

EFB ペレットの地産地消で サステナブル発電

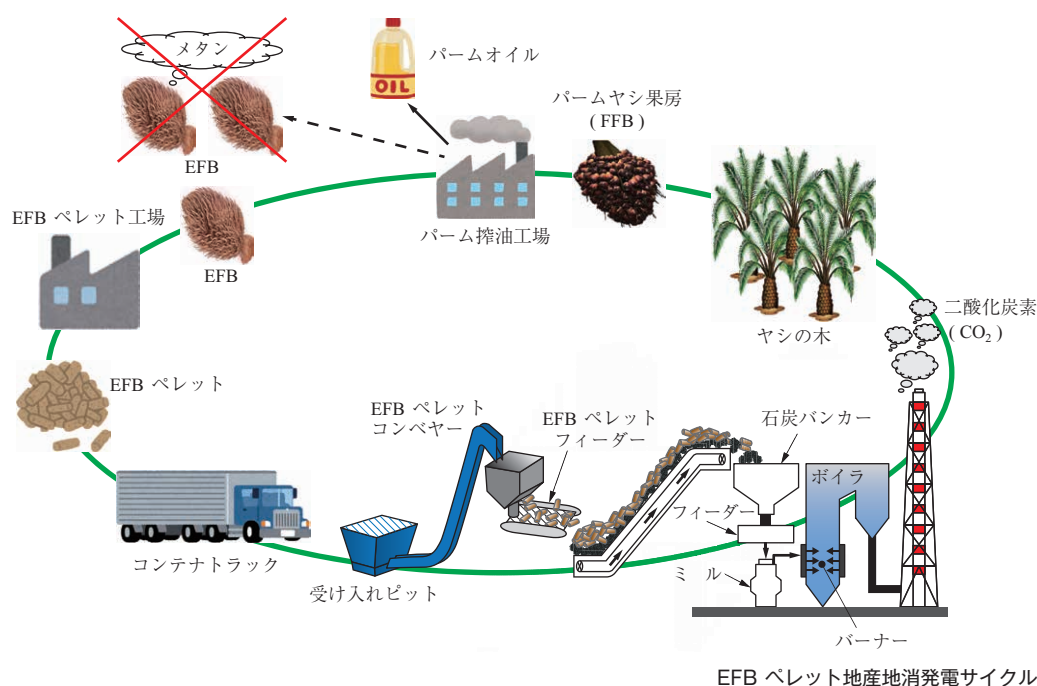
バイオマス燃料の地産地消発電サイクル確立への第一歩 マレーシアで EFB ペレット製造・石炭火力発電利用

パーム搾油工場から排出されるパームヤシ空果房（EFB）は、ほとんど有効利用されず、パーム農園に放置され、腐敗によりメタンを大気中に放出している。これをペレット化し、マレーシアの石炭火力発電所で初めて混焼実証を行い、バイオマス燃料の地産地消発電サイクル確立への第一歩を踏み出した。

IHI Power System Malaysia Sdn. Bhd.

IHI Transport Engineering Malaysia Sdn. Bhd.

IHI Solid Biomass Malaysia Sdn. Bhd.



EFB のペレット燃料化と利用

パームオイルは、パーム果実から、搾油工場にて蒸解と圧搾のプロセスにより生産される。このプロセスから排出される副産物は、主にパームヤシ殻（Palm Kernel Shell：PKS）とパームヤシ空果房（Empty Fruits Bunch：EFB）がある。生産されるパームオイル量に対して、重量比で PKS は 30% 程度、EFB は 100%

程度が排出される。つまり、生産されるパームオイルと同じ量の EFB が副産物として排出されている。PKS は含有水分量が少なく重量当たりの発熱量も高いことから、バイオマス燃料として利用が進んでいる。一方で、EFB は含有水分量が多く、繊維状でかさ比重が小さいため輸送効率も悪く、ほとんど利用されていない。IHI グループでは、2004 年ごろより、この大量排出される EFB に着目し、燃料として利用する方法



受入, 破碎

洗 淨

乾 燥

細 断

造 粒

EFB ペレット生産プロセス

を研究してきた。EFB が搾油工場でどのように排出されるかなどの現地調査を行うとともに、それぞれの搾油工場から石炭火力発電所までの輸送方法や取り扱いのしやすさ、また、粉碎や燃焼といった利用方法を、その形状と性状に主眼を置いて比較してきた。そのうえで、最終的にペレット化を選択し、さらに灰分の低減化のために洗浄する工程を組み込んだプロセスを構築した。このプロセスを用いて、2018 年に IHI Solid Biomass Malaysia Sdn. Bhd. (ISBM) を設立して、EFB ペレットの商用生産を開始した。

EFB ペレット生産は、EFB 受入、破碎、洗浄、乾燥、細断、造粒の工程で構成している。EFB には、ナトリウムやカリウムといったアルカリ成分が多く含まれており、特にカリウムは、燃料燃焼過程で酸化され、低温で溶融する酸化カリウムとなる。これは、ボイラ伝熱面（蒸発管、過熱器、再熱器など）に付着し、伝熱障害を引き起こすことが知られている。そこで、主にカリウム量に着目して洗浄試験を重ねて洗浄条件を検討し、生産設備の設計基準を決定した。

一方、利用側である石炭との混焼技術については、EFB ペレット化研究と並行して、IHI 保有の燃焼試験設備で、粉碎と燃焼の特性確認を行ってきた。粉碎に関しては、数パーセント以下の低混焼率であれば、問



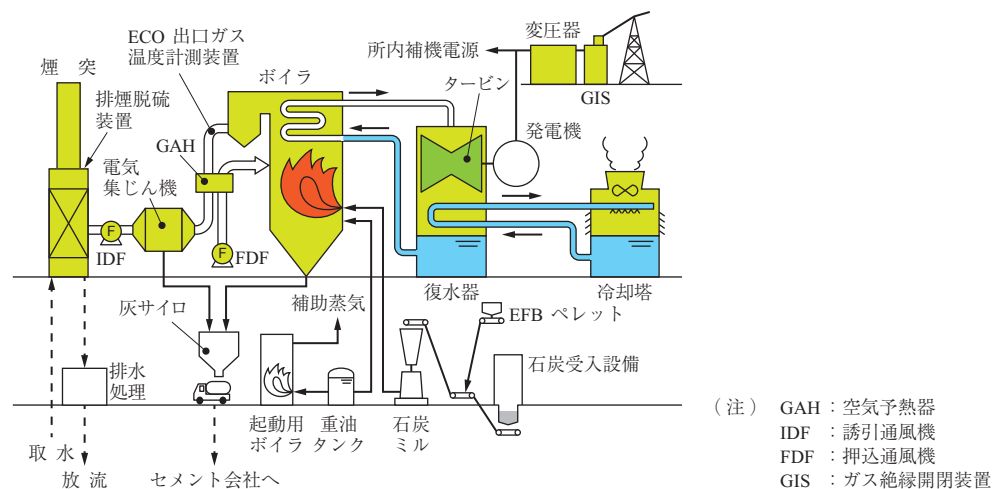
KEV-3 全景

題なく粉碎できることを確認した。燃焼に関しては、未洗浄の EFB では、溶融した灰が炉壁に付着、流下することを実際に確認した。

こうして、パームオイル生産が盛んなマレーシアでの EFB ペレットの生産、マレーシア国内の石炭火力発電所での利用という地産地消サイクル確立の見通しを得るために実証試験を行った。

Kapar 石炭火力発電所

EFB ペレット混焼実証試験は、マレーシアの Kapar Energy Ventures Sdn. Bhd. (KEV) の 3 号機 (KEV-3) で



石炭火力発電所の設備構成例

項 目	単 位	石 炭	EFB ペレット
高位発熱量	MJ/kg (到着ベース)	26.29	19.13
炭 素 (C)	wt%	65.56	45.11
水 素 (H)	wt%	4.46	5.11
窒 素 (N)	wt%	1.17	0.10
酸 素 (O)	wt%	8.39	42.00
硫 黄 (S)	wt%	0.32	0.08
灰 分	wt%	12.20	2.28
水 分	wt%	7.90	6.70

燃料性状

2022 年 7 月に実施した、KEV-3 は、1988 年に運転を開始した 300 MW の発電設備で、ボイラを IHI が供給している。石炭、天然ガス、重油をそれぞれ燃料とすることが可能な三元燃料発電設備であるが、燃料費の安さから石炭で運用されることがほとんどである。

石炭火力発電所は、蒸気タービンと発電機の系統およびボイラ系統で構成される。今回の EFB ペレット混焼実証試験では、燃料を石炭から石炭 + EFB ペレットに変更するため、ボイラ系統の監視が必要である。KEV-3 のボイラは対向燃焼方式を採用し、全 5 台のミルと 20 本のバーナー（缶前 12 本、缶後 8 本）を装備している。通常時のミル運転台数は 4 台で、1 台は予備ミルとなっている。混焼実証試験中は、ボイラ・ミルとも調整は行わず、現状設定での状態比較を行った。

EFB ペレット混焼実証試験

今回の混焼実証試験は、試験統括・評価を IHI Power System Malaysia Sdn. Bhd. (IPSM), EFB ペレット生産を IHI Solid Biomass Malaysia Sdn. Bhd. (ISBM), EFB ペレット供給設備を IHI Transport Engineering Malaysia Sdn. Bhd. (ITEM) が担当した。2022 年 7 月 21 日から 27 日に行い、仮設の EFB ペレットバンカーおよびフィーダーを設置し、EFB ペレットは、フレキシブルコンテナバッグを移動式クレーンで吊り上げて、EFB ペレットバンカーに投入した。投炭コンベヤーの送炭量は 300 t/h 程度であり、混焼目標とする 1 cal.% を実現するために、4.5 t/h の EFB ペレット供給量を目標とした。実際の混焼率は、投炭時の総投炭量と総 EFB ペレット量から算出し、1.4 cal.% となった。また、EFB ペレ

ットは水分に弱い（吸水すると形状が崩れる）、フレキシブルコンテナバッグ置き場には仮設の建屋を設置し、雨水を防いだ。

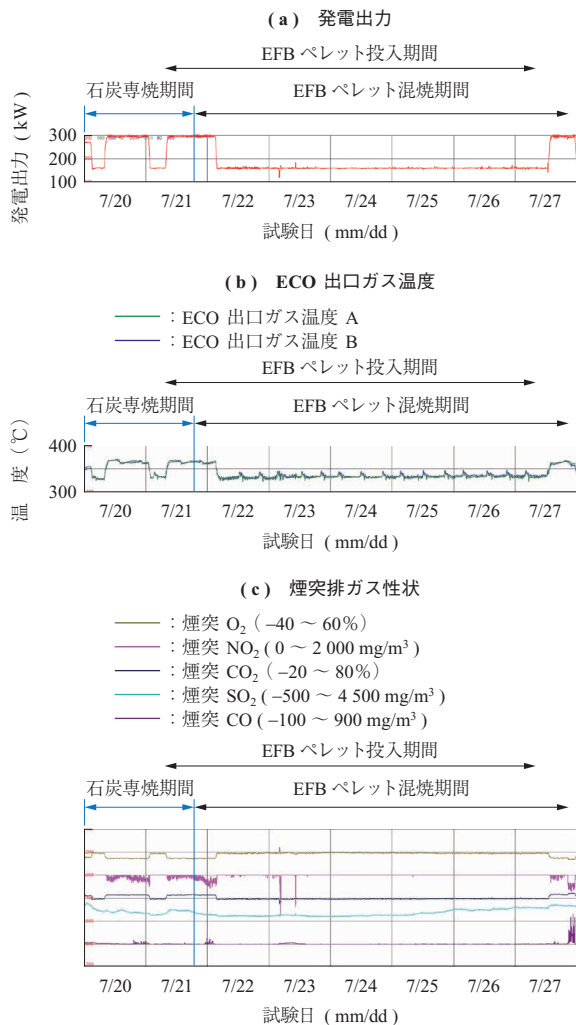
石炭バンカーへの投炭は 2 回／日行っており、混焼時は、この投炭時のコンベヤー上の石炭に、EFB ペレットを供給することで目標の混焼率を得た。1 週間の混焼実証試験では、EFB ペレットバンカー上方は開放、投炭コンベヤーへの EFB ペレット投入部も開放としたため、粉じんの発生が多かった。商用運用では吸じん装置などの粉じん対策が必要である。

混焼実証試験中の石炭および EFB ペレットの代表的な性状を比較した結果、EFB ペレットの窒素 (N) 分、硫黄 (S) 分、灰分が石炭に比べて少なく、窒素酸化物 (NO_x)、硫黄酸化物 (SO_x)、灰量の低減が期待できる。混焼実証試験期間中の石炭は、銘柄同一の瀝青炭であったが、7 月 25 日以降は船便番号が異なる石炭を使用している。

ボイラ状態

混焼実証試験期間中は、マレーシアの電力需要に合わせて、ボイラ負荷を 300 MW または 160 MW に設定し運用した。その期間は、マレーシア全体での電力需要が低く、低負荷での運転が長くなった。それぞれの負荷において、EFB ペレットが入っていない専焼時と、EFB ペレットが含まれる混焼時節炭器 (ECO) 出口ガス温度、煙突部での NO₂ 濃度および SO₂ 濃度を比較した。火炉を含む伝熱面に灰が付着すると、ボイラ火炉や後流の対流伝熱部の収熱量が低下し、ECO 出口ガス温度が上昇するため、EFB ペレット混焼による影響の有無判断ができる。

EFB は石炭に比べて N 分や S 分が少ないため、計算上は NO₂、SO₂ ともに EFB ペレット混焼で低減するが、実際には EFB ペレット混焼の有無でのボイラ状態トレンドの変化はみられず、燃料性状の変動に隠れた形となった。2022 年 7 月 25 日に同一銘柄であるが石炭船便の変更があり、SO₂ は同日以降、徐々に増加している。160 MW 条件での ECO 出口ガス温度についても、ごくわずかの上昇の後、7 月 26 日以降、一定となり、変動が認められない。石炭は同一銘柄であっても、採炭時期によって性状が変化するため、その影響が現れた形となった。

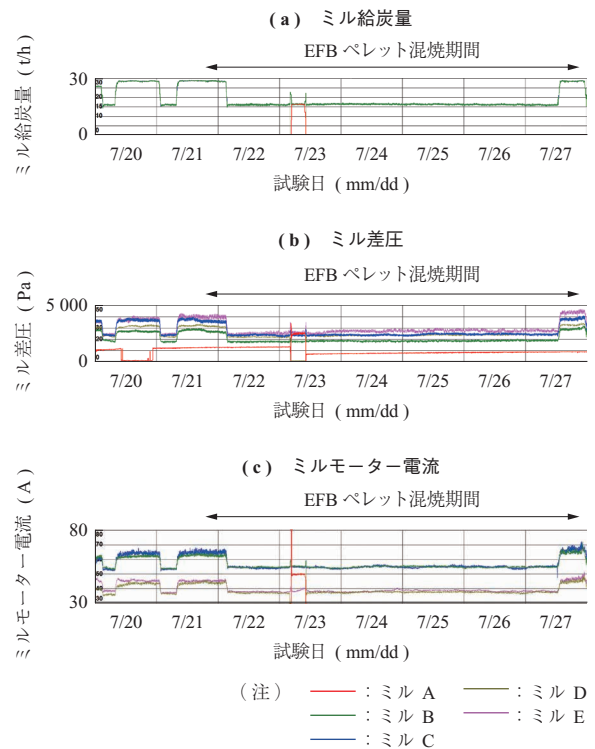


ボイラ状態トレンド

主蒸気温度・主蒸気圧力は、EFB ペレットの混焼実証試験期間中をとおして安定しており、影響がないことを確認した。

ミル状態

石炭と EFB ペレットを同時にミルに投入し、そのまま粉砕するため、EFB ペレットの影響が直接的に現れると予想され、ミル差圧とミルモーター電流の増加を想定していた。EFB は繊維状のため、石炭に比べて粉砕性が良くなく、ミル内部での循環量が増えることでミル差圧の増大を招く。また、この粉砕性は、粉砕動力の増加につながり、ミルモーター電流の増大に現れる。ミル内部部品の摩耗状態などがミルごとに異なるため、ミル差圧とミルモーター電流の静定値に差異があるものの、実際には EFB ペレットの有無による



ミル状態トレンド

ミル状態トレンドの変化は、ボイラのトレンド同様にみられなかった。これは、300 MW および 160 MW 状態ともに、粉砕能力に余裕があるものと判断でき、混焼率をさらに増大できることを示唆している。

まとめと今後

今回の EFB ペレット混焼実証には、KEV オーナーはもちろん、マレーシアエネルギー省や環境省の視察もあり、注目度の高さがうかがえた。マレーシアは世界第 2 位のパームオイルの生産国であり、これは、EFB の排出量も世界第 2 位であることを意味し、EFB ペレット生産のポテンシャルが大きい。混焼実証試験では、マレーシア国内の EFB を利用した地産地消費発電プロセスの確立ができた。今後は、引き続き IPSM, ISBM, ITEM が協力して、次の二つの目標に向かって対応を加速させる。

① EFB ペレットの生産量拡大

② バイオマス発電のインセンティブ制度確立

②については、政府関係機関にて行う内容であるが、例えば日本の事例などを紹介しつつ、関係機関に働きかけていく。

【ご案内】

IHI 技報をご覧頂きありがとうございます。
ぜひ、関連する他の記事・論文もご一読ください。

IHI 技報 WEB サイト

[IHI 技報（日本語）](#)

[IHI ENGINEERING REVIEW
（英語）](#)

Vol. 62 No. 2 特集 唯一無二の技術・製品・サービスで SDGs のその先へ



◆特集 [唯一無二の技術・製品・サービスで SDGs のその先へ](#)

林業×宇宙 コラボレーション 世界の環境課題に取り組む
ILIPS 環境価値管理プラットフォームの展開
EFB ペレットの地産地消でサステナブル発電
ガス軸受で電動ターボ機械の軽量化を実現
固定層蓄熱システムの評価技術の開発
海流発電実証試験の概要と信頼性評価・事業性評価
海流発電実証試験の発電特性評価
JAXA F7 エンジンでの 1 400℃級 CMC シュラウド実証試験
さらに安全な踏切を実現する高機能化版 3DLR 障検

◆インタビュー

「世界を緻密に観察する力」から生まれる内発的発想が社会と交わる接点を見つける

◆記事

火力発電ボイラにおけるメンテナンスや運転支援の取り組み

◆技術論文

真空ホットプレスを用いた拡散接合プロセスの開発

[Vol. 62 No. 2（2023 年 1 月）](#)

全ての記事が閲覧できます。

WEB サイトでは、社会と向き合い、社会とともに進化する IHI の技術・製品・サービスもご紹介しております。関連する技報も掲載しておりますので、ぜひご覧ください。

[IHI 技報を通じて IHI グループの
イノベーションを知る](#)

[IHI 製品を支える技術](#)