



軽金属, 「私の一枚」シリーズより 中空だよな? —純アルミニウム中の球状化合物—*

本居 徹也 **

This is Hollow Shell, isn't this? - Spherical Compounds in Pure Aluminum -

Tetsuya Motoi**

熱フェノール溶解法で抽出分離した金属間化合物は、通常の光学顕微鏡やTEM観察では見ることでできない姿を見せてくれる。光学顕微鏡によるマイクロ組織観察において、純アルミニウム中の α -AlFeSi晶出物は「黒い点」として観察されるが、熱フェノール溶解法を用いて抽出分離したそれをSEMで観察すると、Fig. 1に示すように、立体感のある非常にリアルな形態でモニターに出現し、多くの情報をもたらすと共に、ある種の美しさに魅了される。美しさを感じる理由の一つに、表面は多数の結晶で構成されているにもかかわらず、そのシルエットはほぼ「完全な球体」を擁していることである。Fig. 1左下の α -AlFeSiは上部を除いて、ほぼ完全な円弧を描いていることがお分かりいただけるかと思う。球体はエネルギー的に安定な形であるから、

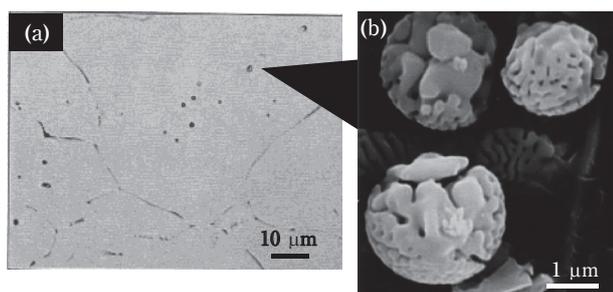


Fig. 1 Optical micrograph of pure aluminum ingot and SEM image of α -AlFeSi compounds extracted by phenol method.

- (a) optical micrograph of α -AlFeSi compounds in pure aluminum ingot.
(b) SEM image of α -AlFeSi compounds extracted by phenol method.

ここまでは驚くほどではない。しかし、Fig. 2に示したような球体でありながら、中空であることを示唆する籠状の α -AlFeSi晶出物も多く観察され、神秘さは一気に加速した。「球体」かつ「中空構造」、このステキな構造を、マイクロな世界で形成し得るプロセスとは？ただし、これらは熱フェノール溶解法で抽出しているため、内部がフェノールで溶解する物質で充填されていた場合、内部が溶解している可能性がある。そこでこの物質の断面構造を観察してみることにした。現在であれば、表面から α -AlFeSi晶出物にアタリを付け、FIB加工で断面観察サンプルを作製するのであろうが、当時はそんなエレガントな方法がなく、ジェット研磨法とウルトラマイクロトム法でTEM観察用の切片を作製し、断面構造の観察を行った。しかし、ジェット研磨法で作製したサンプルは、対象物全体が脱落してしまうものが多く、絶妙な試料厚さが要求された。マイクロトム切片も、刃の引っかかりによる全体の脱落、

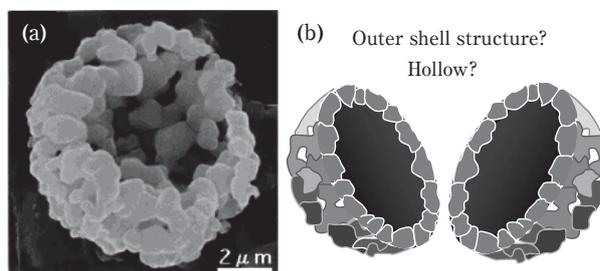


Fig. 2 SEM image of α -AlFeSi compound that is "Basket structure" extracted by phenol method and estimated cut model of α -AlFeSi compound.

* 「軽金属」, (64 (2014), 438) の「私の一枚」シリーズに掲載されたものを改訂
Revision of "My one shot" series of Journal of Japan Institute of Light Metals, 64 (2014), 438.

** (株)UACJ 技術開発研究所 名古屋センター 第三部
No. 3 Department, Nagoya Center, Research & Development Division, UACJ Corporation

もしくは大半が消失…と、なかなか思い通りにいかない(ほとんど運)。しかし、「中空構造」であることを信じて、ひたすら試料作製と観察を何十回と繰り返していくと、とうとう「中空構造である球体」を示す納得のいく写真を得ることができた (Fig. 3)。特に Fig. 3 (b) は、母相より 1 μm ほど左側へ引きずられており、こちらの気持ちに応じてくれたかのような踏ん張りを見せてくれている。「よく耐えてくれた!」と感謝の気持ちがあったことを覚えている。

さて、 α -AlFeSi 晶出物は、「中空構造の球体」であることが分かった。ここまで苦勞して、中空構造の証拠を取りたかったのは、ある仮説を証明するためであった。 α -AlFeSi 晶出物は、鑄造中に発生する水素ガス泡の内壁に、 α -AlFeSi 粒子が不均質核生成するため、ガス泡の球状外形をトレースし、中空構造になるという仮説 (Fig. 4) である。この「気泡説」をまとめた論文¹⁾で、軽金属学会より論文賞を頂いた。突拍子もない説に感じるかもしれないが、自然界においては、そう珍しくない。ミクロな世界では、鑄鉄中の球状黒鉛もガス泡内壁に片状黒鉛が形成することで形成する²⁾。マクロな世界では、溶岩中の空洞内壁から中心部方向へ水晶やアメジストが形成した「Geode, 晶洞」や火山ガス泡内壁に沿ってガスの硫黄が冷却されて固化した「風船硫黄 (北海道ニセコ湯本大湯沼で産出)」³⁾なども α -AlFeSi 晶出物と同じ球状中空構造である。実は他にも色々ありそうだ。同じ自然界の現象を扱っているとき、メカニズムのヒントは、意外と身の回りに転がっているのかもしれない。

美しい形態で私を魅了させた球状 α -AlFeSi, 中空構造であることを訴えてくれた籠状 α -AlFeSi, ジェット研磨, ミクロトームの刃に耐えて、中空構造を証明してくれた α -AlFeSi の断面, これらが軽金属に掲載されたお気に入りの「私の一枚」である。

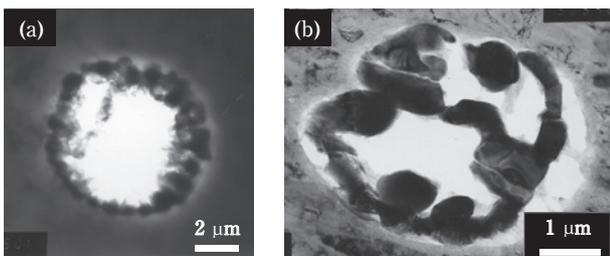


Fig. 3 Cross-section of α -AlFeSi compounds observed by TEM.
(a) Jet polish method, (b) Microtomy

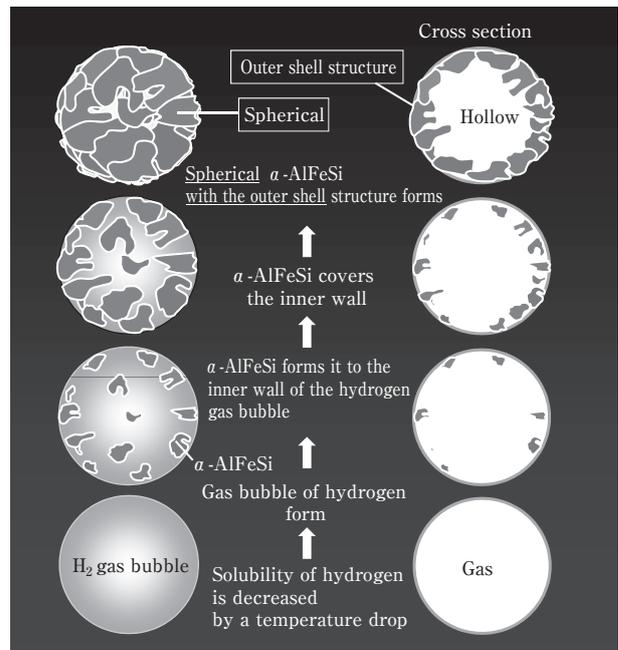


Fig. 4 Schematic model for the formation of α -AlFeSi nodule.

- (1) evolution of hydrogen bubble during solidification.
- (2) nucleation of α -AlFeSi particles on the inner wall of hydrogen bubble.
- (3) bubble is gradually filled from the wall into the center with α -AlFeSi particles.

参考文献

- 1) 本居徹也, 福岡 潔, 吉田英雄: 軽金属, **48** (1998), 624-628.
- 2) 張 博, 福岡 潔, 明智清明, 埜 健三: 球状黒鉛鑄鉄-基礎・理論・応用-, アグネ, **52** (1983), 76-81.
- 3) 松原 聡 監修: 鉱物のことが分かる本, 成美堂出版 (2006), 38-39.



本居 徹也 (Tetsuya Motoi)
(株)UACJ 技術開発研究所 名古屋センター
第三部