

表題：第15回 国際鍛造会議 (IFM2003)

三菱重工業 (株) 高砂研究所 角屋好邦

1. 会議概要

2003年10月26日から29日まで日本の神戸市で開催された15th International Forgemasters Meeting (日本鑄鍛鋼会主催) に参加する機会を得た。海と山に囲まれたこの街には、20年程前にベイエリア開発でできたポートアイランドなる人工島がある。会議は、このポートアイランドにある神戸国際会議場で行われた。この建物は、近くのホテルならびに駅と回廊で結ばれており、その前には市民広場がある。この季節は街路樹の紅葉が鮮やかであった。

本国際会議は、これまでイタリア (1961年、1970年、1991年)、フランス (1963年、1975年)、ドイツ (1965年、1981年、2000年)、英国 (1967年、1985年)、米国 (1972年、1994年)、韓国 (1997年) および日本 (1977年) で開催されており、今回が第15回になる。本会議はロータなどの鍛造品に関する最大規模の国際会議であり、この分野における世界の動向および技術討議を含めて重要な情報交換の場となっている。

会議への参加国は、20カ国で、出席者は約250名であった。内訳は、独44名、伊15名、米7名、英6名、オーストリア10名、日本125名が主なところで、海外からの出席者がおよそ半分であった。

第1日目の午前には、全員が参加してプレナリセッションの基調講演がなされ、その後二つの会場に分かれて口頭発表による一般講演が行われた。また、午前と午後のコーヒーブレイク中には、各社のPR用のポスターセッションが行われた。プレナリセッションでは、1件当たり25分間の基調講演を協賛各国が分担して行った。まず、EUからは、EUにおける鍛造業界の最近の動向について、Dr.R.Kopp氏 (Institute of Metal Forming, 独) の基調講演があった。欧州における鍛造メーカーの経営現状の報告と主な設備の特徴などが紹介された。その後、同様に、韓国、英国、米国、仏、伊および日本からの基調講演があったが、火力発電プラントの分野では、日本の鍛造業界の技術が果たした役割の大きいことが示された。

一般講演は、表1に示すように七つのセッションに分類され、合計86件の発表が行われた。ここでは、特に筆者の立場から関わりが深い (2) および (4) のセッションを中心に以下に述べることにする。

まず、(2) のうち高温蒸気タービンのセッションでは、欧州の人々が脈々と実施してきているCOSTプロジェクト (European Cooperation of Scientific and Technical Research) の中のタービンロータ材の開発に関する成果報告と日本のUSC用タービンロータ材、弁材、ボルト材の開発に関する成果報告ならびに溶接ロータの製造に関する報告で占められていた。欧州のCOST 522プロジェクトの成果として、625℃級対応のロータ材として9%Cr-1.5Mo-1.2Co-B鋼 (FB2) を開発し、製造プロセスの異なる2本の試作ロータを製造し現在評価中であることが報告された。一方、日本からの発表は630℃対応で開発した先進12Cr鋼ロータ材を基にして弁材、ボルト材を製造評価した成果、12Cr鋼のB添加の鋼塊製造に関する報告および12Cr鋼の合金元素の中でCrとBの効果を調べた結果などが報告された。さらに、低合金鋼と9Cr鋼の異鋼種溶接ロータの開発状況と実機運転状況についてまとめた報告があった。同じく (2) のうち低圧タービン、地熱タービンのセッションでは、日本からの発表が多く、中でもSCC対策として低圧ロータを傾斜焼戻しにより強度レベルを変えたロータの製造に関する報告、低圧ロータ製造において生産性を改善させた現状報告および地熱ロータの製造に関する報告があった。さらに、同じく (2) のうち原子力容器、キャスクのセッションでは日本からの発表として、一端封じのキャスク本体胴を鍛造方法を工夫して底付き一体物で製造した成果が報告された。

(4) のセッションでは、日本からの発表として低熱膨張Ni基超合金の開発状況と高温ボルトとして実機に適用し、運転1年後の検査で良好な結果が得られた成果が報告された。この合金は線膨張係数は12Cr鋼並みとし、クリープ強度は従来の超合金と同程度を確保した材料である。現状は、小物部品のボルト材の検討であるが、将来的には、ディスク材の大形化をねらっている。また、G/Tディスクを対象としてIN 706合金をVIM/ESRのダブルメルトで試作し良好な特性が得られた結果が報告された。一方、欧州からの発表として圧縮機インペラのIN 718の製造状況が報告された。発表した欧州の強みは、70,000tといった大容量プレスを保有していることであり、IN 718合金などの鍛造し難い超合金などの製造に対しては一歩リードしている。

なお、筆者自身が聴講した範囲外であるが、(1)、(3)、(5)～(7) のセッションにおいても本会議ならではの発表が多く、例えば (1) の金属成形のセッションでは各社のプレス装置のトピックス的な内容紹介、G/Tディスクをコスト低減のためにニアネット形状を指向した新しい鍛造方法 (axial closed-die rolling) による結果報告および (3) の製錬、鋼塊製造のセッションでは製鋼工場の統合により生産性向上と製造コスト改善を図った報告など多数の発表があった。

さらに、本会議の一環として会議が終了した翌日に鍛造メーカーの工場見学がいくつか企画されていた。ひとつは、近隣の神戸製鋼所高砂工場であり、遠方では日本鑄鍛鋼戸畑工場および日本製鋼所室蘭工場であった。海外からの出席者が多数参加した模様である。

表1 会議のセッション一覧

- | |
|---|
| (1) Metal Forming |
| -Facilities and Equipments- |
| -Forging Technologies- |
| -Modeling- |
| (2) Power Generation |
| -Hydroelectric Geothermal- |
| -Low Pressure Turbine- |
| -High Temperature Steam Turbine- |
| -Nuclear Pressure Vessels and Ti Alloy- |
| (3) Refining and Ingot Making |
| (4) Super Alloy, Austenitic Steel, Ti Alloy |
| (5) NDE |
| (6) Roll and Tool Steels |
| (7) Crank Shaft and Offshore |

2. この分野の四半世紀における進歩

後で述べるが、今回本会議が、日本で開催された意義は大きい。過去、日本では1977年に京都で開催されている。前回会議の70年代は発電プラントの飛躍的な大容量化が始まった頃であり、部材の大型化が進んだ時代である。そこで、それから四半世紀を経た現在との間で本分野における進歩を探るため会議のプロシーディングから技術キーワードを拾い比較してみた(表2)。70年代の京都会議の頃は、鍛造メーカ各社にて取鍋精錬技術が普及されだしたことに加えて高真空設備の導入も含めてVCD技術が立上った時代である。まず、(3)の鋼塊製造の当時の技術キーワードは、3.5 NiCrMoV鋼を中心とした内部欠陥、水素割れ、非金属介在物など鋼塊の品質を高めるテーマがあげられる。その後VCD技術の駆使などによりこれら問題は解決されており、現在は600 t鋼塊の大型化に関する報告が多い。むしろ、超合金の鋼塊品質に関する偏析、フレッケルなどが最近の関心事となっているのが特徴である。(2)のLPロータの70年代の課題は、焼戻し脆化、破壊靱性、大型化が課題であった。その後米国のEPRIを中心とする国際連携プロジェクトの成果などによりこれら課題はすべて解決され、今日では生産性、傾斜熱処理へと付加価値を高めたテーマへと進んでいる。また、HPロータの当時の関心事は、CrMoV鋼のクリープ強度・延性、ロータ曲りが主であったが、今日では高温化のニーズに伴い、高強度の12 Cr鋼が主な対象となっている。特に、これら12 Cr鋼の鋼塊製造プロセスと微量添加元素であるB制御に関するテーマが多い。また、溶接ロータ技術も注目されだしている。現状はフェライト系の従来材料を対象とした取組みであるが、将来のより高温化を念頭にして超合金の溶接技術も視野に入れている。一方、RPV関係は、現在も材料は変わらず、より複雑形状に対応した新しい鍛造方法の取組みがテーマとなっている。さらに、(5)のNDE関係は、当時はUTとロータの中心孔バースト試験が主であったが、現在ではUT手法の進歩に伴い、その精度向上および自動化技術がもっぱらのテーマとなっている。

3. その他の行事および所感

会議前日の夕刻に参加登録をかねた歓迎会が開催され、テーブルのあちこちで旧交をあたためていた。会議中日の夜には、“Banquet”と称して、近くのホテルにて盛大な晩餐会が催された。席上、本会議を企画した塚田尚史氏(日本鉄鋼協会会長、日本製鋼所)から歓迎と本会議の成功を祈る挨拶があった。また、地元神戸を代表して矢田立郎氏(神戸市長)による挨拶と「祝いもち」なるアトラクション(写真1)も加わり、日本色豊かな歓迎の雰囲気になり上がった。さらに宴たけなわの席上、次回の会議開催国である英国を代表してDr.G.A.Honeyman氏(Sheffield Forgemasters Engineering)からお礼と次回への抱負を述べる挨拶があった。いずれも心温まるものがあり、拍手喝采であった。

本会議はこれまで半世紀にわたり脈々と続いてきているが、当初欧州を中心に発信されていた本会議が21世紀のはじめにあたり今回日本で開催された意義は大きいと思う。偶然ではあるが、同時期に神戸ベイエリアにある美術館にて「アレクサンドロス大王と東西文明の交流展」が開催されていた。ギリシャ文明が中央アジアを経てシルクロードをたどり現在の中国を経由して、ユーラシアの東の果ての国、日本にまで達した交流を探る展覧会である。シルクロードはアイアンロードでもあると言われて既に久しいが、本会議は「鉄の生産と技術」を考えるうえでも良い機会であった。シルクロードの文化には中国の影響は欠かせないが、現在のアイアンロードとしての中国の役割は技術交流というよりはむしろ中国の急激な成長にともない中国が本分野の市場となっていることである。近年のアイアンロードとしての日本の技術交流は、中国における製鉄所建設がある。しかしながら、その後中国の鉄鋼生産量が伸び、日本の鉄鋼業の再編が余儀無くされたのも技術連携の皮肉な成果である。

ひるがえって、先人の知恵と技術が凝縮した本分野をさらに発展させてゆくためには、アイアンロードで巨大市場となりつつある中国との共存共栄が不可欠であると思われる。「鉄の生産と技術」に対してわが国がどのようなスタンスをとるにしても、本分野の技術力向上を目指して我々自身が常に研鑽し続けなければならないことは明白である。本会議が半世紀にわたり、脈々と続いていく駆動力はそこにあると思う。そして、本会議に出席する機会を得たおかげでその思いを強く確信した次第である。

(2003年11月10日受付)

表2 IFM 1977 (京都)とIFM 2003 (神戸)会議の技術キーワードの比較

IFM 1977 (Kyoto)	IFM 2003 (Kobe)	Session
Forge shop[4] -Computer System	Press/Manipulator/Furnace[12] -Automatic -Radial Forging -Laser Measurements	(1)
LP:2.8-3.5 NiCrMoV[4] -Temper Embrittlement -Fracture Toughness -Large Forgings	LP:3.5 NiCrMoV[3] -Productivity -Differential Heat Treatment HLP:2 CrMoV/9 CrMoV/3.5 NiCrMoV[2] -Differential Heat Treatment -Welded Rotor HP/Bolt/Valve: 10 CrMoVNb/10 CrMoWCoVNbB [11] -VCD/ESR/BEST -B control	(2)
HP:CrMoV[2] -Creep Strength & Ductility -Rotor Bending	RPV/Cask:A 508/A 350[4] -Simulation -Advanced Forging Process	
RPV:A 508/A 350[3] -Large Forgings		
Ingot Making[7] -Internal Cavity -Internal Defects -Hydrogen Crackings -Nonmetallic Inclusions -EBM/ESR/BEST	Refining/Ingot Making[11] -Slags -Large Ingot (~600 t) -Segregation -Freckle Defects -Cleanliness	(3)
NDE[3] -UT -Bursting Test	UT[8] -Sensitivity -Phased-array -Automated Systems	(5)

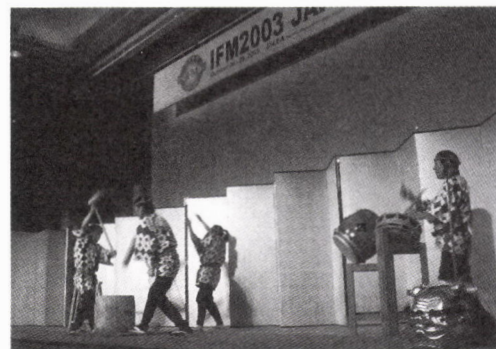


写真1 「祝いもち」アトラクション