

NO. 1

金材技研

1983

科学技術庁

ニュース

金属材料技術研究所

新年のごあいさつ

所長 工博 中川 龍一

新年おめでとうございます。

当研究所も創立以来今回で27回目の新年を迎えるに至りました。関係各位のご支援にお礼申し上げますとともに、歴史の積み重ねに安堵することなく毎年が新しい金材技研創設の年であると考えなおいっそうの努力をいたす所存でございますので、従来と変らぬご指導ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。

さて、最近の科学技術の発達は、ますます多分野にまたがりかつ非常な速度で進んでおります。これを支える材料技術についても決して例外ではありません。本研におきましてもこれに対応していくため、昨年は長期計画の見直しを行い、今後推進すべき重点研究課題の設定を行いました。本年からはこの見直しの結果に沿って研究が進められることとなります。一方従来より国のプロジェクト研究にも積極的に参加して参りましたが、一昨年より発足した科学技術振興調整費研究につきましても、現在7つのテーマの中で研究の分担を行っております。これらの研究を通じて、当研究所に寄せられた期待に所の総力を結集して応えて参りたいと思います。

ご承知のとおり、当研究所は研究部、研究グループ、試験部を材料開発、生産技術、及び材料信頼性の3部門に包括した形で運営いたしておりますが、材料開発部門はその一部が筑波地区に存在

するという事情をかかえております。

このような状態の中で、先に述べました時代に即応した研究課題に適確に対応して行くため、本年は効率的な研究システムの確立と責任体制の明確化という面の見直しを急ぎたいと考えております。このためまず材料開発研究の進め方について、若手研究者よりなる研究企画チームを編成し検討を進め、これに基づいて所内の議論を重ねて参りましたが、更にこの結果を基に材料開発部門関係をできるだけ筑波地区に集結させるための総合的推進策の具体的検討も、積極的に進めたいと考えております。

長期計画の見直し、科学技術振興調整費研究への取り組みなど、昨年はある意味では提言の年であったとも申せますが、本年はこれらの実行の年にいたしたいと思います。

新年にあたり本年の心づもりの一端を述べさせていただきます。当研究所のみならず我が国の発展のため実り多き年になることを念じております。



太陽を捕える極低温技術

核融合炉用新超電導線材の開発

太陽の入れ物超電導マグネット

究極のエネルギー源—太陽を地上に造り出そうとする核融合の研究は、21世紀を間近に控えて新しい時代を迎えようとしている。世界各国で2、3年のうちに完成する臨界プラズマ試験装置により核融合臨界条件が達成されるのも近いが、これは核融合の実現の可能性が科学的に実証されることであり、「夢」であった核融合が現実へ大きく一歩近づくとする画期的な意味を持っている。

核融合反応を起させるには水素のような軽い原子の原子核を超高速で互いに衝突させなければならず、そのため原子を1億度程度に加熱してプラズマ状態にし、それを超高温のまま保持する必要がある。このような高温に耐える材料は無いので強い磁界を使ってプラズマが容器の壁に直接接触しないようにして空間に保持する方法が最も有望視されており、この技術の確立が核融合実現のかなめともなっている。

プラズマの容器としては極めて大きな磁界を必要とし、その磁界を得るためのマグネットとして銅のコイルを使うと、磁界発生に必要なエネルギー量は核融合で発生するエネルギー出力を上まわってしまう。したがって、核融合炉を実用的に成り立たせるためには、超電導マグネットを使って消費電力をゼロにすることが必要不可欠となる(図1)。

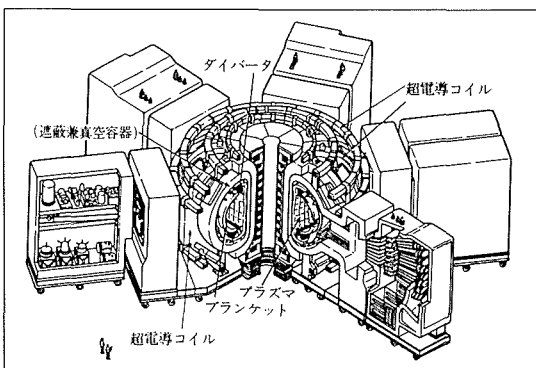


図1 トカマク型核融合炉の概念図。
(図は日本原子力研究所提供)

極低温での闘い

超電導材料は、磁界、電流密度、温度のどれか一つでも材料に固有のある一定値(臨界磁界— H_{c2} 、臨界電流密度— J_c 、臨界温度— T_c)を越えると、超電導性を失ってしまう。このため、実用的に使える超電導線材を得るためには、線材の H_{c2} 、 J_c 、 T_c をいかに高くするかが最も大きな課題である。また、強い磁界とコイル電流間の相互作用により発生する巨大な電磁力に対する強度や変形の問題、プラズマとの相互作用による変動磁界と交流損失の問題、核融合反応で発生する中性子による材質劣化の問題なども解決しなければならない。

現在、トカマク型の実験用大型超電導マグネットの建設(LCT計画)が、日米欧共同で進められており、超電導線材として主として取扱いの容易なNb-Ti合金極細多芯線が使われている。しかし、Nb-Tiの H_{c2} が低いいためその発生磁界は8 T(テスラ)にとどまり、実用段階の核融合炉に必要な12 T以上の高磁界を得るのは困難である。そのためより高磁界の大型マグネットの実現を目的として、 H_{c2} の高い Nb_3Sn 極細多芯線を使った大型高磁界マグネットの実証試験が、わが国のTMC計画(原研)や米国のHFTF計画(リバモア研)などとしてすでに着手されている。

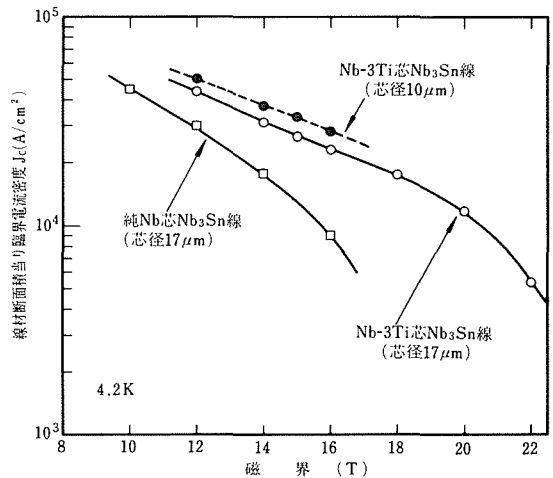


図2 マトリックス材にCu-7.5原子%Sn、芯材に純NbまたはNb-3原子%Ti合金を使った Nb_3Sn 極細多芯線材の J_c -H特性。

実用化を目指す化合物線材開発

当研究所では核融合炉用高性能超電導線材の開発に取り組み、これまでに多くの成果を得ている。

Nb₃Sn線材ではいわゆる複合加工法により交流損失の少ない極細多芯形式の線材を得ることができるが、13T以上の磁界ではJ_cの減少が著しく、また、応力下での特性劣化が大きいという弱点を持っていた。当研究所ではNb₃Sn線材に少量のTiを添加すると、4.2KでのH_{C2}が20Tから25Tに増加し、高磁界でのJ_cも著しく向上し、15~16Tの磁界発生が可能になることを見出した(図2)。核融合炉では12~16Tの磁界が必要とされているので、この効果は極めて有効で諸外国でも大きい反響をよんでいる。また、Tiなどの第3元素の添加はひずみによる特性劣化をおさえ(図3)、Nb₃Sn層の割れ発生を抑制する効果もある。

Tiを添加したNb₃Sn極細多芯線としてはすでに芯数10,000本以上の線材の試作に成功し、核融合炉以外にも幅広い応用が考えられている。

次に核融合炉実現の見通しが得られる段階になると、中性子照射に対する耐性が優れた新型超電導線材の実用化が望まれる。当研究所では以前に中性子照射に対する耐性がNb₃SnなどのA15型化合物より10倍以上大きく、4.2KでのH_{C2}が20~25Tと高いV₂Hf基ラーベス型化合物を発見したが、このほど複合加工法により、実用規模に近い芯数を持つ極細多芯形式の線材を試作することに成功し、線材断面積当り12Tで2×10⁴A/cm²をこすJ_c(4.2K)を得ている(写真1)。

この線材は、ひずみを加えてもT_c、H_{C2}、J_cなどの超電導特性が全く劣化しない(図3)、超

流動ヘリウム温度(~2K)まで冷却するとH_{C2}及び高磁界でのJ_cの増加が著しく、16T以上の磁界発生が可能になることがわかった。このような性質から、この線材は核融合炉用新線材として大きな関心をもたれており、長尺特性、コイル特性などについて、更に研究を進める予定である。

超流動冷却で有望な合金系超電導線材

一方、Nb-Tiなどの合金系超電導線材も超流動ヘリウム温度まで冷却すると、H_{C2}やJ_cが大幅に増加するため、10T以上の磁界発生が可能になる。超流動ヘリウム冷却法は冷却コストは高くつくが、合金系線材の優れた耐ひずみ特性、耐中性子照射特性、および低コストを利用できることから有望視され、超流動ヘリウム中で性能改善が顕著な合金系超電導線材の開発が注目されている。

当研究所では、先にNb-Ti合金に少量のHfを添加すると2K付近のH_{C2}が増加することを見出している。さらに最近、Taを添加したV-Ti合金が超流動ヘリウム温度域でH_{C2}が著しく上昇することを新たに見出した(図4)。また、合金系線材の高磁界でのJ_cを著しく増加させる加工、熱処理法も見出している。このようにして特性を改善した合金線材を用いると、超流動ヘリウム中で12~13Tの磁界発生が可能な超電導マグネットを製作できると予想される。

今後の核融合炉用高磁界超電導線材としては、比較的安価で特性の改善されたTi添加Nb₃Sn線材が当面注目され、長期的には耐照射特性の優れたV₂Hf基ラーベス型線材や、超流動技術の進歩に伴い新合金線材がクローズアップされるであろう。

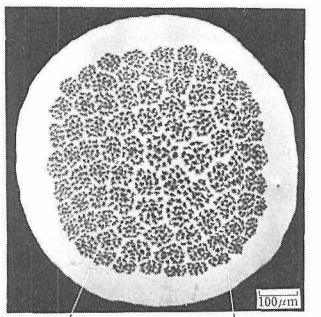


写真1 試作した1634芯V₂(Hf, Zr)極細多芯線の断面写真。

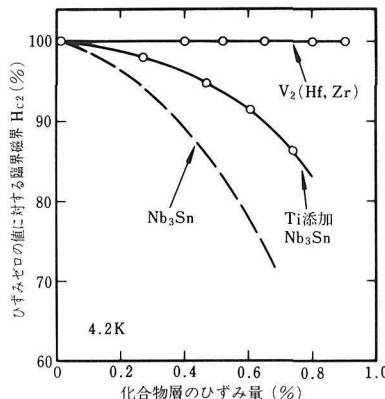


図3 Nb₃Sn, (Nb, Ti)₃Sn, V₂(Hf, Zr)線材のひずみ量によるH_{C2}の変化の比較。

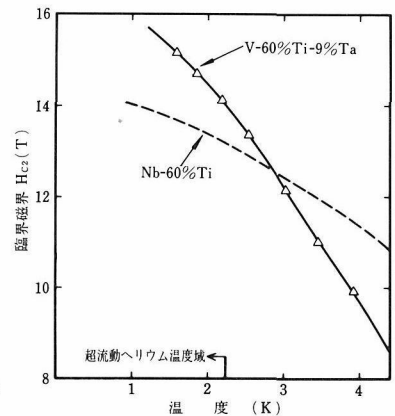


図4 V-60原子%Ti-9原子%TaおよびNb-60原子%Ti合金のH_{C2}の極低温における温度変化。

1982年外国人来訪者一覽 (本所)

本所来訪者 216名

国名	人数	月日	氏名	所属機関		
中国	94	3. 18	千 基督 氏	他 1 名 中国地質産産総局天津地質産産研究所		
		4. 17	邵 貴民 氏	他 5 名 四川省科学技术協會		
		4. 19	唐 副 教授	他 3 名 西安交通大学		
		5. 18	周 立 副所長	他 1 名 中国有色金属研究總院		
		5. 20	叶 陳 副所長	他 1 名 武漢材料保護研究所		
		5. 27	王 新民 部長	他 5 名 上海材料研究所		
		5. 31	桂 立豊 副所長	他 4 名 "		
		7. 26	任 有昌 氏	他 5 名 中国进出口商品檢驗總局科学技术処		
		8. 24	林 漢同 副教授	他 2 名 華中工学院鑄造研究室		
		10. 5	姚 忠凱 氏	他 2 名 哈尔滨工業大学		
		10. 14	郑 純涛 氏	他 7 名 广州电器科学研究所		
		11. 16	陳 家鐘 副所長	他 1 名 中国科学院化工冶金研究所		
		11. 25	孫 恭寬 氏	他 6 名 北京鋼鐵学院		
		11. 25	除 院 長	他 4 名 中国科学院		
		11. 29	謝 平 氏	他 4 名 中国有色金属研究總院		
		12. 2	王 基隆 教授	他 1 名 中国哈尔滨工業大学		
		12. 3	朱 覺 副学長	他 6 名 北京鋼鐵学院		
		12. 3	陳 良材 副部長	各 1 名 中国冶金工業省中央鋼鐵研究院		
		12. 6	徐 碧宇 教授	他 2 名 上海交通大学		
		12. 11	于 力 博士	他 8 名 冶金工業部科学技術司		
		12. 23	胡 紹庭 氏	各 4 名 宝鳴有色金属加工厂		
		ベネズエラ アメリカ	23	6. 22	Dr. A. J. Ganboa	他 22 名 Delegation Members of 2nd Japan Venezuela Symposium
				2. 1	Dr. C. Brinkman	他 7 名 Oak Ridge National Laboratory
6. 18	Dr. H. Pickering			The Pennsylvania State University		
9. 14	Dr. G. Crabtree			Argonne National Laboratory		
11. 16	Dr. K. Luthra			General Electric Co. Corporate Research & Development		
11. 25	Dr. K. Natesan			Argonne National Laboratory		
11. 25	Dr. J. Stringer			Electric Power Research Institute		
12. 2	Dr. W. H. Sutton			他 1 名 Special Metals Corporation		
3. 18	Mr. W. S. Lyman			他 7 名 British Nonferrous Technology Center		
10. 29	Dr. R. K. Day			CSIRO, Div. of Applied Physics		
オーストラリア	12	11. 5	Mr. A. G. Virgo	他 1 名 The Electricity Commission of N. S. W., Central Laboratory		
		11. 24	Mr. K. McG. Bowling	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization		
ブラジル スウェーデン	11	4. 7	Mr. C. I. Savino	他 10 名 Electrofusao Metalurgica Ltda.		
		4. 27	Dr. P. Forsgren	他 4 名 Styrelsen für Teknisk Utveckling		
フランス	9	5. 31	Dr. R. W. Karlsson	SANDVIK Co.		
		10. 13	Dr. L. Arnberg	他 3 名 Swedish Institute for Metals Research		
イギリス	7	11. 24	Mr. L. Coche	他 3 名 Institut de Recherches de la Siderurgie Française		
		4. 15	Prof. G. Maeder	École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers		
		4. 19	Dr. R. Byss	Régie Nationale des Ugines Renault		
		9. 10	Prof. G. Champier	École Nationale Supérieure de la Métallurgie et de l'Industrie des Mines de Nancy		
		11. 22	Dr. G. Moulin	Université de Paris-Sud Laboratoire de Métallurgie Physique		
ソヴェト	6	11. 27	Dr. B. Pieraggi	École Nationale Supérieure de Cimie de Toulouse		
		5. 4	Prof. G. M. Bedford	Portsmouth Engineering College		
		6. 19	Prof. G. M. Bedford	他 1 名 Portsmouth Engineering College		
韓国	5	6. 23	Prof. G. M. Bedford	他 1 名 Portsmouth Engineering College		
		11. 6	Dr. D. J. Johnson	Leeds University		
西ドイツ	4	11. 30	Dr. G. D. Spenceley	British Steel Corporation, Teesside Laboratory		
		3. 4	Mr. Karaleginov	Akademia Nauka USSR		
		10. 20	Dr. B. E. Paton	他 4 名 USSR Science Academy		
		2. 4	金 文一 教授	他 1 名 延世大学		
イタリア スイス	4	5. 18	榑 植哲 博士	(財)韓国機械金属試験研究所		
		10. 6	金 俊透 氏	浦項総合製作所		
		12. 7	田 承範 氏	韓国標準研究所		
チェコスロバキア インド	3	3. 2	Mr. Solveen	他 1 名 Japanese-Germany I & D Panel Member		
		5. 27	Prof. E. Macherauch	Universität Karlsruhe		
チリ	2	11. 18	Dr. E. Haibach	Institut des Westfälischen Berggewerkschaftskasse		
		7. 15	Dr. P. Bruno	他 3 名 La Metall Industriale (SPA)		
東ドイツ イスラエル	1	8. 24	Prof. G. Kostorz	Institut für Angewandte Physik ETH-Hönggerberg		
		10. 6	Dr. P. Buffat	University of Lausanne		
オランダ	1	11. 16	Prof. K. Löbl	他 2 名 Minister of the Czech Government without portfolio		
		11. 22	Dr. S. K. Marya	他 1 名 Université de Nantes		
シンガポール	1	12. 1	Dr. A. K. Singh	National Aeronautical Laboratory		
		2. 3	Mr. A. Grez	他 1 名 Centro de Investigaciones Minera y Metalurgica		
イスラエル	1	2. 11	Dr. W. Gilde	Zentralinstitut für Schweißtechnik der D. D. R.		
		5. 17	Mr. H. K. Wah	Singapore Institute of Standards and Industrial Research		
オランダ	1	6. 7	Prof. D. Shaltiel	Institute of Physics Hebrew University of Jerusalem		
		9. 2	Dr. H. J. van Daal	Philips Research Laboratories		

通巻 第289号

編集兼発行人 越川隆光
印刷 株式会社三興印刷
東京都新宿区信濃町1-2
電話 東京(03)359-3811(代表)

発行所 科学技術庁金属材料技術研究所

東京都目黒区中目黒2丁目3番12号
電話 東京(03)719-2271(代表)
郵便番号 153