

## 産学共創プログラム「ヘテロ構造」事後評価結果

1. 研究課題名： 幅拘束大圧下制御圧延による易成形高強度バイモーダル薄鋼板の製造基盤研究

2. 研究代表者： 柳本 潤（東京大学 生産技術研究所 教授）

### 3. 研究概要

幅拘束大圧下制御圧延によって、添加合金元素を最小化した組成の易成形高強度バイモーダル薄鋼板を製造するための基盤研究で、強度 1GPa、伸び 25% を実現目標値とした。バイモーダル組織形成のための圧延プロセス条件が明らかになりつつある点は高く評価される。本研究によって、材料に強加工を与えることができる幅拘束大圧下圧延機が設計・製作され、平成24年度から稼働したことも喜ばしい。一方、初期の強度と伸びの目標値の達成、およびバイモーダル組織の形成機構と力学特性発現機構の解明は、まだ道半ばである。

### 4. 事後評価結果

#### 4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

低炭素鋼の超微細粒バイモーダル組織に着目し、強度と延性を両立させた鋼の創製を熱間加工プロセスレベルから基礎的に確立して行こうとする、貴重で志の高い研究課題である。系統的な加工熱処理実験により、低炭素鋼における超微細粒バイモーダル組織の形成条件が明らかになったことは評価できる。圧延組織と熱間圧延温度および圧下率の関係では、炭素量の影響、NbC の影響などに関して有力な新知見も得られている。さらに、本研究の根幹がこれまで困難であった大圧下制御圧延を可能とする試験設備および手法を確立することにあるのならば、当初の目標は達成したと判断される。

しかしながら、幅拘束大圧下圧延機的设计・製作に時間を費やしたため、まだ目的の指導原理を構築するのに十分な量のデータが出ていないのは残念である。また、中間評価時に指摘された混粒組織と区別するバイモーダル組織の定義やコンセプトについても必ずしも明瞭にはなっていない。さらに、提案されたバイモーダル組織の形成機構も単なるプロセス条件であり、理論的裏付けに乏しい。バイモーダル組織の力学特性を再現する有限要素法解析では、微細粒領域と超微細粒領域のどちらを母相と考え、どちらを母相に埋め込まれた第二相と考えるかについても、結論が得られたとは言えない。これらの点から判断して、少なくとも現時点では、本研究は一部期待を下回ってしまったと結論せざるを得ない。

産学共創の場での議論により、バイモーダル組織に基づく新材料創製に対する指導原理構築への期待の大きさを再認識し、これに取り組んだ点は評価される。ただし、同じ基礎

基盤研究プログラムを実施し、バイモーダル組織を研究対象にしている飴山チームとの連携ができなかったのは、中間評価でも指摘されていただけに、大変残念である。

#### 4-2. 今後の研究に向けて

幅拘束大圧下圧延機という従来にない設備が立ち上がった点は貴重であり、この設備から得られる新規な実験データに対する期待は大きい。今後は高炭素鋼やマイクロアロイ鋼についての実験も行って、バイモーダル組織形成条件の明確化、形成機構の解明、機械的性質（とくに、引張特性）の発現機構解明、新指導原理の提案へと進展していただきたい。さらに、当初の目標値であった強度 1GPa、伸び 25% の達成も目指していただきたい。

なお、本研究の今後の発展のためには、上記の飴山チームをはじめ、異分野専門家（金属材料、計算科学など）との共同研究が有効と考える。

#### 4-3. 総合評価

##### 総合評価 B

幅拘束大圧下制御圧延機を活用し、バイモーダル組織の形成と力学特性の飛躍的向上に塑性加工学に基づいて挑戦する本研究課題は、世界中が注目し、産業界からも期待が大きいものである。産業界からの要請を取り入れて、低炭素鋼の実験を追加したことや、熱間加工シミュレーターを用いた基礎研究で力学特性が向上する知見を得た点は高く評価できる。しかしながら、幅拘束大圧下制御圧延機の製作と納入に時間がかかってしまったため、この設備を用いた試験結果が未だ十分には得られていない。また、バイモーダル組織を利用した力学特性向上に関する指導原理には、組織形成機構と力学特性発現機構の両面について、学術的に深化させるべき余地が多く残っている。

今後は、幅拘束大圧下圧延機の特長を活かした研究を推進するとともに、異分野専門家や産業界との議論を継続し、バイモーダル組織の形成と力学特性向上に関する新指導原理の構築を目指していただきたい。幅拘束大圧下圧延機は広範囲な加工条件を可能とするものなので、今後熱間加工による組織制御と現象解明にこの装置が果たす役割は極めて大きいと思われる。したがって、将来の研究がバイモーダル組織のみに限定されず、熱間加工による組織制御全体を体系化する取り組みにまで発展することも期待している。

以上