

# 調 査 研 究 要 旨 集

—平成27年度研究成果—

平成28年9月

この要旨集は、当研究所の平成27年度の調査研究活動等の成果としてとりまとめられたものの要旨と報告書の目次を収録したものである。平成26年度以前にとりまとめられたものについては、バックナンバーをご覧ください。

本要旨集が関係各位のご参考になるとともに、当研究所の事業に対するご理解の一助となれば幸いです。

# 目 次

1. エネルギー技術全般	5
(ア) 地球規模でのエネルギーシステムに関する調査研究	6
1.1 気候変動のリスク管理に係る気候工学等に関する調査研究	7
1.2 エネルギー・環境分野における革新技術に関するポテンシャル調査	8
1.3 エネルギー・環境技術の開発・普及を進めるための革新的技術情報の収集調査	10
(イ) その他	11
1.4 エネルギーに関する公衆の意識調査	12
2. 新エネルギー・電力システム関連	13
(ア) スマートグリッドに関する調査研究	14
2.1 次世代電力ネットワーク研究会の運営	15
2.2 再生可能エネルギーの地産地消型エネルギーシステムに係る実証事業	16
2.3 双方向通信による再生可能エネルギー出力制御に関する実証事業	17
2.4 大規模HEMS情報基盤整備に関する調査	18
(イ) 再生可能エネルギーに関する調査研究	19
2.5 セルロース系エタノールの製造技術に関する調査	20
2.6 バイオマス／廃棄物利用・高温空気タービン発電システムに関する調査研究	22
2.7 水を作動媒体とする小型バイナリー発電の研究開発	23
2.8 エネルギー研究開発に係る国際的取組への貢献	24
(ウ) 省エネルギーに関する調査研究	25
2.9 エネルギーマネジメントシステム等の省エネルギーに関する国際標準化に係る調査研究	26
2.10 スマートアプライアンスに関する調査	28
3. 水素エネルギー関連	29
(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	30
3.1 エネルギーキャリアシステムの経済性評価と特性解析	31
3.2 水素等利用技術導入に関する日本の中長期エネルギーシステムの分析	32
(イ) 水素の製造、輸送、供給及び貯蔵に関する調査研究	33
3.3 化学品原料として利用可能な水素製造技術に関する検討	34
4. 化石エネルギー関連	36
(ア) 化石燃料の高度転換技術(CCT、CCS等)を核としたエネルギーシステム研究	37
4.1 クリーン・コール・テクノロジーロードマップの検討	38
4.2 ISOにおけるCCS分野の規格制定に関する活動	40
(イ) 化石燃料利用に関する新技術に関する研究等	42
4.3 CO <sub>2</sub> 分離型化学燃焼石炭利用技術開発	43
4.4 石油精製・石油化学設備の寿命予測システムに係る調査研究	44
4.5 インドネシアにおける褐炭からの高機能代替強粘結炭(A-SCC)製造技術システム実証事業に 関する検討	45
5. 原子力関連	47
(ア) 福島第一原子力発電所事故関連	48
5.1 発電用軽水炉の安全対策高度化技術開発	49
5.2 福島第一原子力発電所事故に係る炉内事象の解析	50

5.3	過酷事故解析手法の高度化に関する研究	51
5.4	過酷事故条件下における原子炉隔離時冷却系の挙動に関する研究	52
5.5	海外における原子力施設の廃止措置に関する調査	53
(イ)	原子力全般	54
5.6	原子力規制の在り方に関する調査研究	55
5.7	原子力産業動向調査	57
5.8	高レベル放射性廃棄物処分場に関わる社会経済分析	58
5.9	国内外の人的過誤事象の調査	59
5.10	シビアアクシデント時の原子炉格納施設における可燃性ガス挙動に関する調査	60
5.11	経年プラントの総合的な安全評価手法に関する研究	62
5.12	原子力人材育成のための支援及び調査	63
(ウ)	原子力プラント技術	64
5.13	高温ガス炉プラントの実用化に係る調査研究	65
(エ)	原子炉廃止措置に関する調査研究	66
5.14	廃止措置時の放射化放射能評価に関する調査	67
5.15	廃止措置時の安全評価に関する調査	68
5.16	原子力発電施設の廃止措置に係る海外状況調査	69
5.17	原子力発電所廃止措置の計画及び実施に係る人材育成の助成	70
5.18	原子力発電所の廃止措置準備作業における放射能インベントリ評価の技術支援	71
5.19	原子炉施設用放射性核種生成量評価のための基盤データベースの整備	72

## 1. エネルギー技術全般

(ア) 地球規模でのエネルギーシステムに関する調査研究

## 1.1 気候変動のリスク管理に係る気候工学等に関する調査研究

(プロジェクト名) 適応・ジオエンジニアリングを考慮した統合評価モデルの拡張と応用

(報告書名) 平成27年度環境研究総合推進費(技術・社会・経済の不確実性の下での気候変動リスク管理オプションの評価)による研究委託業務 報告書

(報告書番号) IAE-1515201

(発行年月) 2016年3月

### (要旨)

二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)などの温室効果ガスの排出量は伸び続けており、温暖化影響抑制のための緩和策や適応策だけでは、危険な気候変動影響を避けられなくなる可能性がある。こうした状況の下で、一部の科学者は、人類が直接的に気候システムに介入し気温を低下させるか、またはCO<sub>2</sub>を大気から間接または直接回収するという気候工学(ジオエンジニアリング)について検討をしている。検討内容は科学技術的なものに加え、社会的受容性や国際枠組など社会的なものについても始まっている。またCOP21でのパリ協定後には、約束草案(INDC)の積み上げでは2度目標に達しないという分析も多数あり、2度目標さらには1.5度目標におけるジオエンジニアリングの評価の必要性が議論されはじめている。

こうした背景の下、適応・ジオエンジニアリングをモデルに導入するための基礎データについて調査・分析を行うとともに、モデル化に向けた検討と試算を実施した。太陽放射管理(SRM)については、必要な物量や散布する高度に着目し、コスト評価の更なる精緻化を進め、緩和策とSRMの両者による経済影響についてGRAPEモデルを用い以下の分析枠組みによる試算を行った。1) 2030年以降の気候安定化: 世界平均気温が産業革命前から2℃上昇を上限(気候感度は3℃)、対策は緩和策と気候工学に限定。2) SRMの実施費用: 1 billionUS\$/W/m<sup>2</sup>と設定。3) SRM導入タイミングと上限に関する Keith and MacMartin (2015)による先行研究を参考に導入量に上限を設定。4) 国際合意必要性等を考慮し、2030年以降に徐々にSRMが導入可能と想定。5) ピーク後、徐々にSRM量減少。

この枠組を用い、2度達成ケースのレファレンスに対するGDP損失を評価したところ、緩和策のみでは今世紀中葉に2-3%であったところ、SRMありでは、最大投入量が1W/m<sup>2</sup>ケースにおいても損失がほぼ半減となり、相対的に限界削減費用の高い対策を行わなくてもよくなるため、SRM量が少量であっても経済影響が緩和されることがわかった。

また、ジオエンジニアリングに関するヒアリング調査、および社会的側面に関してジオエンジニアリングの倫理的側面の理解を深めた。二酸化炭素除去(CDR)のうち、バイオエネルギーCCS(BECCS)については、CCS社会受容性のヒアリングを含め、包括的な調査を実施し、その成果を発表した。直接空気回収については、文献で主要な素過程について調査するとともに、海外での先行試験例の技術的な分析も実施し、モデル入力条件を設定した。

適応については、コスト、技術的課題などについての調査を実施するとともに、先行事例を参考にしつつ統合評価モデルに取り入れるための定式化を実施し、その結果も含めGRAPEを用い気候損失が経済全体に与える影響を検討した。

### (目次)

1. 研究開発背景等
2. 研究開発目的
3. 研究開発方法
4. 結果及び考察
5. 本研究開発により得られた成果
6. 研究成果の発表状況

## 1.2 エネルギー・環境分野における革新技術に関するポテンシャル調査

(プロジェクト名) エネルギー・環境分野における革新的技術に関するポテンシャル調査

(報告書名) エネルギー・環境分野における革新的技術に関するポテンシャル調査

(報告書番号) IAE-1515515

(発行年月) 2016年3月

### (要旨)

2020年以降の温室効果ガス排出削減の新たな枠組みを決める第21回国連気候変動枠組条約締約国会議(COP21)がパリで開催されるなど、抜本的な温室効果ガス排出削減を実現するためのイノベーションが世界的に求められている。一方、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)では、産業技術やエネルギー・環境分野に関する各種技術戦略を策定している。

本調査では当該技術戦略策定の基礎情報として、総合科学技術・イノベーション会議において平成25年9月に改訂された「環境エネルギー技術革新計画」に掲げられる37分野の技術に関する現時点におけるポテンシャルについて調査した。

まず37の技術分野に対して、その概要、技術の現状と課題、開発状況と普及の予測、予測を踏まえた2030年、2050年におけるCO<sub>2</sub>削減効果の試算を行った。なお、試算は全世界を対象とした。CO<sub>2</sub>削減効果の試算は、試算する時点における社会の姿により大きく影響を受ける。よってIEAのWorld Energy Outlook やEnergy Technology Perspectiveなどのシナリオを基に2030年、2050年における社会像を予め想定し、全CO<sub>2</sub>排出量を試算した上で検討した。技術分野毎に求めたCO<sub>2</sub>削減効果に対しては、どの分野、どの技術のCO<sub>2</sub>削減効果(ポテンシャル)が大きいかを比較、考察できるように技術別、分野別のCO<sub>2</sub>削減寄与を必要に応じて図示して整理した。

続いて、各技術分野のCO<sub>2</sub>削減効果に対する試算結果を踏まえ、国もしくはNEDOが推進すべき大型の研究開発プロジェクトの素案を、NEDOと協議しながら作成した。その際、分野選定の3つの評価軸を設定し、比較評価を行った。そして長期的視野でイノベーションを実現し得る技術分野候補を抽出し、潜在的なCO<sub>2</sub>削減ポテンシャル(CO<sub>2</sub>削減最大量)や実用化・普及のための課題を整理し、大型の研究開発プロジェクトの素案作成を行った。

3つの評価軸は以下の通りである。

#### (1) 評価項目1. 長期的な貢献

革新性があり、2050年を見据えた長期的視野にたって実用化を目指す技術領域。既に実証段階の技術や実用が近く短期集中的に開発する技術でなく、中長期(2030～2050年頃)を見据えて研究開発を進める技術領域であること。

#### (2) 評価項目2. 削減ポテンシャル

日本や世界に普及させた場合に、CO<sub>2</sub>削減ポテンシャルが十分に大きいと見込まれる技術領域であること。ただしCO<sub>2</sub>排出削減効果が高くても、特定の分野や特定の条件にしか適用できない技術ではなく、国内外で適用可能な分野等が幅広く、トータルのCO<sub>2</sub>排出削減ポテンシャルが十分に大きいと見込まれる技術領域であること。

#### (3) 評価項目3. 日本の技術優位性

日本発信の技術であり、日本が優位性を発揮し得る新規性の高い技術領域であること。つまり日本の技術レベルが国際的に見て優位にある技術、あるいは導入すれば日本の削減効果が大きい技術領域であること。

以上の評価基準から、次世代太陽光発電、次世代地熱発電、次世代蓄電池、水素製造・貯蔵・輸送・利用、超電導、革新的生産プロセス、CCU(CO<sub>2</sub>の固定化と有効利用)を長期有望技術として選出した。さらに国もしくはNEDOが推進すべき大型の研究開発プロジェクトの分野として、CO<sub>2</sub>削減効果の大きいもの、新規性のあるもの、そして日本の優位性を保てるもの(国際競争力のあるもの)、の3つの評価軸から次世代地熱発電と水素製造・貯蔵・輸送・利用の2分野を推薦した。

### (目次)

#### 1. 本調査の目的と概要

##### 1.1 調査目的

##### 1.2 調査概要

#### 2. 環境エネルギー技術の普及の予想とCO<sub>2</sub>削減効果の試算



- 2.1 社会像の想定
- 2.2 環境エネルギー技術革新計画37分野の普及の予想とCO<sub>2</sub>削減効果の試算
- 2.3 ポテンシャル比較
- 2.4 技術ロードマップ改訂に向けて
3. 大型研究開発プロジェクトの素案
  - 3.1 我が国の保有技術の国際競争力などからみた長期有望技術評価
  - 3.2 長期有望技術評価(最大ポテンシャル評価)
  - 3.3 大型プロジェクト素案
4. まとめ

### 1.3 エネルギー・環境技術の開発・普及を進めるための革新的技術情報の収集調査

(プロジェクト名) エネルギー・環境技術開発・普及を進めていくための革新的技術情報の収集調査

(報告書名) エネルギー・環境技術開発・普及を進めていくための革新的技術情報の収集調査

(報告書番号) IAE-1515702

(発行年月) 2016年3月

---

(要旨)

#### 1.1 目的

世界が一体となった環境エネルギー環境技術開発の重要性は論を待たない。すなわち、地球温暖化を防ぎながら世界が将来にわたり持続的発展を達成するためには、エネルギー環境技術の開発、導入、普及によって、世界的に次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことが不可欠である。しかしながら、環境エネルギー技術開発は、大規模投資と長期間を要する一方で将来の不確実性が大きいものが少なくないことから、持続的な取組を行うことは容易ではない。このため、全世界が将来にわたる技術開発の方向性を共有し、一体となった取組を行うことが必要である。

環境エネルギー関係技術開発のロードマップは主要国で独自のロードマップを策定しており、またIEAも広範な領域でロードマップを作成している。しかし、世界で共通の認識に立っているとは言いがたい。すなわち、ICEF (Innovation for Cool Earth Forum) で位置づけるロードマップは、世界で共有・共感できるものとし、協調的に技術開発が進むためのツールでなければならない。

本調査の目的は、世界的に理解を得られるロードマップ作成の方向性を検討するとともに、現在の環境エネルギー技術開発がどの方向性を持って進んでいるのかを整理することにある。

#### 1.2 取り組み内容

ICEFロードマップ策定に当たっては、どのような課題を克服するための取組なのか、まずその目標を定めるとともに、その目標の意味を世界で共通の認識を得られるものかどうかの確認が必要である。また、開発を実現する時間軸と世界に実装化させていくための方策を合わせて明確化することが重要である。そうした様々な技術開発プロジェクトを全体として整合的に進めていくための戦略をロードマップとして策定すべきである。

今回は鉄鋼の分野を対象に、エネルギー技術将来開発目標に関する情報の整理、世界中で進行中のクリーン技術開発情報の現状整理、製品が貢献する炭酸ガス削減に関する評価情報の整理を行い、全体を俯瞰するとともに、ロードマップとして整理すべき内容を選定・抽出しその過程からロードマップ作成の方向性を検討した。

一方、ICEFの取り組みを世界に理解してもらうためには、ICEFが革新的技術をどのように理解しているのかを表明することも重要である。このため、ICEFの対象としている技術領域の革新的技術の情報整理・収集を行った。この結果はICEFのHP上で公開された。

(目次)

#### 1.はじめに

##### 1.1 目的

##### 1.2 取り組み内容

#### 2. ロードマップ作成の支援

##### 2.1 鉄鋼分野におけるロードマップ原案作成のための情報整理・方向性検討

###### 2.1.1 炭酸ガス削減技術将来開発目標に関する情報の整理

###### 2.1.2 世界中で進行中のクリーン技術開発情報の現状整理

###### 2.1.3 製品が貢献する炭酸ガス削減に関する評価情報の整理

###### 2.1.4 ロードマップとして整理すべき内容の選定

###### 2.1.5 ロードマップ作成の方向性

#### 3. ICEFウェブサイトにおける革新的技術の情報発信資料作成支援

##### 3.1 ICEF対象技術領域の革新的技術情報収集・整理

##### 3.2 情報発信資料作成

#### 引用文献

(イ)その他

## 1.4 エネルギーに関する公衆の意識調査

---

(プロジェクト名) エネルギーに関する公衆の意識調査

(報告書名) 平成27年度エネルギーに関する公衆の意識調査報告書

(報告書番号) IAE-1525713

(発行年月) 2016年3月

---

### (要旨)

平成27年度は10月26日～11月8日にインターネット調査を実施した。前回と同様、対象を首都圏(東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県)の満20歳以上の男女、調査数を男女500名(各250名)、抽出法を割当法(首都圏における性別・年代別人口構成に合わせ、回収数を割当ててする方法。年代の区分は、20代、30代、40代、50代、60歳以上で実施)とした。調査項目は、意識の「変化」を比較するために、前回の調査と同様の質問を用いた。質問数は、(1)社会や生活に関する意識、(2)エネルギー問題に関する意識、(3)原子力発電に関する意識、(4)東電福島第一原子力発電所事故(以下「東電福一事故」という。)に関する意識、(5)回答者の分類(性別、年齢、職業)の5区分について、合計49問とした。

平成27年度の結果と過去に同様の方法で実施した調査(東電福一事故前の平成22年10月、事故後の平成23年10月、平成24年11月、平成25年11月、平成26年11月)の結果を比較し、首都圏住民の意識変化から、事故が与えた影響を考察した。

東電福一事故以降、原子力発電の利用、有用性および安全性に関する意見が大きく否定的方向に変化し、調査時点でも大きな変化は見られない。その要因としては、事故による原子力技術への失望感、電力会社・政府による事故に関する情報提供や対応に対する不信感・不満感等があると考えられる。しかし、その中でも、緩やかながらも肯定的な方向に変化している傾向も見られる。また、今後の日本のエネルギー源で重視するものについては、事故の前後とも新エネルギーが圧倒的に多く、今回の調査においては、6割強であった。さらに事故後には天然ガスが大きく増加していた。

### (目次)

まえがき

第1章 アンケート調査の概要

1.1 調査目的

1.2 調査設計

1.3 調査内容

第2章 アンケート調査の結果

2.1 公衆のエネルギー全般に関する意識

2.2 公衆の原子力発電に関する意識

結論

## 2. 新エネルギー・電力システム関連

(ア)スマートグリッドに関する調査研究

## 2.1 次世代電力ネットワーク研究会の運営

(プロジェクト名) 次世代電力ネットワーク研究会

(報告書名) -

(報告書番号) IAE-1515902

(発行年月) -

---

(要旨)

平成27年度の活動結果は、以下のとおり。

(1) 検討会

○ 第28回(H27.5.19)

- ・再生可能エネルギーとの協調を目指したエネルギーシステムのあり方
- ・バイオガスエンジンを活用した風力発電出力制御技術

○ 第29回(H27.7.15)

- ・水素エネルギー利用に関する研究開発動向
- ・再生可能エネルギーを活用する水素製造・電力貯蔵システム

○ 第30回(H27.12.7)

- ・東北電力 西仙台変電所 蓄電池設備

○ 第31回(H28.1.21)

- ・スマートメーターシステムの安定運用・信頼度向上に向けた取り組み
- ・トヨタの予防安全と自動運転技術への取り組み

○ 第32回(H28.3.23)

- ・NTTファシリティーズの取り組みについて
- ・東急が目指す電力小売サービスと自由化市場における役割
- ・電力自由化をふまえた総合エネルギー事業の進化

(2) シンポジウム(H27.11.4)

○ テーマ「電力システム改革の全貌およびポイント」

- ・電力システム改革の全体像ー来年春の小売全面自由化に向けてー
- ・電力広域的運営推進機関の役割について
- ・電力小売全面自由化における取引所の役割について
- ・全面自由化に向けた事業展開～電力販売を超えて、みらい型インフラ企業へ～
- ・電力システム改革・発送電分離に向けた課題と対応

(3) ニュースレター

- ・Vol.71(2015年4月号)～Vol.82(2016年3月号)を発行(毎月実施)

(目次)

報告書なし

## 2.2 再生可能エネルギーの地産地消型エネルギーシステムに係る実証事業

(プロジェクト名) 平成26年度地産地消型再生可能エネルギー面的利用等推進事業

(報告書名) -

(報告書番号) IAE-1515101

(発行年月) -

---

### (要旨)

太陽光や風力等の出力変動の大きな再生可能エネルギーの導入を拡大するため、需要家側に設置された複数の蓄エネルギー機器を最適に制御することで調整力を創出する、あるいは再生可能エネルギー由来の電気を水素等の他のエネルギー媒体に変換、貯蔵することで需要家側の設備に対し電気・熱を供給するモデル構築事業として、以下の3件の事業を実施した。

「蓄電池群制御を応用したインバランス抑制システムによる地域PPSモデルの活性化の実証試験」では、複数箇所に設置した蓄電池の充放電を、小売電気事業者がオンラインで集中制御し、小売電気事業者が立てた需給計画と実際の需要・供給とのずれを調整するシステムを構築した。このシステムにより、需要と供給のインバランスを小さくすると同時に、再生可能エネルギーの使いにくさの一因である不安定性を緩和することができる。このシステムの導入により、小売電気事業者の収益力が向上し、再生可能エネルギーの積極的な活用が期待できる。地域小売電気事業者のような、比較的小規模な小売電気事業者の経営安定化と再生可能エネルギーの導入拡大につながる。

「再生可能エネルギー拡大に向けた自立型再エネ水素エネルギー供給システムの導入」は、太陽光発電から製造したCO<sub>2</sub>フリー水素を活用した水素エネルギー供給システムを導入して、地産地消の自立型エネルギー供給モデルを確立するものである。このモデルは、不安定な太陽光発電を安定電力として宿泊施設に電気を供給するとともに余剰の電気で水素を製造するもので、年間通じて再生可能エネルギーのみで宿泊施設に電気と熱を供給することができる。

「バッテリーマネジメントを活用した面的電力需給最適化実証事業」では、蓄電池を活用した再生可能エネルギーの促進のために、複数の需要家に設置した蓄電池を、インターネットを介して遠隔制御し、再生可能エネルギーによる電力供給と需要家のデマンドの乖離によるインバランスを低減するシステムを構築し、これ効率的に運用するためのサービスモデル具体化の実証を行った。

### (目次)

報告書なし



## 2.3 双方向通信による再生可能エネルギー出力制御に関する実証事業

(プロジェクト名) 次世代双方向通信出力制御緊急実証事業

(報告書名) 平成26年度次世代双方向通信出力制御緊急実証事業成果報告書

(報告書番号) IAE-1515104

(発行年月) 2016年3月

### (要旨)

再生可能エネルギーが急速に普及し、需要と供給のバランスを保つ必要性から早期に太陽光発電の出力制御が必要となる地域では、太陽光発電所の連系電圧による区分、既存設備有効活用の観点から双方向通信方式(専用回線による双方向出力制御方式)と単方向通信方式(インターネットによる出力制御スケジュール方式)を開発した。出力制御対象の太陽光発電事業者は地域全体に散在しているため、全体を対象としたシステム構成とする必要があり、中央給電指令所から発信される出力制御情報を地域単位の制御所システムを経由し、出力制御スケジュール情報配信サーバを介し、太陽光発電所に設置する出力制御機能付PCSへ伝送するシステムとした。送配電系統に連系する特高・高圧・低圧の太陽光発電所を対象に実際に出力制御現地試験を行い、実運用に向けた実効性を確認した。

他方、太陽光発電の出力制御時期が中長期的と考えられる地域では、出力状況や発電電力量の把握が可能となる双方向通信による出力制御システムの開発を行った。通信プロトコルにデマンドレスポンス実証でも使用されているOpenADR2.0bを準用し、出力制御のみならず分散型エネルギー資源の遠隔制御全般の標準化も視野に入れた。太陽光発電設備は家庭内に設置されていることも多いため、発電容量や接続電圧階級等を踏まえた出力制御のみならず、HEMS等のエネルギーマネジメントシステムやアグリゲーターの介在などのパターンを考慮した上で、OpenADRによる出力制御指令を公衆回線網を通じて、当該地域内の出力制御機能付PCSと接続するシステムとし、複数のシナリオを想定しての実証を行ったところ、十分な精度・スピードでの出力制御と出力状況把握を確認できた。開発した出力制御システムのうち、インターネットや公衆通信回線網を通じて制御するシステムについては外部からの攻撃に対するセキュリティ信頼性の評価を行っている。今回対象としたシステムのセキュリティ分析を行い、セキュリティに要求される事項を整理し、それに対する機器検証を実施したところ、検証範囲においては大きな欠陥はなかった。

出力制御システムの標準化については今回の実証結果や海外調査結果等も踏まえ、段階を経ながら今後の検討に繋げる。

### (目次)

#### 第1章 事業概要

#### 第2章 次世代双方向通信出力制御緊急実証事業 成果報告書

##### 巻Ⅰ 海外調査報告

##### 巻Ⅱ 出力制御の最適算定技術等の調査

##### 巻Ⅲ 出力制御システムの開発と実証

##### 巻Ⅳ 標準化検討報告

## 2.4 大規模HEMS情報基盤整備に関する調査

(プロジェクト名) 大規模HEMS情報基盤整備事業

(報告書名) 大規模HEMS情報基盤整備事業におけるデータ活用に係るプライバシー対応に関する調査業務

(報告書番号) IAE-1515105

(発行年月) 2015年3月

---

(要旨)

### 1. 目的

我が国のエネルギーデータ利活用に係るプライバシー対応への示唆を得ることを目的に、先行する欧米規制側のプライバシー対応に関わる動向ならびに事業者のプライバシー対応の具体的な方策および課題への対応を把握するとともに、データを第三者に提供する場合のデータ処理方法を整理する。

### 2. 調査内容

#### (1) 国内外の規制側のプライバシー対応に関わる動向の把握

・スマートメーターの本格導入を前にプライバシーに関する制度設計を進めているイギリス、一部の地域でスマートメーターが普及しエネルギーデータの利活用の仕組みがつくられているアメリカをはじめとする欧米のプライバシー対応に関わるフレームワーク(考え方の枠組み)を調査し、論点整理した。これを踏まえ、「我が国の改正前と改正後の個人情報保護法」と「欧米のプライバシー対応に関わるフレームワーク」を比較し、法的対応事項について抽出した。また、プライバシーに係る国内外トラブル事例を踏まえ、プライバシー対応すべき事項について抽出した。

#### (2) 事業者側のプライバシー対応の事例の調査

・アグリゲータのプライバシー対応の事例について、米国PG&E/SDG&E社のデータの収集・共用の方法、プライバシー対応事例を中心に調査した。

・データ利活用事業者のプライバシー対応の事例について、米国CEE社のエネルギーデータを活用したサービスモデル、利活用方法、プライバシー対応事例を中心に調査した。

#### (3) データを第三者に提供する場合のデータ処理方法

・匿名化処理方法調査に先立ち、日米の匿名化処理方法に対する考え方を比較整理した。

・米国アグリゲータが適用した15/15ルールと呼ばれる匿名化処理方法の事例を中心に調査し、ルール適用の背景、課題について整理した。

・我が国におけるエネルギーデータの匿名化処理方法の検討:米国の匿名化処理事例を踏まえ、我が国におけるエネルギーデータの匿名化処理方法のあり方を議論する際に参考にすべき点について検討し抽出した。

(目次)

### 1. 調査の範囲

#### 1-1 調査の背景と目的

#### 1-2 調査の範囲

#### 1-3 調査方法

### 2. 国内外の規制側のプライバシー対応に関わる動向の把握

#### 2-1 海外の先行事例における動向の把握

#### 2-2 我が国の状況を踏まえたプライバシー対応の整理

### 3. 事業者側のプライバシー対応の事例の調査

#### 3-1 アグリゲータのプライバシー対応の事例の調査

#### 3-2 データ利活用事業者のプライバシー対応の事例の調査

### 4. データを第三者に提供する場合のデータ処理方法

#### 4-1 匿名化処理方法に関わる用語の定義

#### 4-2 アグリゲータの匿名化処理方法の調査

#### 4-3 我が国におけるエネルギーデータの匿名化処理方法の検討

(イ)再生可能エネルギーに関する調査研究

## 2.5 セルロース系エタノールの製造技術に関する調査

(プロジェクト名) セルロース系エタノール生産システム総合開発実証事業／国内外の優良技術の調査・検討  
(報告書名) 「セルロース系エタノール生産システム総合開発実証事業／国内外の優良技術の調査・検討」成果報告書  
(報告書番号) IAE-1515510  
(発行年月) 2015年12月

### (要旨)

NEDOでは食料と競合しないバイオマス原料の栽培からエタノール製造プロセスまでを一貫したセルロース系エタノール生産システムを開発することを目的として、様々な技術開発プログラムを実施してきた。しかし、セルロース系エタノールの実用化・事業化には、一貫生産システムとしての性能向上、スケールアップ技術の確立などが必要であり、現有技術だけでの実用化は難しいのが現状である。

これを踏まえ、NEDOでは2014～2016年度(平成26年度～28年度)に、「最適組合せの検討および事業性評価事業」として、「2020年頃のセルロース系エタノール燃料の商用生産の実現を目的とし、最適な要素技術(前処理～糖化・発酵～蒸留)の組合せの選定とプレ商用実証プラント(年産1万kL規模を想定)による技術実証」を実施している。

本調査研究では、年産1万kL規模のプレ商用実証プラントに向けた事業継続判断に参考として用いるため、セルロース系エタノールの製造技術について、国内外の優良技術を抽出し、技術情報を整理することを目的として、以下に示す3つの内容を実施し、技術情報を整理した。

1. 国内外のセルロース系エタノール製造技術のサーベイを行い、とりまとめる
2. 年産1万kL規模のプレ商用実証プラントへのスケールアップが可能かどうか等の一定の指標を持って技術リストの中から優良な技術を抽出する
3. 抽出された優良技術について、年産10万kL規模の商用プラントによる事業を想定して、エネルギー効率、環境適合性(GHG排出削減率)、および経済性(製造コスト)などの多面的な評価を行い、とりまとめる

技術リストの作成では、セルロース系エタノール製造技術を要素技術と一貫技術に大別した。要素技術では各技術の概要、メリット／デメリットを明記し、設備コスト、運転コスト、エネルギー効率、生成物性状などの複数の指標に対する定性的な評価を記載したリストを作成した。一貫技術では、NEDOを中心として、農水省や環境省などでも取り組んだ国内のプロジェクト、および海外で実施された実証事業以上の規模のプロジェクトを整理し、その原料、規模、採用技術などを記載したリストを作成した。

これらの技術リストから事業化レベルに基づいて、優良技術を抽出し、分析した結果、以下のことが明らかとなった。

- ・ 一貫プロセスの実証～商業規模プラントで用いられている原料は主に、農業残渣など、残渣系の原料であり、大規模プラントによるエネルギー作物を利用した例は未だに実施されていない。
- ・ 商業規模プラントは主に数万kL/年の規模で行われており、10万kL/年の規模はほとんどない。

以上のことから、セルロース系エタノールの製造技術を事業化に導くためには、技術の選定に加えて、事業形態(事業モデル)の設定が重要であることを明らかにした。

しかしながら、海外のセルロース系エタノールの商業化プラントはいくつかのサイトで運転が開始したばかりであり、建設中のプラントも多くある。それに加え、国内の技術開発プロジェクトにおいても、優れた成果が出ているが、今後のスケールアップ検討が必要な技術も数多くある。

従って、海外展開を見据えた国内技術の実用化および導入普及を促進するためには、これら国内外の技術情報収集と整理を今後とも定期的に行っていく必要があると考えられる。

### (目次)

第1章 全体計画と実施状況

第2章 国内外のバイオエタノール市場動向および導入政策動向

- 第3章 セルロース系エタノール製造技術
- 第4章 セルロース系エタノールの事業化
- 第5章 優良技術の抽出
- 第6章 優良技術の比較検討および整理
- 第7章 まとめ

## 2.6 バイオマス／廃棄物利用・高温空気タービン発電システムに関する調査研究

(プロジェクト名) 平成27年度CO<sub>2</sub>排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業 バイオマス／廃棄物利用・高温空気タービン発電システムの開発

(報告書名) 平成27年度CO<sub>2</sub>排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業 バイオマス／廃棄物利用・高温空気タービン発電システムの開発 成果報告書

(報告書番号) IAE-1515202

(発行年月) 2016年3月

---

### (要旨)

本研究提案システムの実用化には、これを構成する要素開発を実施、それぞれの目標を達成し、「効率80%以上の空気圧縮機」、「800℃、70000回転/分で作動する高温空気タービン」、「ガス側伝熱面開放可能、水洗浄可能、温度効率80%のガス-ガス熱交換器」及び「炉下部でガス化、上部で900℃以上の燃焼ガス発生可能な燃焼炉」の開発に成功した。

焼却炉と高温空気タービン発電システムを組み合わせた総合試験で、自立運転に成功した。

次の2つの課題が残された。

①焼却炉と高温空気タービンの時定数が異なるため、始動時の出力増大制御が難しい。

②焼却炉の排ガス中の未燃分が熱交換器の伝熱面に付着して熱交換器の効率が低下する。

①及び②の対策には、助燃バーナーを焼却炉と高温空気タービン発電システムの間には設けること、②の対策として熱交換器の水洗浄が有効であることが確認された。

本研究は、平成25年度の環境省CO<sub>2</sub>排出削減対策強化誘導型技術・開発実証事業(バイオマス/廃棄物利用・高温空気タービン発電システムの開発)による3年間の研究に採択されたもので、最終的には20kW級バイオマス燃焼試験機を製作・検証し、実用規模である50kW機の性能予測と事業化のシナリオを作成することにあつた。研究の結果、予定通り同試験装置を製作・試験を行いシステム自体の成立性を検証した。また50kW機の性能を予測するとともに、実用プラントの評価と事業化のシナリオを描くことができた。

### (目次)

要約

第I編 研究概要

第II編 内容

1 サイクル設計に関する検討

2 タービン発電機の開発

3 熱交換器の開発

4 焼却炉の設計・製作

5 運転試験

6 実用プラントの評価

7 まとめ

## 2.7 水を作動媒体とする小型バイナリー発電の研究開発

(プロジェクト名) 地熱発電技術研究開発／低温域の地熱資源有効活用のための小型バイナリー発電システムの開発／水を作動媒体とする小型バイナリー発電の研究開発

(報告書名) 「地熱発電技術研究開発／低温域の地熱資源有効活用のための小型バイナリー発電システムの開発／水を作動媒体とする小型バイナリー発電の研究開発」平成26年度～平成29年度のうち平成27年度分中間年報

(報告書番号) IAE-1515509

(発行年月) 2016年3月

---

### (要旨)

バイナリー発電が温泉業との共存を図るために、危険性や環境汚染の心配がなく廃棄処理等の対策が不要な水を作動媒体として用いる発電システムを開発した。

「①全体システムの設計・開発」では、温水試験用発電システムおよび温排水を利用した実証試験用システム向けに媒体循環ポンプを用いた制御システムについて検討した。また、温泉水を利用した実証試験用システムについて基本設計を行った。

「②発電装置の開発」では、ツイエンタータービン、水潤滑軸受、可変ノズル機構等を組込んだタービン発電機を設計・製作した。また、熱交換器を組合せた目標達成を主目的とする温水試験用発電システム、および温排水を利用した実証試験用発電装置の製作、各発電装置用の実験設備の設計製作を行い、温水による発電実験を開始した。

「③熱交換器の高性能化の研究」では、熱交換器内部の詳細な熱流動現象から、発電システム全体のサイクル解析を繋ぐツールを構築し、今回想定する発電システムにおいては、伝熱に関しては单相流側律速であり、一方、圧力損失については、二相流側の影響が大きいことを明らかにした。熱交換器内部の单相側の熱伝達、及び伝熱面内部の熱伝導の連成問題に対応できる計算コードを作成した。更に、形状最適化を行うための随伴解析コードを作成し、流れに伴う熱伝達と伝熱面内部の熱伝導を考慮した最適化問題に適用し、構築したコードの検証を行った。

「④フィールドテスト」では、試験サイトにおいて、小型バイナリー発電システムの運転に必要な温排水と冷却水を取得するための配管工事ならびに電気工事、自動制御工事を行った。また、平成28年度以降に実施予定の温泉水を用いた実証試験に向けて、試験機の設置サイトについて調査し、温泉水や冷却水の供給条件、発電電力の使用方法等の検討を行い、設置サイトについて候補を選出した。

「⑤研究推進委員会の開催」では、本事業を計画的かつ効率的に遂行するために、小型バイナリー発電研究推進委員会を2015年7月、12月、および2016年3月の3回開催した。委員会では中間目標達成に向けた研究開発状況の説明を行い、課題への対応策について議論した。

### (目次)

1. 研究開発の内容及び成果等
2. 成果
3. その他特記事項

## 2.8 エネルギー研究開発に係る国際的取組への貢献

---

(プロジェクト名) EGRD

(報告書名) -

(報告書番号) IAE-1525710

(発行年月) -

---

### (要旨)

国際エネルギー機関(IEA)のエネルギー研究技術委員会 (CERT:Committee on Energy Research and Technology)の下で活動を行っている、研究開発プライオリティ設定に関する専門家会合(Expert Group on R&D Priority Settings and Evaluation)をホストし、島嶼地域のエネルギーアクセスと再生可能エネルギー導入に関する議論を行った。日米欧から27名の参加者があった。プログラムは、イントロダクション、持続可能な島嶼地域、持続可能な都市、島嶼国の4セッションで構成され、島嶼地域のエネルギーアクセスと再生可能エネルギー導入、変動電源と都市への含意を得た。会合内容はIEAのWebサイトに掲載された。

(<https://www.iea.org/workshops/egr-d-island-energy---status-and-perspectives.html>)

### (目次)

報告書なし



(ウ)省エネルギーに関する調査研究

## 2.9 エネルギーマネジメントシステム等の省エネルギーに関する国際標準化に係る調査研究

(プロジェクト名) 平成27年度省エネルギー等国際標準開発(テーマ名:エネルギーマネジメントシステム等の省エネルギーに関する国際標準化)

(報告書名) 平成27年度省エネルギー等国際標準開発 エネルギーマネジメントシステム等の省エネルギーに係る国際標準化に関する事業 成果報告書

(報告書番号) IAE-1515102

(発行年月) 2016年3月

---

### (要旨)

TC242(エネルギーマネジメントシステム)関連規格では、ISO 50001改定、および平成26年度に規格開発が承認されたISO50007(エネルギーサービス)、ISO50008(商業ビルのエネルギーデータマネジメント)の規格開発が主要業務であった。国内審議委員会での検討、6月のTC242年次総会、9月および平成28年1月の国際WG会議等の機会を通じて、規格開発業務を実施した。年度末の平成28年3月11日時点で、3件の規格案はいずれもWD段階であった。

また日本からTC242に提案する新規格「グループによるISO50001の活動に関するガイダンス」の検討を進め、12月にTC242事務局に提案の正式申し入れを行った後、翌1月の国際WG会議で説明を行い、TC242側と規格開発体制に係わる協議を行った。

中国の提案で設置されたTC257(省エネルギーの評価)関連規格では、FDIS段階を迎える4件の継続案件(ISO17743、ISO17742、ISO17741、ISO17747)、および平成27年4～5月に開発が承認された新規規格5件が対象プロジェクトであった。国内での検討、および8月、9月のWG会議、平成28年2～3月TC257年次総会時WGの国際会議を通じて規格開発作業を実施した。その結果、ISO17742は8月に規格発行が終了し、平成28年3月11日時点で、ISO17743、ISO17741、ISO17747はFDISまたはFDIS最終準備段階に達し、5件の新規規格案はいずれもWD段階であった。

なおISO技術管理委員会(TMB)の要請でTC242とTC257の統合が検討され、平成28年2月末のTMB年次総会において両TCの統合とTC301の新設が決議された。

### (目次)

1. 本事業の概要
  - 1.1 事業の目的
  - 1.2 事業の内容
  - 1.3 実施体制
  - 1.4 活動経緯
    - 1.4.1 TC242活動経緯
    - 1.4.2 TC257活動経緯
2. 標準化調査研究の取り組み(ISO/TC242における国際標準化)
  - 2.1 TC242の概要
  - 2.2 TC242国際標準化事業進捗報告
    - 2.2.1 国内審議の状況
    - 2.2.2 国際標準化対応状況
    - 2.2.3 JIS50003原案作成状況
    - 2.2.4 新規提案の開発
  - 2.3 今後の予定とまとめ
3. 標準化調査研究の取り組み(ISO/TC257における国際標準化)
  - 3.1 ISO/TC257の概要
  - 3.2 TC257国際標準化事業進捗報告
    - 3.2.1 国内審議の状況
    - 3.2.2 国際標準化対応状況

### 3.2.3 今後の予定とまとめ

4. 国際標準化事業に伴う効果(経済効果、省エネ効果)
5. TC242/TC257全体の平成27年度事業に進捗(まとめ)

## 2.10 スマートアプライアンスに関する調査

(プロジェクト名) 平成27年度内外一体の経済成長にかかる国際経済調査事業(EUとの規制協力:スマートアプライアンス分野における欧州の規制に関する調査)

(報告書名) 平成27年度内外一体の経済成長にかかる国際経済調査事業(EUとの規制協力:スマートアプライアンス分野における欧州の規制に関する調査)報告書

(報告書番号) IAE-1515107

(発行年月) 2016年3月

---

### (要旨)

調査の結果、欧州では、エコデザイン(ErP)指令のスマートアプライアンスへの適用に当たって、スマートアプライアンスとして取り扱われる範囲が、いわゆるスマート家電/ネットワーク家電ではなく、例えばBEMS経由で、スマートグリッドと連携して地域/システムの負荷軽減に貢献する空調設備のような大型負荷設備も対象として含まれることが判明した。また、「ニュートラルメッセージ」という新たな国際標準を策定する動きがあるものの、現時点で欧州大の統一したスマートアプライアンス向け標準は確立していない。米国においても、現在のところいくつものIoT標準が乱立しており、各プロトコルには長所・短所があるため、ある一つの規格のみが採用される可能性は低いことがわかった。

日本としては、米国のIoT標準化動向を見守りつつ、スマートアプライアンスに関する欧州/国際標準化の中で、「ニュートラルメッセージ」を受けて実際にデバイスを制御する「フィールドバス」のプロトコルインターフェイスとして、既に国際標準規格となっているECHONET Lite仕様が十分活かされるよう、引き続き、欧州/国際標準策定機関ならびに、ErP指令を推進する欧州政府関係者と緊密に情報交換を行うことが肝要である。

### (目次)

1. 事業概要
2. 欧米におけるスマートアプライアンスに関する標準化動向
  - 2.1 欧州におけるスマートアプライアンスに関する標準化動向
  - 2.2 米国におけるスマートアプライアンスに関する標準化動向
  - 2.3 欧米におけるスマートアプライアンスに関する今後の標準化の展望
3. スマートアプライアンスへのエコデザイン指令適用に関する動向
  - 3.1 スマートアプライアンスへのエコデザイン指令適用に関する経緯
  - 3.2 スマートアプライアンスへのエコデザイン指令適用に関する事前調査研究の現状
  - 3.3 日EU産学対話から得られた補足事項
4. スマートアプライアンスに関する日本での標準化に関する提言

### － 添付 －

#### 添付1:個別調査報告書

- 1) EEBUS調査報告書
- 2) KNX調査報告書
- 3) Energy@Home調査報告書
- 4) BSHおよびスマートアプライアンス関連の標準化活動調査報告書
- 5) IoT関連通信プロトコル文献調査報告書
- 6) スマートアプライアンスへのエコデザイン指令適用に関する動向調査報告書

#### 添付2:出張報告書、会合議事録とアンケート集計結果

- 1) 欧州スマートアプライアンス標準化動向調査に関する海外出張報告書
- 2) 米国スマートアプライアンス標準化動向調査に関する国内外出張報告書
- 3) 在欧日系ビジネス協議会との打合せ報告
- 4) 欧州でのスマートアプライアンス関連標準アンケート調査結果

### 3. 水素エネルギー関連

(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

### 3.1 エネルギーキャリアシステムの経済性評価と特性解析

(プロジェクト名) 水素利用等先導研究開発事業／エネルギーキャリアシステム調査・研究／エネルギーキャリアシステムの経済性評価と特性解析

(報告書名) エネルギーキャリアシステムの経済性評価と特性解析 報告書

(報告書番号) IAE-1515503

(発行年月) 2016年2月

---

#### (要旨)

水素の製造から貯蔵・輸送・利用に至るチェーン全体を俯瞰し、2030年および2050年における水素エネルギーの導入・普及状況を想定し、バックキャスト的手法により、2030年初期中期導入シナリオを策定した。

具体的には、本水素利用等先導研究開発事業の中で別途検討が進められている2030年および2050年における日本国内への水素の導入普及状況および許容コストの分析結果とエネルギーキャリア技術の供給コスト分析の結果を比較し、水素エネルギーの導入・普及のために必要なエネルギーキャリアチェーンを構成する製造・貯蔵・輸送の各プロセス技術の課題と研究開発の方向性を2030年初期中期導入シナリオとしてまとめた。シナリオ策定にあたっては、国内外で発表されている各種ロードマップや各国で進行中の研究開発プロジェクトの状況等も整理分析し、技術課題の抽出と研究開発の方向性検討に活かした。

研究開発に求められる方向性とキャリアごとの主要課題(コスト目標のボトルネックとなる技術開発課題)は、以下のとおりとなった。

#### ① 液化水素

研究開発の方向性: 国際キャリアチェーン全般において、各プロセスのスケールアップを行いつつ、特に液化のスケールアップと液化原単位の改善を重視する

主要課題: 水素の液化技術の高効率化

#### ② アンモニア

研究開発の方向性: 国際キャリアチェーン全般において、各プロセスのスケールアップを行いつつ、特に発電に関しては直接利用のための技術開発を行う

主要課題: 直接利用のための技術開発(特に発電)

#### ③ 有機ハイドライド(メチルシクロヘキサン)

研究開発の方向性: 脱水素プロセスの低コスト化の技術開発(触媒の改良による反応温度の低下、触媒の長寿命化・低価格原料化によるコスト低減等)を行う

主要課題: 脱水素プロセスの用役費の低減

#### (目次)

### 5. シナリオ検討

#### 5.1 背景・目的

#### 5.2 シナリオ検討のフレーム

#### 5.3 関連データ及び関連情報の収集

#### 5.4 既往水素導入シナリオおよび定性分析

#### 5.5 水素導入シナリオの作成

#### 5.6 まとめと今後の課題

#### 5.7 参考文献・引用文献

### 3.2 水素等利用技術導入に関する日本の中長期エネルギーシステムの分析

---

(プロジェクト名) TIMESモデル整備

(報告書名) 水素等利用技術導入に関する日本の中長期エネルギーシステム分析

(報告書番号) IAE-1525709

(発行年月) 2016年2月

---

#### (要旨)

現在、水素エネルギーが大きな注目を集めている。近年では、海外からの水素輸入に関する検討も進められている。海外からの水素輸入に関しては、再生可能エネルギーから製造する水素やCCSを行い化石燃料から製造する水素、いわゆる“CO<sub>2</sub>フリー水素”を長距離輸送可能なもの(以下、水素キャリア)に変換し、日本に輸送することを中心に、様々な機関で検討が行われている。本研究においては、当研究所が作成した最適化型エネルギーモデルを活用して、水素キャリアの導入を対象に2050年までのシミュレーションを行い、日本の中長期エネルギー需給を分析した。

水素キャリアの導入可能量は、今後の技術開発の進展、水素キャリアの導入価格、社会情勢の変化等により、結果は大きく変わり得る。そのため、TIMES-Japanモデルの整備として、モデル入力データの最新年情報収集を行い、エネルギー輸入価格想定、水素関連パラメータ、エネルギーバランス、原子力・再生可能エネルギー実績、WEO等の最新データをモデルに反映した。また、TIMES-Japanのフロー図の整理を行い、水素・アンモニア利用のフローを追加した。

今後は、水素関連パラメータの見直しおよび更新、水素キャリア導入のフローをより詳細なものへと改善するとともに、技術開発の動向を反映し、機器効率や価格等の見直しを行い、本モデルの改良を行っていく予定である。

#### (目次)

1. 目的
2. 内容
3. モデル入力データの最新年情報収集
  - 3.1 エネルギー輸入価格想定
  - 3.2 水素漢検パラメータ
  - 3.3 エネバラ表
  - 3.4 原子力・再生可能エネルギー実績及び将来予測
4. 水素キャリア導入のフローの詳細化による水素シナリオの分析
  - 4.1 ケース設定
  - 4.2 試算結果
5. 全体フロー図の整理



(イ)水素の製造、輸送、供給及び貯蔵に関する調査研究

### 3.3 化学品原料として利用可能な水素製造技術に関する検討

(プロジェクト名) 二酸化炭素原料化基幹化学品製造プロセス技術開発／化学品原料として利用可能な水素製造技術に関する検討

(報告書名) 平成27年度成果報告書 化学品原料として利用可能な水素製造技術に関する検討

(報告書番号) IAE-1515513

(発行年月) 2016年2月

#### (要旨)

水素製造方法として、①副生水素(苛性ソーダ製造、鉄鋼生産、石油化学プロセスなどからの副生する水素)、②化石燃料の改質(天然ガス、ナフサ、石炭などの炭化水素からの水素製造)、③水電解(化石燃料由来のエネルギーによる電解水素、および再生可能エネルギーによる電解水素)、④その他の技術(バイオマスからの水素製造、熱化学法等)の技術動向を調査した。

具体的には、化学品原料としての水素のスペックを、純度99.9%以上、硫黄分0.1ppm以下として、製造規模を1万t/年、10万t/年、20万t/年の場合ごとに、現在と将来(例えば、2030年頃、2040年頃)における水素製造コストの試算、予測を行った。なお発生する水素の純度が上記スペックに満たない場合は、それを精製するコストを試算し、水素製造コストとした。

副生水素の製造コストは安価であるものの、化学用の水素源としては量的に十分でなく、最も供給余力のある鉄鋼業においても、最大の製鉄所において年間10万tの水素を供給するのが限界である。苛性ソーダと石油化学においては工場が各地に分散しているため水素供給規模が鉄鋼業より一桁少なく、年間1万tの水素を供給するのが限界である。現状、原油価格が比較的安価なレベルにあり、2030年、2040年では現状より高騰する前提で推算したため、将来の水素製造コストは高くなる。

化石燃料からの水素製造においては、天然ガスやナフサからの水素製造設備は現状のインフラ利用を前提とした。石炭はガス化設備の建設費が高く、インフラ整備費も必要なため、固定費が高価になり、現状では割高となる。天然ガスやナフサ等の化石燃料が石炭より高騰度合いが大きいとしたため、2030年以後は石炭からの水素製造コストが最も安価となる。

水電解では、将来の技術革新によるPEM設備コスト低減と量産効果によるコストダウンが大きく寄与し、化石燃料高騰に伴う系統電源コストの上昇を補って余りあるものと考えられる。一方、大型化によるスケールアップ効果は小さい。

バイオマスのガス化は、現状の木質資源の素材の供給量を勘案すると、年間10万tの水素を供給するのは困難と考えられる。なお、ガス化コストは石炭のガス化と同じとして推算した。

その他の将来技術については、高温ガス化炉との組み合わせを考えると2040年以前の実用化は考えられず、水素製造コストにはかなり希望的な予測も含まれる。

CO<sub>2</sub>処理コストを考慮しても、現時点では再生可能エネルギーを利用した水素製造コストは既存の化石エネルギーを利用したコストより高いが、将来の化石エネルギーの高騰や技術革新によるPEM設備コスト低減を考慮すると競争力を持ちうる可能性がある。

燃料電池用の水素と異なり当初より大量の水素を必要とする化学用水素製造技術には副生水素やPEM水電解、バイオマスガス化等の技術は不向きである。量的な限界がある副生水素やバイオマスガス化の適用は難しいとしても、スケールファクターが大きなPEM水電解もコスト的に不利である。

バイオマスや石炭のように原料保管がかさばり敷地面積が大きくなることに留意が必要である。水素コストからみると、CO<sub>2</sub>処理コストや化石燃料価格の動向によっては不確定要素があるものの、石炭のガス化・改質が最も有利である。

#### (目次)

##### I 調査の概要

##### II 本編

##### 第1章 水素製造方法の技術動向

- 1.1 副生水素の現状と供給可能量と水素コスト
- 1.2 化石燃料の改質技術の現状と供給可能量
- 1.3 PEM水電解水素の現況
- 1.4 その他開発中の水素製造技術の現状
- 1.5 水素精製技術
- 第2章 化学品原料としての水素のコスト
  - 2.1 既存のコスト試算例
  - 2.2 水素製造コストの現状と将来見通し
  - 2.3 PEM水電解水素による水素製造コスト
  - 2.4 各種水素製造方法のコスト比較
- 第3章 水素の将来動向についての考察
  - 3.1 水素社会への見通しとロードマップ
  - 3.2 太陽光エネルギーを用いた将来の水素生産技術の比較
  - 3.3 人工光合成プロジェクトの水素製造コスト目標値
- 第4章 まとめ

## 4. 化石エネルギー関連

(ア) 化石燃料の高度転換技術(CCT、CCS等)を核とした  
エネルギーシステム研究

#### 4.1 クリーン・コール・テクノロジーロードマップの検討

(プロジェクト名) 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／クリーン・コール・テクノロジーロードマップの検討

(報告書名) クリーン・コール・テクノロジーロードマップの検討

(報告書番号) IAE-1515512

(発行年月) 2016年6月が期限のため、報告書は未発行

---

##### (要旨)

2050年までの長期視点に立ったクリーン・コール・テクノロジーロードマップを作成するに当たり、長期エネルギー需給見通しで示されている2030年までの短期視点と、その後2050年までの長期視点の2つに分けて各技術の課題点の抽出や将来の目標などを具体化し、全体のロードマップを検討した。

短期視点では、METIとNEDO共催の「次世代火力発電の早期実現に向けた協議会」を計4回開催し、(1)火力発電の高効率化、(2)CCUS(CO<sub>2</sub>回収・利用・貯留・有効利用)技術開発、(3)次世代火力技術開発のロードマップ作成、について必要な資料を作成し、協議会に供した。

火力発電の高効率化については、現在の火力発電技術の運転状況を把握するために、国内の電力需給量から見た火力発電の占める割合や、発電所から排出されるCO<sub>2</sub>量の推移などをまとめた。近年建設計画が進むLNG火力や石炭火力のリストを作成し、これまでに公表されている火力発電技術のロードマップを整理した。火力発電のさらなる効率向上のために必要な技術と克服すべき課題点を整理するため、環境性(CO<sub>2</sub>排出量削減に向けた取り組み)や運用性(負荷変動への対応など)の向上に向けた現状の取り組みを整理した。LNG火力については1700℃級ガスタービン開発やA-HAT(高効率ガスタービン実用化技術開発)などの国内外の開発動向や課題を、石炭火力についてはA-USC(先進超々臨界圧発電)やIGCC、IGFC(石炭ガス化燃料電池複合発電)などについての技術開発動向と課題点を整理した。

CCUS技術開発については、火力発電所から排出されるCO<sub>2</sub>を分離回収する技術や有効利用する技術について、国内外で開発されている状況を整理し、技術別にその特徴と開発レベル(実用化レベル、パイロット試験レベル、研究開発レベルなど)を整理した。またCO<sub>2</sub>回収コストの現状や目標値、CO<sub>2</sub>の有効利用法(用途)についてのCO<sub>2</sub>固定量の試算などをまとめた。

最終的には、2030年の早期実用化に向けた今後の課題と方向性を示す資料として、協議会中間とりまとめを作成した。

2050年までの長期視点では、NEDO戦略技術研究センターの「高効率火力発電分野の調査」のフォローをはじめ、次世代火力発電協議会のフォローアップやNEDO主催の有識者委員会の事務業務を担い、技術資料の準備や意見のとりまとめを実施した。

NEDO戦略技術研究センターの「高効率火力発電分野の調査」のフォローでは、各国の火力発電技術開発支援状況の調査と我が国の保有技術に関する調査を実施した。前者は、各国の火力発電事業スキームの紹介だけではなく、背景となる政策や技術開発の特徴、目標、実施者、予算、進捗度などを、公開されている範囲で整理した。後者は我が国の石炭火力技術の競争力強化につながる技術項目を明らかにするため、保有技術の特徴を整理し、さらに構成機器のサプライチェーンなどについても調査し、その傾向や特徴をまとめた。

次世代火力発電協議会のフォローアップでは、協議会で議論し切れなかった内容や次世代火力発電に関する技術開発や実用化を加速させるための手法などを再び議論するため、平成28年4～5月に協議会を計2回開催する予定で、技術調査や資料作成を実施し、協議会に供する。

最後に、協議会で実施した次世代火力発電ロードマップの検討結果を俯瞰しつつ、2050年の長期視点に立ったクリーン・コール・テクノロジーの技術開発ロードマップをNEDO主催の有識者委員会を開催の上、協議して平成28年6月末にとりまとめる。

##### (目次)

##### (予定)

##### 概要

##### 1. 2030年の早期実現に向けた次世代火力発電ロードマップの作成

- 1.1 事前調査
  - 1.1.1 火力発電の高効率化について
  - 1.1.2 CCUS技術開発について
  - 1.1.3 次世代火力発電の技術開発ロードマップ作成について
- 1.2 協議会の開催と議事録作成
- 1.3 2030年までの技術開発ロードマップの作成
2. 下期協議会
  - 2.1 事前調査
  - 2.2 下期協議会の開催と議事録の作成
  - 2.3 下期協議会のまとめ
3. 2050年に向けたクリーン・コール・テクノロジーロードマップの作成
  - 3.1 協議会のまとめ
    - 3.1.1 高効率石炭火力発電の導入インセンティブの影響
    - 3.1.2 2030年以降の石炭火力発電技術開発
    - 3.1.3 石炭火力のバックアップ検討
  - 3.2 NEDO技術戦略に対する追加調査
    - 3.2.1 各国の火力発電技術開発支援状況の調査
    - 3.2.2 火力発電の我が国保有技術に関する調査
  - 3.3 委員会のための事前調査
  - 3.4 委員会開催と議事録作成
  - 3.5 2050年までのクリーン・コール・テクノロジーロードマップの作成
4. まとめ
5. 引用文献

## 4.2 ISOにおけるCCS分野の規格制定に関する活動

(プロジェクト名) CCS国際連携事業(CCS関連国際機関等との連携事業)におけるCCS関連の規格化のQ&Vとクロスカッティングイシュー分野への対応業務

(報告書名) CCS国際連携事業(CCS関連国際機関等との連携事業)におけるCCS関連の規格化のQ&Vとクロスカッティングイシュー分野への対応業務

(報告書番号) IAE-1515106

(発行年月) 2016年3月

---

(要旨)

### 1.1 事業目的

公益財団法人地球環境産業技術研究機構が経済産業省と締結した委託契約書(20140319財産第1号)により実施する平成27年度地球環境国際連携事業におけるCCS関連の規格化の事業の一部として、Q&V(Quantification and Verification: 定量化と検証)とCCI(クロスカッティングイシュー)分野に関して弊財団が実施するものである。本業務では、平成23年度に設置が決定したISO/TC265の活動の中のQ&VとCCI分野へ対応するとともに、CCS関連の規格化のQ&VとCCI分野における各国の動向の調査等を行い、規格化に関する議論を先導する。

### 1.2 事業概要

平成23年度に設置が決定したISO/TC265の活動のQ&VとCCI分野へ対応する。また、CCS関連の規格化のQ&VとCCI分野に関する各国の議論の動向を調査し、収集した各国の動向について国内関係者へ情報提供を行う等、国内での議論を支援することにより、CCS関連の規格化のQ&VとCCI分野に関する議論を先導した。具体的には以下の通り。

#### ・ 国内WGの開催

Q&VとCCI分野において都内で5回開催し、この分野のISO化についての議論を行った。国内WGの開催に際しては、日程調整、会場手配、各委員の招集、議事内容の記録・報告などの業務を行った。またWG委員への意見照会や意見とりまとめなどの作業も行った。さらに関連する他のISO、JISや他国の規格・標準等を調査し、関係を整理した。

#### ・ TC全体会合、TCのWGへの参加

TC全体会合は1回、ノルウェーのオスロで開催された。定量化と検証WG(WG4)とCCIWG(WG5)も同様に、TC全体会合に合わせて1回開催された。TC全体総会へは、専門家として国内各WGから2名程度派遣し、各WGへも2名程度の専門家を派遣した。

また、WG独自で電話会議が開かれたため、国内WGの専門家が参加した。

#### ・ CCS関連の規格化に関する各国の動向調査

文献調査や関係者へのヒアリング等により、CCS関連のQ&VとCCI分野における規格化に関する各国の動向調査を行うとともに個別調整を行った。上記調査及び調整内容を整理し、国内審議団体等へ情報提供し、国内での議論を支援した。

(目次)

(欠落した章は非公開)

第1章 前書き

第3章 CCS関連の規格化への対応

3.2 実施内容

3.3 米国バーミングハム会合以降の活動

3.3.1 国内活動

3.3.2 国際活動

3.4 ノルウェーオスロ会合

3.4.1 国際活動

3.5 ノルウェーオスロ会合以降の活動

3.5.1 国内活動



- 3.5.2 国際活動
- 3.6 関連するその他調査活動
  - 3.6.1 各国の動向調査
  - 3.6.3 文献調査
- 3.7 今年度活動のまとめ
  - 3.7.4 WG4(Q&V)
  - 3.7.5 WG5(CCI)
- 3.8 今後の取組

(イ)化石燃料利用に関する新技術に関する研究等

#### 4.3 CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術開発

(プロジェクト名) ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト／ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発／CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術開発

(報告書名) 「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト／ゼロエミッション石炭火力基盤技術開発／CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術開発」平成27年度～29年度のうち平成27年度分中間年報

(報告書番号) IAE-1515514

(発行年月) -

---

##### (要旨)

石炭はわが国において重要な基幹エネルギーであるが、石炭火力発電は地球温暖化の一因とされるCO<sub>2</sub>の排出原単位が高く、石炭の高効率利用技術もしくは、CO<sub>2</sub>の分離回収・貯留技術(CCS)の確立など、積極的な対応が急務となっている。

CO<sub>2</sub>の分離回収技術として、微粉炭火力の排ガスから化学吸収液によるポストコンバッションや、IGCCの生成ガスから化学吸収または物理吸収法によるプレコンバッションが実用段階にあるが、分離回収に要するエネルギーが膨大であり発電効率を10ポイント近く低下させるため、資源的・経済的な課題を抱えている。この課題を克服する新技術として「CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術」、通称ケミカルルーピング燃焼(CLC)が欧米を中心に、研究開発が進められている。

CLCは石炭と酸素との燃焼反応ではなく、金属酸化物(キャリア)の酸素と石炭を反応させる化学燃焼であり、発電に必要な熱を発生するとともに、排ガスを高濃度のCO<sub>2</sub>として回収できるため、分離回収にほとんどエネルギーを使わない、CCSに適した新技術である。わが国でも2012年度から2014年度まで調査研究(NEDO委託)が実施され、2015年度から基盤研究(NEDO委託)に移行した。2015年度は基盤研究前半3ヵ年の初年度として、キャリア製造方法の開発評価と選定、キャリア技術性能評価、プロセス構造・条件の最適化評価、技術動向調査、市場・経済性検討を行い、有識者による検討委員会に諮り、今後の進め方などに対する提言を得た。

当研究所はCO<sub>2</sub>利用が見込めるCO<sub>2</sub>EORについて米国での実態や、東南アジアにおけるCO<sub>2</sub>EORの開発計画などの動向を調査し、CLCの適用可能性を検討した。また、調査研究で実施したCLCの経済性検討について、最新の設計データに置換えた再計算を行い、CO<sub>2</sub>分離回収費の中間目標である1,000円台/t-CO<sub>2</sub>の見通しの精度を向上させた。これら2015年度成果を産学の有識者による検討委員会に諮問し、幅広い意見を集約し取りまとめた。

##### (目次)

-

#### 4.4 石油精製・石油化学設備の寿命予測システムに係る調査研究

---

(プロジェクト名) 石油精製・石油化学設備の寿命予測システムに係る調査研究

(報告書名) -

(報告書番号) IAE-1515901

(発行年月) -

---

(要旨)

石油精製・石油化学設備における機器などについて、部位部品レベルの劣化モードの集積と解析、各劣化モードについて寿命データの蓄積と寿命予測手法の開発を検討した。具体的には、工業用水、海水の熱交換器の腐食管理プログラムおよびニューラル・ネットワーク法を用いた配管外面腐食管理プログラムを開発運用した。

(目次)

報告書なし

#### 4.5 インドネシアにおける褐炭からの高機能代替強粘結炭(A-SCC)製造技術システム実証事業に関する検討

(プロジェクト名) 国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業／実証要件適合性等調査／インドネシアにおける褐炭からの高機能代替強粘結炭(A-SCC)製造技術システム実証事業に関する検討

(報告書名) 平成27年度成果報告書「国際エネルギー消費効率化等技術・システム実証事業／実証要件適合性等調査／インドネシアにおける褐炭からの高機能代替強粘結炭(A-SCC)製造技術システム実証事業に関する検討」

(報告書番号) IAE-1515501

(発行年月) 2016年3月

---

#### (要旨)

KS社(インドネシア国営鉄鋼会社クラカタウ・スティーレル社)の原料調達部門であるクラカタウ・ナショナル・リソーシズ社(KNR社)と連携し、当研究所がアダロ炭からのA-SCC試料を作製し、一般財団法人石炭エネルギーセンターがインドネシアにおける資源動向および市場動向を調査し、千代田ユーテック株式会社がA-SCC試料の分析、コークス化性の評価、実証装置の概念設計、建設費推算を実施し、国立大学法人九州大学が将来の市場拡大のためのデータベースを作成し、当研究所がこれらに基づく経済性評価を実施した。

まず、アダロ炭を用いて、小型実験装置によりA-SCCの試料を製造した。強粘結炭や粘結炭などを配合した配合炭を基準として、全量の10%に当たる非微粘結炭を追加した試験配合炭を調整し、試験配合炭にA-SCCを3%および6%追加して、商業的にコークス強度の指標として使われている(DI)ドラムインデックス等を測定することで、A-SCCの添加効果を確認した。その結果、A-SCCの添加効果が4倍から25倍あることが確認できた。

次に、実験で得られた収率を元にして、原料の石炭100ton/日(乾燥炭基準)のA-SCC実証装置をチレゴンのKS社コークス炉近傍に設置するときの建設費を推算した。さらに経済性評価を行った結果、A-SCC1ton当たり、338US\$で製造できることがわかった。

原料炭の価格は、豪州基準で330US\$/tonまで上昇したが、現在は大幅に下がっている。中長期的には、世界の鉄鋼需要の伸びや強粘結炭の資源制約とともに価格が上がると考えられ、本検討において本技術が有用であることが示された。

#### (目次)

##### I 調査の概要

##### II 本編

1. 初めに
2. インドネシアの基礎情報及び現地ニーズの収集
  - 2.1. インドネシアの一般情報についての調査
  - 2.2. インドネシアのエネルギー事情の把握
  - 2.3. 自然条件、電力条件、インフラ整備状況等の調査
  - 2.4. 政策、機関、ファイナンススキームの調査
  - 2.5. 褐炭改質システムに係る潜在的な普及ポテンシャルの推定
  - 2.6. 基本情報及び現地ニーズの収集
3. 褐炭改質システムに係る分析
  - 3.1. SCCの実証システムの規模
  - 3.2. SCC原料の低品位炭の保管
  - 3.3. 低品位炭によるA-SCCの試作
  - 3.4. A-SCCシステムの最適制御方法
  - 3.5. A-SCCシステムの競争力
  - 3.6. A-SCCシステム事業化の課題
4. 過去の実証事業の成功要因からの検証
  - 4.1. インドネシアにおけるコークス製造と利用

4.2. システム実証事業としての課題

4.3. 現地における政策的な支援の見通し

4.4. O&Mを含む事業者の長期的な関与の見通しおよび事業化の課題

## 5. 原子力関連

(ア) 福島第一原子力発電所事故関連



## 5.1 発電用軽水炉の安全対策高度化技術開発

(プロジェクト名) 安全対策高度化技術開発「プラント安全性高度化」

(報告書名) -

(報告書番号) -

(発行年月) -

### (要旨)

安全対策高度化技術開発「プラント安全性高度化」は、福島第一事故を踏まえ、深層防護の観点から発電用原子炉施設の安全性をさらに高度なものとするため必要な技術を開発することにより、我が国における原子力発電技術の水準の向上を図り、もって発電用原子炉施設の利用促進等を図ることを目的とするものである。なお、要素技術開発は、プラントメーカー3社が主体的に実施し、当研究所は、プロジェクトの着実な管理を実施するとともに、技術の導入に向けた基盤整備活動を実施した。

平成27年度の成果の概要は、以下の通りである。

#### (1) 要素技術開発

平成27年度は、平成26年度までの成果を活用し、引き続き、下記の8つの要素技術開発を実施した。

- ・ シビアアクシデント対策(炉心溶融デブリ対策(IVR))「平成27年度完了」
- ・ 安全システムの高度化(自律安全系)「平成27年度完了」
- ・ 炉心の安全性高度化(高度化炉心)
- ・ 高性能蒸気発生器の耐震性高度化(高性能蒸気発生器)
- ・ シビアアクシデント対策(静的デブリ冷却)
- ・ シビアアクシデント対策(静的格納容器除熱)「平成27年度完了」
- ・ 格納容器の安全性高度化(SC構造を想定した事故評価手法高度化)
- ・ 免震システムの評価手法開発(免震装置の実証)「平成27年度完了」

#### (2) プロジェクト推進(基盤整備)

プロジェクト推進は、プロジェクトの推進に係る会議体の運営や関係機関との連絡調整等を通して、PDCAサイクルを確保し、効率的かつ計画的に本プロジェクトを推進するものである。また、本プロジェクトにおいて開発される技術について、発電用原子炉施設への早期かつ円滑な導入を推進するための基盤整備の活動を実施する。

今年度は、プロジェクトの着実な管理として、「運営会議」においてプロジェクト全体に係る計画や技術開発の進捗状況を確認するとともに、開発課題への対応を図り、PDCAサイクルを回して円滑かつ効率的な技術開発を推進した。また、「運営会議(幹事会)」では技術開発の具体的な計画策定、進捗フォローと調整を行い、具体的かつきめ細かな進捗管理を行った。さらに、「評価委員会」では、プロジェクトの成果や進め方について外部有識者による評価・助言を得てプロジェクトを進めた。平成27年度は(1)に記載の「炉心溶融デブリ対策」等4件を完了するとともに、各要素技術開発について、適用までの規格・基準類の整備等、ロードマップを作製した。

基盤整備活動については、新技術等の円滑な導入に係わる規制上の課題への対応を図るため、福島第一事故の教訓を踏まえた国内の規制動向分析を行ったほか、欧米主要国の規制動向や原子力安全に係る国際動向について現地調査も含めて調査を実施し、安全規制に与える影響等の分析を行った。また、原子力分野以外の知見・経験を本プロジェクトに反映することを目的として、レジリエンス工学に関する検討会を実施した。

### (目次)

報告書なし

## 5.2 福島第一原子力発電所事故に係る炉内事象の解析

---

(プロジェクト名) 廃炉・汚染水対策事業費補助金

(報告書名) 廃炉・汚染水対策事業費補助金

(報告書番号) IAE-1585101

(発行年月) 2016年3月

---

### (要旨)

福島第一原子力発電所事故後の廃炉措置を円滑かつ効率的に進めるべく、当研究所が開発してきた過酷事故解析コードSAMPSONを適用して、事故発生から現在に至るまでの炉内状況を推定した。主に、現在の溶融燃料及び放射性核分裂生成物の分布の把握を目的とした。

これらの分布をより詳細に把握すべく、SAMPSONに組み込まれている溶融燃料及び放射性核分裂生成物の過酷事故条件下での移行挙動モデルを改良した。改良したモデルを組み込んだSAMPSONにより福島第一原子力発電所事故を解析し、公表されている実測値と照合することによりモデルを検証した。

原子炉圧力容器の下部での溶融燃料の挙動を把握するため、実際の燃料と同様の組成を有する混合物を溶融し、下部構造物を模擬した構造物に落下させ、構造物周辺での溶融燃料の挙動を把握する実験を、韓国原子力研究所と共同で実施した。

SAMPSONは機構論的な物理モデルを採用しているため、物理的には利点となるが、一方、このことにより計算負荷が高くなる。計算負荷を軽減すべく数値解法を改良し、計算時間の短縮及び計算の安定化を達成した。

福島第一原子力発電所では、事故に関する多岐に渡る情報が取得されており、これらの情報を管理すべくデータベースを設計した。データベースは、福島第一原子力発電所及びその周辺で実測された様々な物理量を図示する機能、及び事故に関連する公表された文書を検索する機能を有する。

福島第一原子力発電所事故に関するOECD/NEA共同プロジェクトの実施機関を当研究所が担当し、事故に関する最新の国際的な知見を得た。実施機関として、東京及びパリでの会合を開催した。東京での会合の際には、福島第一原子力発電所の現地見学を開催した。

### (目次)

非公開

### 5.3 過酷事故解析手法の高度化に関する研究

---

(プロジェクト名) 重大事故解析手法の高度化研究

(報告書名) 重大事故解析コードSAMPSONの改良に係るコーディング作業、検証解析及び安全対策に係る調査

(報告書番号) IAE-1585204

(発行年月) 2016年2月

---

(要旨)

使用済燃料プール(SFP)における燃料被覆管の破損などの重大事故を防止する対策の有効性を定量的に評価できるように、重大事故解析コードSAMPSONの改良を進めた。

燃料取扱建屋の熱水力挙動、FPの放出・移行挙動を解析可能とするコーディング作業、解析モジュール間のインターフェイスの整備を実施した。

また、SFPに特有の事象等を解析可能とするために、空気中におけるジルカロイ酸化反応モデルの導入、ライナー壁及びSFP天井との輻射伝熱モデルの追加、ライナー外側コンクリートモデルの追加、燃料棒溶融落下モデルの改良、FPRAモジュールでの崩壊熱の複数計算化への改良を実施した。

改良したSAMPSONコードの検証解析を代表的な沸騰水型原子力発電所の使用済燃料プールを対象に実施した。空気中におけるジルカロイの酸化反応モデルを考慮することで、酸化反応の特性が変化するBreak away現象が起こり燃料棒の温度が急上昇する妥当な結果が得られた。また、FPの放出挙動や移行挙動が妥当に計算できていることを確認した。

(目次)

1. まえがき
2. SAMPSONコード改良に係るコーディング作業
3. 改良したSAMPSONコードの検証解析と条件整理
4. 使用済燃料プールの安全対策に係る調査
5. まとめ

#### 5.4 過酷事故条件下における原子炉隔離時冷却系の挙動に関する研究

(プロジェクト名) 平成27年度発電用原子炉等安全対策高度化技術基盤整備事業(過酷事故条件下における原子炉隔離時冷却系の挙動に関する研究)

(報告書名) 平成27年度発電用原子炉等安全対策高度化技術基盤整備事業(過酷事故条件下における原子炉隔離時冷却系の挙動に関する研究)

(報告書番号) IAE-1585102

(発行年月) 2016年3月

---

##### (要旨)

公開されている東京電力福島第一原子力発電所2号機(1F2)の実測値を基に、1F2での全電源喪失発生から原子炉隔離時冷却系(RCIC)が停止したと推定される65時間の事象を推定した。

RCIC稼働時のRCIC配管系での流況を把握すべく、過酷事故解析コードSAMPSON及び3次元流体解析コードSTAR-CCM+及びFLUENTを使用して、原子炉圧力容器内及びRCIC配管系の熱水力挙動を解析した。3次元流体解析コードでは原理的に詳細な解析は可能であるが、計算負荷の観点からRCIC配管系全体の解析は困難であるため、RCIC配管系の主要な箇所を摘出し、それぞれの箇所を解析した。その結果、現状のSTAR-CCM+及びFLUENTの二相流モデルでは、流動様式の特定が困難であるRCIC配管系の解析結果にはその信頼性が十分ではなく、また、過酷事故解析コードSAMPSONは、既知の物理モデルに基づき解析するため、現象が不明であるRCIC配管系への適用は困難であることが判明した。

RCIC稼働時の崩壊熱、原子炉圧力容器内圧力、及びRCIC配管系での蒸気流量を考慮して、RCIC実規模実験を実施しうる国内外の実験設備を調査した。RCICの設計外条件での挙動把握という目的を鑑みれば、米国内で検討が進められている新規実験設備を活用することが最も合理的であるとの結論を得た。

実規模実験を実施しRCICの設計外条件下での挙動を把握するには、流速、温度等の物理量の計測が不可欠であるため、現時点で実規模実験に適用しうると考えられる二相流の計測手法を調査した。高温高圧条件である実規模実験には、非接触である静電容量ボイド計の適用が考えられるが、今後測定精度及び適用範囲に関して検討する必要がある。

RCIC基礎実験及びRCIC実規模実験計画を検討した。基礎実験は、実規模実験に適用する計測方法の適用可能性を検討することが主な目的であり、また、実験結果を計算解析へ組み込むためのモデル化を前提とした基礎実験条件での計算解析も実施する予定である。実規模実験は、圧力7MPa、飽和温度、蒸気流量25kg/sをベースケースとし、計測は流況及びタービン機器の稼働状態に関して実施することとする。なお、米国の新規設備を活用する場合、基礎実験及び実規模実験の実施に4年程度要すると見込まれる。

今後、実規模実験によりRCIC動作特性に関する結果が取得できれば、これを基にRCICタービンポンプ吐出流量と原子炉圧力容器内圧力等の相関式が得られ、この相関式をSAMPSONに組み込むことにより、設計外条件下でのRCIC動作特性を考慮したSAMPSONによる過酷事故解析が可能となる。

##### (目次)

非公開

## 5.5 海外における原子力施設の廃止措置に関する調査

---

(プロジェクト名) 海外原子力施設情報調査報告

(報告書名) 2015年度 海外原子力施設廃止措置情報調査報告

(報告書番号) IAE-1575703

(発行年月) 2016年3月

---

### (要旨)

海外主要国として、アメリカ、カナダ、イギリス、フランス、ドイツ、スペイン、ロシア、スイス、ウクライナなど15か国を対象に、原子力施設廃止措置について調査を行った。調査は商用原子力発電所(国際原子力事象評価尺度: INESレベル4以上の事故炉を含む)の廃止措置政策、健全炉・事故炉の実態を対象に実施した。

#### (1) 商用原子力発電所廃止措置情報

原子力施設を持つ主要国の廃止措置政策、健全炉及び事故炉の廃止措置実態について整理した。

健全炉については、アメリカ30サイト、カナダ3サイト、イギリス15サイト、フランス8サイト、ドイツ12サイトなどの情報をまとめた。また、事故炉については、スリーマイル島2号機、チェルノブイリ4号機など代表的な事故炉の情報の詳細化に加えて、フランスのサンローラン、ハンガリーのパクシュ燃料破損情報を取りまとめた。

#### (2) 高汚染施設(クリーンアップサイト)の廃止措置情報

高汚染施設(クリーンアップサイト)については、昨年度の調査対象に、アメリカのオークリッジ、ロスアラモス等10施設、カナダのホワイトシエルなど、フランスのマルクールなど、ドイツのハナウなどの施設とともに、スペインのパロマレス事故、ロシアのマヤック地区汚染等に加え、さらにイギリスのセラフィールド、ドーンレイ情報の詳細化を行い、国の政策と廃止措置実態についても整理した。

### (目次)

1. 事業計画
  2. アメリカ
  3. カナダ
  4. イギリス
  5. フランス
  6. ドイツ
  7. スペイン
  8. ロシア
  9. スイス
  10. ウクライナ
  11. ブルガリア
  12. リトアニア
  13. スロバキア
  14. ベルギー
  15. フィンランド
  16. 対象国以外の施設
  17. まとめ
- 付録

## (イ)原子力全般

## 5.6 原子力規制の在り方に関する調査研究

(プロジェクト名) 原子力安全向上のための規制と産業界の取組に関する調査検討

(報告書名) 原子力安全規制の継続的改革を目指して～原子力規制制度と組織の在り方に関する研究～

(報告書番号) IAE-1525711

(発行年月) 2015年7月

### (要旨)

福島第一原子力発電所事故の教訓から原子力規制に係る制度と組織の抜本的な見直しが行われ、新たな原子力規制委員会が発足した。原子力規制委員会設置法の附則で、その発足後3年以内に、原子力規制委員会の在り方も含め規制制度の見直しを行うこととされており、平成27年9月にその3年を経過することから、この機をとらえ、規制の現状に関して調査分析を行った。

まず、当初国会が原子力規制委員会に求めた設置法附則や附帯決議などについて、国会の要求の妥当性も検討しつつ、それらが実現されているか検証することとした。また、原子炉等規制法が大幅に改正され、その施行に当たって困難が生じることも予想されたため、原子力規制委員会設置法附則第97条に、「施行の状況を勘案」して所要の措置をとることが求められており、この観点から、規制の実態を調査・分析し見直しの必要性についても検討を行った。

その結果に基づき、より理想的な規制機関と規制制度を作り上げる観点から、安全目標の策定、原子力規制委員会の強化と監視機能の強化など、規制制度・規制組織の在るべき姿について提言を行った。

#### (提言の例(概要))

- 40年運転期間制度について、制度の見直し(専門的観点からの見直し、バックフィットと運転延長の申請の切り分け、高経年化評価(定期安全レビュー)制度への一本化、申請期間の拡大、など)を行うべきである。
- 原子力規制委員会は、審査の体制強化を図り、審査の質の向上と効率的事務処理に最大限の努力・工夫を図るべきである。また、特定重大事故等対処施設に関しては、審査の遅延等を考慮し、設定されている猶予期間の5年を、適切な期間に見直すべきである。
- 原子力規制委員会は、安全目標などを策定し、規制へ活用すべきである。また、バックフィットについて、新たな規制要件の採用基準及び猶予期間の考え方を明確に定めたルールを制定し、規制の予見性・透明性を高めるべきである。
- 独立性を確保するため、また、原子力防災におけるより一層の連携の強化を図るため、原子力規制委員会を環境省から内閣府へ移管すべきである。
- 国会における原子力規制委員会に対する監視機能を強化するため、専門家からなる諮問機関を国会に設けるべきである。

### (目次)

- 1 はじめに
- 2 提言 ～原子力安全規制の継続的改革を目指して～
  - 2-1 原子炉等規制法施行上の課題の解決
    - 2-1-1 40年運転期間制度の見直し
    - 2-1-2 審査等の遅延への対応
  - 2-2 安全目標とバックフィット・ルールの策定
  - 2-3 原子力規制委員会及び監視機能の強化
    - 2-3-1 原子力規制委員会の強化
    - 2-3-2 国会の監視機能の強化
- 3 原子力規制制度と組織の在り方の各論
  - 3-1 設置法附則や附帯決議などの履行状況
  - 3-2 分析と提言
    - 3-2-1 原子炉等規制法施行上の課題の解決
      - 3-2-1-1 40年運転期間制度の見直し

3-2-1-2 審査等の遅延への対応

3-2-2 安全目標とバックフィット・ルールの策定

3-2-3 原子力規制委員会及び監視機能の強化

3-2-3-1 原子力規制委員会の強化

3-2-3-2 国会の監視機能

別添 規制基準適用における審査上の主要論点

参考1 原子力規制委員会設置法 抄

参考2 衆議院決議

参考3 参議院附帯決議

参考4 国会事故調報告書の組織や組織運営の在り方に関する事項に関する提言



## 5.7 原子力産業動向調査

(プロジェクト名) 平成27年度発電用原子炉等利用環境調査(原子力産業動向調査)

(報告書名) 平成27年度発電用原子炉等利用環境調査(原子力産業動向調査)

(報告書番号) IAE-1515103

(発行年月) 2016年3月

---

### (要旨)

今後の原子力産業政策・原子力技術開発のあり方の検討に資するため、国内外の原子力産業・政策の状況に関連して、(1)国内外の原子力産業の動向、(2)原子力の次世代技術、(3)原子力を巡る環境変化、(4)原子力の社会的受容について、(5)他のエネルギーにおける状況との対比の調査を実施した。

#### (1) 国内外の原子力産業の動向

海外主要国の原子力産業動向として、米国、ロシア、中国、ベトナム、UAE、韓国の6ヶ国の調査を行い、原子力政策や原子炉の輸出動向などを把握した。核燃料サイクルについては、国内の歴史的な経緯を調査した上で、高レベル廃棄物処分や中間貯蔵の現状と課題を整理するとともに、海外における動向を調査した。廃止措置については、海外でも廃止措置となる原子炉が増えており、国内でも5基が新たに廃止措置を決定するなどその重要性が増してきていることから、国内外の動向について調査を行うとともに、事故炉の廃止措置としてチェルノブイリの現状についても調査を行い、廃止措置の動向を把握した。

#### (2) 原子力の次世代技術

原子力の次世代技術については、安全性の向上に向けた取り組みや、将来を見据えた開発目標について調査を行った。安全性向上の取り組みでは、特にサイバーセキュリティ対策が重要となっており、今後、原子力施設の運転制御系システムを破壊するサイバー攻撃や機密情報を収集し悪用する行為などに備えることの必要性を示した。

#### (3) 原子力を巡る環境変化

原子力を巡る環境が変化していることを踏まえ、再生可能エネルギーの導入による電力需給調整の必要性、電力自由化の実情を中心に調査を行った。前者については、電力モデルによる分析、火力発電と原子力発電の調整力と今後の課題について示した。後者については、米国の電力自由化の現状、容量市場の動向、ドイツ原子力法の近時の動向についての調査を行い、様々な知見を得た。

#### (4) 原子力の社会的受容について

福島第一原子力事故を経て、原子力の社会受容性に関わる課題の重要性が増していることを踏まえて、初等中等教育段階における原子力教育と福井県を事例として立地地域の経済の影響等の調査を行った。原子力教育については、誤解を与えるような記述をなくし、正しい知識を教育していくことが重要であり、立地地域の経済については、原子力からの収入源があるうちに、新たなビジョンを構築していく必要である。また、リスクに向き合うという点で、他分野(化学プラント、航空機)の安全についての調査も行った。

#### (5) 他のエネルギーにおける状況との対比

他のエネルギーにおける状況との対比について、マクロ視点での基礎的な情報収集として、エネルギー関連技術である太陽光発電、水素利用技術の1つである燃料電池車の開発、蓄電池についての最新動向の調査を行った。また、産業向けのIoT(Internet of things)の活用として、インフラ産業への応用についての調査も行った。

### (目次)

#### 要約

1. はじめに
2. 国内外の原子力産業動向
3. 原子力の次世代技術
4. 原子力を巡る環境変化
5. 原子力の社会的受容性
6. 他のエネルギーにおける状況との対比に関する事項について
7. おわりに

## 5.8 高レベル放射性廃棄物処分場に関わる社会経済分析

(プロジェクト名) 高レベル放射性廃棄物処分場に関わる社会経済分析

(報告書名) 高レベル放射性廃棄物処分場に関わる社会経済分析

(報告書番号) IAE-1515706

(発行年月) 2016年3月

### (要旨)

国内高レベル放射性廃棄物処分場選定に向けた検討に資するため、主にスウェーデンとスイスを対象として処分場の選定プロセスを主に社会経済的な観点から調査・分析した。併せて国内のいわゆる迷惑施設(産廃処分場、火葬場等)について、反対住民との交渉の経緯を調査・分析した。

スウェーデンの選定プロセスは大きくは三段階に整理することができる。初期(1970年代～1985年)には、地質学的な観点から適地を選定し、そこでボーリング調査を実施しようとしたが、強硬な反対運動によりほとんど調査を実施できなかった。1986年からの第二のアプローチでは、住民の自発的な意思を尊重することとし、全286自治体に詳細調査への協力を文書で依頼した。その結果、北部の2自治体が調査への協力を表明し、詳細な調査が進められたが、結局住民投票により次の段階に進むことは出来なかった。1995年以降、次の手法として、すでに原子力関連施設を受け入れていて、原子力に対する理解がある自治体に対して重点的にアプローチすることにした。このアプローチは成功し、候補地はフォルスマルクに絞り込まれた。現在スウェーデンの放射線安全庁が長期保管の安全性などの評価を進めており、2017年には最終報告を出す予定である。

スイスにおける選定プロセスは、処分する地層の安全性の評価を重視したものであり、住民との関係や社会経済的な側面は、二次的なものとして取り扱われていた。これはスウェーデンとは対照的である。スイスにおいては、発生した廃棄物を国内で処理すべきというのはコンセンサスであり、それを最も安全な場所で処理するというのは受け入れられる考え方であった。それゆえに、選定プロセスの透明性が非常に重要であった。2015年の時点で候補地は2箇所にまで絞り込まれており、2020年の最終決定を目指して最終調整が行われている。

このような選定の過程において、雇用や地域経済に関わる様々な検討も行われており、その結果について比較検討を行った。また、原子力そのものに対する住民感情、放射性廃棄物処分場に対する住民感情、政府や研究機関に対する信頼度などについても調査をした。総じて、放射性廃棄物処分場の雇用効果はそう大きいものではないが、その一方、地域産業界からの期待は必ずしも小さいものではなかった。また、スウェーデン、スイスとも住民は必ずしも原子力を好きではないが、原子力政策に対してはある程度の信頼感を持っていることが判明した。

非原子力分野のいわゆる迷惑施設(NIMBY: Not in my Back Yard)施設には多くの種類があり、その事例紹介や解決法の分析についても様々な報告がある。ここでは、そのような文献を収集することにより、産廃処分場、ゴミ焼却場、火葬場、鉄道、道路などを対象として、幅広く調査を実施した。合意できた事例に共通的なのは、住民の不安に対してある程度直接的な回答を示すこと、住民との信頼関係を構築すること、その上で適切な補償を行うこと、といったことであった。

全体を通して、処分場の選定においては、地域との信頼関係の構築がまず重要であるということが言える。社会経済的な分析は、住民の反対感情が強い間はあまり有効ではないが、住民感情がある程度賛成に傾いた後の最終段階においては重要な意義を持ちえる。

### (目次)

1. はじめに
2. 国内外における高レベル放射性廃棄物処分場についての社会経済分析
3. 処分場の選定プロセスにおける、社会経済分析データの使われ方とその影響① スウェーデン
4. 処分場の選定プロセスにおける、社会経済分析データの使われ方とその影響② スイス
5. 非原子力分野のNIMBY施設の意思決定における社会経済的分析
6. 調査結果についての考察
7. まとめ

## 5.9 国内外の人的過誤事象の調査

(プロジェクト名) 平成27年度国内外の原子力発電所で発生した人的過誤事象の調査

(報告書名) 平成27年度国内外の原子力発電所で発生した人的過誤事象の調査報告書

(報告書番号) IAE-1515205

(発行年月) 2016年3月

---

### (要旨)

近年、人的要因・組織要因が重要であるとの認識が高まり、事業者による事故報告書の記述内容の中で人的要因、組織要因がよりの確に抽出されるようになってきた。この結果、法令対象事象に占める人的過誤事象の割合は、1981年度から全体的に増加傾向にあり、2005年度以降は70～80%程度の比率となっている。一般産業においても、全事象数に占める人的過誤事象の割合は概ね80%程度とされている。

この様な状況を踏まえ、国内の安全規制のソフト面からの改善に資するため、国内外の原子力発電所で発生した事故・トラブル・不適合事象の中で人的過誤事象に該当する事象について調査し、人的要因・組織要因・再発防止対策・教訓事項を整理した。

国内事象に関しては15件(法律対象事象:5件、法律対象外事象(ニューシア):10件)、海外事象に関しては33件の調査を行った。

調査事象に関して、発生した事象、背景、エラー、機器故障、原因、対策について“いきさつダイヤグラム”を用いて時系列に分かりやすく整理し、関連する人的要因を分析し汲み取るべき教訓事項を抽出した。

分析を実施した事象の中から、特に教訓として重要な事象を16件選定し、1件につきA4版4ページを基本として“教訓集”を作成した。また、その中から特に特徴的で重要な事象を8件選定し、1枚のイラストで人的過誤の内容と教訓をわかりやすく説明する“想定状況図”を作成した。

### (目次)

1. はじめに
  - 1.1 目的
  - 1.2 実施項目
  - 1.3 実施体制
2. 調査対象事象の調査
  - 2.1 調査対象事象
  - 2.2 いきさつダイヤグラムの作成
  - 2.3 整理シートの作成
3. 教訓集・想定状況図の作成
  - 3.1 教訓集
  - 3.2 想定状況図
4. おわりに

## 5.10 シビアアクシデント時の原子炉格納施設における可燃性ガス挙動に関する調査

(プロジェクト名) 平成27年度シビアアクシデント時の原子炉格納施設における可燃性ガス挙動に関する調査

(報告書名) 平成27年度シビアアクシデント時の原子炉格納施設における可燃性ガス挙動に関する調査 技術資料

(報告書番号) IAE-1515204

(発行年月) 2016年3月

### (要旨)

原子炉の炉心損傷に伴う可燃性ガス発生、原子炉格納施設内での漏えい蓄積、可燃性ガス拡散及び燃焼挙動を踏まえた、可燃性ガス濃度処理制御の対策等を体系的に調査した。実施項目を、以下に示す。なお、調査対象国は、欧米主要諸国(米国、仏国、フィンランド、英国、独国、スペイン、ロシア、オランダ、スウェーデン)とした。

#### 1. 可燃性ガス挙動及び処理等の評価技術に関する調査

##### (1) 可燃性ガス挙動に関する評価方法

可燃性ガスの発生について、シビアアクシデントにより、燃料集合体の構成材であるジルコニウム等が水と反応すると水素が発生し、さらに、コリウムが圧力容器外に放出されるとコンクリートとの反応により可燃性ガスが発生する。長期的には、水の放射線分解による生成を評価することも重要となる。これらの化学反応式等について調査した。

水素分布について、OECD/NEA国際標準問題No.47 (ISP-47)等の状況を調査し、解析コードと試験結果は概ね一致しているものの、更なる精度向上に向けた取り組みが進められていることを示した。

水素燃焼について、水素-空気-水蒸気の3元系における爆轟等の試験が行われ、DDT(爆燃から爆轟への転移)等に関するクライテリア等が提案されている。その主要な試験に関連した事項について調査・分析を行った。

解析コードについて、可燃性ガス挙動評価において重要な役割を果たす解析コードの主要なものについて、その内容を整理した。コードのV&V(検証と妥当性確認)については、PAR(静的触媒式水素再結合器)本体の性能評価に関する試験、水素挙動の解析結果と試験結果の比較を紹介し、水素燃焼関連のコードのV&Vの状況も示した。

##### (2) 可燃性ガス処理装置及び処理能力に関する評価

TMI-2事故を受けて、各国とも可燃性ガスに関する基準・規格を整備してきており、策定の経緯を含めて整理したが、具体的な基準やその導入時期には差異が見られた。また、2011年の福島第一事故を受けて、これまでの水素制御対策の見直しを行った国もあった。

可燃性ガスの対策は、格納容器雰囲気不活性化と、格納容器内の水素を再結合させて除去する方法がある。後者は、リコンバイナーやイグナイターの設置が主要な対策となる。ここでは、各国の既設炉・新設炉に対する可燃性ガス処理装置の設置状況を整理した。BWRプラントの原子炉格納容器のまわりの二次格納施設に漏れた水素はSGTS(非常用ガス処理系)によって除去されるが、全電源喪失時にはその機能が停止するというリスクがある。これらの点を考慮し、一部の国ではPARの設置も行われている。シビアアクシデント時の可燃性ガス計測システムに関して各国の状況について簡単にレビューを行った。さらに、FCSサーマルリコンバイナーの運用方法等について調査を行った。サーマルリコンバイナーの長所は格納容器の圧力スパイクを最小限に抑えられること、短所は大規模な水素発生事象を制御できないことなどが挙げられる。

#### 2. 欧米主要国の可燃性ガス燃焼に対する基準や民間規格に関する調査

米国においては、DOE(エネルギー省)とNREL(国立再生可能エネルギー研究所)によって、燃料電池及び水素関連インフラ技術プログラムが実施され、基準の整備、解析コード開発の促進、などが進められた。英国では、定置用の水素及び燃料電池設備の設置許可指針、水素の貯蔵タンクの要件、爆発防止と防護措置、水素検知手段、火災の予防策等について指針を定めている。

### (目次)

表 リスト

図 リスト

略語集

1. はじめに
2. 可燃性ガス挙動及び処理等の評価技術に関する調査
  - 2.1 可燃性ガス挙動に関する評価方法
    - 2.1.1 金属－水反応による水素発生、溶融炉心－コンクリート反応による水素や一酸化炭素生成及び可燃性ガス燃焼の扱い
      - (1) 水素ガス発生(事故発生時:金属-水反応等)評価法
      - (2) MCCIによる可燃性ガス発生
      - (3) 水の放射線分解による水素発生
      - (4) 水素の分布
      - (5) 可燃性ガス燃焼に係る評価方法
    - 2.1.2 解析コード、解析コードの検証及び妥当性確認試験
      - (1) 可燃性ガス挙動評価に係る解析コード(CFDを含む)
      - (2) 解析コードのV&Vに対する試験
  - 2.2 可燃性ガス処理装置及び処理能力に関する評価
    - 2.2.1 基準への適合性及び可燃性ガス燃焼による格納容器破損等の判断基準並びにその評価方法
      - (1) 格納容器破損防止への取り組み(可燃性ガス燃焼時/燃焼後における構造健全性の維持に係る機能上の要件、クライテリア含む)
      - (2) 可燃性ガス燃焼時/燃焼後におけるプラントの安全停止の達成並びに維持に必要な設備(格納容器以外)に係る機能上の要件、クライテリア
      - (3) 可燃性ガスに関する評価指針(基準・規格)
    - 2.2.2 可燃性ガス濃度処理制御装置の有効性及確率論的リスク評価に関する評価方法(格納容器破損確率及びその算出方法含む)
      - (1) 可燃性ガス処理装置及び装置選定の考え方(特徴、性能、容量、使い分け等)
      - (2) 可燃性ガス処理に係る評価法(挙動評価用の代表事故シナリオ選定の考え方および事故シナリオに対する可燃性ガス挙動解析含む)
      - (3) 原子炉格納施設内にある設備や機器に高温の影響を及ぼすことが懸念される可燃性ガスの燃焼に対する安全機能への影響評価方法
    - 2.2.3 可燃性ガス濃度処理制御の運用方法
      - (1) ガス処理系統構成及び関連設備
      - (2) 可燃性ガス濃度処理制御の運用方法に関する操作手順や留意事項
3. 欧米主要国の可燃性ガス燃焼に対する基準や民間規格に関する調査
  - 3.1 欧米主要国の可燃性ガス燃焼対策に関する基準・民間規格(基となる背景や考え方及びその根拠、各種検討結果)の調査
    - 3.1.1 可燃性ガス燃焼時及び燃焼後の影響評価指針(基準・規格)
      - (1) 影響評価指針(基準・規格)
4. まとめ
  - 4.1 可燃性ガス挙動及び処理等の評価技術に関する調査
    - 4.1.1 可燃性ガス挙動に関する評価方法
    - 4.1.2 可燃性ガス処理装置及び処理能力に関する評価
  - 4.2 欧米主要国の可燃性ガス燃焼に対する基準や民間規格に関する調査

## 5.11 経年プラントの総合的な安全評価手法に関する研究

(プロジェクト名) 平成27年度原子力施設等防災対策等委託費(高経年化技術評価高度化(経年プラントの総合的な安全評価手法に関する研究))事業

(報告書名) 平成27年度原子力施設等防災対策等委託費(高経年化技術評価高度化(経年プラントの総合的な安全評価手法に関する研究))事業

(報告書番号) IAE-1585103

(発行年月) 2016年3月

---

### (要旨)

本プロジェクトでは、平成26年度までに、設計基準事象を超えるシナリオを想定した深層防護レベル4層を考慮した評価指標及び評価手法がほぼ確立された。評価指標については、事故時における安全設備によるプラントの安全機能回復の信頼度を回復の程度と回復の早さの両面で評価できるレジリエンス指標、及びレジリエンス指標に基づいて重要と指摘された機器、設備に対して過酷事故時の安全裕度を確率論的信頼度として定量評価できるリスク指標の2本立てとなっている。

平成27年度は、本プロジェクトの最終年度として、既開発の評価手法をより信頼性の高い、かつトレーサブルな計算コードとして確立するとともに、運転開始後30年を超えて運転する経年プラントの健全性評価をより確かなものとするため、高経年化技術評価に対する最新知見を取り入れ、材料の経年劣化進展に伴う安全裕度の低下に係る評価手法の導入や評価精度の改善を図った。また、平成26年度の加圧水型原子力発電所に関する評価結果を再評価し、評価手法として改善すべき点を摘出し、評価手法の一層の高度化と使い勝手の向上を図った。特に、レジリエンス指標評価手法に関しては、すべての入出力をVBA(Visual Basic for Applications)を用いて制御することにより、計算式、及び計算プロセスの見える化を徹底した。

レジリエンス指標評価コードでは、主要演算にはExcelソフトを使用するが、演算式に手を加えることなく評価が実施できるようにすることで、ソフトとしての正確性を担保(verification)することができ、また、計算結果がこれまでの評価結果と一致することを確認することにより、ソフトとしての妥当性を確認(validation)することができた。

また、沸騰水型原子力発電所の評価結果を加えることにより、深層防護レベル4層を考慮した評価指標及び評価手法の使い勝手の向上と入力整備法の整理、並びに材料の経年劣化などプラントの経年対応と様々な外力レベルに対する評価ツールの使用方法など、一連の流れをまとめたマニュアルを整備した。BWR-5に例をとって、事故マネージメントフロー作成法の実例を示し、2つの評価指標による深層防護レベル4層を考慮したプラント安全裕度評価の有効性を実証することができた。特に、先行するレジリエンス指標評価に基づきリスク指標評価を実施することで、深層防護4層を考慮した安全裕度が評価できることが確認できた。

### (目次)

非公開

## 5.12 原子力人材育成のための支援及び調査

(プロジェクト名) 平成27年度安全性向上原子力人材育成委託事業(安全性向上原子力人材育成支援調査事業)

(報告書名) 平成27年度安全性向上原子力人材育成委託事業(安全性向上原子力人材育成支援調査事業)調査報告書

(報告書番号) IAE-1515108

(発行年月) 2016年3月

---

### (要旨)

平成27年度安全性向上原子力人材育成委託事業の7つの実施企業・団体等に対して、資源エネルギー庁が行う各種手続きに必要な調整業務及び執行状況確認、実績報告書等の作成等の支援業務を実施した。各事業の成果に対して評価委員会を书面開催し、当該年度の人材育成事業の中間評価に係る補助業務を行った。

各事業の確定検査に必要な書類を収集、執行状況を確認、確定検査について、日程調整等を行い、確定検査を受検する際に同席した。

調査業務として、平成26年度安全性向上原子力人材育成委託事業の実施企業・団体等(8企業・団体)の事業後の波及効果について、アンケート調査等を踏まえたフォローアップ調査を実施しとりまとめた。

また、「原子力の自主的安全性向上の取組の改善に向けた提言」の中で指摘されている人材育成に関連し、リスクコミュニケーション及びヒューマンファクターに係る人材育成等の現状に関する調査を実施し、原子力分野2名、原子力以外の分野5名の有識者に対してヒアリングを実施しその回答を取りまとめた。

さらに、原子力産業に関連する企業が活用している社会人教育等の現状に関する調査、電気事業者、プラントメーカー等の原子力産業に関連する企業が社外教育の場として活用している研究機関、高等教育機関等における社会人教育の活用状況及び課題等について、電気事業者、プラントメーカー、サプライチェーンメーカー等合計19社に対して実施した。

### (目次)

1. はじめに
2. 事業目的
3. 事業内容
  - 3.1 人材育成事業の執行支援業務
    - 3.1.1 執行支援及び確定検査補助業務
    - 3.1.2 人材育成事業の評価に係る業務
  - 3.2 過去に実施された人材育成事業のフォローアップ調査
  - 3.3 原子力分野の人材育成の取組に関する調査
    - 3.3.1 リスクコミュニケーション及びヒューマンファクターに係る人材育成等の現状に関する調査
    - 3.3.2 原子力産業に関連する企業が活用している社会人教育等の現状に関する調査
  - 3.4 情報公開
4. まとめ

(ウ)原子カプラント技術



## 5.13 高温ガス炉プラントの実用化に係る調査研究

(プロジェクト名) 高温ガス炉プラントに関する研究

(報告書名) 平成27(2015)年度 高温ガス炉プラントに関する研究 報告書

(報告書番号) IAE-1515907

(発行年月) 2016年3月

---

### (要旨)

2014年4月に閣議決定された「エネルギー基本計画」において、高温ガス炉が日本の将来のエネルギーを考えるうえで重要なシステムとして位置づけられ、これを受けて、2015年4月に高温ガス炉の実用化戦略を策定することを目的とする産学官協議会がスタートした。電気だけではなく、熱エネルギー利用の可能性を期待して、様々な業界が本協議会に参加している。このように、高温ガス炉を巡る環境は徐々に変化しており、この変化をさらに加速し、現実のものとしていくことが、本プラント研究会の最も重要な使命の一つである。

原子力エネルギーの利用は、安全性の確保を最優先課題としつつ、エネルギーの安定供給や地球温暖化防止の観点から極めて重要であり、このことに大きく貢献することが期待できる。より安全で、かつ持続可能な次世代原子力プラントの開発は重要な視点であり、世界各国において研究開発が進められている中、高温ガス炉は、放射性物質放出事故を非常に起こしにくい、次世代のエネルギー源として期待されている。また、二酸化炭素排出量の3割を占める産業に高温ガス炉の熱が応用できれば、大幅な二酸化炭素削減につなげることができ、さらに高温ガス炉により製造される水素の利用によって、運輸部門の二酸化炭素排出量を大幅に削減できる可能性もある。このように、単なる電力供給システムとしての原子力エネルギー利用ではなく、熱や水素といった多目的利用を目指した高温ガス炉の開発が重要な視点であり、米国、中国などでは積極的な研究開発が進められている。我が国においても世界をリードする研究開発が行われており、日本原子力研究所(現日本原子力研究開発機構)が1969年に高温ガス炉の研究開発に着手して以来、2010年には実験炉において950℃で50日間の高温連続運転を達成するとともに、同年12月には、炉心流量の喪失実験を実施し、このような厳しい冷却能力喪失時における安全性を実証した。また、ヘリウムガスタービン発電システムや水素製造システムも開発中である。高温ガス炉に対する関心は、世界的に益々高くなっており、中国では、山東省石島湾に建設中の高温ガス炉実証炉HTR-PM(200)が2017年にも運開予定である。

このような高温ガス炉プラントの研究開発と実用化の動向を考えると、開発戦略、国際協力などに関する情報の収集・発信が非常に重要であり、平成27年度は、本プラント研究会の活動の更なるステップアップを図り、従来からの諸活動を発展的に推進した。特に、中国の最新動向を把握するため高温ガス炉開発の中心を担っている清華大学との情報交換を行うとともに、関連する国際会議に参加し、情報の収集、並びに海外参加者との情報交換を通じて、最新の海外動向を把握した。それらをもとに、具体的な戦略についても検討を進めた。

### (目次)

はじめに

関係者名簿

I. 今年度の活動実績の概要

II. 有識者による講演

III. 調査・研究・評価

IV. まとめ

(エ)原子炉廃止措置に関する調査研究

## 5.14 廃止措置時の放射化放射能評価に関する調査

(プロジェクト名) 廃止措置計画標準の改定に向けた技術要素の調査、検討(平成27年度)

(報告書名) 廃止措置計画標準の改定に向けた技術要素の調査、検討(平成27年度) 委託報告書

(報告書番号) IAE-1575702

(発行年月) 2016年3月

---

### (要旨)

放射能評価手法の検討として、PWRの評価手法を追加するとともに放射化放射能評価手法をガイドブックの形式で整理した。また、2次的汚染の評価手法について実績調査を行い、学会標準への反映方法を検討した。

対象施設の機器、配管等の物量評価手法について、実績調査では、標準への反映方法を検討するとともに、これらのデータベース管理方法を検討した。

環境影響評価手法の検討では、これまで環境影響評価手法として引用されてきた「廃止措置工事環境影響評価ハンドブック(第3版)」の手法について、海外事例を踏まえた課題抽出を行い標準化に向けた検討を行った。課題抽出にあたっては、規制基準、IAEA及びNUREG等の文献に示される要求事項の調査を行い、これらと比較することにより検討した。

### (目次)

1. まえがき
2. 業務計画
  - 2.1 業務委託の目的
3. 成果の概要
  - 3.1 放射能評価手法の検討
  - 3.2 環境影響評価手法の検討
  - 3.3 環境影響評価における環境パラメータの調査
4. 委託業務内容
  - 4.1 放射能評価手法の検討
  - 4.2 環境影響評価手法の検討
  - 4.3 環境影響評価における環境パラメータの調査
5. まとめ
6. あとがき
7. 参考文献

添付1 放射化放射能評価ガイドブック(素案)

## 5.15 廃止措置時の安全評価に関する調査

---

(プロジェクト名) 廃止措置時の安全評価に必要な工事パラメータに係る調査(平成27年度)

(報告書名) 廃止措置時の安全評価に必要な工事パラメータに係る調査(平成27年度)委託報告書

(報告書番号) IAE-1575704

(発行年月) 2016年3月

---

### (要旨)

安全評価手法の検討に係る調査として、安全評価で用いられる工事パラメータの整理を行った。ここでは電中研ハンドブックに示されている各評価モデルにおいて用いられるパラメータを一覧表にまとめた。また、工事パラメータの設定方法検討を行い、一覧表にまとめられたパラメータについて、データの収集方法について調査し、パラメータの設定方法について整理した。さらに、新知見の調査と工事パラメータ適用性検討を行い、調査した方法の適用の可否について検討し、新たな方法が必要とされる場合は、その方法について検討した。

### (目次)

1. まえがき
2. 業務計画
3. 成果の概要
- 3.1 廃止措置工事における環境影響評価で用いるパラメータの調査
- 3.2 廃止措置工事における環境影響評価で用いるパラメータの設定調査
4. 委託業務内容
- 4.1 廃止措置工事における環境影響評価で用いるパラメータの調査
- 4.1.1 環境影響評価の概要
- 4.1.2 環境放出量評価
- 4.1.3 工事パラメータ
- 4.1.4 工事パラメータのまとめ
- 4.2 廃止措置工事における環境影響評価で用いるパラメータの設定調査
- 4.2.1 工事パラメータの設定方法
- 4.2.2 工事パラメータのデータ収集方法
- 4.3 新知見の調査と工事パラメータ適用性検討
5. まとめ
6. あとがき
7. 参考文献

## 5.16 原子力発電施設の廃止措置に係る海外状況調査

---

(プロジェクト名) 廃止措置に係る海外状況調査

(報告書名) 平成27年度廃止措置に係る海外状況調査報告書

(報告書番号) IAE-1575201

(発行年月) 2016年3月

---

### (要旨)

対象国は8か国(アメリカ、イギリス、ドイツ、フランス、イタリア、スペイン、スウェーデン及びカナダ)であり、対象国の約60の原子力発電施設について、廃止措置の戦略、実態、廃棄物管理を調査した。

廃止措置戦略については、各国の対象施設の廃止措置戦略(即時解体、遅延解体など)について調査し、これと、IAEA DS452に記述されている廃止措置戦略との違いについて比較した。

実態調査については、対象国における対象施設の名称、炉型、出力、運転期間、廃止措置方式、停止理由、現在の状況及び廃止措置計画の記載項目を調査した。また、対象施設の運転終了から原子炉本体の解体開始・完了までの各時期について、時間軸に沿った廃止措置全体フローの実態を調査した。

廃止措置の廃棄物管理に関する規定については、各原子力施設において廃棄物発生量を最小限とし作業リスクを低減するためにプラントの設計段階、運転段階及び廃止措置段階で対応を規定している規則、指針、政府声明等についてその内容と実施例を調査した。

### (目次)

1. 調査計画
2. アメリカ
3. イギリス
4. ドイツ
5. フランス
6. イタリア
7. スペイン
8. スウェーデン
9. カナダ
10. まとめ

## 5.17 原子力発電所廃止措置の計画及び実施に係る人材育成の助成

(プロジェクト名) 安全かつ合理的な原子力発電所廃止措置計画及び実施のための人材育成の助成(平成27年度)

(報告書名) 安全かつ合理的な原子力発電所廃止措置計画及び実施のための人材育成の助成(平成27年度) 委託報告書

(報告書番号) IAE-1575301

(発行年月) 2016年3月

---

### (要旨)

廃止措置の計画立案及び実施を牽引していくことを目標とする人材を育成するためのカリキュラムの構築とその実施の助成を行った。

目標とする人材を育成するために必要な教材(プロトタイプ)の整備の助成として、机上研修で用いる教材を作成した。また、机上研修のために作成した教材及び研修実施内容について評価を行い、次年度実施に向けた改善点を提案した。

海外現場視察研修の助成として、海外の現地視察に実施に先立ち、視察先と視察研修の実施について事前調整を実施した。また、海外現場視察研修に講師を派遣し、現場視察に随行するとともに、必要に応じて廃止措置の解説を行った。

### (目次)

1. 一般事項
2. 実施内容
  - 2.1 目標とする人材を育成するためのカリキュラムの構築とその実施の助成
    - 2.1.1 目標とする人材を育成するために必要な教材(プロトタイプ)の整備の助成
    - 2.1.2 机上研修評価実施の助成
  - 2.2 机上研修及び国内外の現場視察研修の実施の助成
    - 2.2.1 机上研修講師の派遣
    - 2.2.2 国内現場視察研修の助成
    - 2.2.3 海外現場視察研修の助成

## 5.18 原子力発電所の廃止措置準備作業における放射能インベントリ評価の技術支援

---

(プロジェクト名) 原子力発電所の廃止措置準備作業における放射能インベントリ評価関連の技術支援

(報告書名) 原子力発電所の廃止措置準備作業における放射能インベントリ評価関連の技術支援委託 平成27年度報告書

(報告書番号) IAE-1575901

(発行年月) 2016年3月

---

### (要旨)

原子力発電所の廃止措置準備作業における放射能インベントリ評価関連技術支援として、代表PWRプラントにおける2次元中性子束分布計算プロトタイプモデルの作成支援を行った。具体的な支援内容は、計算モデル構築の対象範囲の検討、計算モデル構築の方針決定支援、使用する計算コード等の提案及び計算モデルの改善方法である。

また、これに併せ代表PWRプラントの原子炉廻りの中性子束分布計算モデル構築手法に関する原子炉廻りの中性子輸送現象の特徴及び2次元中性子束分布計算プロトタイプモデルの構築に関する考察を行った。

解析計算を行う計算環境として、解析用クラスタ計算機の適用性検討を行い、放射能インベントリ評価に、モンテカルロ法等の大規模並列計算をクラスタ型計算機を適用して実施した場合の効果について、情報を収集した。

### (目次)

1. 一般事項
2. 実施内容
3. 実施結果
  - 3.1 代表PWRプラントにおける2次元中性子束分布計算プロトタイプモデルの作成支援
    - 3.1.1 代表PWRプラントの2次元中性子束分布計算プロトタイプモデルの改善に関する助言
    - 3.1.2 代表PWRプラントの原子炉廻りの中性子束分布計算モデル構築手法に関する考察
  - 3.2 その他技術知見の提供
    - 3.2.1 放射能インベントリ評価技術に関する基礎理論等のコンサルティング実施
    - 3.2.2 放射能インベントリ評価解析コードに関する最新情報の提供
    - 3.2.3 解析用クラスタ計算機の適用性検討
4. まとめ

## 5.19 原子炉施設用放射性核種生成量評価のための基盤データベースの整備

(プロジェクト名) 原子炉施設用放射性核種生成量評価のための基盤データベースの整備(その3)

(報告書名) 原子炉施設用放射性核種生成量評価のための基盤データベースの整備(その3)共同研究報告

(報告書番号) IAE-1575902

(発行年月) 2016年3月

---

### (要旨)

放射化計算コードに使用する従来の放射化断面積ライブラリは、炉型ごとにライブラリの使い分けを行うことになっている。炉型ごとのライブラリは、その炉型の標準的な中性子エネルギースペクトル1種類のみを用いて作成されたものである。原子炉廻りで放射化計算を行う場合、部位ごとの照射中性子のエネルギースペクトルの違いは、3群のスペクトルインデックスなどを用いて実効断面積に考慮されるが、現状のライブラリでは、例えば、炉心と生体遮蔽壁といったように、明らかにスペクトルが異なるものであっても、実効断面積作成時の詳細なスペクトルの違いを考慮していない。原子炉廻りを対象とした場合、熱外中性子成分は5桁程度の幅で変化することから、これを1種類の断面積で網羅しようとするのは適切とはいえない。したがって、BWRの特徴的な中性子エネルギースペクトルにより作成した放射化断面積データを用いて、代表的な炉心部、炉内構造物、格納容器内構造物、生体遮蔽壁(平衡スペクトル)のスペクトルを考慮したそれぞれの放射化断面積ライブラリを作成した。また、これらを想定したベンチマーク問題等の解析により、作成した放射化断面積ライブラリの妥当性を確認した。

### (目次)

#### 1. 一般事項

##### I. MAXSライブラリベンチマーク計算

##### 1. はじめに

##### 1.1 廃止措置準備作業

##### 1.2 評価核種

##### 1.3 放射化計算の信頼性

##### 1.4 MAXS2015ライブラリ

##### 2. ベンチマーク計算の準備

##### 2.1 軽水炉の標準スペクトル

##### 2.2 MAXS2015によるORIGENライブラリ作成時に用いた中性子エネルギースペクトル

##### 2.3 金属箔による放射化放射エネルギーの測定

##### 3. ベンチマーク計算の実施と結果

##### 3.1 ベンチマーク計算の概要

##### 3.2 ベンチマーク計算結果

##### 4. まとめ

##### II. 標準PWRの原子炉廻り中性子エネルギースペクトル

##### 1. はじめに

##### 2. 標準PWRの原子炉廻り中性子束分布計算結果

##### 3. 標準PWRの原子炉廻り中性子エネルギースペクトル