

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：11501

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23310107

研究課題名(和文) マイクロ電極と赤外線顕微鏡を用いたリチウムイオン二次電池の安全性評価技術

研究課題名(英文) Safety Evaluation of Lithium Ion Secondary Batteries by using Ultramicroelectrodes and Infrared Microscopy

研究代表者

仁科 辰夫 (Nishina, Tatsuo)

山形大学・理工学研究科・教授

研究者番号：60172673

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,400,000円、(間接経費) 4,620,000円

研究成果の概要(和文)：マイクロ電極を使用した内部短絡評価は、微細線が熔融断線し、内部短絡の継続が困難であり、金属微粉の混入による内部短絡は発火事故の主因とは考えにくい。炭素導電助剤にFeが不純物として入っており、このFeが正極で酸化溶解し、負極で還元されてセパレータを貫通するほどの析出状態になることを確認した。これが内部短絡の主因と考える。有機電解液の引火点の調査では、120以上の温度が必要であった。新たに開発した電流遮断法による電池内部抵抗の評価では、電解液の物質移動支配では発火に至るような高温状態にはなりにくい。以上より、Fe析出が内部短絡を引き起こしても過充電を続けたために発火事故に至ると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Safety issue of lithium secondary batteries have been investigated. Unfortunately, the application of infrared microscopy to monitor the temperature increasement for microscopic scale would not work due to the interference by the thick electrolyte solution on the electrode. The application of microelectrode as the model for shorted circuit caused by the micro-particle of metals was also would not work due to the fused out of very thin Pt wire. According to the current interrupt technique, rate determining step of battery reaction was the ion transfer process of electrolyte solution. We also found that the carbon conductive agent include the Fe impurity. This Fe dissolve/precipitate at anode/cathode and makes shorted circuit throughout the separator.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・社会システム工学・安全システム

キーワード：安全工学 リチウム電池 マイクロ電極 内部短絡 赤外線顕微鏡 過充電 電流遮断法 リチウムロス

1. 研究開始当初の背景

電気自動車の実用化が本格的に進行しつつある。これはリチウムイオン二次電池の高性能化に負うところが大きい。特に充電時間の短縮、すなわち電池の急速充放電化が最大の難点であった。これに対して、我々は急速充放電への鍵となる現象の発見から、平成9年より「急速充放電リチウムイオン二次電池の実現」を提案した。また、30秒充放電を実現した電極の試作・評価に成功し、2002年6月14日の日本経済新聞に報道され、これを契機に技術開発ベンチャーであるエナストラクト(株)が起業化され、1分充放電の電池試作にも成功している。これにより、リチウムイオン二次電池の電気自動車への応用に道が開け、現在の電気自動車ブームのきっかけとなっている。

電気自動車実用化に向けた最大の問題点は安全性と寿命である。ソニー製リチウムイオン二次電池の発火・爆発事故が世界規模で大きな問題となり、500億円を超えるリコール損失となった。この原因は、セパレータ内にAl微粉体が混入したためと説明されているが、我々は実電池の解体研究において、セパレータを貫通するFeの微粉体をEDX観察にて発見している。Alは正極の電位では不動態化しており、表面は絶縁体である。それにも関わらず、絶縁体である不動態皮膜を通して短絡電流が発生する原因は何なのか、何故にAlが内部短絡の原因なのかを誰も明らかにしていない。Feの微粉体では内部短絡はどのようになるのか、早急に明らかにする必要がある。

この事故以来、ソニーばかりではなく、三洋電機、松下電池工業でも同様な事故を起こし、リコールを実施している。これらの事故は、ハイブリッド自動車(HEV)や電気自動車(EV)の実用化に向けて大きな障害となっており、リチウムイオン二次電池の安全性向上が望まれている。我々が実施した一般的な携帯電話用電池の釘刺し試験の例では、釘が刺さった1秒後には発火・爆発に至っている。しかし、このような実験は非常に危険性が高く、わが国の電池工業界でも、消防法の規制がらみでHEVやEV用電池の安全性確認法に関して困難を極めている状況にある。ここに、安全に発火・爆発に至る機構を確認する新規評価法の開発の意義がある。

2. 研究の目的

リチウムイオン二次電池(LiSB)の安全性に関して、微小な試料で安全に発火・爆発事故に至る過程を検証するため、ガラスキャピラリーに金属細線をシールしたマイクロ電極を擬似金属片異物とし、内部短絡状態を制御した状態で観察評価する新規評価技術の研究開発を行う。

- (1) 発火・爆発事故に至る過程を安全に検証するためのマイクロ電極観察・評価装置の製作
- (2) 正極活物質コンポジット、負極活物質コンポジット、セパレータの発熱過程をデジタル顕微鏡、赤外線顕微鏡を用いてビデオ観察し、本研究で提案するマイクロ電極を擬

似金属片異物としたリチウムイオン二次電池安全性評価法の有効性の実証

- (3) 異物がAl, Fe, Ni, ステンレスで、どれだけ内部短絡を誘発する程度が違うのか数値化する

3. 研究の方法

(1) マイクロ電極の作成

マイクロ電極内部の金属細線には直径10 μ mのPt細線を基本とする。マイクロ電極作成用のキャピラリープーラー、マイクロフォージ、研磨機を新規導入して効率化を図る。

(2) マイクロ電極観察・評価装置の製作

- ① 光学顕微鏡には、現有するHirox製デジタル顕微鏡Hi-Scope2400型(長焦点鏡筒)、赤外線顕微鏡には現有するAVIO製TVS-8500型を採用し、これらに共通に使用できるステージを設計・製作する。
- ② マイクロ電極のハンドリングを容易なものとするため、参考にするシステムと同様にマイクロ電極側にマイクロマニピュレータを装着するか、電気化学セルの下部にX-Y-Zステージを置いたものにするかを検討する。
- ③ 装置系全体を現有するドライルーム(作業員2名の条件で室内露点温度-32 $^{\circ}$ C、噴出し口露点温度-60 $^{\circ}$ Cを保証)内に設置し、電気化学測定セル部分には露点温度-60 $^{\circ}$ Cの噴出し口空気を局所吹き付けする。
- ④ 活物質コンポジット電極とマイクロ電極の電位を独立に任意に設定できるようにするため、現有するポテンシオスタット装置を改造し、バイポテンシオスタットとする。

(3) マイクロ電極を擬似金属片異物としたリチウムイオン二次電池安全性評価法の有効性の実証

コンポジット電極を作成し、マイクロ電極観察・評価装置を用いて、内部短絡状態を模擬した条件での発熱過程を観察・検討する。

(4) 実電池内部抵抗の評価技術の開発

これは、蓄電エネルギーを内部短絡により解放するためには、電池反応速度の制限を受けることから、電流遮断法による電池内部抵抗の高精度評価技術を開発し、外部電源が接続されていない放電状態での内部短絡が発火事故の原因となりうるかを評価する。

(5) 有機電解液の引火点調査

有機電解液の引火点や難燃性付与が、発火事故にどれほどの効果をもたらすのかを、実際の電解液の引火点調査により見積もる。火炎引火と電気スパーク引火、空気の有無をパラメータとして簡便な測定法を開発する。

4. 研究成果

(1) マイクロ電極観察・評価装置の製作

東北大学末永教授の方法により、図1に示すように直径10 μ mのPt細線をガラスキャピラリーに封入したマイクロ電極の作成に成功した。



図1 マイクロ電極

(2) マイクロ電極観察・評価装置の製作

図2に示したマイクロマニピュレータ系を装着した観察系を簡易版として作成し、ドライルームに設置する予定を震災により延期した。赤外線顕微鏡による温度変化の観察では、実際の接触部分よりも顕微鏡レンズ側に厚い電解液層があり、温度変化の微細領域の測定は困難だったため、残念ながらこれ以上の改良を断念した。

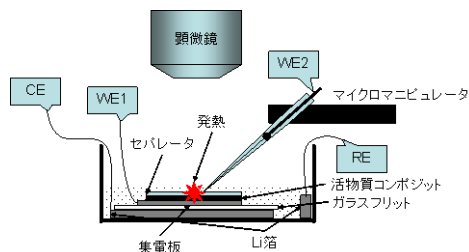


図2 マイクロ電極観察・評価装置の概略

(3) マイクロ電極を擬似金属片異物としたリチウムイオン二次電池安全性評価法の有効性の実証

(2)の結果を受け、顕微鏡部分を外してマイクロ電極による短絡現象を維持できるかを確認したところ、活物質層に接触した瞬間に大きな短絡電流が流れ、ほとんど瞬間的に直径 $10\mu\text{m}$ のPt細線が溶断してしまい、短絡状態の維持が困難であった。

この事実は、Al微粉体や碎片の混入による内部短絡を事故の原因とする現在の解釈に疑問を投げかけた。Alは正極の電位では不動態化しており、絶縁体になっている。しかも、その融点は 600°C 程度と低い。融点が高いPtですら、細線では溶断してしまうような状況で、Alの微粉体や微小片ではなおさら短絡状態の維持は困難であろう。すなわち、Al微小片の混入により発火事故に至るとの説明には無理がある。最初から仮説の否定につながってしまったが、この事実が新たな理解につながる。

図3にJIS C 8714として制定されたりチウムイオン二次電池の強制内部短絡試験の概略を示す。この試験では、高さ 0.2mm 、厚さ 0.1mm 、長さ 2mm のNi片を 90° 折り曲げ、これを負極活物質層と正極集電体にかかるように設置して電池を組み、内部短絡試験を行う。これで発火しない電池は市場でも発火事故を起こさないというのだが、金属異物の大きさは尋常ではない。この程度の大きな金属異物でないと、発火は起こらないということであろう。しかも、金属異物はAlではなく、Liと合金化しない金属であるとの認識からか、Niを採用している。おそらくは筐体内部の耐食性Niめっきを考慮しての事だろう。

強制内部短絡試験 (JIS C 8714)

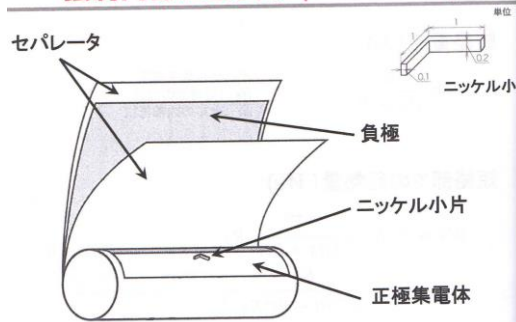


図3 強制内部短絡試験法の概略

これらの点を考慮すれば、直径 $10\mu\text{m}$ のPt細線のマイクロ電極を使えば、安全に内部短絡状態を計測できると考えたわけだが、逆に溶断により内部短絡状態を維持できない結果となった。一方では、電池解体評価ではNiやAlではなく、FeがEDXにより検出されている。

このFe源はどこなのか不明だったが、炭素導電助剤にFeが不純物として混入していることが分かった。磁石に炭素微粉末が吸い寄せられたのだ。そこで、このFeが $1\text{M LiPF}_6/\text{EC}+\text{DEC}$ 有機電解液中の正極で溶解し、負極で還元析出することによってセパレータを突き抜けるほどの溶解・析出が起こるのかを確認したのが図4である。セパレータを突き抜けて、直径 0.1mm 程度のFeの集合体が観察できた。この結果から考えて、内部短絡は炭素導電助剤中に含まれているFe不純物が原因であり、この正極での溶解、負極での析出にはかなりの時間を要するため、初期状態では検出できず、電池劣化と相まって発火事故に至ると考えらえる。

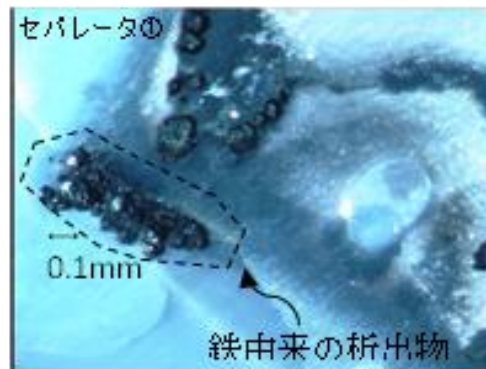


図4 $1\text{M LiPF}_6/\text{EC}+\text{DEC}$ 中でのFe析出物

(4) 実電池内部抵抗の評価技術の開発

電池に蓄積された蓄電エネルギーが内部短絡によって解放される際にも、電極反応速度の制限を受ける。この電極反応速度は電解液のイオン抵抗に律速されていると考えられる。この仮説を実証するため、電流遮断法による内部抵抗の評価技術を開発した。

電池は有限な厚さの物質移動距離を持っているため、数学的には有限拡散のモデルが適用できる。これから、泳動を考慮した拡散方程式を解き、以下の式を得た。この式を実電池に適用した結果が図5である。60秒と600秒程度の時定数系の直列接続で 1mV 以内の精度で表現で

き、双方とも 30mV 程度の過電圧緩和量で抵抗値はあまり変わらない。このことから、電池内部抵抗は電解液のイオン抵抗が支配していることが確認できた。

$$f(x) = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\exp(-x)^{(2n-1)^2}}{(2n-1)^2}, \text{ where } x = \frac{\pi^2 D_s t}{4l^2}$$

$$f(x) = 1 - \sqrt{\frac{16}{\pi^3} x} \text{ for } x: [0, 0.525638566647641]$$

$$f(x) = \frac{8}{\pi^2} \exp(-x) \text{ for } x: [0.525638566647641, \infty)$$

within the maximum error of 0.16551%

$$E = E_0 + \Delta E_0 [1 - f(x)]$$

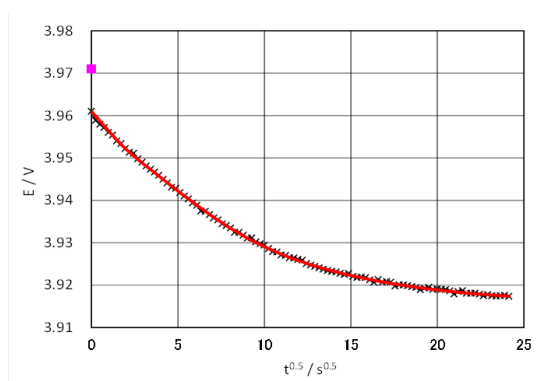


図 5 電流遮断法による過電圧緩和の解析

(5)有機電解液の引火点調査

電解液の引火点を確認するため、スパークを用いた引火点の調査を行った結果を図 6 に示す。明らかに 140°C以上の温度でないと引火は起こらない。

(6)結論

以上から、外部電源の接続による過充電を続けることにより電解液の分解等による温度上昇を加速し、さらに Fe の溶解析出が継続し、内部短絡が発生して事故に至ると結論された。リチウムイオン二次電池の発火事故を防止するには過充電は禁物であり、温度監視が不可欠である。炭素導電助剤中の Fe 不純物の除去は安全性向上と寿命改善に効果が大きいと考えられる。

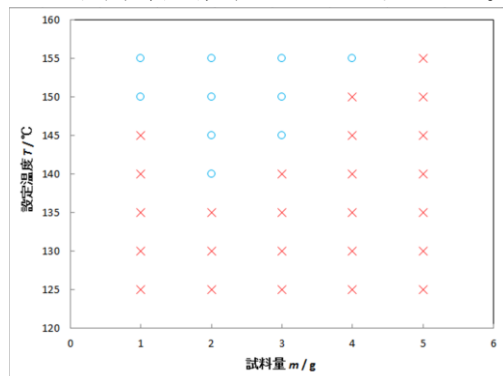


図 6 スパークを用いた PC の引火点測定

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 4 件)

1. Chiaki HONDA, Shuto KIKUCHI, Tomoyuki ITO, Shinya ONODERA, Tomohiro ITO, Kazuhiro TACHIBANA, and Tatsuo NISHINA, Evaluation of Contact Resistance of Aluminum Current Collector Surfaces for Energy Storage Systems, *Electrochemistry*, 査読有, 82, 2014, 328-330, <http://dx.doi.org/10.5796/electrochemistry.82.328>
2. 本田千秋、小野寺伸也、伊藤知之、小林卓巨、伊藤智博、立花和宏、仁科辰夫、亀田恭男、リチウムイオン二次電池合材スラリーにバインダーとして使われる PVDF の NMP 溶液の電気化学的挙動、*科学・技術研究*、査読有、2, 2013, 69-74
3. 伊藤智之、加藤直貴、深瀬薫子、本田千秋、立花和宏、仁科辰夫、大場好弘、コンダクトメトリーによる有機化合物の勘弁迅速な半導体物性評価、*科学・技術研究*、査読有、1, 2012, 123-126
4. Ikue Kaneko, Kazuhiro Tachibana, Tatsuo Nishina, Koichiro Yonetake, and Yoshihiro Ohba, Relationship between Dipole Moment of Organic Compound Impurity in Liquid Crystal Field and Leakage Current of Liquid Crystal Cell, *Japanese Journal of Applied Physics*, **50**, 10PG06-1-4(2011)

[学会発表] (計 36 件)

1. 伊藤知之、加藤直貴、伊藤智博、立花和宏、仁科辰夫、炭素導電助剤分散用高分子化合物がリチウムイオン二次電池の劣化に及ぼす影響、2014年電気化学会第81回大会、2014年3月29日～2014年3月31日、吹田、関西大学千里山キャンパス
2. 小野寺伸也、加藤直貴、人見正俊、西谷諒太、伊藤智博、川合貴裕、立花和宏、仁科辰夫、リチウムイオン二次電池用バインダーの種類が活物質と導電助剤の粒子の接触抵抗に及ぼす影響、2014年電気化学会第81回大会、2014年3月29日～2014年3月31日、吹田、関西大学千里山キャンパス
3. 小野寺伸也、加藤直貴、伊藤智博、立花和宏、仁科辰夫、リチウムイオン二次電池におけるカーボンナノチューブアンダーコートの影響、表面技術協会第129回講演大会、2014年3月13日～2014年3月15日、野田、東京理科大学野田キャンパス
4. 伊藤知之、加藤直貴、高林哲、伊藤智博、立花和宏、仁科辰夫、リチウムイオン二次電池電解液中に溶解した鉄の負極集電体への析出とセパレータ貫通による化学短絡、表面技術協会第129回講演大会、2014年3月13日～2014年3月15日、野田、東京理科大学野田キャンパス
5. 伊藤知之、高林哲、本田千秋、伊藤智博、立花和宏、仁科辰夫、リチウムイオン二次電池充放電時の炭素材料中の異物金属粒子

- の溶解と析出による化学短絡、第40回炭素材料学会年会、2013年12月3日～2013年12月5日、京都、京都教育文化センター
6. 本田千秋、伊藤知之、小野寺伸也、伊藤智博、立花和宏、仁科辰夫、交流インピーダンス測定によるリチウムイオン二次電池の合材スラリーの分散安定モニタリング、第40回炭素材料学会年会、2013年12月3日～2013年12月5日、京都、京都教育文化センター
 7. 永井明雄、高橋夏美、小野寺伸也、本田千秋、伊藤智博、立花和宏、仁科辰夫、炭素中心ラジカルを指標としたリチウムイオン二次電池材料分析、第40回炭素材料学会年会、2013年12月3日～2013年12月5日、京都、京都教育文化センター
 8. 小野寺伸也、菊池秀人、本田千秋、立花和宏、仁科辰夫、リチウムイオン二次電池の集電体アルミニウムと活材層の接触抵抗に対するCNTアンダーコートの効果、第30回ARS弘前コンファレンス、2013年11月7日～2013年11月8日、弘前、弘前パークホテル
 9. 伊藤知之、高林哲、本田千秋、小野寺伸也、立花和宏、仁科辰夫、リチウムイオン二次電池のアルミニウム集電体と活材層の接触抵抗にスラリー中の金属異物粒子が及ぼす影響、第30回ARS弘前コンファレンス、2013年11月7日～2013年11月8日、弘前、弘前パークホテル
 10. 本田千秋、小野寺伸也、立花和宏、仁科辰夫、リチウムイオン二次電池のアルミニウム集電体と活材層の接触抵抗にPVDFバインダーの溶媒膨潤性が及ぼす影響、第30回ARS弘前コンファレンス、2013年11月7日～2013年11月8日、弘前、弘前パークホテル
 11. 本田千秋、小野寺伸也、立花和宏、仁科辰夫、リチウムイオン二次電池の電極塗工時に用いるバインダーの種類がアルミニウム集電体と合材の接触抵抗に及ぼす影響、第54回電池討論会、2013年10月7日～2013年10月9日、大阪、大阪国際会議場
 12. Naoki Kato, Shinya Onodera, Chiaki Honda, Tomohiro Ito, Kazuhiro Tachibana, Tatsuo Nishina, The Effect of Water Dispersed Binders on the Alkali Corrosion of Aluminum Current Collector, 化学系学協会東北大会及び日本化学会東北支部70周年記念国際大会、2013年9月28日～2013年9月30日、仙台、東北大学川内北キャンパス
 13. Kei Kato, Tomoyuki Ito, Tomohiro Ito, Kazunori Kuwana, Kazuhiro Tachibana, Tatsuo Nishina, Simplified Measurement Method for Flash Point by the Spark of Lithium Battery Electrolyte, 化学系学協会東北大会及び日本化学会東北支部70周年記念国際大会、2013年9月28日～2013年9月30日、仙台、東北大学川内北キャンパス
 14. Kaoruko Fukase, Takumi Kobayashi, Chiaki Honda, Tomohiro Ito, Kazuhiro Tachibana, Tatsuo Nishina, Effect of Impurity Ions Contained in the Electrolyte on the Battery Reaction, 化学系学協会東北大会及び日本化学会東北支部70周年記念国際大会、2013年9月28日～2013年9月30日、仙台、東北大学川内北キャンパス
 15. Ryota Nishiya, Tomoyuki Ito, Chiaki Honda, Tomohiro Ito, Kazuhiro Tachibana, Tatsuo Nishina, Surface Analysis of Rapid Rechargeable Lithium manganese Oxide, 化学系学協会東北大会及び日本化学会東北支部70周年記念国際大会、2013年9月28日～2013年9月30日、仙台、東北大学川内北キャンパス
 16. 本田千秋、堀川琢磨、小野寺伸也、伊藤知之、立花和宏、仁科辰夫、低周波交流インピーダンス法によるリチウムイオン二次電池用バインダー溶液の評価、電気化学会第80回大会、2013年03月29日～2013年03月31日、仙台、東北大学川内北キャンパス
 17. 小野寺伸也、深瀬薫子、高橋夏美、永井明雄、本田千秋、伊藤智博、立花和宏、仁科辰夫、リチウム電池集電体アルミニウムの炭素アンダーコートに使うバインダーの種類と電池内部抵抗の関係、電気化学会第80回大会、2013年03月29日～2013年03月31日、仙台、東北大学川内北キャンパス
 18. 伊藤知之、白鳥明仁、野尻耕平、小林卓巨、本田千秋、立花和宏、仁科辰夫、粉体インピーダンス測定によるリチウムイオン二次電池用正極活物質の表面状態の評価、電気化学会第80回大会、2013年03月29日～2013年03月31日、仙台、東北大学川内北キャンパス
 19. 永井明雄、伊藤智博、高橋夏美、伊藤智博、立花和宏、仁科辰夫、尾形健明、ESR法を用いた電池活物質表面評価と電池特性、電気化学会第80回大会、2013年03月29日～2013年03月31日、仙台、東北大学川内北キャンパス
 20. 本田千秋、堀川琢磨、渡部省吾、深瀬薫子、立花和宏、仁科辰夫、集電体と炭素材料の密着性に及ぼす電解液の種類の影響、表面技術協会第127回講演大会、2013年03月18日～2013年03月18日、埼玉県、日本工業大学宮代キャンパス
 21. 仁科辰夫、武田浩幸、川平孝雄、立花和宏、電流遮断法によるリチウムイオン二次電池の過電圧緩和過程の解析、第53回電池討論会、2012年11月14日～2012年11月16日、福岡、ヒルトン福岡シーホーク
 22. 本田千秋、大瀬公正、小野寺伸也、立花和宏、仁科辰夫、交流インピーダンス法による活物質の種類がアルミニウム集電体の接触抵抗に及ぼす影響の解析、第53回電池討論会、2012年11月14日～2012年11月

- 16日、福岡、ヒルトン福岡シーホーク
23. 永井明雄、高橋夏美、小野寺伸也、本田千秋、伊藤智博、立花和宏、尾形健明、仁科辰夫、in situ ESR/ボルタンメトリック研究のためのラミネート型電気化学セルの開発、SEST2012 第 51 回電子スピンスイエンシ学会年会、2012 年 11 月 01 日～2012 年 11 月 03 日、札幌、北海道大学
24. 小林卓巨、本田千秋、立花和宏、仁科辰夫、坂倉正郎、宮内博夫、 AlF_4^- アニオンを含む有機電解液中でのアルミニウムアノード酸化に及ぼす水分の影響、第 29 回 ARS 伊豆長岡コンファレンス、2012 年 11 月 01 日～2012 年 11 月 02 日、伊豆の国、おおとり荘
25. 小野寺伸也、本田千秋、立花和宏、仁科辰夫、リチウム電池集電体アルミニウムのアンダーコートに使う炭素材料の種類と電池内部抵抗の関係、第 29 回 ARS 伊豆長岡コンファレンス、2012 年 11 月 01 日～2012 年 11 月 02 日、伊豆の国、おおとり荘
26. 伊藤知之、本田千秋、立花和宏、仁科辰夫、有機半導体を担持したアルミニウムアノード酸化皮膜の耐電圧に及ぼす前処理の影響、第 29 回 ARS 伊豆長岡コンファレンス、2012 年 11 月 01 日～2012 年 11 月 02 日、伊豆の国、おおとり荘
27. 本田千秋、小野寺伸也、立花和宏、仁科辰夫、交流インピーダンス法による活物質の種類がアルミニウム集電体の接触抵抗に及ぼす影響の解析、第 29 回 ARS 伊豆長岡コンファレンス、2012 年 11 月 01 日～2012 年 11 月 02 日、伊豆の国、おおとり荘
28. C. Honda, S. Onodera, K. Tachibana, T. Nishina, The effect of active material of lithium batteries to the contact resistance between carbon and aluminum and current collectors, PRiME 2012 The 222nd ECS Meeting, 2012 年 10 月 07 日～2012 年 10 月 12 日、Hawaii, Honolulu, Hilton Hawaiian Village
29. Tatsuo Nishina, Hiroyuki Takeda, Kazuhiro Tachibana, Masaki Ohtani, Takao Kawahira, Theoretical Aspects of Lithium Secondary Batteries: Analysis on Measurement Techniques, 4th Asian Conference on Molten Salt Chemistry and Technology, 2012 年 09 月 23 日～2012 年 09 月 27 日、松島、ホテル大観荘
30. 小林卓巨、大瀬公正、加藤直貴、本田千秋、立花和宏、仁科辰夫、 AlF_4^- を含む電解液を使用した Al のアノード酸化と腐食機構、平成 24 年度化学系学協会東北大会、2012 年 09 月 15 日～2012 年 09 月 16 日、秋田大学手形キャンパス
31. 上岡孝弘、本田千秋、立花和宏、仁科辰夫、川口正剛、リチウムイオン二次電池用バインダーである高分子材料を溶解した溶液の導電機構、平成 24 年度化学系学協会東北大会、2012 年 09 月 15 日～2012 年 09 月 16 日、秋田大学手形キャンパス
32. 小野寺伸也、永井明雄、本田千秋、伊藤智博、立花和宏、仁科辰夫、活物質の種類とアルミニウムの炭素アンダーコートの有無がリチウム電池の内部抵抗に及ぼす影響、平成 24 年度化学系学協会東北大会、2012 年 09 月 15 日～2012 年 09 月 16 日、秋田大学手形キャンパス
33. 藤原翔、本田千秋、立花和宏、仁科辰夫、交流インピーダンス法による炭素材料スラリーの分散安定性とゲル化の評価、平成 24 年度化学系学協会東北大会、2012 年 09 月 15 日～2012 年 09 月 16 日、秋田大学手形キャンパス
34. 伊藤知之、佐々木優、本田千秋、立花和宏、仁科辰夫、大場好弘、有機エレクトロニクス用有機半導体材料を溶解した溶液の導電率と濃度の関係、平成 24 年度化学系学協会東北大会、2012 年 09 月 15 日～2012 年 09 月 16 日、秋田大学手形キャンパス
35. 永井明雄、高橋夏美、小野寺伸也、本田千秋、伊藤智博、立花和宏、尾形健明、仁科辰夫、in situ ESR 測定を目指した電池材料評価用電気化学セルの開発、平成 24 年度化学系学協会東北大会、2012 年 09 月 15 日～2012 年 09 月 16 日、秋田大学手形キャンパス
- [図書](計 2 件)
1. 仁科辰夫(佐藤登、小林敏雄監修)、電気自動車と電池開発の展望、第 IV 編 電気自動車用電池の評価、第 1 章リチウム電池の電極評価法と解析、シーエムシー出版、p.209-218 (総ページ数 269), (2011)
 2. 仁科辰夫、自動車用途へ向けたリチウムイオン二次電池/材料の発熱挙動・劣化評価と試験方法、第 2 章 性能評価の標準化、第 1 節 リチウムイオン電池の性能評価の標準化における注意点、技術情報協会、p.51-67 (総ページ数 359), (2011)
- [産業財産権]
- 出願状況(計 0 件)
- 取得状況(計 0 件)
- [その他]
- ホームページ等 なし
6. 研究組織
- (1)研究代表者
仁科 辰夫 (NISHINA, TATSUO)
山形大学・大学院理工学研究科・教授
研究者番号:60172673
- (2)研究分担者
なし
- (3)連携研究者
なし