

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 4月18日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究（S）

研究期間：2007～2011

課題番号：19106012

研究課題名（和文） 新機能Co基合金—その相安定性と工業材料への展開—

研究課題名（英文） New Functional Co-base Alloys
-Phase stability and Its Industrial Applications-

研究代表者 石田 清仁

(ISHIDA KIYOHITO)

東北大学・大学院工学研究科・名誉教授

研究者番号：20151368

研究成果の概要（和文）：Co基合金の状態図について実験ならびにCalphad法による熱力学解析を行い、Co基熱力学・状態図データベースを世界に先駆けて構築した。このデータベースを基に新しいL1₂化合物γ相Co₃(Al, W)を利用したCo基スーパーアロイの合金設計を行い、800℃で10万時間のクリープ推定強度が100MPa以上を期待できる鍛造用合金を開発し、また鍛造合金の応用としてFSW（摩擦攪拌接合）用ツールに適用し、商品化に成功した。また磁性材料としてCo基磁気材料としてCo-W基合金薄膜とCo基ヘイスラー合金が磁気記録材およびスピントロニクスとして有望である事を示した。さらに生体材料としてCo-Al基合金のγ(fcc)/β(B2)層状組織を利用したポーラス化を行ない、そのための最適組成、熱処理条件を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：Thermodynamic database on Co-base alloys has been constructed based on the experimental determinations and thermodynamic assessments by Calphad (Calculation of Phase Diagrams) approach. Using this database, a new type of Co-base superalloys strengthened by the L1₂ compound of γ' Co₃(Al, W) phase has been designed. The developed wrought Co-base superalloy shows the expected creep strength of 100MPa at 800 °C for 10⁵ hours, while the cast Co-base superalloy has been applied to the FSW (Friction Stir Welding) tool for practical use. It is shown that the Co-W thin film and Co-based Heusler alloys are attracted for magnetic recording media and spin electronics, respectively. Furthermore, the optimum conditions for compositions and heat treatment to form porous structure on the surface to develop drug eluting stent have been obtained by microstructural control of γ(fcc)/β(B2) lamellar structure of Co-Al-based alloys.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	27,400,000	8,220,000	35,620,000
2008年度	14,400,000	4,320,000	18,720,000
2009年度	14,400,000	4,320,000	18,720,000
2010年度	14,400,000	4,320,000	18,720,000
2011年度	14,400,000	4,320,000	18,720,000
総計	85,000,000	25,500,000	110,500,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学・構造・機能材料

キーワード：新機能材料、状態図、熱力学データベース、耐熱合金、磁気記録媒体、生体材料

1. 研究開始当初の背景

Co基合金は耐熱・耐食材料や磁性材料、さらに生体材料として広く使用されてお

り、構造及び機能材料として実用的に重要であるが、その合金設計を行う為の最も基本となる状態図についての研究が他

の合金系に比べ非常に少ない。

2. 研究の目的

(1) Co 基合金の状態図について実験ならびに熱力学的解析を行い Co 基熱力学・状態図データベースを世界に先駆けて構築する。

(2) 本研究グループが初めて見出した $L1_2$ 構造の金属間化合物 γ' 相 $Co_3(Al, W)$ を分散させた Co 基合金について、組織設計のための基礎データを採取するとともに高温特性を調査し、高温強度に優れた超耐熱合金を開発するための基礎研究を行う。

(3) Co-Cr、Co-Mo、Co-W 各系をベースに 2 相分離挙動と磁気特性について調査するとともに更に記録密度の高い Co 基薄膜の作製に挑戦する。

(4) Co 基合金の表面に微細な凹凸を有するポーラス合金を作製し、薬剤を塗布した血管拡張用ドラッグステントを開発するための組織制御とその作成法について研究する。

3. 研究の方法

(1) Co 基合金の 2 元系及び 3 元系の状態図を実験的に決定し、その結果を CALPHAD 法による熱力学的解析を行い、データベースを構築する。

(2) Co 基合金の γ' 相によって強化した鍛造用および鋳造用合金を設計しクリープ特性を始め各種高温特性を調査する。

(3) Co-Cr、Co-Mo、Co-W 基薄膜を作製し、磁気記録媒体を支配する組織因子を明らかにする。また、Co 基ホイスラー合金の磁気特性についても調査する。

(4) γ/β 層状組織を表面に形成するための組成及び熱処理法案について検討する。

4. 研究成果

(1) Co 基状態図データベースの構築

Co-W、Co-Mo の各 2 元系、及び各種 Co-W-X 3 元系、Co-Mo-X 各 3 元系を EPMA や DSC 等を用いて実験的に決定した。さらに Co-W-Ge、Co-W-Ta、Co-W-Nb、Co-Mo-Al、Co-Al-Ta において準安定 γ' 相 ($L1_2$ 構造) を発見した。

以上の実験状態図を基に CALPHAD 法による熱力学解析を行い、Co-Ni-Al-W-Cr-(Ta)系が計算可能となった。

(2) Co 基スーパーアロイの研究

Co-Al-W 3 元系における基礎特性として、状態図情報に基づいて設計した γ' 体積分率を変化させた合金で高温強度特性や γ' 相の固溶度線、格子定数と格子整合性を明らかにした。Co-Al-W 合金は図 1 に示すように強度の逆温度依存性を示し、特により高温域で Ni 基超合金を超える高い高温強度が得られた。また粒界強化のために C、B、Hf、Zr のマイクロアロイニング効果を調査し、適量の B、C の添

加が劇的に粒界強度を向上させ、脆性破壊を延性破壊へと遷移させることに成功した。これらの結果およびデータベースを利用して鍛造温度の $1100\sim 1250^\circ\text{C}$ では、 γ' 相の体積分率を低くして熱間加工が可能のように、また使用温度の $700\sim 800^\circ\text{C}$ では γ' 相の体積分率を多くして高強度を保持できるような合金設計を行った。その結果、 800°C で 10 万時間におけるクリープ強度 100MPa が期待できる鍛造用 Co 基スーパーアロイを開発する事ができた (図 2)。また鋳造用耐熱合金として FSW (摩擦攪拌接合) 用ツール材を開発し、図 3 に示すように従来 FSW が困難であった Ti 合金を始め、低合金鋼や Cu 合金の FSW のツール材として極めて優れている事を確認するとともに商品化に成功した。

(3) Co 基磁気記録媒体の研究

Co-W 合金薄膜について、磁気異方性に及ぼす RuCr バッファ層の影響について調査した。RuCr バッファ層の格子定数は Cr の増加に伴い減少することが分かった。磁気異方性は図 4 に示すように格子定数比 c/a と強い相関があり、 c/a の低下に伴い hcp-Co の磁気異方性定数 K_u は 10^6 J/m^3 のオーダーまで増大し Co-Pt および Co-Pd 薄膜についても同様な傾向を示すことが判った。またハーフメタル型の Co 基 Co_2YZ ($Y=\text{Cr, Mn}; Z=\text{Al, Ga, Si}$) ホイスラー合金の磁化の温度変化を精密に測定した。その結果、これらの合金のスピนว波分散係数はキュリー温度と線形関係を示し、局在的モデルで議論できる事がわかった。

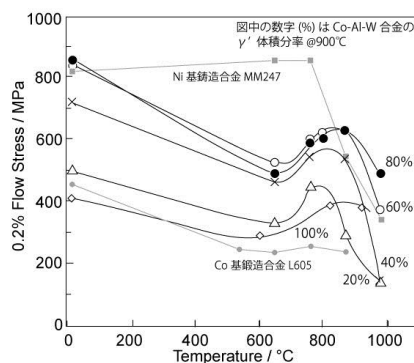


図 1 Co-Al-W 合金の高温強度

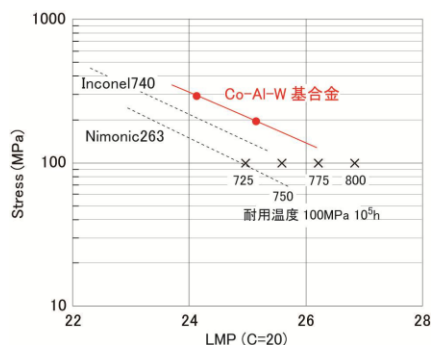


図 2 鍛造用 Co 基合金のクリープ強度



図3 FSWしたTi合金とCo合金ツールの試験前後の外観

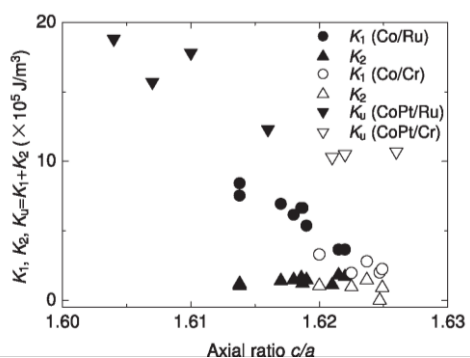


図4 結晶磁気異方性と講師定数化 c/a との関係

(4) Co 基生体用ポーラス材料の研究

Co-Al系合金で得られる γ/β 層状組織を利用した生体用ポーラス材料の研究として、組成や熱処理条件、Cr、Ni等の添加元素がマイクロ組織に及ぼす影響について明らかにした。Co-Al 2元系合金において第2相である β 相の不連続析出に関する速度論的知見が得られ、層状組織を得るための最適な組成、熱処理条件がわかった。

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 36 件) ※すべて査読有

1. A. Okubo, X. Xu, R. Y. Umetsu, T. Kanomata, K. Ishida and R. Kainuma, "Magnetic properties of $\text{Co}_{50-x}\text{Ni}_x\text{Mn}_{25}\text{Al}_{25}$ alloys with B2 structure", J. Appl. Phys., 109 (2011) 07B114.
2. K. Niitsu, T. Omori, M. Nagasako, K. Oikawa, R. Kainuma, K. Ishida, "Phase transformations in the B2 phase of Co-rich Co-Al binary alloys", J. Alloys Compds., 509 (2011) 2697-2702.
3. A. Okubo, R. Y. Umetsu, K. Kobayashi, R. Kainuma and K. Ishida, "Magnetic properties and phase stability of L_{21} phase in $\text{Co}_2\text{Mn}(\text{Ga}_{1-x}\text{Z}_x)$ (Z=Si, Ge, and Sn) Heusler alloys", Appl. Phys. Lett. 96 (2010) 222507.
4. R. Y. Umetsu, K. Kobayashi, R. Kainuma, Y. Yamaguchi, K. Ohoyama, A. Sakuma, K. Ishida, "Powder neutron diffraction studies for the L_{21} phase of Co_2YGa (Y= Ti, V, Cr, Mn and Fe) Heusler alloys", J. Alloys Compds. 499 (2010) 1-6.
5. R. Y. Umetsu, T. Nakamura, K. Kobayashi, R. Kainuma, A. Sakuma, K. Fukamichi and K. Ishida, "Soft X-ray magnetic circular dichroism of L_{21} -type Co_2FeGa Heusler alloy", J. Phys. D: Appl. Phys. 43 (2010) 105001.
6. R. Y. Umetsu, N. Endo, A. Fujita, R. Kainuma, A. Sakuma, K. Fukamichi and K. Ishida, "Electronic specific heat coefficient and magnetic properties of L_{21} phase in Co_2YGa (Y=Cr, Mn and Fe) Heusler alloys", J. Phys.: Conf. Ser., 200 (2010) 062036.
7. A. Okubo, R. Y. Umetsu, R. Kainuma and K. Ishida, "Magnetic properties and phase stability of $\text{Co}_2(\text{Ti}_{1-x}\text{Mn}_x)\text{Ga}$ Heusler alloys", J. Phys.: Conf. Ser., 200 (2010) 062018.
8. H. Morito, K. Oikawa, A. Fujita, K. Fukamichi, R. Kainuma and K. Ishida, "Large magnetic-field-induced strain in Co-Ni-Al single-variant ferromagnetic shape memory alloy", Scripta Mater., 63 (2010) 379-382.
9. H. Nishihara, Y. Furutani, T. Wada, T. Kanomata, K. Kobayashi, R. Kainuma, K. Ishida, K. Koyama, K. Watanabe, "Magnetization Process near the Curie Temperature of a Ferromagnetic Heusler Alloy Co_2CrGa ", J. Physics: Conference Series 200 (2010) 032053.
10. H. Nishihara, Y. Furutani, T. Wada, T. Kanomata, K. Kobayashi, R. Kainuma, K. Ishida and T. Yamauchi, "Hyperfine coupling constant for ^{59}Co estimated from a high-field susceptibility and high-field NMR shift in ferromagnetic Co_2TiGa and Co_2VGa ", J. Physics: Conference Series 200 (2010) 032052.
11. X. J. Liu, H. H. Zhang, C. P. Wang, K. Ishida, "Experimental determination and thermodynamic assessment of the phase diagram in the Co-Zr system", J. Alloys Compds. 482 (2009) 99-105.
12. C. P. Wang, A. Q. Zheng, X. J. Liu, K. Ishida, "Thermodynamic assessments of the Co-Er and V-Er systems", J. Alloys Compds. 478 (2009) 197-201.
13. K. Ishida, "Intermetallic Compounds in Co-Base Alloys-Phase Stability and Application to Superalloys", Mater. Res. Soc. Symp. Proc. 1128, (2009) 357-368.

14. H. Chinen, T. Omori, K. Oikawa, I. Ohnuma, R. Kainuma and K. Ishida, "Phase Stability of the $L1_2$ Compound and Microstructural Changes in Co-(W or Mo)-Ta Ternary Alloys", *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.* 1128 (2009) 375-379.
15. S. Kobayashi, Y. Tsukamoto, T. Takasugi, H. Chinen, T. Omori, K. Ishida, S. Zaefferer, "Determination of phase equilibria in the Co-rich Co-Al-W ternary system with a diffusion-couple technique", *Intermetallics* 17 (2009) 1085-1089.
16. H. Chinen, T. Omori, K. Oikawa, I. Ohnuma, R. Kainuma, and K. Ishida, "Phase Equilibria and Ternary Intermetallic Compound with $L1_2$ Structure in Co-W-Ga System", *J. Phase Equilibria and Diffusion*, 30 (2009) 587-594.
17. C.P. Wang, J. Wang, S.H. Guo, X.J. Liu, I. Ohnuma, R. Kainuma and K. Ishida, "Experimental investigation and thermodynamic calculation of the phase equilibria in the Co-Mo-W system", *Intermetallics* 17 (2009) 642-650.
18. K. Shinagawa, T. Omori, K. Oikawa, R. Kainuma and K. Ishida, "Ductility enhancement by boron addition in Co-Al-W high-temperature alloys", *Scripta Mater.* 61, 612-615 (2009).
19. H. Morito, K. Oikawa, A. Fujita, K. Fukamichi, R. Kainuma and K. Ishida, "Stress-assisted large magnetic-field-induced strain in single-variant Co-Ni-Ga ferromagnetic shape memory alloy", *J. Phys. Condens. Matter* 21 (2009) 256002-256007.
20. J-J Wang, T. Sakurai, K. Oikawa, K. Ishida, N. Kikuchi, S. Okamoto, H. Sato, T. Shimatsu and O. Kitakami, "Magnetic anisotropy of epitaxially grown Co and its alloy thin films", *J. Phys: Condens. Matter* 21 (2009) 185008-13.
21. X. J. Liu, P. Yu, C. P. Wang, K. Ishida, "Thermodynamic evaluation of the Co-Sc and Fe-Sc systems", *J. Alloys and Compds.*, 466 (2008) 169-175.
22. Y. Yu, C.P. Wang, X.J. Liu, I. Ohnuma, R. Kainuma and K. Ishida, "Experimental determination of phase equilibria in the Co-Ti-Mo ternary system", *Intermetallics*, 16 (2008) 1199-1205.
23. K. Ishida, "Recent Progress on Co-Base Alloys – Phase Diagrams and Application", *Archive of Metallurgy and Materials*, 53 (2008) 1075-1088.
24. R. Y. Umetsu, K. Kobayashi, A. Fujita, R. Kainuma and K. Ishida, "Magnetic properties and stability of $L2_1$ and B2 phases in the Co_2MnAl Heusler alloy", *J. Appl. Phys.* 103 (2008) 07D718-1-3.
25. Y. W. Cui, M. Jiang, I. Ohnuma, K. Oikawa, R. Kainuma and K. Ishida, "Computational Study of Atomic Mobility in Co-Fe-Ni Ternary Fcc Alloys", *J. Phase Equilibria and Diffusion* 29 (2008) 312-321.
26. A. Okubo, R. Y. Umetsu, M. Nagasako, A. Fujita, R. Kainuma and K. Ishida, "Phase stability and magnetic properties of $Co_2(Ti_{1-x}Fe_x)$ Ga Heusler alloys", *Scripta Mater.*, 59 (2008) 830-833.
27. K. Shinagawa, T. Omori, J. Sato, K. Oikawa, I. Ohnuma, R. Kainuma and K. Ishida, "Phase Equilibria and Microstructure on γ' Phase in Co-Ni-Al-W System", *Mater. Trans.*, 49 (2008) 1474-1479.
28. C.P. Wang, J. Wang, X.J. Liu, I. Ohnuma, R. Kainuma and K. Ishida, "Thermodynamic assessment of the Co-La and Mo-La system", *J. Alloys Compds.*, 453 (2008) 174-179.
29. R.Y. Umetsu, K. Kobayashi, A. Fujita, R. Kainuma and K. Ishida, "Phase stability and magnetic properties of $L2_1$ phase in $Co_2Mn(Al_{1-x}Si_x)$ Heusler alloys", *Scripta Mater.* 58 (2008) 723-726.
30. Y.-W. Cui, M. Jiang, I. Ohnuma, R. Kainuma and K. Ishida, "Computational Study of Atomic Mobility for fcc Phase of Co-Fe and Co-Ni Binaries", *J. Phase Equilibria and Diffusion* 29 (2008) 2-10.
31. R. Umetsu, K. Kobayashi, A. Fujita, R. Kainuma and K. Ishida, "Magnetic properties, phase stability, electronic structure, and half-metallicity of $L2_1$ -type $Co_2(V_{1-x}Mn_x)$ Ga Heusler alloys", *PHYSICAL REVIEW B* 77 (2008) 104422-1-8.
32. C. P. Wang, P. Yu, X. J. Liu, I. Ohnuma, R. Kainuma and K. Ishida, "Thermodynamic assessment of the Co-Th and Fe-Th systems", *J. Alloys Compds.*, 457 (2008) 150-156.
33. R. Ducher, R. Kainuma, K. Ishida, "Phase equilibria in the Ni-Co-Ga alloy system", *J. Alloys Compds.*, 466 (2008) 208-213.
34. R. Ducher, R. Kainuma and K. Ishida, "Phase equilibria and stability of B2 and $L2_1$ ordered phases in the Co-Fe-Ga Heusler alloy system", *J. Alloys Compds.*, 437 (2007) 93-101.
35. K. Kobayashi, K. Ishikawa, R. Y. Umetsu, R. Kainuma, K. Aoki and K. Ishida, "Phase Stability of B2 and $L2_1$ ordered phases in Co_2YGa (Y=Ti, V, Cr, Mn, Fe) alloys", *J. Mag. Mater.*, 310 (2007) 1794-1795.
36. H. Chinen, J. Sato, T. Omori, K. Oikawa, I. Ohnuma, R. Kainuma and K. Ishida, "New ternary compound $Co_3(Ge, W)$ with $L1_2$ structure", *Scripta Mater.*, 56 (2007)

〔解説論文〕 (計 9 件)

1. 梅津理恵、大久保亮成、貝沼亮介、石田清仁、“ハーフメタル型 Co 基ホイスラー合金の磁気特性と相安定性”、まてりあ 第 49 巻 第 10 号(2010) 462-470.
2. 石田清仁、“合金状態図と先端材料設計”、まてりあ 第 49 巻 第 6 号(2010) 265-273.
3. 大森俊洋、石田清仁、“耐熱材料としての新規な Co 基超合金”、金属、Vol. 80 No. 7 (2010) 25-31 (555-561).
4. 石田清仁、“合金設計と組織制御” Alloy Design and Microstructural Control、西山記念講座 (第 198 回・神戸)、(社) 日本鉄鋼協会、(2009) 49-72.
5. 大崎元継、植田茂紀、清水哲也、大森俊洋、石田清仁、“析出強化型 Co-W-Al 合金の熱間加工性および時効特性におよぼす γ' 形成元素量の影響”、耐熱金属材料 123 委員会報告: Vol. 50 No. 1 (2009) 85-92 先進耐熱材料・プロセス分科会.
6. 大崎元継、植田茂紀、清水哲也、大森俊洋、石田清仁、“ γ' 析出強化型 Co-W-Al 合金の特性”、電気製鋼、第 79 巻 第 3 号 (2008) 197-205.
7. 及川勝成、大沼郁雄、貝沼亮介、石田清仁、“合金状態図の研究と新材料開発”、日本金属学会誌、第 72 巻、第 8 号 (2008) 545-556.
8. 佐藤 順、大森俊洋、及川勝成、大沼郁雄、貝沼亮介、石田清仁、“Ni 基超耐熱合金を越えられるか— γ' 相析出強化を利用した新型 Co 基超耐熱合金—”、MATERIAL STAGE、Vol. 7, No. 1 (2007) 94-98.
9. 佐藤 順、大森俊洋、及川勝成、大沼郁雄、貝沼亮介、石田清仁 “Co 基 γ' 析出型超耐熱合金”、まてりあ 第 46 巻 第 2 号 (2007) 88-89.

〔学会発表〕 (計 56 件)

1. K. Ishida, “New Co-base Superalloys Strengthened By γ' Phase - Phase Equilibria and Applications -”, 1st NIST γ/γ' Cobalt-Based superalloy Workshop, 2012/5/2, Washington, U. S. A. (Keynote lecture)
2. 品川一矢、大森俊洋、及川勝成、大沼郁雄、貝沼亮介、石田清仁、“Co-Al-W 基耐熱合金系熱力学データベースの構築”、日本金属学会 2012 年春期講演 (第 150 回) 大会、2012/3/30、横浜国立大学: 横浜市
3. 大森俊洋、品川一矢、石田清仁、佐藤 順、今野晋也、大崎元嗣、植田茂紀、“ γ' 相析出型 Co-Al-W 基鍛造合金の設計と現状”、日本金属学会 2012 年春期講演 (第 150 回) 大

- 会、2012/3/30、横浜国立大学: 横浜市
4. K. Ishida, “New Co-base Superalloys Strengthened By γ' Phase - Phase Equilibria and Application -”, TMS 2012, 2012/3/14, Orland, U. S. A. (Invited lecture)
5. K. Ishida, “New Co-Base Superalloys Strengthened By γ' Phase Phase Equilibria and Applications - ”, 3rd International Conference HighMatTech, 2011/10/4, Kiev, Ukraine (Invited lecture)
6. S. H. C. Park, S. Hirano, S. Imano, Y. S. Sato, H. Kokawa, T. Omori and K. Ishida, “Friction-Stir Welding of High-Softening-Temperature Materials using Cobalt-Based Alloy Tool”, THERMEC'2011, 2011/8/4, Quebec City, Canada (Invited lecture)
7. K. Ishida, “New Co-base Superalloys Strengthened By γ' Phase - Phase Equilibria and Application -”, CALPHAD XL, 2011/5/24, Rio de Janeiro, Brasil (Invited lecture)
8. Y. S. Sato, M. Miyake, H. Kokawa, T. Omori, K. Ishida, S. Imano, S. H. C. Park, S. Hirano, “DEVELOPMENT OF COBALT- BASED ALLOY FSW TOOL FOR HIGH-SOFTENING-TEMPERATURE MATERIALS”, TMS 2011, 2011/3/1, San Diego, U. S. A.
9. K. Ishida, “Phase Diagrams and Design of Some Advanced Materials Recent Progress on Co- and Fe-based Alloys - Phase Equilibria and Application - ”, NCPDC, 2010/10/14, Shenyang, China (Invited lecture)
10. T. Omori, J. Sato, K. Oikawa, I. Ohnuma, R. Kainuma and K. Ishida, “Partition of Alloying Elements in Co-Al-W-Base Systems”, PRICM 7, 2010/8/5, Cairns, Australia
11. T. Omori, J. Sato, K. Oikawa, I. Ohnuma, R. Kainuma and K. Ishida, “Effect of Alloying Elements on Phase Equilibria in New Co-based Superalloy”, CIMTEC 2010, 2010/6/14, Montecatini Terme, Italy
12. 石田清仁、“合金状態図と先端材料設計”、日本金属学会 2010 年第 146 回春期大会、2010/3/28、筑波大学 (本多記念講演)
13. K. Ishida, “L1₂ Compound in Co-base Alloys”, Thermec 2009, 2009/8/25, Berlin, Germany (Invited lecture)
14. K. Ishida, “Co-base High Temperature Alloys”, Materials 2009, 2009/4/5, Lisbon, Portugal
15. K. Ishida, “Intermetallic Compounds in Co-base Alloys - Phase Stability and Application to Superalloys -”, MRS2008, 2008/12/1, Boston, U. S. A. (Invited lecture)

16. K. Ishida, "Phase Diagrams and Design of Some Advanced Materials", 2008NCMS, 2008/11/3, Chansha, China (Keynote lecture)
17. K. ISHIDA, "RECENT PROGRESS ON CO-BASE alloys - phase diagrams and application - ", TOFA 2008, 2008/6/22, Krakow, Poland (Keynote lecture)
18. K. Ishida, "Phase Diagrams and Design of Some Non-Ferrous Advanced Materials", ICNFM 2007 (International Conference of Nonferrous Materials, 2007), 2007/11/26, Changsha, China (Keynote lecture)
19. 石田清仁, "Co 基合金における金属間化合物 - 相安定性と耐熱合金への展開 -", 日本金属学会 2007 年第 141 回秋期大会, 2007/9/19, 岐阜大学 (基調講演)
20. K. Ishida, "Recent Progress on Co-base Alloys - Phase Diagrams and Application", 62nd ABM'S ANNUAL INTERNATIONAL CONGRESS, 2007/7/23, Vitória, Brazil (Keynote lecture)

他 36 件

[産業財産権]

○出願状況 (計 3 件)

1. 名称: 「Co 基合金」
 発明者: 大崎元嗣、植田茂樹、石田清仁、大森俊洋、西田浩明、林 祐宏、塩田智紀、今野晋也、佐藤 順
 権利者: 大同特殊鋼(株)、国立大学法人東北大学、本田技研工業(株)、(株)日立製作所
 種類: 特許
 番号: 特開 2012-41627
 公開年月日: 2012 年 3 月 1 日
 国内外の別: 国内
2. 名称: 「摩擦攪拌用ツール」
 発明者: 朴勝煥、平野聡、今野晋也、佐藤 順、粉川博之、佐藤 裕、石田清仁、大森俊洋
 権利者: (株)日立製作所、国立大学法人東北大学
 種類: 特許
 番号: 特開 2011-062731
 公開年月日: 2011 年 3 月 31 日
 国内外の別: 国内
3. 名称: 「高耐熱性 Co 基合金」
 発明者: 大崎元嗣、植田茂樹、志水哲也、石田清仁、大森俊洋、長濱大輔、林 祐弘、輪嶋善彦
 権利者: 大同特殊鋼(株)、本田技研工業(株)、国立大学法人東北大学
 種類: 特許
 番号: 特開: 2009-228024
 公開年月日: 2009 年 10 月 8 日

国内外の別: 国内

○取得状況 (計 0 件)

名称:
 発明者:
 権利者:
 種類:
 番号:
 取得年月日:
 国内外の別:

[その他]

新聞発表:

- 「硬い金属 溶かさず接合 日立・東北大が器具 摩擦熱で柔らかく」(平成 22 年 3 月 31 日: 日経産業新聞)
- 「高融点材も接合可能 摩擦攪拌ツールを開発」(平成 22 年 3 月 29 日: 電気新聞)
- 「融点高い金属を接合 東北大と日立 FSW ツール開発」(平成 22 年 3 月 29 日: 日刊工業新聞)

ホームページ等:

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石田 清仁 (ISHIDA KIYOHITO)
 東北大学・大学院工学研究科・名誉教授
 研究者番号: 20151368

(2) 研究分担者

大沼 郁雄 (OHNUMA IKUO)
 東北大学・大学院工学研究科・准教授
 研究者番号: 20250714

(3) 連携研究者

貝沼 亮介 (KAINUMA RYOSUKE)
 東北大学・大学院工学研究科・教授
 研究者番号: 20202004

及川 勝成 (KATSUNARI OIKAWA)
 東北大学・大学院工学研究科・准教授
 研究者番号: 70356608

山内 清 (YAMAUCHI KIYOSHI)
 東北大学・大学院工学研究科・教育研究支援者
 研究者番号: 70375202

須藤 祐司 (SUTOU YUJI)
 東北大学・大学院工学研究科・准教授
 研究者番号: 80375196