

令和 3 年 6 月 3 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01783

研究課題名(和文) ラネー合金単結晶を用いた選択溶出過程の検証とナノ・バルクハイブリット触媒の創製

研究課題名(英文) Verification of selective leaching process using single-phase Raney alloys and creation of nano-bulk hybrid catalysts

研究代表者

亀岡 聡 (Kameoka, Satoshi)

東北大学・多元物質科学研究所・教授

研究者番号：60312823

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、各種ラネー合金(金属間化合物 Al_2Au 、 Al_2Pt 、 Mg_3Ag など)のリーチング特性を調べた。金属間化合物 Al_2Au と固溶体 Ag_3Au とのリーチング特性の比較を行った。リーチング処理により両者ともポーラス構造を持つAuが形成するが、特徴的な違いとして、 Al_2Au から得たポーラス体には多くの積層欠陥(双晶)が存在することがわかった。また、これはアセチレンの水素化反応において高い部分水素化特性を示すことも明らかとなった。各種ラネー合金において、前駆体合金構造が選択溶出過程(メカニズム：表面・バルク拡散、溶出・再析出)および形成相内部の組織・構造に大きく影響することが明確になった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ラネー法を用いると、不活性なバルク金属の代表格である金でもユニークな触媒特性を発現させることができる。これは、バルク金属の活性化にはそのバルク内部に存在する特異なナノ構造(結晶粒界、格子欠陥、格子歪など)によって誘起された表面が深く関わっていることを示唆している。すなわち、バルク型金属触媒は“ナノ構造とバルク構造とのハイブリット触媒材料(ナノ・バルクハイブリット触媒)”であり、本研究で得られた知見が今後の新たなバルク型金属触媒材料(例えば、金属組織制御した金属構造体触媒)の設計・開発に対して重要な指針を与えた意義は大きい。

研究成果の概要(英文)：Raney-type catalysts are well known as bulk metal catalysts having extremely high catalytic activities. In this study, the leaching behaviors were investigated using the intermetallic compound Al_2Au (single crystal or single-phase), which is a typical Al-based Raney alloy. We also compared the leaching behaviors of the solid solution Ag_3Au . Both Al_2Au and Ag_3Au formed porous structures, although there were differences in morphology due to the leaching process. Interestingly, the porous Au from Al_2Au had many stacking faults (twinning) as a characteristic difference. Furthermore, in the hydrogenation reaction of acetylene, the porous body obtained from Al_2Au showed the high semi-hydrogenation of acetylene, and the expression of novel characteristics was also clarified. It has been clarified that the difference in leaching process (mechanism) due to the difference in crystal structures of precursor alloys leads to a great influence on their internal structures and microstructures.

研究分野：金属触媒材料

キーワード：ラネー合金 単結晶・単相試料 リーチング処理 ナノ・バルクハイブリット触媒

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ラーネー金属触媒は、ほぼ一世紀前にマレイ・ラーネーによって考案され(M. Raney, US Patent 1628190 (1925), *Ind. Eng. Chem.* **32** (1940) 1199.)、ラーネー合金と呼ばれる触媒活性金属 X を含む Al 基二元合金 (Al-X; X= Ni, Co, Cu など) からアルカリ水溶液中で Al を選択溶出 (リーチング) させる単純なものであるが、この手法によって得られたバルク型金属は極めて高い触媒能を有するユニークな金属触媒材料として古くから知られている。しかし、これらラーネー触媒は画期的な金属触媒材料であるにもかかわらずその高活性発現の起源について系統立った学理的検証と理解がほとんどなされていないため、新たな触媒材料分野を構築するには至っていない。

2. 研究の目的

ラーネー触媒はバルク型金属触媒として画期的な発明であるにも関わらずこの触媒材料研究はこれまであまり発展していない。その主な理由は次の2点にほぼ集約される。選択溶出過程をはじめ形成されたポーラス体の構造や活性発現要因に関する学理的検証・理解がほとんど進んでいない(これまで推測を含めた定性的な議論は多数報告されている)。そのため、せっかくの“特異な触媒材料”が“単なる作製技術”に留まっている。ラーネー触媒の殆どが単一金属系であるため触媒材料としてその多様化と高機能化の面で限界がある(金属系が限られ応用・適用範囲が狭い)。一方、我々は Al₂Au を NaOH 水溶液中で選択溶出処理して作製したポーラス Au がサブ μm オーダーのバルク体 (表面積: ~5 m²/g) であるにもかかわらず Au ナノ粒子が担持された Au/TiO₂ (いわゆる春田触媒) に匹敵する極めて高い低温 CO 酸化特性を示すことを見出した (*J. Chem. Phys.*, **144** (2016) 034703.)。この結果は、“バルク金は触媒的に不活性”かつ“Au 触媒の活性発現には Au のナノ粒子化 (~3 nm) や Au-担体接合界面の存在が必要十分条件である”という従来の認識では全く説明できない。また、この知見は、従来の担持型触媒の概念と調製法では到底達成できないユニークな触媒特性を有するバルク構造体が合金の選択溶出処理により容易に調製できることを示している。同時に、これは金属・合金の形態と触媒機能発現に関する本質的な問題も提起している。この問題に解を与えることはナノ粒子とは異なるバルク金属の触媒作用の本質に迫るだけでなく全く新しいバルク型金属触媒材料の開拓にも繋がると期待されている。

そこで、本研究では、触媒化学はもとより異分野の研究者 (金属材料、材料組織学、固体物理・理論計算) と連携して金属材料科学 (結晶・構造、組織、腐食特性など) の観点からラーネー合金の単結晶を用いて選択溶出過程を検証することでバルク型金属触媒における特異的な高活性発現の起源を学理的に理解し、新奇なナノ・バルクハイブリット触媒材料創製に繋げることを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、ラーネー触媒の特異的な活性の発現要因とされる選択溶出処理における形態・構造変化を明確にするため、各種ラーネー合金単相試料を用いた。各合金 (Al-Au, Al-Pt etc.) は Ar 雰囲気中でアーク溶解法またはフラックス法によりインゴットを作製した。これらを各条件で処理 (例えば、800°C 焼鈍: ~100hrs) を行い、グレインサイズを制御し各種リーチング液 (10%NaOH 水溶液、10%HCl 水溶液) で処理を行った。また、各試料の結晶面・結晶方位観察を行うために、電子線後方散乱回折法 (Electron Backscatter Diffraction: EBSD) を用い、FE-SEM と対応させながら試料表面の組織観察を行った。表面特性は CO 酸化反応 (1%CO+0.5%O₂)、NO+CO 反応 (0.5%CO+0.5%NO) などプローブとして活性評価した。装置は常圧固定床流通式反応装置を用い生成物はオンライン GC(TCD) で分析した。その他、触媒のキャラクタリゼーションには、XRD、BET、XPS、EDS、ICP 測定などを適宜用いた。

4. 研究成果

(1) これまでラーネー触媒の研究は、Ni, Co, Cu などの比較的酸化されやすい金属系を中心に検討されてきた。実際、リーチング処理中における酸化の影響や金属自身の安定性の問題により選択溶出過程を含め触媒自身の“真”の金属組織・形態を見出すことは困難であった。事実、前駆体であるラーネー合金を選択溶出処理することで表面積と触媒活性が著しく増大することからラーネー触媒は漠然と多孔質あるいはスポンジ状の形態を持つ乱れた構造体 (多くの配位不飽和サイトを持つ) と信じられてきた。しかし、実際はそう単純ではなく、例えば、酸化の影響がほぼ無視できる Au と Pt において同一結晶構造を持つ各合金系を用いて選択溶出処理した場合、Au 系 (Al₂Au, Cu₃Au) はスポンジ状のポーラス構造を有した構造体が得られたのに対し、Pt 系 (Al₂Pt, Cu₃Pt) では全く異なりナノ粒子の凝集体が2次的にポーラス化した構造体が得られた。さらに、これらの XRD パターンに示されるように結晶構造はバルク体であるにも関わらず非常にブロードな回折ピークを示していることから非常に乱れた構造を有していることがわかった。従って、ラーネー触媒 (バルク型金属触媒) の高活性発現は前述のポーラス Au の例でも明らかのように単純に高表面積化によるものだけではなくむしろそのバルク内部に存在する特異なナノ構造 (結晶粒界、格子欠陥、格子歪など) によって誘起された表面が深く関わっている、まさに“ナノ・バルクハイブリット触媒 (特異なナノ構造とバルク体が織りなすハイブリット触媒材

料)”と見なすことができる。以上より、実際は金属・合金系の種類、選択溶出処理の条件、酸化の影響等によってその形態や結晶構造が大きく変化することが明らかとなった。

(2)我々は、Cu 金属箔(比表面積: $0.1\text{m}^2/\text{g}$ 以下)が実条件(大気圧流通)下での $\text{NO}+\text{CO}$ 触媒反応($\text{NO}+\text{CO} \rightarrow 1/2 \text{N}_2 + \text{CO}_2$)に高い活性を示すことを見出した。そこで、Cu 箔の結晶面・結晶方位観察を行うために、電子線後方散乱回折法(Electron Backscatter Diffraction: EBSD)を用い、FE-SEM と対応させながら試料表面の組織観察を行った。興味深いことに、結晶粒の(001)結晶面が箔面に配向した場合、高温まで全く触媒活性を示さず、一部の(111)結晶面が箔面に配向したことで、触媒活性が著しく増大することが明らかとなった。この結果から、大気圧条件下でなおかつ低表面積である箔状金属試料でも触媒実験が可能であることを認識し(新たな金属触媒材料群の発掘)、EBSD が触媒反応と触媒表面の部位を観察・解析できる新たな手法になりうることが示唆された。また、表面科学的手法を用いた実験(特に STM)の発展に伴い金属触媒の活性点構造が原子レベルで理解されるようになったが、金属箔・粒子(金属多結晶)表面を対象とした研究は非常に少ない、特に、バルク中に存在するさまざまな格子欠陥、結晶歪、粒界などが誘起する表面活性構造への影響は非常に重要であり、今後の検討課題となっている。

(3) Al_2Au 合金試料(CaF_2 -type 構造)を従来法である Ar 雰囲気中でアーク溶解法(単相多結晶)とフラックス法(単結晶)によりそれぞれ作製した。これら試料に対してリーチング処理(NaOHaq vs HClaq)を行ったところ、全ての試料においてポーラス構造体が形成されることを確認した。特に興味深いのは、 HCl 処理の場合にはほぼ均一なポーラス形態を持つ Au が観察されるのに対し、 NaOH 処理では幾つかの異なるポーラス形態の Au が観測された。この違いは、酸水溶液とアルカリ水溶液中での Al の溶出挙動(溶出種: Al^{3+} v.s. AlO_2^-)が異なり、表面露出面の違いがリーチング速度に大きく異なり Au の再構成プロセスに影響したためと推察される。このことは、固溶体 Ag_3Au を用いた対照実験からも裏付けられた。

(4) Al_2Au をリーチング処理して調製したポーラス Au の構造体中に多数のナノスケールの双晶が観察され、このナノ双晶と触媒活性の関連が示唆された。特に、双晶境界に存在する原子は通常の表面原子に比べて配位数(CN)が小さく特異な活性サイトを形成し、双晶は面欠陥であるために双晶境界が必ず表面に突き出て多数の活性点となりうる。また、面心立方構造の Au では双晶が(111)面で積層不整になることから、双晶面は{111}であり、双晶方向は{112}となる。結果的に双晶境界表面ではステップ{112}面が表面に現れ、通常のステップ{112}面($> \text{CN}=7$)に比べて、配位数の少ない($\text{CN}=5, 6$)原子サイトが大量に形成することになる(W-chain row)。エネルギー計算において、これらのサイトでは酸素、水素ならびに CO の吸着・活性化が容易に起こり、有力な触媒活性点となり得ることが明らかとなった。一方、金属間化合物 Mg_3Ag をリーチング処理して得られたポーラス Ag においても高い CO 酸化活性が観測され、高い活性の要因として、双晶サイトだけでなく表面積、不均一歪および残留 Mg (e.g., MgO_x) も重要な役割を果たしている事が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Odaira Takumi, Kameoka Satoshi, Aono Masami, Terauchi Masami, Tsai An-Pang	4. 巻 147
2. 論文標題 Carbon fibers having a nano-arched structure on Co-supersaturated Cu foils	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Carbon	6. 最初と最後の頁 154 ~ 156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbon.2019.02.021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kojima Takayuki, Kameoka Satoshi, Tsai An-Pang	4. 巻 20
2. 論文標題 The emergence of Heusler alloy catalysts	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Science and Technology of Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 445 ~ 455
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/14686996.2019.1598238	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kojima Takayuki, Kameoka Satoshi, Mizuguchi Masaki, Takanashi Koki, Tsai An-Pang	4. 巻 60
2. 論文標題 FeNi and Fe16N2 Magnets Prepared Using Leaching	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 1066 ~ 1071
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.M2019019	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tsukuda Ryota, Yamagishi Ryo, Kameoka Satoshi, Nishimura Chikashi, Tsai An-Pang	4. 巻 20
2. 論文標題 Ability of hydrogen storage CeNi5-xGax and Mg2Ni alloys to hydrogenate acetylene	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Science and Technology of Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 774 ~ 785
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/14686996.2019.1629836	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Liu Min-Horng, Kameoka Satoshi, Nishimoto Kazue, Ueda Shigenori, Tsai An-Pang	4. 巻 586
2. 論文標題 Origins of catalysis for CO oxidation on porous Ag fabricated by leaching of intermetallic compound Mg3Ag	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Catalysis A: General	6. 最初と最後の頁 117216 ~ 117216
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apcata.2019.117216	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sarker Md Samiul Islam, Nakamura Takahiro, Kameoka Satoshi, Hayasaka Yuichiro, Yin Shu, Sato Shunichi	4. 巻 9
2. 論文標題 Enhanced catalytic activity of inhomogeneous Rh-based solid-solution alloy nanoparticles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 38882 ~ 38890
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9ra06167c	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Kojima Takayuki, Kameoka Satoshi, Tsai An-Pang	4. 巻 4
2. 論文標題 Catalytic Properties of Heusler Alloys for Steam Reforming of Methanol	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 21666 ~ 21674
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.9b01837	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 S. Kameoka, M. Krajci and A.P. Tsai	4. 巻 569
2. 論文標題 Highly selective semi-hydrogenation of acetylene over porous gold with twin boundary defects	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Catalysis, A: General	6. 最初と最後の頁 101-109
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apcata.2018.10.027	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 H. Iwamoto, S. Kameoka, Y. Xu, C. Nishimura and A.P. Tsai	4. 巻 125
2. 論文標題 Effects of Cu oxidation states on the catalysis of NO+CO and N2O+CO reactions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics and Chemistry of Solids	6. 最初と最後の頁 64-73
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jpccs.2018.10.013	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 T. Kojima, S. Kameoka, S. Fujii, S. Ueda, A.P. Tsai	4. 巻 4
2. 論文標題 Catalysis-tunable Heusler alloys in selective hydrogenation of alkynes: A new potential for old materials	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 eaat6063
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.aat6063	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Liu Yi-Xin, Ohhashi Satoshi, Kameoka Satoshi, Tsai An Pang	4. 巻 211
2. 論文標題 Highly dispersive Au nanoparticles on TiO2 nanofibers as a supported catalyst synthesized from Al-Ti-Au intermetallic compound	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Engineering Science	6. 最初と最後の頁 115249 ~ 115249
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ces.2019.115249	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tsukuda Ryota, Kojima Takayuki, Okuyama Daisuke, Kameoka Satoshi, Nishimura Chikashi, Tsai An-Pang	4. 巻 45
2. 論文標題 Hydrogenation of acetylene and propyne over hydrogen storage ErNi5-Al alloys and the role of absorbed hydrogen	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Hydrogen Energy	6. 最初と最後の頁 19226 ~ 19236
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijhydene.2020.05.062	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Huang Yung-Han, Wang Sea-Fue, Tsai An-Pang, Kameoka Satoshi	4. 巻 120
2. 論文標題 Characterization of new catalysts prepared by in-situ activation of Ce50Ni50-xAux intermetallic compounds for CO oxidation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Intermetallics	6. 最初と最後の頁 106748 ~ 106748
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.intermet.2020.106748	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Koyasu Kiichirou, Tsuruoka Kazuyuki, Kameoka Satoshi, Tsai An-Pang, Tsukuda Tatsuya	4. 巻 124
2. 論文標題 Au3Si4- and Au4Si4: Electronically Equivalent but Different Polarity Superatoms	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry A	6. 最初と最後の頁 7710 ~ 7715
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpca.0c05592	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ito Shin-ichi, Kameoka Satoshi	4. 巻 617
2. 論文標題 Effect of strong metal-oxide interaction on low-temperature ethanol reforming over Fe-promoted Rh/SiO2 catalyst	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Catalysis A: General	6. 最初と最後の頁 118113 ~ 118113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apcata.2021.118113	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計29件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 亀岡聡
2. 発表標題 金属微細組織制御を利用した新規の触媒調製
3. 学会等名 第29回日本素材物性学会 令和元年度年会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林謙汰、亀岡 聡、蔡 安邦
2. 発表標題 Pd箔型触媒のNO+CO反応特性
3. 学会等名 日本金属学会2019年秋期講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黄金崎琢也、小嶋隆幸、亀岡 聡、蔡 安邦
2. 発表標題 2 - プロパノールの脱水素反応およびメタネーション反応におけるホイスラー合金の触媒特性
3. 学会等名 日本金属学会2019年秋期講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 附田良太、亀岡 聡、西村睦、蔡 安邦
2. 発表標題 Mg ₂ Ni合金のアセチレン選択水素化反応特性
3. 学会等名 日本金属学会2019年秋期講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高戸良輔、亀岡 聡、蔡 安邦
2. 発表標題 CO酸化反応におけるAg-Au合金の表面状態の変化
3. 学会等名 日本金属学会2019年秋期講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Kameoka
2. 発表標題 Advanced metallic materials for catalysis: Control of microstructures of alloys and their performances
3. 学会等名 TU-USTB Joint Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Kameoka
2. 発表標題 Collaborative research with Prof. An-Pang Tsai: Preparation of metallic catalysis materials based on metallurgy
3. 学会等名 An-Pang Tsai Memorial Joint Symposium of Taipei Tech and Tohoku University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 R. Tsukuda, S. Kameoka, C. Nishimura and A.P. Tsai
2. 発表標題 The difference between hydrogen storage alloy catalysts $\text{ErNi}_{5-x}\text{Al}_x$ and Mg_2Ni in hydrogenation of acetylene
3. 学会等名 17th Korea-Japan Symposium on Catalysis (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Kojima, S. Kameoka and A.P. Tsai
2. 発表標題 Current progress on Heusler alloy catalysts
3. 学会等名 International Symposium on Intermetallic Compounds in Catalysis (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Kameoka, M. Krajci and A.P. Tsai
2. 発表標題 Highly catalytic performance of porous gold with twin boundary defects
3. 学会等名 Gold 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Kojima, S. Kameoka, S. Fujii, S. Ueda and A.P. Tsai
2. 発表標題 Heusler alloys for selective hydrogenation of alkynes
3. 学会等名 Pre-conference of TOCAT8 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M.H. Liu, S. Kameoka, K. Nishimoto and A.P. Tsai
2. 発表標題 Microstructure and catalysis in porous Ag and Ag-Mg alloys
3. 学会等名 TOCAT8 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 附田良太、山岸稜、亀岡 聡、蔡 安邦、西村睦
2. 発表標題 CeNi _{5-x} Gax系水素吸蔵合金とMg ₂ Ni水素吸蔵合金におけるアセチレン水素化反応の比較
3. 学会等名 日本金属学会2018年秋期講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M.H. Liu, S. Ohhashi, S. Kameoka, A.P. Tsai
2. 発表標題 The order-disorder effect on Ag ₃ Mg ' s catalytic activity toward CO oxidation reaction
3. 学会等名 日本金属学会2018年秋期講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 X. Liu, S. Kameoka, A.P. Tsai
2. 発表標題 High performance Au/TiO ₂ catalyst prepared from intermetallic Al ₆₇ -xAuxTi ₂₅ by leaching
3. 学会等名 日本金属学会2018年秋期講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高戸良輔、亀岡聡、蔡安邦
2. 発表標題 Ag-Au合金触媒のCO酸化特性
3. 学会等名 日本金属学会2019年春期大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 X. Liu, S. Kameoka, A.P. Tsai
2. 発表標題 Noble metal-TiO ₂ supported catalysts prepared from L ₁₂ compounds in Al ₃ Ti-based alloys by leaching
3. 学会等名 日本金属学会2019年春期大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 附田良太、小嶋隆幸、亀岡 聡、蔡 安邦、西村睦
2. 発表標題 ErNi5-xAlx合金の水素化挙動とアルキン水素化活性
3. 学会等名 日本金属学会2019年春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黄金原琢也、小嶋隆幸、亀岡聡、蔡安邦
2. 発表標題 2 - プロパノールの分解反応におけるホイスラー合金の触媒特性
3. 学会等名 日本金属学会2019年春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林健汰、亀岡聡、蔡安邦
2. 発表標題 f c c系金属箔型触媒の表面配向と反応特性
3. 学会等名 日本金属学会2019年春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 亀岡 聡
2. 発表標題 金属学を利用した触媒材料の創製
3. 学会等名 第4回構造ナノ化学研究会(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 板橋 央樹, 亀岡 聡, 蔡 安邦
2. 発表標題 Au-Cu 合金の触媒特性 : Order-Disorder 変態の効果
3. 学会等名 日本金属学会2020年秋講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 増子 直之, 亀岡 聡, 蔡 安邦
2. 発表標題 Cu-Fe 系強制固溶合金上でのナノカーボン合成 : 前処理温度と反応処理時間の効果
3. 学会等名 日本金属学会2020年秋講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 附田 良太, 小嶋 隆幸, 西村 睦, 亀岡 聡
2. 発表標題 ErNi _{5-x} Al _x とMg ₂ Ni の水素吸蔵に伴うエチレン水素化触媒特性の違い
3. 学会等名 日本金属学会2020年秋講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 R. Tsukuda, T. Kojima, Y. Xu, C. Nishimura, M. Krajci, S. Kameoka
2. 発表標題 High performance for ethylene hydrogenation over hydrogen storage ErNi _{5-x} Al _x H _n
3. 学会等名 3rd IMRAM-Taipei Tech Joint Symposium - Engineer a Better Tomorrow (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 附田良太, 阿部圭史, 福島武, 藤田伸尚, 亀岡聡
2. 発表標題 Al-Pd-TM(TM=Ru, Fe)系準結晶、近似結晶の触媒材料への応用に関する研究
3. 学会等名 第25回準結晶研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿部圭史, 附田良太, 藤田伸尚, 亀岡聡
2. 発表標題 Al-Pd-TM(TM=Ru, Fe)系近似結晶触媒のアセチレン選択水素化反応特性
3. 学会等名 日本金属学会2021年春講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 附田良太, 福島武, 藤田伸尚, 亀岡聡
2. 発表標題 Al-Pd-Ru系準結晶および近似結晶を前駆体としたラネー型Pd-Ru触媒の作製とその触媒特性評価
3. 学会等名 日本金属学会2021年春講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 附田良太, 小嶋隆幸, 許亜, 西村睦, Marian Krajci, 亀岡聡
2. 発表標題 (Er, La)Ni _{5-x} Al _x の水素吸蔵特性とC ₂ H ₄ 水素化触媒特性
3. 学会等名 日本金属学会2021年春講演大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	野澤 和生 (Nozawa Kazuki) (00448763)	鹿児島大学・理工学域理学系・准教授 (17701)	
研究 分担者	蔡 安邦 (Tsai An-Pang) (90225681)	東北大学・多元物質科学研究所・教授 (11301)	削除：令和2年6月12日

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------