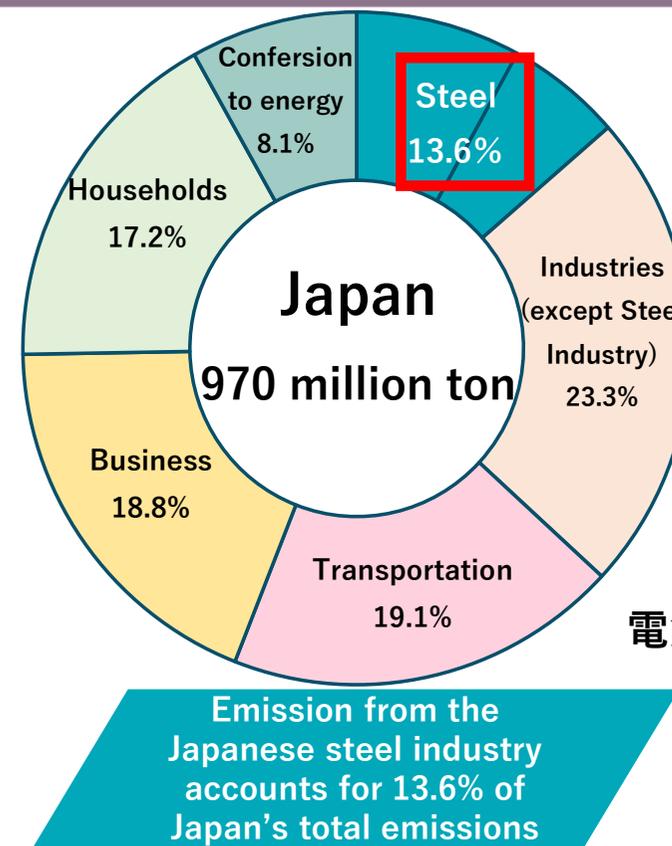
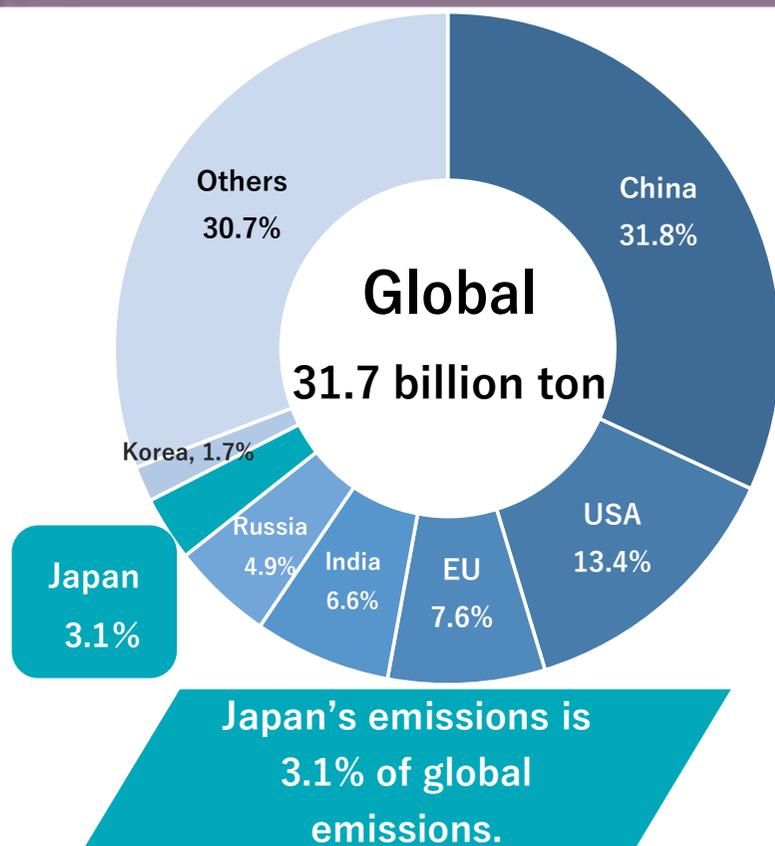


世界および日本のCO2排出量（2020年）

- ✓ 日本は**世界で6番目**に多くのCO2を排出しており、その量は**約3%**に達している
- ✓ 世界の鉄鋼生産によるCO2排出は7%
- ✓ 日本の鉄鋼業から日本のCO2排出量の約14%排出、化学産業は5.6%

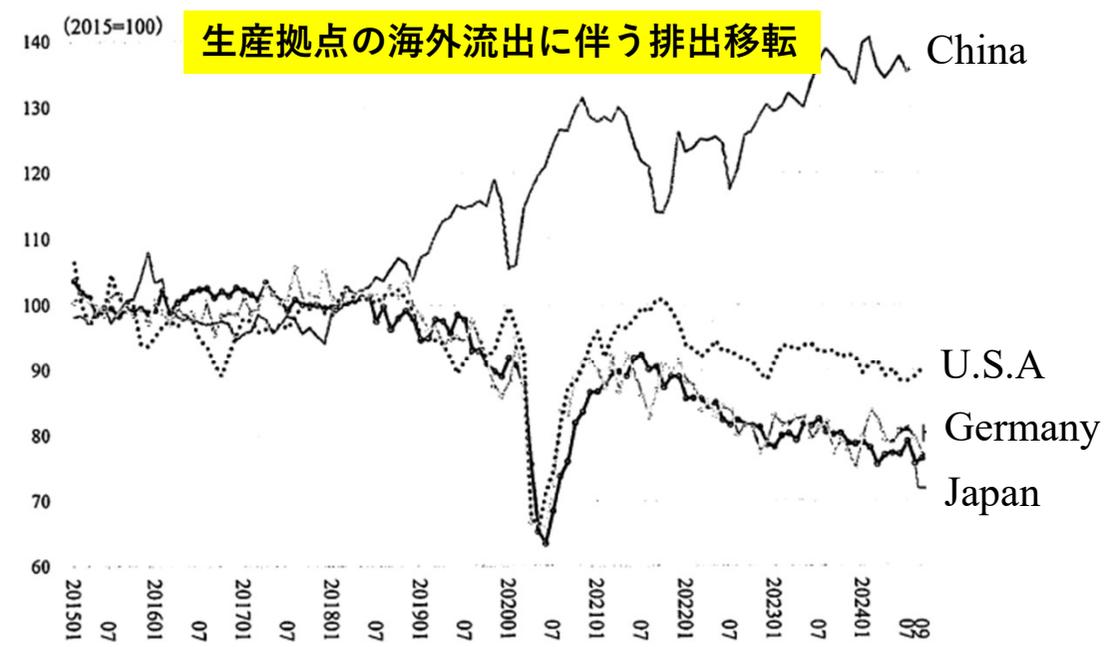
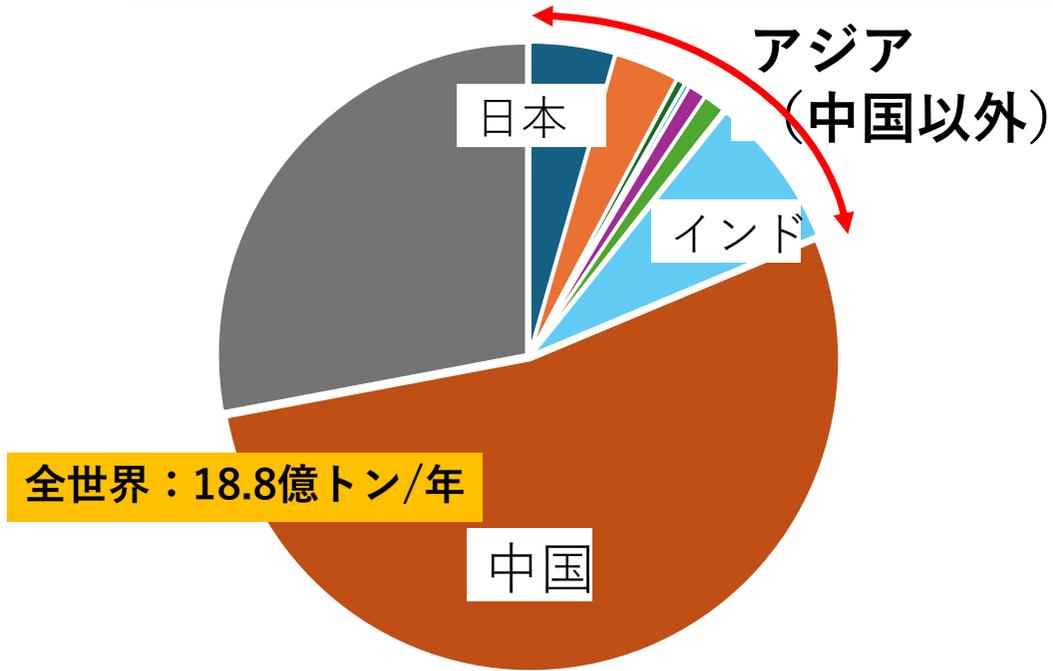


Based on the Ministry of the Environment's document (<https://www.env.go.jp/content/000098246.pdf>), the translation and graph have been recreated.

Based on the data from the National Institute for Environmental Studies, "The GHG Emissions Data of Japan (1990-2020)," a graph has been created.

世界の鉄鋼生産量（2024年）

日本単独の規制強化は地球規模での削減に寄与しない可能性がある
→ 世界に与える効果が小さい、また、CARBON LEAKAGEが生じる（右図）



鉄鋼生産量は中国を含めてアジアが70%を占める。
その中で日本の鉄鋼の占める割合はわずか4%

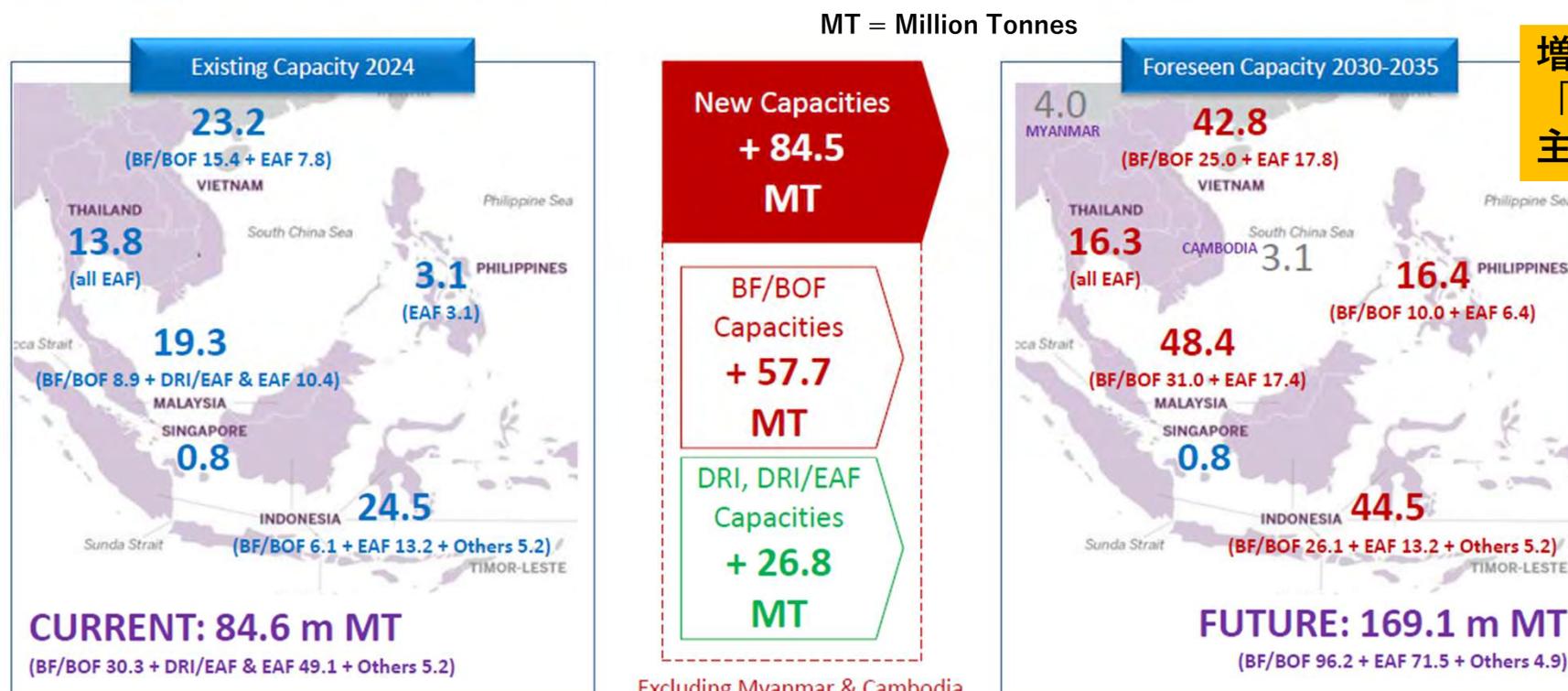
世界の鉄鋼生産量（国別:2024）

Monthly Crude Steel Production in Major
Unit: 2015 Production in each country=100
Source: Energy Cost Monitoring (Published November 10, 2024)

東南アジアの鉄鋼生産計画 (2024→2035)

東南アジアでは今後10年で8,400万トンの増産が計画されている

Unsustainable overcapacity is looming in ASEAN, should more than 80 MT of new capacity appear in the next decade



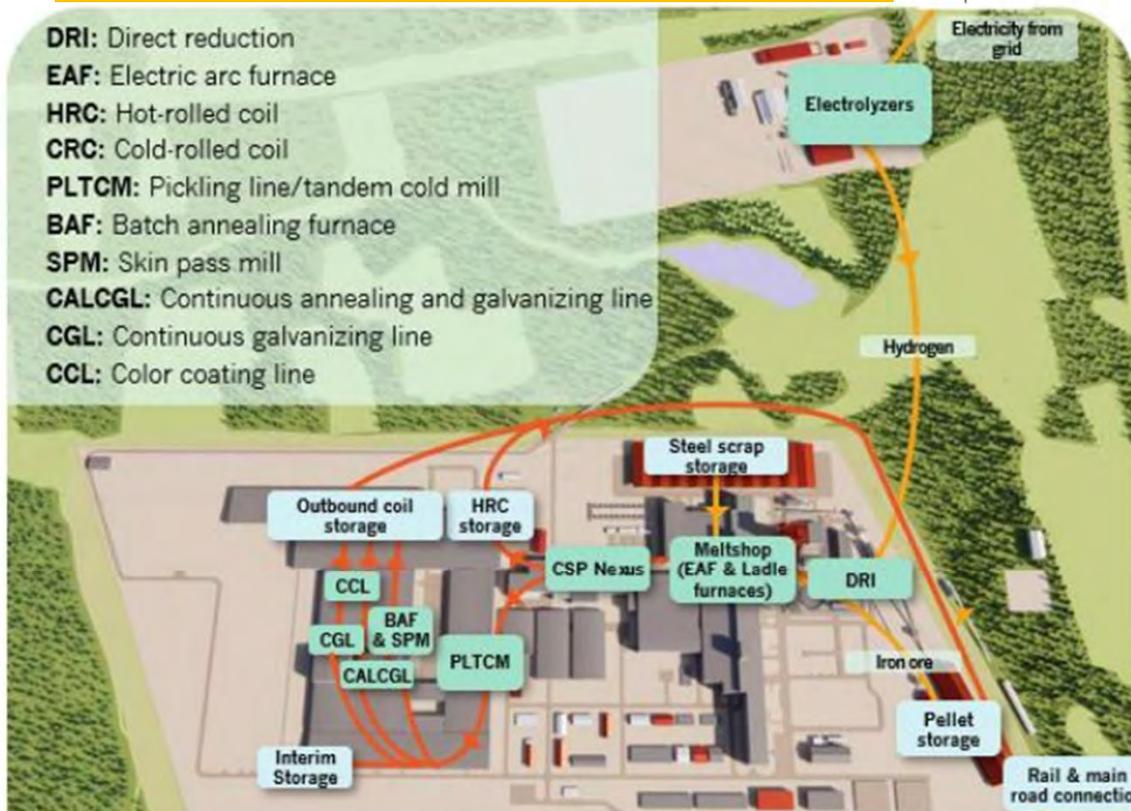
Yeoh W-J 2025 Regional decarbonisation roadmap: ASEAN-6 Regional Decarbonisation Roadmap Workshop (Singapore, 1 December 2025)

Note: Capacity is defined as crude steel capacity. Rolling capacities and further downstream capacities are not included.

スウェーデンのStegra、世界初大型グリーンスチール工場

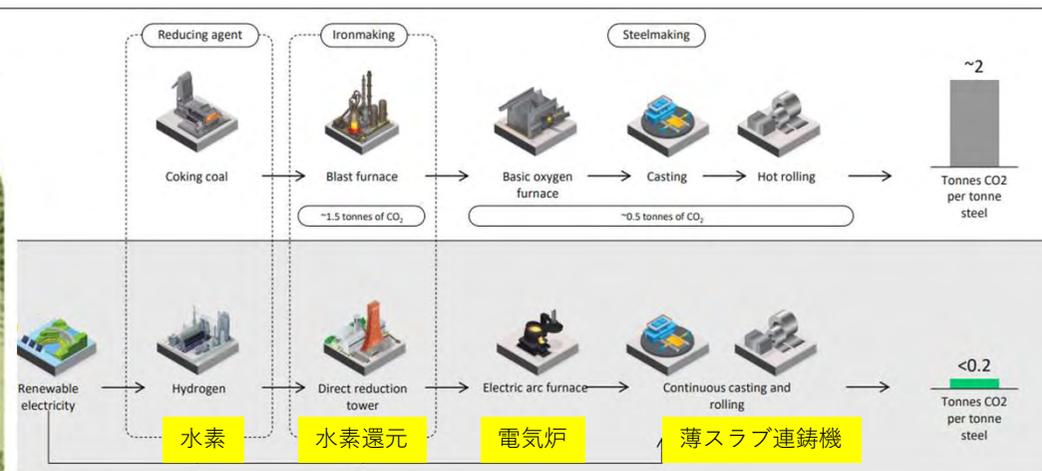
欧州における「化石燃料ゼロの鉄鋼生産」の象徴的プロジェクト

- DRI: Direct reduction
- EAF: Electric arc furnace
- HRC: Hot-rolled coil
- CRC: Cold-rolled coil
- PLTCM: Pickling line/tandem cold mill
- BAF: Batch annealing furnace
- SPM: Skin pass mill
- CALCGL: Continuous annealing and galvanizing line
- CGL: Continuous galvanizing line
- CCL: Color coating line



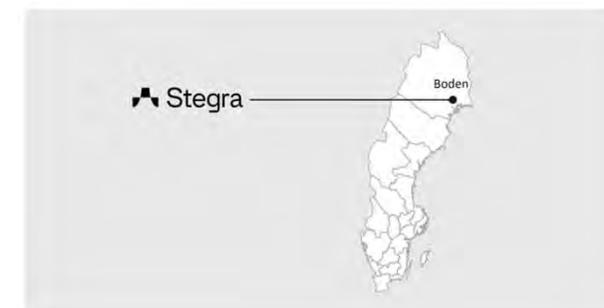
図の右下隅には、鉄鉱石を施設に輸送するためのレールと幹線道路が配置されます。その後、鉄鉱石はDRI塔の外側の貯蔵ホールに貯蔵され、後にDRI塔内で水素によって還元される。図の右上には、電気分解装置、水素製造装置、その他のプロセスで使用される電力が供給される送電網が配置されています

<https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=9111067&fileId=9111068>



<https://storage.invitepeople.com/0/1498073/Stegra.pdf>

水素によりホットブリケット鉄 (HBI) と直接還元鉄 (DRI) を生産、外部販売用のグリーン鋼コイルとホットブリケットグリーン鉄 (CO₂<0.2t) を生産する。



Stegra世界初大型グリーンスチール工場が必要となるエネルギー

- ◆ 世界でエネルギー事情が大きく異なる
- ◆ グリーン電力が豊富な地域においても、Hard to abate産業をグリーン化するには莫大なグリーン電力が必要

- 年産**250万トン**の製鉄所における、水素還元と工程維持に必要なリソース
 - 水素還元に必要な水素量: グリーン水素:約12.8万トン/年 (鉄1トンあたり理論上571 Nm³の水素が必要)
 - 電気分解用電力:約7.1 TWh/年 (1GW級の原子炉約1基分に相当)
 - 下流工程の補填電力:約3.8 TWh/年 (エネルギー不足分5.5 GJ/トン进行補うため。原子炉約0.6基分)
- 合計**必要電力約10.9 TWh/年 (原子炉換算で約1.6基相当)**:250万トンの鉄を全て鉄鉱石から水素還元した場合
注: 文献*では9.5TWhとの報告

*: <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=9111067&fileId=9111068>

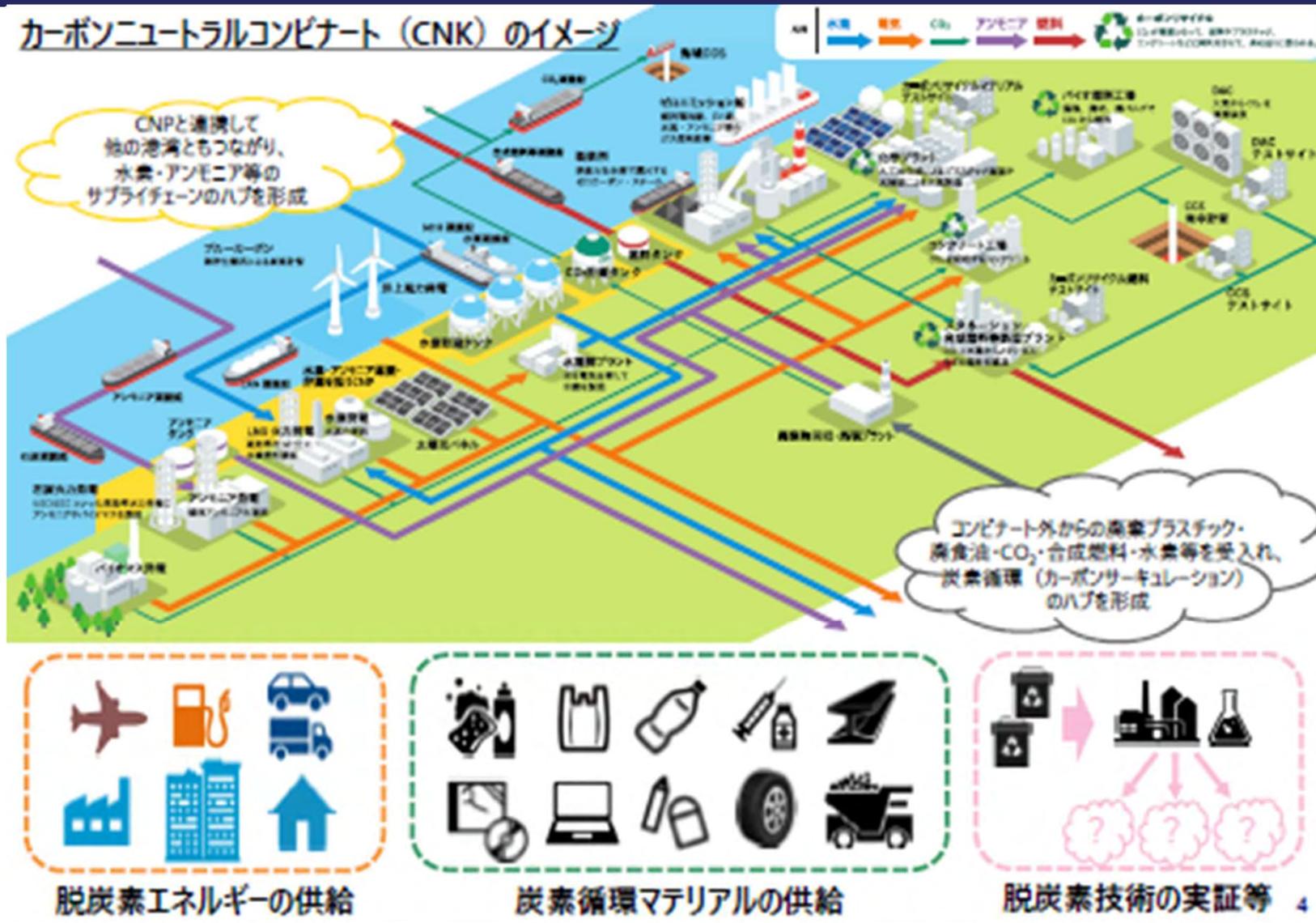
<スウェーデンの現状とSTEGRAの事例>

- 電力状況: スウェーデンの総電力165 TWh(2024年)の**95%がグリーン電力**。水力豊富な北部は供給過剰で電力が安価だが、南北で電力網が分断されている。
- STEGRAのインパクト: 年産250万トンの製鉄で**国家電力の6%強を消費する**計算。
- スウェーデンの粗鋼生産量: 国全体で**402万トン(ほとんどが特殊鋼)**

<日本への適用シミュレーション>

- 必要電力: 日本の粗鋼8,000万トンを同様の手法でグリーン化する場合、**349 TWhの電力 (1GW級原子炉 約50基分のクリーン電力に匹敵) が必要** (試算の前提: Stegra社のプロセス効率を日本全体の粗鋼生産量に外挿)。
- 政策との乖離: **2040年の再エネ目標(400~500 TWh)の約7~9割を鉄鋼業だけで占有する計算となり、非常に高いハードル**。海外から水素を輸送する場合も輸送・貯蔵等に課題がある。

CNにむけたCO2削減には産業間連携も重要な視点



産業を越えた
連携が求められる

カーボンニュートラルコンビナート研究会(2022,3)
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/suiso_seisaku/pdf/001_04_00.pdf

活動のカテゴリー分け（出口戦略）：

【出口：サーキュラーエコノミーの確立】

- 資源・材料の循環利用検討分科会
- 材料工学における水素利用・炭素循環（産業連携）の課題検討

【出口：異分野融合による新価値創造】

- バイオマテリアル分科会（臨床・歯学・化学合同）
- 「水素科学技術」に関するWG

【出口：デジタル・材料設計の革新】

- 新材料デザイン検討分科会（計算機支援/MIの活用） 再生可能エネルギー拡大のための新材料開発

達成目標の定義（時間軸と広がり）：

- ◆ アースポジティブ（地球再興）：**素材産業の低炭素化と、再エネ社会を支える革新材料の創出**
- ◆ ネイチャーポジティブ（自然再興）：**資源の完全循環利用による環境負荷の最小化**
- ◆ スペースポジティブ（宇宙再興）：将来展開分科会を通じ、地球環境の知見を**極限環境（宇宙等）の材料循環・フロンティア技術へ応用**

材料工学委員会は、素材の進化を通じて『地球再興』への責務を果たしていく。

Hard to Abate産業の脱炭素化に向けて

- **エネルギー供給の現実を直視:** スウェーデンのStegra社の事例を日本に適用する場合、鉄鋼業界単独で国内再生可能エネルギー2040年目標の約9割に相当する電力が必要となる。同様のカーボンニュートラル(CN)化は、エネルギー基本計画の抜本的な見直しがなければ、事実上不可能であると言わざるを得ない。
- **カーボン・リーケージの阻止:** 実行性に欠けるCN施策は、国内産業の空洞化と「カーボン・リーケージ」を招くリスクがある。グローバルに公平かつ同ルールに基づいた制度設計が不可欠である。
- **多層的戦略の同期:** 特定技術に依存せず、既存プロセスの効率化から次世代技術の実装、さらには市場制度の設計までを統合した「多層構造の戦略」を同期させて推進すべきである。そのためには産官学一体の協力が必要である。
- **産業間連携による地域炭素循環:** 鉄鋼の副生ガスを化学原料等へ転換する「カーボンニュートラル・コンビナート(CNK)」等のセクターカップリングによる、地域炭素循環の構築が重要な鍵の一つとなる。
- **グローバル展開の加速:** ASEAN等の新興国に対し、インフラの共同運用や資源循環モデルを提示し、地域横断的な脱炭素化を主導することが望まれる。
- **材料工学の使命と地球再興:** 素材の低炭素化、革新材料の開発、そしてサーキュラーエコノミーの確立を出口とし、材料工学に携わる我々が「地球再興」への責務を果たしていくべきである。

END