

「トルコ鉄鋼業におけるCOG副産物オフテイク・ビジネスモデル構築に資するマスタープラン策定等調査事業」

令和5年度補正グローバルサウス未来志向型共創等事業委託費「中近東との経済連携強化に向けた戦略策定及び我が国企業の海外展開促進等調査」におけるマスタープラン策定等調査事業

2026年2月27日

MRI 三菱総合研究所

GX本部

目次

CONTENTS

| | |
|--------------------|----|
| 1. 事業概要 | 3 |
| 2. マスタープラン | 9 |
| 2-1.トルコ鉄鋼業の現状と課題 | 11 |
| 2-2.関連規制 | 17 |
| 2-3.日本のCOG副産物流通の課題 | 25 |
| 2-4.オフテイクビジネスの検討 | 28 |
| 2-5.オフテイクビジネスの検証 | 34 |
| 2-5-1.硫安事業の全体像 | 35 |
| 2-5-2.硫安事業モデルの検証 | 38 |
| 2-5-3.硫安事業性の検証 | 43 |
| 2-6. 事業実現に向けた戦略 | 49 |

1. 事業概要

1. 事業概要

事業の背景及び目的

- 世界第7位の粗鋼生産国であるトルコにおけるトルコ鉄鋼業では、EU基準での大気汚染防止、気候変動対策、副産物の再利用等を目指し、それらの促進が優先事項として位置付けられている。
- 本事業では、上記優先事項対応を本邦企業の技術・事業を通して実施するために、トルコ鉄鋼業におけるコークス炉ガス(以下COG)副産物*オフテイク・ビジネスモデル構築に係る調査を行い、マスタープランを作成する。
- 加えて、本調査を通してトルコ鉄鋼業における環境改善・省エネルギー・脱炭素、に係るニーズと日本の技術・投資への期待が広く確認されたことから、追加的な領域についての調査・提言も盛り込んだ。

※ COG(Coke Oven Gas)から回収できるすべての副産物(例:硫安、タール、タール由来の化学品、軽油等)

日本・トルコ両国への裨益

| | 日本への裨益 | トルコへの裨益 |
|-------|---|---|
| 国家レベル | <ul style="list-style-type: none"> ・ サプライチェーン強靱化 中国からの輸入依存度が高まる硫酸アンモニウム(硫安)やタール由来副産物の供給構造の多角化による安定調達の実現(*1) | <ul style="list-style-type: none"> ・ 環境汚染対策 SOx排出削減による大気汚染(光化学スモッグや酸性雨)の被害防止 アンモニア排出削減による水質汚染防止、等 |
| 企業レベル | <ul style="list-style-type: none"> ・ 日本企業のトルコ展開 オフテイク・ビジネスモデルによる硫安・タールを中心としたCOG副産物販売ビジネス拡大・強化 ・ 日本の高炉関連高度技術の海外展開 高炉ガス精製各工程に用いられる高度技術の海外展開(*2) | <ul style="list-style-type: none"> ・ 製鉄所の収益改善 オフテイク・ビジネスモデルによりガス精製設備初期投資を回収、追加収益も創出 ・ 環境規制・グリーンランジション計画への対応力強化 日本の高度技術(ガス精製)の導入 |

(*1)硫安中国輸入依存度を下げる。

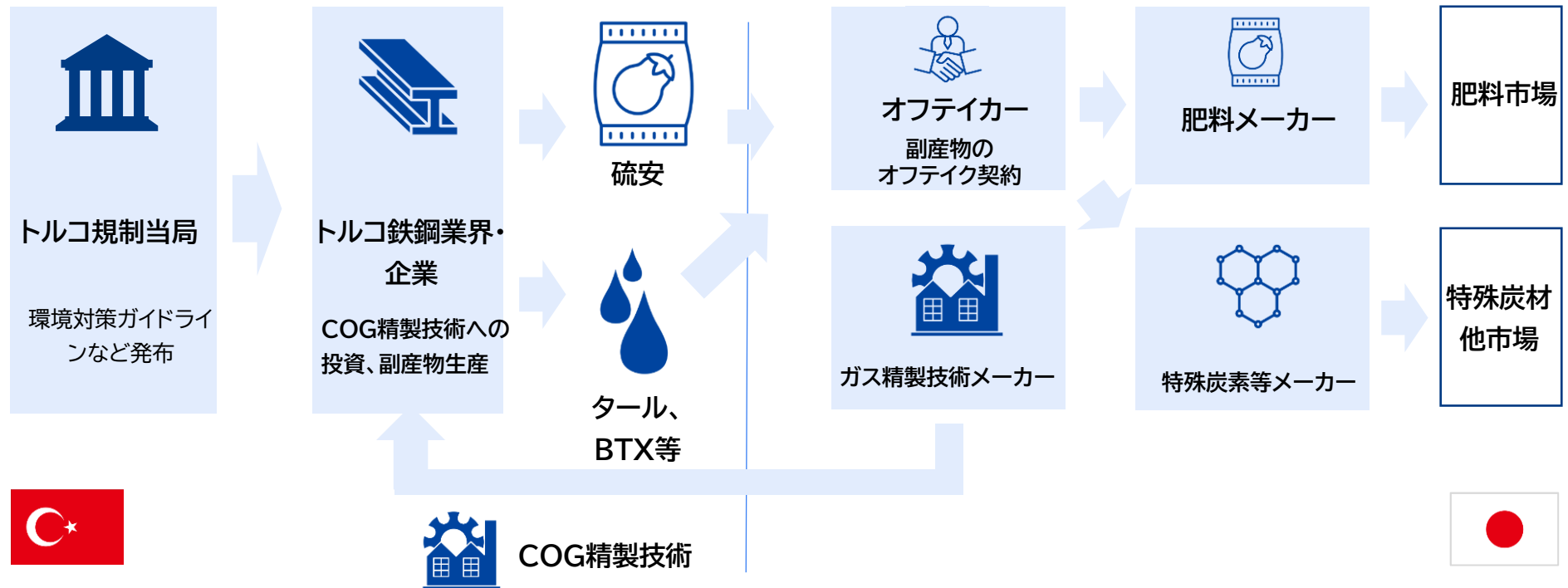
(*2)ガス精製の各種工程において、様々な日本技術の導入が期待される。(例、硫安製造設備、タール蒸留設備等)

1. 事業概要

COG設備導入及び副産物オフテイク事業

- 本事業で提案するマスタープラン及びアクションプランに基づき、日本のCOG精製・副産物生産技術をトルコに導入し、環境負荷の低減と硫安、コールタール(以下、タール)、ベンゼン・トルエン・キシレン(以下、BTX)等の副産物の有効活用を図るオフテイク・ビジネスモデルを検討し、妥当性を検証する。あわせて、サプライチェーンの強化、日本企業のビジネス機会の創出、他国展開の可能性についても検討する。

解決策として提案するCOG副産物オフテイク・ビジネスモデル



1. 事業概要

現地調査を踏まえた検討方向性の修正

■ 初回現地調査を受けての方針再検討

- 当初検討した範囲から、高炉に関連したより広い環境関連ビジネスへの関心が広がった。具体的には、副産物のオフテイクビジネスに加え、省エネルギー・省CO₂技術導入への高い期待が確認された。これを踏まえ、情報収集の範囲を拡大し、**次年度における事業化の可能性について検討を行った。**
- 政府関係機関は総じて本マスタープランに高い期待を示している一方、高炉事業者においては、一定のCOG処理対策が講じられているため、これらのレベルアップ及び、高炉全般の課題への対応に対象を広げ、事業を検討する。

■ ビジョン・ゴールの再設定

本事業は、COG処理に伴い発生する副産物、特に硫安を活用し、**我が国における硫安の安定的な輸入体制の構築を通じ、肥料分野におけるサプライチェーン強靱化に貢献**することを最上位のビジョンとする。

- その実現に向け、**硫安の高付加価値化**を図るため、大粒化(クリスタル化)装置の導入を検討し、これを軸としたオフテイク・ビジネスモデルの構築を目指す。
- さらに、我が国における硫安の安定的供給の維持に向けては、トルコの化学産業による硫安生産を通じた量的確保の可能性、ならびに東南アジアやインド等への本事業の波及効果について検討する。

1. 事業概要

実施スケジュール

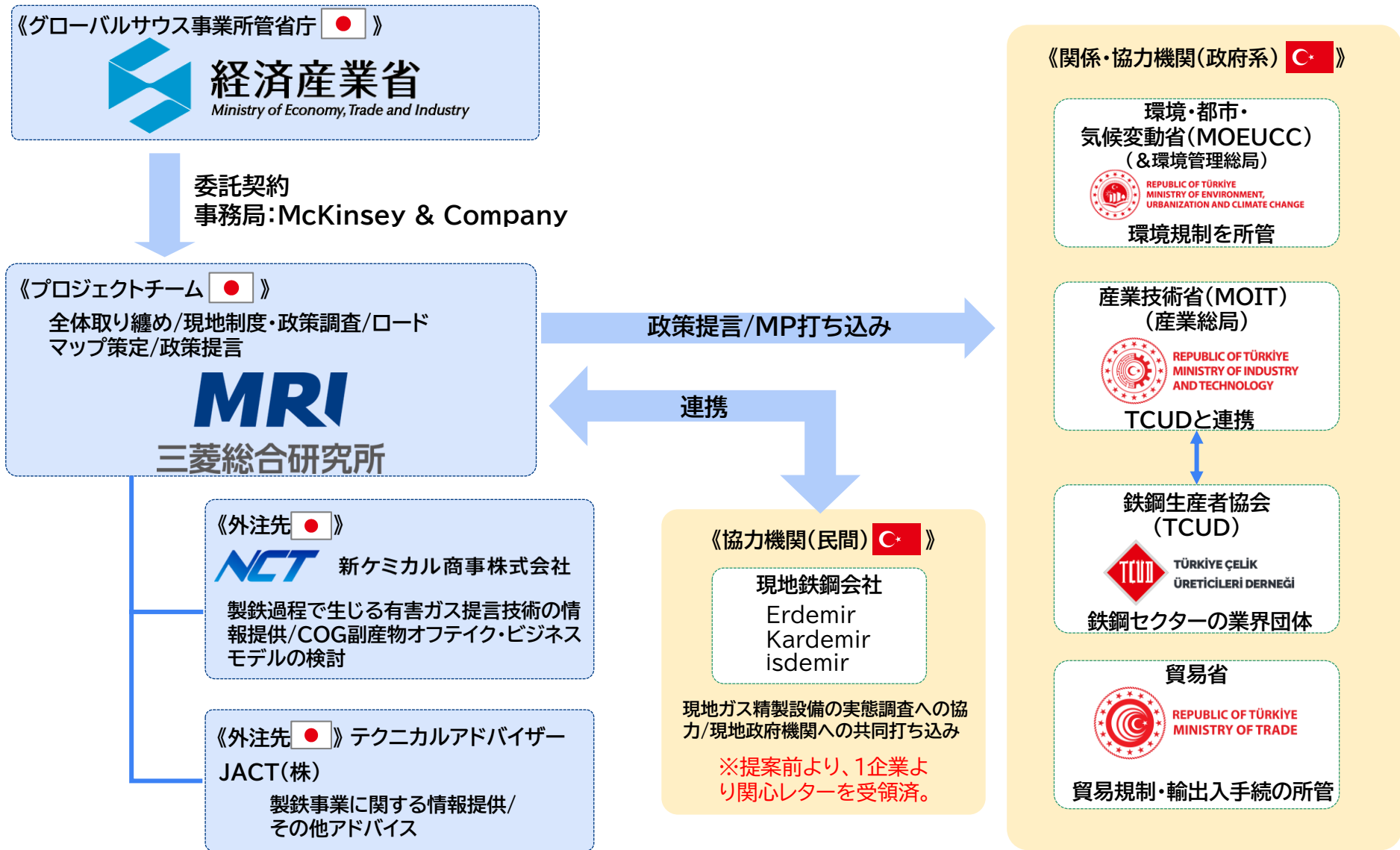
- 本調査は4つのフェーズを段階的に実施した。中東情勢等の影響により渡航計画が当初予定から後ろ倒しとなるなどの変更が生じたが、オンラインでのヒアリングや国内の技術メーカーへのヒアリングを併用することで、マスタープラン策定に必要な情報収集を効率的に行った。

| | 2025 | | | | | | | | 2026 | |
|---|------|---|---|---|---|----|----|----|------|---|
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 |
| ①机上調査・ヒアリング | | | | | | | | | | |
| A. トルコ鉄鋼業界におけるCOG精製の現状・ニーズ把握 | | | | | | | | | | |
| B. COG由来の有毒ガス排出規制(トルコ・EU)の現状調査、将来予測 | | | | | | | | | | |
| C. COG精製、副産物技術の需要とに日本企業の競争優位性 | | | | | | | | | | |
| D. 副産物(硫安、タールを含む)の潜在量と日本での需要 | | | | | | | | | | |
| 現地調査 | | | | ▲ | | | | ▲ | | |
| ②仮説策定 | | | | | | | | | | |
| 有望なCOG副産物オフテイク・ビジネスモデルの検討・評価 | | | | | | | | | | |
| COG副産物オフテイク・ビジネスモデルに必要なサプライチェーン | | | | | | | | | | |
| COG精製・副産物生産促進に必要な規制体制 及びその施行に向けた整備方針 | | | | | | | | | | |
| 他国への展開計画 | | | | | | | | | | |
| マイルストーン、ステークホルダー連携、モニタリング計画 | | | | | | | | | | |
| ③意見収集 | | | | | | | | | | |
| ステークホルダーへの提案 | | | | | | | | | | |
| 現地調査 | | | | ▲ | | | | ▲ | | |
| ④マスタープランの策定 | | | | | | | | | | |
| 仮説のブラッシュアップ | | | | | | | | | | |
| ①②③を踏まえたマスタープランの最終化 | | | | | | | | | | |
| 報告 | | | | | | | | | | |

出所:三菱総合研究所作成。

1. 事業概要

事業実施体制図



出所:三菱総合研究所作成。

2. マスタープラン

2. マスタープラン

マスタープランの全体像

- 本マスタープランの全体像を下図に示す。

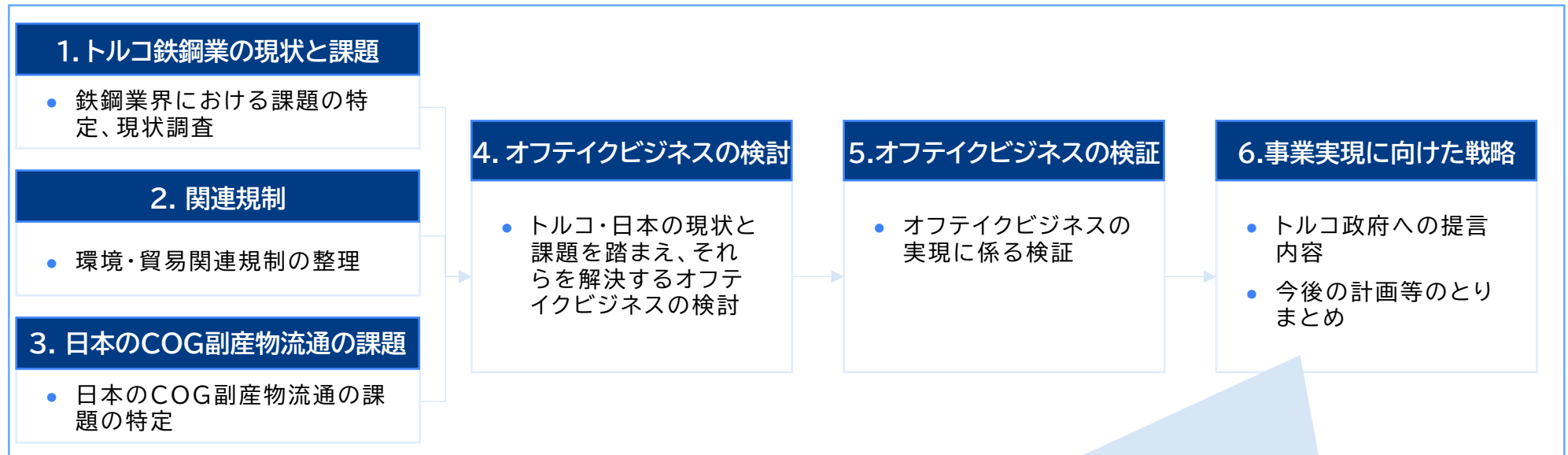


● トルコ鉄鋼業におけるCOG副産物オフテイク・ビジネスモデル構築に資するマスタープラン(全体像)

目的

トルコ鉄鋼業におけるCOG副産物を対象に、日本へのオフテイクを含む事業モデル構築に向けた課題を抽出するとともに、相手国政府との政策対話・提案につなげる。

構成



提言内容

有害物質排出規制の強化

省エネ・省CO2技術導入支援

新規技術の評価推進

副産物の輸出货量に関する政策対話

出所:三菱総合研究所作成。

2-1. トルコ鉄鋼業の現状と課題

2-1. トルコ鉄鋼業の現状と課題

トルコの鉄鋼業界概況

- トルコは、アジアとヨーロッパの間に位置し、人口約85百万人、面積78万平方キロメートル(日本の約2倍)の国である。GDPは世界19位、OECD加盟国でG20参加国でもある。
- 工業は自動車部品、エンジン、家電製品、繊維等を生産しており、総人口の20%が従事者であるとされる農業はオリーブやアプリコット等を生産している。鉱物資源の多さは世界10位であり、褐炭や金が採掘される。観光でも注目される国であり、年間50百万人の観光客が訪れる。2023年には、日本-トルコ国交樹立100年を迎えるなど、歴史的にも親日国といわれている。
- 鉄鋼業に目を向けると、トルコには大手高炉メーカー(ISDERMIR社、ERDEMIR社、KADEMIR社)が存在する。粗鋼生産量は33百万t~40百万tで推移しており、粗鋼生産世界第7位の製鉄国である。高炉メーカー以外には、電気炉メーカーが多く、電炉は28カ所あり、誘導加熱炉も11カ所存在するなど、当該地域の鉄鋼産業における中心国である。

トルコ粗鋼生産推移

| 年 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-----------------|------|------|------|------|------|
| 粗鋼生産量 (百万トン) | 33.7 | 35.8 | 40.0 | 35.1 | 33.7 |

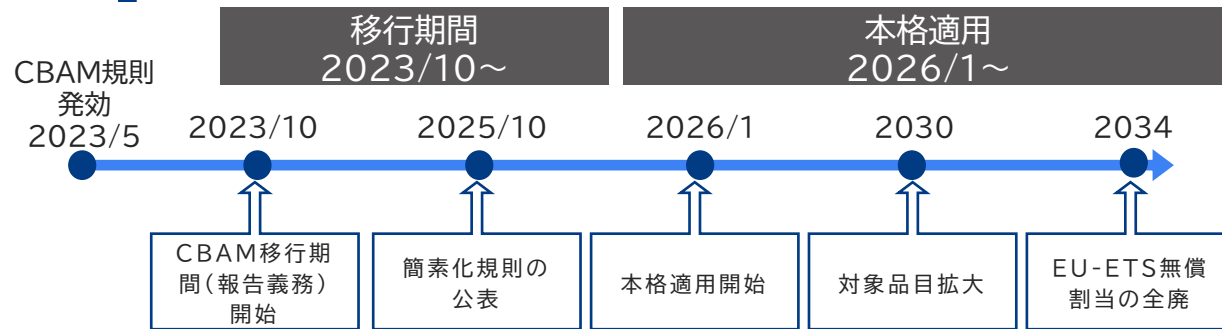
出所: World Steep Associationのホームページ等をもとにJACT独自調査。

2-1. トルコ鉄鋼業の現状と課題

脱炭素社会における鉄鋼業への要請

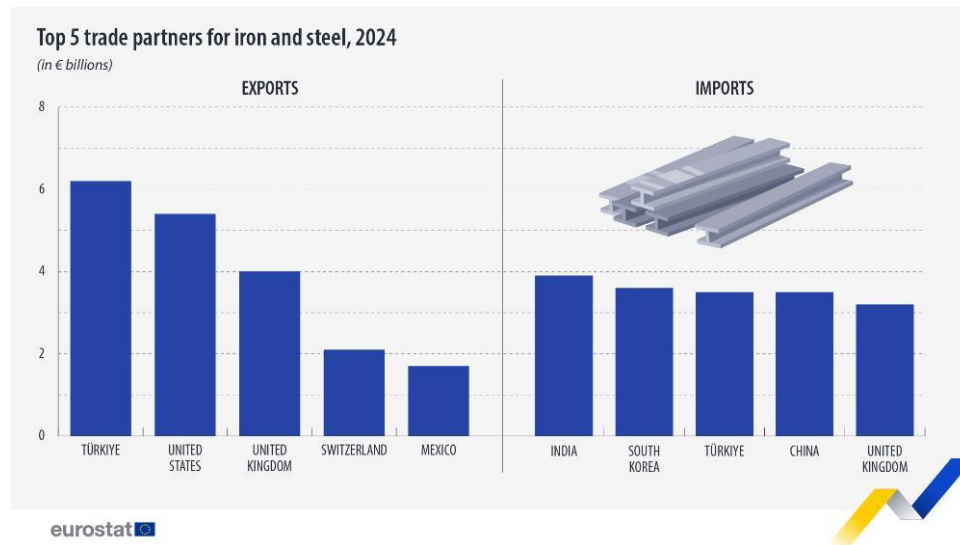
- 世界的な脱炭素に向けた潮流の中で、多排出産業である鉄鋼業への圧力が強まっている。
- とりわけ、トルコ鉄鋼の主要輸出先であるEUでは、炭素国境調整メカニズム(Carbon Border Adjustment Mechanism、以下「CBAM」)の本格化(2026年)やEU ETS無償割当の段階的縮小(~2034年)を背景に、排出量データの整備及び低炭素化投資が、EU市場へのアクセス条件となりつつある。

CBAM規則 主要なタイムライン



出所: 欧州委員会(Directorate-General for Taxation and Customs Union) (n.d.) "Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM)", https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en (閲覧日:2026年1月21日)より三菱総合研究所作成。

EUの鉄鋼貿易相手上位国(2024)

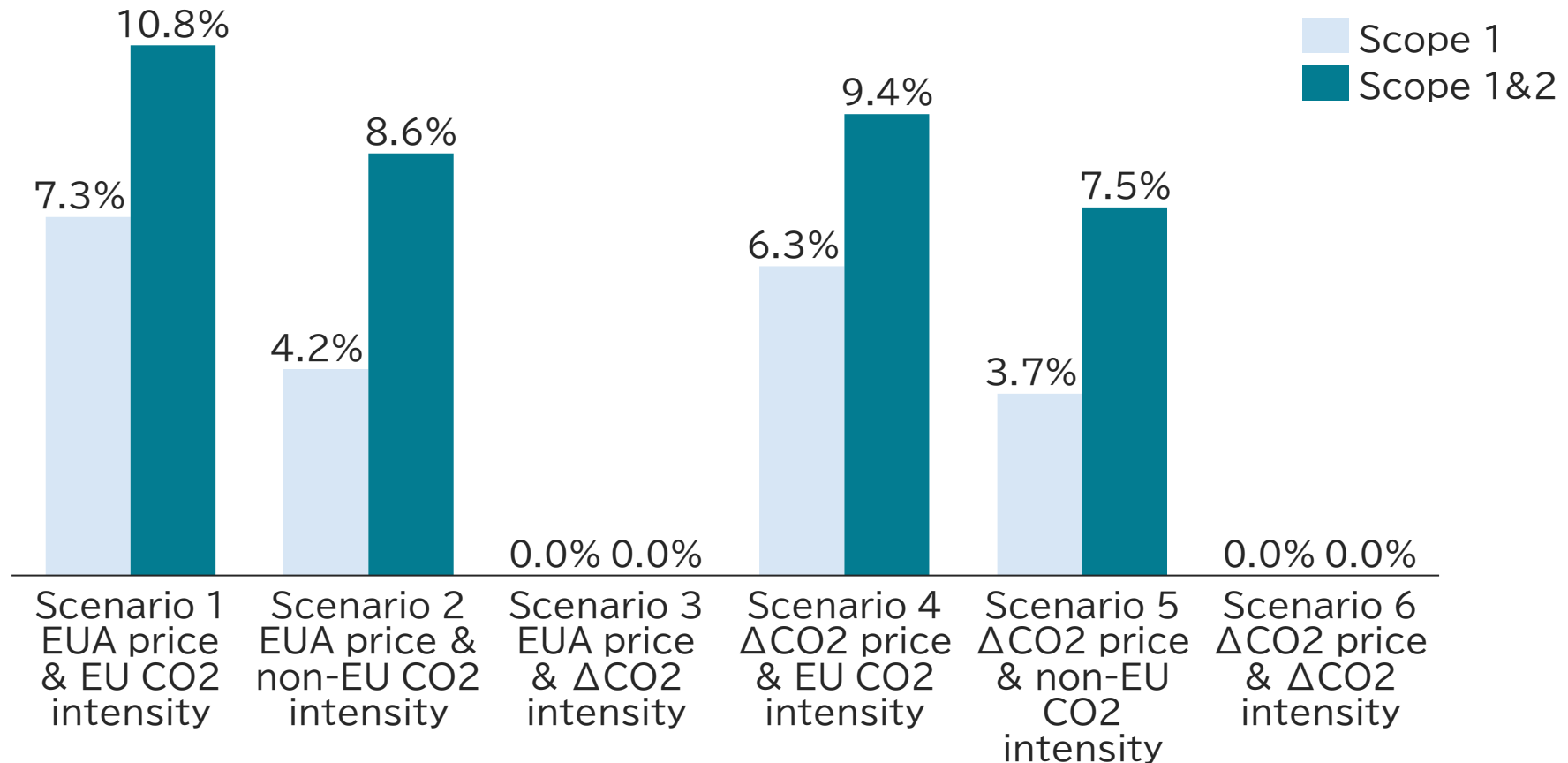


出所: 欧州統計局(Eurostat)(2025年3月12日) "EU exported €77.8 billion worth of iron and steel in 2024", <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20250312-2en> (閲覧日: 2026年1月21日)

CBAM対応に伴うトルコ鉄鋼業界の課題

- ERCST(2021)の分析によると、2026年以降、EU向けの鉄鋼輸出にはCBAM対応が求められる。本図はトルコの鉄鋼輸出を対象に、CBAM負担(支払額/現行価格)が競争力に与える影響をシナリオ別に示したものであり、前提条件によっては最大で約10.8%(Scope 1+2)の競争力低下が見込まれる。

CBAMがトルコ鉄鋼の価格競争力に与える影響(シナリオ比較)



出所: Roundtable on Climate Change and Sustainable Transition (ERCST) (2021) "Implications of EU Carbon Border Adjustment Mechanism for Turkey", https://www.ercst.org/wp-content/uploads/2021/07/20210709_Turkey_CBAM-draft-results.v2_clean.pdf (閲覧日: 2025年11月10日)より三菱総合研究所作成。

2-1. トルコ鉄鋼業の現状と課題

国際的な高炉の位置づけ

- 粗鋼生産ベースで高炉(BF-BOF)の比率は世界全体の71.1%を占め、世界的には依然として高炉が主流。
- 高炉は脱炭素社会においても、高品質鋼・大量供給という構造的強みを背景に、低炭素化を前提として重要な役割を担い続ける。

プロセス上の特徴比較

| | 高炉法 BF-BOF | 電炉法 EAF |
|--------------------|-------------------------|--------------------|
| 主原料 | 鉄鉱石+コークス | 鉄スクラップ |
| エネルギー源 | 化石燃料中心 | 電力中心 |
| 生産規模 | 大規模 | 小～中規模 |
| 操業性 | 連続操業必須(需要変動対応力が低い) | 非連続操業可(需要変動対応力が高い) |
| CO ₂ 排出 | 多い | 相対的に少ない(電源依存) |
| 製品適性 | 高級鋼・高品質鋼・厚板の安定生産 | 一般鋼・棒鋼・形鋼に強い |
| 原料制約 | 一次資源ベースで供給制約が比較的小さい | 良質スクラップの量・品質に左右 |
| 大量供給能力 | インフラ・自動車等向けの大量・安定供給に優れる | 大量供給には拠点分散が必要 |
| 脱炭素対応の方向性 | 水素還元・CCUS等による低炭素化が想定される | 再エネ電力・DRI活用 |

注:

高炉-転炉(BF-BOF)は鉄鉱石を高炉で還元して銑鉄を製造し、転炉で粗鋼にする方式。コークス炉が不可欠。

電炉(EAF)は主にスクラップ鉄や直接還元鉄を電力で溶解し直接粗鋼を製造する方式。

出所: World Steel Association (2024) "2024 World Steel in Figures", <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/World-Steel-in-Figures-2024.pdf>Nucor Corporation (n.d.) "How to Make Steel: Blast Furnace Vs. Electric Arc Furnace.", <https://nucor.com/newsroom/how-to-make-steel-blast-furnace-vs-electric-arc-furnace> (閲覧日:2026年1月21日)及び専門家ヒアリングを基に三菱総合研究所作成。

2-1. トルコ鉄鋼業の現状と課題

トルコ国内における高炉の位置づけ

- トルコの粗鋼生産はすでに約7割が電炉であり、EBRDによる野心的な脱炭素シナリオでは2053年に83.4% (57.63Mt)へ拡大する見通し。一方で高炉の生産量は一定水準を維持する想定。
- トルコはEUや周辺国への特に高品質鋼材の供給拠点として重要であることを現地調査で確認済。鉄鋼業の脱炭素トランジションにおいては電炉拡大と並び高炉プロセスの脱炭素化が不可欠となる。

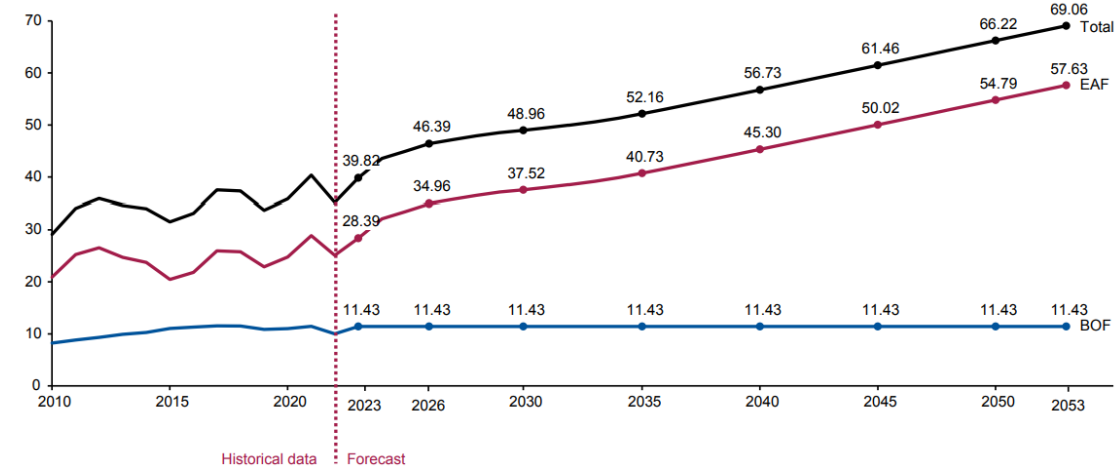
製造プロセス別粗鋼生産量(2023年)

| 国 | 粗鋼生産量 (百万t) | 高炉法 BF-BOF (%) | 電炉法 EAF (%) |
|------|----------------|----------------------|----------------|
| 日本 | 87.0 | 73.8 | 26.2 |
| トルコ | 33.7 | 28.4 | 71.6 |
| 中国 | 1,019.1 | 90.1 | 9.9 |
| 韓国 | 66.7 | 70.5 | 29.5 |
| ドイツ | 35.4 | 72.3 | 27.7 |
| アメリカ | 81.4 | 31.7 | 68.3 |

出所: World Steel Association (2024) “2024 World Steel in Figures”, <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/World-Steel-in-Figures-2024.pdf> (閲覧日:2025年11月10日)より三菱総合研究所作成。

Low Carbon Pathwayシナリオにおける
製造プロセス別粗鋼生産量将来予測(2023年)

Figure 24. Production Forecast by Production Routes in LCP Scenario (Million Tonnes)



出所: EBRD (2023) “A Low Carbon Pathway for the Steel Sector in the Republic of Türkiye”, https://www.ebrd.com/content/dam/ebrd_dxp/assets/pdfs/green-economy-transition/low-carbon-pathways/Steel%20Sector%20in%20Turkey.pdf (閲覧日:2025年11月10日)

2-2. 関連規制

2-2. 関連規制

産業排出管理に関する規則

- トルコは2021年にGreen Deal Action Planを公表し、EU基準への制度整合を段階的に進めている。2025年12月に施行された「産業排出管理に関する規制(*Endüstriyel Emisyonların Yönetimi Yönetmeliği*)」は、EUの産業排出指令(Industrial Emissions Directive, IED)に整合した枠組みとして、従来の排出規制を統合・高度化するものである。
- 本規則では、SYD制度(*Sanayide Yeşil Dönüşüm*, 産業のグリーントランスフォーメーション)が導入され、規制は単なる「遵守義務」から、産業施設の環境性能を評価・可視化し、政策・投資判断に活用される制度になった。

SYD制度における規則思想の転換

| | 従来の排出規制の考え方 | SYDにおける考え方 |
|-------|---|---|
| 規制の目的 | <ul style="list-style-type: none"> 事業者に対し、排出基準を最低限遵守させる。 | <ul style="list-style-type: none"> 産業施設の環境性能を継続的に引き上げる。 |
| 規制の構造 | <ul style="list-style-type: none"> 排出基準を守る・違反するという二元的管理。 | <ul style="list-style-type: none"> 排出基準の順守に加え、資源・エネルギー利用やBAT適用状況も含め、施設全体を横断的に評価する構造。 |
| 評価方法 | <ul style="list-style-type: none"> 排出基準値の超過有無。 | <ul style="list-style-type: none"> EU基準を100点としたスコアリング評価。 |
| 結果の扱い | <ul style="list-style-type: none"> 違反時に罰則。 | <ul style="list-style-type: none"> 評価結果はA～Fの6段階で格付けされ、SYD証明書(<i>SYD belgesi</i>)*として制度化・可視化される。 |
| 政策的役割 | <ul style="list-style-type: none"> 環境規制に限定。 | <ul style="list-style-type: none"> 規制手段にとどまらず、環境対応の進捗を可視化することで、環境政策・産業政策の立案や、将来的な投資・金融判断の基礎情報として活用される制度基盤。 |

*経過措置: 2028年末までに50点以上(Fランク)、2030年末までに70点以上(Dランク)の取得を義務付け。違反時は2872号環境法第20条に基づき、証明取消・行政罰(罰金・操業停止・是正命令)などが適用。

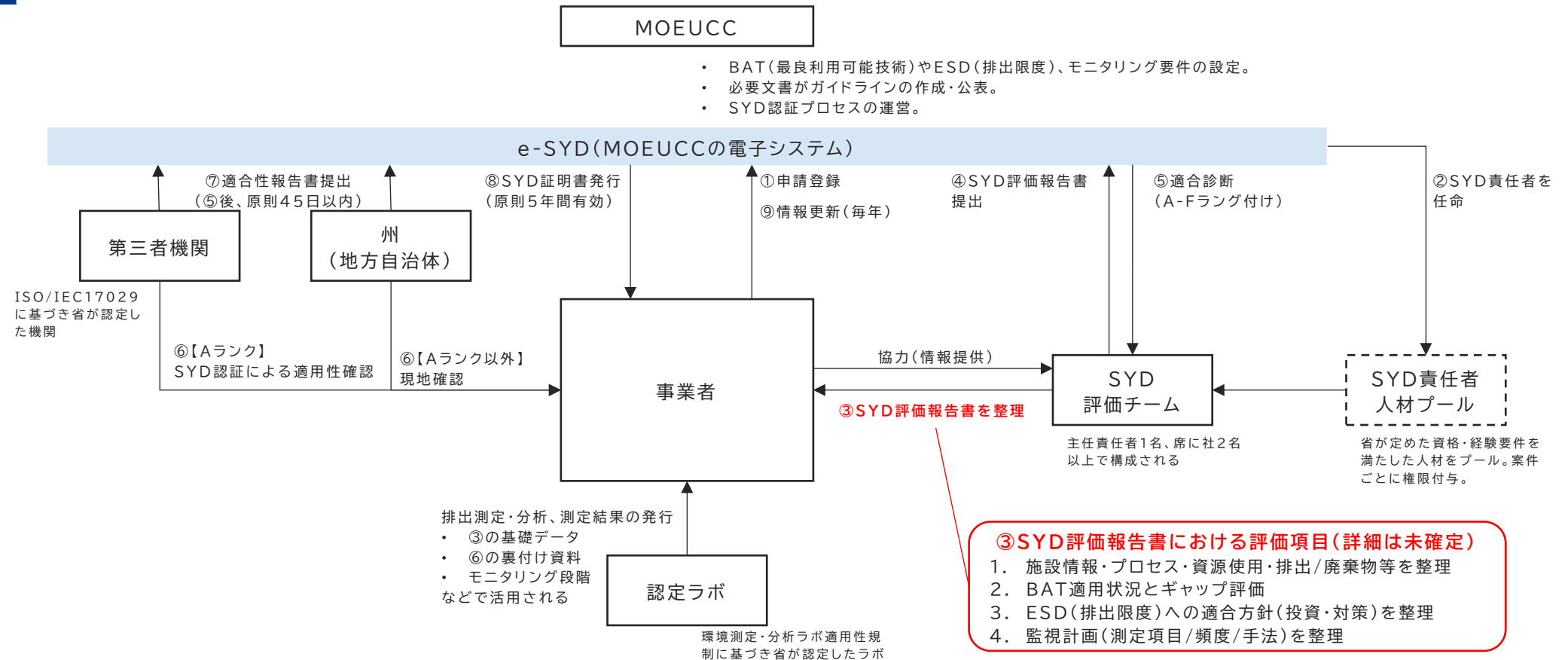
出所: 環境・都市気候変動省(MOEUCC)(2025)「産業排出管理に関する規制」, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2025/01/20250114-1.htm> (閲覧日: 2026年1月27日)より三菱総合研究所作成。

2-2. 関連規制

産業排出管理に関する規則

- SYD評価報告書には、排出限度適合方針や監視計画が整理される。排出限度値の具体的数値やモニタリング要件、SYDスコアリングの採点ルールや重みなど、SYD評価報告書の前提となる評価スコアリング基準や運用ルールの詳細は、2026年初頭時点では未確定要素が多い。

「産業排出管理に関する規則」で定められたSYD認証発行までのフローと管理体制



出所: TOBB(トルコ商工会議所連合会)(2025)“産業排出物管理に関する規則”, <https://pto.org.tr/uploads/files/End%C3%BCstriyel%20Emisyonlar%C4%B1n%20Y%C3%B6netimi%20Y%C3%B6netmeli%C4%9Fi.pdf> (閲覧日:2026年1月27日)

環境・都市気候変動省(MOEUCC)(2025)“産業排出管理に関する規制”, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2025/01/20250114-1.htm> (閲覧日:2026年1月27日)

環境・都市気候変動省(MOEUCC)(n.d.)“産業におけるグリーントランスフォーメーション”, <https://syd.csb.gov.tr/> (閲覧日:2026年1月27日)より三菱総合研究所作成。

Copyright © Mitsubishi Research Institute

2-2. 関連規制

産業排出管理に関する規則

- 環境改善に対する取組として、3社はいずれもダスト対策を中心に設備投資を進めているが、SO_x, NO_xの具体的な削減方針や削減実績は明示されていない。
- 高炉においては、老朽設備に旧基準が適用され続け、設備更新が進んでいない事例が存在することがトルコ大統領府投資局日本支部へのヒアリングで判明した。OECDは、環境法の執行が行政罰金に依存していることや検査の実効性に課題がある可能性を指摘している。制度整備は進展している一方、企業排出情報の非公開など透明性の不足もみられる。「産業排出管理に関する規則」では、運用段階において、各製鉄所における排出基準の確実な遵守に向けた監督・執行強化が重要となる。

トルコ鉄鋼業界の環境政策対応

| | ERDEMIR製鉄所 *OYAKグループ | isdemir製鉄所 *OYAKグループ | KARDEMIR製鉄所 |
|------|---|-------------------------|--|
| 公害政策 | < 環境性能向上に向けた戦略的投資 > ・ 第4コークス炉・副産物設備の稼働開始を公表。集じんフィルター等の導入を通じて環境性能の向上を図っている。 | | < 環境投資 > ・ 2024年サステナビリティ報告では、粉じん抑制・回収を含む環境投資が、2019-2024年で計\$50million規模実施されたことが報告された。 |

出所: OYAK (2025年5月23日) "Erdemir and isdemir launch strategic investments", <https://www.oyak.com.tr/en/oyak-companies/company-news/erdemir-and-isdemir-launch-strategic-investments> (閲覧日:2026年2月12日)

TURKISH STEEL PRODUCERS ASSOCIATION (2025年10月16日) "Kardemir's 2024 Sustainability Report Published", <https://celik.org.tr/en/members/news/kardemir-s-2024-sustainability-report-published> (閲覧日:2026年2月12日)

OECD (2019) "OECD Environmental Performance Reviews – Turkey Highlights 2019", <https://www.ccift.com/fileadmin/cru-1610700861/turquie/docs/Highlights-Turkey-2019-ENGLISH-WEB.pdf> (閲覧日:2026年2月12日)

2-2. 関連規制

輸出関連規制の概要

- トルコにおける化学品・副産物の輸出管理は、貿易省(Ministry of Trade:MoT)が所管しており、輸出制度全体は輸出制度規則(Export Regime Decree)及び関連規則に基づき運用されている。
- 原則として輸出は自由とされているものの、**公共安全、環境保護、国内需給の安定、国際協定の遵守等の観点から、法律・政令に基づき特定品目について禁止または制限が課される場合がある。**
- 化学品や副産物については、環境・化学品規制を所管する他省庁との連携の下で制度運用が行われており、最終的な輸出可否の判断及び輸出手続の統括は貿易省が担っている。
- 本調査で対象とするトルコ鉄鋼業由来の副産物についても、原則として同様の輸出制度の枠組みの下で取り扱われる。

MOTが管轄する主な制度

- ◆ 輸出制度の枠組み
 - ✓ 輸出制度規則(Export Regime Decree)
 - ✓ 輸出制度実施規則(Export Regulation)
- ◆ 管理手法
 - ✓ HSコードに基づく品目管理
 - ✓ 一部化学品・肥料等は輸出許可・事前承認の対象

出所: トルコ共和国 貿易省(Ministry of Trade)<https://www.trade.gov.tr>
輸出制度/Legislation - Export <https://www.trade.gov.tr/legislation/export>
(いずれも閲覧日:2026年2月9日)より三菱総合研究所作成。

2-2. 関連規制

ステークホルダー整理 —MOEUCC—

- トルコでは、環境・都市化・気候変動省(MOEUCC)が環境法に基づき、環境規制を制定・施行。MOEUCCの下部組織である環境管理総局(GDEM)大気管理部門の中でも、産業大気汚染防止部(Industrial Air Pollution Prevention Division)が本事業との関連性が高い部門と位置付けられる。

GDEMの大気管理部門の構成



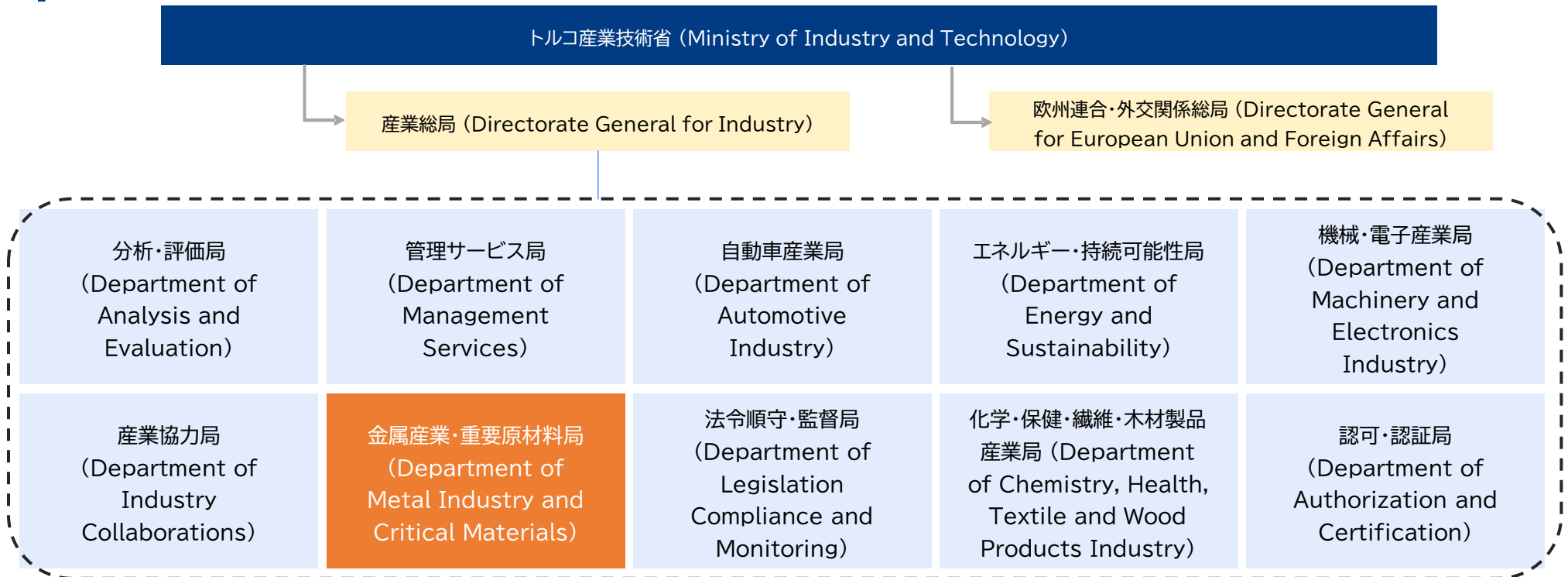
出所: World Bank (2019) "Turkey Support to Local Air Quality Management", <https://documents1.worldbank.org/curated/en/250441562586978948/pdf/Turkey-Support-to-Local-Air-Quality-Management-in-Turkey-Diagnostic-Analysis-of-Local-Air-Quality-Management-Practices-Pilot-Case-Kayseri-Province.pdf> 19ページ(閲覧日:2026年1月27日)より三菱総合研究所作成。

2-2. 関連規制

ステークホルダー整理 —MOIT—

- トルコでは、産業技術省 (Ministry of Industry and Technology) が産業政策全般及び産業の競争力強化・技術導入を所管している。鉄鋼業については、同省の産業総局傘下にある金属産業・重要原材料局が、産業構造、投資動向、技術高度化の観点から所管している。
- 産業技術省 (MOIT) は脱炭素技術導入を支援するため、トルコ脱炭素技術プラットフォーム (TIDIP) を設立。世界銀行やEBRDが参加している。

MOITの組織図



出所: 産業技術省(2026年)“組織図”, <https://www.sanayi.gov.tr/kurumsal/teskilat-semasi> (閲覧日:2026年1月27日)
 経済技術省(n.d.)“組織”, <https://www.sanayi.gov.tr/merkez-birimi/6f188a931f68/teskilat> (閲覧日:2026年1月27日)より三菱総合研究所作成。

2-2. 関連規制

ステークホルダー整理 —MOT—

- トルコでは、貿易省(Ministry of Trade)は貿易収支の改善を掲げ、貿易政策、輸出入管理、関税・市場監視、ならびにEUとの通商関係を所管している。
- 渡航においては、在日トルコ大使館より国際協定・EU総局を紹介いただき、傘下のトルコ輸出業者協会(Türkiye Exporters Assembly, TiM)との面談では、硫安の輸出入規制についてヒアリングを実施した。MOTでは、毎年硫安の国内需要量見通しを踏まえて、輸出上限量を設定していることから、輸出総局が本事業との関連性が高い総局と位置付けられる。

MOTの組織図

トルコ貿易省 (Ministry of Trade)



出所: 貿易省(2025年)“組織図”, <https://www.trade.gov.tr/about-ministry/organizational-structure> (閲覧日:2026年1月27日)より三菱総合研究所作成。

2-3. 日本のCOG副産物流通の課題

2-3. 日本のCOG副産物流通の課題

日本における副産物(タール/BTX)の流通状況

- COGからは肥料原料の硫安だけでなく、コールタールやBTXなどの化学原料も副産物として得られる。
- 2023年はコールタールやBTXの生産量が縮小し、需要減少を上回る供給減が見られる品目もあることから、**国内供給だけでは不足し一部は輸入で補う必要が生じうる。**

日本国内におけるタール製品の生産量及び需要量

単位:千トン

| 品目 | 2022 | | 2023 | |
|-----------------------|--------|-------------|-------|-------------|
| | 生産 | 需要 | 生産 | 需要 |
| コールタール 需要:蒸留 | 1018.3 | 1083.8 | 941.7 | 995.0 |
| ピッチ 需要:電極、コークス | 166.9 | 170.5 | 145.8 | 156.2 |
| ナフタレン 需要:カーボンブラック等 | 131.9 | 132.1 ※1 | 121.2 | 129.0 ※2 |
| クレオソート 需要:フタル酸等 | 660.0 | 647.9 | 604.8 | 624.2 |

※1:内訳:内需103.7、輸出28.4

※2:内訳:内需100.3、輸出28.7

出所:一般財団法人日本芳香族工業会(2024)「タール製品需給」, [http://www.jaia-aroma.com/img/tar\(1-12\)2023.pdf](http://www.jaia-aroma.com/img/tar(1-12)2023.pdf) (閲覧日:2026年1月23日)より三菱総合研究所作成。

日本国内におけるBTXの生産量及び需要量

単位:千トン

| 品目 | 2022 | | | 2023 | | |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 生産 | 需要 | | 生産 | 需要 | |
| | | 内需 | 輸出 | | 内需 | 輸出 |
| ベンゼン | 3085.8 | 2620.8 | 532.8 | 2893.6 | 2315.1 | 609.0 |
| トルエン | 1424.0 | 1103.9 | 332.8 | 1215.8 | 829.3 | 37.5 |
| キシレン | 4847.6 | 3491.4 | 1371.5 | 4511.7 | 3241.9 | 1255.4 |

出所:一般財団法人日本芳香族工業会(2024)「2023年1-12月 BTX実績」, [http://www.jaia-aroma.com/img/btxjitu\(1-12\)2023.pdf](http://www.jaia-aroma.com/img/btxjitu(1-12)2023.pdf) (閲覧日:2026年1月23日)より三菱総合研究所作成。

2-3. 日本のCOG副産物流通の課題

中国に硫安輸入を依存する価格変動リスク

- 2021年には、中国において尿素が法定検査の強化等により輸出規制の対象となった結果、尿素の代替として硫安の輸出量が急増し、硫安の輸出価格が一時的に上昇する事例が見られた。
- このような事例を踏まえると、**硫安は尿素の輸出規制や需給動向の変化に影響を受けやすい品目であり、安定的な供給を確保する観点からは、輸入先の多様化が重要**である。

2020～2023年
中国硫安輸出FOB価格の変動(中国税関データより)



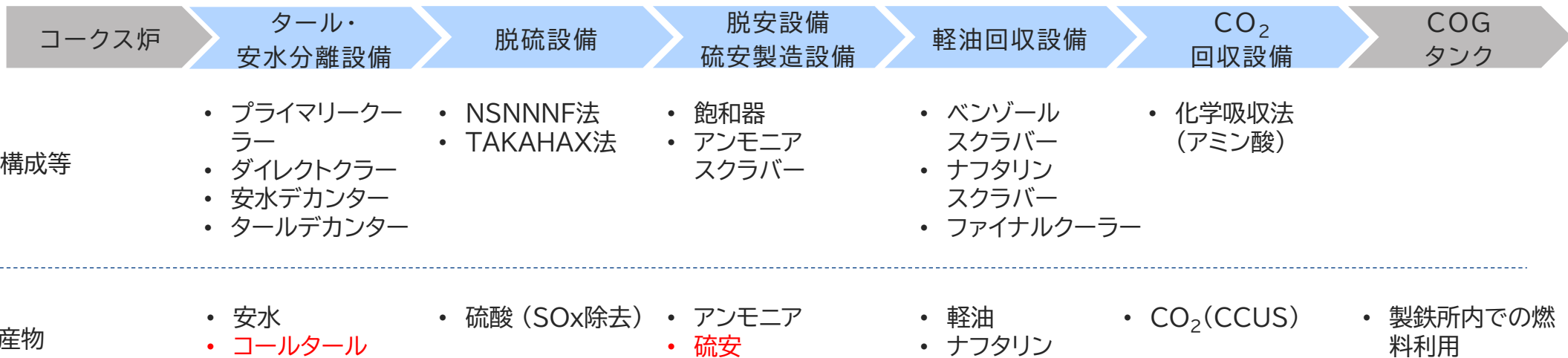
2-4. オフテイクビジネスの検討

2-4. オフテイクビジネスの検討

導入する技術の概要

- 本邦企業は、各コークスガス精製プロセスにおいて、世界水準の多くの技術を擁する。「製鉄所のコークス炉から発生する有害ガス排出量削減と副産物オフテイク・ビジネスモデル構築」に資するマスタープランの策定により、こうした環境改善技術の導入拡大効果が期待される。
- 環境改善、省エネ・省CO₂技術は、COG精製プロセスごとに開発が進んでおり、特に調査団等が有する副産物回収技術は、気候変動対策の最重要課題として注目される。
- 高炉事業者によって、COG処理設備の導入や副産物の利用が実施されていることが確認されたが、施設の老朽化や副産物の高付加価値化の可能性があり、本プランで提言する。

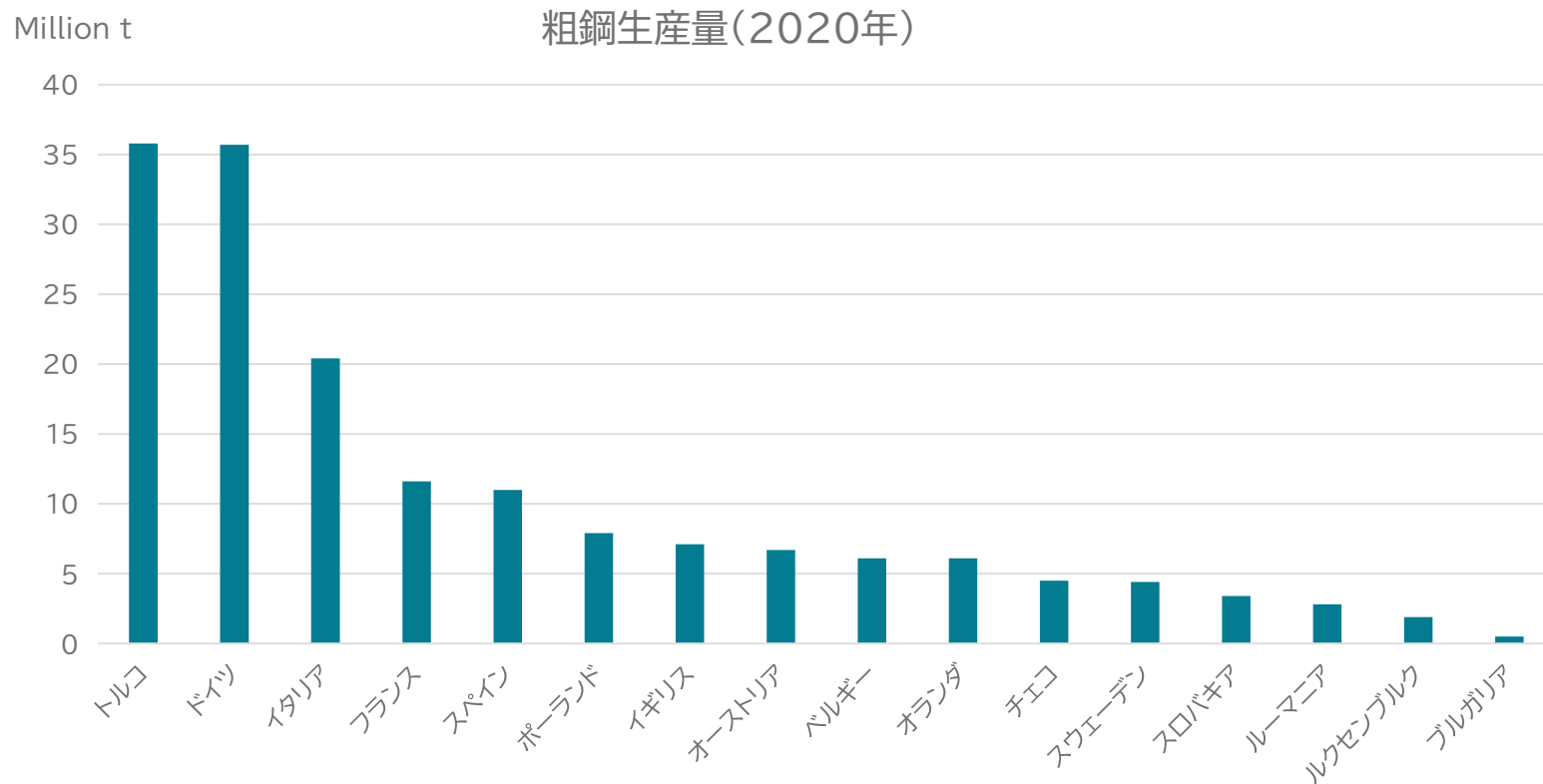
COG処理プロセス



日本・欧州主要国のCOG回収・精製技術開発動向-1/2

- 欧州主要国における粗鋼生産量は以下の通り。トルコは当該地域において粗鋼生産量が最も多い重要国である。
- トルコ以外の欧州主要国におけるCOG回収・精製技術の技術開発動向を把握するため、トルコを除いた上位5か国を対象に調査をおこなった。

欧州主要国における粗鋼生産量



出所: 日本製鉄株式会社(n.d.) “主要国の粗鋼生産量”, <https://www.nipponsteel.com/factbook/13-02.html> (閲覧日: 2026年2月5日)を参考に三菱総合研究所作成。

2-4. オフテイクビジネスの検討

日本・欧州主要国のCOG回収・精製技術開発動向-2/2

- 石炭・燃料代替技術や、H₂やCO₂を高効率で回収し、副産物を精製する技術開発が多く行われている。
- 一方、水素を回収するとCOGの熱量が下がる。水素の用途が限定的なトルコでは、水素を回収しない状態でCOGを活用することが合理的と考えられる。

各国における主なCOG回収・精製技術開発

| 国名 | テーマ | 技術開発の概要 | プロジェクト名等 |
|-------|-----------------------------|---|---|
| 日本 | COG改質による水素増幅と高炉還元剤化 | COGに含まれるメタン・タール等を改質し、水素濃度を高めた還元性ガスを製鉄に利用する技術。併せて高炉ガスからのCO ₂ の分離・回収も行い、高炉法による一貫製鉄所のCO ₂ 発生量を抜本的に削減する。 | 環境調和型製鉄プロセス技術開発 |
| | COGからのCO ₂ 回収・利用 | COGからCO ₂ を回収し、炭素材(カーボンナノファイバー等)を製造する技術。 | CCVD技術によるCO ₂ からの炭素材製造技術開発事業 |
| ドイツ | COGからのアンモニア・メタノール合成 | COG・高炉ガスに含まれるCO ₂ を回収・浄化し、アルカリ水電解プロセスで生産されるグリーン水素と組み合わせてアンモニアやメタノールなどの化学原料に転換し、CO ₂ を間接的に削減するもの。 | Carbon2Chem Research Project |
| | COGの高炉への吹込みによる追加還元剤の利用 | H ₂ を多く含むCOGを圧縮し、高炉に直接または天然ガスと混合して吹き込む設備を導入することで還元剤を代替し、CO ₂ の排出を削減する。設備は竣工し、パイロット実証中。 | - |
| イタリア | - | 電炉を多く有するため、先進的なCOG回収・精製技術開発は実施されていない。 | - |
| フランス | 高炉ガスからのCCUS | アルセロール・ミッタルのダンケルク工場にDMXパイロットプラントを建設し、実証。モノエタノールアミン溶液よりも科学的に安定かつ補足能力が高いDM溶媒を用い、純度の高いCO ₂ (99.7%)を回収する。 | 3D Project |
| スペイン | COGの高炉への吹込みによる代替燃料的利用 | COGからナフタレン、アンモニア、硫黄を除去したのちコークス炉に注入。COG1kgあたり約0.65kgまたは0.78kgの石炭が代替される。 | ヒホン製鉄所高炉BへのCOG注入プロジェクト |
| ポーランド | COGからの高純度水素分離 | JSW SAとInstitute of Fuel and Energy TechnologyがCOGから水素を分離する研究施設を建設、パイロットを実施する契約を締結。圧力変動吸着法を用いて燃料電池車両向け規格(ISO14687)を満たす高品質水素を分離回収する。 | - |

出所: NEDO(n.d.)「環境調和型プロセス技術の開発」、https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100050.html, NEDO(2024年3月5日)「『カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発/CO2排出削減・有効利用実用化技術開発(助成)』に係る実施体制の決定について」、https://www.nedo.go.jp/koubo/EV3_100276.html, NEDO(2023年12月5日)「『カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発/CO2排出削減・有効利用実用化技術開発』に係る公募要領(助成事業)」、<https://www.nedo.go.jp/content/100969613.pdf>, 日本コークス工業(2024年3月6日)「当社技術開発中の『CO2からの炭素材製造』に係るNEDOからの助成事業採択に関するお知らせ」、<https://x.gd/Znk8Q>, Thyssenkrupp Website, <https://www.thyssenkrupp-carbon2chem.com/#expertise>, La Metallurgia Italiana (2024) "Start-up and usage of coke oven gas at HKM on our mission to green steel sand CO2 reduction", https://www.aimnet.it/la-metallurgia-italiana/2024/novdic/Aim-novembre-dicembre2024_2.pdf, Acciaierie d'Italia (2022) "2022 Sustainability Report", <https://archivio.lifonti.it/ADI/Sustainability%20Report%20ADI%202022.pdf> Arcelor Mittal Website, <https://corporate.arcelormittal.com/media/news-articles/arcelormittal-asturias-starts-coke-oven-gas-injection-for-blast-furnace-b>, <https://corporate.arcelormittal.com/climate-action/decarbonisation-technologies/the-3d-project-dmx-demonstration-in-Dunkirk>, World Steel Association Website, <https://worldsteel.org/case-studies/environment/arcelormittal-co2-reduction-by-means-of-coke-oven-gas-co-injection-in-blast-furnace/>, JSW Website, <https://www.jsw.pl/en/press-office/news/article/w-koksowni-przyjazn-powstanie-instalacja-badawcza-separacji-wodoru> (閲覧日: 2026年2月5日)より三菱総合研究所作成。

2-4. オフテイクビジネスの検討

ビジョン・ゴール

- トルコ事業者及び政府関係機関との協議に基づき、副産物としての硫安のオフテイクビジネスを主軸とした以下のビジョン及びゴールを設定した。

最上位のビジョンとゴールの設定

ビジョン

COG処理に伴い発生する副産物、特に硫安を活用し、我が国における硫安の安定的な輸入体制の構築を通じ、肥料分野におけるサプライチェーン強靱化に貢献する。

ゴール①

硫安の高付加価値化を図るため、大粒化(クリスタル化)に向けた晶析設備の導入を検討し、これを軸としたオフテイク・ビジネスモデルの構築を目指す。

ゴール②

トルコの化学産業による硫安生産を通じた量的確保の可能性、ならびに東南アジアやインド等への本事業の波及効果について検討する。

ゴール③(Appendix)

省エネルギー・省CO₂分野における日本の貢献として、既存技術(廃プラスチック活用及び乾式消火設備(Coke Dry Quenching: CDQ))の導入検討を補完的に行う。

トルコ製 硫安調達が日本市場にもたらすインパクト

本調査を通じて、トルコにおける硫安調達の推進が、今後の日本市場にもたらす以下のインパクトを確認した。

日本国内の硫安の供給課題である、①硫安が日本の産業にとって重要だが自給できてないこと、②輸入元が中国がメインであり安定供給リスクがあるため、多角化が必要であること、③トルコの硫安の品質が妥当であり代替調達先になることの可能性が、本調査を通じて確認された。

■ 戦略的インパクト

1) 供給リスクの低減・調達先の多角化

- ・ 硫安の供給不安を解消するとともに、調達ルートが多角化を推進する。

2) 第三国からの高品質硫安の確保

- ・ 中国以外の第三国から高品質な硫安を確保することで、中国依存からの脱却を図り、地政学・政策リスクを含む供給リスクの低減する。

3) 安定供給体制の構築

- ・ 継続的かつ信頼性の高い調達先を確立し、中長期的な安定供給体制を構築する。

4) 調達妥当性の確認

- ・ 硫安のサンプルを日本の規格・基準値に照らし評価した結果、トルコ製硫安を日本国内へ持ち込み、流通・販売することについて、品質・安全性の観点から問題がないことを確認した。(2-5-2参照)

2-5. オフテイクビジネスの検証

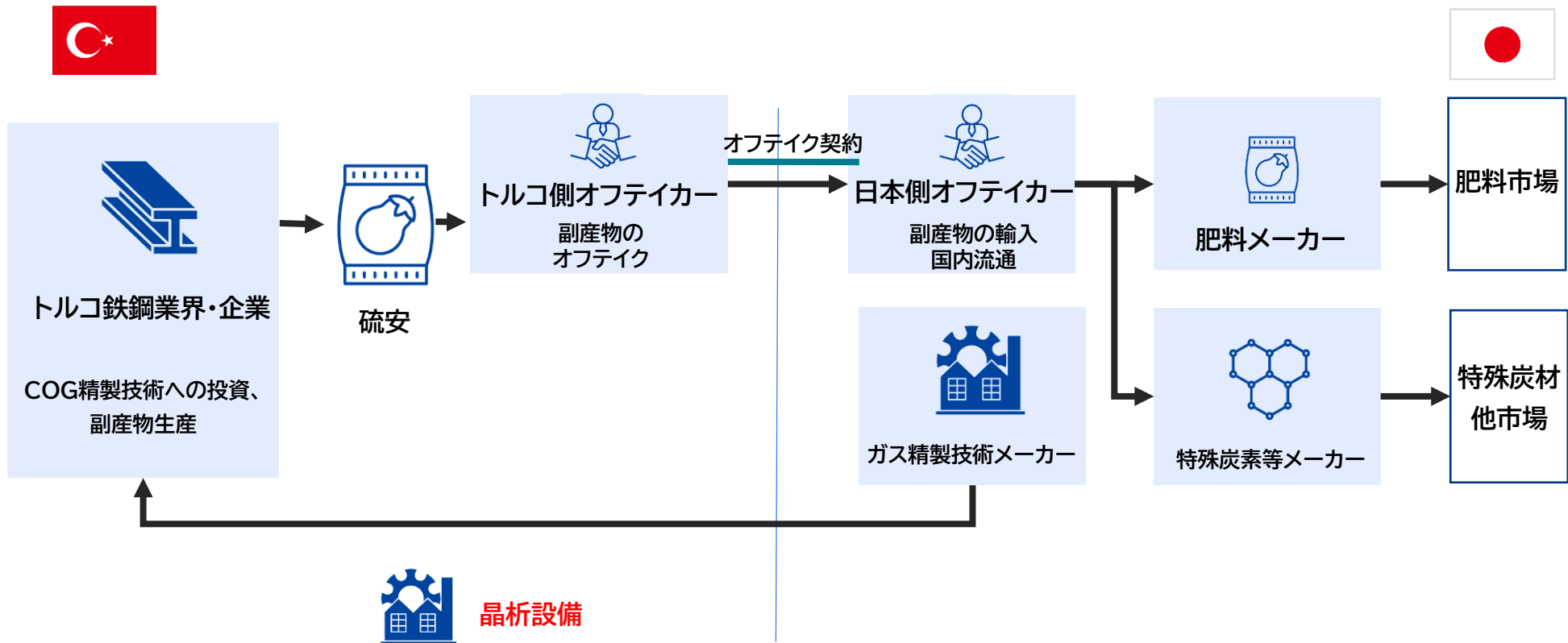
2-5-1. 硫安事業の全体像

2-5-1. 硫安事業の全体像

ビジネスモデル案

- 硫安の高付加価値化事業を推進するにあたり、鉄鋼業界に提案する設備、及び、オフテイクの流れについて下図に整理した。

提案する晶析設備導入と大粒硫安のオフテイク・ビジネスモデル

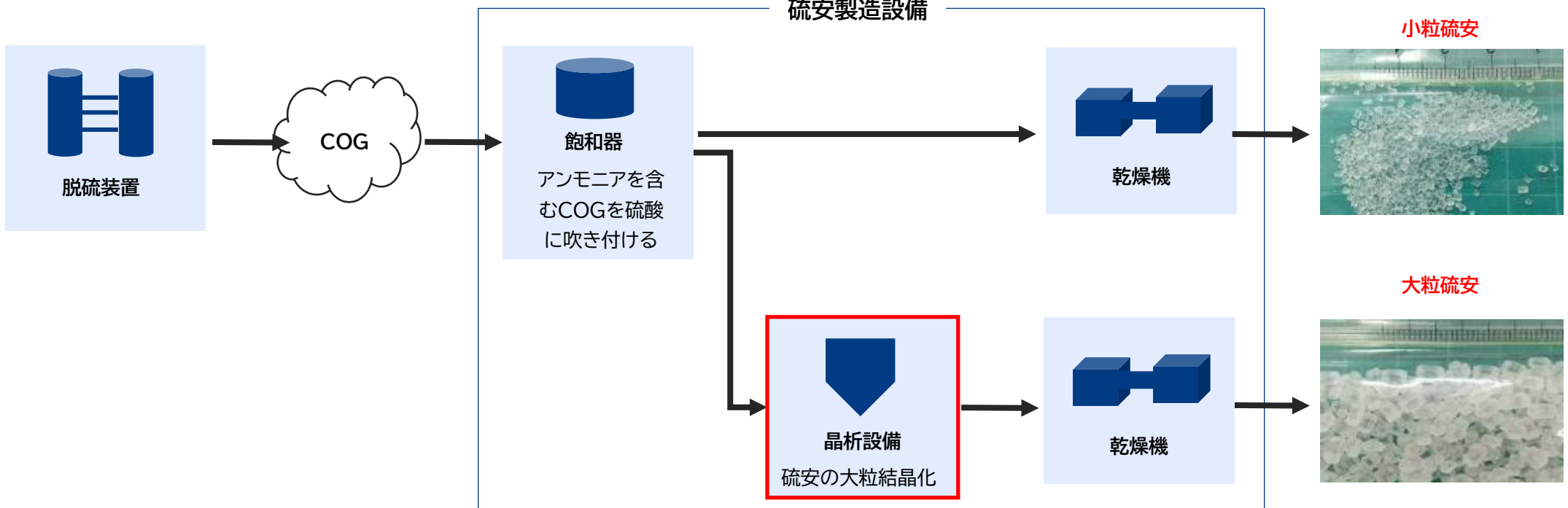


出所: 三菱総合研究所作成。

日本企業のCOG回収・利用技術の特徴(硫安高価値化)

- 日本では硫安は、「細粒」よりも「大粒(クリスタル)」が主流。晶析設備によって細粒を大粒化(クリスタル化)している。一方、トルコの鉄鋼各社は晶析装置を保有していないため微粒の硫安のみ製造・流通している。
- 「大粒(クリスタル)」とすることで、湿気による固結防止、飛散防止による肥料分布均一化、持続性等、硫安の価値が大幅にあがる。
- 晶析設備を追加することでクリスタル化硫安の製造が可能となる。晶析設備には晶析装置(結晶缶)、脱水機、エゼクターなどで構成される。

小粒/大粒硫安製造プロセス概要



出所: 新ケミカル商事提供資料より三菱総合研究所作成。

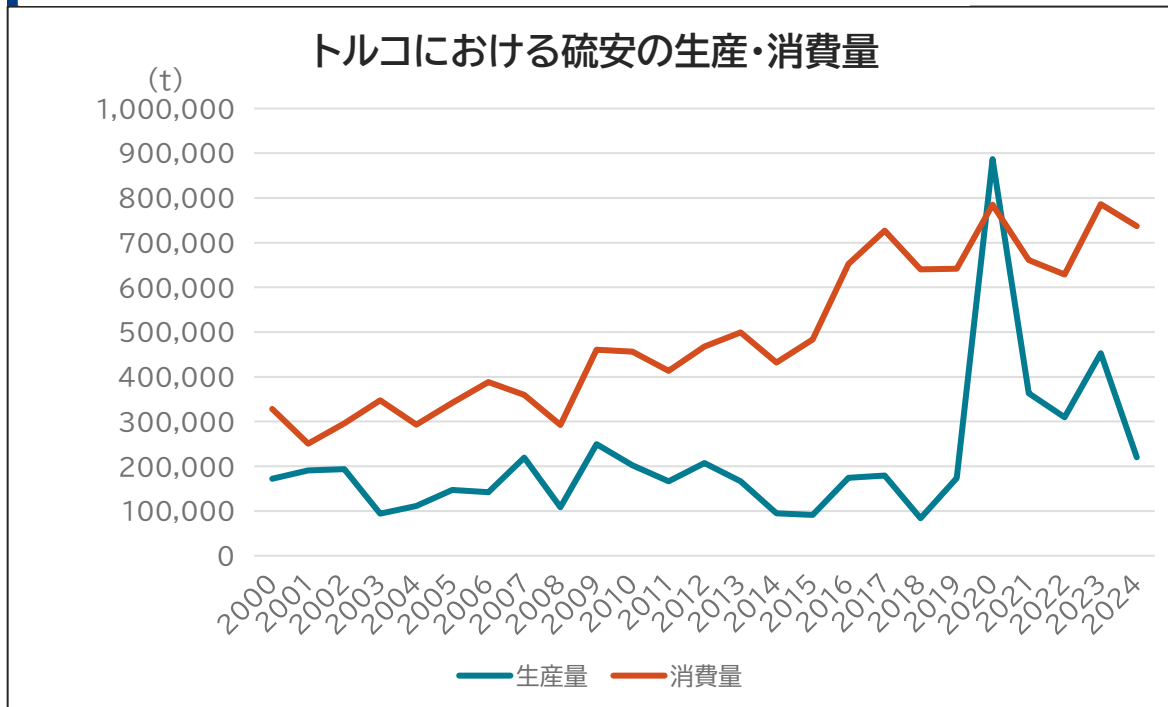
2-5-2. 硫安事業モデルの検証

2-5-2. 硫安事業モデルの検証

トルコにおける硫安の流通状況

- トルコではほとんどの年で国内消費量が国内生産量を上回っており、硫安を多く輸入している。
- 一方で東欧・中東地域を中心に輸出も行っており、2023年の輸出額は約210USD/t程度である。

トルコにおける硫安の生産・消費量



出所: Ministry of Agriculture and Forestry (n.d.) "Bitki Besleme istatistikleri", <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Bitki-Besleme-ve-Tarimsal-Teknolojiler/Bitki-Besleme-Istatistikleri#> (閲覧日:2026年1月23日)より三菱総合研究所作成。

トルコの硫安輸出量、輸出額及び主な輸出先 (2023年)

| No. | 輸出先 | 輸出総額 (千USD) | 輸出量(t) |
|-----|-------|-------------|----------|
| | 総計 | 15,766.91 | 75,068.7 |
| 1 | ウクライナ | 6,753.32 | 36,512.1 |
| 2 | ルーマニア | 4,245.75 | 15,300 |
| 3 | レバノン | 1,766 | 9,100 |
| 4 | シリア | 946.92 | 3,172.52 |
| 5 | イラク | 716.58 | 3,003 |

出所: World Bank (n.d.) "World Integrated Trade Solution", <https://wits.worldbank.org/trade/comtrade/en/country/TUR/year/2023/tradeflow/Exports/partner/ALL/product/310221> (閲覧日:2026年1月23日)より三菱総合研究所作成。

トルコの硫安輸入量、輸入額及び主な輸入元 (2023年)

| No. | 輸入元 | 輸入総額 (千USD) | 輸入量(t) |
|-----|--------|-------------|----------|
| | 総計 | 151,692.23 | NA |
| 1 | 中国 | 109,453.71 | 48,7938 |
| 2 | ベルギー | 24,693.10 | 13,2746 |
| 3 | US | 7,765.66 | NA |
| 4 | フィンランド | 3,939.99 | 21,924.7 |
| 5 | ロシア | 3,416.51 | 16,831 |

出所: World Bank (n.d.) "World Integrated Trade Solution", <https://wits.worldbank.org/trade/comtrade/en/country/ALL/year/2023/tradeflow/Imports/partner/WLD/product/310221> (閲覧日:2026年1月23日)より三菱総合研究所作成。

硫安の輸送関連規制

- 硫安のトルコから日本への輸送について、トルコ、日本及び国際輸送規則を確認した結果、硫安単体は危険物・有害物として厳格に規制される対象ではなく、輸送を制限する大きな法規制は存在せず、通常の商業物流として実施可能であることが確認された。

硫安の輸送関連規制



Kardemirへのヒアリング

硫安のFOB港(積出港)までの輸送・県をまたぐ輸送において、特別な規制・追加課税の発生はないことを確認。

Kardemir, isdemir へのヒアリング

現状、硫安はトルコ国内へ供給している一方、販売価格次第では他国への輸出も検討する旨を確認。



安全データシート(SDS)

各社のSDSより、硫安の毒性がないことを確認。

新ケミカル商事殿へのヒアリング

新ケミカル商事殿へのヒアリングにて、硫安の取引において輸送・法規制の観点から大きな制約はないことを確認。

海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律施行令（海洋汚染防止法）*1

硫酸アンモニウム溶液が軽度の危険性があると分類される。
(硫酸アンモニウムは窒素肥料であり、大量に海洋へ流入すると富栄養化を引き起こす可能性があるため、液体化学品としてバルク輸送される場合、有害液体物質リストに入る)

*1: 化学物質を、海洋環境に与える危険性に応じてX/Y/Zの3類に分類。Z類は「軽度の危険性がある有害液体物質」とされる。

United Nations Number*2

硫酸アンモニウム単体では、危険物や有害物質として分類されていないことを確認。
そのためIMDGコード(国際海上危険物規則)*3にも該当しないことを確認。

*2: 国連の専門機関「国連危険物輸送専門委員会」が定めた危険物を特定する4桁の番号

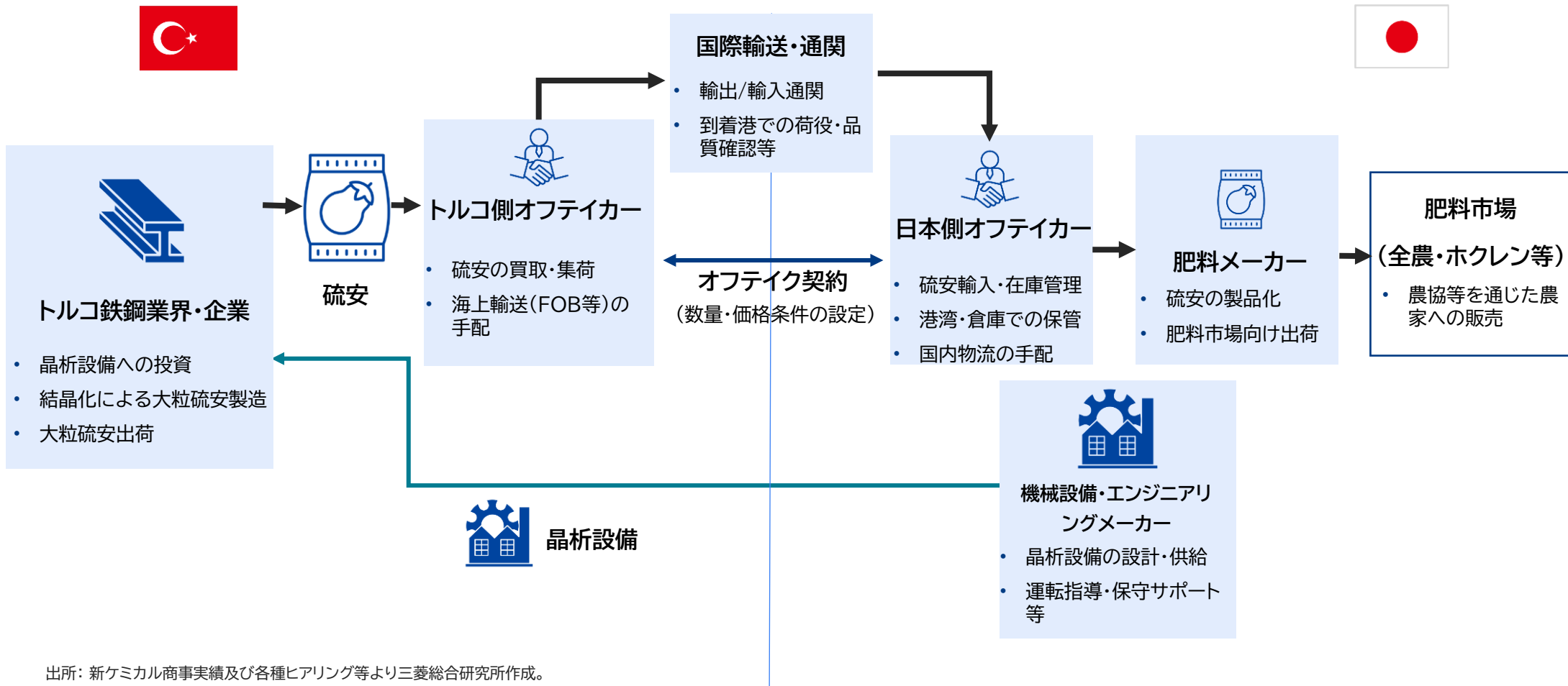
*3: 国際海事機関(IMO)がUN番号で特定された物質ごとに、IMDGコードで輸送上の規則が定義されている

出所: デジタル庁(n.d.) “海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律施行令 別表第一の三”, https://laws.e-gov.go.jp/law/346CO0000000201#Mpat_1、安全データシート(SDS)等を参考に三菱総合研究所作成。

硫安オフテイクの商流・物流フロー

■ 晶析設備の導入によりトルコで製造されるクリスタル化硫安が、オフテイク契約・国際輸送を経て日本の肥料市場に供給されるまでの、商流・物流及び設備・技術提供の全体像は以下の通り。

■ クリスタル化硫安に係るオフテイク契約の商流、物流フロー図



出所: 新ケミカル商事実績及び各種ヒアリング等より三菱総合研究所作成。

2-5-3. 硫安事業性の検証

晶析設備導入事業の事業性検証

- 本章では晶析設備導入によるトルコ産のクリスタル化硫安オフテイク事業について、事業成立性の検証から、価格形成・資金面・将来的な拡張可能性までを体系的に整理する。

事業性検証のアプローチ

| | | |
|-------|-----------------|--|
| STEP1 | 試算の前提条件の設定 | <ul style="list-style-type: none"> ● これまでの事業実績及びトルコ鉄鋼業界・晶析設備メーカーへのヒアリング結果を踏まえ、事業の前提条件となる期間・費用・取引量等を整理 |
| STEP2 | ケースごとの試算結果 | <ul style="list-style-type: none"> ● 日本製／中国製の設備導入と補助金活用の有無を組み合わせた4ケースに分け、日本国内における採算価格を試算 |
| STEP3 | 価格決定方法・メカニズムの検証 | <ul style="list-style-type: none"> ● 硫安のオフテイク価格について、一般的な価格決定メカニズムを整理し、事業採算性への影響を検証 |
| STEP4 | ファイナンス施策の整理 | <ul style="list-style-type: none"> ● 投資負担軽減に資する補助金・金融支援制度(日本及びトルコ)の概要及び適用可能性を整理 |
| STEP5 | 規模拡大計画の検討 | <ul style="list-style-type: none"> ● 計画①アジア地域を中心とした他国の鉄鋼業界への横展開 ● 計画②トルコ国内における化学品メーカー(肥料メーカー等)との取引拡大 |

2-5-3. 硫安事業性の検証

オフテイク価格の決定方法

- 尿素やリン酸アンモニウム(リン安)などと同様に硫安でも国際市場価格が形成されており、価格形成に関する市場原理は、以下のような状況である。
- 本事業で提案するオフテイクビジネスでは、こうした動向を基に、高付加価値の製品を一定期間の先行契約をすることで、トルコ事業者の投資リスクの低減、長期の安定したビジネスの継続を考慮する。
- 1年ごとの価格見直しや、価格レンジの設定(上限値・下限値を設定し、いずれかに達した際に価格協議を行う)等を契約に盛り込み、価格変動リスクを低減する。

| 視点 | 概要 |
|------------------|--|
| プレーヤー(メーカー、ユーザー) | 尿素やリン安などマーケット価格の情報は、各種専門誌の媒体があり、週ごとの流通価格と将来の予想情報が配信されている。特にバルクの大口取引(中国、インド、ブラジル、オーストラリア向けなど)に関しては、価格形成に大きく影響する。 大口の取引では、取引実績、購買力を参考に値決めされている。 |
| 国際取引 | 個別取引の交渉は、国際市場価格を参考に行われ、高価で販売したい売り手と、安価で購入したい買い手の間でのせめぎあい構造である。 原価コストの積み上げだけで価格決定されるものではなく、北半球と南半球における肥料の需要期なども関係する。 |
| 取引契約 | 需要もロットも小さく品質規格を重要視する取引は割高傾向になる。オフテイク価格については、需給バランスの予測と原料価格のトレンドによって、供給側がプライスメーカーとなる。 一方、日本国内における肥料の流通価格は、プライスリーダーとなる機関が小規模生産者を代表し、安価に制御する。流通価格に加え、物流(内陸か沿岸部か)、規格・製造工程、色味、粒度、成分(水分・固結)、異物割合なども価格に影響する。 概ね半年を目途に価格の改定が行われるが、実務上、価格を半年ごとに見直すことは難しく、1年契約等が主流である。 |

出所: 新ケミカル商事提供情報を基に三菱総合研究所作成。

2-5-3. 硫安事業性の検証

ファイナンス手段の整理

- 事業の実現に向けて活用し得る公的ファイナンス手段を整理するとともに、それぞれの適用可能性について調査・検討を行った。

ファイナンス手段

| 機関名 | 優先度 | 概要 | 適用可能性 |
|------------------------|-----|--|--|
| グローバルサウス未来志向型共創等事業費補助金 | ◎ | <ul style="list-style-type: none"> ● FS(上限1億円。補助率:上限1/2 ※中小2/3) ● 小型実証(上限5億円・補助率:上限1/2 ※中小2/3) ● 大型実証(補助率:上限1/2 ※中小2/3) | <ul style="list-style-type: none"> ● FS・小型実証の検討余地あり。 |
| JBIC | ◎ | <ul style="list-style-type: none"> ● 輸出金融 ● 投資金融 ● 事業開発等金融(GREEN) | <ul style="list-style-type: none"> ● 本事業は、輸出金融、投資金融、事業開発等金融のどれにおいても支援の可能性があるとのこと。 ● JBIC側からの融資上限はないものの、トルコ側の要請で一定規模が必要。JBIC融資は6割程度で、民間金融企業との共同融資が条件。 ● 今後、輸出金融(副産物輸出費用)・投資金融(オフテイク・現地取引会社とのJV設立や倉庫建設費用)を検討。 |
| トルコ大統領府投資局 | ○ | <ul style="list-style-type: none"> ● FDI向上を目的として投資優遇制度を実施。 | <ul style="list-style-type: none"> ● トルコ政府は大規模な直接補助金の交付には慎重な姿勢を示す。 ● 他方、日本企業とのJVや倉庫設置などの設備費用について、投資優遇制度の活用余地の検討が考えられる。 |
| METI-JCM FS | ○ | <ul style="list-style-type: none"> ● JCM事業案件形成のための実現可能性調査支援事業 ● 最大1,500万円(委託事業) | <ul style="list-style-type: none"> ● トルコは、現時点でJCM署名国ではないが、次期締結先として有力国であることが必至であり、採択の見込みは十分にある。 |
| NEDO国際実証 | ○ | <ul style="list-style-type: none"> ● 海外のエネルギー関連事業の実証支援 ● 補助事業(大企業最大1/2、中小企業最大2/3) | <ul style="list-style-type: none"> ● 本邦技術の海外展開の効果検証のための実証事業支援であり、導入コストに対し、一定の補助金が得られる。 |
| JICA | △ | <ul style="list-style-type: none"> ● コーポレートファイナンス/海外投融資融資 ● プロジェクトファイナンス ● 円借款(有償資金協力/2step loan) ● (トルコ政府が出資する場合)政府補助 | <ul style="list-style-type: none"> ● 海外投融資は、トルコ製設備の導入でも可能。 |

出所: 各ホームページより三菱総合研究所作成。

規模拡大計画 他国への展開可能性調査-1/2

- COG副産物としての硫安事業に着目すると、トルコでは高炉を保有する鉄鋼メーカーが3社に限られていることから、クリスタル化硫安オフテイク事業モデルの拡大には、他国への展開が不可欠である。
- アジア地域では、特に東南アジアを中心に、高炉法比率が依然として高い鉄鋼企業が多数存在している。高炉法比率が高い国ほど、コークス炉副産物の発生ポテンシャルも高いと考えられることから、トルコで検討している本事業モデルの横展開に加え、タールやBTX等のその他のCOG副産物の活用についても、以下に示す国々では高いポテンシャルが見込まれる。
- なお、今回の検討では、既存統計及び公開情報を用いて、国別の主要論点を整理した。

国別製造プロセス別粗鋼生産量(2023年)

| 国 | 粗鋼生産量 (百万t) | 高炉法 BF-BOF(%) | 電炉法 EAF(%) |
|--------|----------------|------------------|---------------|
| トルコ | 33.7 | 28.4 | 71.6 |
| インド | 140.8 | 43.6 | 56.4 |
| インドネシア | 16.8 | 93 | 7 |
| ベトナム | 19.2 | 65 | 35 |
| マレーシア | 7.5 | NA | NA |
| 韓国 | 66.7 | 70.5 | 29.5 |
| 台湾 | 19.1 | 59.2 | 40.8 |

出所: World Steel Association (2024), "2024 World Steel in Figures" <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/World-Steel-in-Figures-2024.pdf> (閲覧日:2026年1月21日)より三菱総合研究所作成。

2-5-3. 硫安事業性の検証

規模拡大計画 他国への展開可能性調査-2/2

- 高炉における製鉄事業から実際に発生するCOG発生量・回収水準は、各国設備の設備仕様・運転条件・規制対応等により差異が生じるが、既存の生産構造や規制の厳格度等を踏まえ定性的に整理した。
- 個別設備・企業単位での精査は今後の要検討課題である。

副産物供給ポテンシャル 各国別論点整理

| | トルコ | インド | インドネシア | ベトナム | マレーシア | 韓国 | 台湾 |
|----------------------------|-----------------|-----|--------|------|-------|----|----|
| 粗鋼生産規模 | ◎ | ◎+ | ○ | ○ | △ | ◎ | ○ |
| 高炉法比率 | ○ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ |
| コークス炉副産物発生ポテンシャル*1 | ○ | ◎ | ○ | △ | △ | ○ | ○ |
| 環境規制の厳格度(推定)*2 | ○ | △ | △ | △ | △ | ◎ | ◎ |
| 現状の流通状況を踏まえた日本へのオフテイク可能性*3 | | | | | | | |
| 硫安 | ◎ (クリスタル化硫安) | ○ | △ | △ | △ | ○ | ○ |
| タール | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | △ |
| BTX | ○ | ○ | ○ | ○ | △ | △ | △ |

注)評価記号の定義

◎:相対的に優位性が高い○:一定のポテンシャルが認められる△:制約条件が多く、相対的に優先度が低い

*1:本評価は、国別のコークス炉キャパシティに加え、副産物回収が可能なコーキングプロセスを採用する設備キャパシティに関する情報を基に、相対的に整理したものである。なお、元データはJACT社が保有する非公開資料及び関係者ヒアリングに基づく。

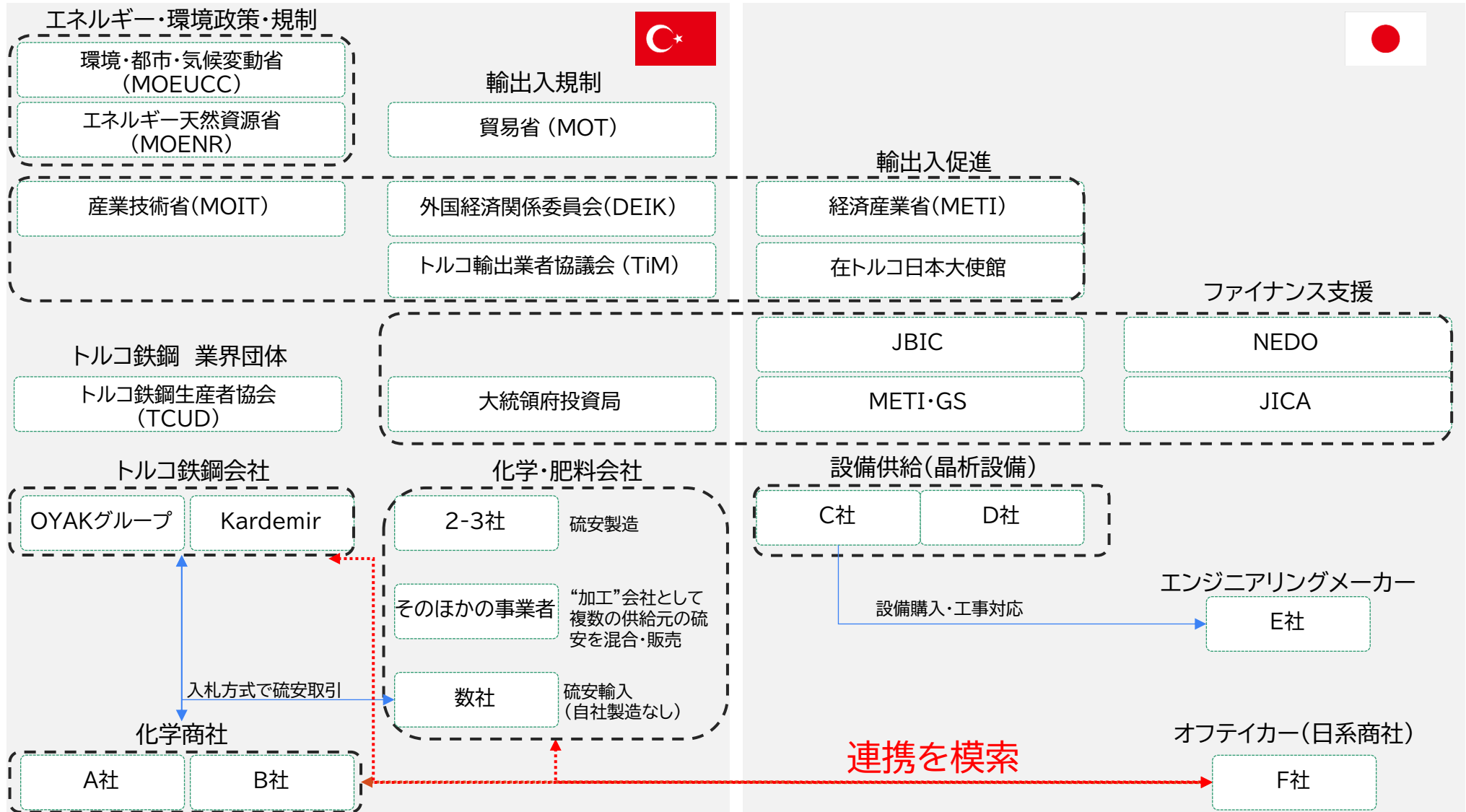
*2:環境規制の厳格度は、COG回収・処理に対する制度的要請の強さを示すものであり、実際の設備導入状況や事業性の優劣を直接示すものではない。

*3:既存の産業構造・流通実績(輸出入量のバランス)を参考としつつ、物流距離、日本市場との親和性、副産物としての追加供給可能性等を踏まえて相対的に評価。各国それぞれの流通状況の統計データはAppendix 5に掲載

2-6. 事業実現に向けた戦略

ステークホルダー全体像

- 副産物の取引事業の実現においては、調達元企業に対する技術的・数量的精査を進めるとともに、化学商社を核とした流通・販売体制の設計が必要となる。



日本/トルコ政府への提言

- 以下に、本マスタープランで検討したCOG処理設備の導入やクリスタル化硫安オフテイク事業の実現に向けた日本・トルコ両政府への提言をまとめる。

| テーマ | 提言先 | 提言内容 |
|-----|---|---|
| 1 | SOx規制執行の強化 環境・都市化・気候変動省 (MOEUCC) | <ul style="list-style-type: none"> 排出基準の順守は、2030年にEU基準の70%達成としているが、トルコの製鉄所では既存のCOG処理設備の老朽化や、酸性雨の原因となる硫黄酸化物(SOx)の排出を抑えるために必要な脱硫設備が未設置の施設が確認された。 トルコでは新しい排出基準が導入されているが、規制の執行・遵守の監督には課題がある。各製鉄所において排出基準が遵守されるよう、監督・執行強化を行うことが望まれる。 |
| 2 | 省エネルギー・省CO ₂ 技術導入支援 エネルギー・天然資源省 (MOENR) | <ul style="list-style-type: none"> 各製鉄所は、気候変動に対するトルコの国が貢献する目標(NDC)に貢献する義務を有しており、またエネルギーコストの高騰から、省エネ・省CO₂対策の計画を進めている。 設備導入に係る費用への補助金支給など、トルコにおける環境・排出規制対応・政策に寄与する活動の支援が望まれる。 |
| 3 | 硫安輸出量の協議 貿易省 (MOT) 日本国経済産業省 | <ul style="list-style-type: none"> トルコでは、毎年硫安の国内需要量予測を踏まえ、貿易省が輸出上限量を決定する。一方で、貿易省傘下のトルコ輸出業者協議会(TIM)からは、日本からの投資があるのであれば貿易省から輸出許可が下りる可能性が示された。 日本でも、希少資源である硫安の供給元の多元化は重要であり、トルコから硫安の安定的な供給を確保することは、希少資源のサプライチェーン強靱化に資する。 日トルコの貿易の均衡化、希少資源のサプライチェーン強靱化、投資促進等をテーマとした官民経済対話の定期的な開催が望まれる。 |
| 4 | 新規技術(結晶缶)の評価 産業技術省 MOIT | <ul style="list-style-type: none"> 現状、トルコに晶析技術は導入されていないが、晶析設備を導入することにより、トルコで生産された硫安の品質や取引価格が向上し、経済的利益の拡大が期待できる。 導入促進のため、晶析技術及び導入による技術・経済面の評価及び推奨技術リスト(TCL)化が望まれる。 |
| 5 | 補助金活用の推進 日本国経済産業省 | <ul style="list-style-type: none"> 晶析設備はトルコに導入されていない技術であるため、まずは一号機を導入し、製造される硫安をサンプルとして用いながら普及・導入に向けて活動していく必要がある。 希少資源のサプライチェーン強靱化、日本企業への裨益、トルコへの投資拡大への寄与を推進するための技術導入は日本政府の支援プログラムの趣旨に合致しており、補助金を活用した実証事業の実施を検討する。 |

ステークホルダーとの協議状況・連携可能性

- 晶析設備導入及びクリスタル化硫酸のオフテイク実現に向けては、調達元としてisdemir, Kardemirの他に化学・肥料メーカーからの調達について検討可能性がある。
- 副産物の取引実現に向けては、副産物の輸送・輸出におけるパートナーリングの検討をするとともに、日本からの投資を前提とした一定量の硫酸輸出許可を取得する必要がある。

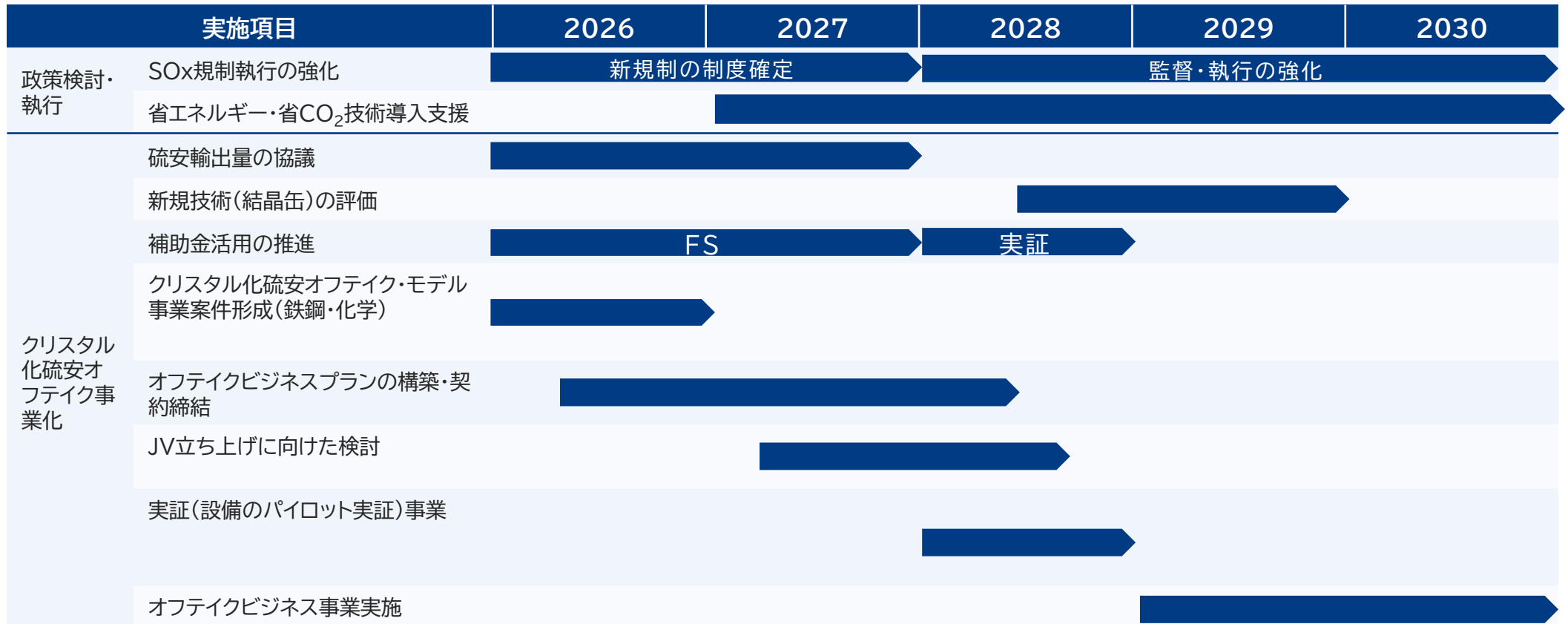
晶析設備導入及びクリスタル化硫酸の取引実現に向けたステークホルダーとの協議内容

| 提案先 | 協議状況・反応 | 今後の協議可能性 |
|----------|--|--|
| MOEUCC | <ul style="list-style-type: none"> 副産物オフテイク事業とMPについて、付加価値の高い副産物の取引は、トルコの裨益になると考えており、興味がある。 MPのドラフトレビューなども前向きに対応する。 | <ul style="list-style-type: none"> 環境規制の下位規程について策定方針のヒアリングを実施。 |
| Erdemir | <ul style="list-style-type: none"> 現在は硫酸の精製をしていない。硫酸回収設備を改造し、現在はアンモニア・クラッキング設備(アンモニア・クラッキング:アンモニアを分解、水素・窒素を精製)として使用中。 COGから回収した硫黄から高純度の硫酸を精製しており、硫酸を精製する計画はない。 | — |
| isdemir | <ul style="list-style-type: none"> 現在、副産物は全てトルコ国内へ供給しているが、条件次第で日本企業への販売は検討可能あり。 | <ul style="list-style-type: none"> 晶析設備に必要な工場用地があるかの調査を実施し、晶析設備導入を提案。 |
| Kardemir | <ul style="list-style-type: none"> 視察を通じて、硫酸回収設備付近に晶析設備の導入余地のある土地があることを確認。 硫酸は、販売価格次第で海外輸出を検討する。 | <ul style="list-style-type: none"> 購入取引提案に向けて販売会社の探索とパートナーリングの検討。 |
| MOT | —(未協議) | <ul style="list-style-type: none"> DEIKからの情報を基に、硫酸の輸出割合についてヒアリングの実施を検討。 晶析設備導入及び副産物の取引事業を提案し、日本からの投資を前提とする輸出許可を相談。 |
| MOIT | <ul style="list-style-type: none"> 設備導入・副産物オフテイク事業について、BtoB協議を引き続き進めると理解した。必要な支援があれば適宜教えてほしい。 | — |

2-6. 事業実現に向けた戦略

クリスタル化硫安オフテイク事業-今後5年間のアクションプラン

- 新ケミカル商事を中心に、連携可能先との協議を継続し、2028年度に実証事業の実施、2029年度よりオフテイクビジネス事業の開始を目指す。
- 本邦エンジニアリング企業と協業で、クリスタル化硫安オフテイク・モデル事業計画の立案と並行し、現地連携企業とのJV設立に向けた検討を進める。



出所:三菱総合研究所作成。

その知と歩もう。

MRI 三菱総合研究所