

業 務 報 告 書

昭和63年度

滋賀県立機械金属工業指導所

彦根市岡町5番地

ま え が き

1985年のプラザ合意以降、日本経済は円高によって輸出が停滞し、景気がスローダウンしたが、5兆円にも昇る経済政策が導火線となって、消費経済から設備投資に転化され非常に好運な結果をもたらしました。

特に住宅建設関係の伸びはバルブ需用に喚起をもたらし、著るしい伸びでした。

しかし汎用バルブについては、N I E Sからの輸入攻勢はきびしく、今後、国際的分業体制を前提に、国際的に有利な製品転換と、一層の技術開発が必要であります。

各種産業施設がハイテク化するにともない、バルブについてもハイテク化、多様化しつつあり、エレクトロニクス、システム技術を用いて急速に変化する業界ニーズに対応する事が重要な課題であります。

本年度はそのような視点から、指導業務、研究業務に取り組んでまいりました。

ここにその実績をとりまとめましたので、御高覧賜り、御意見いただければ幸いに存ずる次第であります。

平成元年 8 月

滋賀県立機械金属工業指導所

所長 上 田 成 男

目 次

I 概 要

1 沿 革	1
2 規 模	1
3 組 織	3
4 職 員	3
5 予算および決算	4
6 試験研究設備の整備状況	6
7 主要設備	7

II 依頼業務

1 依頼試験数および手数料	11
2 設備使用件数および使用料	11

III 指導業務

1 技術アドバイザー指導事業	13
2 一般巡回技術指導	13
3 簡易巡回技術指導	14
4 技術相談	14
5 調 査	15
6 技術普及講習会	15
7 新技術技術者研修	15
8 出版刊行物	16
9 生産技術研究会	16

IV 研究業務

1 バルブ製品の性能に関する研究	17
2 水道用バタフライ弁のキャビテーション特性の改善について	35
3 バルブ加工におけるCAM化の研究	55
4 セラミック溶射弁体の実用化試験	67

I 概 要

1. 沿 革
2. 規 模
3. 組 織
4. 職 員
5. 予算および決算
6. 試験研究設備の整備状況
7. 主要設備

沿革

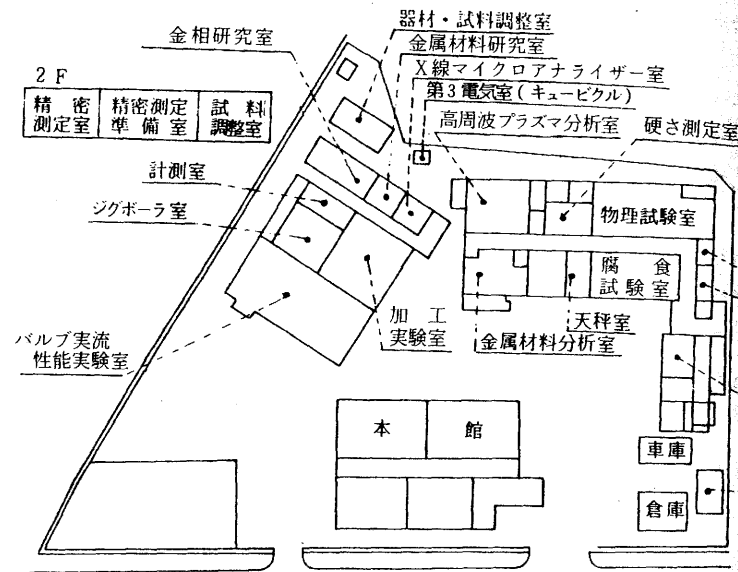
昭和21年	4月	長浜市に県立長浜工業試験場を設置、機械、繊維の2部制とする。
昭和27年	4月	工業試験場を機械部門と繊維部門に分割し、機械部は滋賀県立機械金属工業指導所と称す。
昭和34年	4月	本指導所の整備計画ならびに彦根市に移築を決定
昭和35年	10月	庁舎竣工新庁舎にて業務を開始（現別館）
昭和38年	3月	実験研究棟（精密機械加工室、熱処理中間試験室、ジグボアラ室、その他）を増築
昭和43年	1月	同上2階実験研究室を増築
昭和49年	10月	本館 竣工
昭和62年	12月	バルブ性能試験装置を設置
昭和63年	4月	滋賀バルブ協同組合が庁舎に移転

規模

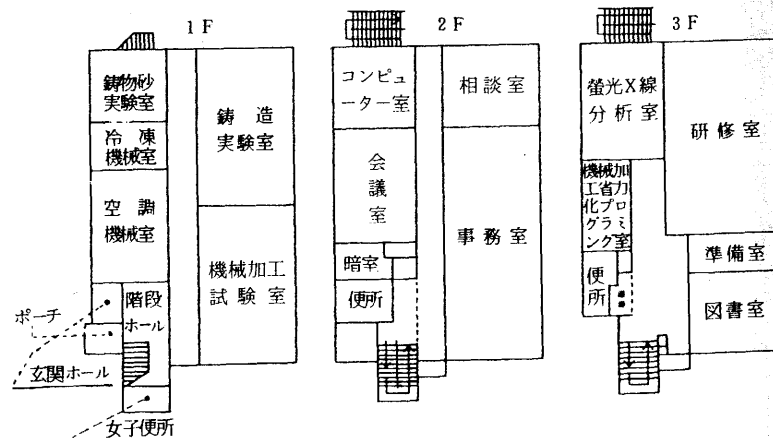
敷地面積	3,400.69 m ²
建物総面積	2,254.38 m ²
本館	1,017.96 m ² （鉄筋コンクリート三階建）
別館	562.53 m ² （鉄筋コンクリート補強ブロック平屋建）
実験研究棟	487.96 m ² （鉄筋コンクリート補強ブロック一部二階建）
その他	185.93 m ²

（平成元年4月1日現在）

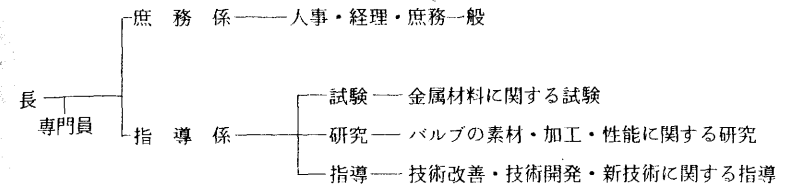
建物配置図



本館の各室配置図



組織



職員

4.1 職員構成(昭和63年4月1日現在)

所長心得	上田成男
専門員	河崎勲
"	村口明義
庶務係主査	佐藤清実
指導係係長	松川進
主査	樋口英司
"	佐藤真知夫
主任技師	宮川栄一
"	酒井一昭
嘱託	宮田しず子

4.2 職員の異動(平成元年4月1日)

新	旧
上田成男 所長	所長心得
宮田しず子 退職	嘱託
井上道子 嘱託	

5. 予算および決算

(1) 昭和63年度 歳入予算執行状況

科 目				予算通知額	調 定 額	収入済額	不 納 欠損額	収 入 未済額
款	項	目	節					
0	使用料 及び手数料			4,002,000	4,126,900	4,126,900	0	0
	01 使用料	07 商工使用料	03 機械金属 工業指導所	418,000	421,500	421,500	0	0
	02 手数料	05 商工手数料	04 機械金属 工業指導所 試験	3,584,000	3,705,400	3,705,400	0	0
12	諸収入	06 雑入	11 経営技術等 研修講習 受講料	78,000	78,000	78,000	0	0
合 計				4,080,000	4,204,900	4,204,900	0	0

(2) 昭和63年度 歳出予算執行状況

科 目					予算令達額	支出済額	残 額	備 考
款	項	目	節	細 節				
02	総務費	01 総務管理費	07 財産管理費	13 委託料	120,000	120,000	0	
				26 設計管理 委託料				
				15 工事請負費	3,800,000	3,800,000	0	
	02 企画費	05 情報管理費	11 需用費	02 その他 需用費	87,000	87,000	0	
07	商工費				27,661,781	27,661,781	0	
	01 商工業費				1,821,828	1,821,828	0	
		01 商工業 総務費	09 旅 費		200,000	200,000	0	
			12 役務費		20,000	20,000	0	
		03 工業振興費			1,601,828	1,601,828	0	
			01 報 酬		780,000	780,000	0	
			08 報 償 費		125,000	125,000	0	
			09 旅 費		454,828	454,828	0	
			11 需用費		206,000	206,000	0	

科 目					予算令達額	支出済額	残 額	備 考
款	項	目	節	細 目				
				01 食糧費	10,000	10,000	0	
				02 その他 需用費	196,000	196,000	0	
			12 役務費	02 その他 役務費	36,000	36,000	0	
	02 中小企業費				25,839,953	25,839,953	0	
		02 中小企業 指導費			469,000	469,000	0	
			08 報 償 費		51,000	51,000	0	
			09 旅 費		76,000	76,000	0	
			11 需用費	02 その他 需用費	322,000	322,000	0	
			12 役務費	02 その他 役務費	10,000	10,000	0	
			14 使用料 及び賃借料		10,000	10,000	0	
		06 機械金属 工業指導所費			25,370,953	25,370,953	0	
			01 報 酬		748,800	748,800	0	
			08 報 償 費		301,950	301,950	0	
			09 旅 費		1,390,360	1,390,360	0	
			11 需用費		12,914,823	12,914,823	0	
				01 食糧費	241,092	241,092	0	
				02 その他 需用費	12,673,731	12,673,731	0	
			12 役務費	02 その他 役務費	2,359,120	2,359,120	0	
			13 委託料		1,282,060	1,282,060	0	
				01 電気保安 業務委託料	199,920	199,920	0	
				02 恒温恒湿 点検委託料	180,000	180,000	0	

科 目					予算令達額	支出済額	残 額	備 考
款	項	目	節	細 節				
				03 警 備 業 務 委 託 料	452,340	452,340	0	
				04 浄化槽等維 持管理業務 委 託 料	72,000	72,000	0	
				05 ボ イ ラー 整 備 点 検 委 託 料	80,000	80,000	0	
				06 火災報知設 備保安検査 委 託 料	34,800	34,800	0	
				07 排 出 水 の 分析委託料	108,000	108,000	0	
				08 冷凍機保安 点検委託料	155,000	155,000	0	
			14	使 用 料 及び賃借料	78,640	78,640	0	
			18	備品購入費	6,155,000	6,155,000	0	
			19	負担金補助 及び交付金	7,000	7,000	0	
				01 冷凍設備保 安 協 会 負 担 金				
				02 各 種 会 議 負 担 金	108,000	108,000	0	
			27	公 課 費	25,200	25,200	0	
合 計					31,668,781	31,668,781	0	

6. 試験研究設備の整備状況 (昭和63年度)

設 備 名	数量	型 式	製 造 者	備 考
ロックウェル硬度計	1台	全自動ツイン AHT-AT	㈱明石製作所	県 単
重金属廃水処理装置	1基	LIP-20AH1	同和鋳業㈱	"
スポットエアコン	2台	SUAS2MAU	ダイキン工業㈱	"
ゴム 硬 度 計	1台	200型	㈱島津製作所	"
X Y プ ロ ッ タ ー	1式	A 3	㈱ファナック	"

7. 主 要 設 備

品 名	規 格	購入年月日	備 考
万 能 研 削 盤	三井精機製MUG 25×50	37. 6. 29	日本自転車振興会 補助物件
治 具 中 ぐ り 盤	三井精機製JBD型No.3	38. 6. 17	"
平 面 研 削 盤	三正製作所製G-D64型	38. 12. 20	"
万 能 工 具 研 削 盤	牧野フライス社製C-40	38. 12. 23	"
ブ ロ ッ ク ゲ ー ジ	津上製PTW A級	39. 8. 18	"
万 能 顕 微 測 定 器	三井精機製MLD 1000	40. 1. 14	"
万 能 工 具 顕 微 測 定 器	津上製T-MCL 2型	38.	"
旋 盤	大阪工作所製360HB-X型	43. 3. 19	"
超 硬 工 具 研 磨 盤	アサヒダイヤモンド工業製 SDG型	43. 9. 10	"
表 面 粗 さ 計	テラーボブソン社製 タリサーフ4型	43. 11. 30	"
万 能 フ ラ イ ス 盤	日立精機製MS型U	43. 12. 28	中小企業庁補助物件
プロジェクション オブチメーター	カールツァイスイエナ社製 MOD20/20	44. 10. 21	日本自転車振興会 補助物件
キ ャ ス 試 験 機	東洋理化学製CASSER-1	44. 10. 29	"
流速効果腐食試験装置	山崎精機研究所VF-1	"	"
カット・オフ (帯鋸盤)	アマダ製CRH-300S	45. 8. 30	"
ショア硬さ試験機	三光計器製S44計量研型	45. 9. 25	中小企業庁補助物件
ブリネル硬度計	三精工業製SDLB計量研型	45. 9. 29	"
工業用赤外線温度計	旭産業製TA-1	45. 10. 20	日本自転車振興会 補助物件
デ ジ マ イ ク ロ	オリンパス製 DM253 顕微鏡STM	45. 10. 30	中小企業庁補助物件
液化炭酸超低温装置	柳本製作所製OTS-60	45. 10. 31	日本自転車振興会 補助物件
オートコリメータ	ニコン6D型	46. 8. 16	"

品 名	規 格	購入年月日	備 考
島津万能試験機	電子管式REH-100型	46. 9. 29	中小企業庁補助物件
周波数自動分析記録装置	国際振動研究所製SM-2200	47. 9. 28	日本自転車振興会 補助物件
エ レ マ 電 気 炉	東海興商製CE-20	47. 10. 30	"
高温鋳物砂試験機	東京衝機製力量500kg	47. 10. 31	"
直示式鋳物砂熱膨張計	小沢製作所製EOS-1	47. 11. 20	"
曝 熱 試 験 器	小沢製作所製MO-1	"	"
定電位電解分析装置	柳本製作所AFS-4 4連式	47. 9. 8	"
ばいじん量測定装置	D-20SC	49. 8. 12	中小企業庁補助物件
メモーション測定装置	松下電器製	49. 7. 31	"
万能基準硬さ試験機	明石製作所製 計量研型 SHT-3型計算装置付	49. 10. 28	"
高周波誘導電気炉	FTH-30Mサイリスタ式	49. 10. 31	"
蛍光X線分析装置	理学電機工業製 ガイガーフレックス3063 P4	52. 3. 30	"
C E メ ー タ ー	リーズ・アンド・ノースロップ社 TECTIPマークⅢ-H	52. 3. 23	"
可傾式金型鑄造機	新東工業PLS-33R	53. 8. 11	"
自動平衡型温度記録計	千野製作所EK100-06	53. 8. 25	"
塗 型 用 噴 霧 機	岩田塗装製	53. 12. 20	"
P H メ ー タ ー	東亜電波製HM-20B	53. 7. 10	県 単
シャルピー衝撃試験機	島津製30kgf-m	54. 1. 17	"
普 通 騒 音 計	㈱ノードDS-101C	54. 8. 20	中小企業庁補助物件
精密低温恒温槽	田葉井製作所製 K-3473-D1	54. 10. 31	日本自転車振興会 補助物件
ストレンメーター	新興通信工業DPU-100 PS-7513-50	54. 9. 5	"

品 名	規 格	購入年月日	備 考
分 光 光 度 計	島津製作所UV-150-02	54. 8. 10	日本自転車振興会 補助物件
STメーター (残留ひずみ測定器)	福井技研標準型	54. 10. 5	"
水 圧 ポ ン プ	山本水圧工業製PH-60	54. 7. 14	県 単
ジェットエロージョン 試 験 機	㈱山崎精機製JVE-12	55. 8. 10	中小企業庁補助物件
ピンホール探知器	㈱サンコウ電子製TRC-20A	55. 7. 17	"
静電粉体塗装装置	小野田セメント㈱製 GX101、TYPE6132-1	55. 7. 25	"
CS同時定量装置	米国LECO社製 LECO-CS-144型	55. 8. 9	日本自転車振興会 補助物件
かじり摩耗試験機	㈱京都試作研究所製	55. 10. 31	"
空気圧実習装置	太陽鉄工㈱製 当所仕様	56. 7. 30	中小企業庁補助物件
ブリネル硬さ試験機	㈱島津製作所製 最大荷重 3,000kg	56. 9. 16	日本自転車振興会 補助物件
万 能 試 験 機	㈱島津製作所製 オートグラフDCS-25T型	56. 9. 19	"
電動ビッカース硬度計	㈱明石製作所製 AVK-A型	56. 10. 31	"
高周波プラズマ分析装置	㈱島津製作所製ICPV-1000型	57. 12. 10	"
マイクロコンピュータ システム	シャープ㈱MZ-2000	58. 1. 14	"
X線マイクロアナライザ	㈱島津製作所製EPM-810I	58. 11. 21	"
小型超低温恒温器	タバイエスベック㈱製 MC-71型	58. 11. 22	"
微 小 硬 度 計	㈱明石製作所製 MVK-Eシステム	58. 11. 25	"
オシロスコープ	菊水電子工業㈱COS-5060	58. 7. 29	県 単
マイクロロボットムーブ マ ス タ ー	三菱電機製RM-101	59. 9. 21	"
顕微鏡試料作成装置一式	ビューラー社	59. 12. 26	中小企業庁補助物件
倒立型金属顕微鏡	ニコンEPIPHOT-TME	59. 12. 26	"
冷熱衝撃試験機	タバイエスベックTSR-63型	59. 12. 17	"

品 名	規 格	購入年月日	備 考
検力器負荷式 応力腐食試験機	東京衡機製ブルーリング型	60. 12. 10	中小企業庁補助物件
全自動分極測定装置	北斗電工製 HZ-1A	60. 12. 10	"
浸漬乾湿 複合サイクル試験機	スガ試験機製 DW-uD-3	60. 12. 18	"
パーソナルコンピュータ ネットワークシステム一式	—	61. 3. 31	県
ループ検力計	0.05LD, 0.15LD	61. 3. 7	"
電気マッフル炉	ヤマト科学 FM-36	60. 7. 16	"
光学式変位測定器	リード電機製 PA-1800 PA-1810	61. 1. 11	"
電子天秤	チョウバランス㈱ JP-160	61. 6. 4	"
横形マシニングセンタ	HC400-40	62. 1. 10	中小企業庁補助物件
NC自動プログラミング 装置	SYSTEM PMODEL G	"	"
写真複写機	㈱宮崎 MC-1P	62. 7. 14	県
金属顕微鏡用照明装置	㈱モリテックス NRG-48-1000S	62. 7. 14	"
バルブ性能試験装置 本体 実流量変位測定器	日本科学工業㈱ ジェック㈱ DSA-605C型	62. 12. 11	日本自転車振興会 補助物件
リフト運搬車	杉国工業㈱ SPR20-LL	62. 12. 5	"
ロックウェル硬度計	明石製作所 AHT-AT	63. 10. 14	県
重金属廃水処理装置	同和鉱業㈱ LIP-20AH1	63. 8. 11	"
スポットエアコン	ダイキン工業 SUAS2MAU	63. 7. 1	"
ゴム硬度計	㈱島津製作所 200型	63. 7. 28	"
X Y プロッター	㈱ファナック A3	63. 9. 14	"

Ⅱ 依 頼 業 務

1. 依頼試験数および手数料
2. 設備使用件数および使用料

依頼試験数および手数料

手数料 3,705,400円

(1) 材料試験	462試料 (1,088試験)
(内 訳)	抗 折 71試験
	引 張 332 "
	耐力・降伏点 110 "
	伸 び 251 "
	硬さ(H B) 247 "
	硬さ(その他) 14 "
	そ の 他 63 "
(2) 分析試験	223試料 (912成分)
(内 訳)	ね ず み 鑄 鉄 20試料
	球状黒鉛鑄鉄 23 "
	青 銅 鑄 物 112 "
	そ の 他 68 "
(3) その他の試験	210試料 (320試験)
(内 訳)	組 織 289試験
	そ の 他 31 "
(4) 成績書複本	199通
(内 訳)	和 文 175通
	英 文 24 "

2. 設備使用件数および使用料

使用料 421,500円

(内 訳)	25tオートグラフ	98回
	100t万能試験機	92 "
	ブリネル硬さ試験機	77 "
	高周波プラズマ分析装置	63 "
	C S同時定量装置	18 "
	その他	50 "

Ⅲ 指 導 業 務

1. 技術アドバイザー指導事業
2. 一般巡回技術指導
3. 簡易巡回技術指導
4. 技術相談
5. 調 査
6. 技術普及講習会
7. 新技術技術者研修
8. 出版刊行物
9. 生産技術研究会

技術アドバイザー指導事業

実施企業	指導内容	担当アドバイザー
エスビーバルブ工業㈱	板弁弁体嵌合システム加工専用機の試作について	森野修範
横江製作所	生産性の向上及び作業の合理化・親企業の技術指導上の非協力対策	大槻泰幹
マツイ機器工業㈱	遮断弁の開発と内製化について（モールドの成型と実用化テスト等）	中川悟孝
広瀬バルブ工業㈱	電気・電子制御の応用バルブの開発に必要な知識（安全基準等）について	中川悟孝
岩田製作所	多種少量生産における仕上げ切削製品の面精度の向上について	田中春三
清水工業㈱	低騒音・低振動の流量調節用バタフライ弁の開発について	柳井田勝哉
国産バネ工業㈱	自動車用安全ベルトの組立ラインの作業改善による生産性向上について	森野修範
国産バネ工業㈱	高速自動プレス騒音防止設備の検討及び効果測定	高崎秀平
マツイ機器工業㈱	銅合金製ガスコック部品（アルミダイカスト）腐食原因及び対策	山下等
広瀬バルブ工業㈱	油圧バルブの弁体・弁棒組合せ負荷時応力集中・疲労破壊の強度設計	神沢一吉
高橋金属㈱	NCタレットパンチプレスの騒音・振動解析について	高崎秀平
エスビーバルブ工業㈱	工場内の機械設備と治工具のレイアウトについて	丸尾和好
協和工業㈱	バルブの肉厚測定の自動化について	武田和忠

合計 13企業（65日）

2. 一般巡回技術指導

工場内外の騒音、振動等の環境測定と測定結果にもとづく生産性向上対策について

期 間 昭和63年9月1日、平成元年2月13日～17日

指導員 滋賀県技術アドバイザー 高崎秀平

機械金属工業指導所

専門員 村口明義 主査 佐藤真知夫

指導係長 松川進 主任技師 宮川栄一

指導企業 国産バネ工業㈱

角田鉄工㈱

飛田鉄工所

大宗㈱

広瀬バルブ工業㈱

3. 簡易巡回技術指導

加工・研摩技術、治工具の改善、熱処理および各種の管理技術等について

期 間 昭和63年9月6日～14日

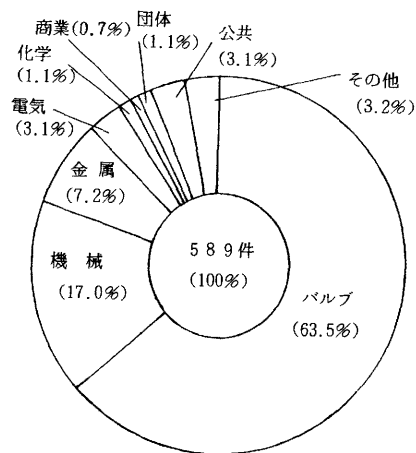
指導員 滋賀県技術アドバイザー 田中 春 三
機械金属工業指導所職員
指導企業 15社（みさか工業㈱ほか14社）

4. 技術相談・指導

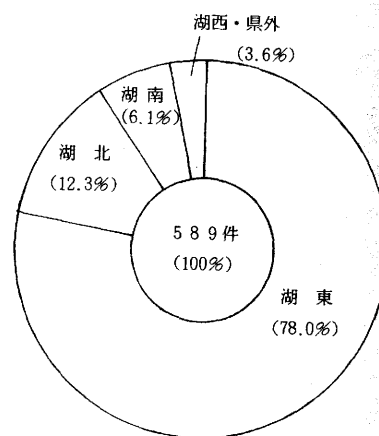
(1) 専門分野別件数

項 目	件 数	比 率	項 目	件 数	比 率
金 属 材 料	41	7.0	分 析 技 術	26	4.4
熱 処 理 技 術	21	3.6	防 食 技 術	31	5.3
機 械 加 工	36	6.1	制 度 金 融	22	3.7
試 験 法	123	20.9	実 施 指 導	157	26.6
鋳 造 技 術	13	2.2	そ の 他	91	15.4
金 属 組 織	28	4.8	計	589	100.0

(2) 業種別



(3) 地域別



5. 調査

(1) 彦根パルプ動向調査 22企業（4回/年）

(2) 制度融資等にかかる事前調査

- ・中小企業設備近代化資金貸付診断調査 8企業
- ・中小企業設備貸与貸付調査 10企業
- ・技術改善費補助金・技術開発資金等に係る調査 3企業
- ・先端設備導入資金に係る調査 1企業

6. 技術普及講習会

年 月 日	項 目	講 師	場 所	受講人員
63・6・1	短納期・低コスト化への対応	ヤマザキマザック㈱ 国内販売部長 松坂 年造	指導所 研修室	73名
63・8・31	技術開発の動向と中小企業戦略 ーパルプ産地を例としてー	通商産業省機械情報産業局 鋳鍛造品課長 橋本 久義	〃	69名
63・9・27	パルプの流体特性	山武ハネウェル㈱ 工業システム事業部 部長 椎木 晃	〃	33名
63・12・2	パルプの規格動向について	㈱栗本鉄工所 泉北工場 設計部長 大西 嘉明	〃	44名
63・12・2	昭和62年度 当所の研究発表会（4題）	機械金属工業指導所職員	〃	47名
元・1・24	現在の経済情勢と地場産業	朝日大学教授 庄林 二三雄	〃	49名
元・3・13	パルプ等配管材料の腐食と その防止対策	上村工業㈱中央研究所 参与 理博 小若 正倫	〃	32名

7. 新技術技術者研修

- コース名 ひずみの測定技術
- 研修期間および時間数 昭和63年10月12日（水）、13日（木） 11時間
- 場 所 滋賀県立機械金属工業指導所
- 受講者および修了者 受講者 13名
修了者 13名
- 講 師 ㈱共和電業
営業技術課長 藤山 正直 他2名
- 科目と時間配分

月 日	時間数	研修時間	科 目	講 師	内 容
10・12 （水）	(hr) 3.0	9:00 └ 12:00	ひずみゲージの 基礎	㈱共和電業 営業技術部 営業技術課長 藤山 正直	ひずみゲージの原理と特性 ひずみゲージの種類と選定方法
		13:00 └ 13:30	映 画 ひずみを測る	㈱共和電業 営業部京都出張所 所長	ひずみ測定の概要
	2.5	13:30 └ 16:00	ひ ず み 測 定 （実 習）	絞頭 結 和 美 営業部 亀 田 昭 次	ひずみゲージの接着方法 静ひずみの測定 動ひずみの測定

10・13 (木)	2.0	9:00 ↓ 11:00	ロゼット解析と 弾性係数の測定 (実習)	同 上	ロゼットゲージによる応力 縦弾性係数・ポアソン比の測
	1.0	11:00 ↓ 12:00	特殊環境下での ひずみ計測		水中でのひずみ測定 高温でのひずみ測定
	2.0	13:00 ↓ 15:00	ひずみゲージの センサへの応用		圧力検出センサおよびその他 ンサ、質疑応答

8. 出版刊行物

昭和62年度業務報告書

機工指だより No35、No36

9. 生産技術研究会

(1) 昭和63年度役員

会 長 井 上 孝 史 (角田鉄工)
幹 事 北 川 一 男 (相川バルブ製作所)
松 井 繁 徳 (大日本スクリーン製造)
沢 田 満 (新和工業)
山 田 弘 一 (広瀬バルブ工業)
松 川 進 (機械金属工業指導所)
会計監事 清 水 重 一 (協和工業)
島 村 満 生 (大洋産業)
事務局 樋 口 英 司 (機械金属工業指導所)

(2) 事業内容

ア. 技術講習会 6回
イ. 工場見学 1回
ウ. 総会・幹事会 6回
エ. 会報発行 2回

Ⅳ 研 究 業 務

1. バルブ製品の性能に関する研究
(既存バルブの性能試験)
2. 水道用バタフライ弁のキャビテーション特性
の改善について
3. バルブ加工におけるCAM化の研究
4. セラミック溶射弁体の実用化試験
(バルブ開閉試験機の試作)

バルブ製品の性能に関する研究

(既存バルブの性能試験)

村 口 明 義
樋 口 英 司
酒 井 一 昭

1. はじめに

近年、各種配管系の高度化、流体の多様化に伴ない、使用されるバルブも高性能なバルブを要求されるようになってきた。

一方、規格面においても、JIS規格が外国規格との整合性や現行規格の整理統合等により見直しを進めており、現行の詳細な規定による規格から品質性能に重点をおいた設計に自由度を持たせた規格に変わりつつある。

当所においては、このような環境の変化に対応するため、昭和62年度にバルブ性能試験装置を導入し、高性能バルブの開発研究事業に取り組んでいる。しかし、各種バルブの性能に関する詳細なデータが少ないため、先づ、既存バルブの性能値を把握する目的で既存バルブ（仕切弁、玉形弁、逆止め弁）の各種性能試験を実施したので報告する。

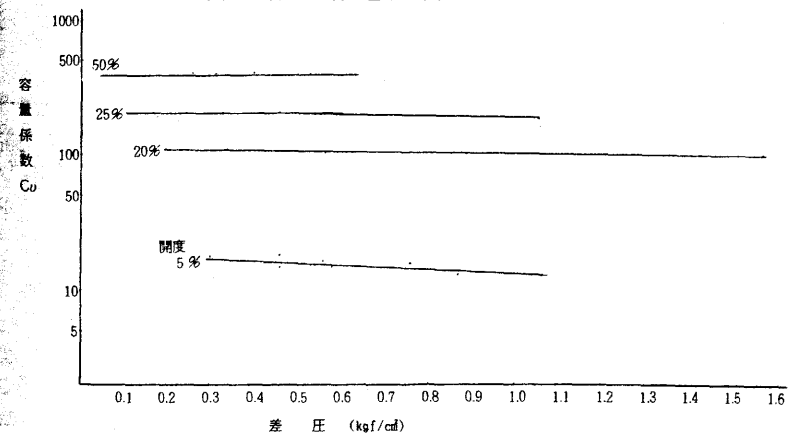
2. 試験設備および試験方法

2・1 試験設備

試験に使用した設備の概要は、昭和62年度業務報告書（昭和63年発行）に記載したとおりである。JIS B 2005「バルブの容量係数の試験方法」に準拠して製作している。

2・2 試験方法

図1 容量係数と差圧の関係



2・2・1 容量係数試験

JIS B 2005「バルブの容量係数の試験方法」に準じ試験を行った。ただし、弁開度が100%になると74Kpaの差圧が確保できない場合が生じる（ポンプが容量不足のため）。その時は適さい差圧に設定して試験を行った。C_v値と差圧の関係を図1に示す。差圧が大きくなるとC_v値が低くなるがその差は僅少であり、5 Kpa (0.05 kgf/cm²) まではほとんど影響はなかった。

なお、容量係数はすべてC_v値で表わし、次式によって算出した。

$$C_v = 1.167 Q \sqrt{\frac{G}{\Delta P}}$$

$\left\{ \begin{array}{l} Q : \text{流量 } \text{m}^3/\text{h} \\ \Delta P : \text{弁前後の差圧 } \text{kgf}/\text{cm}^2 \\ G : \text{液の比重} \end{array} \right.$

2・2・2 損失係数試験

弁の各開度毎に管内流速を0～6 m/sの間で適宜設定（5～6段階）し、その時の弁前後の圧力差を測定した。損失係数（ζ）は次式により算出した。

$$\zeta = \frac{2g \cdot \Delta H}{v^2}$$

$\left\{ \begin{array}{l} g : \text{重力加速度 } \text{m}/\text{s}^2 \\ v : \text{管内流速 } \text{m}/\text{s} \\ \Delta H : \text{弁前後の差圧 } \text{mAg} \end{array} \right.$

2・2・3 供試弁の弁開度

弁の開度は仕切弁と玉形弁については全閉（弁箱弁座から弁体弁座が離れる瞬間）から全開時距離（リフトD）に対する弁の開き（ℓ）の比（ℓ/D）を百分率で表わした。

逆止め弁については全開時の弁の開度を0°とし、弁の開き角度（度）によって表わした。

2・3 供 試 弁

試験に供した弁は仕切弁、玉形弁、逆止め弁で次のとおりである。

2・3・1 仕 切 弁

口径50mm、100mmおよび200mmの3サイズ、7種類で、その比較表を表1に示す。

表1 仕切弁の比較表

項 目	弁の種類						
	A JIS B 2031 陸用弁	B JWWA B 62 ソフトシール弁	C JIS B 2031 陸用弁	D JIS B 2062 水道用弁	E JWWA B 62 ソフトシール弁	F JIS F 7364 船用弁	G JIS B 2031 陸用弁
口 径 (mm)	50	50	100	100	100	100	200
面 間 距 離 (mm)	180	180	230	250	250	250	290
弁 座 径 (mm)	50	50	100	100	100	100	200
底 部 形 状	凹状	ストレート	凹状	凹状	ストレート	凹状	凹状
弁体ガイド溝	有	有・無	有	有	有	有	有
弁 座 径 (mm)	64	なし(弁体径50)	117	128	なし(弁体径100)	125	224
傾斜角度 (°)	6	—	6	10	—	6	6

2・2 玉 形 弁

口径50mm、100mmおよび200mmの4サイズ、7種類（自動調節弁を含む）で、その比較表を表2および構造図を図2に示す。

2・3 逆止め弁

スイング式逆止め弁で口径100mmの1サイズ、2種類で、その比較表を表3に示す。

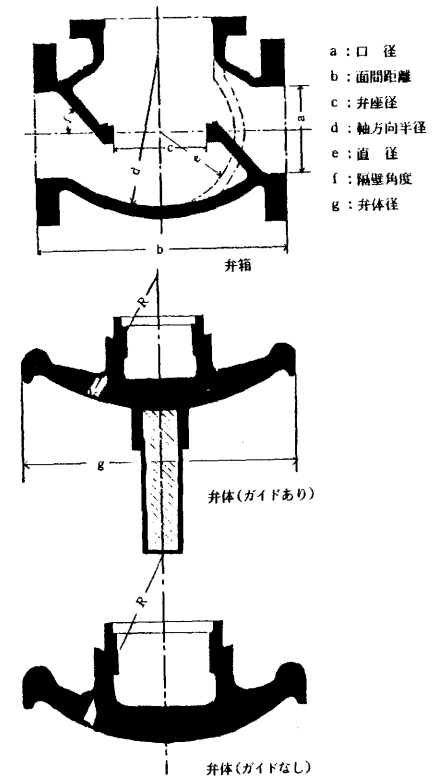


図2 玉形弁

表2 玉形弁の比較表

項 目	弁の種類						
	自動調節弁	JIS B 2031 (陸用)	JIS B 2031 (陸用)	JIS B 2031 (陸用)	JIS F 7307 (船用)	JIS B 2031 (陸用)	JIS F 7307 (船用)
口 径 (mm)	50	50	100	100	100	200	80
面 間 距 離 (mm)	235	200	290	290	350	500	300
リ フ ト (mm)	20	20	37	38	33	74	27
弁 座 径 (mm)	50	50	100	100	111	200	88
軸 方 向 半 径 (mm)	—	90	130	175	195	310	160
直 径 (mm)	—	110	175	175	195	330	160
箱 隔 壁 角 度 (°)	—	45	60	50	45	60	45
弁 ガ イ ド	なし	なし	棒状 (径12mm)	なし	棒状 (径18mm)	棒状 (径38mm)	棒状 (径15mm)
弁 座 径 (mm)	51	59	108	110	121	212	102
体 形 状	—	R56	R40	R100	R88	R140	R70
全開時の開口面積 (mm ²)	—	3510	12159	12643	12163	48048	8325
フランジ面通過面積 (mm ²)	1963	1963	7850	7850	7850	31400	5024
フランジ面通過面積 全開時の開口面積 × 100	—	55.9%	64.6%	62.1%	64.5%	65.4%	60.3%

表3 スイグ逆止め弁

項目 種類	口 径 (mm)	面間寸法 (mm)	高 さ (mm)	弁 箱			弁 体				
				直 径 (mm)	軸方向半 径 (mm)	ふ た (mm)	弁 座 径 (mm)	アームと の 接 続	重 量 (kg)	全閉角度 (度)	全開角度 (度)
A	100	280	125	150	200	188	114	1体形	1	3	69
B	100	290	152	165	165	210	116	分離形	2.3	3	61

3. 試験結果および考察

3・1 仕 切 弁

3・1・1 容量係数試験

(1) 容量係数 (以下 C_v 値と記す)

各弁の C_v 値を図3に示す。弁開度が全開 (100%) ~ 中間開度までは C_v 値の変化は少ないが、全開 (0%) 近くになると急激に変化し少くなる。また、弁開度100%では口径50mm、100mmともに口径が同じ口径であれば弁の種類が異っても C_v 値はほぼ同じ値を示した (弁Aと弁B、弁Cと弁Dと弁Eと弁Fが同じ)。しかし、中間開度では弁の種類により C_v 値は異っており、特にソフトシール弁 (弁Bと弁E) は口径50mm、100mmともに他の弁に比べ C_v 値は大きい値となっている。

仕切弁が C_v 値に及ぼす要因としては、弁体弁座の直径 (開口面積)、弁箱の形状 (底部が凹状かストレートか)、弁体の形状、面間距離および弁体の傾斜角度などが挙げられるが、開口面積の影響が最も大きいと考えられるのでさらに (2) で検討を加えることにした。

なお、口径200mmの弁 (弁G) は弁開度60%以上では差圧 5 Kpa以上が確保できなく測定不能であった。

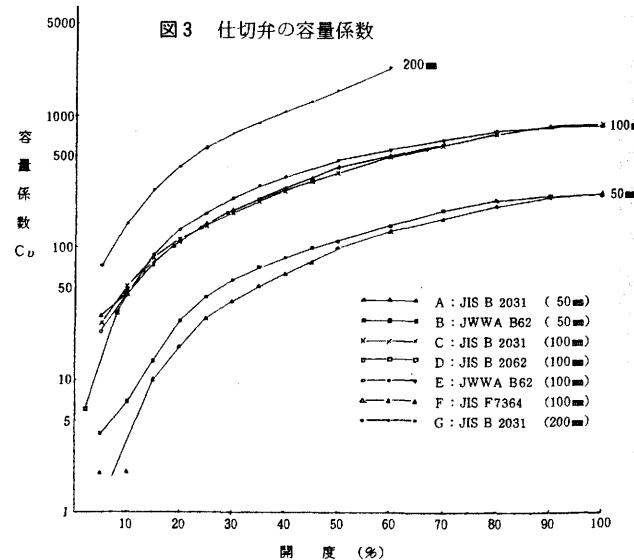


表4 仕切弁の容量係数と開口面積

種類 開度 (%)	A			B			C			D			E			F			G									
	容量係数		面積	容量係数		面積	容量係数		面積	容量係数		面積	容量係数		面積	容量係数		面積	容量係数		面積							
	C_v (%)	C_d (%)	C_v (%)	C_v (%)	C_d (%)	C_v (%)	C_v (%)	C_d (%)	C_v (%)	C_v (%)	C_d (%)	C_v (%)	C_v (%)	C_d (%)	C_v (%)	C_v (%)	C_d (%)	C_v (%)	C_v (%)	C_d (%)								
5	2	0.7	3.6	4	1.6	1.0	5.1	27	3.1	3.2	4.0	6	0.7	0.75	1.0	23	2.7	4.1	5.2	30	3.5	2.8	3.6	72	—	13.8	4.4	
10	2	0.7	1.7	7	2.7	2.2	11.2	51	5.8	7.7	9.8	32	3.8	5.2	6.6	43	5.1	8.8	11.2	43	5.0	7.1	9.1	151	—	32.5	10.3	
15	10	3.8	2.9	14.8	14	5.5	3.4	17.3	83	9.4	12.5	16.0	67	7.9	9.8	12.4	87	10.3	13.6	17.3	74	8.7	11.9	15.1	276	—	52.2	16.6
20	18	6.9	4.1	20.9	28	11.0	4.6	23.5	114	13.0	17.5	22.3	101	11.9	15.6	19.9	135	15.9	18.5	23.6	111	13.0	16.8	21.4	407	—	72.2	23.0
25	29	11.1	5.4	27.6	42	16.5	5.9	30.1	145	16.5	22.5	28.7	140	16.5	20.6	26.2	180	21.3	23.5	29.9	149	17.4	21.8	27.8	563	—	92.2	29.3
30	39	15.0	6.6	33.7	57	22.4	7.1	36.2	181	20.6	27.5	35.0	182	21.4	25.6	32.6	235	27.7	28.5	36.3	190	22.2	26.8	34.1	735	—	111.9	35.6
35	51	19.6	7.9	40.3	70	27.5	8.4	42.6	224	25.5	32.4	41.2	226	26.6	31.5	40.1	291	34.3	33.4	42.5	232	27.1	31.7	40.4	885	—	131.4	41.8
40	63	24.2	9.1	46.4	83	32.5	9.6	48.7	270	30.7	37.2	47.4	—	—	36.4	46.4	348	41.1	38.2	48.7	281	32.9	36.6	46.6	1071	—	150.6	47.9
45	76	29.2	10.3	52.6	98	38.4	10.7	54.7	320	36.4	41.9	53.4	314	36.9	41.2	52.5	—	—	42.9	54.6	332	38.8	41.4	52.7	1268	—	169.3	53.9
50	97	37.3	11.5	58.7	112	43.9	11.9	60.5	370	42.1	46.5	59.2	—	—	45.9	58.5	459	54.2	47.4	60.4	407	47.6	46.0	58.6	1515	—	187.5	59.7
60	134	51.5	13.7	69.9	144	56.5	14.0	71.4	489	55.6	55.2	70.3	—	—	54.8	69.8	553	65.3	56.0	71.3	497	58.1	54.9	69.9	2341	—	222.0	70.7
70	165	63.5	15.7	80.1	190	74.5	15.9	81.3	599	68.1	63.2	80.4	561	66.0	62.8	80.0	656	77.4	63.7	81.1	609	71.2	62.9	80.1	—	—	253.3	80.6
80	208	80.0	17.5	89.3	227	89.0	17.6	89.8	741	84.2	70.0	89.2	—	—	69.9	89.0	754	89.0	70.4	89.7	741	86.7	69.9	89.0	—	—	280.5	89.3
90	241	92.7	18.9	96.4	250	98.0	18.9	96.4	—	—	75.5	96.2	—	—	75.4	96.1	—	—	75.6	96.3	824	96.4	75.4	96.1	—	—	302.1	96.1
100	260	100	19.6	100	255	100	19.6	100	880	100	78.5	100	850	100	78.5	100	847	100	78.5	100	855	100	78.5	100	—	—	314.2	100

(注) Dの開度は、2%、8%、13%、19%、24%、29%、67%である。
(5%) (10%) (15%) (20%) (25%) (30%) (70%)

(2) C_v 値と開口面積の関係

(1)の結果から C_v 値と開口面積の間には密接な関係があると思われるので、各弁の弁開度毎の開口面積を計算し C_v 値との関係を表4に示した。また、口径100mmの各弁の弁開度と開口面積の関係を図4に示す。表4からソフトシール弁(弁E)は弁体の直径が小さいため他の弁に比べ同じ弁開度では開口面積は大きく、特に低開度から中間開度においてその傾向が大きいことがわかる。本来、同じ開口面積であれば C_v 値も同じと考えられるが、口径100mmについてソフトシール弁(弁E)と陸用弁(弁C)とで、開口面積と C_v 値の関係を調べたところ図5に示すように開口面積15cm²(開度に直すと約20%)までは弁C、それ以上では弁Eの方が C_v 値が大きくなった。この原因をもう少し詳しく検討するため、流量特性図(弁開度と容量係数比、開口面積比の関係)、図6を作成し検討したところ斜線の部分、すなわち、開口面積比と容量係数比の差は弁Eが最も小さくなり、損失が小さい弁であるといえる。そこで、さらに各開度毎の開口面積比と容量係数比の差を計算し図7にその結果を示した。これによると、弁Eとその他の弁では弁開度15%~20%でその差は逆転しており、低開度ではその他の弁の方が小さくなっている。これは弁箱の底部が凹状になっているため計算で求めた開口面積よりも実際の開口面積が大きいため、低開度においては、凹状による圧力損失の影響より、面積の影響の方が C_v 値に対しては大きいものと考えられる。弁箱底部の凹状の大きさ(深さ×巾)は弁F>弁D>弁Cの順であり、図7より開度が大きくなると凹の大きい弁の方がその差は小さく(損失は小さく)なっていることがわかった。一般的には凹が大きいと損失は大きいと思われるが、凹部の面積が開口面積に寄与しているものと考えられる。

図4 口径100mmの仕切弁の弁開度と開口面積

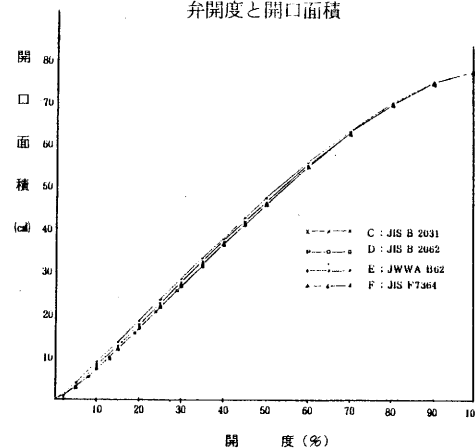
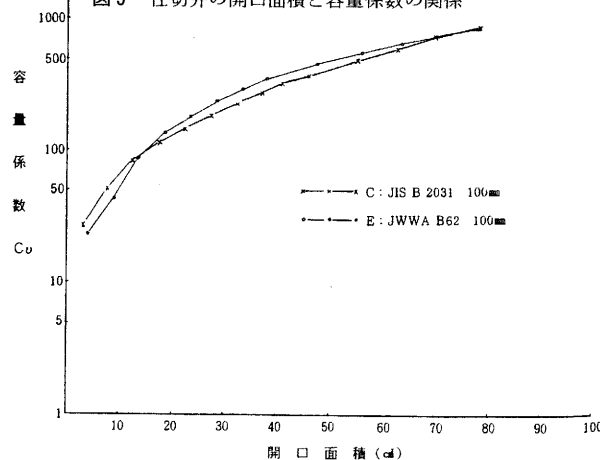


図5 仕切弁の開口面積と容量係数の関係



以上のことから、仕切弁の C_v 値は開口面積が最も影響を及ぼすことがわかった。

また、一般弁は弁箱の底部が凹状になっているため、流体抵抗が大きく、弁箱の底部がストレートになっているソフトシール弁(弁E)より C_v 値は小さいと予想したが、低開度(15%~20%以下)では大きい結果がでた。その原因として底部の凹状の面積が影響していることがわかった。

(3) C_v 値と口径の関係

各口径間の C_v 値について同じ構造の陸用弁(弁A、弁C、弁G)を対象に検討した。口径50mm、100mmおよび200mmの各弁の開口面積は口径100mmを基準にした場合、口径50mmは1/4倍、口径200mmは4倍となる。そこで弁C(口径100mm)の C_v 値をそれぞれ1/4倍(口径50mmに相当)、4倍(口径200mmに相当)した値と弁A(口径50mm)、弁G(口径200mm)の C_v 値との関係を図8に示す。

低開度においてやや差があるものの実測した C_v 値(実線)と弁Cの C_v 値に倍数を乗じて算出した値(点線)はよく一致している。このことから実際に容量係数試験が不可能な場合でも構造が同じ弁であれば、一つの口径の弁の C_v 値がわかっていれば簡易的に開口面積から C_v 値を予想することが可能であることがわかった。

図6 仕切弁(100mm)の容量係数比と開口面積比の関係

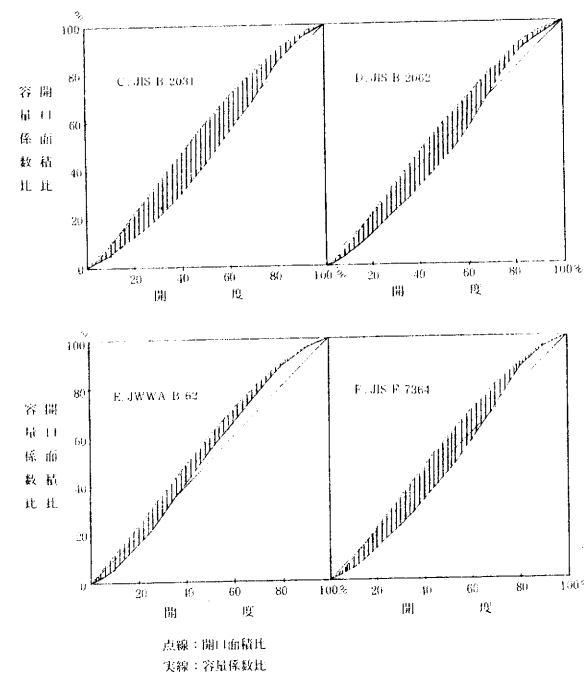
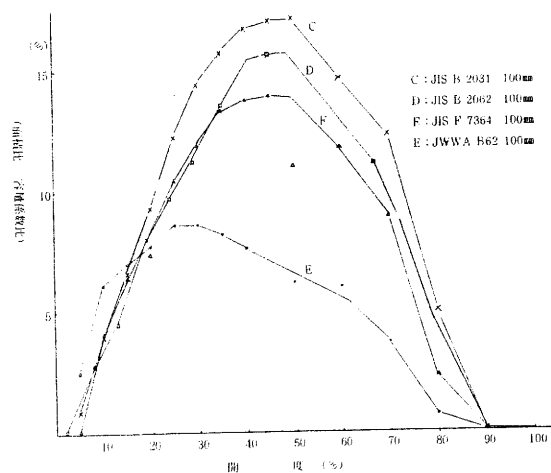


図7 仕切弁の開度と(面積比-容量係数)の関係



陸用弁の各口径の弁開度と容量係数、開口面積の関係を図9に示す。

図9 仕切弁の各口径の容量係数と開口面積の関係

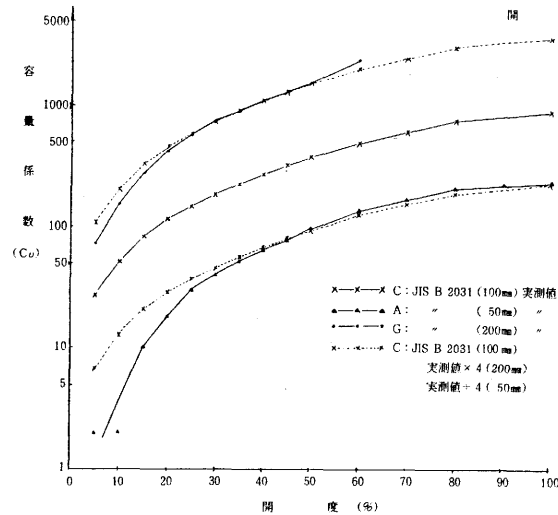
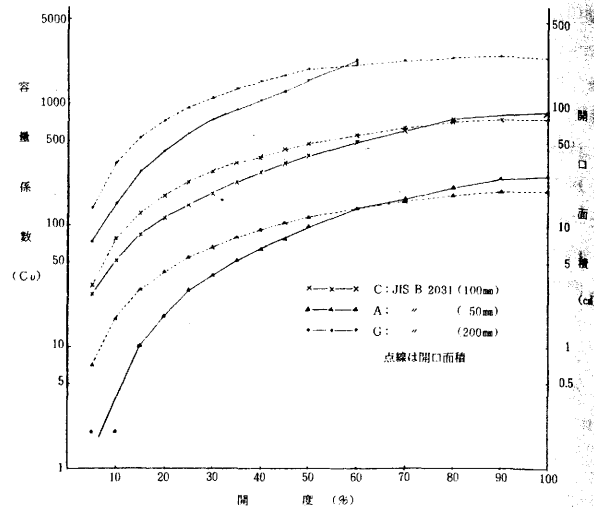


図8 仕切弁の容量係数と口径の関係

3・1・2 損失係数試験

(1) 損失係数 (以下 ζ 値と記す)

各弁の ζ 値を表5および図10に示す。また、 C_v 値からの換算値(換算式はJIS B 2005 参考による)も同時に示した。

実測した ζ 値と C_v 値からの換算値とはほぼ一致した結果となっている。各口径とも損失係数曲線は類似しており、全開から中間開度(開度約50%)までは ζ 値の変化はゆるやかであるが、全開近くになると急激に大きくなる。口径間の差はあまり認められなかったが同じ口径の場合は C_v

表5 仕切弁の損失係数

口径 (mm)	A		B		C		D		E		F		G	
	実測値	換算値	実測値	換算値	実測値	換算値	実測値	換算値	実測値	換算値	実測値	換算値	実測値	換算値
5		3341		835	260	293	4691	5929	303	404	411	237	542	660
10	2361	3341	154	272	103	82	232	208	151	116	109	115	148	150
15	152	134	71	68	39	31	52	48	33	28	40	39	44	45
20	48	41	20	17	20	16	22	21	14	12	18	17	20	21
25	20	16	12.0	7.6	12	10	12	11	7.6	6.6	10	9.6	10	11
30	11.2	8.8	5.5	4.1	8	6.5	7.2	6.4	4.4	3.9	7.2	5.9	6.4	6.3
35	6.7	5.1	3.5	2.7	5	4.2	4.6	4.2	2.8	2.5	4.5	4.0	4.2	4.4
40	4.1	3.4	2.5	1.9	3.3	2.9	—	—	1.9	1.8	3.3	2.7	3.3	2.1
45	2.8	2.3	1.8	1.4	2.3	2.1	2.3	2.2	—	—	2.2	1.9	2.3	1.5
50	2.0	1.4	1.4	1.07	1.7	1.6	—	—	1.1	1.0	1.5	1.3	1.7	0.6
60	1.1	0.7	0.76	0.64	0.98	0.9	—	—	0.72	0.7	0.95	0.9	0.82	—
70	0.68	0.5	0.45	0.37	0.62	0.6	0.76	0.7	0.51	0.5	0.65	0.6	0.45	—
80	0.46	0.3	0.33	0.26	0.45	0.4	—	—	0.40	0.4	0.47	0.4	0.28	—
90	0.35	0.2	0.26	0.21	—	—	—	—	—	—	—	—	0.22	—
100	0.30	0.2	0.24	0.21	0.35	0.3	0.34	0.3	0.32	0.3	0.40	0.3	0.22	—

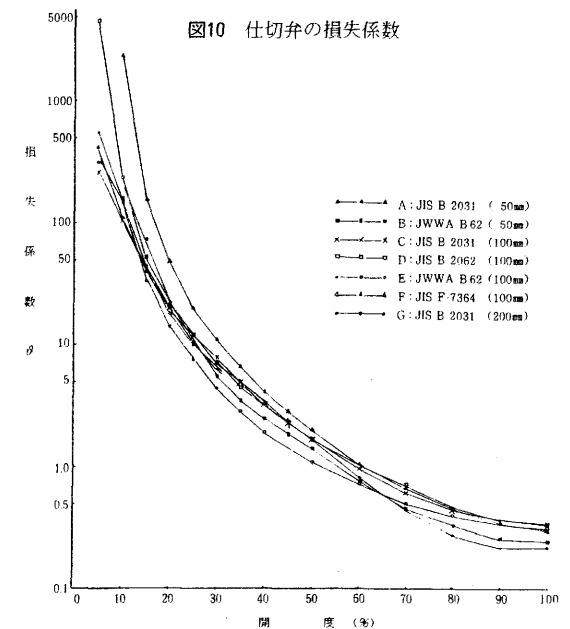
(注) 1. Dの開度は 2% 8% 13% 19% 24% 29% 67% である。
(5%) (10%) (15%) (20%) (25%) (30%) (70%)

$$2. \text{換算式 } \zeta = 2.138 \times 10^9 \times \frac{D^4}{C_v^2}$$

値の時に予想したとおり弁開度15~20%以上ではソフトシール弁(弁B、弁E)が他の弁よりやや小さい値となっている。全開時では200mmの弁(弁G)が最も小さい値となっているが、すべての弁が ζ 値は0.2~0.4の間にあり大きな差はなかった。

参考までにソフトシール弁100mm(弁E)を管路中に設置した場合の流量特性曲線を図10~1に示した。CP=0はバルブ単体の弁開度と流量変化である。

図10 仕切弁の損失係数



(2) 圧力損失特性

ソフトシール弁（弁E）の圧力損失特性（弁開度毎の流量と差圧の関係）を図11、口径50mm、100mmの各弁の圧力損失特性（全開時の流量と差圧の関係）を図12に示す。バルブの口径選定や配管設計にあたって参考になると思われる。

図10-1 ソフトシール弁
（口径100mm）
流量特性曲線

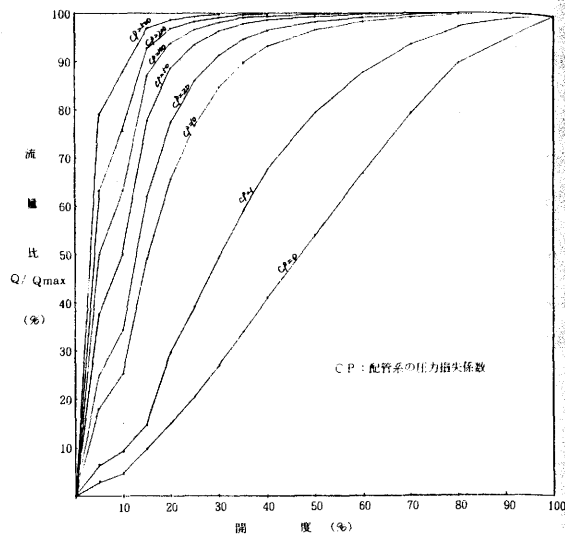


図11 圧力損失特性(1)
ソフトシール弁
（口径100mm）

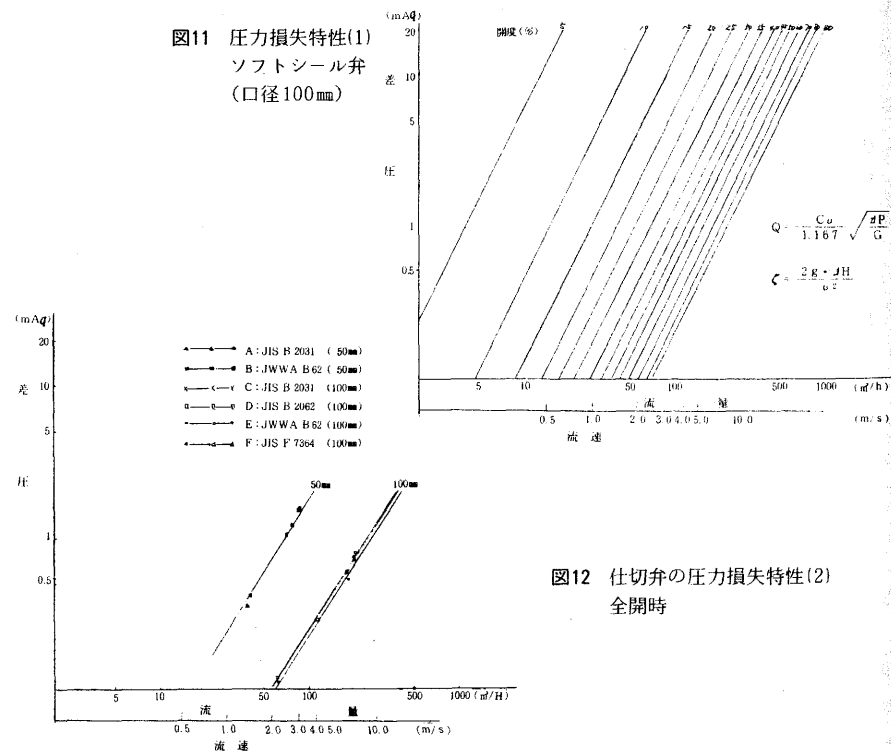


図12 仕切弁の圧力損失特性(2)
全開時

3.2 玉形弁

3.2.1 容量係数試験

(1) C_v 値

各弁の C_v 値を表6および図13に示す。弁Aを除いて各口径ともに容量係数曲線は同じような傾向になっており仕切弁よりも C_v 値は小さい。これは、仕切弁に比べ玉形弁の方が全開時の開口面積は大きい、フランジ面の通過面積が同じで、さらに流路の変化があるため圧力損失が大きくなるからである。

弁開度50%の C_v 値は全開時のその約90%にもなっており、それ以上に弁開度を大きくして

も C_v 値はあまり大きくならない。このことから、玉形弁は流量調節用としても使用されているが、弁開度50%以下では少しの弁開度の変化でも流量は大きく変化するので流量の調節用として使用する場合は弁の特性をよく把握した上で注意して使用することが大事である。流量調節用の弁としては弁Aのような特性のものがよい。

図13 玉形弁の容量係数

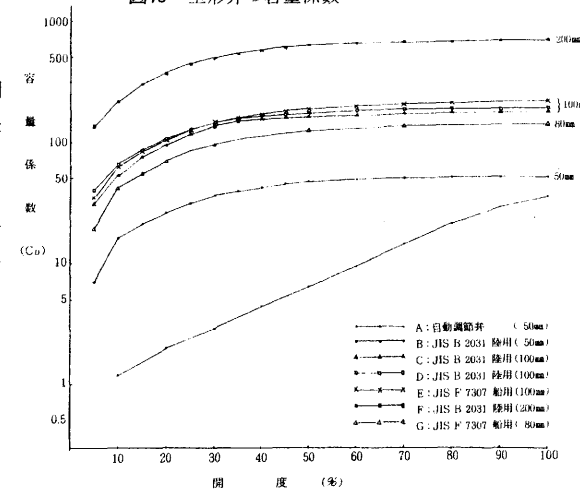


表6 玉形弁の容量係数

種類 開度 (%)	A		B		C		D		E		F		G	
	C _v	C _v 比 (%)	C _v	C _v 比 (%)	C _v	C _v 比 (%)	C _v	C _v 比 (%)	C _v	C _v 比 (%)	C _v	C _v 比 (%)	C _v	C _v 比 (%)
5	—	—	7	13.7	31	17.5	40	21.3	35	16.3	134	19.6	19	10.0
10	1.2	3.4	16	31.4	53	29.9	66	35.1	62	29.0	212	31.0	41	29.3
15	—	—	21	41.2	76	42.9	87	46.3	83	38.8	299	43.8	55	39.3
20	2.0	5.7	26	51.0	95	53.7	108	57.4	104	48.6	371	54.3	69	49.3
25	—	—	31	60.8	116	65.5	128	68.1	123	57.5	439	64.3	—	—
30	2.9	8.3	36	70.6	134	75.7	143	76.1	142	66.4	494	72.3	95	67.9
35	—	—	39	76.5	146	82.5	154	81.9	156	72.9	534	78.2	—	—
40	4.4	12.6	42	82.4	154	87.0	163	86.7	168	78.5	565	82.7	—	—
45	—	—	45	88.2	160	90.4	169	89.9	178	83.2	597	87.4	—	—
50	6.4	18.3	47	92.2	165	93.2	173	92.0	186	86.9	617	90.3	126	90.0
60	9.4	26.9	49	96.1	170	96.0	180	95.7	196	91.6	644	94.3	—	—
70	14	40.0	50	98.0	174	98.3	184	97.9	202	94.4	665	97.4	136	97.1
80	21	60.0	51	100.0	176	99.4	185	98.4	208	97.2	676	99.0	—	—
90	29	82.9	51	100.0	—	—	187	99.5	—	—	680	99.6	—	—
100	35	100.0	51	100.0	177	100.0	188	100.0	214	100.0	683	100.0	140	100.0

次に、玉形弁で C_v 値に最も影響を及ぼす要因を検討した。 C_v 値に影響を及ぼす要因としては隔壁角度、弁箱及び弁体の弁座径、リフト、弁体形状、弁体ガイドの有無、開口面積、軸方向半径および弁箱直径などが挙げられるが、その中でも、特に C_v 値に影響を及ぼすと考えられる隔壁角度、開口面積弁体及び弁箱の弁座径、弁箱直径について、口径100mmの弁(弁C、弁D、弁E)の3種類を対象に検討した。表2より、隔壁角度は弁C(60°) > 弁D(50°) > 弁E(45°)(C_v 値から見れば弁E > 弁D > 弁C)、弁体弁座径は弁E > 弁D > 弁C(C_v 値から見れば弁C > 弁D > 弁E)、弁箱弁座径は弁E > 弁C = 弁D(C_v 値も同じ)、弁箱直径は弁E > 弁C = 弁D(C_v 値も同じ)であるが、3種類の弁の全開時の C_v 値は図13より弁E > 弁D > 弁Cとなっている。以上のことから隔壁角度が C_v 値に最も影響を及ぼすものと予想されるが各要因毎に詳しく調べなければ影響の度合いは不明である。

(2) C_v 値と開口面積の関係

弁Cについて弁開度毎の C_v 値と開口面積の関係を図14に開口面積と C_v 値の関係を図15に示す。弁開度100%における開口面積は12159 mm^2 であるのに対し、フランジ面の断面積は7850 mm^2 であり、これは弁開度64.6%の開口面積に相当する。即ち、低開度においては C_v 値は開口面積と比例関係にあるが、開度を開けて行くと C_v 値の変化は小さくなる。これは弁開度を65%以上に開けても弁入口の流量が制限されるため、 C_v 値が大きくなることを意味している。このことからリフトの距離を短くし、コンパクト化することも可能と思われる。

(3) 流量特性

各弁の流量特性(弁開度と容量係数比)を図16に示す。弁Aの自動調節弁はイコールパーセント特性、その他の弁はオンオフ特性になっている。(1)でも述べたように弁開度10%で C_v 値の30%、弁開度20%で50~60%となり、低い弁開度で C_v 値の変化が大きく弁開度のわずかな変化に対し流量が大きく変化するため玉形弁は流量制御には適していない。

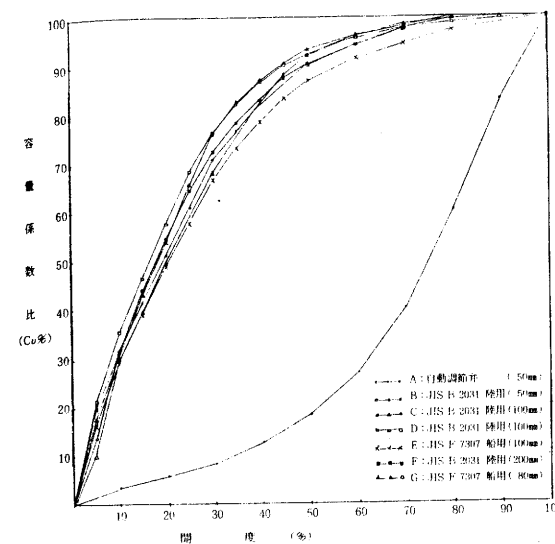
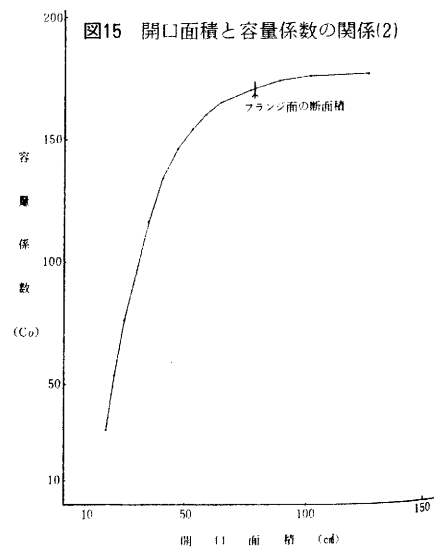
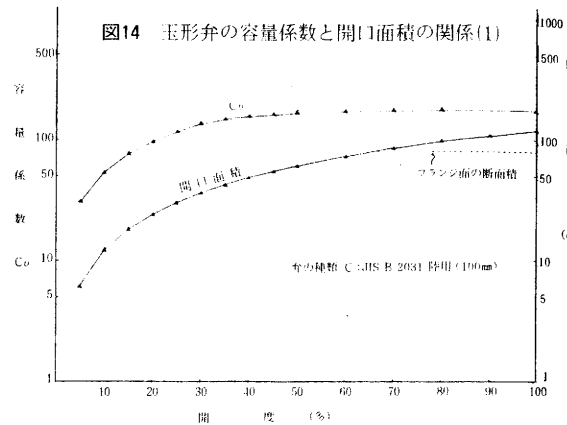


図16 玉形弁の流量特性

図17 玉形弁の容量係数と口径の関係

いといえる。流量を制御するには弁開度が小さい時は流量の変化が少なく、弁開度が大きくなるに従い流量変化が大きくなる弁がよく、弁Aがそれに相当する。

(4) C_v 値と口径の関係

仕切弁と同じように各口径間と C_v 値の関係について検討した。

(1)の結果から C_v 値は隔壁角度の影響を最も受けることから、同じ隔壁角度の弁、即ち、隔壁角度45°の弁E(口径100mm)と弁B(口径50mm)、隔壁角度60°の弁C(口径100mm)と弁F(口径200mm)について検討した。弁Eの C_v 値を1/4倍(口径50mmに相当)、弁Cの C_v 値を4倍(口径200mmに相当)し、それぞれ弁B(口径50mm)、弁F(口径200mm)の C_v 値と比較した。その結果を図17に示す。この結果、実測値(実線)とそれぞれの倍数を乗じた値(点線)とはほぼ一致しており、仕切弁の場合と同じように容量試験ができない時でも口径の違う類似の弁の C_v 値から C_v 値の予測が可能であることがわかった。

3・2・2 損失係数試験

(1) ζ 値

各弁の ζ 値と C_v 値から換算した換算値を表7および ζ 値と弁開度の関係を図18に示す。

表7 玉形弁の損失係数

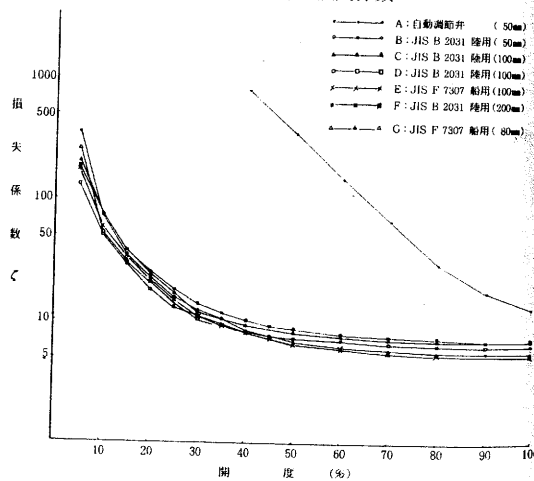
種類 開度 (%)	A	B	C	D	E	F	G
5	—	353	272	201	222	129	134
10	—	72	52	73	76	50	49
15	—	35	30	39	37	29	28
20	—	23	19.7	24	24	18	18
25	—	15.7	13.9	17	16	13	13
30	—	12.3	10.3	12	11.9	11	11
35	—	10.5	8.8	10.5	10.0	9.4	9.0
40	7.87	8.3	7.6	9.3	9.0	8.3	8.0
45	—	7.6	6.6	—	7.8	7.5	7.2
50	3.47	6.9	6.0	8.2	7.6	7.1	6.5
60	1.46	6.2	5.6	7.6	7.4	7.0	6.6
70	6.8	5.9	5.3	7.2	7.1	6.7	6.3
80	3.1	5.7	5.1	7.1	6.9	6.6	6.2
90	1.8	5.7	5.1	—	—	6.5	6.1
100	1.3	5.6	5.1	7.0	6.8	6.5	6.0

(注) 換算値 = $2.138 \times 10^9 \times \frac{D^4}{C_v^2}$

この結果、実測値と換算値はよく一致していることがわかる。

図18から弁Aを除いては損失係数曲線はほぼ類似しており、全開近くなると値は急激に大きくなるが弁開度50%以上では変化は小さくなっている。口径間における差は小さく全開時でも各口径とも値は 6 ± 1 の間に収まっており大差はなかった。参考のため、船用弁(100mm)を管路に設置した場合の流量特性曲線を図18-1に示した。CP=0はバルブの単体の弁開度と流量変化である。

図18 玉形弁の損失係数



(2) 圧力損失特性

各弁の全開時の圧力損失特性(流量と圧力損失の関係)を図19に示す。また、弁C(陸用弁、100mm)の弁開度毎の圧力損失特性を図20に示す。

以上のことから、玉形弁は流体の流れ方向が変わるため仕切弁に比べ値は大きく(約20倍)、 C_v 値は小さい(約1/4倍)。また、 C_v 値および K 値に最も影響を及ぼす因子は隔壁角度であるこ

とがわかった。さらに、流量制御用として使用する場合は弁開度50%時の C_v 値が全開時の C_v 値の90%以上となるため、流量特性をよく把握して使用することが大切である。また、弁開度約65%以上は不要のためリフトの距離を短くし、コンパクト化も可能と思われる。

図18-1 玉形弁(船用100mm)の流量特性曲線

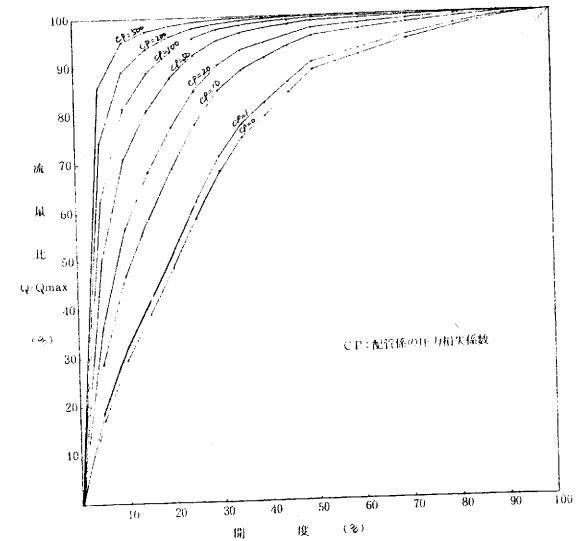


図19 玉形弁の圧力損失特性(弁開度全開)

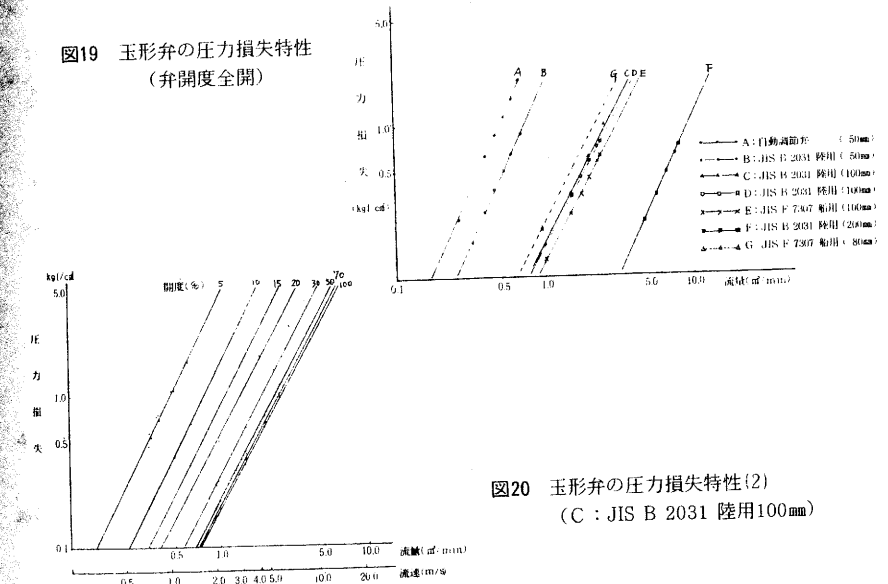


図20 玉形弁の圧力損失特性(2)(C: JIS B 2031 陸用100mm)

3・3 逆止め弁

弁は、流体の流れにより自由に開閉できるようにフリーの状態で行った。弁の開度の測定は、弁の動きがわかるようにディスクの動きとヒンジピンの動きを連動させ、ヒンジピンを弁箱

外部まで取り出し、それに針を取り付け、針の回転角度により行った。

3・3・1 容量係数

弁がフリーな状態になっているため規定の差圧が確保できないので、流量を変化させ、その時の弁開度、上・下流測圧力を測定して C_v 値を計算した。その結果を図21に示す。弁開度40°以上では弁A、弁Bともにほぼ同じ C_v 値であったが、それ以下では弁Bの方が大きい値となった。一般に、 C_v 値に影響を及ぼす要因としては弁箱直径、弁体弁座直径および弁体重量などが考えられる。表3より弁箱直径は弁B>弁A (C_v 値も同じく弁B>弁A)、弁体弁座直径は弁B>弁A (C_v 値は弁A>弁B) および弁体重量は弁B>弁A (C_v 値は弁A>弁B) であるから弁箱直径が最も C_v 値に影響を及ぼしているものと考えられる。

次に、流量と弁開度の関係を図22に示す。弁Aは流速0.5m/s~1.0m/sで急速に弁が開き、弁Bは流速1.0m/s~2.0m/sで急速に弁が開く。また、弁開度が同じであれば弁Bの方が流量は大きい、これは弁箱直径が大きいためと考えられる。

3・3・2 損失係数

損失係数を図23に示す。弁開度50°以下では弁Bの方がやや小さい値となっている。次に、弁開度と圧力損失の関係を図24に示す。 ζ 値とは逆に弁Aの方が小さい。この原因としては弁箱直径が考えられる。弁体重量による圧力損失以上に弁箱直径による流量の影響が大きいと思われる。

なお、参考のため流量と圧力損失の関係を図25に示す。

以上のことから、逆止め弁の性能に及ぼす要因としては弁箱直径と弁体重量が挙げられるが、両者の関係についてはデータを多く採って検討する必要があると思われる。

図21 スイング逆止弁の容量係数

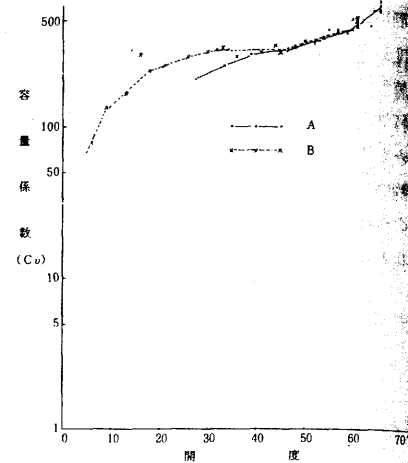


図22 スイング逆止弁の開度と流量の関係 (口径100mm)

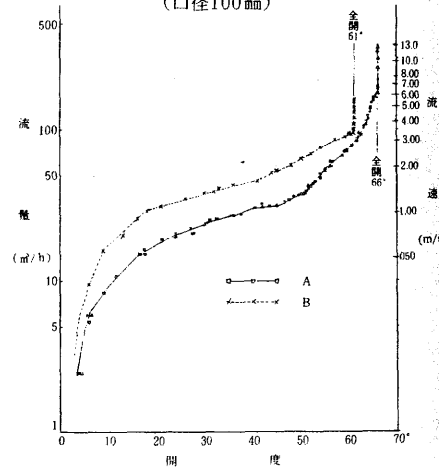


図23 スイング逆止弁の損失係数 (口径100mm)

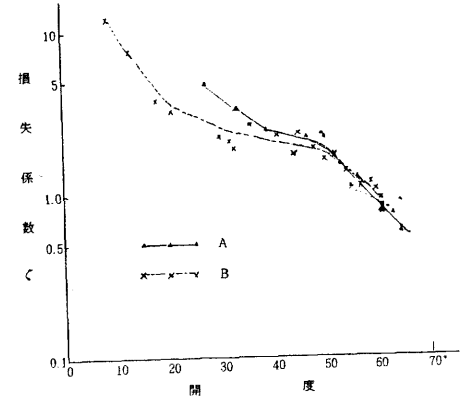


図24 弁開度と圧力損失の関係

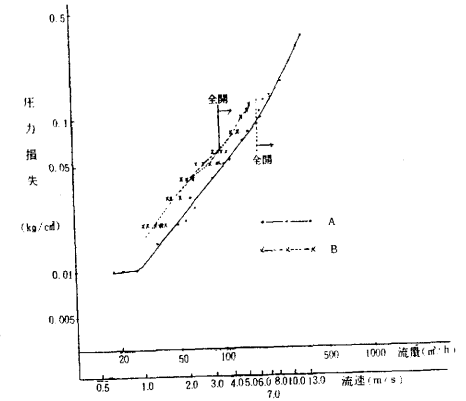
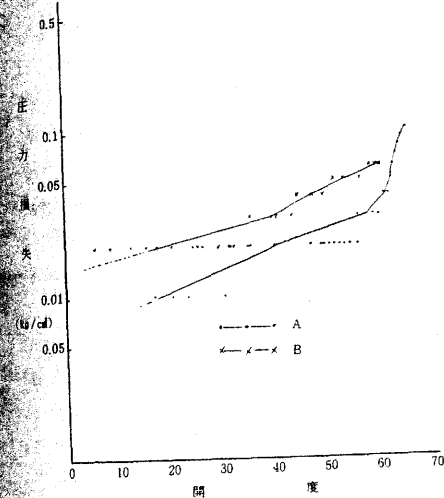


図25 スイング逆止弁の流量と圧力損失の関係 (口径100mm)

4. ま と め

仕切弁、玉形弁および逆止め弁の性能試験（容量係数、損失係数）を行った結果つぎのことがわかった。

(1) 仕切弁

- ・ C_v 値は開口面積の影響が最も大きい。
- ・ 一般弁とソフトシール弁の C_v 値を比較すると、弁開度15~20%以下では一般弁、それ以上の開度ではソフトシール弁が C_v 値は大きかった。底部の形状の影響のためと考えられる。
- ・ 同じ種類の弁であれば、一つのサイズの C_v 値がわかっているれば他のサイズの C_v 値は開口面積から予想することができる。

。く値は口径間の差はあまりなく、全開時の値は小さい。中間開度ではソフトシール弁がやや小さい値を示した。

(2) 玉形弁

- 。C_v値は隔壁角度の影響が最も大きいと考えられる。
- 。玉形弁はフランジ面（弁入口面）の断面積が弁開度の約60～65%であることから、弁開度50%時のく値は全開時のその約90%にもなり、流量調整用を目的とする時は注意を要する。
- 。仕切弁のC_v値に比べ約1/4である。
- 。仕切弁と同じく、玉形弁でも同じ種類の弁であれば、一つのサイズのC_v値がわかっていれば他のサイズのC_v値は開口面積から予想することができる。
- 。く値はサイズ、種類が違ってもほぼ同じ傾向を示した。
- 。仕切弁のく値に比べ約20倍大きい。これは構造上、玉形弁は流路の方向が変わるためである。

(3) 逆止め弁

- 。C_v値は弁箱直径の影響が最も大きいと考えられる。
- 。く値は弁A、弁Bで検討した限りでは弁箱直径の影響が大きく、弁Bの方が小さかった。

なお、キャビテーション係数については、仕切弁、玉形弁の一部の弁で試験を行ったが、視聴覚による定性的な試験のため測定結果の再現性に問題があるため今回の報告には記載しなかった。最後にあたり、供試バルブを提供して頂いた彦根バルブメーカーに対し感謝の意を表します。

参 考 文 献

- (1) JIS B 2005-1987 バルブの容量係数の試験方法
- (2) JIS B 2031-1986 ねずみ铸铁弁
- (3) JIS F 7307-1985 船用铸铁弁 10kgf/cm² 玉形弁
- (4) 水道協会雑誌 第53巻 3号（水道用バルブ特集号）
- (5) 水道用協会編 水道用バルブハンドブック
- (6) 配管技術 '86. 6. P95 流量特性から見たバルブの機能（平田次二）
- (7) JWWA B 62 水道用ソフトシール仕切弁

水道用バタフライ弁のキャビテーション特性の改善について

滋賀県立機械金属工業指導所 佐 藤 眞 知 夫
株式会社 清水合金製作所 丸 本 芳 男
株式会社 丸 万 茂 又 森 岡 季 義
清 水 工 業 株 式 会 社 吉 居 久 光

1. 緒 言

水道用に用いられるバルブは多種類に及んでいるが、上水道においては水資源の不足対策や有効利用のために、圧力・流量制御特性に関する要求が増加しつつあり¹⁾ ある種のバルブは流体制御機器としての性能をもとめられる。

水道用バルブとしては、日本工業規格（JIS）及び日本水道協会規格（JWWA）に制定されている規格弁が多く採用されているが、なかでも水道用バタフライ弁（JIS B 2064, 旧 JWWA B 114）の使用実績は漸増傾向にある²⁾ これは、操作性（開閉トルク・開閉時間）、同口径で小形・軽量、流量特性も比較的イコールパーセンテージ特性に近い（パラボリック特性）、耐久性及び止水性能も向上している、コストパフォーマンスが高い等の特長が寄与していると思われる。

反面、全開時の圧力損失は仕切弁等に比べて大きい（この傾向は、小口径ほど、また高圧用ほど大きく³⁾ さらに流速が大きいと大きくなるのは当然である）等の欠点がある。

バタフライ弁は使用目的によって、開閉遮断、緊急遮断、減圧、放流、制御（圧力調整、流量調節）用として導・送・配水管路等に設置されるが、主に流量調節用に用いる場合、サイジングや調節範囲の算定の基礎となる容量係数や、管路損失水頭の検討に必要な損失係数等は流体系の制御性や応答性をも考慮した管路特性を判断する⁴⁾ うえで有用なバルブ固有の流体特性値である。

さらに、流体条件によって、弁騒音や配管系の振動が構造物及び周囲の環境に及ぼす影響に関するデータも配管設計上必要であり、特に圧力・流量コントロールの場合、不可避的現象であるキャビテーションの問題は軽視できない。

キャビテーションは、バタフライ弁の流量調節操作を行うとき、全開から全閉に至る中間開度域で発生し、バルブ前後の差圧が高いときや二次側圧力の低い場合にキャビテーション係数が小さくなり、きびしい条件となる。

また、中間開度での絞り運転にとどまらず頻繁な全開操作によっても、キャビテーションの強い作用を受け、バルブや二次側配管の潰食を招くことがある。

したがって、バルブに伴うキャビテーション対策として様々の方法が講じられることとなるが、バルブ製造者の側からは、可能な限りキャビテーションを抑制する弁箱構造や弁体形状のバタフライ弁の設計を行い、市場に提供することが開発目標の一環ともなる。

バタフライ弁については、これまで少くないバルブ製造者から種々の形式のものが考案発表されているが、従来品に対しての改善効果を詳細な技術的データを付して、明示している例は少ないようである。

これは、バルブ内部の状態が観察しにくいこと、キャビテーション発達過程の検知方法やキャビテーション強度の評価方法等の技術が、一般的レベルで確立、普及していないことにも起因すると思わ

れる。

この観点からは、本報で述べる筆者らの実験も必ずしも満足すべきものではないが、キャビテーションを抑制し得るバタフライ弁の弁体を考案し、若干の実験を行ったので報告する。

2. バタフライ弁の流れの構造

2・1 バタフライ弁の流動形態

バタフライ弁の絞り状態時の流れ形態は、図1に示されるように、弁体が下流側にある開口部をノズル様の流れ（以下「ノズル側」と称する）、弁体の上流側にある開口部をオリフィス様の流れ（以下「オリフィス側」と称する）として説明される。通常の同心軸型バタフライ弁では、管路の流れは弁体軸心よりオリフィス側に近い弁体のある位置から分流し、それぞれの開口部に向うためオリフィス流れ部の通過流量に比べてノズル流れ部の通過流量が多くなる。このためノズル側はオリフィス側に比べ、絞り部分の流速は速くなる。

そして、ノズル流れ部の後方流れは、図2のような噴流域と後流域との流れとなり、オリフィス流れ部の後方流れは、図3のような噴流域と後流域との流れとなる。

さらに、弁体下流側でノズル流れとオリフィス流れは合流され、図4のような偏流・噴流流れとなり、噴流流れの方向と後流流れの方向が異なり、かつ後流域での渦流れ方向も異なりノズル側からオリフィス側へ流れが移動する放物線状の渦流れ層ができる流動形態である。⁵⁾

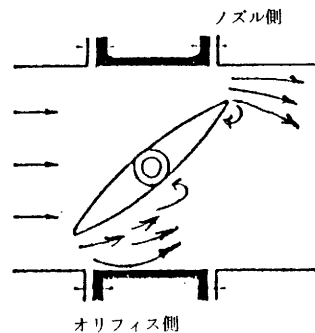


図1 バタフライ弁の流動形態

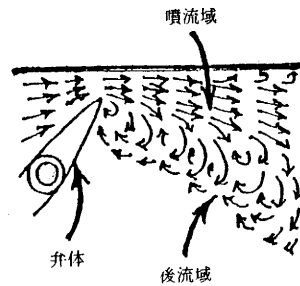


図2 ノズル流れ

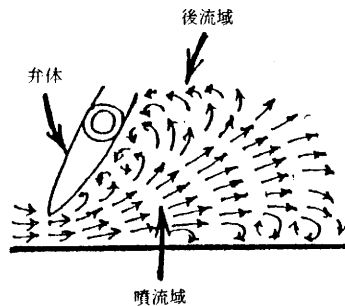


図3 オリフィス流れ

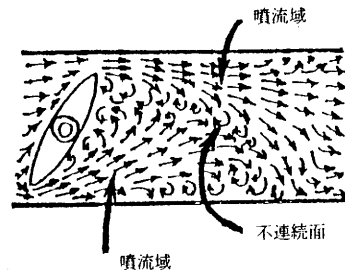


図4 偏流・噴流流れ

2・2 キャビテーションの生因

キャビテーション現象の一般的説明としては、流水の圧力が局所的にその温度における飽和蒸気圧以下に低下するとき、沸騰して蒸気泡が生成し、かつ成長してキャビティを形成し、圧力回復によって急速に壊滅する過程とされているが、純水における気相変化の条件や実際にはキャビテーションが発生する圧力は蒸気圧以上である場合も多い⁶⁾等から、流水中の不溶性気体、不純物がキャビテーション核になるとするもの、溶解気体の成長核によるとするもの等の諸説があり、十分に解明されていないが、バルブ等の流体輸送機械は、流れが絞られ流速が増加し、静圧が低下する縮流部及び三次元流れ場における部分的な静圧の低下、渦の発生によって生起する「減圧が支配要因」⁷⁾とみるのが相当である。

前述のようにバタフライ弁は、流水がノズル側及びオリフィス側の開口部を噴流状となって通過し、後流域で渦流を生じるため、それぞれの縮流部近辺及び渦流れの領域で「低圧」が発生することとは容易に推測できる。

バタフライ弁の流れの可視化の実験結果⁸⁾によると、同心型弁体で回転軸に直角な管中心断面のノズル側を通過する噴流は直進し、他方を通過する噴流は扇形状に広がる。

両方の噴流と弁体とに囲まれた部分に循環流の領域が存在し、噴流の先端では乱れや渦となった後、再び乱れない管内流へと移行することが報告されている。また、回転軸に平行な方向からの観察では、管中央を通過する噴流があり、その両側には渦の発生を伴っていることが明らかにされている。

さらに、キャビテーション発生位置では、弁体のエッジ付近に発生するものと弁体の下流に少し離れて発生するものとに大別することができ、前者は通過噴流と弁体下流側の剥離域との境界部分であり、後者は噴流が崩壊して大きな乱れや渦に変化する部分であるとしている。

キャビテーションの発生と弁開度の関係では、弁体上、下流の管壁及び弁体表面の圧力分布測定の実験結果の報文⁹⁾があり、弁開度50度以下では、キャビテーションが成長及び十分成長状態で下流側管底部（ノズル側が位置している）の圧力係数（無次元化した圧力）がかなり低下する。また、キャビテーションが十分成長するまでは、弁体背面での圧力分布状態に変化がなく、フラットであることから、流れは完全に剥離していることを示した。そして、各弁開度の測定結果から、キャビテーション発生は、弁開度が大きい場合には、前縁側（オリフィス側）で、弁開度が小さい場合には後縁側（ノズル側）で支配的であるとしている。

これらのことから、バタフライ弁のキャビテーションは、弁開度が比較的小さい範囲では、ノズル側噴流による境界層とせん断層が接する位置で初発し、噴流の発達領域で剥離域との相互作用により成長するのであり、また、弁開度が比較的大きい範囲では、オリフィス側噴流の吸引（まき込み）、乱れた流れの偏流や噴流などの不連続面に生じる渦と渦の回転が逆の場合に、流体せん断が起り、急激に圧力低下し発生するものと考えられる。¹⁰⁾

2・3 キャビテーションの抑制

前述のようなキャビテーションの発生形態から、可能な限り、キャビテーションの成長発達を抑止し、これに起因する騒音や振動を低減しうる弁の機能を考察すると、

1) ノズル側を通過する集中噴流を分散された噴流とし、噴流間の干渉作用によって境界層の発

達とせん断層の生成を緩和する。

- 2) 弁開度がある程度大きくなる場合に、弁体による剝離域を狭め、オリフィス側を通過する噴流を管中心方向へ導くと同時に、後方流れが偏流とならない平均流れで、かつ噴流を細かく分散し、流れ中に不連続面をつくらない。

このような観点から、図5のような形状の模型弁体を試作した。

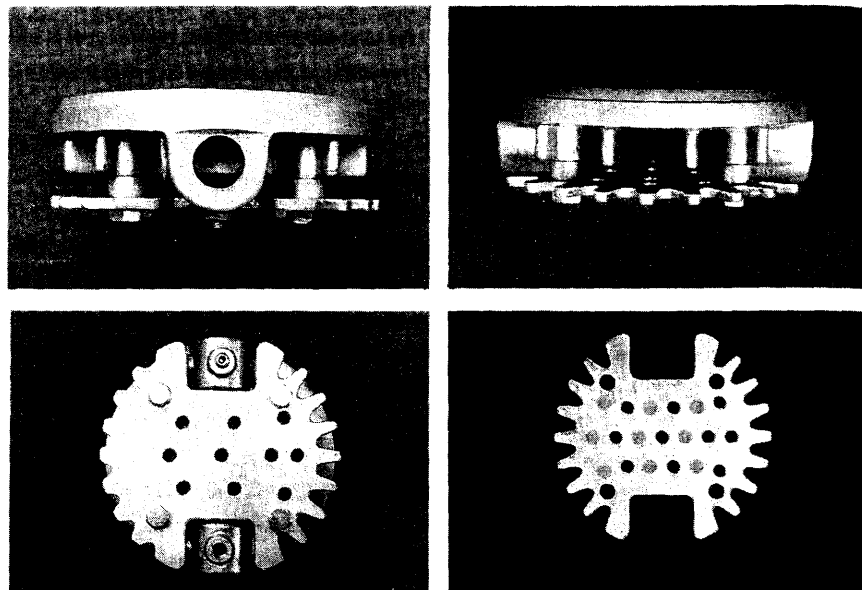


図5 実験に用いた模型弁体の形状

弁座が回転軸の上流に位置する弁体直径142.8mmの偏心型弁体の背圧面にフローガイドと称する仕切羽根を設け、円周部分にU字状の溝を切った整流板と称する穴明板をフローガイド部にボルトで固着したもので、4本のフローガイドの両端部の方は弁体外周方向に少し角度をもたせて緩やかに曲げている。

弁体はフローガイドの高さの異なるもの2種(A:低、B:高)、整流板はU字状溝が全て深いものをD、ノズル側に深い溝、オリフィス側に浅い溝をもつものをCとする。

整流板の穴の配列、大きさ等を変えたもの5種類程度のバリエーションで予備試験を行い、上記形状を採用した。

試作した弁体は、小開度の範囲でノズル側及びオリフィス側の集中噴流を整流板辺縁に設けたU字溝によって、キャビテーション気泡が初発し易い位置において、分散されたジェットにし、噴流の持つエネルギーを減勢する効果がある。

また、弁座が軸心の上流側にある偏心型弁体の場合はノズル側に比べてオリフィス側の開口面積は大きく、したがって通過流量も開度が大きくなるにつれて増大する。故に弁体が傾斜した姿勢で噴流

をフローガイドによって、弁体背面の負圧領域に整流導入し、整流板に配列した穴から分散噴出させて渦の発生を防止する。

以上のキャビテーション抑止効果を確認するため、従来型弁体として、図6に示す同心型(直径148mm)及び偏心型弁体を用意して、可視化による比較試験を行った。

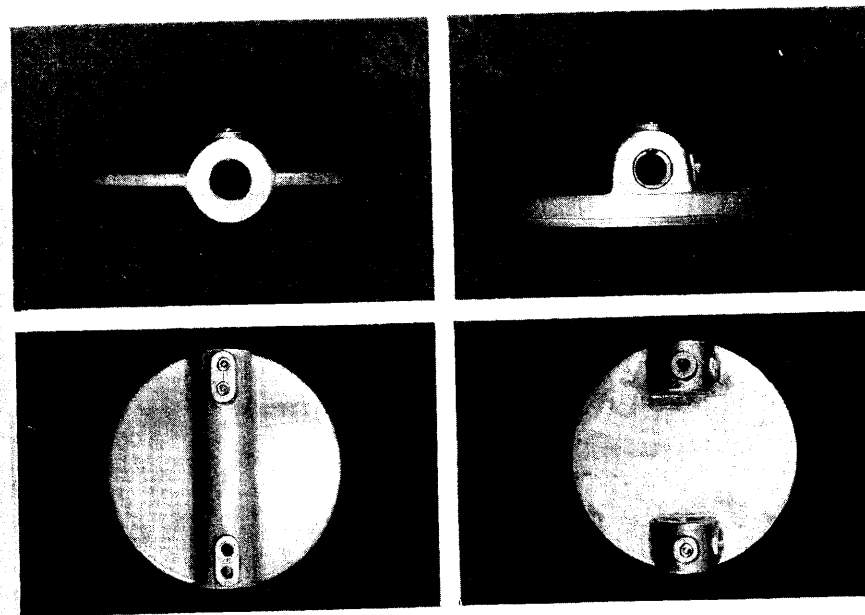


図6 実験に用いた同心型及び偏心型弁体の形状

3. 実験装置および実験方法

3・1 実験装置

実験には図7に示す循環式の装置を用いた。装置仕様の概略は次のとおりである。

水 槽	容積	17.8 m ³ (W 6.6 × D 1.8 × H 1.5)
試 験 配 管	直管部	200 A × 約13m
試 験 区 間		150 A × 3.2 m
送流ポンプ	渦巻式	26.3 m × 4 m ³ /min 13.0 m × 10.5 m ³ /min 37kw
流 量 計	電磁流量計	200 A 流速スパン 0.3 ~ 10 m/sec 精度 0.5%
圧力検出器	半導体拡散形ゲージ圧センサー	定格圧力 10 kgf/cm ² 精度 1%
温度測定器	測温抵抗体	PT

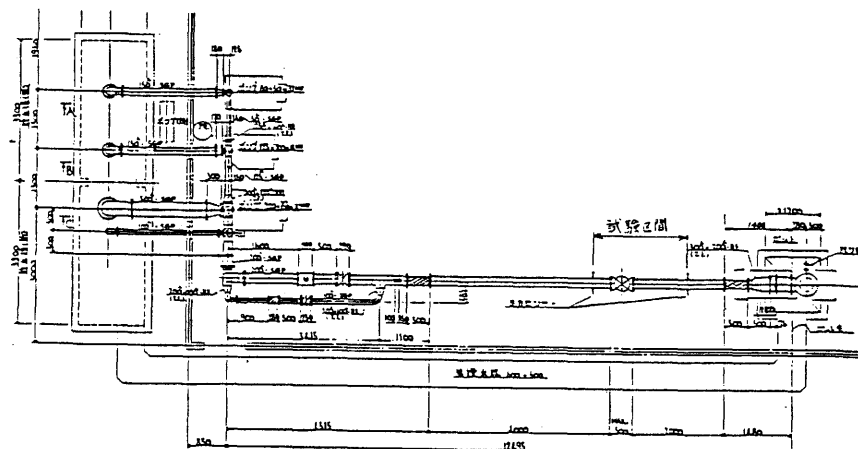
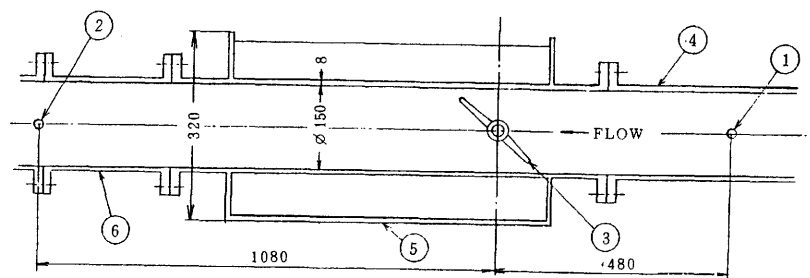
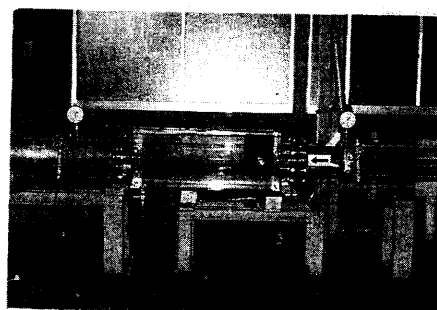


図7 実験装置

図8 測定部の概略

- ① 上流側圧力タップ
- ② 下流側圧力タップ
- ③ 供試弁体
- ④ アクリル管
- ⑤ アクリル製水槽
- ⑥ 短管



試験時の流量及び圧力調整はインバータによりポンプ回転数を変え、また下流側に設けたバタフライ弁により行った。

試料水は水槽に貯溜された水道水を用いたが脱気、整流等のための設備は特に設けていない。

キャビテーションの観測には、図8のような内径150mmの透明アクリル管の内部に試験弁体を取り付

け、アクリル管の周囲は観測及び写真撮影に便利のように同じく透明アクリルの矩形水槽で囲い、水を満たしている。アクリル樹脂は水とはほぼ等質（比重1.17）であり、屈折等による像の歪みが少ない。

このアクリル管の中心部に水平方向に弁体回転軸を設け、水槽外側に弁体ストップ機構と開度計を備えた減速機を固定している。

3・2 実験方法

キャビテーションの発生段階は、初生→サブキャビテーション (Sub.C) →遷移領域→スーパーキャビテーション (S.C) 領域へと移行し、¹¹⁾ これらの各段階でキャビテーション気泡は大きさ、形状、発生位置等種々の様相を示すといわれる。

ミクロ的に発生段階を解明しようとするれば、気泡の成長、崩壊は μ s オーダーであるので、高速度の瞬間写真や超高速ビデオ等を用いる必要があるが、バルブの場合は、マクロ的に配管（弁箱）内の変動圧、衝撃音圧、振動（加速度変位）、騒音レベル等の変動を検知しキャビテーションの強度レベルとして促え、その変化割合で各領域を推定する方法が行なわれている。そして変化曲線の変曲点を各限界点としてキャビテーション係数（圧力係数の一種で無次元数）で表している。

この係数は、実験者によって初生、臨界、成長、使用限界等々定義されその意味するところも一様ではない。

本報は模型弁体形状の相違によるキャビテーション発生状況の差異を可視化装置によって観測することを主眼にしており、目視による初生キャビテーション係数の比較及び管内における流体条件が等しい（同一キャビテーション係数）場合の発生の状態を写真撮影によって比較することとした。

初生キャビテーションは一定の弁開度に設定し、流量（流速）を漸次増加させ、気泡の発生が目視可能なポイントで判定した。なお、時間的には少し前より視認できない微細気泡の崩壊音と想像される間けつ性の音が認められ、気泡による初生点の直前にはかなり連続的な音に変わるが、弁開度が小さい範囲では乱流騒音と紛らわしく、また観測者の主観的要素が大きいため採らなかった。

発生状態の写真による比較は、弁体の上流側圧力を20mAqに保ち、キャビテーション係数1.5、1.2、1.0、0.75、0.5に設定して行なった。

この場合、キャビテーションはランダムな発生事象であるので、同一開度、同一キャビテーション係数であっても写真の像には若干の相違が生ずることはやむを得ない。

4. 実験結果

4・1 初生キャビテーション係数

図9(a)～(d)は各供試弁体の各開度におけるレイノルズ数とキャビテーション係数の関係を示す。

レイノルズ数 Re 及びキャビテーション係数 σ は次式で表わす。

$$Re = \rho D / \nu$$

D : 管の内径 [m]

ρ : 管内平均流速 [m/s]

ν : 動粘性係数 [m²/s]

図9(a) 初生キャビテーション係数 (同心型)

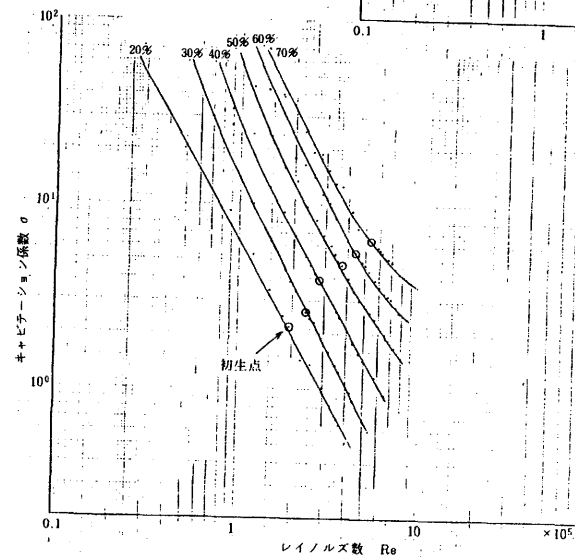
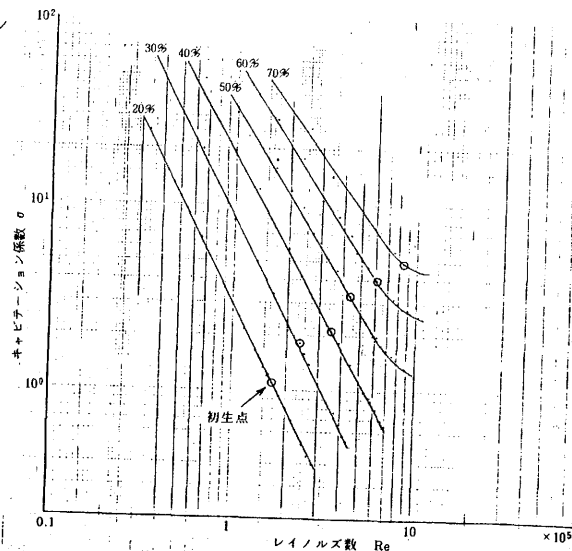


図9(b) 初生キャビテーション係数 (偏心型)

$$\sigma = (H_d - H_v) / (H_u - H_d)$$

H_u, H_d : 弁体前後の静圧 (mAq, ゲージ圧)

H_v : 水の飽和蒸気圧 - 大気圧 (mAq)

上記の σ については、バルブの場合、流水中のキャビテーションの発生条件から導出される一般式は $\sigma = H - H_v / \Delta H^{1/2}$ (H : 流水中の絶対圧力水頭 (mAq)、 H_v : ある水温における飽和蒸気水頭

図9(c) 初生キャビテーション係数 (改良型 B-C)

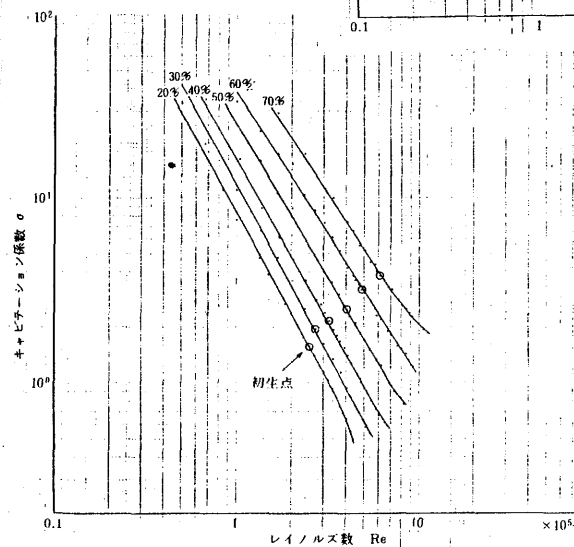
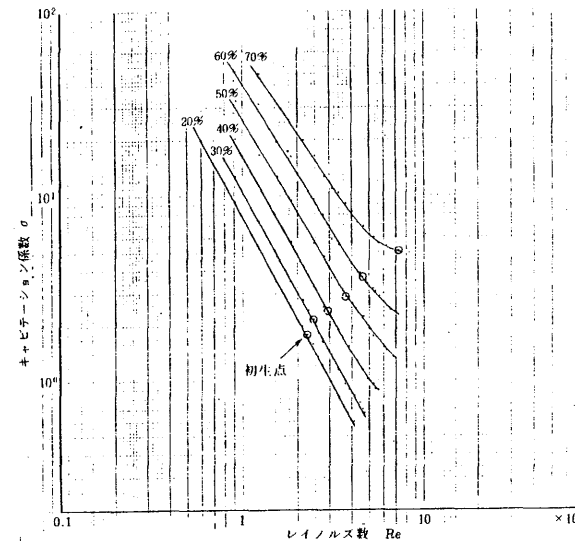


図9(d) 初生キャビテーション係数 (改良型 B-D)

(mAq)、 ΔH : バルブ前後の圧力差 (mAq) で示され (H は最低圧が対象となるのでバルブの下流側の値が用いられる)、この σ で表わしていることが多い。

上流側口径と下流側口径が異なる場合や流速の大きい場合は、 $\sigma = (H_d - H_v) / (H_u - H_d + v^2 / 2g)$ で計算されることもある。

図10(a)は供試弁体の各開度における初生キャビテーション係数 (σ_i で表記) を示す。

改良型 B-C、B-D はフローガイド及び整流板を付加しない偏心型に比べて大幅に σ_i は低下し

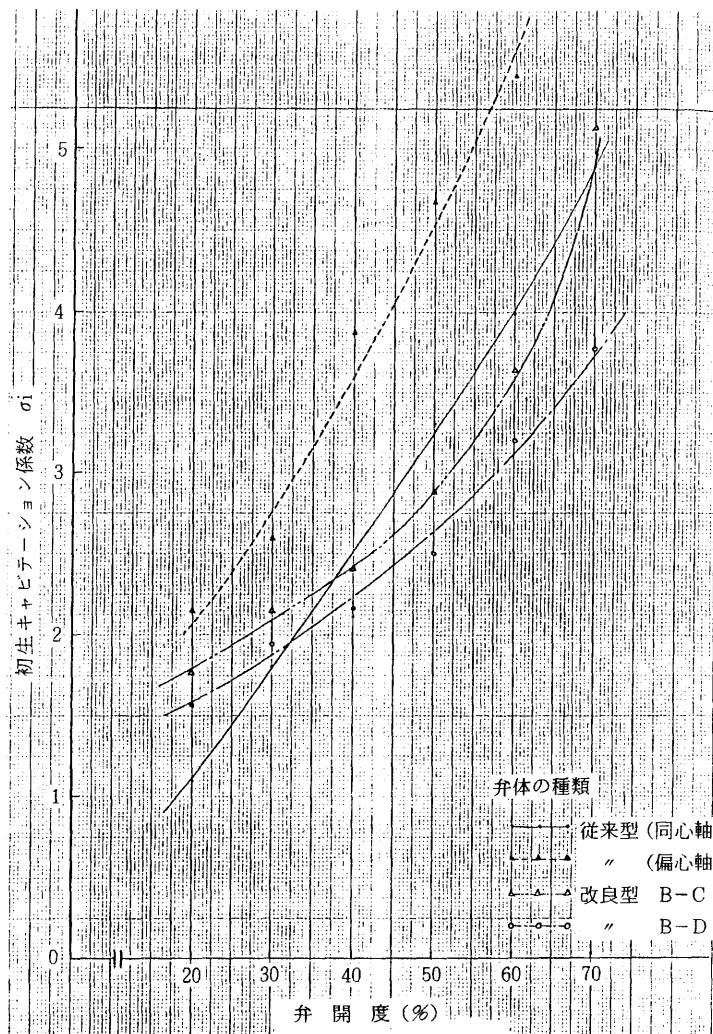


図10(a) 可視化模型の初生キャビテーション係数

ている。

しかし、同心型に比べると約40%以上の開度域では σ_i は低いもののそれ以下では高くなっている。

ここで、同心型と偏心型の間口面積について考えると、可視可模型では弁箱にアクリル管を使用し、同心弁体と偏心弁体の試験を行うように設計したために、バルブを開閉したときに、弁体がアクリル管と干渉しないように弁体を小さくしてあり、バルブの開度と開口面積の関係は、アクリル管の内径と弁体の外径の差だけ大きくなる。

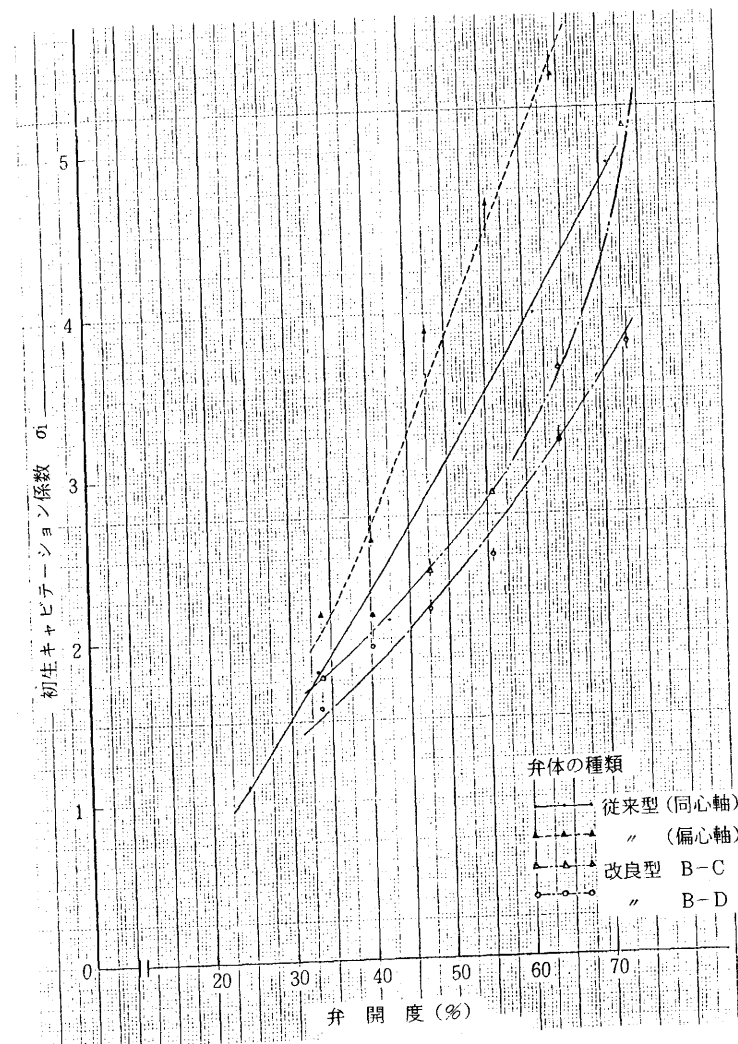


図10(b) 可視化模型の初生キャビテーション係数 (開度補正後)

模型の開口面積を弁箱弁座内径と弁体外径を同一寸法にした場合の相当開口面積と同じになるように、開度を補正した値を開度補正值 (近似値) とすると次のようになる。

弁箱弁座 (アクリル管) の内径: $D = 150\text{mm}$

弁体の外径: $d = 148\text{mm}$ (同心弁体)、 142.8mm (偏心弁体)

模型の開度: θ

模型の開口面積: $S = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2 \cos \theta)$

$$\text{相当開口面積: } S_1 = \frac{\pi}{4} (D^2 - D^2 \cos \theta_1)$$

$$S = S_1 \text{ とすると}$$

$$\frac{\pi}{4} (D^2 - d^2 \cos \theta) = \frac{\pi}{4} (D^2 - D^2 \cos \theta_1)$$

$$D^2 \cos \theta_1 = d^2 \cos \theta$$

$$\cos \theta_1 = \frac{d^2}{D^2} \cos \theta$$

$$\therefore \theta_1 = \cos^{-1} \left(\frac{d^2}{D^2} \cos \theta \right)$$

そこで、補正された開度における初生キャビテーション係数は図10(b)のようになり、約34%以上の開度域で改良型は同心型、偏心型に比べて σ_i の値が低下していることが明瞭である。

既に述べたようにキャビテーションは開度の大きい場合には、前縁（オリフィス側）で支配的になり、改良弁体のフローガイド、整流板の機能は開度の大きい範囲でより有効であるはずで、 σ_i の値も開度50~65%で低下の幅が大きくなっている。

つぎに偏心型弁体にフローガイドを設け、さらに整流板を付加したために、流体抵抗がどの程度増大したか圧力損失係数によって確めた。圧力損失係数は次式で算出した。

$$\zeta = 2g \cdot \Delta H / v^2$$

$$\Delta H: \text{弁体前後の差圧 [mAq]}$$

$$v: \text{管内平均流速 [m/s]}$$

この結果を図11に示す。

偏心型の特徴として、弁開度が小さいほど同心型に対する開口面積比が大きいので ζ の値は小さくなる。開度20%までは弁体形状の影響はないが、30~40%弁体が傾斜してくると、流体抵抗の寄与が明確に現れている。

実際の製品の場合は、模型弁体の寸法相似則は適用されないため、 ζ は低下すると考えられるが、反面、弁箱弁座による圧損があり、損失係数は大差はないと思われる。

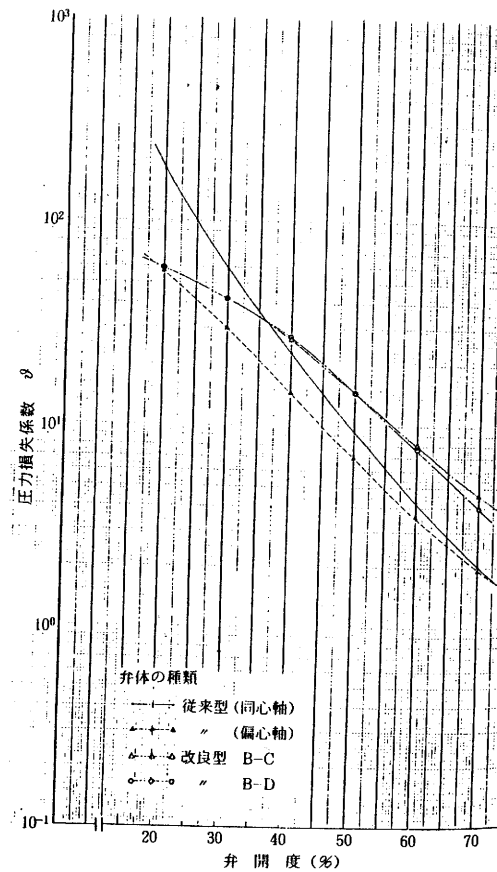


図11 可視化模型の圧力損失係数

4.2 キャビテーション発生状況

図12~図14に供試弁体下流側3.3Dの範囲の写真撮影結果を示す。

撮影は35mmカメラを用い、距離84cm、シャッター速度1/125、絞り4~8、フィルムASA400、水槽上面に巾22cmのスリットを置き、高さ36cm、下流側より水槽長さの約1/4の位置でストロボ発光させた。なお、背景は黒くし、周囲は暗幕で遮蔽した。

図12は同心型、偏心型、改良型（弁体Aと整流板Cの組合せ）弁体の開度30%における比較写真である。

同心型はノズル側より先ず発生し、 $\sigma = 1.0$ ではオリフィス側にも流れ剥離による気泡が発生して

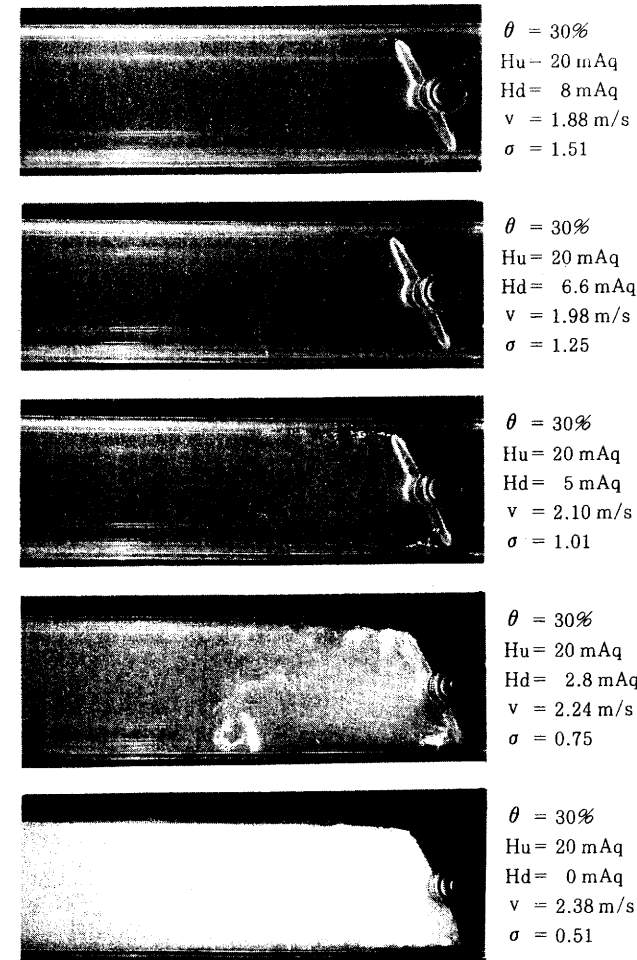


図12(a) キャビテーションの発生状況（同心型）

いる。 $\sigma = 0.75$ ではこれらの気泡が成長するとともに、弁体から2 Dの位置に偏流渦流れによる大きなキャビテーションが現れている。

$\sigma = 0.5$ では下流側の急激な圧力降下のため、溶在空气の析出（白濁）と同時に激しいキャビテーションが発生している。（図12(a)）

偏心型は $\sigma = 1.25$ で2 Dの位置にオリフィスの噴流、偏流による大きい渦形気泡が発生し、成長、拡散の過程をたどる。 $\sigma = 1.0$ ではひも状気泡の発生もみられる。 $\sigma = 0.5$ になると、後流側は発達したキャビテーションクラウドに覆われる。（図12(b)）

改良型（A-C）では、 $\sigma = 1.51$ 以上で初生キャビテーション状態ではあるが、 $\sigma = 1.0$ まで殆ん

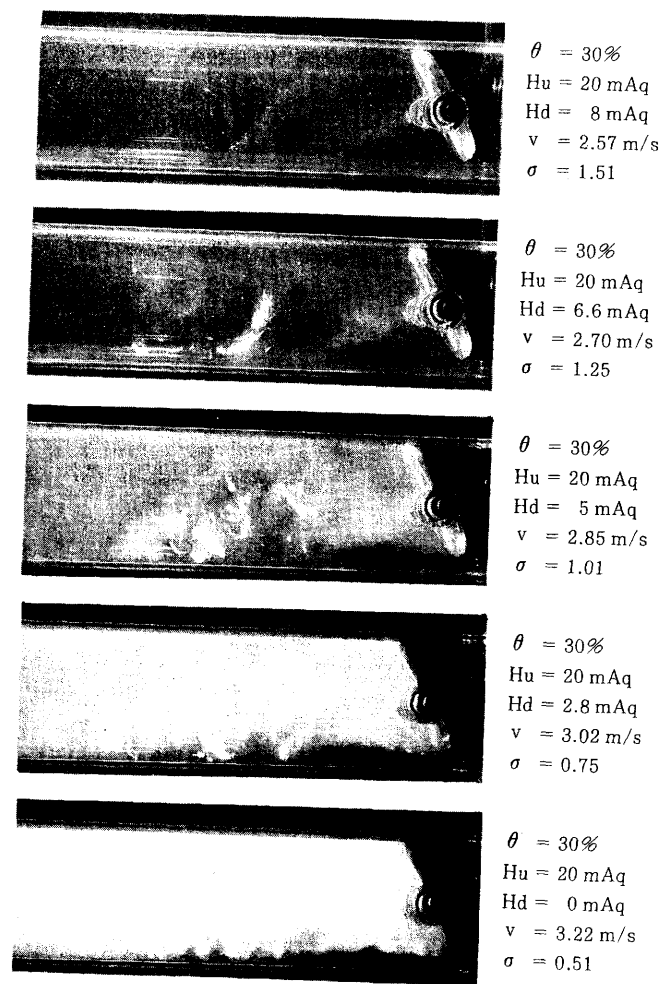


図12(b) キャビテーションの発生状況（偏心型）

ど気泡は発生しない。 $\sigma = 0.75$ で少しひも状気泡が現れ、 $\sigma = 0.5$ で成長する。オリフィス側整流板U字溝の縮流による気泡が発生している。騒音、振動レベルの測定は行っていないが、従来型に比べるとその差異は顕著である。

図13(a)(b)は、改良型弁体A、B及び整流板C、Dを組合せた4種について、開度40%、キャビテーション係数0.75及び1.0における比較写真である。

ノズル側の噴流発達領域での気泡の成長はA-Cの組合せが比較的抑止されているようであるが弁体と整流板の間隙の有無によりフローガイドに沿う流れがノズル側噴流に及ぼす影響の違いとU字溝との相互作用によると思われる。

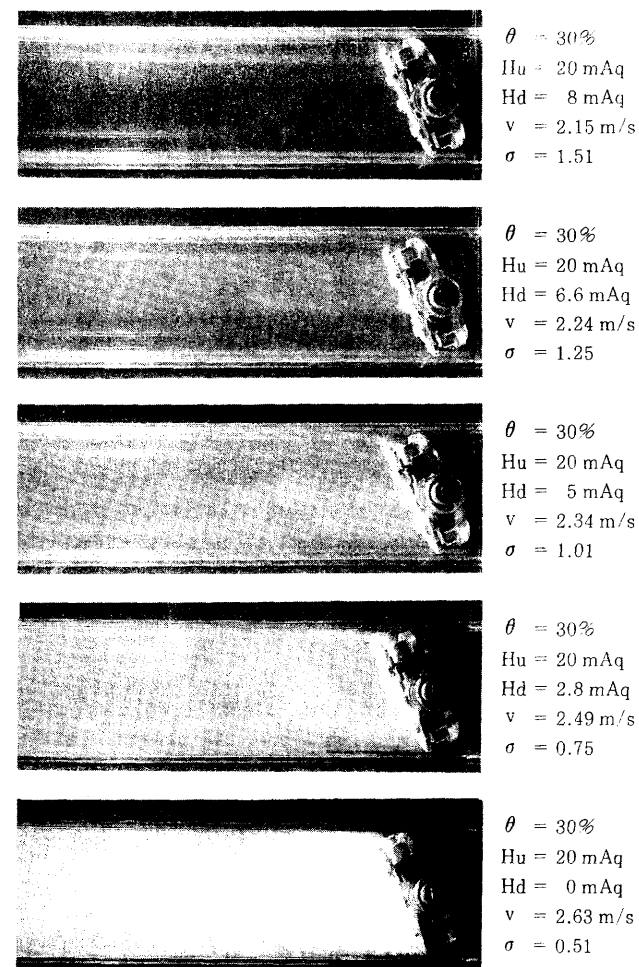


図12(c) キャビテーションの発生状況（A-C型）

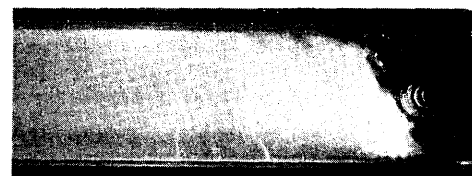
オリフィス側弁近傍の剥離流による気泡発生は4種とも同様である。

下流側2D付近の気泡は $\sigma = 0.75$ では、明瞭に識別しうる変化はみられず、 $\sigma = 1.0$ ではB-Dに現れているが、ランダムな発生事象であることから、この程度では有意な差があるとは判断できないであろう。

図14に改良型A-Cと同心型について、キャビテーション係数0.75における開度30~70%の比較写真を示す。

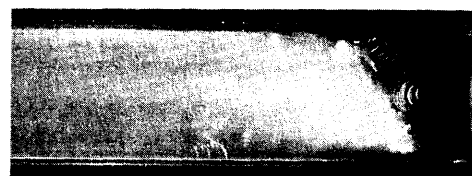
同心型と偏心型では、同じ開度における流量比(差圧一定)は当然異なるので、差圧及びキャビテーション係数が同一条件のもとに、キャビテーションの発生状態と流量を検討し、キャビテーション特性の良否を判断する必要がある。

開度40%では、同心型は重度の発生状態を呈しているが、改良型A-Cは $\sigma = 0.75$ にもかかわらず



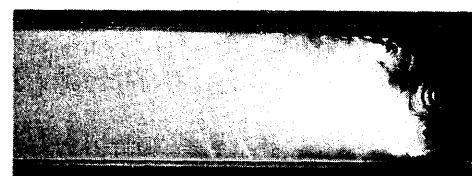
$\theta = 40\%$
 $H_u = 21.3 \text{ mAq}$
 $H_d = 3.3 \text{ mAq}$
 $v = 3.27 \text{ m/s}$
 $\sigma = 0.74$

A - C



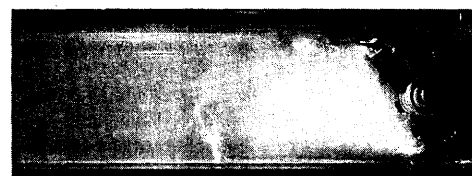
$\theta = 40\%$
 $H_u = 20.6 \text{ mAq}$
 $H_d = 3.1 \text{ mAq}$
 $v = 3.55 \text{ m/s}$
 $\sigma = 0.75$

A - D



$\theta = 40\%$
 $H_u = 21.9 \text{ mAq}$
 $H_d = 3.7 \text{ mAq}$
 $v = 3.59 \text{ m/s}$
 $\sigma = 0.75$

B - C



$\theta = 40\%$
 $H_u = 20.9 \text{ mAq}$
 $H_d = 3.4 \text{ mAq}$
 $v = 3.40 \text{ m/s}$
 $\sigma = 0.77$

B - D

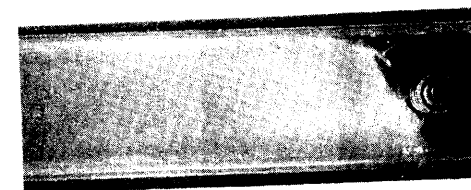
図13(a) キャビテーションの発生状況(改良型)

気泡は十分に成長していない。

ただし、流量は約12%同心型より少ない。

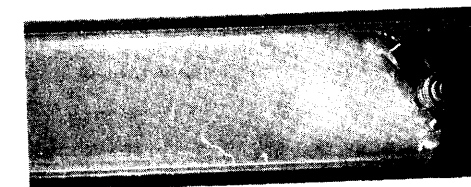
開度50%では、同心型は送流ポンプ能力の限界から所定の差圧を実現していないが激しい騒音や振動を伴うキャビテーション状態であり、改良型A-Cは開度40%より少し成長が進んだ状態にとどまっている。

同心型において、開度50%以上は撮影できなかったが、発生はより昂進した状態になるため、両者の相違は容易に推測できる。ただ、開度70%の状態では最早定性的な写真判別は難しい。



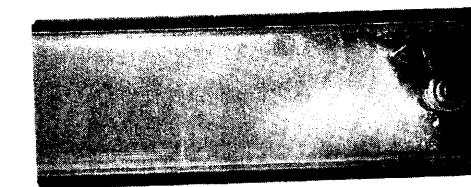
$\theta = 40\%$
 $H_u = 17.5 \text{ mAq}$
 $H_d = 3.4 \text{ mAq}$
 $v = 2.95 \text{ m/s}$
 $\sigma = 0.95$

A - C



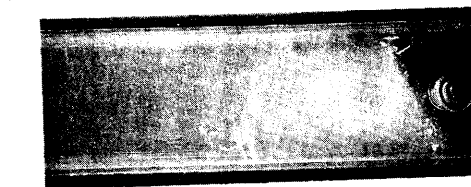
$\theta = 40\%$
 $H_u = 16.0 \text{ mAq}$
 $H_d = 2.7 \text{ mAq}$
 $v = 3.14 \text{ m/s}$
 $\sigma = 0.95$

A - D



$\theta = 40\%$
 $H_u = 16.2 \text{ mAq}$
 $H_d = 2.8 \text{ mAq}$
 $v = 3.07 \text{ m/s}$
 $\sigma = 0.95$

B - C



$\theta = 40\%$
 $H_u = 17.6 \text{ mAq}$
 $H_d = 3.6 \text{ mAq}$
 $v = 3.07 \text{ m/s}$
 $\sigma = 0.97$

B - D

図13(b) キャビテーションの発生状況(改良型)

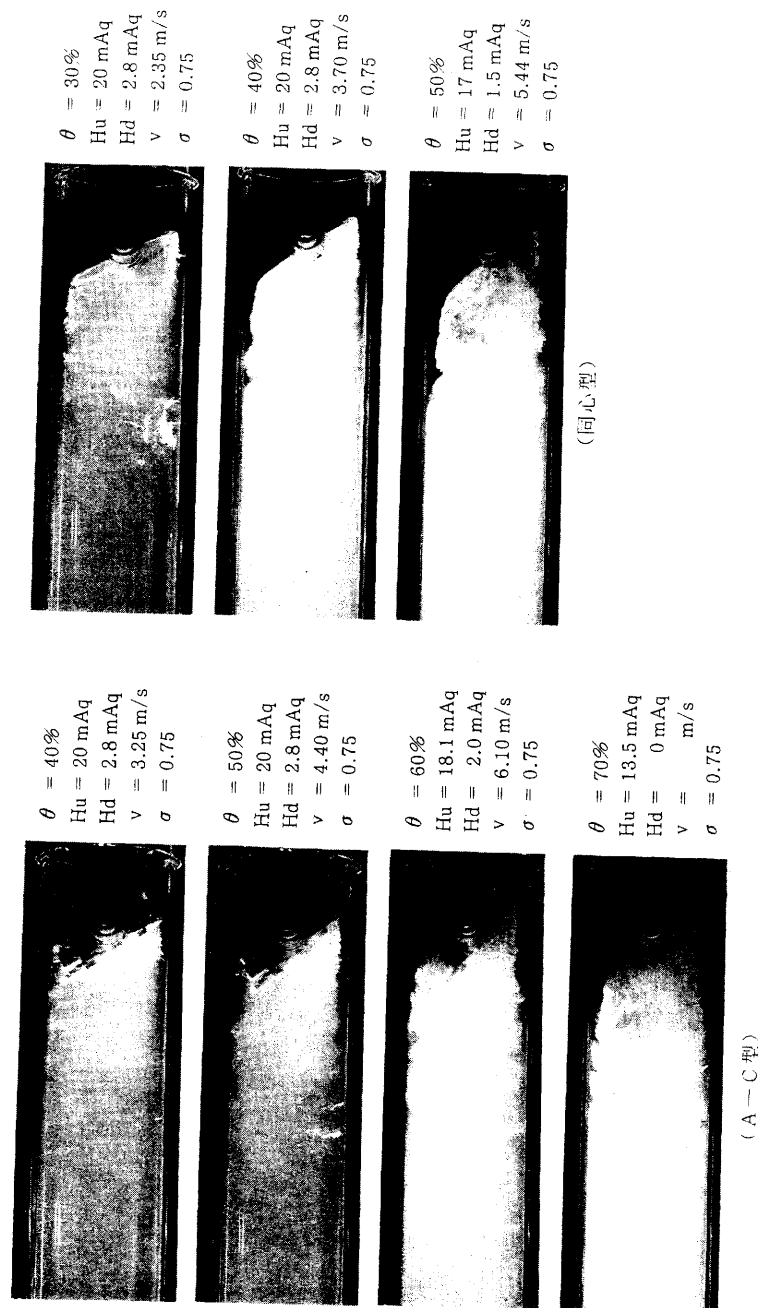


図14 キャビテーションの発生状況

5. 結 言

水道用バタフライ弁のキャビテーション特性を改善するため、特に問題を生じやすい偏心型バタフライ弁について、流れ構造の考察にもとづいて、キャビテーションに因る振動、騒音等を低減し得る弁体形状を考案した。

この効果を確認するため、模型弁体を試作して、可視化水槽でキャビテーションの発生状態を観測し写真撮影を行った。また、目視によって、初生キャビテーション係数を求めた。

この結果、

(1)試作した弁体は、従来の偏心型弁体に比べ、弁開度が40～60% (36°～54°) の中間度域で、初生キャビテーション係数が43%前後低下した。さらに、弁開度20～30% (18°～27°) でも30%前後減少できた。

(2)この弁体は弁開度が小さい間は、上流側に何等流体抵抗となる突起物その他障害となる物がないため、圧力損失はむしろ小さい。

そして、弁体が傾斜してくる中間度 (およそ30°) から弁体背後に回りこむ流れを整流板によって減勢分散させるので圧力損失はやや大きくなるが、後流不連続面に発生する渦キャビテーションを大幅に抑制する効果があることを確めた。

バルブのキャビテーション特性の評価方法について、報告されているものをみると、キャビテーションの成長過程において、何らかの方法による圧力測定 (衝撃音圧の測定を含む)、流量測定、配管系に生ずる振動及びその結果としての騒音等を対象としている。

実用上の観点から考えるとき、バルブのキャビテーションの有害な作用としては、直接的には騒音、振動、潰食の問題に絞られるから、これらを性能評価の対象とするのが得策であろう。

その基本的方向としては、振動や騒音の特有な周波数帯域での強度レベルを評価する¹³⁾ こととなる。

これらの方法でも、流れの可視化は不可欠である故、実験装置の影響の有無、さらには配管材質、弁体構造や弁体形状、バルブの種類等の実験因子を考慮するべきかどうか検討する必要がある。

さらにまた、バルブが実際に使用される配管系は多様である (流れが単純ではない) から、キャビテーション発生の予測や最適のバルブの選定等技術的に難しいことがある。

しかし、さしあたってはバルブ固有のキャビテーション特性を統一的、定量的に提示する方法を確立することが当面の技術的課題である。

なお、実験の遂行ならびにまとめにあたり、大阪府立工業高等専門学校機械工学科流体研究室の工博柳井田勝哉教授から、随所に有益な御教示を賜り、厚く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 保名, 上下水道施設に使用されるバルブと用途, 配管技術 '88増刊 (1988)
- 2) 米村, 上水道におけるバタフライ弁の選定と使用上の留意点, 配管技術, '87.10 (1987), 60
- 3) 大西, バルブの基本特性, 水道協会雑誌 Vol.53 No.3 (594) (1984), 56
- 4) 小泉, バルブの容量係数, 同上, 69
- 5) 森岡・佐藤, 水道用バタフライ弁のキャビテーションについて, 日本水道協会関西地方支部第

- 6) 辻, 混相流, 容器内流れ学 (1984), 146
- 7) 新版機械工学便覧 (1987), A 5 編流体工学, 第19章キャビテーション, A 5-143
- 8) 辰己・太田・北村・山崎, バタフライ弁における流れの可視化, バルブ技報 Vol.1 No.1 (1986), 50
- 9) 中西, 朴木, バタフライバルブのキャビテーション予測, バルブ技報第3巻第1号 (1988), 24
- 10) 同 上記 5)
- 11) 流体力学ハンドブック (1987), 22-2 キャビテーション, 696
- 12) 水道用バルブハンドブック (1987), 2.1.4 バルブのキャビテーション, 16
- 13) 木村・小川, ちょう形弁のキャビテーション振動および騒音測定, 日本機械学会論文集(B編) 52巻474号 (昭61-2), 501

バルブ加工におけるCAM化の研究

(MCと自動プロP-G間のデータ転送について)

樋口英司

1. はじめに

昭和61年度後半にマシニングセンターが導入され、ボール弁用弁箱、仕切弁用弁箱とバルブ加工にともなう取付け治具の製作改良、加工手順の検討等を実施してきたところです。

今年度は、マシニングセンター用ソフトウェア= Symbolic FAPT DRILL および FANUC P-G用XYプロッター(A3サイズ)を導入、これらを用いてバルブ加工用プログラムの作成や加工軌跡の描画および、これらデータの収集さらには、62年度も一部実施した自動プログラミングシステム、FANUC P-Gとマシニングセンター間のデータ転送を重点に実施しましたので報告します。

2. 三次元輪郭制御プログラムの作成

自動プログラミングシステム、FANUC P-G用ソフトウェアとして種々のソフトが市販されていますが、これらソフトも使い慣れないとその効果を最大限に発揮することはできない。過去2年程度、バルブ加工のマシニングセンター用プログラムを作成したが、これらはすべてマニュアルによるもので、今回、自動プログラミングの効果を調べるため、FAPT MILL. FAPT TRACER. Symbolic FAPT DRILLを用いたプログラミングを実施した。

自動プログラミングシステムの処理は図1に示す手順によって行われ、自動プログラミングのプログラムをパート・プログラムという。パート(part)は部品の意味で、CAD/CAMシステムではパート・プログラムをソース・プログラムと呼ぶことがある。

パート、プログラムの主なものは図形定義と運動定義である。図形定義は平面上の定義では点、直線、円、点群などであり、三次元では点、直線、平面、円筒、円錐、点群による曲面などがある。

言語はAPTと同じ形式の言語が多く使われており、APT言語での図形定義は対

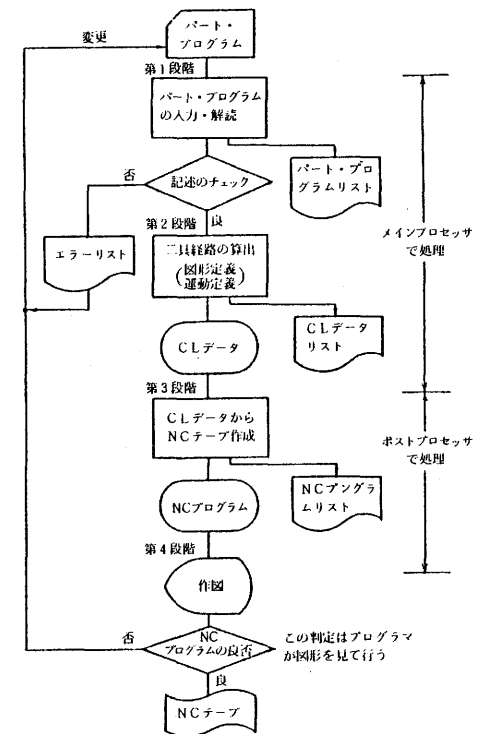


図1 自動プログラミングの処理手順

象物そのものの図形を定義するのではなく、対象物の中の図形要素を定義しているので、図形要素の中のどの部分を工具が通るのかを指示しなければならない。これが運動定義である。図2に言語で記述されたパート・プログラムを示す。

図形定義と運動定義から工具の通路が決定され、これが工具軌跡データ (Cutter location data : CLデータ) としてP-Gにファイルされる。CLデータは幾何学的データであって、NCプログラムとは違う。

CLデータ出力までの処理をするソフトウェアをメイン・プロセッサと呼ぶ。

NCプログラムは運転するNC機械によってその内容が多少異なる。このためCLデータを各機械に対応するようにNCプログラムに変換しなければならない。したがって各NC機械ごとに必要となる。この処理を行うソフトウェアがポスト・プロセッサと呼ばれる。

図2 パート・プログラム

	PART,@SAMPLE MCHN,MILL,ABS FEED,200 @ % C1=0.0,25 P1=11.5,68 P2=24.4,60 P3=10,38.2 C2=P1,P2,P3 C3=C1,C2,20.0,O,R S1=C1,C2,L,L S2=-10 Y S3=-15 Y P0=-30,-40 FROM,P0 @S2000 M03 CUTTER,6 RPD,TO,S3,L,TO,C1 FCOD,500 TLLFT C1,CW,TANTO,S1 S1,TANTO,C2 C2,CW,TANTO,C3 C3,CCW,TANTO,C1 C1,CW,R,PAST,S2 S2,L,PAST,C1 RPD,P0 @M05 @M30 @ % FEED,200 FINI PEND	PARTは部品番号の意味、@以後はラベルとして使用 ソフトウェアMILLを使用、アプソリュート出力を指示 紙テープに200個送りコードをさん孔 紙テープに%コードをさん孔、END OF CODEの意味 円C1は中心座標(0,0)、半径25 点P1の座標(11.5,68) 点P2の座標(24.4,60) 点P3の座標(10,38.2) C2は3点P1,P2,P3を通る円 C3はC1に外接、C2に外接する半径20の円、二つある右側 S1はC1の左側、C2の左側に接する直線 S2はY軸にy=-10で直交する直線 S3はY軸にy=-15で直交する直線 点P0の座標(-30,-40) 工具をP0から開始、具体的には座標系の設定を行う @以下を単に出力、NC命令の意味は主軸2000 rpm 正転 使用工具の直径φ6mm、半径を考慮した工具軌跡をつくる 早送りで、S3の手前、C1の手前(2箇所ある左側)へ工具移動 切削送りを500mm/分(具体的にはF500を出力) 定義した図形の左側を工具が通る。TOOL LEFTの意味 C1に沿って工具をS1に接するまで動かす S1に沿って工具をC2に接するまで動かす C2に沿って工具をC3に接するまで動かす C3に沿って工具をC1に接するまで動かす C1に沿って工具をS2を過ぎるまで動かす(2箇所ある右側) S2に沿って工具をC1を過ぎるまで動かす(2箇所ある左側) 開始点P0へ早送りで戻る M05(主軸停止)を紙テープにさん孔 M30(NCのプログラム終わり)を紙テープにさん孔 %コードを紙テープにさん孔 送りコードを200個紙テープにさん孔 FAPTとしてプログラム終わり プログラム終わり、システムが処理を開始する
固 形 定 義		
運 動 定 義		

固
形
定
義

運
動
定
義

2.1 60R半球面の加工プログラム

加工素材の前提条件として、タテ、200mm、ヨコ、200mm、タカサ、80mmのアルミニウム材を用いる。この角材から60Rの半球面を削り出す手順として、

① 30φのソリッドエンドミルを用いて外径75φ×高さ75mmの円柱を削り出すプログラム。

② 20φのボールエンドミルを用いて65Rの半球面荒加工

プログラム。

③ 60R半球面仕上げ加工プログラム。

```

0010 000011
0020 MCHN, MILL, ABS
0030 P1=0.0
0040 P2=25.0
0050 P3=10.0
0060 P4=143.0
0070 C1=P1, 25
0080 C2=P1, 143
0090 *** M03 ***
0100 M03, 0.0
0110 V4=P2, X
0120 V5=P4, Y
0130 V2=V5-14
0140 1, THIRTY, V2
0150 T1, PGT
0160 TNEW, 1.0
0170 PAST, C1, P2
0180 C1, CCW, P2
0190 V2=V2-10
0200 IF(V2) 2, 1
0210 2, CUT, 3
0220 P0, P3
0230 MEND
0240 *** MEND ***
0250 F000, 7
0260 FROM, P1(0.0, 0.0, 100Z, CUTTER, 30
0270 P3
0280 CUT, 25
0290 000000003
0300 V1=7
0310 10, CUT, 10
0320 P0, 0.0
0330 V1=V1-1
0340 IF(V1) 20, 10
0350 20, P3
0360 P0, 100Z
0370 00005
0380 0002
0390 0?
0400 FFF0
0410 F101
0420 FEED

```

図形定義

運動定義

図3 パートプログラム①

```

0010 000102
0020 MCHN, MILL, ABS
0030 S1, 0V
0040 *** M03 ***
0050 M03, 0.0
0060 F000, 0.1
0070 C10, C1
0080 500, F
0090 C10, C10, 8-L
0100 V02, C10, P
0110 V02, P1(10, 38.2)
0120 IF(V02, 90, L) 600
0130 P2, S1, C10, 0
0140 P2
0150 C10, C0, P2
0160 PMP, 500
0170 600, F
0180 MEND
0190 *** MEND ***
0210 F000, 7
0220 FROM, P0(0.0, 0.0, 100Z
0230 F000, 100
0240 CUT, 27
0250 001000003
0260 V1=00, V2=73
0270 100, V1, V1-8
0280 P0, 6
0290 F000, 6
0300 P1=73, V1=0
0310 C1=00, P2(0.0, 0.0, 100Z
0320 F000, 300
0330 P2, V2=2
0340 F000, 100
0350 V3=P1, V3=2
0360 F000, 300
0370 C1, C0, P2
0380 P0, 0.0
0390 V2=V3
0400 IF(V1) 200, 200, 100
0410 200, P0, 100Z
0420 000, 0.0
0430 0005
0440 0002
0450 0?
0460 FEED, 200
0470 F101
0480 FEED

```

図4 パートプログラム②

このように、3つのプログラムに分割して、それぞれのプログラムをFAPT MILLを使って作成した。

作成したFAPTパートプログラムの一部を図3に示す。図3は前項で分割したプログラムの中の①のパートプログラムである。このパートプログラム中で行番号110から260まではマクロ命令を使用している。この場合のマクロ命令は外周から75φまで段毎の面加工の繰返しに使用する一連の文をMAC文とMEND文で挟みマクロ定義をし、これをパートプログラムの適当な位置でCALL文により呼び出し、プログラムの短縮を図っている。図4は②の65R半球面荒加工、図5は③の60R半球面仕上げ加工のパートプログラムを示す。②のパートプログラム中にもマクロ命令を使用した箇所が理解できると思う。

以上のパートプログラムによって作成されたNCデータの一部を図6に示した。図6のNCデータは最初7行と最後の5行は当所のマシニングセンター（日立精機製HC400-40・YASNAC MX2）用NCデータを附加したものとなっている。

また、①、②、③、それぞれの加工軌跡をXYプロッターで描画させたものが図7、8、9であり、これら3分割プログラムの加工軌跡を一枚に描画させたものを図10に示す。

```

0010 G0010;
0020 M01;MILL;ABS;
0030 P1=0.0;
0040 S1=0;
0050 V10=10;
0070 V2=3;
0080 V12=5;
0090 V11=V10/2;
0100 C1=P1-0.4;
0110 C10=C1-V11;L;
0120 C2=S1-C1-V11-0.0;P;
0130 C3=PECTRY;C10-0;V11;
0140 V1=C3-14160/2142;
0150 V1=PI*V1/1;
0160 C1=C10-CW;PECTRY;PECTRY;V1;
0161 C000.7;
0190 FROM P1;1002;
0210 F000.100;
0220 DLT-35;
0240 G0000003;
0250 F000.200;
0251 PEN 1;
0260 Z=PECTRY;V12-V12;
0270 TVISECTRY;V12-V12;
0280 C01-V12;CW;PECTRY;0;
0290 V12-V12+1;
0300 IFV12-TV1+13.52;
0310 P00.1002;
0320 P00.P1;
0330 *** FOR DRAWING ***;
0331 P000.0;
0340 PUP;PEN.6;P005.100-170;
0350 LETTER.10.00;
0360 P0010;050.00;BALL CUTTING;
0370 *** DRAWING END ***;
0380 G0015;
0390 G0012;
0400 G;
0410 FEED.200;
0430 FINI;
9999 PEND;

```

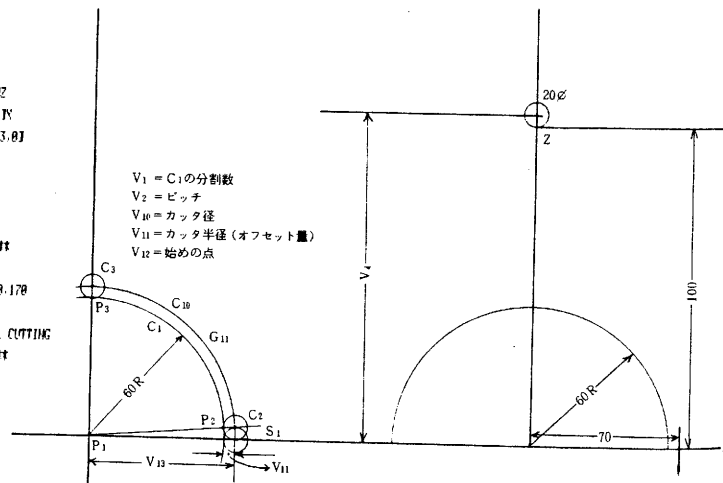


図5 パートプログラム③

```

00010 G0101(75.0);
00020 M00P00;
00030 G52;
00040 G0200(0.020);
00050 M00P01;
00060 M00P02;
00070 T13M06;
00080 T14;
00090 ;
00100 G0200(0.02100000);
00110 G0000(0.150000);
00120 Z75000;
00130 G0000(0.1);
00140 Z55000;
00150 G1700(1-150000);
00160 G01(0.140000);
00170 G01(1-140000);
00180 G01(0.130000);
00190 G01(1-130000);
00200 G01(0.120000);

```

```

01100 G0122000;
01110 G01(1-150000);
01120 G01(0.140000);
01130 G01(1-140000);
01140 G01(0.130000);
01150 G01(1-130000);
01160 G01(0.120000);
01170 G01(1-120000);
01180 G01(0.110000);
01190 G01(1-110000);
01200 G01(0.100000);
01210 G01(1-100000);
01220 G01(0.090000);
01230 G01(1-090000);
01240 G0122000;
01250 G00(0.150000);
01260 Z100000;
01270 M00P00;
01280 T00M06;
01290 T00;
01300 M00P04;
01310 M00P03;
01320 M30;

```

図6 NCデータ

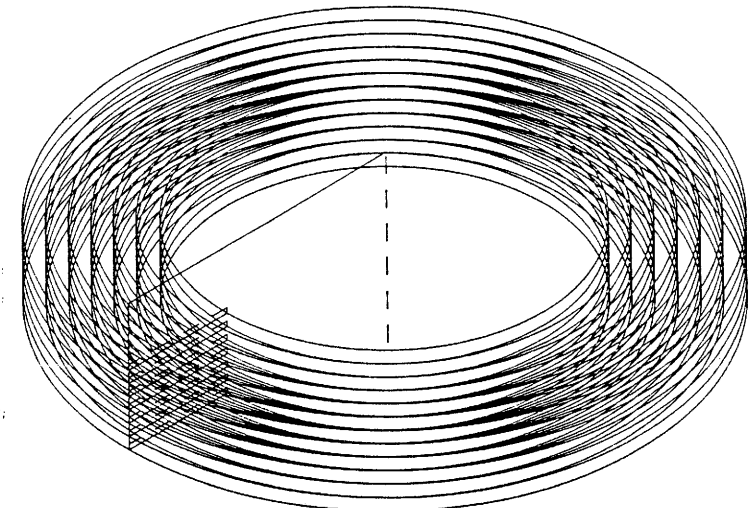


図7 加工軌跡 ①

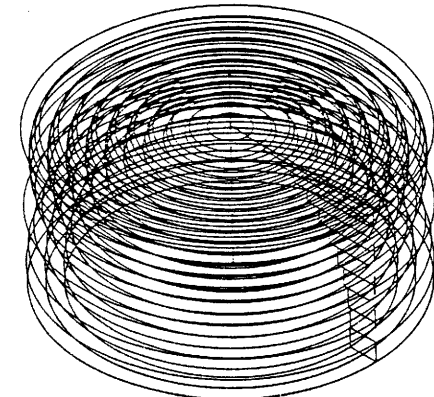


図8 加工軌跡 ②

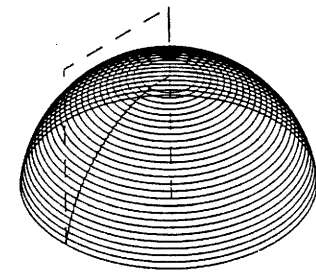


図9 加工軌跡 ③

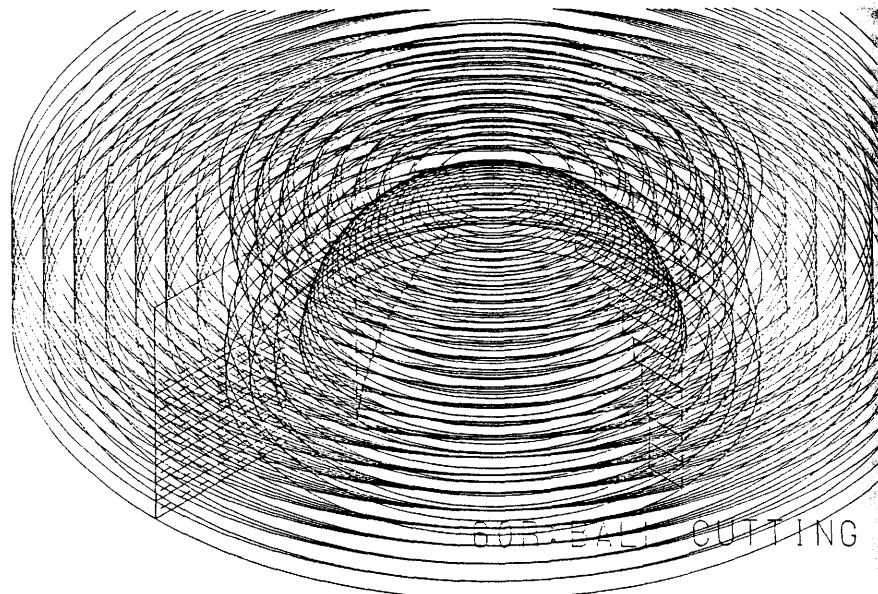


図10 集合加工軌跡

2・2 Symbolic FAPT DRILLによるプログラミング

マシニングセンター用ソフトとして市販された、Symbolic FAPT DRILLを用いてプログラム作成を実施したところですが、機能的には輪郭加工、ポケット加工、面加工および穴加工、そして無駄な工具交換を減らす加工工程の編集機能が組み込まれ便利になっている。

2・1項の加工プログラムでは、オペレータが加工手順を組みながら工程を編集しなければなりませんが、このソフトでは工程の編集画面によって、加工工程の順に使用工具および加工の種類と加工すべき形状名が表示され、加工時間、工具経路長さの表示もされる。各工程の加工プログラミングが終了してから、この画面により簡単に工程編集ができる。

また、オペレータの技術ノウハウを加工条件データとして登録、それらを入出力することができ、加工種別および被削材別にそれぞれのデータ編集、修正、削除、さらには使用工具ごとの詳細なデータ、例えば工具の種類、名称、呼び径、工具の材質、工具長さ補正番号、取付け長さおよび工具の寸法などが編集、登録できる。これらの機能を十分に活用すればCAMへのデータファイルとして使用できる。またそのための機能として位置づけられている。

加工条件および工具データの編集、登録については、さらに必要なデータ蓄積を進めながら、時間をかけて進めて行かなければならないと考えている。

加工面の機能についても、それぞれプログラム作成段階での確認を行ったが、簡単な輪郭加工、ポケット加工、面加工には効果を発揮できるが、残念ながら $2\frac{1}{2}$ 次元、三次元の輪郭制御には使用できない欠点がある。しかし、ソフト名にDRILLとつけているだけに穴加工については、最大の

効果が発揮できる。Symbolic FAPT DRILLによる工具軌跡を図11に示す。

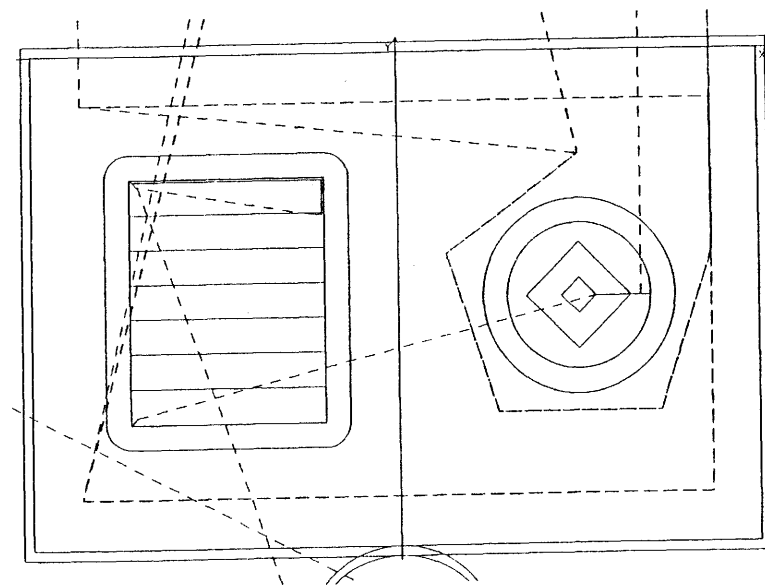
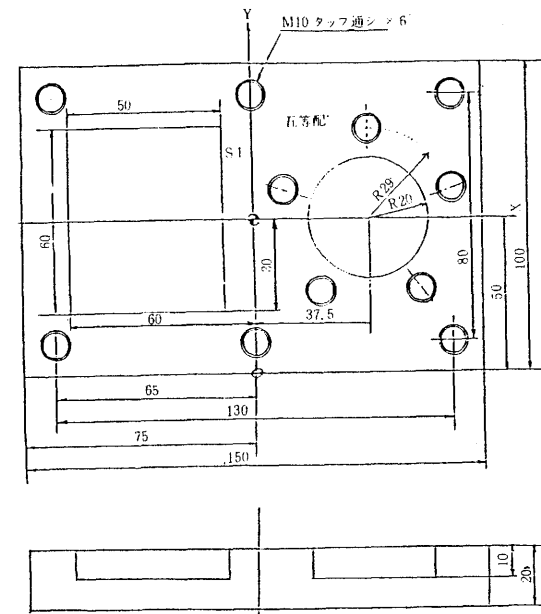


図11 Symbolic FAPT DRILLによる加工軌跡

3. 個有NC機械ファイル

FAPT TRACERは、ドリル加工、ミール加工あるいは旋削加工などのNCテープの内容を、CRT上に英数字で表示したり、工具軌跡を描画しながら、オペレータの望み通りの加工ができるかどうかの確認、あるいは、テープの内容に誤りがあれば編集機能を用いて容易に修正ができるソフトウェアである。通常ではマニュアルプログラムのタイプライターとして使用されている例が多い。先にも述べたように、このソフトウェアはどのようなNC工作機械にも使用されたため、それぞれに対応できるよう考慮されている。

使用設備に合致した制御軸、設定単位、Mコード、Gコード、Sコードなどは全てパラメータによって変更することができるわけで、これらのパラメータの集りをNC機械ファイル(MTF)と呼んでいる。

手持ちのNC旋盤やフライス盤およびマシニングセンターなどの各種のパラメータやデータをその機械固有の値にセットしたフロッピーを作成すれば、各手持機械固有のFAPT TRACERを自分自分で作ることができ、便利なソフト作成ができる。

この固有のMTF作成は、特にNC装置がFANUC以外の場合や多数のオプションを附加した場合に必要で、設備導入時メーカーが対応はしますが、詳細な説明や指導まではしませんので、各自で確認が必要です。

導入設備に合致(NCおよび工作機械の両者が)していないと、NCテープの編集時など原因不明のエラー表示等が表われ苦労することがあります。

このことは、TRACER以外のMILLや各個別ソフトについても同様です。なお、FANUC製であってもソフト中のNC装置と違う場合にも同様な、チェックが必要です。

4. データ転送

去年も実施して何ら問題もなく安心して、FAPTを用いたNCデータの転送を、NCテープ数本を使って何回か繰り返し実施した中で、同じテープでも場合によってI/OエラーがCRT上に表示され、転送が止ってしまう現象を確認。

原因の解明とデータ入出力インタフェースのチェックを実施した。

4.1 データ入出力インタフェース

去年はデータ設定を入力出力共用で設定しているが、メーカーに確認の結果、データ設定は入力出力独立に変更し、それぞれ関係する設定値をつぎのようにセット変更した。

①データ設定

セッティング番号	# 6028
セット番号	D6 = 0
	↓
	D6 = 1

②ボーレイト設定

〔入力用〕

セッティング番号	# 6026
----------	--------

セット番号	D3 = 1
	D0 = 1

P-G側ボーレイト設定値

	4800ボー
〔出力用〕	↓
セッティング番号	# 6028
セット番号	D3 = 1
	D0 = 1

③ストップビッド長さの設定

〔入力用〕

セッティング番号	# 6026
セット番号	D4 = 1

〔出力用〕

セッティング番号	# 6028
セット番号	D4 = 1

④コントロールコード送り出し指定の設定

〔入力用〕

セッティング番号	# 6026
セット番号	D5 = 0

〔出力用〕

セッティング番号	# 6028
セット番号	D5 = 0

4.2 ボーレイト設定値

前項②のボーレイト設定に変更して、再度データ転送の確認を行ったが、I/Oエラーを表示。他の原因として、RS-232Cインタフェースのコネクタ結線部の接触不良、またはケーブル長さ(20m)からくるノイズ拾い等があり、これらを全てつぶしていてもI/Oエラーを解消することはできず、メーカーの技術者に対応をゆだねた。

技術者が検討の結果、同一プログラムで同一箇所にI/Oエラーを表示することから、P-G側の消化不良を懸念、マシニングセンター側NCの出力用ボーレイトを一ランク下げ、2400ボーに変更したところ、I/Oエラーがなくなった。このことから、NC装置、YASNAC-MX2の転送速度がP-Gより若干速く、互いにマッチングしていなかったと考えられ、特にNC装置がFANUC製と違う場合に、このような問題が生ずると思われる。

P-G側の転送速度は前項②の4800ボーから、一秒当り4.8Kビットである。

この場合、P-G側のI/O設定を下記により、2400ボーに変更設定しなければならない。

I/O: NC, CN2, F8, F9, BR8	NL
BR8 ~ 2400ボー	
BR9 ~ 4800ボー	

5. データの編集・修正

P-Gを用いたパートプログラムの作成からデータ転送まで一連のプログラミング作業を行ってきた結果について述べる。

手持ちのマシニングセンター専用のFAPT MILLおよびFAPT TRACERフロッピィディスクを作り、MILLを用いてパートプログラムを作成、P-GによりNCデータに変換する。

作成されたNCデータをNCのメモリへ転送するか、フロッピィに格納する。次は、TRACERを用いてそのメモリに格納されたNCデータを取り込み、CRTおよびXYプロッター描画によって加工軌跡のシュミレーション、工具干渉およびプログラムチェックを行って、一本のプログラムが完成する。

この様に、TRACERの持っている編集、確認機能をフルに活用すれば誰れもが比較的簡単にプログラムを作ることができる。

TRACERによるプログラムチェックの一部を図12に示す。図の行番号No.110にエラーメッセージが表示され、その処置内容が指示されている。

表示されるエラーメッセージを図13に示す。

5・1 P-GからNCへのデータ転送

(1) NC側の操作

EDIT (編集) モードを選択

PROGキー-ON

RESETキー-ON

○キー-ON

プログラム番号キー-IN

INキー-IN (INの文字が点滅)

(2) P-G側の操作

パートプログラムを作成後、初期画面で

R3 (リクエスト) キー-ON

I O NC, CN2, F8, F9 NL キー-IN

F9キー-ON (NCへの出力)

RO (開始) キー-ON

Iキー-IN

```

10 00101;
20 M30P99;
30 G52;
40 G32X0Y0Z0;
40      0      0      0
50 M30P99;
60 M30P99;
70 T13M06;
80 T14;
90 ;
100 G57X0Y0Z100000;
100      0      0      100
110 G30G01X150000;
110      150      0      100
** WORKING NO = 106 ** TIME NO = 00110
120 Z75000;
120      150      0      75
130 G000M07;
140 Z65000;
140      150      0      65
150 G170011-150000;
150      150      0      65
150      0      0      65
150      150
160 G01X140000;
160      140      0      65
170 G011-140000;
170      140      0      65
170      0      0      65
170      140
1250 G00X150000;
1250      150      0      26
1260 Z100000;
1260      150      0      100
1270 M30P99;
1280 T00M06;
1290 T00;
1300 M30P99;
1310 M30P99;
1320 M30;

```

図12 TRACERによる
プログラムチェック

図13 エラーメッセージ

エラー番号	タイプ	内 容
5 1	F	使用できないアドレスを使用した。
5 2	F	指定してはいけない桁数が指令された。(桁数オーバー)
5 3	F	必要な桁数指令されていない。(L Z Oエラー)
5 4	F	符号の使用できないアドレスに符号を指令した。
5 5	F	Gコード設定テーブルにないGコードが指令された。(G 3桁など)
5 6	F	同一グループのGコードが1ブロックに2つ以上ある。
5 7	F	同一アドレスが1ブロックに2つ以上ある。
5 8	F	アドレス・ワードに続く指令値がない。
5 9	F	不正文字があった。
6 0	F	小数点を使用できないのに指令した。
6 1	F	加減算は使用できない。
6 2	F	小数点以下の桁数の誤り。
7 0	F	使用できないMコードを指令した。
1 0 0	W	T Vエラー, 処理は続行
1 0 1		未使用
1 0 2	F	R指定による円弧指令で半径が零である。
1 0 3	F	R指定による円弧指令の誤り。
1 0 4	F	円弧指令の誤り。
1 0 5	F	円弧指令中にFコードによる早送りが指令された。
1 0 6	W	切削送りでFコードが指令されなかった。または、毎回転送りで送り速度が零になった。 送り速度をF=1.0mm/min (またはinch/mm) として計算を続行。
1 0 7	W	毎回転送りで、Sコードが指令されなかった。
1 0 8	W	周速一定制御中に主軸最高回転数が指令されていない。
1 0 9	F	使用できないGコードを指令した。
1 2 0	W	円弧補間の始点半径と終点半径が一致しない。
1 5 0	F	MT Fに設定された深さをこえてサブプログラムを呼び出した。
1 5 1	F	指定されたシーケン番号を持つブロックがない。
1 5 2	F	指定されたプログラム番号のサブプログラムがメモリ内にはない。
1 5 4	F	サブプログラムの終りにM99 (サブプログラムエンド) がない。
1 5 6	W	メモリモードでない時に、アドレスPを指定した。
1 5 7	F	プログラム番号を指定せずにサブプログラムを呼び出そうとした。

F: このエラーは処理を停止する。ただし、キーボード入力の際は行番号が進まずに再入力を要求する。

W: 警告のメッセージ、適当な処置を行なって処理を続行する。

5・2 NCからP-GへのNCデータ転送

(1) P-G側の操作

初期画面で

R3 (リクエスト) キー-ON

I O NC, CN2, F8, F9 NL キー-IN

F8キー-ON (NCからの入力)

F4キー-ON (図形表示)

F3キーON (文字表示)
F0キーON (メモリ入力)
R2 (表示) キーON
(画面よりNCデータ入力の項目を選ぶ)

項目NOキー NL

(2) NC側の操作

EDITモードを選択

PROGキーON

RESETキーON

○キーIN

プログラム番号キーIN

OUTキーON (OUTの文字が点滅)

6. ま と め

FAPT MILLおよびTRACERを用いたP-Gによるプログラム作成とNC、P-G間のデータ転送技術の習熟とCAD/CANデータ・ベース構築へのデータ収集を行った結果をまとめると次のようになる。

- 1) 手持ちのNC工作機械固有のNC機械ファイルを作成、独自のFAPT MILLやTRACER等のソフトウェアをつくれば、プログラムチェックおよび編集、修正が簡素化できる。
- 2) 同一メーカーの工作機械やNC装置を使用される企業では、NC機械ファイルが共通使用できるため、パソコンをホストとして通信ソフトウェア等を揃えれば簡易DNCシステムが構築できる。すでにこのためのインタフェースボードが市販されている。
- 3) データ転送において、機械間の伝送速度を同一に合致させなければならない。また、同一にセットされているかの確認、チェックが必要である。
- 4) P-GからNCへの転送中、CRT上にI/Oエラーが表示された場合は、転送データがすでにNCに登録されている場合があるため、NC側のメモリを消去する。
- 5) パートプログラムをNCに転送する場合、プログラム中の全てのFEED命令や%記号を除去しなければ、転送が中断される。

今後はさらに、各種パターン加工や機械の機能アップを可能にするユーザマクロの開発や切削工具個々の切削条件などのデータベースの構築を進めなければならない。

参 考 文 献

- 1) 松岡甫篁：マシニングセンタのための切削データブック。加工技術交流センター
- 2) 三好忠義：加工形状および被削材質からみたエンドミルの選定法 (機械技術 Vol. 36, No. 10, 1988. 8. 臨時増刊号)
- 3) 堀田 淳：パソコンを利用した5軸制御のNC自動プロセスシステム (応用機械工学, No. 344, 1988. 10)

セラミック溶射弁体の実用化試験

(バルブ開閉試験機の試作)

酒 井 一 昭
樋 口 英 司
松 川 進

1. はじめに

耐食・耐摩耗性など優れた機能を有するセラミックスがバルブに有効であるかどうか知るため、昨年度、鋳鉄およびステンレス鋼に酸化アルミニウムをプラズマ溶射し、その溶射面の摺動性を評価した。この結果、バルブ主要部品へ溶射処理するに必要な技術資料を得ることができた。

しかし、ここで扱った供試品は試験片レベルであったので、コーティング被膜を実際バルブへ適用させた製品における実用化試験が不可欠である。

そこで、今年度は製品において弁座面の摺動特性が調べられる仕切弁専用のバルブ開閉試験機を試作した。また本機を使って、開発したセラミック溶射弁体と規格弁体をバルブ製品に組み込んで弁の開閉試験を実施した。

本報告は、試作機とこれによる試験事例を紹介するものである。

2. 設 計 仕 様

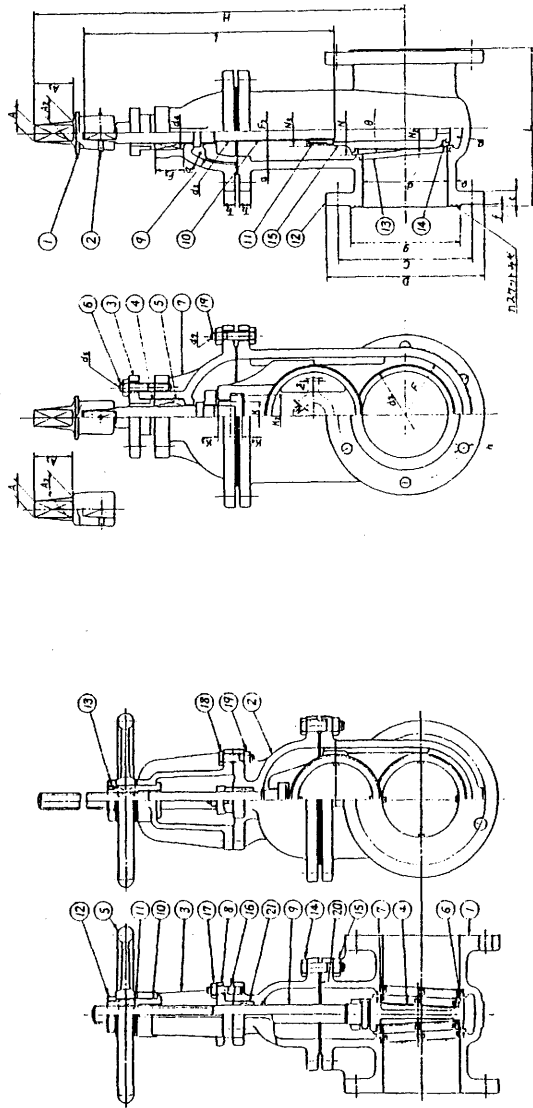
図1のJIS 2044, 2062あるいはこれらと同タイプの口径(または呼び径)200mmまでの仕切弁を対象にした開閉試験が可能な試験機を製作するため、弁棒に作用する負荷を想定して、次のように設計条件を定めた。

○基本仕様

- 1) 供試弁のサイズ：75、100、125、150、200mmの5種類
- 2) 定格荷重：約2 TON
- 3) 弁棒の移動距離：MAX 200mm
- 4) 弁の開閉速度：0～1.5m/min

○試験条件

- 1) 手動、自動操作が可能。
- 2) サイクル運転ができること。
- 3) 開閉速度が調整できること。
- 4) 半サイクルでのタイマが設定できること。
- 5) 弁棒を任意位置に停止できること。
- 6) 自重により自然降下しないこと。
- 7) 圧力を自由に調整できること。
- 8) 試験時の弁棒に作用する荷重が測定できること。



部品番号	部品名称	材	材	材
1 弁 座	本文 8. (1) の規定による。		JIS H 5111 の BC6	
2 ふ た	11 ハンドル用スナット			
3 ヨーク	JIS G 5501 の FC20			
4 弁 体	本文 8. (2) X H (3) の規定による。			
5 ハンドル用	JIS G 5501 の FC20			
6 弁体付き弁座	本文 8. (3) の規定による。			
7 弁座付き弁座	本文 8. (3) の規定による。			
8 ハット用スナット	JIS G 5702 の FCMB28			
9 弁 座	本文 8. (5) の規定による。			
10 ヨーク用スナット	JIS H 5111 の BC6			

部品番号	部品名称	材	材	材
1 キヤップ	JIS G 5501 (おすみ部品) の FC20		JIS H 3423 (機油用鋼線) の FC20	
2 ピン	JIS H 3422 (機油用鋼線) X H		JIS H 5111 の BC6	
3 パッキン用スナット	JIS G 5501 の FC20		JIS G 5501 (炭素鋼線) の FC20	
4 プッシュ	JIS H 5111 (機油用鋼線) の BC6		JIS H 5111 の BC6 (H)	
5 パッキン用	JIS G 5501 の FC20		JIS G 5501 の FC20	
6 ばね付スナット	JIS H 3422		JIS G 3101 (一般用途用圧延鋼材) の SS41 又は	
7 パッキン	ナイロン又は塩化ビニル指定したもの		JIS G 4051 (機油用圧延鋼材) の SUS C	
9 弁 座	JIS H 5111 の BC6			

注 (1) フランジ形の配置との相違の寸法は、(1) 及び (1) を除き JIS G 5527 に一致する。ただし、記号は一致しない。
 (2) 1/4 インチの配置との相違の寸法は、(1) 及び (1) を除き JIS G 5526 に一致する。ただし、記号は一致しない。
 (3) つめ形の配置との相違の寸法は、JIS A 5520 の A 形に一致する。ただし、記号は一致しない。
 (4) 円形の配置との相違の寸法は、JIS A 5520 の B 形に一致する。ただし、記号は一致しない。
 (5) 参考値を示す。
 (6) 注文書の指定により、JIS G 4303 (ステンレス鋼線) の SUS 403 又は SUS 420 J2 のいずれかを使用することが出来る。

9) 供試弁の取付作業に支障がないこと。

などである。

図 1 の部品番号 ⑨、⑩は弁棒であるが、弁の開閉はこれを押下し、引き上げるにより行えるから、弁棒と油圧シリンダのピストンロッドとの間にロードセルをサンドウィッチした構造とした。

3. 油圧及び電気回路

3.1 油圧回路

図 2 が油圧回路図である。油圧シリンダ、流量制御弁、ロックバルブ、方向制御弁及び最高圧力 25 kgf/cm²、流量 12 l/min、タンク容量 20 l の汎用ユニットより成る。

3.2 機器の仕様

a) シリンダ

・ロッド径

座屈応力を考慮し、オイラーの理論式を使って次式によりロッド径を検討した。

$$d = 0.156 \ell^{1/2} (W/n)^{1/4}$$

$$\begin{cases} d: \text{ロッド径} \text{ mm} \\ \ell: \text{ロッドの長さ} \text{ mm} \\ W: \text{最大負荷} \text{ kgf} \\ n: \text{端末条件による定数} \end{cases}$$

$$d = 0.156 \times 200^{1/2} \times 2000^{1/4} \\ = 14.8 \text{ mm}$$

JIS B 8354 と市販品のカタログ標準寸法より、チューブ内径 100 のシリンダでロッド径は最小の 36 となるから、このシリンダで十分使用に耐えられる。

・シリンダ力

所内の汎用ユニットを使用する制約から、得られるシリンダ力にも限界があるため、選定した内径 100 のシリンダでのシリンダ力を計算した。

カタログより、ロッド側受圧面積 $A_1 = 68.3 \text{ cm}^2$ 、またヘッド側受圧面積は $A_2 = 78.5 \text{ cm}^2$ であるから、期待できるシリンダ力は次のとおりとなる。

$$F = A P \beta$$

$$\begin{cases} A: \text{ピストンの受圧面積} \text{ cm}^2 \\ P: \text{作動圧力} \text{ kgf/cm}^2 \\ \beta: \text{負荷率} (0.80) \end{cases}$$

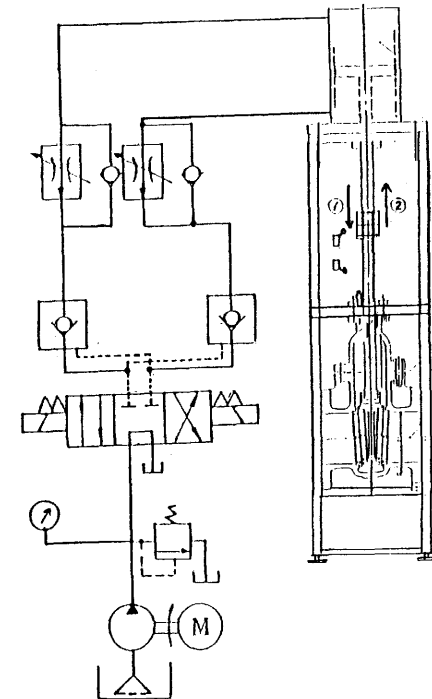


図 2 油圧回路

押側シリンダ力

$$F_1 = A_1 P \beta = 68.3 \times 25 \times 0.80 \\ = 1366 \text{ kgf}$$

引側シリンダ力

$$F_2 = A_2 P \beta = 78.5 \times 25 \times 0.80 \\ = 1570 \text{ kgf}$$

・シリンダの最大速度

$$V = 1000 Q / A$$

$$Q = \text{流量 } \ell / \text{min}$$

押側速度

$$V_1 = 1000 \times 12 / 68.3 = 175.7 \text{ cm/min}$$

引側速度

$$V_2 = 152.9 \text{ cm/min}$$

b) 制御弁

流量制御弁、ロックバルブ、方向制御弁は、取付スペース、空間スペースが大幅に縮少でき、回路の追加、変更が容易なモジュラー弁を選び、汎用ユニットに取り付けた。

選定したモジュラー弁は次のとおりである。

- ・電磁切換弁 DSG-01-3C2
- ・パイロットオペレートチェックモジュラー弁（A・Bライン用）MPW-01-2-40
- ・スロットルチェックモジュラー弁（A・Bライン・メータアウト用）MSB-01-X-30
- ・エンドプレート（ブロッキングプレート）MDC-01-A-30

3・2 電気回路

マイクロシーケンサは押ボタンスイッチやリミットスイッチ等を入力信号とし、電磁バルブ、ソレノイドなどの外部負荷を制御するものであり、無数のa、b両接点を持っているため、入出力リレーをプログラミングにより容易に使うことができる。しかも小形で取り扱いが非常に簡単である。開閉試験機の電気回路にマイクロシーケンサを使ったが、図3はその入出力の割付けである。

・入力

- ・リミットスイッチ 3個 LS1~LS3
- ・押釦スイッチ 7個 PBS, PBP, PBO, PB1~PB4
- ・タイマ、カウンタの入力信号 2個

・出力

- ・油圧モータ 1個
- ・電磁弁 2個 SOL1, SOL2
- ・AC 100V電源 1個

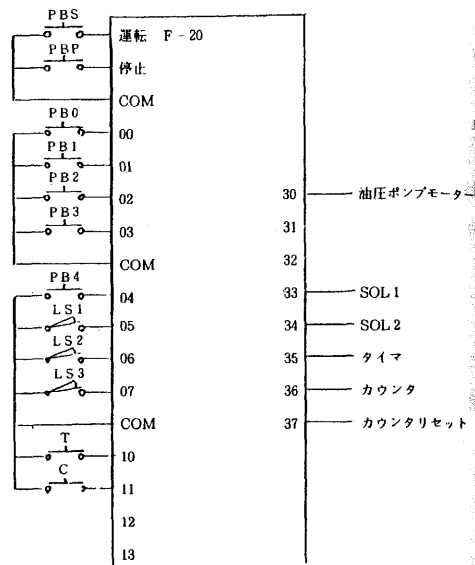


図3 入出力の割付け

・タイマ、カウンタの出力信号 2個

なお、使用する全ての入力信号はa接点（常開接点）である。

また、図4にシーケンサのコントロールフローを、表1にはプログラミングのコーディング結果を図5に電気回路を示した。

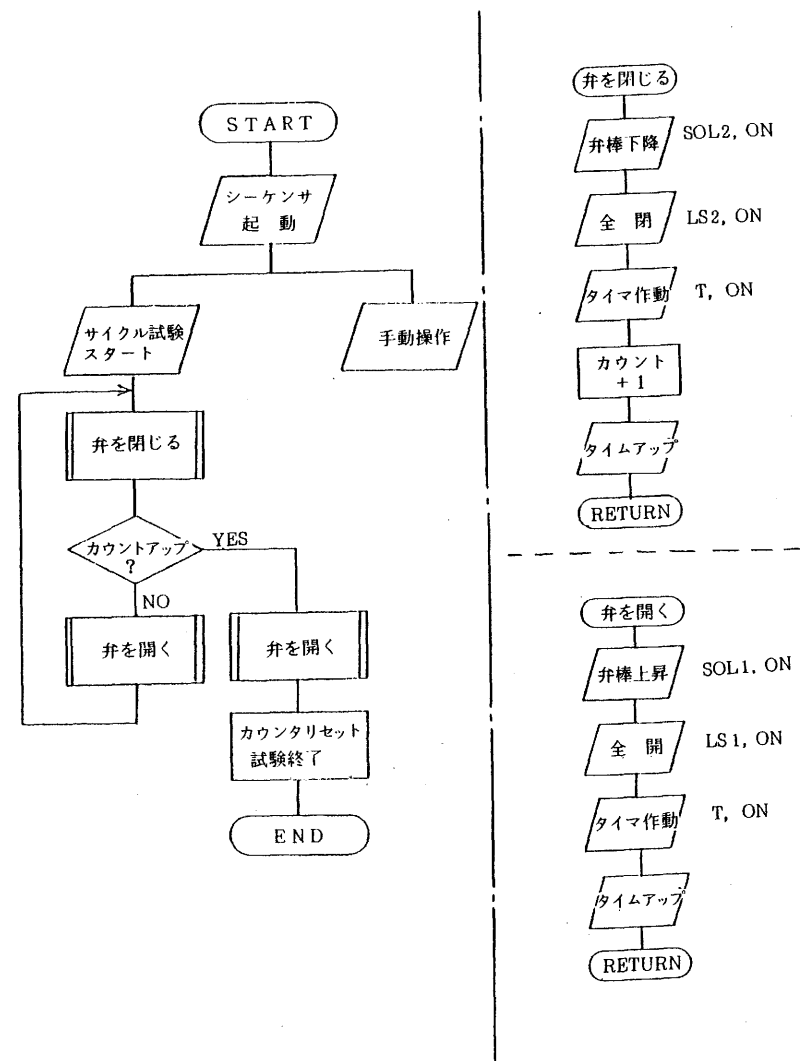


図4 シーケンサのコントロールフロー

- ・サイクル 159cycle
- ・半サイクル毎の停止時間 10sec
- ・開閉速度 0.05 cm/sec
- ・設定圧力 16.5 kgf/cm²
- ・最大負荷 560 kgf

また、試験時には弁棒に作用する抗力の他に弁箱配管側のフランジ面にダイヤルゲージを取り付け、配管方向への弁箱の開き度合を測定した。

図8は、サイクル試験結果である。図では、時間経過に伴う負荷状態及び弁箱のフランジ部の変位量を示しているが、サイクル数による違いはほとんどなく安定したサイクル試験が行われたことを示している。

図9については、あるサイクル数での1サイクルにおける荷重と変位量の関係を示した。

A(裏側)、B(表側)ともに弁が締め切る時とその逆の開き始める時は同一曲線上になく、複雑な曲線となっている。しかし、両方のフランジは同程度の開き具合(片側で約86 μ m)である。

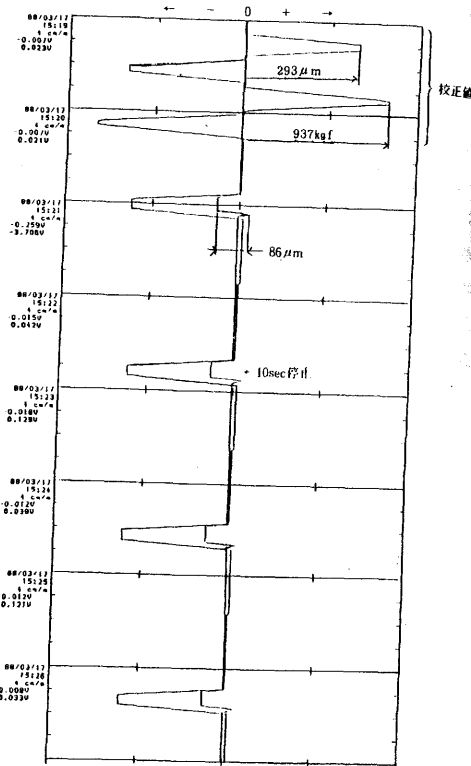
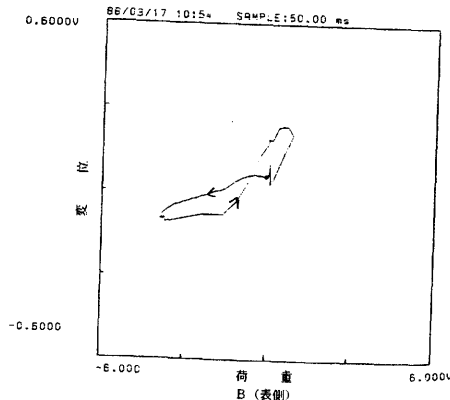
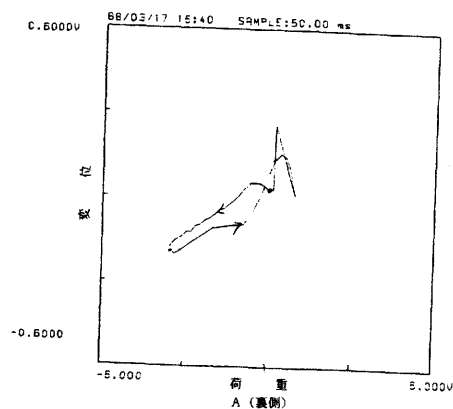


図8 サイクル試験 (JIS B 2062)



※ 表、裏は制御盤を表側とした場合である。
図9 荷重と変位量の関係 (規格品)

4.3 セラミック溶射弁体

図10のような工程で試作した溶射弁体を製品に組み込んで、前項4・2と同じ条件でサイクル試験した。但し、この場合、サイクル数は220まで実施した。

図11及び図12は規格弁の時と同様にし得たデータである。先の実験と大きく異なる点は、同等以上の負荷を与えているにもかかわらずフランジ部の開きあまり見られなかったことである。

(20 μ m以下の変動)

図10 弁体の溶射加工

弁体の加工と弁箱付弁座への面合せ

1. 弁体 (鋳肌状態)
2. " (黒皮取り) - 1 mm
3. 溶射 +0.5 mm
4. " (研磨) - 0.2 mm
5. 弁箱へ弁座を圧入してから、弁箱付弁座を溶射弁体に面合わせをして後、余分となった厚さ分だけ削る。
6. 弁体を弁箱に組込み、面合わせの状態を確認する。

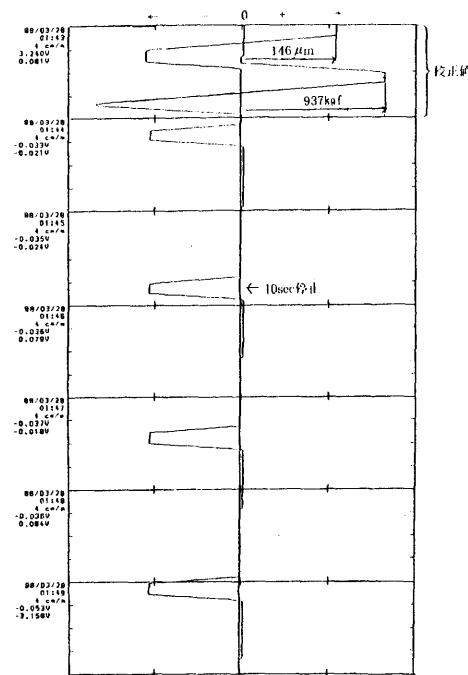


図11 サイクル試験 (溶射弁体)

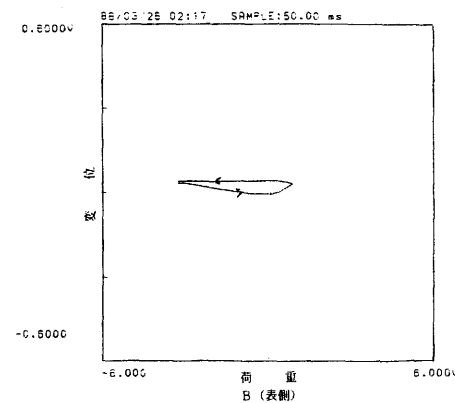
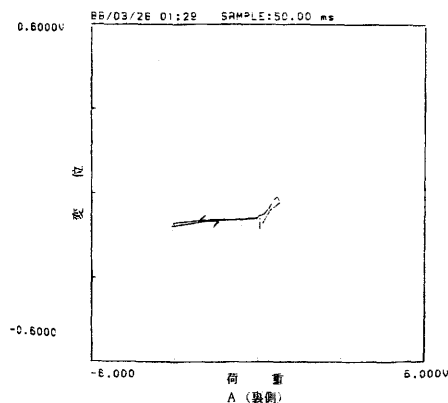


図12 荷重と変位量の関係 (溶射弁体)

5. 試験結果と考察

弁の開閉試験により、規格弁体と溶射弁体を比較した。

2個の弁体における弁座と溶射面の表面粗さは図13のとおりである。溶射面は規格弁座と同程度の表面粗さ(▽▽)がえられるようにダイヤモンド砥石で研磨している。しかし、規格弁座の方が幾分良いと言える。

一方、弁開閉のサイクル試験では、溶射弁体の方がフランジ部の開きが少なく良好な結果を得た。また、試験後に弁を分解して弁体の摺動面を目視観察したが、規格弁座の表面に多数の小さな摺動痕が見られたのに対して開発した溶射弁体は試験前とほとんど変わらなかった。

以上、単に弁を開閉させるサイクル試験の結果から、溶射弁体は十分実用に耐えうることが予想される。

さて、試験時の摺動特性について少し検討してみる。まず、表面損傷であるが、これは青銅鑄物とセラミックスの材質的な違いと考えて良いであろう。フランジ部の開きについては、材質と弁座の形状寸法の違いによって異なるものと思われる。つまり、溶射弁体は母材のFC弁体に直接溶射しているため、弁体の厚さが規格品より小さい。またその分だけ弁箱側の弁座が厚くなっている。他方の規格品は弁体、弁箱の両方にリング状の弁座が圧入されており、弁座の厚さも溶射弁体用の弁箱付弁座よりもかなり薄い。この結果、弁座に面圧が作用した時、この力が厚い弁座の方により大きく吸収されたものと思われる。

次いで図14は、サイクル試験の特徴的な部分を大きくしたものである。図8あるいは図11でも分るように、弁棒を上下する際に大きな力を必要とするのは全閉時である。そして図14から弁座に面圧に作用すると同時にフランジ部の開きも生じ、この変化は極めて敏感

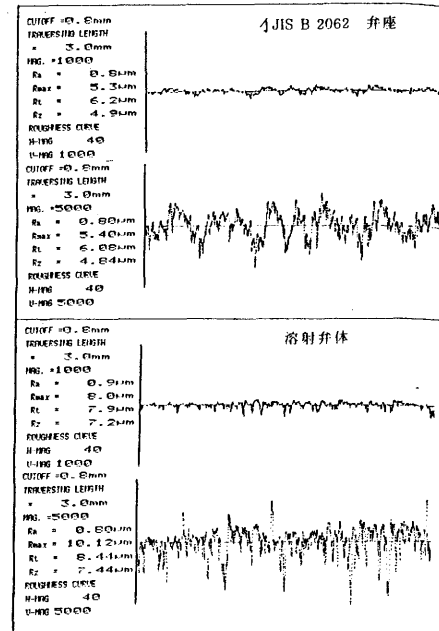


図13 表面粗さ

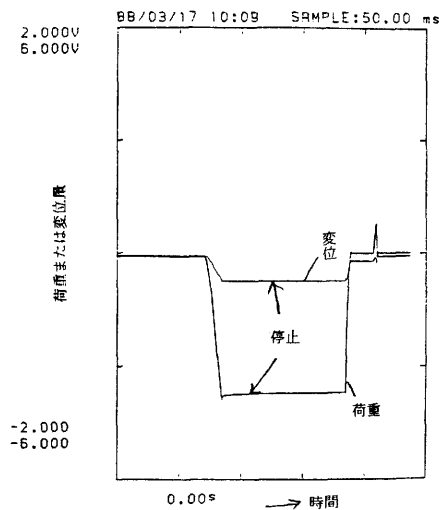


図14 全閉時の荷重と変位

に追隨している。従って、どちらか一方の値が分れば他の特性値を推定することが可能である。また固定治具の改善や試験条件の選定によって、より高精度な推定もできると考えられる。

6. まとめ

バルブ開閉試験機を試作し、開発したセラミック溶射弁体とJIS B 2062の弁体において弁開閉の比較試験を実施した。その結果は次のようにまとめられる。

- 1) サイズφ200mmまでの仕切弁の開閉試験が可能になった。また試験時の弁棒の引き上げ力、押し下げ力を最大2000kgfまで測定できるようになった。
- 2) 前年度に課題となっていたセラミックスのコーティング被膜を実際バルブの要部へ適用させ、製品における実用化試験を行うことが実現した。
- 3) 試作機によって、溶射弁体が弁の開閉に十分耐え得ることが明らかになった。さらに、その性能が非常に良好であった。

なお、今後の課題は同じ供試弁を使って弁座漏れ試験を実施すること、また試験片による溶射弁体のバックデータをとることである。

できれば、電動弁の弁棒との摺動部分に溶射技術を応用し、その効果を調べてみたいと考えている。

参考文献

- 1) 日本工業規格：JIS B 2044, 2062, 8354
- 2) 樋口英司：バルブ部品加工におけるLC化の研究、滋賀県立機械金属工業指導所業務報告書（昭和56年度）
- 3) 樋口・月瀬：マイコン制御による自動化に関する研究、滋賀県立機械金属工業指導所業務報告書（昭和57～59年度）
- 4) 森田栄一：機械技術者のための制御回路設計法
- 5) 油圧教育研究会編：油圧教本〔増補改訂版〕、日刊工業、1979
- 6) 日本油圧工業会編：実用油圧ポケットブック '77改訂版、日本油圧工業会、1977
- 7) 三菱電機株式会社：三菱マイクロシーケンサ（プログラムと導入の手引き）

業 務 報 告 書

平 成 元 年 10 月 発 行

滋賀県立機械金属工業指導所

〒522 滋賀県彦根市岡町52番地

TEL 0749-22-2325

FAX 0749-26-1779