

再生可能エネルギーの大量導入に向けた 水素利用発電技術

再生可能エネルギーの大量導入に向けた水素利用発電技術
調査専門委員会編

目 次

1. まえがき	3	5. 水素利用発電技術の現状と課題	44
2. 再生可能エネルギー（変動電源）大量導入時の 課題と対応策	4	5.1 水素利用燃料電池（固体高分子形燃料電池， りん酸形燃料電池，固体酸化物形燃料電池）	44
2.1 電力系統における需給調整の現状と課題	4	5.2 内燃機関（ガスタービン，ガスエンジン）	53
2.2 再生可能エネルギー（変動電源）への対応 システム例	5	6. 優位性を見出せる水素/電力相互変換技術および システムの課題と方向性	56
3. 電力貯蔵技術の現状と課題	8	6.1 課題	56
3.1 蓄電池（リチウム電池，ナトリウム硫黄電池， レドックスフロー電池）	8	6.2 方向性	56
3.2 その他の蓄エネルギー（フライホイール蓄電 システム，圧縮空気エネルギー貯蔵システム）	17	7. あとがき	58
4. 水素製造と貯蔵・輸送技術の現状と課題	25		
4.1 水素製造としての水および水蒸気電解 （アルカリ水電解，固体高分子形水電解， 固体酸化物形水電解）	25		
4.2 水素貯蔵・輸送（圧縮，液化，吸蔵， パイプライン注入）	33		

再生可能エネルギーの大量導入に向けた 水素利用発電技術 調査専門委員会委員

委員長 武 哲 夫(東京都市大学)
幹 事 塩 月 雅 士(東京都市大学)
森 田 寛(電力中央研究所)
幹事補佐 及 川 昌 訓(東京都市大学)
委 員 石 原 顕 光(横浜国立大学)
副 島 勉(九州電力)
加 藤 尚(東北電力)

委 員 川 野 光 伸(関西電力)
高 橋 邦 幸(富士電機)
千 坂 光 陽(弘前大学)
前 田 和 茂(大阪ガスマーケティング)
前 田 哲 彦(産業技術総合研究所)
渡 辺 隆 夫(電力研究国際協力機構)

1. まえがき

2015年4月 経済産業省は、諮問機関である総合資源エネルギー調査会の「長期エネルギー需給見通し小委員会」において2030年度の電源構成（エネルギーミックス）目標として、再生可能エネルギー22～24%、原子力20～22%、火力56%（LNG27%+石炭26%+石油3%）を提示した。再生可能エネルギー22～24%という値は、現状の10%レベルから見て倍増する値であり、倍増に寄与するエネルギーの多くは、太陽光発電および風力発電によるものと推定される。再生可能エネルギー電源である太陽光発電や風力発電が電力系統に大量導入された場合、気象条件により負荷側のみならず、発電側でも大きな変動が予想され、火力発電機については柔軟な出力調整機能がより一層求められるものと思われる。しかしながら、火力発電機による調整機能はあくまでも発電側での調整機能であり、再生可能エネルギーによる余剰電力の調整機能を負荷側にまで踏み込んで求める場合は、蓄電池等による電力貯蔵あるいは再生可能エネルギーによる余剰電力で水電解・水素製造し、その水素を需給に応じて発電側の燃料電池やエンジン又はタービンを用いた発電機の燃料に供するシステムが想定される。

本報告書は、2017年4月から2020年11月に亘って、電気学会の「再生可能エネルギーの大量導入に向けた水素利用発電技術調査専門委員会」が、蓄電池等の電力貯蔵技術との比較・検討（競合的あるいは協調的視点で）を通じて負荷側、発電側の両モードにまたがる調整機能を有する水素/電力相互変換技術あるいはシステムの課題と再生可能エネルギー大量導入に対する水素/電力相互変換技術による需給調整機能の可能性を明らかにすることを目的として、水電解水素製造技術、水素貯蔵技術、燃料電池技術、エンジン・タービン技術および電力貯蔵技術に関する様々な公開情報を調査・整理・分析した結果を取り纏めたものである。主な調査検討項目は、

- ①再生可能エネルギーの余剰電力による水電解（アルカリ水電解、固体高分子水電解、高温水蒸気電解）水素製造技術の現状と課題（起動・停止時間、部分出力効率および最低出力、出力変動速度および範囲など）
- ②各種水素貯蔵技術（有機水素化物、無機水素化物、金属水素化物、液化および圧縮による水素貯蔵）の現状と課題
- ③水素を利用する燃料電池技術の現状と課題（天然ガス利用の燃料電池（固体高分子形燃料電池、りん酸形燃料電池および固体酸化物形燃料電池）を水素利用する際の長所/短所とその課題（電池単体への性能・寿命影響、システム構成機器の仕様変更有無など）
- ④水素を利用するエンジン・タービン技術（水素専焼および水素混焼）の現状と課題（燃焼特性、安全性、水素供給に係る設備仕様など）
- ⑤電力貯蔵技術の現状と課題（水電解・水素貯蔵技術と他の貯蔵技術（主に各種蓄電池）との比較（貯蔵・放出速度、

適用規模、制約条件など）

⑥優位性を見出せる水素/電力相互変換技術およびシステムの方向性および課題（構成仕様、適用規模、運用方法など）である。

本報告書では、太陽光発電や風力発電といった出力変動が大きい再生可能エネルギー電源が商用電力系統に大量に導入された場合の電力需給調整システムとして、水電解または水蒸気電解による水素製造、水素貯蔵と水素輸送、および水素を燃料とする燃料電池あるいは内燃機関による発電を組み合わせた水素/電力相互変換システムに着目して、優位性を見出すために必要な技術的課題と今後の方向性を明らかにすることを目指した。水素/電力相互変換システムのサイクル効率に相当する充放電効率は、水素による発電効率が低いがため、現状では既存の蓄電池、揚水発電、圧縮空気エネルギー貯蔵などに比べて低く、効率的な優位性は見出すことができない。しかし、再生可能エネルギーの余剰電力をコンパクトな設備で大規模且つ長期間（日～月間レベル）貯蔵して有効利用するためには、水素/電力相互変換システムの実現が不可欠であると考ええる。今後の技術開発の進展により水素/電力相互変換システムの充放電効率が更に向上し、再生可能エネルギーの余剰電力を用いて製造した水素を利用した発電が広く普及することを期待する。

本報告書が、再生可能エネルギー導入拡大とその有効利用に多少なりとも寄与できることができれば幸いである。