

課題番号	GR094
------	-------

## 先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 実施状況報告書(平成 24 年度)

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	タービン燃焼効率改善のための高温用温度感知型変位制御材料の設計
研究機関・ 部局・職名	独立行政法人物質・材料研究機構・環境・エネルギー材料部門先進高温材料ユニット構造機能融合材料グループ・グループリーダー
氏名	御手洗 容子

### 1. 当該年度の研究目的

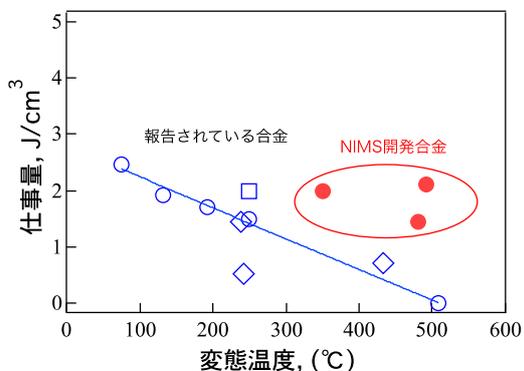
形状回復に有効な元素を明らかにするために、添加元素のスクリーニングを行う。スクリーニング実験では、熱示差分析により変態温度、機械試験(負荷-除荷試験)により歪回復量、高温強度を調べ、適切な変態温度を実現し、かつ大きな形状回復を示す添加元素の探索を行う。また、24年度に新規導入される機械試験機を用いて、温度サイクル試験を行い、形状回復の安定性を評価する。また、高温×線回折により、高温相と低温相の格子定数の温度変化について明らかにし、変態による変態歪み、体積歪みと歪み回復量との関係を明らかにする。これらの結果を踏まえて、高温形状記憶合金として可能性の高い合金組成を絞り込む。

### 2. 研究の実施状況

適切な変態温度、形状回復を示す第三元素のスクリーニングを周期律表の4族から6族の元素を対象に系統的に行った。その結果、形状回復量は4族>5族>6族の順に小さくなり、4族の元素が最も大きな回復量を示すことが明らかとなった。4族の元素について組成依存性を詳細に調べたところ、100%の回復を示す組成を見いだした。前年度見いだした合金は80%程度の回復であったため、大きな進歩であった。添加元素種や組成による形状回復量の違いは、元素添加によるマルテンサイト相と母相の強化、マルテンサイト再配列応力の低下、および変態温度以上に加熱したときに生成する析出物の生成温度の違いによることを明らかにした。特に6族元素を添加すると、形状回復を阻害する析出物が生成しやすくなることをつきとめた。

さらに第4元素の添加により、各相の強度を高いレベルに保ったまま、変態温度を上昇させることに成功し、400°Cから1100°Cの温度範囲で形状回復が可能な合金を見いだした。強度向上に寄与する元素、変態温度向上に寄与する元素など、各元素の役割を明確にし、合金設計指針を確立した。

また、平成24年度は、高温で温度サイクル試験を行うための機械試験装置を新たに設計し、設置した。非接触式二次元画像解析により、これまで難しかった高温での正確な歪み測定が可能となった。この装置を用いて、温度サイクル試験により、形状回復による仕事量を測定した。開発合金の仕事量は、今まで開発されている合金の仕事量よりも大きな値を示すことが見いだされた。(右図)



様式19 別紙1  
3. 研究発表等

<p>雑誌論文 計 12 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計 11 件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. A. Wadood, T. Inamura, Y. Yamabe-Mitarai, H. Hosoda, Strengthening of Ti-6Cr-3Sn alloy through grain refinement, phase precipitation and resulting effects on shape memory properties, Mater. Sci. Eng. A, 559 (2013) 829–835. <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.msea.2012.09.030">http://dx.doi.org/10.1016/j.msea.2012.09.030</a></li> <li>2. A. Wadood, M. Takahashi, S. Takahashi, H. Hosoda, Y. Yamabe-Mitarai, High-temperature mechanical and shape memory properties of TiPt-Zr and TiPt-Ru alloys, Mater. Sci. Eng. A, 564 (2013) 34–41. <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.msea.2012.11.069">http://dx.doi.org/10.1016/j.msea.2012.11.069</a></li> <li>3. A. Wadood, T. Inamura, Y. Yamabe-Mitarai, H. Hosoda, Effect of uniform distribution of phase on mechanical, shape memory and pseudoelastic properties of Ti-6Cr-3Sn alloy, Mater. Sci. Eng. A, 555 (2012) 28–35. <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.msea.2012.06.029">http://dx.doi.org/10.1016/j.msea.2012.06.029</a></li> <li>4. M. Kawakita, M. Takahashi, S. Takahashi, Y. Yamabe-Mitarai, Effect of Zr on phase transformation and high-temperature shape memory effect in TiPd alloys, Mater. Letter, 89 (2012), 336–338. <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2012.07.104">http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2012.07.104</a></li> <li>5. Y. Yamabe-Mitarai, T. Hara, M. Phasha, P. Ngoepe, H. Chikwanda, Phase transformation and crystal structure of IrTi, Intermetallics, 31 (2012) 26–33. <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.intermet.2012.05.016">10.1016/j.intermet.2012.05.016</a></li> <li>6. Y. Yamabe-Mitarai, T. Hara, T. Kitashima, S. Miura, H. Hosoda, Composition dependence of phase transformation behavior and shape memory effect of Ti(Pt, Ir), J. Alloy and Compounds, (2012), doi:10.1016/j.jallcom.2012.02.136</li> <li>7. K. Mawaja, M. Phasha, Y. Yamabe-Mitarai, Alloying and microstructural changes in platinum-titanium milled and annealed powders, J. Alloy and Compounds, 523 (2012), 167–175</li> <li>8. Y. Yamabe-Mitarai, T. Hara, S. Miura, H. Hosoda, Phase transformation and shape memory effect of Ti(Pt, Ir), Metall. Trans. A, 43A (2012) 2901–2911, <a href="http://dx.doi.org/10.1007/s11661-011-0954-y">10.1007/s11661-011-0954-y</a>.</li> <li>9. 御手洗容子, 「高温形状記憶合金」, 金属, 82, 6 (2012) 19–25.</li> <li>10. A. Wadood, M. Takahashi, S. Takahashi, H. Hosoda, Y. Yamabe-Mitarai, Improvement of mechanical and shape memory properties of Ti-50Pt high temperature shape memory alloys by addition of group VI elements, proceeding of TMS 2013 (2013) 949–958.</li> <li>11. A. Wadood, M. Takahashi, S. Takahashi, H. Hosoda, Y. Yamabe-Mitarai, TiPt based shape memory alloys for high temperature materials applications, Proceeding of IBCAST (2013)</li> </ol> <p>(未掲載) 計 1 件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>12. A. Wadood, T. Inamura, Y. Yamabe-Mitarai, H. Hosoda, Comparison of Bond Order, Metal d Orbital Energy Level, Mechanical and Shape Memory Properties of TiCrSn and TiAgSn Alloys, Metall. Trans. in press (2013).</li> </ol>
<p>会議発表 計 16 件</p>	<p>専門家向け 計 16 件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 御手洗容子、原徹、川喜多磨美子、高橋円、高橋聡、細田秀樹、TiPdZr における相変態と形状記憶効果の合金組成依存性、日本金属学会秋期大会(2012)9月18日愛媛大学</li> <li>2. A. Wadood, Y. Yamabe-Mitarai, T. Inamura, H. Hosoda, Analyzing Ti-Cr and Ti-Pt based alloys for room to high temperature applications, 日本金属学会秋期大会(2012)9月18日愛媛大学</li> <li>3. R. Arockiakumar, H. Maheswari, M. Kawakita, Y. Yamabe-Mitarai, M. Takahashi, S. Takahashi, Effects of group IVBm VB and VIB transition elements on the shape memory behavior of Ti-Pd alloys, 日本金属学会秋期大会(2012)9月18日愛媛大学</li> <li>4. 沈炫甫、田原正樹、稲邑朋也、細田秀樹、金高弘、御手洗容子、後藤研滋, AuTi 高温形状記憶合金の変態温度と機械的性質に及ぼす時効の影響、日本金属学会秋期大会(2012)9月18日愛媛大学</li> <li>5. 御手洗容子、R. Arockiakumar, 原徹、高橋円、高橋聡、細田秀樹、TiPdZr 合金の形状記憶特性、日本金属学会春期大会(2013)3月27日東京理科大学</li> <li>6. A. Wadood, M. Takahashi, S. Takahashi, H. Hosoda, Y. Yamabe-Mitarai, High temperature shape memory effect and oxidation behavior of Ti-Au-Zr alloy, 日本金属学会春期大会(2013)3月27日東京理科大学</li> <li>7. R. Arockiakumar, Y. Yamabe-Mitarai, M. Takahashi, S. Takahashi, Effect of Pd content on phase stability and shape memory behavior of Ti-Pd-5x (x=Zr, Hf, V, Nb) shape memory alloys, 日本金属学会春期大会(2013)3月27日東京理科大学</li> <li>8. Y. Yamabe-Mitarai, High temperature shape memory alloys, NIMS conference (2012) 7月5日</li> </ol>

様式19 別紙1

	<p>日、つくば</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>9. R. Arockiakumar, H. Maheswari, M. Kawakita, M. Takahashi, s. Takahashi, Y. Yamabe-Mitarai, Phase transformation behavior of Ti-Pd based ternary shape memory alloys, India- Japan symposium 2012, (2012) 9月21日東京</li> <li>10. A. Wadood, M. Takahashi, S. Takahashi, H. Hosodam Y. Yamabe-Mitarai, TiPt based shape memory alloys for high temperature materials applications, IBCAST, (2013) 1月9日 パキスタン</li> <li>11. Y. Yamabe-Mitarai, Ti base functional and structural materials -high temperature use-, 3rd Workshop on Joint Graduate Program between WUT and NIMS, (2012) 10月16日 Warsaw</li> <li>12. Y. Yamabe-Mitarai, A. Wadood, R. Arockiakumar, M. Takahashi, S. Takahashi, H. Hosoda, Potential of TiPt and TiPd as high-temperature shape memory alloys, Energy Materials conference 2012 (2012) 10月18日 イギリス</li> <li>13. Y. Yamabe-Mitarai, R. Arockiakumar, T. Hara, M. Kawakita, M. Takahashi, s. Takahashi, H. Hosoda, Effect of alloy composition on the phase transformation and the shape memory behavior of TiPd alloys, TMS 2013 (2013)3月5日, San Antonio, USA</li> <li>14. R. Arockiakumar, H. Maheswari, M. Kawakita, M. Takahashi, S. Takahashi, Y. Yamabe-Mitarai, Effect of alloying and hot rooling on the shape memory behavior of Ti-Pd alloys, TMS 2013 (2013)3月5日, San Antonio, USA</li> <li>15. A. Wadood, M. Takahashi, S. Takahashi, H. Hosoda, Y. Yamabe-Mitarai, Improvement of mechanical and shape memory properties of ti-50Pt high temperature shape memory alloys by addition of group IV elements, TMS 2013 (2013)3月5日, San Antonio, USA</li> <li>16. H. Shim, T. Kawamura, M. Tahara, T. Inamura, K. Goto, H. Kanetaka, Y. Yamabe-Mitarai, H. Hosoda, Effect of Cr addition on phase transformation of AuTi and AuTiCo shape memory alloys, TMS 2013 (2013)3月5日, San Antonio, USA</li> </ol> <p>一般向け 計0件</p>
<p>図書</p> <p>計0件</p>	<p>.</p>
<p>産業財産権 出願・取得状 況</p> <p>計1件</p>	<p>(取得済み) 計0件 (出願中) 計1件</p> <p>高温形状記憶合金及びその製造方法:</p> <p>発明者: 御手洗容子、川喜多磨美子、平徳海、原徹、高橋聡、高橋円</p> <p>権利者: 独立行政法人物質・材料研究機構</p> <p>出願番号: PCT/JP2012/067988</p> <p>出願日: 平成24年7月13日</p> <p>国内・国外の別: 国外</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p><a href="http://www.nims.go.jp/group/g_functional-structure-materials/index.html">http://www.nims.go.jp/group/g_functional-structure-materials/index.html</a> NIMS 公式 HP</p> <p><a href="http://www.nims.go.jp/units/high-temp-mat-u/function-structure-mat-g/">http://www.nims.go.jp/units/high-temp-mat-u/function-structure-mat-g/</a> グループ HP</p>
<p>国民との科 学・技術対 話の実施状 況</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. NIMS 一般公開にてポスター発表および簡易実験講座: 2012年4月</li> <li>2. 東北大オープンキャンパスにて高校生向け講座: 2012年7月30日 HPにてビデオ公開</li> <li>3. NIMS ちびっこ博士にて小学生向け実験講座開催: 2012年8月</li> <li>4. アメリカンスクール高校生向け実験講座開催: 2012年9月</li> <li>5. 最先端・次世代プログラム研究者が語る 公開講座 グリーン・ライフイノベーションへの材料研究最前線にて一般向け講座開催: 2012年10月27日 HPにてビデオ公開</li> <li>6. 御手洗容子、吉見享祐、細田秀樹、中野貴由、国民との対話のための公開講演会「グリーン・ライフイノベーションへの材料研究最前線」を開催して、まてりあ, 52, 1, (2013) 32-35.</li> </ol>

様式19 別紙1

新聞・一般雑誌等掲載 計1件	日刊工業新聞 2012年12月3日 1面「物材機構が高温形状記憶合金」
その他	

4. その他特記事項

## 実施状況報告書(平成24年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されます

## 1. 助成金の受領状況(累計)

(単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	71,000,000	38,550,000	17,150,000	15,300,000	0
間接経費	21,300,000	11,565,000	5,145,000	4,590,000	0
合計	92,300,000	50,115,000	22,295,000	19,890,000	0

## 2. 当該年度の収支状況

(単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を除 く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	31,879,107	17,150,000	0	49,029,107	48,963,932	65,175	0
間接経費	0	5,145,000	0	5,145,000	5,145,000	0	0
合計	31,879,107	22,295,000	0	54,174,107	54,108,932	65,175	0

## 3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	35,310,001	高温試験機、研磨治具等
旅費	1,178,903	研究成果発表旅費(TMS会議参加)等
謝金・人件費等	10,715,624	人件費(ポスドク研究員、研究業務員)
その他	1,759,404	学会参加費、装置の修理費等
直接経費計	48,963,932	
間接経費計	5,145,000	
合計	54,108,932	

## 4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能 等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関 名
高温試験機	Shimadzu AG-X	1式	33,495,000	33,495,000	2012/4/27	(独)物質・材料研 究機構
				0		
				0		