

工学系学生国際交流基金報告書

派遣者氏名：臼井 慎	
所属専攻・研究室・学年：材料工学専攻 竹山研究室 修士1年	
派遣先大学・専攻： University of Wisconsin-Madison, Department of Material Science and Engineering 受入教員名：Prof. John H. Perepezko	
派遣期間：平成 25年 5月 31日 ～ 平成 25年 8月 28日	
申請カテゴリー： ☐ (C1)SERP ☐ (C2)AOTULE ☐ (C3-a)部局間協定校 ☐ (C3-b)全学協定校 ☐ (C4)その他	
研究（プロジェクト）題目：DTA analysis in TiAl based Alloy	

- ・ 帰国後1か月以内に工学系国際連携室 中村恵子宛（nakamura.k.ba@m.titech.ac.jp）にMS Wordファイルにて提出ください。
- ・ SERPで派遣された場合は、受入教員の評価書も添付して下さい。
- ・ この表紙を含まず、ページ数は2～4ページ以内としてください。
- ・ 研究室や宿舎内の様子の写真、図表、イラスト、滞在中のその他の写真などは挿入可です。ただし、それらを掲載する際には簡単な説明を加えて下さい。
- ・ 提出された報告書は工学系のホームページに掲載する可能性があります。この際、連絡先を除く、氏名・所属も公表します。また、別途、クロニクルへの執筆をお願いすることがあります。

報告書必須記載事項

- ・ 派遣大学の概要（所在地、創立、大学の規模など）
- ・ 所属研究室での研究概要とその経過や成果、課題など
- ・ 所属研究室内外の活動・体験（日常生活・余暇に行った事など）
- ・ 留学先での住居（寮、ホームステイ等）、申し込み方法、ルームメイトなど
- ・ 今回の留学から得られたもの、後輩へのメッセージ、感想、意見、要望

（これより以下に報告を添付して下さい。）

1. Wisconsin 大学 Madison 校についての概要

Wisconsin 大学 Madison 校は, Wisconsin 州 Madison に位置する総合大学である. 創立は 1848 年. Times Higher Education World University Rankings 2012-2013 では世界 31 位の位置を得ている. なお, このランキングでは東工大は 128 位である.

Engineering and Technology 分野では Madison が 41 位, 東工大が 50 位である. 私はその中の Material Science and Engineering Department に留学した. 指導教員は John. H. Perepezko 教授である. Perepezko 教授は 2014 年 1 月に来日し, 環境エネルギー協創教育院 (ACEEES) で講義をする予定である.

2. 留学中の研究内容

2-1. 目的

TiAl 基合金は, 軽量かつ高温強度に優れる耐熱材料である. この材料の適用範囲拡大のためには靱性の向上及び鍛造性の確保が必要不可欠である. 我々はこの 2 点を改善する組織設計指導原理を Ti-Al-M (M: V, Nb, Cr, Mo) 3 元系にて構築し, 実証した. これは, Ti-Al-M 3 元系に存在する特有の反応経路, $\beta + \alpha \rightarrow \alpha + \gamma \rightarrow \beta + \alpha + \gamma$ を用いることで実現された. すなわち, 高温で領変形能に富む β 相を用いて鍛造し, 低温における β 相を靱性向上に役立てる, というものである.

ところで M 元素を複数添加することで高温の $\beta + \alpha$ 領域は 3 元系に比べさらに低下することが明らかとなっている. しかしその複合添加の影響の Al 及び Nb 分率依存性は明らかではない. そこで本研究では, Nb と V を複合添加した試料を用い, その相変態温度が 3 元系に比べどの程度低下するかを検討することを目的として示差熱分析を行った.

2-2. 実験方法

供試合金は Ti-41Al-6Nb-2V 及び Ti-41Al-4Nb-3.6V

(at.%) である. 3 元系状態図から計算した V の Nb 等量は 1.35 であり, これら 2 合金の組成は Ti-41Al-8.8Nb^{eq} と考えられる. 均質化のための熱処理は SiC 炉を用いて 1350 °C/30 min 行った. 熱分析は 1000~1375 °C の温度範囲で, 10 及び 5 °C/min にて行った.

2-3. 結果及び考察

図 1 に 6Nb-2V における熱分析で得られた DTA 曲線を示す. 赤線が 5 °C/min, 黒線が 10 °C/min の昇温時の曲線である. ピークが 1166, 1185, 1209, 1337°C に認められる. 図 2 に, 6Nb-2V の 1220 及び 1200 °C の平衡組織の反射電子像を示す. 白のコントラストが β 相, 灰色が α 相, 1200 °C にのみ認められる黒色が γ 相である. が 6Nb-2V の 1220 °C における平衡組織は $\beta + \alpha$ 2 相であるのに対し, 1200 °C のそれは $\beta + \alpha + \gamma$ 3 相である. 従って, この 1209 °C のピークは $\beta + \alpha \rightarrow \beta + \alpha + \gamma$ 変態温度に対応するものと考えられる. 他のピークに相当する相変態は, まだ組織観察が済んでいないので分からない. 同様の結果が 4Nb-3.6V についても認められた.

これらのピーク温度を, 昇温速度について整理し, 昇温速度が 0 °C/min となるまで外挿した. こ

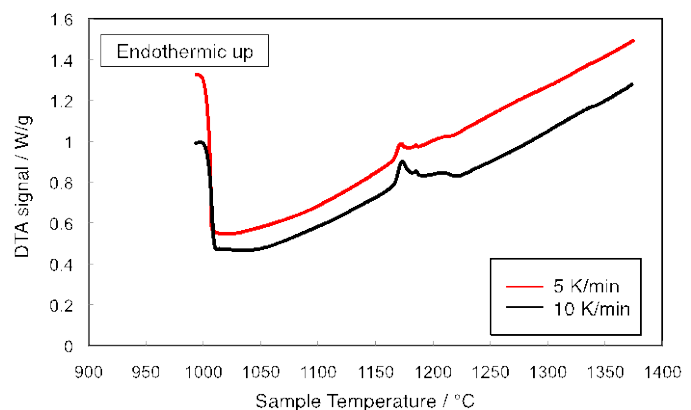


図 1. Ti-41Al-6Nb-2V の DTA 曲線

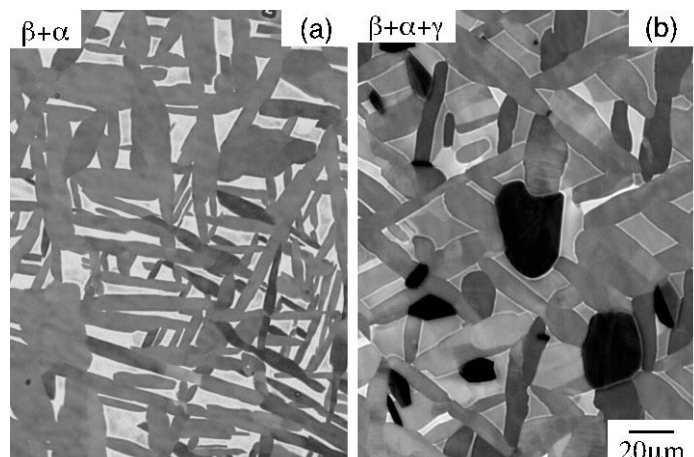


図 2. Ti-41Al-6Nb-2V 平衡化材の BEI, (a)1220 °C (b)1200 °C

の温度は平衡状態図上の相変態温度に対応する。先ほどの $\beta+\alpha$ $\beta+\alpha+\gamma$ 変態温度をそれぞれの試料について求めたところ、6Nb-2V では 1209 °C, 4Nb-3.6V では 1191 °C であった。図 3 に、この温度をもとに予測した 4 元系 Ti-Al-Nb-V の相領域を 3 元系 Ti-Al-Nb の 41Al 等濃度縦断面図上に重ねたものを示す。本合金組成が α 単相域を通過しないことから、 α 単相域は低 Nb 等量側へ縮小すると考えられる。また、相領域の低下の程度は Nb/V 比が 1 に近いほど大きいことが分かった。

2-4. 今後の課題

各ピークがどんな反応に対応するのかを確かめなければならない。そのため、各ピーク温度上下における平衡組織観察を行う。

3. 研究室以外での活動

寮に帰ったあとは、寮の友人達とバスケットボールやトレーニングに行き、夕飯を食べに行き、ビアガーデンに行き、寮の談話室で映画を見て寝る、というのがほとんどだった。ビアガーデンといっても大学敷地内であり、規模こそ違いが東工大でいう第 2 食堂のようなところである。名前は Terrace であり、毎晩大変なにぎわいだった。日替わりのイベントが催され、学生バンドによるライブ、巨大スクリーンに映画を上映するなど毎晩行っても飽きなかった。図 4 に Terrace にて友人と撮影した写真をのせる。左から 3 番目が自分である。プライベートも充実した 3 ヶ月を過ごせた。

休日には、去年竹山研究室に留学に来た友人に会いに行き、Madison を案内してもらった。その他、父親に会いにシカゴに遊びに行ったりもした。

4. 留学先の住居

住居決定までの流れを簡単に説明する。2013 年 4 月末、Perepezko 先生に、寮を探している、という旨の連絡をとった。5 月始めに彼が上述の大学短期寮を紹介してくれ、そこに住めることとなった。大学の敷地内で、研究室まで徒歩 5 分程の立地である。3 ヶ月分の家賃はキャッシュで、到着後払うこととなった。二人部屋であったが、ルームメイトはいなかった。短期寮であるため、基本的には一週間以内の利用者が多い。自分のように 3 ヶ月滞在する人は少なかった。図 4 の写真に映っている人たちは数少ない 1 ヶ月以上の滞在者である。寮への唯一の不満は、キッチンが無かったことである。電子レンジが地下にあるだけで、自分で料理することはできなかった。近くに大きなスーパーがあったにもかかわらず料理ができなかったことは残念だった。

5. 留学を経て得たもの

これは、自信の一言に尽きる。自分の語学力 (TOEIC670 点) ではたしてしっかりと研究することができるだろうか、と不安だったが、蓋を開けてみれば意外となんとかになっていた。スピーキングの訓練に励む必要が多いにあると痛感したが、最低限の意思疎通ができたことは自信につながった。研究面では、学部時代のいろいろなトラブル対応の経験が生きた。実は、7 月終わりまで実験に必要な炉の修理をしていたが、日本でも修理の経験があったため、なんとか乗り越えられた。これも自信につながった。

サポートして下さった東工大及び Madison の皆様、貴重な機会を頂き本当にありがとうございました。
後輩の皆さんも、一生に一度あるかどうかのチャンスなので、チャレンジしてみてください。

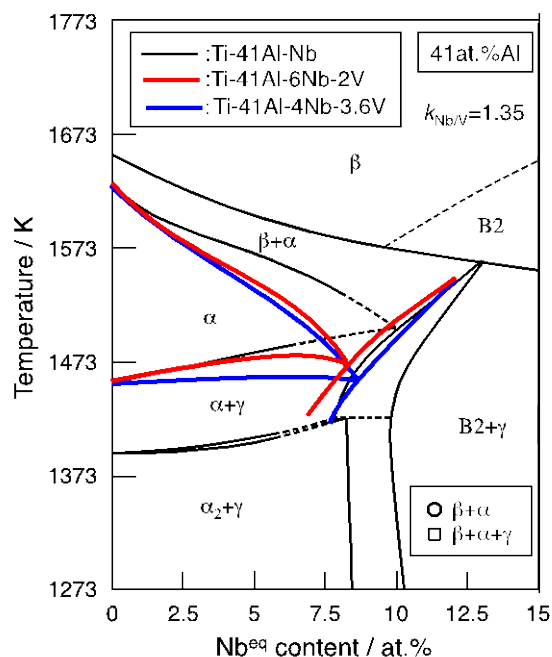


図 3. 3 元系の相領域に 4 元系の相領域を重ねた図



図 4. Terrace での記念写真