



東北大学

平成22年3月11日

報道機関 各位

東北大学金属材料研究所

世界最高磁場で原子の観測に成功  
—強磁場走査トンネル顕微鏡の開発—

(概要)

東北大学金属材料研究所の西寄照和助教と小林典男教授のグループは、金属材料研究所に設置されたハイブリッド電磁石\*<sup>1</sup> (図1) と呼ばれる強磁場発生装置を用いて、27テスラ\*<sup>2</sup>の磁場中(地球磁場の50万倍)で材料の電気的性質を原子スケールで見ることのできる走査トンネル顕微鏡\*<sup>3</sup>の開発に成功した(図2)。これは磁場中の原子像の観測としては従来行なわれていた14テスラまでの実績を大きく上回る世界最高磁場での観測であり、この成功によりこれまで見ることのできなかつた高い磁場において、磁性材料、超伝導材料、半導体材料などの性質を原子スケールで直接見ることが可能になった。この技術を21世紀の省エネルギー材料として期待されている高温超伝導体\*<sup>4</sup>に適用することで、高温超伝導の機構を明らかにすることや高温超伝導材料の実用化に大きな発展が期待される。この研究は、文部科学省科学研究費特定領域研究「100テスラ領域の強磁場スピン科学」から研究費の補助を受けて行なわれた。詳しくは3月20日に岡山大学で開催される日本物理学会で「ハイブリッドマグネットを用いた強磁場STMの開発」として報告される。

(研究の背景と経緯)

超伝導体に磁場をかけると、超伝導体内部の電子は1億分の1メートル程の大きさの小さな渦を作り、さらに高い磁場で超伝導は壊れる。渦の形や大きさは超伝導体の持つ性質によって変わり、このために、超伝導体の研究には磁場の中で電気的性質がどのように変化するかを原子スケールで調べることが必要とされる。超伝導体の性質を原子スケールで研究する方法の一つとして、走査トンネル顕微鏡が用いられているが、これまでは液体ヘリウムで冷却した超伝導電磁石を使って14テスラまでしか成功していなかった。特に、高温超伝導体では超伝導が壊れる磁場の値が極めて高く、さらに高い磁場での測定技術の開発が必要とされていた。

#### (研究の内容)

走査トンネル顕微鏡は、材料の表面に細い針をあて、材料と針との間に流れる微小な電流を測ることによって、表面の形や電気的な性質を原子スケールで観測する方法である。この方法は現在の科学技術の発展を支えるナノ（1ナノは10億分の1）技術の一つで、半導体材料の開発や高温超伝導体の研究に用いられている。

西寄助教らは、東北大学金属材料研究所に設置されている超伝導電磁石と大型水冷電磁石を組み合わせた、ハイブリッド電磁石による30テスラを超える強磁場中で使用できる走査型トンネル顕微鏡の開発（図2）に取り組んできた。このグループは同所で開発された液体ヘリウムを使用しないタイプの無冷媒超伝導磁石を使って、2008年12月に18テスラの磁場の中でグラファイト表面の炭素原子の観測に成功していた（図3）。今回、ハイブリッド電磁石を使って、前回はさらに上回る磁場の中で炭素原子1層に相当するステップの観測に成功した（図3）。

開発にあたって最大の壁は、水冷電磁石の狭いスペースに装置を収めることと、水冷電磁石に水が流れるときに発生する振動の中で材料の表面と針の先端との間を1ナノメートル以上の精度で制御しなければならないことであったが、今回、小型除振台に加えて走査トンネル顕微鏡の中心部分の小型化を図ることや装置全体の強度を増すことでこの問題を解決し、実現したものである。

#### (今後の展開)

今後、この成果を様々な超伝導体に適用して、超伝導が起こる原因を究明するとともに材料としての性質を調べることを予定しており、高温超伝導材料の開発等に大きな威力を発揮することが期待される。

#### (問い合わせ先)

東北大学金属材料研究所 教授 小林典男(コバヤシ ノリオ)

仙台市青葉区片平2-1-1

電話番号：022-215-2025 FAX：022-215-2026

Eメール：[koban@imr.tohoku.ac.jp](mailto:koban@imr.tohoku.ac.jp)

東北大学金属材料研究所 助教 西寄照和(ニシザキ テルカズ)

電話番号：022-215-2029 FAX:022-215-2026

Eメール：[terukazu@imr.tohoku.ac.jp](mailto:terukazu@imr.tohoku.ac.jp)

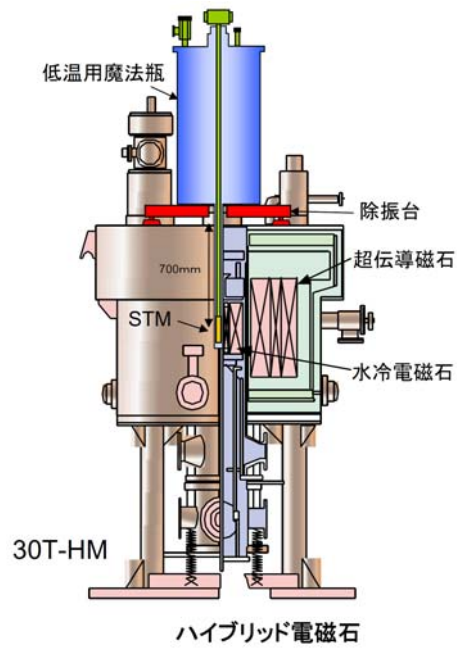


図1 ハイブリッド電磁石(30T-HM)

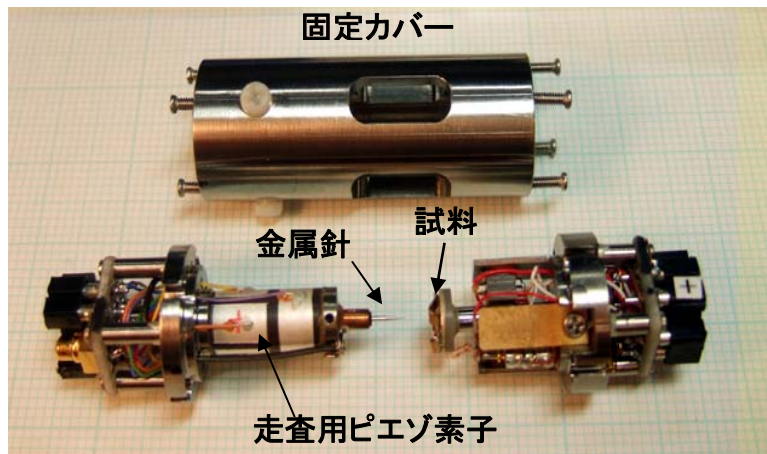
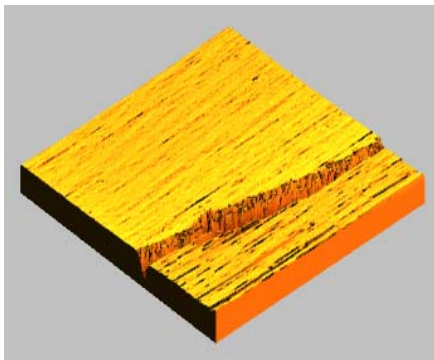
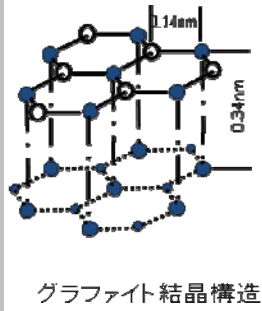


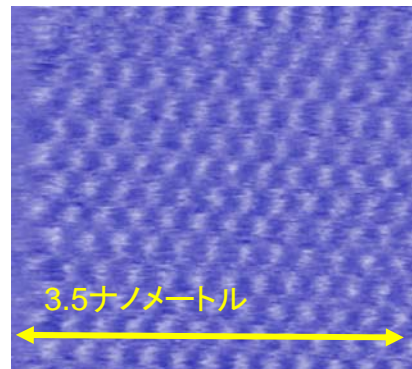
図2 開発された強磁場用走査トンネル顕微鏡



ハイブリッド電磁石 (27T)  
中の炭素原子層の観察



グラファイト結晶構造



無冷媒超伝導電磁石 (18T)  
中の原子像の観察

図3 磁場中の炭素原子観察

## 用語説明

### \* 1 ハイブリッド電磁石 :

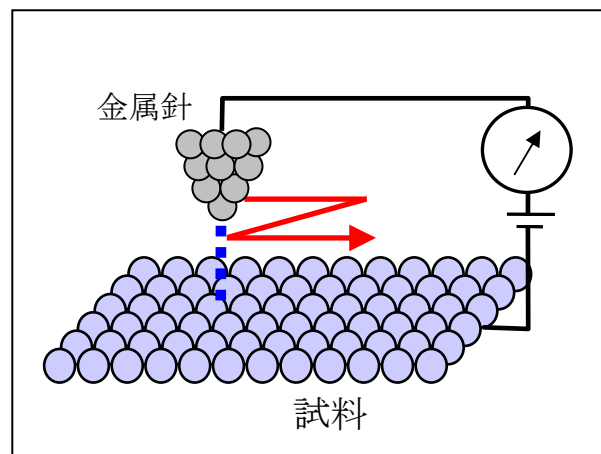
電磁石のコイルに超伝導材料を使用した超伝導磁石と、補強された銅のコイルを使用し大量の水で冷却する大型水冷電磁石を組み合わせた電磁石。超伝導磁石では通常十数テスラまでの磁場を発生し、それ以上の強磁場の長時間にわたる研究には水冷電磁石やハイブリッド電磁石を使う。ハイブリッド電磁石は世界で東北大学のほか、つくば市の物質材料研究機構、フランス、アメリカ、オランダなど世界数箇所で運転されている。

### \* 2 テスラ :

磁束密度の単位。1 テスラは1 万ガウスに相当し、地球磁場の強さの約2 万倍。

### \* 3 走査トンネル顕微鏡 :

右図のように、試料の上に小さな隙間を開けて金属の針を立てるとわずかな電流（トンネル電流）が流れる。針を前後左右に動かしながらこの電流を検出して、原子スケールで試料表面の電気の流れやすさや凹凸を見る方法。



### \* 4 高温超伝導体

超伝導は零下270度近い極低温で電気抵抗がゼロになる現象。1986年に銅を含む酸化物が従来の超伝導体よりも高い温度で超伝導になることが発見され、その後発見された一連の酸化物超伝導体を高温超伝導体と呼んだ。現在知られている超伝導になる最高の温度は約零下120度である。イットリウムやビスマスを含む銅酸化物超伝導体が実用材料として期待されている。