

低炭素社会の実現に向けた
技術および経済・社会の定量的シナリオに基づく
イノベーション政策立案のための提案書

技術開発編

低炭素電源システムの安定化と技術・経済性評価
(Vol.2)

—ゼロエミッション電源システム構築に向けた技術開発課題—

平成 30 年 3 月

“Economic Evaluation for Low Carbon Electric Power System
Considering System Stability (vol. 2):

Technological Development Issues toward Zero-Emissions Electric Power Systems”

Strategy for Technology Development

Proposal Paper for Policy Making and Governmental Action
toward Low Carbon Societies

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-FY2017-PP-14

概要

再生可能エネルギーと蓄電池システムのコストは低減され、一部は商業的に成り立つ水準に到達している。しかし、再生可能エネルギーの大規模導入を許容する、経済的かつ信頼性の高い安定した電力システムを構築するためには、更なる技術開発が必要である。本提案書では、日本における電力システムの安定性を考慮し、再生可能エネルギーの大規模導入による CO₂ 排出量ゼロに向けた電源システムの発電コストを評価する。低炭素社会戦略センター (LCS) では、システム安定性を考慮した多地域電源構成モデルを開発した。このモデルに、将来の再生可能エネルギーの技術的・経済的評価が可能な LCS の製造技術データベース及び低炭素技術評価方法を適用して、以下の結果が得られた。基準年 (2013 年) とほぼ同等の発電コストで、2050 年の電源システムからの CO₂ 排出量を、2013 年比 85% まで削減することができる。特に、太陽光発電システム (PV)、蓄電池システム、省エネルギーが、経済性のある低炭素電源システムの確立に貢献している。年間電力消費量が 800TWh のケースでは、電力供給量の 30% 以上を発電する 290~360GW の PV が導入され、蓄電池システムの設備容量は、360~510GWh (消費電力の 10~30% を供給) であった。一方、CO₂ 排出量削減率を 90% 以上にすると、発電コストは急激に増加する。また、2050 年以降の CO₂ ゼロエミッション電源システムの確立は、技術的には可能であるが、発電コストは現状の 2 倍程度になる。この場合、高温岩体地熱発電の開発、電力需要の削減、送電網システムの合理化、水素タービン発電のコスト削減などの検討が必要である。以上の結果に示すように、本提案書の方法論は、システム安定性を考慮した低炭素電力供給システムの定量評価に有効である。

Summary

The costs of renewable energy and battery systems have been reduced, and a commercially-viable standard is finally being reached. However, further technological development is required to establish an economical, stable and highly reliable power grid system that will permit the large-scale introduction of renewable energy systems. In this proposal, we considered the stability of the electric grid system in Japan, and evaluated the generation costs for a scenario involving a high ratio of renewable energy, with close to zero CO₂ emissions. At the Center for Low Carbon Society Strategy (LCS), we have developed an optimal multi-region power generation model based on the system stability from this analysis. A method of technological evaluation based on the LCS's manufacturing technology database was used for technological and economic evaluation of renewable energy in the future, from which the following results were obtained. By 2050, CO₂ emissions from electric power systems can be reduced by 85% at almost the same power cost as that incurred in the present (2013). In particular, photovoltaic (PV) power and battery systems will contribute to the establishment of cost-effective and low-carbon power generation systems. In scenarios with annual power consumption as high as 800 TWh, PVs accounting for more than 300 GW have been installed, generating over 30% of the total power consumption. The capacity of installed battery systems was taken to be 300-510 GWh (supplying 10%-30 % of the total power consumption). However, power costs sharply increased when CO₂ emissions were reduced by more than 90%. It will be possible, in technological terms, to achieve a zero-emission power generation system after 2050, but the generation costs will more than double. It will be necessary for us to consider measures such as development of hot dry rock geothermal power generation, reduction in power demand, rationalization of the grid system and hydrogen power generation. These results show that the methodologies in this proposal are effective for the quantitative evaluation of low-carbon power supply systems, taking system stability into account.

目次

概要

1. 緒言.....	1
2. 電源構成モデルを用いた低炭素電源システムの評価手法.....	1
2.1 評価手法の特徴.....	1
2.2 多地域電源構成モデルを用いた評価手法.....	2
2.3 現在・将来の技術水準における発電コスト.....	3
3. 結果と考察.....	4
3.1 技術革新ケース C の発電コストと CO ₂ 排出削減率（高温岩体地熱は含まない）.....	4
3.2 技術開発による発電システムのコストと CO ₂ 排出量の影響.....	5
3.3 CO ₂ ゼロエミッション電源システムの実現可能性.....	5
4. 政策立案のための提案.....	6
参考文献.....	6

1. 緒言

日本は、2050 年までに温室効果ガス排出量を 80%削減する目標を掲げている。そのためには、発電システム起源の CO₂ 排出量をゼロに近づける必要がある。ゼロエミッションを目指す電源システムを構築するためには、2050 年の長期的な視点から、重要な技術を定量的に評価する必要がある。同時に、系統安定性を考慮して、再生可能エネルギーが大規模に導入されときの発電システムの経済性を評価することも必要である。

本研究の主目的は、電源システムからの CO₂ 排出量削減と発電コストの関係を明らかにするために、将来の技術を評価することである。LCS では、再生可能エネルギーおよび蓄電システムのコスト低減技術を評価して構築した独自の定量的技術シナリオ[1]-[5]と系統安定化を考慮した電源構成モデルを用いて、低炭素電源システムを評価してきた[6]-[8]。既報（前 LCS 提案書¹⁾）[6]では、電力需要、再生可能エネルギーの技術水準、系統安定化に寄与する低炭素電源の導入量条件を検討し、2050 年 80%削減に対する発電コストの影響を示した。その結果、2050 年に電源システム起源の CO₂ 排出量を 2013 年比 80%削減することは、経済合理的にも可能であることを示した。さらに、特に重要技術として、太陽光発電、蓄電池システム、高温岩体地熱発電の技術開発が重要であることを示した。本稿では、さらに電力システムからの CO₂ 排出量をゼロに向けた分析結果[7]に基づき、どのような技術課題があるかを示す。

具体的には、第一に、再生可能エネルギーの技術開発を考慮した 2050 年技術シナリオを確立し、年間電力需要を 800TWh とした電源システムの CO₂ 排出量削減の経済性を評価する。第二に、再生可能エネルギーの技術開発の影響を評価するために、技術水準の異なるケースの発電コストを計算し、技術開発の影響を評価する。第三に、CO₂ ゼロエミッション電源システムの実現可能性を評価し、技術的課題を検討した。

2. 電源構成モデルを用いた低炭素電源システムの評価手法

2.1 評価手法の特徴

低炭素電源システムにおける課題として、再生可能エネルギーの大規模導入に伴い、経済性と系統安定化の確保を同時に実現する電源システムを評価する必要がある。近年、再生可能エネルギーが大規模に導入されたシナリオを評価する研究が進んできているが[9]-[11]、技術開発の進展を考慮して低炭素電源システムの経済性を評価するものはほとんどなく、将来のコスト低減の効果が十分に検討されていない。一方で、再生可能エネルギーの大規模導入を前提とした検討では、定量的な評価が不十分で結論ありきの議論となる懸念もある。このため、個々の発電技術の現状、および将来の定量的な評価と、電源システム全体におけるボトルネックが何かを定量的に評価することが求められる。

本研究では、技術開発を考慮した再生可能エネルギー比率の高い発電システムの電力コストと、CO₂ 排出量の関係を明らかにする。LCS の方法論は、技術開発の経済効果と CO₂ 排出削減目標を達成するための課題を定量的に推定することに寄与する。再生可能エネルギーおよび蓄電池に対して技術開発を考慮した将来の技術シナリオを構築しており、分析結果から個々の技術との関係性までを評価できること、技術の進展を随時再評価して政策提案に結び付けられることが大きな特徴である。低炭素電源システムの経済性評価には、再生可能エネルギーの大規模導入による変動対策を想定して、系統安定化を考慮した多地域電源構成モデルを開発し[6]、これを用いている。多数の技術シナリオ、電力需要、CO₂ 排出量制約に基づいて、発電コストおよび CO₂ 排出量を算

¹⁾ 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書、科学技術振興機構低炭素社会戦略センター（以下、LCS 提案書）。

出する。また、再生可能エネルギーや蓄電池の設備容量は、モデルの計算時間や技術評価の難しさから外生的に与えて低炭素電源システムを評価する研究事例が多く、計算結果が分かり易くなる一方、現状のシステムからの大きな変化を想定できない問題も生じる。本研究では、再生可能エネルギー等の設備やシステムシステムの条件も内生化して、経済合理的に実現可能な範囲を幅広く評価していることも特徴である[6]。

系統安定化については、太陽光発電システム (PV) や風力発電システムなどの、自然変動エネルギー (Variable Renewable Energy, VRE) と呼ばれる発電システムの時間的・空間的な出力の偏在がシステムを不安定にするため、大規模な導入に対して現状のシステムでは対応できないことが懸念されている。VRE を大規模に系統に組み込むためには、電圧や周波数制御の短期変動の負荷周波数制御 (Load Frequency Control, LFC) を確保し、長期的な季節変動を緩和する必要がある。また、VRE には同期発電機の慣性力がないため、システムが不安定になる[12]。地絡事故による大規模な停電の防止等のシステムの安定性も確保する必要がある。現在のシステム特性に基づいた、再生可能エネルギーのグリッド統合のための枠組みの構築と、技術開発の長期的な目標とその影響を評価することの必要性は、国際的に指摘されている[13]。これらを解決するために、本研究では、システムの安定性を考慮した多地域電源構成モデルを用いて、システムの安定性を確保しつつ、再生可能エネルギーの大規模導入による電力システムの経済性を評価している[6]。このモデルについて、次項に解説する。

2.2 多地域電源構成モデルを用いた評価手法

LCS の開発している評価手法では、(1)再生可能エネルギー技術の将来のコストを定量的技術シナリオから推定し、(2)系統安定化を考慮した多地域電源構成モデルを用いて、コスト最適となる電源構成から、CO₂ 排出量および発電コストを算出している。

具体的には、第一に、定量的技術シナリオを用いた将来コストの推計は、LCS の各電源システムに対する技術評価を用いて計算している。定量的技術シナリオは、LCS の「低炭素技術・評価プラットフォーム」[14]に基づき、将来技術水準を推定し、各種の再生可能エネルギーシステムの製造設備、人員、原材料、用役の費用を積算してコストを推計している。

第二に、安定した電力供給を考慮した将来の電力コストと、年間 CO₂ 排出量を計算する多地域最適化電源構成モデルを開発し[6]、これを用いている。このモデルは線形最適化プログラミングを用い、総発電コストの最小化を解く。モデルの主なパラメータは、所与の CO₂ 排出量制約および総電力需要の制約下で、系統・電源・蓄電システムの設備、運用、燃料に関する量と導入可能量である¹⁾。日本は主要電力会社に従い 10 地域に区分し、各地域の電力消費の時間別データを用いて電力需給データを推計する。PV と風力発電の時間当たりの出力は、数十の気候条件データを使って 1 年間分推定する。日負荷曲線は、季節特性に応じて 7 つの代表日に分類している。送電網は、既存の設備の利用を仮定している。モデルで用いた主な制約条件を以下に記す。系統安定化に関する制約として、負荷追従運転制約と過渡安定性制約を含むことが特徴である。

- ・需給バランス制約
- ・設備容量制約
- ・供給予備率制約
- ・出力変化率制約
- ・蓄電システム制約

¹⁾ 電源システムには、火力 (石炭、LNG、石油)、水力 (流れ込み式、貯留式)、原子力、地熱 (熱水系、高温岩体)、バイオマス、風力、太陽光が含まれ、蓄電システムとして、揚水発電、蓄電池、水電気分解システム、水素タービンが含まれる[6]。

- ・ 負荷追従運転制約
- ・ 過渡安定度制約

2.3 現在・将来の技術水準における発電コスト

本項では、モデルで使用した現在および将来の各発電システムの発電コストについて説明する。表 1 にそれぞれの技術水準を、表 2 に LCS で計算した再生可能エネルギーの電力コストを示す。

LCS が分析している各種電源システムの技術シナリオにより推計した、再生可能エネルギー技術のコストを用いている。ここでは、「技術水準」を目標年度に開発できる技術として定義し、A～C の 3 つのケースを設定した。各技術水準では、技術開発の速度を考慮して、機器種別、原材料の物性値から各種性能指標などの技術を設定し、発電コストを算出した。各性能指標は、企業が既に発表している技術、実験室レベルで実現しており量産可能な技術、高度な製造装置により導入され得る技術から推定した。

発電コストは、受電端の発電量から算出した。火力発電、原子力発電、大規模水力発電の建設コストと燃料費は、文献データ[15]を用いて計算した²⁾。これらは、対象とした年に到達している技術水準であり、実際の普及にかかる時間も考慮して、技術開発に応じた 2050 年の発電コストとして分析に用いることとした。

表 1 各ケースの技術水準と定義

ケース名	技術水準年	定義
ケース A	技術水準 2015	現在の技術の最先端技術
ケース B	技術水準 2020	既存技術の延長線上の改良された技術
ケース C	技術水準 2030	現在推定可能だが、技術開発に時間を要する技術

表 2 技術水準から計算した再生可能エネルギーの発電コスト (円/kWh)

ケース (技術水準基準年)	基準設備 利用率 [※]	発電コスト [円/kWh]		
		A: 現状 (2015 年技術)	B: 技術進展 (2020 年技術)	C: 技術革新 (2030 年技術)
太陽光	11%	16.0	9.5	5.7
風力	23%	14.1	10.2	8.4
地熱	70%	12.5	12.5	8.0
高温岩体地熱	70%	-	-	6.9
バイオマス	70%	33.6	10.9	10.9
水力	54%	10.8	10.8	10.8
蓄電池 ^{※※}	-	50 [円/MWh]	10 [円/MWh]	6 [円/MWh]

[※] 表内の発電量単位当たりの計算に用いた設備利用率。モデル内では地域、稼働状況により異なる。

^{※※} 蓄電池システムはインバータを A:30,B:20,C10 円/MWh として別に計算する。

²⁾ 発電コストの計算結果は、文献[6]の表 1 参照。

3. 結果と考察

3.1 技術革新ケース C の発電コストと CO₂ 排出削減率（高温岩体地熱は含まない）

表 3 に、技術革新ケース C（2030 年技術水準）を用いた、各 CO₂ 排出量削減率（2013 年比）の制約における計算結果を示す。省エネルギーの効果から、現状の電力需要を 20% 低減すると想定し、2050 年の電力需要を 800TWh とした。なお、計算される総発電量には、送電ロス 5%、および蓄電ロス等が含まれている。このシナリオでは、原子力発電と高温岩体地熱の新設は含まれていない。その結果、本モデルで計算された 2013 年の発電コスト 12.9 円/kWh 以下で、CO₂ 排出量を 85% 以下に削減することが実現可能であることが示された。さらに、CO₂ 排出量を 90% に削減すると、コストは 14.5 円/kWh に増加する。CO₂ 排出量を 90% 以上削減するには、発電コストは急激に高くなることが示された。低炭素電力供給システムを実現するためには、PV と蓄電池システムが最も大きく貢献をしている。ついで、水力、風力、バイオマス、地熱発電が CO₂ 排出量の削減に寄与している。現状と同等のコストで低炭素電源システムを構築するには、以下に示す再生可能エネルギーの導入が必要であった。PV の年間発電量は約 290~360TWh（総発電出力の約 35%）、導入される PV は 290~360GW、蓄電池システムの設置容量は約 360~510GWh であり、年間 110~150TWh（電力需要の約 10~20%）充放電している。風力発電は 70~160TWh であった。水力、バイオマス、地熱発電は、導入可能量を最大限導入している。一方、原子力および石油の導入量はゼロであった。また、CO₂ 排出量を 85% 以上削減することを目指す場合は、水素タービンを使用することが不可欠である。

表 3 CO₂ 排出量削減率と発電構成・発電コスト [7]

		2050				
CO ₂ 排出量削減率 (2013 年比)		50%	80%	85%	90%	91%
年間電力消費量 [TWh/y]		800	800	800	800	800
発電量 [TWh/y]	石炭	310	16	0	0	0
	LNG	21	277	238	159	153
	太陽光	288	327	363	594	620
	風力	70	77	158	184	248
	地熱	12	12	12	12	12
	バイオマス	31	31	31	31	31
	水力	130	130	130	130	130
発電量合計		862	871	932	1,109	1,194
発電コスト [円/kWh]		10.4	11.5	12.3	14.5	23.6
[TWh/y] 水素タービン利用量		0	0	20	93	120
[TWh/y] 蓄電池利用量		111	135	148	205	81
[TWh/y] 揚水発電利用量		32	43	68	71	70
蓄電池容量 (GWh)		361	451	509	774	402

3.2 技術開発による発電システムのコストと CO₂ 排出量の影響

図 1 は、前記表 2 に記載された 3 つの異なる技術水準（ケース A～C）の計算結果[7]から、CO₂ 排出削減率と発電コストの関係を示している。

CO₂ 排出削減率が 50%～70% の場合、ケース A（技術水準 2015）とケース B（技術水準 2020）の発電コストの差は約 1 円/kWh、ケース A（技術水準 2015）とケース C（技術水準 2030）の発電コストの差は約 2 円/kWh であった。CO₂ 排出量削減率が 80% を超えると、ケース A・C の発電コストの差は 3 円/kWh 以上となる。一方、ケース B・C では発電コストの差は 1 円/kWh 以下である。本モデルで計算した基準年（2013 年）の発電コストは 12.9 円/kWh であるが、A、B、C それぞれがこの発電コストとなるのは、CO₂ 排出量削減率がそれぞれ 65%、80%、86% の時である。再生可能エネルギーの大規模導入により、大幅な CO₂ 排出量削減が可能である一方で、CO₂ 排出量の削減率を 80% 以上とする目標は、技術開発・普及の促進に依存していることを示している。

次に、新技術の効果を評価した。地熱発電は、系統安定化に寄与する有望な技術であり、特に、高温岩体地熱発電（HDR）は資源が豊富で、発掘技術と水利用技術を進化させることにより実現可能である[3]。高温岩体地熱発電の発電コストは、既存の地熱発電と同等に削減することができ、LCS では 6.9 円/kWh の見込みを計算している[3]。ケース C（技術水準 2030）において、100TWh/y の高温岩体地熱発電を導入した場合の発電コストを、図 1 に点線で示す。この場合、基準年の発電コスト 12.9 円/kWh であっても、CO₂ 排出量 90% 削減が可能である。新技術の開発により、低炭素電力供給システムの実現が促進されることがわかる。

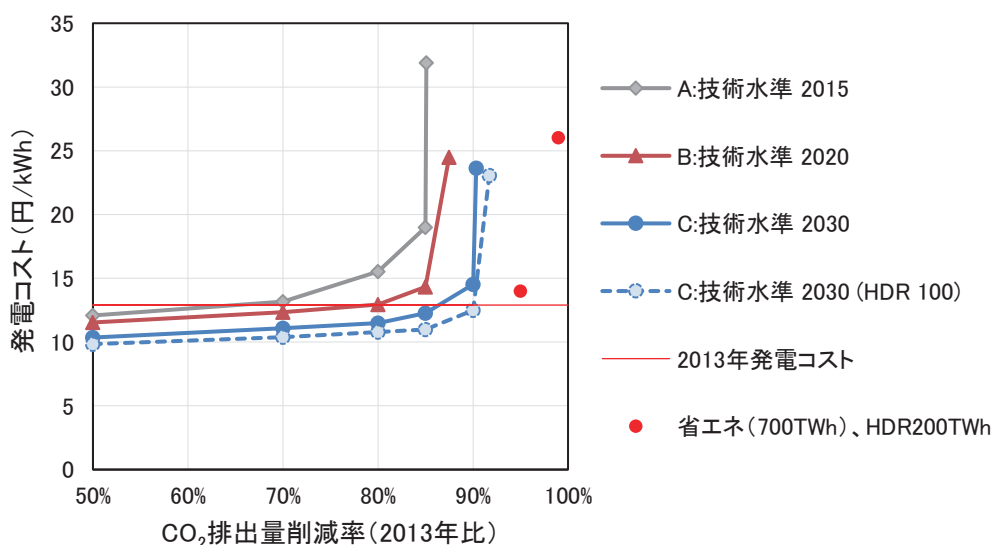


図 1 再生可能エネルギーの技術水準による 2050 年の CO₂ 排出量削減率と発電コストの関係の比較（電力需要 800TWh/y）

3.3 CO₂ ゼロエミッション電源システムの実現可能性

ゼロエミッションを実現する電源システムの技術水準とその電力コストを検証するために、異なる電力需要と再生可能エネルギーの技術水準のシナリオを比較し、実現すべき技術開発課題について考察した。

図 1 の赤丸は、電力需要を 800TWh から 700TWh に削減し、高温岩体地熱発電を 100TWh から 200TWh に引き上げたシナリオの計算結果を示している。現在とほぼ同じコストで、95% の CO₂ 排出量削減が可能となる。さらに、発電コストを現在のコストの 2 倍にすると、ゼロエミッションが実現可能となる。現状の送電網における系統安定性を考慮しても、電力需要の削減と高温岩

体地熱発電の技術開発により、CO₂ 排出量をゼロにすることが技術的に可能である。経済性も考慮すると、個別の再生可能エネルギー発電技術のコスト低減を促進する必要がある。本稿では現状の送電網を前提としたが、90%以上の CO₂ 排出量削減に対しては、送電網システムの合理化、水素タービン発電のための水素設備と水素輸送コストの削減、低炭素電源の最適な配置による局所的な発電コスト増を抑えることなどが必要である。送電網の強化、地域の最適配置、CCS、水素タービン発電のコスト低減技術などについては今後の研究の検討課題である。

4. 政策立案のための提案

本稿では、LCS によって開発された定量的技術シナリオにより、再生可能エネルギーの異なる技術水準の将来の電力コストを推定し、系統安定化を考慮した多地域電源構成モデルを用いて、2050 年の低炭素電源システムについて分析した。その結果、発電コストを基準年 2013 年と同等にする条件下で、CO₂ 排出量の削減率を 2013 年比 80%以上とする目標は、技術開発・普及の促進に依存している。80%の CO₂ 排出量削減は、現状技術の延長線上の改良された技術水準で実現可能である。一方、CO₂ ゼロエミッション電源システムの構築は系統安定性を考慮しても、電力需要の削減や高温岩体地熱発電の技術開発により実現可能だが、発電コストは約 2 倍となる。以下の項目を実現し、最適な電源システムを構築していく必要性を提言する。

1. 高温岩体地熱発電のような、資源制約が少なく、かつ、系統安定性に寄与する低炭素電源の技術開発
2. 系統安定性を維持するための技術開発
3. 電力消費の削減
4. 個別の再生可能エネルギー発電技術のコスト低減
5. 送電網システムの合理化
6. 水素タービン発電のための水素設備と水素輸送のコスト削減
7. 低炭素電源の最適な配置

参考文献

- [1] 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書、技術開発編、“太陽光発電システム(Vol.4)ー定量的技術シナリオに基づく太陽電池モジュールの製造コスト低下要因分析ー”，科学技術振興機構低炭素社会戦略センター，2017年3月。
- [2] 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書、技術開発編，“蓄電池システム(Vol.2)ー高容量化活物質を用いた蓄電池のコスト試算と将来展望ー”，科学技術振興機構低炭素社会戦略センター，2015年3月。
- [3] 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書、技術開発編，“地熱発電(Vol.2)ー高温岩体発電の発電コスト試算ー”，科学技術振興機構低炭素社会戦略センター，2016年3月。
- [4] 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書、技術開発編，“木質バイオマス燃料のコスト低減(Vol.2)ー木質バイオマスの生産総コストとその低減策ー”，科学技術振興機構低炭素社会戦略センター，2017年3月。
- [5] 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション

- 政策立案のための提案書, 技術開発編, “カーボンフリー水素の経済性と CO₂ 排出量”, 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター, 2017 年 3 月.
- [6] 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書, 技術開発編, “低炭素電源システムの安定化と技術・経済性評価ー2050 年 CO₂ 排出量 80%削減に向けた日本の電源システムの課題ー”, 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター, 2017 年 3 月.
- [7] T. Inoue, K. Yamada, “Economic Evaluation toward Zero CO₂ Emission Power Generation System after 2050 in Japan”, 9th International Conference on Applied Energy, Cardiff, UK, 2017.
- [8] T. Inoue, S. Matsuda, H. Iwasaki, R. Matsubashi, K. Yamada, “Economic Evaluation for Stable Electric Power System with High Ratio of Photovoltaic Power System –toward more than 90% CO₂ Reduction of Electric Power System in Japan”, PVSEC, 2016.
- [9] T. Pregger, J. Nitsch, T. Naegler; “Long-Term Scenarios and Strategies for the Deployment of Renewable Energies in Germany”, Energy Policy, 59, 350–360, 2013.
- [10] H. C. Gils, Y. Scholz, T. Pregger, D. L. Tena, D. Heide; “Integrated Modelling of Variable Renewable Energy-Based Power Supply in Europe”, Energy, Vol.123, p173–188, 2017.
- [11] R. Komiyama, Y. Fujii, “Assessment of Massive Integration of Photovoltaic System Considering Rechargeable Battery in Japan with High Time-Resolution Optimal Power Generation Mix Model”, Energy Policy, 66, p73–89, 2014.
- [12] J. O’Sullivan, A. Rogers, D. Flynn, P. Smith, A. Mullane, M. O’Malley, “Studying the Maximum Instantaneous Non-Synchronous Generation in an Island System –Frequency Stability Challenges in Ireland”, IEEE transaction on power systems, vol. 29, no. 6, p2943-2951, 2014.
- [13] “Renewable Energy Integration in Power Grids”, IRENA, April 2015,
http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA-ETSAP_Tech_Brief_Power_Grid_Integration_2015.pdf, 2017 年 11 月 1 日アクセス.
- [14] 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書, 技術開発編, “低炭素技術設計・評価プラットフォームの構築”, 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター, 2014 年 3 月.
- [15] 総合資源エネルギー調査会発電コスト検証ワーキンググループ, “長期エネルギー需給見通し小委員会に対する発電コスト等の検証に関する報告”, 経済産業省資料, 2015,
http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/#cost_wg, 2017 年 11 月 1 日アクセス.

低炭素社会の実現に向けた
技術および経済・社会の定量的シナリオに基づく
イノベーション政策立案のための提案書

技術開発編

低炭素電源システムの安定化と技術・経済性評価
(Vol.2)

—ゼロエミッション電源システム構築に向けた技術開発課題—

平成 30 年 3 月

“Economic Evaluation for Low Carbon Electric Power System
Considering System Stability (vol. 2):
Technological Development Issues toward Zero-Emissions Electric Power Systems”
Strategy for Technology Development,
Proposal Paper for Policy Making and Governmental Action
toward Low Carbon Societies,
Center for Low Carbon Society Strategy,
Japan Science and Technology Agency,
2018.3

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

本提案書に関するお問い合わせ先

- 提案内容について・・・低炭素社会戦略センター 研究員 井上 智弘 (Toshihiro INOUE)
- 低炭素社会戦略センターの取り組みについて・・・低炭素社会戦略センター 企画運営室

〒102-8666 東京都千代田区四番町5-3 サイエンスプラザ4階
TEL : 03-6272-9270 FAX : 03-6272-9273 E-mail : lcs@jst.go.jp
<http://www.jst.go.jp/lcs/>

© 2018 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。
