

東北大学金属材料研究所 助教授

安彦 兼次

「超高純度ベースメタルの科学」

1. 研究実施の概要

1.1 背景

人類文明は金属材料の発展とともに進歩してきた。人類は、古代に青銅や鉄を作る方法を見つけ、より優れた金属材料を少しでも多く作るさまざまな技術開発を続け、文明進歩を支えてきた。例えば、18世紀、ヨーロッパに起こった産業革命を支えたのは鉄鋼材料をはじめとする金属材料の大量生産であった。20世紀、物質文明の進歩を支えたのもさまざまな金属材料の高性能化であった。このような金属材料の発展はその高純度化(精錬精製)と組織制御によって達成されてきたといっても過言ではない。

我国における鉄鋼産業の近代化は、1901年に作られた溶鉱炉が出発点であり、戦後のL・D転炉導入によって製鋼速度が一気に向上した。例えば、かつて炭素は鉄鋼中には必要不可欠な元素であったが、近年、我が国では、炭素を20ppm程度にまで低減し、さらに、チタンやニオブなどを添加してマトリクス中の固溶炭素量を1ppm程度に低減した後、適切な熱処理を施して{111}集合組織を発達させた世界トップクラスの高性能を有する深絞り用鋼板が製造されている。その鋼板は厚さ0.5mmでも優れた深絞り性を有し、軽量、頑強、そして空気抵抗の小さい自動車ボディを一体深絞り整形が可能のため、鉄やガソリン資源の節約という観点からも世界の自動車産業の発展に大きく貢献している。

また、耐食性や耐熱性に優れたオーステナイト系ステンレス鋼SUS304は、30年前には殆ど実用されていない金属材料であった。ところが、近年、AODやVODなどの導入と精鋼法の開発によって、含まれる炭素、窒素、酸素、イオウなどのガス成分不純物元素量をそれぞれ数10ppm以下と、それまでの10分の1以下にまで低減されるようになった。その結果、SUS304の加工性が著しく改善され、現在では各種産業においては勿論、家庭の流し台からバスタブにまで幅広く利用されるようになった。

このように、今日まで、ベースメタルは高純度化(精錬精製)と組織制御の技術開発により高性能化され、基盤産業の発展を支えるさまざまな要求に応じてきた。今、21世紀文明の発展のため、例えばエネルギー産業などの最先端産業において、「ベースメタル特性の飛躍」が強く望まれている。では、そのような革新的ベースメタルはどうすれば発見できるのだろうか。それは、当然、世界各国のベースメタル研究者の強い関心課題であるが、従来の開発法はすでに限界に達しており、その延長からの達成は容易でない。

一方、ベースメタルを超高純度化すると、常識とされている性質とは全く異なる特性が発現することが知られている。明らかにされたその特性自体も重要であるが、ベースメタルには予想できない特性がなお潜んでいることを理解することこそ極めて意義深いことである。そこに「ベースメタル特性の飛躍」の糸口が秘められているからである。

1.2 実施

我々は、ベースメタル発展の歴史を十分理解し、“ベースメタルの超高純度化”こそが「ベースメタル特性の飛躍」への近道である、という科学的理念に到達した。そこで、我々は、鉄、クロム、

ニッケル、銅、アルミニウム、チタンなど、あるいはそれらの合金というベースメタルを超高純度化し、本来の性質を明らかにするために実験用装置を開発しつつ、次のような基礎実験研究を遂行した。すなわち、本プロジェクトは、超高純度化グループ、極微量分析グループ、特性解明グループによって、それぞれ

- (1) ベースメタル(合金を含む)の超高純度化と組織制御、
- (2) 超高純度ベースメタルに極微量含まれる不純物元素の定量と状態分析、
- (3) 超高純度ベースメタル特性とそれに及ぼす不純物元素の効果の解明、
- (4) 実験研究成果のまとめ、

などを行い、超高純度ベースメタルと既存ベースメタルの性質の違いを明らかにすることを出発点とし、その違いが生ずる原因を探查して、ベースメタル本来の性質を体系化し、飛躍的な特性を有するベースメタルを発掘する糸口を見出すものである。

1.3 研究成果

ここでは、超高純度の鉄とクロム - 鉄合金に関する研究成果を示すことにする。

(1) 超高純度鉄の研究

我々は、1979年から電解鉄の高純度化を試みてきた。1970年頃の市販電解鉄の純度は、99.9% (3N, three nine)程度であったが、1992年には99.997% (4 N7, four nine seven)の超高純度電解鉄を作ることに成功した。しかし、素材の超高純度電解鉄ができたといっても、すぐに鉄のさまざまな研究を始めるわけにはいかない。そこで、本プロジェクトでは、超高真空コールド・クルーシブル溶解装置を導入して、 10^{-10} Torr の超高真空中で超高純度電解鉄10kg を溶融して、鉄を超高純度化することにした。溶製した超高純度鉄インゴットの純度は34種の不純物元素を分析によって、99.9989%以上であることが分かった。特に、本プロジェクトではベースメタル中に含まれるガス成分元素の極微量定量法の確立に努めた。その結果、鉄に含まれるガス成分元素量を再現性よく0.1ppm 台の極微量定量が可能になった。例えば、溶製した超高純度鉄中のガス成分元素は酸素2.8ppm、窒素0.9ppm、炭素0.8ppm、イオウ0.9ppm、総和は5.4ppm であることが分かった。

超高純度鉄はどのような特性を有しているのだろうか。極めて錆びにくい。例えば、市販純鉄を塩酸に入れると激しく反応し、多量の水素を発生して溶解する。しかし、超高純度鉄の場合は水素の発生も極めて少なく、ほとんど溶解しない。また、王水に浸すと溶解速度は金の2倍程度と極めて小さいなどが分かった。

超高純度鉄は極めて軟らかい。再結晶が完了した超高純度鉄の降伏応力は22MPa と市販純鉄の約1/8であり、55%伸びてナイフエッジ状に破断する。

超高純度鉄は高温においても奇異な変形挙動をする。超高真空高温引張試験装置によって、多結晶組織の丸棒超高純度鉄を 相域の温度(1073K 付近)で引張り試験すると、丸棒形状を維持しながら伸びるのではなく、あたかも単結晶体の巨大すべり変形(クラッカーを滑らしたような変形)し、120%伸びて板状になって破断することが明らかになった。また、相域で市販純鉄と超高純度鉄を圧延すると、市販純鉄では細かい結晶粒が現れるのに対し、超高純度鉄では圧延方向と直

角に成長した巨大柱状晶が現れることが分かった。

また、炭素を添加した超高純度炭素鋼においては、炭化物は層状よりも粒状に析出する傾向が著しくなることが明らかになった。

(2) 高純度 Cr-Fe 合金の研究

現在、Fe-Cr 合金はフェライト系ステンレス鋼として実用化されている。クロム量を増すほど耐食性、耐酸化性、強度は向上するが、加工硬化が激しくなり、相析出、2相分離、475脆性などによる脆化が著しくなることが知られている。そのため、高可塑性を有する材料の実用化にはクロム量の上限が生じる。現在、クロム Cr 量の最も多い実用例は関西国際空港ビルの屋根材 Fe-30%C-2%Mo 合金である。

超高真空コールド・クルーシブル溶解装置によって、10kg の高純度50%Cr-Fe 合金の溶製に成功した。この合金は、室温の圧延加工が可能に富んだものであり、本プロジェクトでは室温から1573K における機械的性質や変形機構について明らかにした。また、700 において6000時間時効しても相は形成しないことなどが明らかになった。さらにクロム量の多い、60%、70%のクロムを含む鉄合金の溶製にも成功した。室温から1573K における引張り試験し、クロム量が増すほど強度が上昇し、純度が上がるほど可塑性も向上することが明らかになった。70%Cr-Fe 合金は1373K 以上になるとニッケル基超合金 type718よりも高温強度が高くなり、可塑性が極めて良好であることも分かった。「超高純度ベースメタルの科学」プロジェクトから生まれた高純度の高 Cr-Fe 合金が、21世紀のエネルギー産業や航空機産業を支える高温合金となる可能性を秘めている。

(3) ナノメタジーの誕生

今日、鉄の性質は知り尽くされていると思われるが、その純度を限りなく上げることによって既知の性質とは異なる奇異な特性が発現することが分かった。また、クロム-鉄合金を高純度化すると、極めて可塑性、機械加工性、強度などに富んだ合金になることが明らかになった。これらのメカニズムについては今後の研究を待たねばならないものの、超高純度化によって、今日の教科書では想像もできない特性が現れたことは、「ベースメタル特性の飛躍」の可能性を秘めていることを示唆する極めて重要な発見である。

この事実から、飛躍的特性を有する金属材料を発掘するには、このような現象を積極的に発現させるナノメタラジー（ナノレベルでの原子制御を念頭に、金属を限りなく高純度化し、有用元素を添加し、粒界、クラスター、析出物などをナノスケールで組織制御して、本来の性質を有する金属を発掘するメタラジー）の概念を推進することが有効であるとの結論に達した。なお、この概念は2000年6月フィンランドで開催された第7回「超高純度ベースメタル国際会議」提言し、2001年ドイツで開催された第8回「超高純度ベースメタル国際会議」で現象例をもって示した。

2 . 主な研究成果

(1)論文発表 (国内 16件、海外 58件)

Materials Transactions, JIM vol.41 no.1 January 2000 16 件

- Seichi Takaki and Kenji Abiko; Ultra-Purification of Electrolytic Iron by Cold-Crucible Induction Meltig and Induction-Heatig Floating-Zone Melting in Ultra-High Vacuum, p2-6
- Tadahido Nakajima, Yukitoshi Morimoto, Seiichi Takaki and Kenji Abiko; Purification of Ti-Al Alloys by Induction-Heatig Floating-Zone Meltig and Cold-Crucible Melting in Ultra-High Vacuum, p22-27
- Tetuya Ashino, Kunio Takda, Yukitoshi Morimoto, Hisao Yasuhara, Mayuko Kurosaki and Kenji Abiko; Determination of Trace Amounts of Carbon in High-Purity Iron by Infrared Absorption after Combustion: Pretreatment of Reaction Accelerator and Ceramic Crucible, p47-52
- Kunio Takda, Tetuya Ashino, Yukitoshi Morimoto, Hisao Yasuhara, Mayuko Kurosaki and Kenji Abiko; Determination of Trace Amounts of Sulfur in High-Purity Iron by Infrared Absorption after Combustion: Removal of Sulfur Blank, p53-56
- Ikuo Takahashi, Mikio Ishikuro, Kunio Takada, Kenji Abiko and Kouzou Tsunoyama; Spectrophotometric Determination of Trace Amounts of Boron in High-Purity Iron and Ferroalloy after Chemical Separation, p57-60
- Atushi Kinomura, Seiichi Takaki, Yukihiko Nakano, Yoshihiko Hayashi, Yuji Horino and Kenji Abiko; Neutron Activation Analysis of High-Purity Iron in Comparison with Chemical Analysis, p61-66
- Motohide Sugihara, Yoshihiro Yamazaki, Seiichi Takaki, Kenji Abiko and Yoshiaki Iijima; Self-Diffusion in High Purity Fe-50mass%Cr Alloy, p87-90
- Toshihumi Ogawa, Nobuyuki Harima, Seiichi Takaki and Kenji Abiko; Influence of Purity and Temperature on the Microstructure of High-Purity Iron, p95-101
- Kenji Abiko, Seiichi Takaki, Takeshi Yokota and Susumu Satoh; Formation of Giant Columnar Grains in High-Purity Iron by Hot-Rolling, p102-108
- Takeshi Hidaka and Kenji Abiko; *In-Situ* Observation of Transformation Behavior in High-Purity Fe-Ni Alloys, p116-121
- Koji Yano and Kenji Abiko; Role of Carbon on the Transformation of the Phase in Highly Purified Fe-50mass%Cr Alloys, p122-129
- Eiichi Wakai, Akimichi Hishinuma, Yukio Miwa, Asao Ouchi, Seiichi Isozaki, Seiichi Takaki and Kenji Abiko; Effects of Neutron Irradiation on Tensile Properties in High -Purity Fe-(9-50)Cr and Fe-50Cr-xW Alloys, p1306-140
- Minoru Asahina, Nobuyuki Harima, Seiichi Takaki and Kenji Abiko; High-Temperature Mechanical Properties of a High-Purity Cr-Ni Alloy, p178-183
- Kenji Kako, Seiichi Takaki and Kenji Abiko; Effect of Grain Size on the Deformation Properties of a High -Purity Fe-50Cr Alloy at 293 and 773 K, p184-193
- Seiichi Isozaki and Kenji Abiko; Role of Tungsten in the Mechanical Properties of a High-Purity Fe-50mass%Cr Alloy at 293 - 773 K, p194-196
- Gaku Kanou, Nobuyuki Harima, Seiichi Takaki and Kenji Abiko; Mechanical Properties of a High-Purity 60mass%Cr-Fe Alloy, p197-202

Physica Status Solidi (a), 167(1997), No.2 : 10 件

- K.Abiko and Y.Kato; Properties of a High-Purity Fe-50mass%Cr Alloy,P449-461
- K.Abiko and K.Sadamori; The Role of Carbon on the Transformation Behavior in High Purity Iron on,P275-287
- K.Abiko, T.Nakajima, N.Harima and S.Takaki; Preparation of 10 kg Ingot of Ultra-Pure Iron,P347-355
- S.Isozaki and K.Abiko; High Temperature Deformation Mechanism of a High-purity Fe-50mass%Cr Alloy,P471-480
- T.Nakajima, Ymorimoto, S.Takaki and K.Abiko; Preparation of Ultra-Pure Ti-Al Alloys,P411-418
- T.Yokota, S.Satoh, Y.Kato and K.Abiko; Corrosion Resistance of High Purity Fe-50mass%Cr Alloys,P495-502
- K.Takada, Y.Morimoto, K.Yoshioka and K.Abiko; Determination of Trace Amounts of Gaseou Elements (C and O) in High-Purity Iron,P389-397
- K.Takada, M.Ishikuro K.Tozawa and K.Abiko; Determination of Trace Amounts of Metalloid Elements in High-Purity Iron by Chemical Separation-Spectrophotometry,P399-404
- K.Abiko, T.Tetsui, T.Hoshi, M.Shinohara and S.Takaki; Effects of Impurities on Corrosion of iron in Sodium at High Temperatures,P435-441
- K.Kako, S.Isozaki, S.Takaki and K.Abiko; Deformation Mechanism in High-purity Fe-50Cr(-5W) Alloys at Elevated temperatures,P481-494

Physica Status Solidi (発行準備中): 19 件

- Kenji Abiko; Nano-Metallurgy of Ultra-High Purity Metals
- Seiichi Takaki; Recent Development in High-Purification of Iron
- S.Ogino, M.Harada, K.Tsunoyama and Y.Morimoto; Reference Materials for Analysis of S in High Purity Iron
- T.Yokota, S.Satoh, K.Abiko and S.Takaki; Formation of Mono-Layer Honeycomb structure in High-Purity Iron by Single Pass Hot-Rolling
- K.Kako, S.Takaki and K.Abiko; Effect of aging on the tensile property of high-purity 50Cr-Fe alloys
- T.Ogawa, N.Harima, S.Takaki and K.Abiko; Influence of Purity and Cooling Rate on the Microstructure of Hot-Forged Pure Iron
- M.Asahina, N.Harima, S.Takaki and K.Abiko; High-Temperature Mechanical Properties of High-Purity

70mass%Cr-Fe Alloy

- K.Takada, T.Ashino, T.Itagaki, K.Hirokawa and K.Abiko; Determination of Trace Amounts of Se, Te, Au and Ag in High-Purity Iron, Steel and Other Metals by Graphite Furnace-Atomic Absorption Spectrometry after Coprecipitation with Palladium
- K.Ishii, S.Takaki and K.Abiko; Mechanical Properties of Ultra-High Purity Fe-0.2mass%C Alloy prepared by Cold-Crucible induction melting in Ultra-High Vacuum
- C.Kawarada, N.Harima, S.Takaki and K.Abiko; Purification of Ti-Al Alloy by Cold-Crucible Induction Melting in Ultra-High Vacuum
- T.Ashino, K.Takada, Y.Morimoto and K.Abiko; Determination of Trace Amounts of Sulfur in High-Purity Iron by Infrared Absorption after Combustion: Selection and Pre-treatment of Reaction Accelerator
- H.Yasuhara, M.Shimura, K.Yoshioka, K.Abiko, H.Iwai and T.Niida; Determination of Trace Amounts of Sulfur in High-Purity Iron by Infrared Absorption after Combustion: Selection and Pre-treatment of Reaction Accelerator
- M.Totouge, N.Harima, S.Takaki and K.Abiko; Effect of Tungsten on the Mechanical Properties of High-Purity 60%massCr-Fe Alloys
- H.Ikeda, S.Takaki and K.Abiko; Effect of Purity on the Deformation Behavior of iron at Room Temperature
- M.Sugihara, Y.Yamazaki, S.Takaki, K.Abiko and Y.Iijima; Volume and Grain Boundary Self-Diffusion in a High Purity Fe-50mass%Cr Alloy
- E.Wakai, A.Hishinuma, M.Ashino, Y.Miwa, K.Mitsuishi, K.Furuya, S.Takaki and K.Abiko; Effect of Radiation on Tensile properties and Damage Microstructure in High-purity Fe-(9-70)Cr Alloys
- A.Hishinuma, S.Takaki and K.Abiko; Recent Progress and Future R&D for High-chromium Iron-base and Chromium-base Alloys
- T.Hidaka and K.Abiko; High-Temperature Mechanical Properties of High-Purity Fe-Ni Alloys
- T.Kumei, T.Nagoya, W.Harada, S.Takaki and K.Abiko; Effects of Purity on Corrosion Behavior of Iron in Acid Solution

Proceedings of UHPM-98 : 16 件

- K.Abiko; Development of Iron and Fe-Cr Alloy by Ultra- Purification,p97
- K. Abiko and Y.Ishiwatari; Role of Grain Boundaries on Yield Stress of High-Purity Iron,p159
- S.Takaki and K.Abiko; Ultra-Purification of Electrolytic Iron by Cold-Crucible Induction Melting and Induction-Heating Floating-Zone Melting,p187-193
- K.Takada, Y.Morimoto, H.Yasuhara, M.Kurosaki and K.Abiko; Method for Determination of Micro Amounts of Sulfur in High Purity Iron by Infrared Absorption Method of Sulfur Dioxide after Combustion,p215-223
- T.Nakajima, Y.Morimoto, S.Takaki and K.Abiko; Purification of Ti-Al Alloys by High Frequency Floating-Zone Melting in Ultra-High Vacuum,p175-179
- T.Hidaka and K.Abiko; In-Situ Observation of Transformation Behavior in High-Purity Alloys,p17-25
- G.Kano, N.Harima, S.Takaki and K.Abiko; Preparation and High-Temperature Properties of a High-Purity 60mass%Cr-Fe alloy,p143-149
- T.Kumei, S.Takaki and K.Abiko; Effects of Purity on Corrosion Behavior of Iron in Aqua Regia,p129-136
- S.Isozaki and K.Abiko; Role of Tungsten for the Mechanical Properties of a High-Purity Fe-50mass%Cr Alloy at 293-773K,p137-142
- T.Ogawa, N.Harima, S.Takaki and K.Abiko; Microstructure of forged high-purity iron,p11-16
- K.Abiko, T.Yokota and S.Satoh; Recrystallization Behavior during hot-Roll of Ultra-high Purity Iron,p47-48
- E.Wakai, A.Hishinuma, H.Abe, Y.Miwa, S.Takaki and K.Abiko; Phase Transformation of High-Purity Fe-50Cr-xW Alloys during Fe+ Ion Irradiation,p35-45
- A.Hishinuma, E.Wakai, S.Takaki and K.Abiko; Neutron-Irradiation Effects on Chappy Impact and Tensile Properties of Low- and High-Purity Fe-9Cr Alloys,p27-33
- K.Kako, S.Takaki and K.Abiko; Effect of Grain Size on the Deformation Property of a High-Purity Fe-50Cr Alloy at 293 and 773K,p93-96
- Y.Horino, N.Tsubouchi, C.Heck, H.Oomori, M.Wada and K.Abiko; Formation of Pure Films by Means of Negative Iron Beam Direct Deposition,p195-205
- H.Yasuhara, M.Shimura, K.Yoshioka and K.Abiko; Determination of Trace Amount of Carbon in Iron and Steel,p225-231

Proceedings of UHPM-99 : 13 件

- Seichi Takaki and Kenji Abiko; Ultra-Purification of Electrolytic Iron by Cold-Crucible Induction Melting and Induction-Heating Floating-Zone Melting in Ultra-High Vacuum, p7-11
- Kenji Abiko; Why Do We Study Ultra-High Purity Metals ? , p52-56
- Kunio Takda, Tetuya Ashino, Yukitoshi Morimoto, Hisao Yasuhara, Mayuko Kurosaki and Kenji Abiko; Determination of Trace Amounts of Sulfur in High-Purity Iron by Infrared Absorption after Combustion: Removal of Sulfur Blank, p89-92
- Tetuya Ashino, Kunio Takda, Yukitoshi Morimoto, Hisao Yasuhara, Mayuko Kurosaki and Kenji Abiko; Determination of Trace Amounts of Carbon in High-Purity Iron by Infrared Absorption after Combustion: Pretreatment of Reaction Accelerator and Ceramic Crucible, p93-98
- Tetuya Ashino, Kunio Takda, Yukitoshi Morimoto, Hisao Yasuhara, Mayuko Kurosaki and Kenji Abiko; Determination of Trace Amounts of Carbon in High-Purity Iron by Infrared Absorption after Combustion: Pretreatment of Reaction Accelerator and Ceramic Crucible, p99-102
- Atushi Kinomura, Seiichi Takaki, Yukihiko Nakano, Yoshihiko Hayashi, Yuji Horino and Kenji Abiko; Neutron

- Activation Analysis of High-Purity Iron in Comparison with Chemical Analysis, p103-108
- Seiichi Isozaki and Kenji Abiko; Role of Tungsten in the Mechanical Properties of a High-Purity Fe-50mass%Cr Alloy at 293 - 773 K, p127-129
 - Kenji Kako, Seiichi Takaki and Kenji Abiko; Effects of Strain Rate and Carbon on the Stress-Strain Curves of a High-Purity Fe-50CrAlloy at 773K, p130-131
 - Koji Yano and Kenji Abiko; Role of Carbon on the Transformation of the Phase in Highly Purified Fe-50mass%Cr Alloys, p138-145
 - Gaku Kanou, Nobuyuki Harima, Seiichi Takaki and Kenji Abiko; Mechanical Properties of a High-Purity 60mass%Cr-Fe Alloy, p147-152
 - Motohide Sugihara, Yoshihiro Yamazaki, Seiichi Takaki, Kenji Abiko and Yoshiaki Iijima; Self-Diffusion in High Purity Fe-50mass%Cr Alloy, p153-156
 - Eiichi Wakai, Akimichi Hishinuma, Yukio Miwa, Asao Ouchi, Seiichi Isozaki, Seiichi Takaki and Kenji Abiko; Effects of Neutron Irradiation on Tensile Properties in High-Purity Fe-(9-50)Cr and Fe-50Cr-xW Alloys, p163-170
 - Akimichi Hishinuma, Seiichi Takaki and Kenji Abiko; High Purity Chromium Base Alloys for Fusion Application, p176-179
 - Kenji Abiko, Seiichi Takaki, Takeshi Yokota and Susumu Satoh; Formation of Giant Columnar Grains in High-Purity Iron by Hot-Rolling, p180-186
 - Toshihumi Ogawa, Nobuyuki Harima, Seiichi Takaki and Kenji Abiko; Influence of Purity and Temperature on the Microstructure of High-Purity Iron, p187-193
 - Takashi Kumei, Toshiro Nagoya, Wakahiro Hidaka, Seiichi Takaki and Kenji Abiko; Effects of Purity on Corrosion Behavior of Iron in Acid Solution, p205-207
 - Takeshi Hidaka and Kenji Abiko; In-Situ Observation of Transformation Behavior in High-Purity Fe-Ni Alloys, p259-264
 - Minoru Asahina, Nobuyuki Harima, Seiichi Takaki and Kenji Abiko; High-Temperature Mechanical Properties of a High-Purity Cr-Ni Alloy, p265-270
 - Tadahito Nakajima, Yukitoshi Morimoto, Seiichi Takaki and Kenji Abiko; Purification of Ti-Al Alloys by Induction-Heating Floating-Zone Melting and Cold-Crucible Melting in Ultra-High Vacuum, p271-276

(2)口頭発表

招待、口頭講演（国内 件、海外 件）

A. 超高純度金属に関する国際会議

- (a) UHPM-97 1997年9月 米ベンシルヴァニア 8件
Physica Status Solidi (a), 167(1997), No.2を参照のこと。
- (b) UHPM-98 1998年9月 仏セヴリエル 12件
Proceedings of UHPM-98を参照のこと。
- (c) UHPM-99 1999年6月 仙台市 19件
Proceedings of UHPM-99を参照のこと。
- (d) UHPM-00 2000年6月 フィンランド ヘルシンキ 19件
 - 安彦兼次(東北大金研) Nano-Metallurgy of Ultra-High Purity Metals
 - 芦野哲也(東北大金研) Determination of Trace Amounts of Sulfur in High-Purity Iron by Infrared Absorption after Combustion: Selection and Pre-treatment of Reaction Accelerator
 - 安原久雄(川崎製鉄(株)) Development of Pre-treatment Method for the Determination of Trace Amounts of Oxygen in Iron and Steel
 - 横田毅(川崎製鉄(株)) Formation of Mono-Layer Honeycomb structure in High-Purity Iron by Single Pass Hot-Rolling
 - 加古謙司(電中研) Effect of the aging treatment on the tensile property of high-purity 50Cr alloys
 - 角山浩三(川鉄テクノ) Effect of the aging treatment on the tensile property of high-purity 50Cr alloys
 - 高田九二雄(東北大金研) Determination of Trace Amounts of Se, Te, Au and Ag in High-Purity Iron, Steel and Other Metals by Graphite Furnace-Atomic Absorption Spectrometry after Co-precipitation with Palladium
 - 高木清一(東北大金研) Recent Development in High-Purification of Iron
 - 山崎仁丈(東北大工学部) Volume and Grain Boundary Self-Diffusion in a High Purity Fe-50mass%Cr Alloy
 - 若井栄一(原研) Effect of Radiation on Tensile properties and Damage Microstructure in High-purity Fe-(9-70)Cr Alloys
 - 小川俊文(福岡工研) Influence of Purity and Cooling Rate on the Microstructure of Hot-Forged Pure Iron
 - 石井勝己(東北大金研) Mechanical Properties of Ultra-High Purity Fe-0.2mass%C Alloy prepared by Cold-Crucible induction melting in Ultra-High Vacuum
 - 川原田力(東北大金研) Purification of Ti-Al by cold-crucible induction melting in ultra-high vacuum
 - 池田浩(東北大金研) Effects of Purity on the Deformation Behavior of iron above Room Temperature
 - 朝比奈稔(東北大金研) High-Temperature Mechanical Properties of High-Purity 70mass%Cr-Fe Alloy
 - 登峠雅之(東北大金研) Effect of Tungsten on the Mechanical Properties of High-Purity 60%Cr-Fe Alloys
 - 日高猛(オリンパス光学工業) High-Temperature Mechanical Properties of High-Purity Fe-Ni Alloys
 - 菱沼章道(原研) RECENT PROGRESS AND FUTURE R&D HIGH-CHROMIUM IRON-BASE AND CHROMIUM-BASE ALLOYS

- (e) UHPM-01 2001年6月 独ベルリン 16件
- ・安彦兼次(東北大金研)Advanced Metal Science based on Nano-Metallurgy
 - ・安彦兼次(東北大金研) Intrinsic Yield Phenomena of Iron related the Interaction between Impurities and Grain Boundaries
 - ・高木清一(東北大金研) Recent Progress in Ultra-Purification of Metals and Alloys by Cold-Crucible Induction Melting
 - ・高田九二雄(東北大金研) Determination of trace amounts of elements in ultra high-purity iron by spectrochemical analysis after chemical separation
 - ・芦野哲也(東北大金研) Quantitative separation of trace amounts of Se, Te, Au and Ag from major components (Fe, Cr, Ni, Mn, Mo, etc) in acidic solution by coprecipitation with Pd as carrier
 - ・池田浩(東北大金研) Effects of Purity on High-Temperature Tensile
 - ・登峠雅之(東北大金研) Mechanical Properties of High-Purity 60 and 70 mass% Cr-Fe Alloys at High Temperature
 - ・飯島嘉明(東北大学工学部) Volume and Dislocation Self-Diffusion in Ultra High Purity Iron
 - ・山崎仁丈(東北大学工学部) Self-Diffusion in High Purity Fe-50mass%Cr-8mass%W Alloy
 - ・堀野祐治(産総研関西センター) Neutron Activation Analysis of Ultrahigh-Purity Ti-Al Alloys in Comparison with Glow-Discharge Mass Spectrometry
 - ・上田完(産総研関西センター) High Temperature Oxidation of High Purity Fe-60mass%Cr
 - ・御幡弘明(福岡県工業技術センター) Effect of Purity on Atmospheric Corrosion Resistance of Iron
 - ・菱沼章道(日本原子力研究所) High-Chromium Alloys for Advanced Energy System Application
 - ・佐藤進(川崎製鉄(株)) Determination of Trace Amounts of Sb,Pb and B in High-Purity Iron and Steel by Isotope Dilution/ICP-MS
 - ・川原田力((株)日鉱マテリアルズ) Mechanical Properties of Ultrahigh-Purity Ti-45mol%Al Alloy
 - ・石井勝己(日新製鋼(株)) Effect of Purity and Heat-Treatment on Mechanical Properties and Microstructures of Fe-0.2mass%C Alloys

(f)3rd International Colloquium Hard & Decorative Chromium Plating -The Challenge of the 1st century
フランスサンテチエンヌ国立鉱山大学 2001年4月23日~4月29日

- ・安彦兼次(東北大学金研) Mechanical Properties of Ultra-High Purified Cr-Fe Alloys

(g)日本金属学会

- ・ 1999年3月 春季(124回)大会 高純度金属S 東京工大 9件
- ・ 1999年11月 秋季(125回)大会 高純度金属S 金沢工大 12件
- ・ 2000年3月 春季(126回)大会 高純度金属S 横浜国大 15件
- ・ 2000年10月 秋季(127回)大会 高純度金属S 名古屋大 10件
- ・ 2001年3月 春季(128回)大会 材料戦略S 千葉工大 11件
- ・ 2001年9月 秋季(129回)大会 材料戦略S 九州産大 10件(予定)

内容についてはUHPM国際会議と重複しているので省略する。

(3)特許出願(国内 5件、海外 6件)

国内

- (a) 高温における強度 - 延性バランスに優れたCr基合金(平成11年)
発明者: 安彦兼次 特願 平 11-148326(1999.05.27)
- (b) 磁気特性と耐食性に優れた熱延電磁鋼板およびその製造法(平成11年)
発明者: 安彦兼次 特願 平 11-148325(1999.05.27)
- (c) 強度および延性の制御範囲に優れた超高純度炭素鋼(平成12年)
発明者: 安彦兼次 特願 2000-298534(2000/06/02)
- (d) 加工性および高温における強度 - 延性バランスに優れたCr基合金(平成12年)
発明者: 安彦兼次 特願 2000-165983(H12/06/13)
- (e) 延性に優れた超高純度鉄(平成12年)
発明者: 安彦兼次 特願 2000-298535(2000/09/29)

海外

- (a) HOT ROLLED ELECTROMAGNETIC STEELSHEET HAVING EXCELLENT MAGNETIC PROPERTIES AND CORRSION RESISTANCE AND METHOD OF PRODUCT
発明者: 安彦兼次 GH1209T-CA(2000/05/26)
- (b) 磁気特性と耐食性に優れた熱延電磁鋼板およびその製造法
発明者: 安彦兼次 PCT/JP00/03398(2000/05/26)
- (c) 高温における強度 - 延性バランスに優れたCr基合金
発明者: 安彦兼次 PCT/JP00/03399(2000/05/26)
- (d) 磁気特性と耐食性に優れた熱延電磁鋼板およびその製造法
発明者: 安彦兼次 2001-7000603(2001/01/15)
- (e) HOT ROLLED ELECTROMAGNETIC STEELSHEET HAVING EXCELLENT MAGNETIC

PROPERTIES AND CORRSION RESISTANCE AND METHOD OF PRODUCT

発明者：安彦兼次 09/744,239(2001/01/26)

(f) HOT ROLLED ELECTROMAGNETIC STEELSHEET HAVING EXCELLENT MAGNETIC PROPERTIES AND CORRSION RESISTANCE AND METHOD OF PRODUCT

発明者：安彦兼次 00931586.2(2001/02/05)

(4)受賞等

受賞

新聞報道

- ・日本経済新聞、塩酸でも溶けない鉄、1998年5月4日
- ・日経産業新聞、クロム60%含む鉄合金、1998年7月20日
- ・日経産業新聞、鉄の常識を破る超高純度鉄、1999年5月31日
- ・日経産業新聞、高純度金属に関する国際会議、1999年6月2日
- ・日経産業新聞、純度99.9999%の鉄、1999年6月5日
- ・日経産業新聞、超高純度金属研究に関する東北大と大阪工研の研究協、1999年7月28日
- ・日経産業新聞、軽量・耐熱性の新合金 高純度鉄とクロム利用、2000年7月3日
- ・日経産業新聞、超高純度鉄 圧延で大きな結晶粒、2000年8月25日
- ・日本経済新聞、超高純度鉄 高温で変形・伸び、2000年10月9日
- ・The Nikkei Weekly、Ultra-pure iron under heat breaks in unusual ways、2000,10,3
- ・河北新報、世界最高の純度 鉄99.9989%、2001年1月4日
- ・経済産業新報、超高純度鉄は鉄の概念を超える、2001年1月15日
- ・東京新聞、超高純度鉄 不思議な本性に注目、2001年2月20日夕刊
- ・中日新聞、北陸中日新聞、超高純度鉄 不思議な本性に注目、2001年2月20日夕刊
- ・日本経済新聞、技術創生紀 鉄も水も進化する、2001年3月15日

TV放映

- ・NHK 教育、サイエンスアイ、1998年12月21日
- ・NHK 総合、朝のニュース おはよう日本「情報ボックス」、2000年12月11日
- ・NHK 総合、ゆうゆう東北 2001年3月7日
- ・NHK 教育、金曜フォーラム(70分) 2001年3月30日

雑誌等掲載

- ・『21世紀文明を担うベースメタルの研究』JST ニュース、科学技術振興事業団、1998年4月、p.2
- ・『21世紀を変革する技術』ブリタニカ国際年鑑1998年版、先端技術、p.325
- ・『超高純度金属を研究する』大工研ニュース、通商産業省 工業技術院 大阪工業技術研究所、1999年3月、p.1
- ・『超高純度金属の創製にかける』科学技術ジャーナル、科学技術広報財団、1999年6月、p.44
- ・『金よりも高価で錆びない夢の金属「純鉄」の可能性』プレジデント、1999年9月、p.14
- ・『超高純度金属、のこぎりが一瞬にして融けた?』日経サイエンス、1999年10月、p.146
- ・『究極の超高純度鉄』日経サイエンス、2000年10月、p.32
- ・『超高純度の世界は不思議がいっぱい』6年生の科学、学研、2000年11月、p.22
- ・『スーパーメタル(高純度金属)』現代用語の基礎知識、素材開発、1996年版以降、例えば2000年版、p.1205
- ・『金属を超高純度化すると?』源流、科学技術振興事業団、変貌する材料像 2001年1月 p.47
- ・『金属の超高純度化』高圧ガス、高圧ガス保安協会、2001年5月、p.75

単行本、編集本

- ・Ultra-High Purity Metals、日本金属学会、欧文誌、2000年1月
- ・日本発 トップを切る科学者達、チクマ秀版社、2001年1月

調査報告書

- ・超高純度金属(あびこ鉄)の位置付けと将来性に関する調査研究 2000年2月 日経産業消費研究所
- ・超高純度金属材料の知的基盤整備成果報告書、2001年3月 (財)大阪科学技術センター附属ニューマテリアルセンター「超高純度金属材料委員会」

招待講演

- (a)国際シンポジウム 「21世紀における産業化技術の発掘」 超高純度金属材料を核として 1999年2月4,5日 通商産業省工業技術院大阪工業技術研究所
演題：超高純度鉄を研究する
安彦兼次 東北大学金属材料研究所
- (b)「21世紀の科学を開くベースメタルの科学」
平成9年6月6日 東北大学金属材料研究所
演題：超高純度ベースメタルの科学
安彦兼次 東北大学金属材料研究所
- (c)材料ナノテクノロジープログラムワークショップ
平成12年10月13日 JAホール

演題：ナノメタルプロジェクトについて

安彦兼次 東北大学金属材料研究所

(d) ナノメタルワークショップ

平成 12 年 10 月 25 日 (財)大阪科学技術センター

演題：ナノメタルの研究

安彦兼次 東北大学金属材料研究所

(e) 第 1 回超高純度金属大阪討論会

「金属革命：超高純度化で金属はどこまでわかるか、かわるか」

平成 13 年 2 月 9 日 大阪工業技術研究所

演題：ここまでできた超高純度金属の科学

安彦兼次 東北大学金属材料研究所

(f) 第 63 回ハイテクフォーラム 「超高純度鉄で未来を拓く」

平成 13 年 3 月 9 日 広島 (財)中国技術振興センター

演題：金属を高純度化すると？

安彦兼次 東北大学金属材料研究所

(g) 第 1 回福岡県高純度金属材料講演会

平成 13 年 3 月 30 日 福岡県工業技術センター機械電子研究所

演題：超高純度金属の科学

安彦兼次 東北大学金属材料研究所

その他

ビデオ作成 「超高純度ベースメタルの科学」研究成果報告、2001 年 3 月

(5) その他特記事項

「超高純度ベースメタルの科学」の研究成果をより発展させるため、NEDO の平成 13 年度公募プロジェクトである「ナノメタル技術」に応募した。本プロジェクトのねらいは、超高純度金属をベースにしたナノメタラジーの概念に基づき実用化をも視野に入れた新しい金属材料を創成しようとする意欲的なものである。平成 13 年 6 月末、提案書は NEDO において審査中であるが、採択される可能性は高いと考えている。