

■ 解 説 ■

二次電池電力貯蔵システムのエネルギー分析

Energy Analysis of Power Storage System
by Secondary Batteries

芦村 進一*・青山 政利**
Shinichi Ashimura, Masatoshi Aoyama



1. はじめに

現在のエネルギー・システムをささえている流れとしては、イ) 天然の化学エネルギーである石炭、石油、天然ガスなどの化石燃料と、ロ) 化石燃料、原子力、水力などをエネルギー源とする二次エネルギーである電力、の二つがある。

貯蔵の難易からみると、イ) は比較的容易であるが、ロ) は電気エネルギーのままの形では極めて困難である。したがって発電設備は最大ピーク需要に対応できるだけの出力があるとともに、需要の変動に応じて調整可能なものでなくてはならない。

一次総エネルギー消費量中での電力への変換比率は今後も増大の傾向にあるが、とくに夏季冷房の普及などによって需要の季節間、昼夜間の格差は増大し、したがって電力の負荷率はますます低下（現在すでに50%台になっている）の傾向にある。

オイルショック後の電源構成は、従来の石油火力に代って原子力、LNGならびに石炭火力などの大容量プラントが主力になりつつある。これらは高効率を維持するために、一定負荷で定常的に運転するのがぞましい。したがって発電設備を効率的に運用するためには、オフピーク時に電気エネルギーを他のエネルギー形態で貯蔵しておき、オンピーク時に電気エネルギーとして放出する機能をもつエネルギー貯蔵システムを電力システムに導入する必要がある。これがロードレベリング（負荷平準化）とよばれるものである。図-1に季節別の平日（5日平均）および土・日曜日の日負荷曲線を、また図-2に日負荷曲線にもとづくオンピーク時の各種供給力の分担モデルを示した。

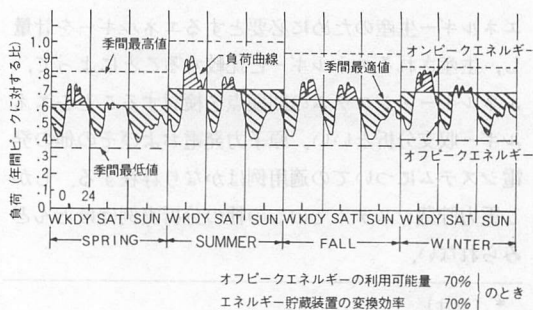


図-1 負荷曲線とエネルギー貯蔵・放出可能量の分布 (1975年, 9電力計)¹⁾

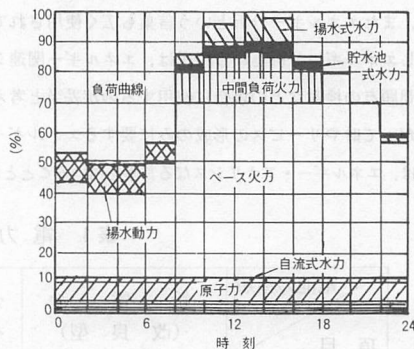


図-2 日負荷曲線と各種供給力の分担 (現状モデル, 夏ピーク時)²⁾

現在実用化されている電力貯蔵システムは揚水発電のみである。しかし経済的な揚水発電所の立地が減少し、また需要地から離れて建設されることによって送電系統の負担が増大するために、このような難点のない新しい電力貯蔵方式として二次電池を用いた貯蔵システムが注目され、その開発が内外で広く推進されている。

電気エネルギーはそのままの形では貯蔵がむづかしく、他のエネルギー形態に変換して貯蔵するので損失が伴うのはさげがたい。貯蔵システムにおける電力のインプット（チャージ電力量）とアウトプット（デイスチャージ電力量）の比で貯蔵性能を表わすが、通

* 工技院大阪工業技術試験所第1部主任研究官

〒563 池田市緑丘1-8-31

** 近畿大学教養部講師

〒589 大阪府南河内郡狭山町西山

常これを貯蔵効率とよび、この数値でシステムの優劣比較を行っている。しかしシステムの建設、運転、保全、修理などにもエネルギーの投入を必要とするので、システムの耐用期間中にわたってのトータルで考えるならば、インプットにはこれらの投入エネルギー量をも加えて評価しなければならない。

各種の財貨またはサービス活動の形成に必要な直接および間接的なエネルギーを計測することをエネルギー・アナリシスとよぶ*。

このうちエネルギー・システムを分析対象として、エネルギー生産のために必要とするエネルギーを計量し、生産されるエネルギーと比較することによって、エネルギー・システムの問題点を検討することをエネルギー収支分析といい、原子力発電およびその他の発電システムについての適用例はかなり存在する。しかし電力貯蔵システムでのこの種の分析実例はほとんどみられない。

* (脚注)

この用語は茅 陽一氏の著書⁵⁾によるものである。従来からもエネルギー計量、エネルギー予算など種々の用語が用いられ、またエネルギー分析という言葉も広く使用されている。しかしエネルギー分析という用語は、エネルギー関連システムの問題点の検討などの場合に使用するのが妥当と考える。したがって財やサービスの形成のみに要するエネルギーの計測には、エネルギー・アナリシスなる言葉を用いることとした。

本稿は電力システムに導入した二次電池電力貯蔵システムを分析対象として、設備形成、運転、および保守のための投入エネルギーをも考慮したシステム全体のエネルギー収支分析の方法を検討するとともに、ケーススタディとして鉛電池使用の場合を想定して計測を行ない、そのデータと揚水発電の場合のそれとの比較検討結果をのべたものである。

2. 電力貯蔵システムにおける二次電池の位置づけと技術開発課題

揚水発電に代る新しい電力貯蔵方式として研究開発中のものとしては、イ) 圧縮空気、ロ) フライホイール(はずみ車)、ハ) 超電導コイル、ニ) 新型二次電池、などがある。このうちイ)は立地に難点があり、ロおよびニ)はその制約がほとんどなく、また適正規模での分散配置が可能である。いずれも開発途上のため不確定要因が多く、とくに経済性の比較は困難であるが、一定の仮定をおいた上での総合評価がなされている。わが国では当面は揚水発電所の立地条件にかなりめぐまれているので、実用化リードタイムが比較的長く、立地上の制約が少ないロ)とニ)の両方式の開発が有望視されているが、コスト面では現在のところニ)がやや有利といわれている。

電力貯蔵機能のすぐれた2次電池の開発が成功すれば、発電設備の効率的な運用が可能になり、経済性や

表1 電力貯蔵用電池の特性

電池の種類 項目	鉛電池 (改良型)	ナトリウム- イオウ電池	亜鉛- 塩素電池	亜鉛- 臭素電池	レドックス フロー電池
起電反応	$Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4 \rightleftharpoons 2PbSO_4 + 2H_2O$	$x \cdot Na + y \cdot S \rightleftharpoons Na_xS_y$	$Zn + Cl_2 \rightleftharpoons ZnCl_2$	$Zn + Br_2 \rightleftharpoons ZnBr_2$	$Cr^{2+} + Fe^{3+} \rightleftharpoons Cr^{3+} + Fe^{2+}$
反応物質 (負極/正極)	Pb(固)/PbO ₂ (固)	Na(液)/S(液)	Zn(固)/Cl ₂ (気)	Zn(固)/Br ₂ (液)	Cr ²⁺ (液)/ Fe ³⁺ (液)
電解質	H ₂ SO ₄ 水溶液	β-アルミナ (固体)	ZnCl ₂ 水溶液	ZnBr ₂ 水溶液	HCl水溶液
開路電圧(V)	2.0	2.0	2.1	1.8	1.1
作動温度	室温	300~350℃	室温	室温	室温
理論エネルギー 密度(Wh/kg)	180	760	830	430	100
エネルギー効率 (%)	80~90	75~85	70~80	70~80	70~80
充放電サイクル 寿命	1,500~2,000	500<	300<	400<	200<

註1) 各種資料³⁾をもとに作成。

2) エネルギー効率、充放電サイクル寿命は現在までに達成された数値である。ムーンライト計画のもののみでなく、内外でのデータをとった。

省エネルギー面でも大きい効果が期待できる。したがって通産省工技院では昭和55年度からムーンライト計画(省エネルギー技術開発計画)の一環として新型電池電力貯蔵システムの研究開発を推進している。この研究開発計画でとり上げられた新型二次電池4種、ならびに改良型鉛電池の特性を表1に示す。

それぞれの電池についての技術開発課題としては、ナトリウム-イオウ電池は固体電解質の性能と信頼性の向上、大型システムとしての構成技術の確立などが、亜鉛-塩素電池と亜鉛-臭素電池は、亜鉛極での電析物による短絡防止策と酸性電解液による腐食の防止策のほか、前者は塩素ガスの毒性に対する安全対策が、後者は特性のすぐれたセパレータの開発などが、またレドックス・フロー電池では、より性能のすぐれたレドックス系の探索、イオン透過の選択性のすぐれたセパレータの開発などがあげられる。

電力貯蔵用二次電池としては、このほか高温作動型のリチウム-硫化鉄電池がある。負極にアルミニウムまたはケイ素と合金化したリチウム、正極に硫化鉄、電解質に熔融塩(LiCl-KCl共晶混合物)が用いられ、作動温度は400℃以上である。

これら各電池について、より詳細な特性、技術開発課題、経済性ならびに研究開発計画などに関しては他の文献を参照されたい⁴⁾。

3. エネルギー・アナリシスの手法

前記のように、電力貯蔵設備という財貨の形成のためのエネルギー計測にはエネルギー・アナリシスが必要である。したがってこれの手法について簡単にのべておく。

エネルギー・アナリシスの手法には、イ) 積み上げ方式、ロ) 産業連関分析拡張方式、の二つがある。イ) は対象とする財貨またはサービスを個々の形成要素に分解し、要素ごとにその形成に必要なエネルギーを積算していくものである。どのような対象にも適用できる利点はあるが、要素ごとに逐一調査しなければならない面倒さがあり、場合によって結果がばらつく欠点がある。またロ) は計量経済学の一分野である産業連関分析を拡張したものであり、産業連関表の部門分類(一次、二次、三次産業を通じて約400部門)以上の細かい部門別では適用できない欠点はあるが、全体の統計とよく整合するデータが得られる利点がある。またイ) は方法論的に単純で理解しやすいが、ロ) は方法論的にいくつかの問題点があることが指摘されている⁵⁾。

本稿でのエネルギー・アナリシスはイ)とロ)とを適当に組み合わせて行った。以下にロ)の概要を述べる⁶⁾。

エネルギー・アナリシスにおいては、各産業部門で消費されたエネルギーはその部門で生産される財貨に含まれ、他部門または最終消費にまわされる、という一種の“エネルギー保存則”を想定して計算が行われる。その部門での財の生産に使用されるのが直接分であり、他の部門から財として供給される物の中に含まれているのが間接分である。

このような考え方から、各部門での財の生産に必要な単位生産額当たりのエネルギー集約度が、Herendeenによってエネルギー濃度と名付けられた。この定義から次式が成立する。

$$\mu_j X_j = \sum_i \mu_i X_{ij} + G_j \quad (1)$$

ここで X_{ij} は産業各部門の総生産額を X_i ($i=1, 2, 3, \dots, n$)とした場合の i 部門から j 部門への中間財投入額であり、 G_j は j エネルギー部門で作り出されたエネルギーである。 μ_i 、 μ_j がそれぞれの部門でのエネルギー濃度である。ここで

$$X_{ij}/X_j = a_{ij}, \quad G_j/X_j = r_j \quad (2)$$

とおき、これを(1)式に代入して両辺を X_j で除すると

$$\mu_j = \sum_i \mu_i a_{ij} + r_j \quad (3)$$

となる。 a_{ij} は産業連関分析における投入係数に相当する。

(3)式は j 部門において生産された製品のエネルギー濃度をあらわすが、右辺第1項はエネルギー部門から投入された分、すなわちその部門で直接消費されたエネルギーである。また右辺第2項は非エネルギー部門では0となる。

非エネルギー部門から、製品の形態で供給される間接エネルギーをも考慮した場合のエネルギー濃度は

$$\mu_j = r_j + \sum_i \mu_i a_{ij} + \sum_i \sum_k \mu_i a_{ik} a_{kj} + \sum_i \sum_n \sum_k \mu_i a_{in} a_{nk} a_{kj} + \dots \quad (4)$$

であらわされる。右辺第2項は直接分、第3項は間接1次分、第4項は間接2次分である。(4)式からわかるように、この計算法ではその部門の製品生産に必要なエネルギー、その製品の原料生産に必要なエネルギーその原料のまた原料の生産に必要なエネルギーと産業の連鎖をたどって加えていくのである。

以上は基本手法であるが、実際の計算においては、国内製品と輸入製品、あるいは新造品と再生品のエネルギー濃度のちがいをどう評価するのか、財の生産に投入される労働と資本についてはエネルギー濃度を算定するのか否か、といったことなどが問題となるが、

これらの取り扱いについての詳細は他の文献を参照していただきたい^{5),6)}。

4. モデルシステムの設定

新型二次電池は現在研究開発途上にあり、したがって設備建設や運転・保守エネルギーなどの算出に必要なデータを得ることがむづかしい。そのためムーンライト計画のシステム技術の研究開発で使用された改良型鉛電池を分析対象にえらんだ。

システム構成要素として、二次電池の場合は、イ)鉛電池、ロ)交直変換用インバータ、ハ)変圧器、およびこれらそれぞれの付帯設備、ニ)建屋関係を、揚水の場合は、イ)発電電動機、ロ)ポンプ、ハ)変圧器、およびこれらそれぞれの付帯設備、ニ)ダムおよび建屋関係を想定した。

システム出力、容量、耐用年数、ならびにチャージ、デイスチャージ回数は双方とも同一と仮定した。ただし現用鉛電池のサイクル寿命値からみて、システム耐用期間中に1回以上の電池交換が必要となるが、これらをも考慮して分析した。

5. 計算の諸元と方法

5.1 電力貯蔵システムのエネルギー比

電力貯蔵システムのエネルギー比は、トータルでのエネルギー・アウトプットとインプットの比で表わされる。ここでトータルのエネルギー・アウトプットは、耐用期間中での全デイスチャージ電力量から自家消費分と送電損失分を差し引いたものであり、またトータルのエネルギー・インプットは、全チャージ電力量に設備への投入および保守エネルギーを加えたものとして計算を行った。

5.2 熱一電気エネルギーの換算率

エネルギー量の単位としては一般に kcal が用いられる。エネルギー比を電力量比で表現するのであれば、貯蔵設備への投入エネルギーなどは通常 kcal 単位のデータで与えられているので、これを kWh 単位に換算しなければならない。この換算率には、重油火力発電所の熱効率を考慮する場合としない場合の双方がある。本稿ではインプットとしての電力を得るために消費される一次エネルギーという考え方から、投入された熱量を重油火力発電所の熱効率 35.1%とした場合の 2,450 kcal/kWh を用いて計算した。

熱一電気エネルギーの換算には一義的な方法はない。それは電力の利用形態や発電様式によっても異なるか

らである。ただし換算率によって、全体の結果が大きくなりかってくる場合があるので注意を要する。これらについての詳細は他書にゆずりたい⁵⁾。

5.3. 設備への投入エネルギー

電力貯蔵設備を作り上げるために投入されるエネル

表2 二次電池電力貯蔵設備資材形成エネルギー

資材項目	単位出力あたり 資材重量 (kg/kW)	エネルギー 一原単位 (kcal/kg)	単位出力あたり 資材形成エネルギー (kcal/kW)	備 考	
機	鉄 鋼	9.0	5,370	48,300	400部門連関表<粗鋼>
	銅	9.8	10,570	103,600	<銅>
	鉛	247.0	4,310	1,064,600	<鉛>
	プラスチック類	29.1	18,020	524,400	<熱硬化性樹脂>
器	硫酸	30.0	2,570	77,100	<硫酸>
	ゴ ム	3.6	32,350	116,500	<ゴム製品>
建屋	鉄 鋼	43.9	5,370	235,700	<粗鋼>
	セメント	125.5	1,850	232,200	<セメント>
	砂 利	745.8	—	—	
合 計	1,243.7		2,402,400		

註1) 所要資材量は、ムーンライト計画で開発された鉛電池（出力5 MW、容量40MWh）のデータを採用。
 2) エネルギー一原単位 (kcal/kg) = 昭50生産額 (円) × エネルギー濃度 (kcal/円) ÷ 昭50生産量 (kg)。

表3 揚水発電設備資材形成エネルギー

資材項目	単位出力あたり 資材重量 (kg/kw)	エネルギー 一原単位 (kcal/kg)	単位出力あたり 資材形成エネルギー (kcal/kw)	備 考	
機 器	鉄 鋼	16.9	5,370	90,600	400部門連関表<粗鋼>
	銅	1.3	10,570	13,700	<銅>
	その他	0.7	18,020	12,600	<熱硬化性樹脂>
ダ ム 建 屋	鉄 鋼	23.5	5,370	126,200	<粗鋼>
	セメント	156.0	1,850	288,600	<セメント>
	砂 利	1,032.7	—	—	
合 計	1,230.1		531,700		

註1) 所要資材量は、①出力1,125 MW、貯水容量 9.4×10^7 m³、出力1,000 MW、貯水容量 1.14×10^7 m³、②出力500 MW、貯水容量 3.96×10^6 m³、の3ヶ所の揚水発電所の平均データ(①はアーチダム、②、③はロックフィルダム)⁷⁾。
 2) 資材項目(その他)は主として絶縁被覆物なので、連関表の(熱硬化性樹脂)のデータを採用。

ギーのうち主なものは、イ)資材形成分(鉄, プラスチック, セメントなどの生産), ロ)機器製造分(電池, 発電電動機などの製造), ハ)設備建設分(建屋やダムの建設, 土地造成, 機器設置など), ニ)資材機器輸送分(それぞれの生産現場から設備建設場所への輸送), の四つである。このほか資材や原料などの海外からの輸送分, 設備の技術開発分などもあるが, 前者は推定が極めて困難であり, また後者は全体からすれば無視し得る程度とみられるために考慮しないこととした。

5.3.1 資材形成エネルギー

産業連関分析拡張方式によってもとめた。この場合各機器や建屋などの金額データが得られれば, 産業連関表から算出されるエネルギー濃度を用いて計算することができる。しかしここでは電力貯蔵施設についての各資材別の重量データが主として得られたので, 重量ベースのエネルギー濃度ともいべき原単位を使用して計算を行った。

表2は二次電池の場合の, 表3は揚水発電の場合のそれぞれの設備を作るために用いられる主要資材形成エネルギー原単位(kcal/kg)と, 単位出力あたりの資材形成エネルギー(kcal/kW)を示したものである。エネルギー原単位については, 茅・手塚両氏によりもとめられた昭和50年度部門別金額ベース・エネルギー濃度⁶⁾に昭和50年度生産額を乗じ, これを生産量で除して算出した。

5.3.2 機器製造エネルギー

一部は工場データからの積み上げ方式, 一部は産業連関表データを用いた金額ベースによってもとめた。

鉛電池については, 電気, ガス, 石油使用量の工場データをエネルギー統計での換算率(電気: 2,450 kcal/kWh, ガス: 10,000 kcal/m³, 石油: 9,400 kcal/l)を用いて換算し, 三者の計 $4,913 \times 10^5$ kcal/kWを用いて計算した。また交直変換用インバータについては, 昭和50年度産業連関表<送配電機器>部門のエネルギー濃度と, インバータ工場出荷価格からもとめた 1.008×10^5 kcal/kWを基礎に計算した。

揚水発電については, 昭和50年度における各種機器(発電電動機, ポンプ水車, 変圧器など)の価格と昭和50年度産業連関表<発電機器>部門のエネルギー濃度からもとめた 1.049×10^5 kcal/kWを用いて計算した。

5.3.3 設備建設エネルギー

建設工事に用エネルギーがセメント使用量に比例するものとして計算した⁷⁾。

昭和50年度産業連関表<電力施設建設>部門から<セメント>部門への投入金額をもとめ, これに<電力施設建設>部門のエネルギー濃度を乗じてこのものについての投入エネルギーを算出し, これをセメント使用量で除するとセメント1kgあたりの建設エネルギー 2.217×10^3 kcal/kg(セメント)が得られ, これを用いて計算した。

5.3.4 資材・機器輸送エネルギー

輸送機関による直接消費エネルギーと, 輸送機関の製造時に投入される間接エネルギーの合計であって, その原単位の計算方法は科学技術庁資源調査会の「衣・食・住のライフサイクルエネルギー」(昭和54年)によった⁷⁾。

電池電力貯蔵設備については, トラック輸送のエネルギー原単位に平均輸送距離50km(片道25km, 都市内および近郊の分散設置を想定しているので短距離を仮定)を乗じて直接分61.1kcal/kgを算出した。ついでトラック生産時の投入エネルギーと, 耐用期間中の走行距離, トラックの輸送重量, および前記の平均輸送距離とから, 間接分として10.1kcal/kgを算出した。したがって両者の和71.2kcal/kgを輸送エネルギーの原単位とした。

揚水発電設備については, 砂利を除いた資材機器の平均輸送距離を500km(片道250km, 都市から遠隔の場合が多いので長距離を仮定)砂利の平均輸送距離を200kmと仮定し, 同様の方法によってそれぞれの原単位を482kcal/kg, 282kcal/kgときめた。

以上もとめた原単位を用いて計算した。

5.4 運転時投入エネルギー

運転時に投入される電力(自家消費分)と送電損失分の双方については, 5.1でのべたようにディスチャージ電力量から差し引く方式をとった。

送電損失分は揚水発電のみにかぎり, ディスチャージ電力量の3%を計上した。二次電池の場合は5.3.4でのべたように, 送電端と受電端とが近接しているので考慮しないこととした。

5.5 保修エネルギー

機器類の5%を毎年保修するものと仮定し, 資材形成および機器製造エネルギーの5%分を, 耐用期間中にわたって毎年投入するものとして計算した。

6. 分析結果とその検討

5.3~5.5で計算した値を用い, 5.1でのべた方法で二次電池および揚水の双方の電力貯蔵システムのエ

表4 1,000MW電力貯蔵システム設備投入・
機器保修エネルギー ($\times 10^{10}$ kcal)

投入エネルギーの種類		電池システム	揚水システム
設備投入エネルギー	資材形成エネルギー	422.0	53.2
	機器製造エネルギー	108.0	10.5
	設備建設エネルギー	27.8	34.6
	資材機器輸送エネルギー	11.0	38.7
小計		568.8	137.0
機器保修エネルギー		378.8	33.3
総計		947.6	170.3
耐用期間中総チャージ電力量に対する比率		8.1%	1.4%

- 註1) 鉛電池の充放電サイクル寿命は2,250サイクルを仮定したが、耐用期間内で電池を1回交換することを想定し、その分設備投入エネルギーを余分に見積った。
- 2) 総チャージ電力量は貯蔵効率75% (電池), および70% (揚水) と仮定して算定。
- 3) 熱-電気エネルギーの換算率: $1 \text{ kWh} = 2,450 \text{ kcal}$.

エネルギー比をもとめた。計算を行う上での前提条件は次の通りである。

- ・システム出力: 1,000 MW (二次電池では50MW×20ヶ所)
- ・システム容量: 8,000 MWh (チャージ, ディスチャージとも8時間)
- ・システム耐用期間: 30年
- ・チャージ・ディスチャージ回数: $150 \text{ 回/年} \times 30 \text{ 年} = 4,500 \text{ 回}$
- ・二次電池システム貯蔵効率: 75% (目標値, 電池充放電効率とインバータ効率の合計に自家消費分を加味)
- ・揚水システム貯蔵効率: 70% (実績値, 発電電動機, 水車, ポンプなどの効率合計に自家消費分を加味)
- ・送電損失分: ディスチャージ電力量の3% (揚水システムのみ)

設備投入および機器保修エネルギーは表4に示す通りであるが、これは鉛電池の充放電サイクル寿命を、2,250サイクルと仮定した場合の値であり、したがって耐用30年間で電池を1回交換することとなり、その分だけ設備投入エネルギーを余分に見積っている。

設備投入エネルギーが電池のサイクル寿命でちがっ

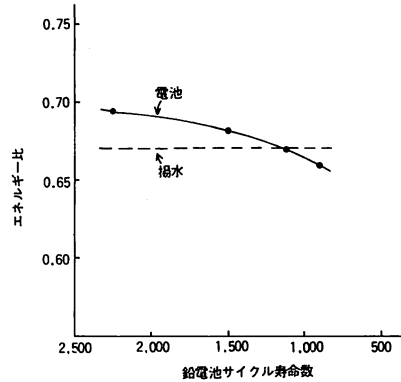


図-3 鉛電池サイクル寿命とエネルギー比

てくるので、エネルギー比はこれの関数となるが、そのことを示したのが図-3である。鉛電池システムの貯蔵効率75%以上 (電池自体の充放電効率85%以上) で、サイクル寿命が1,500サイクル程度以上ならば、電池システムのエネルギー比は揚水システムのそれより大きくなる。

現用の改良型鉛電池についてはこれらの数値は実現されているので、エネルギー分析上の見地からは揚水発電と十分競合可能である。改良型鉛電池の開発目標は充放電効率85%、サイクル寿命2,000サイクル以上となっているので、開発がすすめばなおさら有利となるであろう。

7. おわりに

鉛電池による電力貯蔵システムの設備投入および機器保修用のエネルギーは、揚水システムのその5～6倍程度の値になるにもかかわらず、貯蔵効率の向上が見込めること、電力の消費地近辺での分散設置による送電損失がないことなどの理由により、エネルギー分析結果からみて揚水発電と十分競合できることがわかった。

揚水発電代替としての二次電力貯蔵システムの実用化のためには、コスト面はもちろん、貯蔵効率の増大と設備投入エネルギーの減少をはかることが必要である。前者は電池の充放電効率の向上により、また後者は充放電サイクル寿命の増大と活物質用資材形成エネルギーの減少などによって達成される。鉛電池は100年以上の歴史があり、その製造技術はほぼ完成の域に近いので、充放電効率やサイクル寿命の大幅向上は望みが薄い。またこれを用いたシステムでの設備投入エネルギーの約80%が資材形成成分であり、そのまた半分以上が鉛電池の分であることを考えると、エネルギー

原単位の小さい活物質の探索が重要事である。このことからみて、充放電効率とサイクル寿命がすぐれ、資材形成エネルギーの少ない新型電池の開発が強くのぞまれるところである。

エネルギー・アナリシスが財貨の形成についての1つの評価方法であり、財貨の価値を総合評価するものではないと同様に、本稿で行った分析も余剰電力貯蔵システムについての1つの評価手段であるが、それなりに有効なものであることはもちろんである。現在開発中の新型電池を用いたシステムについては、数多く行われている技術面での評価や経済性の試算などとともに、エネルギー分析的研究をも加えた総合的評価の必要性を強調しておきたい。

おわりにのぞんで、資料およびデータを提供された関西電力(株)、(株)東芝、日本電池(株)の各企業に対して謝意を表するものである。

参 考 文 献

- 1) 未来工学研究所：「蓄エネルギー・システムのテクノロジー・アセスメント」昭和51年度工業技術院技術評価委託調査報告，51-01-02（昭52.3）。
- 2) 田中直治郎：電気学会雑誌，96，496（1976）。
- 3) 野崎 健，金子浩子，小沢丈夫：「二次電池による電力貯蔵技術の可能性」，電子技術総合研究所調査報告第201号（昭54.7）。
電気化学協会エネルギー会議電力貯蔵委員会「電気化学工業と電力貯蔵方式」調査報告書（1986）。
「An assessment of energy storage system suitable for use by electric utilities」，EM-264，EPRI，Project 225，ERDA E（11-1）-2501，Final Report，Vol. II（1976），など。
- 4) 電気学会雑誌「小特集：新型電池電力貯蔵システム」，103，757～785（1983）。
高橋祥夫：サンシャインジャーナル，Vol. 4，No. 3，p. 18（1983），など。
- 5) 茅 陽一（編著）：「エネルギー・アナリシス」，（1980）電力新報社。
- 6) 茅 陽一，手塚哲央：エネルギー・資源，2，351，（1981）。
尚エネルギー・アナリシスの手法についての以下の記述は本論文によった。
- 7) 科学技術庁資源調査会：「衣・食・住のライフサイクルエネルギー」，（昭和54），大蔵省印刷局。

