合成燃料 (e-fuel) の脱炭素価値 に関する検討について

アーサー・ディ・リトル・ジャパン株式会社

1 環境整備WGの進め方

2 合成燃料における脱炭素価値の策定例 ~欧州 再生可能エネルギー指令(REDⅡ)~

3 合成燃料(e-fuel)の脱炭素価値を検討する上での論点

「合成燃料(e-fuel)の導入促進に向けた官民協議会」における戦略的 検討課題

- 2023年中間とりまとめにおいて、今後検討していくものを「今後の戦略的検討課題」としてとりまとめた。
- 今後、官民協議会は、これらの課題を中心に検討していきたい。

<今後の戦略的検討課題と対応方針>

- ① e-fuelの供給量目標の設定やそれを担保する制度的枠組みの検討
- ② e-fuelの商用化・導入拡大までの移行期における<u>バイオ燃料の拡大に向けたロードマップの検討</u> (新たな検討の場を設置予定)
- ⇒「商用化推進WG」において検討
- ③ 米·独等とのe-fuel推進に関する政策対話(水素供給候補国との連携拡大も視野に入れる)
- ④ e-fuelの製造に適した原料 (H2·CO2) の調達·確保に関する検討
- ⑤ 大阪万博におけるe-fuelのデモ走行など、様々な機会を通じた一般的な認知度向上
- ⇒「環境整備WG」において検討

環境整備WGにおける主な検討内容

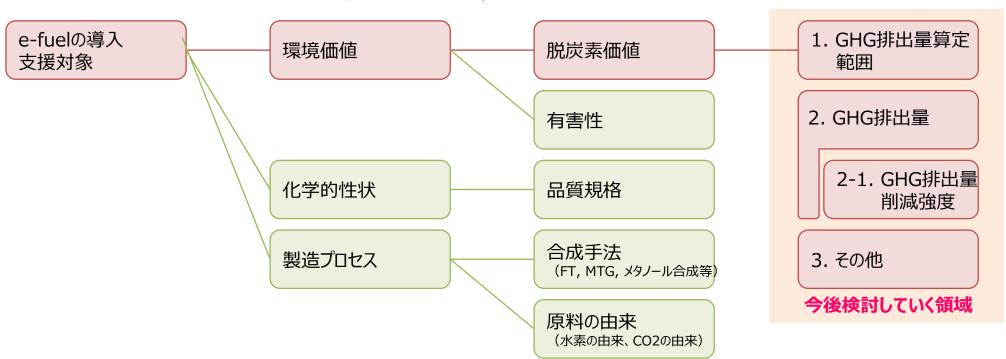
<e-fuelの脱炭素基準>

- **EUでは、e-fuelに関する脱炭素価値等を規定**しており、導入支援するe-fuelの対象が明確になっている。
- 我が国においても、e-fuel導入を支援すべくe-fuelに関する脱炭素価値のあり方について検討していく。

<情報発信プラットフォームに関する検討>

● 情報発信や各種連携、知見の集積等の強化を図る仕組みであるプラットフォーム構築について検討していく。

<今後検討していくe-fuelの規格について>



環境整備WGにおける今後のスケジュール

商用化推進WG(第3回)・環境整備WG (第3回)合同会議:2023年12月15日(金)10:00~12:00 (今後の進め方、関連事項報告等)

環境整備WG(第4回):2024年2月13日(火)14:00~16:00

- ①海外における合成燃料の脱炭素価値に関する検討/策定状況の共有
- ②我が国において合成燃料の脱炭素基準を検討する上での論点整理及び今後の検討項目の抽出・整理

環境整備WG(第5回): 2024年3月18日(月)13:00~15:00

- ①合成燃料製造プロジェクトにおけるGHG排出量ヒアリングの共有
- ②第4回の検証・検討項目の調査結果を踏まえた我が国における脱炭素価値の検討
- ③情報発信プラットフォームの構築に向けた進捗共有

官民協議会(親会) or 官民協議会WG合同会議



資源·燃料分科会 or 脱炭素燃料政策小委



2024年5~6月頃:中間とりまとめ

1 環境整備WGの進め方

2 合成燃料における脱炭素価値の策定例 ~欧州 再生可能エネルギー指令(REDII)~

3 合成燃料(e-fuel)の脱炭素価値を検討する上での論点

Fit For 55 (運輸部門に関わる主な法案) (2021年~)

「Fit For 55」は、2030年までに欧州連合の温室効果ガス排出量を55%削減することを目的とした欧州連 <u>合による政策パッケージ。また、「再生可能エネルギー指令」(RED: Renewable Energy Directive)は、</u> 再工ネ導入目標の設定を求める法的枠組み。

CO2排出基準規則(2023年3月欧州理事会採択)

・目標:乗用車及び小型商用車のCO2排出基準を2021年比で2035年に100%減(=実質EV・FCVのみ) ※ドイツの主張を踏まえ、CO2ニュートラル燃料(以下、CN燃料とする)専用車の型式登録に関する前文規定(Recital11)が追加(後述)

	内容
CO2排出削減目標	2030年: 乗用車▲55%、小型商用車▲50%
(2021年対比)	2035年: 乗用車・小型商用車▲100%
CN燃料(Recital 11)	CN燃料のみで走行する車両を2035年以降も登録できるようにする

ReFuelEU Aviation(2023年10月欧州理事会採択)

・SAF (e-SAF) の定義: REDに準拠したバイオ燃料、RFNBOおよびRCF

非化石・非再生可能資源由来(GHG▲70%)低炭素燃料も含む

• 導入 目標

137 1-1731						
	2025	2030	2035	2040	2045	2050
SAF	2%	6%	20%	34%	42%	70%
e-SAF	-	1.2%	5.0%	10%	15%	35%

eFuel alliance (ヒアリング) 2030年e-SAF需要: 7TWh ≒60万トン (Diesel換算)

FuelEU Maritime(2023年7月欧州理事会採択)

·GHG削減日標

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
GHG削減	2%	6%	14.5%	31%	62%	80%

※'25~'33年末までRFNBOによるGHG削減量をダブルカウント

eFuel alliance (ヒアリング) 2030年RFNBO需要:3TWh ⇒25万トン (Diesel換算)

・RFNBO導入目標:2031年時点で1%未満の場合、2034年までに2%の目標設定

(作成協力) 一般財団法人石油エネルギー技術センター

欧州再生可能エネルギー指令における非バイオ由来の再生可能燃料 (RFNBO)の基準

欧州再生可能エネルギー指令(RED)において、**非バイオマス由来の再生可能燃料(RFNBO =** Renewable fuels of non-biological origin)の基準は、GHG排出量削減率を化石燃料対比 (94q-CO2/MJ) で70%以上と規定

<LCAでのGHG排出量(E)の計算式> ┌→ 1. GHG排出量算定範囲

E=ei + ep + etd + eu - eccs

• ei : 燃料製造に必要な原料 (CO2など) やエネルギーに係るGHG排出量-

ep:製造プロセスにおけるGHG排出量etd:輸送プロセスにおけるGHG排出量eu:燃料燃焼により発生するGHG排出量

eccs: CCSによる排出量削減

→ ei=ei,elastic + ei,rigid - ei,ex-use

ei,elastic: 弾性投入物(需要の変化を満たすために投入量が変化する)に係る排出量

• ei,rigid:剛性投入物に係る排出量

ei,ex-use:燃料製造を行わなかった場合(CO2を回収しなかった場合)に発生していた排出量

<REDにおけるRFNBOの定義>

項目	法律	内容				
1. 定義	メイン法	バイオマス以外の再生可能資源に由来する液体または気体のエネルギー (e-fuelが該当)				
2. GHG削減	メイン法	化石燃料対比(94g-CO2/MJ)で▲70%以上 2. GHG排出量 2-1. GHG排出量削減強度				
3. 水素源(再生可能エネルギー)	細則法	原則として、「追加性」、「時間的相関性」、「地理的相関性」の3つ全てを満たすこと。 ① 追加性:新設された再生可能電力発電施設から電力供給を受けなければならない ② 時間的相関性:水素製造と発電は、同一時間帯(1時間以内)に行われなければならない ③ 地理的相関性:電解槽は、再生可能電力施設と同じ電力入札区域に建設されなければならない				
4. CO2源	細則法	 EU-ETSの対象活動から回収されるCO2(化石由来CO2) ※発電設備については2035年、その他設備については2040年までを除外期間とする DAC(Direct Air Capture)により大気から回収されるCO2 バイオ燃料の生産/燃焼に由来するCO2 RFNBOまたはRCF(Recycled Carbon Fuel)の生産/燃焼に由来するCO2 地質学に由来するCO2(大気放出されていた天然CO2) 				

1 環境整備WGの進め方

っ合成燃料における脱炭素価値の策定例 ~欧州 再生可能エネルギー指令(REDⅡ)~

3 合成燃料(e-fuel)の脱炭素価値を検討する上での論点

合成燃料 (e-fuel) の脱炭素価値策定における主要論点

- 1. GHG排出量算定範囲
- 3. その他

日本における脱炭素価値を検討するにあたって、下記の論点に関する議論が求められる

		灰字:本日の論点対象外(翌年度以降、議論)				
論点		論点の詳細				
1. GHG排出量算定範囲		 排出量算定範囲をどこからどこまでにするか(Well to Gate, Well to Tank, Well to Wheel, Tank to Wheel)? 水素、CO2、合成燃料の輸送フローをどのように想定して算定するか? 				
2. GHG排出量		 基準値を策定するか?化石燃料対比の削減効果で策定するか? 単位(熱量当たり、数量当たり)をどうするか? どのような基準値の数字を設定するのが良いか? 基準値の数字を設定する際、協調すべき指標は有るか? 				
	2.1 GHG排出量削減強度	 化石燃料対比の削減効果で策定する場合、どの程度の削減効果を目指すのが良いか? 削減効果を設定する際、協調すべき指標は有るか? 削減効果のベースラインとして、何を基準とするか? 基準を単一燃料とする場合、どの燃料を基準とするか? 基準を複数燃料とする場合、各燃料別に基準を設けるか?加重平均とするか? インベントリ未策定の部分について、どのように数字を設定するのが良いか? 				
	原料の水素	・ グリーン水素以外にブルー水素やグレー水素も許容するか?又は取り扱いをどうするか?・ 原子力由来の水素も許容するか?又は取り扱いをどうするか?				
3. その他	原料のCO2	どのようなCO2(大気由来、バイオ燃料由来、合成燃料由来、自然発生由来)を許容するか? 産業活動由来のCO2を許容するか?				
	普及期間迄の 緩和措置	原料となる水素源やCO2源に普及期間迄の緩和措置を設けるか?グリーン水素において、水電解向け再エネ電力の要件に普及期間迄の緩和措置を設けるか?				
	水電解向け再工ネ電力 の要件	・ 追加性、時間的相関性、地理的相関性に関して要件基準を設けるか?・ 要件基準を設ける場合、どのように数字を設定するのが良いか?				
	クレジットの取り扱い	クレジットにて相殺したCO2を活用した合成燃料の製造を許容するか?				

出所:ADL作成 10

RED RFNBOのGHG排出量算定範囲

1. GHG排出量算定範囲

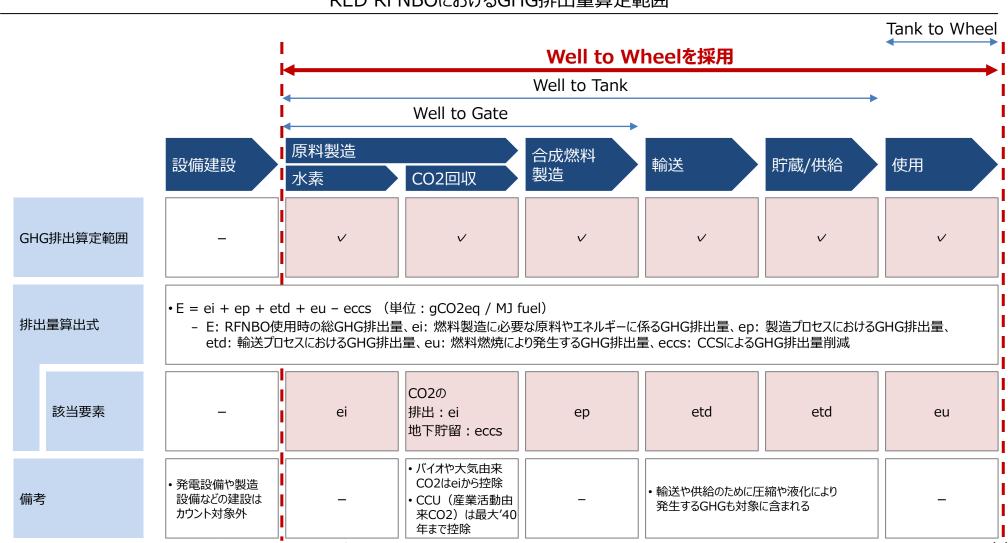
2. GHG排出量

2-1. GHG排出量削減強度

3. その他

REDにおけるRFNBOのGHG排出量算定範囲は、Well to Wheel

RED RFNBOにおけるGHG排出量算定範囲



出所: CettifHy HP、テクノバ「欧州がリードする脱炭素価とデファクト化戦略:水素を例に」('22/07)

RED RFNBOのGHG排出量削減強度

- 1. GHG排出量算定範囲
- 2. GHG排出量
 - 2-1. GHG排出量削減強度
- 3. その他

REDにおけるRFNBOのGHG排出量削減強度は、CertifHyや欧州タクソノミーにおけるGHG排出量削減目標の策定動向を参考にしながら、各種エネルギー関連企業等との調整を経て、落としどころを探った上で設定されたと思料

GHG排出量削減強度目標の制定経緯

2014~ ~2024

CertifHy

(全欧州において水素の原産地を証明するための非政府の認証スキーム)

Phase 1 ('14年11月~'16年10月)

- グリーン水素等の 指標策定
- ·GHG排出基準:▲60%

Phase 2 ('17年11月~'19年3月)

- GO運用体制構築
- GOのパイロット取引

Phase 3

- (′20年11月~′23年10月)
- GO運用体制構築
- ·GHG排出基準: ▲70%

欧州タクソノミー

欧州タクソノミー ('20年4月)

- 持続可能な水素及び RFNBOの基準を提案
- · GHG排出基準:
- 持続可能水素▲80%

厳しすぎると反発

欧州タクソノミー ('21年3月)

- GHG排出基準を再提案
- ·GHG排出基準:
- 持続可能水素 ▲ 70%

欧州タクソノミー ('21年4月)

- GHG排出基準を承認
- ·GHG排出基準:
- 持続可能水素 **▲ 73**%
- 合成燃料▲70%

再エネ関連企業(ENELやSunfire等)が 緩和しすぎだと反発

- RED等のGHG削減量70%は、 現実的な値として設定されている
- ・合成燃料の加工や輸送を含め、 一定の化石燃料の使用や 技術的な限界が考慮されている

RED (RFNBO)

RED II ('18年12月)

独仏企業(ABBやArcerol Mital等)が

- RFNBOを定義
- ・GOスキームを電力から 水素含むガス等に拡大
- ·GHG排出基準:▲70%

RED II 委任規則 ('22年12月)

- 再エネ電力基準を規定
- ・RFNBOのGHG排出 計算式を規定
- ·GHG排出基準:▲70%



出所:CettifHy HP、テクノバ「欧州がリードする脱炭素価とデファクト化戦略:水素を例に」('22/07)、有識者インタビュー

各地域の水素に関する脱炭素基準の策定状況

1. GHG排出量算定範囲

2. GHG排出量

2-1. GHG排出量削減強度

3. その他

欧米諸国においては、水素に関して脱炭素基準の制定に向けた議論・検討が進んでいる

各国の低炭素水素の脱炭素基準値

地域	名称	製造方法	GHG算定範囲	発表年	実施状況	基準値 (kg CO2-eq/kg H2)	削減幅	
EU	EU Taxonomy	特定無し	Well to Gate	2021	運用	3.0	▲ 73.4%¹)	
	RED II	水電解(再Iネ電力、 低炭素電力)	Well to Wheel	2023	準備中	3.4	▲ 70%¹)	
井田	UK Low Carbon Hydrogen Standard	水電解、天然ガスCCS、 バイオマス、廃棄物	Well to Gate	2022	運用	2.4		
英国	Renewable Transport Fuel Obligation	水電解(バイオマスを除く 再エネ電力)	Well to Tank	2021	運用	4.0		
フランス	France Ordinance No. 2021-167	特定無し	Well to Gate	2021	準備中	3.38	N/A	
米国	Clean Hydrogen Production Tax Credit (IRA)	特定無し	Well to Gate	2022	準備中	2.5~4.0 1.5~2.5 0.45~1.5 <0.45		
カナダ	Clean Hydrogen Investment Tax Credit	水電解、天然ガスCCS	Well to Gate	2022	準備中	2.0~4.0 0.75~2.0 <0.75		

¹⁾ 天然ガス改質 11.3kg-CO2/kg-H2が化石燃料94g-CO2/MJの熱量相当とした際の熱量当たりの削減幅 出所. IEA "Towards hydrogen definitions based on their emissions intensity (April, 2023)、自然エネルギー財団ホームページ

日本の水素に関する脱炭素基準の策定状況

1. GHG排出量算定範囲

2. GHG排出量

2-1. GHG排出量削減強度

3. その他

日本でも水素に関して、欧州 RED II と同水準の3.4kg-CO2/kg-H2を脱炭素基準として制定すべく議論を進めている

水素基本戦略 (2023年6月6日)

具体的には、現在の技術レベルに鑑み達成不可能でない範囲での高い目標として、まずは1kg の水素製造におけるWell to Production Gateでの CO2排出量が 3.4kg-CO2e 以下の ものを、低炭素水素と設定する。また、低炭素アンモニアに関しては水素を原料として、1kg のアンモニア製造時における Gate to Gate(水素製造を含む)の CO2排出量が 0.84kg-CO2e/kg-NH3 以下のものと設定する。 なお、算定範囲については国際基準との整合性をとりつつ、我が国の地理的条件も考慮し、国外で製造した水素の長距離輸送やキャリアへの変換、水素の分離回収の工程から排出される CO2についても評価していく必要がある。LCA(Life Cycle Assessment)での排出量を最大限低減することで、グローバルな環境課題解決に貢献していく。 ただし、ここで定める低炭素水素の定義については、今後の技術の進捗等を踏まえ、必要に応じて見直すものとする。

水素・アンモニア政策小委員会 中間取りまとめ(2024年1月29日)

水素等の環境適合性については、国際的に遜色ない水準の炭素集約度を定めた上で、評価することが適当と考えられる。例えば、水素バリューチェーン協議会(JH2A)からは 2022 年 11 月 16 日の審議会において、天然ガス改質の際の水素製造に係るCO2排出量と比較して、約 70%の排出削減を実現する水準として 3.4kg-CO2/kg-H2が適当との考え方が示されているが、具体的な水準については、さらに検討を進めていく必要がある。また、水素はアンモニアや合成メタン、合成燃料等のキャリアや燃料種の形でも供給されるが、アンモニアその他、本制度の対象となり得る水素化合物についても、低炭素水素の水準を参考とした基準値を定めていく。

なお、本制度はカーボンプライシングの進展の度合いや、炭素集約度に係る国際議論の動向を見極めつつ、必要に応じて低炭素水素等の基準値を 見直していく必要があるが、制度の安定性及び予見可能性を担保するため、価格差に着目した支援及び拠点整備支援に係る支援要件としての遡及 適用は行わないものとする

RED RFNBO定義の基準となるGHG排出量

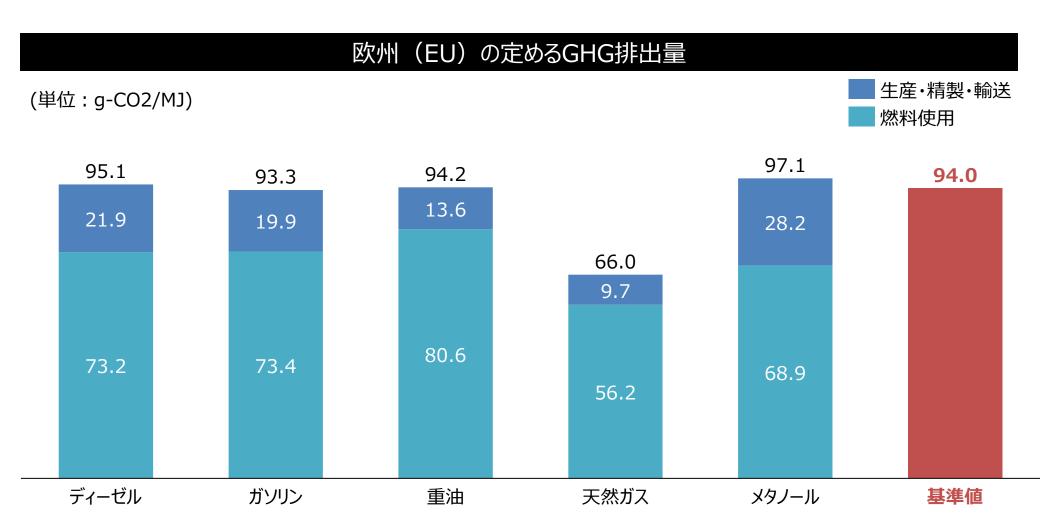
1. GHG排出量算定範囲

2. GHG排出量

2-1. GHG排出量削減強度

3. その他

REDにおけるRFNBOの定義では、94g-CO2/MJをGHG削減目標の基準値として採用



出所. EU「COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) 2023/1185」

日本における各燃料のGHG排出量

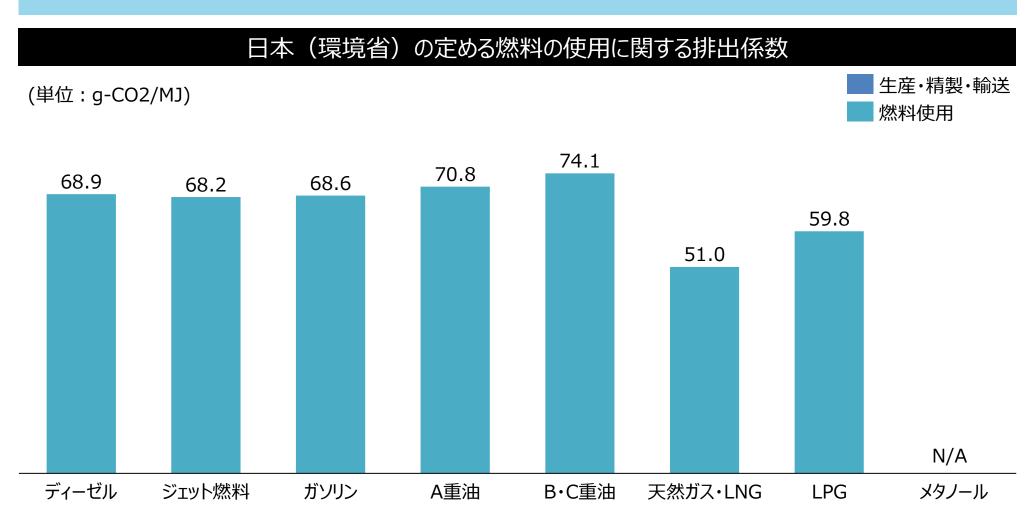
1. GHG排出量算定範囲

2. GHG排出量

2-1. GHG排出量削減強度

3. その他

日本(環境省)では各燃料の使用に関しては排出係数が定められているが、各燃料の 生産・精製・輸送に関してまでは紐づいて規定されていない



出所. 環境省「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」

RED RFNBOにおける合成燃料原料の定義

1. GHG排出量算定範囲

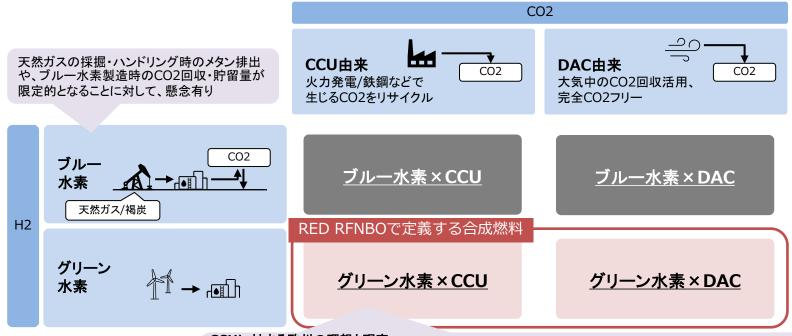
2. GHG排出量

2-1. GHG排出量削減強度

3. その他

REDにおけるRFNBOの定義は、グリーン水素由来が前提となっている。また、バイオ燃料を除く火力発電・鉄鋼由来のCCU活用は2040年迄は認められている

合成燃料製造における原料の組み合わせ



CCUに対する欧州の理想と現実:

- CO2排出削減を最大限進めたいため、CCU活用の合成燃料を推進することで火力発電等の旧来のCO2 排出産業が継続されることに対し懸念
- 一方で、CN認定燃料の普及を優先し現実解として最大2040年までは産業活動由来のCCU活用も容認。 バイオ燃料やRFNBO由来のCCUは、2040年以降も継続して容認される

出所. EC HP (Renewable energy – method for assessing greenhouse gas emission savings for certain fuels、 Questions and Answers on the EU Delegated Acts on Renewable Hydrogen)

RED RFNBOにおける原子力由来水素の取り扱い

- 1. GHG排出量算定範囲
- 2. GHG排出量
- 2-1. GHG排出量削減強度
- 3. その他

産業部門向け水素においては、実質的に原子力由来水素が活用可能な枠組みが作られているが、運輸部門向け水素・合成燃料においては、活用が現状認められていない

原子力に対する各国・地域の姿勢

EU

欧州委は、欧州グリーンディールやREPowerEU にて再工ネを強力に推進する一方で、原発につ いてはEU関連法案で限定的な役割しか認めてい ない

フランス

- 再エネとの併用推進を進める
- 有志国と原子力連盟1)を結成
- EUの関連法案で原子力への支援拡大に向けた 働きかけを強める

EU RED IIIにおける原子力の取り扱い

- 欧州委員会は、原子力は再工ネの定義に含まれないと強調する一方で、産業部門での原子力由 来水素を実質的に活用可能とすべく規程を制定
 - ▶ 産業部門では水素消費量に占めるRFNBOの比率を2030年に42%、2035年に60%とする導入目標を設定
 - ▶ 特例として、加盟国がEU全体の再工ネ比率目標への国別貢献を達成し、かつ水素消費量の化石燃料由来水素の比率を2030年に23%以下、2035年に20%以下にした場合、RFNBO比率目標を20%下げることが認められる
 - ▶ 原子力由来水素を化石燃料由来水素の比率引き下げ目的に使用が可能
- 運輸部門では特に特例は認められていないことから、RFNBOに原子力由来水素を活用することは現状不可

¹⁾ 参加国はフランスのほか、ブルガリア、クロアチア、チェコ、フィンランド、ハンガリー、オランダ、ポーランド、ルーマニア、スロベニア、スロバキア、スウェーデン 出所:JETROビジネス短信 "EU、2030年の再エネ比率目標42.5%で政治合意、現状の2倍を目指す (2023/04) ", "EU理事会、原子力の扱い巡り対立、電力市場改革法案で合意に至らず(2023/07)"

RED RFNBOにおける普及期間迄の要件緩和措置

1. GHG排出量算定範囲

2. GHG排出量

2-1. GHG排出量削減強度

3. その他

原料CO2に関しては、CCU(産業活動由来CO2)も発電用燃料由来は2035年迄、 鉄鋼などその他燃料由来は2040年迄、RFNBOの原料として認められる

RFNBOとみなせる合成燃料(2023年2月採択)

条件

- 再工ネ由来の 水素を原料と していること
- LC(ライフサイクル)-GHG 排出量が 基準値 (94gCO2eq/MJ)と 比較し70%以上小 さいこと

LC-GHG計算方法

- LC-GHG排出量の算定方法は以下 E=e_i+e_p+e_{td}+e_u-e_{ccs}
 - E:RFNBOの使用時の総GHG排出量
 - e_i: 燃料製造に必要な原料やエネルギーに係る GHG排出量
 - > ei=ei,elastic + ei,rigid ei,ex-use
 - ▶ ei,elastic:弾性投入物(需要の変化を満たすために投入量が変化する)に係る排出量
 - ➤ ei,rigid:剛性投入物に係る排出量
 - ei,ex-use:燃料製造を行わなかった場合 (CO2を回収しなかった場合)に発生していた 排出量
 - en:製造プロセスにおけるGHG排出量
 - e_{td}: 輸送プロセスにおけるGHG排出量
 - e_n:燃料燃焼により発生するGHG排出量
 - e_{ccs}: CCSにより発生する排出量削減

算入可能な原料CO2

普及期間迄の緩和措置

- 産業活動由来CO2 (EU-ETSで対象と なる産業)
- バイオ燃料由来CO2
- 大気由来CO2
- RFNBO由来CO2
- 自然発生由来CO2
- <u>発電用燃料の燃焼に</u> 由来するCO2は 2035年まで算入可能
- 発電用以外の燃料の 燃焼に由来するCO2 は2040年まで算入 可能

出所. EC HP (Renewable energy – method for assessing greenhouse gas emission savings for certain fuels、 Questions and Answers on the EU Delegated Acts on Renewable Hydrogen)

日本における合成燃料の脱炭素価値

第4回環境整備WG(本日)と第5回環境整備WG(3月18日)を通じて、日本における合成燃料の脱炭素価値を策定すべく、議論を進めさせて頂きたい

		日本	(参考)欧州 RED RFNBO	
1. GHG排出量算定範囲			Well to Wheel	
2. GHG排出量		優先的に 策定に向けた議論を行いたい項目	28.2g-CO2/MJ	
	2.1 GHG排出量削減強度	(参考)日本では化石液体燃料の燃料使用に係る GHG排出量のみ規定 (68.2~74.1g-CO2/MJ)。 但し、生産・精製・輸送に係るGHG排出量は未規定	化石燃料(94g-CO2/MJ)対比▲70%減	
	原料の水素	(参考)水素・アンモニア政策小委員会では水素の 色を問わず、3.4kg-CO2/kg-H2(案)を満たす 限りにおいて許容する方針で検討中	グリーン水素 ※原子力由来水素は含まない	
3. その他	原料のCO2		産業活動由来、バイオ由来、カーボンリサイクル 燃料由来、自然発生由来、大気由来	
	普及期間迄の 緩和措置	策定に向けた議論を行いたい項目	発電用燃料由来CO2は2035年迄、発電用燃料を除く産業活動由来CO2は2040年迄GHG算定上、GHG削減として算入可能	
	その他		水素源の再エネに関して追加性、時間的相関性、 地理的相関性の要件を規定。 また、クレジットで相殺したCO2の利用は許容しない	