

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 2 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26289263

研究課題名(和文)高性能Ni基金属間化合物合金の合金設計と組織制御

研究課題名(英文) Alloy design and microstructure control for high-performance Ni-base intermetallic alloys

研究代表者

金野 泰幸 (Kaneno, Yasuyuki)

大阪府立大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：50214482

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,800,000円

研究成果の概要(和文)：L12結晶構造を有するNi<sub>3</sub>(Si,Ti)金属間化合物、およびL12構造のNi<sub>3</sub>AlとD022構造のNi<sub>3</sub>Vの2相からなる複相金属間化合物(Ni基超々合金)は高温強度に優れるとともに高温耐摩耗性にも秀でている。本研究ではこれらNi基金属間化合物合金の合金設計および組織制御に関する学術基盤の構築を目的に、合金元素添加による組織と機械的特性の変化を調べた。さらに、Ni基超々合金のレーザー肉盛を試み、新規の耐熱耐摩耗表面改質技術適用への展開を図った。

研究成果の概要(英文)：The Ni<sub>3</sub>(Si,Ti) intermetallic alloys with an L12 crystal structure and the dual two-phase Ni<sub>3</sub>Al (L12) / Ni<sub>3</sub>V (D022) intermetallic alloys show excellent strength and hardness properties at elevated temperatures compared with the conventional Ni-base superalloys. To further improve the mechanical properties of these Ni-base intermetallic alloys, it is necessary to acquire knowledge about alloy design and microstructure control. In this study, the effects of addition of alloying elements on microstructure and mechanical properties of the Ni<sub>3</sub>(Si,Ti) and the dual two-phase Ni<sub>3</sub>Al-Ni<sub>3</sub>V intermetallic alloys were investigated. Also, the laser metal deposition method was applied to fabricate the cladding layer with the dual two-phase Ni<sub>3</sub>Al-Ni<sub>3</sub>V microstructure.

研究分野：金属間化合物

キーワード：金属間化合物 合金設計 組織制御 二重複相組織 Ni基超々合金 NST合金 耐熱合金 耐摩耗材料

### 1. 研究開始当初の背景

二酸化炭素削減とあわせて、エネルギー問題は国内外を問わず喫緊の重要課題である。自動車・航空機エンジン、発電機器等に用いられる材料の性能向上はエネルギー利用の効率化・省資源化・環境負荷低減に大きく貢献することから、高性能耐熱材料の開発が強く求められている。申請者の研究グループで開発した  $L1_2$  結晶構造を有する  $Ni_3(Si,Ti)$  基金属間化合物合金 (NST 合金), および  $L1_2$  構造の  $Ni_3Al$  と  $D0_{22}$  構造の  $Ni_3V$  の 2 相からなる複相基金属間化合物 (Ni 基超々合金) は高温強度特性に優れるとともに、高温耐摩耗性にも秀でていることがこれまでの研究で明らかになってきた。両合金とも Ni を主成分として Si あるいは Al を含有することから耐食性や耐酸化性も良好であり、高温あるいは腐食環境下で強度や耐摩耗性を必要とされる部材への適用が期待される。

### 2. 研究の目的

本申請課題ではこれら Ni 基金属間化合物合金の合金設計、組織制御に関する学術基盤の体系化を目指すとともに、本合金を使用した革新的性能を有する製品実用化への展開を図る。具体的には、NST 合金および Ni 基超々合金に対して合金元素添加を行い、組織と機械的性質の変化を調査した。また、耐熱耐摩耗コーティングへの適用に向けて、Ni 基超々合金のレーザ肉盛を試みた。

### 3. 研究の方法

(1) NST 合金の合金化挙動: NST 合金の合金設計・組織制御の基礎的知見を得るために、各種元素を添加した NST 合金の組織と機械的・化学的性質を調査した。

(2)  $Ni_3V$  の合金化挙動: Ni 基超々合金の主要構成相である  $Ni_3V$  の組織と硬さ特性に及ぼす高融点元素 (Mo, W) 元素添加の影響を調査した。

(3) Ni 基超々合金の合金化挙動: Ni 基超々合金の組織と機械的性質に及ぼす高融点元素 (Mo, W) 添加の影響を調べた。

(4) Ni 基超々合金のレーザ肉盛: 耐熱耐摩耗表面改質技術への適用可否を調べるために、Ni 基超々合金のレーザ肉盛を試みた。

### 4. 研究成果

#### (1) NST 合金の合金化挙動

NST 合金の合金設計・組織制御に関して、Mn、Fe、Ge、Mo、Ru、Sn 添加による組織および機械的性質の影響を調べた。添加量はいずれの元素も 2 at.% とし、Ni、Si、Ti のいずれかを減じて添加した合金試料をアーク溶解で作製し、1050 °C/48h の均質化熱処理を行った。以下、試料名は 2Mo(Ni) などのように、添加元素とそれに続く括弧書きの減じた元素で表記している。SEM 観察および XRD 分析の結果、作製した合金は、(i)  $L1_2$  単相組織、または (ii)  $L1_2$  相と Al (fcc) Ni

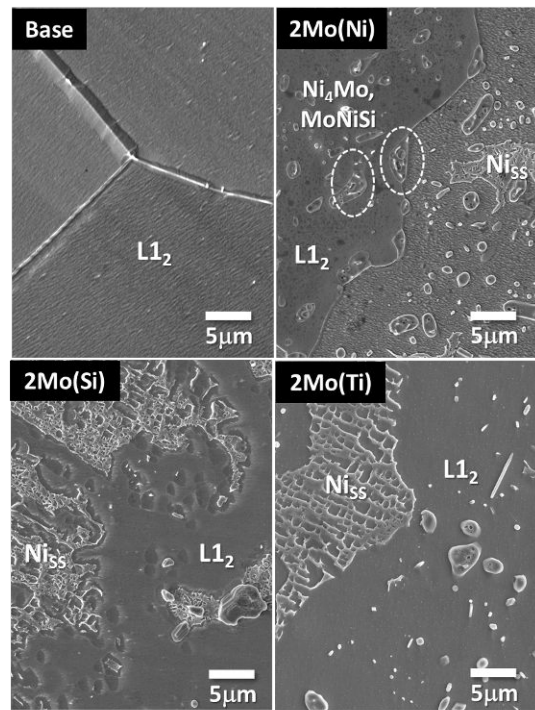


図1 基本組成 (無添加) NST 合金 (Base) と 2at.%Mo を添加 NST 合金の SEM (SEI) 写真

固溶体相から成る 2 相組織のいずれかを呈した。Mo を添加した場合にのみ、(iii)  $L1_2$ 、Al (fcc)、 $Ni_4Mo$ 、 $MoNiSi$  の 4 相から成る組織を呈した (図 1)。Mo 添加合金では、減じる (置換する) 元素によらず、( $L1_2$ +Ni 固溶体) 2 相組織の Ni 固溶体相中に微細な  $L1_2$  相粒子の形成する特異な微細組織が確認された。Mo 添加合金のアーク溶解ままの試料を観察したところ、この Ni 固溶体相中の微細  $L1_2$  粒子が確認されたので、Mo 添加合金で生じる特異な微細組織は (均質化) 熱処理の固相反応で生じたものではなく、凝固時に形成されていたことが判明した。硬さ試験および引張試験の結果、添加元素の種類によらず、Ni を減じて添加した場合に最も大きな硬

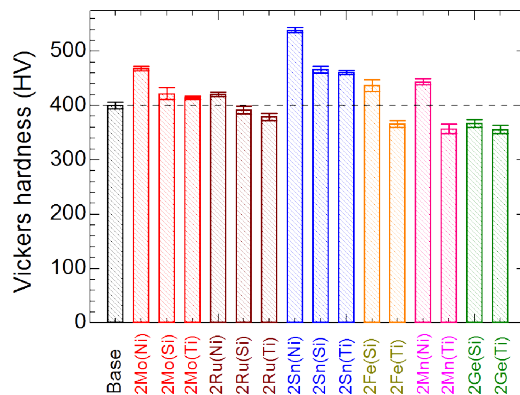


図2 基本組成 (無添加) NST 合金 (Base) と 2at.% の種々の元素を添加した NST 合金の室温ピッカース硬さ

化（あるいは強化）を示した（図2）。特に、Niを減じて2 at.%のSnを添加した合金では第4元素を添加していない基本組成合金（約400HV）に比べて140HV程度の大きな硬化を示した。一方、引張強度はNiを減じて2 at.%のMoを添加した合金で最大となった。引張伸び（延性）については、L1<sub>2</sub>単相組織に比べて（L1<sub>2</sub>+Ni固溶体）2相組織合金の方が総じて高い値を示し、高温（600℃）においてはNi固溶体相により粒界破壊が抑制されて基本組成合金よりも高温延性が向上した。900℃ - 48hの大気中酸化試験の結果、L1<sub>2</sub>単相組織を示す合金は基本組成合金とほぼ同等の酸化増量を示したが、Ni固溶体相を含む2相組織合金では逆に耐酸化性は低下することがわかった。

### (2) Ni<sub>3</sub>Vの合金化挙動

Ni-Al-V系のNi基超々合金の二重複相組織を構成するNi<sub>3</sub>V（D0<sub>22</sub>）は、強化相としての役割を担う重要な構成相である。そこで、Ni基超々合金の合金設計ならびに組織制御を行うための基礎的知見となるNi<sub>3</sub>Vの合金化挙動を調べた。添加元素には後述のNi基超々合金において顕著な析出硬化が認められるMoとWを取り上げた（図3）。

Ni<sub>3</sub>VのNiを減じてMoを添加する場合、固溶限（約2at.%）を越えるとbcc固溶体相である（Mo,V）<sub>SS</sub>が出現し、硬さが大きく上昇した。Vを減じた場合では、固溶限の3at.%を越えるとMoNi(δ)が析出したが、この場合は硬さの変化はほとんど生じなかった。したがって、規則化したNi<sub>3</sub>VにおけるMoの固溶限はおおよそ2~3at.%であり、（Mo,V）<sub>SS</sub>の固溶体相が出現すると硬さが上昇することがわかった。

一方、Ni<sub>3</sub>VにWを添加した場合には、Wの固溶範囲はNi置換では1 at.%以下、V置換では4 at.%以下であり、Vと置換しやすい。固溶限を超えると、粗大な析出物と微細な析出物が生じ、高温で生じた粗大な析出物はNi置換合金、V置換合金ともにW固溶体相であった。低温で生じた微細な析出物はNi

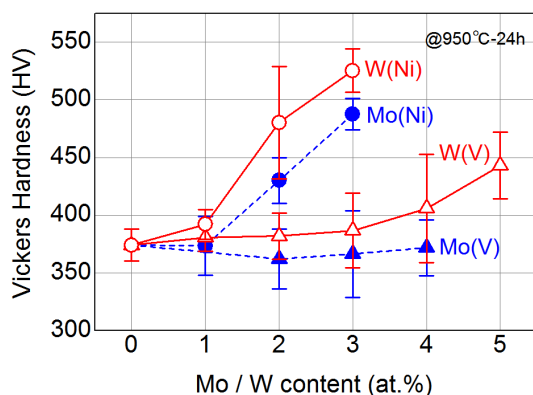


図3 MoまたはWを添加したNi<sub>3</sub>V（Ni<sub>75</sub>V<sub>25</sub>）を950℃で24h熱処理した後のビッカース硬さ

置換合金ではW固溶体相、V置換合金ではNiW化合物相であった。Moと比べて、総じてWを添加した合金の方が硬さは高い値を示した。

Ni<sub>3</sub>Vを不規則温度領域である1200℃に加熱して冷却するとラメラ（バリエント）組織が形成されて、著しく硬さが上昇することが明らかにされている。硬さへの影響は、この母相のラメラ組織による強化が最も大きく、次に析出強化、固溶強化の順に大きくなることが明らかとなった。

### (3) Ni基超々合金の合金化挙動

Ni基超々合金（Ni-Al-V系合金）にWやMo添加すると2重複相組織中に析出が生じ、強度や硬さが増加する（図4）。この時効硬化現象について、詳細な組織観察を行った。その結果、W、Moは高温相であるA1（fcc）相（Ni固溶体相）中には固溶するが、温度低下により析出あるいは分解（共析変態）反応によって生じるL1<sub>2</sub>相（Ni<sub>3</sub>Al）やD0<sub>22</sub>相（Ni<sub>3</sub>V）の金属間化合物相にはほとんど固溶しない。このため、W、Moは2重複相組織のチャンネル部にW-richあるいはMo-richな第3相として析出する。チャンネル部に微細に形成する析出物は正方晶構造のNi<sub>4</sub>Wと、bcc構

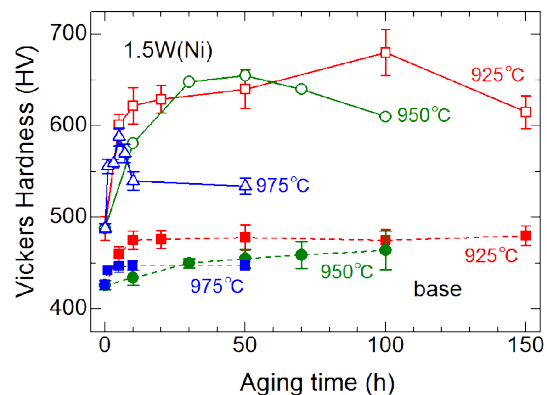


図4 基本組成Ni<sub>75</sub>Al<sub>10</sub>V<sub>15</sub>（base）とNiを減じて1.5 at.%Wを添加した1.5W(Ni)合金を1280℃-5hの均質化熱処理後に、925、950、975℃で時効処理したときのビッカース硬さ変化

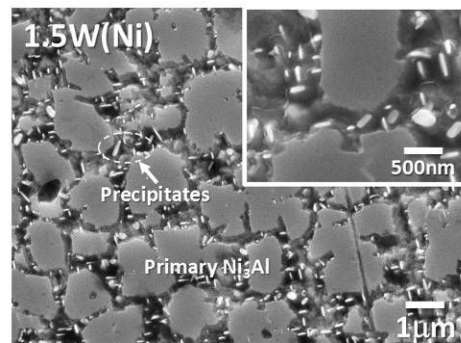


図5 975℃で50h時効熱処理を行った1.5W(Ni)合金のSEM（SEI）写真

造の Mo 固溶体相と同定された。また、こうした析出硬化は Ni を減じて W、Mo を添加した合金で生じた (図 5)。Ni-Al-V 系に Nb を添加した Ni 基超々合金では、Nb が金属間化合物相を安定化するため、W および Mo の析出が助長された。W および Mo とともに、顕著な固溶強化 (硬化) に加えて析出硬化も起こり、600HV を越えるピッカース硬さを示すことから、高温耐摩耗性を必要とする高温工具や金型等への適用において効果を発揮するものと期待される。

#### (4) Ni 基超々合金のレーザ肉盛

新規の耐熱・耐摩耗表面改質技術への適用を目的に、SUS304 基材上にレーザ肉盛によって Ni 基超々合金コーティング層作製を試みた。その結果、レーザ加工条件を適切化することで、基材との密着性に優れた健全コーティング層の作製が可能であることが分かった (図 6)。肉盛相中には基材からの希釈によって混入した約 5.4 at.% の Fe と約 1.6 at.% の Cr を含有していた。肉盛ままでは凝固組織を示し、肉盛層の硬さはおよそ 400HV であった。1280 で熱処理を行うと二重複相組織が形成し (図 7)、共析温度以下の 975 で熱処理を行うと Ni<sub>3</sub>Al と Ni<sub>3</sub>V からなるラメラ組織が形成し (図 8)、硬さは 450HV ~ 500HV に上昇した。

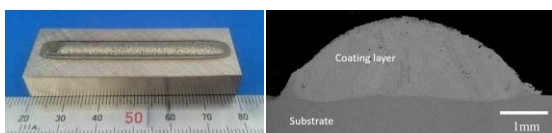


図 6 Ni 基超々合金肉盛の外観と断面写真

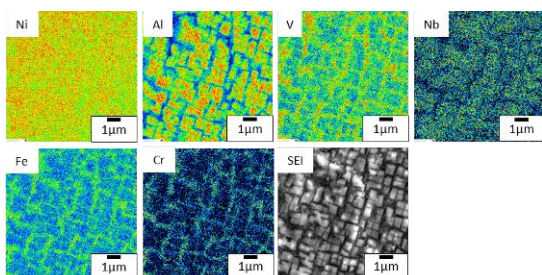


図 7 1280 で熱処理した肉盛層の EPMA 元素マップ

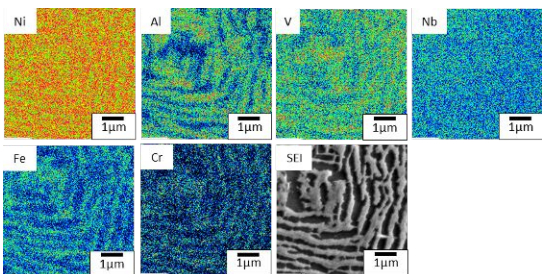


図 8 975 で熱処理した肉盛層の EPMA 元素マップ

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 10 件)

- 1) Y. Hamada, N. Kuroyanagi, Y. Kaneno, T. Takasugi, Microstructure and mechanical properties of dual two-phase Ni<sub>3</sub>Al-Ni<sub>3</sub>V intermetallic alloys charged with carbon, Journal of Materials Research, **31**, (2016), 1711-1722, 査読有, 10.1557/jmr.2016.153
- 2) D. Edatsugi, Y. Kaneno, S. Semboshi, T. Takasugi, Fine Precipitation in the Channel Region of Two-Phase Ni<sub>3</sub>Al and Ni<sub>3</sub>V Intermetallic Alloys Containing Mo and W, Metallurgical and Materials Transactions A, **43**, (2016), 998-1008, 査読有, 10.1007/s11661-015-3297-2
- 3) Y. Hamada, Y. Kaneno, T. Takasugi, Effect of Si addition on microstructure and mechanical properties of dual two-phase Ni<sub>3</sub>Al and Ni<sub>3</sub>V intermetallic alloys, Materials Transaction, **57**, (2016), 631-638, 査読有, 10.2320/matertrans.M2015436
- 4) 千星 聡, 金野泰幸, 高杉隆幸, 二重複相 Ni<sub>3</sub>Al-Ni<sub>3</sub>V 金属間化合物合金におけるナノヘテロ微細組織, までりあ, **12**, (2016), 604, 査読有, 10.2320/materia.55.604
- 5) T. Moronaga, Y. Kaneno, S. Semboshi, T. Takasugi, Microstructural stability and age-hardening behavior of Re-added dual two-phase Ni<sub>3</sub>Al and Ni<sub>3</sub>V intermetallic alloys, Philosophical Magazine, **95**, (2015), 3859-3875, 査読有, 10.1080/14786435.2015.1108526
- 6) S. Semboshi, H. Tsuda, Y. Kaneno, A. Iwase, T. Takasugi, Thermal conductivity of Ni<sub>3</sub>V-Ni<sub>3</sub>Al pseudo-binary alloy, Intermetallics, **59**, (2015), 1-7, 査読有 doi:10.1016/j.intermet.2014.12.006
- 7) T. Oka, Y. Kaneno, S. Semboshi, R. Nakamura and T. Takasugi, Anomalous hardening and microstructural evolution accompanied by reordering and restoring of plastically deformed Co<sub>3</sub>Ti, Materials Science & Engineering A, **620**, (2015), 411-419, 査読有, doi:10.1016/j.msea.2014.10.035
- 8) T. Oka, Y. Kaneno, S. Semboshi, R. Nakamura, T. Takasugi, Anomalous hardening and microstructural evolution accompanied by reordering and restoring of plastically deformed Co<sub>3</sub>Ti, Materials Science and Engineering A, **620**, (2015), 411-419, 査読有, 10.1016/j.msea.2014.10.035
- 9) T. Hashimoto, T. Moronaga, Y. Kaneno, T. Takasugi, V content reduced dual two-phase Ni<sub>3</sub>Al-Ni<sub>3</sub>V intermetallic alloys, Materials Science & Engineering A, **596**, (2014),

207-215, 査読有,  
doi:10.1016/j.msea.2013.12.045

- 10) A. Hashimoto, Y. Kaneno, S. Semboshi, T. Takasugi, Anomalous hardening behavior accompanied by reordering of plastically deformed Ni<sub>3</sub>(Si,Ti) intermetallic alloy, *Materials Science & Engineering A*, **610**, (2014), 228-236, 査読有,  
doi:10.1016/j.msea.2014.05.036

〔学会発表〕(計 20 件)

- 1) 萩澤武仁, 高橋史生, 梶川耕司, 金野泰幸, 高杉隆幸, Ni<sub>3</sub>(Si,Ti)基金属間化合物 鑄造材のクリープ特性, 2017 年春期日本金属学会, 2017 年 03 月 15 日 ~ 2017 年 03 月 17 日, 首都大学東京(東京都・八王子市)
- 2) 金野泰幸, 高温での強度と硬さ特性に優れた Ni 基二重複相金属間化合物合金の特性と製造プロセス, JST オープンイノベーションフェア WEST2017 ~ 関西発 大学技術シーズ見本市 ~, 2017 年 02 月 07 日 ~ 2017 年 02 月 08 日, グランフロント大阪(大阪府・大阪市)
- 3) 金野泰幸, 高温での強度と硬さ特性に優れた Ni 基新合金の基本特性, 大阪府大・産技研 共同研究成果セミナー「高温強度に優れた次世代耐熱合金の開発と製品応用へのアプローチ ~ 次世代の産業を担う新材料・プロセス技術 ~」, 2017 年 01 月 18 日, 堺市産業振興センター(大阪府・堺市).
- 4) Y. Kaneno, A. Uekami, D. Edatsugi, S. Semboshi, T. Takasugi, Microstructural Evolution and Hardening During Aging of Ni<sub>3</sub>Al and Ni<sub>3</sub>V Two-Phase Intermetallic Alloys Containing Refractory Metals, 2016 MRS Fall Meeting (国際学会), 2016 年 11 月 27 日 ~ 2016 年 12 月 02 日, the Hynes Convention Center, Boston (USA).
- 5) S. Semboshi, T. Takeuchi, Y. Kaneno, A. Iwase, T. Takasugi, Influence of microstructure and composition on thermal conductivity for Ni-Ni<sub>3</sub>V-Ni<sub>3</sub>Al pseudo ternary system, 2016 MRS Fall Meeting(国際学会), 2016 年 11 月 27 日 ~ 2016 年 12 月 02 日, the Hynes Convention Center, Boston (USA).
- 6) Y. Kaneno, Y. Hamada, T. Takasugi, Effect of C addition on microstructure and mechanical properties of dual Two-Phase Ni<sub>3</sub>Al and Ni<sub>3</sub>V intermetallic alloys, The 9th Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processing (PRICM 9) (国際学会), 2016 年 08 月 01 日 ~ 2016 年 08 月 05 日, Kyoto International Conference Center, Kyoto (Japan).
- 7) 金野泰幸, 熱間工具用 Ni 基金属間化合物合金の開発, 素形材技術セミナー「鍛

造関連技術の最新情報」(招待講演), 2016 年 09 月 29 日, ウィンクあいち(愛知県・名古屋市).

- 8) 萩澤武仁, 高橋史生, 梶川耕司, 金野泰幸, 高杉隆幸, Ni 固溶体相を含む Ni<sub>3</sub>(Si,Ti)鑄造材の高温変形に伴う組織変化, 2016 年秋期日本金属学会, 2016 年 09 月 21 日 ~ 2016 年 09 月 23 日, 大阪大学(大阪府・豊中市).
- 9) 金野泰幸, 高温での強度・硬さ特性に優れたニッケル基金属間化合物合金, りそなグループ技術懇親会「次世代ものづくりソリューション —先進的要素技術と研究シーズの紹介—」, 2016 年 07 月 19 日, I-site なんば(大阪府・大阪市).
- 10) 萩澤武仁, 高橋史生, 田中慎二, 金野泰幸, 高杉隆幸, Mo 添加 Ni<sub>3</sub>(Si,Ti)冷延板の熱処理による硬さと組織の変化, 日本金属学会 2016 年春期講演大会, 2016 年 03 月 23 日 ~ 2016 年 03 月 25 日, 東京理科大学葛飾キャンパス(東京都・葛飾区).
- 11) 萩澤武仁, 田中慎二, 高橋史生, 金野泰幸, 高杉隆幸, Ni<sub>3</sub>(Si,Ti)基金属間化合物の凝固組織, 日本金属学会 2015 年秋期講演大会, 2015 年 09 月 16 日 ~ 2015 年 09 月 18 日, 九州大学伊都キャンパス(福岡県・福岡市).
- 12) 金野泰幸, 高温での強度・耐摩耗性に優れた新しい Ni 基金属間化合物合金, 科学技術振興機構・新エネルギー・産業総合開発機構 イノベーション・ジャパン 2015, 2015 年 08 月 25 日 ~ 2015 年 08 月 26 日, 東京ビッグサイト(東京都・江東区).
- 13) 金野泰幸, 構造材料および機能材料としての Ni 基金属間化合物合金の展開, 日本金属学会 中国四国支部 本多光太郎記念講演(招待講演), 2015 年 08 月 20 日 ~ 2015 年 08 月 20 日, 広島工業大学(広島県・広島市).
- 14) T. Takasugi, Y. Kaneno, S. Semboshi, Strengthening enhanced by alloying in dual two-phase Ni<sub>3</sub>Al and Ni<sub>3</sub>V intermetallic alloys., *Advanced High-temperature Materials Technology for Sustainable and Reliable Power Engineering* (123HiMAT-2015)(招待講演)(国際学会), 2015 年 06 月 29 日 ~ 2015 年 07 月 03 日, 北海道大学(北海道・札幌市)
- 15) 萩澤武仁, 斑目広和, 田中慎二, 金野泰幸, 高杉隆幸, Nb を添加した Ni<sub>3</sub>(Si,Ti)の高温変形挙動に及ぼす晶出物の影響, 日本金属学会 2015 年春期(第 156 回)講演大会, 2015 年 03 月 18 日 ~ 2015 年 03 月 20 日, 東京大学(東京)
- 16) 高杉隆幸, 金野泰幸, Ni 基超々合金のチャンネル領域での微細析出組織形成, 日本金属学会 2015 年春期(第 156 回)講演大会, 2015 年 03 月 18 日 ~ 2015 年 03

- 月 20 日, 東京大学 (東京).
- 17) Y. Kaneno, N. Kuroyanagi, S. Oki, S. Semboshi, H. Numakura, T. Takasugi, Fabrication and Characterization of Ni Base Dual Two-Phase Intermetallic Coatings Fabricated by Low-Pressure Plasma Spraying, 2014 MRS Fall Meeting, 2014 年 11 月 30 日 ~ 2014 年 12 月 05 日, Boston (USA).
- 18) S. Semboshi, H. Tsuda, Y. Kaneno, A. Iwase, T. Takasugi, Relationship between Thermal Conductivity and Microstructure of Ni<sub>3</sub>V-Ni<sub>3</sub>Al Pseudo Binary System, 2014 MRS Fall Meeting, 2014 年 11 月 30 日 ~ 2014 年 12 月 05 日, Boston (USA).
- 19) 金野泰幸, 黒柳尚隆, 沼倉 宏, 高杉隆幸, 千星 聡, 沖 幸男, プラズマ溶射した Ni 基超々合金コーティング皮膜の熱処理による組織変化, 日本金属学会 2014 年秋期 (第 155 回) 講演大会, 2014 年 09 月 24 日 ~ 2014 年 09 月 26 日, 名古屋大学 (愛知県・名古屋市).
- 20) 萩澤武仁, 斑目広和, 田中慎二, 金野泰幸, 高杉隆幸, Mo 添加 Ni<sub>3</sub>(Si,Ti) 合金の高ひずみ速度条件下における高温材料特性, 日本金属学会 2014 年秋期 (第 155 回) 講演大会, 2014 年 09 月 24 日 ~ 2014 年 09 月 26 日, 名古屋大学 (愛知県・名古屋市).

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 6 件)

- 1)  
名称: Ni 基金属間化合物合金及びその製造方法  
発明者: 長尾憲樹, 菊池雄介, 林 祐宏, 高杉隆幸, 金野泰幸  
権利者: 本田技研工業, 大阪府立大学  
種類: 特許  
番号: 特願 2017-034735  
出願年月日: 2017 年 02 月 27 日  
国内外の別: 国内
- 2)  
名称: 金属部材及びクラッド層の製造方法  
発明者: 金野泰幸, 高杉隆幸, 山口拓人, 萩野秀樹  
権利者: 大阪府立大学, 大阪産業技術研究所  
種類: 特許  
番号: 特願 2017-032297  
出願年月日: 2017 年 02 月 23 日  
国内外の別: 国内
- 3)  
名称: 熱間鍛造用金型、熱間鍛造装置、及び熱間鍛造用金型の製造方法  
発明者: 佐伯知哉, 金野泰幸, 高杉隆幸, 佃 市三  
権利者: ハイテン工業, 大阪府立大学

- 種類: 特許  
番号: 特願 2017-017938  
出願年月日: 2017 年 02 月 02 日  
国内外の別: 国内
- 4)  
名称: 金属間化合物合金、金属部材及びクラッド層の製造方法  
発明者: 金野泰幸, 高杉隆幸, 山口拓人, 萩野英樹  
権利者: 大阪府立大学, 大阪府立産業技術総合研究所  
種類: 特許  
番号: 特願 2016-040322 号  
出願年月日: 2016 年 03 月 02 日  
国内外の別: 国内
- 5)  
名称: Mo 添加 Ni 基金属間化合物合金及びその製造方法  
発明者: 菊池雄介, 林祐宏, 高杉隆幸, 金野泰幸  
権利者: 本田技術工業, 大阪府立大学  
種類: 特許  
番号: 特願 2015-041102  
出願年月日: 2015 年 03 月 03 日  
国内外の別: 国内
- 6)  
名称: Ni 基金属間化合物合金及びその製造方法  
発明者: 菊池雄介, 林祐宏, 高杉隆幸, 金野泰幸  
権利者: 本田技術工業, 大阪府立大学  
種類: 特許  
番号: 特願 2014-236973  
出願年月日: 2014 年 11 月 21 日  
国内外の別: 国内
- 取得状況 (計 0 件)
6. 研究組織
- (1)研究代表者  
金野 泰幸 (KANENO Yasuyuki)  
大阪府立大学・工学研究科・教授  
研究者番号: 50214482
- (2)研究分担者  
該当者無し
- (3)連携研究者  
高杉 隆幸 (TAKASUGI Takayuki)  
大阪府立大学・工学研究科・特認教授  
研究者番号: 20108568  
千星 聡 (SEMBOSHI Satoshi)  
東北大学・金属材料研究所・准教授  
研究者番号: 00364026  
山口 拓人 (YAMAGUCHI Takuto)  
大阪府立産業技術総合研究所・加工成形科・主任研究員  
研究者番号: 20530041
- (4)研究協力者  
萩澤武仁 (HAGISAWA Takehito)