

広島市工業技術センター年報

第15巻

ANNUAL REPORTS

of

**HIROSHIMA MUNICIPAL
INDUSTRIAL TECHNOLOGY CENTER .**

VOL. 15

2001

平成 13 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。

長期にわたる景気低迷とデフレ傾向、米国におけるITバブルの崩壊の影響など、我が国の経済は依然として厳しい状況にあります。

しかし一方では、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は、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所存であります。

ここに平成13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 石 原 道 雄

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) 技術支援基盤整備事業	13
(5) 新技術共同研究事業	14
(6) 技術開発融合化促進事業	17
(7) 産業デザイン振興事業	19
(8) 工業技術支援アドバイザー派遣事業	21
(9) 設計・開発デジタル化技術者育成支援事業	21
(10) 技術者研修事業	22
(11) 産学官共同研究推進事業	23
(12) 環境関連分野支援事業	25
(13) 福祉関連分野支援事業	28
(14) 発明考案奨励・表彰事業	30
(15) 広島市工業技術振興協議会	31
(16) 会議・研究会への出席	32
(17) 技術職員派遣研修	33
(18) 講師・委員の派遣	33
(19) 発表（誌上・口頭）	35
(20) 受賞・表彰等	36
(21) 学位取得	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671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24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)

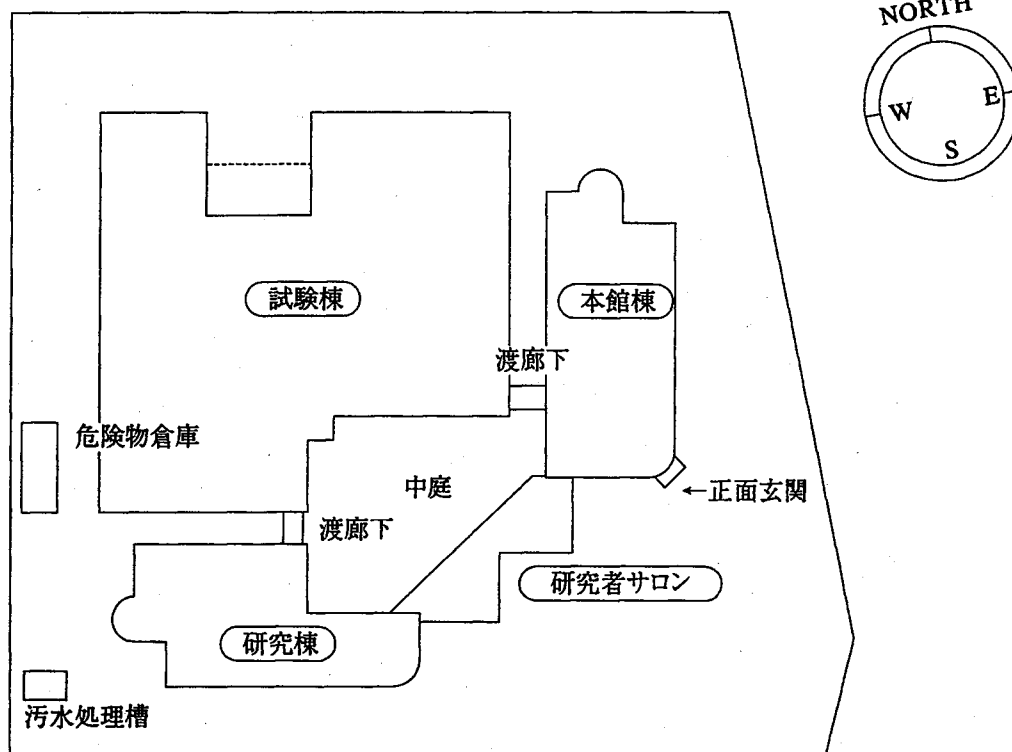
(2) 施設規模

① 土地建物

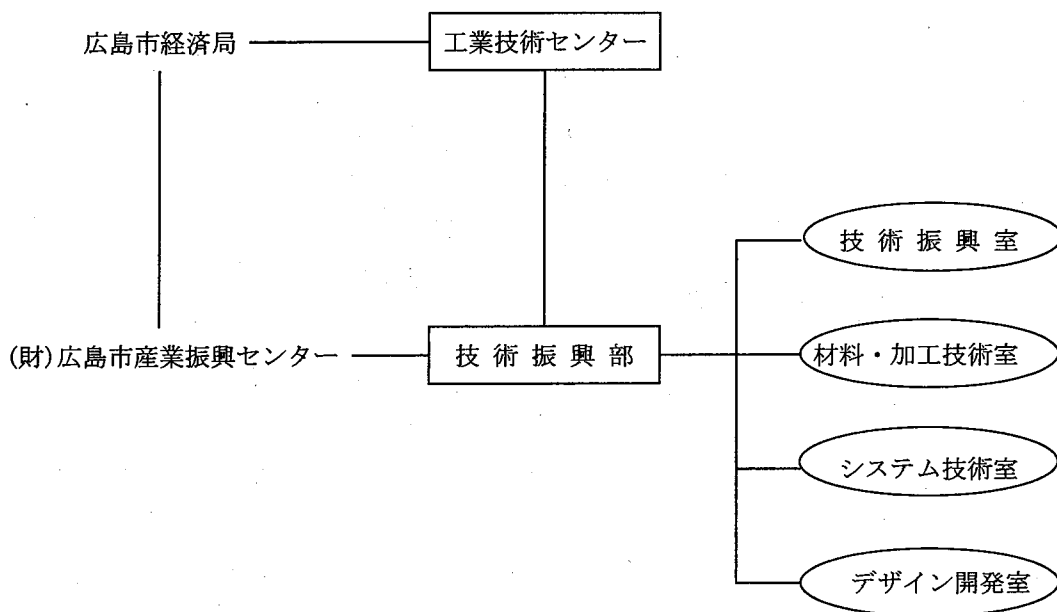
(単位 m²)

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	倉 庫 その他	汚水処理 機 械 室	計
地 階				45. 82				45. 82
1 階	587. 49	180. 66	541. 03	2, 404. 20		60. 00	13. 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	60. 00	13. 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12年度予算額	平成13年度予算額	増 減
商 工 使 用 料	7 5 0	9 5 6	2 0 6
商 工 手 数 料	3 1, 0 5 5	3 1, 9 6 4	9 0 9
商工費国庫補助金	1 4, 3 8 4	1 2, 3 3 6	△ 2, 0 4 8
雑 入	1 0, 5 8 5	9, 3 7 1	△ 1, 2 1 4
合 計	5 6, 7 7 4	5 4, 6 2 7	△ 2, 1 4 7

② 歳 出

(単位：千円)

科 目	平成12年度予算額	平成13年度予算額	増 減
報 償 費	2 2 7	5 4 5	3 1 8
普 通 旅 費	1, 5 2 4	2, 0 9 4	5 7 0
消 耗 品 費 等	3, 0 6 7	3, 5 3 5	4 6 8
食 糧 費	2 9	5 0	2 1
通 信 運 搬 費	8 6	7 2	△ 1 4
手 数 料 等	3 0	3 7	7
委 託 料	1 4 6, 7 8 3	1 4 8, 9 8 8	2, 2 0 5
使用料及び賃借料	9 2	5 7	△ 3 5
備 品 購 入 費	4 7, 5 8 6	3 8, 8 6 5	△ 8, 7 2 1
負担金補助及び交付金	1 7, 1 2 2	1 6, 7 6 7	△ 3 5 5
合 計	2 1 6, 5 4 6	2 1 1, 0 1 0	△ 5, 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
万能表面形状測定機	(株)小坂研究所SE-3C-501806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	光洋リンドパーク(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
サリ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
インストロン型万能試験機	インストロンジャパン(株)1125型	※昭和56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
マイクロビッカース硬度計	松沢精機(株)DMH-1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 HIL-500CSP型	※昭和60年度
恒温恒湿槽低温槽	タバイエスペック(株) PL-4G	★昭和62年度
X線マイクロアナライザー	(株)島津製作所 EPMA8705QH型	※昭和62年度
三次元座標測定器	日本工学(株)トライステーション600型	※昭和62年度
自己変歪測定装置	さくら工業(株)SFH-20S型	昭和62年度
アナライジングレコーダ	横河電機(株)3655E	昭和62年度
デジタルパワーメーター	横河電機(株)2533	昭和62年度
デジタルストレージスコープ	松下通信工業(株)VP-5740A	昭和62年度
精密電圧電流測定機	横河電機(株)2723	昭和62年度
標準電圧電流発生器	横河電機(株)2258 2253 2563	昭和62年度
表面性測定器	新東洋科学(株)ヘイドン-14型	★昭和62年度
ガス・塩水腐食試験機	スガ試験機(株)HKC-12L型	昭和62年度
複合サイクル試験機	スガ試験機(株)ISO-3CY型	★昭和62年度
湿潤試験機	スガ試験機(株)CT-3型	★昭和62年度
屋外暴露試験機	スガ試験機(株)OER-PG型	★昭和62年度
静電粉体塗装装置	(株)ランズバーグゲマ EPE 700型	昭和62年度
スプレー式前処理装置	(株)日本パーカーライジング KU-42型	★昭和62年度
プラズマ溶射装置	プラズマダイン社 40型	昭和62年度
木工用油圧プレス	(株)セイブ ONK-1000x2000型	昭和62年度
高周波加熱装置	富士電波(株)FDY-320型	昭和62年度
ボーリングマシン	新前田工業(株)SAD-120B型	昭和62年度
ダブテールマシン	庄田鉄工(株)DV-131型	昭和62年度
帯鋸盤	日立工機(株)CB100F型	昭和62年度
コーナーロックングマシン	庄田鉄工(株)CLA-132型	昭和62年度
ルーターマシン	庄田鉄工(株)ROA-113型	昭和62年度
超仕上げかな盤	丸仲鉄工所(株)ロイヤル3型	昭和62年度
軸傾斜横切丸鋸盤	東海製作(株)SFJ-1300型	昭和62年度
レーザー測長機	和泉電気(株)MG-1000型	※昭和63年度
X線応力測定器	(株)リガクMSF-2M型 C-120型	※昭和63年度
カラーシミュレータ	日本色研事業(株)678RC-SA-101型	★昭和63年度
写植機	(株)写研SPICA-AH型	★昭和63年度
多光源測色色差計	スガ試験機(株)MSC-IS-2B型	★昭和63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63年度
サーマルショック試験機	タバイエスペック(株)TSR-103型	★昭和63年度
冷間静水圧プレス(CIP)	三菱重工業(株)MCT-100型	※昭和63年度
立型マシニングセンター	(株)遠州製作所 VMC530 型	※昭和63年度
万能工具研削盤	(株)松沢製作所 MZ-8BG型	※昭和63年度
低荷重精密万能試験機	(株)島津製作所 AGS-1000A型	★昭和63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	㈱桑原製作所 KP-300LDX型	昭和63年度
自動一面かな盤	㈱大洋製作所 CP-500型	昭和63年度
木工ロクロ	シンボ工業㈱ WRA-075-AN型	昭和63年度
木工旋盤	北産興業㈱ WL-S1型	昭和63年度
50J計装化シャルピー	㈱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㈱NO-537型	平成 元年度
電子回路試験装置	㈱ノイズ研究所EMC-5000S	※平成 元年度
摩耗試験機	テスター産業㈱AB101型	平成 元年度
紫外線ウェザーメーター	スガ試験機㈱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㈱FAL-SP-H型	平成 元年度
熱風式焼付乾燥装置	タバイエスベック㈱HLKS-3A型	平成 元年度
塗料用退色試験機	スガ試験機㈱ FM-1型	平成 元年度
手吹静電塗装装置	㈱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㈱ O2-Labo HIP型	※平成 元年度
NCワイヤカット放電加工機	三菱電機㈱ 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㈱ VPI-2PW型	平成 元年度
定荷重精密プレス	東洋テスター産業㈱ SA-901型	平成 元年度
刃物研削ラップ盤	㈱丸仲鉄工所 GH-50型	平成 元年度
軸傾斜丸鋸盤	㈱桑原製作所 KS-TZ400型	平成 元年度
300Jシャルピー衝撃試験機	㈱東京衡機製造所IC型	平成 2年度
走査型電子顕微鏡	㈱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㈱HIS-2	※平成 2年度
表面粗さ輪郭形状測定機	㈱小坂研究所 SEF-30D	※平成 2年度
集塵装置	サンエス工業㈱ 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㈱ テロダインスシステム2000型	平成 2年度
NC放電加工機	三菱電機㈱ M35KC7型	※平成 2年度
走行丸鋸盤	田中機械工業㈱ パネルソー 2500型	平成 2年度
500kN万能試験機	㈱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㈱DSC-220C型	※平成 3年度
熱機械分析装置	セイコー電子工業㈱TMA-SS120C型	※平成 3年度
切削動力計	日本キスラー㈱9257B型	※平成 3年度
蛍光X線微小膜厚計	セイコー電子工業㈱SFT-3200型	※平成 3年度
歪検出システム	㈱共和電業E-SPIRAS8型	★平成 3年度
AI開発システム	㈱東芝AS4075GX型	★平成 3年度
プラズマ溶射ロボット	プラズマ技研工業㈱ モトマンK6SB型	※平成 3年度
難削材料切断研削装置	㈱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	㈱島津製作所 TGA-GC/MSシステム	※平成 4年度
疲労試験機	㈱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)フレックス型	★平成 4年度
デジタイザシステム	(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
メカニカルCAEシステム	(株)ヒューレットパッカード社モデル735	★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
50J衝撃・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
デュサイクルサソ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	タバエスペース(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	富士写真フィルム(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
高温顕微鏡度計	(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

☆経済産業省補助対象機器 ★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
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デジタリモックアップ	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.ホモジナイザ-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
クレイオーブン	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・ティ・エス(株) IDS-300VH-L250	平成12年度

平成13年度の主な新設機器

機 器 の 名 称	用 途	備 考
三次元造形システム Stratasys社 PRODIGY STL編集用ソフトウェア 日本マテリアライズ(株) Magics RP (株)トヨタ Thinkdesign	設計・開発工程等において、三次元CADデータから直接、試作オブジェクトを作成するために使用	経済産業省 補助対象機器
高周波プラズマ発光分光分析装置 (株)島津製作所 ICPS-7500	主に金属材料に含まれる各種元素の濃度分析に使用	日本自転車振興会 補助対象機器
真空乾燥装置 アドバンテック東洋(株) VO-320	試料を真空中または不活性ガス雰囲気中にて、一定温度で乾燥するために使用	

2 事 業

(1)	依 頼 試 験	11
(2)	設 備 利 用	11
(3)	技 術 指 導 ・ 相 談	12
(4)	技 術 支 援 基 盤 整 備 事 業	13
(5)	新 技 術 共 同 研 究 事 業	14
(6)	技 術 開 発 融 合 化 促 進 事 業	17
(7)	産 業 デ ザ イ ン 振 興 事 業	19
(8)	工 業 技 術 支 援 ア ド バ イ ザ ー 派 遣 事 業	21
(9)	設 計 ・ 開 発 デ ジ タ ル 化 技 術 者 育 成 支 援 事 業	21
(10)	技 術 者 研 修 事 業	22
(11)	産 学 官 共 同 研 究 推 進 事 業	23
(12)	環 境 関 連 分 野 支 援 事 業	25
(13)	福 祉 関 連 分 野 支 援 事 業	28
(14)	発 明 考 案 奨 励 ・ 表 彰 事 業	30
(15)	広 島 市 工 業 技 術 振 興 協 議 会	31
(16)	会 議 ・ 研 究 会 へ の 出 席	32
(17)	技 術 職 員 派 遣 研 修	33
(18)	講 師 ・ 委 員 の 派 遣	33
(19)	発 表 (誌 上 ・ 口 頭)	35
(20)	受 賞 ・ 表 彰 等	36
(21)	学 位 取 得	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	18	42	86,100
	物 理 試 験	13	174	282,960
	接 着 試 験	3	29	16,450
	製 品 性 能 試 験	33	1,023	525,550
	小 計	67	1,268	911,060
金属・非金属	機 械 試 験	3,138	12,476	21,390,770
	物 理 試 験	205	452	1,461,830
	分 析 試 験	169	513	1,842,560
	小 計	3,512	13,441	24,695,160
表面処理	塗 料 試 験	—	—	—
	皮 膜 試 験	257	21,726	7,581,880
	小 計	257	21,726	7,581,880
電子・電気	電子計算機による解析	4	5	23,050
	電 気 試 験	9	14	14,260
	小 計	13	19	37,310
試験用試料作成	木 材 ・ 木 製 品	2	3	4,680
	金 属 ・ 非 金 属	8	16	36,270
	塗 装 ・ 皮 膜	8	10	48,800
	電 子 ・ 電 気	3	3	4,680
	小 計	21	32	94,430
意匠図案の作成		6	21	81,060
工業製品の試作		2	4	3,840
試験・検査に関する証明		32	44	15,840
合 計		3,910	36,555	33,420,580

(2) 設備利用

区 分	件 数	数 量	歳入額 (円)
工 作 設 備	41	214	189,290
試 験 設 備	263	8,169	3,415,190
合 計	304	8,383	3,604,480

(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	1 9 4
B	電 子・電 気	電力機器 電気応用機器 電子応用機器	7 0
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	3 1 8
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	6 4 6
E	木 材・木 質 材	材料 加工技術 表面技術 改質技術	1 1 4
F	情 報 処 理	情報管理 情報数理 コンピュータシステム	4 4
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	4 2
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	1 9
I	資 源	金属鉱業 石灰・石油鉱業	1
J	建 設	鋼構造 コンクリート製品	4
K	衛 生	環境 公害防止技術 廃棄物利用技術	1 4
L	そ の 他		1 3 2
合 計			1, 5 9 8

(4) 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(Ti-6Al-4V)の加工性研究

マシニングセンタによるチタン合金の高精度加工の研究の予備実験を、L9の直交表を用いて実施した。その結果、仕上げ加工する場合(取代小)は、切削油を用いない方が、高精度加工に適している、との興味ある結果を得ることができた。

中国・四国地方公設試験研究機関共同研究「電子技術分野」(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

周りに障害物のある細管内面の損傷を非破壊計測する場合、外部からの計測が困難なことが多い。レーザ光を照射し、その光切断画像から損傷寸法を計測する手法を提案する。本年度は、損傷計測プログラムを作成し、管側面に穴を開けた供試体に対する計測実験を行い、高精度でこれを計測できることを確認した。

中小企業庁共同研究①(担当 上杉、三宅、清水)

研究テーマ デジタルエンジニアリングデータの共有と利用技術

平成11年度より指定課題「デジタルエンジニアリングデータの共有と利用技術」のもとで、岐阜県、山口県、高知県、大分県の公設試験研究機関との共同研究を実施してきた。当センターは、構造系、流体系、伝熱系の各現象を連成させて解析する方法について研究を行った。平成13年度は岐阜及び高知県において開催された成果普及発表会において、その研究成果発表を行った。

中小企業庁共同研究②(担当 田中秀)

研究テーマ 非破壊センサによる知的診断システムに関する研究

タンクや配管などに代表される密封容器内のスケール量の非破壊計測手法、ならびに熱交換器チューブに代表される細管内面の損傷計測手法の確立を目的に研究を行ってきた。本年度、前者はスケール計測においてインプロセスを可能とするプログラムを開発し、実験によりそれを評価した。後者は損傷計測プログラムを作成し、計測実験により高精度で計測できることを証明した。

中小企業庁共同研究③(担当 桑原)

研究テーマ 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

S50Cの細溝加工において、エンドミルの軸方向に高周波振動を付加し加工実験を行った。工具は直径1mmのエンドミルを用い、軸方向切込み量と送り速度を変化させ、高周波振動を付加した場合の切削性を観察した。その結果、高周波振動により切削抵抗が低減し工具の折損を防止でき、それにより、送り速度を向上させる事を知見した。

大学との共同研究①(担当 隠岐)

広島大学工学部 第一類(機械系)

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)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、これまでの総合的なとりまとめとTiC粒子分散チタン複合材の引張性質に及ぼすTiC粒子の空間分布の影響について有限要素法を用いた解析を行った。

大学との共同研究②(担当 平松)

広島市立大学、広島工業大学

研究テーマ シリコングラフィックスによる3D造形の研究

原爆直下の町「猿楽町」の映像復元を行った。当時の生存者は年々高齢化の一途をたどっており、証言を基にした復元は今後難しくなってくるものと思われる。広島の永久的保存資料として残すため、今回この研究を行った。

(5) 新技術共同研究事業

先進加工技術研究会（担当 桑原、市後、世良）

製品の小型軽量化、構成部品の一体化、形状の複雑化などが急速に進展している。このため市内企業が直面している機械加工技術上の課題解決に重点を置き、各企業が現在抱えている技術課題について、会員同士の討議や研究会アドバイザーのアドバイスを受けながら、技術課題の解決を図った。また、「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」を研究会を通じて産学官で行った。

【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、(有)工業センター、トーヨーエイトック(株)、(株)二上工作所、(株)西井製作所、(有)畠中鉄工所、(株)ハマダ、(株)ヒロジョエックテクノロジー、(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

開催月日	内容及び講師	アドバイザー
第1回 6月12日	会員自己紹介 高周波振動加工についての研究報告 研究会会員による研究討議	広島大学工学部 教授 鳴瀧則彦 氏
第2回 8月28日	機械加工系企業の工場見学 工場見学先：(株)日本製鋼所 広島製作所	
第3回 10月10日	「最新の切削工具について（環境対応を盛り込んだ高性能切削工具について）」 株式会社不二越 工具技術部部长 堀 功 氏	広島大学工学部 教授 鳴瀧則彦 氏
第4回 12月 6日	「インコネル等の難切削材料の加工について」 三菱マテリアル株式会社 狩野 勝吉 氏 「最新の切削工具とその動向」 MMCダイヤチタニット株式会社 野田 和夫 氏	
第5回 2月21日	「機械加工コスト削減のための最新切削工具」 日立ツール株式会社 長森 信幸 氏	
第6回 3月22日	「難削材加工のための切削油」 ブラザー・スイスループ・ジャパン(株) 目加田 明 氏	広島大学工学部 教授 鳴瀧則彦 氏

物づくりの機能性評価研究会（担当 市後、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。

品質工学とは、製造工程よりも前の技術開発の段階から品質を管理し、製品が市場に出た場合を想定してばらつきを抑える開発手法であり、技術開発・製品開発に広く活用されている。

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、年5回開催する研究会内で、経過報告の発表をした。そして、講師・会員同士の積極的な意見交換や指導を通じて研究を進め、課題解決に取り組んだ。

【会員企業】

(株)あじかん、(株)石崎本店、オーアールとく塾、(資)喜多設計研究所、協和木工(株)、(株)呉英製作所、シグマ(株)、食協(株)、新川電機(株)、(株)シンコー、新ダイワ工業(株)、(株)中電工、チューリップ(株)、デルタ工業(株)、トーヨーエイトック(株)、南条装備工業(株)、西川ゴム工業(株)
日本ベンディング(株)、(株)ノサックス、広島県立西部工業技術センター、広島県立東部工業技術センター、フマキラー(株)、三浦工業(株)、(株)モルテン、リョービ(株)

開催月日	内 容	講師及びアドバイザー
第1回 5月17日	開会あいさつ、講師紹介、各会員の自己紹介、平成12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の把握	・講師 (財)日本規格協会 参与 矢野 宏 氏 ・アドバイザー (株)あじかん 生産本部部長 金築 利旺 氏
第2回 6月26日	パラメータ設計あるいは工程設計のたて方	
第3回 7月26日	作成された実験計画の検討 S/N比の求め方	
第4回 9月20日	実験計画の決定、S/N比・実験を進める上での 問題点の検討	
第5回 1月17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)

機械金属関連の製造業を中心に、既存自社製品の高機能化および新製品の開発を目的に、各会員企業ごとに開発テーマを1テーマ以上持ち、各々が独立した形で直接物づくりのための実験を行った。

平成13年度の開発テーマは以下のとおりである。

- ・放電焼結機を用いた材料開発
- ・部品の接合、表面処理および表面改質
- ・鋳鉄と各種金属の接合
- ・防弾材または耐火材の開発
- ・高気密銅合金鋳物の開発
- ・蓄光材料の成形または表面被覆
- ・放電焼結による製品開発および量産化の検討
- ・通常の焼結法では焼結が困難な製品の作製

【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 7日	平成12年度研究会活動報告 平成13年度研究会運営方針 放電焼結機を用いた材料開発等についての討議	広島大学工学部第一類 教授 柳沢 平 氏
第2回 2月 1日	会員企業の開発テーマについてのディスカッション 「放電焼結機を用いた製品開発事例について」	広島大学工学部第一類 教授 柳沢 平 氏
第3回 2月15日	会員企業の開発テーマについてのディスカッション 「放電焼結法を用いた実験方法」	エス・エス・アロイ(株) 菊池 光太郎 氏 広島大学工学部第一類 教授 柳沢 平 氏
第4回 3月11日	会員企業の開発テーマについてのディスカッション	

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。

本年度は、昨年度に引き続き「環境」をキーワードにした活動の中で、研修会・先進地視察等のほか、めっき業界に対応が追られている六価クロメート処理の代替技術に関する研究を行った。

【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)黒川鍍金工集所、山陽鍍金工業(株)、(有)三和ユニーク、昇和化工(株)、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)、マツダ(株)、(有)ワイエスデー

開催月日	テ　　マ	講　　師
第1回 4月20日	総会・平成12年度第2回役員会・事業・決算の各報告 ・平成13年度事業計画・事業予算・役員改選、その他	
第2回 5月17日 18日	先進地視察研修(新潟県三条市、燕市) (協)三条表面処理センター 帛山鍍金工業(株) 倉橋鍍金(株) 三条中央めっき(株) (株)スリーピークス技研 小林工業(株) 新潟県工業技術総合研究所県央技術支援センター	
第3回 6月21日	テーマ「電気めっき業における21世紀の環境保全」	全国鍍金工業組合連合会 理事・常任顧問 真生電化工業(株) 代表取締役 石井 博 氏
第4回 8月24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 ・(株)ディスコ	
第6回 10月25日	テーマ「めっき排水・スラッジの新処理法」	日本テクノ(株)プラント事業部 第一営業技術部 部長代理 秀野 博行 氏
第7回 11月15日	企業見学研修 ・(株)オガワ	
第8回 12月14日	テーマ「自動車用クロメートフリー防錆鋼板」	新日本製鐵(株)技術開発本部 広畑技術研究部 主任研究員 石塚 清和 氏
第9回 2月21日	研究発表 ①「皮膜中の六価クロムの環境変化による溶出挙動」 ②「3価クロメート処理評価試験」	広島市工業技術センター 技 師 金行 良隆 新和金属(株) 林 保雄 氏 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13年度事業報告 平成14年度事業計画	

シミュレーション応用技術研究会(担当 西山、上杉、清水)

従来の力学モデルの抱える問題点を解決するモデル化手法と、それを具現化した機能モデルが開発された。本研究会では、この機能モデルを研究会のメインテーマとし、産業界で直面している複雑で高度な技術的課題について、機能モデルを適用して解明することを目的とする。これまでの活動では、機能モデルを機械系、電気系に産業応用した具体例を示しながら、機能モデルの基礎と産業応用について考察を行った。

【会員企業】

キャテック㈱、㈱シンコー、振動音響研究所、山本技術コンサルタント事務所、マツダアステック㈱、㈱三菱重工、中外テクノス㈱、㈱エイトコンサルタント、㈱ハラダクニ、デルタ工業㈱、マツダ㈱

開催月日	テ　　ー　　マ	講　　師
第1回 6月27日	・会員自己紹介 ・年間スケジュール ・話題提供	キャテック (株) 工学博士 角田 鎮男 氏
第2回 8月30日	・特別講演 テーマ：「機械力学における新しいモデル化手法」 ・事例研究 テーマ：「機能モデルによる材料の塑性変形シミュレーション」 ・機能モデル基礎講座（第2回）	東京工大 助教授 工学博士 梶原 逸朗 氏
第3回 10月18日	・特別講演 テーマ：「構造系と制御系のモデル化と協調設計」 ・話題提供 テーマ：「機能モデルによる蒸気タービンのシミュレーション」 ・機能モデル基礎講座（第3回）	東京工大 助教授 工学博士 梶原 逸朗 氏
第4回 12月19日	・機能モデル適用事例 テーマ：「機能モデルの自動車のパワートレインへの応用」 ・機能モデル基礎講座（第4回）	マツダ株式会社 エンジン実験部 LAグループ 平松 繁喜 氏
第5回 3月6日	・特別講演 テーマ：「構造解析におけるモデリングの要点」 ・事例研究 テーマ：「機能モデルによる材料の塑性変形シミュレーション」 ・機能モデル基礎講座（第5回）	法政大学教授・ 東京工大名誉教授 工学博士 長松 昭男 氏

(6) 技術開発融合化促進事業

高分子応用技術融合化グループ(担当 植木、高野)

本グループは、ゴム、プラスチックなど高分子系廃材の資源化をテーマに、再生素材、機能性材料などを利用した応用製品の開発を目指し、参加企業の新事業分野の支援などを行うことを活動の目標としている。平成13年度は、「環境」をテーマとした新たな活動に取り組むため、講演研修、企業視察および環境・リサイクルに関する研究(研修)を実施した。

【会員企業】

アオイ化学工業㈱、三協プラスチックエ業㈱、㈱三和製作所、世界長㈱、寺戸産業㈱、東プレ㈱、㈱ノサック、ハセガワ化成㈱、浜井建具工業㈱、㈱広島樹脂コーティング、㈱モルテン、㈱やまの化成工業所

開催月日	テ ー マ	講 師
第1回 6月19日	平成13年度事業計画・事業予算・役員選出	
第2回 8月29日	テーマ「PRTR法について」	広島県環境局環境対策室 主 査 児玉 学 氏
第3回 11月9日	企業見学研修 ・㈱ディスコ	
第4回 3月8日	テーマ「イノベーションと異業種交流活動」	伊藤経営コンサルタント事務所 代 表 伊藤 博通 氏
第5回 3月22日	平成13年度事業報告他	

新分野製品融合化グループ（担当 山口、上杉、三宅）

新分野製品融合化グループは、生活文化分野の製品開発を目的として活動を行ってきた。特に、当グループは福祉関連製品開発研究会との連携を図り、他地区との異業種グループ間交流を主催し、ネットワークの拡大にも努めている。

今年度は、昨年度の福祉システム開発分科会が手がけていた高齢者、身体障害者等が公共車両を利用する際、乗降時の安全を図る「乗降周知システム」の開発に取り組んできた。

【会員企業】

協和レジナス㈱、㈱システム電子設計、日本磁気工業㈱、才工房、(有)技研、㈱ナガモト、アズ・ブレイン㈱、㈱シスコム、丸善工業㈱、平和機械㈱

開催月日	テ ー マ
第1回 4月18日	(1) 役員の選出 (2) 「公共車両の乗降信号に関する周知システム」の開発について (3) 「超広角撮影システム」の開発について (4) 新たな開発テーマの提案 「小型超音波センサの開発」
第2回 6月22日	(1) 知的所有権の出願並びに各種アイデアの知的所有権化について (2) 乗降信号周知システムの実用化試作について
第3回 7月11日	(1) 乗降信号周知システムの特許出願手続きについて (2) 福祉関連製品開発研究会が手がける「吊り上げ移動用具開発への提言について (3) 福祉関連製品開発研究会ホームページ「チームどらどら」へのリンクについて (4) 超広角撮影システムの有効活用について (5) 環境写真（プランクトン）の有効活用について
第4回 8月3日	(1) 「乗降信号周知システム」に関する国土交通省中国運輸局旅客第一課へのプレゼンテーション資料の作成について (2) 会員の開発アイデアの知的所有権への適合性評価 (3) 海水中のプランクトン写真の商品化について
第5回 12月12日	(1) 「乗降信号周知システム」に関する国土交通省中国運輸局旅客第一課へのプレゼンテーション結果の経過について (2) 地場、全国の主要バス会社へのプレゼンテーションについて (3) バス製造業者へのプレゼンテーションについて
第6回 1月23日 異業種グループ間交流	(1) 異地域新商品開発研究会の活動状況について (2) 電動走行ユニットの開発事例発表 (3) 乗降周知システムの開発事例発表 (4) 情報交換（開発テーマの絞り込み、開発組織、補助金の導入、販路、特許

(7) 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、谷本）

「自社企業の技術シーズにデザインを活用した新製品開発」を研究課題に、自社の製品化に向けた開発計画にデザインの開発手法を導入して、市場ニーズに対応した製品づくりのためのデザイン開発を行う。

【会員企業】

(株)ザイエンス、(株)日本プレス製作所、(株)アールテック・リジョウ、(株)デルタシーリング、(株)オガワ、協和木工(株)

開催月日	テ ー マ	講 師
第1回 10月17日	・会員企業の製品、保有技術の紹介 ・参加会員の研究会での開発計画の意図	広島市立大学芸術学部 芸術学研究科 教授 服部 等作 氏
第2回 11月 9日	・参加会員企業の開発製品のコンセプト ・市立大学芸術学部デザイン実験工房見学	
第3回 1月17日	・会員企業から提案された開発製品の検討	
第4回 2月27日	・最近のヒット商品にみるデザインのポイント	
第5回 3月25日	・(株) ザイエンスの工場見学と技術交流	

講習会の開催

事業名	開催月日	テーマ	講師	参加者	担当
デザイン技術 基礎講座	① 6月 5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	10 名	西原 平松
	② 6月12日				
	③ 6月19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26日				
	⑤ 7月 3日	パースと色づけ	(有)アトリエ・ケン 慶雲寺 誠 氏		
	⑥ 7月10日				
	⑦ 7月17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24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	7月12日	①紳士服縫製合理的各パーツの 使用法 ②流行的デザイン ③販売促進	イマヅ（株）代表取締役 今津 辰男 氏	25 名	谷本 久保崎
デジタル モックアップ 講習会	11月14日	デザイン分野での切削R P （ラピッドプロセス）の活用 状況について	ローランドディージー(株) 広島営業所 所長 水嶋 倫哲 氏	20 名	平松 谷本

産業デザイン振興研究会（担当 久保崎、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)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

第1回 平成14年1月10日 テーマ ・産業デザインネットワークづくり

第2回 平成14年3月20日 テーマ ・産業デザインネットワークづくり

ひろしまグッドデザイン賞の授与（担当 久保崎）

「ひろしまグッドデザイン賞」は、デザインの特に優れた商品を選定し、これを表彰することにより、企業のデザイン開発力を高めるとともに、デザイン関連企業の育成・振興を図り、産業界及び市民のデザインに対する理解と関心を深めることを目的として、平成6年に創設した顕彰制度である。今回から、応募資格の拡大、奨励賞の新設などの見直しを行った。

【受賞商品】

●大賞 5商品

- ・プロダクトデザイン賞 かまどんオープンセット / 大和重工株式会社
- ・プロダクトデザイン賞 トアスエクセル（手押し台車） / 株式会社デザイン総研広島
- ・パッケージデザイン賞 そのまま ぱっくりん / 堂本食品株式会社
- ・ユニバーサルデザイン賞 手摺り用点字銘板 / 株式会社オガワ
- ・技術賞 APD装置 PD-Mini / 株式会社ジェイ・エム・エス

●奨励賞 16商品（企業名の50音順）

商 品 名	企 業 名
サイドバーリングB-400（横バーリング加工装置）	株式会社アールテック・リジョウ
ひろしまオリジナルポストカード	エディット・キュー
バユ・ハウス（ボックスド フレーム工法）	株式会社感性舎
Hakken・SPF-6A（ダイヤモンドコアードリル）	株式会社コンセック
サンバリカーFPD-100シリーズ（車止め）	株式会社サンポール
ビーゲン BG-20H（ハンド式シャーリングベンダー）	シージーケー株式会社
電動ダイヤモンドチェーンソー MS-250	株式会社シブヤ
パールミニフラット・M型（住宅用分電盤）	テンパール工業株式会社
鋳田籠（鋳鉄製根固・沈床工用パネル）	株式会社友鉄ランド
ねじ太郎（マンホール鉄蓋高さ調整ねじ）	株式会社友鉄ランド
仏壇 クリスタル・メロディー	広島宗教用具商工協同組合青年部
ハト型紙風船	株式会社風船工房匠
シェフのcock帽シリーズ	株式会社フォーション
Water Guard（防水扉）	豊国工業株式会社
むすび包装紙	株式会社むさし
療養ねまき ニートワン	有限会社リプレイス

(8) 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13年度は実施回数32回、指導企業数は25社、指導分野は13分野にわたった。

■現地指導アドバイザー

指導分野	アドバイザー
経営戦略	落合 孝信 氏
表面処理技術	寄高 政史 氏
新製品開発	寄高 政史 氏
振動騒音	森田 茂 氏
解析手法	角田 鎮男 氏
高分子材料	廣兼 泰雄 氏
鋳造技術	山中 昇 氏

指導分野	アドバイザー
運動機構	山本 敏彦 氏
品質管理	時藤 哲正 氏
商品デザイン	服部 等作 氏
給排気システム	畑村 耕一 氏
熱処理技術	石神 逸男 氏
木工技術	井口 明 氏

(9) 設計・開発デジタル化技術者育成支援事業 (担当 中村)

自動車関連産業振興施策のMD I (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支援研修実行委員会が研修を実施した。

13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4回(受講生:28名)、コース別応用研修(モデリング・機構解析・解析応用・システム管理の4コース)を1回(受講生:11名)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	アッセンブリ設計	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

応用コースカリキュラム

No.	項 目	日 程	内 容
1	モデリング応用コース	1 日目	サーフェース編集（トリム／延長、サーフェース評価、サーフェース交差等）
		2 日目	サーフェース編集（トリム／延長、サーフェース評価、サーフェース交差等） （境界によるサーフェース）
		3 日目	プーリアン演算（Modeler:位置合わせ方法の復習：Assembly:アセンブリプーリアン演算）
		4 日目	3Dデータ（IGES）の読み込み／書き出し ファイル、オプションのメニュー内容
		5 日目	フィレットの応用 履歴の応用
2	機構解析コース	1 日目	運動、力、荷重条件の入力（定速、グラフ、関数等について） 各種ジョイントの説明 解析結果の表示（アニメーション、グラフ等）
3	解析応用コース	1 日目	マップドメッシュの使用 セクションメッシュ（メッシュ断面）の使用
		2 日目	P要素の使用 動的解析（固有値解析）の使用
		3 日目	熱伝導解析の使用 ポスト処理の紹介（結果誤差評価）
4	システム管理コース	1 日目	データ構造 データ管理の使用 トラブルシューティング

(10) 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。

事業名	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21日	機械加工コスト削減のための 最新切削工具	日立ツール(株) 理 事 長 森 信 幸 氏	135 名	桑原
木質高機能化 技術講習会	8月 2日	木材由来リグニン系高機能素材 の多段階利用技術	三重大学生物資源学部 船岡 正光 氏	40 名	三宅
熱処理技術 講習会	2月21日	熱処理製品の歪対策の現状と 動向について	(株)ユニシアジェックス 部 長 白川 善一 氏	135 名	市後
アドバンスド CAD技術 講習会	12月 7日	三次元CAD活用による生産 合理化	(株)富士通九州システム エンジニアリング 吉野英夫氏、深町幸士朗氏	50 名	三宅 清水

事業名	開催月日	テーマ	講師	参加者	担当
高分子材料 講習会	① 5月11日	ゴム練りの基礎と現場の問題	関西ゴム技術研究所 所 長 藤田 幸三 氏	44 名	四辻 片山
	② 7月13日	ゴム製品のトラブルと劣化解析	(財)化学物質評価研究機構 高分子技術部 部 長 大武 義人 氏	36 名	
	③ 9月14日	免震／制振構造におけるゴム材 料の働き	(株)竹中工務店 技術研究所 建設技術開発部 東野 雅彦 氏	40 名	
鋳造技術者 講習会	12月19日	鋳造技術の伝承と情報化	大分工業高等専門学校 助教授 清水 一道 氏	11 名	中村
グローバル エンジニア 技術講習会	8月 3日	グローバルエンジニアの育成－ 理科系のための英語プレゼンテ ーションの技術－	静岡理工科大学 ノースカロライナ州立大学 志村 忠夫 氏	115 名	西山 田中秀 清水
CAM 技術講習会	11月20日	レーザの最新加工技術とCAD/ CAM応用例	三菱電機(株)名古屋製作所 レーザシステム部加工技術課 吉安 重宏氏	32 名	岡田
ロボティクス 講習会	8月27日	アクティブセンシングとロボッ トハンド	広島大学工学部第二類 金子 真氏	34 名	田中秀 上杉 清水
メカトロニクス 講習会	7月19日	デジタルマニュファクチャリン グの現状と今後	甲南大学経営学部 長坂 悦敬氏	28 名	上杉
ISO9000 研修会	① 6月 5日	ISO9001の概要説明	(株)ユアーズブレーン 経営コンサルティング部 国際規格1課 マネージャー 芝 宏治 氏	20 名	片山
	② 6月14日	ISO9001要求事項の概要 解説		20 名	
	③ 6月21日	内部品質監査技法の習得(1)		17 名	
	④ 6月28日	内部品質監査技法の習得(2)		19 名	

(11)産学官共同研究推進(担当 菅原、山崎)

産学官共同研究専門委員会の開催

産学官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「広島市産学官共同研究専門委員会」を開催した。

開催日：第3回 平成13年8月2日（木）、第4回 平成14年3月12日

委員長：広島市立大学教授 吉田 典可 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長等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共同研究センター長等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

産学連携セミナー

地域の理工系大学の保有するリサイクル関連技術の研究シーズを紹介し、「産」「学」の共同研究への結びつけを行う。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：平成14年2月26日（火）

参加者：76名（産59名、学5名、官12名）

区 分	講 師
研究シーズ紹介	・広島市立大学情報科学部情報システム工学科 助 手 末原 憲一郎氏 「食品加工廃棄物の有効利用(コンポスト化)」 ・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 村山 長 氏 「中古製品の再生(リマニファクチャリング)に関する研究」 ・広島工業大学環境学部環境情報学科 教 授 今岡 務 氏 「有機性廃棄物の発生・需給構造の解析と資源化技術の開発」 ・広島国際学院大学共通基礎講座化学教室 教 授 佐々木 健 氏 「豚糞尿、下水汚泥、ヘドロから医薬品や低毒性農薬をつくる」 ・近畿大学工学部機械システム工学科 教 授 廣安 博之 氏 「近畿大学工学部における産業廃棄物のリサイクルに関する研究紹介」
助成制度	・中国通商産業局 産業部産業技術課 総括係長 森元 宏 氏 ・（財）広島県産業技術振興機構経営交流担当 課 長 新山 茂 氏 ・広島市経済局経済振興課 主 査 田中 良典 氏

大学紹介セミナー

地域の理工系大学等の研究施設の見学会を開催し、精密・微細加工、超高速塑性加工、画像処理、三次元造形、デザイン、情報技術等の製造関連技術について、大学の施設を利用しながら、大学教員から技術実習・講演等を受けた。

区 分	講 師
第1回 参加者21名 平成13年 7月19日 広島国際学院大学	・ハイテクリサーチセンターの施設見学 ・講演「超高純度金属の精製とその物性」 工学部 共通基礎講座 教 授 大園 洋仁 氏
第2回 参加者17名 平成13年11月13日 近畿大学工学部	・機械工学科、機械システム工学科の施設見学 ・講演「機械工学科、機械システム工学科の保有する研究シーズ」 工業技術研究所所長 教 授 廣安 博之 氏

ライジングジェネレーションテクノ21（21世紀を担う人材育成）

地域の理工系大学生を対象に、地域企業への理解と企業が求める技術者像を認識してもらうため、技術講演、企業見学、技術実習、企業経営者による講演を実施した。（参加者 40名）

開催月日	テ　　マ	講　　師
① 8月 7日	技術講演	マツダ㈱ 技術研究所 所長 山本 順一 氏 三菱重工業㈱ 広島研究所 次長 久野 広明 氏
② 8月 8日	企業見学 ㈱ヒロテック（広島市東区）	西川ゴム工業㈱（広島市安佐北区）
③ 8月 9日	技術実習 ①材料コース ②加工コース ③システムコース ④デザインコース	広島市工業技術センター／広島市産業振興センター 市後 博造・中村 真知也 岡田 邦彦・世良 英美・桑原 修 上杉 憲雄・田中 秀樹・三宅 裕行・清水 功史 谷本 義則・平松 志保
④ 8月10日	経営者講演	西川ゴム工業㈱ 常務取締役 甲斐 稔人 氏 ㈱ヒロテック 代表取締役 鶴野 政人 氏

（12）環境関連分野支援事業

環境関連分野啓発講習会（担当 山崎、菅原）

テ　　マ	開催月日	講　　師	参加者数
自動車リサイクル法 に向けて	7月27日	・経済産業省 製造産業局 企画官 富吉 賢一 氏	76名
環境問題へ対応する 水系塗材の現況	11月 6日	・大塚化学㈱ 技術部 化学品技術課 主席研究員 上村 和人 氏	62名
環境汚染防止技術講習会	12月 6日	・福山大学工学部建築学科 助教授 宮地 功 氏 ・広島工業大学環境学部環境情報学科教授 今岡 務 氏	51名

ISO14000研修会（担当 片山）

回	月 日	内 容	講 師	参加者
1	10月 3日	I S O 1 4 0 0 0シリーズの仕組みと狙い	菱明技研（株） 顧問 村上 光春 氏	2 0 名
2	10月10日	環境マネジメントシステムの構築		1 4 名
3	10月17日			1 6 名
4	10月24日	内部監査の進め方		1 5 名
5	10月31日			1 4 名

環境関連技術アドバイザー派遣事業

企業が保有する技術の同分野への展開に際して、技術開発のプロセスで課題や問題点に直面したとき、この解決のため必要な公害防止技術・産業廃棄物リサイクル技術等の専門的な技術指導・情報提供等を行った。（9社 延べ10回 4時間／1回）

木質資源利用技術研究会（担当 木下、三宅）

木材は、クリーンな環境調和型資源であり、地球環境の保全の見知からも、その一層の活用が望まれている。本研究会は、建築廃材や木材関連企業から排出される鋸屑、端材、および未利用低級材などの木質廃棄物を積極的に活用するため、「木質廃棄物の有効利用と再資源化」をテーマに、木材の液化化技術と液化木材を利用した製品開発を目的として活動している。

昨年度までの経過を踏まえ、年度当初は、液化木材を原料にする軟質ウレタンフォームの未解明部分の究明、および液化木材を原料にする硬質発泡体の試作開発を進めていく予定であったが、液化木材の物性が均一性に欠けるという課題が生じることとなった。

そこで今年度は、品質の安定した液化木材を得るための液化条件の検討を中心に研究活動を行った。

装置による液化実験および液化木材の物性試験・評価を行うことにより、液化装置の性能の把握、木材の最適な液化条件の目安を見い出すなど、今後の研究活動に有用な研究成果を得た。

【会員企業】

アオイ化学工業㈱、大鹿振興㈱ 広島営業所、㈱オービス 広島営業所、㈱共立ハウジング、協和木工㈱、㈱清水木工、㈱住健産業、中国木材㈱、㈱ニイダ、西日本イノアック㈱、浜井建具工業㈱、㈱マルニ、㈱LAT環境設計事務所

開催月日	内 容
第1回 4月18日	・総会（平成12年度活動報告・会計報告） ・平成12年度（財）広島県産業技術振興機構産学共同研究助成事業報告
第2回 5月23日	・平成12年度役員および規約の改正について ・平成13年度技術開発・研究テーマの提案および検討
第3回 6月6日	・平成13年度活動計画の協議
第4回 7月25日	・（株）イノアックコーポレーション出張報告（小松会長） ・装置による木材液化実験（6/28）の結果報告、および液化条件の検討 ・液化木材を原料に使用する硬質ウレタンフォームの発泡実験
第5回 9月5日	・液化木材の用途展開（屋外現場発泡へ利用）についての検討 ・液化木材の液化条件の検討 ・木質フォームの土中埋設試験経過報告
第6回 10月3日	・ビーカーワークによる木材液化実験の結果報告、および液化条件の検討 ・木粉混入フォームウレタンの試作実験結果報告
第7回 11月7日	・液化装置の性能試験（10/19）の結果報告、および液化条件の検討
第8回 12月5日	・びわ湖国際環境ビジネスメッセ2001視察報告（大亀副会長） ・装置による木材液化実験（11/20）の結果報告、および液化条件の検討

開催月日	内 容
第9回 1月16日 17日	・勉強会 テーマ「植物由来の高分子材料と燃料」 講師 京都大学名誉教授 白石信夫 氏 ・軟質ウレタンフォーム使用企業((株)佐伯マルニ)の見学
第10回 2月 6日	・液化木材の液化条件の検討 ・液化木材を原料に使用する硬質ウレタンフォームの発泡実験体制の検討
第11回 3月26日	・装置による木材液化実験(3/6)の結果報告、および液化条件の検討 ・木材液化実験データの解析結果報告(大亀副会長) ・総会(平成13年度活動報告・会計報告)

廃プラリサイクル研究会(担当 金行、四辻、片山、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い、今年度は、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。

【会員企業】

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

開催月日	テ ー マ	講 師
第1回 6月 1日	研究会会員の紹介 研究会運営方針の討議 研究テーマの選定	
第2回 7月 3日	「PETボトルのリサイクル技術について」	㈱森川商店 伊藤 実 氏 クラレリビング㈱ 山越 操 氏
第3回 8月22日	研究の途中経過についての報告・ディスカッション 「廃発泡スチロールの塗料化に関する研究」 「廃発泡スチロールを利用した軽量レンガの開発」 「粉碎した廃マットを利用した成型品の用途開発」	㈱日本パーカーライジング広島工場 長尾 光郎 氏 古本 省三 氏 工房志楽 小松 志郎 氏 ジー・ピー・ダイキョー㈱ 水口 敦善 氏
第4回 10月26日	「廃発泡スチロールの減容化・リサイクル技術について」	三菱重工業(株)広島研究所 竹内 善幸 氏
第5回 2月22日	研究報告 「廃発泡スチロールの塗料化に関する研究」 「粉碎した廃マットを利用した成型品の用途開発」	㈱日本パーカーライジング広島工場 長尾 光郎 氏 古本 省三 氏 ジー・ピー・ダイキョー㈱ 水口 敦善 氏

(13)福祉関連分野支援事業

生活環境製品開発研究会（担当 西原、平松）

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が遅れている現状を鑑み、高齢者に「やさしい」環境づくりを目指して、設備機器及び福祉機器の開発に取り組んだ。

【会員企業】

大西電機工業(株)、コニシ(株)、新和金属(株)、田中家具工業(株)、浜井建具工業(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　　ー　　マ
第1回 4月19日	・簡易浴槽支持フレームのデザイン、構造について
第2回 5月17日	・簡易浴槽支持フレーム第2案（試作品について検討）
第3回 6月14日	・ビニール浴槽の高さ（2～3段階）の調節機能について検討
第4回 7月12日	・調節機能の検討
第5回 8月21日	・第3回目試作品にむけての検討
第6回 9月13日	・試作品のアドバイスにもとづく改善案について検討
第7回 10月18日	・製品化にむけたネーミングについて検討
第8回 11月22日	・第28回国際福祉機器展等の調査報告
第9回 12月13日	・簡易浴槽の改善案について検討
第10回 1月17日	・簡易浴槽の改善案について検討
第11回 2月13日	・簡易浴槽の改善案について検討
第12回 3月14日	・今後の福祉機器について 講師：いずみ整形外科クリニック 副院長 鳥井 浩司 氏

福祉関連製品開発研究会（担当 山口、上杉、三宅）

本研究会は、福祉機器の開発に特化し、被介護者への適合性の向上、介護者の労力軽減など福祉現場の改善が図れる製品開発に取り組むこととし、市場展開に必要な消費者ニーズを把握できる関連情報の収集にも注力した。

今年度は昨年発表した床走行リフト用電動走行ユニット（楽くんローラー）新バージョンを開発し、第28回国際福祉機器への出展、吊り上げ移動用具の試作開発（広島市基礎技術研究開発支援補助事業）などの成果を得た。

【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、(株)丸一監理

開催月日	テ ー マ
第1回 4月10日	(1)旧車いす開発分科会の活動経過報告 (2)これまでの開発テーマの確認 車いす用電動補助ユニット、入浴機能をもつ床走行リフト、床上から移乗可能なリフト、体位移動支援装置及び移乗機、施設の介護力強化製品、階段昇降機、職人ボランティア制度（技術集団の形成）、在宅入
第2回 5月8日	(1)特別養護老人ホームの施設見学について (2)広島県福祉関連産業創生プロジェクト推進会議への入会について (3)中小企業総合研究機構が開催する地方行政職員を対象とした「活性化担当者研修会」における事例発表の依頼について（電動走行ユニットの開発経過） (4)電動走行ユニット用万能ブラケットの製作について
第3回 5月8日	(1)特別養護老人ホーム「石内慈光苑」見学会実施 (2)吊り上げ移動用具開発への取り組みについて
第4回 7月6日	(1)広島市基礎技術研究支援補助金の申請について (2)吊り上げ移動用具の試作について (3)チームどらどらのホームページ開設について 「 http://team-doradora.com 」 (4)電動走行ユニットの2001ねんリンピック広島健康福祉機器展への出展について
第5回 8月24日	(1)電動走行ユニットの新バージョンへの対応について （株）日本アビリティーズ社 (2)10月24日～26日に開催する第28回国際福祉機器展への出展について
第6回 9月18日	(1)電動走行ユニットの新バージョン製品の製作決定について (2)第28回国際福祉機器展への出展決定について (3)10月7～9日に開催する2001ねんリンピック広島健康福祉機器展出展の役割分担について (4)吊り上げ移動用具の試作品製作決定について (5)広島ビジネスフェスティバルへの出展について
第7回 10月10日	(1)2001ねんリンピック広島健康福祉機器展の出展状況について（入場者8千人） (2)第28回国際福祉機器展における役割分担の確認について
第8回 11月2日	(1)第28回国際福祉機器展出展状況について （入場者13万5千人） (2)電動走行ユニットの改善点について (3)電動走行ユニットの販売に関する（株）日本アビリティーズ社との協議結果について
第9回 12月4日	(1)補助金事務の進捗状況について (2)吊り上げ移動用具の機能評価 (3)電動走行ユニットの改造について
第10回 2月6日	(1)会員企業製品の市場展開支援について (2)（財）東予産業創造センター事務局長片上氏から「東予地域企業の新分野展開支援の現状」の情報収集 (3)異業種グループ間交流への対応について

講演会の開催

事業名	開催月日	テ ー マ	講 師	参加者	担当者
介護用機器開発 講演会	11月22日	福祉機器の流通及び開発状況 について	(株)松永製作所 加藤 好巳氏	41名	山口 西原

(14) 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 PTA 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	94点	1点	1点	1点	1点	1点	1点	3点	15点	1点
中学生の部	74点	1点	1点	1点	1点	1点	1点	2点	14点	1点
高校の部	1点	—	—	—	—	—	—	—	1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PTA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13年11月9日～11月18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13年11月9日～11月18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	665点	9点 (3)	12点 (4)	26点 (8)	44点 (14)	20点 (5)	2校 (1)
中学生の部	922点	14点 (4)	18点 (5)	34点 (8)	56点 (17)	30点 (5)	3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	山本 恵久 氏 (戸田工業株式会社 広島工場技術課長)	入社以来、開発事業関連部署で主に磁気記録媒体に使用する各種磁性粉末材料の開発研究に従事された。記録された磁気情報を過酷な外的条件下にあっても長期にわたり安定的に保持する磁気カード用マグネットプランバイト型フェライト粒子粉末及びその製造法が表彰の対象となった。同粉末はプリペイドカードを中心に各種磁気記録材料として利用され、現代社会にとって不可欠なカード社会の一層の進展が図られた。
	前山 雄一 氏 (株式会社熊平製作所 常務取締役)	対象となった移動棚は、多量化する書類の管理を目的としている。これは、棚の下方に固定されたL字型転倒防止金具とレール側面に固定されたコの字型の係止部材との組み合わせにより、棚の車輪がレールから外れたり、転倒することを防止する機能を有している。膨大な資料を小面積で収納・整理することが可能となり、スペースの効率化、利便性、安全性が図られた。同氏は、本発明以外にも移動式棚の施錠装置、耐火展示ケースなどオフィスの情報管理・防犯にかかる様々な発明考案を行われた。
優良発明功績 女性奨励賞	宇土 明子 氏 (ユイ研究所代表)	対象となったのは、VDTを使用する事務作業における文字入力時の姿勢を含む作業の分析を元に、キーボードとデスクトップの段差をなくす、前腕をおくステージを設ける、マウスパッドの一体化など、人間工学的要素を加味した「アームレスト」の発明である。同製品は、キーボード入力者の打鍵およびマウス操作における頸、肩、腕、手首への負担を軽減するもので、商品化されている。

(15) 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頂き、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。今回は産業界から16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18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、鯉城鉄工センター協同組合、中国ゴム工業協同組合、広島家具工業協同組合、協同組合広島家具クラフト、広島宗教用具商工協同組合、(社)インテリア産業協会中国支部、広島県スクリーン印刷産業協同組合、(社)広島県情報産業協会、広島県中小企業団体中央会、(社)中国技術振興センター、(財)広島県産業技術振興機構、(社)発明協会広島県支部、広島大学工学部、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

(16) 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
工業技術連絡会議 機械金属連合部会総会	高野	つくば	6/20～22	
工業技術連絡会議物質工学・資源環境連合部会総会(共催)	高野	つくば	10/28～30	
軽金属学会	隠岐	岡山	5/19～20	
工業技術連絡会議物質工学連合部会画像プロセス分科会	平松	東京	11/8～9	
工業技術連絡会議物質工学連合部会木質科学分科会	三宅	鳥取	10/10～11	
工業技術連絡会議物質工学連合部会中国地方部会	三宅	福山	7/26～27	
工業技術連絡会議中国地方資源環境合同専門部会	高野	鳥取	10/4～5	
工業技術連絡会議物質工学連合部会高分子分科会	片山	鹿児島	11/5～6	
工業技術連絡会議窯業技術担当者会議	山口	名古屋	2/20～22	
工業技術連絡会議物質工学連合部会塗装工学分科会	山寄	鹿児島	9/19～22	
工業技術連絡会議物質工学連合部会デザイン分科会(春期)	平松	静岡	6/7～8	
工業技術連絡会議物質工学連合部会デザイン分科会(秋期)	平松	つくば	10/25～26	
工業技術連絡会議機械金属連合部会計測分科会	市後	つくば	10/17～19	
工業技術連絡会議物質工学連合部会表面技術分科会	植木	札幌	6/6～8	
全国デザイン会議	久保崎	東京	3/15～16	
工業技術連絡会議機械金属連合部会機械分科会材料研究会	世良	千葉	10/15～16	
中四国九州公設試験研究機関接合表面改質技術者会議	桑原	高松	11/26～27	
工業技術連絡会議電子連合部会総会	西山、田中秀	三重	5/31～6/1	
工業技術連絡会議電子連合部会中国四国地方部会	西山、上杉	松江	12/6～7	
工業技術連絡会議電子連合部会情報技術分科会	田中秀	秋田	11/7～10	
工業技術連絡会議電子連合部会EMC研究会	上杉	愛媛	10/11	
工業技術連絡会議機械金属連合部会生産情報システム研究会	清水	神奈川	7/17～19	
工業技術連絡会議機械金属連合部会メカトロニクス研究会	田中秀	札幌	11/14～16	
(社)自動車技術会春期大会学術講演会	西山	横浜	5/24～26	
品質工学・公設試連絡協議会	市後	東京	1/25～26	
精密工学会	上杉	大阪	9/23	
全国公設鉦工業試験研究機関長協議会総会	石原	郡山	7/12～13	
工業技術連絡会議 総会	石原	東京	3/25～26	
中四国公設試共同研究企画担当者会議	尾崎	松江	1/10～11	
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	岡山	7/26	
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	松山	2/1	
中国四国地方公設試験研究機関共同研究(機械分野)	岡田	岡山	8/2	
中国四国地方公設試験研究機関共同研究(機械分野)	岡田	松江	3/4	
中小企業技術開発産学官連携促進事業 産学官連携推進委員会(デジタルエンジニア)	石原・尾崎・ 上杉	広島市	3/13	

会 議 等 の 名 称	出席者	出張先	出張日	備考
中小企業技術開発産学官連携促進事業 成果普及講習会（デジタルエンジニア）	上杉・三宅	各務原	1/10～11	
中小企業技術開発産学官連携促進事業 成果普及講習会（デジタルエンジニア）	上杉・清水	高知	2/22～23	
ものづくりシンポジウムポスターセッション （デジタルエンジニア）	上杉	東京	3/26～27	
中小企業技術開発産学官連携促進事業 産学官連携推進委員会（高周波振動加工）	石原・尾崎 桑原・高野	広島市	10/2	
中小企業技術開発産学官連携促進事業 産学官連携推進委員会（高周波振動加工）	桑原	徳島	2/26～27	
中小企業技術開発産学官連携促進事業 産学官連携推進委員会（非破壊センサ）	尾崎・田中秀	男鹿	9/26～29	
中小企業技術開発産学官連携促進事業 産学官連携推進委員会（非破壊センサ）担当者会議	田中秀	盛岡	3/14～16	

（１７）技術職員派遣研修

氏 名	研 修 名	研 修 先	期 間
石原 道雄	中小企業支援担当者研修課程 （３日間コース）	中小企業大学校東京校	平成14年1月15日～1月17日
片山 正文	中小企業支援担当者研修課程 （１ヶ月コース）	中小企業大学校東京校	平成14年1月23日～3月1日

（１８）講師・委員の派遣

開催日	名 称	派 遣 内 容	開催場所	派遣者
5月11日	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	植木
6月27日	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 山寄
7月22日	技能検定実技試験 （広島県職業能力開発協会）	検定委員（噴霧塗装作業）	マツダ㈱	植木 山寄
7月29日	技能検定実技試験 （広島県職業能力開発協会）	検定委員 （金属塗装作業）	マツダ㈱	植木
11月28日	技能検定水準調整会議実技試験 （広島県職業能力開発協会）	検定委員	福山市	植木
12月21日	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
2月 9日	技能検定実技試験 （広島県職業能力開発協会）	検定委員 （肉盛溶射作業）	共和精機㈱	植木

開催日	名 称	派 遣 内 容	開催場所	派遣者
12月20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 (噴霧塗装作業)	広島市	山寄
3月 4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 (金属塗装作業)	広島市	山寄
5月15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31日	(財)広島県産業技術振興機構技術開発委員会(第1回)	委員	広島市	石原
7月20日	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31日	(財)広島県産業技術振興機構RSP 事業推進ワーキング委員会(第1回)	委員代理	広島市	尾崎
8月21日	(財)広島県産業技術振興機構 産学官連携会議(第1回)	委員	広島市	石原
10月 1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、木下
10月17日	広島県発明くふう展審査会	審査員	広島市	木下
12月 7日	(財)広島県産業技術振興機構技術開発委員会(第2回)	委員代理	広島市	吉村
2月15日	広島少年少女発明クラブ運営委員会	委員	広島市	石原
2月26日	(財)中国技術振興センター 中国地域技術振興会議(第4回)	委員	広島市	石原
2月27日	(社)発明協会広島県支部理事会	常任理事代理	広島市	村越
3月12日	(財)広島県産業技術振興機構技術開発委員会(第3回)	委員代理	広島市	吉村
3月19日	(財)広島県産業技術振興機構RSP 事業推進ワーキング委員会(第2回)	委員代理	広島市	尾崎
3月26日	(財)広島県産業技術振興機構 産学官連携会議(第2回)	委員代理	広島市	吉村
4月20日	鑄造工学会中四国支部理事会	理事	広島市	山田
6月13日	日本鑄造工学会中国四国支部 総会・講演会	理事	広島市	山田
9月28日	素形材センター幹事会	幹事	広島市	山田
10月22日 ～25日	日本鑄造工学会全国大会	理事	広島市	山田
2月22日	中国地域素形材講演会・懇話会	幹事	広島市	山田

(19) 発表 (誌上・口頭)

■誌上発表

時 期	誌 名	テ ー マ	氏 名
2001年9月	軽金属 第51巻 第9号	純チタンのHIP過程における最終段階の焼結速度に及ぼす予備焼結体組織の影響	隠岐 貴史 他3名
2001年5月	日本機械学会論文集, 第67巻 第657号, C編(2001-5), pp. 430-436	創成模倣機構による加工精度向上に関する研究(倣機構の倣特性解析)	西山 修二 山本 敏彦
2002年3月	日本機械学会論文集, 第68巻 第667号, C編(2002-3), pp. 949-956	創成機構の運動解析に関する研究(機構に作用する慣性力, トルクなどの解析)	西山 修二 山本 敏彦

■口頭発表

時 期	学会・協会等	テ ー マ	氏 名	備考
2001年5月	軽金属学会第100回春期大会	TiC粒子分散チタン焼結材中のTiCの空間分布評価	隠岐 貴史	岡山
2002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	岡田 邦彦	島根
2001年 6月	日本機械学会VSTech2001振動・音響新技術シンポジウム	横型全自動洗濯機の振動特性解析システムの開発	西山 修二 他4名	
2001年 9月	精密工学会秋季大会学術講演会	CADデータの利用と解析結果の評価 ー軸流送風機の性能改善ー	上杉 憲雄	大阪
2002年1月	平成13年度中小企業技術開発産 学官連携促進事業 第2回成果普及講習会	構造系、流体系、伝熱系のエンジニアリングシステムの統合化及びその活用技術	上杉 憲雄	広島
2002年2月	平成13年度中小企業技術開発産 学官連携促進事業 第1回成果普及講習会	構造系、流体系、伝熱系のエンジニアリングシステムの統合化及びその活用技術	上杉 憲雄	高知
2002年3月	ものづくりシンポジウム (新エネルギー・産業技術総合 開発機構)	軸流送風機動翼の設計、試作及び性能評価	上杉 憲雄	東京
2001年7月	生産技術高度化研究会 ((財) 中国技術振興センター)	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
2001年10月	産学R&D「振動・音響利用技術」研究会 ((財) 中国技術振興センター)	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

(20) 受賞・表彰等

氏 名	内 容	団 体 名
植木 邦夫	技能検定功労者表彰	広島県職業能力開発協会
山田 洋	支部功労賞	(社) 日本鑄造工学会 中国四国支部
山田 洋	溶接技術普及賞	(社) 溶接学会

(21) 学位取得

学 位	氏 名	論 文 名	取得年月	取得大学名
工 学	隠岐 貴史	チタン基材料のHIP焼結プロセスと材質の制御	2002年3月	広島大学

3 研究報告

- (1) コンピュータグラフィックスによる3D造形
爆心地猿楽町映像復元
平松 志保、田邊 雅章、中嶋 健明、福田 由美子、窪田 治生、
田曾 和義・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・37
- (2) 純チタンのHIP過程における最終段階の焼結速度
隠岐 貴史、松木 一弘、畑山 東明、柳沢 平・・・・・・・・・・40
- (3) 第3報、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
桑原 修・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・48
- (4) 皮膜中の六価クロムの環境変化による溶出挙動
金行 良隆、植木 邦夫・・・・・・・・・・・・・・・・・・52
- (5) 光切断法による細管内面の損傷計測
(第3報、損傷寸法計測プログラムの開発)
田中 秀樹・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・55
- (6) 中性子の後方散乱を利用した非破壊計測
(第3報、計測診断プログラムの開発)
田中 秀樹・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・60
- (7) 中性子とマイクロ波を利用したコンクリート水分量計測法の検証
田中 秀樹、泉田 福典、藤田 浩史・・・・・・・・・・66
- (8) 機能モデルによる金属材料の塑性変形シミュレーションシステムの開発
清水 功史、角田 鎮男・・・・・・・・・・・・・・・・・・72
- (9) マシニングセンターによるチタン合金材の高精度加工の研究
岡田 邦彦・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・74

Research Report

(1)	A study of dimensional models by Computer Graphics Shiho HIRAMATSU, Masaaki TANABE, Takeaki NAKAJIMA, Yumiko FUKUDA, Haruo KUBOTA and Kazuyoshi TASO	37
(2)	Sintering Rate in the Final Stage of HIP Process for Pure Titanium Takashi OKI, Kazuhiro MATSUGI, Tomei HATAYAMA and Osamu YANAGISAWA	40
(3)	3rd Report, Research on Micro Fabrication of Metal Materials Using Combined Machining with High Frequency Vibration. Osamu KUWABARA	48
(4)	A Study on Relationship between Environment and Amount of Leached Hexavalent Chromium from Chromate Conversion Coatings Yoshitaka KANEYUKI and Kunio UEKI	52
(5)	Damage Measurement on Inside of Thin Tube Using Light Section Method (3rd report, Development of the Program which can be Measured the Size of Damage) Hideki TANAKA	55
(6)	Non-Destructive Measurement Using Back Scatter of Neutron (3rd report, Development of the Application of Measuring Diagnosis) Hideki TANAKA	60
(7)	Inspection of Measurement Method for a Concrete Using Neutron and Microwave Hideki TANAKA, Fukunori IZUMIDA and Hiroshi FUJUTA	66
(8)	A New Approach on Modeling for Simulation System of Plasticity Deformation of Metal Material with Functional Model Kohshi SHIMIZU and Shizuo SUMIDA	72
(9)	Study on High Precision Cutting of Titanium Alloys by Machining Center Kunihiko OKADA	74

コンピュータグラフィックスによる3D造形 爆心地猿楽町映像復元

平松志保, 田邊雅章, 中嶋健明, 福田由美子, 窪田治生, 田曾和義

A study of dimensional models by Computer Graphics

Shiho HIRAMATSU, Masaaki TANABE, Takeaki NAKAJIMA, Yumiko FUKUDA,
Haruo KUBOTA and Kazuyoshi TASO

We have reproduced Sarugaku-cho town immediately after the atomic bomb dropping with the computer graphics in collaboration with among Hiroshima City Industrial Promotion Center, Hiroshima City University and Hiroshima Institute of Technology. Based on the testimony of survivor, views of town and houses were created as three-dimensional CAD digital data. Then fading colors due to aged deterioration were reconstructed by the techniques of computer graphics. We realized many valuable three-dimensional image pictures.

Keywords: Computer Graphics, Explosive Center, Sarugaku-cho Town, Picture Restoration

当センターは広島市立大学・広島工業大学と共同で、原爆直下の町「猿楽町」をコンピュータグラフィックスによって復元した。生存者の証言に基づき、当時の町並みや各家屋を三次元CADによりデータ化し、グラフィック処理によって経年劣化等の古色の再現を図りながら映像資料を製作した。

キーワード: CG (コンピュータグラフィックス) 爆心地 猿楽町 映像復元

1. はじめに

広島は世界の平和都市として大きな使命を持っており、文化遺産を継承する必要がある。そこで、原爆投下で一瞬にして消えた町を映像で復元することにより、これまでに残されてきた資料や写真とは違う新しい歴史の保存資料として有効活用するため、CGによる爆心地猿楽町の映像復元作業を行った。

2. 復元の目的

被爆前の当時を知る生存者は、年々高齢化し減少の一途を辿っている。やがては記憶自体も消滅してしまう。今回映像の復元を試みたのは、将来語り継ぐための永久的保存資料を、生存者の証言に基づき忠実に再現するためである。

3. 研究内容

デジタル画像により再現されたものは、作り物といったイメージが強く、現実世界との違いを埋めることが課題であったが、近年ではIT技術の発達に伴い、映像復元の技術もかなり高度化してきた。

今回の復元では、単にCGとして形を再現するのではなく、画像の中に当時の生活感、空気の流れなど、生活の中で感じていた空間をよりリアルに表現するため、猿楽町で生活していた人々約25人にヒアリングを行った。当時使用していた家具や床に使われていた木の材質、周囲の風景など、貴重な証言を最大限に活かし、スケッチや当時の写真なども含め、復元の基礎資料とした。

さらに、全国の伝統的町並み保存地域を調査し、

約1万点にのぼるデジタルデータを収集した。その中から当時の生活で使用していた生活雑貨、建具、欄間など、イメージに近いモノを選び、質感や色彩を2次元のコンピュータグラフィックスによって加工・合成処理を行い、証言者のイメージに近づけるように、3次元の空間の中に配置した。

また仕上がった画像は、それぞれ生存者による検証を何度も繰り返した。当時にそこに存在した人達が3次元の中に自分たちの生活していたものはこれだと感じる空気が出来上がっていることが最も大切な要素であり、今回の再現で重要な点であった。

4. 復元の対象

(1) 猿楽町通り

産業奨励館（現在の原爆ドーム）より、猿楽町通りを東へ200メートルの区間を対象とする。

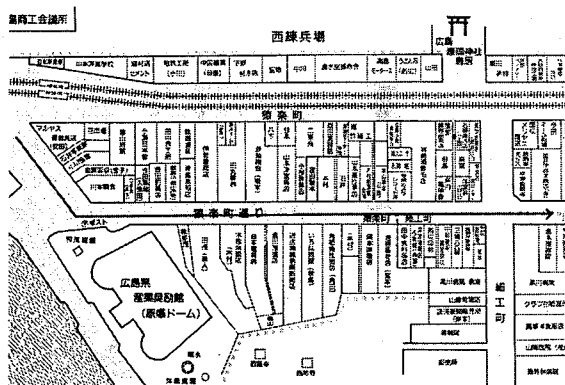


図1 当時の原爆ドーム周辺の地図

(2) 町家（室内を含める）

a. 職種や生活形態等に特徴のある次の10軒を対象とする

- ・田邊家 軍人/仕舞屋 産業奨励館の東隣
- ・木村家 米穀商
- ・益本家 建具製造卸業
- ・秋島家 旅館業（いろは旅館）
- ・角田家 料理仕出し業（角初仕出店）
- ・岡本家 味噌製造販売業
- ・田中家 酒氷生果商（田中八百屋）
- ・安田家 運動具商（マルヤス運動具店）
- ・伊勢家 骨董商（松寿堂）
- ・笠井家 和傘製造販売

b. 通りに面した町家45軒の表玄関を復元対象とする。

5. 復元手順

(1) 生存者ヒアリング

まず、伝統的町並保存地域の調査を実施した後、生存者にヒアリングを行い、覚えている全ての事柄に関してできるだけスケッチや言葉で表現してもらった。

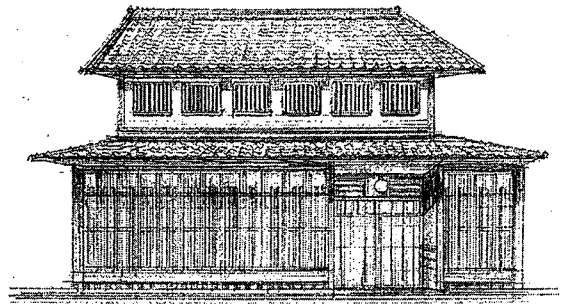


図2 生存者の描いた記憶に残る家屋（スケッチ）

(2) 設計図の作成

記憶をもとに、当時建具の製造を行っていた人と日本家屋の形状を考慮しながら、家の間取り図を組み立て、タンスや小物の配置を検討した。

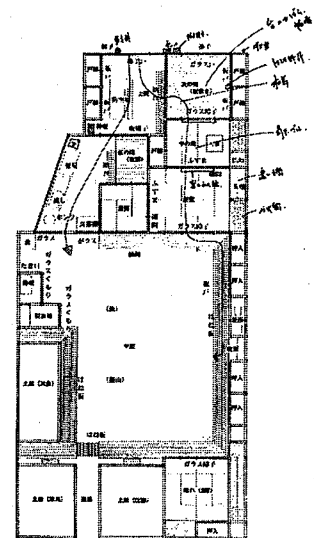


図3 家の間取り図

(3) 3次元CADによる家屋の組み立て

3次元CADデータを用いて、証言をもとに家

の基礎構造を作成し、屋根、柱の床など骨組み部分の材質の貼り付けを行った。

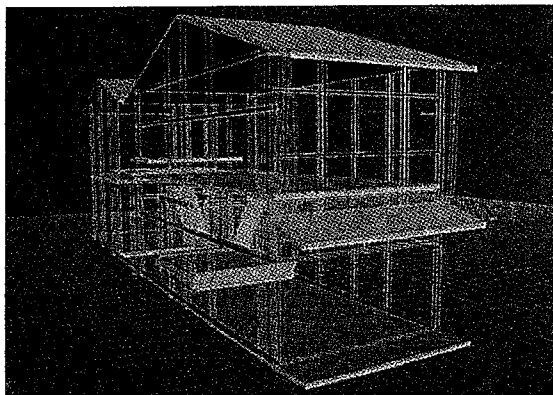


図4 家の基礎構造

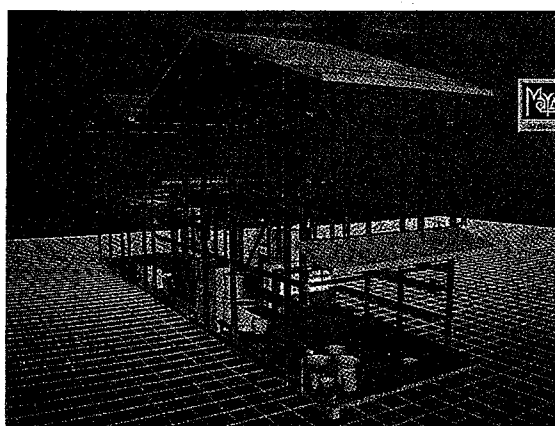
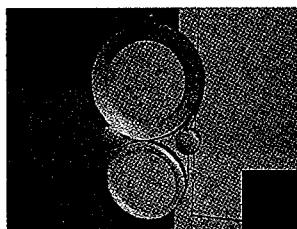


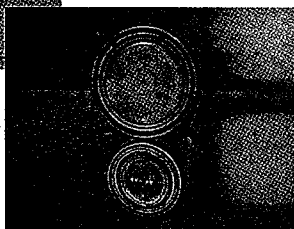
図5 材質の貼り付け

(4) 家具・建具・生活雑貨の作成

家具・建具・生活雑貨等は、それぞれテクスチャーを2次元で作成し、立体的なオブジェクトに貼り付けた。



貼り込み前



貼り込み後

図6 小物の作成

(5) レンダリング

完成した画像は見る人に、その家の中に入っているかのような感覚を体験出来るよう、目線の高さでのウォークスルー（動画）を作成した。



図7 正面玄関の画像（CG）

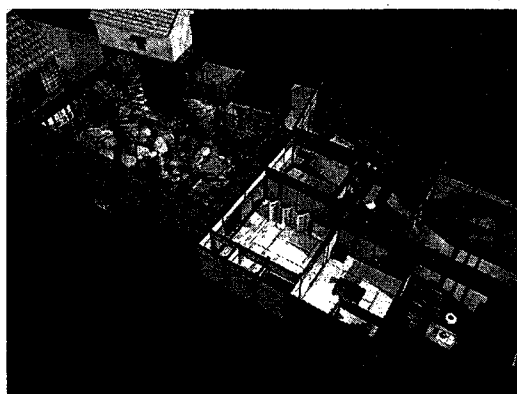


図8 家の内部画像（CG）

6. おわりに

今回の猿楽町映像復元のように、生存者の確かな証言をもとに作成される資料を作ることは今後さらに難しい状況となる。かつてのヒロシマをCG映像により再現することは、後世に歴史を継いでいく一つの資料として貴重であり、新たな保存方法として、原爆資料館などでの展示や、平和学習への活用など、汎用性が広がると考えられる。

当初この「猿楽町」を再現したメンバーは、当時の世界をほとんど知らないため、生存者の証言のみで復元することは困難であると考えられたが、証言をもとに試行錯誤した結果、当時を生き抜いた人々が今回完成した映像を観て涙を流しながら昔を懐かしんだことは、当時の空間がリアルに表現できたからではないかと考えられる。

純チタンの HIP 過程における最終段階の焼結速度

隠岐貴史, 松木一弘*, 畑山東明*, 柳沢平*

Sintering Rate in the Final Stage of HIP Process for Pure Titanium

Takashi OKI, Kazuhiro MATSUGI*, Tomei HATAYAMA* and Osamu YANAGISAWA*

The sintering rate in the final stage during HIP has been investigated by measurement of relative density of compacts which were preliminary sintered in vacuum. The activation energy of the final stage HIP-sintering rate Q_h of 218kJ/mol and the stress exponent n_h of 4.5 are obtained for the pure titanium compact with an equiaxed structure and Q_h of 213kJ/mol and n_h of 4.7 are obtained for that with a non-equiaxed structure. These values are approximately equal to the creep parameters, Q_c and n_c , obtained from creep experiments. The sintering rate of the pure titanium with the equiaxed structure is larger than that with the non-equiaxed structure under the same condition of temperature and pressure in the HIP process, which is influenced by the structure of compacts pre-sintered in vacuum. This is mainly due to the variation of A value in the equation of power-law creep influenced by the microstructure. The control of presintered structure is important for the followed HIP process.

Keywords : HIP, sintering rate, sintering structure, pure titanium, power-law creep

真空中で予備的に焼結した純チタン材の不完全焼結体の HIP 処理過程における最終段階の相対密度変化を調べた。

等軸結晶粒組織を有する材料の活性化エネルギーは 218kJ/mol、応力指数は 4.5 が得られ、非等軸結晶粒組織を有する材料の活性化エネルギーは 213kJ/mol、応力指数は 4.7 が得られた。これらはクリープの実験によって求められた Q_c と n_c に近い値である。一方、同じ温度と圧力において HIP 焼結速度は、HIP 処理を行う前の焼結材組織の影響を受け、非等軸結晶粒組織を有する材料よりも等軸結晶粒組織を有する材料で大きい。これは主として、べき乗クリープ則の定数 A が、組織の影響を受けたためである。HIP 過程の最適化にとって、HIP 処理前の予備焼結組織の制御が重要である。

キーワード : HIP, 焼結速度, 焼結組織, 純チタン, べき乗則クリープ

1. 緒 言

真空焼結後、熱間等方加圧 (HIP) 処理を施した純チタンの引張性質は、その処理条件、特に焼結温度の違いにより現れる種々の組織の影響を強く受ける⁽¹⁾。β トランザス以下の HIP 温度では等軸結晶粒 (EG) 組織が現れ、β トランザス以上では、不規則形状組織を含んだ非等軸結晶粒 (NG) 組織が現れる。

さらに、高温の HIP 処理によりサブ結晶粒組織を含んだ粗大な EG 組織が現れる。また、HIP 処理を行う前段階における真空焼結材においても、ある温度域を境として低温側で EG 組織、高温側で NG 組織が現れ、この場合も引張性質に大きな違いが見られ、真空焼結材と HIP 条件の組み合わせによって最良の引張性質を示す材料が得られる。

*広島大学工学部

一方、HIP は多くの材料の焼結に利用されている重要なプロセスの一つである。そのために、HIP における圧密・焼結過程の解析は古くから試みられている。

HIP 過程は相対密度が 0.9 以下の初期段階とそれ以上の最終段階に分けられる。初期段階においては、空洞は連続して 3 次元空間に分布し、ネックの形成・成長により焼結が進行する。他方、最終段階においては、空洞は独立孔として分布し、空洞の縮小と個数の減少によって焼結が進行する⁽²⁾。また、圧密・焼結速度は相対密度、温度および圧力の条件によって、(1)塑性流動、(2)粉体接合面における拡散、(3)べき乗クリープ、(4)Nabarro-Herring クリープあるいは Coble クリープによって支配される⁽²⁾。P.M.Sargent 等⁽³⁾による HIP 焼結機構予測図によると、純チタンの通常の HIP 焼結はべき乗クリープ律速の条件下で進行する。

E.Arzt⁽⁴⁾以降、HIP 処理について力学的解析を中心とした多くの報告^{(5),(6)}があるが、詳細な実験的検討^{(7)~(9)}、特に HIP 焼結の最終段階における焼結速度に関する報告は少ない。

本研究においては、真空焼結後 HIP を行うプロセスにおける HIP 焼結速度がべき乗クリープ則による焼結速度式によって表されることを、HIP 処理過程における相対密度変化の実験データをもとに明らかにするとともに、真空焼結材 (HIP 処理を施す前の試料) の組織の違いが焼結速度に及ぼす影響について検討した。

2. 実験方法

供試粉末として水素化脱水素法により製造された平均粒径約 $40\mu\text{m}$ の純チタン粉末 ($\text{Ti} > 99.5\text{mass}\%$, $\text{Fe} = 0.016\text{mass}\%$, $\text{Mn} = 0.001\text{mass}\%$, $\text{N} = 0.005\text{mass}\%$, $\text{C} = 0.009\text{mass}\%$, $\text{H} = 0.015\text{mass}\%$, $\text{O} = 0.2\text{mass}\%$) を用いた。その CIP (冷間等方加圧) 成形 (392MPa 下で 240s 間保持) 体を、 1423K , $1 \times 10^{-4}\text{Pa}$, 2h および 1473K , $1 \times 10^{-4}\text{Pa}$, 3h の真空中で焼結した。これらの真空焼結材に、 49 、 98 および 196MPa 下で、 β 転変温度以下の $753 \sim 1103\text{K}$ の温度範囲において $0 \sim 10\text{h}$ の HIP 処理を施した (HIP 処理材と呼ぶ)。このとき、HIP 処理は試料をカプセルに封入せず真空焼結した

ままの状態で行い、加圧ガスにはアルゴン ($\text{Ar} > 99.98\text{vol}\%$, $\text{O} < 5\text{volppm}$, $\text{N} < 10\text{volppm}$) を使い、ヒーターはモリブデンを使用した。なお、Fig. 1 に HIP 処理前後の焼結材の顕微鏡組織を示した。 1423K , 2h の条件で真空焼結した材料の結晶粒は EG 組織を示し (Fig. 1(a))、 1473K , 3h の真空焼結材のそれは不規則形状の NG 組織を示した (Fig. 1(c))。EG 組織の初期平均粒径は約 $40\mu\text{m}$ であり、NG 組織の初期平均粒径は約 $150\mu\text{m}$ であった。結晶粒径と結晶粒形状は HIP 処理によってもあまり変化しない。なお、EG 組織の純チタンの室温での延性は NG 組織の純チタンよりも大きい⁽¹⁾。この真空焼結材の寸法は約 $\phi 15 \times 25\text{mm}$ であった。このとき、試料の上下方向における組織の変化は確認されなかった。さらに、真空焼結材と HIP 処理材の酸素濃度は約 $0.3\text{mass}\%$ であった。これは素粉末の酸素濃度 ($0.2\text{mass}\%$) と比較して大きな増加ではなく、真空焼結以降のプロセスで特に酸素の増加が認められなかった。これより、焼結速度に及ぼす酸素濃度の違いによる影響は小さいものと考えられる。

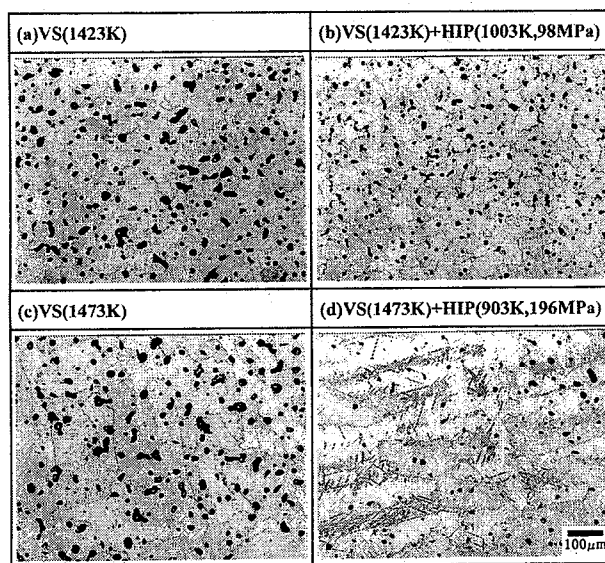


Fig. 1 Optical micrographs of pure titanium compacts, sintered in vacuum at (a) 1423K , 2h , (b) 1423K , 2h + HIP'ed at 853K , 98MPa , 10h , (c) 1473K , 3h and (d) 1473K , 3h + HIP'ed at 903K , 196MPa , 5h .

本実験条件により作製した各 HIP 処理材の密度測定は JIS に準拠したアルキメデス法によった。相対

密度の算出には、純チタンの密度として $\rho = 4.51\text{Mg/m}^3$ ⁽¹⁰⁾ を用いた。このとき、測定の際のばらつきは最大値で約 0.1% であった。焼結組織の観察には、光学顕微鏡および走査型電子顕微鏡を用いた。

3. 結果と考察

3.1 相対密度に及ぼす HIP 処理条件の影響

Fig. 1 に示すように、本焼結条件で得られた真空焼

結材には独立空孔は存在するが、連結空孔が見られない⁽¹⁾。これらの真空焼結材に HIP 処理を施したときの保持時間に対する相対密度の変化を調べ、その結果を Fig. 2(EG 組織)および Fig. 3(NG 組織)に示す。両図において、時間 0 の相対密度は、所定の HIP 保持温度まで加熱した後、直ちに室温にまで冷却した (保持時間 0) 試料の値とした。

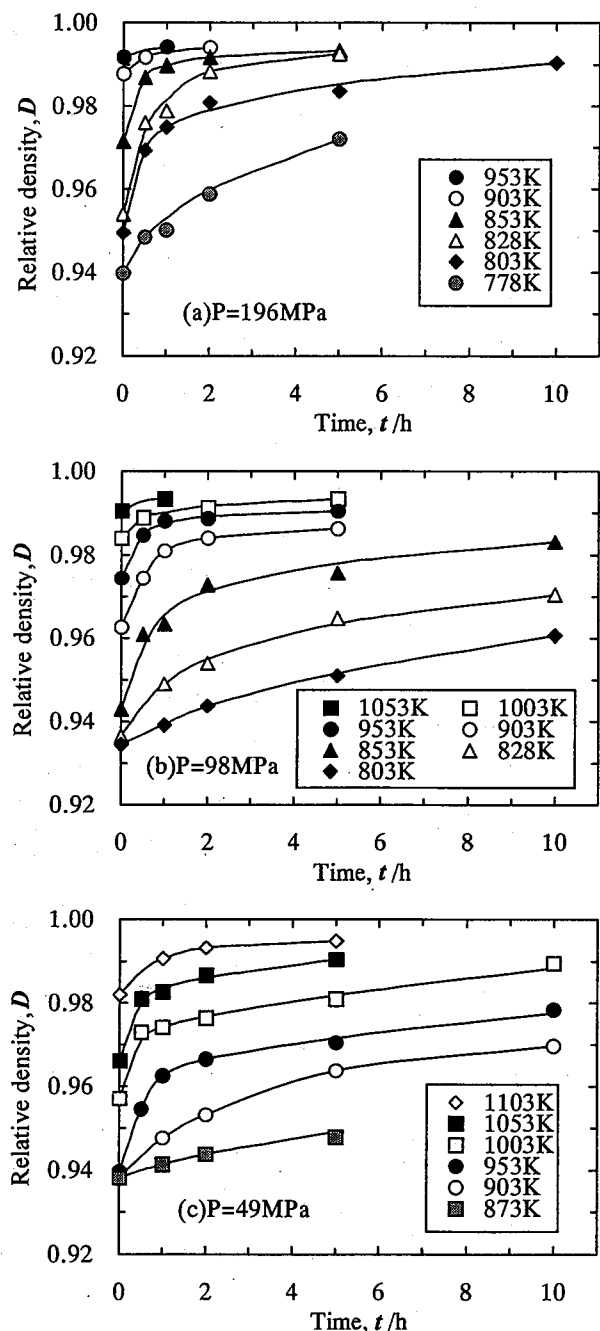


Fig. 2 Effect of HIP'ing time on relative densities of pure titanium with equiaxed structure(EG).

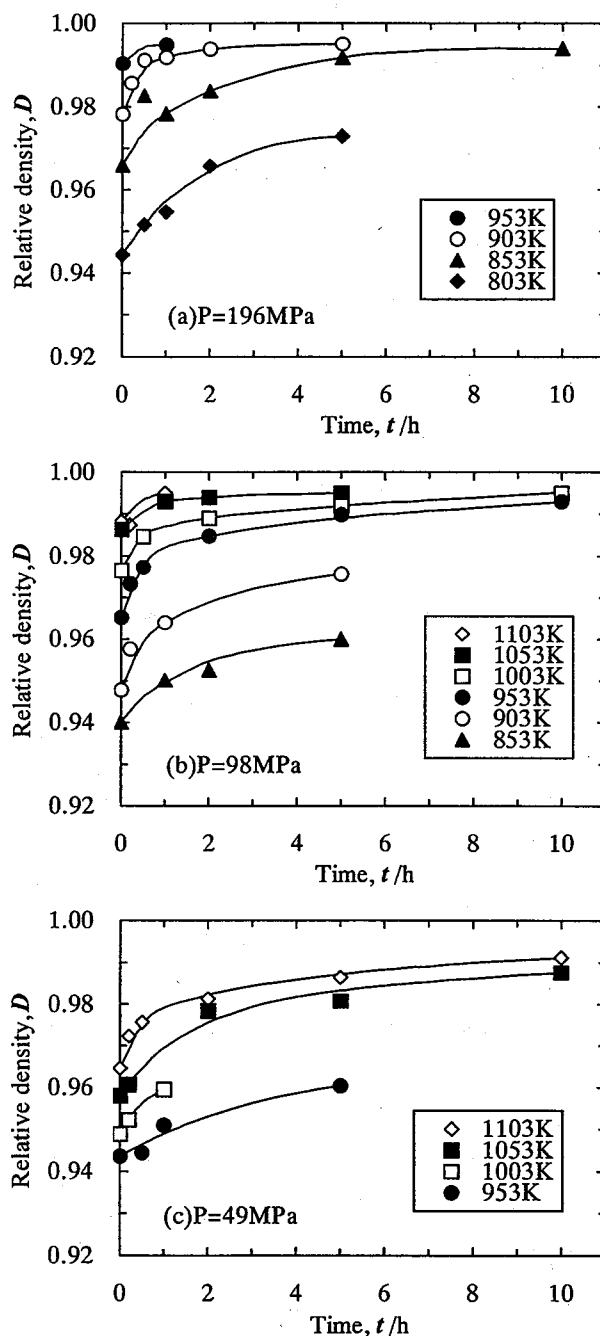


Fig. 3 Effect of HIP'ing time on relative densities of pure titanium with non-equiaxed structure(NG).

3.2 焼結速度に及ぼす HIP 処理条件の影響

実験によって得られた相対密度の変化量から焼結速度を求めた。これを Fig. 4 および Fig. 5 に示す。焼結速度は、Fig. 2 または Fig. 3 に示した測定値の 2 点間における相対密度の差を、両点間の時間で割って求めた。この 2 点の相対密度の平均値をそのとき

の相対密度とした。全ての条件で、相対密度が小さいほど、HIP 温度が高くなるほど、また HIP 圧力が大きくなるほど焼結速度が大きい。さらに、Fig. 4 と Fig. 5 の比較から同じ HIP 温度と同じ HIP 圧力において、NG 組織よりも EG 組織の焼結速度が 2~10 倍大きく、組織の影響が強く現れている。

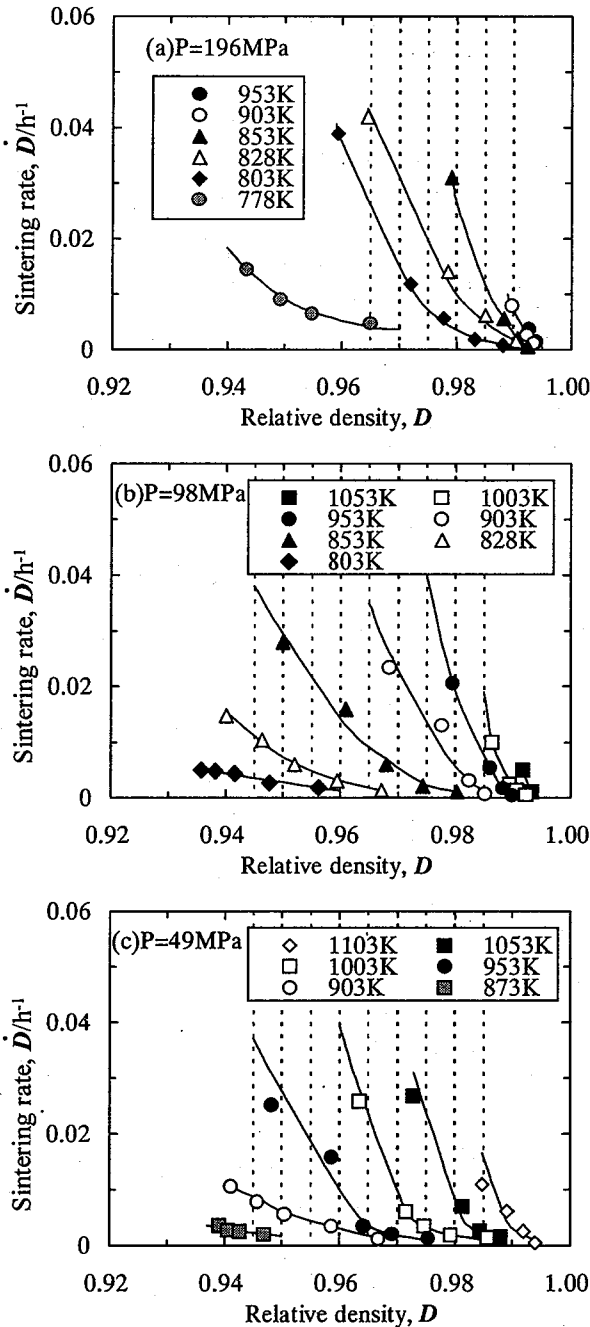


Fig. 4 Effect of relative density on HIP sintering rates of pure titanium with equiaxed structure (EG). The dashed lines indicate D values to obtain Q_a .

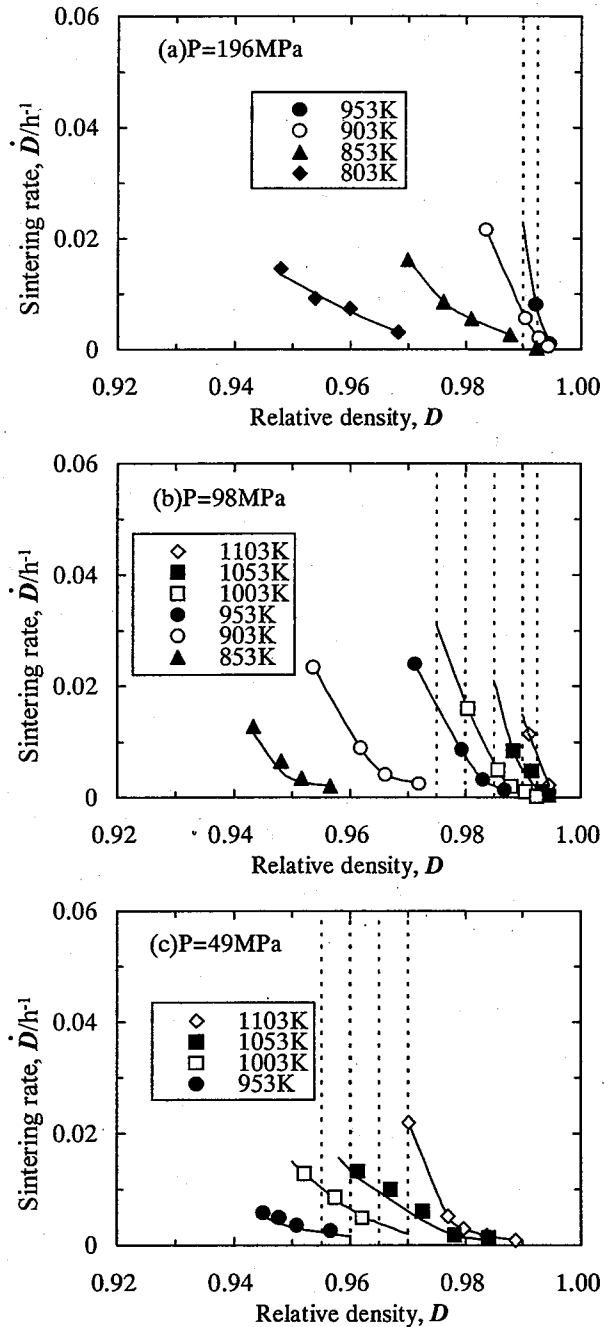


Fig. 5 Effect of relative density on HIP sintering rates of pure titanium with non-equiaxed structure (NG). The dashed lines indicate D values to obtain Q_a .

3.3 HIP 焼結速度の温度依存性

焼結速度 $\dot{D}$ は相対密度 D 、温度 T および圧力 P の関数として次式の形で表される^{(11)~(15)}。

$$\dot{D} = A_c \cdot \exp\left(-\frac{Q_c}{RT}\right) \cdot P^{n_c} \cdot f(D) \quad (1)$$

ここで、 A_c ：定数、 Q_c ：べき乗クリープの活性化エネルギー(Jmol⁻¹)、 P ：圧力(MPa)、 n_c ：べき乗クリープの応力指数、 R ：気体定数(Jmol⁻¹K⁻¹)、 T ：絶対

従来の解析結果から、等方圧条件下の最終段階の温度(K)、 $f(D)$ ： n と D の関数

式(1)において、相対密度 D =一定で圧力 P =一定であれば、焼結速度 $\dot{D}$ は温度 T だけの関数となる。そこで、Fig. 4とFig. 5の $\dot{D}$ - D のプロットをなめらかな曲線で近似した後、 D =一定における(図中に破線で示す)各温度の $\dot{D}$ を読み取り、Fig. 6およびFig. 7のアレニウス・プロットを得た。

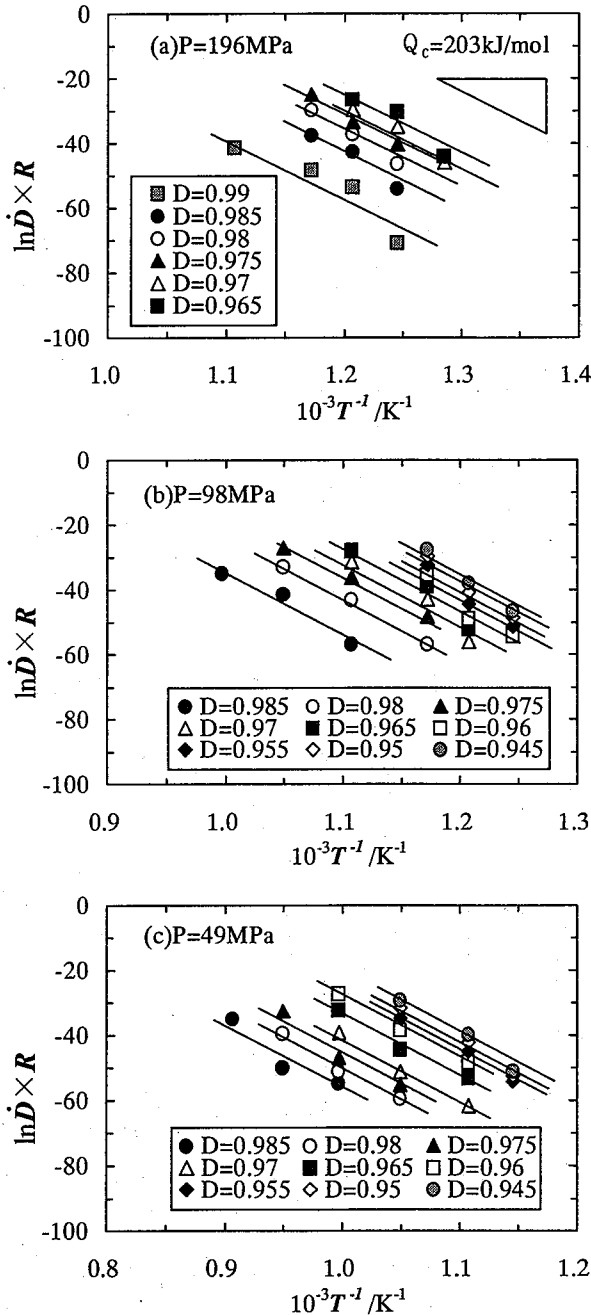


Fig. 6 Arrhenius plot of HIP sintering rate of pure titanium with equiaxed structure.

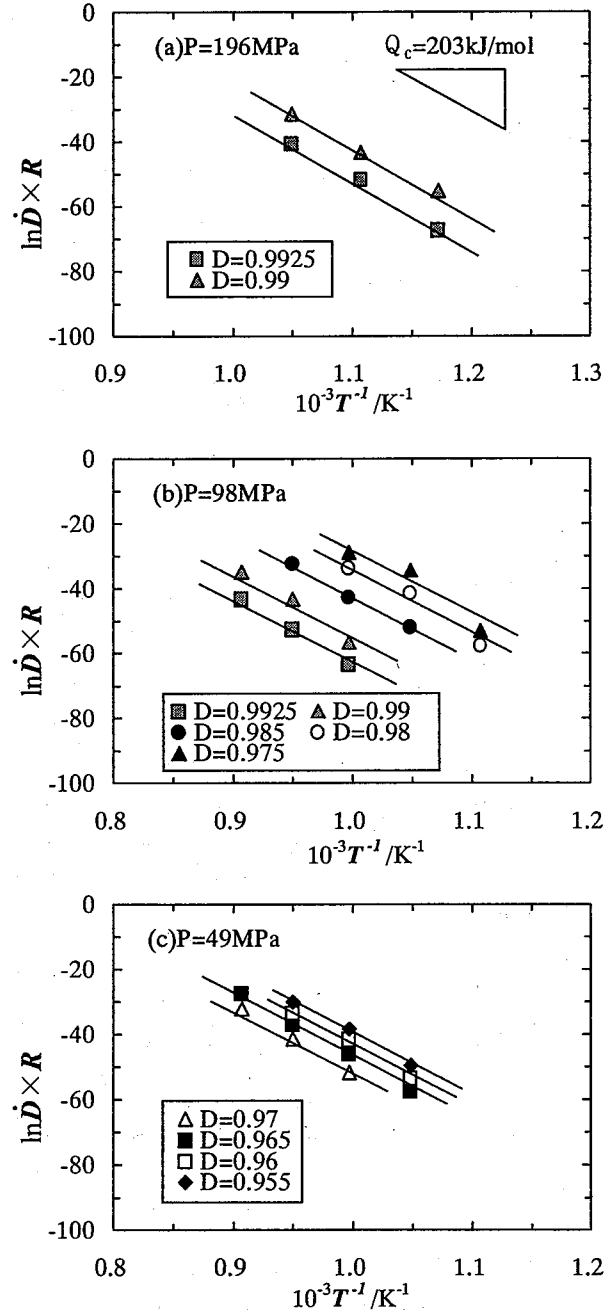


Fig. 7 Arrhenius plot of HIP sintering rate of pure titanium with non-equiaxed structure.

それぞれの直線の傾きを決定しているプロット数が少ないために、これから求められる活性化エネルギー Q_h （本実験で得られた HIP 焼結の活性化エネルギー）のばらつきは大きかったが、全ての Q_h の算術平均から、EG 組織材で $Q_h=218\text{kJ/mol}$ （172～259kJ/mol）、NG 組織材で $Q_h=213\text{kJ/mol}$ （194～242kJ/mol）が得られた。従来求められている純チタン材料のクリープの活性化エネルギーは格子自己拡散の活性化エネルギーよりも大きな値（232～253kJ/mol）が報告されている^{(16)～(19)}。しかし、崔等⁽²⁰⁾の解析によると、真応力-真ひずみの関係から剛性率の温度依存性を考慮して求めた定常変形の活性化エネルギーは格子自己拡散の活性化エネルギーとほぼ同じ値となることが示され、定常変形の見掛けの活性化エネルギーを真応力一定の条件で求めて、 $Q_c=202.9\pm 2.2\text{kJ/mol}$ が報告されている。本実験で得られた純チタンの HIP 焼結の見掛けの活性化エネルギー Q_h はこれまで報告されているクリープの活性化エネルギー Q_c に近い値であり、崔等の値よりも多少大きい実験結果のばらつきを考えると、これとほぼ一致していると言える。

以上の実験結果から、HIP 過程の焼結速度の活性化エネルギーはクリープの活性化エネルギーとほぼ等しい。

3.4 HIP 焼結速度の応力依存性

式(1)の関係は式(2)のように変形されるので、 Q の値が与えられれば、圧力 P ＝一定の条件で、式(2)の左辺の値を D に対して Fig. 8 のようにプロットすることができる。

ここで式(1)において HIP 実験によって求められる A 、 n および Q をそれぞれ A_h 、 n_h および Q_h と表している。

$$\ln \dot{D} + \frac{Q_h}{RT} = \ln A_h + \ln f(D) + n_h \ln P \quad (2)$$

Fig. 8 において D ＝一定のときの2つの圧力 P_1 、 P_2 の曲線の間隔は、式(2)より、 $\ln A_h$ と $\ln f(D)$ を消去した形で式(3)のように表される。

$$\left(\ln \dot{D} + \frac{Q_h}{RT} \right)_{P_1} - \left(\ln \dot{D} + \frac{Q_h}{RT} \right)_{P_2} = n_h \ln \frac{P_1}{P_2} \quad (3)$$

ここで、式(3)において P_1 、 P_2 は2つの異なる圧力を意味しており、このときの Q_h は P に依存しない。これより、Fig. 8 において、式(3)の左辺に相当する D ＝一定のとき（図中に破線で示す）の2つの曲線の距離を読み取り、既知の P_1 、 P_2 の値を用い、式(3)から応力指数 n_h （本実験で得られた HIP 焼結の応力指数）を算出した。 n_h の平均値として、EG 組織材で $n_h=4.5$ （3.2～5.9）、NG 組織材で $n_h=4.7$ （3.5～5.6）が得られた。

従来のクリープの研究によると、純チタン材料の定常クリープの応力指数 n_c の値として4.3～4.7が報告されている^{(16)～(20)}。前出の崔等⁽²⁰⁾の報告によると、

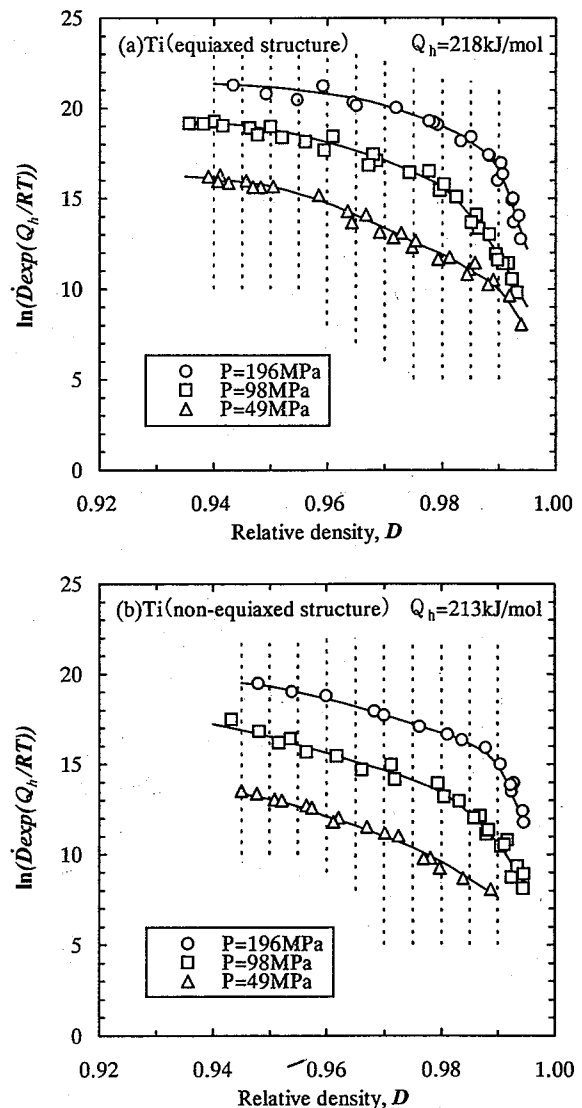


Fig. 8 Effect of relative density on $\dot{D} \exp(Q_h/RT)$ for pure titanium with (a) equiaxed and (b) non-equiaxed structure. The dashed lines indicate D values to obtain n_h .

前述したように剛性率の温度依存性を考慮しない場合、 $n_c=4.36$ であり、本実験で得られた値 $n_h=4.5 \sim 4.7$ に近い値を示している。

3.3 節で述べたように、HIP 焼結速度の活性化エネルギー Q_h がクリープの活性化エネルギー Q_c とほぼ等しく、また上述のように HIP 焼結速度の応力指数 n_h がクリープの応力指数 n_c とほぼ等しいことから、HIP 焼結速度を式(1)で表すことは妥当であると考えられる。

3.5 HIP 焼結速度の組織依存性

式(1)を次式のように変形すると、

$$\ln A_h + \ln f(D) = \ln \dot{D} + \frac{Q_h}{RT} - n_h \ln P \quad (4)$$

右辺の中で用いられている値 $\dot{D}$ 、 Q_h 、 n_h および P は実験と上述の解析結果から求められているので、左辺の値をこれから計算によって求めることができる。ここで A_h は HIP 焼結速度式における定数でべき乗クリープ式の A_c に相当する。 $\ln A_h + \ln f(D)$ と相対密度 D の関係を Fig. 9 に示す。densification に関する

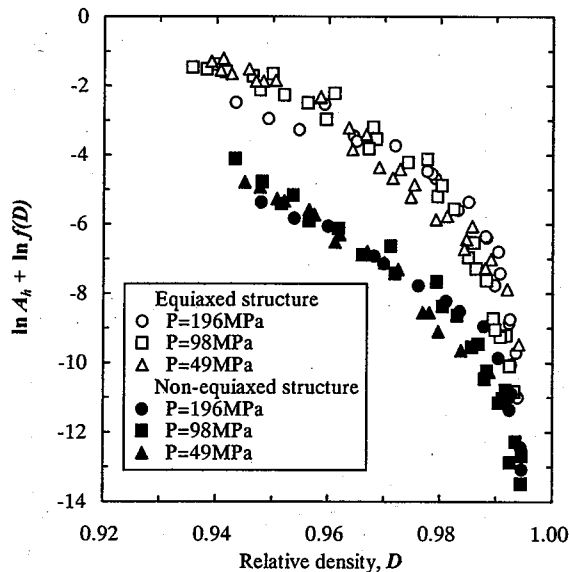


Fig. 9 Relation between $\ln A_h + \ln f(D)$ and relative density D .

セル・モデルによれば、 $f(D)$ は空洞のまわりの応力分布とひずみ速度分布によって決定されるもので、

通常は力学的解析によって予測される^{(11)~(15)}。 A_h の値は $f(D)$ が与えられない限り、本実験の結果から求めることはできない。従来の解析結果によると $f(D)$ は D と n_h の関数であるが、Fig. 10 に示すように、これまでに提唱されている関数は一致していない。しかし n_h が一定であれば、 D が与えられると $f(D)$ の値は定まるので、Fig. 9 における EG 材と NG 材の縦軸の値の差は $\ln A_h$ の値の差異によるものである。

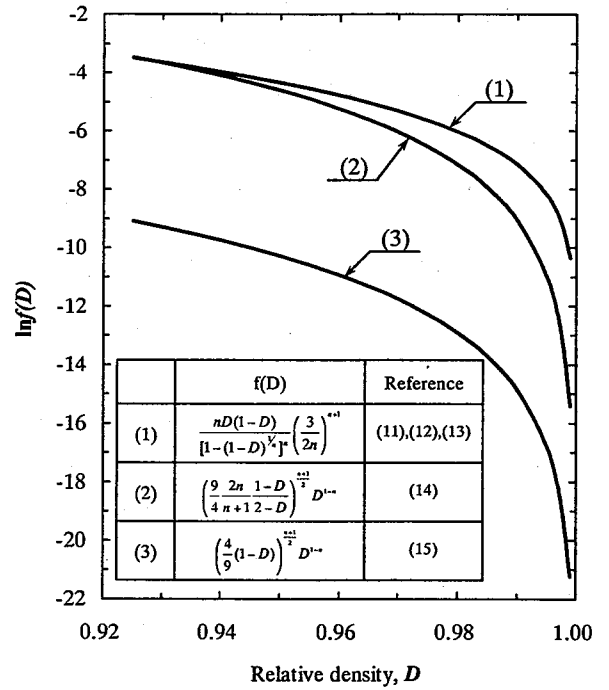


Fig. 10 The $f(D)$ functions previously proposed by mechanistic analysis.

EG 材と NG 材をそれぞれ A_h (EG) と A_h (NG) で表すと、Fig. 9 から $\ln A_h$ (EG) - $\ln A_h$ (NG) ≈ 3 であり、 A_h (EG) / A_h (NG) は約 20 と求められる。

$$\frac{A_h(\text{EG})}{A_h(\text{NG})} \approx 20$$

Fig. 4 と Fig. 5 でみられたように EG 材と NG 材の HIP 焼結速度には同じ温度と圧力で最大約 10 倍の違いがあった。以上の考察から、この焼結速度の違いは主に A_h の値の違いによるものと考えられる。また、両組織で得られる A_h の比 (約 20) と HIP 焼結速度の比 (最大 10) の違い (約 2 倍) は、それぞれの組織で得られた Q_h と n_h の違いによるものと考えられる。

崔等⁽²⁰⁾によると、純チタンのクリープの A_c は平均粒径 $100\mu\text{m}$ で19、平均粒径 $1000\mu\text{m}$ で4であり、結晶粒径が小さくなると A_c の値は大きくなっている。本HIP焼結速度の A_h に及ぼす結晶粒径の影響は、このクリープ速度におよぼす A_c の影響とよく符合している。

このように、組織の違いにより焼結速度に差が生じることから、組織制御⁽¹⁾をも考慮した効率的なHIP処理を行うために、HIP処理を施す前における真空焼結材の組織の選択は重要である。

4. 結 言

純チタン材の真空焼結材を β トランザス温度以下で種々の温度、圧力および時間でHIP処理し、HIP最終段階の焼結速度を求め、次式を基礎とした解析を試み、以下のような結果を得た。

$$\dot{D} = A_c \cdot \exp\left(-\frac{Q_c}{RT}\right) \cdot P^{n_c} \cdot f(D)$$

ここで、 A_c ：定数

Q_c ：べき乗クリープの活性化エネルギー(Jmol⁻¹)

P ：圧力(MPa)

n_c ：べき乗クリープの応力指数

R ：気体定数(Jmol⁻¹K⁻¹)

T ：絶対温度(K)

$f(D)$ ： n と D の関数

(1) 相対密度が小さく、HIP温度が高く、HIP圧力が大きいほど焼結速度は大きい。また、同じ温度と圧力におけるHIP焼結速度は、組織による影響を強く受け、結晶粒径のより大きい非等軸結晶粒組織を有する材料よりも結晶粒径のより小さい等軸結晶粒組織を有する材料で大きい。

(2) 等軸結晶粒組織を有する純チタン材料のHIP焼結速度の活性化エネルギーとして $Q_h=218\text{kJ/mol}$ 、応力指数として $n_h=4.5$ が、非等軸結晶粒組織を有する純チタン材料のHIP焼結速度の活性化エネルギーとして $Q_h=213\text{kJ/mol}$ 、応力指数として $n_h=4.7$ が得られた。これは崔等によって求められた純チタンのべき乗クリープ式の Q_c と n_c に近い値である。

(3) 結晶粒組織の違いによるHIP焼結速度の違いは主として焼結速度式の定数 A_h (クリープの A_c に相当する)が組織の影響を受けるためである。

参 考 文 献

- (1) 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.
- (2) A. S. Helle, K. E. Easterling and M. F. Ashby : Acta Metall., **33**(1985), 2163.
- (3) P. M. Sargent and M. F. Ashby : Scr. Metall., **16**(1982), 1415.
- (4) E. Arzt, M. F. Ashby and K. E. Easterlin : Metall. Trans., **14A**(1983), 211.
- (5) B. K. Lograsso and D. A. Koss : Metall. Trans., **19A**(1988), 1767.
- (6) M. P. Dale, K. E. Easterling and S. A. Prokopy : Mater. Sci. Forum., **34**(1988), 863.
- (7) Yong-Mei Liu, H. N. G. Wadley and J. M. Duva : Acta Metall., **42**(1994), 2247.
- (8) B. W. Choi, Y. G. Deng, C. McCullough, B. Paden and R. Mehrabian : Acta Metall., **38**(1990), 2225.
- (9) M. Dietze, H. P. Buchkremer and D. Stoever : Met. Powder. Rep., **46**(1991), 30.
- (10) (社)チタニウム協会：チタンの加工技術, 日刊工業新聞社, (1992), 9.
- (11) J. M. Duva and P. D. Crow : Acta metall. mater., **40**(1992), 31.
- (12) P. S. Wilkinson and F. Ashby : Acta metall., **23**(1975), 1277.
- (13) P. Sofronis and R. M. McMeeking : "文献(7)中に引用".
- (14) A. C. F. Cocks : J. Mech. Phys. Solids, **37**(1989), 693.
- (15) P. Ponte Castaneda : J. Mech. Phys. Solids, **39**(1991), 45.
- (16) G. Malakondaiah and P. Rama Rao : Acta Metall., **29**(1981), 1263.
- (17) M. Doner and H. Conrad : Metall. Trans., **4**(1973), 2809.
- (18) F. B. Cuff Jr. and N. J. Grant : The Iron Age, **170**(1952), 134.
- (19) K. Okazaki, T. Odawara and H. Conrad : Scripta metall., **11**(1977), 437.
- (20) 崔明勲, 及川 洪：日本金属学会誌, **49**(1985), 195.

第3報, 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

桑原 修

3rd Report, Research on Micro Fabrication of Metal Materials Using Combined Machining with High Frequency Vibration.

Osamu KUWABARA

A thin ditch machining of S50C was conducted for end mill with a high frequency vibration. The method of high frequency vibration reduced the resistance for cutting and prevented the loss of machining tools. Also, machining time could be reduced as fastening the feeding speed.

Keywords: High Frequency Vibration, End Mill

高周波振動を付加したエンドミルでS50Cの細溝加工を行った。高周波振動により切削抵抗が低減され、工具の折損を防止することが可能であった。また本報では送り速度が向上させることができるため、加工時間を短縮することも可能とした。

キーワード: 高周波振動, エンドミル

1 緒 言

近年、機械製品および部品の高機能化・小型化に伴い、微細加工技術の重要性が増している。例えば、自動車エンジンの燃料噴射ノズルの微小穴加工やプラスチック金型の細溝加工等があげられる。

金属の微細切削加工を行う場合、工具の回転振れ、工具の取り付け等の誤差を最小限に抑えることが重要となる⁽¹⁾。微細加工を行う場合、切削速度を維持するため工具回転数を高くする必要があるが、これに伴い振動の発生や工具の回転振れの増大が起こり、工具回転の誤差が大きくなる。切削速度を維持するため工具回転数を高くする事が、微細加工を行う上では大きな阻害因子になると考えられる。

そこで本研究は、工具に高周波振動を付加することにより、工具回転数を低い状態で行える微細加工技術を確立することを目的とする。

具体的には、エンドミルに高周波振動を付加し、金属の細溝加工についての実験研究を行う。

2 実験方法

図1は研究に使用した実験装置を示す。加工機はマシニングセンタ(牧野フライス精機㈱製MSJ25-16)を用い、主軸に高周波振動を発生させる超音波振動ユニット(㈱岳将製UB-40C)を取り付けて加工を施し、加工時の切削抵抗の測定および切削屑の観察を行う。



図1 実験装置

周波数40kHzの振動を回転工具の軸方向に与えた。この時の振幅は無負荷状態で約 $5\mu\text{m}$ である。また、工具の静的回転精度は約 $5\mu\text{m}$ である。

切削抵抗の測定は3方向動力計(キスラー製 9257B)を用いる。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する。

表1は実験条件を示す。被削材をS50Cとし、油性切削油を使用して溝加工を行う。この時の工具は直径1.0mm、超硬材質のエンドミルを用いる。工具回転数は2000rpmで一定とし、送り速度を20~60mm/min、軸方向切り込み量を0.5~1.5mmに変化させる。それぞれの条件で高周波振動を付加した加工方法(振動複合加工)と付加しない加工方法(慣用加工)で実験を行う。

表1 実験条件

項 目	条 件
被削材	S50C (HB=200)
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°
切削速度(v) m/min	6.28 (2000 rpm)
軸方向切り込み(Ad) mm	0.5, 1.0, 1.5
送り速度(f) mm/min	20, 40, 60
高周波振動 kHz	40, 0kHz(振動なし)

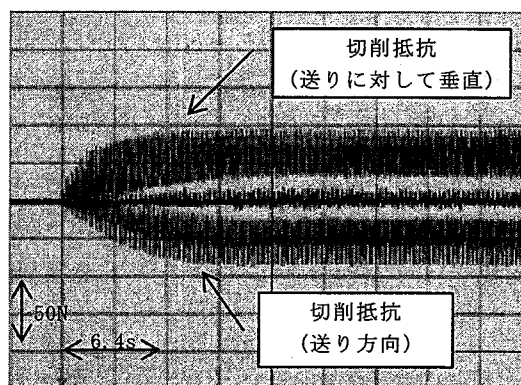
3 実験結果および考察

図2は加工時の切削抵抗の波形を示す。慣用加工に比べ振動複合加工では送り方向および送りに対して垂直方向の切削抵抗が小さくなり切削性が向上した。送り方向の切削抵抗は慣用加工に比べ振動複合加工では約30~50%に低減した。

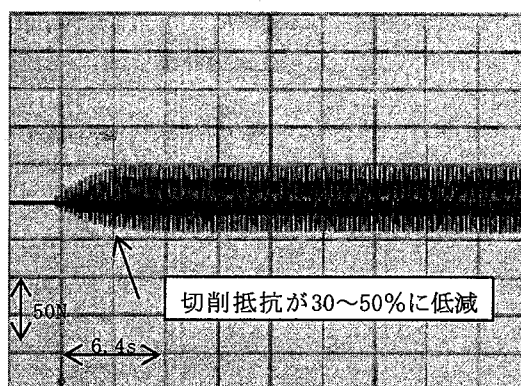
図3は各加工時において送り速度を変化させたときの工具の送り方向の切削抵抗を示す。慣

用加工に比べ振動複合加工は、全体的に切削抵抗が低く、送り速度を増したときの切削抵抗の増大も少ない。

図4は切削抵抗の変化を示す波形に及ぼす送り速度および軸方向の切り込み量の影響を示す。



(a) 慣用加工 0kHz



(b) 振動複合加工 40kHz

図2 切削抵抗波形, $v=6.28\text{ m/min}$ $f=40\text{mm/min}$
 $Ad=1\text{mm}$ Wet

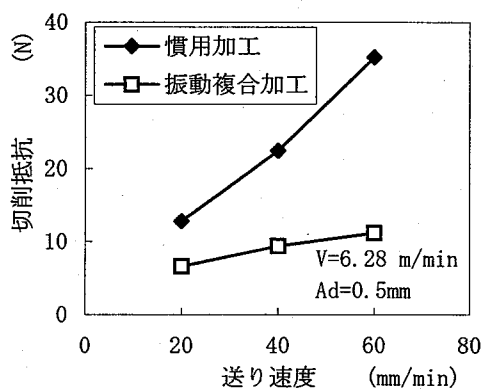


図3 各加工法の切削抵抗に対する送り速度の影響

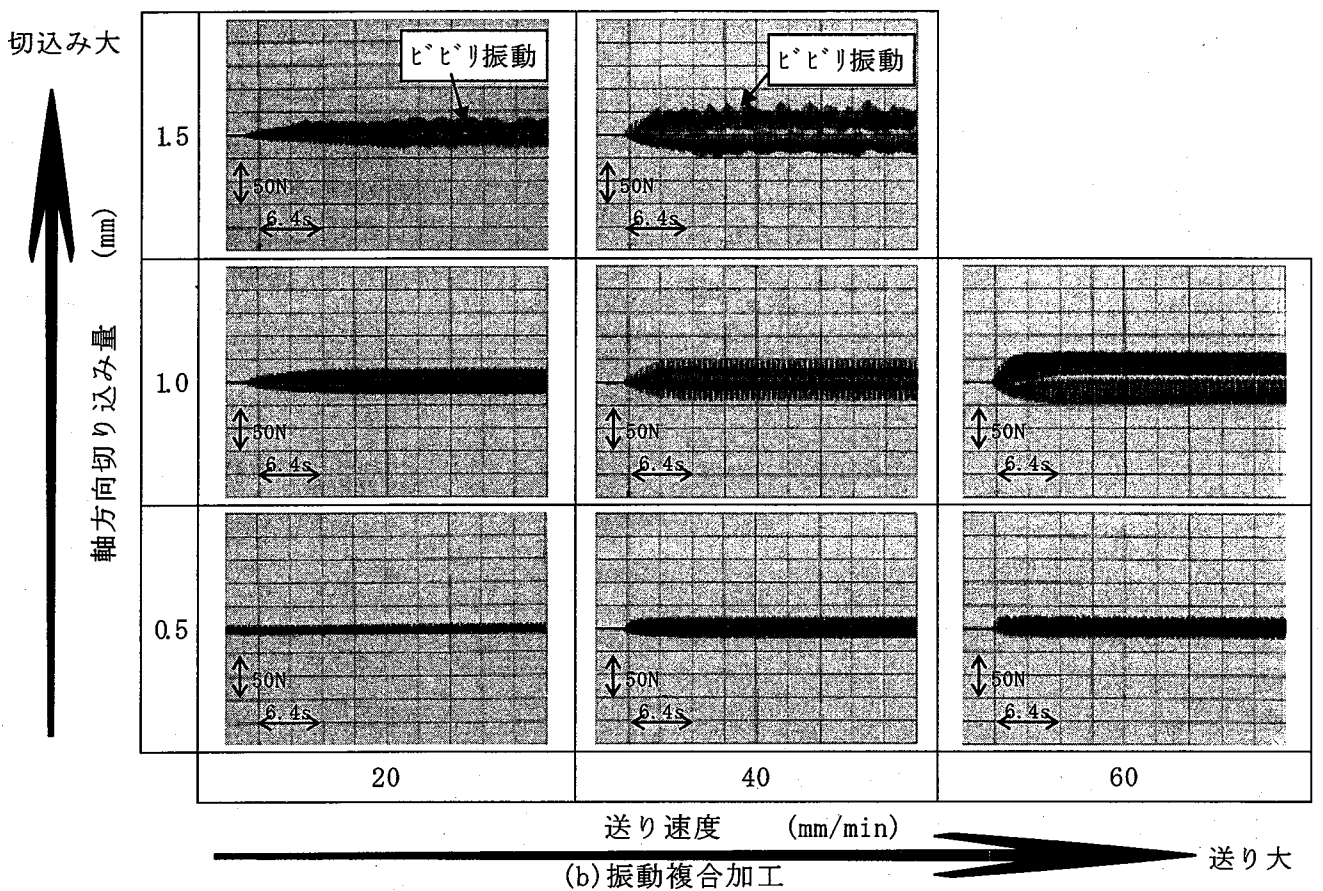
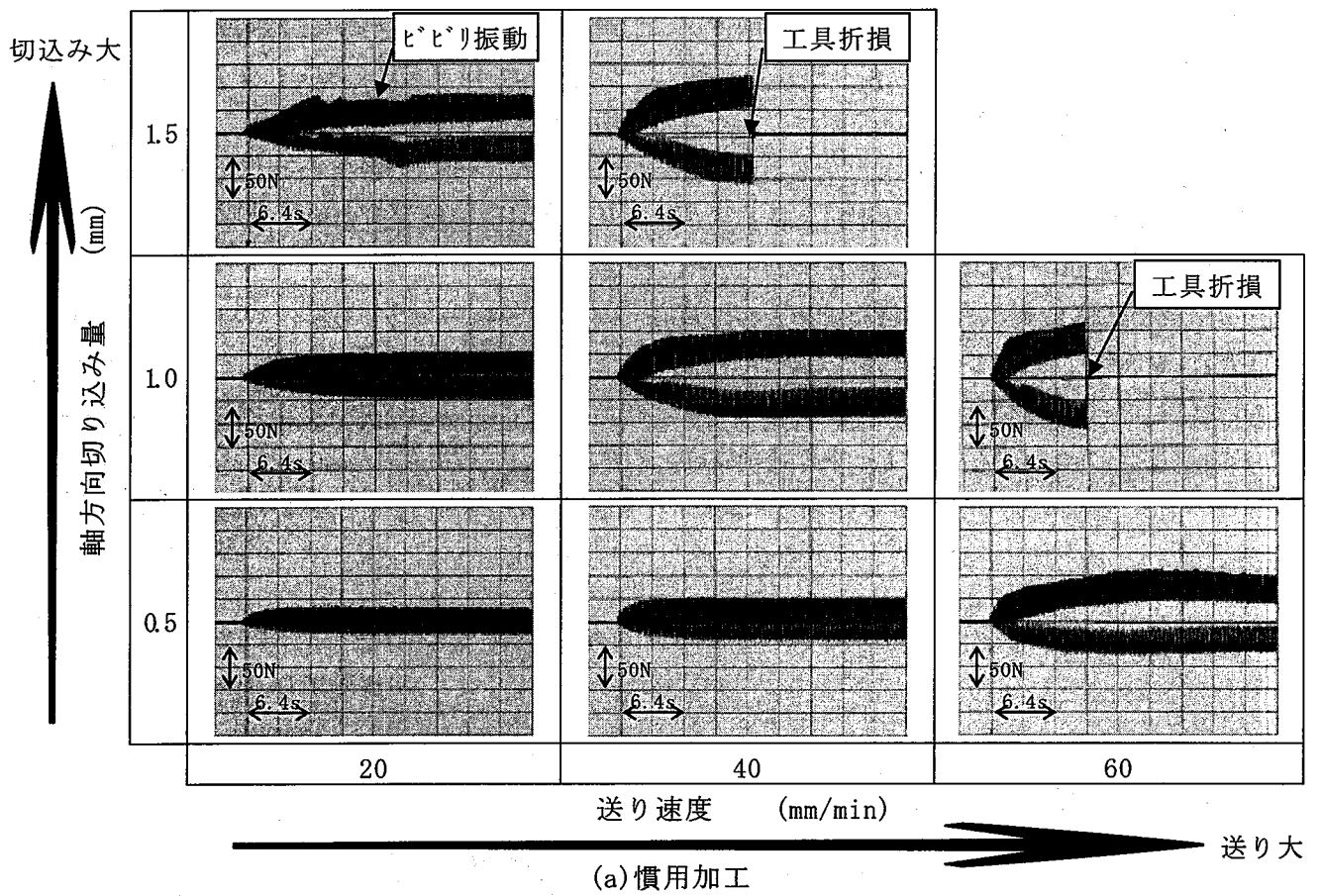
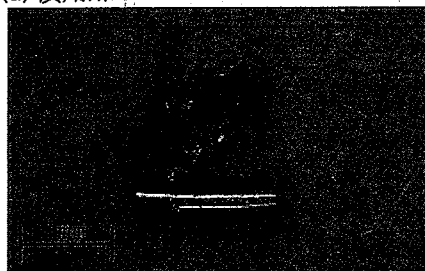


図4 切削抵抗波形, (a) 慣用加工、(b) 振動複合加工

(a) 慣用加工 0kHz



(b) 振動複合加工 40kHz

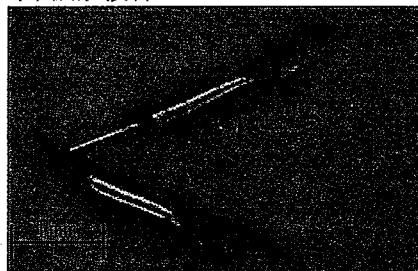
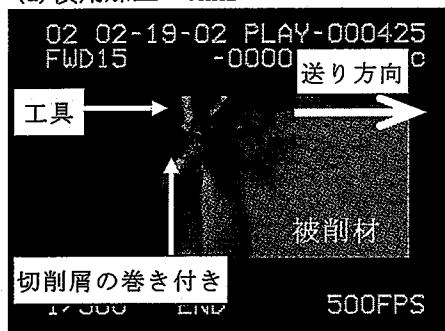


図5 切削屑, $V=6.28$ m/min $f=40$ mm/min $A_d=1$ mm Wet

(a) 慣用加工 0kHz



(b) 振動複合加工 40kHz



図6 加工中の切削屑状況, $V=6.28$ m/min $f=40$ mm/min $A_d=1$ mm Dry

図4は縦方向が軸方向切り込み量を示し、横方向に送り量を示している。慣用加工では工具が折損し加工の継続が不可能であった条件においても、振動複合加工では加工が可能であり、工具に高周波振動を付加することで加工性を向上させることができる。

図5は加工後の切削屑を示す。慣用加工では切削屑がつぶれた様に厚くなっているが、振動複合加工では薄くカールした切削屑が排出されている。これは高周波振動の影響で、工具すくい面と切削屑との摩擦抵抗が低減し、切削屑が押しつぶされることなく排出された為と考えられる。この切削屑の変形抵抗の差が切削抵抗に現れたものと考えられる。

切削屑の排出性を観察するため加工状況を高速ビデオカメラ(㈱コダック製SR-500)で観察した。図6は加工時の切削屑の排出状況を示す。慣用加工では工具に切削屑が巻き付き、加工中に工具が折損したが、振動複合加工では切削屑の排出が良好であった。

4 結 言

エンドミルを用いた溝加工において、高周波振動複合加工により以下の結果が得られた。

- (1) 切削抵抗の低減により切削性が向上する。
- (2) 切削性の向上により、送り速度を上げることが可能となり、加工時間が短縮できる。
- (3) 切削屑の排出性が向上する。

この研究は中小企業庁の補助金「地域ものづくり対策事業費補助金」を受けて実施した。関係各位に感謝の意を表する。

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).

皮膜中の六価クロムの環境変化による溶出挙動

金行 良隆、植木 邦夫

A Study on Relationship between Environment and Amount of Leached Hexavalent Chromium from Chromate Conversion Coatings

Yoshitaka KANEYUKI and Kunio UEKI

Amount of leached hexavalent chromium, which is contained in chromate conversion coatings, was measured by following tests: keeping at the room temperature, heating and accelerated weathering. As a result, amount of leached hexavalent chromium could be diminished according to the heat history.

Keywords: Chromating, Hexavalent Chromium, Leach Test

クロメート皮膜に含まれる六価クロムについて、使用環境における溶出量を把握するため、クロメート皮膜の保管経時変化、耐熱試験および促進耐候性試験による経時的な溶出量について調べた。その結果、熱履歴により六価クロム溶出量が減少することが明らかとなった。

キーワード：クロメート処理、六価クロム、溶出試験

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⁽¹⁾。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、それに代わる六価クロムの代替処理法に向けて検討を急いでいる。

当面は六価クロムフリーに全面的に切り替わる可能性は低いと見られる。このことから、六価クロムを含有する表面処理皮膜が、使用される環境の変化

に伴って溶出する挙動を把握する必要がある⁽²⁾。

そこで本研究では、皮膜中の六価クロム溶出量の挙動を把握することを目的として、市域企業で多用されているクロメート皮膜について六価クロム溶出量の経時変化を調べた。

2. 実験方法

2.1 試験試料

試験片の材質は厚さ0.8mmの冷間圧延鋼板(SPCC)とし、試験片寸法は直径3mmの穴を開けた50mm×100mmとする。クロメート処理については、市域企業で多用されている薬品の中で、有色、黒色、および緑色の各クロメート処理薬品から、合わせて6種類を選定する。

表1に今回の試験に供した試験片の作成条件を示す。

表1 クロメート処理試験片作成条件

薬品名	皮膜色	処理温度/℃	薬品濃度	処理時間/秒	乾燥温度/℃
MC-358	黄色	25	0.6vol%	25	60
ローマット210	黄色	28	1vol%	20	常温
Z-492	黄色	24	1vol%	12	60
ZB-544	黒色	28	15g/L	230	60
MB-340	黒色	22	CrO ₃ で46.1g/L	25	70
SG-338	緑色	26	4vol%	70	65

2.2 環境試験条件

環境試験として保管経時変化並びに耐熱試験、促進耐候性試験を行い、それぞれの試験片について、次項で述べる六価クロム溶出量試験を行った。

2.2.1 保管経時変化

通常保管時での六価クロム溶出量の経時変化を調べるため、室温23℃、相対湿度60RH%の部屋に試験片を保管する。

2.2.2 耐熱試験

熱履歴と六価クロム溶出量との相関関係を調べるため、乾燥炉を用いて50℃および100℃の耐熱試験を行う。

2.2.3 促進耐候性試験

屋外使用時を想定して、JIS B 7753に規定する促進耐候性試験機(サンシャインウェザーメーター)により、ブラックパネル温度63℃、降雨サイクル18分/120分の試験条件で促進耐候性試験を行う。

2.3 六価クロム溶出量試験

溶出試験はJIS H 8625 付属書2 4.1に準拠して行った。試験片を沸騰水に5分間浸漬し、溶出した六価クロムをジフェニルカルバジドを用いた比色法により発色させ、紫外可視分光光度計を使用して定量を行う。

3. 実験結果と考察

3.1 保管経時変化

図1は保管時間による六価クロム溶出量の変化を示す。

試験片によるバラツキを考えると、保管による六価クロム溶出量の経時変化はないものと思われる。

また、温度・湿度を調整した部屋に約半年間(4500

時間)保管した場合の溶出量に変化はなく、試験片を更に長時間保管してもほぼ同様の結果が得られるものと推察される。

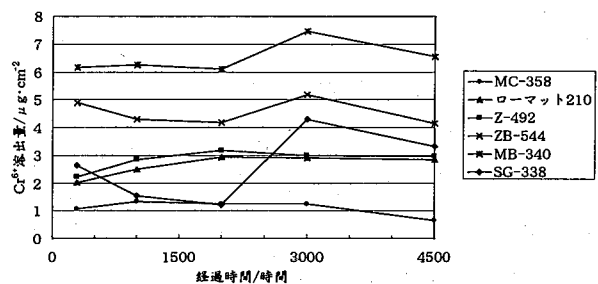


図1 保管経時変化

3.2 耐熱試験

図2および図3に、それぞれ50℃および100℃の温度下における耐熱試験を行ったときの六価クロム溶出量の変化を示す。

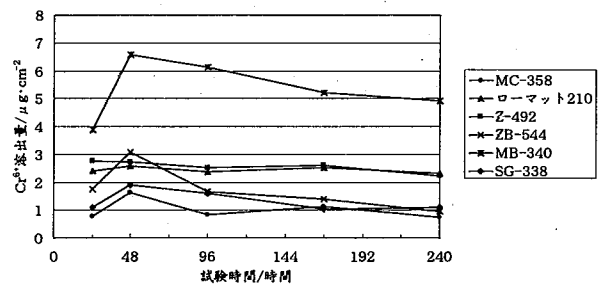


図2 50℃における六価クロム溶出量の経時変化

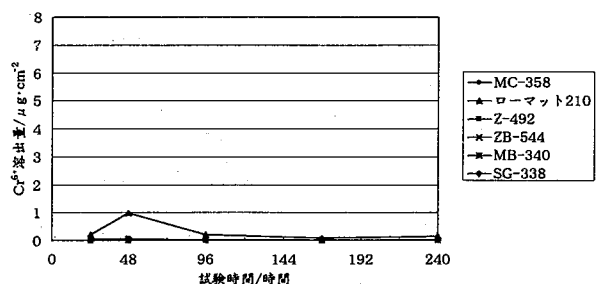


図3 100℃における六価クロム溶出量の経時変化

50℃で行った試験では、保管時と比較してやや六価クロムの溶出量が減少している。図2の傾向から、更に長期間この環境に置くと溶出量は減少していくものと考えられる。また、100℃で行った試験では、試験開始後24時間で六価クロムの溶出は殆ど見られない。これらの結果から、加温によりクロメート皮膜中の結晶水が揮散した結果、六価クロムが溶出しにくくなったものと考えられる。

3.3 促進耐候性試験

当初1000時間の試験を予定していたが、試験250時間の時点で六価クロム溶出量が殆ど見られなくなったため、途中で試験をうち切り、短い時間での試験を再度行った。

図4は、促進耐候性試験による六価クロム溶出量の変化を示す。保管時と比較して、最初の24時間で溶出量はほぼ半減し、試験時間が長くなるにしたがって減少していく傾向を示した。これも耐熱試験と同様に熱の影響によるものと考えられる。

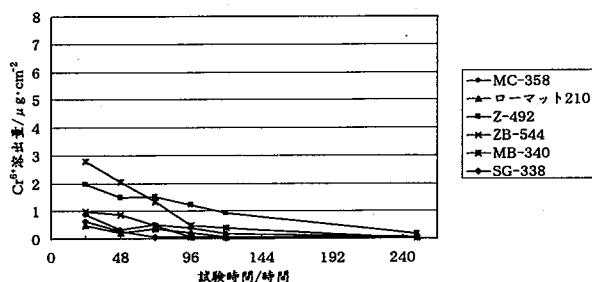


図4 促進耐候性試験結果

4. 結言

本研究により、現状のクロメート皮膜が環境変化によりどの程度の六価クロムを溶出するのかが明らかとなった。

①保管時の溶出量は $1 \sim 8 \mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$ だったが、50℃では殆どの仕様で24時間後に $3 \mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$ 以下に、また、100℃では全ての仕様で24時間後に $1 \mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$ 以下となった。

②促進耐候性試験では、試験時間の経過と共に溶出量は減少していき、試験120時間後には全ての仕様で $1 \mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$ 以下となった。

今後、六価クロムの使用が厳しく規制されていく

のは時代の趨勢でもあるため、この規制の動向を注視するとともに、ノンクロム、もしくは三価クロメート等による代替処理皮膜の開発に更に力を注ぐ必要がある。

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).

光切断法による細管内面の損傷計測 (第3報, 損傷寸法計測プログラムの開発)

田中 秀樹

Damage Measurement on Inside of Thin Tube Using Light Section Method (3rd report, Development of the Program which can be Measured the Size of Damage)

Hideki TANAKA

It is difficult to measure the damage on inside of thin tubes without breaking them, because there are any obstacles around them. We developed the measuring system using the light section method without damaging tubes and the preciseness of the measurements in the system was evaluated. In this paper, we developed the application the size of damages of the circumference and the axis direction and the position are measured by means of light section images, and evaluated it. The result of measurement for hole on the tube, the fine data within 0.2mm error of the circumference was obtained. It was shown that the measurement of the damage is possible using this program.

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

周囲に障害物のある細管内面の損傷を非破壊で正確に計測することは困難であるため、計測手法はほとんど存在しない。そこで、レーザ光切断法を用いた細管内面の損傷に対する非破壊計測手法を提案し、システム構築、計測精度の検証を行ってきた。本報では、構築したシステムより得られる光切断画像を基に、円周上と管の軸方向の損傷寸法ならびにその位置を計測するプログラムを開発してその評価を行った。側面に穴をあけた管に対する計測を実施し、円周上の計測誤差が0.2mmと良好な結果を得た。これにより、本プログラムを用いることで損傷の計測が可能であることが示された。

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

石油プラントや化学プラントなどでは、さまざまな配管が利用されている。これら配管は使用するうちに、管の減肉や管内面の孔食、傷、割れなどの損傷が起こる^{(1),(2)}。もし、損傷をこのまま放置すると配管に穴があく、亀裂が生じるなど症状が悪化して装置が停止したり、最悪の場合には事故が発生する可能性がある。このため、保守点検において配管類をモニタリングし、損傷程度のひどい場合には補修を行う必要がある。

保守点検における損傷の計測では、次に示すような問題が指摘されている。熱交換器チューブ⁽³⁾などのように多くの細管が束となっているものに対し、管外面から計測を行おうとすると、チューブを取り囲むことのできる大型の計測装置と、専門の作業員が必要となる。逆に、管内面から計測を行おうとすると、検査管数が多く検査作業に時間がかかる。

このような理由から、細管の損傷計測には作業効率のよい渦流探傷⁽⁴⁾が用いられる。しかし、渦流探傷法では渦流センサを手で手繰り寄せる方法が一般

的であり、その原理上、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。配管の余寿命予測のためには、損傷寸法およびその位置の計測が望ましいことは明らかである。

そこで、損傷の寸法ならびに位置の計測を可能とする非破壊計測手法として光切断法^{(5),(6)}を提案し、そのシステムを構築する。本光切断法を実現するシステムは、レーザ発振器と小型 CCD カメラとを対向させ配置したプローブと、カメラ出力を保存する画像蓄積解析装置で構成する。前報^{(7),(8)}では構築したシステムで擬似損傷穴の寸法を計測し、計測精度の検証を行った。

本報では、損傷計測を行う光切断線抽出アルゴリズムならびに寸法計測アルゴリズムを開発し、開発したアルゴリズムの検証のため、擬似損傷に対する計測実験を行う。

2 システムの概要

2.1 原理

円形照射するレーザ発振器と小型 CCD カメラを、同一軸上で向かい合わせて配置する。レーザ発振器と CCD カメラから構成されるプローブを管内に挿入すると、図 1 のように管内面にレーザ光切断線が現われる。

この状態を CCD カメラで撮影すると光切断画像として確認できる。光切断画像において、管内面に損傷のない場合には光切断線が真円となる。管内面に損傷のある場合にはこの円がひずむ、減肉の場合には円の径が大きくなるという現象が現われる。光切断画像を用いた計測では、損傷の大きさに応じて変化する光切断線の円のひずみ量を利用し、ひずみ量と損傷寸法との相関関係を明らかにすることで損傷計測が可能となる。

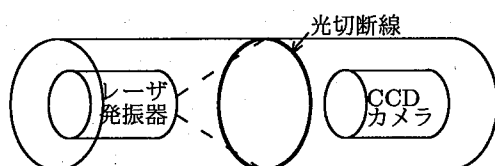


図 1 プローブの原理図

2.2 システム構成

本センシングシステムは、レーザ発振器および小型 CCD カメラから構成されるプローブ、プローブの移動量を求める距離測定ユニット、プローブと距離計測ユニットとのインターフェースを担うコントロールユニット、光切断線を蓄積し損傷解析を行う画像蓄積解析装置から構成される。

プローブは、管内面観測用の窓を開けた、直径 19mm × 330mm の金属製円筒内に、レーザ発振器と CCD カメラを配置した構造である。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、直径 12mm、有効画素数 768(H) × 494(V)、走査線 525 本、アスペクト比 4:3 である。

画像蓄積解析装置の入力可能な画像サイズは 640 × 480 画素である。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。

3 損傷計測プログラム

3.1 計測内容

プローブを管内に挿入して撮影できる光切断画像より光切断線を抽出し、それを基に管内損傷計測を行うプログラムを作成した。計測作業は画像データ収集と損傷計測の 2 段階で行った。データ収集作業では、計測対象物である全ての管に対し光切断画像を撮影し、画像蓄積解析装置に保存した。次に損傷計測作業において保存した画像データより、損傷位置を計測した。

損傷計測プログラムの計測項目は次のとおりである (図 2)。

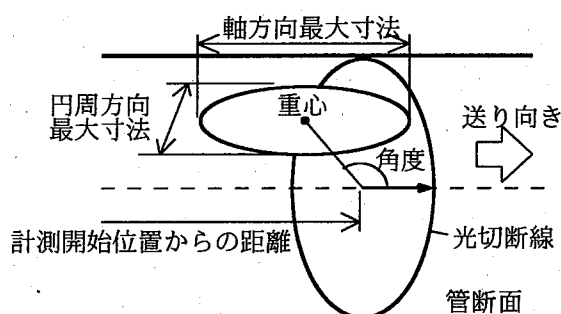


図 2 計測項目説明図

- 円周方向の最大損傷寸法
- 管軸方向の最大損傷寸法
- 損傷の角度
- 損傷の計測開始点からの距離

3.2 計測処理手順

光切断画像には、中央にレーザ発振器の照射口が撮影される。またレーザ発振器と CCD カメラとを固定する支持棒の光切断線、およびレーザ散乱が原因と思われる光帯が光切断線の周囲に外乱として存在した。これらの外乱を取り除くため、最初にマスク処理を行った。マスク領域は 1 画像フレームの光切断画像を参照して設定し、その領域の座標を保存した。本手法では画像処理の負担を軽減するために 2 値化を行ったが、しきい値決めの際には 2 値化後の様子を画面で確認しながら任意に設定可能である。上記の設定値でマスク処理後、管内面状態による光切断線の途切れ、レーザ光の全反射によるサチレーションなどの外乱を改善するため、平滑化処理に引き続き 2 値化処理を行った。2 値化した画像よりその光切断線に円をあてはめ近似円を求めた。近似円の中心から時計回りに任意の角度で放射状の線を引き、光切断線との交点をエッジとしてその座標を抽出した。

次に、このエッジ座標より損傷端を探索し、これより損傷寸法を求めた。損傷端の座標をそれぞれ (x_1, y_1) , (x_2, y_2) とすると円周方向の寸法 l は次式で表わせる。

$$l = |\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}| \quad (1)$$

一方、角度 θ は損傷端を結ぶ直線の中点座標 (x_m, y_m) と光切断線より求めた円の中心座標 (x_c, y_c) から次式で求める。

$$\theta = \cos^{-1} \frac{x_m - x_c}{|\sqrt{(x_m - x_c)^2 + (y_m - y_c)^2}|} \quad (2)$$

1 本の管を撮影した画像についてこの処理を実行し、損傷端の座標をもとに複数画像フレームにわたる損傷をそれぞれ関連づけた。この関連づけた結果より、軸方向の最大損傷寸法および損傷の重心を求めた。

図 3 に損傷計測プログラムの流れを示す。また、図 4 に各処理過程における出力画像を示す。図

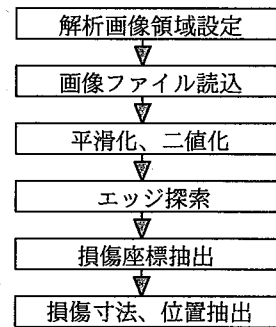
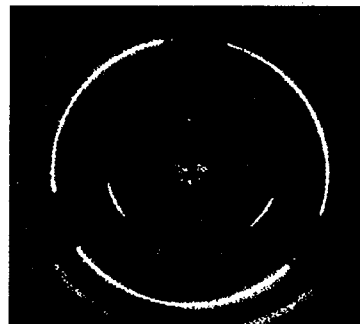


図 3 損傷計測処理フロー



(a) マスク領域設定



(b) 2 値化後



(c) エッジ検出

図 4 損傷計測処理の様子

(a),(b),(c) はそれぞれマスク領域設定、しきい値 96 としたときの 2 値、エッジ検出結果表示画像である。

4 計測実験

4.1 実験方法

擬似損傷として管側面に丸穴を開けた試料に対し、作成した損傷計測プログラムでその損傷を計測した。実験に用いる管は、内径 $\phi 21\text{mm}$ 、 $\phi 24\text{mm}$ 、 $\phi 26\text{mm}$ の3種類とした。損傷直径は 0.5mm ごとに直径 2.0mm から 5.5mm までとした。解析処理は、プローブが管軸方向の計測範囲を移動後にまとめて実施した。ここで、プローブの移動量 0.5mm おきに CCD カメラのシャッタをきる。

4.2 実験結果

管内径 $\phi 21\text{mm}$ 、 $\phi 24\text{mm}$ 、 $\phi 26\text{mm}$ に対する計測結果をそれぞれ表 1、表 2、表 3 に示す。表中の数値は損傷計測プログラムで求めた損傷最大寸法である。ここで、表中の円周、管軸、角度はそれぞれ、円周方向の損傷寸法、管軸方向の損傷寸法、管断面の平面上にある管軸から損傷中心におろした垂線のなす角を表わす。

表 1 より管内径 $\phi 21\text{mm}$ のときの損傷の直径と計測結果との最大誤差は、円周方向、管軸方向でそれぞれ、 0.2mm 、 2.0mm であった。 $\phi 24\text{mm}$ のとき 0.5mm 、 1.5mm であり、 $\phi 26\text{mm}$ のとき 0.6mm 、 1.0mm であった。

円周方向の損傷寸法について詳しく検証すると、管内径 $\phi 21\text{mm}$ の誤差の最大は 5.0% 、平均は 2.5%

表 1 管内径 $\phi 21\text{mm}$ に対する損傷計測結果

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	2.0	2.4	2.9	3.5	3.8	4.4	5.1	5.3
管軸	1.5	2.0	2.0	2.5	3.5	4.0	3.0	5.0
角度	145	149	149	155	150	149	153	146

表 2 管内径 $\phi 24\text{mm}$ に対する損傷計測結果

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	1.9	2.5	3.1	3.3	4.2	5.0	5.2	5.0
管軸	1.0	2.0	2.5	2.0	4.0	3.5	3.5	5.0
角度	145	156	154	147	163	162	151	157

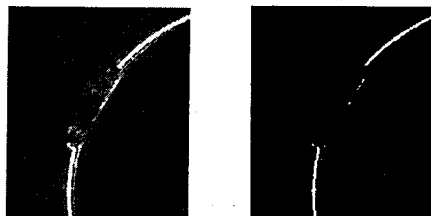
表 3 管内径 $\phi 26\text{mm}$ に対する損傷計測結果

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	1.4	2.0	2.7	3.2	3.8	4.7	5.2	5.6
管軸	1.0	1.5	2.5	3.5	3.0	4.5	5.0	5.0
角度	147	148	152	154	153	168	157	154

であったが、管内径 $\phi 24\text{mm}$ 、 $\phi 26\text{mm}$ の誤差は、それぞれ最大 11.1% 、 30.0% 、平均 5.4% 、 10.6% であった。このように管内径 $\phi 21\text{mm}$ に比較して $\phi 24\text{mm}$ 、 $\phi 26\text{mm}$ の誤差は大きい。この測定誤差の要因は光切断線の抽出法などや損傷自体の寸法誤差である。光切断線の抽出法は光切断線に対する近似円を求め、その円の中心から任意の角度ごとに垂線を下ろし、これと光切断線との交点をエッジとして抽出したものである。本実験ではこの角度を 1 度とした。角度 θ と半径 r から切片を求める公式 $2r \sin(\theta/2)$ より、管内径 $\phi 24\text{mm}$ 、 $\phi 26\text{mm}$ の計測可能最小寸法はそれぞれ、 0.209mm 、 0.227mm となり、光切断線抽出法による誤差は 0.418mm 、 0.454mm であった。これより、円周方向の損傷寸法における計測結果と損傷直径との誤差は、理論値と適合し、計測に十分な値と考えられる。



原画像 2 値画像
(a) 軸方向位置 6.5mm



原画像 2 値画像
(b) 軸方向位置 7.0mm



原画像 2 値画像
(c) 軸方向位置 7.5mm

図 5 誤認識となる画像例

一方、管軸方向の損傷寸法については最大誤差が1.5mmであり、全般的に誤差が大きい。このような誤差が生じる原因は次のように考えられる。①管軸方向の解像度はプローブ挿入ピッチの0.5mmであること。②損傷のバリによる散乱光や損傷内部のレーザ光散乱が原因で、2値化後に損傷上に現われた線を解析処理プログラムが損傷と誤認識し、連続する画像フレーム間の損傷を不連続と認識したこと。

画像フレーム間で連続する損傷を不連続と誤認識した画像の例を図5に示す。この図は管内径 $\phi 21\text{mm}$ において、軸方向の位置が(a)6.5mm, (b)7.0mm, (c)7.5mmにおける原画像とこれをしきい値120で2値化した画像である。(b),(c)の原画像では損傷のエッジ部の画像輝度が高く、2値化後にエッジ部が抽出されていることが確認された。

5 むすび

本研究では、光切断法による非破壊計測手法を提案し、レーザ発振器と小型CCDカメラを検出器とする装置を構築した。本システムにおいて非破壊で損傷計測を可能とする機能の追加を目的に、光切断線抽出アルゴリズムならびに寸法計測アルゴリズムを開発した。そして、擬似損傷に対する計測実験を行い、開発したシステムの精度を検証した。その結果、円周上の損傷寸法の計測に対しては十分な精度を得た。しかし、管軸方向の損傷寸法については、損傷のバリや散乱光により画像フレーム間で連続する損傷を捉えられず、大きな誤差が発生した。

今後は画像フレーム間にわたる損傷を正確に分類する方法や散乱光に対するロバスト性を向上させる処理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) 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.
- (2) 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.

- (3) 化学工学協会編, 化学装置便覧, 丸善, 1989.
- (4) 日本非破壊検査協会, 非破壊検査便覧, 日刊工業新聞社, 1978.
- (5) 井口征士, 佐藤宏介, 三次元画像計測, 昭晃堂, 1990.
- (6) (社)計量管理協会編, 光計測のニーズとシーズ, コロナ社, 1987.
- (7) 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.
- (8) 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.

中性子の後方散乱を利用した非破壊計測 (第3報, 計測診断プログラムの開発)

田中 秀樹

Non-Destructive Measurement Using Back Scatter of Neutron (3rd report, Development of the Application of Measuring Diagnosis)

Hideki TANAKA

We present the method for non-destructive measuring the inside scale of sealed container. We have constructed the devices by the use of proposed method, and we have inspected the most suitable location with object of measurement, when scale is measured. And we showed that this devices was capable of measuring water level. The result of the evaluation experiment, devices was capable of measuring thickness of clay, and difference of measuring location had a significant effect on measuring result. We developed the application of analysis and diagnosis, and water level was measured by using devices, the fine data within 88.9% correct answer rate was obtained.

Keywords: Non-Destructive Measurement, Radioisotope, Neutron, Sealed Container, Scale

本研究では、密封容器内のスケール量を非破壊で計測する手法として、軽元素に対する中性子の減速効果を利用する方法を提案する。これまで提案手法を用いた機器を構築し、スケール計測における計測対象との最適な位置関係について検証した。また、水位に対する計測が可能であることを示した。本報では粘土の厚み変化ならびに計測位置のずれが後方散乱におよぼす影響について評価した。その結果、本システムが粘土の厚み計測に適用可能であること、ならびに計測位置ずれが計測結果に大きく影響を与えることを示した。また、人の客観的評価機能を有し、スケール量のオンライン計測を可能とする解析診断プログラムを開発した。このプログラムを用いた水位解析診断実験で、正解率が88.9%という良好な結果を得た。

キーワード: 非破壊計測、放射性同位元素、中性子、密封容器、スケール

1 まえがき

タンクや配管などに代表される密封容器においてスケールが発生することがある。スケールは容器の内容物が内部に付着したものである。スケールの発生した状態において、タンクの場合は許容量が減り、配管の場合は流量が少なくなるなど、設備能力を発揮できないことがある。そのため、容器内部のスケール量を定期的に検査し、その量が既定値を越える場合にはそれを取り除く必要がある。

この定期検査では、スケール量を把握するために破壊、非破壊それぞれの手法で検査を行っている。破壊検査では容器の一部を破壊し目視にて検査を行っ

ているが、破壊箇所が複数に渡る、検査後に修繕が必要であるという課題がある。一方、非破壊検査では計測対象物の大きさをカバーできる計測装置が必要である、計測装置を扱うためには特殊な資格が必要であるという課題がある。

非破壊検査手法として、 γ 線を用いた透過法によるスケール量の計測法が提案されている^{(1),(2)}。この手法は、大型の計測対象物に対しては強力な線源を必要とするため、特殊な資格が必要となる、放射線管理区域をもうけなければならないなどの課題がある。資格を必要としない微量な線源を用いた手法として、中性子を利用した計測法も提案されている⁽³⁾

が、この計測法はシリカのみを計測対象物としており、内容物の硬化したスケールに対する計測手法は未解決である。

これまで挙げた課題を解決する手法として、中性子の後方散乱を利用した容器内部のスケール計測法を提案する。提案する手法は後方散乱に特徴があり、大型の計測対象物に対しても強力な線源や大型の治具を必要としないため簡便な計測が可能である。

データ解析、診断に目を向けると、計測後のデータにはばらつきがある。このような計測結果をもとに、容器の修繕を決定するには判定作業者の主観が含まれることが考えられる。よって、作業者の主観を排除する判断機能が必要となる。

前報^{(4),(5)}では、提案手法を実現したシステムを構築し、その特性を明らかにした。また、計測における線源・検出器および計測対象物との最適計測位置を設定した。

本報では、水以外の計測対象物に対するシステムの適用性を検討するため、計測対象物を粘土としてこの計測実験を行った。実験では、粘土の厚み、および線源・検出器に面する粘土面の面積変化と後方散乱との関係を調べることで、測定可能なスケールの大きさを明らかにした。また、スケール量のインプロセス計測を目的としたデータ解析システム、ならびに人の客観的評価機能を有する診断プログラムを開発し、水位計測実験によって評価した。

2 システムの概要

2.1 原理

本システムでは、放射線源（以下、線源）と放射線検出器（以下、検出器）とを密封容器の外側に配置する。線源から放出される中性子とスケールとの間に生じる相互作用により減速した中性子を検出器で計数する。計数した中性子数とスケール量との間には相関関係があり、これを明らかにすることでスケール量の計測が可能となる。

本システムで用いる線源は微量であるため、誰でも使用することができる。また、線源側に戻ってくる中性子（以下、後方散乱）を利用するため、計測対象物が大型であってもスケール量を計測できる。

前述したように、本手法では中性子の減速効果を

利用するが、中性子は衝突する相手が軽元素ほど減速されやすい。中性子の散乱現象は弾性散乱と非弾性散乱とに分類できるが、弾性散乱では、実験室座標系において衝突前の中性子の速度、入射角をそれぞれ v_1 、 θ 、また衝突後についてそれぞれ v_2 、 ψ とすると、速度は次式で与えられる。

$$\frac{v_2^2}{v_1^2} = \frac{A^2 + 2A \cos \theta + 1}{A + 1} \quad (1)$$

衝突前と衝突後のエネルギーをそれぞれ E_1 、 E_2 とし、 $E = (1/2)mv^2$ より式 (1) は次式に変形できる。

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{A^2 + 2A \cos \theta + 1}{(A + 1)^2} \quad (2)$$

ここで $\cos \theta$ は

$$\cos \theta = \frac{1 + A \cos \psi}{(A^2 + 2A \cos \psi + 1)^{1/2}}$$

であり、 A は原子の質量数を示す。

式 (2) で中性子が軽元素により減速されやすいことが示せる。

2.2 システム構成

本システムは図 1 に示すとおり、放射線が発生する線源、放射線を検出する比例計数管、シンチレーション検出器、検出器の出力を分析するマルチ・チャンネル・アナライザ（以下、MCA）⁽⁶⁾ で構成した。

線源には、主に中性子を放出する放射能 3.7MBq の放射性同位元素 ^{252}Cf を利用した。この線源は外形寸法 $\phi 26 \times 28\text{mm}$ のコリメータで覆い、放射線の放出方向を制限した。検出器は放射線の入射のたび、そのエネルギーに比例した電圧パルス信号を発生する。本研究で用いる検出器には、中性子の後方散乱が計測でき、取扱いが容易で、機械的強度が大きいなどの理由から、比例計数管およびシンチレーション検出器⁽⁷⁾⁻⁽⁹⁾ を用いた。各検出器とも高圧電圧の印加

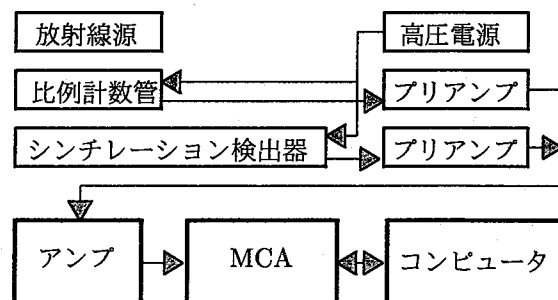


図 1 システムブロック図

を必要とするため、高圧電源ユニットから電力を供給した。検出器からの出力はミリボルト程度の電圧値であり、プリアンプで計数可能な大きさ (10^3 倍) まで増幅させた。プリアンプは、ケーブルによる信号の減衰やアンプとのマッチングも行う。次段のアンプは、プリアンプで増幅した信号をさらに十数ボルトまで増幅する。

検出器の出力は電圧パルス波形であり、このままではコンピュータ解析は難しいため、アンプの後段に MCA を置いた。MCA では、入力した電圧パルス波高値に対応したチャンネルと呼ばれる記憶ユニットに電圧パルスの出現回数を蓄積する。コンピュータでは MCA と RS-232C を介して通信し、データ送受信ならびに MCA の制御を行った。また、コンピュータではチャンネルデータから導出した特徴量よりスケール量を推定させた。

ここで、本研究において線源と検出器のセットを計測ヘッドと呼ぶことにする。

3 粘土計測実験

3.1 粘土の厚み計測

計測対象物を市販の油粘土とし、その形状は円柱と四角柱とする。本実験では、この厚さを 10mm から 70mm まで、10mm おきに变化させた。ここで、円柱の直径は 150mm、四角柱の底面は一辺を 100mm の正方形とし、それぞれの形状の粘土は、直径 360mm、深さ 360mm、厚さ 3mm のステンレスポット内に配置した。計測ヘッドとステンレスポットとの間には、材質 SUS304、厚さ 3mm の遮蔽板を挿入した。また、計測ヘッドと遮蔽板との間隔は 10mm、線源と検出器との軸間隔は 35mm とし、検出器には比例計数管を用いた。この条件の下でステンレスポットの底面から計測を行い、粘土の厚みの変化が中性子の後方散乱に及ぼす影響を調べた。図 2 は四角柱の粘土をステンレスポットに入れた様子を示す。

円柱、四角柱の粘土の厚みを变化させ計測した結果は図 3 となった。結果から計測される中性子数と粘土厚みの比は、円柱で約 19.5 放射線数/mm、四角柱で 10.0 放射線数/mm であり、円柱は四角柱の 1.95 倍の变化量であることが分かる。それぞれの断面積を求めると円柱 $1.77 \times 10^4 \text{ mm}^2$ 、四角柱 $1.0 \times 10^4 \text{ mm}^2$



図 2 四角柱計測実験の様子

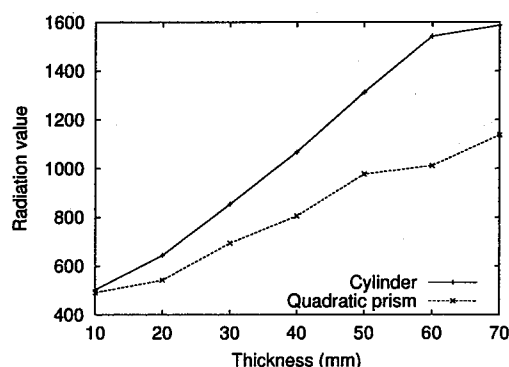


図 3 後方散乱におよぼす粘土厚みの影響

で、円柱の面積は四角柱の 1.77 倍である。これは、円柱と四角柱の变化量と断面積の比がほぼ等しいことを示しており、同じ厚さにおける後方散乱は計測対象物の断面積に等しいと考えられる。

3.2 計測領域調査

本システムの計測領域の把握を目的に、形状を円柱とする粘土の直径を变化させ後方散乱の变化を調べた。円柱の直径は 0mm から 150mm まで 10mm おきに变化させた。このとき、円柱の厚さは 70mm で一定とした。容器、遮蔽板、計測ヘッドと遮蔽板の間隔、線源と検出器との間隔は前実験と同条件である。図 4 は円柱形状の粘土をステンレスポットに入れた様子を示す。

計測結果は図 5 であり、円柱直径が 30mm までは放射線数に変化はみられなかった。これは線源から放出される中性子数と粘土からの後方散乱数が一樣でなく、ばらつきがあるためと考えられる。よって、直径が 30mm 未満の粘土は、計測不能であると言える。また、直径が 40mm 以上 130mm 未満までは、

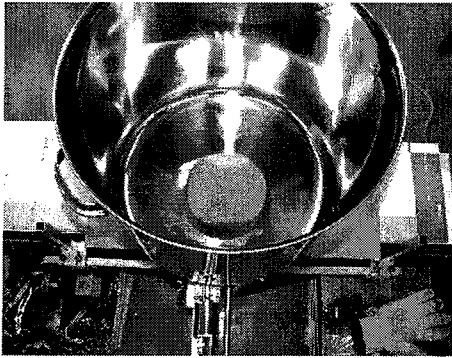


図 4 円柱直径変化計測実験の様子

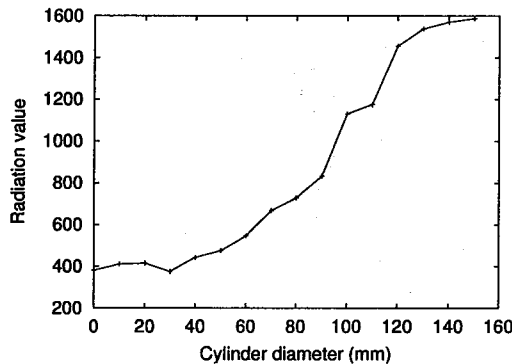


図 5 後方散乱におよぼす円柱直径の影響

直径の増加に伴いカウント数も増加するが、130mmを越えるとカウント数の増加量がゆるやかになっている。これは、150mmを越えるあたりに計測領域の限界があることを示している。

3.3 計測ヘッドの位置ずれの影響

前項までの実験で、計測ヘッドに面した計測対象物の表面積が後方散乱に大きく影響することが明らかとなった。しかし、これまでの実験では計測ヘッドの中心とこれに面する計測対象物面の中心がずれた場合について検討していない。そこで、計測ヘッドの中心が計測対象物の中心からずれた場合における後方散乱への影響を計測した。実験で使用する粘土の形状は円柱で、その直径 130mm、高さ 70mm とした。計測ヘッドの中心軸を円柱の軸上から外へ、10mm おきに 120mm まで移動させた。

図 6 は計測結果であり、中心からずれるほどカウント数も低くなることが分かる。円柱の端に計測ヘッドが位置する地点が図の 75mm であり、この地点を境に後方散乱の変化量が減少している。この結果から、計測ヘッドは計測対象物面の中心に配する必要

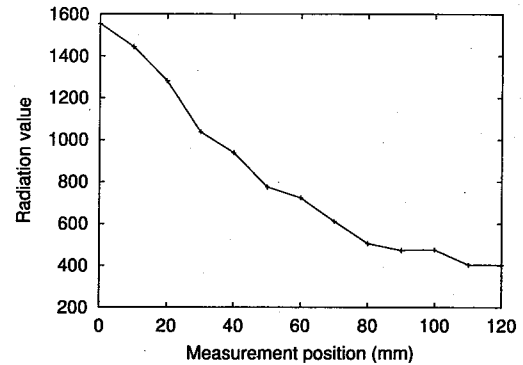


図 6 後方散乱におよぼす計測ヘッド位置ずれの影響

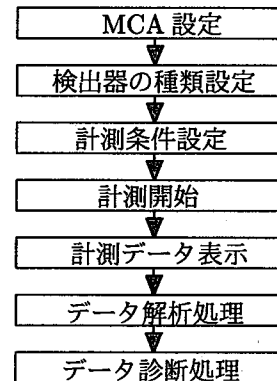


図 7 解析処理フロー

があることが分かった。

4 解析診断システムの開発

本研究では、このデータを処理し計測対象物の量を推定するシステム構築までを目的とする。前述までの研究で、複数の計測対象物に対する本システムの検出器出力とその特徴を調べた。ここでは、計測対象物の量を推定する解析診断システムを開発する。解析診断システムへの要求事項には、①診断結果の正確性、②処理の高速性、③インプロセス計測、④高度なユーザインターフェース、⑤プログラム修正の容易さなどがある。これら 5 つの要求を満足するシステムの開発を目指す。具体的な内容は、平成 12 年度に開発した解析システム⁽⁵⁾にオンライン処理部分を追加し、さらに診断結果の正確性およびユーザインターフェースを向上させた。

図 7 は解析診断処理の流れを示したものである。MCA とコンピュータとの通信において、接続ポート番号、通信速度の設定が必要となる。本研究では 2 種類の放射線検出器を用いており、その計測結果

はそれぞれ異なり、データ解析処理を使用する検出器に合わせて変更しなければならない。設定が必要な計測条件は、可変できる放射線エネルギーに対する分解能と放射線とを計測する時間であるサンプリング長である。

一連の計測は、上記を設定した後を開始し、放射線の検出結果がリアルタイムで表示され、サンプリング終了後にデータ解析処理、データ診断処理が実行される。

本システムは LabVIEW で開発し、MCA との通信は Microsoft Visual C++ で作成した DLL を LabVIEW から呼び出すことで実現した。

4.1 解析手法

検出器は、入射した放射線エネルギーに比例した電圧値を出力するというものである。MCA では、入力する電圧値に対応するチャンネルと呼ばれるメモリに、電圧値の出現回数を蓄積する。チャンネル数 m の MCA に電圧 E が入力されるとき、チャンネル C は次式で表わされる。

$$C_i = C_i + 1 \quad (3)$$

ここで、 $i = E/m$ である。

検出器で放射線を検出すると、全てのチャンネル (C_0 から C_m まで) にデータが蓄積される。しかし、決まった計測対象物の計測においては、特定のチャンネルに計測特徴が現われる。そこでこの範囲内のチャンネルデータを加算し、それを基に認識を行う。この範囲を a, b としたとき、解析データ R は次式で表せる。

$$R = \sum_{i=a}^b C_i \quad (0 \leq a \leq m, 0 \leq b \leq m) \quad (4)$$

4.2 診断手法

ファジー、遺伝的アルゴリズムなど様々な診断手法が存在するが、本研究ではニューラルネットワーク (以下、NN) を用いた。用いた NN 手法は、図 8 に示すような入力、中間、出力層の 3 層からなるパーセプトロンである。NN の学習にはバックプロパゲーション法を用いた。

図 8 中の丸はユニットと呼ばれ、図 9 に示すような、各入力 x に対し重み w_i をかけた荷重和としきい値 θ との差をとり、その値を関数に代入した答え

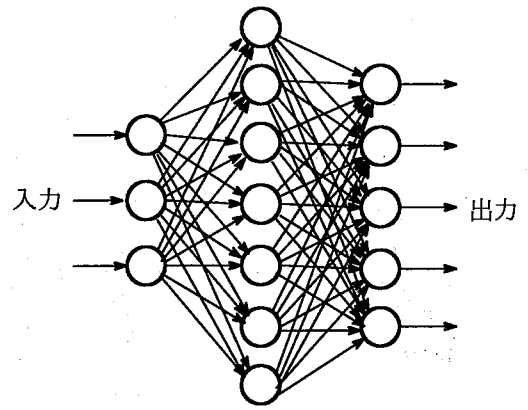


図 8 3 層パーセプトロン

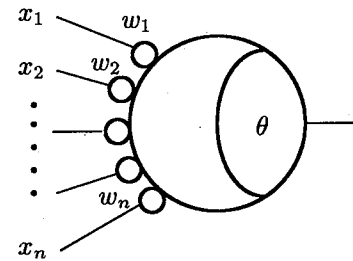


図 9 ニューロンモデル

が出力となる。これを式で表わすと、次式となる。

$$u = \sum_{i=1}^n w_i x_i - \theta \quad (5)$$

$$z = f(u) \quad (6)$$

ここで、本システムで用いる関数 $f(u)$ は、NN によく使われるシグモイド関数とする。シグモイド関数を次に示す。

$$f(u) = \frac{1}{1 + \exp(-u)} \quad (7)$$

4.3 実験および結果

開発した解析診断システムを使い、水位計測を実施した。実験水位は 0mm から 40mm まで 5mm おきの 9 水位とし、1つの水位に対し 5 回の計測を実施した。各水位に対し MCA のチャンネルに蓄積したデータを式 (4) で加算し、これをまとめた結果を図 10 に示す。

この加算したデータと水位との関係を学習させた NN で水位診断を行った。その結果を表 1 にまとめる。表 1 中の数値は NN 出力層ユニットの発火より求まる水位を示しており、水位 5mm の計測診断結果以外はどの水位も正しく計測診断できることが示された。一方、水位 5mm の結果については、どの

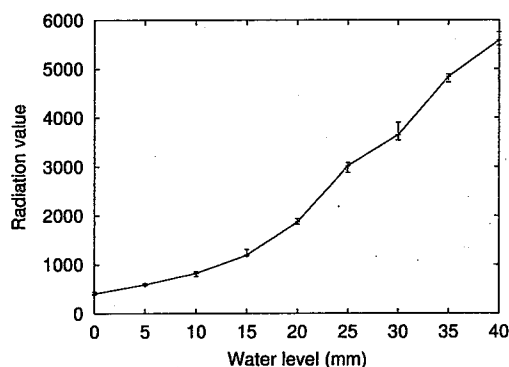


図 10 後方散乱におよぼす水位の影響

表 1 水位計測診断結果

水位 (mm)	サンプル				
	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
10	10	10	10	10	10
15	15	15	15	15	15
20	20	20	20	20	20
25	25	25	25	25	25
30	30	30	30	30	30
35	35	35	35	35	35
40	40	40	40	40	40

実験サンプルにおいても水位を 0mm と誤診断した。この理由は、水位 0mm と 5mm との入射放射線数には大きな変化がないこと、ならびに入射放射線数のばらつきが影響しているものと考えられる。

本実験における診断正解率は 88.9%と良好な結果を得た。

5 むすび

本報では水位以外の計測対象物に対するシステムの適用性を調べるため、粘土の厚さ、粘土の面積がおよぼす後方散乱の変化を調べた。その結果、計測ヘッドに面する計測対象物の面積が十分広い場合には本システムで粘土厚さの計測が可能となることが明らかとなった。しかし、面積の狭い場合には厚さの計測が難しいことも判明した。

さらに、スケール量のインプロセス計測を可能とし、人の客観的評価機能を有する解析診断プログラ

ムを開発した。本プログラムでは MCA と RS-232C を介してデータ通信を行うことで、リアルタイムで解析可能となった。診断処理手法には NN を使い、ばらつきのあるデータにおいても正しくスケール厚さを計測できることを確認した。

今後の課題としては、任意形状の計測対象物に対するシステムの適用性の調査、ならびに遮蔽物の厚さに対する補正係数の導出が必要と思われる。さらに、診断正解率の向上を目的とした、本システムに最適な特徴抽出法の検討が必要と思われる。

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) 児玉潔, 小林修, 脇部康彦, 林憲秋, “ γ 線透過法による地熱発電所熱水配管のシリカスケール測定,” 非破壊検査, vol.38, no.9A, pp.797-798, 1989.
- (2) 清水健一, 栗森義彦, “石油精製装置等の内部診断技術の開発,” 石油学会誌, vol.41, no.2, pp.138-144, 1998.
- (3) 諸富稔章, 犬山文孝, 安賀弘一, 久保勝彦, 内田和久, 米田幸憲, 林憲秋, “中性子を用いた熱水配管のスケール厚み計測,” 地熱, vol.23, no.3, pp.224-229, 1986.
- (4) 田中秀樹, “中性子の後方散乱を利用した非破壊計測 (第 1 報),” 広島市工業技術センター年報, vol.13, pp.67-73, 1999.
- (5) 田中秀樹, “中性子の後方散乱を利用した非破壊計測 (第 2 報),” 広島市工業技術センター年報, vol.14, pp.57-63, 2000.
- (6) ニコラスツルファニディス, 放射線計測の理論と演習 応用編, 現代工学社, 1986.
- (7) ニコラスツルファニディス, 放射線計測の理論と演習 基礎編, 現代工学社, 1986.
- (8) 日本アイソトープ協会, 放射線・アイソトープ講義と実習, 丸善, 1992.
- (9) 加藤貞幸, 放射線計測, 培風館, 1994.

中性子とマイクロ波を利用したコンクリート 水分量計測法の検証

田中 秀樹 泉田 福典[†] 藤田 浩史^{††}

Inspection of Moisture Measurement Method for a Concrete Using Neutron and Microwave

Hideki TANAKA Fukunori IZUMIDA Hiroshi FUJITA

It is well known that strength and durability of concrete are greatly influenced on a moisture in fresh concrete. Though various types of method have been suggested for measuring the moisture in the fresh concrete using each neutron or microwave system, independently, the systematic researches have not been reported. In this study, both neutron and microwave systems were used, simultaneously, and the moisture level of the fresh concrete was measured.

Keywords: Fresh Concrete, Moisture, Non-Destructive Measurement, Neutron, Microwave

フレッシュコンクリートの水分量は、コンクリートの強度および耐久性などに大きな影響をおよぼすことはよく知られている。これを計測する手法として、さまざまな方式が提案されており、本研究で実施する中性子ならびにマイクロ波を利用した水分量計測法もその一つである。これまで、個々の方式を用いた報告例は多いが、中性子とマイクロ波を相互に体系づけた研究はなされていない。そこで、同じ配合計画のもとに製作したフレッシュコンクリートに対し、中性子とマイクロ波それぞれの手法で水分量を計測し、相互の適用性について検証した。

キーワード: フレッシュコンクリート、水分量、非破壊計測、中性子、マイクロ波

1 まえがき

フレッシュコンクリートの水分量は、コンクリートの強度および耐久性などに大きな影響をおよぼすことはよく知られている^{(1),(2)}。コンクリート製造工場ならびに打設現場において、フレッシュコンクリートの水分量の定量的な検査が、コンクリート構造物の品質を確保するためには理想的とされる。しかし、フレッシュコンクリートの水分量の計測によく用いられる手法では、計測方法、計測に要する時間、計測精度に問題が残されている。これまでモルタルの水分量を検査する方法については多くの提案⁽³⁾⁻⁽⁷⁾がされきたが、フレッシュコンクリートに対する計測を簡単かつ迅速に計測する方法についての報告は少ない。したがって、現場ではコンクリートにおけ

る水分量を計測できず、作業者の経験に基づいてコンクリートの配合比を調節しているのが現状である。また、コンクリートに対する報告であっても、個々の方式についてのみの提案であり複数の方式を体系づけた事例はないようである。

これまで筆者らは、中性子の水素に対する減速効果を利用したセンサ⁽⁸⁾、ならびに、マイクロ波の誘電率を利用したセンサ⁽⁹⁾を開発し、それぞれ、密封容器内のスケール量、米の水分量の計測へ適用可能であることを実験により明らかにしてきた。本報告では各センサの特徴を踏まえたうえで、各センサのフレッシュコンクリートの水分量計測への適用性について検討を行った。検証方法として、同じ配合計画のもとに製作したフレッシュコンクリートに対し、各センサを用いた水分量の計測実験を行い、両者を比較した。また実験結果より各センサの特徴を明らかにした。

[†] 岩手県工業技術センター, 盛岡市

^{††} 中国生コンクリート(株), 広島市

2 計測原理

2.1 中性子式

計測対象物の外側に、放射線源(以下、線源)と放射線検出器(以下、検出器)を近接させ配置する。線源から放出される中性子は、フレッシュコンクリート中の水との間で相互作用を生じ減速する。検出器は減速した熱中性子を検出し、入射した中性子のエネルギーに比例した電圧パルス信号を発生する。本研究に用いる線源には、微量(3.7MBq以下)の放射性同位元素 ^{252}Cf を用い、検出器には熱中性子に感度の高い ^3He 比例計数管を使用する。

検出器の後段にはマルチ・チャンネル・アナライザ(以下、MCA)を置き、電圧パルスを波高値ごとに分別する。このMCAの分別結果より、後方散乱とフレッシュコンクリートの水分量との相関関係を明らかにし、水分量の推定を可能とする。

2.2 マイクロ波式

2台のダブルリジッド・ホーンアンテナ(EMCO 3115)間に計測対象物を置く。ベクトルネットワークアナライザ(HP 8720D)とホーンアンテナとを接続し、一方のホーンアンテナからマイクロ波を照射し、他方のホーンアンテナで計測対象物からの透過波を受信する。マイクロ波において水の減衰係数は大きく、水分量と透過波のゲインとの間の相関関係を明らかにすることで水分量を推定することが可能である。なお、受信アンテナには送信アンテナからの直達波や反射波など、計測対象物の透過波以外のマイクロ波も受信される。この不要なマイクロ波を除去するため、タイムドメイン計測を用いて透過波のみの計測を行う。

ここで、マイクロ波の外乱や反射波の影響を極力少なくするため、ホーンアンテナおよび計測対象物はカーボン含浸ウレタン電波吸収体で覆われた電波無響室に配置する。

3 水分量計測実験

3.1 使用材料および配合

実験に用いたコンクリート材料は次のとおりである。

- (1) 普通ポルトランドセメント
- (2) 細骨材(川砂)

- (3) 粗骨材(碎石、25mm以下)

本実験では減水剤は使用しない。

コンクリートの配合は、土木学会コンクリート標準示方書に準じ、スランプの範囲12cm、空気量の範囲5%、細骨材率32%を目標値とした。実験で用いた配合比を表1に示す。

表1の水分量は、コンクリート総質量に対する水の質量を百分率で表わしたものである。

3.2 中性子式による実験

3.2.1 実験方法

図1に中性子式の実験構成図を示す。

配合計画では表1のように、水分量を5%から12%となるよう水と粗骨材を調整した。水セメント比は、配合計画において水分量と同様に重要な要因である。そこで、本実験では水セメント比を水分量に対し35%から70%となるように設定した。

コンクリートを入れる容器はポリプロピレン製で、寸法は開口径140mm、底面径113mm、高さ195mmである。検出器には比例計数管を用い、これと線源とを密着させ、コンクリートを入れた容器側面から10mm離れたところに配置した。

検出器からの出力は入射した放射線エネルギーに比

表1 コンクリートの配合比

水分量 (%)	水セメント比 (%)	単位量 (kg/m ³)			
		水	セメント	細骨材	粗骨材
5	35	111	318	579	1218
6	40	127			1096
7	45	143			1004
8	50	159			932
9	55	175			871
10	60	191			820
11	65	207			775
12	70	223			735

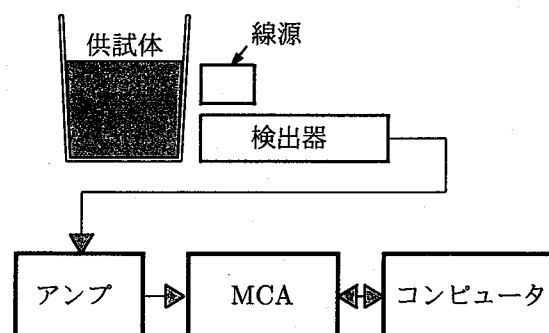


図1 中性子式の実験構成図

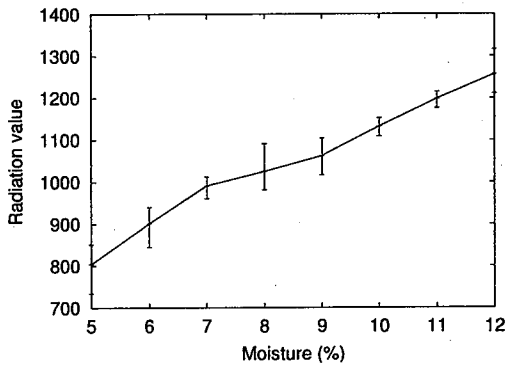


図 2 後方散乱によぼすコンクリート中の水分量の影響

表 2 中性子式による水分の推定

水分量 (%)	解析データ	水分推定値 (%)	差異
5	804.4	4.5	0.5
6	901.4	6.1	-0.1
7	991.2	7.6	-0.6
8	1025.0	8.1	-0.1
9	1062.2	8.8	0.2
10	1132.6	9.9	0.1
11	1198.0	11.0	0.0
12	1256.8	12.0	0.0

例した電圧値であるが、入力した電圧は MCA においてその値に対応したチャンネルと呼ばれるメモリにその出現回数を蓄積させた。チャンネル数 m の MCA に電圧 E が入力されるとき、チャンネル C は次式で表わされる。

$$C_i = C_i + 1 \quad (1)$$

ここで、 $i = E/m$ である。

検出器で放射線を検出すると、全てのチャンネル (C_0 から C_m まで) にデータが蓄積される。しかし、決まった計測対象物の計測において、特定のチャンネルにデータが蓄積されるという計測特徴が現われることが分かっている。そのため、特定のチャンネルデータを加算し、それを基に認識を行った。この特定チャンネルの範囲を a, b としたとき、解析データ R は次式で表わされる。

表 3 コンクリートの配合

水分量 (%)	水セメント比 (%)	単位量 (kg/m ³)			
		水	セメント	細骨材	粗骨材
7	45	229	509	926	1607
9	50	254			1390
11	55	279			829

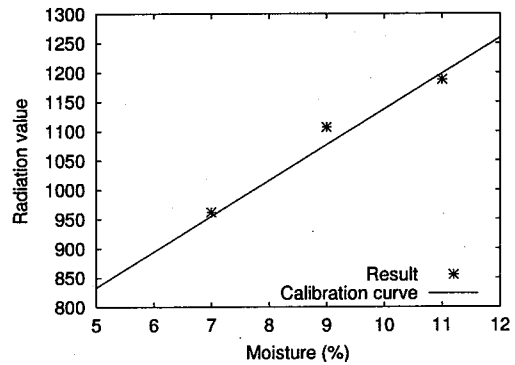


図 3 水分推定に対する評価

$$R = \sum_{i=a}^b C_i \quad (0 \leq a \leq m, 0 \leq b \leq m) \quad (2)$$

本実験において、範囲 a, b はそれぞれ 100, 300 とする。また、放射線検出計数時間は 60 秒間とする。

3.2.2 実験結果

コンクリートの水分量を変化させ後方散乱を計測した結果を図 2 に示す。

水分量が増すにしたがい多少のばらつきはあるが、後方散乱数は 800 から 1250 までほぼ直線的に増大した。

次に、カウント数の水分量への回帰直線を求め、これを校正曲線とする。回帰直線を次式とおく。

$$y = a_0 + a_1 x \quad (3)$$

実験結果から係数 a_0, a_1 を求めると、係数はそれぞれ 60.85, 529.25 であった。また、寄与率は 0.992 となりデータの回帰直線への当てはまりがよいことがわかる。このあてはまりを具体的に数値化するため、放射線数から校正曲線にしたがって水分量を推定した。この結果は表 2 であり、表の差異は配合計画における水分量と推定結果との差を示したものである。表において差異は 1% 以下となり、高い精度で水分量の推定が可能となることが示された。

前述の実験結果を基に算出した校正曲線の評価のため、表3に示す配合計画でコンクリートを製作し、本システムを用いた水分量の推定を行った。

前述同様に校正曲線より水分量を推定し、配合計画における水分量との差異を求めた。その結果は図3であり、どの水分量も近似直線の近傍に位置し、水分量7,9,11%に対し差異はそれぞれ-0.1,-0.5,0.2であった。これより、本実験で得た校正曲線においてフレッシュコンクリートの水分量計測が可能であることが示された。

ところで、全体的に後方散乱数が少ないのは、線源が半減期を迎え、単位時間に放出する放射線数が減少したためと考えられる。そこで、計測感度の向上として計数時間を増す、また新しい線源を使うことでこの問題が改善されるものと期待される。

3.3 マイクロ波式による実験

3.3.1 実験方法

本実験で用いたフレッシュコンクリートは水が多量に含み、マイクロ波の吸収量が大きいため、できるだけ低い周波数帯域を使い、なおかつ透過型の測定としてマイクロ波が試料内を通過する距離をできるだけ小さくした。

図4に本実験の構成図を示す。フレッシュコンクリートをポリプロピレン製容器(374×274×62mm)に入れて発泡スチロール製試料台の上に設置した。フレッシュコンクリートの上部と下部にそれぞれホーンアンテナを設置し、ネットワークアナライザによりマイクロ波の吸収量の測定を行った。

マイクロ波は試料下部のアンテナより送信され、試料上部のアンテナで受信される。測定では、ネッ

トワークアナライザにより0.5GHzから3GHzの周波数帯域で周波数掃引して周波数スペクトルを測定し、これをタイムドメインパルス波形に変換した。このパルス強度によりコンクリートによる吸収量を評価した。

図4のような透過型での測定の際は、試料を回り込む信号も受信されるため、レスポンスのスルー校正およびアイソレーション校正の組み合わせでネットワークアナライザの校正を実施した。レスポンスのスルー校正は空の容器を設置して行った。また、12%のフレッシュコンクリートを入れた容器を設置してアイソレーション校正を実施することで、アンテナ間のクロストークを補正した。

なお、試料作成では、配合表の単位量を容器の体積(4.9L)当たりの配合量に換算した。

3.3.2 実験結果

図5に5%から12%のフレッシュコンクリートで測定したタイムドメイン波形を示す。

水分量が減少するにつれ、パルスの強度が大きくなった。パルスの強度(dB)と水分との関係を図6に示す。5%から11%の水分量では、水分とパルス強度との関係はほぼ直線的であった。一方、12%の水分量は直線から大きく外れた。水分量12%におけるパルス強度は約-34dBと非常に小さいため、タイムドメイン変換におけるサイドロープの影響が大きくなったものと考えられる。

5%から11%の実験結果と式(3)より回帰直線を求めた結果を図6中に示す。また、この回帰直線を用いてパルス強度から推定した水分量、および配合設計上の水分量との差異を表4に示す。これより、水

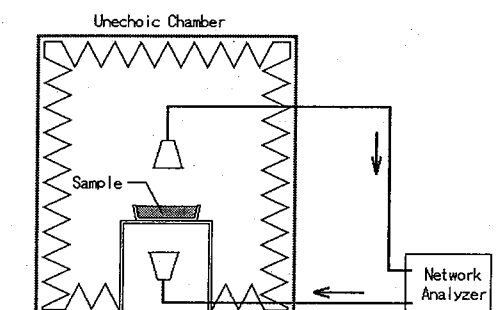


図4 マイクロ波式の実験構成図

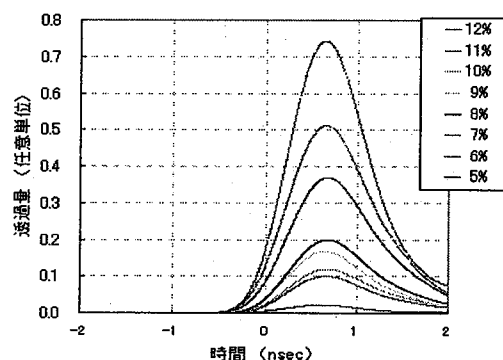


図5 タイムドメイン波形

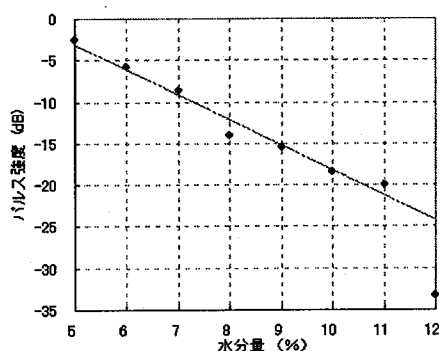


図 6 水分量とパルス強度の関係

表 4 マイクロ波式による水分の推定

水分量 (%)	パルス強度 (dB)	水分推定値 (%)	差異
5	-2.589	4.8	0.2
6	-5.833	5.9	0.1
7	-8.651	6.8	0.2
8	-14.015	8.6	-0.6
9	-15.510	9.1	-0.1
10	-18.431	10.1	-0.1
11	-19.962	10.6	0.4
12	-33.326	15.0	-3.0

分量 11%以下のフレッシュコンクリートでは 1%以下の誤差で水分量を推定できることが示された。

4 考 察

中性子、マイクロ波を利用したフレッシュコンクリート水分量計測方法において、本研究により得られた各手法の特徴を次に示す。

中性子による計測法の特徴を述べる。

[中性子式の長所]

- 金属などの遮蔽物のある場所でも計測可能
- 水分量の多い方が精度が良い

[中性子式の短所]

- 計測に時間がかかる (30 秒から 60 秒)
- 線源の半減期が短い (2.5 年)
- 線源・計測装置が高価
- 計測ごとのばらつきが大きい
- 計測装置の小型化が困難

次に、マイクロ波の場合の特徴を述べる。

[マイクロ波式の長所]

- タイムドメイン法により、計測対象物以外からの乱反射をある程度除外可能
- リアルタイム計測が可能
- 安価で小型化の可能性がある

[マイクロ波式の短所]

- 水分量の少ない方が精度が良い
- 計測機器が高価
- 電波法への抵触の問題を有する
- 計測対象物の大きさは波長以上であること
- 計測対象物の厚さは均一であること
- 外乱により計測値がばらつく

低水分量の計測にはマイクロ波式、高水分量には中性子式と、水分量により計測方法を切り替えることで、精度の高い計測が可能であることを示した。

ここで、計測時間に着目すると、入射放射線数を計数する中性子式は計測に時間がかかるためリアルタイム処理には向かない。一方、マイクロ波式は数秒で計測結果が得られる。しかし、インプロセス計測に着目すると、これとは異なる結果となった。中性子式では遮蔽物がある場合でも内容物の水分量を計測でき、計測時間が経過すれば計測結果のデータを出力できる。マイクロ波式では試料の大きさ、厚さ、位置、形状などの影響を受け、また、遮蔽物のある場合には計測できないといった短所がある。このため、コンクリートを形状の等しい容器に移し換え、これを計測しなければならず、インプロセス計測の実施には問題がある。このように、インプロセス計測では、装置が高価であることを除外すれば、遮蔽物のある場合でも計測可能となる中性子式が適していると考えられる。

5 むすび

同配合条件のフレッシュコンクリートの水分量計測を中性子式およびマイクロ波式で実施した。その結果、中性子式において水分量と後方散乱の間に、またマイクロ波式において水分量とタイムドメインパルス強度の間に直線的な強い相関があることを示した。このことから本手法を用いることで、コンクリート製造現場や打設現場においてコンクリートの水分量計測が可能であることを明らかにした。また、計測時間に着目する場合にはマイクロ波式、オンライン計測においては中性子式が適しているとの知見

を得た。

謝 辞 本研究の一部は、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)のもとで実施した。
記して関係各位に感謝の意を表する。

参考文献

- (1) 河野清, 田澤栄一, 門司唱, 新しいコンクリート工学, 朝倉書店, 1987.
- (2) 戸祭邦之, コンクリートの実務, 理工図書, 2000.
- (3) 斎充, 千尋義明, 江守秀次, “フレッシュコンクリートの単位水量計測技術について,” 月刊生コンクリート, vol.15, no.1, pp.37-40, 1996.
- (4) 宮本宏, “小型中性子線源を用いたコンクリート構造物等の検査,” ONSA 先端化学研究会資料, vol.20, pp.5-8, 2000.
- (5) 奥田弥生, 山田明文, “フレッシュコンクリート中の水分の簡易定量,” 電気化学会技術・教育研究論文誌, vol.5, no.1, pp.9-13, 1996.
- (6) 瀬古繁喜, 田村博, 鈴木一雄, 熊原義文, “Ri 水分計を用いたポンプ配管中のコンクリートの水量連続モニタリング,” コンクリート工学年次論文報告集, vol.20, no.1, pp.125-130, 1998.
- (7) 鬼頭昌之, 小河洋夫, 田代利明, 中垣一宏, “マイクロ波式オフライン水分計のフレッシュコンクリート単位水量管理への適用,” コンクリート工学年次論文報告集, vol.20, no.1, pp.119-124, 1998.
- (8) 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.
- (9) 泉田福典, 大坊真洋, 川又憲, “マイクロ波を用いた米の水分量測定,” 岩手県工業技術センター研究報告, vol.8, pp.89-92, 2001.

機能モデルによる金属材料の塑性変形シミュレーションシステムの開発

清水功史・角田鎮男*

A New Approach on Modeling for Simulation System of Plasticity Deformation of Metal Material with Functional Model

Kohshi SHIMIZU and Shizuo SUMIDA

This research demonstrates the application of the functional model by which dynamic and nonlinear problems can be solved in the field of engineering. The material model was derived from the functional models, and the simulation model of plasticity deformation for test specimen in one axis direction was developed. The simulation data calculated in this system was evaluated in comparison with the experimental one and good agreement was observed between them.

Keywords: Functional model, Plasticity deformation, Simulation system

本研究では、動的な非線形問題が容易に解けることで最近注目されている機能モデルを用いて材料モデルを作成し、単軸応力場における引張試験片の弾塑性変形シミュレーションシステムをした。開発したシステムについて実測値と比較検討することにより、計算結果の妥当性を評価した。

キーワード：機能モデル、塑性変形、シミュレーションシステム

1. 緒言

自動車は多数の部品により構成されているが、その個々の部品の極限性能を調べる破壊試験などは非線形性が強く、現状では試作品によるところが多い。材料の塑性変形や疲労現象など非線形性を解析的に検討する方法は現時点では確立されていない。製品開発においても、材料の塑性変形や疲労現象などを開発段階において解析的に予測できれば、製品開発期間の短縮やコストの削減につながる。

本研究では、動的な非線形問題が容易に解けることで最近注目されている機能モデル^{1,2)}を用いて材料モデルを作成し、単軸応力場における引張試験片の弾塑性変形シミュレーションシステムを開発することを目的とする。

2. 材料モデルの作成

2.1 機能モデルの作成

鉄等の延性のある金属材料に荷重を加えて除荷した時に元の形状に戻る変形を弾性変形、元の形状に戻らない変形を塑性変形と区別されている。本研究で機能モデルを作成する際にも弾性域、塑性域を区別した。

まず、弾性域における機能モデルを作成した。材料を一軸方向に引張る場合、負荷荷重に対する変形量は材料固有の値となる。機能モデルではこれをばね要素として扱い、ばね定数、すなわち剛性を K_s とした。また、材料に衝撃荷重を与えた場合振動を起こすが、いずれは減衰してその振動は収まる。その振動の減衰率は機能モデルでは内部粘性減衰に相当し、粘性減衰係数は D_{ks} とした。

次に、塑性域における機能モデルを作成した。塑

*キャテック㈱

性変形は、形状を元に戻さない性質を有することから、機能モデルでは負の速度が入力速度に加算されることになる。また、負の速度は負荷荷重に対して各々の値であり、荷重と速度を関係付ける係数を塑性抵抗係数 C_s とした。

以上の係数要素を繋ぎ合せて作成した機能モデルを Fig.1 示す。エネルギーは左から右に流れるものと仮定して符号を付けた。図において左側の入力速度、出力荷重はそれぞれ試験機上部の入力速度、出力荷重、右側の入力速度、入力荷重はそれぞれ試験機下部の入力速度、出力荷重とした。

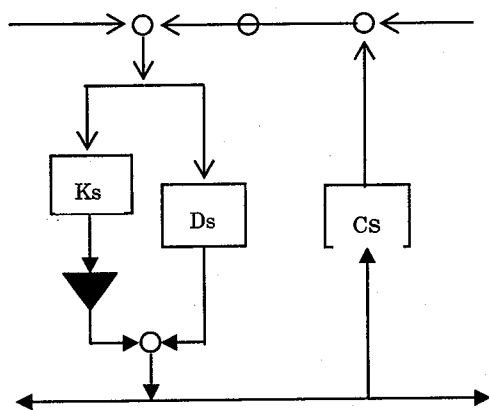


Fig.1.機能モデルによる材料モデル

2.2 パラメータの導出

材料の剛性 K_s 、内部粘性減衰 D_s 、塑性抵抗係数 C_s の導出を行った。本研究では、実験データをシミュレーションに適用することを試み、実験で得られた引張試験の荷重－伸び線図を用いた。

材料の剛性の導出は、弾性域での傾きを求めて得られた値を剛性 K_s とした。

塑性抵抗係数 C_s の導出は、まず実験データの降伏点を原点としたグラフに書き換え、各々の負荷荷重におけるグラフの接線より求めた。しかし、塑性抵抗係数 C_s は荷重と速度の関係を結び付ける係数であることから、実験データの荷重－伸び線図を、繰返し計算におけるサンプリングタイムで除して荷重－速度の関係に変換し、 C_s の導出を行った。

また、内部粘性減衰係数 D_s は材料データブックに記載されている値を用いた。

3. シミュレーション結果

シミュレーションにより得られた結果を Fig.2 に示す。グラフの縦軸は荷重[N]、横軸は伸び[m]とした。今回のシミュレーションでは、試験材料としてチタンを用いた。入力条件として、試験機上部入力速度を 8.33×10^{-6} [m/s]、試験機下部入力速度は固定とした。尚、パラメータの決定の際に用いた実験データも同時にプロットした。図より、シミュレーション結果と実験結果はほとんど重なり、非常に精度の高いシミュレーションが実現できた。

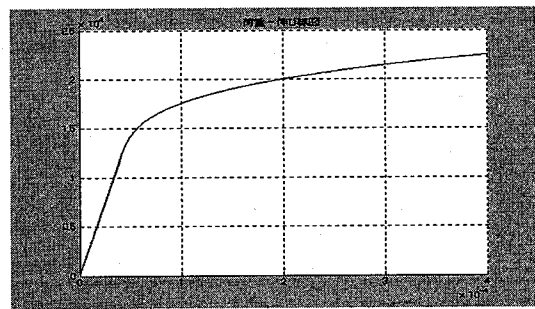


Fig.2 機能モデルによる弾塑性変形シミュレーション結果

4. 結言

本研究により得られた結果は次のとおりである。

- (1) 塑性変形のモデル化に機能モデルを適用することでモデル化および定式化が可能であることを示した。
- (2) シミュレーションシステムのパラメータの同定に実測結果から精度が高い同定法を実現した。

今後の課題として、テストピース全体についての解析および多軸応力場への拡張が可能なモデル化および解析法を検討する必要がある。

参考文献

- (1) 長松昌男・角田鎮男・長松昭男、製品開発のための新しいモデル化手法（機能モデルの基本概念）、機論 64 巻 622 号（1998-6）、pp.1979-2004。
- (2) 長松昭男、機械力学における新しいモデル化手法、雑誌、Vol.104, No.986, pp.41-45。

マシニングセンタによるチタン合金材の高精度加工に関する研究

岡田 邦彦

Study on High Precision Cutting of Titanium Alloys by Machining Center

Kunihiko OKADA

The preparatory experiments on the advance of machining accuracy with Latin square $L_9(3^4)$ of experimental design were carried out and following result was obtained. In case of finish cutting, the method of dry cutting showed more precise than that of wet cutting.

Keywords: Titanium Alloys, Latin Square, Dry Cutting, Wet Cutting

実験計画法の直交表 $L_9(3^4)$ を用いて、加工精度向上に関する予備実験を実施した結果、次のような結果が得られた。仕上げ加工をする場合、乾式切削の方が湿式切削に比べて、より精密な加工が実現できることが示された。

キーワード：チタン合金，直交表，乾式切削，湿式切削

1. 緒言

難削材料の代表的材料の1つであるチタン合金を被削材として、加工性の評価と高精密加工についての研究を行っている。今年度と来年度は高精密加工を主体として、研究を進める。そのための予備実験を実施する。

この対象材を高度に精密な加工を試みる際に、この加工に影響すると考えられるファクターとしては、工具材種、切削速度、送り、切削油等が考えられる。そこで、実験を行うために、これらの因子を L_9 の直交表に割り付ける。

そして、一般的な切削加工した時に得た加工数値を基に分析を行い、精密加工を実施する時に、最も影響を受ける重要因子を探索し、高精密加工を遂行するための必須条件を明確にすることを目的として、今回の実験を実施する。

2. 実験方法

(1) 被削材

チタン合金(Ti-6Al-4Vの焼きなまし材、硬度：HRC35)を22(W)×10(D)×19.2(H)mmの形状に加工した小ブロック(両面研磨)を試験材とした。

(2) 工具

- ・φ20スローアウェイバイト
- ・チップノーズR：0.8mm
- ・工具突き出し量 38mm

(3) 実験装置

- ・工作機械 立形マシニングセンター
エンシュウ(株)製 VMC530II
- ・寸法測定 三次元測定機
(株)ニコン製 TRISTATION600

(4) 各因子の割り付けと加工方法

工具材種、切削速度、送り、切削油の各因子の水準は表1のように設定する。そして、その因子を L_9 の直交表(表2参照)に順次割り付ける。信号因子Mを切込み量にとり、 $M1=0.1$ 、 $M2=0.3$ 、 $M3=0.5$ mmとし、軸方向の加工量は

0.5mmで、ダウンカットにて、切削実験を実施する。また、誤差因子Rは測定個所として、8個所を選ぶ。

表1 制御因子とその水準

水準 因子	1	2	3	単位
A 工具材種	コーティング材	超硬合金材	サメット材	—
B 切削速度	50	100	150	m/min
C 送り	0.05	0.10	0.15	mm/刃
D 切削油	あり(油)	エアフロ	なし	—

3. 実験結果

切込み量Mと実切削量yは比例式

$y = \beta M$ で表現することができる。(β:感度)

従って、実験計画法の公式の

$$\eta = 10 \log \frac{(S_{\beta} - V_e) 1/r}{V_e}$$

$$\left[\begin{array}{l} \eta : \text{SN比} \\ S_{\beta} : \text{信号因子の1次効果の変動} \\ V_e : \text{誤差分散} \\ r : \text{有効除数} \end{array} \right]$$

を使って実験データから、各行のSN比を求め、まとめた。(表2参照)

表3は、分散分析の結果を示す。分析の結果、各因子の中で、変動要因に大きな影響を及ぼす因子は、切削工具の材種による影響が一番大きい(寄与率56.5%)ことが分かった。そして、その次に影響を与えるのは、切削速度(同15.7%)であることがわかった。

表2 直交表と行ごとのSN比

因子	制御因子	信号因子・誤差因子			SN比 (db)
		M1 0.1mm	M2 0.3mm	M3 0.5mm	
列No	1 2 3 4	$R_1 \cdots R_8$	$R_1 \cdots R_8$	$R_1 \cdots R_8$	
1	1 1 1 1				29.86
2	1 2 2 2				30.46
3	1 3 3 3				33.43
4	2 1 2 3				32.54
5	2 2 3 1				36.02
6	2 3 1 2				34.49
7	3 1 3 2				27.66
8	3 2 1 3				31.48
9	3 3 2 1				29.40

表3 分散分析表

要因	f	S	V	ρ (%)
A	2	36.02	18.01	56.5
B	2	12.84	6.42	15.7
C	2	3.95	1.98°	—
D	2	3.92	1.96°	—
e' (° 印)	4	7.87	1.97	27.8
T	8	56.73	—	100.0

次に、水準別にSN比を整理して要因効果をグラフ(図1~4参照)にして表す。但し、各水準のSN比は、合計値である。

チタン合金を高精密加工するための最適条件は、要因効果グラフから判断すると、各効果グラフ(工具材種、切削速度、送り、切削油)のそれぞれのSN比の高いところを選んだA₂、B₂、C₃、D₃となる。

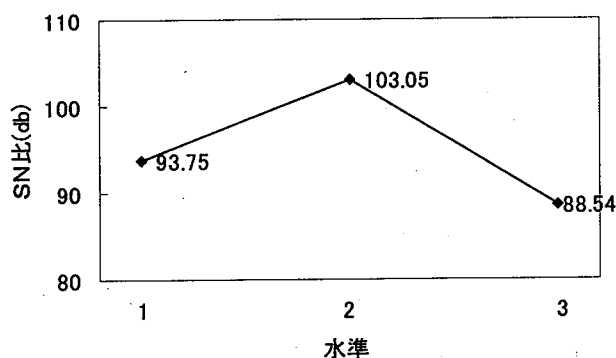


図1 A: 工具材種

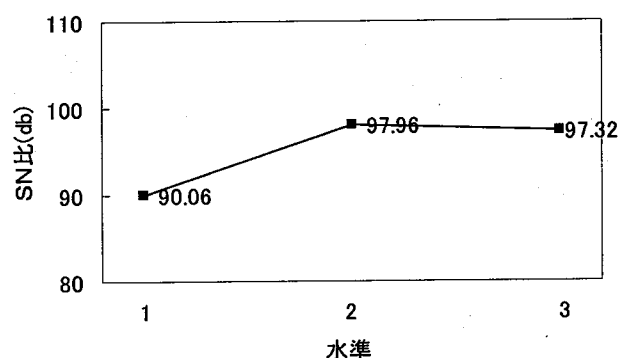


図2 B: 切削速度

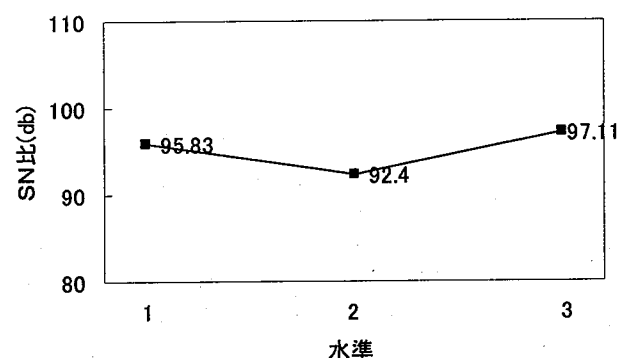


図3 C: 送り

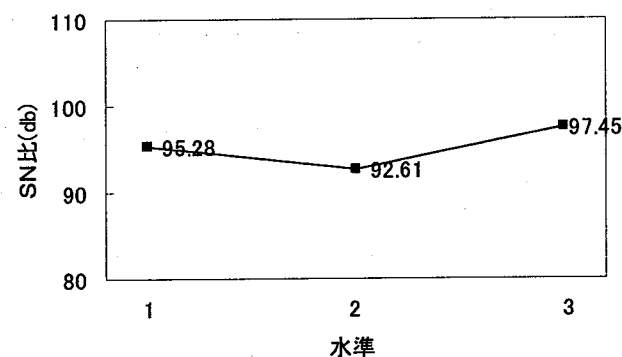


図4 D: 切削油

ここで注目すべきは、切削油なしの乾式切削加工（ドライ加工）の方が切削油ありの湿式切削加工（ウェット加工）より、SNが大きいという結果が得られたことである。

このことは、島根県立工業技術センターの佐藤、古屋らが、論文発表した「難削材の高速ドライエンドミル加工（第1報・第2報）」の中で、チタン合金の高速ドライ加工（半径方向切込み0.2、送り0.01mm/刃、切削速度251m/min）は、可能との報告がなされている。さらに、エンドミル加工の湿式切削との比較を行った結果、工具摩耗、仕上げ面粗さ、加工能率の点から、高速ドライ加工の方に優位性があった、との報告に今回の実験結果が良く一致している。最適条件（ η_1 ）での工程平均を寄与率の大きいAとBを使って推定する。

$$\begin{aligned}\hat{\eta}_1 &= \bar{A}_2 + \bar{B}_2 - \bar{T} \\ &= 103.05/3 + 97.96/3 - 285.34/9 \\ &= 35.30\end{aligned}$$

比較条件を工具材種はコーティング材、切削速度は仕上げ加工を想定して、50m/minを採用した場合、比較条件のSN比を η_0 とすると推定値は、以下のようになる。

$$\begin{aligned}\hat{\eta}_0 &= \bar{A}_1 + \bar{B}_1 - \bar{T} \\ &= 93.75/3 + 90.06/3 - 285.34/9 \\ &= 29.57\end{aligned}$$

最適条件と比較条件との利得を考えると、

$$\begin{aligned}\Delta\eta &= 35.30 - 29.57 \\ &= 5.73\end{aligned}$$

これは比較条件での加工に対して、標準偏差で $1/1.93 = 0.5$ 倍になることを意味する。即ち、比較条件での加工に比べて、最適条件での加工は、ばらつきを半分に抑えることができる。

4. 結言

予備実験を実施した結果、工具材種は超硬合金材を選定し、切削速度は1000m/min、送りは0.15mm/刃、切削油なし（乾式切削）での加工において比較条件に比べて、約2倍の加工精度で加工することが可能であることが、明らかとなった。

また、注目点は乾式切削の方が、湿式切削に比べて、ワークを高精度に加工することが出来ることで

ある。そして、このことは、この条件下での切削加工では、工具刃先に大きな影響を与えるような加工熱が、発生していないことに因るものと考えることができる。今回の実験では、交互作用があれば、1列と2列の影響を3列（送り）と4列（切削油）が受ける危険性もあったが、得られた結果と島根県立工業技術センターから公表されている論文の結果とが、一致していることから、現時点では交互作用は無いものと判断している。

今後の課題としては、工具摩耗等の実験を実施し、今回の結果と合わせて高精度加工の条件を見出す。そして、その条件下で、高精度加工の確認実験を実施する予定である。

5. 謝辞

本研究のテーマに関連した論文のご提供を戴いた、島根県立工業技術センターの古屋諭氏に深甚なる謝意を表します。

参考文献

(1) 松岡，佐藤，古屋，臼杵，難削材料の高速ドライエンドミル加工（第1報），精密工学会松江地方学術講演会論文集，1999，9．

(2) 臼杵，佐藤，古屋，松岡，難削材の高速ドライエンドミル加工（第2報），精密工学会中四国・九州支部共催学術講演会論文集，103，5－6，2000．