

## 先端技術キーワード解説

## 知っておきたい最新の動き

## [材料科学の新大陸 —鉄系超電導物質]

最近、耳慣れない言葉を聞きました。「材料科学の新大陸」という言葉です。もちろん、実際に大陸があるわけではありません。あることを比喩した言葉です。それは、2008年、それまでありえないと考えられていた鉄系超電導材料の発見によります。新しい系統の材料であり、しかも、大きな可能性を秘めていることから、フィーバーが起きました。このため、新大陸の発見とまで言われるようになったのです。

この新材料を発見、そして、「新大陸ブーム」に火をつけたのは、東京工業大学 細野 秀雄 教授です。細野教授のこれまでの研究成果を簡単に振り返ってみましょう。

		鉄系超伝導 鉄を主成分とするオキシニク タイド化合物、LaOFePnO (Pn はPやAs)	セメント (C12A7) カルシウムアルミネート ( $12\text{CaO} \cdot$ $7\text{Al}_2\text{O}_3$ )。ナノポーラス材料、籠 の中の酸素イオンを電子で置換	アモルファス酸化物半導体 透明、アモルファス酸化物、TFT
1999/10/1	ERATO開始			
2002/10/3			半導体(電子伝導)を実現	
2003/5/27				透明酸化物でポリシリコン並みの高い 移動度をもつTFTを実現 安定化ジルコニア単結晶 ( $\text{Y}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ ) 上に、単結晶のIGZO ( $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_4$ ) 薄膜を積層
2003/8/1			室温大気中で安定なC12A7無機エ レクトライドの合成に成功	
2004/9/30	ERATO終了			
2004/10/1	ERATO- SORST開始			
2004/11/25				透明で曲げられる高性能(アモルファ スシリコンの10倍の移動度)なアモル ファス酸化物TFTを実現。PET上にアモ ルファスの $\text{In}_2\text{O}_3\text{-Ga}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$ を積層
2005/2/16			室温大気中で安定なエレクトライド の迅速効率的な大量合成法を開 発	
2006/7/17		4Kの超伝導を発見 (LaOFeP)		
2007/4/11			金属伝導を実現 酸素イオンを電子で完全置換	
2007/6/11			超伝導を発見 (0.4K)	
2008/2/18		32Kの超伝導を発見 ( $\text{LaO}_{1-x}$ $\text{F}_x\text{FeAs}$ )		
2008/4/23		高圧条件下で $T_c$ 上昇(43K) を確認		
2008/7/25				酸化物でp-チャンネルTFTを実現
2008/9/3		超伝導エピタキシャル薄膜を 報告		
2009/9/30	ERATO- SORST終了			

図 細野教授の業績 (文献1)より

## (1) 透明で半導体になるアモルファス酸化物

アモルファス透明酸化物半導体 (TAOS) の提案 (1995)、その物質設計指針の提示 (1996) と実証 (2002) を経て、TAOS の一つである In-Ga-Zn-O (IGZO) の報告 (2004) です。IGZO は、これまで使われてきたアモルファスシリコンに対し約 20 倍高い電子移動度を持つ薄膜トランジスタ (TFT) です。IGZO-TFT はタブレット端末やスマートフォン、大型有機 EL テレビ等に搭載される高解像度ディスプレイへ採用さ

れています。

### (2) 電気が流れるセメント

アルミナセメントの成分の1つである  $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3(\text{C12A7})$  結晶のかご (ナノポーラス) 構造の特殊性に着目し、酸素イオンを強制的に電子に置換することで、電気伝導状態を絶縁体から半導体 (2002年)、金属 (2007年)、超伝導 (2007年) へと変えることに成功しました。さらに、新しい透明導電膜、高輝度電子放出源、有機発光 TV 用高性能電極、アンモニア合成触媒などの機能を開拓しました。

### (3) 鉄系超伝導物質

鉄を含む化合物は、大きな磁気モーメントをもつため、超伝導の発現には極めて不向きと信じられてきた中、鉄を主成分とする層状オキシニクタイトドにおいて比較的高い転移温度 (26K、高圧下で 43K) を示したことから、世界中の研究者が注目することになりました。

今回の発見が研究者の大きな驚きと関心を集めたのは、以下の2つがあります。

- 1) 「鉄は磁性を担うため、超伝導にとっては、もっとも忌み嫌うべきもの」という常識
- 2) 「超伝導物質とは、大別すると『金属系』と『銅酸化物系』しかないのではないか」という先入観

今、『細野物質』(?) の背後に、数千もの可能な物質群が隠れているとされています。これが、「新大陸」と言われる所以です。

よくこれまで、次々と新たな材料を発見できたと思います。これについて、細野教授は、以下のようなお話をされています。

「挑戦的なテーマはオール・オア・ナッシングと言う人がいるが、そんな研究などあり得ない。一生懸命やっていると、必ず新しい考え方やヒントが出てくる。物質は多面的だから、ある面で切ったら見えなかもしれないけど、別の視点で切れば、必ず新しい顔を見せてくれるんですよ。」

日本は、材料研究では高いパフォーマンスをあげています。その土台になっているのが、このような「継続して、多方面から次々と取り組む」という研究スピリッツのような気がします。

### (参考文献)

- 1) 細野秀雄・東京工業大学教授 材料科学の“新大陸”を発見 一研究にオール・オア・ナッシングはあり得ない、産学官連携ジャーナル 2009年6月号

[https://sangakukan.jp/journal/journal\\_contents/2009/06/articles/0906-02-01/0906-02-01\\_article.html](https://sangakukan.jp/journal/journal_contents/2009/06/articles/0906-02-01/0906-02-01_article.html)

- 2) 細野秀雄教授が NIMS 賞を受賞、東京工業大学ホームページ

<http://www.titech.ac.jp/news/2013/003606.html>

### (注)

本解説は、執筆当時の状況に基づいて解説をしております。ご覧になる時には、状況が変わっている可能性がありますので、ご注意をお願いします。

Copyright (C) Satoru Haga 2016, All right reserved.

<b>技術・経営の戦略研究・トータルサポーター</b>	工学博士 中小企業診断士 社会保険労務士(登録予定) 代表 <b>芳賀 知</b>
<b>ティー・エム研究所</b>	
E-Mail: <a href="mailto:info_tm-lab@mbn.nifty.com">info_tm-lab@mbn.nifty.com</a>	URL: <a href="http://tm-lab@a.la9.jp/">http://tm-lab@a.la9.jp/</a>