

第8回アジア太平洋溶融亜鉛めっき国際会議

於 台湾圓山大飯店

2010年11月21日～24日

報告書

2011年3月

社団法人日本溶融亜鉛鍍金協会

国際交流委員会

第8回アジア太平洋溶融亜鉛めっき国際会議(APGGC)報告書

CONTENTS

はじめに	国際交流委員長 藤村 和男	1
「第8回アジア太平洋溶融亜鉛めっき 国際会議(APGGC)が台湾で開催」		2
第8回APGGC技術セッション		
日本鋳業協会鉛亜鉛需要開発センター 次長 中島 和隆		6
(日本からの講演テーマ) 溶融亜鉛めっき製品への新技術の応用		
田中亜鉛鍍金株式会社 畑野 剛志、前山 雅博 西峰 宏亮、近藤 崇		14
鋼構造物のめっき時の歪みメカニズムとその抑止 (株)デンロコーポレーション 藤村 和男、岩崎 正二、出戸 秀明 今野 貴史、辻 英朗、西尾 吉史		19
(工場見学報告) 北部地区工場視察報告	オーエム工業株式会社マネージャー 藤本 好律	28
南部地区工場視察報告	横浜ガルバー株式会社 杉山 晃一	30
第8回APGGCに参加して		
有田工業株式会社 竹川 光敏		32
ガルバテックス株式会社 白石 忠義		32
九州オーエム株式会社 松村 信也、高木 修一		33
株式会社興和工業所 久保 良一		34
四国ガルバ株式会社 武部 光晴		34
真和興業株式会社 浅野 正雄		35
コラム		36
第8回アジア太平洋溶融亜鉛めっき国際会議プログラム		37
アジアガルバ2010提出論文題名リスト		38
APGGA理事会(Meeting of Countries)議事録(案)仮訳		39

APGGC

第8回アジア太平洋溶融亜鉛めっき国際会議

はじめに

国際交流委員長 藤村 和男

さる11月21日から24日、台湾台北市の圓山大飯店（台北グランドホテル）で開催された第8回アジア太平洋溶融亜鉛めっき国際会議（APGGC）に（社）日本溶融亜鉛鍍金協会が参加しました。

アジア太平洋溶融亜鉛めっき国際会議は、3年に1度、環太平洋の主要都市で開催される溶融亜鉛めっき関連の国際会議です。

ここでは、ガルバナイザー、設備関係、薬品関係などの企業や団体により開催される国際的な技術発表会、展

示会、および懇親会を通じて、需要開拓や市場開拓のための活発な交流が行われています。

今回の国際会議の出席者は日本41名、中国71名、台湾56名を筆頭に世界21カ国から254名の参加登録があり、講演会場は連日のごとく満員という盛況でした。

なお、発表された論文（梗概）については、鍍金協会会員各位が自由に閲覧できるよう、これまでの国際会議で発表された論文も含めて翻訳を添え、逐次、協会ホームページで紹介してゆきたいと考えています。



APGGC会議場となった圓山大飯店

「第8回アジア太平洋溶融亜鉛めっき国際会議（APGGC）」 が台湾で開催

第8回アジア太平洋溶融亜鉛めっき国際会議（APGGC）が、11月21日～24日に台湾・台北市の圓山大飯店（台北グランドホテル）で開催されました。今回は中国71名、台湾56名を筆頭に世界21カ国から254名の参加登録がありました（表1）。

日本からは、当協会の岡田陸夫理事長（田中亜鉛鍍金株式会社顧問）、田中忠男顧問（田中亜鉛鍍金株式会社名誉会長）、藤村和男国際交流委員長（株式会社デンロコーポレーション専務取締役）はじめ会員会社からの代表者が、日本鋳業協会鉛亜鉛需要開発センターからは黒田英男センター長、中島和隆センター長代理、エム・エスジंक株式会社の代表者等合計41名参加（表2）し、各国代表者、参加者と友好的に情報交流が行われました。

アジア太平洋溶融亜鉛めっき国際会議は、アジア及び太平洋地域の国々の溶融亜鉛めっき業界及び協会からなるアジア太平洋溶融亜鉛めっき協会（APGGA：Asia Pacific General Galvanizing Association）が3年に1回開催する国際会議で、会議名称としてはAPGGCまたはアジアガルバあるいはAPGGA Conferenceなどと呼ばれています。

APGGCは1992年台北で開催されたのが最初です。理事会が正式に発足したのは2001年10月で、初代理事長には当協会田中忠男元理事長が就任し、事務局は台湾に設置されました。現在はオーストラリア溶融亜鉛めっき協会の Barry Bebb 氏が理事長で、事務局はオーストラリアに置き、アジア・太平洋地域における溶融亜鉛めっきの相互協力のため、主として欧州のインターガルバや今回のアジアガルバのような機会を利用して理事会を開催しています。

APGGAに加盟している国は当初設立メンバーとしてはオーストラリア、台湾、韓国及び日本でしたが、現在はシンガポール、マレーシア、タイ、インドネシア、

中国、ブルネイ、フィリピン、及び南アフリカが加わり、総数12カ国・地域となっています。南アフリカが加わっているのは地域としては外れますが、参入について強い希望があったため認められたということです。

今回のアジアガルバ主催国である台湾の溶融亜鉛めっき協会理事長は 蕭 勝彦（英名：Robert Hsiao）氏で、今回のアジアガルバ2010の総括責任者です。

ご参考までにこれまでのアジアガルバの開催年及び開催地を以下に列記します。

- 第1回 1992年 台北（台湾）
- 第2回 1994年 神戸（日本）
- 第3回 1996年 ゴールドコースト（豪州）
- 第4回 1999年 クアラルンプール（マレーシア）
- 第5回 2001年 釜山（韓国）
- 第6回 2005年 ケアンズ（豪州）
- 第7回 2007年 北京（中国）
- 第8回 2010年 台北（台湾）

今回のAPGGCは「Galvanizing and Natural Resource Sustainability（溶融亜鉛めっきで資源永続）」をテーマに掲げ、溶融亜鉛めっきに関する技術、操業、環境問題等を中心とした広いテーマで約30件の論文提出が行われました。11月22日と23日の2日間行われた技術セッションでは、日本からは田中亜鉛鍍金株式会社から「溶融亜鉛めっき製品における新技術の適用」（発表者：畑野剛志本社工場品質管理課長）と株式会社デンロコーポレーションから「鋼構造物のめっき時の歪みメカニズムとその抑止」（発表者：藤村和男専務取締役東北ガルバセンター長）の2件の論文発表が行われました。

一方、技術セッションの前日21日夜には歓迎レセプション、23日夜にはさよならパーティーが同じく圓山大飯店で盛大に催され、参加者の懇親の輪が広がられました。

APGGA理事会 (Meeting of Countries)

APGGC開催に先立つ11月21日の午後、圓山大飯店でAPGGA理事会が開催されました。今回の理事会では、以下の報告および決定がなされました。

- ・各国の概況（台湾、日本、インドネシア、中国、ブルネイおよびマレーシアから報告）
- ・ケーススタディのCD「World of Galvanizing」がほぼ完成。今後各国で自由に活用する。
- ・次回2013年のAPGGCはASEAN諸国の旗の下にシンガポールで開催する。
- ・Barry Bebb議長は、次期3年間延長する。
- ・理事会は今後毎年開催する。（次回はパースまたは日本）
- ・表彰制度創設については、引き続き検討する。

- ・日本からの統計データの交換に関する提案については、何ら意見なし。

展示会

APGGC会議場に隣接した会場では、会議開催期間中の11月21日から22日にかけて展示ブースが設けられました。今回は、各国14社から溶融亜鉛めっきに係わる展示が行われ、日本からは、株式会社デンロコーポレーションが参加しました。

見学会

11月24日には、北と南の2グループに分かれ、合わせて4工場の見学会が実施されました。訪問工場は以下のとおり。

①北部工場見学

訪問工場 (1) Guanyin Plant Co.,LTD (社長 蕭 勝彦氏)

- ・釜寸法： 16m(L) × 1.8m(W) × 3m(D) および 3m(L) × 0.6m(W) × 1.2m(D)
- ・主要めっき製品：(大釜) 構造物用鋼、橋梁 (小釜) ねじ、ナットおよびワッシャー

訪問工場 (2) Lih Kang Industrial Co.,LTD

(台湾亜鉛めっき協会理事長の会社 鉄塔の製作およびめっき)

- ・釜寸法： 12.5m(L) × 1.8m(W) × 2.5m(D)
- ・主要めっき製品：電力鉄塔およびその部品

所要時間 台北のホテルから工場までバスで1時間。

②南部工場見学

訪問工場 (1) I Hong Galvanizing Co.,LTD (一般溶融亜鉛めっき)

- ・釜寸法： 17m(L) × 1.8m(W) × 3.2m(D)
- ・主要めっき製品：パイプおよび構造物
- ・生産能力：月間 7,000T 以上

訪問工場 (2) Steel Guard Co.,LTD (一般溶融亜鉛めっき)

- ・釜寸法： 16.5m(L) × 1.8m(W) × 3.0m(D) および 3.0m(L) × 1.0m(W) × 1.2m(D)
- ・主要めっき製品：(大釜) 鋼構造物、橋梁 (小釜) ねじ、ナット、ワッシャー

所要時間 台北のホテルから台湾南部の工場まで台湾高速鉄道で1.5時間。

表 1 第 8 回 APGGC 地域・国別参加状況

地域	国	人数	地域	国	人数
アジア・太平洋州	日本	41	欧州	イギリス	3
	中国	71		ドイツ	5
	台湾	56		イタリア	4
	オーストラリア	9		ベルギー	2
	タイ	2		オーストリア	1
	インドネシア	14		スイス	1
	マレーシア	16	米州	アメリカ	3
	シンガポール	12		カナダ	4
	インド	3		ブラジル	1
	ベトナム	4	合 計		254
	南アフリカ	2			(名)

表 2 第 8 回 APGGC 日本参加者名簿

東日本支部

(順不同・敬称略)

ガルパテックス株式会社 技術部技術室副部長	白石 忠義
横浜ガルバー株式会社 代表取締役社長	田中 雄
横浜ガルバー株式会社 鶴見工場製造課長	杉山 晃一

中部支部

株式会社興和工業所 ミナト西工場生産課課長	久保 良一
株式会社興和工業所 名古屋工場品質保証課課長	西原 隆文
真和興業株式会社 製造部主任	伊藤 順一
真和興業株式会社 生産課主任	浅野 正雄

西日本支部

有田工業株式会社 代表取締役社長	木下 鷹久
有田工業株式会社 めっき課長	川瀬 錠二
有田工業株式会社 技術品証課技術主任	竹川 光敏
オーエム工業株式会社 営業部門営業グループマネージャー	藤原 敏晴
オーエム工業株式会社 製造部門泉北グループマネージャー	藤本 好律
オーエム工業株式会社 住之江グループ仕上チーム品質リーダー	山根 義雄
オーエム工業株式会社 製造部門泉北グループめっきチーム品質リーダー	原田 孝
九州オーエム株式会社 熊本グループ塗装チーム品質リーダー	松村 信也
九州オーエム株式会社 熊本グループ前処理チーム品質リーダー	高本 修一
株式会社駒形亜鉛鍍金所 代表取締役	清川 安成
同 令夫人	清川 素香
四国ガルバ株式会社 営業部門営業グループマネージャー	武部 光晴
四国ガルバ株式会社 技術部門品質保証グループマネージャー	山川 慎吾
田中亚鉛鍍金株式会社 名誉会長	田中 忠男
田中亚鉛鍍金株式会社 顧問	岡田 睦夫

田中亜鉛鍍金株式会社 代表取締役社長	田中 成和
田中亜鉛鍍金株式会社 取締役管理部部長	内田 友哉
田中亜鉛鍍金株式会社 本社工場品質管理課課長	畑野 剛志
田中亜鉛鍍金株式会社 堺工場製造課課長	西畑 行雄
株式会社デンロコーポレーション 取締役会長	鈴木 毅
株式会社デンロコーポレーション 専務取締役東北ガルバセンター長	藤村 和男
株式会社デンロコーポレーション 常務執行役員国際関係担当	結城 隆
株式会社デンロコーポレーション 東北ガルバセンター南営業課課長	今野 貴史
株式会社デンロコーポレーション 国際部第2課課長	吉良 孝二
株式会社デンロコーポレーション 顧問	ZERVOUDIS JOHN
日東工業株式会社 代表取締役社長	林 晴男

その他

エム・エスジンク株式会社 取締役営業担当部長	小澤 富男
エム・エスジンク株式会社 営業部課長	大森 洋輔
エム・エスジンク株式会社 営業部課長	鷹取 史
エム・エスジンク株式会社 大阪支店課長	浅木 英夫
日本鋳業協会鉛亜鉛需要開発センター 理事センター長	黒田 英男
日本鋳業協会鉛亜鉛需要開発センター センター長代理	中島 和隆
社団法人日本溶融亜鉛鍍金協会 事務局長	三宅 隆夫
社団法人日本溶融亜鉛鍍金協会 技術部長	高野 嘉彦

以上 41 名

第8回 APGGC 技術セッション

日本鋳業協会 鉛亜鉛需要開発センター
次長 中島 和隆



会場の様子

第8回APGGCは、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、老齢を迎えている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 δ 相が薄くなり、 Γ 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 Γ 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 δ 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、またスパンゲ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、Fe₂Al₅とFeAl₃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金属化合物と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なことが判明した。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リ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℃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(H₂SO₄)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、黒色ピンブル等が発生する。
“HA1-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めっきを行うことができ、浴寿命も短くなることはなかった。
- 4) 6価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行った。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が実行組織として行った。

・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めっき企業は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ー調査、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を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行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社の報告があった。

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廃酸排水システムのシステム改善、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) 浙江盛達集団 (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変わり、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門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200t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100～200tのものがどんどん増加しており、500t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、手動の燃焼制御を行っていた。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1t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1t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回インターガルバ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

畑野剛志 (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FC：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事ができた。
- 2) タナカーAZ：高耐食性を有するZn-5%Al合金めっき処理。
- 3) タナカーCZ：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P4：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。

・還元雰囲気で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

還元雰囲気で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-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発生する

熱応力の減少の仕方を弾－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℃から100℃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っき技術

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、鉄濃度が高くなっ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価の鉄が沈殿するが、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ることが可能になる。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高く、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っ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

SJuerger 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続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℃×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されてきた。しかし最近では環境面から6価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（じゃま板）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。大部分のじゃま板はコイルのエッジとの隙間がない状態で使用され、じゃま板の送り速度もラインスピードと一致していない。さらに接触型のじゃ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とその協力企業は共同で非接触型じゃま板を開発した。このじゃま板には、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。このじゃま板はCSCの第一CGLラインのエアナイフの構造に合わせて設計した。じゃ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・シミュレーション、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

溶融亜鉛めっき製品への新技術の応用

田中亜鉛鍍金株式会社 畑野 剛志、前山 雅博
西峰 宏亮、近藤 崇

緒言

当社は日本で100年を超える最も歴史をもった企業である。その100年は全て溶融亜鉛めっきの歴史であり、幅広い分野に数多くの製品を提供している。当社の歴史の中で、溶融亜鉛めっきを施す製品の種類が急激に増えたのは、50年ほど前に起きた日本の高度経済成長によるものである。この頃から鉄塔や道路・船舶・鉄道・建築物など様々なところに溶融亜鉛めっきが使用され、広い分野に普及したことが判っている。

1990年頃から溶融亜鉛めっきの性質に対して様々な要望が増え、法律や基準や規格などの制定や改正によっても要求が厳しく変化している。これら要求の中に溶融亜鉛めっきされた鋼構造物の摩擦接合に関することがある。また、塩害地区などの環境では、一般の溶融亜鉛めっきより高い耐食性をもった表面処理の要求が増えている。日本独自の要求かもしれないが、初期の溶融亜鉛めっきの銀色光沢によって周囲の環境が調和しないことから、低光沢・低明度化の要求が強くなっている。

本報告書では、これらの要求に対して開発した技術の紹介と採用された製品外観を報告し、その実用性について紹介する。

摩擦接合部のリン酸塩処理

日本では2009年に建築分野における溶融亜鉛めっき高力ボルト接合に関する設計施工指針と施工管理要領が改定された。その改定点は、継手部の摩擦面処理としてリン酸塩処理を追加する規定である。それまでは、施工者が溶融亜鉛めっき高力ボルトを使用し摩擦接合を行なう際、鉄素地を露出させ発錆させるか、めっき後ブラスト処理を行い表面粗度を $50\mu\text{mRz}$ 以上にする、特別な方法を採用する場合として摩擦面のすべり係数が0.40以上であることを引っ張り試験の実施で



図1 1940年頃の当社
(日亜製鋼(株)50年史より)

確認することとしていた。鉄素地を露出させることは、溶融亜鉛めっき表面に赤錆の汚染を招き外観や耐食性に影響を与える可能性があり、めっき後のブラスト処理はめっき皮膜の剥離を起こす可能性もある。そこで、簡易な特別な方法としてリン酸塩処理が開発されることとなった。このリン酸塩処理は、溶融亜鉛めっき表面にリン酸亜鉛の水溶液を塗布するだけでリン酸亜鉛の結晶が析出し、この結晶によって粗度が得られてすべり係数が0.4以上となる仕組みとなっている（図2、図3参照）。この技術はブラスト装置や塗装装置などの設備は必要なく、ハケで塗るだけの簡易な作業で摩擦係数が得られることが最大の利点である。

リン酸塩処理は1990年頃に開発された技術であり、各工事現場において次々と試験施工が行われ、当社の現状で建築分野での摩擦接合部のリン酸塩処理の採用は90%以上を誇っている。しかしながら、上述した通りこの技術は引っ張り試験ですべり係数が0.4以上であることを確認する必要がある、試験体の用意やボルト業者での試験依頼をする手間が掛っていた。2009年の改定でリン酸塩処理の実績と有効性が認められ、ブラスト処理など同様のすべり耐力を得られる確実な方法の一つと規定され、工事ごとに引っ張り試験を行

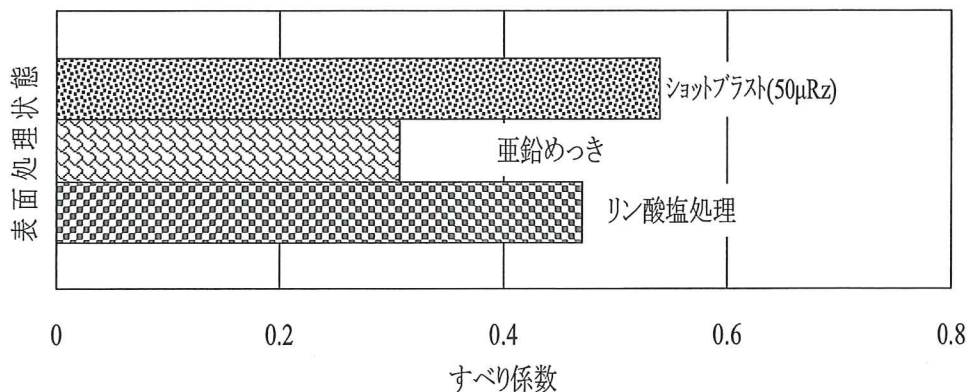


図2 すべり係数の計測結果



図3 リン酸塩処理 (左:処理前 中:塗布 右:塗布後)

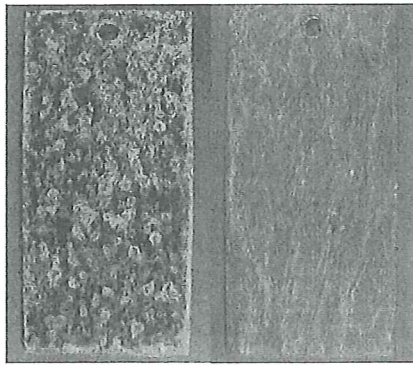
う必要がなくなった。ただし、この規定はリン酸塩液の薬剤販売メーカーの薬剤登録と、溶融亜鉛めっき高力ボルト施工技術者による塗布方法や塗布外観を管理するなどの規制を設けて運用されている。この規定によって、施工者は試験費用と時間の節約が得られ、施工が確実に管理されることになるため、更に有効な処理方法として建築分野で定着すると思われる。土木分野においては、実績数が少ないものの橋梁部材や遮音壁柱などに採用されることが増えており、認知度の上昇に伴って採用が増加するものと予測される。

溶融亜鉛-アルミニウム合金めっき

溶融亜鉛めっきよりも高い耐食性が欲しいとの要求は、海に囲まれた国であり、気温の寒暖や雨量の多い国である日本の宿命と考えられる。海に近い道路での大気暴露試験において、溶融亜鉛めっきは年間50 g/m²以上も腐食される個所もあることも報告されている⁽¹⁾。また、海から離れている個所であっても、冬になると道路が凍らないように塩化カルシウムなどの薬剤を道路に撒くことがある。この塩分によっても溶融亜鉛めっき製品は強く腐食され、比較的短い期間で鉄の錆が発生している。これにマグネシウムを添加してさらに耐塩害性を向上する方法もあり、当社はこの

マグネシウムを添加した浴でめっきを行っている。この合金めっきは、道路部材や鉄道部材に採用される場合が多く建築部材への採用はまだ少ない。しかしながら、塩害による早期の錆発生が日本の各地から寄せられ、長寿命化を得るために検討されることとなれば、今後、港湾関係などの鉄骨に採用されることが予想される。連続鋼板の表面処理では、この合金めっきは既に月間生産量が10万トンを超えるほど普及しており、住宅に使う材料や道路部材など薄板加工品として多く使用されている。強度や後加工を考えた場合、鋼板との相乗効果によっても需要が伸びるものと考えている。

塩害に強い環境における合金めっきの表面には、腐食生成物に防食性に乏しい酸化亜鉛 [ZnO] は存在せず、塩基性塩化亜鉛 [ZnCl₂・4Zn(OH)₂] や塩基性炭酸亜鉛 [Zn(CO₃)₂(OH)₂]、塩基性硫酸亜鉛 [ZnSO₄(OH)₆] が生成する⁽²⁾。これはアルミニウムやマグネシウムの存在が塩基性塩化亜鉛などの保護皮膜を安定化させ酸化亜鉛への変態を抑制することが大きな要因と考えている。亜鉛が大部分存在するものの白錆の発生が抑制されることは、塩水噴霧試験などの外観で簡単に確認できる。図4、図5に塩水噴霧した試験片と試験機を示す。



Zn Zn-Al

図4 塩水噴霧試験片
(5% NaCl水溶液 200時間)



図5 塩水噴霧試験機

また、大気暴露試験に於いてもその差は明らかである。当社にて11年暴露した腐食減量の推移を図6に示す。水平と垂直に暴露した結果において腐食しやすい水平暴露でもこの合金めっきは垂直とほぼ同じ腐食減量となっている。これは、保護皮膜が大気暴露においても塩分や水分残留などの腐食性因子の影響を受けにくいことを示しており、その耐食性は長期間に及ぶも

のと推察できる。また、図7に溶融亜鉛-アルミニウム合金めっきを施した製品例を示す。

低明度・低光沢処理

人口密集地区で溶融亜鉛めっきした製品を使用すると、太陽の光が製品に反射して付近住民から苦情が多く寄せられる。また、コンクリートを多用した建築物

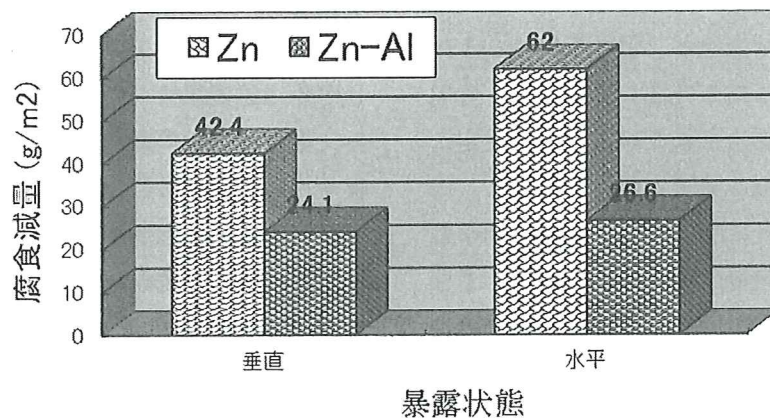


図6 大気暴露試験結果 (11年経過時 大阪市)

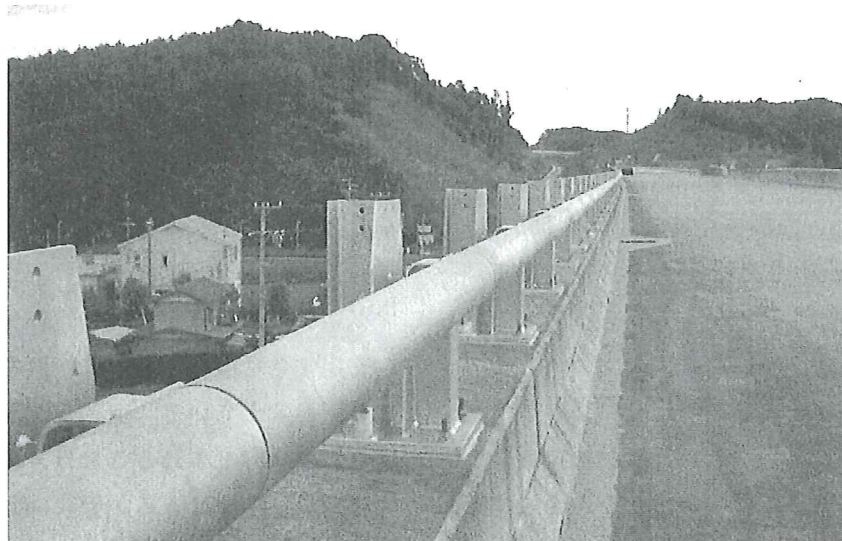


図7 溶融亜鉛-アルミニウム合金めっき (左：遠景 右：近景)

に溶融亜鉛めっきした製品を使用すると銀色が目立つこととなり、デザイン性が失われる。あるいは、山間部や公園などの緑色の多い所に、溶融亜鉛めっきされた鉄塔を建てる場合も同様に銀色が周囲の環境を崩してしまう。これらの要望に答える技術がリン酸亜鉛や過マンガン酸を使用した溶融亜鉛めっきの化成処理である。この処理は亜鉛めっき初期の銀色光沢を灰色や黒色へ低明度化し光沢も抑制する技術である。従来は溶融亜鉛めっきの上に塗装することでこれらの要求に答えていたが、塗装の密着性を上げるために研磨や下塗り塗料などの素地調整を必要とするため費用や時間が掛る欠点があった。リン酸亜鉛処理は先に述べた摩

擦接合の処理と類似しており、リン酸亜鉛の結晶生成の特徴を生かしたものである。リン酸亜鉛処理の歴史は古く、亜鉛への適応としては亜鉛めっき鋼板に塗装を行うための下地処理として1953年頃に製品化された技術である⁽³⁾。その後、リン酸処理は前処理工程や添加剤などで改良されて結晶生成の緻密性が確立され、得られる結晶皮膜の耐食性も向上し安定した灰色になる処理方法として確立された。この処理の低明度かつ低光沢は、山間部などの緑化地区との融和性が認められ亜鉛めっきの耐食性と環境融和性で図8に示すように送電鉄塔に使用された。また、スパングルを発生し易い鋼板では、スパングル各面と反応するリン酸亜鉛

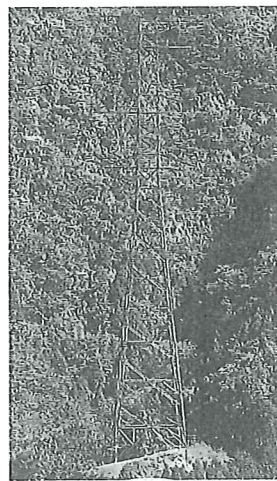
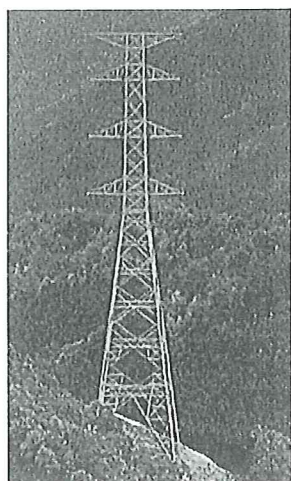


図8 山間部に建設された送電鉄塔（左：溶融亜鉛めっき 右：過マンガン酸処理）

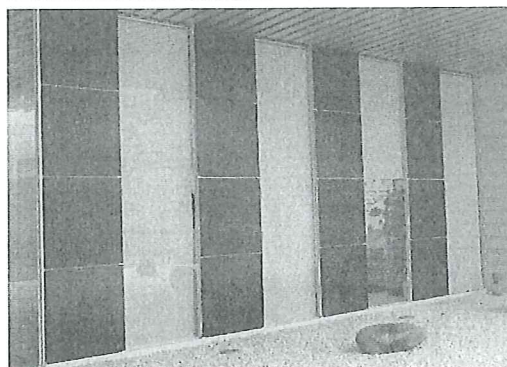


図9 低明度・低光沢処理を行った近代建築物
（左：過マンガン酸処理 右：リン酸亜鉛処理）

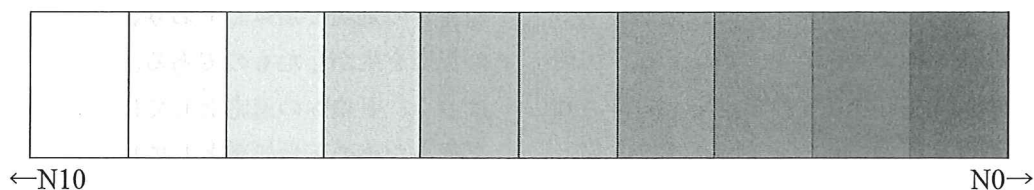


図10 マンセル値イメージ（白：N9.5 黒：N1.0と定義）

表1 低明度・低光沢処理の特徴

表面処理	明度域	光沢
溶融亜鉛めっき	約8～9*	約100～350
リン酸亜鉛処理	約3～7	約2～20
過マンガン酸処理	約1～5	約10～50

*溶融亜鉛めっきの明度・光沢度はめっき直後かつヤケなどのない状態で計測

の結晶成長する方向が異なることから、明度差が発生し模様が際立つ効果が得られた。この模様が日本の建築家に好評を得ることとなり、様々なデザイン性のある建築物へ溶融亜鉛めっき後にリン酸亜鉛を処理する製品が採用されることとなった。図9にこれらの製品写真を示す。

しかしながら、このリン酸亜鉛処理は、表面上へリン酸亜鉛の結晶を生成させる処理であることから、結晶の先端に損傷が出やすい欠点がある。損傷を受けた部位は、光の反射が変わり健全部より明度が高くなって目立つこととなる。また、得られる明度は添加物によってマンセル値N3.0（図10参照）付近の灰黒色まで可能だが、黒色とを感じるまでの低い明度は現在得られていない。これらの欠点を補うことで開発されたのが過マンガン酸による化成処理技術である。この技術は、過マンガン酸によって亜鉛めっき表面を酸化物に変化させて均一な層を作りだすもので、リン酸亜鉛処理の結晶析出とは異なる機構のため、平滑性があり接触による損傷が発生し難くなっている。しかしながら、この平滑性のためリン酸亜鉛処理よりも光沢を若干有しており、光沢の点で環境融和はやや劣る欠点を持っている。この二つの化成処理は、それぞれ溶融亜鉛めっきより低明度かつ低光沢へと変化させるが、明度の数値特性は異なっている。リン酸亜鉛処理は明るめのマンセル値7～3程度、過マンガン酸処理では暗めの5～1程度となっている。表1にそれらの特徴を示す。

結言

溶融亜鉛めっきの様々な分野における需要拡大に伴って新たな要求が生まれ、本報で紹介した技術が生み出されてきた。これらの要求が生まれた背景には、長年の溶融亜鉛めっきの優れた経済性と採用実績があるためと思われる。溶融亜鉛めっきの技術の確立とあらゆる分野に拡販した世界各国の諸先輩方々に対する敬意を払い、今後も需要家の声に耳を傾ける姿勢を守り、新たな技術開発と商品化に向けて取り組んで行きたい。

参考文献

- 1) Tetsuya Nakada, Tatumi Izeiki, Yoshihiko Takano, Kiyoshi Masuo, Yoshiyuki Hirai; Summaries of technical papers of Annual Meeting Architectural Institute of Japan (1993)
- 2) Yoshihiko Takano; Japan Galvanizers Association News, vol.47 (2003)
- 3) Yoshio Moriya, Hitoshi Ishii, Ryosuke Kawagoshi, Takaomi Nakayama; Nihon Parkerizing Technical Report, No.20,23 (2008)

鋼構造物のめっき時の歪みメカニズムとその抑止

(株)デンロコーポレーション 東北ガルバセンター 工博 藤村 和男
岩手大学 工学部 社会環境工学科 教授 工博 岩崎 正二
岩手大学 工学部 社会環境工学科 准教授 工博 出戸 秀明
(株)デンロコーポレーション 東北ガルバセンター 工博 今野 貴史
(株)デンロコーポレーション 東北ガルバセンター 防錆管理士 辻 英朗
(株)デンロコーポレーション 東北ガルバセンター 西尾 吉史

溶融亜鉛めっきは、部材の寸法、形状、構造などにより、事前に最適な溶融亜鉛めっき条件を選定しなければならない。そこで、コンピュータ解析によるシミュレーションを行うことで、最適な溶融亜鉛めっき処理条件を選定できることを提案する。

- 1) 部材を溶融亜鉛中に浸漬させると、部材内で急激な温度変化が発生し、はじめに温度が加えられる部分と、後から温度が加えられる部分に温度差が生じ、部材内に熱応力が発生する。大型鋼I桁のような大型構造物に溶融亜鉛めっきを行う場合、温度分布の落差が大きくなる傾向にあるため、発生する熱応力も大きくなる可能性がある。その熱応力および変位を、様々な浸漬方法別に弾塑性熱応力解析を用いて算出し、ひずみ防止対策を検討する。
- 2) 合成床版に用いる鋼板パネルを溶融亜鉛めっき処理する場合、部材内にどの程度の熱応力と変位が発生するのか、また熱応力を軽減させる対策として、めっき浸漬前に予熱処理を施して、初期温度を変化させると、どの程度の熱応力と変位を軽減させることができるのかを弾塑性熱応力解析を用いて算出し、実測値の変位と比較検討する。

1. 序論

1.1 はじめに

溶融亜鉛めっきは鋼部材を約440℃前後の溶融亜鉛へ浸漬させるため、鋼部材に急激な温度変化が与えられ、先に溶融亜鉛に浸漬している部分と後から浸漬する部分との間に温度差が生じ、鋼部材内に非定常熱応力が発生する。橋梁主桁のような大型構造物では、鋼

部材内に発生する温度分布の落差が大きくなる傾向にあるため、発生する熱応力も大きくなり、めっき後に熱ひずみ（残留変形）が残ることもある。ただし、実際の残留変形は部材の冷却過程との間連付けが必要であることや、溶接部などの応力集中、溶接残留応力などの複雑な影響因子が絡むこともある。

また、鋼部材に溶接継手部が多く存在する場合、温度差による非定常熱応力や形状の不連続性等による応力集中が発生し、溶接の残留応力の影響とも合わせて溶接部のめっき割れが発生する場合がある。

しかし、どのような条件の下で変形やめっき割れなどの現象が発生するかは、種々考えられる要因（製品の寸法・形状・構造、浸漬速度等）が単独あるいは複合的に関連して発生していると考えられ、その発生を事前に予測することはきわめて困難である。これらに対して、設計ディテールを見直し、鋼材、浸漬方法を適切に選ぶことにより、実用的にめっき割れを防止できるものと思われる。

本論文では、事前に最適な溶融亜鉛めっき条件を選定する手法として、コンピュータ解析によってシミュレーションすることにより、最適な溶融亜鉛めっき処理条件を選定できることを提案する。

1.2 既往の研究の概要

阿部等は文献¹⁾で橋梁I桁のめっき中に生じる大きな面外変形は、浸漬初期にパネルの横方向の熱膨張が、板厚が大きく温度上昇の遅いフランジにより拘束されるためパネルが座屈して発生するが、フランジの熱膨張に伴い座屈変形は回復すると述べている。また、水平補剛材端部ではパネルの座屈変形時に圧縮降伏し、

変形の戻りと共に除荷から引張降伏を起こし、この時の引張ひずみ（最終引張ひずみと定義）により水平補剛材端部に高ひずみによるめっき割れが発生すると考えている。この最終引張ひずみは、フランジ厚が大きくなるほど大きく、鋼材の降伏強度が高くなるほど小さくなると述べている。

菊池²⁾は、カプセル型高温ひずみゲージを用いて長方形鋼板の溶融亜鉛への浸漬時における熱ひずみを測定し、測定結果と熱ひずみ計算結果の比較検討をしている。その中で、長方形板の温度分布は板の両面から加熱される条件で非定常熱伝導基礎方程式から求めており、長方形板の非定常熱ひずみは準静的二次元問題として計算している。解析により求められた熱ひずみの計算結果と実測結果は定性的によく一致しているが、測定結果のピーク値は計算値に対して小さくなると述べている。また、浸漬速度が速いほど熱ひずみの絶対値は小さくなり、短時間で減少することを明らかにしている。

さらに菊地等^{3) 4)}は、溶融亜鉛へ浸漬される鋼管材の1断面について熱変形と熱応力の変化を明らかにするために、鋼管材を溶融亜鉛に浸漬する時の断面形状の時間的変化を測定すると共に高温ひずみゲージを用いて鋼管外面の熱ひずみの変化を測定している。また、鋼管材を溶融亜鉛へ浸漬する時の温度変化について熱伝導方程式を用いて解析的に求め、鋼管材の熱変形および熱応力の変化は、時系列的に有限要素法を用いて解析した結果と比較的によく一致することを確認している。さらに、鋼管材を傾けて溶融亜鉛に浸漬する場合、浸漬速度により全体の変形および熱応力状態が異なり、浸漬速度が速いほど熱変形と熱応力が減少することを明らかにしている。

1.3 本研究の概要

本論文では、3次元FEMを用いた弾塑性熱応力解析を行い、溶融亜鉛めっき時の急激な温度変化によって発生する熱応力や変位を算出する。その結果から、最適な溶融亜鉛めっき処理条件を選定できる手法について提案するために、以下のような内容で構成している。

1) 第1章「序章」では、研究の背景及び目的と既往の研究について述べる。

2) 第2章「溶融亜鉛めっき浸漬中に発生する鋼I桁

の熱変形と防止対策の研究」では、鋼I桁についての熱応力解析について述べる。

3) 第3章「溶融亜鉛めっき浸漬中の合成床版鋼板パネルの熱応力解析」では、合成床版鋼板パネルについての熱応力解析結果と、実測値と比較検討について述べる。

4) 第4章「総括」では、本論文の結論を示し、今後の課題についても述べる。

2. 溶融亜鉛めっき浸漬中に発生する鋼I桁の熱変形と防止対策の研究

2.1 本章の目的

溶融亜鉛めっきにおいて、どのような条件の下で熱変形が発生するかは、種々考えられる要因（製品の寸法・形状・構造、浸漬速度等）が単独あるいは複合的に関連して発生していると考えられ、その発生を事前に予測することはきわめて困難である。これらに対して、設計ディテールを見直し、鋼材、浸漬方法などを適切に選ぶことにより、実用的に熱変形を防止できるものと思われる。本研究は、大型鋼I桁が溶融亜鉛めっき時に発生する変形をシミュレーションするために、汎用解析プログラム(ANSYS)を用いて、溶融亜鉛めっき時に急激な温度変化が与えられる大型構造物の鋼I桁に発生する変形のメカニズムを明らかにし、そのメカニズムを基に変形の防止対策を提案する。

2.2 応力解析理論

2.2.1 荷重設定

荷重の設定は荷重増分法を用いる。図-1に荷重ステップとサブステップの関係を示す。構造物に載荷する荷重が交番荷重のように変化する場合には、その荷重の区切り目ごとに荷重ステップと呼ばれる単位に分けて荷重を定義する。また、各荷重ステップ内では、さらに荷重を段階的に適用するために、いくつかのサブステップに分割して荷重を定義する。

ある荷重ステップ内で全サブステップに対し、線形補間した荷重を与える。単純な一定荷重の場合、複数荷重ステップを使用して荷重履歴を定義することができる。図-2に示すように、新たに与えられた荷重は、ランプ状(傾斜状)で、開始ステップから次の荷重ステップで全荷重になる。また変化しない荷重は、次の荷重

ステップもそのままの荷重を保つとして解析を行う。

2.2.2 塑性の性質

図-3に一般的な金属材料における応力-ひずみ曲線を示した。一般に降伏点と比例限度の差はほとんど無視できる。そこで、プログラム上では両点は同一と仮定して、単に降伏点とする。また、弾性域及び塑性域は一直線で表す。この直線の性質、つまり勾配は弾性係数及び接線係数で決定される。本解析における応力-ひずみ曲線を図-4に示した。

図-5に示すように塑性域において除荷をおこなうと、ひずみは回復しない。このひずみを永久ひずみという。この応力0の状態から、再度荷重を与えて塑性させた場合を考える。この時の降伏点の応力は最初の降伏点の値より高い値を示す。すなわち、材料は硬くなっており、これをひずみ硬化という。

また、塑性における載荷時の経路と除荷時の経路は、グラフ上で異なる。これは不可逆的という。塑性解析では、このような塑性の性質を考慮している。

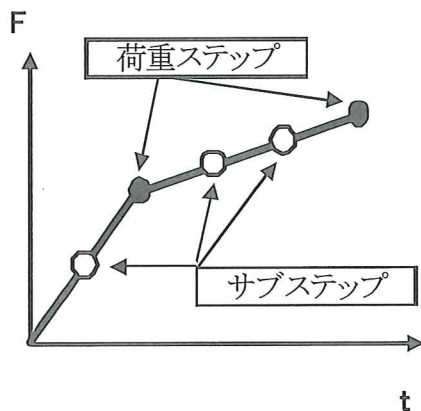


図-1 荷重ステップとサブステップ

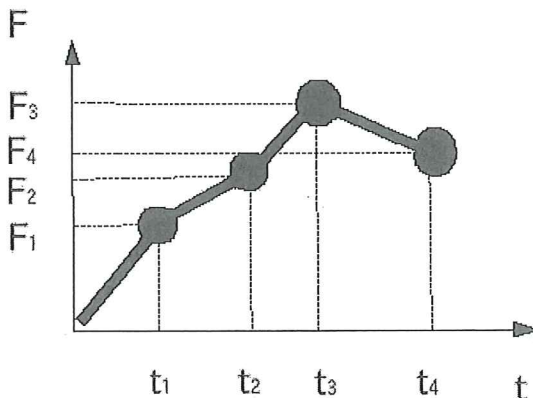


図-2 線形補間した荷重

2.2.3 降伏応力

一般的な降伏条件として、Von Misesの降伏条件がある。これは下に示す式(1)で定義される。

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} \geq \sigma_y \quad (1)$$

ここで、 σ_1 : 最大主応力、 σ_2 : 中間主応力、 σ_3 : 最小主応力として、相当応力 σ_e が材料の降伏応力 σ_y を超えたとき、降伏応力が発生する。図-6はVon

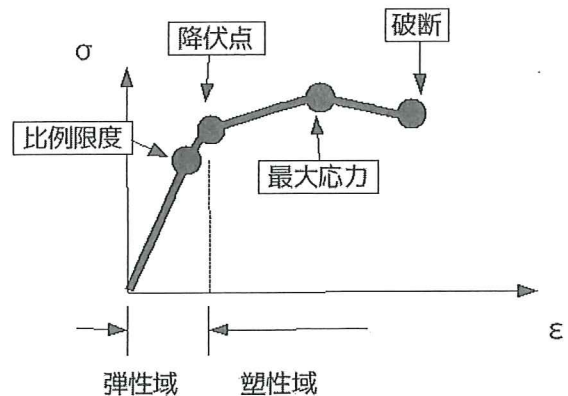


図-3 一般的な金属材料における応力-ひずみ曲線

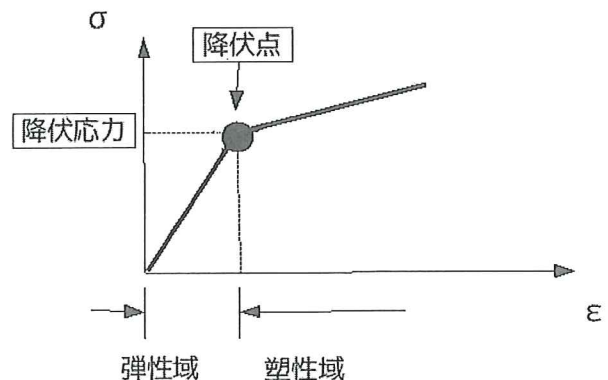


図-4 本解析における応力-ひずみ曲線

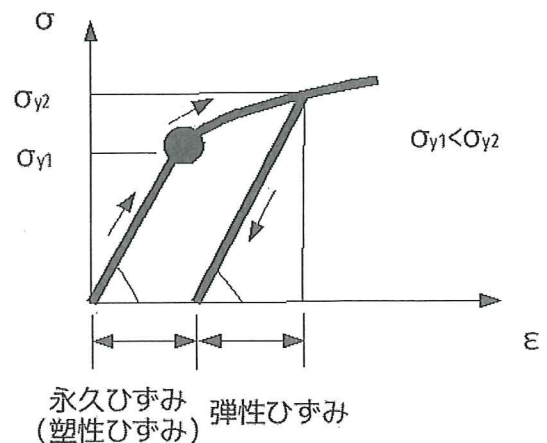


図-5 永久ひずみ

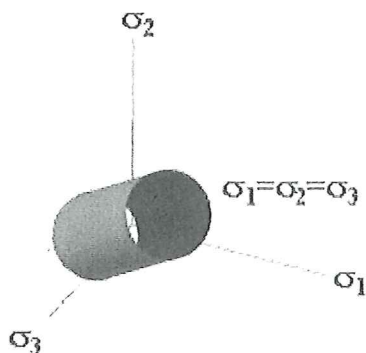


図-6 降伏条件

Misesの降伏条件を主応力空間上で幾何学的に表現したものである。図中でそれぞれ囲まれた空間を、降伏曲面という。この降伏曲面内部の応力状態は弾性であり、外部が降伏、つまり塑性状態となる。

2.3 熱応力解析概要

2.3.1 解析モデル

鋼 I 桁の寸法を図-7に示した。また、実際の鋼 I 桁には補剛材が付属しているが、本解析では省略している。実際に溶融亜鉛めっきを行う場合、鋼 I 桁の両端を吊り上げ溶融亜鉛めっきを行う。その支点状況をより正確に再現するために上フランジの両端にバネ要素を用いて拘束条件を定義した。図-8は実際に作成したFEMモデルとなっており、鋼材モデルには6面体8節点のSOLID要素を用いた。全要素数は、19240、総接点数は、29475である。表-1に用いた材料特性を示した。本来、温度依存性のある材料特性も本解析では一定値を用いた。

2.3.2 解析の流れ

鋼 I 桁に生じる熱変形を求めるために、汎用解析プログラム (ANSYS) を用いた熱伝導解析と熱応力解析の連成解析を行った。解析の流れを図-9に示した。

表-1 材料特性

密度	7.874×10^3	(kg/m^3)
比熱	470	($\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{deg} - \text{C})$)
弾性係数	0.21×10^{12}	(N/m^2)
ポアソン比	0.3	
熱膨張係数	1.21×10^{-5}	($1/\text{deg} - \text{C}$)
降伏応力	1.5×10^8	(N/m^2)
接線係数	0.21×10^{10}	(N/m^2)
バネ定数	0.21×10^6	(N/m)

図に示してあるように、最初に t_1 秒後の境界条件において3次元非定常熱伝導解析を行う。その次に t_2 秒後、その次に t_3 秒後、その次に t_4 秒後というように時刻ごとに境界条件が変化するので、そのつど熱伝達面を定義し、鋼 I 桁が溶融亜鉛に浸漬していく時の温度分布を求める。その得られた時刻歴の温度分布を外力として、3次元弾塑性熱応力解析を行う。このように3次元熱伝導解析及び熱応力解析の連成解析を行うことによって、鋼 I 桁の温度分布及び熱応力分布を再現する。

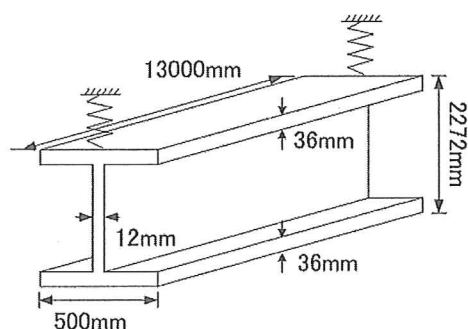


図-7 鋼 I 桁詳細図

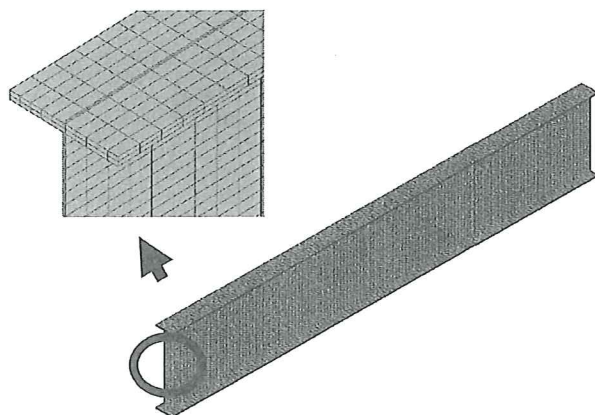


図-8 鋼 I 桁 FEMモデル

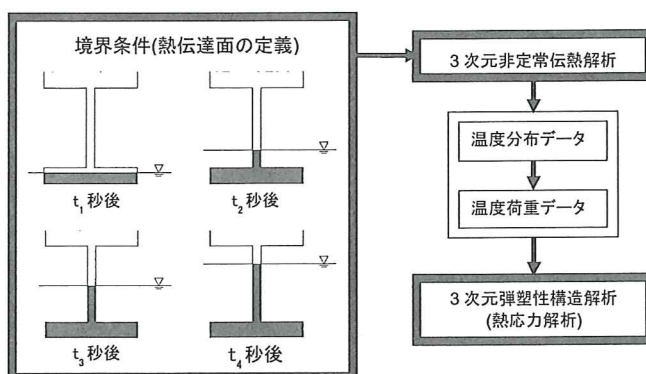


図-9 解析の流れ

2.3.3 浸漬方法

本章では、熱変形に影響を与える要因として、図-8に示す z 方向の浸漬角度、および x 方向の浸漬角度による影響に注目し、それらの要因を下記に示すように変化させて解析を行った。なお浸漬角度については、図-10に z 方向の浸漬角度 $\theta 1$ を示し、図-11に x 方向の浸漬角度 $\theta 2$ を示した。

- 1) z 方向の浸漬角度 ($\theta 1=10^\circ$ 、 20° 、 40°)
- 2) x 方向の浸漬角度 ($\theta 2=5^\circ$ 、 10° 、 20°)

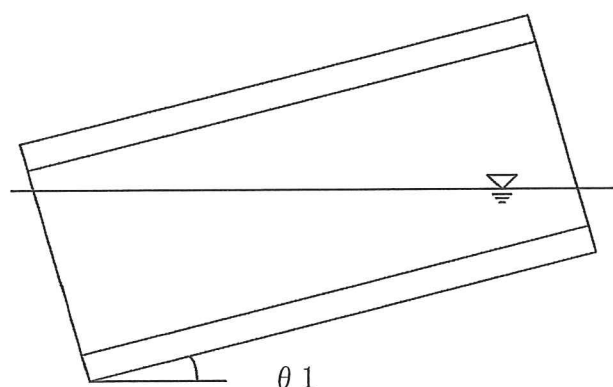


図-10 z 方向の浸漬角度 $\theta 1$ のイメージ図

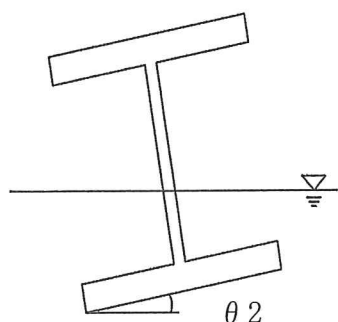


図-11 x 方向の浸漬角度 $\theta 2$ のイメージ図

2.4 熱応力解析結果と考察

2.4.1 z 方向の浸漬角度を変化させた場合

図-12は z 方向の浸漬角度 $\theta 1$ を 40° 、 y 方向の浸漬角度 $\theta 2$ を 5° とした場合の150秒後の x 方向変位を表した一例である。溶融亜鉛浸漬によって温度差が生じ、最大4mmの変位が発生していると分かる。図-13は x 方向の浸漬角度 $\theta 2$ を 5° と一定とし、 z 方向の浸漬角度 $\theta 1$ を 10° 、 20° 、 40° と変化させた場合について、図-14に示す x 方向の最大変位の関係を表している。図-13の縦軸は x 方向の最大変位であり、横軸は時間を表している。いずれも

鋼I桁の初期温度は 20°C 、浸漬速度は 0.008 (m/s) としている。

図-13より、 z 方向の浸漬角度が小さいほど x 方向の最大変位は小さくなり、 z 方向の浸漬角度が大きいほど x 方向の最大変位は大きくなっていることが分かる。これは、 z 方向の浸漬角度が小さいと、部材全体が完全に浸漬する時間が短くなり、先に溶融亜鉛に浸

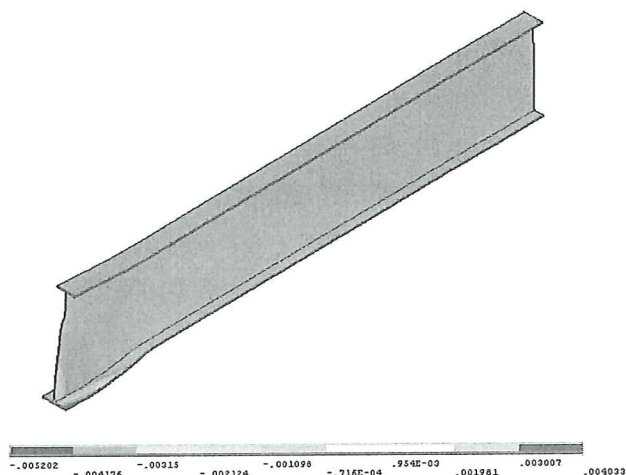


図-12 浸漬角度 $\theta 1=40^\circ$ $\theta 2=5^\circ$ における150秒後の x 方向変位 (m)
表示変形倍率50

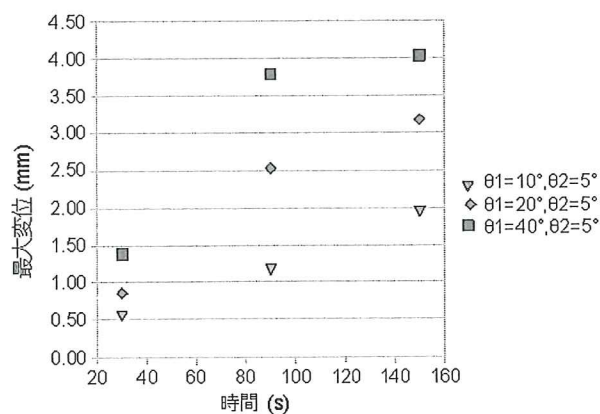


図-13 z 方向の浸漬角度別の x 方向最大変位

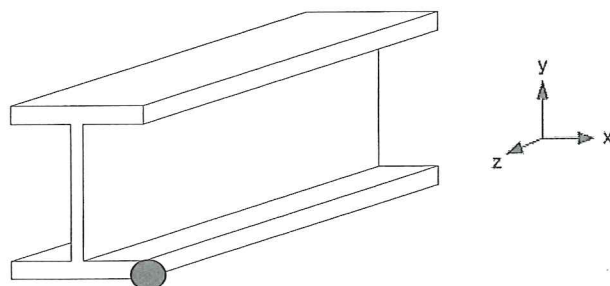


図-14 x 方向の最大変位の位置

漬している部分と後から浸漬する部分との温度差が小さくなるため、 z 方向の浸漬角度が小さいほど最大変位が小さくなったと考えられる。

2.4.2 x 方向の浸漬角度を変化させた場合

図-15は z 方向の浸漬角度 θ_1 を 20° 、 x 方向の浸漬角度 θ_2 を 20° とした場合の150秒後の x 方向変位を表した一例である。溶融亜鉛浸漬によって温度差が生じ、最大6.6mmの変位が発生していると分かる。図-16は z 方向の浸漬角度 θ_1 を 20° とし、 x 方向の浸漬角度 θ_2 を 5° 、 10° 、 20° と変化させた場合について、図-14に示す x 方向の最大変位の関係を表している。図-16の縦軸は x 方向の最大変位であり、横軸は時間を表している。いずれも鋼I桁の初期温度は 20°C であり、浸漬速度は 0.008 (m/sec) である。

図-16より、 x 方向の浸漬角度が小さいほど x 方向の最大変位は小さくなり、 x 方向の浸漬角度が大きいほど x 方向の最大変位は大きくなっているのが分かる。これは x 方向の角度浸漬が小さいと、部材の温度上昇が早くなり、先に溶融亜鉛に浸漬している部分と後から浸漬する部分との温度差が小さくなるため、 x 方向の浸漬角度が小さいほど最大変位が小さくなったと考えられる。

2.5 まとめ

これまで紹介した3次元FEMによる弾塑性熱応力解析を用いて、鋼I桁の溶融亜鉛めっき時のシミュレーション結果から、亜鉛浴面に対する浸漬角度は、 z 方向および x 方向の浸漬角度をできるだけ小さくすることで、変形を抑えられることが分かる。

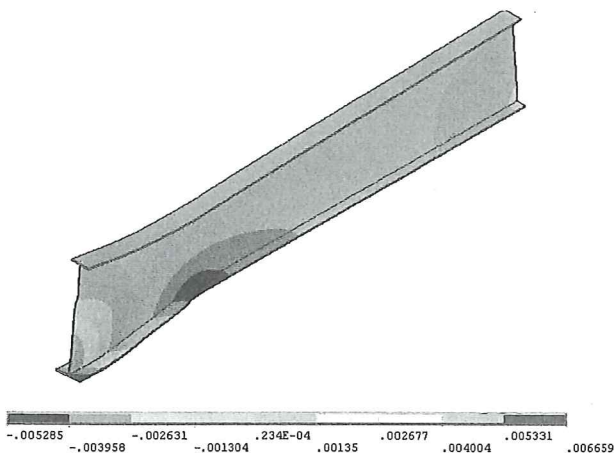


図-15 浸漬角度 $\theta_1=20^\circ$ $\theta_2=20^\circ$ における150秒後の x 方向変位 (m) 表示変形倍率50

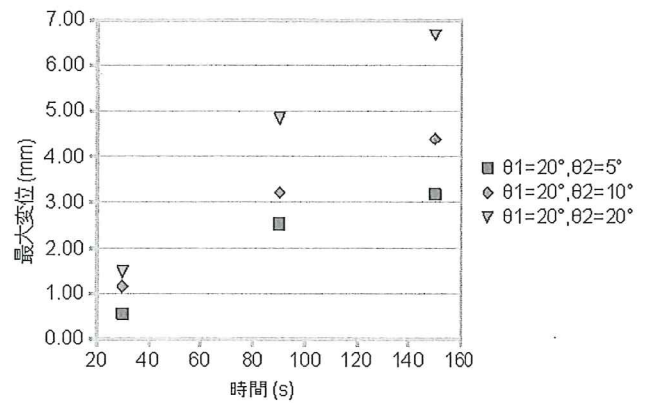


図-16 x 方向の浸漬角度別の x 方向最大変位

今後の課題として、シミュレーション結果から得られた最適な溶融亜鉛めっき条件の整合性を確認するために、溶融亜鉛めっき浸漬実験を行い、解析値と実測値を比較検討したい。

3. 溶融亜鉛めっき浸漬中の合成床版鋼板パネルの熱応力解析

3.1 本章の目的

合成床版に用いる鋼板パネルのような大型構造物では、温度分布の落差が大きくなる傾向にあるため、発生する応力も大きくなる可能性がある。そこで、熱応力がどの程度発生するのか、また熱応力を軽減させる対策として、初期温度を変化させるとどの程度熱応力を軽減させることができるのかを、3次元FEMを用いた熱応力解析を行い実測値と比較検討する。

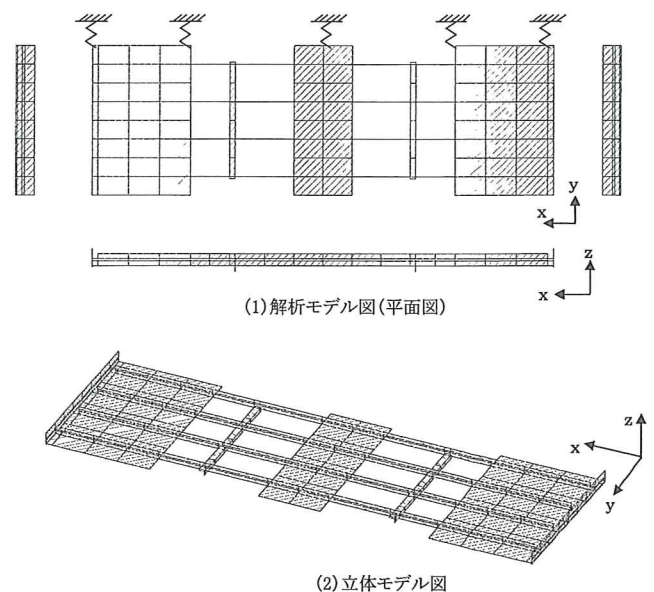


図-17 合成床版鋼板パネルの解析モデル図

3.2 熱応力解析概要

図-17のような鋼板パネルを442 (°C) の溶融亜鉛中に下面から幅員の1/4、2/4、3/4および4/4と浸漬させた時の熱応力変化を非線形弾塑性解析によって求めた。計算に関しては、汎用FEMプログラム (ANSYS) を使用した。モデル化にあたっては節点数487、要素数396とし、24自由度4節点塑性大ひずみシェル要素を用いた。また、溶融亜鉛浸漬前に鋼板パネルへ予熱処理を施した場合を想定し、初期温度を20 (°C)、70 (°C) および100 (°C) の3種類に設定した。その他の解析条件として、弾性係数を 2.1×10^{11} (N/m²)、接線係数を 2.1×10^9 (N/m²)、ポアソン比を0.3、熱膨張係数を 1.21×10^{-5} (/°C)、密度を 7.874×10^3 (kg/m³) とする。降伏点応力はSS400の部分を 2.45×10^8 (N/m²)、SM490の部分を 3.55×10^8 (N/m²) とする。

3.3 熱応力解析結果と実測値との比較検討

3.3.1 熱応力解析結果

図-18は初期温度100 (°C) の鋼板パネルを、溶融亜鉛中に浸漬させた時のz方向変位を、浸漬範囲毎に

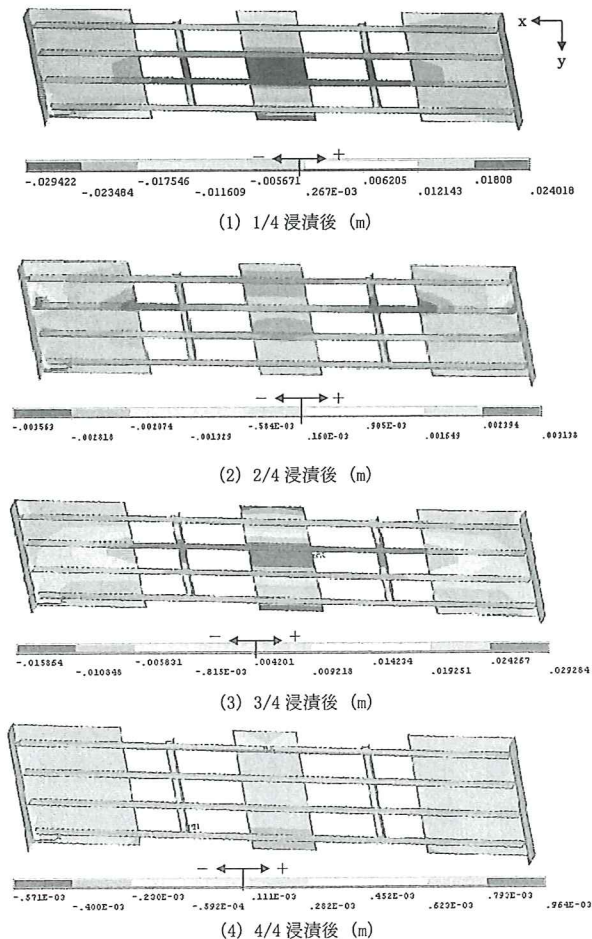


図-18 溶融亜鉛浸漬中のz方向変位図 (初期温度100°C)

表示した一例である。1/4浸漬時では中央部位で-z方向に変形し、2/4浸漬時では-z方向の変位が0に近づき、3/4浸漬時では+z方向に変位し、4/4浸漬時では変位がほぼ0になっている。それらの結果から、鋼板パネル全体が浸漬するまではz方向の変位が激しく変動していることが分かる。表-2は鋼板パネルのz方向最大変位を初期温度別に表示したものである。表-2より、初期温度100 (°C) 時の変位が一番小さいことが分かる。また、初期温度20 (°C) と比べて100 (°C) では最大変位が最大約28.7 (%) 小さくなり、初期温度70 (°C) と比べて最大約17.7 (%) 小さくなることが明らかになった。

図-19は初期温度100 (°C) の鋼板パネルを、溶融亜鉛中に浸漬させた時のx方向応力を、浸漬範囲毎に表示した一例であり、表-3は初期温度別にx方向の最大応力を表に示したものである。これらの結果から、1/4、2/4および3/4浸漬時では浸漬部位と未浸漬部位で温度差が生じ、SS400の降伏点応力度 2.45×10^8 (N/m²) を越える応力が発生することが分かる。また、

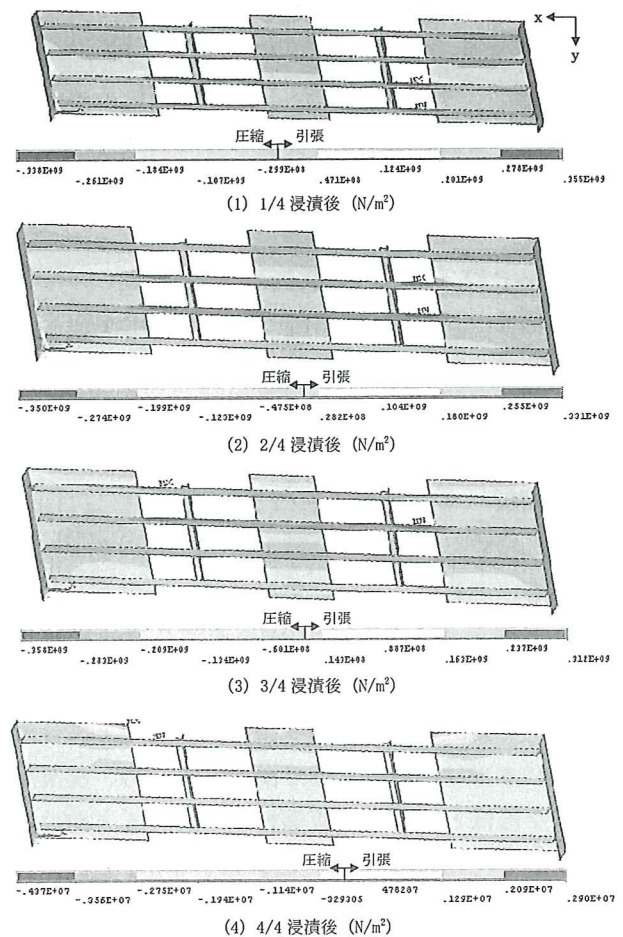


図-19 溶融亜鉛浸漬中のx方向応力図 (初期温度100°C)

表-2 溶融亜鉛浸漬中のz方向最大変位 (mm)

浸漬範囲	変位方向	初期温度		
		20 (deg-C)	70 (deg-C)	100 (deg-C)
1/4	最大変位 (+側)	31.7	27.0	24.0
	最大変位 (-側)	40.6	33.6	29.4
2/4	最大変位 (+側)	4.30	3.55	3.14
	最大変位 (-側)	4.31	3.75	3.56
3/4	最大変位 (+側)	41.1	33.8	29.3
	最大変位 (-側)	20.8	17.6	15.9
4/4	最大変位 (+側)	1.19	1.05	0.96
	最大変位 (-側)	0.70	0.62	0.57

表-3 溶融亜鉛浸漬中のx方向最大応力 (N/mm²)

浸漬範囲	応力種類	初期温度		
		20 (deg-C)	70 (deg-C)	100 (deg-C)
1/4	引張	360	357	355
	圧縮	351	346	338
2/4	引張	352	340	331
	圧縮	355	352	350
3/4	引張	328	324	312
	圧縮	381	362	358
4/4	引張	3.58	3.16	2.90
	圧縮	5.39	4.75	4.37

初期温度20 (℃) に比べて100 (℃) では最大応力が最大約18.9 (%) 小さくなり、初期温度70 (℃) に比べると最大約11.8 (%) 小さくなることが分かった。

なお、発生した最大応力値が、SS400の引張強さ 4.0×10^8 (N/m²) または、SM490の引張強さ 4.9×10^8 (N/m²) を超えていないことから、溶融亜鉛めっき浸漬中において合成床版鋼板パネルに破断は発生していないと分かる。

3.3.2 実測値との比較検討

図-18中の (4) 4/4浸漬後のz方向変位図において、上側リブPLに約1 (mm) 程度の変位が発生している。溶融亜鉛めっき後の実測値においても解析値と同じような変位が発生していることが確認できた。しかし、解析結果において、溶融亜鉛めっき浸漬後の合成床版鋼板パネル底板四隅のz方向変位はほぼ0であるのに対して、実測値では最大4 (mm) の変位が発生している。これは、実際に溶融亜鉛へ合成床版鋼板パネルを浸漬させると、リブPLの面部分は溶融亜鉛浴面に対して水平の状態に浸漬するため、亜鉛の浮力の影響を受ける。また、溶融亜鉛浴面に対して、合成床版鋼板パネルは左右非対称で浸漬するため、浸漬高さが高くなるほど、合成床版鋼板パネルのz方向の浸漬角度が大きくなりやすい。これは、第2章で紹介した鋼I桁の熱応力解析において、浸漬角度が大きいほど、大きい変位が発生していることから、合成床版鋼板パ

ネルの溶融亜鉛めっきにおいて浸漬角度の変動により、解析とは異なる熱応力が発生し、実測値で最大4 (mm) の変位が発生したと考えられる。

3.4 まとめ

本章では3次元FEMによる弾塑性熱応力解析を用いて、合成床版鋼板パネルの溶融亜鉛めっきシミュレーションについて紹介した。その結果から、初期温度20 (℃) と比べて100 (℃) ではz方向の最大変位が最大約28.7 (%) 小さくなることが確認できた。これは、溶融亜鉛めっき浸漬前に予熱処理を施すと、鋼板パネルと溶融亜鉛との温度差が小さくなり、変位や熱応力変化も小さくなったと考えられる。

また、現段階では解析値と実測値は完全に一致していない。さらにシミュレーションの精度を高めるためには、今後の課題として以下を考慮する必要がある。

- 1) 実際に部材を溶融亜鉛へ浸漬させると、浮力の影響等により浸漬角度が変動する。今後は、浸漬高さ毎の部材の傾きを考慮したい。
- 2) 本来、温度依存のある弾性係数や降伏点応力などの材料特性を本解析では一定値を用いている。実際には温度の影響により変動するため、今後は高温時における材料特性を考慮したい。
- 3) 実際の部材には製作時の溶接による残留応力が発生しており、溶融亜鉛めっき前に初期応力として部材に存在すると考えられる。特に鋼板パネルのような大型構造物には、大きい残留応力が存在すると考えられるため、今後の解析において考慮検討したい。

4. 総括

本論文は、溶融亜鉛めっきについて3次元FEMを用いた弾塑性熱応力解析を行い、発生する変位や熱応力から、最適な溶融亜鉛めっき処理条件を選定できることを提案した。本章では、各章ごとに示してある結論を取りまとめて、本論文の総括とする。

- 1) 第1章では、鋼部材を溶融亜鉛へ浸漬させた場合、鋼部材内に発生する非定常熱応力や、溶接の残留応力の影響、その他種々考えられる要因 (製品の寸法・形状・構造、浸漬速度等) が単独あるいは複合的に関連して発生し、変形やめっきわれが発生する場合がある。そのため、適切な溶融亜鉛めっき処理条件を選定することにより、実用的に変形やめっき

われを防止できるものと思われる。また、既往の研究において阿部等は文献¹⁾で、橋梁I桁の溶融亜鉛めっきにおいて、浸漬初期にパネルの横方向の熱膨張が、温度上昇の遅いフランジにより拘束されるためパネルは座屈変形を起こすが、フランジの熱膨張に伴い座屈変形は回復すると述べている。また、水平補剛材端部では引張ひずみによる高ひずみが発生し、めっき割れが発生すると考えている。この最終引張ひずみは、フランジ厚が大きくなるほど大きく、鋼材の降伏強度が高くなるほど小さくすると述べている。菊池²⁾は、長方形鋼板の溶融亜鉛への浸漬における熱ひずみについて、浸漬速度が速いほど熱ひずみの絶対値は小さくなり、短時間で熱ひずみが減少することを明らかにしている。さらに菊地等³⁾⁴⁾は、溶融亜鉛へ浸漬させる鋼管材について実測値と解析値を比較しており、よく一致することを確認している。さらに、鋼管材を傾けて溶融亜鉛に浸漬する場合、浸漬速度が速いほど熱変形と熱応力が減少することを明らかにしている。

2) 第2章では、大型鋼I桁について溶融亜鉛めっき時に発生する変形をシミュレーションするために、3次元FEMを用いた弾塑性熱応力解析を行っている。また、熱ひずみ防止対策として、鋼I桁のz方向およびx方向の浸漬角度を変化させてシミュレーションしている。その結果、亜鉛浴面に対する浸漬角度については、z方向およびx方向の浸漬角度をできるだけ小さくすることで、変形を軽減することができると思われる。

3) 第3章では、合成床版に用いる鋼板パネルについて3次元FEMを用いた弾塑性熱応力解析を行い、初期温度を変化させると熱応力を軽減させることができるのか、また、実測値との比較検討を行っている。その結果、溶融亜鉛めっき浸漬前に予熱処理を施すと、鋼板パネルと溶融亜鉛との温度差が小さくなり、変位や熱応力変化も小さくなることが確認できた。また、現時点では解析値と実測値はある程度一致するが、完全には一致していない。そのため今後の課題として、亜鉛の浮力の影響や、物性値の温度依存性を考慮することや、残留応力による影響などを挙げている。

本論文では、コンピュータ解析によるシミュレーションを行うことで、最適な溶融亜鉛めっき処理条件が選定できることについて事例を用いて提案した。今後は、事例を増やしシミュレーションの精度を更に高めていきたい。

参考文献

- 1) 阿部英彦,家澤徹,金沢正午,加藤昭夫,栗飯原周二: 橋梁の亜鉛めっき割れ防止に関する熱弾塑性解析と基礎的研究, 構造工学論文集vol.43A, pp1161-1170, 1997
- 2) 菊池昌利: 溶融亜鉛中における鋼平板のひずみ測定と熱ひずみ計算, 非破壊検査, 第29巻, pp368-373, 1982
- 3) 菊池昌利,家澤徹: 溶融亜鉛めっき時における鋼管の変形挙動, 材料, 第30巻, pp322-329, 1981
- 4) 菊池昌利,家澤徹: 鋼管鉄塔部材溶融亜鉛めっき時の熱応力測定, 非破壊検査 第32巻, pp631-635, 1983

著者伝記

藤村和男は、(株)デンロコーポレーション・東北ガルバセンターの専務取締役センター長である。1977年に京都大学工学部金属加工学科を修了し、同年入社。1988年に京都大学工学博士号(建築)を取得しており、防食技術・構造工学・金属加工学(金属組織学)を専門としている。

岩崎正二は、1976年に北海道大学大学院工学研究科土木工学専攻修士課程を修了し、同年岩手大学工学部土木工学科助手に就任。現在は、岩手大学工学部社会環境工学科教授に至る。

出戸秀明は、1976年に岩手大学工学部資源開発工学科土木コースを修了し、同年岩手大学工学部土木工学科文部技官教務員に就任。現在は、岩手大学工学部社会環境工学科

准教授に至る。

今野貴史は、1998年に山形大学工学部物質工学科を卒業し、同年入社。現在は東北ガルバセンターに勤務し、2000年から7年半をかけて岩手大学とめっき割れのメカニズム解明に関する共同研究を行い、2008年に岩手大学工学博士号を取得した。

辻英朗は、1998年に鳥取大学大学院工学研究科土木工学専攻を終了し、同年入社。現在は東北ガルバセンターに勤務しており、防錆技術・金属組織学に関わる研究・開発に従事している。

西尾吉史は、2006年に徳島大学工学部機械工学科を卒業し、同年入社。現在は東北ガルバセンターに勤務しており、構造工学に関わる研究・開発に従事している。

北部地区工場視察報告

オーエム工業株式会社

マネージャー 藤本 好律

1-1 視察工場 力鋼工業股份有限公司
(LihKang Industrial CO.,LTD)

1-2 視察日時 2010年11月24日 9:00 ~ 11:10

1-3 視察内容

桃園縣平鎮市（台北市より車で約1時間）の工場を訪問した。同社では、鋼構造物、送電鉄塔の設計・製造・施工及び溶融亜鉛めっき、アルミ製品の加工並びに墜落防止装置の製造、販売と多岐に渡る製造を行っていた。また送電鉄塔に関しては、台湾電力へ6,000基以上の納入実績を持ち、フルターンキー工事の受注形態を取っているとのこと。

めっき槽は、長さ12.5m×幅1.8m×深さ2.5m、めっき浴温度は、445～448℃で燃料はLPGガスを使用し、めっき槽の寿命は、約10年。

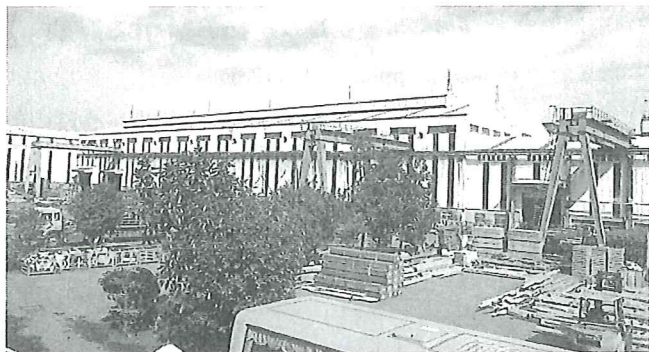
使用亜鉛は、純度98.5%の蒸留亜鉛（約1 tonのジャンボ亜鉛）を50ton/月使用している。

工場設備は、日本企業と技術提携されていることから日本国内メーカーと遜色は無く、使用しているめっき治具等も変わらない。まためっきクレーン操作を女性スタッフが務め、工場内の作業者の内33%を女性が占めている。（社員数は、200名）

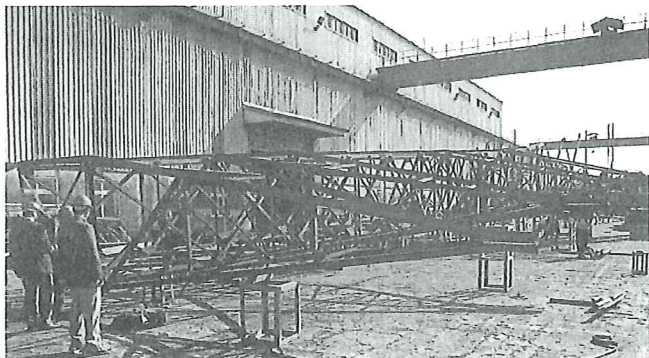
生産量は、ピーク時には月産1,500tonあったが現在平均1,200ton程度まで落ち込んでいる。

主要製品は、送電鉄塔部材である。

製品品質は、電力メーカー向けの製品を取り扱っている割には、たれの仕上げに雑な面があった。安全面では、ヘルメットに保護面の装着が無く、作業服の統一性も無い。（半袖、長袖バラバラである。）現時点で安全・品質共に日本の方が優れているが、日本の電力メーカーへ輸出実績もあり、要求グレードへの対応も十分可能であると思われる。



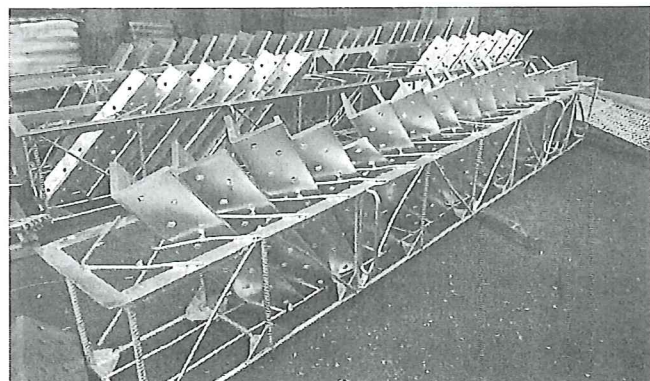
工場屋外ヤード



送電鉄塔の仮組み



めっき槽



送電鉄塔部材

2-1 視察工場 臺鍍科技股份有限公司

(Guanyin Plant, TG CO., LTD)

2-2 視察日時 2010年11月24日 14:00 ~ 15:10

2-3 視察内容

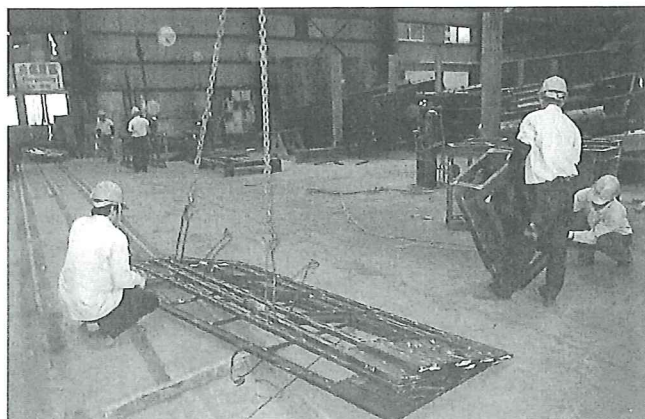
桃園縣觀音鄉（平鎮市より車で約1時間）の觀音工場を訪問した。同社は、台南縣と高雄縣にも工場があり、全社で5つのめっき槽がある。

觀音工場の主要製品は、(大) 構造物用鋼、橋梁送電用金物、(小) ボルト、ナット、座金である。

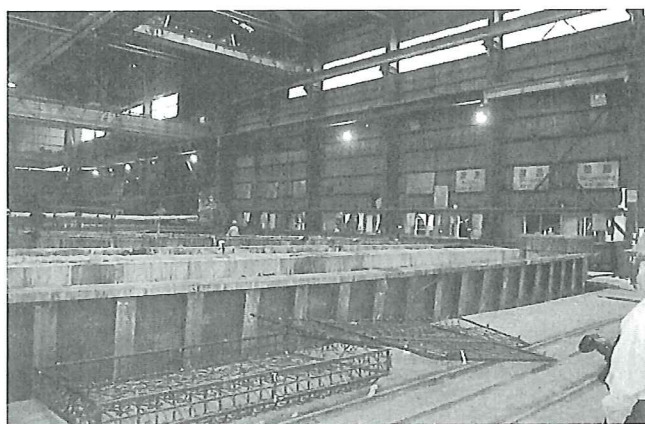
めっき槽は、(大) 長さ16m×幅1.8m×深さ3m、(小) 長さ3m×幅0.7m×深さ1m、めっき浴温度は、(大) 445 ~ 450℃、(小) 500 ~ 520℃と高温でめっき槽の寿命は、(大) 約7年、(小) 年1回の釜替えを行っている。燃料は、LPGガスを使用している。

生産能力は、月産(大) 6,000ton、(小) 500tonであるが、現状は月産(大) 2,000 ~ 2,500ton、(小) 300 ~ 350ton程度まで落ち込んでいる。

全社員168名の内、觀音工場には63名が勤務し、就業時間は8時 ~ 17時までの8時間である。完成品の中にヨーロッパへ輸出する通信用部材が網籠に入れ、工業用ラップで丁寧に梱包された状態で保管されていた。また、日本向けの輸出品として送電用架線金物（鋳物、丸棒加工）が日本の国内メーカー製造品と遜色無い状態に仕上がっていた。同社も日本企業と技術提携されており、小型製品に関しては欧州や日本へ輸出されている点からも品質レベルは高いと感じました。しかし、安全に関しては先に訪問した工場と同様に関心が無いのか、無防備のように感じました。（特に、小型めっき槽周辺）



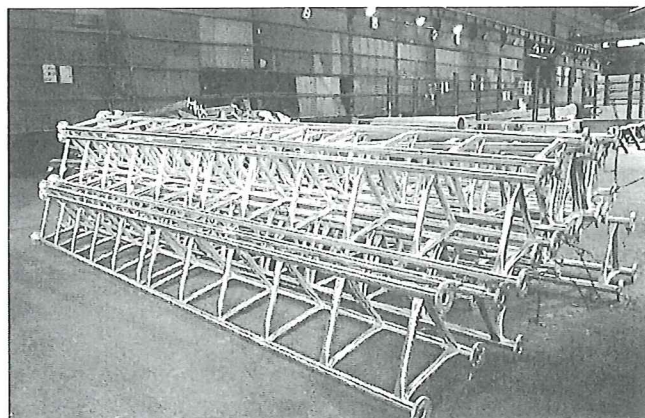
前処理工程（セット作業）



洗浄工程



めっき槽



完成品

南部地区工場視察報告

横浜ガルバー株式会社 杉山 晃一

見学工場

- (1) 慧鋼企業股份有限公司
(STEEL GUARDCO.,LTD)
- (2) 易宏熱鍍鋅工業股份有限公司
(I Hong Hot-Galvanization Industrisl Co.,LTD)

見学日時

2010年11月24日

- (1) 10:00～12:00
- (2) 14:00～16:00

工場見学

台北から台湾高速鉄道（台湾新幹線）で1時間30分の高雄縣にある「慧鋼企業股份有限公司」と「易宏熱鍍鋅工業股份有限公司」を訪問した。

(1) 慧鋼企業股份有限公司

慧鋼企業股份有限公司（写真1）は1991年に溶融亜鉛めっき專業工場として創立し、1993年に日本の四国

めっき㈱より技術提供を受ける。従業員は120名。

酸洗工程は塩酸を使用。スクラパー 3基あり。天井クレーンは15基ある。

めっき治具を使用してのめっき作業は前処理で治具をセットするようである。

大釜（写真2）・小釜（写真3）があり、それぞれ7000 t/月・1000 t/月の能力があるが、現状は両方で3500 t/月くらいとのこと。

大釜：16.5m (L) × 1.8m (W) × 3.3m (D)

小釜：3.0m (L) × 1.0m (W) × 1.2m (D)

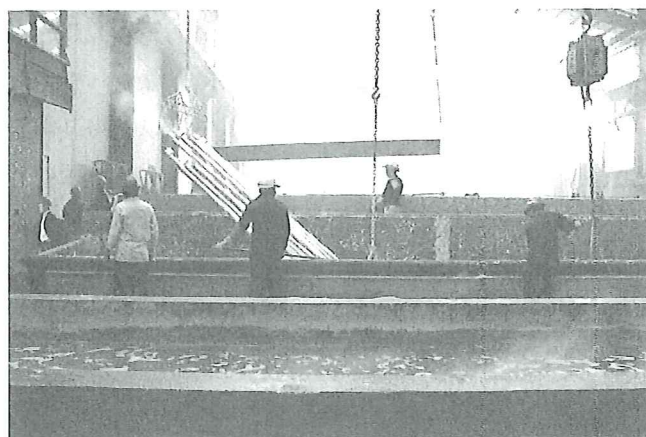


写真2：大釜めっき作業風景



写真1：工場入口

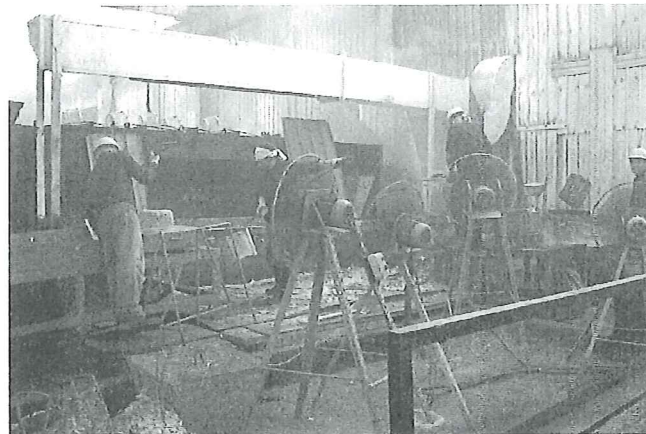


写真3：小釜めっき作業風景

燃料はLPGを使用。めっきクレーンは無段変速3t用が12基あり、操作室は釜を挟んで両側にあった。クレーンオペレーターは女性で、各2名ずつで操作していた。

各槽は半地下式で冷却槽が白さび防止槽を兼ねていた。

製品としては、パイプ・H鋼・L鋼枠・グレーチングなどがあったが、スカラップが無い物もそのまま作業しているらしく溜まりや流れダレも見られた。

仕上げ工程はサンダーと手ヤスリで、補修剤がただの銀色のペンキであった。

小釜のめっき作業は全て手作業である。

製品としては、ボルト・ナット・ワッシャーなどで、遠心分離機を使用してネジ出しをしていた。製品の上がりは非常に綺麗であった。

(2) 易宏熱鍍鋅工業股份有限公司

易宏熱鍍鋅工業股份有限公司（写真4）は1989年に溶融亜鉛めっき専門工場として創立した。仕上げ棟・素材置場などが別にあり、新しい倉庫を建築中であった。敷地面積7000坪（21400㎡）。

酸洗工程は塩酸を使用。天井クレーンは18基ある。めっき治具を使用してのめっき作業は1社目と同じく、前処理で治具をセットするようである。

月産7000t/月の能力があるが、現状は4000t/月くらいであるとのこと。（写真5）

釜寸法：17.0m（L）×1.8m（W）×3.2m（D）

燃料はLPGを使用。めっきクレーンは無段変速3t用が12基あり、男女3名で操作していた。

各槽は直置き式で白さび防止槽は別棟にあった。フラックス槽に濾過機あり。

製品としては、橋梁・パイプなどがあり、特にパイプが多く保管されていた。

仕上げ工程はサンダー・手ヤスリだけでなく、他のエア工具も使用していて日本とあまり変わらない。補修剤はジンクスプレー。

同社は台湾プラスチックグループと共同で2004年

に鋼管の片面めっき（内側全面不めっき）を開発した。

両社ともに管理部門以外の従業員は東南アジアからの出稼ぎ労働者が多い。服装はヘルメットと作業上着は着用していたが、下はジーンズであった。

品質管理（膜厚計測など）の仕事をしている者は見受けられなかった。

現状のめっき単価は15～20円/kgとのこと。

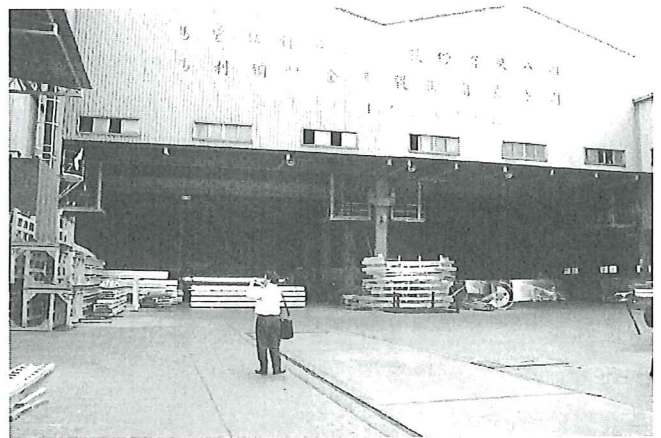


写真4：工場入口



写真5：めっき作業風景

第8回 APGGC に参加して

有田工業株式会社
竹川 光敏

◆開催国について

第8回の開催国は台湾であり、会議場は台北、電柱は地上にはなく、鉄道も地下4階まであり、非常に近代化されたモデル都市のようで、ゴミや吸殻などもなく予想以上にキレイな印象を受けました。街中では、コンビニエンスストアがいたるところにあったり、通りを走っている車は6割程度が日本車とのこともあり日本に居るような錯覚すらありました。その一方で一般市民の交通手段はスクーターであり、信号待ち時のその台数は驚くほど多く大集団のようで、中には4人乗りも見受けられました。また、駅周辺で若い男女に宿舍までの道のりを尋ねると丁寧に教えて頂き、人情味に触れることができたことも含め、好印象の台湾でありました。

◆会議について

会議では、溶融亜鉛めっきに関する研究および調査報告や環境関連への取り組み事例など、日本からの2件を含め33件もの発表がなされました。

その中で前処理水洗用水の使用量低減策があり、生産量が多い工場では必然的に前処理工程においても当然多量の水洗用水を使うことになり、コスト低減は必須課題であったと思われるが、現代社会において世界的な水不足が深刻化するなかでの水資源の効率的な利用が達成されたことは、工場の大きな役割の一旦が果たされたように思えます。私自身このテーマを通じ水問題への関心が一層深まりました。

また、私の語学力の無さは正直恥ずかしい限りではありますが、可能であればもう少しわかり易い通訳の方がいらして頂ければとも感じました。

◆工場見学について

工場見学では、台南にある溶融亜鉛めっき工場二社を見学させて頂きました。両社ともめっき釜のサイズは長さ16m超え、深さ3m超えであり、我社の釜よりも大きく、また、工場そのものも高く広く大きい。被めっき製品も非常に大きいなど、全てが大きく台湾に

おける亜鉛めっき業の勢いが感じ取れた瞬間でもありました。また、完成品置場には、外面めっき+内面不めっき仕様の鋼管が、直管や曲管、大小あった。これについては非常に驚きを覚え、その後帰国後もなお作業方法をイメージするもなかなかこれといった方法を考案出来ていない状態が今日も続いており、彼らの表情が自信に満ちていた、その根源のひとつであったのではないかと思います。

また、工場内の環境整備もなされており、前処理場のガス対策やめっき場の白煙対策など大型回収装置が据え付けられていたものの、決してキレイな環境とは思わなかったのも事実であります。但し、少なくとも工場付近をバスから見る限りでは白煙は生じていなかったようですが、効果を確認できなかったことは残念であります。

◆最後に

各国の同業社や関係メーカーあるいは研究機関において、その地域やその工場に生じている様々な課題に果敢に取り組まれており、同業社の一員として励みになり大変刺激を受けました。また、私自身、これまで自国においても同業他社との交流はほとんどなかったものの、今回参加された皆様と会話をできたことは非常に有意義であり、勝手ながら今後も継続して交流を深めていければと考えております。

今回、各国各社の皆様が発表されたテーマ動向と自社を取り巻く状況との相違を検証し、今後の活動に活かすことで今回の会議参加の目的が果たされると思います。



ガルバテックス株式会社

白石 忠義

早朝7時少し前に成田空港に到着した。忘れ物だけはしないようにと前日、慌しく出張の準備をした。集合場所に着くと、まだ誰も集合していなかった。係りの人に本日の集合人数を聞くと、5名とのことであった。今回の全体の人数は40名程度と聞いていたので、

成田からも10名近くは出発するだろうと思っていたが、大半は関西からの出発と聞いて、多少驚いた。後で聞いた話であるが、毎回関東方面からの参加は少なく、関西・九州・四国方面からの参加はいつも多いとのことであった。折角の国際会議、また、同業他社の方々と知り合う貴重な機会であるから、協会会員会社の方々は積極的に参加しあったほうがよいと感じた。(大会に最後まで参加して、尚更参加すべしと強く感じた。)

会議は、台湾台北市の圓山ホテルにて開催された。非常に立派な風格のあるホテルであった。国際会議への参加は初めてであり、多少の緊張を感じながら発表を聴講した。日本語の同時通訳も用意されていたが、多少難があり、発表内容が理解できない点もあった。自力の英語力も乏しい為、改めて語学の必要性を強く感じた。発表で目を引いたのは、“中国パワー”であった。北京オリンピック、上海万博と発展を遂げている中、溶融亜鉛めっき業界へも変革の波が進んでいるようである。技術・設備を潤沢な資金で調達し、一気に業界トップに上っていこうという姿は、非常に脅威である。真の技術力とは何か、日本の強みは何か、と常に自問自答しながら取り組んでいくことが重要であると感じた。

工場見学は、南部地区のめっき工場2社を見学した。工場内を各位が自由に見学できたことは非常に良かったが、私としては前処理設備に興味があったため近寄っていくと注意され、よく見る事が出来ず残念であった。また、個々に見学する為、説明者の話を余り聞くことが出来なかったことも残念であった。2社の概要としては、

・ 慧鋼企業 (Steel Guard Co.,LTD)

現状の生産量6,000t/月とのことであったが、規模的には2社目の方が大きく、その2社目は4,000t/月と言われていたので、実際はもう少し少ないのかと感じた。

・ 易宏熱鍍鋅工業 (I Hong Hot-Galvanization industrial Co.,LTD)

生産量が4,000t/月とフル生産時の半分とのこと、こちらも1直操業であった。しかしながら、工場内は整頓されており、仕上げの作業場所確保には困らないようであった。建屋の高さも高く、2階のスペースを仕上げ場所としている等、空間を旨く使っていた。

また、新たな建屋も増築されており、さらに作業場所が増えるようである。

大会全体を通して数多くの方々と知合う機会を得て、非常に有意義に参加できた。また、多くの方々にお世話になり、誠に感謝しております。この場を借りて御礼申し上げます。機会がありましたら、是非また参加したいと思っております。



九州オーエム株式会社

松村 信也、高木 修一

今回参加してまず大会会場の地域文化を象徴する建物と規模の大きさに驚かされました。日本とはまた違った雰囲気を感じる事ができました。会議においては技術的な話や環境を考えた取り組みが聞けて良かったと思います。外国語が全く解らない中、日本語での通訳により講演の内容は理解できたと思いますが、プロジェクターを交えた発表では映し出された内容と日本語通訳にズレが生じ、解りにくい点もありました。

宿泊したホテルについては思っていた以上に高級感溢れる設備で、一人で泊まる部屋にしてはもったいない様な感じさえ受けました。食事には興味がありましたが、実際に食べてみると良い材料を使用しているのは分かりましたが、料理の匂いと味付けが自分たちには合わないような気がしました。しかし、日本食はおいしく食べることができました。

工場見学では、一件目に鉄塔メーカーの力鋼工業を訪問し、製作からめっきまで一貫して作業されており、物の流れという点ではコスト削減が図られているなど感じました。しかし、生産効率はあまり良いとは感じられず、品質についてもISOを取得されている割には目立つ接点が生品に多く見られ、補修のやり方もきれいではなく、外観に問題がある様に思えました。日本と同様に受注量の減少でソーラー架台等の他の分野への進出が推し進められ、厳しい不況の中での思いが伝わってきました。工場全体を見れば、作業環境、安全面共に作業者への配慮も感じる事が出来ませんでした。

二件目の台湾鍍金訪問では、H鋼の加工製品が多くめっきされていて、白製品置場ではリン木も使用されず製品同士が直接山積みされているのを見て、意識の違いを感じました。また、一部の製品については地

面に直接置かれ、その状態で手入れをされていました。外国人労働者も三十数名雇われているとの事で、教育の徹底もされていない様に思われました。いろいろ見た中で、小物めっきについては、五百二十度という高温でもヤケが無く、光沢もあり、非常にきれいな状態で輸出されているとのことで、見た瞬間に驚きがありました。しかし、日本では再めっきになる様な仕上がりでも、台湾では手入れで済まされているようです。今回台湾のめっき会社を見学し、全体的に見て感じた事は、日本の様にあまり外観を重視していないなと感じました。

観光名所めぐりでは、自然が造りあげたタロコ溪谷の壮大な眺めや歴史を感じる寺院等も見ることができました。

今回参加して、貴重な体験をさせて頂きまして感謝いたします。



株式会社興和工業所 久保 良一

平成22年11月21日から、台湾で開催されましたアジア太平洋地区溶融亜鉛めっき国際会議に参加させて頂き、ありがとうございました。

初日は、11時に関空を出発いたしました。現地時間の1時30分ごろ台北に到着しました。その後、1時間ほど台北観光をしまして、歓迎レセプションに参加しましたが、国際会議というだけあってアジアの様々な国からの代表が来ており、総勢250人以上来ているのには感心しました。その中でも特に中国人が多いと思いました。

2日目から本格的に会議が始まりました。発表の時日本語の同時通訳がありますが、通訳の人がめっきの専門用語を理解していないため、今一つ解りませんでした。発表は中国の会社が多く、内容は特に経費及び亜鉛の原単位削減などが多くありました。ただ、中国の会社のめっき生産量を聞いて、発展途上国は凄いなと思いました。3日目も前日同様な発表でした。

4日目は台湾のめっき会社の見学でした。最初の工場は鉄塔メーカーで、めっきは日本と同様で非常に厳しいとの事でした。特に厳しいのがめっき代金の安さです。1kgのめっき代が日本円で18円と言っていました。

ですからめっきで儲けているのではなく、鉄塔を製造する過程でめっきがあるという感じでした。めっき工場の見学では、前処理工程は見られませんでした。めっき釜は鉄塔用アングルを工具にセットしてめっきしていました。メッキホイストに振動機が無く、亜鉛タマリをどのように取り除くのか見ていたら、めっき炉の壁に工具ごと当てて取っていました。めっきの品質は、亜鉛タマリが大きく外観は少し悪いかと思いました。ただ鉄塔メーカーですから、クレームは無いだろうと思いました。

二番目の工場は、様々な品物のめっきを行っていました。その中で感心したのは、ボルトめっきの品質の高さです。ネジ部にタマリ、キズ一つ無く一流品の出来でした。これは全部日本向けだという事でした。めっきの工法を見ますと、浴温が520℃の高温めっきで、手作業ですからスピードがあり、これは日本ではできないなと思いました。

以上が工場見学の感想です。

その他、台湾を見ますと台北市内は良く整備され、道路などにはゴミ一つ落ちて無く綺麗な町だなと思いました。あとバイクが多く、通勤時間は車よりバイクの方が多いかと思いました。バイクは多いですが全員ヘルメットを着用しており、ルールを守っているのは印象が良かったです。



四国ガルバ株式会社 武部 光晴

2010年11月21日～11月24日まで、第8回アジアガルバ2010に参加させて頂きました。今回の開催地は1992年に本会議第1回が開かれた台湾の首都・台北市でした。台北はアジア屈指のグローバル都市であるとともに、「中華民国総統府」「故宫博物院」「中正紀念堂」「龍山寺」「士林夜市」「台北101タワー」など世界的にも歴史的にも有名なスポットが多数存在し、多種多様な文化を直に触れることができる非常に魅力的な都市でした。また市長選挙や国際花博覧会も開催されており活気に満ちていました。

本会議は伝統美溢れる中国宮殿式の趣をもつ圓山大飯店(The Grand Hotel)を会場とし「溶融亜鉛めっきで資源永続 Galvanizing and Natural Resource

Sustainability」をメインテーマに20カ国から総勢250名以上の規模で行われました。最先端の技術紹介やブース説明、また各国の事情及び取組みに関する貴重な講演を著名な先生方から直接聴講できることに喜びを感じるとともに、ウェルカムパーティーや食事の際に国内外の方々と交流することができ大変有意義な時間を過ごすことができました。一方で、興味を持ったバイオ脱脂やAcid Regenerationについて質問しようとしたのですがやはり言語の壁は厚く、英語でのコミュニケーションスキルの重要性を痛感することとなりました。さらに世界的な規模の会議に参加することで、目まぐるしく発展しているアジア・新興国中心へのグローバル経済の構造転換など経済・社会・産業構造のあらゆる局面において発生しているパラダイムシフトを感じると同時に、円高・デフレなど景気低迷が続く我が国の人口減少社会がもたらす国内市場の減少や世界における位置づけを改めて認識させられました。進化論でかの有名なダーウィンは「強い種が生き残ったのではなく変化できる種が生き残った」と言い表しています。今最も重要なのは社会・市場の変化に対応し我々自身の変化を遂げるのだと思います。「環境」「省CO₂」などのキーワードに代表されますように低炭素社会の実現を目指す新たな潮流が大きく押し寄せている中で、私たちの溶融亜鉛めっき業は本会議のメインテーマである省資源（資源の長寿命化）という意味で環境ビジネスでもあり昨今のトレンドに乗れるものであります。健全なる危機感を胸にさらに技術を発展させこれを強い意志を持ってビジネスに繋げていくことが必要だと本会議を通じて感じました。

会議終了後の24日は台湾北部のめっき会社2社を訪問させて頂きました。台湾鍍金協合理事長の「現在供給能力60万トンに対し需要は30万トン弱という大幅な需給ギャップが生じ、その結果競合による価格低下を招き利益はほとんどない」という話を聞き、IT関連を中心に輸出が安定的に拡大し国際金融危機からV字回復を遂げたとされる台湾でも設備投資には繋がっておらず、そこには政治・経済・地理等の問題が複雑に絡み合っていると推測されました。

25日は新幹線で台湾第2の都市で同国重工業を支える高雄へ行き、中国の西湖八景をイメージして造られた澄清湖や龍虎塔で有名な蓮池潭などを観光しました。

龍虎塔では作法どおり龍の口から入り虎の口から出て自分のこれまでの悪戯を清めてきました。26日は空路で花蓮へ行きタロコ溪谷を観光しました。タロコ溪谷は世界でもめずらしい大理石の岩盤が気の遠くなるような時を経て浸食されてできた溪谷で、上を見れば数百メートルの切り立つ壁、はるか下には轟々と音を立てて流れる急流を見下ろすことができその圧巻の景観に感動しました。27日、28日は再び台北に戻りました。あっという間の7泊8日でしたが、中国人観光客のパワーに圧倒されつつも割り込みを阻止した故宫博物院、道に迷った台北での思い出、夜市の活気、衝撃的な旨さの小籠包、台湾式マッサージなど会議以外でも楽しい時間を過ごせました。

私にとって海外に行くという事が初めてでありましたので、全てが新鮮で発見の連続でした。より濃く、より深く異国の人や文化に触れる中で歴史の重さや平和の尊さを痛感し、街のかたちやそこに暮らす人々の社会観・国家観・地球観などに触れることにより、これからの時代を積極的に生き抜くための新しい価値観を発見できた気がします。

最後に、忘れることのできない貴重な経験ができた本国際会議に参加させて頂き深く感謝致します。また今回、岡田団長をはじめ関係者の皆様には大変お世話になりましたことを心よりお礼申し上げます。



真和興業株式会社

浅野 正雄

今回、日本溶融亜鉛鍍金協会よりアジアガルパ2010国際会議に参加して、参加企業の方々には大変お世話になり、ありがとうございました。また、出席各国の先生並びに参加企業の方々の研究レポートの発表、生産工程研究レポートの発表が、今後日々仕事をしていく上に大変参考になりました。中でも今まで聞いたことのなかった発表として、前処理の脱脂液の中にバクテリア菌を投入して油汚れ等を100%近くまで落とし、後工程をしやすくしたというものがありました。また、日本の参加企業の発表は、田中亜鉛鍍金株式会社様と株式会社デンロコーポレーション様の生産工程レポートの発表でした。田中亜鉛鍍金株式会社様の発表は、H鋼・アングル加工品及びチャンネル鋼等にリン

酸処理し、摩擦係数を多くしてすり合わせ部分やネジ止め部を前より確実に固定する事や、鉄塔H鋼手摺等に反射して自然を損ねる等の理由で光沢をなくすためリン酸処理をしてお客様のニーズに対応しているとの事でした。また、株式会社デンロコーポレーション様の発表は、縞板ならびに肉薄のカバー類をめっきする時、釜に入れる角度によって歪み具合が違うという発表で大変参考になりました。

現在日本では、溶融亜鉛めっきの仕事よりリン酸処理工程等の二次工程の仕事が増加しているように思われます。また、工場見学の会社は、Li Kang Co.,LTD様とTaiwan Galvanizing Co.,LTD様の二社でした。Li Kang Co.,LTD様では、電力会社の送電線の鉄塔を自社製作及びめっきして販売、建築しているとの事でした。そして古くなって腐食した鉄塔の改築修理も請け負っているとの事でした。そしてもう一つの主な仕事は太陽発電パネルを自社製品として世界各国に力を入

れて販売中との事でした。やはりこの会社でもめっきより二次工程の仕事が増えているように思われます。そしてTaiwan Galvanizing Co.,LTD様では、Li Kang Co.,LTD様同様、管理職は別として現場作業員はほとんどタイ、インドネシア、フィリピン等の外国人ということでした。やはり日本同様人材派遣を雇用している会社が増えているとの事でした。また、台湾溶融亜鉛めっき業界では、仕事が減少していてkgあたり15～18ニュー台湾ドルが相場という事でした。

それでもそんな不景気の中、ガルバ国際会議期間中温かいもてなしを賜り、大会主席並びに大会運営事務局の方々には大変ありがとうございました。

最後に、今回の大会のテーマでもあった、限りある資源を最大限に使えるようにより良い溶融亜鉛めっきを生産して日本溶融亜鉛めっき業界の益々の発展に日々努力していきたいと思っております。

コラム

圓山大飯店（グランドホテル）が建っている場所には、日本統治時代に台湾各地の神社を統括する台湾神宮がありました。終戦後台北市の所有になり、1952年に蒋介石の夫人、宋美齡が圓山大飯店を建設しました。1975年に蒋介石が亡くなった後、宋美齡夫人はアメリカに脱出し、圓山大飯店はその後しばらく彼女の一族による経営が続きましたが、1998年に台湾銀行が出資する財団に移りました。

圓山大飯店は、圓山の中腹に高く聳え、前方に

基隆河、後方に陽明山、東に松山地区、西に淡水の街が一望できる14階建ての宮殿式建物です。赤い柱と金色の瓦の雄大な外観が堂々としたクラシカルな雰囲気醸し、中国伝統芸術の美を伝える台北市の代表的なランドマークとなっています。

圓山大飯店は、台湾の観光名所の中でも特に有名なホテルで、別名「龍宮」とも呼ばれています。それは、ホテルの建築デザインに20万を超える龍の彫刻があるためです。

第8回アジア太平洋溶融亜鉛めっき国際会議プログラム

於：台北グランドホテル（圓山大飯店）
The Grand Hotel, Taipei

日 時	内 容	場 所
11月21日(日)		
12:30 - 18:00	参加者登録	国際会議ホール(10F) Auditorium
18:30 - 21:30	歓迎レセプション	昆侖ホール Skylounge Room
11月22日(月)		
(08:30 - 18:00)	参加者登録	国際会議ホール(10F) Auditorium
(08:30 - 18:00)	商業展示会	松柏ホール(10F) Song Bo Room
08:30 - 8:45	開会式	国際会議ホール(10F) Auditorium
08:45 - 10:00	技術セッション	国際会議ホール(10F) Auditorium
10:00 - 10:30	休憩	
10:30 - 12:00	技術セッション	国際会議ホール(10F) Auditorium
12:00 - 13:30	昼食	(地階) Ji - Xiang Rom and Ru - Yi Room
13:30 - 15:00	技術セッション	国際会議ホール(10F) Auditorium
15:00 - 15:30	休憩	
15:30 - 18:00	技術セッション	国際会議ホール(10F) Auditorium
	夕食/日本視察団	
11月23日(火)		
(08:30 - 18:00)	参加者登録	国際会議ホール(10F) Auditorium
(08:30 - 18:00)	商業展示会	松柏ホール(10F) Song Bo Room
08:30 - 10:00	技術セッション	国際会議ホール(10F) Auditorium
10:00 - 10:30	休憩	
10:30 - 12:00	技術セッション	国際会議ホール(10F) Auditorium
12:00 - 13:30	昼食	(地階) Ji - Xiang Rom and Ru - Yi Room
13:30 - 15:00	技術セッション	国際会議ホール(10F) Auditorium
15:00 - 15:30	休憩	
15:30 - 17:30	技術セッション	国際会議ホール(10F) Auditorium
18:30 - 21:30	さよならパーティー	敦睦ホール International Reception Hall
11月24日(水)		
	①工場見学(北部)	
	②工場見学(南部)	
	③ゴルフ	NEW TAMSUI GOLF CLUB (新淡水球場)
11月25日(木)		
	①Aコース [帰国]	台北市内
	②Bコース [~28日(日)]	高雄~花蓮~台北
	③西海岸5日間ツアー [~29日(月)]	

アジアガルバ 2010 提出論文題名リスト

- | | |
|---|---|
| <p>01 一般溶融亜鉛めっき業における新しい開発
(カナダ・Teck Metals Ltd.)</p> <p>02 2010年サッカー・ワールド・カップに関わる溶融
亜鉛めっきの経験
(IZA)</p> <p>03 亜鉛めっき工程における最近の技術改良
(イタリア・Gimeco Srl)</p> <p>04 チャイナ・スチールにおける自動車構造部材用
亜鉛めっき高張力低合金鋼の開発
(台湾・CSC)</p> <p>05 亜鉛めっき炉デザインの歴史的推移と今後の供給
の見通し
(インド・Precimax Engineers Limited)</p> <p>06 中国大陸における溶融亜鉛めっきの現状と今後の
発展
(中国・National Engineering Lab of Advanced
Coating Technology for Metal Material)</p> <p>07 中国の溶融亜鉛めっき産業における、より環境に
やさしい製品生産の実経験
(中国・South China University of Technology)</p> <p>08 溶融亜鉛めっきと環境にやさしい建設－欧州にお
ける経験、達成および将来へのアクション
(EGGA)</p> <p>09 溶融亜鉛めっき製品への新技術の適用
(田中亜鉛鍍金株式会社)</p> <p>10 溶融亜鉛めっき鉄筋－世界的展望
(オーストラリア・University of New South Wales)</p> <p>11 溶融亜鉛めっき工場の前処理関連環境設備の効率
を高め、工場の保全および操業コストを下げる方
法について
(台湾・Beston Industry Co.,Ltd.)</p> <p>12 溶射によりWC-Co被覆した(連続亜鉛めっき設備
用)シンクロール
(台湾・CSC)</p> <p>13 引抜き亜鉛めっき鋼線ライン用の高効率で環境に
やさしい技術および設備
(中国・Tianjin Gongda Galvanizing Equipment
Co.,Ltd.)</p> <p>14 ガルバニール鋼板の縞模様欠陥の研究
(台湾・CSC)</p> <p>15 耐久性の高い設計のための溶融亜鉛めっき
(IZA)</p> <p>16 鋼構造物を亜鉛めっきする際の歪み発生メカニ
ズムとその防止法
(株式会社デンロコーポレーション)</p> | <p>17 一般溶融亜鉛めっきにおけるウオーターレス・リ
ンス技術
(中国・Zhejiang Shengda Steel Tower Co.,Ltd.)</p> <p>18 ガルバニール鋼板におけるドロスの微細構造の解
明
(台湾・CSC)</p> <p>19 持続可能な生産活動による利益の増加
(アメリカ・Beta Control Systems Inc.)</p> <p>20 前処理の適正化による亜鉛の使用量減
(ドイツ・Stockmier Chemie GmbH&Co.KG)</p> <p>21 バッチ式溶融亜鉛めっきにおけるスパンゲルの形
態とアンチモンの偏析
(中国・South China University of Technology)</p> <p>22 CSCのNo.1溶融亜鉛めっきラインにおけるライン・
スキャニング型自動表面検査装置
(台湾・CSC)</p> <p>23 CSCにおけるクロム・フリー亜鉛めっき鋼板設備
の開発
(台湾・CSC)</p> <p>24 CSCのNo.1溶融亜鉛めっきラインにおける新型
バフフル・プレート設備の開発と応用
(台湾・CSC)</p> <p>25 鋼線溶融亜鉛めっき設備の多機能ワイピング方式
(中国・Tianjin Gongda Galvanizing Equipment
Co.,Ltd.)</p> <p>26 異なるめっき方式によりプレ・コート溶融金属
めっきされた鋼管の耐食性比較
(台湾・Yieh Phui Enterprize Co.,Ltd.)</p> <p>27 新しい材料搬送－バーチャル工場
(オーストラリア・INGENIA GmbH)</p> <p>28 タンニン酸チタニウムをベースとした溶融亜鉛
めっき鋼板の性能評価
(中国・PanGang Group Reserch Institute Co.,Ltd.)</p> <p>29 日本における溶融亜鉛めっきの需要開発活動
(社団法人日本溶融亜鉛鍍金協会)</p> <p>30 CSCの連続溶融亜鉛めっき設備におけるポット・
ロール・ベアリングの評価
(台湾・CSC)</p> <p>31 ロット・サイジング方式による溶融亜鉛めっき生
産管理
(台湾・Lih Kang Industrial Co.,Ltd.)</p> <p>32 ケイ酸塩処理による溶融亜鉛めっき鋼の耐食性お
よび自己修復機能
(中国・South China University of Technology)</p> <p>33 活用とユーザー対応を通じて得られた実際体験
(IZA)</p> |
|---|---|

APGGA 理事会 (Meeting of Countries) 議事録 (案) 仮訳

1. 日 時 2010年11月21日 (日) 14:00 ~ 16:30

2. 場 所 圓山大飯店 110号室

3. 出席者 (順不同・敬称略)

オーストラリア Barry Bebb, Rosemary Scott,
他3名

日本 岡田理事長、田中顧問、藤村、
黒田、中島、三宅

台湾 Robert Hsiao、他3名

ブルネイ CS Chen

中国 Zhang Qifu、他2名

タイ Chokechai Sukavut、他1名

マレーシア Mahendran Raj

インドネシア P Indra Laksmna、他1名

シンガポール Steven Quah、他2名

I Z A Rob White、他1名

ドバイ 2名

(計31名、韓国、フィリピン、南アフリカが欠席)

4. 議事要旨

冒頭、Barry Bebb議長から、メンバーの出席に対して歓迎の辞が述べられるとともに、Robert Hsiao氏、準備委員会および台湾溶融亜鉛めっき協会に対して、会議の成功のため多大な努力に対する謝辞が述べられた。

(1) 前回会議の議事録

2009年6月7日、マドリードにて開催された会議の議事録が提出され読み上げられた後、承認された。

(2) 各国活動報告

台湾、日本、インドネシア、中国、ブルネイおよびマレーシアから、それぞれの国の概況を説明。

プレゼンテーションから出されたおもな点は次の通り：

- ・廃棄物の取り扱いが環境上大きな課題である。
- ・溶融亜鉛めっき鉄筋の推進が主たる国際的目標である。
- ・Rob White がIZAのウェブサイトwww.galvanizedrebar.comは多くの事例を掲載しており、参考資料のソースとして優秀であると説明した。
- ・太陽光および風力（再生可能なエネルギー）は継続的な新規プロジェクトである。

・世界的財政危機により多くの国が40-50%の生産減となっているが、政府のてこ入れ政策により現在は上向きになっている。

・ベトナムは急速に成長している。

議長は各国のプレゼンテーションに感謝し、われわれは全員がほとんど同じ課題を体験しており、この会議は議論のための有益な場であった旨コメントした。

(3) APGGA事務局および各国よりの活動進捗状況の報告

Rosemary氏より2009年6月マドリード会議以降の進捗状況の報告があった。概要以下のとおり。

・“World of Galvanizing” というタイトルのCDが完成し、会議で各国にコピーを配布した。(CDのフォーマットについても説明があった。)

・CD内容の訂正箇所が一、二あり新年早々に修正するが、若干の時間の余裕があるので追加の事例があったらRosemary宛送ってもらいたい。CDの検収が済めばコピーおよび配布用のマスターコピーを各国に送る。それぞれの国でロゴやアドレスの詳細をCDのカバーに追加できるようCDカバーの図版 (artwork) をe-mailで送る。

・APGGA のWebsiteについては、作業は継続して行われており、新規事項に関する概要資料(fact sheets 各国語訳)も追加する予定。Mike AinsleyがRosemaryと共同でウェブサイトのアップグレード作業をしており、このための資金をIZAから受けた。

(4) 2013年のAPGGAシンガポール開催の提案プレゼンテーション

Chen氏がビデオを用いて、代表団に最高のイベント施設と第一級の設備を提供する、とのシンガポールのハイライトを説明した。会議はASEAN諸国の旗の下に開催する予定である。会議ではシンガポールが2013年の会議には理想的でありRosemaryがオーストラリアへ帰国時に、シンガポールの観光局のゲストとしてシンガポールに2日間立ち寄り、Mr Chenおよび観光局の代表者とともに候補施設を訪問

することで意見が一致した。

(5) APGGA議長の任命

Barry Bebb議長より次期3年間についても業務を遂行することの申し出があり、会議では全員一致で承諾した。Barry氏は引き続いてAPGGAに協力できることに感謝した。

各国メンバーは全員が一堂に会して課題に関する議論ができることから、理事会（meeting of countries）は毎年開催されるべきである、との点で合意した。

(6) その他

Robert Hsiao氏が全員に対して台湾の第8回APGGA大会への参加を感謝した。20カ国以上の国を代表して約250名の出席者と30編の論文が提出された。またBarry氏には何年にもわたって議長を務めてくれていること、またRosemary氏には事務局長としての業務に感謝した。

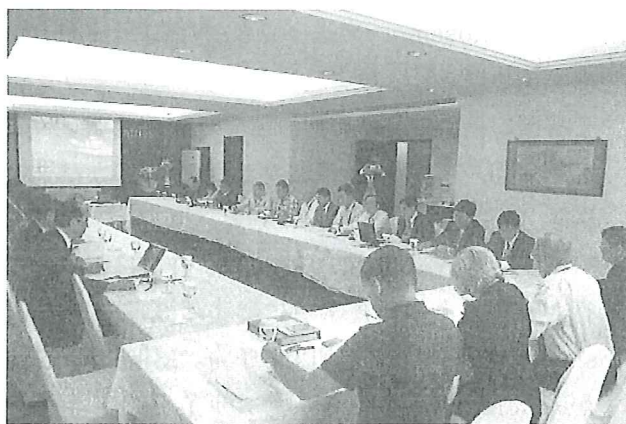
Robert氏は特に日本に対して、メンバーの中でも気軽に会議のフォーメーションに協力してくれたことに感謝した。また彼は全ての国のプレゼンテーションに対して謝意を述べた。

Robert氏は会議の“各国会議”を次回Perthまたは日本も含め毎年開催するべきことについて再度確認した。

設計者、建設会社などへのAPGGA “賞” 授与についての議論があり、さらに研究することとした。賞は権威を高めるものであり、現在実行している広報活動と共に溶融亜鉛めっきユーザーの評価を高めるものである。

議長は全員に出席して頂いたことを感謝し、この会議が数と評価の双方で成長し続けていると述べた。

我々はメンバーのみの投票で決まる2011年の会議の時期と場所でお会いできることを期待する。



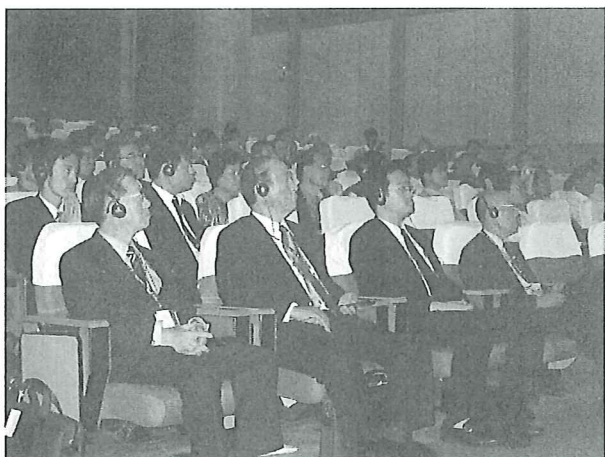
APGGA理事会



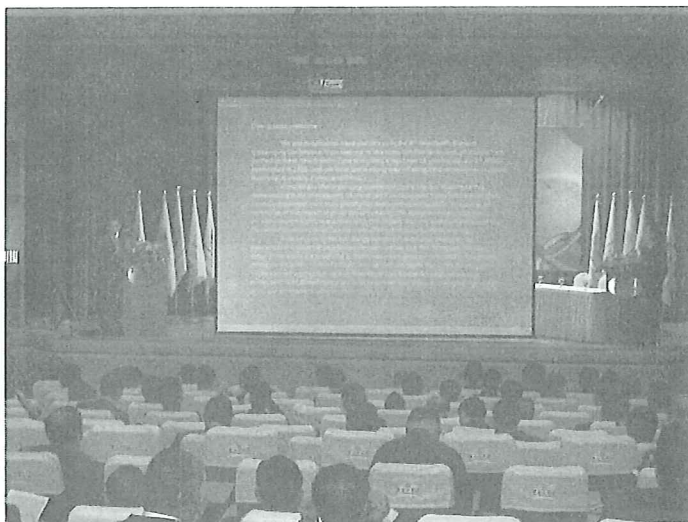


歓迎レセプション・Barry理事長

歓迎レセプション・蕭台湾めっき協会理事長



APGGCの模様



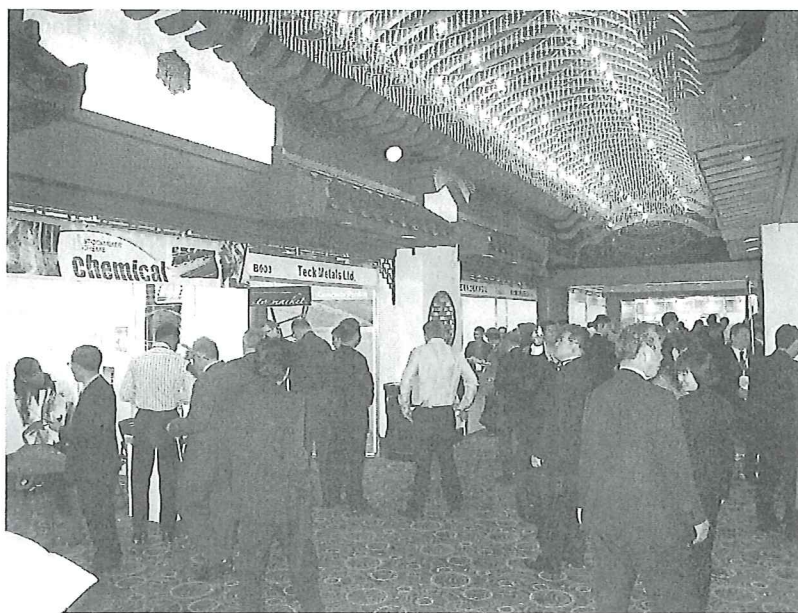
APGGC発表の模様



次回2013シンガポール開催の案内

APGGC集合写真





展示ブースの様

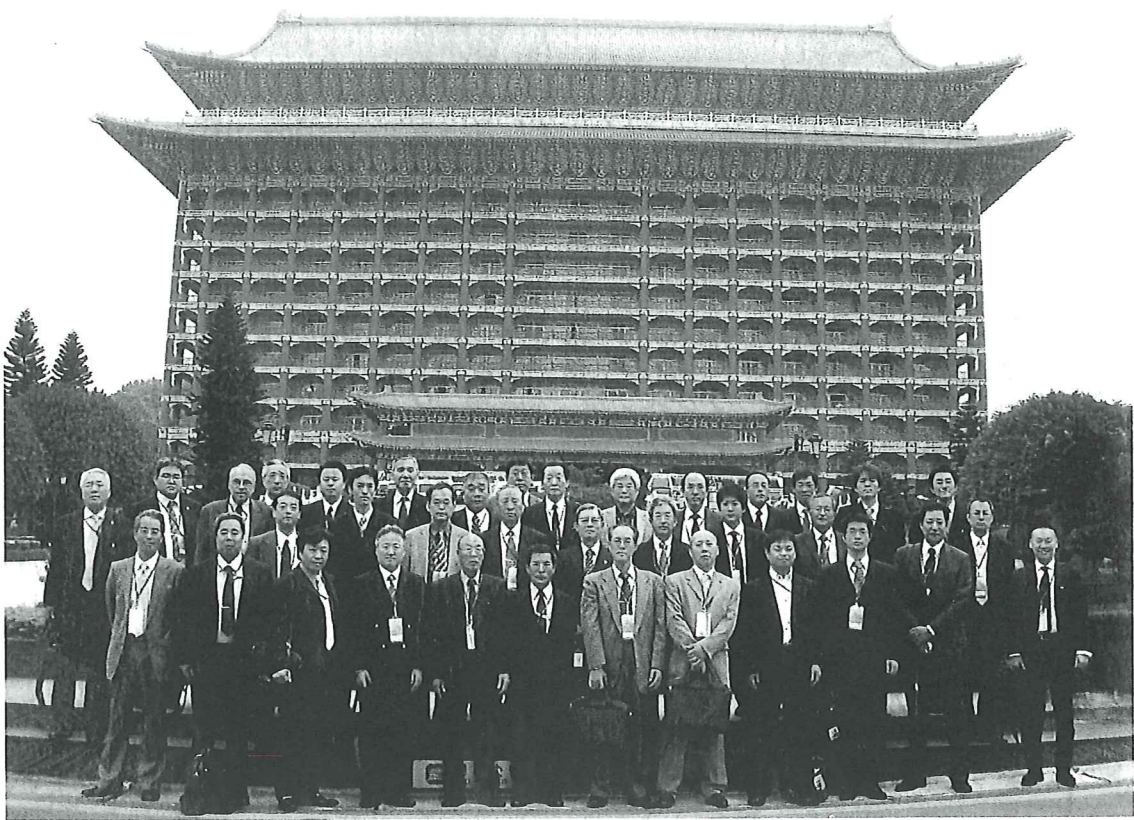


受付を行う台湾めっき協会の方々



クロージングレセプション





APGGC日本側参加者

社団法人 日本溶融亜鉛鍍金協会

〒105-0003 東京都港区西新橋2丁目16-1 全国たばこセンタービル

TEL.03(5776)1420 FAX.03(5776)1430 URL <http://www.aen-mekki.or.jp>