

第1回「高機能複合化金属ガラスを用いた革新的部材技術開発」(中間評価)分科会 議事録

日 時：平成 21 年 8 月 1 2 日 (水) 10:30~18:00

場 所：朝日生命大手町ビル 27階 大手町サンスカイルーム A会議室
(東京都千代田区大手町2-6-1)

出席者 (敬称略、順不同)

<分科会委員>

分科会長 下河邊 明 東京工業大学 名誉教授
分科会長代理 服部 正 兵庫県立大学 高度産業科学技術研究所 光応用・先端技術大講座
ナノマイクロシステム分野 教授
委員 安宅 龍明 オリnpas(株) 新規中核事業企画本部 ヘルスケア事業開発部
企画グループ コーディネーター
委員 石尾 俊二 秋田大学 工学資源学部 材料工学科 教授
委員 木村 薫 東京大学 大学院新領域創成科学研究科 物質系専攻 教授
委員 高田 潤 (株)鉄鋼新聞社 編集局 鉄鋼部 記者
委員 本多 直樹 東北工業大学 工学部 知能エレクトロニクス学科 教授

<経済産業省>

高橋 秀彦 経済産業省 製造産業局素形材産業室 課長補佐
後藤 博幸 経済産業省 産業技術環境局研究開発課 課長補佐
依田 智 経済産業省 産業技術環境局研究開発課 研究開発専門職

<推進者>

寺本 博信 NEDO ナノテクノロジー・材料技術開発部 部長
太田 興洋 NEDO ナノテクノロジー・材料技術開発部 プログラムマネージャ
山森 義之 NEDO ナノテクノロジー・材料技術開発部 主任研究員
土井 秀之 NEDO ナノテクノロジー・材料技術開発部 主査
加藤 知彦 NEDO ナノテクノロジー・材料技術開発部 主任
木場 篤彦 NEDO ナノテクノロジー・材料技術開発部 職員

<実施者>

井上 明久 東北大学 総長、ユニバーシティプロフェッサー (PL)
西山 信行 (財)次世代金属・複合材料研究開発協会 東北大学研究室 特別研究員、
研究開発グループ長
真壁 英一 (株)BMG 代表取締役
清水 幸春 並木精密宝石(株) N J C 技術研究所 マネージャー
若菜 和夫 並木精密宝石(株) N J C 技術研究所 統括
西田 元紀 福田金属箔粉工業(株) グループマネージャー
早乙女 康典 東北大学 金属材料研究所 附属研究施設大阪センター 教授
藤村 洋 並木精密宝石(株) N J C 技術研究所 研究員
福島 絵理 並木精密宝石(株) N J C 技術研究所 研究員
荻布 真十郎 (財)次世代金属・複合材料研究開発協会 専務理事
松井 健治 (財)次世代金属・複合材料研究開発協会 部長
戸嶋 博昭 (財)次世代金属・複合材料研究開発協会 主幹研究員
富樫 望 (財)次世代金属・複合材料研究開発協会 東北大学研究室 特別研究員

竹中 佳生 (財)次世代金属・複合材料研究開発協会 東北大学研究室 特別研究員
三浦 晴子 (財)次世代金属・複合材料研究開発協会 東北大学研究室 特別研究員
西洞 紀子 (財)次世代金属・複合材料研究開発協会 東北大学研究室 特別研究員
福田 泰行 (株)BMG 研究員
石橋 信一 昭和電工エレクトロニクス(株) HD研究開発センター マネージャー
杉本 利夫 (株)富士通研究所 IT システム研究所 サーバテクノロジー研究部

<企画調整者>

横田 俊子 NEDO 総務企画部 課長代理

<事務局>

寺門 守 NEDO 研究評価部 主幹

森山 英重 NEDO 研究評価部 主査

一般傍聴者 2名

議事次第

【公開】

1. 開会、分科会の設置、資料の確認
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法
4. 評価報告書の構成について
5. プロジェクトの概要説明
6. プロジェクトの詳細説明
 - 6-1. 研究開発成果、実用化の見通しについて
 - (1) 複合化金属ガラスによる硬磁性・ナノ構造部材技術
 - (2) 複合化金属ガラスによる高強度・超々精密部材技術
 - (3) 複合化金属ガラスによる高強度・高導電性部材技術

【非公開】

- 6-2. 実用化の見通しについて
 - (1) 複合化金属ガラスによる高強度・超々精密部材技術
 - (2) 複合化金属ガラスによる高強度・高導電性部材技術
7. 全体を通しての質疑

【公開】

8. まとめ・講評
9. 今後の予定、その他
10. 閉会

議事録

議題1. 開会、分科会の設置、資料の確認

- ・ 開会宣言
- ・ 研究評価委員会分科会の設置について、資料 1-1、1-2 に基づき事務局より説明。
- ・ 下河邊分科会長挨拶
- ・ 出席者（委員、推進者、実施者、事務局）の紹介
- ・ 配布資料確認

議題2. 分科会の公開について

事務局より資料 2-1～2-2 に基づく説明ののち、議題 6-2「実用化の見通しについて」、及び議題 7「全体を通しての質疑」に関する部分を非公開とすることが了承された。

議題 3. 議題 4. 評価の実施方法及び評価報告書の構成について

事務局より資料 3-1～3-5 および資料 4 で議題 3、4 の説明があり、評価の進め方についての事務局案が了承された。

議題 5. プロジェクトの概要説明

推進・実施者より資料 5-3 に基づき説明が行われた後、質疑応答がなされた。

【下河邊分科会長】 どうもありがとうございました。

それでは、ただいまのご説明、前半の事業の位置づけ・必要性、研究開発マネジメント、後半の研究開発成果、実用化の見通し、この辺について、ご意見・ご質問等をお願いしたいと思います。技術の詳細につきましては、議題 6、午後の議題で議論をいたしますということで、ここでは主に事業の位置づけ・必要性、マネジメントについてご意見をいただければと思います。いかがでしょうか。ご質問・ご意見がありましたら、どうぞ遠慮なくお願いをしたいと思います。なかなか委員の先生からはご意見が出ないかもしれませんが、どうぞよろしくお願いします。

【本多委員】 硬磁気特性のことについてちょっとお聞きしたいんですが、最初に、事業の目的のところで、金属ガラスを使って軟磁気特性だけではなくて、硬磁気特性の応用もやられるんだということを言われていたんですが、実際に中間報告のところでは、金属ガラスそのもので硬磁気特性を出されたようには見えないんですが、そういうことなんでしょうか。

【井上 P L】 はい。決して金属ガラス単相ではありません。もちろん金属ガラス単相で硬磁性を示すネオジ・鉄・アルミなど、全く別のものはございます。けれども、今回の場合は金属ガラスと他のものをナノスケールで複合化し合う。ナノスケールで膜をつくる。例えば金属ガラスの凹凸をナノスケールで 20 ナノメートル間隔でまずつくる。そこにコバルト・パラジウムのアモルファス相をスパッタさせて、それでお互いに 20 ナノ間隔、あるいは 15 ナノ間隔程度のナノスケールの複合体をつくり上げる。決して金属ガラス単相ではない。複合化することによって初めて我々が欲しい機能が発現できる。そういうことで第 1 の目標は今、達成しようとしており、第 2 の目標もナノ結晶を分散させる。第 3 の目標も銅と金属ガラスで、常に金属ガラス、プラスチックの複合化でこのような材料をつくり上げようとするプログラムでございます。

【本多委員】 そうすると、硬磁性材料そのものは新しく何かを開発されたわけじゃないんですね。

【井上 P L】 このプログラムでは、それを目指してはおりません。複合体としてのイメージなんです。もちろんネオジ・鉄・アルミ合金など、我々が以前に、10 年ぐらい前でしょうか、開発したハード磁石特性の合金はございます。金属ガラスで最高保磁力が 300 キロエルステッド程度です。かなりの値を示すものがあるんですけども、ただ、これをこちらに用いるということは今考えてはいません。

【本多委員】 そうすると、新しいところということは、金属ガラスを使ってナノスケールの構造ができるということでしょうか。

【井上 P L】 はい。金属ガラスをナノスケールで複合化し得ること、第 1 開発項目に関してはそうだと思います。

【本多委員】 どうもありがとうございました。

【下河邊分科会長】 ありがとうございました。ほかに何かご質問等ございますでしょうか。服部先生、何か。

【服部分科会長代理】 ちょっと実用化の問題で、ハードディスクドライブが 4 兆 3,000 億円で

すか。超小型モータが110億円、コネクタが20億円ということで、ハードディスクドライブが非常にお金が高い。効果が高いんですけど、そういうものに対して今のLSIの状況とか、時間的な問題というか、スケジュール的な問題がちゃんとこれで整合性がとれているかどうかということと、それから、実用化になったときに、特に最近の動向ですと、コストに見合った、製品に見合ったコストというか、そういうものにちゃんと今のダイヤモンドの金型とか何かでもつかどうか。要するにもう少し耐久性があるものを早目にやっつけていかなきゃいけないとか、そこら辺のところは考慮されているかどうかということをお聞きしたいんです。

【井上PL】 この4兆円、平成26年度いくらということで、これはいろいろ調査された結果、いろいろの報告書等からの資料に基づく予想ということです。

【西山研究開発G長】 全体の。ハードディスク全体のです。

【井上PL】 ちょっとそこは。

【土井主査】 かなり大きくとっています。ハードディスクドライブということで、今現在、パソコン用であるとか、携帯だとか、デジカメだとか、そういうことがあるんですけども、すべての市場として掲げています。

【服部分科会長代理】 普通で言ったら、それだけあるよという中で、この研究によって、費用効果度と言うんですか、実際、どこら辺ぐらいをねらっているかというのが、あまりにも値が次のモータと桁が違うものですから。上だけやって、下なんかやめちゃったらどうですか。上だけやってくださいと。

【土井主査】 ほんとうは、実際のこの中身については、ほんとうは助成先さんの戦略的なこともあるので、詳しいことはわからないんですけども、今現状でハードディスクドライブなんですけれども、その中には、多分1枚だろうか、2枚だろうか、いろいろな……。

【服部分科会長代理】 普通、ぱっと見たときに、これだけの大きな効果があって何で富士通さんはやめちゃうんだと。こんないいものの研究があって。そういう普通の素人的な考え方から見ると出てくると。普通の感覚で言ったら、これだけの大きなお金の効果があるのであれば、何でやめちゃうのと。何で次の会社が。これによつての効果がどの程度かなというのがちょっと私も全体の値段の中で、どこら辺の部分がどうだということはあまり詳しいことは……。

【土井主査】 ここで4兆というのはかなり……。

【服部分科会長代理】 ちょっと大きな話だったものでちょっとびっくりしたんです。

【土井主査】 この中で占める媒体の割合というのは、多分平均するとその10%ぐらいだと。となると1けた下がる。これは世界市場をあらわしているんで、日本がとるとなるとまたその半分ぐらい。また各社そろってその何分の1かになって、けたがどんどん下がっていきます。この中で、富士通さんもそうですけども、いかに利益を上げるようなコスト的なことをやっていくかというのが多分、今後重要だと思っています。

【服部分科会長代理】 ありがとうございます。

【下河邊分科会長】 ありがとうございます。そのほかご質問等ございませんでしょうか。

安宅さん、さっき内視鏡の話もちょっと出ていましたけれども、何かございませんか。

【安宅委員】 内視鏡のほうの話というより、今の服部先生の質問と同じ質問を実はしようとしていたんですけど、こういう公開の資料を表記するときには、ハードディスクドライブ装置全体という表記ではなくて、媒体なら媒体ということで表記されたほうが誤解を生まないのではないかと思いますし、もしそういうふうに表記するのであれば、他の材料とか、デバイスと比較したときの優位性の説明がどこかにぜひ欲しいなど。桁違いに見えますので、先ほどのような、ほかの

ところじゃなくて、ここだけフォーカスしたらという意見が出てきてしまうのではないかと思います。このところは、日本の電子産業にとっては、半導体もありますけれども、こういうハードディスクドライブというのは今後どうするかというときに、これがどういう強みになるかという視点で何かご説明をいただけると、プロジェクト自身の位置づけとか、意義とかがよりわかるようになるのかなと。その辺をぜひちょっと補足していただきたいなと思いますので、もしあればその辺をまずお伺いしたいなと思います。

【土井主査】 幾つかは後の発表の中で出てくるかと思います。これはかなり大きく書いてしまったので、かなり誤解を生んでしまって、申しわけございません。現在、パターンドメディアに向かつては非常にハイコストな製作、やり方が開発されていると思うんですけども、それに対して金属ガラスと金型を組み合わせて、ある意味でハンコのようにディスクができるということで、かなりコストを意識した開発だと思っていますので、そのあたりは非常に有利だとは思っています。

【安宅委員】 そういう意味であれば、先ほど井上先生のご説明にもありましたけれど、材料自身というよりは、複合的ということで加工技術と組み合わせたことによって、1足す1が2じゃない非連続的な効果があると。だから、加工技術自身としても非常に特徴があるところをもう少し前面に出されてご説明され、材料はそれほど新規というよりは、組み合わせたところに特徴があるというのであれば、そのところで他材料とかデバイスの比較をするというようなご説明をいただくと、そのパブリシティというか、透明性の問題のところでは非常に重要ななと思います。今後ぜひその辺の説明をされたらよろしいのかなということと、そうしていただきたいなと思います。

それから、先ほど下河邊先生から内視鏡というお話がありましたので、ちょっとだけ触れますと、私自身は内視鏡の開発には直接は絡んでいないのですが、ご承知のように、現在は内視鏡手術というようなことで腹腔鏡手術ですとか、そういったことがどんどん進展してきて、ものによっては日帰り手術みたいなものになるということになります。手術のほうではいろいろな種類のアクチュエータが必要になるということで、超小型モータ組み込み装置というのは、遊星歯車型がいいのかどうか分かりませんが、非常にパワーがあって、しかし、小型だというアクチュエータは必要ですので、その辺はもう少し調べられると、またいろいろ用途がありそうです。今、基礎的・基盤的な研究開発という位置づけなのはよく承知していますが、ひょっとするとその辺でいろいろなアクチュエータとしてのバラエティーも出てくるのかなと思います。ちょっと遊星型、小型というところいきなり来ているので、ひょっとするとアクチュエータとして、医療用途ということでは、それ自身はあるのだけれども、もうちょっと用途のバラエティーがあるのかなと。その中から絞り込む。なぜ遊星型なのかと、その辺がちょっとびんと来なかったもので、その辺をもうちょっと波及効果としても、調べ方によってはプロジェクトの目標の設定の仕方も別の発展的な設定もあるかなという印象を持ちました。

【服部分科会長代理】 私もちょうと追加です。

【下河邊分科会長】 どうぞ。

【服部分科会長代理】 モータのことなんですけど、私は、文科省の特定領域で次世代アクチュエータというのをこの3月までやってきまして、私も電磁モータの高出力化というのをやったんですけど、基本的にはモータというのはスケール則で言うと、小型になるとモータは非常に電磁型のギヤードモータみたいなものは効率が悪いというのは計算しても当たり前の世界で、このモータは1つのモデルとしてやるというのは非常にいいんですけど、今の安宅さんと同じような

意見で、将来的に考えたときには、モータのギヤードモータだけでなく、ほかのアクチュエータも、いろいろ四十数人の研究者でやってきたんですけれど、どういうモータが出力だとか、いろいろ用途があると思うんですけど、そこら辺のところも今後検討してもらいたいと思うんです。最初のモータでやるというのは、1つのモデルとしてやる分にはいいんですけど、モータだけではちょっとうーんという感じは、僕も同じようにしましたということです。

【下河邊分科会長】 ありがとうございます。石尾先生、何かございますか。

【石尾委員】 今、ハードディスクのところでは話されたように、ハードディスクの作製にはいろいろなテクニックの複合が必要なわけですが、研究実施体制というのはどのようになっているでしょうか。ナノインプリント、それから成膜・計測とプロセスが多々ありますが、今の研究開発の実施体制や分担をご説明いただければと思います。

【土井主査】 詳しくは、後でまた体制についてもご説明があると思うんですけども、今現在、磁性に関しては委託事業のみが進んでいますので、その中心となるがRIMCOFさんの東北大学の集中研で、この中で精力的にやっていますということです。

【井上PL】

【森山主査】 井上先生、マイクに近づいていただけますか。

【井上PL】 実際に、例えばそこに、下に再委託と書いてございますが、このものの非常に細かな組織等は、例えば大阪大学産業科学研究所の先生に依頼する。メカニズム、あるいは測定方法のアドバイス等に関しましては、中央大学理工学研究所の先生に、金型等に関してはBMGで、トータルとしてのデバイス、測定等に関しては、前は富士通さんが担当されていたのが今回から昭和電工さんになるということで今進めているという状況です。

【石尾委員】 ナノインプリントから……。

【井上PL】 あと、これまでに垂直磁化にもかかわってこられた、あるいは磁性全体の事において、例えば藤森先生だとか、ほかの今、OBになられている名誉教授の先生方等もこの委員会に常に入ってご意見をいただいているという形です。

【石尾委員】 磁性に関する実際の成膜、ナノインプリントや成膜は東北大学のほうで進めておられるということですね。

【井上PL】 そうです。デバイスの基礎のところまでで、評価等になりますと企業で進めています。

【石尾委員】 わかりました。

【下河邊分科会長】 ありがとうございます。木村先生、何かございますか。

【木村委員】 技術的なことですが、全体にかかわることなので、ここで質問させていただいて宜しいでしょうか。複合化が特徴だということで、多くの複合化の仕方が紹介されました。熱処理される場合が多いと思いますが、熱処理によって金属ガラスの単相としての性質が変質するということがあると思います。それを積極的に利用して部分結晶化熱処理というようなこともされているようですが、熱処理によって特性が変質した後の特性を利用していることが多いのでしょうか。それとも変質しないような特別な熱処理方法を開発されているのでしょうか。

【井上PL】 例えばこれは1つの例でございますが、この場合のその場析出に関しては、組成または冷却速度がポイントで、このプロセスにおいては、後の熱処理はしないということで進めています。こちらは熱処理というよりは、金属ガラス粉末と結晶の温間押し出しです。このときに過冷却液体のところを利用して一緒に押し出す。今日も後で報告がございまして、非常に緻密な、伸びた組織となります。それ以後は特に行っておりません。ただ、唯一、強加工材のカッパー・ジ

ルコ・銀で、銅の量が95原子%ぐらいのもので、銅・ジルコに少量の銀を入れて、それを強加工して、ナノスケールの組織を得る。この場合、アニールさせます。それは、できれば、我々とする銅・ジルコの界面にアモルファス相をつくりたい。銅・ジルコでは、昔は層状組織を作って、冷間圧延してアニールをすると界面にアモルファスができる。そうすることによって強化相としている。唯一、今、木村先生のおっしゃられた意味でのアニールをして組織をねらっているのがこの強化法だと思います。それについても今日少し発表がございますし、実際に、電子線回折をとって、そのようなブロードなハローらしきものも出てきており、そういう領域もあるかもしれないということです。

【下河邊分科会長】 よろしいでしょうか。高田さんは何かございますか。

【高田委員】 では、すいません。1点だけ。プロジェクト全体の概要の中に国内外の研究開発の動向というところがあると思うんです。その点について1点だけ、質問なんですけれども、この海外の研究状況というのを比較すると、日本が何となくリードしているなというのはわかるんですけど、これは単相金属ガラスについての現状でよろしいのでしょうか。

【井上P L】 ほぼ金属ガラス単相とみなしていただいて結構かと思います。

【高田委員】 そこで、今回の複合化なんですけれども、海外では今どのような状況に置かれているかというのが質問なんです。

【井上P L】 海外では唯一、ベンチャー企業のリキッドメタル・テクノロジー社によるデンドライトの casting 組織です、ナノスケールではないが金属ガラス中に分散させることによって、強度はかなり落ちるんですが、延性が増すということで研究している。ただ、それが今完全に実用化されているかとなりますと金属ガラス単相の特徴が損なわれるんです。光沢性がいいとか、最初に casting したときに、圧力をかけたら精密に casting できるとかの特徴がなくなります。結晶が出ると表面が凸凹になってきますから。だから、そういう基礎研究はかなりやっている。しかし、それが応用化されているかは不明です。

【高田委員】 そうしますと、先ほど中間評価時点での目標の達成度がほとんど二重丸になっていましたけれども、これを達成したことで、イメージで結構なんですけれども、日本がさらにどのぐらいリードしたかなというイメージを。

【井上P L】 金属ガラス単相はこれまでのプロジェクト等で非常に、開発が進められてきていますし、かなりの分野で、小さな項目を入れますと十何種類、実際に工業化されています。さらに人類社会に大きく貢献するには、必ずしも単相にとらわれずに、複合化して、その機能をさらに増すことによって、シナジー効果を発揮できるような材料が開発できればということで行っている。こういう新しいものについては、国の補助がない限りなかなか企業では、単相合金はかなり行えるとしても、革新的な新しい分野にはギャップがある。そこに一歩足を踏み入れることがこのプロジェクトだと思っております。また、そういう意味では、積極的にナノスケールでの複合化で金属ガラスの機能をさらに増そうということは今、少なくとも、我々が情報を入手している範囲内では、研究を行っているところはないという状況だと思っています。

【高田委員】 わかりました。

【下河邊分科会長】 よろしいでしょうか。ありがとうございます。

一番最初に本多先生からご質問をいただきましたけれども、まだ追加はございますか。

【本多委員】 1つ、市場規模について、先ほどもちょっと話がありましたけれども、ちょっとお聞きしたいんですが、確認したいんですが、超小型モータで110億円、カードコネクタで20億円と書いてあるこの市場というのは、このプロジェクトで最終目標が達成されて、それが使わ

れる市場ということなんでしょうか。それとももっとほかの全体、モータならモータでもっとほかのものを含めた市場とことなんでしょうか。

【井上PL】 ちょっとお答えしていただいたらどうでしょう。そのほうが確かだと思います。

【若菜統括】 後でご説明いたしますけれども、要は非常に小さい0.9ミリというモータそのものは後でご説明しますが、年間13億円なんですけれども、そういう新しい医療機関関係でもさらに未知の分野を創出するというので、そのモータを含めた装置がざっと見て110億円という新規市場の創出です。

【本多委員】 市場が創出されるという意味で。

【若菜統括】 そう考えています。

【本多委員】 あと、ちなみに、ハードディスクドライブ、ハードディスクのほうです。これですと、ハードディスクのディスクだけということではいいまして、2007年だとワールドワイドで約6,000億円です。国産は、国内メーカーはそのうちの約半分つくっております、残念ながら、富士通さんは割合その中ではちょっと少ないんですが、国内だけでも、少なくとも3,000億円ぐらいの規模になっております。

【下河邊分科会長】 ありがとうございます。

私からも、特にNEDOの研究マネジメントという観点で少しコメントさせていただきたいのですが、5ページの金属ガラスの多様な用途というところのご説明のときに、普及しているとは言えない状況であるというご説明があったと思うのですが、金属ガラスというのは非常に素晴らしい材料であるけど、こういう問題点もあるのだということをこのあたりでしっかり整理して、だから、複合化していくのですということを明確に主張していかないと、何でというのがちょっとぼやけてしまうかなと。

ですから、NEDOのマネジメントとしては、特に今日の会合は公開ということで、どなたが来てもいいということになっているわけですから、必ずしも専門の方ばかりではないということを考えれば、こういう問題点があるけれども、それをこういうふうに複合化することによって解決していくのだという説明がどこかにないと、ちょっとマネジメントとしては問題になるかなと。それから、もう1つは、たびたび話題に出ていますけれども、ハードディスクの話も、例えばフラッシュメモリーとの比較はどうなのだとか、あるいは2テラになったときに、メカトロ部分はどうするのよとか、私は、そういうところは非常に大きな問題だと思いますけれども、特にNEDOというのは経産省ですから、そういったところについての見通しも含めた上での4兆3,000億円だというような言い方にしていかないと、ちょっと皆さんからいろいろご意見があったと思うんですけれども、えっ、何？ これという印象を与えかねない。

さらに言えば、モータの場合は、ちょっとトップダウン的である理由というのがよくわからない。つまり、こういうアクチュエータをつくるときに、先ほど服部先生や高田先生からもご意見がありましたけれども、ほんとうにモータが得策なのかどうかということも、ちょっとはつきり見えていない。大きいものをうんと小さくしていくという方向性、研究開発マネジメントとしてそういう方向性をとるとするのがいいのだという主張がちょっと見えていないと思うのです。ボトムアップ的なアクチュエータをつくるという考え方もあり得るのだろうと思うのです。

さらに、高性能微細カードコネクタに関して言えば、実用化までで、事業化ということを考えていることにはなっていますけれども、マネジメントとして考えたときに、例えば携帯電話を買うときに、SIMカードのコネクタが素晴らしいコネクタを使っているから、私はこの会社の携帯を買いますという人はだれもいないと思うのです。つまり、マネジメントの方向性としては、も

っと国民一般受けするようなマネジメントの方向性を考えていかないと、実用化まではできるかもしれないけれども、そこでおしまいになってしまうかもしれないと、ちょっとそういう印象がありました。以上です。

これは私のコメントですから、ご回答はいただかなくても結構です。

【土井主査】 アドバイス、どうもありがとうございました。考えさせていただきたいと思います。

【下河邊分科会長】 それでは、まだご質問があるかもしれませんが、また午後にプロジェクトの詳細内容をご説明いただきますので、そのときにまたご質問いただければと思います。

どうもありがとうございました。

議題6. プロジェクトの詳細説明

6-1. 研究開発成果、実用化の見通しについて

(1) 複合化金属ガラスによる硬磁性・ナノ構造部材技術

実施者から上記のテーマの成果について資料6-1-1で説明が行われた後、質疑応答がなされた。

【下河邊分科会長】 どうもありがとうございます。

それでは、ご質疑をお願いしたいと思いますが、予定の時間は、質疑の時間が約40分とさせていただきます。どうぞご発言をいただければと思いますが、いかがでしょうか。どうぞ。

【安宅委員】 すいません。ちょっと磁性材料のほうは全くの素人で、よくわからないものですから、基本的なところを質問というか、ちょっと教えていただきたいということなのですが、例えば配付資料の10ページ目で、想定される媒体構造の第1案と第2案というところがありますけれども、このところで記録層というのは硬磁性材料が記録層になるのでしょうか。

【西山研究開発G長】 はい。

【安宅委員】 そうしますと、軟磁性金属ガラスですとか、非磁性金属ガラスの役割といますか、効果といますか、逆にドットとピッチとの関係ですとか、それから、硬磁性材料との組み合わせによる効果とか、その辺のご説明がなかったように思うのですけれど、そういう意味で、金属ガラスの軟磁性金属ガラスと非磁性金属ガラスの役割ということについてちょっとお伺いしたいのですが。

【西山研究開発G長】 まず軟磁性金属ガラスの裏打ち層を、硬磁性記録層の下に引いて、裏打ち層、例えば硬磁性層それぞれドットが孤立したとして、NS、NSと1個1個が分離するわけですけれども、その磁束をスルーしてやるのに裏打ち層を使っています。これは今、一般的に使われているものなんですけれども、ここでは、2案の場合、軟磁性層というのは裏打ち層の役割を果たしまして、磁気的なループを片側閉じてやるという効果を持っています。非磁性金属ガラスに関しましては、いわゆる硬磁性金属記録層を孤立化させるための入れ物の役割を持っています。例えばこれが樹脂でもいいんじゃないかという話も出てくるんですけれども、金属ガラスであれば、離型のときに相当硬い材料を使って、ぼんと外しても形が崩れないというメリットを持っています。あとは結晶粒界を持っていませんので、原理的には、それこそ今12ナノ径ぐらいですけれども、数ナノというのは原子の数から考えても何とか行けそうだなと思います。入れ物としての役割を非磁性金属ガラスは持っています。

こちらの1案で軟磁性金属ガラスのインプリント層、これはもともと当初考えていたものでして、研磨せずに、これも裏打ち層と同じような効果なんですけれども、この上に直接、青の出っ張った部分の上に、この図ではちょっとつながったようになっていますけれども、この上にあるものと穴の中を切ってやる、薄くしてやる硬磁性層を。それともうこの頭についた部分が記録層として、このループが裏打ち層としての役割を果たすのではないかということで、裏打ち層としてのパターンを持った裏打ち層としての効果を持っていると考えております。

【安宅委員】 すいません。そうすると、第1案の一番下のところで、硬磁性コバルト・パラジウム層というのは、軟磁性金属ガラスの頭のところに薄くあるということなのですか。

【西山研究開発G長】 この図がちょっと誤解を招く図だったんです。これと同じようにかいてありますので。これは、端的に言いますと、青の部分はまるでとがっているわけです。その残りの部分が凹みであるので、実際には、これは研磨しなくて、埋めるという感じになると思います。この図で言いますと、青の出っ張った部分の上に、硬磁性記録層がこの図よりも薄く載っている。当然、同じ厚さで穴の中にも入ります。穴の中と上を磁気的につながらないように薄くしてやって、残ったところを埋めてやるというのが1案のほうのちょっと図が間違っております。すみません。

【安宅委員】 いずれにしても、記録層としては硬磁性材料のところなのですね。

【西山研究開発G長】 はい。コバルト・パラジウムの多層膜、ここで言いますと、硬磁性の記録層、NS、NSをつけるというものです。

【安宅委員】 そうすると、そもそもうたい文句である構造と金属ガラスの複合構造というところの効果ということで言うと、どういうふうに言えるのでしょうか。

【西山研究開発G長】 例えば硬磁性層をそのままよく自己組織化というものでそれぞれ自己を切っただけでも、磁性体自体は連続していますので、熱ゆらぎの影響も受けやすいですという観点から、それぞれの磁性層をきっちり切っただけの効果、非磁性金属ガラスでインプリントされた層は。特にインプリントされた非磁性の金属ガラスと硬磁性層がインタラクションを持っているかということ、逆に言うと持たないほうがいい。それが両方あることで相乗効果で何かを生むというものではなくて、それぞれ独立して非磁性の金属ガラスはパターンをきっちりつくって、硬磁性層の形状を決めてやる。硬磁性層は非磁性の金属ガラスと全くインタラクションを持たずに、独立して磁化されて記録層として働くと、今のこの図では考えています。

【安宅委員】 ちょっとまだ理解が不足しているのかもしれませんが、そうすると、例えば第2案で入れ物としての非磁性金属ガラス層というのは、入れ物であるのだけれども、孤立化させるための効果というのはひょっとすると、いろいろな組成のものをもっと試してみなきゃいけないということになるのですか。

【西山研究開発G長】 ということにもなりますが、インプリントで形状をつくり込む、金属ガラスという観点から言いますと、安定性が高く、できるだけ低温で粘性が下がるものという観点で言いますと、今使っているパラジウム系か、もしくは白金系みたいなものがベストと言われるものかと思われまます。

【安宅委員】 そうすると、第1はちょっとまだ置いておいて、第2案の場合ですと、入れ物としての非磁性金属ガラス層というのはかなりパッシブな効果という感じになるんですか。

【西山研究開発G長】 磁気記録という観点では、磁束の回り方という意味ではパッシブな。

【安宅委員】 といいますか、そうすると、プレゼンテーションの仕方としても、効果をもう少し前面に出して、せつかく金属ガラスのプロジェクトでございますから、そこところが意外に聞こえてこないかなと思ったものですから、ちょっとお伺いした次第です。

【早乙女SPL】 すみません。ちょっとよろしいでしょうか。金属ガラスでここで取り上げているのはナノインプリント用の金属ガラスの特性が生きるということなんですね。

【安宅委員】 はい。

【早乙女SPL】 ですから、先ほど西山さんの説明がありましたけど、一般的にはポリマーであるかと、あるいは酸化ガラスでナノインプリントしているわけですが、これが金属ガラスで可能であると。一般に使われるポリマーに比べると、熱的安定性であるとか、あるいは熱膨張係数とか、そういうことからすると、金属ガラスははるかにいい特性をしている。なおかつ、軟磁性の金属ガラスを用いれば磁気回路をナノインプリントしたものでつくることができる。これがポリマーでは、あるいは酸化ガラスではできないことで、ここに金属ガラスを使った最大のメリットが出てくるだろうと思っています。

【安宅委員】 わかりました。

【下河邊分科会長】 よろしいですか。

【安宅委員】 はい。

【下河邊分科会長】 どうぞ。

【服部分科会長代理】 金型でちょっと聞きたいんですけど、金型に要求される諸元とは何だというのは明確・・・、穴があいたらいいよ、凸が出ていればいいよということになると随分簡単にいろいろできるかと思うんです。どういう金型の例えば硬さは幾つ要るか、温度は何℃まで要るんだ、ヤング率はどうか、そういう特性がちょっと見当たらない。試行錯誤的につくってきたという感じがちょっとしているということで、諸元はどうなっているのかということと、最近、私は違う方法で、電子ビームなんかでもつくっているんですけど、この方法じゃない、もっとずっと簡単な方法ででかいものまでできると思っているんです。そういう電子ビームのところも今、出ていたと思うんですけど、どこの会社を使ったか知りませんが、ちょっと製造上で、そこら辺のもともとの金型の諸元に対してのアスペクト比をどこまで入れようというようなことに対して、こうだよということがわかればいいんですけど、どうもそこら辺が研究的な、基礎的な研究の流れでずっと来たような感じで、必然性というか、そこがよく見えない。金型に関しても、ここら辺を見ている、特許で取るようなものなんかだと、真っすぐじゃなくて、曲がっているものもあります。それから、私たちが、アスペクトが高いですと、わざわざ低価格が必要だとか、あるアスペクトをやるために。そういうところの技術もあまり書かれていないものだから、ただ穴がちょっとあけばいいというお話なのか。その図でも、上の絵を見てもらうと、全部、垂直に立っていませんね。成形すれば、当然それは穴があかないわけであって、そこら辺のところのそういう技術がどうしてこの技術でやらなきゃいけないか。例えばシリコンとSiO₂の組み合わせであれば、最近の技術であるICPでやれば5ナノぐらいまでできちゃうんです。ICPでものすごく簡単にできちゃうわけですよ。御社でやっていたのは、Si/SiO₂もあるし、アルミナDLCもあるけれど、そこら辺のところだとレジストで加工して、あと、金属の金型をつくってもいいという方法もあるでしょうし、そこら辺の全体像がなくて、ぽっと出てくるものだから、なかなかわかりにくいとか。それは当然必然性があるってそういう形になったと思うんですけど、そこら辺のもともとのベースの目標とか、おれは4インチまでやるんだ、6インチまで、いわゆる2テラの云々、あそこでサンプルがあるように、最低4インチまでは均一性がなければいけません。反りはあってはいかんのか。そこら辺のところはちょっとよくわからないんです。ということで、そこら辺、まず諸元と、それに対するこの技術の必然性ということをちょっと教えてもらえればと思います。

【西山研究開発G長】 金型の諸元、目標とする……。

【服部分科会長代理】 いや。金型とか、もともとする最終目標はこうだから、金型はこうでなければいけませんよというのがあがるはずなんです。

【西山研究開発G長】 はい。

【服部分科会長代理】 今のだと、形状だけつくったということになれば、形状だけであれば割に簡単に、今いろいろな形状ができていますので、そこだとあまりわあわあ言って威張るような話じゃないなという感じはします。世界で最高とか何か言っているけど、発表があるかどうか知りませんが、我々のサイドで言えば、そう難しくない、できるだろうと思っていることです。そこら辺がもともとのこれに対する要求に対して、こういう技術がいろいろあるけど、ここを選んだということですね。

今言ったみたいに、シリコンやSiO₂とか、アルミナDLCぐらいであれば、ある程度できちゃうと。値段も言っていたんだけど、ショット数が30万ショット打てると。おれのほうは100万ショット打てる。これは5,000ショットしか打てないというような、そこら辺が今はできなくてもいいんです。最終的にどういうふうにしていくかと思っていて、ナノインプリントだったら、普通のフォトリソに比べれば安くなる。これは当たり前のお話であって、そこら辺の金型の最終金型に要求されるものに対して、今はどうなって、今ここまで来ていますというのはわかるんですけど、そこら辺が試行錯誤的に来ているような感じがするということです。

諸元のアスペクトが幾つまで欲しいか。そこら辺もわからないのかどうかということを含めて、すいません。ちょっと長くなりました。

【下河邊分科会長】 では、早乙女先生、どうぞ。

【早乙女SPL】 まず、リソグラフィーの現状から申し上げますと、今ちょうど写っている右上

のものは、日本では一応トップクラスに属している会社につくっていただいた電子ビームリソグラフィでつくった金型なんです。あそこに見えますように、一応33ナノとか、そのぐらいまでがその会社でできる限界だと言われておりまして、実際にこれも試作品として出されたものでありまして、市販品として責任を持って出せるというレベルにはまだありません。したがって、……。

【下河邊分科会長】 それはいつの時点の。

【早乙女SPL】 今年の6月に納入した……。

【服部分科会長代理】 6月。ただ、そこら辺の会社も、ある一社選んで、ぺっと乗るんじゃないくて、私はある程度できるところはできています。市販は市販でいいんですよ。

【早乙女SPL】 ただ、電子ビームリソグラフィに対して、この研究では、集束イオンビームで、白金のマスクをつくっている。電子ビームリソグラフィというのは、半導体技術でかなりつくり込まれている技術ですので、確かに分解能が出ると思うんです。ただ、金型まで持つていくときに何が問題かといいますと、レジストの問題があると思います。分解能を上げるとすれば、例えばレジストの分子量をできるだけ少なくしないと分解能が出ない。しかし、分子量を小さくすると次のドライエッチング工程のときに、十分のアスペクト比、選択比が得られないという問題があります。それに対して、この場合には白金のマスクを使うことによって選択比を非常に大きくとれて、それであるようなアスペクト比の比較的高い構造が得られるというのは、このプロジェクトの成果であって、これは世界で多分初めて示すことができたと思っております。

したがって、全体の方法として、FIBと白金のモデルで金型をつくると。材料に関しては、例えばSiとSiO₂も実際にやったんですが、この場合には、CHF₃のガスでドライエッチングしているんですが、これでは、当初の計画では、SiO₂とSi、一般的にマクロなモデルでやりますと、SiとSiO₂のところまでストップしてくれるんですが、このぐらいの小さいサイズになりますと、もうほとんどイオン効果だけになっていまして、シリコンのほうにどんどん食ってってしまうんです。最終的に、ドットの高さを幾つにするかというのは硬磁性膜の磁性に依存しますので、将来的に、例えば今、33ナノ、あるいは25ナノ、18ナノといった場合に、ポリウムの問題で、磁気反転ができるかどうかという体積に関係してきます。したがって、高さを幾つにするかというのは、そういう磁気的な特性と合わせて考えなくてはいけないということになります。したがって、高さについては、それと歩調を合わせてやる。そのときに、じゃ、深さ、あるいは高さを幾つにするかということをつまづいてコントロールするためには、エッチングの時間でコントロールするか、それとも最初に金型の高さをベタ膜として調整するかということ考えたんです。したがって、SiとSiO₂の場合にはエッチングでなかなか安定できない。その次に、ここではサファイヤの上にDLCをCVDでつけているんですが、CVDですとかなり厚みをコントロールすることができます。つまり、CVDでつけるDLCの厚さによって、上がる深さ、あるいは高さを十分コントロールできます。これはCHF₃じゃなくて、酸素のドライエッチングでやっていますので、アルミナのサファイヤのところまでストップしてくれるわけです。そこに形状制御性が出てきまして、ですから、磁気的特性に合わせたDLCのCVDの厚さを決めてやってやれば、所定の高さ、あるいは穴の深さがコントロールできるという構造で、SiO₂とDLCをはっきり技術的には区別していると考えています。

【下河邊分科会長】 服部先生、とりあえずいいですか。

【服部分科会長代理】 1時間ぐらいかかっちゃいます。もうそこで。

【下河邊分科会長】 では、ほかには。

【石尾委員】 今の金型の話がありましたので、そこをもう少しお聞きしたい。ビットパターンで使う場合には、単に穴があいていればいいということではなくて、そのパターンの形状がすごく重要だと思います。今、見ますと、例えば左下の図の、4個並んでいます。これはSEM像ですけども、いびつな形に見えます。BPMで使う場合には、形にしろ、ポジションにしろ、誤差が10%以内でなければならないと考えられており、ナノメートルレベルでの均一性が求められると思われま。

そういう意味で、今、パターンができたということは、そのとおりだと思いますが、金型とし

ての評価としてパターンの統計的な処理が非常に必要だと思います。ですから、将来性やこの方法の他の材料と比較した特徴をはっきりさせるためには、パターンの形状の評価をどういうふうにしておられるのかなというのをお聞きしたいと思います。

【早乙女SPL】 全くおっしゃるとおりだと思います。もう1つの問題は、25ナノで一応分解能が出たんですが、次のステップで、例えば18ナノをこの次にどうするかということも含めて考えていかないといけないと思うんです。この方法ですと25ナノがほぼ限界に近いだろうと考えております。じゃ、その次のステップとしては、一応ステップ・アンド・リピートのような方法を考えていまして、例えばむしろこれよりも、25ナノでなくて、例えば33ナノぐらいのもので円筒形の細いものをエッチングした場合には、この場合よりもっときれいな形でエッチングできる可能性があります。つまり25ナノのギャップの狭さが、例えば12ナノのギャップのところをエッチングするのと、それとも、33ナノでエッチングしますと、例えば25ナノぐらいの幅をエッチングすることができる。そのほうがかなり安定してエッチングすることができるんです。そうなった場合には、2つ問題があって、1つは、マスクの形状がどうかということと、それから、マスクに対して等方的にエッチングできるかという2つの問題があると思います。後者の問題については、多分ステップ・アンド・リピートの段階でのエッチングによってかなり特性は改善されるだろうと思っています。もう1つのマスクパターンについては、1つは、FIBのビームのスキャンニング方法とか、あるいはブランキングのタイミングの問題なんかかなり実際にきいてきますので、その辺を少しコントロールすることによって、太さの形状の整った、できれば丸い整った形状をつくりたいと考えております。

【石尾委員】 作製されたパターンの特徴を明らかにするという意味で、形状の評価が非常に重要だと思いますので、ぜひそれは進めていただきたいと思います。

【早乙女SPL】 はい。

【下河邊分科会長】 よろしいですか。木村先生、何かございますか。

【木村委員】 今回、金属ガラスとしては非磁性金属ガラスを選定されて、構造体としては第2案なのですか。

【西山研究開発G長】 そのほうがメインでお話を。

【木村委員】 第1案の軟磁性金属ガラスを使う可能性はどうなのでしょう。

【西山研究開発G長】 先ほど早乙女先生、ご説明あったように、そのパターンをつくって、それプラス軟磁性という意味では、1案のほうが金属ガラスの特性は生かせると考えています。ただ、ちょっと今日、データでご説明申し上げましたとおり、鉄基の金属ガラスに熱インプリントをするというのが技術的にはかなりパラジウム系の金属ガラスをやるのに比べると難易度が高い。途中で結晶化をしてとまってしまうとか、同じ粘性を出すための温度も高い。150度から200度高くなってしまいうところから、難易度が高いので、今のところは2案で成立性は確認すると。また、さらに、例えば条件をコントロールしてもっと厳密に最適化ができるのであれば、1案の鉄系というのもトライしてみるべき案であると我々は考えています。

【木村委員】 鉄基金属ガラスが金型との反応で結晶化するというのはどういうことなのでしょう。

【西山研究開発G長】 鉄基の金属ガラスに半金属、ボロンなんかが入っています。加熱をして押しつけますので、金型側からの拡散、金属ガラスからの逆の拡散で化学的に反応して、多少くっついてしまうところがあって、拡散したら、組成が変わりますと安定性が変わりますので、そこで表面が結晶化してしまうのだろう。

【木村委員】 ボロンとカーボンが相互に拡散するということですか。

【西山研究開発G長】 考えられるのはボロン。金属ガラス側のボロンと、例えばあの場合ですと、シリコンの上に熱酸化したシリカ膜をつけています。そのシリカ膜の酸素が相互拡散するんだろうなと予想はしています。

【木村委員】 ありがとうございます。

【下河邊分科会長】 よろしいでしょうか。高田さん、何かありますか。よろしいですか。では、先生。まだ時間は十分。

【本多委員】 いろいろお聞きしたいんですが、最初に材料のところですか。今回、コバルト・パラジウムが使われたんですが、それで、磁気特性というか、一番、全体として、今回、中間評価ということですので、中間の段階というのは、基本的には最終目標を達成するために、ある中間時点ステップとして、そこでいろいろなことを再検討されて、次に進むためだと私自身は考えているんですが、そういう観点で見たときに、材料でまずコバルト・パラジウムを選択されたということは、将来、最終的な目標にこれで達する可能性はあるんでしょうか。あるいは新しい材料をまた新たに検討しなければいけないということでしょうか。

【西山研究開発G長】 例えば最終目標である2 Tbit/in²になったときに、コバルト・パラジウムでほんとうに成立するかということにかかってくると思うんですけど、そこはまだ我々、未確認のところですし、場合によっては、それこそ合金膜であるとか、ただ、今考えていますのは、例えば異方性磁界なり、飽和磁化で、よく使われている鉄・白金・L1₀なんかは熱処理が必要だと、それは考えていないんですけども、コバルト・パラジウムの多層膜以外のものも、場合によっては必要になってくるだろうなどは考えています。このままずっとコバルト・パラジウムでいくというのでも、そう決めているわけではございません。

【本多委員】 最終目標のところ、例えばH_kで15キロエルステッドで、M_sが500 emu/cc ぐらいということで考えられているみたいなんですが、それで2テラのところ、スペックを見ますとボリュームを考えると、アスペクト比が大体1対1にして、やっとなんか熱安定性条件になるという計算を多分されたと思うんですけども、そうしますと、今回のですと、中間ということで、10キロエルステッド以下ということでやられたんですが、この先、もっと上げなければいけない。それで、このコバルト・パラジウム系の場合はH_kを上げようとすれば上がるんですが、そのかわり、必ずM_sが落ちますので、そうすると、掛け算で出てくるエネルギーとしては変わらないと思うんです。ですから、今回出された結果だけですと、もうこの先に行けないということになってしまうと思うんです。その辺は、ですから、もうコバルト・パラジウムをあくまでもやられるか、それとも新しい材料をぜひとも入れなければいけないかということは考えなければいけないんじゃないかと思えます。

それから、アスペクト比に関しても、そういうボリュームでいけば、今の500 emu/cc というものを使う限りは、1対1、少なくとも10ナノメートルの高さがないとボリュームが確保できないものになっておりますので。

あと、ソフト膜に関しましては、軟磁性膜に関しては、今回ののは別に金属ガラスじゃないということなんですが、それをまた新たにいろいろ検討されたというのはどういう理由なんでしょうか。今現在、いろいろなところでといいますか、市販でも、金属ガラスでなければいっぱい出ているわけですね。

【西山研究開発G長】 はい。

【本多委員】 それをやめてといいますか、それをやらずに、新しい材料を開発された意味というのは。

【西山研究開発G長】 この中で新しい材料、軟磁性の裏打ち層の話ですね。

【本多委員】 ええ。裏打ち層ですね。

【西山研究開発G長】 開発されたものではなくて、従来、東北大金研の井上先生のところで開発された合金をそのまま使わせていただいています。市販の材料、裏打ち層としてはいろいろあると思うんですけども、そこはまだ、今のところは、実際のところで言いますと試していません。今は、我々が持っている範囲の中で最適と思われるものを選んで使っているという状況ですので、これも成立するのであれば、まず、この状態で中間目標の記録密度で媒体として成立するのであれば、それをさらに特性を上げる段階で市販のものを導入して、従来あるものを導入していくというのも考えてはいます。

【井上P L】 従来のもものでは、加工は一切できないでしょう。

【西山研究開発G長】 インプリントとしてやるのであれば……。

【井上P L】 軟磁性の鉄のものに関しては……。

【本多委員】 熱という意味で、加熱……。

- 【井上PL】 加工ができないでしょう。アモルファスタイプであれば、粘性流動をほとんど示さないからです。
- 【本多委員】 先ほどでいうと、第2案のほうであれば。
- 【井上PL】 第2案は。今、第1案の軟磁性のものではないんですね。
- 【本多委員】 いえ。第2案のほうです。
- 【井上PL】 そうですか。ごめんなさい。
- 【本多委員】 軟磁性材料の場合ですと、今回、垂直の磁性があつたり何かして、ノイズの原因になりそうだということをちょっと言われたんですが、それより前に、面内異方性で、なおかつ、周方向、ラジアル方向の異方性ですね。
- 【西山研究開発G長】 はい。
- 【本多委員】 それがないと、今のものは成立しないですので、むしろそちらのほうを検討されたほうがいいんじゃないかと思うんです。
- それから、先ほどの第1案のほうで言われたときの軟磁性の金属ガラスの中にハード層を埋め込むという形なんです、そのときですと、ハード層とソフト層との交換結合はどのように切ることをお考えでしょうか。
- 【西山研究開発G長】 何かインシュレーターというか、絶縁層を1枚。
- 【本多委員】 必ず何かないと、そこがくっついてしまうと……。
- 【西山研究開発G長】 くっついてしまう可能性が、直接……。
- 【本多委員】 全然記録媒体として成り立たなくなってしまうので。
- 【西山研究開発G長】 磁氣的に絶縁するものは薄く1枚必要であると思います。
- 【本多委員】 あと、今ここにも出ていますが、1 Tbit/in²ぐらいのところ、まあまあのパターンが一応できるということなんですけれども、今現在ですと、1テラドットぐらいの密度のところでは、いろいろな分散の評価、それから、それをつくった磁性ドットの単なる磁化反転ではなくて、磁化反転の分散を検討される段階になっているんです。それがないと、次の2テラのところではそれがほんとうに抑えられるのかどうか。そういう検討が必要になると思いますので、ぜひとも、今回のこの結果をもとにして、2テラがこういう意味で実現できるんだと、そういう見通しをぜひとも持っていたいただきたいと思いますと思うんです。
- あと、つくる時間といいますか、金属ガラスでナノインプリントする時間で、時間そのものは10秒ということを言われたんですが、実際には温度をかなりかけて、また下げてということをしなければいけないですね。その時間はどれくらいかかってしまうのでしょうか。
- 【西山研究開発G長】 昇温は1分間に100度ぐらいですか、昇温速度で。
- 【本多委員】 上がり下がり2分間ぐらい必要ということになる？
- 【西山研究開発G長】 2分ぐらい必要になります。下がりにはそんなに必要ないです。というのは、室温からT_g以上まで上げる。それが1分間、100度ぐらいなんですけれども、下げるのは、T_g以下まで下げてやれば、室温まで下げる必要はないので、あとは自然に冷却すればいい。でも、二、三百度。
- 【本多委員】 ええ。300℃ぐらいですが、上がりに二、三分ですね。それから下げるのに1分ということで、計4分ぐらいかかってしまうことになりまして、その辺は将来、大丈夫かなという気がちょっとしたんですが、そこは。
- 【早乙女SPL】 それは、要するにT_g以下ではほとんど変形しない。T_g以上に加熱してインプリントして、T_gまで下げる。つまり、温度振幅としては二、三十度だけなんです。
- 【本多委員】 二、三十度でいいわけですか。
- 【早乙女SPL】 二、三十度の上下だけなんです、要するに生産するときには。要するに例えば真空チャンバーに入れて加工して、真空チャンバーで戻すようなシステムするときには、大抵真空チャンバーにたくさんためておいて、どんどん回しますね。それと同じような考え。
- 【本多委員】 予加熱をしておけば……。
- 【早乙女SPL】 そうです。
- 【本多委員】 その場合だと先ほどお話した、そうすると、行き帰りで30秒ぐらい。

【早乙女SPL】　　そうです。

【本多委員】　　おのおの30秒、1分ぐらい必要だと。

【早乙女SPL】　　はい。そのぐらいでできます。

それから、もう1つの問題は、従来の半導体プロセスですと、かなりプロセス装置のコストが非常に高いということを考えますと、ナノインプリント装置というのは10分の1ぐらいの非常にローコストな機械でできますので、同じ設備を使うとすれば、例えば極端な話、10台並べることも十分にコスト的には可能だろうと思いますので、そういうトータルので。

【本多委員】　　それだけ稼げるというという形になるんですね。

【早乙女SPL】　　ナノインプリントの装置は、半導体装置に比べると非常に安い装置ですので、それを数台並べてということもコスト的には十分可能な方法ではないかと思っております。

【本多委員】　　あと、磁化反転のところは、今回の場合、どこまで評価をされたんでしょうか。

【西山研究開発G長】　　どこまでというところ。

【本多委員】　　実際には、MFMでの観察とか何かをちょっとさせていたみたいなんです。

【西山研究開発G長】　　マイナス6キロまでは、この先ですね。プラス6キロをかけて、ゼロをマイナス1で、1キロエルステッドごとにマイナス6キロまではかけております。

【本多委員】　　こういう反転がするというところだけで、どれぐらいの範囲で反転があったとか、そういうことはまだ。

【西山研究開発G長】　　ばらつきまではまだ。これは中央大学の二本先生に測定していただいたんですけども、その結果の報告をお聞きする限りですと、市販の媒体よりは、分散といいますか、ばらつきがちょっと大きいねという話は聞いております。それはももとのインプリントされたものの形状から来ているのか、それとも、磁気記録層自体のばらつきで来ているかというのは、まだちょっとそこまでははっきりできておりません。

【本多委員】　　あと、そこで見ると、マイナス1キロエルステッド以下でも既に反転が始まっているみたいなんです、それは反転したんですね。その黒いところが反転ということ。

【西山研究開発G長】　　そうです。そういうふうに理解しております。

【本多委員】　　それから、マイナス1キロエルステッドでも反転ということになりますので、かなりHcが小さいということになるんですか。

【西山研究開発G長】　　はい。反転し始めるところはHcが小さいところもあると。

【本多委員】　　先ほどの積層膜、コバルト・パラジウム膜で、ドット径が大きいときには多分いいと思うんですが、小さくなってくると側壁の影響、それも含めてきて、アスペクト比が1対1で、なおかつ、最終目標の9ナノメートルぐらいといいますか、それぐらいの大きさになってしまいますとその影響がもっと出てしまうんじゃないかなと思うんです。その辺も含めて今後よく検討されたほうがいいんじゃないかと思えます。以上です。

【西山研究開発G長】　　はい。ありがとうございます。

【下河邊分科会長】　　よろしいですか。

【本多委員】　　はい。

【下河邊分科会長】　　ありがとうございます。

それでは、私から1つだけ聞きたいのですが、一応、中間目標は達成されたということですが、ドット径9ナノの最終目標、これから達成していくにおいて、予想される一番大きな問題はどんなものですか。

【西山研究開発G長】　　おそらくこれは多分、早乙女先生がさっきおっしゃられた金型で9ナノというピッチをどうステップ・アンド・リピートで作り込んでいくかと。それもアスペクト比…

【下河邊分科会長】　　ただ、そういう話になってくると、今までの研究開発の延長線上では最終目標は達成できないかもしれないというような印象を、私はさっき早乙女先生の発言を伺ってそういうふうにも思ったのだけれども、また、がらっと変えないといけないという可能性もあるということですか。

【早乙女SPL】　　いいえ。

【下河邊分科会長】 それはない？

【早乙女SPL】 全く同じです。要するに基本は、金属ガラスの粘性流動を利用してナノインプリントを行うという基本と、それから、要するにナノインプリントをするためには、金型が必要である。ですから、金型をいかに微細化するかという問題があります。この金型についても、このレベルぐらいになりますと、我々のグループで開発するしか方法がないということで、その1つの方法として、今、あそこにできている金型を半ピッチずつずらして、いわゆるナノインプリントとナノインプリントリソグラフィという方法があります。ナノインプリントリソグラフィの技術を使って金型をつくりましょうということですので、基本的には金属ガラスと……。

【下河邊分科会長】 延長線上で行けるという理解でよろしいですか。

【早乙女SPL】 基本的な考え方は全く同じ方法で考えております。

【下河邊分科会長】 ありがとうございます。

それでは、大体予定の時間が参りましたので。では、お一つだけということ。

【石尾委員】 目標達成という観点から言えば、形をつくるのも大切ですが、材料の選択も重要だと思います。先ほど本多委員からご指摘がありましたけど、コバルト・パラジウムではどうかという気がします。一方、お話の中に出た規則格子は、温度が上がるからまずいという話もありました。提案のプロセスで、配向性、規則化をクリアするのはかなり大変なことです。一方で、人工格子系は非常に便利だけでも、該当する材料が実用には難しいような気がします。材料の観点からも、早期に2テラを想定した材料の選択が必要でないかと思えます。

【西山研究開発G長】 ありがとうございます。

【下河邊分科会長】 はい。ありがとうございます。

それでは、時間になりましたので、午後の第1のセッションはこれで終了させていただきます。

(2) 複合化金属ガラスによる高強度・超々精密部材技術

実施者から上記のテーマの成果について資料 6-1-2 で説明が行われた後、質疑応答がなされた。

【下河邊分科会長】 どうもありがとうございました。

それでは、超々精密部材技術についての質疑に入らせていただきたいと思います。質疑の時間は一応30分程度とってございます。何かありましたら、どうぞ。

では、服部先生、どうぞ。

【服部分科会長代理】 37ページの精密プレス成形の金型の歯形の形状というのがあるんですけど、そこで精度的に、プレス結果を金型形状にフィードバックし、随時改善を図るということなんですけど、最終的に1ミクロンに対して改善というのはどういう意味のことを言っているのでしょうか。

【清水マネージャー】 ここでは、この歯形そのものをワイヤー放電加工で加工してしまして、ワイヤー放電加工の加工条件で何とか±1ミクロンまでは追い込めるのではないかと考えています。

【服部分科会長代理】 そちら辺は、1ミクロンぐらいは行けそうだということでしょうか。

【清水マネージャー】 そうです。金型については行けると考えています。

【服部分科会長代理】 次の38ページなんですけれど、真鍮でバリとか何かも非常に形状が加工サンプルの外観はあまりよくないですね。

【清水マネージャー】 はい。

【服部分科会長代理】 それは真鍮だから、悪いという結果を出しているんですか。ちょっとどういう意味があるのかなと思って。真鍮だから悪いと言っているのか、サーベイ試験でやったというのか。

【清水マネージャー】 まず、加工性のいい真鍮からということでスタートしたんですけども、実は金属ガラスでの試験をその後やりまして、ちょっと資料が間に合わなかったんですけども、補足資料を用意してございます。これは早乙女先生のほうで実験をされましたジルコニウムの金属ガラスを使って実際に試験を行っております。先ほどの真鍮よりも歯形としては非常にきれい

なものになっております。

【服部分科会長代理】 そういう意味ですね。その写真でもそうなんですけど、次のページなんかだと、ちょっとバリみたいなのが見えていたんだけど、40ページの写真なんか見ますと。こういうようなものは何か。

【清水マネージャー】 これですか。

【服部分科会長代理】 その上のほうなんかも、ちょっとブッシュの横にバリみたいなのが出ていますでしょう。出ていませんか。

【清水マネージャー】 これはカーボンテープがくっついた跡になっていまして、ここの部分はバリではなくて。

【服部分科会長代理】 上のところ。

【清水マネージャー】 そうですね、多少……。

【服部分科会長代理】 そういうようなものも何か、最終的というか、研磨か何かラップか何かで一遍、するっと削るとか、何かを考えられている。それぐらいでいいというものなのでしょうか。

【清水マネージャー】 重要になってくる、このブッシュというのは外側の部品でして。

【服部分科会長代理】 外側だから、要らないのか。

【清水マネージャー】 はい。あまり必要ないんです。あと軸受とか、キャリアとか、歯車については、もちろんバリがあっては……。

【服部分科会長代理】 最終的にはある程度力づくということなのか、あまり今までの延長上で、最適化ということで最終目標を達成しようと、そういうことでしょうか。新しい技術が必要とか、何かということは考えられていないんですね。

【清水マネージャー】 そうです。バリ取りの手法とかは。

【服部分科会長代理】 バリ取りとか、精度も含めてね。

【清水マネージャー】 ええ。そういうのは取り入れていかなきゃいけないかもしれないですけども、そういったレベルで達成できるだろうと考えています。

【服部分科会長代理】 はい。わかりました。ありがとうございました。

【下河邊分科会長】 ありがとうございます。そのほか何かございますか。どうぞ。

【石尾委員】 あまりよくわからない分野なので、お聞きしますが、このプロジェクトは、この前のプロジェクトの延長かなと思いますが、そういう理解でよろしいですか。

【西山研究開発G長】 製品としては延長という、より細かいもの、小さなものという位置づけになるんですけども、前のプロジェクトでのギヤの作製の仕方では、熱収縮のやり方も、寸法精度もこの寸法では満たせない。全く違うギヤのつくり方をしないといけないという点では、1段、別のステージに、ステップが上がっているとご理解いただければと思います。

【石尾委員】 材料的には複合化金属ガラスが出ているわけですけども、これは今まではなかった観点から研究を進めておられると考えていいですか。

【西山研究開発G長】 はい。溶かして固めるというのでは単相金属ガラスでいいんですけども、その手法はもう使えない。小さくなると寸法精度を満たせないので、じゃ、プレスでつくろう。プレスでつくるのに単相金属ガラスだと無理があるので、プレスが可能なもので金属ガラス並みの強度が、耐摩耗性が出せるものという観点で複合化金属ガラスをやろうと。

【石尾委員】 複合化というときに材料は自動的に決まっているのでしょうか、組織の制御の最適化などの基礎研究はすでにやっておられた上でこの材料になったということですか。この発表では、まったく新たな材料が得られて、それに研究を集中すると聞こえるんですが。

【西山研究開発G長】 どこかのご質問でありました熱処理を使ってナノ結晶を出すという方法もございますし、それこそ組成をうまく、ある金属ガラスになりやすい成分の中にちょっと違うものを入れてやると、それが核生成サイトになって、急冷したときに、もうナノ結晶を分散した状態でつくれる。そうなりますと、例えば鑄造材をつくるのに、表面と中で冷却速度が違って、組織が違うというのは当たり前のようにあるんですけども、そういうある程度核生成サイトを入れてやることで均質なナノ結晶組織が得られるという基礎知見はもう既に得られていまして、あとは、どれぐらいのボリュームで、どれぐらいの粒径のナノ結晶を分散させてやると、例えば強

度が上がるか。あとは見かけの塑性伸びがどれくらい出せるかというのは基礎知見で得られた上での合金選定とご理解。

【石尾委員】 そうしますと、そういう材料的な特性は既にコントロールする手法がわかっている、最終目標を達成するための必要なものとして、この材料で行けるとお考えになって、それで加工方法の研究をされたと理解して良いですか。

【西山研究開発G長】 そのあたりの基礎的な合金に関する知見はもう東北大の金研のほうで井上先生も体系化を大分されていますので、それを活用して、どれだけギヤとして寸法精度を出せて、表面粗さを確保できるかという加工のほうに注力をしていると。進めています。

【石尾委員】 わかりました。

【下河邊分科会長】 そのほか何かございますか。

【木村委員】 午前中の質問とも少し関連するのですが、ガラスの特徴は熱履歴によって構造が変わる、あるいは変えられるところだと思います。それを積極的に利用して、ガラス転移点を変える熱処理により、加工前は少しやわらかくしておいて、加工後、硬くする。そういうことはできるのでしょうか。考えられているのでしょうか。

【西山研究開発G長】 先ほどの最新の補足資料のデータがまさにそれでございまして、これは少し温度を上げて加工をしています。室温まで戻すと、また金属ガラスの高強度、高靱性はもとに戻るといふのを利用してはいます。

【木村委員】 温度を上げて変えるのではなくて、熱履歴によってガラスの構造が変わると思います。

【西山研究開発G長】 はい。

【木村委員】 それを利用することはできるのでしょうか。

【西山研究開発G長】 一般的にですけれども、熱履歴を、準安定物質ですので、熱履歴を与えると、どちらかというといふ靱性を失っていくほうに変わりますので、できればこのような加熱をして、やわらかくして加工する。それを冷却するとき、 T_g を通過するときのスピードを急冷してやれば、脆性化というのには防げますので、そういう意味ではコントロールをしていると思います。ただ、熱履歴を与えてガラスの構造が変わるのを積極的に利用するというものでは、逆に脆化してしまいますので、そういうものではないと。

【木村委員】 もう1つ。そこで選ばれたジルコニウム系のガラスは、析出しているのがナノ結晶ではなくて、ナノ準結晶でしょうか。

【西山研究開発G長】 いえ。これはナノ結晶まで、まだ大きさは行っていませんけれども、2ナノ程度ですので、このフィールドでやられると中距離秩序領域、MRO領域で結晶よりもまたさらにもう少し小さい。でも、核生成サイトとなるクラスターというレベルよりはまだ大きいという、ちょうど短範囲規則と中範囲規則の間にあるような大きさのもの。

【木村委員】 準結晶とも言えないのですか。

【西山研究開発G長】 準結晶ではないです。

【木村委員】 ではないんですか。

【西山研究開発G長】 準結晶の対称性は今のところ、確認はとれていません。

【木村委員】 ありがとうございます。

【下河邊分科会長】 ちょっと今の木村先生のご質問に関連するのですが、その上で、 T_g 以上にしておいて加工するとおっしゃっていましたね。やわらかくしておいて、温度は上げていきますけれども、 T_g 以上までは行ってはいないのですか。

【西山研究開発G長】 そこまでは行ってはいないです。

【下河邊分科会長】 そうですか。単相で T_g 以上まで上げておいて、それでやわらかくしておいて加工、金型に押し込んでしまうという考え方はダメなのですか。

【西山研究開発G長】 加工、例えば流動力ですとかという観点では、 T_g 以上で加工するというのは非常に低応力で加工できますのでいいんですけれども、それを冷やす、離型をします。先ほどのパターンメディアみたいな二次元ではがすものであれば、比較的容易にはがせると思うんですけれども、このような例えば2.5次元で拘束されたものだと、多分離型がかなり苦しくな

るかなというのと、片側を開放して押し出してやるという考え方もあるんですけども、閉塞じゃなくて、開放です。今度は粘性が下がり過ぎてしまいますと、ちょっとした摩擦の差で、出てきたものがぐにゃっと曲がってしまうところも過去の経験というか、実験ではありますので、そこをどうコンプラマイズするか。温度、弾性的なものとか粘性的なものをどううまく両立させて形をつくり込むかということを実際には調整をかけています。

【下河邊分科会長】 わかりました。

そのほか何かございますか。高田さん、どうぞ。

【高田委員】 すいません。素朴な質問なんですけど、最終目標達成に向けての今後の課題の中に、低コスト化でパラジウム系の脱パラジウムという表現が使われていましたが、これはパラジウムの使用量を減らすという意味なのか、パラジウムを使わないでやるということなんでしょうか。

【西山研究開発G長】 できれば同じ組織で同じようなナノ結晶の分散状態であれば、パラジウムは使いたくないです。少量であっても、貴金属が入るといのは、合金としては、材料コストが上がりますので、可能であれば、パラジウムに代替できるような、例えば銀ですとか、そういうものを使いたい。

【高田委員】 そうすると、中間段階までにパラジウムを使わないものでテストとかをされなかったんでしょうか。

【西山研究開発G長】 まず、強度と伸びという目標がありますので、合金創製のところでは、その目標を達成するために一番近いものというので、まずパラジウムの入ったものを着手しております。先ほども低コスト化、もちろん売値の決まっている製品ですので、材料コストは下げるとい意味ではパラジウムは今後の合金創製というか、合金探索でできるだけ低コストのものにしたい。

【高田委員】 素朴な質問なんですけど、パラジウムを使わなくても、また、同じようなものが大体できると考えられていらっしゃるんですか。

【西山研究開発G長】 先ほども表で示しましたように、かなり複合化金属ガラスの合金創製というの、相当数、これも日本でかなり開発されていますので、それをうまくモディファイしてやれば、パラジウムを使わずに、同じような組織で同じような強度、伸びというのは出せると思っています。

【高田委員】 わかりました。ありがとうございます。

【下河邊分科会長】 では、本多先生。

【本多委員】 ちょうどこの表が出ているんですが、目標で、合金の創製と歯車の試作となっているんですが、そのときの合金の、ここで言いますと圧縮強さ、それから、圧縮塑性伸び、この目標値と、下の歯車の直径が0.3ミリ以下と、これはどういうことで、どのように結びついているんでしょうか。

【西山研究開発G長】 結びついているというか、両立しなければならぬ。というのは、合金創製の目標で、1,650メガパスカルの10%というのは、どういう表面粗さで、どういうものでというのを問わなければ、開発されたものの中にございます。ただ、この伸びと強度を持ちながら、歯車として実用に持っていける寸法、精度を出せる、表面粗さを出せるものという、両立しなきゃいかん目標ととらえています。

【本多委員】 そういうことですか。そうすると、上のものは、歯車としての例えば耐久性のようなもので必要な数値ということで、下のは、とにかくそういう精度のものが欲しいと。

【西山研究開発G長】 製品上で必要な精度という意味。

【本多委員】 上の性質が耐摩耗性とか何かに関係するんでしょうが、加工とか何かのところでは影響はしないんですか。

【西山研究開発G長】 特にここで言いますと、圧縮塑性伸び10%というのがプレス加工での必要な特性値、目標値ととらえています。

【本多委員】 そうなりますと、単純に上と下が別々ではなくて、下の精度を追求するためにも上の値が必要だという形になるわけですか。

【西山研究開発G長】 そういう意味では、加工ができて、その精度が出せるという意味では、リ

ンクはしているとは思いますが。

【本多委員】 そうなれば、どこまでのものを必要かということで、そのあたりは決まってくるわけですね。それで、一番最初のところといいますが、この目標のところ、歯車が0.3ミリ以下ということなんですが、モータの直径として1.5ミリが0.9ミリということが想定されているんですけども、目標とされているんですけども、1.5ミリから0.9ミリに下げるといいますが、小さくするというので、今までにない用途というのが非常に出てくるわけなんですか。

【西山研究開発G長】 これも詳細は非公開の部分で説明を申し上げますけれども、例えば体内に入るもの、医療器具の駆動源、アクチュエータとしてこのモータを使う場合、1.5ミリのものが0.9ミリになれば、入っていくサイズ、入っていく部位が全く変わってきて、新しい用途が開けると調査の結果では判断します。

【本多委員】 そうすると、また、0.9ミリ以下ということも新しい目標にあり得る形になるわけですか。

【西山研究開発G長】 もちろんこのプロジェクトが終わった後に、多分それこそユーザーさんは、おそらく小さくて強力なものとどんどん要求が来るといいますので、そういう用途が出てくる、要求が出てくるとは思いますが、そうなったときに、じゃ、電磁モータを金属ガラスのギヤヘッドで減速をしてという方法が必ずしも最適かという、そのサイズになると、今度はもう1回、検討し直さないといけないかなど。そのサイズでどれだけのトルクが必要で、どれだけのストロークみたいなものが必要かで変わってくると思います。

【本多委員】 そういう意味では、今回設定された目標値というのは、モータとして見たときに、ある意味では1つ、飛躍するようなものであって、なおかつ、モータがまだ生きるという領域をうまく設定されたということでしょうか。

【西山研究開発G長】 そうですね。ユーザーサイドでは、この方式でもう少し小さく出してくれば使いますというところですので。

【本多委員】 どうもありがとうございました。

【下河邊分科会長】 安宅さん、何かありますか。

【安宅委員】 特にございません。

【下河邊分科会長】 よろしいですか。

では、1つだけ、私お伺いしたいのだけれども、最初のところで、前のだと鉄鋼材で8時間しかもたなかったのだけれども、金属ガラスでやると300倍もったというお話がありましたけれども、何で鉄鋼材だとそんなにもたないのというのがちょっと私は疑問に思うというか、わからないのです。潤滑とか、あるいは例えば今でも、太陽歯車とか内歯車は金属ガラスじゃないのですね。

【西山研究開発G長】 従来のは、最終的には太陽歯車も遊星も、内歯車は違いましたが、できるだけ金属ガラス部品を使って……。

【下河邊分科会長】 いや。だから、金属ガラスだと何でそんなに長持ちして、鉄だと何でそんなにもたないのということをちょっと説明していただきたいなと思って。

【西山研究開発G長】 まず、ちょっと冒頭、ここでご説明しました、通常の結晶質材料ですと、鉄鋼材料も含めまして加工硬化性材料でして、摩耗させますと表面が硬化して、ひずみが蓄えられて、最終的に欠落をして、その加工硬化した粉末がアブレーション摩耗です。ひっかいてしまう。

【下河邊分科会長】 でも、今ほとんどの歯車は鉄鋼材ですね、自動車の歯車であっても。

【西山研究開発G長】 はい。

【下河邊分科会長】 それは8時間どころではなくて、下手すれば何万時間と回るわけです。これは小さいから、そういうふうになってしまうのか。だから、金属ガラスがいいのだよという説明から入らないと、なかなかという気がするのですけど。

【西山研究開発G長】 そこはちょっとご説明不足でありました。よく歯面にかかる応力は、ヘルツ応力というので計算できるんですけども、小さくして、なおかつ、高トルクを出すというので、歯面にかかる応力は、鉄鋼材料、通常、自動車なんかのギヤで使われているものと比べ

ますと全然高負荷な使用環境でギヤードモータは回っています。そういう環境になりますと、鉄鋼材料ですと摺動、加工硬化した粉末で削り取られてしまう。

ところが、金属ガラスの場合はどちらかと加工軟化材料でして、つくったときに凹凸があるものが回してやるとどんどん表面が平滑になって、言ったら、実効面積が増えるわけです。どちらかというとは応力を緩和する方向に働きますので、金属ガラスの摩耗の場合は、わりと凝着摩耗がメインでして、全く摩耗のメカニズムが違うのと同時に、相当な応力をかけても、どちらかというとは応力を緩和する方向へ面積を広げてというので耐摩耗性がいいと理解しております。

【早乙女委員】 ちょっと補足させていただいてよろしいでしょうか。

【下河邊分科会長】 ちょっと今のお答えで、私がちょっと心配になるのは、普通に使われる歯車より、はるかに応力は高いのですよという説明を聞いてしまうと、局所的にものすごく温度が上がって結晶化してしまうのではないかなという心配もちょっと出てくるというのが私の感想です。

【早乙女委員】 全く今、先生がおっしゃるとおりでして、まず、鉄鋼材料の寿命の限界というのは、中に掘り起こし摩耗のアブレッシブ摩耗の摩耗粉がたくさんたまりまして、それで詰まってストップしてしまうんです。あのぐらいの小さな歯車のサイズになりますと、材料がマクロの場合には均質と見えても、細くなることによって不均質になるんです。つまり、工具鋼を使っているんですが、工具鋼というのは硬い粒子を中に入れることによって強度を上げている。硬い粒子がぼろっと回転中に落ちてしまうんです。つまり、小さい歯形のために不均一になって、ぼろっととれる大きさが相対的に非常に大きいということで、落ちた粒子がさらに自分を硬い粒子ですから、削って行ってしまうということで、非常に寿命が短い。それに対しまして、金属ガラスの場合には、どちらかというとは凝着摩耗でして、今、先生が言われたように、接触面で非常に温度が上がるだろうという点は全くそのとおりでありまして、純粋なピンオン・ディスク試験をしますと、ドライ状態ですと非常にそれがきめんにあらわれます。ただ、表面に境界の潤滑面をつくってやりますと、そこで冷却されることもあって、非常に面はより平滑になり、また、寿命は1けた上がるという状況になっております。それが寿命の違いと、金属ガラスの摩耗、あるいは潤滑摩耗のメカニズムなんです。

【下河邊分科会長】 ありがとうございます。

そのほか何かご質問ございますか。よろしいでしょうか。

それでは、2番目の個別テーマのご説明を終了させていただきます。どうもありがとうございました。

(3) 複合化金属ガラスによる高強度・高導電性部材技術

実施者から上記のテーマの成果について資料6-1-3で説明が行われた後、質疑応答がなされた。

【下河邊分科会長】 どうもありがとうございました。

それでは、また約30分、質疑をお願いしたいと思います、いかがでしょうか。

【服部分科会長代理】 目標なんですけれど、一番最初の資料5/46に、ベリリウム関係、これはコルソン合金とかいろいろ書いてありますけれど、これは非常にアバウトで、1,200メガパスカル、導電率30~40%になると可能性が大きいと非常にあいまいなんです。要するに定性的な話はわかるんですけれど、こういうピッチがどうなるかということで、そのピッチをやるためにはどれだけの引張強度が必要だ、導電率はどうだということをきちんと出さないと、1,110よりか高ければいいぞ、25より高ければいいというやり方の目標はちょっと弱いというか、そういう感じがまず1つしております。要するにここでピッチがどんどん狭くなっていくよと。今ここでは100ミクロンとか、そのぐらいなだけで、25ミクロン、20ミクロンになるのかとかです。普通で今までつくっているものの技術が例えばベリリウムでやっていた場合には100ミクロンぐらいまでは行く。ただ、世の中は25ミ

クロンぐらいまで行くぞ、30ミクロン行くぞということになると、ブレイクスルー技術が要るよとか、そういうのがわからずに、今のちょっと上の目標でやっている。普通だったら、倍か3倍ぐらい目標でやってくださいと、それだったら。

研究が非常に素人研究に見えてしょうがないんです。材料の研究というのはそういうものかわからないんだけど、もう少しこの辺がコネクタということ言えば、そういうことをきちんと、目標に対してどういうブレイクスルーが必要だということを明確にしないと、ただ順番につくってきた話を、経過を言っているだけで、目標達成は確かにしているんですけど、コネクタメーカーが若干1,200になったら製造を変えるかということ、ほとんど変えないと思うんです。5倍ぐらいの可能性があれば、性能が上がればラインも全部変えようやということになると思うんですけど、ちょっとそこら辺のところ弱いとか、前半の研究と後半の研究が材料の名前も違っちゃってたり、前半の研究、③-1と③-2でどういう関係か、ちょっと聞いていてもよくわからなかったんですけども、そこら辺の目標が明確じゃないから、どうしてもこうなっちゃうんじゃないかなという印象でした。ちょっとそこら辺のところをお願いします。

【西山研究開発G長】 まず、例えばコネクタで今求められているのが、これはもちろんコネクタ部材メーカーさんとお話をしながら、それは非公開の部分で若干述べるつもりではおりますが、例えば高さが2分の1のコネクタにするためには、数字でいいますと最終目標1,500メガパスカルで、60%は必ずしも必要ないと聞いています。ただし、この目標値には入っていないんです。2分の1の高さで同じ接触する圧力、接圧を確保するためにヤング率はできるだけ上げてほしい。今の銅・ベリのそれこそ強度が上がったら……。

【服部分科会長代理】 もう少し実用的な研究じゃなくて、基礎的な材料というお話であれば、動向と云々で、現状はこれだけだと。これは丸秘だから、しゃべれんよという話じゃないと思うんです。今だったら、高さは幾つで、こういう形状になってロードマップを行っている。ロードマップだったら、ロードマップでもいいんですけど、皆さんがつくったので。それに対してどうかと言って、今の細かいことの話じゃなくて、60%が2分の1とか何か、そこら辺の絵が何もなしで、ぱっと説明されるものだから、わかりにくい。その大きさは、現状こういう大きさで、それをやるためには、材料はこうでなければいかんということを最初に言ってくれるとわかりやすいんですけど。そこら辺は実用化のところマル秘で言いますなんて言い方はちょっとないと思うんだけどね。

これだけでは目標値がわかりませんと言って、それをまた細かい話で、ユーザーが50%だ、2倍になるよというようなそんな細かい話じゃなくて、全体的にブレイクスルー技術としては、引張強度というのが、今までのものがベリリウムではだめで、どうしても1,500以上は必要であると、導電性が高くて。そういうことをきちんと最初に、定量的なデータから説明してほしいんです。細かいユーザーが何とかって、御社がやっているユーザーは、世界のユーザーはアメリカ、韓国、中国に対してどこがやったら勝てるんだと。中国はここまで来ているんだけど、おれたちはこの1けた上げるとか、そういう話だったらわかるんだけど、何か話が細かいんです。という印象なんですけど、違いますか。

【下河邊分科会長】 では、この話は後ほどの実用化の非公開のときにもう一度、少し時間がありますので、ご議論いただくということにさせていただきます。

【服部分科会長代理】 わかりました。

【下河邊分科会長】 そのほか。

【木村委員】 最終目標の1,500メガパスカル、60%ですが、これは複合則の簡単な理論式でも達成できる目標なのでしょうか。それともそれでは無理なのでしょうか。

【西山研究開発G長】 複合則の観点から言いますと、例えば鉄基の金属ガラスを使って、引張強さが4,000メガパスカルを超えるようなもので、60%、純銅を入れてやるというのであれば、1,500メガパスカルの60%は達成可能だと。

【木村委員】 でも、今は、鉄基は考えていらっしやらないのですね。

【西山研究開発G長】 というのは、鉄基でやりますと固化成形に非常に、インプリントと同じ話になるんですけども、難易度が上がるというところから、まず中間目標を達成するために銅基の金属ガラス、安定性の高いものと純銅をまぜてやっています。

【木村委員】 最終目標を達成するにも同じ金属ガラスを考えていらっしやいますか。

【西山研究開発G長】 銅基の金属ガラスでは、多分複合則から考えて無理ですので、例えば複合のところ出てきましたニッケル基の金属ガラスですとか、鉄基の金属ガラスが使えるような複合化の技術をリファインする必要があると思います。

【木村委員】 わかりました。

【下河邊分科会長】 そのほかはいかがでしょうか。本多先生。

【本多委員】 私もまた、ちょっと市場のことをお聞きしたいんですが、午前中の説明ですと、コネクタのところで市場20億円と言われたんですが、今、これを最後に見せていただいた資料ですと4兆円という市場になっていたんです。これは何がどう違うんでしょうか。

【下河邊分科会長】 世界で400億ドル。

【西山研究開発G長】 あれがあります。4兆3,000億の下に並んでいた。

【若菜統括】 20億ですか。

【西山研究開発G長】 はい。これが……。

【西田GM】 これは後の非公開で説明します。

【本多委員】 はい。わかりました。

【下河邊分科会長】 そのほか何か。

【安宅委員】 先ほどの服部先生の質問にも近いのですが、もう少し概略の話なのですが、5ページの資料がございますね。ここで本開発テーマの目的というのが書かれてございますが、これと研究開発項目の③-1と③-2というものが容易に結びつかないものですから、本来、研究開発項目の③-1と研究開発項目の③-2というのがおのおの研究開発テーマの目的という最初に掲げられた一括りの表現ではなかなか括り切れないのではないかと思います。本来はこの③-1と③-2がおのおの個別の研究テーマの目的があるのか、それともここに書かれたように、1つの研究開発のテーマの目的で、1つは、合金材料を創製して、その合金材料を用いて薄板化すると当初はとらえていたのですが、どうもそういうふうでないようなので、ほんとうはきっと③-1と③-2は研究開発の目的が違うのではないかと思います。そこをちょっとご説明いただけないでしょうか。

【西山研究開発G長】 ③-1と言いますと、合金創製と、あと薄板化のところがということですね。

【安宅委員】 ええ。

【西山研究開発G長】 当初は、プロジェクトをスタートいたしましたときは、金属ガラスと導電性材料を複合化してということでスタートをしております。目的はベリリウム・銅の代替になるようなコネクタ材料をつくと、1本でスタートをして、順番から言いますと、まずホ

ットプレスをやって、押し出しをやって、中間目標までは行けた。ただし、それを今度は最終目標に持っていくために具体的にどうすればいいかという話で、先ほど申しました鉄基の金属ガラスを使うとか、いろいろ方策はあるんですけども、それだけでは難易度は高いだろうというので、何かちょっと視点を変えて、複合化金属ガラスという枠の中で、金属ガラスを出発材として、粉末をまぜて固化成形するという考え方がもともとのメインなんですけれども、それ以外のプロセスで何かコネクタ材料ができないかというのが非平衡の結晶の位置づけ、後から出てきたものと。

【安宅委員】　　そういうふうにご説明をいただいたようには理解していなかったのですが、と申しますと、これは研究開発項目の③-1と③-2というのは、今回出てきた項目ということなんでしょうか。

【西山研究開発G長】　　③-2のほうがどちらかという後で。

【安宅委員】　　そうなのですか。そうすると、当初からあったわけではないと。

【西山研究開発G長】　　非平衡結晶というのが当初からなかったものです。当初は、まず金属ガラスの粉末と結晶の粉末をまぜて複合材をつかって、それを薄板化する。

【安宅委員】　　ですね。

【西山研究開発G長】　　はい。

【安宅委員】　　普通はそういうふうには素直に理解できるのですが、では、そういうふうには理解しました。では、その上で伺いますが、この銅・ベリリウム合金にかわる次世代超小型コネクタ用電気接点材料を開発するというのは、要するに代替材料として金属ガラスを用いてつくっていかうと考えられているということなのですか。

【西山研究開発G長】　　はい。

【安宅委員】　　それは性能的に陵駕しようと考えられているのか、それともベリリウムという元素自身がだんだん規制対象とか何かになってしまうから、性能はそこそこでも、そういった世の中の動向によって代替材料になると考えられているのか。どちらなのでしょう。

【西山研究開発G長】　　実際には両方です。というのは、ローズ規制にしても、リーチ規制にしても、そういう動きがあるというのは言われていても、実際には規制されていない。なぜかといいますと、ベリリウム・銅にかわるものがないから。当然コストと性能で、代替材料であれば、最初におっしゃられた性能での代替材料というのももちろんあり得ますし、そういうものがあれば、今度は規制の対象にベリリウムがなり得る話になると思いますので、二者択一のどちらかを目的にしているのではなくて、そういうものがあれば、使っていただけるだろうし、多分、規制のほうも現状から変わってくると理解をしています。

【安宅委員】　　詰問しているわけでは全然なくて、これは公開ですから、世の中にパブリシティという意味では、説明をきちんとしなきゃいけないという意味では、今おっしゃられていたようにこのところを書いていただいたほうがわかりやすいかなと思って伺いましたので、そういう趣旨です。どうもありがとうございます。

【下河邊分科会長】　　ありがとうございます。

そのほか何かご質問等ございますでしょうか。よろしいでしょうか。

では、私から1つ、結局は、この先は非平衡結晶合金でいくということになるのですか。

【西山研究開発G長】　　一本化とは考えておりません。

【下河邊分科会長】　　まだまだ金属ガラスにこだわると。

【西山研究開発G長】　　はい。ただ、固化成形をして圧延をするという2つのプロセスを連続して

やるのはちょっと難しいなと思います。金属ガラスの粉末を混合して使うのであれば、できるだけ最初の段階で粉末を混合して、加熱ロールを使って、できるだけ薄く、薄板化をほぼ達成した状態での複合化というのを検討しなきゃいかんかなと思っています。

【下河邊分科会長】 いい材料をつくるという観点から言えば、必ずしも金属ガラスにこだわらなくてもいいのではないかと私は思っています。

もう1つは、前半の福田金属さんの話と後半のRIMCOFさんの話が非平衡結晶合金の話になってしまって、かなり変わっているわけです。そうすると、2つのご関係はどうなっているのかなと思って、私はお聞きしたのです。

【西山研究開発G長】 それは、今日ご説明した2つの中では関係というのはなかなか明確に見えないんですけども、我々RIMCOFも当初、福田金属箔粉さんと先ほど体制図でお見せしました集中研で、混合粉末でホットプレスをかけて固化成形して、どれだけの強度と導電性が出る。押し出しをやってみるということをやっておりました。それから派生をしまして、集研のほうではそれプラスアルファで非平衡のものも手をつけていくというような状況ありますので、全く福田金属箔粉さんとRIMCOFが独立でやっているというものではなくて、福田金属箔粉さんから来られて、集中研で一緒にやっているというのは今も変わっておりません。

【下河邊分科会長】 そうであれば、こういう次の発表の機会もあるかと思いますが、その辺で十分な連携がとれているぞというところが見えるように発表していただいたほうがいいのではないかなと思いました。

そのほか何かご質問・ご意見ございますか。よろしいでしょうか。

それでは、ありがとうございます。個別のテーマのご説明を、これで公開の部分を終了させていただきます。

以降の議題6-2と議題7は非公開で説明・質疑がおこなわれた。

6-2. 実用化の見通しについて

(1) 複合化金属ガラスによる高強度・超々精密部材技術

(2) 複合化金属ガラスによる高強度・高導電性部材技術

議題7. 全体を通しての質疑

以降の議題8以降は公開で行われた。

議題8. まとめ・講評

【下河邊分科会長】 議題8.まとめ・講評というところに進みたいと思います。ここでは、一応審議はもう終了ということで、各委員の皆様から講評というか、今日の感想をいただきたいということでございます。順番に、一番向こうの本多先生から手短かに、2分ぐらいで今日の間評の感想をお述べいただければと思います。よろしくお願いいたします。

【本多委員】 感想として申し上げます。金属ガラスというものはあまりよく知らなかったんですが、今日の話で非常に魅力的な材料だということがわかりました。これをほんとうの意味でキラアプリといいますか、これでないとできない、また、これがあるために非常にできる、そういうものがほんとうの意味で見つかる、もっとすばらしいプロジェクトになるんじゃないかとちょっと思いました。

【下河邊分科会長】 ありがとうございます。

では、高田委員。

【高田委員】 大変勉強になりました。鉄鋼材料があまりいい評判じゃなかったのは、ちょっと個人的には残念だったんですが、すばらしい技術だと思います。

あと1つ、ちょっとすごい基本的なあれなんですけど、例えばハードディスクとかに使われるということで、いろいろ資料を見ると、2テラビットとか、そういう表現が多いんですけど、広く一般の人に広報するためにはもうちょっとわかりやすい表現、例えばテレビの録画する装置、ハードディスクレコーダーにこれを使えば映画が何本入るとか、そういうのもちょっと入れていただくとわかりやすいかなと思いました。それはそれだけです。ありがとうございました。

【下河邊分科会長】 ありがとうございました。

それでは、木村先生、お願いします。

【木村委員】 金属ガラスはとにかくこれまでの材料と本質的に違う材料ということで、大変興味を持っておりましてし、単相金属ガラスの応用が非常に開けているということも知ってびっくりしていました。だから、当然複合材料でもいろいろな応用があるのだろうと思っていました。大変勉強になりました。

私は準結晶というのをやっているのですが、準結晶も本質的に違う構造を持った材料なのですが、こちらはあまり応用が開けていません。金属ガラスと準結晶と、どこが違うのか、今度、井上先生にお聞きしたいと思います。ありがとうございました。

【下河邊分科会長】 ありがとうございました。

それでは、石尾先生、お願いします。

【石尾委員】 私は、ビットパターンメディアという観点から聞かせていただいたんですが、従来にない新しいプロセスを使って高性能なものをつくるということで、非常に興味あるテーマだなお聞きしておりました。

それから、ここに、プロジェクトの中に集まっておられる方たちも、それぞれの産業界、あるいは研究面で、あるいはものをつくるという非常にすぐれた方が集まっておられるなと思っております。研究者間のインフォメーションといいますか、最先端のいろいろな動向があると思いますので、そういう情報を共有化していただければ、更に立派な研究成果、あっと驚くような研究成果が出てくるのかなと思っております。期待しておりますので、ぜひ頑張ってください。

【下河邊分科会長】 ありがとうございました。

では、安宅さん。

【安宅委員】 金属ガラスが東北大の金研の基礎研究のアルモファス金属から始まって、非常に基礎研究を積み重ねて、日本発のすばらしい技術だと思いますので、ますます発展していただきたいと思います。

ただ、1点だけ、これは研究マネジメントというか、研究者の方の責任では全然ないと思うのですが、出口イメージが非常に求められる世の中ですが、そのときの目標設定というのは、設定の仕方というのは基礎研究サイドの積み上げ方式の方だけでやるのではなくて、もう少し別の仕組みでやらないと。例えばパターンメディアの話にしても、ハードディスクドライブというのは、産業的にはあまり日本は旗色がよくないわけですが、どこで機能を分担するのか、メディアなのか、メカトロのフライングヘッドのほうなのかとか、いろいろ、ある意味ではFSとはちょっと違うのかもしれませんが、ペーパーマシンのよう

なものをつくって、どこで機能を分担するのかというのを相当詰めて、材料はここがあると先ほどのキラアブリになりますというような位置づけにされるといいかなと。研究者の方にだけ、その出口イメージの絵をかけと言っても、非常に難しいところがあるのではないかなという印象を今日受けました。基礎研究として非常にすばらしいものだと思っておりますので、その辺の出口イメージをつくる時のメカニズムがあれば、もっとうまく行くのじゃないかなと思います。

【下河邊分科会長】 ありがとうございます。

では、服部先生。

【服部分科会長代理】 金属ガラスということで、非常に魅力ある材料で、井上先生リーダーのもとに一生懸命、材料研究ということは成果が出ているなど思っております。その中で、今回のプロジェクトは、今の安宅さんじゃありませんけれど、出口が3個のデバイスというか、出たわけなんですけれども、そういうものを通しての新しい金属ガラスということで、非常に魅力があると思います。

そのときに、今日いろいろ聞いておまして、材料としては非常に開発しているんだけど、最終的になるのは製品に対するコストだと思うんです。26年、量産するとか、何か言われていたので、時間があると思うんですけど、それには大抵こういう問題があるというトータルのイメージというか、トータルプロセスと言っているんですけど、トータルプロセスで、コストはこれぐらいになるというのは、やる、やらないは別にしても、一度整理していただくと、それを最終的にはここまでやらないと量産にならないということで、その研究の中に入れるかどうかは別にして、そういう議論もしていただくとわかりやすくなるんじゃないかなと思いました。

【下河邊分科会長】 ありがとうございます。私も皆さんと同じように、金属ガラスというのは非常にすばらしい材料で、非常に可能性の高い材料だと思っております。今日お話を伺わせていただきますと、井上先生、それから、早乙女先生のプロジェクトを強力なリーダーシップのもとに、材料の研究としてはもうすばらしい研究が進んでいるということはよくわかりました。ただ、実用化を目指した材料の研究という観点から言えば、目的の説明とか、目標の設定理由、そのあたりの説明をもう少し工夫して、世の中の人にもっとわかりやすく説明していただくほうがいいのではないかなと思いました。

それから、実用化の研究を担当している企業さんは、これからあと2年間、必死にご研究いただくということだと思いますが、ぜひこれは井上先生、あるいはNEDOへのお願いですけれども、大学の研究だけではなかなか物はできないということで、研究費の配分をもし見直すことができるなら、実用化の研究のほうにももっと新たなお金をつけていただく。そして、加速していただくということも必要なのではないかなというのが率直な私の感想でございます。

以上でございます。

議題9. 今後の予定、その他

事務局より資料7に基づき説明があった。

議題10. 閉会

配布資料

- 資料 1-1 研究評価委員会分科会の設置について
- 資料 1-2 NEDO技術委員・技術委員会等規程
- 資料 2-1 研究評価委員会分科会の公開について（案）
- 資料 2-2 研究評価委員会関係の公開について
- 資料 2-3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘について
- 資料 2-4 研究評価委員会分科会における非公開資料の取り扱いについて
- 資料 3-1 NEDOにおける研究評価について
- 資料 3-2 技術評価実施規程
- 資料 3-3 評価項目・評価基準
- 資料 3-4 評点法の実施について（案）
- 資料 3-5 評価コメント及び評点票（案）
- 資料 4 評価報告書の構成について（案）
- 資料 5-1 事業原簿（公開）
- 資料 5-2 事業原簿（非公開）
- 資料 5-3 プロジェクトの概要説明資料（公開）
- 資料 6-1-1 プロジェクトの詳細説明資料（公開）
 - 6.1 研究開発成果、実用化の見通しについて
 - (1) 複合化金属ガラスによる硬磁性・ナノ構造部材技術
 - 資料 6-1-2 (2) 複合化金属ガラスによる高強度・超々精密部材技術
 - 資料 6-1-3 (3) 複合化金属ガラスによる高強度・高導電性部材技術
- 資料 6-2-1 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
 - 6.2 実用化の見通しについて
 - (1) 複合化金属ガラスによる高強度・超々精密部材技術
 - 資料 6-2-2 (2) 複合化金属ガラスによる高強度・高導電性部材技術
- 資料 7 今後の予定

以上