

広島市工業技術センター年報

第16巻

ANNUAL REPORTS

of

HIROSHIMA MUNICIPAL
INDUSTRIAL TECHNOLOGY CENTER

VOL.16

2002

平成14年度

広島市工業技術センター

発行によせて

関係各位におかれましては、日頃より当センターの運営にあたり多大なご支援、ご協力を賜り厚くお礼申し上げます。

長期にわたり低迷していた景気も、株価の回復傾向や、今年度上期の企業業績など、やや明るい兆しが見え始めてきたようです。しかし、最近の急激な円高や好転しない雇用情勢など、我が国の経済は、依然として厳しい状況にあります。

このような厳しい状況下にあっても、これまで我が国の製造業を支えてきた、優れた「ものづくり」の技術や技能を継承・発展させていくことや、環境問題や産業廃棄物リサイクルへの対応、ユニバーサルデザインの考え方を取り入れた福祉支援製品の開発など、21世紀の共生型の社会づくりに向けた対応が、産業界の新たな課題となっており、中小製造業におきましても、これまで以上に独創的な技術開発の促進、新分野への進出が強く求められています。

当センターといたしましても、このような状況を踏まえ、地場産業の技術的課題に対応した研究開発機能の整備拡充に努めるとともに、中小企業の技術力の向上を支援するため、技術指導・相談、依頼試験、公設試験研究機関との共同研究を中心に各種の事業を展開しているところです。

今後とも地元中小企業の技術支援拠点の公設機関として、産学官連携の推進、企業との共同研究等時代に即応した新技術・新分野開発を一層推進し、地域産業の活性化に努めてまいります。

ここに平成14年度実施いたしました技術支援事業の概要をとりまとめましたので報告いたします。お気づきの点等ございましたら、ご一報いただければ幸いです。

関係各位のなお一層のご協力とご支援を賜りますよう心からお願い申し上げます

広島市工業技術センター

所長 川 本 康 正

目 次

1 概 要

(1) 沿 革	1
(2) 施設規模	2
(3) 組織及び業務	3
(4) 予 算	4
(5) 主要設備機器	5

2 事 業

(1) 依頼試験	11
(2) 設備利用	11
(3) 技術指導・相談	12
(4) 産学官共同研究推進事業	13
(5) 技術支援基盤整備事業	14
(6) 新技術共同研究事業	15
(7) 技術開発融合化促進事業	19
(8) 環境関連分野支援事業	20
(9) 福祉関連分野支援事業	23
(10) 産業デザイン振興事業	25
(11) 工業技術支援アドバイザー派遣事業	28
(12) 設計・開発デジタル化技術者育成支援事業	28
(13) 製造技術開発力育成事業	29
(14) 技術者研修事業	30
(15) 発明考案奨励・表彰事業	31
(16) 広島市工業技術振興協議会	32
(17) 広島市産業振興センター設立10周年記念関連事業	33
(18) 会議・研究会への出席	33
(19) 技術職員派遣研修	34
(20) 講師・委員の派遣	35
(21) 発表（誌上・口頭）	36

3 研究報告

1 概 要

(1)	沿	革		1
(2)	施	設	規 模	 2
(3)	組	織	及 び 業 務	 3
(4)	予	算		4
(5)	主	要	設 備 機 器	 5

1 概 要

(1) 沿 革

昭和13年 8月	市議会の決議を経て工業指導所の創設に着手
昭和13年10月	「機械工訓育所」が、大手町七丁目 4 番広島電気学校内仮校舎で開所したのち、併せ工業指導所創設事務を開始
昭和14年12月	東雲町 6 7 1 番地に工業指導所及び機械工訓育所用建物が完成し、広島電気学校より移転
昭和15年10月	「工業指導所」を開設
昭和17年11月	「機械工訓育所」を「機械工養成所」に改称
昭和18年 4月	工業指導所に木工部設置
昭和21年 3月	機械工養成所の閉鎖
昭和27年 4月	「工業指導所」を「工芸指導所」に改称 (組織：庶務係、木工係、金属 1 係、金属 2 係)
昭和34年11月	組織改正 (組織：庶務係、意匠係、塗装係、金属係)
昭和37年 6月	加工技術係を設置 ※ (広島工芸指導所敷地内に、(財)広島地方発明センター及び広島県理科教育センターが開設)
昭和39年 4月	分析科を設置 (庶務係、デザイン科、加工技術科、塗装科、金属科、分析科)
昭和42年 4月	金属材料開放試験室の開設
8月	本館落成 (財)広島地方発明センターが(財)広島地方工業技術センターに改称
昭和44年 3月	木工試作試験室の開設
昭和55年 8月	(財)広島地方工業技術センターの解散に伴い、建物(別館及び金属試作試験室)及び各種機器の譲受
昭和59年 4月	電子技術担当部門新設
昭和62年 3月	広島県理科教育センターが東広島市へ移転
昭和62年 5月	広島市工業技術センターの落成にともない「広島市工芸指導所」を「広島市工業技術センター」に改称、中区千田町三丁目 8 番 2 4 号へ新築移転
平成元年 4月	技術振興科を設置 (庶務係、技術振興科、材料科、加工技術科、生産技術科)
平成 4 年 4月	広島市工業技術センターを組織改正 (企画総務係、研究指導係) (財)広島市産業振興センター技術振興部を新設(広島市工業技術センターから一部分離・創設)(組織：第一研究室、第二研究室、第三研究室、第四研究室)
平成11年 4月	広島市工業技術センターを組織改正(企画総務係、研究指導係の廃止) (財)広島市産業振興センター技術振興部を組織改正 (組織：技術振興室、産学官共同研究推進担当、材料・加工技術室、システム技術室、デザイン開発室)
平成13年 4月	(財)広島市産業振興センター技術振興部を組織改正 (組織：技術振興室、材料・加工技術室、システム技術室、デザイン開発室)

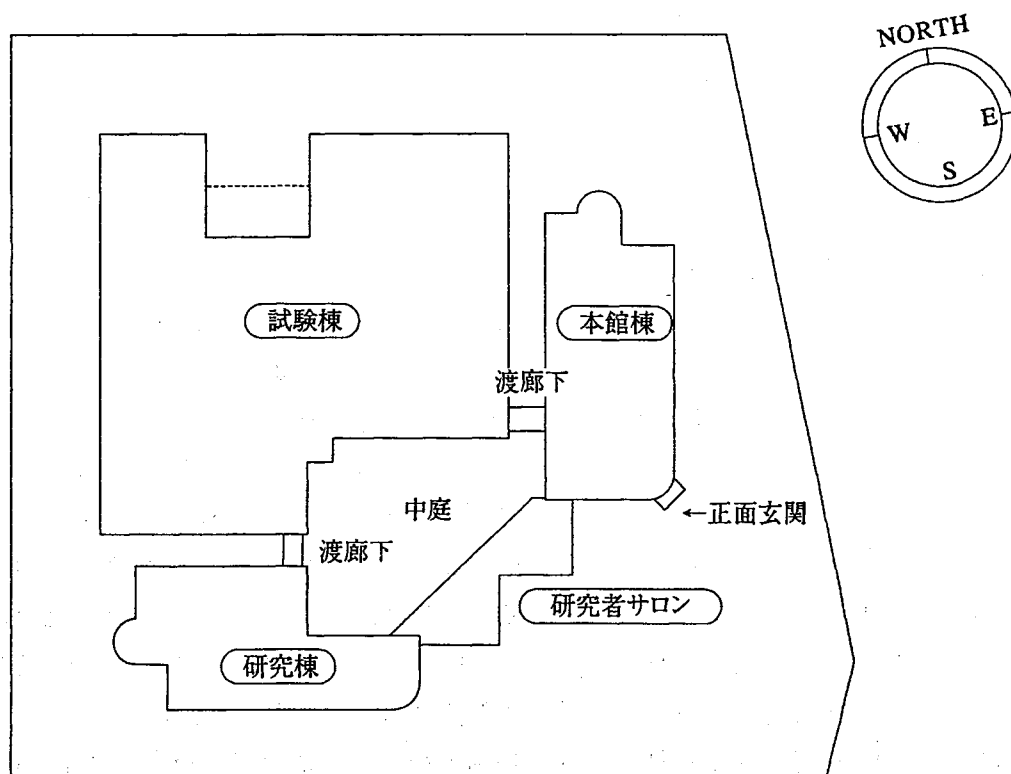
(2) 施設規模

① 土地建物

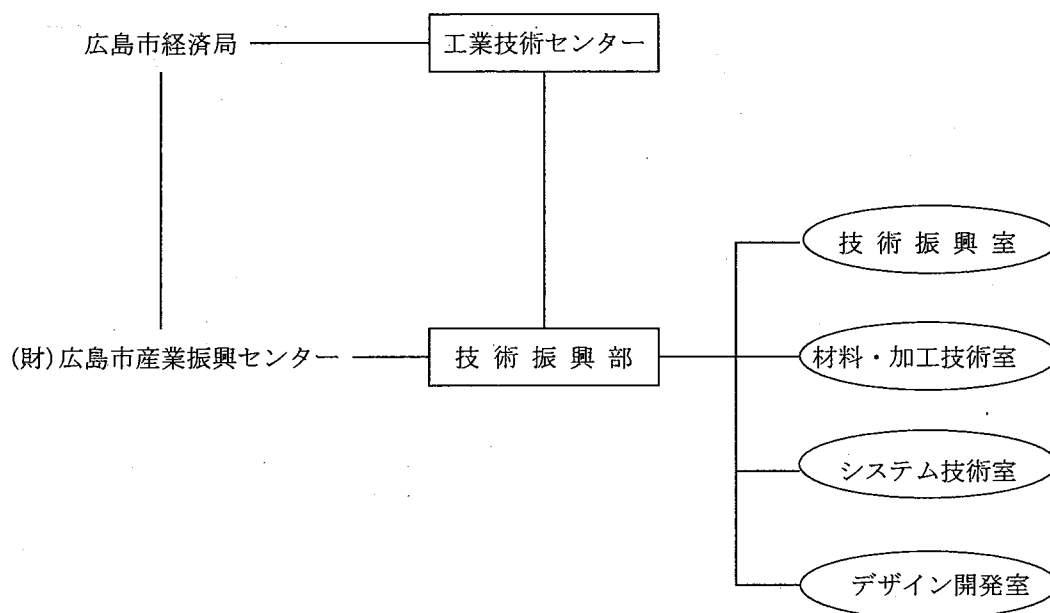
(単位 m²)

敷地面積	10,117.20						
建築面積	総 建 築 面 積		3,816.55				
	総 延 床 面 積		6,789.10				
建築概要	鉄 筋 コ ン ク リ ー ト 造						
	本館棟	研究者 サロン	研究棟	試験棟	渡廊下	その他	計
地 階				45.82			45.82
1 階	587.49	180.66	541.03	2,404.20		73.86	3,787.24
2 階	459.21	65.66	541.03	440.31	19.16		1,525.37
3 階	562.34		535.26				1,097.60
4 階	134.26		146.26				280.52
P H 階	52.55						52.55
計	1,795.85	246.32	1,763.58	2,890.33	19.16	73.86	6,789.10

② 配置図



(3) 組織及び業務



依頼試験・設備使用の受付及び手数料・使用料の収納

試験成績書の発行

各種工業材料の機械試験・物性試験及び化学分析

各種工業製品の試験・測定・検査

各種工業材料の利用技術に関する研究及び技術指導

機械加工技術及び成形加工技術に関する研究及び技術指導

表面処理・改質技術に関する研究及び技術指導

生産管理技術に関する研究及び技術指導

電気・電子応用技術に関する研究及び技術指導

コンピュータ支援技術・情報処理技術に関する研究及び技術指導

産業デザインに関する研究及び技術指導

公設試験研究機関との共同研究及び研究成果の普及

企業との共同研究

講習会・研修会・研究会の開催及び人材育成事業

技術交流事業の支援

発明考案に関する奨励事業

技術情報の収集・加工・提供

定期刊行物等の企画・発行

産学官共同研究の推進に関する事業

(4) 予 算

① 歳 入

(単位：千円)

科 目	平成13年度予算額	平成14年度予算額	増 減
商 工 使 用 料	9 5 6	1, 8 0 7	8 5 1
商 工 手 数 料	3 1, 9 6 4	3 3, 2 7 3	1, 3 0 9
商工費国庫補助金	1 2, 3 3 6	1 0, 1 0 9	△2, 2 2 7
雑 入	9, 3 7 1	5, 9 6 1	△3, 4 1 0
合 計	5 4, 6 2 7	5 1, 1 5 0	△3, 4 7 7

② 歳 出

(単位：千円)

科 目	平成13年度予算額	平成14年度予算額	増 減
報 償 費	5 4 5	4 8	△4 9 7
普 通 旅 費	2, 0 9 4	1, 2 6 2	△8 3 2
消 耗 品 費 等	3, 5 3 5	2, 9 0 4	△6 3 1
食 糧 費	5 0	1 6	△3 4
通 信 運 搬 費	7 2	7 1	△1
手 数 料 等	3 7	4 8	1 1
委 託 料	1 4 8, 9 8 8	1 4 3, 1 3 4	△5, 8 5 4
使用料及び賃借料	5 7	1 6 1	1 0 4
備 品 購 入 費	3 8, 8 6 5	3 2, 7 8 1	△6, 0 8 4
負担金補助及び交付金	1 6, 7 6 7	1 7, 0 4 9	2 8 2
合 計	2 1 1, 0 1 0	1 9 7, 4 7 4	△1 3, 5 3 6

(5) 主要設備機器

★中小企業庁補助対象機器 ※日本自転車振興会補助対象機器

機 器 の 名 称	型 式	購 入 年 度
100kN万能試験機	(株)島津製作所 RH-10型	※昭和36年度
ロックウェル硬度計	(株)明石製作所ORK型	昭和41年度
ビッカース硬度計	(株)明石製作所AVK型	昭和41年度
回転曲げ疲れ試験機	(株)東京衡機製造所25180型	昭和41年度
金属摩耗試験機	(株)島津製作所48447型	昭和41年度
焼入試験機	(株)川崎製鉄	昭和41年度
顕微鏡	ニコン(株)AFM型	※昭和47年度
周波数測定器	リオン(株)SA-57型	★昭和47年度
接触角精密測定機	協和科学(株)CA-1型	★昭和47年度
塩水噴霧試験機	東洋理化学工業(株)ST-J-2型	★昭和47年度
ロックウェル・スーパーフィシャル硬度計	(株)明石製作所ARK-S型	昭和51年度
真空蒸着装置	(株)島津製作所VPC-350型	昭和51年度
雰囲気加熱炉	光洋リンドバーク(株)G8-50AC-145	昭和51年度
立型フライス盤	日立(株)3M型	※昭和52年度
金属顕微鏡	ユニオン(株)6318型	昭和54年度
荷重変位測定装置	(株)シンコー工業6505型	★昭和54年度
デジタル自動測色色差計	スガ試験機(株)AUD-CH-2型	★昭和54年度
ガシヤン式ウェザーメーター	スガ試験機(株)WEL-SUN-HC型	★昭和54年度
冷熱衝撃試験機	タバイエスペック(株)TSC-10型	★昭和54年度
温湿度繰り返し試験機	タバイエスペック(株)PL-3E型	★昭和54年度
めっき処理装置	富士プラント工業(株)プライスター1型	★昭和55年度
恒温熱風乾燥機	タバイエスペック(株)HPS-222型	★昭和55年度
燃焼性試験機	スガ試験機(株)FL-45MC型	★昭和55年度
ベルトサンダー	(株)桑原製作所KSB-70型	★昭和55年度
万能投影機	日本工学工業(株)V-20A型	※昭和56年度
試料埋め込み機	ビューラ社SIMPLIMET2型	※昭和56年度
原子吸光分析装置	(株)日本ジャーレルアッシュAA-860型	※昭和57年度
1000kN万能試験機	(株)島津製作所UMH100型	※昭和57年度
旋盤	森精機(株)MS-650型	※昭和57年度
直流アーク溶接機	大阪変圧器(株)CPXGT-350型	★昭和58年度
ツインロックウェル硬度計	松沢精機(株)DRT-FA300型	※昭和58年度
マッフル炉	(株)亀井製作所3513型	※昭和58年度
高温真空炉	(株)島津製作所DEGUSSA	※昭和58年度
平面研削盤	日興機械(株)NSG-520型	※昭和59年度
マイクロロボット	三菱電機(株)RM-501型	昭和59年度

機 器 の 名 称	型 式	購 入 年 度
炭酸ガスレーザー加工機	(株)日立製作所 H I L - 5 0 0 C S P 型	※昭和 6 0 年度
恒温恒湿槽低温槽	タバイエスペック(株) P L - 4 G	★昭和 6 2 年度
X線マイクロアナライザー	(株)島津製作所 E P M A 8 7 0 5 Q H 型	※昭和 6 2 年度
三次元座標測定器	日本工学(株)トリステーション 6 0 0 型	※昭和 6 2 年度
自己変歪測定装置	さくら工業(株) S F H - 2 0 S 型	昭和 6 2 年度
アナライジングレコーダ	横河電機(株) 3 6 5 5 E	昭和 6 2 年度
デジタルパワーメーター	横河電機(株) 2 5 3 3	昭和 6 2 年度
デジタルストレージスコープ	松下通信工業(株) V P - 5 7 4 0 A	昭和 6 2 年度
精密電圧電流測定機	横河電機(株) 2 7 2 3	昭和 6 2 年度
標準電圧電流発生器	横河電機(株) 2 2 5 8 2 2 5 3 2 5 6 3	昭和 6 2 年度
表面性測定器	新東洋科学(株)ヘイドン-1 4 型	★昭和 6 2 年度
ガス・塩水腐食試験機	スガ試験機(株) H K C - 1 2 L 型	昭和 6 2 年度
複合サイクル試験機	スガ試験機(株) I S O - 3 C Y 型	★昭和 6 2 年度
湿潤試験機	スガ試験機(株) C T - 3 型	★昭和 6 2 年度
屋外暴露試験機	スガ試験機(株) O E R - P G 型	★昭和 6 2 年度
静電粉体塗装装置	(株)ランズバーグゲマ E P E 7 0 0 型	昭和 6 2 年度
スプレー式前処理装置	(株)日本パーカーライジング K U - 4 2 型	★昭和 6 2 年度
プラズマ溶射装置	プラズマダイン社 4 0 型	昭和 6 2 年度
木工用油圧プレス	(株)セイブ O N K - 1 0 0 0 x 2 0 0 0 型	昭和 6 2 年度
高周波加熱装置	富士電波(株) F D Y - 3 2 0 型	昭和 6 2 年度
ボーリングマシン	新前田工業(株) S A D - 1 2 0 B 型	昭和 6 2 年度
ダブテールマシン	庄田鉄工(株) D V - 1 3 1 型	昭和 6 2 年度
帯鋸盤	日立工機(株) C B 1 0 0 F 型	昭和 6 2 年度
コーナーロッキングマシン	庄田鉄工(株) C L A - 1 3 2 型	昭和 6 2 年度
ルーターマシン	庄田鉄工(株) R O A - 1 1 3 型	昭和 6 2 年度
超仕上げかん盤	丸仲鉄工所(株) ロイヤル 3 型	昭和 6 2 年度
軸傾斜横切丸鋸盤	東海製作(株) S F J - 1 3 0 0 型	昭和 6 2 年度
レーザー測長機	和泉電気(株) M G - 1 0 0 0 型	※昭和 6 3 年度
X線応力測定器	(株)リガク M S F - 2 M 型 C - 1 2 0 型	※昭和 6 3 年度
カラーシミュレータ	日本色研事業(株) 6 7 8 R C - S A - 1 0 1 型	★昭和 6 3 年度
写植機	(株)写研 S P I C A - A H 型	★昭和 6 3 年度
多光源測色色差計	スガ試験機(株) M S C - I S - 2 B 型	★昭和 6 3 年度
精密ハードネステスター	プロセス社エコーチップ C 型	★昭和 6 3 年度
サーマルショック試験機	タバイエスペック(株) T S R - 1 0 3 型	★昭和 6 3 年度
冷間静水圧プレス(C I P)	三菱重工業(株) M C T - 1 0 0 型	※昭和 6 3 年度
立型マシニングセンター	(株)遠州製作所 V M C 5 3 0 型	※昭和 6 3 年度
万能工具研削盤	(株)松沢製作所 M Z - 8 B G 型	※昭和 6 3 年度
低荷重精密万能試験機	(株)島津製作所 A G S - 1 0 0 0 A 型	★昭和 6 3 年度

★中小企業庁補助対象機器 ※日本自転車振興会補助対象機器

機 器 の 名 称	型 式	購 入 年 度
高速度手押しかな盤	(株)桑原製作所 KP-300LDX型	昭和63年度
自動一面かな盤	(株)大洋製作所 CP-500型	昭和63年度
木工ロクロ	シンボ工業(株) WRA-075-AN型	昭和63年度
木工旋盤	北産興業(株) WL-S1型	昭和63年度
50J計装化シャルピー	(株)米倉製作所CHRAPC-5C型	平成 元年度
接着耐久性試験機	東洋精機(株)NO-537型	平成 元年度
電子回路試験装置	(株)ノイズ研究所EMC-5000S	※平成 元年度
摩耗試験機	テスター産業(株)AB101型	平成 元年度
紫外線ウェザーメーター	スガ試験機(株)WEL-SH-2HCB型	平成 元年度
紫外線フェードメーター	スガ試験機(株)FAL-SP-H型	平成 元年度
熱風式焼付乾燥装置	タバイエスペック(株)HLKS-3A型	平成 元年度
塗料用退色試験機	スガ試験機(株) FM-1型	平成 元年度
手吹静電塗装装置	(株)ランズバークゲマ エレップR-E-AN	平成 元年度
熱間静水圧プレス(HIP)	三菱重工業(株) O2-L a b o HIP型	※平成 元年度
NCワイヤカット放電加工機	三菱電機(株) DWC90H型	※平成 元年度
真空加圧含浸装置	サンワエンジニアリング(株) VPI-2PW型	平成 元年度
定荷重精密プレス	東洋テスター産業(株) SA-901型	平成 元年度
刃物研削ラップ盤	(株)丸仲鉄工所 GH-50型	平成 元年度
軸傾斜丸鋸盤	(株)桑原製作所 KS-TZ400型	平成 元年度
300Jシャルピー衝撃試験機	(株)東京衡機製造所IC型	平成 2年度
走査型電子顕微鏡	(株)日立製作所S-2400型	※平成 2年度
超音波探傷機	日本クラウトクレマーウェルター(株)HIS-2	※平成 2年度
表面粗さ輪郭形状測定機	(株)小坂研究所 SEF-30D	※平成 2年度
集塵装置	サンエス工業(株) バローズブース NB-2S型	平成 2年度
ガス溶射装置	日本ユテク(株) テロダインシステム2000型	平成 2年度
NC放電加工機	三菱電機(株) M35KC7型	※平成 2年度
走行丸鋸盤	田中機械工業(株) パネルソー 2500型	平成 2年度
500kN万能試験機	(株)島津製作所 UH-500KNA型	※平成 3年度
低温型示差走査熱量計	セイコー電子工業(株)DSC-220C型	※平成 3年度
熱機械分析装置	セイコー電子工業(株)TMA-SS120C型	※平成 3年度
切削動力計	日本キスラー(株)9257B型	※平成 3年度
蛍光X線微小膜厚計	セイコー電子工業(株)SFT-3200型	※平成 3年度
歪検出システム	(株)共和電業E-SPIRAS8型	★平成 3年度
プラズマ溶射ロボット	プラズマ技研工業(株) モトマンK6SB型	※平成 3年度
難削材料切断研削装置	(株)マルトー セラミクロン MX-833型	★平成 3年度
ガスクロマトグラフ質量分析装置	(株)島津製作所 TGA-GC/MSシステム	※平成 4年度
疲労試験機	(株)島津製作所EHF-UD	※平成 4年度

機 器 の 名 称	型 式	購 入 年 度
摩擦摩耗試験機	神鋼製造(株)ファレックス型	★平成 4年度
デジタルシステム	(株)ミットヨ BHN710/MPK2900	★平成 4年度
加硫試験機	日合商事(株) キュラストメーター VD型	※平成 5年度
実体顕微鏡システム	オリンパス(株)PMG3	※平成 5年度
騒音・振動データー処理装置	エミック(株) VC-061DAMX-31-PIR	※平成 5年度
混練装置	(株)小平製作所 RII-2-CC	※平成 5年度
カプセリング装置	三菱重工業(株) Laboカプセリング100型	平成 6年度
50 Jシャット・衝撃角度検出システム	(株)米倉製作所 CCP-60P型	※平成 6年度
横型バンドソー	(株)ニコテック SCH-33FA型	※平成 6年度
蛍光X線分析装置	セイコー電子工業(株) SEA2010L型	※平成 6年度
投影機用データー処理装置	(株)ニコン DP-302型	※平成 6年度
ギヤー式老化試験機	スガ試験機(株) TG-100	★平成 7年度
反ばつ弾性試験機	高分子計器(株) Lupke方式	★平成 7年度
X線回折装置	(株)マック・サイエンス MXP3VA/DIP320	※平成 7年度
赤外分光光度計	日本分光(株) Herschel FT/IR-350	★平成 7年度
バーチャルリアリティシステム	旭エレクトロニクス(株) TDZ-400DS	★平成 8年度
非接触粗さ検出ユニット	(株)小坂研究所 PU-OS100	※平成 8年度
デュサイクルサンシャインウェザーメーター	スガ試験機(株) WEL-SUN-DCH. B. BR	※平成 8年度
塗膜定量測定装置	(株)キーエンス VH-6200C	※平成 8年度
熱遮蔽温度記録装置	安立計器(株) AM-7002	※平成 8年度
油分濃度計	(株)堀場製作所 OCMA-300	※平成 8年度
電解着色電源・実験用システム	(株)高砂製作所 PEC40-2	※平成 8年度
繰り返し荷重試験装置	JTトーシ(株) TE-03-AFS01	平成 8年度
大型恒温恒湿低温室	タハ・イエスベック(株)TBE-4HW2GEF	☆平成 9年度
振動計測システム	(株)小野測器 DS-9110	★平成 9年度
炭素・硫黄分析装置	(株)堀場製作所 EMIA-820	※平成 9年度
工具顕微鏡	(株)トプコン TUM-220EH	※平成 9年度
示差熱熱重量同時測定装置	セイコーインスツルメント(株) TG/DTA6300	平成 9年度
紫外線可視分光光度計	(株)島津製作所 UV-2500PC	平成 9年度
超音波硬さ計	川鉄アドバンテック(株) SONOHARD SH-75	平成 9年度
光学顕微鏡用デジタルカメラ	富士写真フイルム(株) HC-300	平成 9年度
ビデオプロジェクター	(株)東芝 TLP510J	平成 9年度
高温顕微硬度計	(株)ニコン QM-2	☆平成10年度
放電焼結機	(株)中国精工 プラズマCSP-IV-A	☆平成10年度
真円度円柱形状測定機	(株)ミットヨ ラウンドテスト RA-H426	※平成10年度
大越式迅速摩耗試験器	JTトーシ(株) OAT-U	※平成10年度
高速ビデオカメラ	(株)ナック コダックSR500C	※平成10年度

機 器 の 名 称	型 式	購 入 年 度
万能混練攪拌機	(株)ダルトン 25AMV-r r	※平成10年度
非破壊検査開発システム	日本ルックス(株) RN-001 (株)イノテック NT-25	★平成11年度
超音波振動ユニット	(株)岳将 ULTRA-700	★平成11年度
シミュレーションシステム開発装置	MathWorks MATLAB	★平成11年度
CADデジタルモックアップ	シリコングラフィックス社 OCTANE/SE	※平成11年度
分光式色差計測システム	日本電色工業(株) SQ-2000	※平成11年度
変角光沢計測システム	スガ試験機(株) UGV-6P	※平成11年度
恒温振盪水槽	タイテック(株) XY-80	平成11年度
色彩輝度計	ミノルタ(株) CS-100	平成11年度
攪拌機	特殊機化工業(株) T.K.ホモディスター-2.5型	平成11年度
大変形構造解析システム	中外テクノス(株) CFM-9	★平成12年度
精密加工機	牧野フライス精機(株) MSJ25-16	★平成12年度
センシングデータ診断ソフトウェア	The MathWorks社 MATLAB	★平成12年度
雰囲気炉	島津メクテム(株) VHLgr25/18/23型	※平成12年度
非接触三次元形状入力システム	ミノルタ(株) VIVID700	※平成12年度
ボールミル回転架台	東京硝子器械(株) AV-2	平成12年度
木材水分計	ケット(株) HM-520	平成12年度
クレイオープン	新日本造形(株) 20L型	平成12年度
上皿天びん	(株)島津製作所 BW4200H	平成12年度
マイクロスコープ用デジタル撮影システム	アイ・ディ・エス(株) IDS-300VH-L250	平成12年度
三次元造形システム	Stratasys社 PRODIGY	☆平成13年度
高周波プラズマ発光分光分析装置	(株)島津製作所 ICPS-7500	※平成13年度
真空乾燥装置	アト・バンテック東洋(株) VO-320	平成13年度

平成14年度の主な新設機器

機 器 の 名 称	用 途	備 考
精密万能試験機 (株)島津製作所製 AG-250kNI	金属、セラミックス、プラスチック等の各種材料の引張性質、曲げ性質、圧縮性質等の機械的性質を高精度に測定するために使用	経済産業省 補助対象機器
微小硬度計 (株)フーチュアテック製 FM-ARS7000	微小な領域で、主に金属の硬さを計測するために使用	日本自転車振興会 補助対象機器
メカニカルCAEシステム ADINA社 ADINA7.5 SDRC社 I-DEAS9	製品開発において、デジタル技術を応用した設計・解析などを支援するために使用	日本自転車振興会 補助対象機器
騒音計 リオン(株) NL-32	屋外及び工場・事務所などの環境騒音測定や工業製品の騒音低減対策の評価に使用	

2 事 業

(1)	依 頼 試 験	11
(2)	設 備 利 用	11
(3)	技 術 指 導 ・ 相 談	12
(4)	産 学 官 共 同 研 究 推 進 事 業	13
(5)	技 術 支 援 基 盤 整 備 事 業	14
(6)	新 技 術 共 同 研 究 事 業	15
(7)	技 術 開 発 融 合 化 促 進 事 業	19
(8)	環 境 関 連 分 野 支 援 事 業	20
(9)	福 祉 関 連 分 野 支 援 事 業	23
(10)	産 業 デ ザ イ ン 振 興 事 業	25
(11)	工 業 技 術 支 援 ア ド バ イ ザ ー 派 遣 事 業	28
(12)	設 計 ・ 開 発 デ ジ タ ル 化 技 術 者 育 成 支 援 事 業	28
(13)	製 造 技 術 開 発 力 育 成 事 業	29
(14)	技 術 者 研 修 事 業	30
(15)	発 明 考 案 奨 励 ・ 表 彰 事 業	31
(16)	広 島 市 工 業 技 術 振 興 協 議 会	32
(17)	広 島 市 産 業 振 興 セ ン タ ー 設 立 10 周 年 記 念 関 連 事 業	33
(18)	会 議 ・ 研 究 会 へ の 出 席	33
(19)	技 術 職 員 派 遣 研 修	35
(20)	講 師 ・ 委 員 の 派 遣	36
(21)	発 表 (誌 上 ・ 口 頭)	36

2 事業

(1) 依頼試験

区 分	項 目	件 数	数 量	歳 入 額 (円)
木材・木製品	機 械 試 験	19	84	172,200
	物 理 試 験	7	57	93,240
	接 着 試 験	9	16	30,580
	製 品 性 能 試 験	15	326	197,460
	小 計	50	483	493,480
金属・非金属	機 械 試 験	3,320	12,063	20,669,840
	物 理 試 験	184	524	1,690,910
	分 析 試 験	258	702	2,365,810
	小 計	3,762	13,289	24,726,560
表面処理	塗 料 試 験	3	3	5,760
	皮 膜 試 験	234	21,479	6,742,190
	小 計	237	21,482	6,747,950
電子・電気	電子計算機による解析	4	4	18,440
	電 気 試 験	6	9	9,440
	小 計	10	13	27,880
試験用試料作成	木 材 ・ 木 製 品	1	7	10,920
	金 属 ・ 非 金 属	36	73	176,940
	塗 装 ・ 皮 膜	13	13	63,440
	電 子 ・ 電 気	4	5	7,800
	小 計	54	98	259,100
意匠図案の作成		17	81	312,660
工業製品の試作		1	18	17,280
試験・検査に関する証明		46	95	34,200
合 計		4,177	35,559	32,619,110

(2) 設備利用

区 分	件 数	数 量	歳入額 (円)
工 作 設 備	39	199	213,810
試 験 設 備	288	9,034	3,651,390
合 計	327	9,233	3,865,200

(3) 技術指導・相談

	分 野	内 容	件 数
A	機 械	加工機 原動機 精密機械 輸送機 化学機械 流体機械 産業機械 電子機械 医療機械	142
B	電 子・電 気	電力機器 電気応用機器 電子応用機器	91
C	化 学	セラミックス 無機化学製品 有機化学製品 高分子製品 燃料/潤滑油 科学装置/設備	281
D	金 属	鉄・非鉄冶金 非鉄材料 鉄鋼材料 表面技術 加工技術 接合 熱処理	609
E	木 材・木 質 材	材料 加工技術 表面技術 改質技術	128
F	情 報 処 理	情報管理 情報数理 コンピュータシステム	55
G	デ ザ イ ン	インテリアデザイン クラフトデザイン 工業デザイン 視覚デザイン 環境デザイン	172
H	経 営 工 学	工場管理 生産管理 品質保証 作業管理 包装・物流 CIM TPM	5
I	資 源	金属鉱業 石灰・石油鉱業	18
J	建 設	鋼構造 コンクリート製品	9
K	衛 生	環境 公害防止技術 廃棄物利用技術	8
L	そ の 他		218
合 計			1,736

(4) 産学官共同研究推進事業（担当 賀藤、山嵯）

産学連携セミナー

地域の理工系大学の保有する研究シーズ（新素材関連技術）を紹介し、産学の共同研究への結びつけを行った。さらに、新技術・新製品開発を支援する国・県・市等の助成制度を紹介した。

開催日：11月27日

参加者：78名（産58名、学4名、官16名）

区 分	講 師
研究シーズ 紹 介	・広島大学大学院工学研究科機械システム工学専攻 教 授 柳沢 平 氏 「機械分野における材料の開発」 ・広島大学大学院工学研究科機械システム工学専攻 助教授 佐々木 元 氏 「高機能複合材料のプロセッシングと応用」 ・広島大学大学院工学研究科物質化学システム専攻 教 授 播磨 裕 氏 「導電性ポリマーの研究」 ・広島工業大学工学部建設工学科 教 授 米倉 亜州夫氏 「最近のコンクリートについて」
助 成 制 度 紹 介	・中国通商産業局 産業部産業技術課 総括係長 森元 宏 氏 ・(財)ひろしま産業振興機構技術振興部技術交流担当 課長 中倉 照郎 氏 ・広島市経済局経済振興課 主 査 加藤 秀一 氏

産学官リサイクル検討委員会

産業廃棄物のリサイクルに関連した企業ニーズ、各大学における研究シーズについて情報交換を行い、産学官の具体的な研究テーマ・研究方法等について指導・助言をいただくため、産学官のメンバーからなる「広島市産学官リサイクル検討委員会」を開催した。

開催日：8月9日

委員長：広島市立大学 教授 矢野 卓雄 氏

【メンバー】

- ・「産」側：東友会協同組合、協同組合三菱広島協力会、広島熱処理協同組合、広島県鋳物工業協同組合、中国ゴム工業協同組合、広島家具工業協同組合の理事等6名
- ・「学」側：広島大学、広島市立大学、近畿大学、広島工業大学、広島国際学院大学のリサイクル関連の教員5名
- ・「官」側：広島市工業技術センター所長、(財)広島市産業振興センター技術振興部長

産学官共同研究専門委員会（摩擦・振動部会）

「材料選択・開発と設計の最適化による摩擦・振動系の高性能・軽量化」に関する共同研究の推進方策について、産学の要望を取りまとめるとともに、具体的なテーマ選定及び研究方法などを協議した。

開催日：3月10日

委員長：広島大学大学院 教授 柳沢 平 氏

【メンバー】

- ・「産」側：エムジープレシジョン㈱、㈱音戸工作所、㈱北川鉄工所、㈱木下製作所、㈱シンコー、㈱ナガト、㈱日本製鋼所機械研究所、㈱日本パーカーライジング広島工場、広島アルミニウム工業㈱、広島シンター㈱、豊国工業㈱の代表者
- ・「学」側：広島大学の摩擦・振動関連の教員2名
- ・「官」側：広島市工業技術センター所長、(財)広島市産業振興センター技術振興部長

(5) 技術支援基盤整備事業

中国四国地方公設試験研究機関共同研究「精密加工分野」(担当 岡田)

研究テーマ チタン合金材 (Ti-6Al-4V) の加工性研究 (2報)

昨年度の予備実験の結果を基に、更に研究を進めた。工具摩耗から工具寿命V-T線図を求めた。

その結果、チタン合金材を高精度に加工するには、工具寿命が長く、切削抵抗値の小さい超硬合金材系 (取り分け、特殊材) の工具が最も適していることが判明した。

中国四国地方公設試験研究機関共同研究「情報電子分野」(担当 田中(秀))

研究テーマ 非破壊センシングによる対象物内部の測定

石油タンクや配管などに代表される密閉容器において、スケール量の検査は設備能力の低下を防ぐために必要である。そこで、中性子を用いたスケール量の非破壊計測手法を提案して装置を開発するとともに、実験により開発した装置でスケール計測できることを明らかにした。

中小企業庁補助研究事業① (担当 田中(秀))

非破壊センシング 普及講習会・推進委員会

平成11～13年度まで密閉容器内のスケール量および細管内面に発生する損傷について、これを非破壊計測する手法を提案して計測装置の開発を行った。本年度は、共同研究機関の所在地である岩手県、秋田県、山形県、広島市、鹿児島県において開催した成果普及発表会で、研究成果を広く普及した。

中小企業庁補助研究事業② (担当 桑原)

高周波振動複合加工 普及講習会・推進委員会

高周波振動複合加工による金属材料の微細加工に関する研究について、研究成果の普及活動の一環として普及講習会を開催した。内容は、従来の加工 (放電加工、プレス加工、研削加工、切削加工) に高周波振動を付加し、それによって得られる効果について報告した。

また、産学官で構成する推進委員会において、毎年この研究に対する意見・助言をいただいております。今年度は共同研究の成果について報告を行った。

大学との共同研究 (担当 隠岐、倉本)

広島大学大学院工学研究科

研究テーマ HIPによる焼結チタン材の材質制御

純チタン材、チタン合金及びTiC粒子分散チタン材について、CIP (冷間等方加圧) → VS (真空焼結) → HIP (熱間等方加圧) (一部放電焼結を使用) プロセスからなる焼結法を適用し、組織と引張性質に及ぼす真空焼結温度とHIP処理温度の関係及びHIP過程における最終段階の焼結速度について研究を行ってきた。

今年度は、「TiC粒子分散チタン複合材のHIP焼結速度に及ぼすTiC粒子の含有量の影響」をテーマとして研究を行った。

(6) 新技術共同研究事業

先進加工技術研究会（担当 岡田、桑原、世良）

衣料、家電製品に代表されるように、中国、東南アジア諸国の製品が日本市場を覆い尽くす勢いで出回り、国内の製造業は厳しい状況に陥っている。こうした状況の中で、IT関連に代表される精密工業製品は、安価な輸入品に対抗、差別化するため、構成する部品の高度化を推進し、小型化、軽量化および、高精度化することが最大の目標となっている。

これら企業の要望に応えるため、最新の加工技術の研究とその得られた技術成果の普及を目的として、研究会を行った。

【会員企業】

(株)今西製作所、荻野工業(株)、荻野鉄工(株)、(株)海田金属、トヨエイトック(株)、(株)二上工作所、(株)西井製作所、(株)ヒロージェットテクノロジー、(株)フクトクダイヤ、平和機械(株)、報徳機械工業(株)、(株)向井製作所、(株)ワイテック、(株)明光堂、(株)橋川製作所、シージーケー(株)

開催月日	内容及び講師	アドバイザー
第1回 7月9日	1) 会員の自己紹介および会社紹介 2) 平成14年度の活動について 3) 参加企業の抱えている技術課題について 4) 研究報告 「チタン合金材の高精度加工について」 報告者 (財) 広島市産業振興センター 専門員 岡田邦彦	広島大学 工学部 教授 鳴瀧則彦 氏
第2回 10月22日	1) 研究発表 「微細深穴加工の限界性能向上を図る新放電加工技術」 発表者 (株)橋川製作所 代表取締役 橋川栄二 氏 2) 参加企業が抱えている技術課題について	
第3回 12月3日	1) 勉強会 「難削材の適応加工工具と合理的加工法」 講師 広島大学 工学部 教授 鳴瀧則彦 氏 2) 参加企業の抱えている技術課題について	
第4回 1月29日	1) 研究報告 「Ni基超耐熱合金の微小エンドミル加工」 報告者 広島市工業技術センター 技師 桑原 修 2) 参加企業の抱えている技術課題について	
第5回 3月4日	1) 研究発表 「電極成形加工技術の開発」 発表者 (株)明光堂 課長 古山常雄 氏 係長 浜 義和 氏 2) 参加企業の抱えている技術課題について	

物づくりの機能性評価研究会（担当 桑原）

この研究会は品質工学の手法を利用した技術開発の研究会である。

品質工学では最初に”点とバラツキ”で評価していたものを”線とバラツキ”で評価する事から始める。この評価方法に、将来問題の発生が予測される劣化要因や、設計上・製造上で発生する誤差要因を組み入れた研究開発をすることにより、安定した技術や製品の開発を行う。

研究会では、会員それぞれで自社の課題・研究テーマを設定し、研究会内で経過報告の発表を行う形で開催する。本年度の研究会は年5回開催し、講師に矢野先生を招聘した。研究会を通じて講師・会員同士の積極的な意見交換や指導を行う事により、良い製品や技術の開発を目指す。

【会員企業】

(株)あじかん、アドテックプラズマテクノロジー(株)、(株)オガワ、(資)喜多設計研究所、(株)サタケ、シー・ジー・ケー(株)、食協(株)、新栄製砥(株)、住野工業(株)、(株)ディスコ、デルタ工業(株)、南条装備工業(株)、西川ゴム工業(株)、(株)日本製鋼所、フマキラー(株)、マツダ(株)、三浦工業(株)、(株)ユーメックス、リョービ(株)

開催月日	テ　　ー　　マ	講　　師
第1回 5月16日	・開会あいさつ、講師紹介、各会員の自己紹介 ・平成13年度会員による研究事例発表 ・設計、技術開発の進め方及びその問題点把握	東京電気大学 教授 矢野 宏 氏
第2回 6月21日	・パラメータ設計あるいは工程設計のたて方 ・実験計画の作成	
第3回 9月19日	・作成された実験計画の検討 ・S/N比の求め方	
第4回 11月29日	・S/N比の算出と実験上の問題点の検討	
第5回 1月16日	・各会員による研究事例発表 ・閉会あいさつ	

新材料プロセス研究会(担当 隠岐、倉本)

本研究会は、放電焼結機及び熱間静水圧プレス装置等の製造装置を利用することで、既存自社製品の高機能化及び新製品開発のための新しい製造プロセスを開発研究することを目的とする。会員企業ごとに開発テーマを持ち、各々が独立した形で直接物づくりのための実験・研究を行った。テーマは①難焼結材料、機能材料及び大型成形体の焼結②金属材料の接合及び焼結接合に大別される。

【会員企業】

エス・エス・アロイ(株)、(株)音戸工作所、(株)熊平製作所、(株)日本パーカーライジング広島工場、広島シンター(株)、(株)シンコー、(株)久保田鐵工所

開催月日	テ　　ー　　マ	講　　師
第1回 6月19日	・平成13年度研究会活動報告 ・放電焼結機を用いた材料開発等についての討議	広島大学大学院 工学研究科 教授 柳沢 平 氏
第2回 9月18日	・会員企業の開発テーマについての討議 ・テーマ「アルミ合金のガス分析装置の開発とその適用事例」 ・テーマ「チタン及びチタン合金へのチタンホウ化物 ディポジション」	広島大学大学院 工学研究科 教授 柳沢 平 氏
第3回 3月3日	・テーマ「放電焼結機の展望とその適用事例」 ・会員企業の開発テーマについての討議 ・研究会の改組について	エス・エス・アロイ(株) 取締役社長 菊池 光太郎 氏 広島大学大学院 工学研究科 教授 柳沢 平 氏

新めっき技術開発研究会(担当 植木、金行)

本研究会は、表面処理業者が抱える新技術の導入、後継者育成、事業の多方面への展開、環境問題などに対応するため、経営者ならびに技術・生産責任者を中心とした会員構成により、企業の継続的成長を遂げるための情報提供や活動基盤の連携、新しい防錆・防食、加飾技術等の研究を行い、企業の一層の発展を図ることを目的としている。

平成14年度は、自動車業界の六価クロム代替のスケジュールが具体化することから、関連技術の情報提供並びに「クロメート代替皮膜のライン特性による耐食性評価」について研究を行った。

【会員企業】

(株)井川製作所、(株)オート、(株)音戸工作所、柿原工業(株)、関西金属工業(株)、(有)黒川鍍金工業所、山陽鍍金工業(株)、(有)三和ユニーク、新和金属(株)、泰洋工業(株)、(株)中村製作所、(株)日本アート、日鋼テクノ(株)、(株)日本パーカーライジング広島工場、日本バレル工業(株)、(有)広鍍金工業所、福山メッキ工業(株)、(有)富士金属、富士金属工業(株)、藤田クローム工業(株)、マツダ(株)、(株)ワイエスデー

開催月日	開催内容・テーマ	講師
第1回 4月19日	総会 ・平成13年度第2回役員会・事業・決算の各報告 ・平成14年度事業計画・事業予算・役員改選 その他	
第2回 5月16日、17日	先進地視察研修(福井県福井市) 清川メッキ工業(株)、アイテック(株)、ウラセ(株)	
第3回 6月20日	テーマ「クロムめっき技術」	広島大学工学部 工学研究科 教授 松村 昌信 氏
第4回 8月22日	研究会の今後の進め方について	
第5回 9月20日	企業見学研修 西川ゴム工業(株)	
第6回 10月22日	テーマ「環境負荷物質の規制の動向」	マツダ(株) 環境安全企画室長 佐々木 圭太 氏
第7回 11月11日	企業見学研修 広島日本電気(株)	
第8回 12月20日	テーマ「六価クロムフリー代替処理技術」	アトテックジャパン(株) GMF事業部 中村 幾一 氏 渡部 清志 氏
第9回 2月20日	研究発表 ①「クロメート代替皮膜のライン特性による耐食性評価」 ②「マツダ(株)からの提供を受けた六価クロメート代替スケジュールに関する資料による情報提供」 ③「六価クロム対策に関する情報交換」 ④高度熟練技術者認定申請について	広島市工業技術センター 技師 金行 良隆 マツダ(株) R&D技術管理本部 主務 落岩 克哉 氏
第10回 3月20日	平成14年度事業報告 平成15年度事業計画	

ラピッドデザイン研究会（担当 尾崎、田中(秀)、清水）

製品設計から生産までの活動をデジタル化して試作段階の生産活動を、三次元設計データを用いて行い、製品開発リードタイムの短縮を図る、いわゆるデジタルエンジニアリングが自動車、家電業界を中心に進展している。

当研究会は、地場企業におけるデジタルエンジニアリング技術の導入・活用支援を目的として4回のセミナー、個別課題に対する技術指導、事例研究を行った。

【会員企業】

(株)石崎本店、(株)中央電機、(株)ジェイ・エム・エス、南条装備工業(株)、
(株)東洋シート、東プレ(株)、テンパール工業(株)、(株)今西製作所、
(株)日本クライメイトシステムズ

開催月日	テ　　ー　　マ	講　　師
第1回 8月30日	デジタルエンジニアリング ・CADデータからRPまで ・リバースエンジニアリングとCAT ・XLVファイルの活用事例	静岡芸術文化大学 助教授 望月 達也 氏
第2回 11月1日	ヘール加工に基づく曲面仕上げ技術	九州工業大学 情報工学部 教授 鈴木 裕 氏
第3回 12月18日	3次元CADにおけるデータ交換	(株)アルモニコス 取締役 森川 滋己 氏
第4回 3月13日	XLVによるデジタルプロセス改革 －RP利用による効果と実践事例－	ラティステクノロジー(株) マーケティンググループマネージャー 青江 展義 氏

シミュレーション応用技術研究会（担当 上杉、清水）

近年、生産現場において流れの運動をコンピュータにより解析する熱流体解析の要請が増大している。当研究会は、会員企業が熱流体解析の基礎技術や汎用の熱流体解析ソフトウェアを使いこなすノウハウを修得することにより、各々が直面する技術課題を解決することを目的として、熱流体解析に関する技術講演会及び実習を行うことで技術的な支援を行った。

【会員企業】

(株)中電工、豊国工業(株)、マツダ(株)、フマキラー株式会社、東和科学(株)、
(株)日本クライメイトシステムズ、新ダイワ工業(株)、(株)ユーメックス、
ジー・ピー・ダイキョー(株)、新川電機(株)、三菱重工業(株)広島研究所、
(株)シンコー、(有)和田物産、松岡土木地質コンサルタント事務所

開催月日	テ　　ー　　マ	講　　師
第1回 7月8日	会員紹介 研究会の年間計画決定	
第2回 9月27日	流体解析の基礎理論である基礎 方程式や座標系、現象のモデル化	(有)流体物理研究所 研究開発部長 橋口 真宜 氏
第3回 10月25日	差分法の考え方及び計算格子の 生成法に関する基礎知識	(有)流体物理研究所 研究開発部長 橋口 真宜 氏
第4回 11月14日	実用的熱流体解析プログラムの 開発事例	(有)流体物理研究所 主任研究員 葛生 和人 氏
第4回 12月12日	熱流体解析実習	(有)流体物理研究所 主任研究員 葛生 和人 氏

鋳物砂等産業廃棄物利用技術研究会(担当 隠岐、倉本)

本研究会は、産業廃棄物の最終処分場の不足と処理コストの高騰並びに循環型社会の形成のためのリサイクル問題等から課題となっている鋳物工場から排出される鋳物廃砂、集塵ダスト等の廃棄物の減量化及び有効利用を目的として調査・研究を行っている。

【会員企業】

(株)今西製作所、(株)大田鋳造所、(株)木下製作所、(株)クリタ、坂本重工(株)、(株)シンコー、眞工金属(株)、大銑産業(株)広島営業所、大和重工(株)、(株)ツチヨシ産業、友鉄工業(株)、豊田実業(株)、新居浜工業高等専門学校、西村黒鉛(株)広島支店、日鋼マテリアル(株)、宮産業(株)、広島アルミニウム工業(株)、広島県鋳物工業協同組合、三菱重工業(株)広島製作所、三菱重工業(株)広島研究所、三原菱重機工(株)、山川産業(株)広島営業所、(株)横田製作所、ヨシワ工業(株)

開催月日	テ　　ー　　マ	講　　師
第1回 6月26日	テーマ「鋳物砂の基礎的特性とその性質変化」	(株)ツチヨシ産業 技術部 部長 黒川 豊 氏
第2回 10月2日	テーマ「鋳造工場の最終処分廃棄物削減 ならびに廃砂有効利用のための技術」	新東工業(株) 開発本部 環境プロジェクト部 主任担当員 安藤 之一 氏
第3回 3月19日	テーマ「造型材料の基礎的性質」	日本鋳造工学会東海支部理事 元 工業技術院 名古屋工業技術研究所 太田 英明 氏

(7) 技術開発融合化促進事業

生活文化分野製品開発研究会(担当 山口)

本研究会は、昨年度の新分野製品融合化グループを名称変更し、社会生活の快適性を推進する製品開発を目標として活動を行った。

特に開発した高齢者、身体障害者が公共車両(バス等)を利用する際、乗降時の安全を確保できる「乗降信号周知システム」の展開について活動を行った。

【会員企業】

協和レジナス(株)、(株)システム電子設計、日本磁気工業(株)、才工房、(有)技研、(株)ナガモト、アズ・ブレイン(株)、(株)シスコム、丸善工業(株)、平和機械(株)、(有)ウイット、(株)第一電話、(株)テオス

開催月日	テ　　ー　　マ
第1回 6月11日	(1)平成13年度の活動状況について (2)運営規約の承認について (3)平成14年度の活動計画について (4)異業種グループ間交流について
第2回 8月23日	(1)乗降信号周知システムの小型化について (2)他地区異業種交流グループとの交流促進について
第3回 10月16日	(1)他地区福祉関連異業種グループとの技術交流及び意見交換会実施 (2)当センター施設見学会の実施
第4回 12月2日	(1)話題提供：「新商品開発の考え方について」 講　　師：(有)ステファンテリー新居 代表取締役 新居 敏春 氏 (2)情報交換会の実施
第5回 2月12日	(1)話題提供：「愛媛県東予地区企業の現状と新分野への展開について」 講　　師：(財)東予産業創造センター 事務局長 片上 政明 氏 新居浜高等工業専門学校 助 教 授 吉川 貴士 氏 (2)平成14年度活動報告概要について

穀物加工残さリサイクル研究会(担当 菅原、倉本)

本研究会は、会員個々の異分野の保有技術を融合し、穀物加工残さ等の地域内循環システムを構築することを目指している。初年度は「おからの有効利用」をテーマに、資源化技術を中心とした勉強会、意見交換会を開催した。

【会員企業】

エコラル(株)、(有)エコロジカ、サンゲン(株)、シージーケー(株)、新日本流通(株)広島支店、(株)大栄クリーナー、(株)タカキベーカーリー、田中食品(株)、堂本食品(株)、(株)東洋高圧、ときふじオフィス、広印農産加工(株)、双葉三共(株)、リョークショウジ(株)、(有)和田物産

【アドバイザー】

県立広島女子大学 生活科学部長(教授) 釘宮 正往 氏
 広島市立大学 情報科学部 助手 末原憲一郎 氏
 (有)寄高技術研究所 代表取締役 寄高 政史 氏

開催月日	テ ー マ	発 表 者
第1回 5月17日	「穀物加工残さリサイクル研究会の概要」 「研究紹介」	事務局 広島市立大学 情報科学部 助手 末原憲一郎 氏
第2回 6月17日	「おからを主原料としたネコ砂の紹介」	エコラル(株) 技術顧問 中曽信正 氏
第3回 8月7日	「おからの有効利用について」 「微細加工食品機械の開発について」 「おから革命“古くて新しい食材”」	県立広島女子大学 生活科学部長 釘宮正往 氏 (株)日本製鋼所 産業機械部 担当課長 永井光男 氏 (株)マルミ 経営企画室 室長 本間泰仙 氏
第4回 11月1日	活動状況の発表	エコラル(株)、(有)エコロジカ、 田中食品(株)、双葉三共(株) ほか
第5回 2月14日	「他地域におけるおからリサイクルの取り組みについて」 活動状況の発表	事務局 (株)マルミ、新日本流通(株)広島支店、 (株)東洋高圧 ほか
第6回 3月24日	「緑のリサイクルでエコアップ！」 「植物の香り・消臭成分の探索と解析並びに超臨界ミクロバブル法と森のバイオマス活用の紹介」 「創薬および健康増進を指向した醸造微生物発酵産物の有効利用」	協同組合プレ広島 事務局長 石丸良道 氏 広島県立大学 生物資源学部 助教授 早田保義 氏 広島大学大学院 医歯薬学総合研究科 教授 杉山政則 氏

(8) 環境関連分野支援事業

公害防止技術に関する講習会(担当 福原)

テ ー マ	開催月日	講 師	参加者数
公害防止のための最近の 分析技術 (1)GCMS法による室内空气中 化学物質の分析 (2)高周波プラズマ分析(ICP) 法による微量元素の分析	3月6日	・(株)島津製作所分析計測事業部 京都カスタマーサポートセンター 武田常蔵 氏 ・(株)島津製作所分析計測事業部 事業戦略室 マネージャー 舩田哲也 氏	30名

木質廃棄物の有効利用に関する講習会（担当 三宅）

テ ー マ	開催月	講 師	参加者数
木質廃棄物のリサイクルの用途と利用方法	12月2日	京都大学木質科学研究所 材料機能部門 複合材料分野 教授 川井秀一 氏	49名

木質資源利用技術研究会（担当 三宅、福原、金行）

産業活動で生じる鋸屑、端材、建築解体材など、木質廃棄物の再利用・再資源化が強く求められていることを背景に、未利用木質資源を積極的に利用するための技術開発および研究を行うことを目的としている。

本研究会は、会員全員で取り組む研究テーマとして、「木材の液化技術」および「液化木材の工業的利用」をあげ、昨年度まで木材連続液化装置により木材を液状化し、液化木材をポリオール原料にした軟質ウレタンフォーム（以下「木質フォーム」と称す。）の試作および物性評価を行ってきた。

成果として、木質フォーム成形方法の基礎を確立し、家具用クッションの物性を満たす木質フォームが調整できることや、木質フォームが化成品フォームに比べて土中崩壊性、導電性、耐光性に優れることなどを知見した。

しかし、液化木材の物性が均一性に欠けるため、製品化を検討するうえでは、液化木材の品質制御が必須の技術課題として浮き彫りとなった。

今年度は、品質が安定した液化木材を得るための液化条件の検討、およびクッション用木質フォームの品質設定の検討を中心に研究活動を行い、液化条件と品質の傾向および液化木材の品質の課題を見出すなど、今後の応用研究に有用な成果を得た。

【会員企業】

アオイ化学工業㈱、㈱ウッドワン、㈱オービス、㈱共立ハウジング、協和木工㈱、㈱清水木工、㈱ティー・イー・エフ、㈱ニイダ、㈱西日本イノアック、㈱マルニ

開催月日	内 容
第1回 4月17日	・総会（役員改選および研究会規約について） ・平成14年度活動計画の協議
第2回 5月 8日	・液化実験計画、実験作業工程の協議
第3回 6月 5日	・液化装置マイクロ波照射性能についての検討 ・液化装置による木材液化実験、データ収集（液化条件と品質の検討）
第4回 7月 3日	・液化装置による木材液化実験、データ収集（液化条件と品質の検討） ・木質フォーム耐光性試験結果報告
第5回 8月 7日	・液化装置による木材液化実験、データ収集（液化条件と品質の検討）
第6回 9月 4日	・液化装置による木材液化実験、データ収集（液化条件と品質の検討）
第7回 10月 9日	・液化装置による木材液化実験、データ収集（液化条件と品質の検討）
第8回 11月 6日	・液化装置による木材液化実験、データ収集（液化条件と品質の検討） ・木質フォーム試作結果報告
第9回 12月 4日	・液化装置による木材液化実験、データ収集（液化条件と品質の検討）

開催月日	内 容
第10回 1月29日	・液化装置による木材液化実験、データ収集（液化条件と物性の関係の検討）
第11回 2月12日	・勉強会 テーマ「液化木材のウレタン発泡技術および製品開発の展望」 講師 （株）イノイアックコーポレーション 尾本 充 氏 ・木材液化実験データの分析、品質画一化の検討 ・木質フォーム品質設定の検討
第12回 2月19日	・液化装置による木材液化実験、データ収集（液化条件と品質の検討）
第13回 3月 5日	・平成14年度活動成果のまとめ ・今後の取り組みについての協議
第14回 3月26日	・総会（平成14年度活動報告および会計報告）

廃プラリサイクル研究会（担当 金行、福原、三宅、山寄）

廃棄プラスチックの減量化・リサイクル、またこれらを原料とした新製品開発を目的として、関連製造業を中心として研究を行った。平成14年度は、主に廃発泡スチロールのリサイクル技術について研究開発を行った。

平成14年度の研究テーマは以下の通り。

- ・廃発泡スチロールの塗料化に関する研究(防湿クリヤーの開発)
- ・廃発泡スチロールを利用した軽量タイル・床材の開発
- ・廃発泡スチロール粉と脱水ケーキを利用した断熱塗料の開発
- ・発泡スチロールと植物性繊維を混合したFRPの開発

【会員企業】

三協プラスチック工業(株)、(株)アルバーノ、協和木工(株)、工房志楽、坂本重工(株)、ジー・ピー・ダイキョー(株)、新明和工業(株)、宝物産(株)、(株)友鉄ランド、(株)日本パーカーライジング広島工場、(有)宮本家具工業所

開催月日	テ ィ マ	講 師
第1回 5月10日	研究テーマの選定	
第2回 7月19日	各研究の予備実験結果について 「廃発泡スチロールの塗料化に関する研究」 「発泡スチロールと植物性繊維を混合したFRPの開発」	
第3回 9月 5日	「廃発泡スチロール減容化・リサイクルシステムの紹介」 研究の途中経過についての報告・ディスカッション 「廃発泡スチロール粉と脱水ケーキを利用した断熱塗料の開発」 「廃発泡スチロールと植物性繊維を混合したFRPの開発」	新明和工業(株) 稲田 俊昭 氏
第4回 12月 5日	「使用済み廃発泡スチロールの水平リサイクル技術の開発」	鹿児島県工業技術センター 西元 研了 氏
第5回 3月14日	「廃プラスチックのリサイクル技術」 研究報告 「廃発泡スチロールの塗料化に関する研究」 「廃発泡スチロール粉と脱水ケーキを利用した断熱塗料の開発」	(有)太高技術士事務所 太高 基雄 氏

(9) 福祉関連分野支援事業

福祉関連分野支援啓発講習会（担当 山口、西原）

テ　　マ	開催月日	講　　師	参加者数
福祉機器の流通及び開発状況について	11月19日	・(株)松永製作所 松永 茂之 氏	45名

生活環境製品開発研究会（担当 西原）

本研究会は、急速に進んだ高齢社会に対応する福祉機器等の開発のなかで、高齢者に「やさしい」環境づくりを目指したバリアフリーに関する製品企画、製品開発を行うための調査研究に取り組んだ。

【会員企業】

大西電機工業(株)、コニシ(株)、親和金属(株)、前田機工(株)、(株)めいでん、(株)ミカサ、大和重工(株)

開催月日	テ　　マ
第1回 4月18日	・福祉関連機器の新製品開発について
第2回 5月16日	・福祉関連機器の新製品開発について
第3回 6月13日	・バリアフリーに関する製品開発について
第4回 7月17日	・バリアフリーに関する製品開発について
第5回 8月22日	・一般家庭用自動ドアの開発について
第6回 9月18日	・第29回国際福祉機器展調査報告
第7回 10月23日	・一般家庭用自動ドアの開発について
第8回 11月19日	・一般家庭用自動ドアの開発について
第9回 12月12日	・一般家庭用自動ドアの開発について
第10回 1月23日	・一般家庭用自動ドアの開発について
第11回 2月20日	・一般家庭用自動ドアの開発について
第12回 3月13日	・「ユニバーサルデザインに基づいた商品開発」 講師：プロダクトデザイナー 隅垣内 彰 氏

車椅子技術開発研究会（担当 山口、田中（秀））

本研究会は、福祉用具（特に車いす等）利用者の声を聴取し、行政が利用者と福祉用具メーカーの橋渡しを担う相談窓口の拡充、利用者個々へ適応する福祉用具のものづくりシステムの調査研究を行うため、今年度から活動を開始している。

このため、今年度車いす利用状況等に関する訪問調査を実施しており、これらの結果を踏まえ、平成15年度から本格的な活動に取り組むこととしている。

【会員企業】

(有)であい工房、(有)技研、後藤鉄工(株)、(株)テオス、広島情報シンフォニー(株)

【賛助会員】広島市身体障害者更生相談所

開催月日	テ　　ー　　マ
第1回 6月17日	(1)運営規約の承認について (2)今年度の事業計画策定について
第2回 8月23日	(1)福祉用具利用状況調査の進捗状況について (2)研究会の運営について (3)福祉用具研究開発助成制度の情報収集について (4)介護保険福祉用具レンタル品目と内容に関する調査について
第3回 10月16日	(1)広島県福祉用具技術情報ワーキンググループとの技術情報交流会の実施 (2)意見交換会の実施
第4回 10月24日	(1)話題提供：「車いすの変遷と今後の展開」 講　師：車いす姿勢保持協会　技術顧問　高橋　義信　氏 (2)情報交換会の実施
第5回 11月29日	(1)話題提供：「身体障害者援護施設の概要とリハビリテーションの現状について」 講　師：広島国際大学医療福祉学部　助教授　坊岡　正之　氏 (2)意見交換会

福祉関連製品開発研究会（担当　山口、田中(秀)）

本研究会は、高齢化社会が形成されつつある時代にあつて、今後成長が期待される福祉関連分野の製品開発に取り組み、介護者の労力軽減を図る福祉用具、要介護者により適合する福祉用具の供給、企業の新分野展開の切り口として福祉産業の創生を目標に活動を行っている。

今年度は市販している床走行リフト用電動走行ユニット（楽くんローラー）にオリジナル床走行リフトを開発し、第28回国際福祉機器、ベンチャーメッセひろしま2003、2003ビジネスフェア中四国への出展を行い、市場展開を図っている。

【会員企業】

協和レジナス(株)、(有)技研、畑林工業(株)、後藤鉄工(株)、寺戸産業(株)、シグマ(株)、丸善工業(株)、(株)プロト、平和機械(株)、プランニングS、(株)ナガモト

開催月日	テ　　ー　　マ
第1回 4月24日	(1)楽くんローラーの仕様変更について (2)運営規約の承認について (3)ホームページの運営について (4)会員企業の近況報告 (5)車椅子技術開発研究会への技術協力について
第2回 5月23日	(1)ホームページの維持管理について (2)吊り上げ移動用具の改良計画案策定について (3)呉地域新商品開発研究会との技術交流について
第3回 6月19日	(1)楽くんローラーのモニタリング実施 実施場所：広島県立身体障害者リハビリテーションセンター・リハビリテーション科 (2)情報交換会の実施
第4回 7月17日	(1)楽くんローラーのモニタリング実施 実施場所：国立療養所原病院「第3あゆみ病棟」 (2)情報交換会の実施
第5回 7月22日	(1)楽くんローラーモニタリングの実施結果について (2)吊り上げ移動用具の機能評価について (3)福祉現場に精通した専門家の招へいについて

開催月日	テ　　マ
第6回 8月26日	(1)ベンチャーメッセひろしま2003への出展について (2)オリジナル床走行リフトの試作日程について
第7回 10月16日	(1)他地区福祉関連グループ、援護施設関係者、福祉用具利用者との技術情報交換会の実施 (2)福祉関連製品開発成果発表 (3)当センター施設見学
第8回 11月11日	(1)オリジナル電動補助動力内臓型床走行リフトの構造評価について (2)福祉用具商社への情報提供について (3)2003ビジネスフェア中四国への出展について
第9回 12月4日	(1)話題提供：「福祉用具の機能について」 講　師：広島国際大学医療福祉学部医療福祉学科 助教授 坊岡 正之 氏 (2)話題提供：「援護施設におけるリハビリテーションの現状と課題」 講　師：広島県立身体障害者リハビリテーションセンター 医 師 丸石 正治 氏 (3)リハビリの専門家による電動補助動力内臓型床走行リフトの総合評価
第10回 1月14日	(1)電動補助動力内臓型床走行リフトの市場展開状況について (2)床走行リフトの需要動向及び課題について (3)2003ビジネスフェア中四国出展の役割分担について
第11回 3月19日	(1)平成14年度の活動状況について (2)話題提供：「広島国際大学の福祉関連分野研究成果について」 広島国際大学医療福祉学部医療福祉学科 助教授 坊岡 正之 氏 (3)広島国際大学医療福祉学部施設見学

(10) 産業デザイン振興事業

新製品デザイン開発研究会（担当 平松、寺戸）

効果的に新製品を開発し、経営基盤に寄与するためには、製品デザイン開発技術だけでなく、企業の顔となるCI（Corporate Identity, コーポレート アイデンティティ）が不可欠である。経済不況の現在こそ、このCIが効果を発揮できる時代でもあることから、CIというものを系統的に研究し、各会員企業の現状に沿ったCI展開の指導を行った。

【会員企業】

リョーコクショウジ(株)、岸工業(株)、丸徳海苔(株)、堂本食品(株)、(株)オガワ、(株)ミカサ

開催月日	テ　　マ	講　師
第1回 8月27日	会員企業の紹介、CIの概要説明	広島市立大学芸術学部 デザイン工芸学科 助教授 及川 久男 氏
第2回 9月19日	CIと企業イメージ (会員企業のイメージ、CI展開の現状)	
第3回 10月24日	CIの開発方法 (企業名とコーポレートステートメント)	
第4回 11月27日	CIのデザイン展開方法1 (基本要素と展開アイテム)	
第5回 12月18日	CIのデザイン展開方法2 (シンボルマーク)	
第6回 1月22日	CIのデザイン展開方法3 (コーポレートカラー)	
第7回 3月4日	CIのデザイン展開方法4 (グリッドシステムとシグネチャーシステム)	

デザイン技術基礎講座（担当 西原、平松）

開催月日	テ　　ー　　マ	講　　師	参加者
① 6月 4日	デザインと色彩	セントラルデザイン アソシエーツ 山下 新治 氏	11 名
② 6月11日			
③ 6月18日	製図法、スケッチ技法	(財)広島市産業振興センター 西原 正明	
④ 6月25日			
⑤ 7月 2日	パースと色づけ	(有)アトリエ・ケン 慶雲寺 誠 氏	
⑥ 7月 9日			
⑦ 7月16日	開発の手法	(財)広島市産業振興センター 西原 正明	
⑧ 7月23日	プレゼンテーション技法	(財)広島市産業振興センター 平松 志保	

注文洋服縫製技術講習会（担当 平松）

開催月日	テ　　ー　　マ	講　　師	参加者
7月17日	①最新紳士服デザイナーズ コレクション ②新繊維製品の欠陥と対策 ③紳士服業界の今後の展開	(株)ラン・クロージング 技術開発部長 小林 勝二 氏	24 名

産業デザイン振興研究会（担当 宮田、谷本）

本研究会は、学識経験者、企業、デザイン関連企業・団体等で構成されており、地場産業の活性化を図るための産業デザイン振興施策について検討し、具体的なデザイン事業の展開を図るための研究会である。

【会員団体】

広島市立大学、広島工業大学、広島文化短期大学、(社)広島県専修学校各種学校連盟、(社)日本インダストリアルデザイナー協会西日本ブロック、(社)日本ディスプレイ業団体連合会広島ディスプレイ協会、(社)日本グラフィックデザイナー協会広島地区、(社)日本インテリアデザイナー協会広島会、(社)日本建築家協会中国支部、広島商工会議所、マツダ(株)、広島家具工業協同組合、消費者

開催月日	テ　　ー　　マ
① 5月31日	産業デザインネットワークづくり
② 6月21日	産業デザインネットワークづくり
③ 7月29日	産業デザインネットワークづくり
④ 3月17日	産業デザインネットワークづくり

デザインフェア広島2002の開催（担当 宮田）

広島の優れたデザイン商品や作品等を広く紹介するとともに、地域のデザイナーとデザイン関係者間の連携を図るためのデザインネットワークづくりを行うことを目的として開催した。

テーマ：「デザインネットワークが始まる」

会 期：11月15日～11月21日 7日間

会 場：旧日本銀行広島支店、広島市まちづくり市民交流プラザ

主 催：産業デザインシンポジウム実行委員会

（財）広島市産業振興センター、広島商工会議所、広島デザイン振興機構、広島県中小企業団体中央会

協 賛：中国経済連合会、（財）中国産業活性化センター

後 援：中国経済産業局、広島県、広島市、（財）日本産業デザイン振興会、中国新聞社、NHK広島放送局、中国放送、広島テレビ、広島ホームテレビ、テレビ新広島、広島エフエム放送

入場者数：展示 4, 808人

基調講演・パネルディスカッション 122人

交流会（有料） 35人

【内 容】

1. 展 示

広島のデザイナーによる作品や広島の企業によってデザインされた商品の展示のほか、地元のデザイン関連学校で学ぶ学生の作品、広島のデザイン賞を受賞した商品、ネットワーク先進事例などで約400点を展示した。

◇産学官等のデザインネットワーク事例

新型路面電車の提案、水中翼自転車の開発、横川乗合バス再生事業、猿楽町CG復元事業

◇デザインネットワーク先進事例

graf、elephant design

◇現在の広島デザイン界の紹介と企業展示

広島のデザイン団体の紹介（12団体）と作品展示、企業展示（13社）

◇広島デザインの歴史

マツダとデザインの歴史、広島カープユニフォームデザインの変遷、デザイン総研

広島トータルデザインワーク、マルニと家具の歴史、旧日銀の建物紹介

◇広島で学ぶ未来のデザイナー達の作品

広島大学大学院、広島市立大学、広島工業大学、広島文化短期大学、広島芸術専門学校、

穴吹デザイン専門学校、石田あさきトータルファッション専門学校、広島ファッション専門学校

◇広島のデザイン賞受賞作品の展示

ひろしまグッドデザイン賞、ひろしま街づくりデザイン賞、広島広告企画制作賞

◇ミニトークサロンの開催

古民家再生事例の紹介、異業種デザイナーとのQ&Aトーク、ミニファッションショーなど

2. シンポジウム

◇基調講演

テ ー マ : 「生活軸のデザイン」

講 師 : (株)IDKデザイン研究所代表取締役 喜多 俊之 氏

◇パネルディスカッション

テ ー マ : 「スローデザイン」

パネリスト : (株)IDKデザイン研究所代表取締役 喜多 俊之 氏

フラオグループ(株)代表取締役社長 沖 幸子 氏

広島大学大学院教授 杉本 俊多 氏

コーディネーター : (株)新広島設計代表取締役会長 錦織 亮雄 氏

3. 交流会

(11) 工業技術支援アドバイザー派遣事業（担当 田中(真)）

企業からの要請により、生産現場へ分野別の登録アドバイザーを派遣し、技術課題について現地指導（診断指導）を行った。

平成14年度は実施回数42回、指導企業数は36社、指導分野は12分野にわたった。

■指導分野別アドバイザー

指導分野	アドバイザー
新製品開発	廣兼 泰雄 氏
	森田 茂 氏
	山本 敏彦 氏
機械加工	山本 敏彦 氏
	寄高 政史 氏
振動騒音	森田 茂 氏
解析手法	角田 鎮男 氏
	森田 茂 氏
高分子材料	廣兼 泰雄 氏
鑄造技術	山中 昇 氏

指導分野	アドバイザー
品質管理	下脇 一晴 氏
商品デザイン	及川 久男 氏
熱処理技術	石神 逸男 氏
信号処理	住本 哲宏 氏
排水・廃液処理	石村 和彦 氏
	佐藤 恵一 氏
	時藤 哲正 氏
リサイクル	寄高 政史 氏
	山本 敏彦 氏

(12) 設計・開発デジタル化技術者育成支援事業（担当 田中(真)）

自動車関連産業振興施策のMDI（マニファクチャリング・デジタル・イノベーション）構想に対応し、デジタル化に対応できる技術者を育成するため、機材並びにソフトウェア等の整備を行い、設計・開発デジタル化技術者育成支援研修実行委員会が研修を実施した。

14年度は機器操作、開発技法の習得及び製品設計等を目的に、基礎研修を2回（受講生：9名）、応用研修を2回（受講生：9名）及び実習研修を4回（受講生：36名）を実施した。

○基礎研修カリキュラム

	項目	日数	内容
1	3次元設計概要	0.5	I-DEASの概要
2	チームデータ管理	0.5	チームデータマネージャーによる管理の説明
3	3次元基礎設計	3.0	フューチャーベースモデリングに基づく3次元ソリッドモデル機能の研修
4	3次元設計応用	2.0	自由曲面を作成する設計演習
5	アセンブリ設計	2.0	3次元ソリッドモデルの組立干渉チェック公差解析の研修
6	2次元設計／作図方法	2.0	設計を支援する作図機能の研修
7	解析基礎	1.0	モデル作成
8	応用解析	2.0	構造設計の完成度を高めるシミュレーション機能の作成
9	応用教育	6.0	課題演習による3次元／2次元の操作演習

○応用研修（CAD解析応用コース（1日間））

三次元モデリングと構造解析実習

○実習研修

製品開発行程へのデジタル化技術導入に必要な基礎知識、CAD/CAE技術実習

(13) 製造技術開発力育成事業

技術開発力向上実践研修

各種製造技術、評価技術等の座学・実技を幅広く研修し、守備範囲の広い多能な技術者を養成し、中小企業の技術開発力の向上を図ることを目的として、本研修を実施した。

参加会社数 28社、参加者数 47名

全体研修 6月24日～6月25日(2日間)

テーマ	内 容	講 師
オリエンテーション	工業技術センターの概要説明 施設案内	
労働安全衛生	労働安全衛生関連の法規制	(社)日本労働安全衛生 コンサルタント会広島支部 佐野 彰 氏
特許関係	特許に関する基礎的研修	(社)発明協会広島県支部 参与 坂本 重道 氏
助成制度	国県市等の技術開発補助制度	(財)広島市産業振興センター 山寄
開発事例	製品開発の成功事例	(株)アールテックリジョウ 代表取締役 石本 邦雄 氏 (株)オガワ 課長 藤田 昌明 氏 (株)ハラダクニ 専務取締役 原田 伸 氏 (有)クレセント 代表取締役社長 中西 靖郎 氏 (株)高山商会 代表取締役社長 芳野 統男 氏 (有)技研 代表取締役 井島 昭 氏

専門研修 6月26日～6月28日 7月1日～7月5日(8日間)

(財)広島市産業振興センターの職員が講師となり座学及び実習を行った。

テーマ	内 容	講 師 (担当者)
鑄造技術	高周波溶解炉による溶解実習	山田、菅原
機械加工技術	金属材料の立型フライス盤、MC及びワイヤカット放電加工機による加工実習	岡田、桑原、世良
表面処理技術	燐酸塩皮膜化成処理及びめっき処理 金属・プラスチック・木材等の塗装実習	山寄、植木、金行
材料評価技術	金属材料の化学分析及び機械的性質 の評価実習	福原、隠岐、世良、倉本
デザイン開発	自動車のデザイン開発及びCGによる デザイン作成手法	寺戸、平松
プレゼンテーション 技術	開発した技術及び製品を効果的に プレゼンテーションするための技術、 技術報告書及び論文等の作成技術	西山
計測検査技術	三次元測定機の計測実習	田中(秀)、上杉
熱・流体解析及び 振動計測技術	熱流体解析手法及び風速・熱の計測実習 加振機、振動解析システムを用いた 振動計測実習	上杉、田中(秀)
高度CAD/CAE	サンプルを使ったモデリング、 構造解析 及び形状最適化の実習	清水、上杉
ラピッドプロセス 技術	三次元造形機による実物形状作成技術	尾崎、田中(秀)、清水

(14) 技術者研修事業

各種材料、加工技術、工程合理化技術などに関する講習会を実施し、企業の技術力向上を支援した。

講習会名称	開催月日	テーマ	講師	参加者	担当
工具鋼材料 技術講習会	2月6日	高硬度焼入れ焼戻し鋼の 被削性	日立金属(株)冶金研究所 主任研究員 田村 庸 氏	56名	桑原
熱処理技術 講習会	2月6日	放電表面処理における メカニズムとその応用事例	三菱電機(株) 名古屋製作所 放電システム部加工技術課 和田 光悦 氏	56名	桑原
高分子材料 講習会	6月6日	ゴム産業の現状と将来動向	大阪市立大学大学院 工学研究科 助教授 圓藤紀代司 氏	41名	福原
	8月1日	建築業界におけるゴムの役割	鹿島建設(株)建築技術本部 寺内 伸 氏	39名	
	10月9日	白色充填剤の混練り	(株)白石中央研究所顧問 白木 義一 氏	34名	
鑄造技術者 講習会	10月2日	鑄造工場の最終処分廃棄物 削減ならびに廃砂有効利用 のための技術	新東工業(株)開発本部 環境プロジェクト部主任担当員 安藤 之一 氏	51名	隠岐 倉本
	3月14日	希土類元素とマンガンによる 鑄鉄の高機能化	岩手大学文部科学技官 技術専門職員 小綿 利憲 氏	40名	
グローバル エンジニア 技術講習会	10月3日	技術系の英語コミュニケーション ー実務会話と口頭発表 の英語ー	文部科学省核融合科学研究所 助教授 廣岡 慶彦 氏	34名	清水
CAM技術 講習会	11月26日	窒素を利用したドライ加工と 最新加工技術 ー鋼材、マグネ シウム、アルミニウムー	エンシュウ(株) 本社技術部理事 村上 邦雄 氏	20名	岡田
ロボティクス 講習会	6月19日	マイクロシステムとその展開	東京大学大学院 情報理工学系研究科 助教授 松本 潔 氏	33名	田中 (秀)
メカトロニクス 講習会	9月30日	生活支援機器開発への メカトロニクス技術の応用	近畿職業能力開発大学校 生産機械システム科 助教授 尾田 雅文 氏	33名	上杉
ISO 9001・14001 講習会	10月4日	ISO 9001・14001	ときふじオフィス 代表 時藤 哲正 氏	77名	菅原
IT技術 講習会	7月18日	コンピュータウイルスと 情報セキュリティ	産業技術総合研究所 情報処理研究部門 グローバルITセキュリティグループ 主任研究員 中村 章人 氏	29名	田中 (秀)

(15) 発明考案奨励・表彰事業

児童生徒発明くふう展

児童生徒の創意くふう、発明等に対する意欲の高揚と教育及び産業の発展を図るため、科学的でアイデアに富んだ作品を募集し、審査して入賞作品の表彰、展示を行った。

①応募及び表彰結果

区 分	応 募 状 況	表 彰 結 果								
		広 島 市 長 賞	広島市 教育長 賞	広 島 商工会 議所会 頭賞	発明協 会広島 県支部 長賞	中 国 新聞社 賞	広島市 P T A 協議会 長賞	増本賞 熊平賞 山本賞 木曾賞 竹林賞	優秀賞	学校賞
小学生の部	69点	1点	1点	1点	1点	1点	1点	3点	15点	1点
中学生の部	78点	1点	1点	1点	1点	1点	1点	2点	15点	1点
高校の部	2点	—	—	—	—	—	—	—	2点	—

②発表展示会の開催

広島市、広島市教育委員会、広島商工会議所、(社)発明協会広島県支部、中国新聞社及び広島市P T A協議会が運営委員会を設置し、広島県下の入賞作品の展示会を開催した。

- ・開催時期 平成11月8日～11月17日
- ・開催場所 広島市こども文化科学館

広島県未来の科学の夢絵画展入賞者表彰

広島県未来の科学の夢絵画展を後援し、広島市長賞として賞状及び記念品を贈呈した。

- ・開催時期 平成11月8日～11月17日
- ・開催場所 広島市こども文化科学館

①応募及び表彰結果

区 分	応 募 状 況	表 彰 結 果					
		特 別 賞	金 賞	銀 賞	佳 作	努 力 賞	学 校 賞
小学生の部	663点	13点 (5)	18点 (5)	31点 (10)	42点 (15)	18点 (6)	3校 (2)
中学生の部	447点	9点 (2)	12点 (2)	19点 (5)	28点 (1)	12点 (2)	2校 (1)

上段：広島県 ()：広島市

広島市優良発明功績者表彰

表 彰 名	表 彰 者	成 果 の 内 容
優良発明功績賞	藤井 和彦 氏 (コベルコ建機株式会社 ショベル生産本部 品質保証部 開発試験グループ長)	対象となったのは、「建設機械の走行油圧回路」である。 これは、従来パワーショベル等の建設機械が下り坂走行時において高速走行が保持出来ないことがあったため、下り坂でも運転者の所望に応じた高速・低速の制御を行えるようにしたものである。 走行油圧回路に新しい概念を用いたこの発明により、建設機械の走行性能を大幅に向上させることが出来た。 藤井氏は、本発明の他にも建設機械における数多くの特許を取得されており、技術の要として活躍されている。
優良発明功績 女性奨励賞	森井 弘子 氏 (戸田工業株式会社 創造本部表面改質 グループ主任) 大杉 峰子 氏 (戸田工業株式会社 創造本部表面改質 グループ)	対象となったのは、「磁気記録媒体用下地層」である。 近年ではビデオテープ等の高密度化・高画質化の要求から磁気記録層の薄膜化・微粒子化がすすみ、磁気記録媒体は、下地に非磁性層を有する重層構造となっている。 従来は、この非磁性下地層に高価な二酸化チタンの粒子が用いられていたが、この下地層に針状の非磁性酸化鉄を用いることを発明された。 この発明により、製造コストの削減及びテープの品質向上が実現した。 両氏は入社以来、酸化鉄を中心とした表面改質技術の開発に従事され、関連した特許も多く出願されている。

(16) 広島市工業技術振興協議会

地域企業の技術支援、産学官の連携促進を目的に業界団体、産業振興機関、関係大学の代表者に出席をいただき、地場産業の現況や課題、広島市の工業技術振興に対する提言や要望について意見交換を行った。

平成14年度は、産業界から15組合、技術振興機関4団体のほか、地域の関係大学から5人の先生方をアドバイザーに招き、7月10日(水)に開催した。

【参加団体等】

東友会協同組合、協同組合三菱広島協力会、広島金属プレス工業会、広島金属熱処理協同組合、広島県針工業協同組合、広島県鍍金工業組合、広島県鋳物工業協同組合、広島機械木型工業組合、広島県プラスチック工業会、中国ゴム工業協同組合、広島家具工業協同組合、広島宗教用具商工協同組合、(社)日本塗装工業会広島県支部、(社)インテリア産業協会中国支部、(社)広島県情報産業協会、広島県中小企業団体中央会、(財)中国技術振興センター、(財)ひろしま産業技術振興機構、(社)発明協会広島県支部、
広島大学大学院工学研究科、広島工業大学、広島国際学院大学工学部、近畿大学工学部、広島市立大学芸術学部

(17) 広島市産業振興センター設立10周年記念関連事業

「広島市工業技術センターまつり～TEC・TECきてみん祭～」の開催

広島市工業技術センター設立15周年及び財団法人広島市産業振興センター設立10周年を記念して、地元企業及び市民に、当センターの産業振興施策を広く紹介するとともに、「ものづくり」に対する理解と関心を高めていただくことを目的にイベントを開催し、1万人の来場者があった。

開催日：10月20日

場 所：広島市工業技術センター

主 催：広島市工業技術センターまつり実行委員会

(構成機関：広島市工業技術センター、財団法人広島市産業振興センター、東友会協同組合、協同組合三菱広島協力会、広島家具工業協同組合、千田地区社会福祉協議会)

後 援：中国経済産業局、広島県、広島商工会議所、広島県商工会連合会

内 容：広島地域における産業のPRを目的とし、地元大学や企業が保有する技術及び製品の展示を行うコーナー、主に子供たちを対象として科学技術を体験していただくコーナー（センサーロボットの製作やスチールウール花火など）、地域住民が主体となっていく太鼓演奏や日本舞踊などのステージイベントのコーナーなど。

(18) 会議・研究会への出席

会 議 等 の 名 称	出席者	出張先	出張日	備考
公立鉾工業試験研究機関長協議会総会	石原	東京	6/13	
産業技術連携推進会議総会	四辻	別府	6/20～21	
産業技術連携推進会議機械金属部会総会	岡田	仙台	6/19～21	
産業技術連携推進会議機械金属部会機械分科会材料研究会	田中(真)	富士	9/19～20	
産業技術連携推進会議機械金属部会生産情報システム研究会	清水	東京	10/31～11/1	
産業技術連携推進会議機械金属部会メカトロニクス研究会	清水	秋田	10/23～26	
産業技術連携推進会議機械金属部会中国地域部会	桑原	宇部	12/17	
中四国九州公設試験研究機関接合表面改質技術者会議	隠岐	高松	11/21～22	
中四国九州公設試験研究機関機械技術担当者会議	桑原	呉	1/24	
産業技術連携推進会議知的基盤部会総会及び計測分科会	桑原・倉本	広島	10/17～18	
産業技術連携推進会議物質工学・資源環境エネルギー部会総会	福原	つくば	5/29～31	
産業技術連携推進会議物質工学部会表面技術分科会	植木	名古屋	6/6～7	
産業技術連携推進会議物質工学部会中国地方部会	三宅	岩国	6/13～14	
産業技術連携推進会議物質工学部会デザイン分科会(春期)	宮田	佐賀	6/27～28	
産業技術連携推進会議物質工学部会デザイン分科会(秋期)	寺戸	甲府	9/16～18	
産業技術連携推進会議物質工学部会塗装工学分科会	山寄	松江	9/25～27	
産業技術連携推進会議物質工学部会木質科学分科会	三宅	岐阜	10/2～4	
産業技術連携推進会議物質工学部会高分子分科会	福原	つくば	10/28～30	
産業技術連携推進会議物質工学部会素形材技術担当者会議	世良	名古屋	11/27～29	
産業技術連携推進会議物質工学部会画像プロセス分科会	寺戸	東京	11/28～29	

会 議 等 の 名 称	出席者	出張先	出張日	備考
産業技術連携推進会議資源エネルギー環境部会合同分科会	金行	岡山	11/18～19	
産業技術連携推進会議資源エネルギー環境部会中国四国地方部会	高野	徳島	12/19～20	
産業技術連携推進会議情報電子部会総会	西山、田中(秀)	徳島	7/11～12	
産業技術連携推進会議情報電子部会中国四国地方部会	上杉	広島	12/6～7	
産業技術連携推進会議情報電子部会情報技術研究分科会	上杉	長崎	10/30～31	
全国公設鉱工業試験研究機関担当者会議	小林	沖縄	9/25～27	
(社)自動車技術会 2002 年春期大会学術講演会	西山	横浜	7/22～25	
軽金属学会	隠岐	札幌	5/17～20	
日本金属学会 2003 年春期大会	倉本	千葉	3/26～29	
産学官連携サミット	賀藤	松江	11/7～9	
全国デザインセンター会議	宮田	東京	3/14～15	
中四国公設試共同研究企画担当者会議	四辻	高知	2/25～26	
中国四国地方公設試験研究機関共同研究（電子分野）	田中(秀)	高知	7/19～20	
中国四国地方公設試験研究機関共同研究（電子分野）	田中(秀)	宇部	2/3	
中国四国地方公設試験研究機関共同研究（機械分野）	岡田・桑原	東広島	8/1	
中国四国地方公設試験研究機関共同研究（機械分野）	岡田	呉	3/5	
中小企業技術開発産学官連携促進事業 成果普及講習会（高周波振動加工）	桑原	長野	12/11～13	
中小企業技術開発産学官連携促進事業 成果普及講習会（高周波振動加工）	桑原	広島	2/6	
中小企業技術開発産学官連携促進事業 成果普及講習会（高周波振動加工）	桑原	大分	3/19～20	
中小企業技術開発産学官連携促進事業 成果普及講習会（非破壊センサ）	田中(秀)	岩手	11/13～15	
中小企業技術開発産学官連携促進事業 成果普及講習会（非破壊センサ）	田中(秀)	山形	11/25～27	
中小企業技術開発産学官連携促進事業 成果普及講習会（非破壊センサ）	田中(秀)	鹿児島	11/28～29	
中小企業技術開発産学官連携促進事業 成果普及講習会（非破壊センサ）	田中(秀)	秋田	12/9～11	
中小企業技術開発産学官連携促進事業 成果普及講習会（非破壊センサ）	田中(秀)	広島	1/21	

(19) 技術職員派遣研修

氏 名	研 修 名	研 修 先	期 間
菅原 昭夫	中小企業支援担当者研修課程 (製品開発)	中小企業大学校東京校	平成14年11月11日～ 12月6日
平松 志保	中小企業支援担当者研修課程 (製品開発)	中小企業大学校東京校	平成14年11月11日～ 12月6日

(20) 講師・委員の派遣

開催日	名 称	派 遣 内 容	開催場所	派遣者
4月19日	鑄造工学会中四国支部常任理事会	常任理事	広島市	山田
4月23日	振動談話会 ((社)日本機械学会関西支部)	講師	大阪市	西山
5月22日	(社)発明協会広島県支部理事会総会	常任理事	広島市	石原
5月28日	(財)ひろしま産業振興機構技術委員会(第1回)	委員	広島市	石原
6月13日	日本鑄造工学会中国四国支部総会	理事	広島市	山田
6月26日	基礎2級技能検定実技試験 (広島県職業能力開発協会)	検定委員 (溶融亜鉛めっき作業)	三原市	植木
7月4日	(財)ひろしま産業振興機構RSP 事業推進ワーキング委員会(第1回)	委員代理	広島市	吉村
7月6日	前期技能検定実技試験 (広島県職業能力開発協会)	検定委員 (広告面粘着シート仕上げ作業)	広島市	谷本
7月14日 21日	前期技能検定実技試験 (広島県職業能力開発協会)	検定委員 (噴霧塗装・金属塗装作業)	マツダ(株)	山寄・植木
7月23日	基礎2級技能検定実技試験 (広島県職業能力開発協会)	検定委員 (鋼橋塗装作業)	因島市	山寄
9月24日	鑄造工学会中四国支部常任理事会	常任理事	広島市	山田
9月28日 10月26日	在職者訓練(木工塗装) (広島県立福山高等技術専門校)	講師	福山市	山寄
9月30日	広島県未来の科学の夢絵画展審査会	審査員	広島市	谷本、尾崎
10月17日	広島県発明くふう展審査会	審査員	広島市	石原
10月28日	宮島特産品振興大会審査会 (宮島産業振興会)	審査員	宮島町	谷本
12月11日	基礎2級技能検定実技試験 (広島県職業能力開発協会)	検定委員 (溶融亜鉛めっき作業)	因島市	山寄
12月11日	中国地域素形材講演会	幹事	広島市	山田
12月18日	基礎2級技能検定実技試験 (広島県職業能力開発協会)	検定委員 (溶融亜鉛めっき作業)	三原市	山寄
12月20日	(財)中国技術振興センター 中国地域技術振興会議(第5回)	委員代理	広島市	吉村
1月15日	鑄造工学会中四国支部常任理事会	常任理事	広島市	山田
1月28日	(社)発明協会広島県支部理事会	常任理事代理	広島市	吉村
2月19日	広島少年少女発明クラブ運営委員会	委員	広島市	山田

開催日	名 称	派 遣 内 容	開催場所	派遣者
3月12日	(財)ひろしま産業振興機構 技術委員会 (第3回)	委員代理	広島市	吉村
3月14日	(財)ひろしま産業振興機構 産学官連携会議(第2回)	委員代理	広島市	四辻
3月24日	(財)ひろしま産業振興機構RSP 事業推進ワーキング委員会(第2回)	委員代理	広島市	吉村

(21) 発表 (誌上・口頭)

■誌上発表

時 期	誌 名	テ ー マ	氏 名
2002年6月	軽金属, 第52巻, 第6号, pp243-249	Ti/TiCp系焼結複合材料の引張性質に及ぼす TiC粒子の空間分布の影響	隠岐 貴史 他3名

■口頭発表

時 期	学会・協会等	テ ー マ	氏 名	備考
2002年8月	日本金属学会中国四国支部 日本鉄鋼協会中国四国支部 金属第42回/鉄鋼第45回講演 大会	HIP焼結Ti-TiCp複合材料の引張性質に及 ぼすTiC粒子の空間分布の影響	隠岐 貴史	宇部
2003年3月	中国四国地方公設試験研究 機関共同研究推進会議	マシニングセンタによるチタン合金材の 高精度加工の研究 (2報)	岡田 邦彦	広島
2003年1月	広島地区分析技術研究会 広島地区分析技術講演会	木材成分を有する軟質ウレタンフォーム の試作および物性評価	三宅 裕行	広島
2002年4月	日本機械学会関西支部 第284回振動談話会、	振動環境下における妊婦と胎児の振動 特性に関する理論的および実験的研究	西山 修二	大阪
2002年7月	産業技術連携推進会議 情報・ 電子部会総会	高度非破壊センシングシステムの開発	田中 秀樹	徳島
2002年11月	平成14年度中小企業技術開発 産学官連携促進事業 第1回成果普及発表会	高度非破壊センシングシステムの開発 非破壊センサによる知的診断システムに 関する研究	田中 秀樹	岩手
2002年11月	平成14年度中小企業技術開発 産学官連携促進事業 第2回成果普及発表会	高度非破壊センシングシステムの開発 非破壊センサによる知的診断システムに 関する研究	田中 秀樹	広島
2002年11月	平成14年度中小企業技術開発 産学官連携促進事業 第3回成果普及発表会	高度非破壊センシングシステムの開発 非破壊センサによる知的診断システムに 関する研究	田中 秀樹	山形
2002年11月	平成14年度中小企業技術開発 産学官連携促進事業 第3回成果普及発表会	高度非破壊センシングシステムの開発 非破壊センサによる知的診断システムに 関する研究	田中 秀樹	山形
2002年12月	平成14年度中小企業技術開発 産学官連携促進事業 第5回成果普及発表会	高度非破壊センシングシステムの開発 非破壊センサによる知的診断システムに 関する研究	田中 秀樹	秋田

3 研 究 報 告

- (1) Ti-TiC_p系焼結材の引張性質に及ぼすTiC粒子の空間分布の影響
隠岐 貴史、倉本 英哲、清水 功史、松木 一弘、柳沢 平
..... 37
- (2) 放電焼結法による純銅粉末の型内単軸圧縮における焼結速度
倉本 英哲、隠岐 貴史、松木 一弘、柳沢 平..... 46
- (3) 高周波振動複合加工による Ni 基超耐熱合金のエンドミル加工に
関する研究
桑原 修..... 53
- (4) クロメート代替皮膜のライン特性による耐食性評価
金行 良隆、植木 邦夫..... 56
- (5) 携行可能な細管内面損傷測定装置の開発
田中 秀樹、長谷川 尚哉..... 59
- (6) 救急車内の臥位人体頭部の振動特性に関する実験的研究
(水枕が頭部に及ぼす影響)
上杉 憲雄、西山 修二、清水 功史、山本 和弘、松原 繁
..... 64

Research Report

- (1) **Effect of Spatial Distribution of TiCp on Tensile Properties of Sintered Ti-TiCp**
Takashi OKI, Hideaki KURAMOTO, Kohshi SHIMIZU, Kazuhiro MATSUGI
and Osamu YANAGISAWA 37
- (2) **Sintering Rate of Pure Copper Powder Uniaxially Compressed in
Closed Die during Spark Sintering**
Hideaki KURAMOTO, Takashi OKI, Kazuhiro MATSUGI and Osamu YANAGISAWA 46
- (3) **Research on milling of nickel-base super alloy with High Frequency Vibration**
Osamu KUWABARA 53
- (4) **An Estimation of Corrosion Resistance of Substitute for Hexavalent
Chromate Conversion Coatings in Characteristic of Manufacturing Lines**
Yoshitaka KANEYUKI and Kunio UEKI 56
- (5) **Development of Portable Damage Measurement Device for Inside of Thin Tube**
Hideki TANAKA Naoya HASEGAWA 59
- (6) **Experimental Investigation of Vibration Characteristics of
Lying Person's Head in an Ambulance Car**
(Influence of Water Pillow on Head)
Norio Uesugi, Shuji Nishiyama, Kohshi Shimizu, Kazuhiro Yamamoto, Shigeru Matsubara
. 64

Ti-TiC_p 系焼結材の引張性質に及ぼす TiC 粒子の空間分布の影響

隠岐貴史 倉本英哲 清水功史 松木一弘* 柳沢 平*

Effect of Spatial Distribution of TiC_p on Tensile Properties of Sintered Ti-TiC_p

Takashi OKI, Hideaki KURAMOTO, Kohshi SHIMIZU, Kazuhiro MATSUGI*, and Osamu YANAGISAWA*

The composites of the different dispersion state were prepared from the titanium powder and the TiC with the different particle sizes. The effect of the difference of spatial distribution of the TiC particles on the tensile properties and the behavior of TiC particles' breaking in the tensile deformation process have been quantitatively investigated. In the tensile deformation, TiC particles begin to break just after the yielding of the material. Finally the connection of cumulated cracks of particles brings the propagation of a main crack and fracture of the composite material. The material of which the spatial distribution of the second phase particles is close to random distribution has larger tensile strength and tensile ductility than the material of stronger clustering tendency. The reason for this is that the destruction of TiC particles in the materials of stronger clustering tendency is more frequent from the initial stage of the deformation, because they have more regions of larger local volume fraction and larger local particle density. The tendency, showing that the particles in the clustered regions are easy to be broken, was explained from the result of the elastic-plastic analysis by finite element method.

Keywords : Ti-TiC_p composites, local area fraction, local particle density, tensile properties, fracture of particle

粒径比の異なるチタン粉末と TiC 粉末から TiC 粒子の空間分布の異なる材料を作製し、TiC 粒子の空間分布の違いが引張性質と引張変形過程における TiC 粒子の破壊挙動に及ぼす影響を定量的に検討した。引張変形過程において材料の降伏直後から TiC 粒子が破壊し、この破壊された粒子の連結により発生するクラックの伝播により最終的に破断に至る。第 2 相粒子の空間分布がランダム分布に近い材料はクラスタリング傾向の強い材料より引張強さと延性が優れている。これはクラスタリング傾向が強い材料では TiC 粒子の密な領域が多くあることから TiC 粒子の破壊が変形の初期から起こりやすいことによる。局所体積率と局所粒密度が同時に大きい粒子の破壊が起こりやすい理由を有限要素法による弾塑性解析の結果から説明した。

キーワード：Ti-TiC_p 複合材，局所面積率，局所粒密度，引張性質，粒子破壊

1. 緒 言

粒子分散複合材料の強化機構に関する研究は古くから多くの報告があり、種々の機構⁽¹⁾⁻⁽⁵⁾が提案されている。一般的に、損傷を生じていない第 2 相粒子は変形過程に高応力場を形成し、強化因子として働くが、一旦粒子の破壊⁽⁴⁾⁻⁽¹⁰⁾あるいは粒子/母相界

面のはく離^{(4),(11)-(13)}が生じると、これらは空洞として作用し、荷重を負担できず弱化因子として働く。

第 2 相の損傷に関する研究によると、粒子が微小で体積率が小さいとき、界面はく離が生じやすく、粒子が粗大になると粒子破壊が起こりやすい^{(14),(15)}。さらに、粒子と母相の種類によりこの界面強度は異なり、強いときには粒子の破壊が起き、弱いときに

*広島大学大学院工学研究科

は界面のはく離が起こる^{(6)-(8),(13),(16)}。チタンとチタン系セラミックスの場合、界面強度が強いことが知られている⁽⁶⁾⁻⁽⁹⁾。しかし、第2相粒子の空間分布（分散状態）の影響に関する研究^{(17),(18)}は少なく、損傷が複合組織のどこから優先的に起こるか等の問題は明らかにされていない。

そこで本研究では、粒径比の異なるチタン粉末とTiC粉末から空間分布の異なるチタン/粗大TiC系材料を作製し、局所面積率（Local area fraction : *LAF*）、局所体積率（Local volume fraction : *LVF*）、2次元の局所粒密度（2-dimensional local centroid number : *LCN2D*）および3次元の局所粒密度（3-dimensional local centroid number : *LCN3D*）等の空間分布パラメータの頻度分布で粒子の空間分布を評価する手法^{(19),(20)}を用いて、引張変形過程におけるTiC粒子の空間分布の違いが複合材料の引張性質とTiC粒子の破壊挙動に及ぼす影響について検討した。

2. 実験方法

2.1 試料の作製

供試粉末として水素化脱水素法により製造された150 μm 以下（Ti>99.5mass%, Fe=0.016mass%, N=0.005mass%, C=0.009mass%, O=0.20mass%、以下、mass%は%）、45 μm 以下（Ti>99.4%, Fe=0.023%, N=0.025%, C=0.017%, O=0.31%）の粒径のチタン粉末（住友シチックス^(株)製）とアトマイズ法により製造された球形状チタン粉末（250 μm 以下の粒径（Fe=0.037%, N=0.013%, C=0.007%, O=0.081%, Ti=bal.）：住友シチックス^(株)製、425~500 μm の粒径（Fe=0.040%, N=0.015%, C=0.004%, O=0.111%, Ti=bal.）：福田金属箔粉工業^(株)製）および45~75 μm 、45 μm 以下の粒径のTiC粉末（日本新金属^(株)製、C=19.65%, Fe=0.050%, O=0.14%）を用いた。各粉末の粒径は篩により調整した。これらの純チタン粉末とTiC粉末が体積比率で9:1の組成になるように秤量し、V型混合機により乾式混合した。上記の1種類から数種類の純チタン粉末と4種類のTiC粉末を組み合わせることで20種類の分散状態の異なる試料（TTC1~TTC20）を作製した。供試材料に用いた各粉末の混合組成をTable 1に示す。

混合した粉末をCIP成形（392MPa）または放電焼結（1313K, 25MPa, 300s）した後、これらの圧粉体を1 $\times$

Table 1 Volume fraction of powders in the mixture(vol%)

Sample	Titanium	TiC	Sample	Titanium	TiC
TTC1,5-8	90(H1)	10(TC1)	TTC13	61.4(H3)+28.6(A2)	10(TC3)
TTC2	61.4(H1)+28.6(A1)	10(TC1)	TTC14	45.6(H3)+44.4(A2)	10(TC3)
TTC3	45.6(H1)+44.4(A1)	10(TC1)	TTC15	90(H3)	10(TC4)
TTC4	40(H1)+50(A1)	10(TC1)	TTC16	28.6(H2)+61.4(H3)	10(TC4)
TTC9	90(H3)	10(TC2)	TTC17	44.4(H2)+45.6(H3)	10(TC4)
TTC10	61.4(H3)+28.6(A2)	10(TC2)	TTC18	61.4(H3)+28.6(A2)	10(TC4)
TTC11	45.6(H3)+44.4(A2)	10(TC2)	TTC19	50(H2)+40(H3)	10(TC4)
TTC12	90(H3)	10(TC3)	TTC20	45.6(H3)+44.4(A2)	10(TC4)

H1:Hydride-dehydride Ti powder, d<150 μm , TC1: TiC powder, d=45~75 μm

H2:Hydride-dehydride Ti powder, d=75~150 μm , TC2: TiC powder, d=38~45 μm

H3:Hydride-dehydride Ti powder, d<45 μm , TC3: TiC powder, d=26~38 μm

A1: Atomized Ti powder, d=425~500 μm , TC4: TiC powder, d<26 μm

A2: Atomized Ti powder, d=150~250 μm

10⁻⁴Pa, 1523Kで10.8ks間真空中において焼結した。さらに、真密度を得るために、この真空焼結体に196MPaの圧力下で1103K, 3.6ks間HIP処理を施し、試験材料とした。なお真空焼結とHIP処理条件は、TTC1~TTC20のうち、空間分布がランダム分布に近いTTC1、TTC5~TTC8について、あらかじめ真空焼結温度1273~1648K、HIP処理温度1003, 1103, 1123および1373Kの各条件において、引張試験および組織観察を行った後、最もすぐれた引張延性を示す条件を選択した。

このHIP処理材(ϕ 17mm $\times$ 60mm)から直径8mm、平行部長さ25mmの引張試験片を切り出し、室温、大気中で引張試験を行った。組織の観察には、光学顕微鏡および走査型電子顕微鏡(SEM)を用いた。

2.2 TiC_pの空間分布評価

空間分布パラメータの測定^{(19),(20)}は、引張試験後の試験片を用い、その研磨面の画像処理により行った。

(1) まず、全体のTiC粒子の平均粒径とこのときの粒数を求め、これらより局所面積率(*LAF*)および局所粒密度(*LCN2D*)を測定するための測定円（隣接粒子の情報を最も強く反映できる大きさ）の半径を決定する。

(2) ある任意のTiC粒子の重心を中心とした測定円内のTiC粒子の面積率および粒子数（粒子重心点の数）を粒子ごとに測定して、*LAF*に対しては材料全体の面積率（体積率に等しい）で除し、*LCN2D*に対しては最稠密配列の場合の値7で除して規格化して*LAF*あるいは*LCN2D*値とする。このようにして求めた個々の粒子に対する*LAF*、*LCN2D*の頻度分布と平均値(*LAF*)_{av}および(*LCN2D*)_{av}を求める。また、大粒径と小粒径が分離して集まる傾向（粒径分離傾向）を表すパラメータ δ_{2D} （(*LAF*)_{av}/(*LCN2D*)_{av}）を求める。

(3) これら 2 次元パラメータ $(LAF)_{av}$ 、 $(LCN2D)_{av}$ および δ_{2D} を 3 次元パラメータ $(LVF)_{av}$ 、 $(LCN3D)_{av}$ (LVF は試料全体の体積率、 $LCN3D$ は最稠密配列の値 13 で規格化) および δ_{3D} ($(LVF)_{av}/(LCN3D)_{av}$) に変換する必要がある場合には、コンピュータシミュレーションによって求めた以下の変換式⁽²⁰⁾を利用してこれらを求める。

$$(LVF)_{av} = -1.15(LAF)_{av}^2 + 3.93(LAF)_{av} - 1.62 \quad (1)$$

$$\sqrt{(LCN3D)_{av}^2 + (LVF)_{av}^2} = 1.33\sqrt{(LCN2D)_{av}^2 + (LAF)_{av}^2} - 0.25 \quad (2)$$

$$\sigma_{LVF} = 1.42\sigma_{LAF} - 0.22 \quad (\delta_{2D} \geq 0.9) \quad (3)$$

$$\sigma_{LCN3D} = 1.29\sigma_{LCN2D} - 0.13 \quad (\delta_{2D} \geq 0.9) \quad (4)$$

ここで、 σ_{LVF} 、 σ_{LAF} 、 σ_{LCN3D} および σ_{LCN2D} はそれぞれの累積頻度曲線における 84% の値と 50% の値の差である。

測定によって得られたこれらのパラメータとそれらの累積頻度分布から、TiC 粒子の分布が局所的に密な部分と希薄な部分をつくるクラスタリング傾向を定量的に評価した。

2.3 弾塑性変形解析法

クラスタリング傾向の強弱が粒子の破壊傾向に及ぼす影響を考察するために、粒子の大きさと外部変形量を変えて、有限要素法(FEM)による弾塑性変形の解析を行った。

Fig. 1 に計算モデルを示す。計算領域は立方体であり、粒子は対称条件より 1/8 球を設定した。メッシュは 14000 要素とし、マトリックスと粒子との界面付近のメッシュ数を多くしている。

引張変形方向を z 方向とし、Fig. 1 中の ODEF 面、ODHG 面、OFJG 面の垂直方向の変位を 0 とし、GHIJ 面に垂直な方向に一定変位を与えた。なお、DEIH 面と EFJI 面は同一変位の境界条件を与えた方がより現実に近いと思われるが、複合材料の見掛けのポアソン比に関する取扱いが複雑になるため、残りの二つの DEIH 面と EFJI 面は自由表面とした。このような計算によっても、定性的には同様の結論が得られるものと考えられる。

計算は原点 O に球の中心を 1 個置いた場合(計算 I と呼ぶ)と隣接粒子との相互作用の影響を調べる

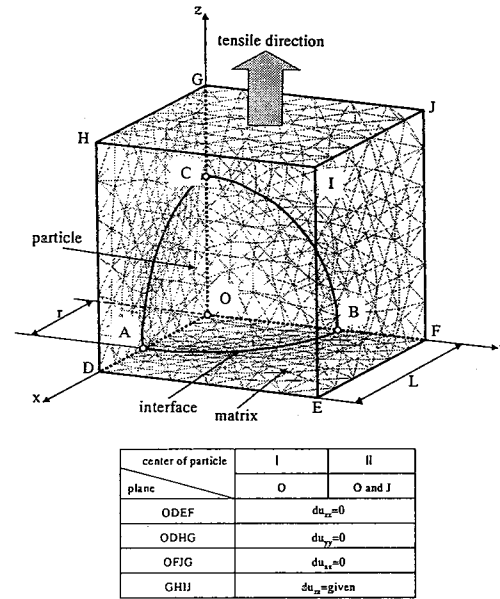


Fig. 1 Simulation model with cell size L and particle radius r .

ために、2 個の球の中心を原点 O と点 J に置いた場合(計算 II と呼ぶ)について行った。

粒子とマトリックスは接合が完全で、メッシュ点間の相対変位はないとした。計算は弾塑性解析ソフト I-DEAS(Ver.6, SDRC 社)を用いて行った。このときチタンと TiC のヤング率としてそれぞれ 108GPa、315GPa、両材料のポアソン比として 0.3 を用い、マトリックスの応力歪み曲線として HIP 焼結した純チタンのデータ⁽²¹⁾を与えた。

3 実験結果および考察

3.1 クラスタリング傾向

本実験で作製した試料の 2 次元平均粒径は 12.3~55.0 μm 、3 次元平均粒径⁽²²⁾は 14.4~70.6 μm 、単位面積当たりの粒子数は 44~860 mm^{-2} 、単位体積当たりの粒子数⁽²²⁾は 670~5860 mm^{-3} 変化した。

Fig. 2 に作製した TiC 粒子の空間分布が異なる材料の代表的な組織例を示す。TTC1 は TiC 粒子の粗密の偏りが小さく、ランダム分布に近い材料である。一方、TTC2、TTC3 および TTC4 では、TTC2 から TTC4 にかけて TiC 粒子の粗密がしだいに明確となり、クラスタリング傾向の強い材料の作製が可能となった。その他の供試材料についても、供試粉末の粒径比を変えることでクラスタリング傾向の異なる材料を作製できた。

Fig. 3 に TTC1~TTC20 の内、TiC の粒子径が等し

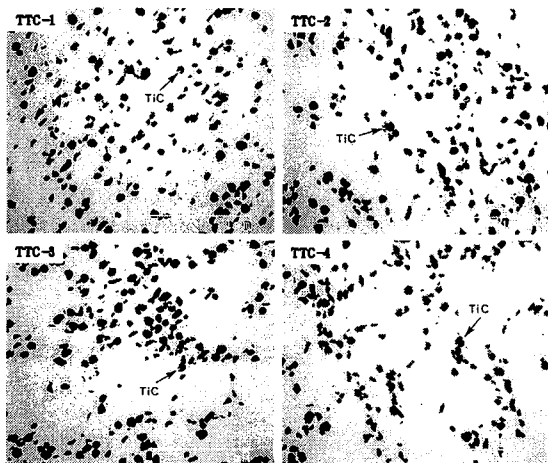


Fig. 2 Back scattered electron image of Ti-10vol%TiC composites.

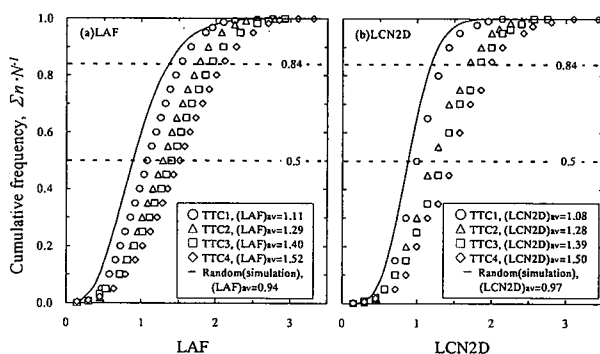


Fig. 3 Cumulative frequency distribution of (a) local area fraction (LAF) and (b) 2-dimensional local centroid number ($LCN2D$) for the different spatial distributions.

くクラスタリング傾向の違いが比較的大きな TTC1 ~ TTC4 (Fig. 2 参照) の LAF と $LCN2D$ の累積頻度分布を示す。ここに示すコンピュータシミュレーションの値はランダム分布の計算結果であり、これが評価の基準となる。クラスタリング傾向が強くなるに従って(TTC1→TTC4)空間分布パラメータの累積頻度分布は大きな値へ移っており、Fig. 2 にみられる組織の様子をよく表している。

Fig. 4 にランダム分布に近い TTC1 材とクラスタリング傾向の強い TTC4 材における個々の LAF と $LCN2D$ の関係を示す。TTC1 材で $LAF=1.2$ 、 $LCN2D=1.2$ 付近を中心に頻度が大きいものに対して、TTC4 材では LAF および $LCN2D$ の頻度の大きい領域が TTC1 の場合より $LAF=LCN2D$ の線に沿って大きな値へ広がっている様子がみられる。これは個々の粒子の局所面積率が大きくなると、同様に局所粒密度も大きくなる傾向があることを意味している。すべての材料について同様の結果が得られており、後述する空間分布パラメータの平均値がほぼ等しい

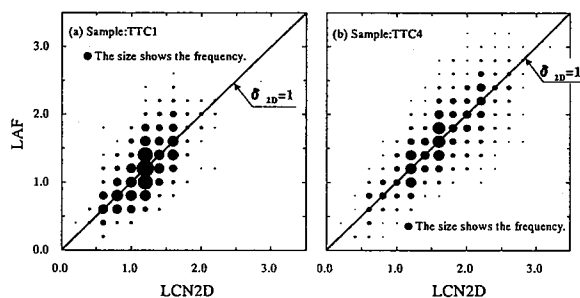


Fig. 4 Relation between local area fraction (LAF) and 2-dimensional local centroid number ($LCN2D$) of TiC_p for the different spatial distributions.

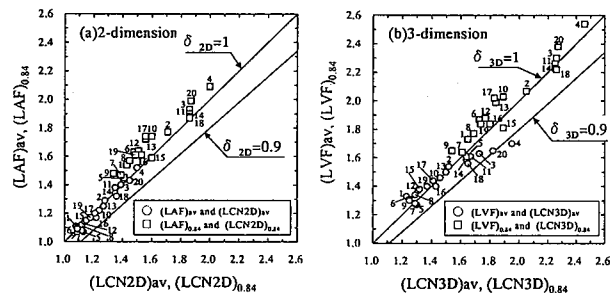


Fig. 5 Relation between local centroid number and local fraction (average and 84%) for (a) 2-dimension and (b) 3-dimension. $(LAF)_{0.84}$, $(LCN2D)_{0.84}$, $(LVF)_{0.84}$ and $(LCN3D)_{0.84}$ are the value of 84% arithmetic standard deviation, respectively.

材料の頻度分布の広がりも類似している。

本実験で作製した試料においては、Fig. 5(a)に示すように、 $(LAF)_{av}$ は 1.07 ~ 1.52、 $(LCN2D)_{av}$ は 1.08 ~ 1.50 の範囲で変化した。また、 δ_{2D} は LAF と $LCN2D$ の関係を表しており、1 に近いほど粒子の局所面積率と局所粒密度の傾向が同じ傾向にあることを示す。本材料では、 δ_{2D} の値は 0.95 ~ 1.03 であり、どの試料も 1 に近く両者は同じ傾向にあることが分かる。 δ_{2D} が 0.9 以上の場合、2次元の空間分布パラメータを3次元のパラメータに変換することが可能である^{(19),(20)}。Fig. 5(b)に示すように、 $(LVF)_{av}$ は 1.27 ~ 1.70、 $(LCN3D)_{av}$ は 1.23 ~ 1.95 の間で変化した。3次元では、クラスタリング傾向が強くなって $(LVF)_{av}$ や $(LCN3D)_{av}$ の値が大きくなると δ_{3D} の値が小さくなる傾向がみられるが、これらの試料で δ_{2D} に同じ傾向はみられないので、2次元から3次元への変換の精度が悪いために生じた結果と思われる。

Fig. 5 に空間分布パラメータの累積頻度が 84% (= 平均値 + 標準偏差) の値を合わせて示している。 $(LAF)_{0.84}$ と $(LCN2D)_{0.84}$ は約 1.3 から 2.1 まで変化し、 $(LVF)_{0.84}$ と $(LCN3D)_{0.84}$ は約 1.6 から 2.6 まで変化している。これはクラスタリング傾向の最も強い材料で、

粒子密集部の局所体積率や局所粒密度が材料全体の体積率や粒密度の 2.6 倍以上の粒子が 16%あることを意味している。

3.2 引張性質に及ぼす TiC 粒子の空間分布の影響

Fig. 6 に TiC 粒子の粒子径と分散状態を変えて作製した材料の平均粒子間隔 λ および空間分布と引張性質との関係を示す。平均粒子間隔 λ は、空間分布をランダムと仮定した次式⁽²³⁾を用いて算出した。

$$\lambda = 0.55N_v^{-\frac{1}{3}} \quad (5)$$

ここで N_v は単位体積中の粒子数である。

また、この図ではクラスタリング傾向を表すパラメータとして $(LVF)_{av}$ を用いて評価している。空間分布がほぼ同じ試料間で比較すると、平均粒子間隔 λ の小さい(平均粒子径が小さいことに対応する)材料で引張強さが大きく伸びが小さくなり、平均粒子間隔が大きくなるほど引張強さが小さくなるが伸びは大きくなる傾向がみられる。なお、0.2%耐力の値は引張強さとほぼ等しく、 λ が耐力に及ぼす影響も λ が引張強さに及ぼす影響と同じであった。これらの傾向は従来の報告^{(24),(25)}と一致する。さらに、ほぼ同じ平均粒子間隔を持つ材料では、 $(LVF)_{av}$ が小さく、クラスタリング傾向が弱いほど引張強さと伸びが大きい。 λ と $(LVF)_{av}$ の組み合わせでは、空間分布がランダムに近く、TiC 粒子間隔が大きくなるほど引張強さは低いが延性に優れる。粒子間隔を小さくして引張強さを高める場合、クラスタリング傾向が強いと延性が著しく損なわれるので注意を要する。

3.3 TiC 粒子の破壊形態

TiC 組織が引張性質に及ぼす影響の原因を調べるために、引張試験後の試験片(TTC1 材)の引張軸を含む切断面の SEM 観察(Fig. 7)を行った。Fig. 7(a)に破断面近傍の組織、Fig. 7(b), (c)に平行部の組織、さらに Fig. 7(e)にその拡大部および Fig. 7(d)にねじ部の組織を示す。引張試験後の TiC 粒子は引張軸に対して、垂直方向の亀裂が粒子中央部および粒子とマトリックスの界面に近い粒子内部にみられ、界面剥離は殆どみられなかった。この TiC 粒子の亀裂が連結していく様子が Fig. 7(a)にみられる。Fig. 8 に引張変形における応力変化と TiC 粒子の破壊頻度を示す。破壊した TiC 粒子を SEM および光学顕微鏡に

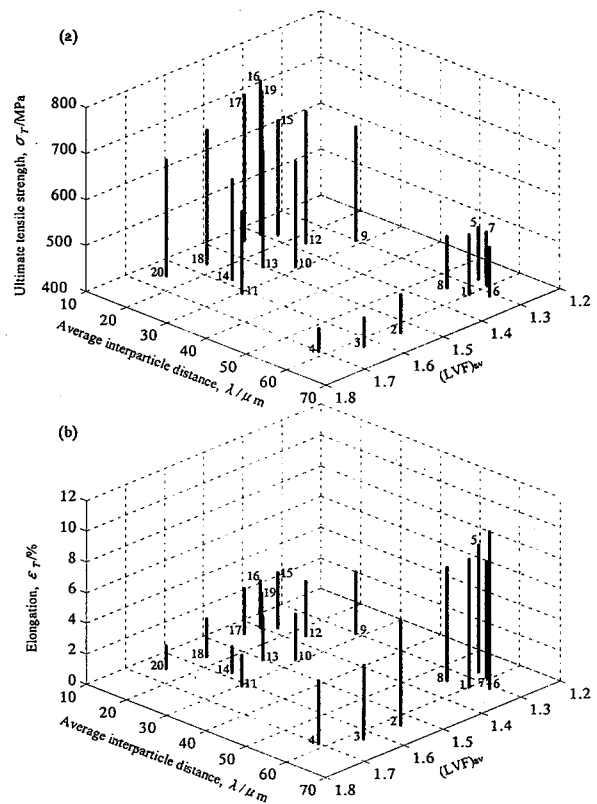


Fig. 6 Effect of average local volume fraction $(LVF)_{av}$ and average interparticle distance λ on (a)ultimate tensile strength and (b)elongation of Ti-10vol%TiCp composites.

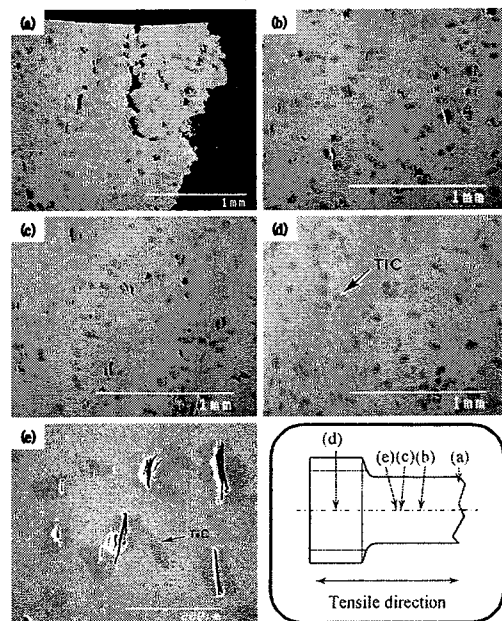


Fig. 7 Scanning electron microscope image of Ti-10vol%TiCp composites.

より観察したところ、クラスタリング傾向の強い材料、弱い材料とも弾性域では TiC 粒子の破壊は確認されず、降伏直後、塑性変形初期の段階から TiC 粒子の破壊が起き始めていた。クラスタリング傾向の

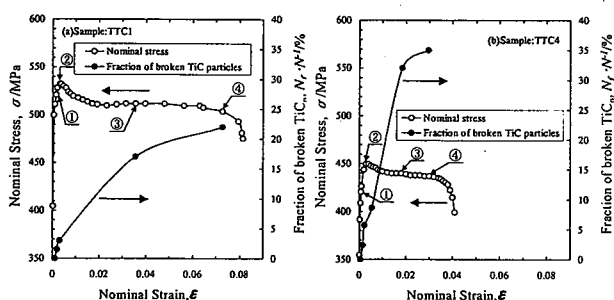


Fig. 8 Effect of nominal strain on nominal stress and fraction of broken TiCp in tensile deformation.

弱い材料(TTC1 材)では最大応力を示す Fig. 8(a)中の②では約 3%の TiC が破壊し、強いクラスタリング傾向を示す材料(TTC4 材)では同程度の歪み(Fig. 8(b)中の②)で約 6%の粒子数の TiC が破壊しており、クラスタリングの強い材料で小さい歪みから TiC 粒子の破壊が起こりやすいことが明らかになった。応力は最大値を示した後、変形に伴って低下した。これは、母相の降伏から TiC 粒子の破壊が累積し、これらの破壊された TiC 粒子が荷重負担しないために応力低下を示したと考えられる。同じ純チタン粉末から作製した材料⁽²¹⁾と比較すると、TiC 粒子の効果により耐力(純チタン: 約 450MPa)は向上しているが、引張強さ(純チタン: 約 550MPa)が低下しているのも TiC 粒子の破壊が原因であると思われる。変形中期の Fig. 8(a)中の③では変形の進行に伴い TiC 粒子の破壊は全体の約 17%まで増加している。この付近の真応力には材料の加工硬化による応力増加がみられる。さらに破断直前である Fig. 8(a)中の④では TiC 粒子全体の約 22%が破壊している。隣接、密集した粒子には破壊の成長、連結がみられ、くびれの発生とともにクラックが急速に伝播、連結し、最終的な破断に至ると考えられる(Fig. 7(a)参照)。さらに強いクラスタリング材では密集した TiC 粒子が多くあることから TiC の破壊と連結が起こりやすかったことが考えられ、クラスタリングの弱い材料よりも引張強さと延性が伴って低かった。以上の観察結果からも、本材料のような粗大粒子を持つ複合材料の場合、材料の破壊と引張性質は TiC 粒子の累積的な破壊の影響を強く受けることが明らかになった。

3.4 TiC 粒子の破壊に及ぼす空間分布の影響

TiC の破壊がどのような状況のもとで優先的に発生しているか、材質制御の上で重要である。そこで、

TTC1 材について引張変形により破壊された TiC 粒子の LAF と LCN2D を測定した。破壊された TiC 粒子の LAF の累積頻度分布を Fig. 9(a)に示す。なお、ランダム分布(コンピュータシミュレーション)と変形前の累積頻度分布は測定された全粒子(N)に対する頻度の累積を意味し、変形を加えた後の値は破壊された粒子についてのみ測定し、測定された破壊粒子(N_f)に対する頻度の累積を意味している。これは後述の同図(b)および(c)においても同様である。

Fig.9(a)からわかるように、破壊された粒子の LAF の値は全粒子に対する LAF の値より大きな値へ広がっている。これは局所面積率の大きい TiC 粒子の破壊が優先的に起きていることを示している。引張変形の初期段階($\epsilon = 0.003$)から変形後期(破断前、 $\epsilon = 0.073$)まで LAF の累積頻度分布はほぼ同じで、変形量に依存していない。Fig.9 (b)に破壊粒子の LCN2D の累積頻度分布を示す。LCN2D は LAF の傾向と同様に、全粒子に対する LCN2D の値より大きな値の方へ移っており、粒子数の多い領域において TiC の破壊が起きていることがわかる。しかし、LAF の測定結果とは異なり材料の破断直前にさらに大きな LCN2D の方へ移っている。これは、材料破断の直前には、それまでに累積された粒子クラックの連結が始まり、局所粒密度の大きい粒子(粒子間隔の小さい)に沿って連結が起こるためと考えられる。

破壊粒子の粒子径の累積頻度分布を Fig. 9(c)に示す。変形前の粒子径分布と比べ変形を加えることにより粒子径の大きな粒子が優先的に破壊^{(5),(9)}されている。変形量に伴ってわずかであるが累積頻度曲線が小粒径粒子側に移る傾向がみられる。これは粒子クラックが荷重を負担しないため、粒子破壊率の増加に伴って残部の応力が高まり、より小さい粒径の粒子の破壊が可能になるためと考えられる。

Fig. 10 に破壊粒子の LAF、LCN2D および粒子径の関係を示す。Fig. 10(a)は変形前の全 TiC 粒子の LAF と LCN2D の値である(Fig. 4(a)に同じ)。なお、図中のプロットサイズは大きいほど測定頻度が多いことを示している。これに対して、同図(b), (c)および(d)は、変形後の破壊した TiC 粒子を示している。このときの粒径は、試料全体の粒径分布における平均値を挟む標準偏差の範囲内外の 3 領域で分類して

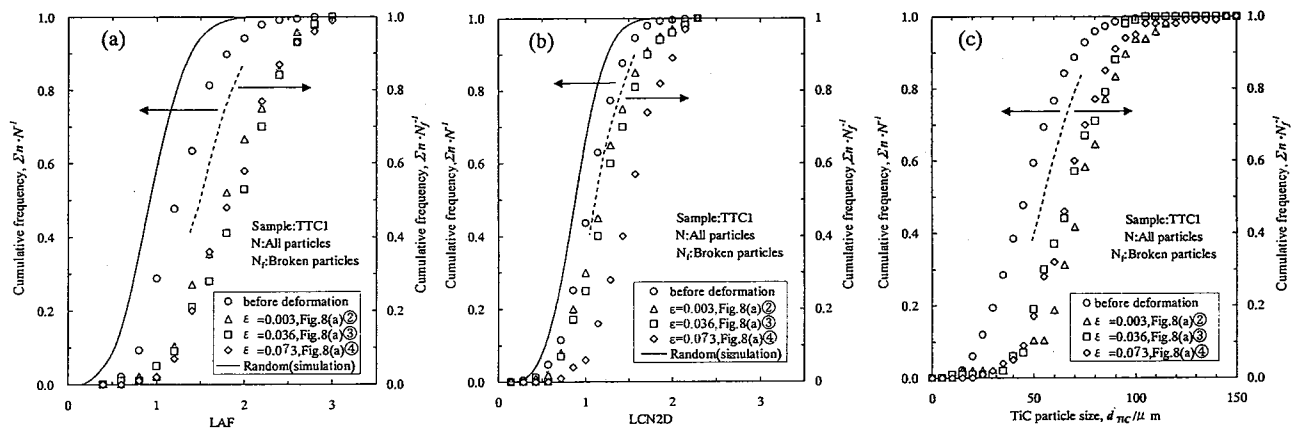


Fig. 9 Cumulative frequency distribution of (a) local area fraction (LAF), (b) 2-dimensional local centroid number (LCN2D) and (c) size (d_{TiC}) of broken particles in tensile deformation.

いる。 $\varepsilon=0.003$ (Fig. 8(a)中の②)、 $\varepsilon=0.036$ (Fig. 8(a)中の③)、 $\varepsilon=0.073$ (Fig. 8(a)中の④)の変形により破壊された TiC 粒子の LAF と LCN2D は、ともに変形前の頻度領域よりも大きな値が多くみられ、特に、 $\delta_{2D}=1$ より大きな LAF の領域にみられる。さらに、大きな粒径の TiC が多く破壊しているのがわかる。特に、変形初期($\varepsilon=0.003$)において $66\mu m$ 以上の大きな粒子の破壊割合が多い。全粒子に対しては $29\mu m$ 以下の粒子が約 16% 存在しているが、変形後の破壊した TiC 粒子のうち $29\mu m$ 以下の粒子はほとんど計測されていない。この結果は局所面積率あるいは局所粒密度の大きな領域にある、より大きな TiC 粒子が優先的に破壊しやすいことを意味し、これは引

張試験後の組織観察(Fig. 7(b))と一致している。しかし、一般的に粒径が大きいと局所体積率が大きくなりやすいので、純粋に粒径だけの効果によるものか不明である。

以上の結果より、粗大 TiC 粒子を含む粒子分散 Ti/TiC 複合材料の変形過程中的の粒子破壊は粒子が凝集した領域中の粒子から優先的に起こると結論される。

3.5 弾塑性変形解析

前述したように、局所体積率と局所粒密度が同時に大きい粒子の破壊が起こりやすいことが明らかになった。そこで、Mises の降伏条件を用いたひずみ増分理論による解析を行い、第 2 相粒子の体積率が粒子とマトリックス中の応力分布にどのように影響を及ぼすかを検討した。本計算結果を見るとすべてのメッシュ点で x, y, z 3 方向の垂直応力のうち z 方向が最も大きく、また Fig. 7 で説明したように、粒子クラックが引張り方向(z 方向)に垂直な面で発生する傾向があるので、主として z 方向の垂直(引張)応力(σ_z)に注目した。

計算 I による応力分布の一例を Fig. 11 に示す。本図(a)と(b)は r/L が 0.6 の場合の $\varepsilon_z=0.01$ における $y-z$ 平面(OFGJ)上(図(a))および粒子/マトリックス界面上(図(b))の σ_z の分布を示している。なお、本計算では、材料作製時の熱収縮の差による残留応力を考慮していない。室温の弾性係数や熱膨張係数、純チタンの応力-ひずみ関係を用いて大きく見積もったモデル I および II の計算結果によると、A-B 領域および C 領域において z 軸方向は約 $45\sim 73MPa$ の圧縮残

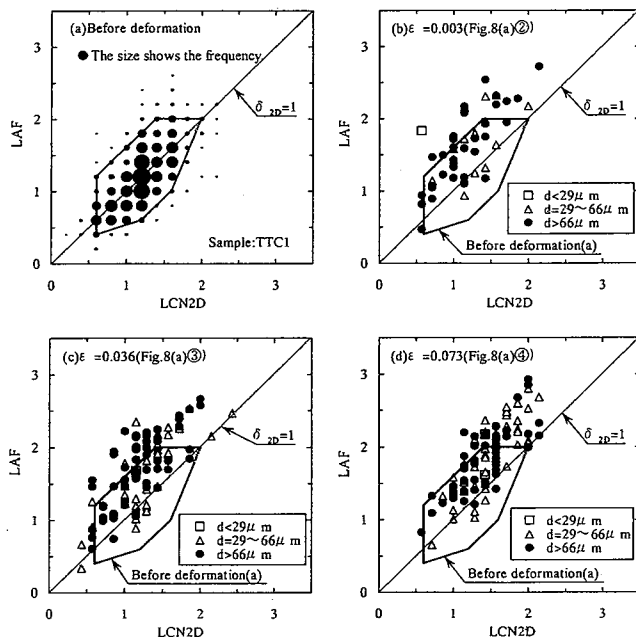


Fig. 10 Local area fraction (LAF) and 2-dimensional local centroid number (LCN2D) of the broken particles in sample TTC1.

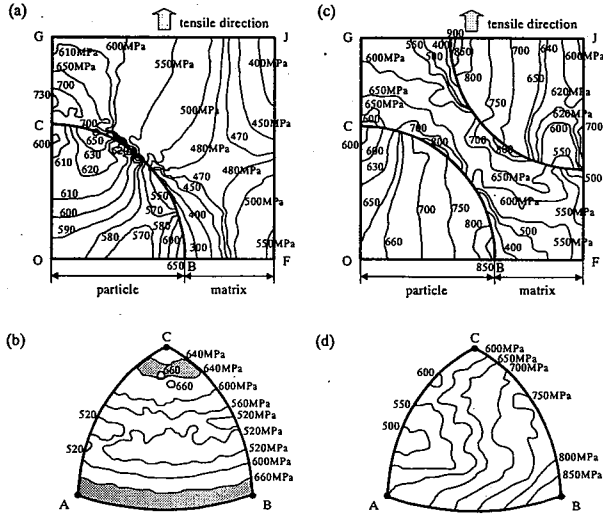


Fig. 11 Contour plot of the tensile stress in z direction(σ_z) in (a), (c) OFJG plane and (b), (d) the particle surface. Point O, A, B, C, F, G and J are correspond to those in Fig. 1, respectively. Note : $d/\lambda=0.6$, $r/L=0.6$ for (a) and (b), $d/\lambda=0.85$, $r/L=0.6$ for (c) and (d), $\varepsilon_z=0.01$ where r and L are defined in Fig. 1, d and λ are particle diameter and mean particle distance respectively.

留応力が発生している。この値は Fig. 11 に示した値と比較するとそれほど大きなものではない。

本図(a)および(b)からもわかるように、粒子内で発生する σ_z は引張り方向(C点)近傍とこれに垂直な方向(B点)近傍における粒子/マトリックス界面で大きい。ここで前者をC領域、後者をA-B領域と呼ぶ。これに対して、マトリックスにおいては、 σ_z はz方向の界面(C点)近傍で最も大きく、これに垂直なx,y方向の界面(B点)近傍で最も小さい。前者ではx,y方向に引張り応力が発生し、引張りの静水圧応力が大きくなるためであり、 r/L が大きくなると増加する。後者においては r/L が小さいときx,y方向に圧縮応力が発生し、 r/L が大きくなるとわずかに引張応力に転じるが、静水圧応力が大きくなるために σ_z はそれほど大きくならない。

Iの計算の場合、Fig. 1において(0,0,2 $\overline{OG}$)、(2 $\overline{OD}$,0,0)あるいは(0,2 $\overline{OF}$,0)の点に半径 r の球を置いた場合とほぼ等価と考えられる。例えばF点に等しい半径の球を置いても、 d/λ (λ :粒子間隔、 d :粒子の直径)が等しければ粒子内の σ_z の最大値はIの計算結果とほとんど変わらない。しかし、計算IIの場合のように、第2番目の粒子が $\overline{JO}$ 方向から接近すると、粒子内の σ_z の分布に非常に大きな影響を与えることが明らかになった。

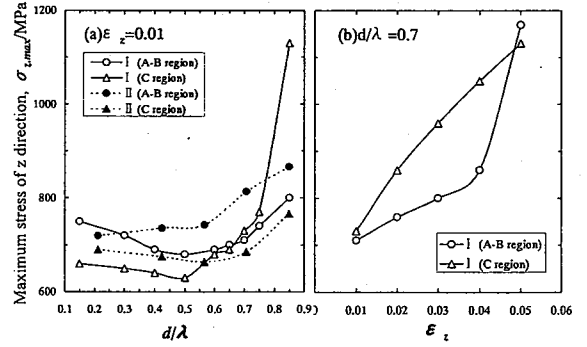


Fig. 12 Effect of (a) particle size r and (b) tensile strain ε_z on maximum tensile stress of z direction σ_z in A-B and C regions, where d and λ are particle diameter and mean particle distance respectively.

Fig. 11(c)および(d)は、計算IIの場合の一例である。計算Iの場合と比較すると、C領域の最大応力はあまり変化しないが、A-B領域の最大応力が著しく大きくなり、B点近傍の最大値からACに垂直な方向に小さくなってゆく応力分布に変わっている。

計算Iと計算IIにおいて想定される粒子間隔 λ と粒子直径 d を用いて、同一の d/λ で比較できるように、最大応力 $\sigma_{z,max}$ を整理してFig. 12(a)に示している。ここで、 d/λ は次式のように定義し、

$$\text{計算 I : } \frac{d}{\lambda} = \frac{r}{L}$$

$$\text{計算 II : } \frac{d}{\lambda} = \frac{2r}{\sqrt{2}L} = \frac{\sqrt{2}r}{L}$$

計算IIの場合のC領域を $z \geq \overline{OC}/2$ と定義している。IIの計算ではC領域の $\sigma_{z,max}$ は、 $z = \overline{OC}/2$ の界面上にあった。本図からわかるように、計算Iの場合、 $d/\lambda \leq 0.7$ の範囲内で大きくなっても両領域の $\sigma_{z,max}$ にそれほどの変化はなく、 $d/\lambda > 0.7$ で $\sigma_{z,max}$ は増加し、特にC領域の引張応力の上昇が著しい。これに対して、計算IIの結果からC領域よりA-B領域の $\sigma_{z,max}$ が大きく、両者は $d/\lambda > 0.5$ で d/λ が大きくなるに従って増加する傾向がみられる。

Fig. 12(b)にIの計算で d/λ が0.7のときのA-B領域とC領域の $\sigma_{z,max}$ がどのような引張りひずみ ε_z の影響を受けるかを示している。本図から明らかなように、粒子内で発生する σ_z の最大値は ε_z の増加とともに上昇する。IIの計算においてはひずみが大きくなると計算精度が著しく悪くなるので、 ε_z の効果は明らかでないが、Iの計算と同様に ε_z の増加とともに

に $\sigma_{z,max}$ の著しい上昇が予想される。

本計算結果が示すように、硬い第2相内の引張方向応力は、隣接粒子との相互作用で著しく大きくなる。注目粒子の局所体積率と局所粒密度が同時に大きいということは、本計算における d/λ が大きい確率が高くなることを意味している。TiC粒子のクラスタリング傾向の強い材料でTiC粒子の破壊が起こりやすいのは、密集部にある粒子内の主としてA-B領域の界面近傍の引張方向応力が大きくなることによるものと考えられる。

4. 結 論

複合材料の空間分布評価より以下の結果を得た。

(1) 純チタンおよびTiC粉末粒子間の粒径比を調整することによって第2相TiC粒子のクラスタリング傾向の異なった材料を作製することができた。

(2) 空間分布の異なる粒子分散複合材料のTiC粒子の破壊挙動および引張強さとTiC粒子の空間分布の影響を局所体積率等の空間分布パラメータの累積頻度分布により定量的に評価することができた。

(3) 塑性変形の初期からTiC粒子の破壊が起こり始める。TiC粒子が破壊されることが原因で応力の低下がみられ、くびれの発生直前にクラックが急速に伝播・連結することで最終的に破断に至る。

(4) TiC粒子の破壊は、TiC粒子径が大きく、局所体積率および局所粒密度の高い粒子で優先的に起こる。特に、変形初期においては、TiC粒子の大きさと局所体積率の影響が強い。

(5) TiC粒子のクラスタリング傾向の強い材料は、クラスタリング傾向の弱い材料より引張強さと延性がともに低下した。これは、局所体積率と局所粒密度が同時に大きい粒子の破壊が優先的に生じ、またその割合も高くなるためと考えられる。

(6) TiC粒子の空間分布がほぼ同じ場合、粒子径(粒子間隔)が小さくなるに従って変形応力が上昇し、延性は低下した。

(7) 弾塑性有限要素法の計算により、第2相粒子中の引張方向の最大引張応力が体積率が増加するとともに上昇することが明らかになった。このことによって、局所体積率と局所粒密度が同時に大きい粒子で破壊が起こりやすく引張方向と垂直な面にクラックが発生することが説明された。

おわりに本研究を実施するに際して使用した放電焼結機及びオートグラフは、経済産業省地域産業集積活性化対策補助により整備したものであることを記し、関係各位に深く感謝致します。

参 考 文 献

- (1) 東郷敬一郎: 軽金属, 45(1995), 622.
- (2) 三浦維四, 浅岡憲三: 日本金属学会誌, 39(1975), 1025.
- (3) J.D.Eshelby: Proc. Royal Society, London, A241(1957), 376.
- (4) 戸田裕之, 小林俊郎, 星山中, 高橋明宏: 軽金属, 51(2001), 113.
- (5) 高橋明宏, 小林俊郎, 戸田裕之: 軽金属, 4(1999), 166.
- (6) 黄政煥, 田川哲哉, 平博仁, 宮田隆司: 材料, 47(1998), 946.
- (7) S.Ranganath, T.Roy and R.S.Mishra: Mater. Sci. Technol., 12(1996), 219.
- (8) 荒木弘安, 石川朗, 石井仁, 東郷敬一郎: 粉体および粉末冶金, 43(1996), 1247.
- (9) H.T.Tsang and C.G.Chao: Scr. Mater., 35(1996), 1007.
- (10) 鰐川周治, 江村聡, 萩原益夫: 粉体および粉末冶金, 46(1999), 484.
- (11) A.Kelly and R.B.Nicholson: Prog. Mat. Sci., 10(1963), 15.
- (12) A.F.Whitehouse and T.W.Clyne: Acta Metall. Mater., 41(1993), 1701.
- (13) X.Sun and J.A.Yeomans: J. Mater. Sci. Technol., 12(1996), 29.
- (14) P.M.Mummery, B.Derby, J.Cook and J.H.Tweed: Euromat91, 2(1992), 92.
- (15) Y.Brechet, J.D.Embury, S.Tao and L.Luo: Acta Metall., 39(1991), 1781.
- (16) S.Li, L.Sun, Z.G.Wang and Y.Tang: J. Mater. Sci. Lett., 13(1994), 1022.
- (17) S.Tao and J.D.Boyd: Mech. Mech. Compos. Fract., (1993), 29.
- (18) H.Toda and T.Kobayashi: Metall. Mater. Trans. A, 28A(1997), 2149.
- (19) 柳沢平, アルマンスール・アハマド, 加茂修治, 松木一弘, 畑山東明: 鑄造工学, 70(1998), 7.
- (20) 柳沢平, 諸隈真嗣, 松木一弘, 畑山東明: 鑄造工学, 73(2001), 733.
- (21) 隠岐貴史, 松木一弘, 畑山東明, 柳沢平: 日本金属学会誌, 59(1995), 746.
- (22) A.Almansour, O.Yanagisawa, K.Matsugi and T.Hatayama: Int. J. Cast Metals Res., 10(1998), 321.
- (23) R.T.Dehoff and F.N.Rhines: 計量形態学, 牧島邦夫, 篠原靖忠, 小森尚志, 共訳, 内田老鶴圃, (1972), 315.
- (24) 森本啓之, 岩村宏, 安倍睦, 芦田喜郎: 日本金属学会誌, 58(1994), 973.
- (25) Z.Y.Ma, J.Bi, Y.X.Lu, M.Luo and Y.X.Gao: Met. Matrix Compos., (1993), 448.

放電焼結法による純銅粉末の型内単軸圧縮における焼結速度

倉本英哲、隠岐貴史、松木一弘*、柳沢 平*

Sintering Rate of Pure Copper Powder Uniaxially Compressed in Closed Die during Spark Sintering

Hideaki KURAMOTO, Takashi OKI, Kazuhiro MATSUGI* and Osamu YANAGISAWA*

The sintering rate during spark sintering of pure copper powder was measured and analyzed to investigate the sintering mechanism. After rectangle wave pulse discharge in the first stage, constant continuous pulse current was supplied to the compact in this spark sintering. The results obtained were summarized as follows.

When the compact temperature is smaller than about 800K after 1st stage, the relative density is decided only by their compact temperatures at a constant pressure. It is considered that the sintering mechanism in this stage was plastic deformation and the sintering rate depends on the compact heating rate. In the next stage, when the compact temperature is larger than about 800K, the sintering rate can be represented by the sintering rate equation obtained by applying Von Mises type constitutive equation for metal powder compaction to power-law-creep equation.

Keywords: spark sintering, spark sintering rate, sintering mechanism, plastic deformation, power-law-creep(high-temperature) deformation

放電焼結の焼結機構を明らかにするために純銅粉末の放電焼結を行い、焼結速度の測定および解析を行った。本研究の放電焼結では、第1段階の矩形波パルス通電を行った後に、定電流連続パルス通電を行った。得られた結果は以下のように要約された。

第1段階以降の圧粉体温度が約800K以下で、圧力が一定であれば、温度のみによって相対密度が決定される。このときの焼結機構としては、塑性変形によるものが考えられ、焼結速度は昇温速度に依存する。また、圧粉体温度が約800K以上で、焼結速度は、Von Mises型圧密構成式を累乗則クリープ式に適用して求めた焼結速度式によって整理される。

キーワード：放電焼結、放電焼結速度、焼結機構、塑性変形、累乗則クリープ(高温)変形

1. 緒言

近年、放電プラズマ焼結(SPS: Spark Plasma Sintering)、プラズマ活性化焼結(PAS: Plasma Activated Sintering)、パルス通電焼結(PCS: Pulsed Current Sintering) あるいは

はパルス通電加圧焼結(PCPS: Pulse Current Pressure Sintering)等と呼ばれる直接通電焼結法とこれらによる材料創製の研究が多く報告されている⁽¹⁾⁽¹⁴⁾(以後、本報ではこれらの総称として放電焼結(SS: Spark Sintering)と呼ぶ)。

松木らは、放電焼結の初期段階において、圧粉体へ矩形波パルス通電を行うことで、放電現象による粉体表面

*広島大学大学院工学研究科

の酸化膜の絶縁破壊が起こり、粒子同士の金属接触が促進されることによって圧粉体全体としての比抵抗が減少することを報告した⁽¹⁵⁾。加えて、筆者らは、この段階において、粉体間での火花放電や著しいジュール発熱が起こり、粒子接触部近傍において局所的な熔融や気化が起こり、ネック形成の促進に寄与し、以降の焼結を容易にすることを顕微鏡による矩形波パルス通電中の圧粉体の直接観察を行うことで示した⁽¹⁶⁾。以上のように、圧密の初期段階で粒子同士の接触面積が小さい範囲での矩形波パルス通電の効果については明らかにされている。

HIP に代表されるような加圧焼結の場合、一般に焼結速度は焼結機構と密接に関係している。最近、放電焼結についても、焼結機構の解明と利点を明らかにするために焼結速度を調べた研究が報告されてきている⁽¹⁷⁾。たとえば、南口らは鋳鉄粉末の放電焼結速度について考察し、焼結機構の支配的因子は塑性変形であり、通常のホットプレスと変わらないと結論している⁽¹⁸⁾。一方、西本らはFe基およびNi基ODS合金粉末の放電焼結を行い、ホットプレスなどに比べて相対密度が短時間で大きくなることを示し、この原因がパルス通電による粒子接触部の局部温度上昇などにあるとし、放電焼結速度は焼結過程を相対密度が99%までの加熱と恒温保持段階と相対密度が99%を超える最終段階の2つに分けて、それぞれ前者を粒界拡散クリープおよび後者を体積拡散が律速する焼結速度式で表した⁽¹⁹⁾。しかし、放電焼結の緻密化段階(連続パルス通電過程)における焼結機構については、いまだ明らかにされていない点も多く、その論議も様々である。

そこで、本研究では、放電焼結における焼結機構を明らかにすることを目的とし、導電性の良い純銅粉末を用い、1回の焼結の間は電流密度を一定にして焼結を行い、このとき得られる焼結速度の測定および解析を行った。

2. 実験方法

供試粉末として平均粒径約50 μ mの純銅噴霧球状粉末を用いた。用いた粉末のSEM(走査型電子顕微鏡)像をFig. 1に示す。一回の焼結に用いた純銅粉末の量は、円柱状の焼結体の相対密度が100%のときに、直径が10mm、高さ変位が10mmになるように、銅の真密度(ρ)とパンチの断面積から算出して6.98gとした。この時、 ρ の値は8.93Mg/m³⁽²⁰⁾とした。

実験に用いた装置は、計装化した放電焼結機であり、電源、加圧装置、計測システムおよび真空系から構成さ

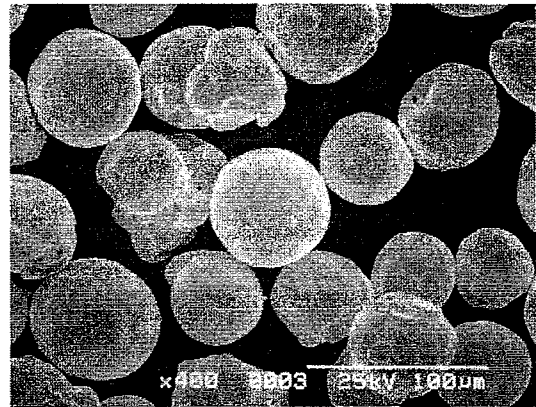


Fig. 1 SEM image of as-received pure copper powder.

れる。焼結型、パンチおよび電極の概略をFig. 2に示す。

電流は上部電極から下部電極に向かって流れ、加圧は下部電極のみが油圧によって上昇する単軸圧縮の機構により行われる。また、下部電極の変位量を測定することによって、圧粉体の高さ方向の変位を測定できるようになっている。なお、焼結はすべて10⁻²Pa下の真空中で行った。

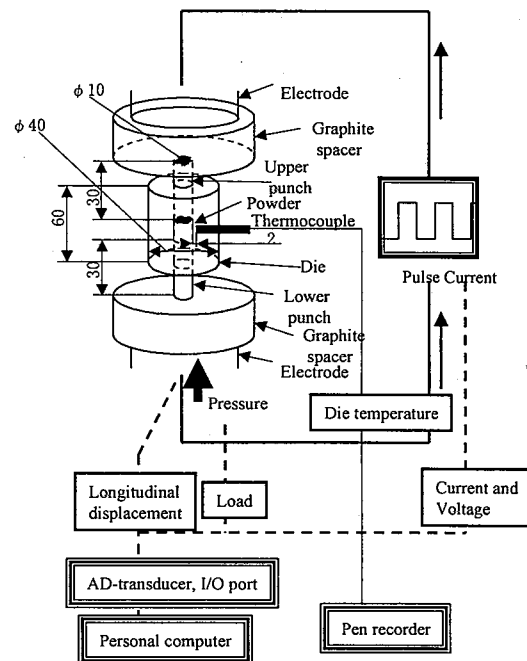


Fig. 2 Outline of spark sintering equipment and measuring system (Unit:mm)

所定量秤量した銅粉末を円筒形の型(外径:40mm、内径:10mm、高さ:60mm)に注ぎ、上下パンチ(外径:10mm、高さ:30mm)を型に挿入し、Fig. 2に示すように放電焼結

機の両電極間にセットし単軸圧縮によって加圧しながら通電を行った。型およびパンチはグラファイト製である。また、型の側面中心部に型温度を測定するための深さ13mm(内壁面からの距離:2mm)の熱電対用のφ3.2mmの穴を設けており、この部分に熱電対を差し込み、型温度(T_d)の測定を行った。

純銅の場合、放電焼結の初期段階においてパルス電流密度(I_p)が1.3A/mm²、単位パルス通電時間(t_p)が100msおよびパルスのon/off比が1:1の矩形波パルスを5000回負荷すると加圧力に関係なく十分な比抵抗の減少が起こる⁽¹⁵⁾ことが確認されている。そこで、本研究の放電焼結では、すべて初期段階のパルス通電としてPが37.5MPaで I_p が1.3A/mm²、 t_p が100msの矩形波パルス通電を1020s行った。その後、Pが37.5MPaのまま、もしくは、62.5MPaに変化させ、電流密度(I)が2.8~4.5A/mm²の定電流連続パルス通電(周波数は約350Hz)を行った。この時、Pを変化させる場合には、第1段階の矩形波パルス通電終了の1分前からゆっくりと変化させた。なお、電流密度(I_p およびI)は測定された電流値を圧粉体断面積で除した値である。

3. 実験結果および考察

3.1 圧粉体温度および相対密度

本実験装置では、実験中の T_d および高さ方向の変位(H)の直接測定が可能である。しかし、本研究の解析において、実際に必要とされるのは圧粉体中心部の温度(T_c)と相対密度(D)である。そこで、 T_d と T_c およびHとDとの関係をそれぞれ実験によって求め、 T_c およびDに与える影響因子を考慮した実験式を導くことによって、 T_c およびDを実験中に直接求めることができるようにした。なお、本研究におけるDは常温下においてJISに準拠したアルキメデス法によって求めた相対密度(D_a)を示す。以下に、実験によって導かれた T_d と T_c およびHとDとの関係を表す式(1)および式(2)を示す。

$$T_c = T_d + a(dT_d/dt) + b \quad (1)$$

$$D = D_a = D_m + cP + d(T_c - 293) + e \quad (2)$$

ここで、 (dT_d/dt) は昇温速度であり、 D_m は相対密度が100%のときの圧粉体高さをHで除したもので、見かけの相対密度である。また、 $(T_c - 293)$ は室温からの圧粉体温度の上昇量である。なお、式中のa~eは定数であり、得られたa~eをTable 1に示す。

Table 1 Values of a-e in eq.(1) and eq.(2) for pure copper compact in this experiment.

a	b	c	d	e
4.2	40.5	-1.0×10^{-3}	3.2×10^{-6}	7.1×10^{-2}

上記の式(1)および式(2)によって求めた T_c およびDは実験値とよく実験結果をあらわし、実験値に対する誤差の平均は1.0%以下であった。以後、本研究において表記する T_c およびDはそれぞれ上記の式(1)および式(2)によって求めた値を用いた。

次に、焼結過程における T_c およびDの時間変化をFig. 3およびFig. 4に示す。Fig. 3およびFig. 4において時刻0の T_c およびDとは、第1段階の矩形波パルス通電終了時の T_c およびDを示す。Fig. 3およびFig. 4より、同じPで比較した場合、Iが大きくなるほど、同じ焼結時間で得られる T_c は大きくなり、それに伴ってDは大きくなる。また、Pが大きくなると、同じIおよび時間で得られる T_c は小さくなるにもかかわらず、Dは大きくなる。

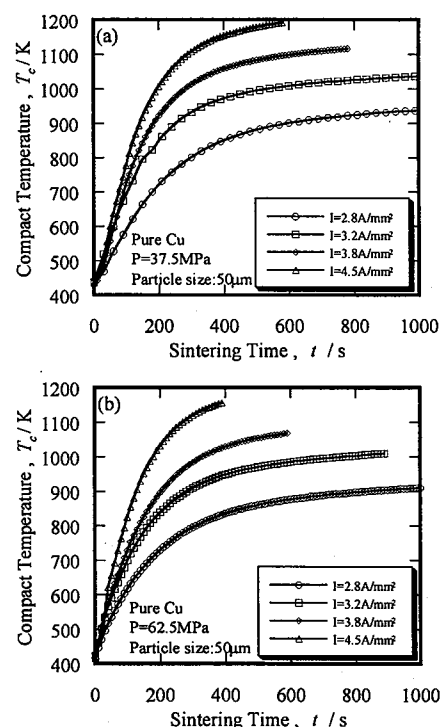


Fig. 3 Changes in compact temperature of pure copper compact during spark sintering.

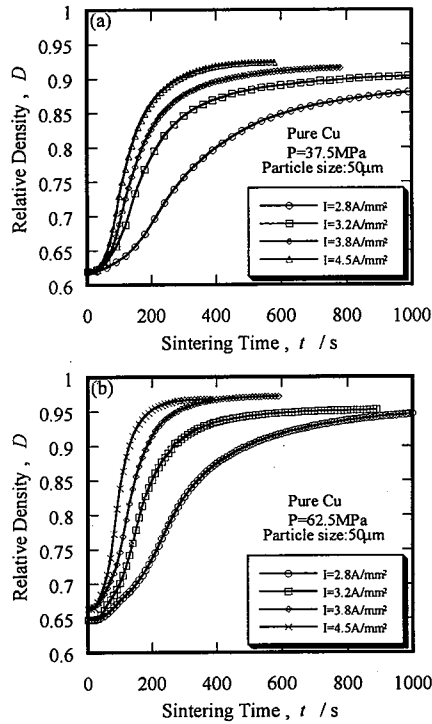


Fig. 4 Changes in relative density of copper powder compact during spark sintering.

3.2 焼結速度

焼結速度($\dot{D}$)と D の関係を Fig. 5 に示す。 $\dot{D}$ は、Fig. 4 に示した D の増加量をその変化に要した時間(dt)で除して求めたものである。すべての条件において $\dot{D}$ は相対密

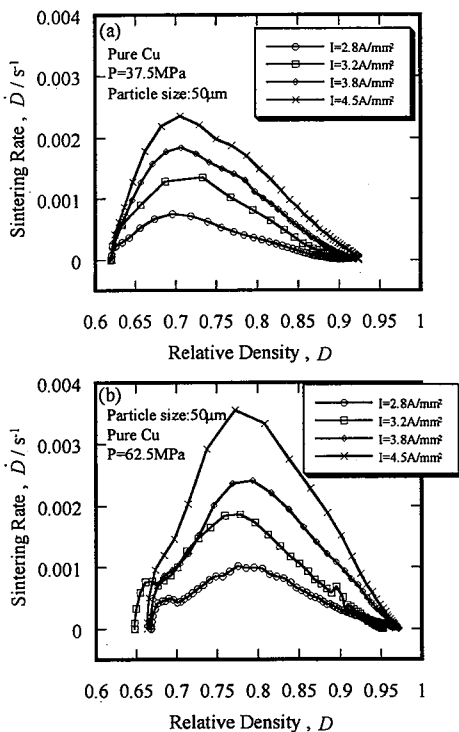


Fig. 5 Relation between relative density and copper compact during spark sintering.

度の低いところで増加して、極大値($\dot{D}_{max}$)に達した後に徐々にその速度を減らしながら最終的に 0 に近づいた。 $\dot{D}$ および $\dot{D}_{max}$ は、 I が大きくなるほど、そして、 P が大きくなるほど大きくなった。この時、 P が大きくなるほど $\dot{D}_{max}$ を示す相対密度は大きくなった。

3.3 塑性変形による圧密過程

Fig. 6 に T_c と D の関係を示す。図より、 T_c が約 800K 以下の範囲で、 D は温度のみによって決定されることが分かる。つまり、この範囲における焼結機構としては、降伏応力の温度依存性のみに依存する塑性変形によるものであると考えられる。

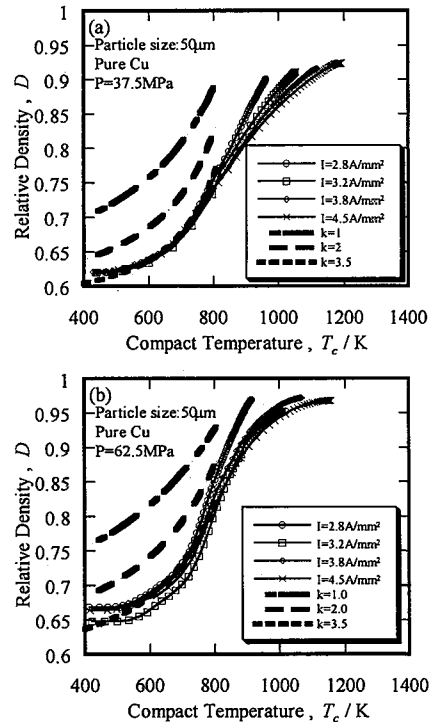


Fig. 6 Relation between compact temperature and relative density. The dashed lines show the relative density obtained from eq.(5) in various “k” values.

金属粉の圧粉体あるいは多孔質材料の一般的な Von Mises 型圧密構成式は第 2 次の偏差応力の不変量(J_2')、第 1 次の静水圧応力の不変量(J_1)および相当応力(σ_{eq})を用いることで式(3)の形で表される⁽²¹⁾⁽²⁶⁾。

$$\sigma_{eq}^2 = 3c(D)J_2' + f(D)J_1^2 \quad (3)$$

ただし、 $J_2' = (1/6)\{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2\}$

$$J_1^2 = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)^2$$

ここで、 σ_1 、 σ_2 は圧粉体の半径方向および σ_3 は圧粉体

の高さ方向(軸方向)の主応力を示す。

式(3)中の $\alpha(D)$ および $f(D)$ 関数については、これまでに様々な実験のおよび力学的な検討⁽²⁵⁾⁽²⁹⁾がなされており、 $D=1$ の時に $\alpha(D)$ および $f(D)$ は、それぞれ 1 および 0 になる相対密度の関数である。つまり、 $D=1$ のときに式(3)は Von Mises の降伏条件に等しくなる。

次に、型内単軸圧縮の場合では、半径方向のひずみ(ϵ_1 , ϵ_2)は 0 になることから、式(3)より側圧係数(ζ)は次式のように表される。

$$\zeta = \sigma_1/\sigma_3 = \sigma_2/\sigma_3 = \{\alpha(D) - 2f(D)\} / \{\alpha(D) + 4f(D)\} \quad (4)$$

さらに、 $\sigma_{eq} = \sigma_{yield}$ (σ_{yield} : 粉末材料の降伏応力(0.2%耐力⁽³⁰⁾))として、式(3)および式(4)より以下の式(5)が得られる。

$$\sigma_3 = P = \sigma_{eq} / \kappa(D) = \sigma_{yield} / \kappa(D) \quad (5)$$

ただし、 $\kappa(D) = [\{9f(D)\alpha(D)\} / \{\alpha(D) + 4f(D)\}]^{1/2}$

ここで、従来報告されている $\alpha(D)$ および $f(D)$ を用いて、型内単軸圧縮における ζ を求め、実験結果⁽²⁸⁾⁽²⁹⁾と比較してみると、両者は一致しない。このような理由から、王らは $\alpha(D)$ および $f(D)$ 関数についての検討を行い、実験値に近い側圧係数を得ることのできる次式を報告した⁽²⁶⁾。本研究においては、この式を用いて解析を行うこととした。

$$\alpha(D) = 1 / \{1 - \exp(-V_{ip}) + \exp(-sV_{ip}) V_{ip}\} \quad (6)$$

$$f(D) = 1 / (9V_{ip})$$

ただし、 $s = 1/500$ 、 $V_{ip} = [\alpha(D)]^2$ 、

$$\alpha(D) = (3/4)k(D/D_0)^{1/3}(D-D_0)/(1-D)$$

ここで、 $\alpha(D)$ は常温下の静水圧圧密において、 $P_{ip} = \alpha(D)\sigma_{eq}$ で表される相対密度の関数である。式中の k は圧密過程における粒子間の滑りやすさを表す係数である。常温における金属粉末の通常の圧密過程においては $k=1$ となり、粒子間の滑りを潤滑剤によって促した場合には $k=0.6$ になる⁽³¹⁾。また、 D_0 は初期相対密度(かさ密度)を示し、本研究において、 D_0 を実験によって求めたところ約 0.54 であった。

一般的には、式(6)中の k の値は粒子形状、粒子表面状態あるいは粒子径等にも依存し、粉末の種類と圧密条件の影響を受けると考えられる。放電焼結の場合、矩形波パルス通電による第 1 段階において、粒子間に微視的溶融(放電現象)によってネックが形成され、オーバーラップ分の体積が接触部近傍に集中して空洞を埋めるこ

と⁽¹⁶⁾⁽³²⁾や熱膨張によって接触面積が大きくなるために、常温下における静水圧圧密の場合と比較して、焼結過程全般に渡り粒子間の滑り(再配列)等が起こりにくくなることで、 k は室温よりも大きな値になることが予想される。そこで、 k の値を様々に変化させ、式(5)によって求めた計算結果を Fig. 6 に破線で示す。本図から $k=3.5$ とすることで、式(5)は実験結果をよく表すことが分かった。そこで、本研究においては、以後の解析を含めて、 $k=3.5$ を用いることとした。

3. 4 累乗則クリープ(高温)変形による圧密過程

3. 4. 1 型内単軸圧縮における累乗則クリープ(高温)変形を基礎とした焼結速度式

T_c が約 800K 以上で、 D は T_c のみによって決定されない。そこで、この段階の焼結機構としてひずみ速度に依存する累乗則クリープ(高温)変形によるものを考えた。

クリープひずみ速度($\dot{\epsilon}_c$)は、クリープ定数(A)、応力指数(n)、活性化エネルギー(Q_c)、試験温度(T)および気体定数(R)を用いて式(7)のように表される。

$$\dot{\epsilon}_c = A \sigma_{eq}^n \exp\{-Q_c/(RT)\} \quad (7)$$

Viot ら⁽²⁵⁾は、Abouaf ら⁽²²⁾の考え方に従って、クリープ・ポテンシャルを式(8)のように定義し、また、式(5)に示した σ_{eq} と P との関係を用いて、累乗則クリープ(高温)変形機構による型内単軸圧密における $\dot{D}$ を式(8)~(10)のように求めた。

定義されたクリープ・ポテンシャル Φ は、次式のとおりである⁽²⁴⁾⁽²⁵⁾。

$$\Phi = \{A/(n+1)\} \sigma_{eq}^{n+1} \exp\{-Q_c/(RT)\} \quad (8)$$

圧密方向のひずみ速度($\dot{\epsilon}_3$)は式(7)および(8)より式(9)のように表される。

$$\begin{aligned} \dot{\epsilon}_3 = \dot{D}/D &= (\delta\Phi/\delta\sigma_3) = (\delta\Phi/\delta\sigma_{eq}) \cdot (\delta\sigma_{eq}/\delta\sigma_3) \\ &= Ak(D)^{n+1} \sigma_3^n \exp\{-Q_c/(RT)\} \end{aligned} \quad (9)$$

式(9)中の σ_3 は型内単軸圧縮における負荷圧力(P)に等しく、 $\dot{D}$ は式(9)より式(10)のように表される。

$$\dot{D} = ADk(D)^{n+1} \exp\{-Q_c/(RT)\} P^n \quad (10)$$

式(10)において D および P が一定の時、 $\dot{D}$ は T のみに依存する式となり、Fig. 5 の D と $\dot{D}$ の関係と、その時の T_c から Fig. 7 のアレニウスプロットを得た。

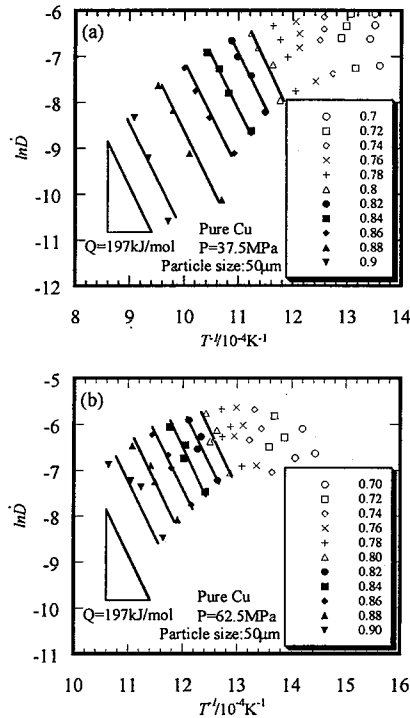


Fig. 7 Arrhenius plots of spark sintering rate for pure copper compact.

図より D が約 0.8 以上で、ほぼ同様の傾きを示すことが分かる。式(10)において、この傾きは焼結速度の活性化エネルギー(Q)を示し、 D が約 0.8 以上での算術平均としての Q は、純銅のクリープの活性化エネルギーとして報告されている値($Q_c=197\text{kJ/mol}$)⁽³³⁾ とほぼ同じ値を示した。このことから、この段階における焼結機構としては、ひずみ速度に依存する累乗則クリープ(高温)変形によるものであろうと推測される。

3.4.2 焼結速度式の適合性

式(10)の両辺の対数をとると式(11)が得られる。

$$\ln[D/(D \kappa(D))] + Q_c/(RT) = n \ln\{\kappa(D) P\} + \ln A \quad (11)$$

本実験において得られた $Q_c=Q=197\text{kJ/mol}$ 、 D 、 $T=T_c$ および P の値を式(11)に代入し、式(11)の左辺と右辺の $\ln\{\kappa(D) P\}$ との関係の求めると Fig. 8 が得られる。図から分かるように、 $\ln\{\kappa(D) P\}$ が $P=37.5\text{MPa}$ で約 3.1 以下(P が 37.5MPa で $D=0.67$ 以上、 P が 62.5MPa で $D=0.72$ 以上)の範囲において、ほぼ同様の直線関係(図中に破線で示す)を得ることができた。ここで、図中の破線の傾きは、式(11)から n 値を示す。そこで、図より算術平均としての n の値を求めたところ、4.3(3.0~5.7)の値が得られた。得られた値は、報告されている n 値($=4.8$)⁽³³⁾ に比較して、わずかに小さな値を示したが、実験結果のばらつきを考

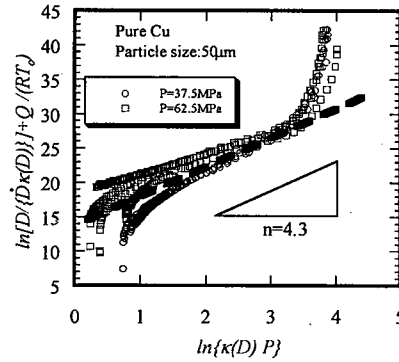


Fig. 8 Relation between $\ln\{\kappa(D) P\}$ and $\ln[D/(D \kappa(D))] + Q_c/(RT)$. $\kappa(D)$ means the function of relative density and explained in the text. n shows the stress exponent.

慮するならば、両者はほぼ一致したものとと言える。以上の結果から、 T_c が 800K を超える段階における焼結速度式を式(10)の形で表すことは適当であると言える。

3.5 放電焼結における焼結機構

放電焼結の焼結機構は、すでに報告されている粉末粒子接触面および近傍において熔融・気化を伴う放電現象の起こる段階⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾を第1段階として、本研究で明らかにされた第2段階の塑性変形による圧密を伴う焼結および第3段階のひずみ速度に依存し、累乗則クリープ式で表せる高温変形による圧密を伴う焼結が考えられた。ただし、第2段階から第3段階への遷移はなだらかに変化し、両段階が重なり合う部分が存在するであろう。本研究において、Fig. 5 に示される $D_{\max}$ が、焼結機構が第2段階から第3段階へ遷移する条件に相当すると考えられる。

4. 結言

本研究では、放電焼結における第1段階の矩形波パルス通電後の連続パルス通電過程における焼結機構を明らかにするために、純銅粉末の放電焼結速度の測定および解析を行った。得られた結果は以下のように要約される。(1) T_c が約 800K 以下の範囲において、圧力(P)が一定であれば相対密度(D)は圧粉体温度(T_c)によって決定され、焼結機構としては塑性変形が考えられた。この時、 $\sigma_{eq} = \sigma_{yield}$ (σ_{yield} : 粉末材料の降伏応力(0.2%耐力))とし、さらに、Von Mises 型構成式を基礎として型内単軸圧縮に適用して求めた次式によって、 T_c 、 D および P の間の関係は整理された。

$$P = \sigma_{eq} / \kappa(D) = \sigma_{yield} / \kappa(D) \quad (i)$$

ただし、 $\kappa(D)=[\{9 f(D) c(D)\}/\{c(D)+4 f(D)\}]^{1/2}$

$$c(D)=1/\{1-\exp(-V_{ip})+\exp(-nV_{ip}) V_{ip}\}$$

$$f(D)=1/(9V_{ip})$$

$$n=1/500, V_{ip}=[\alpha(D)]^2,$$

$$\alpha(D)=(3/4)k(D/D_0)^{1/3}(D-D_0)/(1-D)$$

ここで、 k は粒子径または粒子の再配列の起こりやすさ等に依存する係数であり、 D_0 はかさ密度(初期相対密度)を示す。

(2) T_c が約800Kを超える範囲において、焼結機構は累乗則クリープ(高温)変形へと遷移する。この場合の焼結速度(D)は、気体定数(R)、クリープの活性化エネルギー(Q_c)および応力指数(n)を用いて、式(ii)の形で表される。

$$\dot{D} = A D \kappa(D)^{n+1} \exp\{-Q_c/(R T_c)\} P^n \quad (ii)$$

参考文献

- (1) M. Omori and T. Hirai: *New Ceramics* **7**(1994)27-31.
- (2) O. Yanagisawa, T. Hatayama and K. Matsugi: *Materia Japan* **33**(1994)1489-1496.
- (3) M. Omori: *Mater. Sci. Eng.* **A287**(2000) 183-188.
- (4) N. Tamari, T. Tanaka, I. Kondo, S. Kosei and K. Goto: *J. Ceram. Soc. Japan* **100**(1992)613-616.
- (5) J. R. Groza: *Scripta Metall.* **30**(1994)47-52.
- (6) N. Maruyama: *Ceram Jpn.* (1997)445-449.
- (7) M. Tokita: *J. Soc. Powder Technol.* **30**(1993)790-804.
- (8) J. Onagawa, T. Goto, Y. Sato, O. Ise, N. Ishii, T. Horikawa, K. Sawada and K. Hasegawa: *J. Japan Inst. Metals*: **62**(1998)939-944.
- (9) G. A. Weissler: *Int. J. Powder Metallurgy & Powder Technology* **17**(1981)107-118.
- (10) T. Nagae, M. Yokota, M. Nose, S. Tomita, T. Kamiya and S. Saji: *J. Japan Inst. Metals* **65**(2001)726-733.
- (11) K. Kobayashi, A. Matsumoto, T. Nishino and K. Ozaki: *J. Japan Inst. Metals* **59**(1995)740-745.
- (12) S. Sumi, Y. Mizutani and M. Yoneya: *J. Jpn. Soc. Powder Powder Metal.* **45**(1998)153-157.
- (13) H. Tomino, H. Watanabe and Y. Kondo: *J. Jpn. Soc. Powder Powder Metal.* **44**(1997)974-979.
- (14) N. Itinose: *New Ceramics* **11**(1998)7-12.
- (15) K. Matsugi, T. Hatayama and O. Yanagisawa: *J. Japan Inst. Metals* **59**(1995)740-745.
- (16) H. Kuramoto, K. Matsugi, T. Hatayama and O. Yanagisawa: *J. Japan Inst. Metals* **65**(2001)868-873.
- (17) O. Ohashi, T. Yoshioka, I. Nitta, H. Hasegawa and S. Sugii: *J. Japan Inst. Metals* **63**(1999)983-988.
- (18) M. Nanko, T. Maruyama and H. Tomino: *J. Japan Inst. Metals* **63**(1999)917-923.
- (19) K. Nishimoto, K. Saida and R. Tsuduki: *J. Japan Inst. Metals* **65**(2001)747-755.
- (20) *Japan Inst. Metals: Kinzoku Data Handbook*, Maruzen (1993)10.
- (21) S. Shima and M. Oyane: *Int. J. Mech. Sci.* **18**(1976) 285-291.
- (22) M. Abouaf, J. L. Chenot, G. Raissin and P. Bauduin: *Int. J. Numer. Meth.* **25**(1988) 191-212.
- (23) A. L. Gurson: *J. Eng. Mat. Tech.* (1977)2-14.
- (24) J. Besson and A. G. Evans: *Acta Metall.* **40**(1992) 2247-2255.
- (25) P. Viot, E. Ouedraogo and P. Stutz: *Proceedings of 2000 Powder Metallurgy World Congress* (2001) 555-558.
- (26) Y. Wang, K. Matsugi and O. Yanagisawa: *J. Jpn. Inst. Metals* **67**(2003) 252-258.
- (27) O. Bouaziz, R. Baccino, C. Dellis, F. Moret and P. Stutz: *Adv. Powder. Metall. Part Mater.* **2**(1996) 5.85-5.97.
- (28) K. Okimoto, T. Sato and T. Yamakawa: *J. Jpn. Soc. Powder Powder Metal.* **22**(1975) 205-212.
- (29) C. Geindreau, D. Bouvard and P. Doremus: *Eur. J. Mech. A/Solids* **18**(1999) 581-596.
- (30) H. Kuramoto, K. Matsugi and O. Yanagisawa: *J. Japan Inst. Metals* **66** (2002)621-626.
- (31) Y. Wang, K. Matsugi and O. Yanagisawa: *J. Jpn. Inst. Metals* **66**(2002) 393-399.
- (32) E. Arzt: *Acta Metall.* **30**(1982) 1883-1890.
- (33) A. S. Helle, K. E. Eastering and Ashby: *Acta metall.* **33**(1985)2163-2174.

高周波振動複合加工によるNi基超耐熱合金の

エンドミル加工に関する研究

桑原 修

Research on milling of nickel-base super alloy with High Frequency Vibration

Osamu KUWABARA

A micro groove machining of nickel-base superalloy was carried out in the end mill with a high frequency vibration. Cutting resistance was reduced by the combined use of friction coating and frequency vibration.

Keywords : High Frequency Vibration , End Mill, Nickel-Base Super Alloy

高周波振動を付加したエンドミルでNi基超耐熱合金の細溝加工を行った。高周波振動と低摩擦コーティングの併用により切削抵抗が低減した。

キーワード：高周波振動, エンドミル, Ni基超耐熱合金

1 はじめに

近年、日本の製造業における加工需要は海外企業の影響を受けて、難削加工に対する要望が高まっている。難削加工に大きな影響を及ぼす因子には、被削材の切削性や加工形状等が挙げられる。被削性の悪い材料の微細形状加工については、その両方の影響を受けるため加工性が著しく低下する。このため、微細加工の分野において、工具に高周波振動を付加する複合切削加工が注目されている⁽¹⁾。

本研究では、Ni基超耐熱合金の微小エンドミル加工において、工具に超音波振動を付加した加工を行い、それが切削性に及ぼす影響について調査した。

2 実験方法

本実験装置の構成を図1に示す。加工機はマシニングセンタ(牧野フライス精機(株)製MSJ25-16)

を用い、主軸に高周波振動を発生させる振動ユニット(榊岳将製UB-40C)を取り付けて加工を行った。切削性の評価として、加工時の切削抵抗を測定した。切削抵抗の測定は3方向動力計(キスラー(株)製 9257B)を用いた。動力計に被削材を取り付け、加工時の切削抵抗を被削材側で測定した。

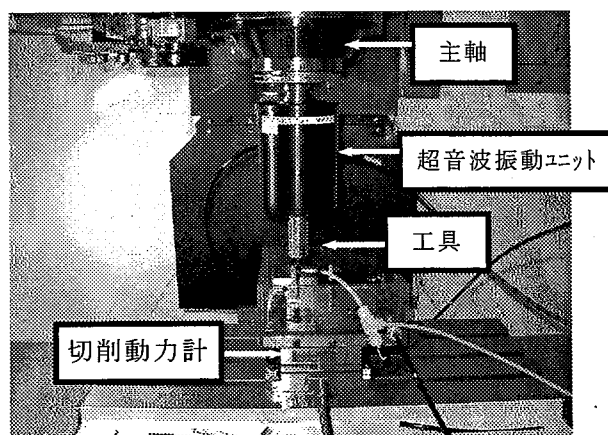


図1 実験装置概要

表1 実験条件

項 目	条 件
被削材	Ni基超耐熱合金
切削油	油性切削油
工 具	2枚刃超硬エンドミル(K種) 直径1.0mm, 首下5.0mm, ねじれ角30°
工具コーティング	TiAlN, CrSiN
切削速度(v)	3.14, 5.00, 6.28 m/min (1000, 1500, 2000 rpm)
軸方向切込(Ad)	0.5 mm
送り速度(f)	0.01 mm/tooth
高周波振動	40, 0 kHz(振動なし)

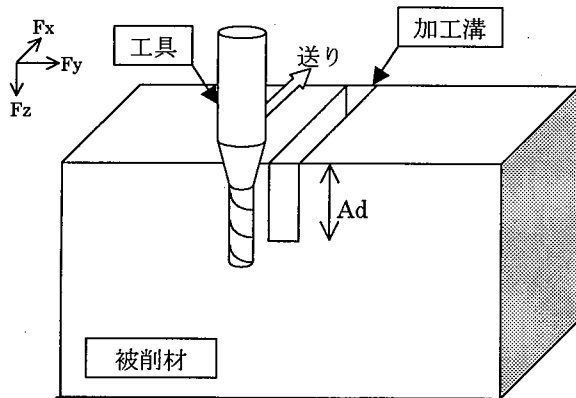
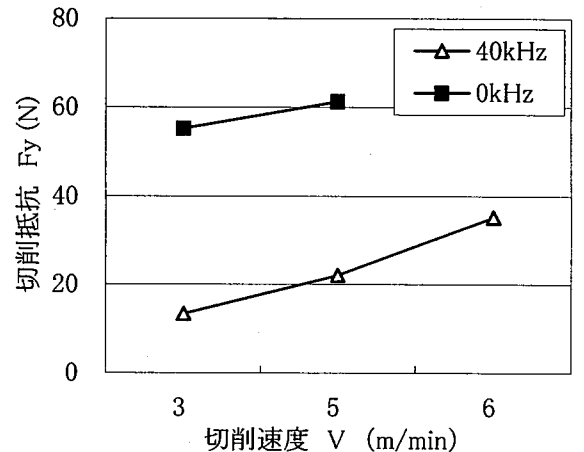


図2 加工概略

実験条件を表1に示す。被削材はNi基超耐熱合金（インコネル718相当）とし、振動ユニットにより高周波振動を付加された超硬材質のエンドミルを用い、図2の要領で溝加工を行った。加工時には油性切削油を使用した。また、工具のコーティングは摩擦係数の異なる2種類のものを用いた。

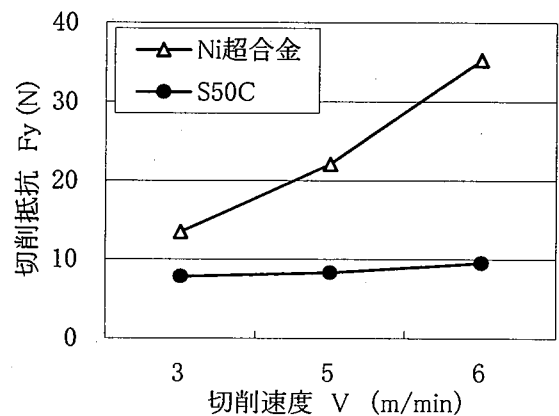
3 実験結果および考察

図3に高周波振動を付加した振動複合加工の、切削抵抗の変化を示す。高周波振動を付加することにより、 $V=3.14 \sim 5.00$ m/minの切削速度において約60Nあった切削抵抗が約20Nまで減少した。振動を付加しない慣用加工では、 $V=6.28$ m/minに



(Ad=0.5 f=0.01mm/tooth 40kHz wet)
(工具:TiAlNコーテッド超硬 被削材:NiSuperAlloy)

図3 高周波振動と切削抵抗の関係



(Ad=0.5 f=0.01mm/tooth 40kHz wet)
(工具:TiAlNコーテッド超硬 被削材:NiSuperAlloy)

図4 被削材質と切削抵抗の関係

おいて工具折損が発生した。

図4にNi基超耐熱合金と炭素鋼（S50C）の切削抵抗の違いを示す。S50Cでは切削速度の変化による切削抵抗の変化は微小であるが、Ni基超耐熱合金は切削速度の上昇に伴い切削抵抗が増大している。これから、Ni基超耐熱合金は切削速度による切削抵抗の変化が激しいことが分かる。図5にその時のNi基超耐熱合金の切削屑を示す。(a) $V=3.14$ m/min, (b) $V=6.28$ m/minの切削屑である。(a)に比べ(b)の方が切削屑が厚くなっており、この切削屑を厚く変形させる力が大きな切削抵抗として現れたものと考えられる。

図6に工具コーティングの違いによる、切削抵抗の差を示す。工具コーティングは摩擦抵抗の

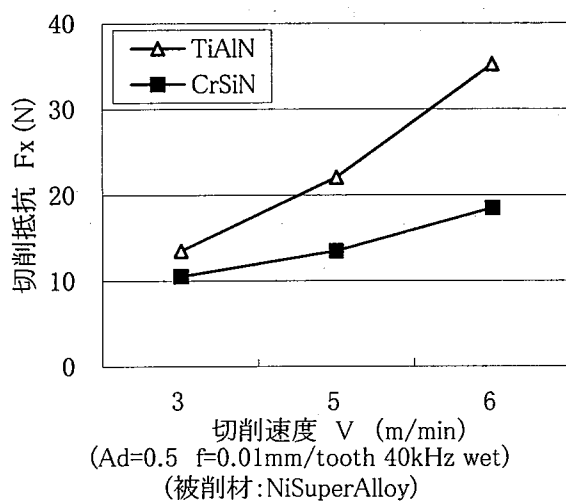


図6 工具皮膜と切削抵抗の関係

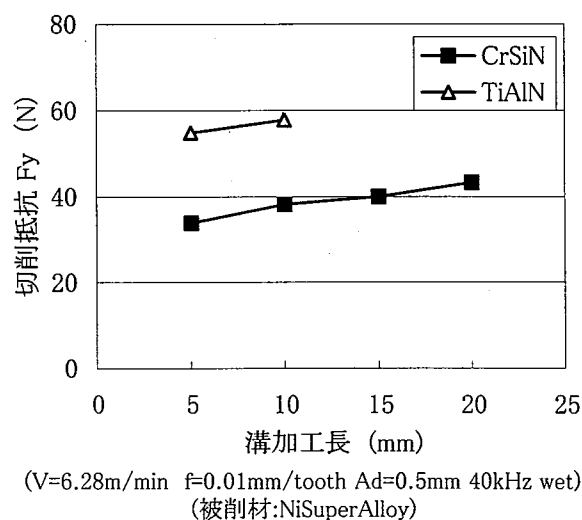
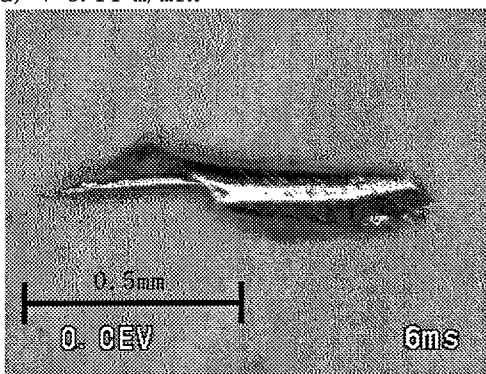
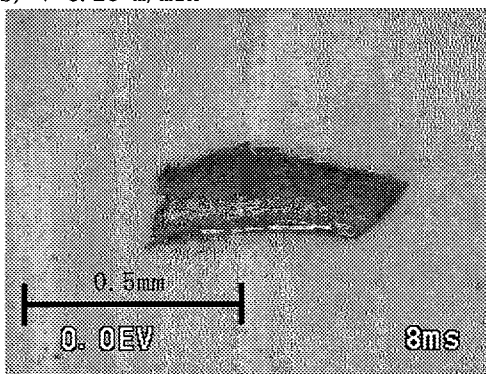


図7 溝加工長さとの切削抵抗

(a) $V=3.14$ m/min



(b) $V=6.28$ m/min



(Ad=0.5mm f=0.01mm/tooth wet NiSuperAlloy)

図5 切削屑

比較した。その結果を図7に示す。TiAlNコーティングは10mmの加工で工具が折損したが、CrSiNは20mm加工後も工具の折損は発生せず、更なる加工が可能であった。

4. おわりに

Ni基超耐熱合金の微小エンドミル加工において、工具に高周波振動を付加した加工を行い、以下のことが分かった。

- 1) 高周波振動付加による加工性の向上は、Ni基超耐熱合金に対して大きな効果があり、約30Nの切削抵抗が低減する。
- 2) 摩擦抵抗の低いCrSiNのコーティングを用いることにより切削抵抗が低減し、加工長さも長くなる。

参考文献

- (1) 太田 和義, マイクロドリルによる微小径孔加工のポイントと加工事例, 機械技術 Vol149, No2, pp18-21 (2001).

違うTiAlNとCrSiNを用いた。TiAlNに比べCrSiNの摩擦抵抗は約1/2になる。摩擦抵抗の低いCrSiNコーティングの方が、切削抵抗も低くなり、 $V=6.28$ m/minにおいて約50%低減する。また、加工寿命を比較するため連続加工試験を行った。連続加工は長さ5mmの溝を複数回加工することで行い、その切削抵抗を

クロメート代替皮膜のライン特性による耐食性評価

金行 良隆、植木 邦夫

An Estimation of Corrosion Resistance of Substitute for Hexavalent Chromate Conversion Coatings in Characteristic of Manufacturing Lines

Yoshitaka KANEYUKI and Kunio UEKI

Corrosion resistance of substitutes for hexavalent chromate conversion coatings, developed by chemical manufacturers was estimated by salt spray test. The time, generated white corrosion products, were various results according as manufacturing process: 24 hours to 840 hours, and some pieces didn't generate white corrosion product.

Keywords: Substitute for Hexavalent Chromate Conversion Coatings, Salt Spray Test

市域企業及び薬品メーカー各社が、現在検討している六価クロム代替処理皮膜について、塩水噴霧試験による耐食性評価を行った。その結果、24時間で白色腐食生成物が発生するものから、840時間の試験後も白色腐食生成物が発生しないものまで様々であった。

キーワード：六価クロム代替処理皮膜、塩水噴霧試験

1. 緒言

六価クロムを使用するクロメート皮膜は優れた腐食抑制皮膜として、めっきの後処理、塗装の前処理等、変色防止・防錆皮膜として多用されている。特に電気亜鉛めっきの耐食性向上の点では欠くことの出来ない防錆処理法であり、現在、自動車部品、電機部品等に多く施されている⁽¹⁾。

しかしながら、六価クロムは人体に悪影響を及ぼすため、特にヨーロッパからこの使用を規制する動きが起こっている。国内の自動車メーカーにおいても、六価クロムに対する規制を打ち出し、それに対応するための六価クロム代替処理法に向けて検討を急いでいる。

ただし、クロムフリーまたは六価クロムフリーの皮膜処理は、例え同じ条件によって処理を行っても、

生産ラインの特性によって耐食性能に大きな差が出ることがある。

本研究では、現在薬品メーカーが開発し、各表面処理企業が使用を検討している六価クロメート代替処理皮膜について、塩水噴霧試験により耐食性の評価を行った。

2. 試験方法

2.1 試験試料

試験片は形状のある製品を想定し、図1の写真に示すような鉄製のアングルにより行った。電気亜鉛めっき及び六価クロム代替皮膜処理については、県内企業及び県外企業、合わせて7社で行った。いずれも有機系のコーティングは施していない。表1は今回の試験に供した試験片の作成条件を示す。

表1 試験片作成条件

No.	クロマト 薬品メーカー	処理温度 /℃	薬品濃度 /cm ³ ・dm ⁻³	処理時間 /秒	乾燥条件	その他	皮膜色
A-1, 2	A社	50	125	45			黄
A-3, 4, 5		25	35	30			青
B-1, 2, 3	B社	30	100	60	ドライヤー5分	pH2.0	黄
B-4, 5		27	40	30	ドライヤー5分	pH2.2	青
C-1~5	C社	30	50	45	55℃15分		黄
D-1~5	C社	60	75	45	60℃10分		赤
E-1~5	C社	50~60	80	40~50	ドライヤー2分	pH2.0	黄
F-1, 2	D社	30	30	45	60℃15分	黄色処理	濃黄
F-3, 4, 5		30	30	45	60℃15分		黄
G-1, 2, 3	E社	30	100	60	60℃7分		赤
G-4, 5		30	30	15	60℃7分		黄
H-1~10	C社	25	30	20	65℃15分		青
I-1~5	B社	30	100	60	ドライヤー2~3分	pH2.05	赤
J-1~5	B社	25	30	25	55℃10分		青

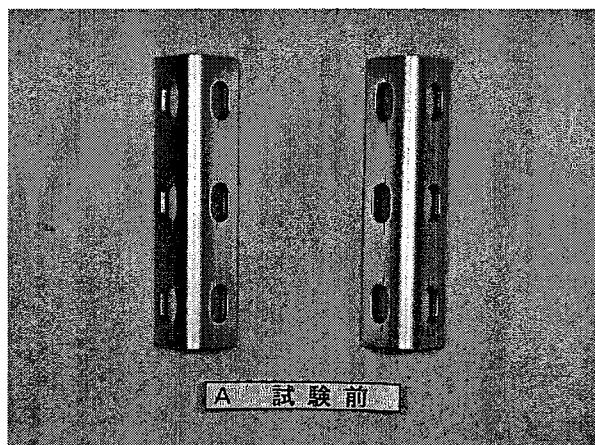


図1 試験前の試験片

表2 塩水噴霧試験結果

試片種	試片No.				
	1(6)	2(7)	3(8)	4(9)	5(10)
A	120	192	96	120	144
B	720	600	600	48	72
C	720	600	336	144	72
D	840	-	-	-	-
E	-	-	720	720	840
F	-	-	-	720	840
G	720	-	-	720	840
H(1-5)	24	96	24	48	24
H(6-10)	24	24	24	24	24
I	720	720	720	720	-
J	24	24	24	24	24

*「-」は840時間の試験で異常なしを示す。

2.2 塩水噴霧試験

試験は JIS H 8502.7.1 により行った。

なお、本研究では、六価クロム代替処理皮膜の性能に着目しているため、白色腐食生成物が発生するまでを一応の目安とし、最高840時間までの試験を行った。

なお、試験片をチェックした時間は、264時間までの24時間毎、ならびに336、432、504、600、720、及び840時間である。

3. 試験結果と考察

表2は塩水噴霧試験の結果を示す。また、図2及び図3に塩水噴霧試験結果の一部の写真を示す。

結果としては、24時間で白色腐食生成物が発生するものから、840時間の試験後も白色腐食生成物が発生しないものまで様々であった。

また、殆どの試験片において、白色腐食生成物の

発生までの時間が96時間程度までか、720時間以上に分かれる結果となった。但し、840時間で白色腐食生成物が発生しなかった試験片においても、全ての試験片でシミ状の黑色生成物が発生している。

全ての試験片において六価クロム代替皮膜処理後に有機系のコーティングは施していないとのことであるが、皮膜が何らかのコーティングの役割を行う有機物を含有していると見られ、これが耐食性能を高めているものと思われる。

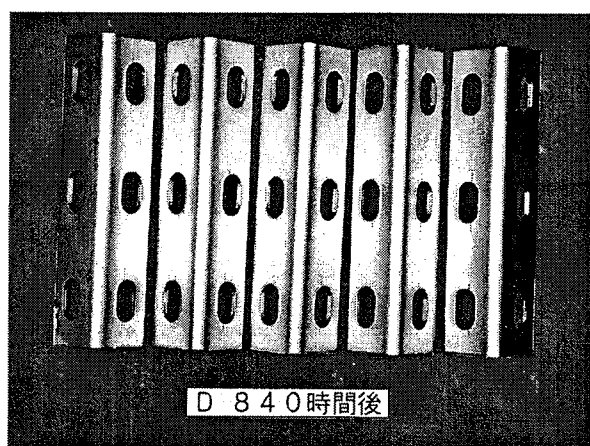


図2 試験片Dの塩水噴霧試験840時間後

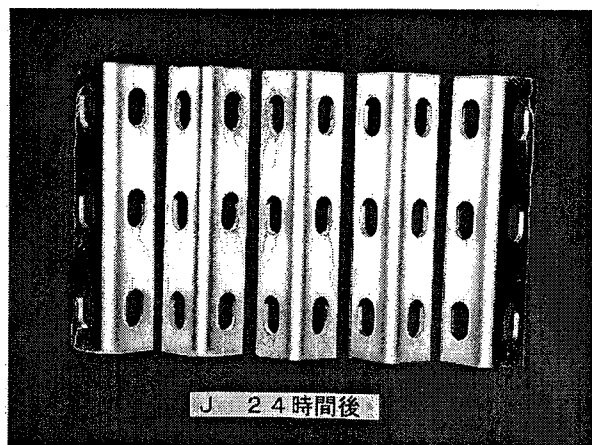


図3 試験片Jの塩水噴霧試験24時間後

4. 結言

本研究により、現在のそれぞれの企業のラインにおいて六価クロム代替処理皮膜がどのくらいの耐食性能を持つのが明らかになった。

今後は各企業とも、有色クロメート皮膜処理のみならず、黒色ならびに緑色クロメート皮膜処理の六価クロムフリー化などの課題もあり、耐食性能、コスト等をも考慮したラインの変更を早急に検討する

必要がある。

近い将来、六価クロムの使用は厳しく規制されていくものと思われる。これらの規制の動向を注視するとともに、自社のラインにあったクロムフリーまたは六価クロムフリーの代替処理皮膜の開発に更に注力していく必要がある。

謝 辞

本研究を実施するに当たり、試験片を提供していただいた企業の皆様に謝意を表します。

参考文献

- (1) 青江徹博, クロメート代替処理法の動向, 表面処理, Vol. 49, No. 3, pp. 221-229 (1998).
- (2) 植木邦夫他, クロムフリーへの対応, 広島市工業技術センター年報, Vol. 14, pp. 53-56 (2001).

携行可能な細管内面損傷測定装置の開発

田中 秀樹 長谷川 尚哉[†]

Development of Portable Damage Measurement Device for Inside of Thin Tube

Hideki TANAKA Naoya HASEGAWA

We developed the measuring system using the light section method for the purpose of measure the inside damage of thin tubes. We developed the measuring system used it. Also, we inspected about the preciseness of the measurements. The system we constructed has two problems. The one problem is that the device is too large to carry. The other problem is that the system takes much of time in shooting and saving images. So we made the device smaller and lighter as keeping up measuring function. And we improved measuring program to quicker the process for shooting and saving images.

Keywords: Non-Destructive Measurement, Light Section Method, Damage on Inside of Tube, Circle Line Laser, Image Processing

細管内面に発生する損傷に対する非破壊計測法として、レーザ光切断法を用いた手法を提案した。これまで、提案手法を用いたシステムを構築するとともに、計測精度についての検証を行ってきた。構築したシステムについては、現場への運搬を考えた場合に寸法と重量に問題があり、さらに画像撮影・保存の処理時間に課題を残していた。そこで、計測機能を維持したまま装置を小さく、軽くする製作に取り掛かり、これを実現した。さらに、計測プログラムを改良して計測結果に影響を及ぼしていた画像撮影・保存処理の高速化を図った。

キーワード: 非破壊計測、光切断、管内面損傷、サークルライン・レーザ、画像処理

1 まえがき

発電所、化学プラントなどの施設においては様々な管が用いられている。特に熱交換器のチューブについては使用時の温度条件が厳しく、またチューブの寿命に影響のある流体が用いられるなど、過酷な条件で使用される。実際に熱交換器のチューブには、減肉、内面の孔食、割れなどの損傷の発生が報告されている^{(1),(2)}。損傷を放置すると事故の発生につながるため損傷計測の実施が必要である。しかし、熱交換器のチューブは管の内径が細いうえに長く、複数の管が束となっているため、チューブ内面の損傷計測には次にあげる問題が存在する。管の外側へ計測器を配置して計測する場合には、①大型の装置が

必要である。逆に管の内側から計測する場合には②使用できる計測器がほとんど存在しない。③管1本ごとに計測することになり作業時間がかかる。これらの問題を満足する手法として、渦流探傷法が一般的に用いられている。

一方、検査コストの低減のためには検査の実施間隔の検討が必要であり、実際に損傷発生予測に対する研究⁽³⁾⁻⁽⁵⁾が行われ、検査の効率化が図られている。管の余寿命予測のためには、損傷寸法および管上における損傷の位置情報の把握が必要不可欠である。しかし、渦流探傷法では原理上、管軸方向に対する損傷位置および円周上の損傷位置を特定できないという課題が残っている。そこで、渦流探傷法を補完する計測手法として光切断による損傷計測法を提案し⁽⁶⁾⁻⁽⁸⁾、計測システムを構築した。構築したシ

[†] 日本システムデザイン(株), 広島市

システムは研究開発用としての利用も考えているため、装置が大きく重い。そのうえ、装置を持ち運ぼうとすると複数のケースに格納することになるので、現場への運搬には労力を要する。

そこで、持ち運びを容易にするため計測機能を維持したまま、小型軽量化した装置を製作した。さらに、計測結果に影響を及ぼしていた画像撮影・保存の処理時間を改善した。

2 システムの概要

今回製作した装置の原理は前報⁽⁶⁾⁻⁽⁸⁾に詳述しているが、原理とシステム構成を簡単に記述する。

2.1 原理

光学的に円形照射するレーザ発振器と小型 CCD カメラとを同一軸上で対向して配置する。レーザ発振器と CCD カメラを1つのユニットに納め(プローブ)、これを管内に挿入すると管内面にレーザによる光切断線が現われる。損傷のない場合には CCD カメラで撮影した光切断線(光切断画像)が円として確認できる。プローブを管に挿入した時の様子を図1に示す。ここで、図ではレーザ発振器と CCD カメラを納めるユニットを省略している。

光切断画像では管内面の損傷に応じた光切断線のひずみが生じるので、この損傷とひずみ量との相関関係から損傷が推定できる。

2.2 システム構成

本システムはプローブ、レーザ発振器用電源、CCD カメラのコントロールユニットである CCU、プローブの管内移動量を求める距離測定ユニット、光切断線から損傷を計測する機能を持つ画像解析装置から構成される。画像解析装置には CCD カメラ画像を入力するためのキャプチャボード、距離測定ユニットからのエンコーダ信号を取り込むためのエンコーダカウンタボードを有する。製作したシステム構成を図2に示す。

次に部品の主な仕様を説明する。プローブは管内面観測用の窓を開けた、直径 19mm × 330mm の円筒形状である。レーザ発振器の仕様は、出力波長 635nm、最大定格出力 5mW、ビーム径 0.8mm、放射角 20°(初期設定)である。CCD カメラの仕様は、外径 12mm、有効画素数 768(H) × 494(V)、走査線

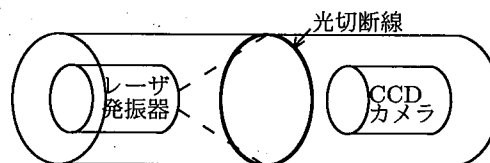


図1 プローブの原理図

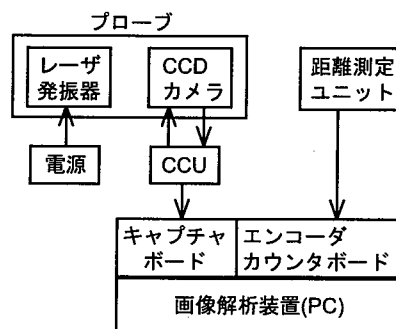


図2 システムブロック図

525本、アスペクト比 4:3 である。画像解析装置の入力可能な画像サイズは 640 × 480 画素で、管内径 21mm に対する画像の分解能は、プローブの初期設定では 1 画素当たり 0.05mm である。また、使用するコンピュータは MPU Celeron 1GHz、メインメモリ 128MB である。

3 従来型の課題と対策

3.1 課題

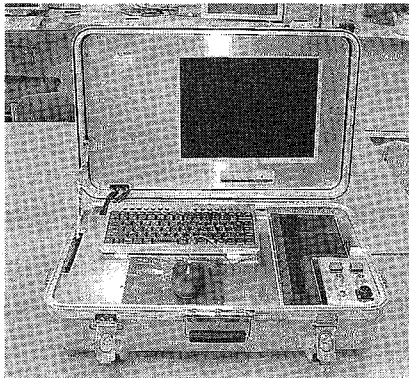
前報で製作した管内損傷計測装置(従来型)⁽⁶⁾⁻⁽⁸⁾には取り扱いに課題が残された。その課題を次に示す。

- 装置の寸法が大きく、重い。
- 画像撮影後に光切断線の輪郭の抽出処理を行い、その後画像を保存するため画像の取りこぼしが多い。

前者の課題について、従来型には運搬用のケースがあるが全ての機器を収納するとケースが3つとなり、作業現場への持ち運びを考えた場合には現実的ではない。後者の課題について、計測用の画像撮影はプローブの移動距離に同期させることができ、その値は任意に設定可能であるが、プローブの移動速度の速い場合には処理が追いつかず画像を取りこぼすことがある。移動距離の設定間隔が数 mm と短い時には画像の取りこぼしを防ぐためにプローブの移動速度を遅くしなければならず、現在行っている人手による操作では 1mm 間隔の設定でも難しい。



(a) 外観



(b) 内部配置

図 3 装置の外観

3.2 対 策

3.1の課題を解決するため、装置の小型化ならびに画像保存プログラムの改良を行った。

(1) 装置の小型化、軽量化

現在使用している機器のうち体積の大きいものを小さくすることが、装置の小型化に大きく影響することは明らかである。このため、従来型を構成する機器のうち体積の大きいものを調べると、コントロールユニットと画像蓄積解析装置⁽⁶⁾であり、したがってこれを運搬するためのケースも大きなものが必要となっている。

そこで、2つの装置の機能を1つのケースの中に構築することで、携行を可能とする装置の製作を目指した。コントロールユニットはプローブ・距離測定ユニットと画像蓄積解析装置とのインターフェースを担う機器である。プローブと距離測定ユニットのインターフェース部をそれぞれ分離して再配置が可能であることから小型化が可能である。画像蓄積解析装置はパーソナルコンピュータ (PC) 上に画像の

表 1 寸法と重量の比較

装置		寸法 (mm)	重量 (kg)
従来型	1	680 × 500 × 575	32
	2	1075 × 380 × 170	15
	3	530 × 280 × 530	16
新 型	1	640 × 420 × 255	22
	2	1075 × 380 × 170	15

撮影、表示、保存、さらに損傷計測の機能を構築しており、画像入力ボード、エンコーダカウンタボードの接続が必要という制約がある。このためなるべく体積の小さい PC を選択することで対応した。以上のような変更とケースへの機器のレイアウトを検討することで、図 3 の外観のように体積を小さくすることができた。

従来型と今回製作した装置 (新型) との寸法および重量の比較を表 1 に示す。表の装置列の数字は任意に付けたケース番号であり、番号 2 は従来型、新型とも同じケースであり、プローブ、距離測定ユニットならびにプローブを管内に挿入するための挿入棒を収納する。特に挿入棒は長いためケース寸法も大きい。従来型の番号 1、3 はそれぞれ画像解析蓄積装置、コントロールユニットのケースであり、これを新型では番号 1 の寸法のケースに収まるようにまとめた。従来型と新型の体積および重量の合計は、それぞれ 0.34m^3 、 0.14m^3 、 63kg 、 37kg であり、体積比 (新型/従来型) は 41%、重量比は 59%と体積比、重量比とも大幅に低減することができた。

(2) 画像保存プログラムの改良

管内面の損傷計測ではプローブの移動距離に同期した画像より、光切断線のひずみから損傷を計測する。計測においては画像を撮影する間隔が狭いほど管軸方向の分解能が高くなるため、文献⁽⁸⁾では画像撮影と損傷計測処理とを分離させた。従来型では画像撮影時において、①画像撮影、②光切断線のエッジ抽出、③画像・エッジ座標の保存という処理を行っており、プローブの移動速度が速い場合には距離測定位置と画像撮影位置とが同期しないことがある。しかし、プローブの移動は人手で行っているため極端に細かい間隔の操作は難しい。距離測定位置と画

表 2 画像撮影処理時間の比較

装置	処理時間 (ms)	誤り割合 (%)
従来型	0.243	—
新 型	0.134	37

像撮影位置とを同期させるため、ならびに計測処理の迅速化のためには画像関連処理の高速化が適しており、画像撮影処理では単に画像撮影、保存のみを行うプログラムとした。プログラムの開発言語としては Visual C++ 6.0 を用いた。なお、従来型のプログラムは Visual Basic で開発した。

作成したプログラムの画像撮影処理の評価のために、従来型と新型のそれぞれについて、1 画像を撮影して保存するまでの処理時間を測定した。また、新型についてはプローブの移動距離 100mm、移動速度 3.3mm/s、撮影間隔 1.0mm の条件のもとで、距離測定位置と画像撮影位置とが一致しない割合について調べた。この結果を表 2 に示す。

結果より 1 画像に対する処理時間は新型が従来型よりも約 2 倍早く処理できることが分かる。距離測定位置と画像撮影位置とが一致しない割合は、新型のみについて調べ 37% であった。処理時間から考えて従来型では約 2 倍の割合となると推測できる。以上結果からプログラムの改良により画像撮影処理が向上したことが示された。

4 損傷計測実験

4.1 計測項目

撮影された画像より損傷の検出と計測を行うプログラムを従来型より移植した。プログラム開発には LabVIEW を用いており、LabVIEW をインストールしていない新型装置に移植するために単独実行形式で作成した。損傷の計測項目は図 4 に示すように、損傷の重心を基準とした、①円周方向の最大寸法、②管軸方向の最大寸法、③損傷の角度、④計測開始位置からの距離である。

4.2 実験結果

側面に丸穴を開けた管の損傷を計測した。実験に用いる管は内径 $\phi 21\text{mm}$ で、穴の直径は 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5mm の 8 つの大きさである。画像撮影はプローブの移動量の 0.5mm ごととした。

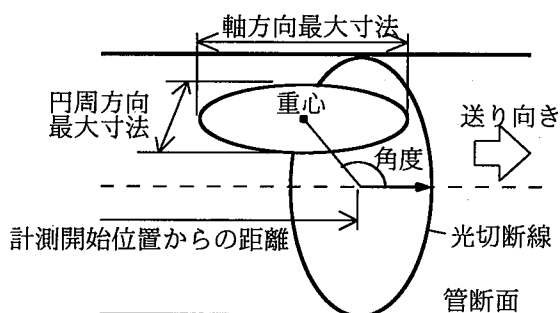


図 4 計測項目内容

表 3 管内径 $\phi 21\text{mm}$ に対する計測結果

項目	損傷穴径 (mm)							
	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
円周	1.8	2.4	2.7	3.3	4.0	4.7	4.9	5.6
管軸	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	3.5	4.5	5.0
角度	143	159	150	140	147	154	155	153
位置	1.5	2.0	2.0	2.5	3.0	3.5	3.0	4.0

解析結果を表 3 に示す。表の円周、管軸、角度、位置はそれぞれ、円周方向の損傷最大寸法、管軸方向の損傷最大寸法、損傷の重心点を通る管断面上の角度、管軸方向の重心点位置を表わす。プローブ移動開始位置は各穴とも穴の端より 1.0mm 程度外側からとした。

結果より円周方向、管軸方向、重心点の位置の誤差はそれぞれ最大 0.3mm、1.0mm、0.75mm である。円周方向の誤差は従来型で計測した時より 0.1mm 誤差が増加しているが、測定誤差の範囲と思われる。管軸方向の誤差については従来型と比較して 1.0mm 誤差が低下した。位置については従来型での計測は行っておらず新型のみの判断となるが、管軸方向の分解能が 0.5mm であることを考えると、最大誤差の 0.75mm は誤差範囲内と考えられる。以上の実験結果から損傷計測が正しく行えることが確認できた。特に管軸方向に対する計測精度が向上した。

5 むすび

前報で構築した計測装置の課題を解決するために、小型化と軽量化を行った装置をあらたに構築した。従来の装置より体積比 41%、重量比 59% と大幅に小型化、軽量化が実現できた。このことにより、本装置による現場での損傷計測が促進されるものと思われる。また、画像撮影・保存の処理時間を改良することで、管軸方向の計測精度を高めることと、作業

性の向上に成功した。

今後は現在人手で挿入しているプローブに対して、作業者の負担の軽減ならびに軸方向の計測精度のさらなる向上のため、機械的な方法について検討を行う予定である。

謝 辞 本研究は中小企業技術開発産学官連携促進事業(中小企業庁補助金)の一環として実施した。記して関係各位に感謝の意を表する。

参考文献

- (1) 溝口茂, 矢野清之助, 山本一雄, 緒方良昭, “ボイラー節炭器管の内面腐食事例,” 腐食防食講演集, vol.1987, pp.205-208, 1986.
- (2) 日本材料学会, 熱交換器の管理と余寿命予測, 日本材料学会, 1996.
- (3) 藤山一成, 井関崇司, 中谷祐二郎, 竹村信一, “蒸気管熱衝撃割れの計測に基づく熱応力および熱疲労寿命評価システム,” 日本機械学会計算力学講演会講演論文集, vol.12, pp.369-370, 1999.
- (4) 佐藤武司, 渡辺豊, 庄子哲雄, 加藤靖, 中里俊晴, 東正樹, 中原正大, “遺伝的アルゴリズムによる熱交換器腐食寿命支配因子の評価,” 材料と環境討論会講演集, vol.1997, pp.213-316, 1997.
- (5) 中原正大, 新崎雅人, “極値統計データ (λ, α) を基にした冷却水環境における炭素鋼熱交換器の寿命予測,” 腐食防食討論会講演集, vol.40, pp.441-444, 1993.
- (6) 田中秀樹, 世良英美, “光切断法による細管内面の損傷計測 (第1報),” 広島市工業技術センター年報, vol.13, pp.61-66, 1999.
- (7) 田中秀樹, “光切断法による細管内面の損傷計測 (第2報),” 広島市工業技術センター年報, vol.14, pp.64-70, 2000.
- (8) 田中秀樹, “光切断法による細管内面の損傷計測 (第3報),” 広島市工業技術センター年報, vol.15, pp.55-59, 2001.

救急車内の臥位人体頭部の振動特性に関する実験的研究 (水枕が頭部に及ぼす影響)

上杉 憲雄, 西山 修二, 清水 功史, 山本 和弘*, 松原 繁*

Experimental Investigation of Vibration Characteristics of Lying Person's Head in an Ambulance Car (Influence of Water Pillow on Head)

Norio Uesugi, Shuji Nishiyama, Kohshi Shimizu, Kazuhiro Yamamoto, Shigeru Matsubara

In case of carrying a patient into a hospital by an ambulance, the influence of water pillow on vibration characteristics of a Lying patient's head was examined. The influence of water pillow on head vibration was evaluated quantitatively by measuring both transient response and frequency response.

Keywords: Vibration, Ambulance, Lying patient

患者が救急車により医療機関へ緊急輸送される際、水枕が臥位状態の患者頭部振動特性に及ぼす影響について検討した。患者頭部が受ける振動について救急車が突起乗り越しをする場合の過渡応答特性と一般道路を走行する場合の周波数応答特性を測定し、水枕が臥位人体頭部に及ぼす影響を定量的に示した。

キーワード：振動，救急車，臥位状態

1. 緒 言

患者が救急車により医療機関へ緊急輸送される場合、患者はベッドに常に接し、車両走行による路面からの刺激は、車両・ベッド各部の共振の影響を受けながら、患者の人体各部に振動として伝達される。したがって、患者がベッドに臥位状態で車両が走行した場合、人体も複雑な振動系を構成し、車両・ベッドの共振が乗員挙動に影響を及ぼすと考えられる。この患者が受ける振動を低減することは、患者の安全のために必要であるばかりでなく、救急隊員が車内で蘇生措置等を行う上においても重要である。現場の救急隊員は、防振架台の使用や道路状況により車両の走行スピードに変化をつけることで、振動低減を図っている。しかし、脳血管障害等で頭部への治療を要する患者およびその関係者等からは、水枕を使用するなどして、もっと振動低減が図れないかとの要望が現場ではある。

本研究では、広島市安佐北消防署安佐救急隊と共同で、患者頭部下に設置した水枕が臥位状態の患者頭部の振動特性に及ぼす影響について検討する。手法としては、患者の頭部が受ける振動について救急

車が突起乗り越しする場合の過渡応答特性と一般道路を走行する場合の周波数応答特性について実験的に検討する。

2. 実 測

2.1 過渡応答特性

図1のように、救急車(メルセデスベンツ製310D)が突起乗り越し板(幅27cm, 高さ3.3cm)に敷いたゴムマット上を車速20kmと40kmで走行する場合の過渡応答特性を測定する。測定箇所は、図2に示すとおり、臥位状態の被験者頭部、水枕(オカモト(株)スタンダードカバー付き SEAMLESS PILL OW)の下及び救急車内の床上の3箇所である。加速度センサーにより上下方向の加速度を検出する。被験者は広島市安佐北消防署安佐救急隊の隊員(身長168cm, 体重60kg, 年齢47才)である。被験者の状況を図3に示す。



図1 突起乗り越し試験

*広島市安佐北消防署安佐救急隊

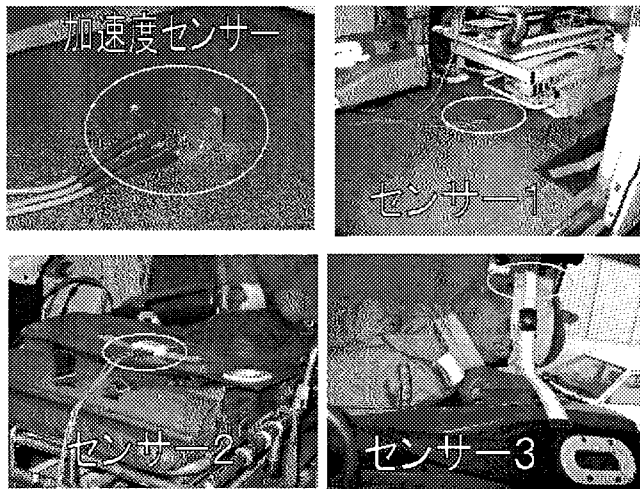


図2 センサーの設置状況

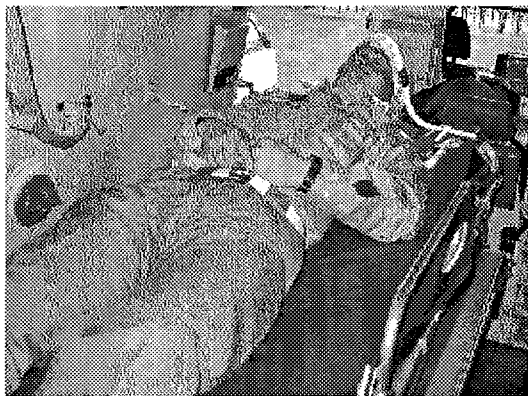


図3 振動測定時の被験者状況

2.2 周波数応答特性

救急車が広島市消防局航空隊基地から広島三菱病院までの空港通り（1.3km）を車速40kmで走行する場合の周波数応答特性を測定する。測定箇所、被験者は過渡応答特性の場合と同様である。

3. 実測結果

3.1 過渡応答特性

実測は、救急車の速度を車速20km、40kmとし、それぞれの速度について、水枕と防振架台のそれぞれを使用した場合と使用しない場合を組み合わせた8種類の状態について行った。図4～図11に結果を示す。図中で、横軸が時間、縦軸が加速度を示す。

図4における床の振動波形では、時間軸で0.1秒と0.38秒の部分にそれぞれピークが発生し、その後、減衰していく。この2つのピーク間の時間差は、救急車のホイールベース長（約3.2m）を車速で割った時間にほぼ一致する。このことから、第一のピーク

は救急車の前輪が突起乗り越し板に乗り上げた際に発生する振動であり、第二のピークは後輪が乗り上げた際に発生する振動であることがわかる。ベッドの振動波形は、ダンパーの効果により床の振動波形に対して高周波成分が除去され減衰している。また、被験者頭部の振動波形については、水枕の使用によりベッドの振動波形に対して高周波成分が除去されており、前輪と後輪がそれぞれ突起乗り越し板に乗り上げた直後においてはベッドの振動波形に対して減衰している。

水枕を使用した図6、図8、図10においても測定条件は異なるが、図4と同様の傾向がみられる。しかし、前輪と後輪がそれぞれ突起乗り越し板に乗り上げた直後以外の部分では患者頭部の振動波形がベッド振動波形に対して増幅されている箇所もある。この原因としては、低周波領域において、患者頭部と水枕の間で共振現象が生じていることが考えられるが、周波数応答特性の実測で再度、考察する。

また、水枕を使用しなかった図5、図7、図9、図11においては、患者頭部の振動波形はベッドの振動波形にほぼ追従して変化しており、患者頭部がベッドに密着して振動していることがわかる。

3.2 周波数応答特性

実測は、救急車の速度を車速40kmとし、水枕と防振架台のそれぞれを使用した場合と使用しない場合を組み合わせた4種類の状態について行った。図12～図15に結果を示す。図中で、横軸が周波数、縦軸が加速度を示す。

水枕を使用した図12と図14では、10Hz以上の高周波領域においては患者頭部の振動はベッドの振動に対して減衰しているが、逆に5Hz近傍では患者頭部の振動が急激に増大してベッドの振動よりも増幅されている。このことは、前述の過渡応答特性で考察したとおり、患者頭部と水枕の間で共振現象が発生しているためであると考えられる。

水枕を使用しなかった図13と図15においては、患者頭部とベッドの周波数特性はほぼ一致しており、前述の過渡応答特性の場合と同様に患者頭部とベッドが密着して振動していることがわかる。

4. 結 言

本研究では、患者が救急車により医療機関へ緊急輸送される際、患者頭部下に設置した水枕が臥位状態の患者頭部の振動特性に及ぼす影響について検討した。手法としては、患者の頭部が受ける振動について救急車が突起乗り越しした場合の過渡応答特性と一般道路を走行した場合の周波数応答特性を実測した。本研究で得られた結果をまとめると以下のとおりである。

今回使用した水枕の場合、10Hz以上の高周波成分の振動を減衰させることには有効であるが、逆に5Hz近傍では患者頭部との間で共振現象が発生するため車両床面からベッドを通じて伝わってきた振動が増幅される。このことから、水枕の使用は、路面状況や走行速度等の組み合わせによっては振動低減の

面では逆効果となる場合もあると考察される。

今後の課題としては、今回の実測は水枕の水量を十分に満たした状態のものであったが、その水量および水枕に充填する液体を水以外の物質にした場合についても測定を行い、その効果を評価していくことが挙げられる。

参考文献

- 1) 西山修二・他3名, 救急車内の臥位人体の振動測定に関する研究, 日本機械学会中国四国支部第35期総会・講演会講演論文集 No. 975-1, 243-244

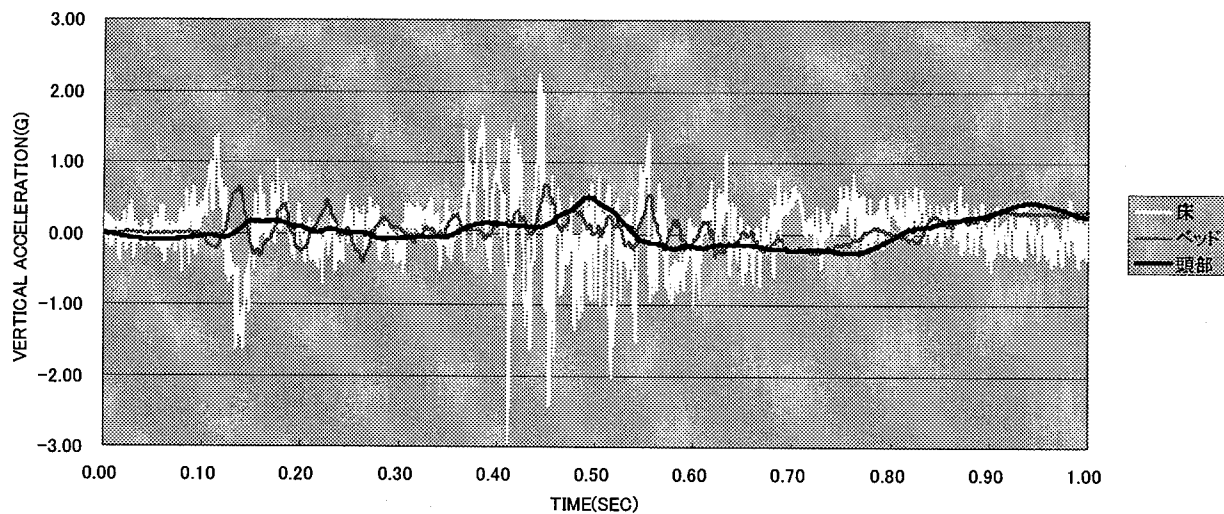


図4 過渡応答特性の実測結果1 (車速40km/h、水枕：有、ダンパー：有)

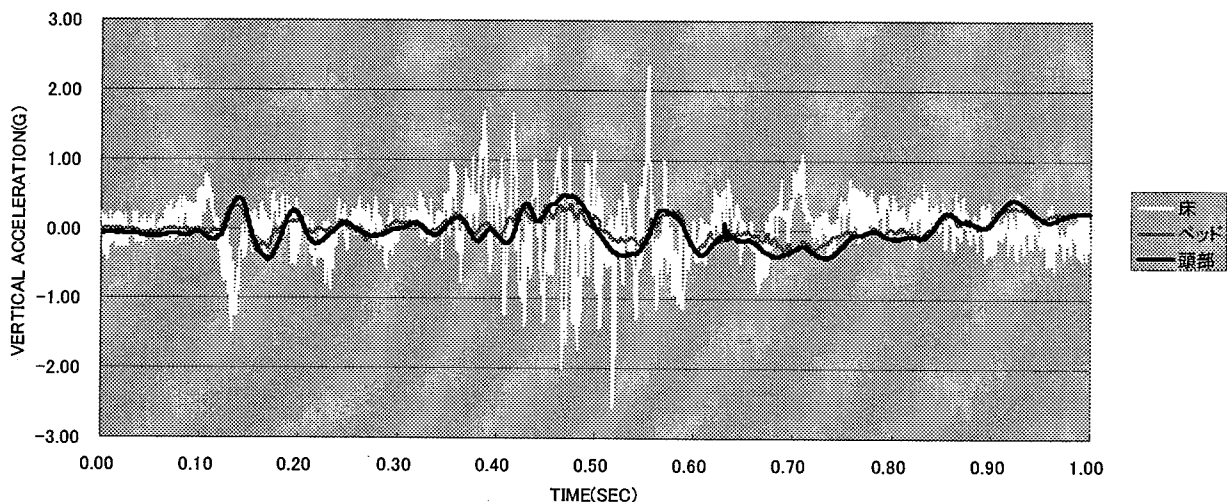


図5 過渡応答特性の実測結果2 (車速40km/h、水枕：無、ダンパー：有)

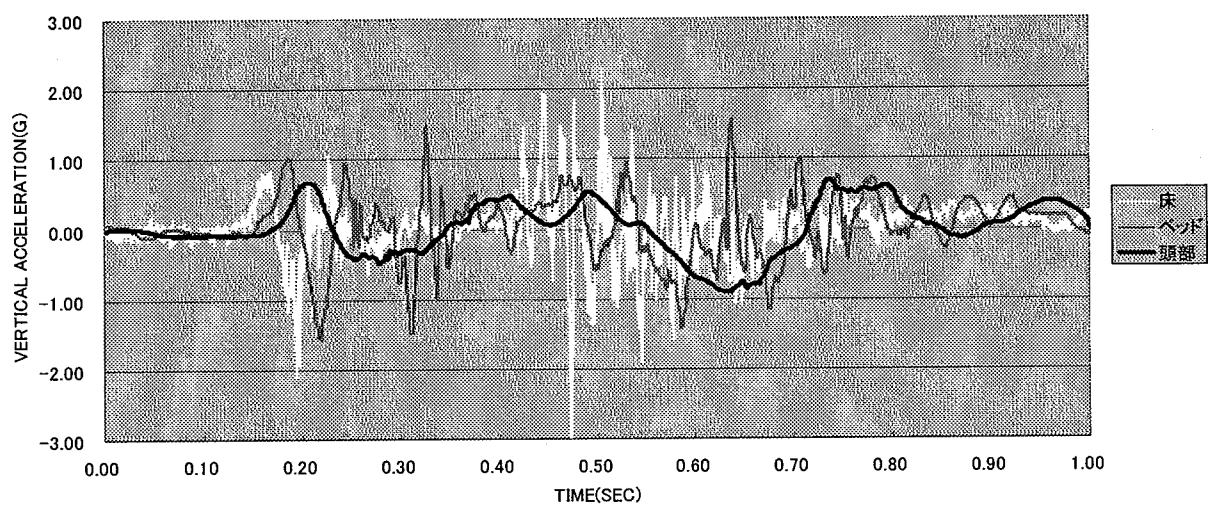


図 6 過渡応答特性の実測結果 3 (車速40km/h、水枕：有、ダンパー：無)

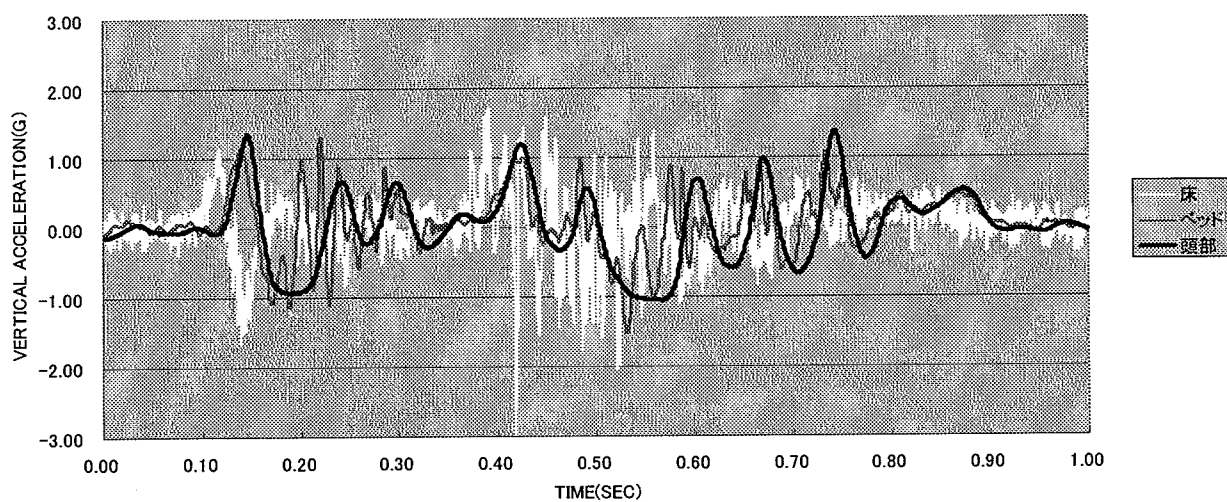


図 7 過渡応答特性の実測結果 4 (車速40km/h、水枕：無、ダンパー：無)

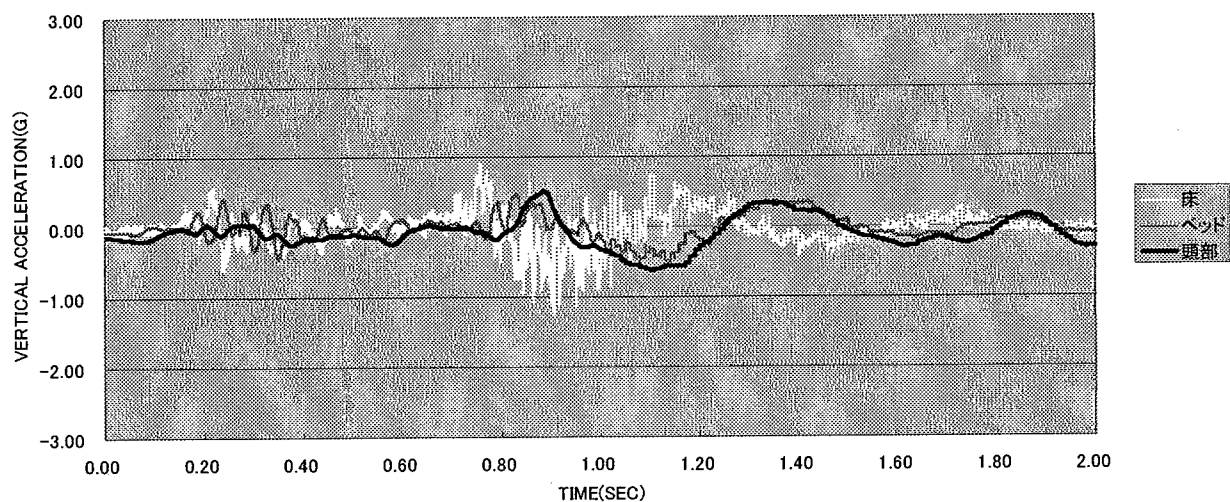


図 8 過渡応答特性の実測結果 5 (車速20km/h、水枕：有、ダンパー：有)

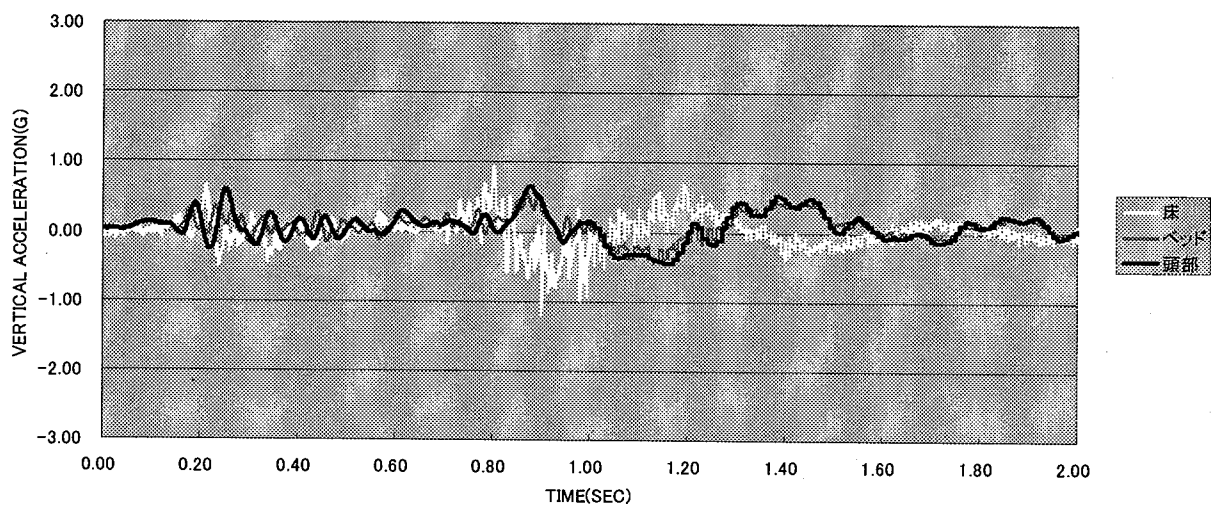


図 9 過渡応答特性の実測結果 6 (車速20km/h、水枕：無、ダンパー：有)

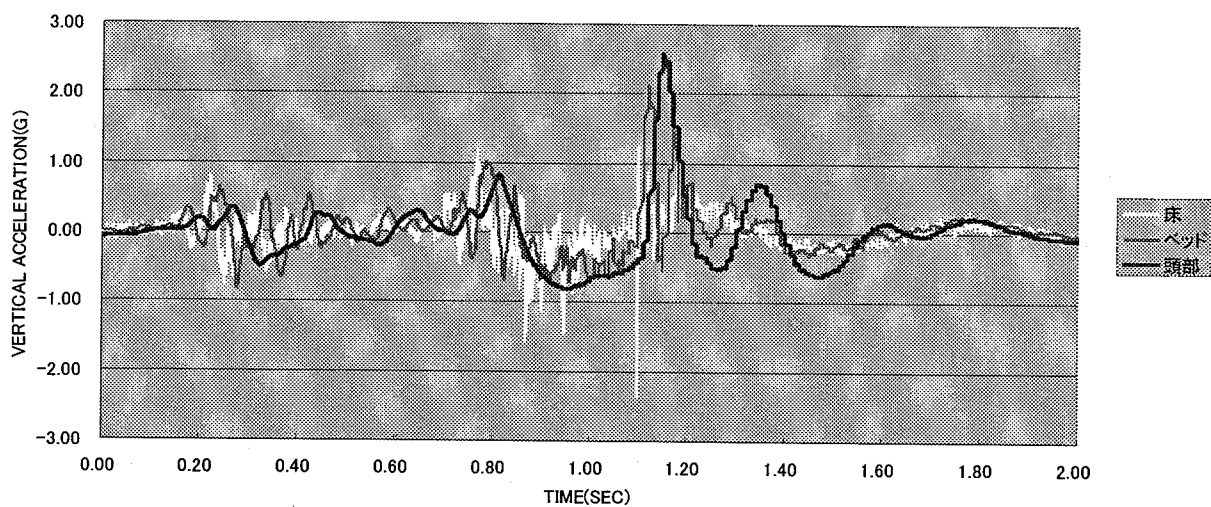


図 1 0 過渡応答特性の実測結果 7 (車速20km/h、水枕：有、ダンパー：無)

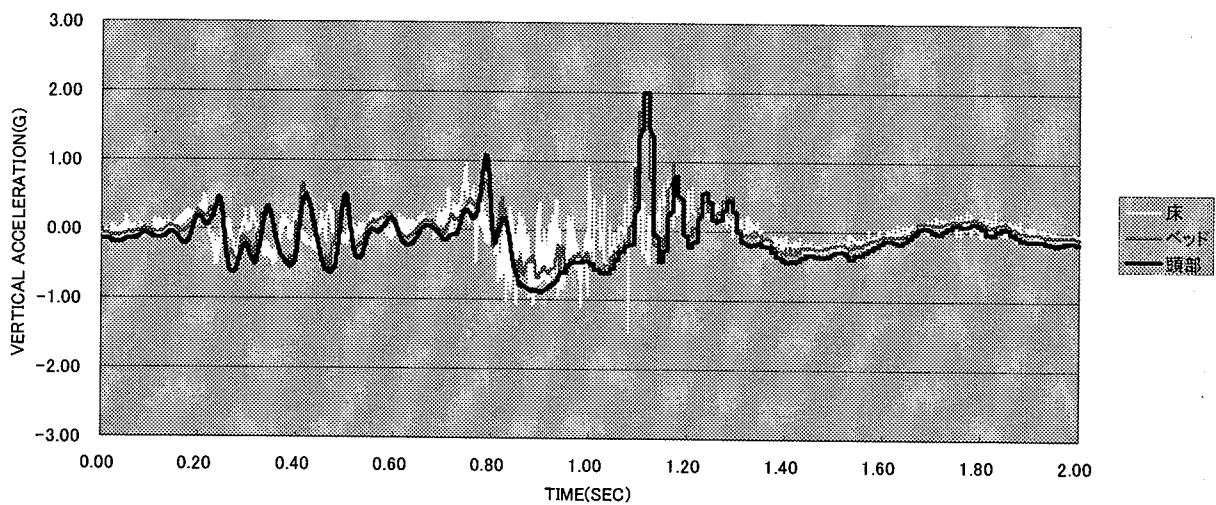


図 1 1 過渡応答特性の実測結果 8 (車速20km/h、水枕：無、ダンパー：無)

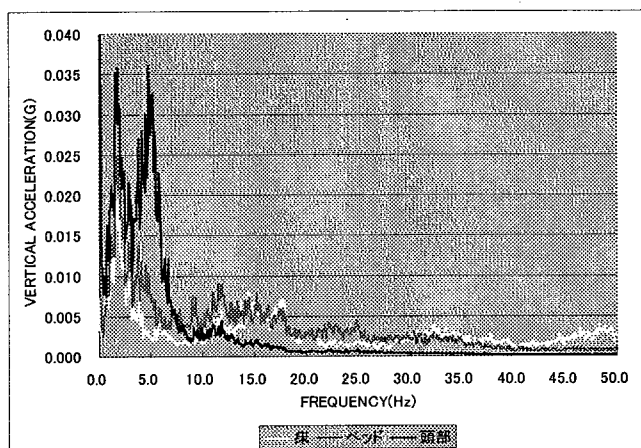


図 1 2 周波数応答特性の実測結果 1
(水枕:有、ダンパー:有)

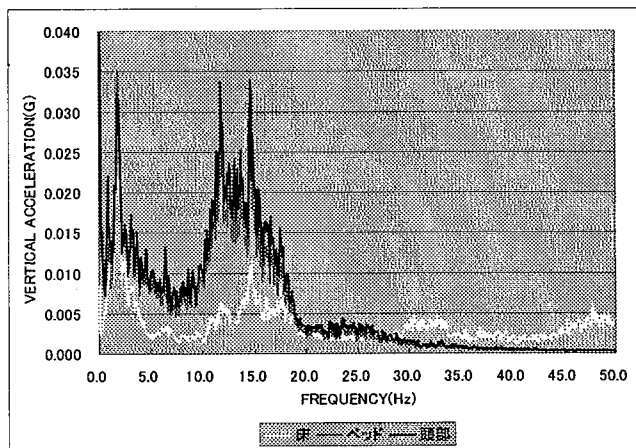


図 1 3 周波数応答特性の実測結果 2
(水枕:無、ダンパー:有)

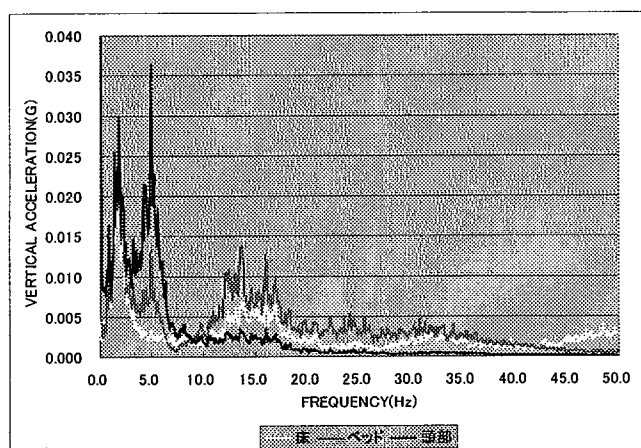


図 1 4 周波数応答特性の実測結果 3
(水枕:有、ダンパー:無)

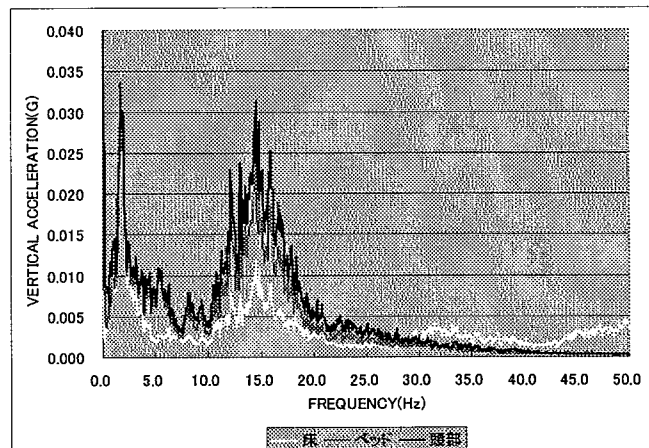


図 1 5 周波数応答特性の実測結果 4
(水枕:無、ダンパー:無)