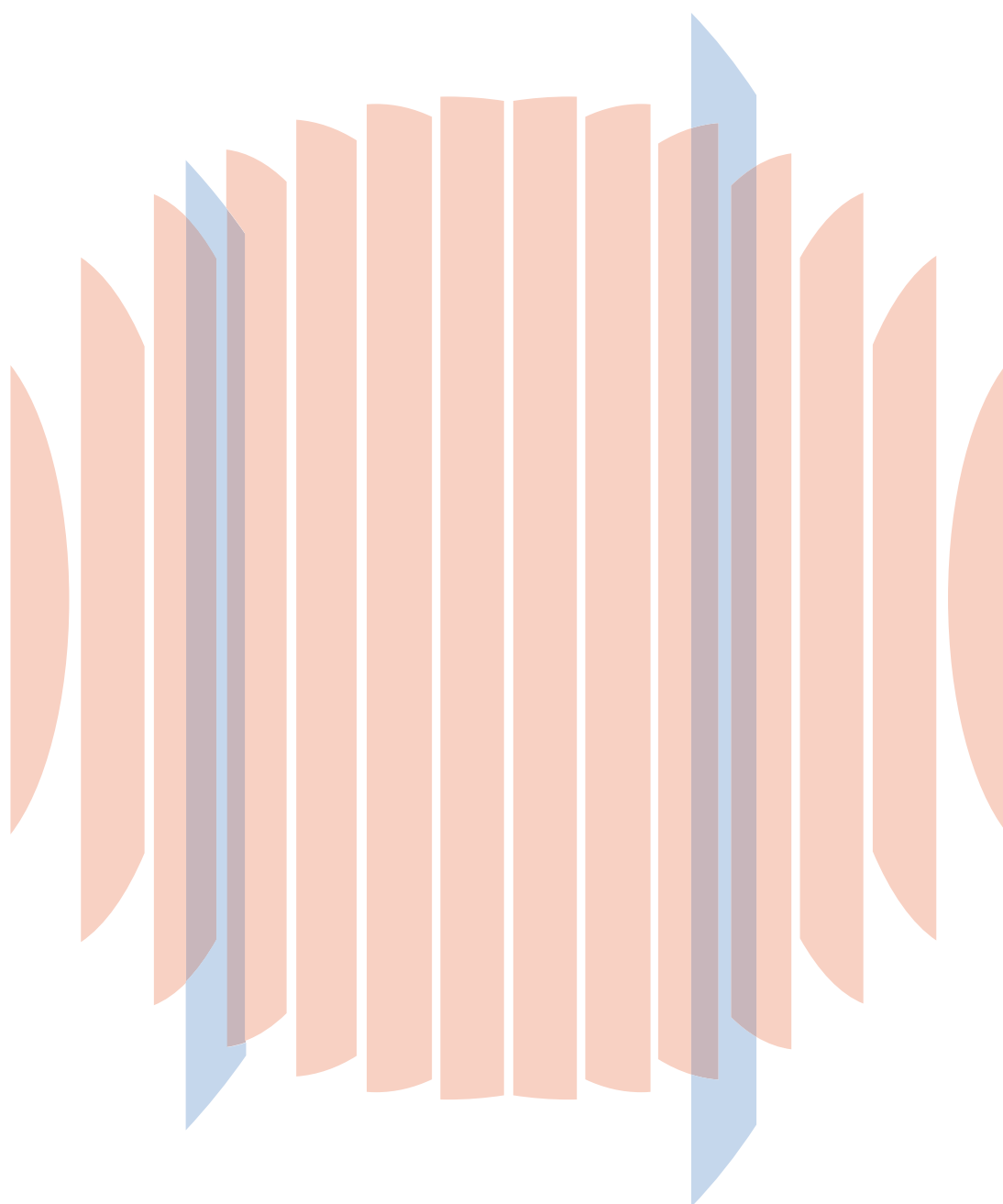


季報 エネルギー総合工学

Vol. 41 No. 1 2018. 4



一般財団法人 エネルギー総合工学研究所
THE INSTITUTE OF APPLIED ENERGY

目 次

【巻頭言】

創立40周年を迎えて

(一財)エネルギー総合工学研究所 理事長 白土 良一 ……………1

【寄稿】

海外のエネルギーマネジメント関連制度・

推進活動と国際標準（規格）の役割

(一財)日本エネルギー経済研究所

地球環境ユニット省エネルギーグループ 研究主幹 野田 冬彦 ……………3

【寄稿】

SCREEN グループにおける

エネルギーマネジメントシステム規格「ISO 50001」の取り組み

(株)SCREEN ビジネスサポートソリューションズ

総務サポート部 EHS マネジメント課 速水 光彦 …………… 12

【調査研究報告】

太陽光発電大量導入に伴う

次々世代における配電システムの将来像の検討

プロジェクト試験研究部 主任研究員 石原 正浩 ……………19

【調査研究報告】

パキスタンにおける未利用炭有効利用について

プロジェクト試験研究部 参事 埜 雅一

プロジェクト試験研究部 副部長・主管研究員 酒井 奨

研究顧問 小野崎正樹 ……………31

【事業計画】

平成 30 年度 事業計画 (一財)エネルギー総合工学研究所 ……………42

【研究所のうごき】 ……………50

【第 40 巻通巻目次】 …………… 53

【編集後記】 …………… 57

巻頭言

創立 40 周年を迎えて

白土 良一 (一財) エネルギー総合工学研究所
理事長



平成 30 年 4 月、エネルギー総合工学研究所は、昭和 53 年 4 月の創立から 40 年を迎えました。これも、長きにわたる皆様からのご指導とご支援の賜物であり、誠にありがたく心から厚く御礼申し上げます。

第一次オイルショック後、国を挙げてエネルギー問題が議論されている時代に、関係各位のご支援により、「エネルギーの合理的な開発、安定的な供給および適正な利用に寄与し、もって国民経済の健全な発展に貢献すること」を目的として、当研究所は設立されました。爾来、「エネルギーの未来を拓くのは技術である」との認識、俯瞰的、長期的、総合工学的な視点、産学官の連携という、調査研究に取り組むにあたっての基本的な考え方は、エネルギー情勢が変化しても色褪せることはありません。

当研究所は、これまで 10 年ごとに、調査研究の事例、研究所の活動等を取りまとめています。振り返りますと、「エネルギー総合工学研究所 10 年の歩み」、「同 20 年の歩み」には次のような研究内容が記されています。

- 昭和 62 年、当研究所の「電気自動車に関する懇談会」が今後の研究開発の在り方について、例えば、「1 日の走行距離が 80km 程度以下の業務用等の EV 利用可能性」について検討すべきとの提言をまとめました
- 平成 5 年、水素利用国際クリーンエネルギー技術の研究開発、通称 WE-NET プロジェクトが政府 / NEDO の体制の下で開始され、翌年には当研究所内に WE-NET センターを設け開発計画の立案や全体調整を担当しました

また、創立 30 周年目の平成 20 年には、エネルギーと温暖化問題の解決の道を探った「技術立国日本のエネルギー戦略」を著し、将来のエネルギー技術戦略立案のあり方について提言しました。

これらは、ほんの一例ではありますが、とても先駆的で革新的な研究開発に取り組んでおり、先人の見識の高さを感じざるを得ませんし、こうした取り組みを通じ社会に貢献して来たと

ころであります。当研究所はこれまで約 1,800 件弱の受託事業を行ってきております。主な調査研究がどのような役割を果たしてきたのか整理することも意義あることではないかと思っています。

研究の性格や当研究所の役割も、引き続き調査研究が中心であるものの、技術開発や実証プロジェクトの実施、研究・事業管理にまで広がってきています。また、IAEA はじめ国際機関の事業への参加や海外研究機関との共同研究など国際的な活動も増えてきています。

一方、組織・業務運営面では、ここ 10 年ぐらいの間を見ても NUPEC 事業の継承、福島第一原子力発電所事故後の経営環境の変化、さらには、公益法人改革に伴う一般財団法人への移行等に的確に対応してきております。

これまでの発展は、データベースの整備、エネルギー・地球環境モデルの構築、コストシミュレーションモデルの開発等による分析、評価といった研究基盤が受託に役立ち、その実施を通じ取得したデータ、生み出した手法と実際のプロジェクト経験が蓄積し、次の事業への企画提案に繋がる、という好循環によるものと言えるのではないかと思います。

また、国内外との人的・組織的ネットワークが調査研究の原動力ともなっています。当研究所のスタッフは、プロパー研究員、出向者、バックグラウンドの異なる嘱託研究員、最近では、外国人研究員も加わっています。専門分野も含め多様性の高い構成となっており、創造性が発揮され、研究面、業務面の総合力の高さにつながっていると思います。過去、受託事業でコンソーシアムを組ませていただいた企業、ご指導を頂いた大学の先生、当研究所への出向者 OB の方々、時間的な広がりも含めたネットワークは有難いところです。

今後ともエネルギー・環境をめぐる国内外の情勢は、第 4 次産業革命の進展、すなわち IoT や AI 技術の発達とも相まって大きく変化していきますし、そもそも絶えず変化する国際政治・経済の下で不透明感があるものと考えられます。そういう中で引き続き所期の目的を遂行していくにあたり、我々としてどのような研究をどのような形で行っていくかについて考えていく必要があります。

当研究所では、5 年ごとに中長期ビジョンを策定しています。今年は、2050 年のエネルギー需給構造とそれを支える技術展望を行うことにしております。そのもとで各分野のロードマップ、技術課題を明らかにし、当研究所として取り組むべきテーマも考えていきたいと思っています。国内外の有識者のご意見もお伺いしながら取りまとめ、関係者のご議論の参考になることを目指しております。

研究能力、組織運営能力の継続的な向上を通じ、ステークホルダーの皆様の引き続きのご支援とご指導をお願いして、成果物の質を上げ付加価値のついた企画提案を行い、あわせて健全な収支を確保し、社会に貢献する、研究所として取り組んでいきたいと思っています。

[寄稿]

海外のエネルギーマネジメント関連制度・ 推進活動と国際標準（規格）の役割

野田 冬彦（（一財）日本エネルギー経済研究所
地球環境ユニット省エネルギーグループ 研究主幹）



1. はじめに

省エネルギーを推進するために、エネルギー管理体制を構築することに対しては、議論の余地が無いことと思われる。国際標準化機構（ISO）では、エネルギーマネジメントシステム規格（ISO50001）や関連規格を発行している。

わが国のエネルギー管理制度の歴史は古く、商工省の熱管理規則およびその後の熱管理法に基づく熱管理者の選任を義務付けた熱管理指定工場制度を源流として、石油ショックを契機として制定された省エネ法に基づくエネルギー管理者の選任を義務付けたエネルギー管理指定工場制度の法規制として引き継がれ、気候変動対策などを背景に数度の制度改定を繰り返し、現在に至っている。省エネ法では、工場等における省エネルギー活動のガイドラインとして経済産業省告示（工場等判断基準）で定められており、特定事業者はこのガイド

ラインに準拠したエネルギー管理体制の構築が求められている。この工場等判断基準は、ISO50001と整合しているものの直接的には参照していない。目標部分において、ISO50001活用の検討の推奨に留まっている。

このエネルギー管理体制構築の基礎となるエネルギーマネジメントシステム規格の国際標準は、米国とブラジルが提案国となりISOにPC242が設置され、2011年に規格化されたのが、ISO50001:2011である。ISO50001:2011は、エネルギーパフォーマンスの改善にフォーカスしており、図1に示すようなエネルギープランニングプロセスにおいて、エネルギーレビューの実施によってエネルギーパフォーマンスを把握し、改善の評価のためにエネルギーパフォーマンス指標（EnPI）およびエネルギーベースライン（EnB）の設定など、データに基づくデータ駆動型マネジメント・アプローチに特徴がある。PC242は、その後TC

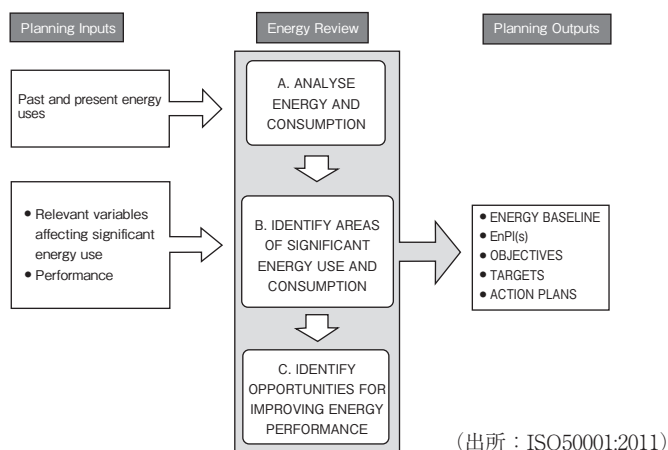


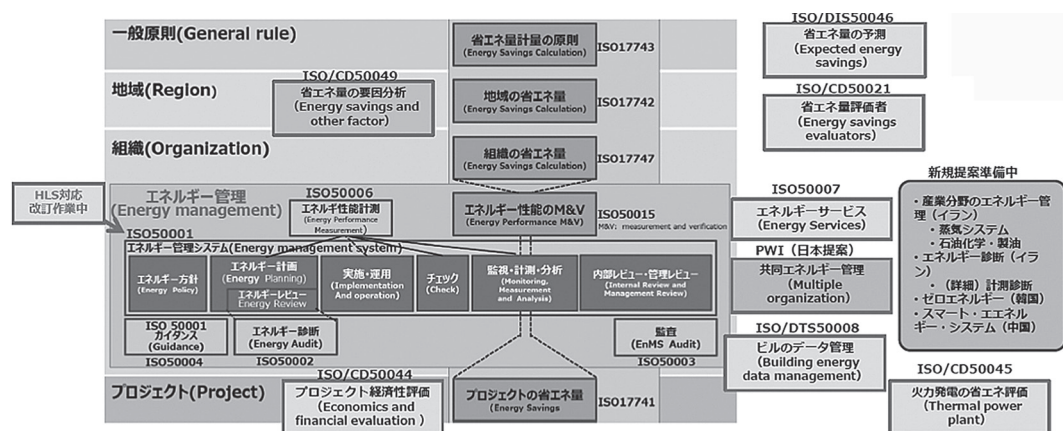
図1 エネルギープランニングプロセス

に格上げされ TC242 となり関連規格の開発が可能となり、エネルギー監査 (ISO50002: 2014 Energy Audit), EnPI に基づくエネルギー管理手法 (ISO50006: 2014), 省エネルギー量の計測・検証 (ISO50015: 2014) が規格化された。また、TC257 が設置され、省エネルギー評価に関する計算方法・報告書のフレームワークの定義 (ISO17743: 2016), 地域 (ISO17742: 2015)・組織 (ISO50047: 2016)・プロジェクト (ISO17741: 2016) の省エネルギー評価が規格化されている。TC242 と TC257 は、統合され TC301 となり、図 2 に示すように、引き続き、省エネルギー量の予測方法、省エネプロジェクトの経済性評価などの関連規格が開発中にあり、ISO50001: 2011 はハイレベルストラクチャー (HLS) に適合するため改訂作業中となっている (2017 年時点で DIS 段階)。

“ISO Survey 2016” によれば、図 3 に示すように、ISO50001: 2011 の認証数は 20,216 件

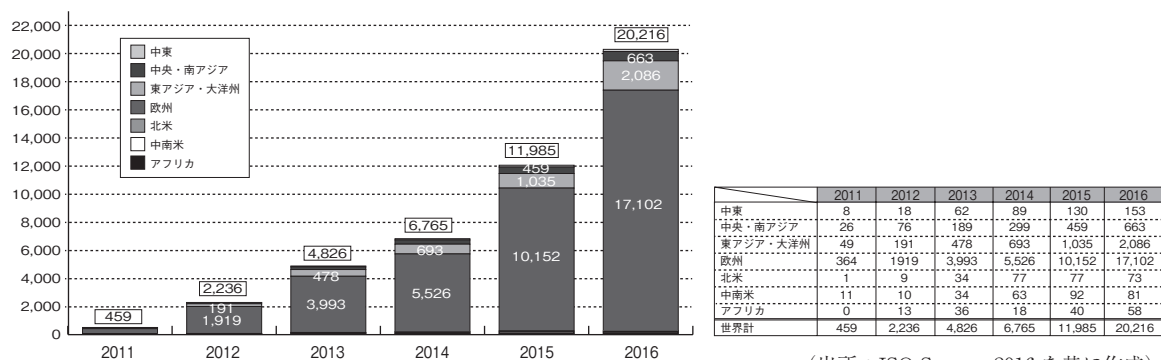
に達し、2011 年の発行以来、その認証数は順調に増加しているものの、その 85% は EU (欧州連合) 地域、特に、ドイツに集中している。本稿では、クリーンエネルギー大臣会合 (CEM) - エネルギーマネジメントワーキンググループ (EMWG) および国際連合工業開発機構 (UNIDO) における ISO50001 普及の国際的推進活動、米国の AMO および SEP 等、EU 地域のエネルギー効率指令第 8 条省エネ診断義務、ドイツ等の電気税減免制度、中国の万社企業省エネ低炭素行動計画など、各国のエネルギーマネジメント関連制度の特徴および ISO50001 並びにエネルギーマネジメント関連規格や資格制度等の活用状況を紹介する。

ISO50001 認証の推進の背景・形態には、様々なインセンティブまたはディスインセンティブの付与があり、追加要求や評価制度を採用している場合もある。



(出所：参考文献 (5) に追記)

図 2 ISO/TC301 の規格開発活動の状況



(出所：ISO Survey 2016 を基に作成)

図 3 ISO50001 認証数の推移

2. ISO50001 認証数の推移, その特徴 および国際的な推進活動

“ISO Survey 2016”によれば, ISO50001の認証数は20,216件に達し, 2011年のISO50001の発行以来, その認証数は順調に増加してきている。2015年は11,985件だったので, 2015年から2016年で, 1.67倍の伸びとなっている。

2016年の認証数の分布は, 85%はEU地域に集中しており, トップ3は, ドイツが9,024件, 英国が2,829件, イタリアが1,415件となっている。中国の認証数が急増しており, 2015年の262件から, 2016年には1,015件となっている。また, 米国が47件, 日本が40件, インドネシアが54件, イランが65件, アラブ首長国連邦(UAE)が48件となっており, EU地域以外の先進諸国では伸び悩んでいる反面, 新興国などで一定数の認証数が観察された。表1に上位10カ国を示す。

ISO50001認証の国際的な推進活動としては, CEM – EMWGおよびUNIDOにおけるISO50001普及の国際的推進活動がある。

EMWGでは, 2020年までに世界中のISO50001の50,001件の認証数を目指すエネルギーマネジメントキャンペーンを実施しており, 2017年時点で, 13政府機関, 4団体組織, 8企業が参加している。関連制度として, ISO50001を認証した優秀事業者を表彰するエ

ネルギー管理リーダーシップ・アワードを実施している。図4にEMWGの活動を示す。

UNIDOでは, 図5に示すように, 省エネ分野の政策開発援助である「産業エネルギー効率化(IEE)プログラム」を新興国および途上国の30カ国に対して実施している。このプログラムでは, 産業部門の省エネ政策構築支援

表1 ISO50001 認証数トップ10

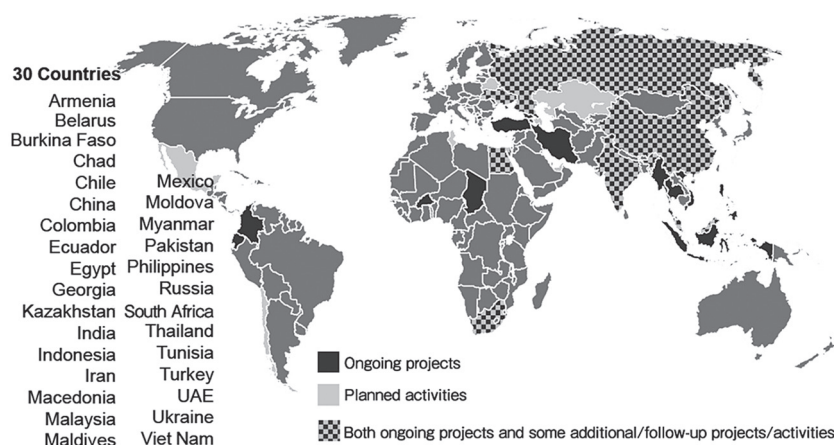
順位	国名	認証数
1	ドイツ	9,024
2	英国	2,829
3	イタリア	1,415
4	中国	1,015
5	フランス	759
6	インド	570
7	ハンガリー	546
8	スペイン	465
9	チェコ	369
10	台湾	298

(出所:ISO Survey 2016 を基に作成)

Build the Business Case	Provide Support and Resources	Set Policy
- Energy Management Leadership Awards - Case Studies - Energy Performance Database	- Energy Management Toolbox - M&V Guidance (on Data Quality, Decision Tree, and Energy Accounting)	- Energy Management Campaign - ISO 50001 Auditor Certification - EnMS Pilot Projects - ISO 50001 Global Impacts Research Network and ISO 50001 Impact Estimator Tool

(出所:日本エネルギー経済研究所)

図4 EMWGの活動



(出所: Malvar, Energy Management System (EnMS), Energy Investment Forum and Stakeholders Conference, 2017)

図5 UNIDO IEE プログラムの支援国

のほか、ISO50001に基づくエネルギーマネジメントシステムの構築支援、省エネ専門家のキャパシティー・ビルディングや省エネプロジェクトを実施している。

3. 海外のエネルギーマネジメント関連制度・推進活動

海外のエネルギーマネジメント関連制度・推進活動としては、米国でエネルギー省(DOE)が進めている Advanced Manufacturing Office (AMO) および Superior Energy Performance (SEP) 等、EU 地域のエネルギー効率指令第8条省エネ診断義務、ドイツ等の電気税減免制度、中国の万社企業省エネ低炭素行動計画などがある。エネルギー管理システムの政策的普及方策は、法的な義務付け、補助金や減税などインセンティブの付与、市場ベースの認証制度による方法、またはその組み合わせが知られている。

日本では、省エネ法に基づきエネルギー管理体制構築、エネルギー管理者の選任や定期報告書の提出などを義務付けたエネルギー管理指定制度があるが、ISO50001の認証取得までは義務付けられていない。

(1) 米国：AMO および SEP

DOE では、SEP と呼ばれるエネルギーマネジメントシステムの認証制度を実施している。

この SEP は、AMO のプログラムを通じて、実施されている。AMO のビジョンは、将来の経済成長および競争力強化のために持続可能で効率的な製造における米国のグローバル・リーダーシップの確保である。AMO では、政府系研究機関と民間部門の研究開発投資のギャップを埋めるために、R&D プロジェクト、R&D ファシリティ、技術支援のプログラムが用意されており、エネルギーマネジメントシステムの普及促進は技術支援プログラムで実施されている。この技術支援プログラムには、SEP のほかに、Better Buildings, Better Plants, 50001 Ready, Industrial Assessment Centers, Energy Management Tools& Training のエネルギー管理に関連した支援プログラムがある。AMO プログラムの位置づけを図6に示す。

SEP では、ISO50001 の要求事項に加え、図7に示すように、ANSI/MSE50021（最新は2016年版）の追加要求事項の認証、およびエネルギーマネジメントおよびエネルギーパフォーマンスの改善状況の検証が実施され、図8のするように、その改善状況によって、ブロンズ、シルバー、ゴールド、プラチナに評価（レーティング）される。

また、図9のように、Certified Practitioners in EnMS (CP EnMS), Certified ISO 50001 Lead Auditor, SEP Lead Auditors, SEP Performance Verifiers の資格制度も構築されている。

SEP は、2008 年にテキサスにおいてパイロッ

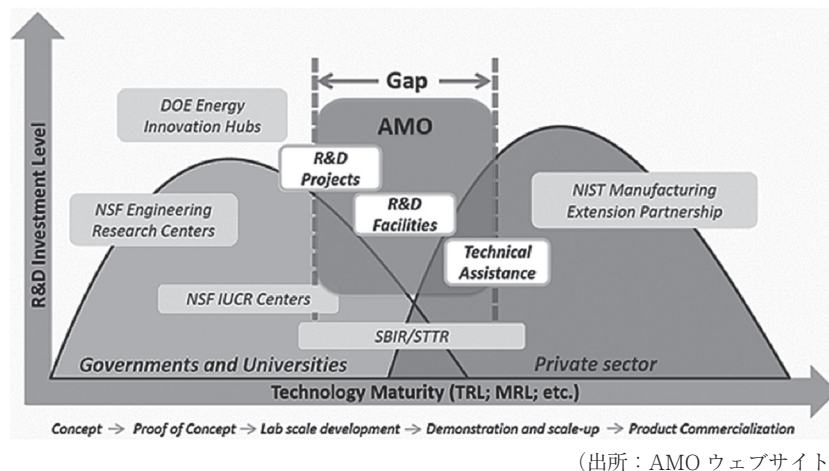


図6 AMO の位置づけ

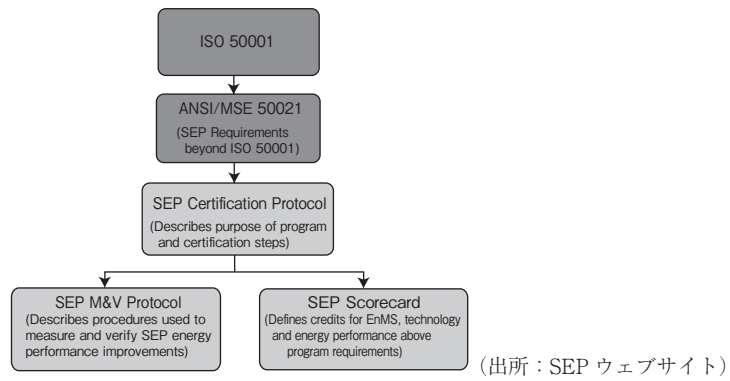


図7 SEPの認証スキーム

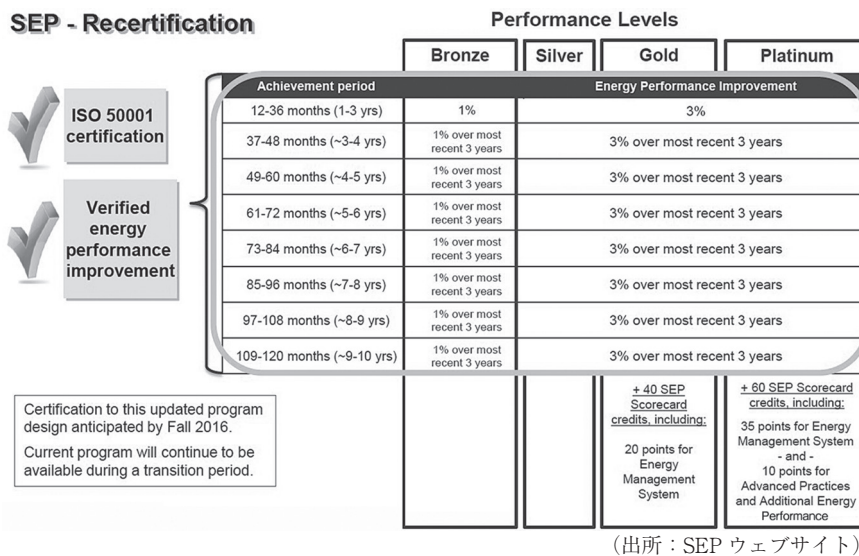


図8 SEPにおけるレーティング

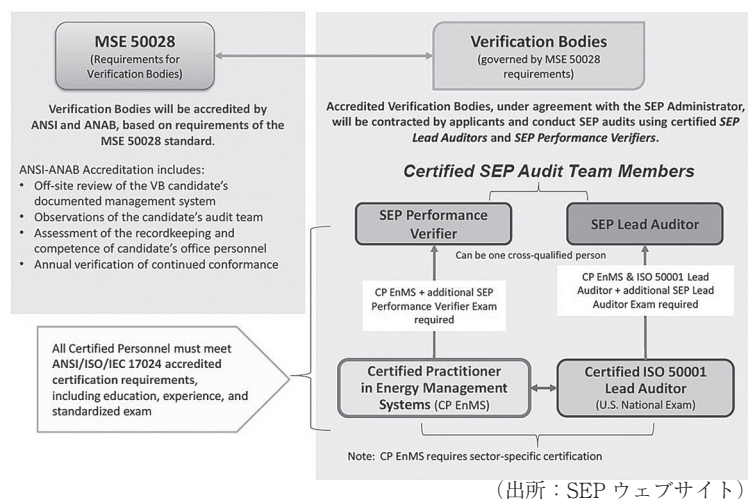


図9 SEPにおける資格制度

ト事業が実施され、2013年から本格的に運用が開始された。また、補助規格として、以下のエネルギー評価の規格が発行されている。

その後、ポンプ設備のエネルギー評価は

ISO/ASME 14414:2015、圧縮設備のエネルギー評価はISO11011:2013として国際標準となっている。

- ASME EA-1: 2009 工業加熱設備のエネルギー評価
- ASME TR EA-1G: 2010 EA-1 のガイダンス
- ASME EA-2: 2009 ポンプ設備のエネルギー評価
- ASME TR EA-2G: 2010 EA-2 のガイダンス
- ASME EA-3: 2009 蒸気設備のエネルギー評価
- ASME TR EA-3G: 2010 EA-3 のガイダンス
- ASME EA-4: 2010 圧縮空気設備のエネルギー評価
- ASME TR EA-4G: 2010 EA-4 のガイダンス

義務が免除される。また、エネルギー監査に関連した、以下の EU 規格が発行されている。

- EN16247-1: 2012 エネルギー監査の一般要求事項
- EN16247-2: 2014 建築物のエネルギー監査
- EN16247-3: 2014 プロセスのエネルギー監査
- EN16247-4: 2014 交通のエネルギー監査
- EN16247-5: 2015 エネルギー監査員の力量

(2) EU 地域：エネルギー効率化指令第 8 条 省エネ診断義務 (EED Art 8)

EU 地域では、EED Art8 によって大企業に対して 4 年ごとに有資格者または法定機関のエネルギー監査（いわゆる、「省エネルギー診断」）の実施を義務付けており、図 10 に示すように、EU 加盟各国において国内法制化されている。

ISO50001 の他、ISO14001、EMAS 認証事業者は、EED の付属書 6 の最低要求事項を満たしたエネルギー監査 (EN16247-1 準拠) を内包することによって、このエネルギー監査の受診

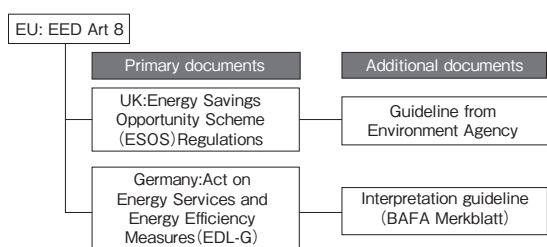
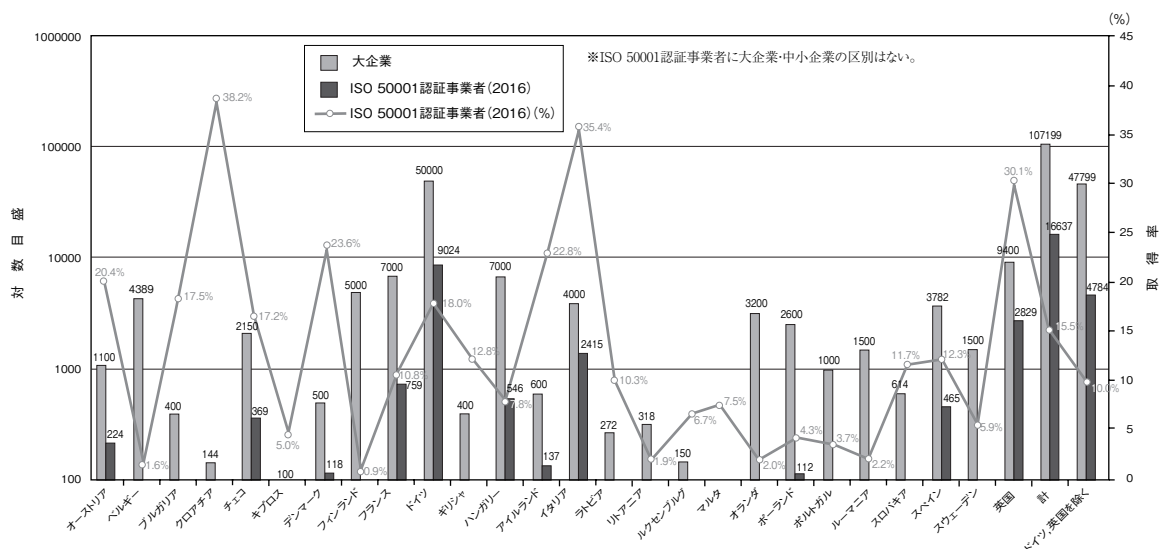


図 10 EU 指令の国内法制化例 (英国, ドイツ)

(3) ドイツ：電気税減免制度など

ドイツでは、DIN-ISO50001 または EMAS の認証によって、エネルギー税及び電気税の減免の対象となる。ドイツでは ISO50001 認証取得のインセンティブは、この減免措置が大きいと言われている。また、再生可能エネルギー法 (EEG) の賦課金の減免を受けること



(出所：ISO Survey 2016 および JRC より作成)

図 11 EU 各国の ISO 50001 認証取得企業数と取得率

ができ、ドイツ連邦経済・輸出管理局（BAFA）ファンドによる財政的支援を受けることもできる。

● エネルギー税及び電気税の減免

- ▶ 目標：エネルギー消費原単位の年率 1.3% 以上の改善（2013～2015）、エネルギー消費原単位の年率 1.35% 以上の改善（2016 以降）
- ▶ DIN-ISO50001 または EMAS の認証
- ▶ 中小企業については、エネルギー監査（DIN EN16247-1）の実施で代替
- ▶ 第 3 者評価による目標達成で 90% 減税

● 2014 年改正再生可能エネルギー法（EEG2014）賦課金の減免

- ▶ EEG は 2014 年改正により、大口産業用需要家に適用されている賦課金の減免措置の見直しにより支払い義務の強化。
- ▶ EEG2014 第 64 条 電力費用集約型事業者
- ▶ 新たに DIN-ISO50001 または EMAS の認証が減免条件
- ▶ 通常の賦課金の 85% 減免

● BAFA ファンド

- ▶ ISO50001 認証の初期認証費用の財政的支援（80% 以下または EUR 6,000 以下）
- ▶ エネルギーマネジメントシステムのための計測システム、ソフトウェア購入の財政的支援
- ▶ 外部エネルギー専門家の相談費用の財政的支援
- ▶ 従業員のトレーニング費用の財政的支援

（４）英国：ESOS および CRC, CCA

英国では、直接的にエネルギーマネジメントシステムの認証を要求していないが、以下の制度の組み合わせによってエネルギー管理体制の構築を促進している。また、英国の気候エネルギー政策の実施体制について図 12 に示す。

● 省エネ機会スキーム（ESOS）

- ▶ EED Art8 の国内法制化：ESOS Regulations
- ▶ ESOS リード・アッセッサー資格制度の力量要件：PAS51215: 2014 Energy efficiency assessment - Competence of a lead energy assessor - Specification

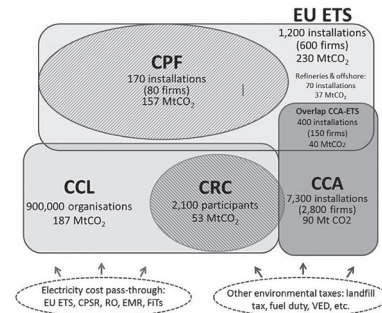
● CRC エネルギー効率スキーム（CRC Energy Efficiency Scheme）

- ▶ 英国炭素削減コミットメント（CRC）：英国排出量取引制度
- ▶ 対象：EU 域内排出量取引制度（EU-ETS）、CCA 以外で電力使用量 600 万 kWh/年以上

- ▶ エネルギー使用量報告 ⇒ エネルギー使用量（電力・ガス）管理と使用量予測

● 気候変動協定（CCA）

- ▶ 気候変動税（CCL）の減免
- ▶ 削減目標の設定（達成した場合、CCL の 80% 減税）
- ▶ エネルギーマネジメントプログラムの実施



（出所：Baasi et al. Climate change policies and the UK business sector: overview, impacts and suggestions for reform, CCCEP Policy Paper, 2013）

図 12 英国の気候エネルギー政策の実施体制

（５）中国：万社企業省エネ低炭素行動計画

中国では、「千社企業省エネルギー行動」が第 11 次 5 カ年計画（2006～2010 年）の下に開始された。年間 18 万石炭換算トン（TCE）以上のエネルギー使用量の産業部門 1,008 社に対してエネルギー管理の実施を義務付けたもので、目標省エネ量 1.0 億 TCE に対して、省エネ量 1.6 億 TCE を達成した。第 12 次 5 カ年計画（2011～2015 年）の下では、以下のような「万社企業省エネ低炭素行動」に拡大された。この行動は、第 13 次 5 カ年計画（2016～2020 年）においても継続することになっている。

● 万社企業省エネ低炭素行動

- ▶ 対象：産業・運輸部門（年間）1 万 TCE 以上、業務・民生部門（年間）5,000TCE 以上の約 17,000 社
- ▶ 省エネ活動実施の強化
- ▶ エネルギー管理体制の構築 ⇒ GB/T23331 Energy Management System: Requirement
- ▶ エネルギー監査の実施 ⇒ GB/T17166 General Principle of Energy Audit on Industrial and Commercial Enterprise
- ▶ 老朽生産設備の淘汰
- ▶ 省エネ目標責任制の強化
 - ◇ 万社企業省エネ目標責任評価審査方法
 - ◇ (企業の省エネ量計算方法) ⇒ GB/T13234 Calculating

Methods of Energy Saved for Enterprise

- ▶ エネルギー消費量測定統計水準の強化
- ▶ 省エネ技術改修
- 経済的省エネ支援制度の構築
- 第12次5カ年計画の目標省エネ量は2.5億TCE

また、中国では、エネルギーマネジメントに関連した、以下の規格が開発されており動向を注視していく必要がある。

● 2009 年

- ▶ GB/T23331-2009 Management for Energy: Requirement

● 2012 年

- ▶ GB/T23331-2012 Energy Management System: Requirement (ISO 50001)
- ▶ GB/T29456 Energy Management System: Implementation Guidance

● 2013 年

- ▶ GB/T30258 EnMS Implementation Guidance for Iron and Steel Industry
- ▶ GB/T30259 EnMS Implementation Guidance for Cements Industry

● 2015 年

- ▶ GB/T32019 EnMS Implementation Guidance for Public Institutions
- ▶ GB/T32041 EnMS Implementation Guidance for Coking Industry
- ▶ GB/T32042 EnMS Implementation Guidance for Coal Industry
- ▶ GB/T32043 EnMS Implementation Guidance for Plate Glass Industry

● 2016 年

- ▶ EnMS Implementation Guidance for Thermal Power Industry
- ▶ EnMS Implementation Guidance for Petrochemical Industry
- ▶ Determination of EnB and EnPI (ISO 50006)
- ▶ Requirement on Determination of Organizational Energy Performance

4. エネルギーマネジメント分野の国際標準（規格）の役割

本稿冒頭「1. はじめに」で述べたように、ISO50001は、データ駆動型マネジメント・アプローチを採用している。一方で、省エネルギー推進の鍵を握るのは、IoTなどデジタル技術だとも言われている。ISO50001は、データ駆動型マネジメント・アプローチを採用しているため、これらデジタル技術と相性が良いと考えられる。関連規格であるエネルギー監査、エネルギーパフォーマンスの把握、省エネルギー量の計測・検証についても同様と言えるだろう。例えば、米国では、スマートメーターの普及やIoTの推進を背景として、先進的M&V（Measurement and Verification）またはM&Vの自動化と呼ばれるM&V2.0の研究開発が進められている。また、国際電気標準会議（IEC）のTC65（工業用プロセス制御）では、オートメーションを通じてのエネルギー効率向上（IEC TR 62837: 2013）および工場とエネルギーグリッド間のインタフェース（IEC TS 62872: 2015）が公表されており、今後の省エネルギー推進では、高度な計測・制御技術の活用が急務となっている。

これらデジタル技術の動向等を注視しながら規格開発を進めていくことも、エネルギーマネジメント分野の国際標準の役割の一つとして重要となっていくものと考えられる。

5. おわりに

ISO50001認証の推進の背景・形態には、様々なインセンティブまたはディスインセンティブの付与があり、追加要求や評価制度を採用している場合もある。現状においては、以下のように整理される。

● ISO50001 認証数は順調に推移

- ▶ 現状の主要認証地域は欧州地域。
- ▶ 中国規格GB/T23331がISO50001互換になったため、増加見込み。

▶ UNIDO IEE プログラムによって、途上国でも堅調

● ISO50001 認証の背景は、インセンティブまたはディスインセンティブの付与

▶ 中国では、EnMS 構築義務および省エネ目標責任制

▶ EU では、エネルギー監査義務の免除

▶ ドイツなどでは、環境税（エネルギー税・電気税など）の減免、認証取得費の補助など

● ISO50001 規格要求に留まらずプラスアルファ

▶ SEP：ANSI/MSE50021 の追加要求事項、省エネ量検証、レーティング

▶ 中国：万社企業省エネ目標責任評価審査

▶ EU：エネルギー監査の実施義務

最後に、わが国における ISO50001 の普及の可能性について考察する。日本のエネルギー管理制度の大きな特徴は、省エネ法においてエネルギー管理者等の選任を義務付けたエネルギー管理者等制度の存在であろう。また、工場等判断基準では、ISO50001 に無い要求事項が含まれており、ISO50001 の認証取得による省エネ法の義務の緩和条件にすることは難しいと考えられる。ポイントはエネルギー管理者等制度であると考えられる。エネルギー管理者等の資格制度の力量要件の中に、ISO50001 並びに関連規格の知識を含めることによって、ISO50001 等関連規格の有用性の認識を広めることによって利活用の環境整備が必要であろう。また、省エネルギー量の評価の標準化の推進も検討すべきで、省エネルギー量の計測・検証の JIS 化や省エネルギー量を計量する資格者制度の創設を検討すべきであろう。

参考文献

- (1) 野田,「エネルギー管理者の役割と活動実態」,エネルギー資源 33 (6), 2012 年
- (2) 経済産業省告示,「工場等におけるエネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断の基準」
- (3) 工場等判断基準ワーキンググループ,「ISO50001 の発行を契機とした判断基準の見直し,最終とりまとめ」総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会 省エネルギー小委員会, 2013 年
- (4) ISO 50001: 2011 Energy management systems – Requirements with guidance for use
- (5) 井上,「エネルギー効率関連の国際規格動向と産業界への影響 – マネジメントから省エネ量計量, 情報交換

- まで」,エネルギー総合工学研究所月例研究会, 2014 年
- (6) ISO Survey 2016
- (7) 日本エネルギー経済研究所,「平成 28 年度国際エネルギー使用合理化等対策事業(省エネ・再エネ等マルチ枠組における国際動向調査)報告書」,経済産業省, 2017 年
- (8) Malvar, Energy Management System (EnMS), Energy Investment Forum and Stakeholders Conference, 2017
- (9) Dahlgren et al., Models for Driving Energy Efficiency Nationally Using Energy Management, ECEEE Industrial Summer Study, 2014
- (10) AMO ウェブサイト <https://www.energy.gov/eere/amo/advanced-manufacturing-office>
- (11) SEP ウェブサイト <https://www.energy.gov/eere/amo/superior-energy-performance>
- (12) 野田,「EU 域内の大企業に対する省エネルギー診断の義務化動向」,IEEJ 地球温暖化ニュース (33), 2015 年
- (13) JRC, A Study on Energy Efficiency in Enterprises: Energy Audits and Energy Management Systems, 2016
- (14) Baasi et al., Climate change policies and the UK business sector: overview, impacts and suggestions for reform, CCCEP Policy Paper, 2013
- (15) IIP, EnMS under China's Top -10,000 Program, 2013 http://www.iipnetwork.org/China_EnMS_Top10000.pdf
- (16) IIP, Energy and Energy Management System (EnMS) Performance and Evaluation: A Simple Framework to Identify the Progress to Goals of Companies, 2013 http://www.iipnetwork.org/IIPMSS_MEMO_EnMSEvaluation.pdf
- (17) 桂華,「『十二・五』における重点エネルギー消費企業の省エネ管理政策とその効果」,第 8 回日中省エネルギー・環境総合フォーラム, 2014 年
- (18) 房慶,「中国におけるエネルギー多消費部門の省エネ政策の紹介」,第 9 回日中省エネルギー・環境総合フォーラム, 2015 年
- (19) Li Yan, Progress on Energy Management System Standards and Performance Measurement in China, APEC workshop on Best Practices Sharing and Technical Capacity Building for Measurement and Verification Standards of Energy Savings, 2017
- (20) IEA, Digitalization and Energy, 2017
- (21) ACEEE, Evaluation, Measurement and Verification (EM&V) <http://aceee.org/topics/evaluation-measurement-and-verification-emv>
- (22) M&V2.0 ウェブサイト <https://www.energy.gov/eere/buildings/downloads/assessment-advanced-measurement-and-verification-methods-mv-20>
- (23) エネルギー・低炭素政策委員会,「製造業におけるエネルギー効率向上へのシステムアプローチ」,日本電気計測器工業会(JEMIMA), 2016 年

※本稿中、意見に係る部分は筆者個人のものであり、日本エネルギー経済研究所またはその他の機関の見解を示すものではない。

[寄稿]

SCREEN グループにおける エネルギーマネジメントシステム規格「ISO 50001」の取り組み

速水 光彦 (株) SCREEN ビジネスサポートソリューションズ
総務サポート部 EHS マネジメント課



1. はじめに

近年、エネルギーマネジメントシステム(EnMS)規格「ISO 50001」の認証件数は、急速に伸びており、全世界で2014年に7,000件、2015年に1万2,000件、2016年には2万件を突破している。特にヨーロッパ各国は、意識が高く、ドイツで9,000件、イギリスで2,800件の認証実績となっている。一方、国内では当該規格認証は39件にとどまっており、政策も含めた今後の動向が注目されている。

そのような状況の中、半導体製造装置の製造・販売が中核事業であるSCREENグループ(本社京都市)では、1997年の「ISO 14001」の認証取得以降、環境マネジメントシステムの中で省エネルギーについて考慮してきたが、さらにEnMSの深堀りを図るため、2010年には「ISO 50001 (DIS)」の認証を世界で初めて取得した。本稿では、当該規格認証取得当初の当グループの具体的取り組みについて紹介する。

2. 背景

2009年当時、図1に示す通り、リーマンショックによる影響を受け当グループの業績が悪化し、あらゆる側面での効率化や経費削減策が求められる状況であった。

そのような状況の中、リスク管理の意味合いも含め、外部からの影響を最小限に留められるような企業体質の強化が最重要課題となり、図2に示すように、その対応の一環として継続的なエネルギー改善が可能となるEnMS規格である「ISO 50001」認証取得に取り組むことが決定された。

一方、それまで環境・安全衛生の各マネジメントシステムは事業所単位の活動であったが、次第にグループ全体の企業価値やブランドイメージへと昇華しつつある世の中の流れから、統合されたマネジメントシステムの構築が求められる状況となった。環境(Environment)・健康(Health) & 安全(Safety)を統合した

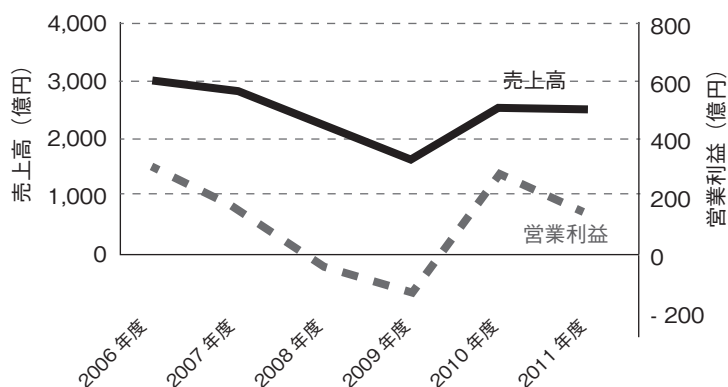


図1 SCREEN グループの売上／営業利益の推移

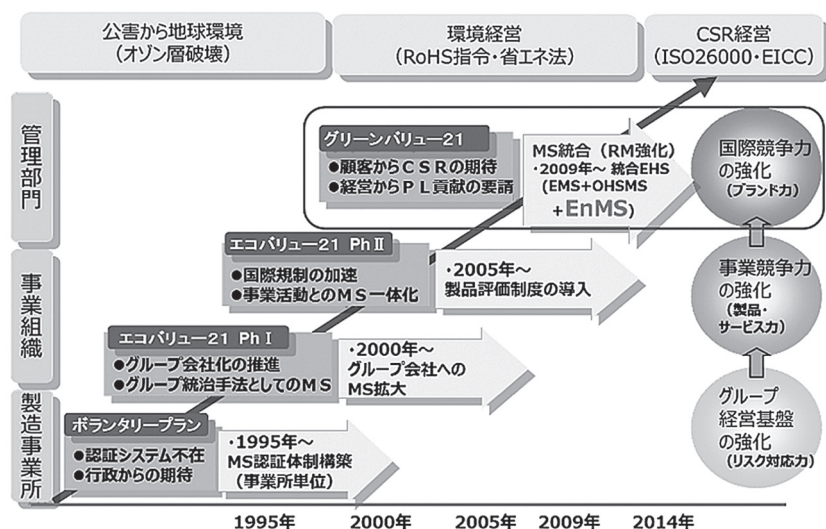


図2 経営課題とEHS中期計画

EHS マネジメントに EnMS も組み込んだ「統合EHS マネジメントシステム」の構築に大きく動き出した時期でもあった。

3. 取り組み計画

(1) モデル事業所の選定

当グループの主要事業所は、図3に示す通り、本社、久御山事業所、洛西事業所、彦根事業所、多賀事業所、野洲事業所の6事業所であり、そのエネルギー使用量の合計は、グループ全体の90%以上を占めている。このため、EnMSの導入をこの6事業所に絞ることにした。その計画概要は、次の通り。

1年目：主要6事業所の中で最も取り組みやすい1事業所をモデル事業所として選定し、このモデル事業所のみに絞って取り組む。

2年目：モデル事業所は認証取得したノウハウを他事業所へ水平展開。他の5事業所は足並みをそろえる形で認証取得に取り組む。

本社は事務所ビルであり、生産・研究用設備を抱える他事業所へのノウハウ提供は極めて限定的で、モデル事業所にはふさわしくない。また、久御山・彦根・多賀・野洲の各事業所は工場を抱えており、生産への影響懸念



図3 主要6事業所の所在地

が大きいことから、１年目の取り組みとしては、リスクと労力が大きいと判断。したがって研究部門を有する洛西事業所をモデル事業所に選定することとした。

当時、洛西事業所の主な用途は、研究開発で、クリーンルームをはじめ、圧縮空気設備・真空設備・純水設備等、規模は小さいながらもほぼ生産工場と同等の設備群を有する事業所であった。また、研究開発部門では生産計画の影響を受けないため、各種設備機器の調査が比較的容易な状況でもあった。

（２）洛西事業所の概要

ISO 50001 規格認証活動当初の洛西事業所の概要を表１、敷地図を図４に示す。

４．取り組み内容

（１）ISO 50001 規格要求事項の理解と対応

当該規格要求事項には、表２に示す通り、特有の要求事項もあるため、この規格要求事項の理解から始めた。

表１ 洛西事業所の概要

所在地	京都市伏見区羽東師古川町322
敷地面積	10,117 m ²
建屋面積	5,303 m ²
延床面積	20,229 m ²
用途地域	工業専用地域
事業内容	半導体・液晶・基板製造関連装置および印刷・製版関連装置の開発 ソフトウェアの設計・開発、サービス
事業開始	1985年8月
従業員数	407名(社員287名,グループ会社社員42名,協力企業者78名)

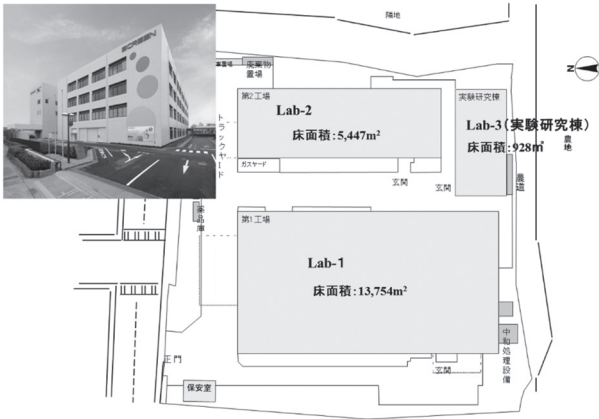


図４ 洛西事業所の敷地図

表２ ISO 50001 規格要求事項の理解

ISO50001規格要求事項	理解対応事項
4.4.3 エネルギーレビュー 組織は、エネルギーレビューを構築し、記録し、維持しなければならない。	EnMSにおける「環境影響評価」と理解 「設備評価一覧表」により、著しいエネルギー使用設備を抽出し、特定した。
4.4.4 エネルギーベースライン 組織は、組織のエネルギーの使用および使用量に対して適切なデータ期間を考慮し、初回のエネルギーレビューの情報をを用いてエネルギーベースラインを設定しなければならない。	エネルギー削減目標を特定するための基準と理解 エネルギー削減目標の設定にあたり、過去3年間のエネルギー使用量の平均を基準とし、特定した。
4.4.5 エネルギーパフォーマンス指標 組織は、エネルギーパフォーマンスを監視し、測定するために、適切なエネルギーパフォーマンスインジケータ（EnPIs）を特定しなければならない。	エネルギー削減達成状況を計測するための項目と理解 省エネ法に準ずる「原油換算」、地球温暖化防止の意味合いから「CO2排出量」、業務効率面で「コスト」を選定した。

(2) 推進体制

EHS 目標管理委員会の下部組織「課題別委員会」内に、図5に示す通り「エネルギー委員会」を発足させ、EnMS 活動を推進した。

5. 世界初の ISO 50001 規格認証取得

2010 年 7 月、モデル事業所として活動してきた洛西事業所の取り組みが実り、世界で初

めて「ISO 50001」の認証を取得することができた。図6に、認証取得に関するニュースリリース（左）と認証書（右）を示す。

6. エネルギー運用改善事例

EnMS 導入以降、表3に示す通り、エネルギー設備の運用が改善した。

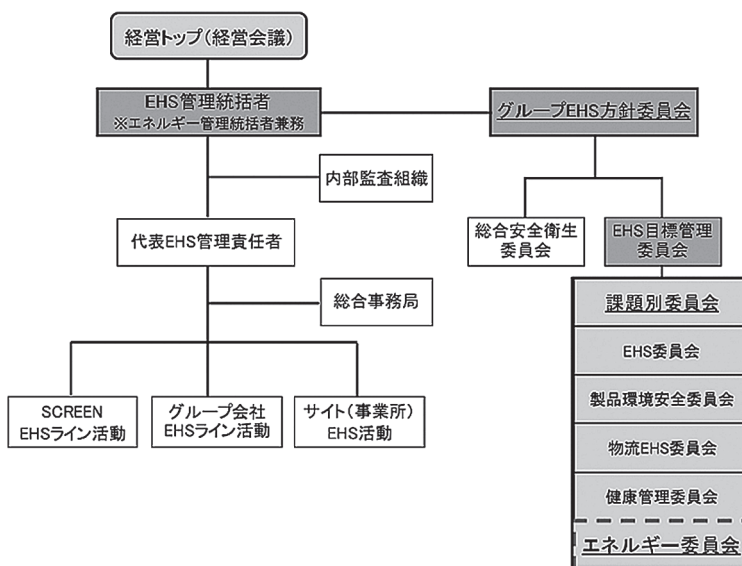


図5 ISO 50001 規格認証取得活動の統合 EHS マネジメント組織図



図6 ISO 50001 規格認証取得のニュースリリースと認証書

表3 エネルギー運用改善事例

年度	事業所	項 目	内 容	年間効果
2012年	彦根事業所	クリーンルーム用力計測システム導入	半導体製造装置生産工場のクリーンルームに電力量・圧縮空気使用量・純水使用量の各計測装置を導入し、見える化	▲ 668 t-CO ₂
2014年	彦根事業所	FC棟太陽光パネル設置	半導体製造装置生産工場の屋上に太陽光パネル定格出力350kWを設置	▲ 175 t-CO ₂
2015年	野洲事業所	蒸気ボイラー運用改善	生産現場の空調条件見直しによる、熱源蒸気ボイラーの運転方法の変更	▲ 465 t-CO ₂
2016年	洛西事業所	空調熱源更新	主にクリーンルーム実験室用空調機に冷温水を供給している冷温水発生機を高効率な機種に更新	▲ 849 t-CO ₂

7. パフォーマンス

当グループの業績は、リーマンショックを乗り越え徐々に回復した。図7に示す通り、グループの出荷重量合計は、2012年以降コンスタントに増加しているものの、主要6事業所のCO₂排出量合計は、ほぼ横ばいとなっている。これは、EnMS導入によるエネルギー効率の向上の効果と言える。これにより、CO₂排出原単位(CO₂排出量／製品出荷重量)も低下した。

8. その他のEHS活動

(1) 生物多様性活動

SCREENグループは、2017年12月、京都府、

同府亀岡市、京都モデルフォレスト協会などと「森林の利用保全に関する協定」を締結。亀岡市宮前町宮川区の森林約53ヘクタールを借出し「SCREENの森」として、森林保全・社会貢献活動に取り組んでいる。森林整備によるCO₂吸収量は、事業からの温室効果ガス排出量と相殺することができる。図8に「SCREENの森」の場所(左)、活動の様子(中央)、調印式の様子(右)を示す。

また、京都市生物多様性プランによる「京(みやこ)の生きもの・文化協働再生プロジェクト」に参画。その認定を受け、京都原産の希少植物を栽培し、京都の祭りや文化を支えてきた生きものの保全・再生を図っている。その様子を図9に示す。

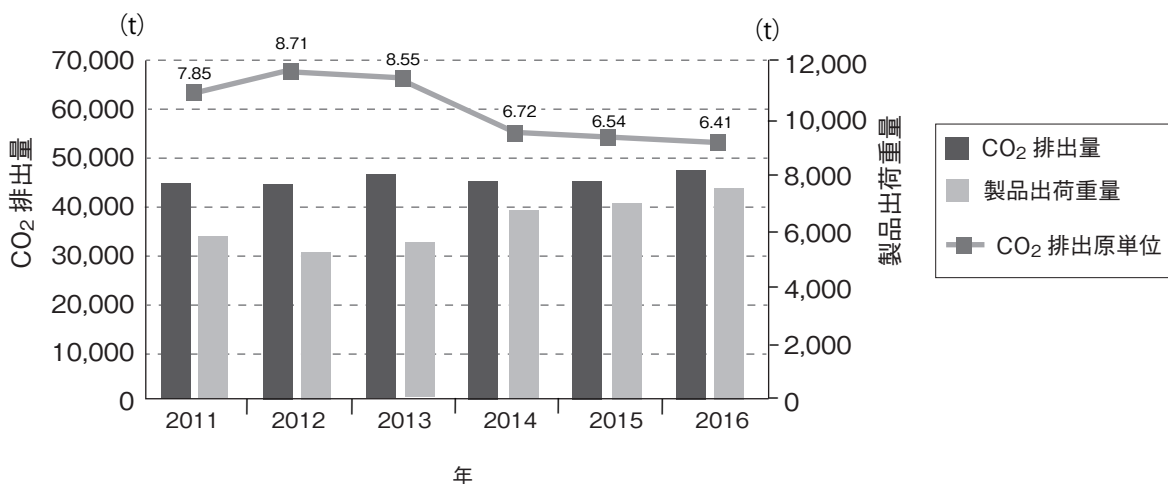
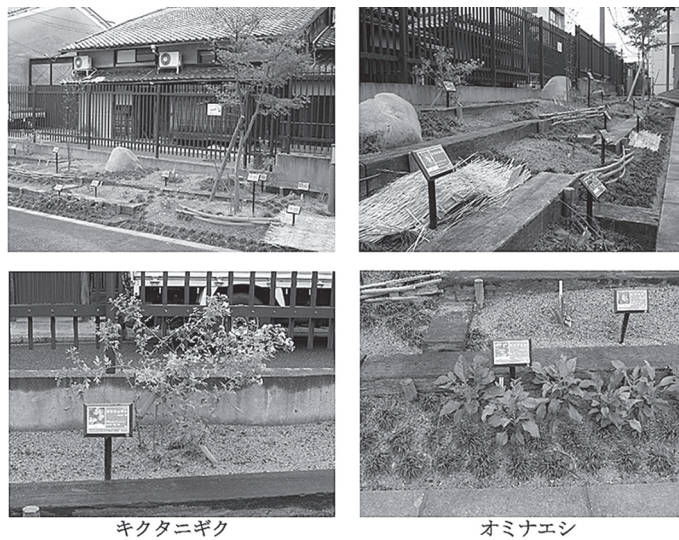


図7 主要6事業所のCO₂排出量合計の推移



図8 「SCREENの森」森林保全活動



(出所:京都市「京生きものミュージアム」ホームページ)

図9 「京の生きもの・文化協働再生プロジェクト」の活動

(2) 健康増進活動

当グループは、職場の安全衛生や労働災害の防止に関する法令の順守、従業員の安全確保、疾病の予防等、健康経営への取り組みを行っている。それが認められ、2018年2月、経済産業省と日本健康会議が共同で実施する健康経

営優良法人認定制度において、優良な健康経営を実践している企業として「健康経営優良法人2018～ホワイト500～」に認定された。図10に、当グループの取り組み例(左)と「健康経営優良法人2018～ホワイト500～」の認証マーク(右)を示す。



(出所:当社社内報)



(出所:経済産業省ホームページ)

図10 グループ社員向け「いきいき健康づくりキャンペーン」と「ホワイト500」認定マーク



(出所：京都労働局ホームページ)

図 11 「安全衛生優良企業」認定の様子と認定マーク

(3) 労働安全衛生活動

労働者の健康保持増進対策，メンタルヘルス対策，過重労働防止対策，安全衛生管理等，幅広い分野での活動が認められ，2017年1月，当グループの㈱SCREEN ビジネスサポートソリューションズが京都府労働局から京都府下で2番目となる「安全衛生優良企業」に認定された。図11に，認定式の様子（左）と認定マーク（右）を示す。

9. まとめ

SCREEN グループでは，企業理念である「未来共有」「人間形成」「技術追究」の下，「CSR憲章」が制定されており，EnMSを含む環境への取り組みをはじめとするEHS活動，社会貢献活動に積極的に取り組んでいる。

参考文献

- (1) 一般社団法人 電子情報技術産業協会 (JEITA) 主催
第1回 EnMS マネジメントメントレベル標準化フォーラム配布資料
- (2) 経済産業省ホームページ
- (3) 京都市「京生きものミュージアム」ホームページ
- (4) 京都労働局ホームページ



石原 正浩 (プロジェクト試験研究部
主任研究員)

- 再生可能エネルギーの抑制は実施せず、全て有効利用
- 再生可能エネルギーによる逆潮流は発生するものの、上位系統には影響を与えないものと想定
- 対策は配電系統設備を対象とし、需要家設備（電気自動車（EV）や蓄電設備等）は対象外
- 太陽光発電パワーコンディショナ（PCS）の力率（交流回路の有効電力と皮相電力との比）制御は既に導入されているため検討対象

次々世代の配電システムの将来像を検討するにあたり、面的に大量の電力機器が分布する配電システムにおいて、需給の相互制御に過度に依存する配電システムを志向した場合、制御不調時に想定外の供給支障に発展するリスクが増大することが懸念される。よって、次々世代の配電システムは、現状の設備増強で対応していくのではなく、配電システムを簡素化させていく方向で検討を進める。さらに検討にあたっては、経済性および省メンテナンス化の観点（経済性、保守性）が重要となってくる。加えて、需要側と系統側がそれぞれの責任範囲において可能な制御・保護、管理を実施し、補完するといったシンプルかつ、ロバストな役割分担に基づく設備形成と運用（信頼性、拡張性）を志向することが将来の配電システム高度化のあるべき姿と考えられる。

表 1 評価指標

評価指標	内 容	具体的な該当事象など
信頼性	現在の配電系統と同等以上の信頼性を有すること	電力品質(適正電圧の維持など)、供給信頼度
経済性	設備の構築と運用において経済性を有すること	建設コスト、維持および運用コスト
拡張性	既存の接地体系を維持しつつ、今後の情勢変化に対応可能な技術的拡張性を有すること	安全性の担保、標準規格への適合
保守性	保守作業要員の確保が困難化する将来も想定し、保守容易性と省メンテナンス性が反映されていること	信頼度維持に必要な設備数の極小化、工法の簡素化・省力化

以上を踏まえ、次々世代の配電制御システムの将来像を検討する評価指標として、表 1 のとおり、信頼性、経済性、拡張性、保守性について整理する。

(2) 次々世代配電系統検討ケースの選定

前述の 4 つの評価指標から、次々世代の配電系統の将来像を、将来の実現可能性が想定される範囲内において、以下の 2 ケースに大きく分類し、配電系統対策の検討を実施する。

● 配電系統の部分昇圧（以下、部分昇圧）

既設の配電系統の幹線部分に、一例として現行使用されている電圧階級の 22kV 配電線と配電塔を新設し、配電塔以降は、既設の 6.6kV 配電設備を利用して送電を行うケース

● 配電系統制御の高度化（以下、6kV 対策）

既設の配電系統に、新たに電力調整機器や無効電力調整機器を新設し、送電を行うケース

本検討では、現在の状況にとらわれない配電網のあるべき姿を明らかにすることを目的に、上記 2 つの検討ケースに対して、電気的特性分析および経済性評価を実施し、PV 導入量に対して効果的な対策手法を模索していく。

3. 電気的特性分析

(1) シミュレーション解析条件

まず電気的特性分析を行うにあたり、配電系統の地域特性および PV 配置状況について条件を以下に整理する。

①配電系統の地域特性

一般的な配電系統の地域特性は、「住宅地域」、「農山村地域」、「繁華街地域」、「工業地域」の大きく 4 つの地域に区分される。その中で各地域別の特長を鑑みると、「農山村地域」の配電系統は、需要負荷が少なく、線路亘長が長く、線路インピーダンスが小さい傾向にある。

本検討では、次々世代における PV 大量導入時の電圧問題に焦点を当てているため、PV 大量導入時に電圧変動の影響が大きい「農山村地域」を検討対象として選定する。

② PV 配置

PV 設置箇所も電気的特性分析結果に影響を与えるうえ、様々な設置シナリオが予想される。そこで配電系統の末端に集中して設置され、電圧問題に対して過酷な条件となる PV 集中配置と、配電系統の面的に分散して配置される PV 分散配置の 2 つのシナリオを検討することとする。それぞれ、PV 集中配置は高圧連系の事業用大規模 PV を、PV 分散配置は住宅の屋上 PV を主に想定している。この両極端な 2 つのシナリオを検討することにより、他の様々な PV 設置状況に対しても対応可能となる。

③負荷想定

負荷想定については参考文献(1)に記載されている農山村地域の負荷特性を適用し、本検討における配電系統の総負荷量は 1,380kVA とする。後述 3(2)に示す配電系統モデルには高圧負荷ノードと低圧負荷ノードが接続されており、高圧負荷ノードは

75kVA、低圧負荷ノードは22.5kVAとする。
また、各負荷ノードに供給される無効電力について、本検討では無視することとする。

④ PV 出力想定

PV が出力する有効電力は、NEDO 日射量データベース閲覧システム (MRTPV-11) から得られる斜面日射量データに基づき考慮する。

⑤ ホスティングキャパシティの算出基準

本検討では提案する対策モデルの有効性について、常時の配電制御・運用における電圧変動の観点から、導入可能な PV システムの限界量（ホスティングキャパシティ）を用いて評価する。

そこで本検討においては各対策モデルに対して、PV の導入量を 0 kW から 100kW 単位で増加させて、以下の 3 つの基準をすべて満たす最大の PV 導入量をホスティングキャパシティと定義する。

- (a) 電圧制約：すべての低圧負荷ノードの電圧が $101 \pm 6V$ 以内である
- (b) 電流制約：すべての線路電流が線種ごとに設定した電流容量を超えない
- (c) 電圧安定性：電圧不安定現象が発生しない

電圧制約は、適正電圧からの逸脱に関する制約である。負荷と PV 出力を 1 時間ごとに変えて潮流計算を実施し、全低圧負荷ノードの電圧時間変化から最大となる電圧を抽出する。PV 導入量を増加させ、 $101V \pm 6V$ を逸脱しない最大 PV 導入量を探索する。

電流制約は、電圧制約と同様に潮流計算を実施し、全ての電線路において各線種による電流容量を超過しない PV 導入量を探索する。

電圧安定性について、一般的に電力系統において供給電力が大きくなり過負荷となると、電力系統の電圧が低下し電圧崩壊現象が発生することが知られている。このことは P-V カーブにより広く解析されており、潮流計算上の非収束として現れることも知られている。こ

の過負荷時に発生する電圧崩壊現象のように、PV が送電線に大量に導入された場合においても電圧安定性による限界が生じることが指摘されている。そこで本検討においても、非収束が発生した PV 導入量については電圧安定性の問題が発生したと判断し、PV 導入量限界値を決定する一要因と考えることとする。

⑥ 力率制御手法

本検討では PV 出力の力率制御手法を、力率制御無し、力率一定制御、分散制御の 3 種類を検討する。力率制御無しは、PV の力率 1.00 運転を想定する。力率一定制御は、配電線内の全 PV が同一力率で運転されていることを想定しており、検討する力率の下限値は、系統連系規定の 0.85 としている。分散制御は、自端および最寄りの高圧ノードの電圧値を各 PV が把握し、それに基づき分散的に制御する方法である。シミュレーションでは、以下の手順で解析を行う。

- (a) 所与の PV 導入量に対し、全ての PV が力率 1.00 であることを想定して潮流計算を行い、電圧を算定する。
- (b) 電圧解析結果が高圧側で 1.00p.u. ないし低圧側で上限値 ($107/105$ p.u.) を超えるノードのみ、PV の力率を一定の刻み幅で下げる。刻み幅を解析パラメータの 1 つとする。
- (c) 高圧自動電圧調整器 (SVR) が接続されている対策モデルにおいては、潮流計算により、SVR のタップ段数を再設定する。なお、制御途中で一度でも 2 段昇圧もしくは 1 段降圧に達した SVR は、計算時間の都合上その後動作させないものとした。
- (d) 上記 (b) と (c) を交互に 30 回繰り返して電圧上昇が基準内に抑制可能であれば導入可能であるとする。制御を行っても電圧上昇が抑制できないか、もしくは無効電力の増大による電流増加で電流制約に逸脱する場合には、導入不可能とする。

(2) シミュレーションモデル

本検討にて用いたシミュレーションモデルの一覧を表2に示す。まず参考文献(3)の農山村配電線モデルを参考に、図1に示すとおり対策モデル1従来系統を作成する。この対策モデル1に基づき、PV大量導入の対策として様々な系統構成を作成する。図中に潮流計算で使用したノード番号を示す。公称電圧6.6kVの架空系統で、幹線亘長は17.6kmである。図中の配電線太さは線種を表す。高圧負荷を幹線沿いに10箇所、低圧負荷を幹線沿いと分岐線の末端に28箇所、配置する。図中のPV表記は、PV集中配置におけるPV連系箇所を示す。

表2における対策モデル2～4は電線を太線化したモデルであり、対策モデル5はPV連系点の無効電力を制御する無効電力調整器(以下、Var調整器)を接続したモデルである。このVar調整器は、設置箇所の電圧の低圧換算値が $101 \pm 6V$ の上限値を逸脱しない最小の無効電力を出力する。対策モデル5では、配電線に設置されているSVRがその制御点の電圧を適正範囲に維持するようにタップ位置を決めた後、Var調整器設置点の電圧逸脱が逸脱している場合に動作する。

対策モデル6～8は対策モデル5と同様にVar調整器を設置しているが、動作モードが異なる。対策モデル6～8ではリアクトル動

表2 シミュレーションモデル一覧

PV配置	検討ケース	対策モデル	概要
PV集中配置	6kV対策	(1) 従来系統	—
		(2) 末端 200sq	末端線路を 200sq に太線化
		(3) 幹線 200sq	幹線すべてを 200sq に太線化
		(4) 連系 200sq	PV 集中配置ノードから幹線までを太線化
		(5) Var 調整器	SVR タップ固定後に出力決定
		(6) 300 kVA Var 調整器	(4) に追加。無効電力を 300kvar で固定後、SVR タップ決定
		(7) 600 kVA Var 調整器	(4) に追加。無効電力を 600kvar で固定後、SVR タップ決定
		(8) 900 kVA Var 調整器	(4) に追加。無効電力を 900kvar で固定後、SVR タップ決定
		(9) 幹線 400sq	幹線すべてを 400sq に太線化
		(10) 連系 400sq	PV 集中配置ノードから幹線までを太線化
		(11) Var 調整器 400sq	SVR タップ固定後に出力決定
		(12) 300 kVA Var 調整器 400sq	(10) に追加。無効電力を 300kvar で固定後、SVR タップ決定
		(13) 600 kVA Var 調整器 400sq	(10) に追加。無効電力を 600kvar で固定後、SVR タップ決定
		(14) 900 kVA Var 調整器 400sq	(10) に追加。無効電力を 900kvar で固定後、SVR タップ決定
	部分昇圧	(15) 部分昇圧	幹線を 22kV に昇圧
		(16) 部分昇圧 +200sq	(15) に追加。6.6kV PV 連系点—配電塔間を 200sq に太線化
		(17) 部分昇圧 +400sq	(15) に追加。6.6kV PV 連系点—配電塔間を 400sq に太線化
PV分散配置	6kV対策	(1) 従来系統	PV 集中配置の対策モデル(1) と同一
		(2) 末端 200sq	〃 (2) と同一
		(3) 幹線 200sq	〃 (3) と同一
		(9) 幹線 400sq	〃 (9) と同一
	部分昇圧	(15) 部分昇圧 (昇 120)	〃 (15) と同一
		(18) 部分昇圧 (昇 120, 末 200)	(15) に追加。6.6kV 末端を 200sq に太線化
		(19) 部分昇圧 (昇 400, 末 200)	(15) に追加。22kV 線路を 400sq に、6.6kV 末端を 200sq に太線化
		(20) 部分昇圧 (昇 400, 幹 400)	(15) に追加。22kV 線路を 400sq に、6.6kV 幹線を 400sq に太線化

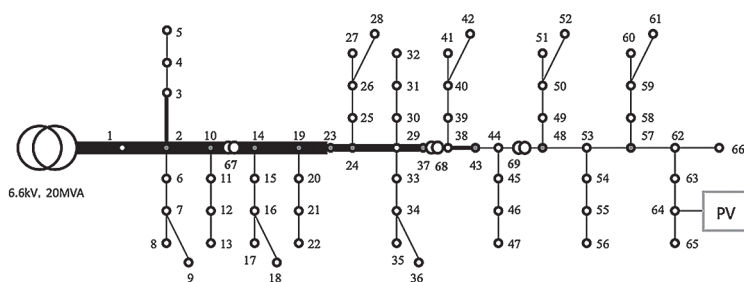


図1 対策モデル(1)従来系統

作で一定の無効電力出力する Var 調整器を想定し、無効電力出力を 300kVA, 600kVA および 900kVA に変えて検討している。

対策モデル 9 は、図 2 に示すとおり、幹線を 400sq に太線化したモデルである。同様に、対策モデル 10 は連系線から幹線までを 400sq に太線化したモデルである。対策モデル 11 ～ 14 は、対策モデル 10 に Var 調整器を設置したモデルである。Var 調整器の電圧制御方法は、先に示した対策モデル 5 ～ 8 と同様である。

対策モデル 1 の一部を 22kV に部分的に昇圧した対策モデル 15・部分昇圧を図 3 に示す。配電用変電所の変圧器 2 次側電圧および配電線の幹線部分に 22kV の電圧階級を用いる。さらに対策モデル 1 の 6.6kV 配電線を 3 区間に分割し、3カ所に設置した 22/6.6kV 配電塔を介して電力供給している。配電塔のタップは 22.0kV/6.6kV で固定とする。負荷構成は対策モデル 1 と同様である。対策モデル 16, 17 は、対策モデル 15 の PV 連系点から配電塔までの電線をそれぞれ 200sq, 400sq に太線化したモデルであり、6.6kV 配電線の電圧上昇を

緩和する効果を期待したものである。

また、PV 分散配置において、対策モデル 18, 19 は、対策モデル 15 に基づき、22kV 線路および 6.6 kV 線路の末端幹線をそれぞれの線種で太線化したモデルである。さらに対策モデル 20 は、22kV 線路および 6.6 kV 線路の幹線全体を 400sq に太線化したモデルである。

(3) 解析結果 (P V 集中配置)

電气的特性分析では、表 3 に示すとおり前述の PV 配置と各力率制御手法についてホスティングキャパシティの算出を行う。PV 集中配置における分散制御は、力率一定制御と同一のため検討から除外する。

PV 集中配置、力率制御無しのホスティングキャパシティ算出結果を表 4 に、力率一定制御の PV 力率とホスティングキャパシティとの関係を図 4 に示す。なお力率一定制御については、PV の力率を制御しており、Var 調整器を用いて無効電力を制御する対策モデル 5 ～ 8, 11 ～ 14 と同一動作となるため、検討から除外する。

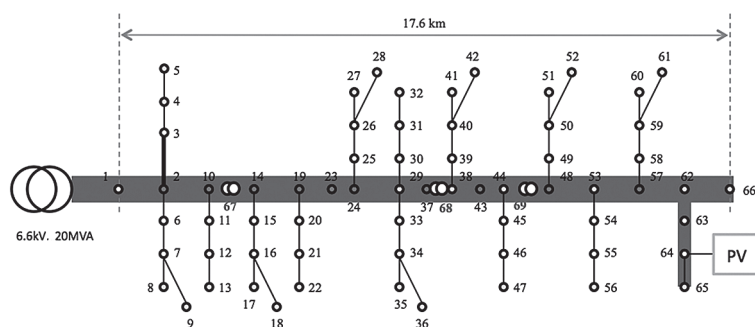


図 2 対策モデル 9 従来系統

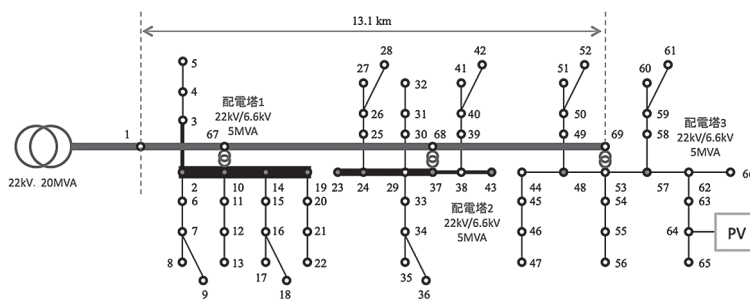


図 3 対策モデル 15 従来系統

表3 検討対象一覧

PV配置	力率制御手法		
	力率制御無し	力率一定制御	分散制御
PV集中配置	○	○	—
PV分散配置	○	○	○

表4 ホスティングキャパシティ算出結果（PV集中、力率制御無し）

対策モデル	ホスティングキャパシティ[kW]	違反要因
(1) 従来系統	300	電圧
(2) 末端200sq	600	電圧
(3) 幹線200sq	600	電圧
(4) 連系200sq	1,000	電圧
(5) Var 調整器	4,200	電流
(6) 300 kVA Var 調整器	3,200	電圧
(7) 600 kVA Var 調整器	3,600	電圧安定性
(8) 900 kVA Var 調整器	3,100	電圧安定性
(9) 幹線400sq	4,000	電圧安定性
(10) 連系400sq	4,000	電圧安定性
(11) Var 調整器 400sq	4,000	電圧安定性
(12) 300 kVA Var 調整器 400sq	3,600	電圧
(13) 600 kVA Var 調整器 400sq	3,300	電圧安定性
(14) 900 kVA Var 調整器 400sq	2,800	電圧安定性
(15) 部分昇圧	300	電圧
(16) 部分昇圧+200sq	2,000	電圧
(17) 部分昇圧+400sq	5,000	配電塔容量

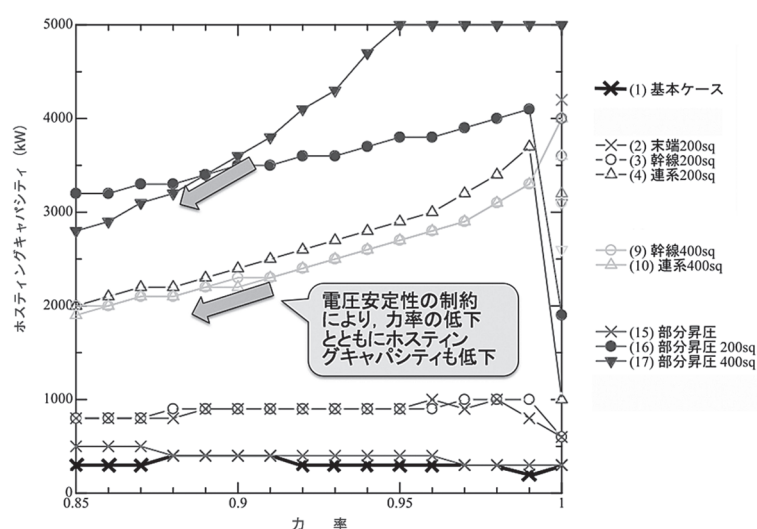


図4 PV 力率とホスティングキャパシティの関係（PV集中、力率一定制御）

図4より、力率を下げることによりホスティングキャパシティが改善されるケースも見られたが、PV集中配置の場合、無効電力を注入するノードも集中し、電圧安定性の問題が発生しているケースが多く見られた。また、高压配電線に設置されたSVRのタップ切替動作により、力率低下に伴う低压側電圧最大値とPV導入量との関係が複雑であることが明らかとなった。

（4）解析結果（PV分散配置）

表5に、力率制御無し、力率一定制御および分散制御の各対策モデルのホスティングキャパシティをまとめる。なお、力率制御を伴う場合、ホスティングキャパシティが力率設定値により異なるため、本検討では力率一定制御の場合は0.99～0.85まで、分散制御の場合は刻み幅0.01～0.15までの連続する3つ

表5 ホスティングキャパシティ算出結果 (PV 分散)

対策モデル	力率制御無し		力率一定制御			分散制御	
	ホスティング キャパシ ティ [MW]	違反要因	ホスティ ングキャ パシ ティ [MW]	力率 (平均)	違反要因	ホスティ ングキャ パシ ティ [MW]	違反要因
(1) 従来系統	1.2	電圧上限	2.3	0.86	電圧上限	4.0	電流
(2) 末端200sq	1.5	電圧上限	3.9	0.96,0.95, 0.94	電圧上限, 電流	4.4	電流
(3) 幹線200sq	1.5	電圧上限	4.1	0.90, 0.89	電圧上限, 電流	4.5	電流
(9) 幹線400sq	2.0	電圧上限	4.9	0.90	電圧下限	7.5	電流
(15)部分昇圧 (昇120)	2.0	電圧上限	6.2	0.86	電圧上限, 電流	5.0	電圧上限
(18)部分昇圧 (昇120,末200)	2.6	電圧上限	8.4	0.91	電流	8.6	電流
(19)部分昇圧 (昇400,末200)	3.0	電圧上限	11.9	0.93	電流	12.1	電流
(20)部分昇圧 (昇400,幹400)	3.2	電圧上限	22.4	0.94	電圧下限, 電流	24.5	電流

の力率値のホスティングキャパシティを平均した値の最大値を、ホスティングキャパシティの代表値とした。

PV 分散配置では、力率制御を行わないと低圧側での電圧上昇が大きいと、太線化時で最大 2.0MW、部分昇圧時でも最大 3.2MW と、ホスティングキャパシティ増加効果は限定的である。一方、力率制御を行った場合、ホスティングキャパシティは顕著な増加を示すことが見て取れる。さらに多くのケースにおいて、力率一定制御よりも分散制御の方が多くの PV を導入可能であることが見て取れる。特に部分昇圧と太線化を行った場合には、電流と電圧安定性制約が大幅に緩和されるため、最大で力率一定制御で 22.4MW、分散制御で 24.5MW の PV の導入が可能である。

力率制御無しでは末端ノードの電圧上限制約がホスティングキャパシティの決定要因となっている。力率一定制御では、電圧上限に加え電流制約も多くの規定要因となった。さらに、6.6kV 配電線に 400sq 太線化した対策モ

デル 9、20 では電圧下限も規定要因となった。分散制御では、多くの場合電流制約が規定要因となった。また力率一定制御と分散制御を比較すると、対策モデル 15 を除いて分散制御の方が高いホスティングキャパシティとなった。これは、分散制御の方が力率制御を行う PV の量が限定的であり、無効電力量、そして皮相電力量が力率一定制御時よりも小さくなる傾向があるためである。したがって、電流制約まで PV が導入されるケースでは、分散制御の方が、ホスティングキャパシティが高くなる。

さらに各ホスティングキャパシティの値がどういう意味を持つ値であるかの解釈を試みるため、負荷の kW ピーク (kWp) 比、年間発電量の値、年間発電量の負荷との比、および低圧住宅の 1 軒あたりの PV 導入量を評価した。ただし、年間発電量は次項の損失計算の際に用いる年間発電量計算手法を用いて解析している。

表 6、表 7 に、力率一定制御および分散制御の上記指標の計算結果を示す。

表6 算出結果 (力率一定制御)

対策モデル	ホスティング キャパシ ティ [MW]	対負荷 kWp比	年間発電量 [GWh/年]	対負荷 kW比	1軒あたりPV 容量[kW]
(1) 従来系統	2.3	1.7	2.6	0.33	2.5
(2) 末端200sq	3.9	2.8	4.4	0.56	4.2
(3) 幹線200sq	4.1	3.0	4.6	0.59	4.5
(9) 幹線400sq	4.9	3.6	5.5	0.70	5.3
(15)部分昇圧 (昇120)	6.2	4.5	7.0	0.89	6.7
(18)部分昇圧 (昇120,末200)	8.4	6.1	9.4	1.2	9.1
(19)部分昇圧 (昇400,末200)	11.9	8.6	13.4	1.7	12.9
(20)部分昇圧 (昇400,幹400)	22.4	16.2	25.2	3.21	24.3

表7 算出結果 (分散制御)

対策モデル	ホスティング キャパシ ティ [MW]	対負荷 kWp比	年間発電量 [GWh/年]	対負荷 kW比	1軒あたりPV 容量[kW]
(1) 従来系統	4.0	2.9	4.5	0.57	4.3
(2) 末端200sq	4.4	3.2	4.9	0.63	4.8
(3) 幹線200sq	4.5	3.3	5.1	0.64	4.9
(9) 幹線400sq	7.5	5.4	8.4	1.07	8.2
(15)部分昇圧 (昇120)	5.0	3.6	5.6	0.72	5.4
(18)部分昇圧 (昇120,末200)	8.6	6.2	9.7	1.23	9.3
(19)部分昇圧 (昇400,末200)	12.1	8.8	13.6	1.73	13.2
(20)部分昇圧 (昇400,幹400)	24.5	17.8	27.5	3.51	26.6

kW ピークではどの対策モデルにおいてもホスティングキャパシティは負荷を大幅に上回っているものの、kWh でみると対策モデル 1 では負荷の 0.33 倍ないし 0.57 倍の電力しか供給していないことが分かった。最も太線化した対策モデル 9 では、kWh 比で負荷の 0.70 倍ないし 1.07 倍の PV を導入している。一方、対策モデル 20 では、負荷の 3.21 倍ないし 3.51 倍の電力量を PV が供給できることになっている。

(5) 配電損失の算出条件

PV 出力が天候により異なることを想定した潮流計算を実施し、PV 導入量が 0kW の場合とホスティングキャパシティである場合の年間配電損失を計算した。

天候を快晴、晴天、曇天および雨天の 4 種類とし、定格出力に対する最大出力がそれぞれ 80%、50%、20% および 10% となるよう PV 出力をモデル化した。この各天候の PV 出力モデルを用いて、天候ごとに 24 時間の潮流計算を実施し、各時刻における配電損失を算出する。

1 年間における各天候の日数は、気象庁ホームページから入手できる雲量データをもとに作成した。1 日の平均雲量が 1.5 を下回る日を快晴、1.5 以上 8.5 未満の日を晴天、8.5 以上の日を曇天および雨天とした。曇天と雨天の区別については、同様に入手できる日降水量データに基づき、日降水量が 10mm 以上の日を雨天、それ以外を曇天とした。このような調査をある地域に対して実施し、快晴：52.7 日、晴天：190.8 日、曇天：61.1 日、雨天：60.6 日（計 365.2 日／年）として検討を実施した。

年間配電損失は、天候ごとの PV 出力モデルを用いて配電損失をそれぞれ計算したのち、各天候日数を乗算し、その総和をとることで求められ、後述の経済性評価に用いる。

4. 経済性評価

(1) 経済性評価手法について

経済性評価では算出した PV 集中設置時と PV 分散設置時の電気的特性分析の結果に基づき、各検討ケースの経済性を比較・検討する。経済性の評価は、検討ケース毎の年経費（＝資材費＋工費＋修繕費＋配電損失費）により行う。詳細は次のとおりである。

①設備建設時の費用（資材費、工費）算出

各検討ケースの積算項目は、電線路における架空線路、区分開閉器、SVR、配電塔、配電用変電所における配電用変圧器、引出回線を考慮している。なお、径間長は 45m、6kV 区分開閉器の設置間隔は 500m と想定し、太線化する範囲に応じて、区分開閉器や SVR の取替台数（太線化に伴う増容量化が必要な台数）等が異なっている。また、部分昇圧では 6kV と 22kV の電線を併架する条件とする。積算項目に対して、参考文献（4）～（8）を参考に、設備単位で資材費と工費を積算する。また、Var 調整器は、自励式無効電力補償装置（STATCOM）を想定し、年経費率は設備耐用年数を 18 年、利子率を 4% と仮定し、0.079 と設定した。同様に、STATCOM 以外の配電設備に関しては、設備耐用年数を 30 年、利子率を 4% と仮定し、0.058 と設定した。

②運用時の費用（修繕費、配電損失費）算出

修繕費と配電損失費については、従来系統との差分を対策に伴う費用として積算する。修繕費に関しては、図 5 に示すように、初年度修繕費率を 1.45%、耐用年数終了時は初年度の 3 倍になるものと想定し、設備耐用年数の期間中に発生する全修繕費を現在価値換算した後、利子率 4% を用いて年間当たりの費用を算出した。配電損失費は年間損失量に、10 円 / kWh を掛けて算出した。

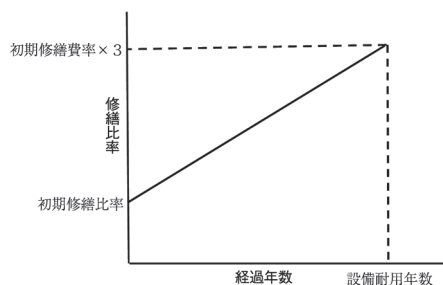


図5 修繕費率と経過年数の関係性

③経済性評価における配電用変電所の想定

本検討では配電線1回線を対象とした経済性評価に加え、配電用変電所エリアを対象とした経済性評価も実施するため、配電用変電所エリアの想定を図6に示すとともに、以下に述べる。

変電所には10MVAの配電用変圧器が3バンク、各バンクに配電線が3回線ずつ接続されており、変電所合計で9回線となる。この内、図中に示す5回線(F1～F5)にPVが導入される想定とし、PVの導入量に応じて必要な対策費用を変電所全体で算出する。本試算においては、配電線における電圧制約や容量制約に対する対策の他、PV連系容量が配電用変圧器の容量を超過した場合には、配電用変圧器の取替工事費を積算する。配電用変圧器の容量に関しては、1バンクを対象とした評価と同様、6kV対策では10、20、30MVA、部分昇圧では20、30、45MVAを想定する。

配電用変電所単位での経済性評価では、1回線を対象とした評価において、ホスティングキャパシティが最大となる検討ケースを、部分昇圧と6kV対策それぞれについて選択し、選択された2つの検討ケースに対して変電所エリア単位での評価を実施する。

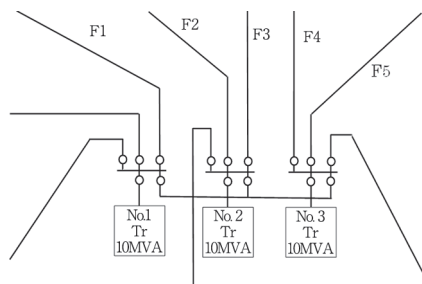


図6 配電用変電所エリア想定

(2) PV集中配置における経済性評価

力率制御無しの1回線あたりのホスティングキャパシティと年経費の関係を図7に示す。横軸は、負荷(1,380kW)に対するPV導入量の比率(PV導入率)で示している。本図の結果において、6kV対策と比較し、部分昇圧は年経費が高い傾向にあることが分かる。なおコスト増にも関わらず、ホスティングキャパシティが下がっている検討ケースは除外している。

1回線を対象とした評価において、ホスティングキャパシティが最大となる検討ケースは、6kV対策で対策モデル5 Var調整器、部分昇圧で対策モデル17・部分昇圧+400sqとなった。変電所エリア単位におけるPV導入量と年経費の関係を図8に示す。なお本図の横軸

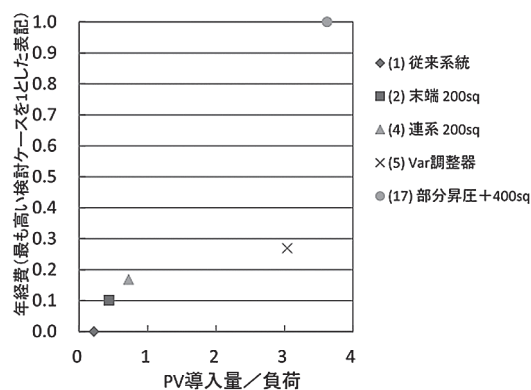


図7 PV導入率と年経費の関係性(PV集中、力率制御無し、1回線)

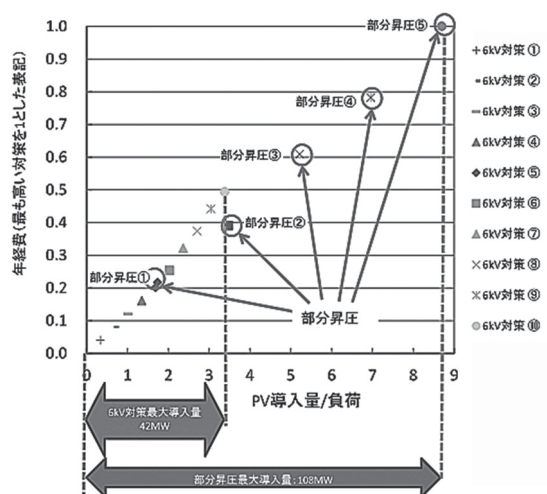


図8 PV導入率と年経費の関係性(PV集中、力率制御無し、変電所エリア)

は、変電所単位の負荷（1,380kW/回線×9回線＝12,420kW）に対するPV導入量の比率で示している。6kV対策よりも部分昇圧の方が、費用対効果が高く、かつ最大導入量も大きい結果となった。これは、部分昇圧の設備容量を最大限活用するという条件付きではあるが、部分昇圧がPV逆潮流による電圧上昇対策の候補の1つになりえることを示している。

またPV集中配置における力率一定制御の経済性評価は、1回線あたりの経済性評価において、選択される検討ケースとホスティングキャパシティが、力率制御無しと同じであり、変電所エリア単位での評価も力率制御無しと完全に同一となるため、ここでは割愛する。

以上のとおり、PV集中配置においては、力率制御の有無に関わらず、6kV対策よりも部分昇圧の方が、費用対効果が高く、かつ最大導入量も大きい結果となった。これは、部分昇圧は高压連系したPVからの逆潮流のルート上の設備に対して重点的に設備投資することで、費用対効果を向上させているものと解釈できる。

（3）PV分散配置における経済性評価

①力率制御無しの経済性評価

力率制御無しの1回線あたりのホスティングキャパシティと年経費の関係を図9に示す。6kV対策と比較すると、部分昇圧は、年経費とホスティングキャパシティが共に高い傾向にあることが分かる。

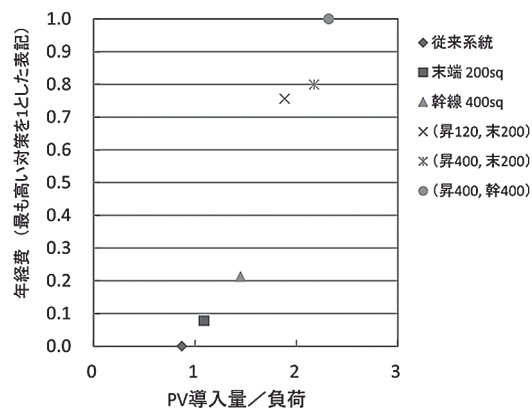


図9 PV導入率と年経費の関係性（PV分散、力率制御無し、1回線）

1回線を対象とした評価において、ホスティングキャパシティが最大となる検討ケースは、6kV対策で対策モデル9幹線400sq、部分昇圧で対策モデル20・部分昇圧（昇400、幹400）となった。変電所エリア単位におけるPV導入量と年経費の関係を図10に示す。部分昇圧よりも6kV対策の方が、費用対効果が高く、かつ最大導入量も大きい結果となった。

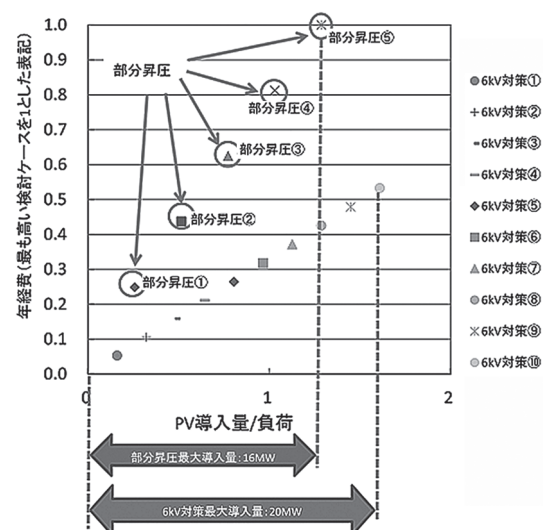


図10 PV導入率と年経費の関係性（PV分散、力率制御無し、変電所エリア）

②力率一定制御の経済性評価

力率一定制御の1回線あたりのホスティングキャパシティと年経費の関係において、ホスティングキャパシティが最大となる検討ケースは、力率制御無し時と同様に、6kV対策で対策モデル9幹線400sq、部分昇圧で対策モデル20・部分昇圧（昇400、幹400）となった。しかし、力率制御無しと比較して、部分昇圧でのPV導入量が増加し、その結果、変電所エリア単位におけるPV導入量と年経費の関係を図11に示すとおり、6kV対策と部分昇圧の費用対効果が同等である結果を得た。

③分散制御の経済性評価

分散制御の1回線あたりのホスティングキャパシティと年経費の関係においても、ホスティングキャパシティが最大となる検討ケースは、力率制御無しと同様に、6kV対策

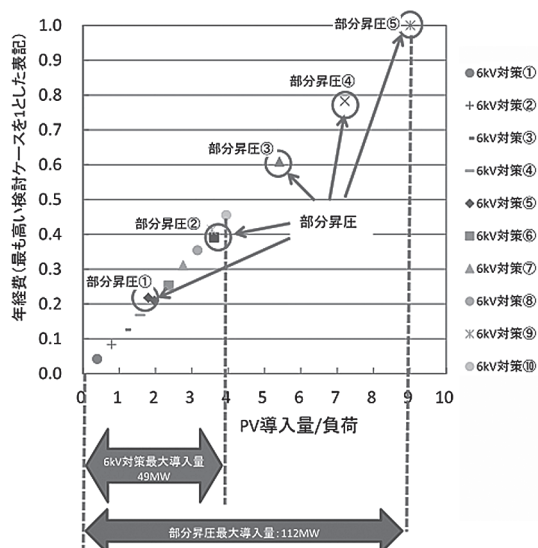


図 11 PV 導入率と年経費の関係性 (PV 分散, 力率一定制御, 変電所エリア)

で対策モデル 9 幹線 400sq, 部分昇圧で対策モデル 20・部分昇圧 (昇 400, 幹 400) となった。分散制御は, 6kV 対策も部分昇圧も PV 導入量が増加していたが, 特に 6kV 対策の方が大きく増加していた。その結果, 変電所エリア単位における PV 導入量と年経費の関係を図 12 に示すとおり, 6kV 対策の方が部分昇圧より経済性が優れているという結果を得た。

以上のとおり, PV 分散配置においては, 力率一定制御を実施した場合, 6kV 対策より部分昇圧の方が, 最大導入量が大きく増加しており, 部分昇圧と力率一定制御の組み合わせは, 有効な手段であることが分かる。さらに, 分散制御では, 6kV 対策と部分昇圧共に, 最大導入量が増加しているものの, 6kV 対策の費用対効果の方が高くなっている。これは, 分散制御のように無効電力の補償量を

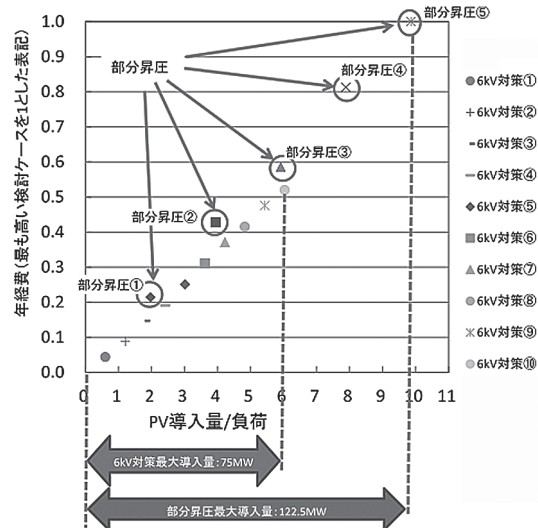


図 12 PV 導入率と年経費の関係性 (PV 分散, 分散制御, 変電所エリア)

高度に制御することによって, 高圧線における複雑な電圧変動を, 電圧管理の範囲内に収めることが可能になるためである。その結果, 6kV 対策の PV 導入量が増加し, 費用対効果が向上したものと考えられる。

5. おわりに

2 以上のとおり, 本検討では PV 大量導入時が想定される次々世代 (2050 年頃までを視野) の配電制御システムの将来像について検討を実施した。検討ではホスティングキャパシティを用いた電气的特性分析と, 配電線 1 回線単位および配電用変電所エリア単位での経済性評価を実施した。結果および考察を表 8 に示すとともに, 以下のとおり整理する。

表 8 各条件下における検討ケースの評価

配電線 1 回線単位での評価			
PV 配置	力率制御方式	6kV 対策	部分昇圧
PV 分散配置	—	○	△
	力率制御無し	○	△
	力率一定制御	○	△
	分散制御	○	△
配電用変電所エリア単位での評価			
PV 配置	力率制御方式	6kV 対策	部分昇圧
PV 分散配置	—	△	○
	力率制御無し	○	△
	力率一定制御	○	○
	分散制御	○	△

- 電気的特性分析および経済性評価により、次々世代の配電系統の将来像について、整理した。
- PV 大量導入された場合、配電系統では電圧上昇だけでなく、電圧降下や電圧不安定現象まで起こりうる可能性がある。
- 農山村地域において、PV 集中配置では変電所単位で大量に導入された場合、22kV 電圧階級を用いた部分昇圧も対策候補の1つとなりうる。
- 将来の PCS 力率制御方法が、より高度な制御手法を用いる場合、配電系統側の対策も変わってくる。
- 蓄電設備やデマンドレスポンスなど、その他要因によっても次々世代の配電系統の将来像は大きく変わってくる可能性がある。

[謝辞]

本研究は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術開発機構（NEDO）の委託業務の一環として実施された。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- (1) 電気協同研究会, 「配電系統における力率問題とその対応」, 第 66 巻第 1 号, 2010 年
- (2) 石川幸一郎・谷口治人・鈴木宏和・太田豊・水野陽二郎, 「太陽光発電が大量に連系された系統の電圧に関する基礎特性」, 電気学会論文誌 B, vol. 134, pp. 2-8, 2014 年
- (3) 電気協同研究会, 「配電系統の高調波障害防止対策」, 第 37 巻第 3 号, 1981 年
- (4) 「月刊 建設物価」, 建設物価調査会, 2015 年 12 月
- (5) 「電気設備工事積算実務マニュアル」, 全日出版社, 2015 年
- (6) 「月刊 電設資材」, 電設出版, 2015 年 12 月
- (7) 国土交通省, 「土木工事標準積算基準書（電気通信編）」, 2013 年
- (8) 新エネルギー・産業技術総合開発機構, 「新電力ネットワークシステム実証研究 新電力ネットワーク技術に係る総合調査」, 2008 年
- (9) 関根泰次, 「配電技術総合マニュアル」, 1991 年
- (10) 電気共同研究会, 「20kV 級 / 400V 配電方式普及拡大技術」, 電気共同研究, Vol.56, No. 3, 2000 年



Dr. Y. Nakamura

✱ ✱ ✱



Dr. Toshiyuki Kameoka is a middle-aged man with dark hair, wearing glasses, a white shirt, a striped tie, and a dark suit jacket. He is looking directly at the camera with a neutral expression.

に分離独立した。人口2億人弱で、1人あたりのGDPは1,500米ドル/年程度にとどまっているものの、全体の72%が35歳以下という典型的な人口ピラミッド構造を持っている。2050年になっても人口の50%が35歳以下という「人口ボーナス」を享受できる状況にある。大きな人口と市場、さらには人口ボーナスの享受により、GDP増加が期待されている。

産業は農業が中心。インダス川流域での灌漑による綿花、サトウキビの栽培が主たる産品である。輸出品は綿花、繊維、砂糖が主で、慢性的な貿易赤字を海外への出稼ぎによって補っている。カシミール地方の帰属をめぐってインドとの間で紛争が続いており、現在でも国境線が確定していない。アフガニスタンと国境を接し、政治的には不安定な状況が多く、クーデターで混乱した時期もあったが、この20年ほどは文民政治が続き比較的安定している。

日本との関係では、戦後いち早く旧ニチメンによってインド・パキスタンからの綿花の輸出が再開されるなど、深い関係にある。親日的な国として知られ、わが国の自動車各社が現地生産していることもあり、パキスタンの自動車の97%が日本車である。インドに対する対抗上、中国への依存度を深めているも

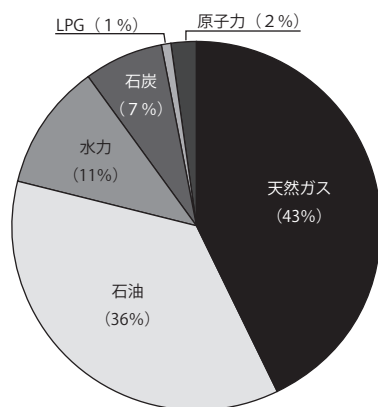
第41卷第1号(2018)

の、わが国の技術に対する信頼度は極めて高く、わが国に対する期待は大きい。

3. パキスタンのエネルギー事情

(1) 一次エネルギー構成

パキスタンの1次エネルギー構成をみると、図1に示すように、天然ガスがほぼ半分(43%)を占めている。天然ガスの供給量は今後減少の一途をたどると予測されているため、天然ガスへの依存比率を下げる事が求められている。天然ガスの供給は需要をカバーしきれず、今後はLNGとしての輸入に依存せざるを得ない状況にある。



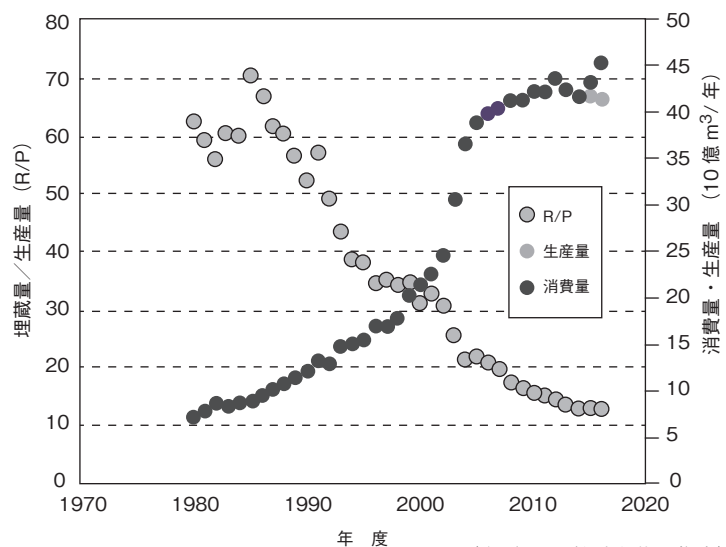
(出所: Pakistan Energy Year Book)

図1 パキスタンの一次エネルギー構成
(2014-2015年度)

図2に示すように、パキスタンの国産天然ガス生産量と消費量は、2014年度まで同一であった。国産天然ガス生産量は2000年過ぎから急増したが、2005年以降は頭打ちとなっている。天然ガスの供給不足に対応するため2014年度からLNGの輸入を開始したため、それ以降、消費量が生産量を上回っている。一方、R/P(埋蔵量/生産量)は減少の一途を辿り、現在では15年を切り、枯渇一步手前の危機的状況にある。

2013-2014年の石油精製による製油量は980万トンで、石油需要の57%を占めた。不足分は、燃料油(FO)、ハイスピード・ディーゼル油(HSD)、モータースピリット(MS)として輸入した。近年、レギュラーガソリンに相当するMSの輸入量の伸びが著しい。エネルギー省はMSとハイオクガソリンに相当するハイオクタン・ブレンディング・コンポーネント(HOBC)の需要が著しく伸びると予測している。

パキスタンの一次エネルギー構成に占める石炭の比率はわずか7%と極めて低い。パキスタンにおける石炭の用途は、電力用が2%以下に対し、セメント用とレンガ焼成用が全体の9割以上を占める。電力用の石炭を少しでも増やしたいというのがパキスタン政府の悲願となっている。電源構成に占める石



(出所: BP 統計を基に作成)

図2 国産天然ガスのトレンド

炭の比率はわずか1%である。この比率を上げるために、中国資本とカタール資本の合併による Port Qasim Energy Holding によって 660MW × 2 系列、合計 1,320MW の石炭発電所をカラチに建設中である。発電所用の石炭は輸入される計画である。

電力用石炭の比率を上げるには、輸入するしかなかったが、タール炭鉱から石炭が生産されれば、輸入せずに電源構成中の石炭比率を上げることが可能となる。

(2) エネルギーの販売価格

国産ガスがある限りはパキスタンの天然ガス販売価格を世界的に見て極めて安価とすることが可能であったが、LNG の輸入が始まったこともあり、石油ガス規制庁 (OGRA) は 2016 年 11 月に天然ガス価格を平均で 36% 高くすることを発表した。販売価格が 36% 上昇することで世界の平均に近付くことになる。

一般家庭用と肥料工業向けの天然ガスの販売価格は、図3に示すように低く抑えられている。一般家庭用と肥料工業向けは 1 米ドル / 百万 Btu 程度である。このため、輸入価格の高い LNG で天然ガスの不足を補っていくことは実質的に不可能になり、肥料工業向け価格は 5 米ドル / 百万 Btu 程度まで改定されたばかりである (OGRA によれば、昨年末の肥料原料用天然ガス価格は 1 米ドル / 百万 Btu

程度であった)。

トルクメニスタンとイランからのパイプライン計画がそれぞれあり、着工したとの報道もある。現地ヒアリングによれば双方ともに当面完成の可能性はゼロに近い。完成したとしても、国境でのガス価格が 11 米ドル / 百万 Btu 程度に設定されるため、LNG と同等もしくはそれ以上の価格となる。

(3) 電力セクターの概況

水力では、水利電力公社 (WAPDA) により大部分が発電され、火力では、5 社から成る公共発電会社 (GENCOS) と独立系発電業者 (IPP) により発電されている。また、原子力では、パキスタン原子力委員会 (PAEC) によって発電されている。

WAPDA, GENCOS, IPP が発電した電力は、国営配電会社 (NTDC) と地方の給電会社 (DISCOS) により送配電される。カラチにはカラチ電力供給公社 (KESC) があり、GENCOS や IPP から直接受ける電力を需要家に供給している。

図4にパキスタンの 2014 年の電源別発電設備容量の割合を、図5に同年の電源別発電電力量の割合を示す。発電設備容量の割に石油による発電電力量が多いのは、電力の需要増に対して石油の輸入で対応しているためと考えられる。

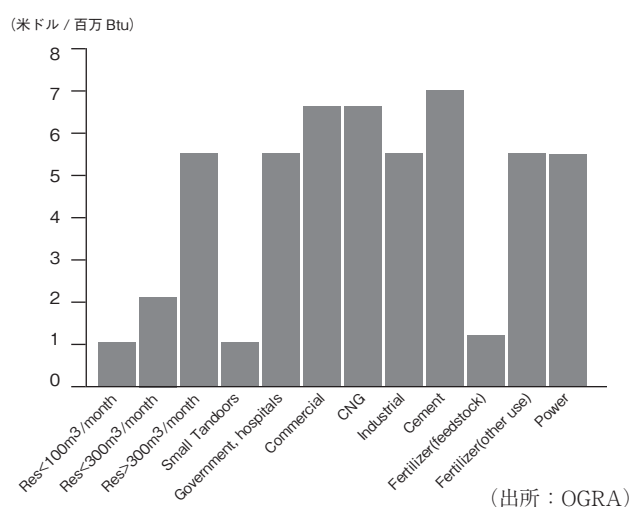
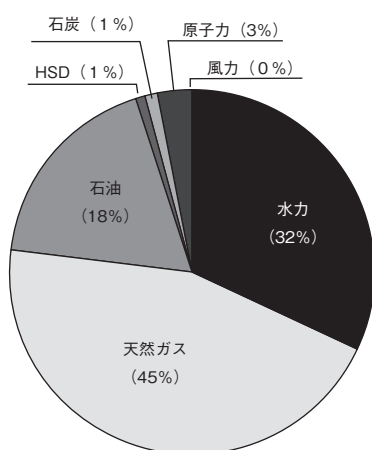


図3 パキスタンにおける天然ガスの販売価格 (価格改定前：2016 年 11 月現在)



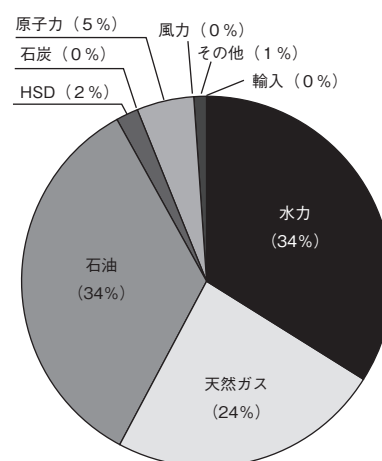
(出所：NTDC データより作成)

図4 電源別設備容量の割合 (2014 年)

今後の電力需要の伸びは輸入される石油とLNGに依存せざるを得ない状況にある。貿易赤字が続くパキスタンにとって、現在開発中のタール炭鉱への期待は極めて大きい。

4. タール炭とは

シンド州東部のタール炭は、1,800 億トン程度の埋蔵量を誇るものの、地下100m以上に賦存し採掘に技術を要することから、現状ではほとんど利用されていない。エネルギー価格の高騰を受けて、2019 年の石炭生産開始を目指して炭鉱開発が進み、後述するが、隣接して石炭火力発電所も建設中である。このため、現地調査を行い、石炭のサンプルを入手



(出所：NTDC データより作成)

図5 電源別発電電力量の割合 (2014 年)

するとともに、プロジェクトの進捗状況を調査した。また、タール炭鉱の位置するシンド州東部は砂漠地帯であり、用水、電力網、石炭供給等のインフラ整備状況を調査し、不足するものの整備方法を検討した。

タール炭鉱は、図6に示すようにシンド州東部に位置する。シンド州はパキスタンの南部にあり、港湾都市として発展したカラチを州都とする。タール炭鉱は、カラチの東方350kmにあるタール砂漠に位置し、褐炭を露天掘りで採掘しようとする炭鉱開発中である。図7に示すタール砂漠には、図8のような小さな集落が点在し、ヤギやヒツジの放牧をしている。露天掘りの対象範囲の住民は、用意された移住用住居を無料で利用でき、職業訓練



(出所：国際協力機構 (JICA))

図6 タール炭鉱の位置



図7 タール砂漠



図8 タール砂漠の集落

を受けることもできるので、炭鉱関連施設に就業することも可能である。

また、パキスタンにおける輸送用燃料の利用状況ならびに今後の見通しを調査することで、パキスタンにとって好ましい輸送用燃料を整理するとともに、水分および灰分が多いタール炭の性状を分析評価し、その特性からみて最も適した輸送用燃料製造プロセスを検討することとした。

タール炭鉱のブロックⅡは、中国の資金援助のもと炭鉱開発と発電所建設が同時並行で進んでおり、2018年度中に出炭を目指している。95.5km²のエリアに15.7億トンの可採埋蔵量を確認済みである。第1段階として、年産380万トンのタール炭を330MWの発電所2基に供給し、その後2,060万トン、計4,000MWに拡大する計画である。炭鉱から発電所までは約4～5kmで、炭鉱掘削面積は現在1,000m×600mである。今後、1,400m×1,600mに拡張予定で、最終的に、60年で石炭の採掘を完了する計画である。

地下155mの位置に厚さ22～32mの石炭層がある。なお、地下57mと120mには水層がある。図9に示すように、2017年2月時点で深さ65m程度まで表土を掘削済みである。同年11月には8段（約108m）まで掘削が進んだ。10段まで掘削すれば石炭層まで到達する見込みである。除去した砂は周囲の土砂置き場に積み上げている。1層目の水層はウエルポイントを使用することで水抜きが可能と



(出所：双日(株)カラチ支店)

図9 表土除去工事中のタール炭鉱

なり、順調に表土掘削が進んでいる。水の移動速度は遅く、1m／日程度で、4年もすればなくなる見込みである。また、1層目の水は塩分を含まないので、灌漑に利用可能である。

5. タール炭の有効利用

現在開発中のシンド州東部のタール炭鉱は長い間利用されていなかったが、上述のように、石炭火力発電所が建設中であり、間もなく運転が開始されようとしている。2017年11月時点の隣接発電所のボイラー工事状況を図10に示す。

当研究所による調査では、図11に示すプロセスを対象に、この未利用炭を、ガス化を中心とする石炭の高効率利用技術により輸送用燃料とするプロジェクトのフィージビリティ・スタディ（FS）を実施した。ガス化後の合成



図 10 タール炭鉱で建設中の火力発電所
(330MW × 2)

ガスから、メタノール、DME、MTG（メタノールからのガソリン製造プロセス）、水素等の輸送用に使用可能な燃料を製造する場合のプロセスを比較し、パキスタンにおいて最も適した輸送用燃料製造プロセスを選定しようとする

るものである。将来の化学コンビナートへの展開を考慮してアンモニア、尿素の検討も行った。なお、パキスタン側のカウンターパートで、エネルギー関連の非営利団体、パキスタン・エンジニアリング・アカデミー（PAE）に外注して、現地調査の効率化を図った。

サンプル石炭の分析値および文献値から、タール炭の性状は水素（H）および酸素（O）比率が高く、揮発分（VM）が約 30 wt%-dry と多く含まれることから、ガス化は容易であると考ええる。ガス化・熱分解特性、水分、灰成分、粘結性、およびハンドリング性（粉碎性）共に石炭ガス化炉への適用範囲である。但し、全水分は平均でも約 40 wt% 以上と高いため、ガス化効率向上のためには事前乾燥が必要となる。

表 1 にプロセスの比較検討の結果を示す。その結果、石炭ガス化を経由するアンモニア／

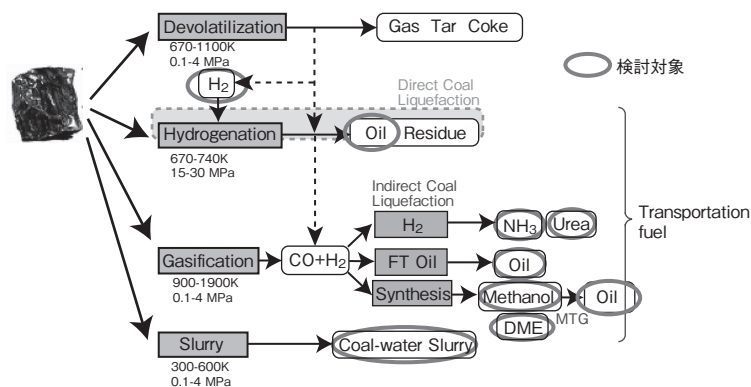


図 11 検討対象のプロセス

表 1 プロセス比較結果

	現 状	タール炭利用可能性
アンモニア・尿素	○ 商業化(大規模) 天然ガスからの製造が主。中国では石炭から。	天然ガスが枯渇し、海外からのLNGやパイプラインが主となると競争力あり。
メタノール	○ 商業化(大規模) 天然ガスからのメタノールが主。中国、米国では石炭から。	中国ではガソリンと混合したM15が普及しており可能性あり。排ガス中のアルデヒド等環境対策が課題。
DME	商業化(小規模) 1万トン/y。中国では、20万トン/年のプラントが複数完成。	セタン価:55~60であり、ディーゼル代替。普及停滞。
間接石炭液化	特異な条件で商業化。南アフリカではアパルトヘイトのため原油禁輸となりSasol社で商業化。5万BPSD※×2。	オクタン価:低い。セタン価:80程度。わが国の技術では当面困難。
直接石炭液化	実証段階 日本では150トン/dパイロットプラント(鹿島)。中国で3万トン/d 商業装置完成。	ガソリン留分のオクタン価高い。軽油留分のセタン価低い。原油が高騰した場合、経済性から可能性あり。しかし、高度な技術を要するので、導入困難か?
MTG (メタノール to ガソリン)	商業化 エクソンがニュージーランドで14500 BPSD運転(1985年)、その後中止。	オクタン価:92~94。メタノール製造コスト次第で可能性あり。
水素	商業化(大規模) 石油精製で大規模に生産。石炭ガス化では主にアンモニア製造。	現状、市場はない。ガスタービン発電用やFCV用が考えられるが、長期を想定。
SNG	商業化(大規模) ミネソタ州ではCO2をEOR向けに販売。	タール炭鉱から消費地までのパイプライン敷設が必要であり、その分を考えると経済性から困難。
JCF (JGC Coal Fuel)	実証段階 JGCがインドネシアで1万トン/年デモプラント試験終了。	重油代替。原油価格80米ドル/バレル以上では競争力あり。既設重油ボイラーに適用の場合、改造費がネック。

※ BPSD:バレル/ストリームデー(運転日数)

尿素と燃料用メタノールの製造プロセスについて経済性評価まで実施することとした。経済性評価まで至らないプロセスについてはその理由を表に示す。間接石炭液化は経済性に課題があり、コスト高でも利用せざるを得なかった南アフリカのような特殊な状況にあって初めて商用化が可能となるため、検討対象から外した。

MTG は、ガソリン価格よりメタノール価格の方が高い時期が多く、ニュージーランドの MTG プラントではメタノールだけ生産し MTG プラントを休止している。パキスタンでは水素をエネルギーとして使用する環境に至っていないと判断し、水素製造についても経済性評価を見送った。SNG はタール炭鉱山元にパイプラインがないことから検討の対象から外した。また、JCF (JGC Coal Fuel) は、対象となる石油ボイラーの比率が低いことと、多量の灰に対応するための改造費がネックとなるため適用を見送った。

6. 概念設計と経済性検討

水分が多く自然発火性の高いタール炭を長距離輸送して利用するのは、石炭輸送専用道路や石炭輸送用鉄道のない現状では現実的でない。したがって、今回の概念設計では山元立地とした。

ガス化設備は、新日鉄住金エンジニアリング社の ECOPRO、石炭処理量 6,000t/d (3,000t/d × 2 系列) とした。事前乾燥装置、石炭粉碎乾燥装置、ガス化装置、集塵装置から構成されている。必要な酸素等の用役を供給する設備も併設することとした。物質収支、熱収支および用役消費量、主要設備仕様、設備プロットプランについて、新日鉄住金エンジニアリング社に外注して設計し、建設費、要員計画を算定した。

石炭ガス化設備からの合成ガスを原料とするアンモニア・尿素プロセスと燃料用メタノールプロセスの概念設計を千代田ユーテック社に外注して設計し、用役消費量、建設費、要員計画を算定した。

燃料用メタノールプロセスは、CO 転化反応工程、酸性ガス除去工程、合成ガスの昇圧及びメタノール合成反応工程、及び粗メタノール蒸留・精製工程で構成されている。設備規模はメタノール日産 3,030 トンである。アンモニア・尿素プロセスと似ている部分も多いが、許容される不純物、CO 濃度等細かく見ると両者は異なっており、それぞれ最適な設計をする必要がある。

建設費の設定にあたっては、パキスタンのローカルファクター (L/F) を 0.65、カラチからタール砂漠への資材輸送費分のコンテンツエンシーを 5%、2016 年ベースの山元での建設費を 6 億 8,300 万米ドルとした。燃料用メタノールとアンモニア・尿素プラントについては、サウジアラビアの建設費をベースに、パキスタンの L/F (0.65) から算出した建設費に、コンテンツエンシー 5% を考慮し、それぞれ 3 億 2,300 万米ドル、5 億 9,600 万米ドルとした。

原料石炭の価格は、乾燥前の水分を含んだ状態 (AR: As Received) で 10 ～ 40 米ドル/トンの範囲とした。現地調査においてヒアリングした結果、工業用水価格は 0.6 米ドル/トンとし、純水は自製することとした。

電力価格には、タール炭鉱に建設中である発電所の建設後 13 年以上経過したときの想定価格、5.8 米セント /kWh を使用した。副産品や助剤はカラチまでの輸送費 80 米ドル/トンを考慮し、輸送費控除もしくは輸送費加算を行った。硫黄は国際相場の 120 米ドル/トンから輸送費 80 米ドル/トンを控除し、40 米ドル/トンで副産品控除することとした。

石炭価格を 10 ～ 40 米ドルで振らせた場合のメタノールの製造コストを図 12 に示す。原料費以外の変動費は電力コストと燃料コストが主である。その他固定費は修繕費、税、保険が主である。

AR での石炭価格を 10 米ドル/トンから 40 米ドル/トンの範囲で変動させ、メタノール販売価格を横軸に、縦軸に内部利益率をとったグラフを図 13 に示す。内部利益率が 20 年で 9.5%

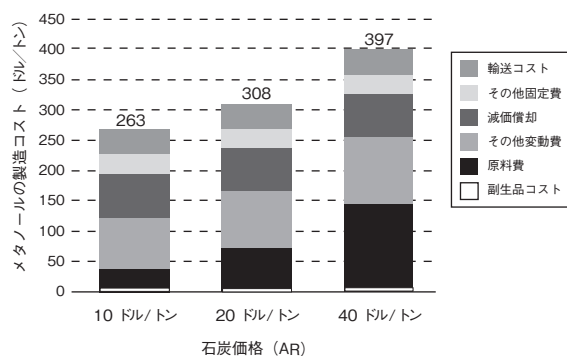


図 12 メタノールの製造コスト

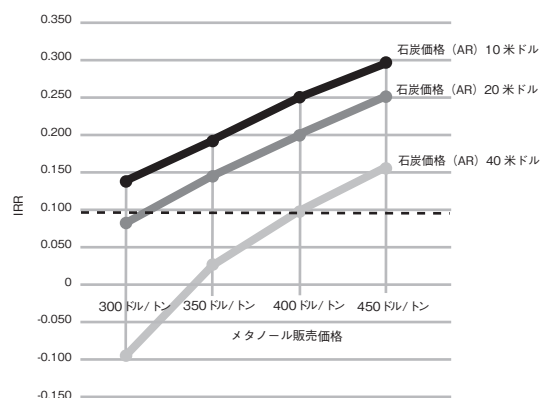


図 13 メタノール販売価格と内部収益率 (IRR) の関係

となるラインを点線で示す。図より石炭価格が 40 米ドルの場合はメタノール販売価格が 400 米ドル/トン でも内部利益率が 20 年で 9.5%

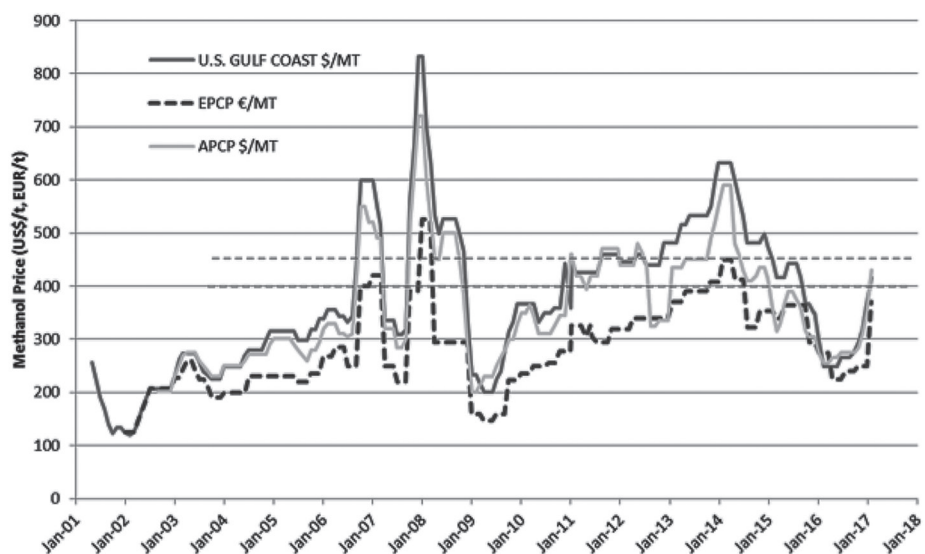
となり「事業性あり」と判断できる。メタノール販売価格が 450 米ドル/トン であれば、石炭価格が 50 米ドル/トンでも事業性がある。

図 14 に示すように、メタノールの国際価格は近年、400 米ドル/トン程度で推移している。したがって、メタノール販売価格 400 米ドル/トンで販売可能となれば、事業が成立することを示す。

次に、アンモニア・尿素プロセスについて検討した。アンモニア・尿素プロセスは CO 転化反応工程、酸性ガス除去工程、ガス精製工程、合成ガスの昇圧及びアンモニア合成工程、尿素合成工程、循環・回収工程、濃縮工程、造粒工程、排水精製工程からなる。設備規模はアンモニア日産 2,200 トン（但し、全量尿素の原料として消費される）、肥料用尿素日産 3,850 トンとして経済性検討を行った。

燃料用メタノールの経済性検討と同様に、石炭価格を 10～40 米ドル/トンで振らせた場合の尿素の製造コストを図 15 に示す。原料費以外の変動費は電力コストと燃料コストが主である。その他固定費は主に修繕費、税、保険である。

内部利益率の計算から、20 年で IRR9.5% を得るためには、330 米ドルで尿素を販売する必要がある。尿素の国際価格は 2011 年



(出所: Metanex のデータを基に作成)

図 14 メタノールの国際価格

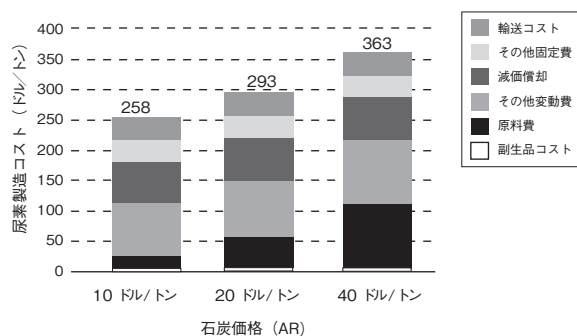


図15 尿素製造コスト

～2013年には300～500米ドルであったが、2016年～2017年には300米ドル以下に低迷した。平均すれば、330米ドルで尿素を販売することは可能と思われる。

ただし、図16に示すように、中東湾岸諸国におけるアンモニアの製造コストとアラブ湾FOB価格との差を考慮すると、中東湾岸諸国からの輸入圧力はかなり大きいものと考えられる。

それぞれの国際価格は時期により大きく変動しているが、両者の比較はおおむね同等と考えてよい。そうであるとすれば、尿素はすでに市場があるのに対し、燃料用メタノールはこれから市場を作る必要がある分だけ不利

となる。さらに、農業国であるパキスタンにとって、尿素を高価なLNGから作らなければならないということは補助金が不可避となり、極めて望ましくない状況となる。したがって、今回推奨するプロセスとしてアンモニア・尿素製造プロセスを選択した。

現地調査において、現地の肥料会社にヒアリングを行った。その結果、自社でガス田を保有する肥料会社は、石炭からアンモニア・尿素を製造することが、自社のガス田からの天然ガスからアンモニア・尿素を製造することに比べてあまりにコストがかかりすぎるために事業化に躊躇していた。

パキスタンにおいては、天然ガスの供給が十分でないため、アンモニア・尿素製造設備の稼働率が7、8割となり、毎年150万トン程度の尿素を輸入している。タール炭が30～40米ドル/トンで供給可能になり、現状より天然ガスの供給が厳しい状況になれば、石炭からのアンモニア・尿素製造の事業化の可能性はより大きくなると思われる。

タール炭からの尿素製造を考慮した場合、パキスタンでは、IRR9.5%、20年という条件での出資はかなり難しく、プロジェクト体制

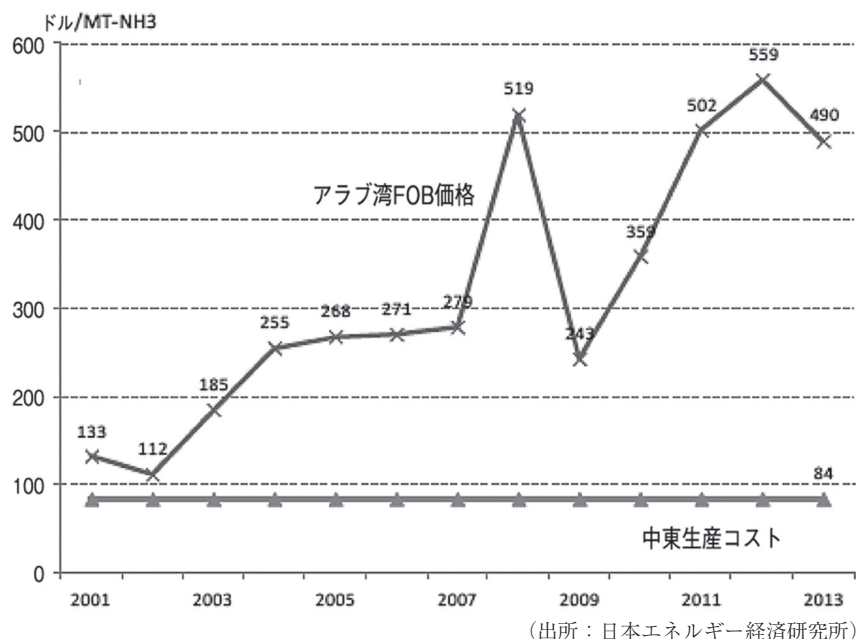


図16 アンモニアの国際価格

を構築するには公的な補助金や低金利の融資が望まれる。

8. シンポジウムにおける成果の報告

2017年2月4日にカラチにおいてシンポジウムを開催し、調査の成果について報告した。約100名の関係者の出席のもと、在カラチ磯

村総領事、NEDO中元主査の挨拶の後、当研究所を始めとして外注先関係者が調査結果のプレゼンテーションを行った。テレビやマスコミの取材もあり大きく注目を浴びることができた。図17は、同シンポジウムについて報じた新聞記事。図18は、会場での様子である。



図17 シンポジウムについて報じた新聞記事



(現地メディアのインタビューに答える小野崎)



(在カラチ磯村総領事による挨拶)

図18 シンポジウムの様子

[謝辞]

本検討は NEDO の平成 28 年度委託調査の概要を取りまとめたものである。発表の許可を頂いた NEDO に感謝する。詳細については、「クリーンコール技術海外普及展開等事業／石炭高効率利用システム案件等形成調査事業／パキスタンにおけるガス化等による未利用炭有効利用プロジェクトの案件発掘調査」報告書を参照願いたい。

調査にあたっては、在カラチ総領事館、日本貿易振興機構（JETRO）、商社等在カラチの関係者のご協力を頂いた。また、PAE を始めとする外注先関係者にはカラチでのシンポジウムでの報告をお願いした。併せて感謝する。

参考文献

- (1) 平成 28 年度成果報告書「クリーンコール技術海外普及展開等事業／石炭高効率利用システム案件等形成調査事業／パキスタンにおけるガス化等による未利用炭有効利用プロジェクトの案件発掘調査」, 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構, (委託先) 一般財団法人エネルギー総合工学研究所, 平成 29 年 3 月
- (2) Pakistan Energy Yearbook 2015, Ministry of Petroleum & National Resources, Hydrocarbon Development Institute of Pakistan, Islamabad, June 2016
- (3) 「パキスタン国タール炭田開発支援に向けた情報収集・確認調査」調査報告書, 独立行政法人 国際協力機構 (JICA), 日本工営(株)、鉱山エンジニアリング(株), 平成 25 年 2 月
- (4) 「円借款案件概要書」, 国際協力機構 南アジア部南アジア第二課, 2013 年 6 月 25 日
- (5) Hagler Bailly Pakistan, 330MW Coal-Fired Power Plant in Energy Park, Block II Thar Coalfields, Environmental and Social Impact Assessment, Final Report, Volume 1 of 2, HBP Ref: R4P05THP, Thar Energy Limited., Karachi, August 9, 2016
- (6) Merchant Research & Consulting Ltd., Ammonia Market in Pakistan: 2016-2020 Review

平成 30 年度 事業計画

(一財) エネルギー総合工学研究所

1. 基本的な考え方

当研究所は、わが国のエネルギー工学分野の中心的な調査研究機関として、産・学・官のエネルギー技術に関する専門的な知見・経験を相互に結び付け、「総合工学」の視点に立脚して調査、研究、評価、成果の普及等に努めてきた。技術は、わが国が国際社会で優位性を維持・向上する上で不可欠な資産であり、将来のリスクに対応し得る強靱なエネルギー戦略の構築・実現に貢献するものである。

当研究所は、今後とも「エネルギーの未来を拓くのは技術である」との認識の下、俯瞰的、長期的な視座をもって、エネルギー技術に関する調査、研究、評価、成果の普及等に取り組んでいく。

2. 最近の情勢

世界のエネルギー情勢は、欧米や中国を中心に世界経済の堅調な回復が進む一方、中東や東アジアの地政学的リスクや英国の欧州連合脱退(Brexit)交渉の行方など、国際政治・経済に対する不透明感が増す中、米シェールオイルの生産拡大や昨年 11 月の石油輸出国機構(OPEC)と非加盟主要産油国との協調減産継続の合意、原子力の中国での規模の拡大や中東・アジアを中心とした新規導入計画の進展、小型モジュール炉をはじめとする次世代原子炉開発の動き、世界規模での再生可能エネルギーの導入促進、新興国における経済成長に伴うエネルギー需要の拡大や電化の進展等と相まって、急激に変化している。一方で、昨年 11 月にボンにおいて開催された国連気候変動枠組条約第 23 回締約国会議(COP23)においては、パリ協定の実施のための詳細ルール策定作業が進展している。エネルギー技術立国を目指すわが国としては、これらの諸課題に的確に対応していくことが求められている。

わが国のエネルギー情勢に関しては、まずエネルギーの供給面では、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーの導入が進む中、大量導入時の出力変動の吸収や火力発電の稼働率低下による調整力不足等が課題となっており、制度面での検討とともに蓄エネルギー技術を用いた系統運用に係る技術開発等が進められている。

原子力については、平成 23 年 3 月の東日本大震災に伴い発生した東京電力(株)福島第一原子力発電所事故(以下「福島第一事故」という。)に関し、平成 28 年 12 月に閣議決定された「原子力災害からの福島復興の加速のための基本指針」の下で住民の方々の帰還に向けた取組が進められるとともに、事故炉の廃炉・汚染水対策についても、昨年 9 月に廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議により「東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」の第 4 回改訂版が決定されるなど着実に進められている。また、福島第一事故後の原子力発電所の稼働状況については、これまでに 5 基のプラントが営業運転を再開したが、昨年 12 月の四国電力(株)伊方発電所 3 号機の運転差止仮処分の決定により、本年 1 月現在では 4 基が稼働中である。新規基準への適合性確認審査については、昨年末に東京電力ホールディングス(株)柏崎刈羽原子力発電所 6・7 号機が BWR として初めて原子炉設置変更許可がなされた。この他の適合性確認申請中の原子力発電所についても、所要の法令上の手続き等を経て再稼働が進められることが期待されている。

エネルギー需要面では、エネルギー利用のスマート化を目指したスマートグリッドやデジタル化、エネルギーマネジメントシステム等に関する技術開発のほか、世界でもトップクラスにある省エネルギーに係る技術開発や、燃料電池自動車等の次世代自動車に関する研究開発が進められている。加えて、エネルギーの貯蔵・輸送・最終利用

媒体として、水素が大きな注目を集め、未来の水素社会の到来を目指した取組が精力的に進められている。

エネルギー政策について見ると、2030 年を目標とするエネルギー政策の方針を示した 2014 年策定のエネルギー基本計画の見直しに関する議論とともに、2050 年までに温室効果ガス排出の 80%削減という目標の達成に向けた長期的なエネルギー政策の方向性に関する議論が、昨年から進められている。

また、エネルギーに関する規制・制度面では、昨年 4 月、新たな認定制度の創設や買取価格の決定方法の見直し等をはじめとする改正 FIT 法（電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法）が施行されたほか、エネルギー市場の一体的な制度改革を目指し、平成 28 年 4 月の電力の小売全面自由化に続いて都市ガスの小売全面自由化が実施された。さらに、電力システム改革の目的達成に向け、ベースロード電源市場はじめ各市場等の制度設計に関する検討が進められている。

なお、第 4 次産業革命が大きく進展する中で新たな社会システムのビジョンが求められており、わが国においても「Society 5.0」として、「超スマート社会」の実現に対応した科学技術イノベーション等に関する戦略が策定されている。このような社会システムの急激な動向を踏まえて、エネルギーバリューチェーンの最適化を図っていくことが求められている。

3. 平成 30 年度の事業

（1）エネルギー技術の俯瞰的評価

このような状況の下、当研究所は、エネルギーを取り巻く種々の問題の解決に向けて技術の可能性と重要性を認識し、将来のエネルギー需給のあり方についてエネルギー技術の観点から調査・分析を行ってきている。今後も、中立的な立場から、広範なエネルギー技術分野を俯瞰し、3E+S（安定供給、経済効率性の向上、環境への適合、安全性）の視点に加えグローバルかつ倫理的視点も併せ、エネルギー技術に係る知見の最新化や昨今の内外情勢を踏まえたエネルギー技術開発のあり

方について調査、研究及び評価を行い、今後のエネルギー・環境に関する問題の解決に向けたエネルギービジョンや様々な提言を発信し、国民経済の発展に貢献していく。なお、これらの調査研究に当たっては、第 4 次産業革命がもたらすエネルギーバリューチェーンのあり方を継続的に検討し、その結果を適宜反映させることとする。

また、当研究所は本年、創立 40 周年を迎える。これに当たり、当研究所の「中長期ビジョン」を改訂し、2050 年を目標としたエネルギー需給構造を見通すとともに、その達成に向け必要なエネルギー技術に関する展望を示すことにより、関係機関における戦略の検討に貢献する。

（2）エネルギーシステムや幅広いエネルギー技術分野での取り組み

当研究所の地球環境統合評価モデル（GRAPE）等の機能強化を図るとともに、同モデルを用いたエネルギーシステムや地球環境問題に関する分析を行う。

また、原子力、バイオマス・太陽・風力・水素等の新エネルギー、次世代高効率火力発電、クリーンコールテクノロジー（CCT）、CO₂の分離・回収・利用等を中心とする化石燃料の利用や次世代電力系統に係る最新技術の国内外における調査研究に加え、地熱バイナリー発電技術やケミカルループング燃焼等の技術開発にも取り組んでいくこととする。

さらに、再生可能エネルギーの一層の導入の観点から、蓄エネルギー技術を用いた出力変動制御や再生可能エネルギーによる高温熱の発生・貯蔵・利用に係る研究開発など、再生可能エネルギー大量導入時における対策技術に関する研究を行うこととする。

（3）原子力に関する取り組み

東日本大震災を契機に、安全は国民が広く希求する普遍的な価値として一層重視されてきている。当研究所としても、福島第一事故のような過酷事故（シビアアクシデント）発生時の原子炉内の挙動解析を的確に行う SAMPSON コードの解析能力の飛躍的な向上を目指すとともに、同コードを活用した福島第一原子力発電所の炉内及び原

子炉格納容器内の状況把握結果の国際的な情報共有を図るほか、シビアアクシデント時の安全系の機能に関する日米共同研究事業の取組を進める。

また、軽水炉技術開発事業に関しては、既設の軽水炉の安全向上に有効な技術開発を進める。

さらに、軽水炉の廃止措置について、工程、技術、制度に関する調査及び課題への対応策の検討や、標準整備に向けた調査研究、人材育成事業等を行うとともに、国内外の動向を踏まえ新型軽水炉、放射性廃棄物等に係る技術課題や原子力の人材育成・確保等についても調査研究を行うこととする。

(4) エネルギー需要に関する取り組み

エネルギー需要面においても技術の進展は目覚ましいものがあり、社会的な要請も大きくなってきており、需要機器の制御によって電力需給調整に貢献するデマンドリスポンス技術やエネルギーマネジメントシステムに関する調査研究を行う。

また、エネルギーマネジメントシステムに係る国際規格である ISO50001 の普及を引き続き推進する。

(5) 標準化に関する取り組み

標準化は、多くの技術について、その将来の開発や普及に大きな役割を果たしている。当研究所としても、エネルギーマネジメントや CCS (CO₂ 回収・貯留)、太陽熱利用等に係る国際標準化機構 (ISO) や国際電気標準会議 (IEC) での国際標準化に貢献していくこととする。

(6) エネルギー情報の共有支援

次世代電力ネットワーク、原子炉廃止措置、化学プラントの設備管理、太陽熱等の重要な技術分野について、関係企業や大学等の専門家による研究会や委員会を設置し、当該技術に関する調査、研究を行う。

(7) 情報発信

当研究所における上記の研究成果を国民や関係機関等に情報発信するとともに、エネルギー技術や気候変動に係る重要なテーマに関し、産・学・

官の連携、国際的な広がりを図りつつ、適宜、シンポジウムやセミナー等を開催し、エネルギー技術開発のあり方について提言を行う。また、最新の技術に関する「情報」と「評価」を、賛助会員企業をはじめとする関係各位に提供するため、エネルギー技術情報プラットフォームの更新・改良を進めていくこととする。

4. 事業を進めるにあたって

当研究所を巡る経営環境には依然として厳しいものがあり、事業収支均衡に向けて一層の収益の確保と業務運営全般に亘るコストダウン等により、健全な事業経営の維持に努める。このため、積極的に企画提案等を行い、これまで蓄積してきた知見を生かし、質の高い調査研究を行うとともに、役職員一同経営の効率化に向けて努力する。

その際、以下の点に留意する。

- ① 国の政策、市場ニーズ、社会の受容性など、技術と社会との係わりを考慮して、学際的な調査研究の実施、異分野の調査研究や海外の研究機関との連携等による総合工学の視点に立ったアプローチを進める。
- ② 当研究所創立 40 周年を迎えるに当たり改訂する「中長期ビジョン」等を踏まえ、高度な専門性と調査研究能力を有する研究員の育成など、調査研究基盤の高度化を図る。
- ③ コンプライアンス体制の強化が不可欠であり、当研究所の事業に係る協力企業や外注先企業も含め、行動規範等の徹底を図る。また、一般財団法人としての内部統治 (ガバナンス) 及び会計・税務面における責務を遂行するために、外部監査及び内部監査の充実を図るとともに、規程、マニュアル等の整備を進める。
- ④ 調査研究成果等の適切な普及、さらには賛助会員各社をはじめとするステークホルダーに対し、当研究所が積極的に社会貢献していることへの理解促進を図る。

5. 各エネルギー分野における調査研究等のテーマ

(1) エネルギー技術全般

(ア) エネルギー技術開発戦略に関する調査研究

環境・エネルギーを巡る状況を見ると、国際的には、ドイツ・ボンで開催された COP23 ではパリ協定の実施指針に関する議論等が行われ、また 2015 年の国連サミットで採択された、エネルギーや気候変動を含む SDGs（持続可能な開発目標）を目指した取組が進められる一方、米国では、トランプ大統領の米国ファーストの政策により、環境・エネルギー情勢が大きく変動している。国内では、2014 年に策定されたエネルギー基本計画の見直しに関する検討が進んでおり、2050 年の視点からエネルギー政策や産業のあり方を探る「エネルギー情勢懇談会」での議論を反映していくと見られている。内閣府が主催する総合科学技術・イノベーション会議では Society 5.0 の実現を目指しており、エネルギー分野では、エネルギーバリューチェーンの最適化等を通してエネルギー・環境イノベーション戦略を推進し、中長期的に見て大幅な CO₂ 削減に寄与するイノベーションが求められている。

環境・エネルギー情勢の先行きが不安定な時代に、エネルギーの安定供給・セキュリティ、環境保護、経済性、安全性など様々な要因を考慮しつつ、わが国の将来を中長期的な観点から見据えた、革新的なエネルギー技術戦略策定に関する調査研究、及び国際的動向を踏まえた、新しいエネルギー・環境技術の広範な調査を行う。

(イ) 地球規模でのエネルギーシステムに関する調査研究

発展途上国・地域の経済発展を主要要因として、世界全体の温室効果ガス排出量は増加が続いている。これに対し、COP21 において合意されたパリ協定により、産業革命前からの世界平均温度上昇を 2 度とする目標に向けて、各国は自主的な削減の取組について報告し、相互にレビューを行うことを基本とした仕組みが整備

された。また、世界全体でその取組を集約し、2 度目標の達成を加速するとしている。

平成 30 年度においては、当研究所が運用する地球環境システム分析評価ツールであり、原子力、新エネルギー、化石燃料、水素、気候工学の各分野における分析にも用いてきた GRAPE モデルを活用し、2 度目標の実現可能性の分析を行うとともに、当研究所が実施する各種の調査研究プロジェクトにおいて、地球環境の観点からの評価研究を実施する。また、日本の長期エネルギー需給を詳細分析するツールである TIMES-Japan を用いて、2050 年 CO₂ 大幅削減の実現可能性を評価する。

①統合評価モデル GRAPE による世界長期分析

②エネルギーモデル TIMES-Japan を用いた日本のエネルギーシステム分析

(2) 新エネルギー・電力システム関連

太陽、風力、地熱、バイオマス等の再生可能エネルギー発電の開発利用をより推進する必要性が、東日本大震災後一層指摘され、平成 24 年 7 月からは再生可能エネルギーの固定価格買取制度が開始された。また、平成 28 年 4 月からは電力システム改革の第 2 段階として小売全面自由化がスタートし、平成 32 年に予定されている改革の第 3 段階である発電部門と送配電部門の法的分離に向けた検討が進められている。

再生可能エネルギーが大量に導入された場合、電圧や周波数への影響及び余剰電力の発生が懸念され、それに対応するため電力貯蔵を含む様々な調整装置やバックアップ電源の適切な配置と運用が必要となる。また、再生可能エネルギー電源の出力制御や需要側機器の制御による電力需給調整への貢献も検討の対象となる。スマートグリッドは、分散型電源の導入拡大等に対応して電力の安定的かつ効率的な供給を可能とする技術として期待されているが、わが国のエネルギー・電力事情に適切に対応したシステムとなるよう技術開発を推進することが必要である。

平成 30 年度においては、次世代の電力ネットワークのあり方、蓄エネルギーによる出力変動制御及び変動電源である太陽光発電の出力制御など

電力系統の柔軟性向上技術，電気保安，デマンドレスポンス，エネルギーマネジメントシステム等について調査研究を行う。また，再生可能エネルギーについては，バイオマス利用技術や地熱バイナリー発電，集光型太陽熱発電（CSP）等の調査研究に加え，風力及び太陽エネルギーを利用した高温熱の発生・貯蔵・利用に関する総合的な研究開発を行う。省エネルギーに関しては，高効率空調システムや未利用エネルギーの活用技術の調査研究を行う。また，運輸部門では，次世代自動車の導入シナリオ等について調査研究を行う。

（ア）スマートグリッドに関する調査研究

- ① 次世代電力ネットワークに関する調査研究
- ② 再生可能エネルギー発電の電力系統への影響と対策技術に関する研究
- ③ 電気保安に関する調査研究
- ④ デマンドレスポンスに関する調査研究
- ⑤ エネルギーマネジメントシステムの事業促進に関する研究
- ⑥ エネルギー貯蔵技術に関する調査研究
- ⑦ 電力分野における AI・IoT の活用に関する調査研究

（イ）再生可能エネルギーに関する調査研究

- ① バイオマス利用技術に関する調査研究
- ② 地熱バイナリー発電技術に関する研究開発
- ③ 風力及び太陽エネルギーの熱変換利用技術に関する研究開発
- ④ CSP 技術開発に係るシミュレーションや評価に関する調査研究
- ⑤ 太陽熱利用技術の標準化に関する調査研究

（ウ）省エネルギーに関する調査研究

- ① 高効率空調システムに関する調査研究
- ② 廃熱，地中熱等の未利用エネルギーの活用に関する調査研究

（エ）次世代自動車に関する調査研究，その他

- ① 次世代自動車の導入シナリオに関する調査研究

（３）水素エネルギー関連

昨年 12 月，再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議により水素基本戦略が策定され，エネルギー安全保障と温室効果ガスの排出削減を同時並行で解決する手段として水素エネルギーが位置付けられた。燃料電池自動車・水素供給インフラストラクチャーの普及促進等，導入拡大に向けた動きが現在進行中であり，再生可能エネルギー等の長距離輸送媒体及び水素発電の燃料としての活用も検討されている。リアリティの高い水素普及シナリオを構築する上で，エネルギー輸送媒体としての水素系キャリアの評価，水素利活用技術の探索，及び水素の電力貯蔵技術としてのポテンシャル評価が必須であると考えられる。

このような観点から，平成 30 年度においては，下記の調査研究を実施する。

（ア）再生可能エネルギーの輸送・貯蔵媒体（キャリア）に係る技術の評価研究

- ① 水素系キャリアの供給コストの調査及び水素普及シナリオの策定
- ② 水素・水素キャリア製造・輸送・貯蔵技術の評価及び技術開発の方向付けの調査

（イ）水素の製造，輸送，供給及び貯蔵に関する調査研究，その他

- ① CO₂ フリー水素普及シナリオ研究会の運営
- ② 水素発電を含む水素の利活用のあり方に関する調査
- ③ 高効率が期待できる水素・酸素燃焼タービン発電の基礎調査
- ④ 国内再生可能エネルギー由来の水素の利活用に関する調査

（ウ）水素を用いた電力貯蔵技術に関する調査研究

- ① 水素を用いた電力貯蔵と他の電力貯蔵方式との比較評価や実証に関する調査

（４）化石エネルギー関連

化石燃料は，一次エネルギーとして重要なエネルギー源であり，温室効果ガス排出量の削減を図

りつつ、その安定供給を図っていくことが必要である。近年、再生可能エネルギーのコストが大幅に低下し、化石燃料と再生可能エネルギーは一体として運用される関係になってきた。かかる観点から、原油や天然ガス、石炭の供給から転換、利用、さらにCO₂の分離・回収に留まらず、再生可能エネルギーを用いたCO₂利用の全体システムに関し調査研究を行う。

平成30年度においては、石炭ガス化複合発電（IGCC）などの高効率火力発電に関して、国内・海外への普及のための市場調査及び課題の検討を行う。また、CO₂の分離・回収・利用技術の分野では、カーボンサイクルを意識して、国内外の火力発電等からのCO₂の有効利用法を検討する。クリーンコールテクノロジー（CCT）分野では、CO₂の分離・回収を必要としない燃焼方法であるケミカルルーピング燃焼（CLC）の技術開発や石炭からの高付加価値製品製造の検討を行う。

(ア) 高効率火力発電に関するシステム研究

- ① 次世代高効率火力を国内、海外市場に導入・普及する上での市場調査及び技術課題の検討

(イ) CO₂の分離・回収・利用技術の検討

- ① 火力発電から回収したCO₂の各種有効利用技術及びシステムの検討
- ② 安価な再生可能エネルギーを入手可能な地域における再生可能エネルギーから製造した水素を用いたCO₂の燃料転換法の検討
- ③ CO₂の固定化に関する革新的な研究の調査

(ウ) クリーンコールテクノロジー（CCT）の開発及び検討

- ① CO₂の分離・回収を必要としないケミカルルーピング燃焼（CLC）技術の開発
- ② 高付加価値品製造を目指した石炭改質技術の検討

(5) 原子力関連

東日本大震災を契機に、安全は国民が広く希求する普遍的な価値として一層重視されてきている。特に原子力については、福島第一事故によっ

てもたらされた原子力災害の影響の甚大さに直面し、このような事故を二度と起こさないための安全対策の構築が強く求められている。このため、シビアアクシデント対策を含め、既設の軽水炉の安全向上に有効な技術課題に取り組んできた。

平成30年度は、原子力の安全性向上に資する要素技術開発を継続するほか、シビアアクシデント時の安全系の機能を調査するため、昨年度に引き続き米国の国立研究所等との共同研究事業の取組を進めるとともに、シビアアクシデントの挙動解析を行うSAMPSONコードの高度化を図る。

また、一刻も早い福島復興を図るため、除染・環境修復と事故炉の廃止措置が求められており、世界の知見・技術を結集して対処する必要がある。当研究所は、これまで蓄積してきた知見や国際的なネットワークを生かし、問題解決のため積極的に貢献していくこととする。平成30年度においても、引き続き、SAMPSONコードの活用により得られた福島第一事故に係る炉内及び原子炉格納容器内の状況把握結果を含め、OECD/NEAの国際ベンチマークプロジェクトであるBSAF（Benchmark Study of the Accident at the Fukushima Daiichi NPS）プロジェクトの運営機関として、参加機関が実施した結果をとりまとめ、国際的な情報共有を図る。

原子力は、世界的に、エネルギーの安定供給及び地球環境問題への対応を図る上で重要な役割を担うと評価され、福島第一事故後においても、多くの国々で開発利用推進の方針を維持している。当研究所としては、地球温暖化防止のためのパリ協定や電力システム改革の進展など国内外の動向を踏まえ、原子力利用に伴う様々な課題について継続的な検討を行うこととし、平成30年度も、原子力技術に関するこれまでの研究や評価の経験を生かし、エネルギー供給システムにおける原子力の寄与や競争環境下での原子力事業経営のあり方、放射性廃棄物に係る問題、原子力人材の育成・確保など様々な課題に関する調査研究を進める。将来の原子炉についても、新型軽水炉開発のあり方に関する検討を進めるとともに、革新的原子力システムに関する国際的な研究開発動向調査を行う。

軽水炉の廃止措置については、工程、技術、制度に関する調査に基づき課題を把握するとともに

対応策を検討する。また、廃止措置に係る標準整備に向けた調査研究を引き続き進めるとともに、廃止措置に向けた準備作業を効率的・効果的に実施するための調査研究や廃止措置に必要となる人材の育成事業を行う。

(ア) 福島第一事故関連

- ① 原子力の安全性向上に資する技術開発の調査・検討
- ② シビアアクシデント時の安全系の機能に関する日米共同研究

(イ) 原子力全般

- ① 国内外の原子力開発利用動向に関する調査
- ② 国内外の原子力安全規制動向に関する調査研究
- ③ エネルギー供給システムにおける原子力の役割に関する調査研究
- ④ 原子力の人材育成のあり方に係わる調査研究及び教育の実施
- ⑤ 原子力の社会受容性に関する調査研究
- ⑥ 人的過誤の分析・評価

(ウ) 原子力プラント技術

- ① 新型軽水炉に係る技術課題の調査研究
- ② 革新的原子力システム開発の国際動向に関する調査研究

(エ) 原子炉廃止措置等に関する調査研究

- ① 廃止措置工程、技術、制度に関する調査と課題への対応策の検討
- ② 廃止措置に関する民間規格基準整備への支援
- ③ 廃止措置に向けた準備作業を効率的・効果的に実施するための調査研究
- ④ 廃止措置を担う人材育成を進めるための教材開発と研修システムの構築

(オ) 放射性廃棄物の処理・処分に関する調査検討

- ① 放射性廃棄物の処理・処分に関する海外動向調査

6. 最新技術情報の発信

調査研究事業で得られた成果のうち、技術情報として有用度の高いものについて情報提供を行う。これらの調査研究に係る活動内容や成果は、寄稿・投稿、講演会、学会発表、ホームページへの掲載等により公表し、広く利用に供することとする。また、エネルギー技術に係る重要なテーマに関して、国際的な視野も入れつつ、適宜、シンポジウムやセミナー等を開催する。

当研究所では、下記の手法により、情報発信を行う。

- ① 定期刊行物（季報エネルギー総合工学）の刊行
- ② 月例研究会やエネルギー総合工学シンポジウムなど、シンポジウムやセミナーの開催
- ③ エネルギー技術情報プラットフォームの整備及び運用

7. ISO センターの事業

当研究所のISO センターは、平成23年6月、ISO50001（エネルギーマネジメントシステム）の発行と同時に発足して以来、その普及・促進のための活動を行ってきており、平成30年度も引き続き下記事業を行う。

- ① 入門～実践研修、内部監査員研修の開催
 - ② ISO50001の構築・運用、認証取得、継続的改善に資するコンサルティングの実施
- 関係機関の協力も得て本事業の広告を行うとともに、月例研究会等を活用し、国際規格の開発・普及の重要性を訴求する。

8. 技術開発支援センターの事業

当研究所の技術開発支援センターは、平成27年4月1日、国の技術開発実証に関する補助金を交付する目的で発足した。平成30年度においてはバーチャルパワープラント構築実証の補助金事業を継続するとともに、再生可能エネルギー出力制御実証事業を実施する。

9. その他

(1) エネルギーに関するアンケート調査

エネルギーに係る一般公衆の意識調査は、東日本大震災以前より実施してきており、引き続き同様のアンケート調査を実施し、その経年的な意識変化等の動向を分析する。

(2) エネルギー技術に関する国際標準化の調査研究

ISO や IEC における、下記分野での国際標準化に係る事業を行う。

- ① エネルギーマネジメント及び省エネルギーの評価・検証関連、並びに日本提案の規格案の推進
- ② CCS の CO₂ 削減量定量化・検証、及び横断的事項関連
- ③ 太陽熱発電技術関連

研究所のうごき

(平成 30 年 1 月 1 日～4 月 1 日)

◇ 第 14 回理事会

日 時：3 月 8 日 (木) 11:00～12:00

場 所：経団連会館 (5 階) 501 号室

議 題：

- | | |
|-------|-----------------------------|
| 第一号議案 | 平成 30 年度事業計画および収支予算について |
| 第二号議案 | 臨時評議員会の開催について |
| 第三号議案 | 次世代軽水炉等技術開発事業資金関連規程類の改正について |
| 報告事項 | 業務執行の状況について
その他 |

◇ 月例研究会

第 374 回月例研究会

日 時：1 月 12 日 (金) 14:00～16:00

場 所：航空会館 7 階 701・702 会議室

テーマ：

1. 海外のエネルギーマジメント関連制度・推進活動と国際標準 (規格) の役割
(一財) 日本エネルギー経済研究所 地球環境ユニット 省エネルギーグループ 研究主幹 野田冬彦 氏)
2. SCREEN グループにおける ISO50001 の取り組み
(株)SCREEN ビジネスサポートソリューションズ 総務サポート部 EHS マネジメント課 参事 速水光彦 氏)
2. 省エネ政策の現状と課題
(経済産業省 資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 省エネルギー課 課長補佐 立石裕則 氏)

第 375 回月例研究会

日 時：2 月 2 日 (金) 14:00～16:00

場 所：航空会館 7 階 701・702 会議室

テーマ：

1. 未利用の廃水・廃棄物・バイオマスに着目した処理 及び エネルギー等資源回収の技術開発
(長岡技術科学大学大学院 技術科学イノベーション専攻 教授 山口隆司 氏)

2. CO₂ 削減技術 (熱輸送, 木質バイオマス発電技術・事例紹介)

(三機工業(株) 技術研究所 統括部長 長野 晃弘 氏)

第 376 回月例研究会

日 時：3 月 9 日 (金) 14:00～16:00

場 所：航空会館 5 階 501・502 会議室

テーマ：

1. 建築物の省エネへの取組み～ZEB (ゼロ・エネルギービル) 普及に向けて～
(大成建設(株) エネルギー戦略部 理事 加藤美好 氏)
2. ビルの快適利用と省エネを実現する次世代 BEMS の動向
(アズビル(株) ビルシステムカンパニー マーケティング本部 シニアアドバイザー 福田一成 氏)

◇ 外部発表

[講演]

発表者：黒沢 厚志, 加藤 悦史 (エネ総研), 宮近 秀人 (SRG), 荻本 和彦 (東京大学), 山口 容平 (大阪大学)

テーマ：2050 年に向けた日本のエネルギー需給検討 :TIMES-Japan を用いたエネルギーシステム分析—マルチシナリオによる検討

発表先：エネルギー・資源学会「第 34 回エネルギーシステム・経済圏環境コンファレンス」

日 時：1 月 25 日～26 日

発表者：岡崎 徹

テーマ：Thermal Energy Systems for Variable Renewable Energies

発表先：The International Symposium on Fusion Technology 2018

日 時：1 月 26 日

発表者：蓮池 宏

テーマ：電力貯蔵の動向と展望

発表先：東京工業大学グローバル水素エネルギーコンソシアム「第 8 回ワークショップ」

日 時：2 月 1 日

発表者：徳田 憲昭

テーマ：再生可能エネルギー大量導入時代の系統
の在り方について

発表先：経済産業省 原子力政策課 「平成 29 年度
早朝勉強会」

日 時：2月5日

発表者：黒沢 厚志

テーマ：ICEF CO₂ 利用ロードマップ

発表先：内閣府ボトルネック課題研究会公開ワー
クショップ「CO₂ からの化学製品生産
～ボトルネックと展望～」

日 時：2月14日

発表者：埴 雅一

テーマ：水素製造技術比較（再エネ由来水素と化
石由来水素比較）

発表先：内閣府ボトルネック課題研究会公開ワー
クショップ「CO₂ からの化学製品生産
～ボトルネックと展望～」

日 時：2月14日

発表者：徳田 憲昭

テーマ：電力系統へのパワーエレクトロニクス技
術の応用

発表先：第4回 NEDO パワーエレクトロニクス
シンポジウム【基調講演】（主催：新エネ
ルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）
IoT 推進部）

日 時：2月14日

発表者：飯田 重樹

テーマ：持続可能なエネルギー社会構築に向けた
水素の貢献可能性

発表先：水素・次世代エネルギー研究会セミナー
「CO₂ フリー水素利活用への可能性を考
える」

日 時：2月20日

発表者：蓮池 宏

テーマ：圧縮空気エネルギー貯蔵システムによる
風力発電の変動緩和

発表先：電気倶楽部

日 時：3月13日

発表者：茶木 雅夫, 木野 千晶, 鈴木 博之, 西
川 朝雄, 吉岡 逸夫, Marco Pellegrini,
Davide Concu, Alexandre Nakata
(Ezzidi), 唐澤 英年, 内田 俊介, 大塚
晋吾

テーマ：東京電力福島第一原子力発電所炉内状況
把握の解析・評価 (99) - (106), 原子炉
過酷事故における放射性核分裂生成物
放出挙動の評価 (21), (22), 国産 SA コー
ド SAMPSON の高度化 (1)

発表先：日本原子力学会「2018 春の年会」
（於大阪大学）

日 時：3月26日～27日

発表者：水田 美能

テーマ：海外における CO₂-EOR の取組み事例

発表先：石炭エネルギーセンター（JCOAL）技術
者セミナー～平成 29 年度第 2 回「CCUS」

日 時：3月28日

◇人事異動

○1月9日付

（嘱託採用）

堀川義彦 原子力工学センター 参事 兼 プロ
ジェクト試験研究部

○2月1日付

（出向採用）

山本新平 プロジェクト試験研究部 主任研究員

○3月31日付

（出向解除）

茶木雅夫 原子力工学センター 部長 副主席
研究員

平井一裕 プロジェクト試験研究部 主管研究員

吉岡逸夫 原子力工学センター 主管研究員

大塚晋吾 原子力工学センター 主管研究員

森田能弘 原子力工学センター 主任研究員

（解嘱）

小野崎正樹 プロジェクト試験研究部長 兼 プロ
ジェクト試験研究部部長

坂田 興 プロジェクト試験研究部部長

○4月1日付

(採用)

茶木雅夫 原子力工学センター部長 副主席研究員

(出向採用)

石田勝昭 プロジェクト試験研究部 副主席研究員

金崎 健 プロジェクト試験研究部 主管研究員
兼 原子力工学センター

藤川英明 プロジェクト試験研究部 主管研究員

(常勤嘱託採用)

森田能弘 原子力工学センター 嘱託研究員

(非常勤嘱託採用)

小野崎正樹 研究顧問

水田美能 プロジェクト試験研究部 参事

入谷淳一 プロジェクト試験研究部 参事 兼 技術開発支援センター

濱田利幸 プロジェクト試験研究部 参事

(昇格)

飯田重樹 プロジェクト試験研究部 部長 副主席研究員

橋崎克雄 プロジェクト試験研究部 部長 副主席研究員

加藤悦史 プロジェクト試験研究部 副部長 主管研究員

石本祐樹 プロジェクト試験研究部 副部長 主管研究員

高橋知慎 経理部 主管研究員 兼 総務部 兼 技術開発支援センター 兼 エネルギー技術情報センター 兼 エネルギー国際標準 (ISO) センター

水野有智 プロジェクト試験研究部 主任研究員

第 40 卷 通 卷 目 次

VOL. 40, No. 1 (2017.4)

【巻頭言】

イデオロギーを超えて

東京大学 工学系研究科
システム創成学専攻 教授 大橋 弘忠 …………… 1

【寄稿】

変容する社会と火力発電技術のイノベーション

東京大学 生産技術研究所
特任教授 小林 由則 …………… 3

【寄稿】

家庭におけるエネルギー消費実態と省エネルギー

(株)住環境計画研究所 取締役研究所長 鶴崎 敬大 …………… 12

【調査研究報告】

米国の最新原子力規制動向～ NTTF の進捗状況～

部長（副主席研究員） 藤井 貞夫 …………… 23

【調査研究報告】

廃止措置管理のための人材育成

耐震・廃止措置グループ 参事 田中 健一 …………… 31

【事業計画】

平成 29 年度 事業計画 (一財)エネルギー総合工学研究所 …………… 43

【研究所のうごき】 …………… 51

【第 39 巻通巻目次】 …………… 54

【編集後記】 …………… 58

VOL. 40, No. 2 (2017.7)

【巻頭言】

夏，電力，ときどき私

資源エネルギー庁
資源エネルギー政策統括調整官

小澤 典明 ……………1

【座談会】

2050 年に向けたわが国の火力発電技術開発

東京大学 生産技術研究所 特任教授
東京大学大学院 工学系研究科
航空宇宙工学専攻 教授
(国研) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)
環境部 統括研究員 (クリーンコール)
(一財) 電力中央研究所 (電中研)
エネルギー技術研究所 副所長
三菱日立パワーシステムズ(株) (MHPS) エンジニアリング本部
ボイラ技術総括部 ボイラ開発部 部長
司会: (一財) エネルギー総合工学研究所
プロジェクト試験研究部 部長

小林 由則

渡辺 紀徳

在間 信之

原 三郎

山内 康弘

小野崎正樹 ……………3

【寄稿】

エネルギー分野における

サイバーセキュリティ対策およびトラストの役割

(一財) 日本情報経済社会推進協会 (JIPDEC)
常務理事・インターネットトラストセンター長
インターネットトラストセンター 主席研究員
インターネットトラストセンター 主席研究員
情報マネジメントシステム認定センター (ISMS-AC)
企画グループリーダー

山内 徹

杉田 修

金子 成徳

成田 康正……………24

【寄稿】

トランプ政権誕生と

シェール・ガス革命, シェール・オイル革命の最新動向

和光大学 経済経営学部 教授

岩間 剛一……………34

【調査研究報告】

再生可能エネルギー導入に伴う配電分野における課題と今後

プロジェクト試験研究部 電力システムグループ 主任研究員

河瀬 和貴……………52

【調査研究報告】

過去の LNG 国内導入経緯に基づく

水素エネルギー導入の将来シナリオ分析

プロジェクト試験研究部 水素グループ 研究員

水野 有智……………62

【事業報告】

平成 28 年度 事業報告の概要 (一財) エネルギー総合工学研究所 ……………72

【研究所のうごき】

……………74

【編集後記】

……………77

VOL. 40, No. 3 (2017.10)

【巻頭言】

急速に進展するデジタル化

一般社団法人 日本電機工業会
代表理事・専務理事

海老塚 清 …………… 1

【寄稿】

水素社会への道と

水素エネルギーキャリアとしてのアンモニアの可能性

住友化学(株) 主幹

内閣府戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)

「エネルギーキャリア」サブプログラムディレクター

塩沢 文朗 …………… 3

【寄稿】

エネルギーハーベスティングの動向と

エネルギー産業（電力、ガス、石油）への応用可能性

(株)NTT データ経営研究所

社会・環境戦略コンサルティングユニット

シニアマネージャー

竹内 敬治 …………… 16

【調査研究報告】

再生可能エネルギー火力発電システム研究会の成果

元（一財）エネルギー総合工学研究所プロジェクト試験研究部

参事

小川紀一郎

プロジェクト試験研究部長 理事

蓮池 宏

（一財）エネルギー総合工学研究所 主管研究員

川村 太郎

元（一財）エネルギー総合工学研究所 研究員

福見 拓也

JFE エンジニアリング(株) 主席

鈴木 康夫

JFE エンジニアリング(株) 環境本部経営スタッフ

後藤 典久

中国電力(株) エネルギー総合研究所マネージャー

谷川 博昭

中国電力(株) エネルギー総合研究所担当副長

和田 泰孝

（公財）廃棄物・3R研究財団 上席研究員

渡辺 洋一 …………… 28

【調査研究報告】

二酸化炭素回収・貯留（CCS）の国際標準化

プロジェクト試験研究部 環境グループ 主管研究員

山下 敏 …………… 39

【研究所のうごき】…………… 49

【編集後記】…………… 52

VOL. 40, No. 4 (2018.1)

第 32 回エネルギー総合工学シンポジウム
～第 4 次産業革命の進展とエネルギー戦略～

平成 29 年 10 月 6 日（金）千代田放送会館
総合司会 理事 重政 弥寿志

【開会挨拶】	（一財）エネルギー総合工学研究所 理事長	白土 良一 ……	1
【来賓挨拶】	経済産業省 技術総括・保安審議官	福島 洋 ……	3
【特別講演】	米国エネルギー分野における 7 つの動向 米コロンビア大学 世界エネルギー政策センター 創立フェロー	デービッド・サンダロー ……	6
【講演】	持続可能なエネルギー安全保障戦略 公益財団法人 笹川平和財団 会長 元国際エネルギー機関（IEA）事務局長	田中 伸男 ……	17
【講演】	「Society 5.0」における未来社会像とエネルギー 内閣府 総合科学技術・イノベーション会議 議員	原山 優子 ……	33
【講演】	ICT を活用した新たなエネルギーシステムの構築 早稲田大学大学院先進理工学研究科 教授 先進グリッド技術研究所 所長 スマート社会技術融合研究機構 機構長	林 泰弘 ……	42
【講演】	第四次産業革命がエネルギービジネスにもたらすインパクトと課題 （一財）エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部 特任参事	新谷 隆之 ……	57
【閉会挨拶】	（一財）エネルギー総合工学研究所 専務理事	中村幸一郎 ……	68
【研究所のうごき】	……………		70
【編集後記】	……………		72

編集後記

東京の桜の満開予想日となった先月下旬の週末、上野恩賜公園に花見に出かけた。自宅の部屋の花が変わってもまったく気づかず、いつも家族の不興を買っている筆者であるが、毎年、知人が公園の中央園路であるさくら通りに場所を確保して花見に誘ってくれており、久しぶりにこの宴会に参加したのである。例年この時期は200万人以上の人出があるとの由、覚悟はしていたが、SNSにアップするため写真撮影に勤しむ人がことのほか多く、人の流れのあちこちで滞留が生じ、目的地にたどり着くだけでも一苦勞であった。当の上野公園には、ソメイヨシノやヤマザクラをはじめ数十種類、東京都公園協会によると710本の桜が植えられているとのこと。最近ではドローンによる上空からの桜の名所の映像もよく目にするが、間近に見る桜の花は、苦勞の甲斐もあってか、不粋な筆者でも格別の風情を感じられた。やはり日本人にとっては特別な花なのだと思う。

ところで最近、桜に関して気になる記事を目にした。日本で最も一般的なソメ

イヨシノに近い将来なくなるかもしれないというもので、どうやら、カミキリムシの一種が幹に穴をあけて卵を産みつけ、大量発生した幼虫が木の内部を食い荒らすことにより、回復不可能な被害を引き起こしているとのことらしい。ちなみにこのカミキリムシは、今年の1月に環境省が特定外来生物に指定している。一方、寿命60年説というのもあるらしく、そうすると、戦後、日本各地で爆発的に植樹されたものが一気に姿を消すというようなことも考えられる。前に、高度経済成長期に集中整備された社会インフラの老朽化について触れたことがあるが、街並みや野山を彩る自然についても、同様の検討が必要なかもしれない。

いずれにしても、今後、自然や社会など人々を取り巻く環境が否応なく変化していく中、どのような国の在り方を目指すのか、多岐にわたる課題を有機的に結び付けながら議論が進められることが期待される。

編集責任者 重政弥寿志

季報 エネルギー総合工学 第41巻第1号

平成30年4月20日発行

編集発行

一般財団法人 エネルギー総合工学研究所

〒105-0003 東京都港区西新橋1-14-2

新橋SYビル(6F)

電話 (03) 3508-8891

FAX (03) 3501-1735

<http://www.iae.or.jp/>

(印刷) 株式会社 吉田コンピュータサービス

※ 無断転載を禁じます。