

TODAY

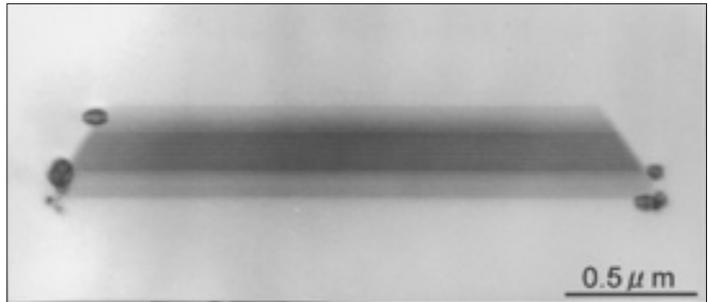
基礎技術は先端技術



古河電気工業株式会社

常務取締役 **鈴木 雄一**

(JRCM理事)



レーザーダイオードのTEM写真

右上の写真は光信号の増幅に使われるレーザーダイオードのTEM（透過電子顕微鏡）写真です。レーザー光の通るメサ（台形）の両側に転位ループが見えます。長時間の加速試験後に発生したものです。光の通る場所に転位があるとレーザー光の強い電場が乱れ、局所的な発熱によって素子が溶けてしまいます。高出力のレーザーでは主要部の転位をなくすか、できるだけ減らす必要があります。

結晶を成長させる技術に優劣があると、同じ原材料と同じ装置を使っても、出来上がったレーザー素子の出力に100mWから250mWといった差が出ます。値段は倍以上も違います。市場でのレーザーの価値を決めるのは、先端技術である半導体設計技術と並んでCVD（化学的気相成長法）等の結晶成長技術であり、結晶の良否を判断するTEM等の評価技術なのです。

結晶成長と評価技術は典型的な基礎技術です。どの分野でも高度な基礎技術なしに先端技術は成り立ちません。トランジスタ、LSI等の半導体素子や通信用光ファイバーも、ゾーンメルティング、CVDといった高純度に物をつくる技術がなければ実用にはならなかったのです。

基礎技術は先端技術のニーズに応じて進化しますが、それ自身も進化します。例えば、状態図は

材料学における典型的な基礎技術ですが、1970年代からコンピュータで計算できるようになり、90年代に実用期に入りました。合金系によっては実験より信頼できる状態図が得られます。さらに役に立ったのは、状態図を自由エネルギーの差として考える習慣がついたことです。組成と温度によって相の結晶型を知るだけでなく、異なる相の自由エネルギーの差を予測できるので、より理論的に合金開発ができるようになりました。熱処理の時間や粒子サイズの影響まで取り込めます。

コンピュータシミュレーションは先端技術ですが、状態図の源は熱力学で、最も基礎的かつ古典的な学問です。基礎技術としての状態図が先端技術と複合して進化した例といえます。

一方で、微細析出相に対するナノスケールの観察等、評価技術も進化しています。シンセシスとアナリシスは基礎技術において常に相補的です。

強調したいのは、基礎技術の進化が先端技術、優位技術、差別化技術の進歩に不可欠なことです。先端商品、先端技術は基礎技術とリンクして研究開発しなければ次の発展に結びつきません。幸い、基礎技術は共有できます。基礎技術で産学官協調をやったら成果が出るのではとよく考えます。JRCMが材料関係の基礎技術進展にお役に立つことがあれば、会員の一人として幸いに存じます。

「ナノメタル技術」プロジェクト全体概要

研究開発部 藤田米章

JRCMは、(財)大阪科学技術センター (OSTEC)、日立金属株とともに、経済産業省が推進する「ナノテクノロジープログラム」の1プロジェクトとして、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)から委託を受け、平成13年度から5年間の計画で「ナノメタル技術プロジェクト(プロジェクトリーダー:井上明久東北大学金属材料研究所長)」を実施することとなった。

本プロジェクトは、日本が世界のトップレベルにある金属材料技術を駆使してナノレベルの金属組成・組織制御技術に挑戦、世界に先駆けて超高純度・超微細組織制御金属の創製を目指すものである。

研究の実施に当たっては、対象とする金属材料を、超高純度金属材料分野(分野リーダー:安彦兼次東北大学金属材料研究所助教授)と実用金属材料分野(分野リーダー:東北大学未来科学技術共同センター石田清仁教授)に区分し、それぞれOSTEC、JRCMを管理法人として推進する(図-1)。

1. 研究開発の目標

本プロジェクトでは、超高純度金属材料分野と実用金属材料分野について、金属材料の組成及び組織を超精密・超微細に制御することで機械的特性(強度、延靱性等)、機能特性(電気的特性、磁気特性、耐食性等)を飛躍的に向上させるとともに、これらの技術と知識の体系化を目標に研究開発を行う。

2. 超高純度金属材料分野 (OSTEC担当)の概要

金属中の不純物元素をナノグラムオ

ーダー(100ng/g以下)まで低減する組成制御技術を中心に、組織制御技術、技術の体系化に取り組む。すなわちコールドクルーシブルを用いた超高真空溶解によるCr、Ti、Ni、Fe等の超高純度金属溶製技術を確立し、これら超高純度金属への有用元素の添加技術、さらに塑性加工や熱処理等を施すナノ領域組織制御技術等により、革新的な特性を有する金属材料の創製を目指す。

これにより、例えば従来材をはる

かに超える高温で強耐食性を有し、かつ靱性等の信頼性に優れた新規クロム基金の開発が期待され、高効率ガスタービン等に初めて適用が可能となるものと考えられる。

3. 実用金属材料分野 (JRCM担当)の概要

実用的成分の金属材料を対象とし、金属材料が有する強度・延性等の機械的特性や、電気伝導度・耐食性等の機能特性を高度に引き出すことを目的とし、ナノ領域における金属組織とその生成機構を解明し、組織制御技術を確立する。また、計算科学を用いた材料

設計技術を開発するとともに、体系的な材料特性を取得し、それに基づくデータベース構築により技術を体系化する。これらにより、高度な特性を有する金属材料の設計及び創製を可能とする技術基盤を構築する。

具体的な取り組みを図-2に示す。強度や延性が要求される構造材料として、変態や磁性のないアルミニウム系材料と変態や磁性のある鉄系材料を、高導電性等、機能的な特性を要求される材料として銅系の材料を取り上げ、主要な組織制御技術である ナノクラスター・ナノ析出制御技術、 粒界・界面構造制御技術について研究を実施

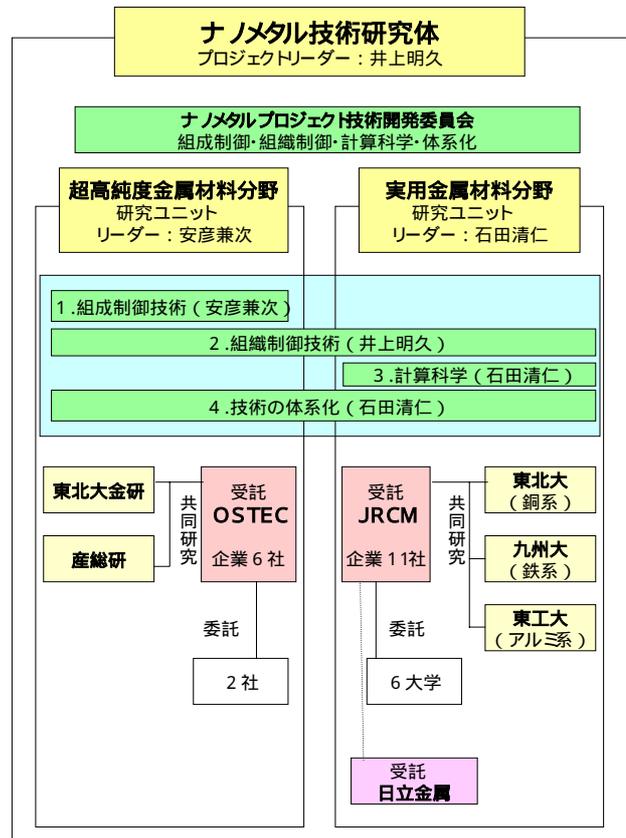


図-1 ナノメタル技術研究体 研究実施体制

する。さらに、電子デバイス用等、IT用途に超薄膜材料として利用が期待される銅系については、バルク材料のみならず、超微細な結晶を得るための超急冷プロセスによる ナノ結晶粒創製技術及び電子デバイス等、基板上に物理・化学的蒸着法等によりナノレベル厚みで形成される超薄膜金属の組織を対象として ナノ薄膜組織制御技術を取り上げ、ナノ領域組織制御技術の総合的研究を目指す。

銅系ナノメタルについては本号で、鉄系及びアルミニウム系ナノメタルについては次号で詳細を報告する。

これらナノレベルの超微細な組織制御技術の研究成果としては、例えばアルミニウム系材料では、自動車のフロント・リヤ両フェンダーのように、加工度が高く従来アルミニウムの適用が困難であった部分へ適用が可能な自動車用薄板材料の開発が期待される。

また鉄系材料では、鋼材中で従来有害不純物として利用が限定されていたCuをナノ析出制御させることにより、強度と延性に富む構造材や自動車用薄鋼板及び工具鋼の開発が期待される。

Cuの有効活用は鋼材のリサイクルにとって非常に有効であり新世代の鉄鋼材料と期待される。さらに銅系材料では、液体からの超急速冷却法や組織制御技術により従来の2倍以上の高い導電性と強度を有する高性能伸銅材料の開発や、配線幅100nm以下の次世代Siデバイス用超微細銅薄膜配線の実用化に寄与することが期待される。

一方、計算科学を応用した金属材料設計技術の基盤確立により、高い特性・機能を有する新規な金属材料の創製にかかわる材料設計、プロセス設計等で世界に先駆けて実用的に計算科学が適用されることが期待される。

さらに、ナノメタル知的基盤プラットフォームの構築により、技術が体系的に整理され、その活用により新規材料

の研究開発が促進されるものと期待される。

4. 研究実施体制

研究の実施に当たって、超高純度金属材料分野は、集中研究所を東北大学金属材料研究所に設置し、産業技術総合研究所純度制御開発研究ラボの他、企業6社が参画する。

実用金属材料分野では、図-3に示すように、集中研究所を九州大学大学院工学研究院 材料工学部門（鉄系）、東京工業大学大学院理工学研究科 材料工学専攻（アルミ系）及び東北大学（銅系）に設置する。鉄系には5社2大学、アルミ系には3社2大学、銅系には3社2大学が参画する。

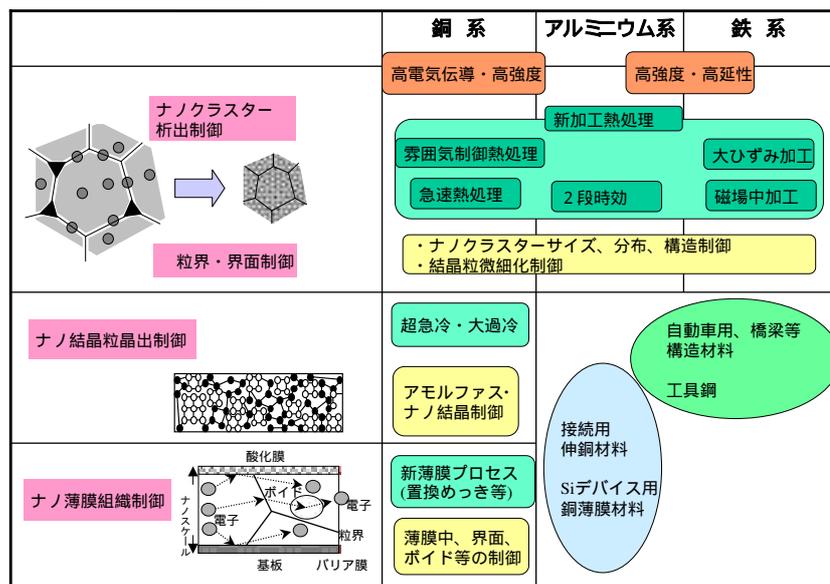


図-2 実用金属材料分野 ナノ領域組織制御技術の取り組み

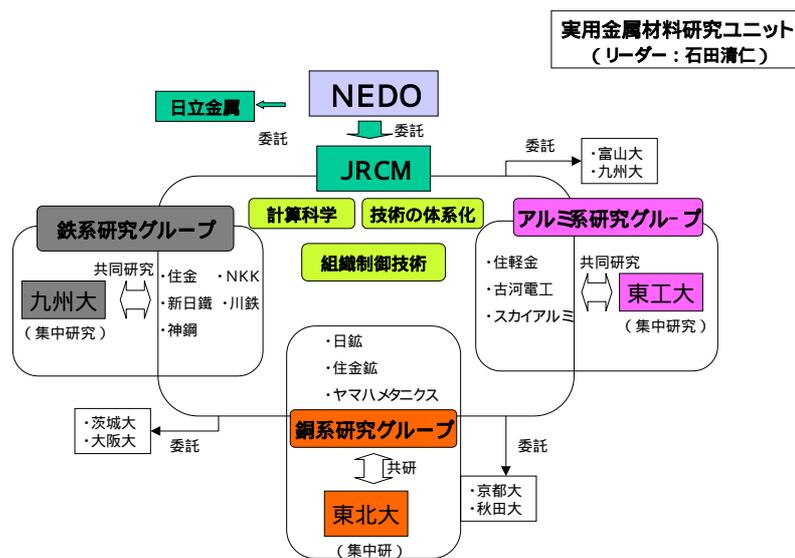


図-3 実用金属材料分野研究体制

銅系ナノメタル(バルク材、薄膜材)プロジェクト計画

研究開発部 岡田英治
(現:住友金属鉱山(株)技術企画部)

1. 提案の背景

伸銅品は、ウェアラブル機器、携帯オーディオ、携帯電話、デジタルスチル・ビデオ機器、ノートパソコン等、日本が得意とし対外的に優れた電子情報機器関連商品への需要が増えている。使用部位は基板用、基板接続用、外部機器接続用等である。現在、急速に展開するIT化は、図-1に示すように、情報機器の高機能化・小型化・高信頼性を要求し、導電材料(情報伝達材料)としてキーマテリアルである、伸銅品のさらなる高機能化が社会的な要請となっている。

高導電性と高強度を併せて付与することが可能となれば、情報の大容量化と高速化、機器の小型化に対応する極薄化・超高性能化が実現されるだけでなく、極薄化による資源の大幅な節約が可能となることで、急がれる地球環境の保全にもつながるものであり、この未来への技術開発投資は国として積

極的にやっていかなければならないものである。

また、現代社会の高度化、IT化を支えるSi半導体デバイスの高性能化は、Mooreの法則に従うサイズの縮小によって達成されてきたが、近年その微細加工技術に限界が見えてきた。さらなるデバイスの高性能化を実現するためには、従来の電極材料を新材料に変換するより他にない。京都大学 村上正紀教授らの研究調査の結果、次世代Siデバイスに使用される超微細Cu配線の機能性を最大限に発現させるために、薄膜材料としてのCuの物性とナノ構造の関係を明らかにし、材料学的理解に基づいた本質的な問題解決手法を確立し、次世代Siデバイス用配線材料に要求される極めて高い材料特性を実現するCu配線材形成プロセスを構築することが急務であることが判明した。

以上のように、IT化に欠かせない情報の伝達材料である銅基材料のバルクサイドからのナノテクノロジー、薄

膜(サイズとしてはすでにナノ領域)サイドからのナノテクノロジー的材料理解に基づいた本質的な問題解決手法を見だし、銅基材料形成プロセスの構築を目指すことになった。

2. 研究の進め方

(1)ナノ伸銅品開発

高導電性と高強度の両立を、図-2に示すように、ナノテクノロジー的観点よりブレークスルーを狙うものである。高導電性の付与には、マトリックスに固溶している元素(抵抗となるもの)を極力少なくすることで達成を目指す。

マトリックスに固溶する導電性を邪魔する元素の除去法、除去した状態をナノ析出状態にして強度の発現を図る方法の開発:狙いは、Cu-Ti系。マトリックスに固溶し導電性を悪化させるTiを、画期的な方法で酸素を侵入させてナノサイズのチタン酸化物を析出させる方法を基礎技術開発し、プロセスへの適用のめどを得る。

固溶元素の少ない状態を維持しながら、高強度を発現させる画期的な方法の開発:微細結晶粒と第2相の大きさをナノサイズで制御する技術開発を行う。ナノサイズ化が困難とされる純銅ベースで、結晶粒の微細化を達成する画期的な開発を研究室規模で確認し、ベンチスケールへの適用のめどを得る。

その他:スピノーダル分解型高強度銅合金の析出制御、銅基共晶合金の超微細組織形成技術の基礎研究ならびに基礎となる銅基合金の熱力学データベース構築を行い、これらの適用のめどを得る。

このように技術開発ごとに項目をわけて、東北大学 石田清仁教授の指導の



図-1 ナノメタル(銅)研究の提案の背景

もと、 はヤマハメタニクス(株)で、 は日鉱金属(株)で、 は石田教授が役割分担することにした。

(2) ナノ結晶粒創製 (液体急冷法での合金開発)

ナノコンポジット組織をもち、超高比強度を示す液体急冷アルミニウム及びマグネシウム合金を創製した実績を基に合金開発を行う。液体急冷法により理論強度達成 (一般に導電性が悪化) を目標にナノコンポジット組織をもつ銅系合金の開発を行い、その後、熱処理による組織 (粒界) 制御により導電率の向上 (一般に強度が悪化) を図り、最終的に高強度 高導電率を示す画期的な銅系合金を開発する。この成果を用いて、液体急冷法で創製した高強度 高導電率を示す銅系合金の粉末を作製後、押し出し成形やスパークプラズマ焼結等により、実用材料としての商用ペリリウム銅を超える高強度 高導電率バルク材の開発を目指す。

本開発は、東北大学金属材料研究所 井上研究室にて研究を行う。

(3) ナノ薄膜組織制御 (次世代Siデバイス用超微細Cu配線技術の開発)

材料学的理解に基づいた本質的な問題解決手法を確立し、それを用いて次世代Siデバイス用Cu配線材料に要求される極めて高い材料特性を実現できるプロセスの構築を目指す。

京都大学 村上教授らの予備調査研究の結果、薄膜化の際の課題は図 - 3

に示すように大きく4項目ある。また極めて基礎的な研究が必要なことと併せて、研究体制は、大学を主体とした項目別の専門家での研究集団の構築が効率的との判断のもと、京都大学 村上教授の指導のもとにその体制を整えた。また、住友金属鉱山(株)から専門研究員1名を京都大学に派遣し、研究の加速を図ることとした。

一方、次世代半導体の共同研究の中心である、(株)半

導体先端テクノロジーズ等との連携を取りながら研究を進める。半導体メーカー、装置メーカー、海外研究機関等との連携も視野に入れて情報交換等を図る予定である。

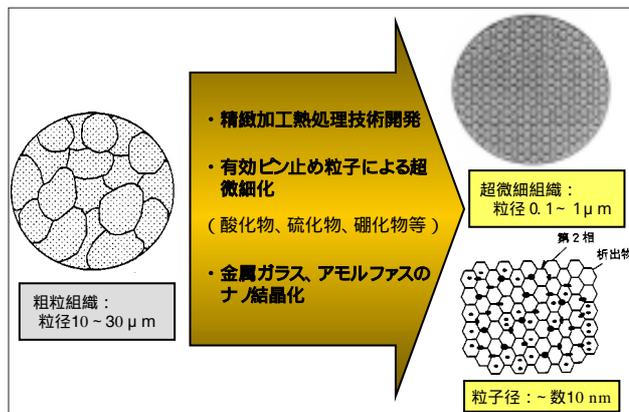


図 - 2 ナノ銅 (バルク) 共同研究の組織制御

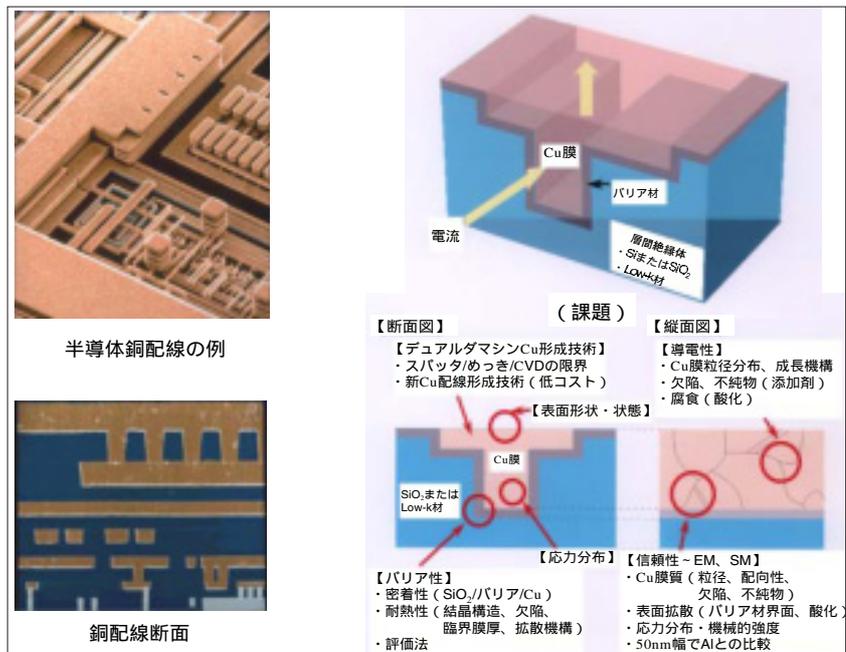


図 - 3 ナノメタル (銅) 薄膜研究の課題

JRCM SCHEDULE

開催月日	会議・イベント	場 所	担 当	備 考
1月25日	第18回四次元サ ロン	JRCM会議室	総務企画部	(株)中山製鋼所 常務 取締役 倉橋隆郎氏

The Japan Research and Development Center for Metals
JRCM NEWS / 第183号

内容に関するご意見、ご質問はJRCM 総務課までお寄せください。
本誌は地球環境保全を考慮し再生紙を使用しています。
本書の内容を無断で複写複製転載することを禁じます。

発 行 2002年1月1日
発行人 小島 彰
発行所 財団法人 金属系材料研究開発センター
〒105 0003 東京都港区西新橋一丁目5番11号 第11東洋海事ビル6階
T E L (03)3592 1282(代) / F A X (03)3592 1285
ホームページURL <http://www.jrcm.or.jp/>
E mail jrcm@oak.ocn.ne.jp