

# 鉄(Fe)化合物で新たな二次電池を拓く

兵庫県立大学大学院教授 工学研究科電気系工学専攻  
物性・デバイス部門

理学博士 中村 龍哉氏



## 中村龍哉氏プロフィール

1984年 3月	広島大学大学院理学研究科物性学卒
1984年~2000年	酸化鉄セラミックスメーカー 研究員
1997年	広島大学理学研究科物性物理学で理学博士号取得
2000年	兵庫県立大学大学院助教授
2010年	兵庫県立大学大学院教授

二次電池はパソコンや携帯電話などに必要不可欠な存在である。これまでのエレクトロニクス分野だけではなく、電気自動車（EV）、などの大型の電力源、また、東日本震災以降の電力供給の不安定化もあって関心の高まっている再生可能エネルギー、太陽光発電や風力発電においても、電気を貯める、いわゆる充放電の果たす役割は更に重要性を増している。今の二次電池製品はリチウムイオン電池が主流であるが、新たに正極電極材料に、様々な金属酸化物薄膜を利用する研究が活発化している。鉄(Fe)化合物もその一つである。

繋げる研究の第一人者が兵庫県立大学大学院工学研究科電気系工学専攻の中村龍哉教授・理学博士である。その可能性について訊いてみることにした。

ちなみに、中村教授は広島大学大学院理学物性学専攻（理論固体物理）を終了、酸化鉄関連セラミックスの大手メーカーを経て、現在に至っている。理論物理で磨いた鋭敏な思考と企業の実践で培われた強みが融合して、新しい電池の可能性を拓げようとしている。

**化合物の磁性研究から出発**

—電池材料研究に至った経緯をお聞かせ下さい。

中村・大学時代は理学部に席を置き、理論固体物理を専攻しました。理論物理ですが、今とは全く違う分野です。大学院を卒業して、セラミックスメーカーに入社、研究の部門に配属されました。磁気記録材料を経て、磁性体利用の

研究を始めました。磁性体にマイクロ波を当て、どのような反応やレスポンスをするのかという磁性体研究に10年間携りました。この研究をベースにして広島大学理学研究科で理学博士号を取得しました。

その当時、1990年頃には、ちょうど第一次電池ブームとも呼べる時代で、ソニーが先陣を切ってコバルト酸化物利用の二次電池を製品化するという時期に重なります。ちなみに、まだ、リチウム電池は影も形もありませんでした。私は鉄化合物磁性体の研究から鉄酸化物が電池材料に応用できると着想しました。私としては、他社と同じ材料でなく、鉄酸化物の利用を考えていましたが、会社としてはすぐにでも製品化できるものを開発するとの方針に従い、コバルト、マンガン、ニッケルなどの金属材料を対象にして研究に取り組むことになりました。

材料は遷移金属酸化物ですから磁石の性質が出てきます。もちろん、室温では無理なので液体ヘリウム利用による極低温で冷却しなければなりません。大変、興味は惹かれましたが、設備など会社では様々な制約があって直ぐには手を付けられませんでした。しかしながら、その間も、鉄酸化物研究

を恩師や先輩、同僚などに協力を得ながら色々、その可能性について自分で調べていました。

2000年に兵庫県立大学から声を掛けていただき、助教授に就き、これを契機に、化合物の磁性研究に本格的に取り組めることになりました。そして、化合物の磁性を研究する中で、産総研関西センターの客員研究員として化合物の電池をつくる機会を得て電池性能も見ることになりました。それが電池材料研究の本格的な始まりです。そして、ずっと温めていた鉄化合物利用の電池の研究に繋がりました。

—何故、鉄なのでしょう。

中村・鉄を対象にしたのは資源として豊富にあつて、コスト面でもあまり高くない金属を使うことも材料のひとつです。そして、誰も材料として注目していない未知の領域として大変魅力があつたからです。

## 磁性の特性を知ることで電池の性能を予測

—化合物磁性体と電池が出あつたのは。

中村・私は、あくまで化合物の磁性を調べることが最優先で、電池の能力については度外視していました。実は、この見方が電池材

料へ繋げていったのです。

例えば、化合物材料を極低温まで冷却すると興味深い磁性が起きます。実験は、はじめに絶対零度に近いマイナス270℃、4・2Kまで材料を冷却して、そこから少しずつ温度を上げて、その磁性現象を計測します。そして磁性と電池の性能のあいだに多くの関連性があることが見えてきました。言い換えれば、磁性の特性を知ることによって電池の性能を予測できる可能性が見えてきたのです。

—電池の専門研究者では出来ない視点ですね。

中村・この研究を評価して、電池材料メーカーから声がかかるようになり、金属酸化物材料研究に大きな広がりが出てきました。そのひとつが、高電圧発生化合物研究です。5Vの高電圧が発生する化合物がありますが、現時点は、まだ電池としては使える用途は立っていません。良い電解液がないため安定しないのです。しかし、私は、電池の性能は二の次ですから、その化合物を冷却して磁性を調べています。今は世の中のお役には立てませんが、この研究が基礎になって、高電圧電池の実用化への道を拓きたいと考えています。もうひとつは、鉄の化合物研究です。材料に鉄のリン酸塩を選択

しましたが、導電性が悪い。電池の材料はある程度、電気が流れなければなりません。全然、流れない。しかし、大変面白い材料です。

この時期に、兵庫県の瓦屋さんと一緒に仕事をする機会がありました。瓦で電磁波吸収体をつくるのが目的でした。瓦は、材料が土ですから不導体で全く電気が流れません。ところが燻(いぶし)をかけると電気が流れることが分かりました。(注・燻瓦は表面を還元雰囲気中で炭化水素系ガスと接触させ、表面に炭素分を蒸着させる古くからある製造法。表面に光沢を与え、寿命を延ばす効果がある。)この特性を上手く利用すると電磁波を反射しないで吸収する電磁波吸収体が出来たのです。

そこから、燻瓦の製造法を電池材料加工に応用できないかと思いつきました。その話に興味を持った協力会社から実験装置を提供され、早速、実験を開始しました。その結果、化合物(リチウムリン酸鉄・LiFePO<sub>4</sub>)のセラミック系粉末一粒一粒の表面に、もの見事に1ナノメートル膜厚のカーボン薄膜が均等に全部着きました。その均一性は、X線解析でも確認できました。そして、電流が流れ、リン酸鉄材料が電池に応用できる道が拓かれました。そして電池に

すると3分という高速充放電できる十分の特性があります。

—電池としての問題点はないのですか。

中村・リン酸鉄化合物は電流の出し入れ時に、電圧が追従するのが遅れる現象が起きるのですが、何が原因で起きているかが明確にはわかっていません。一般的には電池内部に抵抗があつて電圧が落ちますが、放つておいてもすぐに回復します。しかし、リン酸鉄の場合は電圧が落ちてもなかなか回復しない。極端に遅い。そこが解明できれば、ワンランク上の性能が出せるはずですが、まだ、決め

### 遷移金属

遷移金属は、遷移元素とも呼ばれる。元素の内、電子の反転充填の行われる元素の総称。原子番号21〜29、39〜47、57〜79、89以上、周期表で第3族〜第11族に存在する元素。

### 燻(いぶし)瓦

釉薬を使わず焼成した後に、完全に空気を遮断して、焼成時にLPガスなどの炭化水素系ガスを接触させて、瓦表面に炭素膜を形成する瓦製法である。表面が銀色で光沢が生じ、長い期間、変色、褪色が起きないのが特徴である。兵庫県淡路島の淡路瓦が燻瓦生産の全国一位である。

