

# 低炭素社会戦略センター 年度報告書(令和元年度)

国立研究開発法人 科学技術振興機構  
低炭素社会戦略センター

令和2年9月

# 低炭素社会戦略センター 年度報告書（令和元年度）

## 目次

### はじめに

### 第1部 低炭素社会戦略センターについて

1. ビジョン	1
2. 基本方針	1
3. 体制	2
4. 委員会	3
4.1 低炭素社会戦略推進委員会	3

### 第2部 令和元年度の主な活動および成果

1. 低炭素社会づくりのための総合戦略とシナリオ	4
2. SDGs への取り組み	6
3. 関係機関等との連携	7
3.1 科学技術振興機構事業	7
3.2 研究機関、関連組織等	7
3.3 海外機関	7
4. LCS 主催の講演会	8

### 第3部 成果の活用と発信

1. 成果の活用	9
1.1 国際的貢献	9
1.2 国の政策への貢献	10
1.3 科学技術振興機構事業への貢献	10
2. 成果の発信	11
2.1 LCS 10周年記念シンポジウム「これまでの10年、そして、 『明るく豊かなゼロエミッション社会』に向かって」	11
2.2 サイエンスアゴラ 2019 講演・パネルディスカッション 「再生可能エネルギーで、ここまでできる LCS パネルディスカッション in サイエンスアゴラ 2019」	13
2.3 シンポジウム 地球温暖化対策を考えるための エネルギー・シナリオ分析：2050年とその後を見据えて	14
2.4 その他ワークショップ、講演会等	14
2.5 メディアへの情報提供	16
2.6 LCS に関する記事、ニュース等	16
3. 論文、学会発表、講演等	17
3.1 論文	17
3.2 学会	17
3.3 講演	17

4. 出版物、雑誌寄稿等	17
5. 委員会活動	17

## 付 録

1. 2020～2024年度事業計画の概要と構成	20
2. 令和元年度イノベーション政策立案のための提案書および調査報告書概要集	23
3. 論文、学会発表、講演等リスト	46
4. 出版物、雑誌寄稿等リスト	51
5. 委員会活動リスト	52

## はじめに

低炭素社会戦略センター（以下、LCS）は、地球温暖化防止という人類共通の課題に対応するため、持続的な経済社会の発展を実現しつつ温室効果ガス削減の長期目標を確実に達成する科学技術イノベーション戦略の提示に向けた「低炭素社会実現のための社会シナリオ研究事業」を担う組織として、平成 21 年 12 月に科学技術振興機構（以下、JST）に設置された。

LCS は平成 27 年度から「次期 5 年間事業計画案」（平成 27 年度～ 31 年度）の下、低炭素技術が社会実証・社会実装につながるよう、「定量的技術システム研究」と「定量的経済・社会システム研究」を相互にフィードバックを図りながら統合的に推進してきた。そして、これらの研究に基づき新しい方法論の検討・実証を行い、社会実装に向けて低炭素社会システムを展開し、2030 年の低炭素社会への道筋と 2050 年の低炭素社会像の選択肢を提示すべく「低炭素社会システム構築」に取り組んできた。

JST 全体としては平成 29 年度からの第 4 期中長期目標・計画の下、「未来を共創する研究開発戦略の立案・提言」、「知の創造と経済・社会的価値への転換」、「未来共創の推進と未来を創る人材の育成」を柱として、未来共創イノベーションを先導すべく総合的に取り組んでいる。こうした取り組みの中、LCS は未来共創に向けた研究開発戦略を立案・提言するシンクタンクの一つとして位置付けられている。また、JST は我が国における「持続可能な開発目標（SDGs）」への科学技術イノベーションの貢献（STI for SDGs）を牽引すべく積極的に取り組みを進めている。LCS の各活動は、JST が実施する SDGs 達成への貢献に向けた多様なステークホルダーの対話・協働の場の構築や、課題解決や社会的期待の実現を目指したプログラムの一翼を担っている。

令和元年度には、低炭素化に向けて国内の情勢も進展した。2030 年に温室効果ガスの排出を 2013 年度比 26%削減、2050 年に同 80%削減するというパリ協定の下での我が国の目標の実現に向け「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」が閣議決定され、「最終到達点として『脱炭素社会』を掲げ、それを野心的に今世紀後半のできるだけ早い時期に実現していくことを目指す」こと、これに向けて「2050 年までに 80% の温室効果ガスの排出削減」を実現するため大胆に取り組む旨のビジョンが示された。さらに、これを受け、エネルギー環境分野での革新的なイノベーションにより革新的技術の社会実装を可能とし、世界に広めていくための「革新的環境イノベーション戦略」が統合イノベーション戦略推進会議にて決定された。

こうした情勢の進展を背景に、定量的な科学的分析に基づき「明るく豊かな低炭素社会」像を描き、その実現に向けたシナリオ、必要な科学技術イノベーション戦略を明らかにする LCS の取り組みの重要性は従前にも増して大きくなっている。LCS では「次期 5 年間事業計画案」（平成 27 年度～ 31 年度）から発展した「2020 年度～ 2024 年度事業計画」の下での取り組みに向けて、令和元年度は「明るく豊かな低炭素社会像（将来ビジョン）の策定」、「明るく豊かな低炭素社会像を実現するための社会シナリオの策定」、「定量的技術評価と『低炭素技術設計・評価プラットフォーム』の拡張」を 3 つの軸として社会シナリオ研究を実施した。

本報告では、「明るく豊かな低炭素社会の構築」に向け LCS が令和元年度に実施したこれら社会シナリオ研究とその成果の我が国の政策や研究開発での活用、社会シナリオ研究に際して築いた国内外の研究機関等との連携やネットワーク、また、LCS シンポジウムを始めとするアウトリーチ活動を通じた「明るく豊かな低炭素社会」に向けた国民の意識醸成に関する取り組みについてとりまとめた。

## 第1部 低炭素社会戦略センターについて

### 1. ビジョン

持続可能な明るい低炭素社会の姿を具体的に示すことが、LCSの役割であると同時にビジョンである。そのために必要な要素技術・システムを取り込んだ中長期シナリオを提示する。また、低炭素社会構築のためには投資が必要であり、最終的にはその投資が回収され、経済成長も促すようなシステム等も含めた幅広い社会シナリオを提示する。

2050年の長期目標を描くには、途中段階である2030年におけるシナリオの構築が重要であり、それらを明らかにすることにより、その後につながる将来開発すべき技術の具体的内容が見えてくる。低炭素社会では、個人・家庭の生活、街、都市、国家、世界がどのような形で具体化されるのか、そのためにはどのようなブレークスルー技術、イノベーションが取り入れられていくかも見えてくる。

### 2. 基本方針

LCSは「科学技術を基盤に新しい日本の経済・社会の発展に寄与する持続可能で明るく豊かな低炭素社会づくりに貢献する」ことを目的とし、その達成に向けて次の基本方針の下で研究・活動を行い、成果を広く発信する。

- (1) 我が国の経済・社会を持続可能な形で発展させる社会システムの構築を目標とし、日々の暮らしの中で低炭素化を成し遂げていく社会を設計する。

日本は、先端的で多様な裾野の広がりを持つ高水準な科学技術と、大きな経済規模と有力な産業および企業を持ち、同時に比較的安定していながらも超高齢化という人類史上初の課題に直面している国である。

LCSにおいては、このような日本の経済・社会を前提とし、持続可能な発展をする社会シナリオを設計する。科学技術を進展させながら世界に先例のない低炭素社会を模索するため、エビデンスに基づいた実効性の高いシナリオをつくる。

- (2) 時間軸に対する不確実性を乗り越え、低炭素社会への移行を促進するシナリオと戦略を示す。

科学技術に基づく持続性のある低炭素社会の実現に当たっては、低炭素技術の経済性が実現し、自立的展開が図られることが必要である。LCSでは国内外のコスト算出を行うことによって、日本がどのような取捨選択をすればより良いかを導き出すことで、様々な変化に対応しうる多様なシナリオを作成することができ、シナリオ個々の精度も高めている。

定量的知識基盤の下で作成された要素技術の経時発展予測、開発展望（性能、コスト、環境負荷）を技術シナリオにまとめ、それを経済・社会シナリオと結び付けていく。

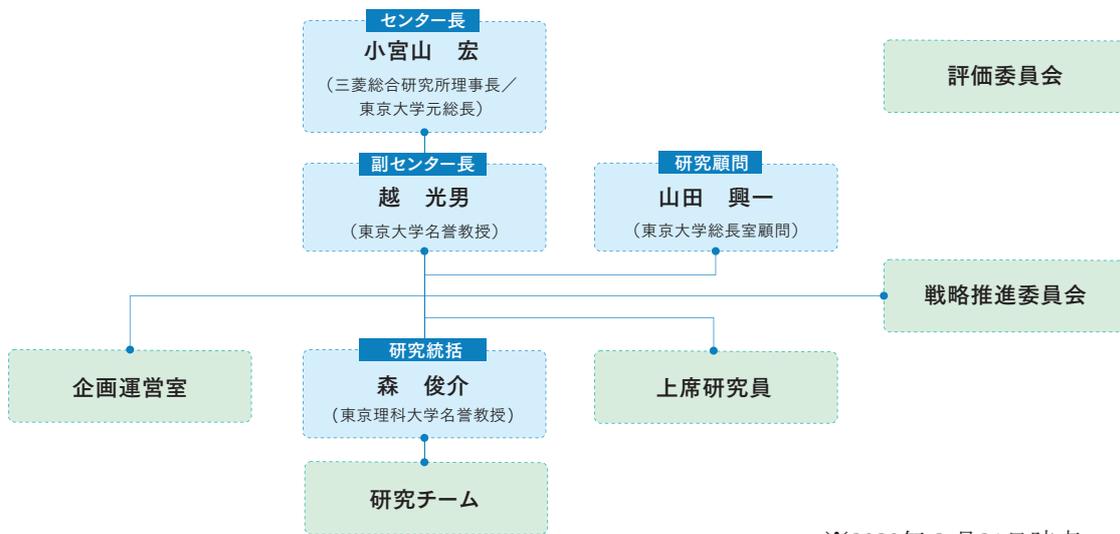
- (3) 低炭素社会を実現するためのシナリオに基づき個人・地域社会・国家レベルの戦略を提言する。

低炭素社会を実現するためには、国際競争力の強化と内需の拡大等、それぞれの産業が抱える課題に対して低炭素化の影響は異なるが、産業においてはより低炭素型の構造に、家庭においてもより低炭素型の消費構造へ導くことで世界の低炭素化に資するとともに、経済発展を実現し得る国際戦略を提言していく。さらに世界最高水準といわれる日本の省エネルギー技術や

低炭素社会に貢献し得る技術を海外に移転することにより、世界的な低炭素社会への移行を促進する。

### 3. 体制

LCS はセンター長 小宮山宏、副センター長 越光男、研究統括 森俊介、研究顧問 山田興一、さらに化学プロセス工学、経済学、システム工学、エネルギー工学、都市設計、材料科学、企業戦略等の社会科学と自然科学の分野の研究者・学識経験者・専門家等から成る。



※2020年 3 月31日時点

図1 センターの体制図

## 4. 委員会

### 4.1 低炭素社会戦略推進委員会

#### 4.1.1 目的

LCS では、センターの業務全般について意見を述べるため、「低炭素社会戦略センターに係る研究の実施体制に関する規則」に則り、「低炭素社会戦略推進委員会」（以下、戦略推進委員会）を設置している。戦略推進委員は下記の通りであり、エネルギー、環境、経済学、材料科学、ライフスタイル等多様な分野の有識者、専門家から構成されている。

#### 4.1.2 委員

役職	氏名	所属・職
委員長	森 俊介	JST-LCS 研究統括、東京理科大学名誉教授
副委員長	野城 智也	東京大学 生産技術研究所 教授
委員	上野 さやか	TMI 総合法律事務所 弁護士
	柏村 美生	株式会社リクルートマーケティングパートナーズ 代表取締役社長
	野村 浩二	慶應義塾大学 産業研究所 教授
	藤井 康正	東京大学 大学院工学系研究科 原子力国際専攻 教授
	藤野 純一	公益財団法人地球環境戦略研究機関 上席研究員・都市タスクフォース プログラムディレクター
	藤本 健一郎	日鉄総研株式会社 参与 調査研究事業部 環境・エネルギー部長
	横山 広美	東京大学 国際高等研究所 カブリ物数連携宇宙研究機構 教授

敬称略、50音順。所属・職は委員会の開催日時点。

#### 4.1.3 戦略推進委員会による意見等

令和元年度は、2月21日に第13回戦略推進委員会を開催した。令和元年度の社会シナリオ研究の成果、令和2年度計画案等について報告し、「低炭素社会実現のための社会シナリオ研究事業」の成果の最大化に向けた意見交換を行った。委員からはLCSの事業推進・成果発信に対して、「技術要素の分析を踏まえたコストを使った提言をしている。示されている将来像は世界にも役立つと思うので、革新的環境イノベーション戦略との連携を深められたら良い」「自治体の方等が“脱炭素”だと言った時に参照できるテンプレートのようなものがあると良い」「エネルギー需要は、増えるにせよ減るにせよ予測が難しいが、果敢に取り組みられることを期待したい」「提案書の概要の英語版を作成しPRしてもよい」「日本語のホームページは提案書の検索がわかりやすい」とのコメントをいただいた。

いただいた意見については、今後の事業運営および社会シナリオ研究の内容・構成等に反映を図っていく。

## 第2部 令和元年度の主な活動および成果

### 1. 低炭素社会づくりのための総合戦略とシナリオ

LCSは、我が国の経済・社会の持続的発展を伴う、科学技術を基盤とした「明るく豊かな低炭素社会」の実現に貢献するため、2030・2050年の望ましい社会の姿を描き、その実現に至る道筋を示す社会シナリオ研究を推進し、社会シナリオ・戦略の提案を行っている。

令和元年度からは、平成30年度に最終案を作成した2020～2024年度事業計画（次期5年間事業計画）の下での社会シナリオ研究への移行を念頭に「明るく豊かな低炭素社会像（将来ビジョン）の策定」、「明るく豊かな低炭素社会像を実現するための社会シナリオの策定」、「定量的技術評価と『低炭素技術設計・評価プラットフォーム』の拡張」を3つの柱として互いにフィードバックしながら研究活動を展開している。

具体的には、「明るく豊かな低炭素社会像」についてはIPCC1.5℃特別報告書等の動向を踏まえ、我が国の2050年以降早期のゼロエミッションの達成、安全・安心な生活の維持とエネルギーの安定的な確保、一定の経済成長が同時に実現する将来ビジョンの策定を目指して検討を進めている。

「明るく豊かな低炭素社会像を実現するための社会シナリオ」については「明るく豊かな低炭素社会像」を実現していくためのシナリオの検討・作成を進めている。その際、技術の導入時期と経路、導入の障壁、推進力やコスト、これらへの技術開発、経済社会制度、イノベーションの寄与度を、低炭素社会実現技術に加え情報技術やシステム化技術など低炭素に関連する背景技術にも対象を広げて提示することを目指しており、定量的技術評価により変化する技術を常に捉えながら、シナリオの精度を向上させるべく取り組んでいる。

「定量的技術評価と『低炭素技術設計・評価プラットフォーム』の拡張」については、急速な技術の発展を踏まえた各種低炭素関連技術の定量的評価や多様な低炭素技術の統合的なシステムとしての定量的評価を進めるとともに、最先端の研究開発の技術・システムに関する知見・データ等の「低炭素技術設計・評価プラットフォーム」への反映など、LCSの評価・分析機能の充実を通じた定量的技術シナリオの構築の精度の維持・向上に取り組んでいる。

令和元年度の「明るく豊かな低炭素社会像」については、ゼロカーボン社会に向けた産業構造の検討や将来の地域のエネルギーシステム像に関する検討を実施した。

「明るく豊かな低炭素社会像を実現するための社会シナリオ」については、ゼロカーボン電源システムの実現に向けた検討を実施した。

「定量的技術評価と『低炭素技術設計・評価プラットフォーム』の拡張」については、太陽光発電システム、風力発電システムといった電源システム、蓄電システム、燃料電池システム。パワーエレクトロニクス、エネルギーキャリア、二酸化炭素のDAC法、バイオマスエネルギーといった低炭素技術の評価や「低炭素技術設計・評価プラットフォーム」等の分析評価ツールの機能向上に取り組んだ。

これらの社会シナリオ研究の成果についてはLCSシンポジウム（2019年12月4日）においてポスターを展示するとともに、計22冊のイノベーション政策立案提案書等として発行・公表した。（<https://www.jst.go.jp/lcs/proposals/index.html>）（次ページ参照。23ページ以降に令和元年度イノベーション政策立案のための提案書等概要集収録）

**【将来ビジョン】**

- ゼロカーボン社会に向かう産業構造の変化例ー拡張型産業連関表の適用ー
- 将来型低炭素社会における産業構造検討のための人口に関する分析
- 建物と輸送エネルギーシステムのスマート統合がもたらす地域民生部門炭素排出削減の定量評価
- 新しいエネルギー変換・貯蔵機器技術および未利用熱源の導入による地域分散エネルギーシステムの経済性と炭素排出削減評価

**【社会シナリオ】**

- ゼロカーボン電源システムの安定化と技術・経済性評価 (Vol. 1) ー安定的かつ経済的なゼロカーボン電力供給のための技術開発課題ー

**【定量的技術評価】**

- 太陽光発電システム (Vol. 6) ー 2050 年に向けた主力電源としての太陽光発電システム産業の将来像ー
- 炭素電極を用いたペロブスカイト太陽電池に関する提案 (Vol. 2)
- 風力発電システム (Vol. 2) ー大規模導入を想定した将来の日本型風力発電システムの経済性評価及び技術開発課題ー
- 日本における蓄電池システムとしての揚水発電のポテンシャルとコスト (Vol. 2)
- 蓄電池システム (Vol. 8) ー全固体リチウムイオン電池の製造コスト計算と研究課題ー
- 蓄電池システム (Vol. 7) ー蓄電システムの経済性の考察 (現状の効率、コストと今後の課題)ー
- [調査報告書] リチウムイオン電池の劣化挙動調査
- 固体酸化物形燃料電池システム (Vol. 7) ー高温水蒸気電解の技術およびコスト評価ー
- 電力システムの調整力としての SOFC の利用可能性についての分析
- GaN 系半導体デバイスの技術開発課題とその新しい応用の展望 (Vol. 4) ー GaN パワーデバイス製造コストー
- 次々世代ワイドギャップ半導体 酸化ガリウムのデバイス実用化へ向けた技術的課題の調査
- アンモニア直接燃焼によるガスタービンシステムの提言 (Vol. 2)
- 二酸化炭素の Direct Air Capture (DAC) 法のコストと評価
- バイオマス廃棄物のメタン発酵 (Vol. 4) ー発酵槽の2段化などの合理化と水素発酵の検討ー
- 藻類からの燃料油製造ー CO<sub>2</sub> 排出量と経済性評価ー
- 木質バイオマスエネルギーポテンシャルの地域分布 (Vol. 3) ー木質バイオマス総生産コストの低減ー

**【その他】**

- 革新的エネルギー技術開発と ARPA-E の動向

## 2. SDGs への取り組み

SDGs の達成に科学技術イノベーションが貢献 (STI for SDGs) していくためには、政府はもとより、大学、研究開発機関、NGO や企業等を含めた多くのステークホルダーが、共通価値の創造 (Creating Shared Value) を意識して行動することにより、目標の達成を図ろうという新たな社会的潮流を産み出していくことが重要である。この考え方の下、JST は以下の3つの柱の取組を通じて、我が国の STI for SDGs を牽引するとともに、未来共創社会の実現に向けて、国内外の新たなイノベーション・エコシステムの構築を推進している。

### (1) 広報・啓発活動の推進 (SDGs for all, STI for All)

JST は、SDGs に関する国内外の動向把握に努め、その情報発信等を通じて、国内における SDGs の認知度の向上、特に STI を通じた SDGs 達成に向けた取組の普及を推進する。

### (2) SDGs 達成に貢献するプログラムの実施 (STI for SDGs)

多様なステークホルダーの対話・協働の場の構築や、課題解決や社会的期待の実現を目指したプログラムを実施し、SDGs 達成への貢献を目指す。

### (3) SDGs の視点を踏まえた業務の推進 (SDGs for STI)

SDGs 達成に貢献しうるプログラムや成果等について、SDGs の視点を踏まえ、研究成果の最大化や成果の展開を図る。例えば、世界共通言語である SDGs アイコンを利用し、多様なステークホルダーとの連携 (異分野連携、産学官連携、国際協力を含む) に活用する。

LCS の取組は JST の取組の低炭素社会実現のための社会シナリオ研究事業は SDGs の目標 7. 「すべての人々の、安価かつ信頼できる持続可能な近代的エネルギーへのアクセスを確保する」及び目標 13. 「気候変動及びその影響を軽減するための緊急対策を講じる」に対応するものであり、前述の STI for SDGs に向けた取組② SDGs 達成に貢献するプログラムの一つに位置付けられている。また、「明るく豊かな低炭素社会の実現」はこれら2つの目標に限らず多くの目標にも貢献するものであることから、LCS では、SDGs に掲げられた17の目標と LCS の取り組みの関連付けを行い、LCS の Web ページや LCS 主催シンポジウムにおいて広く周知を行った。また、サイエンスアゴラにおけるパネルディスカッション、T20 のポリシーブリーフ作成においても、SDGs を念頭に置いたプログラム作成や発信を行った。

### 3. 関係機関等との連携

#### 3.1 科学技術振興機構事業

##### 3.1.1 JST 社会技術研究開発センター (RISTEX)

2015年度より、LCSはJST社会技術研究開発センター(RISTEX)が社会実装機関として取りまとめを担当する文部科学省事業「気候変動適応技術社会実装プログラム」(SI-CAT: Social Implementation Program on Climate Change Adaptation Technology)の「気候変動適応技術社会実装プログラムにおける社会実装の着実な推進」へLCS研究員がアドバイザーとして参画している。2019年度も引き続き、LCSの社会シナリオ研究から得られた知見の提供等を行った。

#### 3.2 研究機関、関連組織等

##### 3.2.1 国立環境研究所(NIES)・気候変動適応センター(CCCA)

気候変動適応法の施行に伴い、国立環境研究所は関係研究機関等との気候変動等に関する調査研究又は技術開発を行う国の機関又は独立行政法人と連携することとなり、連携・協力が想定される研究機関等として挙げられているJSTと意見交換等を行った。それぞれ、組織および活動概要を紹介し、質疑等を行った。さらに、CCCAからはNIESが事務局を務める「気候変動適応に関する研究機関連絡会議」等への協力について、依頼があった(2019年12月16日)。

##### 3.2.2 センターオブイノベーション(COI)プログラム「共進化社会システム創成拠点」

10年後の目指すべき社会像を見据えたビジョン主導型の研究開発プログラムであるCOIにおいて「共進化社会システム創成拠点」(九州大学)との連携を継続。東京大学COI-サテライトワークショップ「エネルギーシステムにおけるイノベーション-世界的な潮流である脱炭素化への展望-」(2019年12月3日)を共催し、エネルギーシステムにおけるいくつかの有望なイノベーションを展望すると共に、再生可能電源大量導入時代の電力システムの安定化に資する方策を検討した。また、今回は公共交通分野の専門家も招き、エネルギーとモビリティの共進化により、両分野の問題を解決する新たな方策について、実務者・研究者等を招聘し、講演・議論を行い、最先端の知見を共有した。

#### 3.3 海外機関

##### 3.3.1 イタリア International Conference on Green Energy Technology (ICGET2019) への参加およびローマ大学等における調査研究

Sapienza University of Romeで行われた国際会議ICGET2019において、“Technology evaluation of zero-carbon power generation systems in Japan in terms of cost and CO<sub>2</sub> emissions”を発表し、“Energy conservation and emission reduction”のセッションにおけるBest oral presentationsに選ばれた。

また、University of Rome Tor Vergataにおいて、研究プロジェクト、国際協力に関して意見交換を行うとともに、学内のセミナーにてLCSの研究成果を発表した。

ENEA (Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development) Casaccia research centerでは、脱炭素社会を実現するためのスマートグリッドに関する研究プロジェクトについて調査し、技術開発および今後の研究協力について意見交換を行った(2019年7月15日-7月19日)。

**3.3.2 フランス研究開発プライオリティセッティング専門家グループ (EGRD) 会議への参加**  
パリの国際エネルギー機関 (IEA) で行われた EGRD 会議において、再生可能エネルギーからの燃料製造に関する最新情報収集および議論を行った。また、国際エネルギー機関の専門家との議論を通じて、イノベーション・ギャップ分析、Energy Technologies Perspectives (ETP) 2020 に関する情報収集および意見交換を行った (2019 年 10 月 20 日 -10 月 25 日)。

**3.3.3 オーストリア International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) 国際ワークショップへの参加**

IIASA で行われた Joint IIASA-RITE International Workshop: Towards Improved Understanding, Concepts, Policies and Models of Energy Demand において、シェアエコノミーなど革新的低需要シナリオの動向と可能性の調査を行うとともに、地域エネルギーシステムと EV、電力システムの連携についての取組を紹介し議論を行った (2019 年 11 月 10 日 -15 日)。

**3.3.4 オーストラリア Melbourne Convention and Exhibition Center World Engineers Convention (WEC) Australia 2019 への参加**

Melbourne Convention and Exhibition Center で行われた WEC Australia 2019 において、“Quantitative scenario toward zero carbon power generation system”を発表した他、情報収集・意見交換を行った (2019 年 11 月 18 日 -11 月 24 日)。

**3.3.5 フィンランド Lappeenranta University of Technology ・ ドイツ Agora および Acatech への訪問**

再生可能エネルギーの将来の電源構成に関する情報収集と意見交換を実施した。LCS からは、「ゼロ炭素社会に必要な技術と電源構成」について紹介を行い、欧州および各国における再生可能エネルギー活用に関する取組や将来予測について紹介を受け、質疑応答を行った。訪問した 3 機関共に、今後も情報交換および協力を行うこととなった。

## 4. LCS 主催の講演会

電力中央研究所システム技術研究所 北内 義弘 研究参事を招き、「電力システムの安定運用のために (再エネ導入拡大時の系統安定化対策) 再エネと蓄電池を伴う M-G セット」のテーマで LCS 講演会を行った。低炭素社会実現のための科学技術、社会および経済の課題の議論を通じ、今後のシナリオ研究推進のために貴重な意見を得た (2019 年 12 月 16 日)。

## 第3部 成果の活用と発信

### 1. 成果の活用

LCSの社会シナリオ研究事業の成果は、G20のエンゲージメント・グループの一つであるG20シンクタンク会議（T20）のタスクフォースへの参画や、革新的環境イノベーション戦略検討会（事務局：経済産業省・文部科学省）への参画、文部科学省科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会環境エネルギー科学技術委員会への参画、および機構内事業（未来社会創造事業・先端的低炭素化技術開発（ALCA）等）への情報提供等、多方面で活用した。

#### 1.1 国際的貢献

##### 1.1.1 G20シンクタンク会議（Think20；T20）に向けた取り組み

T20は、G20のエンゲージメント・グループ（アジェンダや機能毎に形成された政府とは独立した団体）の1つであり、G20各国のシンクタンク関係者等から構成されG20の「アイデア・バンク」として位置付けられている。年間を通じて約10のタスクフォース（TF）に分かれて議論し、T20本会合において提言書をまとめ、G20に提出している。

日本が議長国となった2019年度においては、LCSは事務局より協力要請を受け、タスクフォース（TF）3「気候変動と環境」の共同議長として参画し、以下のポリシーブリーフの作成に携わった。

Think20 Summit 2019 会合（5月26日・27日）への出席を中心として、Think20 Japan・Coordination Committee 会合（4月4日、4月25日、5月15日、6月14日）、TF3 会合（4月4日、4月25日）、及び次年度の議長国サウジアラビアとの会合（5月28日）に出席した。

2017年のT20（ドイツ）、2018年のT20（アルゼンチン）での参加経験を踏まえ、TFの取りまとめやポリシーブリーフの作成に貢献した。



図2 ポリシーブリーフ「Promotion of Constructing Zero Carbon Society: Effectiveness of Quantitative Evaluation of Technology and System for Sustainable Economic Development」

## 1.2 国の政策への貢献

### 1.2.1 経済産業省・文部科学省

パリ協定に基づく長期戦略への情報提供を目的に開催された「エネルギー・環境技術のポテンシャル・実用化評価検討会」（議長：経済産業省産業技術環境局長および文部科学省研究開発局長、2019年4月から6月までに2回開催）に参画した。電力部門のCO<sub>2</sub>排出削減ポテンシャル等に関して知見を提供し、議論に貢献した。

2019年6月に閣議決定された「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」を踏まえ、エネルギー・環境分野の技術の実用化・普及を見据えたイノベーション戦略を検討するための「革新的環境イノベーション戦略検討会」（経産省・文科省が共同事務局、2019年8月から10月までに3回開催）に、JSTより濱口理事長及びLCS森研究統括が委員として出席し、イノベーション戦略の議論等に貢献した。

### 1.2.2 文部科学省 環境エネルギー課

文部科学省環境エネルギー課とJSTの未来創造研究開発推進部・CRDS環境・エネルギーユニット・LCSがメンバーとして参加する4者会議「MEXT EED－JST 研究開発推進会議」（2019年4月から2020年2月まで、実務者会議を4回開催）にて、エネルギー科学技術分野における具体的な研究開発施策立案等について検討、社会シナリオ研究の成果を発信・情報提供を行った。また、「科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会第10期環境エネルギー科学技術委員会」（2019年5月から2020年1月までに6回開催）にて、環境エネルギー科学技術分野の動向や、委員会での議論・評価事項の確認、今後の同分野における研究開発の在り方について情報共有および意見交換を行った。その他文部科学省環境エネルギー課の要請に基づき、次世代半導体の実装・普及について、将来見通しなどの知見を提供し、意見交換を行った。

## 1.3 科学技術振興機構事業への貢献

### 1.3.1 未来社会創造事業（低炭素社会領域）・ALCA

未来社会創造事業（低炭素社会領域）課題募集時の「技術のボトルネック抽出」、先端的低炭素化技術開発（ALCA）の事業運営にLCSとして参画している。具体的には、LCSの社会シナリオ研究の過程で得られた知見を活用し、ボトルネック課題の抽出方法・課題絞り込み方法等について提案してきた。未来創造研究開発推進部に協力して、2019年度募集のボトルネック課題2件（「コスト1/10をめざすCO<sub>2</sub>フリー水素製造技術」および「新規反応場を利用した難反応の低エネルギー化によるバルクケミカル製造技術の革新」）について、意見・提案が反映された。

### 1.3.2 研究開発戦略センター（CRDS）

CRDSには環境・エネルギーユニットを中心にLCS社会シナリオ研究の成果の発信を行った。また、CRDSが主催する戦略スコープ検討委員会等へ陪席した。

## 2. 成果の発信

LCSの成果の発信については、LCSが主催したシンポジウム「これまでの10年、そして、『明るく豊かなゼロエミッション社会』に向かって」において、講演およびポスター展示を行うとともに、発行したイノベーション政策立案提案書を配布した。その他シンポジウムやワークショップ等を通じて、政策提案者・専門分野の有識者および広く国民に向けて行った。

### 2.1 LCS 10周年記念シンポジウム「これまでの10年、そして、『明るく豊かなゼロエミッション社会』に向かって」

主催：科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター

後援：文部科学省、経済産業省、環境省

日時：令和元年12月4日（水）13:30 - 17:00

場所：東京大学 伊藤国際学術研究センター 伊藤謝恩ホール（東京・文京区）

概要：

発足10周年を記念し、「これまでの10年、そして、『明るく豊かなゼロエミッション社会』に向かって」と題し、LCSにおける10年間の研究・提案活動の成果を振り返るとともに、「明るく豊かなゼロエミッション社会」を展望した。低炭素社会実現に向けてLCSで進めている技術、経済、社会システムに関する研究の現況や最新の研究成果について、講演とポスター発表で紹介した。また各分野の専門家を招き、ゼロエミッション社会のビジョンやその実現に向けた技術面、経済・社会制度面の課題、今後の展望等について話題提供いただき、議論を深めた。あわせて、LCSの最新の研究成果についてポスター発表で紹介した。研究機関や自治体、民間企業等から268名が参加した。

なお、本シンポジウムは「東京2020応援プログラム」（テーマ:持続可能性）として実施した。



各講演者やパネリストの発表資料・要約はLCSのホームページ (<https://www.jst.go.jp/lcs/sympo20191204/index.html>) 参照。



写真1 LCSシンポジウム「これまでの10年、そして、『明るく豊かなゼロエミッション社会』に向かって」には研究機関や民間企業等から268名が参加した



写真2 パネルディスカッション『『明るく豊かなゼロエミッション社会』のまち・くらし』にて議論するパネリスト

# 展示ポスターと関連するSDGs

低炭素社会戦略センターシンポジウム  
2019年12月4日

- |    |   |  |
|----|---|--|
| 3  | 戦略的創造研究推進事業 先進的低炭素化技術開発<br>(Advanced Low Carbon Technology Research and Development Program;ALCA)       |  |
| 4  | G20シンクタンク会議へ低炭素社会に関する政策提案<br>2017ドイツから2018アルゼンチン、2019日本まで   |  |
| 5  | 将来の明るく豊かな低炭素型社会シナリオの構築<br>就業人口構造からの検討   |  |
| 6  | 低炭素電源システムの安定化と技術・経済性評価(4)<br>—ゼロカーボン電源システムと技術開発課題—  |  |
| 7  | 太陽光発電システム(6)<br>—2050年に向けた日本の技術開発課題—  |  |
| 8  | 風力発電システム(2)<br>—大規模導入を想定した将来の風力発電システムの経済性評価及び技術開発評価—  |  |
| 9  | 官能基導入したカーボンナノチューブがペロブスカイト太陽電池に与える影響に関する研究   |  |
| 10 | 蓄電用の新揚水発電のポテンシャルとコスト(2)<br>—既存ダムを下池として利用した新揚水発電のポテンシャル増加とコスト削減の可能性—                                     |  |
| 11 | 蓄電池システム<br>さまざまな蓄電池による蓄電システムの現状のコスト試算と課題  |  |
| 12 | 蓄電池システム<br>—リチウムイオン電池の劣化挙動調査—   |  |
| 13 | 蓄電池の技術シナリオ(7)<br>—全固体リチウムイオン電池の製造コスト試算と展望—  |  |
| 14 | GaN系半導体デバイスの技術開発課題とその新しい応用の展望(4)(デバイス製造コスト)   |  |
| 15 | 次々世代半導体 酸化ガリウムのパワーMOSFET応用へ向けた技術開発課題<br>—β-Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> の表面の化学的安定性を考慮したデバイスプロセス設計の指針— |  |
| 16 | 水蒸気電解技術の普及に向けた技術比較およびコスト構造評価  |  |
| 17 | DAC(Direct Air Capture)のコストと評価  |  |
| 18 | アンモニア直接燃焼によるガスタービンシステム(2)<br>—コンバインドサイクルの熱力学モデルの改良—   |  |
| 19 | 藻類からの燃料油製造プロセス<br>—現状評価と課題—   |  |
| 20 | バイオマス廃棄物のメタン発酵(4)<br>—水素・メタン発酵の検討—  |  |
| 21 | 木質バイオマスエネルギーポテンシャルの地域分布(3)<br>—木質バイオマス総生産コストの低減—  |  |
| 22 | 北海道下川町の低炭素社会の実現に向けて<br>—持続可能な開発目標とともに—  |  |
| 23 | エネルギーイノベーション技術開発<br>—ARPA-Eの動向について—   |  |
| 24 | 定量的低炭素社会像   |  |
| 25 | エネルギー脱炭素化施策の設計と実装   |  |
| 26 | 建物と輸送エネルギーのスマート化がもたらす地域民生部門低炭素化の定量評価  |  |
| 27 | モビリティおよび需要家間の連携による街区の省エネルギー・低炭素化  |  |
| 28 | 戸建住宅向け電力需要予測手法の検討   |  |
| 29 | 乗用車の車種選好モデルによる自動車税制におけるCO <sub>2</sub> 排出シミュレーション   |  |

## 2.2 サイエンスアゴラ 2019 講演・パネルディスカッション「再生可能エネルギーで、ここまでできる LCS パネルディスカッション in サイエンスアゴラ 2019」

主催：科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター

日時：令和元年 11 月 17 日（日）10：00－11：15

場所：テレコムセンタービル 1F（東京都江東区）

概要：

JST 主催の「サイエンスアゴラ 2019」のセッション型企画としてパネルディスカッション「再生可能エネルギーで、ここまでできる」を開催した。地球温暖化阻止のため大量導入が必要な再生可能エネルギーのコストは着実に下がってきており、地方に大きなポテンシャルがあることから、新たな産業を生み出し始めている現状を踏まえ、パネルディスカッションを行い、地方の活動事例等を通して、再生可能エネルギーが導く明るく豊かな未来の可能性について議論した。

学生・有識者・LCS 研究員（計 73 名）が参加した。

なお、本パネルディスカッションは「東京 2020 応援プログラム」（テーマ：持続可能性）として実施された。



写真 3 小宮山センター長によるキーノートスピーチ



写真 4 地方の活動事例等を通して、再生可能エネルギーが導く明るく豊かな未来の可能性について議論するパネリスト

## 2.3 シンポジウム 地球温暖化対策を考えるためのエネルギー・シナリオ分析：2050年とその後を見据えて

主催：東京大学未来ビジョン研究センター 国際エネルギー分析と政策研究ユニット

日時：令和元年5月31日（金）14:00-16:30

場所：東京大学本郷キャンパス経済学研究科学術交流棟・小島ホール（2F）小島コンファレンスルーム（東京都文京区）

概要：

東京大学未来ビジョン研究センターでのシンポジウム「地球温暖化対策を考えるためのエネルギー・シナリオ分析：2050年とその後を見据えて」へ井上主任研究員が登壇者として参加した。

井上主任研究員は、再生可能エネルギーの大量導入シナリオの分析結果の発表をし、「この電源構成モデルでは再生可能エネルギー技術の変数を内生化し、技術進展について独自に見積もっていることが強みの一つであり、太陽光や風力などの変動性電源が伸びるなか、慣性力を持つ発電技術（新型地熱発電、水素発電など）の重要性が明らかになった」と話した。

## 2.4 その他ワークショップ、講演会等

### 2.4.1 国際ワークショップ「レジリエントな低炭素社会の構想」

主催：京都大学地球環境学堂

共催：エコ〜るど京大

日時：令和元年6月27日（木）13:30-14:30

場所：京都大学時計台百周年記念館（京都市左京区）

概要：

標記シンポジウムの中で開催された国際ワークショップ「レジリエントな低炭素社会の構想」と題したポスターセッションにおいて、LCSからは「明るく豊かなゼロ炭素社会」に向かう2050年の姿と題しポスターを通して成果を発信した。また、その前後で開催されたセッションに参加し情報収集を行った。

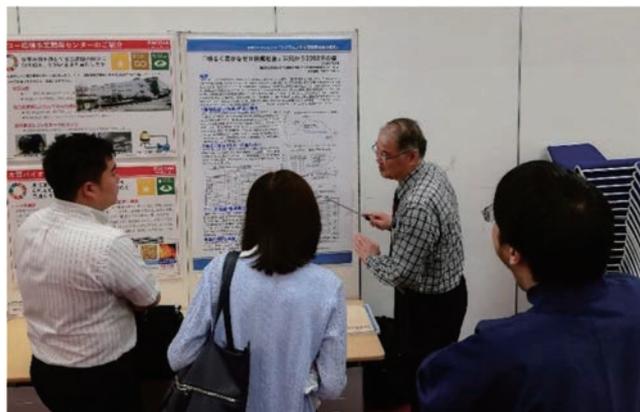


写真5 『「明るく豊かなゼロ炭素社会」に向かう2050年の姿』のポスター前で説明を行うLCS 浅田主任研究員

#### 2.4.2 講演会 「バイオエコノミーで未来を拓くー地球環境の変化を知りビジネスを変えるー」

主催：公立大学法人秋田県立大学木材高度加工研究所

共催：森林資源バイオエコノミー推進機構株式会社 (BePA)

後援：国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター (LCS)

プラチナ構想ネットワーク 一般社団法人サステナブル経営推進機構 (SuMPO)

日時：令和2年1月6日(月) 13:30-17:30、令和2年1月23日(木) 13:30-17:30

場所：東京大学 弥生キャンパス (弥生講堂一条ホール)、秋田市カレッジプラザ (講堂)

概要：

##### ■講演

- ・「森林資源バイオエコノミー推進機構 (BePA) が目指すもの」

木材高度加工研究所 高田 克彦 教授 (森林資源バイオエコノミー推進機構 (BePA) 代表取締役)

- ・「気候変動リスクと脱化石資源の必要性」

江守 正多 氏 (国立環境研究所・気候変動リスク評価研究室)

- ・「バイオエコノミーを巡る世界の状況」

藤島 義之 氏 (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))

- ・「気候変動とバイオエコノミーのスピード感」

五十嵐 圭日子 氏 (東京大学・農学部)

- ・「バイオエコノミーをめぐる多様な視点」

田村 典江 氏 (総合地球環境学研究所・研究部)

##### ■パネルディスカッション

本講演会では、各分野の識者からの講演やパネルディスカッションにより、新たな経済的理  
念である「バイオエコノミー」についての定義や国際動向、日本独自の理念の必要性や森林バ  
イオマス利活用とバイオエコノミーの関係性が示され、低炭素社会構築に向けたバイオマス利  
活用の方向性が議論された。

#### 2.4.3 講演会 第36回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス

「地域の建物再構成とEV化を含む低炭素街区のモデル化 - 宇都宮市を例として -」

主催：エネルギー・資源学会

共催：電力中央研究所、日本エネルギー経済研究所、エネルギー総合工学研究所、地球環境産業  
技術研究機構、コージェネレーション・エネルギー高度利用センター

後援：新エネルギー・産業技術総合開発機構

協賛：化学工学会、電気学会、日本エネルギー学会、日本機械学会、日本原子力学会、日本シミュ  
レーション学会、公益事業学会、三菱総合研究所、日本エレクトロヒートセンター

日時：令和2年1月28日(火) 10:00-19:30 ~ 1月29日(水) 10:00-16:40

場所：東京大学 生産技術研究所 (東京都目黒区)

概要：

エネルギー、資源、環境に関する最新の学際的、業際的研究発表の場として、また、広範な分  
野の研究者や技術者が産官学の枠を越えて交流する場として、当該分野に係わる研究機関との共  
催で「第36回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス」が開催された。LCSからはLCS  
森研究統括・上席研究員より「地域の建物再構成とEV化を含む低炭素街区のモデル化 - 宇都宮  
市を例として -」と題して発表を行った。

## 2.5 メディアへの情報提供

韓国聯合ニュース TV より、LCS 提案書「日本における蓄電池システムとしての揚水発電のポテンシャルとコスト」について取材を受けた。また、「朝日中高生新聞」での取材では、SDGs の観点から再生可能エネルギーの今後の役割や可能性についてコメントした。

番号	発行日	媒体	記事タイトル
1	2019. 7. 28	韓国聯合ニュース TV	自然エネルギーと揚水発電
2	2020. 3. 15	朝日中高生新聞	2030 SDGs で考える 第 12 回エネルギー 地球にやさしく、末長く 「再生可能エネルギーは主力になれる？ 太陽光、地熱・・・日本もできるはず」

## 2.6 LCS に関する記事、ニュース等

番号	発行日	媒体	記事タイトル
1	2019. 05. 17	日本経済新聞	再エネ普及へ全国負担
2	2019. 10. 1	日本経済新聞 (29 面)	再生可能エネルギーの未来 (中) 電源の地産地消目指せ (執筆: 泉井良夫 金沢工業大学教授)

### 3. 論文、学会発表、講演等

LCS 研究員等が国内および海外の学会等の場で社会シナリオ研究の成果を計 67 件発信した。

#### 3.1 論文

令和元年度は国際論文 10 件、国内論文 2 件を発表した。

(46 ページに論文リスト収録)

#### 3.2 学会

令和元年度は国際学会において 16 件、国内学会において 29 件の発表を行った。

(47 ページに学会発表リスト収録)

#### 3.3 講演

令和元年度は国際講演 1 件、国内講演 8 件の講演を行った。

(50 ページに講演発表リスト収録)

### 4. 出版物、雑誌寄稿等

令和元年度は、4 件の出版物に寄稿を行った。

(51 ページに出版物リスト収録)

### 5. 委員会活動

LCS 研究員等が機構、関係府省、および外部機関等の委員会委員の委嘱を計 55 件受け、関連分野の有識者・委員等として情報提供を行った。

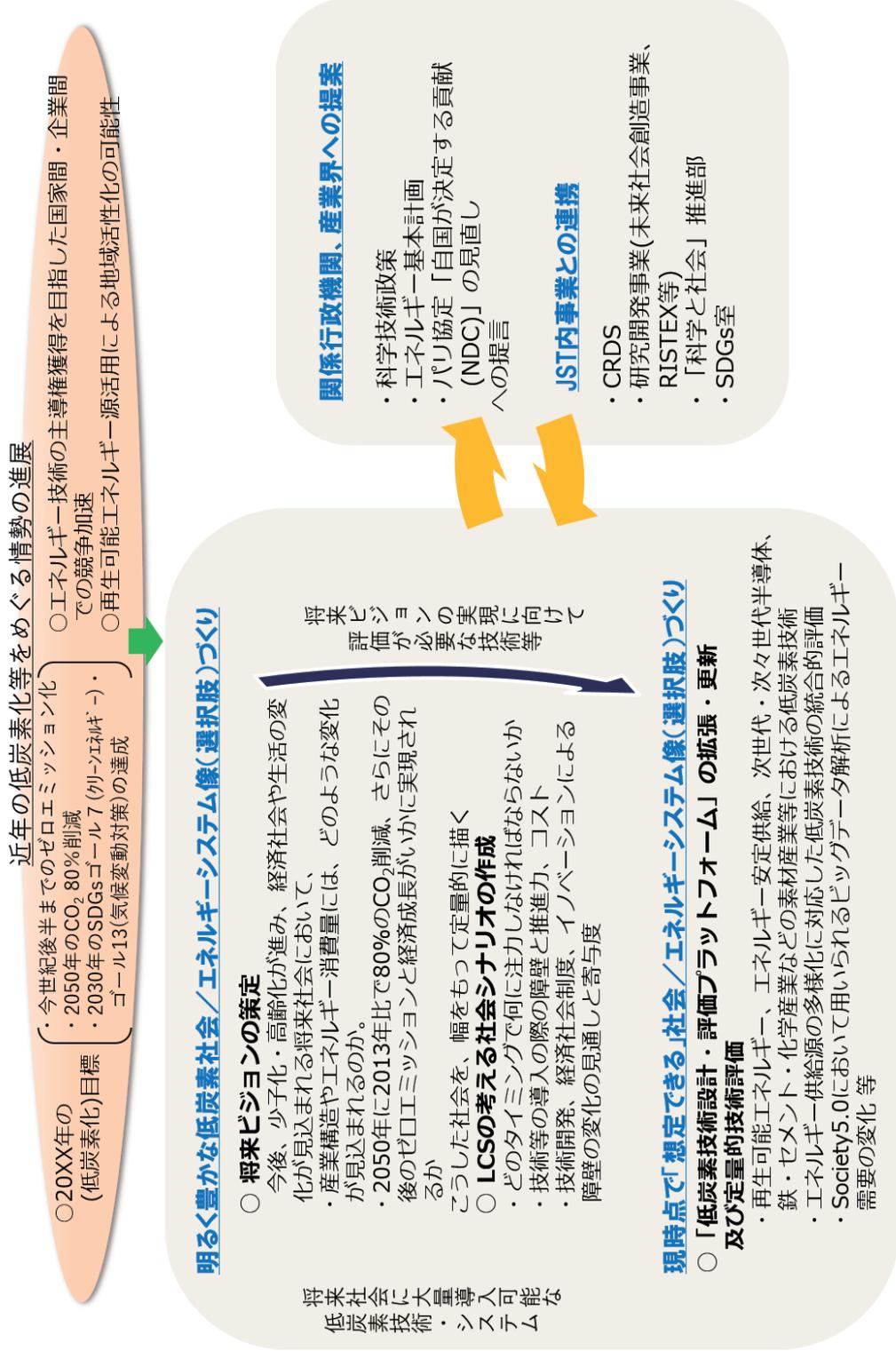
(52 ページに委員会活動リスト収録)

# 付 録

# 低炭素社会戦略センター(LCS) 2020～2024年度事業計画の概要

## 1. 2020～2024年度事業計画の概要と構成

### 1.1 概要



## 1.2 構成

### 1.2.1 これまでの LCS の取組と評価

#### (1) LCS のこれまでの取組

##### ① 定量的技術システム研究

主要な低炭素技術について「低炭素技術設計・評価プラットフォーム」の開発、これを活用し定量的技術評価

##### ② 定量的経済・社会システム研究

低炭素技術を社会に導入した際の経済・環境への効果の算定、低炭素社会実現に向けた社会実証・社会実験

##### ③ 低炭素社会システム構築

エネルギー供給源の多様化に対応した低炭素技術の統合的な評価等

##### ④ 成果の活用・発信

JST 未来社会創造事業低炭素社会領域の公募テーマ（ボトルネック課題）、T20（G20 シンクタンク会議）のポリシーブリーフへの貢献等

#### (2) LCS の取組への評価

外部有識者による評価報告書（平成 29 年 7 月）において、社会シナリオ・戦略の質の高さが認められた。

### 1.2.2 近年の低炭素化等をめぐる情勢の進展と今後の LCS への期待

#### (1) 近年の低炭素化等をめぐる情勢の進展

パリ協定の発効、長期戦略の策定に向けた検討、IPCC1.5℃特別報告書「エネルギー基本計画」の改定、国連での SDGs 採択等

#### (2) 今後の LCS への期待

##### ① 新たに「明るく豊かな低炭素社会／エネルギーシステム像づくり」に取り組む必要性

2050 年の低炭素社会の全体像を描きつつ、その実現に向けた重要研究課題の特定や社会シナリオの提示等の活動強化が必要（法人評価）

##### ② LCS での取組が期待されるテーマ

社会が注目する新たな分野のシナリオ・戦略の提案、エネルギー大量消費産業の将来像づくり

##### ③ LCS の成果の発信と活用

研究成果の発信を通じた世論の形成に資するような議論の喚起

### 1.2.3 活動方針

「明るく豊かな低炭素社会」構築に向け、地球温暖化対策計画、エネルギー基本計画、パリ協定における NDC 等へのインプット、またこれらの計画の達成のために必要なチャレンジングな科学技術テーマ、制度、及び新たなイノベーションの可能性の特定への貢献を通じた関係行政機関等への提案、政策・施策（事業）への反映を念頭に、「明るく豊かな低炭素社会／エネルギーシステム像（選択肢）」づくりとして、以下の 2 点を柱に、2020 年度からの 5 ヶ年にわたり取り組む。

#### (1) 明るく豊かな低炭素社会の「将来ビジョン」と「社会シナリオ」の作成

#### (2) 「低炭素技術設計・評価プラットフォーム」の拡張及び定量的技術評価

#### 1.2.4 活動内容

- (1) 明るく豊かな低炭素社会の「将来ビジョン」と「社会シナリオ」の作成
  - ① 将来ビジョンの策定
    - ・ IPCC1.5℃特別報告書等の動向を踏まえ、2050年に2013年比で80%よりも十分に大きいCO<sub>2</sub>削減、さらにその後速やかなゼロエミッションを達成
    - ・ 安全・安心な生活が維持
    - ・ エネルギーが安定的に確保され、一定の経済成長が実現される豊かな社会像
  - ② LCSの考える社会シナリオの作成
    - ・ どのタイミングでどの技術に注力しなければならないか
    - ・ 技術等の導入の際の障壁と推進力、コスト
    - ・ 技術開発、経済社会制度、イノベーションによる障壁の変化の見通しと寄与度
- (2) 「低炭素技術設計・評価プラットフォーム」の拡張及び定量的技術評価
  - ① 再生可能エネルギー、エネルギー供給関連技術に加え、パワーエレクトロニクスデバイス等の技術の評価
  - ② 再生可能エネルギー、エネルギー安定供給、次世代・次々世代半導体、鉄・セメントなどの素材産業等における低炭素技術
  - ③ エネルギー供給源の多様化に対応した低炭素技術の統合的評価
  - ④ Society5.0において用いられるビッグデータ解析によるエネルギー需要の変化等
- (3) JST内事業との連携
  - CRDS、研究開発事業部署、「科学と社会」推進部、持続可能な社会推進室など、関係部室と連携
- (4) 関係行政機関、産業界への提案
  - 「明るく豊かな低炭素社会の達成に近づけるための選択肢」を示し、科学技術政策への提言エネルギー基本計画策定等に資する、科学に立脚した中立的な情報をタイムリーに発信

#### 1.2.5 活動を推進する上で意識する点

- (1) 明るく豊かな低炭素社会の「将来ビジョン」と「社会シナリオ」の作成
  - ① 社会的変化と選択
  - ② 低炭素化の加速
- (2) 「低炭素技術設計・評価プラットフォーム」の拡張及び定量的技術評価
  - ① インフラとしてのエネルギー技術
  - ② 産業

#### 1.2.6 他機関との連携等を通じた取り組みが期待される事項等

- (1) 制度・技術開発・マクロ社会経済等における諸課題の調査・分析
- (2) 情報の発信と獲得の場の形成（政策策定のための複数省庁との意見交換とLCSからの提言）
- (3) シナリオ成果としてのSDGsの達成への貢献

## 2. 令和元年度イノベーション政策立案のための提案書および調査報告書概要集

1. ゼロカーボン社会に向かう産業構造の変化例－拡張型産業連関表の適用－（LCS-FY2019-PP-14）－24 ページ
2. 将来型低炭素社会における産業構造検討のための人口に関する分析（LCS-FY2019-PP-16）－25 ページ
3. 建物と輸送エネルギーシステムのスマート統合がもたらす地域民生部門炭素排出削減の定量評価（LCS-FY2019-PP-19）－26 ページ
4. 新しいエネルギー変換・貯蔵機器技術および未利用熱源の導入による地域分散エネルギーシステムの経済性と炭素排出削減評価（LCS-FY2019-PP-18）－27 ページ
5. ゼロカーボン電源システムの安定化と技術・経済性評価（Vol. 1）－安定的かつ経済的なゼロカーボン電力供給のための技術開発課題－（LCS-FY2019-PP-21）－28 ページ
6. 太陽光発電システム（Vol. 6）－2050年に向けた主力電源としての太陽光発電システム産業の将来像－（LCS-FY2019-PP-17）－29 ページ
7. 炭素電極を用いたペロブスカイト太陽電池に関する提案（Vol. 2）（LCS-FY2019-PP-15）－30 ページ
8. 風力発電システム（Vol. 2）－大規模導入を想定した将来の日本型風力発電システムの経済性評価及び技術開発課題－（LCS-FY2019-PP-20）－31 ページ
9. 蓄電池システム（Vol. 7）－蓄電システムの経済性の考察（現状の効率、コストと今後の課題）－（LCS-FY2019-PP-01）－32 ページ
10. 蓄電池システム（Vol. 8）－全固体リチウムイオン電池の製造コスト計算と研究課題－（LCS-FY2019-PP-12）－33 ページ
11. 日本における蓄電池システムとしての揚水発電のポテンシャルとコスト（Vol. 2）（LCS-FY2019-PP-03）－34 ページ
12. 固体酸化物形燃料電池システム（Vol. 7）－高温水蒸気電解の技術およびコスト評価－（LCS-FY2019-PP-08）－35 ページ
13. GaN系半導体デバイスの技術開発課題とその新しい応用の展望（Vol. 4）－GaNパワーデバイス製造コスト－（LCS-FY2019-PP-05）－36 ページ
14. 次々世代ワイドギャップ半導体 酸化ガリウムのデバイス実用化へ向けた技術的課題の調査（LCS-FY2019-PP-09）－37 ページ
15. 電力システムの調整力としてのSOFCの利用可能性についての分析（LCS-FY2019-PP-11）－38 ページ
16. アンモニア直接燃焼によるガスタービンシステムの提言（Vol. 2）（LCS-FY2019-PP-02）－39 ページ
17. 二酸化炭素のDirect Air Capture（DAC）法のコストと評価（LCS-FY2019-PP-07）－40 ページ
18. バイオマス廃棄物のメタン発酵（Vol. 4）－発酵槽の2段化などの合理化と水素発酵の検討－（LCS-FY2019-PP-10）－41 ページ
19. 藻類からの燃料油製造－CO<sub>2</sub>排出量と経済性評価－（LCS-FY2019-PP-13）－42 ページ
20. 木質バイオマスエネルギーポテンシャルの地域分布（Vol. 3）－木質バイオマス総生産コストの低減－（LCS-FY2019-PP-06）－43 ページ
21. 革新的エネルギー技術開発とARPA-Eの動向（LCS-FY2019-PP-04）－44 ページ
01. （調査報告書）リチウムイオン電池の劣化挙動調査（LCS-FY2019-SR-01）－45 ページ



## ゼロカーボン社会に向かう産業構造の変化例－拡張型産業連関表の適用－

再生可能エネルギーの経済性に関するLCS評価結果とゼロカーボン（ZC）電源システムのLCS計算結果を用いて、将来起こる変化について産業連関分析を行い、ZC社会が経済と環境負荷に与える影響を定量的に分析した。明るく豊かなZC社会を実現するためのシナリオを示す手法を開発した。

- 公表されている産業連関表とCO<sub>2</sub>排出量データを利用して、再生可能エネルギーを追加した拡張型産業連関表と産業別CO<sub>2</sub>排出係数表を作成した。
- 経済性と材料使用量のLCS評価結果に基づき再生可能エネルギーの投入係数を決め、ZC電源システムの計算結果と表1に示す変化を与えて産業連関分析を行った。
- 明るく豊かなZC社会実現シナリオの定量的指標として、GDPとCO<sub>2</sub>排出量の計算結果例を表2に示した。

### 政策立案のための提案

- 明るく豊かなZC社会に向けては、
- 1) 産業連関分析の手法を用い、ZC電源システムの導入の社会/環境への影響を定量化し、ZC社会実現のシナリオを示す必要がある。
  - 2) ZC電源実現に向け、太陽光、風力だけでなくその他の再生可能エネルギーのポテンシャルを増加させることを目的とした調査と規制緩和が必要である。

表1 産業連関分析に与える変化の例

記号	項目
a	ZC電源システム(電力需要は2013年と同じ、発電部門のCO <sub>2</sub> 排出ゼロ)
b	電化による都市ガスの削減
c	電化による灯油、LPガスの削減
d	電気自動車(EV)100%普及、ライドシェア(RS)50%普及
e	リサイクル材の活用により鉄鋼と転炉粗鋼の生産50%減、電炉粗鋼の生産50%増
f	リサイクルにより化学製品の生産50%減
g	セメント物性の向上によりセメント製品の生産70%減
h	汎用機械、産業機械の輸出2倍
i	訪日旅行者により宿泊サービス10兆円増、飲食サービス6兆円増、医療費30兆円増
j	情報サービス産業の生産20兆円増、家計の教育需要10兆円増

表2 産業連関分析の計算結果

ケース	項目 記号は表1参照	GDP (兆円)	GDP 基準差 (兆円)	CO <sub>2</sub> 排出量 (Mt-CO <sub>2</sub> )	CO <sub>2</sub> 削減率 (%)	電力 需要 (TWh)
0	2013(基準)	503	0	1,311	0	982
1	a ZC電源	510	7	733	44	1,018
2	a+b 都市ガス	511	8	653	50	1,216
3	a+c 灯油LPG	511	8	688	48	1,149
4	a+d EV車, RS	513	10	482	63	1,295
5	a+e 鉄鋼	510	6	668	49	1,013
6	a+f 化学製品	510	7	720	45	997
7	a+g セメント	510	7	677	48	1,012
8	a+h 機械	517	13	745	43	1,026
9	a+i 訪日旅行者	554	51	785	40	1,063
10	a+j 情報	538	35	732	44	1,064
11	統合(a~j)	595	92	242	82	1,752



## 将来型低炭素社会における産業構造検討のための人口に関する分析

将来の明るく豊かなゼロカーボン（ZC）社会では、エネルギー供給、社会や産業の構造が変化し、人口減少下で就業構造が大きく変化する中で、経済成長を達成していく必要がある。将来の低炭素社会設計に必要な要点を明らかにするために、年齢階層を考慮した就業人口から将来社会の検討を進め、将来産業構造像を分析・評価するための基礎データの整理を行った。

- 2050年の就業人口は2018年に対し△27%で、高齢者定年延長（60～65→65～70歳）やその就業率増（1.2～1.5倍）を適用しても、△21～24%と減少が止められない。
- もし労働生産性が変わらなければ、年齢層別業種別の就業人口を乗じて試算される将来GDPは30%減少する（図1）。
- LCS提案のCO<sub>2</sub>排出量80%削減GDP年率5%増のシナリオ[1]実現には全産業の労働生産性平均1.5倍（年率1%増）が必要で、それは大きな職業シフトを伴う（図2）。
- 今後、予想される産業の変化や必要な教育・福祉の観点に加え、LCSの産業連関表分析[1]により要因と方策を定量的に検討し、具体的な将来産業構造像を明らかにする。

### 政策立案のための提案

就業人口が減少傾向にある中で、ZC社会を実現しつつ経済成長を達成するには、労働生産性の向上が必須である。特に、新規のあるいは変化の大きな産業分野では、これからの状況にあわせた年齢および技能・知識別の方策が必要で、若年者への職業教育だけでなく、高齢者への職業教育と健康維持体制、社会の活躍環境の整備などが課題となる。

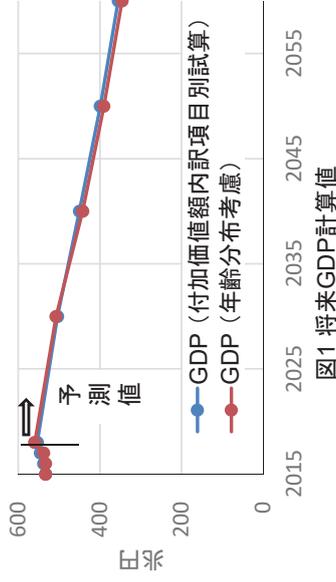


図1 将来GDP計算値

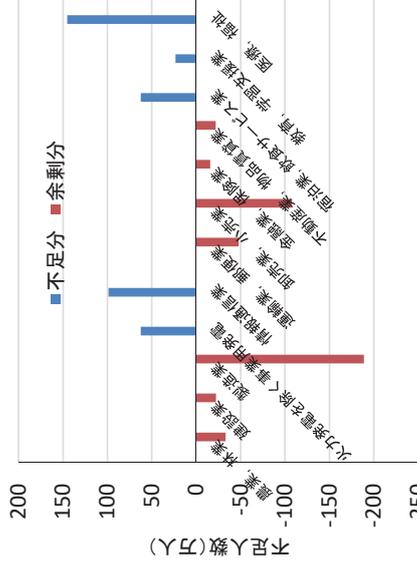


図2 二酸化炭素80%削減シナリオのGDPを得るために各産業で労働生産性を一律(1.5倍)に増加させた時に現状就業人口構造で不足する人数(代表業種のみ)

[1] LCS, イノベーション政策立案のための提案書 “ゼロカーボン社会に向かう産業構造の変化例ー拡張型産業連関表の適用ー”, 令和2年3月。



## 建物と輸送エネルギーシステムのスマート統合がもたらす 地域民生部門炭素排出削減の定量評価

ゼロエミッション化に向け、民生部門と輸送部門の排出削減では建物のZero Energy化（ZEH/ZEB化）や電気自動車（EV）と太陽電池（PV）の連携が期待される。これらの普及と拡大によるエネルギー需要の電力化と、電源構成などエネルギー供給構造への影響を解析した。

- 東京理科大学、環境省等の諸調査をもとに全国家庭部門のPV導入、ZEH化やEV連系によるCO<sub>2</sub>排出削減の潜在性と地域差を定量評価し、戸建て住宅での実現可能性と集合住宅での課題を明らかにした。
- 地域エネルギーモデルを宇都宮市の7地域に適用し、住宅、オフィス、店舗間のエネルギー需給連携やEV導入の効果と費用最小化のもとで評価した。建物断熱化、EV連携、需要家間相互融通によりCO<sub>2</sub>排出は従来比35%に削減された(図1, 2)。
- EVの大規模導入は系統電力の負荷変動を拡大する可能性があり、充電の広域マネジメントの必要性が示唆された。
- 需要家の行動変化は不確実性が高いが、既存のスマートシティ報告書は、共通して需要家応答（DR）によるエネルギー消費の約30%の削減を示した。

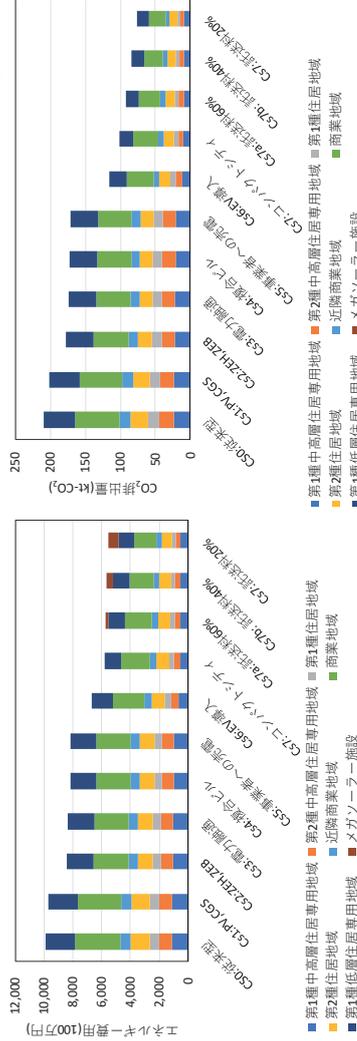


図1 年間エネルギー費用のシナリオ間比較 図2 年間CO<sub>2</sub>排出量の変化のシナリオ間比較

### 政策立案のための提案

民生用と家庭用輸送用のエネルギー需要の統合による地域のエネルギー費用とCO<sub>2</sub>排出の同時削減の実現のための政策課題を以下に提案する。

- 1) 排出削減潜在力が大きいZEB/ZEH化推進のため、導入推進策や創エネ設備認定の拡大が必要である。
- 2) EVは日常用途でガソリン車を代替し得るが、効率的な充電管理システム開発が必須である。
- 3) ZEB/ZEH-M化とEV化による排出削減可能性の定量的な評価には、地域民生エネルギーシステム/輸送/電源構成モデルの統合化が必要である。

## 新しいエネルギー変換・貯蔵機器技術および未利用熱源の導入による地域分散エネルギーシステムの経済性と炭素排出削減評価

大規模ビルを含む都市中核部のモデルによる分析から、未利用熱エネルギー源利用と需要家間エネルギー融通の導入により、在来システム比でのコストとCO<sub>2</sub>排出の同時削減の可能性が示された。郊外住宅街区での実証分析では、再現性の高い太陽電池や蓄電池を含む電力融通システムモデルを開発した。

- 都市中核部のエネルギーシステムでは、未利用エネルギー源と需要家間エネルギー融通の導入が年間総費用を22% (図1、Case-C0 deg)、CO<sub>2</sub>排出量を26%同時削減する可能性が示された。夏期気温が平年から上昇した場合も、同時削減実現の可能性が示された。
- 郊外住宅街区について、開発した電力融通システムモデルは需要家間の電力相互融通が太陽電池電力の自家消費率を上げ、買電量を1.4%削減することを示した。

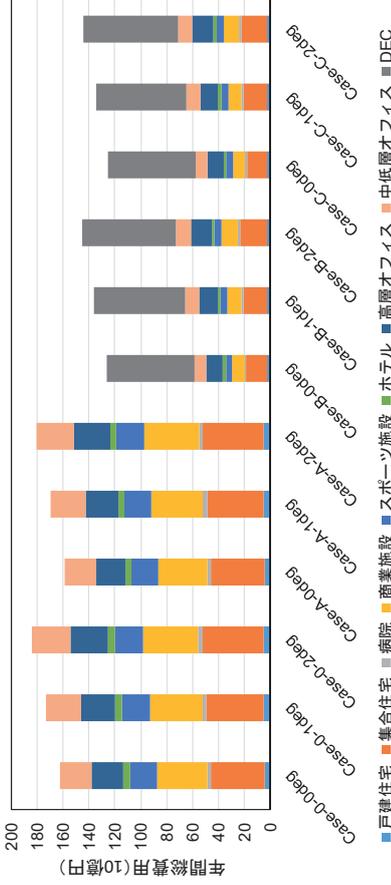


図1 ケース別・気温上昇別の年間総費用合計値の変化  
 (Case-0: 従来機器、Case-A: CGS/PV/蓄電池、Case-B: 余熱利用+相互融通、Case-C: 地域間融通、CGS: コージェネレーションシステム、PV: 太陽電池、DEC: 地域エネルギー管理センター)

### 政策立案のための提案

未利用熱源の利用拡大と需要家間のエネルギー相互融通システムの実現に向け、以下を提案する。

- 1) 賦存量と利用量の地域差が大きき、未利用エネルギー源情報のデータベースの整備が必要である。
- 2) 寒冷地でのヒートポンプ性能確保に対応できる冷媒や制御方式の開発が必要である。
- 3) 電気自動車との連携など、需要家間の相互エネルギー融通の拡大を踏まえた需要応答 (DR) も含めた地域全体の管理システム開発が必要である。
- 4) 広域電力安定化にも寄与する街区の電力融通システム実現のため、既存街区での電力融通の際の電線使用料 (託送料金) 発生などの問題へに対する制度的経済支援の検討が必要である。

## ゼロカーボン電源システムの安定化と技術・経済性評価 (Vol.1)

### - 安定的かつ経済的なゼロカーボン電力供給のための技術開発課題 -

我が国の2050年のゼロカーボン (ZC) 電源システム構築に必要な技術開発の方向性を示すため、電力需要800~3,000TWh/年を分析対象とし、LCSの構築してきた定量的技術シナリオに基づきZC電源構成システムを多角的に評価した。太陽光発電ポテンシャル拡大、浮体式を含む洋上風力発電の導入、送電網強化を考慮し、系統安定度指標として同期発電機の発電量比率 (慣性力制約) を50、25及び10%とし、系統安定化に寄与する新揚水発電[1]及び高温岩体発電 (HDR) 導入による経済影響を検討した。

■ 新揚水発電及びHDR導入で、慣性力制約50%及び25%にてそれぞれ2,000TWh/年及び2,600TWh/年までZC電源が実現できた。

■ 再生可能エネルギー・蓄電システムのコスト低減、送電網強化に加えて再生可能エネルギーポテンシャルの拡大により、ZC電源システム構築は経済性を加味しても実現可能であることを示した (図1)。

■ 再生可能エネルギーシステムのコスト低減およびポテンシャル拡大の技術開発により1~10兆円/年、系統安定度技術の向上により1~20兆円/年の電源コスト低減効果があることが示された。

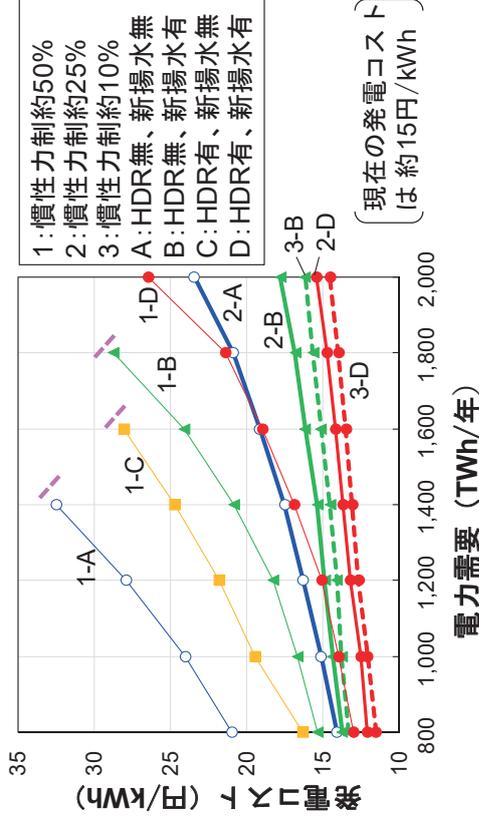


図1 電力需要とZC電源システムの発電コスト

### 政策立案のための提案

- 1) 同期発電機により供給される慣性力の低下を可能とする系統安定化技術開発の促進。
- 2) 慣性力供給に資する低炭素電源システムとしての新揚水発電やHDRの開発ならびに導入支援。
- 3) 太陽光発電の高効率化・産業育成、洋上風力のコスト低減技術の促進。
- 4) ZC電源システムのための大規模送電計画、系統システムに対する長期技術・経済評価。

[1] LCS, イノベーション政策立案のための提案書, “日本における蓄電池システムとしての揚水発電のポテンシャルとコスト (Vol.2)”, 令和2年2月



## 太陽光発電システム (Vol.6)

### － 2050年に向けた主力電源としての太陽光発電システム産業の将来像－

LCSのこれまでの研究結果を用いて、主力電源としての太陽光発電 (PV) システム産業の展望を示し、考察した。次いで技術向上による将来の日本のPVシステム導入ポテンシャルの拡大可能性を推計し、主力電源としてのPVシステム産業の拡大のための戦略を示した。

■ 現状の産業、市場動向を整理し、脱炭素社会に向かう世界と日本のPVシステム導入量、市場規模、就労人数を示した。PVは400～1,400GWの導入が見込まれるが、世界市場に占める日本市場の割合は縮小する (表1)。世界展開のための技術開発戦略と労働生産性の向上施策が必要である。

■ モジュール変換効率の向上、耕作放棄地の活用、設置面積の利用向上により、PVシステム導入ポテンシャルは 652～1,437 GWに拡大する。

表1 脱炭素社会に向けた世界と日本のPV導入量、就労人数、市場規模の推計

	2010 実績値	2018 実績値	2030	2050	
				A: 80%減	B: ZC電力
世界	70	480	2,000	10,000	20,000
累積導入量 [GW]					
年間モジュール生産量 [GW]	17	100	140	500	1,000
市場規模 [兆円/年]	7	14	14	25	50
就労人数 [千人] ※※	510	3,400	3,000	5,000	5,000
日本	3	60	170	500	1,400
累積導入量 [GW]					
年間モジュール生産量 [GW]	1	5(10※)	11	30	70
国内市場規模 [兆円/年]	0.4	3	1	1.5	3.5
就労人数 [千人] ※※	90	300	220	300	350

※ 日本の現在の年間導入量

※※ PV産業における就労人数の割合は (モジュール製造: 販売・管理 = 20%: 30%: 50%)

### 政策立案のための提案

ゼロカーボン電源システムの構築に向けた主力電源としてのPVシステム産業の将来像を評価した結果から、以下の産業戦略の必要性を提案する。

- 1) PVシステムの大規模導入の実現にむけた定量的かつ長期的な戦略構築とともに、技術開発と産業発展に資する時宜を得た評価結果が重要である。
- 2) コスト低減要求や国土の制限に伴う高効率化の研究開発を、世界市場に繋がる技術開発に発展させ、エネルギー産業全体の変遷を考慮した産業戦略を進める必要がある。
- 3) 長期電源システム設計と長距離送電など、地域性を考慮したPV導入計画立案が重要である。

## 炭素電極を用いたペロブスカイト太陽電池に関する提案 (Vol.2)

ペロブスカイト太陽電池は、簡易な低温プロセスで作製できる次世代高効率太陽電池として期待されている。ホール伝導体層/Au電極の代わりにカーボンナノチューブを用いて評価してきた結果、ナノチューブへの官能基の導入が電池特性の再現性と安定性を向上させることが分かった。特にペロブスカイト結晶とナノチューブ電極との接合界面の相互作用の強化が鍵となる。

■ ペロブスカイト太陽電池は発電効率25%以上の報告例もあるが、ペロブスカイト層やホール伝導体層/金電極の劣化のため、再現性と安定性に課題があり、セルも小面積にとどまっている。

■ 安定化とコスト低減のために炭素電極の検討が進む中、官能基を導入したカーボンナノチューブとペロブスカイト結晶との強い相互作用が、電池特性の経時的な性能向上とその後の安定性に寄与することを見いだした (図1右) [1]。

■ 単なる分子間力でなく、ナノチューブの官能基と結晶との水素結合を介した接合面は接着力が強く、常温でのイオン拡散による界面再構成が起き、新たな界面が安定性と再現性を高めると考えられる (図1左)。

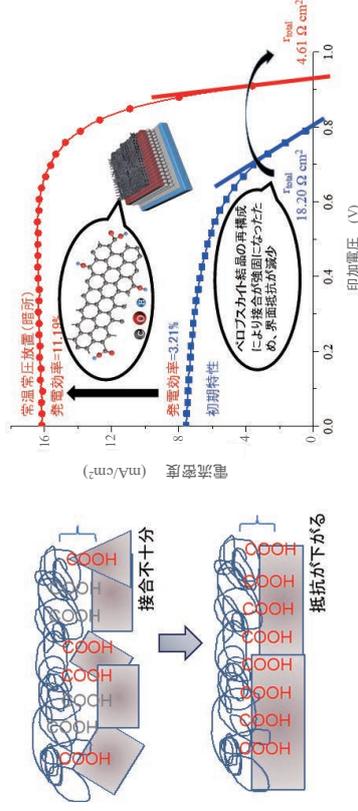


図1 界面再構成と強固化による効率向上の模式図

### 政策立案のための提案

ペロブスカイト結晶層とカーボンナノチューブ電極との界面における接合の強さが、セル耐久性を左右する鍵であることを明らかにした。実用化に向けての面積かつ高効率の太陽電池作製を実現していくためには、下記の課題に対する基礎研究を行うことが必要である。

- 1) ペロブスカイト材料と炭素材料の接合を最適化させる作製プロセスの検討
- 2) 炭素電極の電子構造 (仕事関数) 制御によるホール収集効率向上の検討
- 3) 可逆/不可逆反応の明確化に基づき炭素電極を用いた電池の劣化メカニズムの定量的な検討

[1] Jie Chen et al., MAPbI<sub>3</sub> Self-Recrystallization Induced Performance Improvement for Oxygen-Containing Functional Groups Decorated Carbon Nanotube-Based Perovskite Solar Cells, Sol. RRL, 3, 2019. <https://doi.org/10.1002/solr.201970121>. <https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2019-pp-15.pdf>



## 風力発電システム (Vol.2)

### — 大規模導入を想定した将来の日本型風力発電システムの経済性評価及び技術開発課題 —

日本特有の地形や気象条件等の課題と技術対策課題を整理し、日本に適した高設備利用率型洋上風車を検討し、大規模導入を想定した風力発電システムの経済性を評価した。

- 日本における風力発電導入拡大には、低風速地域でも高設備利用率となる風力発電システムの開発と、洋上風力発電の大規模導入による発電コスト低減が必要である。
- 大規模導入を想定した風力発電システム、特に定格出力比が小さくローター径を大きくし、設備利用率50%となる高設備利用率型洋上風車 (表1) の経済性を評価した。
- 基準ケースに対して、高設備利用率型洋上風車の建設コストは2倍だが、発電コストは、12円/kWh (着床式)、13.6円/kWh (浮体式) と同等となる (図1)。設備利用率向上から送電費用も抑えられるため、系統全体のコストは下がり、脱炭素電源システム構築に際し導入価値がある。

#### 政策立案のための提案

- 大規模な国内導入を想定した、日本特有の技術開発・産業戦略のための下記の検討が必要。
- 1) 日本の気象条件に適した、高設備利用率風車の材料/構造/デバイス設計技術の開発
- 2) 複雑地形、台風、冬期雷に対応する風車/運用技術開発と世界市場への展開戦略検討
- 3) 洋上風力発電のコスト低減および系統連系を含めた全体のシステム設計と経済性評価

表1 基準とした風力発電システムの仕様

風車種別	陸上	洋上着床式	洋上着床式高設備利用率型	洋上浮体式	洋上浮体式高設備利用率型
風車出力	MW	3	5	2.5	7
ローター径	M	82	126	126	150
設備利用率	%	25%	30%	50%	50%
想定平均風速	m/s	6.4	7	7	7.6
想定WF基礎	基	20	100	100	200
想定WF積模	MW	60	500	500	1,400
水深	m	-	30	120	120

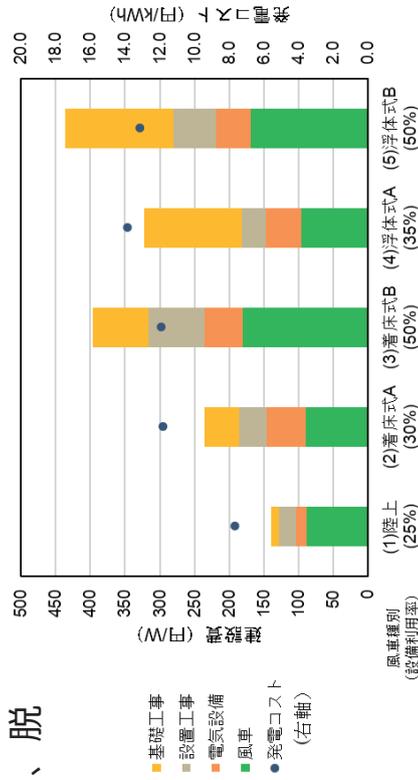


図1 大規模導入を想定した将来の風力発電システムの発電コスト  
<https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2019-pp-20.pdf>



## 蓄電池システム (Vol.7)

### 蓄電池システムの経済性の考察 (現状の効率、コストと今後の課題) -

二酸化炭素排出低減に向けた自然エネルギー導入には、気象条件による出力変動に対応した蓄電池システム導入が不可欠である。電池を用いた蓄電池システムを対象に、1日1回定格出力で定格容量まで330日/年充放電した場合のコストモデルを開発し、各種電池の現状の効率とコストを計算した。

■ 従来の電池コストのみの検討に対し、システム運用事業者を想定し、設備費、運転費、電池寿命を考慮して計算した (表1)。

■ 容量、サイクルあたりのコストはNAS電池システムが最も安く24円/kWh/サイクルとなった。自然エネルギー余剰電力吸収用としては、まだ高コストである。

### 政策立案のための提案

電池だけでなく周辺機器やバッテリーマネージメントシステムの効率化が低コスト化につながる。

- 1) LIB (三元系) はサイクル特性改善が、LIB (SCIB) は電池のコストダウンが必要である。さらに新規電極材料や単電池の大型化などパック/モジュール側の省エネルギー化も重要である。
- 2) NAS電池は充放電パターンが望ましく、レドックスフロー電池は充放電効率や動力系の開発で低コスト化が期待できる。ただし、いずれも関与する研究者や企業が少なく、オープンイノベーションの推進などポテンシャルを活かせる対策の実施が必要である。

表1 各種電池蓄電池システムの蓄電コスト[1~4]

蓄電池種類	システム定格	Tehachapi Project	南相馬蓄電池変電所報告	西仙台蓄電池変電所報告	豊前蓄電池変電所報告	現状推定システム	現状推定システム	南来蓄電池変電所報告
LIB(3元系)	10/40	8/32	40/40	LIB(SCIB)	NAS	10/40	50/300	レドックスフロー
システム定格	MWh/MWh			LIB(SCIB)	NAS	10/40	50/300	レドックスフロー
総原価(原価+変換ロス)	円/kWh/回	43	90~95	95~162	24~33	30	24~38	67, 89~106
原価(固定費+変動費)	円/kWh/回	41	88~90	92~151	19~29	25	21~35	61, 84~98
変換ロス	円/kWh/回	2	3	2~6	3~11	5	3	5
容量減少率	%/年	2.5	3.9	1.0	1.0	1.0	0.4	0.4
使用可能サイクル数	回	2,640	1,980	6,600	6,600	5,000~6,600	5,000~13,200	6,600~13,200
耐用年数	年	8	6	20	20	15~20	15~20	20
システム価格	百万円	2,900	2,827	12,312	9,936	2,000~2,800	4,320	17,300

[1] Southern California Edison, "Tehachapi Wind Energy Storage Project: Technology Performance Report #1, #2, #3", DE-OE000201 (2014年12月, 2016年2月, 12月)  
 [2] 一般社団法人新エネルギー導入促進協議会, 平成28年度成果報告書, "大型蓄電池システムによる需給バランス改善実証事業: 南相馬変電所需給バランス改善蓄電池システム実証事業", 東北電力, 2017年2月, および: 豊前蓄電池変電所における大型蓄電池システムによる需給バランス改善実証事業", 九州電力, 2017年2月。  
 [3] 同, 平成29年度成果報告書, "大型蓄電池システム緊急実証事業: 西仙台変電所周波変動対策蓄電池システム実証事業", 東北電力, 2018年1月。  
 [4] 同, 成果報告書, "大型蓄電池システム緊急実証事業: 北海道電力・住友電力・住友電力, 2019年1月。  
<https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2019-pp-01.pdf>



## 蓄電池システム (Vol.8)

### ー全固体リチウムイオン電池の製造コスト計算と研究課題ー

リチウムイオン電池 (LIB) について、高エネルギー密度化とともに安全性に対する要求が高まる中、無機固体電解質を用いる試みが注目されている。本稿では硫化物系固体電解質を用いた全固体LIBについてラミネート型セルを設計して製造コストを計算し、低コスト化に係る課題を検討した。

■ 固体電解質  $75\text{Li}_2\text{S}-25\text{P}_2\text{S}_5$  を用いた全固体LIBの製造コスト計算値は、現状モデル 2: 61~328 円/Wh、将来モデル1~3: 6~17 円/Whであった (図1)。一方、従来LIB (現状モデル2と同サイズ) は14 円/Whである。

■ 全固体LIBの製造コストには、①固体電解質の価格、②固体電解質の使用量、③硫化物系固体電解質を用いることにより生じる製造プロセス (高圧プレス、固体電解質存在時の雰囲気制御) にかかるコストが大きく影響するこゝとがわかった。

#### 今後の課題

全固体LIBの製造コストと電池性能を将来モデルまで引き上げるには、①所望の物性 (良好なリチウムイオン伝導性、化学的・電気化学的安定性、低圧プレスで良好な界面を形成し得る柔軟性など)、②原材料が安価、③大量生産に適した製造プロセス、を満たす固体電解質材料を見出すことが重要。

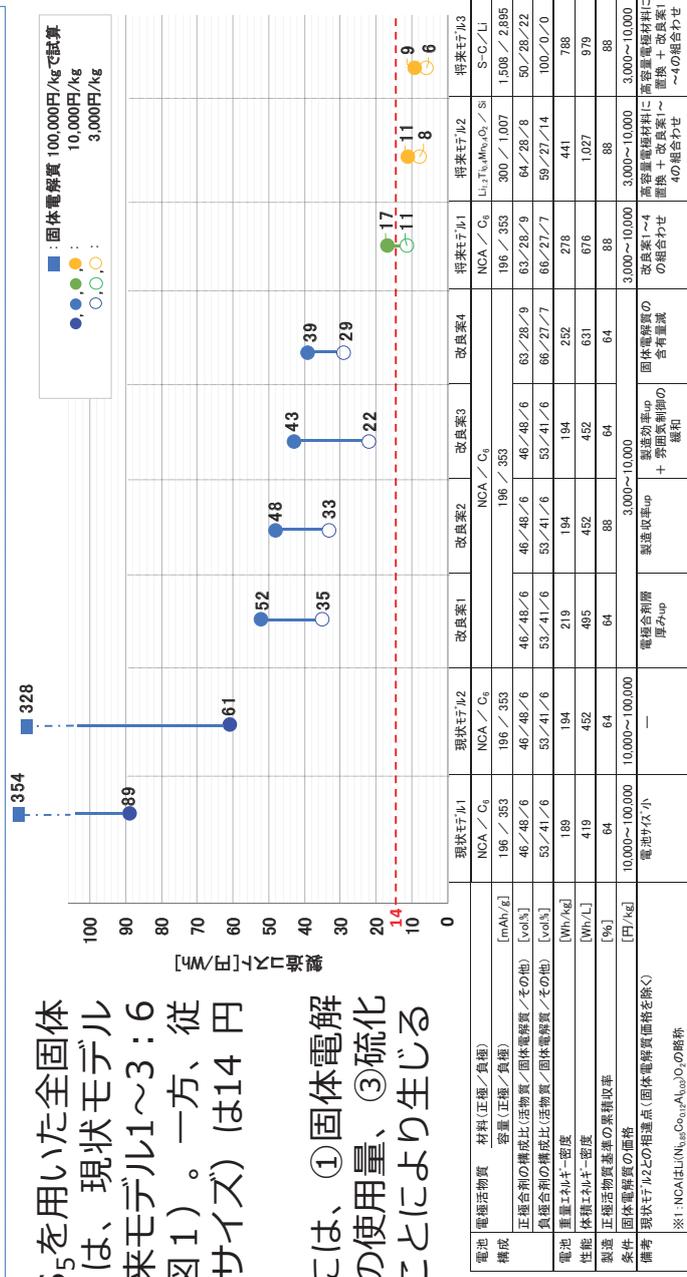


図1 評価用全固体LIBの製造コスト比較

<https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2019-pp-12.pdf>



## 日本における蓄電池システムとしての 揚水発電のポテンシャルとコスト (Vol.2)

多目的ダムを下池として利用し一部を上池に揚水して溜め蓄電システムである新揚水発電について、多目的ダムの有効貯水量の30%を利用し、1日1回5時間×300日揚水/発電するモデル（設備利用率17.1%に相当）を中心に、全都道府県で開発可能な設備容量とコストを評価した。

- 従来の水車とポンプを一つで賄う可逆式から別々に分けるタンデム式にすることで、総合効率が70%から85%に改善された。
- さらに使用水量を有効貯水容量の20%から30%に増やすことで、設備費は高くなるが、発電コストは19.4 円/kWhと15%低減された（図1）。
- 全国の開発可能な蓄電設備容量の合計は、1億m<sup>3</sup>以上の巨大ダムも利用すれば、2,170 GWh/回(5h)/日まで増加した。
- 蓄電池システムとしては、ピークシフトのために1日1回の稼働も、バランス調整のための複数回の稼働も必要だが、それぞれに適した設備規模が異なることも分かった。

### 政策立案のための提案

新揚水発電は、2050年に必要とされる510 GWh/日[1]を上回る蓄電設備容量900～2,200 GWh/回(5h)/日と19.4 円/kWhまでの発電コスト低減が見込まれる将来の有力な蓄電システムである。

- 1) 今後の普及状況や地域特性に合わせた蓄電システムの設備設計と運用計画立案が必要である。
- 2) 建設費抑制のため、近隣の風力、小水力、バイオマス発電と連携した計画立案が必要である。

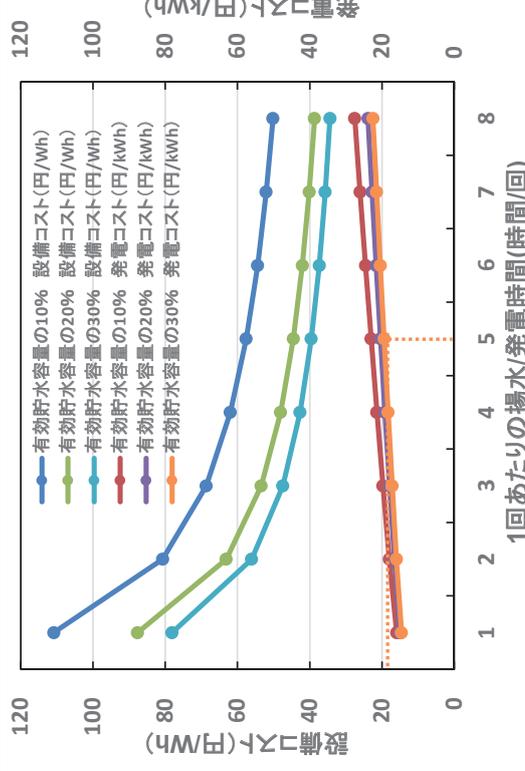


図1 設備利用率17.1%で揚水/発電させたときの設備コストと発電コスト  
（上池の貯水量は同じで水車/発電機の出力が異なる。1日の稼働回数は異なる。  
設備容量が大きく1日の稼働回数が多いほどコストが低い）

[1] LCS, イノベーション政策立案のための提案書 “低炭素電源システムの安定化と技術・経済性評価 (Vol.2)”, 平成30年3月。

## 固体酸化物形燃料電池システム (Vol.7)

### －高温水蒸気電解の技術およびコスト評価－

固体酸化物形電解セル (SOEC) による高温水蒸気電解には高効率な水素製造が期待され、SOECを固体酸化物形燃料電池 (SOFC) として水素発電に利用する可逆的な発電・電解システムには、再生可能エネルギーと連携した電力調整・貯蔵システムの役割が期待される。リチウムイオン電池 (LIB) と SOECのエネルギー貯蔵コストの比較から、SOECの優位性と今後の課題を示した。

- SOEC水蒸気電解システムのコストは水素貯蔵タンクの球状低圧タンクへの変更により大幅低減できる。
- LIBとの充放電コスト比較では、放電時間が長く使用電力コストが安いほどSOEC/SOFCが有利になり、長時間の貯蔵のニーズではLIBとの棲み分けが可能との見通しを得た。
- 将来ケースでは、稼働率50%、電力価格5 円/kWh の条件において、15 h程度の水蒸気電解時間で、水素製造コスト30 円/Nm<sup>3</sup>-H<sub>2</sub>が達成できることを示した (図1)。

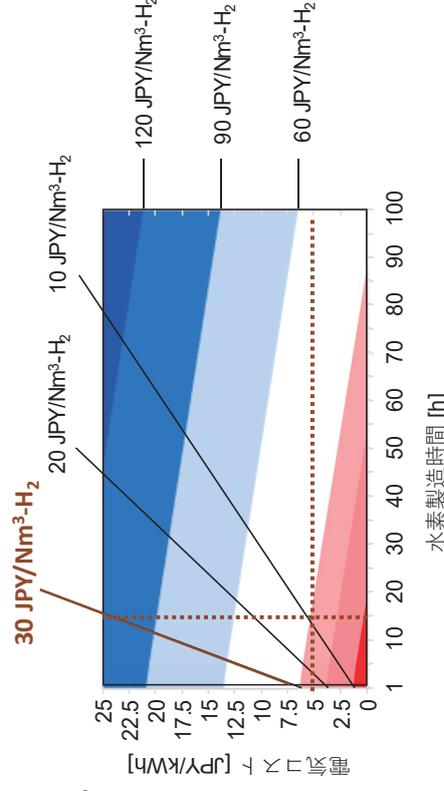


図1 SOECによる水素コストの貯蔵時間依存性  
将来ケース: 水蒸気電解の稼働率50%

### 政策立案のための提案

SOFC/SOECシステムで再生可能エネルギーの出力変動や電力貯蔵の役割を担うためには、セルデザインや構成材料の技術革新、特に製造プロセスの改善と長寿命化の技術開発が必須である。

- 1) SOECシステムの利用拡大には、モジュールの長寿命・小型化とともに周辺設備の圧縮機や水素貯蔵タンク、熱交換器をあわせた総合システムとしての低コスト化が必要である。
- 2) SOECシステムが効果的な再生可能エネルギーの変動時定数に即した大規模システムや短時間水蒸気電解による中小の水素ステーションなど、利用シーンを想定した検討/開発が必要である。

## GaN系半導体デバイスの技術開発課題とその新しい応用の展望 (Vol.4)

### -GaNパワーデバイス製造コスト-

窒化ガリウム (GaN) はその高い電子移動度やワイドバンドギャップから、特にパワーデバイスとしての大きな省エネ効果が期待されている。縦型MOSFETをベースに、基板、デバイス構造、プロセスについて多面的に製造コストを推定し、他の材料系の素子との競合可能性を評価した。

- GaN MOSFET (図1) の製造コストは、4インチGaN基板 (40万円/枚) 利用で、プレーナー型10 mmチップで2万円/個、またトレンチ型は工程が短くなる分で約1.6万円/個と推定された。
- 基板コストが製造コスト全体の60%近くを占めるため、基板価格の引き下げが最重要であり、結晶成長の課題が解決すれば[1]、基板1万円/枚、チップ5千円/個まで引き下げが可能である。
- 設備費では、エピタキシャル成長装置がその50%を占めており、基板を4インチから6インチにするだけで1.1万円/個へのコストダウンが見込める。
- SiやSiCなど他の半導体と競合するには、大口径基板の使用、多数取り、生産時間短縮、また素子としてのトレンチ構造採用やp層形成のためのイオン打ち込み技術開発など、さらには総合収率の確保といった低コスト化を進める必要がある。

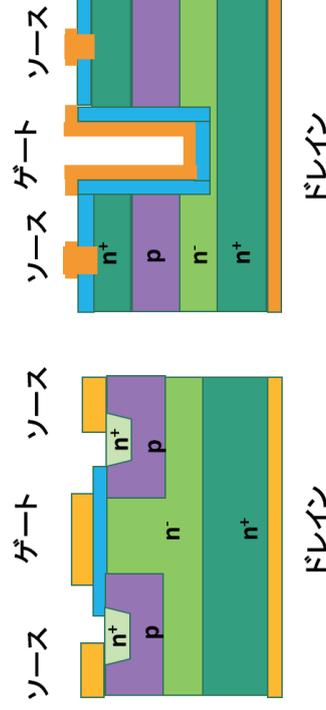


図1 GaN縦型MOSFET(左:プレーナー型、右:トレンチ型)

### 政策立案のための提案

GaNデバイスの製造コスト低減には、良質で低価格の基板供給と製造工程効率化が必須である。

- 1) 基板コストの課題解決には、GaN単結晶育成とSiC基板使いこなしの両面の研究が必要である。
- 2) エピタキシャル層成膜工程の大口径化、速度向上や、デバイス構造、製造プロセスからの効率化が必要である。将来的には新たな成膜プロセスや新素子構造の基礎研究も望まれる。

[1] LCS, イノベーション政策立案のための提案書, "GaN系半導体デバイスの技術開発課題とその新しい応用の展望 (Vol.2)

- GaN結晶と基板製造コスト -, 平成30年2月.

<https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2019-pp-05.pdf>

## 次々世代ワイドギャップ半導体 酸化ガリウムの デバイス実用化へ向けた技術的課題の調査

ワイドバンドギャップでバルク結晶の溶融成長が可能な酸化ガリウム( $\text{Ga}_2\text{O}_3$ )は、低コストで高効率な次々世代パワーデバイス材料として、電力変換の損失低減による低炭素社会への寄与が期待される。実用化に向けた開発加速のため、デバイス製造の要素プロセスやゲート絶縁膜材料の選択による $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 結晶表面やデバイス特性への影響を調査し、デバイス製造プロセス開発における課題を抽出した。

■ 洗浄、加熱処理、絶縁膜形成を要素プロセスとして検討した。

- 洗浄：原子間力顕微鏡による結晶表面観察から、①熱濃硫酸と過酸化水素混合溶液により汚染層を除去、②希釈フッ酸(5%)水溶液で平滑化する2つの連続洗浄工程を選択した。
- 加熱処理：表面の還元による亜酸化物の生成とその揮発が表面を荒らすため、十分な酸素分圧が表面平滑化に有効であった。
- 絶縁膜：ゲート絶縁膜の材料選択では、十分な伝導帯オフセットを確保し、界面での複合酸化物形成の懸念がない $\text{SiO}_2$ を採用した。高温熱処理を許容する点でも優れていた。

■ 選択した各要素プロセスによるMOS（金属/絶縁体/半導体）キャパシタの電気容量-電圧特性は、ヒステリシスも周波数分散もなく理想曲線に近かった（図1）。

### 政策立案のための提案

次々世代ワイドギャップ半導体の $\text{Ga}_2\text{O}_3$ について、ウェハ洗浄や熱処理などの各プロセスにおける制約が明らかとなった。実用化の加速には、以下2点の着目した研究が必要である。

- 1)  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ の物性や反応性、特に $\text{Ga}_2\text{O}_3$ の電子構造や結晶の欠陥と電子物性の相関の解明
- 2)  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 表面や絶縁膜材料との界面近傍で生じる反応の解明

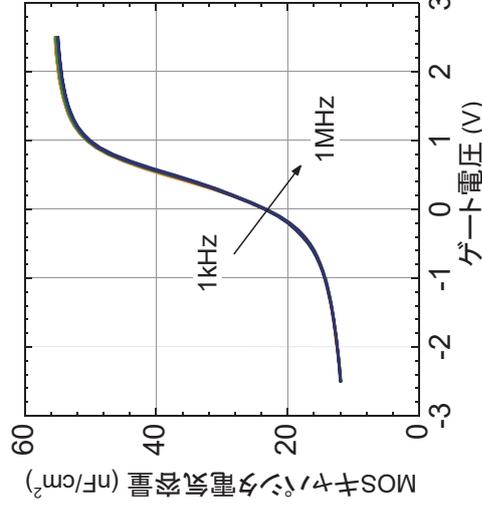


図1  $\text{SiO}_2$ ゲート絶縁膜を用いて $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ ウェハ上で $1,000^\circ\text{C}$ プロセスにて形成したMOSキャパシタの良好なC-V特性の実証例[1]

[1] K. Kita, E. Suzuki, and Q. Mao, ECS Transactions, 92 (1) 59-63, 2019.

<https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2019-pp-09.pdf>



## 電力システムとしてのSOFCの利用可能性についての分析

再生可能電源の大量導入により、現状主に火力発電によっている電力系統の調整力の不足が懸念される。そこで、比較的ゆっくりとした三次調整力の固体酸化物形燃料電池 (SOFC) による提供の可能性を分析した。九州を例に、太陽光発電の出力予測誤差を考慮しすべての発電所を含む確率的起動停止計画モデルにより調整力価格を推定するとともに、一般家庭SOFCのエネルギーコスト最小化モデルにより調整力提供への報酬がSOFCの運転パターンを変化させ、上げ代を提供する可能性が高いことが示された。

■ 一般電気事業者を想定した系統全体の起動停止計画モデルにより、九州地域の通年の発電単価、太陽光発電の抑制量、市場からの調整力の調達量を求め、上げ代調整力価格を推定した。

■ 図1で、上げ代調整力価格が赤実線で示した典型的なSOFC利用世帯の上げ代提供のためのコストを上回る季節と時間帯があり、家庭搭載SOFCからの調整力提供の経済的合理性が確認できた。

■ SOFCエネルギーコスト最小化モデルに、得られた上げ代調整力価格推定値を入力したところ、調整力提供報酬が特に夏期平日のSOFC稼働パターンを変化させ(図2)、上げ代を提供する可能性が高いことが明らかになった。

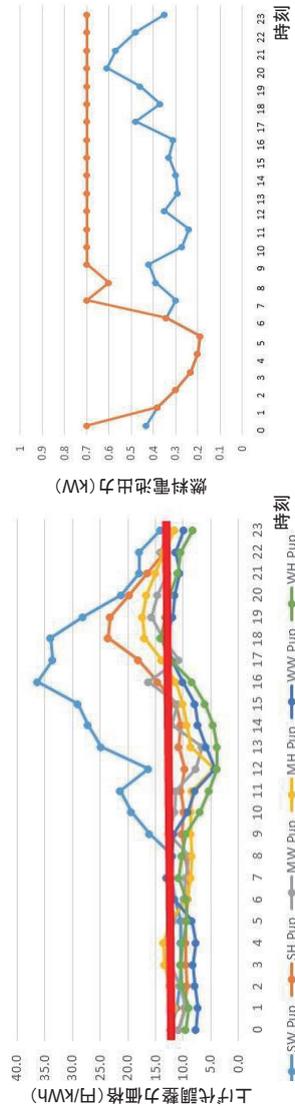


図1 確率的起動停止計画モデルによる上げ代調整力価格の推定結果

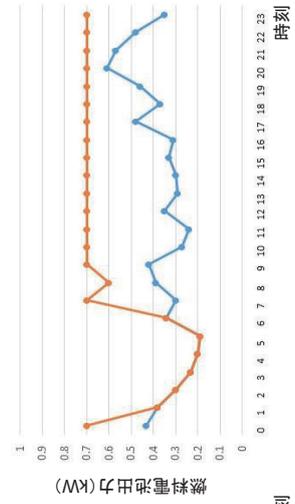


図2 需給調整市場による上げ代報酬のある場合とない場合の燃料電池稼働の差(夏期平日)

### 政策立案のための提案

- 1) 一般家庭に搭載されネットワークで遠隔操作可能なSOFCを使った電力事業者向け調整力提供システムは、有望で将来実現する可能性が高い。実証実験で成立すれば大きく展開/活性化する。
- 2) 太陽光発電の予測誤差によるインバランスをSOFCで補償するシステムのビジネスモデル等を、実地域の気象データ、実測データと遠隔操作可能なSOFCを組合せ、行政主導で実証すべきである。

## アンモニア直接燃焼によるガスタタービンシステムの提言 (Vol.2)

燃焼排ガスとしてCO<sub>2</sub>を出さないアンモニアは、発電用大型ガスタタービン燃料として注目を集めている。出力と効率の評価法を作動流体を空気と仮定する従来の簡便な方法から作動流体の全自由エネルギーを最小化する化学平衡計算に基づく厳密な方法に改良し、燃焼効率と過剰アンモニアによるNO排出量低減の評価と水素を燃料とするタービンシステムとの性能比較を行った。

- 今回の厳密な評価法でも燃料過剰条件でのアンモニア専焼コンバインドサイクルは成立し、想定出力は従来[1]より高く見積もられた (表1)。
- タービン温度2,000 K、圧力比25の通常酸素過剰条件では、燃効率は0.63でNO濃度は4,300 ppmとなる。一方、燃料のNH<sub>3</sub>過剰条件では、燃効率は0.6に落ちるがNOは13 ppmと2桁低い。
- 燃料をH<sub>2</sub>としても、燃料過剰コンバインドサイクルが可能であることを初めて示した。燃効率0.50、NO排出量49 ppmという結果になった。
- H<sub>2</sub>の場合、燃効率もNO濃度も多量の排ガス再循環 (EGR率大) が必要になることも合わせ、NH<sub>3</sub>に対する優位性は認められなかった。

### 政策立案のための提案

燃料過剰アンモニアタービンは、CO<sub>2</sub>フリーの大出力発電システムとして大きなブレークスルーになり得る。ただし新規の燃焼器設計には、多大な開発費用と時間が必要である。

- 1) 専門家チームで1年程度、タービン用燃焼器の設計と実現可能性検証を実施すべきである。
- 2) タービンシステムに実績のある複数企業が参画する国家プロジェクトを実施すべきである。

表1 タービン入り口温度を2,000 Kとしたときの出力と燃効率

燃料	圧縮比	当量比	EGR率	出力 <sup>b)</sup> (MW)	燃効率	NO (ppm)
NH <sub>3</sub>	25	0.61	0	318	0.63	4,324
NH <sub>3</sub>	25	1.52	0.2	504	0.53	41
NH <sub>3</sub>	25	1.31	0.4	417	0.56	9.6
NH <sub>3</sub>	25	1.08	0.6	340	0.60	13
NH <sub>3</sub>	20	0.641	0	324	0.61	4,135
NH <sub>3</sub>	20	1.67	0	581	0.50	109
NH <sub>3</sub>	20	1.45	0.2	482	0.53	38
NH <sub>3</sub>	20	1.22	0.4	395	0.56	7.6
H <sub>2</sub>	25	0.47	0	296	0.61	5,314
H <sub>2</sub>	25	1.74	0.8 <sup>a)</sup>	506	0.50	48.8
H <sub>2</sub>	25	1.46	0.9 <sup>a)</sup>	434	0.53	52.4
H <sub>2</sub>	20	0.49	0	303	0.60	5,189
H <sub>2</sub>	20	1.79	0.7 <sup>a)</sup>	530	0.49	80
H <sub>2</sub>	20	1.51	0.8 <sup>a)</sup>	457	0.51	29.1

a) EGRガス組成: N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>=0.75/0.25、b) Upper Cycleの流量 300 kg/s

[1] LCS, イノベーション政策立案のための提案書, “アンモニア直接燃焼によるガスタタービンシステムの提言”, 平成30年12月.

## 二酸化炭素のDirect Air Capture (DAC) 法のコストと評価

将来のゼロカーボン社会実現には、大気から直接に低濃度CO<sub>2</sub>を捕集するDirect Air Capture (DAC) 技術は、必須である。KOH-CaCO<sub>3</sub>を用いたCarbon Eng'g社のDAC法[1]について、技術の評価し、CO<sub>2</sub>捕集コストを求めた。

- 規模として処理AIR量が6 万m<sup>3</sup>/s、CO<sub>2</sub>の捕集量を90 万t/年に設定した。CO<sub>2</sub>捕集コストは35.4 円/kg-CO<sub>2</sub> (固定費20.6 円、変動費14.7 円) で、固定費の50%がCO<sub>2</sub>吸収設備であるAir Contactorであり、変動費の90%がエネルギー源の天然ガスである。
- DACのコスト低減には、KOH水溶液による低濃度CO<sub>2</sub>の吸収設備であるAir Contactorの400ppm以下の性能実証と低コスト化が必要である。
- ボイラー排ガスのゼロエミッションを行う場合には、アミン吸収法とDACの組み合わせると、全CO<sub>2</sub>回収・貯留 (zero emission CCS) コストは大幅に低減する (表1)。例えばアミン吸収法で98%のCO<sub>2</sub>を捕集し、残りをDACで捕集すると7.0 円/kg-CO<sub>2</sub>となる。

表1 石炭火力排ガスのCO<sub>2</sub> zero emission 対策費用

条件: 石炭火力 958 MW、燃焼ガス 127 Mmol/h、CO<sub>2</sub> 13.7%、排出量 766 t/h

アミン吸収法捕集率(%)	90	94	98	99	99.5
出口CO <sub>2</sub> 濃度	1.56%	0.94%	0.32%	0.16%	790 ppm
アミン吸収捕集量 (t/h)	689.4	720.0	750.7	758.3	762.2
DAC捕集量 (t/h)	76.6	46	15.3	7.66	3.83
アミン吸収捕集コスト+貯留コスト (円/kg-CO <sub>2</sub> )	5.4	5.8	6.4	7.0	8.1
DAC捕集コスト+貯留コスト (円/kg-CO <sub>2</sub> )	36.7	36.7	36.7	36.7	36.7
<b>zero emission CCSコスト (円/kg-CO<sub>2</sub>)</b>	<b>8.5</b>	<b>7.7</b>	<b>7.0</b>	<b>7.3</b>	<b>8.2</b>

### 政策立案のための提案

- 将来のゼロカーボン社会実現のためには、DAC技術は必須である。
- DACの実施はどこでもできるが、天然ガスが安価でCO<sub>2</sub>貯留地が近傍にある海外立地が有利である。しかしCO<sub>2</sub>貯留地が海外であっても、将来の実施規模の大きさや事業の重要性を考えると、日本が新しいDAC技術を開発する意義は大きい。
- DAC関連技術の開発を、国家プロジェクトにすることが望ましい。

[1] D.W. Keith et al. "A Process for Capturing CO<sub>2</sub> from the Atmosphere", Joule 2, 1573-1594, 2018.

## バイオマス廃棄物のメタン発酵 (Vol.4) - 発酵槽の2段化などの合理化と水素発酵の検討 -

バイオマス廃棄物のメタン発酵技術は長年多くの国で利用されているが、発酵機構の定量的検討は十分ではない。国際水協会のメタン発酵のシステムモデルAnaerobic Digestion Model No.1 (ADM1) [1]を用い、2段連続槽や高温化による合理化と水素発酵組み合わせた収率向上を検討した。

■メタン発酵法の合理化として、発酵温度55℃への高温化と2段連続発酵槽の組合せを検討した。下水汚泥の場合、高温化によりCOD（化学的酸素要求量）の分解率が33%上昇し、バイオガス製造コストはこれまでの3.3 円/MJから2.3 円/MJとなった。2段発酵では、COD分解率は6~8%上昇する。

■水素は発酵槽のpHが4~5の時に生成する。水素生成を目的としたpH5程度で55℃の第1槽と、pH8程度で35℃のメタン発酵の第2槽の組合せを検討した。全滞留時間20日で、下水汚泥、生ゴミいずれもエネルギー生成量が、メタン単独発酵に対し11%増加する結果となった（表1）。

### 政策立案のための提案

水素・メタン発酵の予測にADM1が利用できる。今後は実験との整合性確認を通じたモデルと発酵条件の最適化が課題である。

- 1) 発酵機構・システムの定量的解析・最適化を進め、COD分解率をさらに80%程度にまで高める検討が必要である。
- 2) 水素発酵のためには、メタン生成発酵菌を抑制し、水素生成発酵菌を活性化する最適発酵条件の検討が必要である。

表1 水素発酵とエネルギー生成量

原料：供給量 5m<sup>3</sup>/d、濃度 58.6 kg-COD/m<sup>3</sup>

原料	下水汚泥	下水汚泥	下水汚泥	生ごみ	生ごみ
水素発酵槽	あり	なし	あり	あり	なし
温度(℃)	55			55	
pH	4.83			4.79	
滞留時間 (d)	1	—	—	1	—
CO <sub>2</sub> 生成量 (m <sup>3</sup> /d)	11.9			9.13	
H <sub>2</sub> 生成量 (m <sup>3</sup> /d)	4.31			4.21	
CH <sub>4</sub> 生成量 (m <sup>3</sup> /d)	1.85			1.36	
エネルギー生成量(MJ/d)	113			94	
メタン発酵槽					
温度(℃)	35		35	35	35
pH	8.19		7.87	8.14	7.81
滞留時間 (d)	19	20	20	19	20
CO <sub>2</sub> 生成量(m <sup>3</sup> /d)	55.3		55.5	82.8	81
H <sub>2</sub> 生成量(m <sup>3</sup> /d)	0.0251		0.0016	0.004	0.0026
CH <sub>4</sub> 生成量(m <sup>3</sup> /d)	69.1		65	94.5	87.5
エネルギー生成量(MJ/d)	2474		2327	3383	3133
エネルギー生成量計(MJ/d)	2587		2327	3477	3133
メタン発酵onlyとの比較	1.11		1	1.11	1
全COD分解率(消化率)	0.520		0.479	0.719	0.657

[1] D.J. Batstone et al., "Anaerobic Digestion Model No.1", Scientific and Technical Report No.13, International Water Association, 2002.



## 藻類からの燃料油製造 - CO<sub>2</sub>排出量と経済性評価 -

光合成による藻類バイオマス生成を利用した液体燃料製造が、例えば電動化が困難な航空機用燃料として注目され、実用化の試行もみられる。筑波大学グループ、米国Department of Energy (DOE)、ニュージーランドthe National Institute of Water and Atmospheric Research (NIWA) の3ケースを対象にプロセス設計を行い、製造コストとCO<sub>2</sub>負荷を求め、低CO<sub>2</sub>負荷燃料実現への課題を示した。

- 筑波大G: *Botryococcus braunii*による燃料油製造 [ケース1]
- 米国DOE: 培養池大型化と燃料油製造工程組合せ [ケース2]
- ニュージーランドNIWA: 下水道処理場排水が原料 [ケース3]
- 製造コストはケース1,3とも現燃料油50 円/kgよりはるかに高く、ケース2で約3倍となった。培養池構造、排ガス中のCO<sub>2</sub>濃度、生産規模、滞留日数などが差異の要因である。
- CO<sub>2</sub>負荷でも、ケース1, 2は現状のガソリン燃料の70 g-CO<sub>2</sub>/MJより大きく、カーボンニュートラル炭素源のケース3で0.6倍程度である。たとえ使用電力を再生可能エネルギーにしても、ケース1~3でそれぞれ134、108、20 g-CO<sub>2</sub>/MJとなり低CO<sub>2</sub>負荷燃料は実現できない。

### 結論

藻類バイオマスからの燃料油プロセスにおいて、化石燃料起源のCO<sub>2</sub>を利用する前提では、低CO<sub>2</sub>負荷燃料にはならない。今後、カーボンフリー液体燃料の実現には、非石油資源からのルート、あるいはDirect Air Captureとの組み合わせなど、さらなる多面的な検討が必要になる。

表1 藻類からの燃料油の比較

藻類	ケース1	ケース2	ケース3
	筑波大G <i>Botryococcus</i>	DOE <i>Scenedesmus</i>	NIWA 群生藻類
生産性 (g/m <sup>2</sup> /day)	20	25	20
培養日数	20	5	9
培養池規模 (ha)	1	4	1.25
CO <sub>2</sub> 源	火力発電所排ガス CO <sub>2</sub> 濃度5%、未反応CO <sub>2</sub> をリサイクル	火力発電所 排ガス捕集 CO <sub>2</sub> 濃度100%	下水処理消化 ガス発電排ガス CO <sub>2</sub> 濃度5%
1モジュール当たり 年間生産量 (t/y)	66	3,300	82.5
モジュール数	1	50	1
燃料油生産量 (t/y) (TJ/y)	33	79,900	33
年間変動費 (百万円)	1.9	5,400	1.2
年間設備費 (百万円)	41.4	7,150	12.2
年間労務費 (百万円)	5	540	5
年間固定費 (百万円)	46.4	7,690	17.2
年間総費用 (百万円)	48.3	13,090	18.4
燃料油コスト (円/kg)	1,462	164	558
CO <sub>2</sub> 負荷 (g/MJ)			
原料起源	88	82	0
副原料起源	0	24	0
電力起源 (400g-CO <sub>2</sub> /kWh)	36	9	25
設備起源	46	2	20
合計	170	117	45

[1] 戦略的創造研究推進事業CREST, “オイル産生緑藻類 (*Botryococcus*高アルカリ株の高度利用技術 研究終了報告書”, 2012.  
 [2] R. Davis et al., “Process Design and Economics for the production of Algal Biomass”, NREL/TP-5100-64772, 2016.  
 [3] M.A.Borowitzka et.al., “Algae for Biofuels and Energy”, Springer, 2013.

## 木質バイオマスエネルギーポテンシャルの地域分布 (Vol.3)

### －木質バイオマス総生産コストの低減－

木質バイオマスは広く国内分布し、広範囲で利用できるエネルギー源である。施業コストについて森林経営計画図、森林簿や地理情報からの計算と人工林一様の条件での計算[1]が同等となることを示すとともに、輸送距離や手段から運搬コストを計算し、林業の総生産コストを評価した。

■ 森林経営計画図などを基に各地の施業コストを計算した。人工林一様の条件であった前報[1]に対し制限林を除いたために収穫量は減少したが、材積（面積当たり木の体積）が同等のため施業コストは変わらなかった。規模を確保した集約的林業経営や連結型トラック導入で運搬コストが現状より抑制できた。

■ 15の県は、欧米の林業（円/m<sup>3</sup>）国と同等で国際的に価格競争が可能な5千円/m<sup>3</sup>以下となった（図1）。さらなる開発コスト低減の可能性として、中小水力や風力など他の再生可能エネルギーとの施設共用がある。

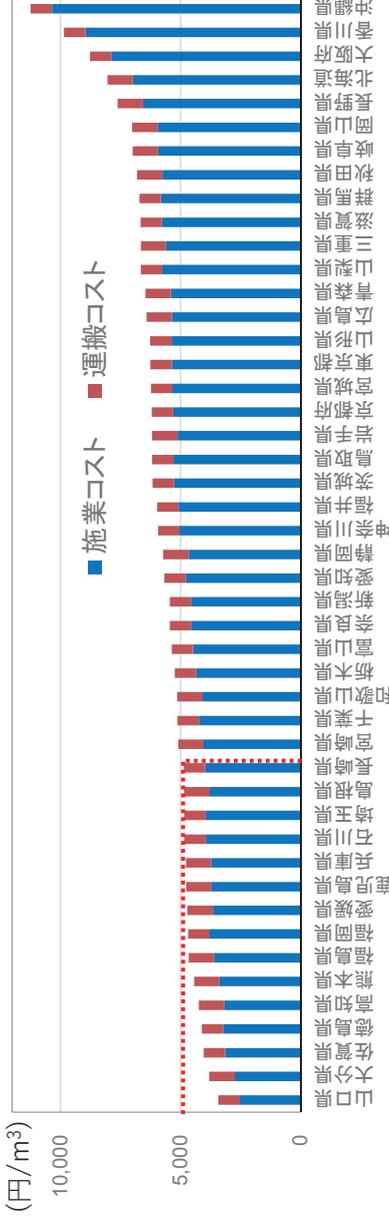


図1 各都道府県の木質バイオマス生産コスト(円/m<sup>3</sup>)

### 政策立案のための提案

- 1) 林業のコスト低減には、高性能林業機械を導入し十分な規模の人工林で高い労働生産性を持続することが重要である。複数の自治体が連携して集約的な林業を支援することが必要である。
- 2) 経営計画や施業を監督・指導できる人材として、森林総合監理士の育成と普及が必要である。
- 3) 林業の生産性向上には路網整備が欠かせない。数十年後の路網完備を見据え、毎年の少額支援で整備を続けることが林業発展につながる。連結型トラックの開発とその走行路の整備も必要である。

[1] LCS, イノベーション政策立案のための提案書, “木質バイオマス燃料のコスト低減(Vol.2)－木質バイオマスの生産総コストとその低減策－”, 平成29年3月, LCS-FY2016-PP-05.

## 革新的エネルギー技術開発とARPA-Eの動向

2009年に活動を開始したエネルギー高等研究計画局（ARPA-E）は米国エネルギー省の組織で、エネルギー分野でのイノベーションを目的にハイリスク・ハイインパクトな成果を挙げることを意図している。ディレクターへの権限委譲と迅速な中間成果見極め/継続判断に運用上の特徴がある。動向調査から注目すべきポイントを提案する。

- ARPA-Eは萌芽段階の技術群の開発支援が中心で、現時点でコストや性能が劣っても将来破壊的変革をもたらし得る技術を残せば成功、という思想に基づいている（図1）。
- 公募は包括公募、領域指定形、中小企業向けの3種。公開ワークショップを経て技術目標が示され、プロジェクト提案は科学的・技術的メリットや革新性などで評価される。
- 予算は3.5億ドル（2019年）で、プログラムの種類は発電・送電・配電、省エネ・省資源、運輸に分類されるが、複数分野にまたがるものもある。小型円筒リチウムイオン電池をまとめた安全低コストな大型セルや省エネ型アルミ精錬電極などの成功例がある。

### 政策立案のための提案

低炭素社会の実現に向けては、温室効果ガス削減につながる技術シーズによるイノベーションと、それをいかに規模拡大させ社会に普及させていくかというマネージメントが、鍵を握っている。

- 1) ARPA-Eは多様な技術シーズをカバーし、ハイインパクトな成果が目的。運営にあたってはプログラム・ディレクターに大きな裁量と責任を持たせるなどユニークな点が認められる。
- 2) ARPA-Eと比肩される、国防省傘下の国防高等研究計画局（DARPA）では、インターネットやGPSなど民生分野に極めて多大な影響を与えた前例もある。ARPA-Eでは10年間で失敗例も多く、見込みがなければ中断する。成功事例の見極めには長期視点が必要である。

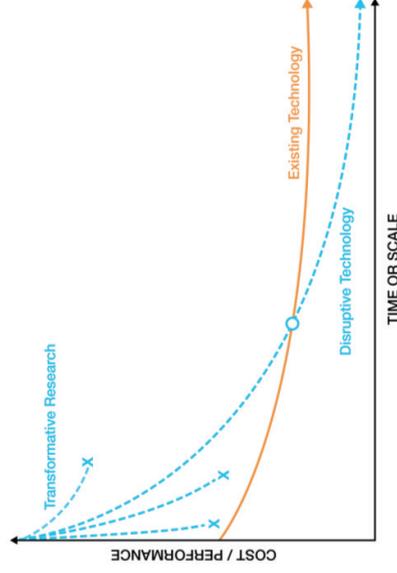


図1 多様な技術群の選択による創造的破壊の可能性 [1]

[1] ARPA-E Webページ, <https://arpa-e.energy.gov/>, (accessed December 20, 2019).



## リチウムイオン電池の劣化挙動調査

リチウムイオン電池の劣化挙動をパラメータ毎に整理し、電極材料により異なるデータの、傾向や要因を分析した。パラメータは温度、充電率 (SOC)、放電深度 (DOD)、充放電レート (Cレート) を用い、電極は、正極材料に三元系 (Li(Ni<sub>x</sub>Mn<sub>y</sub>Co<sub>1-x-y</sub>)O<sub>2</sub>:NMC) やリン酸鉄リチウム (LFP)、負極材料に黒鉛やチタン酸リチウム (LTO) を用いた。

■ 諸文献の試験結果を、各種パラメータ毎、正負電極組合せ毎に整理し、傾向や要因を分析した (表1)。

表1 劣化調査のまとめ(抜粋)

試験方法	パラメータ	正極	負極	影響
保存試験	SOC	NMC	黒鉛	SOCを下げるほど劣化しにくい。SOC50%で容量90%に劣化するまで220日。
		LFP	黒鉛	同様にSOCが低いと劣化が遅く、NMCより劣化が遅い(同等条件では>600日)。
	温度	LFP	黒鉛	温度が高いほど(20℃→60℃)劣化が速い。負極表面の膜形成が要因と推定される。
サイクル試験	SOC	NMC	黒鉛	SOCの高い領域、低い領域で劣化しやすい。通過するdV/dQ急変点での電極損耗が推定される。
		LFP	黒鉛	劣化に対するSOC依存性が小さく、NMCより劣化しにくい。
	DOD	NMC	黒鉛	DODが広いと劣化しやすく500サイクルで容量80%に低下。dV/dQ急変点での損耗が推定される。
		LFP	黒鉛	NMCより劣化が遅く、容量80%に達するまで3,000サイクル程度を要する。
	電極材料	—	—	正極NMC、負極LTOが最も劣化が遅く、容量90%に劣化するまで3,000サイクルを要する。
		温度	NMC	黒鉛
Cレート	Cレート	NMC	黒鉛	35→45℃により>3,000→<2,000サイクルで容量90%になる。保存の影響と推定される。
		LFP	黒鉛	Cレートが6.5の場合、2以下より劣化が速い。容量80%到達が1,000サイクル以下。
	LFP	黒鉛	Cレートが8の場合、容量80%到達が1,700サイクル以下。<4Cでは2,000サイクル以上。	

### 3. 論文、学会発表、講演等リスト

#### 3.1 論文

##### 3.1.1 論文 (国際)

1. M. Keller, M. Koshi, J. Otomo, T. Mitsumori, H. Iwasaki, and K. Yamada, "Thermodynamic evaluation of open cycle gas turbines with carbon-free fuels H<sub>2</sub> and NH<sub>3</sub> at high temperatures", Journal of Thermal Science and Technology, 14(2), Paper No.19-00167, DOI:10.1299/jtst.2019jtst0015, The Japan Society of Mechanical Engineers and The Heat Transfer Society of Japan, 2019.7.17.
2. Koji Kita, Eiki Suzuki, and Qin Mao, "Study on the Effects of Post-Deposition Annealing on SiO<sub>2</sub>/β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> MOS Characteristics", ECS Transactions Vol.92, No.1, pp59-63(2019), The Electrochemical Society, 2019.7.
3. Eiji Nishiura, Ryuji Matsuhashi, "A study on unit commitment taking uncertainties in forecast of renewable energy outputs into consideration", International Journal of Smart Grid and Clean Energy, DOI: 10.12720/sgce.8.4.pp392-396, International Journal of Smart Grid and Clean Energy (IJSGCE), 2019.7.
4. Yin Long, Yoshikuni Yoshida, Jing Meng, Dabo Guan, Liming Yao, Haoran Zhang, "Unequal age-based household emission and its monthly variation embodied in energy consumption-A cases study of Tokyo, Japan", Applied Energy, 247, pp350-362, Elsevier, 2019.8.1.
5. Ziyang Wang and Ryuji Matsuhashi, "Research on Thermal Comfort by Analyzing LF/HF Value and Heat Flow Rate", Journal of Society for Energy and Resources, Vol.40, No.5, pp.154-159, Japan Society of Energy and Resources, 2019.9.10.
6. Jie Chen, Ti Chen, Tangliang Xu, Jia-Yaw Chang, and Keiko Waki, "MAPbI<sub>3</sub> Self-Recrystallization Induced Performance Improvement for Oxygen-Containing Functional Groups Decorated Carbon Nanotube-Based Perovskite Solar Cells", Solar RRL, Weinheim, Germany : Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, 2019.9.12.
7. NT Nguyen, R Matsuhashi, "An Optimal Design on Sustainable Energy Systems for Shrimp Farms", IEEE Access, DOI:10.1109/ACCESS.2019.2952923, vol.7, IEEE, 2019.11.11.
8. Ryuhei Furuta, Ryuji Matsuhashi, Ryuhei Furuta, Ryuji Matsuhashi "Study on Aggregator's Strategy of Controlling Electric Vehicles to Compensate Imbalances in Power Systems Using Reinforcement Learning", International Journal of Electrical Energy, Vol.7, No.2, pp67-71, International Journal of Electrical Energy(IJOEE), 2019.12.26.
9. Sinan Cai and Ryuji Matsuhashi, "A Control Method for Compensating Communication Delays in Load Frequency Control with Electric Vehicle Aggregators", Journal of Society for Energy and Resources, Vol. 41, No. 1, pp.1-10, Japan Society of Energy and Resources, 2020.1.10.
10. M. Keller, M. Koshi, J. Otomo, H. Iwasaki, T. Mitsumori and K. Yamada, "Thermodynamic evaluation of an ammonia-fueled combined-cycle gas turbine process operated under fuel-rich conditions", Energy, 194, pp116894-116901, Elsevier, 2020.3.1.

### 3.1.2 論文 (国内)

1. 磐田朋子, "家庭のエネルギーデータの活用状況と今後の活用に向けた課題", 日本LCA学会誌 Vol.15, No.3, 日本LCA学会, 2019.7.
2. 森 俊介, "終章:これからの科学技術・イノベーション政策にむけて", エネルギー・資源, 一般社団法人エネルギー・資源学会, 2020.3.10.

### 3.2 学会発表

#### 3.2.1 学会発表 (国際)

1. Manabu Ihara, "Future Outlook of Energy System based on Techno-Economic Study and Tokyo Tech's Energy Research Activities", RWTH-Tokyo Tech Joint Workshop on Sustainable Energy, Tokyo Tech ANNEX Aachen, 2019.5.22-23.
2. Kei Hasegawa, Hyojae Lee, Keisuke Kameda, Yuta Iida and Manabu Ihara, "Unified Kinetics Model of Reversible Solid Oxide Fuel Cell / Electrolysis with Competitive Adsorption Reaction on Anode Triple Phase Boundary", The World Hydrogen Technologies Convention (WHTC 2019), Hydrogen Energy Systems Society of Japan (HESS), 2019.6.2-7.
3. Yuta Iida, Keisuke Kameda, Kei Hasegawa, Manabu Ihara, "Consideration of operating condition and suppressing anode degradation for steep output power variation on liquid fuel direct supply solid oxide fuel cell", The World Hydrogen Technologies Convention (WHTC 2019), Hydrogen Energy Systems Society of Japan (HESS), 2019.6.2-7.
4. Keisuke Kameda, Yuta Iida, Mankichi Hosoda, Tatsuya Matsuhira, Kei Hasegawa, Manabu Ihara, "Proposed carbon-air secondary battery system as an electric power storage system", The World Hydrogen Technologies Convention (WHTC 2019), Hydrogen Energy Systems Society of Japan (HESS), 2019.6.2-7.
5. Toshihiro Inoue, Koichi Yamada, "Technology evaluation of zero carbon power generation systems in Japan in terms of cost and CO<sub>2</sub> emissions", 2019 4th International Conference on Green Energy Technology (ICGET 2019), HKCBEEES, 2019.7.17 (開催日:7/16-18).
6. Koji Kita, Eiki Suzuki, and Qin Mao, "Nearly-Ideal Characteristics of SiO<sub>2</sub>/β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> MOS Capacitors Fabricated with High-Temperature O<sub>2</sub>-Annealings", 3rd International Workshop on Gallium Oxide and Other Related Materials, Materials Research Society, 2019.8.13 (開催日:8/12-15).
7. Kei Hasegawa, Hyojae Lee, Keisuke Kameda, Yuta Iida and Manabu Ihara, "Kinetics Model to describe Reversible Operation of Solid Oxide Fuel Cell Electrolysis with Competitive Adsorption Reaction on Anode Triple Phase Boundary", 18th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress (APCChE 2019), Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering (APCChE), 2019.9.23-27.
8. Yuta Iida, Keisuke Kameda, Tatsuya Okubo, Kei Hasegawa, Manabu Ihara, "Development and evaluation of liquid fuel direct supply SOFC for high load followability based on actual demand/supply data", 18th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress (APCChE 2019), Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering (APCChE), 2019.9.23-27.
9. Keisuke Kameda, Yuta Iida, Mankichi Hosoda, Tatsuya Matsuhira, Kei Hasegawa, Manabu Ihara, "Proposal of carbon-air secondary battery system and evaluation of its potential as a large capacity energy storage", 18th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress (APCChE 2019), Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering (APCChE), 2019.9.23-27.

10. Budiutama Gekko, Suzuki Kazuma, Nukunudompanich Methawee, Hasegawa Kei, Zhang Xiaomei, Fourmond Erwann, Fave Alain, Ihara Manabu, "Study of Si/TiO<sub>2</sub>/Perovskite interfaces for perovskite/Si tandem solar cell", 18th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress (PCChE 2019), Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering (APCChE), 2019.9.23-27.
11. Sundarapura Panus, Yogai Ryoji, Zhang Xiaomei, Hasegawa Kei, Fourmond Erwann, Fave Alain, Ihara Manabu, "Surface Passivation of Porous Silicon for Tandem Solar Cell", 18th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress (APCChE 2019), Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering (APCChE), 2019.9.23-27.
12. Ryotaro Shibahara, Kei Hasegawa, Alain Fave, Erwann Fourmond, Suguru Noda and Manabu Ihara, "Electrical properties of monocrystalline Si film for solar cells fabricated by nano-surface controlling double layer porous Si in H<sub>2</sub> atmosphere", 18th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress (APCChE 2019), Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering (APCChE), 2019.9.23-27.
13. K. Hasegawa, H. Lee, K. Kameda, Y. Iida, and M. Ihara, "Comprehensive Kinetics Model with Competitive Adsorption Reaction on Water Electrode in Reversible Solid Oxide Fuel Cell/Electrolysis", 236th ECS Meeting, The Electrochemical Society (ECS), 2019.10.13-17.
14. R. Shibahara, K. Hasegawa, A. Fave, E. Fourmond, S. Noda, and M. Ihara, "Electrical Properties of Monocrystalline Thin Film Si for Solar Cells Fabricated By Rapid Vapor Deposition with Nano-Surface Controlling Double Layer Porous Si in H<sub>2</sub>", 236th ECS Meeting, The Electrochemical Society (ECS), The Electrochemical Society (ECS), 2019.10.13-17.
15. Ryuhei Furuta and Ryuji Matsushashi, "Design of LFC Market in Japan and Economic Evaluation of Grid-Scale Batteries", 2019 IEEE 2nd International Conference on Renewable Energy and Power Engineering, IEEE, 2019.11.3.
16. Koichi Yamada, "Quantitative Scenario toward Zero-Carbon Power Generation System", World Engineers Convention (WEC) Australia 2019, Engineers Australia, 2019.11.20 (開催日 : 11/20-22).

### 3.2.2 学会発表 (国内)

1. 大友順一郎, "水素製造技術における燃料電池の役割と課題", 第114回 SOFC 研究会, SOFC 研究会, 2019.4.16.
2. 森 俊介, "ディープラーニング処理における GP-GPU と CPU サーバの比較とデータセンター消費電力の評価", 第38回エネルギー・資源学会, 一般社団法人エネルギー・資源学会, 2019.8.5-6.
3. 蔡思楠, 松橋隆治, "A Control Method for Compensating Communication Delays in Load Frequency Control with Electric Vehicle Aggregators", 第38回エネルギー・資源学会, 一般社団法人エネルギー・資源学会, 2019.8.5-6.
4. 謝奕航, 松橋隆治, "地域新電力会社を対象とした地域電力需給に関する研究", 第38回エネルギー・資源学会, 一般社団法人エネルギー・資源学会, 2019.8.5-6.
5. 森 俊介, "動学的多部門モデル THERESIA の日本への適用と二酸化炭素排出削減の部門別影響評価", 第38回エネルギー・資源学会, 一般社団法人エネルギー・資源学会, 2019.8.5-6.
6. 山田興一, "脱炭素社会に向けた電気化学の役割", 2019年電気化学秋季大会, 公益社団法人電気化学会, 2019.9.5-6.

7. 亀田恵佑, 飯田雄太, 長谷川馨, 伊原 学, "固体酸化物燃料電池を用いたカーボン空気二次電池システムの電解反応メカニズム", 2019年電気化学秋季大会, 公益社団法人電気化学会, 2019.9.5-6.
8. 伊原 学, "ナノ表面粗さ制御によるウエハレベル太陽電池用Si膜の高速成膜", 第80回応用物理学会秋季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 2019.9.18-21.
9. Methawee Nukunudompanich, Kazuma Suzuki, Kei Hasegawa, Manabu Ihara, "Correlation of surface roughness of TiO<sub>2</sub>, grain size of MAPbI<sub>3</sub> and perovskite solar cell performance", 第80回応用物理学会秋季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 2019.9.18-21.
10. 鈴木一馬, Nukunudompanich Methawee, 長谷川馨, 伊原 学, "ゾーンヒーティング再結晶法によるペロブスカイト太陽電池光吸収層大粒径化の検討", 第80回応用物理学会秋季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, 2019.9.18-21.
11. 黒沢厚志, "ARPA-Eにおける先端エネルギー技術研究開発", 第36回エネルギー・経済・環境コンファレンス, 一般社団法人エネルギー・資源学会, 2020.1.28-29.
12. 森 俊介, "地域の建物再構成とEV化を含む低炭素街区のモデル化—宇都宮市を例として", 第36回エネルギー・経済・環境コンファレンス, 一般社団法人エネルギー・資源学会, 2020.1.28-29.
13. 千葉康平, 中川卓人, 山中隆世, 磐田朋子, "分散型負荷調整力を有する街区における継続的な機器運用を促すための方策の検討", 第36回エネルギー・経済・環境コンファレンス, 一般社団法人エネルギー・資源学会, 2020.1.28-29.
14. 平井 崇, 松島勇二, 山中隆世, 磐田朋子, "街区の目指す姿に応じたエネルギー機器構成およびエネルギーシステムの提案", 第36回エネルギー・経済・環境コンファレンス, 一般社団法人エネルギー・資源学会, 2020.1.28-29.
15. 奥山雄太, 松橋隆治, "連系線による電力および調整力の融通を考慮した九州地方における確率的起動停止計画に関する研究", 第36回エネルギー・経済・環境コンファレンス, 一般社団法人エネルギー・資源学会, 2020.1.28-29.
16. 古田龍平, 松橋隆治, "需給調整市場設立後を想定した電力システムにおける調整力価格の分析に関する研究", 第36回エネルギー・経済・環境コンファレンス, 一般社団法人エネルギー・資源学会, 2020.1.28-29.
17. 越智雄輝, 榎原友樹, 吉岡 剛, 高瀬香絵, 松橋隆治, "固定価格による買取期間終了後の太陽光発電と固体酸化物形燃料電池を活用したエネルギー需給モデルの構築", 第36回エネルギー・経済・環境コンファレンス, 一般社団法人エネルギー・資源学会, 2020.1.28-29.
18. 菅井 亮, 山中隆世, 磐田朋子, "キャンパスのRE100参画に向けた実態調査に基づく省エネポテンシャル評価", 第15回日本LCA学会研究発表会, 日本LCA学会, 2020.3.10-12.
19. 菅谷祥貴, 山中隆世, 磐田朋子, "大学生協における食品ロス削減の評価", 第15回日本LCA学会研究発表会, 日本LCA学会, 2020.3.10-12.
20. 芥川攻一郎, 山中隆世, 磐田朋子, "銭湯文化の復活による省エネの直接的・間接的便益の検討", 第15回日本LCA学会研究発表会, 日本LCA学会, 2020.3.10-12.
21. 伊藤汰一, 山中隆世, 磐田朋子, "カタログ値に基づく簡易冷蔵庫消費電力推計手法の開発", 第15回日本LCA学会研究発表会, 日本LCA学会, 2020.3.10-12.
22. 山中隆世, 磐田朋子, "HEMSデータに基づくVPP経済性評価に関する研究", 第15回日本LCA学会研究発表会, 日本LCA学会, 2020.3.10-12.
23. Qin Mao and Koji Kita, "Insulating Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> layer formation at SiO<sub>2</sub>/β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> interface during oxygen annealing at 1000°C and its impact on Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> MOS interface characteristics", 第67回応用物理学会春季学術講演会, 公益社団法人応用物理学会, HKCBES, 2020.3.12~15. (※ウィルス感染防止のため講演会は開催されなかったが, 学会

発表はDVD配布により行われた)

24. 中西泰介, 大友順一郎, “(ポスター発表) 金属酸化物を用いた水素エネルギー貯蔵システムの設計と評価”, 化学工学会第 85 年会, 公益社団法人化学工学会, 2020. 3. 15-17 (要旨発表)
25. 黒沢厚志, “CO<sub>2</sub> 利用の世界動向 (第 2 報)”, 化学工学会第 85 年会, 公益社団法人化学工学会, 2020. 3. 15-17. (要旨発表)
26. 山田耕生, 亀田恵佑, 飯田雄太, 長谷川馨, 伊原 学, “酸化物イオン伝導性酸化物上でのカーボンナノチューブ合成の検討”, 化学工学会第 85 年会, 公益社団法人化学工学会, 2020. 3. 15-17. (要旨発表)
27. 古賀康友, 飯田雄太, 亀田恵佑, 長谷川馨, 伊原 学, “固体酸化物燃料電池 / 電解セルの包括的燃料極反応モデルの提案と多変数フィッティング手法の構築”, 化学工学会第 85 年会, 公益社団法人化学工学会, 2020. 3. 15-17. (要旨発表).
28. 長谷川馨, 山田耕生, 細田万吉, 飯田雄太, 亀田恵佑, 伊原 学, “固体酸化物燃料電池へのカーボンナノチューブ直接成長に対するイオン伝導性酸化物の影響”, 化学工学会第 85 年会, 公益社団法人化学工学会, 2020. 3. 15-17. (要旨発表).
29. 亀田恵佑, 長谷川馨, 伊原 学, “Ni/GDC および Ni/YSZ 燃料極を使用したカーボン空気二次電池システムの充放電特性の比較”, 化学工学会第 85 年会, 2020. 3. 15-17 (要旨発表).

### 3.3 講演

#### 3.3.1 講演 (国際)

1. Ryuji Matsushashi, “Contribution of hydrogen-related technologies for realizing decarbonized power systems”, Hydrogen Safety Conference Osaka 2020, International Chemical Engineering Symposia 2020, 公益社団法人化学工学会, 2020. 3. 16.

#### 3.3.2 講演 (国内)

1. 松橋隆治, “再生可能エネルギーの大量導入と水素の利用可能性”, 燃料電池研究会セミナー, 公益社団法人電気化学会, 2019. 4. 24.
2. 黒沢厚志, “統合評価モデルにおける限界問題へのアプローチと持続可能性”, 第 32 回環境工学連合会, 日本学術会議, 2019. 5. 21.
3. 井上智弘, “低炭素技術開発の技術・経済性評価とゼロカーボン電源システムの構築”, シンポジウム 地球温暖化対策を考えるためのエネルギー・シナリオ分析: 2050 年とその後を見据えて, 東京大学未来ビジョン研究センター 国際エネルギー分析と政策研究ユニット, 2019. 5.
4. 磐田朋子, “省エネ家電買い替えを進める節電払いとは?”, 足温ネット総会 2019 記念ミニシンポジウム 電気代をダイエットするしくみを作る!—省エネ家電に買い替えて, これからに備えよう—, 特定非営利活動法人 足元から地球温暖化を考える市民ネットえどがわ, 2019. 5.
5. 磐田朋子, “HEMS データ活用の多様化に向けた実証研究”, スマートメーター・HEMS を用いたライフスタイルの解明とビジネス展開の可能性, 国立研究開発法人産業技術総合研究所, 2019. 7. 23.
6. 山田興一, “日本のゼロカーボン社会へ向かう道”, 日本証券アナリスト協会 産業研究会企画講演会, 公益社団法人日本証券アナリスト協会, 2019. 10. 18.
7. 松橋隆治, “エネルギーシステムにおけるイノベーション—世界的な潮流である脱炭素化への展望—”COI ワークショップ「エネルギーシステムにおけるイノベーション—世界的な潮流である脱炭素化への展望—», 東京大学 COI (Center of Innovation) サテライト, 2019. 12. 3.

8. 山田興一, “ゼロカーボン電源構成・コストと社会像”, カーボンリサイクル時代へのエネルギー戦略 第17回広島大学エネルギー超高度利用研究拠点自立化記念シンポジウム, 広島大学エネルギー超高度利用研究拠点, 2020. 3. 13.

#### 4. 出版物、雑誌寄稿等リスト

1. 黒沢厚志, “地球温暖化問題と水素および燃料電池への期待”, 燃料電池 Vol. 19, No. 2, 一般社団法人燃料電池開発情報センター, 2019. 10. 30.
2. 山田興一, “一明るく豊かな社会に向かって—2050年での電力, 自動車部門のゼロカーボン化”, 自動車技術 Vol. 73, No. 11, 公益社団法人自動車技術会, 2019. 11. 1.
3. 黒沢厚志, “2050年に向けたエネルギー展望～エネルギー・資源学会における検討事例～”, 太陽エネルギー Vol. 45, No. 6, 一般社団法人日本太陽エネルギー学会, 2019. 11.
4. 森 俊介, “一般社団法人 エネルギー・資源学会 2020年新春座談会「学会創立40周年を迎えて—歴代会長による座談会—」”, エネルギー・資源 Vol. 1, No. 1, 一般社団法人エネルギー・資源学会, 2020. 1.

## 5. 委員会活動リスト

番号	任期・活動日	主催者	委員会・委員名	就任者
1	2017. 6. 9 ~ 2019. 5. 24	一般社団法人エネルギー・資源学会	エネルギー・資源学会 会長	森 俊介
2	2017. 11. 1 ~ 2021. 11. 30	板橋区	板橋区資源環境審議会 有識者委員	磐田朋子
3	2018. 10. 25 ~ 2020. 3. 31	公益社団法人化学工学会	化学工学会 環境部会 幹事	下ヶ橋雅樹
4	2018. 2. 27 ~ 2020. 2. 25	経済産業省	産業構造審議会 産業技術環境分科会 地球環境小委員会 委員	田中加奈子
5	2018. 2. 27 ~ 2020. 2. 25	経済産業省	産業構造審議会 産業技術環境分科会 地球環境小委員会 電子・電機・産業機械等ワーキンググループ 委員	田中加奈子
6	2018. 2. 27 ~ 2020. 2. 25	経済産業省	産業構造審議会 産業技術環境分科会 地球環境小委員会 製紙・板硝子・セメント等ワーキンググループ 委員	田中加奈子
7	2018. 2. 1 ~ 2019. 12. 31	内閣府	総合科学技術・イノベーション会議 重要課題専門調査会 委員	田中加奈子
8	2018. 4. 1 ~ 2020. 3. 31	文部科学省	気候変動適応技術社会実装プログラム (SI-CAT) アドバイザー	河原崎里子
9	2018. 7. 1 ~ 2020. 6. 30	公益財団法人市村清新技術財団	市村地球環境学術賞審査委員会 委員	田中加奈子
10	2018. 7. 1 ~ 2020. 6. 30	公益財団法人市村清新技術財団	地球環境研究助成審査委員会 委員	田中加奈子
11	2018. 8. 3 ~ 2020. 3. 31	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)	NEDO 技術委員会 技術委員	松橋隆治
12	2019. 2. 8 ~ 2021. 2. 7	環境省	中央環境審議会 地球環境部会 臨時委員	田中加奈子
13	2019. 3 ~ 2020. 11	柏市	柏市廃棄物処理清掃審議会 有識者委員、副会長 (令和2年2月~)	磐田朋子
14	2019. 4 ~ 2020. 3	さいたま市	さいたま市廃棄物減量等推進審議会 委員	磐田朋子
15	2019. 3. 11 (承認日) ~ 2019. 4. 10	公益財団法人地球環境産業技術研究機構 (RITE)	IPCC 第6次評価報告書 統括執筆責任者補助 (チャプターサイエンティスト (CS))	桐山恵理子

16	2019. 4. 1 ~ 2020. 3. 31	国際協力銀行	地球環境保全業務における温室効果ガス排出量削減の測定・報告・検証にかかるガイドライン (J-MRV) アドバイザリー・コミッティ委員	黒沢厚志
17	2019. 4. 1 ~ 2020. 3. 31	地球環境産業技術研究機構	2019年度 ALPS IIIモデル構築・分析WG 委員	黒沢厚志
18	2019. 4. 1 ~ 2020. 3. 31	グリーンファイナンス推進機構	グリーンファイナンス推進機構 審査委員会 委員	黒沢厚志
19	2019. 4. 1 ~ 2020. 3. 31	海洋研究開発機構	統合的気候モデル高度化研究プログラム 炭素循環・気候感度・ティッピング・エレメント等の解明(領域テーマB) 運営委員会 委員	黒沢厚志
20	2019. 4. 1 ~ 2021. 3. 31	北九州市	北九州市低炭素新メカニズムコミッティ委員 座長: 統括	松橋隆治
21	2019. 4. 3 ~ 2021. 3月理事会開催日	公益財団法人環境科学会	環境科学会誌 編集委員	下ヶ橋雅樹
22	2019. 4. 9 ~ 2021. 4. 10	公益社団法人化学工学会	2019-2020年度論文誌編集委員会 エディター	下ヶ橋雅樹
23	2019. 4. 22 ~ 2020. 3. 31	経済産業省、環境省	J-クレジット制度認証委員会 委員長	松橋隆治
24	2019. 4. 22 ~ 2020. 3. 31	経済産業省、環境省	J-クレジット制度運営委員会 委員	松橋隆治
25	(2019. 6. 21以降の) 承認日 ~ 2020. 3. 31	国立研究開発法人国立環境研究所	環境研究総合推進費 2-1702 アドバイザリボード	森 俊介
26	2019. 6 ~ 2020. 3	JAXA、三菱総合研究所(事務局)	宇宙太陽光発電総合検討委員会	森 俊介
27	2019. 6 ~ 2020. 6	経済産業省	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 臨時委員	松橋隆治
28	2019. 6. 3 ~ 2020. 2. 28	一般財団法人エネルギー総合工学研究所	ISO/TC301 国内審議委員会委員	松橋隆治
29	2019. 7. 22 ~ 2020. 3. 31	公益財団法人地球環境産業技術研究機構(RITE)	気候変動に関する政府間パネル(IPCC) 国内連絡会 / 第三作業部会 幹事会 メンバー	田中加奈子
30	2019. 8 ~ 2020. 3	経済産業省、環境省、文部科学省	革新的環境イノベーション戦略検討委員会 委員	森 俊介

31	2019. 8 ~ 2020. 3	(社) 地球温暖化防止全国ネット、環境省	令和元年度低炭素ライフスタイル構築に向けた診断促進事業：家庭エコ診断制度運営委員会 委員	磐田朋子
32	2018. 8 ~ 2020. 8	経済産業省	経済産業省産業構造審議会産業技術環境分科会 研究開発・イノベーション小委員会 評価WG 座長	森 俊介
33	2019. 8 ~ 2020. 9	足立区	足立区環境審議会公募委員候補者選考委員会 委員	磐田朋子
34	2019. 8. 9 ~ 2019. 10. 31	公益社団法人日本水環境学会	2019年度(公社)水環境学会特集企画編集部会 ゲストエディター	下ヶ橋雅樹
35	2019. 8. 23 ~ 2020. 3. 31	環境省(窓口：みずほ情報総研株式会社)	「使用済プラスチック由来低炭素水素を活用した地域循環型水素地産地消モデル実証事業」事業検討委員会 委員長	伊原 学
36	2019. 8. 29 ~ 2020. 3. 31	環境省(窓口：デロイトトーマツコンサルティング合同会社)	「再エネ等を活用した水素利活用推進検討会、水電解装置等の低コスト化にかかる検討会」委員	伊原 学
37	2019. 9 ~ 2020. 3	地球環境産業技術研究機構(RITE)	地球温暖化対策国際戦略技術委員会(ALPSIII) 委員	森 俊介
38	2019. 9 ~ 2020. 3	地球環境産業技術研究機構(RITE)	地球温暖化対策国際戦略技術委員会(ALPSIII) ALPSIII「モデル構築・分析」座長	森 俊介
39	2019. 10 ~ 2020. 3	環境省	環境省 環境経済の政策研究評価委員会 委員	森 俊介
40	2019. 10 ~ 2020. 3	環境省、みずほ情報総研(事務局)	環境省 将来の社会シナリオ検討会 委員	森 俊介
41	2019. 10. 24 ~ 2020. 3. 31	環境省、みずほ情報総研(事務局)	環境省 将来の社会シナリオ検討会 委員	田中加奈子
42	2019. 10 ~ 2020. 3	環境省、みずほ情報総研(事務局)	ライフスタイルの転換による温室効果ガス排出への影響評価検討会 座長	森 俊介
43	2019. 10 ~ 2020. 3	環境省、野村総研(事務局)	環境省環境産業市場規模検討会委員	森 俊介
44	2019. 11 ~ 2019. 5. 29	株式会社テクノバ	トヨタ・モビリティ基金委託「水素社会構築に向けた革新研究助成」評価委員会委員	松橋隆治
45	2019. 11. 4 ~ 2022. 11. 3	文京区	文京区地球温暖化対策地域推進協議会 副会長	松橋隆治

46	2019. 12. 9 ~ 1010. 3. 31	鹿児島県錦江町	鹿児島県錦江町エネルギー マスタープラン策定委員会 委員長	松橋隆治
47	2020. 2. 1 ~ 2020. 2. 29	環境省（窓口：みずほ情 報総研株式会社）	「水素燃料電池船の普及 ロードマップ原案検討会」 委員	伊原 学
48	承諾日～ 2019. 3. 31	株式会社住環境計画研究 所	エネルギー事業者からの情 報発信による低炭素型行動 促進モデル実証事業検討会 委員	松橋隆治
49	事業許可日～ 2020. 3. 31	株式会社国際協力銀行 (JBIC)	地球環境保全業務における 温室効果ガス排出削減量の 測定・報告・検証に係るガ イドライン (J-MRV ガイド ライン) に関するアドバイ ザリー・コミッティ 委員	松橋隆治
50	承諾日～ 2020. 3. 31	一般財団法人日本規格協 会	ISO/TC207 戦略諮問委員会 委員長	松橋隆治
51	承認日～ 2020. 3. 31	一般財団法人日本規格協 会	ISO/TC322 サステイナブル ファイナンス国内委員会 委員長	松橋隆治
52	承認日～ 2020. 3. 31	一般財団法人日本規格協 会	環境管理規格審議委員会 委員長	松橋隆治
53	承認日～ 2020. 3. 31	一般財団法人日本規格協 会	環境管理システム小委員会 委員長	松橋隆治
54	2019 年度	国立研究開発法人科学技 術振興機構	地球規模課題対応国際科学 技術協力プログラム (SATREPS) 低炭素領域 委 員	岩崎 博
55	2019 年度	国立研究開発法人科学技 術振興機構	未来社会創造事業「地球規 模課題である低炭素社会の 実現」領域 研究開発運営会 議 委員	越 光男

# 「低炭素社会戦略センター 年度報告書（令和元年度）」

令和2年9月

国立研究開発法人 科学技術振興機構  
低炭素社会戦略センター

---

〒102-8666 東京都千代田区四番町5-3 サイエンスプラザ4F  
電 話 03-6272-9270  
ファックス 03-6272-9273  
<https://www.jst.go.jp/lcs/>  
©2020 JST/LCS

許可無く複写・複製することを禁じます。  
引用を行う際は、必ず出典を記述願います。

---