

## Al基4元系準結晶の作成

東大物性研 東大生産研<sup>A</sup> 東京理科大学<sup>B</sup>  
 山根 浩敏<sup>B</sup> 木村 薫 竹内 伸 井野 博満<sup>A</sup>

現在までに様々な物質系で準結晶が報告されているが、我々はAl基準結晶において実験を続けている。試料の作成方法は液体急冷法である。当初はAlMn2元系を試料としていたが<sup>1)</sup>、Siを添加したAlMnSi3元系の方が、単相で欠陥の少ない準結晶が得られることがわかり、AlMnSi系準結晶の組成領域を調べた(図1)。AlMn2元系においては深道等により、準結晶と非晶質の帯磁率、電気抵抗等は大きく違わないことが報告されている<sup>2)</sup>。この原因として準結晶中の欠陥量が多過ぎるためである可能性もあり、より欠陥の少ない準結晶を得る必要がある。図1で○印のみを付けたところが準結晶が単相で得られたところである。なお、ここで単相とはX線回折において他相のピーク強度が準結晶の主ピーク強度の1/20以下のものである。これ以外の領域では、他相と混在してしまい単相は得られていない。作成条件は、Cu25cmのロールで3500rpmである。又、磁気モーメントを持たないであろうVによって作られたAlVSi系準結晶についても調べた(図2)。こちらはAlMnSi系に比べると狭い領域でしか準結晶が得られず、作成条件もCu25cmのロールで8000rpmと厳しかった。なおこのAlVSi系準結晶は帯磁率の実験から、磁気モーメントを持たないことが確認された。さて、そこで我々は、さらに物性測定用の質の良い試料(単相で、欠陥が少ない)を得る為に次のような理由からAl基4元系準結晶の作成を試みた。1) 図1、2の相図からわかるようにSiを加えた3元系の方が準結晶ができやすい。2) DSCの結果から、2元系よりも3元系の方が熱的安定性が高い。但し安定相に至るまでは至らない。3) 電顕によって観察した準結晶の粒径が、2元系、3元系ともあまり変わらない(~1ミクロン)のに、X線回折のピークが鋭くなっている(欠陥が少ないと考えられる)。4) 準結晶のモデルとして有力な3次元ペンローズパターンでは、サイトの種類が多く、頂点では約20種ある。これらのことから、さらに多元系とすることで、より熱的に安定で欠陥の量も少ない準結晶が得られる可能性が示唆される。準結晶にも化学量論組成が存在するかどうかはわからないが、存在するとすれば多元系になるだろうと予測しているわけである。しかし、4元系を系統的に

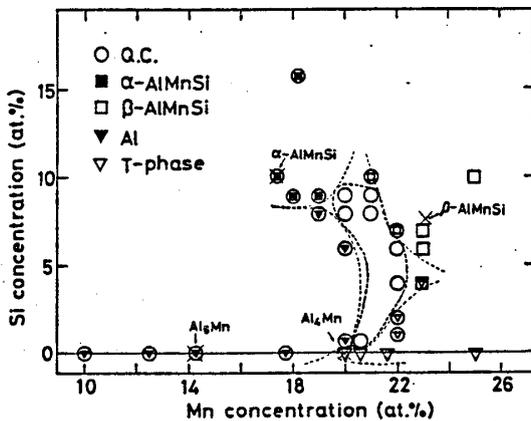


図1 AlMnSi準結晶の生成領域(3500rpm)

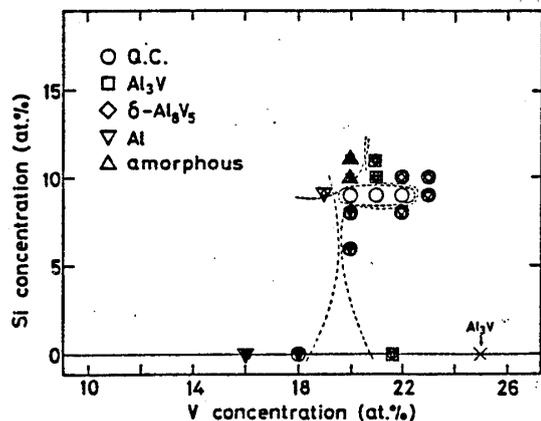


図2 AlVSi準結晶の生成領域(8000rpm)

調べるのは大変なので、AlMnSi系及びAlVSi系とともに単相の準結晶ができる組成（図1、2を参照。Al<sub>72</sub>Mn<sub>20</sub>Si<sub>8</sub>）において、AlとSiの濃度を固定して、Mnの一部を遷移金属で置換（Mnの1/4を置換）することを試みた。結果を表1に示す。このときの作成条件は、3元系よりも4元系の方が準結晶ができやすいかどうかを見るために、AlMnSi系で準結晶が単相になる下限の急冷条件（Cu25cmのロールで2500rpm）とした。この表からわかるように、Mnの一部をV、Cr、Nb、Mo、Ruで置換したものは準結晶が得られた。図3に示すX線回折の結果から、V、Crで一部置換した試料は第2相の混在がみられ、3元系とさほど変化はみられないが、Nb、Mo、Ruで一部置換した試料については、単相でかつ3元系よりもピークが強くなっている。又、DSCの結果からMo、Ruで一部置換した試料は、AlMnSi系準結晶の転移温度約500°Cが、それぞれ約600°C、約700°Cと高くなっていて熱的安定性が増していた。但し、X線回折のピーク幅は3元系よりは広がっていた。又、遷移金属を加えたことが格子にどう影響したかをみるために、AlMnSi系準結晶を基準とした格子定数の比を図4に示す。格子定数はX線回折の複数の指数のピーク位置から求め平均した。このように、格子定数は周期律となんらかの関係がありそうで、ゴールドシュミットの原子半径と周期律との関係に定性的に一致している。この結果はDunlap等のAlと第4列遷移金属の2元合金準結晶の結果とも定性的に一致している<sup>3)</sup>。さて、以上作成した準結晶のうちRuで一部置換した試料は熱的安定性が高かったので、組成を変えて準結晶の作成を試みた（表2）。しかし、Mnに対するRuの置換量を増やすと、第2相の混在がみられ単相の準結晶は得られなかった。

表1 Al基4元合金の急冷相（2500rpm）

Al <sub>72</sub> Mn <sub>15</sub> TM <sub>5</sub> Si <sub>8</sub>								
TM	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
相	β	Q.C.+β	Q.C.+β	Q.C.+β	β	β	β	β
TM		Nb	Mo		Ru	Rh	Pd	
相		Q	Q		Q.C.+α	α	α	

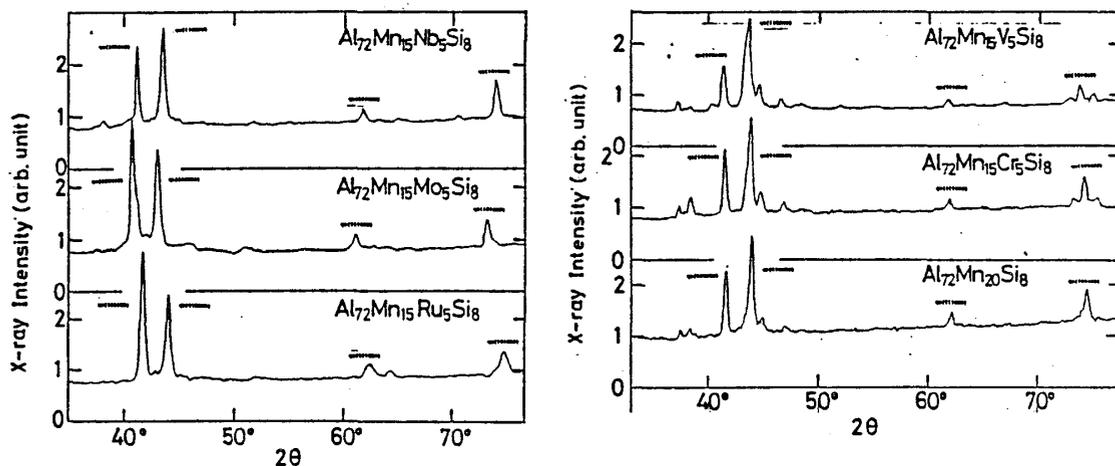


図3 Al基4元系準結晶とAlMnSi3元系準結晶のX線回折パターン

表2 AlMnRuSi合金の急冷相 (2500 rpm)

	Al <sub>72</sub> (MnRu) <sub>20</sub> Si <sub>8</sub>			Al <sub>74</sub> (MnRu) <sub>22</sub> Si <sub>6</sub>		
Ru	5	10	15	5	10	15
Mn	15	10	5	17	12	7
相	Q.C. + α	α + e.c.	α + e.c.	Q.C. + α	Q.C. + Al <sub>13</sub> Ru <sub>4</sub>	Al <sub>13</sub> Ru <sub>4</sub> + ?

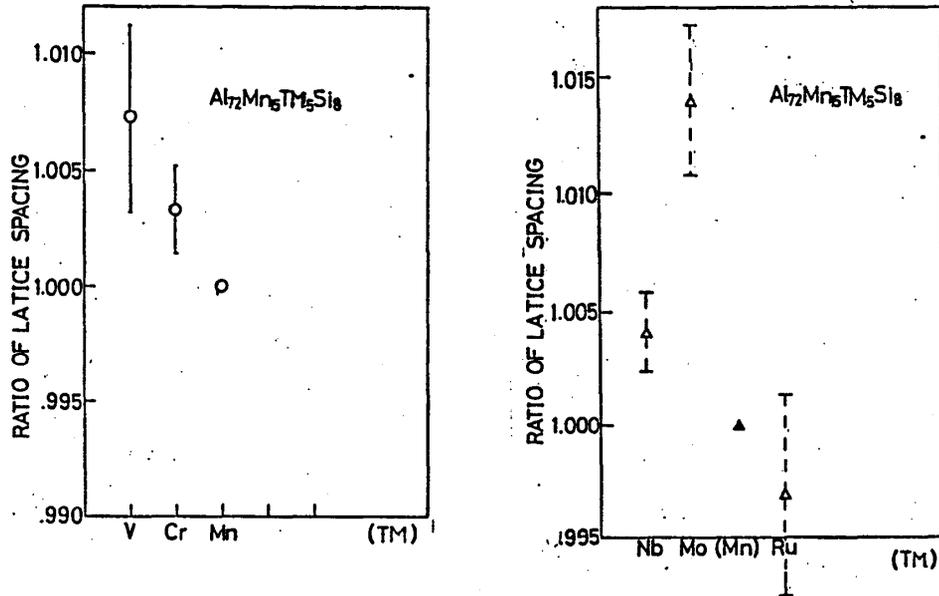


図4 AlMnTMSi4元系準結晶のX線回折のピーク位置から求めた格子定数 (AlMnSi3元系準結晶の格子定数で規格化してある。TMは遷移金属を示す。)

以上結果をまとめると、AlMn、AlV2元系よりもSiを添加したAlMnSi、AlVSi3元系の方が、そしてさらにAlMnSi3元系よりも、MnをMo、Ruで一部置換したAlMnMoSi、AlMnRuSi4元系の方が、単相で欠陥が少なく熱的安定性が高い準結晶が得られた、ということである。そして、Alに対しては同程度の原子半径のSi、同様にMnに対してはMoやRuが置換していると考えられるので、3次元ペンローズパターンのように、実際の系でもサイトの種類は多いと考えられ、AlサイトとMnサイトにおいて最低2種類ずつサイトがあるのではないかと考えられる。

- 1) K. Kimura et al.: J. Phys. Soc. Jpn. 55(1986)534.
- 2) 深道和明 他、日本物理学会秋の分科会予行集(1986)P90,91
- 3) RA. Dunlap et al.: J. Phys. F 55(1986)11.