



SDGsへの鉄企業の貢献の現状と展望

2021年11月26日 齋藤公児

日鉄総研株式会社

鉄鋼製品の産業における役割

鉄鋼業でのSDGsの例

3つのエコと革新的技術開発



エコプロセス つくるときからエコ

当社は世界最高レベルの資源・エネルギー効率で鉄鋼製品を生産するとともに、更なる効率改善を追求し、環境に配慮したエコプロセスを目指します。



エコプロダクツ つくるものがエコ

世界をリードする技術力で、環境にやさしいエコプロダクツを生産・提供し、持続可能な社会構築に向けた省資源・省エネルギーや環境負荷低減に貢献しています。



エコソリューション 世界へひろげるエコ

世界最高水準にある当社グループの環境・省エネルギー技術を国内に展開・普及させるとともに海外へ移転・普及させることで地球規模のCO₂排出削減や環境負荷低減に貢献しています。



革新的技術開発

当社は、省資源・省エネルギー・環境負荷低減に資する技術や製品を社会に提供するために、革新的な先端技術の開発に中長期的な視点で取り組みます。

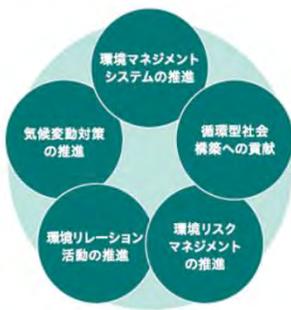
SDGsの視点からの課題提起

持続可能な開発目標(SDGs)

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



環境経営実行計画



具体的な取り組み事例



- 発展途上国における事業会社設立に伴う雇用創出 [E17](#)
- アンプレーム工法(鋼材を保全した鋼製架台工法)による災害耐震性の確保



- 独占禁止法教育等のコンプライアンス教育の徹底
- 人権尊重を基本とする不当な差別の排除 [E10](#)
- 女性や外国人の採用拡大 [E10](#)



- 製鉄工場の副産物である鉄鋼スラグ肥料による農業生産性の向上や農地の塩害対策 [E5](#)
- 農業用水も確保できる海水淡水化プラント向けの海水耐食性に優れたチタン・ステンレスの提供



- くらしに欠かせない様々なエコプロダクツの提供 [E11](#)
- 生産強度の高い鋼材の提供 [E11](#)
- 自然の営みを尊重しながら災害からくらしを守るアンプレーム工法の展開



- 大気・水質・土壌リスクマネジメント、化学物質マネジメントの推進 [E12](#)
- 環境負荷低減の鉛や六価クロム等含まない鋼材の開発・提供



- 大気・水質・土壌リスクマネジメント、化学物質マネジメントの推進 [E12](#)
- スラグ、ダスト、スラッジ等の副産物再資源化の徹底 [E12](#)
- 鉄プラスチックのリサイクルの推進 [E12](#)



- 技能向上を目指した社員教育(OJT、OFT、IT、産業実習型大学派遣等)の推進、技能トライアソン等の開催 [E4](#)
- 教員研修や学生のインターンシップの受け入れ [E4](#)



- カーボンニュートラルビジョンによる気候変動対策の推進 [E13](#)
- 高強度・軽量化による省エネを実現するハイテンや高速鉄道の最重量級車等のエコプロダクツの開発・提供 [E13](#)



- 女性が働きやすい労働環境整備、キャリア形成支援・自立支援 [E5](#)
- 女性採用の拡大、管理職の女性社員数の拡大 [E5](#)
- ハラスメントの防止 [E5](#)



- 鉄鋼スラグを活用した環境再生の推進 [E14](#)
- 製鉄所付近の海岸におけるボランティア清掃活動 [E14](#)
- NPO法人「森は海の恋人」との連携(植樹活動への参加) [E14](#)



- 限りある水資源の循環再生利用の徹底 [E6](#)
- 水質リスクマネジメントの推進 [E6](#)
- 海水淡水化プラント向けのチタン・ステンレスの提供
- 安全な水を運ぶ水道用ライニング鋼管の提供



- 大気・水質・土壌リスクマネジメント、化学物質マネジメントの推進 [E15](#)
- 「暮らし(ふるさと)の森づくり」による製鉄所周辺の緑化推進 [E15](#)
- 製鉄所周辺の清掃活動 [E15](#)



- 副生ガスの100%活用等の無駄のないエネルギー利用 [E7](#)
- 水素からエネルギーを生み出す燃料電池への素材提供
- 水素社会のインフラを支える高圧水素用ステンレス鋼の開発・提供 [E7](#)



- 労働防止ガイドラインの制定・周知徹底 [E16](#)
- 反社会的勢力の排除
- 紛争解決の不使用促進の徹底 [E16](#)
- 安全保障貿易管理の徹底



- ダイバーシティ&インクルージョンの推進 [E8](#)
- (女性活躍、働き方・休め方、健康増進、高齢者・障がい者雇用等)
- DX推進による働き方改革、生産性向上、作業者の安全管理等の向上 [E8](#)

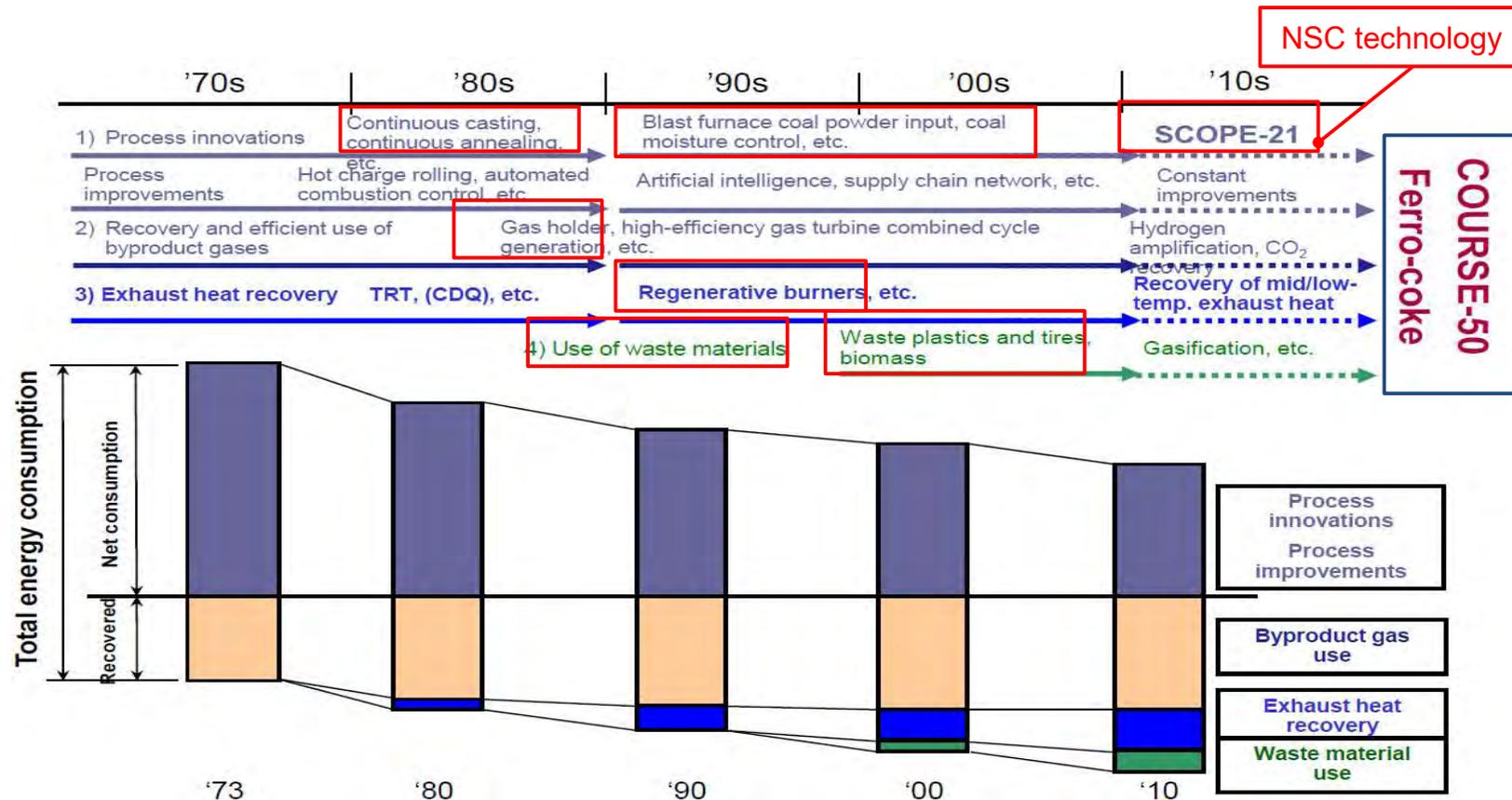


- 環境・省エネ技術を発展途上国へ移転・普及させるエコソリューションの展開 [E17](#)
- 日印・日ASEAN経済官長協会からの定款開催 [E17](#)
- 途上国へのエネルギー・マネジメントシステム構築のための人材開発支援



- 高いエネルギー効率が高く、環境負荷を低減するエコプロセスの追求 [E9](#)
- 2国間連携による最新技術の紹介(インド、ASEAN等) [E9](#)
- 鉄鋼スラグの道路材や土木工事用資材への活用 [E9](#)

Energy conservation initiatives in NSC



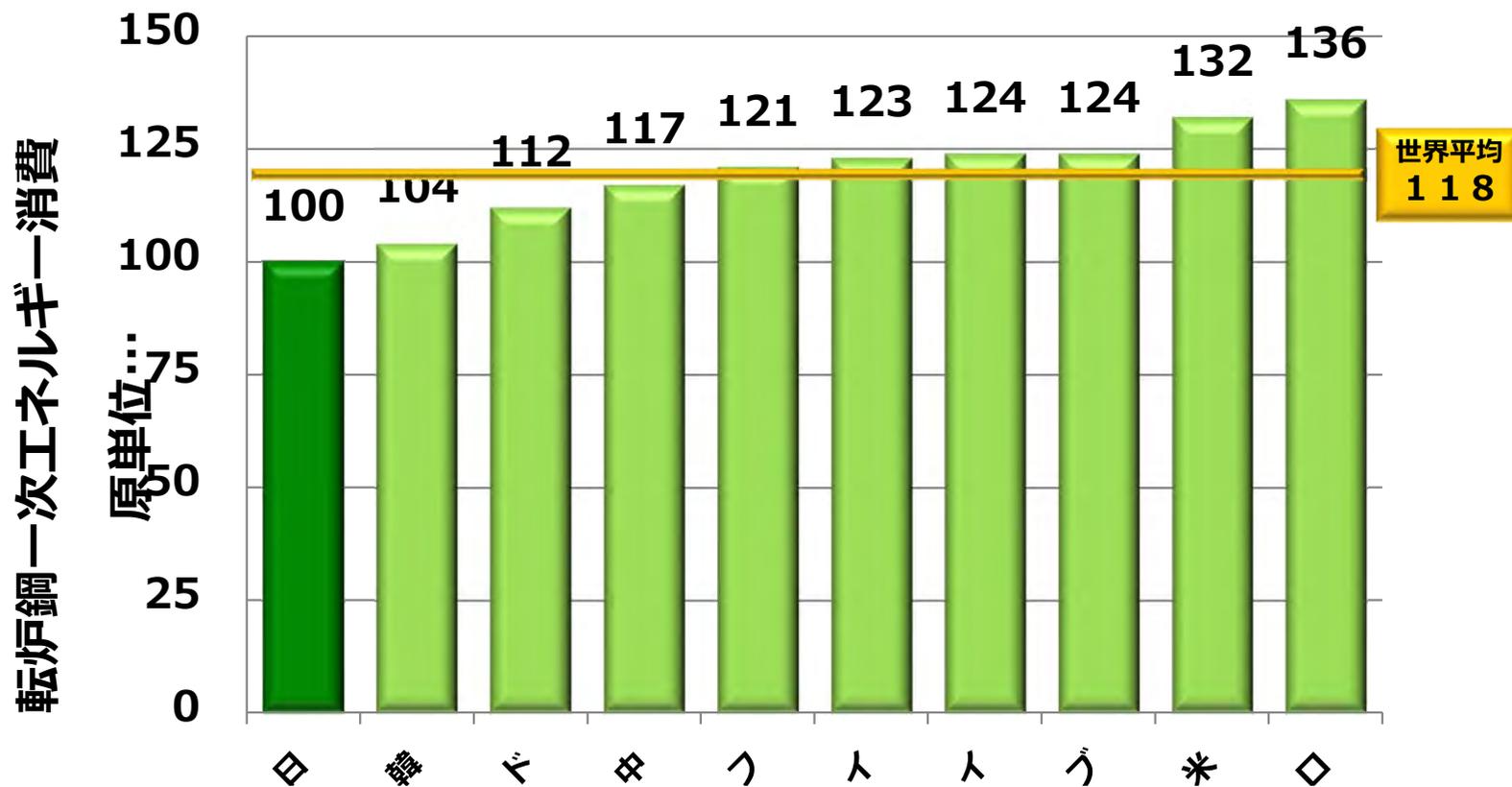
"Activities of Japanese steel industry to Combat Global Warming", Feb. 2017, The Japan Iron and Steel Federation, p.32.

- Since the first oil crisis, steel industry in Japan achieved the world's top-level energy efficiency. NSC played role through developing new energy saving technologies.
- For further CO₂ reduction on a global scale, drastic steps **by innovative technologies** are deemed indispensable in the long term.



世界鉄鋼業のエネルギー効率比較

- 日本のエネルギー効率は既に世界最高水準
- この技術を世界に展開することで地球規模での省エネルギー化を促進する



出所：RITE 2010年時点のエネルギー原単位の推計

鉄鋼業における低炭素社会に向けた取組



	エコプロセス	エコプロダクト	エコソリューション
CO ₂ 排出量削減計画	エネルギー効率のさらなる向上を目指す	製品使用時におけるCO ₂ 排出量削減に貢献	技術の移転・普及で地球規模での削減に貢献
フェーズI 2020年度	500万トン ^{*1} _{*2}	3,400万トン	7,000万トン
フェーズII 2030年度	900万トン ^{*1}	4,200万トン	8,000万トン

直接的削減量
約束草案26%減の内数

間接的削減



出所: 日本鉄鋼連盟資料などより日本製鉄にて作成

環境調和型製鉄プロセス技術開発(COURSE50)

*1 一定の生産前提のもとで想定されるCO₂排出量に対する削減量
*2 500万トンの削減目標の内、省エネ等の自助努力に基づく300万トンの達成に傾注しつつ、廃ガス等については2005年度に対して集荷量を増やすことができた分のみを、削減実績としてカウントする。



省エネのためのプロセス技術開発



省エネルギー化技術とエネルギー回収技術で
正味のエネルギー消費は大幅減少



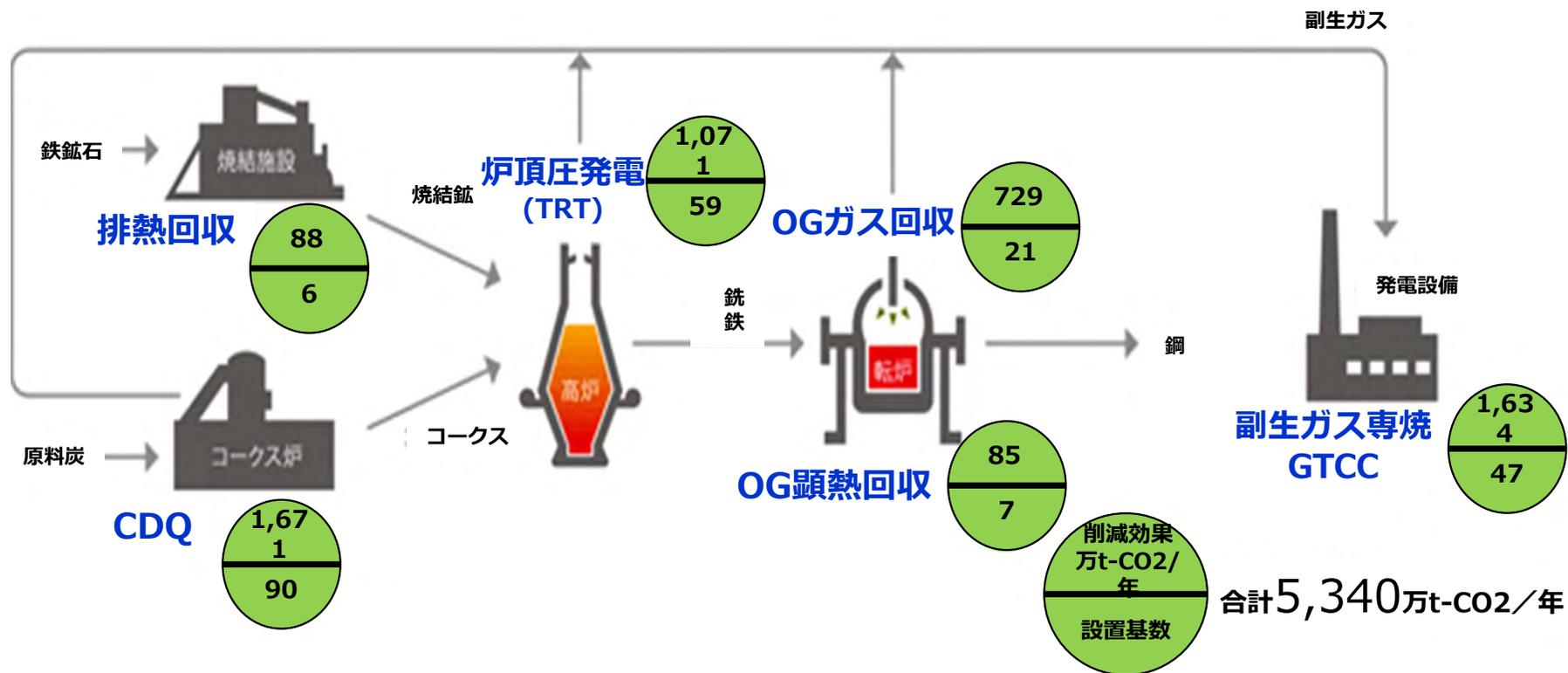
出所：(一社)日本鉄鋼連盟 鉄鋼業の地球温暖化対策への取組 低炭素社会実行計画報告書



技術の移転普及によるCO2削減への貢献

エコソリューション

- 日本の主要省エネ技術(CDQ・TRTなど)の移転普及により、中国・韓国・インド・ロシア・ウクライナ・ブラジル等で合計5,340万トンのCO₂/年のCO₂削減効果あり



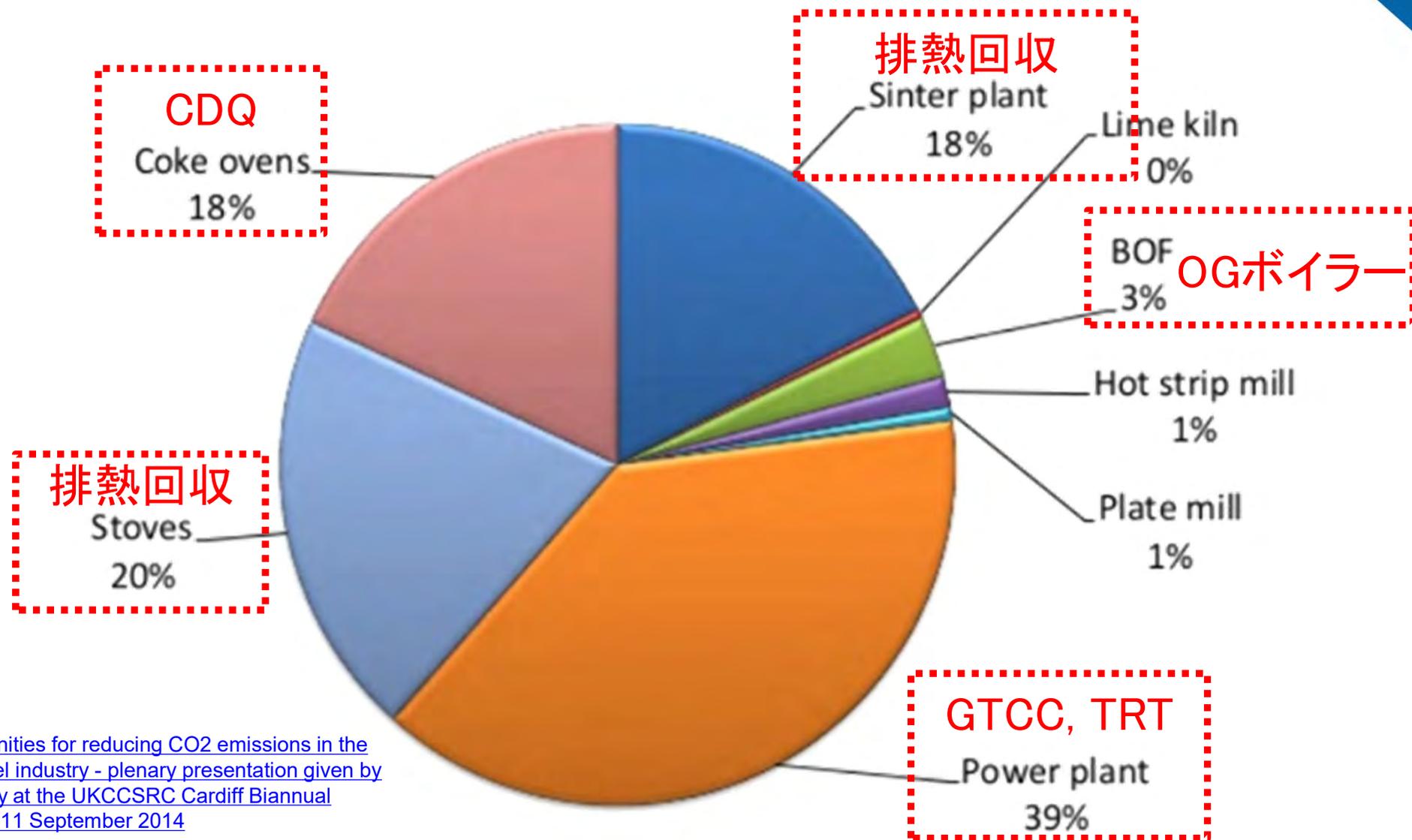
2020年における
日本の貢献
約7,000万トンのCO₂



2030年における
日本の貢献
約8,000万トンのCO₂

出所：日本鉄鋼連盟2014年度までの累計

製鉄所における高炉以外のCO₂排出源とエネルギー回収策

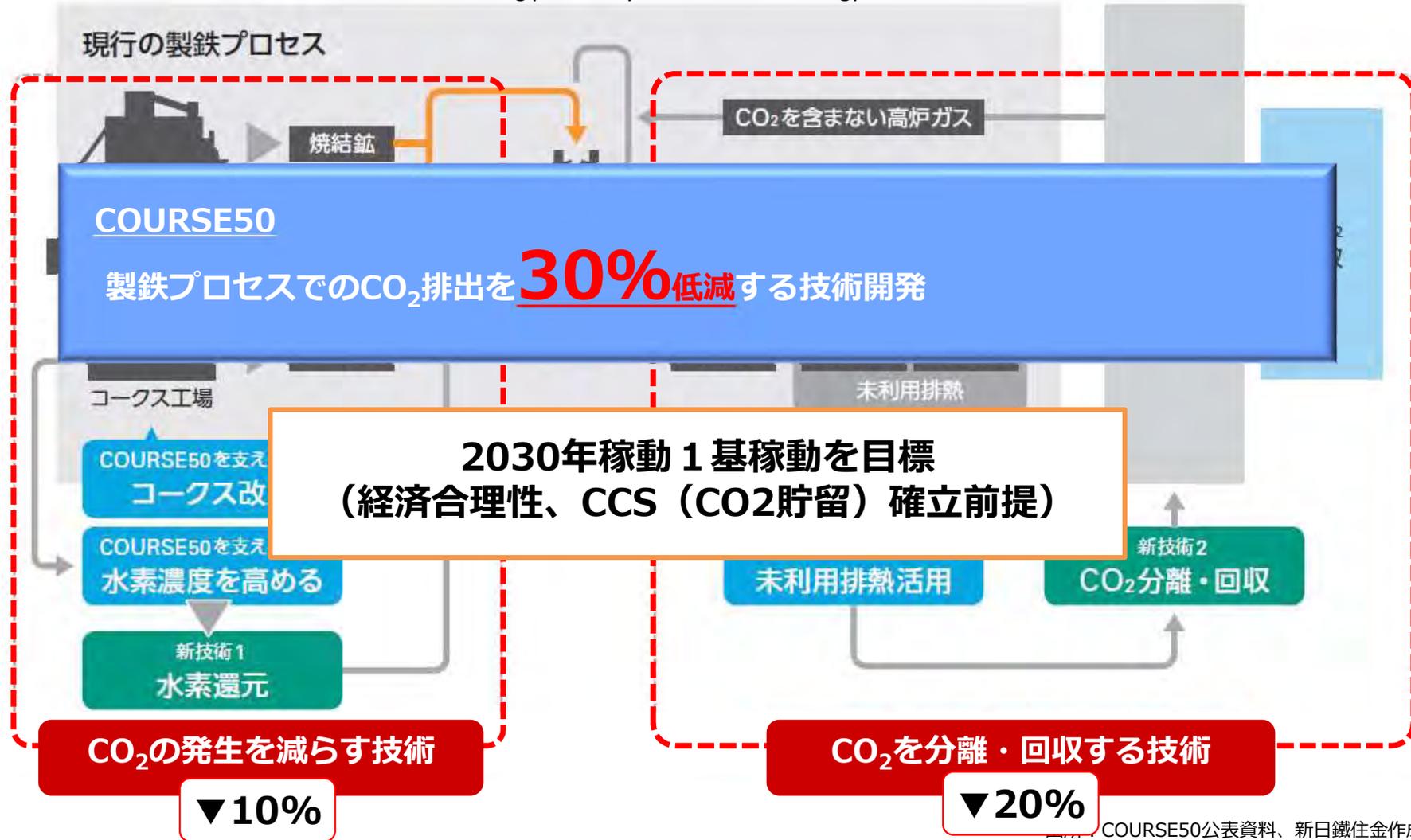


[The opportunities for reducing CO2 emissions in the iron and steel industry - plenary presentation given by Dianne Wilely at the UKCCSRC Cardiff Biannual Meeting, 10-11 September 2014](#)

環境調和型製鉄プロセス技術開発

COURSE50プロジェクト(NEDO)

COURSE50 CO2 Ultimate Reduction in Steelmaking process by Innovative technology for cool Earth 50の略

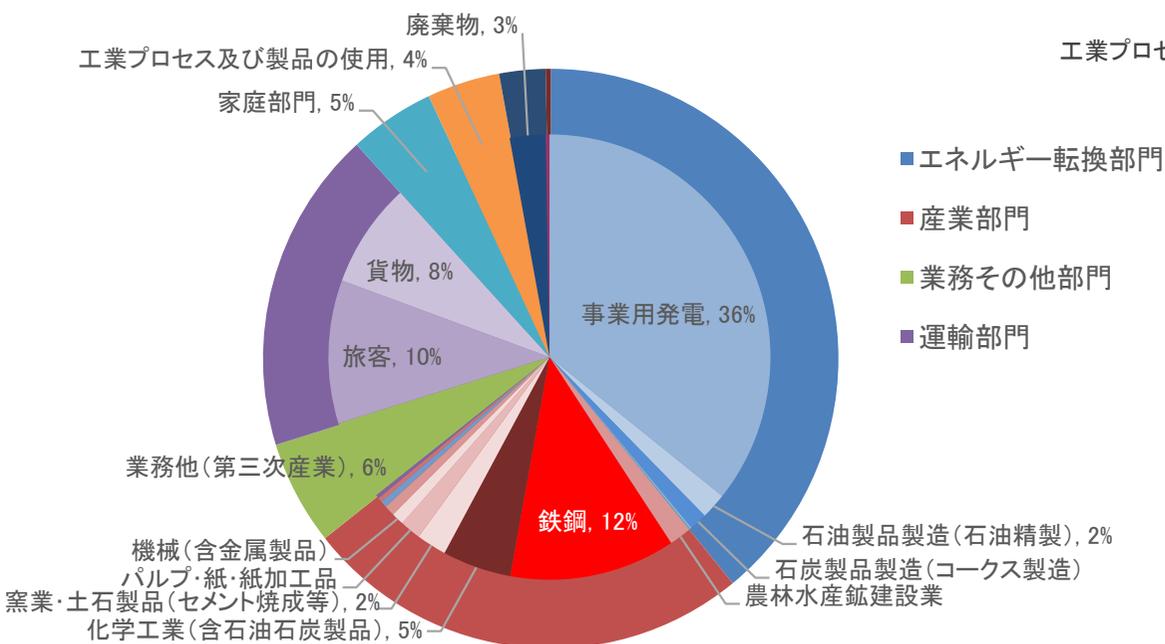


COURSE50公表資料、新日鐵住金作成

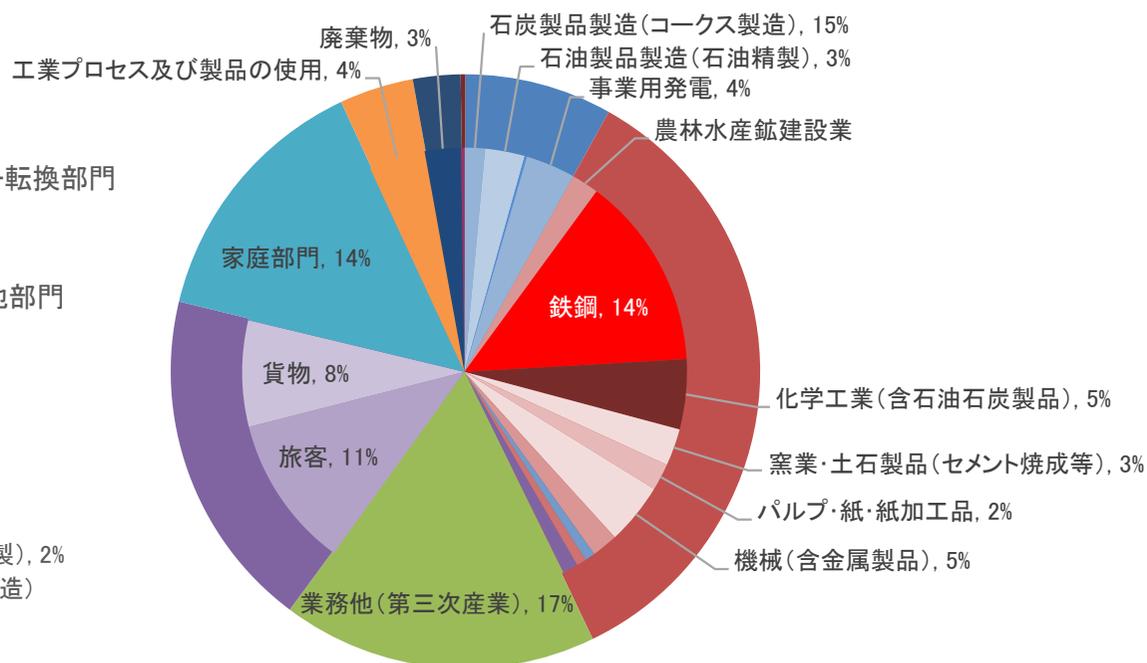
鉄鋼製品のリサイクル

日本のCO₂排出量 (2019年度, 11.1億トン)

部門別CO₂排出量 (電気・熱配分前)



部門別CO₂排出量 (電気・熱配分後)

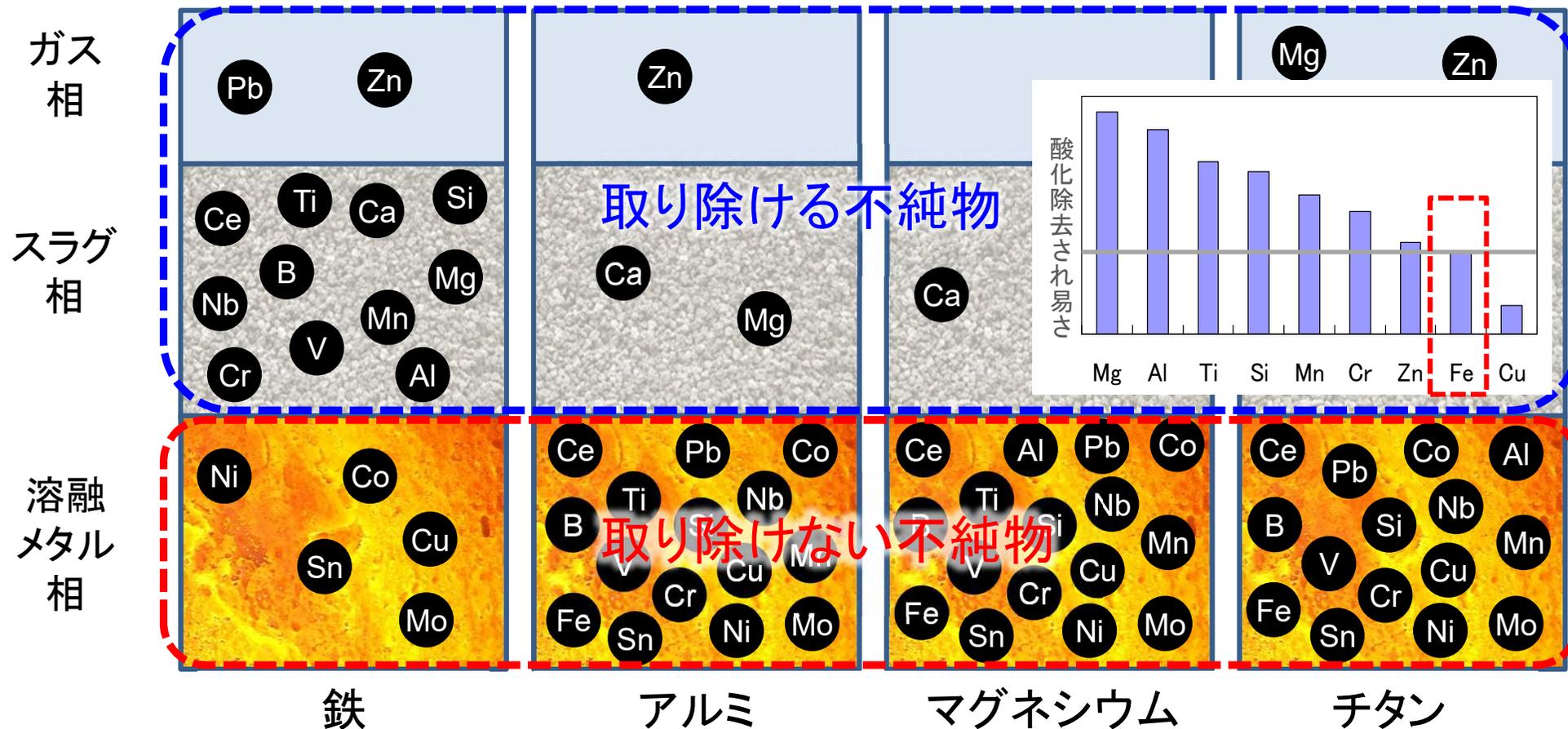


電気事業者の発電に伴う排出量を電力消費量に応じて最終需要部門に配分した後の値。
 機械は金属製品製造業を含む。化学工業は石油石炭製品を含む。
 環境省：2019年度温室効果ガス排出量排出量(速報値)より作成。

鉄鋼は日本の14%のCO₂を排出している。

金属中の不純物除去

平木岳人也: 第23回廃棄物資源循環学会研究発表会(2012) 23-269を改変



鉄は不純物と比べて酸化しにくいので、スクラップ中の不純物のほとんどは酸化で除去できる。酸化除去できない不純物も、磁気選別では除去できる。

鉄の循環(世界)

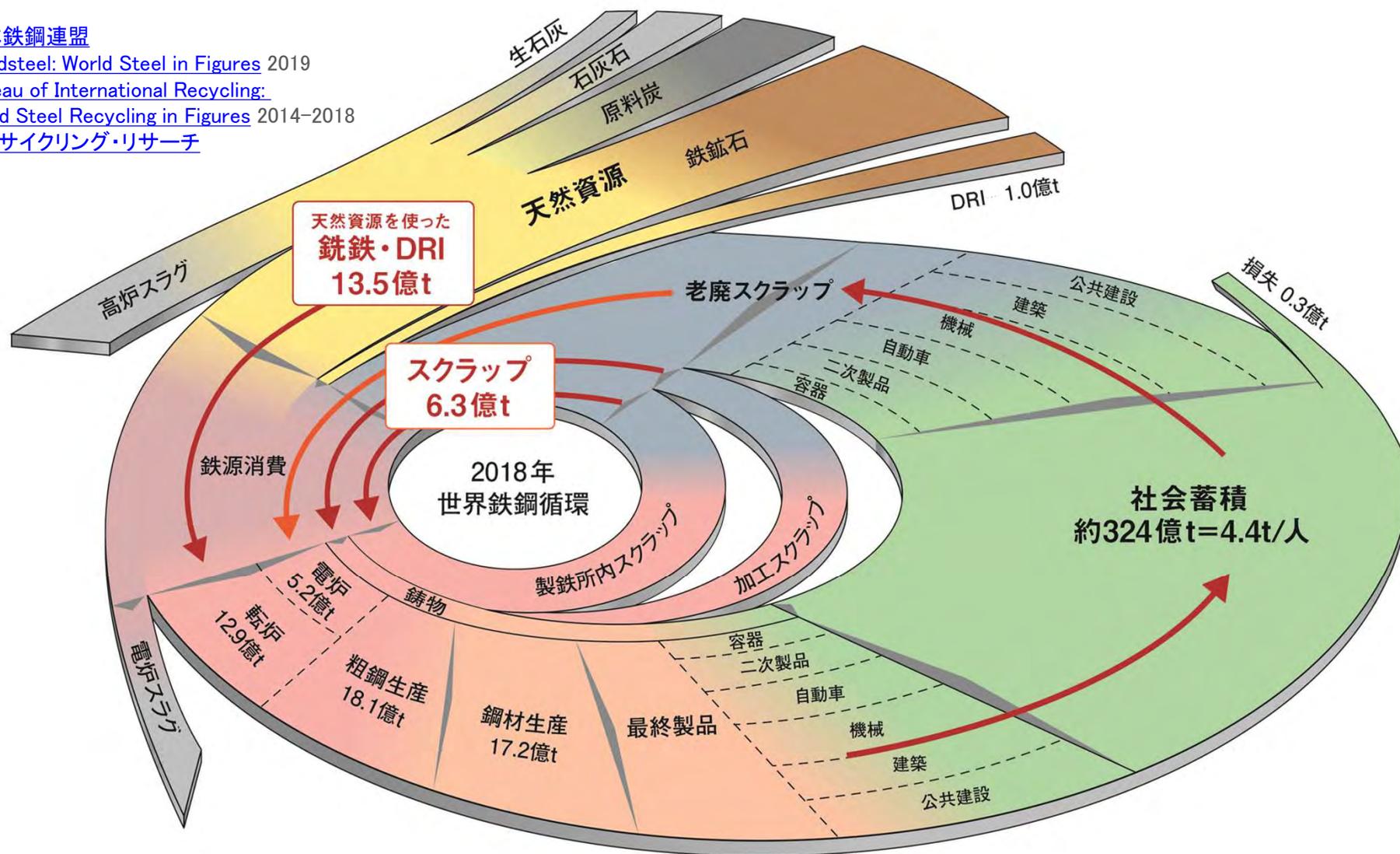
日本鉄鋼連盟

[worldsteel: World Steel in Figures 2019](#)

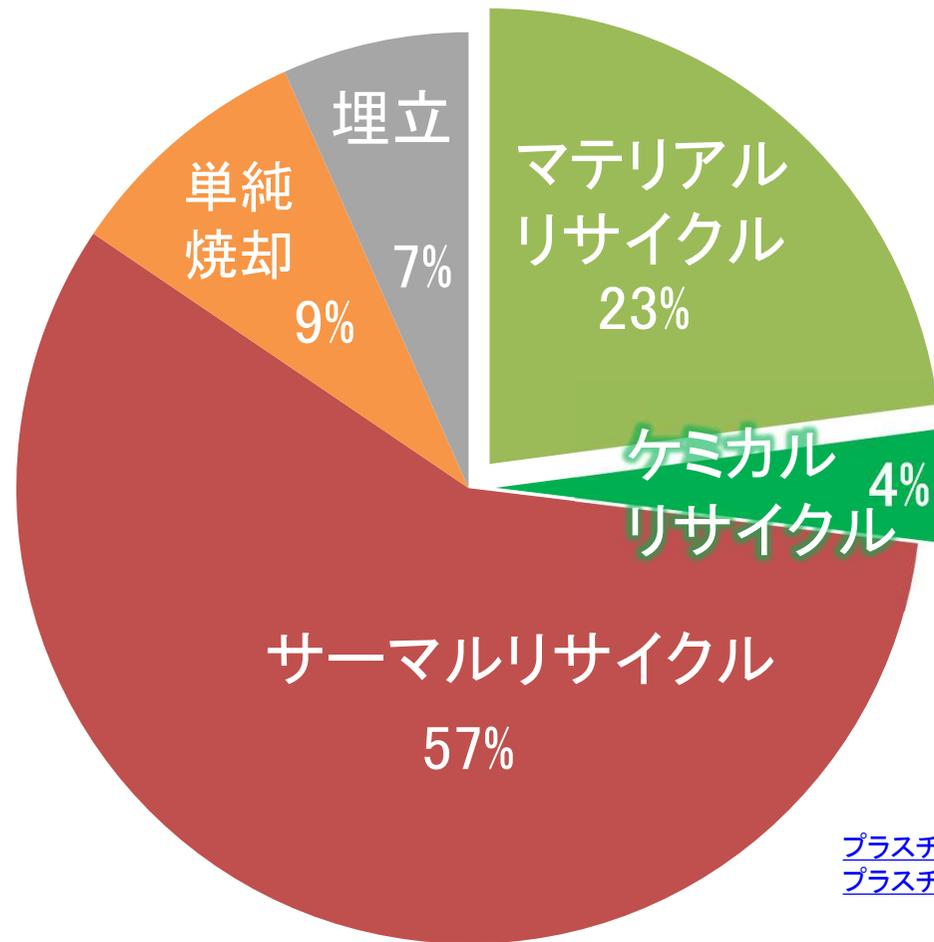
[Bureau of International Recycling:](#)

[World Steel Recycling in Figures 2014-2018](#)

[鉄リサイクルング・リサーチ](#)



日本におけるプラスチックリサイクル(2018年)

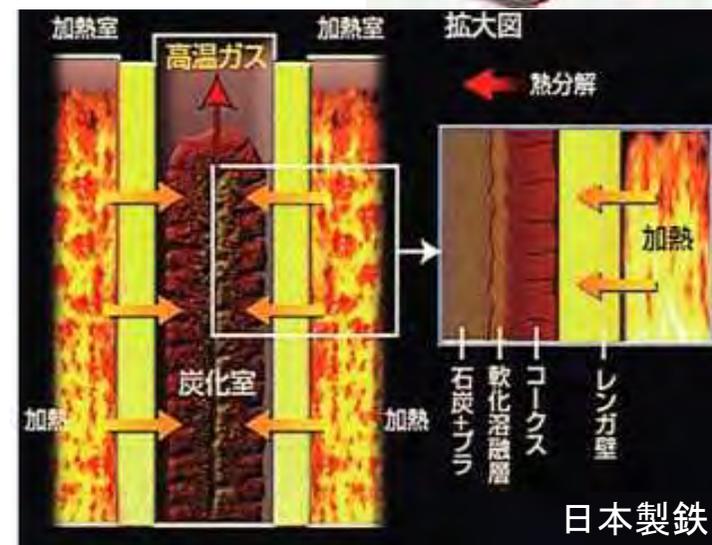
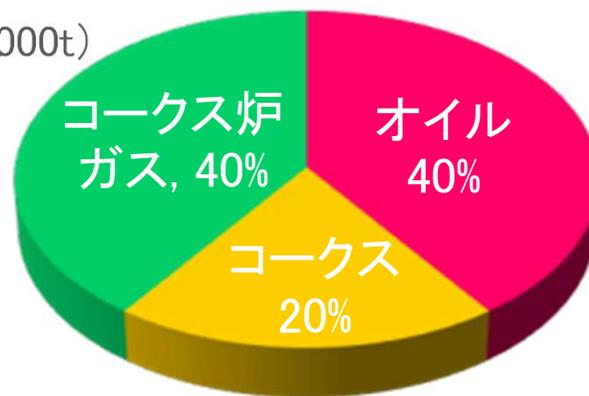
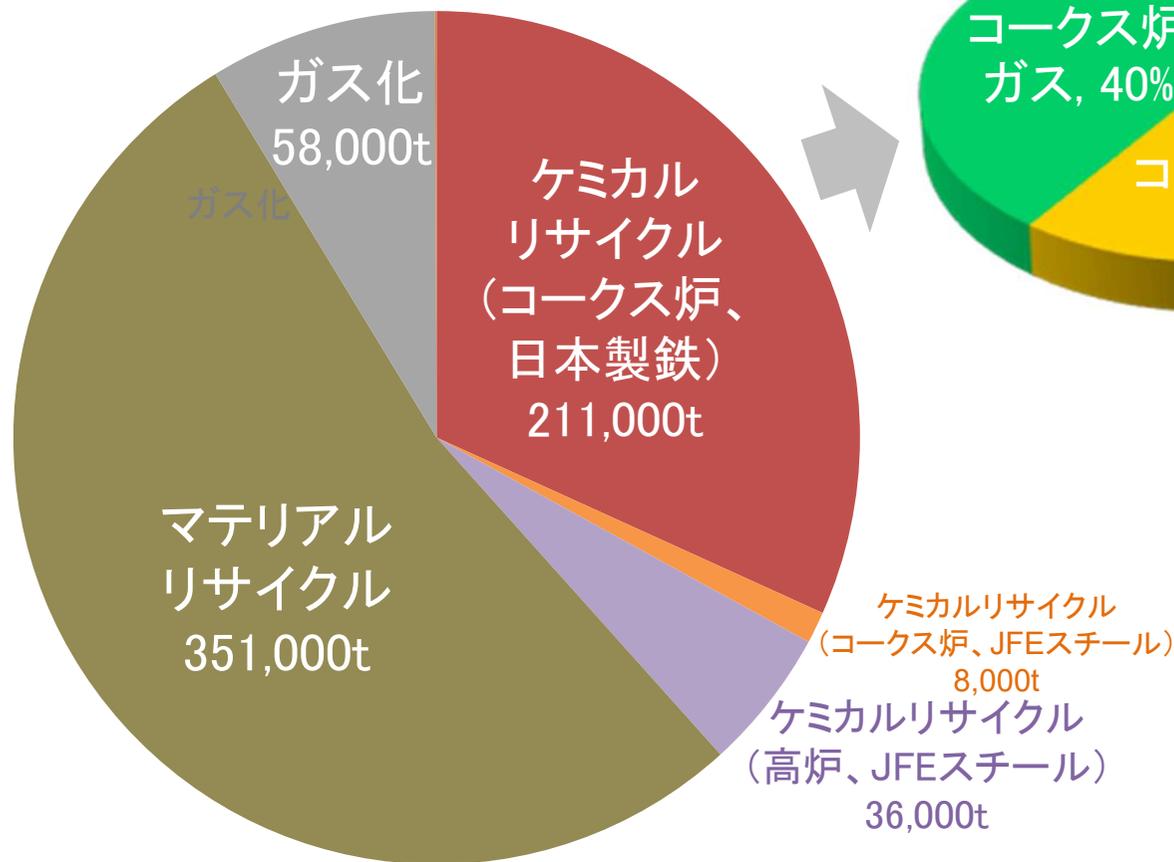


[プラスチック循環利用協会](#),
[プラスチックリサイクルの基礎知識](#)

回収された廃プラスチックのうち再生利用されているのは27%だけ。

日本における容器包装プラスチックリサイクル

使用済容器包装リサイクル2019年度落札結果(合計663,000t)



日本の容器包装廃プラスチックの4割は鉄鋼プロセスでケミカルリサイクルされている。
ただし、2009年度以降は全体が頭打ち。

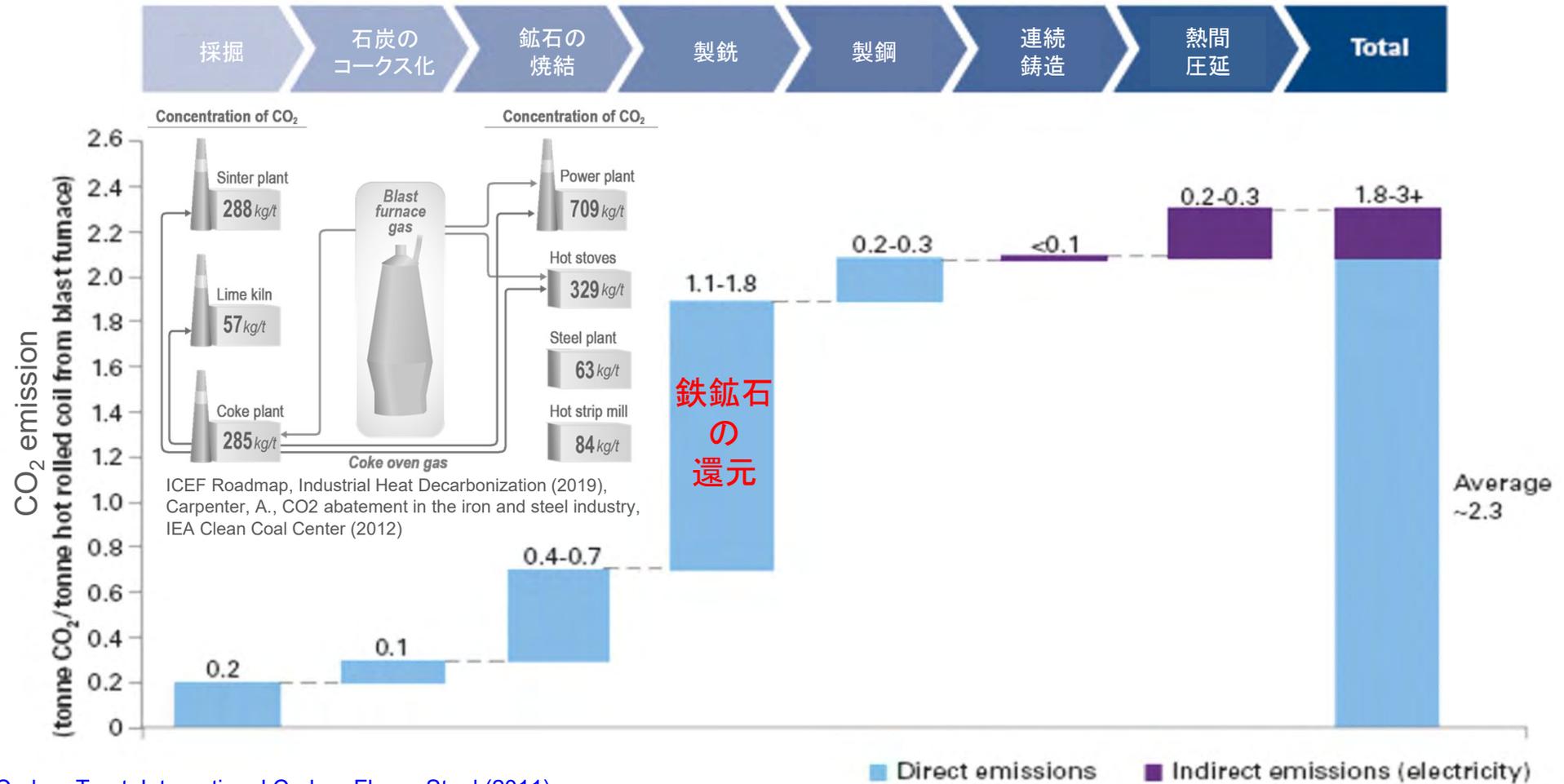
鉄鋼製品のリサイクルとLCA(結論)

- 製品の環境負荷を判断する際、**ライフサイクル全体で考えるLCA**は重要。
- 軽量素材は、使用時の環境負荷は低いが、製造時の負荷やリサイクル性も考慮すると、必ずしも低環境負荷とは言えない。一方、**鉄鋼製品は、製造時(低CO₂)、使用時(高強度)、リサイクル性(高リサイクル率、精製可能)のいずれも優れ、LCA的に低環境負荷な素材。**
- リサイクルのほとんどは質の劣化を伴うオープンループリサイクルだが、鉄鋼はほぼ全量が回収、再生され、完全に元に戻って何度でも何にでもリサイクルされる**クローズドループリサイクル**を形成。
- **廃プラスチックは鉄鋼業で大量にケミカルリサイクル**されている。
- そのような鉄鋼のライフサイクル環境負荷は、各ライフサイクルをリサイクルで繋げる計算が必要。それによれば、**鉄鋼製品の環境負荷はスクラップ使用率と無関係(高炉材・電炉材の区別がない)、**ライフサイクル平均の一定値になる。
- **リサイクル効果は大きい。**リサイクルすることにより、天然資源から作る場合の半分以下になる。

鉄鋼製造におけるCO₂排出低減

(1)鉄鉱石還元プロセスの低炭素化

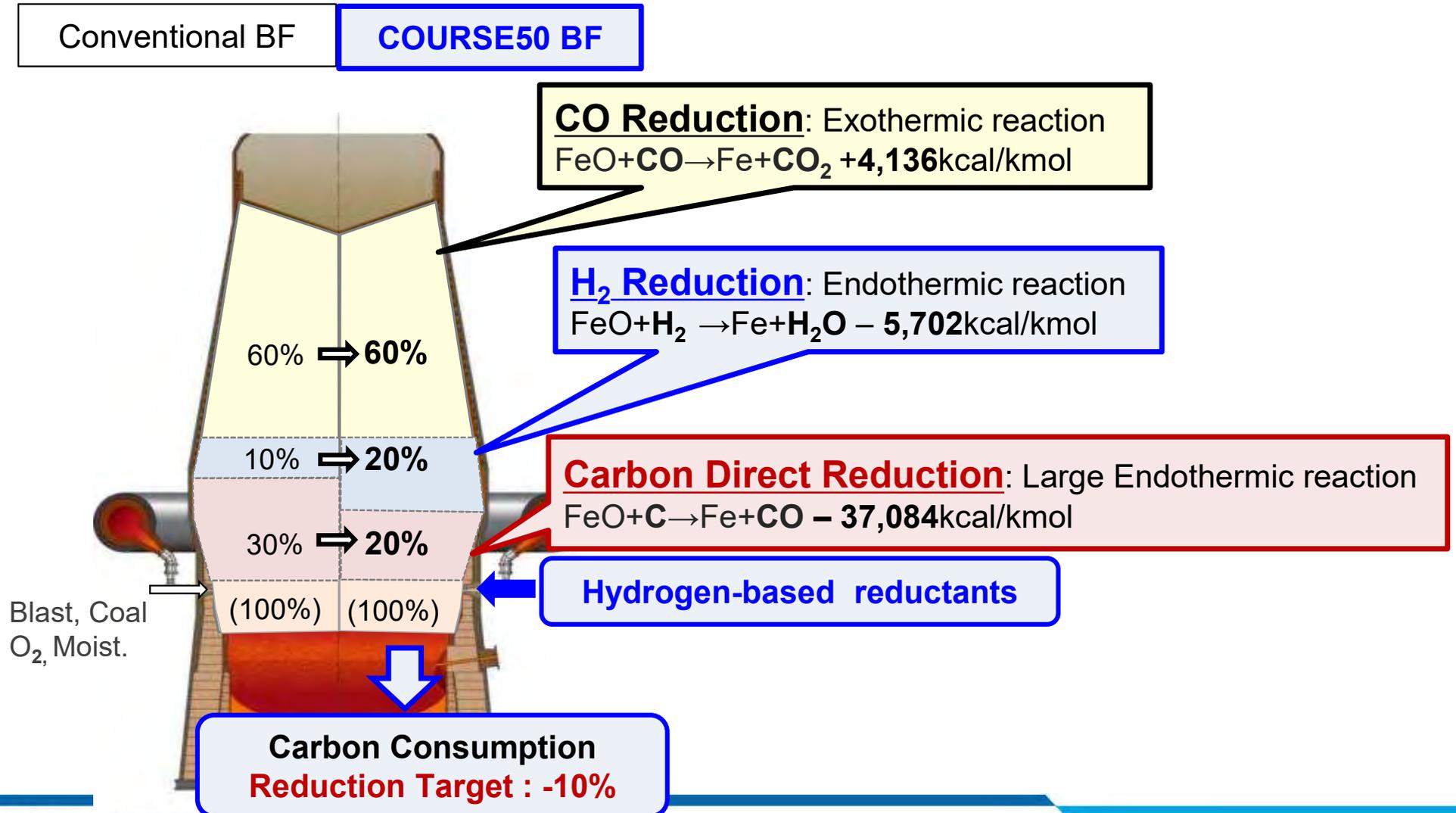
鉄鋼製造時のCO₂排出



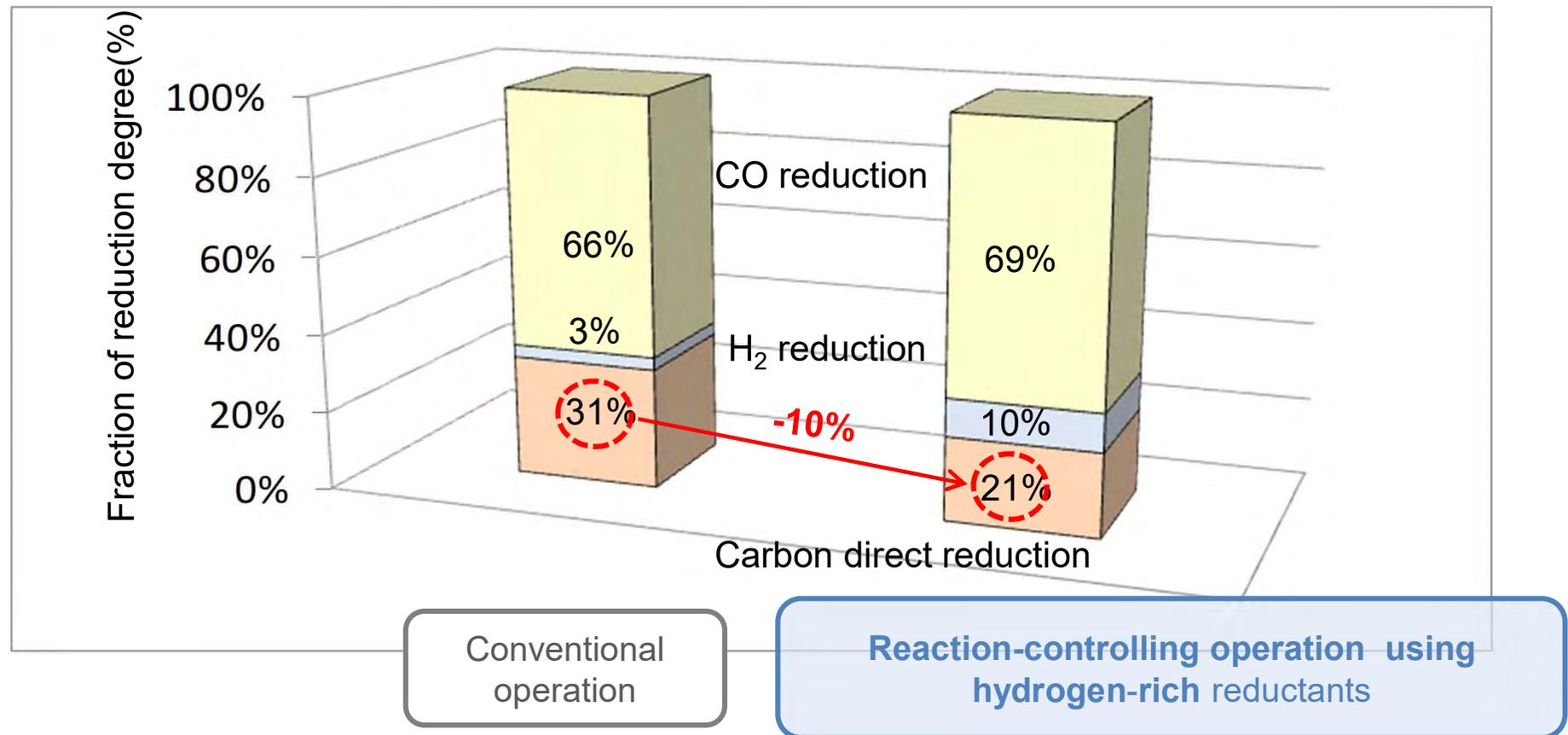
Carbon Trust: International Carbon Flows, Steel (2011)

鉄鋼製造において、製鉄(コークスによる鉄鉱石の還元)工程が温暖化ガスを最も排出する。

Concept of COURSE50 Blast Furnace

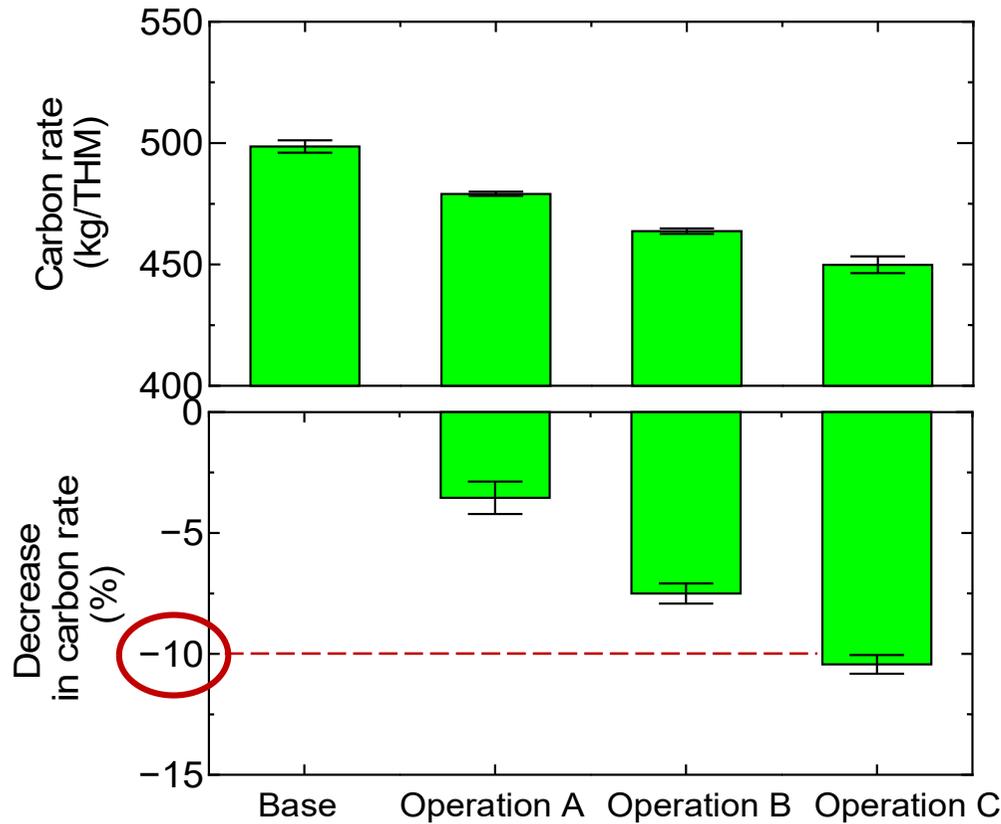


Example of operational results



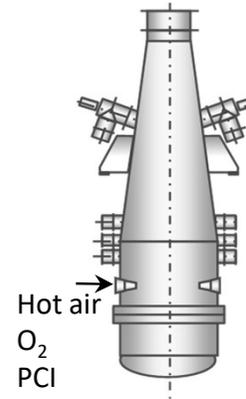
Reduction of carbon rate using hydrogen-rich reductants

Operational results

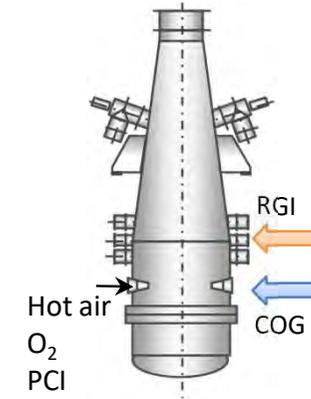


Operational conditions

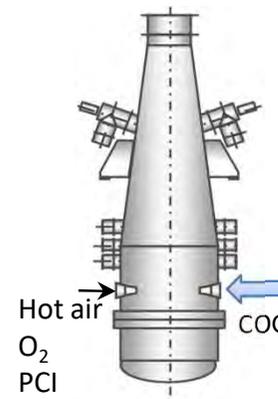
Base operation



Operation B

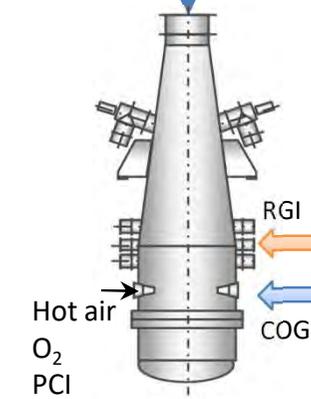


Operation A

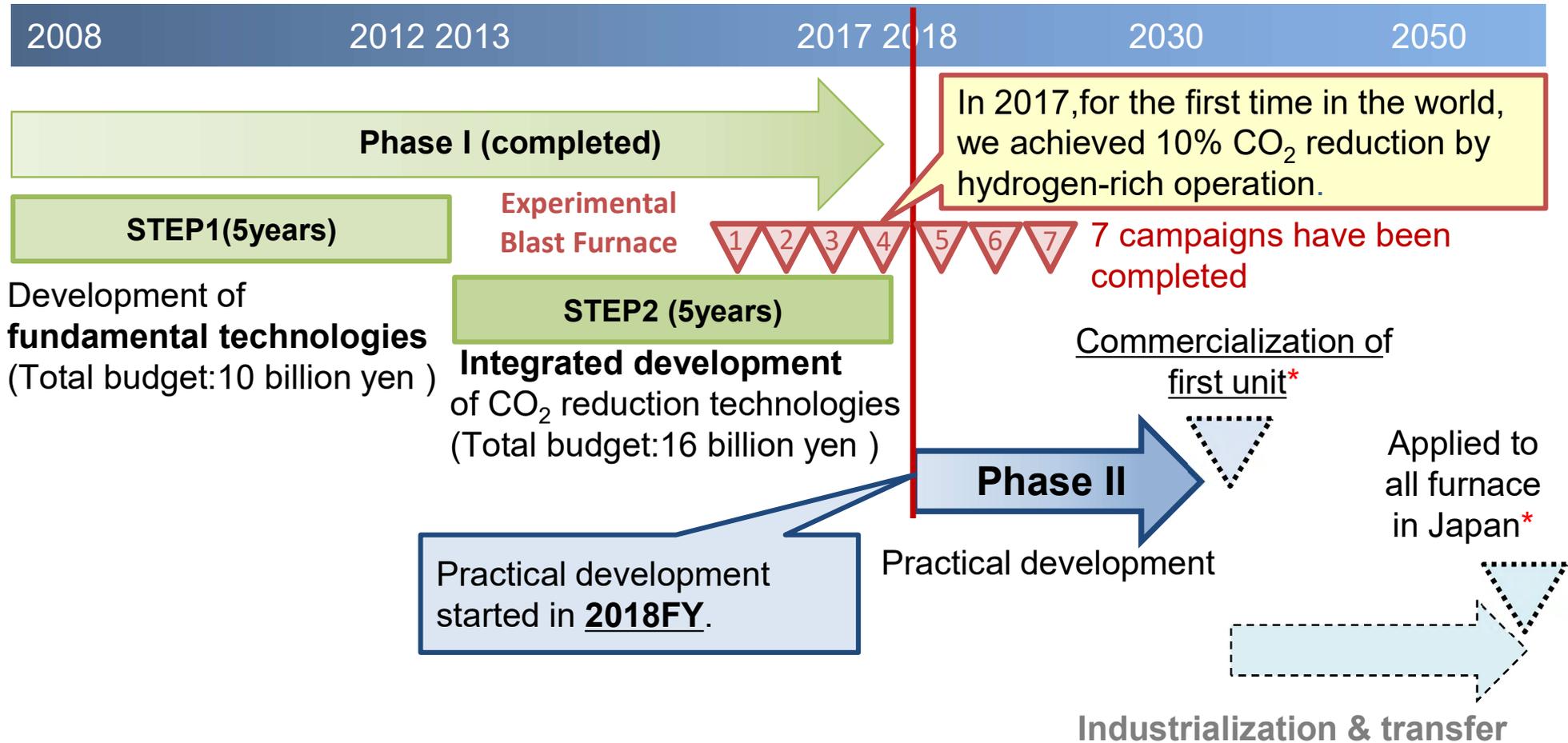


Operation C

High reducible sinter



COURSE50 Project Timeline



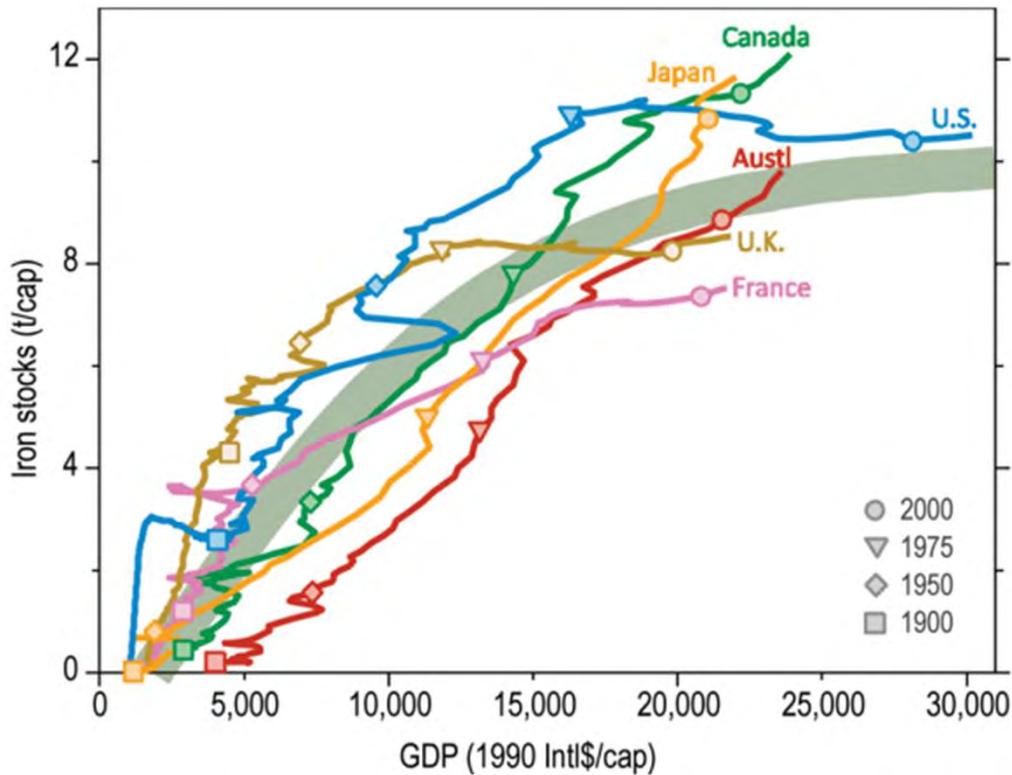
* : Based on assumption that CO₂ retaining infrastructure and commercialization are economically rationalized.

鉄鋼製造におけるCO₂排出低減

(2) 鉄鋼の長期ロードマップ

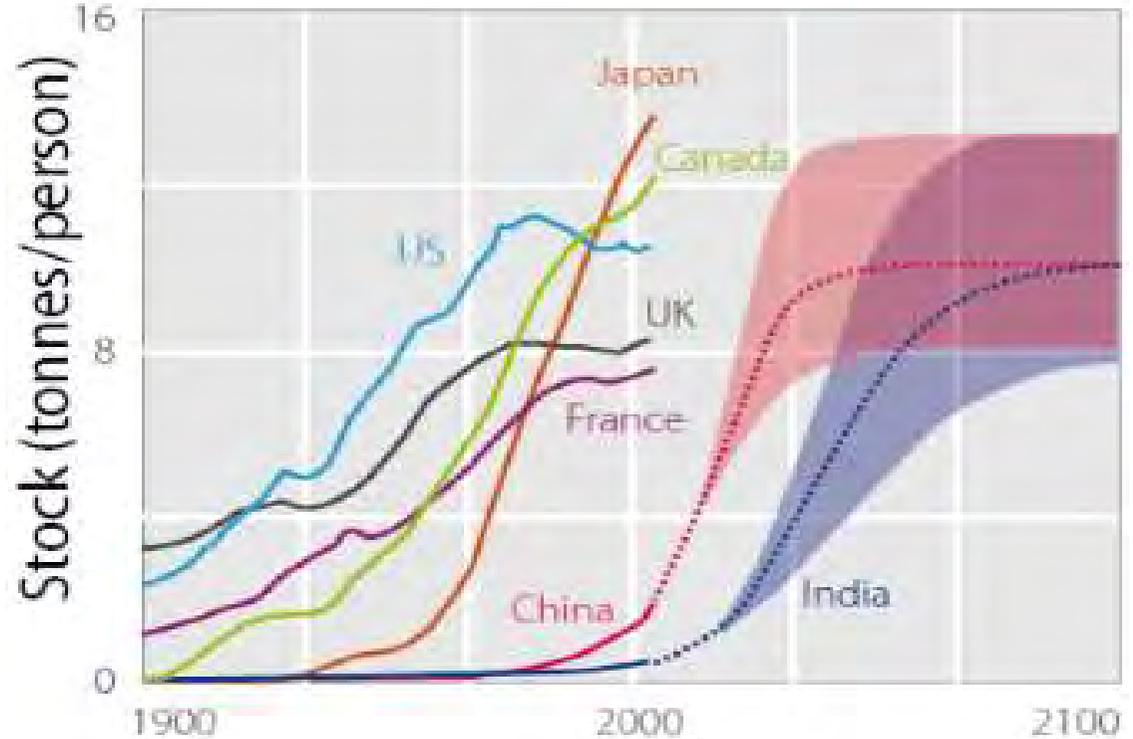
世界の鉄鋼蓄積

- ・経済成長と鉄鋼蓄積には正の相関があり、10t/人前後で飽和する。
- ・これを基礎として今後の世界の鉄鋼蓄積を予測、それをもとに鉄鋼需給を予測する。



一人あたりGDPと鉄鋼蓄積

[Muller, et.al, "Patterns of Iron Use in Societal Evolution", Environ. Sci. Technol. 2011, 45](#)

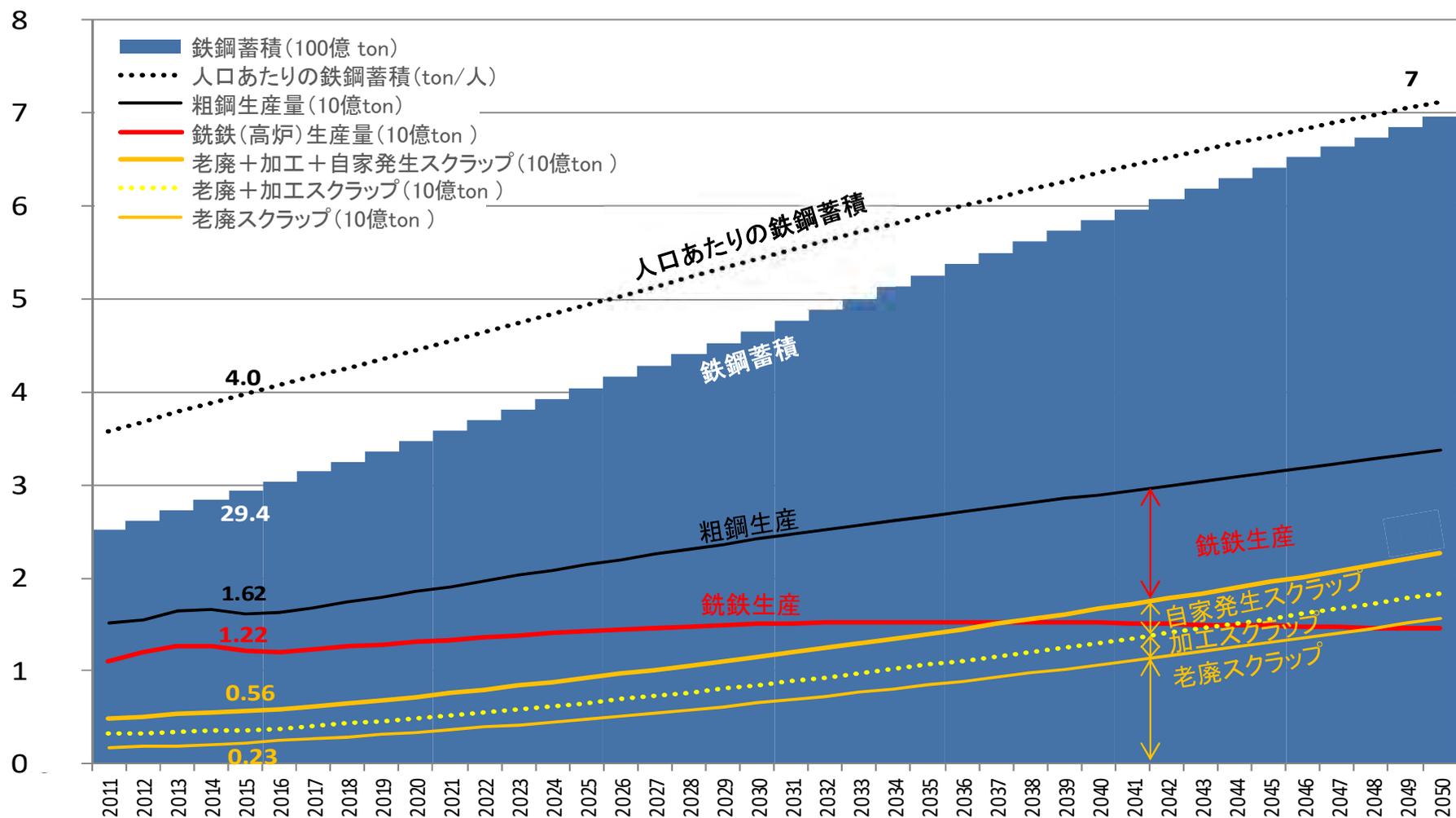


一人あたり鉄鋼蓄積の推移

[World Steel Association \(2012\), "Sustainable steel: at the core of a green economy"](#)

日本鉄鋼連盟:長期温暖化対策ビジョン(2018)

世界の鉄鋼蓄積とスクラップ発生量



今後も当面は鉄鉱石からの新たな鉄鋼生産が必要。→どうやって作るか？

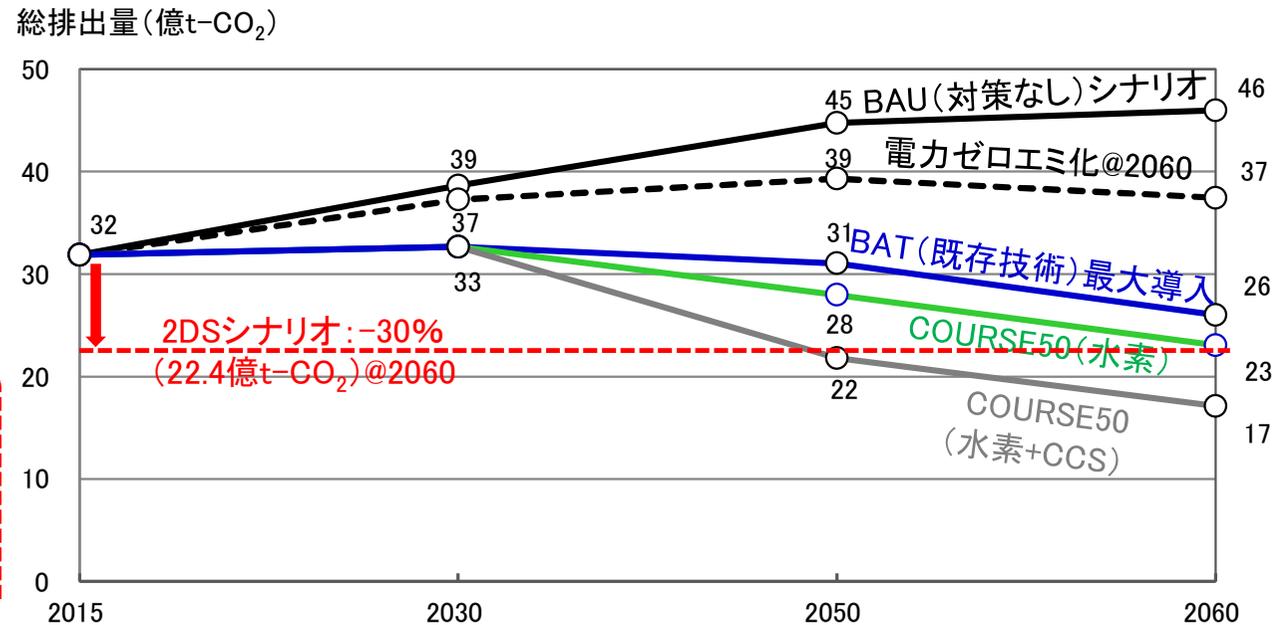
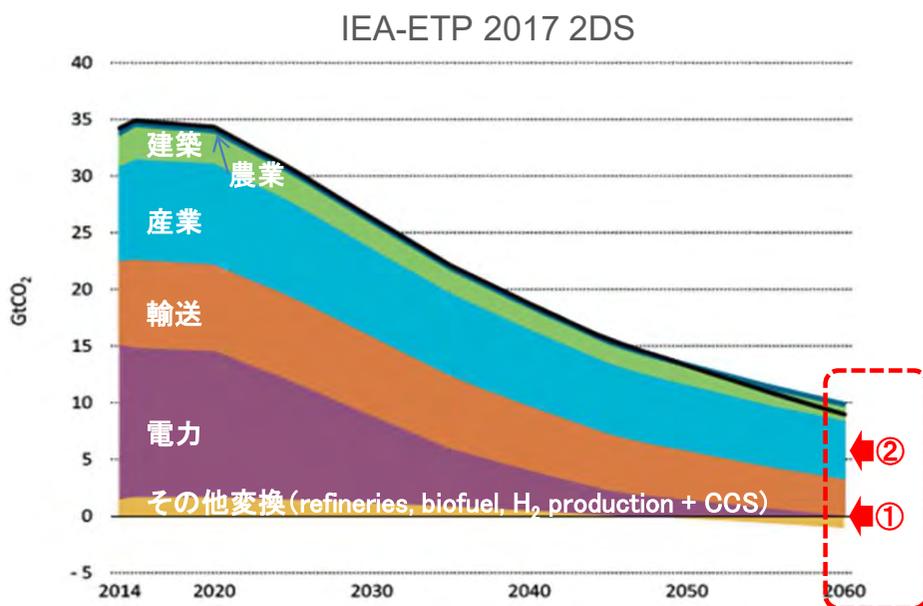
日本鉄鋼連盟: 長期温暖化対策ビジョン(2018)

2°Cシナリオ(2DS)への道

International Energy AgencyのEnergy Technology Perspective 2017では、2060年までに

- ①電力セクターのゼロエミ化
- ②産業セクターの現状からの30%削減

を想定(下左)。これを加味すれば、2060年までに鉄鋼は2DSを達成可能(下右)。



IEA前提 + 既存省エネ技術 + COURSE50(水素技術)で、2DSは達成可能。

日本鉄鋼連盟: 長期温暖化対策ビジョン(2018)

ゼロカーボン・スチール(完全水素還元製鉄)への道筋

日本鉄鋼連盟:ゼロカーボン・スチールへの挑戦!



COURSE50(高炉CO₂30%削減)→SuperCOURSE50(高炉CO₂30%超削減)→ゼロカーボン・スチール



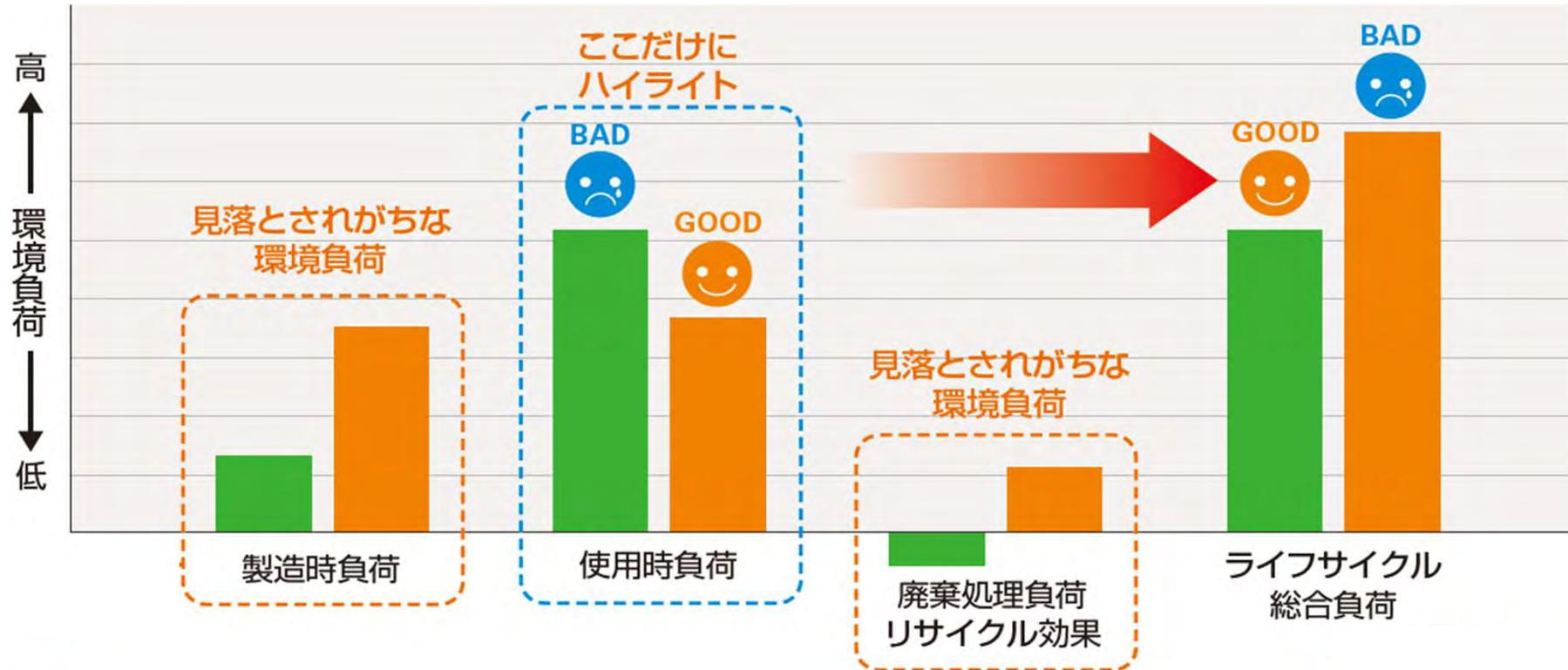
鉄鋼製造におけるCO₂排出低減

(3)日本はもっと電炉が必要か？

LCAで考えるCO₂削減

LCA (Life Cycle Assessment) の考え方

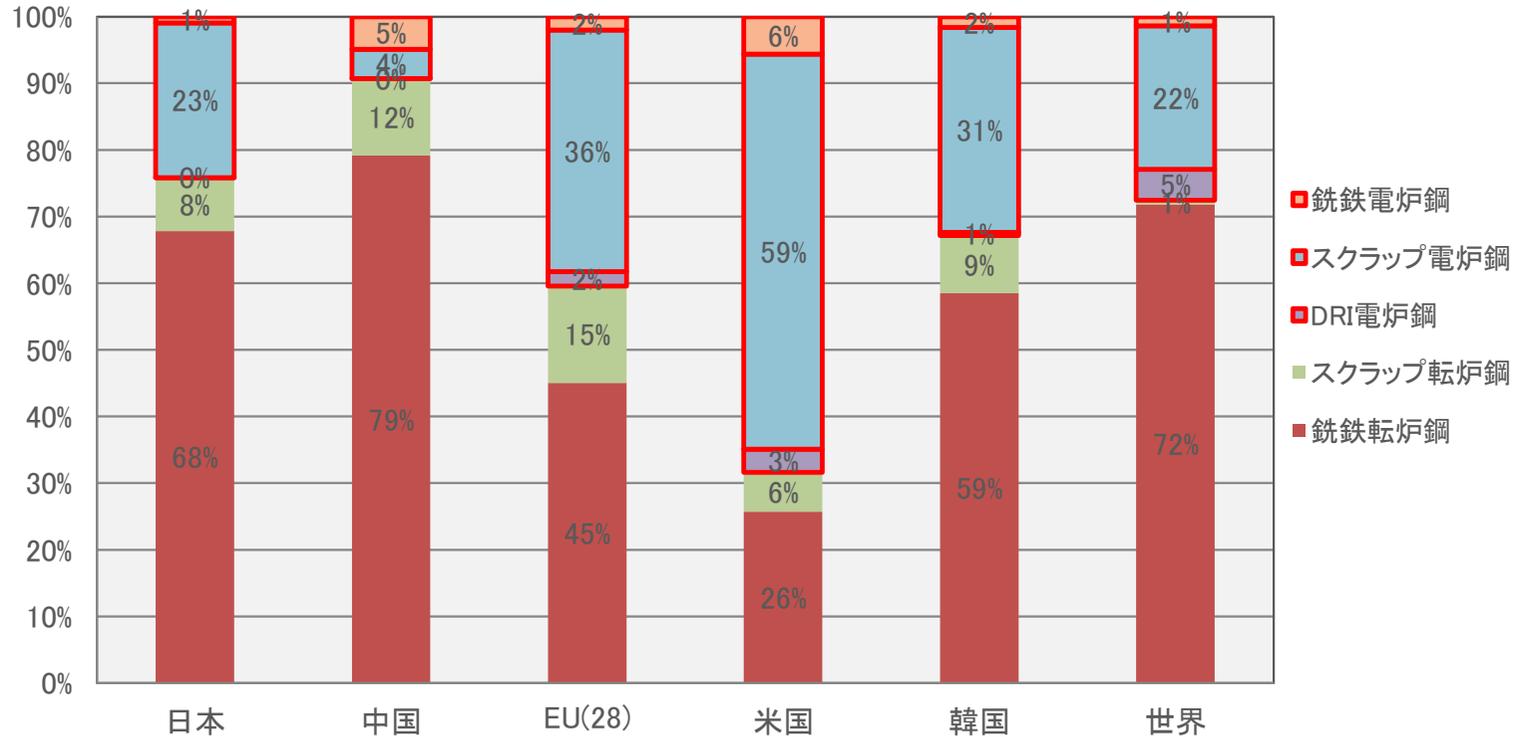
季刊 新日鐵住金, 20(2017)



製造時、使用時に加えて、廃棄/リサイクルも含めた製品のライフサイクル全体で環境負荷を考える。

米国は電炉が多い。日本は電炉が少ない。

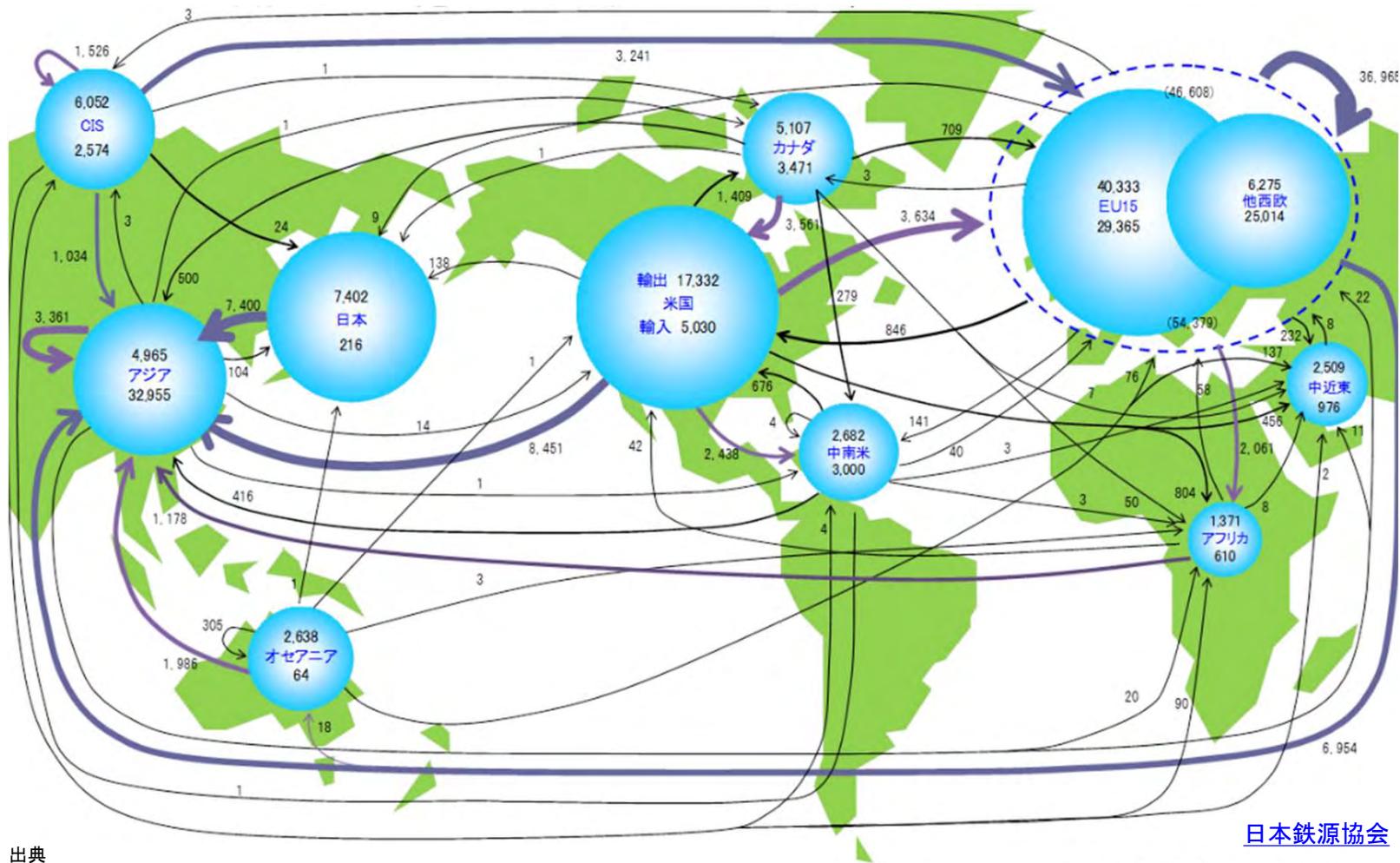
主要国の粗鋼製造原料・プロセス構成(2017年)



[worldsteel Steel Statistical Yearbook 2019 \(extended version\)](#)
[World Steel Recycling in Figures 2014-2018](#)

高炉、電炉比率は国によってかなり異なる。

世界のスクラップ流通(2018年)



日本鉄源協会

出典

ISSB: International Steel Statistics, worldsteel: Steel Statistical Yearbook, Global Trade Atlas

1) 流通量は判明分のみ(1000トン未満は除く)、西欧はEU15とその他西欧の合計

2) 円の大きさは輸出货量を基準 上段:輸出、下段:輸入、全てworldsteelデータ

worldsteel 輸出計 102,078 (単位:1,000M T)

worldsteel 輸入計 103,276 (単位:1,000M T)

日本は世界有数のスクラップ輸出国。

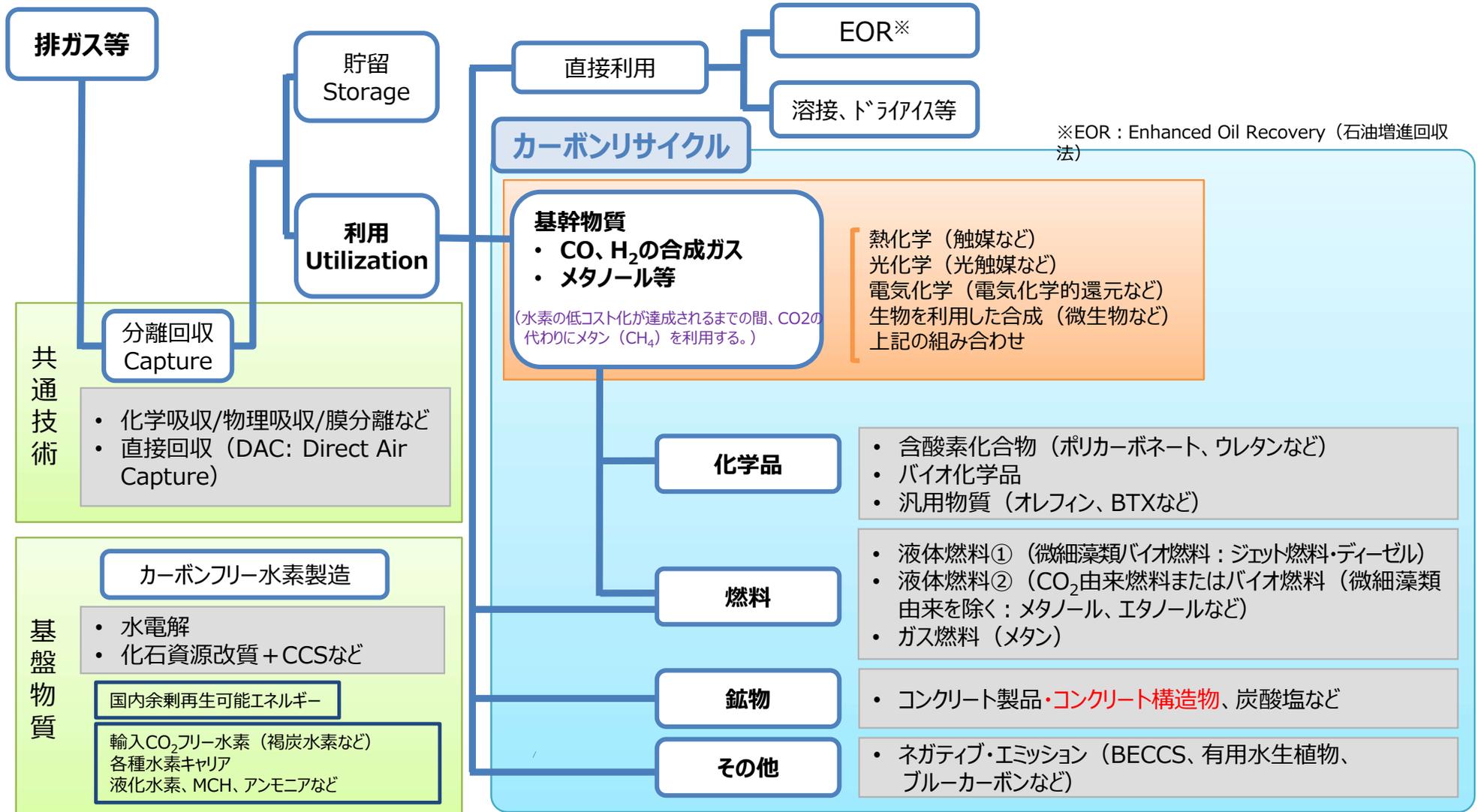
LCAからのまとめ

- ・日本の鉄鋼業は世界で一番省エネルギーである。
- ・日本鉄鋼業はエコプロセス、エコプロダクト、エコソリューションを展開中。さらにCOURSE50を推進中。CO2削減のために鋭意努力を継続中。
- ・素材の環境影響は、製造、使用、廃棄/リサイクルの合計であるライフサイクル全体で考えること(LCA)が重要。
- ・製造時、使用時(軽量性)、リサイクル時、全体(LCA)のいずれで考えても、鉄鋼は他素材と比べて環境負荷が低い。
- ・磁性があり、トランプエレメントが少ない等の理由により、古来より鉄鋼はほぼ100%リサイクルされている。
- ・鉄鋼はクローズドループリサイクルが成り立っている、何度でも何にでも再生できるほぼ唯一の工業素材。
- ・スクラップ利用はグローバルで考える必要がある。
- ・鉄鋼の副産物のスラグを活用した新たなCO2削減のための取り組みを推進中。また発生するエネルギーも有効利用し、地域貢献。
- ・鉄鋼に関わるすべてでSDGsに貢献すべき努力を推進中。

鉄鋼製造におけるCO₂排出低減 (4)CCU

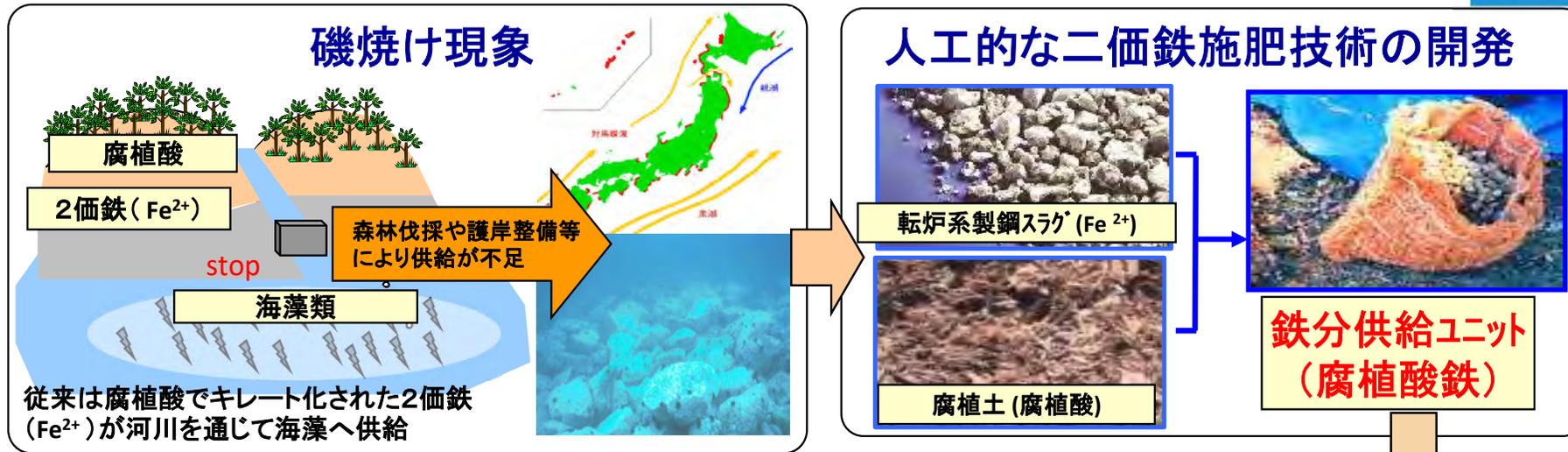
CCUS/カーボンリサイクル

- **カーボンリサイクル**：CO₂を資源として捉え、これを分離・回収し、鉱物化や人工光合成、メタネーションによる素材や燃料への利用等を通じ、大気中へのCO₂排出を抑制していく。



共通課題： 熱・圧力・物質等の全体最適化 (低コスト化など)、LCA (現行プロセスとの比較)

スラグ活用 ～鉄分供給による藻場造成技術～



北海道増毛町・舎熊地区における汀線施肥実験でコンブ生育を確認



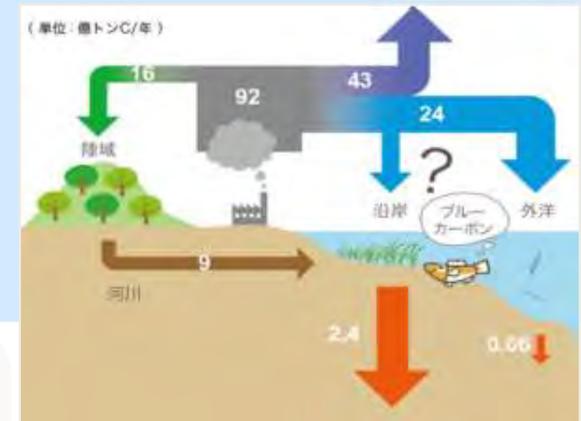
スラグ活用 ~ブルーカーボン研究~



ブルーカーボン：

- ・ 海洋生物の作用（光合成、貝殻形成、サンゴなど）によって海中に取込まれた炭素（cf:グリーンカーボン）
- ・ 2009年UNEP（国連環境計画）が発表したレポートの中で命名
- ・ アマモの地下茎やマングローブの根、堆積物が重要な炭素固定源
- ・ 人間活動によって排出されたCO₂の26%を海洋で吸収と試算

- ✓ 沿岸環境（干潟、浅場、藻場）再生へのニーズの高まり
- ✓ リサイクル材への注目（天然資材の利用 = 環境破壊）
- ✓ 臨海製鉄所



IPCC (2013), Nellmann et al. (2009)



鉄鋼スラグの海域利用技術を活用した技術の展開

沿岸生態系での炭素固定量の試算によって
鉄鋼スラグの沿岸環境再生効果を評価

$$\text{炭素固定量 [Ct/y]} = \text{デフォルト値 (炭素貯留量) [Ct/ha]} \times \text{面積 [ha]}$$

鉄鋼における低炭素化技術（結論）

- ・ 鉄鋼の低CO₂排出化は、従来は省エネ主体で行われてきたが、日本の鉄鋼業における省エネ導入は世界最高レベルで、**省エネによる更なるCO₂削減余地はほとんどない**。
- ・ さらなるCO₂排出削減法は鉄鉱石**還元**の**低炭素化**。現在の石炭を、天然ガスやC-free水素、あるいはバイオマスに置き換えることにより、CO₂排出を削減あるいはゼロにできる。
- ・ しかし炭素系還元剤の不使用あるいは水素の大量製造は当面困難。化石燃料を使用しながらCO₂を**CCS**で吸収除去したり、**CCU**で有価物に転換する方法も有効である。
- ・ 究極のゼロエミ化は**C-free水素**のみによる鉄鉱石還元で、再エネ電力が比較的安価な欧州で研究開発が始まりつつある。しかし水素供給を含め、大規模化は困難を極める。
- ・ それでも欧州は、2030年に30%削減、**2050年にネットゼロエミッション**の野心的目標を掲げている。
- ・ 無理な**スクラップ使用増**は**カーボンリーケージ**を招きかねず、LCAで考えると必ずしも鉄鋼低CO₂化に繋がらないことに留意すべき。スクラップ有効利用は重要だが、電炉化＝低CO₂化ではない。
- ・ 鉄鋼の低CO₂化で大事なものは、**鉄鉱石還元（高炉）とスクラップ再生（電炉）の両方の低CO₂化**。
- ・ 今後増加する**老廃スクラップ**の活用は資源循環の観点でも重要。鉄鋼資源の劣質化を防ぐためにスクラップへのトランプ元素混入防止策（スクラップ選別技術向上）は危急の課題。