

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

—要素技術の構造化に基づく定量的技術シナリオと
科学・技術ロードマップ—

Secondary Battery Systems:

Quantitative Technology Scenarios, and Science and Technology Roadmap
based on Elemental Technology Structure

Strategy for Technology Development

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

独立行政法人科学技術振興機構
低炭素社会戦略センター

平成 26 年 3 月

LCS-FY2013-PP-03

概要：蓄電池の製造コスト低減に向けて

蓄電池の普及・利用拡大のためには、豊富な資源を使用しながら、電池性能の向上や低コスト化、低環境負荷を両立する技術開発が必要である。要素技術の開発にあたっては、蓄電池性能向上や製造コスト低減効果など具体的かつ定量的な議論により技術開発課題を設定することが重要である。本取り組みでは、蓄電池性能の向上と製造コストの低減を達成するための要因とその効果を定量的に明らかにし、高性能蓄電池の開発に必要となる具体的な研究開発課題を明確化するため、定量的技術シナリオを用いてコスト構造を評価し、実現に向けた科学・技術のロードマップを作成した。

蓄電池システムの現状および将来の技術進展を考慮した解析結果から、現状の製造コストが 18 円 /Wh_{ST} であり、生産規模拡大、収率改善および高エネルギー密度化により 2020 年に 7 円 /Wh_{ST} (340 Wh_{ST}/kg-battery)、2030 年に 4 円 /Wh_{ST} (600 Wh_{ST}/kg-battery) に至る道筋を示した。この蓄電池技術の進展を考慮した製造コストを評価し、将来の技術開発課題の重要項目を明らかにした。

目次

概要

1. 緒言	1
2. 現状の蓄電池製造コストとコスト低減要因	1
2.1 円筒型蓄電池製造コスト	1
2.2 生産規模および収率改善による製造コストへの影響および現状の製造コスト	3
3. 将来展望	3
3.1 円筒型蓄電池製造コストの展望	3
3.2 定置用蓄電池システム原価の展望	5
4. 技術シナリオ実現に向けた科学・技術ロードマップ	6
5. 政策立案のための提案	7
参考文献	7

1. 緒言

低炭素社会における蓄電池の役割は、再生可能エネルギー（太陽光発電、風力発電等）及び次世代自動車に電力貯蔵機能を持たせ、エネルギー利用効率を高めることにある。しかし、蓄電池の市場形成は緒に就いたばかりであり、一層の性能向上と価格低減が喫緊の課題である。2013 年に改訂された NEDO 二次電池技術開発ロードマップでは、用途別に将来の電池性能とコスト低減目標が示されている。より効率的な技術開発のためには、電池性能や将来のコスト展望、具体的な要素技術開発の関係を定量化し、評価する必要がある。

本取り組みでは、蓄電池性能と構成材料の設定および製造プロセスを設計し、LCS が構築している低炭素技術設計・評価プラットフォームを活用した製造コスト計算により、コストと要素技術の関係を定量化した。さらに、蓄電池技術の進展としてのエネルギー密度および製造条件を明示化した定量的技術シナリオを構築し、将来のコスト低減で核となる技術課題を階層的に整理し、達成目標と達成時期を明確にした科学・技術ロードマップを作成した。

2. 現状の蓄電池製造コストとコスト低減要因

2.1 円筒型蓄電池製造コスト

LCS ではこれまでにリチウムイオン電池を対象とした製造コストを計算し、コスト低減のための技術的検討とコストシナリオを構築してきた^[1]。本稿ではまず、マンガン (Mn) 系、コバルト (Co) 系、ニッケル (Ni) 系の 3 つの円筒型リチウムイオン電池を対象とし、現状の蓄電池のコスト構造を明らかにした。次に将来の技術進展を考慮した定量的技術シナリオを構築し、2030 年までの円筒型蓄電池の製造コスト、定置用（ラミネート型）蓄電池のシステム原価と、技術課題を明らかにした。コスト構造の分析では、電池仕様、製造条件を明確にし、製造プロセスを設計することにより、製造コストおよび環境負荷計算を行った。LCS では、低炭素技術の経済性・環境負荷を定量的に評価するために、「低炭素技術設計・評価プラットフォーム」として、評価手法とその支援基盤を構築してきており、本分析に利用している。

電池仕様は、形状が円筒型蓄電池で、重量当たりのエネルギー密度は製品の蓄電容量および重量から求めた（表 1）。また蓄電池構成材料と重量組成については、電池構造の評価・解析から設定した。

表 1 各種リチウムイオン電池の仕様比較

	Mn 系	Co 系	Ni 系
サイズ	18mm φ × 65mm		
活物質（正極 / 負極）	LiMn ₂ O ₄ / 黒鉛	LiCoO ₂ / 黒鉛	LiNi _{0.85} Co _{0.12} Al _{0.03} O ₂ / 黒鉛
蓄電容量 [Wh _{ST} / 電池]	5.3	8.6	11.2
エネルギー密度 [Wh _{ST} /kg-battery]	125	200	250

電池の単一工場生産規模としては、2010 年頃から年間生産量 1 GWh_{ST}（Wh_{ST}：蓄電池 1 回の充放電容量（単位：Wh）を示す）を超える規模の建設実績がある。そこで、本試算では EV 向けや民生用の更なる市場拡大を想定し、図 1 に示す製造プロセスを設定し、単一工場で年間生産量 10 GWh_{ST} を基準ケースとした。収率は、ヒアリング等を参考にプロセス全体で電極活物質に対し 66% と設定した。製造プロセスは、工程別に製造機器の性能に基づき設計を行っていることから、製造技術が向上した際の効果を定量的に評価することが可能となる。

また製造コストは、製造工程毎に変動費と固定費を求めた。変動費は、投入する原材料の費用と、製造に要する電力・燃料・工業用水等の用役費からなる。固定費では、図 1 の製造プロセスを構成する製造機器に基づき設計された工場の総建設に係る費用として設備費を算出し、工程毎の操業に必要な運転人員から人件費を算出した。実勢価格は製品開発費や一般管理費などにより大きく異なるが、技術開発の観点からは、これらを含まない製造原価を対象に比較している。

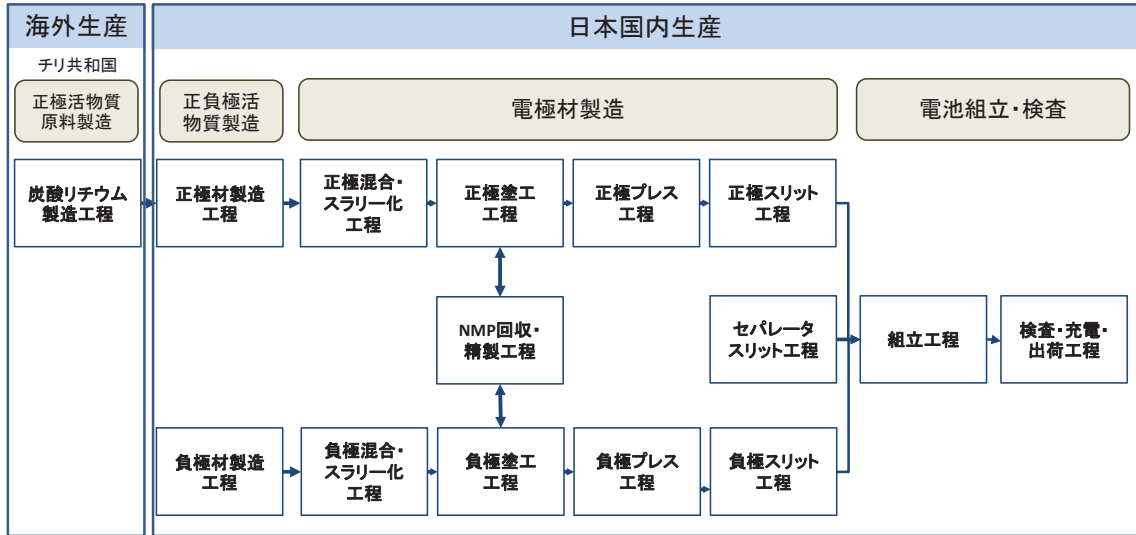


図 1 リチウムイオン電池製造プロセス

以上の、蓄電池性能および製造条件下で求められた円筒型リチウムイオン電池の製造コスト・環境負荷量の計算結果を表 2 に示す。Mn 系、Co 系、Ni 系リチウムイオン電池の製造コストは、各々 17.5 円 /Wh_{ST}、16.2 円 /Wh_{ST}、12.7 円 /Wh_{ST} となっており、そのうち原材料費は 74～81% を占めている。表 3 には、原材料費の構成材料別割合を示す。原材料費が一番高い Co 系リチウムイオン電池では正極材料比率が 52% と高く、特に原料のコバルトは製造コスト全体と比較しても 40% 以上を占めている。また Ni 系、Mn 系リチウムイオン電池では、正・負極材料の原材料費の合計が原材料費の 50% 以上を占めている。蓄電池製造コスト低減には正・負極材料費削減のため、エネルギー密度が高く、かつ資源制約の少ない材料選定が重要である。次いで電解質、セパレータも原材料費で 10% 以上を占めることから、高機能化などによるコスト削減を行う必要がある。

Mn 系と Co 系リチウムイオン電池の正極活物質はそれぞれ LiMn₂O₄ と LiCoO₂ であり、活物質製造原料の MnO₂ と金属 Co の重量あたりの単価では MnO₂ が金属 Co の 1/8 と廉価である。このため、原材料費は Mn 系リチウムイオン電池の方が低くなっている。一方、活物質 LiMn₂O₄ のエネルギー密度は LiCoO₂ と比べて 7 割程度と低いため、Mn 系リチウムイオン電池では Co 系と比べて約 1.5 倍の原材料投入量となるため用役費が増大し、変動費としては差異がない。しかし、原材料投入量増大に伴う固定費（設備費・人件費）増加分により、Mn 系での製造コストは Co 系より高くなる。以上より、リチウムイオン電池の全体の製造コストでは、エネルギー密度の低い Mn 系リチウムイオン電池の方が Co 系より高い。本結果は廉価な活物質原料を使ったとしても、エネルギー密度が低い材料を用いたのでは製造コストは低減しないことを示している。

一方、Ni 系リチウムイオン電池は、Co 系リチウムイオン電池と比べてエネルギー密度は 1.25 倍高く、原材料投入量が Co 系と比べ 8 割程度となり、製造コストは 8 割程度に低減される。以上に示したように、蓄電池の高エネルギー密度化は、製造コスト低減につながる事が明らかになった。

表 2 円筒型リチウムイオン電池の製造コスト比較

		Mn 系	Co 系	Ni 系	
生産規模 [GWh _{ST} /y]		10	10	10	
収率 [%]		66	66	66	
エネルギー密度 [Wh _{ST} /kg-battery]		125	200	250	
製造コスト [円 /Wh _{ST}]	変動費	原材料費	12.9	13.2	10.2
		用役費	0.8	0.5	0.5
	固定費 (設備費・人件費)		3.8	2.5	2.0
	合計		17.5	16.2	12.7
CO ₂ 負荷量 [g-CO ₂ /Wh _{ST}]		132	170	110	

表 3 円筒型リチウムイオン電池の原材料費の構成材料別割合

構成材料	Mn 系	Co 系	Ni 系
正極材料	23 %	52 %	39 %
負極材料	26 %	18 %	26 %
セパレータ	21 %	13 %	15 %
電解液	17 %	10 %	15 %
その他	13 %	7 %	5 %
合計	100 % (12.9 円 /Wh _{ST})	100 % (13.2 円 /Wh _{ST})	100 % (10.2 円 /Wh _{ST})

2.2 生産規模および収率改善による製造コストへの影響および現状の製造コスト

製造条件改善によるコスト低減方法として、生産規模拡大および収率改善があげられる。生産規模拡大によるコスト低減効果は、Co 系リチウムイオン電池を収率 66% で製造する場合、1 GWh_{ST} から 10 GWh_{ST} へ規模を拡大することにより製造コストは 17.6 円 /Wh_{ST} から 16.2 円 /Wh_{ST} まで低減する。Co 系リチウムイオン電池を 10 GWh_{ST} 規模で製造する場合、収率 66% から 90% に向上することにより製造コストは 16.2 円 /Wh_{ST} から 12.5 円 /Wh_{ST} まで低減する。しかし、蓄電池の普及・利用拡大のためには、以上の結果に示す収率の改善と生産規模の拡大だけでは製造コストの低減は十分ではなく、高エネルギー密度化によるコスト低減が重要である。

3. 将来展望

3.1 円筒型蓄電池製造コストの展望

円筒型蓄電池製造コストの将来展望を描くに当たり、製造条件を以下のように設定した。現状の生産規模は建設実績のある年産 1 GWh_{ST} 製造プラントとし、電気自動車、定置用蓄電池などの普及が予想される 2020 年、2030 年では 10 GWh_{ST} 製造プラントを想定した。また将来の収率は 90% と設定した。

現状の円筒型リチウムイオン電池の製造コストと、将来の技術進展を考慮した製造コスト展望を表 4 に示す。技術水準としては、現状のケースではすでに普及している現状技術を、2020 年では現在見えている技術を、2030 年では現在見つかった原理を応用した大幅な技術水準の向上を想定している。現状ケースでは Co 系リチウムイオン電池を対象とし、2020 年と 2030 年のケースでは後述するエネルギー密度を達成する活物質材料の組み合わせの一例として、表中の活物質における製造コストを計算している。

2020 年、2030 年の技術進歩を推定し、高容量・高電位化された正・負極活物質の性能を設定

して 2020 年に 340 Wh_{ST}/kg-battery、2030 年に 600 Wh_{ST}/kg-battery となるエネルギー密度を算出した。それぞれの製造コストは、2020 年は円筒型蓄電池を年間生産量 10 GWh_{ST}、収率 90% の条件下で 7 円 /Wh_{ST} となり、2030 年は 4 円 /Wh_{ST} となる。大量生産に伴う原材料の調達コスト削減が見込まれる場合は、さらなる製造コスト低減が期待される。

表 4 円筒型蓄電池の製造コストの展望

		現状	2020 年	2030 年	
生産規模 [GWh _{ST} /y]		1	10	10	
収率 [%]		63	90	90	
エネルギー密度 [Wh _{ST} /kg-battery]		200	340	600	
活物質 ※		LiCoO ₂ / 黒鉛	固溶体系正極材 / カーボン系負極材	ABO ₃ 型正極材 / シリコン系負極材	
蓄電容量 [Wh _{ST} / 電池]		8.6	15	32	
サイズ		18mm φ × 65mm			
製造コスト [円 /Wh _{ST}]	変動費	原材料費	13.6	4.8	2.7
		用役費	0.6	0.3	0.1
	固定費 (設備費・人件費)		4.0	1.4	0.9
	合 計		18	7	4

※ 2020 年、2030 年の活物質材料の組合せは多数ある。ここでは、表中の活物質での計算例を示す。

表 5 現状および次世代円筒型蓄電池の原材料費の構成材料別割合

	現状	2020 年	2030 年
正極材料	53 %	25 %	38 %
負極材料	18 %	29 %	23 %
セパレータ	12 %	19 %	17 %
電解液	10 %	21 %	15 %
その他	7 %	6 %	7 %
合計	100 % (13.6 円 /Wh _{ST})	100 % (4.8 円 /Wh _{ST})	100 % (2.7 円 /Wh _{ST})

現状のリチウムイオン電池では、製造コストに占める原材料費の割合が 70% 以上と高い。原材料費の削減には、高エネルギー密度化による原材料必要量の削減と、資源制約の少ない材料の選定、例えば正極活物質の主要構成材では Co 代替材料の選定が有効となる。表 5 に、円筒型蓄電池の製造コストの展望における原材料費の構成材料別割合の結果を示す。現状の原材料費は 13.6 円 /Wh_{ST} であるのに対し、収率改善や正・負極活物質の高容量化・高電位化によって、原材料費は 2020 年に 4.8 円 /Wh_{ST}、2030 年に 2.7 円 /Wh_{ST} と低減する。セパレータ、電解液の原材料費の合計は原材料費全体に対し 2020 年に 40%、2030 年に 32% であり、セパレータおよび電解液の低コスト化につながる材料開発も重要である。

2020 年では、現状の 1.7 倍のエネルギー密度となる 340 Wh_{ST}/kg-battery の円筒型蓄電池の開発が見込まれ、そのためには正極活物質の高容量化・高電位化が重要な研究開発課題となる。正極活物質の高容量化・高電位化は、負極活物質が黒鉛では固溶体系正極活物質のような 1 モルあたりの含有 Li 数が 1.2 以上の高容量化・高電位化の活物質で、900 ~ 950 Wh_{ST} /kg-active material を上回る技術開発が必要となる。この高エネルギー密度化により製造コストは 7 円 /

Wh_{ST} まで低減する。この際、高エネルギー密度化に伴う原材料量必要量の削減と、正極活物質の主要構成材として Co 代替材料を選定することにより、原材料費は大きく低減した。

2030 年は、現状の 3 倍のエネルギー密度 600 Wh_{ST}/kg-battery まで高めることで、製造コストは 4 円 /Wh_{ST} に低減可能であることが分かった。この高性能蓄電池開発には、正・負極活物質の高容量化・高電位化が必要である。正極活物質としては、ABO₃ 型正極材などの高容量・高電位で 1200 Wh_{ST} /kg-active material 以上を実現する新規材料開発、負極活物質としては、シリコン系のような高容量材で理論容量約 50% となる 2000 mAh/g 以上を実現する材料開発が必要となる。

3.2 定置用蓄電池システム原価の展望

円筒型蓄電池の製造コストの展望（表 4）では、2030 年にエネルギー密度が 3 倍のとき製造コストは現状の約 1/5 となり、これは電気自動車用蓄電池の高性能化と低コスト化が両立することを示している。次に、利用拡大が期待される定置用蓄電池システムについての検討を行った。

本稿で取り上げる定置用蓄電池システムは、表 6 に示すように蓄電池、保護・制御回路、収納ユニットにより構成される。また、蓄電池はラミネート型を想定し、蓄電池システム容量は 1 台あたり 6 kWh_{ST} と設定した。ラミネート型リチウムイオン電池は、容器・端子以外は円筒型蓄電池と同じ電極材料で構成されている。電極はパウチ材で包材し、そのセルは収納箱により保護される。定置用蓄電池システムの基準ケースには Ni 系リチウムイオン電池を設定した。

2020 年、2030 年における定置用蓄電池システムにおける蓄電池は、表 4 で想定した電極材料と同じものとした。ラミネート型蓄電池のエネルギー密度およびコスト計算の結果を、表 6 の“定置用蓄電池性能”、“蓄電池”欄に示す。定置用蓄電池システム原価は蓄電池コストの約 1.5 倍であり、2030 年のシステム原価は蓄電池の高性能化を考慮して 6 円 /Wh_{ST} までコスト低減することが分かった。定置用蓄電池システムの低コスト化には、蓄電池コストが占める割合が 60% 以上と大きいことから、蓄電池セルのコスト低減が重要である。

表 6 定置用蓄電池（ラミネート型）システム原価の展望

		基準ケース	2020 年	2030 年
定置用蓄電池性能 ¹⁾ [Wh _{ST} /kg-system]		200	265	490
活物質 ²⁾		LiNi _{0.85} Co _{0.12} Al _{0.03} O ₂ /黒鉛	固溶体系正極材 / カーボン系負極材	ABO ₃ 型正極材 / シリコン系負極材
蓄電池 システム原価 [円 /Wh _{ST}]	蓄電池	13	7	4
	保護・制御回路	3.3	1.7	0.8
	収納ユニット	2.7	2.3	1.6
	合計	19	11	6

1) 定置用蓄電池はラミネート型蓄電池と収納箱で構成される

2) 活物質材料の組合せは多数あり

以上の製造コストの分析の結果から、将来の技術開発課題としては、特に正・負極活物質において、下記の技術開発課題が重要であることが明らかとなった。

- ・正極活物質は、エネルギー密度 340 Wh_{ST}/kg-battery の蓄電池で、固溶体系正極活物質材料などのような 1 モルあたりの含有 Li 数が 1.2 以上の高容量化・高電位化な活物質、900 ~ 950 Wh_{ST} /kg-active material を上回る技術開発が必要である。この実現のためには、異相界面構造制御やナノ粒子・ネットワーク制御技術開発が重要となる。また、エネルギー密度 600 Wh_{ST}/kg-battery の蓄電池においては、正極活物質の更なる高容量化や高電位化、ABO₃ 型正極材などの

高容量・高電位材料で $1200 \text{ Wh}_{\text{ST}}/\text{kg-active material}$ 以上を実現する新規材料開発が必要となる。

- 負極活物質は、エネルギー密度 $340 \text{ Wh}_{\text{ST}}/\text{kg-battery}$ の蓄電池開発で、負極活物質の高容量化を進めつつも、正極活物質の高容量化・高電位化がより重要である。エネルギー密度 $600 \text{ Wh}_{\text{ST}}/\text{kg-battery}$ の蓄電池ではシリコンのような高容量材の開発が重要である。正極活物質の材料開発が $1200 \text{ Wh}_{\text{ST}}/\text{kg-active material}$ 程度では、負極活物質は充放電時の最大 4 倍の体積膨張・収縮を抑制する技術や異相界面反応・構造制御技術などにより、シリコン系の理論容量約 50% の 2000 mAh/g 以上を実現する材料開発が必要となる。

4. 技術シナリオ実現に向けた科学・技術ロードマップ

定量的技術シナリオに基づき、蓄電池性能を高め、製造コストを低減するために必要な技術開発課題を図 2 の蓄電池の科学・技術ロードマップに示した。蓄電池の科学・技術ロードマップには、縦軸方向にスケール別の研究・技術開発課題を、横軸には将来の蓄電池セル性能と製造コストの展望が示されている。また図 2 では、各年次で想定される蓄電池性能 ($\text{Wh}_{\text{ST}}/\text{kg}$) 向上と製造コスト低減の実現のため、特に必要となる技術開発課題を矢印で示している。

これまでの定量的技術シナリオの検討から、蓄電池製造コスト低減のためには正・負極活物質、電解質、セパレータ材の高性能化が、蓄電池ライフサイクルコストでは長寿命化によるコスト低減が重要であることが明らかになった。

より具体的な技術開発課題としては、2020 年に想定したエネルギー密度 $340 \text{ Wh}_{\text{ST}}/\text{kg-battery}$ の蓄電池開発には特に正極活物質の開発が重要である。現状の Co 系、Ni 系正極活物質の容量は、理論容量の約 50～70% の $150 \sim 190 \text{ mAh/g}$ で、負極活物質の容量と比べて半分程度と低い。この正極活物質を理論容量まで高容量化しても、黒鉛との組み合わせではエネルギー密度 $340 \text{ Wh}_{\text{ST}}/\text{kg-battery}$ の蓄電池の実現は難しい。蓄電池の性能は正・負極活物質の容量と電位に依存することから、特に固溶体系正極活物質材料などのような 1 モルあたりの含有 Li 数が 1.2 以上の高容量化・高電位化な活物質で、 $900 \sim 950 \text{ Wh}_{\text{ST}}/\text{kg-active material}$ を上回る技術開発が必要である。具体的には、高容量・高電位が期待される正極活物質で、充放電時に起こる結晶構造変化を抑制するための異相界面構造制御、高い充放電速度や出力を得るための活物質粒子比表面積の向上や電極材構造を制御するためのナノ粒子・ネットワーク技術開発が必要となる。

2030 年に想定したエネルギー密度 $600 \text{ Wh}_{\text{ST}}/\text{kg-battery}$ の蓄電池開発には、現状の蓄電池から正・負極材ともに大幅な高性能材料開発が必要となる。負極活物質もシリコンのような高容量材の開発が必要であり、正極活物質の材料開発が $1200 \text{ Wh}_{\text{ST}}/\text{kg-active material}$ 程度では、負極活物質は充放電時の最大 4 倍の体積膨張・収縮を制御する技術開発や異相界面反応・構造制御技術開発が必要となる。また、長寿命化の技術開発を行うためにも反応・劣化機構解明は必要であり、さらに蓄電池の高エネルギー密度化に伴い新電解質開発もコスト低減の観点から重要となる。

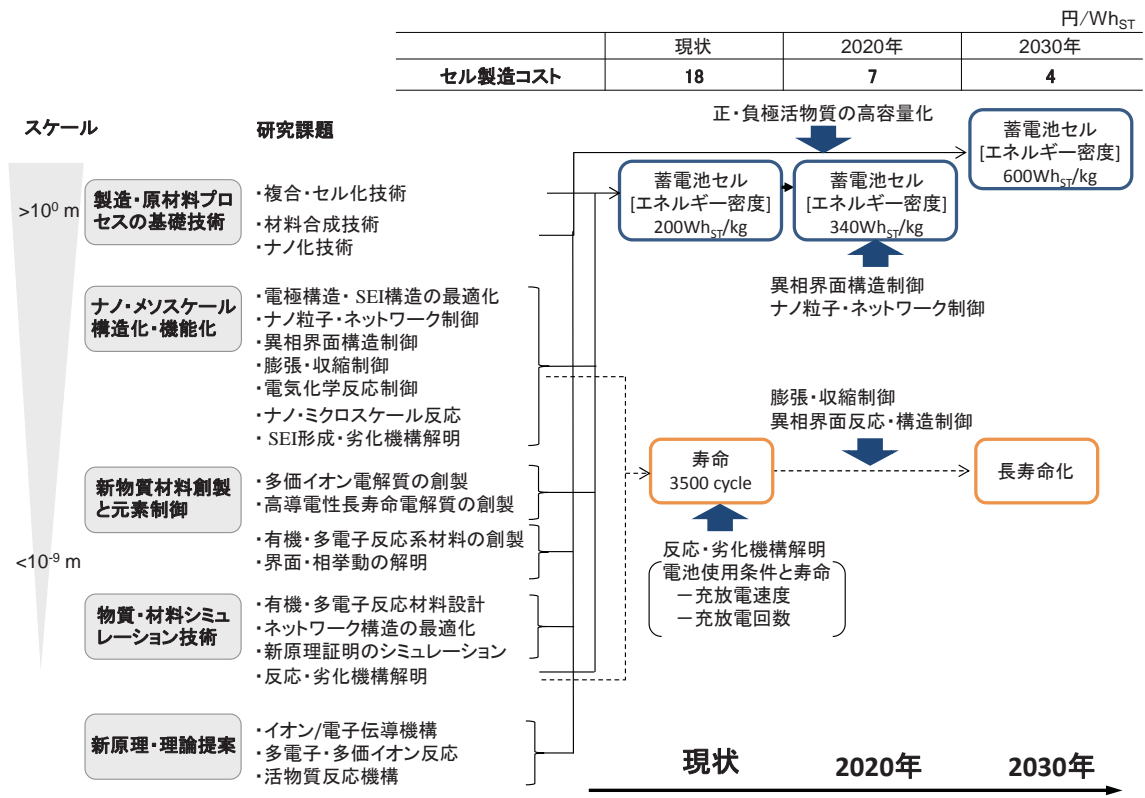


図2 蓄電池の科学・技術ロードマップ

5. 政策立案のための提案

LCSの低炭素技術設計・評価プラットフォームを用いた定量的技術シナリオを構築し、コスト低減と研究課題を経時的に示した。蓄電池の製造コストが現状18円/Wh_{st}から2020年に7円/Wh_{st}、2030年に4円/Wh_{st}に至る道筋を示した。

2030年に向けたエネルギー密度向上、コスト低減に関する目標値が達成されると、定置型電源、電気自動車用途などの大きな市場が形成される。そのためには、下記研究課題の解決を推進する政策が必要となる。

- 蓄電池製造コスト低減には高エネルギー密度化が有効であり、正・負極活物質の高容量化・高電位化につながる新規材料開発、異相界面反応・構造制御、ナノ粒子・ネットワーク制御に関する研究課題が重要である。
- 蓄電池ライフサイクルコスト低減には長寿命化が有効であり、実現に向けて材料の膨張・収縮制御、異相界面反応・構造制御、反応・劣化機構解明に関する研究課題が重要である。

参考文献

- [1] 科学技術振興機構・低炭素社会戦略センター「低炭素社会づくりのための総合戦略とシナリオ」, p.134, 平成24年7月

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
—要素技術の構造化に基づく定量的技術シナリオと
科学・技術ロードマップ—

Secondary Battery Systems:
Quantitative Technology Scenarios, and Science and Technology Roadmap
based on Elemental Technology Structure
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,
2014.3

独立行政法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター

平成 26 年 3 月

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 上席研究員 三森 輝夫 (Teruo MITSUMORI)
上席研究員 岩崎 博 (Hiroshi IWASAKI)
- 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
<https://www.jst.go.jp/lcs/>

© 2014 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。
