HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	脱炭素社会実現に向けた CO2フリー水素と次世代電力ネットワークの融合［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	喜田, 勇志
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第16020号
Issue Date	2024-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/92446
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Yushi_Kida_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称　博士（情報科学）　氏名　喜田 勇志

学 位 論 文 題 名

脱炭素社会実現に向けた CO_2 フリー水素と次世代電力ネットワークの融合
（Integration of CO_2-free Hydrogen and Next Generation Power Network to Achieve a Decarbonized Society）

地球温暖化を背景に, 世界的に脱炭素への動きが加速している。将来的には石炭火力発電の廃止だけでなく天然ガス火力も段階的に廃止されていくことが予想される。これに代わる電源は, 太陽光発電, 風力発電をはじめとする再生可能エネルギー電源 (RES) である。電力システムにおいて RES を主力電源とするには数多の課題が存在する。中でも本研究では,RES 出力と需要の時間的, 空間的な不一致に着目する。そこで, 注目されているのが貯蔵によるエネルギーシフトである。一般的に使用され始めているのが蓄電池である。蓄電池は単体で充放電と貯蔵が可能であることや, 充放電効率が高いことがメリットである。しかし蓄電池は, 大容量化が困難であることや自己放電が存在することから, エネルギーの長期貯蔵には向かない。そこで近年注目されているのが水素エネルギーである。水素は RES 由来の電力を用いた水の電気分解で製造が可能である (CO_2 フリー水素), 発電時に温室効果ガスを排出しない, 一度貯蔵してしまえば長期の保管が可能であるといったメリットがある。また, 前述の需給の不一致の解消のため, 二つの電力ネットワークの形に注目が集まっている。一つ目はマイクログリッド (MG) である。MG は一定の需要地内で RES や可制御電源を利用しながら電力・熱等の需要を満たす小規模系統を指す。系統内の一定地域で需給バランスをとることで電力システムへの負担を抑えられる可能性がある。二つ目は広域連系系統である。複数のエリアを相互に連系しエリアを跨ぐ形で電源や調整力を確保し安定供給を行うことを目指すものである。そこで本論文では, 次世代電力ネットワークと CO_2 フリー水素の融合による電力の安定供給への影響を評価することを目的とした試算を行った。

第 2 章では,MG と CO_2 フリー水素の融合とした試算を行った。電力系統への貢献を目的とした MG 構築にあたり,MG 運用者が電力設備のみ導入・制御を行うレベル 1, 電力・熱設備を導入・制御するレベル 2, 電力・熱・水素設備を導入・制御するレベル 3 のそれぞれのセクターカップリングレベルにおいてその貢献効果と経済性について試算比較を行った。各レベルでコスト上限を与え, 電力系統からの電力購入量と系統電力の変動量平均値の両指標を小さくするための多目的最適化問題を定式化する。同一のコスト上限において両指標をどれだけ削減できるかを比較したところ, レベル 3 の優位性を示すことができた。さらにレベル 3 において, 電力系統に提供する調整力を常時一定量確保するために必要な追加コストを評価し, 水素設備との親和性の高さを明らかにした。

第 3 章では, 第 2 章で想定したレベル 3 の MG に近い実証設備である「そうま IHI グリーンエネルギーセンター」を対象にその運用手法を提案した。水素設備をうまく利用することで MG 内の太陽光発電の利用率向上が期待できる。事前の予測情報を用いた計画作成手法, 当日の予測誤差を踏まえて都度その入出力を修正する RT 制御手法を提案し, さらにこれらを組み合わせる際に直前の予測誤差を反映させ計画作成に使用する予測情報を更新する MPC 型の運用手法について提案した。単純に当日の電力・熱需要を監視しながら各機器の運用をルールベースで決定する比較手法と

の試算比較により, 提案手法が優位であることを示した。

第 4 章では, エリア間エネルギー融通を考慮した広域連系系統モデルを作成し, 脱炭素社会における電源構成ベストミックスを求め, 水素設備の有無による結果の差を評価した。電力エネルギーから水素エネルギーに変換する水電解装置, 水素を貯蔵する水素タンク, 水素エネルギーから電力エネルギーに変換する水素火力発電だけでなく, エリア間の輸送キャリアとしても水素を選択肢に含め, 電源構成を算出した。その結果,RES が大量に導入され, エリア間でのエネルギーの過不足が生じるような状況においても, エネルギーの融通には水素より電力が用いられる傾向があることが分かった。一定量の電力を常時融通し, 送り先で余剰が生じた場合にはそこで水素に変えて貯蔵するという結果が得られ, 水素エネルギーはその輸送性より貯蔵性が有効活用される可能性を示した。

以上の検討により,MG や広域連系系統といった次世代電力ネットワークと CO_2 フリー水素の融合によって, 経済的に安定供給に貢献できる可能性を示した。