

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」  
概 要

1. 調査事業の概要

(1) プロジェクト概要

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(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。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。

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。

(2) 調査実施体制

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。特に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 工場合計で粗鋼年産 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 グループの商社の現地法人。

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。

## 2. ホスト国の概要

### (1) ホスト国インドネシアの概要

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、全島の海岸線の全長は 5 万 4,716 km、世界有数の海洋国として知られている。面積は約 189 万 km<sup>2</sup>、人口は約 2.17 億人である。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。

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。外国からの投資も近年の製造業の生産と輸出の増加につながっている。実際、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。



図 1 インドネシア国土地図

### (2) ホスト国の CDM に関する状況

インドネシアでは、京都議定書批准に関し批准手続そのものについて停滞が続いていたが、2004 年 7 月 28 日に発効した。現在では環境省を主管官庁(DNA)として体制は整えられ、次々にプロジェクトが承認されている。

### (3) インドネシアの鉄鋼業

製鉄プロセスには大きく分けて鉄鉱石を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、市中発生鉄スクラップを溶解精錬して鋼とする電炉(アーク炉, EAF: Electric Arc Furnace)法の 2 系統がある。インドネシアではほとんどの製鉄は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。

粗鋼生産は 2005 年は 368 万 ton、粗鋼見掛消費量は 781 万 ton である。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。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。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おり、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。

#### (4) インドネシアのヤシ油産業とヤシガラ炭

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。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が上昇傾向にある。インドネシアの CPO 年産量は 1,700 万 ton と推定される。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。

アブラヤシはアフリカ原産で自生ではなく、すべて栽培されている。FFB（Fresh Fruit Bunches）と称する実は葉の付け根に形成される。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エル（内部の硬い部分）から分離してプレスで絞ると CPO ができる。シエ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。シエル(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。アブラヤシと FFB およびヤシガラを写真1に示す。



写真 1 アブラヤシと FFB およびヤシガラ

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。

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。マレーシアでもヤシガラ炭製造は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 1ton のヤシガラから得られるヤシガラ炭は 250 kg 程度である。

### 3. 提案プロジェクトの技術面での説明

#### (1) 電炉製鋼における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 2 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) の生成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 2 中) には高温アークがむき出し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 2 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 を還元して鉄分回収を図るとともに、鋼中炭素成分を調節する。

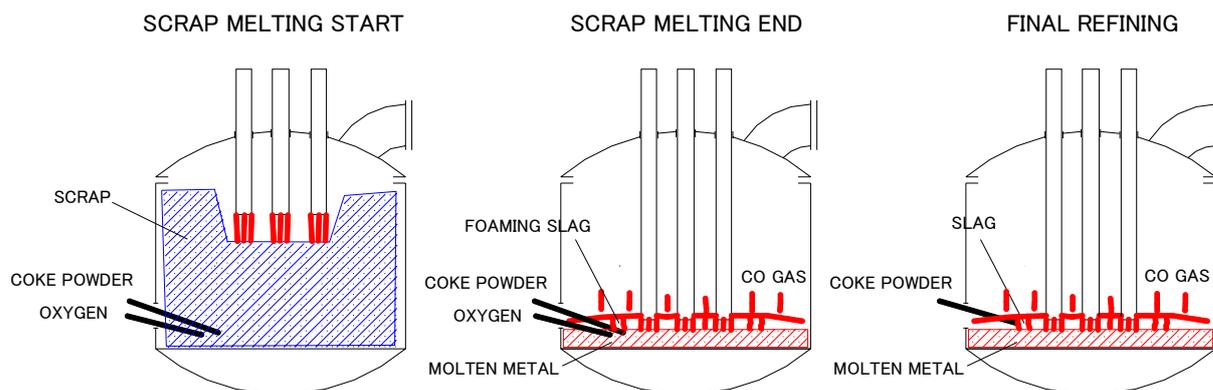


図 2 電炉製鋼法におけるコークスの使用

## (2) 電炉でのヤシガラ炭の使用

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。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。本プロジェクト計画の際に、2007年4月に当社(スチールプランテック株式会社)はマレーシアからヤシガラ炭を輸入して、共英製鋼株式会社大阪工場の80 ton電炉において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。試験の概要は以下である。

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。

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。どのデータによってもヤシガラ炭使用による電炉の性能低下は観察されず、十分にコークスに代えて使用可能なことが実証された。表 1 にヤシガラ炭とコークスとの分析値を示す。

表 1 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) (Dried Heating Value)	kcal/kg	7,840	—	6,940	6,650	6,950
	kJ/kg	32,810	—	29,070	27,820	29,080
HHV 3) (High Heating Value)	wet kcal/kg	7,250	—	6,580	5,780	6,900
	wet kJ/kg	30,350	—	27,560	24,210	28,880
LHV 4) (Low Heating Value)	wet kcal/kg	7,100	—	6,450	5,700	6,880
	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 x (100 – Moisture %) / 100
- 4) LHV = HHV – 6 x ( 9 x Hydrogen (wet base) + Moisture ) kcal/kg  
Hydrogen (wet base) = Hydrogen (dry base) x ( 100 – 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.

上の表から分かるように、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。このことは製鉄用燃料としては非常に有利な点である。

#### 4. CDM プロジェクト化

##### (1) CDM プロジェクトの内容

ホスト企業であるインドネシア・ジャカルタ市の電炉企業 PT The Master Steel Mfg, Kesa

工場では、80 ton 電炉で鉄スクラップを溶解精錬して、年間 36 万 ton の鋼材を生産している。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 排出量を削減するものである。ホスト企業での現在の GHG 排出状況は下記である。

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-CO<sub>2</sub>/y</u>

#### (2) プロジェクトバウンダリー・ベースライン・経済性分析・追加性

多量のヤシガラが発生するインドネシアとマレーシアには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。PDD 作成のシナリオは、ヤシガラ炭の供給は現在発生元のスマトラ島木酢液工場で廃棄物扱いとなっているヤシガラ炭を搬入して使用するものとし、本プロジェクトの Boundary はホスト企業の製鉄所内と想定した。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量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、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。

#### (3) プロジェクト実施による GHG 排出量削減とリーケージ

プロジェクト実施による GHG 排出量削減は、当面現実的な数字としてホスト企業でのコークスのヤシガラ炭への代替率を 40 % として 11,220 ton CO<sub>2</sub>/y (28,050 ton-CO<sub>2</sub>/y x 40 %) を想定する。今後ヤシガラ炭の増産体制が整えばこの数字は容易に拡張できる。Boundary を製鋼工場に限定した場合は、リーケージはヤシガラ炭製造により発生する GHG と石炭からのコークス製造時に発生する GHG の比較となる。インドネシアの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 を考慮して上記の数値を削減量とする。

#### (4) モニタリング

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\_CO<sub>2</sub> (ton-CO<sub>2</sub>/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\_CO<sub>2</sub> (ton-CO<sub>2</sub>/y) および GHG 排出削減量 WRP\_CO<sub>2</sub> (ton-CO<sub>2</sub>/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) 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。

#### (6) 利害関係者のコメント

2007 年 10 月初旬の第 1 回現地調査において、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状況である。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。
- ・ 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

- ・ 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 CNIS (Citra Nusa Inti Sawit)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。

6) 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。

7) 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。
- ・ 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。

(7) プロジェクト実施体制

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。

(8) 事業化に向けての見込みと課題

経済性に関しては、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$/y}$   
ヤシガラ炭への切り替えによるコストアップ額 :  $900,000 - 720,000 = 180,000 \text{ US$/y}$

年間 GHG 排出削減量 :  $3,600 \text{ ton cokes/y} \times 0.85 \times 44/12 = \underline{11,220 \text{ ton CO}_2/\text{y}}$   
CER credit  
10 US\$/ton CO<sub>2</sub> :  $11,220 \text{ ton CO}_2/\text{y} \times 10 \text{ US$/ton CO}_2 = 112,200 \text{ US$/y}$   
15 US\$/ton CO<sub>2</sub> :  $11,220 \text{ ton CO}_2/\text{y} \times 15 \text{ US$/ton CO}_2 = 168,300 \text{ US$/y}$   
20 US\$/ton CO<sub>2</sub> :  $11,220 \text{ ton CO}_2/\text{y} \times 20 \text{ US$/ton CO}_2 = \underline{224,400 \text{ US$/y}}$

CER credit が 20 US\$/ton CO<sub>2</sub> 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 上回る試算となる。

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である。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掛かるため、プロジェクトの開始は 2009 年 1 月を予定している。

## 5. バリデーション

ドイツの TUV Nord 社のインド現地法人である TUV Nord India に、新方法論作成のコンサルタントと予備審査を別途予算で依頼した。今後 TUV Nord India には国連新方法論パネルへの提出までを依頼している。

## 6 まとめ

各種の合理的な条件から試算例として本 CDM プロジェクトの実施により年間 GHG 排出削減量は 11,220 ton CO<sub>2</sub>/y と見積もられる。この場合 CER credit が 20 US\$/ton CO<sub>2</sub> 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。

また現地調査から、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。

また、CDM事業化においても経済性を伴って温室効果ガスの削減を果たせる。

## 7. PDD の概要

### 7.1 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考えられるが、現在一般的である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 : 農場で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 : ヤシ油工場で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 : ヤシ油工場で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 : 活性炭工場で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。

## 7.2 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