

電力貯蔵システム

多様な形態をとるエネルギーの中でも電気エネルギーは最も扱いやすいエネルギーとして、現代社会に受け入れられているが、その最大の欠点が「蓄えにくい」という点である。1745年オランダのライデン大学のミュッセンブルークが静電気を貯めるライデン瓶を発明して以来、電気を貯めることは常に重要な技術課題であり続け、さまざまな研究が重ねられてきたが、今日に至るまで「蓄えにくい」という欠点は依然として残り続けた。また、電力系統において需要と供給にアンバランスが生じれば、ただちに周波数が偏じて安定な電力供給に支障が出るおそれがあることは現在でも変わらない。

電気関連技術の中ではメモリーに情報を蓄えることは飛躍的に容易になり、切手大の大きさのSDカードに32GBの情報を書き込むことなども日常的になり、1.44MBのフロッピーディスクはほとんど使われなくなった。しかし「エネルギー」を蓄える電池の技術改革はそれほど派手ではない。もちろんさまざまな改良が加えられているだろうが、子供の頃から親しんだ単三電池が見られなくなったということはない。これは万一電池が壊れた場合、蓄えられたエネルギーは熱・光・運動・空気圧などに形を変えて一瞬に出現するわけで、生命・財産に与えるダメージが大きいことも技術開発が容易でない要因である。メモリーが壊れた場合、データが消失したり、不正に情報が漏れるおそれはあるが、生命に危険を及ぼすことは少ない。

情報技術との比較においては、クリントン元大統領が就任時に情報ハイウェー構想を発表したのに対して、オバマ大統領がスマートグリッド構想を打ち出したことも対比できる。米国大統領は就任時に将来最も重要かつ有望な技術課題をターゲットにして政策を立案し、雇用創成と新たな市場形成による景気回

復を期すようである。この観点からも今後の電力・環境エネルギーの重要性は国際的にも高まっていると言え、各国の思惑と事情が異なり、定義の定まらないスマートグリッド構想ではあるが、少なくとも要素技術として電力貯蔵技術の開発は不可欠であると言える。

特に地球温暖化防止のための二酸化炭素（CO₂）削減策として、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーの大量導入が望まれているが、出力が天候に左右されるので、電力貯蔵設備でこの問題を補うことが期待されている。スマートグリッドに関する国際標準化の活動でも「次世代エネルギーシステムに係る国際標準化に関する研究会」において提示された重要26項目のうち、13項目に「電池、充電」の用語が含まれていることから、電力貯蔵システムの重要性がわかる（後述の表1.2、表1.3（p.23）参照）。

本章では1.1節で電池に限らないさまざまな電力貯蔵システムの概要を説明し、1.2節に電力貯蔵システムのニーズ、特に電力システムの安定運用面から見たニーズを解説し、1.3節に電力貯蔵システムの運用技術に関する研究課題を示し、1.4節でスマートグリッド関連技術の実証プロジェクトの概要に触れる。そして1.5節ではスマートグリッドをめぐる国際標準化の動向を述べる。

1.1 電力貯蔵システムの概要

はじめに電力貯蔵システムの利用技術の概要を俯瞰する。

1.1.1 揚水発電

揚水発電は日本国内で歴史的にも長期にわたり貢献してきた電力貯蔵装置であり、水力発電方式の一つでもある。揚水発電は上部調整池と下部調整池の2つの貯水池を備え、昼間の電力需要がピークを迎える時間帯に、あらかじめ汲み上げておいた上池の水を落下させ、そのエネルギーを利用して発電を行う。夜間には余剰電力を利用し、水車を逆回転させることで下部調整池にたまっている水を上部調整池に汲み上げる。国内の揚水発電システム全体のエネルギー効率は約70%である。自然流入による発電はしないか、してもごくわずかで

あるため、実際は発電所というより巨大な電力貯蔵システムとみなすことができる。

規制緩和以前では利用率の低いピーク対応電源の建設を回避できるため、地域独占の電力会社にとって IRP (Integrated Resource Planning) や系統運用上不可欠な流通設備としての価値を認められていた。諸外国では規制緩和後、その経済価値が評価しにくいこともあり価値が過小評価された時期もあったが、現在では系統運用上不可欠な流通設備として正当に評価されている。

また、国内では最近では昼夜間の電力格差が電力市場で明確になるにつれて、30%の損失を相殺しても経済的に利のあることが再認識されている。1999年現在、日本全国には42カ所の揚水発電所が導入されており、出力総計は2,390万kWに達している。東京電力管内で近年に建設された大規模水力発電所の大半が揚水式水力となっており、葛野川揚水発電所が800MW、神流川用水発電所が470MWの最大出力を有している。図1.1に2001年7月24日の国内のある電力会社における電源種別の概要を示す。揚水式水力による負荷平準化効果が顕著であることがわかる。

一方、揚水発電所の建設コストをほかの発電所の建設コストと比較したものを表1.1に示す。諸条件によりこの値は変化すると思われるが、概算値としては妥当だと考えられる。後述するNAS電池システム(変換機を含む)は、最近この揚水発電所の建設コストとほぼ同等かこれより安価なレベルにあると言われ、関心を集めている。

揚水発電所は、系統運用上不可欠な電力貯蔵システムであるが、立地はいつでも困難になっている。すでに狭い国土の中で開発が進められてきており地理的な適地は少なくなっている。また、郊外近郊では住民の生活や住環境への影響が大きく、山間部では希少動物保護の立場や、自然環境や生物多様性問題への影響が懸念されるので、今後その設備容量を増すことは難しいと考えられている。

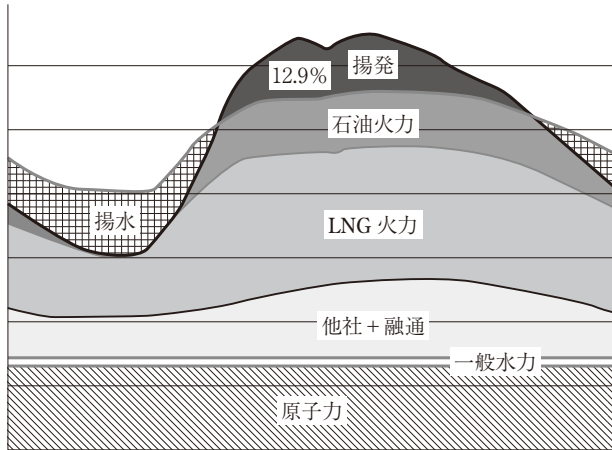


図 1.1 揚水発電による負荷平準化の実例

表 1.1 発電機 1 台当たりの建設コスト

	品川火力	福島第二原子力	葛野川揚水発電所
運用開始年月	2001年7月	1987年8月	1999年12月
建設場所	東京都	福島県	山梨県
最大出力 (MW)	1,140	1,100	1,600
建設費	1,500億円	2,920億円	3,800億円

(東京電力広報資料より抜粋)

1.1.2 圧縮空気貯蔵 (CAES)

CAES (Compressed Air Energy Storage) は空気を圧縮して地下の空洞に貯蔵しておき、必要なときに圧縮空気を補助としてガスタービン発電機に流し込むというエネルギー貯蔵装置である。この技術は古くからあるもので、ドイツのフントルフで CAES 技術を利用した 29 万 kW のガスタービン発電所が 1978 年から稼働している。ここではエネルギーは空気を 60 バールに圧縮し地下 650~800 m の岩塩層にある、岩盤内地下空洞に貯蔵している。その後 1991 年には米国マッキントッシュでも商用プラントの運転が始まっている。

CAES は発電時には燃料を使用しガスタービン発電機への圧縮空気を供給す

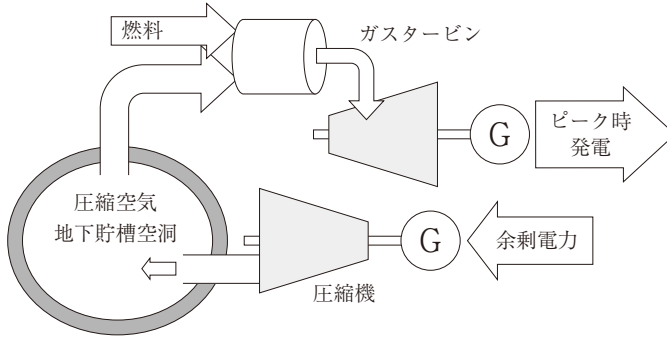


図 1.2 CAES によるエネルギー貯蔵の概要

るものであり、厳密には電力貯蔵単独の機器ではないので、効率などの評価には注意が必要であるが、ガスタービン発電機の燃料の約 2/3 が空気の圧縮に消費されることから、効率は約 50 % と言われている。

海外の事例では地下貯槽空洞は岩塩層内に建設されているが、岩塩層は日本国内には少なく、国内で CAES の実用化を図るためには、地下貯槽空洞の気密機能を図る必要がある。電力中央研究所では水封方式（空洞周辺の地下水により漏気を防ぐ方式）を提案し、神岡鉱山内で水没していた旧坑道を利用して、トンネル形式の実験用貯槽空洞を建設し、実証実験を実施している¹⁾。図 1.2 に CAES によるエネルギー貯蔵の概要を示す。

フントルフでの CAES 技術は当初近隣に設置された原子力発電所の夜間余剰電力を利用して空気を圧縮していたが、近年ではこの地がドイツでも一番風力発電の盛んな地域の一つであることから、風力発電の余剰を貯蔵する目的で、新たな開発の検討がされている²⁾。

1.1.3 水素エネルギー貯蔵

燃料電池は新型電源として注目を集めているが、その燃料である水素は貯蔵が難しい。常温常圧は気体であるが、気体のままではエネルギー密度が低く扱いにくい。

そこで、現在以下のような貯蔵方式の開発が進められている。

(1) 圧縮ガスボンベ

圧縮ガスボンベは、水素を高圧化／低温化により体積を圧縮しエネルギーを蓄える方法である。高圧圧縮のためには圧縮機を駆動するためのエネルギーが必要であるうえ、高圧に耐える容器が必要になる。水素の沸点は大気圧では -253°C であり、冷却にもコストがかかり、自然気化（ボイルオフ）により損失が出る。水素を高圧のまま製造するという装置も発表され、注目を集めているが、400気圧程度の商用化については安全面からの懸念もある。

(2) 水素吸蔵合金

水素吸蔵合金とは、水素を容易に吸収したり放出する合金のことで、電池でも応用されている。加圧すると水素は発熱反応を伴って水素吸蔵合金に吸蔵され、減圧すると水素は吸熱反応を伴って放出される。

理想的な合金としては触媒機能をもち、水素脆化を起こしにくく、安価で豊富な材料であることが求められる。このような合金を求めて研究開発が進められているが、実用的な素材はまだ見出されていない。

水素吸蔵合金は、圧縮ガスボンベと比べて容積は小さいが、重量は重くなるのが普通である。動作温度が 300°C 以上になることも少なくないのが欠点の一つである。水素単独の貯蔵媒体ではないが、燃料電池の発電時に水素を放出する媒体として金属ハイドライドがあり、ボロハイドライドが実用化に最も近いとして注目されている。

(3) 有機ハイドライド

有機ハイドライドは、水素を共有結合により吸収できる有機化合物である。ベンゼン、トルエンなどの芳香族化合物は、白金を触媒としてシクロヘキサン、メチルシクロヘキサンなどの有機ハイドライドへ変化することで、水素を貯蔵できる。

水素放出時も白金が触媒として作用し、水素吸蔵時には発熱、水素放出時には吸熱反応をする。水素放出時には加熱し $250\sim 300^{\circ}\text{C}$ に維持する必要があるのが欠点の一つである。有機ハイドライドの長所の一つに物性が石油に似ているので、既存の燃料輸送・燃料保存インフラを活用できる点がある。