

「水素」: 現状と課題

九州大学 水素エネルギー国際研究センター長(副学長) 佐々木一成
(次世代燃料電池産学連携研究センター長、カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所、
工学研究院主幹教授(水素エネルギーシステム専攻担当))
(email) sasaki@mech.kyushu-u.ac.jp (研究室HP) <http://www.mech.kyushu-u.ac.jp/~hup/index.html>
(水素センターHP) <http://h2.kyushu-u.ac.jp/>

第2回グリーンイノベーション戦略推進会議ワーキンググループ
2020年8月21日



国内最大・世界水準キャンパス

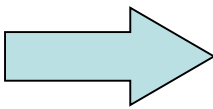


脱炭素・水素社会実現へ世界と戦う“チーム福岡”

水素：炭素循環⇒水素循環（使っても出るのは水だけ）！

燃料電池：“燃やさない”直接変換で高効率発電！

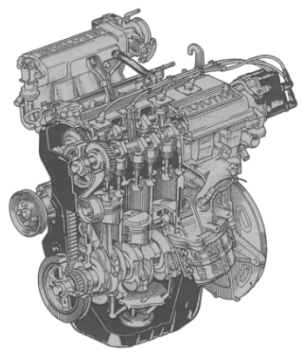
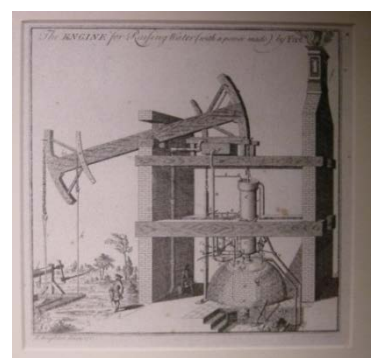
熱エネルギー変換（燃烧）
（化学エネルギー⇒**熱**⇒運動⇒電気）



電気化学エネルギー変換
（化学エネルギー⇒電気）

内燃機関（**集中型**）：**量的**なCO₂排出減

燃料電池（**分散型**）：**質的**なCO₂排出減



ニューコメンの熱機関
（Newcomen, 1712）
【当時の効率約1%】

ガソリンエンジン
（Otto cycle, 1876）
【実運転で十数%】



蒸気タービン（Rankin cycle, 1854）
【発電効率約40%超】
（日本機械学会編「熱力学」より引用）

燃料電池

水素
を介して
燃やさず
に発電！



エネファーム
（九大伊都に7台設置）
【家庭で発電効率約50% 総合効率約90%超】

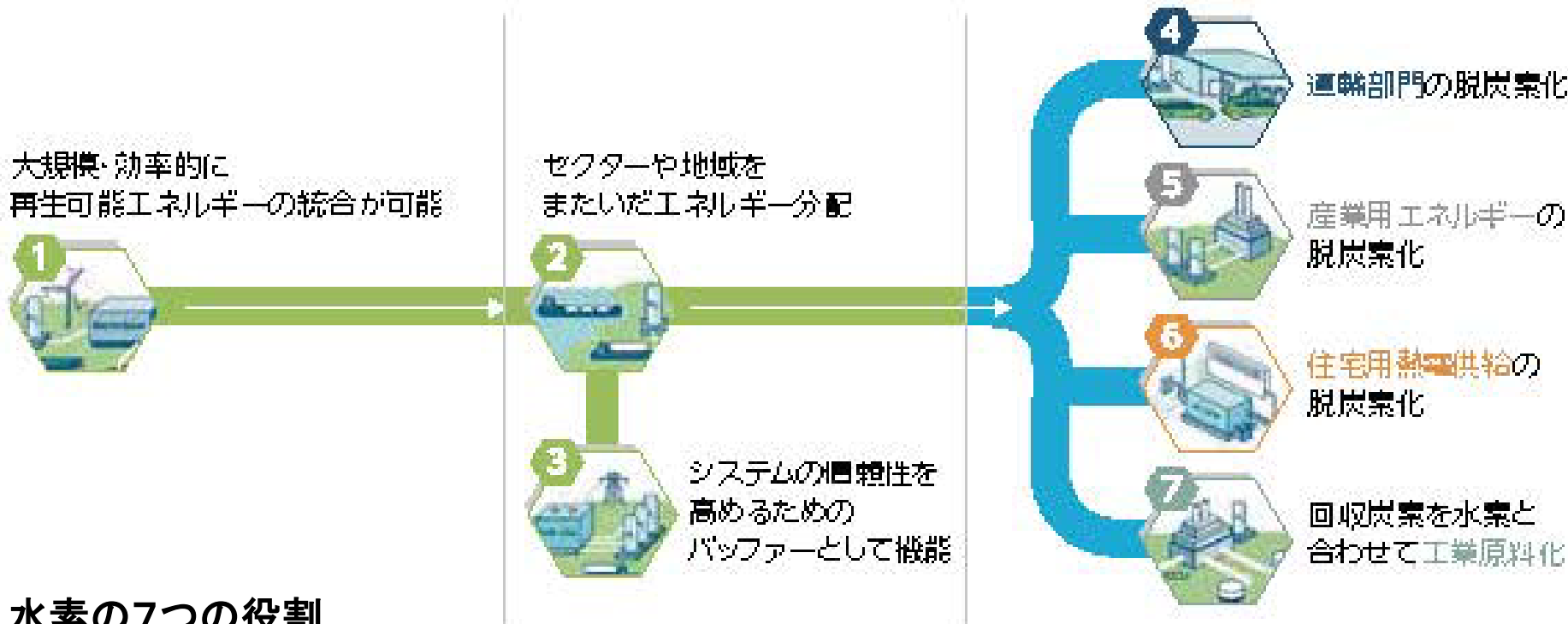
燃料電池車
（トヨタ製、九大所有、
世界初の大学公用車）
【車両効率約65%】



業務産業用・発電用燃料電池
（三菱日立パワーシステムズ製、九大伊都設置）
【将来、天然ガスで発電効率約70%へ】

水素：社会全体の脱炭素化へ（電化+水素化）

再生可能エネルギーシステムの実現 → エンドユーザーの脱炭素化



水素の7つの役割

- ①大規模な再生可能エネルギー統合と水素による発電
- ②セクターや地域をまたいでエネルギーを分配
- ③システムの弾力性を高めるバッファとして機能
- ④運輸部門を脱炭素化
- ⑤産業用エネルギーを脱炭素化
- ⑥住宅用熱電供給を脱炭素化
- ⑦工業用のクリーンな原料としての役割

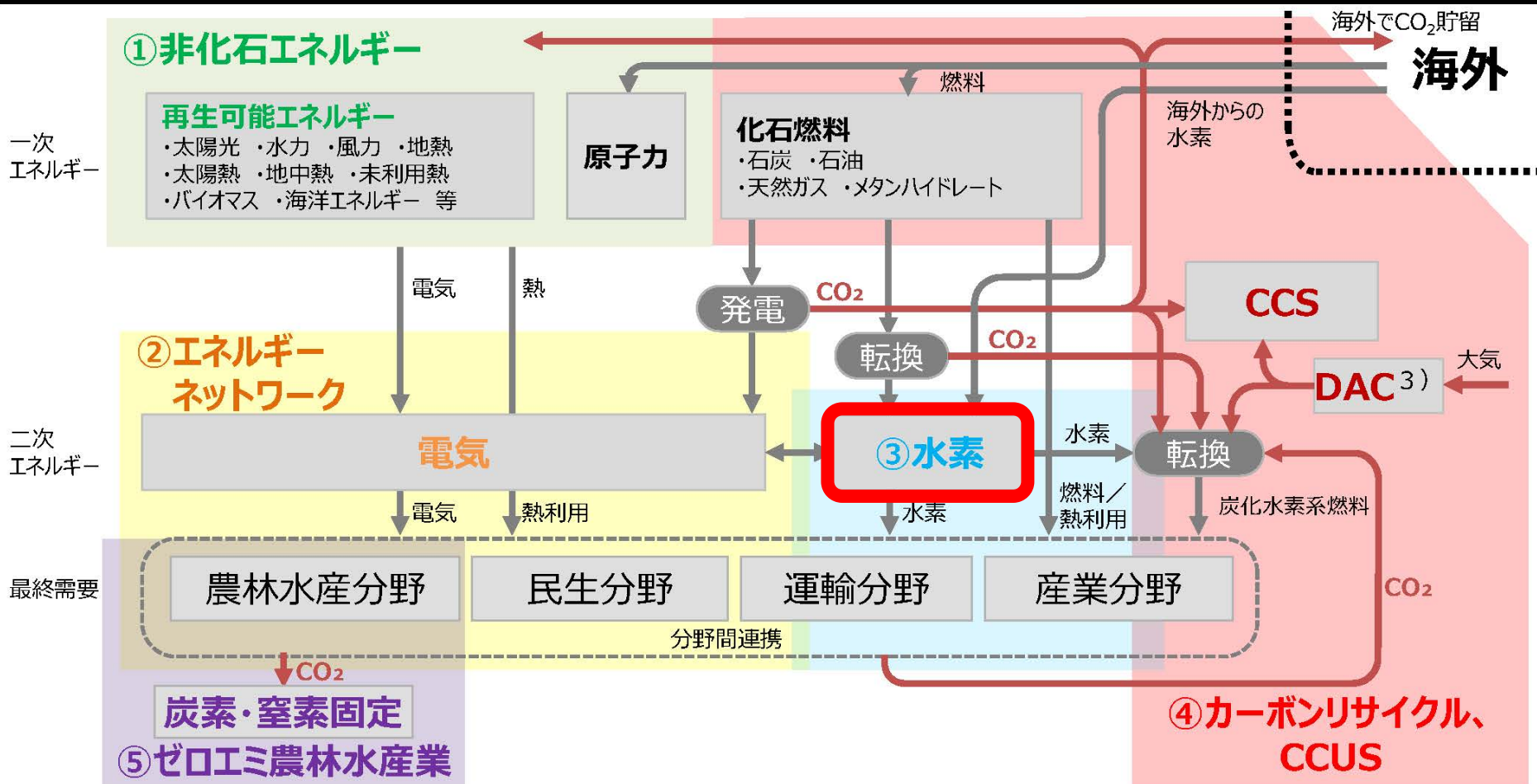
【社会全体の脱炭素化】 （電力+燃料+原料）

- 電力**：再エネ+原子力でCO2フリー化（余剰再エネ⇒**水素**）
- 燃料・原料**：CO2フリーな化学的なエネルギー媒体＝**水素**

「水素」が柱の一つ（革新的環境イノベーション戦略）

イノベーション・アクションプランの重点領域

技術領域で整理すると、①電力供給に加え、水素・カーボンサイクルを通じ全ての分野で貢献する非化石エネルギー、②再生可能エネルギー導入に不可欠な蓄電池を含むエネルギーネットワーク、③運輸、産業、発電など様々な分野で活用可能な水素、④CO₂の大幅削減に不可欠なカーボンサイクル、CCUS¹⁾、⑤世界GHG排出量の1/4²⁾を占める農林水産分野の5つが重点領域となる。



1) CCUS : Carbon Capture, Utilization and Storage (炭素の回収・利用・貯留)

2) 農業・林業・その他土地利用部門からのGHG排出量は世界の排出量の約1/4を占める (出典 : IPCC AR5 第3作業部会報告書)

3) DAC : Direct Air Capture (大気からのCO₂分離)

燃料電池自動車 (東京モーターショー2019に出展)

Toyota-MIRAI2



Mercedes (FC-PHV)



Mitsubishi FUSO



Lexus (Concept)



(撮影者:
佐々木一成)

●蓄電池+水素燃料電池:乗用車や商用車などの電動化・ゼロエミッション化に貢献

水素燃料電池列車(環境省・水素ミッション)

【水素燃料電池列車への乗車】環境省facebook 2019年5月4日 5:41

5月4日、原田環境大臣は、昨日訪問したAlstom社が世界で初めて実用化した水素燃料電池列車(Coradia iLint; コラディア・アイリント)に乗車しました。この列車は、2018年9月、ドイツ北部ニーダーザクセン州の約100kmの区間(ブクステフェーデ＝クックス・ハーフェン間)で運行を開始しました。今回の乗車はブレーマフェルデからブレーマハーフェン中央駅までの約36kmの区間です。燃料電池と水素タンクは屋根に設置され、現在は移動式水素ステーションから水素供給を受けていますが、将来的には定置式ステーションからの供給も予定しています。列車にはAlstom社Gerald Kowalski局長らも同乗し、車両の構造などについて説明を受けました。昨日から引き続き九州大学の佐々木副学長(次世代燃料電池産学連携研究センター長)を団長とする6社※、10名の企業団も同乗しました。

ディーゼル車両と比べても非常に静かで匂いもなく、運行時にCO2を排出しません。停電などの災害対応も可能で、架線が不要という利点もあります。環境省ではこれまで燃料電池フォークリフト、バス、船、トラック、ごみ収集車などの開発に取り組んできましたが、水素が有する可能性は大きいと言えます。

※岩谷産業株式会社、川崎重工業株式会社、九州旅客鉄道 株式会社、第一実業株式会社、トヨタ自動車株式会社、日本エア・リキード株式会社(五十音順)

写真: 水素燃料電池列車の外観(5/4)

(環境省facebook) <https://www.facebook.com/KankyoJpn.gov/>

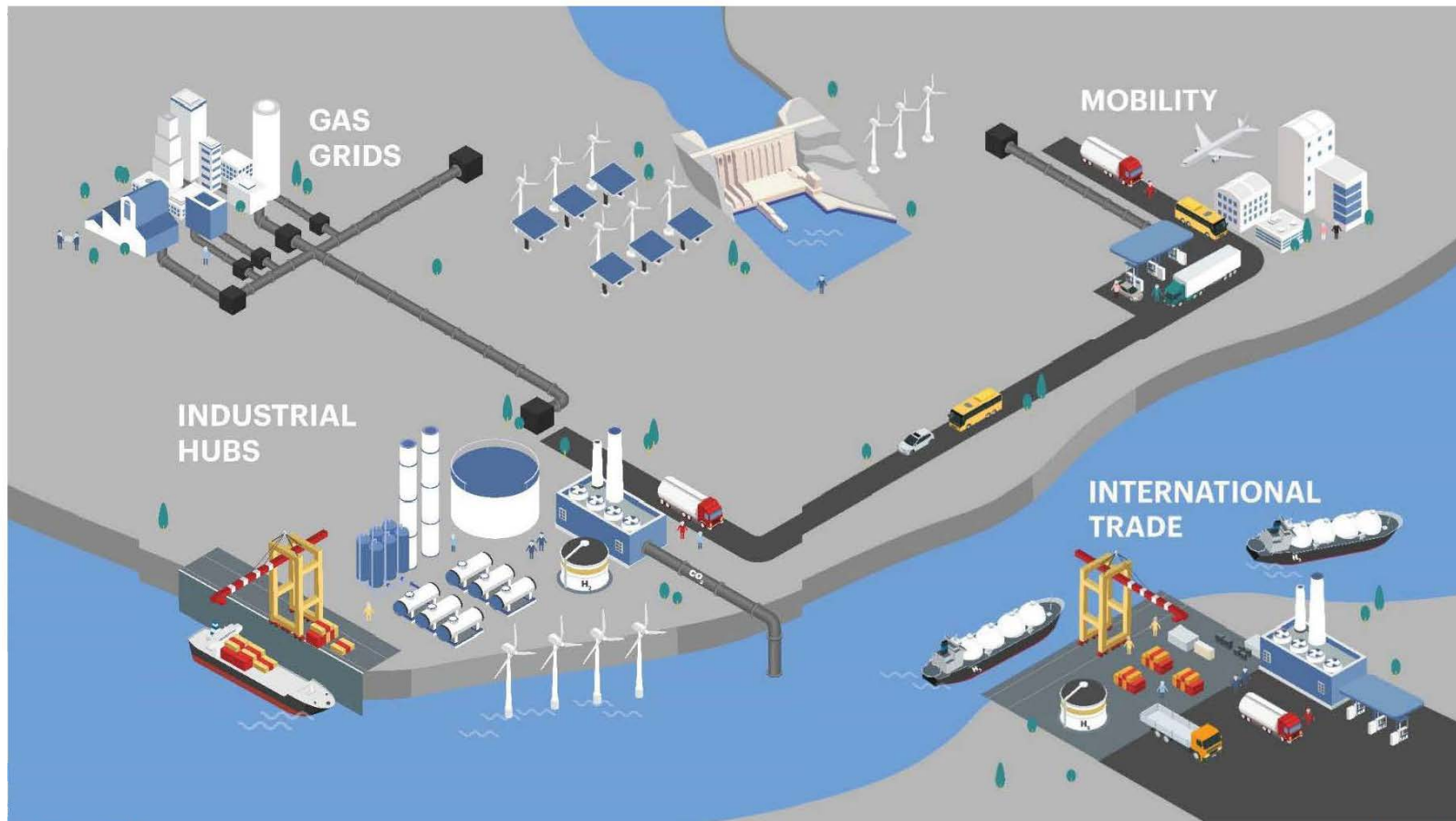
●欧州では、ディーゼル車を将来廃止し、電車と水素列車へ！



沿岸工業地域が水素社会の適地の一つ！

国際エネルギー機関(IEA)のG20向け水素レポート(2019)

4 opportunities for scale up



国際エネルギー機関のG20提出レポート:『湾岸の工業地域が水素社会実現への適地』

Source (出典): <http://ieahydrogen.org/pdfs/OECD-NEA-Workshop-4th-september-2019-Boulogne-Paul.aspx>
(Concept originally from IEA report, *The Future of Hydrogen*, (2019); <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>)

余剰再エネの有効利用に水素が貢献できないか？

例：九州本土の再生可能エネルギーの接続・申込状況

● 接続可能な再生可能電力量(太陽光:817万kW、風力:180万kW)を超える再生可能電力の接続申込:計3543万kW(最大電力需要は約800~1400万kW)

● 太陽光発電のみならず、最近は昼夜に発電する風力発電の接続検討が増加

九州本土(離島除く)の再生可能エネルギーの接続・申込状況(2020年3月末時点)

(単位:万kW)	太陽光	風力	バイオマス	水力 (揚水除く)	地熱	合計
接続検討 申込み	125	866	86	3	22	1,101
接続契約 申込み	158	322	7	1	3	490
承諾済	379	128	86	12	2	607
接続契約申込及び 承諾済(再掲)	537 【481】	450 【373】	93	13	4	1,097
接続済	944 【233】	58 【0.06】	133	187	23	1,344
合計	1,606	1,373	312	202	49	<u>3,543</u>

※ 合計は四捨五入の関係で合わないことがある

※ 【 】は、指定ルールにおける出力制御対象分 九州電力送配電ホームページ(https://www.kyuden.co.jp/td_renewable-energy_application_index)

世界動向：日本は世界を牽引、しかし世界は猛追中

【日本が世界を牽引】

- 水素・燃料電池戦略ロードマップを官民で策定し、技術開発を着実に推進
- 日本は水素ステーション数で世界トップ（2020年7月現在、全国で131箇所）
- 2014年から燃料電池自動車市販開始、2020年に次世代型市販開始予定
- 水素サプライチェーン構築に向け、液体水素運搬船の開発などが着実に進行
- 水素を日本のエネ技術開発の重点分野に位置づけ（ICEF会合など）
- 『今後10年間に、世界でFCV等1千万台、水素ステーション1万基へ』
（水素閣僚会議、2019）

しかし

【海外の猛追】

- 米CA州でのFCV販売台数が着実に増加し、日本国内台数を超過
- 商用車での優位性から、フォークリフト・トラック・バス・列車等への車種展開
- 中国：トラックやバスなどの商用車に注力、地方政府が積極的に水素都市形成
- 韓国：HyundaiがFCVを積極生産、「水素法」策定（世界初、2020年1月）
- ドイツ：2020年6月に「国家水素戦略（Die Nationale Wasserstoffstrategie）」を策定し、コロナ復興策の中で巨額投資
- 欧州：2020年7月に「水素戦略」公表、水素が脱炭素化（特に運輸、産業）の柱

課題：グローバルな競争に日本は勝てるか？

(0) 「水素・燃料電池戦略ロードマップ」に沿った技術開発 (その上で)

(1) 個々の開発技術を面的な普及にどう発展させるか？(本格普及)

- ・ 三大都市圏のビジネスモデルは？(海外水素輸入＋大量利用＋ESG投資など)
- ・ 地域圏の成功モデルは？(地域循環共生圏での余剰再エネ利用・地産地消など)
- ・ 用途拡大(船、列車、物流トラックなど)、普及モデル・エコシステムの構築

(2) 「安い水素」をどう確保するか？(本GI戦略成功へのボトルネック)

- ・ グローバルなサプライチェーン構築(技術開発・大規模実証、資源国との連携)
- ・ ローカル・オンサイトでの水素製造(特に、「安い水素」を作れる水電解や、水素貯蔵を含めたシステム開発・大規模実証・本格普及が重要)

(3) 長期戦に向けた研究開発の足腰の強化(人材の戦略的育成)

- ・ 国内外で活躍できる人材の戦略的育成・研究力強化(グリーンイノベーションを担うのは若い世代。長期戦略の中で、我が国の将来を担う人材(特に大学院生)の育成を戦略的・集中的にできないか？「人を残すは上」「米百俵」)