

JCOAL Vol.38 Journal

2017.9

クリーン・コール・デー特集号

■巻頭言	1
第26回クリーン・コール・デー国際会議を迎えて (各国エネルギー・資源事情を踏まえたエネルギーミックスを考える)	1
■スペシャルレポート	2
クリーン・コール・デー2017(第26回)開催案内 石炭メジャーについて(1)	2 7
■地域情報	11
バルカン諸国での大気環境装置の取組み	11
■技術レポート	13
先進高効率石炭火力発電技術の現状と 将来の再生可能エネルギーとの共存	13
■環境技術レポート	18
モンゴル、ウランバートル市の大気汚染対策	18
■JCOAL 活動レポート	20
CCT ワークショップ2017 報告	20
国連欧州経済委員会主催第8回 国際フォーラムのワークショップ参加・発表報告	23
フィリピン電力・メディア来日・石炭火力知見・情報交換プログラム	25
ベトナム CCT セミナー開催報告	27
コールバンク拡充事業について	29
石炭ガス化溶融スラグの規格化推進	31
■編集後記	34

第 26 回クリーン・コール・デー国際会議を迎えて (各国エネルギー・資源事情を踏まえたエネルギーミックスを考える)

毎年 9 月 5 日の前後にクリーン・コール・デー国際会議が開催されている。今年は、9 月 5 日から 7 日にかけて開催され、26 回目を迎える。9 月 5 日はクリーン・コール・デーとして 2001 年 8 月 1 日に、石炭エネルギーの理解促進のため資源エネルギー庁の意向を踏まえ日本記念日協会に登録された経緯がある。本国際会議は、世界の石炭生産・利用に関する政府機関、民間企業、関係団体、学識経験者等が参画する大きな国際会議として認識されている。毎年、石炭エネルギーをめぐるその時々々の環境変化を踏まえながらテーマ設定し、基調講演、各種講演、パネル討論を通じ地球規模での石炭エネルギーに関する議論を行っている。(一財)石炭エネルギーセンター(JCOAL)は、その実行委員会事務局を務めている。この国際会議は、昨年度は、25 回目と大きな節目を迎えたわけであるが、今年は、新たなスタート年として第一歩を踏み出すことになった。

そのような状況の中で、我が国の石炭エネルギーをめぐる環境は、原子力の再稼働問題、再生可能エネルギーの伸張、電力システム改革、米国におけるシェールガス革命、トランプ政権のパリ協定からの離脱、石炭投資を座礁資産投資としてみる動き等考慮を要する課題が多く、その状況は大きく変化している。我が国は、3E+S、すなわち安全性の確保(Safety)を最前提に、エネルギーの安定供給(Energy Security)、経済性(Economy)、環境配慮(Environment)を基本に、化石エネルギー(石炭、石油、天然ガス)、再生可能エネルギー(水力、風力、太陽光、バイオマス等)、原子力のそれぞれのエネルギー源を最適にバランスよく利用していくエネルギーミックスをエネルギー政策の基本としている。我が国は、必要とするエネルギー資源のほとんどを海外からの輸入に頼っているわけであるが、それぞれのエネルギーには一長一短あり一つのエネルギーに過度に頼りすぎることは、セキュリティ確保上問題があり、バランスのとれたエネルギーミックス政策を基本としているわけである。

石炭は、地球温暖化の大きな原因となっている二酸化炭素を排出する割合が他の化石エネルギーに比較して多いという理由で、石炭を悪者扱いする見方があることも事実である。このような見方は、我が国というより、欧米諸国を中心に、また、欧米金融界の中でも石炭関連投資を座礁資産投資として見るような動きもあり石炭エネルギーの果たす役割、環境問題とも調和した石炭の利用の推進の重要性を、世界規模で認識していくことが今後さらに重要になるものと思われる。

再び冒頭で述べたクリーン・コール・デー国際会議の話に戻るが、第 26 回目の本国際会議のテーマは、「各国のエネルギー資源事情を踏まえたエネルギーミックス～Coal Value Chainを踏まえた先進火力発電技術の役割～」となっている。今後エネルギー需要の大幅な伸びが予想されるアジア地域を中心とする発展途上国は、当然ながら抱えるエネルギー・資源事情はそれぞれ異なっている。石炭資源を多く持つ国、天然ガス資源を多く持つ国、再生可能エネルギーの利用可能性、大きな人口に伴う急激に拡大するエネルギー需要、無電化率等各国ごとにそれぞれのエネルギー・資源事情は異なっている。今回の国際会議は、今一度そのような各国の抱える資源エネルギー事情の異なる背景を事実として十分認識し、現実的な地球環境、地域環境と調和した形での石炭利用の在り方を十分議論してもらおうとテーマ設定がなされたわけである。「各国のエネルギーミックス政策の実情と課題、日本への期待」、「先進火力発電技術等の開発の現状と導入に向けた課題、将来展望(CCS(二酸化炭素分離回収・貯蔵)等を含む)」を具体的な論点テーマとしている。

一方、各国では、高効率の石炭火力発電技術導入の動きがある中で、既設の石炭火力発電所が、煤塵やNO_x、SO_x等の大気汚染物質、排水処理、灰処理等の多くの環境問題を抱えていることも事実であり、地域住民は石炭火力発電所に対しきわめて厳しい感情を持っていることも事実である。今回の国際会議のテーマで、石炭の生産利用に関する上流から下流、すなわちCoal Value Chainを踏まえた石炭開発・利用に関し、このような地域住民の厳しい感情に十分配慮し、我が国も含め先進各国が地道な環境改善のための協力をしていくことの重要性も真剣に議論される。各国固有のエネルギーミックス政策、先進火力・次世代火力の開発動向、その中で石炭利用政策、地球温暖化対応政策等を議論することによって、世界規模での環境に調和した石炭生産利用のあり方を議論されることが期待される。

石炭エネルギーセンター(JCOAL)は、一昨年 9 月の評議員会で定款変更をした。従来の石炭エネルギーに特化した業務から「石炭及び関連するエネルギー」と業務範囲を広げ、バイオマス混焼、バイオコークス、微細藻類等バイオマスエネルギー、褐炭ガス化からの水素エネルギー、CO₂有効利用(CCUS)、CO₂貯留(CCS)、石炭灰高度利用事業等ウイングを広め、より効率的・経済的なクリーンコール・テクノロジーの開発、利用を進めている。

いずれにしても、「環境に配慮したコール・バリュー・チェーンの高度化」の理念の下、本国際会議の開催も含め石炭エネルギーセンター(JCOAL)は、経済産業省をはじめ、NEDO、JOGMEC、JICA等政府関係機関のご指導のもと、会員各社のご理解とご支援を得ながらその業務に精力的に取り組んでいく所存である。



一般財団法人
石炭エネルギーセンター
理事長 塚本 修

クリーン・コール・デー 2017 (第 26 回) 開催案内

事業化推進部 藤田 俊子・本多 名穂子
情報ビジネス戦略部 鎌田 淳一・岡部 修平

平成 3 年 (1991 年) 6 月の石炭鉱業審議会から新石炭政策推進の必要性が答申されたことに併せ、同年 9 月に発表された当時の通産省 (現経済産業省) 資源エネルギー庁石炭部長の私的懇談会「地球を救う新石炭政策研究会」中間報告において、石炭に対する伝統的なイメージの払拭並びに正しい認識と評価を得るための PR 体制の充実・推進の必要性が強調され、その活動の一環として、「石炭の日 (クリーン・コール・デー)」の制定が提案され、平成 4 年 (1992 年) 9 月に、第 1 回「クリーン・コール・デー」記念シンポジウム及び記念式典が開催された。この日から、毎年 9 月 5 日の「石炭の日 (クリーン・コール・デー)」を中心に、石炭エネルギーに関する更なる理解と普及を目的に、石炭 PA 活動を続けている。尚、第 26 回目を迎える国際会議は、名称を「クリーン・コール・デー国際会議」と改め、更なる前進をすべく、取組む所存である。このような会議を継続できたことは、一重に関係者皆様方のご協力・ご支援の賜物であり、皆様方の長年のご協力に大変感謝申し上げたい。

例年同様、JCOAL の website 上、CCD 特設ページを設け、本年度のクリーン・コール・デー活動につき掲載しているのをご参照頂きたい (例年同様、国際会議は特設ページから直接 web 上で登録が可)。

それでは、ここに本年度のクリーン・コール・デーの全容を紹介したい。

1. 名称

「クリーン・コール・デー」

2. 目的

石炭は重要なエネルギー源として、我が国をはじめ多くの国と地域で利用されてきた。特に、アジアの発展途上国を中心に、その経済発展を支えるエネルギー資源としての期待が大きく、今後もその需要が増大していくものと見込まれるが、石炭は他のエネルギーに比べて環境汚染物質の排出量が多いことから、その利用について懸念する動きがある。

我が国での石炭利用に際しては、環境への影響を極力低減させるための環境対策技術が既に確立されており、また二酸化炭素の排出抑制の面ではさらなる高効率化や二酸化炭素の捕集と地中固定技術の開発が行われている。このため、エネルギー基

本計画における 2030 年のエネルギーミックスにおいて、石炭は 26% 程度を担うものと位置付けられている。

石炭利用における環境対策技術 (クリーン・コール・テクノロジー: CCT) において我が国は世界最高レベルにあり、石炭への依存度が大きなアジアの発展途上国を中心とする海外の国々にこの CCT を普及することによって、これらの国々の経済発展と地球規模での環境改善に貢献することができる。

これらについての社会的認知と合意形成を図ることを目的に、クリーン・コール・デー (9 月 5 日) を中心とした期間に一連の石炭広報活動を展開するものとする

3. 本年度テーマ

エネルギーバランスの 26% は、石炭が担います。石炭は過去のものではありません。

4. 実施日

記念日: 9 月 5 日

(クリーン・・・9、コール・・・5)

本年度においてもクリーン・コール・デー (9 月 5 日) を中心とした前後の期間に、各種石炭広報関連の行事を実施する

5. 実施体制

(「協力」「協賛」「後援」記載の団体・自治体等は昨年度実績にて記載)

主催: クリーン・コール・デー実行委員会

一般社団法人日本鉄鋼連盟

一般社団法人セメント協会

日本製紙連合会

電源開発株式会社

一般財団法人石炭エネルギーセンター (事務局) (以下「JCOAL」)

協力: 科学技術館

いわき市石炭・火石棺

宇部市石炭記念館

大牟田市石炭産業科学館

太平洋炭鉱 (炭鉱展示館)

田川市石炭・歴史博物館
直方市石炭記念館
宮若市石炭記念館
夕張石炭博物館
釧路市立博物館
三笠市立博物館

日本製紙連合会 理事長 羽山 正孝
電源開発(株) 開発計画部長 川合 智也
JCOAL 専務理事 橋口 昌道
事務局: 榭山 直人
(JCOAL 情報ビジネス戦略部長)

協賛: 一般財団法人エンジニアリング協会

公益社団法人化学工学会
一般社団法人火力原子力発電技術協会
釧路市
日本エネルギー環境教育学会
一般社団法人日本エネルギー学会
公益社団法人日本化学会
一般社団法人日本化学工業協会
日本化学繊維協会
日本ソーダ工業会
一般社団法人日本鉄鋼協会
一般社団法人資源・素材学会
一般社団法人新・エネルギー環境教育情報センター

後援: 経済産業省

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
宇部市
Global CCS Institute

在日大使館:

アメリカ合衆国、インド、インドネシア共和国、
ウクライナ、オーストラリア連邦、
カナダ、ケニア共和国、コロンビア共和国、
セルビア共和国、タイ王国、大韓民国、
台湾、チェコ共和国、中華人民共和国、
トルコ共和国、ナイジェリア連邦共和国、
フィリピン共和国、ベトナム社会主義共和国、
ボスニア・ヘルツェゴビナ、ボツワナ共和国、
ポーランド共和国、マダガスカル共和国、マレーシア、
ミャンマー連邦共和国、モザンビーク共和国、
モンゴル国、ロシア連邦

州政府日本事務所:

豪 / クイーンズランド州、ニューサウスウェールズ州、
ビクトリア州、西豪州
加 / アルバータ州、ブリティッシュコロンビア州

6. 委員会

「クリーン・コール・デー」の実施にあたり、実行委員会を組織する。

実行委員長: 塚本 修 (JCOAL 理事長)

委員: 5 名 (主催団体より各 1 名) (敬称略)

日本鉄鋼連盟 常務理事 鈴木 博善
セメント協会 専務理事 木村 耕太郎

7. 本年度記念行事・関連行事

平成 29 年度「クリーン・コール・デー」記念行事として国際会議を経済産業省等政府機関、在日大使館州政府及び協賛各団体の後援・協賛の下に開催する。また、関連行事として石炭関連施設見学会、石炭博物館・記念館無料開放等を行い、これらと連携して石炭の重要性を理解して頂くための広報活動を実施する。

① CCD2017 国際会議 (第 26 回)

(詳細は本記事最後参照)
9 月 5 日 (火) ~ 9 月 6 日 (水) 国際会議 (終日)
於 ANA インターコンチネンタルホテル東京
9 月 7 日 (木) 見学会 (選択性)
コース 1: 常磐共同火力(株)勿来発電所
コース 2: 出光興産(株)バルクターミナル・環境研究所

② 石炭関連施設見学会

本年度も様々な方々を対象に見学会を実施する。
CCD2017 国際会議見学会
9 月 7 日 (前述参照)
日本鉄鋼連盟実施製鉄所見学会
(日時場所等調整中)
夏休み子どもバス見学会
(科学技術館サイエンス友の会共催)
7 月 31 日 (電源開発(株)磯子火力発電所)
大牟田市石炭産業科学館見学会
(日時場所等調整中、10 月頃予定)

③ 石炭博物館・記念館無料開放

(9 月 2 日 (土) 及び / または 9 月 3 日 (日) にて、無料開放を依頼)
(1) 釧路市炭鉱展示館
(2) 宇部市石炭記念館
(3) 田川市石炭・歴史博物館
(4) 直方市石炭記念館
(5) 大牟田市石炭産業科学館
(6) 宮若市石炭記念館
(7) いわき市石炭・化石館
※その他、下記施設において広報冊子の配布を予定
・夕張石炭博物館 ・科学技術館
・三笠市立博物館 ・釧路市立博物館

④石炭セミナー、イベント他

(1) 夏休み子ども実験教室 (含展示)

科学技術館共催 (同館開催)

8月10日(木)・11日(祝/金)

一般向け広報活動の一環として、毎年、子ども達の夏休みの時期に科学技術館と共催で夏休み子ども石炭実験教室を8月中旬の2日間開催している。昨年度に引き続き本年度も祝日である「山の日」に絡め実施を予定。参考までに昨年度の様子の写真をご覧頂きたい。



(2) その他のイベント:

石炭関連博物館主催のクリーン・コール・デー関連イベントへの協力 (広報冊子配布等)

釧路市、釧路市立博物館主催 現場で学ぶ石炭基礎講座

9月30日開催予定

(参考: 昨年度の石炭基礎講座案内)

⑤その他

(1) 新聞等メディアを利用した広報案

ア) 電気新聞掲載

(参考: 昨年度例の9月5日クリーン・コール・デー特集号 (CCD 紹介、最新の技術紹介))



※経済産業新報の広告は費用効果を考慮し実施せず (特集記事は継続)。

(参考: 昨年度例 8月30日号 CCT 特集号)



イ) 交通広告活用：東京メトロ／丸ノ内線東京駅ホームドアシートへのポスター掲示

ホームドアでの広告を実施している東京メトロ 3 線 (丸の内線、有楽町線、有楽町線、有楽町線、有楽町線) の中で最も乗降客が多い丸の内線東京駅のホームドアの柵の部分へのポスター掲示を行う。

サイズ：B2 掲示枚数：20 枚
 期間：2 週間 (8 月 23 日～9 月 5 日)
 (イメージ)



(3) インターネットによる広報 (JCOAL Web Site での CCD 特設頁開設、関係各所へのバナーリンク依頼他)

(4) 冊子配布
 (「石炭は未来のエネルギー」「クリーンに利用される石炭」)



(5) 石炭サンプルやノベルティの配布案

石炭サンプル：引続き作成、配布
 ノベルティ：ラベルボールペンを作成、配布
 (イメージ)



(6) 石炭 PA のためのポスター配布

本年度の CCD ポスターは、様々な議論のもと、下記に決定した。このポスターを関係各所に 8 月上旬に配布し、「石炭」に対する認知度を高めることと予定する。

(イメージ)



それでは、最後に、本年度 26 回目を迎えるクリーン・コール・デー石炭利用国際会議のプログラム (予定) を掲載させて頂く。

**DAY 1 9月5日(火)会議；
各国のエネルギー状況と国際動向を知る**

09:30	受付	
10:00	開会セッション	
10:00	開会挨拶	北村 雅良 一般財団法人石炭エネルギーセンター (JCOAL) 会長
10:10	来賓挨拶	(調整中) 経済産業省
10:20	基調講演 1	Dr. Johannes Trüby 国際エネルギー機関 (International Energy Agency / IEA) 上級エネルギー分析官 『世界のエネルギー動向における火力発電の位置付(仮)』
10:50	基調講演 2	Benjamin Sporton 世界石炭協会 (World Coal Association / WCA) 事務局長 『世界の石炭火力発電の動向 ~高効率低炭素石炭火力発電技術の位置付』
11:20	特別講演 1	Jarad Daniels 米国エネルギー省 (DOE) 化石燃料総局 Acting Deputy Assistant Secretary for Clean Coal and Carbon Managenet 『トランプ新政権下のエネルギー政策、火力発電の位置付(仮)』
11:50	特別講演 2	康 国珍 中国国家能源局電力司 火電処長 『中国における電力政策事情、技術開発現状と課題、世界への影響(仮)』
13:40	セッション 1	各国エネルギー資源事情を踏まえたエネルギーミックスを考える ~各国資源政策の実情と課題、日本へのニーズ・期待 モデレーター 九州大学 堀井 伸浩 准教授
13:40	講演 1	(調整中) エネルギー・鉱物資源省 (MEMR) 石炭総局 『インドネシアにおける資源政策(仮)』
14:10	講演 2 (中国)	凌 文 神華集団有限公司 総経理 『神華石炭の生産計画、その中での神華の戦略(仮)』
14:40	講演 3 (豪州)	(調整中) 鉱物資源評議会 (MCA) 『豪政府政策下、豪の石炭生産計画、豪の老朽化した石炭火力発電所の今後、他(仮)』
15:10	講演 4 (日本)	成内 伸一 出光興産株式会社 上席執行役員 石炭事業部長 『各国の資源事情にあわせた石炭ハンドリングはどうあるべきか(仮)』
15:40	ディスカッション (フロア含)	
16:20	1 日目サマリー & 閉会	JCOAL
17:00	Welcome to Clean Coal Day in Japan 2017 Reception	

**DAY 2 9月6日(水)会議；
先進火力発電等技術
~開発の現状と導入に向けた課題と将来展望を考える**

08:30	受付	
09:00	基調講演 3 (日本)	(調整中) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 『3E + S を踏まえた先進火力発電等技術の普及(仮)』
09:30	セッション 2	石炭政策と市場動向；先進火力発電等技術導入の課題、将来展望 モデレーター 東京大学 金子 祥三 研究顧問
09:30	講演 1 (タイ)	(調整中) エネルギー省 『タイ政府のエネルギー政策(仮)』
09:50	講演 2 (ポーランド)	Janusz Michalski エネルギー省 エネルギー総局 エネルギー政策ユニット長 『ポーランド国の石炭政策、エネルギー政策(仮)』

10:10	講演 3 (ベトナム)	(調整中) 工商省 『ベトナムの石炭政策 -PDP(Power Development Plan)7(仮)』
10:30	講演 4 (ドイツ)	Dr. Oliver Then VGB PowerTech e.V., 火力発電環境低減技術部門長 『EU のエネルギー動向、その中でのドイツの石炭政策、先進火力発電等技術開発普及推進活動、他(仮)』
10:50	講演 5 (国際機関)	Brad Page Global CCS Institute(GCCSI) 代表 『世界の CCS 事業動向とその課題、CCS の市場、他(仮)』
11:10	講演 6 (日本)	(調整中) 経済産業省 『CCT の普及と海外展開(仮)』
11:30	ディスカッション (フロア含)	
13:00	セッション 3	先進火力発電等技術；地球環境問題への貢献、その課題、将来展望 モデレーター 東京工業大学 岡崎 健 教授
13:00	講演 1	若林 嘉幸 三菱日立パワーステムズ株式会社 (MHPS) 常務執行役員 エンジニアリング本部副本部長・ボイラ技術総括部総括部長 『MHPS 視点から世界の環境問題、効率火力発電技術問題を考える(仮)』
13:20	講演 2	相曾 健司 大崎クールジェン株式会社 代表取締役社長 『世界の最新鋭石炭ガス化発電技術 IGCC → IGFC へ、将来展望と課題、世界への貢献はどうなるか(仮)』
13:50	講演 3	大谷 宏之 株式会社 IHI 取締役・常務執行役員・資源エネルギー環境事業領域長 『日本の高効率石炭火力発電技術開発動向；A-USC から未来へ向けて(仮)』
14:10	講演 4	藤塚 真也 株式会社東芝 エネルギーシステムソリューション社 技師長 『東芝のガスタービン技術の開発動向~課題、将来展望 ~その技術は世界の環境問題へ対応できるか(仮)』
14:30	講演 5	足立 正之 株式会社堀場製作所 専務取締役 『環境問題への貢献について~環境設備開発動向と課題、先進火力発電等技術の一環として、環境計測機械のモニタリング技術はどうあるべきか(仮)』
14:50	ディスカッション (フロア含)	
15:20	休憩 / NETWORKING COFFEE BREAK	
16:00	パネルディスカッション (ラップアップ)	モデレーター 東京理科大学 教授 橋川 武郎 パネリスト 1 経済産業省 資源エネルギー庁資源・燃料部石炭課長 江澤 正名 パネリスト 2 電源開発株式会社 顧問 坂梨 義彦 パネリスト 3 IEA 上級エネルギー分析官 Dr. Johannes Truby パネリスト 4 米国 DOE Acting Deputy Assistant Secretary Jarad Daniels パネリスト 5 九州大学 名誉教授 持田 勲
18:00	閉会・全体総括	塚本 修 JCOAL 理事長 / 「クリーン・コール・デー 2017」実行委員長

**DAY 3 9月7日(水)見学会；
常磐共同火力株式会社勿来発電所 (IGCC)、
出光バルクターミナル株式会社、
出光興産株式会社石炭・環境研究所**

※同プログラムは 8 月 4 日時点のもので、変更となる可能性がございます。

石炭メジャーについて (1)

情報ビジネス戦略部 田野崎 隆雄

1. 石炭メジャーとは

「資源メジャー」とは、資源の権益を保有し、その資源の採掘や精製、製品化などの事業を大規模に遂行している国際的な巨大企業のことである。このうち石油・ガス系は国際石油資本または「石油メジャー」として別途扱われることが多い。「資源メジャー」は、多種類の鉱物・エネルギー資源を扱い、大きな事業規模を誇り、重要な特定の資源生産において、その他企業の追従を許さない生産・埋蔵量により資源を寡占化し、供給調整の能力を有し、需要側の企業に対して価格交渉を持つとされている。

JOGMECが「世界の石炭事情調査」などで、毎年追跡調査している「資源メジャー」とは、Glencore、BHP Billiton、Anglo American、Rio Tinto、Valeの5社となっている。また毎年JCOALがまとめている「コール・ノート」ではValeを除いた4社を「石炭メジャー」としている。石炭メジャー各社は数千万t/年以上の生産量を有し、特に豪州における生産量の半数以上を占めているため、同国に石炭資源の多くを求めるとしては、その動向が気にかかることである。表1に2015年度までの石炭生産量上位20企業を示すが、この中では石炭メジャー4社のうち3社が入っている。中国、インドの石炭会社のほとんどは本国の石炭確保を主業務としており海外展開はしていないが、兗州集団は豪州へ進出している。また、Peabody豪州権益を保有しており、2016年に経営破綻（現在は破綻状態を脱却）したが、豪州の石炭事業はリストラを行ないながらも、コア・ビジネスの1つとして継続して行くとしている。本稿では、石炭メジャーとしてBHP Billiton、Anglo American、Rio Tinto、Glencoreの4社についてとりまとめる。

表1 世界の石炭生産上位企業 (2015年)

順位	企業名 (Mt)	生産量 (Mt)	順位	企業名 (Mt)	生産量 (Mt)
1	Coal India	494.2	11	山西焦煤集団	105.4
2	神華集団	433.0	12	冀中能源集団	101.7
3	Peabody Energy	189.3	13	河南煤化集団	101.6
4	大同煤礦集団	173.5	14	SUEK	97.8
5	中煤能源集団	166.7	15	RWE	95.2
6	山東能源集団	133.7	16	Anglo American	94.9
7	Glencore	131.5	17	開灤集団	91.7
8	陝西煤化集団	127.1	18	山西潞安集団	86.4
9	Arch Coal	118.5	19	BHP Billiton	82.4
10	兗州集団	109.0	20	Bumi Resources	81.2

出典：各種資料よりJCOAL作成

表2にForbes2017による世界の大企業2000のうち石油メジャー、石炭メジャーについて示す。近年はエネルギー・鉱物資源価格の低迷により、順位を落としている企業が多い。

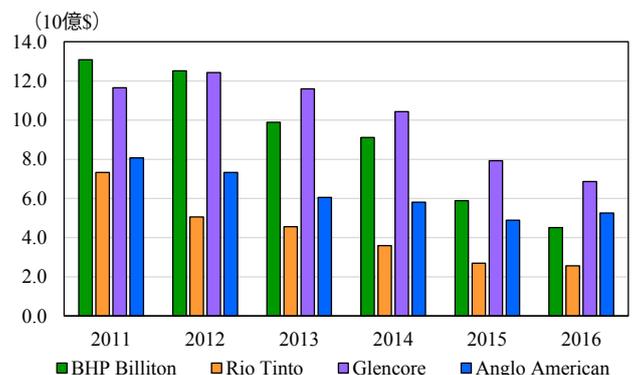
表2 世界の大企業 (石油・石炭メジャー)

2017 順位	企業名	国	売上高 (10億\$)	資産 (10億\$)	2013 順位
13	ExxonMobil	米国	197.5	330.3	5
20	Royal Dutch Shell	オランダ	234.8	411.3	7
26	Total	フランス	128.1	231.0	23
123	Rio Tinto	英国	33.9	89.3	435
124	BHP Billiton	豪州	34.0	119.5	44
328	Anglo American	英国	21.5	50.1	522
359	BP	英国	183.8	263.3	18
359	Chevron	米国	110.5	260.1	13
417	Glencore	スイス	153.7	124.6	157
519	ConocoPhillips	米国	23.8	89.8	73

出典：Forbes Global 2000 2013年 / 2017年

図1に2011～2016年の各社の石炭事業における売上高推移を示すが、各社とも売上高は大きく減少しており、近年の資源価格の下落の影響を受けていることがよく分かる。全売上高における石炭の割合についても減少傾向にある。BHP Billitonは鉄鉱石・銅、Rio Tintoは鉄鉱石・アルミニウム、Glencoreは銅、Anglo Americanはダイヤモンド・白金が主力産物であり石炭以外にも多くのエネルギー・鉱物資源を取り扱っている。2016年の売上高において比較的石炭比率が高いのはAnglo America (22.7%)、BHP Billiton (14.6%)である。

下に示した石炭メジャーの石炭事業売上高推移では、2011-12年以降の漸減傾向が見てとれるが、2016年後半からは石炭価格の回復によって、各社の石炭売上高及び利益は大きく改善してきている。



注：Glencoreの2011/12はXstrata合算、BHPBは年度値

出典：各社年次報告よりJCOAL作成

図1 石炭メジャーの石炭事業売上高推移

石炭メジャー各社の取扱資源については、会社成立からの経緯をみると分かりやすい。そこで各社の歴史を振り返ってみることとする。

2. 石炭メジャー各社の歴史

(1) 産業革命と銅・スズ資源の供給

英国で1760年代から始まった産業革命により、石炭資源をもとに繊維工業・製鉄業が振興し、運河・鉄道といったインフラ整備を伴って、工業化が進んだ。この動きは続いてフランス、ドイツ、米国等へも広まっていった。欧州各国は圧倒的な経済的・軍事的優位性をもとに、広範囲な植民地獲得を行い、資本主義が発展していった。

銅は太古以来、貨幣として、現在は電線材料として多用されており、代表的なベースメタルである。古代ローマでは、銅の年間生産量は15,000tと推定されており、産業革命時まで凌駕されない規模に達し、主たる用途は貨幣であった。最も熱心に採掘されたのはイスパニア、キプロスおよび中央ヨーロッパであった。

現代の日本の硬貨においても、5円硬貨が黄銅、10円硬貨が青銅、50円硬貨、100円硬貨、旧500円硬貨が白銅、新500円玉がニッケル黄銅と1円以外すべて銅の合金が用いられている。日本では弥生時代より銅鐸、銅剣、銅鏡などの青銅器が製造されていたが、その原材料は大陸からの輸入品であった。国産の銅は698年に産出したものが始まりとされるが、17世紀に発見された足尾銅山や別子銅山などによって銅生産が活発になり、ピーク時の1697年における年間約6,000tという産出量は当時世界一であったと推測されている。明治期に入り日本は銅輸出を積極的に行ったが、その後チリや米国、アフリカで大規模鉱山開発が始まり、新たに世界の銅原料供給地となった。遡って1860年代までは、世界の銅生産の中心は欧州、特にドイツと英国であった。英国の鉱業はスズの鉱山開発から始まったが、銅の生産が飛躍的に伸びるのは19世紀中頃である。砒素、亜鉛、銀なども多く産出したが、スズ、銅の生産がCornwall州、Devon州で盛んに行われた。蒸気機関の発明により、英国では炭鉱だけでなく銅鉱山における排水作業効率が大幅に改善され、生産性も向上した。Cornwall、West Devonの鉱山跡は2006年にユネスコの世界遺産に指定された。

Cornwallの鉱山業衰退の原因の一つが、スズのマレー半島やオランダ領インドでの生産開始である。オランダ領東インド(現インドネシア)のプリトゥン島(インドネシア語Pulau Belitung、英語Billiton Island; 図2)では1851年にスズ鉱床が発見され、1860年に「Billiton Maatschappij社」がオランダで設立された。世界的資源企業Billitonの発足である。Billitonは1970年にRoyal Dutch Shellグループ傘下になった後、1994年には南アフリカGencorに買収されるが、1997年に分離独立してロンドン証券取引所に上場し、続いて資源系企業を買収を進めていく。



図2 プリトゥン島

一方「Rio Tinto」の社名は、南部スペインのローマ帝国に銅を供給した鉱山の場所由来する。Rio Tintoとはスペイン語で赤い川という意味であり、鉄などが溶解した赤い水が今も流れている。1873年にHugh Mathesonらがスペイン国営であったRio Tinto鉱山を£368万で購入し、再開発を行った。新オーナーは会社をリストラし、銅よりもパイライトに注目し収益の出る事業にした。その後1929年、Rio Tinto鉱山資源枯渇に対応するため南ローデシアのRhokana銅鉱山を買収し、1951年から本社をロンドンから南ローデシアへ移した。1955年創始の地Rio Tinto鉱山を£775万で売却し、この資金をもとに各地のウラン事業、銅事業に投資した。1962年に英国Rio Tintoは、豪州の会社Consolidated Zincの過半数の株を取得し、Rio Tinto自体は「Rio Tinto-Zinc Corporation (RTZ)」と改名し、豪州のConsolidated Zincは「Conzinc Riotinto of Australia (CRA)」と改名され、別の会社として1995年まで操業を続けた。

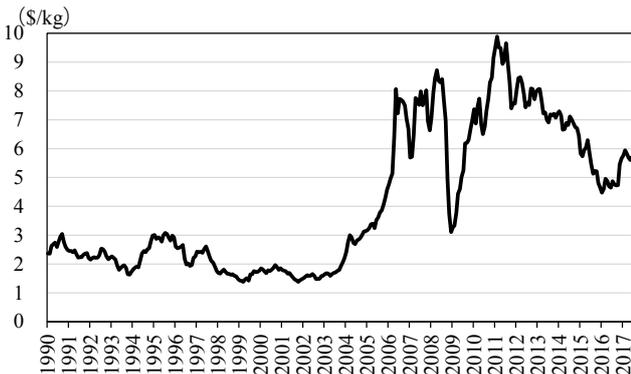
Rio Tintoの石炭事業はCRAの傘下における、NSW州ハンターバレー地区の既存炭鉱の統合、新規炭鉱の開発、Queensland州における新規炭鉱の開発によるものと、RTZによる米国Kennecott社他の買収による米国の炭鉱買収によるものであるが、現在はQueensland州の原料炭炭鉱以外は売却している。

銅は世界貿易で年間およそ\$300億が動く重要な貿易品目でもある。しかし銅の価格は不安定であり、銅価格は1999年6月の\$1.32/kgから2006年5月には\$8.27/kgと約5倍に上昇した(図3)。2004年以降の銅価格の高騰は中国をはじめとした新興国の需要の増加によるものである。その後も大きな下落、上昇が見られる。

銅もしくはスズ資源の歴史に欠かせないもう一つの企業が、BHP Billitonのもう一つの起源「Broken Hill Proprietary Company」である。社史によると、豪州NSW州西部Broken Hill近郊の羊牧場で1883年、黒いスズの鉱床が発見された。これをきっかけにして1885年、銀、鉛、亜鉛を採掘するBroken Hill Proprietary Company Ltd (BHP)が立ち上がった。資源枯渇により、BHPは1900年代初頭までには鉄鉱石の採掘や製鉄にも乗り出した。NSW州Newcastleに鉄鉱石や原料炭の利用を地の利として、製鉄所を建設する。奇しくも日本の八幡製鉄所創始の1901年と同時期である。Hunter川河口に港湾が形成され、ここは現在でも豪州炭搬出元として活躍している。その後、

合併や吸収を繰り返して鉱物資源の採掘から精製、製鉄(2002年に分離)、石油・ガス開発まで幅広く手がけるようになった。海外権益への投資も進め、資源国豪州を代表する大手企業に成長し、Billitonと2001年6月に合併して「BHP Billiton」となった。銅資源への着手は遅く、1984年の米国GE社からUtah International社を買収することから始まる。

なお、同社の石炭事業の中核をなすQueensland州における原料炭ビジネスも、このUtah International社の買収によって取得されたものである。



出典：IMF Primary Commodity Prices

図3 銅価格推移(欧州 CIF)

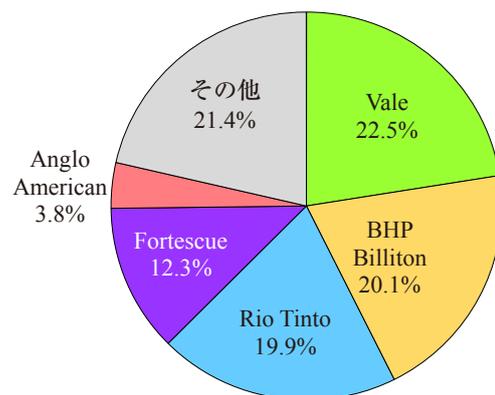
(2) 鉄鉱石資源と取引形態の多様化

鉄鉱石の主要成分は酸化鉄であり、多く使われる鉄鉱石は赤鉄鉱、磁鉄鉱、褐鉄鉱、磁鉄鉱の粒状鉱物である砂鉄などである。レアアースと異なり、各地に豊富に資源があるため、それ程資源問題は議論されてこなかった。米国Mesabi鉄山は米国における鉄鉱石の主産地となっており、その規模は、第二次大戦勃発による、米国ならびに連合国の急激な兵器特需にも充分に応え得るものであった。この鉱山は純度が低いが大規模に採掘することのできるタコナイトの生産でも有名である。20世紀中盤までは活発に採掘が行なわれていたが、米国における鉄鋼の需要減と、純度の高い鉄鉱石が減少したこともあり、1970年代に入ると一旦は衰退した。しかし21世紀に入り、中国での鉄鋼需要が高まると、再び息を吹き返した。この鉱山の経営はUSスチールの関連企業となっている。米国はAppalachia炭田で原料炭も自給できたため、この原料生産から製品製造までを同一社内で行なう「垂直統合方式」が米国のスタイルとなっている。特定の需要家を有しない鉄山企業は、生き残りのために、資源企業として総合化・多国籍化していくことになった。

1911年に英国で設立されたItabira Iron Ore Companyは、第二次世界大戦後にブラジル国営Rio Doceとなり、現在は民営化、改称してValeとなっている。創始地Itabira鉄山は年間約3,000万tの鉄鉱石を生産している。ブラジル経済において、鉄鉱石は鉄産品輸出額の83%を占めると同時に、ブラジルGDPの5.8%を占める影響力の大きいものとなっている。その輸出先として日本が長年最大の輸出先としての地位を占めてきたが、その取引形態は長期契約を締結して売買双方に対して安定した数量の出荷・引取りを保証する「長期契約方式」であった。日本の鉄鋼業の進

展とともに一般化したこの方式は、安価かつ安定した生産に繋がり、1980年代の米国の鉄鋼業との競争に大いに寄与するとともに、日本経済の発展に貢献した。

第二次世界大戦後の大きな動きとして、植民地の独立と「資源ナショナリズム」がある。産業革命以後、飛躍的に資源利用が増大してから、植民地に存在する資源は先進国の多国籍企業により管理・開発されることが多く、植民地が次々と独立を遂げる中で、自国の資源を自国のものにしようという動きが高まった。1962年に国際連合で「天然資源に対する恒久主権の権利」の宣言が出された。その内容は、①天然資源が保有国に属し、資源保有国の国民的発展と福祉のために用いられるべきこと、②資源開発に従事する外国資本の活動について、資源保有国が種々の条件・規制を課すことができること、③資源開発により得られた利益は、投資側と受入国側との協定に従って配分されなければならないこと、である。1973年、石油危機において資源ナショナリズムは、その威力を発揮した。アラブ諸国は、原油価格を吊り上げ、対イスラエル政策への賛同と石油輸出をリンクさせたのである。こうして、資源は「先進国に売らなくてはならないもの」から「先進国との外交交渉におけるカード」へと変わった。資源輸出国は交渉力を高めるために、資源毎の連合を組んだ。特に、石油輸出国機構(OPEC)は原油価格を操作することで1970年代の世界経済に絶大な影響を及ぼした。オイルダラーの発生は国際金融市場を通じて世界へ影響を与えた。これに対して1980年代、米国において次々と「商品先物市場」が形成された。商品先物市場で決まる先物の価格が、現物の価格の指標となった。資源価格は市場で決まるようになった。また、高騰した資源価格は世界各地で試掘投資を活性化させ新興資源国が生まれた。こうして旧来の資源輸出連合諸国は価格の主導権を失い、市場価格に基づき増減産や設備投資を迫られることになった。このような中で輸出用鉄鉱石シェアにおいては、Vale、Rio Tinto、BHP Billitonの3社で62.5%を占める寡占状態となっている(2015年、図4)。



出典：Engineering & Mining Journal, Nov 2016

図4 主要鉄鉱石輸出企業(2015年)

(3) 大英帝国とロンドン・シティ

19世紀後半に帆船から蒸気船へと海路の主役が交代すると、石炭を大量に消費する汽船には補給港が不可欠であったため、

英国の優位はさらに拡大した。そしてこの汽船が、カナダ、南アフリカ、インド、豪州といった大英帝国の版図を有効に結びつけた。

英国人 Cecil Rhodes は、南アフリカ・Kimberley で兄とともに働き、ダイヤモンドを掘り当てた。Rothschild の融資もとりつけて、1888 年 De Beers Diamond Company を設立した。銀座店閉鎖で日本から撤退する De Beers だが、現在でも世界最大のダイヤモンド会社で、世界の 40% のシェアを握っている。

De Beers の長年のパートナーが Anglo American である。本社はロンドンで、1917 年に南アフリカの金鉱山を採掘・販売するため、Ernest Oppenheimer が「Anglo American Corporation of South Africa」として創業した。この独特の長い社名は、英国、米国、そして南アフリカから資本金が集められたことに由来する。創業後ほどなくして、同社は南アフリカの金鉱山の開発に成功し、1926 年には De Beers の株式を過半数取得した。1928 年には現ザンビアで銅の採掘を開始する。1980 年代に金融業に進出し、1987 年には南ア上場株式の 60% を支配する。ダイヤモンドでは、世界シェアの 8 割を押さえていた。1998 年に大規模なグループ改編を行い、南アフリカの Samancor の権益を 40% 取得した。Samancor はマンガンとクロムを採掘しているが、クロムを採掘する Samancor Chrome は Anglo が 40%、BHP Billiton が 60% 権益を保有している。1999 年ロンドン証券取引所へ上場、本社もロンドンへ移転した。2000 年には Shell の豪州石炭事業を買収し、従来の南アにおける一般炭を中心とした石炭事業に加え、豪州における原料炭事業にも進出した。2001 年には De Beers との株の持ち合いを解消し、De Beers は非上場となった。2009 年には、世界第 2 位の金採掘・精錬企業 AngloGold Ashanti を売却し、金ビジネスから撤退した。

英国には王室属領、ケイマンやジブラルタル等の海外領土、シンガポール、キプロス等のイギリス連邦加盟国が、「タックス・ヘイヴン」の重層的なグローバルネットワークを形成している。その中心に位置するのがシティと呼ばれるロンドンの金融街になる。猫の額のような小さな街が、グローバル金融のハブとして圧倒的な強さを誇っている。19 世紀からこのロンドンを拠点にして、資源メジャーは資金運用をしている。

(4) 先物取引と多国籍企業

スイスの Baar に本社を置く鉱山開発及び商品取引を行う、多国籍企業が Glencore である。登記上の本社は、タックス・ヘイヴンとして有名なイギリス王室属領ジャージーにある。現在世界最大の商品取引商社であり、亜鉛の世界シェアは 60%、銅は 50% に上る。また、金属や石炭、石油、天然ガスなどの鉱物資源に加え、農作物の生産から取引も行っている。1974 年に著名な相場師である Marc Rich によって設立された「Marc Rich & Co AG」が Glencore の始まりである。銅をはじめとして、鉛・亜鉛などのベースメタル部門で世界トップクラスの生産量を持つほか、ニッケルや PGM (白金族金属) といったレアメタル部門も強い。2009 年 6 月には Anglo American に対等合併を持ちかけているが、先方の反対により断念している。かつては世界最大級の非公開

企業であったが、2011 年 5 月にロンドン証券取引所に上場し、時価総額が 585 億 \$ と上場銘柄の中でも 20 位以内に入るため、即時 FTSE100 種総合株価指数の銘柄に採用された。

Xstrata は 1926 年にスイスで設立された Südelektra AG が前身である。1990 年に Südelektra は Glencore の前身 Marc Rich が主要株主となり、1999 年に鉱山開発を主体とした資源企業へと移行して社名を Xstrata へと変更した。その後亜鉛企業を買収や主要株主である Glencore の石炭事業を取得して規模を拡大し、世界最大級の石炭 (一般炭) 生産企業となったが、2013 年 5 月 2 日に Glencore に完全買収された。社名は Glencore Xstrata となったが、翌 2014 年には社名を再び Glencore に改称した。

2015 年 9 月末に、英国と南アフリカに拠点を置く投資銀行 Investec が投資家向けメモで 300 億 \$ に上る Glencore の純有利子負債の多さに疑問を呈したことにより、株価が急落した。中国の景気減退で世界的な需要が落ち込み、主要商品の多くがこの 1 年間で半値以下になり、破綻リスクを取引する「クレジット・デフォルト・スワップ (CDS)」市場で同社のリスクが急上昇した。これに対し Glencore は投資家の疑念を振り払う債務削減策の一環として、亜鉛減産、豪州とチリの銅鉱山売却するなど、資産整理を進めた。

上記の財務リストラと石炭価格の回復などで、財務的危機を脱した Glencore は、Yancoal が Rio Tinto から買収した Hunter Valley Operation の 49% を取得するなど再度石炭権益の積増しに乗り出している。

3. まとめ

石炭メジャーとしての明確な定義はないが、本稿においては BHP Billiton、Anglo American、Rio Tinto、Glencore の 4 社を取りあげた。その特徴を以下にまとめる。

- (1) 歴史的には BHP (銀・鉛・亜鉛→鉄鉱石→銅他、Billiton (スズ→アルミ→銅他)、Rio Tinto (銅→鉛・亜鉛→石炭・鉄鉱石→アルミ他)、Anglo American (ダイヤモンド・金→PGM・銅→石炭→鉄鉱石他)、Glencore (鉛・亜鉛→銅→石炭他) といった収益事業移転・多角化により各社は成長してきた。
- (2) 各社とも欧州・ロンドンに本拠をおき、豊富な資金源を元に、グローバルに事業展開している。一方で発祥の地といえども、不採算部門・ノンコア事業は容赦なく売却する。M&A (合併・買収) により多国籍化・寡占化を進め、バーゲニングパワーを強化している。
- (3) 鉱山開発をコアビジネスとし、特定の金属鉱種、あるいは燃料鉱物も含め複数鉱種の上位生産者である。しかし現在の石炭部門の比率は、概ね 20% 以下である。特定の金属鉱種にありがちな相場変動リスクを分散している。
- (4) コア品種では、強力な経営資源 (技術・人材・設備資産) を保有、大規模な鉱山開発・操業を行っている。

バルカン諸国での大気環境装置の取組み

事業化推進部 小田 俊之

セルビア、ボスニア・ヘルツェゴビナ、コソボ、マケドニアなどバルカン半島の旧ユーゴスラビア諸国で環境装置設置の機運が高まってきている。

バルカン半島は古代から様々な民族が行き交う一方、東ローマ帝国、オスマン帝国など多民族国家の時代が長かったことから諸民族が混在していた。この為、国民国家主義がもたらされると、民族間の争いが勃発しヨーロッパの火薬庫と呼ばれた。この民族問題に宗教問題も加わり、ユーゴスラビア連邦の解体に関わる内戦が2000年頃まで続いた。今でも、ベオグラード市内にはNATO軍に攻撃されたビルが廃墟のままの残されており、昨今まで続いた戦争を感じることができる。

このような生い立ちを有するセルビア、ボスニア・ヘルツェゴビナなど旧ユーゴスラビア諸国は現在でもまだまだ開発途上の状況にある。一方、これらの欧州共同体EU未加盟の旧ユーゴスラビア諸国は早くEUに加盟し国を発展させたいと期待している。



図1 バルカン諸国

一方、EUに加入する為には大気環境対策としてEU並みの大気排出規制に準じることが条件となっている。この為、今、環境装置設置の動きが高まってきている。しかしながら、これらの国々は未だ開発途上にある為、自国でこれらの設置費用をまかなうことは難しく、日本の円借款を含む海外先進国の融資を期待している。日本としては、環境装置の設置を通じてこれらの国々を支援することに意義があると思われる。

日本の環境装置を対象とした円借款の実績としては、以下の2案件がある。

1. ボスニア・ヘルツェゴビナ国ウグレビック火力発電所脱硫装置

ウグレビック火力発電所向排煙脱硫装置（追設）

2009年10月20日 交換公文(E/N)締結

供与限度額：126.33億円

実施機関：スルブスカ共和国電力公社及びウグレビック鉱山・火力発電所

本事業はボスニア・ヘルツェゴビナ国で初めてとなる排煙脱硫装置。二酸化硫黄及び粉塵を削減し、同国の環境改善及び将来のEU加盟を視野にいたしたEU環境基準の達成に寄与するもの。ウグレビック発電所は同共和国の発電設備容量の約4分の1、ボスニア・ヘルツェゴビナ国全体の約1割を占めており、電力の安定供給に不可欠な発電所となっている。

2. セルビア国ニコラ・テスラ火力発電所脱硫装置

ニコラ・テスラ A 火力発電所向排煙脱硫装置（追設）

2011年11月24日 交換公文(E/N)締結

供与限度額：282.52億円

実施機関：セルビア電力公社及びニコラ・テスラ A 火力発電所

本事業は日本としてセルビア国向け初の円借款となり、且つセルビア国では初めての排煙脱硫装置の案件である。二酸化硫黄及び煤塵を削減し、同国の環境改善および将来のEU加盟を視野に入れたEU環境基準の達成に寄与するもの。

ニコラ・テスラ A 火力発電所は同国内で最大の電力量の25%を賄う、同国の電力安定供給に不可欠な発電所である。

このような二つの円借款案件の実績に加えて、更なる脱硫装置の案件候補がセルビア、ボスニア・ヘルツェゴビナに加え、マケドニア、コソボにも潜在しており（表1参照）、各国とも日本を含めた先進国の技術的、財務的な支援を期待している。

表 1 バルカン諸国向け潜在的 AQCS 案件

バルカン諸国向け潜在的AQCS(脱硫装置+集塵装置)案件候補					
エリア	国	電力会社	発電所	対象	備考
バルカン諸国	ボスニア・ヘルツェゴビナ	EPBIH	Ugljevik	脱硫装置	円借款E/N発行済
			Kakanj #7	脱硫装置	
			Tuzla #6	脱硫装置	
			Kakanj	集塵装置	
			Tuzla #5	集塵装置	
	セルビア	EPS	TENT A #3-6	脱硫	円借款E/N発行済
			TENT A #1, 2	脱硫	
			TENT B	脱硫	
			Kostiac A	集塵装置	
	マケドニア	ELEM	Bitla	脱硫	
	コソボ	KEK	Kosovo A & B	脱硫	
				集塵装置	

地域情報

このような環境案件が旧ユーゴスラビア諸国に潜在する背景を改めて纏めると以下となる。

1. EU に加入する為に、EU 並みの環境対策が必須である。
2. 埋蔵量が十分にある自国の褐炭を優先的に自国内で使いたい。
3. 炭鉱近くに発電所を有しているケースが多い。
4. 2000 年頃に旧ユーゴスラビアが解体された国々なので、経済力が十分に育っておらず先進国の財政的な支援を期待している。

日本としては十分な実績を有する大気環境装置技術を活用してこれらの国々を支援できると考えている。

一般的には、大気環境対策を進めるにあたっては、粉塵対策となる集塵装置、硫黄酸化物対策となる脱硫装置、窒素酸化物対策となる脱硝装置の順で環境対策が講じられる。

バルカン諸国では集塵装置は既に設置されているが、所定の性能が出ていないなどの例が散見されており、発電所側は苦勞されているとの実態があるようである。その為、既設の集塵装置の改造もしくはリプレースが必要となってきた。

また、硫黄酸化物低対策として新たに脱硫装置の追設が必要となってきたのが現状である。

尚、EU 諸国では既に窒素酸化物対策が取られているので、近い将来にはバルカン諸国でも同様の窒素酸化物の対策が必要になってくると予想される。

このような状況の中で、JCOAL としては NEDO、METI、JICA 他政府関係機関、日本企業と協力し、大気環境対策の支援を推進したいと考えている。

先進高効率石炭火力発電技術の現状と将来の再生可能エネルギーとの共存

情報ビジネス戦略部 牧野 啓二

1. はじめに

地球温暖化に対する二酸化炭素 (CO₂) 削減への要求がますます厳しくなり、他の化石燃料に比較して CO₂ 排出量の多い石炭への風当たりが強くなっていることはご承知の通りである。この流れを反映して EU、特にドイツでは再生可能エネルギー (再エネ) への切り替えが “Energiewende (エネルギーヴェンデ、英語では Energy Transition) 政策” として 2050 年には再エネ率 80% の目標に向かって強力に展開されている。また、米国では長い間発電燃料の主流であった石炭から、安価なシェールガスへの切り替えが進められ、特に老朽化した石炭火力のリタイアが続出している。

図 1 には 2000 年から 2040 年までの 40 年間について、IEA World Energy Outlook 2015 を引用しての電力のニーズと石炭のニーズの関係を示している。ここでは世界全体、米国、EU、アジアの 4 か所に分けて、それぞれの傾向をプロットしてある。

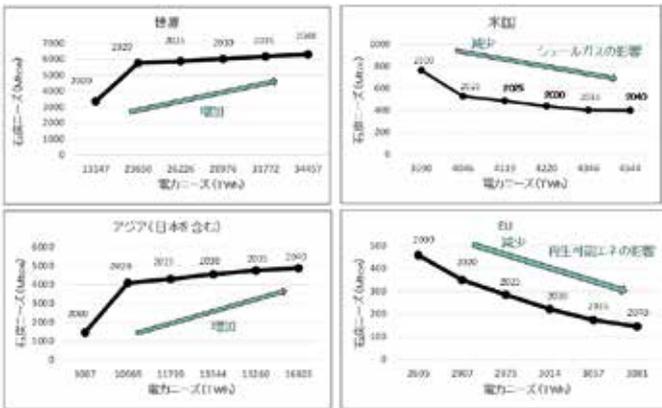


図 1 電力のニーズと石炭のニーズの関連 (IEA World Energy Outlook 2015 から分析)

世界全体の傾向は、電力需要の増加に対して石炭の需要量も増加する予測であるが、発電には石炭以外の燃料の使用も年毎に増加するために、カーブは徐々に寝てくるものの右肩上がりである。米国や EU では電力需要増に対して逆に石炭需要は減少し、カーブは右肩下がりとなり、世界の傾向とは異なっている。米国ではシェールガス、EU では風力、太陽光の増加が原因である。

一方、日本を含むアジアでは、電力需要の増加に対し石炭の需要も大幅な増加が見込まれ、カーブは世界の流れと合っている。このように、東南アジアの発展途上の各国は、安価で供給の安定性に優れた石炭を、環境に配慮しながら、自国の経済発展のために使用を継続するとのスタンスにあることがわかる。

わが国では 2015 年 7 月に閣議決定した新たなエネルギー基本計画でも、石炭は重要なベース燃料と位置付けられ、今後も環境負荷に配慮しつつ使用を継続することとしており、2030 年の総発電量の中で石炭火力には 26% を期待するとしている。因みに再エネは 22 ~ 24% と大幅増、天然ガスは 27% であり、風力や太陽光などの再エネの増加は必要な流れとなる。

ドイツは Energiewende 政策で、太陽光や風力の大量導入に動いているが、しかし自然まかせの発電である太陽光や風力の特性のために、電力の安定供給を確保するには現時点ではどうしても既存の化石燃料にバックアップしてもらう他はない。

このような背景の下に、本稿ではまずクリーンコールテクノロジーについて示し、その中で高効率石炭火力の必要な背景、更に高効率技術の現状ならびに将来について述べる。なおこの中で再エネの大幅な導入を目指しているドイツでは、すでに在来の石炭火力と再エネとの共存について広範な議論がなされ、その進むべき方向が具体的に考えられている。この対応が、再エネ増加を考えているわが国にとっても大いに参考となるものであると考えられるので、本稿ではこの点についても触れる。

2. クリーンコールテクノロジーについて

図 2 にクリーンコールテクノロジー (CCT) の概要を示す。CCT は大きく分けると地域の大气汚染対策と地球規模の温暖化対策に分かれる。

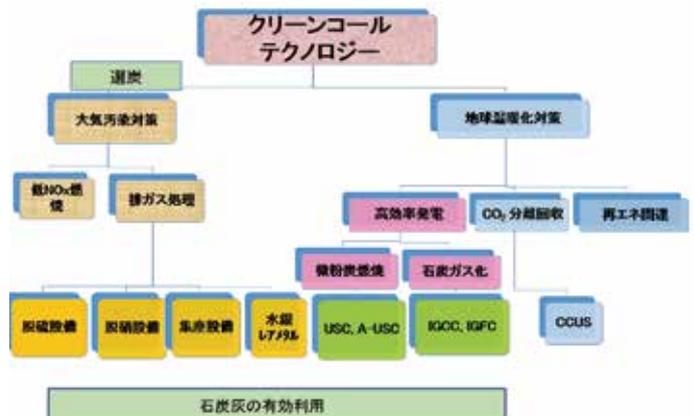


図 2 クリーンコールテクノロジーの概要

地域の大气汚染対策は従来の SO_x、NO_x、煤塵などの排出削減であるが、これらの技術についてはすでに完全に商用化され

ており、わが国の事業用火力発電所には脱硫、脱硝、ばいじん除去設備がすべて設置されている。この分野についてわが国は世界に冠たる高度の技術を保有しており、今後はその技術で世界の石炭火力発電のクリーン化に貢献しなければならない。石炭に含まれる水銀や重金属などの排出についても、わが国の排出基準の設定に向けて準備が進められているところである。

現在、石炭火力で最大の課題とされているのが地球温暖化の原因の1つとされているCO₂排出である。産業革命以来の温度上昇を2℃以内に収める、さらには1.5℃に抑えることも視野に入れるとの厳しい議論が国連の場でなされ、パリ協定が結ばれ、各国はCO₂排出削減の自主目標値を提出している。

わが国はCO₂排出量を2013年比で2030年にマイナス26%と連絡しており、更なる高効率石炭火力の開発、CCSの商用化、再エネ割合の増加などを打ち出している。

ここでは地球温暖化対策のうち、高効率技術を対象とした先進火力技術の現状と将来について述べる。また出力が不安定、言い換えれば自然任せの出力特性である再エネが増加した場合でも、電力の需要変化に合わせて安定な電力供給が必要となる。安定電力供給に対しては、既設の石炭火力がバックアップを行うことになるが、すでに大幅に再エネを導入したドイツでは、既存の大容量石炭火力にもしわ寄せが出ている。この現象は、今後日本でも対応しなければならないので、ドイツにて起こっている石炭火力発電へのしわ寄せについても述べる。

3. 先進の高効率石炭火力

ボイラ・タービンサイクルによる発電システムは、熱力学的にはランキンサイクルと呼ばれる。その効率を向上させるには使用する蒸気条件、すなわち蒸気温度、圧力を高く取ればよい。しかし、ボイラ管や蒸気管、あるいは蒸気タービンに使用する高温用金属材料の許容条件は限られており、蒸気温度、圧力を引き上げるには新たな耐高温用材料を開発する必要がある。

1980年代に国家プロジェクトとして開発された超々臨界圧石炭火力発電、通常 USC と呼ばれているシステムは、高温材料の開発から始まったプロジェクトである。

図3には、事業用石炭火力の蒸気条件向上の歴史が示されているが、プロジェクトの成果として1993年に世界初の商用USCの運転がわが国で開始された。この開発にあたっては電力会社、ボイラメーカー、タービンメーカーや材料メーカーがMETIの下に終結した成果である。

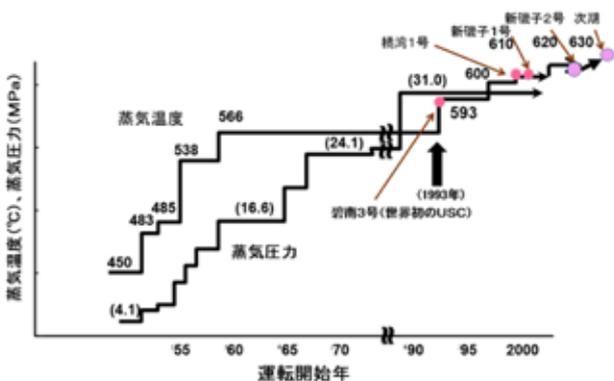


図3 わが国の事業用石炭火力の上記条件の変遷

その後、わが国の事業用の新設石炭火力はすべて USC に切り替わり現在までに総計 25 基が運転に入っており、これは全石炭火力の 50%を超えている。その結果、わが国の事業用石炭火力の平均した発電効率は長い間世界最高を維持してきている。さらに 2022 年には世界初の 630℃の蒸気温度が採用されることになっている。

この USC 技術は世界にも貢献している。図4には世界の新設石炭火力の Sub-C (亜臨界圧)、SC (超臨界圧)、USC (超々臨界圧) ごとに区分して実績を示してある。1993 年に初の USC が運転に入ってから続々と USC が建設された。わが国以外では、2006 年に中国に初めてわが国の技術で USC が建設されて運転開始となり、その後は世界にて建設が進んできた。1993 年から 2006 年の 13 年間はわが国だけで USC が運転されており、この間の運転経験はわが国にとっても貴重なことになっている。ここで培ったノウハウを持って世界の USC 普及に貢献してきている。

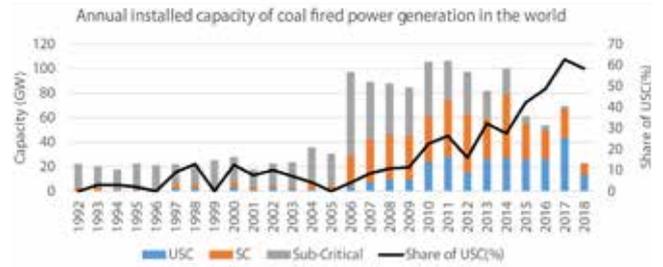


図4 世界の蒸気条件別の新設石炭火力の実績 (McCoy Power Reports を使用して分析)

現在では世界で新設される石炭火力の 50%以上は USC であり、今や USC は世界のスタンダードとも言える。

4. 先進超々臨界圧発電技術 (A-USC) の開発

地球温暖化に対応すべく、更なる高い蒸気条件の商用化を目指して、先進超々臨界圧発電技術 (A-USC) が国家プロジェクトとして開発が開始され、2016 年には計画してきた試験を終了し、今後は新設を目指して活動してゆくことになる。開発目標は次のとおりであるが、ここでは本開発を推進した A-USC 開発推進委員会の資料から引用させていただいた。

- ・蒸気温度 : 実用化の見通しとして、2017 年度以降、まず再熱蒸気 700℃から段階的に実用化をはかる。
- ・コスト見通し : USC に対して 10 ~ 30% のプラントコスト増
- ・導入見通し : 国内では老朽火力のリプレース等で導入を図り、海外にも国内実績をベースに導入を考える。
- ・送電端熱効率 : 46 ~ 48% (HHV 基準)

事業実施体制としては METI の下に、ボイラ・タービン、金属材料、制御装置、バルブなどのメーカーが体制を組んで、開発をスタートさせた。表1にはマスタースケジュールを示す。特にボイラ、タービンの高温長期材料試験もこの間に行われた。なお図5には実証試験を行った試験システムを示すが、既設のボイラに図に示す試験ループを設置して行ったものである。

表 1 A-USC 開発マスタースケジュール
(A-USC 開発推進委員会資料から引用)

	2008	2009	2110	2011	2012	2013	2014	2015	2016
システム設計	←	←	←	←	←	←	←	←	←
要素開発	←	←	←	←	←	←	←	←	←
ボイラ (高温長期材料試験を含む)	←	←	←	←	←	←	←	←	←
タービン (高温長期材料試験を含む)	←	←	←	←	←	←	←	←	←
高温弁	←	←	←	←	←	←	←	←	←
実証試験・回転試験・高温弁試験	←	←	←	←	←	←	←	←	←

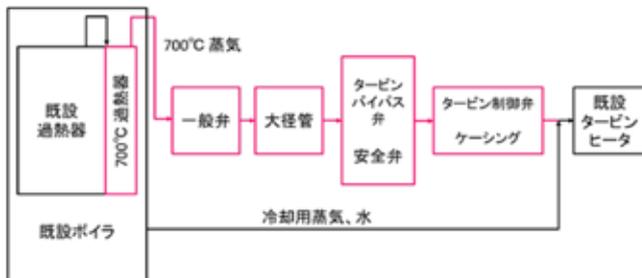


図 5 A-USC 実証試験の試験ループ
(A-USC 開発推進委員会資料から引用)

5. 石炭ガス化コンバインドサイクル (IGCC)

ここまでは石炭を微粉としてボイラで燃焼するボイラ・タービン高効率発電システムについて述べた。この伝統的な方式に対し、石炭を一旦ガス化して、ガスタービンと蒸気タービンによる発電で電力を得るシステム、すなわちガスタービンと蒸気タービンの組み合わせによるコンバインドサイクルがすでに商用運転されている。この方式には酸化剤を空気とする場合と酸素とする場合があり、それぞれに特徴がある。

空気吹き: 効率が高い。勿来 IGCC がこの例である。

酸素吹き: 排ガスから CO₂ 分離回収を行う場合や生成ガスから化学品を生産する場合に適している。

勿来 IGCC はクリーンコールパワー研究所が行った実証試験の成功を受けて、2013 年 4 月 1 日から常磐共同勿来火力発電所 10 号機 250MW として商用運転を開始し、世界で 5 番目になる石炭による IGCC 商用機である。

一方、酸素吹きの大崎クールジェンは、CO₂ を大幅に削減させるために IGCC と燃料電池を組み合わせたシステムである。これは IGFC と呼ばれており、CO₂ 分離・回収とを組み合わせることで経産省の補助事業である「石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」として実施されている。その系統図を図 6 に示す。

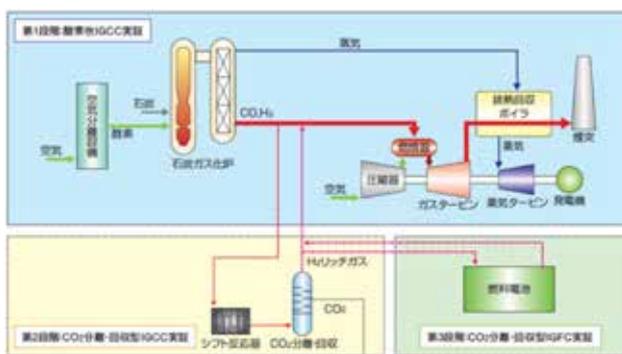


図 6 石炭ガス化燃料電池複合発電系統図
(大崎クールジェン(株) website から引用)

実証事業は 3 段階で行われ、第 1 段階: 酸素吹き IGCC、第 2 段階: CO₂ 分離・回収型 IGCC、第 3 段階: CO₂ 分離・回収型 IGFC、として計画している。実施は中国電力と J-POWER の共同出資の大崎クールジェン (株) が行っているが、同社発行の大崎クールジェンプロジェクトガイドによると、平成 28 年 8 月から本格的な試運転を開始して以降、様々な課題に直面しながら 1 つずつ確実に克服し、同年 11 月 9 日には発電出力 100% (166 MW) に到達したと述べられている。平成 29 年 3 月 28 日、第 1 段階の酸素吹き IGCC 実証は試運転を終え、使用前自主検査に合格し、実証試験を開始している。実証試験では商用機として国内外に普及されることを見据えて発電効率、環境性能、多炭種適合性、設備信頼性、運用性、経済性などの試験項目を掲げている。

わが国ではこれに続いて 2 基の大容量 IGCC の建設が、広野火力発電所ならびに勿来発電所にて進められている。この事業のために関係する会社により勿来 IGCC パワー合同会社、広野パワー合同会社が 2016 年 8 月 2 日に同時設立された。同社のホームページによると IGCC 仕様は表 2 の次のように示されている。いずれも現在商用運転中の勿来 IGCC 仕様を踏襲しているとされているが、従来型石炭火力発電よりも CO₂ 排出量が約 15% 低減することに加え、排出される石炭灰の容積や温排水量も低減されるとしている。運転開始は勿来 IGCC が 2020 年 9 月、広野 IGCC が 2021 年 9 月を予定している。

表 2 新設 IGCC の計画数値
(勿来および広野 IGCC パワー社 WEBSITE から引用)

発電設備	発電端出力	送電端効率 (LHV)	石炭使用量	ガス化炉方式	環境値		
					硫黄酸化物	窒素酸化物	煤塵
勿来IGCC	543MW	約48%	約3,400 t/日	空気吹きドライフィードガス化	19ppm	6ppm	5mg/m ³ N
広野IGCC	543MW	約48%	約3,400 t/日	空気吹きドライフィードガス化	19ppm	6ppm	5mg/m ³ N
備考					O ₂ 実ガスベース	O ₂ =16%換算値	O ₂ =16%換算値

6. 石炭火力と再生可能エネルギーとの共存

地球温暖化に対して各国が対策を模索しているが、本稿でここまで示した高効率石炭火力が切り札であることは言うまでもない。しかし、EU を中心とした風力や太陽光など再エネの大幅な導入も大きな流れであり、再エネの特徴である不安定な出力特性であることを前提に、高効率石炭火力との共存を考えなければならない。ドイツでは Energiewende 政策において、2050 年には総発電量の 80% を再エネでまかなうことを目指していることを述べた。

図 7 にはドイツの典型的な発電負荷パターンの例として、2016 年 8 月におけるデータを示す。総電力需要量が青線で示されているが、昼間は高く夜間が低くなって、その繰り返しである。電力供給については、バイオマス、原子力、褐炭、水力などがベースロードである。風力、太陽光による電力量はその時点の天候により決まるので、需要からバイオ、原子力、褐炭などのベースロード負荷を除いた部分の負荷を灰色で示した石炭 (ハードコール) が受け持つことになる。この結果として、石炭火力には極めて大きなアップダウンが多くなり、時には灰色分がごく僅か、言い換えれば停止させられることにもなる。

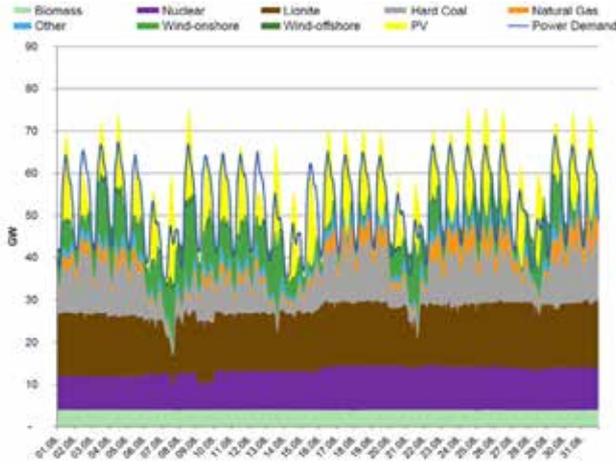


図7 ドイツの典型的な発電負荷パターン例 (TENPES-VGB Meeting 資料から引用)

石炭火力に極めて低い負荷運転を要求される場合は太陽光や風力の出力が高いときに発生しているが、このときには一部の石炭発電所が停止となっているものと類推される。

このように、再生可能出力がフラフラすれば、それを吸収すべく、石炭発電所が負荷を急激に大きく変動させ、場合によっては停止するなどして頑張ることになる。

この既存の石炭火力への運転ニーズは、2022年に原子力が全面閉鎖となった後に、より厳しくなる。図8には原子力発電が全面閉鎖された後の2023年の状況を推定してのシミュレーション結果である。ここでは全廃された原子力はすでに集計には入っていない。ベースロードはバイオマスと褐炭などであり、灰色で示した石炭(ハードコール)は最早完全に負荷調整用に使われる。本図は8月1日から31日までの1ヵ月間のシミュレーションであるが、石炭は20回くらいの停止・起動を繰り返し、最小負荷はほとんど毎日起こる。電力需要が小さく、しかも良い風が吹き、太陽光も豊富な場合、すなわち再生可能出力が大きい場合には褐炭火力といえども負荷調整が必要となってくる。

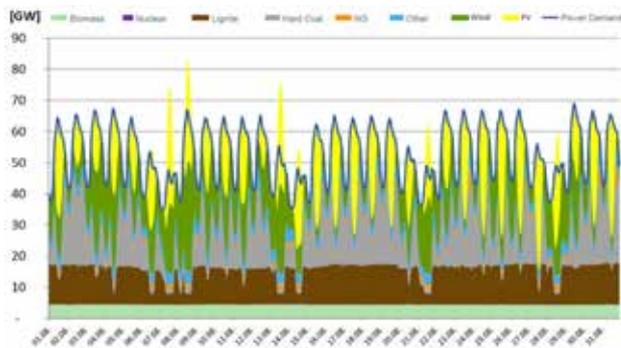


図8 ドイツの原子力発電閉鎖後の発電負荷パターンシミュレーション結果 (TENPES-VGB Meeting 資料から引用)

これまでは褐炭も含めた石炭火力では、負荷を変動させないベースロード運用をすることが通常であった。特に最新の大容量高効率 USC は運転すればするほど儲かる設備であったので、極力運転時間を多くすることが常識であった。設計も定格負荷時に最高の実力を発揮するべく検討されてきた。

しかし再生可能割合が増加し再生可能出力を最優先にし、石炭火力がそのバックアップ電源ということになると、石炭火力の設計には部分負荷での効率向上などの新たな条件が加わることになる。また既設のユニットでも、建設時の条件とは異なった新たな条件での運転で最高の実力を発揮するための改造が求められる。ドイツではすでに過去数年間で既存の石炭火力の改善がなされてきている。通常石炭火力は年間4,500～7,500時間の運転を念頭に置いて建設されている。しかし最新の高効率褐炭火力でも年間の運転時間が定格負荷と部分負荷の合計で数1000時間に限られているような状況になってきている。

図9に示すように、発電所の運転時間と発電コストの関係は運転時間が少なくなればなるほど発電コストは上昇してしまう。例えば、年間の運転時間が4000時間まで下がると、年間にフル運転を行う場合に比較して発電コストは1.5倍になってしまう。これはまた石炭火力の競争力を削減してしまう要素になる。

再生可能との共存をはかるためには、石炭火力は安定運転が可能な最低負荷を少しでも切り下げてコストのかかる停止を避け、しかもこのような低負荷でも発電効率の高い運転を継続することが要求される。

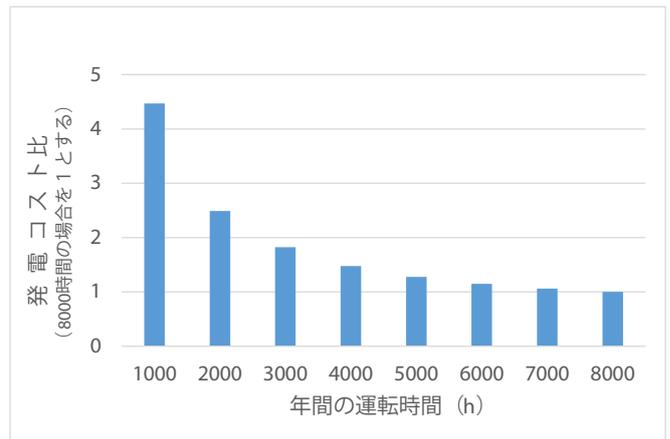


図9 ドイツの石炭火力運転時間と発電コスト (VGB PowerTech 資料から引用)

ドイツの既設石炭火力の具体的な運転実績値例を表3に示すが、最低負荷は33%～43%となっている。これに対して目標となる最低負荷は20%と設定している。なお、最低負荷低下への課題となる項目は次のとおりである。

- ・低負荷時の排ガス温度の考慮
- ・ボイラの循環モードと還流モードの切り替え
- ・火炎の安定性
- ・蒸気温度
- ・タービン抽気圧力 (特にコールドレヒート抽気)
- ・タービン翼のエロージョン

表3 ドイツの石炭火力発電所運転実績
(TENPES-VGB Meeting 資料から引用)

プラント名	運転開始年	最大負荷 (MW)	最低負荷 (MW)	負荷変化率 (%/分)
Lippendorf	1999	920	400	4~8
Boxberg	2012	675	220	2~6
Janschwalde	1989	500	180	2~3

これらについての十分な検討を行い、各ユニットの設計時点での最低負荷と、期待される最低負荷の切り下げの検討結果を表4に示す。従来に比較し、かなり低い最低負荷切まで下げられる目処がついているようである。

表4 ドイツの石炭火力切り下げ目標
(TENPES-VGB Meeting 資料から引用)

プラント	最低負荷 (%)	
	これまでの実績	切り下げ目標
A	24	13
B	23	15
C	21	9
D	18	10
E	29	9.5
F	23	14
G	29	19
H	37	19
I	19	10

なお、プラントの柔軟性の改善のため、かつては採用されていた微粉炭貯蔵システムへの改造実績を紹介する。高速の負荷変化時や急速起動時の課題は、ミルでの微粉炭製造が間に合わないことがある。そのために予め微粉炭をビンに貯蔵しておき、必要な時点でこの微粉炭を使うことで、目標を達成することが考えられている。

この設備改造は2014年11月に850t/hボイラに対して行われた。具体的には、ドライ褐炭貯蔵システムを設置し、ボイラの複数バーナーのうち8本に供給するように改造した。起動や負荷変化時のような急速に微粉炭増量を必要とするときに貯蔵してあるドライ褐炭を当該バーナーに供給することによりフレキシブル運転を実現するアイデアである。この場合には微粉炭貯蔵の安全性には十分な配慮が必要となる。

近年にはデジタル発電所と称してプラントデータとプラント関係者とをデータラインで結び、運転はすべてデータで行うことも提案されている。常時運転状態を解析することにより最高効率を確保する、プラントの熱応力も課題になることを避ける、などにより運転の高い柔軟性を実現する内容である。

7. 電力貯蔵へのアプローチ

石炭火力と再エネとの共存には電力の貯蔵も検討されている。ここではドイツ STEAG 社の提案を紹介するが、同社は貯蔵する方式によってマス貯蔵とダイナミック電力貯蔵に区分されるとしている。マス貯蔵とは揚水発電、電力によるガスへの変換貯蔵、メタノールへの変換貯蔵などであり、ダイナミック貯蔵とはバッテリー貯蔵、貯蔵代替となるフレキシブルな既存発電プラントである。同社これまでに手がけた電力貯蔵研究には次の例がある。

- マス電力貯蔵
 - ・ Lunen 発電所に設置のメタノールテストリグ
分離した CO₂ から余剰電力を使ってメタノール合成
 - ダイナミック電力貯蔵
 - ・ リチウムイオン電力貯蔵システム
Volklingen-Fenne (ドイツ) に設置
最大出力 700 kW
 - ・ 大容量バッテリーシステム
出力 : 90MW
設置場所: ドイツ STEAG 社の 6 サイト
運転開始: 2016 年末
- STEAG 社がこれまでに建設した大容量バッテリーシステムの写真を図 10 に示す。



図 10 STEAG 社が建設した電力貯蔵用大容量バッテリーシステム
(TENPES-VGB Meeting 資料から引用)

8. まとめ

以上述べてきたように、これからも石炭火力発電を基軸に据えて自国の経済発展を遂げていこうと考えている国はアジアを中心に多くなっている。もちろん、その背景には環境への配慮も見逃してとのことは言うまでもない。

本稿前半で、わが国の USC の状況、あるいは近年脚光を浴び、2020 年を目途に運転開始予定となっている商用大規模の IGCC についての最新情報を述べた。

後半では、再エネの役割が急激に大きくなり、再エネと従来の石炭火力発電との協業による安定な電力供給を目指しているドイツの状況を掴み、いずれわが国にも来るであろう再エネと石炭との協業時代を先取りして報告させていただいた。

少しでもご興味のある方の参考になれば幸いです。

モンゴル、ウランバートル市の大気汚染対策

資源開発部 遠藤 一

1. はじめに

厳冬期のウランバートル市 (U/B 市) の大気汚染について、ゲル地区と呼ばれる住宅地域での石炭燃焼の排気ガスにより深刻な状況が報告されている。2017 年の大気汚染削減国家プログラムによると、冬場の大気汚染物質の中で PM2.5 の 80% が石炭のストーブ燃焼となっている。

JCOAL は 2006 年の NEDO 事業から、今年の 6 月に終了する (株) 数理計画が受託した JICA の「モンゴル国ウランバートル市大気汚染対策能力強化プロジェクトフェーズ 2」に参加し、石炭が起因する大気汚染対策に長年携わってきた。ここでは燃料転換に向け、セミコークスを代表とする改良燃料の動向と課題についてまとめた。



図 1 U/B 市の冬の冬の大気汚染状況

2. 大気汚染の状況

冬季の風の少ない日に U/B 市を訪問した人は石炭臭に驚くであろう。それらは住民が料理・暖房用に使っている石炭ストーブと HOB と呼ばれる暖房用温水供給設備から排出されている。空から見ると南北を山で囲まれた U/B 市がスモッグで完全に覆われているのが分かるであろう。ひどい時は北京での大気汚染の数倍とも言われている。気管支系統の病因になっており、健康被害は甚大である。石炭を各家庭で使用していたイギリス、ドイツ、日本の 60 年ほど前の状況に似ている。

図 2 は U/B 市内に設置されている 6 箇所の大気測定局からの PM2.5 の濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) を示したものである。この図からわかるように 10 月から増加し、4 月頃に落ち着いている。図 3 は毎月の発電所、HOB、ストーブ等排出源毎の PM10 発生量を排出

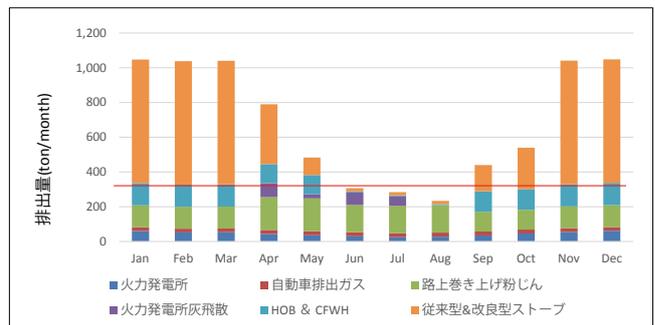
係数、排出個数、燃料使用量から計算で算出したものである。それぞれ PM2.5 と PM10 のデータを扱っており、統一性が無いので数量の比較は出来ないが、PM10 には PM2.5 も含まれる前提での傾向として見て頂きたい。図 3 において、青色で示される HOB 及びオレンジ色で示す石炭ストーブからの排出量が冬場の大気汚染の原因であることが分かる。従い、当面の目標として夏場の PM 排出量まで下げるためには燃焼設備と燃料の改善が必要となる。

燃焼設備としてのストーブは各国の支援で改良ストーブの普及が講じられてきたが、功を奏していないのが現状である。



出典：2016 年発行の NAMEM 年報

図 2 各測定局の PM2.5 の日平均濃度 (2015 年)



出典：JCOAL

図 3 毎月の PM10 推定排出量

3. 改良燃料の状況と評価

表 1 に U/B 市の市場で販売されていた改良燃料の種類を示す。しかし、現在では次項で述べる補助金の問題で、殆どの工場は余儀なく生産停止に追い込まれている。

燃焼試験結果から改良燃料の中では最も改善効果があるセミコークスと石炭とを比較すると、8割程度、粒子状物質が低減できていることが分かっている。一方では着火性の問題から、製造過程での残留揮発分の調整が課題となっている。

表 1 改良燃料の種類

分類	内容	製造者
石炭ブリケット	選炭微粉を使用	Khur Tug LLC
	無煙炭+瀝青炭	Derst Tokhoi LLC
セミコークスブリケット	石炭を乾留してセミコークスを製造、破砕後ブリケット化する。	Sharingol Energy LLC
		Baylag Erdene tsom [®] LLC
		Khokh Chono group LLC
		MSCE [®] LLC
		NACO
セミコークス	塊状セミコークス	MAK
バイオコールブリケット	石炭とバイオマスを混合してブリケット化する	試験中
バイオ圧縮燃料	バイオマスを圧縮	(複数の会社がある)



図 4 路上で販売されている石炭と薪



(MAK社、中国製縦型流動式乾留炉、閉鎖中)

図 5 セミコークス工場



(シャリングエネルギー社製、閉鎖中)

図 6 セミコークスブリケットの一例

4. 改良燃料の課題

セミコークスを含む改良燃料の普及が遅れている原因は下記。

- ①石炭を暖房・厨房に使用しているのは低所得者が中心で、石炭の3割以上高いセミコークスを買うことが出来ない。
U/B市の大気汚染対策に必要な量を大気汚染シミュレーション結果から、必要量に重みを付け検討すると、改良燃料の合計必要量は60万t/年となる。補助金は石炭との値差を50,000Tg/t (2,500円/t) とすると、年間15億円必要となり、最大年間3,500円/世帯の負担となる。
- ②政府の補助金政策が不安定で、継続性が無く、施行時期が遅いため、民間会社が改良燃料を製造する意欲を失っている。

5. 対策案

石炭との値差を充当するには何らかの補助金が必要となり、下記が考えられる。

- 国が生産者へ補助金として支給する。
- 生産コストの中の石炭代、鉄道運搬費を国が補てんする。
- 受益者負担として、市民から税金の形で徴収し、補助金とする。

6. まとめ

年間約15億円が灰となるのには政府としても決断が出来ない状況は理解できるが、

- ① U/B市の大気汚染による住民への健康被害についてはUNICEF、世銀等多くの関係機関が警鐘を鳴らしている。
- ② 昨年の12月から今年の1月までに、U/B市で3回の大気汚染対策市民デモがあったことから住民の関心度が急激に高まっていることを示している。

新政府に移行し、新大統領も選出されたので、今年の冬からのU/B市の大気汚染対策として、石炭ガス化移行までの短・中期の改良燃料普及に全力を挙げていただきたいと願っている。



図 7 山裾から上方へ拡大し続けるゲル地区と呼ばれる住宅地

CCT ワークショップ 2017 報告

技術開発部 松田 裕光

1. はじめに

6月20日及び21日の2日間、クリーンコールテクノロジー（CCT: Clean Coal Technology）普及活動の一環として、CCT ワークショップ 2017 を科学技術館サイエンスホールで開催した（経済産業省後援）。15 回目を迎える本年のワークショップは、「エネルギーと環境の調和を図る石炭利用技術開発」というテーマで行われた。CO₂ 削減に対する我が国の優れた CCT 技術を広く世界に展開し、環境対策に貢献するとともに、低炭素社会の構築を目指した開発課題の抽出と課題解決策の具体化を図るために、専門家にお集まりいただき議論を行い、今後の石炭利用技術の方向性を示すことを目的とした。

2. 開催状況

今年度も、分科会を行わず、会場を一つにし、特別講演、基調講演に引き続き、セッションⅠ～Ⅳおよび取り纏めの総括セッションという形式で行われた。

一日目は、JCOAL 北村会長の開会挨拶の後、特別講演として、東京工業大学岡崎特命教授から「CO₂ フリー水素導入の社会的意義と課題」、基調講演として、経済産業省江澤石炭課長から「エネルギー政策における石炭火力の位置づけと将来の方向性」と題する講演をいただいた。



写真1
開会挨拶
JCOAL 北村会長



写真2
特別講演
東京工業大学
岡崎特命教授



写真3
基調講演
経済産業省
江澤石炭課長

引き続き「CO₂ 分離・回収技術とCCUS」をテーマにセッションⅠが行われた。各セッションでは、進行役であるモデレーターを有識者の方にお願ひし、セッションのテーマに関する4件の講演を企業および研究機関から頂いた後、4名の講演者をパネラーとして会場からの意見も含め、パネル討論を行った。セッションⅠは、早稲田大学松方教授にモデレーターをお願ひし、講演の一つとして、経済産業省松村地球環境連携室長に「国内CCUS技術の現状と将来展望」を紹介いただいた。最後にJCOAL 塚本理事長より第一日目の取りまとめが行われた。



写真4
セッションⅠ-4講演
経済産業省
松村地球環境連携室長

二日目は、セッションⅡ～Ⅳと総括セッションが行われた。セッションⅡは「低炭素燃料利用技術」をテーマに東京大学堤特任教授にモデレーターをお願ひし、セッションⅢは「バイオマス利用技術とCO₂ 排出削減」をテーマに産総研坂西所長代理にモデレーターをお願ひし、セッションⅣは「石炭利用の環境信頼性とインド・中国・ASEAN 市場への展開」をテーマに九州大学堀井准教授にモデレーターをお願ひし、講演とパネル討論が行われた。その後の総括セッションでは、持田技術開発委員会委員長をモデレーターとして、会場を含めたパネル討論形式で、本ワークショップならびに石炭利用の将来についてまとめが行われた。最後にJCOAL

塚本理事長より挨拶があり、閉会となった。



写真5
閉会挨拶
JCOAL 塚本理事長

3. CCT ワークショップ 2017 議事次第

1 日目 (6月20日)

- ・開会挨拶 JCOAL 会長 北村 雅良
- ・特別講演 「CO₂ フリー水素導入の社会的意義と課題」
東京工業大学 科学技術創成研究院 特命教授 岡崎 健
- ・基調講演 「エネルギー政策における石炭火力の位置づけと将来の方向性」
経済産業省 資源エネルギー庁 石炭課長 江澤 正名
- ・セッションI 「CO₂ 分離・回収技術と CCUS」
モデレーター
早稲田大学 先進理工学研究科 教授 松方 正彦
- I-1 CO₂ 分離回収技術
公益財団法人地球環境産業技術研究機構 杉田 啓介
- I-2 固体吸収材を用いた CO₂ 分離回収技術の開発状況と実用化への取り組み
川崎重工業株式会社 奥村 雄志
- I-3 CO₂ 有効利用技術の開発
国立研究開発法人産業技術総合研究所 崔 準哲
- I-4 国内 CCUS 技術の現状と将来展望
経済産業省 地球環境連携室長 松村 亘

2 日目 (6月21日)

- ・セッションII 「低炭素燃料利用技術」
モデレーター
東京大学 生産技術研究所 特任教授 堤 敦司
- II-1 水電解による CO₂ フリー水素製造技術
旭化成株式会社 白井 健敏
- II-2 水素エネルギーサプライチェーン実現への取り組み
川崎重工業株式会社 千代 亮
- II-3 水素利用技術 (化石燃料との共利用)
一般財団法人エネルギー総合工学研究所 坂田 興
- II-4 IGCC における燃料の低炭素化等 CO₂ 低減技術
三菱日立パワーシステムズ株式会社 藤井 貴
- ・セッションIII 「バイオマス利用技術と CO₂ 排出削減」
モデレーター
国立研究開発法人産業技術総合研究所 所長代理
坂西 欣也
- III-1 木質バイオマス等燃料材供給の現状と課題
一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会
加藤 鐵夫
- III-2 混焼利用に向けたバイオマス燃料の評価
一般財団法人電力中央研究所 大高 円
- III-3 微粉炭火力発電所におけるバイオマス混焼の紹介
電源開発株式会社 森安 勝浩
- III-4 バイオ改質炭供給に向けた取り組み
三菱重工環境・化学エンジニアリング株式会社 福井 諒太

- ・セッションIV
「石炭利用の環境信頼性とインド・中国・ASEAN 市場への展開」
モデレーター
九州大学大学院 経済学研究院 准教授 堀井 伸浩
- IV-1 インド・中国・ASEAN 諸国の石炭利用における課題と展望
一般財団法人石炭エネルギーセンター 村上 一幸
- IV-2 石炭火力における微量金属成分の排出状況
岐阜大学 大学院工学研究科 教授 神原 信志
- IV-3 マレーシアの経済発展に貢献する大型亜瀝青炭焼き USC ボイラの建設
株式会社 IHI 橋野 智則
- IV-4 中国・インド・ASEAN 市場における環境装置の展開
三菱日立パワーシステムズ株式会社 栗島 望
- ・総括セッション
モデレーター
一般財団法人九州環境管理協会 顧問 持田 勲
- 総-1 石炭利用の将来
電源開発株式会社 技術開発部 笹津 浩司
- ・閉会挨拶 JCOAL 理事長 塚本 修

4. 各セッションにおける主な討議内容

セッションI

各種分離回収技術の現状と実用化見通しおよび CCS 試験状況、ならびに化学原料利用と製品化等の CO₂ 利用に関する現状について確認し、環境に調和した石炭利用システムの実現性を議論した。

現状では、経済性に合わない技術であっても、CCUS の開発の必要性を共有し、社会的受容を確保しながら堅実に進めていくことの重要性が確認された。



写真6 セッションIパネル討論
モデレーター：早稲田大学松方教授

セッションII

低炭素燃料として利用が進められている水素について製造から利用技術の現状を確認し、将来のエネルギー利用における水素の役割を議論するとともに、次世代火力の低炭素化技術が紹介された。

パネルディスカッションでは、水素製造の低コスト化、高効率化および大規模化に関する課題について討議を行うと伴に、製造と利用のバランスや化石燃料と水素の共利用について意見交換を行った。



写真7 セッションIIパネル討論
モデレーター：東京大学堤特任教授

セッションIII

混焼に利用できるバイオマス量や混焼率向上に向けた取組み等が紹介され、CO₂ 排出量の削減効果について議論した。

バイオマス利用の課題として、供給量の確保と高混焼率化が挙げられ、燃料種の選定、燃料の前処理・改質方法ならびに設備の選択（改造、既・新設等）など種々の対応策の有効性や国外原料の供給・利用に関する種々のビジネスモデルの特性について討議がなされた。



写真8 セッションIIIパネル討論
モデレーター：産総研坂西所長代理

セッションIV

石炭利用が必須の新興国の課題と将来展望を把握し、課題解決に向けた技術および国際協力による環境信頼性向上やCO₂削減について議論した。

日本のCCTは技術的な優位性から新興国でも関心が高いが、現地の要望に応えるためには低コストが重要であり、適正なコストと技術の提供が必要であることから、その対応策についてディスカッションがなされた。対策の一つとして現地化という観点の取り組みの必要性が挙げられたが、現地への技術移転については、やり方によって無償で技術が盗まれる場合もあり、合弁会社の設立や契約による知財の確保などの必要性が指摘された。現地に技術が受け入れられるための取り組みの重要性が討議・確認された。



写真9 セッションIVパネル討論
モデレーター：九州大学堀井准教授

総括セッション

本ワークショップにおける4セッションでの議論を踏まえ、国内外における石炭利用に影響を与える要因を解析し、将来の技術開発の方向性について議論した。

持田委員長のセッション総括に続き、電源開発笹津氏から、人類の課題となっている気候変動に対応するためには、CCT開発に加えて、CCUSや水素利用技術開発が必要であり、さらに太陽放射管理等の第三の選択肢（セーフティーネット）も検討することが重要との問題提起がなされた。会場からは、石炭利用研究を含めた不断の技術革新の必要性和新興国との連携を含めた技術開発体制の構築に対するJCOALの役割の重要性が述べられた。



写真10 総括セッション講演 電源開発笹津氏



写真11
総括セッション
モデレーター
技術開発委員会
持田委員長

5. おわりに

ワークショップ参加者からは、「CO₂ 対策について、最新技術動向や行政の方向性に関する情報が得られて良かった」という意見を頂いたが、「海外の石炭分野や水素利用に関する技術開発状況も紹介して欲しかった」と言う意見もあり、今後に反映させたい。また、パネル討論や意見交換会の場では、産学官連携および技術継承の重要性について参加者からの声が多く寄せられており、JCOALの重要な役割の一つとして、今後の事業活動に活かしていく所存である。

国連欧州経済委員会主催第 8 回国際フォーラムのワークショップ参加・発表報告

事業化推進部 進藤 晃

1. はじめに

国際博覧会(EXPO:2017アスタナ万博 6月10日～9月10日)が、カザフスタン共和国首都アスタナ市で開催され、それに併せて国際フォーラムが6月12日～14日にEXPO会場に隣接するCongress Centerにおいて実施されることになり、JCOALが参加、講演発表を行った。

このフォーラムは、JCOALが数年前から参加の機会を得ているUNECE(国連欧州経済委員会)主催の討論会で、持続可能なエネルギー(Sustainable Energy)について、各国の関係機関が一同に介し、地球規模のエネルギーに関する問題を議論する場として、年一回開かれている。今年が8回目、今までカザフスタン(今回は2回目)、タジキスタン、キルギス、ジョージア、チュニジア、アルメニア、アゼルバイジャンで開催されている。

今回の講演は、フォーラム共催者でJCOALと強いネットワークが構築されているIEA-CCC(IEAクリーンコールセンター)のDr. Andrew Minchener GMから、石炭火力のHELE(高効率、低公害化)への強いサポーターであるUNECEが取り仕切るトラック(題目)3のワークショップ「石炭火力のHELEへの最良実施例」へのプレゼン依頼があり対応した。

2. フォーラム会場と日程(プログラム)

初日午前の開所式、関係級会合の後、フォーラムが3日間に渡って行われた。フォーラムは5つの会場に分かれ、下表のトラック3について行われた。JCOALが依頼されたプレゼンは、テーマ「HELE」であった。

トラック1では「Renewable Energy(再生可能エネルギー)」のテーマでREN21(21世紀のための自然エネルギー政策ネットワーク):「自然エネルギー世界白書2017」の年次報告や、最近の発展・投資状況について、トラック2では「Energy Efficiency」のテーマでそのビジネス事例や環境負荷を抑えながら持続可能な発展を目指す都市モデルについて、トラック4、5では、そのための地域協力やプロジェクト例について報告されている。

3. トラック3の講演内容

トラック3は「Modernizing Energy Industry」をテーマに講演が行われ、JCOALはワークショップ「石炭火力のHELEへの最良実施例」で以下の発表を行った。

－「HELEによる対応の最良実施例」

「Up-To-Date Clean Coal Technology for Future Power Generation and its Roadmap of Japan」

- 1) JCOALの説明、各国での技術交流・展開状況を紹介
- 2) 世界の石炭需要状況と日本の電力供給推移
(含:東日本大震災による原発停止)
- 3) 日本のClean Coal Technologyの紹介
- 4) 環境対策(70年代からの大気汚染防止対応)と実績の紹介
- 5) 地球温暖化対策、USC率先導入、A-USC開発、IGCC/IGFC(大崎CoolGenでのCO₂:30%削減目標)でのCO₂大幅削減およびCCS、CCUSの導入開発状況の説明
- 6) RoadMapの説明
- 7) Summary

トラック	テーマ	6 / 12(月)午後	6 / 13(火)	6 / 14(水)
1	Renewable Energy	Status Report Economic Benefit	Regional Cooperation Pipeline PJT	Finance Diesel Generator
2	Energy Efficiency	Guideline	Business Case	City Energy
3	Modernizing Energy Industry	Coal Mine	HELE	Management & Pathway
4	Regional Cooperation	GTF & Scope	Market design	Pathways
5	Project Event	—	Training	Water & Environment

* HELE: High Efficiency & Low Emission(高効率・低公害化)、GTF: Global Tracking Framework(世界的追跡の枠組)

質疑応答：

－日本の CCS の開発状況は？

苫小牧で CCS の大規模実証試験を行っており、2018 年までに年間 10 万トンの CO₂ 圧入を行う予定である。

－ CCS に対して地元の反対運動はないのか？

計画時に十分、地元と協議し了解を得てスタートしている。この様な新しい技術に対して国民は好意的である。

－ CCT の研修事業は何をやっているのか？

上流側では採炭場（坑内掘や露天掘）やコールセンターの視察および座学。下流側では発電所の視察、運転・保守の実態の理解・体験を図っている。

－ USC のコストは本当に垂臨界圧ユニットより低いのか？

建設費は USC が高いが、O&M は同程度で、特に効率が良いため、燃料費が低く、全コストでは USC が低くなる。

発表の後、他の講演者と共に、公開討論に参画した。

座長：WCA（世界石炭協会）Chief Executive の Benjamin Sportonga 氏

調整役：UNECE Officer の Branko Milicevic 氏

登壇者：USEA, Executive Director の Barry Worthington 氏、および IEA-CCC の Minchener 氏

主な質疑応答：

－ CCS に対する地元の抗議反応が多くないか？（全員に質問）

米国では地元での交流活動を重視しており、抗議反応は少ない。しかし、地元対策が一番重要との話であった。

米国の CO₂ プロジェクトは EOR（石油増進回収）であるため、反対は少ない。

－トランプ大統領がパリ協定を離脱したが？

サンフランシスコやニューヨーク州等では、パリ協定を遵守し続けるというっており、今後どうなるか分からないとの意見あり。

この公開討議で CCS を中心に、各国の対応の状況や今後の対応等について、熱心な討議を行った。

トラック 3 のその他講演テーマとして、

－「持続可能な開発目標 (SDGa) 達成のための天然ガス (NG) の役割」

国連の「持続可能な開発目標 (SDGa)」の Goal 7 にある「全ての人々に、安価かつ信頼できる持続可能な近代的なエネルギー

へのアクセスを確保する」という目標に対し、入手可能で高信頼性や、持続性もあり、かつ近代的なエネルギーとして重要な役割を果たしている NG を世界人口の約 40% (27 億人) は利用出来ていない。一次燃料中の NG の割合増によるエネルギー効率の改善率向上への対応が発表された。

－「パリ協定後の石炭の役割」

パリ協定により石炭火力の削減が余儀なくされるが、今後の石炭の利用方法の開発と WCA が立ち上げた PACE (Platform for Accelerating Coal Efficiency) で石炭火力の効率アップにより CO₂ 排出を抑えるための取り組み状況の説明。

－「HELE における燃焼技術の役割」

燃焼技術の改善による排ガス環境値改善状況と公害防止対策の概要およびゼロエミッションへの対応状況が説明された。

－「気候変動への炭鉱メタンガス (CMM) の戦略的役割」

CO₂ 削減目標 (NDC) が出されているが、GMI (世界的メタンイニシアチブ) の役割についての提案、各国の環境戦略との整合と政策、各 CMM プロジェクトの規模とそれから得られる利益についての提示。

－「低評価されている CMM の石炭補足燃料としての有効利用」

CMM の石炭産業における役割と、CMM を産出している 2 国（ポーランドと中国）での利用状況の報告と法的、組織上の問題、国連との協力等、今後の展開が発表された。

4. まとめ

この国際フォーラムを主催する UNECE は国連主要機関の一つで、欧州、アジア、西アジア、ラテンアメリカ、アフリカの各地域の経済開発を任務とし、本フォーラムのテーマである「持続可能なエネルギーへの挑戦」のために石炭火力の HELE を各国に展開している。同席の WCA や IEA-CCC の CCT 推進者と共に、JCOAL は講演会やセミナー等の機会を生かし、日本の石炭火力や CCT の最新技術の海外展開を図り、地球温暖化防止への積極的な貢献を図りたい。



トラック 3 の会場



EXPO 会場（手前の半円形状の外周の建物）

フィリピン電力・メディア来日・石炭火力知見・情報交換プログラム

事業化推進部 小澤 政弘・山田 史子

フィリピンでは、他の ASEAN 諸国に先駆け電力自由化を実施、日本並みの電気料金に支えられ日本企業も関与した IPP 等が事業活動を展開しているが、一方で安定供給は未だ確保されているとは言えない。同国では石炭火力が電源の 30%程度を占めているが、この間、CFB プラントを中心に開発が行われて来た。フィリピンの電力セクターは、石炭火力に大きく依存しており、設備容量ベースで全電源の 36.5% が石炭となっている（2016 年）。

しかしながら、環境への意識の高まりおよび大規模化によるメリットの認識が高まり、2017 年 2 月現在、政治・経済の中心であるルソン島において CFB 以外に SC と USC のプラントが複数計画されている。

ルソン島の 70% の電力供給を担う同国最大の発電会社 Meralco 及び同発電会社 MeralcoGen は、エネルギー問題に通暁したメディア関係者を集め、これら関係者に対し関連知見及び情報の共有を強化することで、石炭火力の受容性向上推進につなげたいと強く要望していた。

このため、Meralco グループとして、クリーンな石炭火力により電源としての石炭利用と環境調和・保全を両立している日本へ主要メディア関係者を招待、発電所視察を実施する日本の専門家からの説明、意見交換の場を設けることにより、これら関係者の環境調和型石炭火力のポテンシャルと同国への導入促進について理解を深めてもらうことが最善との判断により、JCOAL 及び J-POWER 磯子火力発電所の視察と JCOAL での石炭火力技術及び関連政策状況について講義を実施してもらいたいとの希望が寄せられた。

日本にとって、フィリピンは友好国のひとつであるだけでなく、IPP 等の参入先としての可能性もあり、また ASEAN+3、+6 の枠組みにおいて、日本に寄り添う国のひとつであり、2017 年 9 月下旬に開催が予定される ASEAN エネルギー大臣会合のホスト国でもある。

同国において石炭及び石炭火力への社会的受容性がより向上することにより、IPP 等による参入、日本の技術導入促進の円滑化を図ることができるとの判断により、Meralco メディアミッションを受け入れることとした。

1. Meralco メディア訪問団参加者

訪問団の参加者は、以下のとおりであった。

	氏名	所属名	所属
1	Joe Zaldivara ジョー・ザルダリアガ	Meralco(マニラ電力)	Head of Public Information Office and Spokesperson, Assistant Vice President
2	Litz Santana リッツ・サンタナ	Meralco PowerGen (マニラ電力発電会社)	Head of External Affairs, Vice President
3	Marco Manalac マルコ・マナラック	Meralco(マニラ電力)	Corporate Communication Associate
4	Claire Feliciano クレア・フェリシアーノ	Meralco PowerGen (マニラ電力発電会社)	Corporate Communication Officer
5	Myrna Velasco ミルナ・ヴェラスコ	Manila Bulletin	Journalist
6	Rommel Domingo ロンメル・ドミンゴ	Philippine Daily Inquirer	Journalist
7	Alena Mae Flores アレナ・マエ・フローレス	The Standard	Journalist
8	Danessa Rivera ダネッサ・リベラ	Philippine Star	Journalist
9	Jed Macapagal ジェド・マカパガル	Malaya Business Insight	Journalist
10	Lenie San Juan レニー・サン・ジュアン	Business Mirror	Journalist
11	Victor Saulon ヴィクター・サウロン	Business World	Journalist
12	Vicente Lopez ヴィセンテ・ロペス	BizNews Asia	Journalist

2. 訪問概要

訪問団の受け入れは 4 月 28 日に実施した。

午前中の磯子発電所視察では、一行のトップを務めた MeralcoGen Litz Santana 取締役及びメディア側リーダーの Manila Bulletin Myrna Velasco 主席論説委員が中心となり、リブレースの建設費用から PR 館を含む諸設備の費用、O&M 手法まで具体的な事項について質問が多く寄せられた。J-POWER 国際営業部宮城部長代理が中心となり対応した。



磯子発電所視察

午後は、JCOAL 塚本理事長、情報ビジネス戦略部榊山部長、事業化推進部小澤 G 長他が出席、榊山部長と小澤 G 長が 88 枚のスライドを用い、石炭のバリューチェーンに一貫して必要とされる CCT の考え方、日本のクリーンな石炭火力及びその開発の歴史、各技術の概要から次世代技術の紹介まで包括的な講義を行った。

その後の自由討論では、JCOAL の塚本修理事長が、石炭が現在利用できる中で価格、安定供給等の面で最も優位性の高い資源である、と述べ、高効率、環境調和型、低排出の CCT 導入・利用及び将来的にはゼロエミッションを目指すためのさらなる技術開発並びにそれらの推進は急務である、と強調した。

塚本理事長は、同時に、石炭は CO₂ 排出を含め環境影響の大きい燃料でもあるので、石炭利用にあたり、環境への配慮、環境調和が重要である、とした。そして、各国のパリ協定へのコミットメントを考慮すると、CCT や、可能な場合バイオマス混焼、将来的には CCUS まで含めた利用可能な技術を用いクリーンな石炭火力発電を実現していくことが肝要である、と述べた。さらに、各国においてクリーンな石炭利用は、それぞれの国が置かれた状況に応じて推進されるべき、と補足した。



JCOAL での特別講義後の自由討論

3. まとめ

MeralcoGen は、フィリピンで初の石炭焼き USC として 600MW × 2 基をケソン州 Atimonan に建設予定である。Atimonan 発電所の運転は、Atimonan One Energy 社が担うことになっている。同社では、訪問団受け入れ当時 EPC コントラクターの選定手続中で、2017 年半ばには準備工事を開始、2021 年中に 1 号機の建設の完了を目指している、とのことであった。

訪問の際は、2016 年 6 月に環境・天然資源大臣（長官）に就任し、鉱山開発は事実上全面ストップさせる等半ば強引な手法で規制を強化しようとしていた Regina Lopez 氏（環境 NGO 代表として著名かつ急進派、その後 2017 年 5 月初旬に交代）が在任中であり、議論の際のコメント、質問等から石炭火力の導入に苦勞されている様子が察せられた。

一方で、「首都圏への電力供給と言う重大な任務を担う MeralcoGen として、環境配慮は重要であり、CCT 利用によるベストプラクティスをこれからも目指していきたい。そのためにも、高効率と環境調和を達成できるこれらの技術について、より深く理解するよう、努めていきたい」と Litz Santana 取締役は強調した。

フィリピンは今後 2040 年までの間に 43,765 MW の増設を必要としているが、中でも首都マニラを含む主要な経済地域であるルソン系統では全体の 50% を超える 24,385 MW の増設が計画されている。増設分のうち、ベースロード (25,265 MW) は石炭、地熱、ガス、原子力、バイオマス及び水力で、ミドルロード (14,500 MW) はガス、ピーク対応は石油、風力、太陽光の利用が予定されている。

注記：本件訪問の結果は、Business Mirror 紙に加え、以下のとおり各紙により報道された。

<https://www.pressreader.com/philippines/manila-bulletin/20170502/281994672390009>

<http://business.mb.com.ph/2017/05/01/igcc-fuel-cell-are-next-gen-coal-technology-to-swarm-power-markets/>

<http://www.thestandard.com.ph/business/power-technology/235424/meralco-studying-japan-s-coal-group.html>

<http://www.businessmirror.com.ph/meralco-powergen-seeks-advocacy-group-to-monitor-sustainable-coal-use/>

<http://www.philstar.com/business/2017/05/01/1695485/phil-should-pursue-better-clean-coal-technology>

<https://www.aseanbreakingnews.com/2017/04/meralco-studying-japans-coal-group/>

<http://manilastandard.net/business/power-technology/235424/meralco-studying-japan-s-coal-group.html>

ベトナム CCT セミナー開催報告

事業化推進部 岡部 修平

はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) より委託されている、平成 29 年度「先進的な火力発電技術等の海外展開推進事業／先進的な火力発電技術等に係る導入促進事業／火力発電等における相手国政府・関係機関等との交流を通じた海外展開に関する検討」事業において、ベトナムのハノイにて CCT セミナーを開催したので報告する。ベトナム国政府機関である商工省 (MOIT: Ministry of Industry and Trade) 及び関係機関のニーズに対して、知見を有する日本企業から情報提供を行い、政府間交流の促進、及びプロジェクトの創成を促すことが本セミナーの目的である。

ベトナムでは経済成長に伴う電力需要が特に南部で続伸しており、輸入炭による石炭火力発電プロジェクトが計画されている。このような状況下、2016 年 7 月に東京にて開催された第 4 回日越石炭政策対話においては、石炭に係る上下流の懸案事項及び協力事項について意見交換が行われた。ベトナム側からは、電源開発計画 (PDP7 改訂版) に基づいた新規発電プロジェクト及び電力分野における課題が紹介された。その内容によると、高効率火力発電技術の運転管理、環境対策技術、輸入炭のハンドリング技術等が必要であり、これらの課題に対応可能な我が国保有技術への関心が示された。

政策対話及びその後の関係機関との情報交換の結果に基づき、2017 年 4 月 25 日にハノイにて我が国専門家によるセミナーを開催した。

セミナーの議事次第

オープニングセッション	
開会の挨拶	NEDO
歓迎の挨拶	MOIT
基調講演	METI
フォトセッション	
セッション 1 高効率石炭火力	
ボイラ事業の紹介	IHI
中大規模石炭火力向け超々臨界タービン	東芝
石炭ターミナルの操業と最適品質炭の安定供給	出光興産
Q & A	
セッション 2 環境対策技術、環境モニタリング技術	
AQCS の紹介	MHPS
石炭火力発電所における環境対策技術	電源開発
火力発電所におけるプラント性能管理	中外テクノス
火力発電における管理レベルの向上	堀場製作所
Q & A	
閉会の挨拶	JCOAL

セミナー開催報告

ベトナム側参加者は MOIT エネルギー総局、エネルギー研究所 (IE: Institute of Energy)、ベトナム電力公社 (EVN: Vietnam Electricity)、ベトナム国営石油ガスグループ (PVN: Vietnam National Oil and Gas Group)、ベトナム石炭鉱物産業グループ (VINACOMIN: Vietnam National Coal and Mineral Industries Group)、関係機関及び電力関係者であった。一方日本側参加者は、METI、NEDO 及び日本から参加した講演者に加え、商社及びメーカー等関連企業の現地法人、在越日本国大使館、JICA 等公的機関からの参加も頂き、活発なセミナーとなった。

オープニングセッションは、MOIT エネルギー総局国際部 Mai 副部長の進行のもと進められた。はじめに、NEDO 環境部青木統括主幹より開会挨拶として、セミナー開催にあたっての日越間の協力に感謝するとともに、本セミナーを通じて具体的案件への今後の展開を目指したいとの発言があった。続いて、MOIT エネルギー総局 Kim 副総局長からは、ベトナムにおける石炭火力発電は今後も重要な役割を果たすとの前置きをした上で、今回のセミナーで取り上げられている「高効率発電技術」「環境対策技術」は重要課題である、との発言があった。最後に、経済産業省江澤石炭課長からは、具体的な発表資料を使って説明しながら、日本の先進火力発電技術によって、今後の日越協力関係の強化、推進に貢献したいとのご挨拶をいただいた。



フォトセッションの様子

フォトセッション後のセッション 1 は、「高効率石炭火力」を大きなテーマとしており、JCOAL 小澤担当部長の進行で行われた。(株)IHI からは、ベトナムの中南部で計画されている輸入炭焚きの石炭火力発電を睨んだ、自社の高効率ボイラ技術の紹介が行われた。(株)東芝からは、これまでベトナム向けに納めたタービンの実績、及び高い信頼性について紹介がなされた。出光興産(株)から

は、出光バルクターミナルにおける環境対策技術、及び受入炭のハンドリング技術とその重要性について紹介が行われた。

午後のセッション2は、「環境対策技術、環境モニタリング技術」というテーマで行われ、午前中に引き続きJCOAL 小澤担当部長の進行で行われた。

近年のベトナムにおける環境問題への関心度は非常に高く、今後の新規石炭火力発電プロジェクトの創生あるいは推進において、環境対策技術は最重要課題の一つである。このような背景からセッション2のテーマが設定され、排ガス等の対策技術及び測定技術についての講演を行い、我が国先進火力発電技術の海外展開に資するものとした。

三菱日立パワーシステムズ(株)からは、総合排煙処理システム(AQCS)の紹介が行われ、同技術のベトナム導入の有効性が示された。電源開発(株)からは、日本の発電所における排煙処理、石炭灰処理の紹介とともに、発電所地域住民に対するPR活動の取組みについて紹介が行われた。中外テクノス(株)からは、プラント性能試験の重要性、排ガス計測におけるJIS法の優位性について紹介が行われた。堀場製作所からは、ガスモニタリング技術及び水質モニタリング技術についての紹介が行われたあと、計測装置の精度維持のためのメンテナンスの重要性が示された。



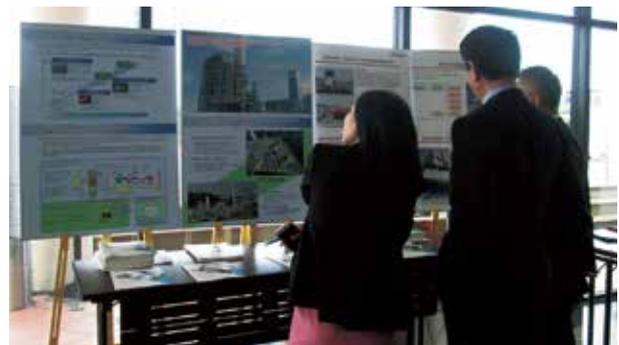
会場の様子

最後に、JCOAL 専務理事の橋口より閉会の挨拶を行った。その中で、石炭は今後も日本でも世界でも利用せざるを得ないエネルギー源であり、環境に十分配慮する必要があるとして、CCTの体系図を使いながら、「我々がしなければならないことは、石炭を効率的且つ大切に利用しながら、コスト改善を含めて石炭前処理やハンドリング、プラント全体の水管理やO&M技術、安全など、全体に亘り個々の技術を高次元でしっかりと改善していくことだと考え、その時々ニーズに合ったセミナーや意見交換を行い、理解を深めあうことが重要である。」として締めくくった。



閉会挨拶の様子

また、セミナー会場の外では、IHI、東芝、MHPS、電源開発(株)、中外テクノス、堀場製作所の5社より展示ブースの出展が行われ、セミナーの参加者が自由に意見交換を行うことが出来る場となった。展示ブースではパンフレット等による会社紹介や技術紹介の他、実際の測定装置の展示や動画の上映が行われ、セミナー会場に並ぶほどの活発な意見交換が行われた。



展示ブース前にて質疑応答が行われている様子

まとめ

想定参加者数を超える100名超のベトナム側関係者が出席し、また、MOITの呼びかけにより複数のベトナムメディア(人民テレビ、V-News、政府電子版、ベトナムエネルギー電子版、Viet Nam News等)が取材に来るなど、ベトナムにおける先進的火力発電技術への関心の高さが伺えた。

コールバンク拡充事業について

技術開発部 古賀 判司・中村 貴司

1. これまでのコールバンク事業について

JCOAL は国立研究開発法人産業技術総合研究所（以下 AIST と称す）と共同で平成 7 年から 27 年にかけて日本の石炭に関する技術開発および事業化の支援ツールとして石炭サンプルのデータベースである「コールバンク」を構築してきた。コールバンクの主目的は世界中から石炭を収集し、その分析値をデータベースとして構築するとともに石炭サンプルを保管・提供するものである。コールバンク事業は平成 7 年から平成 16 年までは石炭利用基盤技術プロジェクトとして、平成 18 年から 25 年はゼロエミッション石炭火力技術開発として、その後は、計 2 件の NEDO プロジェクトと JCOAL 及び AIST の自主事業として実施された（平成 16～17 年、平成 26～27 年が自主事業）。その間入手した石炭サンプルは計 118 種類におよび、これを基にデータベースを構築した。3,300 個以上の石炭サンプルを国内企業・研究者に提供しており、METI の事後評価書（平成 26 年 8 月）に、「コールバンクについては、その拡充が今後も高いニーズを有していると思われる、本事業終了後も一層の充実・運用を継続して行くことが望まれる。」と記載されている。

現在、コールバンク事業は収集した石炭分析値を web サイトにて公開している。しかし、その炭種名を非公開（SS ナンバーとして表記）としているため、基礎研究のための分析値が判明した石炭試料としての利用が主であり、炭鉱名が伏せられている事から企業の事業化検討への利用は限定的であった。また日本国内にて利用されている石炭を中心に収集したため、瀝青炭が中心であり、褐炭などの未利用炭の登録がほとんどなかった。世界の石炭資源量の半分は褐炭であることから、海外での事業化検討のための褐炭の登録件数を増やすことが課題のひとつとされていた。

2. 「コールバンクの拡充」事業について

そこで JCOAL と AIST は日本の石炭の基礎研究や技術開発及び他国への技術展開のために活用されるコールバンクを整備するため、NEDO 事業で構築してきた既存データベースのさらなる拡充を目的として、低品位炭を中心とした炭種の収集、分析値の web 上の公開を目的とした「コールバンクの拡充」事業（以降「本事業」とする）を実施している。本事業は NEDO ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト・クリーン・コール・テクノロジー推進事業において平成 27 年 10 月～平成 30 年 2 月の期間で実施している。本事業は主に既存のコールバンクの主な課題であった、

低品位炭の登録数が少ない点、Web サイトのユーザーインターフェースが悪い点、AIST 法における微量元素分析値の低濃度測定領域に対する信頼性・測定精度の向上の 3 点について取り組んでいる。なお本記事では AIST が開発した微量元素測定法である AIST 法の高感度化については JCOAL の専門分野でないため、JCOAL が事業主体となる石炭の収集と web サイトの構築の 2 点について紹介させていただく。



図1 コールバンク拡充事業の事業体制と役割

3. 低品位炭（褐炭）の収集について

本事業は低品位炭を中心に石炭の収集を進めている。収集する石炭の産炭地については、①埋蔵量が多い地域、②過去のコールデータベースにおける登録炭が少ない地域、③将来における需要が高まる可能性がある地域、④利用者ニーズの高い地域の 4 つの基準で選定している。また本事業では費用対効果を最大限とするため、文献等で情報収集が容易と判断される石炭（例：米国 PRB 炭、豪州ビクトリア州褐炭）については収集対象としない事としている。

石炭収集のための検討の一例を紹介する。埋蔵量が豊富でデータベース未登録炭がある地域としてのモンゴル国を調査した。モンゴル国は JCOAL が様々な事業を実施しており、炭田情報を保有している。それら情報からインフラの整備状況や炭鉱の協力体制等を考慮し本事業ではシベオボ（Shivee-Ovoo）炭とバガスール（Baga nuur）炭を収集した。一方、将来における需要が高まる可能性があり過去のデータベース構築で登録炭が少ない地域としてロシア国を調査した。ロシア国内ではイルクーツク州に着目し、東シベリア石炭会社が保有するムグンスキー炭鉱等から石炭を調達している。また本事業にてロシア国内の現地調査を実施した際、極東臨海地域の炭鉱開発情報を入手したため、現在マガダンやカムチャッカ地方の褐炭について、その将来性を検討している。

本事業では、これらの例以外にもインドネシア・中国・モンゴル・ポーランド・米国・ロシアなどから低品位炭を収集している。今後はザンビアやモザンビークなどのアフリカ大陸、コロンビアやブラジルなどの南アメリカ大陸からの石炭収集を検討している。



図2 モンゴルの炭田情報と石炭調達炭鉱



図3 ロシア(イルクーツク州)の炭田情報と石炭調達炭鉱

4. コールバンク Web サイトについて

コールバンク拡充事業で再構築した web サイトについて紹介する。過去のコールバンク事業では炭鉱名(産炭地)を非公開として石炭の一般分析値のみをJCOALのHPにて表形式で掲載していた。炭鉱名が非公開であることから事業化検討への利用が限定的となり、また分析結果は表形式で公開していたが、任意の情報に着目した検討が利用者のPC上でエクセル等のソフトを用いた編集を実施しないと不可能であった。

これらの課題を解決するため、本事業ではwebサイトを再構築する事とした。再構築したデータベースは地図を基本フォーマットとし、その地図上に事業で収集した炭鉱(石炭)位置とその情報をプロットしており、保有情報とその地域が一目で解るように設計している。



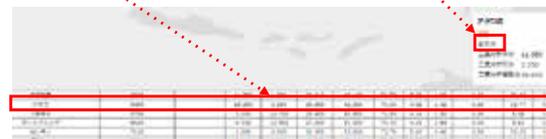
図4 本事業で再構築したコールバンク

また地図上の炭鉱位置をクリックすると地図上に簡易分析値が表示され、下部に存在するデータ表をクリックした炭鉱の詳細情報が表示される。また石炭サンプルバンクとしての利便性を向上させるため、データの並べ替え機能を追加した。データベースの下部表の任意の項目を昇順/降順でソート可能としている。

- ・地図上の炭鉱(青印)をクリックすると炭種情報(概略)が表示される。



- ・地図上の炭種情報(概略)の詳細をクリックすると表(詳細情報)が表示される。



- ・表は任意の項目別にソート可能
上下矢印をクリックすると各項目が昇順/降順が切り替わる。

炭種	水分	灰分	揮発分	固定炭	低位発熱量	高位発熱量	硫黄	窒素	リン	塩素
72.71	4.12	1.44	0.41	5.06	0.50	0.61	0.004			
69.14	5.16	1.34	0.49	9.02	0.52	0.23	0.006			
75.60	4.30	1.67	0.28	9.33	0.30	0.20	0.000			
74.40	4.21	0.95	0.66	9.70	0.75	0.91	0.000			
60.04	5.44	1.02	0.10	12.05	0.28	1.45	0.010			
72.24	4.90	1.57	0.48	8.64	0.61	1.05	0.003			
70.90	4.52	1.14	0.56	7.53	0.56	0.03	0.004			
72.58	4.74	1.56	0.39	8.46	0.40	0.10	0.019			
69.90	5.00	1.04	0.18	18.18	0.23	0.92	0.009			
72.22	5.22	1.36	0.60	15.23	0.64	0.66	0.006			
71.73	5.02	1.06	0.03	20.63	0.15	7.56	0.003			
70.34	4.88	1.42	0.60	18.77	0.90	7.40	0.002			
71.90	4.24	1.39	0.30	8.05	0.33	0.23	0.011			

図5 コールバンクの新機能と特徴

5. 今後の活動について

本記事で紹介した再構築したデータベースの試験公開を今夏から実施する予定である。試験公開の詳細についてはJCOALマガジンや過去の利用者へのメール等で実施させていただく予定である。試験公開で得られた問題点を改善し、2017年末から一般公開を開始したいと考えている。

新規登録炭の要望を含めたコールバンクへご意見を募集しております。JCOAL 技術開発部宛にご連絡下さい。

石炭ガス化溶融スラグの規格化推進

技術開発部 松田 裕光

1. はじめに

JCOAL は、NEDO の委託を受けて、高効率次世代火力として期待されている石炭ガス化複合発電 (IGCC: Integrated coal Gasification Combined Cycle) プラントから副生する石炭ガス化溶融スラグ (以降ガス化スラグと言う) の有効利用推進に向け、コンクリート用細骨材 (砂代替) としての規格化の検討を行っている。同ガス化スラグが有効利用されることで、IGCC の経済的競争力が確保され、国内での普及ならびに海外展開が進み、CO₂ 対策に貢献できるとともに、天然の砂や岩石 (砕砂原料) の使用量が削減され、環境破壊を抑えることができる。

同事業は、平成 28 年 11 月に開始し、平成 30 年 9 月までに規格化に必要なデータを取得する計画であり、本成果に基づき平成 32 年度末での JIS 化を目指している。

2. 背景

現在、国内で商用運転を行っている IGCC 発電プラントは常磐共同火力(株)勿来発電所 10 号機 (以降勿来 IGCC とする) のみであるが、ガス化スラグは、一部を路盤材として有効利用している以外は、ほとんどが有償で廃棄物処理されており、処理費が発電原価に大きく影響を及ぼしている。同ガス化スラグは、石炭中の灰分 (鉱物質) が高温で溶融排出され、水砕によりガラス状の固化体になったものであり、微粉炭焚きボイラで副生する石炭灰と比較し、高密度で含有成分の溶出性も低く環境安全性に優れていることが分かっている。これまでに、コンクリート用スラグ骨材の JIS が、高炉スラグ、フェロニッケルスラグ、銅スラグならびに電気炉酸化スラグを対象に作成されており (JIS A 5011-1 ~ 4)、これらのスラグと比較しても骨材としての性能は劣ることはないと考えられる。

一方で、スラグ発生量、プラント数が少なく、規格化の検討対象としての公共性が劣ること、また、対象とする骨材の炭種やプラントによる性状安定性が不確かであることから、できるだけ幅広い実機データが必要であり、大崎クールジェン(株)が実施中の酸素吹石炭ガス化複合発電実証試験発電所 (以降 OCG 実証機と言う) で副生するガス化スラグについても調査対象とした。勿来 IGCC が空気によりガス化しているのに対し、OCG 実証機は酸素によりガス化を行っており、将来的に建設が予想される 2 方式の IGCC システムから副生するガス化スラグについて、コンクリート用細骨材としての適用性を評価することとした。さらに、今後

の IGCC 発電プラントの普及については、2020 年に勿来地区、2021 年に広野地区でいずれも 540MW の空気吹き IGCC プラントが稼動する予定であり、ガス化スラグ発生量の増加が見込まれていることから、JIS 化の意義も大きくなっている。

3. 実施概要

ガス化スラグの規格化に向けた取り組みは、図 1 に示すように、①磨砕特性と骨材としての性状・環境安全性評価、②コンクリート用細骨材としての性状評価、規格化、③コンクリート用細骨材としての利用拡大検討を実施項目として進めている。

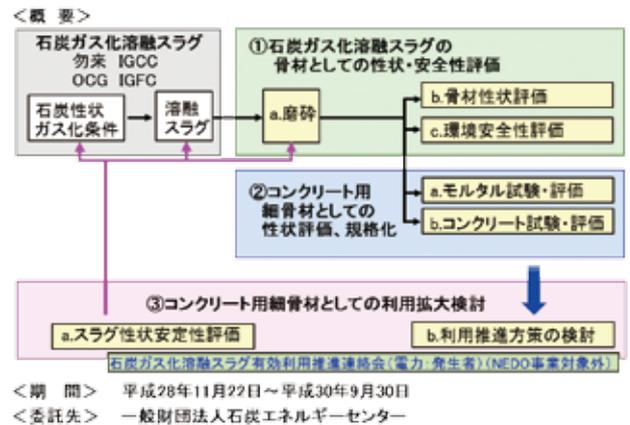


図 1 NEDO 事業概要

3.1. 磨砕特性と骨材としての性状・環境安全性評価

(1) 磨砕特性

ガス化スラグは、ガス化炉下部から灰が溶融落下し、水砕スラグとして回収される。流れ落ちる際に針状のスラグが生成する場合があります。また、細骨材として利用するには粒度を小さくする必要があります。遠心式自己磨砕装置 (コブキ技研工業(株)) を用いて針状粒子の破砕と粒度調整を行っている。

磨砕後の粒度分布を図 2 に示したが、本方式は自己相互衝突により粒子の脆弱部分が割られることにより粒度調整を行うものであり、衝突速度 (回転数) を変えることにより砕砂の JIS 規定粒度分布 (JIS A 5005) の範囲に再現性良く収めることができる。従って、混合利用する天然砂の粒度に合わせることや同一性状のスラグで異なる粒度の細骨材が製造可能である。

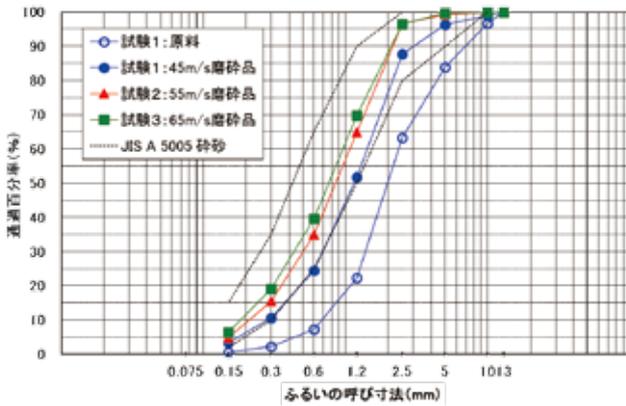


図2 ガス化スラグの磨砕による粒度調整

(2) 骨材性状評価

JIS 化に必要な骨材性状試験として、SEM 外観観察、骨材物理試験、膨張性試験を実施している。主な特長的性状としては、表 1 に示すように、密度が天然骨材と同等であり、材料分離の危惧が無いこと、および吸水率が極めて低く、乾燥収縮に対する抵抗性や耐久性が向上する。

表 1 ガス化スラグの密度と吸水率

	勿来A	勿来B	勿来C	砕砂	川砂
種類・産地	勿来発電所 H27年採取	勿来発電所 H28年採取	勿来発電所 H28年採取	笠間産 硬質砕砂	霧ヶ浦産
表乾密度 g/cm ³	2.68	2.68	2.67	2.64	2.64
吸水率 %	0.17	0.15	0.22	1.70	1.33

(3) 環境安全性評価

骨材の化学試験としては、含有成分分析（主要成分、特定化学成分、第 2 種特定有害成分、強熱減量等）、溶出試験（第 2 種特定有害物質）およびアルカリシリカ反応性試験を実施している。これらの内環境安全性評価の指標となる溶出試験結果を表 2 に示したが、いずれの物質も土壌環境基準以下であり、環境安全性が確保された材料である。

表 2 ガス化スラグの溶出試験結果

測定項目	原料 勿来A	骨材 勿来B	骨材 勿来C	環境安全 品質基準	定量下限値
カドミウム	0.001未検	0.001未検	0.001未検	0.01 以下	0.001
鉛	0.005未検	0.005未検	0.005未検	0.01 以下	0.005
六価クロム	0.020未検	0.020未検	0.020未検	0.05 以下	0.020
ひ素	0.005未検	0.007	0.005	0.01 以下	0.005
水銀（総水銀）	0.0005未検	0.0005未検	0.0005未検	0.0005以下	0.0005
セレン	0.002未検	0.002未検	0.002未検	0.01 以下	0.002
ほう素	0.20未検	0.20未検	0.20未検	0.8 以下	0.20
ふっ素	0.20未検	0.20未検	0.20未検	1 以下	0.20
鉻クロム	0.020未検	0.020未検	0.020未検	—	0.020

3.2. コンクリート用細骨材としての性状評価、規格化

(1) コンクリート用細骨材としての性状評価

コンクリート用細骨材としての性能評価を行うため、コンクリートの品質評価項目（フロー値、ブリーディング量、圧縮強度、長さ変化、凍結融解および熱膨張等）について、スラグ置換率や水セメント比等を変化させてモルタル・コンクリート試験を実施している。当該ガス化スラグは、天然砂と比較し、形状が球に近く、表面が滑らかで粒子中の空隙も小さいことから、天然骨材と置換す

ることにより流動性が良くなるとともに単位水量を減らすことが可能となる。一方、強度（圧縮・曲げ）が低下するが、材齢で強度が増大し大きな問題とならないと考えられる（図 3）。

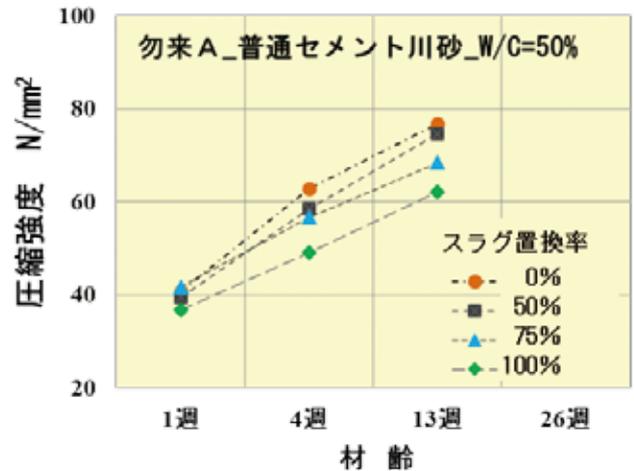


図3 モルタルの圧縮強度試験結果

(2) コンクリート用細骨材としての規格化

本事業により、平成 30 年度までに JIS 化に必要なデータを取得し、引き続き、日本規格協会との連携の下 JIS 原案作成委員会へと繋げる。

3.3. コンクリート用細骨材としての利用拡大検討

(1) スラグ性状安定性評価

規格化対象のスラグ性状範囲を評価するため、供試炭性状やガス化条件とスラグ性状との関係についてデータ整理を行う。

(2) 利用推進方策の検討

ガス化スラグの有効利用拡大は、規格化とともに実用事例を示していくことが必要であり、発生者である発電事業者（東京電力フューエル&パワー(株)、中国電力(株)、電源開発(株)、常磐共同火力(株)、大崎クールジェン(株)、勿来 IGCC パワー合同会社、広野 IGCC パワー合同会社）と連絡会を設置し、利用促進に繋がる個別特性把握や利用実証の取組みを進めている。また、土木学会や建築学会との連携についても検討する予定である。

4. 今後の予定

現在、OCG 実証機のスラグ化についても性状分析・性能試験を実施しており、ガス化方式の異なるガス化スラグのコンクリート用細骨材への適用性を明らかにし、規格化を進める。

5. おわりに

ガス化スラグの JIS 化による利用の拡大は、IGCC システムの経済的競争力の確保と海外展開への強みとして重要であるだけでなく、天然砂の代替として環境保全に果たす役割も大きい。

<謝辞>

本事業は、NEDO 委託事業クリーンコール技術開発／石炭利用環境対策事業／石炭利用環境対策推進事業／石炭ガス化溶融スラグ有効利用推進事業として実施しているものであり、本掲載許可を頂いた NEDO に謝意を表します。

編集後記

JCOAL Journal 第38号(クリーン・コール・デー特集号)をお送りします。前号より、各会員企業・団体様への配布部数を調整させて頂くことになりました。部数が少ない・多い、等のご意見がございましたら、アンケート用紙又はWebサイトよりご連絡下さい。又、将来的には電子版の配布のみを検討しておりますが、紙媒体での必要性などに付きましてもご意見がございましたらお待ちしております。

さて、今回は現在公開中のミュージカル「ピリー・エリオット」のご紹介を致します。

舞台は1980年代サッチャー政権の英国北部の街。炭鉱の閉鎖などが相次ぎ、炭鉱労働者が苦戦を強いられていた時代である。主人公の少年ピリーの父親と兄も組合のストライキが続く中、殺伐とした毎日を過ごしていた。ピリーは年老いた祖母の面倒を見ながら、他界した母親を思い出しては寂しさに涙する優しい少年である。ピリーは父親の指示で嫌々ボクシング教室に通っていたが、ある日バレエの魅力に目覚めてしまう。本格的にバレエを目指したいと思うようになる。彼の真っ直ぐな願いと努力が周りの大人達を少しずつ良い方向に動かしていく。と言った心温まるサクセスストーリーです。原作は「リトル・ダンサー」という映画ですが、ミュージカル化した所全世界で記録的な大ヒットとなったそうです。歴代のピリー役は今やトップスターとして活躍中だそうです。そんなミュージカルが今年日本に初上陸しました。東京では10月まで公開しているそうですので、いちどご家族、お子様と一緒に如何でしょうか。オフィシャルサイトはこちらです。<http://billyjapan.com/index.html> (JCOAL 会員様、メールマガジン購読者には平日ご優待がございます。)

JCOAL では会員企業・団体様へのサービス向上と事業展開を目指し、日々努力しております。ご意見やご希望、情報提供などございましたらお寄せください。
(編集担当 岡本)

Argus/McCloskey's Coal Price Index



最寄りの交通機関：虎ノ門駅より徒歩7分、内幸町駅より徒歩7分、神谷町駅より徒歩8分、御成門駅より徒歩8分、新橋駅より徒歩9分、豊ヶ岡より徒歩9分



JCOAL Journal Vol.38 (平成29年9月1日発行)

発行所：一般財団法人 石炭エネルギーセンター

〒105-0003 東京都港区西新橋3-2-1 Daiwa西新橋ビル3F
 Tel:03-6402-6100 (総務・企画調整部)
 03-6402-6106 (情報ビジネス戦略部)
 03-6402-6102 (資源開発部)
 03-6402-6103 (技術開発部)
 03-6402-6104 (事業化推進部)

Fax:03-6402-6110 E-Mail:jcoal-qa_hp@jcoal.or.jp
 URL:<http://www.jcoal.or.jp/>

本冊子についてのお問い合わせは…

一般財団法人 石炭エネルギーセンター 情報ビジネス戦略部
 〒105-0003 東京都港区西新橋3-2-1 Daiwa西新橋ビル3F
 Tel:03-6402-6106 Fax:03-6402-6110

編集・印刷：株式会社十印

JCOAL Journal



「JCOAL Journal」は石炭分野の技術革新を目指す（一財）石炭エネルギーセンターが発行する情報誌です。

[禁無断転載]