

談話室

MADYLAM 研究所を訪れて

大橋 徹 郎*

1. はじめに

1987年の4月、フランスのグルノーブル大学にあるMADYLAM研究所を訪問する機会を得た。

MADYLAMとはMagnétohydrodynamique des liquides et Application à la Métallurgieの略で「電磁流体力学の冶金への応用」、あえて意識すれば電磁気冶金とでもいうべきであろうか。

最近、我が国においても電磁気冶金に対する関心が高まり、日本鉄鋼協会においても、萌芽・境界領域の1分野に位置づけられるとともに、特定基礎共同研究会のテーマにも取り上げられ、活発な活動がなされている。

私の知る限り、電磁流体力学の冶金分野への応用を主目的とする単一の研究所はこのMADYLAMにおいて他には見当たらないのではなかろうかと考えられ、その意味でもきわめてユニークで先見性のある研究所と思われる。以下にその概要を簡単に御紹介する。

なお、電磁気冶金の最近の動向の詳細については、すでに1985年、このMADYLAM研究所長のGARNIER博士が本誌にて報告されておられるので御参考にしていただきたい¹⁾。

2. グルノーブル大学とMADYLAM

MADYLAMの位置づけを図1に示す。フランスの科

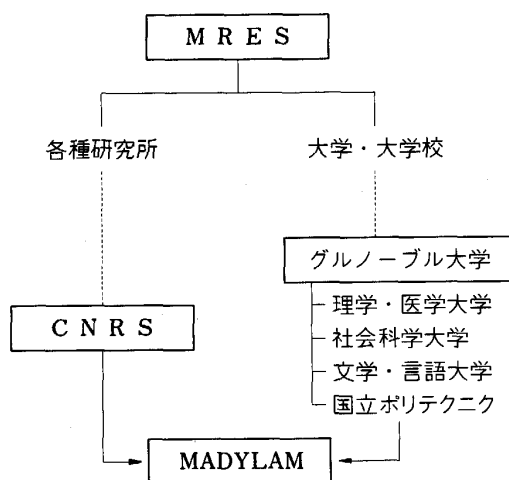


図1 MADYLAMの位置づけ

学研究教育システムは大きく分けて、教育を目的とする大学・大学校群と研究を目的とする研究所・研究センター群に分かれる。ともに日本の文部省に相当するMRESの管轄下にある²⁾。前者の一つがグルノーブル大学であり、後者の一つがCNRS(国立科学研究センター)にあたる。グルノーブル大学は図に示したように、四つの専門大学からなる総称で、その一つに大学院大学の性格を持つINPG(グルノーブル国立ポリテクニク)があり、このINPGと先に述べたCNRSとが共同で設立し、運営している研究所がMADYLAMになる。

後に述べるように、MADYLAMには七つの研究グループがあるが、そのうち四つのグループ長と、所長のGARNIER博士とがCNRSの所属であり、残り3グループの長がINPGに属している。ちなみにGARNIER博士のCNRSにおける資格はResearch Directorとなっている。

研究所の人員は40名で、その人件費は年間8.4MF(約2億円)でINPG19%、CNRS19%、企業62%の割合で負担している。また、研究費については、1986年が5.2MF(約1.3億円)で、CNRS8%、INPG1%、残り91%が企業負担となっている。現在32の企業がスポンサーとなっている。ちなみに、研究者のうち27名が企業からの派遣研究者で、それぞれの専門性も電気、流体力学、機械、金属と多分野にまたがった学際的な構成となっている。

このように、形は国立の研究機関ではあるが、実態は企業との共同研究機関の色彩がきわめて濃い研究所であることが大きな特徴といえる。

なお、蛇足ながら、MADYLAMの新研究棟が約3億円をかけて現在建設中で、1988年春完成予定とのことであった。

3. MADYLAMの研究概要

研究所の主目的は電磁流体力学の理論解析とその冶金プロセスへの応用であり、次に述べる七つのグループが活動を行っている。

1) 電磁流体力学の数値解析

乱流のk-εモデルをベースとし、速度、温度、磁場の2次元及び3次元数値解析を行っている。計算に際しては同一手法のカップリング計算はまだむずかしい課題が多いので、たとえば流れは差分法、電磁場はFEMで計算を行い、それぞれの解のやりとりを行いながら収束させる手法を用いている。これらの計算手法は以下に示す各研究グループのベースとなっている。

2) 磁場中における液体金属の乱流挙動

直流磁場中の乱流渦の生成・拡散現象や渦の制御方法の研究を行っている。また、交流磁場に関しては表皮効果(Skin effect)や周波数の乱流現象におよぼす影響を中心に研究を行っている。これらの解析はたとえばSi

* 新日本製鉄(株)研究企画部 次長

単結晶引上げ時の熱と物質移動のコントロールや凝固界面制御などに応用されている。

3) 電磁攪拌技術

流速におよぼす印加電流、周波数、磁場強度等について理論検討と応用実験を行つている。応用分野としては、連続鋳造時の電磁攪拌や高周波炉による浴流動攪拌、さらには ESR やプラズマ溶解時のプロセス解析等が挙げられる。

4) 電磁溶解技術

Cold crucible の研究が有名。原理としては、外側の環状コイルに誘導電流を流すと、その内側に連続ブロック状に設置された水冷銅管（セクターと称している）中にループ状の渦電流が発生する。これにより、内部にセットされた金属試料表面にも渦電流が生起して、加熱・溶解が可能となる。しかも金属試料とセクターの間に反発力が作用するため、非接触溶解となる。

この技術の応用としては、汚染の無いことを利用した特殊金属の高純度溶解や、高融点金属の溶解が考えられ、またこの発展として連続化への展開や、セクターと試料間にスラグを被覆してスラグ/メタル反応を行わせることも可能である。

5) 自由表面制御

いわゆる電磁鋳造、電磁液体成型の分野に関する研究で、磁場中での液膜、液滴コントロールを中心に研究を行つている。具体例としては複数個のノズルから液体金属を噴出させ、これを磁場中で拵げて液膜を作り、ストリップキャストに 응용する研究や、線材のモールドレス・キャストの研究等を行つている。

この分野では交流磁場中での液体表面の安定性解析とその制御が重要な課題となつている。

6) 磁場中での凝固解析

凝固現象におよぼす磁場の影響、とくに流れの影響を中心に理論解析を行つている。なかでもデンドライト間

隙におけるミクロ的な輸送現象の解析レベルは相当高く、微小渦の生成とその制御が結晶成長や偏析改善にきわめて重要であることに着目して研究している。

7) 電磁診断技術

誘導磁界を利用して液体金属の位置検出を行つたり、熱線流速計の原理を利用した熔融金属の流速測定の研究等、センサーの開発やそれを利用したプロセス制御の基礎研究を行つている。

以上述べた研究グループが個々の基礎的研究課題を追求するとともに、相互に連けいを取りながらタイムリーな開発研究活動を行つている。最近の興味深い開発事例としては、金属粉の電磁気製造法、熔融金属中の介在物の電磁気除去法、中空インゴットの電磁気鋳造法、アーク溶接下での熔融プールの電磁制御などが挙げられる。

4. おわりに

電磁気力を利用した金属材料製造プロセスの研究は、現状プロセスの技術的な壁をブレイクスルーする有力な手段の一つであることはいうまでもなく、今後ますます発展すると考えられる。その意味で MADYLAM 研究所は今後とも注目すべき研究所であろう。

ごく短時間の訪問であつたため、MADYLAM の広く奥深い研究の全容を理解し、御紹介することはとうてい不可能であつたが、少しでもこの研究所のイメージがお伝えできれば幸甚である。

最後に本小稿をまとめるに当たり、御教示いただいた名古屋大学工学部の浅井滋生助教授および新日本製鉄(株)第一技術研究所の沢田郁夫氏に感謝致します。

文 献

- 1) M. GARNIER: 鉄と鋼, 71 (1985), p. 1846
- 2) 佐藤陽一: 鉄と鋼, 73 (1987), p. 1428