

## 脱炭素に貢献するグリーン水素の都内利用に向けた水素輸送距離等の推計

植木博章・小谷野眞司・藤澤有希・美齊津宏幸

\*\*\*\*\*

### 【要約】

国の低炭素水素の基準(水素社会推進法で規定する  $3.4\text{kg-CO}_2\text{e/kg-H}_2$  (天然ガス改質による水素製造時の  $\text{CO}_2$  排出量を約7割削減した値))を満たして輸入される水素(以下、「輸入水素」という。)と国内で再生可能エネルギーから製造した水素(以下、「国産グリーン水素」という。)を都内で利用する場合の  $\text{CO}_2$  排出量について、水素キャリア製造と輸送に係る  $\text{CO}_2$  排出量を加味して推計した。2025年頃は、国産グリーン水素を圧縮水素で近距離輸送する場合のみ輸入水素の  $\text{CO}_2$  排出量を下回るが、2050年頃では液化水素により1000kmを超えて輸送した場合においても輸入水素の  $\text{CO}_2$  排出量を下回った。

\*\*\*\*\*

### 【目的】

水素の一大消費地となる可能性を秘めた東京では、再生可能エネルギーの需要が供給を上回るといった地域特性等によりグリーン水素の製造を都外に依存することが考えられる。水素輸送のためのキャリア製造や輸送時の  $\text{CO}_2$  排出量の削減ができなければ、脱炭素化への水素の貢献は十分とはならない。本研究では、系統電力及び太陽光発電を用いた場合の輸送距離と  $\text{CO}_2$  排出量との関係を水素キャリア別に把握した。さらに、国産グリーン水素の輸送に伴う  $\text{CO}_2$  排出量を算出し、輸入水素を輸送した場合と比較することにより、都内で利用する低炭素水素利用の目安を示すことを目的とする。

### 【 $\text{CO}_2$ 排出量推計の前提】

#### (1) 基本的な考え方

国産グリーン水素又は千葉県京葉コンビナートに陸揚げされた輸入水素を、都内で需要が見込まれる臨海部において利用することを前提として推計した。

水素製造に係る  $\text{CO}_2$  排出量は、低炭素水素の基準の考え方に合わせ、原料の採掘から水素を出荷するまでとした。グリーン水素の製造に伴う  $\text{CO}_2$  排出量は文献<sup>1)</sup>に基づいて、太陽光発電由来は  $1.3\text{kg-CO}_2\text{e/kg-H}_2$ 、風力発電由来は  $0.6\text{kg-CO}_2\text{e/kg-H}_2$  とした。輸入水素を日本に輸送する際の国外でのキャリア製造に係る  $\text{CO}_2$  排出量は推計の対象に含めず、国の低炭素水素の基準である  $3.4\text{kg-CO}_2\text{e/kg-H}_2$  で陸揚げされるものとした。

#### (2) 水素キャリア製造に係る必要電力量

ここでの水素キャリアは、圧縮水素と液化水素の2種とし、必要電力量は表1のとおりを設定した。

#### (3) 水素キャリアの輸送量と輸送に係る $\text{CO}_2$ 排出量

都内への1回当たりの水素輸送量は、水素キャリアに応じて実態を踏まえ設定した。水素トレーラーやトラックの燃費は当研究所のシャシダイナモメータでの実測値等を参考に設定した。これらを基にした水素1kgを1km輸送する  $\text{CO}_2$  排出量は表2に示す。

#### (4) 輸入水素利用時の $\text{CO}_2$ 排出量

京葉コンビナートから都内臨海部までの距離は片道65kmに設定した。

国の低炭素水素の基準  $3.4\text{kg-CO}_2\text{e/kg-H}_2$  に、この輸送に係る排出量  $0.12\text{kg-CO}_2\text{e/kg-H}_2$  を加えた  $3.52\text{kg-CO}_2\text{e/kg-H}_2$  を輸入水素利用時の  $\text{CO}_2$  排出量(基準値)としてグリーン水素利用時と比較した。

### 【結果の概要】

水素製造とキャリア製造に系統電力( $0.376\text{kg-CO}_2\text{e/kWh}$ )を用いる場合と太陽光発電( $0.024\text{kg-CO}_2\text{e/kWh}$ )を用いる場合について、圧縮水素又は液化水素で輸送した場合の  $\text{CO}_2$  排出量をそれぞれ図1及び図2に示す。液化水素は、大量輸送に適するもののキャリア製造に要する電力量が大きい。系統電力で製造した場合は、輸送距離が270km以上でなければ圧縮水素に対する優位性はないが、太陽光発電で製造した場合は17kmの近距離でも液化水素のほうが有利となることが分かった。

2025年頃と2050年頃において、国産グリーン水素と輸入水素の輸送に伴う  $\text{CO}_2$  排出量を算出した結果を図3、図4に示す。2025年頃のキャリア製造には化石燃料を使用した系統電力(排出係数: $0.376\text{kg-CO}_2\text{e/kWh}$ )を使用するとしたため、液化水素で輸送した場合の  $\text{CO}_2$  排出量は輸送距離に関係なく基準値を上回る。圧縮水素の場合、太陽光で製造したグリーン水素は71km以下、風力で製造したものは127km以下であれば、基準値を下回る(図3)。2050年頃は、系統電力がカーボンニュートラル(排出係数:ゼロ)となることを想定し、キャリア製造に伴う電力使用がないものとする、液化水素で輸送した場合は1,000kmを超えても基準値を下回り、圧縮水素による輸送でも、太陽光で製造したグリーン水素は167km、風力は223kmまで基準値を下回る距離が延びる(図4)。

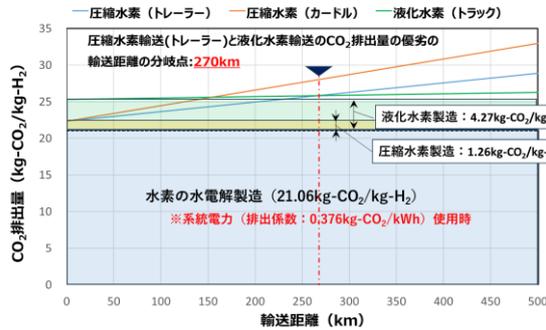
以上のことから、将来的に電力のカーボンニュートラル化が進むことを想定すると、北海道や東北からのグリーン水素の都内利用についても、国の低炭素基準を満足して輸入されるブルー水素(化石燃料で製造時に発生する  $\text{CO}_2$  を CCS 技術等で回収・貯留した水素)同様に  $\text{CO}_2$  削減に貢献する水素として利用可能と考えられた。

表1 水素製造とキャリアの製造に係る必要電力量

項目	必要電力量	設定の根拠
水電解水素製造	5.0kWh/Nm <sup>3</sup>	これまでのシミュレーション値 <sup>2)</sup> を使用
高圧ガス化 (19.6MPa)	0.30kWh/Nm <sup>3</sup>	圧縮機メーカーのカタログ値を基に設定
液化	1.01kWh/Nm <sup>3</sup>	文献値 <sup>3)</sup> を採用

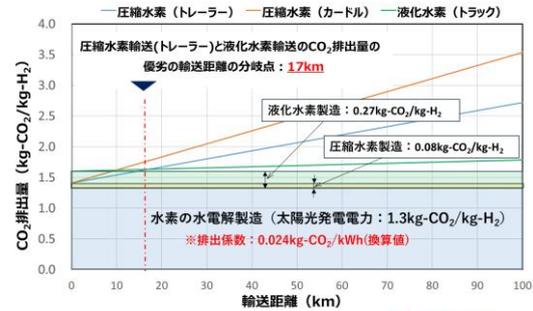
表2 貨物車による水素輸送量とCO<sub>2</sub>排出量

項目	輸送単位 (Nm <sup>3</sup> /回)	燃費の設定 <sup>※2</sup> (km/L)	CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> /km·kg-H <sub>2</sub> )
圧縮水素 (カードル/トラック)	600	4.0	1.06E-02
圧縮水素 (トレーラー)	2,800	1.6	6.55E-03
液化水素 (トラック)	15,900	2.0	9.23E-04



水素1kg当たりの水素製造から輸送に係るCO<sub>2</sub>排出量 (系統電力使用時)

図1 系統電力を用いた場合のCO<sub>2</sub>排出量



水素1kg当たりの水素製造から輸送に係るCO<sub>2</sub>排出量 (太陽光使用時)

図2 太陽光発電を用いた場合のCO<sub>2</sub>排出量

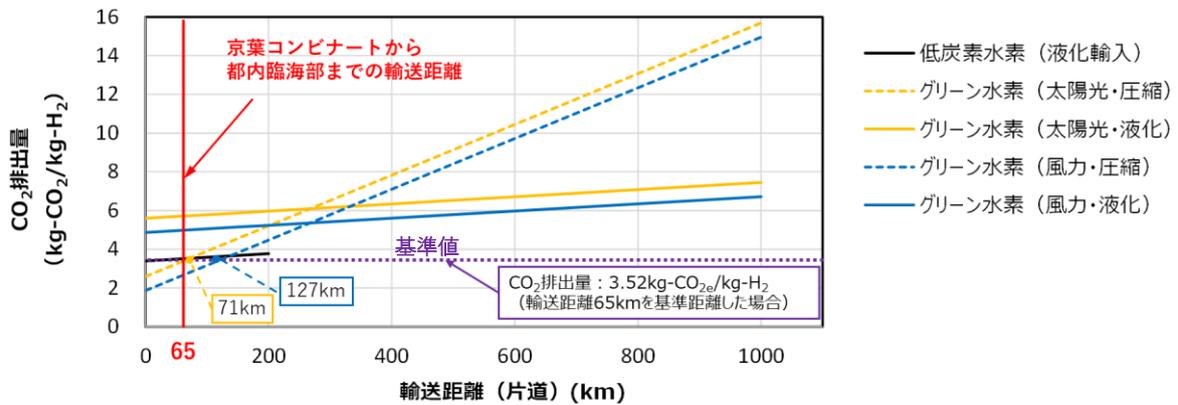


図3 2025年頃の国産グリーン水素の輸送距離に応じたCO<sub>2</sub>排出量

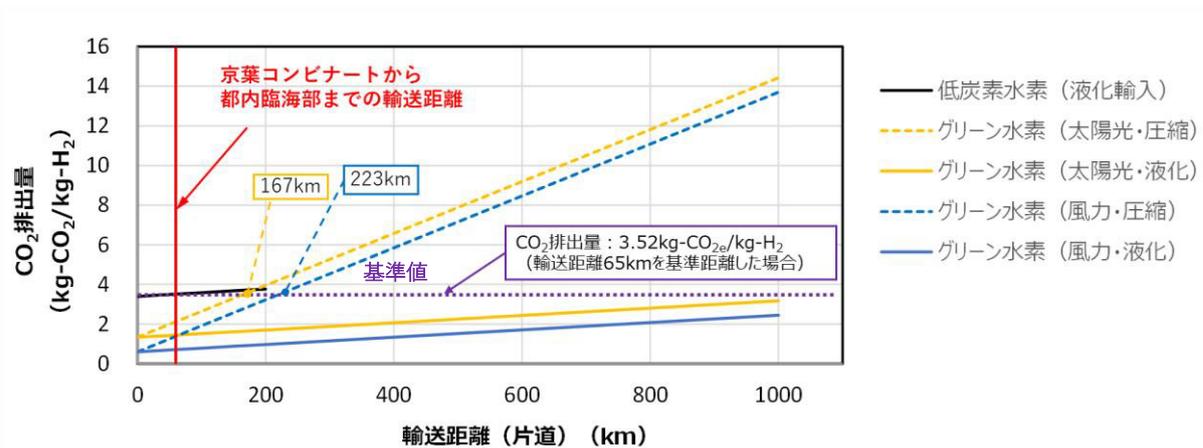


図4 2050年頃の国産グリーン水素の輸送距離に応じたCO<sub>2</sub>排出量

参考文献等

1) 公益財団法人自然エネルギー財団;

[https://www.renewable-ei.org/activities/column/REupdate/20240726\\_1.php](https://www.renewable-ei.org/activities/column/REupdate/20240726_1.php), シリーズ「エネルギー基本計画の論点」(第5回) 日本の「ゼロエミッション火力」からの排出を考える, 2024年7月26日

2) 小谷野真司, 美齊津宏幸, 古谷博秀; 水素蓄電エネマネ・シミュレータのHP上での公開, 東京都環境科学研究所, 東京都環境科学研究所年報 2021年版, p78-79, 2021

3) 神谷 祥二, 川崎重工業株式会社; 液化水素コンテナの開発ー液化の水素の長所と短所ー, 一般社団法人日本高圧力技術協会, 圧力技術 第42巻3号, 2004