

## 研究課題別事後評価結果

### 1. 研究課題名

超高純度ベースメタルの科学

### 2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）

研究代表者 安彦 兼次 東北大学金属材料研究所 助教授

主たる研究参加者 高田 九二雄 東北大学金属材料研究所 講師

### 3. 研究内容及び成果

本プロジェクトでは、産業上重要なベースメタルと呼ばれる鉄、アルミニウム、銅、クロム、ニッケル、チタン及びそれらの合金等が有する本来の性質を明らかにする基礎実験研究を行なった。その目的は、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基点とし、その違いの生じる原因を探索・体系化して、飛躍的特性を有する金属材料の発掘に資することである。具体的な研究項目は、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の特性解明、3) 極微量不純物元素の定量、4) 特性に及ぼす不純物元素の効果の解明等である。本研究では、超高真空技術を駆使した溶解装置、実験装置等を作製し、「超高純度ベースメタル科学」の基盤技術の確立を行なった。

#### (1) 超高純度化、特性解明（安彦）グループ

市販の高純度の鉄、クロム、ニッケル、アルミニウム、チタンを超高純度化し、またそれらの超高純度合金を試作して金属学的性質、化学的性質、機械的性質等を調べることにした。なおベースメタルとしては銅が含まれるが、日本の非鉄金属企業が公称8Nの銅を作製したことから、本研究では対象から外した。

超高純度化のため、超高真空コールド・クルーシブル溶解装置（3 kg用炉、10 kg用炉）や超高真空浮遊帯溶解生成装置を開発し、超高純度金属及び合金の試験片を作製した。超高真空雰囲気中で、室温から1773 Kにおける引張試験装置及びクリープ試験機による高温高速引張試験によって、超高純度ベースメタルの機械的特性を調べた。

開発した大型超高真空炉で、純度99.9995%（5N5）の10 kg級純鉄インゴットを作製した。これは質・量ともに世界に類を見ない超高純度鉄である。その特性を市販の純鉄（99.9%）と比較して、引張強度、延性、変形様式、再結晶温度、拳動、耐食性等の、機械的性質、金属学的性質、化学的性質が著しく異なることを明らかにした。

クロム鋼は従来、耐食性を有するものの、Cr含有率の増加と共に $\sigma$ 相析出、2相分離、475℃脆性等による脆化が顕著になることから、実用材では30%が最も高かったが、純度4NのFe-Cr合金では70%まで高めることができ、耐食性、可塑性、高温強度の優れた材料となることを示した。

#### (2) 極微量分析（高田）グループ

当研究グループの目標は、40種余りの金属・非金属元素について極微量定量分析法の研究を行ない、その定量限界、再現性、信頼度等を調べてベースメタルの純度に関する最良の定量法を確立することにある。

不純物元素の中でも特にC、N、O、S、H等のガス成分元素は、ベースメタルの特性に大きな影響を与えることから、0.1 wtppm以上の精度の極微量定量法の確立に努め、目的を達成した。また、P、Bについても同程度の極微量定量法が確立できた。

### 4. 事後評価結果

#### 4-1. 外部発表（論文、口頭発表等）、特許、研究を通じての新たな知見の取得等の研究成果の状況

研究成果は論文（英文58件、和文16件）、口頭またはポスター（国際学会58件、国内学会67件）、特許出願（海外6件、国内5件）の他、解説（国内誌11件）、TV放映（4件）、新聞紙上報道（15件）等において外部に発表した。

超高純度化した金属・合金と市販の純度の金属・合金とでは、金属学的、化学的、機械的性質のいずれにおいても著しく異なることを、純鉄、炭素鋼、クロム-鉄合金等について明らかにした。これらは純度を上げることによって金属・合金の性質が著しく変わることを証明したが、純度を保証すべき不純物微量分析技術が未熟であったことから、本研究では多種の不純物元素についてそれぞれの定量法を確立した。なかんずくC、N、S、O、B、P等の定量が0.1 wtppm以上の精度で可能となった意義は大きい。

#### 4-2. 得られた研究成果の科学技術への貢献

金属・合金の本来の機械的、金属学的、化学的性質と思われていたものが、純度を上げることによって大きく異なることを示した功績は非常に大きく、金属材料の性能改善・向上に指針を与えた。また、金属・合金の純度を上げたことによって、不純物の予想以上の効果を浮き彫りにした。今後、精錬技術の進歩により高純度化のコストが低下すれば、本研究が示唆する高性能金属材料の実用化が可能になる。また、本研究による微量分析技術向上は、学問的、工業的に極めて貢献度の高い業績として評価される。

金属・合金の超高純度化に努めて挙げた業績は独創性に富み、世界的に注目されている。高純度化の重要性、不純物効果に対する注意の喚起も大きな功績と言える。これらに加えて、40種に余る極微量分析技術の確立は、我が国発の世界への貢献として位置付けできる。

[戻る](#)