

環境省環境研究総合推進費  
平成26年度終了課題成果報告会

## 日本およびアジアの鉄鋼産業の 中長期的な低炭素化実現へ向けた研究

課題番号1RF-1301(H25-26)  
全領域共通・領域横断部会(革新型・若手枠)  
累積予算額: 15,330千円

倉持 壮  
(公財)地球環境戦略研究機関

平成27年3月6日

## 背景と目的



### 背景

- ・ 2020年以降の温暖化対策目標を2015年に策定
- ・ 鉄鋼業等のCO<sub>2</sub>排出削減が一層重要に  
→ しかし、省エネ設備・電炉シェア・生産量以外の議論少ない
- ・ 世界の鉄鋼業はダイナミックに展開

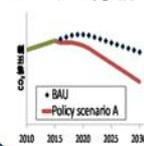
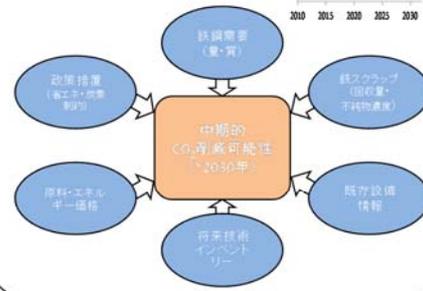
### 目的

- ・ 世界の動向を踏まえつつ、国内鉄鋼部門における中長期的(2030年以降)な低炭素化実現へ向けた政策提言を行う。
  - 生産量などの影響要因とそれらによる不確実性の評価
  - 低炭素化と同時に、効率的な資源循環にも焦点

# 本研究課題の概要および研究体制

**① 国内鉄鋼業におけるエネルギー・CO<sub>2</sub>排出削減の技術・経済ポテンシャル分析**

- ボトムアップ計算モデル
- 様々な国内外の影響要因とそれら不確実性を考慮

**研究概要**

**② 海外における鉄鋼業の低炭素化に関する政策事例調査研究**

- 政策テーマ
  - 技術開発 (省エネ・革新的技術等)
  - 産業構造の変化促進 (電炉へのシフトなど)
  - 鉄スクラップ回収・処理
- 実施手法
  - 文献調査
  - 現地聞き取り調査 (政策担当者、製鉄会社)



研究主担当：  
倉持壮 (IGES)



1年目

(1年目のみ研究協力)  
金振 (元IGES、現JST)



2年目

**③ 鉄鋼部門における中長期的なエネルギー・CO<sub>2</sub>排出削減実現のための政策提言**

- CO<sub>2</sub>排出削減に際し想定される障壁および社会・経済的影響を同定・評価
- 日本を中心にアジアの鉄鋼部門にとって望ましいエネルギー・CO<sub>2</sub>排出削減の姿の実現のための中長期の政策案を提言。



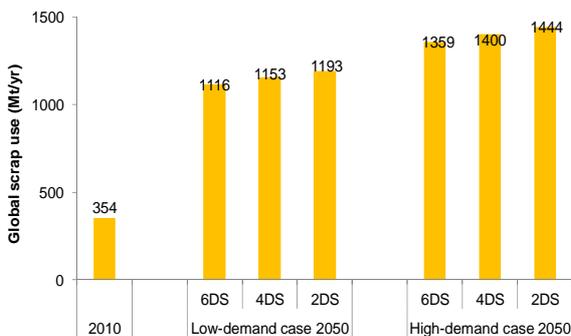
アドバイザー：国立環境研究所 藤野純一主任研究員  
地球環境産業技術研究機構 (RITE) 小田潤一郎主任研究員

# スクラップ積極利用の重要性を再確認

## 世界

### 温暖化対策と鉄リサイクル

- 世界全体でのEnd-of-life recycling rateはまだ改善の余地
- 気候変動対策の強化によりスクラップ需要増、需要に応じて供給も増加



出典: IEA (2012)より筆者作成

## 東アジア

### スクラップ: 中期的な供給余剰の可能性

- 日本のスクラップ輸出: ほとんどが中・韓向け
- 中国: 2025年頃から大量の老廃スクラップ。不確実要素多いが、スクラップ消費を大幅増加させても2030年頃に純輸出国に転ずる可能性
- 韓国: 2025-30年に自給達成見通し

→ 行き場なくなるスクラップ発生? (鉄リサイクルリソリサーチ 2013)

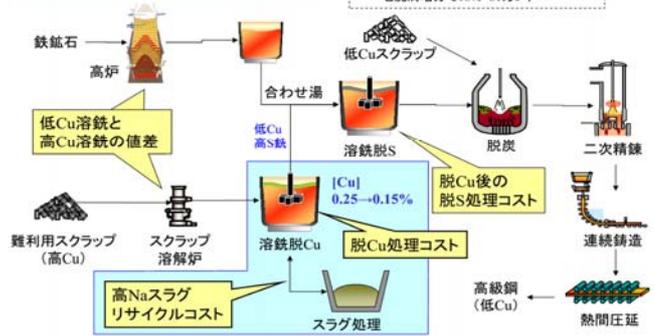
温暖化対策、資源循環の維持・促進のため、国内でスクラップを最大限消費することが2030年頃には一層重要に

## 電炉に頼らない手段の検討

- ・ コークス代替還元材の最大利用
- ・ 転炉でのスクラップ利用拡大
  - CO<sub>2</sub>削減効果は電炉利用と同等
  - 利用拡大ポテンシャルは大きい(右図)
  - 銅など不純物混入が課題

### 3. 3. 今後の展望

#### 想定プロセスと課題(経済性)



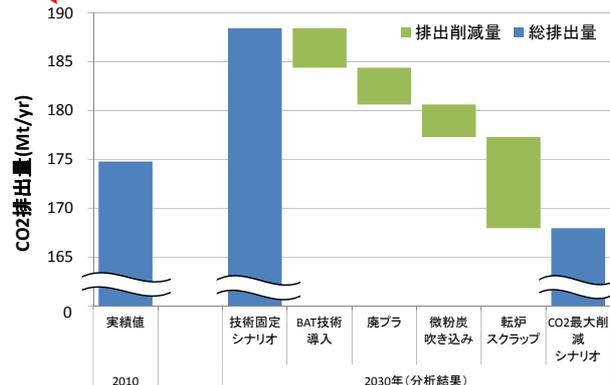
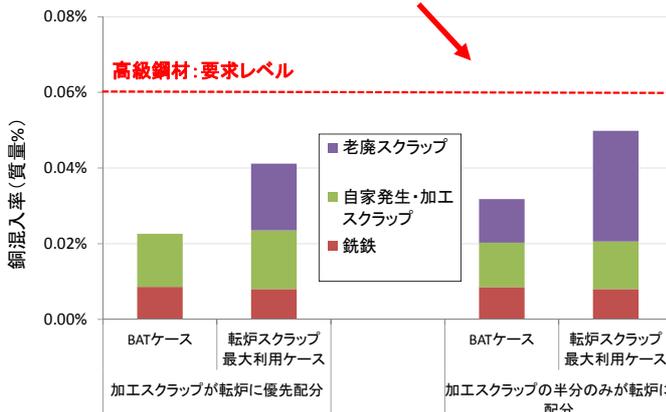
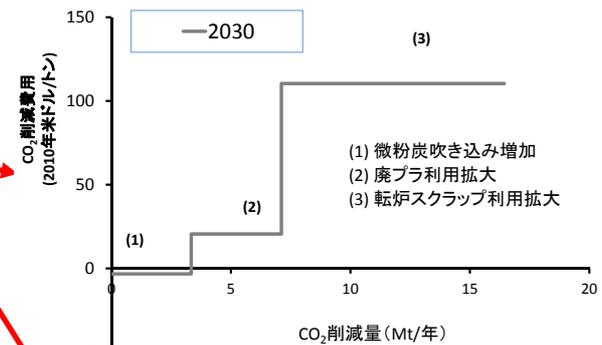
出典：JFEスチール (2013)

- ・ 2030年電炉鋼シェアは2010年水準を想定
- ・ 省エネ設備導入、転炉スクラップおよびコークス代替還元材(微粉炭吹き込み、廃プラ)の最大利用を検討
- ・ CO<sub>2</sub>回収・貯留(CCS)は検討せず

## 高粗鋼生産量(1.2億t/年)想定の場合

### 転炉スクラップ利用拡大の効果:

- ・ 国内回収屑のほぼ全量を国内で消費
- ・ 9 MtCO<sub>2</sub>削減、(限界)削減費用は ¥10,000/tCO<sub>2</sub>程度(割引率15%)
- ・ BAT・コークス代替と合わせて2010年比マイナス4%まで削減可能
- ・ 銅混入率(転炉鋼平均値)も高級鋼材生産に大きな影響を与えない程度



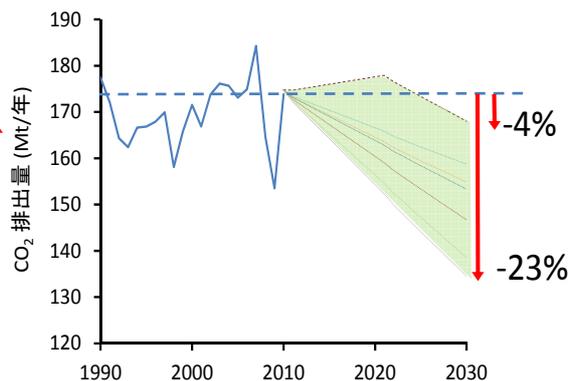
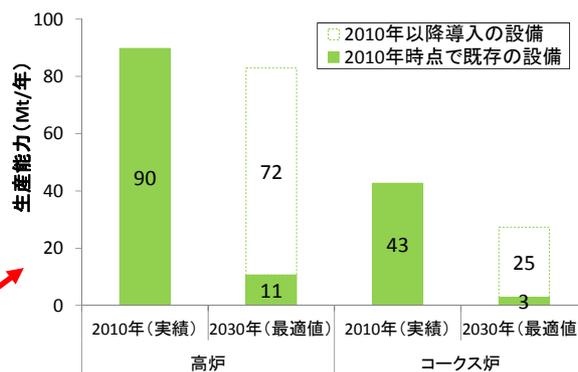
出典：Kuramochi (in press)

# 生産量の不確実性を考慮した場合(1)

- 0.9-1.2億t粗鋼/年の不確実性、最低設備利用率の制約の下、最低限必要な高炉・コークス炉能力を試算

→ コークス炉が大幅減少

- CO<sub>2</sub>: 2010年比4-23%削減
- 粗鋼生産が0.9億t/年になると、大量の余剰スクラップ(8-17Mt)が発生

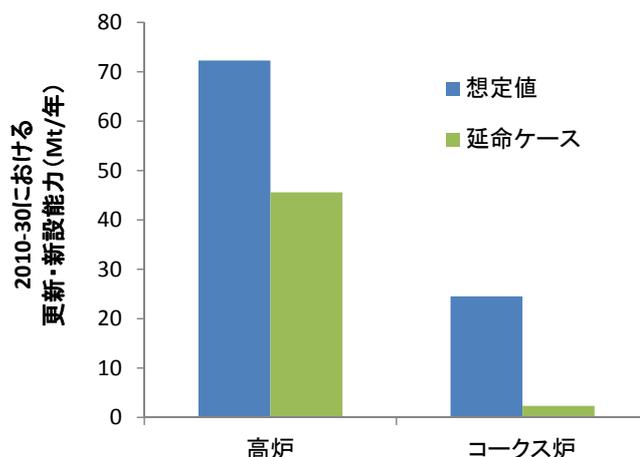


出典: Kuramochi (in preparation)

# 生産量の不確実性を考慮した場合(2)

## 設備寿命想定有感度分析

- 主要設備を5-10年延命すると、2030年までの必要導入量は大きく減少
- しかし、CO<sub>2</sub>削減量の減少は限定的
  - 副生ガス発電設備は延命しても大半が2030年までに更新
  - 高炉自体は省エネの余地小さい



大幅CO<sub>2</sub>削減の観点からは、既存設備を延命し、2030年以降の革新的技術の大規模導入に資金を集中させるのが合理的  
(国の野心的なGHG削減へのコミットメントと技術の実用化ステージ到達が大前提)

出典: Kuramochi (in preparation)

## 国内対策

- 電炉以外のスクラップ大量消費技術の開発・導入
  - 温暖化対策による電力価格上昇は各国共通
  - スクラップ大量消費転炉、トランプエレメント除去技術
- CCS大規模導入への道筋
  - EUにはロードマップもR&D停滞
  - 日本は着実な政府支援継続
  - 排出源・貯留地マッピングやロードマップ策定の必要

**低炭素化・資源循環の着実な推進のための施策**

## アジア諸国との政策協調・協力

- スクラップ回収および品質管理システム・技術の海外展開(中国など)
    - 中国ではEnd-of-life vehicleの鉄屑回収などに大きな課題(鉄鋼メーカーが使用しない低品質)(Wübbeke & Heroth, 2014)
    - 品質管理の改善で使用可能なスクラップ供給増加
  - CCS技術の海外展開
    - 中国の大きな鉄鋼CCSポテンシャル
- 日本の技術・システムの海外展開**

## 炭素価格付け

- 長期的確実性の担保
- EU ETSでは電炉業により大きな経済影響(CEPS 2013)、一方で高炉業には「排出枠」という名の補助金
- スクラップ多使用材への税制優遇(?)

## 炭素価格付け(中・韓など)

- 中国、韓国共にETS本格導入の動き(鉄鋼業含む)
- 国境税調整など、日本の主導で「フェア」な競争の場を確保(少数の国なら機能する可能性)

## 地域的なスクラップ需給ミスマッチ回避のための施策

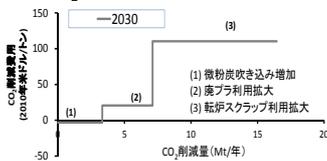
- インドなど遠隔地での新規市場開拓は、港湾整備や信頼醸成等に相当な時間と労力(鉄リサイクルングリサーチ 2013)

# まとめ

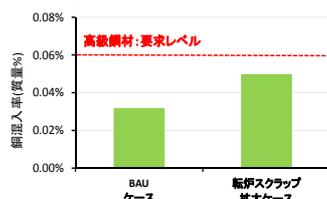
## ① 将来生産量の不確実性を考慮した、2030年国内エネルギー・CO<sub>2</sub>排出削減ポテンシャル分析

### スクラップ利用は転炉でも拡大可能

- 高粗鋼生産時(1.2億トン/年)には回収屑ほぼ全量を国内消費可能
- CO<sub>2</sub>削減費用は1万円/トン程度

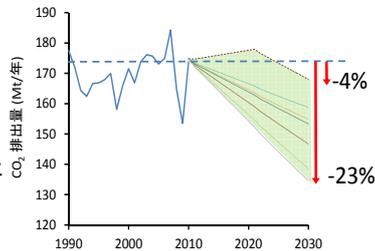


- 銅混入率(平均値)も高級鋼材生産に影響しない程度



### CO<sub>2</sub>排出は2010年比で4-23%削減(CCSなしの想定)

- 粗鋼0.9-1.2億トン/年の不確実性と稼働率条件に基づく設備能力設定(電炉シェアは増えない想定)



- 設備寿命を延長してもCO<sub>2</sub>削減量に大きな変化なし
- 低生産レベル時には現在の倍以上のスクラップを輸出する必要も

## 研究成果

### ② 海外動向と政策事例の調査研究

#### アジア

- 中国では2030年頃から老廃スクラップ供給余剰の可能性
- 排出量取引(ETS)や炭素税の本格導入の動き

#### ヨーロッパ

- CCSはロードマップ有、しかし開発は停滞
- ETSは電炉業により高負担の矛盾

#### セクター別取り組み

- 少数の国による政策協調・業界取り組みならば効果出る可能性

## ③ 中長期的な低炭素化実現のための政策提言

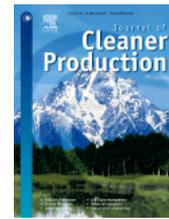
### 国内対策

- 「電炉」対「高炉」の二項対立からの脱却: 電炉以外のスクラップ大量消費技術の早期実用化
- 将来の設備更新も考慮した削減計画策定: 2030年以降の革新的技術導入に集中投資
- 鉄鋼業のCCSロードマップ策定

### アジア諸国との(政策)協調

- 鉄鋼部門の炭素価格付けにおける日中韓の政策協調
- 新たなスクラップ輸出先の確保
- スクラップ回収・管理の技術・システム両面での協力

- 査読論文 (査読審査中・準備中のものを含む)
  - Kuramochi, T., in press. "Assessment of midterm potential for CO<sub>2</sub> emissions reductions in the iron and steel industry: A case of Japan". In press for publication in: *Journal of Cleaner Production*. (Impact factor: 3.6)
  - Kuramochi, T., In preparation. "Technical assessment of opportunities for synergizing decarbonization and operational flexibility in the Japanese iron and steel industry".
  - Kuramochi, T., In preparation. "Balancing business and climate change mitigation: Pathways for the Japanese iron and steel industry in a dynamically changing Asian steel market."
- その他誌上発表
  - 倉持社:「2020年以降における国内鉄鋼部門からのCO<sub>2</sub>排出削減:可能性と課題」、クライメート・エッジ21号、地球環境戦略研究機関。
- 学会発表
  - 倉持社:「2030年における国内鉄鋼部門のCO<sub>2</sub>排出削減ポテンシャル評価～電炉に頼らない排出削減の可能性～」、環境経済政策学会2014年大会気候変動(3)分科会、9月14日、東京・法政大学多摩キャンパス。
- その他口頭発表
  - 倉持社:「2°C目標達成へ向けた日本の温暖化対策の方向性～カーボン・バジェットと資源循環の観点から～」Deep Decarbonization Pathways Project報告セミナーおよび環境研究総合推進費2-1402報告会。2014年10月7日、東京工業大学蔵前ホール、主催:国立環境研究所。(約150名)
  - 倉持社:「2030年における国内鉄鋼部門のCO<sub>2</sub>排出削減ポテンシャル評価～電炉に頼らない排出削減の可能性～」環境省「平成26年度2050年温室効果ガス排出削減達成に向けた経路等調査検討委託業務」講師。2014年7月29日、東京・航空会館。



## 科学的意義・環境政策への貢献

### 科学的意義

- 直近の実績・設備データを用い、2030年にフォーカスした研究は少ない
- コークス代替、転炉スクラップ利用に注目し、CO<sub>2</sub>削減効果だけでなく鋼材品質の変化にも着目
- 東アジア鉄鋼業が大きな転換点を迎える中で、生産量の不確実性と設備能力も考慮したCO<sub>2</sub>削減ポテンシャルの分析

### 環境政策への貢献

- 2020年以降の温暖化対策目標策定議論への(間接的な)貢献
- 今後のアジアの鉄鋼業における低炭素化および資源循環促進への(将来的な)貢献

- CEPS, 2013. Assessment of cumulative cost impact for the steel industry: A report for the European Commission. Centre for European Policy Studies, Brussels, Belgium.
- IEA, 2012. Energy Technology Perspectives 2012. International Energy Agency, Paris, France.
- Kuramochi, T., in press. Assessment of midterm potential of CO<sub>2</sub> emissions reduction in the iron and steel industry: A case of Japan. In press for publication in: *Journal of Cleaner Production*.
- Kuramochi, T., in preparation. “Technical assessment of opportunities for synergizing decarbonization and operational flexibility in the Japanese iron and steel industry“.
- Pauliuk, S., Wang, T. & Müller, D.B., 2012. Moving toward the circular economy: the role of stocks in the Chinese steel cycle. *Environmental science & technology*, 46(1), pp.148–54.
- Wübbeke, J. & Heroth, T., 2014. Challenges and political solutions for steel recycling in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 87, pp.1–7.
- 岸本・斎藤, 2014. 我が国における複合転炉の開発,発展の歴史と今後の展望。鉄と鋼 Vol. 100 (2014) No. 4. pp.445–455.
- JFEスチール, 2013. 難利用鉄系スクラップの利用拡大のための研究開発. NEDO省エネルギー技術フォーラム 2013, 11月1日、東京ビッグサイト、東京.
- 鉄リサイクリングリサーチ, 2013. 2030年の鉄スクラップ需給展望. 調査レポートNo.17.
- 山崎雅人, 2009. 鉄スクラップの国内リサイクル維持政策の評価. 環境経済政策学会2009年大会。