

## <講演録>

### GOI 宇宙世紀憲章合金開発

-ボクの考えた最強のガンダリウム合金について-

GOI Universal Century Charter Alloy Development

-My Concept for the Ultimate Gundarium Alloy-

笠田竜太\*

Ryuta Kasada

#### I. はじめに

本講演では GOI 宇宙世紀憲章を構成する合金の開発について報告する。

まず自己紹介だが、所属は東北大学の金属材料研究所で、ガンダムオーブンイノベーションはチーム宇宙世紀の矛と盾として参加している。前任地は関西だったが、現在は仙台にいる。ガンダムはファーストガンダムから始まって、好きなモビルスーツはシャア専用機。シャアという男はなかなか複雑な男で、私も単純なフリをしつつ意外と複雑な男だというふうにしていきたいと思っている。中学校に上がるときに、ちょうど Z ガンダムが始まり、思春期とぶつかった。歌は、森口博子さんの「ETERNAL WIND～ほほえみは光る風の中～」が大好きである。

本講演のテキストは『機動戦士ガンダム 宇宙世紀 vs 現代科学』(マイナビ出版) である。第一章のガンダリウム合金のところを担当しているのでお読みいただければ幸いである。

#### II. 宇宙世紀におけるガンダリウム合金と現実世界の合金

ガンダリウム合金というのは、アニメの中でガンダムの装甲材料として用いられているもので、ルナチタニウム合金という名前もある。この装甲の強さが、ガンダムを最強のモビルスーツにしている強さの一つでもある。

では合金とは何か。合金とは、金属元素と呼ばれるものに何らかの一種類以上の他の元素を混ぜた材料を指す。例えば、鉄と炭素を混ぜると鉄鋼になるし、鉄とクロムとニッケルでステンレスになる。アルミニウムとマグネシウムと銅を混ぜるとジェラルミン、銅とスズで青銅、銅と亜鉛で黄銅、鉄とネオジムとホウ素でネオジム磁石。これら全てが合金である。なぜ混ぜるのかというと、純金属では出せない性質を出すことができたり、あるいはその性質を向上させたりすることができるという強みが合金にはあるからである。

合金を作る目的は色々ある中で、ガンダリウム合金の名に相応しい合金を作るのであれば、やはり強さが重要であると考えた。重量に耐えられる強度を持つだけでなく、衝撃や熱に強い材料が必要になる。さらに、自分の専門が原子力材料とか核融合材料という、強い放射線環境で用いられる材料の開発を研究テーマにしている。宇宙環境とは真空であり、強い放射線が飛んでくる。

---

\* 東北大学金属材料研究所原子力材料工学研究部門

そういうものからパイロットを守る役割も、このガンダリウム合金には必要である。

合金である必要はなぜか。合金以外に代表的な素材の種類として、セラミックスやプラスチック（樹脂）がある。セラミックスというのは非常に硬く耐熱性も優れているが、耐衝撃性が弱く、落としたら割れるセラミックもある。他方でプラスチックは高温で燃えたり溶けたりしてしまう。ということで、程よくバランスの取れた材料として、やはり合金というものが、最初の選択肢になると考える。

合金はどのように作るかというと、第一の方法として、高温で溶かして混ぜる方法がある。もう一つの方法は、私の専門だが、粉を混ぜて作るというメカニカルアロイング法というのもある。これは金属の粉と、わずかな酸化物を混ぜ合わせ、溶かさずに熱処理を加えるものである。こうしたものを駆使して新しい合金をつくれないかと考えた。

合金とは非常に面白く、均一に混ぜればいいというものではない。不均一に金属元素を分布させて「金属組織」を構成させることによって強度を向上させることができる。例えば、我々が得意としているODS合金は非常に強い材料であるが、電子顕微鏡で拡大すると、ナノレベルの酸化物が分散して存在しており、これを実現させるには先ほど紹介したメカニカルアロイングという手法が必要になる。

そして、セラミックス単体だと脆いという話をしたら、セラミックスの硬い部分と、合金の衝撃に強い要素を併せ持ったサーメットと言われるような新しい材料も我々は作っている。我々の研究チームの特許出願済みの独自のテクノロジーとして、セラミックスである二ホウ化チタンと、メカニカルアロイング処理を施したチタン合金粉末を混合して焼結させたものがある。今回の宇宙世紀憲章もこのあたりで作りたかったが、納期の関係で諦めざるを得なかった。なお、サーメットは実は中性子の遮蔽剤としても期待されている。

### III. 人の革新を駆動する材料の革新 ～平和な宇宙世紀を目指して～

人類と鉄とは非常に面白い関係がある。歴史の授業でヒッタイトの製鉄というのを習った方もいるかもしれないが、それよりも古い時代に鉄を使った発掘物が出てきている。例えば、アンカラ・アナトリア文明博物館所蔵の、世界最古の黄金装飾短剣は、BC2300年頃といわれている。製鉄が起こっていないのにどうやって鉄を使っていたのか、ということで分析すると、7%のニッケルを含んでいた。7%のニッケルを含む鉄というのは地球上の鉱石からは普通は取ることはできない。他方で、隕鉄の中には7%から9%程度のニッケルを含むものが見つかっている。そのため、人類はおそらく、鉄の材料を、落ちていた隕鉄を拾って作り出したのではないか、というのが定説となっている。個人的に、材料というのは歴史上、常に人類のフロンティアだと考えている。歴史の分野でも、先史時代は主に使われていた道具で時代を区分しており、材料の発展が時代を区分しているように個人的には感じている。例えば石器は落ちている石を拾えばいいし、青銅は比較的精錬が低温でできる。しかし、鉄は多くのエネルギーがないとできないため、それなりに文明の規模が大きくならないとできない。鉄器時代の後の近代は鉄鋼の時代、現代はさまざまな材料を使う時代。この延長線上にある宇宙世紀は、ガンダリウム合金で象徴される時

代ではないか、と勝手ながら考えている。材料の革新が文明の発展を促進し、文明の発展が材料の革新を誘起するという、こういうサイクルで人類は文明を発展させていったというのが個人的な見解である。

そして、材料は、人類が直接触れることのできない極限環境に立ち向かう防壁であるため、これからの人類にとってもフロンティアである。宇宙とか深海とか、核融合とか、こういった厳しい環境は常に材料が相対している。材料が間ないと人類は宇宙にいけない。

そういう中で、今回、GOI 宇宙世紀憲章を担当させてもらえることになり、非常に嬉しかった。先ほど紹介したようなチタン系のサーメットを使おうと思ったが、まだ小さいものしか作れた実績がないので、我々が核融合炉用に別途開発していたアルミ添加型ハイマンガン ODS スチールのプロトタイプを採用することにした。本来、我々の専門的にはこのような呼び方はしないが、ザクの超硬スチール合金を意識した名称にした。我々が作ったのはこの合金の素材で、GOI 宇宙世紀憲章のプレートを作った（図 1）。



図 1：GOI 宇宙世紀憲章のプレート（筆者ら撮影）

この合金設計の経緯としては、2019 年に材料の開発に着手した。アルミとマンガンは鉄より軽いので、アルミ添加とハイマンガン化により軽量化ができる。核融合炉用に開発しているので、放射線を浴びても放射化しにくい構成でできている。さらに、マンガンだけだと鋳びやすいのでアルミを添加することで耐食性も上げている。そして、非常に特殊なポイントとして、酸化物のナノ粒子を分散させることでさらなる高強度化、耐放射性付与に成功しつつあった。

この素材がよくできていたので、2022 年には、核融合スタートアップの Helical Fusion 社と共同開発にも展開していたものである。

このプレート製造のプロセスは、合金を溶かしたのちに鍛造、切断、熱間圧延、形状加工、表面研磨、レーザー加工という順番で行っている。プレートの大きさが我々がもっている素材より

大きいので、圧延して伸ばす必要があった。同時に、室温で圧延すると硬くてあまり薄くできないので、温度を上げて柔らかくして圧延する必要があり、約 1200 度まで上げている。年代物ではあるが、このような作業を可能にする大型の圧延機などの設備が整備されているのが金属材料研究所の強みである。今回の作業で重要なことは、ispace 社のランダーに搭載するので重量制限があったため、非常に薄く広げる必要があり、これが結構な手間であった。そして表面の鋳を落とすために、研究室の学生たちが手磨きを行った。3 枚作成し、1 枚は月にいき、1 枚は我々の研究室、もう 1 枚はバンダイナムコグループに保管されている。ispace 社のミッションとしては再チャレンジということになったが、私の開発した合金が月面にあることは間違いない、座標もわかっている。ぜひこの講演を聞いた皆様には、月に行った時に探し出して欲しい。そこには、全国の子どもたち、ガンダムファンからいただいたメッセージが刻まれているので、ぜひこれを見つけ、次の宇宙世紀につなげてほしい。「過ちを気に病むことはない。ただ認めて、次の糧にすればいい。それが、大人の特権だ。」というフル・フロンタルのセリフもある。何度もチャレンジしていい。また月に送り込むプレートが必要であれば、もっといい合金で柔らかく作ることを目指したい。