

# 第8回 APGGC 技術セッション

日本鉱業協会  
鉛亜鉛需要開発センター  
次長 中島和隆



会場の様子

11月22日の朝8時30分に開会した。先ず本大会会長である台湾の蔣勝彦会長の開会挨拶があり、続いて台湾溶融亜鉛鍍金協会(TGA)の陳麒文理事長の挨拶、アジア太平洋一般溶融亜鉛めっき協会(APGGA)のBarry Bebb会長による歓迎挨拶、最後に台北市の副市長からの歓迎挨拶の後、会議に入り2日間に全部で日本からの2件の発表を含めて32件、延べ35人の発表があり、質疑応答が展開された。2日目の最後にC.S. Chen氏から2013年にシンガポールで開催される第9回APGGCへの参加誘致講演があった。

以下に発表件名と発表者および発表内容を概説する。今回は世界最大の溶融亜鉛めっき産業に成長した中国の溶融亜鉛めっき企業の実情を2005年から国連とIZAが中国側と共同して調査した詳細な報告が行われ

たことが注目点である。中国の企業はダイナミックに転換を遂げている最中で若々しい活力が感じられた。これに対して、日本は成熟期を終え、老齢を迎えていた感じがしてさびしく感じた。

11月22日(月)9:00-17:10

セッション1「午前の部」

・ 溶融亜鉛めっき産業の新しい発展

Nai-Yong Tang (Teck Metal) カナダ

一般溶融亜鉛めっきに関する調査研究を数十年間研究してきた中で得られたいいくつかの知見を以下に述べる。一つはシリコン含有鋼材と溶融亜鉛めっきのシリコン活性反応である。Siは鉄鋼の強度アップのために添加される合金成分の一つである。しかし、Siが存在すると溶融亜鉛めっき時に亜鉛の付着性に問題が発生する。Siが入ると $\delta$ 相が薄くなり、 $\Gamma$ 相も消失するため亜鉛めっき層が表面から滑り落ちてしまう。これはSi中の電子が入ることにより $\Gamma$ 相が不安定になることで発生する。シリコン含有鋼材中のSiが0.15%~0.20%のときに鋼中のSiが析出することで $\delta$ 相の分離と亜鉛相の異常成長が起こる。これを防ぐためには亜鉛浴中にNiやTi、Mnなどの遷移元素を添加して三元系のT相を形成することで防止することができる。その結果、亜

鉛浴中の亜鉛消費を減少することができる。しかし、Si が 0.34%以上では Ni の効果は不十分で、この場合は V の 0.05%～0.15% の添加が大変効果的である。しかし、V は高価なので一般溶融亜鉛めっきでは使用しにくい。この欠点を改善するために Teck は Zn-0.04%V-0.05%Ti 合金を開発したが、この合金もいくつかの技術的な問題のため幅広く普及することはなかった。さらにシリコン活性反応に有効な元素は 30 年以上前から知られている Al である。Al は溶融亜鉛めっき時に Zn-Fe 相の成長速度を大きく抑制する。この成果は Cominco (現 Teck 社) の時代に Si が 0.42%以上の鋼材に対して Zn-0.042%Al 合金が開発された。その後の研究では Al が 0.04%～0.07%の中間であらゆるタイプの鋼材において有効なことが判明した。最近の対応では Al が 0.03%で単純化されて一般的に使用されている。なお、溶融亜鉛めっきでめっき性や湯流れ性などの特性に有効であった Pb が RoHS 規制で有毒元素として使用制限対象になってきたため、この代替元素として Bi を添加した Zn-Bi 合金を開発し、またスパングルが必要な場合はさらに Sn を 0.03%以下添加した Zn-Bi-Sn 合金もオプションで開発した。

二番目は溶融亜鉛めっき浴中の Al と Si の相互作用についてである。Si は溶融亜鉛めっきでは愛憎半ばする元素である。一方では連続溶融 Zn-Al 合金めっきで鋼とめっき合金の反応性を向上させる元素としてめっき浴槽中に添加される。ガルバリウム合金めっきでは Si が浴中に 1.5%添加されている。またいくつかの欧州の亜鉛めっき企業ではめっき均一性を改善するためにガルファン合金めっきに Si が添加されている。

反対に、鋼の強度を改善するために故意に添加される Si と P は溶融亜鉛めっきに悪い影響を与える。主要な Zn と Al、Fe および Si の 4 元素間の相互作用は連続溶融亜鉛めっき企業により研究されて理解が進んだ。そこで得られた知識が一般溶融亜鉛めっき企業にも利用されている。溶融亜鉛めっき浴中への Al の添加により 2 種類の重要な金属間化合物、 $\text{Fe}_2\text{Al}_5$  と  $\text{FeAl}_3$  が発生する。これらの金属間化合物は溶融亜鉛と鋼の表面の界面で重要なインヒビター層として形成され、Fe と Zn の内部拡散速度を制御してめっき反応を制御する。一方、鋼中や浴中に含まれる Si は 2 つの金属間化合物中に入り込んで Fe-Al-Si 金属化合物 τ 5 相を形成して鋼表面に密着する。この結果、鋼表面での Fe-Al 化合物の形成が困難になり製品のめっき層の厚みが得られなくなる。このような研究や開発は今後も一般溶融亜鉛めっきの技術開発をするために実行されねばならない。

三番目はめっきの腐食抵抗の研究である。初期にはめっきされた亜鉛は鉄の腐食を防止すると理解されていた。しかし、亜鉛めっき製品は腐食から長く製品を守ることが要求されるようになって腐食抵抗の研究が盛んになった。Teck で実施された Zn-Al 合金の腐食抵抗の詳細な研究結果によると以下のようことが判明した。Al の添加量が 15%程度までは腐食抵抗が改善し、純亜鉛の 2 倍以上の腐食抵抗になる。このピークは 12%Al にあるが 9%Al や 15%Al でも同様で、ガルファン合金めっきもこれらと遜色がない。このような Zn-Al 合金めっきを行うときはフラックスも重要であり、teck ではこれに適したフラックスも開発した。また 12%

の高 Al 合金の釜やポットはセラミックスや 316L のようなステンレス鋼が使用されている。なお、Al が 15%を超えると 45%Al までは腐食抵抗は下がっていき、45%Al 以降の組成では新しい腐食メカニズムの観点から研究が始まった。このメカニズムの科学的な理解に基づいて 55%Al のガルバリウム合金めっきが完成できた。



発表風景

- 2010 年サッカーワールドカップにおける一般溶融亜鉛めっきの経験

Rob White (IZA) ベルギー

オリンピックのようにサッカーワールドカップも大部分の地域で大規模なインフラ投資が必要である。計画はホスト国が選ばれてすぐに始まったが、この面で魅力的な溶融亜鉛めっきが優先的に採用された。南アフリカでは 6 か所のスタジアムの新規建設と 4 か所のスタジアムの改修が行われた。これらのスタジアムの屋根はガルバニウム合金めっきで対応したが、それ以外のスタジアム設備の大部分が一般溶融亜鉛めっき品で対応した。ここでは実際のスタジアムの建設状況を詳細に紹介・説明するとともに、空港や鉄道、高速道路などのインフラも新しく建設したり、改修したりしたので

南アでは溶融亜鉛めっき会社はリーマンショックによる世界的な金融危機にもかかわらず好景気を謳歌した。

- 溶融亜鉛めっき法での最新の技術改善

E. Moroni (Gimeco Srl) イタリア

ここでは以下の 4 件の技術紹介があった。

1) 生物脱脂技術” BIO-Sys “は 60°C の PH=7.5 の条件でバクテリア脱脂技術を運用している。

2) 廃塩酸(HCl)に硫酸(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)を添加して溶解している Fe と Zn を硫酸鉄と硫酸亜鉛の固形物として取り除いて塩酸を再生する方法。

3) 通常の亜鉛めっき浴には Al が 0.002% ~0.004% 添加されているが、密着不良や表面あれ、黒色ピンプル等が発生する。

“HA 1 - Ga” は Al を 0.03%~0.05% 添加した浴と専用のフラックスで構成されており、Ni 添加した 4~6%Al 浴や Ni 添加していない 8~12%Al 浴と同様に湯流れのよい溶融亜鉛メッキを行うことができ、浴寿命も短くなることはなかった。

4) 6 個クロムの化成処理で白錆を防止する方法に代わり、アクリル樹脂フィルムで表面をこする代替法 “GIM-Pass” を紹介していた。

- 「亜鉛が子供たちを救う」 IZA の UNICEF 支援活動

Rob White (IZA) ベルギー

「亜鉛が子供たちを救う」の標語のもとで IZA が UNICEF を支援する活動を行っていることを紹介した。

## セッション2 「午後の部」

- 中国鋼鉄での自動車用構造部材としての溶融亜鉛めっき HSLA 鋼の開発

Kuo-Cheng Yang (中国鋼鉄 CSC)、台湾

中国鋼鉄（CSC）は自動車の軽量化や衝突改善特性および耐食性の改善要求に併せて溶融亜鉛めっきされた高張力合金鋼（HSLA）を自動車用に開発した。結果として、欧州の自動車メーカーで溶融亜鉛めっきされたHSLA鋼の需要が増加している。中国鋼鉄はこの製品開発で GM とフォルクスワーゲン社から優秀賞を受賞した。

- CFC プロジェクトの背景：中国の一般溶融亜鉛めっき企業の技術移転状況と需要促進活動

Rob White (IZA) ベルギー

2005 年から国連（UN）の CFC (Common Fund of Commodities : 国連商品共同基金) プロジェクトの一環として IZA (国際亜鉛協会) と ILZSG(国際鉛亜鉛研究会)、CSCP (Chinese Society for Corrosion and Protection : 中国腐食防食学会) および CGA (China Galvanizers Association : 中国溶融亜鉛めっき協会) が共同で中国の一般溶融亜鉛めっき業界と企業を援助するために、中国の溶融亜鉛めっきの現況と今後の見通しや足元の技術課題および市場等について総合的に調査を行った。今回はその調査目的の背景について報告をおこなった。このプロジェクトは 2005 年 5 月に上記各代表者達が調印してスタートした。プロジェクトは IZA の指導の下 CGA が実行組織としておこなった。

- 中国溶融亜鉛鍍金協会と CFC プロジェクト活動の紹介

Chang Qifu (IZA) 中国

2006 年に中国では一般溶融亜鉛鍍金企業は 935 社あり、めっき処理量は 490 万 t であった。これは当時から世界でトップの実績である。溶融亜鉛めっきは原材料やエネ

ルギーを大量に消費する重要な産業であるが、進んだ技術を持たない中小の企業による公害や汚染が重大な問題になっていた。溶融亜鉛めっきの (Cleaner Production : CP) 生産を目指して、中国の溶融亜鉛めっき企業に対して CFC 調査を行い、得られた課題に対して意識改革や資金面、技術面などから解決策を処方して対策を行った。

- CFC プロジェクトの活動 — 調査、実行可能性の研究 (FS), 研究の実施(品質と環境管理)

Rob White (IZA) ベルギー

中国の溶融亜鉛めっき企業に対して CFC 調査を行い、品質管理の重要性を訴え、ISO9001 の取得を進めた。また、環境への影響分析を行って実際の環境への影響ができるだけ抑えるために経営管理訓練や実際の操業改善をおこなって環境管理の重要性も理解させた。

- CFC プロジェクト実証試験対象の 4 社の実施例の報告

Zhu linlong , Zhu Wende , Lin Yuchun, LauQiangguo (IZA) 中国

CFC プロジェクトの最初の実証試験対象企業として下記の 4 社を取り上げた。最初に経営、操業、品質、技術、安全および環境の 6 項目に関して現状調査を行い、海外の企業のデータを基準としてレーダーチャートを作成して比較を実施した。次に、得られた結果から劣る項目に関して実際に改善を実施し、改善前後の比較を行って改善効果を実証した。以下に対象 4 社の報告があつた。

1 ) 上海永丰 (Yongfeng) 溶融亜鉛鍍金有限公司は中国で最大の生産量を誇る民間の一般溶融亜鉛めっき企業の一つである。

現状調査の結果は経営を除く 5 項目で低い値であった。実施した改善対策として①重油燃焼から電気加熱への変更、②廃酸排水系統のシステム改善、③フラックスの純度アップと再生システムの導入、④亜鉛ヒュームの捕集とフィルターシステムも導入を行った。この結果、6 項目すべてで海外の企業の 80% 前後のレベルに達した。なお、2010 年の生産量は 29 万 t を見込んでいる。

2) 浙江盛達集團 (Zhejiang Shengda Tower Group Co. Ltd) は中国で最大の鉄塔製作企業の一つで一般溶融亜鉛めっき工程を持つ企業である。CFC 調査により仕事への取り組み姿勢や考え方があり、亜鉛原単位や水資源のムダ削減、環境やリサイクルへの投資などを行った。電力用鉄塔の生産量は 15 万 t でカンボジアやベトナム、ミャンマーなどへの輸出も始まった。

3) 広東中芝重工有限公司 (Guangdong Zhongyi Heavy Industry Co. Ltd) は有名な鋼パイプと港湾設備の製造業の一つで小さな溶融亜鉛めっき設備を所有している。CFC 調査の結果は大変低い値であったが、環境面の改善を中心に対策をとった。

4) 広東東莞銀同溶融亜鉛鍍金有限公司 (Silver Town Co. Ltd) は中クラスの一般溶融亜鉛めっき専業の会社で香港系の企業である。CFC 調査の結果、電気加熱への変更、フラックス再生、めっき液の再生および環境保全への投資を行った。溶融亜鉛めっきの生産量は 10 万 t でマカオや台湾の他、日本や韓国へも輸出して好評を得ている。

・ CFC プロジェクト工場経営と操業訓練  
Kong Gang (IZA、南中国工科大学) 中国  
一般溶融亜鉛めっきは技術は単純だが、

コストコントロールの難しい業種である。このため優れた経営と操業システムが必要となる。中国の溶融亜鉛めっき企業には以下の 5 段階でシステムの導入を図った。

①事前監査 : CFC プロジェクトで企業の現状を事前監査して 6 項目からなるレーダーマップを作成し、状況把握を行った。

②完全な詳細調査 : 各項目ごとに進歩した最適技術と詳細に対比し、目指すべき目標を定めた。

③工程改善 : 目標に向けて必要な改善対策を実施した。

④ISO9001 : 製造工程に関する ISO 規格の取得を行った。

⑤ISO14001 : 環境項目に関する ISO 取得を行った。

・ CFC プロジェクト市場開発報告と将来の発展

Rob White (IZA) ベルギー

・ 中国の一般溶融亜鉛めっき産業の発展と将来トレンド

Zhang Qifu (IZA) 中国

CGA は CFC プロジェクトの一環で 2007 年に全国を 5 地域に分けて一般溶融亜鉛めっきの広範な調査を行った。次いで、2010 年に 2 回目の市場調査を行った。ここでは Rob White と Zhang Qifu 両氏の発表をあわせて報告する。

調査内容は①製販分析、②企業情報、③操業パラメーターおよび④環境の 4 点である。中国の一般溶融亜鉛めっき産業市場は約 50% が電力関係で、約 30% が交通と土木建築関係であった。その他幅広い製品に使用されていた。2009 年の中国の亜鉛生産量は 436 万 t 、消費量は 512 万 t であった。中国には 400 以上の亜鉛生産企業があるが、

その上位 10 位までの企業で 50% 強の生産量を占めていた。不完全な統計であるが、2006 年に 935 企業で 490 万 t の生産量であったが、2009 年には 1,100 企業で 900 万 t かそれ以上であった。亜鉛めっき釜の容量が 200 t 以上の企業が 250 あり、年産 10 万 t 以上の企業が 25 社あった。企業の形態はほぼ 50% が州の経営で 40% が個人、残り 10% が外資（主に香港、台湾、日本）経営であった。酸洗は 93% が塩酸で、6% が硫酸、両方使用が 1% であった。酸の消費原単位は 20~40kg/鋼材 1t 当りであった。めっき釜の容量は 100~200 t のものがどんどん増加しており、500 t 以上の釜が 10% を占めていた。めっき釜の寿命は 50% 以上が 3 年以下で、13% が 4 年以上の寿命であった。42% の企業が石炭を燃料とし、手動の燃焼制御をおこなっていた。電力は 22% で、その他が軽油、重油および天然ガスを使用していた。鋼材 1 t 当りの燃料原単位は石炭が 100~130kg、電力が 150~160KWh、重油が 30~40kg、軽油が 20~30kg であった。鋼材 1 t 当りの亜鉛消費原単位は 3mm 厚以下の鋼材で 7~8%、3~6mm 厚の鋼材で 5~7%、6mm 厚以上の鋼材で 4~6% であった。亜鉛消費量の 16% が亜鉛滓で 8% が亜鉛ドロスになった。大部分の企業で排水処理設備は持っているが、亜鉛ヒューム捕集設備はほとんど持っていない。特に小企業では古い生産技術と遅れた設備を使用しており、その結果、原料と燃料を大量に消費し、重大な公害発生企業として考えられており、溶融亜鉛めっきの持続的継続は困難であった。

今後、中国では進んだ技術を取り込み、閉鎖型の回収システムや自動操業機能、酸

浄化設備、廃水、排ガス、廃棄物の浄化設備を有して環境保全とリサイクルに注力した新しい一般溶融亜鉛めっき工場に置き換わっていくと考えられる。今、中国の一般溶融亜鉛めっき産業はダイナミックに変化している。

- ・ 溶融亜鉛めっき釜の設計における歴史的なトレンドとわれわれの活動範囲

Lalit Shahani (Precimax Engineers Ltd)  
インド

Precimax は 1962 年に設立し、これまでインドや中東、アフリカ等の 50 工場に対して溶融亜鉛めっき釜の設計を行ってきた。

溶融亜鉛めっき釜は石炭を直接燃焼する第一世代から現在の高速燃焼システムになる第六世代まで進化してきた。この変化を推し進めてきたものは燃料価格であった。ここでは第一から第六世代までの釜の燃焼システムの長所と短所について考察し、その変遷について述べている。

11 月 23 日（火）8：30-17：10

### セッション 3 「午前の部」

- ・ 中国の溶融亜鉛めっき産業におけるクリーン生産（CP）の実施経験

Kong Gang (南中国工科大学) 中国

中国の一般溶融亜鉛めっき産業は世界最大であるが、時代遅れの技術のため資源浪費型で公害発生や重大な汚染を発生させるものと認識されている。一般溶融亜鉛めっきの CP（クリーン生産）がこの産業を持続させる唯一の方法である。IZA によって始められた CFC プロジェクトの実施により技術移転が進んだことをこの報告で紹介している。実証試験工場でクリーン生産と操業訓練システムを立ち上げ技術移転を行った。その結果、亜鉛損失や水、石炭の削減がで

きた。この手法は中国全土で展開され、コスト削減で利益を得るために採用された。

- ・ **溶融亜鉛めっきと持続的な建築経験、欧州での成果と将来**

Murray Cook (EGGA) ベルギー

欧州の一般溶融亜鉛めっき産業が持続的な建築環境を創造することに関心を抱き、意義を見出すために“グリーンな建築”社会にどのように従事してきたかを述べている。欧州では建築向けが45%の市場を占めており、今、“持続的な創造”がキーワードとなっている。できるだけ補修しなくてもすむ建築、環境保全に関する投資、一般溶融亜鉛めっきと塗料の比較などについての報告書も出版している。なお、2012年6月10～15日にパリで第23回インターナショナルバーゼル国際会議が開かれることを紹介した。

- ・ **一般溶融亜鉛めっきの新技術製品**

畠野剛志（田中亜鉛鍍金株）日本

約20年前に一般溶融亜鉛めっき業界で鋼構造物の摩擦接合や高耐食性、環境との調和などに関して新しい技術開発の要求があった。田中亜鉛鍍金はこれらの需要に対応し、以下の4件の技術を商品化した。

1) タナカーフィット：高力ボルト接合用に溶融亜鉛めっき表面の摩擦係数を高めるためのリン酸塩処理。これにより建築コストを下げることができた。

2) タナカーアルミニウム：高耐食性を有するZn-5%Al合金めっき処理。

3) タナカーカーボン：過マンガン酸処理により亜鉛めっき表面の銀白色を消して低明度と低光沢を有する黒い表面に仕上げる処理。

4) タナカーパーフェクト：リン酸亜鉛処理により亜鉛めっき表面を安定した灰色に仕上げ

た建材。

- ・ **溶融亜鉛めっき鉄筋—国際的な展望**

Stephen Yeomans (ニューサウスウェールズ大学) オーストラリア

鉄筋の腐食は鉄筋コンクリート建築物の耐久性の欠如の原因である。コンクリート構造物の修理対策にかかるコストは資源の莫大な浪費につながる。また本来リサイクルされるべきものも埋め立て処分されるだけである。コンクリート中の鉄筋の腐食リスクを最小化することが建築・土木分野に利益をもたらすことができる。この発表では、コンクリート中の溶融亜鉛めっき鉄筋の特性や挙動について示し、IZAの支援のもとで国際的にその技術を広めるための教育資料を作成したことを報告している。特に、世界各国から溶融亜鉛めっき鉄筋を採用した各分野の物件の実例集も作成した。

- ・ **溶融亜鉛めっきの前処理工程での環境保護設備および工場経営と操業コストの効率改善について**

Tsai Fu Tsai (Beston Industry Co., Ltd.)  
台湾

溶融亜鉛めっき工場の目標は環境保護設備の効率を上げることと操業コストを下げることである。環境保護の費用は操業コストのかなりの部分を占めるが、その結果や効率は明白でない。しかし、環境保護を重視することが“グリーンな溶融亜鉛めっき工場”に結びつき、コスト削減と利益につながる。

そのためには、各工程で閉鎖型環境を達成することのできる環境にやさしい技術の導入が必要と報告している。

- ・ **シンクロール上へのWC-Co熱溶射被膜について**

Tsai-shang Huang (CSC) 台湾

熱溶射は連続溶融亜鉛めっきライン (CGL) でシンクロールの寿命を延ばすためおよび溶融亜鉛めっき鋼板表面の品質を改善するために使用されている。ここでは SUS316 に異なる 4 種類の WC-Co 粉末を熱溶射して試験を行い、最適な組成を報告していた。

- **還元雰囲気の溶融亜鉛めっき線製造ラインへの高効率で環境にやさしい技術と設備について**

Sam Cao (Tianjin Congda Galvanizing Equipment Co., Ltd.) 中国

還元雰囲気の溶融亜鉛めっき線製造ラインで環境汚染や低生産効率、高い亜鉛消費原単位などの問題を解決するために多くの工程に技術改善を行った。特に、スケール除去への鋼ブラシや還元方法、化学活性、誘導加熱、チューブ型炉の加熱燃焼と冷却、浸漬したセラミックス釜、多次元ふき取りなどを改善した結果、高効率で環境にやさしいグリーン生産体制が確立できた。

- **溶融亜鉛めっき鋼板表面のストライプ欠陥の研究**

Chaur-Chi Huang (CSC) 台湾

連続溶融亜鉛めっきライン (CGL) で生産するガルバニール（めっき層を完全に鉄-亜鉛合金化した鋼板）は自動車向け鋼板として重要であるが、塗装後の鋼板表面に不鮮明なストライプ欠陥（縞上欠陥）が発生する。ここではその不鮮明なストライプ欠陥を様々な方法で研究した結果を報告していた。

- **持続可能な設計における一般溶融亜鉛めっき**

Doug Rourke (IZA) カナダ

「持続可能な設計」(SD : Sustainable Design) はすでに単なるキャッチフレーズではなく、設計や材料工程で認められた手法である。したがって、溶融亜鉛めっき産業においてもこれに対応することは義務である。SD は経済と環境と社会の調和が必要である。IZA がアメリカ溶融亜鉛めっき協会 (AZA : American Galvanizers Association) と共同で溶融亜鉛めっき製品に対して LCI (Life Cycle Inventory) と LCA (Life Cycle Assessment) の手法を用いて SD 面を評価した結果、溶融亜鉛めっきは経済コストが低いだけでなく、環境コストも低いことが判明した。

- **鋼構造物を溶融亜鉛めっきしたときに発生するひずみ機構とその抑制**

藤村和男 (株デンロコーコーポレーション) 日本

溶融亜鉛めっきの操業においては、溶融亜鉛めっきされるワークの寸法や形、構造およびその他の要素に依存する最適状態を選択することが必要である。ここではコンピューター・シミュレーションの解析手法により最適な溶融亜鉛めっき条件の選び方を提案している。

1) ワークを溶融亜鉛中に浸漬したとき、内部に急激な温度変化が発生する。最初に加熱された部分と後から加熱された部分の温度差によりワークに熱応力が生じる。たとえば、大きな I 形状の桁鋼材のような塊状のワークが溶融亜鉛めっきされるとき、熱分布は激しく変動しがちであり、ここで作られた熱ひずみは増加する。ねじれ防止法を研究するために、さまざまな浸漬方法に対する弾一塑性熱応力解析によって熱ひずみと変異を数値化した。

2) 複合パネルを溶融亜鉛めっきするときに発生する熱応力の減少の仕方を弾一塑性熱応力解析によって研究するために、大きな内部応力と変位がどのような状態であるかを数値化し、鋼製パネルの初期温度が予備過熱で変化するならばどのくらいひずみや変位を減らせるかを研究した。その結果、得られた計算変位を実際に測定した変位と比較した。たとえば、20°Cから 100°Cに予熱すると、25%ひずみを減少できることが判明した。

#### ・ 水無し洗浄の標準的な一般溶融亜鉛めつき技術

Zhu Wen De (Sheng Da Group) 中国

一般溶融亜鉛めっきの標準的な工程は、脱脂→水洗①→酸洗→水洗②→フラックスで行われる。水洗①はアルカリ脱脂後のアルカリ液が酸洗槽に持ち込まれることを防止し、水洗②は酸がフラックス浴に持ち込まれて PH を下げ、鉄濃度が高くなつてフラックスが消耗することを防いでいる。

しかし、中性の脱脂剤と酸洗剤を開発することにより水洗工程を廃止することができる。またフラックス浴の PH が下がることで 3 倍の鉄が沈殿するが、これはろ過工程を追加して除去する。この結果、めっき品質を落とすことなく汚水をなくすことが可能になる。たとえば 50 万 t の生産に対して 200 万 t の水の節約できる。この技術は数年後に実現できると考えている。

#### セッション4「午後の部」

##### ・ 溶融亜鉛めっき鋼板表面のドロスのミクロ的評価

Chen, Hon-Bor (CSC) 台湾

ドロスの形態はその大きさや形態、一般溶融亜鉛めっき (GI) やガルバニール (GA)

鋼板のドロスの組成および亜鉛浴からサンプリングしたインゴットなどを特徴づけることで調査された。調査の結果、大部分のドロスは GA の裏側よりも表側で多くみられた。ドロスの成分にはアルミニウムが多く、ドロスの下には鉄素材と亜鉛から由来する Γ 相が薄く着いていた。ドロスの形態をいろいろ調査した結果、ドロスの発生モデルを検討することができた。

#### ・ 持続的な生産実施による収益の増加

Bryan Cullivan (Beta Control Systems inc,) アメリカ

60 年以上の間、めっき産業は製品品質における脱脂の効果を研究している。環境への影響と資源の保存が最近注目されており、既に規制も強くなっている。今日の金属めっきは価格競争に耐えるために効率的な操業が必要であり、顧客が満足する品質の製品を供給する必要がある。一方、資源の最小化と廃液の少量化も行わねばならない。これらを達成するためには優れた経営管理としつかりした工程管理が必要である。効率的な脱脂コントロールが進歩することにより、品質や収益および持続性を達成することができる。

多くの工学的研究により水の最適使用と同様に多くの効率的な脱脂法が発見された。ここでは、溶融亜鉛めっき産業において必要な最適な脱脂システムを提案することができ、この結果、最高の品質を達成し、廃液の最小化ができる新しい方法を紹介している。

#### ・ 適切な前処理による亜鉛の節約

SJuergen Kader (Stockmeier Chemie GmbH & Co. KG.) ドイツ

ここでは一般溶融亜鉛めっきの前処理で

ある脱脂と酸洗およびフラックス工程の機能と重要性についていろいろな実験結果を通して解説している。特に、脱脂や酸洗後の水洗は重要であり、水洗がない場合は亜鉛めっきに不具合が発生することを報告している。

- ・ **一般溶融亜鉛めっき表面のスパングルの形態とアンチモン分離**

Chun Shan Che (南中国工科大学) 中国

一般溶融亜鉛めっき工程で発生するスパングルは連続溶融亜鉛めっきライン (CGL) で発生するスパングルに比べて表面粗さが粗くなり、大きな表面分離が発生する。これは一般溶融亜鉛めっき後の冷却速度が連續めっきに比べて非常に遅いことに起因している。ここでは一般溶融亜鉛めっき表面のスパングルの形態とアンチモン分離について実験を行った。一般溶融亜鉛めっきの浴組成は Zn-0.05%Al-0.2%Sb で 450°C × 60 秒の条件でめっきを行い、得られた 3 種類のスパングル中のアンチモンの分離状態の表面観察と物理分析による形態分析を実施して解析を行った。

- ・ **中国鋼鉄 (CSC) の溶融亜鉛めっきラインでの自動表面検査装置 (ASIS) について**

Ming-Hao Liu (CSC) 台湾

伝統的な表面検査装置に比べて ASIS は多くの利点がある。特に、その場でコイルすべての表面検査ができ、そのデータは保存されているので、再調査もできる。また製造スタッフと検査スタッフ間や顧客に対しても共通認識を図ることができ、製品品質をさらに高めることができる。ここでは ASIS の原理や CSC の第一 CGL ラインに設置した状況および得られた検査データの解析

結果について報告している。

- ・ **CSC のクロメートフリー亜鉛めっき鋼板の開発**

Tsun-Ren Lee (CSC) 台湾

クロメート処理はコストが安く、防錆特性も高いので溶融亜鉛めっき製品に幅広く使用してきた。しかし最近では環境面から 6 倍クロムが危険物質に認定されて RoHS 規制で使用が規制されるようになった。このため CSC はクロメート処理に劣らない特性を持つ新しいクロメートフリー処理を開発した。この新しいクロメートフリー処理した亜鉛めっき鋼板は耐食性だけでなく耐熱性や塗布性、電気伝導性、溶接特性などに優れており、近い将来普及すると紹介している。なお、会場からの質問で、この新しい処理の成分に希土類が使われているかどうかとの質問があり、希土類は使用していないがバナジウム (V) を使用しているとの回答があった。

- ・ **CSC の CGL めっきラインにおける新型バッフル板の開発と設置**

Chih-Sheng Hu (CSC) 台湾

Baffle 板 (じやま板) は溶融亜鉛めっきラインでコイルのエッジ品質の改善とエアーワイピングによって発生するノイズの減少のため使用されている。大部分のじやま板はコイルのエッジとの隙間がない状態で使用され、じやま板の送り速度もラインスピードと一致していない。さらに接触型のじやま板は一方向に独立して動くことができない。これを解決するために、CSC との協力企業は共同で非接触型じやま板を開発した。このじやま板には、新しく開発したセンサーがコイルエッジを検知し、これによってより効果的に、自由自在に板とエ

ッジのギャップを制御している。このじやま板は CSC の第一 CGL ラインのエアーナイフの構造に合わせて設計した。じやま板は機能検査を実施後、2010 年 6 月から実際にラインで稼働し始めた。

- ・ **近代的な材料総合管理－仮想工場**

Philipp Roth (INGENIA GmbH) オーストリア

ここでは一般溶融亜鉛めっき工場における近代的な材料総合管理として最適な材料の流れ、自動材料輸送システム、安全な作業領域、コンピューターシュミレーション、進化した物流試験システム、ソフトウェアの導入、製造最適化、品質制御と経営情報などを取り上げて紹介していた。



2013 年の第 9 回 APGGC 招致演説