

世界最高の高分解能NMRマグネットの運転に成功

- タンパク質の構造解明と新薬創製に向けて大きく前進 -

平成13年6月13日

独立行政法人物質・材料研究機構

1. 概要

独立行政法人物質・材料研究機構（以下では物材機構）材料研究所の強磁場研究グループ（和田 仁主幹研究員）は、開発中のタンパク質構造解析用超伝導 NMR マグネットを用いて、このほどプロトン共鳴周波数 920MHz における永久電流モード運転に成功した。このときの発生磁場 21.6T は NMR マグネットとしての世界最高記録である。これまでの記録は同じ物材機構が持つ 900MHz (21.1T) NMR マグネットを含む NMR スペクトロメータは、ポストゲノム研究の最重要プロジェクトであるタンパク質の立体構造解明およびこれを利用した新薬の創製などの厳しい国際競争に打ち勝つために不可欠の装置であり、その感度と分解能は磁場が強くなるほど向上する。本マグネットは理化学研究所が推進するタンパク質の立体構造解明研究に、2002 年度より活用される予定であるが、本マグネットの開発成功によって、世界最高の SPring-8 とともにタンパク質の機能解明研究にとって最強のツールが我が国に揃うこととなり、今後のライフサイエンス分野における技術開発競争に大きく展望が拓かれることとなる。

2. この度の成果

物材機構では、文部科学省の超伝導材料研究マルチコアプロジェクト第2期の一環として、従来のレベルを超える超伝導 NMR マグネットの開発を（株）神戸製鋼所と共同で進めてきた。両者は2種類の新しい Nb₃Sn 超伝導線材を開発することにより従来のレベルを超えた強い磁場を発生することのできる NMR マグネットを作製し、1999 年 12 月、世界で初めて 900MHz (発生磁場 21.1T) の永久電流モードで運転することに成功した（既報）。

900MHz の永久電流モードでマグネットの性能を確認したところ、100 年後の磁場の変化が 0.2%以下という極めて優れた安定度が得られた。この結果を踏まえて長期間の永久電流モードでの運転も含めた励磁試験を繰り返し、データを取得した。さらにマグネットをより低温で効率的に冷却できるように冷却システムを改良することにより、920MHz (21.6T) での永久電流モード運転を達成した。これまでの結果から、磁場の変動は 100 年間で 0.3%以下と、NMR スペクトロメータとして十分低い値であること

が明らかになっている。

900MHz (21.1T) を越える NMR マグネットでは、強磁場における超伝導線材の性能が決め手となるため、超伝導線材の開発によって成否が決まる。世界的に見ても、本マグネット以外にはまだそのような強い磁場を発生するマグネットは存在していない。超伝導線材の開発に要する時間を考えると、少なくとも今後数年間は、本マグネットを越えるものは出現しないと予想される。物材機構の有する超伝導線材の研究開発能力が、ライフサイエンス分野におけるわが国の国際競争力の基盤を提供したことになる。

3. 波及効果

本マグネットは、理化学研究所ゲノム科学総合研究センターのタンパク質構造・機能研究グループが実施するタンパク質の立体構造解明に 2002 年度から、使用される予定である。超伝導 NMR マグネットの最高性能機種が世界に先駆けて日本で開発されたことは、世界最高の放射光施設 SPring-8 とともに、タンパク質の機能解明とその先にある画期的な新薬創製にとって最強の研究ツールがわが国に揃うことになり、ライフサイエンス分野における技術開発競争に大きく展望を拓くものである。

なお、800MHz (18.8T) までの NMR マグネットが市場に供されているが、750MHz (17.6T) 以上の強磁場を発生するマグネットの多くが超流動ヘリウム温度 (2K) で運転されている。本マグネット用に開発された超伝導線材を使えば、これらの磁場において液体ヘリウム温度 (4.2K) での運転が可能になり、ユーザーにとって経済的かつ使いやすい NMR スペクトロメータが実現する。

また、本マグネット用に開発した超伝導線材をさらに改良することにより、新陳代謝診断用の新しい強磁場 MRI 装置のような大空間に強磁場を発生するマグネットの実現が可能になる。

4. 今後の展望

物材機構強磁場研究グループでは 1GHz (23.5T) を目標として、さらに強い磁場で使用できる超伝導線材の開発に取り組んでいる。その 1 つが、物材機構 (旧金属材料技術研究所) で発見された Bi 系酸化物超伝導体の線材である。この線材を本マグネットの最内層コイルに使用することにより、23.5T の磁場を発生する。現在 Bi 系酸化物線材のコイルを開発中である。さらに、理化学研究所ゲノム科学総合研究センターと共同で、世界最高の強磁場 NMR スペクトロメータ開発を実施する予定である。

<補足> NMR マグネット

NMR マグネットは MHz という周波数の単位で呼ばれるため誤解されやすいが、発

生ずる磁場は時間的に一定である。さらに、測定する試料全体に対して磁場は均一でなくてはならない。この一様な磁場に置かれた試料に対して、ある周波数の電磁場を加えると、特定の原子核との間で共鳴現象（核磁気共鳴、Nuclear Magnetic Resonance）が起こる。代表的な水素の原子核の場合、2.3487T の磁場中で 100MHz の周波数の電磁場に共鳴する。共鳴する周波数は磁場に比例することから、この 9 倍の 21.1T の磁場を発生するマグネットを 900MHz のマグネットと称する。

分子を構成する原子は、同じ核種でも分子中での位置が異なると、化学結合の違い等によってそれぞれの原子核の感じる磁場が微妙に異なってくる。これを観測してタンパク質等の構造を決定していく。

磁場が大きくなり、対応する共鳴周波数が増加すると感度と分解能が向上するため、より微細な構造の決定や微量試料の分析が可能となる。また分子量の大きなタンパク質は NMR による構造解析が困難であるという欠点があるが、これを克服する有力な手段が磁場の増加である。特に最近、解析可能な分子量を劇的に増加する新しい測定方法が提案され、それが 1GHz 近傍で最も有効とされているため、磁場の増加に大きな期待が寄せられている。

NMR マグネットは測定時間中に磁場が変化することが許されない（100 年間運転しても磁場変化が 1% 以下）。このため、電気抵抗ゼロで電流が減衰せず、磁場が変動しない超伝導の特長（永久電流）が利用される。従って、NMR マグネットでは、超伝導線材を接続する技術（接続箇所抵抗が発生）が非常に重要である。

問い合わせ先

独立行政法人物質・材料研究機構 総務部総務課広報係

TEL: 0298-59-2026

FAX: 0298-59-2029

E-mail: info@nims.go.jp

（研究内容に関すること）

独立行政法人物質・材料研究機構 材料研究所 強磁場研究グループ

和田 仁（TEL: 0298-59-5024）

木吉 司（TEL: 0298-59-5084）



図 1 NMRマグネット本体写真

本プロジェクトで開発した
超伝導線材を使用

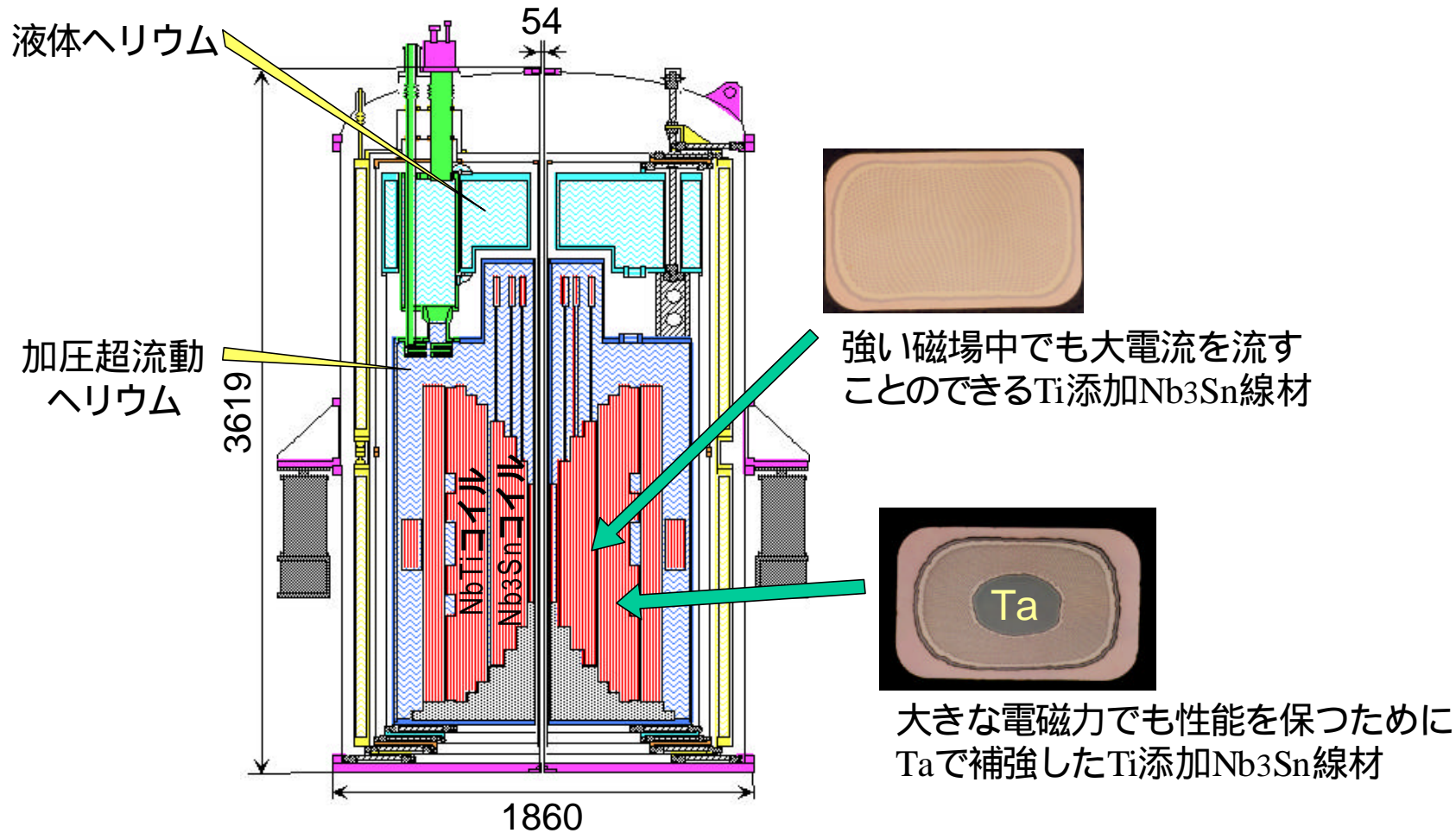


図2 NMRマグネットの断面模式図

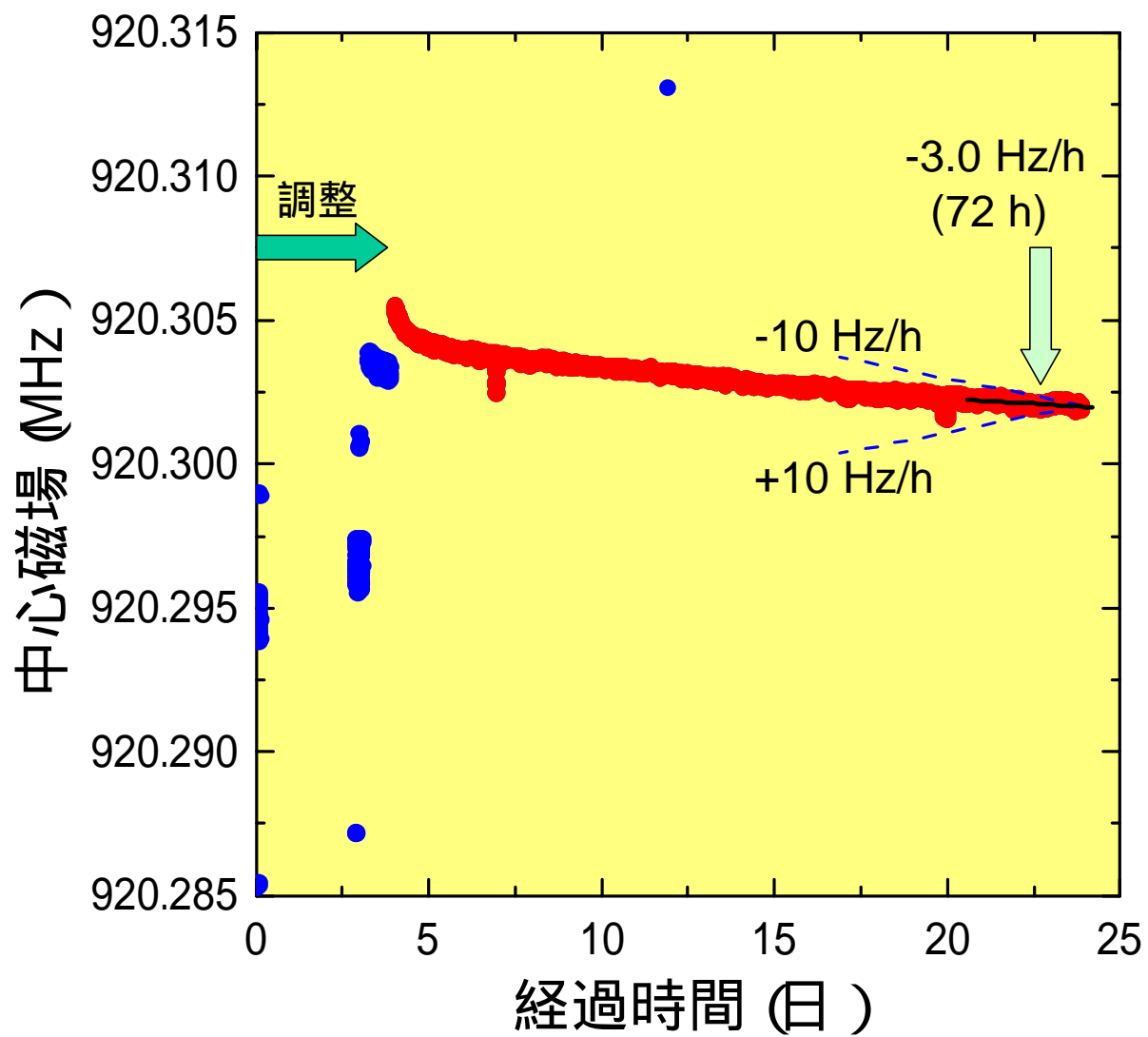


図3 920MHzでの磁場安定度

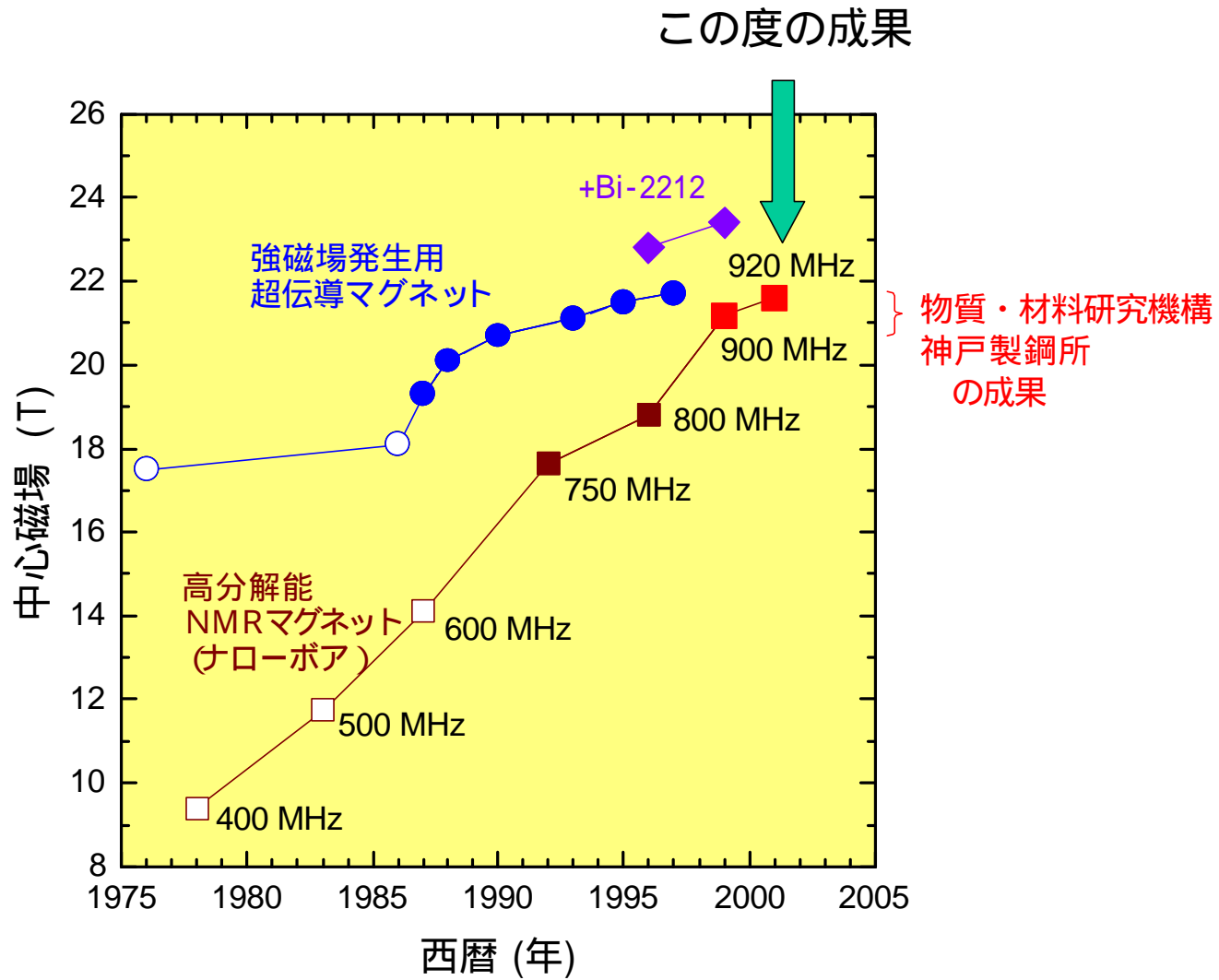


図4 NMRマグネット開発の推移