



**STEELWATCH**

*Bringing climate urgency to steel*

# 鉄鋼生産における 石炭利用に終止符を

---



2023年7月



# 謝辞

**SteelWatch** (スチールウォッチ) は「ゼロエミッション経済を支え、環境や地域が栄え、労働者が生き生きと暮らすことを可能にする鉄鋼業」をビジョンとする新しい団体である。私たちのミッションは、鉄鋼業界の脱炭素化に向けた変革を加速させることであり、これを達成するために鉄鋼業界が野心的な目標を持つよう促し、市民社会のアドボカシーを支援し、国際的なコミットメントの強化と迅速な行動を促すキャンペーンを行う。本文書は当団体が作成する初めての報告書であり、今後の活動の基盤となる。

主著者は Caroline Ashley、Evan Gillespie、Margaret Hansbrough。主な協力者は Zoë Adams、John Cooney、Ariana Criste、Alastair Jackson、Valentin Vogl の諸氏。意見や助言をいただいた Jimmy Aldridge、Chris Bataille、Molly Dorozenski、Leanne Govindsamy、Tom Hoskyns、Hilary Lewis、Cynthia Rocamora、Roger Smith、Caitlin Swalec、Chan Yang、Yumin Han の諸氏に特に感謝する。また、国際エネルギー共同管理ファンド (The Pooled Fund on International Energy, PIE)、インダストリアス・ラボ (Industrious Labs)、ソリューション・フォー・アワー・クライメート (SFOC)、サンライズ・プロジェクトのチームの方々、ならびに執筆中にご支援いただいた、志を同じくする多くの方々にも感謝する。

デザイン・制作：Abbie Darley

翻訳：有限会社エコネットワークス（日本語）、韓国外国語大学（韓国語）

免責事項：本報告書は英語で作成している。日本語版の正確性には万全を期しているが、翻訳に起因する疑問や矛盾がある場合は、引き続き英語版を公式文書とする。英語版は、SteelWatch のウェブサイト (<https://steelwatch.org/>) で公表している。

著作権：本報告書は、教育または非営利の目的においては、その形式を問わず、出典の明記を条件として、著作権者から特別な許可を得ることなく全文または一部を転載してよい。著作権者からの書面による許可なく再販その他の商業目的で使用してはならない。著作権 © 2023年6月、スチールウォッチ。

お問い合わせはこちらまで：[info@steelwatch.org](mailto:info@steelwatch.org)

表紙の写真提供者：Matthew Kaplan

引用：スチールウォッチ (2023) 『鉄鋼生産における石炭利用に終止符を』

**説明：**本報告書は、鉄鋼生産における石炭使用の廃止を求めるものである。石炭を使用した生産が、いかに鉄鋼による莫大かつ危険な気候変動排出を引き起こしているかを示し、今が鉄鋼業の投資生産を石炭から転換させる絶好の機会であることを提示している。



# 目次

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| <b>要旨</b>                             | <b>4</b>  |
| <b>1. 状況：鉄鋼業界による温室効果ガス排出は世界の脅威</b>    | <b>5</b>  |
| <b>2. 問題の根源は鉄鋼生産の石炭依存にある</b>          | <b>8</b>  |
| 2.1 一次製鋼は石炭に依存する                      | 8         |
| 2.2 石炭を使用する製法の排出量は膨大であり、過小評価ですらある     | 10        |
| 2.3 わずかな効率向上では高炉での生産の気候フットプリントを変えられない | 12        |
| 2.4 緩和努力は想定されるほど効果的でない                | 13        |
| 2.5 悪影響は炭素以外にも及ぶ                      | 15        |
| <b>3. 目の前にある明白な危機が差し迫る</b>            | <b>16</b> |
| 3.1 迫りくる新設・リライニング改修投資                 | 16        |
| 3.2 「これまで通り」を続ければ鉄鋼業も地球も軌道を外れる        | 18        |
| <b>4. 脱石炭の鉄鋼の未来に向けた絶好の機会</b>          | <b>19</b> |
| 4.1 課題は山積するも急成長する代替手段                 | 19        |
| 4.2 意思決定の要点およびレッドライン                  | 21        |
| <b>参考文献</b>                           | <b>24</b> |





## 要旨

### 鉄鋼業の気候影響はグローバルリスクである。

鉄鋼業界が排出する温室効果ガスは、気候変動を進行させ、気温上昇を1.5°Cで安定させる可能性を危うくしている。現在、鉄鋼業界による温室効果ガス排出量は世界全体の少なくとも7%を占めており、今すぐに思い切った対策を取らなければ、この割合は増加し続けるだろう。

### 問題の元凶は石炭である。

問題は鉄鋼自体ではなく、現在のその製造方法にある。世界全体で見ると、鉄鋼の70%は、石炭を使用する工程を経て鉄鉱石から生産される新しい鉄鋼、つまり一次鋼材 (primary steel) である。一次鋼材を1トン生産するには0.77トンの原料炭が必要とされる。この原料炭を高炉で使用し、鉄鉱石を製鋼に使用できる状態にする。

発電用の一般炭への投資に伴うリスクについてはよく知られているが、鉄鋼生産に使用される原料炭の脅威はまだ十分に認識されていない。採掘時には大量のメタンが放出され、燃焼時には環境汚染と健康被害が引き起こされ、鉄鋼生産に使用すれば鉄鋼の気候フットプリントが増加する。環境を汚染する時代遅れの慣行が落日を迎えつつある今、原料炭を使用する鉄鋼生産への投資を終わらせることに是非とも焦点を移さなければならない。

石炭を使用する高炉を経て生産される鉄鋼1トン当たりのCO<sub>2</sub>排出量は2.3トンであり、これに石炭採掘時に放出されるメタンを加えると、排出量はCO<sub>2</sub>換算値で3トンを超える。このあまり知られていない事実が、懸念の原因であり、行動を呼びかける理由である。

### 鉄鋼生産と気候の未来は、これからの20年にかかっている。

石炭が使用される高炉での鉄鋼生産のほとんどは、世界の約400の鉄鋼工場で行われている。既存の高炉の大半は今後20年のうちに「リライニング」と呼ばれる再投資が必要になる。さらに、石炭を使用する高炉を新設する新規事業が125件ほどある。企業各社は、排出量の多い道筋をさらに数十年も固定化 (ロックイン) するのか、石炭を使用する鉄鋼生産からもっとサステナブルな道筋への移行を始めるかの重要な判断を迫られることになる。

こうした判断によって、鉄鋼が安全な気候の未来へと向かう軌道に乗れるかが決まる。鉄鋼がその軌道から外れれば、気温上昇を1.5°Cに抑えるのはまず不可能になる。炭素を使用する鉄鋼生産があくまで「従来通り」の軌道を取り続けたとしたら、世界の気温上昇を1.5°Cに抑えるわずかな可能性を保つために地球全体 (すべての部門と社会) に残されたカーボンバジェット (炭素予算) のほぼ4分の1を、今後2050年までに消費してしまうだろう。

### だが希望はある。

リサイクル鋼材から、石炭をグリーン水素に置き換える新技術に至るまで、石炭を使用する鉄鋼生産に代わる環境負荷の少ない代替策が急速に出現しつつある。石炭を使用しない鉄鋼生産へ移行することにより、私たちは住みよい気候を保つとともに、より強じんな鉄鋼業を築くことができる。これは鉄鋼業界が、質の高い仕事を提供しつつ有害な排出をなくす業界に姿を変えるために、逃してはならない機会である。

### 今こそ、鉄鋼生産における石炭の使用を段階的に廃止する時だ。

私たちは石炭を使用する鉄鋼生産について、超えてはならない一線 (レッドライン) を定めるよう呼びかける。既存の高炉のリライニング改修を禁止し、高炉新設への投資を禁止し、既存の高炉を段階的に廃止するのである。経済協力開発機構 (OECD) 諸国、ならびにOECD諸国に本拠を置く企業がこれを主導しなければならない。今日この時点から、石炭を使用する鉄鋼生産からの公正な移行のモデルを示し、新興国が一足飛びに新技術を導入できるようにするのである。



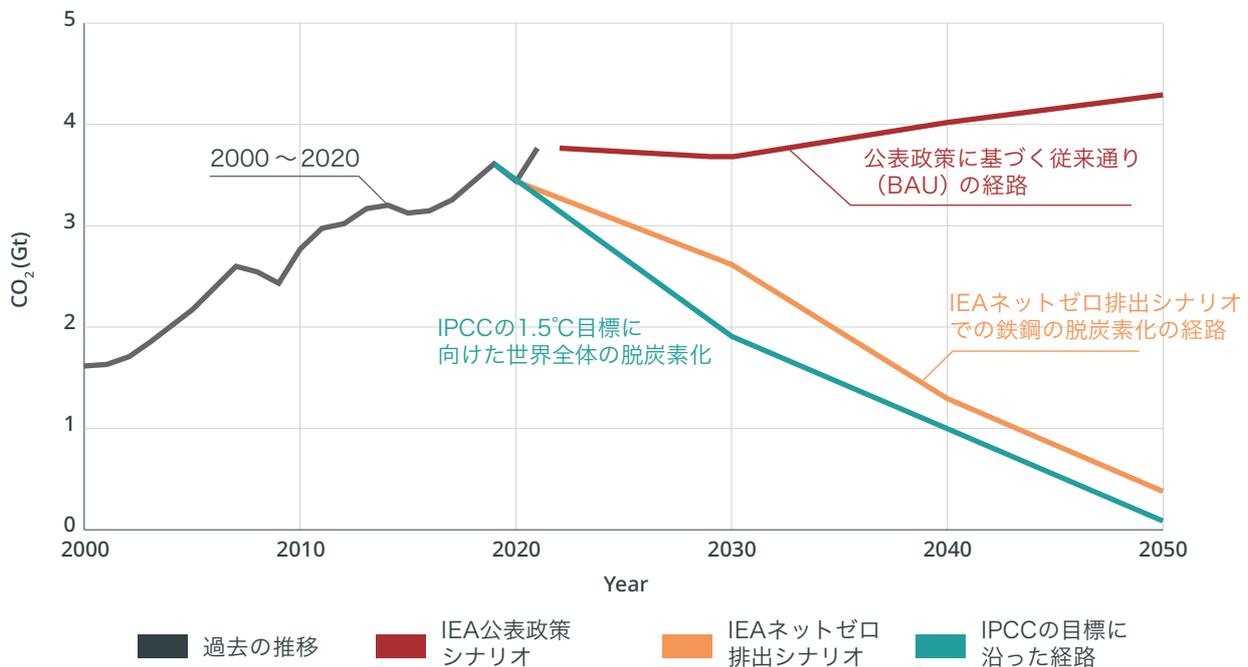
# 1. 状況：鉄鋼業界による温室効果ガス排出は世界の脅威

国際社会によるパリ協定の目標達成は、鉄鋼業界が石炭を使用する鉄鋼生産から移行できるかどうかにかかっている。鉄鋼業界の排出量はあまりにも多く、決然たる行動なくして地球の気候を安定化させることはできない。鉄鋼業は世界の温室効果ガス年間排出量の7%を占めると言われるが<sup>1</sup>、これは世界第三位の排出国であるインドの年間排出量に匹敵する<sup>2</sup>。しかし、他の業界がゼロエミッション技術への方向転換を始めている中で、鉄鋼業界の温室効果ガス排出量は急増している。

鉄鋼業界の直接的なCO<sub>2</sub>排出量は2000年以降に倍増しており<sup>3</sup>、鉄鋼業は産業界の中でCO<sub>2</sub>排出レベルが最も速く増加している部門である<sup>4</sup>。

鉄鋼業界は、世界の気温上昇を1.5°Cに抑えるために必要な速度で脱炭素化を進める軌道から、まったく外れてしまっている。図1が示すように、鉄鋼業界は排出削減を始めるのが遅れており、本来ならばすでに急勾配で減少する経路に乗っているべきである。

図1：鉄鋼業界の従来通りの排出量は大幅に軌道を外れている



注：「過去」の推移<sup>5</sup>および「従来通り」<sup>6</sup>の経路では、生産手法別の排出原単位<sup>7</sup>と生産割合に基づいて、鉄鋼生産による総CO<sub>2</sub>排出量を推定している。IEAネットゼロ<sup>8</sup>とIPCCの経路<sup>9</sup>は、IEAネットゼロ排出シナリオで鉄鋼について、IPCCの1.5°C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。

1. Wang (2021)によると、鉄鋼業界の温室効果ガス年間排出量はCO<sub>2</sub>換算値で4.12Gt。これにはスコープ3の排出量がいくらか含まれるが、炭鉱から放出されるメタンは含まれない。世界全体の排出量はCO<sub>2</sub>換算値で59+/- 6.6 Gt (Dhakal et al., 2022)である。したがって鉄鋼業界は温室効果ガス年間排出量の少なくとも7%、石炭採掘時のメタンを含めればそれ以上を占める。  
 2. 米調査会社ロディウム・グループ (Rivera et al., 2022, p2)によると、インドは2017~2020年(調査期間中の直近の数年)に世界全体の排出量の7%を占めた。  
 3. As per IPCC (Bashmakov et al., 2022) : from 2000-2010 emissions increased by 5.62 percent p.a and for 2010-2019 by 2.28 percent p.a.  
 4. IPCC (Bashmakov et al., 2022) .



この数十年の急増傾向は収まってきているものの、入手可能なデータを見る限り、鉄鋼業界の排出量は絶対に必要とされる排出量減少の方向に進み始めるどころか、まだピークに達した気配すらない。国際エネルギー機関 (IEA) が2020年に分析した公表政策 (STEPS: 公表政策シナリオ) に基づく「従来通り」の方法では、鉄鋼業界は必要とされる軌道から大きく外れたままになる。

年が過ぎるごとに、鉄鋼業界はどんどん後れを取っていきと予想される。脱炭素化が遅れば遅れるほど、1.5°Cの気温上昇で気候変動を安定させる可能性は低くなり、鉄鋼に求められる変化の勾配は急になる。

鉄鋼業界の排出量を2030年までに緊急に削減すべきであるにもかかわらず、必要とされる注目は向けられていない。鉄鋼業の脱炭素化の経路はいくつか発表されており、2019年比で2030年までに直接排出量を24~37%、電力利用による間接排出量を最大で49%削減するよう訴えている<sup>10</sup>。しかし、業界がこれまでに約束している排出削減は、ほとんどが2050年を達成期限とするものであり、2030年を期限とすべきだという、この問題の緊急性は無視されている。

図2は図1の拡大図であり、これを見ると、鉄鋼業界が2030年時点でいかに大きく軌道を外れるかがよく分かる。従来通りの軌道 (オレンジ色の線) と、IEAがネットゼロ排出を達成するために必要だとする軌道 (緑色の線) とのギャップは、2030年には1GtCO<sub>2</sub>を超える。2030年における従来通りの排出量は、鉄鋼業界がIEAのネットゼロ排出経路に乗った場合よりも42%、1.5°C目標に向けたIPCCの脱炭素化経路と整合した場合よりも96%多くなる。これは、いかに急激に、今すぐに、鉄鋼業の方向性を変える必要があるのかを示す、この上なく大きな警鐘である。この数十年に排出量が急増したのと同じような勢いで、今、排出量を急減させなければならない。そのためには、企業のCEO、投資家、政策策定者の緊急の行動が必要である。

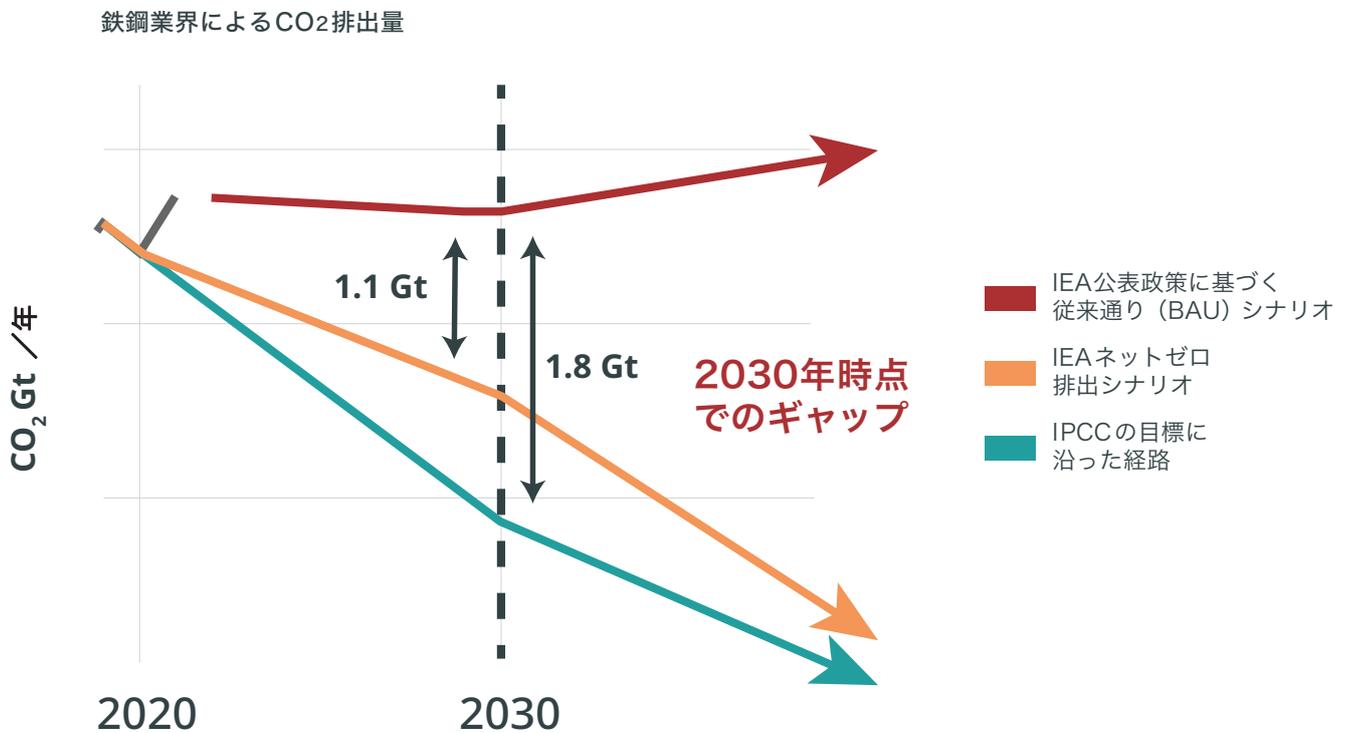


Caroline Ashley, "View of ArcelorMittal Steel Plant in Gent, Belgium" February 2023

5. 過去の推移：各生産工程の排出原単位×総生産量に占める割合で算出した、各生産工程の排出量を合計したもの。世界鉄鋼協会のデータ (2022a) に基づく。
6. 「従来通り」の経路は、世界鉄鋼協会による排出原単位に、IEA (2020) の「公表政策シナリオ」(STEPS) 経路をかけて算出したもの。
7. 過去の推移とSTEPSの経路では、世界鉄鋼協会 (2022a) に基づく各生産工程の排出原単位は一定と仮定している。理由は、近年、同協会による排出原単位が横ばいになっているからである。別の情報源では排出原単位をより高く推定しているものもあり、それを用いれば鉄鋼由来の総排出量はもっと高くなるが、上記の方法を用いることですべてのシナリオの比較が可能になる。
8. ネットゼロ排出経路の勾配はIEAのネットゼロ排出シナリオの経路に基づく (2021)。
9. IPCCの1.5°C経路の勾配は、2019年比で2030年までに48%削減、2050年までに99%削減するもの。詳しくは、IPCC (2023) を参照のこと。
10. IEA (2021)、E3G (Yu et al., 2021)、IDDRI (Bataille et al., 2021)、MPP (2021) (注：MPPの基準年は2019年ではなく2020年)。



図2：2030年時点でのギャップ（拡大図）



今後10年のうちに、鉄鋼業は重要な選択を迫られる。石炭を使用する鉄鋼生産に再投資するか、再生可能エネルギーを使用する生産に舵を切るかという選択である。注目すべきは以下の問いである：「鉄鋼企業は既存設備の更新や高炉の新設に何十億ドルも投資し、残されたカーボンバジェット（炭素予算）を食いつぶすのか、それとも、化石燃料を使わない技術による生産に転換するためにその資金を使うのか」。鉄鋼業が過去そして今も気候に与えている悪影響を消すことはできないが、未来はまだ変えることができる。

本報告書の根底をなすのは、鉄鋼業の排出量が地球に与える脅威である。鉄鋼業の排出量のあるべき排出量の軌道に乗せるためには、鉄鋼生産に由来する排出の主要因を特定し、鉄鋼生産と地球の双方にとってより良い未来を実際に実現できる介入方法を解明しなければならない。

**本報告書では、なぜ石炭を使用する高炉での生産が鉄鋼業界の気候汚染問題の重要要因であるのかを深く掘り下げて分析する。**

**そして、どのような働きかけをすれば、今後5～7年の間に下される重要な決定を正しい方向へと向かわせ、1.5°C目標の達成に間に合うように石炭から脱却し再生可能エネルギーを使う生産に移行させることができるのかを研究する。**



## 2. 問題の根源は鉄鋼生産の石炭依存にある

### 2.1 一次製鋼は石炭に依存する

石炭を使用する鉄鋼生産から脱却する未来を構築するためには、現在の生産工程を理解することが極めて重要である。世界全体で見ると、鉄鋼生産量の70%は「一次鋼材 (primary steel) の生産」(バージン鉄鋼の生産とも言う)の産物である。一次鋼材は、石炭を使用する高炉を備えた397カ所の鉄鋼工場<sup>11</sup>で生産されている。

標準的な一次鋼材の生産方法は高炉-転炉法 (BF-BOF) と呼ばれ、高炉と転炉が順に使用される。工程は、(i) 採掘、(ii) 燃料と鉱石の前処理、(iii) 製鉄、(iv) 製鋼、(v) 仕上げの5段階からなる。

石炭は工程の中心的な役割を担う。第1段階で原料炭が採掘される。第2段階で石炭がコークスに転化される。第3段階では、鉄を生産するために高炉が大量のコークスを消費する。高温の高炉内でコークスが鉄鉱石と反応して酸素を奪い、不純物が除去された溶銑 (銑鉄) ができる。その後、第4段階では転炉で鉄が鋼 (はがね) に変わり、第5段階での成型・仕上げを経て流通する。

**原料炭 (コークス用炭とも言う) は一般炭より品質が高く、世界の石炭年間生産量の約23%を占める。**

**また世界の原料炭供給の大半が鉄鋼業界<sup>12</sup>に使用される。高炉内で、原料炭は熱を供給するエネルギー源としての働きと、酸化鉄と反応して酸素を奪う還元剤の働きの両方を担う。**

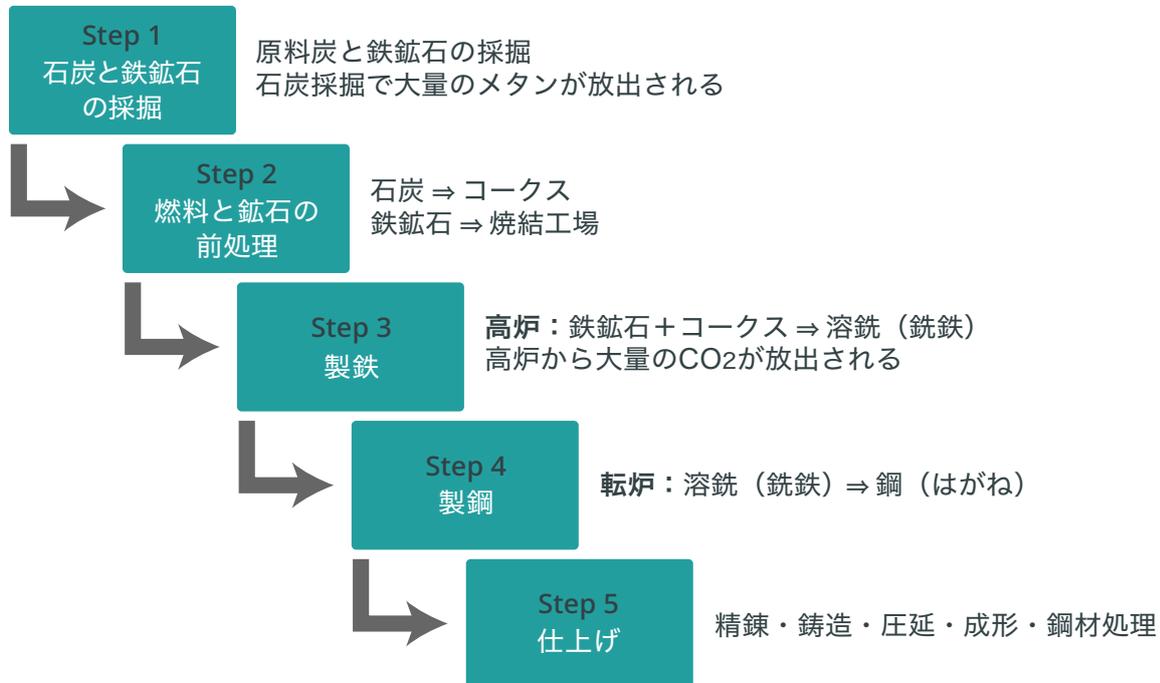
**さらに、高炉内の物理的構造を支える働きもする。**

11. 操業中の高炉を有する鉄鋼工場に関するグローバルエネルギーモニター (GEM) の最新データ (2023年更新)。

12. IEA (2022b, p66)



図3：石炭を使用する高炉による従来型鉄鋼生産の5つの段階



年間鉄鋼生産量の残り30%は「二次製鋼」によるものであり、スクラップ鉄がリサイクルされ、電炉で再生される<sup>13</sup>。鉄鋼生産におけるこの二つの基本的な製法については、技術的なバリエーションは多岐にわたり、重複する部分もある。

鉄鋼生産を脱炭素化する道筋を示す場合、二次製鋼の割合を増やすことや、需要の総量を減らすことに重点が置かれることが多い。しかし、これらはいずれも必要ではあるが、それだけでは十分ではない。技術が徐々に改善されるにつれ、特に従来は高級な一次鋼材を使用していた自動車部門において、二次鋼材は一次鋼材市場に食い込んできており、その傾向は続いている。しかし、二次製鋼の原料は、元をたどればすべて一次製鋼により作り出された鉄鋼であり、利用できるスクラップの量は限られている。また、一般に世界のリサイクル率は大体85～90%だと考えられている。そして鉄鋼業界の排出量の大部分を占めるのは、一次製鋼なのである。

残念なことに、二次製鋼に比重を移しつつ、利用効率を高めることによって鉄鋼需要の総量を減らしていくだけでは、求められる期間内に十分な排出削減は得られない。これらの方策を、一次製鋼に関する行動を避けるための言い訳に用いるべきではない。

さらに言えば、経済が電化を通してよりクリーンに成長していく中で、電気自動車や風力発電、送電、その他の重要な物に必要なとされる鉄鋼が、石炭を使用して作られる鉄鋼の需要を喚起しないようにすることが極めて重要である。一次鋼材と二次鋼材のバランスや、今後数十年のうちに需要を抑制できる可能性については議論があるかもしれないが、世界はまだかなりの量の一次鋼材を必要とすると思われる。だからこそ、一次鋼材を脱炭素化しなければならないのである。

13. MPP (2021, p11)。注目すべきことに米国は逆で、生産の70%は電炉による。



## 2.2 石炭を使用する製法の排出量は膨大であり、過小評価ですらある

**世界鉄鋼協会**の報告によると、2021年の高炉-転炉法での鉄鋼生産によるCO<sub>2</sub>排出量は3.2ギガトンで、鉄鋼業界全体の年間温室効果ガス排出量の推定86%を占める<sup>14</sup>。

高炉のカーボンフットプリントが大きい原因は、原料炭への依存度が高いことにある。高炉-転炉法で鉄鋼を1トン生産するには、0.77トンの石炭が必要である<sup>15</sup>。これが高炉-転炉法で生産される鉄鋼の排出原単位を押し上げており、**世界鉄鋼協会**は鉄鋼1トン当たりのCO<sub>2</sub>排出量を平均2.32トンと推計している。非常に大きな数値だが、計算方法を考えればこれらは最小限の数値にあたる。

温室効果ガスが最初に排出されるのは原料炭の炭鉱で、石炭採掘の副産物としてメタンが頻繁に漏出する。IEAの2022年の報告書では、原料炭の採掘時のメタン漏出量はかなり多く、CO<sub>2</sub>換算値で年間1ギガトンにのぼると推定されている<sup>16</sup>。そしてその供給先の大部分が鉄鋼業界である<sup>17</sup>。だが、石炭を使用する鉄鋼生産の排出量に関する世界鉄鋼協会などの従来のデータは、こうしたメタン排出量を算入していない。この1ギガトンを考慮に入れると、鉄鋼業界の総排出量は増え、その中高炉-転炉法による鉄鋼生産が占める割合も高くなる。

メタン排出量をきちんと含めると、**高炉-転炉法による鉄鋼生産の年間排出量はCO<sub>2</sub>換算値で4.2ギガトンとなり、業界全体の排出量の90%を占めると推定される**。これは、図4に示すように、**高炉で生産される鉄鋼1トンあたり3トン(CO<sub>2</sub>換算)以上という莫大な排出原単位<sup>18</sup>**を意味する。

14. 世界鉄鋼協会 (World Steel Association) [2022a](#) および [2022b](#) より

15. [BHP](#) (2023年4月24日アクセス)

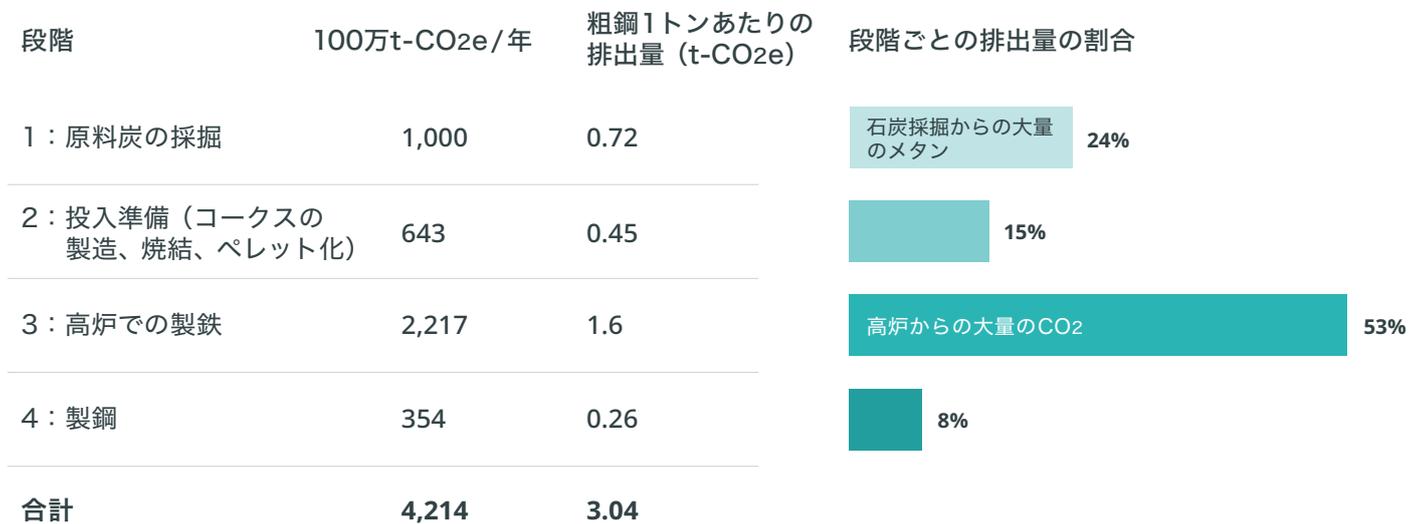
16. GEM ([Swalec](#), 2022, p19) および EMBER ([Campbell](#), 2023)。EMBER (p10) が述べるように、「IEAの推定によると、2021年にコークス用炭(主要な原料炭)の採掘によりメタンが11.98Mt(百万トン) 排出されている。メタンの20年間の温室効果はCO<sub>2</sub>の82.5倍というIPCCの温暖化係数(GWP)でCO<sub>2</sub>に換算すると、年間988MtCO<sub>2</sub>eに相当する」。従って、鉄鋼業の環境への影響は、報告されている数値より1GtCO<sub>2</sub>eも大きくなる可能性がある。

17. GEM ([Swalec](#), 2022) によると、2021年の高炉-転炉法による鉄鋼生産量と炭鉱の生産量を考えれば、原料炭炭鉱および原料炭/一般炭炭鉱の合計生産量の約84%を鉄鋼業が消費していると推定される。

18. SteelWatchは、GEM ([Swalec](#), 2022) および世界鉄鋼協会 ([World Steel Association](#)) (2022a) という二次情報源を基にこの数値を推定している。鉄鋼業界の総排出量について、SteelWatchは、世界鉄鋼協会が示した高炉-転炉法による鉄鋼1トンあたりの平均排出量(鉄鋼1トンあたり2.32tCO<sub>2</sub>)を代理値として使用したうえで、IEAおよびGEMの分析に基づいて上流のメタン排出に伴う排出量、つまり世界の高炉-転炉法の鉄鋼生産で排出されるメタン分の1GtCO<sub>2</sub>eを加えた。高炉-転炉法による年間鉄鋼生産量(2021年)は13億トンであることから、高炉-転炉法の鉄鋼1トンあたりメタンが約0.7tCO<sub>2</sub>e発生し、高炉-転炉法で生産される鉄鋼1トンあたり計3.04tCO<sub>2</sub>eが排出されることになる。



図4：石炭を使用する高炉で鉄鋼を生産する際の段階別の温室効果ガス排出量（メタンを含む）



注と出典：MtCO2e p.a.は、年間排出量で単位は百万トン（CO2換算値）。tCO2e/t csは、粗鋼1トンあたりの排出量で単位はトン（CO2換算値）。推計値には石炭採掘時のメタン排出量を含む<sup>19</sup>。

これらの数字から分かるように、典型的な一貫製鋼プロセスでのコークスの使用が、業界の温室効果ガス排出量を押し上げている。高炉をやめて石炭に依存しないクリーンな製鉄技術に切り替えれば、原料炭の採掘とコークスの生産が不要になる。高炉は製鉄における石炭への依存の要であり、バリューチェーン全体の排出量を増大させる。この業界を2030年までに1.5°Cの道筋にうまく整合させるには、高炉を段階的に廃止する以外に方法はない。

**高炉は製鉄における石炭への依存の要であり、バリューチェーン全体の排出量を増大させる。**

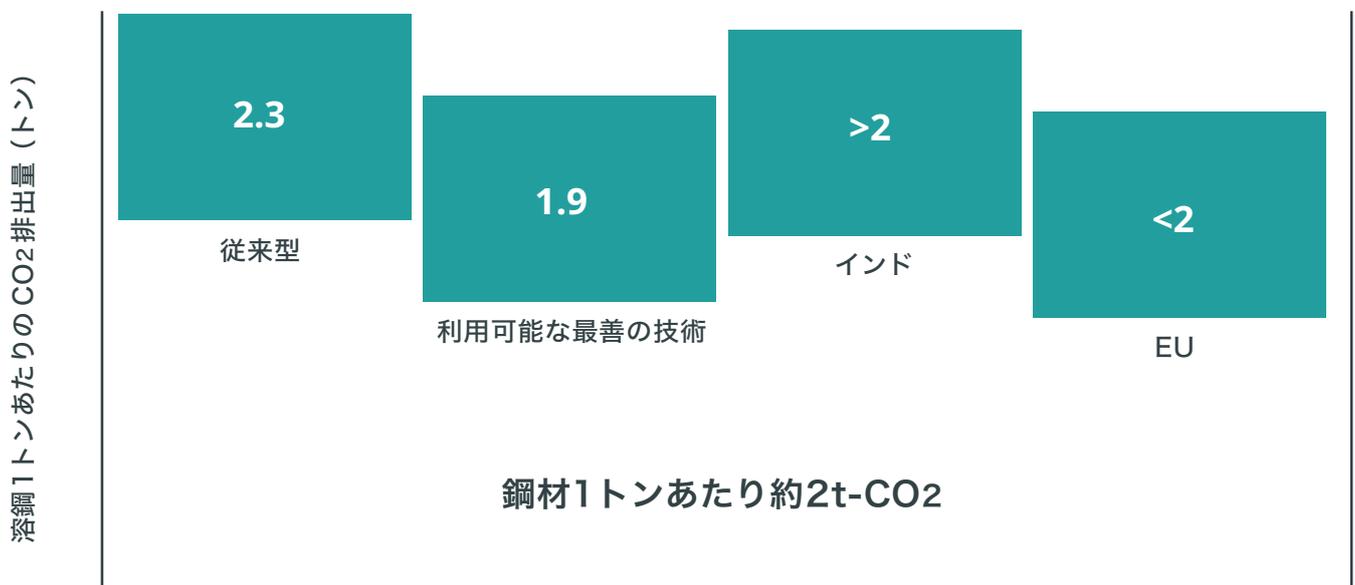
19. 図は、高炉-転炉法で鉄鋼を生産する場合の段階別および合計の排出量（CO2換算値）を示している。石炭採掘時のメタン排出量を含むが、鉄採掘といった他のスコープ3排出量は含まない。GEM（2023）、Swalec（2022）、World Steel Association データ（2022a）、IEA（2020）および Sohn et al.（2019）より作成。Steelwatch がさらに分析。



## 2.3 わずかな効率向上では 高炉での生産の気候フットプリントを変えられない

石炭を使用する高炉での生産が気候に及ぼす影響は、高炉の効率をさらに向上させても解決できない。何十年にもわたって工学的に改良を重ねてきた高炉製鉄は、分かっている中で最も効率的な重工業プロセスの一つとなっている。理論上の最大効率に近い状態で操業している高炉がほとんどだ。つまり、製鉄所はすでにエネルギー利用効率の最大化が非常に進んでおり、対前年比でわずかな改善しか見られないのが通常である。同じ技術を用いた従来の効率改善では、排出量削減に必要な削減目標を達成できないだろう。高炉の排出原単位には小さなばらつきがある。しかし図5に示すように、ほとんどの高炉で生産される鉄鋼1トンあたりのCO<sub>2</sub>排出量は1.8~2.3トンとなっている。インドは例外かもしれないが、効率向上の余地は少なく、この業界が及ぼす気候変動にほんのわずかな変化しかもたらさないだろう。

図5: 石炭を使用する高炉での生産の排出原単位にほとんど差はなく、いずれも高い~非常に高いに相当する



出典: ETC (2021) および GEI (Hasanbeigi, 2022) に基づく



## 2.4 緩和努力は想定されるほど効果的でない

鉄鋼業界は長年、脱炭素化アプローチには高炉での炭素回収・利用・貯留 (CCUS) を含めるべきだと主張してきた。しかし、確実にネットゼロおよび1.5°Cの軌道と整合させるには、CCUSで排出量の90~95%を回収し貯留する必要がある<sup>20</sup>。貯留に関していうと、既存または将来の高炉を脱炭素化するのに必要な規模と回収率で利用できるような、商用化された燃焼後の炭素回収・貯留 (CCS) 技術は存在しない<sup>21</sup>。CCUSは鉄鋼業にとって、石炭を使用する製鉄設備の短・中期的な確かな解決策とは見なせない。

CCUS技術の研究開発は依然として貴重な教訓を与える可能性がある一方で、他の解決策 (つまり、グリーン水素を使用する直接還元鉄 (DRI) の製造、材料効率、グリーン水素を使用する製鉄) の方が、短・中期的にはるかに実行可能であることは明らかで、鉄鋼生産の解決策としてCCUSに打ち勝つ可能性が高そうだ。IEAなどの組織によるこうした技術の成熟度評価では、CCUSの短・中期的な実現可能性を楽観視していない。IEAは現在、高炉用CCUSに関して最も影響を与える可能性のある技術成熟度レベル (TRL)<sup>22</sup>を10段階評価で5と評価している。しかし、このTRLを定めるために評価されているプロジェクトでは、実現可能性と拡張性の変化の速さを評価するのに適した透明性と性能目標が欠けている。

高炉用の燃焼後CCUSの可能性に関わる日本発の世界最高レベルの研究開発の中には、実現可能で手頃な価格の解決策を提供するには程遠いものもある。自然エネルギー財団 (REI)<sup>23</sup>が最近この潜在的な解決策の状況の評価したところ、回収率の目標は20%を下回り、その低い目標でさえまだ達成されていないことが分かった。その報告書は、鉄鋼業のCCUSを実現困難にする日本国内の大きな障害を明らかにしたうえで、2021年にブルームバーグNEFが予測したように、より実行可能な他の世界的な緩和経路と高炉用CCUSが競争できる可能性は非常に低いと指摘した。

問題は、必要なスピードと規模でCCS技術の準備が整わないというだけではない。高炉の物理的特性により複数力所から排出が漏れ出すため、効果的な回収に深刻な問題が生じるとともに、炭鉱でのメタン放出というさらなる難題が加わるのだ。たとえ企業が既存の製鉄所を改修したとしても、依然として炭鉱という大量の排出源が残る。石炭に依存した生産から脱却しながら雇用を維持するには、既存の製鋼設備における真の技術転換が必要である。IEAも含め近年発表された鉄鋼業界の脱炭素化への経路の中には、CCUSも含まれていた。だがこうした経路は、「ネットゼロを実現するために何が存在しているべきか」を定める基準を基にしている<sup>24</sup>。これらの経路は、CCSが行われることを期待した高炉への投資根拠として使われるべきではなく、効果的なCCSは投資の前提条件であるべきだ。排出量の90~95%を永久に貯留できない限り、高炉でのCCSは解決策として不適切である。

20. IDDRI ([Bataille, et al., 2021, p2](#))

21. 私たちはCCSとCCUSの両方の使用を認めるが、これらの用語には違いがあり、回収されたCO<sub>2</sub>の結末が違うことを示唆している。私たちの懸念は主に、CO<sub>2</sub>の回収がそもそも実現可能なのかという点にある。生産工程中にCO<sub>2</sub>を回収するという最優先の課題に比べれば、利用か貯留かという問題は二の次と考える。本書でどちらの用語を用いるかは、単純に話の一貫性に基づく。すなわち、論じている当該研究 (IEAなど) でCCUSという用語が使用されている場合、その研究について論じる際もCCUSを用いることとする。

22. IEA (2022a)

23. REI (2022, p25-28)

24. 2021年のネットゼロへの経路分析では、現在商用化されている90%緩和の一次製鋼技術は一つしかなく、それはメタンを使用するCCS付きDRI EAF (直接還元製鉄および電炉) だと指摘されている ([Bataille, et al., 2021, p2](#))。それは高炉でのCCSとは根本的に異なる。既存の高炉-転炉法では排出源が一貫製鉄所全体に比較的分散しているため、CCS追設は困難であり、既存設備での回収率は最大で50%しかない ([Bataille, et al., 2021, p4](#), [Fan and Friedmann, 2021](#)から取得)。



石炭燃焼技術をロックイン（固定化）し、現在のところ緩和策として信頼できるCCUS技術が使えない高炉の新設に向けて、投資を行うべきではない。この報告書の視点で「信頼できる」とは、それが他のクリーン技術とのコスト競争力を得る軌道に乗っており、2030年代初頭までに回収率90%を約束し、炭鉱メタンガスを含め原料炭による影響の全範囲に対処できることを意味する。信頼できる緩和策は、気候にとどまらず、大気汚染と水質汚染の影響にも対処しているべきである。なぜならそれは、石炭を使用する製鉄が行われているコミュニティで生活の質を左右する重要な要素だからである。

**「ネットゼロを達成するには、鉄鋼メーカーに対して、2025年以降、CO<sub>2</sub>回収率90%のCCSを持たない高炉・転炉の建設は不可能であり、ゼロ排出に近い代替案を計画すべきであると明確に伝える必要がある」**

Net Zero Steel, Bataille et al 2021



Mikulas Jaros, "Bulga Coal mine located near Broke NSW Australia", April 16, 2019, iStock.com



## 2.5 悪影響は炭素以外にも及ぶ

原料炭の採掘と燃焼は、気候変動を加速させるだけではない。大気汚染や水質汚染、さらに土地の権利や人権、労働者の権利をめぐる紛争も拡大する。原料炭の炭鉱、コークス工場、高炉の悪影響は、真っ先にそれらによる損害を被るフロントラインにいるコミュニティによって次々に記録され、異議申し立てが行われるようになっていく。

関連する健康と経済への影響を評価するために、エネルギー・クリーンエア研究センター（CREA）および気候ソリューション（SFOC）<sup>25</sup>は、韓国の一貫製鉄所3カ所（POSCO浦項製鉄所、POSCO光陽製鉄所、現代製鉄唐津製鉄所）の大気汚染を分析した。3カ所の製鉄所すべてが同時に稼働した場合、その排出により、地表近くの二酸化窒素、二酸化硫黄、粒子状物質（PM）の年間濃度がそれぞれ $1.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $1.22\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $0.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ ずつ上昇する可能性がある。この3カ所の製鉄所からの大気汚染は、2021年に約506人の早期死亡を引き起こした。韓国の現行政策シナリオ（追加的な排出抑制の介入なし）では、2022～2050年の累積早期死亡者数が1万9,400人上積みされると予測されている。

南アフリカでは、アパルトヘイトの遺産と現在鉄鋼業が及ぼす影響とが結びついている。アルセロール・ミッタルS.A.（アルセロール・ミッタルグループが株式の過半数を所有）は、バンダービルパーク製鉄所の大気・水質・土壌汚染について繰り返し批判され、異議を申し立てられ<sup>26</sup>、国営からアルセロールの所有に移った。同社は、憲法に規定されたすべての人が「健康や幸福を脅かさない環境を有する」権利を侵害するという理由で、有毒な大気汚染をもたらした罪で刑事告発を受けた<sup>27</sup>。同社はまた、黒人のフェンスライン（製鉄所に隣接する）コミュニティから十分な情報に基づく同意を得ていない点でも批判されている<sup>28</sup>。

電力業界で一般炭は、何十年も前から立地コミュニティによる行動の中心テーマとなってきた。影響を受けるコミュニティは、大気、水、土壌、そして命そのものを守るために、組織化して石炭火力発電所に異議を唱え、多くの場合閉鎖させてきた。今、原料炭に対してこのような異議が唱えられ始めている。鉄鋼におけるパラドックスは、一貫製鉄所での石炭使用から有害な汚染の影響を受けるコミュニティが時として、安定した高収入の雇用を幅広く得る恩恵を受けているコミュニティでもあるということだ。しかし、どのコミュニティも自らの生命か生計かの選択を迫られるべきではない。現在グリーン移行の裏で、製鉄所のあるコミュニティがいくつか組織化を進めている。

例えば米国肺協会によると、製鉄所から最も大きな煤煙汚染の影響を受けているコミュニティがいくつか、オハイオ川渓谷にある<sup>29</sup>。擁護者たちはグリーン移行を求め始めており、地元の雇用を維持・拡大して人と地球を守るためには石炭の使用をやめることが不可欠だと、説得力のある主張を展開している<sup>30</sup>。オハイオ川渓谷研究所の報告書の推計によると、化石燃料を使用しない製鉄に移行すれば、この地域の製鉄関連で生み出される雇用の合計が2031年には27～43%増加する可能性があり、何十年にもわたる雇用喪失の流れに歯止めがかかり得る一方で、同時期に従来の製鉄を続けた場合は地域の雇用が30%減少し続けると予想されるという<sup>31</sup>。

原料炭を使用する鉄鋼生産によって大気、水、健康、コミュニティの権利に及ぼされる害悪は、温室効果ガス排出量のように定量化されることはあまりない。しかしこれは変化を押し進める強力な論拠となるとともに、CCSなどの技術的な「解決策」では生産工程の石炭採掘段階や燃焼段階で生じる重大な害悪の一部が取り除けないことを思い出させてくれる。

25. [Centre for Research on Energy and Clean Air and Solutions for Our Climate](#) (2021)

26. [Center for Environmental Rights](#) (2019)

27. [Business and Human Rights Resource Center](#) (2019)

28. [Center for Environmental Rights](#) (2022)

29. ガーディアン紙 ([Lakhani, N.](#), 2023)

30. Canary Media ([Myers, K.](#), 2023)

31. Ohio River Valley Institute ([Ebner et al.](#), 2023)



## 3. 目の前にある明白な危機が差し迫る

### 3.1 迫りくる新設・リライニング改修投資

高炉生産に依存する製鉄所は世界中に397カ所<sup>32</sup>あり、稼働中の高炉は1,000基を超える<sup>33</sup>。これらは以前から大気中への温室効果ガス排出の要因となっている。この先には、2つの差し迫った重大な危機がある。

**X** まず、世界の高炉の71%が2030年までにリライニング改修を行うかどうかの判断を迫られることである。1基あたり数億ドルものコストをかけてリライニング改修を行えば、さらに20年間は高排出の技術がロックイン（固定化）される危険性がある<sup>34</sup>。

**X** 次に、鉄鋼業界には、発表済みあるいは建設中の、一基以上の高炉建設を伴う125を超える新規事業が存在していることである。これらの新規設備の寿命は40～50年と考えられるため、2050年カーボンニュートラル達成など全く失敗に終わってしまう<sup>35</sup>。

#### 高炉のリライニング改修

高炉は、内部を覆う耐火レンガの摩耗や損傷のため、定期的にはリライニング改修を行わなければならない。リライニング改修のサイクル（「キャンペーン」と呼ばれる）はこれまで15～25年に一度だったが、近年は耐火材料が改良され、リライニング改修事業の間隔を延ばすことが可能になっている。高炉リライニング改修事業は下流設備の改良・修理を伴うことも多く、高炉の生産能力の引き上げが見込まれる。これらの事業コストは数億ドルに及ぶ場合もあり、通常、新規高炉建設コストの25～50%に相当する。

32. GEM（2023年）は高炉生産を行う現在稼働中の397カ所の製鉄所を掲載している。

33. 2022年3月時点のGEM「グローバル製鉄所トラッカー（GSPT）」のデータ（2022年3月公表）によれば、推定で1,060基の高炉が稼働していた。これは、世界の高炉生産能力のうち推定で89%をカバーする同社のデータに基づいており、高炉の数が不明な製鉄所は高炉数を1基と仮定している。そのため少なく見積もられている可能性がある。2023年予定のGEMのデータ更新で、炉に関するさらに詳細な情報が示される。稼働中の高炉の総数は同程度、すなわち1,000基を少し上回ると予想される。

34. アゴラ・インダストリー（2021年）。

35. 発表済み・建設中の高炉を含む製鉄所事業に関するGEMの最新データ、2023年更新。



鉄鋼業界は今年、リライニング改修を行う旨の表明をいくつか行っており、これは今後数十年間にわたる石炭使用と排出のロックインにつながる。米国中西部の事例を一つ挙げると、2020年にアルセロール・ミッタル社とAKスチール社から旧来の製鉄所を複数買い取った鉄鋼メーカーのクリーブランド・クリフス社は、石炭を使用する生産の強化を図っていること、2025年にミシガン湖畔にあるインディアナ州の工場の一つで高炉のリライニング改修を行う計画が進んでいることを発表したばかりである<sup>36</sup>。新規リライニング改修についてはいずれも、座礁資産になるリスクや1.5°C目標のカーボンバジェットを浪費するリスクを負う証拠が増えているにもかかわらず、鉄鋼業界は石炭を使用する鉄鋼生産への投資を続けている。

新設事業では、建設段階に入ったものより「提案段階」にあるもののほうが多い。これは再考・再設計の機会が残されていることを意味する。また、一連の追加の鉄鋼投資事業では、使用される技術が公開されていない。例えばインドでは、アルセロール・ミッタル社と日本製鉄（株）の合併会社が、グジャラート州ハジラで高炉2基の新設にすでに着手し、オディシャ（オリッサ）州でも2カ所の一貫製鉄所の新設を計画している。これらの新しい製鉄所で検討されている製鋼技術は公開されていない。重要なのは、新規製鉄所の開発が、グリーン経済を一足飛びに達成する（リープフロッグする）機会となることである<sup>37</sup>。

現在稼働中の炉には建設・リライニング改修されたばかりのものがあ、それらの所有者は追加投資が必要になるまで20年以上稼働すると見込んでいる。これらの炉やその使用に伴う排出量に変化をもたらすのは困難を極めるだろう。そのため、2030年、2040年、そして2050年のネットゼロ・脱炭素化目標を達成するには、高炉の新設や既存高炉のリライニング改修を行わないことが不可欠である。

## 高炉を稼働する397の鉄鋼施設における投資決定は、 鉄鋼部門が、そして私たちの地球が、 1.5°C目標の軌道に乗ることができるかどうかを左右する。



*Igor Groshev, "Industrial landscape in South Korea Gwangyang Bay", Adobe Stock*

36. 「ノースウエスト・インディアナ・タイムズ」 (Pete, 2023年)

37. 米エネルギー経済・財務分析研究所 (IEEFA) (Nicholas and Basirat, 2023年)

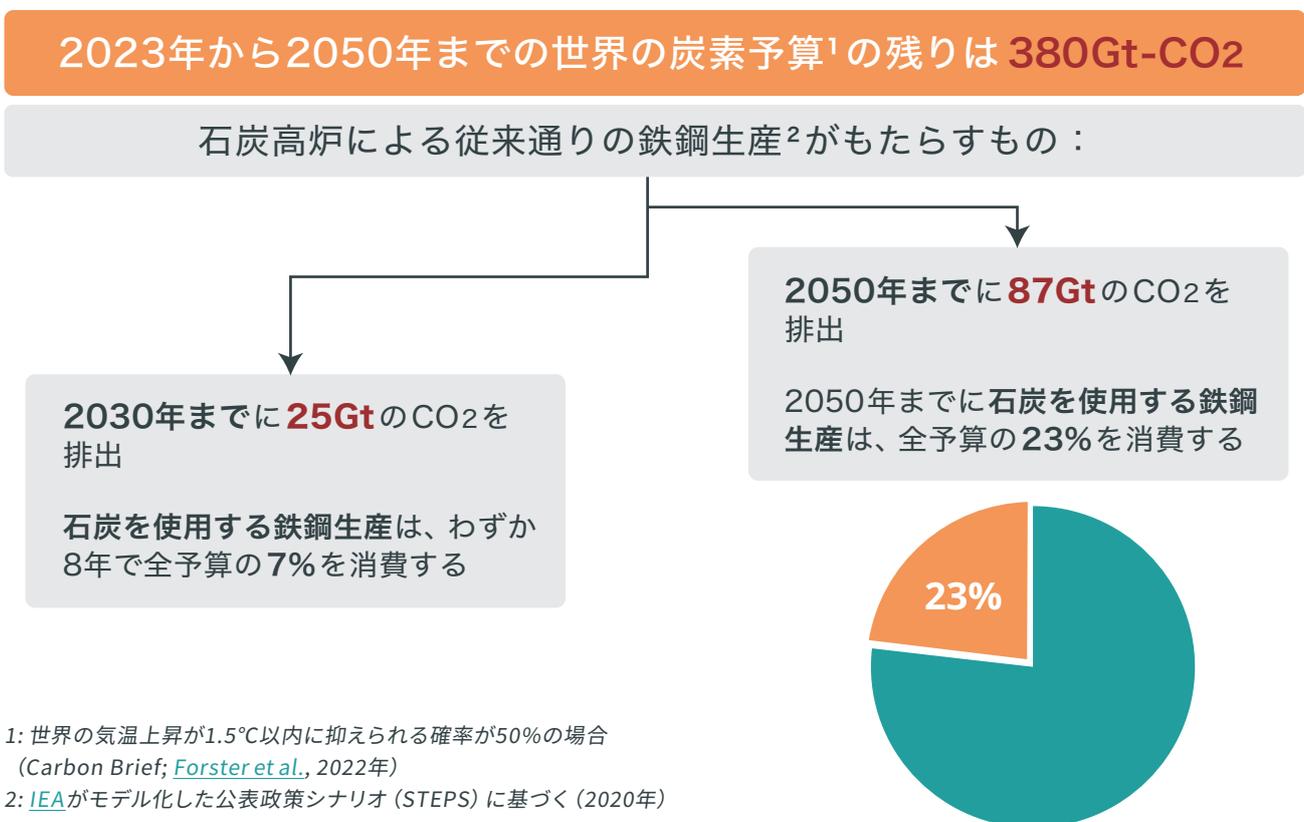


### 3.2 「これまで通り」を続ければ鉄鋼業も地球も軌道を外れる

IPCCは、世界の気温上昇を50%の確率で1.5°Cに抑えるための2019年から2050年までの残余カーボンバジェットを500ギガトン (GtCO<sub>2</sub>) と予測している。英シンクタンクのカーボン・ブリーフは、2023年1月時点で2050年までに残されているのは380ギガトンと推定する<sup>38</sup>。私たちは、国際エネルギー機関 (IEA) が2020年に評価した鉄鋼の「公表政策シナリオ」に基づいて、高炉の使用に「従来通り」のアプローチをとった場合のCO<sub>2</sub>排出量を試算した<sup>39</sup>。公表政策シナリオはその名が示す通り、世界各国の政府が公表している実際の政策に基づくもので、より野心的な目標 (ただし、曖昧で漠然としているもの) ではない。公表後、わずかな進展が見られたとはいえ、このシナリオは、積極的な変革ではなく従来通りの対策を続けた場合に私たちがどこへ向かうかを示している。石炭を使用する高炉での鉄鋼生産によるCO<sub>2</sub>総排出量は、2030年に25ギガトン、2050年には87ギガトンに達するだろう。

すなわち、石炭を使用する従来通りの一次製鋼の路線を続ければ、1.5°C目標のために地球に (すべての人、すべての産業、すべての国に) 残されたカーボンバジェットのほぼ4分の1を使い尽くすことになる。

図6：石炭を使用する従来通りの鉄鋼生産は、世界の残余カーボンバジェットの23%を食い尽くす



38. カーボン・ブリーフ (Forster et al., 2022年)

39. 私たちの試算は、毎年の鉄鋼生産量が比較的安定しているIEAの前提に基づく。カーボンバジェットはCO<sub>2</sub>eではなくCO<sub>2</sub>で表示されるため、粗鋼1トンあたりのtCO<sub>2</sub>で表示する世界鉄鋼協会 (2022a) の高炉-転炉法 (BF-BOF) における排出原単位の係数を用いてCO<sub>2</sub>のみを計算している。



## 4. 脱石炭の鉄鋼の未来に向けた絶好の機会

### 4.1 課題は山積するも急成長する代替手段

鉄鋼需要が減少したり、スクラップ鉄を原料とする二次製鋼による対応がますます増えたとしても、今後数十年間は一次製鋼が必要とされることに変わりはないだろう。その代替手段として気候汚染をなくすと考えられているのが、2段階の製鉄・製鋼プロセス（「直接還元鉄の製造」）である。

鉄鉱石の直接還元法（直接還元鉄（DRI）の製造）は、1970年代から用いられてきた製法である。融点より低い温度で鉄鉱石から酸素を除去する。その後、不純物が除去された金属鉄を、多くの場合スクラップ鉄とともに炉、一般的には電炉（EAF）に装入して鋼（はがね）を作る。従来、鉄鉱石の直接還元プロセスや電炉の電源には天然ガス、時には石炭が使用される。そのため、この鉄鋼生産の製法によるカーボンフットプリントは、高炉-転炉法ほどではないとしても、依然としてかなり大きい。

鉄鉱石の還元天然ガスの代わりにグリーン水素を使うことで、製鉄における化石燃料の使用をなくす道がある。直接還元法で作られた銑鉄は、電炉に装入したり、あるいは追加した溶融設備を通して転炉で使用したりする場合もある。また、グリーン水素で還元した鉄鉱石を、製鉄所への出荷に適したホットブリケット鉄（HBI）<sup>40</sup>に変換することもできる。水素が、再生可能エネルギーを動力源とする電解槽で作られる限り、製鉄は、化石燃料使用による排出を伴わないプロセスへ変化を遂げる。さらに、100%再生可能な電力で電炉を稼働させれば、製鋼段階でのカーボンフットプリントのほとんどが取り除かれる。この2段階のプロセス、すなわち、化石燃料の代わりにグリーン水素で銑鉄を製造し、再生可能エネルギーを電源とする電炉でその銑鉄を鋼に変えるプロセスによって、化石燃料フリーの鉄鋼生産が可能になる。

加えて、実用化前の溶融酸化物電解（MOE）のような新技術は、燃料の必要性を完全に排除し、製鉄の直接電化の道を開く可能性がある。要するに、再生可能エネルギーを大規模に導入すれば、鉄のカーボンフットプリントを劇的に減らし、製鉄における石炭やガスの役割を代わりに担うことができる。私たちが行動を起こせば、化石燃料フリーの鉄はもう手の届くところに来ている。

**要するに、再生可能エネルギーを大規模に導入すれば、  
鉄のカーボンフットプリントを劇的に減らし、  
製鉄における石炭やガスの役割を代わりに担うことができる。  
私たちが行動を起こせば、  
化石燃料フリーの鉄はもう手の届くところに来ている。**

40. [International Iron Metallurgy Association](#) (2023年5月25日アクセス)



すでにこうした変革に着手している製鉄所もある。例えば、カナダのアルセロール・ミッタル・ドファスコ社の製鉄所では、直接還元-電炉法（DRI-EAF）による新たな生産ルートが立ち上がる中、高炉-転炉設備を徐々に減らし、2028年まで運転を続けた後は石炭を完全に廃止する予定である<sup>41</sup>。直接還元法で作られた銑鉄を、おそらく中間的な熔融設備を通して既存の転炉に装入する場合もある。また、水素対応の直接還元設備を設置し、グリーン水素インフラの整備を待っているケースもある。

最も注目を集めている事例の一つに、HYBRITというスウェーデンの官民協働プロジェクトがある。このプロジェクトの下で、鉄鋼バリューチェーン全体で一貫した生産ネットワークを備えた実証プラントを集結させ、これまでにボルボ社の試作トラック用のグリーンスチールを生産し、2026年までの商用化を目指している。こうした移行はいくつかの段階を要し、その形態は地域によって異なるものの、中心となるのは、石炭を使用する鉄鋼生産への投資からの脱却を選択するものである。

こうした変革は、絶好の機会となるはずである。すべての主要な鉄鋼生産国は、国内の鉄鋼生産地域における歴史や政治課題に向き合わなければならない。重工業生産とそこから派生する消費者向け製造業は、多くの国で中間層の形成を後押しした。さらに、国内の鉄鋼生産は、世界の主要経済大国にとって国家の安全保障に不可欠なものと考えられている。よりグリーンな鉄鋼業への投資が地球を安定させるという論拠は揺るぎないものだが、その実現は、経済の変革への社会的・政治的機運が形成されるかどうかにかかっている。つまり、その道筋を明確に示し、公正で未来に適合する社会への大規模な投資を決定する際に、影響を受けるコミュニティとの十分な対話や当該コミュニティの全面的な参画が重要であることにほかならない。



Mathew McDermid, "View of POSCO's Gwangyang steel mill", May 2023

41. カナダ放送協会 (Hristova, B., 2022年)



## 4.2 意思決定の要点およびレッドライン

いま私たちの目の前には、鉄鋼生産からの排出の行方、ひいては世界の気温上昇のペースを修正する絶好の機会が広がっている。排出量の多い高炉のリライニング改修を行い、石炭を使用する鉄鋼業を延々と続けるのではなく、企業や投資家は方向転換を図ることができ、またそうしなければならない。電力業界はすでに、よりクリーンな再生可能電力への抜本的な変革のさなかにある。鉄鋼業界もまた、舵を切る時に来ている。

鉄鋼業界にとって気温上昇を1.5°C未満に抑える軌道を実現できるかどうかは、ここからの7年間にかかっている。多くの複雑な課題に対して行動を起こす必要がある（Boxを参照）が、中心となる点は明確だ。入手可能な信頼できる調査を総合すると、石炭への投資を続ければ、私たちは、住みよい地球にとっての危機的な限界点からますます遠くへはじき出されることが分かる。

鉄鋼業の1.5°C経路が実現可能であり続けるには、次のルールで活動を続けることである：



**OECD諸国およびOECD諸国内に本社を置く企業は、石炭高炉の新設・リライニング改修への投資を今後一切行わない**



**新興国では、2028年1月以降に操業を開始する石炭高炉の新設・リライニング改修への投資を一切行わない<sup>42</sup>**

42. [アゴラ・インダストリー](#)（2023年）の報告書は、1.5°C目標との整合性確保に向けて、石炭を使用する鉄鋼生産を段階的に廃止し、完全に終わらせる目標年を2043～2045年としている。



## 石炭を使用する鉄鋼生産からの移行に必要な要素の定義

石炭を使用する鉄鋼生産からの効果的かつ公正な移行を実現するには、いくつかの重要な要素に継続的に関心向け、それらを探究し、行動していく必要がある。以下は、今後数カ月から数年にわたり、意思決定者が重点的に取り組まなければならない要素である。

- **クリーン電力の拡大：**高炉が置き換えられる際には、新たな一次製鋼の確立に向けてグリーン水素による直接還元鉄（DRI）製造への移行が加速することが見込まれる。政府および鉄鋼会社は、グリーン水素の生産に伴うクリーン電力の需要拡大に対応するため、電力事業者や他のステークホルダーと連携してクリーン電力の供給を十分に確保する必要がある。だがこれにより、他のユーザー向けの脱炭素化したクリーン電力を犠牲にしてはならない。
- **天然ガスのロックイン回避：**鉄鋼会社は、移行への暫定期間中に、天然ガスを燃料とする「水素対応」の直接還元鉄（DRI）製造設備を開発することで化石燃料からの完全な移行を遅らせようとするかもしれない。天然ガスへの新たな投資は、新規インフラ（施設へのパイプラインなど）のロックインや座礁資産化のリスクを伴う。最初からグリーン水素で稼働させるように設計されていないプラントへの「水素対応」という謳い文句の悪用を防ぎ、天然ガスからの移行について具体的な拘束力のある計画を作成するには、明確な基準が必要になる。
- **労働者の保護：**グリーンスチールへの移行によって労働組合や労働者が置き去りにされるなら、その移行は失敗である。政府および企業は、労働組合、労働者訓練プログラム、その他のステークホルダーと連携して、雇用や税収を鉄鋼業に依存する労働者やコミュニティの混乱を最小限に抑える必要がある。政府の優遇措置や施策は、繁栄をもたらすゼロカーボン社会への移行を広く実現する上で、既存の製鉄所や古くから鉄鋼業が発達している地域が不可欠な要素であることを保証しなければならない。
- **環境汚染の除去：**鉄鋼業による過去および現在の大気・水質汚染の影響に対する改善・回復計画の策定は必須であり、これには、鉄鋼会社の完全な透明性と説明責任、およびこれらの汚染の影響に関連する条件を決定する際に地域コミュニティと直接的なエンゲージメントを行うことが求められる。今後、グリーンで責任ある鉄鋼業には、「自由意思による、事前の、十分な情報に基づく同意（FPIC）」を得た、いかなる暴力的・強制的手段も伴わない、透明性のある、かつ説明責任を果たす上流・下流のバリューチェーンが不可欠となる。
- **グリーンなバイヤー：**鉄鋼生産をゼロエミッションの軌道に乗せるためのコストギャップを埋めて、2030年までにコスト競争力を確保するには、鉄鋼バイヤー（自動車企業、風力発電事業者、政府の調達機関など）による正式なコミットメントが必要となる。
- **政府の支援：**政府による手厚い政策支援や経済的な優遇措置が、着実な移行をもたらさだろう。また、これらは、約束の履行に関する説明責任を果たすことや、意図しない結果に確実に対処することに付随する明確な条件を示すべきである。企業は、その少なからぬ政治への影響力を、こうした政策転換を阻止したり遅らせたりするのではなく、建設的に支持するために用いなければならない。



## 具体的な課題

**企業は、現在OECD諸国で進んでいるリライニング改修事業を中止しなければならず、新興国で新規のリライニング改修事業を計画することはできない。新設・リライニング改修禁止という超えてはならない一線（レッドライン）は、政府と企業双方のコミットメントが必要である。**

### リライニング改修の禁止：

今後6年半の間に既存高炉の約71%がリライニング改修の時期を迎えるため、喫緊の最優先事項は、当該製鉄所で代替りの選択肢となる計画を早急に策定することである。リライニング改修が見込まれるものをすべて、業界全体の1.5°C排出経路とカーボンバジェットに照らして精査し、その必要性を問い直さなければならない。

### 高炉新設の禁止：

石炭を使用する設備の新設は、もはや正当化できない。実現の見通しがあいまいなCCS技術を持ち出して、高炉への投資拡大を正当化してはならない。現在のところ緩和策として利用可能な信頼できるCCUS技術はなく、そうした状況で石炭使用を基本とする技術に投資すべきではない。

### 原料炭の衰退：

バリューチェーン全体を立ち止まらせるには、原料炭へのあらゆる投資を精査し、その必要性を問い直さなければならない。一般炭の流れは変わったものの、原料炭についてはまだ、波が岸辺に打ち寄せている程度に過ぎない<sup>43</sup>。世界で脱石炭社会が急速に形成されつつあり、私たちの化石化した過去の要素である石炭は置き去りにされている。原料炭への投資も完全に移行させる時に来ている。

### OECD諸国およびOECD諸国に本社を置く企業の主導：

石炭を使用する新規の鉄鋼生産に関する期限条項の制定は、これまでの排出責任や新技術への投資能力を考えれば、OECD諸国やOECD諸国に本社を置く企業が主導しなければならない。石炭を使用する現行生産の移行計画については、世界的に迅速な行動が求められる。石炭火力発電所の段階的廃止と同様に、米国や欧州連合（EU）諸国など主要な経済大国が、確固たるレッドラインを早期に導入しなければならない。それらの国々が模範を示して先頭に立ち、クリーン技術の市場を構築し、新興国がクリーン技術にリープフロッグできるよう直接支援を行うべきである。OECD諸国に本社を置き、新興国でも事業を行う企業は、世界各地の生産施設で一貫した厳しい基準を適用し、技術面でのリープフロッグを後押ししなければならない。

鉄鋼生産における石炭を使用する高炉の減少は、鉄鋼業が気温上昇を1.5°C未満に抑える軌道に乗れるかどうかを示す最も重要な指標の一つである。だからこそ、すべての高炉のリライニング改修事業と新規建設を全面的に停止する必要がある。鉄鋼生産に伴う排出によって気候の「プラネタリー・バウンダリー（地球の限界）」を超えてしまうのを鉄鋼業自らが防ぐことができるのか、その運命を左右するのはこうした投資判断を即時に行えるかどうかである。

43. 一部の投資家はレッドラインを引き始めている。例えば、英国の大手金融グループHSBCは2022年末、新規炭鉱投資禁止の対象を原料炭にも拡大した。



## 参考文献

**Agora Industry and Wuppertal Institute (2023).** *15 insights on the global steel transformation*  
<https://www.agora-energiewende.de/en/publications/15-insights-on-the-global-steel-transformation-1/>

**Agora Industry, Wuppertal Institute and Lund University (2021).** *Global Steel at a Crossroads. Why the global steel sector needs to invest in climate-neutral technologies in the 2020s.*  
<https://www.agora-energiewende.de/en/publications/global-steel-at-a-crossroads/>

**Bashmakov, I.A., L.J. Nilsson, A. Acquaye, C. Bataille, J.M. Cullen, S. de la Rue du Can, M. Fishedick, Y. Geng and K. Tanaka (2022).** *Industry in Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC.*  
[https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGIII\\_Chapter11.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_Chapter11.pdf)

**Bataille, C., S. Stiebert and F. G. N. Li (2021).** *Global facility level net-zero steel pathways; technical report on the first scenarios of the net-zero steel project, Net Zero Steel, IDDRI.*  
[http://netzerosteel.org/wp-content/uploads/pdf/net\\_zero\\_steel\\_report.pdf](http://netzerosteel.org/wp-content/uploads/pdf/net_zero_steel_report.pdf)

**BHP** (Accessed 24th April 2023). *Metallurgical Coal.*  
<https://www.bhp.com/what-we-do/products/metallurgical-coal>

**Business and Human Rights Resource Center (2019, June 7).** *So. Africa: ArcelorMittal criminally charged for environmental pollution; company comments.*  
<https://www.business-humanrights.org/en/latest-news/so-africa-arcelormittal-criminally-charged-for-environmental-pollution-company-comments/> (Accessed 24th May 2023).

**Campbell, C. (2023).** *Why the steel industry needs to tackle coal mine methane, EMBER.*  
<https://ember-climate.org/insights/research/why-the-steel-industry-needs-to-tackle-coal-mine-methane/#supporting-material-downloads>

**Center for Environmental Rights (2019).** *ASMA Full Disclosure; Fact sheet May 2019.*  
<https://cer.org.za/wp-content/uploads/2019/05/AMSA-Full-Disclosure-5-web-1.pdf>

**Center for Environmental Rights (2022, May 19).** *Activists push dirty steel giant ArcelorMittal SA to stop pollution and accelerate transition to green steel.*  
<https://cer.org.za/news/activists-push-dirty-steel-giant-arcelormittal-sa-to-stop-pollution-and-accelerate-transition-to-green-steel> (Accessed May 24, 2023)

**Centre for Research on Energy and Clean Air and Solutions for Our Climate (2022).** *Unveiling the Truth Behind Blast Furnace Pollution; Air Quality and Health Impact Assessment of South Korean Steel Plants, CREA and SFOC.*  
[https://forourclimate.org/hubfs/%5BCREA-SFOC%5D%20Unveiling%20the%20Truth%20Behind%20Blast%20Furnace%20Pollution\\_South%20Korea%20\(ENG\).pdf](https://forourclimate.org/hubfs/%5BCREA-SFOC%5D%20Unveiling%20the%20Truth%20Behind%20Blast%20Furnace%20Pollution_South%20Korea%20(ENG).pdf)

**Dhakai, S. et al. (2022).** 'Emissions Trends and Drivers', in P. Shukla et al. (eds) *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (accepted version subject to final edits), IPCC.  
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>



**Ebner, J., K. Hipple, N. Messenger and I. Spector (2023).** *Green Steel in the Ohio River Valley: The Timing is Right for the Rebirth of a Clean, Green Steel Industry*, Ohio River Valley Institute.

<https://ohiorivervalleyinstitute.org/green-steel-in-the-ohio-river-valley-the-timing-is-right-for-the-rebirth-of-a-clean-green-steel-industry/>

**Energy Transitions Commission (2021).** *Steeling Demand: Mobilising buyers to bring net-zero steel to market before 2030*, ETC.

<https://www.energy-transitions.org/publications/steeling-demand/>

**Fan, Z., and S.J. Friedmann (2021).** *Low-carbon production of iron and steel: Technology options, economic assessment, and policy*, Joule, 5.

[https://www.cell.com/joule/pdf/S2542-4351\(21\)00095-7.pdf](https://www.cell.com/joule/pdf/S2542-4351(21)00095-7.pdf)

**Forster, P., D. Rosen, R. Lamboll and J. Rogelj (2022, November 11).** *What is the tiny remaining 1.5C carbon budget means for climate policy*, Carbon Brief.

<https://www.carbonbrief.org/guest-post-what-the-tiny-remaining-1-5c-carbon-budget-means-for-climate-policy/>

**Global Energy Monitor (2023).** *Global Steel Plant Tracker*.

<https://globalenergymonitor.org/projects/global-steel-plant-tracker/> (Accessed April 2023, Most recent update)

**Hasanbeigi, A. (2022).** *Steel Climate Impact - An International Benchmarking of Energy and CO<sub>2</sub> Intensities*, Global Efficiency Intelligence, Florida, United States.

<https://static1.squarespace.com/static/5877e86f9de4bb8bce72105c/t/624ebc5e1f5e2f3078c53a07/1649327229553/Steel+climate+impact+benchmarking+report+7April2022.pdf>

**Hristova, B. (2022, October 13).** *ArcelorMittal Dofasco to demolish coke plant starting next year en route to halting coal use by 2028*, Canadian Broadcasting Company.

<https://www.cbc.ca/news/canada/hamilton/arcelormittal-dofasco-green-steel-1.6615570>

**HSBC (2023).** *Our energy policy to support net zero transition*.

<https://www.hsbc.com/news-and-media/hsbc-news/our-energy-policy-to-support-net-zero-transition> (Accessed June 5th 2023)

**Intergovernmental Panel on Climate Change (2023).** *AR6 Synthesis Report (SYR)*.

<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>

**International Energy Agency (2020, October).** *Iron and Steel Technology Roadmap; Towards more sustainable steelmaking*.

<https://www.iea.org/reports/iron-and-steel-technology-roadmap>

**International Energy Agency (2021, October).** *Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector*.

<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

**International Energy Agency (2022a, September).** *ETP Clean Energy Technology Guide*.

<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/etp-clean-energy-technology-guide> (Most recent update September 2022)

**International Energy Agency (2022b, December).** *Coal 2022*.

<https://www.iea.org/reports/coal-2022>

**International Iron Metallurgy Association (Accessed 25th May 2023).** *Hot Briquetted Iron (HBI)*.

<https://www.metallurgy.org/hbi.html>

**Lakhani, N. (2023, April 19).** *Nearly 120 million people in US exposed to unhealthy levels of soot and smog – report*. *The Guardian*.

<https://www.theguardian.com/us-news/2023/apr/19/us-air-pollution-unhealthy-levels-smog-soot-california> (Accessed May 24, 2023)



**Mission Possible Partnership (2021).** *Net-Zero Steel; Sector Transition Strategy.*

<https://missionpossiblepartnership.org/wp-content/uploads/2021/10/MPP-Steel-Transition-Strategy-2021.pdf>

**Myers, K. (2023, May 16).** Green steel could help rebuild America's Rust Belt. *Canary Media.*

<https://www.canarymedia.com/articles/clean-energy-manufacturing/green-steel-could-help-rebuild-america-rust-belt>

**Nicholas, S. and S. Basirat (2023).** *ArcelorMittal: Green steel for Europe, blast furnaces for India*, IEEFA.

<https://ieefa.org/resources/arcelormittal-green-steel-europe-blast-furnaces-india>

**Nishida, Y., T. Aikawa, Y. Okubo, A. Hirose and T. Ohno (2022).** *The path to green steel; pursuing zero-carbon steelmaking in Japan*, Renewable Energy Institute.

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

**Pete, J. S. (2023, May 31).** Cleveland-Cliffs to reline blast furnace in 2025, *Northwest Indiana Times.*

[https://www.nwitimes.com/news/local/business/cleveland-cliffs-to-reline-blast-furnace-in-2025/article\\_25131a98-ffdf-11ed-8393-7f5bd7ca2248.html?utm\\_campaign=snd-autopilot&utm\\_medium=social&utm\\_source=twitter\\_nwi](https://www.nwitimes.com/news/local/business/cleveland-cliffs-to-reline-blast-furnace-in-2025/article_25131a98-ffdf-11ed-8393-7f5bd7ca2248.html?utm_campaign=snd-autopilot&utm_medium=social&utm_source=twitter_nwi) (Accessed June 5, 2023)

**Rivera, A., S. Movalia, H. Pitt and K. Larsen (2022).** *Global Greenhouse Gas Emissions: 1990-2020 and Preliminary 2021 Estimates*, Rhodium Group.

<https://rhg.com/wp-content/uploads/2022/12/Global-Greenhouse-Gas-Emissions-1990-2020-and-Preliminary-2021-Estimates.pdf>

**Sohn, H. Y. (2019)** *Energy Consumption and CO<sub>2</sub> Emissions in Ironmaking and Development of a Novel Flash Technology*, *Metals* 10, no. 1: 54.

<https://doi.org/10.3390/met10010054>

**Swalec, C. (2022).** *Pedal to the Metal 2022; It's not too late to abate emissions from the global iron and steel sector*, Global Energy Monitor.

[https://globalenergymonitor.org/wp-content/uploads/2022/06/GEM\\_SteelPlants2022.pdf](https://globalenergymonitor.org/wp-content/uploads/2022/06/GEM_SteelPlants2022.pdf)

**Wang, P., M. Ryberg, Y. Yang, K. Feng, S. Kara, M. Hauschild and WQ. Chen (2021).** *Efficiency stagnation in global steel production urges joint supply- and demand-side mitigation efforts*, *Nat Commun* 12, 2066.

<https://doi.org/10.1038/s41467-021-22245-6>

**World Steel Association (2022a).** *Sustainability Indicators; 2022 Report.*

<https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Sustainability-Indicators-2022-report.pdf>

**World Steel Association (2022b).** *World Steel in Figures 2022.*

<https://worldsteel.org/steel-topics/statistics/world-steel-in-figures-2022/>

**Yu, S., J. Lehne, N. Blahut and M. Charles (2021).** *1.5C Steel: decarbonising the steel sector in Paris-compatible pathways*, E3G.

<https://www.e3g.org/publications/1-5c-steel-decarbonising-the-steel-sector-in-paris-compatible-pathways/>

