

平成 19 年度環境省委託事業

平成 19 年度 CDM / JI 事業調査

インドネシア・製鋼用アーク炉におけるバイオマス利用の事業調査

報告書

平成 20 年 3 月

スチールプラントック株式会社

まえがき

本報告書は、財団法人地球環境センター（GEC）殿が環境省の委託を受けて行っている温室効果ガスの排出削減につながる CDM / JI 事業調査に平成 19 年度案件として当社が応募して採択された「インドネシア・製鋼用アーク炉におけるバイオマス利用の事業調査」の報告書である。調査期間は平成 19 年 7 月 27 日から平成 20 年 3 月 7 日までである。

この公募に当社が、CDM 案件として提案できること、関係するデータの入手の可能性、カウンターパートの選定および案件形成に比較的短い期間での対応の可能性および過去の実績などを考慮し、上記案件に応募した。すなわち事前に東南アジア各国でのバイオマス廃棄物の発生状況、ヤシガラ炭の製鋼用アーク炉での使用試験およびヤシガラ炭の物理化学性状分析を実施しており、またホスト国のカウンターパート候補との協力関係の合意などから上記案件に応募し採択された。

鉄鋼業とバイオマスとの結びつきは、以下のインドネシアにおける鉄鋼業とヤシ油産業のヤシガラ廃棄物発生との観点からである。

インドネシアにおける鉄鋼業はアジア経済危機以降順調に回復し、2006 年には危機以前の粗鋼年産約 400 万 ton に達し、またヤシ油産業も順調に進展しており活発な状態にある。この鉄鋼業では化石燃料であるコークスを約 10 万 ton 以上使用していると見られる。一方、ヤシ油産業から発生してその大半が廃棄物的に利用されているヤシ油抽出残渣物のヤシガラは 400 万 ton 以上発生している。この両者を結びつけ、ヤシガラを炭化したヤシガラ炭を化石燃料であるコークスに代替できれば、CDM 案件として提案できる可能性がある。

本調査報告はインドネシアにおける CDM への取り組み、鉄鋼業およびヤシ油産業の現状について調査し、提案技術の普及性についても触れ、CDM プロジェクトの立案と事業化の可能性を調査した結果の報告である。

地球温暖化防止に向けた CDM 事業を通して、わが国の技術のインドネシアへの技術移転に本調査結果が役立つことを期待するものである。

平成 20 年 3 月

スチールプランテック株式会社

目 次

要 約	-----	P. 1
第1章 プロジェクトの概要と背景	-----	P. 2
第2章 インドネシアの一般的な状況		
2.1 政治・経済・社会状況		
2.1.1 国勢	-----	P. 3
2.1.2 政治と社会	-----	P. 3
2.1.3 経済・社会状況	-----	P. 4
2.2 エネルギー状況と政策		
2.2.1 エネルギー資源	-----	P. 4
2.2.2 エネルギー生産・消費・輸出入の状況	-----	P. 5
2.2.3 インドネシアのエネルギー政策	-----	P. 5
2.3 クリーン開発メカニズムへの取り組み		
2.3.1 インドネシア政府の取り組み	-----	P. 6
2.3.2 先行 CDM プロジェクトの例と特徴	-----	P. 9
第3章 インドネシアの鉄鋼産業		
3.1 鉄鋼産業概要		
3.1.1 製鉄プロセスと生産量	-----	P. 11
3.1.2 政府の鉄鋼産業政策	-----	P. 12
3.2 鉄鋼企業情報		
3.2.1 主要鉄鋼企業概要	-----	P. 12
3.2.2 ホスト企業概要	-----	P. 13
3.2.3 ホスト企業対象工場のエネルギー使用状況	-----	P. 14
第4章 インドネシアのヤシ油産業と CDM		
4.1 ヤシ油製造とヤシガラの発生プロセス	-----	P. 15
4.2 インドネシアのヤシ油産業	-----	P. 16
4.3 ヤシガラ炭の製造	-----	P. 17
4.4 ヤシガラ利用先行 CDM 事例	-----	P. 18
第5章 CDM プロジェクトの具体化		
5.1 プロジェクトの概要	-----	P. 20
5.2 ベースラインシナリオ		
5.2.1 電炉製鋼プロセスでの固形炭素燃料の使用	-----	P. 20
5.2.2 ホスト企業での GHG 排出状況	-----	P. 21
5.2.3 適用方法論の検討	-----	P. 21
5.3 プロジェクトシナリオ		

5.3.1 電炉製鋼プロセスでのヤシガラ炭利用の確認	-----	P. 22
5.3.2 プロジェクトシナリオでの GHG 削減効果	-----	P. 26
5.3.3 モニタリング	-----	P. 27
5.3.4 環境影響・その他	-----	P. 27
5.3.5 利害関係者のコメント	-----	P. 28
5.3.6 CDM 契約	-----	P. 30
5.4 ヤシガラ炭の入手可能性と価格	-----	P. 30
5.5 該当プロセスのインドネシア鉄鋼業への普及の可能性	-----	P. 32
第6章 事業化計画と課題		
6.1 実施体制	-----	P. 34
6.2 資金計画	-----	P. 34
6.3 経済性試算	-----	P. 34
6.4 事業化に向けての見込みと課題	-----	P. 37
第7章 調査と PDD 作成		
7.1 調査の実施体制	-----	P. 38
7.2 現地調査の概要	-----	P. 39
7.3 新方法論の概要	-----	P. 39
7.4 PDD の概要	-----	P. 41
第8章 まとめ	-----	P. 42

要 約

「インドネシア・製鋼用アーク炉におけるバイオマス利用の事業調査」に係わる調査業務として下記の内容の調査を実施した。

インドネシアの鉄鋼業は年産400万ton に達するが、そのすべては鉄スクラップまたは還元鉄を原料とする電炉(アーク炉)で生産されている。このプロセスにおいては精錬される鉄の 2 ~ 3 % の化石燃料由来の粉コークス(一部類似物性の無煙炭やオイルコークス) を使用している。

また、インドネシアではヤシ油製造業が活況で、この副産物であるヤシガラは年間 4 百万ton ほど発生している。ヤシガラの一部は燃料や活性炭原料として利用されているが、廃棄や単純焼却処理されているものの割合も大きい。

本調査はインドネシアにおける製鋼用電炉において、このヤシガラを乾留して得られるヤシガラ炭を粉コークスに置き換えて、化石燃料から発生する温室効果ガスを削減するCDMプロジェクトの事業化の可能性を調査したものである。

調査は調査受け入れ企業として当社(スチールプランテック株式会社)があたり、ホスト企業としてインドネシア鉄鋼企業1社、協力企業として日本関連企業3社、PDD作成にインドネシア企業1社の構成で行った。

なお、実際の製鋼用電炉を用いたヤシガラ炭の粉コークス代替使用試験を実施し、技術的には何ら問題のないことが、別途調査により判明している。

具体的に実施した項目を下記に記す。

1. インドネシアの一般的な状況と CDM 取り組みに関する調査
2. インドネシアの鉄鋼産業に関する調査
3. インドネシアのヤシ油産業に関する調査
4. バイオマスの鉄鋼業への利用に関する CDM 化の可能性に関する調査
5. CDM プロジェクトの具体化に向けた検討と設計書(PDD)の作成

各種の合理的な条件から試算例として本CDMの実施により年間GHG排出削減量は 11,220 ton CO₂ /yと見積もられる。この場合CER credit が 20 US\$/ton CO₂ の場合には、CDMによる収入がヤシガラ炭切り替えによるコストアップを上回る試算となった。

これらの調査の結果、現状ではヤシガラ炭供給体制が整えば、鉄鋼業サイドおよびヤシガラ炭製造サイドの両方ともに、その利用に積極的な姿勢を示していることが判明した。

また、CDM事業化においても経済性をともなって温室効果ガスの削減を果たせることが判明した。

第1章 プロジェクトの概要と背景

製鉄プロセスはエネルギー多消費プロセスであり、そのエネルギー源は化石燃料(石炭)が主である。したがって、製鉄企業の温室効果ガスCO₂の放出量も膨大なものとなっていることは周知である。

インドネシアの製鉄所は、鉄スクラップを電気エネルギーで溶解精錬して建材を製造する電炉製鉄所が主流である。このプロセスでは、溶解精錬時のスクラップの過酸化防止や鋼中の炭素分調節、および補助熱源として、精錬される鉄の量の 2~3 % の化石燃料由来のコークス(一部類似物性の無煙炭やオイルコークス)を使用している。インドネシアの年間粗鋼生産量は 380 万 ton 程度であり、そのすべてが電炉製鉄により生産されている。したがって、石炭を乾留して製造されるコークスを約 10 万 ton 消費していることになる。

一方、インドネシアや隣国のマレーシアではヤシ油製造業が活況で、この廃棄物であるヤシガラは年間 4 百万 ton のレベルで発生している。ヤシガラの一部は燃料や活性炭原料として利用されているが、廃棄や単純焼却処理されているものの割合が大きい。アブラヤシヤシガラ (PKS : Palm Kernel Shell) から製造される炭 (PKS Charcoal) は、木質由来の炭に比べて嵩比重が大で強度は高く、製鉄用に使用されるコークスに良く似た物性を持つ。

このような状況から、インドネシアにおいてこの両者を結びつけ、ヤシガラを炭化したヤシガラ炭を化石燃料であるコークスに代替できれば、CDM 案件として提案できる可能性がある。本プロジェクトはこのバイオマス由来のヤシガラ炭をコークスに置き換えて、化石燃料から発生する温室効果ガスを Carbon Neutral の原理に基づき削減することを狙いとするものである。

事前の東南アジア各国でのバイオマス廃棄物の発生状況の調査、ヤシガラ炭の製鋼用アーク炉での使用試験の実施、およびヤシガラ炭の物理化学性状分析の実施、さらにはホスト国のカウンターパート候補との協力関係の合意が得られる見通しのもと、本プロジェクトの CDM 案件としての事業化の可能性について調査を行った。

第2章 インドネシアの一般的な状況

2.1 政治・経済・社会状況

2.1.1 国勢

インドネシア共和国は世界最大の群島国である。17,508の島々から構成されていて、全島の海岸線の全長は5万4,716 kmにもおよび、世界有数の海洋国として知られている。国土面積は約189万km²、人口は約2.17億人、1人当たりの国民総所得(GNI/C)は710ドル(2002世界銀行)となっている。図2-1にインドネシアの国土地図を示す。公用語はインドネシア語で人種は大半がマレー系である。主要な都市には首都で政治経済の中心であるジャカルタ、東ジャワ州州都で工業中心の港町スラバヤ、ジャワ島西部のバンドンなどがある。主な産業は鉱業(石油、LNG、アルミ、錫)、農業(米、ゴム、パーム油)、工業(木材製品、セメント、肥料)である。



図 2-1 インドネシア国土地図
(出典: 東方観光局ホームページ)

2.1.2 政治と社会

共和制のもと33州から構成される。国家元首は大統領(大統領は国家元首であると共に行政の長でもある)である。現大統領は、第6代スシロ・バンバン・ユドヨノ(任期は2009年10月まで)である。議会は国民協議会(MPR)(憲法の制定及び改正、国民協議会決定の策定等)、国会(DPR)(立法機能、国家予算作成機能、政府に対する監視機能)、および地方代表議会(DPD)(地方自治等に関する法案の提言、審議への参加)がある。国民協議会は国会議員(550人)と地方代表議会議員(128人)で構成される。

宗教に関しては、イスラム教87.1%、キリスト教8.8%、ヒンズー教2.0%、その他、となってい

る。世界最大のイスラム人口を有するが、イスラム教は国教ではない。(外務省ホームページ)

2.1.3 経済・社会状況

インドネシアは1997年7月に発生したアジア通貨危機において、ASEAN および韓国の中で最大の経済的影響を受け、1998年のGDP成長率はマイナス13%にまで落ち込んだ。その後、各種改革の実施と好調な国内個人消費により、GDP成長率は2003年4.5%、2004年には5.1%を達成した。総選挙・大統領選挙・オーストラリア大使館前爆破テロ事件等の懸念要素があったものの、経済は堅調に推移した。

2005年は石油燃料価格の引き上げ(平均126%)によるインフレと金利引き上げ等により経済成長は減速し、成長率は政府目標の6%を下回る5.6%となった。

2006年は2005年の原油価格高騰の影響を引きずり、前半は成長が減速した。石油燃料補助金の撤廃やインフレ抑制のための高金利により、これまで経済成長を支えてきた消費は低迷し、また企業にとっても生産コストが増大した。しかし物価も対ドル・ルピアレートが安定し始めるとともに、中央銀行は5月から段階的な政策金利の引き下げを開始した。それにより消費も徐々に回復を見せ始め、11月には輸出が過去最高額を記録するなど好調だったこともあり、2006年後半の経済は回復基調となった。インフレ率も12月末には2005年の17.1%から6.6%にまで低下し、通年では2005年並みの5.5%の経済成長となった。

当面は失業率の改善が課題(2006年8月:10.3%)となっている。1997年の経済危機以降、失業率は悪化している。また毎年250万人が新規に労働市場に参入すると試算されており、それを吸収する雇用を創出するためには年率6%~7%の経済成長が必要とされる。この高成長を達成するためには、現在の消費主導の経済成長から投資主導の経済成長への転換が不可欠である。対外的には中国経済の台頭、FTA等の自由貿易への取り組みの進展といった国際環境の変化も存在するため、インドネシアが国際競争力を保持して持続的な経済成長を果たすには、投資の促進が不可欠である。2006年2月-3月に投資環境改善のための2つの政策パッケージ(インフラとそれ以外の分野)が発表され、2007年3月29日には新投資法が国会において可決されたが、今後はその実施が課題となっている。労働法改正など舵取りの厳しい問題もあるが、投資環境の整備・改善を迅速に進めていく必要がある。(外務省ホームページ)

2.2 エネルギー状況と政策

2.2.1 エネルギー資源

インドネシアは広範囲な天然資源に恵まれているが、多くの人口と急速な人口増加のため、いまだ貧しい国のままである。1985年から1994年の実質GDP成長率は平均約6%であり非常に好成長だったが、失業を減らすことも、労働力として毎年増え続けている230万人の労働者を吸収することにも十分ではなかった。工業生産は今やGDPのほぼ40%を占め、それは原油や天然ガス、錫、金属類、石炭などのさまざまな自国の天然資源の供給に頼っている。外国からの投資もまた近年の製造業の生産と輸出を上げている。実際に石油以外の製品による輸出拡大が経済成長を大きく助けている。(東方観光局ホームページ)

2.2.2 エネルギー生産・消費・輸出入の状況

可採年数は石炭が 146 年、ガスが 62 年、石油は 23 年と計算されている。原油価格高騰のもと、石油は政府補助金を増加させて財政を圧迫することから、石油を輸出にまわし、相対的に価格の低い石炭や天然ガスで内需を充たす方が、経済効率が良いとされる。表 2-1 に近年の一人当たりの平均エネルギー消費量の推移を示す。

表 2-1 一人当たりの平均エネルギー消費量

年	人口 (人)	電気 (kWh)	LPG (Kg)	ガス (M ³)	灯油 (Liter)	木炭 (Kg)	薪 (Kg)	練炭 (Kg)
1993	186,794,000	50.23	1.21	0.03	36.69	7.33	424.79	0.00
1996	194,340,000	78.06	2.34	0.06	37.36	7.03	420.70	0.04
1999	203,047,000	106.84	3.28	0.06	41.63	2.94	432.70	0.10
2002	212,003,000	224.62	2.34	0.07	46.08	2.76	n/a	n/a

(出典: DESDM 2006 - Handbook Statistik Ekonomi Energi 2006)

インドネシアは幸運にも石油、天然ガス、石炭などエネルギー資源を豊富に有して、これらのエネルギー資源の一部を外貨獲得(輸出入)のために使用している。インドネシアはLNGの産出量は世界最大で、大半は日本向けに輸出されている。石炭の輸出国としては第2位である。石油の埋蔵量には限りがあり、数年前からインドネシアは石油の純輸入国となっている。国内需要に対して何を使用し、輸出入に何を使用するかというジレンマに直面している。

2.2.3 インドネシアのエネルギー政策

このジレンマを乗り越えるために、インドネシア政府はエネルギー政策を打ち立て、国内ニーズに対応した信頼性のある安全なエネルギーを確保している。

(1) インドネシア政府の目標

- エネルギーの国内ニーズを満たすこと
- 質の高いサービスの提供
- エネルギー供給の長期的な確保
- 輸出入のエネルギーの確保
- 環境の保護と保存

(2) インドネシア政府のエネルギー政策の4本柱

- エネルギーの多様化
- 省エネルギー(エネルギーの節約)
- エネルギー価格政策
- 環境問題

(科学技術振興機構ホームページ)

2.3 クリーン開発メカニズムへの取り組み

2.3.1 インドネシア政府の取り組み

インドネシアでは京都議定書批准に関して過去に活発に議論されてきたものの、批准手続そのものについては、ASEANの10カ国のうち7カ国までが次々と批准していくのを横目にしながら、関係者をして「終わりが無い」と言わしめたほどの停滞が続いていた。ところが2004年4月に入ると状況が一転、4月1日の国会(Dewan Perwakilan Rakyat; DPR / 国民代表議会)審議を指示する大統領令が出され、4月19日の京都議定書批准を目指す各省連絡会議(通称“サクセス・チーム”、後に「CDM各省連絡会議」)が設置された。関係各省および有力NGOからの専門家をメンバーとし、第1委員会(外交・法的事項を担当)での議論およびステークホルダーからの意見聴取まで急速に動いていった。そして6月23日に第1委員会で法案を可決、同28日には本会議でも可決され、7月28日に発効された。インドネシア国内の関係組織および関係のマルチ・バイ機関は批准後へと向けて動き始めた。

(1) CDM 国家委員会

CDM 国家委員会(National Commission for CDM; Komisi Nasional Mekanisme Pembangunan Bersih / Komnas MPB)は検討中の案においては、指定国家担当機関(Designated National Authorities; DNA)と位置づけられている。環境省筆頭次官(Executive Secretary to the Minister, Ministry of Environment)を委員長とし、関係各省(注1)から次官あるいは総局長クラスが任命される(注2)見込みである。同委員会の下には技術チーム及び事務局が設置される(注3)。

(a) 事務局

プロジェクト申請の受付を始め、CDM 審査手続を円滑に行なうための事務一切を所掌する。また書式、必要書類の有無等の観点からの書類チェックも行なう。

(b) 技術チーム

技術チームは、CDM 国家委員会がインドネシアのDNAとしてその任務を遂行するにあたり、これを支援するために持続的開発のクライテリア指標に照らしたプロジェクトの妥当性を技術的・専門的見地から検証する。その際、後述する専門家グループおよびステークホルダー・フォーラムからのインプットを参考とすることが可能、とされている。技術チームは正メンバーと臨時メンバーから構成され、正メンバーのうち政府機関についてはCDM 国家委員会メンバーと共通で、これにNGO及び臨時メンバーとして当該プロジェクトに関係する地方政府からの参加が想定されている。

(c) 専門家グループ

専門家グループはあくまで選択肢としてCDM 国家委員会および技術チームのそれぞれに対応し設定されるものである。各々関係省庁を中心とするメンバーからなるCDM 委員会あるいは技術チームの知見のみではプロジェクトの妥当性を判断し難い、あるいは判断にあたり既存の各セクタによらない別の専門性を必要とする、等の場合にこれら委員会およびチームの依頼により検討作業に協力する、とされている。

(d) ステークホルダー・フォーラム

ステークホルダー・フォーラムも上記専門家グループと同様、必要に応じ開かれるもので、CDM 国家委員会がその判断を行なうことになっている。ステークホルダー・フォーラムには当該プロジェクト実施予定地域の住民に加え関連業界団体、研究機関およびその他知見を持つ組織からの参加が想定されている。

(注1) 鉱物資源エネルギー省、森林省、商工業省、外務省、内務省、運輸省、農業省、国家開発企画庁。

(注2) CDM 国家委員会の最初の委員は環境大臣令により任命予定。

(注3) DNA 法案議論の過程で、CDM 国家委員会は将来政府機関ではなく独立組織とすべきである、との議論がされているが、これは審査過程および結果の透明性と公平性確保の観点から提案されているものと考えられる。

(2) 政府関係機関およびその他の組織

エネルギー部門のステークホルダーとされる政府関係機関およびその他の組織を以下に紹介する (注4)。

1) 環境省 (Ministry of Environment)

環境関連政策および方針策定管轄省庁として関連省庁およびその他中央・地方政府機関ならびに関係組織の意見調整、取りまとめを行なう。CDM を含めた環境課題への取組みの中心的存在である。

2) 外務省 (Department of Foreign Affairs)

外交に関わる政策を実施していく中で関係省庁間の調整を図る役割を与えられており、京都議定書批准の議論および政府内手続推進においても大きな役割を果たしている。なお、京都議定書関連の取組みは経済、財務、開発にかかる多国間関係総局 (Directorate General of Multilateral II (Economic, Finance and Development)) 下の国連経済開発および環境局 (Directorate of UN Development, Economy and Environment Affairs) が担当する。

3) エネルギー・鉱物資源省 (Ministry of Energy and Mineral Resources)

資源・エネルギー分野全般を所掌している。2002年6月エネルギー・鉱物資源大臣令によりエネルギーセクター CDM 国家チーム (大臣の下、指導チームと実行チームからなる) を設置、CERUPT の候補案件である地熱発電2案件の検討を行っている。それだけでなく、CDM 審査のクライテリア案を先駆けて発表した (2003年7月) のも同省であり、同案に他省からの案を加えて環境省が現在のクライテリア案をとりまとめた経緯がある。

4) 工業省および商業省 (Ministry of Industry and Trade/Ministry of Industry and Ministry of Trade)

インドネシアの産業立国を目指し、産業貿易政策の策定、実施にあたる。環境関連の取組みは主として商工業省研究開発庁下の資源・地域・環境研究開発センター (Center for Resources, Region and Environment Research and Development) の主導により進められている。

5) 技術応用評価庁 (Agency for the Assessment and Application of Technology; BPPT)

科学技術の実証、応用および評価を所掌。再生可能エネルギー利用技術開発に関しても様々な取り組みを行ってきている。

6) 財務省 (Ministry of Finance)

国家気候変動対策委員会のメンバーとなっている。京都議定書関連の取り組みに関してこれまで積極的な関与は見られないものの、CDM を実際に稼働させていくにあたり必要な政策的支援に貢献が可能な省であり、今後外務省等他の政府機関からの働きかけにより積極的に関わっていくことが期待されている。

7) 国家開発企画庁 (National Planning Development Agency; BAPPENAS)

国家開発政策および計画策定を担うとともにその実施にあたって必要となる関係省庁間の調整を行なう。天然資源・環境担当次官およびその下の天然資源・環境管理局が主要なステークホルダーである。その他にセクター別の局があり、今後関与する可能性がある。

8) 投資調整庁 (Investment Coordinating Board)

外資および国内企業による投資促進およびそのための政策・計画策定ならびに政府関係機関の調整を行なう。

9) 運輸省 (Ministry of Transportation)

国家気候変動対策委員会および国家 CDM 委員会のメンバーとなっている。CDM に関するプロジェクト等具体的な取り組みは特になく、ワーキンググループの設置も遅れてはいるものの、今後取り組みが強化されていくものと見られる。

10) 内務省 (Ministry of Home Affairs)

インドネシアの国としての統一性を図る立場から地域への権限委譲を推進する。また中央 - 地域間のみでなく地域間相互の関係改善と強化を図る。地方分権を意識してか、国家気候変動対策委員会および国家 CDM 委員会の両方のメンバーになっている。

11) 住宅・地域インフラ省 (Ministry of Settlement and Regional Infrastructure)

国家気候変動対策委員会のメンバーである。国土の総合的な利用、開発および保全を主眼とした住宅・地域インフラ開発を所掌する。なお10月の政権交代に伴う省庁再編で公共事業省(Ministry of Public Works)に戻った。

12) 航空宇宙庁 (National Institute of Space and Aeronautics; LAPAN)

気象および気候にかかる研究開発およびデータの提供を掌る。国家気候変動対策委員会のメンバー。

13) インドネシア商工会議所 (Indonesian Chamber of Commerce; KADIN)

日本の経団連のような役割を果たしている団体で、インドネシアの全ての企業体は KADIN に属することが法的に定められている。環境委員会を常置し、他国の同種組織との交流など、地球環境問題について積極的に対応している。

14) 国营電力会社 (National Electricity Company; PLN)

近年の電力自由化による競争導入までは電力開発から供給までを独占的に行ってきた。このため、オランダ政府による CERUPT の 2 案件で電力購入者としてプロジェクトの提案に参画した経験がある。なお現在ではインドネシア政府が株式の大半を所有しているものの、名前は従来そのまま独立した会社組織となっている。

15) 国営石油・地熱会社(National Oil and Geothermal Exploration and Production Company; Pertamina)

予定されている近い将来の自由化までは石油・地熱ともにその開発から供給までを独占している。このためオランダ政府による CERUPT の 2 案件で開発主体としてプロジェクトの提案に参画した経験がある。なお現在では PLN と同様、インドネシア政府が株式の大半を所有しているものの、名前は従来そのまま独立した会社組織となっている。

(注4) その他のエネルギーセクターにおける主要なステークホルダーは以下のとおり。

- ・国営ガス公社(PGN)
- ・インドネシア銀行 (Bank Indonesia)
- ・関係企業、団体
- ・NGO : GTZ (ドイツ技術協力公社)のコンサルタントとして環境省の政策策定を間接的に支援しているプランギ(Yayasan Pelangi)、独自のネットワークを持ち再生可能エネルギー関連を中心とし具体的な案件形成に明るいYBUL (Yayasan Bina Usaha Lingkungan)、インドネシア村落企業家協会 (Indonesian Village Entrepreneurs Association)等多くの NGO が積極的に活動を展開しており、その果たす役割は大きい。

(1.3.1 の出典:NEDO 海外レポート No.941, No.943)

2.3.2 先行 CDM プロジェクトの例と特徴

2008 年 3 月 25 日現在においてインドネシアから国連 CDM 理事会への登録済み CDM プロジェクトは 13 件となっている。申請件数も 13 件となっており、したがって取り下げ、あるいは拒絶は今のところ無いものと見られる。

登録済みプロジェクトの分野別登録件数を表 2-2 に示した。

表 2-2 インドネシアにおける国連登録 CDM プロジェクトの分野別登録件数。

エネルギー産業 製造業	廃棄物処理	エネルギー産業 廃棄物処理 農業	製造業省エネ	(合計)
7	2	2	2	13

出典:UNFCCC HP

表 2-3 にインドネシアにおけるバイオマス利用の国連 CDM 理事会登録済みプロジェクト一覧を主要項目とともに示した。バイオマス利用の CDM プロジェクトは前記 13 件中 8 件あり、特にメタンガス回収および椰子の空果房とヤシガラ利用による化石燃料の使用削減をめざすものが多い。

表 2-3 インドネシアにおけるバイオマス利用の国連 CDM 理事会登録済みプロジェクト

No.	プロジェクト名	登録年月日	セクター・スコープ	規模	関係国	排出削減量 (トン CO ₂ /年)	備考
1	Amurangにおけるバイオマスコジェネレーションプロジェクト	2007年12月20日	エネルギー産業	小	スイス イギリス	30,263	北スラウェシ州Amurangで地場で発生するココナツ殻と東カリマンタン州で発生するパーム核殻を破碎してから燃料とし、3MWの電力と4.3MW熱をコジェネプラントでココナツ油搾油工場に供給するバイオマスプロジェクトである。これにより従来重油で賄っていた熱電供給をバイオマスに転換することによりCERを獲得する。
2	インドネシア共和国におけるナガマス・バイオマス熱電併給案件	2007年11月23日	エネルギー産業	小	日本(三菱UFJ証券)	77,471	スマトラのリアウ州Dumai市にあるパーム油精製工場において使用される蒸気を現在の化石燃料を燃料とするボイラーからパーム核殻(年間59,400トン使用)を燃料とするバイオマスボイラーと蒸気タービンによるコジェネシステムに転換することにより熱電を供給しCERを獲得する。
3	インドネシアランボン州PT. BUDI ACID JAYAにおけるタピオカ澱粉製造排水からのメタン回収利用プロジェクト	2007年11月2日	廃棄物処理	大	日本(住友商事)	271,436	スマトラのランボン州にあるタピオカ澱粉加工工場における廃水(日量16,900m ³)に含まれる有機物を閉鎖性嫌気処理によって発酵させ回収し発電燃料とする。従来のラグーンによる処理で空中放散されていたメタンガスを削減し、発電燃料とすることで化石燃料を削減することによりCERを獲得する。
4	PT Navigat Organic Energy Indonesiaによるインドネシア、バリにおける包括的な廃棄物管理(GALFAD)プロジェクト	2007年5月20日	エネルギー産業 廃棄物処理	大	日本(三菱UFJ証券)	123,423	バリのDenpasar市にある衛生埋め立て都市ごみ(日量トン)処分場で発生するメタンガスの回収及び尿尿等高水分有機廃棄物の嫌気発酵によるバイオガス回収を行い、回収ガスの燃焼によりタービンジェネレーターで発電し(9.6MW)、地方送電網に給電する。
6	Lampung Bekriバイオガスプロジェクト	2006年12月9日	燃料からの漏洩 廃棄物処理	小	スイス イギリス	18,826	スマトラのランボン州Lampung Bekriの家畜飼育場から排出される尿尿処理を現行のオープンラグーン方式から閉鎖式の好気性消化装置によりメタンガスを回収して燃焼するか発電に使用するか未定であるが、電力によるCERはカウントせず、メタンガスの放散によるGHGを減少させることによりCERを獲得する。
9	インドネシア、プラン島における養豚場糞尿貯蔵池からのメタンガス回収プロジェクト	2006年8月31日	廃棄物処理 農業	大	日本(三井物産 中部電力)	166,000	Singaporeに近いBulan島にある養豚場の糞尿処理ラグーンから大気中に放散されるメタンガスをカバーをかけて回収し、燃焼することによりGHGを減少する。これによりCERを獲得する。
10	MNAバイオマス9.7MW蒸気タービンプロジェクト	2006年8月31日	エネルギー産業	小		46,322	北スマトラ州Kuala Tanjungにあるパーム油精製工場においてパーム核殻およびパーム核繊維を燃料としてボイラーで蒸気を製造し(毎時4.2気圧45.5トンの蒸気)、精製工程に利用することで、現在燃料として使用しているディーゼルを削減することによりCERを獲得する。
11	MSSバイオマス9.7 MWe蒸気圧縮タービンプロジェクト	2006年6月17日	エネルギー産業	小		56,116	スマトラのリアウ州Dumai市にあるパーム油精製工場においてパーム核殻およびパーム核繊維を燃料としてボイラーで蒸気を製造し(毎時4.2気圧45.5トンの蒸気)、精製工程に利用することで、現在燃料として使用しているディーゼルを削減することによりCERを獲得する。

出典: UNFCCC HP

第3章 インドネシアの鉄鋼産業

3.1 鉄鋼産業概要

3.1.1 製鉄プロセスと生産量

製鉄プロセスには大きく分けて、鉄鉱石を高炉で還元して銑鉄を作り、次いでこの銑鉄を転炉にて精錬して鋼とする高炉一貫プロセスと、市中発生スクラップ(鉄屑)を溶解精錬して鋼とする電炉(アーク炉, EAF : Electric Arc Furnace) 製鋼法の2系統があり、日本では年産1億2千万 ton の製鉄量のうちで、高炉法が 65 %、電炉法が 35 % を占める。この2系統のほかに、高炉を用いずに鉄鉱石を固体のまま還元ガスで還元する直接還元法があり、このプロセスでは生産された固体還元鉄を電炉で溶解精錬する。インドネシアでは豊富な天然ガスを背景に、国営のクラカトウ製鉄所が直接還元法を採用しているが、他の 8 社は全て国内発生または輸入スクラップを使用する電炉法である。

インドネシアの年間粗鋼生産量は380万 ton 程度であり、昨今の世界的な鉄鋼業の活況にもかかわらず生産・利益とも伸び悩んでいる。企業の多くは華僑経営であり、技術開発や新鋭設備導入よりも短期的な利益確保に走る傾向にある。日本で休止した中古設備を購入して何とか動かしている工場も多く、粗鋼単位量あたりのエネルギー消費量は日本の 30 % 高程度である。設備・操業の両面から、先進国からの技術支援と、何よりも当事者の向上意欲が望まれる。

表 3-1 に最近 10 年間の粗鋼生産・消費の推移を示した。粗鋼消費は最近ではおおよそ 700 万 ton 台で推移しているが、粗鋼生産は 400 万 ton 弱となっており、その差は輸入である。粗鋼見掛消費量の約半分が輸入と見積もられる。1996 年には粗鋼消費は 700 万 ton に達し、また生産も伸びて 400 万 ton を超えた。その後アジア経済危機で生産は 300 万 ton 弱となったが、2004 年には 300 万 ton 台を回復している。他方で需要は回復してきており、2005 年には 1996 年のピーク時を超え、2006 年も 700 万 ton 台となっている。輸入比率はあまり変化していない。

表 3-1 最近 10 年間の粗鋼生産・消費の推移

単位:1000M.T.

暦年	粗 鋼				
	生産*	粗鋼換算 見掛消費*	1人当り消費量* (kg)	消費-生産	(消費-生産)/消費 (%)
1996	4,109	7,169	36.4	3,060	42.7
1997	3,816	7,268	36.4	3,452	47.5
1998	2,699	2,650	13.0	-49	-1.8
1999	2,891	2,954	14.2	63	2.1
2000	2,848	5,287	25.4	2,439	46.1
2001	2,781	5,457	26.2	2,676	49.0
2002	2,462	5,248	24.8	2,786	53.1
2003	2,042	5,063	23.6	3,021	59.7
2004	3,682	6,175	28.4	2,493	40.4
2005	3,675	7,814	35.6	4,139	53.0
2006	3,788	7,107	32.0	3,319	46.7

* 鉄鋼統計要覧2007&2002 日本鉄鋼連盟

3.1.2 政府の鉄鋼産業政策

国内鉄鋼業が抱える主な問題点は鉄鉱石を輸入に頼っていること、エネルギー供給の限界、旧式な設備、などである。強力な政策なしには中国などからの輸入におされて鉄鋼産業は停滞することになる。このため鉄鋼業の発展のために、第一に政策 (Ministry of Industry Regulation Number 11/M-IND/PER/3/2006) などにより、鉄鋼消費の国内市場の適正化をあげている。第二は技術開発と設備更新による鉄鋼産業の効率向上である。第三は国内天然資源の使用の適正化、たとえば鉄鋼産業を支える上流である鉄鉱石産業と石炭産業の振興である。

インドネシアは 50 億 ton の鉄鉱石と 500 億 ton の石炭の未開発資源を有する。これらは国内需要を満たすとともにさらに供給を増やすことが出来る。国内原料の使用は大きい付加価値をつける上流産業を支援することになる。またこのことは地方の経済活動を活発化することとなる。この政策は現在、南ボルネオ地域で探査研究が実施されている。これらの施策によりインドネシアの鉄鋼会社は原材料の国内調達を増やし、輸入を減らす方向にある。

このように政府は 2000 年政府政策 No.148 に基づいて鉄鋼一貫メーカーへの投資を行なうことにより、鉄鋼業の支援と雇用の拡大ができるとしている。(YBUL Report より)

3.2 鉄鋼企業情報

3.2.1 主要鉄鋼企業概要

表 3-2 にインドネシアの主要鉄鋼企業を示した。

インドネシア鉄鋼業は高炉・転炉は無く、すべて電炉メーカーである。連铸比率は 100 % となっている。製鋼能力は 565 万 ton となっている。

表 3-2 に示すように国営の Krakatau 社がもっとも規模が大きく製鋼能力は 160 万 ton である。次いで本調査のホスト企業である Master Steel 社で、製鋼能力は 130 万 ton である。

表 3-1 に示した粗鋼生産は 2005 年は 368 万 ton であるため製鋼能力を 565 万 ton とすると稼働率は 65 % 程度と見積もられる。一方、粗鋼見掛消費は 781 万 ton であるので、稼働率の観点からは一層の操業の効率化が求められている。政府の鉄鋼産業政策にあるように技術開発と設備更新による鉄鋼産業の効率向上が求められている。

表 3-2 主要鉄鋼企業とその製鋼能力

会 社	所在地	電炉能力 x 基	製鋼能力 1000t/y
Master Steel (華人系)	Jakarta	30 t x 1, 50 t x 2	600
(PT Kesa)	Jakarta	80 t x 1	300
(Pulogadung)	Jakarta	60 t x 1	200
(PT Spa)	Surabaya	40 t x 1	200
	Master Steel社 小計		1,300
Inti General (華人系)	Semarang	25 t x 1	150
Inter World (華人系)	Jakarta	35 t x 1	200
Jakarta Steel (華人系)	Jakarta	35 t x 1	200
Toyogiri Iron & Steel (華人系)	Jakarta	25 t x 1	150
Jakarta Cakra (華人系)	Jakarta	80 t x 1	300
Gunung Garuda (華人系)	Jakarta	125 t x 1	400
Ispat Indo (インド系)	Surabaya	80 t x 1	600
Djatim Taman Steel (華人)	Surabaya	25 t x 1, 30 t x 1	200
Gunung Gahapi (華人)	Medan	40 t x 1	250
Growth Sumatra (華人)	Medan		300
Krakatau Steel (国営)	Cilegon	65 t x 4, 125 t x 6	1,600
		製鋼能力合計	5,650

(PT.インドネシアJFE商事 資料)

3.2.2 ホスト企業概要

本調査のホスト企業である Master Steel 社はジャカルタに電炉工場4工場を所有し、鉄鋼生産合計年産約 100 万 ton で、インドネシアでは国営 Krakatau 製鉄所に次ぐ規模の製鉄企業である。社長の Mr. Hermann は華僑系、工場長・技術部長クラスはインド人、ワーカーはインドネシア人という人種構成となっている。

(1) 本社工場(ジャカルタ)

鉄鋼年産 50 ~ 60 万 ton、50 ton 電気炉 2 基、30 ton 電気炉 1 基

(2) PT Kesa Indotama 工場(ジャカルタ)

鉄鋼年産 30 ~ 35 万 ton、80 ton 電気炉 1 基

今回のバイオマス利用のFS対象設備

既設は製鋼のみで、現在敷地内に年産 60 万 ton 規模の棒鋼圧延機据付中。

(3) PT SPA 工場 (スラバヤ)

鉄鋼年産 15 ~ 20 万 ton、40 ton 電気炉 1 基

現在 80 ton 電気炉建設中(2008 年中には稼働予定。これにより鉄鋼年産は 30 ~ 40 ton 程度になると見られる。)

(4) PT Pulogadung Steel Mfg Co, Ltd. (ジャカルタ)

鉄鋼年産 8 ~ 9 万 ton、20 ton 電気炉 1 基

現在日本から購入した中古 60 ton 電気炉据付中。

3.2.3 ホスト企業対象工場のエネルギー使用状況

本調査におけるホスト企業の対象工場である PT Kesa Indotama 工場(ジャカルタ)における現在の鉄鋼生産量とコークス使用量は工場長からのヒアリングによると下記のようになっている。

ピレット用鉄鋼生産 : 月間 3 万 ton

炭材使用量:無煙炭(国内産および輸入)月間 600 ~ 800 ton

粉コークス(輸入)月間 400 ton

なお電炉製鋼の性能の指標である粗鋼 ton 当たりの電力使用量は、日本の 400 kWh/ton に比べてかなり高い 520 kWh/ton であり、今後の設備および操業両面での改善が期待される。

第4章 インドネシアのヤシ油産業と CDM

4.1 ヤシ油製造とヤシガラの発生プロセス

アブラヤシ(Oil Palm)はアフリカ原産で東南アジアに自生したものではなく、すべて栽培されている。植付け後 3 年目から収穫可能で、25 年経つと木が高くなりすぎると樹勢が落ちるため伐採して植え替える。FFB (Fresh Fruit Bunches) と称する実は葉の付け根に形成され、20 日に一度、葉を落として 2 個の FFB を取ることができる。FFB は一抱え 20 kg 程度あり、鶏卵より若干小さい黄色い実(Fruit)が数十個付いている。実の外側は油分を含んだ柔らかい部分で、これを高温蒸気でシェル(内部の硬い部分)から分離してプレスで絞ると CPO (Crude Palm Oil) ができる。絞るかすのファイバーは繊維質で燃料となる。シェルを割ると内部に核(Kernel) があり、この中身もさらに絞って別種の油を取る。シェル (ヤシガラ、PKS : Palm Kernel Shell) は硬くて水分含有量は低く、このままでも燃料になるが、乾留してヤシガラ炭(PKS Charcoal) とすると、活性炭の原料になる。本プロジェクトはこのヤシガラ炭をコークス代替に使用して化石燃料の使用量を減らし、化石燃料由来の GHG 排出量削減を図るものである。

図 4-1 にヤシ油工場の写真を、また図 4-2 にアブラヤシと FFB およびヤシガラの写真を示す。

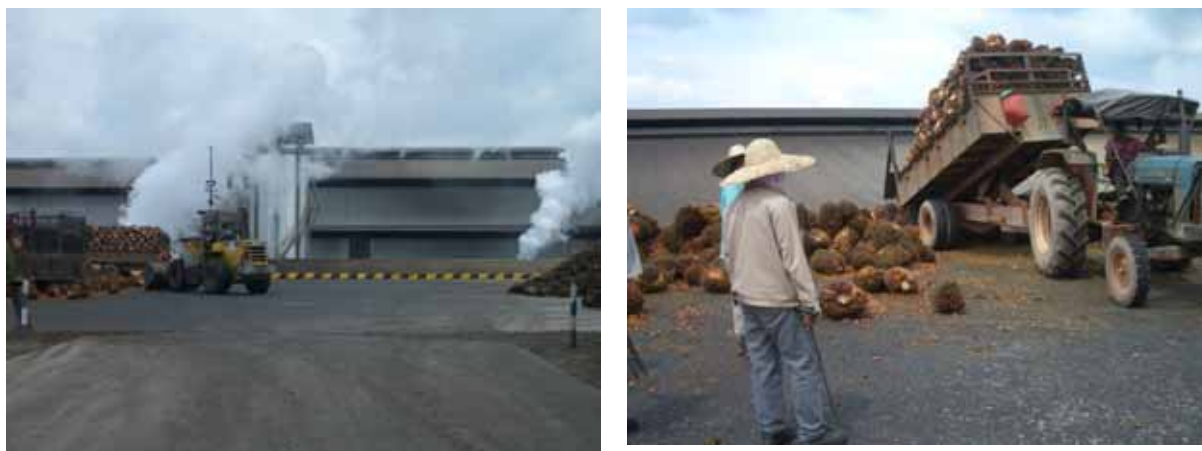


図 4-1 ヤシ油工場



図 4-2 アブラヤシと FFB およびヤシガラ

4.2 インドネシアのヤシ油産業

ヤシ油はインドネシアとマレーシアが世界の2大生産国である。用途は食用油・洗剤などであるが、最近バイオ燃料の原料としても注目されて価格の上昇があり、原生林を切り開いてヤシ農園化する傾向が一段と強まってきた。インドネシアは昨年マレーシアを抜いて世界最大のヤシ油生産国となった。インドネシアの CPO 年産量は 1,700 万 ton と推測され、マレーシアもほぼこれに匹敵する。インドネシアでの生産地はカリマンタン島とスマトラ島がそのほとんどを占める。インドネシア全体のアブラヤシ畑面積 380 万 ha 中、スマトラ島に 75 %、カリマンタン島に 20 % が偏在する。1 ha 当り FFB 生産量は 14 トンでその 20 % が CPO、4.3 % が PKS である。インドネシア各州のヤシ油工場数と生産能力を表 4-1 に示す。

表 4-1 FFB 加工工場の数と生産能力

No.	州名	ユニット数	1時間当たりの FFB 処理量 (ton/h)
1	アチェ特別州	14	410
2	北スマトラ州	87	3030
3	西スマトラ州	20	1080
4	リアウ州	128	5645
5	ジャンピ州	31	1503
6	南スマトラ州	53	2635
7	ブンクル州	12	540
8	ランブン州	4	125
9	西ジャワ	1	30
10	バンテン州	1	60
11	西カリマンタン	20	905
12	中部カリマンタン州	24	1290
13	南カリマンタン州	3	110
14	東カリマンタン州	10	510
15	中部スラウェシ州	3	90
16	西スラウェシ州	1	40
17	南スラウェシ州	4	140
18	パプア州	5	200
	合計	421	18,343

(出典：インドネシア農業省資料)

4.3 ヤシガラ炭の製造

ヤシガラ炭の製造は、ヤシガラを 600 程度で数時間乾留して水分と揮発分を除去する。用途は活性炭原料がほとんどであり、活性炭製造に向かない粉などは飼料や土壌改良に用いられている。ヤシガラ炭の製造はマレーシアでは商業ベースで実施されているがインドネシアではまだほとんど実績がなく、一部ヤシガラのままで外販されている。マレーシアのヤシガラ炭製造はロータリーキルン方式か開放固定床炉で、活性炭マーケットに見合う小規模生産である。ヤシガラ中の揮発分を 10 % 以下まで下げてコークス代替に見合う物性にまで乾留すると、ヤシガラからのヤシガラ炭の収率は 25 % 程度となる。すなわち 1 ton のヤシガラから得られるヤシガラ炭は 250 kg 程度である。図 4-3 に開放固定床炉の写真を示す。



図 4-3 開放固定床炉式ヤシガラ炭製造炉

4.4 ヤシガラ利用先行 CDM 事例

表 2-3 に示したインドネシアにおけるバイオマス利用の国連 CDM 理事会登録済みプロジェクトのうち、ヤシバイオマス利用の CDM 事例プロジェクトを表 4-2 にまとめた。ヤシバイオマス利用の CDM 事例は 4 件あり、いずれも規模は小さい。これらの先行 CDM はアブラヤシの核(PKS : Palm Kernel Shell) の発電あるいは熱電供給プラントへの利用である。CER 発行済みのものは今のところ無い。

表 4-2 ヤシガラを利用した先行している国連CDM理事会登録済みプロジェクト

No.	プロジェクト名	登録年月日	セクター・スコープ	規模	関係国	排出削減量 (トン CO ₂ /年)	備考
1	Amurangにおけるバイオマスコジェネレーションプロジェクト	2007年12月20日	エネルギー産業	小	スイス イギリス	30,263	北スラウェシ州Amurangで地場で発生するココナツ殻と東カリマンタン州で発生するパーム核殻を破碎してから燃料とし、3MWの電力と4.3MW熱をコジェネプラントでココナツ油搾油工場に供給するバイオマスプロジェクトである。これにより従来重油で賄っていた熱電供給をバイオマスに転換することによりCERを獲得する。
2	インドネシア共和国におけるナガマス・バイオマス熱電併給案件	2007年11月23日	エネルギー産業	小	日本(三菱UFJ証券)	77,471	スマトラのリアウ州Dumai市にあるパーム油精製工場において使用される蒸気を現在の化石燃料を燃料とするボイラーからパーム核殻(年間59,400トン使用)を燃料とするバイオマスボイラーと蒸気タービンによるコジェネシステムに転換することにより熱電を供給しCERを獲得する。
10	MNAバイオマス9.7MW蒸気タービンプロジェクト	2006年8月31日	エネルギー産業	小		46,322	北スマトラ州Kuala Tanjungにあるパーム油精製工場においてパーム核殻およびパーム核繊維を燃料としてボイラーで蒸気を製造し(毎時4.2気圧45.5トンの蒸気)、精製工程に利用することで、現在燃料として使用しているディーゼルを削減することによりCERを獲得する。
11	MSSバイオマス9.7MWe蒸気圧縮タービンプロジェクト	2006年6月17日	エネルギー産業	小		56,116	スマトラのリアウ州Dumai市にあるパーム油精製工場においてパーム核殻およびパーム核繊維を燃料としてボイラーで蒸気を製造し(毎時4.2気圧45.5トンの蒸気)、精製工程に利用することで、現在燃料として使用しているディーゼルを削減することによりCERを獲得する。

(出典:UFNCCC HP)

第5章 CDM プロジェクトの具体化

5.1 プロジェクトの概要

インドネシアの製鉄所は、鉄スクラップを電気エネルギーで溶解精錬して建材を製造する電炉製鉄所が主流である。このプロセスにおいては、スクラップの過酸化防止や鋼中の炭素分調節、および補助熱源として、精錬される鉄の量の 2~3 % の化石燃料由来のコークスを使用している。一方インドネシアや隣国のマレーシアではヤシ油製造業が活況で、この廃棄物であるヤシガラは年間4百万 ton のレベルで発生している。ヤシガラの一部は燃料や活性炭原料として利用されているが、廃棄や単純焼却処理されているものの割合は大きい。

アブラヤシヤシガラ (PKS : Palm Kernel Shell) から製造される炭 (PKS Charcoal) は、木質由来の炭に比べて高比重が大で強度は高く、製鉄用に使用されるコークスに良く似た物性を持つ。本プロジェクトはこのバイオマス由来のヤシガラ炭をコークスに置き換えて、化石燃料から発生する温室効果ガスを Carbon Neutral の原理に基づき削減することを狙いとするものである。鉄鋼製造プロセスの中でコークスを最も多量に使用するのは高炉プロセスであるが、高炉で使用されるコークスは粒度と強度面で制約があり、ヤシガラ炭を高炉で使用するのは困難と予測される。

5.2 ベースラインシナリオ

5.2.1 電炉製鋼プロセスでの固形炭素燃料の使用

鉄スクラップを溶解精錬して鋼材を製造する製鋼用アーク炉(電炉)の主なエネルギー源は電力であるが、酸素やバーナ燃焼燃料、粉コークスなども補助熱源として使用される。最近の電炉では電力と補助化石燃料による供給熱エネルギーの比はほぼ 50:50 である。補助燃料の中で単に熱源としてでなくプロセス面でも重要なのは固形炭素を主成分とするコークス(または類似物性の無煙炭やオイルコークス)である。溶解精錬の各段階におけるコークスの使用状況を以下に示す。コークスの使用量は一般に鉄1 ton に対して 20-30 kg である。

- (1) 溶解初期 (図 5-1 左) にはスクラップのスムーズな溶け落ちのために酸素を吹き込み、スクラップを酸化させて酸化熱で溶解するが、この際に酸化鉄(FeO) 発生を抑制するために粉コークスを吹き込むか、塊コークスをスクラップに前もって混合する。
- (2) スクラップ溶解後の昇温期 (図 5-1 中) には高温アークが裸となり大きな熱損失や炉壁損傷が懸念される。これを防止するために粉コークスと酸素をスラグ中に吹き込み、発生する CO ガスでスラグを泡立たせてアークを包み込む (Foaming Slag)。これによって熱効率の向上と早期の昇温が達成される。
- (3) 精錬期末期 (図 5-1 右) には酸素吹き込みを停止して粉コークスだけを吹き込み、スラグ中の FeO の還元と鉄分回収を図るとともに、鋼中炭素成分を調節する。

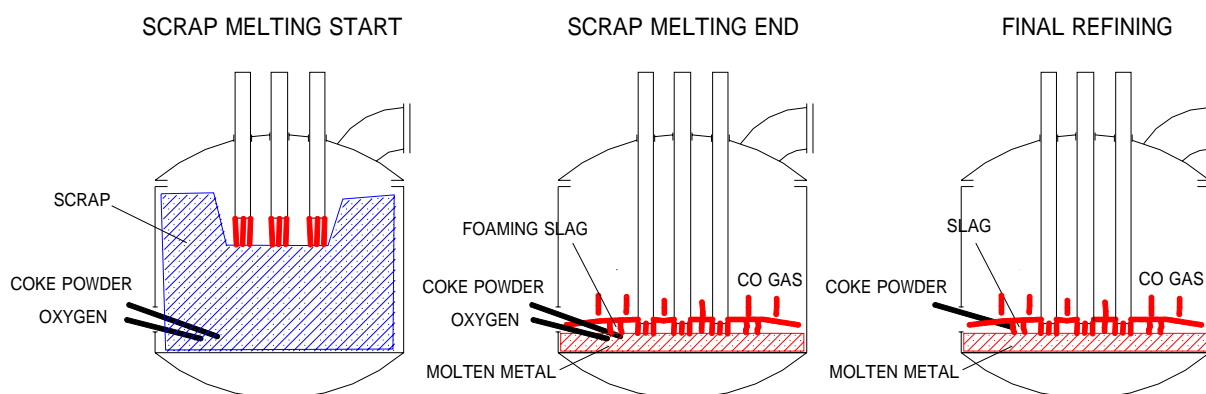


図 5-1 電炉製鋼法におけるコークスの使用

5.2.2 ホスト企業での GHG 排出状況

本プロジェクトでは、5.2.1 で説明した、化石燃料であるコークスの使用により発生するGHGの削減を目的としていて、それ以外の要因によるGHG発生量はプロジェクト実施によっても変わらないもの、または微小であると仮定している。ホスト企業であるインドネシア・ジャカルタのマスタースチール社ケサ工場（PT The Master Steel Mfg, Kesa Plant）におけるアーク炉でのコークスからのGHG年間発生量は 28,050 ton となる。GHGは全て CO₂ ガスである。

電炉容量	: 80 ton
年間粗鋼生産量	: 360,000 ton/y
電炉のコークス使用原単位	: 25 kg coke/ton-steel
年間コークス使用量	: 360,000 ton/y x 25 kg coke/ton-steel = 9,000 ton/y
コークスの炭素含有量	: 85 %
コークス由来年間GHG発生量	: 9,000 ton/y x 0.85 x 44/12 = <u>28,050 ton-CO₂/y</u>

5.2.3 適用方法論の検討

そのまま適用できる承認された方法論は無いため、PDD 作成作業において新方法論から構築した。既存の承認された方法論で本プロセスに近いものには下記があり、これを参照しながら新方法論の作成作業を進めている。

ACM0003 “Emissions reduction through partial substitution of fossil fuels with alternative fuels in cement manufacture”

新方法論の名称は下記である。

“ Emissions reduction through partial or total substitution of fossil fuels with alternative bio-char in steel manufacture with Electric Arc Furnace”

本調査では PDD と新方法論および新モニタリング方法論の原案を作成した。その後別途予算で某 DOE に予備審査を依頼してコメントを入手し、そのコメントを参考に修正作成した。今後、さらに修正完成させて国連の新方法論パネルへの承認申請提出を行なう予定である。新方法論の承認には 6 ヶ月程度を見込む。

当初は新法論の適用可能なプロセスは製鋼用アーク炉に限らず、鉄鉱石焼結やロータリーキルンによる直接還元などの、揮発分の少ない炭材を使用する製鉄プロセスにも適用することを目指した。しかし DOE から各プロセスに付き具体的なプロセスの説明を記載するように求められたため、最新の新方法論原稿では原料をアブラヤシかココナツヤシヤシガラに絞り、製鉄プロセスは電炉製鋼に限定するように修正した。

5.3 プロジェクトシナリオ

5.3.1 電炉製鋼プロセスでのヤシガラ炭利用の確認

本プロジェクトは、化石燃料であるコークスをバイオマス燃料であるヤシガラ炭で置き換えるという単純なプロセスである。CDM 化企画の前にヤシガラ炭使用により電炉製鋼プロセスに支障がないかどうかを確認する必要がある。本プロジェクトの企画に際して、当社は 2007 年 4 月にマレーシアからヤシガラ炭を輸入し、共英製鋼株式会社大阪工場の 80 ton アーク炉でコークス代替試験を実施した。この時点での試験は現象を確認するためのピーピングテストであり、詳細データは入手しなかったが、その後 2007 年 12 月に再度試験を実施して、必要なデータを入手した。その結果、ヤシガラ炭のコークス代替使用は全く問題なく可能なことが判明した。表 5-1 と表 5-2 にヤシガラ炭とコークスの物性の比較を示す。Coarse coke (塊コークス) はスクラップに混合して電炉に装入され、Fine coke (粉コークス) は気送で炉内に吹き込まれる。そこで試験操業では、Large size charcoal(粗粒ヤシガラ炭)をスクラップに混合して電炉に装入し、Small size charcoal(細粒ヤシガラ炭)を気送で炉内に吹き込んだ。その他の操業条件はコークス操業の場合と同一とし、コークス使用試験とヤシガラ炭使用試験を交互に各 3 回実施した。

表 5-1 試験に使用したヤシガラ炭とコークスの粒度分布と嵩密度

Screen size mm	Undersize weight %				
	PKS charcoal (Envirocarbon) 5)			Coke (Kyohei Steel) 6)	
	Large	Medium	Fine	Coarse	Fine
19.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
9.50	98.3	100.0	100.0	92.2	100.0
6.70	86.8	100.0	99.5	52.6	100.0
4.75	54.5	99.9	98.3	19.4	100.0
2.00	0.4	38.5	95.6	5.9	99.1
1.00	0.0	4.0	94.0	5.4	85.3
0.500	0.0	0.2	68.0	4.7	66.0
0.250	0.0	0.1	37.5	2.9	43.0
0.106	0.0	0.1	18.7	0.7	18.8
Bulk density (ton/m ³)	0.483			0.600	0.750

表 5-2 試験に使用したヤシガラ炭とコークスの工業分析値と元素分析値

Items	Unit	PKS charcoal (Envirocarbon) 5)			Coke (Kyoei Steel) 6)	
		Large 3.3 - 8.0 mm	Medium 2.0 - 3.3 mm	Fine 0.1 - 2.0 mm	Lump 1.0 - 15 mm	Breeze 0 - 1.0 mm
Moisture 1)	wt %	7.5	5.9	5.2	13.0	0.7
Ash	dry wt %	3.2	3.6	13.3	12.1	11.7
Volatile	dry wt %	8.5	8.8	10.9	1.1	1.1
DHV 2)	kcal/kg	7,840	-	6,940	6,650	6,950
(Dried Heating Value)	kJ/kg	32,810	-	29,070	27,820	29,080
HHV 3)	wet kcal/kg	7,250	-	6,580	5,780	6,900
(High Heating Value)	wet kJ/kg	30,350	-	27,560	24,210	28,880
LHV 4)	wet kcal/kg	7,100	-	6,450	5,700	6,880
(Low Heating Value)	wet kJ/kg	29,710	-	27,000	23,880	28,790
C	dry wt %	89.1	-	-	83.0	85.8
H	dry wt %	2.2	-	2.0	< 0.1	0.3
N	dry wt %	0.6	-	-	0.5	0.6
S	dry wt %	< 0.1	-	-	0.6	0.5
Cl	dry wt %	< 0.1	-	-	< 0.1	< 0.1
Fe	dry wt %	0.09	-	2.56	0.14	0.33
Ca	dry wt %	0.31	-	0.94	0.21	0.38
Si	dry wt %	0.85	-	2.37	3.49	2.78
Al	dry wt %	0.03	-	0.49	2.34	1.57
Na	dry wt %	< 0.01	-	-	-	0.04
K	dry wt %	0.18	-	-	-	0.08
P	dry wt %	0.02	-	-	0.03	0.04
Mg	dry wt %	0.04	-	0.10	0.04	0.14

- 1) Moisture is the weight loss when dried at 105 degC two hours.
 2) DHV means the measured heating value at the dried condition after dried at 105 degC two hours.
 3) $HHV = DHV \times (100 - \text{Moisture } \%) / 100$
 4) $LHV = HHV - 6 \times (9 \times \text{Hydrogen (wet base)} + \text{Moisture }) \text{ kcal/kg}$
 $\text{Hydrogen (wet base)} = \text{Hydrogen (dry base)} \times (100 - \text{Moisture } \%) / 100$
 5) PKS charcoal is the charcoal made from palm kernel shell in Malaysia by Envirocarbon Sdn Bhd.
 6) This coke is used at the electric arc furnace of Kyoei Steel in Osaka, Japan.

表 5-2 から分かるように、ヤシガラ炭はコークスよりも発熱量が大きく、灰分と硫黄分は少ない。このことは製鉄冶金用燃料としては非常に有利な点である。

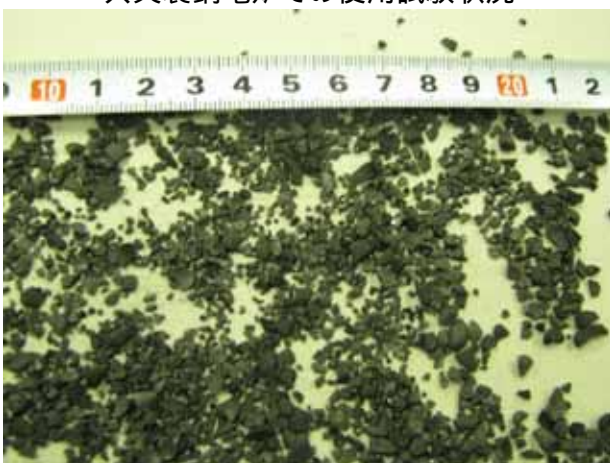
図 5-1 に操業状況と使用炭材の写真を示す。



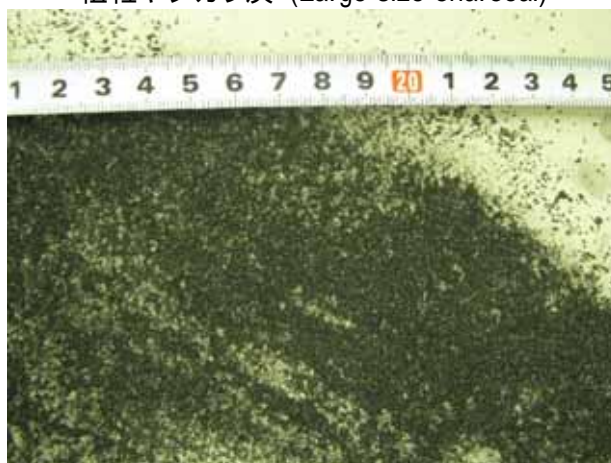
共英製鋼電炉での使用試験状況



粗粒ヤシガラ炭 (Large size charcoal)



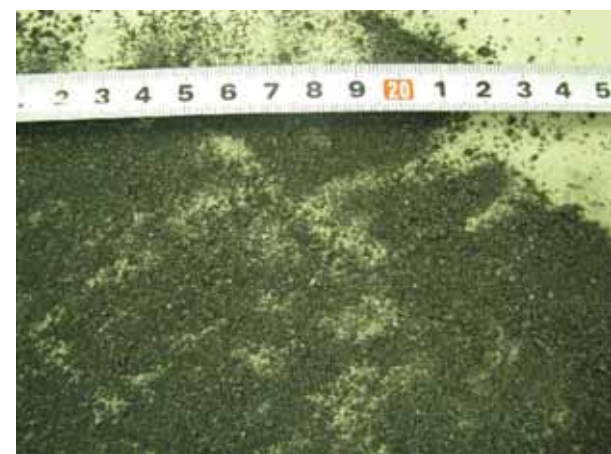
中粒ヤシガラ炭 (Medium size charcoal)



細粒ヤシガラ炭 (Fine size charcoal)



塊コークス (Large size coke)



粉コークス (Fine size coke)

図 5-1 電炉操業状況と炭材の写真

試験操業にて採集したデータは燃焼塔後の排ガス温度およびエルボ部排ガス冷却水温と、スラグの分析である。排ガス温度は燃料の保有エネルギーの有効利用度の指針であり、スラグ中の酸化鉄と金属鉄分の分析は、還元剤としてのヤシガラ炭の効率の指針である。

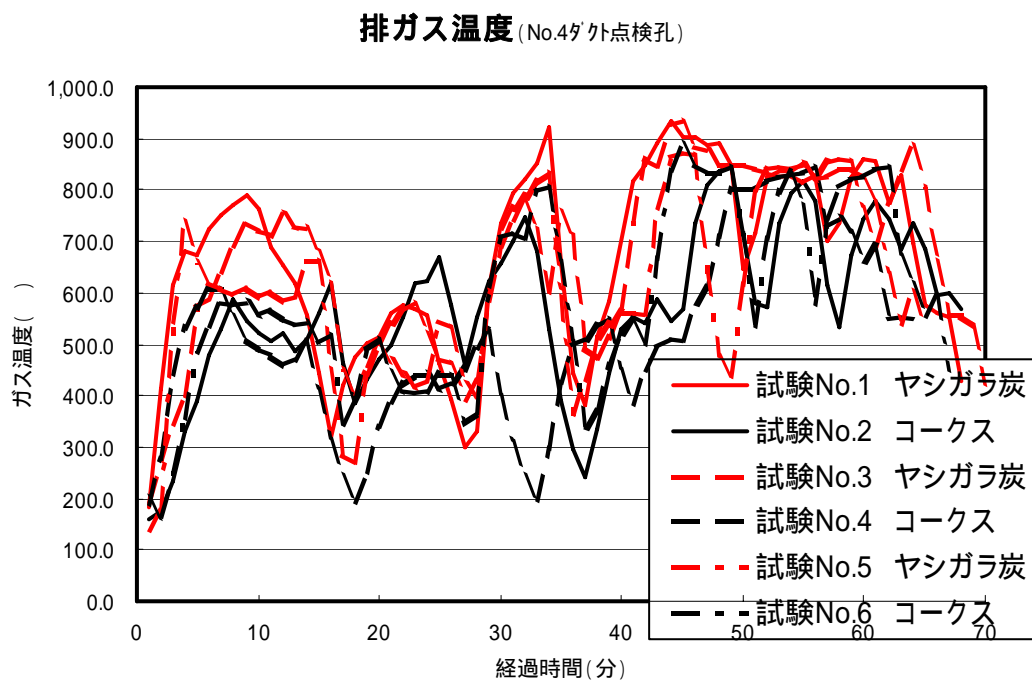


図 5-2 試験操業時の排ガス温度の推移

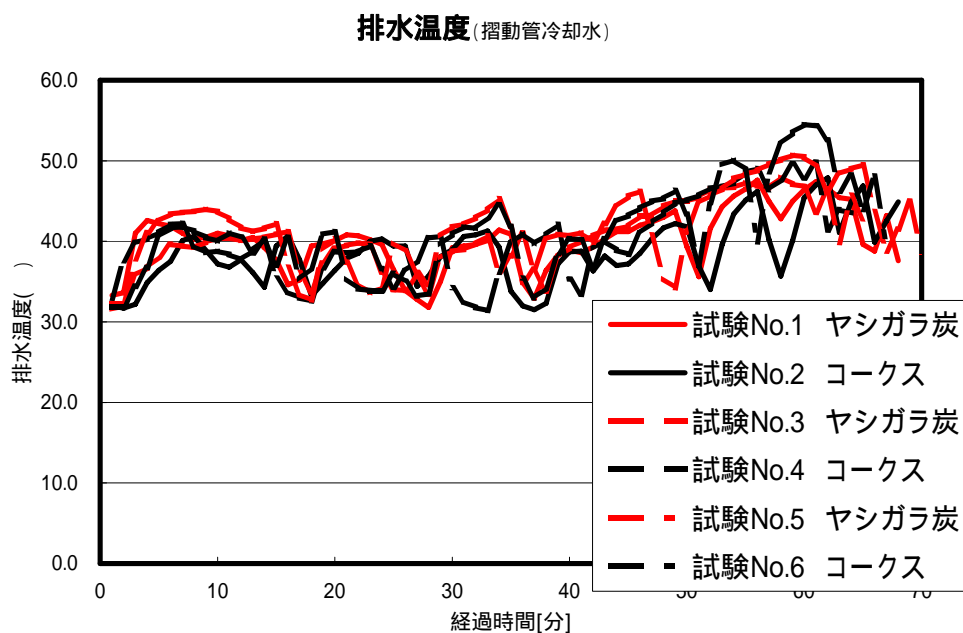


図 5-3 試験操業時の冷却水温度の推移

図 5-2 および図 5-3 から、スクラップに混合装入したヤシガラ炭の燃焼が起こる溶解初期には排ガス温度と排ガス冷却ダクトの水温が上昇することから、コークスに比べて高い揮発分の燃焼熱の一部は炉外で燃焼している。しかしヤシガラ炭の高い発熱量はもともと揮発分由来のため高く、全体のエネルギー消費量には差が出ていない。

表 5-3 にスラグの分析値の比較を示す。懸念されたスラグ中の FeO と金属鉄分 M. Fe の増加はなく、還元性もコークス並みであることが実証された。塩基度 (CaO/SiO₂) にも差はなく、ヤシガラ炭のコークス代替使用の可能性は実証された。なお表中の (P+C)-1 と (P+C)-2 は混合使用の参考データである。

表 5-3 スラグ分析値の比較

Item	unit	Palm-1	Palm-2	Palm-3	Coke-1	Coke-2	Coke-3	(P+C)-1	(P+C)-2
SiO ₂	wt%	21.0	22.68	22.12	23.45	21.18	25.71	18.22	18.13
CaO	wt%	29.01	25.18	36.25	24.67	32.53	32.40	32.37	37.47
Al ₂ O ₃	wt%	11.48	11.76	8.34	15.28	10.04	9.92	12.41	11.86
MgO	wt%	8.76	14.29	7.58	6.79	10.31	8.15	12.67	5.75
FeO	wt%	11.56	14.50	14.81	14.07	12.32	10.82	11.77	10.10
M. Fe	wt%	4.99	0.71	1.31	2.40	1.88	1.23	1.37	1.35
C	wt%	-	0.02	-	-	0.11	-	-	0.47
CaO/SiO ₂	-	1.38	1.11	1.64	1.05	1.54	1.26	1.78	2.07
(CaO+MgO)/SiO ₂	-	1.80	1.74	1.98	1.34	2.02	1.58	2.47	2.38
Lime charge	kg/heat	1,656	1,432	1,800	1,457	1,830	1,496	2,298	1,706
Steel prod. in CC	kg/heat	83,376	86,493	81,038	76,363	79,480	81,818	80,259	82,597

なおこの試験に準じた試験を、2008年1月にホスト企業の対象電炉で実施した。日本と異なり計測機器類が不備のため精度の高いデータは入手できなかったが、溶解時間や電力原単位などの基本的な数値はコークス使用の場合とヤシガラ炭使用の場合で大差なく、インドネシア側の担当者に、ヤシガラ炭使用の有効性を認識してもらえた。

5.3.2 プロジェクトシナリオでの GHG 削減効果

現在活性炭向けに販売されているヤシガラ炭の規模は1工場あたり年産 3,000 tonレベルである。ホスト企業のコークス年間使用量 9,000 tonを全量代替するには無理があるため、とりあえずその 40 % をヤシガラ炭で代替する案で PDDを作成した。その場合のGHG排出削減量は、4.2.2 ホスト企業でのGHG排出状況 で示した 28,050 ton-CO₂/y の 40 % である下記となる。

$$\text{プロジェクトシナリオでのGHG削減量} = 28,050 \text{ ton-CO}_2/\text{y} \times 0.40 = \underline{11,200 \text{ ton-CO}_2/\text{y}}$$

インドネシア製鉄所で使用しているコークスの多くは中国から輸入されている。石炭からコークスを製造するには石炭の有する化石燃料エネルギーの少なくとも 8 % を消費する。このエネルギー削減と遠隔地である中国からの輸送を考えると、プロジェクトシナリオにおける GHG 排出削減量はさらに大きくなるが Conservative case を考慮して上記数値を削減量とする。

5.3.3 モニタリング計画

GHG 排出量は粗鋼生産量に大きく左右される。したがって粗鋼生産単位量あたりの GHG 排出量をベースラインとしてまず確定する必要がある、このためには、ヤシガラ炭使用前の下記のデータを確定する。

- ・ 粗鋼年間生産量 : WB_steel (ton/y)
- ・ 固体化石燃料年間購入量 : WB_coke (ton/y)
- ・ 固体化石燃料中の炭素分 : RCB_coke (%)

上記 3 データにより、ベースラインとしての固体化石燃料使用時の粗鋼単位量あたりの GHG 発生量が確定する。この量を UWB_CO₂ (ton-CO₂/ton-steel) とする。

$$UWB_CO_2 = (WB_coke \times RCB_Coke / 100 \times 44 / 12) / WB_steel$$

次にプロジェクト実施後の下記データをモニタリングする。

- ・ 粗鋼年間生産量 : WP_steel (ton/y)
- ・ 固体化石燃料年間購入量 : WP_coke (ton/y)
- ・ 固体化石燃料中の炭素分 : RCP_coke (%)
- ・ ヤシガラ炭年間購入量 : 参考データ
- ・ ヤシガラ炭中の炭素分 : 参考データ

上記によりプロジェクト実施時の GHG 発生量 WP_CO₂ (ton-CO₂/y) および GHG 排出削減量 WRP_CO₂ (ton-CO₂/y) は下記となる。

$$WP_CO_2 = WP_coke \times RCP_coke / 100 \times 44 / 12$$

$$WRP_CO_2 = WP_steel \times UWB_CO_2 - WP_CO_2$$

5.3.4 環境影響・その他

昨今アブラヤシ農園の拡張による原生林の伐採が問題となっているが、本件は農園の拡張を意図するものではなく、ヤシ油工場の廃棄物の有効活用を図るものである。ヤシガラ炭製造プロセスにおいて懸念される大気汚染に関しては、ヤシガラ炭製造業者と検討中であり、該当国の排出基準に合った設備を設置できる。ヤシガラ炭製造プロセスは、日本的な自動化された高級な機器ではなく、現地の既存技術による労働集約型のシンプルなものを計画している。安価な設備費で地元の雇用活用に寄与できる。

5.3.5 利害関係者のコメント

2007年10月初旬の第1回現地調査報告において、インドネシアの関係官庁である環境省・工業省・農業省を訪問してプロジェクト案の説明と意見聴取を行った。次に10月下旬～11月上旬にかけての第2回現地調査報告において、ヤシ油の主要産地である西カリマンタン州と南スマトラ州を訪問して、農業省地方事務所とヤシ油農園を訪問した。インドネシアではヤシ油工業は発達しているがヤシガラ炭製造はほとんど実施されず、ヤシガラも自家発電燃料に使用している以外は、スポットで購入者に安く販売している。当社提案のヤシガラ炭の製鉄コークス代替化にはどこも大いに興味を示した。以下に訪問先での聴取意見の概要を記す。

(1) 10月4日 インドネシア環境省

- ・ CDM の政府承認担当部署
- ・ 方法論の適用に関して質問があり、「新方法論構築中」と答えたところ、承認に時間がかかるのを懸念された。
- ・ Validator の選定も重要。ジャカルタには Validator main office はなく、マレーシアかシンガポールに頼むことになる。日本の Validator の方が良からうとのこと。
- ・ 政府承認時にはプロジェクトの実現性、継続性の確認が重要な要素となる。ヤシガラ炭供給者と Master Steel 間の供給契約書などを添付提出してもらうことになる。
- ・ ヤシガラ炭供給者は、できればインドネシア企業を選定して欲しい。マレーシアからの輸入と決めてしまうと政府承認が降りない可能性がある。

(2) 10月4日 インドネシア工業省

- ・ 輸入化石燃料に代わる国産バイオマス燃料の使用に賛意を表された。
- ・ Master Steel だけでなく次のステップでインドネシアの他の電炉企業にも広めて欲しいとの要望がでた。
- ・ 最近天然ガスと石油の価格高騰により、鉄鋼企業には、特に圧延の加熱炉向けに石炭の使用を薦めているとのこと。ヤシガラ炭で石炭の代替ができないかとの質問があり、当社としては石炭代替には木屑微粉を考えていると説明した。

(3) 10月4日 インドネシア農業省

- ・ インドネシアで工業規模のヤシガラ炭工場設置の可能性を議論した。現在大きなニーズがないため大きなヤシガラ炭製造工場はないが、鉄鋼向けにニーズが出れば設立の可能性あるとの意見。
- ・ アブラヤシ農園は原生林伐採により自然保護の面で非難されているので、本プロジェクトのように、sustainable development に有効な話は非難を和らげる点で有効であり助力したい。
- ・ ヤシガラの多くが破棄されるかマレーシアに送って利用されている状況では、ヤシガラ炭製造業は有意義なビジネスであり、コークス輸入の削減と雇用創出にもなる。
- ・ ヤシ油製造企業の団体 GAPKI (CPO manufacturers association of Indonesia) の本

部はメダンでジャカルタ支部もあり約 200 企業がメンバーである。次回訪問時にはメンバー企業を集めておくのでプレゼンテーションをやってみてはどうか。

- ・ インドネシアのアブラヤシ農園面積は 380 万 ha で、その 75 % がスマトラ島、20 % がカリマンタン島にある。スマトラとカリマンタンには農業省の出先機関があり、次回のアブラヤシ農園とヤシ油工場訪問調査時には、便宜を図る。

(4) 10月30日 西カリマンタン州サンガウ県・農園森林局

- ・ 管轄下のいくつかのヤシ油工場のヤシガラ利用状況に付き説明があり、有効な訪問先を紹介された。工場によってはほとんどのヤシガラを自家発電ボイラで消費しているところがあり、ヤシガラが余っているところもある。ボイラの形式と保全状況による効率差の問題と思われる。

(5) 10月30日 西カリマンタン州ヤシ油企業 CNIS (Citra Nusa Inti Sawit)社

- ・ ヤシガラは一部をボイラの火付け材として利用した。残りが1年間で1,200 ton ほど貯まり野積にしていたが、最近ポンティアナックの業者が 120 ルピア/kg (野積状態の看貫重量で約 1,500 円/ton)で全量買い取った。
- ・ ヤシガラの炭化技術はこの国にないため、当方からの説明に興味を示した。まず親会社に話を持っていってくれとのこと。

(6) 10月30日 西カリマンタン州国営ヤシ油企業 PTPN-13 社

- ・ 計算上は年 35,099 ton のヤシガラが発生していてボイラでは使い切れないはずだが、外販していない。どこかに積んであるか？(ヤシガラの商品価値に認識ない模様)
- ・ ボイラ燃料には Fiber が 75 % シェルが 25 % の比率で使用している。
- ・ シェルから活性炭を製造する計画があるが、今回の話が有望なら計画の変更も充分ありえる。本件の責任者は当社の計画担当重役で、ポンティアナックにいる。早急に検討したい。

(7) 11月1日 南スマトラ州森林農園局

- ・ SAMPURNA PLANTATION 社は南スマトラ州 OKI 県に 60,000 ha の農園と 4 工場を所有している。FFB 処理量 300 ton/h で、CPO 年産 150,000 ton。シェルの 40 % はボイラで使用し、60 % を毎年 30,000 ~ 40,000 ton 外販している。本件には重役が興味を示している。

(8) 11月1日 PT Global Diorap Industry (木酢液製造会社)

- ・ ゴム企業 PT BADIA BARU の family 企業で、ゴム製造工程の消臭用にヤシガラを購入し、乾留炉で木酢液を製造している。
- ・ ヤシガラ処理量は 20 ton/d。生産能力 200 ton/月 であるが需要の関係で現在の生産量は 100 ton/月。
- ・ 木酢液製造の残存物であるヤシガラ炭は用途がなく工場内に野積みされているため、当社提

案のプロジェクトに大きな興味を示している。すなわち木酢液工場廃棄物の炭が製鋼工場で見えればありがたいとのこと。

5.3.6 CDM 契約

当社はプラントエンジニアリング企業であり、ヤシガラ炭製造への資本参加の予定はなく、CDM プロジェクトの参加は手続き面でのみ考えている。本プロジェクトでは Project Participants はホスト企業の Master Steel 社と当社とし、以下の協定をホスト企業とほぼ合意に達している。正式調印は FS 後に本プロジェクトの採算性が確認されてホスト企業が実施を決定してからとなる。

(1) FS 段階での日本側の業務と費用負担(公的補助金含む)

- ・ Feasibility Study
- ・ PDD 作成
- ・ 日本政府承認手続き
- ・ 日本側 CER 購入者の紹介

(2) CER 配分はホスト企業 70 %、スチールプラント 30 % とし、下記費用をこの比率で按分

- ・ Validation 費用
- ・ インドネシア政府承認費用
- ・ 国連登録費用
- ・ Verification 費用
- ・ Consultation その他必要経費

5.4 ヤシガラ炭の入手可能性と価格

マレーシアでもインドネシアでも、2年前まではヤシガラの価格は形成されずに廃棄物扱いであり、ヤシ油工場で自家発電ボイラに使用される程度であった。しかし昨今の各種燃料価格高騰により、工場用燃料として商品価値が出てきている。

インドネシアのヤシ油 (Crude Palm Oil) 生産量は年産 1,700 万 ton を越え、2007 年にはマレーシアを抜いて世界一に達した。廃棄物として出てくるヤシガラは年間 400 万 ton に達しているが、現状ではインドネシアではほとんど有効利用されていない。スポットで業者が買い取りに来る状況で、その価格はマレーシアでの価格 40 US\$/ton の半額以下の 15 US\$/ton 程度である。これはヤシ油工場 (Palm Oil Mill) がカリマンタン島やスマトラ島などの比較的人口希薄で交通の便が悪いところにあるためでもある。

これに対して、交通便利なマレーシアのヤシ油業では余剰ヤシガラはほぼ出尽くして、輸出・セメント焼成・レンガ焼成・発電などに使用されている。輸出先の大手は隣国のタイであり、タイ国内の大気汚染防止の規制強化から、石炭利用工業炉の多くがヤシガラの購入使用に向かった。このタイ国の動きがヤシガラ価格を押し上げているが、最近マレーシア政府はヤシガラの輸出を規制して国内で優先的に使用するように考え始めたとのこと。

調査時にヤシ油工場や MPOB (マレーシアヤシ油庁) でヤシガラ使用状況を聞いたが、工場によって大きな差がある。古い工場では廃棄物であったヤシガラの焼却炉的なボイラであり、発生ヤシガラのほとんどを焼却している。これに対して比較的新しい工場のボイラでは、搾油時の廃棄物であるファイバーだけで自家発電の燃料として充足しており、ヤシガラのほとんどを外販している。マレーシアでもボイラの効率改善により今後大量に出てくる可能性がある。

さらに現在ヤシガラ以上に大量に発生して、燃料として使用困難な EFB (Empty Fruit Bunches) の燃料化により、ヤシガラの他用途への転用が期待できる。当社は KDS 粉碎乾燥設備 (高速回転型粉碎機) の商品化を進めているが、同装置のマレーシアのライセンサーである某企業は、ヤシガラと EFB の微粉碎燃料化開発を進めている。これが普及すれば燃焼効率の良い微粉炭燃焼ボイラ技術の適用による高効率化とバイオマス廃棄物の有効利用が促進される。図 5-4 に粉碎後のヤシガラと EFB の写真を示す。水分 65 % の EFB が 10 % まで乾燥粉碎されている。



図 5-4 粉碎後のヤシガラと EFB

ヤシガラ炭の製造はインドネシアでは現在ほとんど行われていない。ヤシガラ炭価格はマレーシアでは活性炭原料として比較的少量が 230-300 US\$/ton 程度で取引されている。鉄鋼向けに大きな需要が確定すれば、マレーシアのヤシガラ炭業者がインドネシアへの出資や技術指導で進出することが可能となるため、現在その方向で働きかけている。ヤシガラ炭業者による価格の仮試算を表 5-4 に示す。

表 5-4 ヤシガラ炭1トン製造と出荷の価格構成要因

項目	価格 (US\$)	備考
ヤシガラ原料費	160	収率 25 % として 40 US\$ x 4
人件費	30	
機器償却費	7	
ユーティリティ	10	
梱包・輸送	16	
FOB 諸費用	22	マレーシアでの輸出船積み
経費・利益	15	
合計	260	

製造原価の多くを占める原料ヤシガラ費をヤシガラ価格の 4 倍としているのは、残留揮発分 8-9 % のヤシガラ炭製造時に、ヤシガラ炭重量が使用ヤシガラ重量の 25 % になるためである (収率 25 %)。ヤシガラ中の水分はなくす必要があるが、過度に炭化して有効燃料成分である揮発分までなくしてしまう必要があるかどうか、確認する必要がある。電炉での使用時に粉コークス代替として吹き込む細粒は揮発分が少ない必要があるが、スクラップに混入する粗粒ヤシガラ炭はもう少し揮発分を残しても使用できる可能性がある。その場合には収率が上がり、製造原価は低くなる。当社とホスト企業のマスタースチール社は、2008 年 1 月に、PT Global Diorap Industry (木酢液製造会社) で廃棄物として発生している低乾留度のヤシガラ炭の電炉での使用試験を実施した。この結果、スクラップ混入用としては使用できることを確認した。

5.5 該当プロセスのインドネシア鉄鋼業への普及の可能性

インドネシアの鉄鋼業での普及のためにはコストメリットが不可欠である。本事業企画時にはヤシガラ炭価格は比較的安価であったが、2007 年前半から上昇して、250 US\$/ton レベルに達した。2007 年 10 月ごろの輸入粉コークス価格は 150 US\$/ton 程度であったため、ヤシガラ炭との価格差は 100 US\$/ton に達し CDM を考慮しても採算性が取れないためホスト企業も実施に難色を示した。ところが 2008 年に入るとコークスなどの価格が急騰し、代替燃料である無煙炭やオイルコークス(石油精製時の残滓)価格も上昇を始めた。各種燃料の価格変動が極めて流動的であるため長期的な設定は難しい。これまで当調査時に聞いた価格の情報を整理すると下記となる。世界的な鉄鋼生産の急増と、中国政府によるコークス輸出抑制策によりコークス価格は上昇しており、また原油価格高騰により代替化石燃料価格も上昇傾向にある。このためヤシガラ炭に対する需要期待は増加するものと思われる。他の工業炉と異なり、製鋼用電炉はプロセス上、固定炭素成分の高いコークス・無煙炭・炭化物などを使用せざるを得ないために、コークス価格急騰にともない、ヤシガラ炭への依存は避けられない。

(1) 日本の輸入コークス価格

2007 年 10 月 : 300 US\$/ton

2008 年 1 月 : 400 US\$/ton

(2) インドネシア電炉企業で使用している化石燃料価格(2007 年 7 月)

- | | |
|------------|--|
| 粉コークス | : 150 US\$/ton (Mater Steel) |
| 中国産オイルコークス | : Jakarta CIF 145 US\$/ton (PT. Gunung Garuda) |
- (3) マレーシア電炉企業で使用している化石燃料価格(2007年11月)
- | | |
|----------|----------------------------------|
| ベトナム産無煙炭 | : 70 US\$/ton (JFE 商事 Malaysia) |
| 中国産無煙炭 | : 100 US\$/ton (JFE 商事 Malaysia) |
- (4) マレーシア電炉企業で使用している化石燃料価格(2008年1月)
- | | |
|--------------|---------------------------------|
| 中国産無煙炭 | : 200 US\$/ton (Southern Steel) |
| 中国産粉コークス | : 295 US\$/ton (Antara Steel) |
| マレーシアオイルコークス | : 592 US\$/ton (Antara Steel) |

コークス中の炭素分を 85 %、CDMによるCER 価格を 20 US\$/ton-CO₂ と仮定すると、コークス 1tonをバイオマス燃料に代替した場合のCERクレジットは下記となる。

$$0.85 \times 44/12 \times 20 = 62.3 \text{ US$/ton-coke}$$

すなわちコークス価格がヤシガラ炭価格よりも 62.3 US\$/ton 以上高ければ、CDM 実施によるヤシガラ炭使用の方が採算が良くなる。現状の試算はほぼこれに近く、これが Additionality の根拠と考えることができる。

インドネシア鉄鋼業への潜在的な普及の可能性を試算すると以下ようになる。インドネシアには高炉・転炉はなく、全ての鋼材は電炉法で生産されている。炭材使用量を日本並みに少なく見て 20 kg-coke/ton-steel と見ている。

インドネシアの製鋼量	: 3,800,000 ton/y
コークス使用量	: 3,800,000 ton/y x 2 % = 76,000 ton/y
代替ヤシガラ炭必要量	: 76,000 ton/y
CPO 生産量	: 17,000,000 ton/y
FFB 生産量	: 17,000,000 ton/y / 20 % = 85,000,000 ton/y
ヤシガラ発生量	: 85,000,000 ton/y x 4.3 % = 3,655,000 ton/y
ヤシガラ炭製造可能量	: 3,655,000 ton/y x 20 % = 731,000 ton/y
	(ヤシガラ炭製造時の収率 20 %)
ヤシガラ炭製造可能量 / 鉄鋼企業のヤシガラ炭必要量	= 731,000 / 76,000
	= 9.6

上記試算によると、インドネシアのヤシガラ炭潜在供給量は鉄鋼業の所用量の約 10 倍あり、効率的な運用により十分供給は可能と考えられる。

第6章 事業化計画と課題

6.1 実施体制

当社はプラントエンジニアリング企業であり、ヤシガラ炭製造への資本参加の予定はなく、CDM プロジェクトの参加は手続き面でのみ考えている。本プロジェクトでは Project Participants はホスト企業の Master Steel 社と当社とし、日本商社や華僑現地資本、マレーシアのヤシガラ炭製造業者などに鉄鋼向けヤシガラ炭の増産を働きかけている。計画の進展によってはこれらの企業も Project Participants として考える。

6.2 資金計画

本プロジェクトでは、燃料代替後も既存設備がそのまま使用できるため、ホスト企業の設備投資負担はない。ヤシガラ炭製造体制に関しては、日本商社、マレーシアのヤシガラ炭製造企業、インドネシアのヤシ油企業などと意見交換中である。現在考えている製造設備はバッチ式の開放炉であり、年産1万 ton レベルで総額 8,000 万円程度である。比較的安価で、労働力は安価なインドネシアの地方労働者を雇用するため費用負担は小さい。

6.3 経済性試算

現在製鉄所での使用規模に見合うヤシガラ炭製造工場がなく、ヤシ油企業などへ説明して増産への働きかけを実施している段階である。しかし活性炭原料用に不向きなヤシガラ炭細粒や、木酢液工場の廃棄物であるヤシガラは現在でも入手可能であり、かつ廃棄物的にあつかわれている。電炉でのヤシガラ炭利用 CDM プロジェクトの最初の例として、この廃棄物的なヤシガラ炭を使用するプロジェクトを企画して、PDD を作成した。本プロジェクトの Boundary はホスト企業の製鉄所内と想定し、ヤシガラ炭は Boundary 外から購入するものとした。このため Boundary である製鉄所内での新たな設備投資はない。ただし、作成中の方法論については、ヤシガラ炭製造工程までを含むプロジェクトも包含できることとする。

ベースラインは、現在の化石燃料からの GHG 排出量から粗鋼単位数あたりの排出量を計算し、それに粗鋼生産量を掛けたものとする。

追加性に関しては、下記の計算のように、現在はヤシガラ炭価格の方が化石燃料価格よりも高価であることから Financial barrier 条件はクリアし、また工業規模での使用実績はないことから Technical barrier 条件もクリアしているものとする。

コークス価格はここ数ヶ月の間、上昇を続けていて、ヤシガラ炭価格も同じように上昇中である。昨今の石油価格高騰に伴い、コークス価格もヤシガラ炭価格も非常に流動的であるが、PDD に記入した価格に基づく経済性試算は下記となる。

電炉容量	: 80 ton
年間粗鋼生産量	: 360,000 ton/y
電炉のコークス使用原単位	: 25 kg coke/ton-steel
コークス年間使用量	: 360,000 ton/y x 25 kg coke/ton-steel = 9,000 ton/y
コークスのヤシガラ炭への代替率	: 40 %

コークスの炭素含有量 : 85 %
ヤシガラ炭の炭素含有量 : 85 %
コークスのヤシガラ炭への代替量 : $9,000 \text{ ton/y} \times 0.40 = 3,600 \text{ ton/y}$

コークス価格 : 200 US\$/ton
ヤシガラ炭価格 : 250 US\$/ton
年間コークス購入費削減量 : $3,600 \text{ ton/y} \times 200 \text{ US$/ton} = 720,000 \text{ US$/y}$
年間ヤシガラ炭購入費 : $3,600 \text{ ton/y} \times 250 \text{ US$/ton} = 900,000 \text{ US$/y}$
ヤシガラ炭への切替によるコストアップ額 : $900,000 - 720,000 = \underline{180,000 \text{ US$/y}}$

年間GHG排出削減量 : $3,600 \text{ ton cokes/y} \times 0.85 \times 44/12 = 11,220 \text{ ton CO}_2 / \text{y}$
CER credit

10 US\$/ton CO₂ : $11,220 \text{ ton CO}_2 / \text{y} \times 10 \text{ US$/ton CO}_2 = 112,200 \text{ US$/y}$

15 US\$/ton CO₂ : $11,220 \text{ ton CO}_2 / \text{y} \times 15 \text{ US$/ton CO}_2 = 168,300 \text{ US$/y}$

20 US\$/ton CO₂ : $11,220 \text{ ton CO}_2 / \text{y} \times 20 \text{ US$/ton CO}_2 = \underline{224,400 \text{ US$/y}}$

CER credit が 20 US\$/ton CO₂ の場合には、CDMによる収入がヤシガラ炭切り替えによるコストアップを 44,400 US\$/y (224,400 US\$ - 180,000 US\$) 上回る試算となる。

上記が経済性に関する試算であるが、さらに経済性向上のために以下の方法も考えられる。

製鋼用アーク炉プロセスで現在広く使用されているコークスや無煙炭、オイルコークスなどの固定炭素分は 85 % 以上で、揮発分は 8 % 以下である。ヤシガラ炭の固定炭素を 85 % 以上まで上げて揮発分を 8 % 以下まで下げようとする、ヤシガラ炭製造時の処理温度を上げて処理時間を延ばす必要があり、収率が小さくなる。この収率とは、得られたヤシガラ炭重量を、必要としたヤシガラ重量で除したものであり、現在活性炭原料用に製造されているヤシガラ炭製造の場合は 22 % ~ 25 % 程度である。このヤシガラ炭の現在の価格は前述のように 250-270 US\$/ton であり、ヤシガラ価格はこの 60 % を占める。表 5-4 にこの価格構成の例を示した。

このように、現在商品として流通しているヤシガラ炭のレベルまで揮発分を下げると、原料費の比率が大きくなって化石燃料に対して経済的な競争力がなくなる。化石燃料価格は前述のように現在 180-200 US\$/ton である。製鋼用電炉で使用可能なレベルにまでヤシガラ炭中の揮発分を残し、収率(Yield) を上げることによって代替ヤシガラ炭の経済性を上げることができる。例えば収率を 35 % とすると原料費は 114 US\$ でヤシガラ炭価格は 214 US\$/ton、45 % とすると原料費は 89 US\$ でヤシガラ炭価格は 189 US\$/ton となり、化石燃料に対して十分な競争力を確保できる。このためにはヤシガラ炭製造時に、乾留処理温度を下げるか処理時間 (Carbonizing time) を短くすることとなる。図 6-2 にヤシガラ炭の処理温度および処理時間と収率の関係、また図 6-3 に収率と残留揮発分の関係を示す。揮発分を 12 % 程度残すことにより、収率は 33 % と上昇する。このレベルのヤシガラ炭は電炉で使用可能なことが実証されている。以上のように残留揮発分を増加させて収率を上げることにより

経済性は格段に向上する。

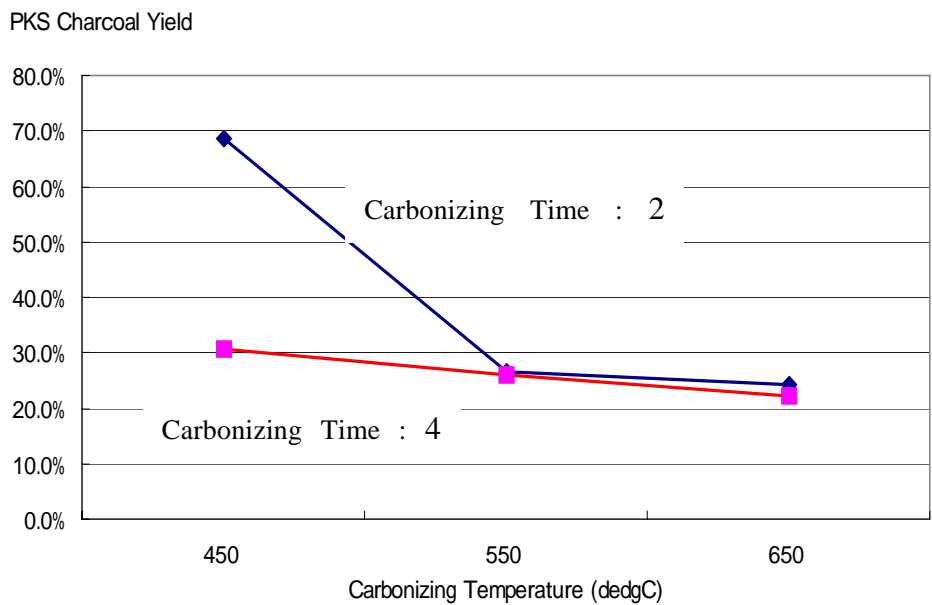


図 6-2 オイルヤシヤシガラ乾留時の収率と乾留条件

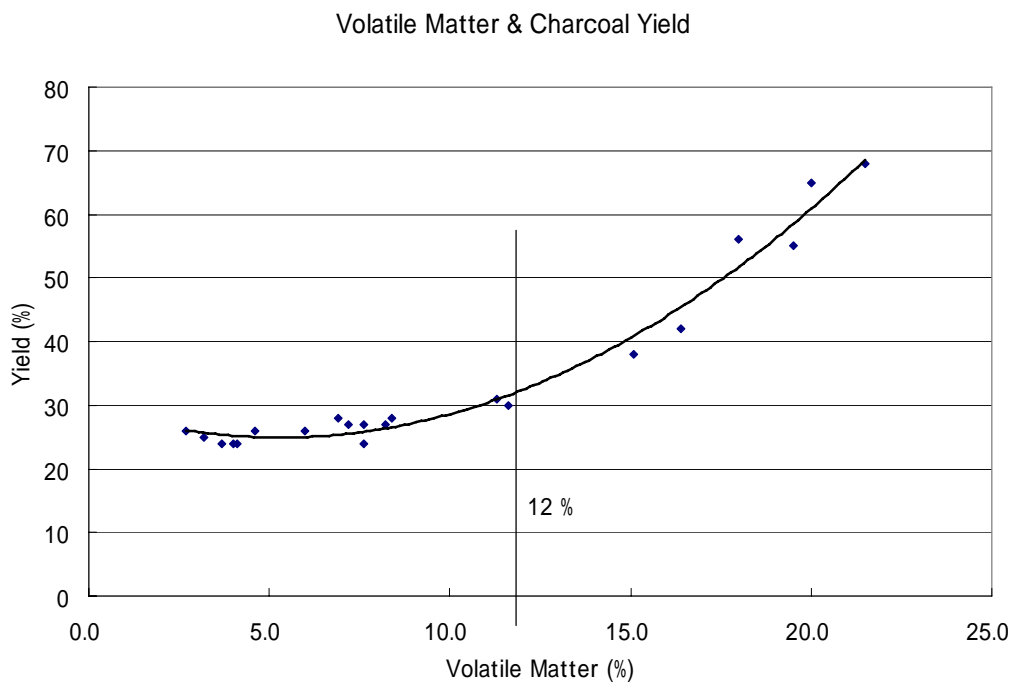


図 6-3 オイルヤシヤシガラ乾留時の収率と残留揮発分

6.4 事業化に向けての見込みと課題

ヤシガラ炭の電炉でのコークス代替としての使用は、技術的な面では実炉使用試験の結果から全く問題は無いと考えている。課題はヤシガラ炭の供給と価格である。

ヤシガラ炭の供給に関しては、前述の通り現在製鉄所での使用規模に見合うヤシガラ炭製造工場がなく、ヤシ油企業などへ説明して増産への働きかけを実施している段階である。

価格に関しては現在のところ輸入コークスとこれに代わる無煙炭やオイルコークスの価格が上昇中で、プロジェクト実現には有利な方向であるが、ヤシガラ炭価格も上昇しているためポイントとなる価格の設定が困難な状況にはある。しかし供給余力は十分にあるため、コークスの価格上昇と需給逼迫に懸念を示す鉄鋼業がヤシガラ炭の使用に踏み切れれば、プロジェクトの実現は近い。

本件は新方法論を適用することになり、PDD は新方法論を前提に作成した。新方法論の承認に6ヶ月ほど見込み、その後、PDDの修正とプロジェクトの申請にとりかかるため、プロジェクトの開始は2009年1月を予定している。

第7章 調査

7.1 調査の実施体制

調査受託企業 : スチールプランテック株式会社

製鉄プラントメーカーであり、製鉄・製鋼から圧延以降ほとんどの製鉄設備の設計・製造・据付までを商品としている。製鋼用電炉は日本のトップメーカー。

ホスト企業 : PT The Master Steel Mfg.

国営クラカトウ製鉄所に次ぐインドネシア第2の製鉄企業で、4工場合計で年産100万tonを電炉で生産。プロジェクト対象工場であるKesa工場は年産36万ton。

協力企業1 : インドネシア JFE 商事 (株)

JFEグループ商社の現地法人。現地訪問のアテンド、通訳、資料収集などを担当。

協力企業2 : JFE エンジニアリング (株) マレーシア

JFEエンジニアリングのマレーシア現地法人。マレーシアでのヤシ油産業の調査時のアテンドおよびマレーシアヤシ油産業資料収集担当。

協力企業3 : YBUL

インドネシア・ジャカルタのNPOで、特にバイオマス関係のCDMに経験が豊富。

PDD作成の外注先

協力企業4 : 共英製鋼株式会社

日本の有力電炉製鋼企業。スチールプランテックと共同でヤシガラ炭の電炉での使用技術を開発担当。ホスト企業への技術支援も担当した。

7.2 現地調査の概要

第1回現地調査

日時 : 2007年10月2日～10月5日
出張者 : 中山道夫、木村十司
訪問先 : Master Steel、YBUL、インドネシア官庁(環境省、工業省、農業省)
内容 : 「添付資料:第1回現地調査報告書」参照

第2回現地調査

日時 : 2007年10月28日～11月8日
出張者 : 中山道夫、木村十司、高橋浩也、井上憲彦、奥垣内歩
訪問先 : Master Steel、カリマンタンとスマトラのアブラヤシ農園・油工場、マレーシア製鉄企業、マレーシア官庁
内容 : 「添付資料:第2回現地調査報告書」参照

第3回現地調査

日時 : 2008年1月27日～1月31日
出張者 : 中山道夫、木村十司、若原啓司、古川武(調査員外)、丸川吉仁(共英製鋼)
訪問先 : Master Steel、YBUL、NEDO ジャカルタ事務所
内容 : 「添付資料:第3回現地調査報告書」参照

第4回現地調査

日時 : 2008年2月26日～3月1日
出張者 : 中山道夫
訪問先 : Master Steel、PT. Gunung Garuda、農業省、工業省、環境省、YBUL
内容 : 「添付資料:第4回現地調査報告書」参照

7.3 新方法論の概要

新方法論の名称 : “Emissions reduction through partial or total substitution of fossil fuels with alternative bio-char in steel manufacture with Electric Arc Furnace”
「アーク炉を用いる製鋼プロセスにおけるバイオ炭による化石燃料の一部または全部の代替による排出量削減」

バイオ炭の原料となるバイオマス原料は、本新方法論では油ヤシヤシガラまたはココナツヤシヤシガラに限定する。

本新方法論で用いるバイオ炭は、これらのバイオマス原料を炭化することによって揮発分を減少させ、かつ固形炭素分を増加させたものである。

本新方法論が適用されるアーク炉は、アーク熱で鉄スクラップを溶解精錬して建材を製造する設備であり、現在は電気エネルギーの節減と冶金プロセス促進のために粉コークスなどの化石燃料を補助燃料に使用している。

上記バイオ炭が製造されるプロセスには多数のものが考えられるが、現在一般的なフローシートを下記4ケース新方法論に例示した。

(CASE 1)

BASELINE SCENARIO : ヤシ油工場が発生するヤシガラの一部は燃料として使用されるか外販されている。残りは廃棄されている。

PROJECT SCENARIO : このヤシガラを炭化してアーク炉で使用する。炭化炉は新設し、Boundary に炭化炉も含む。

(CASE 2)

BASELINE SCENARIO : ココナツヤシ農場で油脂原料を取った後のココナツヤシガラの一部は燃料として使用され、残りは廃棄されている。油脂原料だけがココナツオイル工場へ運ばれる。

PROJECT SCENARIO : 農場が発生するココナツヤシヤシガラを炭化してアーク炉で使用する。炭化炉は新設し、Boundary に炭化炉も含む。

(CASE 3)

BASELINE SCENARIO : ヤシ油工場が発生するヤシガラの一部は燃料として使用されるか外販されている。木酢液工場ではこのヤシガラを購入し、乾留して木酢液を製造外販している。この工程でヤシガラ炭が廃棄物として発生する。

PROJECT SCENARIO : 木酢液工場で廃棄物として発生したヤシガラ炭を、電炉製鋼工場に搬入して化石燃料代替に使用する。炭化炉は新設せず、Boundary に炭化炉は含まない。

(CASE 4)

BASELINE SCENARIO : ヤシ油工場が発生するヤシガラを原料とし、これを乾留してヤシガラ炭を製造して活性炭工場へ送る。活性炭工場ではこのヤシガラ炭を原料として活性炭を製造している。活性炭製造装置に装入する前に、原料ヤシガラ炭は篩い分けて細粒を取り除いている。細粒は活性炭製造に使用しにくい。

PROJECT SCENARIO : 活性炭工場が発生したヤシガラ炭細粒を、電炉製鋼工場に搬入して化石燃料代替に使用する。炭化炉は新設せず、

Boundary に炭化炉は含まない。

GHG 排出削減量の計算は、バイオ炭で置換された化石燃料から見込まれる発生量とし、バイオ炭の輸送に使用される化石燃料も排出量計算において考慮する。

7.4 PDD の概要

プロジェクトの名称 : “Emission reduction through a partial substitution of fossil fuel with bio-char in steel manufacturing with Electric Arc Furnace”

適用方法論 : 上記新方法論を適用する。バイオ炭入手プロセスは方法論に例示された (CASE 3) であり、供給元はスマトラ島パレンバンの木酢液工場である。

Projects participants : ホスト企業 P.T. Master Steel MFG Co (Jakarta)
日本企業 JP Steel Plantech Co.

プロジェクトのカテゴリー : Manufacturing industry, sectoral scope 04.

GHG 排出削減量 : 年間 11,220 トン、10 年間

第8章 まとめ

「インドネシア・製鋼用アーク炉におけるバイオマス利用の事業調査」に係わる調査業務として下記の内容の調査を実施した。

インドネシアの鉄鋼業は年産400万ton 近くに達するが、そのすべては鉄スクラップまたは還元鉄を原料とする電炉(アーク炉)で生産されている。このプロセスにおいては精錬される鉄の量の2~3%の化石燃料由来の粉コークスを使用している。

またインドネシアではヤシ油製造業が活況で、この副産物であるヤシガラは年間400万tonほど発生している。ヤシガラの一部は燃料や活性炭原料として利用されているが、廃棄や単純焼却処理されているものの割合も大きい。

本調査はインドネシアにおける製鋼用電炉において、このヤシガラを乾留して得られるヤシガラ炭を粉コークスに置き換えて、化石燃料から発生する温室効果ガスを削減するCDMプロジェクトの事業化の可能性を調査したものである。

調査結果のまとめを以下に記す。

1. インドネシアの一般的な状況と CDM 取り組みに関する調査

インドネシア共和国は世界最大の群島国で17,508の島々から構成され、全島の海岸線の全長は5万4,716km、世界有数の海洋国として知られている。面積は約189万km²、人口は約2.17億人である。主な産業は鉱業(石油、LNG、アルミ、錫)、農業(米、ゴム、パーム油)、工業(木材製品、セメント、肥料)である。インドネシアは広範囲な天然資源に恵まれているが、多くの人口と急速な人口増加問題を抱えている。工業生産はGDPのほぼ40%を占め、それは原油や天然ガス、錫、金属類、石炭などのさまざまな自国の天然資源の供給に頼っている。

インドネシアでは、京都議定書は2004年7月28日に批准・発効された。現在では環境省を主管官庁(DNA)として体制が整えられ、次々にプロジェクトが承認されている。2008年3月25日現在のインドネシアから国連CDM理事会への登録済みCDMプロジェクトは13件である。バイオマス利用の国連CDM理事会登録済みプロジェクトは前記13件中8件あり、特にメタンガス回収およびアブラヤシの空果房とヤシガラ利用により化石燃料の使用削減をめざすものが多い。

2. インドネシアの鉄鋼産業に関する調査

インドネシアの年間製鉄量は380万ton程度である。政府の鉄鋼産業政策では技術開発と設備更新による鉄鋼産業の効率向上が求められている。粗鋼消費は最近では年間約700万ton台で推移しているが、粗鋼生産は400万ton弱となっており、その差は輸入となっている。

本調査のホスト企業であるMaster Steel社はジャカルタに電炉工場4工場を所有し、鋼生産合計年産約100万tonで、国営Krakatau製鉄所に次ぐ規模の製鉄企業である。

3. インドネシアのヤシ油産業と CDM に関する調査

ヤシ油 (CPO : Crude Palm Oil) はアブラヤシの実から製造され、インドネシアとマレーシアが世界の 2 大生産国である。インドネシアの CPO 年産量は 1,700 万 ton と推測される。アブラヤシの実の搾油後の残渣物であるシェル (ヤシガラ、PKS : Palm Kernel Shell) は硬くて水分含有量は低く、このままでも燃料になるが、乾留してヤシガラ炭 (PKS charcoal) とすると、活性炭の原料になる。ヤシガラ炭の製造はインドネシアではまだ実績が少ない。

4. バイオマスの鉄鋼業への利用に関する CDM プロジェクト化の可能性の検討結果

検討に先立ち、実際の製鋼用電炉を用いたヤシガラ炭の粉コークス代替使用試験を実施し、技術的には何ら問題のないことが、調査により判明している。

CDM プロジェクトの設計は下記の条件のもとに行った。

- (1) ホスト企業であるジャカルタ市の電炉企業 PT The Master Steel Mfg. Kesa 工場では、化石燃料は中国産コークス 9,000 ton/y を使用している。このコークスの一部をバイオマス燃料であるヤシガラ炭で置き換えて、GHG 排出量を削減する。
- (2) 現時点ではインドネシアではヤシガラ炭製造工場を特定できないため、本プロジェクトの Boundary はホスト企業の製鉄所内と想定し、ヤシガラ炭は市場から購入するものとして PDD を作成した。追加性に関しては、Financial barrier 条件はクリアし、また Technical barrier 条件もクリアしているものと考えられる。

この他、本プロジェクト実施による GHG 排出量削減とリーケージ、モニタリング、環境影響・その他も検討した。また、利害関係者のコメントに関しては 4 回の現地調査を実施したが、当社提案のヤシガラ炭の製鉄コークス代替化にはどこも大いに興味を示した。

5 事業化検討

各種の合理的な条件から試算例として本 CDM の実施により年間 GHG 排出削減量は 11,220 ton CO₂ /y と見積もられる。この場合 CER credit が 20 US\$/ton CO₂ の場合には、CDM による収入がヤシガラ炭切り替えによるコストアップを上回る試算となる。

以上の調査および検討から、鉄鋼業サイドおよびヤシガラ炭製造サイドの両方ともに、その利用に積極的な姿勢を示していることが判明した。

また CDM 事業化においても、経済性をともなって温室効果ガスの削減を果たせることが判明した。

なお、現地調査報告書および PDD を添付資料とした。