自然エネルギー財団
RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

日本の鉄鋼業脱炭素化への課題と戦略
1.5℃目標の実現に向けて

Copyright © 2023 Renewable Energy Institute. All Rights Reserved

1．日本の鉄鋼業ー1.5℃目標に向けて　求められる「さらなる貢献」

日本の現在の2030年に向けたCO_2削減目標では、1.5℃目標に達しない。さらなる削減が必要

日本の現在の2030排出削減目標（NDC）は、2019年度比とすると、CO_2削減量が35%にしかならず、
IPCC第6次統合報告書が求める48%削減のレベルには、大きく不足＞　2035年に向けてはさらなる削減が必要

鉄鋼業からの排出は、産業部門の約1/2

鉄鋼業からのエネルギー起源CO_2排出は、
直接排出で日本全体の排出の13%

G7での約束

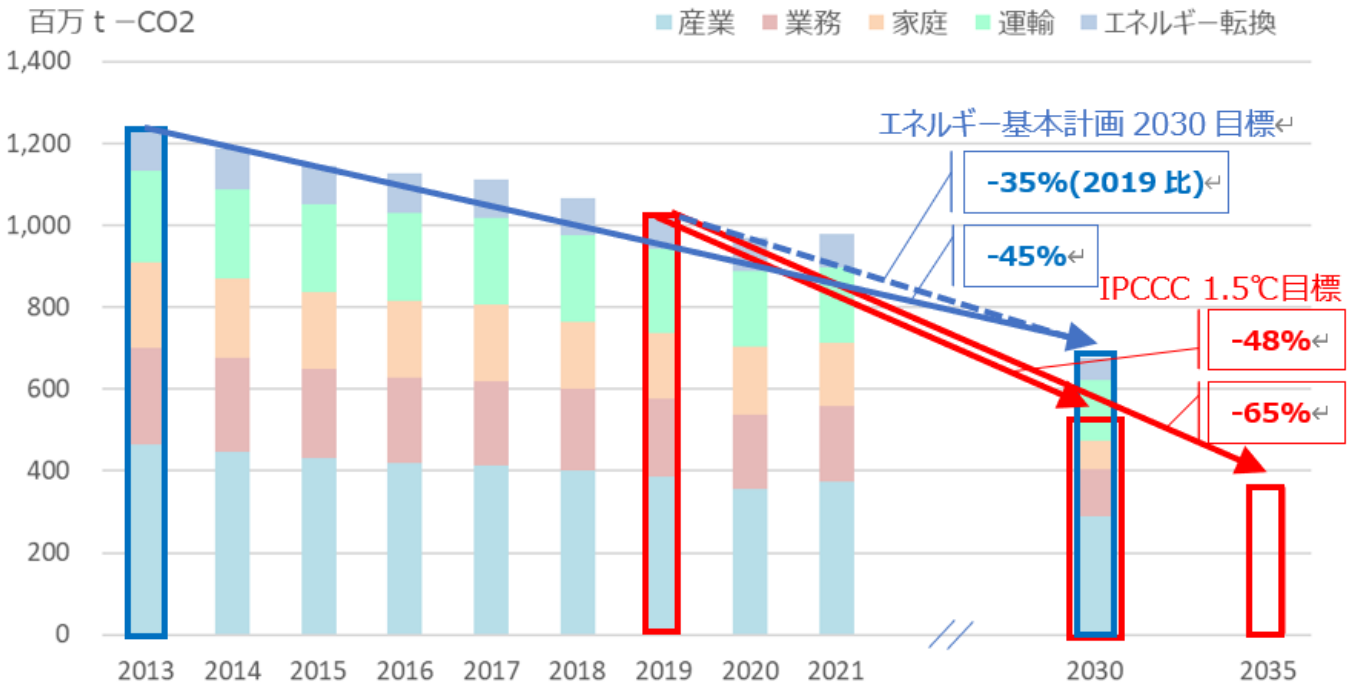
2022年5月G7は、1.5℃の気温上昇にとどめるためには、主要産業部門の脱炭素化が重要と指摘、重工業の脱炭素化を加速させることを約束

➤2030年までに実現することが重要

現在の鉄鋼大手の2030年目標（全て2013年比）

日本鉄鋼連盟、日本製鉄、JFEスチールなど　30%削減
神戸製鋼　30－40%削減

エネルギー基本計画の2030年度目標とIPCCの求めるCO_2削減のレベル



（出典）資源エネルギー庁「エネルギー総合統計時系列表」、「2030年度におけるエネルギー需給の見通し（関連資料）」より自然エネルギー財団作成

Copyright © 2023 Renewable Energy Institute. All Rights Reserved

1．日本の鉄鋼業ー1.5℃目標に向けて　ほぼゼロ排出の製鉄能力が必要

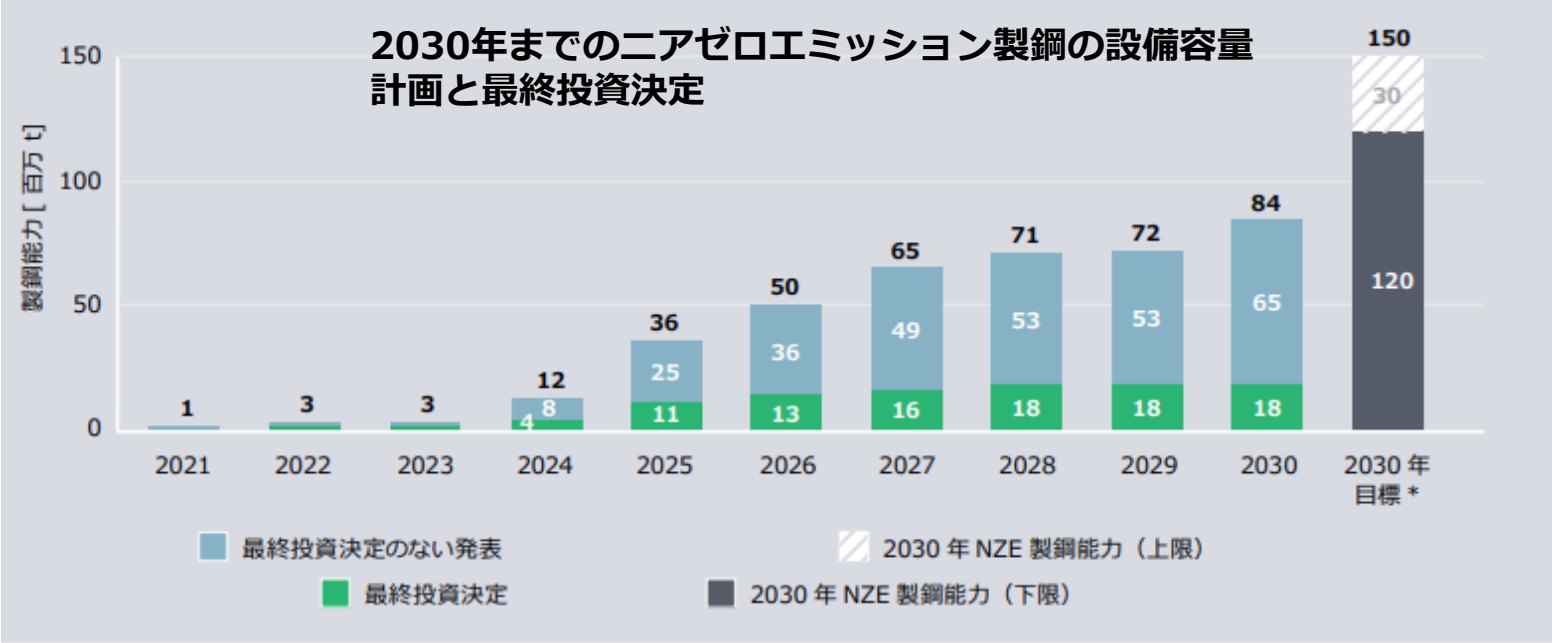
1.5℃目標達成に必要となる、ニア・ゼロエミッションスチールの生産

2030年までに「ほぼゼロエミッション鋼材（NZS）」生産が世界で**年間1億トン＝設備容量で1.2～1.5億トンが必要**

日本では。。。1500万トン の生産設備が必要　G7諸国のマイルストーン（IEA）NZS生産14%

VS.　日本政府の目標設定　1000万トン@GX基本方針

VS.　欧州では4000万トンが計画



Agora Industry（2023）、Global Steel Transformation Tracker（2023）。注：発表されたプロジェクトはすべて、原則として水素対応 DRI プラントである。ただし現時点では、プロジェクトパイプラインの約 25% のみが最初から自然エネルギー水素で稼働することを意図している。他の DRI プラントはすべて、天然ガスまたは天然ガスと水素の混合ガスで稼働し、ほとんどの企業が、利用可能になったら最終的に 100% 低炭素の水素に切り替えることを表明している（Agora Industry、Global Steel Transformation Tracker を参照）。*2030 年目標とは、IEA、IRENA、UN 2022 および我々自身のシナリオの 1.5°C 対応経路に沿うために必要となる排出量がほぼゼロの一次製鋼能力を指す。

（出典）アゴラインダストリー 15の洞察

（参考）ニア・ゼロエミッション製鉄能力（NZEキャパシティ）とは

NZEキャパシティは、現在のところ下記の手法の設備による

手　法	内 容	技術的成熟度	計 画
水素直接還元法 H_2DR	水素による直接還元法	現在は実証段階	現在世界で計画されているNZEのほとんどがH_2DRIベース
	製造した還元鉄を電炉／転炉のプロセスで不純物を除く必要	2030年までに商用化	多くの場合、当初天然ガスを使用し、将来的に水素へ転換を計画
	脱炭素水素利用が前提		
高炉 - 転炉＋CCS法 BF-BOF＋CCS ➤事実上NZEとするのは困難	高炉 - 転炉からの排出をほぼ全量回収・貯蔵	プロセスからの排出をほぼ全量CCSで回収することは困難	現在世界で一つだけが計画されている
	水素を高炉に注入して、排出を削減する場合も（CCS量減）		日本の、COURSE50／Super COUSE50は、排出削減最大50%を目標としており、NZEにならない
	脱炭素水素が前提	水素注入による削減はパイロット段階だが、削減量は20数%	
電炉法 EAF	スクラップ鉄利用 または、水素直接還元鉄利用	成熟 （大型電炉での高級鋼製造はパイロット段階）	世界でも新たな電炉の計画がある
	脱炭素電力利用が前提		日本でも高炉に替えて電炉の導入計画がある

日本で現在計画されているニア・ゼロエミッションスチール設備は、電炉のみ

2030年に向けて必要となる条件

- 鉄源であるスクラップ鉄または水素直接還元鉄の確保
- 脱炭素電源の確保

Copyright © 2023 Renewable Energy Institute. All Rights Reserved

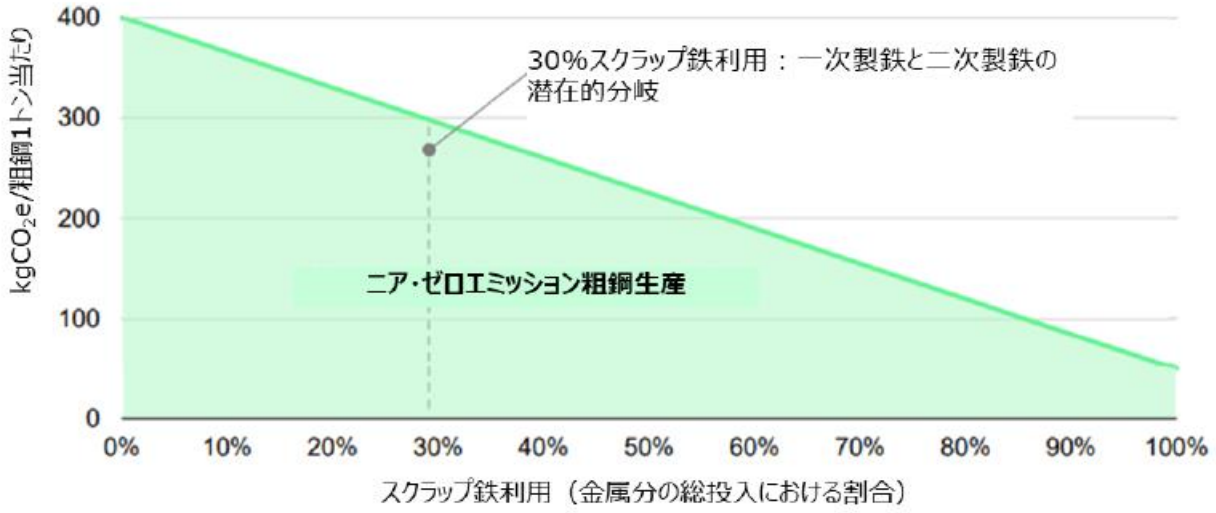
（参考）ニア・ゼロエミッションスチールの定義とは

IEAによるニア・ゼロエミッションスチールの定義（G7に向けた報告書2022）

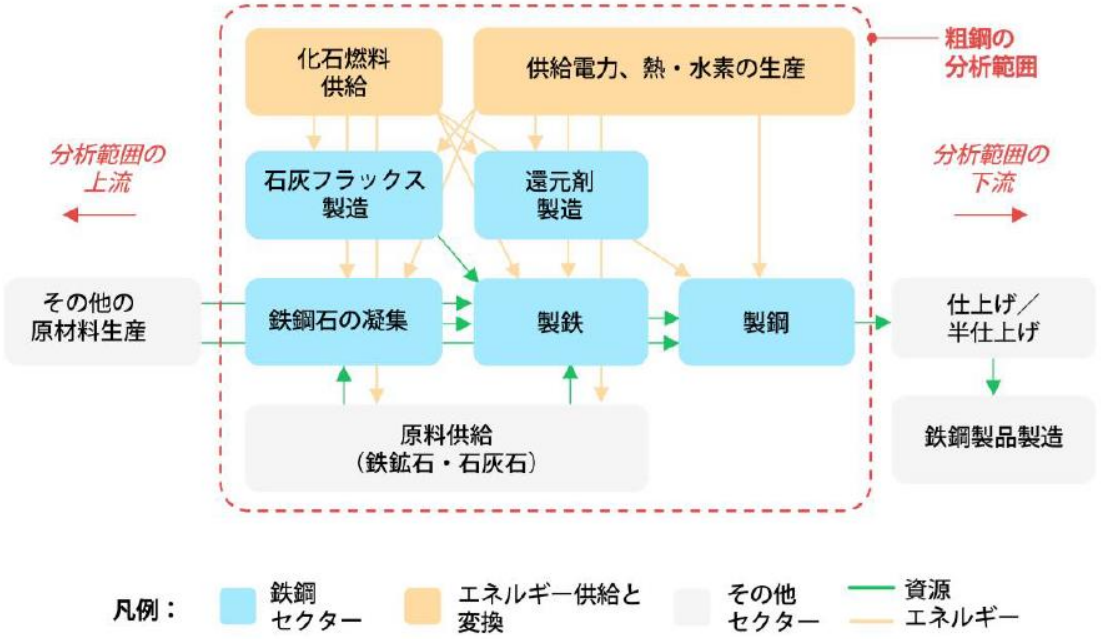
従来の高炉製鉄と比べて、直接・間接排出合わせて85%以上削減、粗鋼１トン当たりCO_2排出量： 400kg-CO_2e 以下

スクラップ鉄を使う場合は、100%スクラップの場合を50kg-CO_2e/トンとしてスクラップ比率により規定（下図）

ニアゼロエミッションスチールの閾値設定



定義のためのバウンダリ設定



（出典）IEA “Achieving Net Zero Heavy Industry Sectors in G7 Members” （2022 年5 月）

Copyright © 2023 Renewable Energy Institute. All Rights Reserved

（参考）日本の鉄鋼業ー現在の脱炭素化計画

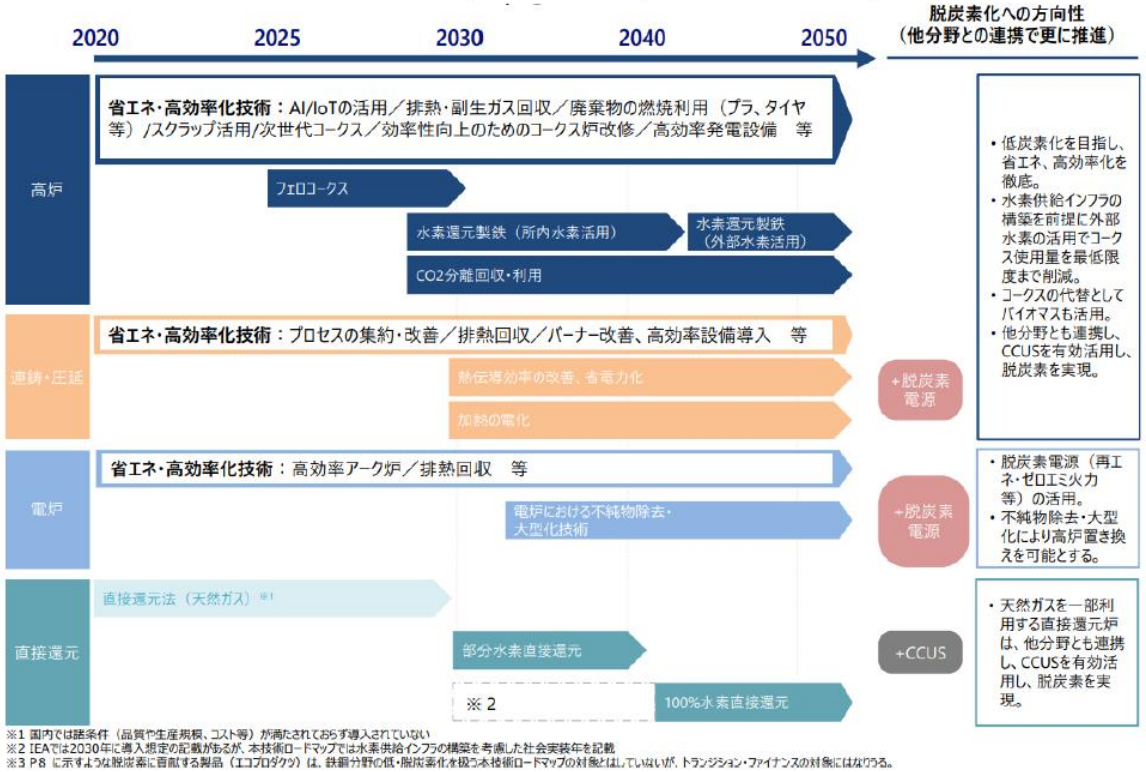
日本の一次製鉄（高炉製鉄）の脱炭素化にむけた計画：2021年　実装は全て2030年以降

1）高炉を用いた部分水素還元＋CO_2回収貯留（BF-BOF＋CCS）　➤COURSE50（実装2030）、SuperCOURSE50（実装2043）

2）水素100%直接還元（実装2043）

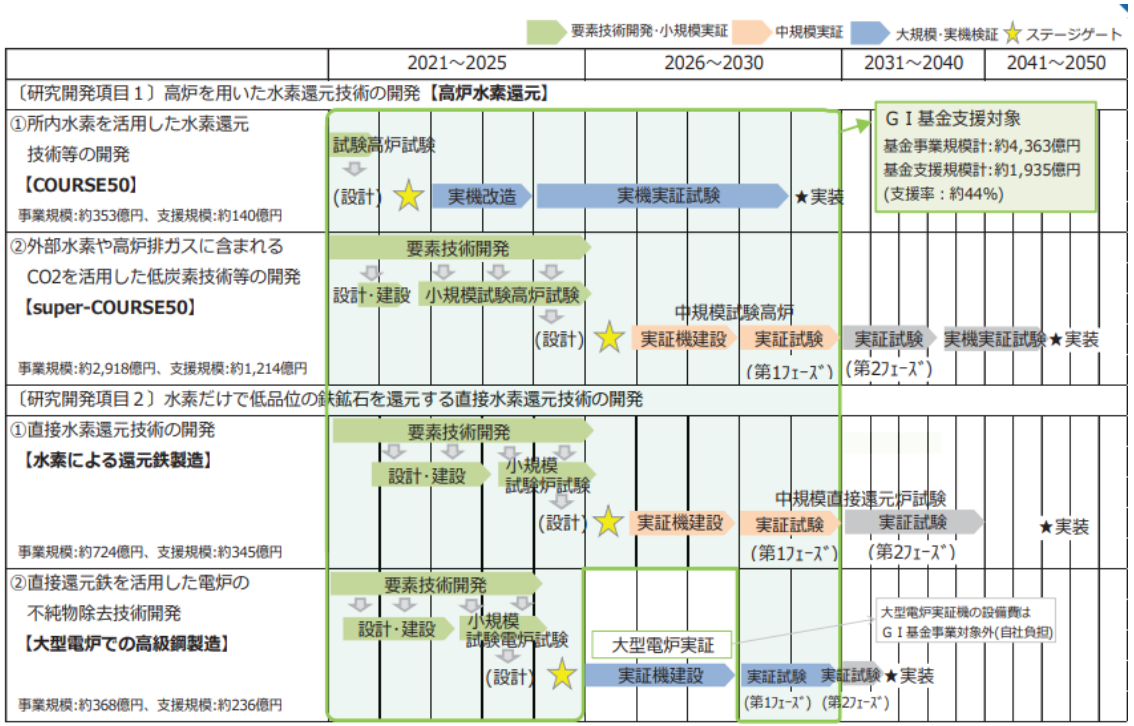
3）大型電炉の導入（実証2032）

トランジションファイナンスにおける鉄鋼業のロードマップ



（出典）経済産業省「トランジションファイナンス」に関する鉄鋼分野における技術ロードマップ」（2021 年10 月）

GI基金「製鉄プロセスにおける水素活用」プロジェクト計画



（出典）産業構造審議会 日本製鉄株式会社 発表資料（2022年9月）

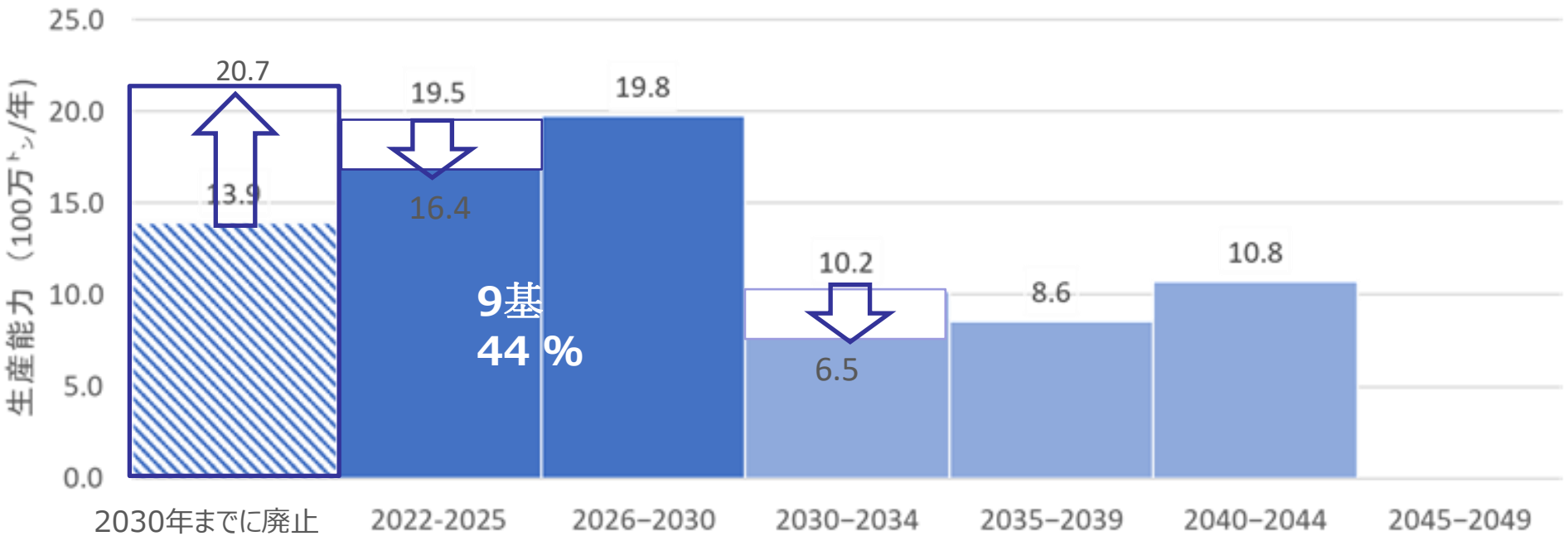
Copyright © 2023 Renewable Energy Institute. All Rights Reserved

1．日本の鉄鋼業ー1.5℃目標に向けて　脱炭素化へ加速が必要

投資サイクルを考えるー今から転換を始める必要

・高炉は、20－25年に一度リライニング改修が必要　一方日本では、改修コストが上昇している
・座礁資産化を防ぐため、高炉フェーズアウト計画を前提に改修のレベルや時期を決める必要
・昨年、今年と、高炉からの電炉シフト計画が発表されている

2030年までに設備寿命を迎える高炉（生産能力）＋昨年からの変化



（出典）各種資料より自然エネルギー財団作成

Copyright © 2023 Renewable Energy Institute. All Rights Reserved

2. 日本の鉄鋼業の脱炭素化　ボトルネック①　CCSの積極活用の非現実性

CCSに適した地理的条件の不在

1）　日本にはCO_2貯留に適した既存の枯渇した油田やガス田がほとんどない
2）　日本の陸域には、CO_2貯留に適した場所がほとんどない
3）　日本では、CO_2貯留が高コストとなる、知見のない海域での開発が必要。社会実装規模の貯留が可能な適地は抽出されていない。
4）　日本では地震リスクなどCO_2貯留のもたらすリスク評価が行われていない

東南アジアへのCO_2輸出・貯留をめざす国の方針

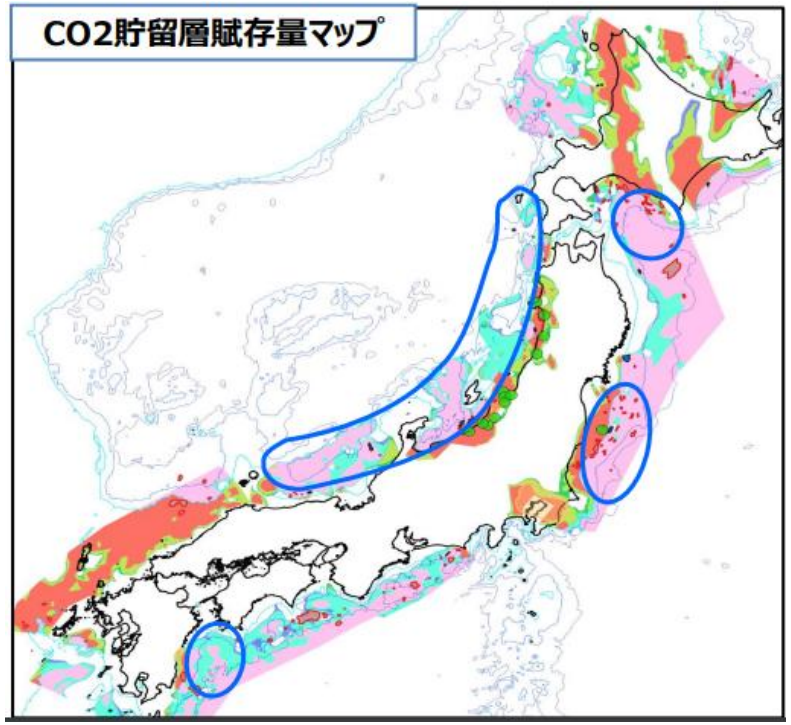
資源・燃料分科会 石油・天然ガス小委員会（第13回）2021年2月15日
「海外、特に東南アジア等近隣国では、ポテンシャルが大きく安価に貯留が可能なCCS適地が存在」

→既に現地からの批判の声も

CCU ?

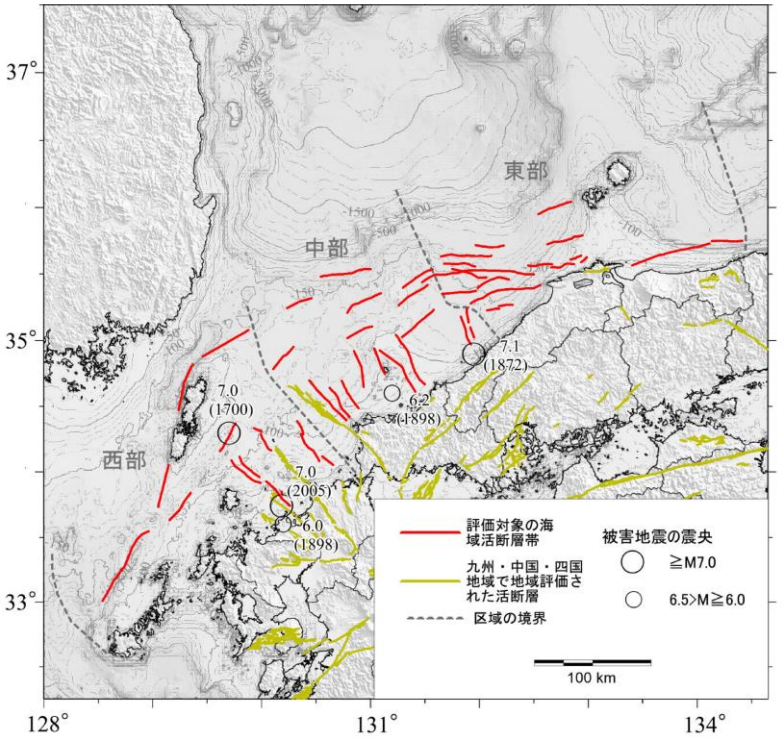
CCUで他の産業に炭素を渡しても、最終的には排出される。化石燃料由来炭素は最後はCCSまたは大気中CO_2増加へ

➤➤CCSに大きく依存しない脱炭素化の道筋へ



（出典）経産省「CCSの事業化に向けた今後の論点整理」（2022年1月28日）

日本海南西部（評価対象海域）における評価対象の海域活断層と主な被害震源の震央



（出典）地震調査研究推進本部

Copyright © 2023 Renewable Energy Institute. All Rights Reserved

2．日本の鉄鋼業の脱炭素化　ボトルネック②　脱炭素水素

脱炭素水素の確保

鉄鋼業に向けた水素供給を予定していない「水素基本戦略」

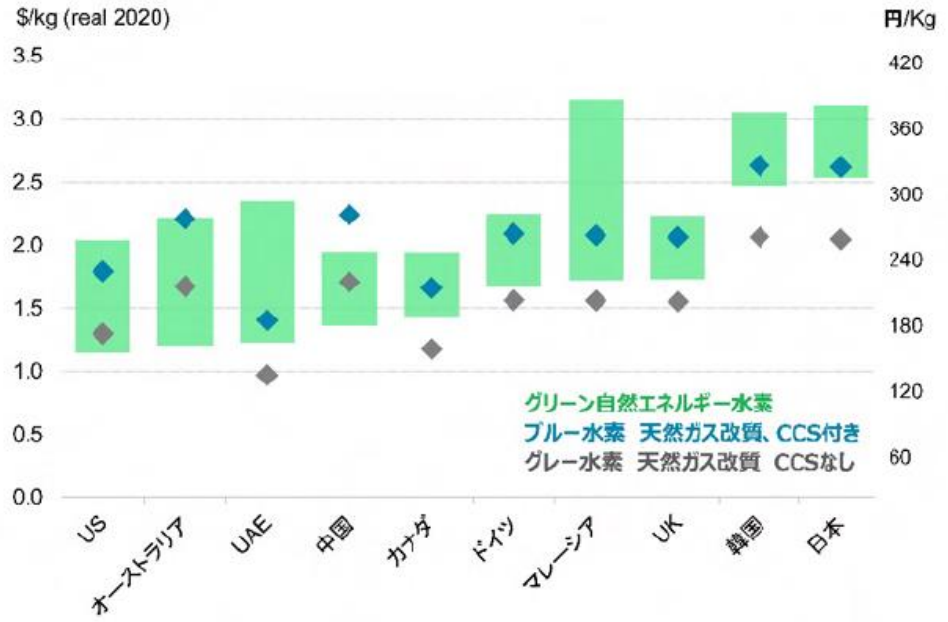
水素供給目標　2030年　30円/Nm^3（2.８$/kg）300万トン　水素排出基準導入は2030年以降（グレー水素可）

将来的にも輸入水素は、割高

船舶輸送では、最低2ドルのコスト輸送コストがかかり、世界の中でも低コスト水素が、国内生産と同じぐらいのコストに

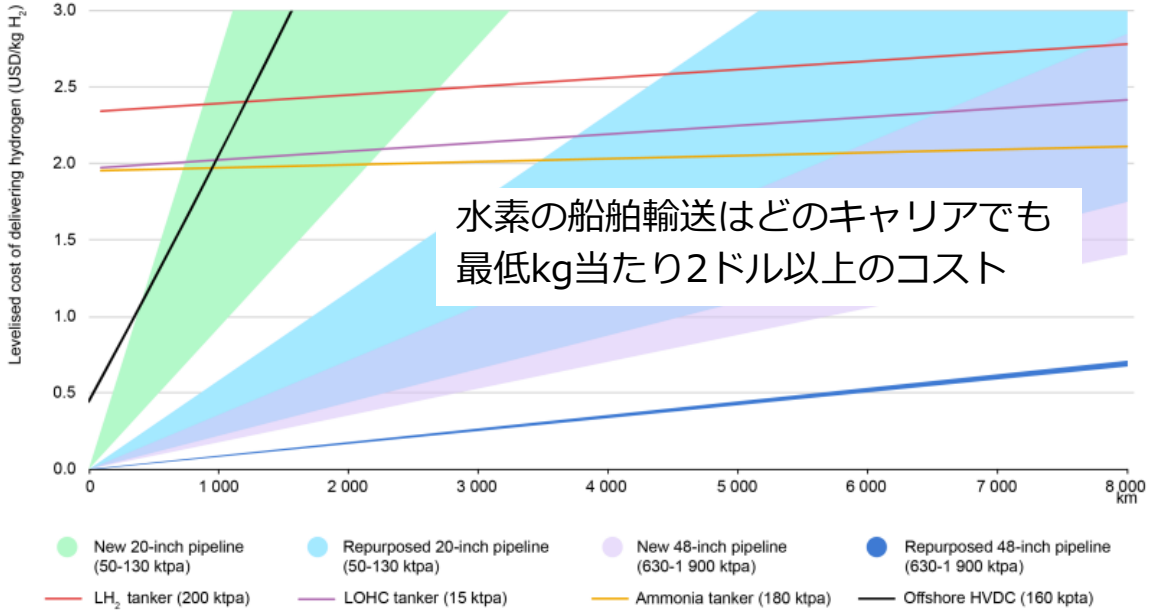
➤➤海外での水素直接還元（グリーン鉄貿易）と国内水素供給の追求へ

2030年の水素の均等化コスト予測



（出典）自然エネルギー財団「日本の水素戦略の再検討」（2022年9月）
原典ーBloomberg NEF “1H 2022 Hydrogen Levelized Cost Update”（2022年6月）

キャリア別の水素輸送コスト(2030年)



（出典）IEA “Global Hydrogen Review 2022”（2022年9月）

2．日本の鉄鋼業の脱炭素化　ボトルネック③　脱炭素電源

電炉活用・脱炭素水素製造のための脱炭素電力の確保

大量の脱炭素電源の確保の必要

電炉へのシフトには、エネルギー源としての脱炭素電源を大量に確保する必要
水素製造を行うにはさらに大量の脱炭素電源の確保が必要

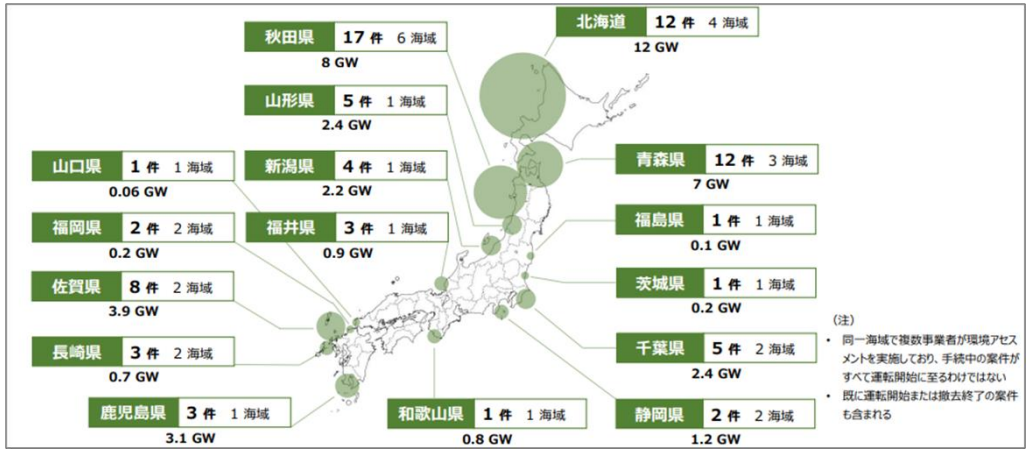
電源の脱炭素化を一層進める必要

現在のエネルギー基本計画の2030年の排出係数では、電源の脱炭素化は十分でない
NZEスチールの定義では、スクラップ鉄100%の場合、CO_2排出は50kg／粗鋼１トン　vs. 現状の電炉鋼は約500kg／トン

原子力発電に依存できない日本 原子力発電の見通しの暗さ

➤➤自然エネルギー電力、特に洋上風力の開発と活用へ

洋上風力発電の開発計画



（出典）環境省「環境アセスメント事例情報」を基に自然エネルギー財団作成

電力における自然エネルギー電力の割合
2030年目標と実績

国･地域	2030年	2021年実績
EU	69%*	–
独	80%	43%
仏	40%	26%
英	2035年脱炭素化	39%
米	2035年脱炭素化	21%
日本	36~38%	22%

＊最終エネルギー消費における自然エネルギー割合45%の時の電力における自然エネルギー割合（欧州委員会によるシナリオ分析結果）
（出典）各国政府資料など

2．日本の鉄鋼業の脱炭素化　ボトルネック④　スクラップ鉄

電炉法によるNZEには、鉄源であるスクラップ鉄の確保が必要

1）スクラップ鉄供給量の確保

高炉製鉄が電炉にシフトし、スクラップ鉄を利用する場合、
現在の輸出分（830万トン）を国内消費に振替えても、スクラップ鉄が不足

2）スクラップ鉄の質の確保

品質をコントロールしにくい老廃スクラップが45%を占める
従来のリサイクル製鉄ではカバーしていない製品を作っていくためにも質の向上が必要

➤➤サーキュラーエコノミーへの転換で
内需削減とスクラップ鉄の最大活用を推進

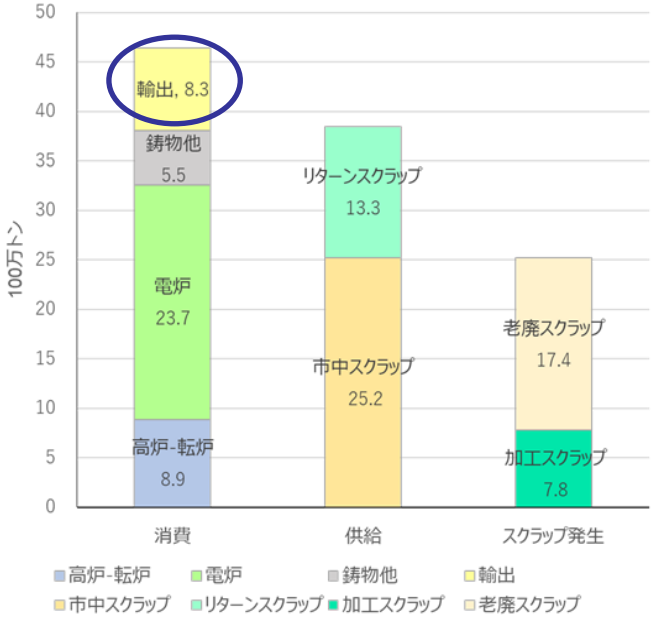
製法別の消費鉄源（2019年度:千トン）

（出典）鉄鋼新聞社「鉄鋼年鑑令和3年度版」を基に財団作成

スクラップの種類・性状・将来の方向

スクラップの種類	千トン	%	内容･品質	将来の方向
①リターンスクラップ	13,320	35%	製鉄、鋼材等の生産過程で生じるスクラップ、質が高い	鉄鋼生産量に連動し、大きく増加はしない。無駄を省き減少の方向
②加工スクラップ	7,808	20%	市中に出回るが、鋼材加工の段階で発生するスクラップで質が比較的高い	鋼材消費量に連動し、大きく増加はしない。無駄を省き減少の方向
③老廃スクラップ	17,384	45%	製品、建設物等に使用され、その後回収されるスクラップ、品質は様々	各種製品、建築物の過去の消費･需要と連動。量は増えなくとも質を向上させて徹底活用
合　計	38,512	100%		
④輸出	8,286		輸出されるスクラップ。国内需給バランスを補完	国内需給に連動し減少、内需での使用増大

鉄スクラップ消費量（2019年度）



（出典）（一社）日本鉄源協会「鉄源年報第31 号」（2020）等を基に自然エネルギー財団作成

３．日本の鉄鋼業　脱炭素化へのトランジション戦略

戦略１　地域経済を発展させる「電炉フェーズイン・高炉フェーズアウト計画」

・地域の雇用、経済を考えた「電炉フェーズイン・高炉フェーズアウト＋電炉転換」へ
・投資サイクルに合わせた高炉フェーズアウトにより、高炉への再投資を脱炭素化への移行投資へ
・電炉のデマンドリスポンスと地域の自然エネルギー・蓄電池等で作る柔軟な電力システム

戦略２　国際的直接還元鉄（H_2-DRI）市場、サプライチェーンの構築でWIN-WINの国際連携

・自然エネルギー電力・水素製造の国際的な適地における水素還元製鉄立地への貢献とH_2DRI貿易での先鞭
・コスト低減とともに、大規模水素輸入インフラへの投資を軽減

戦略３　洋上風力開発と合わせた国内における水素還元製鉄の最適地の選択

・自然エネルギーポテンシャル、特に洋上風力発電開発の適地での立地選定－北海道・東北など
・自然エネルギー開発、水素製造へのインセンティブと、送電・水素インフラの整備、集中投資の必要性

戦略４　サーキュラーエコノミーへの転換で内需削減とスクラップ鉄の最大活用を推進

・製品の長寿命化、軽量化の追求と鉄鋼需要のスリム化へ
・スクラップ利用の需要を拡大するインセンティブ政策
・リサイクルに適したデザインの推進・徹底（デザインガイドライン）
・クローズドループの形成へ
・中間処理の高度化支援

戦略５　グリーンスチール需要拡大政策の展開

・NZEスチール需要・供給目標の明確化（定義の明確化を含む）
・公共調達の推進・民間調達へのインセンティブ
・エンボディドカーボン削減のしくみづくり

Copyright © 2023 Renewable Energy Institute. All Rights Reserved

3．トランジション戦略　包括的政策とステイクホルダーの協働が必須

戦略１　地域経済を発展させる「電炉フェーズイン・高炉フェーズアウト計画」

・地域の雇用、経済を考えた「電炉フェーズイン・高炉フェーズアウト＋電炉転換」へ
・投資サイクルに合わせた高炉フェーズアウトにより、高炉への再投資を脱炭素化への移行投資へ
・電炉のデマンドリスポンスと地域の自然エネルギー・蓄電池等で作る柔軟な電力システム

戦略２　国際的直接還元鉄（H_2-DRI）市場、サプライチェーンの構築でWINWINの国際連携

・自然エネルギー電力・水素製造の国際的な適地における水素還元製鉄立地への貢献とH_2DRI貿易での先鞭
・コスト低減とともに、大規模水素輸入インフラへの投資を軽減

戦略３　洋上風力開発と合わせた国内における水素還元製鉄の最適地の選択

・自然エネルギーポテンシャル、特に洋上風力発電開発の適地での立地選定－北海道・東北など
・自然エネルギー開発、水素製造へのインセンティブと、送電・水素インフラの整備、集中投資の必要性

戦略４　サーキュラーエコノミーへの転換で内需削減とスクラップ鉄の最大活用を推進

・製品の長寿命化、軽量化の追求と鉄鋼需要のスリム化へ
・スクラップ利用の需要を拡大するインセンティブ政策
・リサイクルに適したデザインの推進・徹底
・クローズドループの形成へ
・中間処理の高度化支援

戦略５　グリーンスチール需要拡大政策の展開

・NZEスチール需要・供給目標の明確化（定義の明確化を含む）
・公共調達の推進・民間調達へのインセンティブ
・エンボディドカーボン削減のしくみづくり

投資家・金融
スピードある移行への投資行動

包括的政策枠組み

上流
・**自然エネルギー電力の一層の拡大**に向けた政策
・国産水素への施策

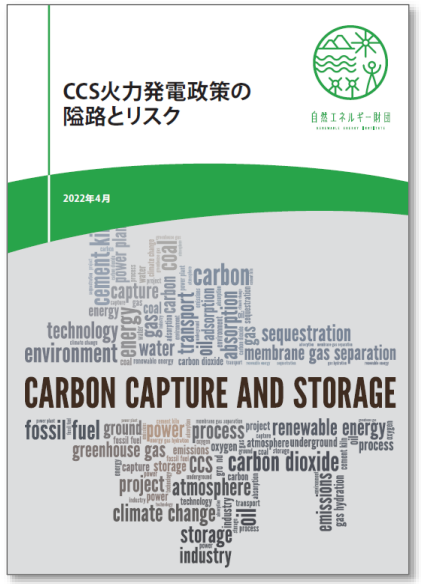
中流
・NZE設備の早期導入・運用への支援と規制
　－**カーボンプライシングとリーケージ対策**
　－CAPEX/OPEX支援
　－R&D支援
・地域のトランジション政策

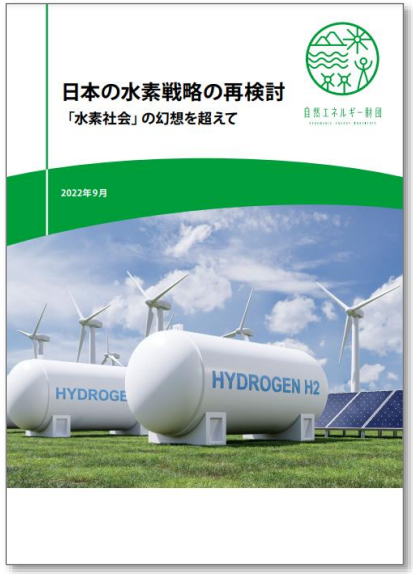
下流
・グリーン鋼材の需要拡大に向けた施策

需要側の企業・市民
グリーン鋼材への需要拡大

Copyright © 2023 Renewable Energy Institute. All Rights Reserved

自然エネルギー財団　参考レポート





Copyright © 2023 Renewable Energy Institute. All Rights Reserved