



水素エネルギー社会形成研究会 2020年度第1回セミナー
オンライン開催
2021年1月19日 (火)

水素エネルギー利用拡大に向けた アンモニア合成・分解触媒の開発

名古屋大学

大学院工学研究科 化学システム工学専攻

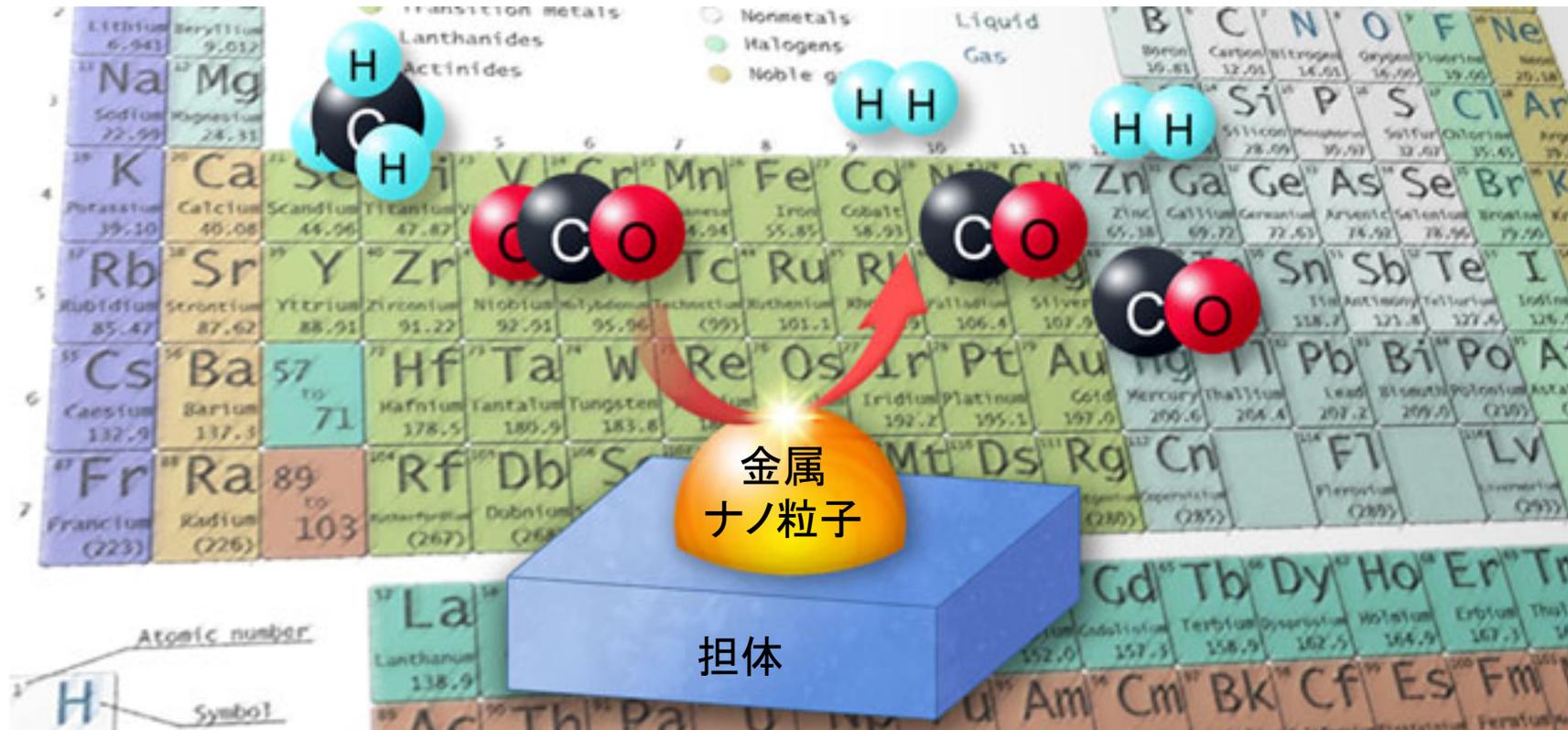
工学部マテリアル工学科(兼)

永岡 勝俊

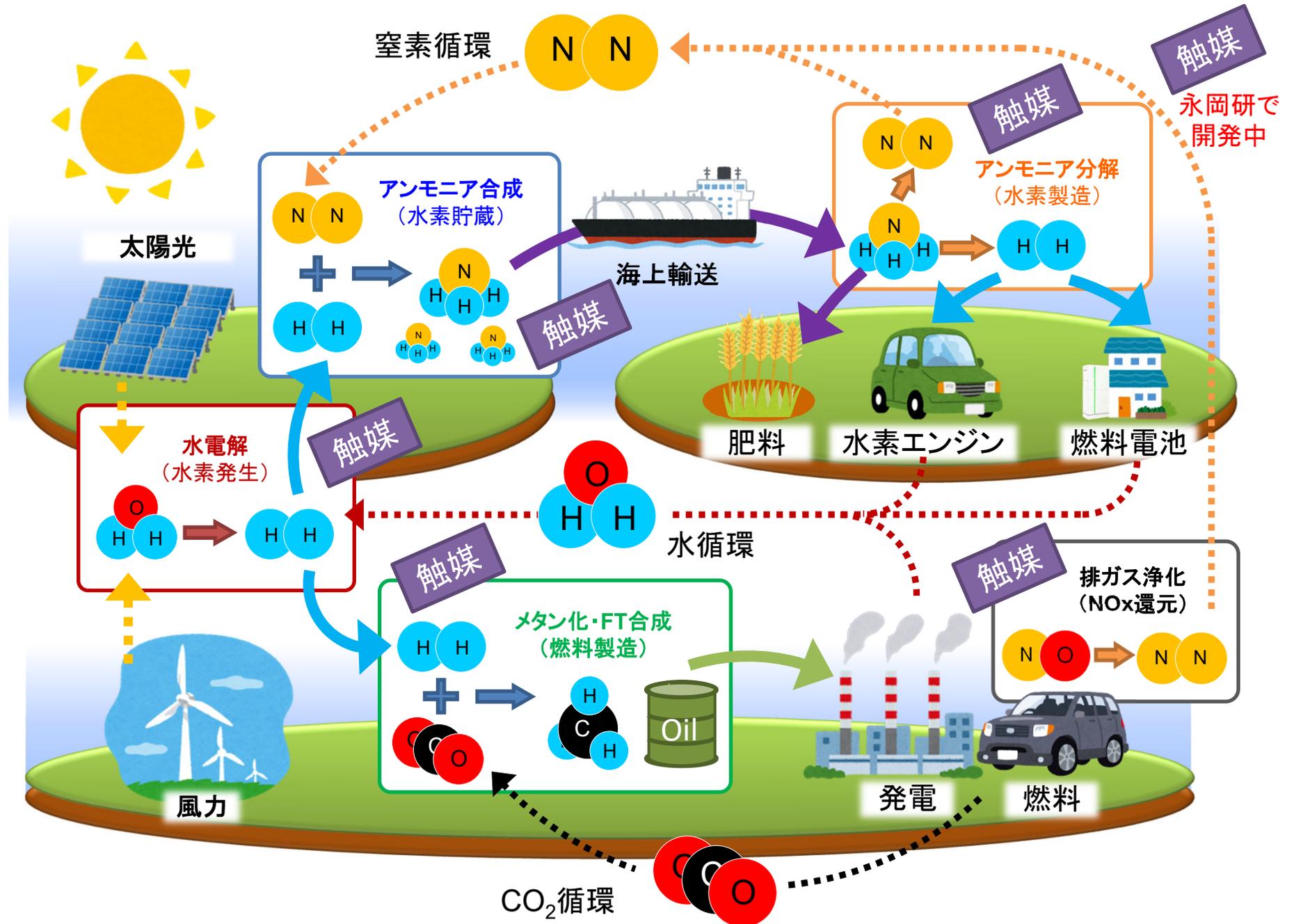


永岡研

物質の移動, 相変化, ダイナミクスを利用したナノプロセッシング
により多元素系担持金属触媒を創製し,
産学連携により持続可能な社会の実現に資する新しい化学システム
の社会実装を目指す.



エネルギー・環境関連触媒の開発



SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

2030年に向けて
世界が合意した
「持続可能な開発目標」です



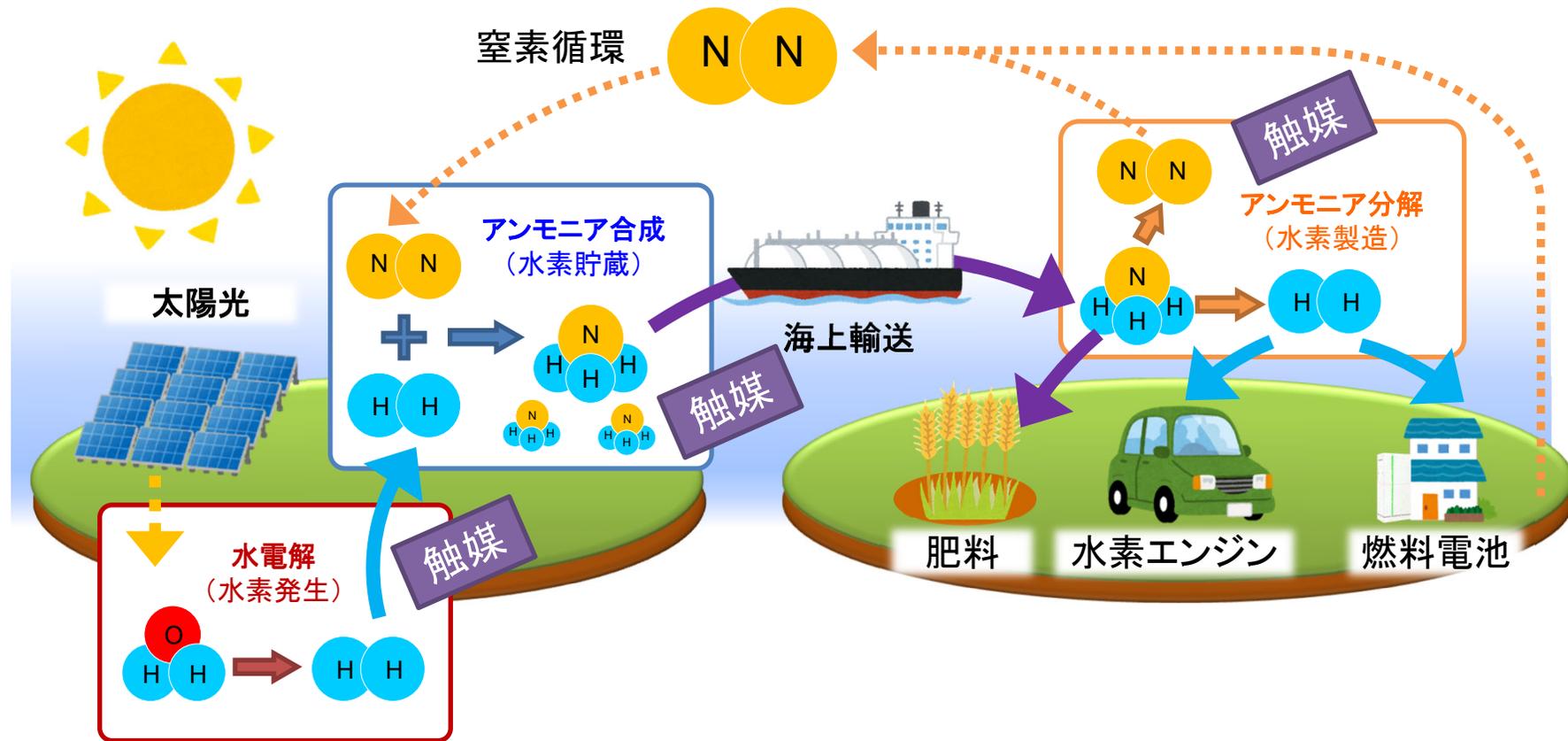
SDGs(持続可能な開発目標)とは 2015年9月の国連サミットで採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」にて記載された、2016年から2030年までの国際目標です。持続可能な世界を実現するための17のゴール・169のターゲットから構成され、地球上の誰一人として取り残さない(leave no one behind)ことを誓っています。

https://jmaqa.jma.or.jp/sdgs.html?gclid=CjwKCAjwuqfoBRAEEiwAZErCsuMxUi4-G3H_GT3omrvsHq&ysOUrca_DCyKDLMMTo8qR3jxH9762QhoC5UUQAvD_BwE

講演内容

1. エネルギー(水素)キャリアとしてのアンモニアと世界の状況
2. アンモニア合成(水素貯蔵)触媒
 - ハーバーボッシュ法よりも温和な条件でのアンモニア合成-
3. アンモニア分解(水素製造)触媒
 - 新しい水素製造プロセス -
 - 3-1. 従来型アンモニア分解用触媒の開発
 - 3-2. 室温でアンモニアと酸素を供給するだけで水素を製造できる新しい触媒プロセスの開発

アンモニアをキャリアとする 再生可能エネルギー貯蔵・輸送システム



アンモニアの安全性

輸送燃料としてのリスクスコア

物質	健康の リスクスコア	可燃性の リスクスコア	引火点 (°C)	全体の リスクスコア
NH ₃	3 (劇物 25ppm*)	1	132	3 + 1 = 4
H ₂	0	4	-187	0 + 4 = 4
ガソリン	1	3	-43	1 + 3 = 4

▶ アンモニアのキャリア利用では安全対策は非常に重要な課題である。



アンモニア水などを有効成分とする液体の外用薬

アンモニア水 (2.3%)

21 °C, アンモニア蒸気圧3 kPa

N. J. Duijim, F. Farkert, J. L. Paulsen, Safety assessment of ammonia as a transport fuel.
<https://claverton-energy.com/>

様々なエネルギー(水素)キャリア

物性値(単位)	NH ₃	メチルシクロ ヘキサン (C ₇ H ₁₄)	CH ₃ OH/ H ₂ O	(CH ₃) ₂ O/ 3H ₂ O	液体水素 (H ₂)
分子量	17.03	98.19	32.04/ (18.02)	46.07/ (54.05)	2.016
沸点(K)	240	374	338	249	20.3
密度(g/cm ³)	0.682 ^{*1}	0.769	0.792/ 1.00	0.67(0.5MPa, 293K)/1.00	0.0706
質量水素密度 (mass%)	17.8	6.16	12.1	12.1	100
体積水素密度 (kg/100L)	12.1	4.73	10.3	9.86	7.06
水素放出に要する ΔH(KJ/molH ₂)	30.6	67.5	43.8	45.6	0.899

▶NH₃の利点

(*1,0.1MPa,240K)

- 20 °C, 0.8 MPaで液化でき, 質量・体積水素密度が高い.
- 輸送・貯蔵のインフラが確立している.
- 分子中にCを含まないため, **カーボンフリーの水素貯蔵・輸送システムを構築可能.**

水素輸送の経済性

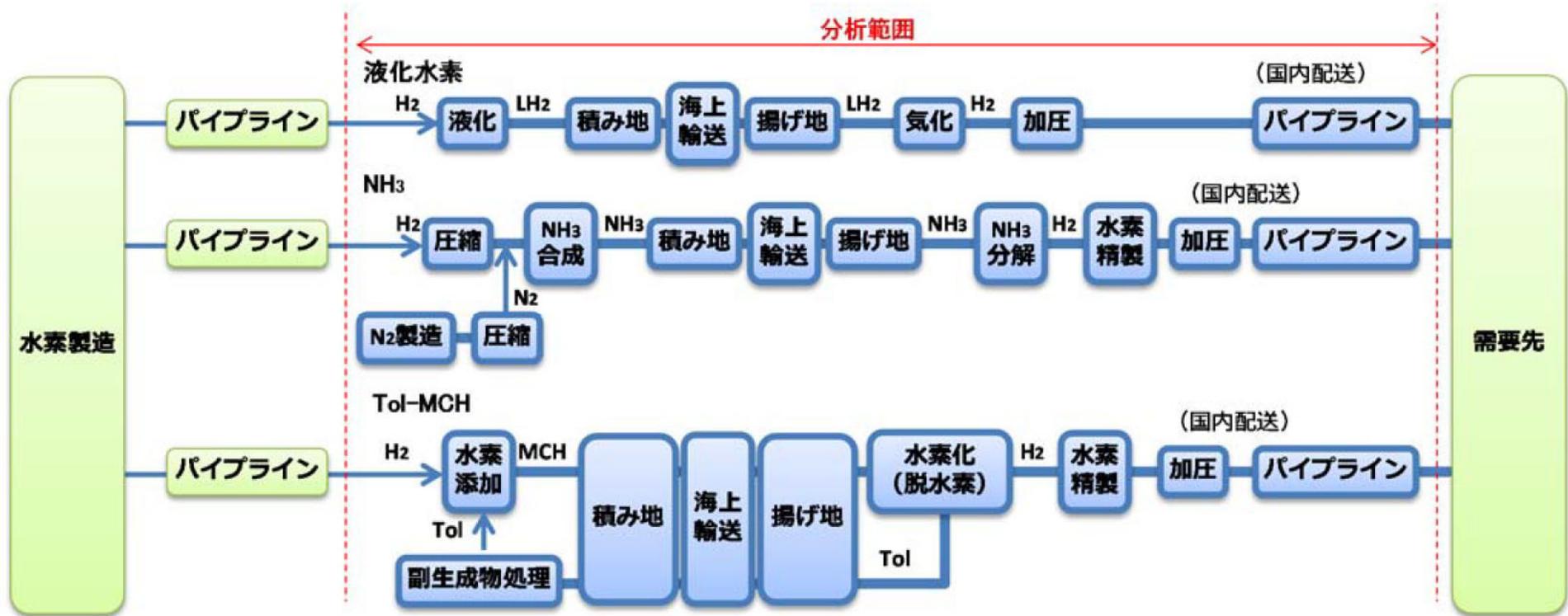


図 1 本分析の分析範囲

▶ 輸送距離 10,000km

水素輸送の経済性

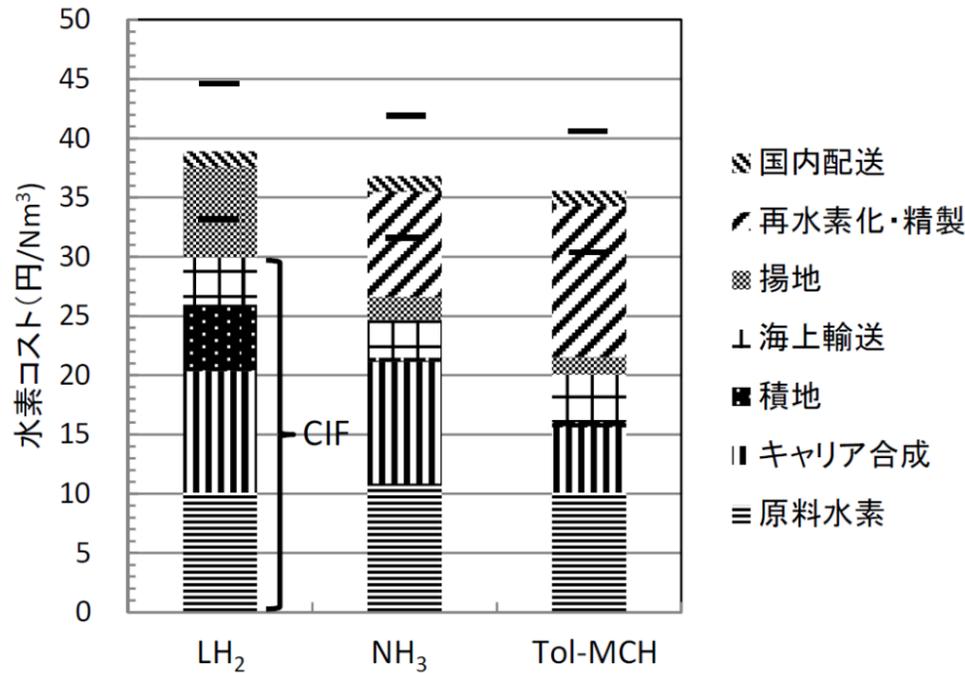


図 2 2030年ケースの水素供給コスト

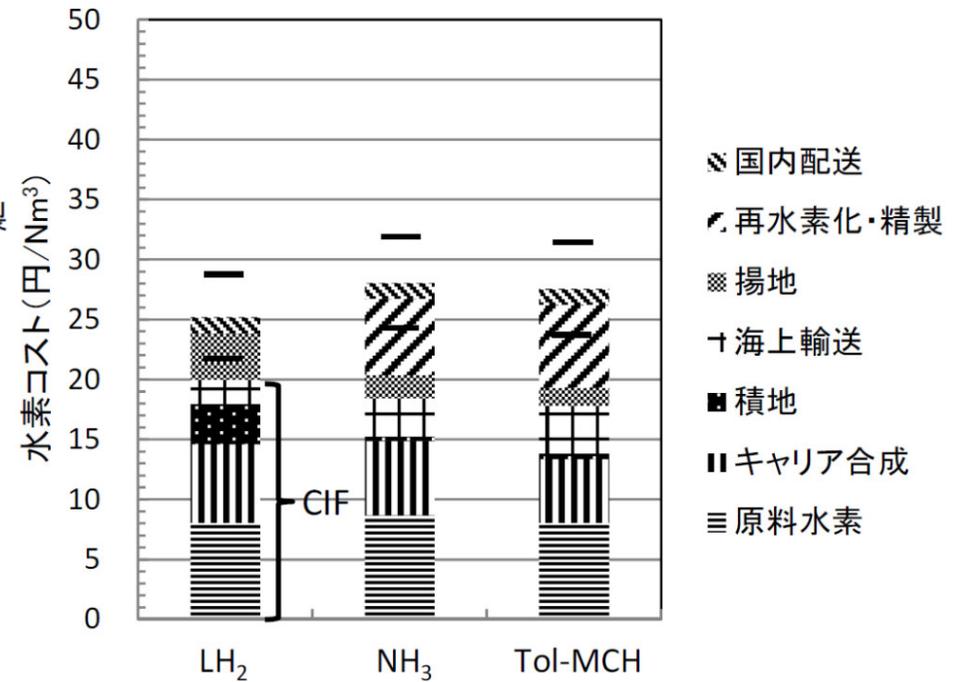
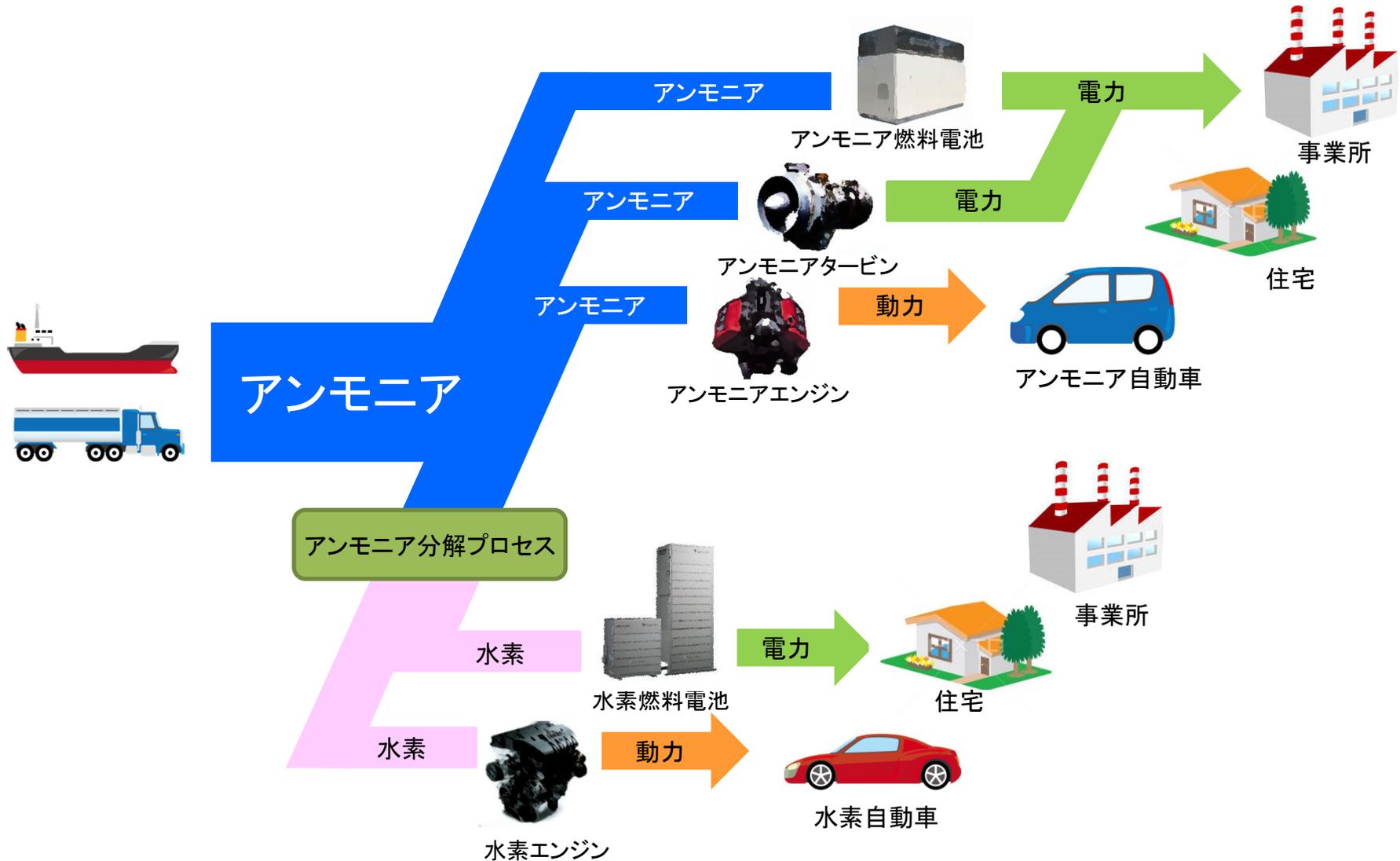


図 3 2050年ケースの水素供給コスト

水野ら, *Journal of Japan Society of Energy and Resources*, 38 (2017) 11

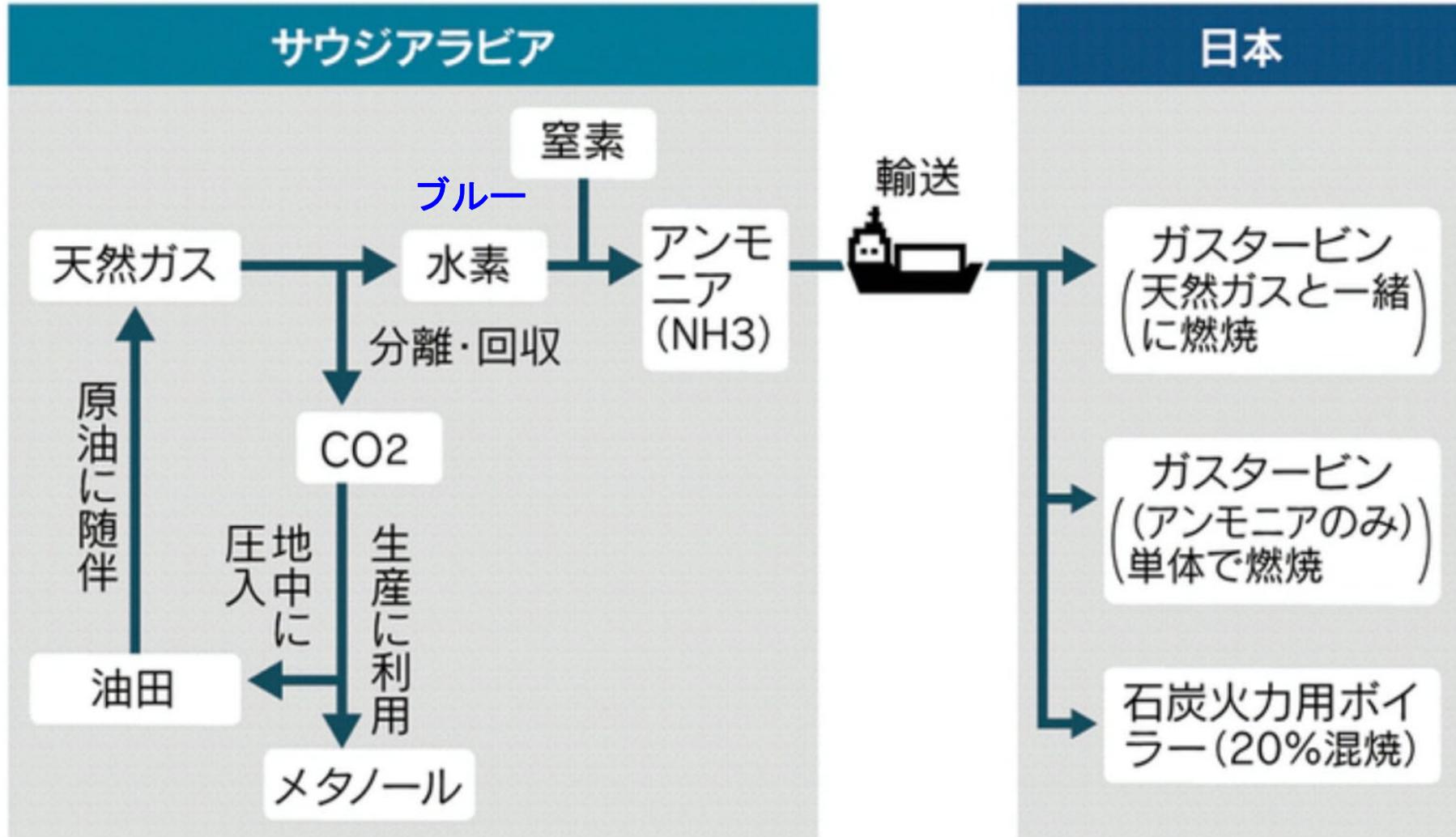
▶年間水素需要量 25億 Nm³/y (FCV 220万台, 60万kW出力の水素発電所の水素需要量)

アンモニアの利用方法



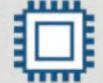
サウジから「脱炭素」燃料 アラムコや三菱商事など実証実験 (2020/9/28 日本経済新聞朝刊)

「脱炭素」燃料のサプライチェーン



グリーン成長戦略 14分野の支援厚く

(2020/12/26 日本経済新聞朝刊)

エネルギー産業	 <p>洋上風力</p>	2040年までに最大4500万キロワット	 <p>自動車・蓄電池</p>	30年代半ばまでに新車販売で電動車100%
	 <p>アンモニア</p>	燃料の20%に混ぜる火力発電を30年までに展開	 <p>半導体・情報通信</p>	デジタル化によるエネルギー需要の効率化
	 <p>水素</p>	50年導入量を2000万トン程度に	 <p>船舶</p>	50年までに燃料を水素やアンモニアに転換
	 <p>原子力</p>	着実な再稼働と次世代炉の開発	 <p>物流</p>	港湾の脱炭素化、CO ₂ 排出の少ない輸送に
家庭・オフィス関連	 <p>住宅</p>	30年までに新築の排出量平均ゼロ	 <p>食料・農林水産</p>	50年までに農林水産業のCO ₂ 排出ゼロ
	 <p>資源循環</p>	バイオマスなど活用	 <p>航空機</p>	35年以降に水素航空機を本格導入
	 <p>ライフスタイル</p>	CO ₂ 削減のクレジット化やスマートシティを全国で推進	 <p>カーボンリサイクル</p>	大気中からのCO ₂ 直接回収の50年実用化

様々なエネルギー(水素)キャリア

物性値(単位)	NH ₃	メチルシクロ ヘキサン (C ₇ H ₁₄)	CH ₃ OH/ H ₂ O	(CH ₃) ₂ O/ 3H ₂ O	液体水素 (H ₂)
分子量	17.03	98.19	32.04/ (18.02)	46.07/ (54.05)	2.016
沸点(K)	240	374	338	249	20.3
密度(g/cm ³)	0.682 ^{*1}	0.769	0.792/ 1.00	0.67(0.5MPa, 293K)/1.00	0.0706
質量水素密度 (mass%)	17.8	6.16	12.1	12.1	100
体積水素密度 (kg/100L)	12.1	4.73	10.3	9.86	7.06
水素放出に要する ΔH(KJ/molH ₂)	30.6	67.5	43.8	45.6	0.899

(*1,0.1MPa,240K)

- ▶ エネルギー供給方法の多様性の観点からは、様々な化学物質をキャリアとしたプロセスを構築しベストミックスすることが望ましい。