



STEELWATCH

Bringing climate urgency to steel



MIGHTY EARTH

「製鉄に関する脱炭素のグローバル動向 ～コークス代替としてのバイオマス利用の課題

バイオマス産業社会ネットワーク第219回

ロジャースミス

2024年1月26日



米国南東部の木質ペレット生産による 大気汚染が健康に及ぼす影響

ロジャー・スミス（国際環境団体マイティ・アース 日本プロジェクト統括マネージャー）
泊 みゆき（NPO法人バイオマス産業社会ネットワーク 理事長）

1. はじめに

2012年に再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT）が開始されて以来、木質バイオマス発電の稼働が相次いでいる。現在、バイオマス発電の認定量の8割以上、稼働量の2/3は、木質ペレットなど輸入バイオマスを主な燃料とする一般木材の区分である。FIT開始まではほぼゼロだった木質ペレットの輸入は激増し、2021年には312万トンに達し、さらに拡大を続けている。米国の世界最大の木質ペレット製造会社エンビパは2025年の長期契約の約半分350万トン以上を日本企業と締結し、さらに電源開発と石炭混焼向けに最大500万トンの供給の覚書を交わしている。

このように木質ペレット輸入が増加するなか、気候変動の悪化、生物多様性や地域社会への影響など持続可能性の問題が指摘されている。本稿では、その中でも米国における木質ペレット産業の大気汚染の問題に焦点を当てたものである。

過去10年間、米国では輸出用木質ペレットの大規模な生産工場が急増している⁽¹⁾。英国が石炭発電所から木質バイオマス発電所への転換を奨励する政策をとり、欧州連合（EU）が再生可能エネルギーの利用に奨励制度を設けたことで、現在のような木質ペレットの国際取引が生まれた。日本でもFITによるインセンティブと、石炭とのバイオマス混焼を是とする省エネ法に支えられた需要があり、それが今、メキシコ沿岸地域にペレット工場建設の新たな波を起こす原因になっている⁽²⁾。

木質ペレット産業は、森林劣化や気候変動

を悪化させているとして、科学者⁽³⁾や環境団体⁽⁴⁾からさまざまな批判を受けている。しかし、木質ペレット生産が周辺地域の住民の健康に及ぼす影響については、これまでほとんど注目されてこなかった。

2. 木質ペレットの製造と大気汚染

木質ペレットの製造施設では、作業の各工程で大気汚染物質が発生する。まず、ペレット工場への木材搬入時、ディーゼルトラックや列車は、木や木材チップを工場に運ぶ際に、有害な粒子状物質（PM）を排出する。木や丸太は、パーカー（剥皮機）で樹皮を取り除いてからチップパー（粉砕機）へと送られる。工場での次の工程では、ハンマーミル（衝撃型粉砕機）と呼ばれる機械を使って木材チップをさらに小さくする。次にチップを乾燥機に入れて乾燥される。その後、乾燥させたチップをハンマーミルでさらに小さくする。チップはそれから圧縮されてペレットになり、最後にペレットクーラー（冷却機）で冷却される。保管庫の木粉やおがくずからも、粒子状物質が発生する可能性がある。完成したペレットはトラックや鉄道、はしけで港へと運ばれる際にもさらに粒子状物質が排出される⁽⁵⁾。

粒子状物質、特に直径10 μ m未満のサイズの微小粒子状物質（PM2.5）は肺の奥まで侵入し、血液中にも入る可能性がある。ある最新調査の推定では、PM2.5の人為的排出による早期死亡が米国で年間10万人を超えるという⁽⁶⁾。

汚染管理を行っている大規模木質ペレット

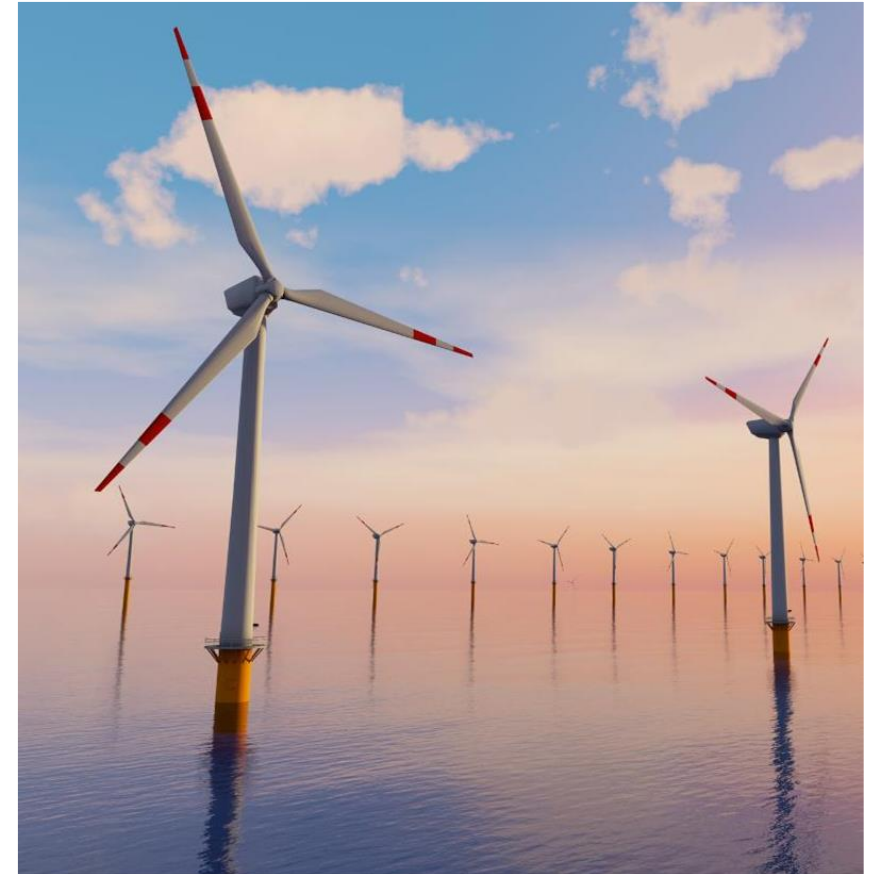


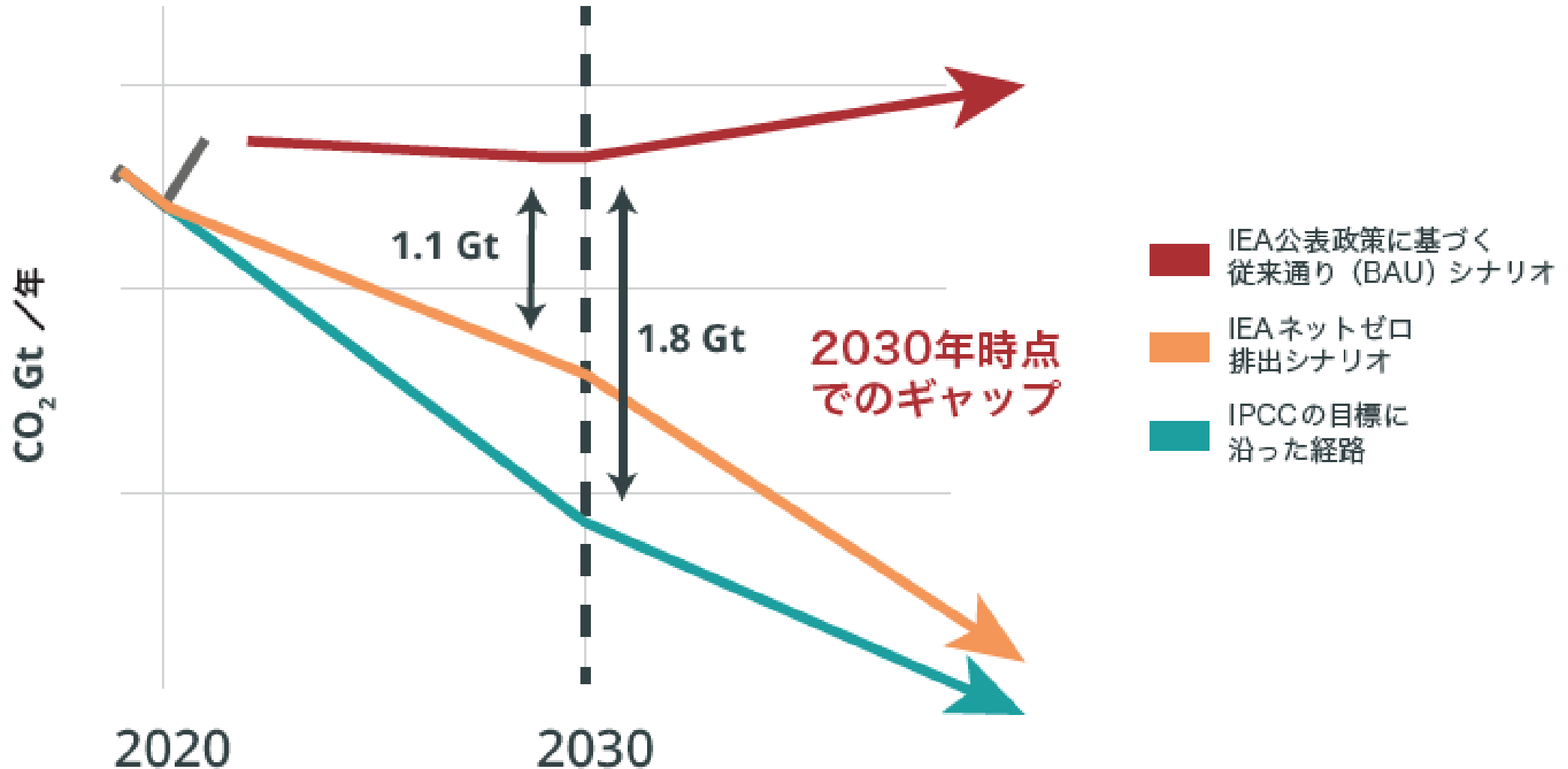


製鉄と気候変動

鉄鋼業界は、私たち全員に影響を及ぼす気候変動リスクをもたらしている：

- 全世界の年間GHG排出量の8%
- 日本では14%





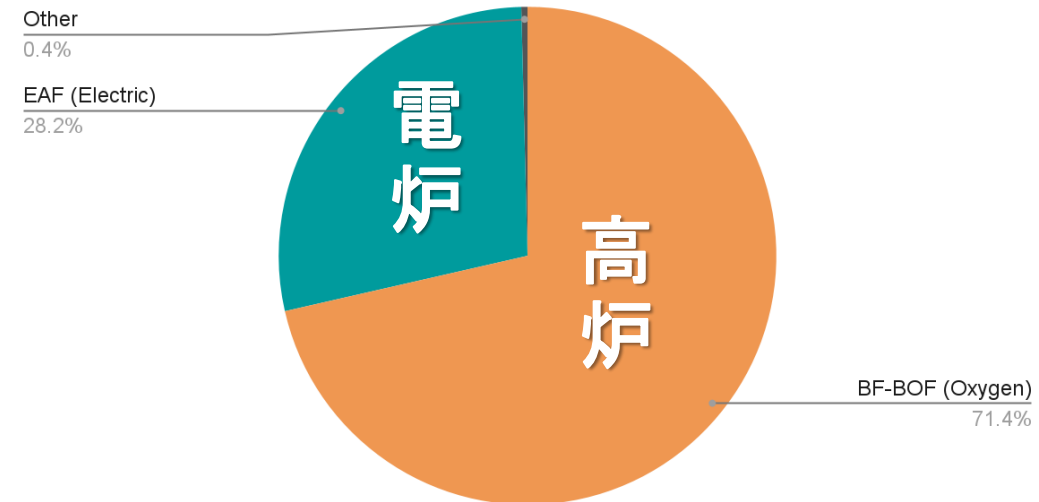
注：「過去」の推移⁵および「従来通り」⁶の経路では、生産手法別の排出原単位⁷と生産割合に基づいて、鉄鋼生産による総CO₂排出量を推定している。IEAネットゼロ⁸とIPCCの経路⁹は、IEAネットゼロ排出シナリオで鉄鋼について、IPCCの1.5℃目標に沿った経路で世界全体の排出量について、それぞれ明示されている速度を基に、2019年を起点として鉄鋼業界に求められる排出削減を示す。世界鉄鋼協会のデータ、IEA (2020)、IPCC (2023)に基づく。



鉄鋼生産の主な技術

1. 高炉・塩基性酸素炉（BF-BOF）
2. 電炉（EAF）
3. 直接還元（DRI）＋電炉

Crude Steel Production by Route
Globally, 2022

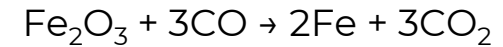


Source: World Steel in Figures 2023

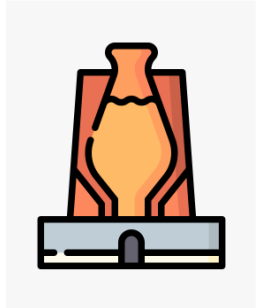


1. 高炉・塩基性酸素炉（BF-BOF）

1. 高炉-転炉法は鉄鋼1トンに770キログラムの原料炭を使用する



2. 原料炭は世界の石炭年間生産量の約14%を占める



3. 溶鉄の1トン当たりに3.2tCO₂eが出る

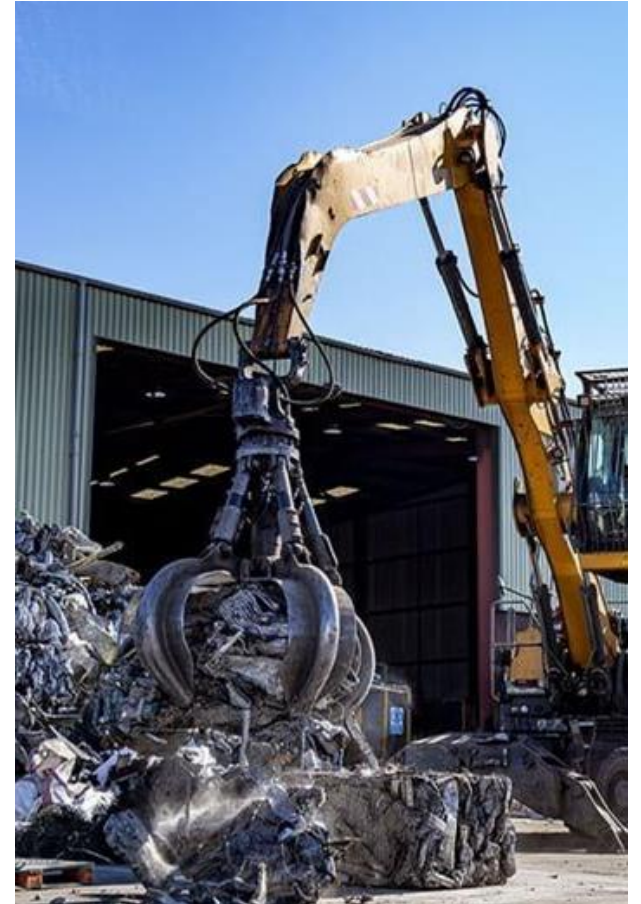
4. 高炉-転炉法は鉄鋼業の排出量の約90%を占める





2. 電炉 (Electric Arc Furnace)

1. 電気で鉄スクラップなどを再溶解
2. 電力源による排出
3. 課題：スクラップの量と質





3. 直接還元（DRI）＋電炉

1. 天然ガス（または水素）で鉄鉱石を還元する(製鉄)
2. 石炭・コークス不要！
3. DRI鉄を電炉で製鋼する
4. 課題：高いグレードの鉄鉱石が必要・天然ガスの価格



ゼロエミッションに近い鉄鋼の製造方法

1. 電炉（再生可能電気）＋スクラップ

2. H₂直接還元＋電炉（再生可能電気）

再生可能水素＋再生可能電気の電炉



ワールドスチール協会による国ごとの生産量

Rank		2022	2021	%2022/2021
1	China	1 013.0	1 034.7	-2.1
2	India	124.7	118.2	5.5
3	Japan	89.2	96.3	-7.4
4	United States	80.7	85.8	-5.9
5	Russia (e)	71.5	77.0	-7.2
6	South Korea	65.9	70.4	-6.5
7	Germany	36.8	40.2	-8.4
8	Turkey	35.1	40.4	-12.9
9	Brazil	34.0	36.1	-5.8
10	Iran	30.6	28.3	8.0
11	Italy	21.6	24.4	-11.6
12	Taiwan, China (e)	20.6	23.2	-11.2
13	Viet Nam (e)	20.0	23.0	-13.1
14	Mexico	18.2	18.5	-1.6
15	Indonesia (e)	15.6	14.8	5.2
16	France	12.1	13.9	-13.1
17	Canada (e)	12.0	13.0	-7.8
18	Spain	11.5	14.2	-19.2
19	Malaysia (e)	10.0	9.1	10.0
20	Egypt	9.8	10.3	-4.6

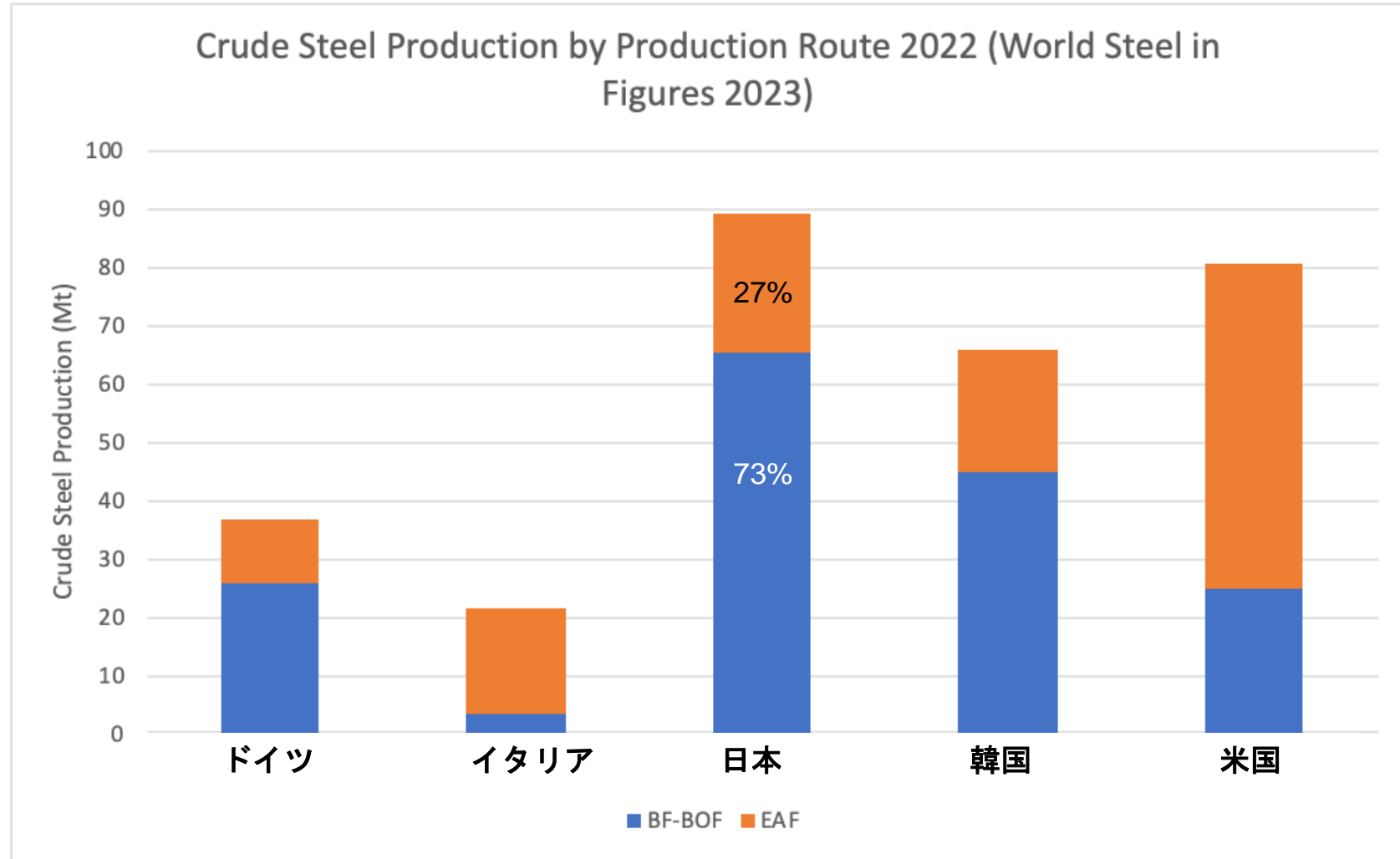
21	Saudi Arabia	9.1	8.7	3.9
22	Poland (e)	7.7	8.5	-8.6
23	Austria	7.5	7.9	-4.7
24	Belgium (e)	6.9	6.9	0.4
25	Ukraine	6.3	21.4	-70.7
26	Netherlands	6.1	6.6	-7.2
27	United Kingdom	6.1	7.2	-15.6
28	Pakistan (e)	6.0	5.4	10.9
29	Australia	5.7	5.8	-1.9
30	Thailand	5.3	5.5	-2.9
31	Bangladesh (e)	5.2	5.5	-5.5
32	Argentina	5.1	4.9	4.5
33	Sweden	4.4	4.7	-5.9
34	South Africa	4.4	5.0	-12.3
35	Czechia	4.3	4.8	-11.0
36	Kazakhstan	4.1	4.5	-8.0
37	Slovakia	3.9	4.9	-20.4
38	Finland	3.5	4.3	-18.5
39	Algeria (e)	3.5	3.5	0.2
40	United Arab Emirates	3.2	3.0	7.1
	Others	37.2	39.5	-5.7
	World	1 878.5	1 960.4	- 4.2



日本の鉄鋼生産

高炉

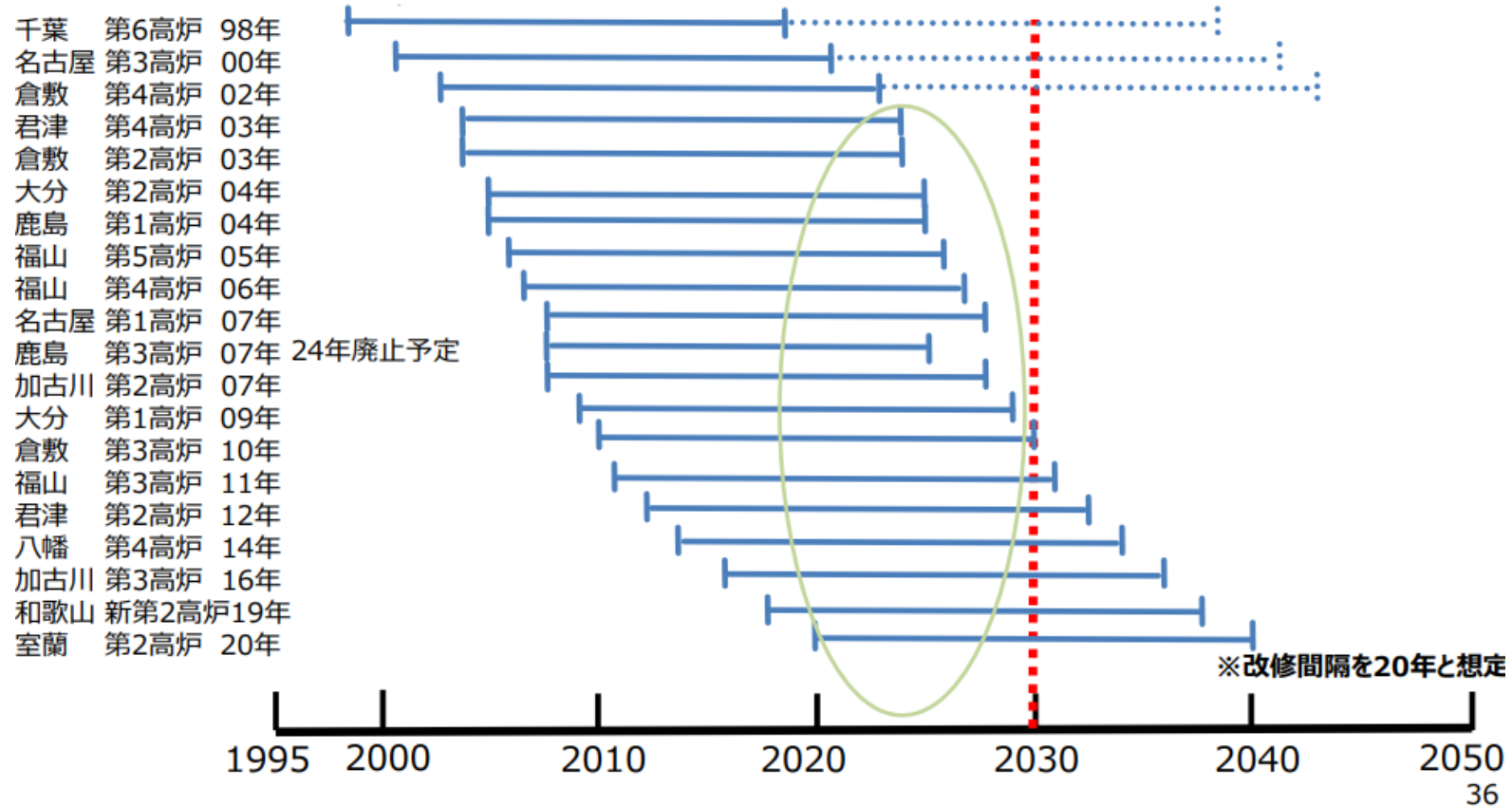
電炉



迫られる工場単位の投資決定

脱炭素に向けた投資判断のタイミング

- 高炉改修が決まっていない9基の高炉について、**高炉3社は改修、廃止、電炉化など、今後の対応の判断に迫られている。**



ビジネス 2022年11月25日 / 7:28 午前 / 9ヶ月前更新

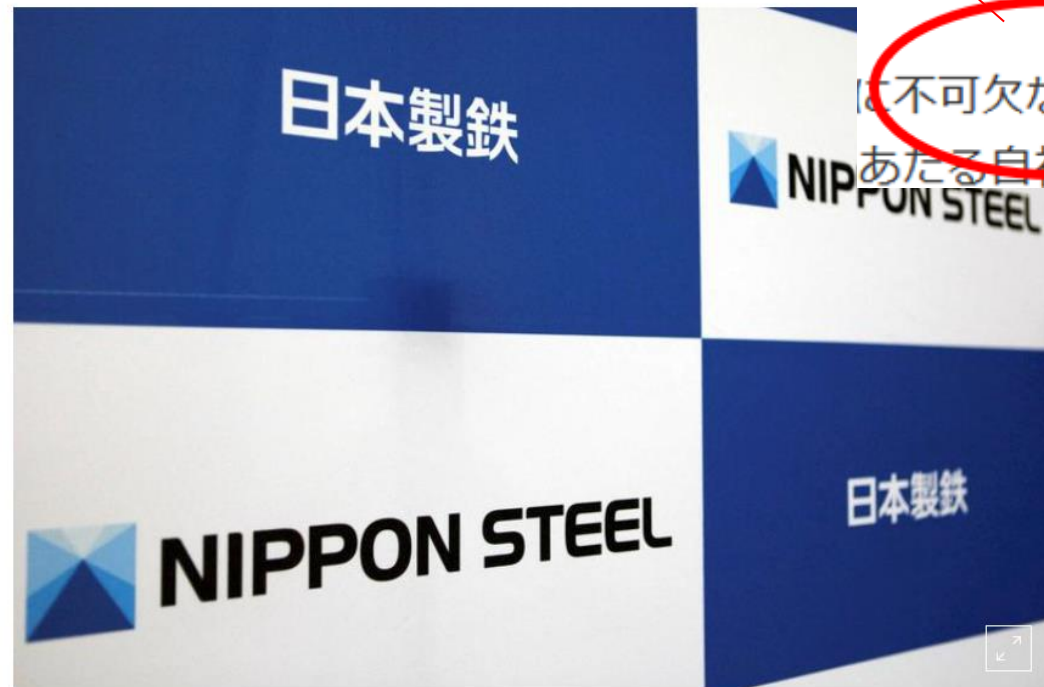
インタビュー：原料炭確保へ自社鉱山比率高める、脱炭素にも重要 = 日鉄副社長

ロイター編集

2分で読む



[東京 25日 ロイター] - 日本製鉄は鉄鋼生産に不可欠な原料炭の安定確保のため、炭鉱の権益取得を検討する。現在、約2割にあたる自社権益からの調達を増やす考えだ。森高弘副社長がロイターとのインタビューで明らかにした。



11月25日、日本製鉄は鉄鋼生産に不可欠な原料炭の安定確保のため、炭鉱の権益取得を検討する。写真は日本製鉄のロゴマーク。都内で2019年3月撮影（2022年 ロイター/Yuka Obayashi）

森副社長は脱炭素の流れのなかで石炭の上流投資へのハードルは相当上がっている

日本製鉄、カナダ石炭会社に出資 水素製鉄にも活用

環境エネ・素材 [+ フォローする](#)

2023年2月21日 22:11 (2023年2月21日 23:00更新)



日本製鉄は21日、カナダの鉱山会社テックリソーシズ社と製鉄向け石炭事業で出資契約を結んだと発表した。テック社からスピノフ（分社・独立）される事業会社の株式の一部などを取得する。取得額は総額約11億5000万カナダドル（約1100億円）。同社から高品質な石炭を調達し、高炉で水素を使い鉄鉱石を還元する次世代技術の水素製鉄でも活用する。高品質な石炭を使えば還元で石炭の使用量を抑えられるようになる。

21日にオンラインで記者会見を開いた日鉄の広瀬孝副社長は「カーボンニュートラルな鉄鋼生産プロセスにおいて、必要不可欠な高品質原料炭の安定調達を図る」と今回の出資の意義を強調した。同社の原料権益投資として過去最大規模になるという。

日鉄はテック社から分離して上場予定のエルクバレーリソーシズ社（EVR社）の普通株を10%取得するほか、優先株10%なども取得する。将来的にEVR社の持ち分法適用会社化も視野に入れる。EVR社は製鉄用原料炭事業を手掛け、年間生産能力は2500万〜2700万トンになる。

日鉄は今回の出資により原料炭の中でも高品質なものを調達できるようになる。高炉を使い、水素で鉄鉱石を還元する次世代技術の商業化をめざしている。高品質な原料炭は脱炭素時代にも一定程度の活用が見込めるとみて今回の投資を決めた。原料権益を確保することで、原料の市況に左右されにくい事業基盤を構築し、安定的に利益を稼ぐこともできるとしている。

バイオマス代替の課題

1. 森林伐採の加速、森林転換
2. 食料競合
3. 石炭延命
4. 規模

粗鋼生産量は19億トン、高炉の分は13億5000万トン、
石炭の20%の代替＝約2億トン

バイオエネルギーと鉄鋼生産

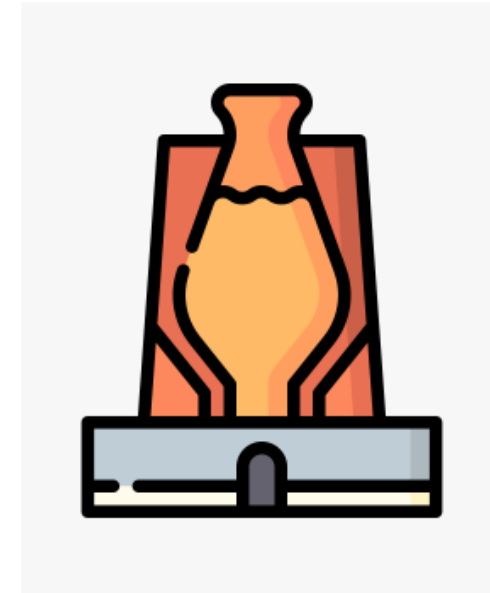


写真 : Oregon Department of Forestry

<https://www.flickr.com/photos/oregondepartmentofforestry/16637208254/>



既存の農園の課題

- 南米で製鉄のためのユーカリ農園が多い
- 熱分解で木質をバイオ炭を作る
- 人身傷害、水利用の紛争などが課題

レスポンシブル・スチールとは

レスポ
責任
初の世界的

レスポンシブル・スチール認証

“

マイティ・アースは、鉄の脱炭素化に向けた意義ある道のりを確実に進むための、この画期的な取り組みに参加できることを嬉しく思います。10年以内に産業部門の温室効果ガス排出を半減させるには一人ひとりの力が必要です。”

マイティ・アース

“

鉄鋼セクターを後押しして生産の低炭素化を加速させるには、さらなる資金が必要だと考えています。レスポンシブル・スチールの取り組みが、低炭素化に向けた仕組みを作り、促進し、奨励するものと大いに期待しています。買い手企業には責任ある鉄を求めて声を上げることを、鉄鋼メーカーにはその声を聞くことを求めます。”

HSBC
サステナビリティ シニアアドバイザー
フランシス・サリヴァン



“

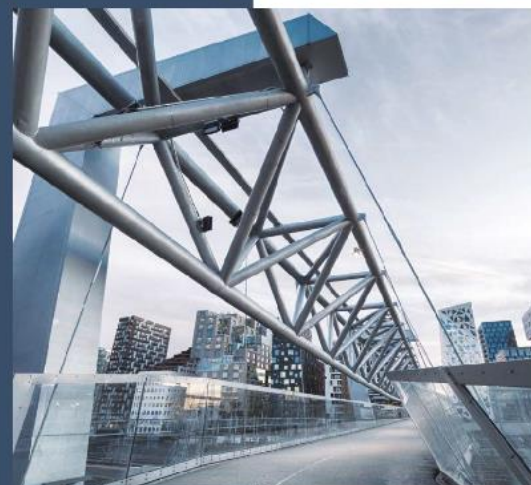
鉄を通じて持続可能な社会の実現に最大限貢献し、責任ある鉄の原料調達、生産、使用、リサイクルを推進しようとするレスポンシブル・スチールのビジョンは、当社の目指すところでもあります。”

アングロ・アメリカン
バルク・コモディティ部門CEO
シーマス・フレンチ

“

レスポンシブル・スチールに加盟すると、気候変動や人権など、私たちにとって重要で差し迫ったグローバルな課題に取り組む機会を得られます。真に責任ある鉄鋼の発展を共に加速させるべく、同業の仲間や顧客企業、競合他社の加盟を期待します。

レンドリース
サステナビリティ&レンドリース基金グループ長
ケイト・ハリス



Responsible Steel 認証鋼材 2023年9月から実施

<https://www.responsiblesteel.org/>



Our International Standard

In discussions with our members and stakeholders alike, these issues have been identified as being key to a responsible steel sector:

- Corporate Leadership
- ESG Management Systems
- Responsible Sourcing of Input Materials
- Decommissioning and Closure
- Occupational Health and Safety
- Labour Rights
- Human Rights
- Stakeholder Engagement and Communication
- Local Communities
- Climate Change and Greenhouse Gas Emissions
- Noise, Emissions, Effluents and Waste
- Water Stewardship
- Biodiversity
- コーポレート・リーダーシップ
- ESGマネジメント・システム
- 責任ある原材料調達
- 廃止措置と閉鎖
- 労働安全衛生
- 労働者の権利
- 人権
- ステークホルダーの参画とコミュニケーション
- 地域社会
- 気候変動と温室効果ガス排出
- 騒音、排出物、廃水および廃棄物
- 水の管理
- 生物多様性



ResponsibleSteel認証の材料基準

- 木材はFSC FM植林認証のみ
- ✗ FSC管理材や混合材
- ✗ エネルギー作物（樹木、農作物）



ResponsibleSteel 認証GHG基準

- スコープ1 直接GHGの排出量を全部カウントする
- 樹木の吸収された炭素のクレジットする場合、計算が必要：
 - ✓ 土地利用の変化（20年）
 - ✓ 森林管理
 - ✓ 加工
 - ✓ 輸送など



鉄鋼メーカーのバイオエネルギーの事例

1. アルセロール・ミットアル



- カナダ：バイオ炭と合成ガスを製造するための熱分解の研究開発
- ベルギー：アントワープ高炉で、木材からバイオ炭を製造する

<https://corporate.arcelormittal.com/media/press-releases/arcelormittal-announces-results-of-its-xcarb-innovation-fund-accelerator-programme-and-invests-5-million-in-char-technologies>

<https://corporate.arcelormittal.com/climate-action/decarbonisation-technologies/torero-replacing-coal-with-sustainable-circular-carbon-in-our-steel-making-processes>

鉄鋼メーカーのバイオエネルギーの事例

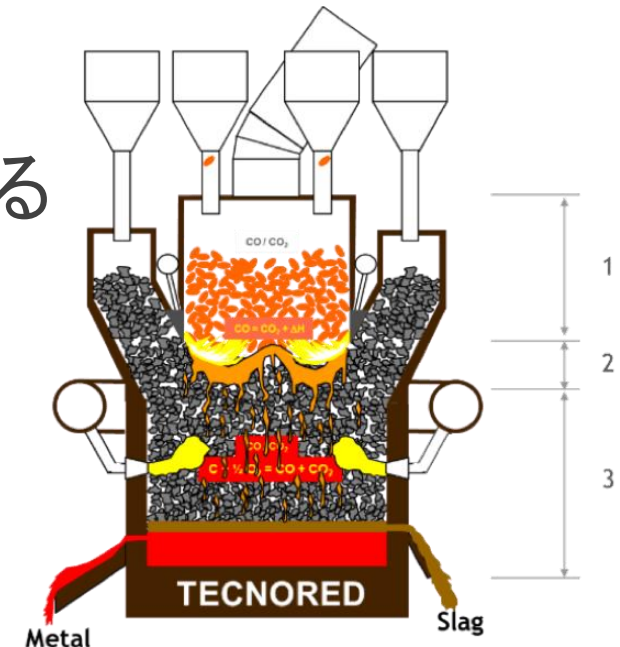


2. ヴァーレ

- ブラジルのマラバに、年間25万トンの鉄を生産する小規模な“Technored”「グリーン銑鉄」
- 石炭、サトウキビのバガス、ユーカリを燃料とする
- 脱石炭が目標

<https://vale.com/w/vale-starts-work-on-tecnoreds-first-commercial-plant-in-maraba-pa-which-will-contribute-to-the-decarbonization-of-the-steel-industry>

<https://www.tecnored.com.br/en/our-technology/>



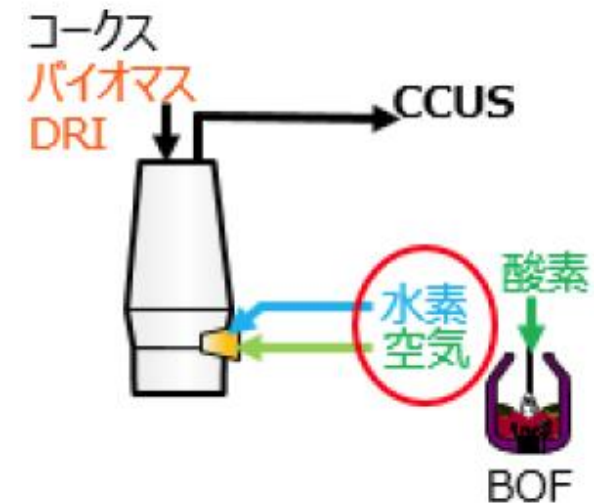
鉄鋼メーカーのバイオエネルギーの事例

3. NEDO



高炉でコークスの一部をバイオマスに
置き換える実験の支援

技術①（水素直接吹き込み）



鉄鋼メーカーのバイオエネルギーの事例

4. 日本製鉄



- 使用電力の89%が自家発電
- バイオマス、アンモニア、水素等の導入を検討・推進
- 鹿島発電所：6000トンのコーヒーかすとチップ
- 釜石では27,000トンの木質バイオマス
- 大分では4500トンの木質バイオマス



鹿島火力発電所



北日本製鉄所 釜石地区



バイオエネルギーの潜在的役割

電炉での化石炭素の代替

1. 消費される黒鉛電極の炭素
2. 合金の一部として添加される炭素
3. 還元環境を作るために元素状炭素として添加され、発泡スラグを作るために処理中に注入される炭素



脱炭素戦略

1. 脱石炭への移行
2. 再生可能エネルギーの迅速な立ち上げ
3. グリーンH2インフラへの投資



STEELWATCH

Bringing climate urgency to steel

ロジャー・スミス

roger@steelwatch.org

roger@mightyearth.org

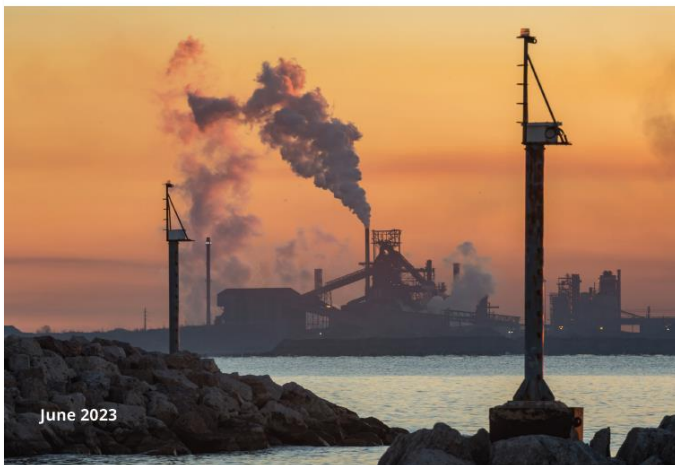


MIGHTY EARTH

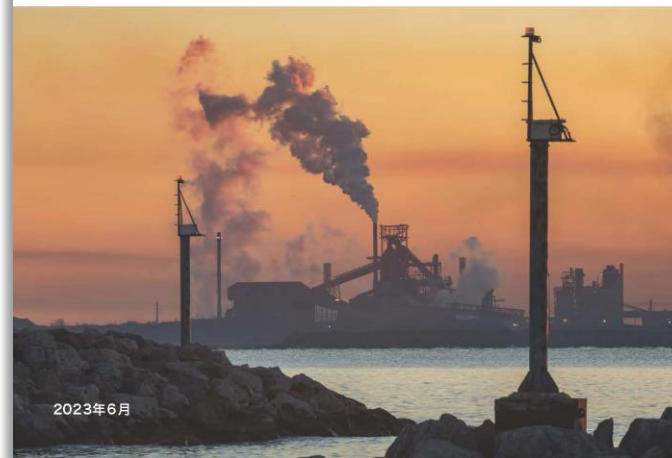
付録 1



Sunsetting Coal in Steel Production



鉄鋼生産における 石炭利用に終止符を



저무는 석탄 기반 제철의 시대



付録 2



自然エネルギー財団

自然エネルギー財団

日本におけるグリーンスチールへの道

脱炭素製鉄への転換をめざして

2022年11月18日

<https://www.renewable-ei.org/activities/reports/20221118.php>



TransitionAsia

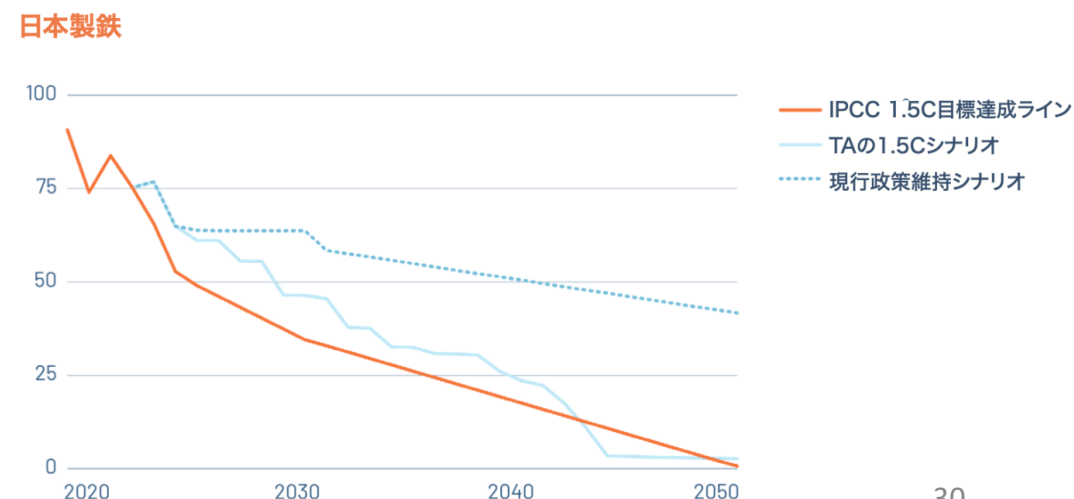
日本の低炭素鋼開発: 排出量の削減と国際競争力の維持に向けた鉄鋼業界の態勢と対策に関する評価 11月15日, 2023

<https://transitionasia.org/low-carbon-steel-development-in-japan/?lang=ja>

日本の鉄鋼業界が排出削減目標を達成するにはEAFへの移行と 高炉の廃止が不可欠 11月15日, 2023

[リンク](#)

<https://transitionasia.org>



SteelZero :

ネットゼロ・スチールの需要を構築する世界的イニシアチブ

スチールゼロに加盟する組織は、調達・指定・保管する鉄のすべてを2050年までにネットゼロ・スチールにすることを宣言する意思がなければなりません。加盟基準はスチールゼロのコミットメント・フレームワーク（SteelZero Commitment Framework）に全文が記載されていますが、最低限のコミットメント基準としては、「調達する鉄を2050年までに100%ネットゼロ・スチールにする」という長期コミットメントと、「調達する鉄の50%を2030年までにネットゼロ・スチールにする」という中間コミットメントが含まれます。中間コミットメントについては、以下の条件を一つ以上満たすことが求められます。

リード・ザ・チャージ 鉄鋼バイヤー(自動車)のキャンペーンとスコアカード

リード・ザ・チャージは、複数の地域にまたがり、さまざまな問題に取り組む地域的、国家的、世界的な団体を結集した協力的な新しいネットワーク。自動車メーカーに対し、**公平で持続可能な、100%化石燃料を使用しない** サプライチェーンへの抜本的な変革を呼びかけている。



<https://leadthecharge.org/>

付録 5



スコアカードの成果(2022年)

