

展望

科学技術庁 金属材料技術研究所ならびに 無機材質研究所における長期研究計画について

石井利和
Toshikazu Ishii

科学技術庁 研究開発局 総合研究課
材料開発推進室長

Framework Programme of Research and Development at National Research Institute for Metals and
National Institute for Research in Inorganic Materials, Science and Technology Agency

1 はじめに

数々の科学技術の中でも、物質・材料系科学技術は、あらゆるものの基本性能に係わる基盤たる研究分野であり、従来から我が国の科学技術全体の進展ならびに経済社会の発展に大いに貢献してきた。鉄鋼材料分野に関しては(株)日本鉄鋼協会の貢献も多大なるものと評価される。今後とも眼前に迫った21世紀社会を見据え、技術革新の原動力として大いにその役割を果たしていくことが期待されている。

一方、科学技術庁は、我が国における科学技術の振興を図り、国民経済の発展に寄与するため、科学技術に関する行政を総合的に推進することがその主たる任務であり、当材料開発推進室においても、関係行政機関の科学技術に関する総合調整に関する事務のうち物質・材料系科学技術の分野に関すること、及びこれらの科学技術に関する基本的な政策の企画・立案及び推進を行ってきた。

また、この分野における当庁国立研究機関である金属材料技術研究所ならびに無機材質研究所における研究開発を中心に、さらには科学技術振興調整費、創造科学技術推進事業、理化学研究所におけるフロンティア研究システム等により、基礎から応用にわたる広範な材料の研究開発を推進している。

両研究所では今春に、昨年閣議決定された「科学技術基本計画」に則り、両研究所において今後10年程度の物質・材料系科学技術に関する研究の方向を展望し、国立研究所としての責務をより効果的に果たす目的で、当面5年間の研究活動の基本方針たる長期計画を改訂した。本稿はそれらの概要を紹介するものである。金属材料技術研究所の長期計画は5年ぶり、無機材質研究所の長期計画は4年ぶりの改訂であり、前長期計画からは科学技術基本法、科学技術基本計画の制定、金属材料技術研究所の筑波移転の完了等、両研究所を取り巻く目まぐるしい環境の変化も踏まえ

検討がなされた。以下、両研究所毎に位置づけ、長期計画の背景、目的、内容等について順を追って紹介する。

2 金属材料技術研究所

2.1 金属材料技術研究所の沿革

金属材料技術研究所(岡田雅年所長、所員415名うち研究者328名)は、昭和31年7月に東京目黒に設置されて以来今日まで、金属材料技術に関する唯一の国立総合研究機関として、優れた性能を有する新材料の開発、その新材料をはじめとする各種材料の精製や成形加工に関する新技術の開発ならびに安全性及び信頼性確保のための材料評価に関する研究等を行ってきた。この間、昭和53年の筑波支所開設に端を発し、平成7年度には閣議決定たる「国の行政機関等の移転について」に基づく筑波地区への移転を完了した。また、同年度には研究所における国際共同研究の核たる強磁場ステーションと精密励起場ステーションからなる『極限場研究センター』を設置、さらに翌年度には極高真空場

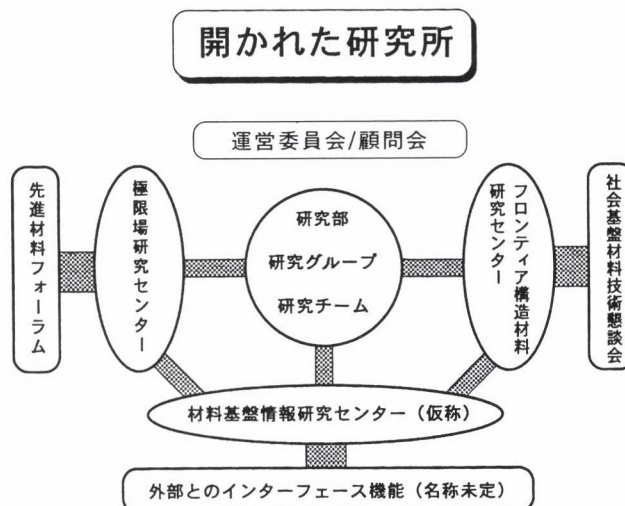


図1 金属材料技術研究所の組織概要

を利用した材料研究を推進する極高真空場ステーションを追加設置した。

今年度には、21世紀における新たな社会基盤構築のための基幹材料の開発を念頭においた新世紀構造材料（超鉄鋼材料）の研究を推進する『フロンティア構造材料研究センター』を新設し、独特な研究推進体制を図るべく新たな3つのステーションを組織している（図1）。

これらの他、新超伝導材料やインテリジェント材料といった高性能・新機能を有する新材料の開発に関する研究、機器や構造物の信頼性・安全性を確保し、さらに高度化していくための材料信頼性の確立に関する研究、等を強力に推進している。

2.2 第5次長期計画の策定

5年前に策定した本研究所の前長期計画の基本的考え方は、「基礎科学に立脚した材料研究の推進、国際的に開かれた研究所への展開」であり、この計画に基づき現在までに極限場研究センターの創設、中核的研究拠点（センターオブエクセレンス、以下COEと記す）の指定を受ける等積極的な研究活動を行ってきた。

しかしながら、この間の「新しい研究所の創設」をスローガンとした筑波全面移転の完了とあいまって、科学技術基本法や科学技術基本計画等の制定やその他諸状況の変化に伴い、今年度に長期計画を見直し新たなものにした。

新長期計画は、従来の基本方針である「材料科学の基礎的・先導的研究の一層の推進」、「国際的な研究開発拠点としての基盤構築」に、「社会的・経済的ニーズへの積極的な対応」を加えた3つを基本的な考え方とし、その実現にむけ以下の5つの視点に基づく施策を設定、強力に推進していくことをうたっている。

○材料科学の基礎的要素技術・材料特性に関する研究の推進

○目標達成型基礎研究の推進

○大型実験施設を利用した基礎研究の推進

○長期的展望に基づく材料基盤情報に関する研究の推進

○国際的研究開発拠点としての基盤の構築

2.2.1 材料科学の基礎的要素技術・材料特性に関する研究の推進

本分野におけるトップランナーとして、未踏領域における独創的・先端的な研究を推進するため、蓄積してきた研究成果や技術ポテンシャルを基盤に、基礎的要素技術や材料特性に関する研究に取り組む。そのため、材料科学研究に必須な「基礎・基盤研究」、そこから生まれたシーズに基づき新たなブレークスルーをもたらす「材料開発指向型総合研究」さらには緊急を有し研究内容の特殊性から戦略的

に取り組むべき「萌芽的・戦略的研究」の3つの観点から、それぞれに固有の部、グループ、チームという組織が相互に連携しながら当研究所の技術コアを構成する。

(1) 「材料科学の基礎・基盤研究」：研究部体制による基盤の構築

基本的物性の発現機構を予測・解明し、そこから材料創製を試み、その新材料の特性を確認する、という材料研究の基本的な流れに対応した「計算材料科学」「材料プロセス」「組織・構造解析」の3研究領域に加え、材料に要求される重要な物性を考慮した「強度特性」および「電子物性」に関わる2研究領域を設定、5つの研究部それぞれが有機的に連携（スパイラルダイナミズム；後述）して総合力を発揮する。

(2) 「材料開発指向型総合研究」：研究グループ体制による推進

材料開発の目標が明示できる分野として、「超伝導材料」「原子力用材料」「先進耐熱材料」「インテリジェント材料」及び「エネルギー変換材料」の研究開発を推進する5つの研究グループを構築する。新産業の創出、地球規模の諸問題の解決に資する研究開発を5年の期間で実施し、5年間で課題や体制を見直す。

(3) 「萌芽的・戦略的研究」：戦略的・機動的な研究チームの結成

「生体融和材料関連」と「エコマテリアル関連」の既設2研究領域に、新たに「非周期系物質・材料関連（アモルファス、準結晶等）」を設定する。これらの3つの課題は、材料研究の様々な専門領域の知識の結合が不可欠であることから、研究所の既存の組織にとらわれない機動的な研究チームを結成し、柔軟な体制で研究を行うこととする。

(4) 研究推進のための新たな概念の導入：スパイラルダイナミズム

国内外において材料科学研究の中核機関としての責務を果たしていくためには個別の専門能力を十二分に発揮するとともに、組織を越えた横の連携を強化して目標の達成に向けて研究所としての総合力を高めていくことが必要である。このため、個々の研究開発要素機能を同一の研究課題で円環的に結合させて、相互の情報とタスクの受け渡しを重層かつ連続的に履行させる（スパイラルダイナミズム）ことにより、個々の専門性の深化と結果的に創製される材料の高度化を同時に満たす新たな研究体制を研究推進の基本方針とする。上述の研究部、グループならびにチームの3者が基盤研究に関するコアとしてのスパイラルダイナミズムを構成し、さらに後述するフロンティア構造材料および極限場の両研究センターとの間においてもスパイラルダイナミズムを構成する。

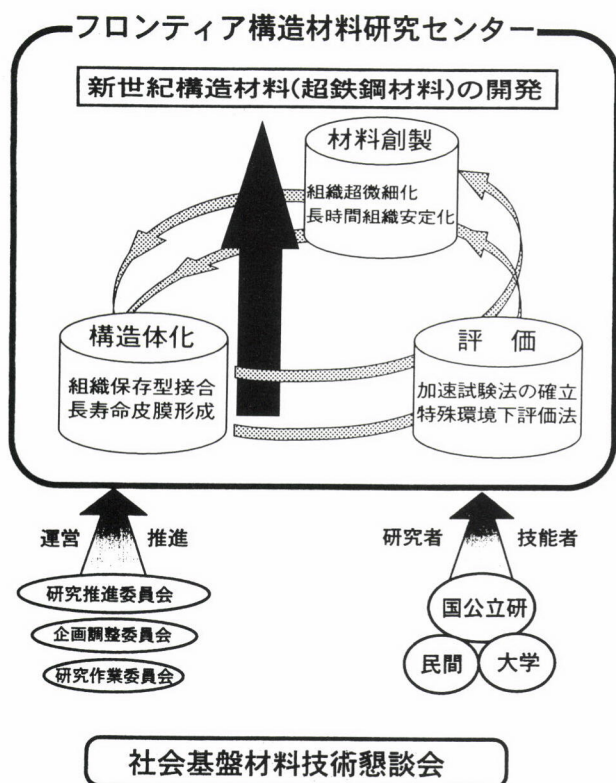


図2 フロンティア構造材料研究センターにおけるスパイラルダイナミズム

2.2.2 目標達成型基礎研究の推進：『フロンティア構造材料研究センター』

より一層安全で快適な社会の実現という社会的・経済的ニーズに対応、革新的な発展やブレークスルーが喫緊に必要とされる分野として、社会に与えるインパクトの大きい構造材料を選定、従来の鉄鋼の2倍の強度・寿命を有する「新世紀構造材料(超鉄鋼材料)」の実現を念頭におき、素材特性としての高強度化とともに、構造体としての長寿寿命化に向けた総合的な基礎研究を実施する。そのために、「材料創製、構造体化ならびに評価」という研究領域に該当する3つのステーションを設置、それぞれがスパイラルダイナミズムによって相互に啓発しながら目標達成にむかって研究を推進する(図2)。

本研究に関しては、所内に新設した『フロンティア構造材料研究センター』に所内の研究者約80名を配置するとともに、任期付き任用や客員研究官、構造材料特別研究員(非常勤職員、新設)等あらゆる制度を活用して大学及び民間企業の優秀な研究者を当センターに結集することにより、産学官で約100名の研究体制を整え、国家レベルでの集中かつ効率的な研究開発を実施していく。

表1 極限場研究センター 強磁場ステーションの保有するマグネット仕様

	提供磁場 (T)	口径 (mm φ)	備 考
大型マグネット			
ハイブリッドマグネット	28	30	He ³ /He ⁴ クライオスタット
	25	50	He ³ /He ⁴ クライオスタット
水冷銅マグネット	25	32	平成9年度完成予定
21T超伝導マグネット	21	50	超流動ヘリウム運転
パルスマグネット			
ロングパルスマグネット	60	15	液体窒素冷却、パルス幅100ms
水冷パルスマグネット	40	60	開発中、パルス幅20ms
精密超伝導マグネット			
20T精密超伝導マグネット	20	52	希釈冷凍機付(試料空間:20mm φ)
16T精密超伝導マグネット	16	65	希釈冷凍機付(試料空間:25mm φ)
固体NMR用超伝導マグネット	15.5	70	He ³ /He ⁴ クライオスタット
溶液NMR用超伝導マグネット	11.75	89	永久電流モードで常時運転(500MHz)
小型超伝導マグネット			
20T超伝導マグネット	20	52	He ³ /He ⁴ クライオスタット
15T超伝導スプリットマグネット	15	(44)	径方向ギャップ34mm
14T超伝導マグネット	14	30	
無冷媒10T超伝導マグネット	10	100	縦・横置
無冷媒10T超伝導マグネット	10	100	縦・横置、平成8年度整備予定

2.2.3 大型実験施設を利用した基礎研究の推進：『極限場研究センター』

材料科学技術の発展に伴い、材料の構造や特性をよりミクロな原子のレベルで制御することが可能となり新たな材料や特性が見いだされとの期待が高まっている。この点から、材料の性質を決定する電子の状態を把握することがますます重要となるが、極限的な実験環境場はこの材料研究にブレークスルーをもたらす可能性が高い。

当研究所のCOE対象研究分野でもある「強磁場、精密励起場、極高真空場」の3つの極限場について、世界最先端の研究環境を具現化することを目的として『極限場研究センター』にて大型実験設備の開発整備を推進しつつ(表1)、各極限場の連携を強化、複合極限場研究としての深化を図るとともに、共同研究体制を確立して施設を広く世界中の研究者に開放し、積極的な共同研究を通じて効率的な基礎研究を推進する。

2.2.4 長期的展望材料基盤情報に関する研究の推進

社会的、経済的ニーズに対応し、新産業の創出にも貢献しうる独創的な研究の推進には、研究開発の共通基盤となる質の高い貴重な情報の整備が不可欠である。このため、当研究所として、クリープデータシート等材料特性データを継続的に生産、データベースを構築するとともに、データ解析・評価技術のインテリジェント化、材料特性の基準化や試験評価法の標準化を念頭においたプレスタンダード研究を遂行する。これらの実現のため『材料基盤情報研究センター(仮称)』の創設を目指しつつ、材料データベース整備等を長期的展望により推進する。

2.2.5 国際的研究開発拠点としての基盤構築

「国際的に開かれた研究所への展開」は前長期計画から続く基本的考え方であり、独創的かつ高水準の研究開発を促進するため、国際的な連携・交流を図るとともに、国内外の研究者にとって魅力ある環境にむけた整備を推進する。具体的には、研究所の運営体制の強化、規格・調整機能の充実、多面的な研究評価の厳正な実施とその活用、研究支援体制の強化、人材の育成・確保、情報化の促進・有効活用、研究交流の積極的推進等、全所的な体制整備を図る。

3 無機材質研究所

3.1 無機材質研究所の沿革

無機材質研究所(猪股吉三所長、所員163名うち研究者117名)は、昭和41年4月に設置され、それ以来我が国の非金属無機材質の創製に関する研究の中心機関として、エネルギー・エレクトロニクス・航空宇宙等の多様な要請に応えて、新超伝導材料をはじめ耐熱材料、超硬材料ならびに電子技術用材料等の研究開発を行ってきた。昭和47年には国立試験研究所では第1号として筑波研究学園都市に移転を完了した。

固有の材質研究を行う研究期間が設定された13研究グループ、特有の要素機能的2ステーション(超高圧力ステーション、超微細構造解析ステーション)、プロジェクト研究のための2センター(先端機能性材料研究センター、

未知物質探索センター)が連絡・協力を図る機構や運営面でユニークなシステムを構築し(図3)、研究スタッフの充実や研究施設・設備の整備と併行させて、独創的な材料研究や新機能のシーズ創出といった積極的な研究の推進につとめている。

平成5年度には、COE構築プロジェクトの我が国最初の実施機関の一つに選定され、「超常環境を利用した先端材料研究」をその対象領域に、「超高圧力・超高温・超微細構造解析」の3分野において、最先端の研究を展開中である。

3.2 長期計画の改訂

前長期計画は平成5年4月に策定され、最も重要な研究として「超高圧領域、超高温領域、および超微細構造解析領域」の3つの領域を設定した。同年度に、COE化推進の最初の国立試験研究所として選定されたことも大きく貢献して、この4年間にn型半導体ダイヤモンド薄膜等をはじめとして新しい画期的な研究成果を得るに至っている。また、先端機能性材料研究センター棟等の研究施設の拡充や、研究支援室の新設等の運営面での改善も図ってきた。しかしながら、科学技術基本計画の策定に伴い予想される今後の急速な研究環境の変化を配慮しながら、所としての新しい研究展開を可能にするために長期計画を見直した。

新長期計画では、研究所を超高純度無機材質をはじめとした新物質の創製を軸に「セラミックスを中心に無機材料の分野におけるブレイクスルー型研究を遂行する組織」として明確に自己規定し、研究領域と対象を分類してそれぞれの重点目標を設定した。

3.2.1 基本的な研究領域・対象として取り上げるべき課題

無機材質研究所では従来から、研究対象たる特定材料に関して一定期間内、チームを組んで研究を行う特徴的なグループ研究体制を採用してきた。研究課題はその都度研究者が提案し、審査の結果課題が採用される仕組みとなっており、常に最新の研究状況を背景にした新規課題が提案される利点から、研究所の創造力の源泉となっている。しかし一方で、応用展開や実用化等を目指した長期的な課題の事前設定が難しく、研究所の重点研究領域が設定しにくいという側面もあった。このことから、新計画ではあらかじめ研究領域と研究対象をある程度網羅的に列举し、それぞれにおける近い将来での重点目標を設定した。同所が先導的に研究を行うべき研究領域(研究手法による分類)は以下の4つである。

○新物質や新素材の創製・探索；

高純度物質、新結晶成長技術、新プロセス制御等



図3 無機材質研究所における研究組織概要

- 極端条件の発生技術とそれを用いた新物質合成；
超高压力、高エネルギー粒子、超高温、各種重力場、
無塵等
- 先導的計測、解析、評価；
電子線・イオン利用、X線・放射光利用、中性子利
用、分光利用等
- 物質の性質・現象および物性予測；
微小領域、表面・界面、電子構造、フォノン構造、
計算手法等

これらの研究領域の中で、これまでに蓄積された研究ポ
テンシャルとグループ研究という研究運営の特徴を活か
し、社会からの要請や最新の科学動向を視野にいたした基本
的研究対象(具体的な物質・材料)を以下の3つに分類した。

- 先進特性・機能を有する物質〔新組成、新構造、新組
織あるいは新しい物性を帯びると予測される未知また
は既知無機化合物〕；
原子・分子制御による薄膜、高純度・高品質大型単
結晶、イオン・プラズマ利用による新物質、極端条
件下で合成される物質等
- 複合特性や連携機能を有する物質〔異なる性質・形態
を複合した物質〕；
混成(ハイブリッド)構造物質、サイズ効果に基づ
く物質、インテリジェント物質、宇宙および原子力

■あらゆる物質を超えるスーパーダイヤモンドの特性

	スーパーダイヤモンド	Si	スーパーダイヤの特徴
	立方晶BN	ダイヤモンド	
硬さ (ヌーブ, Kg/mm ²)	5,000	10,000	1,000 ●物質中最高の硬度
熱伝導率 (W/cm・K)	13	25	2 ●最高の放熱性
バンドギャップ (eV)	7	5.4	1.1
●発光波長限界 (μm)	0.18	0.23	1.1 ●短波長レーザー
●耐熱温度 (℃)	1,000	1,000	200 ●高温で働く半導体
正孔移動度 (cm ² /V・S)		2,100	450 ●超高速処理半導体
耐放射線性	極めて安定	極めて安定	不安定 ●可動な環境で動作する半導体

■広がるスーパーダイヤモンドの未来



図4 主要プロジェクト 機能性スーパーダイヤモンド
の特性

関連材料等

- 生体および環境に調和した物質〔生体機能代替、環境
保全、省資源等社会的要請に応える物質〕；
生体類似機能物質、資源リサイクル、過酷な環境に
耐える高強度物質、将来のシステムを支える高効
率・高機能化材質等

3.2.2 重点的に取り上げるべき研究課題

上記の分類とは別に、社会的な要請等から重点的に研究
することが求められている課題を設定し、できるだけ早期
に研究所がミッションとして進めるべき重要課題を以下の
ように設定した。

- (1) 超常環境を利用した新高原子密度物質の創製・材料化
 - ①超高压力発生技術の開発と新高原子密度物質の合成
 - ②機能性スーパーダイヤモンド(図4)
 - ③超微細構造解析
- (2) 生体・環境調和材料
医療福祉への貢献を目指した生体調和セラミックス
の研究開発
- (3) SPring-8を利用した材料の超精密解析
SPring-8への専用ビームライン設置(図5)によ
る材料評価技術の高度化
- (4) 高度計算材料科学
- (5) 物質・材料の知的基盤整備
- (6) 高機能電気伝導性酸化物の開発(新超伝導性物質)
- (7) ソフト化学プロセッシング

これらの研究開発は、無機材質研究所の真価を世に問う
ものとして強力に推進していく。

3.2.3 研究推進体制の整備・強化

- (1) 研究推進のための組織形態

SPring-8無機材研専用ビームライン構想

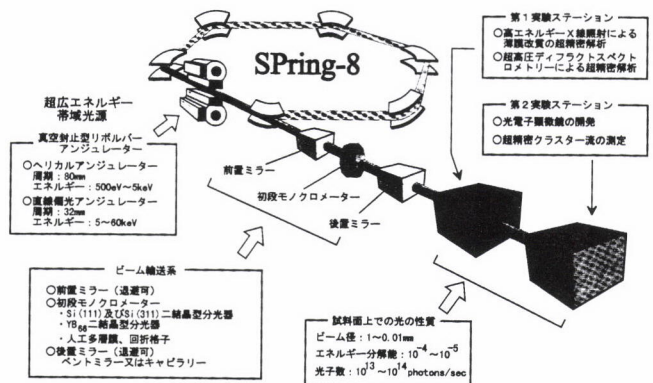


図5 SPring-8の専用ビームラインの仕様一覧(案)

より良い研究環境への改善は研究成果を挙げる上で重要であるため、グループ研究体制の柔軟化、所内横断的なチーム編成によるプロジェクトの効果的推進、外部開放型研究組織の導入、放射光利用研究組織の新設等を順次進めて行く計画である。

(2) 開かれた研究組織

特に外部開放型研究組織については、外部との研究交流を一層促進するために導入するもので、所内で調達・育成が困難な専門分野の知識を持つ研究者を外部から招聘し、一定期間所内で研究活動を行う試みを検討している。これにより研究所がカバーする専門分野が拡充されるだけでなく、人事交流による知的触発や一層の競争的環境の確保といった効果も大いに期待される。

(3) 研究推進のために必要な方策ほか

研究環境の改善に加えて、さまざまな制度運用も重要なポイントとしてあげており、新計画では研究推進のために必要な新しい方策を掲げている。若手を中心とした人材の確保、厳正な研究評価及びその活用、外部との研究交流、フレキシブルな経費の確保等を検討している。特に人材の確保に関しては、定員・定員外を含め所内で常時250人程度の研究者（現在の研究職員の定員117名）が必要とみこみ、民間や大学等からの研究者の受入れ、フェローシップ制度

の活用等の種々の方策に配慮している。これらは科学技術基本計画に則して、研究者の流動化や産学官の連携等を拡充するためにも、無機材質研究所が早急に採るべき方策として焦点を充てたものである。

以上に掲げた新計画が着実に達成された暁には、研究所は無機材料研究の世界的なCOEとしてのプレゼンスをより確かなものにすることができる。

4 新長期計画の着実な推進にむけて

本稿で紹介した新長期計画は、今後10年程度の材料科学技術ならびに両研究所の研究の方向を展望し、当面5年間の研究活動をより効率的に推進する前提として、両研究所が国立研究機関としての責務を果たし、材料科学研究の中核機関となるための活動基本方針を示す目的から策定された。したがって、本計画の策定には、それぞれ所内で討議をすすめるだけでなく、外部の多数の有識者から貴重なご意見・ご助言を頂くことに特に留意した。この場をお借りして関係各位に厚く御礼申し上げると同時に、今後新計画の着実な実行にむけて、両研究所へのさらなるご協力とご支援をお願い申しあげる次第である。

(1997年7月4日受付)