sub>ケース

炭素価格30,000円/t-CO<sub>2</sub>ケース

(円/MJ)



(円/MJ)



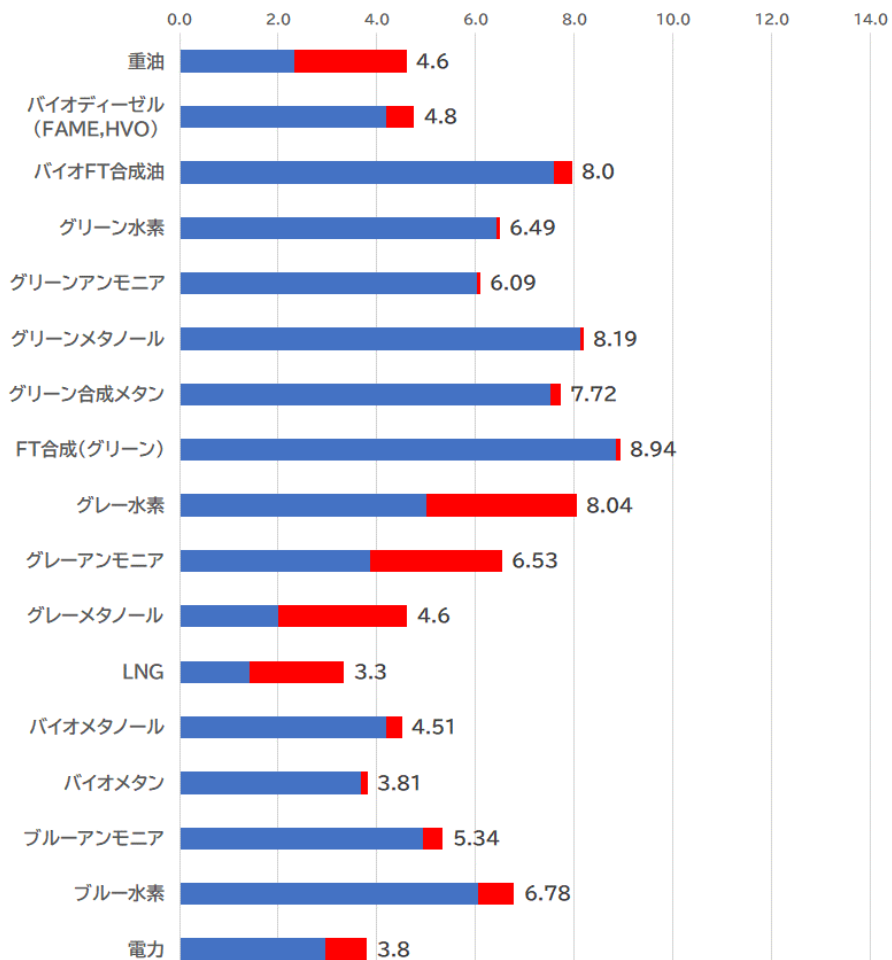
# 炭素価格を付加した燃料価格比較(2040年)

- 今回のモデル計算における炭素価格を付加した場合の燃料価格は下記の通り。

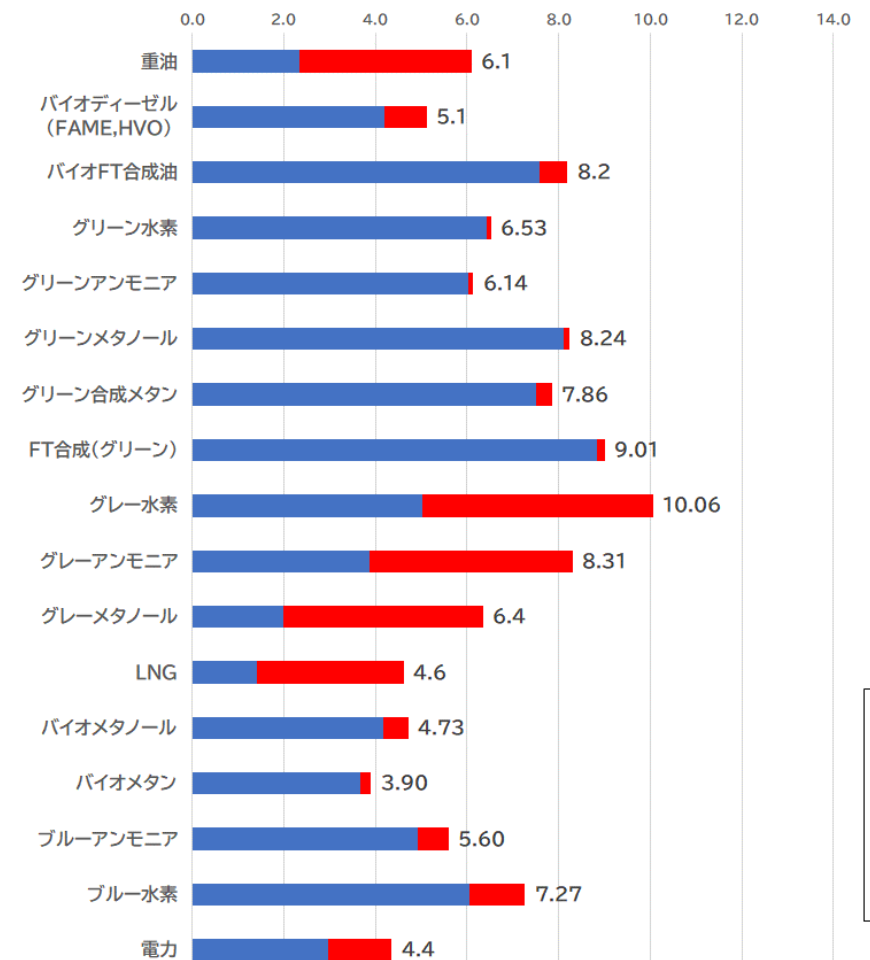
炭素価格24,000円/t-CO<sub>2</sub>ケース

炭素価格40,000円/t-CO<sub>2</sub>ケース

(円/MJ)



(円/MJ)



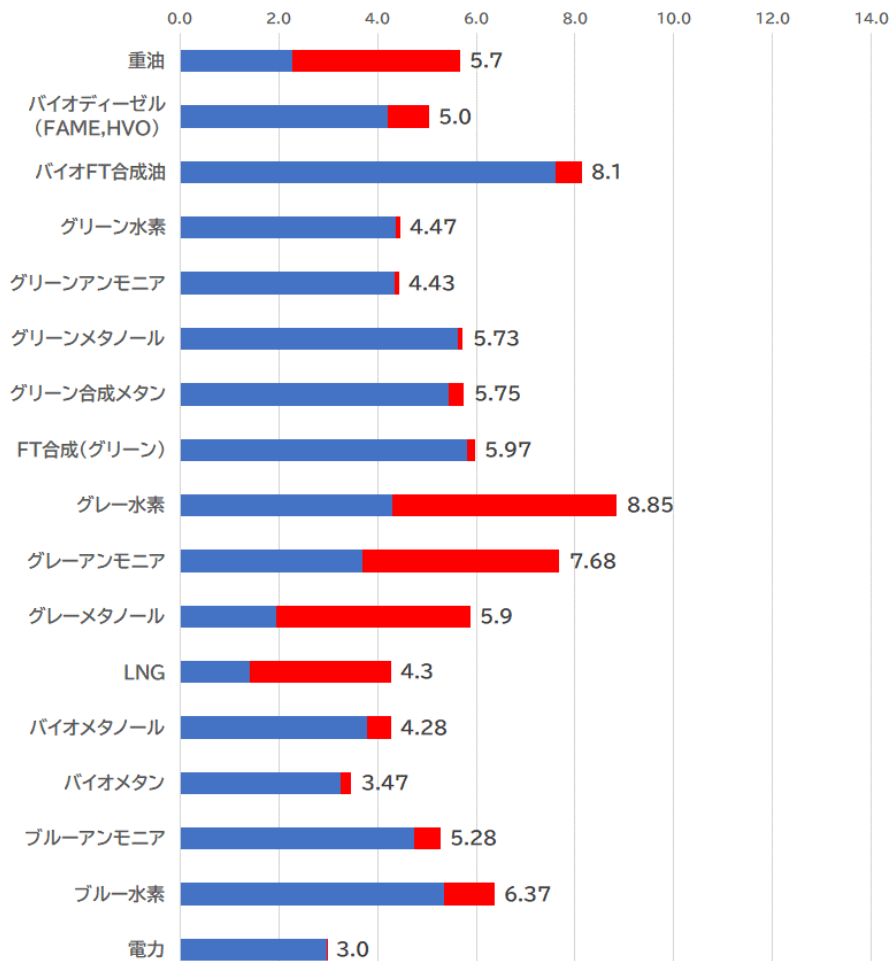
# 炭素価格を付加した燃料価格比較(2050年)

- 今回のモデル計算における炭素価格を付加した場合の燃料価格は下記の通り。

炭素価格36,000円/t-CO<sub>2</sub>ケース

炭素価格50,000円/t-CO<sub>2</sub>ケース

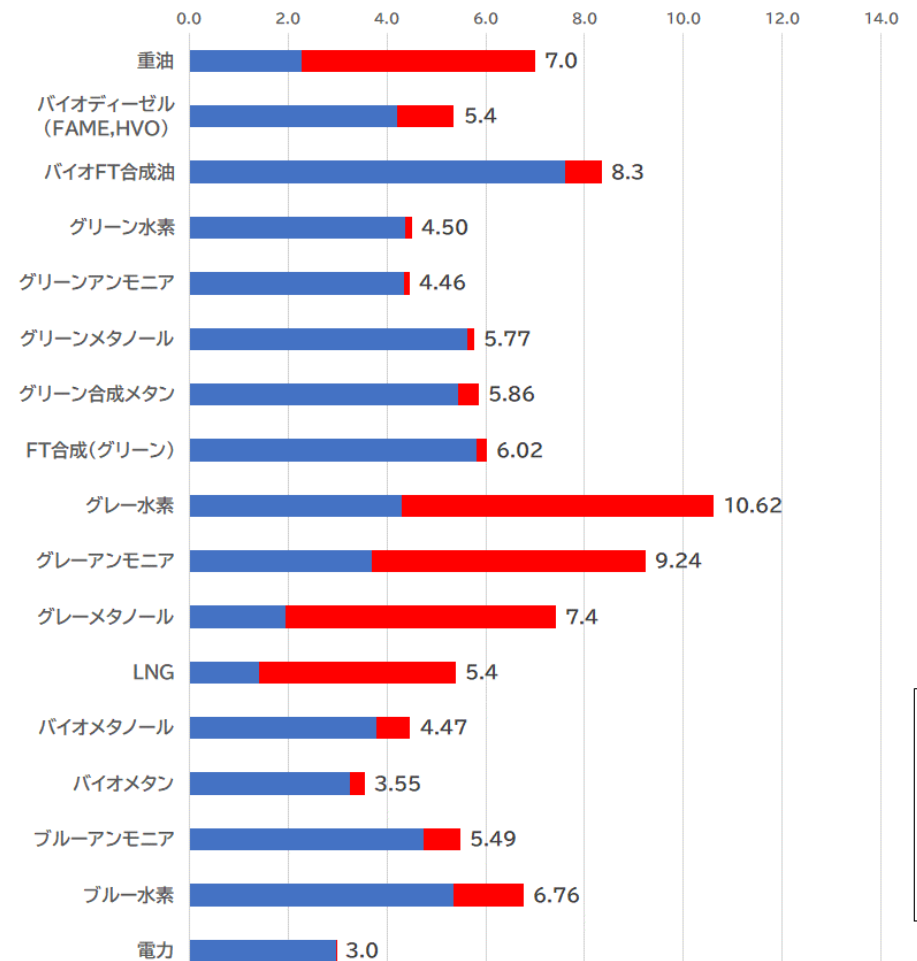
(円/MJ)



■燃料コスト

■CP分

(円/MJ)



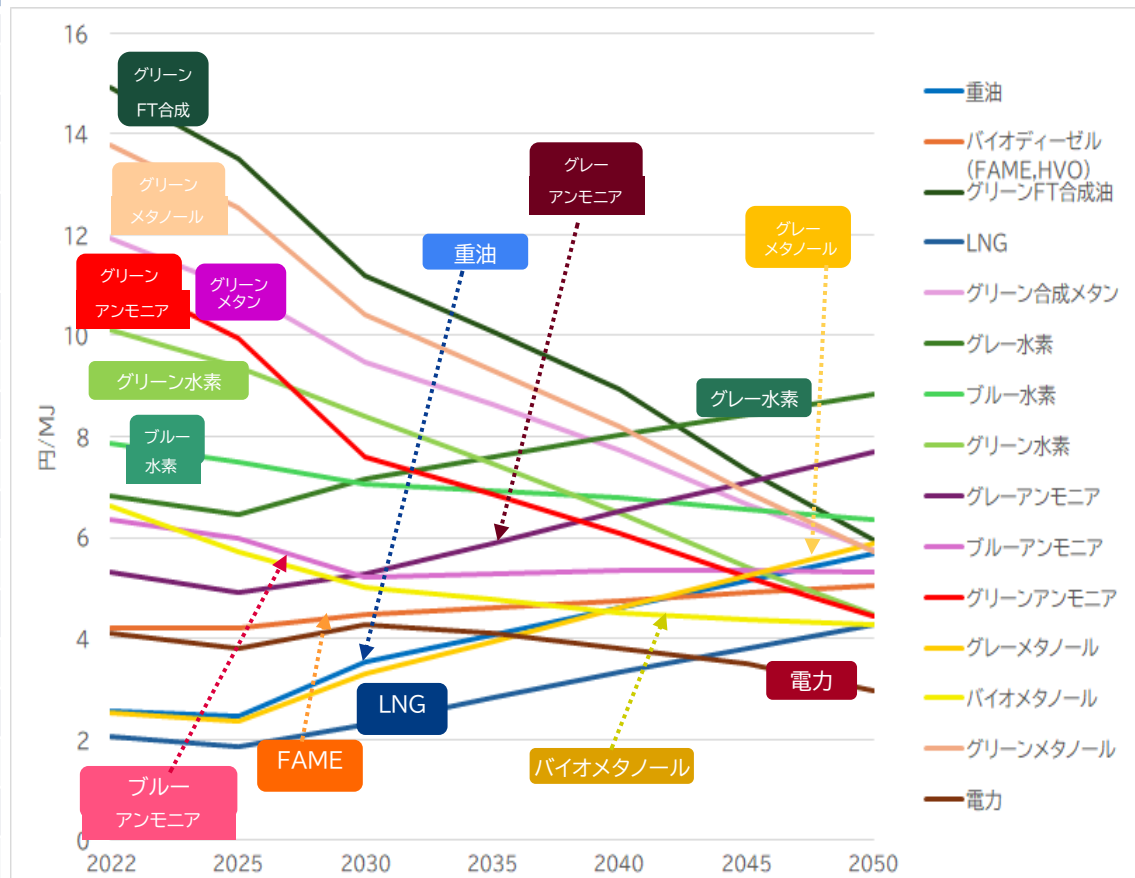
■燃料コスト

■CP分

# 炭素価格を付加した燃料価格の推移(12,000~36,000)

- 今回のモデル計算における炭素価格(12,000~36,000円/t-CO<sub>2</sub>)を付加した場合の燃料価格は下記の通り。

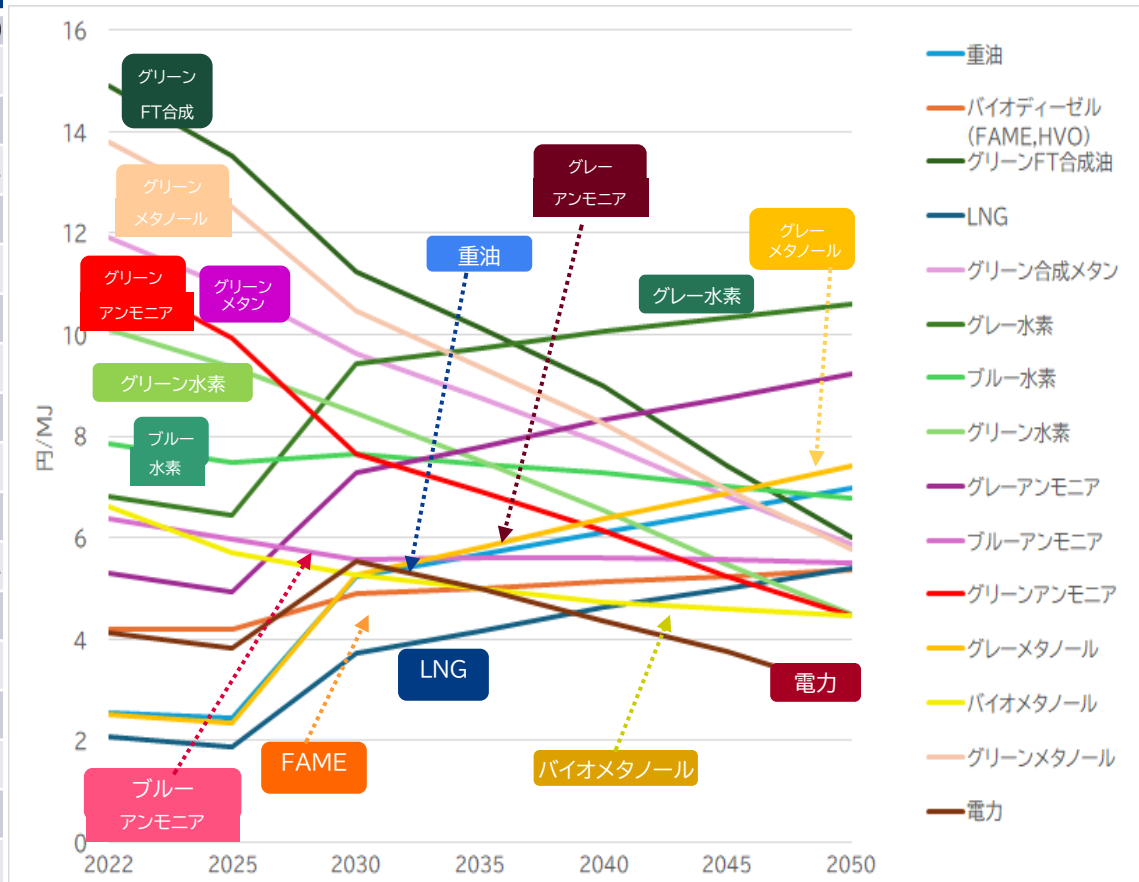
| 円/MJ                     | 2022  | 2025  | 2030   | 2035   | 2040   | 2045   | 2050   |
|--------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| CP(円/t-CO <sub>2</sub> ) | —     | —     | 12,000 | 18,000 | 24,000 | 30,000 | 36,000 |
| 重油                       | 2.56  | 2.46  | 3.52   | 4.06   | 4.60   | 5.13   | 5.67   |
| バイオディーゼル                 | 4.20  | 4.20  | 4.48   | 4.62   | 4.76   | 4.89   | 5.03   |
| バイオFT合成油                 | 14.66 | 14.66 | 11.31  | 7.86   | 7.95   | 8.04   | 8.13   |
| グリーンFT合成油                | 14.92 | 13.52 | 11.18  | 10.08  | 8.93   | 7.35   | 5.95   |
| LNG                      | 2.07  | 1.86  | 2.30   | 2.82   | 3.33   | 3.81   | 4.28   |
| バイオメタン                   | 4.43  | 4.32  | 4.16   | 3.98   | 3.81   | 3.64   | 3.47   |
| グリーン合成メタン                | 11.92 | 10.91 | 9.49   | 8.63   | 7.72   | 6.67   | 5.75   |
| グレー水素                    | 6.82  | 6.45  | 7.16   | 7.59   | 8.04   | 8.44   | 8.85   |
| ブルー水素                    | 7.85  | 7.48  | 7.07   | 6.92   | 6.78   | 6.57   | 6.37   |
| グリーン水素                   | 10.11 | 9.38  | 8.41   | 7.46   | 6.49   | 5.42   | 4.47   |
| グレーアンモニア                 | 5.32  | 4.92  | 5.27   | 5.90   | 6.53   | 7.11   | 7.68   |
| ブルーアンモニア                 | 6.37  | 5.97  | 5.23   | 5.29   | 5.35   | 5.33   | 5.31   |
| グリーンアンモニア                | 11.24 | 9.95  | 7.61   | 6.88   | 6.09   | 5.20   | 4.43   |
| グレーメタノール                 | 2.51  | 2.36  | 3.29   | 3.95   | 4.62   | 5.25   | 5.88   |
| バイオメタノール                 | 6.61  | 5.70  | 5.03   | 4.76   | 4.51   | 4.39   | 4.28   |
| グリーンメタノール                | 13.79 | 12.53 | 10.42  | 9.32   | 8.19   | 6.89   | 5.73   |
| 電力                       | 4.11  | 3.81  | 4.28   | 4.10   | 3.80   | 3.49   | 2.97   |



# 炭素価格を付加した燃料価格の推移(30,000~50,000)

- 今回のモデル計算における炭素価格(30,000~50,000円/t-CO<sub>2</sub>)を付加した場合の燃料価格は下記の通り。

| 円/MJ                     | 2022  | 2025  | 2030   | 2035   | 2040   | 2045   | 2050   |
|--------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| CP(円/t-CO <sub>2</sub> ) | —     | —     | 30,000 | 35,000 | 40,000 | 45,000 | 50,000 |
| 重油                       | 2.56  | 2.46  | 5.22   | 5.66   | 6.10   | 6.55   | 6.99   |
| バイオディーゼル                 | 4.20  | 4.20  | 4.89   | 5.01   | 5.13   | 5.24   | 5.36   |
| バイオFT合成油                 | 14.66 | 14.66 | 11.58  | 8.12   | 8.19   | 8.27   | 8.34   |
| グリーンFT合成油                | 14.92 | 13.52 | 11.26  | 10.15  | 9.00   | 7.41   | 6.01   |
| LNG                      | 2.07  | 1.86  | 3.74   | 4.17   | 4.61   | 5.00   | 5.40   |
| バイオメタン                   | 4.43  | 4.32  | 4.27   | 4.08   | 3.90   | 3.73   | 3.55   |
| グリーン合成メタン                | 11.92 | 10.91 | 9.65   | 8.77   | 7.86   | 6.80   | 5.86   |
| グレー水素                    | 6.82  | 6.45  | 9.43   | 9.73   | 10.06  | 10.33  | 10.62  |
| ブルー水素                    | 7.85  | 7.48  | 7.65   | 7.45   | 7.27   | 7.01   | 6.76   |
| グリーン水素                   | 10.11 | 9.38  | 8.46   | 7.51   | 6.53   | 5.45   | 4.50   |
| グレーアンモニア                 | 5.32  | 4.92  | 7.27   | 7.78   | 8.31   | 8.77   | 9.24   |
| ブルーアンモニア                 | 6.37  | 5.97  | 5.56   | 5.59   | 5.62   | 5.57   | 5.52   |
| グリーンアンモニア                | 11.24 | 9.95  | 7.66   | 6.92   | 6.14   | 5.24   | 4.46   |
| グレーメタノール                 | 2.51  | 2.36  | 5.25   | 5.80   | 6.36   | 6.88   | 7.41   |
| バイオメタノール                 | 6.61  | 5.70  | 5.27   | 5.00   | 4.73   | 4.59   | 4.47   |
| グリーンメタノール                | 13.79 | 12.53 | 10.48  | 9.37   | 8.24   | 6.94   | 5.77   |
| 電力                       | 4.11  | 3.81  | 5.53   | 4.99   | 4.36   | 3.75   | 2.97   |

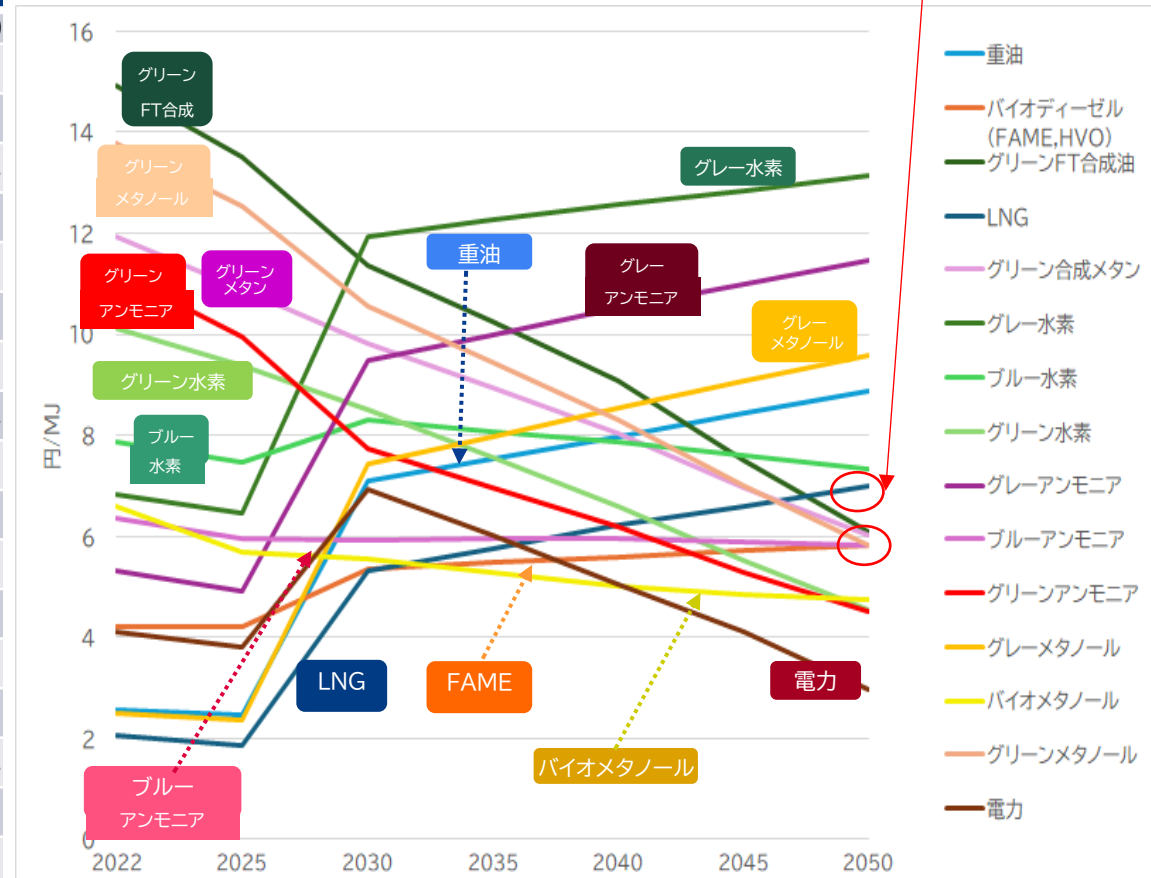


# 炭素価格を付加した燃料価格の推移(50,000~70,000)

- 今回のモデル計算における炭素価格(50,000~70,000円/t-CO<sub>2</sub>)を付加した場合の燃料価格は下記の通り。

| 円/MJ                     | 2022  | 2025  | 2030   | 2035   | 2040   | 2045   | 2050   |
|--------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| CP(円/t-CO <sub>2</sub> ) | —     | —     | 50,000 | 55,000 | 60,000 | 65,000 | 70,000 |
| 重油                       | 2.56  | 2.46  | 7.10   | 7.54   | 7.99   | 8.43   | 8.87   |
| バイオディーゼル                 | 4.20  | 4.20  | 5.36   | 5.47   | 5.59   | 5.71   | 5.82   |
| バイオFT合成油                 | 14.66 | 14.66 | 11.88  | 8.42   | 8.49   | 8.57   | 8.64   |
| グリーンFT合成油                | 14.92 | 13.52 | 11.35  | 10.24  | 9.08   | 7.49   | 6.09   |
| LNG                      | 2.07  | 1.86  | 5.33   | 5.77   | 6.21   | 6.60   | 6.99   |
| バイオメタン                   | 4.43  | 4.32  | 4.39   | 4.20   | 4.02   | 3.84   | 3.67   |
| グリーン合成メタン                | 11.92 | 10.91 | 9.82   | 8.95   | 8.03   | 6.96   | 6.03   |
| グレー水素                    | 6.82  | 6.45  | 11.95  | 12.25  | 12.58  | 12.85  | 13.14  |
| ブルー水素                    | 7.85  | 7.48  | 8.31   | 8.08   | 7.88   | 7.60   | 7.33   |
| グリーン水素                   | 10.11 | 9.38  | 8.52   | 7.56   | 6.58   | 5.50   | 4.55   |
| グレーアンモニア                 | 5.32  | 4.92  | 9.49   | 10.00  | 10.53  | 10.99  | 11.46  |
| ブルーアンモニア                 | 6.37  | 5.97  | 5.94   | 5.94   | 5.95   | 5.88   | 5.81   |
| グリーンアンモニア                | 11.24 | 9.95  | 7.72   | 6.98   | 6.19   | 5.29   | 4.51   |
| グレーメタノール                 | 2.51  | 2.36  | 7.43   | 7.98   | 8.54   | 9.06   | 9.59   |
| バイオメタノール                 | 6.61  | 5.70  | 5.55   | 5.27   | 5.00   | 4.86   | 4.74   |
| グリーンメタノール                | 13.79 | 12.53 | 10.55  | 9.44   | 8.31   | 7.00   | 5.82   |
| 電力                       | 4.11  | 3.81  | 6.92   | 6.03   | 5.05   | 4.10   | 2.98   |

LNGがグリーン合成メタンより高価となることで燃料代替が進み排出削減量が大きくなる



# (参考)重油換算の燃料価格の推移(炭素価格:12,000~36,000ケース)

- 今回のモデル計算で炭素価格12,000~36,000円/t-CO<sub>2</sub>を付加した場合の重油L換算燃料価格は下記通り

|                          | 燃料価格(円/重油L) |       |       |       |       | + | 炭素価格(円/重油L) |        |        |        |        | = | 炭素価格込み価格(円/重油L) |        |        |        |        |
|--------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|---|-------------|--------|--------|--------|--------|---|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| 円/重油L                    | 2030        | 2035  | 2040  | 2045  | 2050  |   | 2030        | 2035   | 2040   | 2045   | 2050   |   | 2030            | 2035   | 2040   | 2045   | 2050   |
| CP(円/t-CO <sub>2</sub> ) | -           | -     | -     | -     | -     |   | 12,000      | 18,000 | 24,000 | 30,000 | 36,000 |   | 12,000          | 18,000 | 24,000 | 30,000 | 36,000 |
| 重油                       | 88.9        | 87.9  | 86.8  | 85.8  | 84.7  |   | 41.9        | 62.9   | 83.9   | 104.8  | 125.8  |   | 130.8           | 150.7  | 170.7  | 190.6  | 210.5  |
| バイオディーゼル                 | 155.9       | 155.9 | 155.9 | 155.9 | 155.9 |   | 10.3        | 15.5   | 20.6   | 25.8   | 31.0   |   | 166.2           | 171.4  | 176.5  | 181.7  | 186.8  |
| バイオFT合成油                 | 413.1       | 281.9 | 281.9 | 281.9 | 281.9 |   | 6.7         | 10.0   | 13.4   | 16.7   | 20.0   |   | 419.8           | 291.9  | 295.3  | 298.6  | 301.9  |
| グリーンFT合成油                | 412.8       | 371.0 | 327.6 | 268.1 | 215.6 |   | 2.0         | 3.0    | 3.8    | 4.6    | 5.3    |   | 414.9           | 374.0  | 331.4  | 272.7  | 221.0  |
| LNG                      | 49.7        | 51.2  | 52.6  | 52.3  | 52.0  |   | 35.5        | 53.2   | 71.0   | 88.7   | 106.5  |   | 85.2            | 104.4  | 123.6  | 141.1  | 158.5  |
| バイオメタン                   | 151.8       | 143.9 | 136.2 | 128.6 | 121.1 |   | 2.6         | 3.9    | 5.2    | 6.5    | 7.7    |   | 154.4           | 147.8  | 141.4  | 135.0  | 128.8  |
| グリーン合成メタン                | 348.3       | 314.4 | 279.0 | 238.2 | 202.3 |   | 3.9         | 5.8    | 7.6    | 9.3    | 11.0   |   | 352.2           | 320.2  | 286.6  | 247.5  | 213.3  |
| グレー水素                    | 209.5       | 197.3 | 186.2 | 172.7 | 159.9 |   | 56.1        | 84.1   | 112.1  | 140.2  | 168.2  |   | 265.5           | 281.4  | 298.3  | 312.9  | 328.1  |
| ブルー水素                    | 247.7       | 235.6 | 224.4 | 211.0 | 198.2 |   | 14.5        | 21.1   | 27.2   | 32.8   | 38.0   |   | 262.2           | 256.7  | 251.6  | 243.8  | 236.2  |
| グリーン水素                   | 310.9       | 275.0 | 238.4 | 198.3 | 162.6 |   | 1.2         | 1.8    | 2.3    | 2.8    | 3.2    |   | 312.2           | 276.9  | 240.7  | 201.1  | 165.7  |
| グレーアンモニア                 | 146.2       | 144.8 | 143.7 | 140.2 | 136.9 |   | 49.1        | 73.6   | 98.1   | 122.7  | 147.2  |   | 195.3           | 218.4  | 241.9  | 262.9  | 284.2  |
| ブルーアンモニア                 | 185.6       | 184.5 | 183.7 | 180.5 | 177.5 |   | 8.3         | 11.7   | 14.8   | 17.3   | 19.5   |   | 193.9           | 196.3  | 198.5  | 197.8  | 196.9  |
| グリーンアンモニア                | 281.3       | 253.3 | 223.8 | 190.2 | 161.2 |   | 1.3         | 1.8    | 2.4    | 2.8    | 3.2    |   | 282.5           | 255.2  | 226.2  | 193.0  | 164.4  |
| グレーメタノール                 | 73.6        | 73.9  | 74.3  | 73.5  | 72.8  |   | 48.2        | 72.3   | 96.4   | 120.5  | 144.6  |   | 121.8           | 146.2  | 170.6  | 194.0  | 217.4  |
| バイオメタノール                 | 180.6       | 167.8 | 155.2 | 147.6 | 140.5 |   | 6.0         | 9.0    | 12.0   | 15.1   | 18.1   |   | 186.6           | 176.8  | 167.3  | 162.7  | 158.6  |
| グリーンメタノール                | 385.4       | 343.6 | 301.3 | 252.4 | 208.7 |   | 1.5         | 2.2    | 2.8    | 3.3    | 3.8    |   | 386.9           | 345.8  | 304.1  | 255.7  | 212.5  |
| 電力                       | 127.9       | 117.4 | 110.1 | 110.1 | 110.1 |   | 32.30       | 36.36  | 32.36  | 20.31  | 0.19   |   | 160.2           | 153.8  | 142.5  | 130.4  | 110.3  |

# (参考)重油換算の燃料価格の推移(炭素価格:30,000~50,000ケース)

- 今回のモデル計算で炭素価格30,000~50,000円/t-CO<sub>2</sub>を付加した場合の重油L換算燃料価格は下記通り

燃料価格(円/重油L)



炭素価格(円/重油L)



炭素価格込み価格(円/重油L)

| 円/重油L                    | 2030  | 2035  | 2040  | 2045  | 2050  | 2030   | 2035   | 2040   | 2045   | 2050   | 2030   | 2035   | 2040   | 2045   | 2050   |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| CP(円/t-CO <sub>2</sub> ) | -     | -     | -     | -     | -     | 30,000 | 35,000 | 40,000 | 45,000 | 50,000 | 30,000 | 35,000 | 40,000 | 45,000 | 50,000 |
| 重油                       | 88.9  | 87.9  | 86.8  | 85.8  | 84.7  | 104.8  | 122.3  | 139.8  | 157.2  | 174.7  | 193.7  | 210.1  | 226.6  | 243.0  | 259.4  |
| バイオディーゼル                 | 155.9 | 155.9 | 155.9 | 155.9 | 155.9 | 25.8   | 30.1   | 34.4   | 38.7   | 43.0   | 181.7  | 186.0  | 190.3  | 194.6  | 198.9  |
| バイオFT合成油                 | 413.1 | 281.9 | 281.9 | 281.9 | 281.9 | 16.7   | 19.5   | 22.3   | 25.0   | 27.8   | 429.8  | 301.4  | 304.2  | 306.9  | 309.7  |
| グリーンFT合成油                | 412.8 | 371.0 | 327.6 | 268.1 | 215.6 | 5.1    | 5.8    | 6.4    | 6.9    | 7.4    | 417.9  | 376.8  | 334.0  | 275.0  | 223.0  |
| LNG                      | 49.7  | 51.2  | 52.6  | 52.3  | 52.0  | 88.7   | 103.5  | 118.3  | 133.1  | 147.9  | 138.5  | 154.7  | 170.9  | 185.4  | 199.9  |
| バイオメタン                   | 151.8 | 143.9 | 136.2 | 128.6 | 121.1 | 6.6    | 7.6    | 8.7    | 9.7    | 10.7   | 158.4  | 151.5  | 144.9  | 138.3  | 131.8  |
| グリーン合成メタン                | 348.3 | 314.4 | 279.0 | 238.2 | 202.3 | 9.8    | 11.2   | 12.7   | 14.0   | 15.3   | 358.1  | 325.6  | 291.7  | 252.2  | 217.6  |
| グレー水素                    | 209.5 | 197.3 | 186.2 | 172.7 | 159.9 | 140.2  | 163.5  | 186.9  | 210.2  | 233.6  | 349.6  | 360.9  | 373.0  | 383.0  | 393.5  |
| ブルー水素                    | 247.7 | 235.6 | 224.4 | 211.0 | 198.2 | 36.2   | 40.9   | 45.3   | 49.2   | 52.8   | 284.0  | 276.6  | 269.7  | 260.2  | 251.0  |
| グリーン水素                   | 310.9 | 275.0 | 238.4 | 198.3 | 162.6 | 3.1    | 3.5    | 3.9    | 4.1    | 4.4    | 314.0  | 278.6  | 242.3  | 202.4  | 167.0  |
| グレーアンモニア                 | 146.2 | 144.8 | 143.7 | 140.2 | 136.9 | 122.7  | 143.1  | 163.6  | 184.0  | 204.5  | 268.9  | 287.9  | 307.3  | 324.3  | 341.4  |
| ブルーアンモニア                 | 185.6 | 184.5 | 183.7 | 180.5 | 177.5 | 20.7   | 22.8   | 24.6   | 26.0   | 27.0   | 206.3  | 207.4  | 208.3  | 206.5  | 204.5  |
| グリーンアンモニア                | 281.3 | 253.3 | 223.8 | 190.2 | 161.2 | 3.2    | 3.6    | 3.9    | 4.2    | 4.4    | 284.5  | 256.9  | 227.7  | 194.4  | 165.6  |
| グレーメタノール                 | 73.6  | 73.9  | 74.3  | 73.5  | 72.8  | 120.5  | 140.6  | 160.7  | 180.7  | 200.8  | 194.1  | 214.4  | 234.9  | 254.2  | 273.6  |
| バイオメタノール                 | 180.6 | 167.8 | 155.2 | 147.6 | 140.5 | 15.1   | 17.6   | 20.1   | 22.6   | 25.1   | 195.6  | 185.3  | 175.3  | 170.2  | 165.6  |
| グリーンメタノール                | 385.4 | 343.6 | 301.3 | 252.4 | 208.7 | 3.7    | 4.2    | 4.7    | 5.0    | 5.3    | 389.1  | 347.8  | 306.0  | 257.4  | 214.0  |
| 電力                       | 127.9 | 117.4 | 110.1 | 110.1 | 110.1 | 80.7   | 70.7   | 53.9   | 30.5   | 0.3    | 208.6  | 188.1  | 164.0  | 140.5  | 110.4  |

## (参考)重油換算の燃料価格の推移(炭素価格:50,000~70,000ケース)

- 今回のモデル計算で炭素価格50,000~70,000円/t-CO<sub>2</sub>を付加した場合の重油L換算燃料価格は下記通り

燃料価格(円/重油L)



炭素価格(円/重油L)



炭素価格込み価格(円/重油L)

| 円/重油L                    | 2030  | 2035  | 2040  | 2045  | 2050  | 2030   | 2035   | 2040   | 2045   | 2050   | 2030   | 2035   | 2040   | 2045   | 2050   |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| CP(円/t-CO <sub>2</sub> ) | -     | -     | -     | -     | -     | 50,000 | 55,000 | 60,000 | 65,000 | 70,000 | 50,000 | 55,000 | 60,000 | 65,000 | 70,000 |
| 重油                       | 88.9  | 87.9  | 86.8  | 85.8  | 84.7  | 174.7  | 192.2  | 209.6  | 227.1  | 244.6  | 263.6  | 280.0  | 296.4  | 312.9  | 329.3  |
| バイオディーゼル                 | 155.9 | 155.9 | 155.9 | 155.9 | 155.9 | 43.0   | 47.3   | 51.6   | 55.9   | 60.2   | 198.9  | 203.2  | 207.5  | 211.8  | 216.1  |
| バイオFT合成油                 | 413.1 | 281.9 | 281.9 | 281.9 | 281.9 | 27.8   | 30.6   | 33.4   | 36.2   | 38.9   | 440.9  | 312.5  | 315.3  | 318.1  | 320.9  |
| グリーンFT合成油                | 412.8 | 371.0 | 327.6 | 268.1 | 215.6 | 8.5    | 9.1    | 9.6    | 10.0   | 10.3   | 421.3  | 380.1  | 337.2  | 278.0  | 226.0  |
| LNG                      | 49.7  | 51.2  | 52.6  | 52.3  | 52.0  | 147.9  | 162.7  | 177.5  | 192.3  | 207.0  | 197.6  | 213.9  | 230.1  | 244.6  | 259.1  |
| バイオメタン                   | 151.8 | 143.9 | 136.2 | 128.6 | 121.1 | 10.9   | 12.0   | 13.0   | 14.0   | 15.0   | 162.7  | 155.9  | 149.2  | 142.6  | 136.1  |
| グリーン合成メタン                | 348.3 | 314.4 | 279.0 | 238.2 | 202.3 | 16.3   | 17.7   | 19.0   | 20.2   | 21.4   | 364.6  | 332.1  | 298.1  | 258.4  | 223.7  |
| グレー水素                    | 209.5 | 197.3 | 186.2 | 172.7 | 159.9 | 233.6  | 257.0  | 280.3  | 303.7  | 327.0  | 443.1  | 454.3  | 466.5  | 476.4  | 487.0  |
| ブルー水素                    | 247.7 | 235.6 | 224.4 | 211.0 | 198.2 | 60.4   | 64.3   | 67.9   | 71.1   | 73.9   | 308.1  | 299.9  | 292.3  | 282.1  | 272.1  |
| グリーン水素                   | 310.9 | 275.0 | 238.4 | 198.3 | 162.6 | 5.2    | 5.5    | 5.8    | 6.0    | 6.2    | 316.1  | 280.6  | 244.2  | 204.3  | 168.7  |
| グレーアンモニア                 | 146.2 | 144.8 | 143.7 | 140.2 | 136.9 | 204.5  | 224.9  | 245.4  | 265.8  | 286.3  | 350.7  | 369.7  | 389.1  | 406.1  | 423.2  |
| ブルーアンモニア                 | 185.6 | 184.5 | 183.7 | 180.5 | 177.5 | 34.5   | 35.9   | 36.9   | 37.6   | 37.9   | 220.1  | 220.4  | 220.6  | 218.1  | 215.3  |
| グリーンアンモニア                | 281.3 | 253.3 | 223.8 | 190.2 | 161.2 | 5.3    | 5.6    | 5.9    | 6.0    | 6.2    | 286.6  | 259.0  | 229.7  | 196.2  | 167.4  |
| グレーメタノール                 | 73.6  | 73.9  | 74.3  | 73.5  | 72.8  | 200.8  | 220.9  | 241.0  | 261.1  | 281.1  | 274.4  | 294.8  | 315.2  | 334.5  | 353.9  |
| バイオメタノール                 | 180.6 | 167.8 | 155.2 | 147.6 | 140.5 | 25.1   | 27.6   | 30.1   | 32.6   | 35.1   | 205.7  | 195.4  | 185.4  | 180.3  | 175.7  |
| グリーンメタノール                | 385.4 | 343.6 | 301.3 | 252.4 | 208.7 | 6.2    | 6.6    | 7.0    | 7.2    | 7.4    | 391.6  | 350.3  | 308.3  | 259.6  | 216.1  |
| 電力                       | 127.9 | 117.4 | 110.1 | 110.1 | 110.1 | 134.6  | 111.1  | 80.9   | 44.0   | 0.38   | 262.5  | 228.5  | 191.0  | 154.1  | 110.5  |