

## 第 56 回電池討論会

神鋼リサーチ（株）大西 隆

2015 年 11 月 11 日から 13 日までの 3 日間、第 56 回電池討論会が愛知県産業労働センターで開催された。電池討論会は電気化学会電池技術委員会が主催する研究会で、例年秋期に開催されている。電気化学会の本大会を凌ぐ参加者があり、電池に関する国内最大の学会と位置付けられる。第 56 回電池討論会でも約 2,400 名の参加者があり、盛況に行われた。

過去 8 年間の参加者数は表 1 に示すとおりであり、2009 年以降は 2000 名以上の参加者があり、活況を呈している。

表 1. 電池討論会における参加者数の推移

年次	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
参加者数	1500	2000	2300	2500	2400	2000	2400	2400
開催地	大阪	京都	名古屋	東京	福岡	大阪	京都	名古屋

第 56 回電池討論会は、561 件の講演が 9 会場に分かれて行われた。会場数は 9 会場であるが、セッション数は 15 であり、昨年（セッション数 11）よりも増加した。

過去 5 年の電池討論会におけるセッション毎の発表件数を表 2 に示す。全講演の約 58% をリチウムイオン電池（LIB）が占めている。この傾向はこれまでどおりであるが、講演件数の内訳は昨年までとは異なっている。「正極」「大型・安全・評価」に関する講演件数が大幅に減少した一方で、「バインダー」「電極構造」「分析・解析」に関する講演件数が増加し、それぞれ独立したセッションが設けられた。全固体電池、金属-空気電池などの次世代二次電池に関する講演件数は全体的に増加したが、燃料電池に関する講演件数は減少した。燃料電池は FCV「MIRAI」の発売により講演件数の増加が期待されたが、講演比率が 11% となり、研究人口が減少しているように思われる。

表 2. セッション毎の発表件数の推移

		第 52 回 (2011 年)	第 53 回 (2012 年)	第 54 回 (2013 年)	第 55 回 (2014 年)	第 56 回 (2015 年)
1	NEDO シンポジウム	85	-	-	-	-
2	リチウム電池（正極）	79	131	122	109	63
3	リチウム電池（負極）	47	77	73	50	56
4	リチウム電池（電解質）	9	30	28	34	29
5	リチウム電池（大型・安全・評価）	47	49	64	89	55
6	リチウム電池（電極構造）	-	-	-	-	17
7	リチウム電池（バインダー）	-	-	-	-	10
8	リチウム電池（分析・解析）	-	-	-	-	6
9	リチウム電池（全固体）	41	37	29	44	57
10	リチウム電池（ポリマー）			7	-	-
11	金属-空気電池	17	30	43	50	55
12	リチウム硫黄電池	-	-	-	-	11
13	ナトリウムイオン電池	39	48	47	34	35
14	その他の電池			28	41	59
15	燃料電池	114	117	74	88	56

16	電気化学キャパシタ	22	17	9	8	17
17	国際シンポジウム	53	66	61	46	52
合計		553	602	585	593	578

(注記) 黄色の網掛けは今回の研究会で新設されたセッション

LIB 研究は、正極、負極、電解質等の材料開発が主体になっている。

LIB 正極材料の研究では、高容量化、高出力化 (充放電レートの高速化)、高寿命化、高安全化、低コスト化が開発目標に掲げられているが、このうちエネルギー密度の向上を狙った材料研究が多く、高容量材料や高電圧材料の探索が進められている。

高容量材料に関しては、傑出した容量を有する正極材料として「Fe 置換  $\text{Li}_2\text{MnO}_3$ 」「 $\text{Li}_2\text{FeSiO}_4/\text{C}$  複合材料」「 $\text{LiF}/\text{NiO}$  複合材料」が研究対象になっている。

高電圧材料に関しては、従来の正極材料の電位が 4.3 V (定格電圧: 3.7 V) であるのに対して、5.0 V 程度の高電圧で動作する正極材料として「 $\text{Li}_x\text{Ni}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$  ( $x \leq 0.2$ )」「 $\text{LiCoMnO}_4$ 」「 $\text{LiCoPO}_4$ 」が研究対象になっている。

正極材料に関しは、これまで材料開発に関する講演がほとんどであったが、今回の研究会では相安定性の観点から「正極材料の構造解析」「正極材料の充放電時の構造変化」「正極材料の構造変化と特性劣化の相関」などを対象にした講演、「充放電機構」を対象にした講演が目立った。研究対象が材料開発一辺倒から劣化解析、充放電機構解析に移行している様子が窺える。

LIB 負極材料の研究では、高容量負極である「Sn 系 ( $\text{SnO}$ 、 $\text{SnO}_2$  系含む)」「Si 系 ( $\text{SiO}$  系含む)」に加えて、高安全性負極である「LTO 系 ( $\text{TiO}_2$  系含む)」が主要な研究対象になっている。なかでも、高容量負極材料の対象は Si 系材料に収斂しており、Si 系負極が実用化段階に近づいているため、LIB 負極材料の講演件数は大幅に増加している。

全固体電池は LIB に使用されている有機電解液を固体電解質に置き換えた電池であり、可燃性液体を使用しないため発火の恐れがなく、安全性を大幅に向上できる。また電解質を固体にすることにより、制御システムや構造を簡略化でき、高電圧かつ高容量の電池パックが実現できることから、車載用の大型蓄電池として注目されている。全固体電池を実用化するためには、導電率の高い固体電解質を開発し、電極活物質と良好に電気接触する反応界面を形成する必要がある。

全固体電池に使用される固体電解質は「酸化物系」と「硫化物系」の 2 系統に大別できる。イオン伝導率の高い硫化物系無機固体電解質が有望視されているが、今回の研究会では「硫化物系」に比べて「酸化物系」の講演件数が多くなっている。(材料開発に係わる講演件数は、硫化物系: 11 件、酸化物系: 16 件であり、全固体電池 (全般) に係わる講演件数は、硫化物系: 22 件、酸化物系: 25 件であった。)

硫化物系無機固体電解質では、イオン伝導率が高いため最も有力な固体電解質とされている「 $\text{Li}_2\text{S}-\text{P}_2\text{S}_5$ 」が主な検討対象になっている。新規な硫化物系無機固体電解質としては、「 $\text{Li}_{3+5x}\text{P}_{1-x}\text{S}_{4-z}\text{O}_z$  ( $x=0.03 \sim 0.08$ 、 $z=0.4 \sim 0.8$ )」「 $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Br}$ 」「 $\text{Li}_{10}\text{GeP}_2\text{S}_{12}$ 」などが研究対象となっている。

酸化物系固体電解質は未だ開発途上にあり、「LLZO ( $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ )」「LLTO ( $\text{Li}_3\text{La}_2/3\text{TiO}_3$ )」「LATP ( $\text{Li}_{1.3}\text{Al}_{0.3}\text{Ti}_{1.7}(\text{PO}_4)_3$ )」などをベースにした材料開発が進められている。LLZO 系では、「 $\text{Li}_{7-x-3y}\text{Al}_y\text{La}_3\text{Zr}_{2-x}\text{Ta}_x\text{O}_{12}$ 」「 $\text{Li}_{6.25}\text{Al}_{0.25}\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}(\text{Al}$  ドープ LLZ)」が検討されている。一方、LLTO 系の講演は少なく、LLZO と LLTO を固溶させた系 (LLZO + LLTO 系) の講演が多い。LLZO + LLTO 系では「 $\text{Li}_{6.5}\text{La}_3\text{Zr}_{1.5}\text{Ta}_{0.5}\text{O}_{12}$ 」

「 $\text{Li}_{6.5}\text{La}_3\text{Zr}_{1.5}\text{Ta}_{0.5}\text{O}_{12}$ 」 「 $\text{Li}_{6.5}\text{La}_3\text{Zr}_{1.75}\text{Nb}_{0.25}\text{O}_{12}$ 」 が検討されている。

全固体電池のメリットとして、高安全性、制御システムや構造の簡略化に加えて、バイポーラー電池を実現できることが挙げられる。バイポーラー電池にすることにより、電池反応の副反応を防止でき、電池セルをコンパクト化できる。したがって、全固体電池の開発に当たっては、バイポーラー電池の実現を視野に入れて開発を行う必要がある。

金属-空気電池は、負極に金属、正極に空気（酸素）を用いる二次電池である。大気中の酸素を正極活物質にするため、正極活物質を電池に内蔵する必要がなく、LIB よりも高エネルギー密度化できる電池として注目されている。

金属-空気電池は使用する電解液の種類により「水系」と「非水系」に分類できる。今回の研究会では「水系」と「非水系」はセッションが分けられ、空気電池（水系）の講演：26件、空気電池（非水系）の講演：32件（合計：58件）が行われた。

重量当たりのエネルギー容量が最も大きい点で魅力ある電池はLi-空気電池である。そのため、空気電池（非水系）の講演のほとんどはLi-空気電池に関する講演（講演件数：27件）であった。Li-空気電池は高容量化が図れる点で魅力ある電池であるが、不可逆容量が大きい、出力特性が低い、充放電サイクル特性が悪いといった課題があり、金属-空気電池の中で最も実用化が遠い電池と位置付けられている。そのため、空気電池（非水系）のセッションでは、「電解質の改善による電池特性の安定化」「放電時の反応解析」「放電時に生成するリチウム酸化物 ( $\text{Li}_2\text{O}_2$ 、 $\text{Li}_2\text{O}$ ) の生成・分解メカニズム」に関する講演が行われた。

LIB を主体とする高性能蓄電池は、車載用蓄電池への普及・拡大に向けて、着実に進歩している。また、既存の高性能二次電池 (LIB) に対して、LIB に替わる新しいタイプの二次電池（次世代二次電池）の研究も活発に行われている。

将来において、LIB はどこまで進歩し、次世代二次電池はどのタイプの電池が実用化されていくかが最大の関心事であり、電池討論会への参加・聴講を継続させ、二次電池および燃料電池の研究動向・開発状況を注視していきたい。

電池討論会は電池技術に関する国内最大級の学会（研究会）であり、これに参加することにより電池技術全般にわたる国内の研究開発動向を窺い知ることができる。筆者は2009年から現在までの7年間にわたり電池討論会に継続参加しており、講演内容のマクロ解析から電池技術の全体感が明らかにすると共に、開発動向、研究注力の変化などの把握に務めてきた。今後も継続参加して、電池技術の情報発信に努めていきたい。

以上