



特集記事・2

SDGsの目標実現に貢献する鉄鋼業

東南アジア鉄鋼産業の概要と電炉製鉄への技術支援

Outline of Steel Industry in Southeast Asia and Technological Support for its EAF Plants

中山道夫

Michio Nakayama

(一社) 日本工業炉協会
技術顧問

1 はじめに

日本鉄鋼連盟では国際環境戦略委員会のもとに、日本アセアン鉄鋼イニシアチブ (ASEAN-Japan Steel Initiative : AJSI)」の枠組みを構築して、2014年から東南アジア鉄鋼業への協力関係を継続してきた。協力の対象分野は (1) 省エネルギー (2) 環境対策 (3) 資源リサイクルである。この活動はSDGsの17目標のうちの「8.働きがいも経済成長も」、「9.産業と技術革新の基盤を作ろう」、「12.つくる責任つかう責任」および「13.気候変動に具体的な対策を」に関連している。本稿ではまず東南アジア鉄鋼業の現況と課題を紹介し、次にAJSI活動の内容について述べる。

2 東南アジア鉄鋼業の現状¹⁾

2.1 東南アジア鉄鋼産業概況

東南アジアは経済成長率がきわめて高く、鋼材の消費量は着実に増加している。図1に製鉄所を有するASEAN6カ国のCAGR (Compound Average Growth Rate : 年平均成長率) と鋼材の見かけ消費量の推移を、また図2に6カ国合計の鋼材の見かけ消費量と生産量の推移を示す。図によると6カ国合計の鋼材消費量は年に8千万トンに達するが、生産量はその半量の約4千3百万トンで、その差は輸入で埋めている。

また表1には製鉄6カ国の国別生産量の推移を示す。東南アジアではスクラップを原料とした製鋼用アーク炉 (電炉)

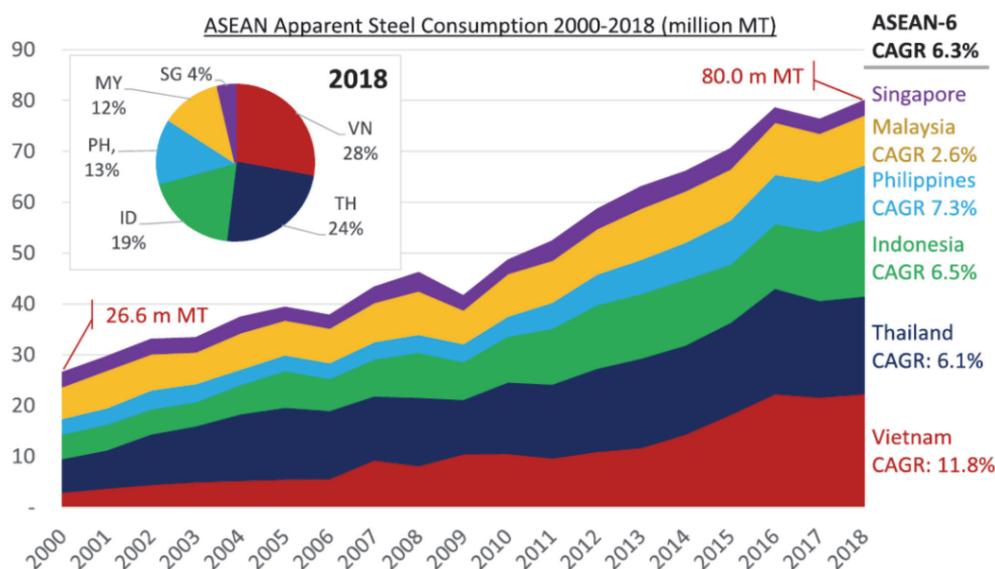


図1 東南アジア6カ国の年平均経済成長率 (CAGR) と見かけ鋼材消費量²⁾

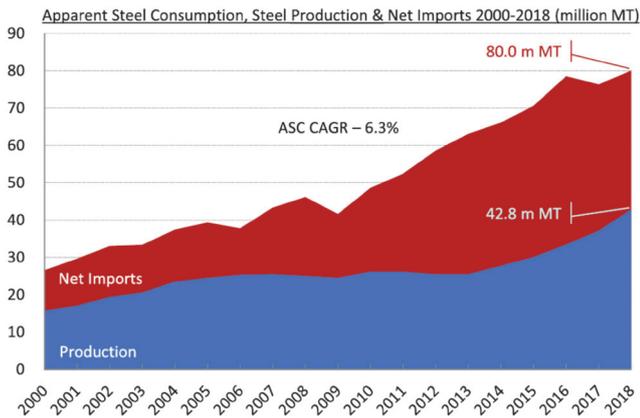


図2 東南アジア6カ国合計の見かけ鋼材消費量と生産量²⁾

表1 ASEAN 製鉄6カ国の国別生産量²⁾

million MT	2016	2017	2018	%Change (2017/18)
Indonesia	6.5	7.9	10.0	26.6%
Malaysia	3.7	3.8	3.8	0.0%
Philippines	4.3	4.3	4.9	14.0%
Singapore	0.5	0.6	0.6	0.0%
Thailand	9.5	9.3	9.0	-3.2%
Vietnam	8.7	11.3	14.5	28.3%
ASEAN-6	33.4	37.2	42.8	15.1%

による建材（鉄筋棒鋼や形鋼）生産が主流であり、この分野では中国やイランなどから安価な鋼材や半製品（ビレット）が流入して生産は停滞気味である。ベトナムとインドネシアでは最近になって外資との合弁による近代的な高炉製鉄所が稼働を開始して鋼板分野の生産が増えているため、この両国の鋼材生産量だけが急増している²⁾。出資国（出資会社）はベトナムでは台湾主体（台湾プラスチックと中国鋼鉄）に一部日本のJFEスチール、インドネシアへは韓国（ポスコ）である。他にスラブや熱延冷延鋼板を輸入して現地で冷延やメッキ加工する企業も存在する。この分野では日本の大手鉄鋼企業が出資して原板供給先とする例が多い。

2.2 電炉製鉄の特徴

高炉製鉄所や薄鋼板加工型製鉄所には製鉄先進国からの人材が派遣されていて設備も比較的新しい。このためAJSI活動は電炉製鉄所を主な技術協力の対象とした。電炉プロセスでは、エネルギー消費原単位や環境汚染度が装置の持つ性能以上に操業ノウハウに依存し、工場ごとの差異が大きい。すなわち大がかりな設備投資の前に操業方法の改善や小規模設備投資により費用対効果の大きい改善効果が期待できる。

電炉工場の平均的な規模は日本でも年産50万トン程度であり、競争力のある高炉製鉄所の年産300万トン以上に比べ



図3 電炉製鉄の原料となる鉄スクラップ（筆者撮影）

て小規模である。電炉の主原料は金属状態の鉄スクラップであり、溶解製錬に要するエネルギーは還元エネルギーを必要とする高炉法に比べてかなり小さい。概算では単位粗鋼重量当たりのエネルギー消費量（CO₂排出量）は高炉プロセスでは電炉プロセスの4倍に達する。しかし鉄源の鉄スクラップが鉄鉱石よりも高額であることと電力エネルギーが還元材のコークスに比べて高価であることから、経済性では高炉法の方が安価に鋼材を生産できる。

経済性だけを考えるなら、東南アジアのどこかに大規模な臨海高炉製鉄所を建設して東南アジアの鉄鋼需要を満たすのが最適である。しかし電炉製鉄のもう一方の役割である鉄資源のリサイクルという面を無視することはできない。自動車廃車の収集と処理システムが確立されていないインドネシアの島嶼部の例では、道端や空き地に廃車が放置されて環境面で課題となっている。小規模設備で需要の大きい建材を製造できる電炉工場は雇用吸収面もあり、欠かすことのできない分野である。先進国でも高炉製鉄所と電炉製鉄所はその利点を生かして共存している。

高炉法の主原料である鉄鉱石や石炭は成分の把握が容易であり、廃プラスチックのような人工物質は含まれない。これに対して電炉法の原料であるスクラップは市中から回収される廃棄物であるため、油分・塗料・プラスチック等の可燃分・有害成分を含み、食缶では食物残渣まで含む。スクラップ中には鉛やメッキ鋼板由来の亜鉛等の重金属、電線からの銅などを含み、原料スクラップの正確な分析は不可能である。図3に電炉工場の原料スクラップ集積状況を示す。なお不純物である可燃有機物は、溶解初期に適量の酸素や空気を供給すれば熱源として活用でき、溶解電力を削減できる。

電炉排ガス中には有機物の不完全燃焼によるダイオキシンやフェノール類が含まれて悪臭や健康被害の原因となる。ま

たダストやスラグ中には鉛・亜鉛・カドミウム・弗素などが含まれている。これらの完全な無害化処理と資源回収は電炉プロセスの大きなテーマであり、AJSI活動においては日本の先進的な環境対策技術を紹介してきた。環境対策は規制法規だけではなく、監視計測人員や計測機材の整備などが必要であり、ASEAN側の本格的な取り組みに今後期待したい。

3 日本アセアン鉄鋼イニシアチブ³⁾

AJSIの活動内容は(1) ISO14404を用いた日本の専門家による製鉄所診断(2) アセアン鉄鋼業に適した技術リストの作成(3) 毎年の活動を総括する官民会合、であり官民会合の参加団体はASEAN側は各国政府機関と鉄鋼連盟および鉄鋼企業、日本側は日本政府と日本鉄鋼連盟、会員の鉄鋼企業、日本のプラントメカ、コンサルタント会社等である。

主要活動である製鉄所診断は、2014年から2018年にかけて14製鉄所を対象に実施された。参加メンバーは鉄鋼連盟の国際環境戦略委員会委員、コンサルタント会社のデロイトトーマツコンサルティング(株)とパシフィックコンサルタンツ(株)、調査会社の日鉄総研(株)およびJFEテクノロジー(株)である。筆者はJFEテクノロジーの一員としてこの製鉄所診断に参加してきた。

2018年までに訪問した14製鉄所の国名と訪問時期を表2に示す。設備仕様や操業データの秘守義務から個別製鉄所名は非開示としている。図4では国別の訪問製鉄所数を地図上に示す。

設備と操業の診断は製鋼用アーク炉(電炉)と圧延用再加熱炉を主対象とし、他に連続鑄造設備や取鍋予熱装置なども

加えた。この2設備を主対象と選んだ理由は、電炉は製鉄所全消費エネルギーの約50%、再加熱炉は約25%を消費すること、プロセスが複雑で省エネルギーの実現には専門的な知見を要すること、また環境問題も発生する設備であるためである。このため酸素発生装置、水処理装置、搬送設備等の単純な設備に関してはデータを入手する程度にとどめた。

4 製鉄所診断³⁾

4.1 製鉄所診断の進め方

訪問の事前準備は、訪問日の1カ月前をめどに回答を得られるように質問状を送付した。質問状の内容は、まず各製鉄所の製品構成・生産量・稼働率等々があり、次に電炉と加熱炉を主とする生産設備の設備仕様、エネルギー原単位、副原料原単位、処理時間等々である。またこのAJSI活動の目的の一つにISO14404(後述)の普及があり、ISO14404に基づくデータシートを送付して各製鉄所のエネルギーデータを記入してもらった。

各製鉄所への訪問日数は月曜日から金曜日までの5日間であり、基本的なスケジュールは以下の要領である。

第1日：企業概要説明(訪問先製鉄所)

AJSI概要紹介、日本鉄鋼業の省エネルギーへの取り組み紹介(日本側)

ISO14404説明(日本側)

質問状への回答内容の確認(双方)

第2、3日：現場での操業確認と操業スタッフとの質疑応答(双方)

電炉に関しては、溶解進行状況とスラグフォーミング状態、酸素ランスの使用法、測温サンプリングのタイミング、スラグドアの開閉等を機側で観察した。電炉の性能は設備仕様だけでなくこのような現場オペレータの技能に依存する面が大きい。加熱炉では、空気比、予熱空気温度等の操業データは製鉄所によっては整理されておらず、炉メー

表2 訪問製鉄所の国名と訪問時期(製鉄所名不開示)³⁾

No.	診断国	訪問時期
1	ベトナム	2014. 1. 15 ~ 17
2	マレーシア	2014. 8. 25 ~ 29
3	シンガポール	2014. 9. 1 ~ 5
4	タイ	2014. 9. 15 ~ 19
5	フィリピン	2014. 10. 6 ~ 10
6	ベトナム	2014. 10. 13 ~ 17
7	インドネシア	2014. 10. 27 ~ 31
8	マレーシア	2015. 7. 31 ~ 8. 6
9	インドネシア	2015. 10. 26 ~ 30
10	タイ	2015. 11. 29 ~ 12. 3
11	ベトナム	2016. 2. 29 ~ 3. 4
12	インドネシア	2016. 8. 28 ~ 9. 2
13	タイ	2017. 12. 4 ~ 8
14	ベトナム	2018. 8. 27 ~ 31



図4 東南アジア各国訪問製鉄所数³⁾

カの仕様数値をそのまま回答してくることもある。

このため現場で計器のデータを拾って確認した。

第4日：入手データの整理と翌日の報告会向けに報告書速報版の作成（日本側）。

第5日：先方製鉄所幹部への全体報告と技術カスタマイズドリフト（後述）に基づく改善項目の提言、質疑応答。

データの整理後、日本側訪問者で議論して各製鉄所に対して以下のような改善項目を提案した。提案に際しては詳細な技術説明後に先方の事情なども考慮して、改善の可能性につき意見交換した。

4.2 電炉に関する改善提案項目

- | | |
|-----------------------------------|----|
| (1) 酸素と炭材吹込み装置の供給精度向上 | 1件 |
| (2) スラグフォーミング改善のためのバーナ更新 | 8件 |
| (3) 電炉炉体の密閉化、操業時スラグドア閉による侵入空気減 | 4件 |
| (4) 操業の計算機制御採用とロギングデータの有効活用 | 6件 |
| (5) 高性能スクラップ予熱装置導入 | 4件 |
| (6) 簡易型スクラップ予熱装置導入 | 4件 |
| (7) 测温サンプリング回数の低減による製錬時間短縮 | 1件 |
| (8) スクラップ予備処理（かさ密度増）による電炉への装入回数低減 | 4件 |
| (9) ホットヒール増による溶解促進 | 2件 |
| (10) 出鋼温度下げ | 1件 |
| (11) 直引排ガス処理系改善による化石燃料使用増 | 3件 |
| (12) 取鍋予熱に蓄熱バーナまたは酸素バーナ採用 | 2件 |
| (13) 排熱ボイラによる電炉排ガス熱エネルギーの回収利用 | 1件 |
| (14) スクラップ中の可燃物エネルギーの有効活用 | 1件 |
| (15) 炉体煉瓦保有熱の放散防止・有効活用 | 1件 |

4.3 圧延用加熱炉に関する改善提案項目

- | | |
|-----------------------------|----|
| (1) 炉内温度分布最適化のための伝熱シミュレーション | 2件 |
| (2) 外気侵入防止のための炉圧適正化 | 7件 |
| (3) 炉内酸素濃度の定期的測定による空気比適正化 | 3件 |
| (4) 加熱炉排ガス熱エネルギーの有効利用 | 3件 |
| (5) 蓄熱バーナの採用 | 4件 |
| (6) 高性能レキュペレータ採用による予熱空気温度上げ | 6件 |
| (7) 炉壁放熱低減のためのファイバブロック採用 | 4件 |
| (8) ピレット加熱温度の低温化 | 2件 |
| (9) 水冷スキッド断熱補修 | 1件 |

4.4 ISO14404による各製鉄所のエネルギー原単位比較

ISO14404は、日本提案の製鉄所全体のエネルギー原単位 (GJ/ton-steel) とCO₂排出原単位 (ton-CO₂/ton-steel) の計算方法を規定する国際規格である。エネルギー原単位比較のためには、まず製鉄所に入入りするエネルギーソースや原料を熱量換算して所全体の消費エネルギー量を算出する。次にこれを粗鋼生産量で割り、加えてCO₂排出量原単位も計算する。この規格はこれまでISO14404-1（高炉プラント）、ISO14404-2（電炉プラント）、ISO14404-3（還元鉄電炉プラント）が制定されていて、現在それぞれの製鉄所にどのISO14404シリーズを適応するかを判断するためのISO14404-4を作成中である。

東南アジア製鉄所診断においては、このうちのISO14404-2を使用してデータ入力を依頼した。訪問時にはこのデータをもとに訪問製鉄所のエネルギー原単位を計算し、次に前記の提案改善技術を導入した場合にエネルギー原単位がどの程度低下するかを試算した。

製鉄所側が入力すべきデータの計算シートを表3に示す。

EXCELシートのためデータを間違いなく入力すれば自動的にエネルギー原単位とCO₂排出原単位が計算表示されるが、製鉄所側の理解不足と入力ミスが多く、実際には現場で面談して確認と再入力を行った。

現地で得られた情報を反映し、省エネルギー診断と改善の打合せに利用した製鉄所のエネルギー原単位と日本の例を表4に示す。

日本のベンチマーク値は、経済産業省資源エネルギー庁より普通鋼を製造する電炉製鉄所に達成すべき目標値として指示されている2017年の値であり、クリアしたのは日本でも32社中6社のみである。このような高効率製鉄所の事例を研究して改善を図る必要がある。なお資源エネルギー庁の発表値はエネルギーの指標を原油kl当たりで表示されているため、原油の発熱量の国際標準値である0.0258 kl/GJを用いて換算した。

4.5 アンケート調査による改善提案への取組みの確認

4.5.1 アンケートによる質問内容

2017年までに訪問した13社に2018年7月から8月にかけて下記内容のアンケート票を送り、その後の省エネルギー提案項目への取組状況を問い合わせた。アンケートのカバーレター発信者は日本鉄鋼連盟国際環境戦略委員長名とした。

- (1) 各社設備と操業の特徴と訪問時の意見交換内容を前置きに記載
- (2) 省エネルギー対策の個別技術につき提案した項目と期待効果を列記
- (3) 各提案項目につき実施または実施検討中かどうか、実

表3 ISO14404-2 データ入力シートと計算例

Year of Assessment		2015	yyyy								
Crude Steel Production		500,000	t								
Energy Consumption Source		Unit	Input	Output	Direct	Upstream	Credit	Direct	Upstream	Credit	
					GJ/Plant/y			t-CO ₂ /Plant/y			
Gas fuel	1	Natural gas	10 ³ m ³ (stp)	23,000		825,700	-	0	46,322	-	0
	2	Town gas	10 ³ m ³ (stp)			0	-	0	0	-	0
Liquid fuel	3	Heavy oil	m ³			0	-	0	0	-	0
	4	Light oil	m ³			0	-	0	0	-	0
	5	Kerosene	m ³			0	-	0	0	-	0
	6	LPG	t			0	-	0	0	-	0
Solid fuel	7	EAF coal	dry t			0	-	0	0	-	0
	8	Steam coal	dry t			0	-	0	0	-	0
	9	Coke	dry t	11,000		331,100	-	0	35,827	-	0
	10	Charcoal	dry t			0	-	0	0	-	0
Auxiliary material	11	SR/DR coal				-	-	-	0	-	0
	12	Limestone	dry t			-	-	0	0	-	0
	13	Burnt lime	t	20,000		-	90,000	0	-	19,000	0
	14	Crude dolomite	dry t			-	-	0	0	-	0
	15	Burnt dolomite	t			-	0	0	-	0	0
	16	EAF graphite electrodes	t	880		-	-	0	3,223	572	0
	17	Nitrogen	10 ³ m ³ (stp)	380		-	760	0	-	39	0
	18	Argon	10 ³ m ³ (stp)	110		-	220	0	-	11	0
Energy carriers	19	Oxygen	10 ³ m ³ (stp)	19,500		-	134,550	0	-	6,923	0
	20	Electricity	MWh	330,000		-	3,234,000	0	-	166,320	0
Others	N	Other emission sources	—			0	0	0	0	0	0
Sub Total						1,156,800	3,459,530	0	85,372	192,865	0
					Total Energy Co	4,616,330	GJ/y	Total CO ₂ Emis	278,237	t-CO ₂ /y	
					Energy Intensity	9.23	GJ/y/t-crude s	CO ₂ Intensity	0.56	t-CO ₂ /y/t-crude steel	

表4 東南アジアの診断製鉄所と日本の電炉製鉄所のエネルギー原単位 (GJ/t-steel)

	現状原単位	改善提案取入れ後の試算原単位	コメント
A	5.60	5.06	
B	6.60	6.20	
C	7.74	7.20	
D	8.20	8.09	
E	8.23	7.12	小型旧式電炉
F	9.44	7.47	不況で稼働率低い
G	9.93	8.77	
H	10.44	9.86	不況で稼働率低い
I	14.98	14.35	
J	17.05	16.88	
(1)	5.54	日本の普通鋼電炉製鉄所ベンチマーク値	
(2)	6.63	日本の普通鋼電炉製鉄所平均値	

施していない場合はその理由

- (4) 省エネルギー設備投資における障害事項
- (5) AJSI活動への評価

(6) ISO14404の利用状況、利用していなければその理由

4.5.2 アンケートへの回答状況

E-mailでの発信だけではなかなか回答が来ないところが多かったため、何度か催促のメールを送った。期限までに未回答のところには回収をあきらめて回答の整理を実施した。回答を整理した結果は以下のとおりである。

- (1) 発信後短期間に回答到来 2社
- (2) 催促で回答到来 6社
- (3) 担当者退職で経緯不明、設備休止が多く回答困難、連絡はとれたが未回答 2社
- (4) 催促にも無回答、または回答拒否 3社

4.5.3 診断時リコメンドへの対応状況

いくつかの企業では診断時の指摘事項を検討しているとのことであったが、多くは人材不足、または具体化するには情報不足で、手つかずのままである。以下のような項目で詳細な情報提供の希望があった。

- ・スクラップ予熱に関し追加情報希望。
- ・電炉の環境対策情報希望。
- ・プロセス検討の人材不在のため支援に期待。
- ・ミニ高炉情報と高炉排ガス利用法。

- (複数の電炉企業では300~500 m³の小型高炉を設置し、溶銑をスクラップに添加して溶解促進と電力節減を実施中)
- ・他設備・プロセスへの悪影響を避けるためにもう少し詳細検討が必要。
 - ・スクラップ前処理の具体例を知りたい。

4.5.4 追加質問への回答の整理

(1) 省エネ投資への障壁

回答を寄せたすべての会社が省エネ投資には前向きである。しかし実施するにはFSを含むさらなる詳細な検討が必要だが自社要員不足、と回答している。診断による提案で終わらず、設備メーカを加えた積極的なアプローチが必要であろう。金額が大きくない東南アジアの省エネルギーや環境対策の投資案件に日本の設備メーカの人員を呼び込むには、JCM用のFS調査費などの支援が期待される。

(2) AJSI活動への評価

総じて前向きに評価されていて好意的に受け止められ、否定的な回答は出ていない。

(3) ISO14404活用状況

使用している、または今後使用すると回答してきたのは2社で、残りの企業は先行する他の手法を使用している、理解できて使いこなせる人材の不足、など

と回答してきている。普及のためにはISO14404のメリットの認知やこれに基づく製鉄所データの集積などに取り込む必要があろう。

5 技術リスト (Technologies Customized List : TCL)⁴⁾

改善提案の際には必ず費用と効果の話になる。診断後の報告で提示した省エネルギー効果や設備費の根拠は、別途作成した技術カスタマイズドリフト (TCL : Technologies Customized List for ASEAN EAF Plant) の数字をベースとした。この技術リストは電炉と圧延用加熱炉の (1) 省エネルギー (2) 環境対策 (3) 資源リサイクルに関する34項目の日本の技術を解説したものである。この34項目は各項目1ページの詳細説明に加えて費用と効果の一覧表も記載している。一覧表の一部を表5に示す。

最新版のTCL ver.3は日本鉄鋼連盟の下記ウェブサイトから入手可能である。

<https://www.jisf.or.jp/en/activity/climate/Technologies/documents/ASEANTechnologiesCustomizeListVersion3.0Part-1EAF.pdf>

据付費込みの設備費と経済効果の数字は日本国内に設置した場合の見込み額であり、これを東南アジア各国に適用する

表5 東南アジア電炉製鉄所向け技術リストの一部

No.	ID	Title of technology	Technical description	Expected effects of introduction					Assumed investment cost	
				Electricity saving	Thermal energy saving	Profit of 2) Operation cost	Environmental benefits	Co-benefits	Assumed investment cost 4)	Payback time
				(kWh/t of product)	(GJ/t of product)	(US\$/t of product, Japan)			(million US\$ in Japan)	(year in Japan)
A. Energy Saving for Electric Arc Furnace (EAF)										
1	A-1	High temperature continuous scrap preheating EAF	Combination of the technologies of - Air tight structure - High temperature scrap preheating (over 700 degC) - Continuous preheated scrap charging - Automatic process control by using data logging - Post-combustion of generated CO gas - Dioxin decomposition by secondary combustion	150.0	-	18.45	- Decomposition and reduction of dioxin, dispersing dust, & noise	- Low electrode consumption (0.8 - 1.0 kg/ton-product at AC)	38.00	4.1
2	A-2	Medium temperature batch scrap preheating EAF	- High melting efficiency batch charging type EAF with SPH. - Preheated scrap temperature is about 250 - 300 degC. - Fully enclosed automatic charging system to keep working floor clean. - Minimize scrap oxidation by temperature controlling - Material limitation free	40.0	-	4.92	- Reduction of dioxin emission, dispersing dust, & noise	-No limit of material for high quality products as like stainless steel	10.00	4.1
3	A-3	High efficiency oxy-fuel burner/lancing for EAF	- Supersonic or coherent burner - Accelerate scrap melting during melting stage - Facilitate slag foaming during refining stage over the bath	14.3	-	1.76	-	- Reduction of nitrogen in steel for quality improvement	2.05	2.3
4	A-4	Eccentric bottom tapping (EBT) on existing furnace	- Slag free tapping - Reliable stopping and scraping mechanism	15.0	-	1.85	-	- Increase in Fe & alloy yield, productivity - Improve steel quality	4.00	4.3
5	A-5	Ultra high-power transformer for EAF	- Long arc by high voltage and low ampere operation - Water cooled wall-panel to protect refractories	15.0	-	1.85	-	- Procutivity increase	5.66	6.1

には表6に示す各国のエネルギー価格と設備費のコストインデックスを用いる。

概算価格の提示はプラントメーカーにとって商談に影響するため公開することが難しい情報だが、設置検討を始めるか否かのベースであり、必須の情報としてプラントメーカーに工夫して提示してもらった。厳密に設備投資を評価するには、初期費用と効果の他に金利やメンテナンスコスト、労務費の増減等のデータが必要であるが、まずは検討の第一歩として分かり易い simple pay-back time (初期設備費/年間利益効果) を表5に示している。またTCL中には各機器メーカー窓口の連絡先も記載している

表6の数値により、エネルギー価格が高い国では設備費が高くなっても採算性があることが理解できる。例えば表5中のA-1: High temperature continuous scrap preheating EAFの設備コストはフィリピンでは29.4 million US \$、マレーシアでは28.9 million US \$と大差ない。しかし電力費が0.21 US \$/kWhのフィリピンではpay-back time1.9年に対して、0.077 US \$/kWhのマレーシアでは5.0年となり、設備設置のインセンティブに大きな差が生じる。

TCL中の省エネルギー効果と設備費の定量的な数値は、表7に示す仮想的なモデル製鉄所への設置を想定している。

この数値はこれまでに訪問した東南アジア電炉製鉄所のデータをもとに、診断に参加した日本側技術者が想定した標準的なものである。

この製鉄所が日本で稼働中と想定し、ここに各省エネルギー技術を適用した際の日本でのコストとメリットをTCL中に記載した。東南アジアの製鉄所での省エネルギー効果試算

では、この日本での計算値を表6の数値を適用して修正する。

個々の製鉄所の設備仕様や操業条件はこの仮想モデル製鉄所とは異なるため、診断後の報告と改善提案においては個別事情に応じた対応が必要になる。

6 成果の活用と展開

鉄鋼連盟のAJSI活動により、これまであまりなじみがなかった東南アジア鉄鋼業の現状を知ることができ、日本の製鉄プラントメーカーにとっても有用な情報が得られた。その後この成果をもとに、日本鉄鋼連盟とAJSIに関わった企業は以下のような活動を継続している。

6.1 タイ鉄鋼協会向けにCTCNの枠組みによる技術支援

2016年のパリ協定により発展途上国もCO₂削減が義務付けられたが、その実現のための先進国からの技術支援の枠組みが気候技術センター・ネットワーク (CTCN: Climate Technology Centre & Network) である。この制度ではまず発展途上国から国連に具体的な支援を要請し、採択されれば国連予算で支援活動が実施される。

タイ鉄鋼協会はこの制度による鉄鋼業の省エネルギー活動支援を要請し、日本鉄鋼連盟とAJSI参加メンバー企業で受託した。この活動は以下のような内容であり、2018年に終了後もタイ鉄鋼協会との協力関係を継続している、

- a) 電炉製鉄各プロセスのエネルギー消費量・温室効果ガス排出量の適正値を評価するベンチマーキングツールの開発

表6 東南アジアのエネルギー価格、電力のCO₂排出係数、およびプラント価格係数(2018)

国名	工業用 電力価格 a) (US\$/kWh)	工業用燃料 ガス価格 a) (US\$/GJ)	プラント 価格係数 b) (日本 = 100.0)	電力の CO ₂ 排出係数 c) (ton-CO ₂ /MWh)
タイ	0.099	24.70	78.9	0.547
インドネシア	0.080	7.56	76.5	0.761
ベトナム	0.073	20.69	70.4	0.564
フィリピン	0.210	23.82	74.8	0.508
マレーシア	0.077	7.59	76.1	0.668
シンガポール	0.130	37.50	96.7	0.486
日本(参考)	0.123	17.11	100.0	0.474 (TEPCO, 2016)
出典 a) JETRO website (2018) b) 日本機械輸出組合 (2017.11) c) IGES website (2018.5.29) CDMプロジェクトの Combined margin 平均値				

表7 省エネルギー量と設備価格概算のベースとなるモデル製鉄所

Annual Production		500,000 ton/year	
EAF		RHF	
Equipment Name	Value	Equipment Name	Value
Nominal capacity	80 ton	Type	Walking beam
TTT	52 minutes	Nominal capacity	100 ton/h
Iron source	100 % scrap	Heated material	135 SQ billet
Scrap preheating	none	Heating temperature	1100 degC
Scrap charging	3 times	Fuel	Natural gas, LHV 44 MJ/m3N
Ladle furnace	used	Combustion air preheating	around 300 degC with low grade recuperator
NG burner	used only to facilitate melting	Air ratio for combustion	1.20 for all zones
O2 and C lances	installed only at slag-door side, water-cooled type	Computer control to set furnace temperature with heat transfer simulation	none
Process control by exhaust gas analysis and/or computer	none	Hot charge and/or direct rolling	none
Electricity consumption	430 kWh/ton	Insulation	firebrick
Oxygen consumption	30 m3N/ton	Heat consumption	1,330 MJ/ton-steel
Natural gas consumption	20 m3N/ton		
Coke consumption	15 kg/ton		
Product	Mild steel less than 0.2 % C		
Tapping temperature	1620 degC		
Atmosphere condition	25 degC with relative humidity 60 %		

- b) タイ鉄鋼業の事業所ごとのエネルギー効率評価の実施とその向上のためのフィードバック
- c) エネルギー効率向上のための設備技術と標準的な操業手法を示したタイ鉄鋼業のための「エネルギー効率マニュアル」の策定

業向けのJCM案件探索事業への補助金が公募された。これまでAJSIに関係していたメンバーでこの補助金を受託して、2019年度はタイ、フィリピン、インドネシアの製鉄所を訪問して案件探索を行った。2020年度以降もこの活動を継続する予定である。

6.2 環境省補助金による東南アジア鉄鋼業向け

JCM案件探索

二国間クレジット制度 (JCM : Joint Crediting Mechanism) は、途上国のCO₂削減活動に日本が資金面・技術面で支援することにより、達成されたCO₂削減量の一定部分を日本の削減量とみなすものである。省エネルギープロジェクトでは最大で設備投資額の50%に日本からの補助金が期待できる。

これまでのJCMプロジェクトは小規模のものが多かったが、鉄鋼省エネルギー案件では年間CO₂削減量は数万トン規模のものが期待できるため、環境省から東南アジア鉄鋼

参考文献

- 1) 中山道夫：工業加熱，54（2017）2，31.
- 2) Y. W. Jin：SEASIS Steel Committee Meeting Report，（19，March 2020）
- 3) 中山道夫，糸山誓司，岡崎照夫，北山未央，中島昌子：工業加熱，56（2019）2，24.
- 4) 日本鉄鋼連盟編：ASEAN Technologies Customized List Version 3.0 Part-1：EAF，（2018）

（2020年8月24日受付）