カーボンリサイクル特別講座 2026年度 第10回講座
水素とカーボンリサイクルによる次世代エネルギー

低温熱化学水素吸蔵技術の研究開発

宮岡 裕樹，市川 貴之

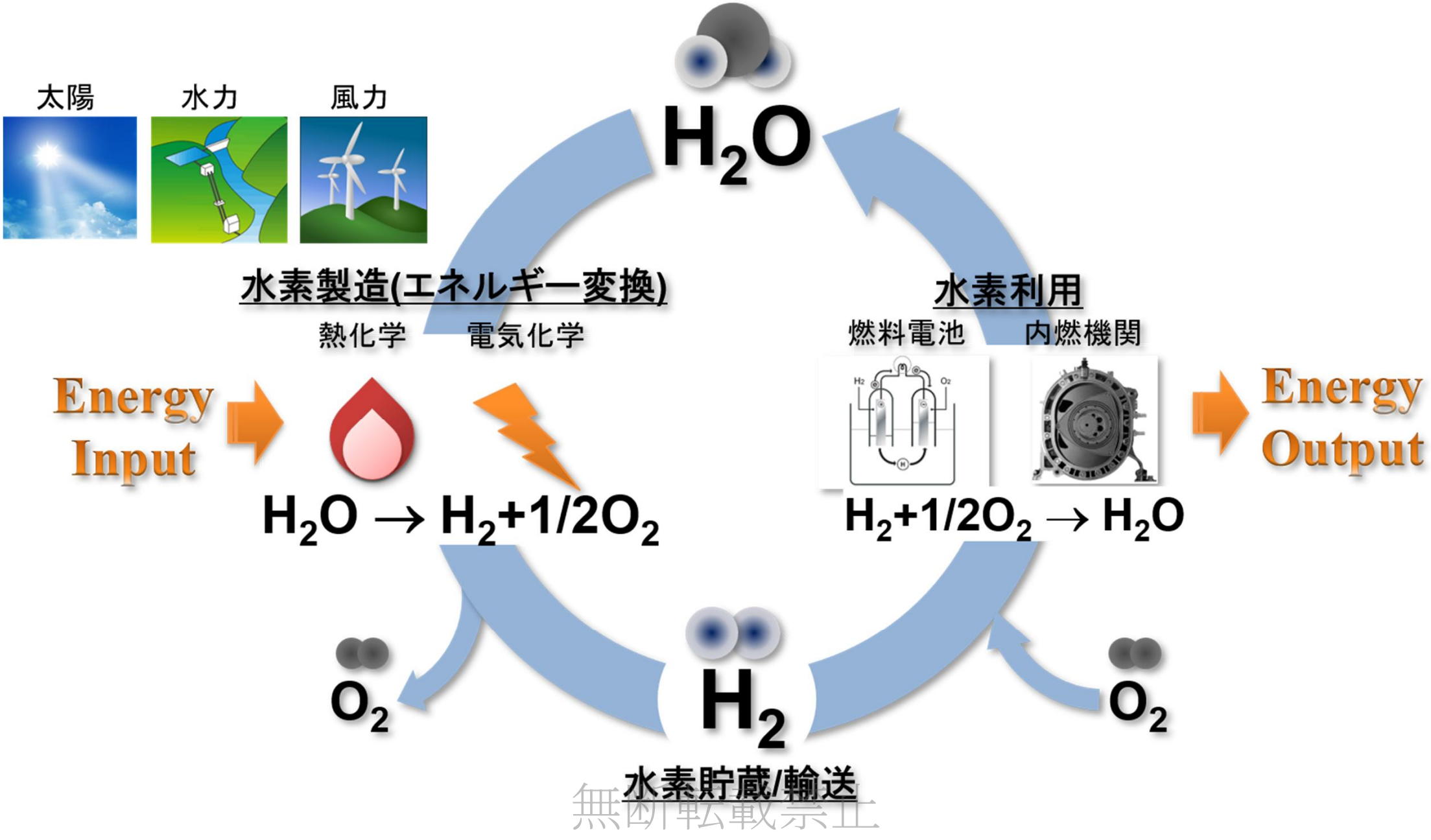
広島大学　　コアファシリティマネジメントセンター
先進理工系科学研究科

無断転載禁止

研究背景

HIROSHIMA UNIVERSITY

■エネルギーキャリアとしての水素



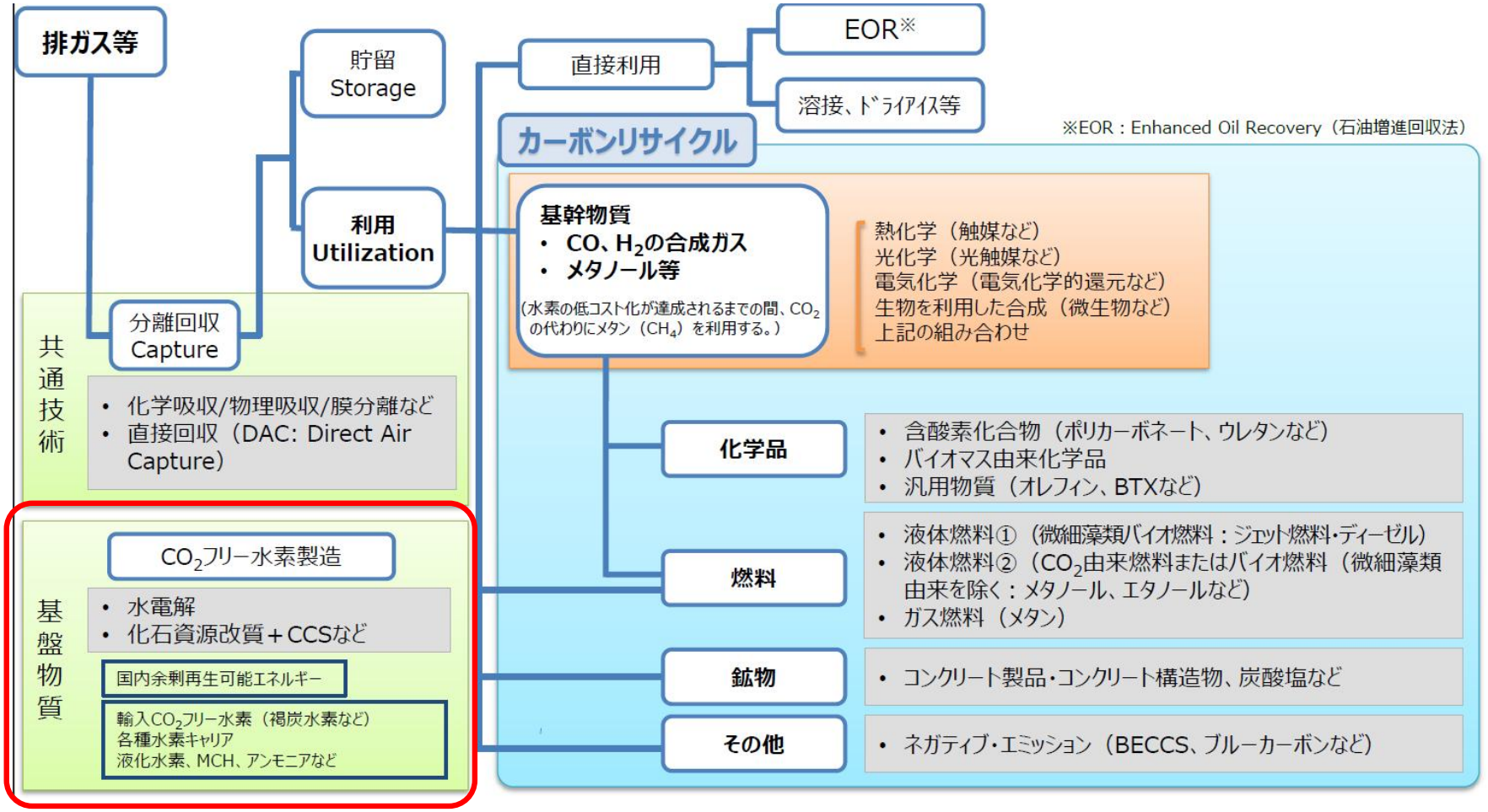
無断転載禁止

研究背景

HIROSHIMA UNIVERSITY

■CCUS/カーボンリサイクルにおける基盤物質としての水素

*CCUS: Carbon dioxide capture, utilization and storage



✓ CO_2から化学品，燃料(メタン，メタノール)等を合成するのに必要

無断転載禁止

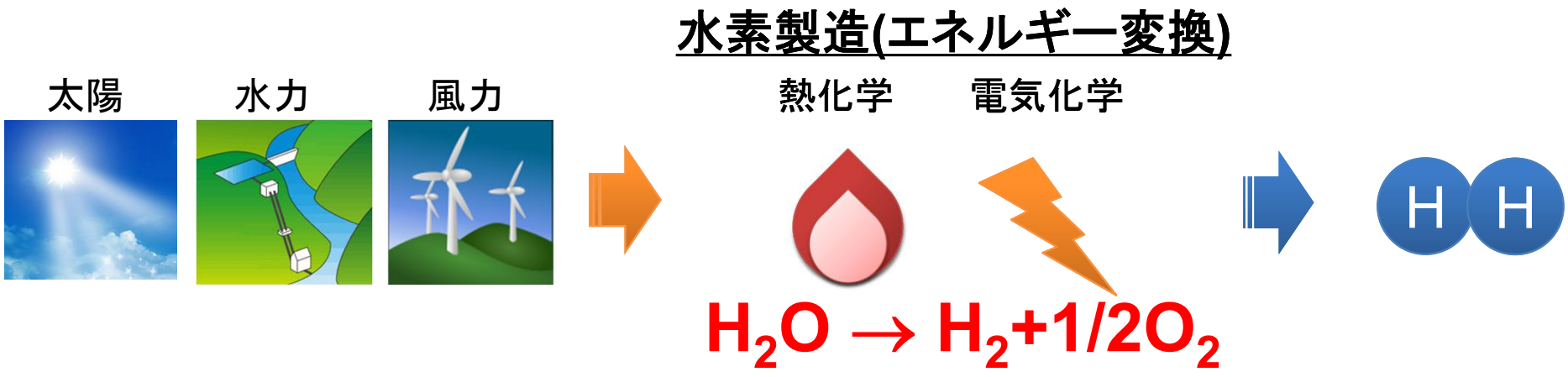
[カーボンリサイクル技術ロードマップ，経済産業省]

HIROSHIMA UNIVERSITY

■水素製造技術

エネルギー利用における「水素製造」とは，「エネルギー変換」

✓ 水素は二次エネルギー　→ 一次エネルギーから製造

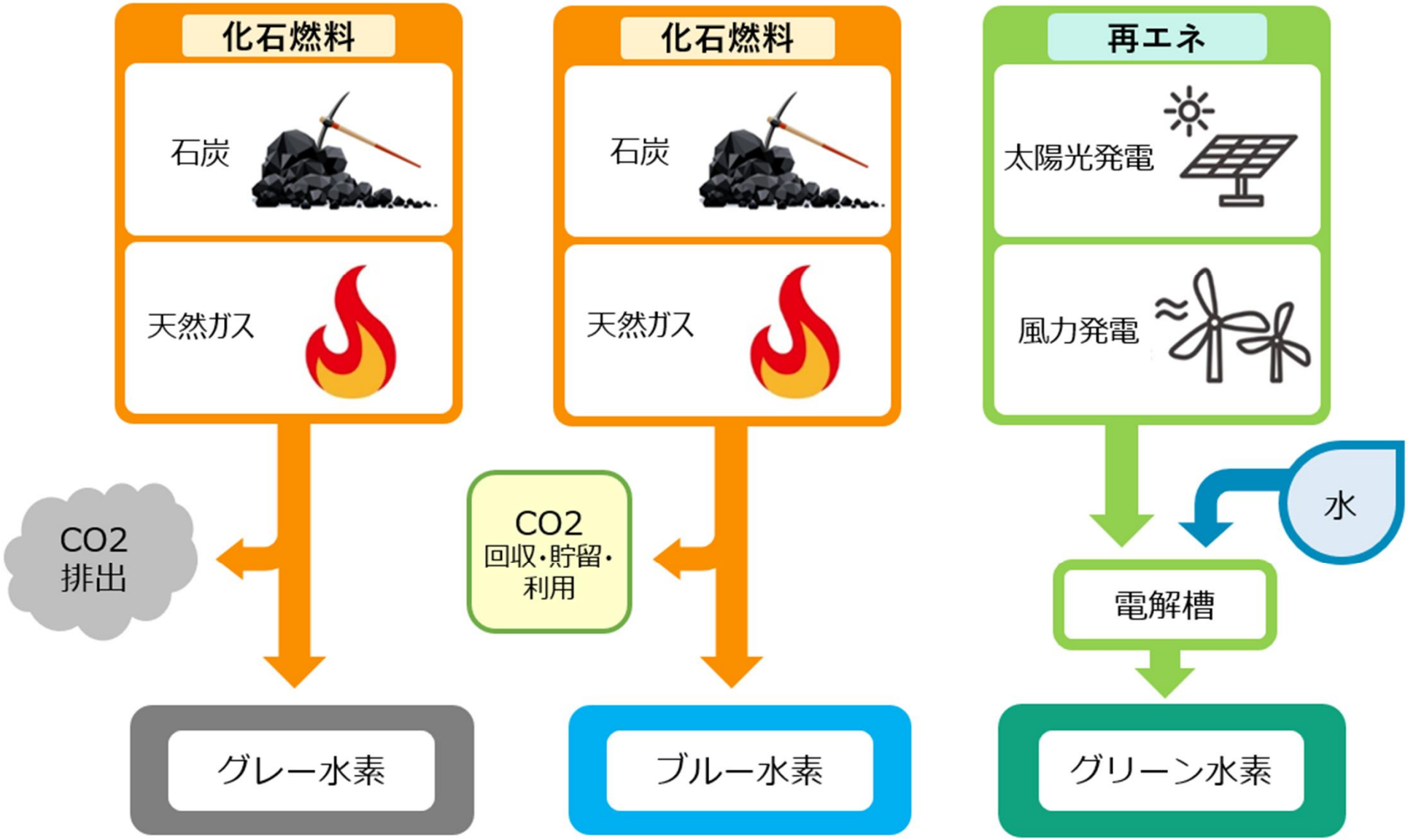


無断転載禁止

研究背景

HIROSHIMA UNIVERSITY

■水素製造技術



無断転載禁止

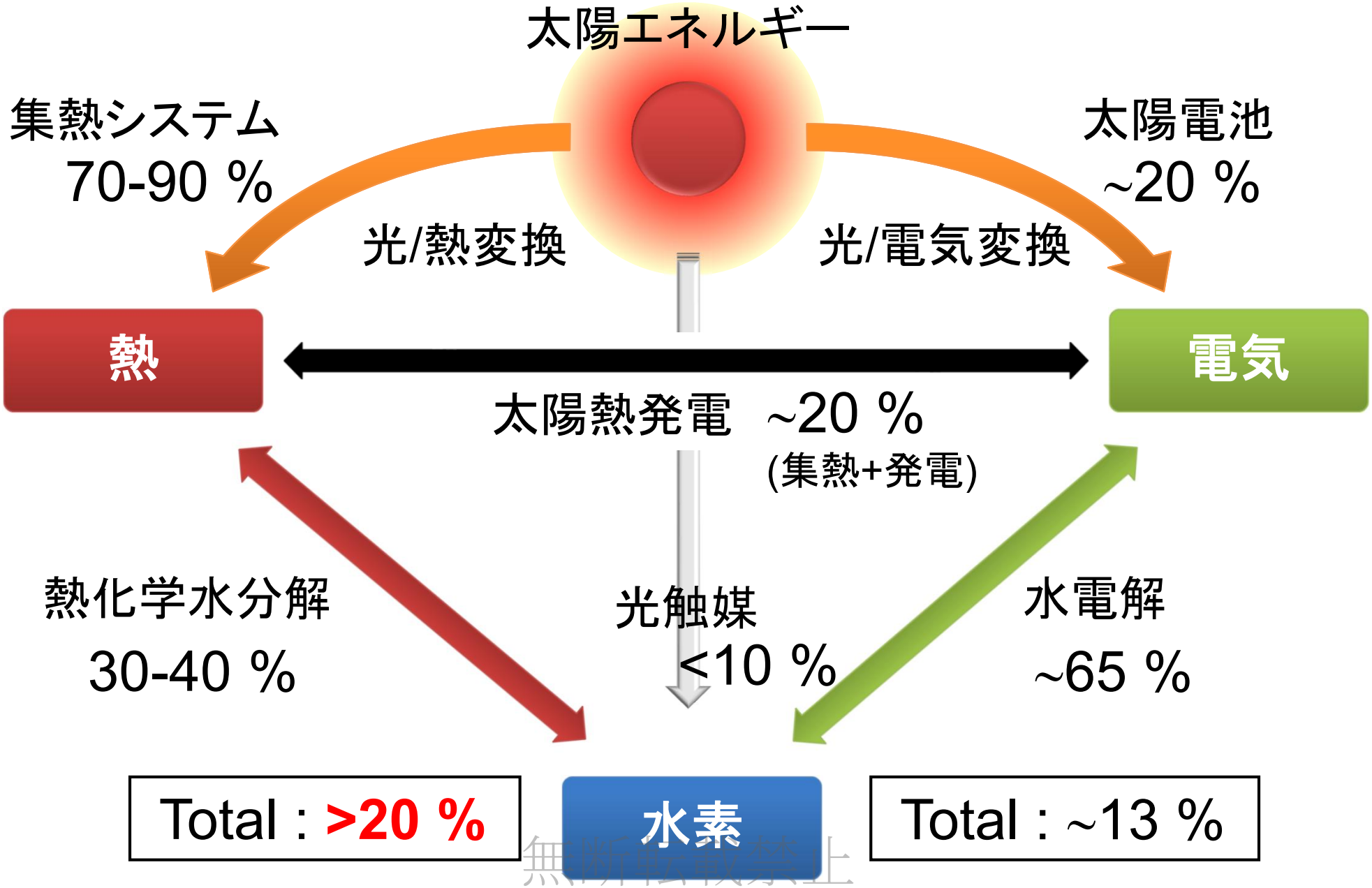
[経済産業省(資源エネルギー庁): https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/suiso_tukurikata.html]

再生可能エネルギーからの水素製造技術

HIROSHIMA UNIVERSITY

■様々な水素製造技術

[http://jstshingi.jp/abst/p/11/1111/niigata06.pdf]



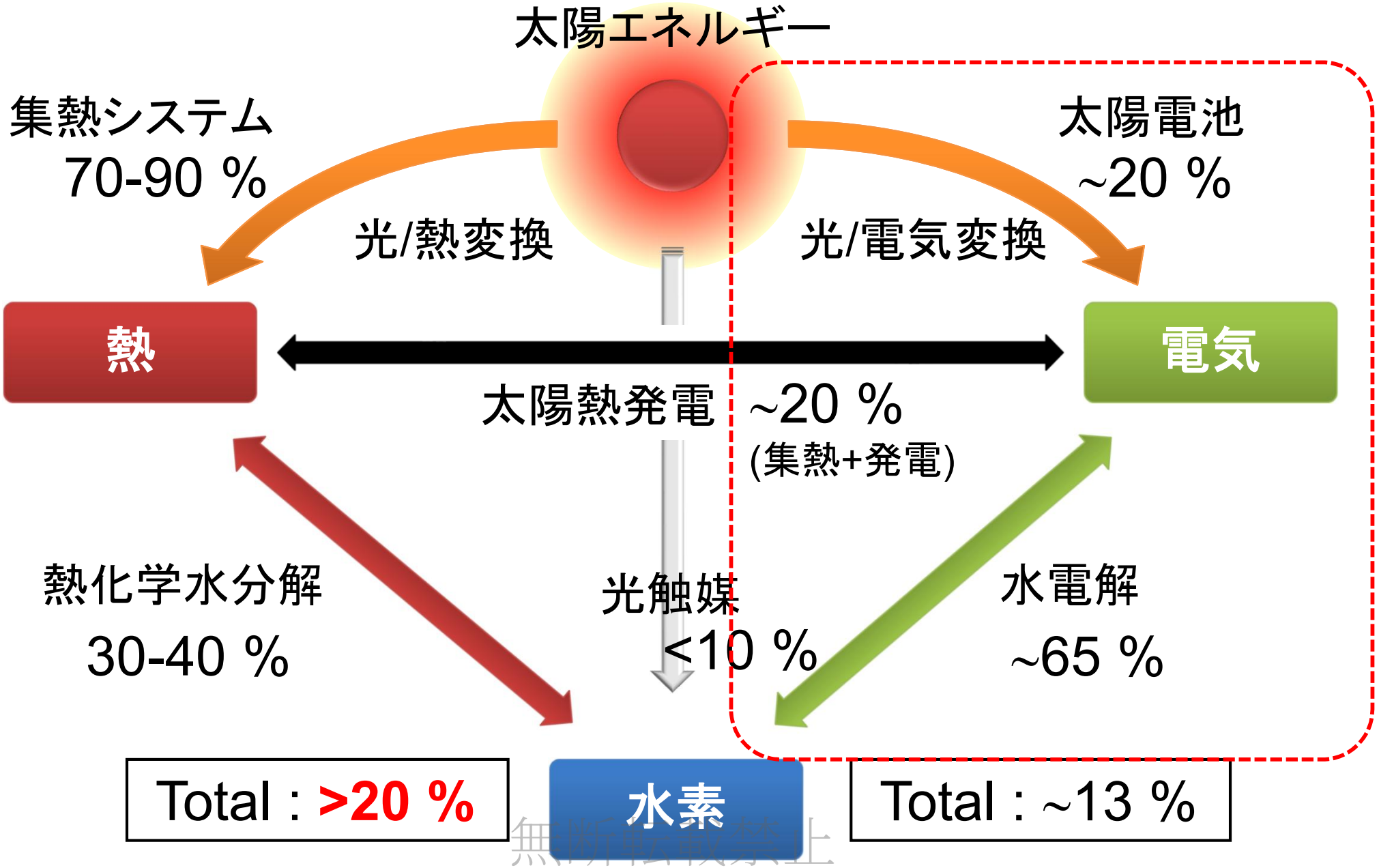
無断転載禁止

再生可能エネルギーからの水素製造技術

HIROSHIMA UNIVERSITY

■様々な水素製造技術

[http://jstshingi.jp/abst/p/11/1111/niigata06.pdf]



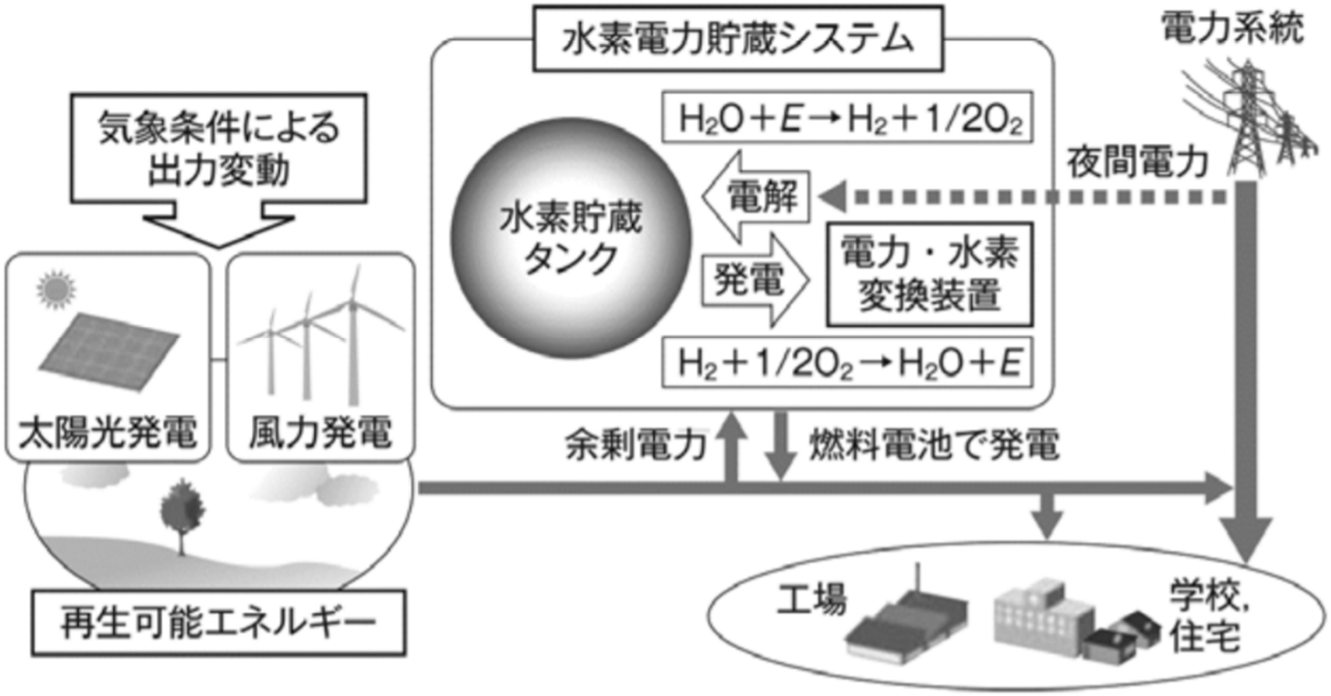
無断転載禁止

■水の電気分解による水素製造

再エネ発電
(太陽光，風力，水力)

水の電気分解

$H_2O \rightarrow H_2+1/2O_2$



低コスト化

電気代相当(OPEX: Operating Expense) ： 余剰電力の利用等
設備費相当(CAPEX: Capital Expenditure) ： 設備利用率の向上 (蓄電池の利用)

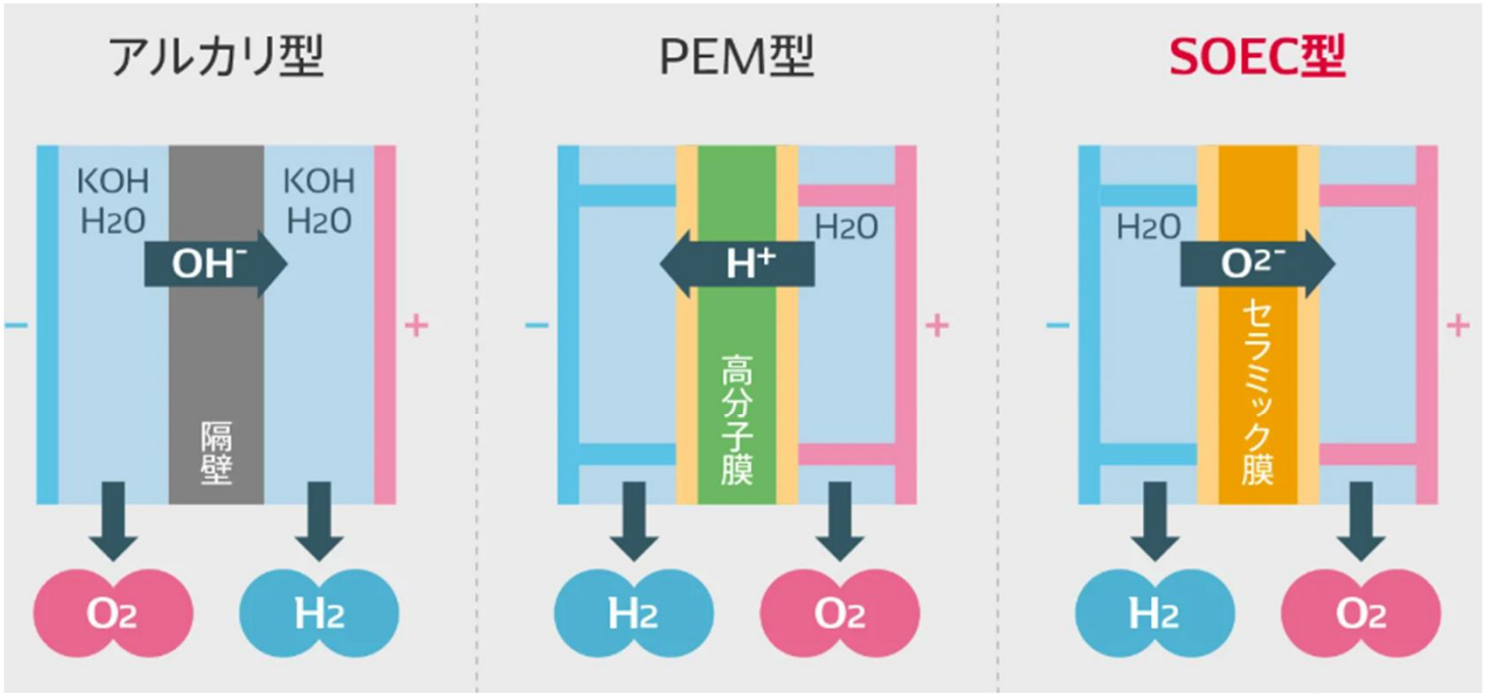
無断転載禁止

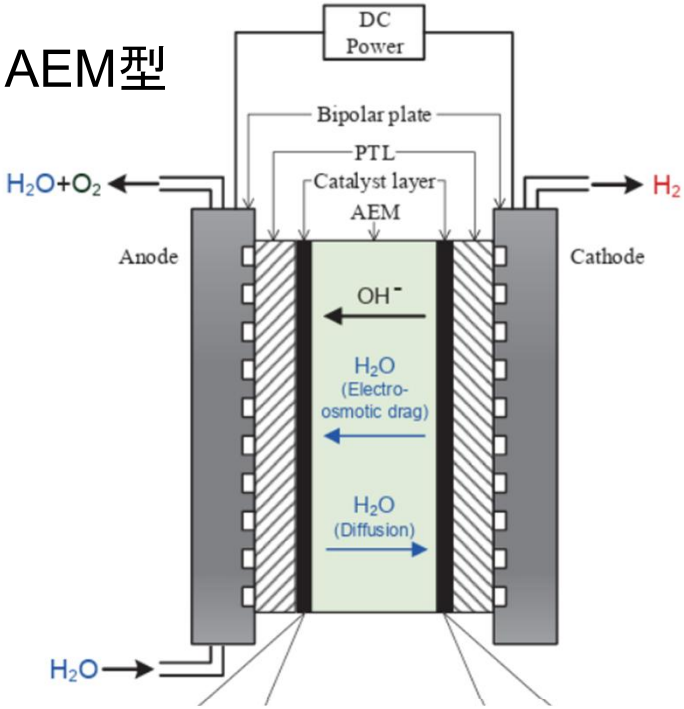
[NEDO水素エネルギー白書]

再生可能エネルギーからの水素製造技術

HIROSHIMA UNIVERSITY

■水の電気分解による水素製造





	アルカリ水電解	PEM型	固体酸化物形	AEM型
典型的な触媒 (HER / OER)	Ni / Ni, Co	PtC / IrO_2	Ni-YSZ / $LaSrMnO_3$	NiMo / NiCrMo
メリット	大規模化が容易	電圧変動応答が速い	高温動作するため、水電解速度が大きい	電圧変動応答が速く、触媒劣化も抑えやすい
デメリット	電圧変動応答が遅い	酸性電解質を用いるため触媒劣化が早い	劣化が早い	アニオン移動が遅く、膜の劣化も比較的早い

再エネ電力の不安定性に対応した電解制御，耐久性向上が課題

無断転載禁止

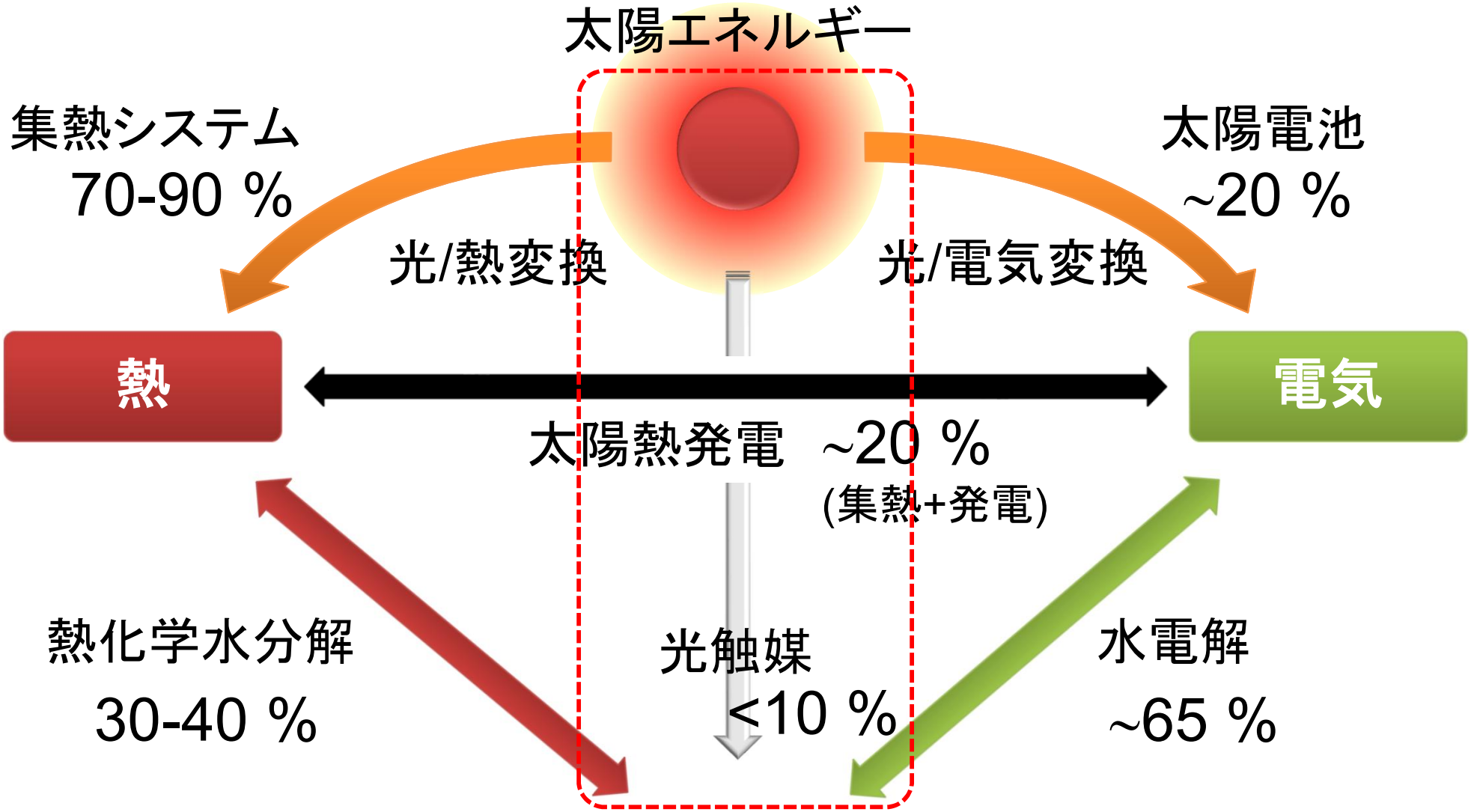
[経済産業省(資源エネルギー庁)]
[DENSO]

再生可能エネルギーからの水素製造技術

HIROSHIMA UNIVERSITY

■様々な水素製造技術

[http://jstshingi.jp/abst/p/11/1111/niigata06.pdf]



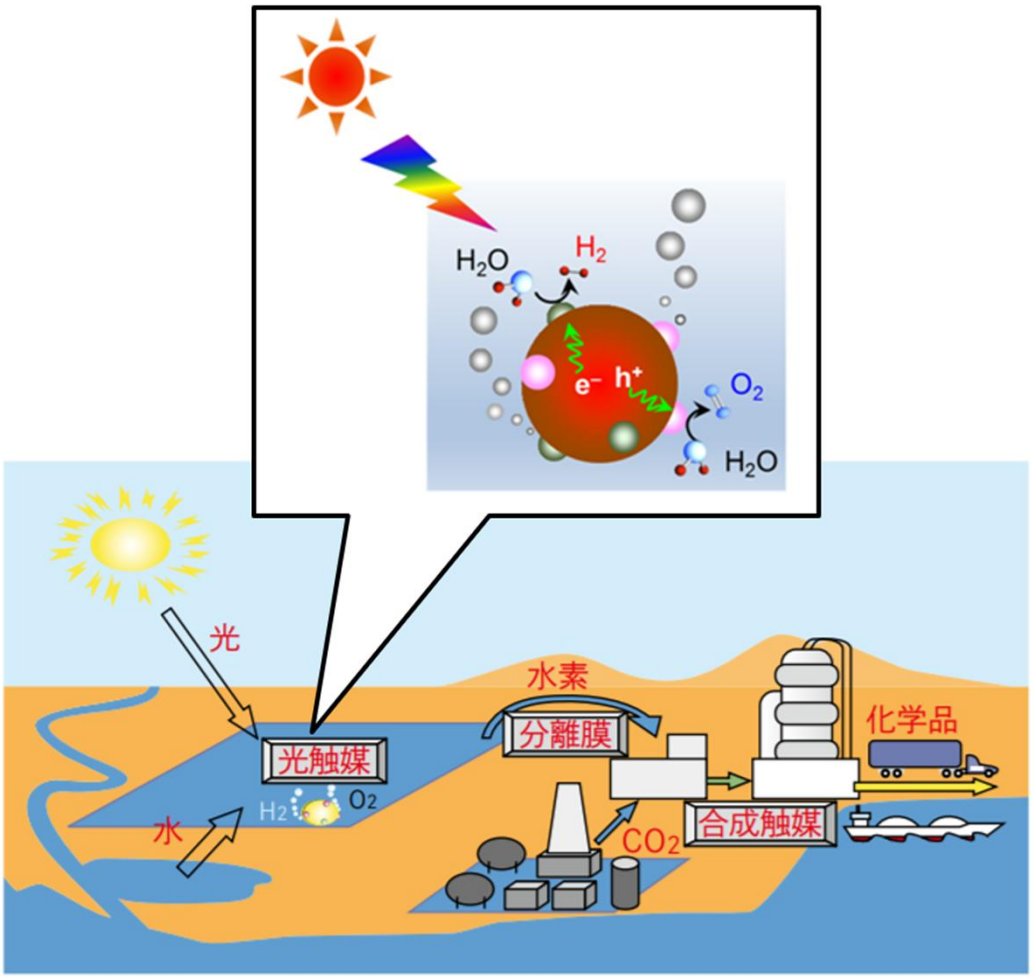
無断転載禁止

再生可能エネルギーからの水素製造技術

HIROSHIMA UNIVERSITY

■光触媒を用いた水素製造

太陽光 +光触媒



基本反応式

光吸収

$$E = h\nu + hc/\lambda \rightarrow 2e^- + 2h^+$$

水分解

$$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$$

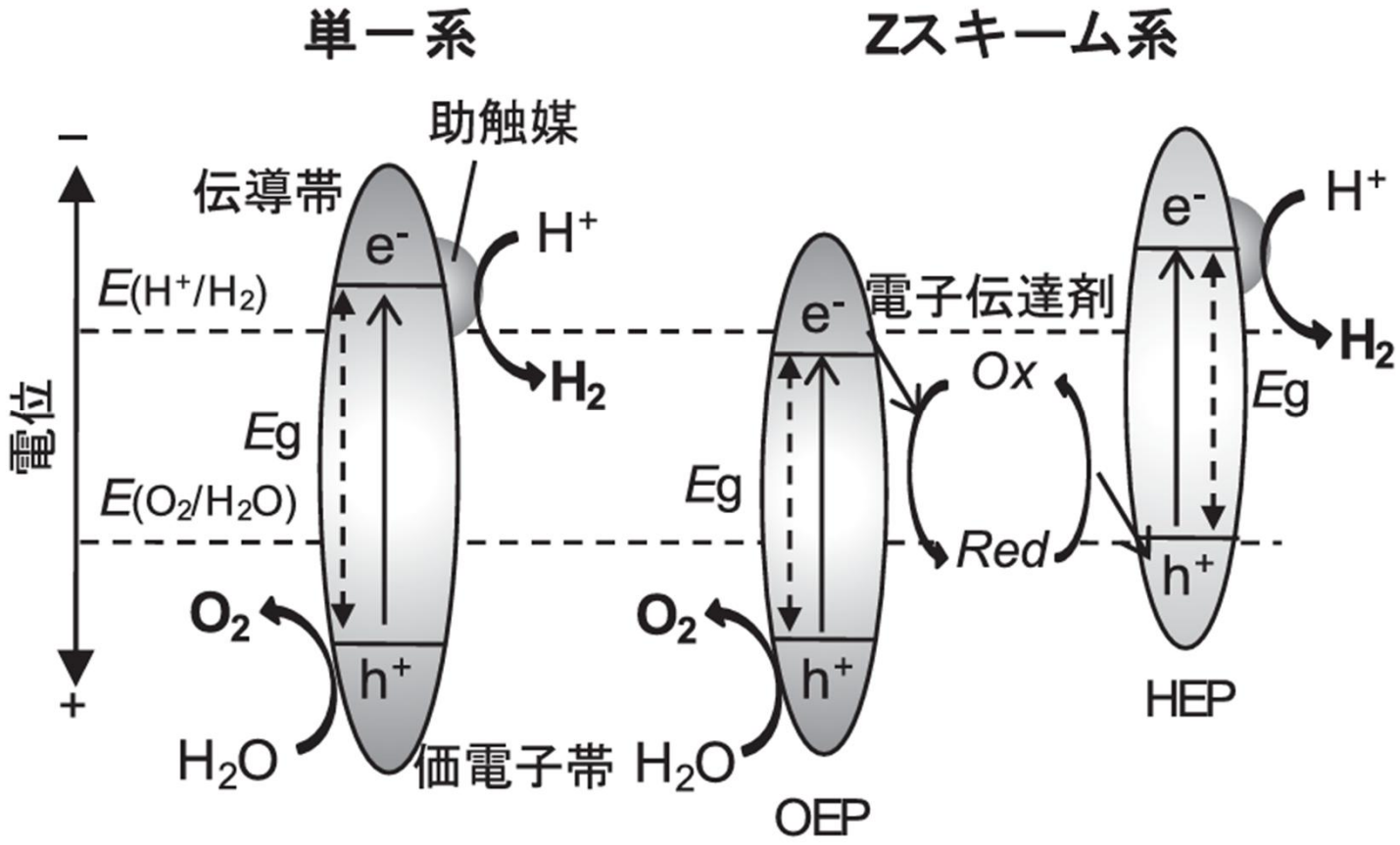
$$H_2O + 2h^+ \rightarrow 1/2O_2 + 2H^+$$

*h: プランク定数, c: 光速度, λ: 波長, e^-: 電子, h^+: 正孔(ホール)

[NEDO水素エネルギー白書]
[Takata et al. Sci. Technol. Adv. Mater.16 (2015) 033506, https://e-materials.net/stam/pickuppaper/detail.html?pp_id=49]

無断転載禁止

■光触媒を用いた水素製造



酸素生成: WO_3, $BiVO_4$ 等

水素生成: Rh-doped $SrTiO_3$
$Pt/BaTaO_2N$ 等

電子伝達剤: Fe^{3+}/Fe^{2+} 等

✓ H_2とO_2が同じ空間に生成

✓ H_2とO_2を個別に取り出し可能

無断転載禁止

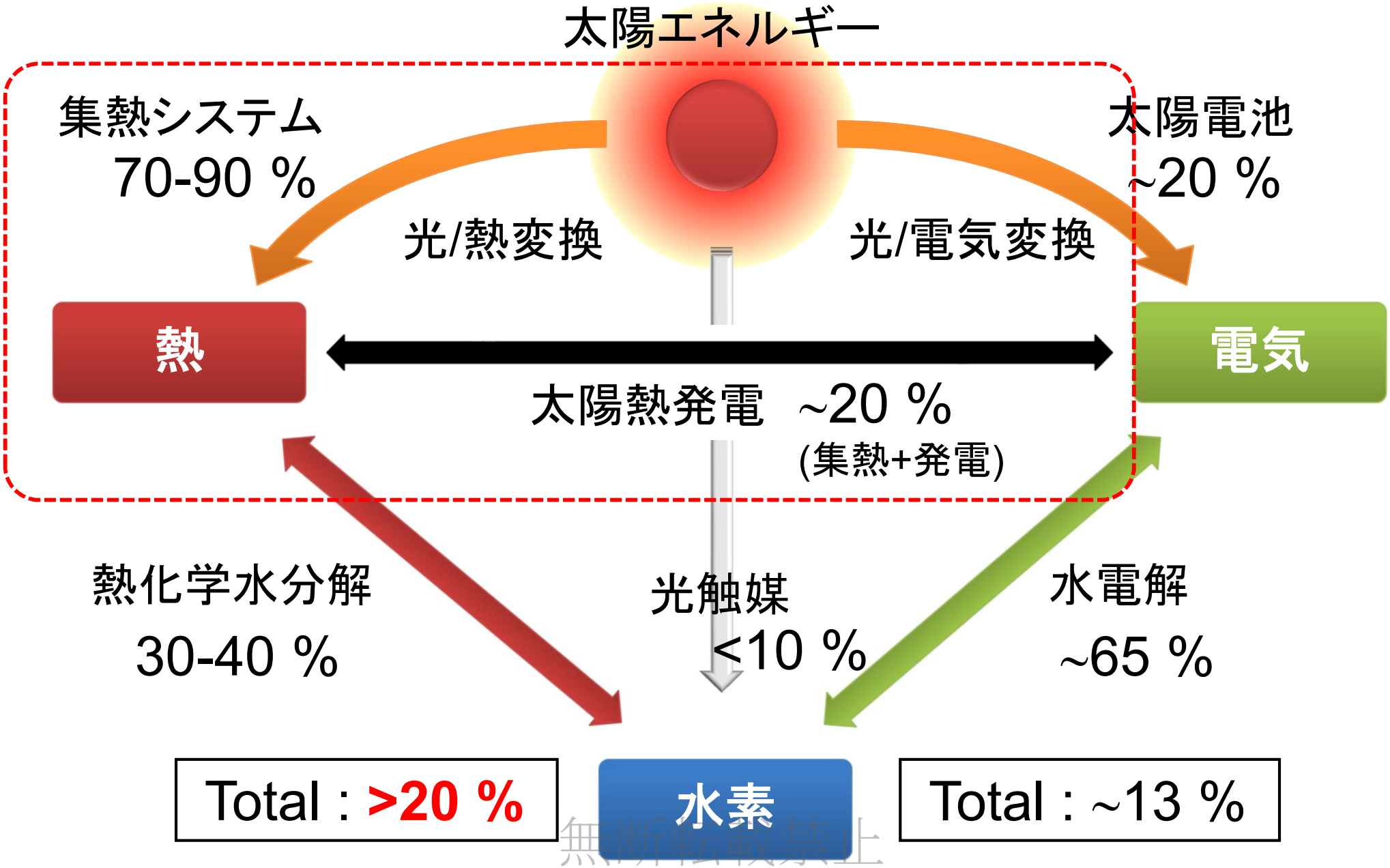
[加藤，化学と教育，67 526 (2019)]

再生可能エネルギーからの水素製造技術

HIROSHIMA UNIVERSITY

■様々な水素製造技術

[http://jstshingi.jp/abst/p/11/1111/niigata06.pdf]

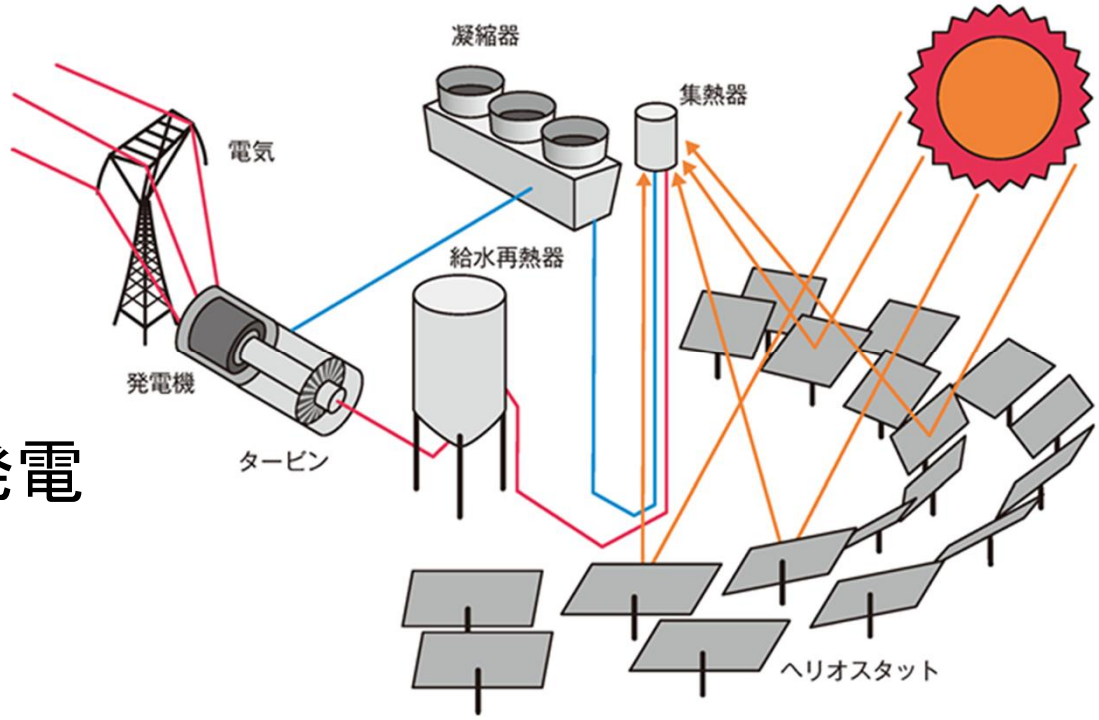


無断転載禁止

■太陽熱発電

発電原理

- ✓ レンズ，鏡，反射板を用いて
  太陽光(直達光)を集光
- ✓ 生成温度： 100-3700 °C
- ✓ 水を気化させ，蒸気タービンで発電
- ✓ 蓄熱媒体が利用可能
  (安定供給，長時間運転)



無断転載禁止

[NEDO再生可能エネルギー技術白書]

水素製造技術

■太陽熱発電

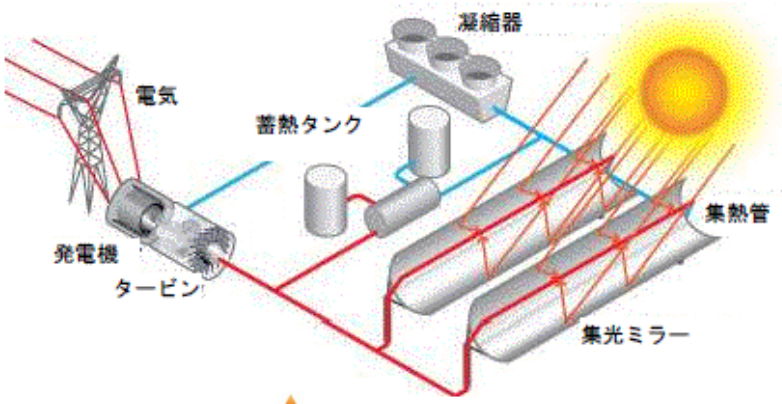
タワー式



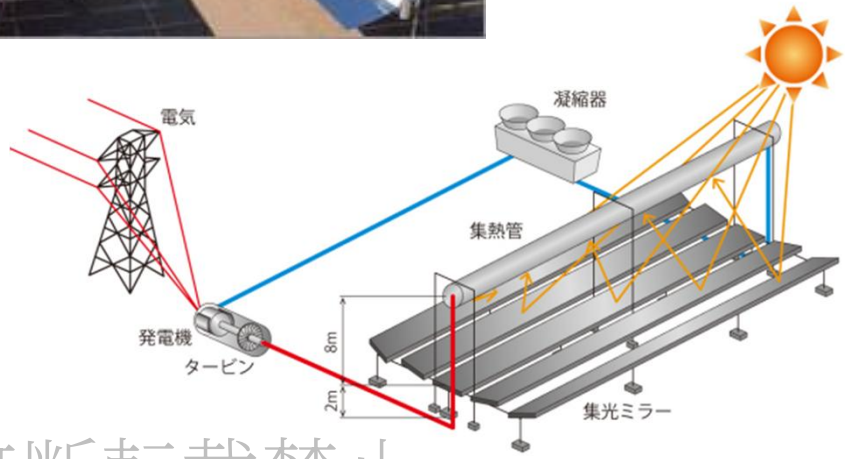


トラフ式





フレネル式



無断転載禁止

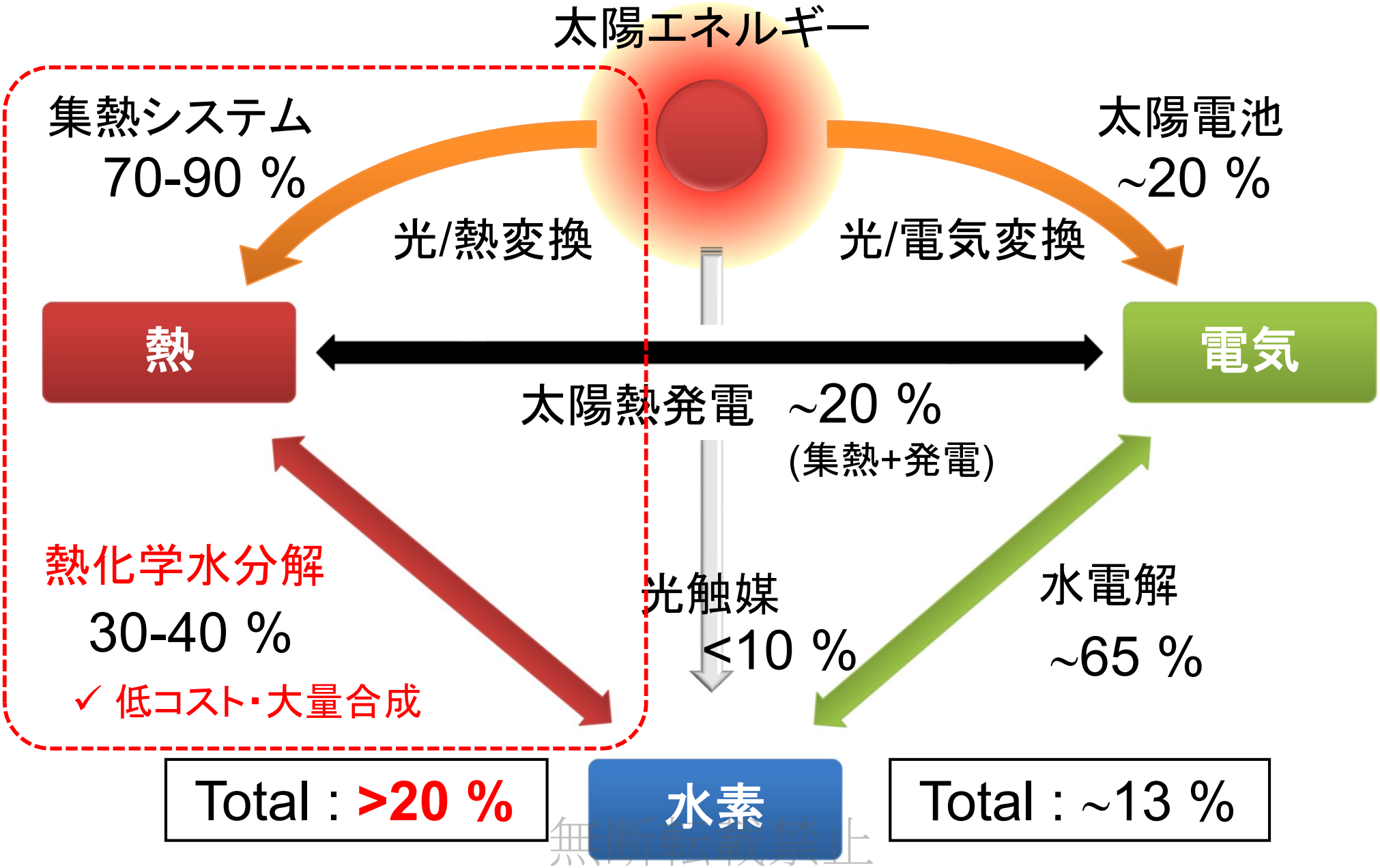
[NEDO再生可能エネルギー技術白書, JFEエンジニアリング: https://www.jfe-eng.co.jp/news/pdf/20110719.pdf]

再生可能エネルギーからの水素製造技術

HIROSHIMA UNIVERSITY

■様々な水素製造技術

[http://jstshingi.jp/abst/p/11/1111/niigata06.pdf]



無断転載禁止

熱化学水素製造技術

HIROSHIMA UNIVERSITY

■熱化学水分解

太陽熱 (+蓄熱)

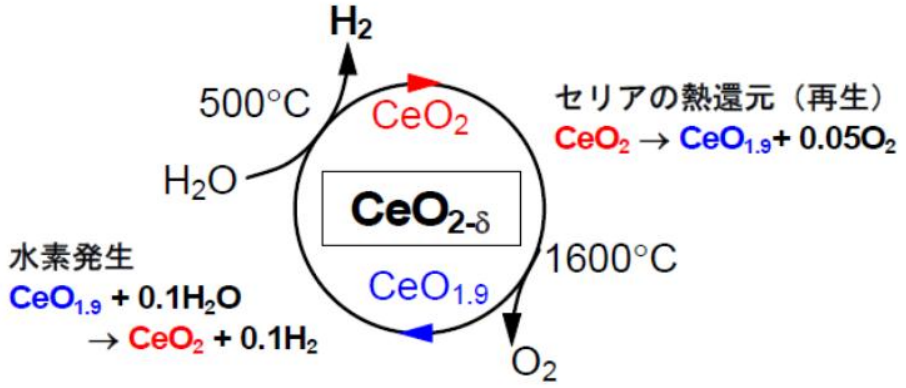
核熱 (高温ガス炉)

水の熱分解

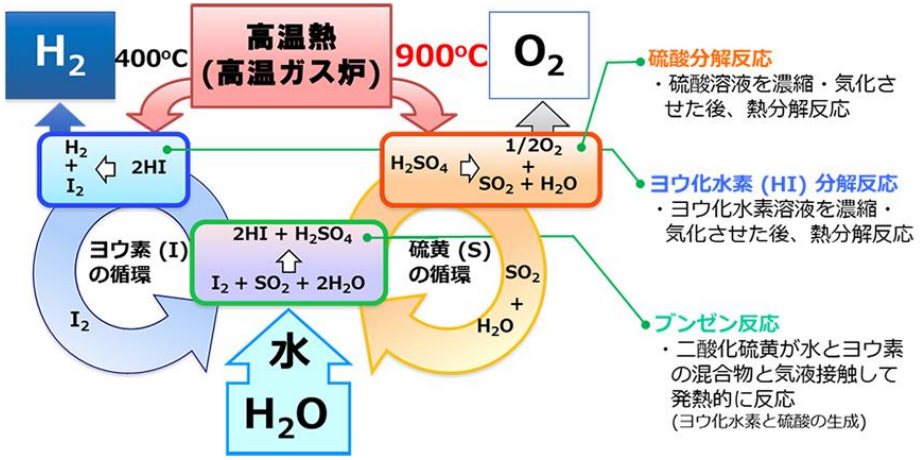
$H_2O \rightarrow H_2+1/2O_2$

- ✓ 直接分解では4000 °Cが必要
- ✓ 研究開発・実証段階

✓ 2-step サイクル (~1500 °C)



✓ ISプロセス (900 °C)



✓ Na-redox サイクル (<500 °C)

日本経済新聞

400度以下の水から水素 広島大

広島大学の宮岡裕樹特任講師らは、セ氏400度以下の比較的低い温度で水から水素をつくり出す実験に成功した。アルカリ金属を用いた熱化学反応を使う。既存技術のセ氏800～1500度よりは温度が低く、太陽熱や工場の廃熱でも水素が取り出せるという。金属製の小型実験装置にアルカリ金属として数十㌘のナトリウムを入れ、水を加えてセ氏400度に加熱した。水から水素を生成する化学反応を3段階に分け、反応温度を抑制した。そのうち1つはナトリウムの酸化物からナトリウムの気体を発生させる反応。ナトリウムは溶ける温度がセ氏98度と低く、蒸発と冷却をうまく制御すれば反応が進むという。

[http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2007/siryo47/siryo47-2.pdf]

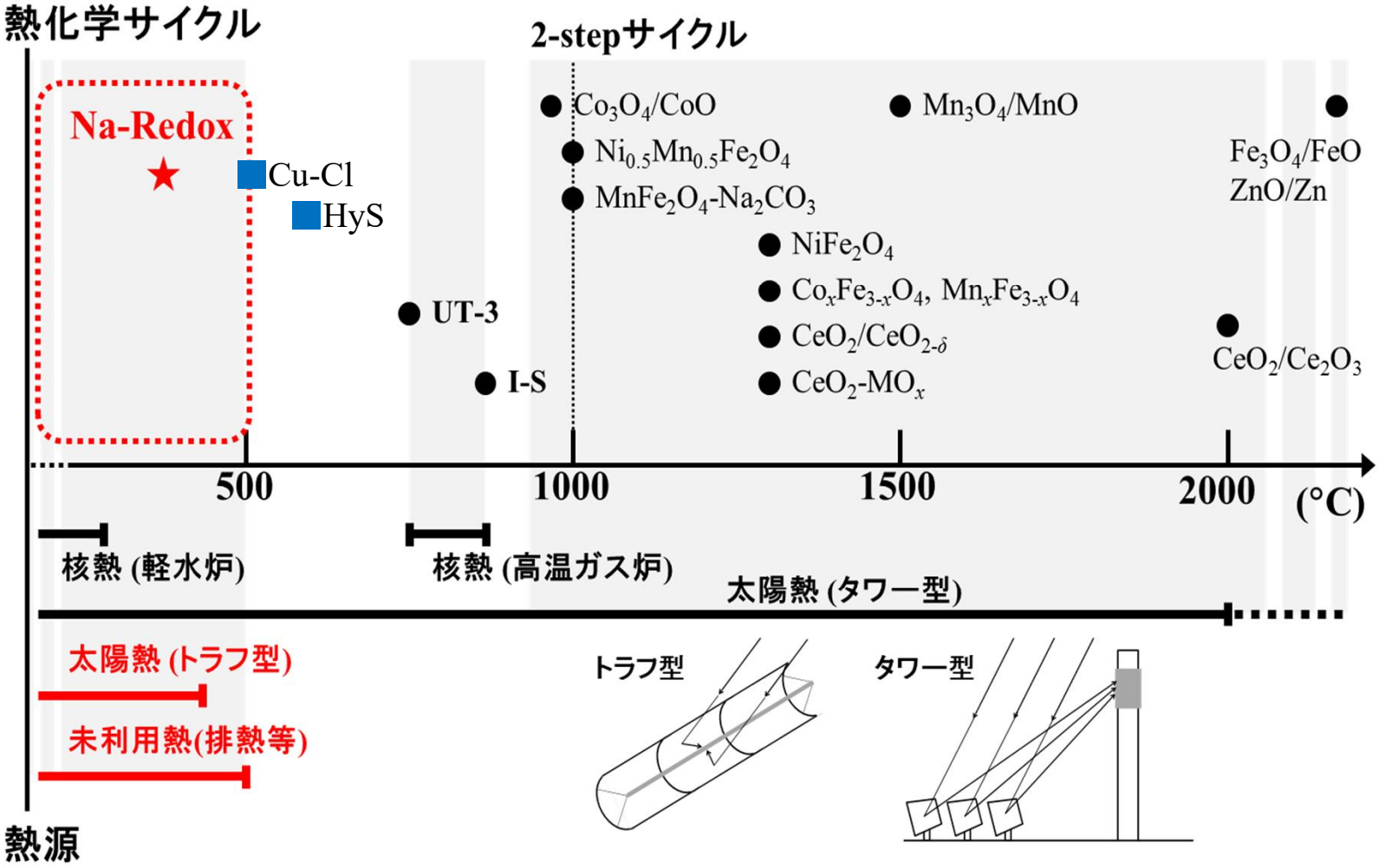
[https://kaken.nii.ac.jp/file/KAKENHI-PROJECT-26288104/26288104seika.pdf]

無断転載禁止

熱化学水素製造技術

HIROSHIMA UNIVERSITY

■既存の熱化学水分解技術と熱源の対応



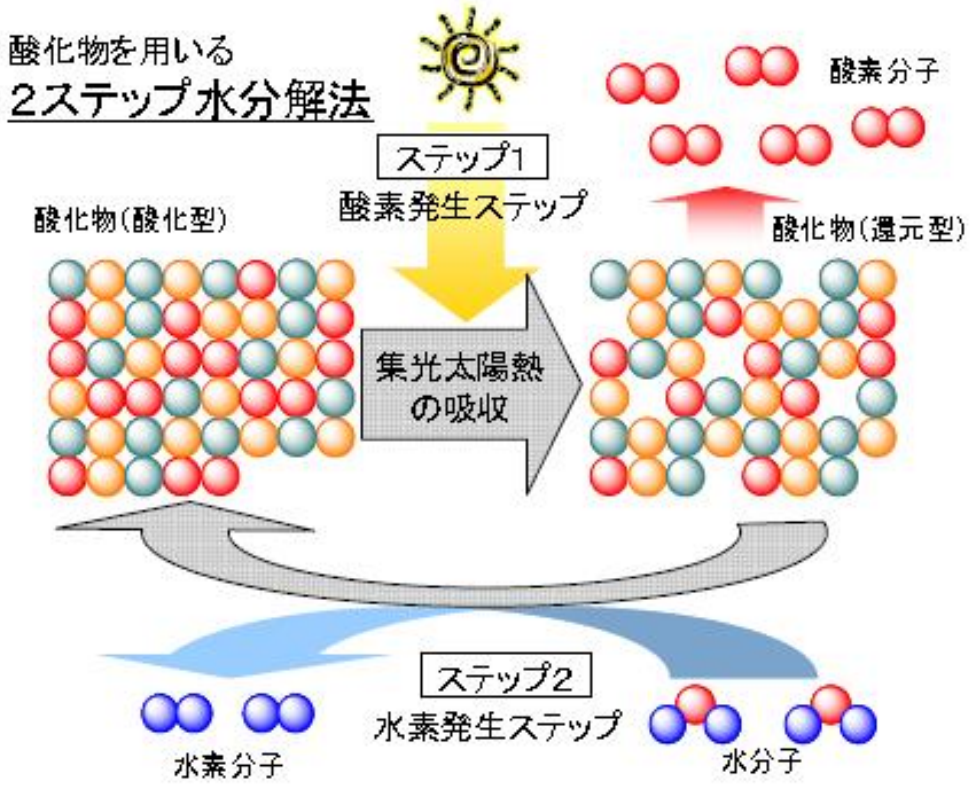
1000-2000 °C (太陽熱) → 2-step
700-1200 °C(核熱) → IS, UT-3
500-600 °C(太陽熱, 核熱+電気) → Cu-Cl, HyS
<400 °C(排熱, 太陽熱) → Na-redox

無断転載禁止

熱化学水素製造技術

HIROSHIMA UNIVERSITY

■金属酸化物 (2-step)



基本反応式

$$3MO + H_2O \rightarrow M_3O_4 + H_2$$

$$M_3O_4 \rightarrow 3MO + 1/2O_2$$

- ✓ 1500 °C程度の熱エネルギー利用を想定
  → 理論効率が高い(カルノー効率が高い)
- ✓ 集光度の高い集光システム
  (タワー, ビームダウン型)が必要

無断転載禁止

[化石燃料の高度有効利用・隔離統合型CO2削減技術開発]

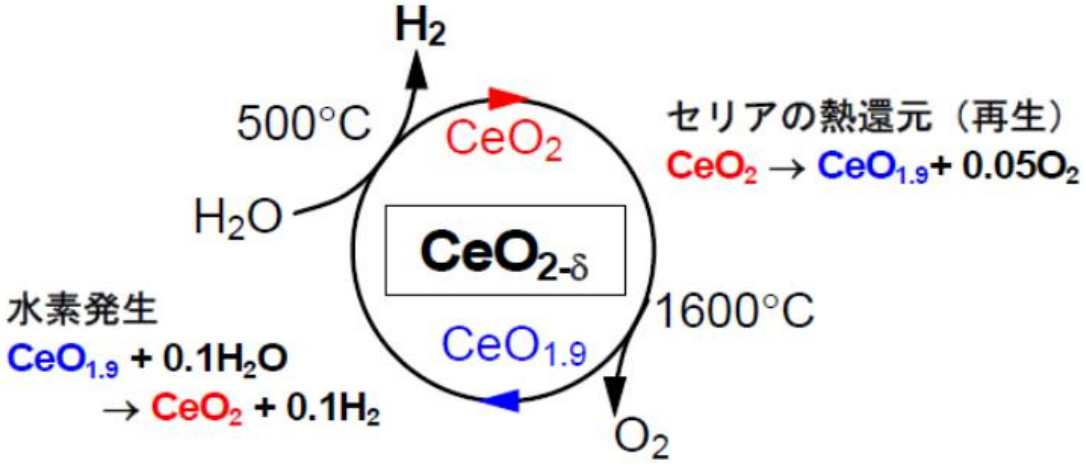
熱化学水素製造技術

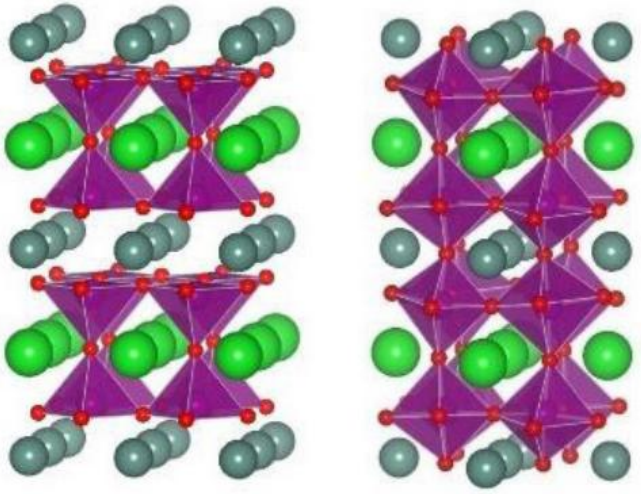
HIROSHIMA UNIVERSITY

■金属酸化物 (2-step)

- ✓ 1500 °C程度の高温熱源が必要　(熱力学特性)
- ✓ 凝集の抑制：　高融点，構造変化の小さい物質　(動力学特性)

最近注目されている物質系：　CeO_x，ペロブスカイト型酸化物
→ 酸素欠損を利用した水分解/還元反応





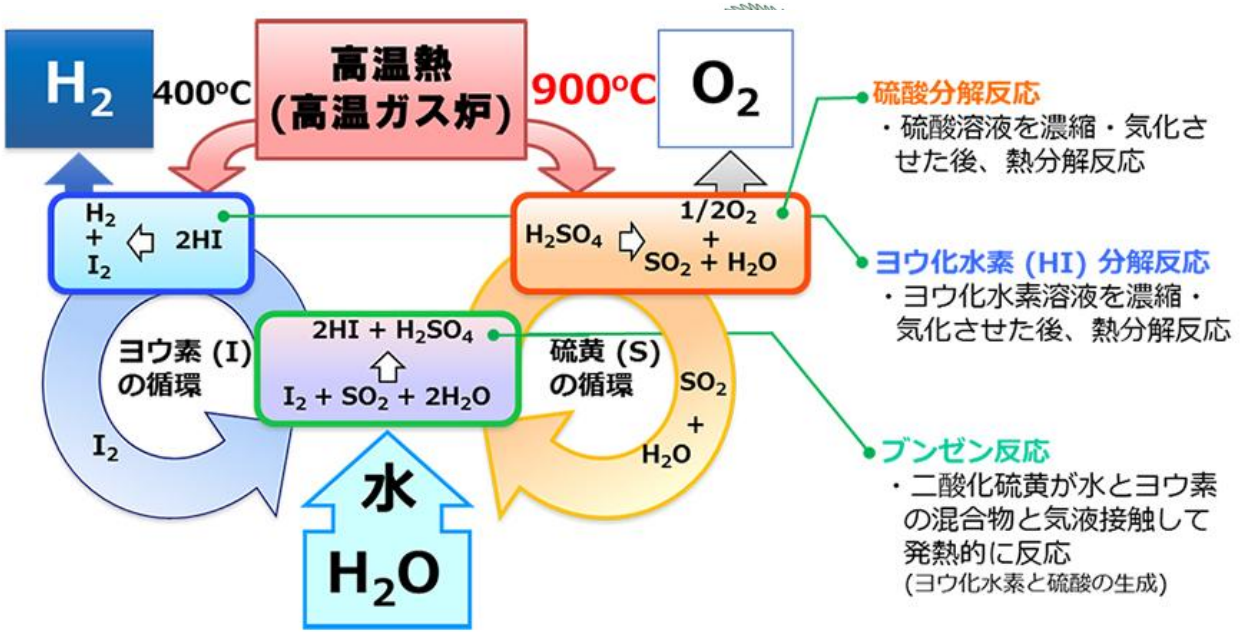
無断転載禁止

[https://kaken.nii.ac.jp/file/KAKENHI-PROJECT-26288104/26288104seika.pdf]

熱化学水素製造技術

ERSITY

■I-Sプロセス



基本反応式

$I_2 + SO_2 + 2H_2O \rightarrow 2HI + H_2SO_4$ (<100 °C, ブンゼン反応)

$2HI \rightarrow I_2 + H_2$ (<400 °C, ヨウ化水素分離反応)

$H_2SO_4 \rightarrow SO_2 + H_2O + 1/2O_2$ (<900 °C, 硫酸分解反応)

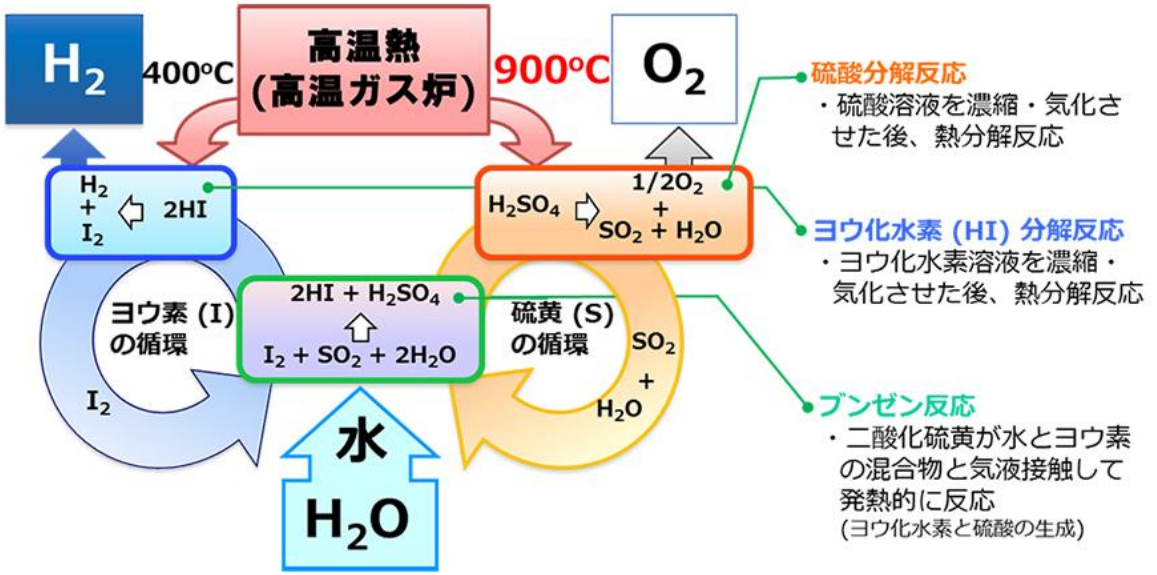
- ✓ 原子炉(高温ガス炉)の利用(**1000 °C**)を想定
- ✓ 気液反応系: 連続反応が容易, 且つ熱交換性が高い
- ✓ 日本原子力開発機構がプロトタイプを建設, 実証中

無断転載禁止

[http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2007/siryo47/siryo47-2.pdf]

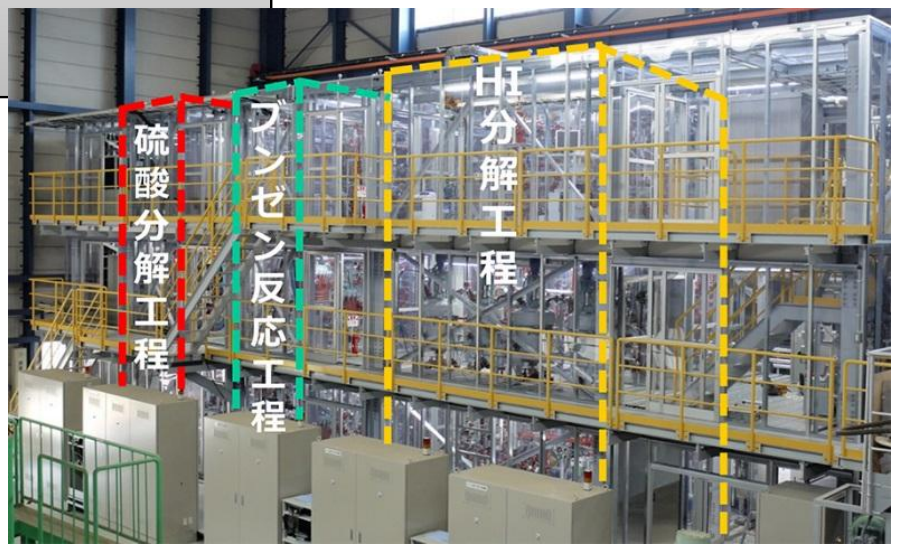
熱化学水素製造技術

■I-Sプロセス



プレスリリース　(H31.1.25)

高温ガス炉による水素製造が実用化へ大きく前進
―実用工業材料で製作した水素製造試験装置を用いた
熱化学法ISプロセスによる
150時間の連続水素製造に成功―



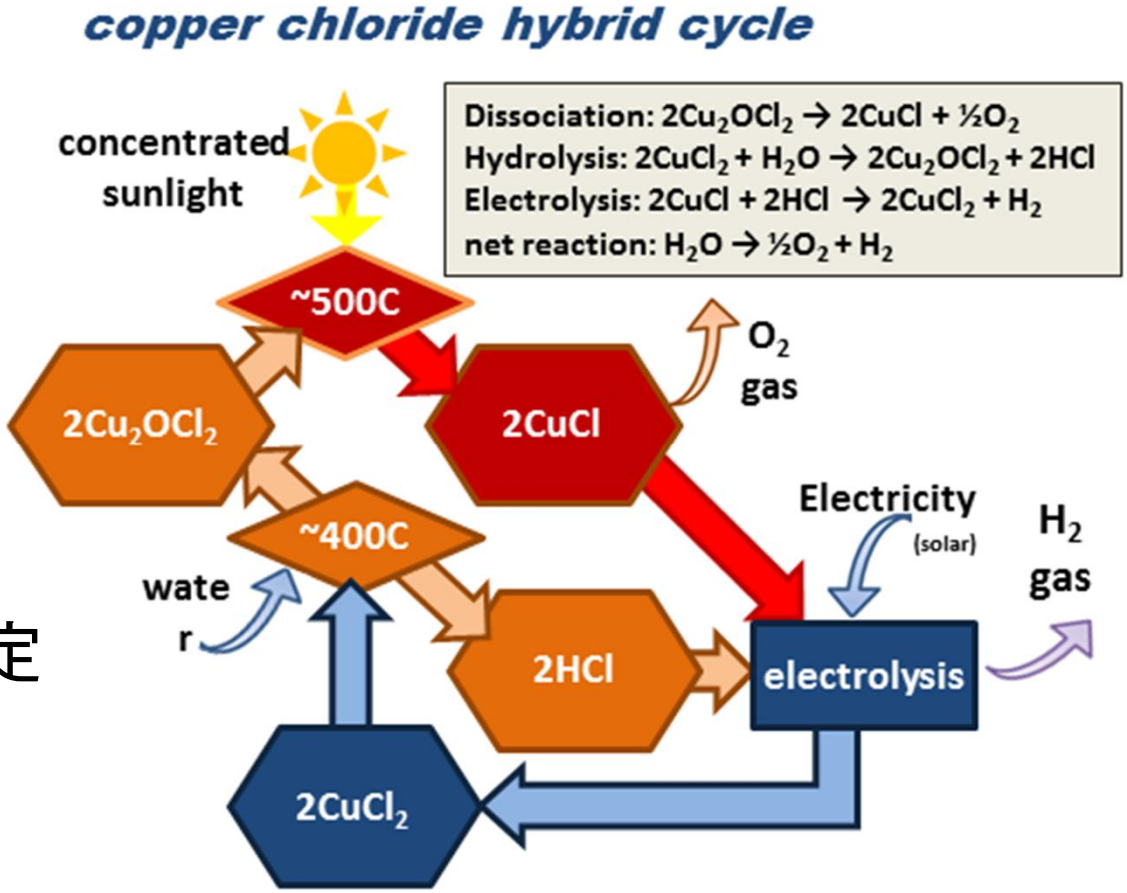
- ✓ 耐腐食材料の研究開発
- ✓ 平衡制御技術の確立　　等が課題

無断転載禁止

[https://www.jaea.go.jp/02/press2018/p19012502/]

熱化学水素製造技術

■Cu-Clプロセス



- ✓ 熱-電気のハイブリッド
- ✓ 500 °Cの太陽熱の利用を想定

$$2Cu_2OCl_2 \rightarrow 2CuCl + 1/2O_2 \quad (500\ ^\circ C)$$

$$2CuCl_2 + H_2O \rightarrow 2Cu_2OCl_2 + 2HCl \quad (400\ ^\circ C)$$

$$2CuCl + 2HCl \rightarrow 2CuCl_2 + H_2 \quad (\text{Electrolysis})$$

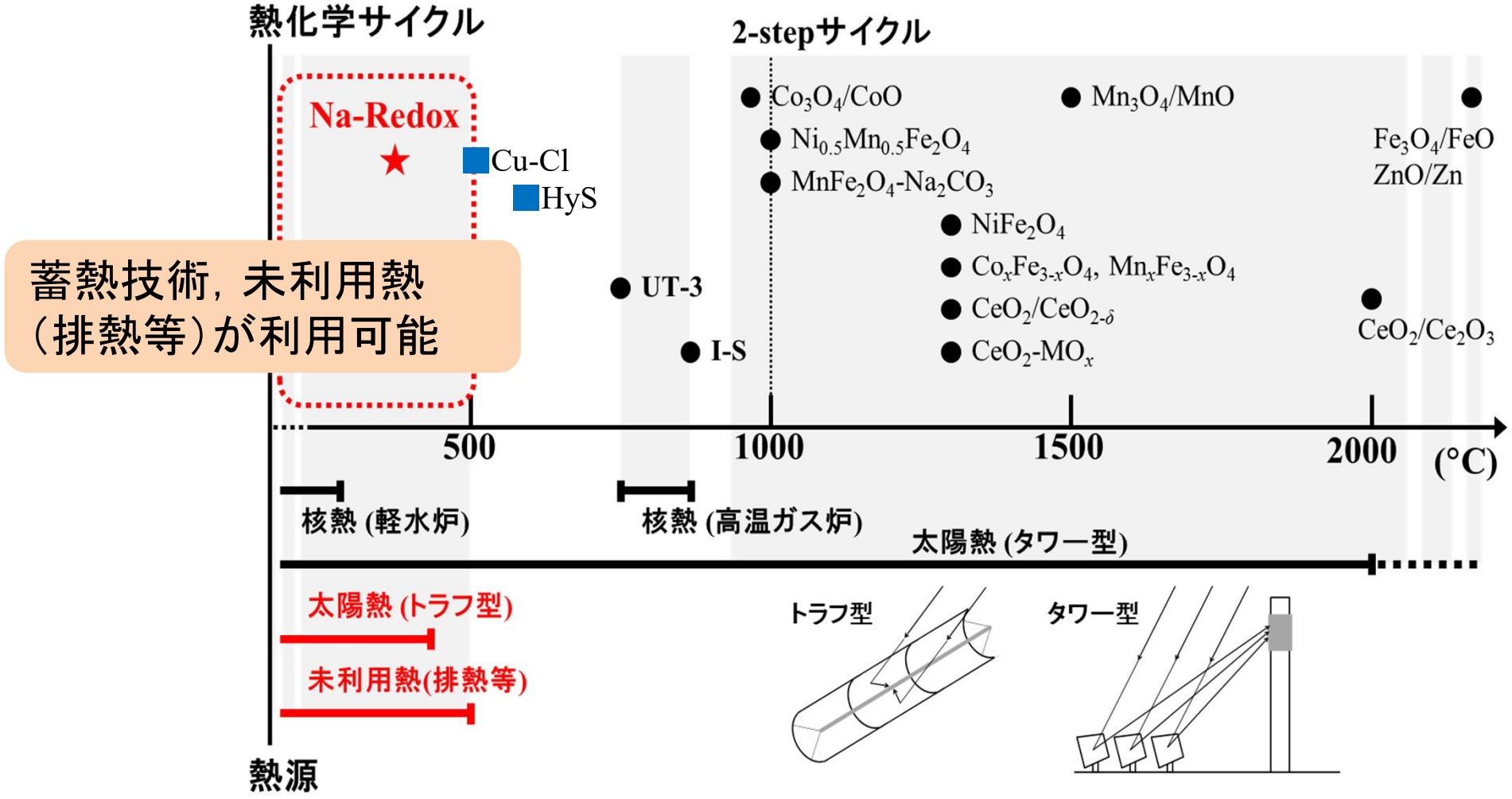
[DOE, Hydrogen Production: Thermochemical Water Splitting, https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-production-thermochemical-water-splitting]

無断転載禁止

熱化学水素製造技術

HIROSHIMA UNIVERSITY

■既存の熱化学水分解技術と熱源の対応



蓄熱技術，未利用熱（排熱等）が利用可能

1000-2000 °C (太陽熱) → 2-step
700-1200 °C(核熱) → IS，UT-3
500-600 °C(太陽熱，核熱+電気) → Cu-Cl，HyS
<400 °C(排熱，太陽熱) → Na-redox

無断転載禁止

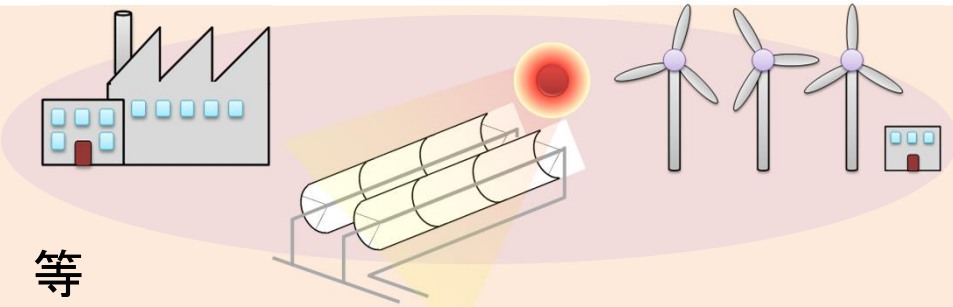
熱化学水分解

HIROSHIMA UNIVERSITY

■Naレドックスサイクル

未利用熱(<500 °C)

- ✓ 低温排熱
- ✓ 太陽熱　(+蓄熱)
- ✓ 余剰電力の熱変換　等



CO_2 free

水 (H_2O) → 水素 (H_2) → “エネルギーキャリア”
“カーボンリサイクルにおける基盤物質”

革新的熱化学水素製造 (Na-レドックスサイクル)

$$2Na_2O + Ni \rightarrow Na_2NiO_2 + 2Na \quad (1)$$
$$Na_2NiO_2 + H_2O \rightarrow Ni + 2NaOH + 1/2O_2 \quad (2)$$
$$2Na + 2NaOH + Ni \rightarrow 2Na_2O + Ni + H_2 \quad (3)$$
$$H_2O \rightarrow H_2 + 1/2O_2$$

- ✓ 広島大学の独自技術
- ✓ 現状唯一の選択肢

既存技術：900-1500 °C
の熱エネルギーが必要

- ✓ 多段階の化学反応と平衡制御を利用し，水を熱化学的に分解

無断転載禁止

水素製造技術

HIROSHIMA UNIVERSITY

■様々な水素製造技術

システム	利用温度	生成プロセス	特徴
化石燃料	>1000 °C	石炭ガス化　$C + H_2O \rightarrow CO + H_2$ $C + 2H_2O \rightarrow CO_2 + 2H_2$	✓ 実用段階 ✓ CCS/CCUSの併用が不可欠
	300-700 °C	炭化水素の水蒸気改質　$C_nH_m + nH_2O \rightarrow nCO + (m/2+n)H_2$ $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$	
電気分解	60-80 °C	アルカリ型，PEM型，AEM型	✓ 各技術はすでに実証段階 ✓ 再エネに対応する技術確立が必要
	600-800 °C	SOEC型	
光触媒	室温	光触媒+光化学水分解　(単一型，Zスキーム型)	✓ 太陽光を直接水素に変換可能 ✓ 高効率化が課題
熱化学	約1500 °C	2-step サイクル　$3MO + H_2O \rightarrow M_3O_4 + H_2$ $M_3O_4 \rightarrow 3MO + 1/2O_2$	✓ 高温が必要(理論効率が高い) ✓ 固相-気相系で取り扱いが容易
	約900 °C	I-S サイクル　$I_2 + SO_2 + 2H_2O \rightarrow 2HI + H_2SO_4$ $2HI \rightarrow I_2 + H_2$ $H_2SO_4 \rightarrow SO_2 + H_2O + 1/2O_2$	✓ 液相-気相系で連続反応が容易 ✓ 容器に耐酸性材料が必要 ✓ 次世代原子炉の利用を想定
	<400 ºC	Na-redox サイクル　$2Na_2O + Ni \rightarrow Na_2NiO_2 + 2Na$ $Na_2NiO_2 + H_2O \rightarrow Ni + 2NaOH + 1/2O_2$ $2Na + 2NaOH + Ni \rightarrow 2Na_2O + Ni + H_2$	✓ 低温熱エネルギーの利用が可能 ✓ 蓄熱の利用が可能 ✓ 基礎研究段階
熱+電気	500 °C	Cu-Clプロセス　$2Cu_2OCl_2 \rightarrow 2CuCl + 1/2O_2$ $2CuCl_2 + H_2O \rightarrow 2Cu_2OCl_2 + 2HCl$ $2CuCl + 2HCl \rightarrow 2CuCl_2 + H_2$ (電気化学)	✓ 低温熱エネルギーの利用が可能 ✓ 蓄熱の利用が可能 ✓ 熱と電気の両方が必要

無断転載禁止

低温熱化学水素製造技術　(Naレドックスサイクル)

無断転載禁止

低温熱化学水素製造技術

HIROSHIMA UNIVERSITY

■低温熱化学水素製造技術の特徴

✓ 化学プラントとして大規模化にメリット，
大量合成技術としての発展に期待

Na-redox	既存技術 (2-step，IS等)
✓様々な排熱が利用可能 (セメント，発電，焼却場等)	✓安定した熱供給には核熱が必要 (熱源が限定的)
✓蓄熱技術との併用により 高い設備利用率を実現可能	✓2-stepは蓄熱との併用が難しい (日照サイクルに依存した設備利用率)

高い設備利用率，大量合成に適した水素製造技術
→ 低コスト水素の供給実現

無断転載禁止

低温熱化学水素製造技術

HIROSHIMA UNIVERSITY

■Na-redoxサイクルの研究

- ✓ JST-ALCA，内閣府SIP 「エネルギーキャリア」プロジェクト(2013-2014)：
  アルカリ金属(Li，Na，K)を用いた低温熱化学サイクルの提案，基礎研究

- ✓ NEDO「水素利用等先導研究開発事業」，多様な水素化合物等からの
  二酸化炭素を排出しない水素製造技術調査(2019)：
  Na-redoxサイクルの反応原理，耐腐食材料探索等

- ✓ 広島県カーボンリサイクル関連技術研究開発支援事業(2022-2024)：
  Ni添加Na-redoxサイクルの提案，基本的な反応特性の調査

HIROSHIMA CARBON CIRCULAR PROJECT

- ✓ NEDO「先導研究プログラム/エネルギー・環境新技術先導研究プログラム」
  Ⅰ-E1 排熱等を活用した水の熱化学分解による低炭素水素製造技術開発：
  現在進行中(2026-)

無断転載禁止

■アルカリ金属系のスクリーニング

Table 2 Reaction yield of each reaction and corrosion on the alkali metal cycles

	H_2 generation		Metal separation		O_2 generation		corrosion
	Temp. (° C)	Yield (%)	Temp. (° C)	Yield (%)	Temp. (° C)	Yield (%)	
Li	300	10	500	-	200	-	undetectable
	400	25	800	little	300	100	
	500	100					
Na	300	10	400	35*	RT	-	detectable
	350	80	500	80*	100	100	
K	300	-	400	-	200	100	strong
	500	20*	500	-			

*rough estimation without contribution of corrosion.

無断転載禁止

[H. Miyaoka *et al.*, Journal of the Japan Institute of Energy, 100, 29 (2021)]

低温熱化学水素製造技術

HIROSHIMA UNIVERSITY

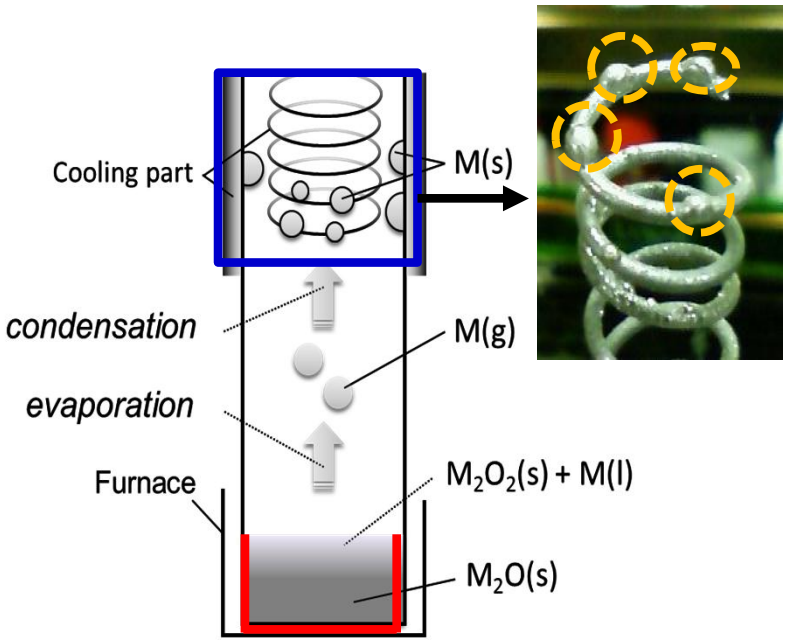
■Na-redoxサイクル (1)

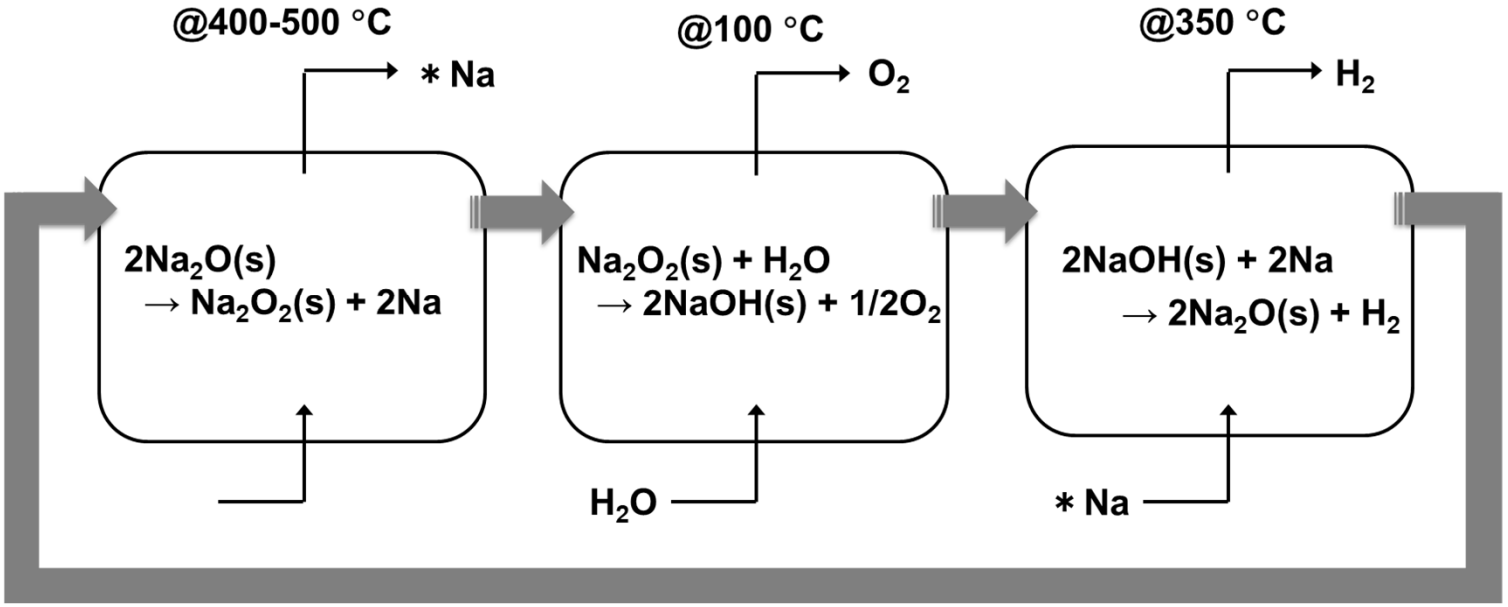
①$2Na_2O \rightarrow Na_2O_2 + 2Na$

②$Na_2O_2 + H_2O \rightarrow 2NaOH + 1/2O_2$

③$2NaOH + 2Na \rightarrow 2Na_2O + H_2$

$H_2O \rightarrow H_2 + 1/2O_2$





ギブス自由エネルギー変化

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta S = \Delta S^0 + R \ln\left(\frac{p_0}{p_{pro}}\right)$$

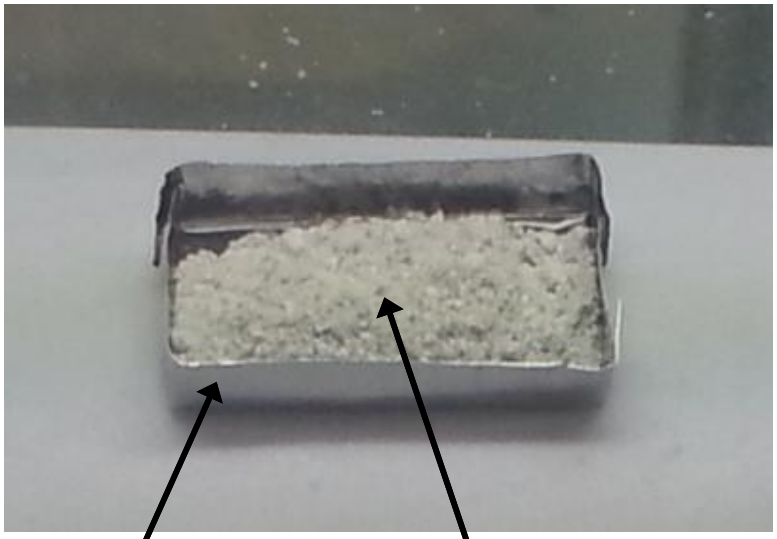
ΔH : エンタルピー変化
ΔS^0 : 標準エントロピー変化
R : 気体定数
p_0 : 標準圧力
P_{pro} : 気体生成物の分圧

✓ Naの相変化を利用した平衡制御が重要

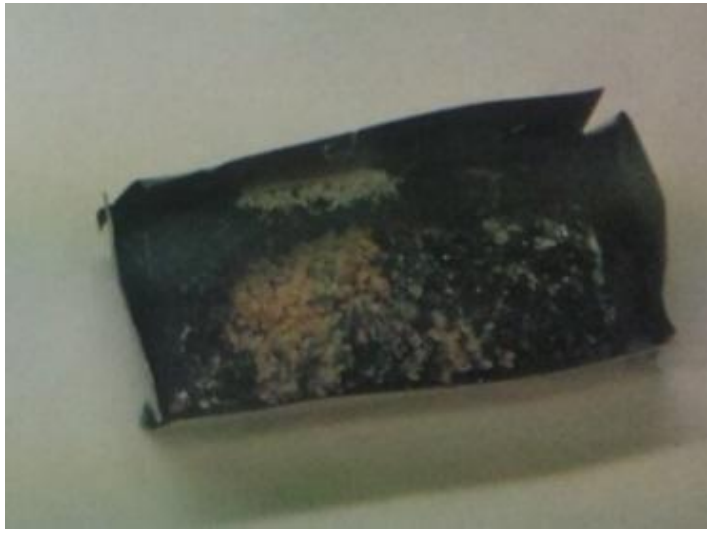
無断転載禁止

■Na-redoxサイクルの課題

✓ 酸化物(Na_2O, Na_2O_2)による強い腐食



500 °C



*激しい腐食による変色

無断転載禁止

低温熱化学水素製造技術

HIROSHIMA UNIVERSITY

■耐腐食材料の探索 (NEDO事業)

	物質	耐腐食性
Carbides	SiC	×
	WC	×
	TiC	×
	Graphite	◎
Oxides	Al_2O_3	○
	ZrO_2	○
	TiO_2	△
Nitrides	Si_3N_4	×
	AlN	○
	TiN	×
	hBN	◎
Alloys	Ti alloy (**bulk**)	◎

*microscopic analyses were performed at Hokkaido University (Prof. Isobe)

✓ 高耐腐食性: graphite
hBN
Ti系合金

✓ 現状，完全耐食を示す物質は見つかっていない

無断転載禁止

低温熱化学水素製造技術

HIROSHIMA UNIVERSITY

■耐腐食材料の探索　(NEDO事業)

Na-redoxサイクル (1)

$2Na_2O \rightarrow Na_2O_2 + 2Na$?

$Na_2O_2 + H_2O \rightarrow 2NaOH + 1/2O_2$

$2Na + 2NaOH \rightarrow 2Na_2O + H_2$

$H_2O \rightarrow H_2 + 1/2O_2$

✓ 過去の実験では，明確なNaの生成を観測

✓ 反応後生成物とH_2Oを反応させることでO_2が生成

✓ 低温でのNa生成には，反応容器に用いたNi合金と反応が重要？

Na-redoxサイクル (2)

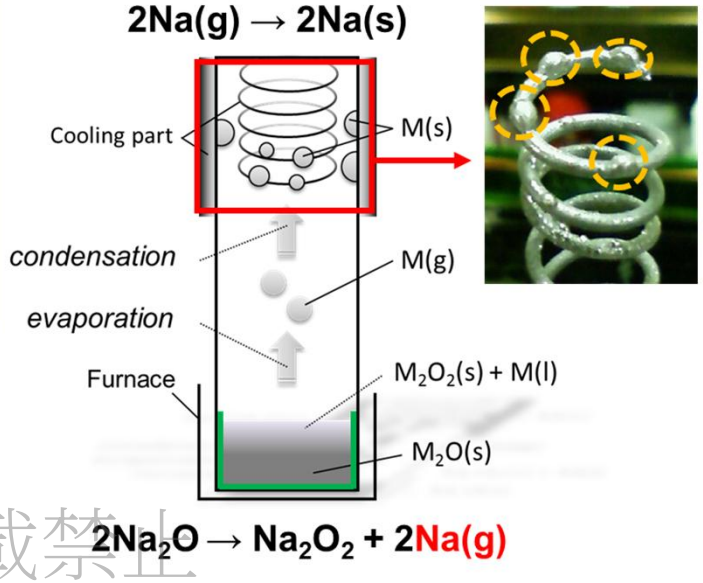
$2Na_2O \rightarrow 4Na + O_2$

$2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$

$2Na + 2NaOH \rightarrow 2Na_2O + H_2$

$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$

✓ 腐食を抑制した状態では，Na_2Oが650°C以上で分解



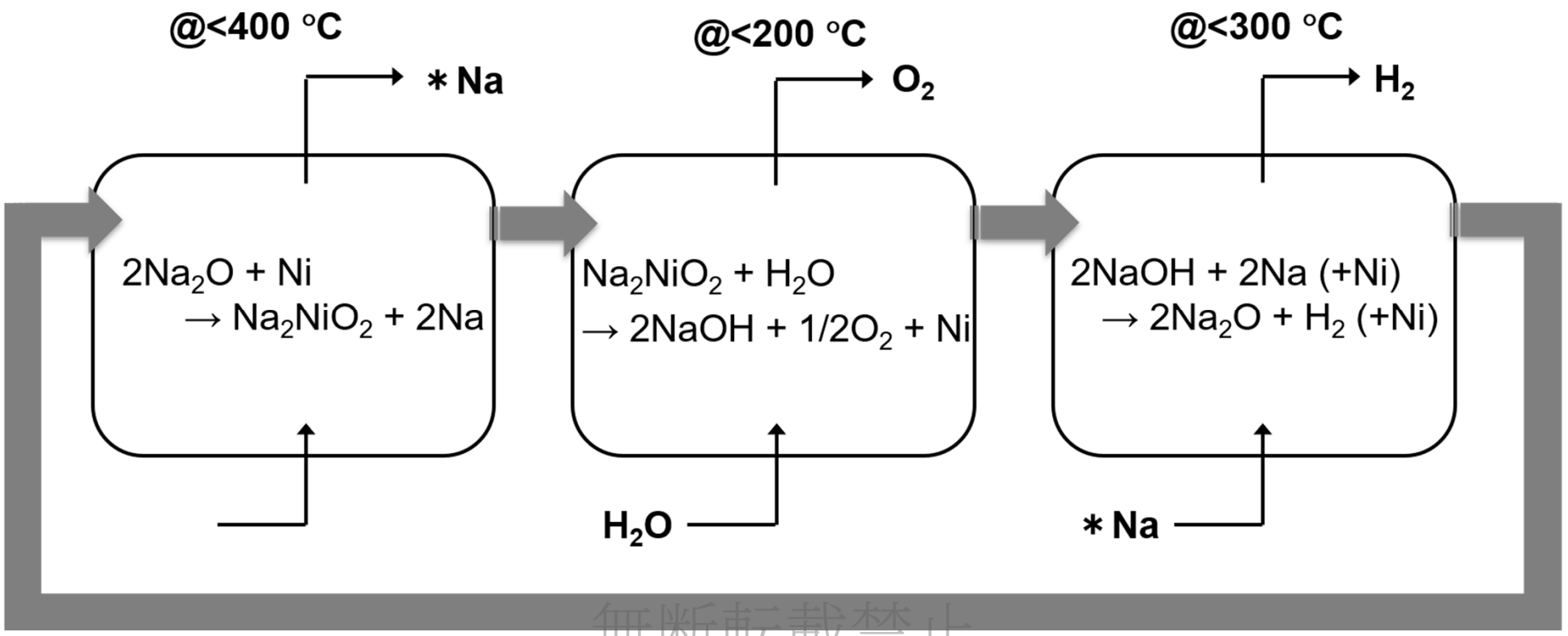
無断転載禁止

低温熱化学水素製造技術

HIROSHIMA UNIVERSITY

■Ni添加Na-redoxサイクルの提案（広島CR事業）

$$2Na_2O + Ni \rightarrow Na_2NiO_2 + 2Na$$
$$Na_2NiO_2 + H_2O \rightarrow Ni + 2NaOH + 1/2O_2$$
$$2Na + 2NaOH + Ni \rightarrow 2Na_2O + Ni + H_2$$



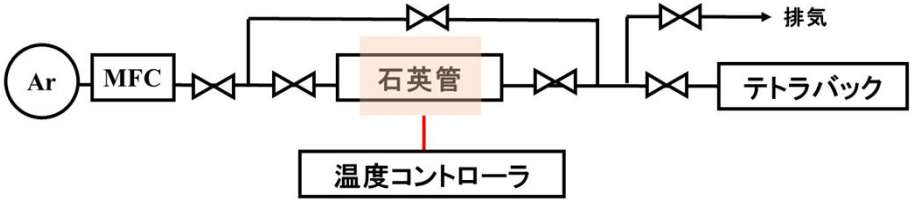
無断転載禁止

低温熱化学水素製造技術

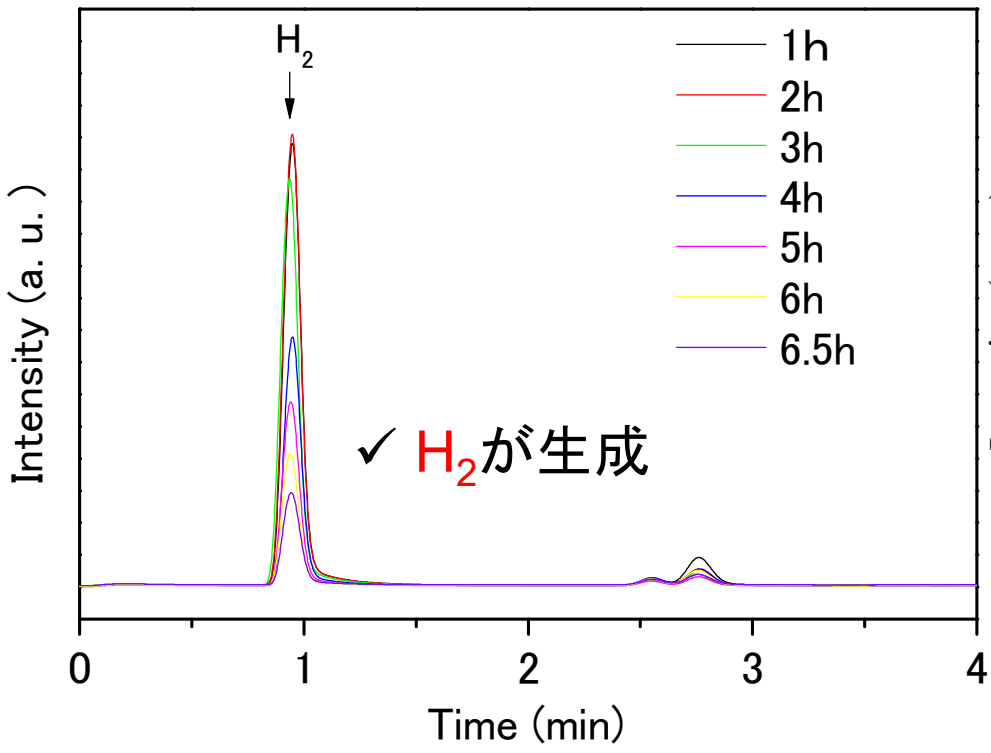
HIROSHIMA UNIVERSITY

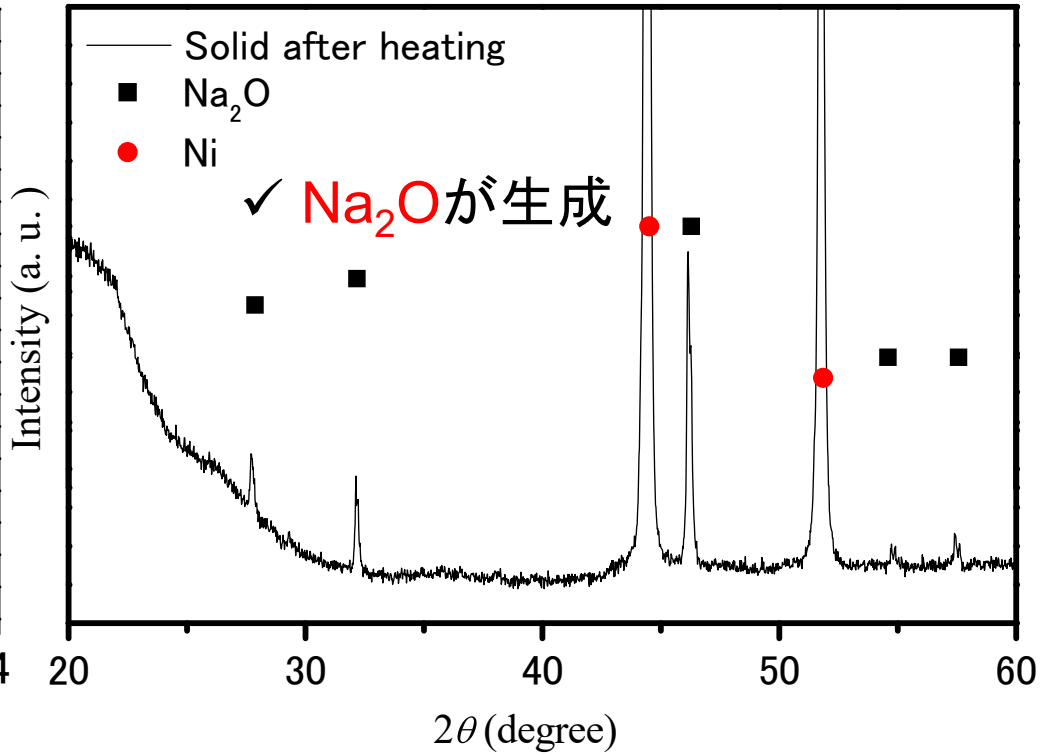
■Ni添加Na-redoxサイクル （広島CR事業）

水素生成反応: $2NaOH + 2Na\ (+Ni) \rightarrow 2Na_2O + H_2\ (+Ni)$



- ✓ 温度：300，350 °C
- ✓ 0.1 MPa-Ar フロー （10 cm^3/min)





300-350 °Cで水素生成反応が進行

無断転載禁止

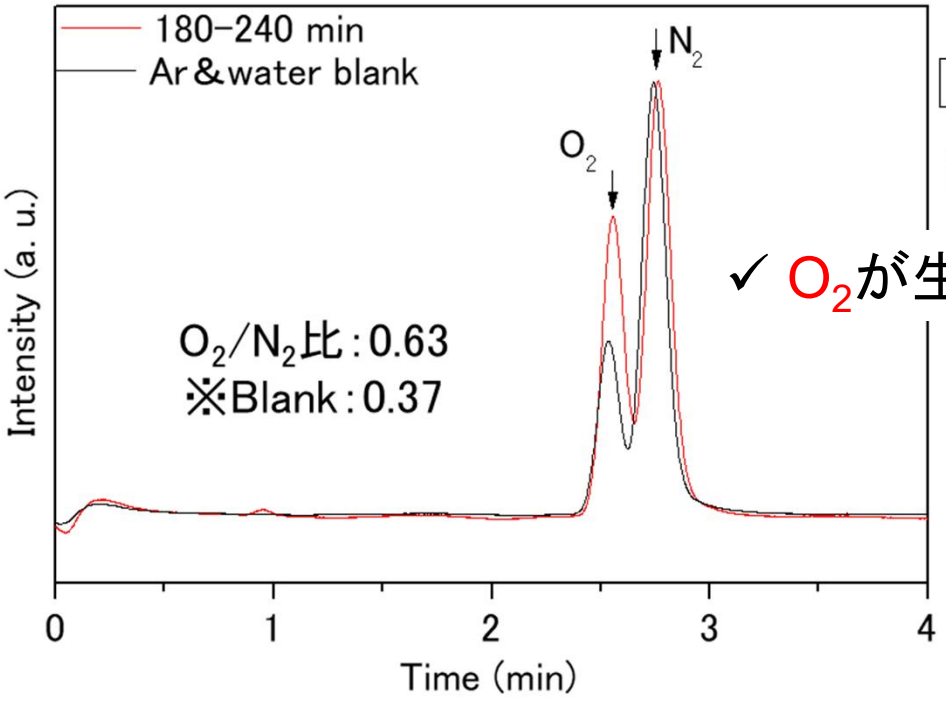
低温熱化学水素製造技術

HIROSHIMA UNIVERSITY

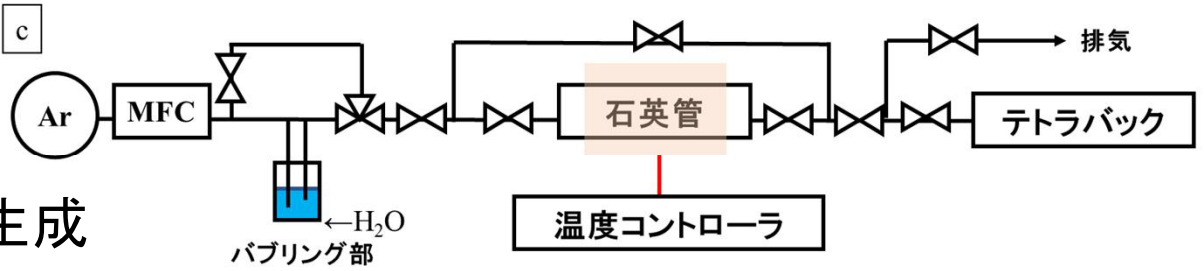
HIROSHIMA CARBON CIRCULAR PROJECT

■Ni添加Na-redoxサイクル （広島CR事業）

酸素生成反応: $Na_2NiO_2 + H_2O \rightarrow 2NaOH + 1/2O_2 + Ni$



✓ O_2が生成



✓ 温度：150，200 °C

✓ 0.1 MPa (Ar+H_2O 1.7%) フロー
(10 cm^3/min)

150-200 °Cで反応が進行

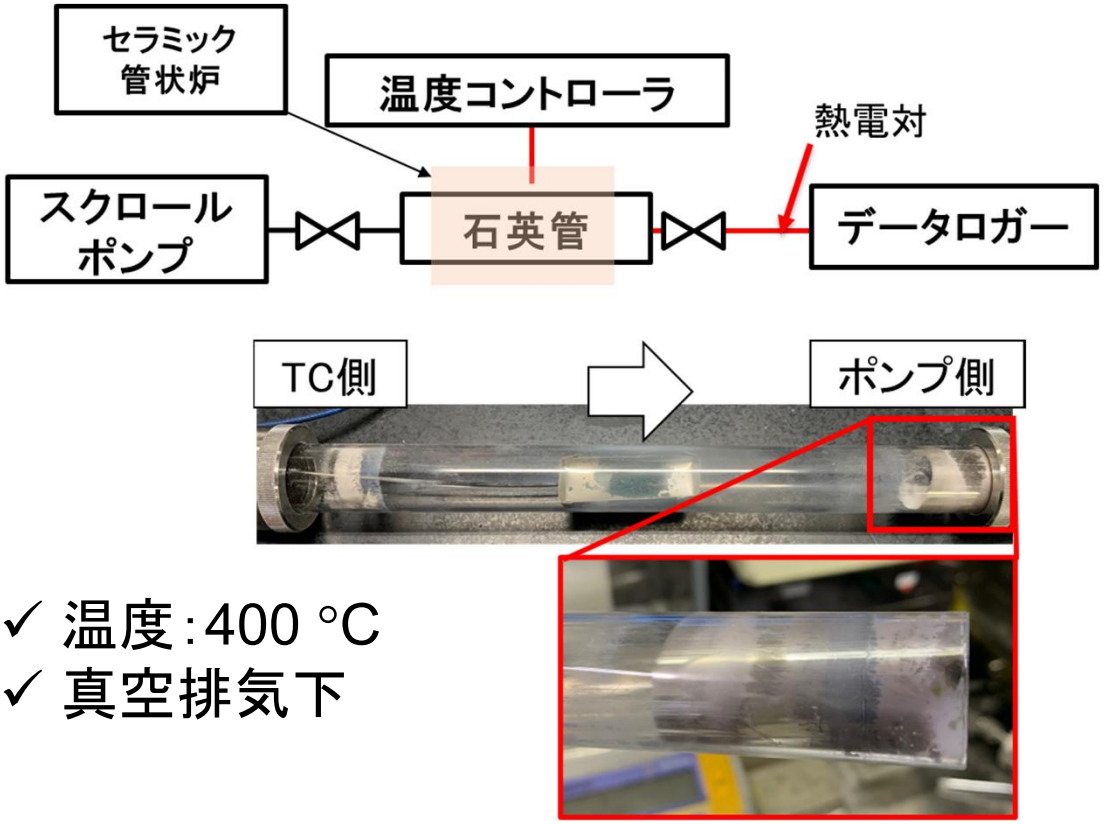
無断転載禁止

低温熱化学水素製造技術

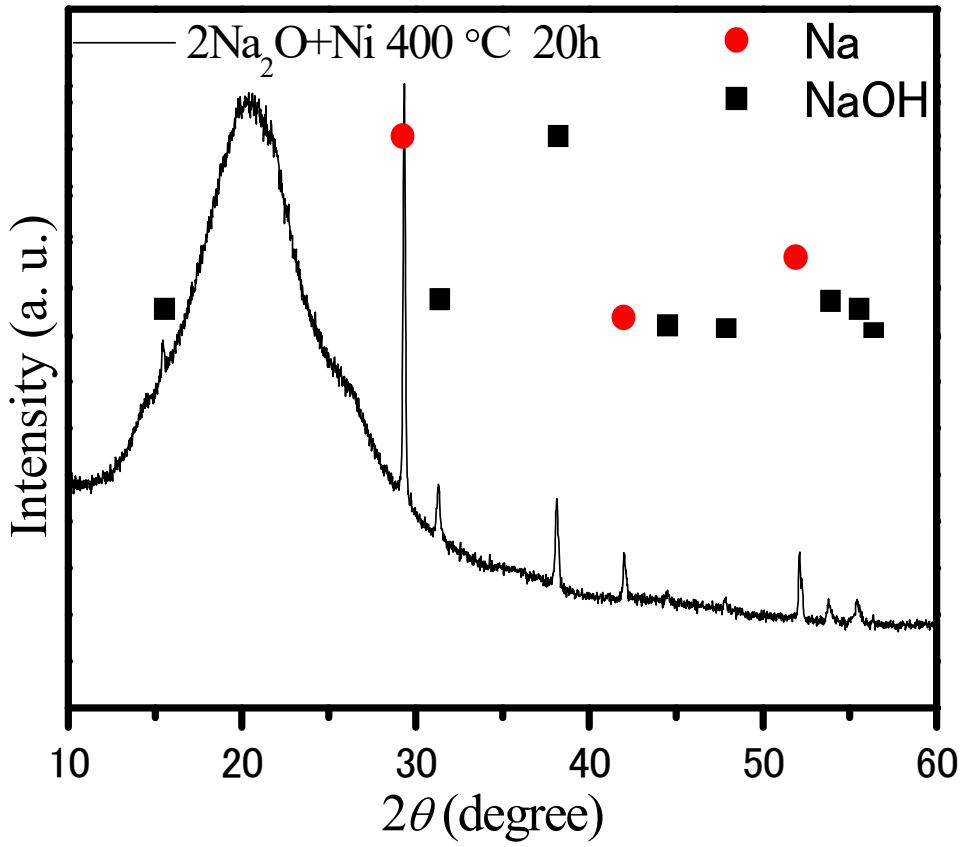
HIROSHIMA UNIVERSITY

■Ni添加Na-redoxサイクル （広島CR事業）

Na生成反応: $2Na_2O + Ni \rightarrow Na_2NiO_2 + 2Na$



✓ 温度:400 °C
✓ 真空排気下



✓ 400 °Cで反応が進行
*これまでのNa-redox:500-600 °C

✓ Naが生成 (室温部で回収)

無断転載禁止

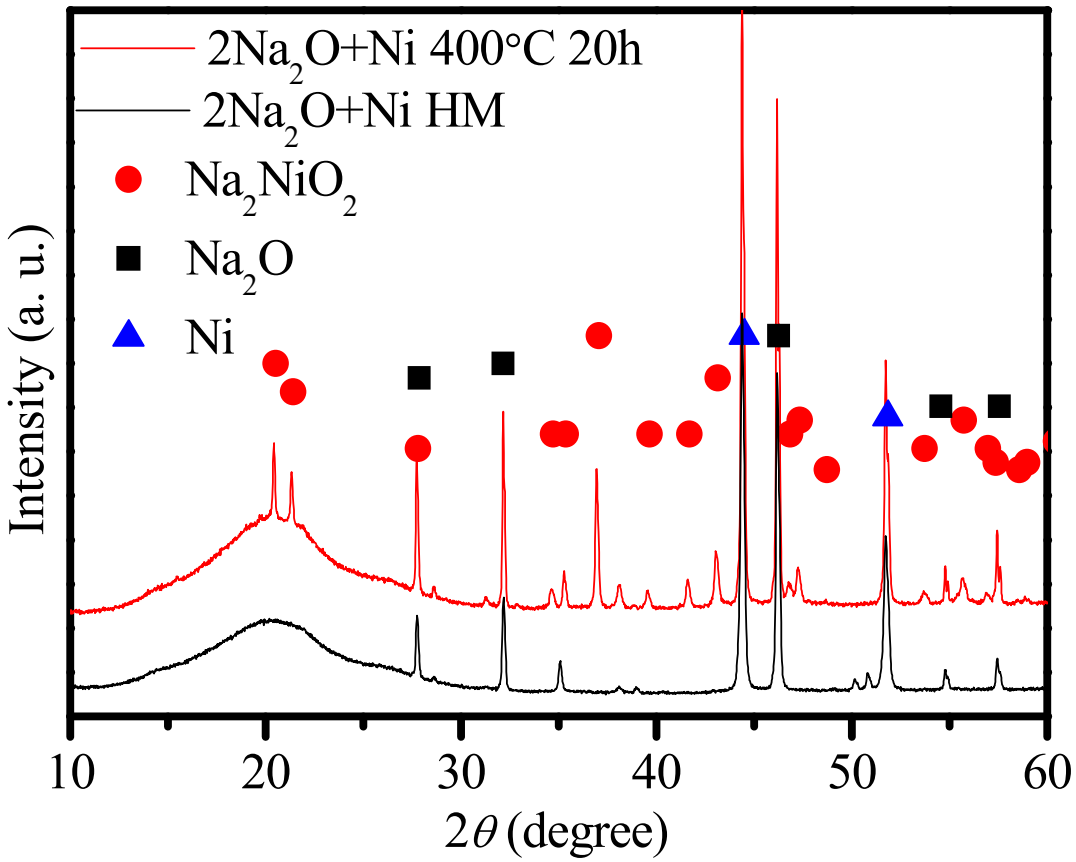
低温熱化学水素製造技術

HIROSHIMA UNIVERSITY

HIROSHIMA CARBON CIRCULAR PROJECT

■Ni添加Na-redoxサイクル （広島CR事業）

Na生成反応: $2Na_2O + Ni \rightarrow Na_2NiO_2 + 2Na$







✓ 白色→深緑色

*先行研究



✓ Na_2NiO_2が生成
✓ 腐食が劇的に抑制

無断転載禁止

低温熱化学水素製造技術

HIROSHIMA UNIVERSITY

タイプ	手法・原理	チーム	熱源温度 (°C)	特徴
2-step	$2CeO_2 \rightarrow Ce_2O_3+1/2O_2$ $Ce_2O_3+H_2O \rightarrow 2CeO_2+H_2$	海外：大学・国研 国内：新潟大学	2000	太陽熱(点集光型) の利用が必要
IS	$I_2+SO_2+2H_2O \rightarrow 2HI+H_2SO_4$ $2HI \rightarrow H_2+I_2$ $H_2SO_4 \rightarrow H_2O+SO_2+1/2O_2$	国内外の原子炉 関連の研究拠点	900	核熱(次世代原子炉), 太陽熱(点集光型) の利用が必要
UT-3	$CaBr_2+H_2O \rightarrow CaO+2HBr$ $CaO+Br_2 \rightarrow CaBr_2+1/2O_2$ $Fe_3O_4+8HBr \rightarrow 3FeBr_2+4H_2O+Br_2$ $3FeBr_2+4H_2O \rightarrow Fe_3O_4+6HBr+H_2$	国内外の原子炉 関連の研究拠点	750	核熱(次世代原子炉), 太陽熱(点集光型) の利用が必要
Cu-Cl	$2Cu_2OCl_2 \rightarrow 2CuCl+1/2O_2$ $2CuCl_2+H_2O \rightarrow 2Cu_2OCl_2+2HCl$ $2CuCl+2HCl \rightarrow 2CuCl_2+H_2$	海外の研究拠点	500 + 電気化学	太陽熱(線集光型), 及び電力 の利用が必要
HyS (Hybrid sulfer)	$H_2SO_4 \rightarrow H_2O+SO_2+1/2O_2$ $SO_2+2H_2O \rightarrow H_2SO_4+H_2$	海外の研究拠点	900 + 電気化学	核熱(次世代原子炉), 及び電力 の利用が必要
Na-redox	$2Na_2O+Ni \rightarrow Na_2NiO_2 + 2Na$ $Na_2NiO_2+H_2O \rightarrow$ $Ni+2NaOH+1/2O_2$ $2Na+2NaOH+Ni \rightarrow 2Na_2O+Ni+H_2$	広島大学	< 400	太陽熱(線集光型), 排熱 を利用可能 (蓄熱も併用可能)

✓ 現状，400 °C以下，熱のみで水素製造可能なのはNa-redoxのみ

無断転載禁止

HIROSHIMA UNIVERSITY

■今後の展開

NEDO「先導研究プログラム/エネルギー・環境新技術先導研究プログラム」

Ni添加Na-redoxサイクルを用いた低温熱化学水素製造

【事業目的】
産業排熱を活用した低コスト・低炭素な水素製造技術の確立
(電気分解に依存しない新たな水素供給手段の実現)

【研究内容】
1. ナトリウムレドックス反応による水の熱化学分解システムの基本原理の解明
2. 研究開発用プラントの概算設計と構築
3. 排熱の熱化学水素製造への適用検討

【将来展望】
未利用熱を活用し，2035年頃に1施設あたり
20 Nm^3/h規模の水素製造技術の確立を目指す

無断転載禁止

ご清聴ありがとうございました

無断転載禁止