

全世界(広域)

全世界(広域)
製鉄エコプロセスの推進・普及による
温室効果ガス削減に係る情報収集・
確認調査報告書

2022年3月

独立行政法人国際協力機構

パシフィックコンサルタンツ株式会社

一般財団法人省エネルギーセンター

日鉄総研株式会社

JFEテクノリサーチ株式会社

社基
JR
22-061

目次

1. 製鉄分野の低・脱炭素化における世界的トレンドおよび展望	1
1.1 パリ協定にリンクした製鉄セクター低・脱炭素化の道筋	1
1.2 各国の粗鋼生産量・温暖化効果ガス排出量・エネルギー効率	4
1.2.1 粗鋼生産量	4
1.2.2 エネルギー原単位	7
1.2.3 CO ₂ 排出原単位	11
1.3 主要各国・地域における製鉄分野の低・脱炭素化に係る政策・技術開発	15
1.3.1 EU	15
1.3.2 中国	27
1.3.3 各国・地域の公的機関、ドナー	30
1.4 本邦製鉄産業の低・脱炭素化に係る支援政策・制度、企業等の技術開発の現状及び今後の見通し	34
1.4.1 省エネ政策と鉄鋼業の実績	34
1.4.2 グリーン成長戦略	41
1.4.3 グリーンイノベーション基金	42
1.4.4 技術開発の現状並びに今後の見通し	45
2. 重点的な協力対象候補国に対する現状分析・課題把握・協力プログラムの検討	48
2.1 協力プログラムの検討	49
2.1.1 技術面（ソフト）の主な協力内容案	52
2.1.2 技術面（ハード）の主な協力内容案	59
2.1.3 資金面の主な協力内容案	63
2.1.4 政策面の主な協力内容案	63
2.1.5 各メニュー案の想定する支援対象分野の整理	64
2.1.6 協力プログラムに関する前提	64
2.2 分析フレームワーク	66

2.3	トルコ	67
2.3.1	現状分析（主要企業の設備能力・技術・エネルギー管理レベル、政策・制度等）	67
2.3.2	低・脱炭素化に係る課題（技術面・資金面・政策面等）の抽出	79
2.3.3	協力プログラムの検討・提案	79
2.4	ベトナム	84
2.4.1	現状分析（主要企業の設備能力・技術・エネルギー管理レベル、政策・制度等）	84
2.4.2	低・脱炭素化に係る課題（技術面・資金面・政策面等）の抽出	91
2.4.3	協力プログラムの検討・提案	92
2.5	インドネシア	94
2.5.1	現状分析（主要企業の設備能力・技術・エネルギー管理レベル、政策・制度等）	94
2.5.2	低・脱炭素化に係る課題（技術面・資金面・政策面等）の抽出	102
2.5.3	協力プログラムの検討・提案	102
2.6	タイ	105
2.6.1	現状分析（主要企業の設備能力・技術・エネルギー管理レベル、政策・制度等）	105
2.6.2	低・脱炭素化に係る課題（技術面・資金面・政策面等）の抽出	113
2.6.3	協力プログラムの検討・提案	113
2.7	メキシコ	116
2.7.1	現状分析（主要企業の設備能力・技術・エネルギー管理レベル、政策・制度等）	116
2.7.2	低・脱炭素化に係る課題（技術面・資金面・政策面等）の抽出	121
2.7.3	協力プログラムの検討・提案	122
2.8	インド	124
2.8.1	現状分析（主要企業の設備能力・技術・エネルギー管理レベル、政策・制度等）	124
2.8.2	低・脱炭素化に係る課題（技術面・資金面・政策面等）の抽出	135
2.8.3	協力プログラムの検討・提案	137
3.	重点対象国に対する協力案件の提案	140

3.1	重点対象国の想定される課題.....	140
3.2	関係機関協議	140
3.2.1	カウンターパート機関とのオンライン協議	140
3.2.2	個別製鉄所における省エネ等調査	143
3.3	対象国の現状を反映した具体的な課題分析.....	147
3.3.1	技術	147
3.3.2	政策・制度	148
3.3.3	資金	149
3.4	協力プログラムの提案	149
3.4.1	短期的な協力プログラム.....	149
3.4.2	中期的な協力プログラム.....	150
3.4.3	長期的な協力プログラム.....	151
3.4.4	鉄鋼製造ラインの低炭素の課題とアプローチ方法.....	153
4.	製鉄低・脱炭素化に向けた JICA への提言	166
5.	参考資料.....	168

表一覧

Table 1-1	Key milestones in transforming global heavy industry sub-sectors (抜粋)	3
Table 1-2	各国の粗鋼生産量(2019年実績、単位：百万トン)	5
Table 1-3	主要国の鉄鋼業平均エネルギー原単位	9
Table 1-4	高炉転炉法エネルギー原単位比較	10
Table 1-5	CDP 公開鉄鋼企業のCO ₂ 排出原単位	12
Table 1-6	温対法ベースの日本鉄鋼業のCO ₂ 排出原単位	12
Table 1-7	調査対象候補国の鉄鋼業CO ₂ 排出量の超マクロ試算と国の排出に対する割合	14
Table 1-8	欧州等における主な鉄鋼CN技術開発プロジェクト	18
Table 1-9	欧州鉄鋼業及びIEA鉄鋼ロードマップ概観	23
Table 1-10	ADBの鉄鋼の省エネ・省CO ₂ に関連した支援例	30
Table 1-11	EBRDの鉄鋼の省エネ・省CO ₂ に関連した支援例	32
Table 1-12	インド高炉製鉄所におけるTCL掲載技術の導入状況調査まとめ	40
Table 1-13	グリーン成長戦略における重要分野とグリーンイノベーション(GI)プロジェクトとの関係	42
Table 2-1	調査対象候補国(一次案)の粗鋼生産量、鉄鋼見掛消費量及び鉄鋼業CO ₂ 排出割合(2019年)	49
Table 2-2	各メニュー案における主要な支援対象セクターの整理	64
Table 2-3	JICAの協力形態とその概要	65
Table 2-4	各国現地の状況の分析フレームワーク	67
Table 2-5	2018年のトルコから各地域への品目別輸出金額(US\$)	69
Table 2-6	トルコの熱延鋼板および熱間圧延棒鋼の主要輸出国	69
Table 2-7	トルコの主要製鉄所の概要	74
Table 2-8	トルコの主要製鉄所の設備	75
Table 2-9	トルコにおける協力プログラム案	81
Table 2-10	ベトナムの鉄鋼生産品種(千トン)	84
Table 2-11	ベトナムへの鋼材輸出国	85
Table 2-12	ベトナムの主要製鉄所の概要	87
Table 2-13	ベトナムの主要製鉄所の設備	88
Table 2-14	ベトナムにおける協力プログラム案	93
Table 2-15	インドネシアの主要製鉄所の概要	98
Table 2-16	インドネシアの主要製鉄所の設備	99
Table 2-17	インドネシアにおける協力プログラム案	104
Table 2-18	タイ2017年品種別鋼材需給	106
Table 2-19	タイの主要製鉄企業概要	108
Table 2-20	タイ主要製鉄企業の設備構成	109

Table 2-21	タイにおける協カプログラム案	115
Table 2-22	メキシコの主要製鉄企業概要	118
Table 2-23	メキシコ主要製鉄企業の設備構成	119
Table 2-24	メキシコにおける協カプログラム案	123
Table 2-25	インドの粗鋼生産量の推移（百万トン）	125
Table 2-26	インド鉄鋼業の生産状況（2017-18年）	125
Table 2-27	インド鉄鋼業の区分	126
Table 2-28	インドにおける鉄鋼業の生産状況（2019～20年）	127
Table 2-29	BOF / EAF / EIF ベースの製鉄企業（2019～20年）	127
Table 2-30	インドの主要製鉄企業概要	130
Table 2-31	インド主要製鉄企業の設備構成	131
Table 2-32	インド鉄鋼分野の効率改善目標（2017年）	133
Table 2-33	インドにおける協カプログラム案	138
Table 3-1	カウンターパート機関とのオンライン協議に関する情報	140
Table 3-2	カウンターパート機関とのオンライン協議の概要	141
Table 3-3	個別製鉄所省エネ等調査に関する情報	143
Table 3-4	個別製鉄所とのオンライン協議の概要	144

図一覧

Figure 1-1	主要国のカーボンニュートラル目標	2
Figure 1-2	持続可能な開発シナリオにおける鉄鋼セクターの直接 CO ₂ 排出削減	3
Figure 1-3	主要国の粗鋼産量推移	6
Figure 1-4	主要国の粗鋼産量推移（中国除く）	6
Figure 1-5	鉄鋼製造プロセス	7
Figure 1-6	高炉転炉法エネルギー原単位推計結果（2015年）	8
Figure 1-7	電炉法エネルギー原単位推計結果（2015年）	9
Figure 1-8	worldsteel 公表の CO ₂ 排出原単位の推移	11
Figure 1-9	日本鉄鋼連盟加盟企業の CO ₂ 排出量推移	13
Figure 1-10	気候変動枠組み条約と京都議定書・パリ協定	16
Figure 1-11	日本がリードしてきた世界の鉄鋼業 CN 化に向けた技術開発	17
Figure 1-12	鉄鋼ロードマップ（日本～欧州～世界）	19
Figure 1-13	欧州鉄鋼連盟におけるロードマップ（2020.11）	20
Figure 1-14	鉄鋼における CN 技術開発の方向（SCU, CDA）	22
Figure 1-15	（参考 1）欧州グリーンディールと Fit for 55	23
Figure 1-16	（参考 2-1）欧州の Fit for 55 における ETS 改正及び CBAM	24
Figure 1-17	（参考 2-2）欧州の Fit for 55 における ETS 改正及び CBAM	25
Figure 1-18	（参考 2-3）欧州の Fit for 55 における ETS 改正及び CBAM	25
Figure 1-19	（参考 3）欧州グリーンディール概観	26
Figure 1-20	（参考 4）欧州気候法	27

Figure 1-21	シナリオ別粗鋼製造プロセスルート	29
Figure 1-22	エネルギー消費効率の各国比較（2016年）	34
Figure 1-23	日本鉄鋼業における環境・省エネ技術への累積投資額推移	35
Figure 1-24	日本鉄鋼業における省エネルギーへの取組の推移	36
Figure 1-25	世界の鉄鋼業のエネルギー効率比較（2015年、日本=100）	37
Figure 1-26	日本鉄鋼連盟・国際環境戦略委員会によるエコソリューション活動	38
Figure 1-27	技術カスタマイズドリフト	39
Figure 1-28	技術カスタマイズドリフトの詳細	39
Figure 1-29	成長が期待される14の重要産業分野	41
Figure 1-30	グリーン成長戦略をサポートする政策	41
Figure 1-31	産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会	44
Figure 1-32	COURSE50 プロジェクト概念図	45
Figure 1-33	革新新技術開発に向けたロードマップ	46
Figure 1-34	長期温暖化対策シナリオにおけるCO ₂ 排出量の推移	47
Figure 1-35	鉄鋼蓄積並びに鉄鋼生産等推移想定（2011～2100年）	47
Figure 2-1	協力プログラムの内容検討における全体メニュー案	50
Figure 2-2	技術協力プロジェクトの時系列イメージ案	51
Figure 2-3	サプライチェーンCO ₂ 削減ロードマップの策定イメージ	53
Figure 2-4	製鉄所の省エネ評価ツール整備による評価イメージ	54
Figure 2-5	ISO14404の評価対象	55
Figure 2-6	TCLの主要構成	56
Figure 2-7	PDCAサイクルを通じたマネジメントレベルの向上（ISO50001）	57
Figure 2-8	過去の鉄鋼官民会合	57
Figure 2-9	製鉄所省エネ診断の概略フロー	60
Figure 2-10	設備導入の詳細計画策定支援イメージ	61
Figure 2-11	製鉄所における未利用エネルギーの回収フロー	62
Figure 2-12	トルコの鋼材需給推移	67
Figure 2-13	トルコの地域別の輸出金額の割合	68
Figure 2-14	トルコにおける鉄鋼生産拠点	70
Figure 2-15	粗鋼生産1トン当たりのGHGガス排出量	72
Figure 2-16	GHGガス排出量（左図）およびGHGガス排出削減量（右図）	72
Figure 2-17	トルコの主要製鉄所の所在地	76
Figure 2-18	トルコの行政体系	83
Figure 2-19	ベトナム鋼材需給推移	84
Figure 2-20	ベトナムからの鋼材輸出先	85
Figure 2-21	ベトナムの主要製鉄所の所在地	89
Figure 2-22	ASEAN地域における生産能力拡大の見通し	92
Figure 2-23	インドネシア鋼材需給推移	95
Figure 2-24	インドネシアの鋼材需要と能力予測（百万トン）	96
Figure 2-25	インドネシアの主要製鉄所の所在地	100

Figure 2-26	タイ鉄鋼業の生産形態概要図	105
Figure 2-27	タイ鋼材需給推移	106
Figure 2-28	タイ鉄鋼業の構造	107
Figure 2-29	タイ主要製鉄所の所在地	110
Figure 2-30	タイのグリーンラベル	111
Figure 2-31	メキシコにおける鉄鋼生産拠点	117
Figure 2-32	メキシコ主要製鉄所の所在地	119
Figure 2-33	ベースラインと GHG 排出量 (CANACERO 資料、2016 年 9 月)	120
Figure 2-34	一貫製鉄所の特定エネルギー消費原単位の国別比較 (2012 年ベース)	125
Figure 2-35	インド主要製鉄所の所在地	132
Figure 2-36	TERI の提案する対策の実行による CO2 排出量の積み上げ	135
Figure 3-1	短期的な協力プログラムの流れ	150
Figure 3-2	中期的な協力プログラムの流れ	151
Figure 3-3	長期的な協力プログラムの流れ	152
Figure 3-4	14404 のバウンダリー	153
Figure 3-5	ISO50001 によるエネルギーレビュー	154
Figure 3-6	ユーティリティ設備の熱フロー	155
Figure 3-7	製造設備のエネルギーフロー	156
Figure 3-8	エネルギーフロー (例)	157
Figure 3-9	低炭素化の考え方	158
Figure 3-10	管理標準によるロス低減	159
Figure 3-11	鉄鋼製造プロセスの熱履歴の例	159
Figure 3-12	低炭素化実現計画 (例)	160
Figure 3-13	省エネ支援ツールの内部構成	161
Figure 3-14	省エネ支援ツールの見える化画面	162
Figure 3-15	EMS とのデータ連携	162
Figure 3-16	省エネ支援の工場への適用例	163
Figure 3-17	製鉄ラインへの低炭素対策例 (日本)	163
Figure 3-18	製鉄ラインへの低炭素化対策 (海外)	164
Figure 3-19	低炭素化実現計画 (例: CDQ 設置と低炭素化システムへの変更)	165
Figure 3-20	低炭素化に向けた設備リスト (例)	165
Figure 3-21	グラフ化 BAU と目標の比較	166
Figure 5-1	Eco-process Webinar (2022/3/2 開催) の概要	168

略語表

略語	英語	和訳
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AI	Artificial Intelligence	人工知能
AOD	Argon Oxygen Decarburization	アルゴン酸素脱炭
ASEAN	Association of Southeast Asian Nations	東南アジア諸国連合
BAT	Best Available Technologies	利用可能な最良の技術
BAU	Business As Usual	何も対策を講じなかった場合のケース
BCG	Bio-Circular-Green	バイオ・循環型・グリーン
BEMS	Building and Energy Management System	ビルエネルギー管理システム
BF	Blast Furnace	高炉
BFG	Blast Furnace Gas	高炉ガス
BOF	Basic Oxygen Furnace	転炉
CANACERO	Camara Nacional de la Industria del Hierro y del Acero	メキシコ鉄鋼生産者協会
CBAM	Carbon Boarder Adjustment Mechanism	炭素国境調整措置
CCS	Caron dioxide Capture and Storage	二酸化炭素回収貯留
CCUS	Carbon Dioxide Utilization and Storage	二酸化炭素回収・有効利用・貯留
CCU	Carbon dioxide Capture and Utilization	二酸化炭素回収・利用
CDA	Carbon Direct Avoidance	炭素使用回避
CDM	Clean Development Mechanism	クリーン開発メカニズム
CDP	Carbon Disclosure Project	英国の慈善団体が管理する非政府組織
CDQ	Coke Dry Quenching	コークス乾式消火設備
CG	Coat Galvanized	溶融亜鉛めっき
CIS	Commonwealth of Independent States	旧ソビエト連邦の構成共和国で形成された国家連合の独立国家共同体
CMC	Coal Moisture Control	石炭調湿設備
CN	Carbon Neutral	カーボンニュートラル
CO2BTP	Australian CO2 Breakthrough Program	総括的な CO ₂ 削減技術開発プログラム
COG	Coke Oven Gas	コークス炉ガス
COP	Conference of the Parties	国連気候変動枠組条約締約国会議

略語	英語	和訳
CORSIA	Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation	国際民間航空のためのカーボン・オフセットおよび削減スキーム
COURSE50	CO2 Ultimate Reduction in Steelmaking Process by Innovative Technology for Cool Earth 50	環境調和型プロセス技術開発。日本のNEDO支援プロジェクト。
COVID	COronaVirus Infectious Disease, emerged in 2019	新型コロナウイルス感染症
C/P	Counterpart	カウンターパート
CSIR	Council of Scientific & Industrial Research	インド科学産業研究委員会
CPTPP	Comprehensive and Progressive Agreement for Trans-Pacific Partnership	環太平洋パートナーシップに関する包括的及び先進的な協定
CTF	the Clean Technology Fund	クリーン・テクノロジー基金
C&T	Caps and Trade	キャップアンドトレード制度。国内排出量取引制度。
DC	Direct Current	直流
DCs	Designated Consumers	特定消費者
DEDE	Department of Alternative Energy Development and Efficiency	タイエネルギー省代替エネルギー開発・効率局
DIW	Department of Industrial Works	タイ工業省工場局
DR	Direct Reduction	直接製鉄法
DRI	Direct Reduced Iron	直接還元鉄
DX	Digital Transformation	デジタルトランスフォーメーション
EAF (EF)	Electric Arc Furnace	電炉
EBRD	European Bank for Reconstruction and Development	欧州復興開発銀行
ECSC	European Coal and Steel Community	欧州石炭鉄鋼共同体
ECP Act	Energy Conservation Promotion Act B.E.2535	省エネルギー促進法
EEP	Energy Efficiency Program	エネルギー効率化プログラム
EGD	European Green Deal	欧州グリーンディール
EIE	General Directorate of Electrical Power Resources Survey & Development Administration	電力資源調査開発総局

略語	英語	和訳
EIF	Electric Induction Furnace	電気誘導炉
EMS	Energy Management System	エネルギー管理システム
ENCC	Estrategia Nacional de Cambio Climático. Vision 10-20-40	メキシコ国家気候変動戦略 10・20・40年ビジョン
ENCON Fund	Energy Conservation promotion Fund	タイ省エネルギー促進ファンド
ES-CERT	Energy Saving Certification	インド省エネルギー認証
ETS	Emissions Trading System	排出量取引制度
EU	European Union	欧州連合
EU-ETS	European Union Emissions Trading System	EU 域内排出量取引制度
EUROFER	The European Steel Association	欧州鉄鋼連盟
EVFTA	EU-Vietnam Free Trade Agreement	EU ベトナム自由貿易協定
FA	Factory Automation	工場の自動化
FIT	Flash Ironmaking Technology	フラッシュ製鉄技術
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GHG	Green House Gas	温室効果ガス
GI	Green Innovation	グリーンイノベーション
GREEN	Global action for Reconciling Economic growth and ENvironmental preservation	経済成長と環境保全を両立させるためのグローバルアクション
GTCC	Gas Turbine Combined Cycle	ガスタービン・コンバインドサイクル発電プラント
GtoG	Government to Government	政府間や自治体間のやり取り
ICAO	International Civil Aviation Organization	国際民間航空機関
IEA	International Energy Authority	国際エネルギー機関
IDF	Induced Draft Fan	誘引通風機
IGAR	Injection de Gaz Réformé	高炉から排出される排出されるCO ₂ を回収し、合成ガスに変換して、化石燃料の代わりに高炉に再注入し、鉄鉱石を還元することを目的とした欧州のプロジェクト。
IISIA	Indonesian Iron and Steel Industry Association	インドネシア鉄鋼協会
IoT	Internet of Things	モノのインターネット
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	国連気候変動に関する政府間パネル
IPPU	Industrial Processes and Product Use	工業プロセス及び製品の使用

略語	英語	和訳
ISA	Indian Steel Association	インド鉄鋼協会
ISIT	The Iron and Steel Institute of Thailand	タイ鉄鋼協会
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
ISP	Iron and Steel Producers	インド製鉄企業
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行
JCM	Joint Crediting Mechanism	二国間クレジット制度
JETRO	Japan External Trade Organization	独立行政法人日本貿易振興機構
JHFC	Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project	水素・燃料電池実証プロジェクト
JI	Joint Implementation	共同実施
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JISF	The Japan Iron and Steel Federation	一般社団法人日本鉄鋼連盟
JPC	Joint Plant Committee	大手鉄鋼生産者合同委員会
KEN	Kebijakan Energi Nasional	インドネシア国家エネルギー政策
LCA	Life Cycle Assessment	ライフサイクルアセスメント
LULUCF	Land Use, Land-Use Change and Forestry	土地利用、土地利用変化及び林業
MOE	Moltem Oxide Electrolysis	高炉電気分解
MOF	Ministry of Finance	ベトナム財政省
MOIT	Ministry of Industry and Trade of the Socialist republic of Vietnam	ベトナム商工省
MONRE	Ministry of Natural Resources and Environment	ベトナム天然資源環境省
MoP	Ministry of Power	インド電力省
MoS	Ministry of Steel	インド鉄鋼省
MPI	Ministry of Planning and Investment	計画投資省
MP3EI	The Masterplan for Acceleration and Expansion of Indonesia's Economic Development	インドネシア経済開発加速化・拡充マスタープラン
MRV	Measurement Reporting and Verification	(温室効果ガス排出量の) 測定、報告及び検証
NC	Numerically Control	数値制御
NDC	Nationally Determined Contribution	国別の温室効果ガス排出量削減目標

略語	英語	和訳
NECC	National Energy Conservation Center	トルコ国立省エネルギーセンター
NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organization	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
NEPC	National Energy Policy Council	タイ国家エネルギー政策評議会
NESDC	National Economic and Social Development Council	タイ国家経済社会開発委員会
NGO	Non-Governmental Organization	非政府組織
NMEEE	National Mission for Enhanced Energy Efficiency	インドのエネルギー効率促進ミッション
NSP	National Steel Policy	インド国家鉄鋼政策
NTP-RCC	The National Target Program to respond to Climate Change	気候変動対策 国家目標プログラム
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development	経済協力開発機構
PAT	Perform, Achieve and Trade	省エネルギー目標達成認証制度
PCI	Pulverised coal injection	微粉炭吹き込み
PDCA	Plan-Do-Check-Act cycle	Plan（計画）、Do（実行）、Check（測定・評価）、Action（対策・改善）の仮説・検証型プロセスを循環させ、マネジメントの品質を高めようという概念。
PMR	Partnership for Market Readiness	世界銀行の市場準備パートナーシップ
PND	PLAN NACIONAL DE DESARROLLO	メキシコ政府国家開発計画
PRE	Person Responsible for Energy	タイエネルギー管理士
PSE	Programa Sectorial de Energía	メキシコエネルギーセクター計画
RAN-API	National Action Plan of Climate Adaptation	インドネシア国家気候変動適応行動計画
RED	Renewable Energy Directive	再生可能エネルギー指令
RHF	Rotary Hearth Furnace	回転炉床炉設備
RIKEN	Rencana Induk Konservasi Energi Nasional	国家省エネルギーマスタープラン
RITE	Research institute of Innovative Technology for the Earth	公益財団法人地球環境産業技術研究機構
RPJMN	Rencana Pembangunan	インドネシア国家中期開発計画

略語	英語	和訳
	Jangka Menengah Nasional	
SCU	Smart Carbon Usage	賢明な炭素活用
SD	Sustainable Development	持続可能な開発
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
SDS	Sustainable Development Scenario	持続可能な開発シナリオ
SEC	Specific Energy Consumption	エネルギー効率
SEFF	Sustainable Energy Finance Facility	持続可能エネルギー・ファイナンス・ファシリティ
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	メキシコ環境・天然資源省
SPCA	Sustainable Production and Consumption Association	持続可能な生産と消費協会
SP-RCC	Support Program to Respond to Climate Change	気候変動対策支援プログラム
SRTMI	Steel Research & Technology Mission of India	インド鉄鋼研究・技術ミッション
STEPS	Stated Policies Scenario	公表政策シナリオ
TA	Technical Assistance	技術協力
TCL	Technologies Customized List	技術カスタマイズドリフト
TCUD	Türkiye Çelik Üreticileri Derneği	トルコ鉄鋼生産者協会
TERI	The Energy and Resources Institute	インド・エネルギー資源研究所
TNA	Technology Needs Assessment	国連主導の技術ニーズ評価
TOBB	The Unions of Chambers and Commodity Exchanges of Turkey	トルコ商工会議所連合会
TRL	Technology readiness levels	技術成熟度
TRT	Top pressure Recovery Turbine	炉頂圧回収タービン
TSKB	Türkiye Sınai Kalkınma Bankası	トルコ産業開発銀行
TTGV	Technology Development Foundation of Turkey	トルコ技術開発基金
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu	トルコ科学技術研究会議
ULCOS	Ultra-low Carbon Dioxide Steelmaking	極低炭素排出製鉄。鉄鋼業界のCO ₂ 排出量を削減するためのプロジェクト
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	国連気候変動枠組条約
VAP	Verimlilik Arttırıcı Projelerin	トルコ効率向上プロジェクト

略語	英語	和訳
VNEEP	Vietnam Energy Efficiency Program	ベトナム省エネマスタープラン
VVF	Variable Voltage Variable Frequency	可変電圧可変周波数
WG	Working Group	ワーキンググループ
WS	Work Shop	ワークショップ
WTO	World Trade Organization	世界貿易機関

1. 製鉄分野の低・脱炭素化における世界的トレンドおよび展望

製鉄分野に関する以下の項目について、国内机上調査を通じた情報収集を行い、整理・分析を行った。

1.1 パリ協定にリンクした製鉄セクター低・脱炭素化の道筋

製鉄業は、世界のエネルギー起源 CO₂ 排出量の 7~9%程度（2020 年、worldsteel¹⁾）、日本の CO₂ 総排出量の 14%（2019 年、国立環境研究所²⁾）を占める極めてエネルギー集約的な産業であり、地球温暖化に大きな影響を与えている。豊富な生産量・安いコスト・多岐に亘る素材特性をあわせ持ち、年間の粗鋼生産量は 19 億 5 千万トン（2021 年、worldsteel³⁾）に達するなど社会のあらゆるセクターで利用される基盤産業として位置付けられている。

製鉄業界は低・脱炭素型製鉄プロセスの開発に向け革新的な技術（水素還元、CO₂ 地下貯留など）の開発を目指しているが、実用化・普及までには数十年かかることが想定されており、実現性は不透明となっている。IEA の World Energy Outlook2020 においても、電力セクター以上に脱炭素化への移行が困難且つ重要なセクターとして製鉄が挙げられており、温暖化対策の観点で世界的な注目が高まっている。

係る中、日本の製鉄業は技術的に成熟しており、製鉄におけるエネルギー効率の世界最高水準を誇る。日本の製鉄業の省エネ型の製造プロセスはエコプロセスと呼ばれ、プロセス革新および改善、副生ガス利用、排熱回収、廃棄物利用、製造工程の最適化等から成る。日本で開発・実用化された「製鉄エコプロセス」を製鉄業の成長が著しい途上国に移転することで、大幅な温室効果ガス削減への貢献が可能となると考えられる。

実際、途上国においては、外資系の（近代的な）製鉄所では一定の省エネ対策が進んでいるものの、国営企業系の（前時代的な）製鉄所での省エネ対策等の遅れが顕著である。このような製鉄所においては、対策を進めたと仮定した場合の温室効果ガス等の限界削減費用は、先進国で想定される水準よりも相当低くなっており、日本等においては基本的な対策が、途上国においては温室効果ガスやエネルギーコストの削減に対して極めて大きな効果を発揮する（合理的な投資で大きな効果が期待できる）場合が多いと言える。

そのため、協力対象国候補の製鉄所の現状や改善の機会を把握するために、経営レベル、実務レベルのカウンターパートと協力して、日本主導で策定された ISO14404（鉄鋼 CO₂ 排出量・原単位計算方法）や詳細なエネルギーバランス・物質収支に基づく分析ツールの活用も検討しつつ、製鉄所における温室効果ガス、及びエネルギーコストの削減に資する効果的な対策を発見・推進していくことが、大幅な温室効果ガ

¹ Worldsteel “Climate change and the production of iron and steel”

² <https://www.nies.go.jp/gio/archive/ghgdata/index.html>

³ https://worldsteel.org/steel-by-topic/statistics/annual-production-steel-data/P1_crude_steel_total_pub/CHN/IND

ス削減への現実的な貢献になると考えられる。

昨今、全世界でカーボンニュートラルを宣言する国が相次いでいるが、日本でも昨年10月26日、菅首相が臨時国会の所信表明演説の中で、2050年までに二酸化炭素ネット排出量ゼロ（カーボンニュートラル）を目指すとの政策目標を表明した。主要国のカーボンニュートラル目標を Figure 1-1 に示す。

	カーボンニュートラル目標	グリーン×成長戦略 の記載ぶり
日本	2050年 カーボンニュートラル <総理所信演説(2020年10月)>	成長戦略の柱に 経済と環境の好循環 を掲げ、 グリーン社会の実現 に最大限注力（中略）もはや、温暖化への対応は経済成長の制約ではありません。積極的に温暖化対策を行うことが、 産業構造や経済社会の変革 をもたらし、 大きな成長につながる という発想の転換が必要です。 <第203回総理所信演説(2020年10月)>
アメリカ	2050年 カーボンニュートラル <2020年7月バイデン氏の公約>	高収入の雇用と公平なグリーンエネルギー の未来を創造し、 近代的で持続可能なインフラ を構築し、連邦政府全体で科学的完全性と証拠に基づき政策立案を回復しながら、 国内外の気候変動対策 に取り組む。気候への配慮を 外交政策と国家安全保障の不可欠な要素 に位置付け。 <気候危機対処・雇用創出・科学的完全性の回復のための行政行動に関するアクトシート（2021年1月）>
EU	2050年 カーボンニュートラル <長期戦略提出(2020年3月)>	欧州グリーンディール は、公正で繁栄した社会に変えることを目的とした 新たな成長戦略 であり、2050年に温室効果ガスのネット排出がなく、 経済成長が資源の使用から切り離された、近代的で資源効率の高い競争力のある経済 。 <The European Green Deal（2019年12月）>
英国	2050年 カーボンニュートラル <長期戦略提出(2020年12月)>	2世紀前、英国は世界初の産業革命を主導した。（中略）英国は、 グリーンテクノロジー （風力、炭素回収、水素など）に投資することで世界を新しい グリーン産業革命 に導く。 <The Ten Point Plan for a Green Industrial Revolution（2020年12月）>
中国	2060年 カーボンニュートラル <国連総会一般討論(2020年9月)>	エネルギー革命 を推進しデジタル化の発展を加速。経済社会全体の 全面的グリーンモデルチェンジ、グリーン低炭素の発展 の推進を加速。 <第14次五か年計画 原案(2020年11月)>
韓国	2050年 カーボンニュートラル <長期戦略提出(2020年12月)>	カーボンニュートラル戦略を 将来の成長の推進力 として利用 将来世代の生存と持続可能な未来のために、GHG排出量を削減するという課題は守らなければならない国際的な課題であり、この課題は 将来の成長の機会 と見なされるべき。 <韓国の長期低排出発展戦略（2020年12月）>

Figure 1-1 主要国のカーボンニュートラル目標

出典：経済産業省 資源エネルギー庁 HP

カーボンニュートラルを目指すためには、様々な選択肢を総動員する必要がある。現在議論が行われている2050年カーボンニュートラルに向けたシナリオ分析の中で、水素・アンモニアの発電に占める割合は10～20%とされており、国内最大の発電事業者であるJERAも、「JERAゼロエミッション2050」において、水素並びにアンモニアの発電用燃料としての利用に関するロードマップを公表している。また鉄鋼分野においても、日本鉄鋼連盟長期温暖化対策ビジョンにおいて、ゼロカーボン・スチール実現に向けて「水素還元製鉄」を有力な技術選択肢と位置付けている。

究極の製鉄プロセスともいえる前人未到の水素還元製鉄に関しては、日本を始めとする各国で鋭意、新規技術開発が進められているところであるが、技術自体の開発のハードルが極めて高い。即ち、再生可能エネルギーによる発電、水電解、蓄電、鉄鉱石還元などの各要素技術領域で、これら革新的要素技術を現実のものとし、また大幅なコストダウンを達成するためには、従来技術レベルを大きく凌駕する不連続なイノベーションが必須であり、経済性のあるゼロカーボン・スチール製造実現の道のりは長いと言わざるを得ない。

また、IEAのネットゼロエミッションシナリオによると、Table 1-1に示すように2050年断面では上記の水素還元製鉄に加え、鉄鉱石の電気分解、CCUSの活用が期待されているが、これらの技術も商用化されているものではなく、この点においても、

今後、更なるイノベーションが必要である。

この様に、2050年カーボンニュートラルに向けては、世界的に鋭意技術開発が進んでいるものの、複数の破壊的イノベーションが必要であることから、技術開発は長期に渡るものとなり、それまでの間をどのように繋ぐのか、という「トランジション戦略」の立案が課題となる。

Table 1-1 Key milestones in transforming global heavy industry sub-sectors (抜粋)

Share of Primary Steel Production			
	2020	2030	2050
Hydrogen-based DRI-EAF	0%	2%	29%
Iron ore electrolysis-EAF	0%	0%	13%
CCUS-equipped processes	0%	6%	53%
CO ₂ captured (Mt CO ₂)	1	70	670

出典：IEA Special Report “Net Zero by 2050”

以上のような課題を克服するためのトランジション戦略に関しては、省エネルギー余地がまだ豊富に存在する開発途上国の国々に対して、我が国が得意とし、既に現存する最先端の省エネルギー技術を投入していき、グローバルにCO₂排出量を削減していくことが、現実的な解であるといえる。

Figure 1-2にIEAの鉄鋼ロードマップに記載の持続可能な開発シナリオ（≒2°Cシナリオ）実現のためのCO₂排出量削減パスを示すが、今後10年程度は既存技術の採用でカーボンニュートラルを目指してCO₂排出削減を継続するシナリオとなっていることが解る。即ち我が国が誇る最先端の省エネ技術の途上国への展開を促進する本プロジェクトは、ネットゼロ排出に向けた世の中の潮流とも合致するものといえる。

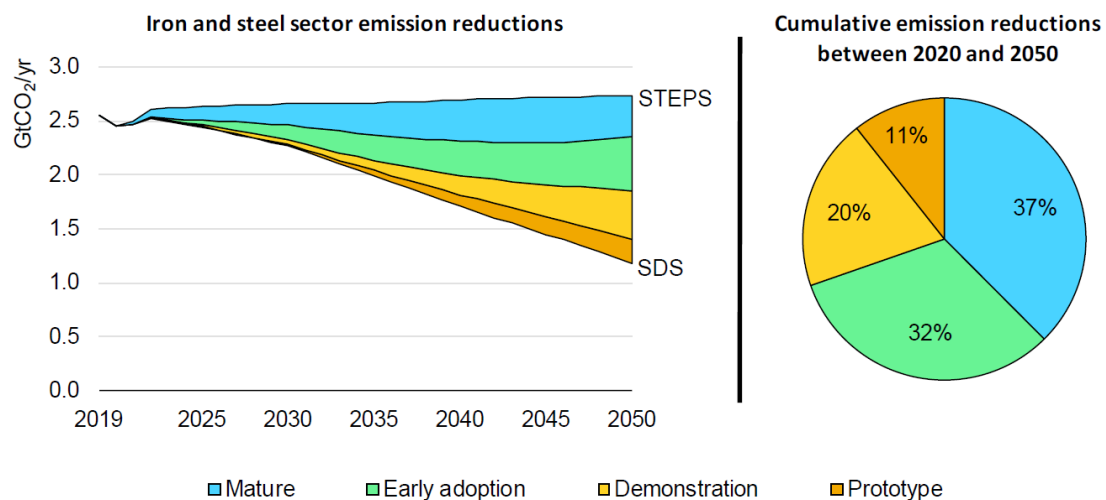


Figure 1-2 持続可能な開発シナリオにおける鉄鋼セクターの直接CO₂排出削減

1.2 各国の粗鋼生産量・温暖化効果ガス排出量・エネルギー効率

世界における日本を含む各国の粗鋼生産量・温室効果ガス排出量・エネルギー効率等を以下に示す。

1.2.1 粗鋼生産量

Table 1-2 に各国の粗鋼生産量と高炉鋼と電炉鋼（高炉と電炉の違いについては次項で説明）の比率を示す⁴。世界全体で約 18.7 億トンの粗鋼を生産しているが半分以上が中国で生産している。世界全体で高炉鋼の比率が 70%以上でスクラップが主体の電炉鋼の比率 27.7%の 2.5 倍以上となっている。これは、世界の鉄鋼需要が旺盛でスクラップだけでは、鉄鋼需要が賄えないことを示している。また、高炉鋼と電炉鋼の比率は国により大きく異なる。粗鋼生産規模の大きな上位 5 か国で見るとアメリカ以外の国は、高炉鋼が主体となっている。これは、高炉転炉法が大量生産及び高級鋼の製造に適するためである。インドも電炉鋼が半数以上を占めるがこの大半は、高炉鋼と同じ鉄鉱石をベースとした還元鉄を電炉で溶解するものであり、原料の起源からみると高炉鋼に近いものである。一方、アメリカは、以前は高炉鋼が主体であったが現在は電炉鋼が主体となっている。この理由は、廃車や老朽建築物からのスクラップが大量に排出されるためと想定される。表中赤字は、本事業提案時点で調査候補とした国であるが、これらのうち年間 1 千万トン以上生産している国は、インド、トルコ、ベトナム、メキシコである。

Figure 1-3、Figure 1-4 に主要国の粗鋼生産量推移を示す。Figure 1-3 は世界も含めた主要国の粗鋼生産量推移である。世界の粗鋼生産量は増加しているが、これは中国の生産量とほぼ連動している。また、世界に対する中国の比率（図中の中国／世界：破線）が年々増加しており、2018 年以降 50%以上となっている。

Figure 1-3 では、中国以外の主要国の生産量が中国に比べて圧倒的に少なく、生産量変化が見えないため、Figure 1-4 に中国を除いた主要国の粗鋼生産量変化を示した。日本は、2017 年までは世界第二位の生産国であったが、生産量は低下傾向にあり、2019 年時点で第三位になっている。

インドは、年々生産量が増加しており、2019 年は 2010 年に対して 1.6 倍になっている。2017 年に 1 億トンを超えて、2018 年に日本を抜いて世界第二位の生産国になっている。

アメリカは、8 千万から 9 千万トンで推移していたが 2015 年に 8 千万トンを割り込んだがその後回復傾向にある。

ロシアは、ここ数年 7 千万トン前後で生産量は安定している。

トルコは、変動はあるものの 3 千万から 4 千万トンの間で推移している。

⁴ worldsteel 『2020 World Steel in Figures』

メキシコは、ここ数年 2 千万トン弱で生産量は安定している。

ベトナムは、増加傾向にあったが、2016 年以降顕著に増加している。高炉一貫製鉄所の建設による生産量増の影響と思われる。

Table 1-2 各国の粗鋼生産量(2019 年実績、単位：百万トン)

順位	国/地域	2019	比率(%)	高炉	電炉
—	世界	1868.8	100.0%	71.9%	27.7%
—	EU(28)	157.1	8.4%	58.7%	41.3%
1	中国	996.3	53.3%	89.6%	10.4%
2	インド	111.2	6.0%	43.8%	56.2%
3	日本	99.3	5.3%	75.5%	24.5%
4	アメリカ合衆国	87.8	4.7%	30.3%	69.7%
5	ロシア	71.9	3.8%	64.1%	33.6%
6	韓国	71.4	3.8%	68.2%	31.8%
7	ドイツ	39.7	2.1%	70.0%	30.0%
8	トルコ	33.7	1.8%	32.2%	67.8%
9	ブラジル	32.2	1.7%	76.1%	22.2%
10	イラン	25.6	1.4%	9.6%	90.4%
11	イタリア	23.2	1.2%	18.1%	81.9%
12	中華民国(台湾)	22	1.2%	61.9%	38.1%
13	ウクライナ	20.8	1.1%	71.2%	5.8%
14	ベトナム	20.1	1.1%	55.8%	28.2%
15	メキシコ	18.5	1.0%	22.8%	77.2%
16	フランス	14.4	0.8%	69.6%	30.4%
17	スペイン	13.6	0.7%	31.2%	68.8%
18	カナダ	12.9	0.7%	60.6%	39.4%
19	ポーランド	9	0.5%	54.9%	45.1%
20	サウジアラビア	8.2	0.4%	0.0%	100.0%
21	ベルギー	7.8	0.4%	68.3%	31.7%
22	オーストリア	7.4	0.4%	90.4%	9.6%
23	エジプト	7.3	0.4%	2.5%	97.5%
24	イギリス	7.2	0.4%	78.8%	21.2%
25	オランダ	6.7	0.4%	100.0%	0.0%
26	インドネシア	6.4	0.3%	41.0%	59.0%
27	南アフリカ共和国	5.7	0.3%	58.8%	41.2%
28	オーストラリア	5.5	0.3%	73.2%	26.8%
29	スロバキア	5.3	0.3%	93.0%	7.0%
30	スウェーデン	4.7	0.3%	66.2%	33.8%
31	アルゼンチン	4.6	0.2%	45.5%	54.5%
32	マレーシア	4.5	0.2%	10.6%	89.4%
33	チェコ	4.4	0.2%	94.7%	5.3%
34	タイ	4.2	0.2%	0.0%	100.0%
-	バングラデシュ	5.1	0.3%	0.0%	100.0%
-	フィリピン	1.4	0.1%	0.0%	100.0%

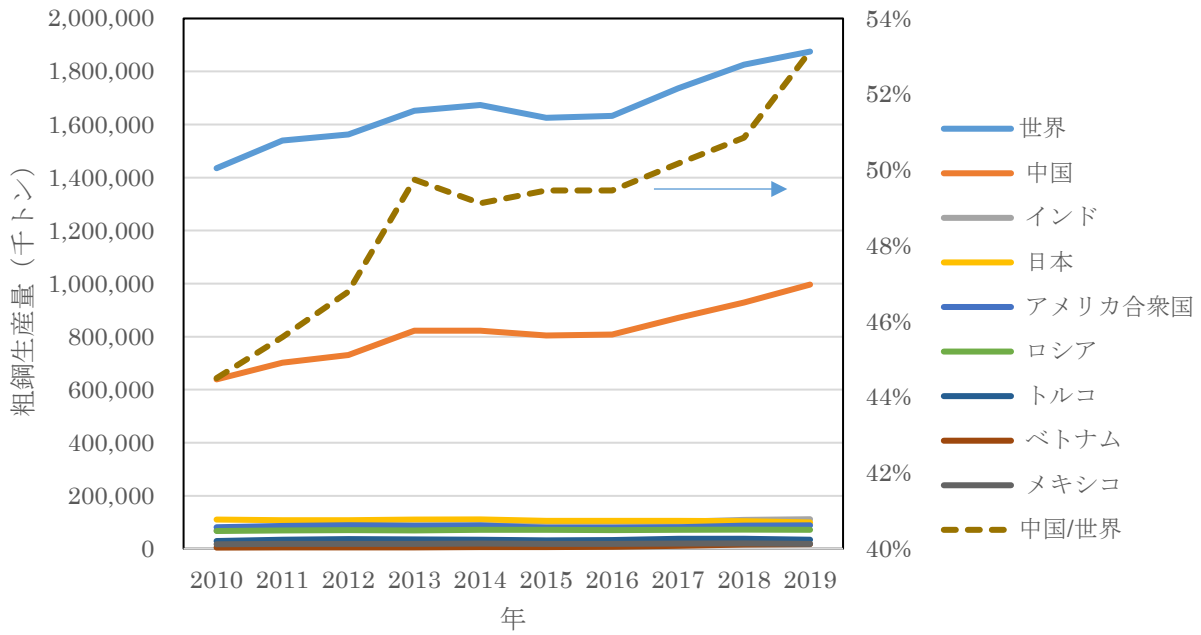


Figure 1-3 主要国の粗鋼産量推移

※中国/世界：世界に対する中国の比率

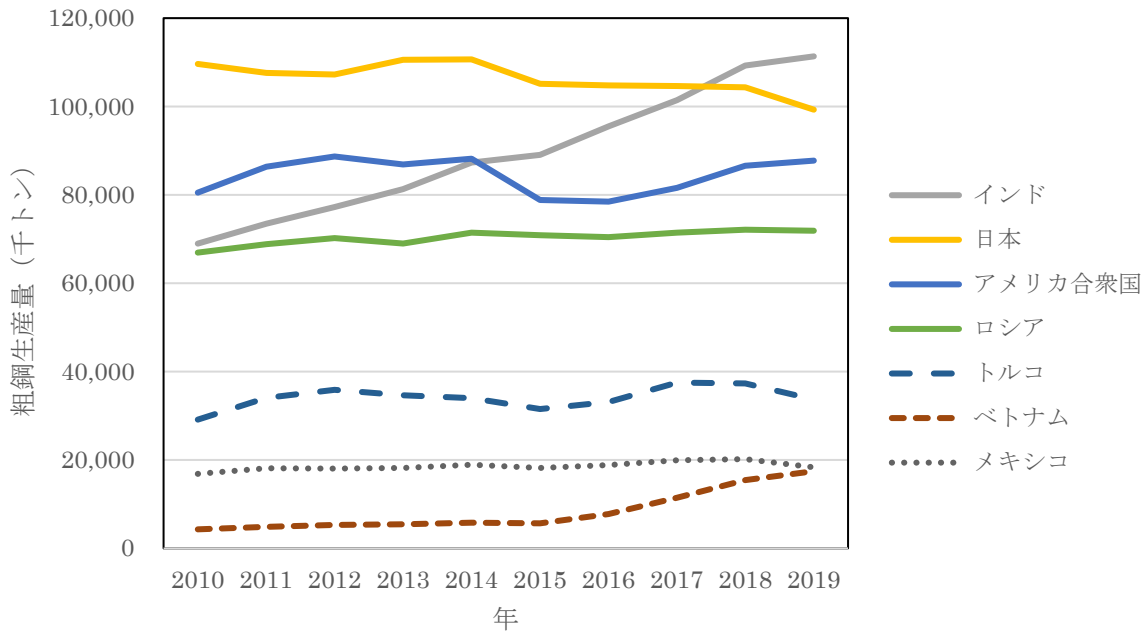


Figure 1-4 主要国の粗鋼産量推移(中国除く)

1.2.2 エネルギー原単位

鉄鋼製造プロセスには、Figure 1-5 に示すように鉄鉱石を主原料とする高炉-転炉プロセスとスクラップ（鉄くず）を主原料とするスクラップ-電炉プロセスが存在する⁵。

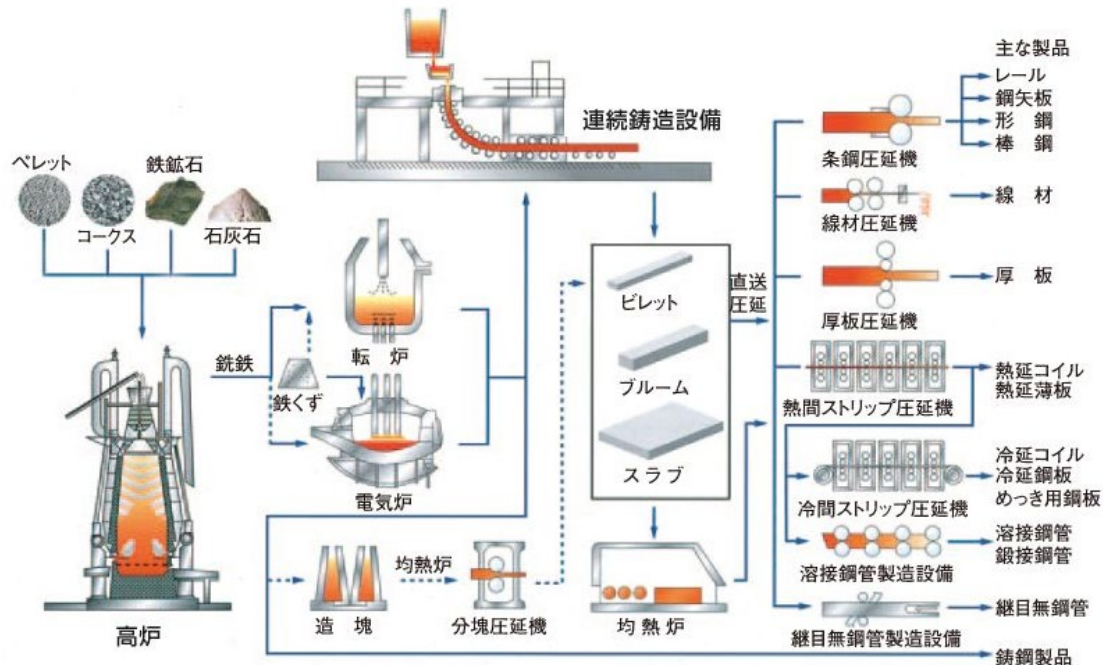


Figure 1-5 鉄鋼製造プロセス

スクラップ-電炉プロセスでは、スクラップを溶解するエネルギー（電力）が主な使用エネルギーである。一方、高炉-転炉プロセス（高炉転炉法）では、鉄鉱石（酸化鉄）を還元して溶解するエネルギー（主に石炭）が主な使用エネルギーであり、鉄鉱石の還元エネルギー分、高炉-転炉プロセスのエネルギー原単位（粗鋼単位量あたりのエネルギー使用量）がスクラップ-電炉プロセス（電炉法）のそれよりも高くなる。このため、スクラップからの鉄鋼製造がエコな鉄鋼製造法といわれているが、世界全体で見れば、途上国の成長のため鉄鋼需要は今後も伸び続けることが想定される。スクラップだけでは、この需要は賄いきれず、鉄鉱石を原料とするプロセスも必要であり、今後、数十年は、鉄鉱石とスクラップのプロセスが連携しながら世界の鉄鋼需要を賄っていくものと思われる。国ごとに高炉転炉法と電炉法の比率が異なっているため、各国の鉄鋼製造プロセスのエネルギー原単位をその国の高炉転炉法と電炉法の平均値で算出・提示することは、鉄鋼製造プロセスのエネルギー原単位評価に対して誤解を招くことになる。国ごとに高炉転炉法と電炉法の比率が異なっているため、電炉法の比率が高い国のエネルギー原単位が低く見えるが、省エネ対策を考える上では、高炉転炉法、電炉法それぞれに切り分けて同じ基準で評価を行う必要がある。

鉄鋼製造プロセスのエネルギー原単位は、企業や各国鉄鋼協会の報告書や IEA 統

⁵ https://www.jisri.or.jp/common/wp-content/themes/jisri/img/r_sikumi03.jpg

計等に記載されているが、企業や各国鉄鋼協会の報告書では、計算対象範囲（バウンダリー）や計算手法が異なる。IEA 統計⁶では、高炉転炉法と電炉法に分離したエネルギー消費量が示されておらず、それら合計が記載されている等、各国の鉄鋼製造エネルギー原単位を横並びで比較することが困難であった。RITE（公益財団法人地球環境産業技術研究機構）では各種報告書、統計データを解析し公正な推計手法を開発し、2005年、2010年、2015年のデータに基づいて主要各国の高炉転炉法、電炉法それぞれのエネルギー原単位の推計を行っている⁷。

Figure 1-6 に高炉転炉法の推計結果を示す。高炉転炉法では、日本が 22.9GJ/トン粗鋼で最もエネルギー効率が良く、ウクライナが 30.2GJ/トン粗鋼で最も悪い。ウクライナは、日本に対して約 1.3 倍エネルギー原単位が高いことがわかる。この原因は、日本では、連続鋳造などプロセスの連続化や副生ガスの有効利用、排エネルギー回収のための省エネルギー技術の導入がほぼ完全に行われているのに対して、ウクライナ、ロシア、米国等のエネルギー原単位の高い国では、特に副生ガスの有効利用、排エネルギー回収のための省エネルギー技術の導入が進んでいないためと思われる。韓国を除いてその他の国でも多かれ少なかれ、徹底的な副生ガスの有効利用、排エネルギー回収のための省エネルギー技術の導入が進んでいないと考えられる。英国、フランス等の欧州では EU 域内排出量取引制度（EU-ETS）で排エネルギーからの電力回収は評価されないため省エネ技術導入が進んでいない。インド、ブラジルでは、省エネよりも生産能力向上に重点を置いているため省エネ技術導入が進んでいない。中国では、最新鋭製鉄所においては、日本並みのエネルギー原単位と想定されるが、旧式の設備も混在しているためエネルギー原単位が平均的に高い等の原因が推定される。

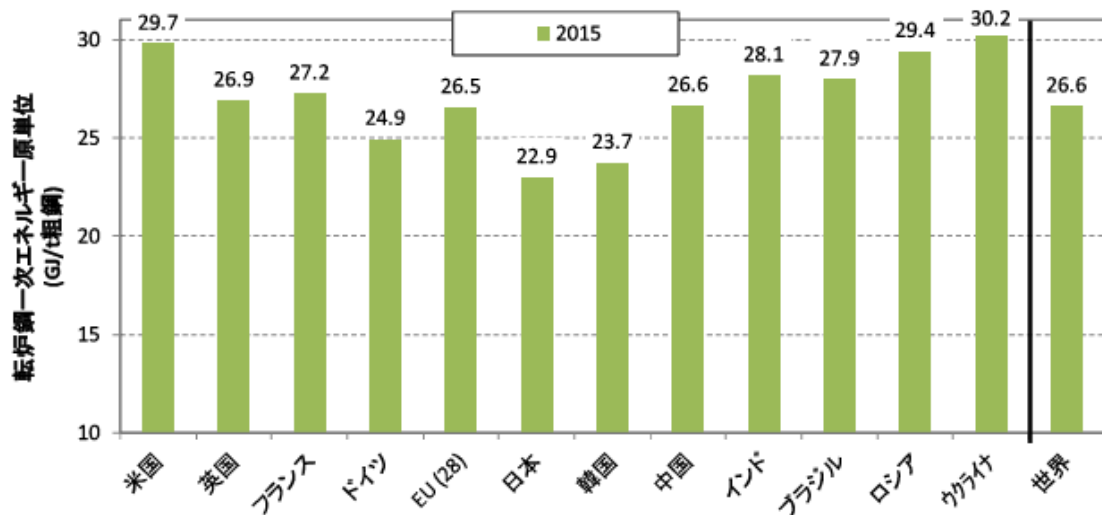


Figure 1-6 高炉転炉法エネルギー原単位推計結果(2015年)

Figure 1-7 に電炉法の推計結果を示す。電炉法では、日本が 8.3GJ/トン粗鋼で最

⁶ IEA: World Energy Balances

⁷ https://www.rite.or.jp/system/latestanalysis/2018/07/Comparison_EnergyEfficiency2015steel.html

もエネルギー効率が良く、インド、ロシアが 9.4GJ/トン粗鋼で最も悪い。インド、ロシアは、日本に対して約 1.1 倍エネルギー原単位が高いことがわかる。日本の電炉企業間では技術交流が活発で、他社の改善技術をちゅうちょなく取り入れることに抵抗がない。これは諸外国にあまりない特徴と言える。また、高炉転炉法に比べて各国の原単位のばらつきが少ない。この理由は、高炉転炉法に比べて、プロセスが単純で省エネポテンシャルが小さいためと考えられる。

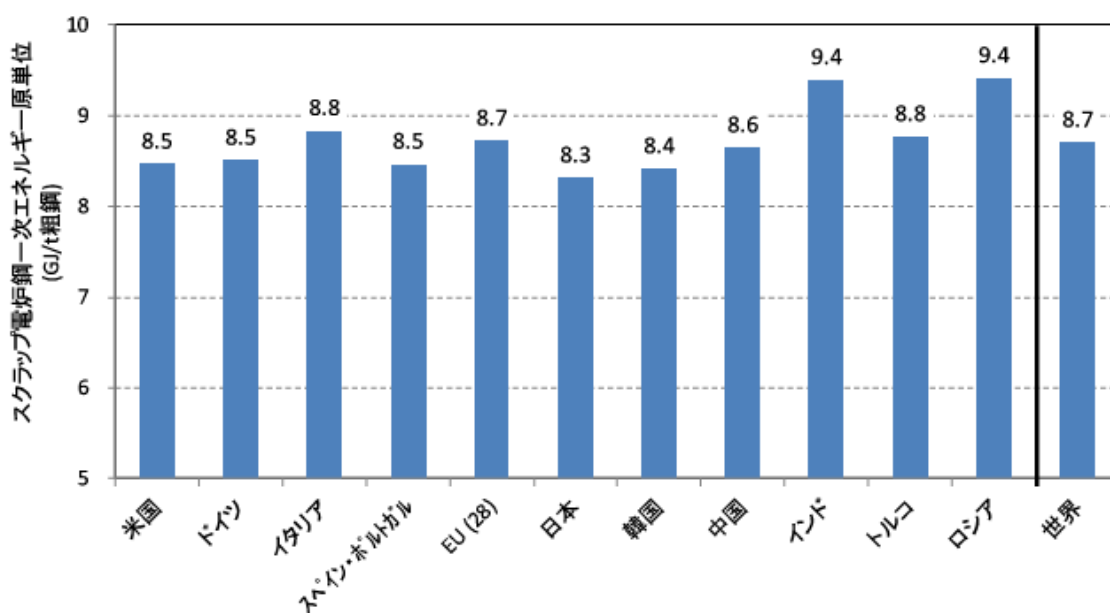


Figure 1-7 電炉法エネルギー原単位推計結果(2015年)

Figure 1-6、Figure 1-7 の原単位データおよび Table 1-2 の高炉、電炉比率より米国、ドイツ、日本、韓国、中国、インドに関しては、国別の鉄鋼業の平均エネルギー原単位の作成が可能である。結果を Table 1-3 に示す。高炉転炉法、電炉法の両方で最も原単位がよかった日本よりも高炉転炉法、電炉法両方で原単位が下位にあるインドが良く見える。これは、電炉の比率に大きく依存しているためであり、このような平均値での比較は意味がなく、差し控えるべきである。

Table 1-3 主要国の鉄鋼業平均エネルギー原単位

エネルギー原単位	中国	インド	日本	ドイツ	米国	ロシア	韓国
GJ/トン粗鋼	24.7	17.6	19.3	20.0	14.9	22.0	18.8

(参考) RITE の最新の鉄鋼エネルギー原単位推計 (高炉転炉法のみ)

2022年1月、RITEは2019年データに基づく高炉転炉法のエネルギー原単位の推計を公表した⁸(電炉法のエネルギー原単位に関しては今後、分析予定)。本資料では、日本のエネルギー原単位を100として規格化を行っている。日本のエネルギー原

⁸ https://www.rite.or.jp/system/global-warming-ouyou/download-data/Comparison_EnergyEfficiency2019steel.pdf

単位は、省エネルギー対策が行きわたっているために、2015年と2019年でほとんど変化が無いことから、日本を100とした数値で規格化しても2015年と2019年の比較は可能である(Table 1-4)。途上国である中国、インドのエネルギー原単位が大幅に向上している。これは、2015年から2019年にかけて、鉄鋼生産量の増加に伴うエネルギー効率に優れる最新鋭の製鉄所の建設およびTRT、CDQ等の省エネルギー技術の普及・拡大に伴うものと考えられる。

Table 1-4 高炉転炉法エネルギー原単位比較

エネルギー原単位 (日本=100)	日本	韓国	ドイツ	中国	英国	フランス	インド	ロシア	米国
2015年	100	103	109	116	117	119	123	128	130
2019年	100	102	110	111	115	116	119	128	129

1.2.3 CO₂ 排出原単位

鉄鋼業の様々な CO₂ 排出原単位が公表されているが、算出方法や算出のバウンダリーが異なるので、異なる公表先の原単位比較はできない。以下、公表されている CO₂ 原単位例を示す。

(1) CO₂ 排出原単位の公表値

a) worldsteel⁹

worldsteel では、会員企業（高炉、電炉含む）の CO₂ 排出原単位の平均値を Figure 1-8 のように公表している。この値は、worldsteel の CO₂ データコレクションにデータを提供している企業の平均値と思われる。年によって、参加企業数、高炉/電炉比率が異なっていると思われる。

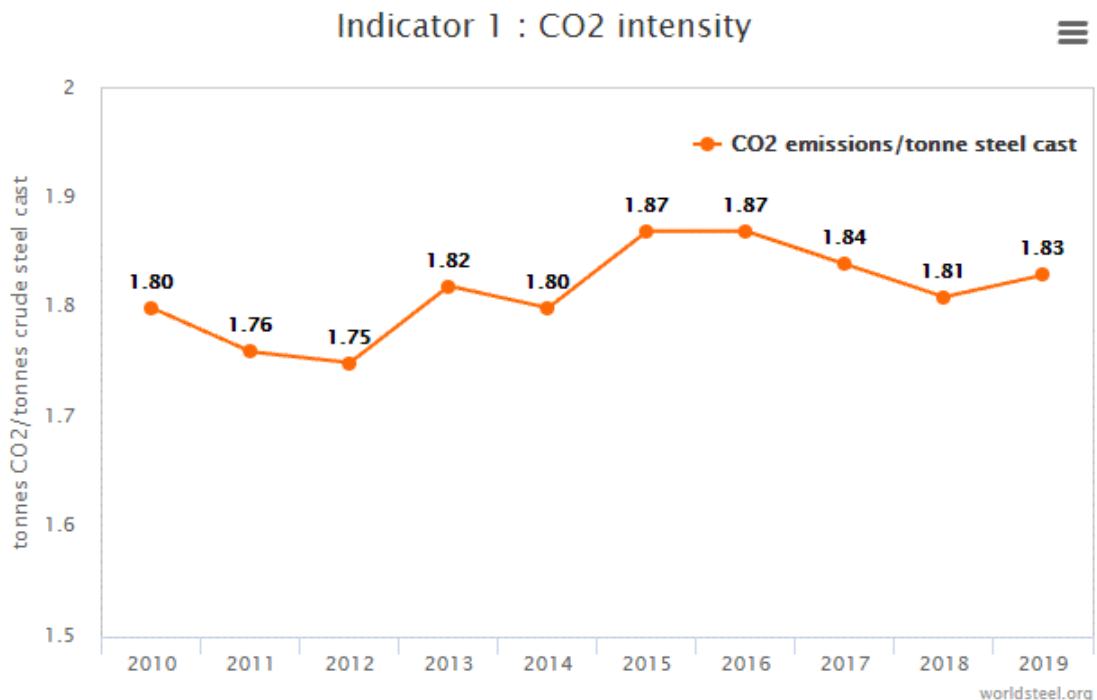


Figure 1-8 worldsteel 公表の CO₂ 排出原単位の推移

⁹ <https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/sustainability/sustainability-indicators.html>

b) CDP¹⁰

CDP は、英国の慈善団体が管理する非政府組織（NGO）であり、投資家、企業、国家、地域、都市が自らの環境影響を管理するためのグローバルな情報開示システムを運営している。CDP において、世界各国の有力企業が気候変動プログラムに気候変動関連の各社の情報を提供している。公開を希望した企業の情報を入手することができる。2018 年の公開を希望した鉄鋼企業の CO₂ 排出原単位を Table 1-5 に示す。SSAB、Hyundai の CO₂ 原単位が小さいがこれは、電炉の比率が高いためである。この 2 社以外は、基本的に高炉製鉄所が主体であるが、原単位のばらつきが大きい。CDP においては、統一した手法での算出値ではなく、各社の方法によるものであり、バウンダリー、計算方法、排出係数等が異なっていることが考えられる。

Table 1-5 CDP 公開鉄鋼企業の CO₂ 排出原単位

企業名	POSCO	SSAB	Hyundai	Arcelor Mittal	CSC	JSW	TATA	Voestalpine
国名	韓国	スウェーデン	韓国	多国籍	台湾	インド	印・蘭	オーストリア
CO ₂ 原単位 (トン-CO ₂ /トン)	1.9	1.34	0.91	2.00	2.32	2.43	1.70	1.97

c) 日本

日本では、地球温暖化対策の推進に関する法律に基づく温室効果ガス「算定・報告・公表制度」¹¹（以下、温対法）と日本鉄鋼連盟「低炭素社会実行計画」において、それぞれ同一のバウンダリー、計算方法、排出係数で鉄鋼業の CO₂ 排出量が算定されている。温対法では、企業単位（無料公開）、事業所単位（有料申請）の CO₂ 排出量の情報を得ることができる。企業単位の情報の入手は容易であるが、神戸製鉄所のように鉄鋼業だけでなく、他の事業も多く手掛けている企業は、注意を要する。この場合、事業所単位のデータを取得する必要がある。温対法のデータで高炉と電炉の CO₂ 排出量の比較を行っている例を Table 1-6 に示す¹²。本集計でのカバー率は 90% 以上であり、日本の鉄鋼業の代表値と言える。

Table 1-6 温対法ベースの日本鉄鋼業の CO₂ 排出原単位

	温室効果ガス排出量 (トン CO ₂)	粗鋼生産量(トン)	トン CO ₂ /トン-粗鋼
電炉 10 社計 (粗鋼生産量上位 10 社)	4,535,986	11,160,414	0.40
高炉全社計	162,227,415	79,960,304	2.02

出典：環境省「地球温暖化対策推進法に基づく温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度による平成 29（2017）年度温室効果ガス排出量の集計結果」等より作成

¹⁰ <https://www.cdp.net/en/data>

¹¹ <https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/>

¹² <http://www.tokyosteel.co.jp/eco/about/>

日本鉄鋼連盟では、会員企業の CO₂ 排出量の総計を「低炭素社会実行計画」において報告している¹³。合わせて、粗鋼生産量も公表しているため CO₂ 排出原単位の計算は容易である (Figure 1-9)。カバー率は 95%以上であるが、公表値は、高炉と電炉の合算であることに注意する必要がある。

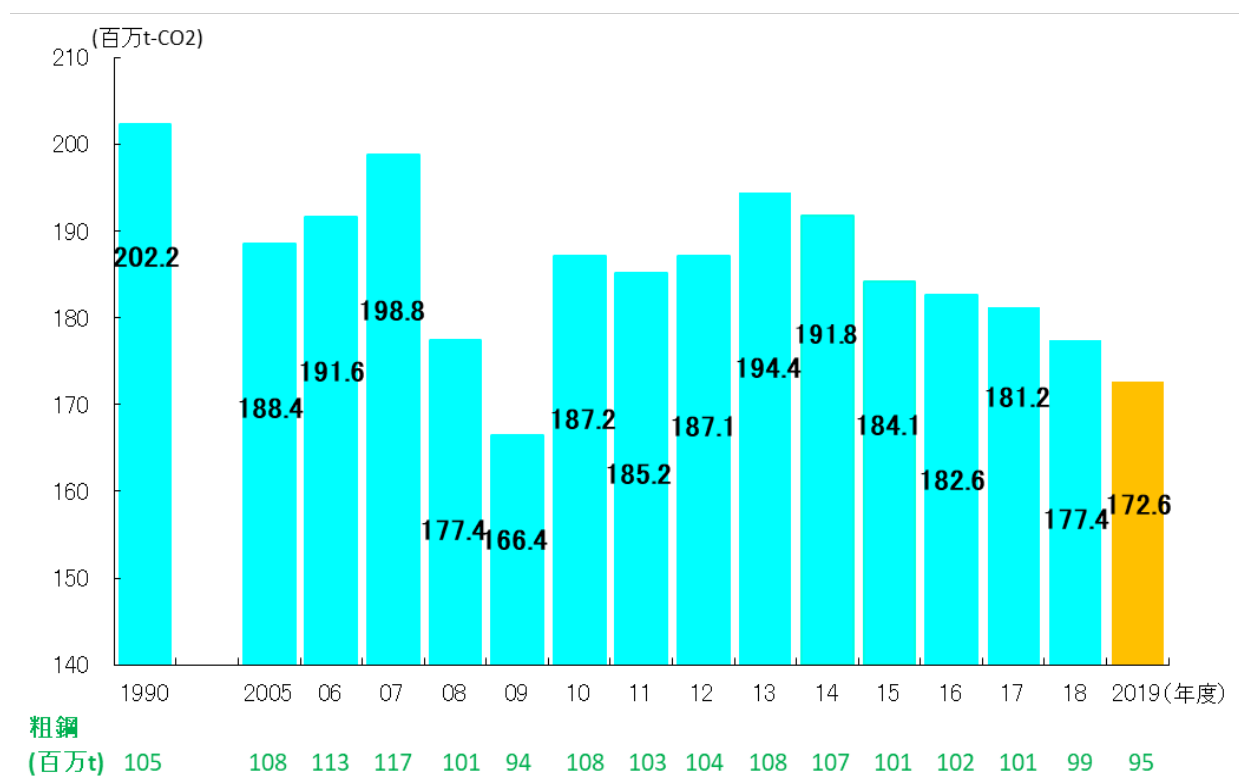


Figure 1-9 日本鉄鋼連盟加盟企業の CO₂ 排出量推移

(2) 国別 CO₂ 算出について

日本のように国の法律（温対法）や業界団体の取り組み（低炭素社会実行計画）で鉄鋼業の CO₂ 排出量を公表している国は無い。現状では国別の鉄鋼業 CO₂ 排出原単位の収集・整理を行うことは困難である。今後 worldsteel の CO₂ data collection の事業所別データの開示が可能になれば、国別の鉄鋼業 CO₂ 排出原単位の整理が可能になるものと思われる。

鉄鋼業の CO₂ 排出原単位は、以下の式で示される。

$$\text{CO}_2 \text{ 排出原単位} = \frac{(\text{CO}_2 \text{ 排出量}[\text{トン}] / \text{エネルギー消費量}[\text{GJ}]) \times (\text{エネルギー消費量}[\text{GJ}] / \text{粗鋼生産量}[\text{トン}])}{\langle \text{エネルギーの CO}_2 \text{ 濃度} \rangle} < \text{エネルギー原単位} >$$

この式のとおり、CO₂ 排出原単位は、エネルギー原単位にエネルギーの CO₂ 濃度 (CO₂ 排出係数) をかけたもので、エネルギーの CO₂ 濃度が各国同じであれば、

¹³ <https://www.jisf.or.jp/business/ondanka/kouken/keikaku/>

Figure 1-6、Figure 1-7 から CO₂ 排出原単位が計算できるが、エネルギーの CO₂ 濃度は、公開されていないために容易に算出できない。

(3) 調査対象候補国の鉄鋼業 CO₂ 排出量の超マクロ試算と国の排出に対する割合

各国の鉄鋼業の CO₂ 排出原単位が不明であるので、日本の温対法に基づく届け出値 (Table 1-6) と RITE のエネルギー原単位比較 (Figure 1-6、Figure 1-7) を用いて各国鉄鋼業 CO₂ 排出量を試算し、国の排出量に対する割合を算出した。前提条件は、以下の通り。

前提

- ・高炉鋼、電炉鋼生産量は worldsteel 統計の 2019 年を用いた。
- ・高炉、電炉の日本 CO₂ 原単位は、温対法公表 2017 年度より高炉全社、電炉上位 10 社の公表値 (Table 1-6) を引用。また、途上国の代表値としてインドを取り上げ、RITE のエネルギー原単位比較 (Figure 1-6、Figure 1-7) での日本に対する比率を算出し、日本の原単位にかけてインドの原単位を算出した。
- ・電炉の CO₂ 排出原単位では、超マクロ試算のため各国の電源構成を考慮せず、一定 (日本並み) とした。
- ・各国排出は、IEA の Energy Balance Data から算出した値を使用した。

Table 1-7 調査対象候補国の鉄鋼業 CO₂ 排出量の超マクロ試算と国の排出に対する割合

国	粗鋼生産量		日本並			インド並			国CO ₂ (百万t)from IEA	鉄鋼排出割合(%)
	高炉(百万t)	電炉(百万t)	高炉CO ₂ (百万t)	電炉CO ₂ (百万t)	J鉄鋼CO ₂ (百万t)	高炉CO ₂ (百万t)	電炉CO ₂ (百万t)	I鉄鋼CO ₂ (百万t)		
インド	48.7	62.5	98.4	25.0	123.4	120.7	28.3	149.0	2601.1	4.7% ~ 5.7%
トルコ	10.9	22.8	21.9	9.1	31.1	26.9	10.4	37.2	356.4	8.7% ~ 10.5%
ベトナム	11.2	5.7	22.7	2.3	24.9	27.8	2.6	30.4	234.4	10.6% ~ 13.0%
メキシコ	4.2	14.3	8.5	5.7	14.2	10.5	6.5	16.9	433.2	3.3% ~ 3.9%
エジプト	0.2	7.1	0.4	2.8	3.2	0.5	3.2	3.7	218.9	1.5% ~ 1.7%
インドネシア	2.6	3.8	5.3	1.5	6.8	6.5	1.7	8.2	563.4	1.2% ~ 1.5%
マレーシア	0.5	4.0	1.0	1.6	2.6	1.2	1.8	3.0	223.1	1.2% ~ 1.3%
タイ	0.0	4.2	0.0	1.7	1.7	0.0	1.9	1.9	279.6	0.6% ~ 0.7%
バングラデシュ	0.0	5.1	0.0	2.0	2.0	0.0	2.3	2.3	93.4	2.2% ~ 2.5%
フィリピン	0.0	1.4	0.0	0.6	0.6	0.0	0.6	0.6	147.4	0.4% ~ 0.4%

Table 1-7 に試算結果を示す。トルコ、ベトナムに関しては、国全体に対する鉄鋼業の排出割合は 10%程度であった。インドに関しては、トルコ、ベトナムに比べて国に対する影響度は 5%程度と小さかった。これはインドでは、電炉鋼の原料でスクラップの他、DRI が使用されているがこの DRI 製造の排出が考慮されていないことが一因と考えられる。メキシコ以下の国は、4%以下と低い。これは、鉄鋼生産量が少ないことと原単位の小さい電炉鋼の比率が高いことが原因と考えられる。

1.3 主要各国・地域における製鉄分野の低・脱炭素化に係る政策・技術開発

本節では、EU および中国における製鉄分野の低・脱炭素化に係る政策・技術開発、及び国を跨いだ公的機関、ドナーによる製鉄分野の低・脱炭素化に係る取り組みについて記載する。

1.3.1 EU

各国・各地域の気候変動への対応政策については、国連気候変動枠組み条約やその下の、京都議定書、パリ協定などが大きな影響を与えてきている（Figure 1-10）。

欧州は、いずれにも批准しており、気候変動問題への取り組みには積極的・先導的な立場をとってきている。特に、域内の GHGs 排出者に総量規制をかけ、炭素価格付けを行う欧州排出量取引制度（EU-ETS）も、2005年に第1フェーズとして導入し、フェーズを重ねながら現在に至っている。

近年では、欧州委員会は欧州グリーンディールを2019年12月に発表しており、EUが2050年に気候中立（Climate Neutrality）を達成するとともに、資源効率的・競争力ある経済を有し、公平で豊かな社会へ移行するための新しい成長戦略として位置付けている。この中には、EUの2030年及び2050年の気候変動目標の厳格化が含まれている。2050年気候中立を達成するためには、2030年に1990年比50～55%削減目標が必要（従来の目標値40%削減に対して深堀）とし、従来の政策だけでは達成できないため、EU-ETSの制度見直しなど、さらなる気候変動政策推進を必要としている。

これを踏まえて、欧州委員会は、EU-ETS改定や炭素国境調整措置（CBAM, Carbon Boarder Adjustment Mechanism）を含む18の政策からなる包括的な気候変動政策パッケージ（Fit for 55）を2021年7月に採択した。これには、EU-ETSの改定など、欧州はもとより世界の鉄鋼業の国際競争力に影響を与え得る政策が含まれている（特に、欧州鉄鋼業にとっては、EU-ETSにおける現状の無償割当枠の漸減と2035年無償割当ゼロ化、欧州域外にとっては、欧州に輸出する場合にCBAMなどが影響を与え得る）。

一方、欧州委員会は、EU-ETSと合わせて、水素還元製鉄など革新技术開発に対しての資金支援制度の導入も既に行っており、今後も予算規模を拡大し研究開発促進を図っていくこととしている（Figure 1-15～Figure 1-20のグリーンディール、Fit for 55、欧州気候法参照）。

欧州鉄鋼業における、最近の関心事の一つは、EU-ETSにおける無償割当と輸入品に対するCBAMである。後者により無償割当の目的（リーケージ問題）が達成され無償割当廃止が打ち出されている。これまで、排出量取引制度スタート時（2005）は実績ベース（"Grandfathering"実績をベースに削減を想定した排出量）で無償割当だったのが、現在は、銑鉄・コークス・焼結・電炉材など製品ベンチマークをベースとして無償割当がなされている（一部購入必要な場合あり）がそれを今後（2026年）更に漸減し、最終的（2035年）には廃止となる（オークション

等により全量購入必要)。これまで、欧州鉄鋼業は欧州委員会とベンチマーク算定方法（副生ガス、電炉の電力消費補助確保）など交渉をして来ている模様である。

	海外の主な背景動向	1990年代	2000年代	2010年代	2020年代	~2030年	~2050年
海外	国連・気候変動枠組み条約 (京都&パリ) ・市場メカニズム(柔軟性措置、 目標達成ツール)		京都議定書(1997) 市場メカニズム (CDM/JI/ETS)		パリ協定(2015) 市場メカニズム (6条、 JCM, CDMなど)		カーボン・ ニュートラル
	欧州 ・EU-ETS ・UK Policy Package ・CBAM (国境炭素調整措置)		EU-ETS (2005) : European Emissions Trading Scheme(phase-1 started)			★2035free allocation廃止?	
			UK-Policy mix (2001) : 気候変動税、気候変動協定、排出量取引		CBAM (2021) : Carbon Border Adjustment Mechanism ★輸入品国境税調整		
留意点など	・欧州事例 (BM値/Free allocation) ・英国事例 (Policy mixへの対応) ・貿易障壁 (CBAM, Level Playing Field) ・鉄鋼独自/原料炭の扱い(dual-use)						

Figure 1-10 気候変動枠組み条約と京都議定書・パリ協定

欧州はじめ、世界の鉄鋼業のロードマップ策定・発表の動向をみると、日本鉄鋼連盟は、長期温暖化対策ビジョンとして、「ゼロカーボン・スチールへの挑戦」を世界の鉄鋼業に先駆けて2018年に構築し発表した(Figure 1-11)。その後、2019年に欧州鉄鋼連盟がロードマップを発表、更に2020年にIEAが世界鉄鋼協会との連携で、世界鉄鋼業のロードマップを発表した(Figure 1-11, Figure 1-12)。

この世界の鉄鋼の革新技術開発の起点になったのは、Figure 1-11 に示す通り、日本において2000年代初頭、革新技術開発をスタート(水素やCO₂分離貯留に関する国家プロジェクト、その後COURSE50へ)したことにある。

その後2003年、日欧より世界鉄鋼協会に対して、世界全体での連携「CO₂ブレイクスループログラム」を提案し、主要国の鉄鋼会社が参加して定期的な情報共有意見交換などのプラットフォームがスタートした。欧州の鉄鋼業界も域内連携(ULCOS)による具体的な技術開発がスタートした。

特に、IEAが発表した、鉄鋼ロードマップ(2020年10月)及びNet Zero by 2050(2021年5月)において、2050年に向けて世界の鉄鋼業が歩む可能性のあるシナリオが示されている。これは、各国・各社が自らのロードマップを描く上で基本情報とすべきものである。例えば、鉄鋼製造ルート(一貫製鉄所、電炉製鉄所)の変化や鉄源(鉄鉱石、スクラップ)の構成比率の変化、鉄鉱石還元ルート(高炉法、DRI法)や還元材構成(石炭、天然ガス、水素、電気(分解))の変化など示唆深い。また、その中でも、革新技術だけでなく、既存技術(省エネルギー設備や操業改善など)の普及も重要であることや、Material Efficiencyの視点で、日本の鉄鋼業が展開している”Eco-product”(高張力鋼による自動車の軽量化など)の開発普及による鋼材利用の効率化やCircular Economyの視点(スクラップの回収率アップなど)も含まれている。

欧州鉄鋼業のロードマップは、以下の特徴を有する(詳細はFigure 1-13及び原典を参照、“Low Carbon Roadmap, Pathway to a CO₂-neutral European Steel

Industry”）。

- ・ 2050年排出量を80～95%削減（vs 1990）
- ・ 技術移行の条件（CN水素やCN電力の必要量の安定・安価供給インフラ整備、国際競争の公平性担保など）
- ・ 製造コストは、35%up～2倍（市場での不利益被らない対策必須）
- ・ イノベーション技術は、炭素使用回避CDA（Carbon Direct Avoidance、鉄鉱石水素還元や電解）、賢明な炭素活用SCU（Smart Carbon Usage、CCUS）の両面から実施
- ・ ULCOS時代の技術発展プロジェクトもあるが、鉄鋼業各社中心の連携であるULCOSから現在は鉄鋼各社が技術的繋がりや電力会社や化学メーカーやエンジニアリング会社、研究機関等と国際コンソーシアムを組むケースが多い（公的支援確保）

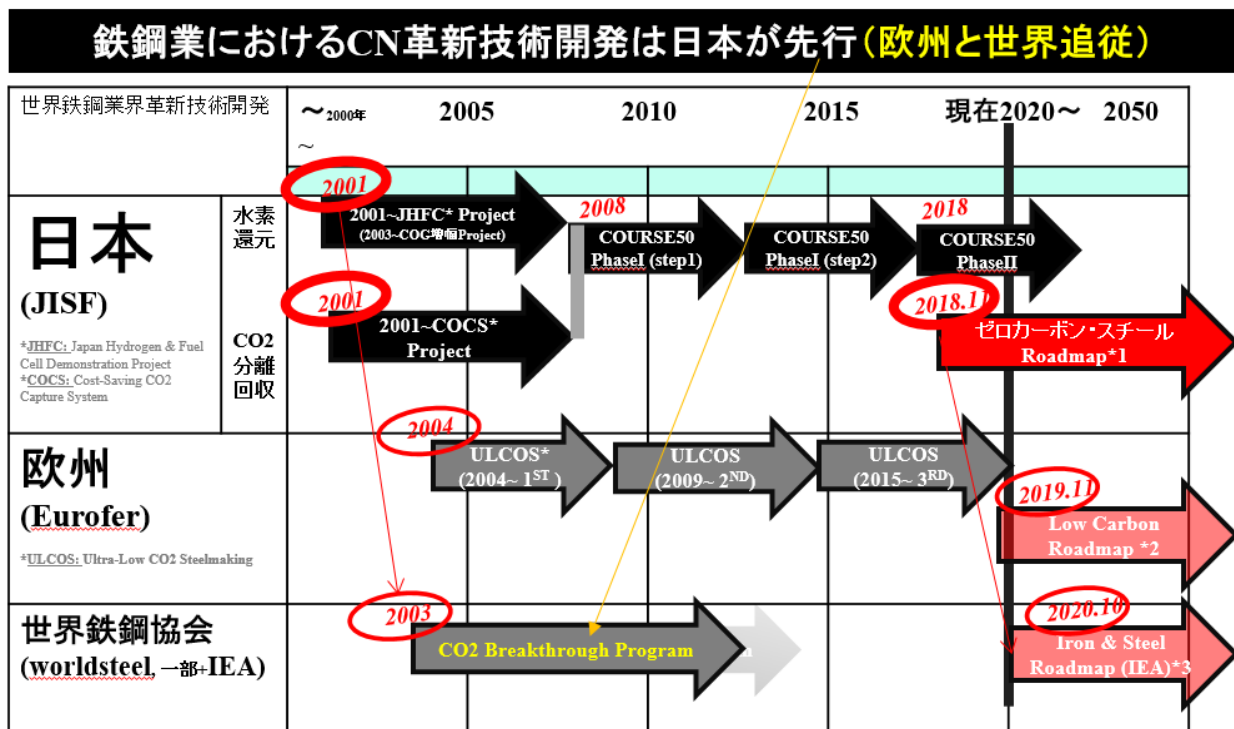


Figure 1-11 日本がリードしてきた世界の鉄鋼業CN化に向けた技術開発 ¹⁴

¹⁴ ※1 : <https://www.jisf.or.jp/business/ondanka/zerocarbonsteel/>

※2 : <https://www.eurofer.eu/assets/Uploads/EUROFER-Low-Carbon-Roadmap-Pathways-to-a-CO2-neutral-European-Steel-Industry.pdf>

※3 : https://aceroplatea.es/docs/Iron_and_Steel_Technology_Roadmap_IEA.pdf

Table 1-8 欧州等における主な鉄鋼 CN 技術開発プロジェクト

世界の鉄鋼における主な低炭素化技術開発(一部商用運転): 2021.1時点の公表情報から著者が一覧表にまとめた

出典: 日鉄総研作成

国(地域) [粗鋼生産量2018]	代表的プログラム名	推進主体	公的支援等 - 要調査	主な開発内容など	参考情報など
日本 [1.0億]	・ COURSE50 ・ フェロコックス	・ 高炉メーカー+NSE ・ 高炉メーカー	NEDO NEDO	・ 水素還元活用(還元材一部置き換え)による低CO2化とCO2分離回収(12m2の試験高炉など) ・ 金属鉄内装型コークスでコークスのガス化反応促進	・ 第1フェーズ(2008-2017) ・ 第2フェーズ(2018-)
欧州 [1.7億]	・ ULCOS ・ Hisarna ・ Hybrid/Siderwin等現在推進中のプロジェクト	・ 鉄鋼、エンジンなど43企業・研究機関 ・ 複数プロジェクトでそれぞれコンソーシアム形成	EC HORIZON2020+ 各政府支援	・ ULCOS-BF(酸素高炉+炉頂ガス循環)、HISARNA(溶融還元)ULCOWIN(電解)ULCORED ・ CDA(Carbon Direct Avoidance)及びSCU(Smart Carbon Use)の目的で複数プロジェクト(水素還元、電気分解、石炭利用とCCS/CCU)を推進中	・ 2010年にフェーズ1終了 ⇒SIDERWINへ発展 ・ AM-Lanza TechはGhentにて発酵、エタノール製造
中国 [9.3億]	・ BaoSteel-CCU ・ 河鋼水素還元製鉄 ・ 首钢-CCU	・ 宝鋼 ・ 河鋼(Tenova MoU) ・ 首钢	- - -	・ CCU: 副生ガスエタノール製造(Lanza Tech法) ・ 電気分解水素を活用した水素還元製鉄(再生可能電力の利用) ・ CCU: 首钢Caofeidian製鉄所で発生するCO2をエタノールに転換(Lanza Tech ガス発酵技術)	・ 他社でも水素還元拡大 ・ 商用運転(2018年)9万t-CO2/y
韓国 [0.7億]	・ POSCO Program	・ POSCO, RIST他	-	・ COG中CH4にBFG中CO2を使った改質とそのBF吹込み(炭素循環) ・ FINEXの流動層CO2をPSA処理、ガス循環など	⇒HYREX(H2)
豪州 [0.06億]	・ Australian CO2 Breakthrough Program ・ Solar Smelting	・ CSIRO ・ Swinburne大学	- -	・ CO2BTPの中でISP (low emission integrated steelmaking program)へのバイオマス利用など ・ 太陽光を集光したSolar Reactorで石炭による鉄鉱石の還元反応(炉温1400°C程度)で還元鉄製造	
米国 [0.9億]	・ AISI Technology Roadmap等(CO2 Breakthrough Program)、MOE開発	・ Utah大学 ・ MIT	DOE -	・ Flash Ironmaking Technology(FIT) ・ Molten Oxide Electrolysis(MOE): 高温電気分解	
ブラジル [0.3億]	・ 木炭高炉	-	UNFCCC-CDM-EB	・ 還元材として木炭(Carbon neutral)を小型高炉で活用	・ 商用運転CDMプロジェクト
インド [1.1億]	・ 省エネルギー技術導入プロジェクト	・ 鉄鋼各社/鉄鋼省	-	・ 最新省エネルギー技術の導入が中心	
UAE [0.03億]	・ Abu Dhabi CCS(EOR)	・ Emirates Steel Industries	-	・ DRI-CO2回収、パイプラインで輸送しADNOCの油田(Rumanitha, Bab)に圧入(EOR)...	・ 商業運転(2016年)80万t-CO2/y
世界共通 [18.1億]	世界鉄鋼協会 CO2 Breakthrough Program	・ 世界鉄鋼協会事務局及び会員企業	会費	・ 気候変動対策につながる、世界中の鉄鋼関連の革新的技術に関する情報交換など	

欧州はじめ主要国の、主な CN 技術開発プロジェクトは Table 1-8 に示す。動きが早く、動向については適切なタイミングで把握して行くことが必要である。

鉄鋼のロードマップ、欧州鉄鋼連盟、IEA (+worldsteel)



Figure 1-12 鉄鋼ロードマップ（日本～欧州～世界）

EUROFERのロードマップ “Low Carbon Roadmap, Pathway to a CO2-neutral European Steel Industry”

2019.11 欧州鉄鋼連盟(EUROFER) “Low Carbon Roadmap, Pathway to a CO2-neutral European Steel Industry”

OVERVIEW

Making a success of the European steel industry's low-carbon transformation

The European steel industry is the most advanced of its kind in the world. As it is, Europe leads the way in environmental and climate performance. CO2 emissions and energy use in European steel production have been halved since 1960, and the sector has the ambition to further achieve cuts of between 80-95% by 2050, compared to 1990 levels.

This transition will require significant investment in new technological development and deployment, in energy infrastructure, consumption and type, and will require access to high quality materials, such as iron ore and scrap.

EUROFER has established a clear set of pathway scenarios that will deliver this essential change for the sector, ensuring that Europe will remain on track to fulfil its Paris Climate Accords requirements, whilst also making European steel fit for a clean, low-carbon future.

KEY MESSAGES

This roadmap sets out several of the key elements that will make the transition to a low or carbon-neutral European steel industry possible

- The European steel industry could achieve carbon emissions cuts of between 80-95% by 2050, under the right conditions, through new technological pathways
- Total costs of production will rise by 35-100% per tonne of steel by 2050 as a result of the costs of using new technologies and more energy
- Additional energy requirements will be about 400TWh of CO2-free electricity in 2050 – about seven times what the sector purchases currently.

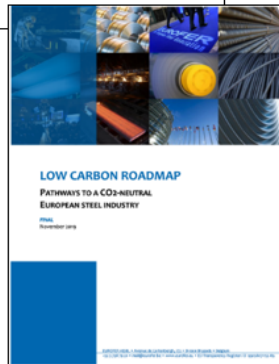
Necessary conditions

Various conditions must be satisfied while the steel industry is transitioning to becoming a low-CO2 sector

The necessary conditions need to be in place to make this transformation happen. In particular, all the necessary ingredients for steel making need to be available in both quality and quantity. These include suitable raw materials, such as iron ore and scrap. It also means having access to sufficient low-CO2 energy sources, such as electricity and hydrogen, which must be available at commercially viable rates. The energy infrastructure that goes with it is also indispensable, as even cutting-edge, technologically advanced steelmaking facilities would be stranded without access to clean energy.

During the transition, Carbon Capture and Storage (CCS) technology may also be needed in order to support progress along the potential CO2 reduction pathway.

Finally – both during the transition and once the move to the low or carbon-neutral future of the sector has successfully been completed – there must be regulatory framework that ensures that the EU steel industry remains competitive compared to its global competitors. Most global competitors do not face anything close to the environmental standards or climate constraints of EU players – and as such, do not bear the costs. A suitable regulatory framework would serve to address this fatal and conceived handicap, both now and in the future.



図表 5-42 EUROFER のロードマップにおける主要なプロジェクト

EUROFER が 2019 年 11 月に公表した EUROFER Low Carbon Roadmap¹においても、将来の CO2-neutral European Steel Industry に向けた「Carbon Direct Avoidance Pathway」において、水素が重要な位置づけとされており、複数の水素還元製鉄プロジェクトが始動している

	Circular Economy Enhancing the recycling of steel (e.g. scrap in BOF/EAF*) and its by-products, Resource efficiency <small>*BOF= Basic Oxygen Furnace EAF= Electric Arc Furnace</small>		
Pathways/ Groups	Smart Carbon Usage (SCU)		Carbon Direct Avoidance (CDA)
	Process Integration with reduced use of carbon (+CCS)	Carbon Valorisation/ Carbon Capture and Usage (CCU) (+CCS)	Hydrogen Electricity
Description	Integration of process steps and internal use of process gases	Using CO/CO ₂ from steel mill as raw material (Chemical conversion of CO/CO ₂)	Use of renewable electricity in basic steelmaking, e.g. production of H ₂ to replace carbon
Projects/ Initiatives	HISARNA , TGR-BF-Plasma (IGAR), PEM, STEPWISE, Torero	Steelanol, Carbon2Chem, FReSM _e , Everest, Carbon2Value	HYBRIT, H2Steel (H2Future, SuSteel, Hybrid Steel Making), tkH ₂ Steel, GrInHy, SALCOS, Hydrogen Hamburg, SIDERWIN

Figure 1: The EU steel industry's strategic technological pathways. This identifies both the main pathways to be pursued and a sample of some of the proposed or ongoing projects in each pathway.

<https://www.eurofer.eu/assets/Uploads/EUROFER-Low-Carbon-Roadmap-Pathways-to-a-CO2-neutral-European-Steel-Industry.pdf>

Figure 1-13 欧州鉄鋼連盟におけるロードマップ(2020.11)

<参考-1：関連ロードマップ等のリスト>

■2018.11 日本鉄鋼連盟

長期温暖化対策ビジョン「ゼロカーボン・スチールへの挑戦」

<https://www.jisf.or.jp/business/ondanka/zerocarbonsteel/>

■2019.11 欧州鉄鋼連盟

“Low Carbon Roadmap, Pathway to a CO₂-neutral European Steel Industry”

[https://www.eurofer.eu/assets/Uploads/EUROFER-Low-Carbon-Roadmap-Pathways-to-a-CO₂-neutral-European-Steel-Industry.pdf](https://www.eurofer.eu/assets/Uploads/EUROFER-Low-Carbon-Roadmap-Pathways-to-a-CO2-neutral-European-Steel-Industry.pdf)

■2019.11 MIDDEN/PBL/ECN(+TATA Europe)

“De-carbonization options for the Dutch Steel Industry”

https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2019-decarbonisation-options-for-the-dutch-steel-industry_3723.pdf

■2020.5 アルセロール・ミッタル

“Climate Action in Europe, Our carbon emissions reduction roadmap, 30% by 2030 and carbon neutral by 2050”

<https://corporate.arcelormittal.com/sustainability/climate-action-in-europe>

■2020.10 国際エネルギー機関（+世界鉄鋼協会）

“Iron and Steel Technology Roadmap, Towards more sustainable steelmaking”

https://aceroplatea.es/docs/Iron_and_Steel_Technology_Roadmap_IEA.pdf

■2021.3 Green Steel for Europe Consortium(EU granted)

“Technology Assessment and Roadmapping”

<https://www.estep.eu/assets/Uploads/210308-D1-2-Assessment-and-roadmapping-of-technologies-Publishable-version.pdf>

■2021.5 国際エネルギー機関

“Net Zero by 2050, A Roadmap for the Global Energy Sector”

<https://iea.blob.core.windows.net/assets/4719e321-6d3d-41a2-bd6b-461ad2f850a8/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector.pdf>

<参考-2：欧州プロジェクト等、鉄鋼のCN技術開発の方向性>

- ・ SCU (SMART CARBON USAGE、BF など石炭系+CCS/CCU)
- ・ CDA (CARBON DIRECT AVOIDANCE、ゼロカーボン電力、水素)

基礎研究から近商用運転まで、TRL で技術レベルを評価しながら推進している。また、ULCOS 時代とは異なるコンソーシアム形成を実施。その他（Solar smelting、木

炭 BF など) なども一部で注目されている。

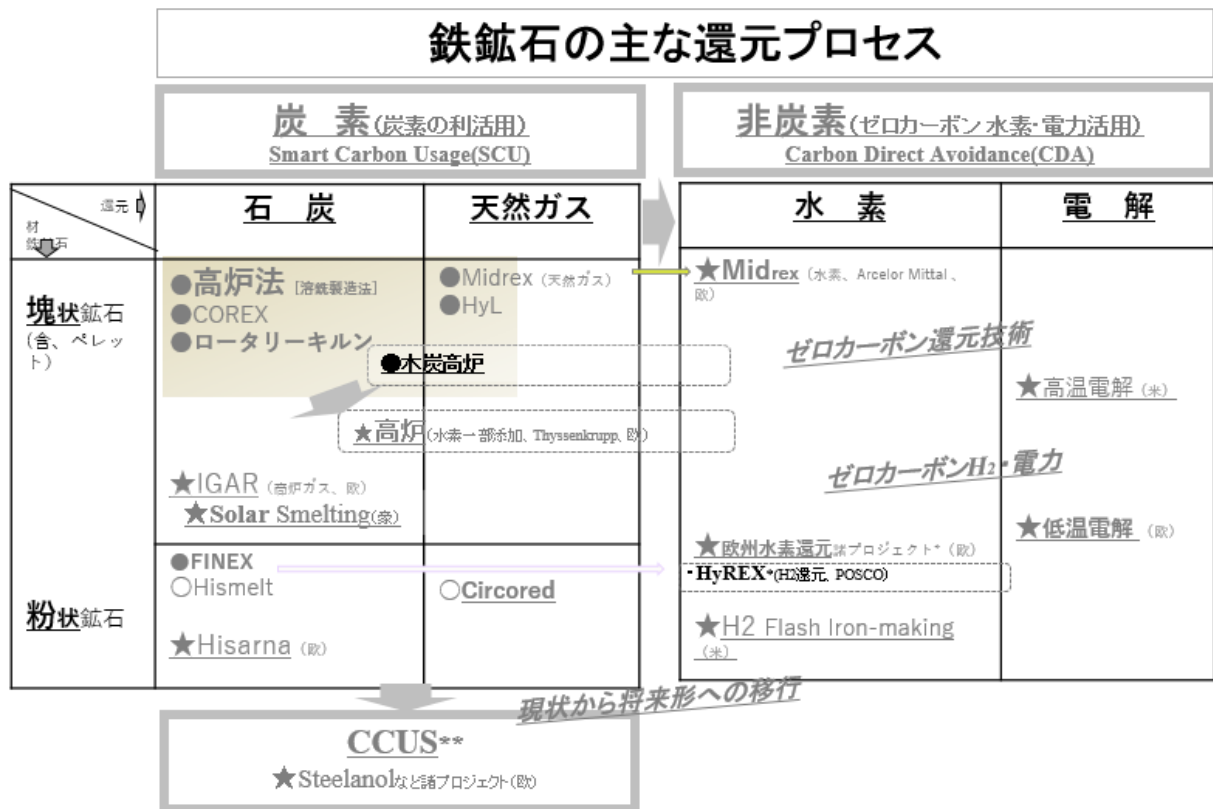


Figure 1-14 鉄鋼における CN 技術開発の方向 (SCU, CDA)

<参考-3 : IEA Net Zero by 2050 における鉄鋼に関する記載 (2021.5)>

- ・ セクター別では、発電部門がいち早く Net Zero 達成 (2040 頃)し、その後 Negative emission
 - ・ これをベースに、“オール電化”指向、水素製造/水電気分解、鉄鉱石の電気分解などの中で世界の排出量、GDP 等は、以下のように描かれている
- 世界計 2020 年 2050 年
- 排出量 339⇒ 0 億トン-CO₂/y (ネットゼロ)
 - GDP 128 316T\$/y
 - 人口 77.5 96.9 億人
 - (GDP/人口 1.7 3.3 万\$/人)
- ・ この中で鉄鋼は、以下のように描かれている (Table 1-9 参照)
- 2020 年 2050 年
- 排出量 23.5⇒ 2.2 億トン-CO₂/y
 - 粗鋼生産量 17.8 19.9 億トン/y
 - (途上国排出)


Table 1-9 欧州鉄鋼業及びIEA鉄鋼ロードマップ概観

世界の鉄鋼業におけるネットゼロへの移行のシナリオの事例 公表情報から筆者が表に整理(NSRI)						
注記:赤字数値は、文献に記載あり(出典は 既述)、(内数値はグラフから筆者が読取り 単位: 億t年、otherwise mentioned	(1) 2020年 (現状実績) **数値はworldsteel統計より	(2) 2050年			備 考	
		(2)-1 IEA Net Zero by 2050 (2021.5発表)	(2)-2 IEA鉄鋼Roadmap (2020.10発表)	(2)-3 欧州鉄鋼Roadmap (2019.11発表)		
粗鋼生産 ・世界 (or 欧州) ・電炉鋼比率(%)	世界 18.8 26.3%	世界 19.9 53%	世界 (20.5) (53%)	欧州 1.66(2015)⇒ 2.00 (2050) -		
A. スクラップ(鉄input比率)	-	46%	(46%)	1.02(2015)⇒ 1.47 (2050)*	*availability	
B. 鉄鉱石還元	B1. 高炉等*鉄鉱石還元	13.2	内With-CCUS 53% **	With-CCUS (2.9)	50% Existing technologies(BFBOF & Scrap-EAF)	**鉄鉱石還元の中での 比率
	B2. DRI鉄鉱石還元	1.06	H2-DRI 29% **	(1.8)	50% New breakthrough technologies(H2-DRI- EAF, BFBOF-CCU etc.)	
	B3. 電解等*鉄鉱石還元	0	13% ***	(0)		***鉄鉱石電気分解
製造コストアップ	ベース	-	-	1.4~2倍程度		
特記事項(政府への要請など)	-	-	-	欧州単独コストアップによる 不利益回避策を要請		
CO2排出量(億t-CO2/年)	-	23.5(2020) ⇒ 2.2(2050)	(12) (SD case, direct emissions)	2.1(2015)⇒-0.15(2050)		

Fit for 55：背景としての欧州グリーンディール

- 欧州グリーン・ディール（2019年12月）：欧州委員会によるコミュニケーションであり、**EUが2050年までに温室効果ガス排出量を実質ゼロとする「気候中立（climate neutrality）」を達成**すると共に、資源効率的で競争力ある経済を有する公平で豊かな社会へと移行するための**新しい成長戦略**が示されたもの。

- ・ EUの2030年および2050年の気候変動目標の厳格化
 - ・ 持続可能なスマート・モビリティへの転換の加速化
 - ・ 公平で健康的な環境に優しい食品システムの設計
 - ・ 生態系および生物多様性の保全と復元
 - ・ 有害物質のない環境を目指す汚染ゼロ目標
- ・ 手頃で安価なクリーンエネルギーの供給
- ・ クリーンで循環的な経済のための産業の動員
- ・ エネルギー・資源効率の良い建設と改修



- ・ 上記のうち、「EUの2030年および2050年の気候変動目標の厳格化」について：
 - 上記のうち、「2030年および2050年の気候変動目標の厳格化」において、**2050年の気候中立を達成するためには、2030年に1990年比50%~55%の削減目標が必要**（当初目標は1990年比40%削減）。
 - 既存の気候変動政策だけでは目標達成されないとして、EU-ETSの制度見直しを含む、更なる気候変動政策推進の必要性を提唱。

グリーンディールにおける気候変動関連の施策アクションプラン	各種動向現状
アクションプラン	2021年4月に気候法の規則に関する暫定合意。
2050年カーボンニュートラル目標に関する“気候法”の提案	2020年3月 → 2020年12月11日に欧州理事会55%削減で合意。
2030年の削減目標を最低▲50%、▲55%に向けた包括計画	2020年夏 → 2030年再エネ目標（域内全体32%）、バイオマスの持続可能性基準の見直しを予定。2020年11月コンサルテーション実施、2021年6月EU RED指令案公表予定。
EUETS指令、各国GHG削減目標規則、LULUCF規則、エネルギー効率指令、再生可能エネルギー指令（RED）、自動車CO2規制の改定	2021年6月 → 輸送用燃料含むエネルギー税のEU共通の最低税率を改定。インフレ、燃料のエネルギー量、温室効果ガス排出量を考慮したもの。2021年6月改正指令案公表予定。
エネルギー税制指令の改定提案	2021年
国境税調整に関する提案	2021年
気候変動に対する適応に係る新戦略	2020/2021年
	2021年7月：Fit for55としてEUETS改正含む18政策

Figure 1-15 (参考1) 欧州グリーンディールとFit for 55

欧州における炭素リーケージへの対応策として、国際競争条件の公平性、製造コストアップへの対応(負担問題、地域・国による差異問題)等に対応するため、EU-ETS free allocation (Benchmark 基準)、CBAM(Carbon Border Adjustment Mechanism) が制度構築されてきた。今回の提案では、2035年にかけてCBAMを導入することにより無償排出割当量を暫時削減・廃止をすることとしている。その場合、炭素リーケージにさらされている鉄鋼業などのセクターは、製鉄所の排出量に相当する二酸化炭素アロワンス(排出割当量)を政府からオークションで購入する必要があり、相応の経済負担を強いられるため、反対意見なども見られ今後の産業界や政府の動向が注目される。この中で、欧州に輸出する国々の企業もCBAM導入により、実質的な関税(国境税調整など)を課されることが想定されるため、国際的にも注目を集めている(Figure 1-16~Figure 1-18)。

2021年包括政策パッケージ(Fit for 55)について

Fit for55におけるEUETS改正案

■ EU-ETSの改正案ポイント

- ① 海運部門への拡大、陸上輸送・建物部門を対象とした新たな排出量取引制度
- ② ETS部門の目標引上げ(排出枠総量:ETS cap引下げ)(2005年比▲43%→▲61%)
- ③ 炭素国境調整措置の対象部門に対する無償割当の段階的削減
- ④ その他(市場安定化リザーブへの組み入れ量増加、基金拡充)

■ EU加盟国に対して、2023年中の法制化を要求

	現行	改正案
目標	<ul style="list-style-type: none"> ETS部門:2030年に2005年比▲43% ※EU全体は2030年に1990年比▲40% 	<ul style="list-style-type: none"> ETS部門:2030年に2005年比▲61% ※EU全体は2030年に1990年比▲55%
適用対象	<ul style="list-style-type: none"> 発電部門、産業部門の定置設備 航空部門(EU域内フライト) 	<ul style="list-style-type: none"> 海運部門を追加 陸上輸送、建物部門に新たな制度を適用 航空部門:ICAOがCORSIAのベースラインから2020年を除外することを決定した場合、EUETSを第三国との間の全てのフライトに適用
産業部門無償割当	<ul style="list-style-type: none"> カーボンリーケージリスク業種:ベンチマーク100%割当(5年毎に見直し、随時引下げ) その他業種:無償割当の比率を2013年の80%から2020年に30%に減少、2030年ゼロ 	<ul style="list-style-type: none"> 国境調整措置の対象セクターについて、2026年以降に無償割当を2035年にかけて漸減(毎年10%ずつ減少)
市場安定化リザーブ	<ul style="list-style-type: none"> 余剰排出枠が8.33億トンを超えた場合、2023年までは24%、2024年以降は12%を市場安定化リザーブに組み入れ 	<ul style="list-style-type: none"> 余剰排出枠が8.33億トンを超える場合はその差額を、10.96億ユーロを超える場合は24%の排出枠を市場安定化リザーブに組み入れ
オークション収入用途	<ul style="list-style-type: none"> イノベーション基金:450Mt-CO2 近代化基金:総排出枠の2% 	<ul style="list-style-type: none"> イノベ基金:650Mt-CO2(陸上輸送、建物部門の新制度を含む) 近代化基金:左記+2.5% 社会気候基金:陸上輸送・建物新制度収益の25%

Figure 1-16 (参考 2-1) 欧州の Fit for 55 における ETS 改正及び CBAM

補足1 Fit for 55 炭素国境調整措置（概要）

- カーボンリーケージを回避することを目的に、炭素国境調整措置（CBAM）を法提案。
- 対象セクターは、セメント、電気、肥料、鉄鋼、アルミ。
- EU域外から対象品を輸入する事業者は、同品目のCO2排出量1トンごとに「**CBAM証明書**（EU-ETS価格と連動）を購入しなければならない。2023年から適用予定。ただし、移行期間（2023年～2025年）は、報告義務のみ。
- 適用除外国（いわゆるホワイト国）は、アイスランド、リヒテンシュタイン、ノルウェー、スイス以外に、EU-ETSと完全に連結されていること等に合意した国（今後、委任法令で個別指定）。
- なお、CBAM対象セクターについては、EU-ETSの無償割り当てを段階的（年間10%ずつ）に削減し、2035年にゼロとする。

主な論点

WTO整合性の確保（米中等の第3国からの懸念への対応）

無償割り当て廃止についての産業界への影響

Figure 1-17（参考 2-2）欧州の Fit for 55 における ETS 改正及び CBAM

参考：CBAM（7月FF55案）

【開始時期】

- 2023～2025年は移行期間（**排出量・炭素価格の報告義務のみ**）、2026年～本格導入

【制度対象（対象物品が拡大され、間接排出にも適用される可能性あり）】

- 対象物品：**電力、セメント・クリンカー、化学肥料、鉄鋼製品、アルミ製品**
- 対象となる排出：発電・製造に係る**直接排出のみ**

【排出量の算定方法】

- 以下のいずれかによる。
 - 検証を受けた実績値を用いる
 - 輸出国の平均排出原単位を用いる
 - デフォルトの排出原単位を用いる（EU域内における下位10%平均）

【輸出者の義務】

- 輸出者は毎年5月末までに前年の排出実績に応じた CBAM Certificateの提出義務量を申告する。
 - 輸出元で炭素価格を支払った場合は、義務量を差し引くことができる（具体的方法は今後定める）。
 - 無償割当ての対象となっている製品は、**無償割当ての程度に応じて義務量を差し引く**（具体的方法は今後定める）。
- 輸出者は毎年5月末までにCBAM Certificateを購入し、義務量を提出する。
 - CBAM Certificateの価格はEUETSの市場価格により決定される。

【罰則】

- CBAM Certificateの不足分に対してEUETSと同等の罰則（**100ユーロ/t-CO2：2013年以降の消費者物価指数に応じて補正**）を適用。

【手続き】

- **Competent authority**に登録することで**CBAM certificate**を購入することが可能
- 毎年5月31日までに、前年の商品の数量とそれらの商品に付随する排出量を宣言
- 輸入品のGHG量に対応するCBAM certificateを償却
- 輸入品の生産において、すでに炭素に対して支払った価格を差し引くことが可能
- CBAM certificateを取引することはできないが、未使用のCBAM certificate返却は可能

Figure 1-18（参考 2-3）欧州の Fit for 55 における ETS 改正及び CBAM

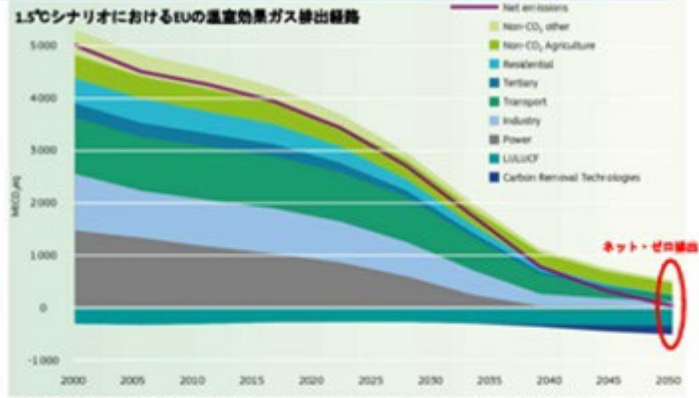
EU情勢概要

2020年8月
欧州連合日本政府代表部

EUの当面の主要課題 — 1 欧州グリーン・ディール European Green Deal (EGD) (4)

赤字：2030年関連、青字：2050年関連

- <これまでの経緯>**
- 2018春 ▲40%以上を実現する主要3指令の採択（ETS（排出量取引）・加盟国別目標（努力分担規則）・LULUCF（森林吸収））
 - 2018.06 ▲45%達成見込みと発表（現行施策が適切に実施された場合）
 - 2018.10 IPCC1.5°C特別報告書 → 若者を中心に「科学に従って」、「あと12年しかない」等の声
 - 2018.11 ▲80~100%の複数シナリオを発表。欧州委は▲100%を「必要であり、実現可能であり、欧州に利益をもたらす」として支持（右図）
 - 2019.05 欧州議会選挙等で緑の党ら環境政党躍進
 - 2019.07 フォンデアライエン機軸が「欧州グリーン・ディール」を公約：2050年気候中立目標と2030年目標の50~55%への引き上げ、公正な移行の確保、炭素国境調整税の導入等
 - 2019.12 欧州グリーン・ディール発表。欧州理事会が2050年気候中立目標を採択（ポーランドが「実施(implementation)」について保留）
 - 2020.01 2030年までに1兆ユーロ規模動員する欧州持続可能な投資計画を発表
 - 2020.03 欧州気候法案発表（①2050年気候中立目標を法制化、②2030~50年排出経路の設定、③2023年以降5年毎に進捗評価、④加盟国に対する勧告権）
 - 2020夏 ▲50~55%の計画案（影響評価(impact assessment)）、2030年産業構造が明確化
 - 2021.06 ▲50~55%のための主要指令改正案（ETS・努力分担・LULUCF・省エネ指令・再エネ指令・炭素国境調整措置）
 - 2021.11 気候変動枠組条約COP26（英グラスゴー）
- <今後の予定>**



- 欧州気候法案（3月4日発表）のポイント**
- 2050年気候中立目標に法的拘束力を持たせる
 - 欧州委が2030~50年排出経路・目標値設定（委任規定方式）
（委任規定=加盟国・議会は修正できず、拒否権のみ。）
 - パリ協定のグローバル・ストックテイク（各国野心の定期評価）と整合する、2023年以降5年毎の進捗評価
 - 欧州委に逸脱する加盟国への勧告権付与



「気候法によって、目的実現に焦点を定め、規律を保ち、経路から逸脱せず、説明責任を果たすことができる。」
「欧州気候法は国際的なパートナーへのメッセージでもある。今年パリ協定の目的実現に向けて地球全体で野心を共に向上すべき年」

ティーマーマンス 欧州委員会筆頭上級副委員長（欧州グリーン・ディール担当） 10

Figure 1-19（参考3）欧州グリーンディール概観

欧州気候法①

欧州委員会による原案

EUとして、2050年気候中立目標を法制化
道筋 (trajectory)

- 欧州委員会に対して、気候中立目標を達成するための道筋 (trajectory) を delegated act として採択する権限を付与
- パリ協定に基づくグローバル・ストックテイクから6か月以内に見直す

評価

- 欧州委員会が、5年に1度、EUレベルでの進捗を、trajectoryに照らして評価
- 欧州委員会が、5年に1度、EUおよび加盟国による取組みが、気候中立目標およびtrajectoryと整合しているかを評価
- 欧州委員会は、新規立法の際、気候中立目標とtrajectoryに照らした評価を実施

欧州気候法 (案) の構成

1. Subject matter and scope
2. Climate-neutrality objective
3. Trajectory for achieving climate neutrality
4. Adaptation to climate change
5. Assessment of Union progress and measures
6. Assessment of national measures
7. Common provisions on Commission assessment
8. Public participation
9. Exercise of the delegation
10. Amendments to Regulation (EU) 2018/1999
11. Entry into force

Figure 1-20 (参考 4) 欧州気候法

1.3.2 中国

中国は 2015 年の NDC 提出時には、「2030 年頃前後までに CO₂ 排出量をピークアウトし、できるだけ早い時期にこれを実現する」ことを発表した。その後、2020 年 9 月の国連総会で習近平国家主席は「2060 年までにカーボンニュートラルを実現する」ことを宣言した。中国は世界最大の CO₂ 排出国であると同時に、最大の鉄鋼生産国でもあり、鉄鋼業の低炭素化は重要課題の一つである。

近年では過剰生産能力を抑制するために、エネルギー効率の悪い鉄鋼製造設備の禁止、「地条鋼」と呼ばれる非効率な小規模企業の閉鎖等を打ち出し、生産能力削減に注力してきた。また重点エネルギー企業にエネルギー消費量や原単位の報告制度を義務付ける等、省エネ規制も導入してきた。2021 年 4 月には、中国鋼鉄鋳業協会が 2030 年までの CO₂ 排出量ピークアウト、2060 年までのカーボンニュートラルの達成に向けて、2021 年の粗鋼生産能力を抑え、減産することを発表した¹⁵。

2021 年 3 月に発表された「第 14 次五カ年計画」では、単位 GDP あたりのエネルギー消費量を 13.5%、単位 GDP あたりの CO₂ 排出量を 18%引き下げる目標を打ち出した (2021 年~2025 年の累計、2020 年比)。鉄鋼、非鉄金属、冶金、石油化学、設備製造、軽工業など重点業界において循環経済発展モデルを普及させることにも言及されている¹⁶。

また 2021 年には、電力部門を対象とした中国初の排出量取引市場が開設された。年

¹⁵ JETRO ウェブサイト <https://www.jetro.go.jp/biznews/2021/04/73a6ba690b90982d.html>

¹⁶ JETRO ウェブサイト <https://www.jetro.go.jp/biznews/2021/07/89bde6227de38353.html>

間 40 億トンの CO₂ が規制対象となる見込みで、炭素市場としては EU-ETS を抜き世界最大である。主要都市における鉄鋼企業の一部では 2013 年～2014 年にかけて試験的な炭素取引運用が行われており、鉄鋼業も将来的に炭素取引市場が正式に導入されることが見込まれることから、排出量の削減に向けた圧力が一層高まることが予想される。

<技術トレンド>

中国では、現時点でおよそ 9 割が高炉・転炉法を用いた製鉄が行われているが、長期的にスクラップを利用した電炉法の割合を増やしていく方針を打ち出しており、2025 年までに電炉鋼生産を倍増させる方針である (IEA 調査¹⁷)。この調査によれば、中国では政府主導の経済構造改革による粗鋼生産の減少が進行すると共に、2000 年代以降急速に国内に鉄鋼資源が蓄積したことから、将来的にスクラップの入手可能性が高い。原料におけるスクラップの割合は 2019 年の 25% から、2050 年には 50% に上昇することが予測されている (Figure 1-21)。また、パリ協定の達成可能性がより高い持続可能な開発シナリオ (SDS) においては、CCUS 付きの高炉法と水素を用いた直接還元電炉がほぼ同じ割合で導入され、一次鉄鋼生産能力の 3 分の 1 を占めるシナリオが提示されている。中国は低コスト再生可能エネルギーのポテンシャルに恵まれていることや、他の産業分野で CCUS の導入が進んでいること等が背景にある。

¹⁷ IEA(2020), Iron and Steel Technology Roadmap

Figure 2.10 Crude steel production by process route and scenario in major steel-producing regions

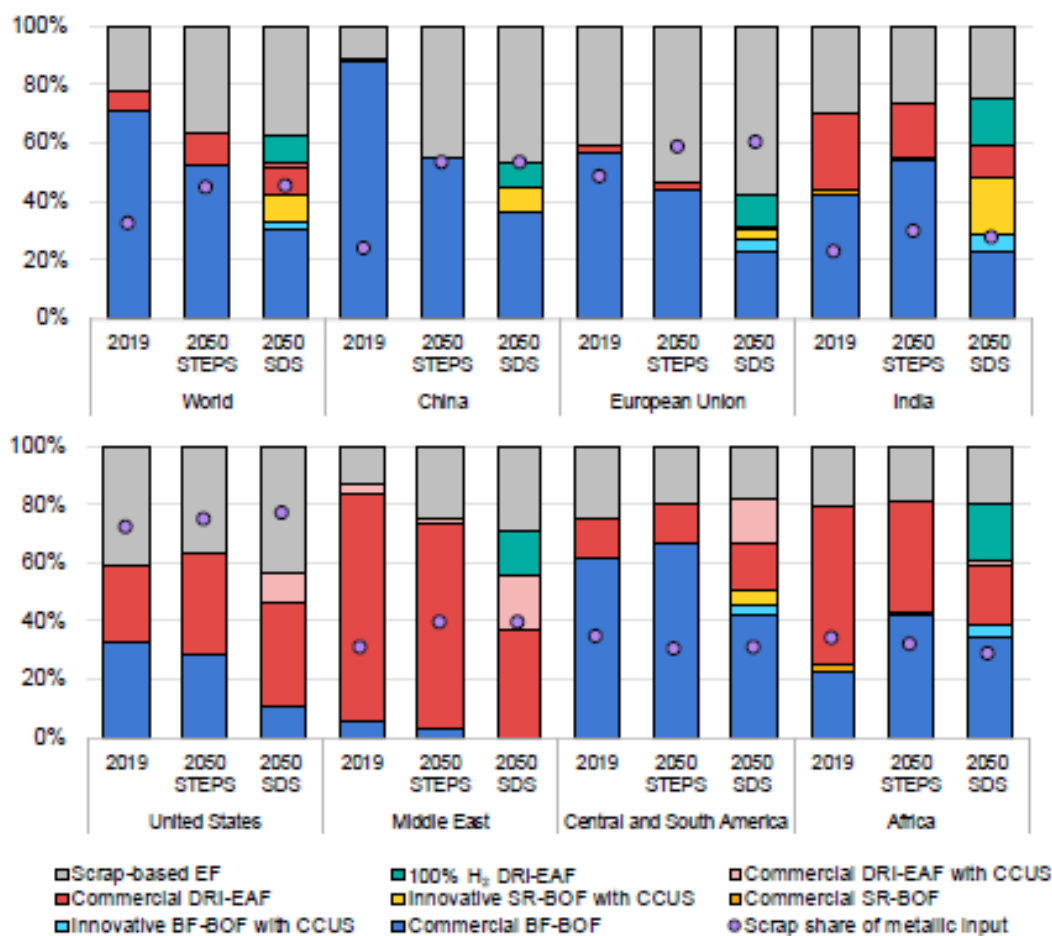


Figure 1-21 シナリオ別粗鋼製造プロセスルート

出典：IEA

<アライアンス>

世界でも最大規模の粗鋼生産量を誇る宝武鋼鉄集団は2019年末に Global Green Low Carbon Metallurgy Alliance を設立することを発表した¹⁸が、詳細は明らかになっていない¹⁸。2020年末、鉱業企業 BHP は宝武に最大 3500 万米ドルを投資し、世界の鉄鋼業界の温室効果ガス排出量削減に協働で取り組むことを目的とした覚書に署名した¹⁹。両社は Baowu-BHP Low Carbon Metallurgy Knowledge Sharing Center を設立し、国内及び世界の鉄鋼セクターのステークホルダーに対して低炭素でグリーンな技術開発に関する知見を発信するとしている。

18

<http://www.asianmetal.com/news/data/1519332/Baowu%20Steel%20Group%20actively%20integrating%20into%20the%20low-carbon%20transformation>

¹⁹ <https://www.bhp.com/news/media-centre/releases/2020/11/bhp-partners-with-china-baowu-to-address-the-challenges-of-climate-change>

1.3.3 各国・地域の公的機関、ドナー

アジア開発銀行（ADB）は 67 の加盟国（うち 48 国はアジア・太平洋地域）からなる国際開発金融機関である。「貧困のないアジア・太平洋地域」をビジョンとし、開発途上加盟国が貧困を削減し、人々の生活を向上できるように支援することを使命としている。ADB の主なパートナーは、政府、民間セクター、NGO、開発機関、地域社会組織および基金であり、ビジョンを達成するための主な手段は、融資、技術協力、グラント、保証、出資および政策対話である。公共セクターにおける対政府融資が融資の大半を占めるが、ADB は出資、保証と融資を通じて、開発途上国の民間企業に対しても直接支援を提供している。

ADB が鉄鋼の省エネ・省 CO₂ に関して支援したものには Table 1-10 がある。

中国の萊蕪鋼鉄集団有限公司の近代化・拡張プロジェクトは、現代技術の移転の促進、生産性の向上、エネルギー効率の改善、汚染物質の削減、生産拡大のための既存の鉄鋼生産能力と補助設備のバランス、経営・技術スキルの向上、優れた商業・ガバナンス慣行の導入を目的としたもので、成功したと評価されている。

ベトナムでは、「産業におけるエネルギー効率」に関するプロジェクト準備のための技術支援を提供することを ADB が承認していたが、2013 年時点の経済状況では、鉄鋼およびセメント産業でエネルギー効率の高い対策を試験的に実施するには適していないとベトナム政府が判断したうえ、技術協力承認の有効期限も 2013 年 7 月に失効してしまい、実現には至らなかった模様である。

ADB は、2008 年より、バングラデシュ、インド、インドネシア、中国、ベトナムなどの国々で、革新的技術である CCUS 導入のための制度的・技術的・経済的障壁を取り除くための技術支援を実施している。

Table 1-10 ADB の鉄鋼の省エネ・省 CO₂ に関連した支援例

時期	国	内容
1992 年～ 1999 年	中国	萊蕪鋼鉄集団有限公司（Laiwu Iron and Steel Company (LISC)）の近代化・拡張プロジェクト ²⁰ 。本プロジェクトは、現代技術の移転の促進、生産性の向上、エネルギー効率の改善、汚染物質の削減、生産拡大のための既存の鉄鋼生産能力と補助設備のバランス、経営・技術スキルの向上、優れた商業・ガバナンス慣行の導入を目的とした。1992 年、ADB は 1 億 3300 万ドルの多通貨ローンを承認した。本プロジェクトは、関連性、有効性、効率性、持続可能性、制度整備等の影響の基準に基づき、成功したと評価される。近代的な技術や効率的な製造プロセスを導入し、国際的な優良事業慣行に触れることで、LISC の鉄鋼生産の近代化・拡大という主目的を達成した。本プロジェクトの結果、転炉鋼工場の生産量は、鑑定時の年間 24 万トンから 2000 年には 687,000 トンに増加し、設計能力である年間 628,000 トンを

²⁰ PCR: PRC 21064, PROJECT COMPLETION REPORT ON THE LAIWU IRON AND STEEL COMPANY MODERNIZATION AND EXPANSION PROJECT (Loan 1162-PRC) IN THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA, September 2001

時期	国	内容
		大きく上回った。また、LISCの鉄鋼生産量も84万トン/年から220万トン/年以上に増加している。本プロジェクトでは、転炉鋼工場の自動化・増産による労働生産性の向上と、先進技術の導入や近代的な管理システムの導入、LISCの持ち株会社化による生産コストの削減が図られ、LISCの競争力が強化された。プロジェクトで発生した廃水を処理するために、近代的な統合廃水処理・リサイクルプラントが建設する等、汚染防止という目的を達成した。
2011年 ※技術協力承認の有効期限失効	ベトナム	<p>2011年12月2日、ADBは、ベトナム政府に対し、800,000ドル相当を超えない金額で、「産業におけるエネルギー効率」に関するプロジェクト準備のための技術支援を提供することを承認した。</p> <p>地域経済の低迷を受けて、ベトナム政府は支援対象となる優先プログラムおよびプロジェクトのリストから、高い在庫水準と販売量の低下を記録していた鉄鋼およびセメント部門を除外した。</p> <p>さらに、技術協力(TA)承認後、政府はTAの実行機関を財務省から産業貿易省(MOIT)に変更することを決定した。TA実施体制の変更の検討と優先的支援の対象となるセクターを再評価するために、ADBはTAの有効期間を2012年12月1日から2013年6月1日までの6ヶ月間延長したが、MOITは、現在の経済状況では、鉄鋼およびセメント産業でエネルギー効率の高い対策を試験的に実施するには適していないことを再確認した。</p> <p>最終的に、2013年7月16日、ADBはベトナム国家銀行に対し、TA承認の有効期限が2013年6月1日に失効したことを正式に通知した。²¹</p>
2008年～	バングラデシュ、インド、インドネシア、中国、ベトナムなど	<p>ADBは、CCUS導入のための制度的・技術的・経済的障壁を取り除くための技術支援を実施しており、CCUSセンター・オブ・エクセレンスの設立、フィージビリティ・スタディやパイロットプロジェクトの支援、ワークショップやナレッジ・プロダクトを通じたCCUSの認知度の向上、地域や国際的なパートナーとのCCUSに関する協力関係の促進などを行ってきた。²²</p>

欧州復興開発銀行(EBRD)は、中東欧諸国における市場指向型経済への移行並びに民間及び企業家の自発的活動を支援するため、1991年に設立され、中東欧の旧社会主義国及び旧ソ連構成国等において、市場経済化・民営化を進めるための民間部門に対する投融資及び技術支援等を中心に業務を行っている。EBRDが鉄鋼の省

²¹ Project Number: 41436, PPTA Number: 7942-VIE. August 2013, "Viet Nam: Energy Efficiency in the Industry"

²² Project Number: 48282-001, Technical Assistance Number: 8714, August 2019, "REG: Promoting Carbon Capture and Storage in the People's Republic of China and Indonesia, Background Study on CCUS Readiness in Power, Iron and Steel, Cement and Petroleum Sectors"

エネ・省 CO₂ に関して支援したものには Table 1-11 がある。

EBRD の Sustainable Energy Finance Facility (SEFF) では、EBRD が銀行などの地域金融機関とパートナーシップを組み、持続可能なエネルギーファイナンスのルートを確立しており、エネルギー効率と小規模再生可能エネルギーという 2 つの主要分野に対して融資が行われる。また、SEFF では資金提供に加えて、国内外の専門家で構成される「プロジェクト実施チーム」を設置し、参加する地域金融機関やその顧客をサポートしている。

また、EBRD は、2010 年にトルコにおいて the Turkish Sustainable Energy Financing Facility (TurSEFF) を立上げ、トルコの持続可能エネルギー市場に参入している²³。EBRD は、自己資金に加え、the Clean Technology Fund (CTF) や EU からの資金を活用して、トルコの手銀行 5 行 (Akbank, Denizbank, Garantibank, Isbank, Vakifbank) の持続可能エネルギー向け融資商品の開発、プロジェクトパイプラインの構築、融資要請の審査、プロジェクトの実施状況の検証などを支援した。2010 年 6 月から 2013 年 1 月までの間に、TurSEFF を通じて 4 億 5,000 万米ドル以上が持続可能なエネルギープロジェクトに投資され、年間 650,000 トンの CO₂ 排出を抑制した。また、エネルギー効率化と再生可能エネルギープロジェクトにより、それぞれ年間約 1.5TWh と約 1.15TWh を節約した。さらに、参加したトルコの銀行と EBRD が一緒になって、持続可能なエネルギー金融のための強力なブランドを作り、より大きなプロジェクトへの融資のための新たなパートナーシップを構築するという持続的な関係を築いている。

Table 1-11 EBRD の鉄鋼の省エネ・省 CO₂ に関連した支援例

時期	国	内容
2021 年	トルコ ²⁴	トルコの鉄鋼、セメント、ガラス、セラミックス、プラスチック産業は EU の CBAM の影響を受ける可能性がある。EBRD は、トルコの対 EU 輸出業者にとっての金銭的な影響や移行期のリスクについて十分な情報を得た上での議論を促進するため、トルコ環境都市省による影響評価調査を支援している (研究結果は、2021 年半ばまでに得られる予定)。EBRD の Mid-size Sustainable Energy Financing Facility (MidSEFF) 炭素市場開発支援プログラムは、3 つのレベルの支援を提供。①国家レベルでは、政策対話を実施し、CBAM の影響についてトルコ政府に助言することを含め、国内および国際炭素市場への主権者および民間セクターの参加をさらに高めることができるイニシアチブを促進することによって、トルコの炭素市場開発を支援し、②銀行レベルでは、トルコの銀行が炭素市場サービスを開発するのを支援し、③プロジェクトレベルでは、炭素資産開発プロセスを支援しており、MidSEFF で融資を受けた再生可能エネルギーおよびエネルギー効率化プロジェクトのうち、カーボンファイナンス

²³ https://c2e2.unepdtu.org/kms_object/turkish-sustainable-energy-financing-facility-turseff/

²⁴ <https://www.ebrd.com/news/2021/turkey-and-europes-planned-carbon-border-tax-.html>

時期	国	内容
		の対象となるプロジェクトに対して技術支援を行っている。
2016年	ポーランド ²⁵	EBRDは、TAMEH Polska sp. z o.o.が所有するクラクフのアルセロールミタル製鉄所内の熱電併給プラントをガス焼きに転換するために、3億2,000万PLN（7,500万ユーロ相当）を上限とする長期融資を行う。石炭からガスへの転換により、温室効果ガスの排出量を毎年最大20万トン削減し、2018年秋にポーランドで施行される「産業用排出物指令」に起因する欧州連合（EU）の環境要件に適合させることが期待された。
2015年	トルコ ²⁶	EBRDはトルコ鉄鋼業界の効率化を推進しており、ErdemirおよびIsdemirに対し、7,500万ユーロの融資を行った。融資資金は、2つの製鉄所での、TRT（高炉炉頂圧発電機）の投資等の一連のエネルギー効率改善策の実施に使用され、温室効果ガスの排出とエネルギーコストの大幅な削減につながるとしている。また、①産業競争力の重要な源泉としてのエネルギー・資源効率に対するErdemir社の統合的アプローチを、他のトルコの鉄鋼メーカーや産業プレーヤーに実証する、②EBRDがトルコのエネルギー・天然資源省と共同で主導している「国家エネルギー効率行動計画」策定のための広範な政策努力の一環として、トルコの鉄鋼セクターにおけるエネルギー効率の戦略的優先事項の定義にErdemir社が貢献するという効果も期待されている。
2015年	スロベニア ²⁷	EBRDは、スロベニア最大の特殊鋼メーカーであるSIJ-Slovenska Industrija Jekla d.d.が発行する債券に850万ユーロを出資し、スロベニアの鉄鋼部門の近代化を支援。エネルギーおよび水の消費量を削減することを目的として、AODの設置などを実施。
2009年	ロシア ²⁸	EBRDは、NLMK (Novolipetsk Metallurgical Company) が、ロシアや国際的な専門家の支援を受けて策定する包括的なエネルギー効率化プログラム（EEP）への融資を検討。EEPは、①エネルギー使用量および関連コストの削減、②温室効果ガスの排出量削減、③生産品質の向上を目的とする。EEPのために、EBRDはNLMKに対して1億2500万ユーロの融資を行い、資金は新たな熱電供給設備の建設、一部の高炉へのPCI（pulverised coal injection）の導入、全ての高炉へのガスタービン拡張ユニットの建設、転炉ガス回収システムの建設等に使用。また、技術協力として、NLMKでエネルギーレビューを実施。
2006年	ウクライナ	EBRDは、電炉メーカーであるISTILに対して4,000万米ドルの運転資金リボルビングローンと4,500万米ドルのターム

²⁵ <https://www.ebrd.com/news/2016/ebd-finances-conversion-of-tameh-power-plant-in-krakw.html>

²⁶ <https://www.ebrd.com/news/2016/ebd-supports-turkeys-largest-steelmaker-erdemir-group-in-best-use-of-resources.html>

²⁷ <https://www.ebrd.com/news/2015/ebd-supports-investments-in-slovenian-steel-sector.html>

²⁸ <https://www.ebrd.com/work-with-us/projects/psd/nlmc-.html>

時期	国	内容
	ナ ²⁹	ローンの融資を提案。リボルビングローンは生産量の増加に伴う運転資金として、タームローンは高付加価値製品のためのコスト・エネルギー効率や品質管理の改善に必要な設備投資や、既存の債務の再構築に必要な資金として使用される。新技術の投資により、エネルギー効率が大幅に改善され、2012年までにGHG削減量は30万トンCO ₂ と期待される。

1.4 本邦製鉄産業の低・脱炭素化に係る支援政策・制度、企業等の技術開発の現状及び今後の見通し

1.4.1 省エネ政策と鉄鋼業の実績

わが国では、1970年代の二度にわたる石油ショックを契機に、省エネルギーに関する関心が高まり、産業部門での省エネを加速度的に推進することとなった。その結果、Figure 1-22に示すように日本のエネルギー消費効率（一次エネルギー供給/実質GDPを日本=1として換算）は世界トップクラスとなっている。

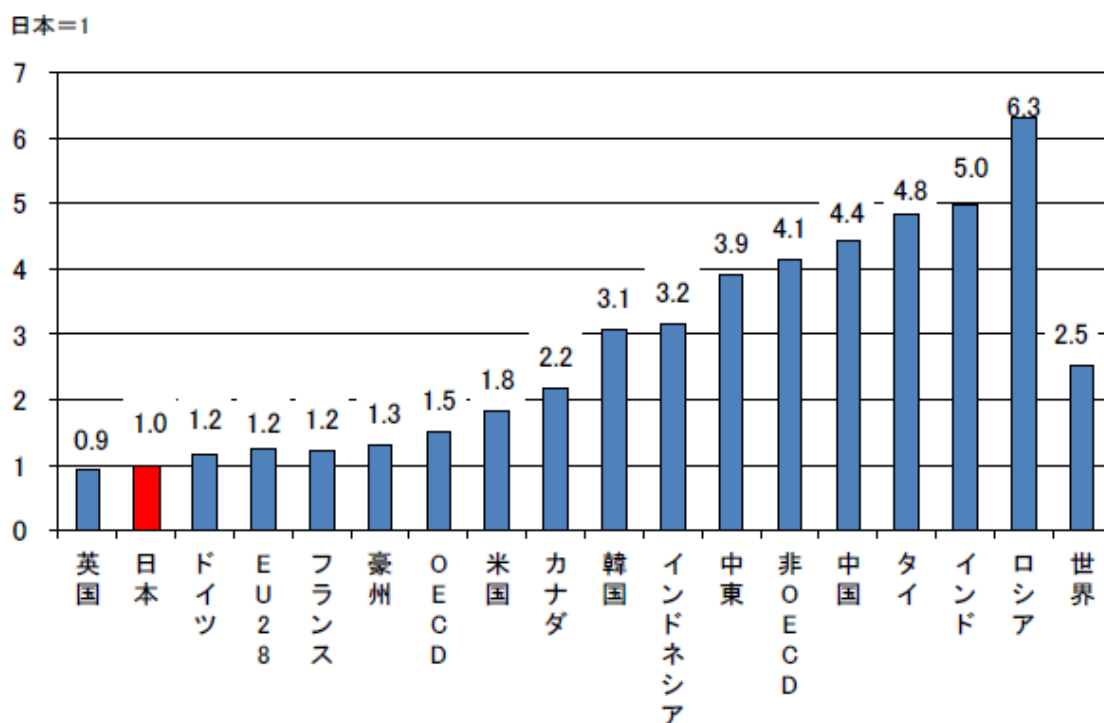


Figure 1-22 エネルギー消費効率の各国比較(2016年)

出典：https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/pdf/nihon_shouene_seisaku.pdf

政府は、事業者へ適切な省エネ取組の実施を義務付けるため、「エネルギーの使用の合理化等に関する法律（省エネ法）」を1979年に制定した。この法の下、工場などの設置者、輸送事業者・荷主に対して、設備管理の基準やエネルギー消費効率改善目

²⁹ <https://www.ebrd.com/work-with-us/projects/psd/istil-restructuring.html>

標（年 1%）を示すと共に、一定規模以上の事業者にはエネルギーの使用状況等を報告させ、取り組みが著しく不十分であれば、国による指導や立ち入り検査、支持、公表、命令、罰則が課される。このような法制度の貢献もあり、日本が Figure 1-22 に示したように省エネ先進国となり得たといえるが、鉄鋼業においても 1970 年代以降、積極的な設備投資により大幅な省エネを達成してきている。Figure 1-23 に、鉄鋼業における省エネ・環境保全に関する累計投資額を示す。

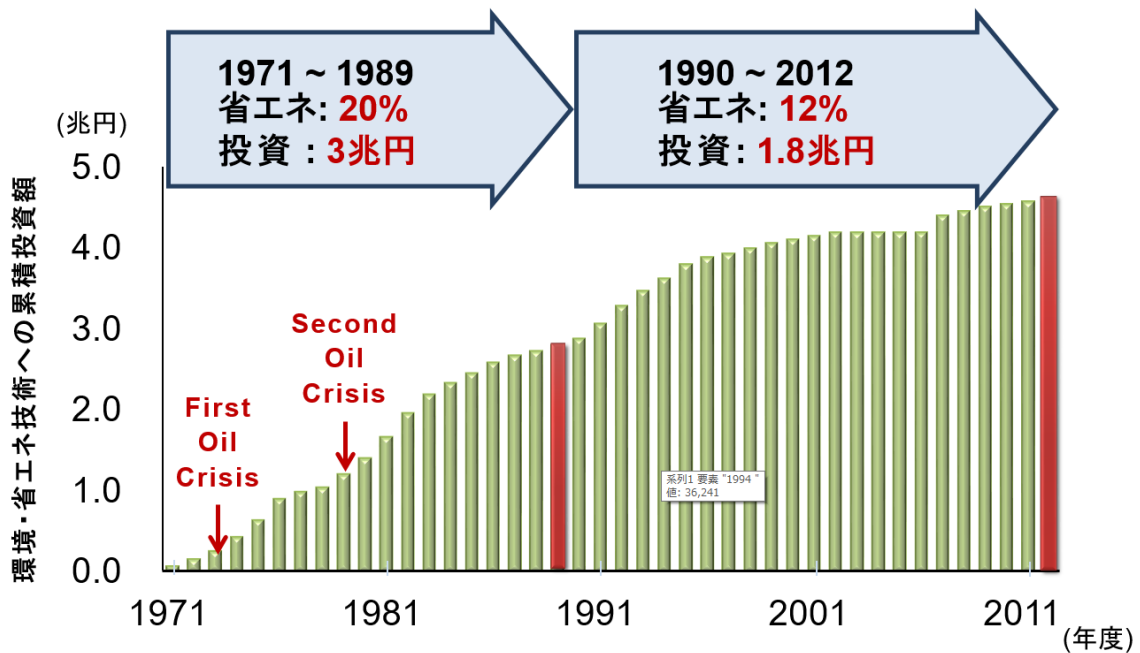


Figure 1-23 日本鉄鋼業における環境・省エネ技術への累積投資額推移

出典：日本鉄鋼連盟 国際環境委員会資料

省エネ設備投資に対する政府からの補助金も活用して、1971年から1989年の間には3兆円規模の投資を行い20%の省エネを達成し、また1990年～2012年には約2兆円の投資を実行、12%の省エネを実現した。

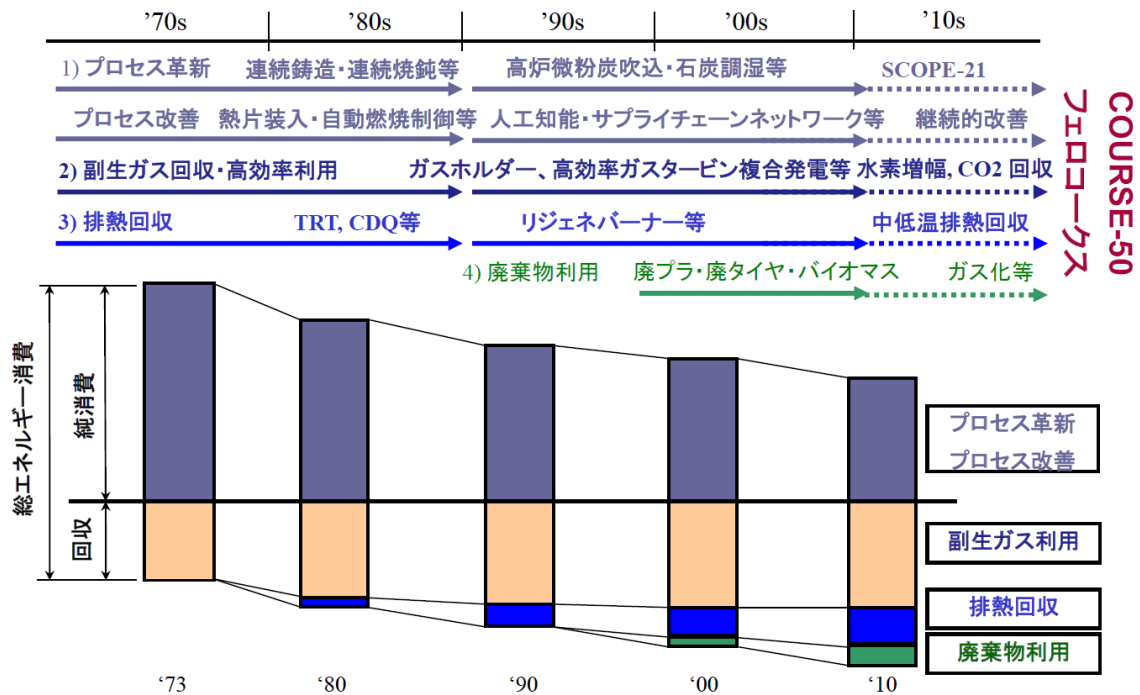


Figure 1-24 日本鉄鋼業における省エネルギーへの取組の推移

出典 : https://www.jisf.or.jp/business/ondanka/kouken/keikaku/documents/2021_tekkouwg_1.pdf

Figure 1-24 に我が国鉄鋼業における省エネルギーの取組推移を示す。この図からわかるように、日本国鉄鋼業はエネルギー回収を積極的に進めることでエネルギーの純消費を極限まで低減し、世界最高水準の鉄鋼製造における低エネルギー原単位を達成すると共に、各種省エネ技術を蓄積しつつ磨きをかけ、その展開を図ってきた。

2018年、地球環境産業技術研究機構(RITE)により鉄鋼業(転炉鋼・電炉鋼)のエネルギー効率の国際比較に関するレポートが発表された。過去、2005年、2010年にも同様のレポートが発表されたが、引き続き、2015年も日本鉄鋼業が世界最高水準のエネルギー効率を堅持しているということが明らかになった (Figure 1-25)。我が国鉄鋼業の省エネルギーに対する不断の努力の結果と言える。

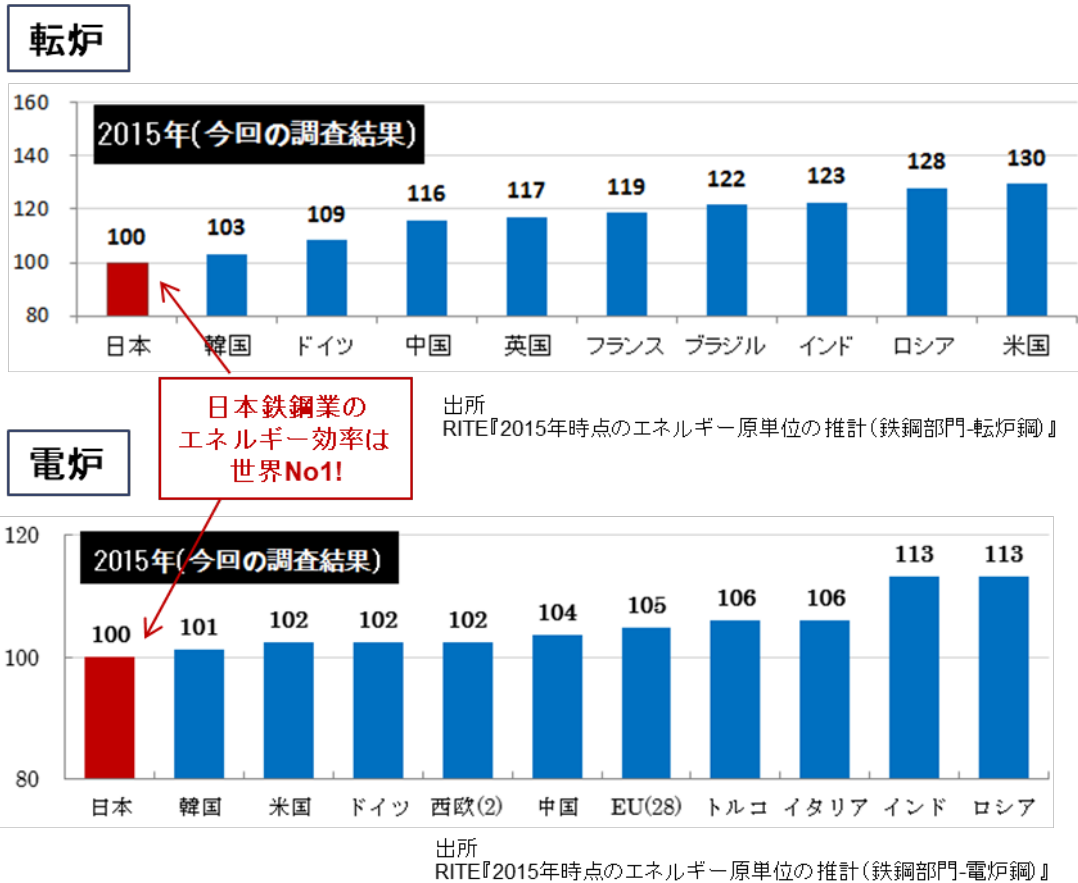


Figure 1-25 世界の鉄鋼業のエネルギー効率比較 (2015年、日本=100)

以上述べたように、日本の省エネ技術は世界最高レベルにあるが、日本の鉄鋼業界では日本鉄鋼連盟・国際環境戦略委員会を中心として、この優れた省エネ技術を主に途上国へ移転することでグローバルにCO₂排出削減、省エネを進める活動(エコソリューション活動)を展開してきた。エコソリューション活動においては、①現地製鉄所の設備のエネルギー効率を評価し、省エネに資する技術提案を行う「製鉄所省エネ診断」、②鉄鋼に係る専門家、政府関係者が参加し、企業の交流の促進及び省エネ技術の移転に関する政策提言を目的とする「官民会合」、③各国・地域向けの推奨技術集「技術カスタマイズドリフト」が協力の三本柱に位置付けてられてきた。

日本鉄鋼業の省エネ国際協力



Figure 1-26 日本鉄鋼連盟・国際環境戦略委員会によるエコソリューション活動

出典：日本鉄鋼連盟

エコソリューション活動の柱の一つに位置付けられる技術カスタマイズドリフト (TCL: Technologies Customized List) は、各国のニーズに合わせた BAT (Best Available Technologies) を集めた省エネ、環境設備リストである (Figure 1-26)。現在までに、インド向け、アセアン向けの2種類を整備しており、定期的に内容の見直しを行っているが、インド、アセアン各国で製鉄所省エネ診断を行う際にはこの中から各製鉄所に推奨技術を選出して提案するなどして活用している。

TCL の中では、推奨技術の一覧表を掲載すると共に、各技術の詳細解説を1ページ毎に記載した一件一葉シートと呼ばれるパートを設け、巻末にはサプライヤーの連絡先情報一覧を載せており、TCL にて技術内容の検討を行い、興味を持った技術があれば、途上国の顧客が設備メーカーに直接問い合わせることまで可能となっている (Figure 1-27)。また電力・エネルギー価格や、CO₂ 排出係数など、国ごとに異なる要素を勘案した投資回収年数、CO₂ 排出削減量などを示している。

技術カスタマイズドリストは、各国・地域向けの推奨技術(省エネ・環境保全・リサイクル分野)の情報を記載した技術集。これまでインド、アセアン向けに策定済み。



鉄連TCLの紹介ページ

<http://www.jsif.or.jp/en/activity/climate/Technologies/index.html>

Figure 1-27 技術カスタマイズドリスト

出典：日本鉄鋼連盟 国際環境委員会資料

**ASEAN版技術カスタマイズドリストは
66技術の詳細な情報とサプライヤー情報が掲載**



鉄連TCLの紹介ページ：<http://www.jsif.or.jp/en/activity/climate/Technologies/index.html>

Figure 1-28 技術カスタマイズドリストの詳細

出典：日本鉄鋼連盟 国際環境委員会資料

2020年には、過去に製鉄所省エネ診断を実施したインドの高炉製鉄所に対して、TCLから選出し推奨した設備が実際に導入されたか、また導入されていない場合にはどのような理由があるのかのフォローアップ調査を行った。結果をTable 1-12に示す。○が診断後採用済み、△が計画中、×が現在導入予定無である。空欄は、対象

設備無または既導入である。

Table 1-12 インド高炉製鉄所における TCL 掲載技術の導入状況調査まとめ

○：採用済み △：計画中 ×：予定無

No.	Title of Technology	国営					民営				結果総括	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	採用数/提案数	計画数/提案数
A-1	Sinter Plant Heat Recovery (Steam Recovery from Sinter Cooler Waste Heat)	○				△		×		×	1/4	1/4
A-2	Sinter Plant Heat Recovery (Power Generation from Sinter Cooler Waste Heat)		×	△	△		△		△		0/5	4/5
A-3	High Efficient (COG) Burner in Ignition Furnace for Sinter Plant	△	×			×			○		1/4	1/4
A-4	Coke Dry Quenching (CDQ)	○	○	△	△		○			×	3/6	2/6
A-5	Coal Moisture Control (CMC)											
A-6	Top Pressure Recovery Turbine (TRT)		○	×			○	○	△	○	4/6	1/6
A-7	Pulverized Coal Injection (PCI) System											
A-8	Hot Stove Waste Heat Recovery	○	○			○					3/3	0/3
A-9	Converter Gas Recovery Device			△				○		×	1/3	1/3
A-10	Converter Gas Sensible Heat Recovery Device	○	×	△	×	×	△				1/6	2/6
A-11	Ecological and Economical Arc Furnace											
A-12	Waste Heat Recovery from EAF								△	△	0/2	2/2
A-13	Rotary Hearth Furnace (RHF) Dust Recycling System											
A-14	Inverter (VVVF; Variable Voltage Valuable Frequency) Drive for Motors											
A-15	Regenerative Burner Total System for reheating furnace		×							○	1/2	0/2
A-16	Energy Monitoring and Management Systems											
A-17	Cogeneration (include Gas Turbine Combined Cycle (GTCC))	×									0/1	0/1
A-18	Management of Compressed Air Delivery Pressure Optimization											
A-19	Power Recovery by Installation of Steam Turbine in Steam Pressure Reducing Line											
結果総括	採用数/提案数	32.0%					41.2%				35.7%	
	計画数/提案数	32.0%					35.3%				33.3%	

全体として、診断時推奨技術の 36%が導入済み、33%が導入検討中であった。国営と民営では、採用済み、計画中ともに民営が高く、民営の省エネ投資意欲が高いことが示唆された。技術的には、費用対効果が高い CDQ や TRT の導入率が高かった。設備導入に至らない理由は、資金面でフィージブルでない、資金が不足しているという理由が多かった。その他、サプライヤーの協力が不足している、他の設備導入により不要になった等の理由もあった。また、設備導入による CO₂ 削減量は、採用設備で、1,845 千トン/年、計画設備で 1,645 千トン/年、合計 3,290 千トン/年と見積もら

れた。採用設備では、CDQ[No. A-4] (911千トン/年)、TRT[No. A-6] (421千トン/年)、計画設備では、電炉排熱回収[No. A-12] (585千トン/年)、CDQ[No. A-4] (388千トン/年 CO₂) のCO₂削減量が大きかった。本フォローアップ調査によって、日本の鉄鋼業界が推進してきた優れた省エネ技術の途上国への移転とそれによるCO₂排出削減の成果の一端が示された。

1.4.2 グリーン成長戦略

1.1 で述べたように、以上のような TCL にあるような BAT の主に途上国での普及は、足元 10~20 年の間には脱炭素化に向けて非常に有効な方法であることは論を待たないが、完全なカーボンニュートラル (CN) を目指す上では、先進国が中心となり革新的技術開発を鋭意進めていくことが肝要である。

ここ数年、世界全体が今世紀半ばに CN を目指すというトレンドが一気に世界共通のコンセンサスとなり、大きなうねりとなり押し寄せている。即ち、もはや、温暖化への対応を、経済成長の制約やコストとする時代は終わり、国際的にも成長の機会と捉える時代に突入していると言え、我が国政府が掲げる「グリーン成長戦略」は、従来の発想を転換し、積極的に対策を行うことが、産業構造や社会経済の変革をもたらし、次なる大きな成長につながるという「経済と環境の好循環」を作り出す産業政策と捉えられている。

この戦略の中では、2050 年に向けて成長が期待される 14 の重要産業分野において高い目標を設定し、予算、税、金融、規制改革・標準化、国際連携といったあらゆる政策を総動員するものとなっている (Figure 1-28、Figure 1-29)。



Figure 1-29 成長が期待される 14 の重要産業分野

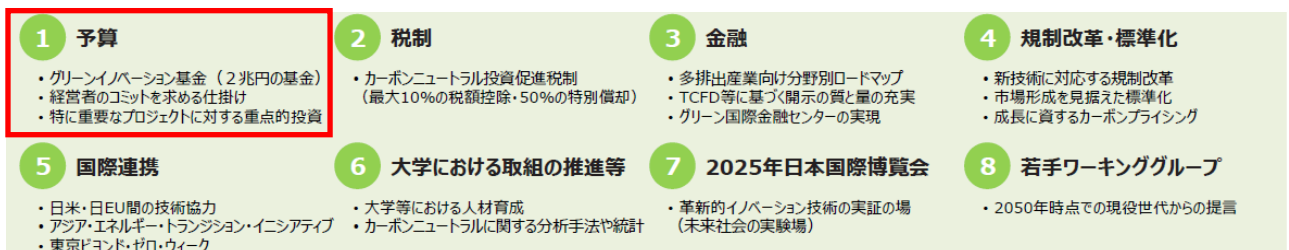


Figure 1-30 グリーン成長戦略をサポートする政策

1.4.3 グリーンイノベーション基金

上記のグリーン成長戦略の中で、各要素を成す技術開発を補助する原資となる予算は、以下に述べるグリーンイノベーション（GI）基金を創設して対応することになっている。因みに、このGI基金は、2030年までに2兆円の拠出を可能とする規模であり、後述するように18のプロジェクトからなる。Table 1-13に、グリーン成長戦略で位置づけられた14の重要分野とGI基金のプロジェクト番号との関係を示す。

Table 1-13 グリーン成長戦略における重要分野とグリーンイノベーション(GI)プロジェクトとの関係

グリーン成長戦略における14の重要産業分野		GIプロジェクト番号
1	次世代再生可能エネルギー産業	①、②
2	水素・燃料アンモニア産業	③、④、⑥
3	次世代熱エネルギー産業	⑧
4	原子力産業	—
5	次世代自動車・蓄電池産業	⑫、⑬、⑭
6	半導体・情報通信産業	⑮
7	船舶産業	⑰
8	物流・人流・土木インフラ産業	—
9	食料・農林水産産業	⑱
10	航空機産業	⑲
11	カーボンリサイクル・マテリアル産業	⑤、⑦、⑧、⑨、⑪
12	住宅・建築物・次世代電力マネジメント産業	—
13	資源循環関連産業	⑩
14	ライフスタイル関連産業	—

(1) GI基金の趣旨

GI基金の趣旨を以下に示す。

- ✓ 2050年CNは極めて困難な課題であり、これまで以上に野心的なイノベーションへの挑戦が必要である。特に重要なプロジェクトについては、官民で野心的かつ具体的目標を共有した上で、目標達成に挑戦することをコミットした企業に対して、技術開発から実証・社会実装まで一気通貫で支援を実施するために、NEDOに2兆円の「グリーンイノベーション基金」を創生する。
- ✓ CN社会に不可欠で、産業競争力の基盤となる重点分野について、本戦略の実行計画を踏まえ、意欲的な2030年目標を設定（性能・導入量・価格・CO₂削減率等）し、そのターゲットへのコミットメントを示す企業による野心的な研究開発を、今後10年間、継続して支援をするものである。
- ✓ 基金を効率的・効果的に活用するため、今般グリーンイノベーションプロジェクト部会を設置し、基金事業全体を管理・運営するための基本方針を議論するほか、基金を用いて実施する研究開発プロジェクト全体の進捗状況を確認することとする。
- ✓ プロジェクト実施企業は、採択時に、経営トップのコミットメントの下、当該

分野における長期的な事業戦略ビジョン（10年間のイノベーション計画や経営者直結チーム組成等）を提出するものとする。

- ✓ 経営者自身に対しても、経営課題として粘り強く取り組むことへのコミットメントを明確化させ、プロジェクト成功のための議論をする場への定期的な参画を求める。
- ✓ 経営課題としての取組が不十分である場合の事業中止や委託費の一部返還、目標の達成度に応じて国がより多く負担するインセンティブ措置等の仕組みを導入する。

(2) GIプロジェクト

現在の18分野でのGIプロジェクトを以下に列記する（鉄鋼製造関連技術開発は⑤に包含される）。

- ① 洋上風力発電の低コスト化
- ② 次世代型太陽電池の開発
- ③ 大規模水素サプライチェーンの構築
- ④ 再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造
- ⑤ 製鉄プロセスにおける水素活用
- ⑥ 燃料アンモニアサプライチェーンの構築
- ⑦ CO₂等を用いたプラスチック原料製造技術開発
- ⑧ CO₂等を用いた燃料製造技術開発
- ⑨ CO₂を用いたコンクリート等製造技術開発
- ⑩ CO₂の分離・回収等技術開発
- ⑪ 廃棄物処理のCO₂削減技術開発
- ⑫ 次世代蓄電池・次世代モータの開発
- ⑬ 電動車等省エネ化のための車載コンピューティング・シミュレーション技術の開発
- ⑭ スマートモビリティ社会の構築
- ⑮ 次世代デジタルインフラの構築
- ⑯ 次世代航空機の開発
- ⑰ 次世代船舶の開発
- ⑱ 食料・農林水産業のCO₂削減・吸収技術の開発

(3) 産構審グリーンイノベーションプロジェクト部会

2兆円に及ぶ基金の効率的・効果的活用を目的に、産構審にGIプロジェクト部会を設置することとなった。この部会は3つのワーキンググループ（WG）から構成され、基金事業全体を管理・運営するための基本方針議論、研究開発プロジェクト進捗状況を確認するものである。Figure 1-30に、本GIプロジェクト部会の構成を示す。

産構審グリーンイノベーションプロジェクト部会 座長：益 一哉 東工大学長

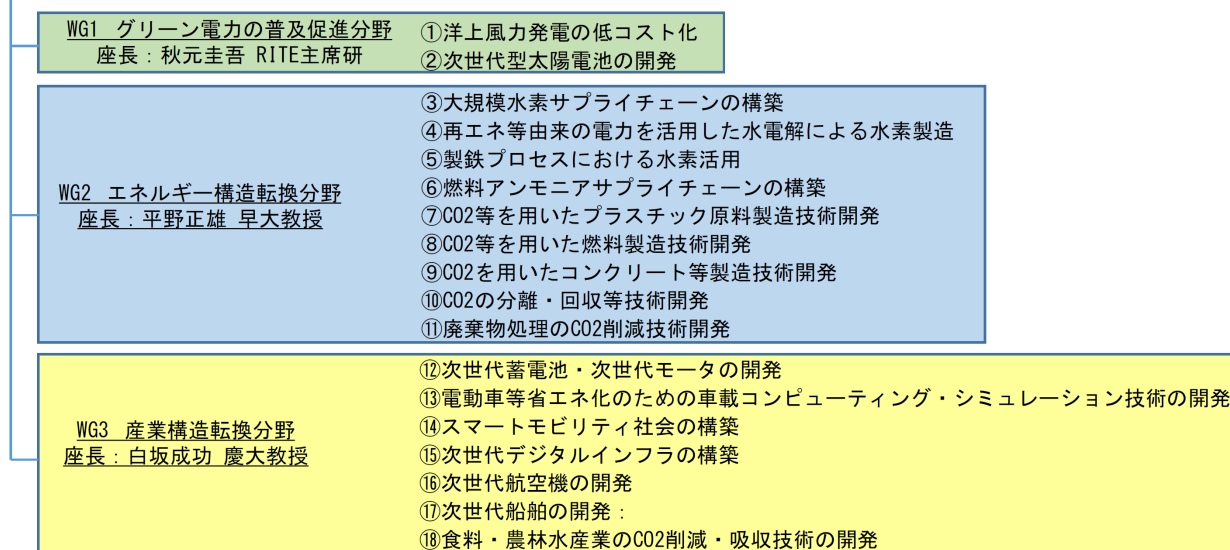


Figure 1-31 産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会

出典：https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/index.html を基に NSRI にて作成

現時点での、産構審グリーンイノベーションプロジェクト部会の委員と開催状況は下記の通りである。

- (座長) 益 一哉 東京工業大学 学長
- (委員) 伊藤元重 東京大学名誉教授・学習院大学国際社会科学部教授
 大野英男 東北大学総長
 國部 毅 株式会社三井住友フィナンシャルグループ取締役会長
 栗原美津枝 株式会社価値総合研究所代表取締役会長
 関根 泰 早稲田大学理工学術院教授
 玉城絵美 H2L株式会社創業者・早稲田大学准教授
 南場智子 株式会社ディー・エヌ・エー 代表取締役会長
 宮島香澄 日本テレビ放送網(株) 報道局解説委員

開催状況：2021年2月22日 第1回

2021年3月4日 第2回

2021年4月6日 第3回

2021年8月17日 第4回

2021年9月17日 第5回

2021年12月14日 第6回

1.4.4 技術開発の現状並びに今後の見通し

(1) COURSE50 プロジェクト

旧（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構（現在は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構に改称）（NEDO）は、2008年度より製鉄プロセスにおけるCO₂削減を実現するための“環境調和型プロセス技術開発：略称 COURSE50 プロジェクト”を実施している³⁰。このプロジェクトは、コークス製造時に発生する高温のコークス炉ガス（COG）に含まれる水素を増幅し、コークスの一部代替に当該水素を用いて鉄鉱石を還元する技術（高炉からのCO₂排出削減技術）および、製鉄所内の未利用排熱を活用した高炉ガス（BFG）からCO₂を分離するCO₂分離回収技術（高炉からのCO₂分離回収技術）で構成される、鉄鋼業のCO₂排出量の約3割削減に資する革新技術の開発³¹である（水素活用によるCO₂削減：10%、CO₂分離回収によるCO₂削減：20%）。

本プロジェクトの研究開発の概念と開発スケジュールを Figure 1-31 に示す。

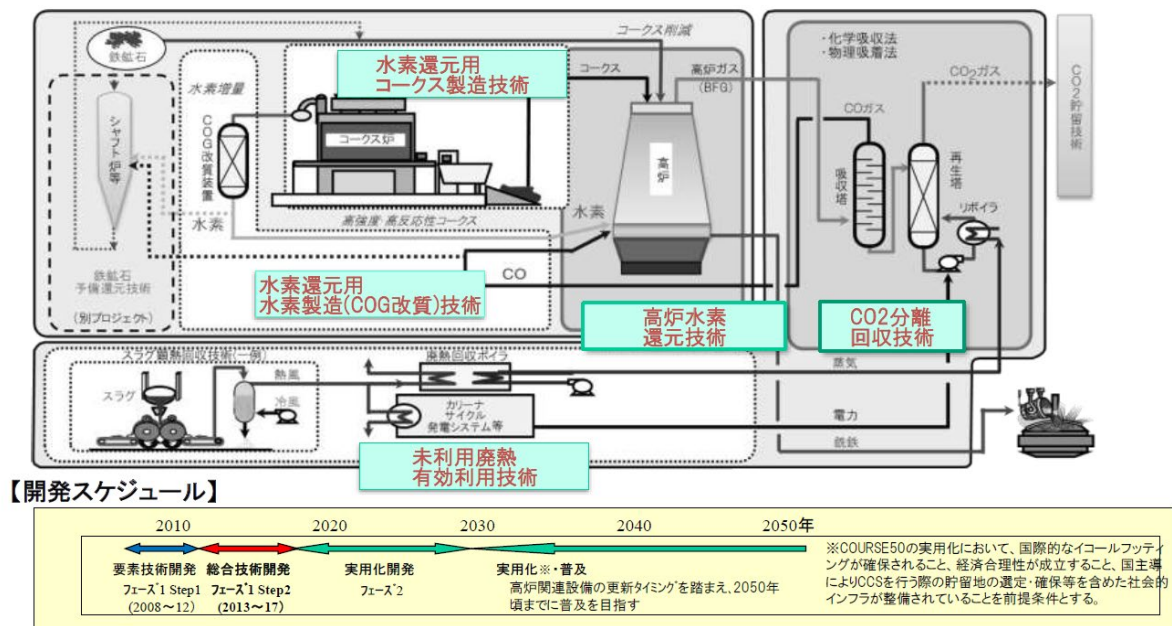


Figure 1-32 COURSE50 プロジェクト概念図

出典：https://www.jisf.or.jp/business/ondanka/kouken/keikaku/documents/2021_tekkouwg_1.pdf

後述する日本鉄鋼連盟のゼロカーボン・スチールの中でも、トランジション技術として位置づけられており、2030年の実機化を目指して鋭意研究が進められている（来年度からはGI基金を活用して実施予定）。

(2) 日本鉄鋼連盟発表の長期温暖化対策ビジョン

2015年に採択されたパリ協定では「世界的な平均気温の上昇を産業革命以前に比べて2°Cより十分下方に抑えるとともに、1.5°Cに抑える努力を追求すること」

³⁰ <https://www.course50.com/>

³¹ https://www.jisf.or.jp/business/ondanka/kouken/keikaku/documents/2021_tekkouwg_1.pdf

が到達目標として示されたことを受け、日本鉄鋼連盟は、2030年以降を見据え、最終的なCO₂排出ゼロの鉄鋼『ゼロカーボン・スチール』を目指した「長期温暖化対策ビジョン—ゼロカーボン・スチールへの挑戦—」^{32, 33}を2018年11月に策定、公表した。同ビジョンでは、鉄鋼製造における2°Cシナリオ達成の見込みを示すとともに、1.5°Cシナリオへの超革新技術の必要性を示している。

この鉄連長期ビジョンでは、最終的にCO₂排出ゼロの鉄鋼製造に向けた日本の鉄鋼業における道筋を描いている。その道筋は既に着々と開発が進んでいる前述のCOURSE50プロジェクトからステップアップして、高炉での極限までの低CO₂排出を目指したSuper COURSE50、さらには究極のCO₂排出ゼロ製鉄技術である水素還元製鉄へと進むものとなっている³⁴ (Figure 1-32)。

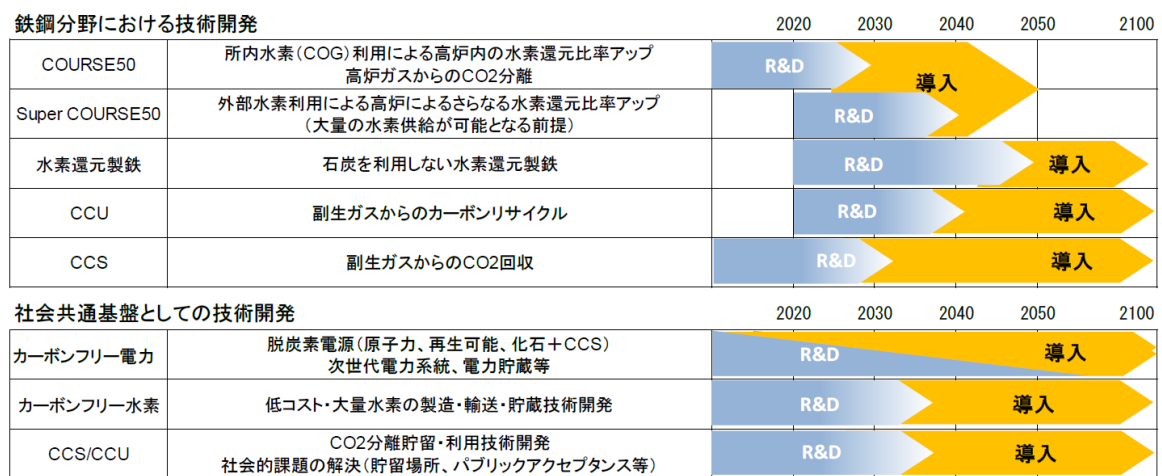


Figure 1-33 革新新技術開発に向けたロードマップ

出典： https://www.jisf.or.jp/business/ondanka/zerocarbonsteel/documents/zerocarbon_steel_honbun_JISF.pdf

参考までに、本ビジョンにおける各シナリオでの世界のCO₂総排出量を Figure 1-33 に示す。この図からもわかるように、カーボンニュートラルを目指すためには複数の超革新技術の出現が不可欠である。

³²

https://www.jisf.or.jp/business/ondanka/zerocarbonsteel/documents/zerocarbon_steel_honbun_JISF.pdf

³³

https://www.jisf.or.jp/business/ondanka/zerocarbonsteel/documents/zerocarbon_steel_JISF.pdf

³⁴ <https://www.zero-carbon-steel.com/>

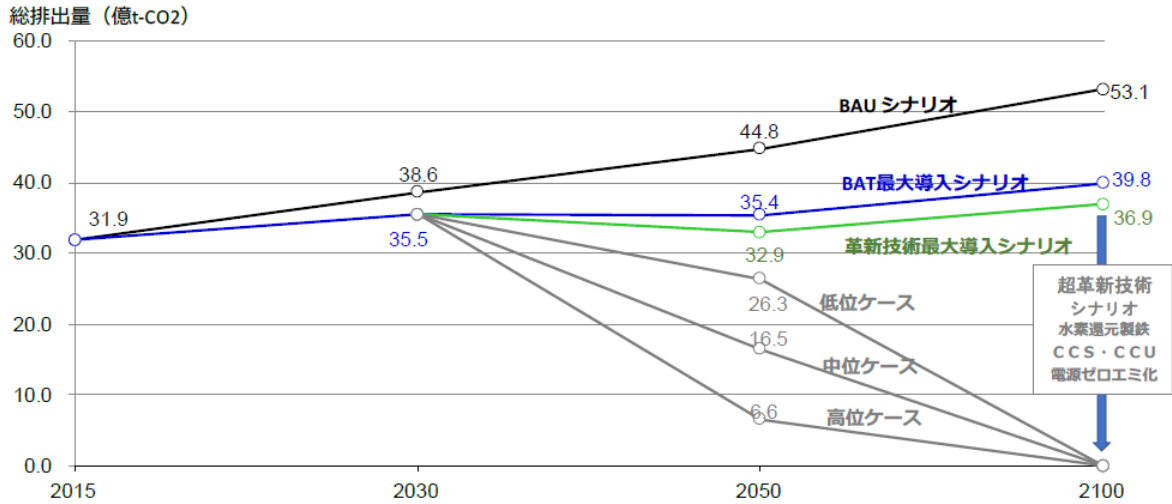


Figure 1-34 長期温暖化対策シナリオにおけるCO2排出量の推移

出典： https://www.jisf.or.jp/business/ondanka/zerocarbonsteel/documents/zerocarbon_steel_honbun_JISF.pdf

ちなみに、同ビジョンでは将来の鋼材の需要の拡大に伴い、粗鋼需要（生産量）も増大する（2050年：26.8億トン、2100年：37.9億トン）と推定されている（Figure 1-35）。鉄鋼蓄積量の拡大により老廃スクラップの発生は増加し、全体としてのスクラップ利用は増加するが（2050年：15.5億トン、2100年：29.7億トン）、スクラップのみによって粗鋼需要全体を満たすことはできない。よって2100年においてもほぼ現在並みである12.0億トンの天然資源からの銑鉄生産が必要であると見込まれる。

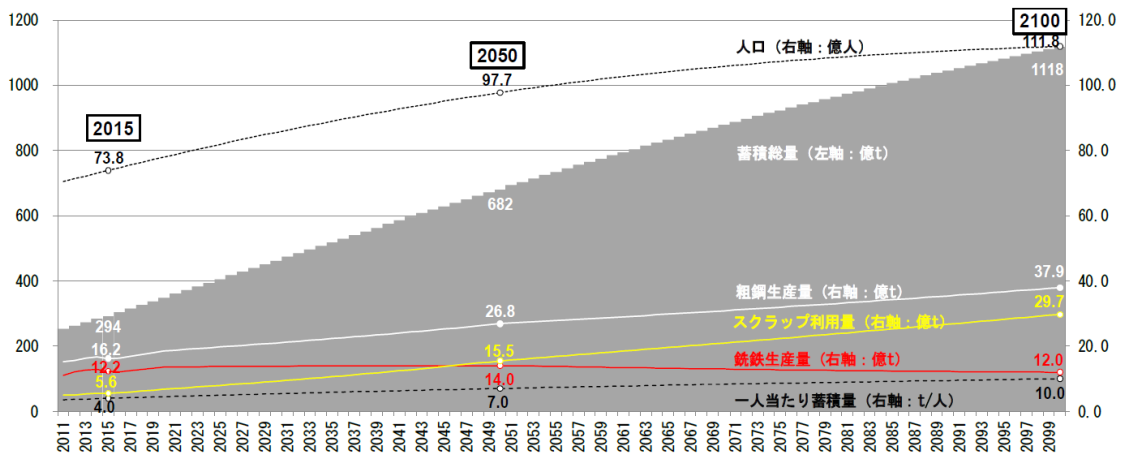


Figure 1-35 鉄鋼蓄積並びに鉄鋼生産等推移想定(2011~2100年)

出典： https://www.jisf.or.jp/business/ondanka/zerocarbonsteel/documents/zerocarbon_steel_honbun_JISF.pdf

2. 重点的な協力対象候補国に対する現状分析・課題把握・協力プログラ

ムの検討

JICA の協力対象となり得る開発途上国で、国内机上調査の結果を踏まえ、製鉄分野の省エネを通して一定の省エネ効果が期待出来る国として、協力対象候補国を6ヵ国選定のうえ、各国の製鉄分野に関する現状分析、主要企業の整理、課題抽出等の検討を行った。

Table 2-1 に調査対象候補国（一次案）の粗鋼生産量、鉄鋼見掛消費量（＝生産量＋輸入量－輸出量）、及び調査団でマクロ試算を行った各国の鉄鋼業のCO₂排出割合（詳細は1.2節参照）を示す。本調査では、CO₂排出の鉄鋼業の影響度、鉄鋼業の将来性が調査対象国を絞り込む上で重要な視点となってくる。鉄鋼業のCO₂排出割合は、トルコ、ベトナムが10%程度であり、国に対する影響度が大きいことがわかる。続いて、インドが5%程度、メキシコが3%台の影響度となり、このあたりの国までは鉄鋼業の影響は無視できないと考えられる。インドネシア以下の国は、鉄鋼業の影響は小さい（バングラデシュは2%台であるが粗鋼生産量はworldsteelの推定値となっており精度が疑わしい）。一方でインドネシア、タイは、CO₂排出に対する鉄鋼業の影響は現状小さいが、鉄鋼製品の見かけ消費は、トルコ、ベトナム並であり、製鉄所の新設・増設も計画されていることから将来的には鉄鋼業が発展すると想定される。以上より、CO₂排出に対する鉄鋼業の影響、鉄鋼業の将来性からマレーシア、エジプト、フィリピン、バングラデシュを調査対象から外した。

Table 2-1 調査対象候補国(一次案)の粗鋼生産量、鉄鋼見掛消費量及び鉄鋼業 CO₂ 排出割合(2019年)

	粗鋼計 (千トン)			粗鋼計 (千トン)	見掛消費 (千トン)			鉄鋼業のCO ₂ 排出 割合(%) [調査団 によるマクロ試算]	
	転炉	電炉	その他		生産	輸出	輸入		
インド	48,680	62,678	0	111,358	104,062	13,356	8,921	99,627	4.7% ~ 5.7%
トルコ	10,859	22,884	0	33,743	33,679	19,660	12,337	26,356	8.7% ~ 10.5%
ベトナム	9,746	4,925	2,798	17,469	15,401	5,213	15,432	25,620	10.6% ~ 13.0%
メキシコ	4,242	14,145	0	18,387	18,131	5,142	11,542	24,531	3.3% ~ 3.9%
インドネシア	3,190	4,593	0	7,783	10,890	3,964	13,454	20,380	1.2% ~ 1.5%
タイ	0	4,246	0	4,246	7,756	1,654	16,745	22,847	0.6% ~ 0.7%
マレーシア	720	6,100	0	6,820	5,304	5,159	7,372	7,517	1.2% ~ 1.3%
エジプト	184	7,073	0	7,257	8,422	1,162	592	7,852	1.5% ~ 1.7%
フィリピン	0	1,915	0	1,915	4,727	39	7,214	11,902	0.4% ~ 0.4%
バングラデシュ	0	5,100	0	5,100	0	5	3,040	3,035	2.2% ~ 2.5%

出典：worldsteel, “Steel Statistical Yearbook 2020”を元に調査団作成

2.1 協力プログラムの検討

重点対象国の候補選定と併せて、対象国鉄鋼業における省エネ・低炭素・脱炭素を目的とした協力プログラムの検討に資するため、実施あるいは検討可能と考えられる協力内容の要素を全体メニュー案として整理した。

全体メニュー案においては、「技術面」「資金面」「政策面」の大きく3つに分け、さらに「技術面」をソフト（設備投資などを要しない技術的指導や制度・マネジメントの普及など）とハード（主に設備投資を中心とした設備改善による省エネ・低炭素・脱炭素）の2つに分けて整理した。

Figure 2-1 に示すメニュー案は、現時点で鉄鋼業における省エネ・低炭素・脱炭素分野を中心として提供可能と考えられるものであるが、対象国における関係機関との調整を踏まえたニーズの整理、プロジェクト形成時における団員構成など、両国間のニーズ・シーズ・リソースなどを加味しつつ、検討する。

Figure 2-2 に示すイメージ案は、複数の要素を組み合わせる対象国の鉄鋼業全体、ひいては対象国並びに周辺国・地域の産業全体の省エネ・低炭素・脱炭素にも資する

ような、総合的な効果の高い面的な支援に仕上げていくものである。

<p>技術</p> <p>ソフト</p> <ul style="list-style-type: none"> ・鉄鋼業CO2削減ロードマップ策定支援 ・エネルギーデータ把握・活用支援 <ul style="list-style-type: none"> ・LCA計算に係る指導、データ把握体制整備 ・エネルギー管理標準整備支援・運用指導 ・製鉄所省エネ診断 →ポテンシャル評価 <ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー消費に係る設備稼働状況計測 ・製鉄所省エネ評価ツール等整備 ・ISO14404普及促進 ・TCL策定、普及促進 ・BAT整備・普及促進 ・キャパビル <ul style="list-style-type: none"> ・トップマネジメントレベル向上 (ISO50001、ISO14001) ・製鉄所省エネ操業レベル・設備管理レベル向上 ・官民会合・WS <p>ハード</p> <ul style="list-style-type: none"> ・省エネ診断 ・設備導入の詳細計画策定支援 ・技術移転／省エネ・脱炭素関連設備導入 <ul style="list-style-type: none"> ・サプライヤーとのマッチング・選定支援 ・未利用エネルギー（副生ガス等）活用ポテンシャル調査 <ul style="list-style-type: none"> →未利用エネ活用設備導入・普及促進 ・熱電併給システムの導入・活用促進 ・サプライチェーン改善：製鉄所に関連する副生物有効利用・リサイクルや熱エネ・ガスの地域融通等のシステム構築支援（→社会全体としての排出量削減） ・設備導入後の運用に係るマニュアル策定支援、運用・維持管理指導 ・国内業界関係者へのセミナー →導入技術の普及・定着支援 	<p>政策</p> <ul style="list-style-type: none"> ・省エネ・カーボンニュートラル推進政策 <ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー管理レベル向上 ・省エネ政策推進体制の構築・PDCA改善 ・エネルギーデータ収集・管理方法 ・ベンチマーク制度導入・普及促進 ・周辺地域の省エネ/C&T制度等への対応支援 (例：トルコ＝EUの脱炭素化関連政策への対応等) ・省エネ・カーボンニュートラルロードマップ策定支援 (Scope 2・Scope 3を含めた全体的な道筋として) ・省エネインセンティブ政策（補助金制度等） <ul style="list-style-type: none"> ・JCM未締結国 →JCM参加等を促す？ ・政策立案担当者の能力向上等
<p>資金</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ODA（円借款、海外投資等） ・JCMなどその他の補助金制度等活用 	

Figure 2-1 協力プログラムの内容検討における全体メニュー案

短期的活動内容

中長期的活動内容

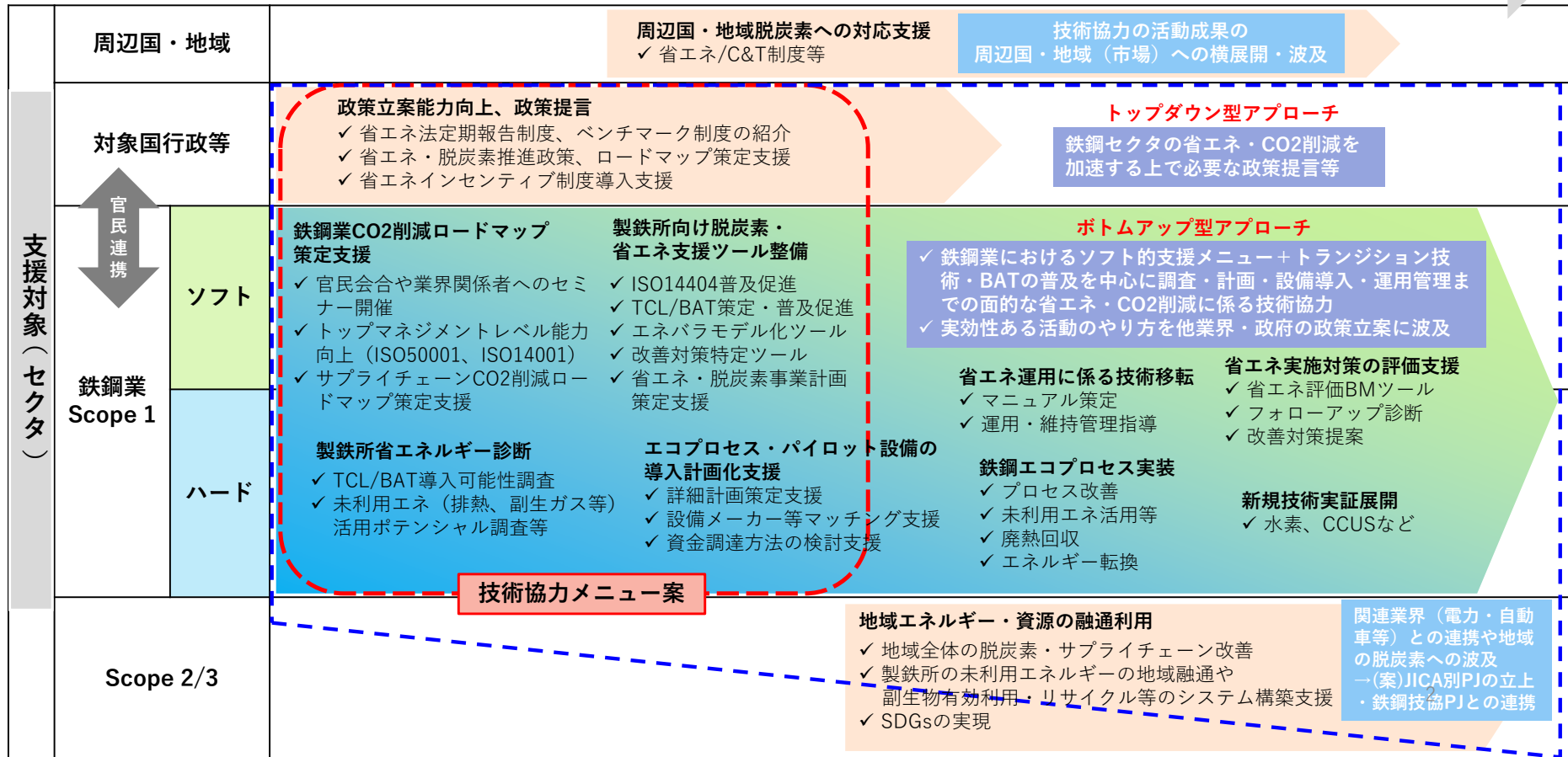


Figure 2-2 技術協力プロジェクトの時系列イメージ案

Figure 2-1 のメニュー案における主要要素の概要を以下に示す。協力プログラムの形成にあたっては、これに限定するものではなく、対象国のニーズや意見を踏まえながら、実行可能かつ高い効果の見込まれる支援策を組み合わせて策定する必要があるものと考えている。ここでいう「高い効果」とは、協力プログラムの実行にあたっての費用や期間、人員などの投入リソースと、それに対する CO₂ 削減や対象国で発生するコスト面を含めたメリットなどのアウトプット・アウトカムとの対比になるものとする。

2.1.1 技術面(ソフト)の主な協力内容案

技術面のうちソフト面での協力内容としては、設備投資のような大きな資金投下を伴わず、体制などの省エネ推進に関する環境整備や、鉄鋼業・製鉄所におけるエネルギー使用実態の把握、会合・ワークショップなどを通じた情報の提供・共有などを中心としたものである。

✓ エネルギーデータ把握・活用支援

対象国において、省エネルギー活動の基礎となる現状把握として、使用しているエネルギー量などの把握が十分にできていない場合、その把握と分析といった基礎的な環境整備を支援するもの。把握したデータをどのように活用して省エネ要素などを発見するか、といった能力向上も含まれる。

✓ 鉄鋼業 CO₂ 削減ロードマップ策定支援

対象国政府や鉄鋼団体等の方針や市場等からの要求を踏まえ、鉄鋼業における CO₂ 削減のタイムラインを設計する支援を行う。対象国に既にロードマップが存在している場合は、その課題や問題点などを C/P と議論し、今後の改善策の検討や、具体的な対策へのブレイクダウンなどの分析を行う。

鉄鋼業はエネルギーや鉄鋼原料を多量に使用する産業であるため、製鉄所内のみならず、サプライチェーン全体を通じた CO₂ 削減の中長期的な計画を策定・実行することにより、産業全体としての CO₂ 削減に貢献できると考えられる。

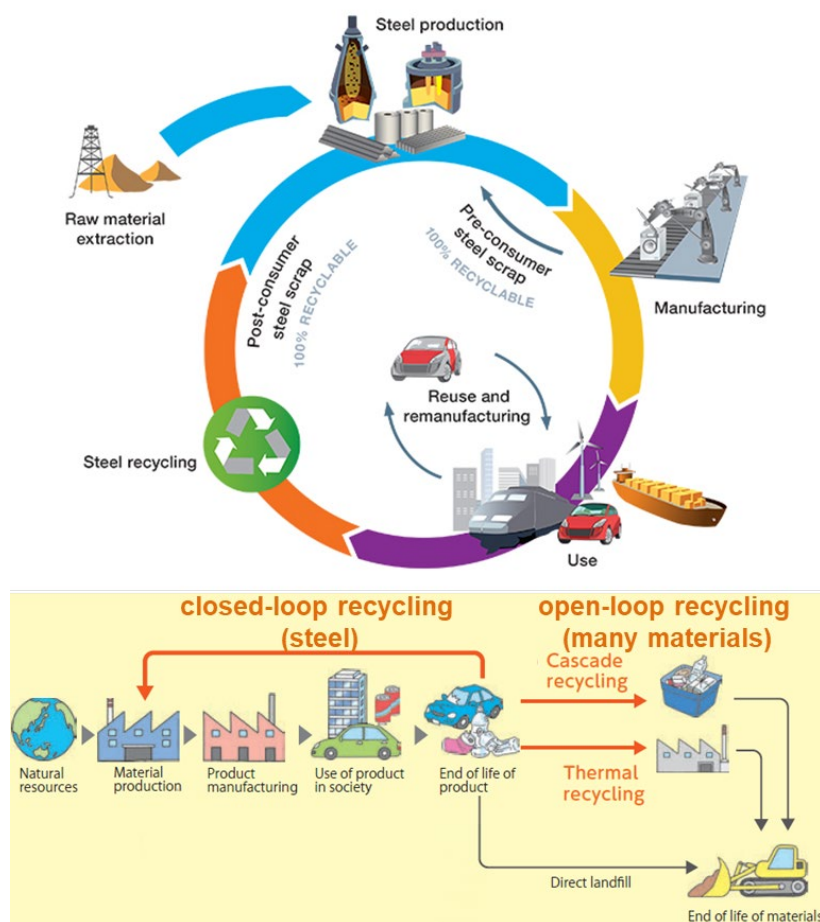


Figure 2-3 サプライチェーン CO2 削減ロードマップの策定イメージ

- ✓ エネルギー管理標準整備支援・運用指導
 エネルギー管理標準は、エネルギーを使用する設備・機器の運転マニュアルにあたる。日本では、省エネ法（エネルギーの使用の合理化等に関する法律）において、エネルギーを使用して事業を行う者に対し、「判断基準」にしたがったエネルギー管理標準の作成と運用を義務付けている。対象国においてこうした法制度などが無い場合、エネルギー管理標準を整備し、マニュアルとして運用することで、製鉄所の操業における無駄・無理・ムラの解消・改善を目指すもの。継続的な運用によって、設備投資を伴わない運用改善による省エネ効果を得ることができると期待される。

- ✓ 製鉄所省エネ評価ツール整備
 製鉄所の操業条件や設備諸元、エネルギー使用実態などを前提条件として、その製鉄所における省エネの余地などを簡易的かつ定量的に評価するためのツールを作成し、対象国においてセミナーなどを活用して普及促進することで、省エネ対策の立案に資するものである。

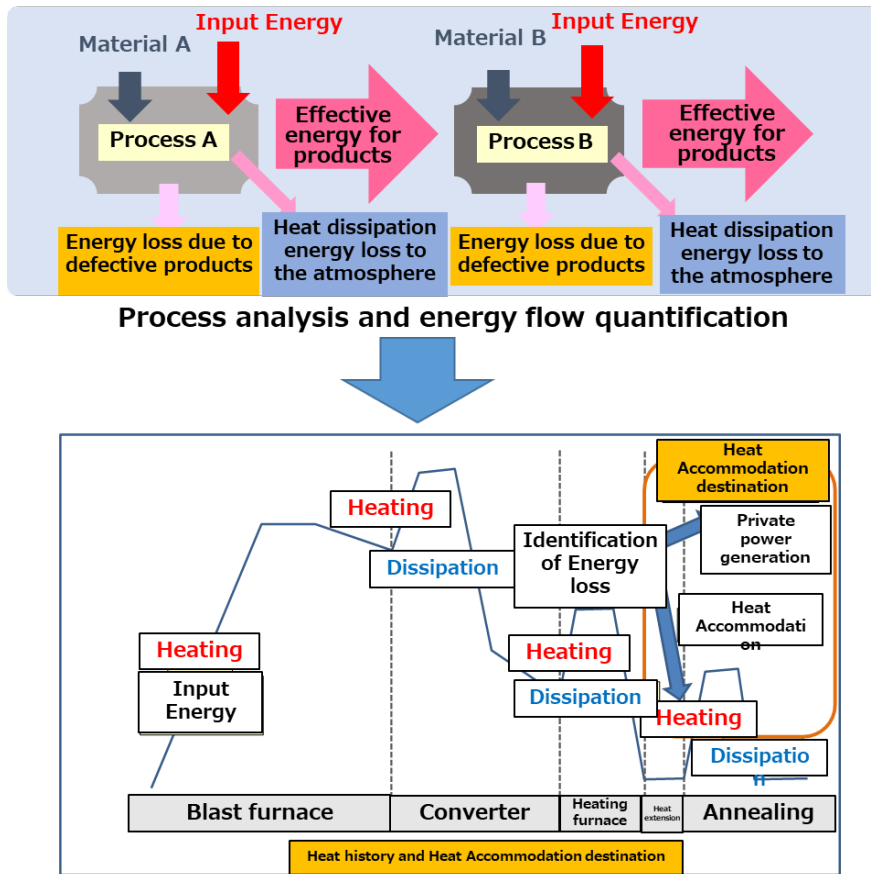


Figure 2-4 製鉄所の省エネ評価ツール整備による評価イメージ

✓ ISO14404 普及促進

ISO14404 は、鉄鋼業における省エネ・CO₂ 削減に資する国際規格として日本主導で策定し、現在シリーズ 4 まで発行されている。ISO14404 を使用することで、製鉄所におけるエネルギー量のインプットやアウトプットなどから簡易的にその製鉄所の省エネポテンシャルを評価することができ、製鉄所におけるエネルギー使用量・CO₂ 排出量の実態を把握し、省エネルギー・CO₂ 削減の可能性を分析することが可能となる。こうした国際規格を、対象国におけるセミナー・ワークショップなどを通じて普及促進するもの。

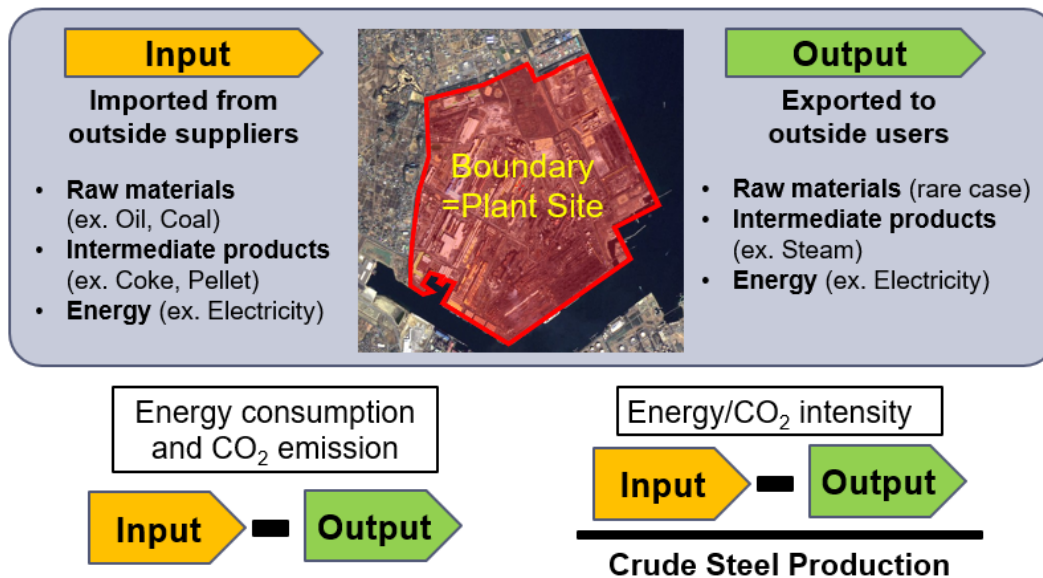


Figure 2-5 ISO14404 の評価対象

✓ TCL 策定・普及促進

TCL (Technologies Customized List、技術カスタマイズドリフト) は、鉄鋼業に適用可能な省エネ技術をまとめたリストで、技術の概略と簡易的な省エネ効果、同技術を提供できるサプライヤー情報などを掲載している。日本鉄鋼連盟からインドと ASEAN 向けに発行されており、それぞれ高炉版・電炉版が存在するとともに、適宜情報の更新・改定を行っている。

TCL を活用することで、各製鉄所はそれぞれの工場において導入すべき優先度の高い省エネルギー技術を把握することができる。

こうした TCL を対象国のニーズや省エネに関する課題に沿ってアレンジしたものを作成し、セミナーやワークショップを通じて普及促進を行う。

Main contents of TCL

List of recommended technologies (outline)

No.	Item of technology	Technical description	Payback (yr)	Rate of payback (%)	Benefits	Co-benefits	Initial CO2 (t/year)	Save (t/year)
1	A-1	High temperature continuous scrap preheating EAF	136.8	18	Decomposition and reduction of dioxin (depending on the case)	Low electric consumption (2.8 kWh/ton of steel)	27.89	3.7

A-1

High temperature continuous scrap preheating EAF

One-by-one sheet

Technical Description

Preheating scraps with high-temperature exhaust gas is possible by directly and rigidly connected, so the scraps are continually preheated. This enables high-temperature preheating of the scraps, resulting in the melting chamber is scaled off from outside air, so prevent the high-temperature preheating. As this equipment keeps always hot be improved.

Furthermore, the electric facilities necessary to meet power quality unnecessary depending on required regulation.

Dioxins are decomposed through an exhaust gas combustion chamber and rapid quench chamber in the exhaust gas duct system. Not only dioxins but also a volatile material that causes foul odors and white smoke will be decomposed and the dispersal of them are also prevented. The furnace prevents diluting of exhaust gases. Therefore, the CO within the exhaust gas can be used as fuel, reducing the amount of fuel gas consumed. For both operation dramatically reduces noise during operation. The reduction of power consumption also contributes to the reduction of emission of greenhouse gases during power generation.

Quantitative expected effect & benefits

Electricity Saving	15
Thermal Energy Savings	-
Environmental benefits	D
Co-benefits	L

Supplier name, Technical reference, etc.

4. Japanese Main Supplier	JP Steel Plantech
5. Technologies Reference	SOACT 2nd Edition

Figure 2-6 TCL の主要構成

✓ キャパシティビルディング

ISO50001 や ISO14001 などの省エネ・環境マネジメントシステム国際規格で規定されるトップマネジメントのレベルの向上、あるいは製鉄所操業レベル・設備管理レベルの向上として必要となるボトムアップ力の向上に資する研修を実施する。日本の技術者を対象国に派遣する、あるいは対象国の技術者を本邦に招聘するといったことが考えられる。

この活動を通して、エネルギーデータの適切な収集方法の整備、省エネ実施体制の構築、省エネ方針・計画の策定、実行、実行結果の評価といった PDCA サイクルの適切な循環を通じた省エネ実行能力の向上への貢献が期待される。

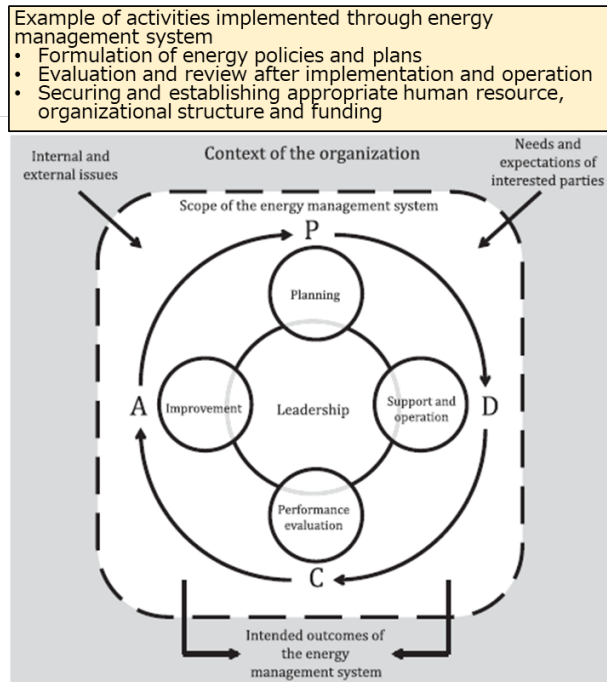


Figure 1 — Plan-Do-Check-Act Cycle

Figure 2-7 PDCA サイクルを通じたマネジメントレベルの向上 (ISO50001)

✓ 官民会合・ワークショップ

日本鉄鋼連盟では、エコソリューション活動における海外協力の中で、対象国政府機関や鉄鋼協会等と連携し、官民共同での会合やワークショップを開催して、相互の省エネに関する取組や技術的情報などの情報提供・情報交換などを行っている。こうした会合やワークショップにおける情報交換や議論を活用して、政府機関や製鉄所などにおいては、今後の取り組みに対する示唆を得られるものと期待される。

対象国とこうした会合を開催し、対象国鉄鋼業の省エネに資する情報提供などを行うとともに、議論を通じてさらなる活動ニーズなどを抽出することも可能と考えられる。



Figure 2-8 過去の鉄鋼官民会合

以上に挙げた要素の他に、ハード面の対策による大きな設備投資コストを必要としない、操業改善による省エネ手法に関する指導なども協力内容案としては考えられる。

操業改善による省エネとして、製鉄所（電気アーク炉・加熱炉）における対策の例を以下に挙げる。

電気アーク炉においては、例えば以下の手法がある。基本的に、低減量・率は炉の容量や溶解温度、生産する鋼の種類などによって異なる。

- ・ 出鋼間の時間（TTT: Tap to Tap Time）の短縮による熱損失の低減
- ・ スクラップを前処理することでかさ密度を増加し、それによりスクラップ装入回数を低減することで TTT を短縮すること
- ・ 溶解処理中のスラグドア閉による熱損失の低減

圧延用加熱炉においては、例えば以下の手法がある。

- ・ 空気比の調整（例：炉の燃焼バーナ空気比を 1.30 から 1.10 に調整することで、加熱炉における 13～14%の熱消費量低減）
- ・ 予熱空気温度の高温化（例：300℃から 500℃に上昇させることで約 10%の熱消費量低減）
- ・ 酸素富化操業（例：加熱炉中の酸素濃度を 21%から 39%に増加させることで 18～19%の熱エネルギー所要量の低減、ただし酸素発生装置を設置の場合は酸素発生に要する電気消費量分が増加）

上記の例については操業ベースでの省エネ対策として（特に日本国内では）広く知られている内容であるが、特に操業ノウハウについては製鉄所個社の秘匿する産業財産の側面も強く、鉄鋼業におけるグローバルな競争環境を踏まえると提供が難しいことも考えられるため、慎重な検討を行う必要がある。

2.1.2 技術面(ハード)の主な協力内容案

技術面のうちソフト面での協力内容としては、本邦鉄鋼業の有する省エネ技術の移転を中心としたものとなるが、省エネ診断や現地調査による対象技術の抽出・特定、技術移転のための計画の策定支援、導入後の運用のフォローアップや対象国における技術の定着・普及促進の支援なども含めた内容としており、単なる本邦技術の「販売」に留まらず面的な支援とすることが重要と考える。

✓ 製鉄所における省エネ診断

対象国の製鉄所を選定し、省エネ診断を行って、省エネ効果の高い技術を提案する。提案の際は設備の概算費用などを基に、費用対効果なども併せて提示する。また、大きな設備投資を必要としない運用改善などの対策もあわせて提示する。

製鉄所は、診断を受けることにより、本邦専門家からの助言や客観的な評価を通して、受診後の省エネ対策の計画・実施に向けた示唆を得ることができる。本診断はあくまで省エネを対象とするものであるが、診断で提案する対策によっては、生産性や品質に貢献できる可能性もある。

日本鉄鋼連盟ではこれまで、インドや ASEAN 各国において多数の製鉄所省エネ診断を実施してきている。過去の診断では、技術者からの聴取や現場調査を行い、最終日の診断結果報告会まで、製鉄所 1 件につき 1 週間程度をかけて実施したが、2021 年度はコロナ禍により現地渡航が困難となったことから、オンラインでの省エネ診断を試行している。

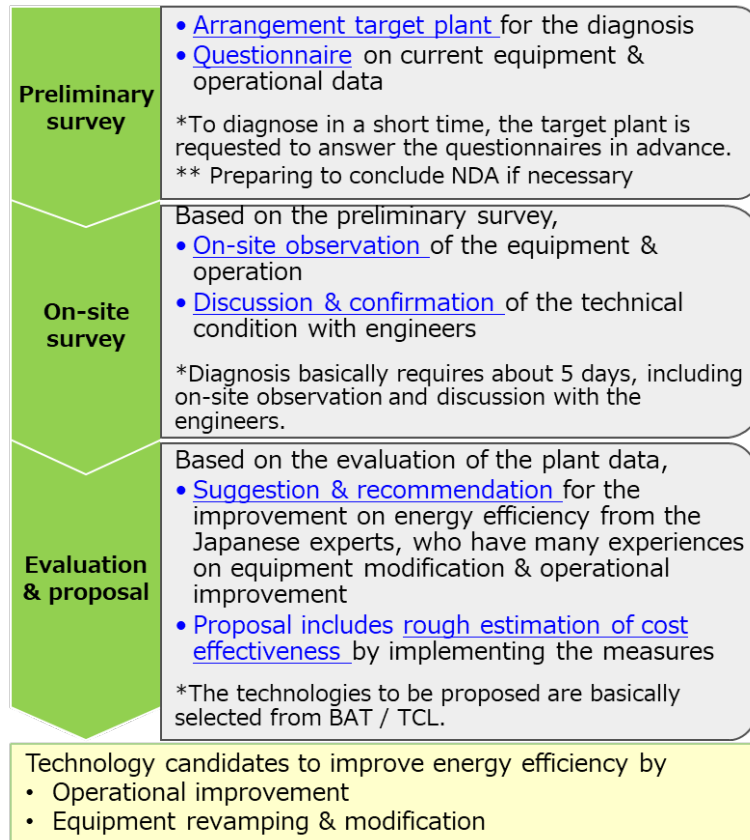
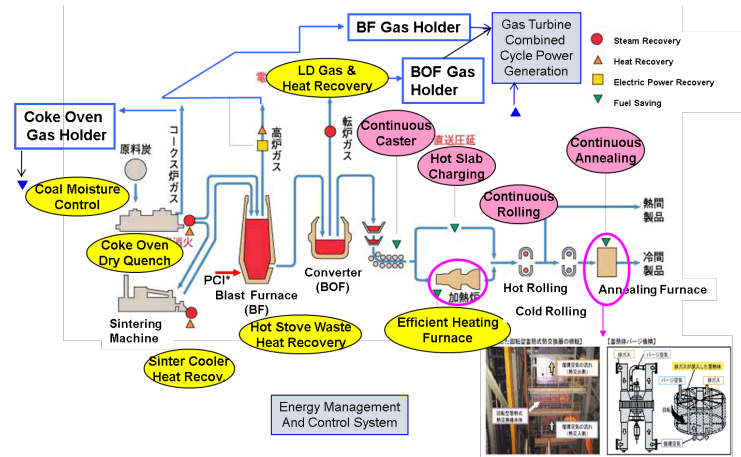


Figure 2-9 製鉄所省エネ診断の概略フロー

✓ 設備導入の詳細計画策定支援

上述した省エネ診断の実施製鉄所に対して、過去、診断後に提案した技術が導入されたか否か、といったフォローアップ調査を行ったが、提案を受けた技術の導入に向けた詳細な検討を行うマンパワーが不足していること、あるいはその検討を行う能力や情報が不足していること等が理由で、導入に至っていないといった意見が複数聞かれた。

一般的にこうした課題は省エネバリアと呼ばれるが、その解消に対しては、一過性の診断のみならず、その技術を導入するにあたっての情報入手や有効な設備メーカーとのマッチングを含め、基本計画から基本設計、詳細設計へとビルドアップさせていくための伴走的な技術的支援を行うことが有効と考えられる。本支援により、省エネルギー・CO₂削減目標の確認と、その達成に向けた道筋の明確化といった計画面での具体化の他、製鉄所における省エネ技術導入にあたっての課題の抽出と解決といった、省エネ対策の実行における大きなハードルの解消が期待できる。



No.	Menu	Year	Effect	Cost
①	Coal Moisture Control	2022	▲200	2500
②	Coke Oven Dry Quench	2022	▲300	2500
③	Sinter Cooler Heat Recov.	2024	▲500	15000
④	Hot Stove Waste Heat Recovery	2025	▲300	3500
⑤	LD Gas & Heat Recovery	2027	▲700	800
⑥	Continuous Caster	2030	▲350	600
⑦	Hot Slab Charging	2035	▲200	42000
⑧	Continuous Rolling	2040	▲600	1600
⑨	Continuous Annealing	2045	▲150	8500

Equipment Renewal and Energy Consumption Reduction Plan

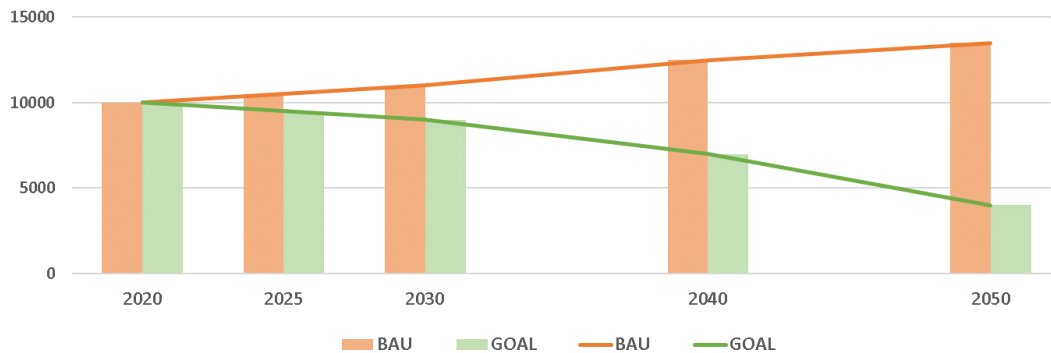


Figure 2-10 設備導入の詳細計画策定支援イメージ

- ✓ 技術移転／省エネ・脱炭素関連設備導入
 対象国の製鉄所に、省エネや脱炭素に資する本邦の技術を導入するもの。現在日本国内でも技術開発が進められている水素還元製鉄のような、まだ実用段階にない技術というよりは、既に商用化されていて日本でも実績のある省エネ技術（トランジション技術）について、対象国で普及が進んでいないものがあれば、そういったものを中心に積極的な技術移転を行う。ただし長期的には、野心的な脱炭素目標の達成に向けて、今後日本国内の鉄鋼業で実用化される新規技術の実証を含めた技術導入の検討も選択肢となるものと思われる。あるいは、AI や IoT などのデジタルトランスフォーメーション（DX）技術の実装・活用

による省エネへの貢献といった、近年の技術革新にあわせたアップデートも想定される。

✓ 未利用エネルギー（副生ガス等）活用に関する調査・支援

製鉄所では、大きな廃熱が発生する他、高炉ガス・転炉ガスなどの副生ガスが発生するため、これらを有効に活用することで大きな省エネ効果が挙げられるが、対象国でこうしたエネルギーの有効利用が進んでいない場合に有効な支援と考えられる。具体的には、プロセス全体を通してどの程度の未利用エネルギーの活用ポテンシャルがあるかを整理・把握したうえで、どのように活用することが最も効率が良いかを検討する、といった内容が考えられる。

この活動により、本邦専門家の分析に基づく助言を通して、製鉄所では廃熱や副生ガスといった未利用エネルギーの利用ポテンシャルを把握することができる。

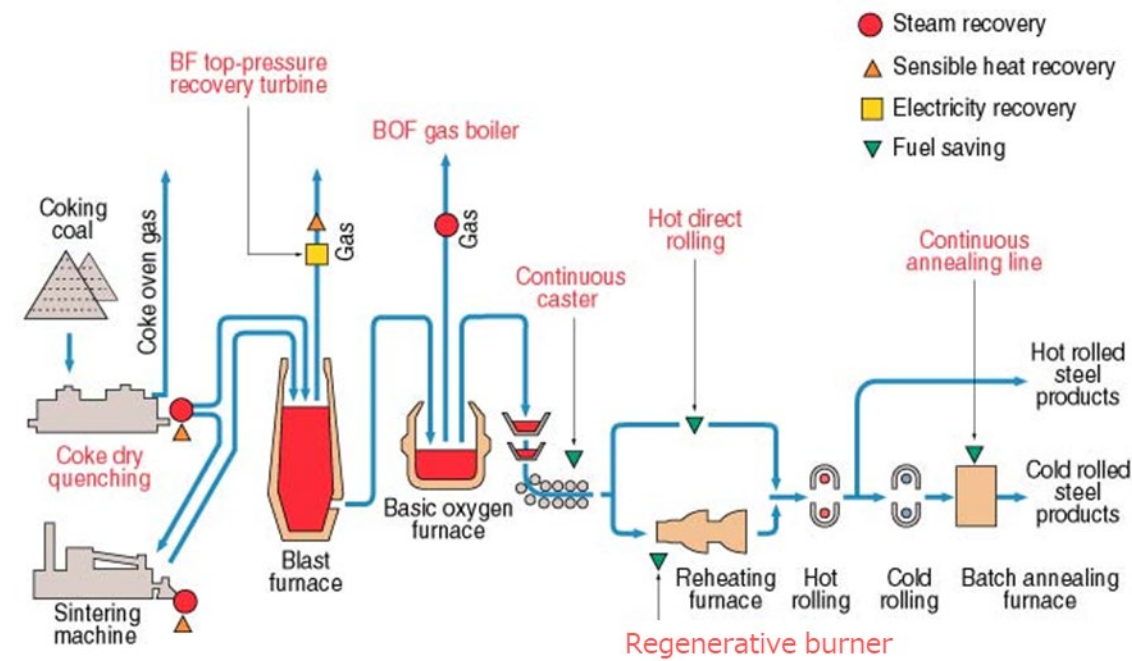


Figure 2-11 製鉄所における未利用エネルギーの回収フロー

✓ 設備導入後の運用に係る支援

省エネ設備を導入後、その設備を正しく使うことにより、その設備本来の省エネ性能が発揮される。その運用方法を構築するための指導を行うもの。

✓ 導入技術の定着・普及促進支援

導入した技術が、その製鉄所のみならず、対象国の鉄鋼業全体の省エネに資するよう、セミナーやワークショップなどを通じて関係者に周知することで、さらなる普及・定着を目指すもの。

- ✓ 鉄鋼業サプライチェーン改善支援
製鉄所に関連する副生物の有効利用やリサイクルの他、熱エネルギーや副生ガスの地域融通など、製鉄所のバウンダリーにとどまらない有効な利活用方法を検討することで、サプライチェーン全体の改善、ひいては社会全体としてのCO₂排出量削減に資する活動を行うもの。

2.1.3 資金面の主な協力内容案

資金面の協力内容としては、上述のような技術的協力内容のうち特に技術移転を中心とした活動を実施するにあたって、対象国での資金面のハードルを解消することを念頭に置いている。特に、資金力の乏しい中小規模の製鉄所を対象とする場合に有効かつ必要な施策になるものと考えられる。

- ✓ JCM（二国間クレジット）などその他の補助金制度活用
対象国が日本とのJCMを締結している場合は、設備投資計画においてJCM設備補助事業の適用・申請を検討するなど、補助金制度を活用した設備導入を行うことで、途上国における省エネ技術の導入に対する最大のバリアである資金面の課題を解消・緩和することができるものと考えられる。
対象国がJCMを締結していない場合、政府機関を通じて参加を促すことで、JCM設備補助事業を活用した省エネ設備の導入検討が行えるようになる。

2.1.4 政策面の主な協力内容案

政策面での協力内容は、鉄鋼業に限らず広く政府機関や公的機関を通じた産業全体の省エネ・カーボンニュートラルに関する取組となることが考えられる。そのため、協力プログラムの形成にあたっては、本邦の体制の組成が課題となる。

- ✓ 省エネ・カーボンニュートラル推進政策の策定に関する支援
省エネやカーボンニュートラルに関する方針の立案、政策の策定、目標を達成するための具体的な施策の検討に資する調査・検討・分析などを行うもの。対象国における既存の制度に対する課題の抽出と、法・制度改正などによる課題の解消なども含まれる。
- ✓ 周辺地域の省エネ・キャップ&トレード制度等への対応支援
対象国の鉄鋼業の主要マーケットとなる周辺地域において、省エネ・脱炭素に関する制度への対応が求められている場合に、鉄鋼業界としての制度への対応を支援するもの。
- ✓ 省エネ・カーボンニュートラルロードマップ策定支援
政策として、中長期的な省エネ・カーボンニュートラルを進めるための目標や方針、達成のための道筋などを策定するための検討、調査・分析などを行うもの。

の。鉄鋼業は産業の裾野が広く、製鉄所のみでの省エネ・CO₂削減（SCOPE 1）のみでは脱炭素を達成することは困難となる。そのため、調達するエネルギーや資源の低炭素化（SCOPE 2）、輸送手段などの低炭素化（SCOPE 3）などを含めた総合的な低炭素・脱炭素のロードマップを策定することが重要となる。既存のロードマップをベースに、現状の課題の抽出と、その解消のための方策を盛り込んだ改定案を検討する、といったことも考えられる。

- ✓ 省エネインセンティブ政策
対象国での省エネ制度と併せて、省エネ対策の普及促進を図るための補助金などのインセンティブ政策を整備するための検討や調査などの支援を行うもの。また、対象国が JCM 未締結国であった場合に、参加を促すといったことも考えられる。
- ✓ 政策立案担当者の能力向上等
上記を含め、政府機関の政策立案にかかわる担当者の能力向上として、政府間交流や本邦への招聘による研修等が考えられる。

2.1.5 各メニュー案の想定する支援対象分野の整理

前述の協力メニュー案の検討・整理と併せて、それぞれの支援対象セクターを下表の通り整理した。技術面の支援内容は、民間企業や関連団体が対象の中心となるものと考えられる。資金面の支援内容は、政府機関を介した関連企業・団体への協力となることが想定される。政策面の支援内容は、政府機関・公的機関を対象とした協力になるものと想定される。

Table 2-2 各メニュー案における主要な支援対象セクターの整理

	技術（ソフト・ハード）	資金	政策
・政府機関	○	◎	◎
・公的機関（国立機関など）	○		○
・団体（省エネセンター・鉄鋼協会等）	◎		○
・民間企業	◎	○	
鉄鋼企業	◎	○	
鉄鋼以外のScope 2/3関連企業	○		

2.1.6 協力プログラムに関する前提

本事業に適用する協力プログラムを検討する前提として、主に JICA が持ちうる協力形態とその概要を Table 2-3 に整理する。

これらの協力形態の違いは大まかに支援対象と支援方法で分類される。有償資金協力は原則として返済義務のある資金の貸し付けによって支援するものであるが、その対象は円借款では当該国政府等であり、海外投融資では当該国で事業を展開しようとする法人が主たる支援対象である。無償資金協力では返還の必要の

ない資金をもって対象国政府等に協力するものである。技術協力プロジェクトは JICA の専門家の派遣、研修員の受入れ、機材の供与という 3 つの協力手段(協力ツール)を組み合わせで行われるものであり、対象国政府が主な支援対象である。そして、中小企業・SDGs ビジネス支援事業は、おもに本邦の中小企業等を対象に資金等の手段をもって海外展開の協力を行うものである。この他、国際機関や民間企業との連携によるブレンデッドファイナンスも行われている。

また、協力プログラムを検討するにあたっては、本事業が対象とする鉄鋼業界の対象国での状況を踏まえることが重要である。例えば後述するトルコのように国営企業が民営化されるなど、各国の製鉄業の主体は民間に移行している場合が多い。このため、支援対象は国政府や対象国民間企業となるが、現在の協力形態ではこれらの主体を支援する方法には一定の制限があることを認識する必要がある。

本邦事業者や政府が協力して製鉄業の省エネ化技術を導入することを主眼においた本事業では、対象国政府の製鉄業省エネ化に関する政策・制度策定を支援する技術協力プロジェクトや、本邦事業者のビジネス展開を支援する海外投融資・中小企業・SDGs ビジネス支援事業などが協力プログラムの選択肢として挙げられる。なお、円借款については比較的供与額が大きいという特徴を考えると、省エネ化に必要な初期投資費用の規模によっては選択肢に含まれる可能性もあるが、詳細は当該国製鉄所の状況の確認を経る必要がある。

Table 2-3 JICA の協力形態とその概要

協力形態		概要
有償資金協力	円借款	開発途上地域の政府等に対して開発事業の実施に必要な資金又は当該開発途上地域の経済の安定に関する計画の達成に必要な資金を貸し付ける協力事業
	海外投融資	我が国又は開発途上地域の法人等に対して開発事業の実施に必要な資金を融資・出資する協力事業
無償資金協力		開発途上地域の開発を主たる目的として同地域の政府等に対して行われる無償の資金供与による協力事業
技術協力プロジェクト		開発途上地域の開発を主たる目的として日本の知識・技術・経験を活かし、同地域の経済社会開発の担い手となる人材の育成を行う協力事業。
中小企業・SDGs ビジネス支援事業		我が国企業が有する優れた技術や製品、アイディアを用いて、途上国が抱える課題の解決と、企業の海外展開、ひいては日本経済の活性化も兼ねて実現することを目指す協力事業

2.2 分析フレームワーク

本節以降では、各国の状況に即した協力プログラムを提案する。そのために、本業務では対象国各国における国家的目標や製鉄事業市場の状況、関係者などを特定することで、製鉄業に関連するステークホルダーの目標・課題・ギャップを整理した。その結果を踏まえ、対象国製鉄業の本質的なニーズを考察し、その課題やギャップを解消するための手段として協力プログラムが実施されるべきであると想定している。こうした分析手順を考慮し、分析の基盤となる各国現地の状況については下表に示すフレームワークにしたがった情報収集を行った。

得られた各国現地の状況をもとに、低・脱炭素化に係る課題の抽出を行い、協力プログラムの検討に資する洞察を得ることとした。なお、協力プログラムの検討においては、各国政府・当該国民間事業者の省エネに係るモチベーションを整理したうえで、本邦協力開発方針との整合状況も勘案し具体の各協力プログラムの重要性を重みづけするものとしている。協力プログラム自体の実現可否や協力プログラムの優先順位を検討するにあたり、各国や事業者が協力を受け入れる土台を有しているかを確認することが重要である。このため、本検討ではこの土台をモチベーションとギャップの観点から把握するものとした。具体的には、政府については経済や気候変動対策の側面で、事業者については省エネルギーや市場環境の側面からどのような内容に意欲的であるか（モチベーション）を既存の計画や将来像から推察した。この将来的な方向性と現状分析の結果を対比させることで各主体の有する将来との差異（ギャップ）を推察した。

また、JICA はすでに各国に対して個別の協力プログラムを提示している関係から、すでにプログラムを把握している各国政府が追加の協力内容に混乱をきたさないよう、現状の協力プログラムと矛盾しない協力プログラムの検討が求められる。このため、国別協力開発方針や協力開発計画を参照し、省エネに資する本事業の位置づけを確認・考察した。

調査にあたっては、協力プログラムに具体性を持たせることが重要であることから可能な限り定量的な情報を取得することに配慮したが、デスクトップスタディを主とする本調査の特性によりアクセスできる情報には限界がある。このため、定量的な情報が限られる状況にあっては信頼性のある出典のもとで定性的な情報で補完するものとした。また、これまでに本業務以外で調査団が行った調査内容や結果も引用する等、具体性が確保できるよう配慮した。

協力プログラムは相手国政府の状況や本邦との関係性も考慮する必要がある。しかし、机上調査を主として結果を整理・考察する本章ではこれらを考慮に入れることが困難である。したがって、今後各国に直接的なアプローチを行っていくことを前提として、現状で把握される情報をもとに Figure2-2 に示される技術協力プロジェクトのイメージにおける短期的活動内容について実際の進め方を整理・提示するものとした。長期的な目標については実際の政府へのアプローチや短期的活動内容をもとにどの方向に進むべきか追って検討・整理されるものとした。

Table 2-4 各国現地の状況の分析フレームワーク

項目	調査内容	目的
鉄鋼業の概要	市場規模や需要の鉄鋼製産量や国内受給状況、輸出入等の状況を整理	当該国内での需給状況と対外的な圧力を分析することで、民間事業者等の製鉄業関係者の置かれている状況を分析。
主要製鉄企業の概要	当該国製鉄企業の紹介、導入設備、エネルギー消費量や二酸化炭素排出量をなるべく高炉・電炉に分けて整理。	技術水準をエネルギーや二酸化炭素、設備機器などから多面的に把握。
省エネ・低炭素・脱炭素関連政策・制度等	NDCの内容や公共・民間を問わず製鉄業関連で進められている取り組みを整理。	パリ協定を踏まえた当該国の脱炭素意識や製鉄業関連の機会・障壁を明らかにする。

2.3 トルコ

2.3.1 現状分析(主要企業の設備能力・技術・エネルギー管理レベル、政策・制度等)

文献調査をベースに、トルコの製鉄分野における現状として、主要製鉄企業の設備能力・粗鋼生産実績等の分析を行う。また、トルコにおける産業・省エネ・環境関連の規制及び振興政策・制度等の分析を行う。

(1) トルコ鉄鋼業の概要

トルコの粗鋼生産量は、2019年時点で世界第8位(33.7百万トン)であり、変動はあるものの3千万トンから4千万トンの間で推移している。粗鋼生産比率は、高炉鋼が32.2%、電炉鋼が67.8%である。トルコの鋼材需給の推移をFigure 2-12に示す。

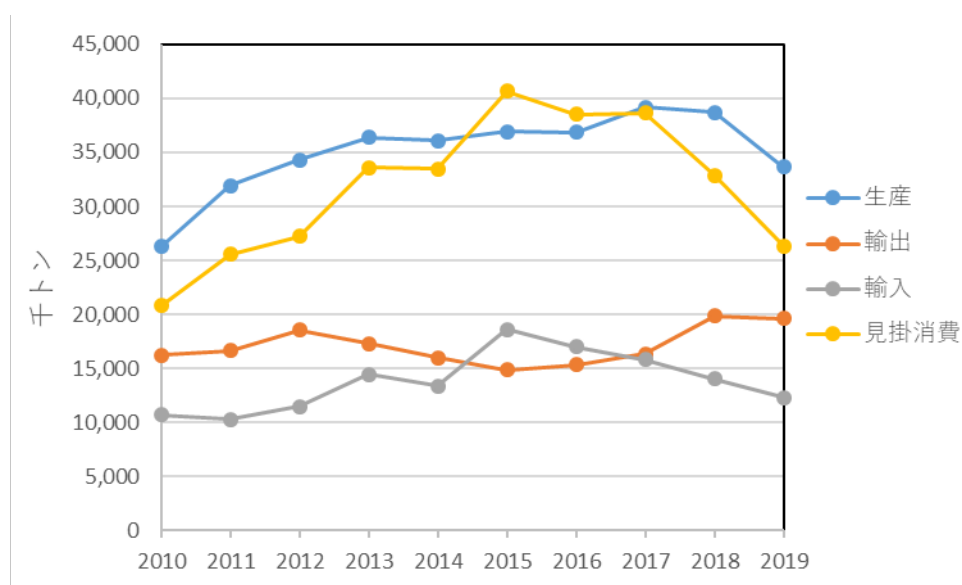


Figure 2-12 トルコの鋼材需給推移

出典：World Steel Association Steel Statistical Yearbook 2020 より調査団(NSRI)作成

2018年のトルコから各地域への輸出金額の割合を Figure 2-13 に示す。それぞれEUが40%と最も多く、次いで、アフリカ・中近東が29%と多くなっている。また、品目についてみると、EUへは熱延鋼板類の輸出が多く、アフリカ・中近東へは、熱間圧延棒鋼（鉄筋棒鋼含む）の輸出が多い（Table 2-5）。熱延鋼板類の輸出先を詳細にみると、イタリア、スペイン、ベルギー、ポルトガル、アメリカへの輸出が多く、熱間圧延棒鋼の輸出先は、イエメン、イスラエル、アメリカ、香港への輸出が多くなっている（Table 2-6）。

また、(株)鉄リサイクリング・リサーチの報告書³⁵によると、2018年時点では、トルコは、EU、北米、CIS、ロシア等の先進国からスクラップを輸入し、中近東、アジア、アフリカ、中南米等の発展途上国を中心に鉄筋棒鋼を輸出している。鉄筋棒鋼は一般的に電炉で製造されることが多いが、トルコの電炉工場は、このように、国際的な鉄鋼循環を担っており、世界のリサイクル工場と呼ばれる。

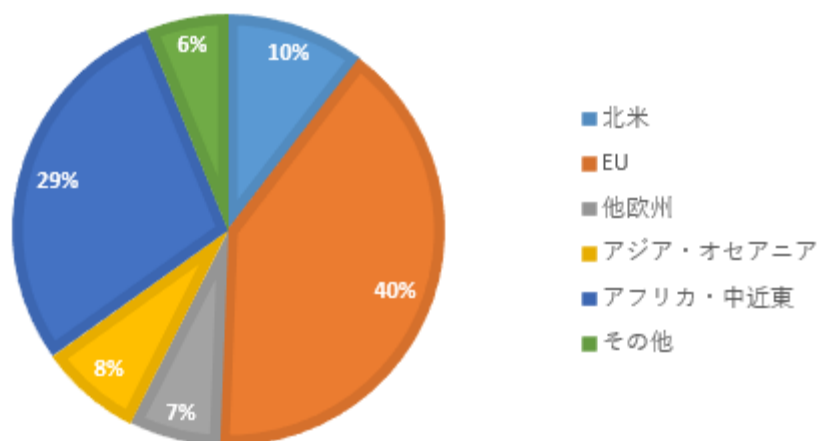


Figure 2-13 トルコの地域別の輸出金額の割合

³⁵ 世界最大鉄スクラップ輸入国トルコ（(株)鉄リサイクリング・リサーチ, 2019, <http://srr.air-nifty.com/home/files/190701.pdf>)

Table 2-5 2018年のトルコから各地域への品目別輸出金額 (US\$)

合計 / Trade Value (US\$) 品目	地域名						総計
	北米	EU	他欧州	アジア・オセアニア	アフリカ・中近東	その他	
ステンレス鋼インゴット・半製品	12,960	459,696	3,834,184		86,040		4,392,880
ステンレス鋼形棒鋼	5,954,144	24,603,528	19,462,616	5,010,144	62,962,032	264,600	118,257,064
ステンレス鋼板類 (600mm以上)	4,679,312	1,470,287,360	297,425,672	37,949,472	146,953,952	17,036,944	1,974,332,712
ステンレス鋼板類 (600mm未満)	677,312	91,687,352	46,392,416	2,509,952	15,123,728	2,435,480	158,826,240
ステンレス鋼・線	3,424	5,089,328	7,307,112	2,462,744	2,374,760	1,347,728	18,585,096
ステンレス鋼・線材		609,304			58,576		667,880
その他合金鋼インゴット・半製品	4,551,528	800,168,320	100,669,128	1,816,432	21,987,520	1,220,512	930,413,440
その他合金鋼形棒鋼	229,569,848	956,069,400	79,027,864	44,222,688	263,191,608	275,155,592	1,847,237,000
その他合金鋼板類 (600mm以上)	27,690,720	889,166,208	5,780,816	11,463,592	109,868,600		1,043,969,936
その他合金鋼板類 (600mm未満)	496,232	250,359,264	7,090,136	3,200,512	11,045,048		272,191,192
その他合金鋼線	7,435,216	156,353,528	93,829,616	5,915,736	58,223,520	8,983,704	330,741,320
その他合金鋼線材		304,464,592		128,888	2,629,904	20,634,984	327,858,368
軌条・付属品	8,967,536	103,773,552	54,521,696	36,638,232	183,183,688	351,872	387,436,576
継目無鋼管	5,918,416	102,989,960	99,342,480	41,051,536	125,081,960	1,670,576	376,054,928
鋼矢板・溶接形鋼	13,760	6,279,896	7,535,312	2,173,704	48,496,520		64,499,192
鑄鉄管	457,496	22,077,632	24,923,528	14,413,408	144,292,024	98,208	206,262,296
非合金鋼 熱延鋼板類 (600mm以上)	1,613,621,008	14,608,000,048	608,971,200	102,575,176	1,978,399,584	148,896,928	19,060,463,944
非合金鋼めっき・被覆 (600mm以上)	1,352,380,552	3,738,536,256	1,166,625,672	15,279,384	1,526,396,640	103,025,424	7,902,243,928
非合金鋼形鋼	363,807,968	1,501,496,616	731,167,376	491,609,240	4,480,235,240	1,338,193,080	8,906,509,520
非合金鋼鋼板・鋼帯 (600mm未満)	16,369,152	155,749,160	28,670,568	4,752,872	96,947,696	11,449,672	313,939,120
非合金鋼鋼板・鋼帯 めっき・被覆 (600mm未満)	48,003,024	147,883,464	140,536,744	4,433,512	153,820,152	32,282,920	526,959,816
非合金鋼線	37,472,376	991,421,416	321,757,464	51,921,888	767,898,360	143,034,368	2,313,505,872
非合金鋼線材	230,865,040	3,962,991,848	110,651,680	516,980,208	2,668,522,504	762,494,336	8,252,505,616
非合金鋼熱間棒鋼	2,870,169,664	3,824,830,664	896,161,160	4,876,881,376	11,434,058,232	3,024,902,504	26,927,003,600
非合金鋼半製品		131,862,880	100,706,056	1,301,418,936	1,967,784,368	254,503,680	3,756,275,920
非合金鋼冷延鋼板類 (600mm以上)	975,530,208	1,218,248,696	22,797,944	8,693,600	233,717,992	18,122,896	2,477,111,336
非合金鋼冷間棒鋼	48,879,912	149,609,240	82,652,992	52,886,304	199,944,192	45,496,248	579,468,888
溶接鋼管/リベット接合管等 (円断面・外径406.4mm超)	1,336,580,952	808,833,080	125,952,888	67,646,928	500,992,912	48,587,408	2,888,594,168
溶接鋼管/リベット接合等 (その他)	1,372,790,864	4,753,425,616	1,842,903,840	92,658,328	2,154,765,008	38,853,712	10,255,397,368
総計	10,562,898,624	41,177,327,904	7,026,698,160	7,796,694,792	29,359,042,360	6,299,043,376	102,221,705,216

出典：国連貿易統計より調査団(NSRI)作成

Table 2-6 トルコの熱延鋼板および熱間圧延棒鋼の主要輸出国

非合金鋼 熱延鋼板類 (600mm以上)		
No	国名	合計 / Trade Value (US\$)
1	Italy	6,415,186,512
2	Spain	3,429,478,768
3	Belgium	1,721,535,904
4	Portugal	1,179,402,552
5	USA	924,663,264
6	Canada	620,122,800
7	Greece	612,421,272
8	Egypt	499,534,912
9	Bulgaria	442,185,008
10	United Kingdom	431,287,568

非合金鋼熱間棒鋼		
No	国名	合計 / Trade Value (US\$)
1	Yemen	3,395,319,296
2	Israel	3,279,974,144
3	Singapore	1,567,630,032
4	USA	1,507,664,672
5	China, Hong Kong SAR	1,448,433,208
6	Canada	1,361,979,984
7	Ethiopia	1,005,540,272
8	Romania	935,267,576
9	Malaysia	826,732,608
10	Netherlands	824,988,848

出典：国連貿易統計より調査団(NSRI)作成

(2) トルコにおける主要製鉄企業の概要

トルコには、高炉メーカー3社、電炉メーカー28社があり、10社がシリア国境に近いイスケンデルン周辺地域にあり、8社が北西部のマルマラ地域、5社が黒海地域、8社が西部のイズミル周辺地域にある。

Türkiye Çelik Haritası



Figure 2-14 トルコにおける鉄鋼生産拠点

出典：トルコ鉄鋼生産者協会 (<http://celik.org.tr/en/harita/>)

トルコ鉄鋼生産者協会³⁶によると、トルコの総エネルギー消費量に占める鉄鋼業の割合は7.5%、産業消費量に占める割合は約22.9%である。トルコ鉄鋼業界は、エネルギー効率向上プロジェクトの開発に関するロードマップを作成し、技術を継続的に向上させ1980年代から粗鋼1トンあたりのエネルギー消費量を約18~20%削減した。具体的には、アーク炉、るつぼ加熱、タンディッシュ加熱、圧延機焼鈍炉の燃料として、燃料油やディーゼル燃料の代わりに高効率・低炭素天然ガスの使用を増やすことで環境への影響を低減させた。

高炉一貫、電炉それぞれの粗鋼生産能力トップ3の主要製鉄所の概要および設備等についてTable 2-7, Table 2-8に、それらの所在地をFigure 2-17に示す。

<高炉一貫>

トルコの鉄鋼業は、Erdemir, Isdemir, Kardemirの国営高炉3社（現在は全て民営化）を中心に発展してきた。トルコの高炉は、設備の稼働時期が古く、エネルギー原単位が大きい可能性がある。また、CDQやTRTなどの省エネ設備が一部導入されているが、十分に普及はしておらず、エネルギー削減ポテンシャルがありそうである。但し、普及率については、現地調査等で確認する必要がある。また、高炉と転炉の副生ガスは有効利用して必要なエネルギーを賄っているが、ガスホルダー

³⁶ <http://celik.org.tr/en/cemtas-celik-makina-sanayi-ve-ticaret-a-s/>

やボイラーを活用したガス放散の抑止などの工夫については、現地調査またはヒアリング等で確認する必要がある。

Erdemir は、1960 年に設立され、2006 年に民営化された。国営時代に日本から大量の鋼材を輸入しており、日本にはなじみが深い。また、旧日本鋼管は、高炉設備を輸出したり、操業支援のために鉄鋼部門の技術者を派遣したりもした。日系鉄鋼設備メーカーからトルコへの納入実績が継続してある。同社は、CO₂ 削減にも積極的であり、粗鋼 1 トンあたりの温室効果ガス排出量を定期的に計算・監視し、国に報告するとともに、従業員に対しても温室効果ガス排出に関する研修も実施している。R&D センターの指揮のもと、「排出物・廃棄物研究プラットフォーム (ESWRP-EMKAR)」を設立し、バイオマスを利用して化石燃料（石炭）の使用量を削減する取組や、一次原料の使用量を削減し、鉄系・炭素系の廃棄物をリサイクルすることで間接的に排出量を削減する活動、組織全体でのエネルギー効率向上の取組などを実施し、CO₂ 排出量を削減している。また、Erdemir グループでは ISO50001 を取得し、エネルギー効率化プロジェクトにより、年間で 455,300,952kWh に及ぶ省エネを達成し、214,620 トンの CO₂ の排出を削減し、170,885,256 トルコリラ（約 16 億円）に相当する経済的な節約を実現した³⁷。このように、省エネ・省 CO₂ に積極的に取り組んでおり、同社は 2015 年、トルコ共和国科学産業技術省が主催する「Efficiency Project Awards」の第 2 ラウンドにおいて、同社の「The Basic Oxygen Furnace (BOF) Gas Recovery and Increasing Usage」プロジェクトが「Large-Scale Companies Sustainable Production」部門で第 2 位を獲得³⁸した。

Isdemir は、1970 年に設立、2002 年に民営化され、Erdemir に買収された。JICA（2004）³⁹の資料によると、Isdemir は、電力資源調査開発総局（EIE）および JICA の協力の下、エネルギー消費量を削減するノーコスト・ローコスト対策の実施で、コークス製造エネルギー原単位 14%向上、高炉コークス比 1%改善、棒鋼加熱炉原単位 10%改善、転炉誘引通風機（IDF）電力原単位も改善でき、年間 7.8 億円の効果を享受している模様である。同社は、再生可能エネルギー総局が主催する「Reducing Energy Intensity in Metal Industry Sector」部門で、最優秀賞を受賞したほか、2002 年～2015 年の間に、トルコ共和国エネルギー天然資源省が主催する「Energy Efficiency in the Industry Project Competition」の「Increasing Energy Efficiency in Industry Projects」部門で 9 つの賞を受賞している⁴⁰。また、気候変動に関連する NGO との連携、協力を行うほか、TOBB-環境気候変動委員会とトルコ鉄鋼生産者協会県境委員会の副会長を務め、環境都市整備省が設立した温室効果ガス削減タスクフォースのメンバーでもある。

³⁷ 統合年次報告書 2020

(https://www.erdemir.com.tr/Sites/1/upload/files/2020_Integrated_Report-4864.pdf)

³⁸ <https://www.erdemir.com.tr/sustainability/environment/environmental-awards/>

³⁹ トルコ共和国省エネルギーセンタープロジェクト運営指導調査団報告書（JICA, 2004, https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/11803160_03.pdf）このプロジェクトでは、EIE および JICA の協力の下、高炉一貫製鉄所および電炉製鉄所での調査が実施され、エネルギー消費量を削減するための対策が講じられた。

⁴⁰ <https://www.erdemir.com.tr/sustainability/environment/environmental-awards/>

Kardemir は、1937 年に設立され、2002 年に民営化された。2020 年には、Kardemir の事業範囲内で 600 万トンの CO₂ 温室効果ガスが放出された。生産量が 9%増加したのと並行して、特にスコープ 1 の温室効果ガス排出量が前年に比べて増加している (Figure 2-16)。一方で、粗鋼生産量あたりの温室効果ガス排出量は、2.4 から 2.3 トン-CO₂e に減少した (Figure 2-15)。また、エネルギー効率化の研究により 2020 年は 136,276 トンの CO₂ 排出量を削減し、2017 年以降、合計で 579,912 トンの CO₂ 排出量を削減している (Figure 2-16)。

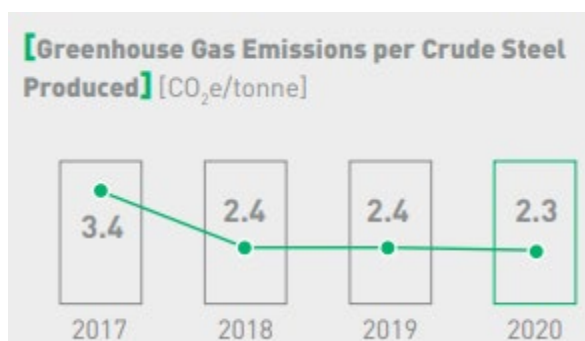


Figure 2-15 粗鋼生産 1 トン当たりの GHG ガス排出量

出典 : Kardemir Sustainability Report 2020

(https://www.kardemir.com/dosyalar/sayfalar/1339/03092021/2021090315555121_sayfalar_1339_03092021.pdf?v=c02ebf9b_c703_07bf_68ae_25ac990022ed)

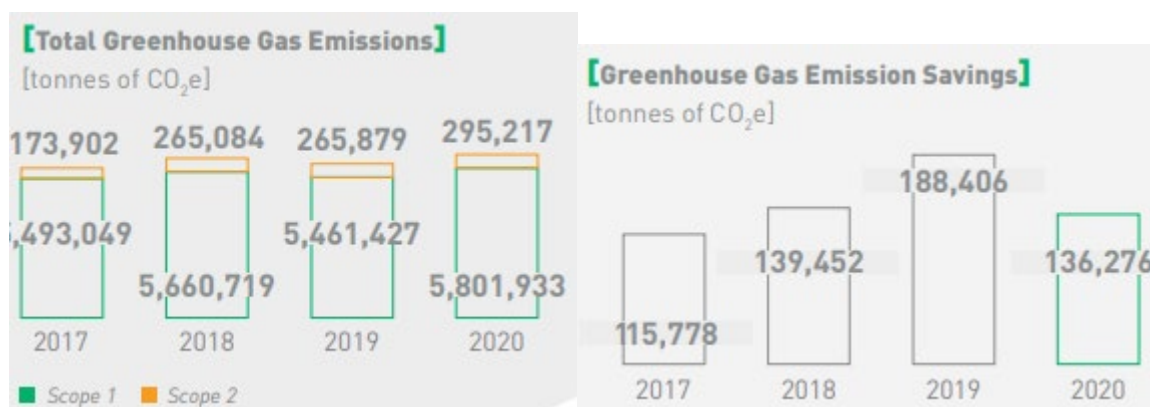


Figure 2-16 GHG ガス排出量 (左図) および GHG ガス排出削減量 (右図)

出典 : Kardemir Sustainability Report 2020

(https://www.kardemir.com/dosyalar/sayfalar/1339/03092021/2021090315555121_sayfalar_1339_03092021.pdf?v=c02ebf9b_c703_07bf_68ae_25ac990022ed)

< 電炉 >

Icdas Celik はトルコ最大の電炉～棒線メーカーであり、Istanbul に圧延工場、Karabiga に電炉～圧延工場を有する。また、2018 年には、温室効果ガス排出量の少ない建設用鋼の生産が評価され、Sustainable Production and Consumption Association (SPCA) が主催する「Düşük Karbon Kahramanları Ödülü (低炭素

ヒーロー賞)⁴¹を受賞している。同社は、EU によって発行された最良で適用可能な技術の参照文書に準拠し、高いエネルギー効率の生産技術を使用しており、同社の圧延機により排出される温室効果ガスの量は、78 kgCO₂/トン-steel である。

Habas グループは、1956 年に設立され産業ガス、医療ガス生産を開始、1987 年に鉄鋼分野に投資を行い、Aliaga にて粗鋼生産を、1992 年に棒鋼圧延を開始している。現在の粗鋼生産能力は 4,500 千トンであり、トルコの電炉メーカーで第 2 位の規模をもつ。

Colakoglu Metalurji は、1945 年に設立された電炉メーカーである。2007 年に最新技術を取り入れるため、フラット製品用の圧延機、当時としては世界最大の電炉（315 トン）を導入している。同社のエネルギー管理部門は、エネルギー管理の問題に精通したすべての部門の担当者と構成され、ISO50001 エネルギー管理システム規格に従って調達から使用に至るまでのすべてのエネルギー関連プロセスの実施を監督している。また、エネルギー関連技術の変化を注視し、エネルギー政策に沿ったエネルギー削減目標を達成するために、製造プロセスの観点からそれらを取り入れている。環境面では、煙道ガスや廃水のろ過システム、さらには真水の生産にも投資しており、環境省の認定も受けている。また、同社は、2020 年の環境に関する目標には、以下を挙げている。

- ・ 製鉄所で発生する有害廃棄物量を削減する
- ・ 生産工場での電力使用量削減によって温室効果ガス排出量を削減する
- ・ 生産工場での天然ガス使用量の削減によって温室効果ガス排出量を削減する
- ・ 廃棄物の回収率を向上させる
- ・ 事故の頻度と重症度を改善する

⁴¹ Icdas Celik の HP (<https://www.icdas.com.tr/News.aspx?year=2018&lang=tr-TR>)

Table 2-7 トルコの主要製鉄所の概要

No	企業名	事業所	粗鋼生産能力 (千ton/年)	上工程	主要製品	国営/外資系	省CO2、省エネに関する情報	備考
1	Erdemir	Eregli	3,850	高炉一貫	厚板、熱冷延、ブリキ、溶融亜鉛めっき鋼板 (CG鋼板)	地場 06年民営化	<ul style="list-style-type: none"> ・高炉用微粉炭吹込み装置 (PCI) 2基あり。 ・2014～2016年にTRTをErdemir /Isdemirの高炉4基に導入 ・2020年にエネルギー効率化PJにより214,620tCO2削減 	<ul style="list-style-type: none"> ・Erdemirグループ (Oyak49.29%、Erdemir金庫株3.08%、上場株47.63%、ArcelorMittal 12.08%、黄金株(トルコ民営化委)20株)
2	Isdemir	Iskenderen	5,250	高炉一貫	スラブ、ビレット、線材、熱延	地場 02年民営化	<ul style="list-style-type: none"> ・CDQ1基、TRT2基、PCI3～4基あり。 ・2014～2016年にTRTをErdemir /Isdemirの高炉4基に導入 ・2000年代にEIEおよびJICAの協力の下、現地調査および改善を実施 	<ul style="list-style-type: none"> ・Erdemirグループ (Erdemir 95.07%)
3	Kardemir	Karabuk	2,800	高炉一貫	棒鋼、形鋼、線材	地場 02年民営化	<ul style="list-style-type: none"> ・2013年、電力自給化(副生ガス発電所稼働、中国製)。 ・PCI1基あり。 ・2020年は600万トンのCO2を排出したが、エネルギー効率化により、136,276トンのCO2排出量を削減 	<ul style="list-style-type: none"> ・Kardemirグループ (Cag Celik I&S 25%、従業員51%。米投資会社Arrowstreet Capitalが株式10%以上取得) ・Karabük大学と、環境・エネルギー・効率の分野で協力。
4	Icdas Celik	Karabiga	4,700	電炉	棒鋼	地場	2018年に温室効果ガス排出量の少ない建設用鋼の生産が評価され、SPCAが主催する「Düşük Karbon Kahramanları Ödülü (低炭素ヒーロー賞)」を受賞	
5	Habas	Aliaga	4,500	電炉	棒鋼、線材、熱延	地場		
6	Colakoglu Metalurji	Gebze	3,000	電炉	棒鋼、線材、熱延	地場	2020年の環境に関する目標に、電力使用量の削減、天然ガス使用量の削減により、温室効果ガス排出削減を含む。	

出典：各種資料より調査団(NSRI)作成

Table 2-8 トルコの主要製鉄所の設備

No	企業名	基数（稼働時期）						
		高炉	転炉	コークス炉	焼結炉	電気炉	加熱炉	DR
1	Erdemir	2基（65, 78年）	3基（95, 94, 93年）	3基（64, 64, 78年）	1基（72年）	—	3基（65, 78, 92年）	—
2	Isdemir	4基（75, 79, 85, 11年）	3基（07, 07, 08年）	6基（75, 77, 85, 86, 07, 07年）	2基（08, 11年）	条鋼向け計画	2基（08, 08年）	—
3	Kardemir	5基（39, 50, 62, 11, 14年）	3基（98, 98, 14年）	5基（68, 68, 52, 52, 14年）	3基（62, 87, 14年）	—	?	—
4	Icdas Celik	—	—	—	—	3基（03, 09, 12年） ※175, 220, 100tEF	2基（01, 03年?）	—
5	Habas	—	—	—	—	2基（87, 17年） ※130tEF	?	—
6	Colakoglu Metalurji	—	—	—	—	5基（69年×4基, 06年） ※45tEF×4, 315tEF	2022年新加熱炉導入予定	—

出典：各種資料より調査団(NSRI)作成

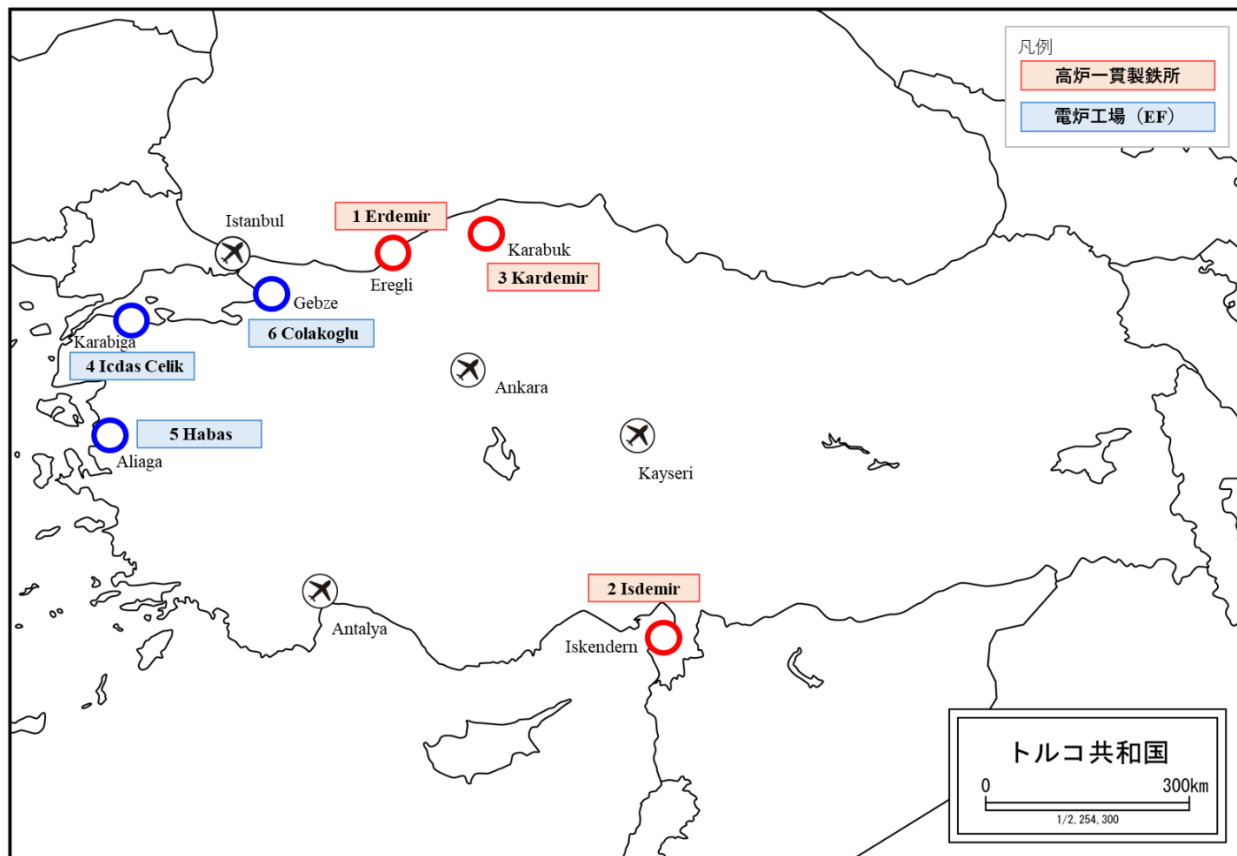


Figure 2-17 トルコの主要製鉄所の所在地

出典：各種資料より調査団(NSRI)作成

(3) トルコの省エネ・低炭素・脱炭素関連政策・制度等

トルコの NDC の概要は以下の通りである。

- ・ トルコは国連気候変動枠組条約（UNFCCC）にて、先進国（附属書 I 国、温室効果ガス排出削減などでより大きな負担が求められる）と分類されており、負担が過剰に重いと見て、G20 で唯一パリ協定を批准していなかった。
- ・ しかし、2021 年 10 月 6 日にトルコ議会はパリ協定の批准について全会一致で承認し、NDC として、2053 年までにネットゼロエミッションを達成するとの目標を設定した。
- ・ 但し、トルコは附属書 I 国の分類のまま批准手続きを進めた一方、議会が承認した声明は、「トルコは途上国として、同国の経済・社会的発展への権利を損ねることがない限り、協定を実施する」との立場を示している。

パリ協定を批准して 2021 年 10 月末から開催される COP26 の議論に加わることで、気候対策資金を海外から取り入れたい意思を国際社会に示したといえる。

トルコでは以下のような気候変動対策が取られている。

- 「工業機関によるエネルギー消費合理化推進のための対策に関する規則」

(1995年制定)

- エネルギー効率化法 (2007年制定)
- 省エネ戦略 2012-2023 (2012年策定)
- 国家省エネ行動計画 2017-2023 (2017年策定)
- エネルギー効率法に基づく Verimlilik Arttırıcı Projelerin (VAP, 効率向上プロジェクト) ⁴²
- TEYDEB プロジェクト (TÜBİTAK ⁴³が支援)
- TTGV (トルコ技術開発基金) のエネルギー効率支援

電力資源調査開発総局トルコ国立省エネルギーセンター (EIE/NECC) ⁴⁴は、2,000TOE (石油換算トン) 以上のエネルギーを消費する大型プラントを有する工場を対象に、エネルギー管理者制度を設け、省エネを推進している。同制度は、「工業機関によるエネルギー消費合理化推進のための対策に関する規則」(1995年制定)に基づくもので、主要なプラント企業に対して、エネルギー節約のためのエネルギー管理者を配置することを義務付けている。製鉄所の排出実績データ収集については、系統的科学的に実施されており、数値の検証もなされている。また、トルコ鉄鋼生産者協会の会員は、PDCA サイクルを使用し、策定したエネルギーポリシーに沿って、毎月/毎年エネルギー消費量を監視し、エネルギー消費量を削減するための目標を設定し、目標からの乖離の要因および必要な措置を講じ、改善を続けており、データ収集に関しては、トルコ鉄鋼生産者協会も重要な役割を果たしている模様である。

トルコの鉄鋼業界は、エネルギー効率法に基づく VAP や TEYDEB プロジェクトを活用し、省エネ・省 CO₂ に取り組んでいる ⁴⁵。また、プロジェクトの資金調達には、TTGV のエネルギー効率支援なども活用している。

VAP は、トルコエネルギー天然資源省が 2011 年から始めているプログラムである。エネルギー効率の高い機器やシステムの使用、断熱などによる不要なエネルギーの使用の防止や最小化、廃棄エネルギーの回収などのプロジェクトは、VAP と見なされ、年間消費エネルギーが 500TOE 以上の企業に対し、プロジェクト費用の最大 30% の助成金が支給される。

TEYDEB は、トルコの科学技術革新政策に沿って、技術開発と革新活動という研究を支援することにより、民間部門の組織の競争力の向上と研究開発文化の普及に貢献することを目的 ⁴⁶としている。TÜBİTAK および TTGV は、TUBİTAK イン

⁴² T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (トルコエネルギー天然資源省)
(<https://enerji.gov.tr/evced-enerji-verimlilik-destekleri-verimlilik-arttirici-proje-destekleri>)

⁴³ THE SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH COUNCIL OF TURKEY (トルコ科学技術研究会議) トルコにおける研究の管理、資金提供、および実施を行う主要な機関。

⁴⁴ EIE : General Directorate of Electrical Power Resources Survey & Development Administration, 電力資源調査開発総局、NECC : National Energy Conservation Center, トルコ国立省エネルギーセンター

⁴⁵ <http://celik.org.tr/en/cemtas-celik-makina-sanayi-ve-ticaret-a-s/>

⁴⁶ <https://teydeb.tubitak.gov.tr/teydebanasayfa.htm>

センチブの対象プロジェクト、コンセプト開発、技術調査及び技術的フェージビリティ調査、実験室におけるコンセプトから設計への転換研究、設計及びスケッチングの研究、プロトタイプ製作、パイロット施設の建設、試験生産、特許とライセンスの研究、製品の設計から生じる販売後の問題の除去に関する活動に関するプロジェクトや研究に対し、補助金の交付や融資を行っている。なお、TTGV は、技術開発、再生可能エネルギー、省エネ技術、環境負荷低減等のプロジェクトについては、無利子の長期貸付⁴⁷を行っている。

そのほか、2022年2月10日にはトルコの発展におけるグリーントランスフォーメーションに重点を置いた活動を行うトルコ産業開発銀行（TSKB）がJBICと2億2千万米ドルの融資契約に調印した⁴⁸。本融資は、TSKBが2015年3月にJBICから取得した1億5千万米ドルの継続融資である。本融資により、TSKBは、トルコにおける温室効果ガス排出削減を目的とした再生可能エネルギーおよびエネルギー効率化投資への資金を提供する予定であり、本融資対象は日本企業の技術の活用が見込まれる製鉄工場や紡績工場の効率圧縮機等による高効率化も対象とするよう拡大している。したがって、今後の本事業における資金面での活用が期待できる。

アライアンスや国家間の枠組み等について、以下に記載する。

1996年、EUとトルコの間で欧州石炭鉄鋼共同体(ECSC)協定が締結され、トルコは全てのEU加盟国と原則として関税無しに鉄鋼製品の輸出入取引を行うことができる。なお、同協定を遵守し、トルコ政府はEU向けの鉄鋼業への助成金を廃止した。

そのような中、現在、EUにて炭素国境調整措置（CBAM）の導入が検討されている。国境調整税は、まず、鉄、セメント、アルミ、肥料、電力の5品目を対象にEU製品と同等のCO₂排出規制対応コストを求める。鉄鋼分野では、ロシア、中国、トルコ、ウクライナ、インド等が炭素国境調整措置に懸念を表明している。

CBAMがトルコ鉄鋼業に与える影響やその対策について、トルコエネルギー天然資源省のAbdulkadir BEKTAS氏が論文を発表している⁴⁹。この中で、以下の点などが論じられている。

- ・ 欧州はトルコにとって、最も重要な輸出入相手国でありCBAMはトルコ—欧州間貿易に多大の影響を与える
- ・ 鉄鋼、セメント、ガラス、アルミなどエネルギー集約型セクターが深刻な影響を受ける
- ・ 鉄鋼業が、この影響を受けないようにするためにどのような対策を講じればよいかを見極める

⁴⁷ 貸付金の上限額はプロジェクト総額の50%、プロジェクト一件あたりの貸付金の上限は1百万米ドル、返済期間はプロジェクト実施後一年の猶予期間をおいてからの4年間という条件付。

(https://joi.or.jp/modules/investment/custom/documents/TUR_Incentive.pdf)

⁴⁸ <https://www.tskb.com.tr/web/307-4960-1-1/tskb-site-en/en-hakkimizda/tskbden-haberler-en/tskb-signs-a-usd-220-million-loan-agreement-with-jbic>

⁴⁹ “The Impact of European Green Deal on Turkey’s Iron and Steel Industry: Decomposition Analysis of Energy-Related Sectoral Emissions” (2021.3, Celal Bayar University Journal of Science)

- ・ 対策としては、低炭素開発政策の実施を試み、鉄鋼部門のエネルギー関連の排出量を削減すべき
- ・ 鉄鋼業の排出実態などの分析を行っている
- ・ 最新の技術を提示・実施して鉄鋼部門のエネルギー効率の向上させることは不可欠である

上記論文では、鉄鋼業にとって CBAM が与える影響は看過できないと結論されているが、論文中で使用されている統計データは IPCC 2006 Guideline に基づいて計算されており、世界の鉄鋼業において広く使われている世界鉄鋼協会の算定方法論（基本的には ISO14404 series)に基づく計算と方法及びその結果の数値が大きく異なる点は注意を有する。例えば、エネルギー起源 CO₂ 排出量に関して、トルコ全体の排出量（2018 年、5.21 億トン-CO₂/y)に対して鉄鋼業の排出量（2018 年、0.042 億トン-CO₂)が占める比率は、0.8%としている。これによれば、2018 年の粗鋼生産量が 37.3 百万トン-s であるので原単位は、0.11 トン-CO₂/トン-s となり、異常に低い値となる。原料炭などは非エネルギー起源 CO₂(IPPU)としてカウントされていると推察される。いずれにせよ、欧州が最大の貿易相手であるトルコの鉄鋼業界に CBAM が与える影響は大きいという、定性的結論への影響はほとんどないと想定される。(CBAM の動向については 1.3.1 も参照のこと。)

2.3.2 低・脱炭素化に係る課題(技術面・資金面・政策面等)の抽出

トルコは、設備の稼働時期が古く、エネルギー原単位が大きい可能性がある。また、トルコの一貫製鉄所では高炉と転炉の副生ガスは有効利用して必要なエネルギーを賄っているが、ガスホルダーやボイラーを活用したガス放散の抑止などの工夫については、現地調査またはヒアリング等で確認する必要がある。さらに、CDQ や TRT などの省エネ設備が一部導入されているが、十分に普及はしておらず、削減ポテンシャルがありそうである。普及率については、現地調査等で確認する必要がある。

また、現在、EU にて炭素国境調整措置 (CBAM) の導入が検討されている。国境調整税は、まず鉄、セメント、アルミ、肥料、電力の 5 品目を対象に EU 製品と同等の排出規制対応コストを求める。トルコは、EU への輸出が鉄鋼輸出全体の 29% (2020 年) を占めており、その影響が懸念される。

2.3.3 協力プログラムの検討・提案

(1) 支援対象の状況

a) トルコ政府のモチベーションとギャップ

気候変動の観点からは、前述のように NDC において 2053 年までにネットゼロエミッションを達成するという野心的な目標を掲げている観点からモチベーションの高さがうかがえる。また、気候変動対策資金を海外から取り入れたいという国の意志を

勘案すると、本邦からの協力の受け入れも認めやすい状況にあると考えられる。一方で気候変動対策の実践にあたって、経済発展との共生を懸念しているということを念頭に置く必要がある。

経済発展におけるトルコ政府の鉄鋼業に関するスタンスを把握するうえで、第 11 次開発計画（2019-2023）が参考になる。ここでは、基礎金属産業の方向性として「製造物の質の向上を目指した生産構造の改善」「高付加価値製品の種類の拡充」「鉍石を利用した生産方法の割合増大」が示されている。とくに製鉄業においては「輸出量や輸出市場の拡大」「低品質鋼材の輸入防止」「防衛・鉄道・メガプロジェクト・原子力発電などの戦略分野で使用される鋼種の品質とサイズを基準とした国内サプライチェーンの改善」「投入資源の供給保証」といった 4 点が明確な方針として示されている。これらを総合すると、開発の基盤をなす鋼材の生産における安定性確保を課題ととらえているとともに、製鉄業自体を対外的な主力産業として位置づけ、生産の拡大・質の向上を図ろうとする動きが観察される。これは、世界のリサイクル工場としてのトルコの地位に対して一定の認識を有していることのあらわれともいえる。

その一方で、とくにこの第 11 次開発計画で重要となるのは、こうした方向性を示す文書の中に気候変動対策の側面が記載されていないことである。したがって、トルコ政府は鉄鋼業の育成・強化と気候変動対策のつながりに関する認識が少ないか、これら二つを共生させる技術やロードマップを想定していない可能性がある。よって、政府間協力においてはこのギャップを埋めることが重要なファクターであると考えられる。

b) トルコ製鉄事業者のモチベーションとギャップ

前述のように、トルコの製鉄事業者は概して省エネルギー・CO₂削減に積極的であることが推察され、協力に応じるモチベーションは醸成されているものと考えられる。また、過去にも工場診断能力の強化に関する研修を通じた実績があるため、協力に関する信頼を獲得することが比較的容易にできる可能性がある。同時に、旧国営高炉 3 社は設備が古くエネルギー原単位が大きい可能性があるため、支援を行う余地もあるものと考えられる。電炉法エネルギー原単位もトルコは 8.8GJ/トン粗鋼であることを踏まえると、省エネの余地は十分にある。

(2) 本邦協力開発方針との整合性

トルコに対する本邦の開発協力方針においては「経済を支える強靱な社会基盤づくりへの支援」や「民間セクターとの連携強化」「開発パートナーとしての連携強化」といった重点分野が挙げられており、産業セクターの人材育成や我が国の企業・人材・技術等の強みを生かした分野的な支援が提唱されている。その一方で事業展開計画では資源エネルギー分野におけるエネルギー効率の改善（省エネ）の重要性が述べられつつも、鉄鋼産業に特化した具体的な協力プログラムは計画されていないため、本事業はこうした協力方針を強化し、協力プログラムの厚みを増すことが期待される。

一方で、JICA は 2000 年代に省エネルギープロジェクトを実施し、省エネルギー

センター（NECC）を中心に工場診断技術の支援を行っており、その対象セクターには製鉄業も含まれている。本事業は電力資源調査開発総局トルコ国立エネルギーセンター(EIE/NECC)をC/Pとして、省エネ法の策定支援やNECC職員の省エネ技術に関する能力開発・教育などを行うことを目的としたものである。しかし、本事業は製鉄に特化したものではなく、セメント工場なども含む広範囲に及ぶ産業の省エネを企図したものであるため、本報告書で想定する製鉄業に特化した協力内容とは技術的な詳細性において一線を画す。なお、トルコの省エネルギーセンターについては元々EIEに所属していたが、EIE本体が2011年に閉鎖されて2012年に「再生可能エネルギー総局」に変更された。更に2018年には大統領制への移行に伴い、「再生可能エネルギー総局」が閉鎖され、再生可能エネルギー業務は「エネルギー関連業務総局」へ、またエネルギー効率性関連業務は2019年に創設された「エネルギー効率性・環境総局」に受け継がれている。これらの事実を踏まえると、大きく変化したトルコのエネルギー関連省庁に対する前協力プログラムのアップデートをエネルギー効率性・環境総局に対して実施すべきであり、また組織構造などが変わった点も踏まえて前回と異なる形での協力を必要とする点にも留意が必要である。

(3) 対象国への協力プログラムの提案

上記までの点を総合し、下表に短期的な協力プログラムを整理する。これらは基本的な協力形態として技術協力プロジェクトを想定している。トルコでは政府・民間業者ともにモチベーションが高いことが推察されたため、政府見解や認識の調査から始まるトップダウンなアプローチと民間事業者の省エネ実態・余地を具体的に把握して国全体の状況を推察し政府の方針に照らすボトムアップアプローチを並行して行うことが望ましい。特に政府に対しては2000年代に行った広範囲の省エネルギーにおける協力プログラムの内容と対照させることで、支援の受け入れが容易になる可能性も高い。

Table 2-9 トルコにおける協力プログラム案

協力プログラム	対象	重要性・協力の方針
政策立案能力向上、政策提言 ▶ 省エネ法定期報告制度等の紹介 ▶ 省エネ・脱炭素推進政策、ロードマップ策定支援 ▶ 省エネインセンティブ制度導入支援	政府	非常に重要であり、優先度が高い。政府の製鉄業に対する政策を気候変動対策と経済強化の2点で統合的に強化するため、それらを繋ぐ省エネの重要性を訴求することから始めるべきである。政策的方向性が定まってきた段階でロードマップやそれを支えるインセンティブ制度の導入支援につなげる。既存のインセンティブ制度（エネルギー効率法に基づく省エネ支援プロジェクトなど）はすでに行われているが、その公募状況や障壁などの実態を明らかにすることで、さらなる制度面・資

協力プログラム	対象	重要性・協力の方針
		金面での補強も見込まれる。
製鉄所省エネルギー診断 ▶ BAT 普及可能性調査 ▶ 未利用エネ（排熱、副生ガス等）利活用ポテンシャル調査	民間事業者団体・民間事業者	非常に重要であり、優先度が高い。省エネ余地が大きい可能性を実態として把握することが重要。複数社の未利用エネルギーの利活用ポテンシャルを把握することでBATの提案にも信頼性が確保される。また、診断に併せて政府系プロジェクトからの資金調達の課題などを聴取することで、上記の「政策立案能力向上、政策提言」においても既存制度の見直しにつながることから、同協力と同時期に行うことが望ましい。
鉄鋼業 CO ₂ 削減ロードマップ策定支援 ▶ 官民会合や業界関係者へのセミナー開催 ▶ トップマネジメントレベル能力向上（ISO50001、ISO14001） ▶ サプライチェーン CO ₂ 削減ロードマップ策定支援	政府・民間事業者（本邦政府・本邦民間事業者）	政策立案能力の向上、政策提言をふまえて、もしくは並行して実施されるべきである。現状では、政府の政策が体系的に整理されていない可能性があるだけでなく、業界関係者と政府の関係性も明確でない。とくに政府の政策方針が整理されていない状況での官民会合は業界関係者に混乱を与えかねないため、慎重に行う必要がある。
エコプロセス・パイロット設備の導入計画化支援 ▶ 詳細計画策定支援 ▶ 設備メーカー等マッチング支援 ▶ 資金調達方法の検討支援	民間事業者	エネルギー管理者制度やエネルギー法に関連する各種プロジェクトで省エネルギーに積極的であるため、それらの取り組みを支援する観点から重要な協力プログラムである可能性がある。
製鉄所向け脱炭素・省エネ支援ツール整備 ▶ ISO14404 普及促進 ▶ TCL 策定・普及促進 ▶ BAT 整備・普及促進 ▶ エネバラモデル化ツール ▶ 改善対策特定ツール	政府・民間事業者団体	

<トルコの行政体系>

トルコの政治体制は、議会制であったが、2018年6月26日に行われた選挙を経て、憲法から付与された行政権を大統領が単独で行使する大統領制に移行した。構成省庁の概要を下図に示す。この中で、鉄鋼セクターの省エネルギーに関連する可能性がある省庁と部署は下記のとおりである。なお、これらの省庁・部門については、計画・制度設計・施行などの詳細分担については当該HP等で情報を把握できなかったため、より細かい役割については更なる詳細な調査が必要である。2021年10月29日より、環境都市省は

環境都市気候変動省に変更されているため、図における表記と異なっている。本件において C/P となりうるのは、エネルギー天然資源省の Department of Energy efficiency and environment か、産業技術省の General Directorate of Industry である可能性が高いが、上述のとおり、政策や制度などの分担について確認を経る必要があることに留意する。

- ・ Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change（環境・都市・気候変動省）
 - General Directorate of Environmental Impact Assessment, Permission and Inspection
 - Directorate General of Environmental Management
- ・ Ministry of Energy and Natural Resources（エネルギー天然資源省）
 - General Directorate of Energy Affairs
 - Department of Energy efficiency and environment
- ・ Ministry of Industry and technology（産業技術省）
 - General Directorate of Industry
- ・ Ministry of Trade（貿易省）

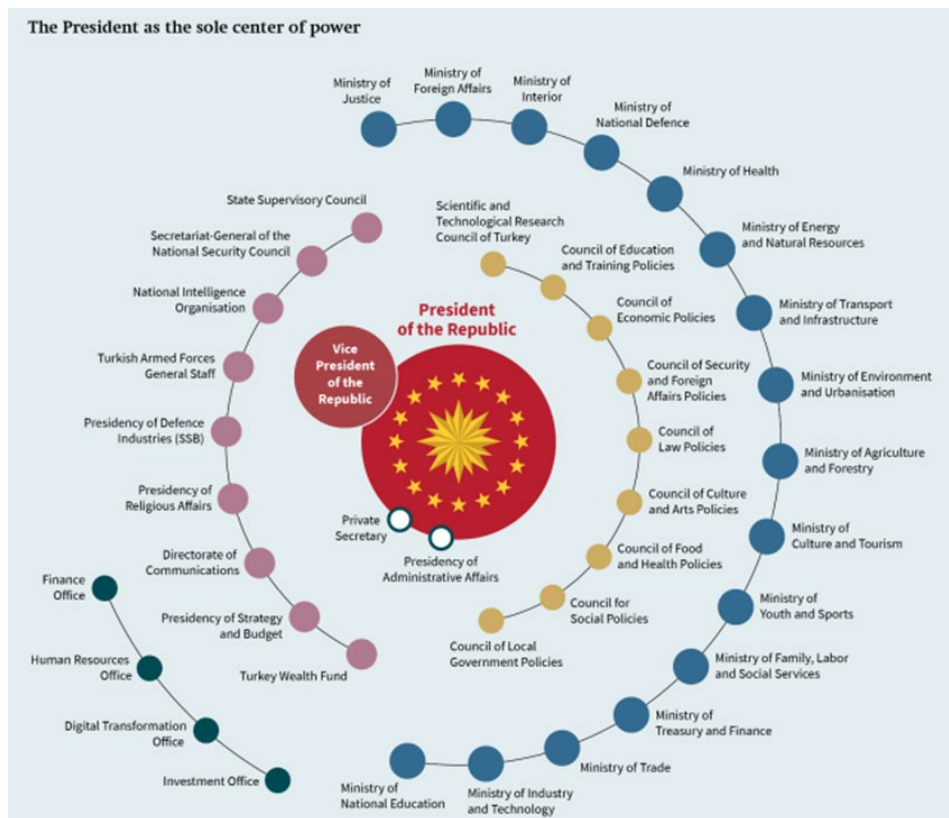


Figure 2-18 トルコの行政体系

出典：SWP Research Paper “Turkey’s Presidential System after Two and a Half

Years”(https://www.swp-berlin.org/publications/products/research_papers/2021RP02_Turkey_Presidential_System.pdf)

2.4 ベトナム

2.4.1 現状分析(主要企業の設備能力・技術・エネルギー管理レベル、政策・制度等)

(1) ベトナム鉄鋼業の概要

ベトナムの粗鋼生産量は、2019年時点で世界第14位(20.1百万トン)であり、粗鋼生産比率は、高炉鋼が55.8%、電炉鋼が28.2%である。ベトナムでは東南アジア初かつ最大級の高炉一貫製鉄所である Formosa Ha Tinh Steel (FHS) が2017年より設備を稼働している他、いくつかの高炉一貫製鉄所が稼働しており、近年鋼材生産の伸びが著しい (Figure 2-18)。製造した最終製品の4割は建材等に用いられる条鋼 (Long Products)である (Table 2-10)。ベトナムにとって最大の鉄鋼の輸入国は中国(35%、2019年)であり、インド、日本が続いている (Table 2-11)。最大の輸出先はASEAN (62%)、続いて中国(6%)、米国(5%)となっている (Figure 2-19)。

ベトナムは環太平洋パートナーシップに関する包括的及び先進的な協定 (CPTPP) の締約国の11か国の内の一つである他、EUとの自由貿易協定 (EVFTA) が2020年8月から発効している。これらの自由貿易協定の発行により、鋼材市場の更なる拡大が期待される一方、鋼材輸入の増加が鋼材価格や地場企業へ影響を与える可能性もある。

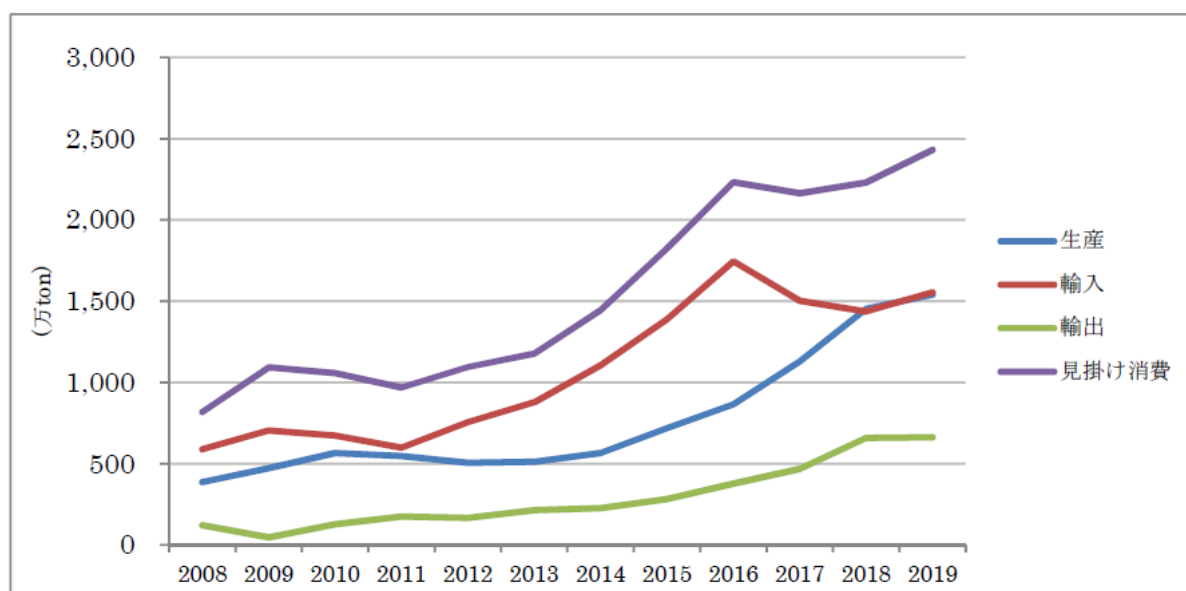


Figure 2-19 ベトナム鋼材需給推移

出典：SEASIS Statistical Yearbook より調査団(NSRI)作成

Table 2-10 ベトナムの鉄鋼生産品種(千トン)

Products	2017	2018	2019
----------	------	------	------

Total of finished steel production	22,101	25,602	26,334
Hot-rolled sheets & strips	1,378	3,439	4,130
Cold-rolled products	3,825	3,867	3,947
Metallic & color coated	4,667	4,710	4,470
Welded steel pipe	2,307	2,493	2,516

出典：SEAISI、ベトナム鉄鋼協会

Table 2-11 ベトナムへの鋼材輸出国

Country	2019		Share (%)	
	Volume	Value	Volume	Value
Total	14,555,064	9,507,800	100.00%	100.00%
China	5,143,330	3,299,900	35.34%	34.71%
India	2,213,766	1,100,500	15.21%	11.57%
Japan	2,084,461	1,358,300	14.32%	14.29%

出典：SEAISI、ベトナム鉄鋼協会

Top 10 largest destinations for steel exports of Vietnam in 2019

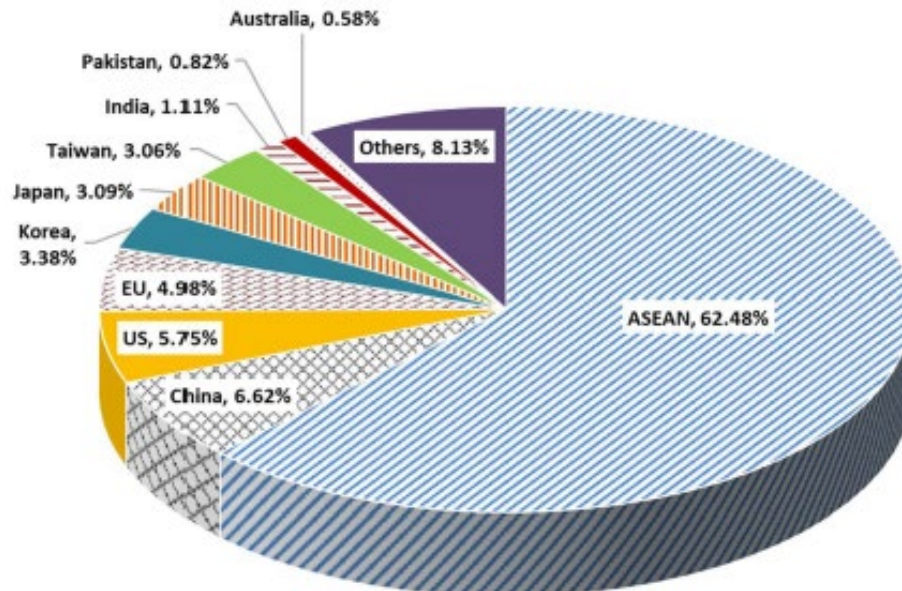


Figure 2-20 ベトナムからの鋼材輸出先

出典：ベトナム商工省の産業貿易情報センター、ベトナム鉄鋼協会、SEAISI

(2) ベトナムにおける主要製鉄企業の概要

ベトナムには、高炉メーカー数社（Viet Nam Steel, Formosa Ha Tinh Steel, Hoa Phat Steel JSC, Van Loi グループ）と電炉メーカー（ベトナム鉄鋼協会の加盟数は18社）がある。

高炉一貫、電炉それぞれの粗鋼生産能力の高い主要製鉄所の概要および設備等について Table 2-12, Table 2-13 に、それらの所在地を Figure 2-20 に示す。

Formosa Ha Tinh Steel は、外資系の高炉一貫製鉄所であり、2017年5月に高炉に火入れを行った。2018年5月には第2高炉を稼働させ、さらなる拡大の検討も行っているとされる。台湾の台塑集団（Formosa Plastics Group）が主導し、台湾の中国鋼鉄やJFEスチールも一部出資している。

Hoa Phat Steel JSC は、ベトナム北部と中部に製鉄所をもつ、地場企業である。同社は、発電用の熱や排ガスを回収・再利用することで、年間1兆ドン（約50億円）を節約し、温室効果ガスの排出量を削減している⁵⁰。また、CDQを導入する等、必要電力の80%を排熱回収による自家発電でまかなっているが、2018年に調査団メンバーが訪問した際は、コークス炉ガスの回収・利用を行っていなかった。

ベトナムでは2000年代に、Hoa Phat Steel JSCのようなある程度の規模を持った地場企業が参入し、参入時点で新鋭の設備（ハード）を導入しているが、ベトナム鉄鋼協会によると、十分に使いこなすソフト面が不足したまま現在に至っており、生産性やエネルギー効率などフルに性能を発揮できていないという報告もある⁵¹。過去に調査団メンバーが訪問した際は、現地スタッフのエネルギー管理に関する関心が高くないなどの課題がみられた。

Pomina Steel は1999年に設立されており、Techint, SMS-Concast, Siemens-VAIなどのサプライヤーから先進設備を購入しており、電炉には、スクラップ予熱式電炉であるConsteelを導入している。同社は生産能力20万トン/年の小型高炉を2020年に立ち上げ、溶銑を電炉で活用するとともに、発生ガスを新設の発電設備に供給する予定としている。

Nghi Son Iron and Steel はVietnam American Steel (VAS) 傘下企業である。同社はTenova社のConsteelを導入しており、電炉の消費電力を350kWh/トン以下に抑えている⁵²。

Posco Yamato Vina Steel は、ポスコ（韓国）が51%、大和工業（日本）49%が株式を取得しており、Tung Ho Steel Vietnam は、東和鋼鉄（台湾）が100%と株主となっている。

Southern Steel Company は、国営のViet Nam Steel が100%株主となっている。輸入スクラップを主な鉄源としており、異形棒鋼を主要生産品種とする。過去に調査団が訪問し得た情報によると、新しい大型設備が導入されているが、性能を

⁵⁰ Hoa Phat 社の Annual Report 2020 (<https://file.hoaphat.com.vn/hoaphat-com-vn/2021/04/annual-report-2020-eng.pdf>)

⁵¹ 平成26年度地球温暖化対策技術普及等推進事業（ベトナム鉄鋼業への省エネルギー技術の導入によるJCMプロジェクト実現可能性調査）報告書（JFEテクノリサーチ, JFEスチール, 2015年3月）より。

⁵² <http://steelbuilder.vn/en/project/nghi-son-iron-and-steel-factory/>

発揮しきれておらず、生産量や操業技術面で改善の余地が見られる。過去に調査団が訪問し得た情報によると、幹部は省エネ・省CO₂に積極的である。

Table 2-12 ベトナムの主要製鉄所の概要

No	企業名	事業所	粗鋼生産能力 (千ton/ 年)	上工程	主要製品	国営/外資系	省CO ₂ 、省エネに関する 情報	備考
1	Formosa Ha Tinh Steel (Formosa HTS)	Ha Tinh省 Vung Ang	7,000	高炉一貫	熱延、棒線 (厚板、冷延、CG、電磁)	外資(台 日)9.5割	CDQ、TRT(17年)導入	Formosa Plastics(台 湾)72.75%?、CSC(台 湾)20.45%?、JFE Steel 4.09%?、 ベトナムの現地企業5%
2	Hoa Phat Steel JSC	Hai Duong 省Kinh Mon	1,650	BF-LD	棒、厚板	地場		Hoa Phatグループ
3	Hoa Phat Steel JSC	Quang Ngai省 Dung Quat 経済開発区	2,000	高炉一貫	棒鋼、(熱 延)	地場		Hoa Phatグループ
4	Pomina Steel	Ba Ria- Vung Tau 省Phu My他	1,600	EF	棒、冷、CG、 カー	地場? ※明確な情報 なし		株主 Thep Viet (VN Steel傘 下?)
5	Nghi Son Iron and Steel (NSI)	Thanh Hoa 省	1,000	EF	棒	地場? ※明確な情報 なし		親会社はVietnam American Steel (VAS)。
6	Posco Yamato Vina Steel	Ba Ria- Vung Tau 省Phu My	1,000	EF	棒形	外資		株式はポスコ51%、ヤマトグループ(日 本)49%取得。
7	Tung Ho Steel Vietnam	Ba Ria Vung Tau 省Phu My	1,000	EF	ピレット	外資		東和鋼鉄(台湾)100%
8	Southern Steel Company	Phu My industrial zone 1, Vung Tau Province	1,000	EF	棒鋼	国営 (Vietnam Steelの 一部)	ダニエリ製スクラップブ レヒータ(稼働状況悪 い) 設備配置を電炉-CC-加熱 炉と一貫して配置し、直 送圧延志向	新しい大型設備であるが、性能を 発揮しきれしていない。 生産量や操業技術面で問題あり。

出典：各種資料より調査団(NSRI)作成

Table 2-13 ベトナムの主要製鉄所の設備

No	企業名	基数（稼働時期）						
		高炉	転炉	コークス炉	焼結炉	電気炉	加熱炉	DR
1	Formosa Ha Tinh Steel (Formosa HTS)	2基 (17, 18年)	3基 (17, 17, 18年)	5基 (15, 18年)	2基 (17年)	—	?	—
2	Hoa Phat Steel JSC	3基 (10, 14, 16年)	4基 (10, 14, 14, 16年)	1基	1基 (14年)	—	?	—
3	Hoa Phat Steel JSC	2基 (19, 19年)	2基 (19, 19年)	8基 (19年)	1基 (19年)	—	?	—
4	Pomina Steel	—	—	—	—	1基 (07年) ※60tEF 1基 (14年)? ※場所異なる可能性あり	?	—
5	Nghi Son Iron and Steel (NSI)	—	—	—	—	1基 (未着工?)	?	—
6	Posco Yamato Vina Steel	—	—	—	—	1基 (15年)	?	—
7	Tung Ho Steel Vietnam	—	—	—	—	1基 (12年)	?	—
8	Southern Steel Company	—	—	—	—	1基 (06年) ※85トン	80ton/h ウォーキング グハース炉	—

出典：各種資料より調査団(NSRI)作成

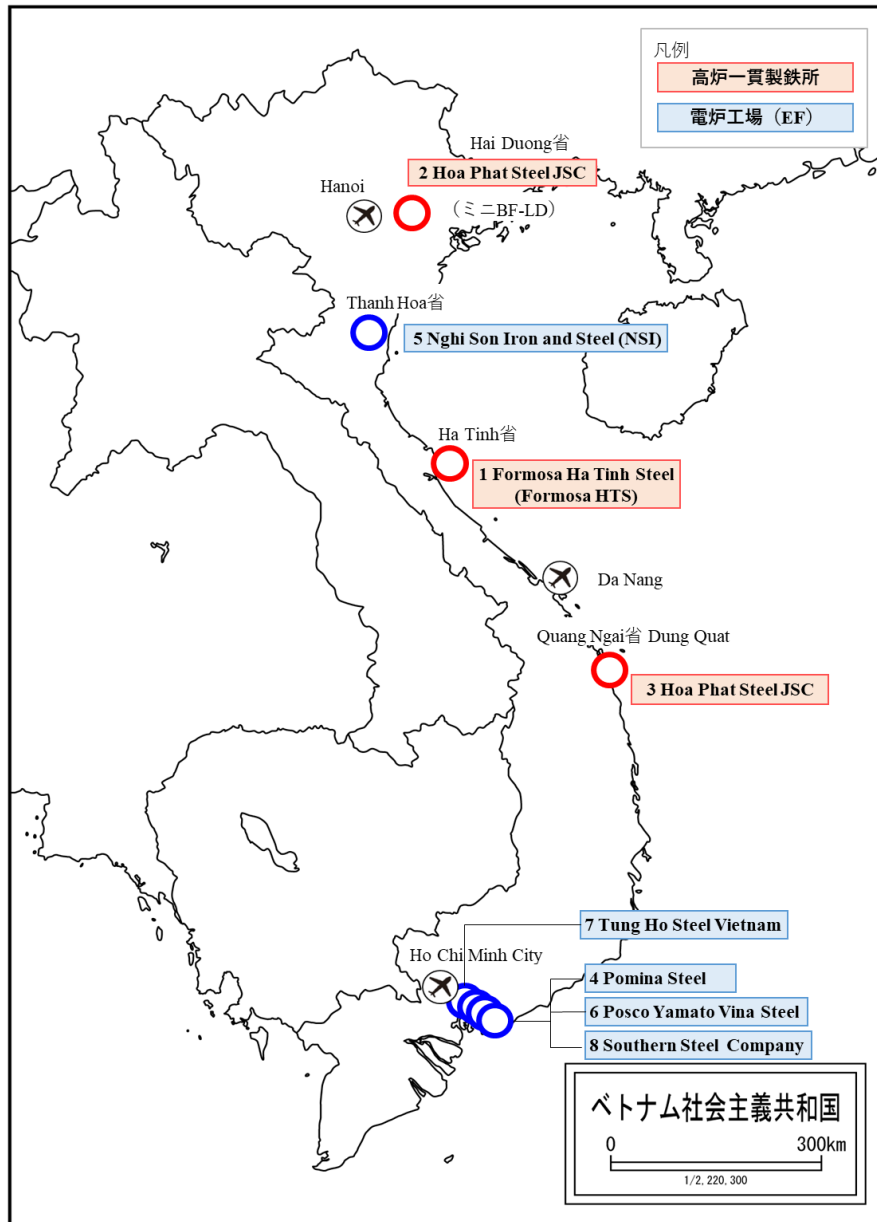


Figure 2-21 ベトナムの主要製鉄所の所在地

出典：各種資料より調査団(NSRI)作成

(3) ベトナムの省エネ・低炭素・脱炭素関連政策・制度等

ベトナムの NDC の概要（2020 年 9 月）は以下の通りである。

- ・ 2030 年までに、国内の自助努力で GHG 排出量 9%（8,390 万トン-CO₂）削減（BAU 比、基準年は 2014 年）。
- ・ 国際援助を得られる場合は、GHG 排出量 27%（2 億 5,080 万トン-CO₂）削減。
- ・ 部門別の削減目標として「工業プロセス」の削減率を国内努力のみでは 0.8%（720 万トン-CO₂）、国際援助込みでは 0.9%（800 万トン-CO₂）としている。

ベトナムでは以下のような気候変動関連施策が取られている⁵³。

- 気候変動対策 国家目標プログラム (The National Target Program to respond to Climate Change (NTP-RCC)) (2008年、2012年)：気候変動対策に関する基本的な枠組みを提示。天然資源環境省(MONRE)が調整、実施を担う。
- 気候変動対策支援プログラム (Support Program to Respond to Climate Change (SP-RCC)) (2010年)：海外からの支援の調整のためのプラットフォームであり、世界銀行、国際協力機構 (JICA)、フランス開発庁等から支援を受けている。
- 国家気候変動戦略(2011年)：2050年までの長期的な方針を示し、各部門で気候変動緩和策関連の数値目標が設定された。「工業生産と建設」部門における省エネ施策として、「2020年までに、最先端技術利用による工業生産の貢献を高め、工業生産における価値を42-45%付加する」、「最先端技術に向けた技術革新の促進」、「2020年までに20%の最先端技術及び設備の利用」、「2050年までに、80%以上の最先端技術を利用した工業の貢献の増加」等の目標が掲げられた。天然資源環境省(MONRE)が担当を担う。
- グリーン成長戦略 (2012年)：温室効果ガス排出削減、グリーンな生産、グリーンな生活スタイル・持続可能な消費の促進に関して数値目標が提示された。計画投資庁 (MPI) と財務省 (MOF) が担当を担う。
- 環境保護税 (2012年)：化石燃料に対して課税。

省エネ分野に関する法令は、以下の通り気候変動関連政策よりも早い段階から整備されている⁵³。省エネ施策は商工省 (MOIT) が担当している。

- 節約及び省エネに関する規定(2003年)
- 省エネ及びエネルギー利用に関する国家戦略プログラム(2006年)
- 省エネに関する法律 (2010年)
- 省エネにおける国家目標プログラム (2012年～2015年)：鉄鋼、セメント、繊維産業での原単位目標を含むエネルギー消費抑制目標が提示された。
- 省エネマスタープラン (Vietnam Energy Efficiency Program(VNEEP)) (2006年、2011年、2019年)：現在2019年から2030年までを対象とする第IIIフェーズを実施中。鉄鋼セクターにおいては、品種や製造技術に応じてエネルギー消費を2025年までに3～10%、2030年までに5～16%削減する目標が掲げられている⁵⁴。
- 2045年を見据えた2021年から2030年までの国家エネルギー開発戦略の方向性に関する決議 (2020年)：再生可能エネルギー推進や省エネの促進などを含む、ベトナムのエネルギー開発方針が示された。エネルギー消費量の多いセクターや製品に対して、エネルギー効率に関する制裁措置、義務的な基準や規制を実施することに言及されている⁵⁵。

⁵³ IGES『ベトナムの気候変動緩和策の現状と今後の課題』参照

⁵⁴ Prime minister, “Decision on approval of the National Energy Efficiency Program for the period of 2019-2030” http://gizenergy.org.vn/media/app/media/the-signed-version-of-VNEEP_ENG_GIZ.pdf

⁵⁵ Central Committee of the Communist Party of Vietnam, “On Orientations of the Viet Nam’s National Energy Development Strategy to 2030 and outlook to 2045” <http://vepg.vn/wp-content/uploads/2020/03/CPCs-Resolution-55.NQ-TW-on-Energy-Development-Strategy-to->

2020年11月、「環境保護に関する改正法」が採択され、天然資源環境省（MONRE）が国内の排出権取引市場（ETS）とMRVシステムを設計することを義務づけた⁵⁶。対象セクターは決定されていないが、技術的な準備として、2013年以来、ベトナムは世界銀行の市場準備パートナーシップ（PMR）と協力して、鉄鋼、固形廃棄物、電力の各セクターでパイロット市場の開発に取り組んできた。MONREの資料⁵⁷によれば、2026～2027年に自主的なパイロットETS市場の導入や、義務的な排出権取引市場に関する詳細な設計を行い、2028年以降義務的な国内排出権取引市場を実行するという暫定的なロードマップが示されている。

鉄鋼業に関連する政策方針として、ベトナム商工省は「ベトナム鉄鋼業開発マスタープラン(2015～2025年)」の作成に着手していたが、2019年に計画廃止されている。

ベトナムの産業部門のエネルギー原単位は、世界のエネルギー原単位のベンチマークよりも高い水準と言われている。エネルギー効率が低いのは古い技術が使用されているため、エネルギー効率化のための投資を行うことで、鉄鋼セクターの競争力の向上とCO₂排出量の削減に繋がる。2016年の世界銀行の調査によれば、製鉄所の省エネに対する投資を行うことで、2015年から30年の間に累計約45,000GWhのエネルギー消費量の削減が可能としている⁵⁸。こうした背景から、ベトナムの鉄鋼セクターの省エネ・CO₂排出量削減に対するニーズやポテンシャルは高いと考えられる。

2.4.2 低・脱炭素化に係る課題（技術面・資金面・政策面等）の抽出

省エネ技術導入の促進にあたって、専門知識をもつ人材の不足、エネルギー管理システムの未構築、省エネ対策の実行能力不足などが課題として挙げられる。

一方でベトナムを含む東南アジアにおいて、中国による鉄鋼設備投資、及び中国、イラン等の周辺国からの安価な鋼材の輸入による鉄鋼の過剰供給がかねてより課題となっている（Figure 2-21）。地場企業は厳しい競争を強いられ、省エネ投資を行う金銭的余裕のない企業が多い。世界の脱炭素化の加速により、東南アジアは炭素税など気候変動対策コストが他国・地域より低いとみなされ、鉄鋼を含め投資先のターゲットとされうることから、能力過剰の緩和の目途は立っていない。JCMの設備補助事業等の設備投資を促進する政策や制度の活用に加えて、省エネの実現と同時に生産性や付加価値（コストダウンなど）の向上に資する対策の検討・実施も有効と考えられる。

2030-and-outlook-to-2045.pdf

⁵⁶ ICAP(International Carbon Action Partnership)ウェブサイト

<https://icapcarbonaction.com/en/news-archive/730-new-law-in-vietnam-creates-mandate-for-ets>

⁵⁷ MONRE (2021), “PMR East Asia and Pacific Regional Webinar on Carbon Pricing - from Readiness to Implementation”

<https://www.thepmr.org/system/files/documents/Luong%20Quang%20Huy%20presentation.pdf>

⁵⁸ The World Bank (2016) “Exploring a Low-Carbon Development Path for Vietnam”

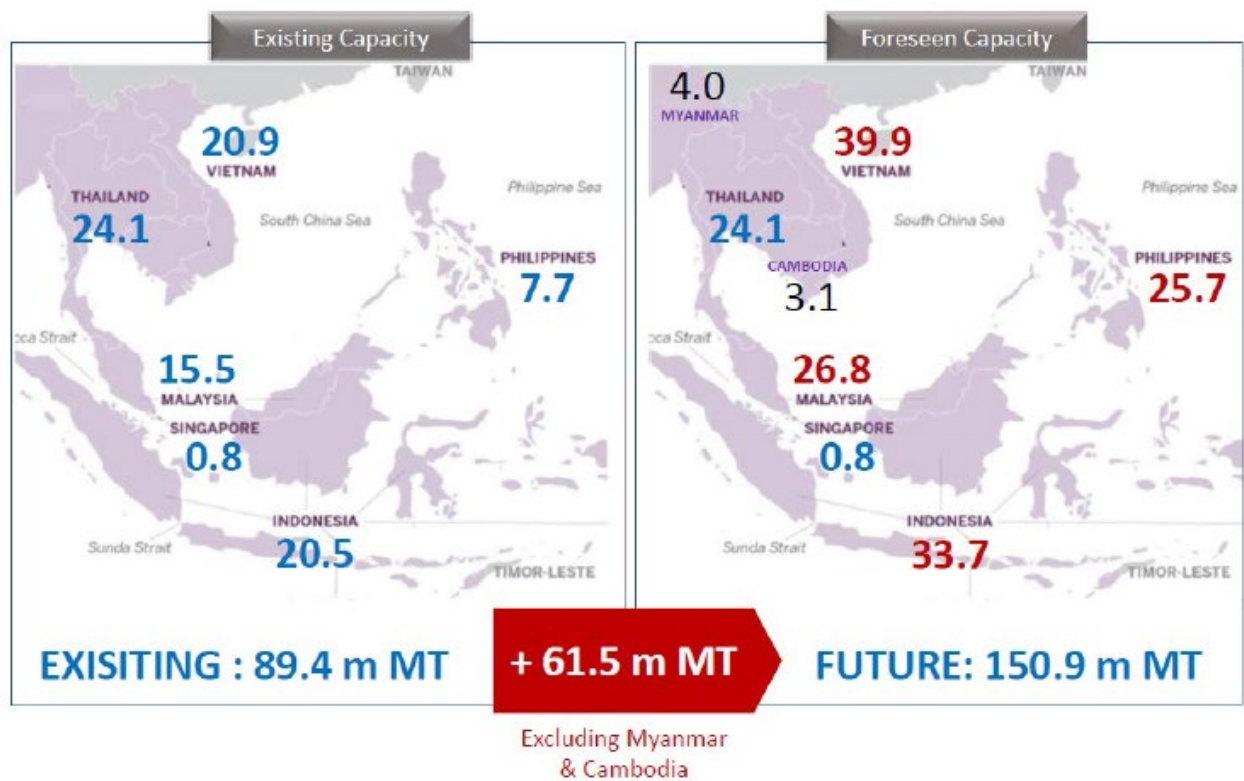


Figure 2-22 ASEAN 地域における生産能力拡大の見通し

出典：SEAISI e-conference 資料(2020)を参考に NSRI が一部加工

2.4.3 協力プログラムの検討・提案

(1) 支援対象の状況

a) ベトナム政府のモチベーションとギャップ

気候変動の観点からは、国家気候変動戦略において工業生産における最先端技術の導入を明文化し、グリーン成長戦略においては温室効果ガス削減が提唱されていることから、具体的なモチベーションが観察される。また、省エネマスタープランで鉄鋼セクターにおける具体的なエネルギー消費削減数値も述べられており、この目標達成を具体的な協力で後押しすることについては支持が得られる可能性が高い。

また、「the Industrial Development Strategy through 2025, vision toward 2035」では、2025 年までは製鉄業を含む 3 種の産業を重視することが示されており、具体的に鋼板、形鋼、合金鋼などの機械工学用の鉄鋼製造の開発に投資することが示されている。したがって、モチベーションはすでに具体化し始めている状況にもある。

他方で「Vietnam 2035 Toward Prosperity, Creativity, Equity, and Democracy (World Bank Group, Ministry of Planning and Investment of Vietnam, 2016)」によると、ベトナムの製鉄業では現在でも古い技術が用いられている関係で、製造物あたりのエネルギー使用量が世界平均の 2 倍となっていると報告されている。これは目標に対する大きなギャップを示しているだけでなく、実際に大気汚染を悪化させる要因にもなっているため、エネルギー効率の向上に対して喫緊での対処がニーズとし

ても現れている。

b) ベトナム製鉄事業者のモチベーションとギャップ

前述のように、ベトナムの製鉄事業者は概して省エネルギー・CO₂削減に積極的であることが推察される。これは、Southern Steel Companyの幹部が省エネ・省CO₂に積極的であったという事実においても補強される。

しかし、そのモチベーションとは対照的に市場の環境は厳しく、将来に至る大きなギャップを形成している点は本事業における支援が入り込む余地を如実に示している。具体的には、国際的な競争にさらされた地場企業が省エネ投資を行う余裕を失っていることや、それにも関わらずエネルギー開発方針においてエネルギー効率向上に係る制裁措置・義務的な基準が導入されていることなどにある。また、調査団の以前の調査において、

- 最新鋭のハードの導入に比してソフト面での対策が遅れている
- Hoa Phat Steel JSCはコークス炉ガス回収を行っていなかった
- 現地スタッフのエネルギー管理に関する関心が高くない

などの詳細なギャップについても情報があり、比較的本事業を円滑に進める土台が形成されている状況にあるといえる。

(2) 本邦協力開発方針との整合性

開発協力方針において、「成長と競争力強化」がベトナムの重点分野に指定されている。ここでは産業競争力強化が謳われており、国際競争力の強化に資することが目的として挙げられている。

事業展開計画では、上記の重点分野において工業国化を目指すベトナムを支援するために港湾・空港・高速道路・鉄道・発電所などのあらゆるインフラ整備が多数にわたって予定されており、産業発展のための土台を形成しようとする状況であることがうかがえる。対照的に、これらの施設・設備を形成する部材としての鋼材について生産などを支援する協力はほとんど予定されていない。このため、タイムラインにもよるが、本事業による支援を行うことで他の大規模開発事業を下支えすることにつながり、開発協力の相乗効果を発揮できる可能性がある。

(3) 対象国への協力プログラムの提案

上記までの点を総合し、下表に協力プログラムを整理する。

Table 2-14 ベトナムにおける協力プログラム案

協力プログラム	対象	重要性・協力の方針
政策立案能力向上、政策提言 ➤ 省エネ法定定期報告制度等の紹介 ➤ 省エネ・脱炭素推進政策、	政府	非常に重要。 世界的な気候変動対策としてだけでなく、局地的な環境対策としても省エネが効果的であることを共有したうえ

協力プログラム	対象	重要性・協力の方針
ロードマップ策定支援 ➤ 省エネインセンティブ制度導入支援		で、まずは省エネ・脱炭素推進政策における具体的な目標をどのように達成するかロードマップを検討することから始めるべきである。
製鉄所省エネルギー診断 ➤ BAT 普及可能性調査 ➤ 未利用エネ（排熱、副生ガス等）利活用ポテンシャル調査	民間事業者団体・民間事業者	非常に重要であるが、民間事業者団体の立ち位置を調査し、それを踏まえたうえで実施されるべきである。これまでの調査団による調査の補強として地場製鉄所の実態を収集するだけでなく、国際的な市場環境にさらされて疲労しているベトナム製鉄業の詳細な課題を抽出する観点からも民間事業者団体や個別事業者へのコンタクト・情報収集から行うことが望ましい。
鉄鋼業 CO ₂ 削減ロードマップ策定支援 ➤ 官民会合や業界関係者へのセミナー開催 ➤ トップマネジメントレベル能力向上（ISO50001、ISO14001） ➤ サプライチェーン CO ₂ 削減ロードマップ策定支援	政府・民間事業者（本邦政府・本邦民間事業者）	本調査の結果からは、ベトナムの現状からロードマップが早急に必要であるという結論には至らなかった。このため、民間事業者団体と政府の思惑を詳細に調査・整理したうえでロードマップ策定に至るまでにとるべきステップを具体化することが望ましい。
エコプロセス・パイロット設備の導入計画化支援 ➤ 詳細計画策定支援 ➤ 設備メーカー等マッチング支援 ➤ 資金調達方法の検討支援	民間事業者	重要だが優先順位は低い。調査結果を踏まえると本プログラムを進めることができる醸成にあると考えるが、導入計画以前に政府や民間事業者団体の思惑を先に聴取しなければ関係者間での軋轢を生みかねない。
製鉄所向け脱炭素・省エネ支援ツール整備 ➤ ISO14404 普及促進 ➤ TCL 策定・普及促進 ➤ BAT 整備・普及促進 ➤ エネバラモデル化ツール ➤ 改善対策特定ツール	政府・民間事業者団体	政策立案能力向上、政策提言の実施後に行うことが望まれる。政府の方向性を示さなければ具体的な課題に至らず、それらの課題を達成するためのツールを提供する本プログラムの有効性が高まらないためである。

2.5 インドネシア

2.5.1 現状分析（主要企業の設備能力・技術・エネルギー管理レベル、政策・制度等）

(1) インドネシア鉄鋼業の概要

インドネシアの粗鋼生産量は、2019年時点で世界第26位（6.4百万トン）であり、粗鋼生産比率は、高炉鋼が41%、電炉鋼が59%である。インドネシアでは大型高炉

一貫製鉄所の稼働を受け鉄鋼生産が増加傾向である（Figure 2-22）。一方、輸入鋼材に対する価格競争力の面で苦戦しており、インドネシア政府は地場メーカーの操業を後押しするため産業用エネルギー価格の引き下げや、スクラップ輸入規制の緩和等を行うことを表明している他、鉄鋼製品の輸入業者を登録制とする等の鋼材輸入ライセンス規制を導入している。品種別需給では条鋼(Long Products)と鋼板(Flat Products)の需要がほぼ拮抗しており、主な供給先はインフラ建設、次いで自動車となっている。

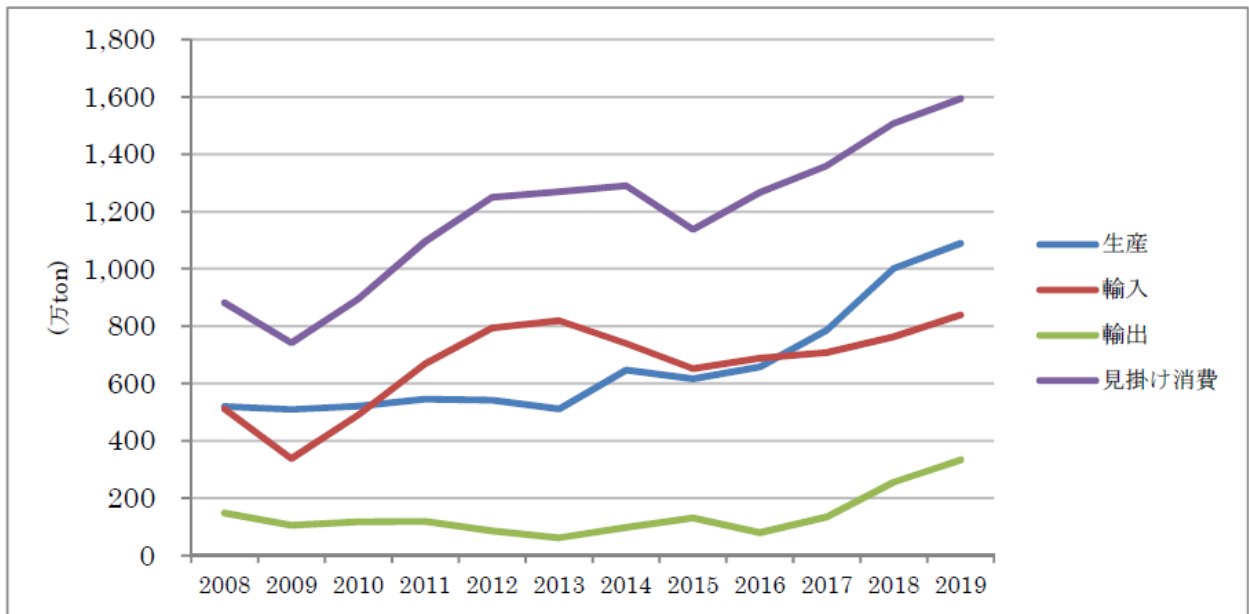


Figure 2-23 インドネシア鋼材需給推移

出典：SEAISI Statistical Yearbook を参考に調査団(NSRI)作成

インドネシアは 2050 年時点で世界第 4 位の経済力を持つという予測もあり⁵⁹、経済成長に伴い鋼材消費の増加が見込まれる。今後 5 年間で 2000 万トン以上の追加能力の投資計画がある他、長期的な鉄鋼産業の能力発展のために大規模な設備投資が必要ともいわれている（Figure 2-23）。

⁵⁹ PwC（2017 年）「2050 年の世界 世界の経済力シフトは続くのか？」

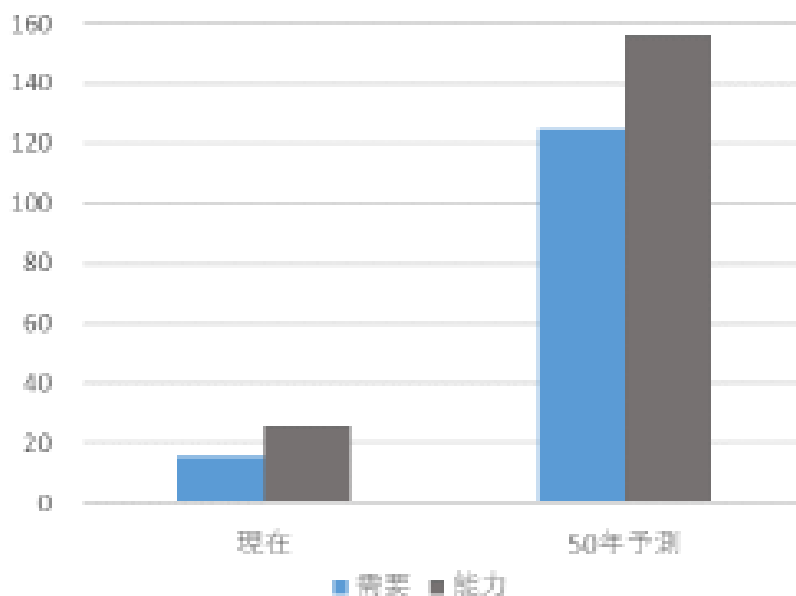


Figure 2-24 インドネシアの鋼材需要と能力予測(百万トン)

出典：インドネシア鉄鋼協会のデータを元に調査団(NSRI)作成

(2) インドネシアにおける主要製鉄企業の概要

インドネシアには、約 20 社の鉄鋼メーカーがあるが、高炉を有するのは、Krakatau Steel, Krakatau Posco, Gunung Raja Paksi などの数社であり、その他は、電炉メーカーまたは単圧メーカーである。

高炉一貫、電炉それぞれの粗鋼生産能力の高い主要製鉄所の概要および設備等について Table 2-15, Table 2-16 に、それらの所在地を Figure 2-24 に示す。

Krakatau Steel は、国営企業であるが、長年、赤字続きで民営化の話があるが、引き受け手がない状況である。同社では、鉄鉱石ペレットと鉄スクラップを原料に、天然ガスによる直接還元法によって海綿鉄を生産し、電炉でスラブとビレットを生産している。また、2019 年に 120 万トンの新高炉を稼働させたが、海外産の安価なビレット等の流入の影響により、2019 年 12 月に休止、2022 年第 3 四半期に開始予定の模様である。なお、溶銑は既存の電炉に直接投入する予定であった。

Krakatau POSCO は、2010 年に設立された Krakatau と POSCO (韓国) の合弁会社である。

Gunung Raja Paski は、1986 年に設立され、2019 年にインドネシア唯一の大型形鋼メーカーの Gunung Garuda を吸収した。華僑系オーナー族が所有していたが、合併と同時に株式上場を行った。厚板、電縫管、冷延鋼板など国内他社が生産しない製品を生産しているため競争力を確保している。同社では新たな高炉の建設予定があるが、コロナ禍の影響などにより稼働時期が不明となっている。また、同社は新技術の取組みに積極的で、2008 年には NEDO 省エネルギーモデル事業で、現在の日鉄エンジニアリングの実施により、加熱炉に蓄熱バーナを設置し

た。また、同社は 2021 年 10 月 21 日のインドネシア鉄鋼協会（IISIA）主催の会合「Carbon Neutral in Steel industry policies & challenges」にて、短期的なカーボンニュートラルの対策として、排出量取引の検討や、大学と協力したグリーンゾーンの設置、廃棄マネジメントを実施しており、インドネシア鉄鋼業は、今後、エネルギー効率化、クリーンエネルギーの利用、CCUS の導入等が必要と述べている。

Ispat Indo は、輸入スクラップと DRI から主に線材を生産しており、インドネシアで最大の線材メーカーであるが、市況が悪く生産量が低いため原単位が悪くなっている。一方で、過去に調査団が訪問し得た情報によると、技術者は意欲的で優秀であり、幹部も省エネ・省 CO₂ に積極的である。ISO50001 も認証取得し、省エネルギーに取り組んでいる。インドネシア工業省から省エネルギー推進のモデル企業として指定を受け、日本へのスタッフの派遣や日本の調査グループの受入れを継続的に実施している。

Table 2-15 インドネシアの主要製鉄所の概要

No	企業名	事業所	粗鋼生産能力 (千ton/年)	上工程	主要製品	国営/外資系	省CO2、省エネに関する情報	備考
1	Krakatau Steel	Cilegon	3,075	DR-高炉	線、熱冷延	国営		Krakatau 溶銑は既存の電炉に直接投入
2	Krakatau Posco	Cilegon	3,000	高炉-転炉	厚板、スラブ	半官半民 外資(韓)7割		Krakatau/ポスコ ※Krakatau 30%、 POSCO(韓)70%?
計 画 中 ?	Dexin Steel Indonesia (徳信鋼鉄)	中央 Sulawesi 州 Morowali	3,500	普通鋼高 炉一貫製 鉄所	棒線(線 材は稼働 済)	外資(中)8割		徳龍控股/青山集団。 徳龍控股(Delong HD) 45%、 上海鼎信投資(青山鋼鉄傘下) 43%、Indonesia Morowali Industrial Park(IMIP) 12%。
3	Gunung Garuda	西ジャワ州 Bekasi市 Citibung	350	高炉、電 炉	形	地場(財閥) ※中国系資本 が入っている かは不明		Gunung Steel
4	青山集団 (①Sulawesi Mining Investment (SMI) ②PT Indonesia Guang Ching Nickel and Stainless Steel Industry(GCNS) ③PT Indonesia Tsingshan Stainless Steel(ITSS))	中央 Sulawesi 州 Morowali	3,000	電炉	熱、ステン レス冷延	外資(中国・ 日本)含む		①青山鋼鉄(中国)と現地企業の Bintang Delapan Grの合併 ②上海鼎信投資(集団)55%(青山控股 (中国)の姉妹会社)、現地企業 Bintang Delapan Gr 45% ③青山鋼鉄(中国)が主体、阪和興業 (日本)も一部出資
5	Gunung Raja Paksi	西ジャワ州 Bekasi市 Citibung	1,200	電炉(高炉 -転炉建設 中)	棒、熱冷 延、形、管	地場(財閥) ※中国系資本 が入っている かは不明		Gunung Steel ※2019年から韶鋼松山が操業 に 関与 ※中国の宝武集団とは協定を 結んだり、技術協力を計画。
6	Ispat Indo	Surabaya	700	電炉	線	外資	技術者は意欲的で 優秀。インドネ シア電炉企業の日本 訪問時の団長会 社。市況悪く生産 量低いため原単位 悪い。	ArcelorMittal
7	Jakarta Prima Steel	Pulogadun g, Jakarta	670	電炉	棒	地場		Baja Manunggal

Table 2-16 インドネシアの主要製鉄所の設備

No	企業名	基数 (稼働時期)						
		高炉	転炉	コークス炉	焼結炉	電気炉	加熱炉	DR
1	Krakatau Steel	1基 (19年)	—	1基 (17年)	1基 (19年?)	10基(79年×4, 81or83年×4基, 94年×2基)	2基 (83年)	3基 (83, 79, 93年) ※1基は01年休止?
2	Krakatau Posco	1基 (13年)	1基 (13年)	2基 (13年)	1基 (13年)	—	?	—
計 画 中 ?	Dexin Steel Indonesia (徳信鋼鉄)	1基 (20年)	2基 (20年)	2基 (20年)	2基 (20年)	—	?	—
3	Gunung Garuda	1基 (19年?) ※Gunung Raja Paksiと同一PJの可能性あり	—	—	—	1基 (91年)	?	—
4	青山集団 (①Sulawesi Mining Investment (SMI) ②PT Indonesia Guang Ching Nickel and Stainless Steel Industry(GCNS) ③PT Indonesia Tsingshan Stainless Steel(ITSS))	—	—	—	—	①②それぞれ1基 (15, 16年) ローターキルン電炉 プロセス(RKEF、ニッケル銑鉄(Ni10%)) ③1基 (17年) ローターキルン電炉 プロセス(Ni10-12%)	—	—
5	Gunung Raja Paksi	—	—	—	—	1基 (16年)	?	—
6	Ispat Indo	—	—	—	—	1基 (78年) ※80ton	78 ton/h ウォーキング ハース炉	—
7	Jakarta Prima Steel	—	—	—	—	4基 (87年×3, 92年)	?	—

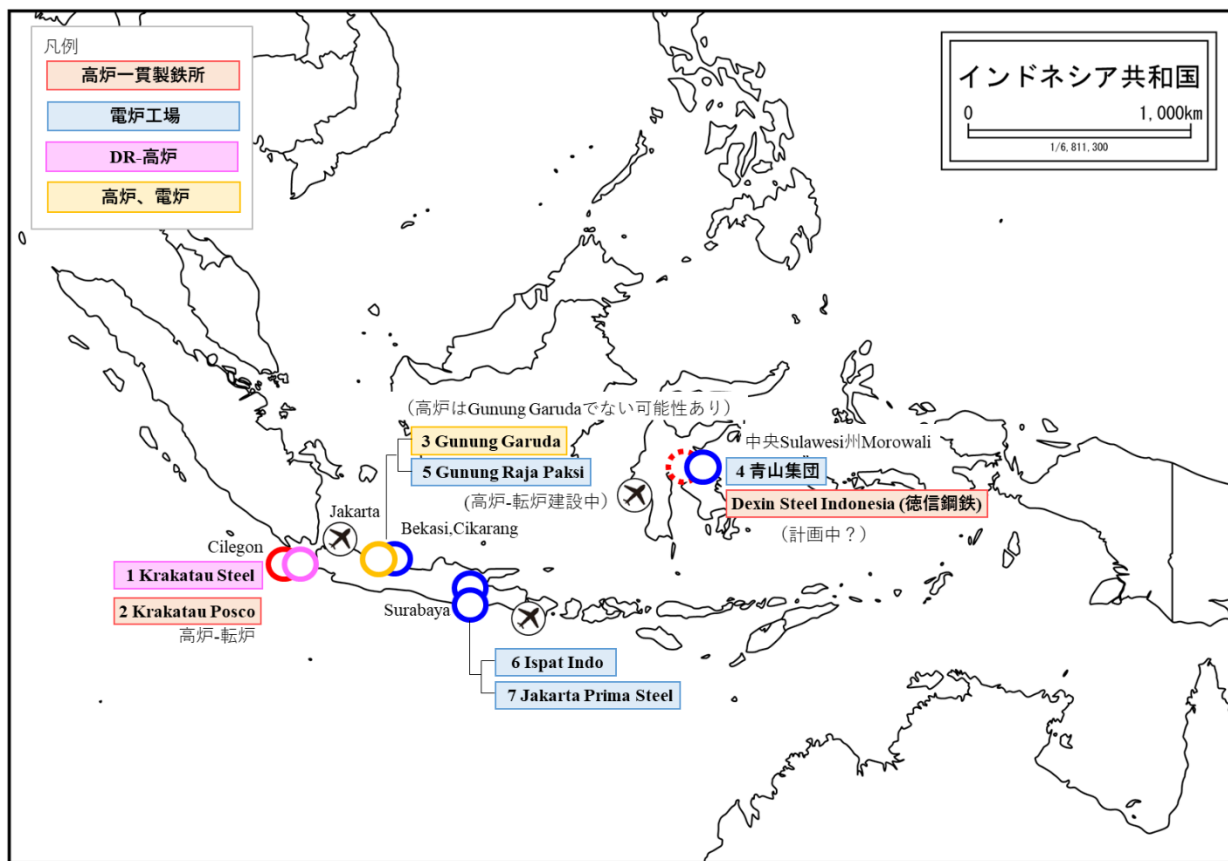


Figure 2-25 インドネシアの主要製鉄所の所在地

出典：各種資料より調査団(NSRI)作成

(3) インドネシアの省エネ・低炭素・脱炭素関連政策・制度等

インドネシアのNDCの概要（2021年7月）は以下の通りである。

- ・2030年までに国内努力のみではBAUと比較してGHG排出量29%削減。
（2030BAU：28.7億トン）
- ・国際援助が得られるケースでは41%削減。
- ・鉄鋼業が分類される工業プロセス及び製品の使用（IPPU、Industrial Processes and Product Use）セクターの排出削減の目標は、国内努力のみでは0.10%（300万トン-CO₂）、国際援助込みで0.11%（325万トン-CO₂）。鉄鋼業においてはCO₂回収、製錬プロセスの改善とスクラップ利用の促進が対策に挙げられている。

インドネシア政府は2060年までのカーボンニュートラルを目指すことを公言しており、インドネシア最大の電力会社PLNはカーボンニュートラル達成のため2060年までに化石燃料を段階的に廃止することを約束した⁶⁰。

⁶⁰ NIKKEI ASIA, May 28, 2021, “Indonesia aims to dump coal plants for carbon neutrality by 2060” <https://asia.nikkei.com/Spotlight/Environment/Indonesia-aims-to-dump-coal-plants-for-carbon-neutrality-by-2060>

インドネシアでは以下のような気候変動関連施策が取られている⁶¹。

- ▶ 国家中期開発計画（RPJMN 2020-2024）：国家開発の基礎として気候変動対策、低炭素化が優先事項の一つに位置付けられている。温室効果ガスの排出量を2024年までに27.3%削減することを目標に、エネルギー、土地などのセクターごとの温室効果ガス排出量の削減率を定めている⁶²。
- ▶ 国家エネルギー政策（KEN、2014年）：エネルギーの安定的な供給と持続可能性に向けた政策。再生可能エネルギーの普及促進、省エネの推進を目指している。
- ▶ 国家省エネルギーマスタープラン（RIKEN、2014年）：国家エネルギー政策の実現計画を定める。2025年までにエネルギー原単位を毎年1%改善することを目標としている。
- ▶ 気候変動緩和行動のMRVに関する環境大臣令（2013年）
- ▶ 気候変動適応のための国家行動計画（RAN-API、2013年）

国家省エネルギーマスタープラン（RIKEN、2014年）によれば、2025年までの産業部門における省エネ目標はBAU比17%削減であるが、技術別の目標は不明である。また産業部門での目標の達成のためにエネルギー管理制度が導入されており、年間のエネルギー消費が6,000 toeを越える事業者に対して省エネプログラムの実施や定期的な省エネルギー診断の実施を定めているが、省エネ実施状況報告提出率は38%と低くなっている⁶⁴。鉄鋼産業のみを対象とした政策は打ち出されていないが、国家経済政策のMP3EIマスタープランに一部鉄鋼産業について触れられている。ただし、今後の具体的な計画は無く、課題認識や抽象的な方向性が記載されたものである。

その他の施策として、インドネシア政府は炭素税の導入を表明している。2022年から石炭火力発電所を対象に、定められた上限を超えるCO₂排出量1kgに対して30ルピア（0.0021USD）が課税される。2025年以降、炭素取引市場の導入と同時に全セクターに対する炭素税導入を進める方針である⁶³。

インドネシアの産業部門エネルギー原単位は、各国と比較して大きく、省エネポテンシャルが20%～30%あると推定されている⁶⁴。また、国連主導の技術ニーズ評価（TNA）が実施され、インドネシア国内の省エネ技術ニーズが把握された。鉄鋼分野では23技術（第1優先技術：8、第2優先技術：8、第3優先技術：7）が特定されており、2012年に公表された報告書では、鉄鋼分野において広く普及している省エネ技術であるリジェネバーナーシステムが導入促進を進める対象技術に挙げられている。

⁶¹ IGES『ベトナムの気候変動緩和策の現状と今後の課題』参照

⁶² JETRO ウェブサイト

<https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/special/2021/0401/0c7b9b158f232a1a.html>

⁶³ Reuters, October 13, 2021, “Indonesia needs \$200 bln annual investment in 2021-2030 to decarbonize-govt” <https://www.reuters.com/business/environment/indonesia-needs-200-bln-annual-investment-2021-2030-decarbonise-govt-2021-10-13/>

⁶⁴ 経済産業省「平成29年度新興国等における省エネルギー対策・再生可能エネルギー導入促進等に資する事業（インドネシアの省エネルギー・再生可能エネルギー推進策検討事業）報告書」（委託先：日本エネルギー経済研究所）

2.5.2 低・脱炭素化に係る課題(技術面・資金面・政策面等)の抽出

省エネ技術導入の促進にあたって、専門知識をもつ人材の不足、エネルギー管理システムの未構築、省エネ対策の実行能力不足などが課題として挙げられる。

一方でインドネシアを含む東南アジアにおいて、中国による鉄鋼設備投資、及び中国、イラン等の周辺国からの安価な鋼材の輸入による鉄鋼の過剰供給が兼ねてより課題となっている (Figure 2-21)。地場企業は厳しい競争を強いられ、省エネ投資を行う金銭的余裕のない企業が多い。世界の脱炭素化の加速により、東南アジアは炭素税など気候変動対策コストが他国・地域より低いとみなされ、鉄鋼を含め投資先のターゲットとされうることから、能力過剰の緩和の目途は立っていない。JCMの設備補助事業等の設備投資を促進する政策や制度の活用に加えて、省エネの実現と同時に生産性や付加価値 (コストダウンなど) の向上に資する対策の検討・実施も有効と考えられる。

2.5.3 協カプログラムの検討・提案

(1) 支援対象の状況

a) インドネシア政府のモチベーションとギャップ

気候変動の観点からは、政府の鉄鋼産業への温室効果ガス削減に関する期待は極めて不透明であり、ほとんど関心がない可能性がある。具体的には、NDCにおいて製錬プロセスの改善が述べられているものの、具体的な目標数値の表明には及んでいない。それだけでなく、国家省エネルギーマスタープラン (RIKEN、2014年) においても鉄鋼産業のみを対象とした目標・対策は課せられておらず、MP3EIでの抽象的な言及も含めて政府としての気候変動の観点からの鉄鋼産業への介入については見通しが立っていないことが予測される。

産業振興の視点で見ても、政府は生産能力の向上には関心があるものの、省エネルギーについては比較的優先度が低いことが想定される。これまでに述べたとおり、インドネシアの鉄鋼生産量は増加基調、また将来的に需要が伸びる予測があり、追加能力への投資にも具体的な数値が示されている等、生産能力向上に積極的である。その一方で、生産プロセス改善のための技術投資は言及されておらず、その意志は判別できず、したがって相対的に優先度が低いことが想定される。これは、政府の主要な成長戦略である長期国家開発計画「Long-Term National Development Plan(2005-2025)」において個別に鉄鋼業について述べられていないことから明らかである。

各種の計画を参照しても鉄鋼業について詳細な計画が立てられたものではなく、省エネプログラムなども施行の強化を図るところから始められなければならない。炭素税の導入についても2025年が目途となっている点で将来的な話にとどまっている。このため、現状として能力向上に集中している様子が見られ、全体的に省エネルギーに関するモチベーションは低いことが推察される。

また、省エネプログラムなどが実施されているものの、その施行は不十分であり、政府内のリソースやキャパシティが足りていないことが予測される。これらを総合すると、政府は鉄鋼産業の能力強化に関心を寄せているが、気候変動対策としての規制や既存施設の効率化の奨励といった側面に目を向ける余裕もしくは関心がない。これは政府の計画・実施に関する能力が不足していることも一因として考えられる。したがって、現状としては省エネルギーに関する政府のモチベーションが低いことが推察され、それを補うためにも政府の能力強化から始めるといった根本的な対処が必要であると想定される。

b) インドネシア製鉄事業者のモチベーションとギャップ

前述のように、インドネシア鉄鋼業自体は今後のエネルギー効率化を提唱していることから本技術の導入に前向きであることがうかがえる。とくに **Gunung Raja Paski** や **Ispat Indo** はこれまでも日本からの技術協力に答えてきた実績があり、本邦からの提案に対する敷居は最も低いと考えられる。

一方で、**Krakatau Steel** は民営化が難しいレベルで赤字が続いている企業であり、2019年の新高炉以外ではそのプロセスの改善に対してニーズがある可能性があるが、現状は国営であるため実証を行うにあたっては如実に政府の関心度合いが実施に影響を与えることに留意する必要がある。

このため、本邦ニーズがあるだけでなく、モチベーションの高さもうかがえるインドネシアの製鉄事業者については、協力関係についても醸成しやすいことが考えられる。

(2) 本邦協力開発方針との整合性

開発協力方針において、「国際競争力の向上に向けた支援」が中目標の一つとして示されており、鉄道や物流・輸送に関する開発をメインに、発電所の建設なども開発協力計画に含まれていることから、ベトナムと同様にこれらを下支えする鋼材の供給にはニーズがあると考えられる。

その一方で、中目標における記載は民間企業の競争力向上のために必要なインフラを整備することが重要であると示されており、民間企業の競争力向上を実現する準備フェーズであることが考えられる。

したがって、本取り組みは上記の中目標を補完しながらも製鉄事業者の競争力向上といった点で先取りするものであり、協力開発方針の主旨を大きく外れるものではないと想定される。

(3) 対象国への協力プログラムの提案

インドネシアへの協力については、まずは国に省エネルギーに関して振り向いてもらうということから始めなければならず、国家の産業において重大な位置をいまだ占めるに至っていない鉄鋼業を議論の俎上に乗せるには相当の労力を要するものと考え

られる。GtoG を基本とする協力プログラムを比較的实施しやすい国営の製鉄企業があるにも関わらず、現地政府のキャパシティが整備されていないことでプロジェクトの重要性を訴求することが困難となっている。政府のキャパシティビルディングを行うことや、民間企業を主軸にしたボトムアップアプローチで対応をとるほかないが、どちらにしても政府の意向がネックとなり時間がかかることを念頭に置かなければならない。上記までの点を総合し、下表に協力プログラムを整理する。

Table 2-17 インドネシアにおける協力プログラム案

協力プログラム	対象	重要性・協力の方針
政策立案能力向上、政策提言 ▶ 省エネ法定報告制度等の紹介 ▶ 省エネ・脱炭素推進政策、ロードマップ策定支援 ▶ 省エネインセンティブ制度導入支援	政府	重要であるが、長期かつ根気をとまなう協力となる。 現在政府が行っている施策には産業用エネルギー価格の引き下げが含まれており、省エネと真逆の方向性で地場企業を支援している。このため、根本的な考え方の変容を促し、省エネに関心を持たせることから始めなければならない。政府のキャパシティビルディングが重要。
製鉄所省エネルギー診断 ▶ BAT 普及可能性調査 ▶ 未利用エネ（排熱、副生ガス等）利活用ポテンシャル調査	民間事業者団体・民間事業者	非常に重要である。政府の意志変容を促すためには地場企業の詳細な状況を提示することが効果的であることから、国営製鉄所などを対象に早期に進めるべきである。一方で、民間事業者団体の活動が不明瞭であるため、業界全体を俯瞰して取り組むにあたり、初期に団体の役割や責任・個別事業者との力関係などを調査・把握することで協力がスムーズになる。
鉄鋼業 CO ₂ 削減ロードマップ策定支援 ▶ 官民会合や業界関係者へのセミナー開催 ▶ トップマネジメントレベル能力向上（ISO50001、ISO14001） ▶ サプライチェーン CO ₂ 削減ロードマップ策定支援	政府・民間事業者（本邦政府・本邦民間事業者）	政策立案能力向上、政策提言の協力プログラムを踏まえて、もしくは並行して進めるべきであるが、政府の状況次第で本プログラムに到達するまでにかなり時間を要する可能性がある。これを解消する観点から早急に民間事業者団体との協力関係を構築し、ボトムアップで政府と対話できる体制を醸成することが望まれる。
エコプロセス・パイロット設備の導入計画化支援 ▶ 詳細計画策定支援 ▶ 設備メーカー等マッチング支援 ▶ 資金調達方法の検討支援	民間事業者	重要だが優先順位は低い。 政府自体の現状の方向性に即していないため、政策立案能力向上、政策提言の協力プログラム後に検討されるべきである。

協力プログラム	対象	重要性・協力の方針
製鉄所向け脱炭素・省エネ支援 ツール整備 ➤ ISO14404 普及促進 ➤ TCL 策定・普及促進 ➤ BAT 整備・普及促進 ➤ エネバラモデル化ツール ➤ 改善対策特定ツール	政府・民間事業者 団体	政策立案能力向上、政策提言の実施後に行うことが望まれる。政府の方向性を示さなければ具体的な課題に至らず、それらの課題を達成するためのツールを提供する本プログラムの有効性が高まらないためである。

2.6 タイ

2.6.1 現状分析(主要企業の設備能力・技術・エネルギー管理レベル、政策・制度等)

(1) タイ鉄鋼業の概要

タイの鉄鋼産業は、スクラップを原料として粗鋼生産を行う電炉製鉄所と、輸入鋼材を熱間圧延して最終製品とする単圧メーカーが主となっており、高炉一貫製鉄所は所在していない。電炉製鉄所は、製鋼、熱延、および工場によっては冷延・表面処理設備を保有し、また単圧メーカーは熱延、冷延・表面処理の設備を保有している。

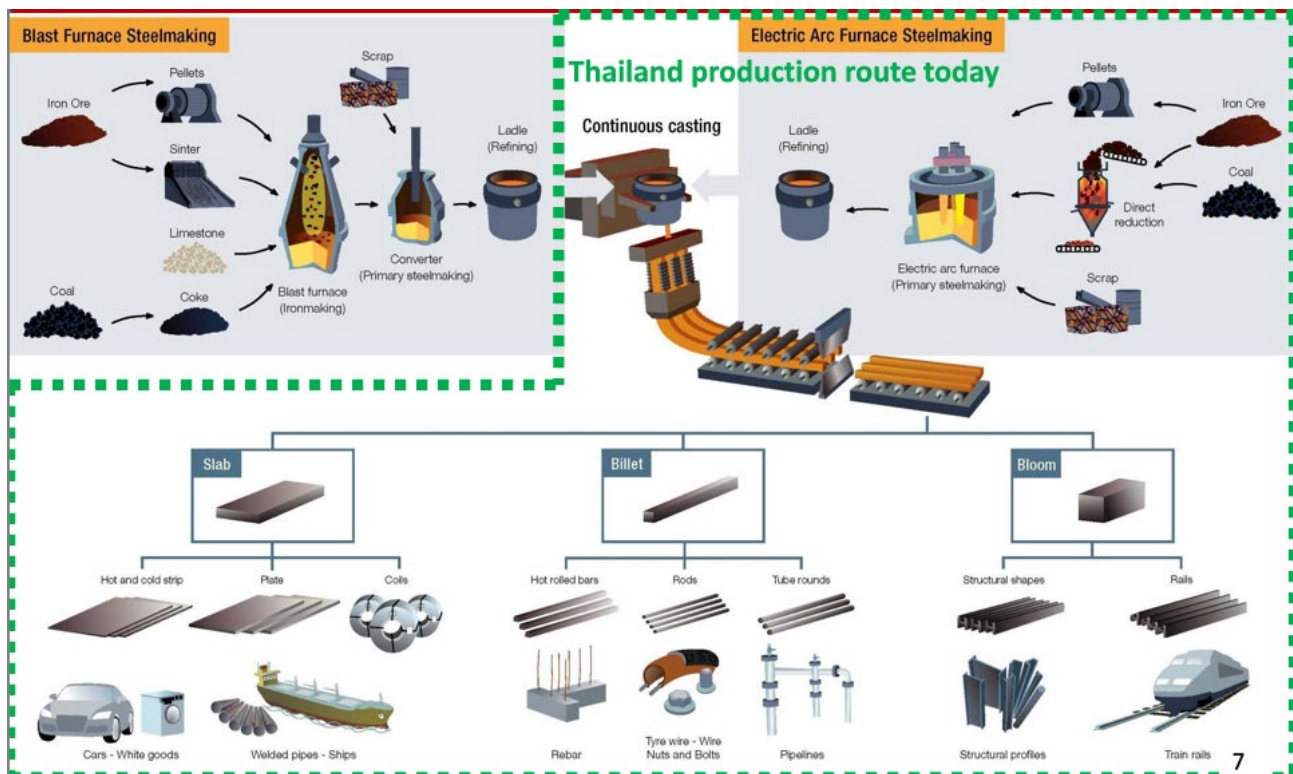


Figure 2-26 タイ鉄鋼業の生産形態概要図

出典：ISIT, Energy Efficiency in the Thai Steel Sector : ISIT's Efficiency Action Plan

タイの鋼材需要は 2013 年以降伸び率が落ち着いてきており、生産量も 2014 年以降は横ばいとなっている。また、2010 年以降は輸入量が国内生産量を上回っており、外資系列メーカーを除く地場メーカーは厳しい経営状況に置かれている。

需要先別ではインフラ建設が最大で、タイ政府は2015年から8年間で2兆バーツ（約7兆円）のインフラ投資計画を発表しており、首都圏の大量輸送システム（高架鉄道や高速鉄道）等の開発計画がある。

2019年に建設産業の減速、自動車産業の不調によって鉄鋼消費の減少が見られていたところに、2020年にはコロナの感染拡大により3月以降移動や経済活動に厳しい制限がかけられ、さらにマイナス幅が拡大すると見込まれている。

また、タイでは自動車産業が集積していることもあり、鋼板類の需要が多くなっている。

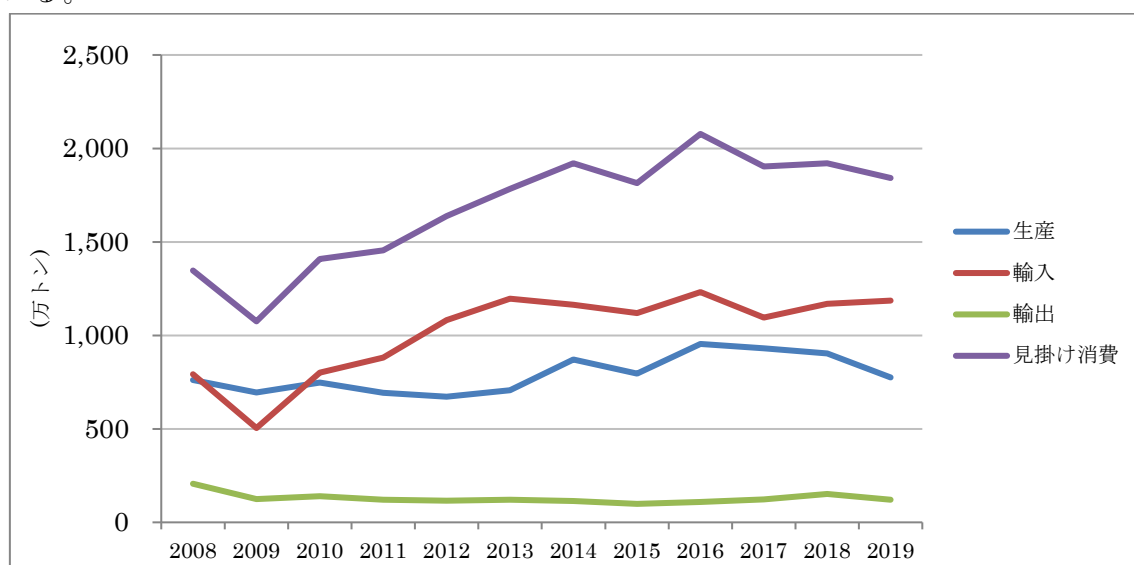


Figure 2-27 タイ鋼材需給推移

出典：WSA Steel Statistical Yearbook

Table 2-18 タイ2017年品種別鋼材需給

	生産			輸入			輸出			見掛け消費	
	生産	構成	対見掛け消費	輸入	構成	対見掛け消費	輸出	構成	対生産	見掛け消費	構成
条鋼類	395	38.2%	72.9%	261	21.2%	48.1%	56	56.5%	14.1%	542	27.8%
厚板	21	2.0%	31.7%	50	4.1%	77.6%	0	0.4%	1.9%	65	3.3%
熱延鋼板	272	26.3%	42.3%	448	36.4%	69.7%	1	1.0%	0.4%	643	33.0%
冷延鋼板	196	18.9%	61.8%	113	9.2%	35.8%	11	10.6%	5.4%	316	16.2%
亜鉛めっき鋼板	89	8.6%	41.8%	159	12.9%	74.5%	6	5.6%	6.2%	214	11.0%
ブリキ	13	1.3%	34.7%	24	1.9%	61.0%	0	0.2%	1.5%	39	2.0%
鋼管	N.A.	-	-	74	6.0%	-	22	22.1%	-	N.A.	-
他	47	4.6%	36.1%	103	8.3%	78.1%	3	3.5%	7.3%	131	6.7%
合計	1,033	100.0%	53.0%	1,232	100.0%	74.7%	99	100.0%	9.6%	1,949	100.0%

*タイ鋼管の生産統計がなく、見掛け消費も算出されていない。
(出所)SEAISI YEARBOOK

(注)見掛け消費合計は次工程を含み、最終鋼材ベースではない。

出典：WSA Statistical Yearbook

上述の通りタイでは電炉製鉄所と単圧メーカーが主体であるため、タイ鉄鋼業全体では熱間圧延工程および電炉工程において大きな省エネポテンシャルが見込まれる。特に電炉工程での省エネを優先的に進めていくことが効果的と考えられる。

(2) タイにおける主要製鉄企業の概要

タイ鉄鋼業の構造（2019年）を Figure 2-27 に示す。条鋼製品では、主要な電炉製鉄所として Millcon、Tata Steel Manufacturing (Thailand)、NTS、SYS (Siam Yamato Steel)、BISW (The Bangkok Iron and Steel Works)等があり、粗鋼生産量は年間 15 百万トン以下となっている。また、誘導炉（IF）を有する製鉄所として、SKY、Chou、Linan、SINGHA THAI 等があり、粗鋼生産量は年間 13 百万トン以下となっている。

薄板製品では G Steel とその関連会社である GJ Steel があるが、生産量は年間 2 百万トン以下と、条鋼製品と比べると規模は小さい。

最終消費先別で見ると建設が約 60%を占めており、タイにおける建設産業マーケットは拡大傾向にある。次いで自動車・自動車部品が約 20%（2019年）となっている。

Thailand steel industry structure 2019

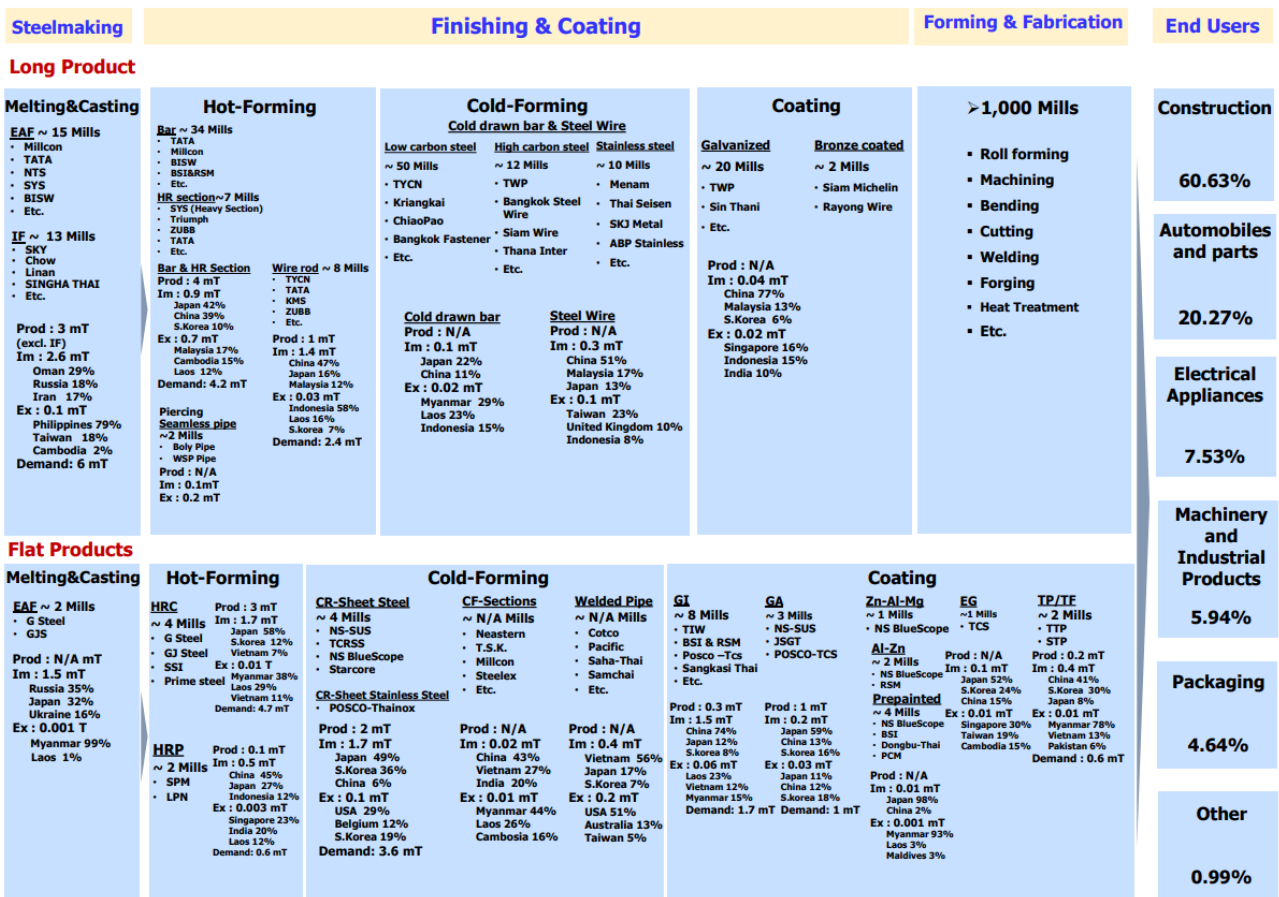


Figure 2-28 タイ鉄鋼業の構造

出典 : ISIT Summary of Steel of Industry profile, 2019 ⁶⁵

主要製鉄企業の概要を Table 2-19 に、それらの企業の設備構成を Table 2-20 に、

それらの所在地を Figure 2-28 に示す。

G Steel は 1999 年に稼働を開始した。大型電炉 2 基、中厚スラブ連続鋳造設備、トンネル型均熱炉、熱延圧延ラインが一体に接続された完全直送圧延の新型工場である。2015 年に調査団メンバーが製鉄所省エネ診断を実施して、複数の省エネ技術を提案した。

GJ Steel も G Steel の傘下企業である。GJ Steel では大型で新しい Consteel 炉が稼働しており、電炉のエネルギー原単位も良好とみられる。

Siam Yamato Steel は日本の大和工業が出資しており、日本人技術者も駐在している。同社では既に多くの省エネ対策を実施しているため、エネルギー効率も良好とみられるが、さらなる省エネ対策の検討・実施に非常に積極的な姿勢を有している。

Table 2-19 タイの主要製鉄企業概要

No	企業名	事業所	粗鋼生産能力 (千ton/年)	上工程	主要製品	国営/外資系	省CO2、省エネに関する情報	備考
1	G Steel (旧Siam Strip Mill、SSM)	Rayong県 SSP工業団地	1,800	電炉	熱延	地場 G Steelグループ (旧Siam Steel Pipeグループ)	電炉-CC-加熱炉が直結された直送圧延設備。稼働率悪く性能を發揮できていない	G Steelグループ (旧Siam Steel Pipeグループ) 2015年に現地調査を実施
2	G J Steel(GJS) (旧 Nakornthai Strip Mill、NSM)	Chonburi 県Bo-Win 工業団地	1,500	電炉	熱延	地場		G Steelグループ (旧Siam Steel Pipeグループ)
3	Siam Yamato Steel	Rayong県 Map Ta Put	1,000	電炉	形鋼 (東南アジアでは形鋼メーカー少ないため生産量高く好採算)	外資(日)6割強 (大和工業と現地財閥との合弁)	日本から複数エンジニアが派遣され、操業成績は良好	株主 大和工業64.18% (日本)、Siam Cement (タイ王室系) 12.25% 2019年に現地訪問し、JCM化を働きかけた
4	Chow Steel Industries	Prachinburi 県 Kabinburi	730	電炉	棒鋼	地場		

Table 2-20 タイ主要製鉄企業の設備構成

No	企業名	事業所	基数 (稼働時期)						
			高炉	転炉	コークス炉	焼結炉	電気炉	加熱炉	DR
1	G Steel (旧Siam Strip Mill, SSM)	Rayong県 SSP工業団地	—	—	—	—	2基 (99, 99年) ※152tEF	中外炉製トンネル炉 (連続式均熱炉)	—
2	G J Steel(GJS) (旧 Nakornthai Strip Mill, NSM)	Chonburi県 Bo-Win工業団地	—	—	—	—	1基 (98年) ※180tEF	不明	1基 (98年) ※06年中断?
3	Siam Yamato Steel	Rayong県 Map Ta Put	—	—	—	—	1基 (94年) ※70tEF	150 ton/h ウォーキングビーム炉	—
4	Chow Steel Industries	Prachinburi県 abinburi	—	—	—	—	2基 (? , 08年)	不明	—

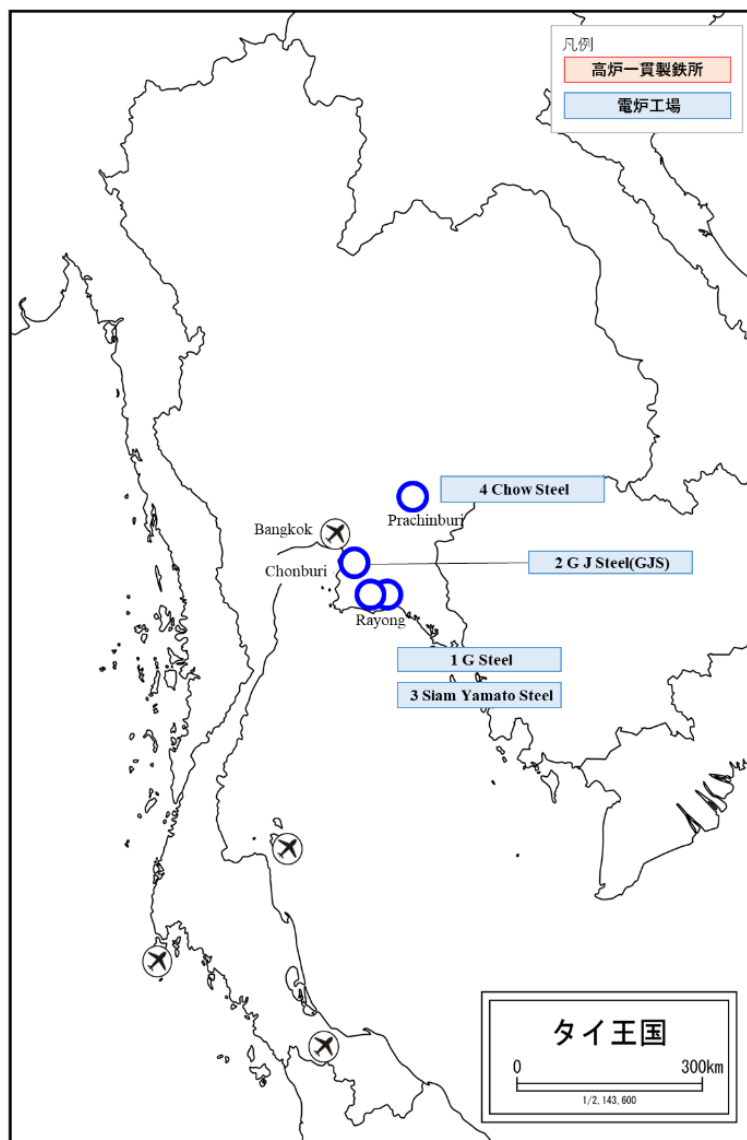


Figure 2-29 タイ主要製鉄所の所在地

(3) タイの省エネ・低炭素・脱炭素関連政策・制度等

タイのNDCの概要（2020年10月）は以下の通りである。

- ・ 2030年までに国内努力のみでBAUと比較してGHG排出量20%削減する。
（BAU基準年：2005年、2030BAU：5億5,500万トン-CO₂）
- ・ 国際援助が得られるケースではBAUと比較してGHG排出量を25%削減する。

タイ工業省（Ministry of Industry）は2011年にグリーン産業プロジェクトを立ち上げ、企業の環境への配慮や社会的責任を促進する取り組みを行っている。1月末時点でグリーン産業認証を取得した工場は約2万社に上る。工業省はタイ環境研究所とともに、環境に配慮して生産された製品であることを示す「グリーンラベル」も発行している。



Figure 2-30 タイのグリーンラベル

2021年3月10日、スリヤ・ジュンルンアンキット工業相は、2025年までに国内の7万1,130工場の全てにグリーン産業認証を取得させ、「グリーン・ファクトリー」化を推進するよう工業省工業局（DIW）に指示した。この方針はタイ政府が推進するバイオ・循環型・グリーン（BCG）経済モデルに沿ったもので、政府の「グリーン産業の企業の促進と発展のための行動計画」（2021～2037年）の一環である。同計画では、企業の事業効率の向上や環境面での品質改善などに重点を置いている。

DIWは2021年、工場でのグリーン産業認証の取得を推進するため、(1) 企業のグリーン産業に向けた事業支援、(2) 水消費量の削減、クリーンな生産方法の技術移転、(3) 環境マネジメントや循環経済システムを通じた工場の持続可能性の推進などの事業を実施している。

2021年8月、国家エネルギー政策評議会（NEPC）によって「国家エネルギー計画枠組み」が承認された⁶⁶。同枠組みには、2065年～2070年までに、または今後50年程度で、クリーンエネルギーへの段階的移行とカーボンニュートラル達成を目指す政策方針が含まれており、低炭素経済・社会の実現に向け、エネルギー分野で以下の取り組みを推進する。

- 再生可能エネルギー発電比率を50%以上とすること
- 現代のイノベーション・技術を用いてエネルギー効率性を30%以上改善すること
- 下記の「4D1E」に従い、エネルギー産業を再構築すること
 - ・ 脱炭素（Decarbonization）：エネルギー分野の二酸化炭素（CO₂）削減
 - ・ デジタル化（Digitalization）：エネルギーを管理するデジタルシステムの採用
 - ・ 分散化（Decentralization）：発電・インフラの分散
 - ・ 規制緩和（Deregulation）：エネルギー関連規制の現代化
 - ・ 電動化（Electrification）：化石燃料の代わりに電気を利用

エネルギー省（Ministry of Energy）では、今後10年（2021年から2030年）の緊急課題として以下事項を挙げている。

- ① 各エネルギー分野を包含する国家エネルギー計画を策定する。

⁶⁶ JETRO <https://www.jetro.go.jp/biznews/2021/08/dc2290a9449596a7.html>

- ② クリーンエネルギー発電の増加、化石燃料ベースの電力購入減に向けて、今後 10 年間で精査を行う。
- ③ 送電線や売電関連インフラなどを柔軟かつ効率的に改善する。電力安全保障を確保し、再生可能エネルギー発電の成長に向けて準備を整える。

本枠組みに基づく新たな国家エネルギー計画を 2022 年までに策定する見込みとしており、100%電炉ベースの生産を行っているタイの鉄鋼業界にも影響を与えることが予想される。

また、タイでは 20 か年国家戦略（2018 年～2037 年）にしたがって政策を遂行していくことが憲法に定められており、現行の第 12 次計画は 2022 年 9 月に終了する見込みとされていることから、第 2 期の第 13 次計画の策定に向けた議論が始まっている。国家経済社会開発委員会（NESDC）が 2021 年 3 月に示した計画素案には、4 つの変容と、それを達成するための 13 の方向性が示されている。4 つの変容には「環境にやさしい高付加価値経済への変容」「環境に害を与えての生産・消費から、環境に優しく安全な生活様式への変容」が含まれている。また、13 の方向性の 1 つとして「循環型・低炭素経済を有すること」が挙げられている。

タイで鉄鋼業を所轄する政府機関は工業省であり、工業省の鉄鋼業管轄機関として、タイ鉄鋼協会（ISIT：The Iron and Steel Institute of Thailand）が設置されている。

タイ工業省は鉄鋼業発展に向けて国内鉄鋼メーカーとともに 5～10 年のロードマップを策定する予定としている。

一方、タイ・エネルギー省が管轄する省エネに関連する制度等としては、工場・ビルにおける省エネルギー施策として 1992 年に制定された省エネルギー促進法（ECP Act: Energy Conservation Promotion Act B.E.2535）がある。①契約電力 1,000kW 以上、②設置している変圧器の合計容量が 1,175kVA 以上、③電力と上記の年間消費量が 2,000 万 MJ 以上の工場・ビルを指定工場・ビルとして、エネルギー管理組織の構築やエネルギー管理士（PRE）の配置、省エネルギーに寄与する高効率設備の利用、3 年に 1 回の省エネルギー活動計画の作成と DEDE（Department of Alternative Energy Development and Efficiency、エネルギー省代替エネルギー開発・効率局）への提出、DEDE への計画提出前に診断員による活動計画の承認を受けること、などが義務付けられている。

こうした省エネルギー促進法を強化するため、省エネルギー促進ファンド（ENCON Fund：Energy Conservation promotion Fund）を整備することで省エネルギーの促進を図っている。

2.6.2 低・脱炭素化に係る課題(技術面・資金面・政策面等)の抽出

タイに限らず ASEAN の鉄鋼メーカーは、2019 年のコロナ前まで、中国の設備投資や安い中国材・イラン材の影響を受け、上工程の稼働率が低調となるなど苦しんできた。また、タイでは中国やイランの他、近隣であるインドネシアからの鉄鋼輸入量が多く、Figure 2-21 にも示す通り、ASEAN 地域では中国による鉄鋼設備投資、及び中国、イランなどの周辺国からの安価な鋼材の輸入による鉄鋼供給過剰による影響を受けており、地場企業は厳しい競争環境の中で、稼働率が伸び悩むなど、省エネ投資に関する逆風下に置かれている。さらに 2020 年以降はコロナ禍の影響を受けて各国内の鉄鋼市況が悪化し、鉄鋼各社の設備投資計画が凍結されるなど、省エネに対する設備投資資金や、省エネに割くマンパワーなどへの余裕がなくなっている現状である。以上から、タイについてもベトナム・インドネシア同様、JCM の設備補助事業など、設備投資を促進する政策や制度の活用その他、省エネと同時に生産性・付加価値の向上にも資する対策の実施などが有効であると考えられる。

2.6.3 協カプログラムの検討・提案

(1) 支援対象の状況

a) タイ政府のモチベーションとギャップ

気候変動の観点については、タイ政府の省エネに対するモチベーションが観察されるが、それがどのような形で製鉄業界に反映されるかは今後の計画を参照していく必要がある。先に述べたように国家エネルギー計画枠組みにおいて、現代のイノベーション・技術を用いてエネルギー効率性を 30%以上改善することが掲げられているため、産業界全体に対するタイ政府の省エネのモチベーションは高い。また、計画以外でも省エネルギーに関する意識は高く、省エネルギー促進法の施行だけでなく、それに準じるファンドも整備していることから省エネルギー技術を受け入れる土壌は形成されていると考えられる。その一方で、鉄鋼業 CO₂ 排出量が国全体の排出量に占める割合も 1%台と低く、政府の対策優先順位としては低く見積もられる可能性が高いことが懸念事項となる。

産業振興の観点においても政府が製鉄業界を注視するかは不透明な状態にある。国家の総合的な開発に関する現状最新の計画である THE TWELFTH NATIONAL ECONOMIC AND SOCIAL DEVELOPMENT PLAN(2017-2021)において製鉄業は言及されていない。また、昨今の COVID の影響を緩和する観点で、“Made in Thailand”制度⁶⁷が打ち出されており、ここでは国家プロジェクトに使用する国産品の割合を全体の 60%以上とすることが盛り込まれている。この国産品には鉄鋼製品も含まれているため、製鉄業者は融資などのさまざまな特典を受けることが可能となるが、重要なことは政府が製品の国内生産を増強したいという意思で行っており、製品の品質や製造過程の効率化を志向した政策ではないということである。また、政

⁶⁷ <https://www.bangkokpost.com/business/2085399/made-in-thailand-can-earn-b1-77tn>

府が製鉄業界を特別視しているわけでもなく、政府の製鉄業界に対する意識は見えないことも重要な側面である。

本調査ではタイ政府の製鉄業界に対する特別な意向をくみ取るだけの情報が得られなかった。しかし、現状までの政府のスタンスでは製鉄業界に特別な意識はなく、製鉄業に特化した省エネ提案を受け入れるモチベーションが気候変動・産業振興の観点では見つからない。したがって、実際に聴取するか、今後の策定が予想されている包括的な国家エネルギー計画における製鉄業界に関係する記載を参照することで、政府の意向を十分に確認することがファーストステップとなる。

b) タイ製鉄事業者のモチベーションとギャップ

タイ製鉄事業者については、調査団とのコネクションの観点からは本事業を進めやすい状況にあるとみられるものの、彼らのモチベーションに付随するギャップを解消することについて本事業で大きく貢献できるかについてはより詳細な調査が必要である。G Steel は過去に調査団が省エネ診断を実施し、省エネ技術を提案したことがあり、協力プログラムを行う上での関係性が良好であると考えられ、実現の可能性が高い。その他、Siam Yamato Steel も日系企業からの出資がある点から協力の前向きと考えられるが、すでに省エネ対策を推進してきている点から本事業による貢献の度合いが小さくなる可能性があることに留意する必要がある。

国内の鋼材需要の伸びが鈍化しており、国内生産も伸び悩みを見せている現在において、製鉄事業者は危機感を持っていることが想定される。こうした状況が Siam Yamato Steel などの事業者に省エネを指向させる一因となっていることも考えられるが、中国メーカーなどの海外企業との厳しい競争環境に置かれていることを考えると、彼らには省エネに投資する体力がなく、手をこまねいている可能性があることも重要な側面である。したがって、国際協力により資金面も含めた省エネ技術の導入を推進することは、こうした彼らのギャップを解消することに貢献できる可能性があり、さらに既存のコネクションをもとに本事業を始めやすいという点も比較的有利な情勢を形成している。

(2) 本邦協力開発方針との整合性

開発協力方針において、持続的な経済の発展の一環として環境・気候変動問題が取り上げられている。また、第三国支援の実施についても言及されており、中進国に対する開発協力モデルの構築が謳われている。したがって、タイのみを対象とする協力の観点は環境・気候変動に集約・特化されてしまうものの、ASEAN 諸国への協力波及効果を見込んだ試金石として本事業を推進することは我が国とタイ国の戦略的パートナーシップを強化することにつながるだけでなく、ベトナムやインドネシアなどへの協力に対する相乗効果を発揮する可能性もある。

事業展開計画では「タイ国における統合的な気候変動適応戦略の共創推進に関する研究」や「エネルギー政策」といった案件に関係することが想定され、これらのソフト的で包括的な気候変動対策の協力から、よりハード的で詳細な協力をシフトをして

いくきっかけともなりうる可能性がある。

(3) 対象国への協力プログラムの提案

本調査では政府の思惑までは判断できなかったため、その把握から行われるべきである。そのため、民間事業者がモチベーションを有している状況にあれど、協力プログラムが構築できるかは極めて不透明である。また、第三国協力を見据えたアプローチを指向するには、他国の状況も踏まえた普及展開ステップを構想・提示しなければ説得力に欠ける可能性もある。したがって、ポテンシャルについてはあるものの、具体的な協力案件を早急に作り出していける状況にはなく、全体をとおして非常に長いプロジェクトになるであろうことに留意しなければならない。上記までの点を総合し、下表に協力プログラムを整理する。

Table 2-21 タイにおける協力プログラム案

協力プログラム	対象	重要性・協力の方針
政策立案能力向上、政策提言 ▶ 省エネ法定定期報告制度等の紹介 ▶ 省エネ・脱炭素推進政策、ロードマップ策定支援 ▶ 省エネインセンティブ制度導入支援	政府	今後発出される計画をもとに判断できる可能性もあるが、政府の意向の確認が最優先となる。製鉄業のプレゼンスが小さいタイにおいては第三国協力などのかなり長期の目標をもって省エネの重要性を訴求しなければ実現しない可能性が高い。
製鉄所省エネルギー診断 ▶ BAT 普及可能性調査 ▶ 未利用エネ（排熱、副生ガス等）利活用ポテンシャル調査	民間事業者団体・民間事業者	そもそも政府が製鉄所の支援に積極的な姿勢であることを確認するか、そのような姿勢を醸成しなければ本プログラムの成果が後の協力に有効に活用される可能性が低くなる。
鉄鋼業 CO ₂ 削減ロードマップ策定支援 ▶ 官民会合や業界関係者へのセミナー開催 ▶ トップマネジメントレベル能力向上（ISO50001、ISO14001） ▶ サプライチェーン CO ₂ 削減ロードマップ策定支援	政府・民間事業者（本邦政府・本邦民間事業者）	民間事業者にはモチベーションがあることから、実現は可能であると思われる。一方で官民会合やサプライチェーン CO ₂ 削減などは政府の介入なくしては不可能であることから実施が制限される。
エコプロセス・パイロット設備の導入計画化支援 ▶ 詳細計画策定支援 ▶ 設備メーカー等マッチング支援 ▶ 資金調達方法の検討支援	民間事業者	そもそも政府が製鉄所の支援に積極的な姿勢であることを確認するか、そのような姿勢を醸成しなければ本プログラム自体の実施が困難である。
製鉄所向け脱炭素・省エネ支援ツール整備	政府・民間事業者	そもそも政府が製鉄所の支援に積極的な姿勢であることを確認するか、その

協力プログラム	対象	重要性・協力の方針
<ul style="list-style-type: none"> ➤ ISO14404 普及促進 ➤ TCL 策定・普及促進 ➤ BAT 整備・普及促進 ➤ エネバラモデル化ツール ➤ 改善対策特定ツール 	団体	ような姿勢を醸成しなければ本プログラム自体の実施が困難である。

2.7 メキシコ

2.7.1 現状分析(主要企業の設備能力・技術・エネルギー管理レベル、政策・制度等)

(1) メキシコ鉄鋼業の概要

2019年時点でメキシコは国別の粗鋼年間生産量が世界15位(18.5百万トン)であり、ラテンアメリカではブラジル(32.2百万トン)に次ぎ2位である。粗鋼生産比率は電炉が70%、高炉は30%である。産業別(2014年)には建築向け61%、自動車11%、産業機械8%が主である。

メキシコの粗鋼生産比率は電炉が77.2%、高炉が22.8%となっている。産業別の最終需要では、建築向けが約60%、次いで自動車約10%となっている。同国では自動車産業を中心とする需要産業の参入が相次いだことから、鉄鋼生産も伸長している。

鉄鋼業におけるCO₂排出量は2010年ベースで約45百万トンであり、同国のGHG排出量の約7%を占めている。電炉が主流であることから、粗鋼生産量あたりの原単位も約1.6トン-CO₂/トン-steelと低くなっている。

(2) メキシコにおける主要製鉄企業の概要

メキシコの製鉄所はメキシコの北東部・中央部に集中しており、国土のおよそ4割にあたる州に鉄鋼業が所在する。

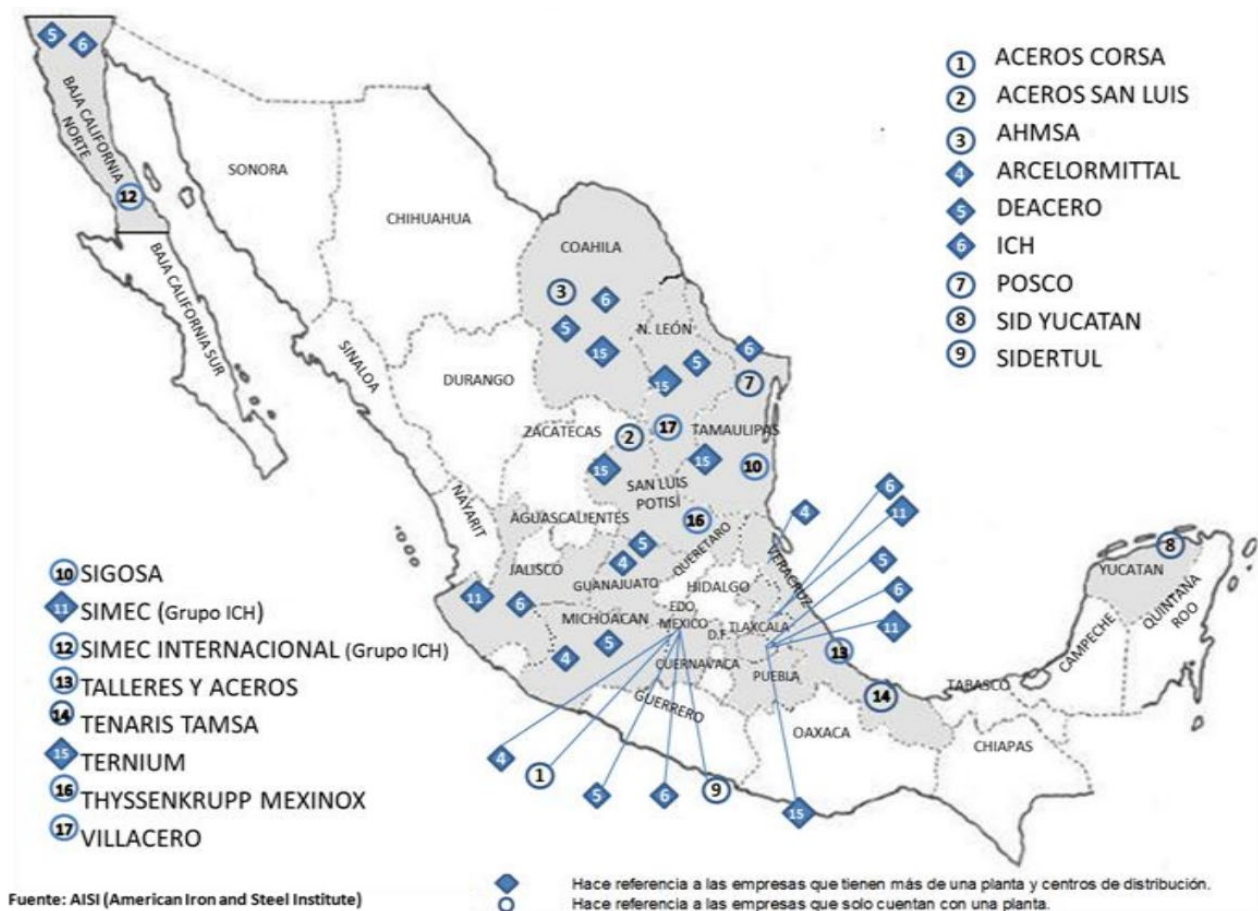


Figure 2-31 メキシコにおける鉄鋼生産拠点

出典：メキシコ・エネルギー省 SENER “Sector Siderúrgico en México”

主要製鉄企業の概要を Table 2-22 に、それらの企業の設備構成を Table 2-23 に、それらの所在地を Figure 2-31 に示す。

Ahmsa (Alto Hornos de Mexico) は 5 基の高炉を有し、主に熱延および冷延コイル、厚板、ブリキ、構造用形鋼、および大形プロファイルを生産している。1980 年代に国有化されていたが、石油危機後の 1991 年に GAN (Grupo Acerero del Norte) が買収したことで民営化した。2020 年 1 月には Monclova の第 6 高炉を閉鎖したことを発表し、2 月には GAN が会社売却を検討しており、Ternium や POSCO、宝鋼と交渉中との報道がなされた。同製鉄所は設備の年代が古いことから、エネルギー原単位が大きい可能性もある。

Ahmsa は、当初 2018 年の予定で総額 5 億ドルとも言われる拡張プロジェクトを計画していたが、2020 年 6 月時点で保留中のままである。このプロジェクトには、3 基目の冷間圧延設備の建設が含まれており、現在 80 万トン/年である冷延コイル生産量を 230 万トン/年まで引き上げる予定としている。また、第 3 連続鋳造機を更新し、生産能力を 200 万トン/年から 250 万トン/年に増やすことも予定していた。完成すれば、最大長さ 27.5m、最大幅 74 インチで厚さ 8~10 インチのスラブが生産可能となる。さらに、同社の熱間圧延部門も生産量が 280 万トン/年から 350 万トン/年に増加する。ブリキラインを設置して設備能力を 15 万トン/年から 45 万トン/年に引き上げ

る計画も含まれている。

ArcelorMittal las Truchas は高炉を 1 基有し、棒鋼・線材を生産する ArcelorMittal グループの製鉄企業である。同社は元国有企業の Sicarta として、Ahmsa と同様に 1991 年に民営化された。同社の設備も 1970 年代に稼働したものが多く、エネルギー原単位が大きい可能性がある。

ArcelorMittal Lazaro Cardenas も ArcelorMittal グループの企業であり、400 万トン/年の鋼板（スラブ半製品を含む）を、電炉（EAF）4 基を使って生産している。

Ternium Mexico は Ternium と Tenaris によって構成される Techint グループ（アルゼンチン資本）の電炉製鉄所である。2021 年 8 月には、Pesqueria にある新熱延ミルで、Tenova 製の 2 基のウォーキングビーム炉（能力 400 トン/h）を立ち上げたことを発表した。Tenova によると、これによって NOx の排出量を 60ppm 以下に抑えながら、エネルギーの消費原単位は 1.16MJ/kg に抑えられるとしている。また、Tenova の SmartBurner 監視システム（SBMS）が装備され、バーナ性能、操作およびメンテナンスの監視ならびに最適化を可能にしている。

Deacero は地場資本の企業で、メキシコ最大のワイヤメーカーである。同社の Ramos Arizpe 工場には生産能力約 150 万トン/年の EAF を設置している。同工場では計 8 つの圧延ミルがあり、棒鋼、線材、商用棒材を生産しているが、2018 年 9 月には棒鋼・軽量形鋼を生産する圧延ミニミル（生産能力 50 万トン/年）を立ち上げた。

Table 2-22 メキシコの主要製鉄企業概要

No	企業名	事業所	粗鋼生産能力 (千ton/年)	上工程	主要製品	国営/外資系	省CO2、省エネに関する情報	備考
1	Ahmsa	Monclova	5,950	高炉-転炉、電炉	棒鋼、形鋼、線材、厚中板、熱冷延、ブリキ	地場？ 91年民営化。		80年代国有化。91年民営化（GANが買収）。Grupo Acerero del Norte(GAN)78.91%、経営陣4.02%。2020年2月、会社売却検討と報道(Ternium、ポスコ、宝鋼と交渉中)。
2	ArcelorMittal las Truchas (旧Sicarta)	Lazaro Cardenas	1,750	高炉-転炉	棒鋼、線材	外資		ArcelorMittalグループ
3	ArcelorMittal Lazaro Cardenas (旧Imexa)	Lazaro Cardenas	4,000	DR-電炉	スラブ	外資		ArcelorMittalグループ
4	Ternium Mexico (旧Hylsamex)	Monterrey	2,300	DR-電炉	熱冷延、CG、カー	外資（アルゼンチン）		Techintグループ(Ternium及びTenaris)
5	Deacero	Celaya, Guanajuato	2,000	電炉	棒鋼、線材	地場		Deaceroグループ。 メキシコ最大のワイヤメーカー。

Table 2-23 メキシコ主要製鉄企業の設備構成

No	企業名	事業所	基数 (稼働時期) ※サプライヤ						
			高炉	転炉	コークス炉	焼結炉	電気炉	加熱炉	DR
1	Ahmsa	Monclova	5基 (54, 66, 71, 76, 11年)	6基 (74, 76, 83, 13年×3基)	5基 (55, 70, 77, 78, 13年)	1基 (68年)	1基 (15年) ※150tEF	2基 (67年)?	—
2	ArcelorMittal las Truchas (旧Sicartsa)	Lazaro Cardenas	1基 (76年)	2基 (76, 78年) ※120tLD	2基 (76, 76年)	—	—	1基 (76年)?	—
3	ArcelorMittal Lazaro Cardenas (旧Imexa)	Lazaro Cardenas	—	—	—	—	4基 (88年×4基)	?	5基 (88, 88, 90, 90, 97年)
4	Ternium Mexico (旧Hylsamex)	Monterrey	—	—	—	—	2~6基? (95, 98年)	3基 (53, 95, 95年)	3基 (83年×2基, 97年)?
5	Deacero	Celaya, Guanajuato	—	—	—	—	2基 (98, 06年) ※100t, 120t	?	—

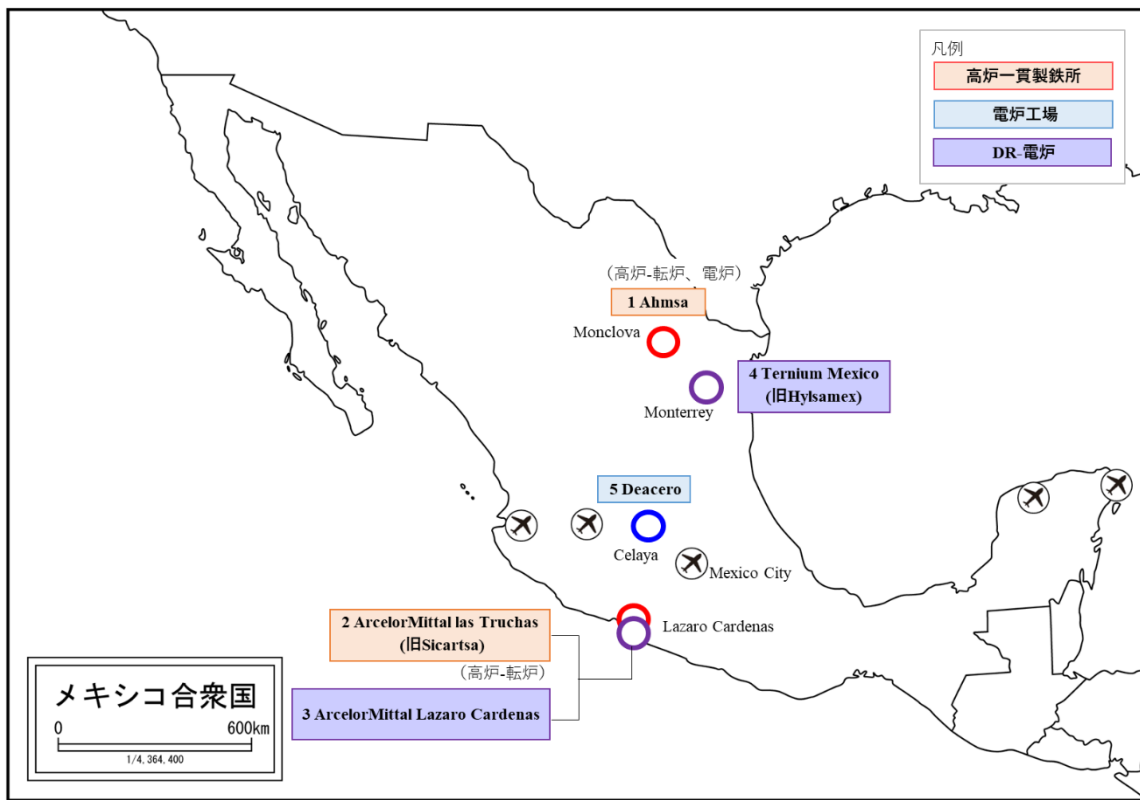


Figure 2-32 メキシコ主要製鉄所の所在地

(3) メキシコの省エネ・低炭素・脱炭素関連政策・制度等

メキシコの GHG 削減目標は、2012 年に制定された気候変動基本法（Ley General de Cambio Climático）によって掲げられている。さらに 2020 年の NDC では、2030 年までに BAU ベースラインの予測値（気候変動政策がない場合の経済成長に基づく排出量予測値）から排出量を削減することを約束している。具体的には、2030 年までに GHG 排出量 22%削減（2013 年比）、2030 年までに BC 排出量 51%削減（2013 年比）を明記している。加えて、財務的、技術的支援、キャパビルなどの協力が得られれば、2030 年までに GHG を最大 36%、BC を最大 70%削減（2013 年比）、を達成可能としている。

メキシコ鉄鋼生産者協会（CANACERO）の資料⁶⁸によると、メキシコの鉄鋼産業の CO₂ 排出量は、2016 年時点で 1.38 トン CO₂/TAL であり、中国の 2.38 トン CO₂/TAL、世界の 1.98 トン CO₂/TAL よりも少ない。CANACERO は、輸入によって GHG 排出量が増え、雇用に悪影響を与え、さらには外貨を失っていると考えている。

また、同資料では、2030 年のメキシコ鉄鋼業界の CO₂ 排出量は 65M トン CO₂/年（2030 年 BAU より 14%削減）とすることが提案されている。対応策として、国内鉄鋼生産の排出係数を 1.38 から 1.28 トン CO₂/TAL へと 7%改善（2016 年比）する。さらに、排出量の多い輸入品（990 万トン）を国内生産に代替し、クリーンエネルギーを義務化することにより、排出量の 14%削減を目指す（2016 年時点では、鉄鋼部門のエネルギー消費量の約 5%が再生可能エネルギー）。上記のため、鉄鋼業界において約 170 億米ドルの追加投資が発生し、直接・間接雇用が 35 万人になるとしている。

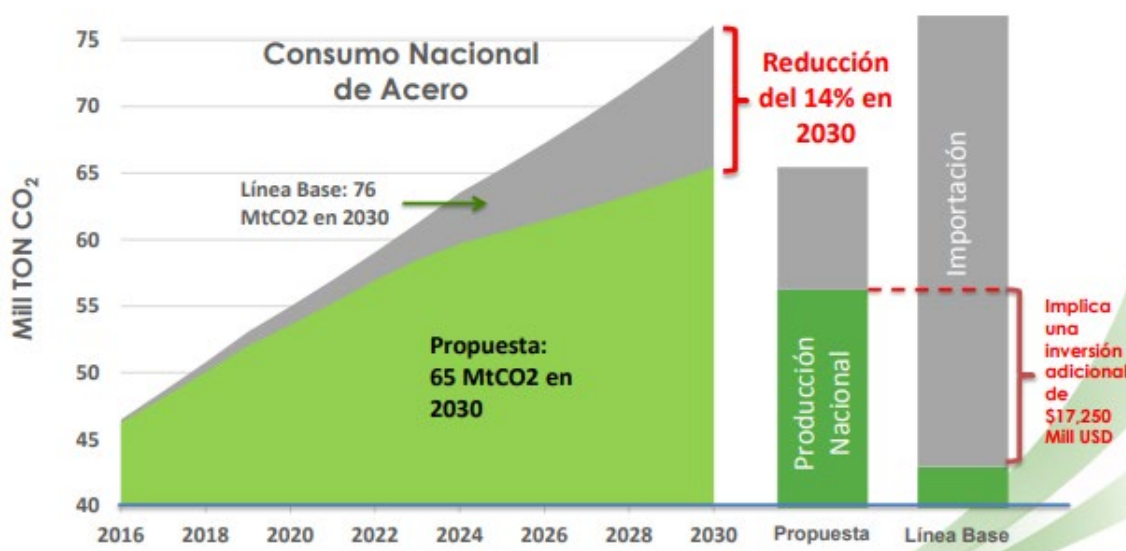


Figure 2-33 ベースラインと GHG 排出量(CANACERO 資料、2016 年 9 月)

⁶⁸ Diálogo Público Privado sobre los CND de Cambio Climático, CANACERO, 2016.9 (<https://www.inecc.gob.mx/dialogos/dialogos1/images/documentos/Dialogo4/canacero.pdf>)

GHG 削減目標を達成する為のメキシコの戦略としては、環境・天然資源省 (SEMARNAT) が中心になって作成し、2013 年に発表された「国家気候変動戦略 10・20・40 年ビジョン」(Estrategia Nacional de Cambio Climático. Vision 10-20-40:ENCC) が挙げられる。10 年、20 年、40 年といった長期的な 2 つの目標と、それぞれの戦略が示されている。これらを方針とし、各政策に反映されることを主としている。

メキシコでのエネルギー関連政策として、「エネルギーセクター計画 (PSE: Programa Sectorial de Energía)」が定められている。本計画は、エネルギーセクターを統括するエネルギー省における優先目標と戦略に関する行動指針を定めるものである。現在の計画期間は 2020 年から 2024 年となっている。また、本計画には 4 つの省エネルギー促進目的の低利融資プログラムが記載されている。農業、産業、運輸、住宅、商業、電力及び政府の各セクターを対象としている。

メキシコでは 2014 年に炭素税が施行され、さらに 2020 年、ラテンアメリカ初の排出量取引制度を試行している⁶⁹。パイロット制度は年間約 10 万トンの CO₂ を排出するエネルギー・産業セクターの事業者を対象としている。およそ 300 の事業者が対象となっており、これはメキシコ全体の排出量の 40%にあたる⁷⁰。2020~2021 年のパイロットフェーズと 2022 年の移行フェーズを経て ETS 制度に移行される予定であり、将来的には他の排出量取引制度との連携を目指した設計を取り入れているが、具体的な連携については検討段階であるとされる。

メキシコの主要な貿易相手国である米国では、バイデン大統領が選挙で炭素国境調整の導入を公約し、議会では 21 年 9 月以降の法案審議で「炭素汚染者輸入課金」を検討することが、8 月 11 日に上院で可決された財政決議で決まった⁷¹。これについて現時点では CANACERO は意見を表明していない模様である。

2.7.2 低・脱炭素化に係る課題(技術面・資金面・政策面等)の抽出

2017 年時点では、CDQ、TRT は Ahmsa、Arcelor Mittal とともに導入されておらず、省エネ技術導入の余地がある。但し、メキシコ鉄鋼メーカーは、2019 年のコロナ前まで、安い中国材の影響を受け、大変厳しい状況におかれてきたため、技術導入にあたっては、何らかのファイナンスにおける支援が求められる。メキシコ鉄鋼業との協力開始にあたっては、CANACERO のコンセンサスを得ることが重要であるが、CANACERO はメキシコ政府の関与に慎重な立場であり、JCM 以外に、メキシコ政

⁶⁹ 海外におけるカーボンプライシングの動向と日本への示唆、国際通貨研究所、2021.03.11 (<https://www.iima.or.jp/docs/newsletter/2021/nl2021.08.pdf>)

⁷⁰ ICAP, ETS Detailed Information, 2021.8.9

⁷¹ 日経 ESG, 2021.09.24

(<https://project.nikkeibp.co.jp/ESG/atcl/column/00003/091700022/?P=3>)

府の関与がほぼ不要である JBIC（国際協力銀行）の GREEN（地球環境保全業務）の活用も検討する必要がある。

ISO14404 や製鉄所におけるエネルギー管理・CO₂削減に関する理解度・関心度は企業によってばらつきがあり、ISO14404 等の普及を進めていく必要がある。また、メキシコ鉄鋼メーカーは、ISO50001 に関する関心も高い模様である。

2.7.3 協力プログラムの検討・提案

(1) 支援対象の状況

a) メキシコ政府のモチベーションとギャップ

気候変動の観点については、製鉄業の省エネによる気候変動対策への貢献が比較的大きいことが考えられたが、反対にメキシコ政府の製鉄業に対する期待やモチベーションは確認されなかった。上記までの調査では国全体に対する鉄鋼業の GHG 排出量比率が調査団試算の最大 3.9%に対して 7%と高いことが明らかになり、省エネによる GHG 削減貢献は大きい可能性があることが示唆された。しかし、NDC では製鉄業が個別具体的に記述されておらず、政府が考える気候変動対策における製鉄業の存在感は不透明である。これは、後述するが電炉の割合が高く、粗鋼生産量あたりの GHG 排出原単位が低いことを鑑みた政府の見解である可能性もある。一方で、炭素税の施行や排出量取引制度の試行が行われてきたメキシコでは気候変動対策全般に係る意識は高いものと考えられる。

産業振興の観点においても、国として粗鋼生産に一定の強みがある可能性があることが判明したものの、政府が製鉄業界を特別視している様子は見られない。上記まで述べたとおり、ラテンアメリカにおいてブラジルについて粗鋼生産量が多いため、製鉄業は地勢的に存在感があると思われる。さらに鉄鋼生産量も自動車産業への供給を基盤として増進ぎみであることを踏まえると、将来性は高い。その一方でメキシコ政府の国家開発計画 PND(PLAN NACIONAL DE DESARROLLO) 2019-2024 では、製鉄業に特化した記載は見つからず、主要な製鉄業者である Ahmsa 社は 91 年に民営化されており、現状すでに国営企業がない状態である。

以上を踏まえ、本デスクトップ調査ではメキシコ政府の製鉄業に対するモチベーションはある程度不明瞭なかでも低い可能性が高いことが示された。しかし、今後は主要貿易相手国の米国による炭素国境調整の影響が具体的に表出する段階に入ることが想定されるため、国家としての対応や変化が求められてくると想定される。したがって、これらの情勢にたいする国家的対応を今後注視していくことが重要となる。

b) メキシコ製鉄事業者のモチベーションとギャップ

メキシコ製鉄事業者については、メキシコ鉄鋼生産者協会（CANACERO）が重要かつ先導的な役割を果たしており、省エネに対するモチベーションが高いことが想定された。現実的に電炉が多いメキシコにおいては、粗鋼生産量あたりの GHG 排出原単位も低く、協力による削減幅が少ない可能性が懸念される。その状況を

CANACERO も熟知しているものの、彼らは鉄鋼業界の CO₂ 排出量削減 65M トン CO₂/年（2030 年 BAU より 14%削減）を目指す提案を行っている。この目標の達成にあたり、排出係数改善、材料の国内生産、再生可能エネルギーの供給をあげており、本事業と方向性が一致していると考えられる。野心的な目標を掲げて推進する CANACERO は重要な関係者であり、彼らのモチベーションは非常に高いものと推察される。したがって、調査団とのコネクションは現状ないものの、今後の協力に関しては CANACERO をエントリーポイントとした活動が求められると思われる。

(2) 本邦協力開発方針との整合性

開発協力方針において、メキシコでは産業振興と三角協力が重点分野に位置づけられている。これとラテンアメリカにおいて存在感を持っているメキシコにおける製鉄業の位置づけを考慮すると、本事業による支援を通して製鉄業の支援の在り方を確立することで、周辺国（例えばブラジルなど）に取り組みを波及させることが可能と考えられ、その起点としてメキシコの製鉄業支援は重要な意味を持つ。

一方事業展開計画では、産業振興の重点分野に対して自動車産業を主とした支援が展開される想定である。このため、自動車産業の基盤を形成する製鉄業を支援することはこうしたプロジェクトに相乗効果を与えることが期待されることから、本事業は本邦協力開発方針と整合性を保った効果的な支援となりうることが想定される。

(3) 対象国への協力プログラムの提案

協力プログラムの方向性と具体的な案を記載予定。（下表）メキシコにおいては政府政策より CANACERO の提案・動きが非常に活発かつ可視化されていることから、CANACERO を起点とした政府へのボトムアップ、民間事業者へのトップダウンアプローチが重要であると考えられる。

Table 2-24 メキシコにおける協力プログラム案

協力プログラム	対象	重要性・協力の方針
政策立案能力向上、政策提言 ▶ 省エネ法定報告制度等の紹介 ▶ 省エネ・脱炭素推進政策、ロードマップ策定支援 ▶ 省エネインセンティブ制度導入支援	政府	重要であるが、優先度は低い。気候変動対策全般について積極的であるメキシコ政府に対して、製鉄業界は CANACERO が主導しており、政府側からトップダウンで協力を実施していくと CANACERO のモチベーションを削ぐ可能性がある。まずは政府の製鉄業への認識を把握するなど、協力を確立するプロセスに慎重な対応が求められる。
製鉄所省エネルギー診断 ▶ BAT 普及可能性調査 ▶ 未利用エネ（排熱、副生ガス等）利活用ポテンシャル	民間事業者団体・民間事業者	非常に重要かつ優先度が高い。メキシコ政府のモチベーションを高めるには現場の実態に即したデータを確立させて国内の詳細な状況を可視化する

協力プログラム	対象	重要性・協力の方針
調査		ることが不可欠である。CANACEROも省エネに積極的であることから、特定工場での実態を把握していくことが望まれる。
鉄鋼業 CO ₂ 削減ロードマップ策定支援 ▶ 官民会合や業界関係者へのセミナー開催 ▶ トップマネジメントレベル能力向上 (ISO50001、ISO14001) ▶ サプライチェーン CO ₂ 削減ロードマップ策定支援	政府・民間事業者 (本邦政府・本邦民間事業者)	重要であるが、優先度は製鉄所エネルギー診断と比して低い。すでに CANACERO が将来的な省エネ目標と道筋を特定しているため、これと矛盾しない形での補完的な協力が望まれる。CANACERO が政府に対して支援を望む場合、それを調整する場として官民会合の重要性があるものと考えられる。
エコプロセス・パイロット設備の導入計画化支援 ▶ 詳細計画策定支援 ▶ 設備メーカー等マッチング支援 ▶ 資金調達方法の検討支援	民間事業者	個別民間業者への協力は CANACERO の動向・思惑を詳細に踏まえたうえで行われることが望ましい。
製鉄所向け脱炭素・省エネ支援ツール整備 ▶ ISO14404 普及促進 ▶ TCL 策定・普及促進 ▶ BAT 整備・普及促進 ▶ エネバラモデル化ツール ▶ 改善対策特定ツール	政府・民間事業者団体	政府と CANACERO の意思、モチベーションの方向性が一致していない可能性が観察されたことから、両者の認識を一致させる官民会合を踏まえて行われることが望ましい。

2.8 インド

2.8.1 現状分析(主要企業の設備能力・技術・エネルギー管理レベル、政策・制度等)

(1) インド鉄鋼業の概要

インドでは、インド鉄鋼省の下に置かれた大手鉄鋼生産者合同委員会 (JPC : Joint Plant Committee) が生産能力や生産量などの鉄鋼統計データを管理している。JPC の 2019-20 年次統計によると、インドの鉄鋼生産量は年々増加しているが、電炉による粗鋼の生産が過去 5 年間で概して横ばいである一方で、電気誘導炉 (EIF) による生産は増加しており、電気誘導炉の比率が高い。また、2019-20 年度の粗鋼総生産量 109.137 百万トンのうち、電炉プロセスの生産シェアは 28.37 百万トン (26%) であり、EIF のシェアは 30%、BOF は 44% と報告されている。

Table 2-25 インドの粗鋼生産量の推移(百万トン)

	2015-16年	2016-17年	2017-18年	2018-19年	2019-20年
高炉	38.3	41.9	47.4	49.5	48.6
電炉	24.7	29.1	26.5	28.5	28.4
誘導炉	26.8	27.0	29.2	33.0	32.2
電気製鋼計	51.5	56.0	55.7	61.5	60.6
総生産量	87.8	97.9	103.1	110.9	109.1

Table 2-26 インド鉄鋼業の生産状況(2017-18年)

Type of Industry	No. of units	Total capacity ('000 tonnes)	No of working units	Production ('000 tonnes)	Capacity utilization (%)
Blast furnace – hot metal	61	80,873	60	68,016	84.4
BOF	18	55,267	18	47,489	85.9
Electric Arc Furnace	56	40,734	50	26,421	65.7
Induction Furnace	1,187	46,407	999	29,221	68.8
Sponge iron	346	51,531	312	30,511	61.5

出典：TERI, “Towards a Low Carbon Steel Sector”, (2020)

インドの産業部門全体では 307Mtoe のエネルギーを使用している (2017-18年) が、そのうち、鉄鋼業のエネルギー使用は 23%を占める。

また、インドの電力源は石炭火力が大部分となっているが、電力グリッドの信頼性の問題から、鉄鋼セクターを含む多くの業界では自家発電所を設置している。2015～16年の鉄鋼業界での消費電力のうち 91%が石炭由来であったとされる。

TERI が 2020 年に発行したレポートでは、下図のようにインド鉄鋼業界のエネルギー原単位を他の先進国鉄鋼業のデータと比較し、インドのエネルギー効率の低さを指摘しているが、BAT を採用することで鉄鋼業全体として大きな省エネ余地があるとされている。

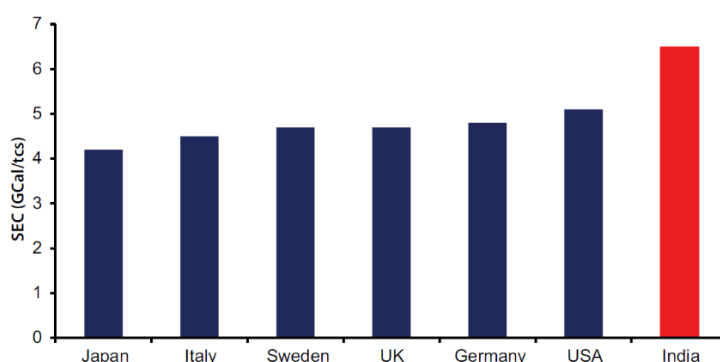


Figure 2-34 一貫製鉄所の特定エネルギー消費原単位の国別比較(2012年ベース)

出典：TERI, “Towards a Low Carbon Steel Sector”, (2020)

(2) インドにおける主要製鉄企業の概要

1947年のインド独立後、TISCO (Tata Iron&Steel Company Ltd、現在は Tata

Steel Ltd)、IISCO (Indian Iron&Steel Company、現在は SAIL の一部である IISCO Steel Plant)、Mysore State Iron and Steel Works (現在は VISL、SAIL の子会社) の 3 社が、インドにおける主要鉄鋼生産者であったが、そのすべてが高炉ベースの製鉄企業であった。1950 年以降にインド政府によって国営の大規模な一貫製鉄所がいくつか設立された。1970 年以降、政府が小規模な製鉄プラント・加工工場の設置を許可したことで、1985 年までに多くのスクラップベース電炉プラントと圧延工場が国内に建設された。1980 年代半ばには電炉プラントが 180~185 件以上所在し、国内粗鋼生産量の約 30~35%を占めていたが、インド国内でのスクラップ量が限られていたため、海外から大量の鉄スクラップが輸入されていた。これらのプラントのほとんどは年間数千トン規模の生産能力であった。

1991 年に規制緩和が行われ、EIF (誘導炉) プラントの設置が許可されるようになってから、EAF から EIF への切り替えが起これ、電炉ベースの製鉄所数は 180~185 件から約 50 件まで減少した。2000-2005 年になると、鉄源にガス還元による還元鉄や高炉からの溶銑を使用する電炉による大規模製鋼工場が出現し始めた。

今日では、インドの鉄鋼産業は非常に細分化されている。JPC データブックによると、数百万トンの生産能力を有する大規模統合製鉄企業 (大規模 ISP; Iron and Steel Producers) があり、これらには SAIL (Steel Authority of India Ltd)、RINL (Rastriya Ispat Nigam Ltd ⁷²)、Tata Steel Ltd、AM/NS、JSW Steel Ltd、Jindal Steel & Power Ltd (JSPL) が含まれている。これらの大規模製鉄企業はまとめて「Main / Major Steel Producers」と称されることもある。

石炭ベースの DRI-EAF / EIF 統合ユニット、スクラップベースの独立型 EAF / EIF、MBF-EOF は、Joint Plant Committee によって「Others」という単一区分で称されている。Bhushan power&Steel Ltd (BPSL) や Monnet Ispat&Energy Ltd などのいくつかを除いて、これらのほとんどすべてのユニットの生産能力/生産量は年間 100 万トン未満である。これらの多くは、内部消費の鉄源 (溶銑/ DRI) 製造設備を備えている。

大規模な ISP や「ミニ/その他」の鉄鋼生産者以外に、ペレット、DRI などのような半製品の生産工場が多数存在する。これらは、大規模な ISP や Mini / Other Steel の製鉄企業の支配下にあるか、あるいは販売用の製品を生産する独立型の工場である。

Table 2-27 インド鉄鋼業の区分

区分名	説明
Large ISPs (大規模 ISP) Main/Major Producers	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大規模製鉄企業 ・ かつて JPC で行われていた以下の分類が含まれる <ul style="list-style-type: none"> ➢ Main Producers : SAIL、RINL 等の旧来の製鉄企業 ➢ Major Producers : 振興の大規模製鉄企業 (JSW、Ispat Industries (現 JSW)、JSPL、Essar 等) ・ SAIL、RINL、Tata Steel、AM/NS、JSW、JSPL を含む
Mini/Other	<ul style="list-style-type: none"> ・ 上記に該当しない小規模事業者 ・ BPSL や Monnet Ispat & Energy などを除き、ほとんどの年間生産能力は 100 万トン未満

⁷² RINL は国営製鉄所であったが、インド政府が 2021 年 1 月に子会社を含めて完全民営化することを決定した。

	<ul style="list-style-type: none"> ・ かつての JPC の分類における Others に該当する企業 (したがって現在生産量 300 万トン/年の大企業であっても、Others に含まれているケースがある) ・ 多くは内部消費用の製鉄/DRI 製造設備を備える
--	--

Table 2-28 インドにおける鉄鋼業の生産状況(2019~20年)

部門	工場数		年間生産能力 (Mt)		年間生産量 (Mt)	
	Total	Others	Total	Others	Total	Others
Iron Ore Pellets	39	33	81.14	42.54	67.99	35.65
Direct Reduced Iron (DRI)	285	278	47.85	33.15	37.1	27.38
Blast Furnace	57	40	79.6	13.68	73.01	7.28
Basic Oxygen Furnace (BOF)	17	5	57.3	4.08	48.57	1.84
Electric Arc Furnace (EAF)	39	29	40.51	11.8	28.37	6.72
Electric Induction Furnace (EIF)	858	858	44.5	44.5	32.2	32.2
Steel Re-rolling Mills (SRRMs)	1,020	1,004	79.6	56.8	55.6	36.72
Hot Strip Mills	23	9	54.4	7.6	46.2	4.66
Cold Rolling Mills	68	52	26.4	10.8	17.7	6.17
Galvanizing Units	28	15	9.6	4.03	7.57	2.92
Color Coating Units	17	10	2.8	1.23	2.26	1.04
Tin Plate Units	4	1	0.84	0.38	0.37	0.2

Table 2-29 BOF /EAF / EIF ベースの製鉄企業(2019~20年)

企業	BOF 生産量 (百万トン)	EAF 生産量 (百万トン)	EAF 鉄源
SAIL グループ	15.95	0.21	主にスクラップ
RINL	4.75	-	-
Tata グループ	16.4	2.13	溶鉄+DRI
JSW グループ	9.64	6.33	-do-
AM/NS	-	7.12	-do-
JSPL グループ	-	5.86*	-do-
BPSL	-	2.9	-do-
ミニ BOF 製鉄所合算	1.84	-	溶鉄
ミニ EAF (28工場)合算	-	3.82	ほぼスクラップ+購入 DRI
小計	48.57	28.37	-
誘導炉小計 (858工場)	32.2		-
合計	109.14		-

EAF ベースの大規模 ISP のほとんどは、大量消費用の従来の非合金鋼/炭素鋼(板材・条鋼製品)を製造する鉄鋼生産者である。ミニ/その他の EAF 鉄鋼生産者の大多

数は、主に合金、特殊鋼、ステンレス鋼製品を生産しており、主にエンジニアリングおよびハイエンドアプリケーション向けの条鋼製品を生産している。

EAF ベースの大規模 ISP のほとんどは、内部消費用の鉄源製造能力を備えている（ガスベースの DRI、石炭ベースの DRI、または高炉ベースの溶銑）。これらのプラントの大部分では、EAF の鉄源は DRI または溶銑のいずれかとなっている。

また、いくつかのプラントでは CONARC 炉・DC アーク炉・新エネルギー酸素炉などを備えており、鉄スクラップや電力消費を最小限に抑えるため、通常、溶銑などの液体装入物の使用量が多い。一方、EAF ベースのミニ/その他製鉄所の大多数は、主要なチャージミックスとして鉄スクラップと銑鉄を使用しており、残りは通常、石炭ベースの購入 DRI を使用している。ただし、地域、スクラップ・DRI の入手可能性や価格によって、ミニ/その他のスクラップ・DRI の使用パターンには大きなばらつきがある。DRI が安価で大量に入手できる東部地域では、DRI の使用率が高い。しかし、DRI が入手しづらい北部や西部地域では、鉄スクラップの使用が多い。

インドでは鉄スクラップの入手が限られており、大規模 ISP では、発生したスクラップは内部消費しているが、ミニ/その他の鉄鋼生産者は輸入スクラップに依存している。現在、インドでは年間約 650 万トンの鉄スクラップを輸入している。

主要製鉄企業の概要を Table 2-30 に、それらの企業の設備構成を Table 2-31 に、それらの所在地を Figure 2-34 に示す。

JSW Steel は高炉 4 基を有し、熱延鋼板・冷延鋼板・亜鉛めっき鋼板・線材・棒鋼などを主要製品としている。本邦 JFE スチールが出資（出資比率 15%）している。JSW グループは鉄鋼事業の他に、鉱業、電力、産業用ガスなど複数の事業を運営している。

生産技術面での取り組みとしては、2021 年 9 月、強化 AI、機械学習とロボティクスおよびクラウド機能との接続など先進技術の導入により、2024 年度までにインド国内にスマート製鉄所のデジタルネットワークを構築する計画であることが報じられている。

同社は 2021 年 10 月、Maharashtra 州 Dolvi で第 2 高炉に火入れし、Dolvi 製鉄所の生産能力を 1,000 万トン/年に倍増させたことを発表した。同社の生産能力は 1,800 万トン/年であったが、BSPL の買収が完了したことで、2,150 万トン/年に増加。拡張により、JSW Steel の生産能力は 2,600 万トン/年以上となる見込み。Dolvi 製鉄所はさらに 1,400 万トン/年への拡張に着手する予定としているが、具体的な内容は明らかにされていない。同社は同月さらに、カシミール地方に 2,000 万米ドルを投じて塗装鋼板の新製鉄所を建設することを発表した。

Tata Steel（旧 Tata Iron and Steel : TISCO）はインド大手の民営総合製鉄企業である。

同社は 2021 年 9 月、Jamshedpur 製鉄所で日量 5 トンの CO₂ 回収プラントを稼働させ、高炉（BF）ガスから直接 CO₂ を抽出する CO₂ 分離回収技術を採用したインド初の鉄鋼会社となった。英 Carbon Clean 社の技術支援を受けており、アミン吸着剤

を用いて回収した CO₂ は場内で再利用する計画である。同社では 2020 年 9 月から、インド科学技術省傘下の科学産業研究委員会（CSIR）と協力して CO₂ 回収・有効利用・貯留（CCUS）の分野に取り組んでいる。

また、鉄スクラップに関する取組として、2021 年 8 月、Haryana 州 Rohtak 市に初めて生産能力 50 万トン/年の鉄リサイクル工場を稼働させた。

一方で同社は 2020 年 5 月、SAIL、RINL、JSPL などの大手鉄鋼メーカーで構成されているインド鉄鋼協会（ISA）から突然の脱退を発表した。

SAIL（Steel Authority of India Ltd.、インド鉄鋼公社）は 1973 年に設立されたインド国有の製鉄企業。5 つの一貫製鉄所に 8 基の高炉を有している。

同社は 2020 年、新高炉（BF）3 基の建設を完了、従来の粗鋼 1,616 万トン/年体制を 2,140 万トン/年とした。だが、西 Bengal 州の Durgapur 製鉄所に関しては、グローバル経済の下降を理由に、拡張計画を従来の溶銑 350 万トンから 250 万トン/年へと下方修正した。

AM/NS（Arcelor Mittal Nippon Steel India）は ArcelorMittal が 60%、本邦の日本製鉄が 40% 出資している。

AM/NS は、現在の Hazira BF 製鉄所の粗鋼 960 万トン体制を、何段階かに分けて倍増することが計画に上っている。Odisha 州に新工場も検討中である。同社は Hazira 製鉄所に、408 万トン/年の粗鋼、600 万トン/年の HRC 生産能力を追加するため、環境クリアランスを得ようともしている。また、溶鋼生産を 1,400 万トンに増やそうともしている。その前に、AM/NS は、2021 年の上期に、600 万トン/年の鉄鉱石ペレット新工場を稼働させ、既存能力 1,400 万トン/年に加えようとしている。

Table 2-30 インドの主要製鉄企業概要

No	企業名	事業所	粗鋼生産能力 (千ton/年)	上工程	主要製品	国営/外資系	省CO2、省エネに関する情報	備考
1	JSW Steel	Vijayanagar, KR州	13,500	高炉、DR、Corex-転炉	棒鋼、線材、熱延、冷延、CG、電磁	外資(日)約1.5割含む		Jindalグループ Jindal Gr 35%、JFE 14.92%、ボンハイ上場
2	Tata Steel	Jamshedpur, JH州	10,000	高炉-転炉、EOF	棒鋼、線材、熱延、冷延、CG、溶接管、シームレス	地場	CDQ3基(11年導入) 環境問題でコークス炉1基休止命令	Tataグループ
3	SAIL	Bhilai, CH州	8,300	高炉-転炉	棒鋼、形鋼(含軌条)、線材、厚中板	国営	・CDQ1基(14年?) ・PCI(150kg/t-pigDanieli Corus)を2017年発注	
4	Tata Steel BSL	Dhenkanal 県 Meramandal, OR州	7,900	高炉、DR-電炉	熱延、冷延	地場		Tataグループ
5	JSW Steel(旧Ispat Industries)	Raigad 県 Dolvi, MH州	5,000	高炉、DR-電炉	熱延 *MH州Nagpurに冷延-CG-カーあり	外資(日)約1.5割含む	CDQ2基(20年)	2013年JSW Steelへの吸収合併 Jindalグループ Jindal Gr 35%、JFE 14.92%、ボンハイ上場
6	ArcelorMittal Nippon Steel India (AM/NS India)	Surat 県 Hazira (Plant B), GJ州	5,000	高炉、DR、Corex-電炉	厚板、薄スラブ式熱延	ArcelorMittal 60%、日鉄40%		ArcelorMittal Nippon Steel India (AM/NS India、旧Essarグループ) ArcelorMittal 60%、日鉄40%
7	ArcelorMittal Nippon Steel India (AM/NS India)	Surat 県 Hazira (Plant A), GJ州	4,600	DR-電炉	熱延、冷延、CG、溶接管	ArcelorMittal 60%、日鉄40%		ArcelorMittal Nippon Steel India (AM/NS India、旧Essarグループ) ArcelorMittal 60%、日鉄40%
8	Bhushan Power & Steel (BPSL)	Sambalpur 県, OR州	4,000	高炉、DR-電炉	棒鋼、薄スラブ式熱延、冷延、CG、カー、溶接管	JSW Steelにより買収		2020年、NCLAT、JSW SteelによるBPSL買収案を承認。

Table 2-31 インド主要製鉄企業の設備構成

No	企業名	事業所	基数 (稼働時期)						
			高炉	転炉	コークス炉	焼結炉	電気炉	加熱炉	DR
1	JSW Steel	Vijayanagar, KR州	4基 (04, 06, 09, 11年)	5基 (97, 01, 07, 09, 11年)	4基 (06, 06, 08, 10年)	4基 (06, 09?, 11, 11年)	1基 (14年) ※160tEF	5基 (97?, 107年)	1基 (14年)
2	Tata Steel	Jamshedpur, JH州	9基 (60年×5基, 58, 92, 08, 12年)	7基? (83年×2基, 94年×3基, 12年×2基)	9基 (75, 68, 73, 89, 98, 00, 13, 10, 14年)	3基 (59, 88, 07年)	—	2基? (11, 12年)	—
3	SAIL	Bhilai, CH州	8基 (59, 59, 60, 64, 66, 71, 87, 18年)	6基 (59, 59, 60, 64, 66, 71, 87, 18年)	11基 (59, 59, 60, 64, 65, 66, 72, 79, 88, 96, 14年)	10基 (61, 61, 66, 71, 79, 81, 86, 91, 99, 14年)	あり? ※6,020t/日	不明	—
4	Tata Steel BSL	Dhenkanal県 Meramandali, OR州	2基 (10, 14年)	2基 (14, 14年)	3基 (10, 10, 14年)	3基 (08?, 13, 13年)	3基 (06, 08, 09年)	2基 (09, 09年?)	3基 (05, 14?, 14?年)
5	JSW Steel(旧Ispat Industries)	Raigad県 Dolvi, MH州	1基 (00年)	2基 (21年?)	4基 (14年)	1基 (99年)	4基 (97, 98, 05, 06年)	2基以上? (18年?)	1基 (94年)
6	ArcelorMittal Nippon Steel India (AM/NS India)	Surat県 Hazira (Plant B), GJ州	1基 (10年)	—	—	—	4基 (10, 10, 11, 11年) ※200tEF2基含む	?	1基 (10年)
7	ArcelorMittal Nippon Steel India (AM/NS India)	Surat県 Hazira (Plant A), GJ州	—	—	—	—	4基 (96年×3基, 06年) ※150tEF 3基	2基 (95年?)	5基 (90, 90, 92, 04, 06年)
8	Bhushan Power & Steel (BPSL)	Sambalpur県, OR州	2基 (07, 17年) ※PW含む	—	1基 (07年)	1基 (07年)	6基 (08年×2基, 10年×3基, 17年) ※90tEF×4, 100tEF	?	8基 (05年×2基, 07年×4基, 10年×2基)

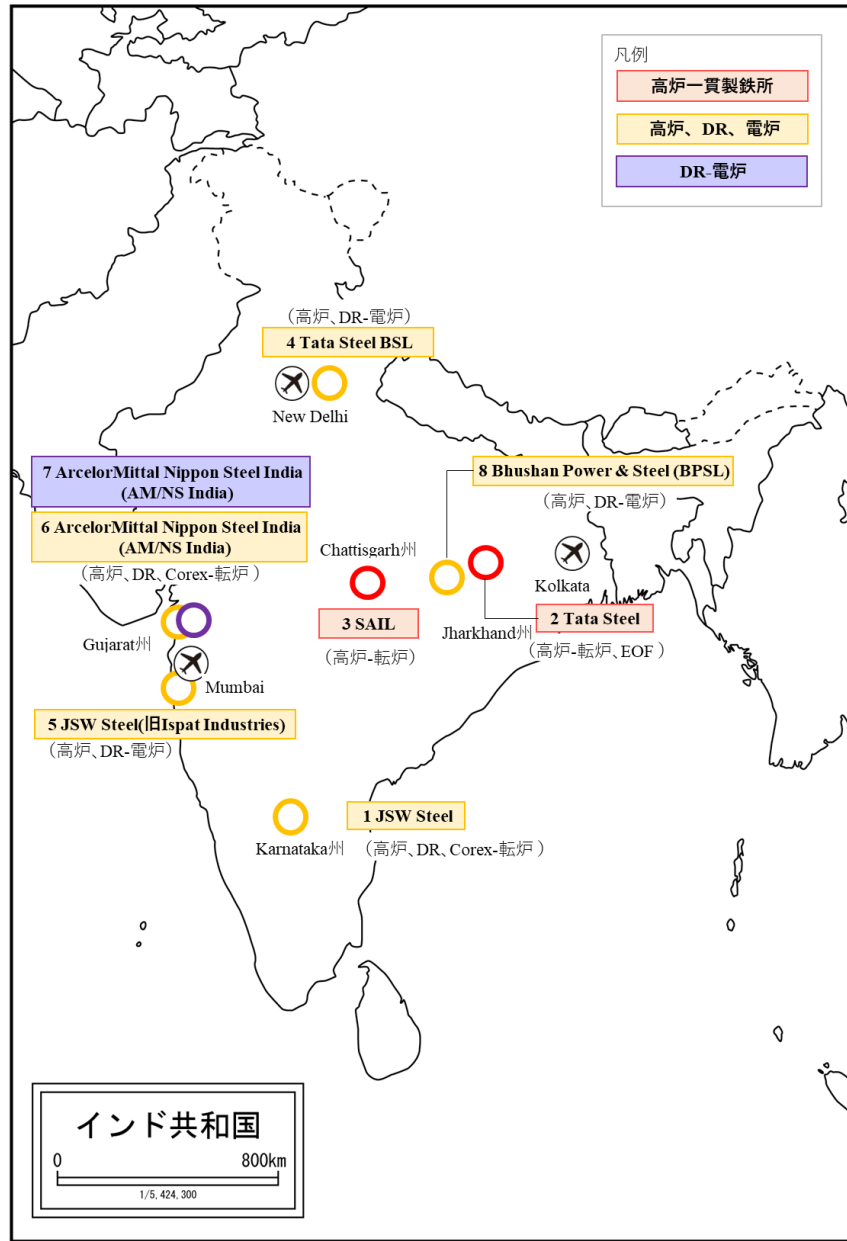


Figure 2-35 インド主要製鉄所の所在地

(3) インドの省エネ・低炭素・脱炭素関連政策・制度等

インドが 2016 年に公表した NDC は、2030 年までに 2005 年比で GDP あたりの GHG 排出量を 33~35%削減することを目標としている。また鉄鋼業全体として 2030 年まで毎年 1%の排出原単位改善を目標としている。

インドでは、途上国で初となる義務的な省エネルギー目標達成認証制度 PAT (Perform, Achieve and Trade) を 2012 年から開始している。PAT 制度は、2008 年に策定された国家気候変動行動計画におけるミッションのひとつに掲げられた「National Mission for Enhanced Energy Efficiency; NMEEE」達成のための重要な構成要素として位置づけられている。

PAT 制度では、エネルギー法（Energy Conservation Act 2001）で特定されたエネルギー多消費産業等から選定された特定消費者（Designated Consumers: DCs）に対し、2007～2009 年度をベースラインとして、エネルギー効率（Specific Energy Consumption : SEC）を 2012～15 年度の 3 年間で平均 4.8%改善する義務を課すとともに、目標未達の事業者には、市場で ES-CERT（Energy Saving Certification）といわれるクレジット（他の事業所で超過達成した省エネクレジット）を購入するか、罰金の支払いが義務付けられている。2012 年から 14 年にかけて鉄鋼業を含む 13 の産業セクターを対象にサイクル 1 の履行期間が設定され、COP21 とパリ協定の採択に伴って 2015-16 年より約束草案とリンクしたサイクル 2 の目標設定に移行した。現在は 2018-21 年のサイクル 4 の段階にある。

鉄鋼業の場合、エネルギー消費量 3 万 toe を超える事業所（サイクル 1 では 158 の工場）には、エネルギー原単位目標（粗鋼 1 トンあたりの効率目標）が割り当てられている。PAT サイクル 1 では、インド国内全体で 860 万 toe のエネルギーが削減され（うち鉄鋼セクターは 210 万 toe）、インドにおけるエネルギー効率の向上に関する国家ミッションの達成のための重要な要素と位置付けられている。

鉄鋼業では、PAT 対象セクターとして、これまで日本の NEDO や民間企業等による以下のような取り組みが行われている。

- ・ 高性能工業炉（NEDO 実証事業、～2018 年）
- ・ 製鉄所向けエネルギーセンター最適制御技術（NEDO 実証、～2019）
- ・ 焼結クーラー廃熱回収設備（NEDO 実証、～2014）
- ・ コークス乾式消火設備（CDQ）（NEDO 実証、～2011）
- ・ 高炉熱風炉排ガス顕熱有効利用設備（NEDO 実証、～2004）

また、インド鉄鋼省（MoS : Ministry of Steel）は「鉄鋼分野の NDC」という名のもと、「高炉・転炉」、「電炉・直接還元鉄」それぞれの製造方法別の生産数量目標と、効率改善目標を公表している。本目標はボランティアな性格のものである。鉄鋼業全体での目標として、2005 年時点で 3.1 トン-CO₂/粗鋼トンの原単位を、2030 年までに 2.4 トン-CO₂/粗鋼トンに削減するとしている。2030 年までに、年間 1%の原単位改善が目標とされており、必要とされる投資額は 5,200 億ルピーと算定されている。

Table 2-32 インド鉄鋼分野の効率改善目標(2017 年)

		高炉・転炉	電炉・直接還元	計
2005年	生産量(百万t)	24.4	22.07	46.5
	排出量(百万t-CO ₂)	73	71	144
	原単位(t-CO ₂ /t-粗鋼)	3.0	3.2	3.1
2020-2021年	生産量(百万t)	90	60	150
	排出量(百万t-CO ₂)	225	171	396
	原単位(t-CO ₂ /t-粗鋼)	2.5	2.9	2.6
2030-2031年	生産量(百万t)	210	90	300
	排出量(百万t-CO ₂)	483	239	722
	原単位(t-CO ₂ /t-粗鋼)	2.3	2.7	2.4

インド政府は「インド鉄鋼研究・技術ミッション（SRTMI）」を設立し、2030年までに3億トンの鉄鋼生産能力を目指す国家鉄鋼政策（NSP）2017の達成に向けて、鉄鋼技術開発を促進している。SRTMIはインドの鉄鋼業の国際競争力の向上のために、国内の学術機関、研究機関や国際機関との協力を進めるとしている。

インドにおける鉄鋼業の2050年ロードマップとして、インド・エネルギー資源研究所（TERI：The Energy and Resources Institute）が2020年に発表した「Towards Low Carbon Steel Sector」には、鉄鋼業の低炭素化に向けたトランジション戦略として、以下の3本の柱が提言されている。

① エネルギー効率、資源効率、マテリアル循環の改善

エネルギー効率の改善対策を実行することで、平均的なプラントにおけるエネルギー原単位を24～38%、ベースラインシナリオと比較して2050年までに15%改善することができるとしている。

また、資源効率の積極的な改善を加えると、ベースラインシナリオと比較して2050年までに25%改善することができるの見込んでいる。マテリアル循環の改善としては、国内スクラップの収集と使用を増やすことを提言しており、これにより2050年までにさらに20%の削減が上積みできると見込む。

② 2030年代までのトランジション戦略と2040年代までの大きな脱炭素化オプションの実行

有望なオプションとして、HIsarnaプロセスを挙げている。HIsarnaプロセスはTata Steelが既に欧州で試行しており、従来のBF-BOFプロセスと比較して排出量を20%削減できる。さらにCCUSを付加することで、排出量を80%削減することができるとしている。

TERIレポートでは2040年までに水素還元製鉄などの現在実証中の技術が商用化されると見込んでおり、電気分解水素および再生可能電力のコスト低下を前提として、水素還元製鉄によって鉄鋼の総排出量を94%削減できるとする。

同資料では、これらの対策の実行による排出量削減の積み上げをFigure 2-35のようにまとめている。

③ 国際協力、技術革新、技術の普及促進と、国内の低炭素な鉄鋼業の戦略の策定

2050年までに、インドの鉄鋼需要はさらに高まると予想される。そのため、再生可能エネルギーや水素還元のような国際的にイノベーティブな技術の普及を積極的に推進するとともに、国際的な共同研究、開発、実証プログラムの積極的な推進、国際コンソーシアムへの参加、国際的なドナーからの資金提供と技術の追求を含む長期的な低排出開発戦略を含む必要があると提言しており、先進国によるインドへの支援を通じた低炭素技術の展開が必要としている。

また、低炭素な鉄鋼の需要を刺激するため、ユーザ側が低炭素な鉄鋼をプレミ

アム価格で購入するなどの措置を提案している。

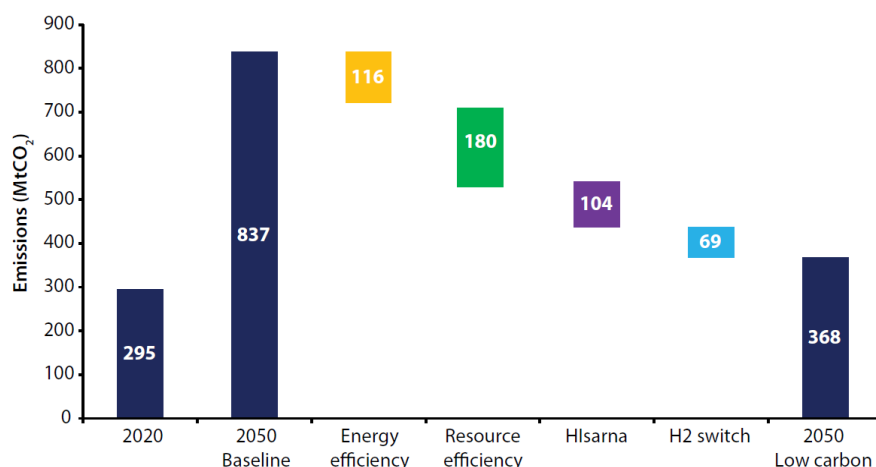


Figure 2-36 TERI の提案する対策の実行による CO₂ 排出量の積み上げ

2.8.2 低・脱炭素化に係る課題(技術面・資金面・政策面等)の抽出

インドの粗鋼生産量は日本を抜いて世界第2位となっており、今後も経済の発展に伴って将来的に増加が予想される。今後も鉄鋼需要の増加が見込まれている中、インドでは他国と比較してエネルギー原単位及び GHG 排出原単位が高いことから、高い CO₂ 削減ポテンシャルが見込まれる。

IEA は、インドの鉄鋼生産量はスクラップの絶対量は鉄鋼生産量よりも遅いペースで増加するため、増加する鉄鋼需要を、鉄鉱石を原料とする一次生産によって賄う可能性が高いと指摘している⁷³。

インドでは BAT の導入により既存の設備の操業効率を改善し、排出を最小限に抑えることが短中期的に重要となる。例えば高炉では、インドでは現在高炉の約 40% が炉頂圧回収タービン (TRT) を装備し、コークス炉の 30% 以上がコークス乾式消火設備 (CDQ) を装備している。こうした成熟した技術を新規に設置される設備にも導入していくことが鍵となる。

長期的には水素ベースの DRI、CCUS 付きの鉄鋼生産等の革新的なゼロエミッション技術が導入されていくことが予想される。こうした技術の発展には官民の更なる支援、他国との協力が重要となる。インド政府は、鉄鋼省を通じて、「鉄鋼部門における研究開発の促進」というスキームのもと、多くの研究開発プロジェクトを支援しており、過去 5 年間の累計予算が 1,700 万米ドル以上となっている⁷⁴。

また、インドの電炉における省エネ実態把握として、インドにおけるスクラップを主要な鉄源とする電炉製鉄所に対し、日本などで既に普及している省エネルギー技術

⁷³ IEA(2020), Iron and Steel Technology Roadmap

⁷⁴ インド鉄鋼省

https://steel.gov.in/sites/default/files/R%26D%20Chapter%20for%20MoS%20Website%20July%202019%20updated_0.pdf

の適用実態について、2020年度に日本鉄鋼連盟より調査を行った。

回答のあった8件の電炉製鉄所においては、電炉ではスクラップの予熱やスラグフォーミングなどの技術の適用率が低く、加熱炉では直接圧延といった工場の設備構成上やむを得ない状況を除いては、リジェネバーナやファイバブロック（炉壁の断熱材）の適用が十分ではないと判断された。

この結果から、インドのミニ電炉工場においては、一般的に普及している省エネ技術の適用レベルは高いとはいえないことが判った。上記の技術の中には、比較的小規模な設備投資で、かつ投資対効果が高く、短期間での初期費用回収が可能と思われるものも含まれているが、小規模な製鉄所では、資金力の不足などが影響している可能性もある。

政策面・資金面の課題としては、PAT制度における鉄鋼業の適応とさらなる低炭素化が課題になるものと思われる。インドでは、特に電炉で小規模な製鉄企業が多いことから、上記のような省エネ技術を適用する資金力が不足している可能性がある。こうした小規模な製鉄企業における対策を後押しするような政策の充実が課題と推察される。

また、インドでは石炭火力発電の割合が高いことから、特に電炉では、鉄鋼業の低炭素化のみならず、電力の低・脱炭素に対する取組も大きな課題と考えられる。PAT制度では電力業界も対象となっている。

鉄鋼業では、PAT制度の継続に伴い、上述したような日本からの省エネ技術展開の取組みも行われているものの、現地等では依然として、日本製の品質は高いがコストが障壁となっている、との意見も聞かれる。

日印の鉄鋼セクター協力では、日印鉄鋼官民協力会合が有効なツールとして10年以上継続している。この中では、日本鉄鋼連盟が、インド側にニーズがあり、日本設備メーカーが供給可能な技術を「Technologies Customized List」としてリストアップしている。さらに、NEDOの実証事業により、鉄鋼業において複数の省エネ設備が導入されている。しかしながら、リストアップされた技術を実際に調達する際には、日本製と比して安価な中国製設備などが導入されることも多い。

日印鉄鋼官民協力会合の日本政府の窓口は経済産業省製造産業局金属課であり、インド側のカウンターパートはインド鉄鋼省であるが、PATスキームについては、主管するインド電力省（MoP）のカウンターパートとなる資源エネルギー庁との連携が必要である。また、日本鉄鋼連盟および日印間の協力の中で、製鉄所における省エネ診断はこれまで複数実施してきたものの、インド政府機関は官僚組織が複雑で規制が多く、また日印間の官民協力会合が開催直前にインド側から一方的に延期されるなど、協力案件の進めにくさが指摘されている。

2.8.3 協力プログラムの検討・提案

(1) 支援対象の状況

a) インド政府のモチベーションとギャップ

気候変動の観点については、インド政府が製鉄業に対して十分に方針を示してきており、製鉄業の脱炭素化について確実な気概を有していることが確認された。例えば、インドの NDC において鉄鋼業に特化した記載があり、2030 年までに毎年 1%の排出原単位改善が目標とされている。加えて、義務的な PAT 制度や 2050 年と長期を見通したロードマップも策定し、その方向性に省エネ・脱炭素化が含まれている。これらの政策から製鉄業の省エネが NDC を達成するためにも重要な立ち位置を占めていることが読み取れる。このため、調査団試算の鉄鋼業の CO₂ 排出割合は 4.7-5.7%であり、政府から気候変動対策としての貢献度を過小評価されている可能性があるという恐れも払拭できる。

産業振興の観点においても、今後ますます製鉄業に対する政府のモチベーションは拡大することが想定される。まず、インドは鉄鋼生産量が世界第二位であり、さらに年々増加していることから、産業自体の国内における存在感は強力であると考えられる。国営企業も有しており、世界規模で活躍する Tata Steel 社を有している点で本業界に対する支援は国際的な評価に直結することから欠かせない。

一方で、エネルギー効率が低水準であることは燃料を石炭に依存したシステムに起因しており、この改善にあたっては政府として電力の信頼性を含むサプライチェーン全体での取り組みが焦点になる。したがって、政府として行うべき施策も十分にあり、将来像とのギャップを埋める対策の検討や実施の支援は受け入れられる可能性も高い。

b) インド製鉄事業者のモチベーションとギャップ

インド製鉄事業者については、先に述べた政府の各種施策により、省エネの重要性が喚起される環境が十分にそろっており、モチベーションが高まっている状況であると推察される。実際、すでに多数の NEDO 実証事業が実施されているだけでなく、日印鉄鋼官民協力会合が有効なツールとして 10 年以上継続している事実を踏まえると、本事業による協力は既存の協力事業を補完し、相乗効果を生み出すことが期待される。一方で、インドの主要製鉄企業においては協力を継続していくことが重要であるものの、小規模製鉄所（ミニ EAF 工場）では省エネの適用レベルが高くなく、資金や事業規模の面で設備投資が進んでいないため、この支援も 2050 年目標に対するギャップを埋めるにあたり重要な要素である。他方でインド鉄鋼協会は Tata steel の離脱など、比較的製鉄業者をとりまとめきれていないことが想定されることから、支援対象を十分に吟味することが今後求められる。

(2) 本邦協力開発方針との整合性

開発協力方針において、インドでは連結性の強化と産業競争力の強化が述べられている。産業競争力の強化は特に製造業分野の強化が企図されていることから、本事業

に非常に整合していると考えられる。一方、連結性の強化については、鉄道インフラや電力インフラの整備が述べられており、電力インフラは本事業における省エネルギーを可能とする要素であるだけでなく、鉄道インフラは生産品の使用に位置づけられる。したがって、既存の方向性に合致するのみならず、それを強化することも円滑化することも可能である点で本事業の意義は非常に大きいと言える。事業展開計画を鑑みると、長大インフラに関する協力が大半を占めており、今後も継続的な協力が見込まれる。

(3) 対象国への協力プログラムの提案

協力プログラムの方向性と具体的な案を記載した。(下表) インドにおいては、既存の協力を勘案し、それらを補完する協力プログラムが求められる。そのため、まずは既存の協力プログラムの状況を精査し、不足していたり補完が必要な協力範囲を洗い出すことから始めるべきであると考えられる。それにあたり、これまでの本邦からの協力内容(NEDO事業など)を詳細に把握することが重要である。

Table 2-33 インドにおける協力プログラム案

協力プログラム	対象	重要性・協力の方針
政策立案能力向上、政策提言 ▶ 省エネ法定定期報告制度等の紹介 ▶ 省エネ・脱炭素推進政策、ロードマップ策定支援 ▶ 省エネインセンティブ制度導入支援	政府	すでに実施されており、優先度が低い。 これらの政策を具体的に補強する手立てを提案・支援していくべきである。
製鉄所省エネルギー診断 ▶ BAT普及可能性調査 ▶ 未利用エネ(排熱、副生ガス等)利活用ポテンシャル調査	民間事業者団体・民間事業者	主要製鉄企業については優先度が高くないが、小規模製鉄企業については実施の余地がある。
鉄鋼業CO ₂ 削減ロードマップ策定支援 ▶ 官民会合や業界関係者へのセミナー開催 ▶ トップマネジメントレベル能力向上(ISO50001、ISO14001) ▶ サプライチェーンCO ₂ 削減ロードマップ策定支援	政府・民間事業者(本邦政府・本邦民間事業者)	ほとんどが実施されてきているため、優先度が低い。サプライチェーンCO ₂ 削減ロードマップについては事業展開計画に記載されている既存の電力網開発計画と調和をとりつつ補完的に進めていくことが望まれる。
エコプロセス・パイロット設備の導入計画化支援 ▶ 詳細計画策定支援 ▶ 設備メーカー等マッチング支援	民間事業者	日印官民会合などのチャンネルを通じて実施することを模索すべきである。

協力プログラム	対象	重要性・協力の方針
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 資金調達方法の検討支援 		
<p>製鉄所向け脱炭素・省エネ支援 ツール整備</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ISO14404 普及促進 ➤ TCL 策定・普及促進 ➤ BAT 整備・普及促進 ➤ エネバラモデル化ツール ➤ 改善対策特定ツール 	<p>政府・民間事業者 団体</p>	<p>すでに一部は導入されていることから、各種ツールの導入よりも普及に力を入れた協力プログラムを検討すべきである。</p>

3. 重点対象国に対する協力案件の提案

協力対象国候補から1カ国の重点対象を選定し、関係機関とのオンライン会議等を踏まえた情報収集を通して、具体的な協力案件を検討・提案する。

3.1 重点対象国の想定される課題

トルコは、デスクトップ調査によるとエネルギー消費原単位の高さや削減ポテンシャルの余地が挙げられており、また、政府・民間事業者ともに省エネに対するモチベーションが高いことから協力プログラムの形成や効果の大きさも含めて有利であると考えられる。とくに現在の情勢としてトルコで大きな課題となるEUの炭素国境調整措置（CBAM）は、協力を受け入れる重要な動機になることも想定される。一方で、政府において気候変動と経済強化が二項対立としてとらえられていることから、省エネが双方を満たす優れた解であると判断されているかは把握が困難であった。ここでは、重点対象国であるトルコについて前章よりもさらに将来的な協力プログラムの道筋を検討するため、ヒアリング調査等を行うことで政府の思惑や置かれている状況の詳細の聴取や民間事業者の協力受け入れの意志などを確認する。

3.2 関係機関協議

3.2.1 カウンターパート機関とのオンライン協議

本協力プログラムにおいて、トルコ側のカウンターパートとなりうるエネルギー・天然資源省及びトルコ鉄鋼生産者連合（TCUD）と協議を行った。概要は以下のとおり。

Table 3-1 カウンターパート機関とのオンライン協議に関する情報

会議名	エネルギー省・TCUD オンライン会議
日時	2022年1月27日（木）JST 16:30～18:15
開催場所	オンライン（Zoom 会議）
出席者	<p>※順不同・敬称略</p> <p>【Turkey】</p> <p>◆エネルギー・天然資源省 T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı EVÇED Başkanı（当日欠席） T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı EVÇED Planlama ve Denetim Daire Başkanı T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı EVÇED Planlama ve Denetim Daire Başkanlığı Planlama ve Denetim Koordinatörü T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı EVÇED Planlama ve Denetim Daire Başkanlığı Ölçme ve Değerlendirme Koordinatörü T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü / Uzman</p> <p>◆トルコ鉄鋼生産者協会（TCUD） Türkiye Çelik Üreticileri Derneği Genel Sekreter（JICA フェロー） Türkiye Çelik Üreticileri Derneği Teknik İşler Direktörü</p> <p>◆製鉄所各社</p>

	<p> チョラックオール (Çolakoğlu) / CEO (JICA フェロー) カルデミール (Kardemir) / 社長 (JICA フェロー) トスヤリグループ トスチェリック (TOSYALI Group, Tosçelik) / (平板・構造的鉄鋼製造工場長) エルデミール(Erdemir)オヤック鉱物金属グループ (Oyak Maden ve Metalürji group) / 担当者 エルデミール (Erdemir) / 継続可能戦略計画・継続可能性管理責任 者 イスデミール (İsdemir) / エネルギー管理責任者 </p> <p> 【Japan】 ◆JICA 本部 ◆JICA トルコ事務所：3 名 ◆ECCJ：3 名 ◆NSRI：4 名 ◆JFE-TEC：3 名 ◆日本鉄鋼連盟 国際環境戦略委員会：5 名 ◆PCKK：3 名 ◆日トルコ通訳兼コーディネータ </p>
--	--

協議においては、本邦側で想定している協力プログラムの概要を示しつつ、各主体のモチベーションを確認し、デスクトップ調査で補足しきれなかったデータの収集に努めるものとした。

質疑の概要は以下の通り。

Table 3-2 カウンターパート機関とのオンライン協議の概要

No.	質疑概要
Q1	トルコ鉄鋼業全体における①年間粗鋼生産量 (トン粗鋼/年)、②年間エネルギー使用量 (GJ/年)、③年間温室効果ガス排出量 (トン CO ₂ /年)、④生産量当たりのエネルギー使用原単位 (GJ/トン-steel) を取りまとめたデータは、存在しますか？
A1	<ul style="list-style-type: none"> ● 協会として、粗鋼量はそれぞれの製鉄所からデータを集め、World Steel Association (worldsteel) に報告している。また、2015 年以降、法律に基づき温室効果ガス排出量の監視、報告書作成、確認制度の枠内で、鉄鋼生産者は確認済みの排出量(枠組 1)を環境都市整備気候変動省に報告している。(TCUD) ● ④については、各製鉄所は、規則に基づいてエネルギー天然資源省の ENVER ポータルに、原材料と生産量、エネルギー消費情報を入力している。(TCUD)
Q2	トルコ政府は、製鉄所に対し、年間のエネルギー使用量を定期的に報告する制度や、その他の義務を課していますか？
A2	● このような義務はトルコにはないが、エネルギー原単位を任意で 10%減らすという制度があるが、製鉄所では実施されていない。(TCUD)
Q3	エネルギー・天然資源省、国立省エネルギーセンター、トルコ鉄鋼生産者協会等は、製鉄所に対し、省エネルギー対策に関する情報提供等の支援を行っていますか？
A3	● エネルギー省、国立省エネルギーセンターからの支援のもと取り組みが進められている。(TCUD)

No.	質疑概要
Q4	パリ協定に参加する各国が国連に提出する国別削減目標(NDC)において、トルコは、2053年までにネットゼロエミッションを達成すると表明したところ、トルコ国内で、NDCの達成に向けて、政治的な動きや、世論の高まりはありますか？また、トルコ鉄鋼業の中で、そのための貢献や連携の動きはありますか？
A4	● パリ協定で2053年までのゼロエミを定めた。UNDPの協力のもと、気候変動のプロジェクトが進行中である。なお、削減目標については、毎年更新される予定。(TCUD)
Q5	低炭素・脱炭素に係る制度・枠組みにおけるトルコ製鉄業の位置づけと、各製鉄所の省エネ対策のニーズについて ① トルコ国内の省エネルギー政策において、各製鉄所は、義務的なエネルギー使用量削減目標の達成を求められていますか？ ② 顧客や銀行等（特に海外マーケット）から、省エネルギー・脱炭素対策に関する情報を開示する要求（EUによる炭素国境調整措置(CBAM)への対応等）を受けたことがありますか？ ③ 上記の①や②の要求があった場合、その達成に向けて、各製鉄所は、どのような計画や対策を検討していますか？
A5	● ①について、低炭素・脱炭素の取り組みはヨーロッパグリーンアグリーメントについて81のアクションプランが定められた。今後戦略文書が策定され、具体的なアクションに移る予定。(TCUD) ● ②について、大変影響があるので、トルコ国経産省がリーダーとなってさまざまな取り組みがされている。(TCUD) ● ③について、先ほど各製鉄所から話があったので割愛する。(TCUD)
Q6	公的機関や国際ドナーによる製鉄分野の省エネルギー推進のための支援について ① これまでに省エネルギー診断等、省エネ対策の特定に関する第三者的・客観的な診断やコンサルティングを受けたことがありますか？ ② トルコ国内に、公的な支援制度（エネルギー効率法に基づく効率向上プロジェクト(VAP)等）や、アドバイザリーを行う組織がありますか？ ③ 欧州等の国際ドナーから、そのような支援を受けたことがありますか？
A6	● ①について、エネルギー省のもとに、様々な取り組みが行われており、主にエネルギー監査（audit）に関する制度がある。(TCUD) ● ②について、エネルギー効率向上プロジェクトから支援を受けることがあるが、予算や効果などから更なる改善が求められている状況である。(TCUD) ● ③について、欧州復興開発銀行（EBRD）支援のもと低炭素鉄鋼生産プロジェクトが開始される予定。(TCUD)
Q7	各製鉄所の設備能力、適用技術、エネルギー管理レベル、省エネルギー余地について ① 製鉄所全体のエネルギー使用原単位（GJ/トン-steel）、製鋼用電炉の電力使用原単位（MWh/トン-steel）、圧延用加熱炉のエネルギー使用原単位（kJ/トン-steel）と鋼材の寸法を教えてください。 ② 主な鉄源（鉄鉱石、スクラップ、DRI等）を教えてください。 ③ 主な鋼種（普通鋼、特殊鋼(ステンレス等)）や、主な製品（熱延鋼板、鉄筋棒鋼等）を教えてください。 ④ 各種の省エネルギー技術を既に導入しているかを教えてください。 ⑤ 興味のある鉄鋼省エネルギー技術があれば、教えてください。また、その技術について、ワークショップによる情報提供、日本の専門家からのアドバイス、設備サプライヤーの紹介等を受ける機会があれば、利用し

No.	質疑概要
	たいと思いますか？
A7	<ul style="list-style-type: none"> ● ①について、各製鉄所がトルコ政府に報告していて詳細は分からないが平均値は示せる。一貫高炉は 22.5GJ/トン-steel が平均。電炉は 3.78GJ/トン-steel である。ただし、これは最低 2.74GJ/トン-steel ともいわれ、幅がある。一貫高炉・電炉については、熱延を含む。 ● ②について、高炉については鉄鉱石、電炉はスクラップ。国内の DRI の生産はない。 ● ③については、建設用棒鋼、線鋼、高品質スチール、HRC 熱延ロール、鋼板、CRC 冷延ロール、中・高合金鋼、ステンレス等さまざまな製品がある。 ● ④⑤について、一貫高炉については排出量削減に効果的なコークス乾式消火設備や TRT が導入されている。ただし、導入されていないところもあるため、利用できる省エネ技術はあると思う。電炉については、排熱利用が重要。電炉工場で、煙突から出る排ガスが十分に活用されていないので、排熱による発電プロジェクトが必要とされている。

本質疑に加え、エネルギー・天然資源省や TCUD・各製鉄事業者からも積極的に協力を賛同するコメントが得られた。とくに各製鉄事業者からは、すでに各種の省エネルギーに資する取組を加速させてきていることや再生可能エネルギーの積極的導入などを推進しているといった現状も聴取された。一方で、質疑からは更なる技術導入やそれに伴う資金調達には課題意識があることも確認されたことから、今後はこれらの各主体に生じている課題をより詳細化することが求められる。

3.2.2 個別製鉄所における省エネ等調査

本調査期間においては日本・トルコの双方の国における COVID の感染拡大状況が影響し、現地踏査による個別製鉄所の診断が困難となった。このため、製鉄所各社に対してコンタクトを行い、オンラインヒアリングを実施することで、デスクトップ調査で不足する内容や製鉄企業の状況を最大限把握することとした。なお、期間中にヒアリングを実現できたのは、トスィヤル・トーヨー・スチール社および Icdas Celik 社の 2 社であったが、とくに電炉を有している Icdas Celik 社がトルコ国内の状況やトルコ製鉄業界の内情に知見があったため、そのヒアリング内容について以下に整理するものとした。

Table 3-3 個別製鉄所省エネ等調査に関する情報

会議名	Icdas Celik 社とのオンライン会議
日時	2022 年 1 月 17 日 (月) JST 16:00~19:15
開催場所	オンライン (Zoom 会議)
出席者	※順不同 Icdas Celik : ・ 投資・事業推進部長

	<p>・ 製鉄所環境部長 (ICDAS CELIK ENERJI TERSANE ve ULASIM SAN. A.S.)</p> <p>ECCJ : 3 名 NSRI : 4 名 JFE-TEC : 3 名 PCKK : 3 名 日本鉄鋼連盟 国際環境戦略委員会 : 5 名 日トルコ通訳兼コーディネータ</p>
--	--

協議においては、本邦側で想定している協力プログラムの概要を示しつつ、デスクトップ調査で補足しきれなかったデータの収集に努めるものとした。

質疑の概要は以下の通り。

Table 3-4 個別製鉄所とのオンライン協議の概要

No.	質疑概要
Q8	①トルコ製鉄業全体の粗鋼生産量 (t 粗鋼/年)、②温室効果ガス排出量 (tCO ₂ /年)、③粗鋼生産量当たりのエネルギー使用原単位 (GJ/t 粗鋼)
A8	<ul style="list-style-type: none"> ● 2019年のデータで3300万トンが粗鋼量、2200万トンが電炉、1000万トン(1100万トンが正か)が高炉である。温室効果ガス排出量は金属部門全体のデータは公表されているものの、鉄鋼に特化した数値は公表されていない。 ● エネルギー使用原単位については、トルコには省エネルギー法のような定期報告義務がある制度はないので、日本のような統計の数値はない。しかし、Icdasの自社の情報を有するので、しかるべき手続きを取れば、共有できるだろう。
Q9	トルコ政府は、製鉄所に対し、年間のエネルギー使用量を定期的に報告する制度や、その他の義務を課していますか？※日本では報告に加えて、毎年削減目標も課せられるが、そうした制度はトルコにあるか。
A9	● トルコではエネルギー省に対して年間エネルギー消費量の報告義務はあり、(GJ単位ではないが)どれだけの電気や石炭の使用量があるかを報告する。削減義務はない。
Q10	エネルギー・天然資源省、国立省エネルギーセンター、トルコ鉄鋼生産者協会等は、製鉄所に対し、省エネルギー対策に関する情報提供等の支援を行っていますか？
A10	<ul style="list-style-type: none"> ● 官庁からは情報提供はないが、トルコ鉄鋼生産者協会からは、例えば、A社がこのような省エネ技術を持っているというような情報共有はされている。 ● 期間限定で時おり地域発展の執行機関から条件の良い融資や無償資金を省エネ技術導入プロジェクトに対して受け取ることができる。官庁に付随する協会もしくは大学がエネルギー向上プロジェクトを企画することがある。資金は無償提供もしくは条件の良い融資を受けられる。地域発展の執行機関は科学産業技術省に属している。
Q11	トルコ製鉄業全体の気候変動対策に係る政策(パリ協定に参加する各国が国連に提出する国別削減目標(NDC)においてトルコは2053年までにネットゼロエミッションを達成すると表明したこと等)や、その達成に向けた技術開発の動向 ※トルコの国内で、NDCの達成に向けた政治的な動きや世論の高まりはありますか？また、トルコ鉄鋼業で、そのための貢献や連携の動きはありますか？

No.	質疑概要
A11	<ul style="list-style-type: none"> ● トルコ国内でもこのような動きはあり、世論も高まっていると思う。EUが発表した国境炭素調整メカニズム（CBAM）により加速した。今月末には環境都市計画省が気候関連法を制定する予定であり、さらに要求は厳しくなると思う。 ● エネルギー天然資源省や環境都市整備気候変動省も役割を持つが、貿易省がとりまとめている。また気候変動に関するアクションプランを発表し、11省庁が協働している。これはEUの炭素調整メカニズムが深くかかわっていると思われる。 ● 今後は貿易省のアクションプランに基づいてTCUDとともに事業者が業界のロードマップを作成していく予定である。TCUDから公表されている鉄鋼業のみのアクションプランはまだない。
Q12	<p>EUによる低炭素・脱炭素に係る制度・枠組みにおけるトルコ製鉄業の位置づけと、各製鉄所の省エネ対策のニーズ</p> <p>①省エネルギー政策において、トルコ国内で義務的なエネルギー使用量削減目標の達成（エネルギー効率法に基づく効率向上プロジェクト(VAP)等）を求められていますか？</p> <p>②顧客や銀行など（特に海外マーケット）から省エネルギー・脱炭素対策に関する要求（EUによる炭素国境調整措置(CBAM)への対応等）を受けたことがありますか？</p> <p>③上記の①や②の要求がある場合、達成に向けて各製鉄所ではどのような計画や対策を検討していますか？</p>
A12	<ul style="list-style-type: none"> ● ①について、現時点ではエネルギー削減目標の作成・報告義務は下りてきていない。 ● ②について、過去6～7年では、年に1～2回程度、特別なプロジェクトにおいて建設鋼材の顧客が材料あたりの温室効果ガス排出量やカーボンフットプリントを聞いてくるといったことがあった。EU諸国ではなく、トルコ国内企業からの要請だった。 ● “特別なプロジェクト”とは、グリーンビルディングサーティフィケーションを取得しようとするものだったが、そういった風潮はトルコにも増えてきている。 ● ③について、ISO50001を遵守することが重要と思われる。ただし、省エネ投資には大きな資本を必要とするため行政からのフォローは欠かせない。工場の改修などや技術向上のプロジェクトが企画されている。（電炉排ガス冷却用）水冷ダクト(Water cold duct)で余熱を回収する技術も自社で考えているところ。高炉からのガスの排出口とは異なるが、電炉のための煙突から出る熱を何らかの形で回収できないかと考えている。 ● 過去数年間で賞をもらったプロジェクトがある。そのうち一つで水を使った発電がある。工場敷地内に発電所が設置されており、高いところ（52m）に向けてプロセス冷却水を流して、それが戻ってくるときにタービンを回している。鉄鋼工場内で行われている。国連COPでもトルコからの水資源再利用技術として発表し、ブラジルで賞を取ったりもした。 ● 工場内の製鋼プロセスの改善のほかに、再生可能エネルギーの利用も検討している。太陽光や風力発電も進めており、現在60MWの風力発電所を持っている。外からのエネルギーに頼らず、燃料依存性を下げる動きである。
Q13	<p>公的機関や国際ドナーによる製鉄分野の省エネルギー推進のための支援について</p> <p>①これまでに省エネルギー診断等、対策の抽出に関する第三者的・客観的な診断や分析・コンサルティングを受けたことがありますか？</p>

No.	質疑概要
	<p>②トルコ国内に公的な支援制度やアドバイザーのような組織がありますか？</p> <p>③欧州等の国際ドナーから、そのような支援を受けたことがありますか？</p> <p>④JICA 技術協力プログラムを通じて、そのような支援（省エネルギー診断等）があれば、利用したいと思いますか？</p> <p>⑤興味のある鉄鋼省エネルギー技術があれば、教えて下さい。また、その技術について、ワークショップによる情報提供、日本の専門家からのアドバイス、設備サプライヤーの紹介を受ける機会などがあれば、利用したいと思いますか？</p>
A13	<ul style="list-style-type: none"> ● ①について、受けたことはあるが、公的企業ではなく、民間企業から受けたサービスである。 ● ②について、サービスを提供する公的な機関は（知る限りでは）ない。 ● ③について、知る限り、当社では受けたことがない。政府からの支援を受けることはほとんどないが、省エネプロジェクトについては支援を受ける可能性はある。 ● ④について、利用したいと思う。もちろん上層部と了解を得る必要はあるが、当社は基本的にオープンであり、診断士が特定期間に来て診てくれることにはウェルカムである。 ● ⑤について、エネルギー効率を上げるための廃棄物回収技術。とくに鉄鋼の再回収。二つ目が廃熱の再利用技術。一酸化炭素の効果的な燃焼ができると煙突からの CO 排出を減らすことができる。三つ目は熱源として水素が使えるかどうか興味がある。当社では SMS やダニエリ（欧州系）、ピルメタス（日系）（プリメタルズ・テクノロジーズ・ジャパン (PTJ) のことと思われる）といったサプライヤーと取引している。しかし、日本企業はトルコであまり知られていないので紹介してほしい。過去に圧延設備や廃熱再利用について日本の企業にサービスを受けたことがある。基本的に我々はオープンである。また、AI による制御システムを提供している企業が日本にあれば教えてほしい。ヨーロッパにはそうしたサプライヤーがあり、大変興味がある。電炉の温度を最適に（例えば 1680℃を 1660℃に）調整してくれるといったシステム。
Q14	<p>各製鉄所の設備能力、適用技術、エネルギー管理レベル、省エネルギー余地について</p> <p>① 製鉄所全体のエネルギー使用原単位 (GJ/トン-steel)、製鋼用電炉の電力使用原単位 (MWh/トン-steel)、圧延用加熱炉のエネルギー使用原単位 (kJ/トン-steel) と鋼材の寸法を教えてください。</p> <p>② 主な鉄源（鉄鉱石、スクラップ、DRI 等）を教えてください</p> <p>③ 主な鋼種（普通鋼、特殊鋼(ステンレス等)）や、主な製品（熱延鋼板、鉄筋棒鋼等）を教えてください。</p> <p>③ 各種の省エネルギー技術を既に導入しているかを教えてください。</p>
A14	<ul style="list-style-type: none"> ● ①について、スチールトンあたり電力使用原単位については、秘密保持契約をした上正確な数値を提供したいが、大まかには溶鋼では 350～400 メガカロリー/トンスチール、製鋼では 250～300 メガカロリー/トンスチールである。圧延加熱炉では 30～35m³ 天然ガス/トンスチールである。カロリーベースの場合は、25 万～30 万カロリー/トンスチール。 ● ②について、DRI は搬送が難しいので使っていないが、HBI（ホットブリケットアイアン）は使っている（全体の 3%程度）。スクラップが 97% であり、その半分程度が国内から調達、半分程度がヨーロッパからの輸入である。 ● ③については、特殊鋼は製造しておらず、普通鋼である。半製品や鉄筋棒鋼、コイルを製造している。その他、炭素鋼、マンガンクロム鋼の製

No.	質疑概要
	<p>造もしており、電子産業に卸している。自動車産業に裾野を広げたいと思っている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ④について、TCL ダウンロードリンクを送ってくれば、詳細に見て回答したい。ここで上がっている技術は導入されているものが多いと思う。それはほとんどヨーロッパのエンジニアリング会社から提供を受けている。トルコの製鉄所では、だいたい同じように導入しているように思う。
Q15	<p>各製鉄所の低炭素・脱炭素に向けた取り組みや、課題・バリアについて</p> <p>①製鉄所において、省エネルギー対策を実施するに当たっての課題（資金、技術的な情報、人材、政策面からの支援（補助金）等）としては、何かありますか？</p> <p>②JICA 技術協力プロジェクトのメニューリストの中で、トルコ鉄鋼業において行うべき技術協力メニューがありますか？</p>
A15	<ul style="list-style-type: none"> ● ①について、前提として、トルコ製鉄業は政府から資金支援が受けられない。それはトルコと EU が結んでいる石炭鉄鋼共同体協定（ECSC）のしぼりである。しかし、省エネや低炭素は例外であり、その場合は援助を受けることが時おり可能である。ただし、電炉は低炭素実現に向け、高炉より有望な技術に触れられるチャンスが少ないと思っており、その機会創出が重要と考えられる。 ● ②について、提示いただいた支援メニューは、ほぼ全てがトルコで必要又は可能であり、実施すべきと思われる。

ヒアリングを通じて上記の返答のように、製鉄事業者側にも省エネ導入の余地と協力をモチベーションを確認することができたと思われる。一方で、省エネ技術導入に資する個別の現状導入されている設備などに関する情報については、秘密保持契約等を踏まえなければ聴取できないことも想定された。このため、今後の協力プログラムにあたっては、代表的な製鉄業者と個別に調整を行うことが望まれる結果となった。

3.3 対象国の現状を反映した具体的な課題分析

本項では協力案の抽出に向けて、先の対象国カウンターパート機関候補とのオンライン会議等を踏まえて、さらなる確認・検証が必要な課題を制度・技術・資金の側面から分析する。なお、以下では上記の質疑概要から根拠となる質疑の番号を付記している（例：A1、A13）。

3.3.1 技術

文献調査・関係機関協議を通じた総括として、個別製鉄所における導入技術は完全に確認できていないことが調査団における今後の課題となる。とくにトルコは世界のリサイクル工場として電炉が主流であることを加味すると、電炉における個別製鉄所の技術レベルを確認することが最も重要となる。

TCUD・製鉄事業者ともに TCL から抜粋した技術群についての導入状況を聴取したが、まだ各社で導入が始まったばかりということで、更なる技術の導入余地があることが確認できている（A7、A15）。一方で、工場内の製鋼プロセス改善については

ハード面での投資が集中しており（A12）、ソフト面や組織構造面での対策が大きく取り上げられていないことにも注意が必要である。ハード面での設備導入への興味は最新鋭の設備の導入意志（A13）からも読み取られ、ソフトも勘案した操業全般の効率化という視点が不足している可能性がある。したがって、各工場の診断を行いながらも操業全般のソフト面での熟度を確保することで、省エネに関するソフト面でのスモールステップを積み重ねるような協力も必要とされる可能性がある。文献調査にあるように、ISO50001に沿って実施監督をしている事業者もいることから、ソフト面での協力が忌避されるという状況にはならない可能性が高い。

そのほか、事業者側の戦略として製品の多角化を指向する動きも見逃せない。製鉄事業者からは電子産業だけでなく、自動車産業にも裾野を広げたラインナップとしたい回答を聴取していることから（A14）、各産業で求められる製品の質にも配慮した技術を紹介するなどの協力における工夫を要する可能性がある。

3.3.2 政策・制度

国家としての大局的な方針・制度については、省エネ戦略 2012-2023、国家省エネ行動計画、エネルギー効率化法などによりフォローされてきているが、気候関連法の制定などが控えている観点で（A11）、今後の複数省庁間での包括的な法整備やロードマップの策定・それに伴う調整は必須であると考えられる。

排出データの報告制度については、適切な実施や強制力の付与が課題であると考えられる。文献調査によると、エネルギー管理者制度が存在し、製鉄所の排出実績データが収集されているとされており、これは上記の関係機関との協議の中でも報告制度が一定程度機能していることが明らかになった（A1、A9）。その一方で、届け出の数値と実態数値に差がある可能性があることが関係者協議において言及されており（A7）、数値統計の整理方法については改善の余地がある可能性がある。さらに、TCUDからはエネルギー使用原単位が各製鉄所から報告されているという旨が共有されたが（A1）、製鉄事業者からは報告の義務はなく統計的に整理されていないという課題が指摘されている（A8）。したがって、義務的な制度が着実に実施されていない点で確固とした数値が算出公表できないという課題にも注意を向ける必要があるといえる。

排出削減政策・制度については、エネルギー原単位を基準とした省エネ対策は自主的な制度に留まっており、実態として製鉄所では行われていないことが想定された（A2、A9）。しかし、CBAMへの対応については政策的に準備段階であるが（A5）、製鉄所では個別に対応を行ってきているという状況であり（A12）、政府と民間事業者の取組にギャップがある。

制度・政策の普及啓発には、TCUDが尽力している可能性があるが（A10）、さらなる共有情報の拡充が重要であると想定される。とくに電炉に対しての省エネ技術に関するアクセス性を高めることが課題である（A15）。

3.3.3 資金

文献調査によると VAP や TEYDEB プロジェクト、TTGV などによる資金面での支援が行われており、文面上は十分に思われる。しかし、実際に事業者が調達可能である融資は時期的にも予算的にも限られている可能性があり（A10）、それが障壁となって設備投資が進んでいない可能性がある。

VAP による資金面での支援は現状利用可能であることは示唆されたが、そのスキームの予算・効果的視点については民間事業者として疑問が投げかけられており、更なる利用の普及を阻害している可能性が示唆された（A6）。これは、利用可能であるものの、利用が難しいという状態であると推測され、実際に EBRD の支援（A6）や JICA の支援受け入れ（A13）にも積極的であることから国内における資金的支援が十分でないことが考えられる。とくに、ECSC により大規模な資金支援が政府主導で行いづらいつい現状があることも想定されるため（A15）、トルコの多国間における協定の内容なども勘案し、適切な資金援助手法を確立していかなければならない。とくに最近発出された TSKB への JBIC の追加融資は、重要な資金源となる可能性が高いため、今後の協力プロジェクトにおいて注視していくことが重要である。しかし、前提として JICA からの資金面での支援はプロジェクトの規模感やスキーム面での制限があることから、追加での資金支援スキームを検討することも重要となる。

3.4 協力プログラムの提案

本項では、これまでのトルコにおけるデスクトップ調査や関係機関協議で得られた情報を基盤として、前項の課題を踏まえた暫定的な協力プログラムの流れを短・中・長期に分けて整理・提案する。

3.4.1 短期的な協力プログラム

短期的な協力プログラムの流れを下図に示す。まずは協力プログラムを開始することと官民での協働を本格化するきっかけの生成に焦点を当てる。つまり、C/P からの協力要請書の取り付けから始め、官民会合を行うことを短期的な目標とする。官民会合にあたっては、政府側と製鉄事業者側での実態を最大限共有することが重要であることから、本調査で補足しきれなかった製鉄所の実態や C/P 機関の政策・制度・モチベーションを再度整理することで、中期的な協力プログラムの方針を見直すことが必要である。初回官民会合は事業者の協力意識醸成の観点で中期の技術協力プログラムに影響するため、なるべく早期に行うことが望ましい。そのため、ここでは高炉・電炉・熱延の各種の製鉄工場に対して簡易な省エネ診断を行うことで、スケジュールの短縮を図っている。

なお、協力要請書の取り付けまでは情報収集確認調査で行うものとし、それ以降については技術協力プロジェクトスキームで行うことを想定している。

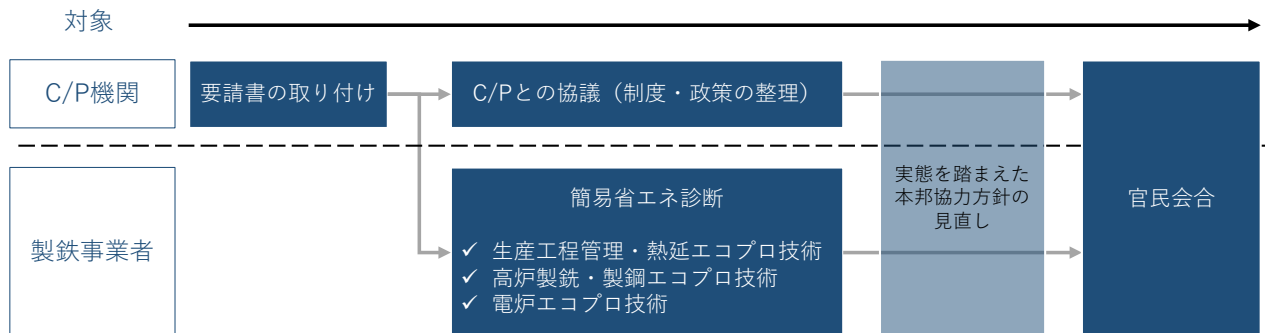


Figure 3-1 短期的な協力プログラムの流れ

3.4.2 中期的な協力プログラム

中期的な協力プログラムの流れを下図に示す。トルコでは長期的な政策・ロードマップが策定中である実状を踏まえ、まずはそれら省エネ・脱炭素推進政策の策定支援をC/Pに対して実施する。ただし、助言等を行うにあたってはトルコ製鉄事業者の状況を踏まえることが重要であることから、事業者側では同時期に精緻な製鉄所省エネルギー診断を実施し、情報を共有できるよう配慮する。その後、トルコにおける各種省エネ・脱炭素制度の策定支援に移行するとともに、制度実施能力の改善を実施する。これは、製鉄所省エネ診断をもとに検討されるTCLやBATを加味することで制度の意義や効果が明確化される。その間、事業者においては引き続き未利用エネルギー活用ポテンシャルの調査やトップマネジメントレベルの向上を実施する。このために製鉄所省エネルギー調査においては製鉄所内の管理体制も併せて調査・整理を行っておくことを想定している。トップマネジメントレベルへの教育により、既存の設備においても省エネを最大限にするソフト面での実施能力が養われる。これらの情報収集や既存設備における効率運用の基礎が構築されてきたところで、より实际的な製鉄所省エネ・脱炭素事業計画の策定支援に移る。ここではエコプロセス・パイロット設備導入計画につながることを想定されることから、政府側では設備導入に必要な資金スキームをそれよりも早く検討し始めることが望ましい。なお、設備導入に対するモチベーションを高め、設備サプライヤーを決定するうえで官民会合・業界関係者へのセミナーを随時行い、本邦製鉄事業者や設備サプライヤーとのコネクション形成を促進することを想定している。C/P機関では最後にサプライチェーンCO₂削減ロードマップの策定支援を行うが、これは後述の長期協力プログラムの新規事業派生フェーズに関連する取組となる。また、製鉄所への設備導入や導入後の支援も長期協力プログラムにおいて想定しており、パイロット設備導入計画策定支援後に設備導入・運用フェーズに移行する。

なお、本期間はすべて技術協力プロジェクトスキームで行うことを想定している。

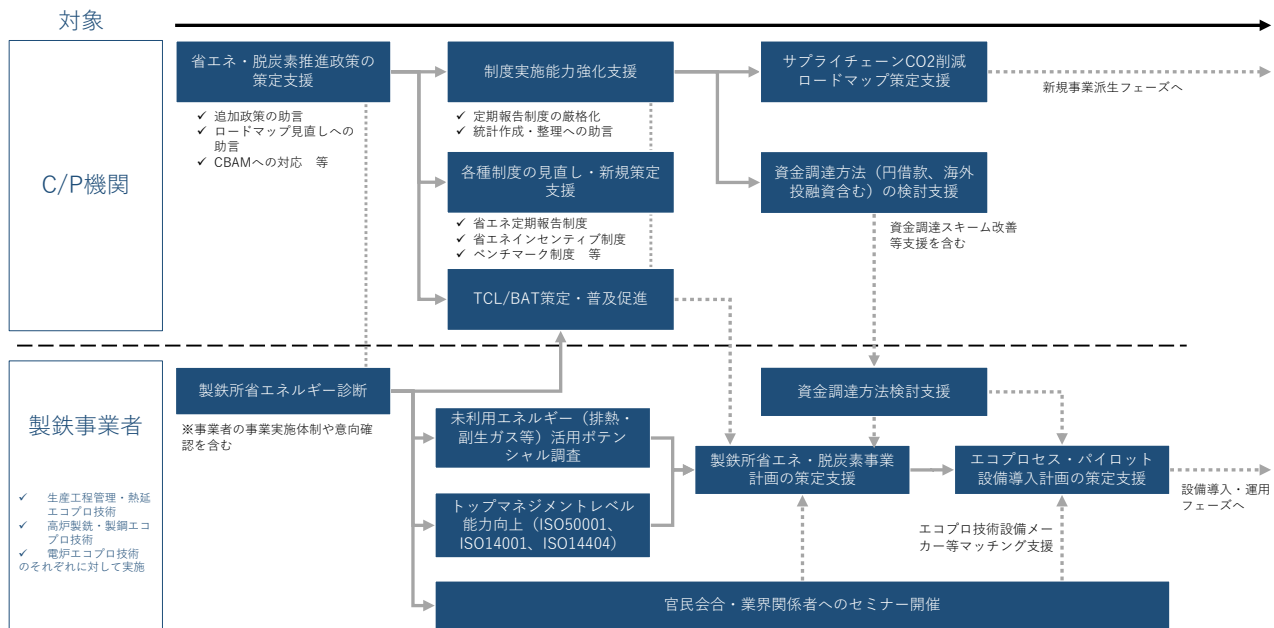


Figure 3-2 中期的な協カプログラムの流れ

3.4.3 長期的な協カプログラム

長期的な協カプログラムの流れを下図に示す。長期的な方向性は大きく2つに枝分かれしており、製鉄所への設備導入および導入後運用の円滑化を支援する設備導入・運用フェーズと、製鉄所を取り巻く関連業界や地域にも対象範囲を拡大して支援を行う新規分野派生フェーズからなる。それぞれの時期は中期協カプログラムの進捗状況によって左右されるため、現状では下図の左から右に移行する単純な流れとならないことに留意する。

設備導入・運用フェーズにおいては、政府側では主に設備導入後を想定した制度の実施能力強化を行う。事業者側では鉄鋼エコプロセスの実証事業支援から始まり、導入された設備の円滑かつ効率的な運用による省エネ・脱炭素の最大化を支援する。これにより得られた実際の省エネ・脱炭素効果をもとに政府の技術普及戦略や普及活動に活かすことを想定している。

新規分野派生フェーズにおいては、地域エネルギー・資源の融通についてC/Pとともに包括的な調査を行い、製鉄所の所在する地域を面的に捉えたエネルギーの融通や資源のリサイクルに関する取組を支援し、SDGsの更なる推進に資する取組を推進する。また、本報告書策定期間からかなり時間が経過していることを想定し、その時勢において利用可能性が高まっていると予測される水素の利活用などを実証支援する。

なお、新規分野派生フェーズは技術協カプロジェクトスキームで実施することを想定しているが、設備導入・運用フェーズは鉄鋼エコプロセス技術の設備導入において中期協カプログラムで検討されたファイナンススキームを利用し、その取り組みを技術協カプロジェクトで補足する構造を想定している。

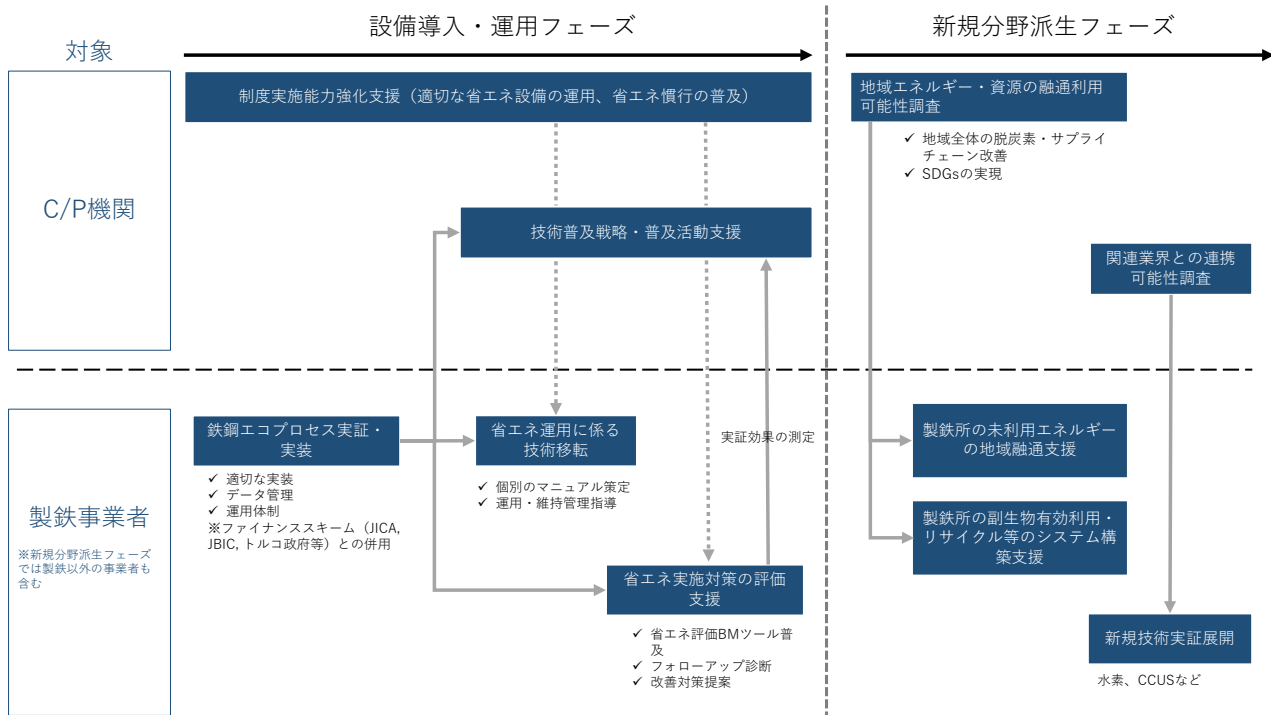


Figure 3-3 長期的な協カプログラムの流れ

3.4.4 鉄鋼製造ラインの低炭素の課題とアプローチ方法

以下では、上記までのトルコへの協力プログラムにおいて想定される導入技術要素や課題解決手法を課題とともに詳述・補足する。先に述べたように、本調査では既存製鉄所における具体的な導入技術群にアクセスできなかったことから、これらの支援方法は現状での想定となることに留意する。

(1) 低炭素化への課題

a) エネルギーフローの把握

個々の設備のエネルギー量の把握ができていてもユーティリティ設備で変換されたエネルギー量がどの設備へどのくらい供給され、消費されているのか、また供給までのロスは何の位いで、エネルギー需要先での設備にとって最適な量か、過大すぎないか、把握できていない場合が多い。個々の最適化が必ずしも全体最適化にはつながらない場合が多く、鉄鋼の製造モデルより、石炭の一次エネルギーより最終製工程までのエネルギーフローを見える化しエネルギーロスを最小化することが低炭素では重要なことである。

b) 改善すべき設備の特定

ISO14404に沿った全体のCO₂バランスを見ることが大事である。このためには1)で述べたエネルギーフローモデルの策定と共に各工程でのエネルギーロスの見える化が必要となる。更新、改善した設備が鉄鋼プロセス全体へ与える影響、CO₂削減量、原単位改善率を見える化することで改善ステップが推進できる。

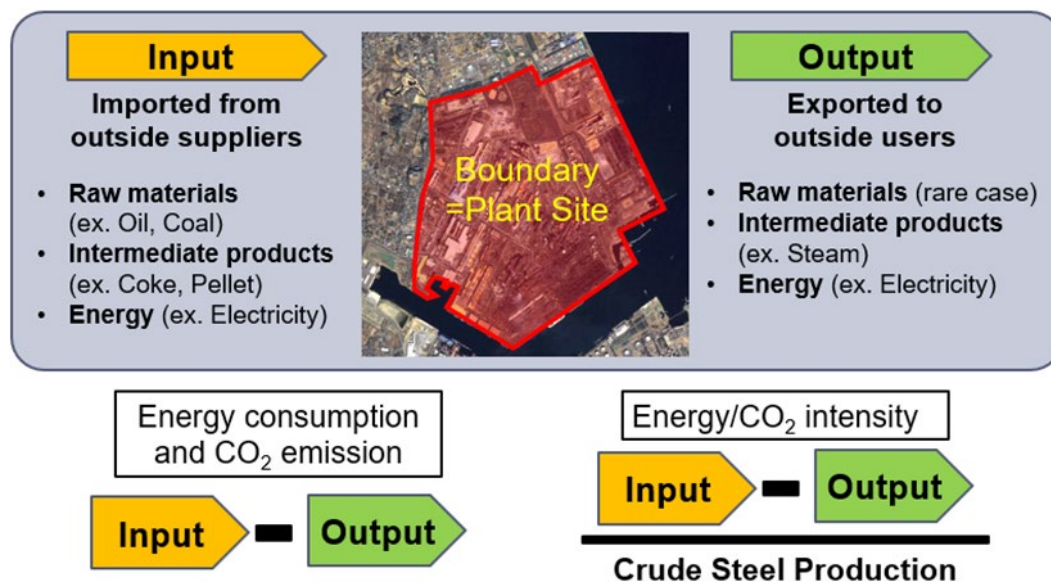


Figure 3-4 14404 のバウンダリー

c) 省エネ計画策定の進め方

ISO50001に沿った低炭素計画策定のステップとして Figure 3-2 に示すエネルギーレビューを回すことで低炭素化へ改善することを奨励している。

エネルギーレビューとはエネルギーデータ収集から始まり、ロス分析を行い、ロス

の大きな設備の特定と共に改善計画を策定するものである。

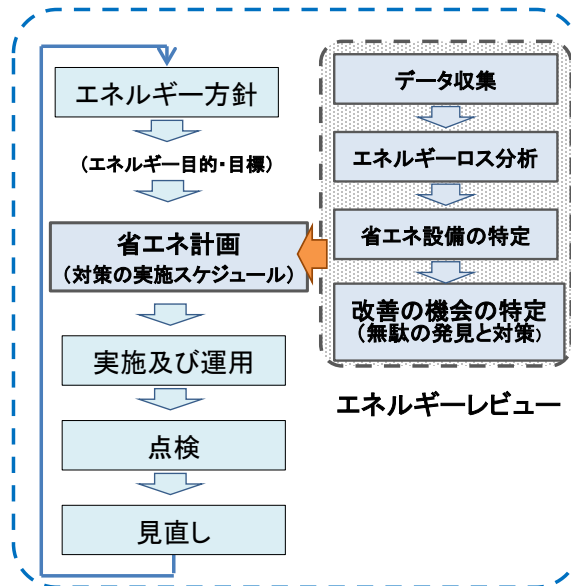


Figure 3-5 ISO50001 によるエネルギーレビュー

(2) 低炭素のステップ

a) エネルギーデータの収集

省エネの第1歩は現在使用している設備、工程および工場全体のエネルギー消費量を知ることである。省エネ調査で対象とするエネルギー消費量は時間ごと若しくは1日分のエネルギー消費量の積分で十分であり、特にリアルタイムで把握する必要はない。

収集したエネルギーデータをもとにエネルギーフローを策定してみるとどこの工程でエネルギーを多く消費しているか、どの設備でロスが多いかが分かる。

工場の設備として一次エネルギーを二次エネルギーに変換して製造ラインへ供給するユーティリティ設備と二次エネルギーを消費して製品を製造するための製造設備に大別できる。この2つの設備はエネルギー量の収集と低炭素のアプローチが異なるので個別にアプローチを進める必要がある。

① ユーティリティ設備のエネルギーデータの把握

ユーティリティ設備は一次エネルギーを二次エネルギーに変換する設備である。このため、設備へのインプットエネルギー量、アウトプットエネルギー量の2つを測定する必要がある。このインプットエネルギー量とアウトプットエネルギー量の差が変換ロスとなる。例えば蒸気ボイラの場合、一次エネルギー量の重油使用量がインプットになり、発生する蒸気量が二次エネルギー量になる。またボイラからの二次エネルギー量と需要先での蒸気消費量との差が配送ロスとなる。このようにしてエネルギーフローを策定することで種々のロスが見えてくる。実際の運用では稼働率が100%、負荷率100%とはなりにくく、待機ロスなども含まれて来るので、メーカーの仕様値よりは変換ロスは悪化する。

②製造設備のエネルギーデータの収集

製造設備はエネルギーの最終消費設備であるため、計測はインプットエネルギー量を計測すれば良いが、これだけではロスが見えてこない。マテリアルフローコスト会計の考え方から、製品に与えるエネルギーのみが必要なエネルギーで他のインプットエネルギー量はロスとする考えである。例えば鉄塊を加熱する場合、従来、加熱炉で実施していたとすると、炉全体を温めるエネルギー量、炉からの熱放散エネルギー量などの鉄塊以外を加熱するエネルギーが発生するが、これらはロスとする考え方である。加熱方法をIHに変更し、鉄塊のみを加熱すれば大幅なロス削減となるので、必要なエネルギー量とは何かを考える必要がある。

b) ロス分析

①ユーティリティ設備のロス分析

Figure 3-3 にユーティリティ設備のエネルギーフローの例を示す。ボイラは一次エネルギーである都市ガスを二次エネルギーの蒸気に変換する設備であり変換の際に変換ロスが発生し、大気への熱放散としてエネルギーを消失している。

ユーティリティ設備は変換ロスが少なく、必要なエネルギー量を必要な時に少ない供給ロスで配送することが大事である。

ユーティリティ設備のロスとして大きく分けて3つのロスが発生している。

- 1) 変換ロス
- 2) 過大なエネルギーへの変換ロス
- 3) エネルギー配送ロス

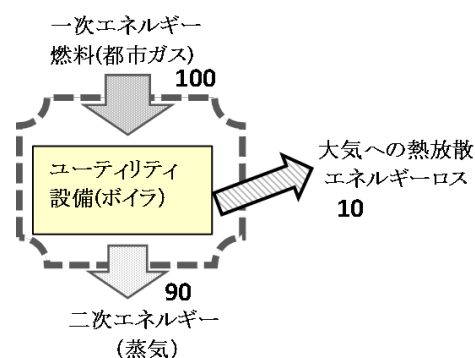


Figure 3-6 ユーティリティ設備の熱フロー

1) 変換ロス

ユーティリティ設備としては変換効率が高い設備の選択、更新がエネルギーロスを低減するという観点から重要である。例えば変圧器の場合アモルファス変圧器にすることで銅損、待機時の鉄損共にエネルギーロスの最小化が図ることが可能である。空気圧縮機の場合、スクリータイプの圧縮機では変換時のロスは少ないが、待機時のロスが実稼働時の7割近くあり、過大な設備は待機ロスが大きくなるので使用条件を考慮する必要がある。空気圧縮機、蒸気ボイラは待機時のロスが大きく、必要な量だけ変換するためにインバータの導入などのツールも有効である。

またボイラの場合には炉筒内に貯湯している炉筒煙管ボイラよりは貫流ボイラの方が変換効率も高く、加熱するだけなら運用上の課題は少ないが、貫流ボイラは需要変動に弱く、蒸気の渴き度が悪化する可能性もあり、変換効率だけでの選択は注意が必要である。また鉄鋼プロセスでは自家発電設備を設置している事業所が多く、規模に

応じた発電システムの選択、廃熱の利用、抽気の採用などで少しでも変換効率向上を高めることが大事となる。

2) 過大なエネルギーへの変換ロス

空気圧縮機に関して需要先である製造ラインではエア圧が 0.5MPa しか必要としないのに対して 0.7MPa で供給しているケースが多く見受けられる。必要以上の過大なエネルギー量で供給しても需要先で減圧弁を使用して 0.5MPa に減圧して使用されるので減圧された分だけロスとなる。

3) エネルギーの配送ロス

ユーティリティ設備は製造ラインからどんな要求も満足できる様に過大な設備になっている場合が多い。製造ラインからの要求エネルギー量の時間的な変動、月別変動、生産量に対する変動量を実際の製鉄製造ラインにおいて調査分析し、製造ラインとインフラ設備の需要と供給の同期化を図ることで必要なエネルギー量を必要な時に必要なだけ供給できるシステムがロス削減のために大切である。このため実際の製造ラインでのエネルギー消費量、動向を調査・データ分析し、ユーティリティ設備との同期化を図り、ロスを低減できるエネルギー管理システムの構築が大事である。

② 製造設備のロス分析

製造設備のエネルギーロスとしては前述したとおり、製品に与えるエネルギー量のみを正味のエネルギーとし、残りのエネルギー量をロスとするのが基本的な考え方である。

製造設備でのエネルギーフローを Figure 3-4 に示す。

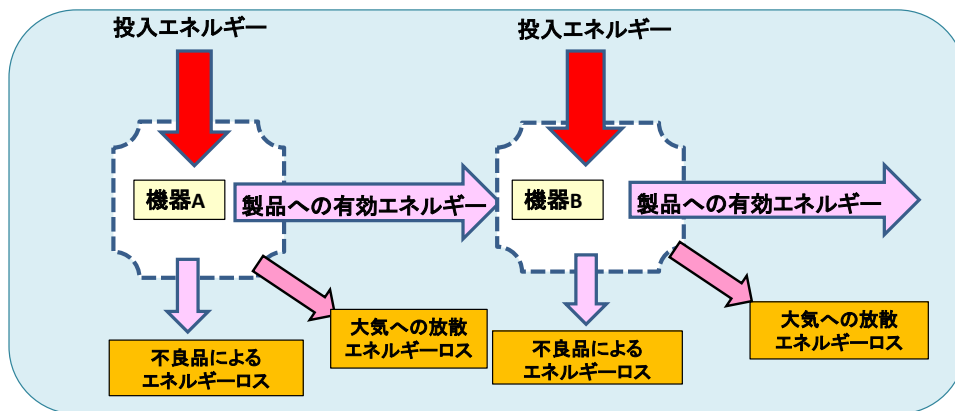


Figure 3-7 製造設備のエネルギーフロー

投入エネルギーは製品を製造するエネルギーが有効エネルギーとなり、大気への放散、不良品を製造するエネルギーはロスとなる。製品の有効エネルギーは工程を経るごとに加算されるので、後工程での不良品によるエネルギーロスも大きくなっていく。

1) 不良品、不適合品製造などのロス

製品を製造する過程で不良品、端材の切り落としが発生する。製品にならなくて廃棄もしくは初期工程へ戻されるが、不良品を作る際にもエネルギーがかかっており、最終工程になるほどこのロスは大きくなる。また設計仕様を満たさない不適合製品は手直しにより製品化するケースが多いが、手直しのためのエネルギー量、または手直しのためラインを停止することもあり、待機ロスが発生する。

これらの品質状況を不良率、直行率で見える化することと、コストに換算して品質改善へのインセンティブを与えることもロス改善策の1つである。

2) 待機ロス

製造ラインの各設備は同じタクトで稼働しているのではなく、タクトが1番長いネック工程が存在する。このため他の設備は待機エネルギーが発生してしまい、エネルギーロスが発生する。製造ライン全体のタクトを短縮することで工場全体の固定エネルギー量、例えば照明、空気圧縮機などの固定エネルギーも低減が可能となり、大きなロス低減が可能となる。

c) エネルギーフロー

製造工程でのエネルギー収集により製造工程のエネルギーフロー策定の例を Figure 3-5 に示す。これより各工程に投入されたエネルギーがどの工程、設備で消費されているか、不良によるエネルギーロスがどのくらい発生しているかが見える化が可能となる。

これより品質改善と低炭素とのリンク付けが可能であり、品質部門と一体で低炭素活動が可能となる。ISO50001 より改善すべき設備の特定には①エネルギー消費の大きな設備②ロスの大きな設備から実施することを推奨しており、低炭素対策のためのマップとなる。

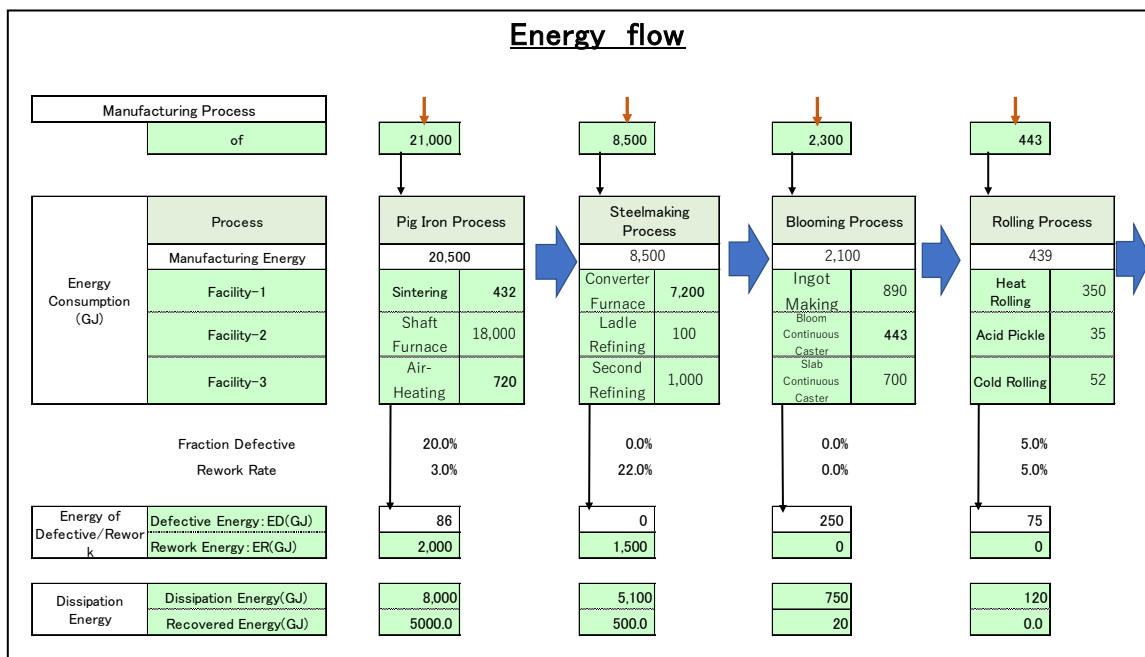


Figure 3-8 エネルギーフロー(例)

d) 低炭素化

CO₂ 排出量削減策の検討には、CO₂ 排出量削減にどのような方法で削減できるか把握しておく必要がある。

左側の青と赤のボックスは、それぞれ電気エネルギーと熱エネルギーの消費による

CO₂ 排出量を指す。横軸はエネルギー消費量、縦軸は CO₂ 排出原単位を指す。エネルギー消費量に CO₂ 排出原単位を掛けると CO₂ 排出量を把握できる。

Figure 3-5 が示すように、CO₂ 排出量を削減するためには、エネルギー消費量を削減する方法と CO₂ 排出原単位を低くするという 2 つの軸を考える必要がある。そして、CO₂ 排出量削減への具体的なアプローチは 3 つに分かれる。最初のアプローチは、エネルギー消費を削減することである。これは、省エネを促進すること同義である。次のアプローチは、さまざまな種類の再生可能エネルギー、CCUS、水素、アンモニア、その他の低炭素または炭素リサイクル技術、および原子力発電を含む CO₂ 排出原単位を低くする方策である。この中のいくつかの技術は近い将来に適用可能になると予想されているものである。最後のアプローチは、熱エネルギーから電気エネルギーへの変換である。一般に、電気エネルギーは熱エネルギーよりも CO₂ 排出量が少ないため、熱エネルギーから電気エネルギーに切り替えることで CO₂ 排出量を削減できる。例えば、化石燃料の燃焼の代わりにヒートポンプなどの電気加熱技術を適用することにより、また機械の場合は蒸気駆動を電気モーターに変更することにより達成できる。

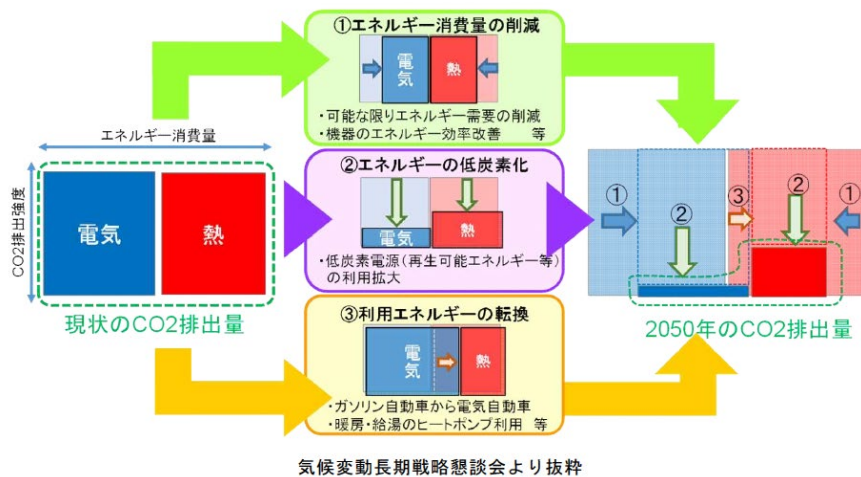


Figure 3-9 低炭素化の考え方

e) 鉄鋼製造ラインでの低炭素の方策

①管理標準の利用

現在日本では省エネ法により管理標準の設置が義務付けられており、この管理標準に従って設備維持・管理が行われている。しかし実施時の運転では管理標準の基準値から外れて運転されている場合も多く、このずれ量がロス改善の余地となる。また管理標準で設定した基準値の裕度が大きすぎる場合には裕度を見直すことで、低炭素の対策となる。

特にユーティリティ設備は量産設備であり、省エネ法により判断基準も設定されており、管理標準を利用したロス低減がしやすい。今回の鉄鋼プロセスの場合にも管理標準が整備されている工程にはこのケースが当てはまる。(Figure 3-7 参照)

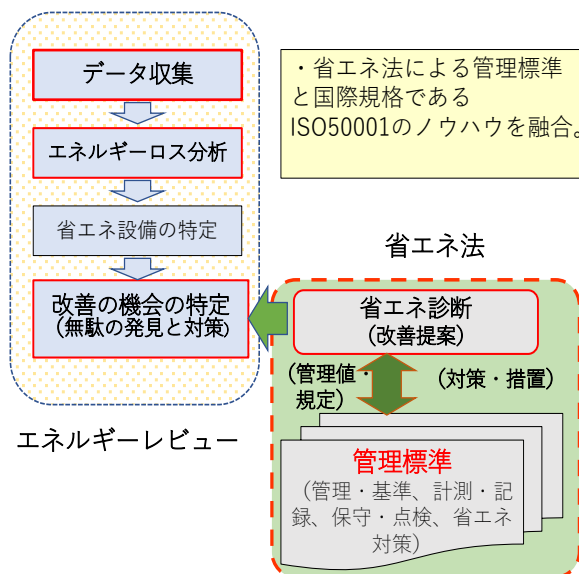


Figure 3-10 管理標準によるロス低減

②原単位管理

製造設備は同じ製品を製造する場合においても、プロセス、設備が異なる場合が多く、共通の管理基準の設置が難しく、管理標準も設備特有なものも多く、ロス改善につなげることが難しい。製造プロセスの場合、日本での製鉄プロセスを理想モデルとして工程ごとに鉄1トン製造するためのエネルギー原単位を基準として、現地での鉄鋼プロセスの原単位と比較することにより省エネの余地を抽出し、低炭素の対策を検討することでロス削減が可能である。このため、日本の製鉄プロセスのエネルギー原単位の調査分析が必要と考える。

③工程間の熱融通

鉄鋼製造ラインでは加熱・冷却を繰り返すことで各プロセスが実施されている。この冷却時の廃熱を他のプロセスまたはユーティリティ設備において利用することにより加熱時のエネルギー削減が可能である。(Figure 3-8 参照)このためには現地での各工程の温度測定を実施し、プロセス全体の熱履歴を策定、廃熱の量を把握し、検討していくことが大事である。

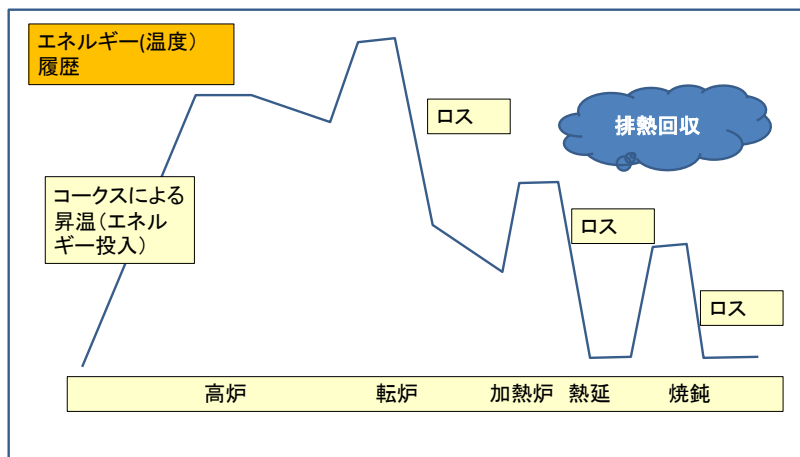


Figure 3-11 鉄鋼製造プロセスの熱履歴の例

f) 低炭素化実現計画の策定

本項では、エネルギー削減計画もしくは CO₂ 削減計画とそれに伴う投資計画などの一連の低炭素化実現計画について、分析手法の一例を示す。

3.4.1(2)c) で述べたように、CO₂ 排出量削減を実現するためには、①エネルギー消費量の削減、②エネルギーの低炭素化、③利用エネルギーの転換の各手法について、費用対効果や実現可能性の観点から最適解を見つけ出す必要がある。

エネルギー使用量の削減には、新しい省エネ設備を投資することで実現させることが多い。新しい省エネ設備導入による CO₂ 削減量は、削減されるエネルギー量に対して、当該 CO₂ 排出係数を乗ずることで算出する。エネルギー使用量の削減によりエネルギーへの支出が削減されるが、省エネ設備への投資が必要になるため、その費用対効果をキャッシュフローで把握することが計画には重要となる。また、同時に、低炭素化系統電源への切り替え、再生可能エネルギーの利用、燃料転換をあわせて検討することが、効果的な低炭素化を実現するアプローチとなる。

CO2排出係数	系統電力		目標年度										
	系統電力①	系統電力②	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2050
			0.46	0.45	0.44	0.43	0.42	0.41	0.4	0.39	0.38	0.37	0.35
			0.46	0.45	0.44	0.43	0.42	0.41	0.4	0.39	0.38	0.37	0.35

■ 提案対策一覧 (CO2削減量)		計画年度・CO2削減量											
対策番号	対策名称	計画年度										2050	
		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030		
合計		0.0	80.0	305.3	385.3	483.1	564.2	643.8	761.2	839.9	1017.7	1169.8	
電力													
電力系統①	4	高効率空調機への更新	0.0	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	45.6	46.2	46.8	48.0
	5	太陽光発電機の設置	0.0	5.6	11.2	16.8	39.6	44.8	50.0	55.2	60.4	65.6	76.0
電力系統②	7	インバータコンプレッサに更新	0.0	6.7	13.3	20.0	26.7	33.4	40.0	46.7	53.4	158.2	167.2
燃料													
燃料	1	ボイラの高効率燃焼機への更新 (燃焼更新)	0.0	0.0	145.3	145.3	145.3	145.3	145.3	145.3	145.3	145.3	145.3
	2	蒸気配管未保温箇所への断熱施工	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	3	故障スチームトラップの交換	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	2.7	2.7	2.7
燃料-電力													
	8	高効率冷暖房空調機に更新及びストロープの廃止	0.0	3.0	6.0	9.0	12.6	15.6	18.6	21.6	24.6	27.6	33.6
低炭素系統電力への変更 (電力、燃料、燃料-電力の対策費を除く)													
系統電力①	23	低炭素化系統電力への変更①	0.0	19.9	39.8	59.7	79.6	99.5	119.4	139.3	159.2	179.1	218.9
系統電力②	24	低炭素化系統電力への変更②	0.0	43.3	86.7	130.0	173.3	216.7	260.0	303.3	346.6	390.0	476.6

Figure 3-12 低炭素化実現計画(例)

設備導入や設備更新などの省エネ対策とその費用効果については、何も対策しない場合 (BAU) と対策した場合を比較する。設備導入や設備更新すべきリストは事前に調査した情報を使う。削減ラインとその時期について目標を掲げ、それを可視化することで、対策を決めるための意思決定を行うための情報にする。

以上、低炭素化計画では、様々な低炭素化に向けた方策を時系列で検討する必要があり、その費用対効果については、それを試算するシミュレーション機能とその結果を可視化する機能が重要となる。

g) 省エネ支援ツール (Energy Conservation Assist Tool)

今回の低炭素プロジェクトにおいて低炭素の対策であるエネルギーロスの低減および工程改善を実施するにあたって ECCJ が開発した省エネ支援ツールを適用する。以

下、概要と事例に関して記述する。

①省エネ支援ツールの概要

省エネ支援ツールの内部構成は Figure 3-7 で示すようにエネルギーロスの見える化画面を中心として設備の管理標準、省エネ量算出シートの3層構成になっている。層内の関連ファイルを互いに紐づけすることで使い勝手を向上していることと、共通のデータベースを介して省エネ対策のエネルギー削減効果・ロス低減の状況を見える化の画面に反映している。また個別の設備の省エネ量による全体の原単位改善への影響度も計算でき、省エネ法の中長期計画策定にも役立っている。

このような内部構成により ISO50001 のエネルギーレビューのロス分析から改善機会の特定までを機能的に回すことが可能となっている。

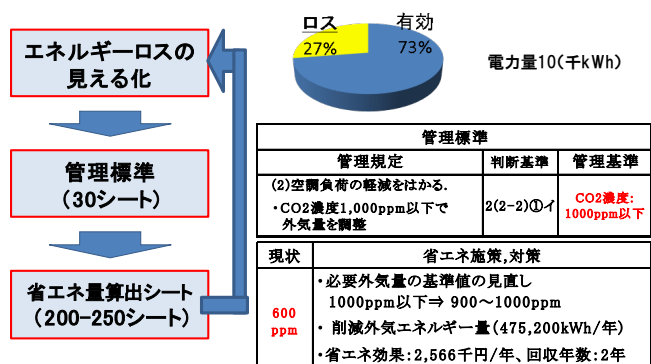


Figure 3-13 省エネ支援ツールの内部構成

②省エネ支援ツールの機能

省エネすべき設備を特定するため、ロス量を円グラフで表示し、エネルギーのロスの見える化を提供している。(参照：Figure 3-11)

ロス量の大きな設備を特定し、省エネ対策検討のため、省エネ法の管理標準の規定、基準を見直すことで新たな省エネ対策を抽出するしくみを提供している。具体的にはエネルギーロスの見える化の画面 Figure 3-11 の設備名称をクリックすることで対象の管理標準を呼び出し、管理標準の規定毎に省エネ対策が提示されるしくみである。適用可能な対策を選定し、省エネ量算出シートにより省エネ量を算出する。省エネ量算出シートは 200 以上の種類から成り立っている。

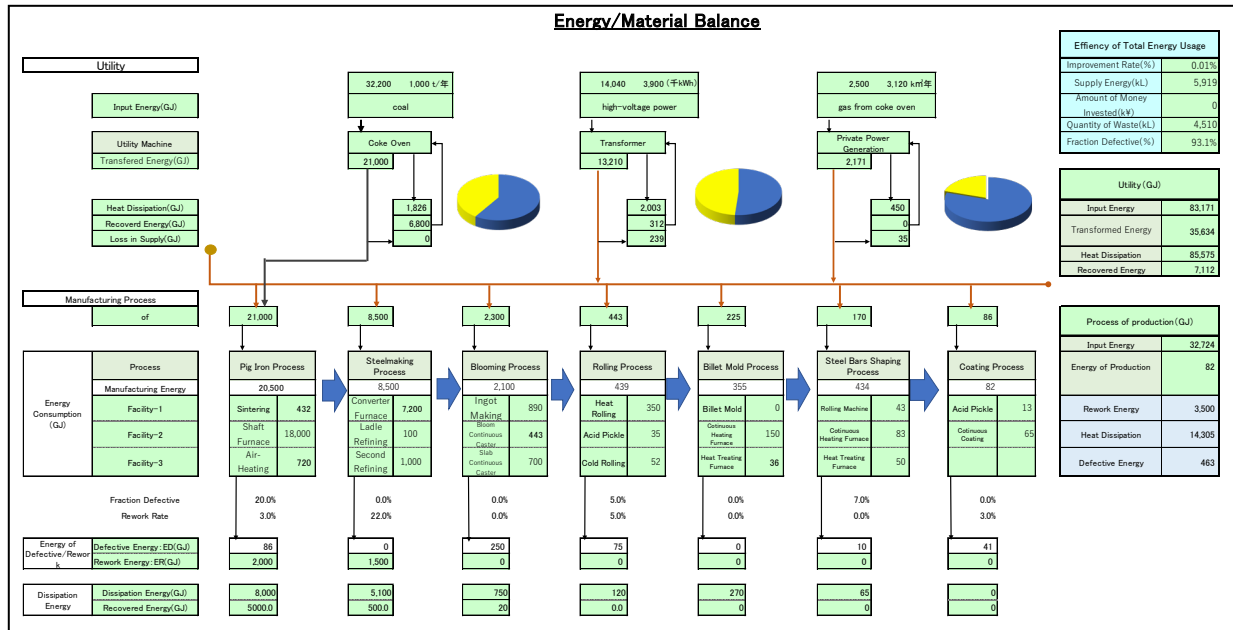


Figure 3-14 省エネ支援ツールの見える化画面

③EMS とのデータ連携

現在、商業ビル、工場等でエネルギー管理システム（EMS）を設置している事業所が増加している。しかし収集したこれらの膨大なデータをうまく省エネなどに利用している例は少ない。これはデータを分析し低炭素活動と結び付けていく仕組みがないためである。省エネ支援ツールはロス分析のために EMS とのデータ連携を行える (Figure 3-12 参照) とともにロスの見える化、省エネ実行計画の策定までの一連のプロセスをサポートすることができる。実際に製鉄プロセスに適用するにあたって現地でのデータ収集の状況、取得データの種類及び連携方法などの検討が必要であり、現地での協力が不可欠である。

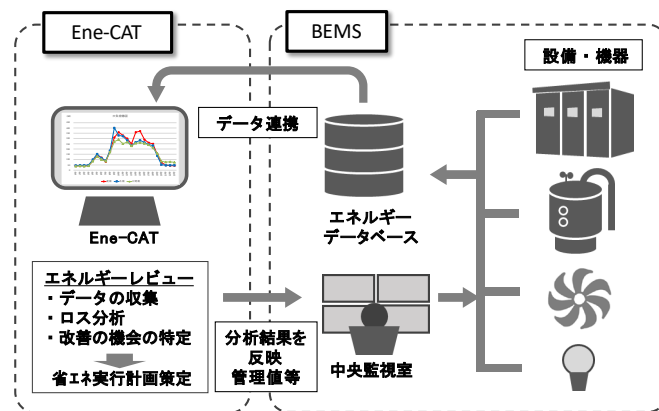


Figure 3-15 EMS とのデータ連携

< 工場への導入事例-1 >

エレベータのガイドレールを製造している FA 加工ラインに省エネ支援を導入した。FA 加工ラインは Figure 3-13 に示すようにショットブラストによる黒皮取りから始

まり、曲げ矯正、塗装、NC加工、表面仕上げ、切断等から構成されている。このFA加工ラインにおいて不良品、反り不良による矯正等の発生により効率を悪化させていた。特に曲げの矯正作業はスプリングバックも考慮する必要から1回の矯正では完了しない。再生品を手直しするエネルギー量をロスとする考え方により、Figure 3-11のように金額での見える化で作業者の意識付けを行っている。

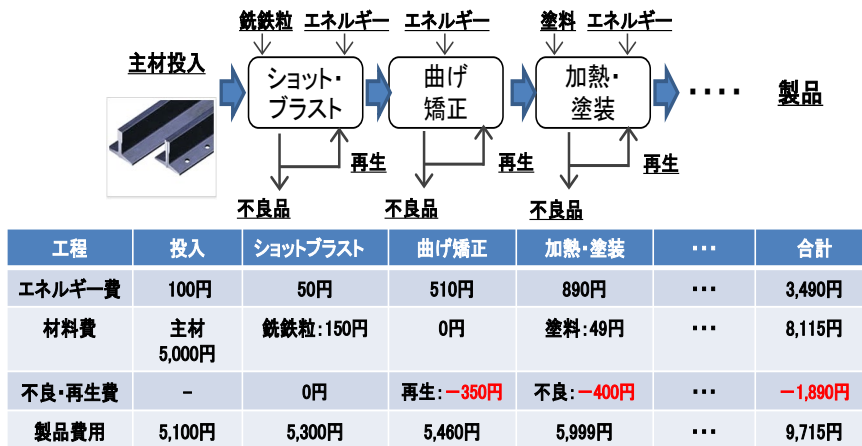


Figure 3-16 省エネ支援の工場への適用例

④ 製鉄プロセスへの導入検討

海外の製鉄プロセスの低炭素化を実施するにあたり、低炭素で先行している日本の製鉄プロセスに関してエネルギーデータを収集し、エネルギーフローを策定していくことが求められる。海外との比較のための原単位策定を行い、日本での低炭素の対策を収集、検討する。Figure 3-14 に日本の低炭素のための種々の対策例を示す。一方、Figure 3-15 に想定される海外の製鉄ラインの実状です。日本のラインと海外のラインを比較し、海外のラインで不足する低炭素のための対策を洗い出し、大きな効果の対策から提案していくことが重要となる。

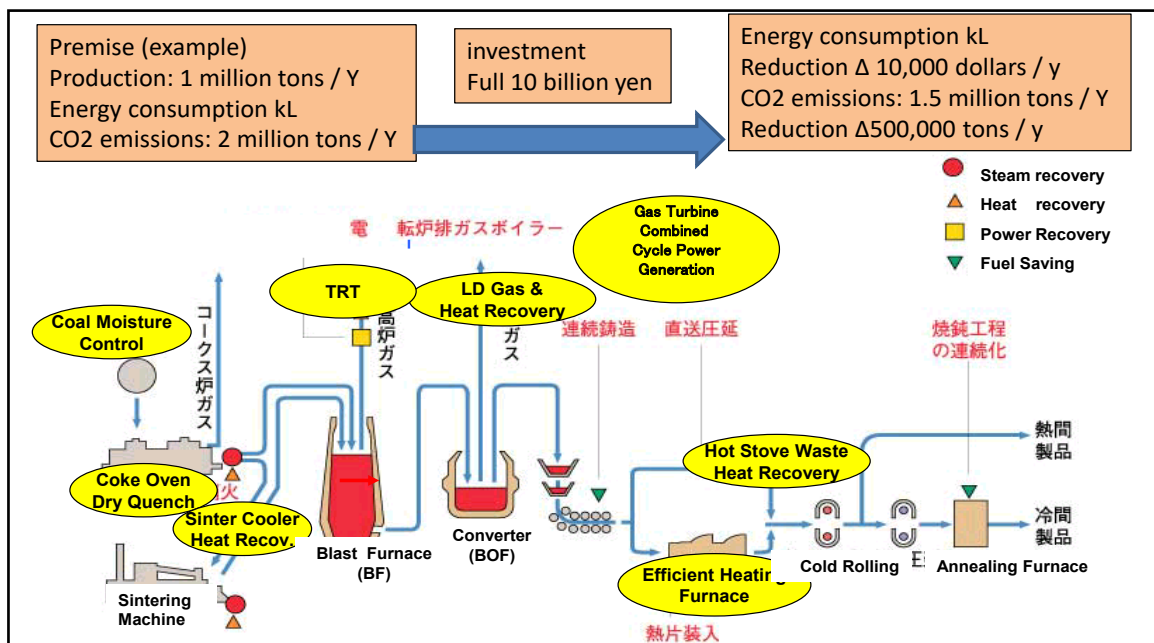


Figure 3-17 製鉄ラインへの低炭素対策例(日本)

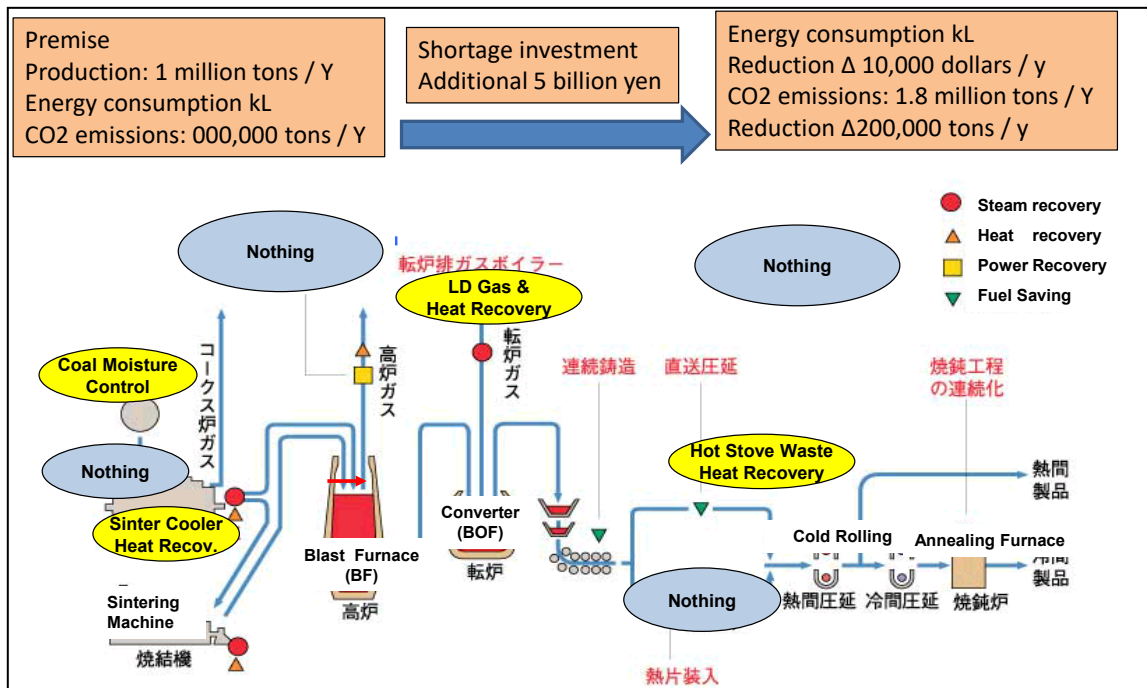


Figure 3-18 製鉄ラインへの低炭素化対策(海外)

⑤ ツールを用いた低炭素化計画の分析

省エネ支援ツールを用いた低炭素化実現に向けた分析の一例を示す。

○ シミュレーション例

ケース 1: 新しい設備を導入することで電力量が削減されるケースによる CO₂ 削減量と投資の費用対効果

ケース 2: 電力系統が低炭素化電力系統に切り替わることによる CO₂ 削減量

前提条件:

導入設備: コークス乾式消火設備 (CDQ)

CDQ 導入時期: 2025 年

電力系統変更: 2027 年

電力排出係数: 0.45 → 0.40

電力単価: 15 円 → 20 円/kWh

投資金額: 100,000 千円

Equipment Renewal and Energy Consumption Reduction Plan

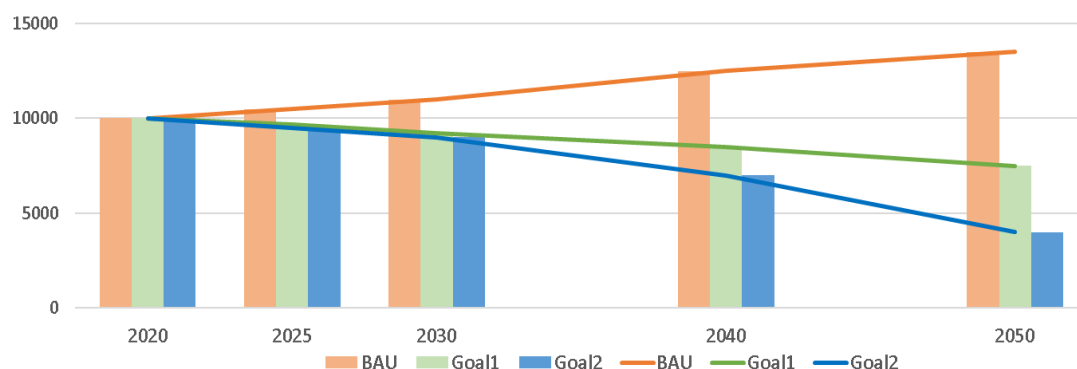


Figure 3-21 グラフ化 BAU と目標の比較

出典：Formulation of a low-carbon realization plan model using tools

4. 製鉄低・脱炭素化に向けた JICA への提言

上記までの協力プログラムを実施し、製鉄における低・脱炭素の取組の普及円滑化を図るためには、とくに製鉄事業における省エネの投資規模や投資対象（海外現地民間事業者）などの特徴を踏まえた利用しやすい資金スキームを確立することが課題となる。これを技術協力を組み込み、製鉄低・脱炭素化パッケージとして一貫通貫での支援を確立することができれば、今後効果的かつ円滑に本取組を他国にも広く展開していくことが可能になる。したがって、今後のトルコに対する協力の中で詳細に把握されるであろう既存資金スキームの利用における現地事業者の障害・課題を考慮しつつ、JICA として製鉄業の特徴に適合した資金スキームを具体化することで、さらにそれを他国にも適用可能なスキームに昇華していくことが重要である。想定されるスキームはさまざまであるが、海外投融資だけでなくツーステップローンや、他国際機関や民間企業と協調したブレンデッドファイナンスなどもあると考えられる。例えばトルコにおいては、TSKB の融資条件に適合しない省エネ設備導入事例が生じてきた場合の受け皿として、JICA からのツーステップローンが有効になる可能性もありうる。その他、本協力プログラムへの実証事業への補助金的なスキームなどもあげられる。当該国で初めて導入される設備は、効果が判然としないことから設備投資が忌避される可能性が高い。この障壁を緩和するために長期協力プログラムにおけるエコプロセス実装を実証ととらえ、その費用対効果を判定する。実際の効果検証が行われることで更なる技術の普及促進が自発的に行われることが期待される。技術実証スキームは NEDO 国際実証などが先行していることから、JICA との協働も模索できる可能性がある。

今後の協力プログラムを円滑に進めるうえでは、JICA のその他の取組と協同することも提案したい。とくに高効率の製鉄プロセスは実地で見ることがトルコ製鉄事業者のモチベーション向上にも適している。このため、提案した協力プログラムにおいても日本

への招聘を行うほか、国別・課題別研修にトルコの鉄鋼分野から参加者を募り、脱炭素・CN政策に関わる研修を同時に行うということも効果的である。

さらに、JICAとしてのCN・脱炭素の取組を広くアピールする場を構築することも重要である。例えばCOPのサイドイベントにおいて本協力プログラムの成果を発表する等により、トルコ以外の国からも関心が高まることが想定される。

最後に、EUとのつながりについても言及したい。トルコは本調査で対象とした6か国の中でとくにEUとのつながりが強く、EUからも支援を受け入れてきている。異なるドナー間での情報共有や協働が確立できれば、協力の幅は大きく広がる。例えばEBRDなどとも連携することができれば前述の資金面での協力が補強される可能性が高まる。したがって、EUとの協議・調整も今後行っていくことが望ましいと考える。

5. 参考資料

<h1 style="text-align: center;">Tentative Agenda</h1> <h2 style="text-align: center;">Date: 2nd March 2022</h2> <p style="text-align: center;">Language: English (Presentation) Turkish-Japanese Interpretation (Q&A and discussion)</p>			
Turkey Time	Agenda	Speaker	Duration
9:30-9:35	Opening Remark	Japan International Cooperation Agency (JICA)	5 min
9:35-9:40	Opening Remark	Dr. Abdullah Buğrahan KARAVELI Director of Energy Efficiency and Environment Ministry of Energy and Natural Resources	5 min
9:40-9:55	Basic Concept of a Possible Technical Cooperation Project	Mr. Akifumi Nishihata Pacific Consultants Co., Ltd. (PCKK)	15 min
Session 1: Energy Efficient and Environmentally Sustainable Transition – Long-Term Approaches			
9:55-10:10	Effort to Address Carbon Neutrality by the Japanese Steel Industry	Dr. Shiro Watakabe JFE Steel Corporation (International Environmental Strategic Committee, JISF)	15 min
10:10-10:25	Overview of Turkish Steel Industry's Policy	Mrs. Serpil Çimen Director of Technical Affairs Turkish Steel Producers Association (TCUD)	15 min
10:25-10:45	Q&A and Discussion		20 min
Session 2: Energy Saving & Environmental Measures and Technologies – Short Term Approaches			
10:45-11:00	Overview of Technologies Customized List	Dr. Teruo Okazaki Nippon Steel Research Institute Corporation (NSRI)	15 min
11:00-11:15	Identifying Possible Energy-Saving Equipment and Process	Dr. Hirokazu Taniguchi The Energy Conservation Center, Japan (ECCJ)	15 min
11:15-11:30	Steel Industry's Efforts (and Barriers) to Low-Carbon Transition	Mr. Okan Çelik Strategic Planning and Sustainability Supervisor Erdemir	15 min
11:30-11:45	Steel Industry's Efforts (and Barriers) to Low-Carbon Transition	Mr. Banç Bora Environment Manager İçdaş	15 min
11:45-12:00	Introduction of Energy Saving Technology for EAF and RHF (Steel Plant Diagnosis)	Mr. Michio Nakayama JFE Techno-Research Corporation (JFE-TEC)	15 min
12:00-12:20	Q&A and Discussion		20 min
12:20-12:25	Closing Remark	Turkish Steel Producers Association (TCUD)	5 min
12:25-12:30	Closing Remark	Dr. Hitoshi Dohnomae Nippon Steel Corporation (The Chair of International Environmental Strategic Committee, JISF)	5 min

Figure 5-1 Eco-process Webinar(2022/3/2 開催)の概要