

最先端研究開発支援プログラム（FIRST）中間評価に係るヒアリング
（高性能蓄電デバイス創製に向けた革新的基盤研究）

1. 日時 平成24年9月21日（金）13:00～13:50

2. 場所 中央合同庁舎4号館4階 共用第2特別会議室

3. 出席者

相澤 益男 総合科学技術会議議員

奥村 直樹 総合科学技術会議議員

今榮東洋子 総合科学技術会議議員

青木 玲子 総合科学技術会議議員

橋本 和仁 東京大学大学院工学系研究科教授（外部有識者）

岩本 光正 東京工業大学大学院理工学研究科教授（外部有識者）

小出 康夫 独立行政法人物質・材料研究機構環境エネルギー材料部門グループリーダー
（外部有識者）

小柳 光正 東北大学未来科学技術共同研究センター教授（外部有識者）

田原 修一 日本電気株式会社中央研究所支配人（外部有識者）

吉野 彰 旭化成株式会社フェロー（外部有識者）

川本 憲一 政策統括官（科学技術政策・イノベーション担当）付参事官（最先端研究
開発支援プログラム担当）

4. 説明者

水野 哲孝 東京大学大学院工学系研究科教授（中心研究者）

伊藤由喜男 東京大学大学院工学系研究科学術支援専門職員（研究支援統括者）

山田 淳夫 東京大学大学院工学系研究科教授

高木 英典 東京大学大学院理学系研究科教授

日比野光宏 東京大学大学院工学系研究科上席研究員

5. 議事

【事務局】

それでは、定刻になりましたので、これよりFIRSTの研究課題「高性能蓄電デバイス創製に向けた革新的基盤研究」の中間評価に係るヒアリングを始めさせていただきたいと思えます。

本日の出席者はお手元の座席表のとおりでございますが、中心研究者である水野先生をはじめ、研究課題側からはお忙しい中をご参集いただきましてありがとうございます。

本日の配付資料の一覧についてはお手元のとおりでございますので、ご確認をいただければと思います。なお、その中で2種類、本日の補足説明資料ということでお配りされておりますが、そのうちの1つ、赤字で「こちらの資料は発表後に回収させていただきます」と書かれたものについては、恐縮でございますがこのヒアリング終了後に回収させていただくということであらかじめご承知置きいただければと思います。

このヒアリングにつきましては非公開で行いますが、後日、今後の研究発表あるいは知的財産権等に支障が生じないことを確認させていただいた上で、議事概要を公開させていただきます。

ヒアリングについての時間配分は研究課題側からの説明を15分、質疑応答を35分ということで予定しております。時間厳守ということで、よろしくお願いいたします。

なお、説明に当たってはあらかじめお願いをしておりますが、課題全体の研究の進捗度合いと目標の達成見通しについて、国際的な優位性、あるいはサブテーマの役割、相互関係、こういったところを含めて簡潔で明瞭なご説明をお願いしたいと思います。

説明では、終了5分前に予鈴を鳴らさせていただきます。また、終了時間には本鈴を鳴らさせていただきますので、時間が来ましたら説明の途中であっても、中断をしていただければと思います。

質疑応答におきましては、終了3分前に予鈴を鳴らさせていただきます。

それでは、説明のほうをよろしくお願いいたします。

【説明者】

それでは、よろしくお願いいたします。発表はお手元の資料、補足資料を除きますこの2つの資料に基づきまして、順を追って説明したいと思います。では、内容に移ります。

もう、ここにおられる方はご存知のように、蓄電池は電力系あるいは自動車用、防災用、家

庭用をはじめとして、大きな市場拡大が想定されています。政府目標としては 2020 年世界シェア 20 兆円の約 5 割、10 兆円に達する目標が掲げられています。これに対し、私どもの研究では 2030 年実用化というのを目標といたしまして 4 つのグループ、新原理蓄電池の創製、新型蓄電池の創製、新規材料の設計合成ならびに高度分析・解析技術の開発という、4 つのグループを持ちまして研究を行ってまいりました。

研究課題終了時の目標といたしまして、現行デバイスの 3 倍以上のエネルギー密度が見込める蓄電池の技術を確立する。研究課題終了後にはエネルギー密度が約 7 倍、700 Wh/kg。コストで 1/40 に達することを目標としております。

まず、グループ内のテーマ設定の説明です。ここに示しますように、新原理蓄電池グループは 6 つのテーマ、新型蓄電池グループは 4 つのテーマ、新材料設計合成に関しましては 6 つのテーマを設定いたしました。また、高度分析・解析技術は 2 つのグループからなり、このグループは各グループと、解析あるいは分析に関して協力関係にあります。

もう少し詳しく見てみたのが次のパワーポイントファイルです。それぞれのテーマ、現在の進捗状況、各担当者の名前が掲げられています。ちょっとここでお時間をいただきまして、この、大きな厚い冊子の 2 ページ、3 ページをお開きください。ここには各グループが書いてあるとともに、一番右端、協力関係というのが記されています。各グループは独立して研究を行っているだけではなくて、このように各研究グループ相互間、密接に連絡を取り合い、あるいは研究テーマ設定を協力して行うという体制をとっております。

かつ、研究の流れといたしましては、このように多くの研究グループがございます。これまでにこのような多くの研究グループで研究を行ってまいりましたのは、新しい電池を開発するというので、いろいろな材料設計、材料開発が必要なので、各研究には重みをつけておりましたが、テーマ数は減らさずに行ってまいりました。今後はこれらを選択と集中を図っていくことも念頭において研究体制をつくって築いていきたいと考えております。

また、当初デバイス評価関係として岡島らを中心とするグループがありましたが、新材料を用いるという観点から各グループで行うということにいたしました。その点におきまして岡島は社会的ニーズからの蓄電池への要請と、その要請を常に各研究グループにフィードバックするという立場をとらせていただいております。また、トヨタからは大木が高木先生のグループに参画いたしまして、新材料開発を行っています。

それではここに示しました、今日は集中的に進めているブルーで示しました内容につきまして、ご説明申し上げます。これがその内容を簡単にまとめたものです。例えば新原理蓄電池の

開発におきましては酸素シャトル電池、固体内可動酸素を利用する金属酸素電池、リチウムイオン-空気電池などがあります。それ以外に新型蓄電池の開発に関しましては有機全固体電池や高出力・高エネルギー密度の新デバイス。原子・分子レベルでの合理的デバイス材料設計に関しましては、縮合リン酸塩系正極材料、グラフェン大量生産法の発見。あるいは高度な分析・解析技術におきましては軽元素原子の直接STEM観察というような成果が得られております。

まず新原理蓄電池開発ということで、私どもは酸素シャトル電池という電池を開発いたしました。これは酸素原子が出入りする材料を両極、正極・負極に用いた新方式の電池でございます。ペロブスカイトあるいはそれに類似した材料を正極・負極両方に用いまして、鉄の酸化還元を利用し酸素をシャトルとした電池系をくみ上げることに成功しました。この電池系は水系の電解質を利用することにより高安全性、低価格かつ酸素のトポタクティックな反応を利用することにより高い可逆性、またサイクル特性を有しております。そのような観点からスマートグリッドなど、大容量貯蔵用電池への展開を期待しております。

次に、新原理蓄電池の開発の2番目です。固体内可動酸素を利用する金属酸素電池の開発に成功しました。これは先ほどご覧いただきました、酸素をシャトルとした電池の正極材料と同様の材料を正極に用いまして、負極側に金属を用います。この場合はナトリウム金属を用いた場合の例を示しております。このような電池を用いますと、ナトリウムのみでなく当然リチウムを使うことができますし、マグネシウムを使うこともできるような電池系が成り立ちます。

かつ、先ほどは水系の電池でしたが、ここに有機電解質を利用するとさらなる高起電力、高エネルギー密度化が望めます。これらも大容量貯蔵用電池及び自動車用電池への展開が期待されます。

次に3番目といたしまして、リチウムイオン-空気電池を開発いたしました。これは従来リチウム-空気電池を使いますと負極側にはカーボン材料を使うことができませんでした。これに対しまして、山田先生たちのグループは電解質として高濃度リチウム電解質を用いることにより、カーボンへのリチウム挿入を阻害する過剰な溶媒を除くことにより負極材料といたしまして、リチウムを挿入したカーボン材料を用いることを達成いたしました。これによりまして、危険なリチウム金属が不要であること、かつ技術的蓄積の多い黒鉛負極を利用できること、また多孔性カーボン正極を利用すれば金属フリーによる低コスト化が望めます。

さらにごく最近、この研究グループの中で周先生のグループ、これは来月プレスリリースされますが、カーボンナノチューブイオン性液体を用いますと普通の湿度の高い空気中から酸素

のみを透過する、そのような正極材料を見出しております。それと組み合わせますと、普通の
大気を使うことができるリチウムイオン-空気電池を達成することができると考えております。

4番目はこれまでの上位発展系にあたる新原理蓄電池。これは検討中です。

次は新型電池の開発ということで、有機全固体電池の開発に成功いたしました。ここに示しま
すように、正極といたしましては有機の酸化還元を伴う物質。電解質といたしましてはここ
に示しますような準固体電解質。また負極といたしましてリチウム金属を用いております。こ
のような電池、全固体の電池を用いますと現行リチウム電池特性を上回る 200 Wh/kg の蓄電エ
ネルギー密度を達成することができます。この電池系、現時点では東北大学から特許が出され、
実自動車に应用する研究が展開されております。

次は新型蓄電池の開発です。これは、ここに示すようなペロブスカイト類似構造を有する高
出力・高容量新規負極活物質を高木先生たちのグループでトヨタとともに開発し、その中のイ
オンの動きやすさ、あるいは電子伝導性に関する考察を行っております。この下の図に示し
ますように非常に体積パワーの強い、自動車にも利用可能な電池系がこの材料を使うと望めま
す。

さらに、原子・分子レベルでの合理的デバイス材料設計ということで新規縮合リン酸系正極
材料、ここに示すようなものが、山田先生のグループから見出されております。これ自身は対
リチウムで 3.5V。かつ鉄の一部をマンガンに置換すると 4V 程度の高電位発生を望むことが
できます。

また同様にカーボン材料といたしまして新規ソフトカーボン材料であるグラフェン大量生産
法の開発に成功いたしました。これは相田先生のグループがグラファイトから特殊なイオン性
液体を利用することによりグラフェンシートを合成することに成功いたしました。従来のグラ
フェンシートは 3% 程度の収率でしたがこの材料を使いますと 65% と、非常に大量合成、実用
化にめどを立てたといえます。かつ、このような材料は電極用触媒、あるいは非常に特異的な
性質をもっておりまして、酸化物をとり囲むという性質をもっています。したがって、導電
性コーティング材としての応用も期待されております。

また、元素を見るという点におきましては A B F - S T E M 法により水素原子を見られるよ
うなシステムを幾原先生のグループが開発しております。

ここで開発しました新原理あるいは新型蓄電池のエネルギー密度、容量密度の理論値、現状、
目標値を数値としてまとめたのがこの表です。ちょっとこの表は見にくいので、簡便に図にま
とめてみました。この図の中では、現状が黒塗りの値。我々が開発した酸素シャトル電池、固

体内酸素利用金属酸素電池、リチウムイオンー空気電池、有機全固体電池、縮合リン酸正極の値があります。これはそれぞれ工夫いたしますと、こういう矢印の方向で伸びることが期待されています。

現状でも有機全固体電池におきましては目標値の 350 Wh/kg というのを達成しておりますし、途中お見せしました上位発展系の新原理蓄電池を使いますと、さらにそれをはるかに上回る性能が期待されています。また回答用の資料といたしましてこれと類似した資料をおつけしましたが、回答用資料ではこの縦軸の値が理論値になっておりまして、実装値に全て直したもので、ここで訂正させていただきます。

以上総括いたしますと、今申し上げましたような新原理蓄電池、新型蓄電池、原子・分子レベルでの合理的デバイス材料設計や分析に関しまして、ここに示すような途中経過を得ることができました。本研究課題で開発した上記蓄電デバイスは自動車用やスマートグリッドなどの大容量貯蔵用電池への発展が期待でき、さらなる性能向上を追求するとともに、それらのコア技術、基本特許をベースに迅速な実用化、事業化に向けた本格開発研究を産学連携研究体制のもと、効率よく実施して早期製品化、2030年と当初は申しておりましたが、2020年～2025年に向けて社会的な還元も目指していきたいと考えております。発表は以上です。

【事務局】

どうもありがとうございました。それではこれより質疑応答に移りたいと思います。

ここからの進行については奥村先生のほうでよろしく願いいたします。

【有識者議員】

どうもご説明いただき、ありがとうございました。

それでは、最初にまず私のほうから、2、3、確認を含めて質問をさせていただきます。まず第1点目は、当初掲げられた目標値に対して、現状どこまでいっているかということについては、ただ今のご説明の最後の部分だと認識しておりますが、それでよろしいですね。

【説明者】

はい、それで結構です。

【有識者議員】

それで、この最後のグラフの特性はラボでどういう状態で測られた値なのかということが1つなのですね。ラボで1つ2つつくられた電池を測られたのか、あるいはそれなりの数をつくって測られた値なのか。それが最初にお聞きしたい1点目。

それから、全く別の切り口なのですが、特許のご報告もいただいています、特に海外特許については3件これまで出願されていると。この中身はどの電池に関わるものなのか、それを教えていただきたいのが2点目。

それからもう1点は、またこれも違う切り口なのですが、若い方が直属 25 名いらっしゃるのですかね。随分働いていらっしゃるのですが、このFIRSTプログラムの特徴の一つはやはり若い人の将来を開拓するということであって、質問に対するご回答を拝見しますと将来の職場獲得は明るいと、こういうふうにお書きになられているのですが、実はほかのプロジェクトを含めてそう簡単ではない。将来明るいと書いてあるのですが、具体的に、例えばパーマナントポストの見通しのある方が何名だとか、もう少し具体的にこの明るさの裏づけデータがあれば、お示しいただきたい。とりあえず3つ、お願いします。

【説明者】

わかりました。1番目の資料がどの程度のサンプル数における実験結果なのかというと、まず研究室レベルでは当然これは論文としても発表していますし、特許としても書かれているわけですから、10件20件のレベルでは当然検討しておりますし、そのような点での再現性は確認しております。またチームによっては、当然企業との共同研究、共願の特許もございますし、そのような点から企業においてもその再現性は確認しているということです。ただし、大規模な製造法とか、そのようにつくったときにどうなるかということに関しましては、実用化を含めた段階での今後の課題であると考えております。

2番目の特許に関しましては、これは特許のページの、この厚い冊子の44ページ、45ページ。これと知的財産の出願がございます。これに、知的財産権の名称、発明者、権利者等の一覧表を記載しました。

【有識者議員】

特に私の関心があるのは海外なのです。海外特許3件と書かれているので、この中身は何なのでしょう。どの電池に関するものなのでしょうか。

【説明者】

3件のうち2件は有機全固体電池。

【説明者】

本間先生がやっている有機全固体電池に関する権利化です。

【有識者議員】

有機…？

【説明者】

有機全固体電池です。

【説明者】

はい。

【有識者議員】

有機全固体電池が2件。

【説明者】

それとあと1件はピロリン酸系の新規の正極材料。その3点です。あと今…。

【有識者議員】

なるほど。いわゆる金属系は1件もない？

【説明者】

ええ…。

【有識者議員】

ない？

【説明者】

今言った山田先生の金属リン酸系のものは鉄系の触媒とともに説明した1件です。

【有識者議員】

わかりました。

【説明者】

今国内で出しているのも今後PCT出願でもっていきたいと思っています。

【有識者議員】

はい、わかりました。

【説明者】

あと、人材に関しまして。

【有識者議員】

若手、特にポスドク。

【説明者】

博士の、ポスドクの就職というのは2つあると思います。1つはその人のポテンシャル、能力という点と、もう1つは就職口があるかどうか、ポストがあるかどうかです。

ポテンシャルに関しましては、正確に言いますと我々のグループにおきましても、様々な人材がおります。これはやはり日本自体が抱える博士人材の育成に関わる問題とも関わり合っておりまして、その点に関しましては私ども、ここに大学の教員も何人かおりますけれども、非常に深刻な問題だと考えております。

ただしポストということに関しましては私の知る限り、例えば今年度いくつかの海外の企業から、電池関係の人材、化合物を合成することも含めて、人材が欲しいという話が来ております。

【有識者議員】

今のお話を聞くと、外国企業への人材供給みたいな話になっているのですが。国内のアカデミアのポストというのはなかなか難しいのでしょうか。パーマネントポストへの獲得というのは。このグループからのポストで。

【説明者】

まず、アカデミアの中の電池関係のポストという点に関しましては、直近でいいますと山田先生が隣の専攻に新しいポストを得て配属された先生ですし、それに伴ってポストも次第に増えています。その程度です。

【有識者議員】

はい、ありがとうございます。

それでは先生方から。はい、それでは相澤先生。

【有識者議員】

全体の進捗が体系的に説明されていたのでよく理解できたと思います。このプロジェクトは当初から大規模の研究体制で、しかも本当の意味での革新的新電池を開発するのだという大きな、触れ込みといったら失礼ですけれども、そういう構えで進めてこられたわけです。そこで、今日まとめられたところが、最後の結論のところは4つの柱で出ております。これを見ると1つ目と2つ目は要するに電池そのものを革新するということです。3つ目4つ目は材料関係ということです。1つはプロジェクト全体としては、この材料関係のところは新電池開発のところはどうフィードバックされて、このプロジェクトとしての威力を発揮したのかということが見えない。ただバラバラに行っているのではないか。だからこの材料開発はもっと先のところに効果があらわれてくるような位置づけに見える。そうであってはならないのではないかと思います。ここのところが前の2つに、どう効果的に役立ったのかということ、強く示していただかないと、バラバラに研究が進んでいると見えてしまう。

それからもう1つは電池のほうですが、これを全体のポートフォリオ的な形で示されようとしたのが、回収資料の図でしょうか。それぞれのところにはこういう位置関係が見えるのですが、結論の1番目と2番目を見据えた形で、どの位置づけのものをやっているかと、これを明確に示していただくことが最も重要ではないかと考えます。いかがでしょうか。

【説明者】

わかりました。まず物質合成ということに関しましては、一見すると例えば固体内酸素電池で使われている CaFeO_3 という化合物は既存の化合物のように思えますけれども、これを合成するためには鉄の価数を 3 価から 4 価に近い状態にして、かつ微粒子化するという操作を要します。これは説明する時間がなかったので申し上げませんでした。 $\text{CaFeO}_{2.5}$ という組成の物質を合成し、それを低温で、また、水溶液中で酸化剤を使ってマイルドなコンディションで合成することにより微粉体を得るといふ、これはある意味でいうと物質自身は既存の物質ですが合成法としては新しい、酸化物の高酸化状態の合成法です。普通、そのような化合物をつくるのは 1,000 度、数 100 気圧の酸素というような高温・高圧の条件なのですけれども、ステップワイズに酸化していくことによって非常にマイルドな、電池に使えるような、比較的高い微粉化した表面積をもった材料を合成できるのにつながったということでもあります。

【有識者議員】

そういうスキームがわかるようにしていただきたい。やはりバラバラだという印象を持ってしまう。この酸素シャトルをさらにステップアップした大きな要素なのだということを言っていただくとわかりやすい。

【説明者】

どうもありがとうございました。

【有識者議員】

あとほかに。

【有識者議員】

今の肝心なところ、電池のところを。

【説明者】

その資料は相澤先生、申し訳ありません。もう一度、資料の。

【有識者議員】

これではないかなと思ったのはこれです。この、回収しますよという。

つまりですね、この新原理蓄電池と新型蓄電池という、これは極めて位置不明なのです。これをどう位置づけてどこに目標を置いたものだという形で、ポートフォリオに反映することだと思います。そういう位置関係を明確にさせていただきたい。ということでないと新原理と新型というのが非常にわかりにくい。

【説明者】

わかりました。一応、我々はそれをわかりやすくするために新原理と新型という言葉をつかったのですが、では詳しく説明させていただきます。

まず新原理というのは全く原理的に無かったということです。これまで酸素をシャトルとして動かす電池はございません。これは全く新原理の電池です。これを正極にするのは、酸素をシャトルとして動かすという意味では、固体内酸素利用金属酸素電池も全く新原理型の電池です。

リチウムイオンー空気電池というのは、実は私ども、境界域にあると思っておりますけれども、でも新原理性が強いと考えております。それはどうしてかということ、リチウム電池がなぜ実用化されるに至ったかということをお知らせすると、やはりカーボン材料を負極側に用いることができるようになってからです。この場合、山田先生たちが非常にリチウムイオン濃度の高い電解質を用いることによって、リチウムがインターカレートするのを阻害する溶媒分子をなくすることによって、リチウムイオンー空気電池の系でカーボン材料を使えるようになりました。実用化ということに對しまして、大きなブレイクスルーと考えております。そういう点で、境界領域ですが新原理として捉えても良いのではないかと考えております。

【有識者議員】

私が伺っているのは、その言葉の定義ではなくて、それによって何を指す電池なのかということの位置づけを明確にさせていただきたいということなのです。

【説明者】

相澤先生が「何を」といわれるのは…。

【有識者議員】

どういう特性のものを目指したのか。

【説明者】

わかりました。例えばここでいうような、上位発展系として検討中の新原理蓄電池。これは本当にエネルギー密度が高い電池となります。

【有識者議員】

そういうような位置づけで新原理が、一番下のこういう特性の部類だと。それから真中に位置するものと、この上のほうに位置するのが新原理として目指してきたもの。これと同じように新型電池のほうも、その位置関係を示してもらって、さらに新型電池と新原理型をオーバーラップさせた形の全体の位置関係。それで今後残りの期間でどこを目指すのか、そういう絞り込みをするかあるいは複数で行くかはともかくとして、そういう位置関係で、示していただくことが肝心なところだと思います。

【説明者】

わかりました。例えばこれは資料の中にありますけれども、本研究課題で創出した革新的蓄電デバイス（ポストリチウムイオン電池）の、例えば特徴…。

【有識者議員】

ええ、だからそういうことを…。

【有識者議員】

恐らく先生がおっしゃることは、このプロジェクトはそれなりの大型の資金があるわけで、ですから、いろいろな知恵が発見できました、全部2合目、3合目、7合目の、ある意味では完成度は中途だという成果は期待されていないわけです。やはり完成度の高いものを決め打ちで出していただかないと、いろいろなタイプの電池の組み合わせを発見しましたというのであれば、これは最後の評価としてはいかがなものかと。

どの電池を最後に先生のプロジェクトで完成度を高く、成果としてお出しになるのかというご判断を、残り少ない、1年半しかないですけれど、ということなのです。

【説明者】

わかりました。最初に課題ごとには6つのテーマがあり、4つのテーマがあり、6つのテーマがあって、その中でここに抽出させていただきまして出したのが、1つ2つ3つ4つ5つ6つになったと思います。この中でさらに絞り込みを行ったりするとどのようになるかということでもよろしいでしょうか。

【有識者議員】

そう、そう。

【説明者】

わかりました。まず現状では一番実用化に近づいているのは有機固体電池。これはここにあるように数値的にも目標をクリアしていて、実際企業と実用化しようという研究が計画されております。その次には、このリチウムイオン—空気電池に関しましては、これはまだ見つかったばかりでして、これをどのように構造を最適化していくかについてはまだ不透明なところがあります。あとは固体内酸素利用金属電池に関しましては、これはナトリウム負極を使ったり、マグネシウム負極も使ったり、かつリチウムも当然のことながら使えるのですが、そういうものも使うことを含めると、かなり実用的なことが望まれるかと。基本的には、これもまだ見つかったばかりですので、一番有望性が高いのは現時点では有機全固体電池とこの固体内酸素利用金属酸素電池だと考えております。

【有識者議員】

いや、そういうことは先生のところでお決めになっていただければいいのです。ですからそれに見合うような運営も工夫していただきたいと、申し上げているわけです。

【説明者】

あの、ちょっと。説明の段階で言ったのですけれども、これまではたくさんのテーマにおいて予算面でも重たさを持たせながらやってきたのですけれども、今後に関しましては選択と集中も念頭におきつつ研究を展開していきたいと考えております。

【有識者議員】

私は、先ほど来伺っているように具体的に、これに相当するものを新型蓄電池についても描いて、ここまで来ている。今後はこここのところを重点に見ていく。こういう定量的なバックのもとにやっていただきたいというふうに思います。

【説明者】

ありがとうございます。

【有識者議員】

いかがでしょう。先生のご質問、ちょっとこれをリバイスして後ほど出していただく。ということ、後で確認してください。

【有識者議員】

両方を。新原理と新型をオーバーラップしたものを。それで目指すところが違うのであれば、それはまたそれで。

【説明者】

はい。

【有識者議員】

すみません。他の先生方。

【外部有識者】

いろいろな系を研究なさっておられると思いますが、各々の目標値と現状値ですか、数値で示された資料がございましたね。この付表の実装電池の目標になろうかと思うのですが、この目標というのはこのプロジェクト終了時点の目標と考えてよろしいですか。それとも 2030 年あたりの…。

【説明者】

ここに示しましたのは、2030 年段階での目標値です。この数値は、理論値でございます。内閣府から頂いたご質問中のハイエンド品の実装値が理論値の 3 分の 2 を用いて試算されてい

ましたので、それに合わせまして実装値を理論値の3分の2としてここに掲げさせてもらいました。

【外部有識者】

今後絞り込んでいかれるということなのでしょうけれども、目標として研究課題終了時に現行デバイスの大体3倍以上。2030年あたりに7倍という目標を掲げられておられると思うのですが、その中で一番側の現在の蓄電デバイスの実力ですよね。

【説明者】

これはハイエンド品です。この値に関しましても、実はいろいろな評価があります。けれども、自動車用などを考えますと120 Wh/kg程度です。質問・確認事項で提示頂きましたハイエンド品は247 Wh/kgという数値ですが、ケースを薄くしたり、軽量化のために安全性を重視しない構造としているなどで達成されている値です。したがって、先ほどの表の中でもちょっと説明しなかったのですが、ここら辺が自動車用で、この上がハイエンド品ぐらいの幅がある。現行の中でも幅があると、我々は認識しております。

【外部有識者】

ええ、それはそのとおりだと思います。先ほどのその数値で、例えば終了時3倍となりますと 3×247 Wh/kgですから大体750 Wh/kgぐらいが目標になろうかと思うのですが、その750 Wh/kgという数字をクリアできる可能性があるのは新原理蓄電池の表の下から2番目の候補ですか。これについては確かにそういうポテンシャルがありそうかなという感じはするのですが、3倍という目標設定をしたときに他のやつはではどうなのかなというのがちょっと物足りないなという。終了時で3倍、その先2030年で7倍という目標に…。

【説明者】

それは用途に応じて3倍という数値をどう扱うかということで、やはり自動車用途であれば300から400の値で一応十分ではないかと、私どもは考えております。

これは山田先生、ちょっと。

【説明者】

電池を実用化する上では、吉野先生良くご存知のとおりエネルギー密度だけではなくて、コスト、安全性。この2つが大変に大きな問題になってくると思います。例えば、ハイエンド品といわれているものは非常に小さい電池で実現されている。安全性もぎりぎりそれで確保されている。コストはある意味度外視、とまでは言いませんけれども、自動車用あるいはロードレベリング用というところに比べるとコストに関する制約は極めて低い。そういった総合的な、最終的に要求される特性というのは、多面的に見ないといけないというふうに思っています。

そういう意味ではエネルギー密度だけで目標管理というところに関しては、1つの指標ではございますけれども、むしろ大型の自然エネルギー貯蔵用などではエネルギー密度よりはコストのほうがはるかに重要だということもございますし、そこは幅広く問題を捉えながら進めていくことが必要であろうと思います。ただ、エネルギー密度を前面に押し出しておりますので、これは常に念頭に置きながら進めるということで考えております。

【外部有識者】

多分、先ほどいろいろな経緯があって各々どういう特徴があるのかという議論があったかと思うのですが、多分その辺がこんがらかっていると思うのですよ。ですから、エネルギー密度は低くてもいいのだけれどもこういうところに特徴があるとか、個々の目標をもう少し明確にさせていただけたらと思います。

【有識者議員】

はい。はいどうぞ。

【外部有識者】

研究課題終了後の目標のもう1つにコストを約40分の1にするという目標がございしますが、そこへの道筋のようなものがちょっと見えなかったのを改めてお聞きしたいのですが、どういう戦略で、どういう道筋をもって40分の1というのを実現していかれるのでしょうか。

【説明者】

コストに関してはそれぞれの電池でいろいろな部材を持っていて、全てについて価格を下げる必要があります。ガソリンなどと比べたときに電池がそれに代替するというところまで、設定された値が、現行の40分の1です。どの電池についてもそうなのですが、低価格化は当

然念頭にあります。つまり、材料を選ぶときにどういう系を使ったらどこまで安くなるだろうかということは考えております。

先ほどの電池の性能を上げていくときに、エネルギー密度はもちろん重要なのですが、他の指標として低価格化というのが大事になることもあって、それも念頭に置いています。例えば、先ほどの性能をマッピングした資料で、右上に向かって上がっていくというのを目指している中で、目標値にちょっと足りない電池で固体内酸素利用金属イオン酸素電池というのがありました。その電池ですとカルシウムと鉄と酸素のみでつくれるような正極を用いています。この材料は、現行のリチウムイオン電池の正極の約 85 分の 1 の原材料費で電極が作れるということになります。現在のリチウムイオン電池で正極の占めるコストの割合は大体 5 割から 6 割ぐらいと言われていています。ですから、それを 85 分の 1 にするということは、ほとんど正極のコストはかからなくなるということが言えるかと思えます。その場合でさえも電池全体で 40 分の 1 にしようとしたら、他の部材の負極、電解質あるいはセパレーターといったものがすごく高いのですが、そういうものも低価格化していかなければいけないので、部材 1 個ずつについてやっていかないといけない。従いまして、一気に 40 分の 1 を目指せるかというのは実際のところはかなり難しい状況ではあります。

【外部有識者】

基本的な戦略として単価の安い部材をお使いになろうとしているのか、あるいはその材料をつかっていく工程も含めて、安くするような工程も目指しておられるのか、あるいは、全部組み合わせても安くならなければいけないので、セルとして造りやすい工程のものを目指していくのでしょうか。材料だけ安くても電池のコストは安くないのではないかなというのをちょっと心配しておりまして、どこを安くして、トータルとしてこれだけ安くしていくのだというような戦略が欲しいなと思った次第です。

【説明者】

わかりました。一番試算しやすいのは材料の価格ということで。今、日比野先生がおっしゃった材料ベースでいうと 85 分の 1 の価格帯にあります。もちろん物を作るということに対しましても、そのペロブスカイト構造の化合物を先ほど申し上げました高温高圧ではなくて、マイルドなコンディションでつくることができたので、その意味でも低価格化につながりますし、当然負極材料と正極材料によって、システムとして組んだ時にどのようになるかということは、

これから本当に実用化を考えていくときに、それはとても大切な指標になると思います。そういうことを念頭において検討していきたいと考えております。

【有識者議員】

他の方。はい、橋本先生。

【外部有識者】

これ、3年前のご提案時のときのことを考えて、何を提案されて、何を期待されたかという、ポストリチウムイオン電池がらみはどういうわけか、ものすごい競争のたくさんある中で、今回のご提案は必ずしも電池の専門家だけではないけれども、材料とかで非常に優れた方が次の電池を狙って結集するという、そういうご提案で、そこが評価されたのだと思うのです。そのときに、やはりただそういう人たちが集まるだけでは電池ができるかどうか分からないのでということに当然心配するわけですが、そこにトヨタさんが入って共同提案者として非常に明確にそこは縛っていくのだというか、方向づけしていくのだという、そういうご提案だったような気がするのです。そこが評価された。だから、そのときにやはり、先ほどコメントと違う印象を持っているのは、これは必ずしも新しい原理が5年間で達成できるというところまで行かなくても、本当に新しい原理に基づいたこういうものが可能ですよということを実証するというのが、すごく価値がある一つの大きな売りだと思うのです。

そのときに原理が新しければ何でもいいのではなくて、やはり革新的なものでないといくら電池開発しても駄目ですよ。例えば、そういうのがトヨタさんが一緒にやりながら明確な指標が出ているのだと思ったのですが。今回の酸素電池に関しても、面白いのですが、狙っているところが絶対に革新的だとは思えないですよ。いくら安いにしても、安全にしても。今ポストリチウムイオン電池の議論が随分されていますが、私はそこに関わっていますので、自動車業界、産業界、いろいろ言うのを聞いているのですが、あの辺を狙っているというのは少なくとも自動車業界では絶対ない。

質問は、元々の仕組みの中で革新的なものを狙うというそのご提案に我々が強く惹かれたのは、トヨタさんがすごくそこにコミットして一緒にアカデミアの人とやっていくというご提案にすごく惹かれたわけですし、そこがあまり見えていない。今日のどういうところを狙っていくのかということに対しての産業界側からのアカデミアに対する期待、どういうところをやってほしい。だからこういうことをやる。そういうことがわかった上でアカデミアが向かって行

っているのだというような形に見えない。その辺はどうなっているのですか。

【説明者】

基本的には年に数回トヨタも含めてメンバー全員が揃って発表会を行って、そこで意見交換会を行い、そこで要望を受け入れながら研究開発を行っています。今、橋本先生が言ってくださったようにいろいろな意味で芽が出てきたというような段階から、その中でも先ほど申し上げましたように近々で実用化が望まれるのは有機全固体電池、あるいはさっきもちょっと示したような固体内酸素利用金属酸素電池が有望だと考えます。かつ固体内酸素利用金属酸素電池を使いますと、これはいろいろな負極材料が利用可能となります。

【外部有識者】

時間がないので。わかりました。コメントは、私も近い分野にいるからわかりますけれども、材料屋さん、世界の最先端を走っている高木先生とか、そんなに言うことを聞いてやってくれる人たちではないので、もっと強く指導力を出して、水野先生とトヨタさん、岡島さんから今は代わっておられるのかもわかりませんが、ぐっと材料屋さんを集めて先ほどから議論になっているような方向性をかなり明確に示してやっていただく必要があるのではないかと思います。

まさにこれはそういうご提案になっていて、そういう評価で採択されていますので、今日はやはりちょっと、ずっとコメントがあるようにバラバラにあれもできました、これもできましたという感じになっていて、それだったらこの元々の提案、それからエバリエーション、評価されたこととちょっと軸が違うんですね。ですので、そこはもう一度…。

【説明者】

わかりました。ありがとうございます。

【有識者議員】

はい、どうぞ。

【外部有識者】

このマップ図は私の専門ではないのですが、1点伺いたいと思います。こういう横軸に効率、縦軸にエネルギー密度をとって、あるべき姿が右肩上がりを目指しながら研究を進め、ターゲ

ットバリューをすでに超えている赤と青の材料をマーケットインさせるように動いているのでしょうか。そのときに、一番右上部の、先生が言われていた上位発展系の新原理蓄電池が、これは現在あるものに対して桁で向上する材料というふうに読み取れます。なかなか材料開発研究をしていてこういうようなところが見えているケースは少ないと思いますので、この辺が本当にどうなのか教えて下さい。また工業化するときどうなのか、少しその辺を教えてください。

【説明者】

これに関しましては、簡単に申し上げますとここに示してありますが、現段階では放電反応には成功している段階、だから充電反応はどうかという検討をしないといけないということ。課題といたしまして、ここに書いてありますような、まだいくつかの課題が残されています。

この課題は特に、実は触媒開発が大切であるといろいろな研究結果から出ておりますので、それが達成できると、上位発展系の新原理蓄電池ができ上がると考えております。よろしいでしょうか。

【有識者議員】

はい、どうぞ。

【外部有識者】

先ほどのスライドの 15 をお願いします。

【説明者】

はい、わかりました。

【外部有識者】

先ほどからたくさん質問が出ているのであまりあれしませんけれども、この部分がよくわからないのが、全体的にいろいろな電池を研究されていて、それぞれで成果が出ているというのはわかるのですが、いろいろな電池が最終的にどういうふうに集約されていくのか、それがよく見えなくて。お話を聞いていると金属酸素電池ですか、それと有機全固体電池が有望ですよという話をされましたけれども、それは最終的にこのプロジェクトが進んでいく中で段々研究の中心をそちらのほうに絞っていくと考えておられるのか、その辺をお聞かせ願いたい。

それから、もう1つ目標として2030年の目標も掲げられていますけれども、これは2030年に可能性のある電池の研究もしますよというので、プロジェクト終了後にどの辺までいったらこのプロジェクトの成果が達成できたとお考えなのか、いずれにしろ何か別々にみんなやられて、それを別々に並べられているような格好に見えちゃって、それが何となくまだ理解できないでいるのですけれども。

【説明者】

わかりました。ありがとうございます。先ほど来、同じようなコメントを受けておりますので、まず目標値としてはこのプロジェクト終了時に350 Wh/kgという値がクリアできたら実用化に近づくというふうに考えております。各プロジェクトにおきましては、橋本先生からもコメントをいただきましたようにトヨタあるいは日本触媒等の企業側からの意見、また相澤先生からご意見いただきましたようにこれの見直しも含めて、もう少し統合的にかつそれを見た場合に選択と集中ができることがわかるように、研究をマネジメントしていきたいと思っております。ありがとうございます。

【外部有識者】

それで細かい話なのですが、研究終了時の目標として現行デバイスの3倍以上のエネルギー密度と書いていまして、その中で金属-空気電池に関しては700 Wh/kgになっています。これが先ほどのスライド15の図を見ますと2030年の目標と同じ値になっていますが、この辺の目標設定はどういう関係にあるのですか。

【説明者】

これは日比野先生から…。

【説明者】

金属-空気電池で700 Wh/kgを実現するというのは、酸化リチウムと炭素を使うということを想定している値です。空気電池の場合は電池の中に酸素を含んでいないので非常に軽くできるので、もっと大きな値が言われますが、ここまではいけるといって、それを見込めるような金属-空気電池をつくるという意味で700 Wh/kgを出しています。今このプロジェクトでつくっている電池としては一気に700 Wh/kgというのは全体的にちょっと難しいは思っていて、

この設定値 350 Wh/kg というのが電池の設定値というところです。

【外部有識者】

そうするとここですね、終了時の具体的な目標の値を書いてもらったらいいのではないかと思いますけど。今 700 Wh/kg になっていますので、非常に混乱します。

【説明者】

わかりました。

【有識者議員】

時間なのですが、先ほど来こちら側から出ている指摘、質問等の一貫性のことは、先生も先ほど繰り返されているのでご理解されていらっしゃると思いますが、やはり 2020 年、2030 年代で中核になる電池をつくっていただくということですから、そうしますと先生方ご自身もいろいろな悩みがあるのだと思います。新しいアイデアが次々に出てきて、次はどれが本命になるのか、将来ですね、可能性を探らなければならないと。その気持ちもわかるのですが、そういったそれぞれの電池の将来持つポテンシャルあるいは実現性、そういったことも全部含めて、あるいは民間の需要ですね、ある種のご判断、ご決断をいただいて、残り 1 年半集中して、一つの体系をご提案いただきたい。その成果を出していただきたい。そういうことです。それでは最後に、冒頭に相澤先生から出た質問の 1 枚、資料を事務局見せて。

【事務局】

先ほどのご指摘は、この回収資料の 15 ページということでしょうか。

【有識者議員】

これに相当するものということで、ちょっと中身を見るとコンフィデンシャルなのかなと、ちょっと疑問を持つのですが…。

【説明者】

これは、まだ…。

【有識者議員】

だから、コンフィデンシャルされる場所はカットしても良いが、ただこういう表現はなんらコンフィデンシャルではないと思いますので。

【外部有識者】

質問の回答に出て来ていましたね。

【有識者議員】

すでに？

【外部有識者】

ええ、文書で。

【説明者】

はい、ありがとうございます。

【有識者議員】

ですから、それを新原理と新型と、両方やって今の世の中の進んでいるところと、このプロジェクトで達成するところの位置関係、だからこういうところを目指すのだという、それがわかるような1枚の紙です。

【説明者】

はい、わかりました。ありがとうございます。

【事務局】

それでは今のご指摘にそった回答をまた事務局のほうに返していただければと思います。

それで期限を切って恐縮ですが、来週の金曜日9月28日までにメールでご回答いただければと思います。それでよろしいでしょうか。

【有識者議員】

はい。

【事務局】

それではこれでヒアリングを終了させていただきます。どうもありがとうございました。