

工学博士増本健君の「アモルファス金属テープの創製と

その基礎的および応用的研究」に対する授賞審査要旨

在来の総ての金属材料は結晶体であり、これまでその結晶構造から生れる物性を基礎に研究が行われ、実用材料として供せられて来た。増本君はこのような一般常識とは異なった新しい物質であるアモルファス金属に着目し、世界で初めてそれをテープの形で創製すると共に、有用な数多くのアモルファス合金を見出して、その基礎的ならびに応用的な研究を行った。

増本君の独創的な研究成果は数多くあり、これまでに約二七〇編の学術論文として国内外に発表されており、また、その成果の一部は実用製品として応用化されている。とくに、増本君の用いた新しい製造法は、一九七〇年の発表以来、世界各国の多くの研究者によって使用され、今日のアモルファス金属テープの製造技術の基本原理となっている。また同君はアモルファス金属が持つ特異な優れた性質を次々と発見し、広い分野の研究者にこの金属に対する興味を惹起させた。図1はアモルファス金属に関して公表された年間の世界の発表論文数を示しているが、図に見るように、一九七〇年以降急速に増加し、一九八〇年には一、〇〇〇編余の多きに達している。このようなアモルファス金属の研究における隆盛をもたらした同君の功績は誠に大きいと言わねばならない。

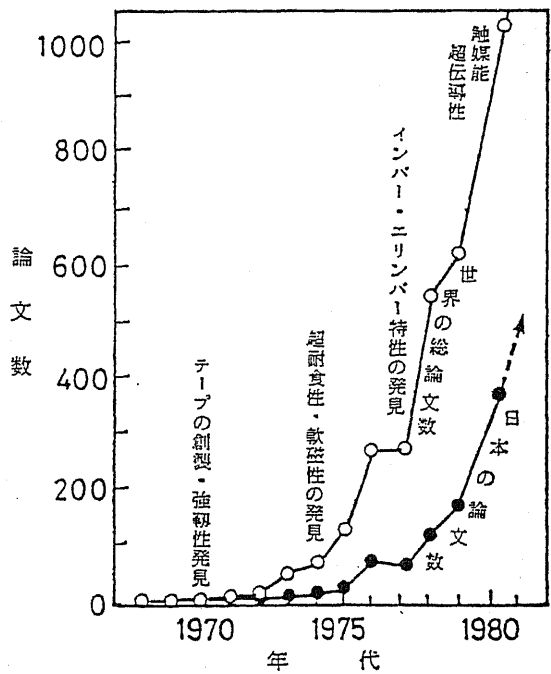


図1 アモルファス金属研究の発表論文数

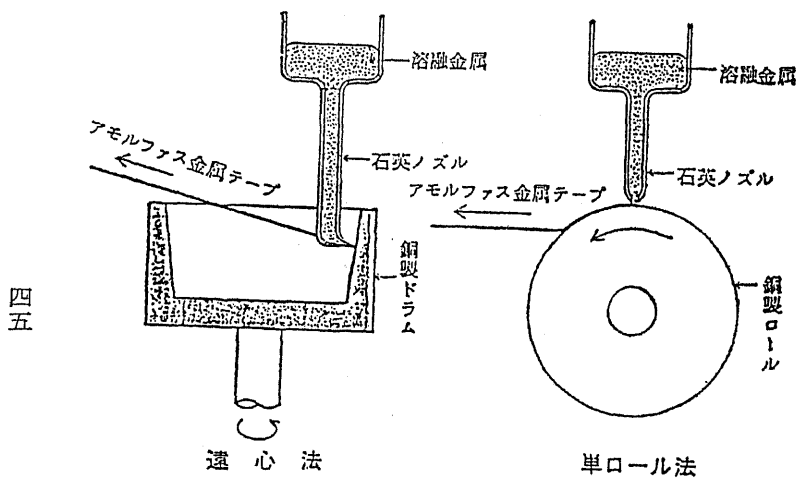


図2 アモルファス金属テープの製造法

次に同君の主な業績を要約して述べる。

一、アモルファス金属テープの創製と新合金の開発

前述したように、同君の大きな業績の一つは一九六九年にアモルファス金属をテープの形で作製することに初めて成功したことにある。当時のアモルファス金属は蒸着法、めっき法、衝撃急冷法によって造られたが、せいぜい数100mgの小さい薄片に過ぎなかった。これに対して、同君は定量的に物性を測定するには定形状の試料を多量に造る方法の開発が必要であると言う着眼点から、超急冷装置を試作(図2)し、これを用いて初めてアモルファス金属(Pd-Si合金)をテープ状で得ることに成功した。^(G-1)この方法は遠心急冷法と呼ばれているが、その後さらに改良した単ロール法は現在広く使用されている幅広シート(約20cm幅)の連続生産装置の基本技術となっている。また、この製造技術はアモルファス金属に限らず、省エネルギー型の新しい材料製造法としても注目されている。さらに、同君はアモルファス金属の細線や微粉末を量産する方法も新たに考案しており、製造法の開発に大きく貢献した。^(C-3)^(C-4)

一方、同君はアモルファス金属になり易い合金として、Fe, Ni, Co, Cr, Cu, Mo, W, V, Nb, Ta, Ti, Zr, Hfなどを主成分とした約一〇〇種におよぶ新しい合金を見出している。ここで、実用上有用な合金として良く知られているBとSiを含む^(D-2)Fe, Co, Ni基合金およびZrを含む^(D-2)Fe, Co, Ni基合金は同君の開発によるもので、アモレット合金として広く世界で使用、研究されている。

二、新しい諸物性の発見

同君はアモルファス金属テープを用いて、構造、結晶化過程、形成機構をはじめとして、機械的、化学的、物理的

な諸性質を総合的に研究して、数多くの成果を挙げている。これらの中でとくに顕著な成果を次に列記する。

(1) 著しく高い強さと粘さの発見 (一九七〇年)

一九六九年に Pd-Si のアモルファス合金テープを作製した後、そのテープの機械的性質を定量的に研究し、アモルファス物質は硝子のように脆いと言う当時の通念を覆して、著しく高い強さと粘さを有することを発見して、これを国際会議 (一九七〇年) で発表した。アモルファス構造を持つ金属は、結晶金属におけるような転位による変形が起らない脆い物質であると予想されていたが、実際には著しい変形を生じ、また、その強さは Pd 金属の約一〇倍の $136 \text{ kg}/\text{mm}^2$ であった。この発表は各国の研究者の注目を集め、その後のアモルファス金属研究の発展の端緒となった点で高く評価されている。その後、同君は Fe, Co, Ni などの数多くの合金の機械的特性を調べ、高強度と共に高靱性を持つのはアモルファス金属の一般的特徴であること、歪硬化を起さない理想的な弾塑性体に近いこと、強さの寸法依存性がないこと、などのこの金属の特異な力学的特徴を総合的に明らかにした。^(G-10)

(2) 超耐食性の発見 (一九七四年)

一九七四年には、アモルファス鉄合金が驚異的な超耐食性を持つことを発見した。^(H-1) 例えば、アモルファス鉄合金に Cr を八原子パーセント添加すると、一規定の塩酸水溶液中において現用 188 ステンレス鋼の約一〇〇万倍以上の耐食性が得られると言う。同君はさらにこの超耐食性の原因や機構についても明らかにした。^(H-2)

(3) 高透磁性の発見 (一九七四年)

一九七四年に、アモルファス鉄合金が秀でた軟磁性を示すこと、とくに磁歪が零の組成で現用パーマロイを凌駕す^(D-1)

る低保磁力(約2H_{0e})と高透磁率を示し、しかもセンダストに匹敵する飽和磁化(約10KG)を持つことを見出した。^(D12)この磁性の研究はアモルファス磁性材料と言う新しい分野を開く端緒となり、ほぼ同時期に独立して発表された米国のEgami⁵⁾や Luborsky⁶⁾らの研究とともに重要な論文となっている。その後、同君はアモルファス磁性に関する基礎的、応用的研究を広汎に行い、数多くの基礎データを発表すると共に、磁性材料としての応用に大いに貢献した。現在、世界各国において最も多く研究され、実用化されているアモルファス磁性合金の大部分は同君が開発したものである。

(4) インバーおよびエリンバー特性の発見(一九七七年)

磁性と関連して、アモルファス鉄合金に顕著なインバー効果やエリンバー効果が現れることを発見し、ことにアモルファス Fe₈₀B₂₀合金では極低温から約400°Cまでの広い温度範囲でインバーとエリンバーの両効果が出現することを見出した。これは磁気物理学上極めて興味深い研究であるばかりでなく、応用上からも重要な成果である。

(5) その他の特性の発見

上記の外に、著しく高い耐放射線損傷^(G15)(一九七七年)、一酸化炭素の水素化反応に対する高触媒能^(I12)(一九八〇年、東大工と共同研究)、アモルファス超電導特性^(F11)(一九七九年)、水素吸収特性^(I13)(一九七九年)など、アモルファス金属特有の性質を見出している。

以上述べたアモルファス金属に関する同君の研究は世界に先がけて行われ、発表されたものであり、現在急速な発展を見せているこの新しい学問分野において、終始先導的な役割を果していることは世界の良く知るところである。

同君の業績は、このような基礎研究の分野ばかりでなく、実用化研究の分野でも顕著なものがある。アモルファス金属の諸特性を利用した実用材料としての可能性を追求し、申請中を含めて国内・国外特許が約八〇件あり、これを基にして現在約四〇社の企業と共同で応用製品の開発を進めつつある。ことに、電磁材料としての開発は新技術開発事業団の開発課題（三件、総額約三〇億円）として採択され、日立製作所、日立金属、ソニー、松下電器、新日本製鉄の大手企業により実施されており、すでにプレーヤー用カートリッジ、座標読取装置、ダイナミックマイクロホン（ソニー）、オーディオおよびコンピュータ用磁気ヘッド（TDK、ソニー、松下）、磁気移相器、漏電検知器、巻鉄心トランス（日立）、油浄化装置（日本レギュレータ）などの各種電磁材料として市販されている。これらの応用製品の開発が世界に先がけて行われたのは同君の力に負うところが大である。

要するに、増本君の業績はアモルファス金属と言う近年にない画期的な新材料を創製し、発展させると共に、アモルファス金属学と言う新分野を開拓して、学会や業界の発展に貢献したことにあり、その功績は誠に大きいと言わねばならない。

なお、同君は、日本は勿論のこと、世界各国で開催された多くの国際会議（アメリカ、イギリス、フランス、東ドイツ、ハンガリーなど）において基調講演、招待講演（一二件）を行い、また国際組織委員として活躍している。ことに、一九八一年の第四回超急冷金属国際会議（二六ヵ国、六五〇名）を組織し、委員長を務めた。また、一九八一年より科学技術庁の創造科学技術推進事業の新しい研究組織のリーダーとして活躍中である。

[4] 雜 報

1. Structure of Amorphous $Fe_{80}P_{18}C_7$ Alloy by X-Ray Diffraction. Y. Waseda and T. Masumoto; *Z. Physik*, B **22** (1975), 121.
 2. Structural Change in Amorphous $Pd_{80}Si_{20}$ by Neutron Irradiation. K. Doi, H. Kayano and T. Masumoto; *Appl. Phys. Lett.*, **31** (1977), 202.
 3. Effect of High Pressure of the Crystallization of an Amorphous $Pd_{80}Si_{20}$ Alloy. H. Iwasaki and T. Masumoto; *J. Mater. Sci.*, **13** (1978), 2171.
 4. Study of Structural Relaxation and Crystallization in Amorphous $Pd_{80}Si_{20}$ Alloy by Means of Positron Annihilation. S. Tanigawa, K. Shima and T. Masumoto; *Proc. 4th Intern. Conf. on Rapidly Quenched Metals* (ed. by T. Masumoto and K. Suzuki), Sendai (1981), 501.
 急速冷却金属
 の関係と関係
- [5] 技術報告
1. Crystallization Process of Iron-Based Amorphous Alloy (Fe-P-C) Quenched from Liquid. T. Masumoto and H. Kimura; *Sci. Rep. RITU*, A-25 (1975), 216.
 2. Structural Stability of Amorphous Metals. T. Masumoto, Y. Waseda, H. Kimura and A. Inoue; *Mater. Sci. Eng.*, **23** (1976), 141.
 3. Crystallization Behavior of Amorphous High-Carbon Steels. A. Inoue and T. Masumoto; *Sci. Rep. RITU*, A-27 (1979), 147.

4. High-Pressure Synthesis of A-15 Nb₂Si Phase from Amorphous Nb-Si Alloys. C. Suryanarayana, W. K. Wang, H. Iwasaki and T. Masumoto; Sol. Stat. Commu., **34** (1980), 861.
予の理 | 図彙

[C] 形成過程 観察技術

1. Critical Cooling Rate for Glass Formation of Pd-Cu-Si Alloy. M. Naka, Y. Nishi and T. Masumoto; Proc. 3rd Intern. Conf. on Rapidly Quenched Metals (ed. by B. Cantor), Brighton (1978), Vol. I, 231.
2. Amorphous Phase Formation in the Zirconium-Poor Corner of (Fe, Co, Ni)-Zr Systems. M. Nose and T. Masumoto; Sci. Rep. RITVU, **A-28** (1980), 232.
3. Production of Pd-Cu-Si Amorphous Wires by Melt Spinning Method Using Rotation Water. T. Masumoto, I. Ohnaka, A. Inoue and M. Hagiwara; Script. Met., **15** (1981), 293.
4. Preparation of Amorphous Metallic Powder. H. Ishii, M. Naka and T. Masumoto; Sci. Rep. RITVU, **A-29** (1981), 343.
予の理 | 図彙

[D] 溶媒効果

1. On the Magnetization Process in an Iron-Phosphorus-Carbon Amorphous Ferromagnet. H. Fujimori, T. Masumoto, Y. Obi and M. Kikuchi; Japan J. Appl. Phys., **13** (1974), 1889.
2. New Amorphous Ferromagnets with Low Coercive Force. M. Kikuchi, H. Fujimori, Y. Obi and T. Masumoto; Japan J. Appl. Phys., **14** (1975), 1077.
3. Magnetostriktion of Fe-Co Amorphous Alloys. H. Fujimori, K. I. Arai, H. Shirae, H. Saito, T.

- Masumoto and N. Tsuya; Japan J. Appl. Phys., **15** (1976), 705.
4. High Magnetic Permeability Amorphous Alloys of the Fe-Ni-Si-B System. T. Masumoto, K. Watanabe, M. Mitera and S. Ohnuma; Proc. 2nd Intern. Symp. of Amorphous Magnetism, Troy (1976), 369.
 5. Amorphous Magnetic Alloys (Fe, Co, Ni)-(Si-B) with High Permeability and Its Thermal Stability. S. Ohnuma and T. Masumoto; Proc. 3rd Intern. Conf. on Rapidly Quenched Metals (ed. by B. Cantor), Brighton (1978), Vol. II, 197.
 6. Recent Research Development of Amorphous Magnetic Alloys. T. Masumoto; Proc. Intern. Conf. on Metallic Glasses, Budapest, Vol. I, 121.
 7. Magnetic Properties of Metal-Metal Amorphous Alloys. T. Masumoto, S. Ohnuma, K. Shirakawa, M. Nose and K. Kobayashi; J. de Phys., **C8-41** (1980), 686.
 8. Magnetic Properties of Co-Rich Co-Nb Sputtered Amorphous Alloys. M. Naka, H. Fujimori and T. Masumoto; Proc. 4th Intern. Conf. on Rapidly Quenched Metals (ed. by T. Masumoto and K. Suzuki), Sendai (1981), 919.
 本誌に掲載
- [4] ヲハク一ノハク一
1. Invar Type New Ferromagnetic Amorphous Fe-B Alloys. K. Fukamichi, M. Kikuchi, S. Shirakawa and T. Masumoto; Sol. Stat. Comm., **23** (1977), 955.
 2. Invar Characteristics of Amorphous (Fe, Co and Ni)-Zr Alloys. K. Shirakawa, S. Ohnuma, M. Nose and T. Masumoto; IEEE Trans. Mag., **16** (1980), 910.

3. Strain Gauge Characteristics of Ni-Base Amorphous Alloys. K. Fukamichi, H. M. Kimura, T. Masumoto and R. J. Gambino; *IEEE Trans. Mag.*, **16** (1980), 907.
4. Invar and Elinvar Amorphous Alloys. K. Fukamichi, T. Masumoto and M. Kikuchi; *IEEE Trans. Mag.*, **15** (1979), 1404.
 予〇製レク曝

[4] 融液急冷法

1. Superconductivity of Ductile Nb-Based Amorphous Alloys. T. Masumoto, A. Inoue, S. Sakae, H. M. Kimura and A. Hoshi; *Trans. JIM.*, **21** (1980), 115.
2. Melt-Quenched Amorphous Superconducting Alloys. A. Inoue and T. Masumoto; *Sci. Rep. RITU.*, **A-28** (1980), 165.
3. Temperature and Strain Dependence of Electrical Resistance of Ni-Si-B Amorphous Alloys. K. Fukamichi, H. M. Kimura and T. Masumoto; *J. Appl. Phys.*, **52** (1981), 2872.
 予〇製レク曝

[5] 熱震急冷法

1. The Mechanical Properties of Palladium 20 at.% Silicon Alloy Quenched from the Liquid State. T. Masumoto and R. Maddin; *Proc. Intern. Conf. on Metastable Metallic Alloys*, Zagreb (1970).
2. The Mechanical Properties of Palladium 20 at.% Silicon Alloy Quenched from the Liquid State. T. Masumoto and R. Maddin; *Acta Met.*, **19** (1971), 725.
3. Fracture Toughness of Amorphous Metals. H. Kimura and T. Masumoto; *Scripta. Met.*, **9** (1975), 211.

4. Tensile Properties of Amorphous Iron-Base Alloy. T. Masumoto and H. Kimura; Sci. Rep. RITU, A-25 (1975), 200.
5. Neutron Irradiation Effects in Amorphous Pd-Si Alloy. H. Kayano, T. Masumoto, S. Tomizawa and S. Yajima; Sci. Rep. RITU, A-26 (1977), 240.
6. Deformation of Amorphous Metals. T. Masumoto and T. Murata; Mater. Sci. Eng., 25 (1976), 71.
7. Mechanical Properties of Fe-Si-B Amorphous Wires Produced by In-Rotating Water Spinning Method. M. Hagiwara, A. Inoue and T. Masumoto; Metall. Trans., 13A (1982), 373.

[註] 参考文献

1. Corrosion Resistivity of Amorphous Iron Alloys Containing Chromium. M. Naka, K. Hashimoto and T. Masumoto; J. Japan. Inst. Met., 9 (1974), 835.
2. Passivity of Extremely Corrosion Resistant Iron Alloys. K. Hashimoto, T. Masumoto and S. Shimodaira; Corr. Eng., (1976), 34.
3. Corrosion Behaviors of Amorphous Metals. T. Masumoto, K. Hashimoto and M. Naka; Proc. 3rd Intern. Conf. on Rapidly Quenched Metals (ed. by B. Cantor), Brighton (1978), Vol. II, 435.
4. Corrosion Properties of Amorphous Metals. T. Masumoto; Proc. 4th Intern. Conf. on Liquid and Amorphous Metals, J. de Phys., C8-44 (1980), 894.

〒0徳川編

[一] 水素吸収、触媒

1. Hydrogen Embrittlement of Amorphous Fe-Cr-Mo Alloys. A. Kawashima, K. Hashimoto and T. Masumoto; *Corr.*, **36** (1980), 577.
2. Catalytic Properties of Amorphous $Fe_{46}Ni_{16}P_{16}B_2$ Ribbons. H. Komiyama, A. Yokoyama, H. Inoue, T. Masumoto and H. Kimura; *Suppl. Sci. Rep. RITU*, **A-28** (1980), 217.
3. Hydrogen Absorption and Desorption Properties of the Amorphous Zr-Ni Based Alloys. K. Aoki, A. Horata and T. Masumoto; *Proc. 4th Intern. Conf. on Rapidly Quenched Metals* (ed. by T. Masumoto and K. Suzuki), Sendai (1981), 1649.

〔一〕 非晶合金の性質

1. Formation of Metastable Austenite in Splat Quenched High Alloy Steels Containing Cr, Mo and W. T. Minemura, A. Inoue and T. Masumoto; *Metall. Trans.*, **11A** (1980), 671.

の参考文献

1) 非晶合金の性質 (田口 肇)

1. フェルラス合金—その物性と応用, フェリス社 (1981), (編著)
2. フェルラス合金の基礎, オーム社 (1982), (編著)
3. Structural Stability and Mechanical Properties of Amorphous metals. *Mater. Sci. Eng.*, **19** (1975), 1.
4. Chemical Properties of Amorphous Metals. *Ann. Rev. Mater. Sci.*, **Vol. 8** (1978), 215.
5. Structure and Properties of Amorphous Metals. *Suppl. Sci. Rep. RITU*, **Vol. I** (1978) and **Vol. II**

(1980).

6. Rapidly Quenched Metals. Proc. 4th Intern. Conf. (1981), Press. by J. Inst. Met.
7. Amorphous Ferromagnetic Alloys. Technocrat, 15 (1982), No. 4 and No. 5.

その他四五編

三、鉄鋼関係論文および著書(六九編)

論文六二編、著書七編