

1991 No. 5

金材技研

ニュース

科学技術庁

金属材料技術研究所

「磁界技術施設」 特集

「磁界技術研究施設／80 T マグネットの開発
／超精密磁界で実験開始／大口径マグネット
が完成／ハイブリッドマグネットは製作中」

開発進む 4 種類のマグネットシステム

—— 世界最高水準の共同研究施設の建設へ ——

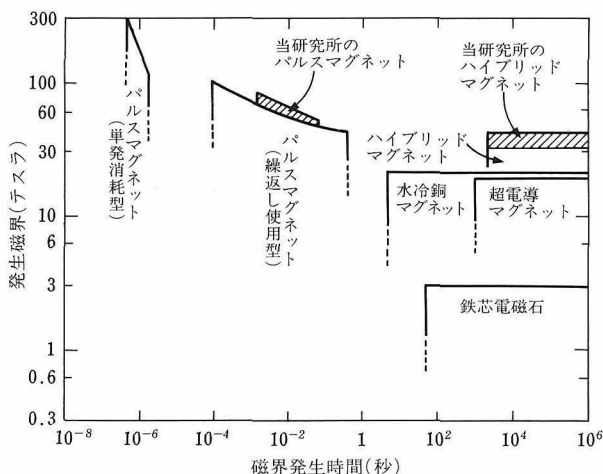
高温超電導発現機構の解明には、各種の計測を強磁界中において行うことが最重要である。このような目的に使用するマグネットは、発生磁界が高いこと、磁界の均一性・安定性が優れていること、磁界の発生空間が広いことなどが必要である。しかし、これらの要求を1つのマグネットで満足させるのは不可能である。

当研究所は、科学技術庁が推進している超電導材料研究マルチコアプロジェクト（金材技研ニュース、1988、No.5 参照）の超電導性能評価コアの中で、使用目的が異なる4種類のマグネットシステムから

なる磁界技術の研究施設を完成させることにした。この研究施設は、超高磁界用の80 T（Tはテスラで磁界の単位、1 T=10,000ガウス）級ロングパルスマグネット、均一安定磁界用の超精密磁界マグネット、広い磁界空間用の20 T 級大口径超電導マグネット、および定常高磁界用の40 T 級ハイブリッドマグネットからなっている。

次ページ以下に、それぞれのシステムの現状について少し詳しく紹介するが、80 T 級ロングパルスマグネットは電源部が完成し、現在はマグネット部の開発を進めている。超精密磁界マグネットはシステムの立ち上げがほぼ完了し、既に計測評価への使用が始まっている。20 T 級大口径超電導マグネットは製作が完了し、立ち上げ試運転に入っている。40 T 級ハイブリッドマグネットはこれらのマグネットシステムの中で最大規模のもので、平成5年度完成を目指している。

超強磁界の利用は超電導体の研究のみならず、ほとんどの研究分野で有効かつ重要な研究手法である。当研究所が開発を進めているマグネットシステムは、現在までの技術で発生可能な磁界の上限を超える世界最高水準のものであるので、全システムの完成後は、内外の研究者に開かれた共同研究施設として運用する計画である。

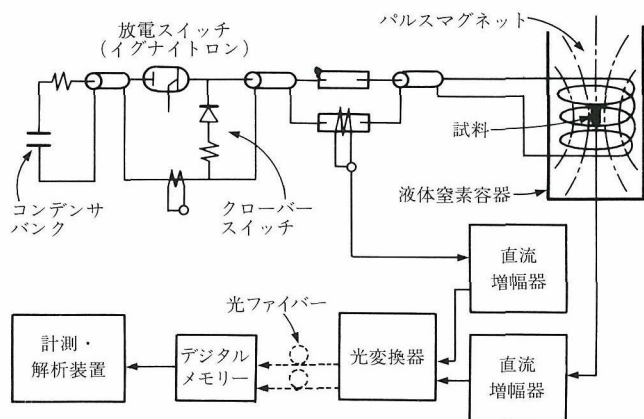


現在技術で発生可能な磁界
(斜線は当研究所で計画中のもの)

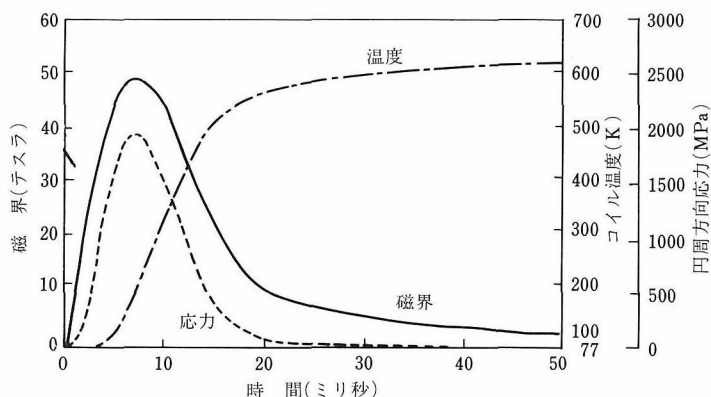
◇ 80 T級ロングパルスマグネット ◇

パルスマグネットは、定常的に発生できる磁界よりもはるかに強い磁界を、短時間ではあるが発生させることができる。発生磁界の持続時間は、秒単位以上のものからマイクロ秒以下のものまであるが、持続時間の長いものほど製造が困難である。しかし、変化が比較的遅い現象を測定の対象にする場合には、強磁界をある程度長時間にわたって持続できるパルス幅の広いロングパルスマグネットが必要である。当研究所で計画している80 T級ロングパルスマグネットは、50～80 Tの超強磁界を数ミリ秒～数十ミリ秒持続して発生させることを目標にしている。

電源部（金材技研ニュース，1989，No. 8 参照）には、



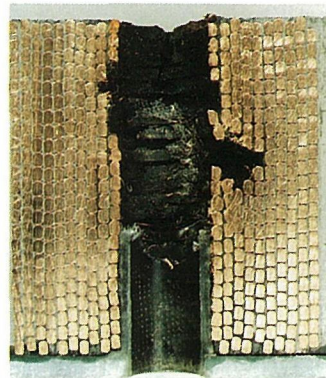
80 T級ロングパルスマグネットシステムの構成図



パルス磁界発生に伴うコイルの温度上昇と円周方向応力

1.6 MJの蓄積能力を持つコンデンサバンクを使用し、放電用のスイッチにはイグナイトロン8個を並列に用いている。マグネットが破壊したときの被害を最小限にするために厚肉ステンレス鋼板製の保護箱にマグネットを収め、また、計測系への高電圧の流入事故を防ぐために測定信号は光信号に変換して光ケーブルで導くなどの配慮もしてある。現在は、最大発生磁界80 Tを目指してマグネット部の開発を進めているが、このような超強磁界用のマグネットで最大の問題点は、巨大電流による大きな発熱と電磁力による応力である。

マグネットは励磁前に液体窒素で77 Kに冷却し、抵抗を低くして使用する。それでもジュール熱による温度上昇は、容易に300 K以上になる。一方、コイルを広げる方向に作用する応力は、80 Tの場合は2500 MPa以上に達すると計算される。この大きな応力がコイルに加わるので、巻き線材に強度の大きい高導電性材料を使用するのみでなく、マグネットの構造材によるコイルの補強も必要である。こうしたことから、当研究所では高強度高導電材料として銅—銀合金の開発を進めるとともに、線材形状、配置、線材の固定法と絶縁法などマグネット構造の最適化の研究を行って、目標発生磁界の達成を試みている。



絶縁破壊により巻線が溶断したコイルの断面

◇ 超精密磁界マグネット ◇

超精密磁界とは、空間的な均一性や時間的な安定性が優れている磁界を意味しており、核磁気共鳴（NMR）などの磁気共鳴の測定や量子振動現象の測定には不可欠なものである。平成元年度に完成した当研究所の超精密磁界マグネットシステム（金材技研ニュース、1990、No.6 参照）は、機能が異なった3つのサブシステム（NMR等の測定用、NMR以外の物性の精密測定用、および高分解能NMRの測定用）からなっている。これらのサブシステムを使い分けることにより、超精密磁界を必要とする実験分野の大部分をカバーできる。

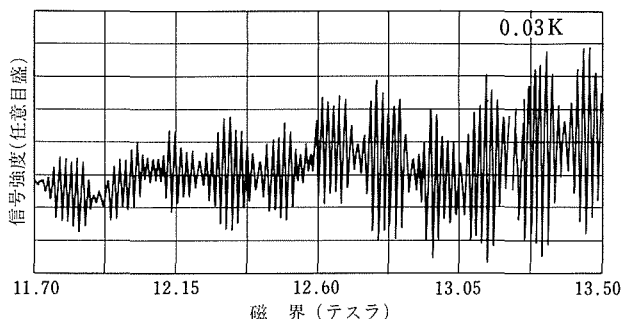
磁界発生部、温度コントロール部、および計測システムの基本部分の立ち上げと調整は、昨年度末までにほぼ完了した。現在は、第1のサブシステムで1.5Kから800Kに至る温度範囲での固体幅広NMRの測定、第2のサブシステムで超低温（0.03K）から室温に至る温度範囲での抵抗、磁化、およびそれらの量子振動の測定、第3のサブシステムで173Kから373Kの温度範囲での500MHz 固体高分解能NMRの測定が可能である。

当研究所の超精密磁界マグネットシステムの特色は、超精密磁界マグネットとしては世界で最も強い16Tの磁界を発生できることと、マグネットの内径すなわち試料セットのスペースを十分に大きくしてあることで、いろいろな実験への応用が可能である。また、試料を直接上方から装入できるトップローディング方式の希釈冷凍機の採用や、NMR測定の最適条件の選択が自動的に行えるオートチューニングの開発など、使いやすさに配慮した設計がなされている。

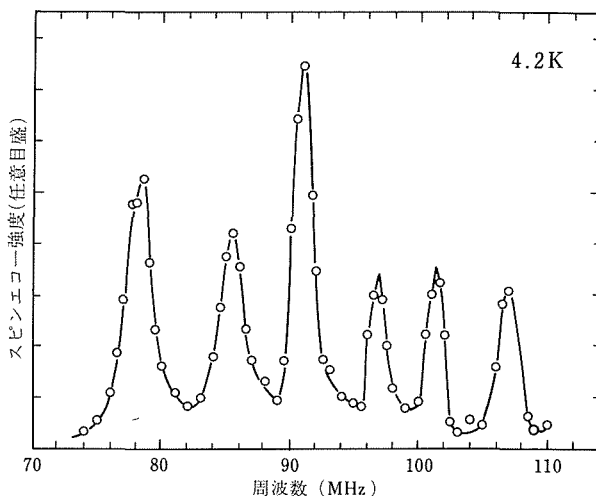
この超精密磁界マグネットシステムを用いると、酸化物超電導体をはじめとして金属や半導体などの無機物から、生体物質も含む有機物までの広範囲な物質の物性や特性の測定、電子状態の解明、物質構造の解析が行える。ここに示した測定例のように、既に種々の物質の量子振

動の観測や、高S/N比でのNMR信号の観測に成功している。

本年度からは、所内の研究者および国内外の大学や研究所の研究者と協力して、酸化物超電導体、有機物超電導体、ヘビーフェルミオン超電導体、半導体、有機物などについて、このシステムを使用する共同研究を開始することになっている。更に、この超精密磁界マグネットシステムの機能を広げる準備を進めており、超低温から室温に至る温度範囲での比熱や帯磁率の測定、極低温（0.35K～1.5K）での固体幅広NMRの測定、1.5K～800Kでの長時間高安定NMRの測定などが、近く可能になる予定である。



(a)強い超精密磁界と超低温で初めて観測が可能になったヘビーフェルミオン物質の磁化の量子振動



(b)イットリウム系酸化物超電導体のNMR

超精密磁界マグネットシステムによる測定例
（これらの波形から物質中の電子の状態がわかる）

◇ 20 T級大口径超電導マグネットと40 T級ハイブリッドマグネット ◇



20 T級大口径超電導マグネットの地下ピット内低温容器への組み込み作業

当研究所の20 T級大口径超電導マグネットは、外層1マグネット、外層2マグネット、中層マグネット、内層マグネットの4種類の円筒状マグネットで構成される同軸多重構造の装置である。構成マグネットの組み合わせを変えることにより内径40mmで20.5 T、内径160mmで18 T、内径310mmで15 Tの各種磁界空間を作ることができる。

マグネットの運転温度は1.8 Kで、3台の独立した電源によって励磁される。外層1マグネットと外層2マグネットは、巻線材中の銅の分量をふやしたり冷却チャンネルの体積を大きくするなどして、安定度の高い設計にしている。その結果、巻線材の超電導体に数cm程度の大きな常電導部が発生しても、自動的に超電導状態を回復する。したがって、このマグネットの内部で小型マグネットの性能試験などのような、磁界を乱す実験を行うことが可能であり、酸化物高温超電導体のマグネット評価試験等を行うのに適している。

このマグネットシステムは平成2年度に製作が完了しており、既に立ち上げ試験を開始している。諸外国で現在稼働されている20 T級超電導マグネットはいずれも口径が20mm程度のものであるので、このマグネットは本格的な20 T級大口径超電導マグネットの1号機といえるであろう。

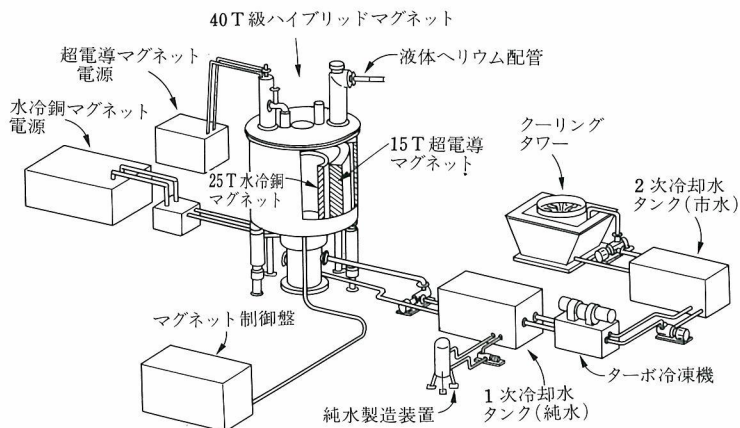
ハイブリッドマグネットは、外側の超電導マグネットと内側の水冷銅マグネットを同軸二重構造に配置した装置である。超電導マグネット単独では発生が不可能な、大きな定常強磁界を発生できるのが特色である。

現在、世界で稼働しているハイブリッドマグネットは、大きいものでも30 T級である。当研究所のハイブリッドマグネットは、超電導マグネットで有効内径400mmの空間に15 Tの磁界を発生し、その内側に有効内径30mmで25 Tの追加磁界を発生する水冷銅マグネットを配置して、合計で40 Tの定常超強磁界を発生させる計画である。

蓄積エネルギーが63 MJの超電導マグネット部は、巻線部の重量が9.4 tの巨大なものになる。15 MWの電力を消費する水冷銅マグネットを冷却するために、電食を生じにくい純水を700 m³/hで強制循環させる。また、この純水を約10℃に冷却するための冷凍機に、6 MWの電力と54 m³/hの市水が消費される。この巨大システムの設置には、2,300 m²程度の床面積が必要である。

水冷銅マグネット部は、現在製作が進行中である。超電導マグネット部は基本設計が完了し、詳細設計に取りかかった段階である。全システムの完成は、平成5年度を予定している。

なお、20 T級および40 T級の両マグネットシステムの超電導マグネットには、強磁界用超電導線材として当研究所が開発した(Nb, Ti)₃Sn極細多芯線材が採用されている。



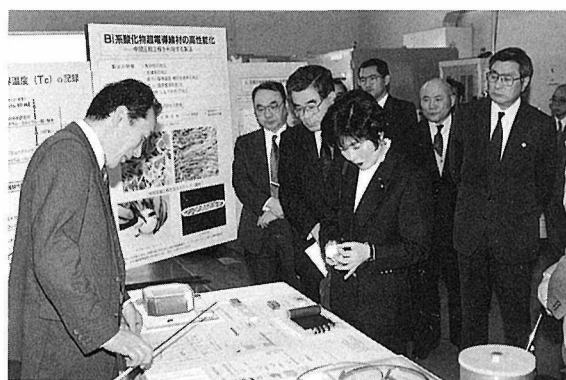
40 T級ハイブリッドマグネットシステムの構成図

6月の研究発表（国内分）

学・協会名	開催期間	発 表 題 目	発表者（所属）
国際ステンレス鋼会議（幕張：日本コンベンションセンター）	6.10～6.13	1. High Cycle Fatigue of Some Austenitic Steels at Cryogenic Temperatures. 2. Discontinuous Deformation of Austenitic Stainless Steels at Liquid Helium. 3. Effect of Carbon on Creep Rupture Strength and Ductility of a 10% Cr-30% Mn Austenitic Steel. 4. Strength and Toughness of Austenitic Stainless Steels at Cryogenic Temperatures.	長井 寿(第1)ほか 石川圭介(第1)ほか 阿部富士雄(第2)ほか 緒形俊夫(第1)ほか
日本金属学会関係国際シンポジウム（仙台：仙台青年文化センター）	6.17～6.20	1. Effect of Heat-Treatment on Tensile Properties of Forged TiAl Base Alloy with Addition of Manganese. 2. Phase Stability and Deformation Properties in TiAl Intermetallics Containing Ti ₃ Al. 3. Elastic Properties of Transition Metal Disilicides and Trialuminides. 4. Syntheses and Epitaxial Growth of Pd-Te Intermetallic Compound Films by Molecular Beam Epitaxy.	橋本健紀(第3)ほか 信木 稔(第3)ほか 中村森彦(第3)ほか 矢田雅規(表面)ほか

山東科学技術庁長官 筑波支所を視察

山東科学技術庁長官は、平成3年4月5日、当研究所筑波支所に来所され、当研究所が行っている最先端研究の成果を中心に、所内を熱心に視察された。



一般公開——本所と支所で600人ほどが参観 SCIENCE NOW '91も好評

当研究所では、科学技術週間行事の一環として、目黒本所（4月16日）と筑波支所（4月19日）を一般公開し、科学技術庁主催の SCIENCE NOW '91（4月10日～13日、東京・晴海）に出展した。

一般公開では、本所約220名、支所約350名の来訪があり、研究成果の説明や質問に対する応答が、第一線研究者により熱心に行われた。

SCIENCE NOW '91では、当研究所が目指す今後の方向と幅広い研究の内容を紹介するパネルや展示物が、大勢の参観者の興味を集めた。



SCIENCE NOW '91を視察する
本村科学技術政務次官

◆特許速報◆

●出願

発 明 の 名 称	出願日	出願番号	発 明 者 名
流動化反応方法	2 . 12 . 26	02-418934	板垣孟彦, 新井 隆, 小林敏治

●登録

発 明 の 名 称	登録日	登録番号	発 明 者 名
P型熱発電材料	3 . 1 . 31	1599140	西田勲夫, 磯田幸宏
グラファイトと高融点金属との接合材料の製造方法	3 . 1 . 31	1599167	福富勝夫, 藤塚正和, 岡田雅年
光学式変位測定装置	3 . 1 . 31	1599188	北原 繁, 黒田聖治
真空アーク反応性蒸着法及びその蒸着装置	3 . 1 . 31	1599218	新野 仁, 福富勝夫, 藤塚正和, 岡田雅年
炭化チタンの被覆方法	3 . 1 . 31	1599223	斉藤一男, 武井 厚, 吉原一紘, 土佐正弘, 新居和嘉, (ほか1名)

◆短 信◆

●受賞

第23回市村学術賞・功績賞

第1研究グループ 井上 廉, 竹内 孝夫
飯嶋 安男

「Nb₃Al 超極細多芯超電導線材の開発」に関する研究について、平成3年4月26日、上記の賞を受けた。

●人事異動

平成3年3月30日
辞 職 小川 恵一 (表面界面制御研究部長)
平成3年3月31日
定年退職 佐々木靖男 (機能特性研究部長)
平成3年4月1日
辞 職 永田 義孝 (管理部庶務課長)
辞 職 中村 実 (管理部技術課長)

併 任 管理部庶務課長 山田 昌夫 (管理部長)
併 任 管理部技術課長 山田 昌夫 (管理部長)
昇 任 機能特性研究部長 天野 宗幸 (機能特性研究部第1研究室長)
昇 任 表面界面制御研究部長 戸叶 一正 (第1研究グループ第2サブグループリーダー)

●外国人研究員の受入れ

氏 名 Ram Gopal Sharma
所 属 インド 国立物理研究所
テーマ 酸化物高温超電導材料の線材化に関する基礎的研究
期 間 平成3年2月25日～平成3年3月2日

テーマ 固相・液相法による新超電導材料の線材化技術に関する研究
期 間 平成3年3月1日～平成3年3月30日

氏 名 JAE-WOONG KO
所 属 韓国 韓国機械金属研究所

氏 名 岩佐 幸和
所 属 アメリカ マサチューセッツ工科大学, フランスビッター国立磁石研究所
テーマ 強磁界マグネットに関する研究
期 間 平成3年3月8日～平成3年3月28日

●海外出張

氏 名	所 属	期 間	行 先	用 務
宇治 雅也	基礎物性研究部	3 . 2 . 26 ~ 3 . 3 . 16	フランス	科学技術振興調整費による派遣
伊藤喜久男	第1研究グループ	3 . 2 . 27 ~ 3 . 3 . 16	アメリカ	科学技術振興調整費による派遣
目 義雄	第3研究グループ	3 . 3 . 1 ~ 4 . 2 . 29	アメリカ	長期在外研究員
北原 繁	組織制御研究部	3 . 3 . 10 ~ 3 . 3 . 16	オーストラリア	第1回オーストラリア国際会議出席
松本 武彦	基礎物性研究部	3 . 3 . 11 ~ 3 . 4 . 1	アメリカ	日米超電導研究協力に伴う研究調査
坂井 義和	第1研究グループ	3 . 3 . 15 ~ 3 . 4 . 30	アメリカ	科学技術振興調整費による研究調査
前田 弘	第1研究グループ	3 . 3 . 16 ~ 3 . 3 . 28	アメリカ	米国物理学会年会出席
佐々木泰造	基礎物性研究部	3 . 3 . 17 ~ 3 . 3 . 24	アメリカ	計算材料科学に関する調査
太田 昭彦	環境性能研究部	3 . 3 . 20 ~ 3 . 3 . 30	イギリス	研究動向調査及び討論
塩田 一路	機能特性研究部	3 . 3 . 23 ~ 3 . 4 . 6	ドイツ, オランダ, イギリス	傾斜機能材料研究動向に関する調査
新谷 紀雄	損傷機構研究部	3 . 3 . 24 ~ 3 . 4 . 1	アメリカ, カナダ	新材料創製の海外における研究動向調査
北原 繁	組織制御研究部	3 . 3 . 31 ~ 3 . 4 . 12	アメリカ	日米超電導研究協力による派遣
阿部富士雄	第2研究グループ	3 . 3 . 31 ~ 3 . 4 . 13	ドイツ, イタリア, イギリス	日・E C核融合研究協力による派遣
黒田 恒生	第1研究グループ	3 . 4 . 6 ~ 3 . 4 . 22	アメリカ	超電導材料の測定評価法に関する研究

発行所 科学技術庁金属材料技術研究所
(本 所) 〒153 東京都目黒区中目黒2-3-12
TEL (03) 3719-2271, FAX (03) 3792-3337
(筑波支所) 〒305 茨城県つくば市千現1-2-1
TEL (0298) 51-6311, FAX (0298) 51-4556

通巻 第389号 平成3年5月発行
編集兼発行人 真 鍋 烈
印刷所 株式会社 三 興 印 刷
東京都新宿区西早稲田2-1-18