



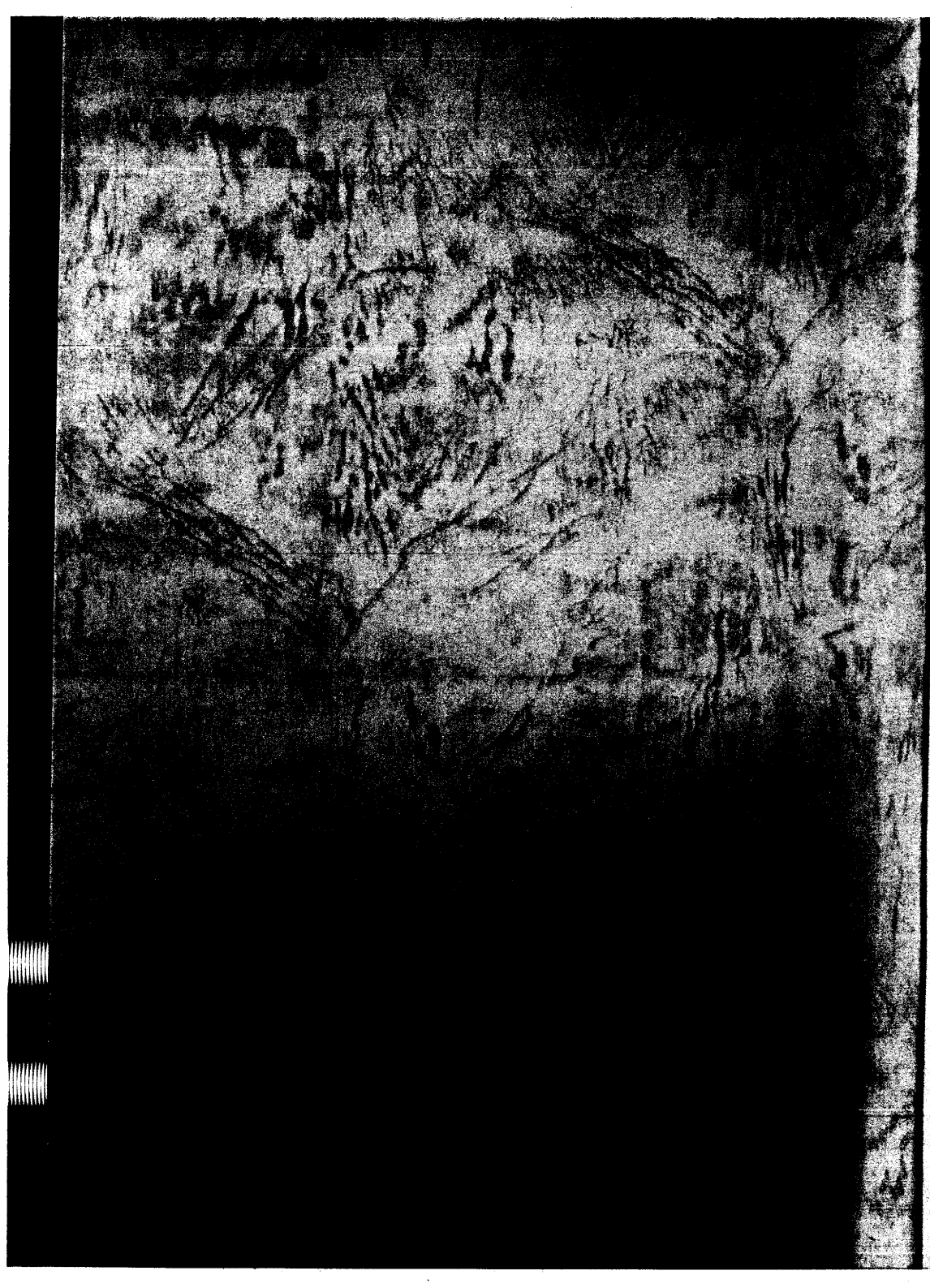
水色いちばん——滋賀です

業 務 報 告 書

平成5年度

滋賀県立機械金属工業指導所

彦根市岡町52番地



ま え が き

わが国の経済は依然として厳しい状況であり、円高、産業の空洞化、ASEAN諸国・中国の追い上げなど質的な転換期の真ただ中にある。

一方国内では、通信・放送をはじめあらゆる分野で規制の緩和が始まっている。

このような中で従来の産業が新しい分野と融業化し、そこに新しい形態のビジネスが生まれると共に既存の業態は次第に淘汰され、次第に姿を消していくこととなる。

しかし、厳しい時だからこそ技術の進歩があり、ビジネスがある。何がシーズか、ニーズか適確に見極め目標に向けて邁進する時であると思われる。

今年も昨年に引き続いて高機能バルブの開発について有限要素法による新しいアプローチで流体ならびに構造解析を行い数種の新しい分野の事実関係を立証することが出来た。

自動バルブの開発に至ってはようやくオリジナルなソフト開発が実り、完成までは至っていないが独自のものが開発出来る見通しである。また、省力化機械加工技術開発もCAD/CAMから最短時間で加工出来るシステム作りを行ってきた。

ここで、その実績を取りまとめましたので、御高質賜り、御意見いただければ幸いに存する次第であります。

平成 6 年 9 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	5
2 規 模	5
3 組 織	5
4 職 員	6
5 予算および決算	7
6 試験研究設備の整備状況	11
7 主要設備	12
II 依頼業務	
1 依頼試験数び手数料	19
2 設備使用件数および使用料	19
III 指導業務	
1 技術アドバイザー指導事業	23
2 一般巡回技術指導	23
3 簡易巡回技術指導	23
4 技術相談・指導	24
5 調 査	24
6 技術普及講習会	25
7 新技術技術者研修	25
8 出版刊行物	26
9 生産技術研究会	26
IV 研究業務	
1. パルプ製品の性能に関する研究	29
(パルプの強度解析について)	
2. CAEによる低キャビテーションパルプの開発研究(4)	44
3. 自動制御弁の開発研究	87
(ソフト開発とシュミレーション)	
4. CAD/CAMシステムによるパルプ加工の合理化・省力化研究	99
(CAD/CAMによる2.5次元加工の検討)	
5. 新素材活用に関する研究(1)	115
(材料技術に関する調査)	

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

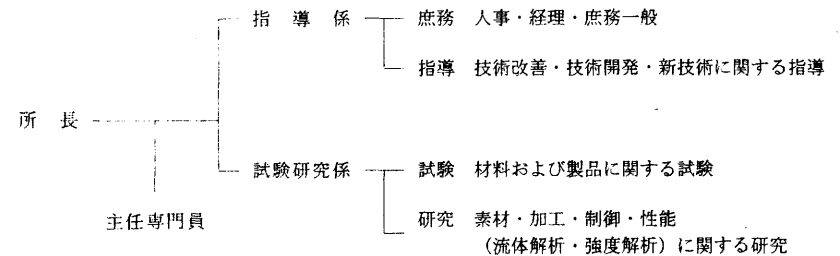
1. 沿革

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	パルプ性能試験装置を設置
昭和63年 4月	滋賀パルプ協同組合が庁舎に移転
平成 2年 3月	高機能パルプ開発実験棟を増築

2. 規模

敷地面積	3,400.69㎡
建物総面積	2,437.38㎡
本 館	1,017.96㎡（鉄筋コンクリート三階建）
実験棟 1	562.53㎡（鉄筋コンクリート補強ブロック平屋建）
実験棟 2	670.96㎡（鉄筋コンクリート補強ブロック一部二階建）
そ の 他	185.93㎡

3. 組織

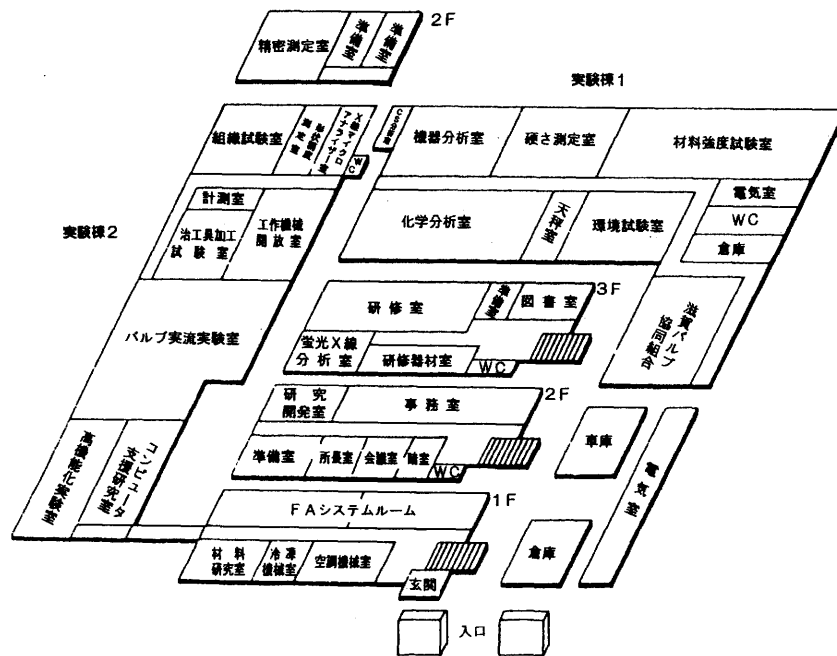


4. 職 員

4.1 職員構成

所 長	上 田 成 男
主任専門員	村 口 明 義
指 導 係	係 長 樋 口 英 司
	主 査 藤 田 芳 彦
	主 査 川 崎 雅 生
試験研究係	係 長 西 内 廣 志
	主 査 宮 川 栄 一
	主 査 酒 井 一 昭
	技 師 所 敏 夫
嘱 託	井 上 道 子

建物配置図



5. 予算および決算

(1) 平成5年度 歳入予算状況

(単位: 円)

科 目	款 項	目 節	予 算 額	調 定 額	収入済額	不 納 欠 損 額	収 入 未 済 額
			通 知 額				
06	使用料及び手数料		4,700,000	5,088,250	5,088,250	0	0
	01	使用料	700,000	728,550	728,550	0	0
		06 商工使用料	700,000	728,550	728,550	0	0
		05 機械金属工業指導所	700,000	728,550	728,550	0	0
	02	手数料	4,000,000	4,359,700	4,359,700	0	0
		04 商工手数料	4,000,000	4,359,700	4,359,700	0	0
		05 機械金属工業指導所試験	4,000,000	4,359,700	4,359,700	0	0
12	諸収入		141,000	141,000	141,000	0	0
	07	雑入	141,000	141,000	141,000	0	0
		05 雑入	141,000	141,000	141,000	0	0
		35 経営技術等研修講習受講料	141,000	141,000	141,000	0	0
合	計		4,841,000	5,229,250	5,229,250	0	0

(2) 平成5年度 歳出予算執行状況

(単位:円)

科 目					予 算 額	支出済額	残 額	備 考
款	項	目	節	細 節				
07	商 工 費				68,711,992	68,711,992	0	
	01	商 工 業 費			736,860	736,860	0	
		03	工業振興費		736,860	736,860	0	
			01	報 酬	396,000	396,000	0	
			08	報 償 費	55,000	55,000	0	
			09	旅 費	223,860	223,860	0	
			11	需 用 費	45,000	45,000	0	
				01	食 糧 費	9,000	9,000	0
				02	その他需用費	36,000	36,000	0
			12	役 務 費	17,000	17,000	0	
				02	その他役務費	17,000	17,000	0
	02	中小企業費			67,975,132	67,975,132	0	
		02	中小企業指導費		445,000	445,000	0	
			08	報 償 費	100,000	100,000	0	
			09	旅 費	48,000	48,000	0	
			11	需 用 費	282,000	282,000	0	
				01	食 糧 費	2,000	2,000	0
				02	その他需用費	280,000	280,000	0
			12	役 務 費	5,000	5,000	0	

科 目					予 算 額	支出済額	残 額	備 考
款	項	目	節	細 節				
				02	5,000	5,000	0	
				その他役務費				
			14	使用料及び賃借料	10,000	10,000	0	
		07	機械金属工業指導所費		67,530,132	67,530,132	0	
			01	報 酬	1,152,400	1,152,400	0	
			04	共 済 費	156,087	156,087	0	
			08	報 償 費	608,500	608,500	0	
			09	旅 費	2,467,652	2,467,652	0	
			11	需 用 費	17,175,159	17,175,159	0	
				01	食 糧 費	138,089	138,089	0
				02	その他需用費	17,037,070	17,037,070	0
			12	役 務 費	2,851,841	2,851,841	0	
				02	その他役務費	2,851,841	2,851,841	0
			13	委 託 料	5,333,474	5,333,474	0	
				01	電気保安業務委託	273,396	273,396	0
				02	恒温恒湿点検委託	195,700	195,700	0
				03	警備業務委託	553,728	553,728	0
				04	浄化槽等維持管理業務委託	370,285	370,285	0

科 目					予 算	支 出 済 額	残 額	備 考
款	項	目	節	細 節	令 達 額			
				05 ボイラー整備 検 査 委 託	122,260	122,260	0	
				06 火災報知設備保 安 検 査 委 託	36,874	36,874	0	
				07 排 出 水 の 分 析 委 託	131,016	131,016	0	
				08 冷凍機保安 点 検 委 託	168,405	168,405	0	
				09 飲料水貯水 槽清掃委託	48,410	48,410	0	
				10 解析ソフト 保守点検委託	3,433,400	3,433,400	0	
			14	使用料及び 賃 借 料	81,610	81,610	0	
			18	備品購入費	37,515,361	37,515,361	0	
			19	負担金補助 及び交付金	188,048	188,048	0	
				01 冷凍設備保安協 会 負 担 金	7,000	7,000	0	
				02 会議等負担金	178,048	178,048	0	
				03 社 会 保 険 協会負担金	3,000	3,000	0	
合 計					68,711,992	68,711,992	0	

6. 試験研究設備の整備 (平成5年度)

設 備 名	数量	型 式	製 造 者	備 考
シリアルデータスコープ	1式	SL-4701A	岩崎通信機(株)	日本自転車振興会 補助物件
制御ソフト開発ツール	1式	EVX388 PC-9821AP/U2	(株) ザックス	"
炭素硫黄同時分析装置	1式	CS-444	米国LECO社	"
ハードディスク装置	1式	S-4/10	富士通(株)	"
省人省力化CAMシステム	1式	オリベッティMC600	日本オリベッティ(株)	"
バルブ流体解析グリッド ジェネレータシステム	1式	ICEM/CFD	米国コントロール データ社	"

7. 主要設備

品 名	規 格	購入年月日	備 考
治 具 中 ぐ り 盤	三井精機製JBD型 No.3	38. 6.17	日本自転車振興会 補助物件
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-MCL2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	テー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	カルツアイスイエナ社製 MOD20/20	44.10.21	日本自転車振興会 補助物件
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
オートコリメーター	ニコン6D型	46. 8.16	"
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	"
高温鑄物砂試験機	東京衡機製力量500kg	47.10.31	"
直示式鑄物砂熱膨張計	小沢製作所製EOS-1	47.11.20	"
曝熱試験器	小沢製作所製MO-1	"	"

品 名	規 格	購入年月日	備 考
定電位電解分析装置	柳本製作所AFS-4 4連式	47. 9. 8	日本自転車振興会 補助物件
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	"
蛍光X線分析装置	理学電機興業製 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	"
自動平衡型温度記録計	千野製作所EK 100-06	53. 8.25	"
塗 型 用 噴 霧 器	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30kg f-m	54. 1.17	"
普 通 騒 音 計	(株)ノードS-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	"
分 光 光 度 計	島津製作所UV-150-02	54. 8.10	"
S T メ ー タ ー (残留ひずみ測定器)	福井技研標準型	54.10. 5	"
水 圧 ボ 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	(株)山崎精機製JVE-12	55. 8.10	中小企業庁補助物件
ピンボール探知器	(株)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(株)製 GX101、TYPE6132-1	55. 7.25	"
かじり摩耗試験機	(株)京都試作研究所製	55.10.31	"
空気圧実習装置	太陽鉄工(株)製 当所仕様	56. 7.30	"
ブリネル硬さ試験機	(株)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	(株)島津製作所製 オートグラフDCS-25T型	56. 9.19	"

品 名	規 格	購入年月日	備 考
電動ビッカース硬度計	(株)明石製作所製AVK-A型	56.10.31	日本自転車振興会 補助物件
高周波プラズマ分析装置	(株)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(株)MZ-2000	58.1.14	"
X線マイクロアナライザー	(株)島津製作所製EPM-8101	58.11.21	"
小型超低温恒温器	タバイエスベック(株)製 MC-71型	58.11.22	"
微小硬度計	(株)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(株)COS-5060	58.7.29	県 単
マイクロロボットムーブ マスタ	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	"
検力器負荷式 応力腐食試験機	東京衡機製ブルーフリング型	60.12.10	"
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 単
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(株)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	62.1.10	"
写真複写機	(株)宮崎 MC-1P	62.7.14	県 単
金属顕微鏡用照明装置	(株)モリテックス NRG-48-1000S	62.7.14	県 単

品 名	規 格	購入年月日	備 考
バルブ性能試験装置 本流量変位測定器	日本科学工業(株) ジェック(株) 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(株) 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 単
重金属廃水処理装置	同和鉱業(株) LIP-20AHI	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	(株)島津製作所 200型	63.7.28	"
XYプロッター	(株)ファナック A3	63.9.14	"
摩耗テスター	日本コントラクター(株)製 OP-300	元.7.31	日本自転車振興会 補助物件
振動騒音解析装置	(株)小野測器製 CF-360	元.8.30	"
ビデオモニター	松下電器産業製 NV-DS1	元.5.16	県 単
パーソナルコンピュータ	日本電気(株)製 PC-9801-RX21	2.1.19	"
バルブ流体解析CAEシステム ソフトウェア ハードウェア	米国Creare.x社製FLUENT/BFC 富士通(株)製S-4/1	2.12.25	中小企業庁補助物件
バルブ設計CAD/CAMシステム ソフトウェア ハードウェア	オートデスク(株)製AutoCADGX-III 日本電気(株)製PC-H98model70-002	2.11.30	"
水中マイクロホン	B&K社製 8103	2.10.5	県 単
溶存酸素計	電気化学計器(株)製 DOL-40	2.8.20	"
ドラフトチャンバー	(株)ダントン製 DP-5	2.9.14	"
純水製造装置	島津理化学器械(株)製 SWAC-500	2.6.15	"
精密万能投影機	(株)ニコン製 V-12A	2.12.25	"
ビデオカメラ	松下電器製 NV-M900	3.2.18	"
電磁式膜厚計	サンコウ電子SL-120C	3.3.22	"

品 名	規 格	購入年月日	備 考
C N C 旋 盤	(株)オークマ製 LB25C型	3.11.15	日本自転車振興会 補助物件
平 面 研 削 盤	(株)長瀬鉄工所製 SGC-95型	3.11.20	"
表 面 粗 さ 測 定 器	(株)小坂製作所 SE-30AK	3.10.4	"
真 円 度 円 筒 形 状 測 定 器	(株)小坂製作所 EC-307B	3.10.4	"
アナライジングレコーダ	横河電気(株)製 AB3200型	3.11.29	"
強 度 解 析 シ ス テ ム	EMRC社製 NISAII	4.1.31	"
排 ガ ス 洗 浄 装 置	セイコー化工機(株)製 SYS-20SP	3.8.30	県 単
シ ョ ア 硬 度 計	(株)今井精機製 D-D型	4.1.31	"
キ ャ ス 試 験 機	スガ試験(株)製 CASSER -ISO-3	4.3.24	"
液 晶 プ ロ ジ ェ ク タ ー	シャープ(株) CU-SX1	4.6.20	"
ス ト ロ ボ ス コ ー プ	(株)菅原研究所 MF-80	4.8.30	"
摩 擦 摩 耗 試 験 機	(株)オリエンテック EFM-III-EN	4.10.30	"
バルブ流体解析アニメーションシステム	コベルコシステム(株) FIELD-VIEW Version 3.2他	4.12.8	"
制 御 ソ フ ト 開 発 ツ ー ル	(株)ザックス EVX388 PC-9821AP/U2	5.9.29	日本自転車振興会 補助物件
シリアルデータスコープ	岩崎通信機(株) SL-4701A	5.8.27	"
省人省力化CAMシステム	日本オリベッティ(株) オリベッティMC600	5.10.29	"
バルブ流体解析 グリッドジェネレータシステム	米国コントロールデータ社 ICEM/CFD	5.11.30	"
ハ ー ド デ ィ ス ク 装 置	富士通(株) S-4/10	5.10.3	"
炭素硫黄同時定量装置	米国LECO社 CS-444	5.9.30	"

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

1. 依頼試験数および手数料

手数料 4,359,700円

(1) 材料試験 981試験

(内 訳)	抗 折	55試験
	引 張	352 "
	耐力・降伏点	76 "
	伸 び	227 "
	硬さ (H B)	170 "
	硬さ (その他)	10 "
	そ の 他	91 "

(2) 分析試験 190試験

(内 訳)	ね ず み 鋳 鉄	31試験
	球状黒鉛鋳鉄	14 "
	青 銅 鋳 物	94 "
	そ の 他	51 "

(3) その他の試験 277試験

(内 訳)	組 織 試 験	104試験
	その他の試験	173 "

(4) 成績書複本 192通

(内 訳)	和 文	136 通
	欧 文	56 "

2. 設備使用件数および使用料

使用料 728,550円

(内 訳)	25 t オートグラフ	99 回
	100 t 万能試験機	158 "
	ブリネル硬度計	93 "
	高周波プラズマ分析装置	82 "
	C S 同時定量装置	16 "
	電 子 天 秤	52 "
	そ の 他	131 "
	計	5,088,250円

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・指導
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

1. 技術アドバイザー指導事業

指 導 内 容	担当アドバイザー
金型材料の品質改善と素材開発について	辻 秀 夫
温度による膨張について	竹 下 常 四 郎
ボイラーの多角的有効利用の方法について	山 下 等
既存の空圧パイロット機構に代わる新しい機構について	竹 下 常 四 郎
バタフライ弁箱の軸芯穴の加工法について	小 林 基 材

2. 一般巡回技術指導

1. 流量調整用のバタフライバルブの構造と特徴、および設計製作の基礎知識について

実 施 日 平成5年6月3日(木)

指 導 員 中石 実 氏

指 導 班 主査 宮川 栄一

2. 青銅鑄物の鑄造技術と材料強度に関する基礎知識、および現場での製造技術について

実 施 日 平成5年7月21日(木)、26日(月)

指 導 員 関西大学工学部材料工学科 助教授 小林 武 氏

指 導 班 試験研究係長 西内 広志

主 査 宮川 栄一

技 師 所 敏夫

3. 超音波硬度計を用いたバルブ材料の硬度測定に関する基礎知識、および現場での製品のままでの測定技術について

実 施 日 平成6年3月2日(木)、3日(木)

指 導 員 川崎アドバンテック株式会社 主任部員 金川 良孝 氏

指 導 班 試験研究係長 西内 広志

主 査 宮川 栄一

技 師 所 敏夫

3. 簡易巡回技術指導

指 導 対 象 平成元年および4年度設備貸与企業等

期 間 平成5年11月4日(木)～12月1日(木)

指 導 員 三菱マテリアル株式会社 梶川 隆司 氏

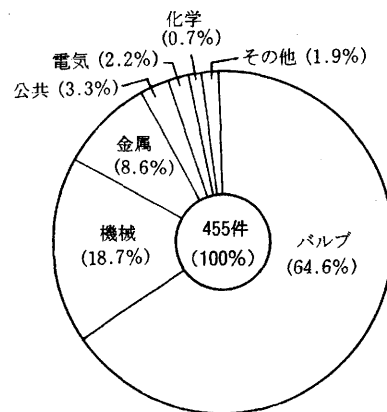
指 導 企 業 15 社

4. 技術相談・指導

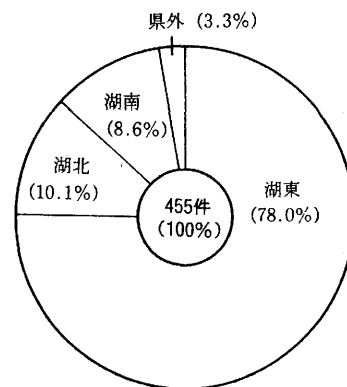
(1) 専門分野別件数

項 目	件 数	比 率	項 目	件 数	比 率
金 属 材 料	35	7.6%	設備貸与・設備近代化	28	6.1%
熱 処 理 技 術	14	3.0%	流 体 解 析	23	5.0%
機 械 加 工	32	7.0%	強 度 解 析	26	5.7%
試 験 法	132	29.0%	C A D / C A M	5	1.1%
鑄 造 技 術	7	1.5%	実 地 指 導	5	1.1%
金 属 組 織	17	3.8%	そ の 他	62	13.8%
分 析 技 術	29	6.5%	計	455	100.0%
防 食 技 術	40	8.8%			

(2) 業 種 別



(3) 地 域 別



5. 調 査

- (1) 彦根パルプ動向調査 21企業 (4回/年)
- (2) 制度融資等にかかる事前調査
 - 設備機械貸与調査 9企業
 - 設備近代化資金貸付診断調査 ... 2企業

6. 技術普及講習会

年 月 日	内 容	講 師	場 所	参加人員
5. 6. 10	I S O 9001認証取得のポイント	ヤンマーディーゼル(株) 金子 浩一、山崎 真	指導所 研修室	55人
5. 9. 21 5. 9. 22	測定器の精度チェックと定期点検	ミットヨ計測学院 小路 忠臣	"	28人
5. 11. 17	平成4年度研究発表会	当 所 職 員	"	19人
6. 1. 27	形状記憶合金の現状と将来展望	龍 谷 大 学 江南 和幸	"	25人
6. 1. 27	中小企業における I S O 9000シリーズの取得活動	(株)三和鉄工所 池田 広司	"	47人

7. 新技術技術者研修

- (1) コース名 測定器の精度チェックと定期点検
- (2) 研修期間および時間数
平成5年7月1日(木)、2(金)、12時間
- (3) 場 所 滋賀県立機械金属工業指導所
- (4) 受講者および修了者
受講者 30名
修了者 29名
- (5) 講 師 ミットヨ計測学院
小 路 忠 臣
- (6) 科目と時間配分

実施日	時 間	科 目	講 師	内 容
7. 1 (木)	10:00 12:00	測定器の使用上の注意	ミットヨ計測学院 小 路 忠 臣	測定器を使用する上での 基礎知識、測定条件 (講義)
	13:00 17:00	マイクロメータ・ノギス・ ダイヤルゲージ		測定器のしくみと機能 (講義・実習)
7. 2 (金)	10:00 12:00	測定器の定期検査 と計量管理	同 上	測定器の管理方法と 定期検査の方法 (講義)
	13:00 17:00	測定器の精度点検要領 と定期点検		マイクロメータ・ノギス・ ダイヤルゲージの精度チェッ クの方法 (実習)

8. 出版刊行物

平成4年度業務報告書

SHIGA機工指ニュース No45、No46

9. 生産技術研究会

- (1) 会 長 沢 田 満 (角 田 鉄 工)
幹 事 加 藤 光 雄 (安治川鉄工建設)
清水 重 信 (協 和 工 業)
山 崎 春 美 (昭和バルブ製作所)
沢 村 直 幸 (沢村バルブ工業)
松 井 繁 徳 (大日本スクリーン製造)
村 上 宜 規 (大 洋 産 業)
浜 口 浩 一 (宮 部 鉄 工)
村 口 明 義 (機械金属工業指導所)
会計幹事 飛 田 全 彦 (飛 田 機 工)
川 崎 雅 生 (機械金属工業指導所)
事務局 樋 口 英 司 (機械金属工業指導所)

(2) 事 業 概 要

- ア 技術講習会 3回
イ 工場見学 2回
ウ 幹 事 会 5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
(バルブの強度解析について)
2. CAEによる低キャビテーションバルブの開発研究(4)
3. 自動制御弁の開発研究
(ソフト開発とシュミレーション)
4. CAD/CAMシステムによるバルブ加工の合理化・
省力化研究
(CAD/CAMによる2.5次元加工の検討)
5. 新素材活用に関する研究(1)
(材料技術に関する調査)

バルブ製品の性能に関する研究 (バルブの強度解析について)

指導係 主査 川 崎 雅 生

1. は じ め に

仕切弁は、配管系統において最も一般的に使用されているバルブである。全閉時には、流体の差圧により弁体を弁座に押しつけシール性を保ち、また全開時には、流路に弁体が残らないため圧力損失が少ない利点があり、主として管路の遮断用バルブとして広く使用されている。しかし、仕切弁の弁体部分は、内圧、配管応力等による変形のためシート漏れを起こすという欠点がある。そのため流体の漏れをおこさないためには、弁箱の変形を小さくおさえ、たわみの少ないものにする必要がある。

弁箱はこのように重要な部分であり、これまでにその強度解析については、材料力学に基づく理論解析などが行われてきたが、その形状が複雑なためある種の仮定のもとに行なわれたものが多く、十分に解明されているとは言い難いところである。一方、コンピュータを使用した数値解析の手法として用いられる有限要素法（FEM）は、比較的精度良く解析できることが知られているが、計算量の多さから大型の計算機を必要としていたため、適用分野も限られていた。しかし、最近ではパソコンやワークステーションの発達により、FEMによる解析も身近なものになりつつある。

本研究では、バルブ製品に対して強度解析を行い、強度解析技術の向上とバルブの性能を向上させることを目的としている。強度解析技術が向上すれば、試作品を作る回数も削減でき、開発期間を大幅に短縮することができる。本年度は、JWWA（日本水道協会規格）B122 水道用ダクタイル鋳鉄仕切弁について解析を行い、その結果について検討したのでその概要を報告する。

2. 解析及び実験の概要

FEMによる解析結果の信頼性を確認するためには、解析結果と実物から得られた実験データとを比較することが考えられる。ここでは、平成4年度の研究成果¹⁾に基づいて試作された、呼び径300のバルブに補強用の垂直リブをつけたモデルについて解析を行い、あわせて、歪みゲージ、レーザーホログラフィによる実験データと比較することにした。

2.1 JWWA B122 水道用仕切弁

図1に試作バルブの主要寸法を示す。材質はFCD450であり、本来は2種・3種（呼び圧力7.5k、10k）用に設計されたものであるが、現在、彦根地区の水道バルブメーカーで4種・5種（呼び圧力16k、20k）用に適用できないかと検討されているものである。現在の検討課題は、弁座の変形に水漏れを抑えるためにリブをもうけてはどうか、という点である。

2.2 解析モデルの概要

文献²⁾によれば、仕切弁の変形については弁箱の上半分には発生する影響が大きいことがわかる。そこで、解析の効率化を図るために、弁箱胴の上半分について解析を行なうことにした。ただし、バルブの対称

性から、さらにその1/4（縦方向に4分割）をモデリングした。解析モデルの輪郭を図2に示す。バルブの材質は、FC D 450なので、縦弾性係数147 GPa、ポアソン比0.27を採用³⁾した。また、図2の斜線で示す部分は、強度試験で用いられ

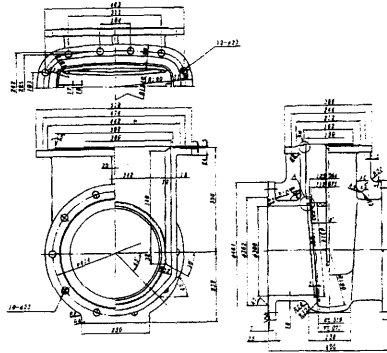


図1 垂直リブ付き水道用バルブ

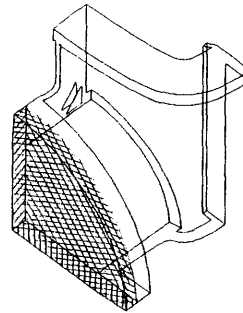


図2 解析モデルの輪郭

るフランジふたであり材質がSS 400なので縦弾性係数206 GPa、ポアソン比0.3を採用した。

FEMによる解析結果に大きな影響を与える境界条件については、下記のように設定した(図3-1)。

- 1) 内圧を考慮する場合は、弁箱内面から面の法線方向に2.94MPaを加える。
- 2) ボルト締め付けトルクを考慮する場合は、M20のボルトを176 N・mのトルクで締め付けるため、ボルト1本当たり30,429Nの力を発生する⁴⁾としてボルト周辺に4分割して加える。また、これに対して弁箱のふたから反力を受けるとして、ふたフランジの内周部分に反対方向の力を加える。
- 3) 弁箱を縦に4分割したモデルであるため、縦の分割面においては法線方向には変位しないことと法線軸以外の軸方向には回転しないことを拘束条件として与える。
- 4) バルブは、高圧試験時、接続フランジの下部のみで支えられているため、モデリングを行った接続フランジの外側下部が垂直方向には変位しないという拘束条件を与える。

解析用ソフトとしてNISA IIを使用しており、ソリッドモデルを用いて解析を行った。図3-2にメッシュ分割した様子を示す。

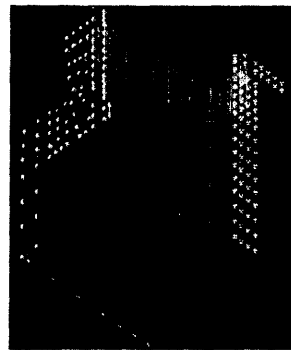


図3-1 解析モデルの境界条件

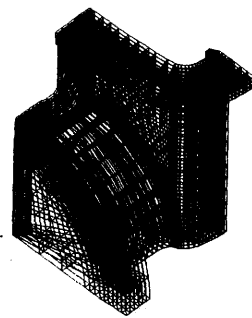


図3-2 解析モデルのメッシュ分割図

2.3 歪みゲージによる強度試験の概要

図4に、歪みゲージの張り付け位置及びダイヤゲージによる変位測定位置を示す。実験では、水圧試験機を用いて、最高2.94MPaをかけた。

2.4 レーザホログラフィによる実験の概要

図5にレーザホログラフィによる実験の様子を示す。レーザホログラフィによる、変位の測定原理については、文献2に詳しいので参照されたい。レーザホログラフィによる実験では、前年度の垂直リブ無しの試作バルブの変位も測定した。これにより、垂直バルブの有無による変位量の違いが目で確認することができる。実験では、コンプレッサにより空圧を最高0.49MPaまでかけた。

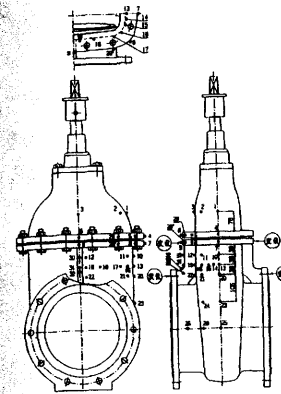


図4 歪みゲージ張り付け位置と変位測定位置

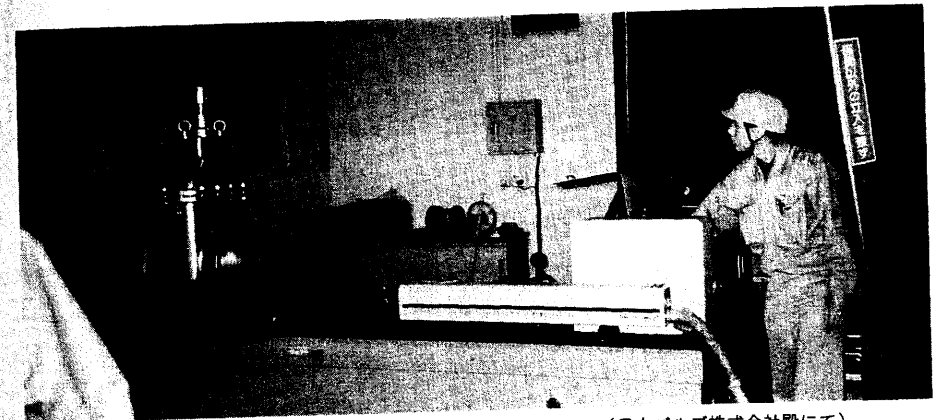


図5 レーザホログラフィによる実験の様子 (日立バルブ株式会社殿にて)

3. 実験結果

3.1 応力値

一般に高圧試験を行う場合、ふたフランジをボルトで締め付けた後の状態を歪み応力0とすることが多い。しかし、今回の実験では、ボルト締めトルクの影響も考慮するため、ボルト締め前の状態を歪み0とする試験も行った。

表1に主な部分の主応力1の測定結果を示す。垂直リブ中央部(表1のNo31)は、ボルト締め付け後(締め付けトルク176 N・m)の状態を0とした場合には、内圧2.94MPaを加えた状態で288 MPa

となっているが、ボルト締め付け前の状態を0とした場合には420 MPaに達している。これは、ボルトを締め付けた段階で82MPaの応力が垂直リブに加わるためであり、内圧による弁箱の変形とボルト締め付けによる変形が相乗効果となって応力を増大させたと考えられる。一方、ふたフランジの側面中央部（表1のNo.9）においては、ボルト締め付け後の状態を0とするよりも、ボルト締め付け前の状態を0とするほうが応力が少ない。これは、ボルト締め付けによる影響が、内圧による発生応力を減少させる方向にでているためと考えられる。

表1 高圧試験結果（主応力1）

測定条件	No.31		No.9		No.30	
測定点	条件1	条件2	条件1	条件2	条件1	条件2
ボルト締め付けトルク=0 内圧=0	0 MPa	---	0 MPa	---	0 MPa	---
ボルト締め付けトルク=176 N・m 内圧=0	82 MPa	0 MPa	3 MPa	0 MPa	51 MPa	0 MPa
ボルト締め付けトルク=176 N・m 内圧=2.94MPa	420 MPa	288 MPa	147 MPa	155 MPa	183 MPa	136 MPa

*条件1：ボルト締め付けトルク=0の状態を歪み0とした場合

*条件2：ボルト締め付けトルク=176 N・mの状態を歪み0とした場合

3.2 変位量

ダイヤゲージは、ボルト締め付け後の状態を変位0とした。なお、ダイヤゲージ付近に設けられた変位センサーによれば、ボルトを176 N・mで締め付けた段階で、ふたフランジ側面中央部は内側に約60 μ mへこんでいることになるが、これは3.1で述べた現象とも一致する。表2に示すように、ボルト締め付け後の状態を変位0とすると内圧を2.94MPa加えた段階でふたフランジ、接続フランジともに約430 μ mの変位が発生する。

表2 高圧試験結果（変位：マイナスは内側向き）

測定条件	ふたフランジ部				接続フランジ部	
	変位センサー		ダイヤルゲージ		ダイヤルゲージ	
	条件1	条件2	条件1	条件2	条件1	条件2
ボルト締め付けトルク=0 内圧=0	0 μ m	---	---	---	---	---
ボルト締め付けトルク=176 N・m 内圧=0	-57 μ m	0 μ m	0 μ m	0 μ m	0 μ m	0 μ m
ボルト締め付けトルク=176 N・m 内圧=2.94MPa	376 μ m	423 μ m	444 μ m	418 μ m	439 μ m	415 μ m

*条件1：ボルト締め付けトルク=0の状態を歪み0とし、上流側と下流側を平均したもの

*条件2：ボルト締め付けトルク=176 N・mの状態を歪み0とし、上流側と下流側を平均したもの

図6-1～図6-4は、レーザホログラフィによるバルブの変形の様子を示したものである。図6-2をみると内圧による変形が、垂直リブの中央付近から大きく発生しているのがわかる。この変形は、弁箱外側への膨らみであることが確認できた。文献2によると、干渉縞の1ピッチが0.26 μ mの変位に

相当しており、接続フランジ上部では、内圧0.49MPaで295本発生した。この変形が2.94MPaまで比例すると仮定すれば、接続フランジ上部で約460 μ mの変形が発生することになる。また、図6-1に示す弁箱正面の変形は、弁箱内側への変形であり、その最大変位は2.94MPaの内圧に対しては140 μ mになると考えられる。図6-4、図6-3に示す前年度試作したリブ無しのB122の変位量は、同様にそれぞれ505 μ mと187 μ mになると考えられる。これにより、垂直リブの変位に対する効果が確認できた。



図6-1 バルブの変形の様子
（垂直リブ付き、正面）

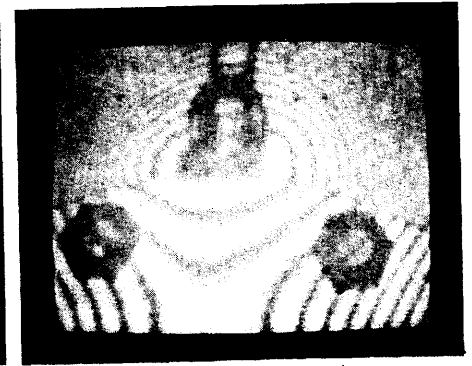


図6-2 バルブの変形の様子
（垂直リブ付き、側面）



図6-3 バルブの変形の様子
（リブ無し、正面）



図6-4 バルブの変形の様子
（リブ無し、側面）

4. FEMによる解析結果

4.1 応 力 値

図7-1～図7-3に、主応力の分布状況を示す。3.1で述べたように、ふたフランジをボルトで締め付けた場合の影響も解析するために、図7-1は、ボルトによる締め付けトルクだけで解析したものであり、図7-2は、ボルトによる締め付けトルクと2.94MPaの内圧を加えた解析結果である。図7-3は、ボルト締め付けトルクを考慮しない（トルク=0とした）解析結果である。

図7-1をみると、ボルトを締め付けただけで、83MPaの応力が垂直リブに発生することがわかる。これは、3.1の実験結果（表1のNo31条件1）ともほぼ一致する。従って、高圧試験におけるボルト締め付けトルクの影響（応力に関して）を、FEMによる解析においても確認できたと考えられる。同じく図7-2をみると、垂直リブ中央付近で394MPaの応力が発生することがわかる。3.1の実験結果（表1のNo31条件1）では、420MPaとなっているがこれとも基本的には一致すると考えられる。従って、ボルト締め付け前の状態から、ボルト締め付けを行って内圧を加えたトータルの応力を測定した場合の実験と、ボルト締め付け力を考慮したFEMによる解析が対応すると思われる。

さらに図7-3は、ボルト締め付け後の状態を0として実験したデータと比較することが考えられる。図7-3の垂直リブ中央で312MPaの応力が発生することがわかる。これを3.1の実験結果（表1のNo31条件2）と比較すると、対応する応力が288MPaであるからほぼ同じと考えられる。これにより、応力に関してはボルト締め付け後の状態を0として測定する実験と、ボルト締め付け力を考慮しないFEMによる解析が対応すると思われる。

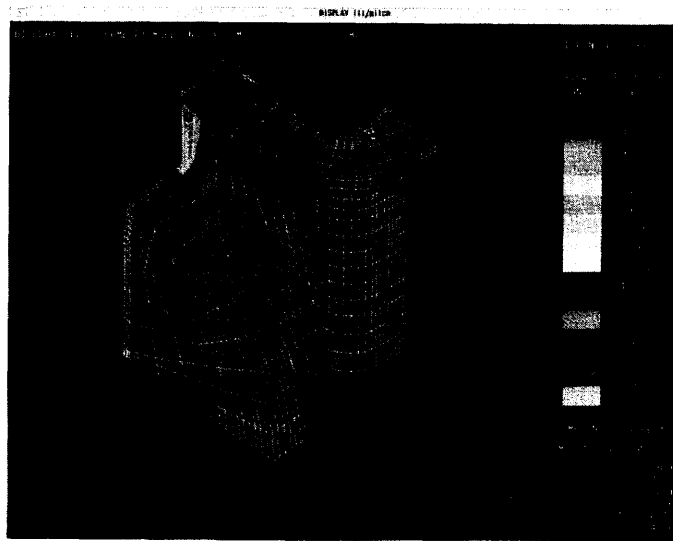


図7-1 ボルト締め付けトルクによる応力分布

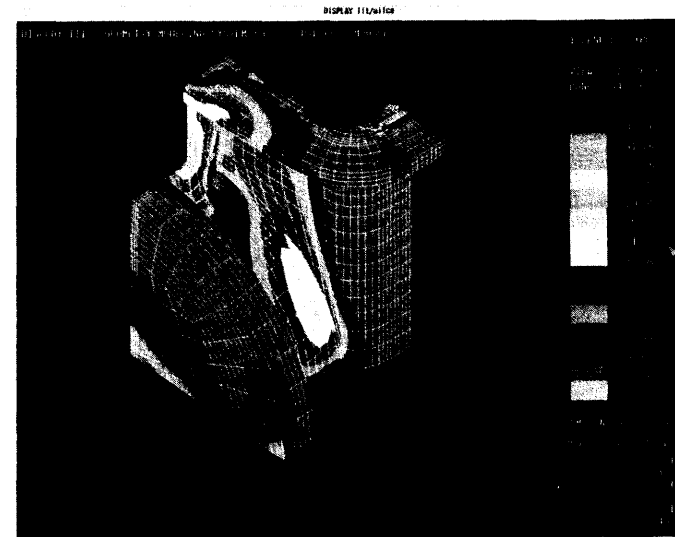


図7-2 ボルト締め付けトルクと内圧による応力分布

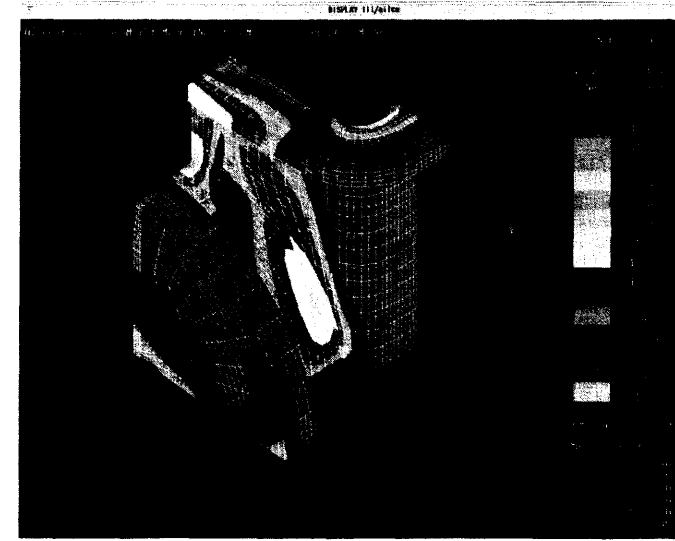


図7-3 内圧による応力分布

4.2 変 位 量

図8-1に、弁箱（正面方向）の変位の様子を解析した結果を示す。図6-1のレーザホログラフィによる実験結果と比較すると、全体的な変位の様子が一致していることが確認できる。図8-2は弁箱側面方向への変位の様子を解析したものであるが、接続フランジふたを弁箱と一体物として解析したために、図6-2とはふたの部分で少し異なっている。ただし、図8-3の仕切弁を閉めた状態での、弁箱側面への変位の様子を示すレーザホログラフィによる実験結果とは良く一致する。これは、接続フランジふたがバルブ接続フランジの変位をそのまま受けて変化した場合の解析結果となっていることを示す。現実には、接続フランジふたは、接続フランジにOリングを付けてボルト締めされており、接続フランジとの間に若干のすきまがあるため、図6-2のように変形すると考えられる。

表3に、主な点の弁箱側面方向への変位量を示す。3.2の実験結果や表2と比較して、FEMによる解析結果は、傾向は同じであるが、ダイヤルゲージによる測定430 μm となっている部分で、約600 μm の変位が発生するなど大きめの数値になっている。

表3 FEMによる解析結果（バルブ側面方向の変位）

測定条件	接 続 フ ラ ン ジ 上 部	ふ た フ ラ ン ジ 上 部	弁 座 上 部
ボルト締め付けトルク = 176 N・m 内圧 = 0	21 μm	-62 μm	20 μm
ボルト締め付けトルク = 176 N・m 内圧 = 2.94 MPa	602 μm	544 μm	508 μm
ボルト締め付けトルク = 0 N・m 内圧 = 2.94 MPa	581 μm	615 μm	488 μm

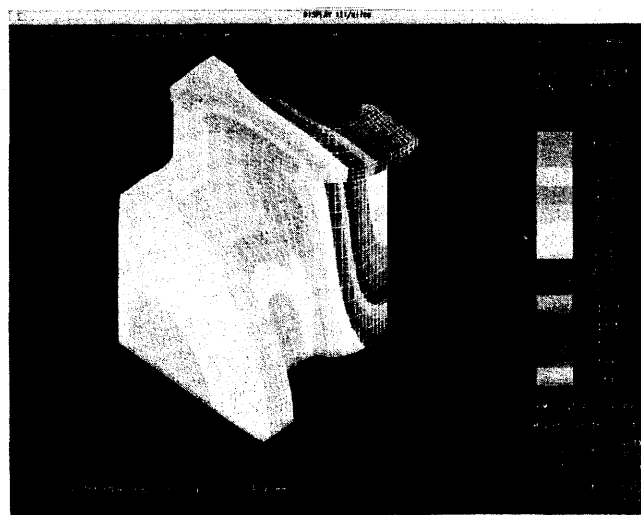


図8-1 内圧による弁箱正面方向の変形（解析）

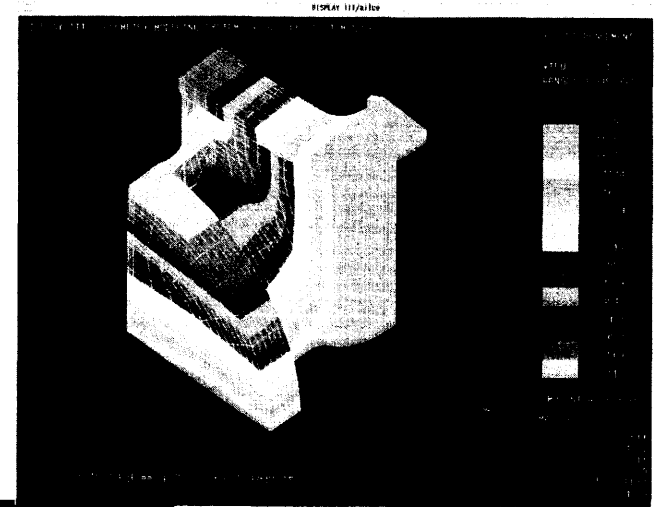


図8-2 内圧による弁箱側面方向の変形（解析）

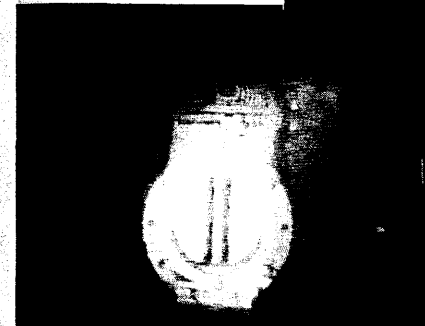


図8-3 内圧による弁箱側面方向の変形
（レーザホログラフィ）

5. 高性能バルブの検討

実験結果やFEMによる解析結果からも明らかなように、図1に示すバルブを4種・5種に適用するには、応力値が高すぎると弁座部分の変位が大きく発生するため、水漏れを抑えられないと思われる。ここでは、従来のB 122の規格のなかで、リブによる補強を検討する。

なお、境界条件は2.2と同様にしてある。

5.1 水平リブ補強型

図9のNo.1～No.4は、水平リブをB 122に付ける場合の作業性を考慮した限界寸法に近く、これらのリブを加えた場合の最大応力や変位の大きさFEMにより求め、最適なリブを検討するための資料としたものであり、解析結果を表4に示す。

表4から、水平リブについては弁座の変位などを考慮すれば、No.2のタイプが最も効果的であると判断され、水平リブを設ける場合にNo.2に近いほうが良いことがわかる。ただし、水平リブだけの補強の場合には、応力集中はある程度さけられるが、変位を抑えるという点ではあまり効果がないと考えられる（文献1）。

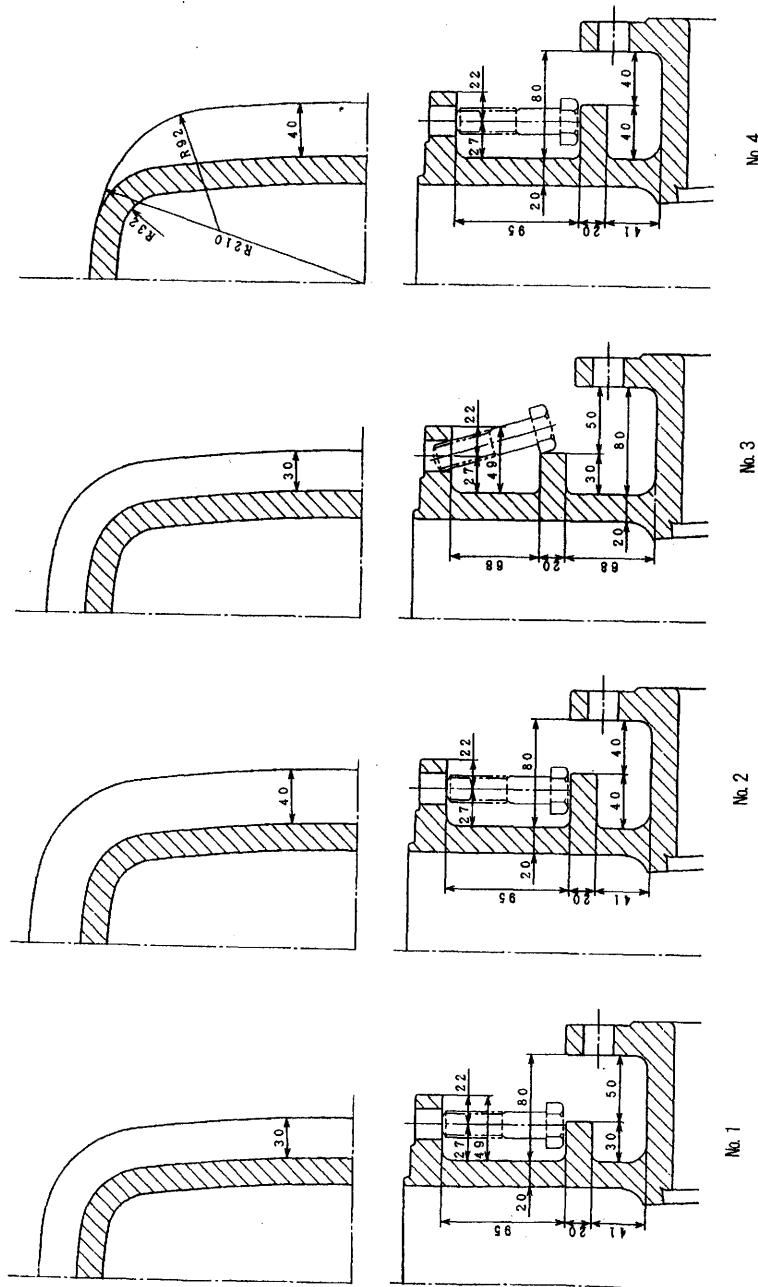


図9 補強用水平リブ

表4 水平リブ付きモデルのFEMによる解析結果

モデル種別	リブ中央部主応力		弁座上部変位	
	条件1	条件2	条件1	条件2
図 1	394MPa	312MPa	508 μ m	488 μ m
N o . 1	245MPa	216MPa	740 μ m	690 μ m
N o . 2	265MPa	225MPa	650 μ m	610 μ m
N o . 3	265MPa	225MPa	790 μ m	730 μ m
N o . 4	284MPa	245MPa	740 μ m	690 μ m

*条件1：ボルト締め付けトルク=176 N・m、内圧=2.94MPa

*条件2：ボルト締め付けトルク=0、内圧=2.94MPa

5.2 水平リブ補強型

図10に、垂直リブを断面形状がT形になるように補強したモデルを示す。これは、図1に示すバルブの垂直リブに応力集中が発生することを回避するため、応力集中をおこす部位の補強を考えたものである。図11-1、図11-2に内圧を2.94MPa加え、ボルト締め付けトルクを0とした主応力と変位の解析結果を示す。

図11-1は、図7-3と対応するものであるが、垂直リブ中央における応力は、167MPa以下に下がっており、T形リブにすることにより応力集中がさけられることがわかる。また、図11-2の弁座部分の変位をみると440 μ m程度になっていることがわかり、488 μ m(表4)と比較すれば、若干変位を抑えるのにも役立つことがわかる。

ただし、バルブ材料のFCD450の強度を考慮にいと、ふたフランジ側面中央部付近の応力が200MPaを越えていることが、気がかりとなる。

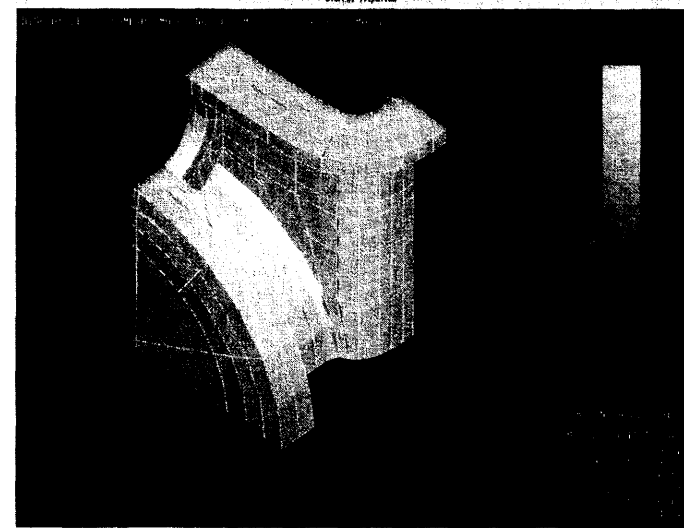


図10 T形リブ補強モデル

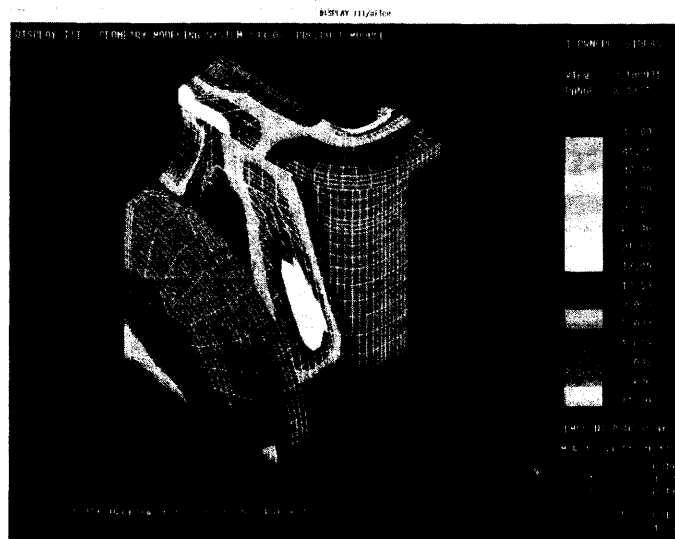


図11-1 内圧による応力分布

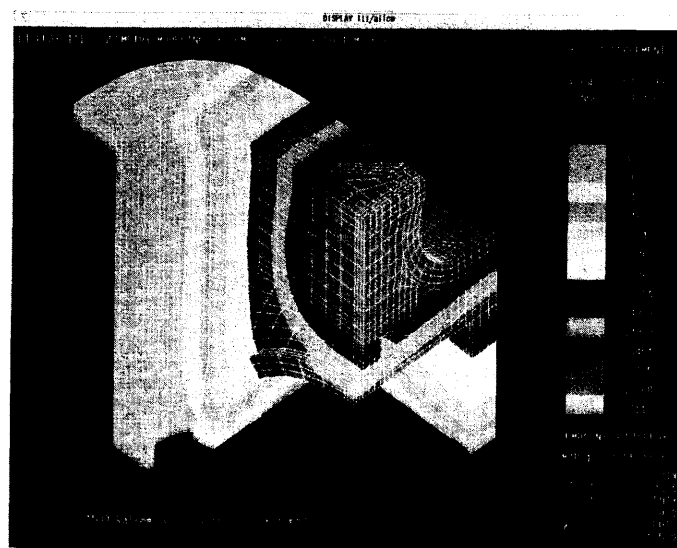


図11-2 内圧による弁箱側面の変形（T形）

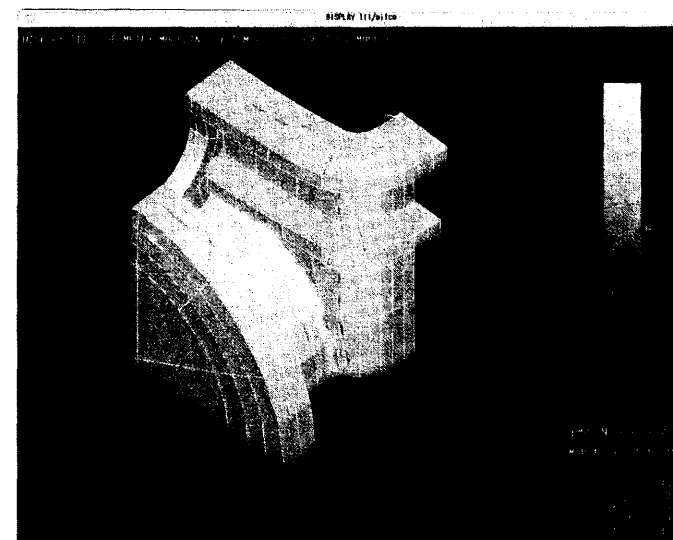


図12 T形リブ・水平リブ補強モデル

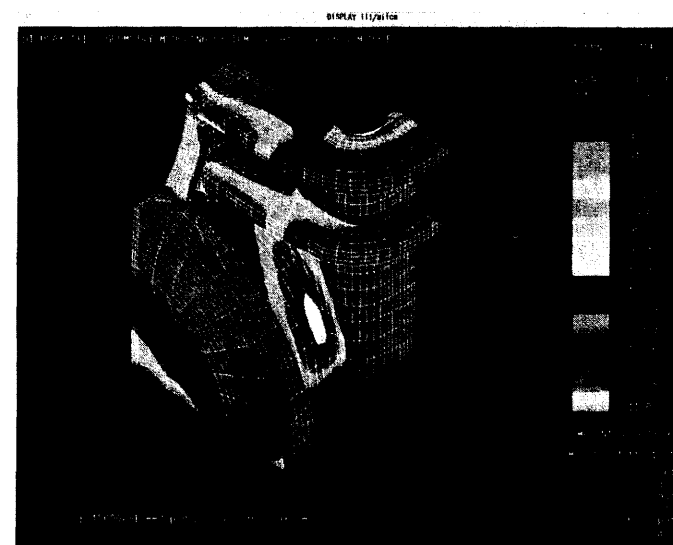


図13-1 内圧による応力分布（T形リブ・水平リブ）

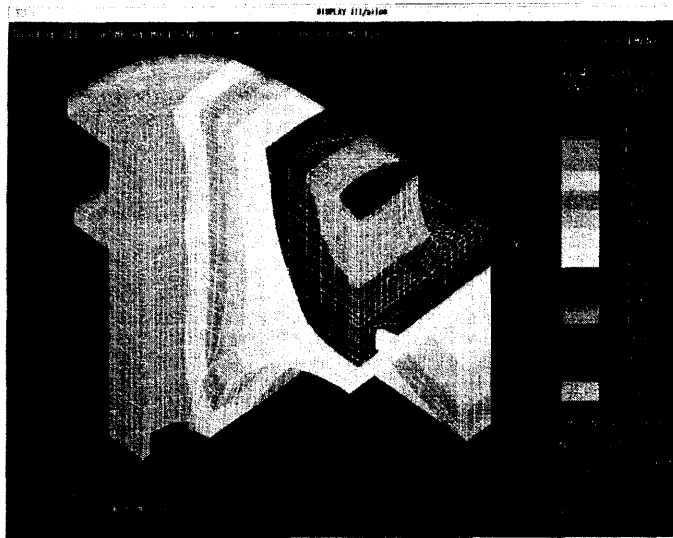


図13-2 内圧による弁箱側面方向への変形（T形リブ・水平リブ）

5.3 水平・垂直リブ補強型

図12に、5.2のモデルにさらに5.1のNo.2に近い水平リブを付けたモデルを示す。また、図13-1、図13-2に内圧を2.94MPa加え、ボルト締め付けトルクを0とした主応力と変位の解析結果を示す。図11-1と図13-1を比較すると、ふたフランジに発生する応力が減少することが確認できる。また、弁箱胴部の応力を水平リブが吸収（水平リブに集中）しているのが、わかる。図13-2をみると、弁座部の変位が300 μm 程度に減少していることと、弁箱側面方向への変位の中心が上昇することがわかる。

6. ま と め

以上、本年度行ってきた実験と解析について主な部分を述べてきたが、得られた成果をまとめるとつぎのようになる。

- (1) JWWA B 122の弁箱の変位を抑えるには、垂直リブは効果があるが、リブの形状を考慮しないと予想外の応力集中がおこる。
- (2) FEMによる解析は、境界条件により結果が大きく異なり、対象としているモデルの変形の様子をいかに境界条件に取り込むかが、一つの重要な要素となる。モデリングの形状については、応力集中などに関係しない部分については、さほど精密な模写は必要としない。
- (3) 内圧による弁箱の変形のしかたについては、FEMによる解析でも現実とかなり一致した状態を把握することができる。
- (4) バルブの高圧試験において、垂直リブを有するようなバルブについては、ふたフランジをボルト締めるだけでも、かなりの応力が発生する場所がある。この応力についても、FEMによる解析でシミュ

レーションできる可能性がある。

しかし、応力についてはFEMによる解析結果と実験結果が一致したものの、変位量については、傾向だけしか一致していない。この点について、さらに検討を深めていく必要があると思われる。

次年度は、5.2、5.3で述べたバルブについて、本年度と同様な実験を行い高性能バルブの開発と解析技術の向上をめざす予定である。

謝 辞

本研究をまとめるにあたって、ご協力いただいた運輸省船舶技術研究所大阪支所の伊飼通明氏ならびに（株）清水合金製作所の丸本芳男氏、清水工業（株）の吉居久光氏、角田鉄工（株）の井上孝史氏、宮部鉄工（株）の須藤久良氏、（株）清水鉄工所の上野恵司氏に感謝の意を表します。また、レーザホログラフィによる実験には、日立バルブ（株）の上野義郎氏と山本博信氏にお世話になりました。ここに謹んでお礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 村口、西川、酒井：バルブ製品の性能に関する研究
；滋賀県立機械金属工業指導所平成4年度業務報告
- 2) 上野：仕切弁箱の内圧変形；バルブ技法、第4巻第2号
- 3) 日本機械学会：技術資料 金属材料の弾性係数；1980年
- 4) JIS B 1083 ねじの締付け通則
- 5) 大塚：パソコンによる材料の強度評価；共立出版社、1989年

CAEによる低キャビテーションバルブの開発研究(4)

試験研究係 主査 宮川 栄一

1. はじめに

バタフライ弁が、低開度を中心とする中間開度で、流量および圧力調整などに使用される場合、弁体下流で大きなエネルギーを持って発生・成長・壊滅するキャビテーションが、新製品開発上の技術的問題点となっている。本研究は、流体解析により、キャビテーション発生領域との相関関係を明らかにすることによってその発生予測を行い、加えて形状修正によるシミュレーションを行うことによって、低キャビテーションバタフライ弁を開発することを目的としている。

近年、水道用バタフライ弁ユーザーの間では、将来増えるであろう流量を見越して、必要サイズのワンランク大きいサイズのバルブを設置する傾向がある。このため、現段階では弁を必要以上に絞らなければ使用できず、キャビテーションの発生した厳しい状態で使用されている場合があると考えられる。従って、このような使用条件下では、数年先にキャビテーション損傷が多発する恐れも十分考えられ、早急に開発を行う必要性も生じている。

よって本研究では、今までに実施してきた研究(1)から(3)の結果を踏まえ、既存弁体に種々の改良を施したり、新しいキャビテーション抑制型のバタフライ弁形状を考案開発して、その効果を流体解析により評価したところ、キャビテーションと密接な相関関係のある乱流運動エネルギーの上昇を抑制できることが明らかになったので以下に報告する。

2. バルブ流体解析システムおよびアニメーションシステム

2.1 バルブ流体解析システム

流体解析は、以下に示すシステムを使用した。

1. 解析ソフト 米FLUENT社 FLUENT Ver4.11およびVer4.22
2. EWS本体 富士通㈱ S-4/1 (CPU能力はS-4/10相当、109.5 MIPS)

2.2 アニメーションシステム

解析結果は、以下に示すアニメーションシステムにより動的に表示し、ビデオ録画した。

1. アニメーションソフト コベルコシステム㈱ FIELD-VIEW Ver 3.2およびVer 3.3
2. EWS本体 日本シリコングラフィックス㈱ IRIS Indigo Elan
3. ビデオ装置 ㈱計算流体力学研究所 NVS-2000

3. 結果および考察

3.1 キャビテーション発生領域の流体解析による評価

過3年間実施してきた研究では、改良に当たっての基礎データの収集や、キャビテーションと流体解析との相関関係について検討してきた。

研究(1)では、キャビテーション対策を施さない市販既存弁体の形状ごとに性能試験を実施し、改良前の基礎データとなる各種弁体の性能を把握した。また性能試験の段階で、キャビテーションの抑制には、オリフィス噴流の形成を妨害することに効果があると分かり、直接その効果が期待できると考えられる形状として、穴の開いた整流ディスク付き弁体を考案し試作した。

研究(2)では、改良前同心型弁体と整流ディスク付き弁体の三次元流体解析を実施した結果、実際の弁体でのキャビテーション発生領域と、流体解析で求めた乱流運動エネルギー、圧力、粘度等の関係が明らかになった。特に、この解析では、弁体下流側の乱流運動エネルギーが異常に高まっている3つの領域においては、正にキャビテーションが発生している領域と重なっており、乱流運動エネルギーを解析することによって高い確率で発生領域を予測できることが分かった。相関関係を要約すると次のようになる。

1. 乱流運動エネルギーが異常に高まる領域で、キャビテーションが発生している。
2. 粘度が高まる領域では、キャビテーション気泡が下流に移動するのを妨げる働きがある。これは、キャビテーションが液相から気相への相変化が起こる領域で発生するため、実効粘度が上昇勾配にある領域で発生すると考えられるためである。
3. 圧力がいづれも回復勾配にある領域で、キャビテーションが激しく発生している。
4. キャビテーションが発生している領域では、流速が速くて渦が発生しやすいため、速度勾配が大きくなるため剪断力が異常に増し、渦強度や乱流運動エネルギーが高まると考えられる。

一方で、考案試作した整流ディスク付き弁体の性能試験を実施した結果、キャビテーション抑制効果が非常に大きいことを確認した。(実用新案)

研究(3)では、解析に多くの労力と時間を要する三次元解析に代わって、二次元解析を実施した。この結果、定性的にはほぼ同じ領域で乱流運動エネルギーが高まることが分かった。従って、キャビテーション発生領域を短時間で効率よく知る上では、二次元解析が非常に有効であることが分かった。このため、種々の形状モデルについて、二次元解析を実施した。

種々モデルを解析した結果、特に、キャビテーション抑制効果が期待できる方法や形状としては、①弁体下流で直接オリフィス噴流を妨害する障害物を設置する方法、②弁体前後にリデューサを設置する方法、③二重偏心軸上流型弁体であった。

3.2 キャビテーション抑制の基本的な考え方

流体がバルブを通過する際、その流速、開度、圧力などの諸条件によって、必ずキャビテーションが発生する。このため、キャビテーションは当然発生するということを前提に考えれば、バルブ部分は改良せずに、下流側配管部分の材料を耐キャビテーション材料に改善する方法が考えられる。たとえば、下流配管中にステンレス管(FCDに比べ10倍以上の耐キャビテーション特性を持つ)を挿入するとか、キャビテーションエネルギーを吸収する材料を下流配管の内側にコーティングする方法などが考えられる。

また、回転弁の分野で競合するボール弁でも同様の考えをすることができ、この分野でも工作機械の

向上で加工しやすく精度もよくなったので、キャピテーション抑制型流量調節弁の弁体も、流体が通過する空間や穴などを工夫した弁体形状などが研究されている。

ここでは、以上のような考えを取り入れずに、基本的に弁体あるいはその周辺部分の形状に改良を施して、キャピテーションそのものを抑制する考えで改良し、次の3つの方法を基に検討を行なった。

(1) 弁体部分はそのままで、下流側に改良を施す。

一 整流板（村口型）の設置、案内板の種類と設置位置

(2) 既存弁体形状の一部を改良する。

一 偏心型弁体の偏心率の変更

(3) 全く新しい弁体形状を考案する。

一 ノズル側軸上流偏心型弁体（流線型）の考案

3.3 境界条件

流体解析を行う場合、必ず境界条件を設定しなければならない、条件の設定の仕方によっては解析結果が大きく左右される。特に、実験データと一致させるような定量的な三次元解析においては、実際の流れ条件の綿密な検討と、これに見合った最適な境界条件が求められる。

ここでの解析は、二次元モデルの定性的なものではあるが、なるべく実際の状態に近づけた設定を行なった。

3.3.1 境界条件の設定

FLUENTでは、流れの入口と出口に対して、INLET (VELOCITY)、INLET (PRESSURE)、OUTLETの3種類の境界条件を設定することができる。ただし、これらの条件を使用する場合、定義できる内容は次のとおりである。

① INLET (VELOCITY) は、流れが流入する境界に速度を定義する。

② INLET (PRESSURE) は、流れの入口における全圧や、出口における静圧を定義する。ただし圧力は、動作圧力（一般的には大気圧）に対する相対圧を入力する。

③ OUTLETは、ただ一つの出口から流れが全て流出する境界として定義する。また、これは流れが充分発達した境界に設定でき、流れが計算領域内に入る場所では使用できない。ただし、充分に発達していない場合でも、解析結果が境界より上流側に影響を及ぼさないと判断できる時は使用できる。

従って、水のような非圧縮性流体で、入口一つ、出口一つのような直管中のバルブモデルの場合は、図1に示すような3つの条件設定パターンが可能である。

(A)

INLET(VELOCITY) - OUTLET(PRESSURE)

(B)

INLET(VELOCITY) - INLET(PRESSURE)

(C)

INLET(PRESSURE) - INLET(PRESSURE)

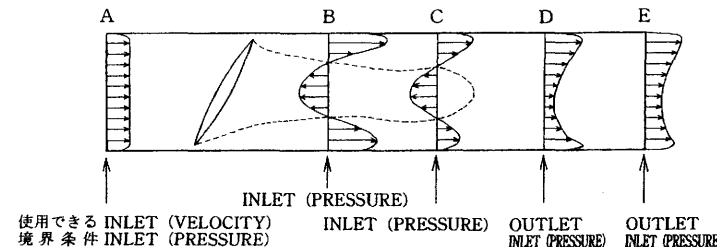
図1 非圧縮性流れのための
流入・流出境界条件

3.3.2 バルブに適用できる境界条件

バルブモデルを解析する場合、モデルによっては、単純な流ればかりでなく、バタフライ弁の中間開度等で見られるような複数の逆流渦が発生したり、時には計算領域外からの流入が考えられる。

つまり、バルブ問題を適切に解くためには、どの境界条件が適用できるかを前もって充分検討する必要がある。

開度30度の同心型バタフライ弁の流れ解析をモデルに、各境界で適用できる境界条件を検討すると図2のようになる。



ただし、INLET (PRESSURE) - OUTLETの組み合わせは使用できない。

図2 バルブ解析で使用できる境界条件

なぜなら、この位置では出口断面に垂直な方向の速度勾配が非常に大きく、上流への影響が非常に大きいと考えられ、計算結果が出ても余り信用できないからである。従ってこのような位置には、INLET(PRESSURE)境界条件を適用しなければならない。

一方、DおよびEの位置では、垂直成分は多少存在するものの、計算結果の上流側への影響が考え難いため、OUTLETの境界条件が適用できることになる。もちろん、問題によっては、INLET(PRESSURE)の条件適用も可能である。

3.3.3 異なる境界条件による解析

今まで実施してきたバルブの流体解析での境界条件は、基本的に、弁体上流1Dの位置（配管径=1D）から流体が平均的に流入し、弁体下流4Dから全て流出するという前提のもとに、入口速度および出口速度の設定で行なってきた。しかし、バタフライ弁の低開度においては、発生する渦が相当下流部分まで広がるため、弁体下流側の計算領域長さが不足し、逆流によって計算領域以外からの流入が発生する場合がある。従って、全てのモデルにおいて、前述の境界条件を適用することは妥当ではないと考えられる。

このため、このような場合においては4D下流部分を圧力境界とし、動作圧力と同じ圧力（絶対圧力で101.32 kPa、ゲージ圧力で0 kPa）に設定した解析が必要となる。

今まで使用してきた境界条件を含め、今回検討した境界条件をまとめると表1のようになる。

図中BおよびCの位置では、配管中央部分で流れの再循環領域（逆流）、若しくは上流方向の計算領域に流入する境界位置であり、OUTLET境界条件の適用は不適切である。

表1 境界条件の種類

項目 条件	速度・圧力境界条件				乱流境界条件		物理定数			解析制御パラメータ		
	ゾーン 単位	U速度 m/sec	V速度 m/sec	圧力 kPa	乱流強度 %	代表長 m	密度 kg/m ³	粘度 kg/m·sec	動作圧力 kPa	計算方向 スweep	圧力-速度 の連成方法	残差の合計 最小値
条件1	壁1	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	入口1	2	0	—	10	1	998.2	0.001005	101.32	I方向	無指定	0.001
	入口2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
条件2	壁1	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	入口1	2	0	—	10	1	1000	0.000900	101.32	I方向	無指定	0.001
	入口2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
条件3	壁1	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	入口1	2	0	—	10	1	1000	0.000900	0	I方向	無指定	0.001
	入口2	圧力境界		0	10	1	—	—	—	—	—	—
条件4	壁1	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	入口1	2	0	—	10	0.15	1000	0.000900	0	I方向	SIMPLEC 法	0.001
	入口2	圧力境界		0	10	0.15	—	—	—	—	—	—
条件5	壁1	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	入口1	圧力境界		200	10	0.15	1000	0.000900	0	I方向	SIMPLEC 法	0.001
	入口2	圧力境界		0	10	0.15	—	—	—	—	—	—

※上記の条件以外は、全て水として設定した。

※収束を早めるために、不足緩和係数 (UNDERRELAXATION PARAMETER) を経験による最適値に設定した。

※収束の遅い方程式は、スweep数を増やした。(例: 圧力=15回、U速度=1、V速度=7、乱流運動エネルギー=3、実効粘度=3)

境界条件1および2は従来使用してきた条件である。

境界条件3では、上記の理由により、新たに出口部分を圧力境界に設定した。

境界条件4では、条件3に加え、東京工業大学小林博士の助言により、乱流強度は10%で適当であるが、乱流境界条件の代表長を従来の1mから配管の直径0.15mを用いた方が適切ではないかという指摘により変更したものである。以下の通常の流体解析においては、全てこの条件を適用している。

境界条件5は、境界条件1～4と基本的に異なり、弁体形状が異なる場合、同じ流量における性能比較が必要なため、上流圧を一定に保ちながら解析を行う条件である。

また、条件4および5については、圧力と速度の方程式を解く場合、当ソルバーのオプションで解析途中の圧力と速度の方程式を練成させることができるSIMPLEC法を採用している。

使用した物理定数は、常温の水の密度および粘度の物性値を用いた。条件1と条件2以降では、値が多変化しているが、解析結果にはほとんど影響していない。

主な解析制御パラメータについては、計算のスweep方向はいずれもI方向(流れ方向)と同じであり、収束判定は、残差合計の最小値が 10^{-3} を下回る時で行った。

以上、これら5つの境界条件に基づき、同じモデルを解析した場合、どの程度解析結果に差が現われるかを検討したので、その解析結果を表2に示す。

表2 境界条件の違いによる解析結果の比較(同心型、開度30度、境界条件1～5)

境界条件	入口速度 m/sec	最大速度 m/sec	最大圧力 kPa	最小圧力 kPa	最大圧力差 kPa	最大乱流運動 エネルギー m ² /sec ²	最大実効粘度 kg/m·s
境界条件1	2.0	18.16	2.703	-412.6	415.303	28.08	21.55
境界条件2	2.0	18.16	2.707	-413.4	416.107	28.15	21.50
境界条件3	2.0	18.15	186.5	-229.5	416.0	28.15	21.54
境界条件4	2.0	18.23	183.9	-217.4	401.3	24.91	21.44
境界条件5	(2.089) 平均流速	19.02	200.1	-237.1	437.2	26.65	21.74

境界条件1～3の解析結果については、最大速度、最大乱流運動エネルギー、最大実効粘度の値にはほとんど影響のないことが分かった。ただし、条件3および4は、境界条件に圧力境界を用いているため、最大値と最小値の基準が異なっているため最大値、最小値の値は異なるものの、その差はほぼ同じであった。

また、条件4の結果は、条件1～3に比べ、値に多少の違いが見られるものの、分布で比較すると全く同じであり、定性的にはどの条件を使用しても大きな影響はないと考えられる。

ただし、注意が必要なのは、解析結果(最大値等)を比較する場合は、使用する境界条件を統一しなければならないことである。

3.3.4 乱流運動エネルギーによる初生キャビテーションの判定

流体解析により、定性的に初生キャビテーション発生領域を推定できることは既に報告したとおりであるが、今回種々の境界条件を使用しているため、初生発生の基準となる乱流運動エネルギーの値が問題となる。

ここでは、その値を求めるため、境界条件1～4を適用して、口径150mm、開度30度の同心型弁体で、実際の初生キャビテーション発生時の流速1.19m/sec(Re=159,000、 $\delta=1.86$)に設定して解析を行った。その結果を表3に示す。

表3 境界条件の違いによる初生時の解析結果(同心型、開度30度、境界条件1～4)

境界条件	入口速度 m/sec	最大速度 m/sec	最大圧力 kPa	最小圧力 kPa	最大圧力差 kPa	最大乱流運動 エネルギー m ² /sec ²	最大実効粘度 kg/m·s
境界条件1	1.190	10.80	0.9552	-145.9	146.8552	9.738	13.40
境界条件2	1.190	10.80	0.9572	-146.1	147.0572	9.787	13.44
境界条件3	1.190	10.80	66.06	-81.06	147.12	9.788	13.40
境界条件4	1.190	10.84	65.11	-76.85	141.96	8.492	13.11

条件1～3については、乱流運動エネルギーは約 $10\text{ m}^2/\text{sec}^2$ とほぼ同じ値であるが、条件4についてはその値が約 $8.5\text{ m}^2/\text{sec}^2$ であった。

以下にこの問題を考察する場合、条件によってこの値を用いることにする。

3.3.5 ソルバーのバージョンによる解析結果の違い

今年度、ソルバーFLUENTをVer. 411 からVer. 422 に変更したため、今までの結果と異なる場合が発生した。これは、さらに解析精度や解析スピードを上げるための改良や計算アルゴリズムの違いによる結果であり、新しいバージョンではそれぞれの最大値においては、若干小さめの値となっている。分布等は全くといっていい程同じであり、定性的にはどちらを採用しても影響ないと考えられる。

3.4 キャビテーション抑制形状と乱流運動エネルギーによる評価

本研究の主目的である、低キャビテーション弁体形状の開発において、キャビテーション低減に有効な要因を検討し、考えられる形状のモデルを作成、解析することによって既存弁体と比較し、その効果を評価した。

3.4.1 整流板の設置

平成4年度に、村口らによって考案された整流板が、キャビテーションの抑制に効果があることが明らかにされたため、ここでは、主に弁体下流での整流板設置位置について、流体解析により検討および確認した。

解析モデルは、開度30度の同心型弁体を使用し、弁体と配管との隙間を 1 d とした場合、その隙間の5、10、15、20、25、30、50倍下流のオリフィス側配管壁部に、3つの穴のあいた障害物をモデリングすることによって行った。

解析結果を表4および図3～図6に示し、流線、乱流運動エネルギー、実効粘度の分布を図7～図9に示す。

表4 整流板のある同心型バタフライ弁の解析結果（境界条件1）

No.	整流板の位置 弁体隙間= d	入口速度 m/sec	最大速度 m/sec	最大圧力差 kPa	最大乱流運動エネルギー m^2/sec^2	最大実効粘度 $\text{kg/m}\cdot\text{s}$
1	—	2.0	19.50	425.780	36.48	22.05
2	5 d	2.0	20.10	439.931	37.01	24.10
3	10 d	2.0	19.58	420.494	33.91	23.48
4	15 d	2.0	19.40	462.294	36.78	23.79
5	20 d	2.0	19.72	442.777	34.70	19.32
6	25 d	2.0	19.59	441.679	34.62	20.93
7	30 d	2.0	19.59	442.078	34.69	21.13
8	50 d	2.0	19.57	439.980	34.65	22.15

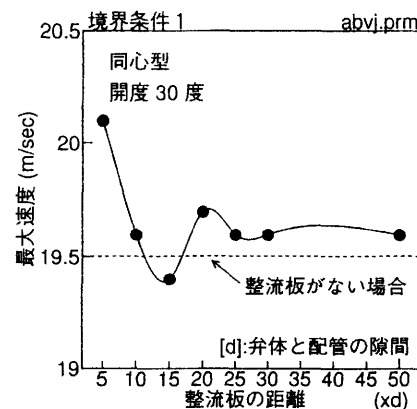


図3 整流板の距離—最大速度

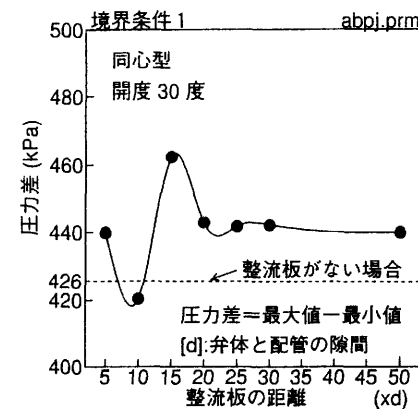


図4 整流板の距離—圧力差

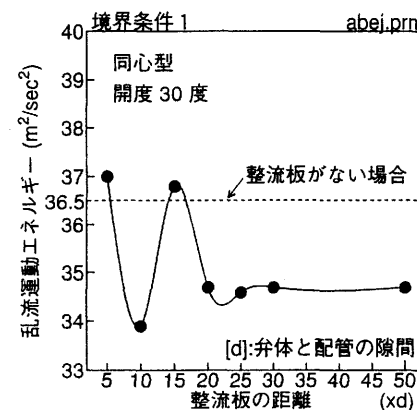


図5 整流板の距離—乱流運動エネルギー

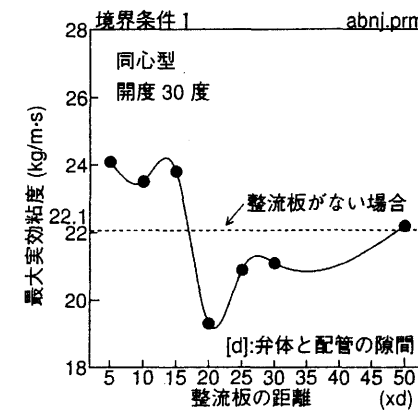


図6 整流板の距離—最大実効粘度

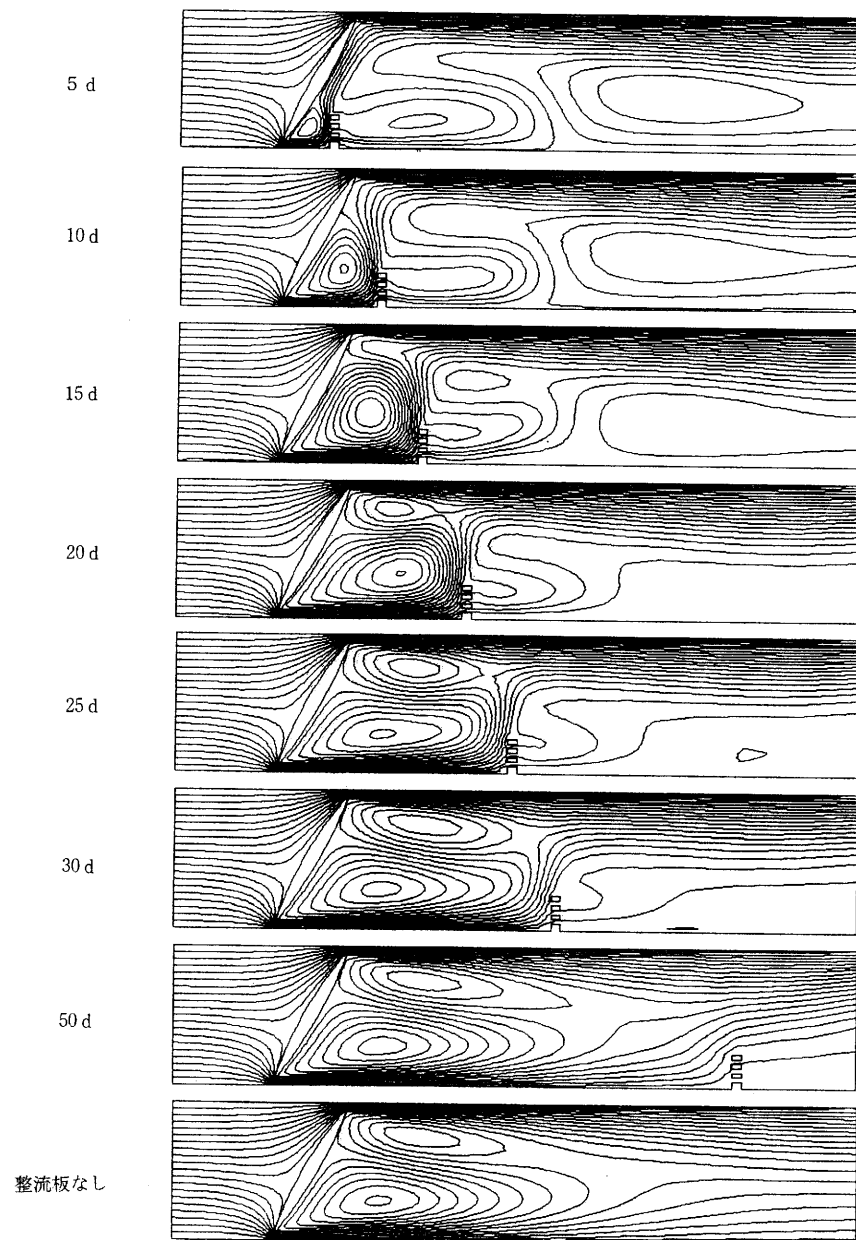


図7 整流板の位置と流線 (境界条件1, Ver 411)

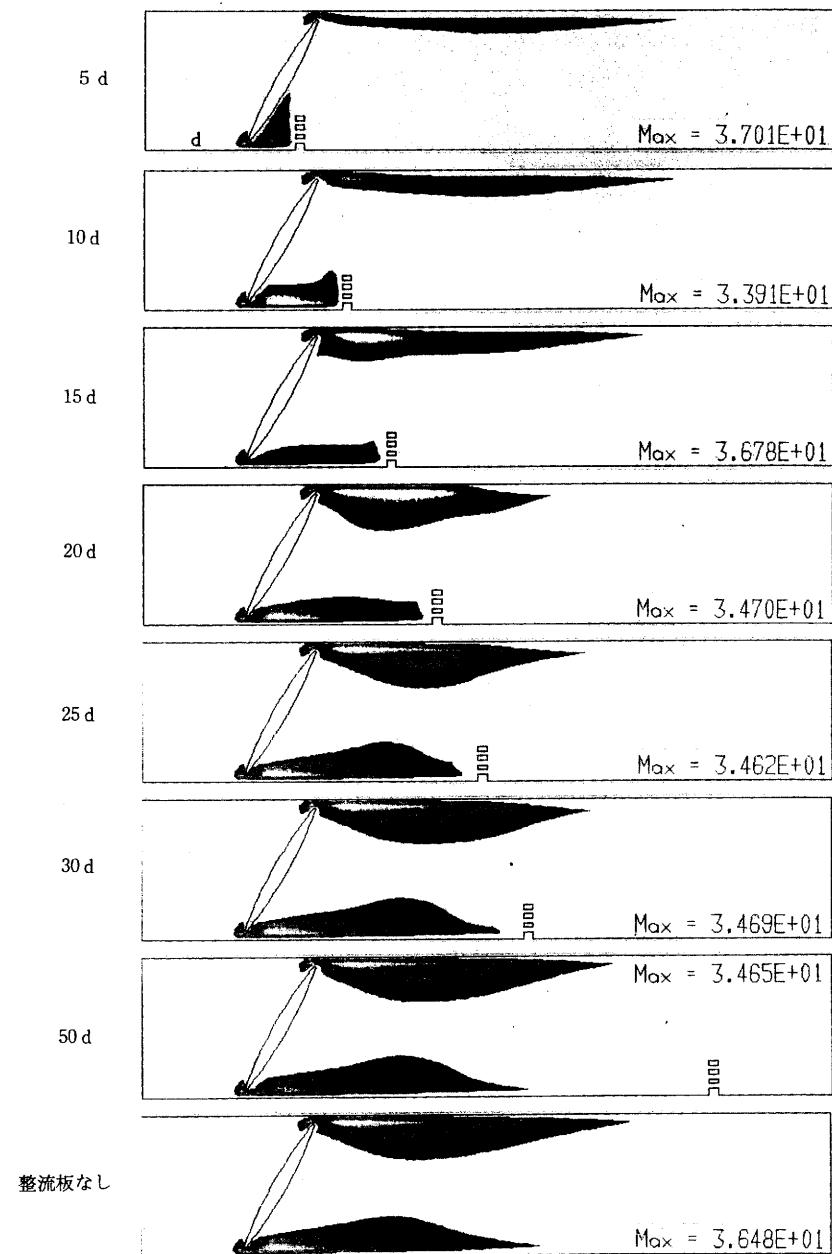


図8 整流板の位置と乱流運動エネルギー $10\text{m}^2/\text{sec}^2$ 以上の領域 (境界条件1, Ver 411)

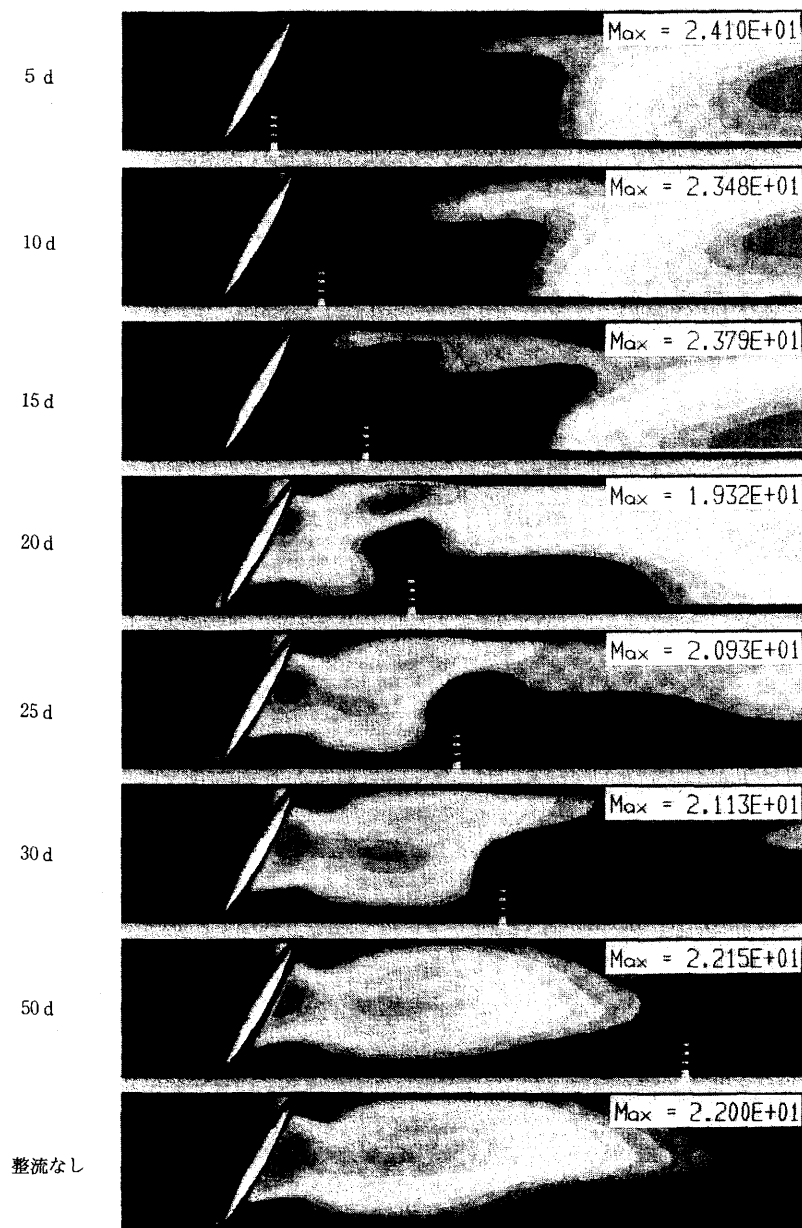


図9 整流板の位置と実効粘度 (境界条件1, Ver 411)

図3に示す最大速度と図4に示す最大圧力差は、当然のことながら逆の関係が成り立っている。また、図5および図6に示すように、キャビテーションと最も相関関係の高い乱流運動エネルギーと実効粘度の最大値は、20 dでいずれも小さくなっており、最も効果が得られる位置と考えられる。これは、実験結果と一致している。しかし、開度30度の場合、弁体隙間からの噴流コアの長さは、5～10 d付近であるが、20 dで最も乱流運動エネルギーが小さくなるのは、実際の弁体の開口部形状が三日月型をしているため、中央部分以外からの流れが影響しているのではないかと考えられる。

図7に示す流線では、整流板の位置によって下流で発生する渦形態が異なっており、20 dより下流に整流板がある場合は、整流板がない場合で見られる、安定で崩れにくい双子の渦が形成されるが、15 d以前では、整流板が障害となって1つの渦だけとなる。特に、15 dの位置では、弁体と整流板との空間の形状が一番正方形に近い形になり、同心円状の強烈な渦が見られる。

図8に示す乱流運動エネルギー分布では、整流板が20 dより上流側にある場合は、オリフィス側に広がる高い領域が、整流板で直接遮られることがはっきりと分かる。

図9に示す実効粘度では、整流板がない場合に弁体のすぐ下流に付着するようにして広がる高い領域が、20 d付近から弁体側に近づくにつれ、障害物を通り越すようにして、下流域へ大きく移動している。20 d付近が、流れが変わる境界域と考えられる。

今回は、弁体の開度が30度の場合のみ検討した。しかし、弁体の開度によっては、弁体と配管との隙間(1 dの長さ)が異なるため、整流板の設置位置による流れは30度の場合とは違ったものになると予想される。従って、開度によって最適な位置が検討されるべきであり、同時に、整流板の形状そのものや、高さ、穴の有無、設置数などの要因も検討すべきと考えられる。

3.4.2 二重偏心型弁体

偏心型弁体は、前年度報告したように、その構造上全閉時のシール性が非常に良いため、その目的に応じて使用されている。軸上流側弁体はノズル側が大きく開口するため、低開度ではノズル側での流体通過が主流であるため、オリフィス側下流で高い乱流運動エネルギー分布が認められず、形状そのものがオリフィス側下流でのキャビテーション対策に有効と考えられる。

そこで軸上流側弁体の偏心率(偏心距離/弁体径)に対して検討を加えた。ただし、実際に制作されている二重偏心型弁体は、偏心率を余り上げすぎると、オリフィス側への流入が相対的に増え、中間開度でアンバランストルクが発生して、大きな減速機を必要とすることから、偏心率が10%以下での使用が通常とされている。

ここでは、偏心率が-10%から30%までを10%おきにモデリングし解析を行った。ただし、マイナスの偏心率は、機構上低開度での弁体の回転が困難な形状である。

解析結果を表5および図10～図13に示し、流線、乱流運動エネルギー、実効粘度の分布を図14～図16に示す。

表5 偏心率の異なる偏心型バタフライ弁の解析結果 (境界条件1)

No.	偏 心 率	入 口 速 度 m/sec	最 大 速 度 m/sec	最 大 圧 力 差 kPa	最 大 乱 流 運 動 エ ネ ル ギ ー m ² /sec ²	最 大 実 効 粘 度 kg/m·s
1	(同心型)	2.0	19.50	425.780	36.48	22.05
2	-10	2.0	19.12	416.915	34.36	46.41
3	0	2.0	18.91	401.156	30.71	35.49
4	10	2.0	18.85	411.747	27.96	26.28
5	20	2.0	18.83	401.734	25.43	21.77
6	30	2.0	19.16	419.638	26.66	19.46

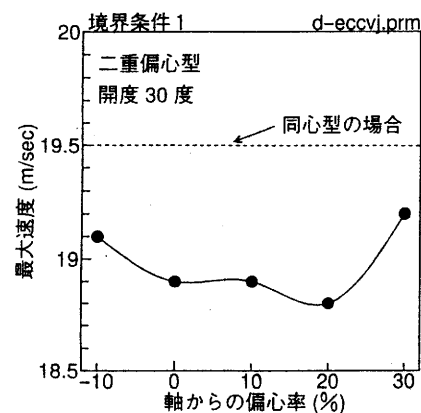


図10 偏心率-最大速度

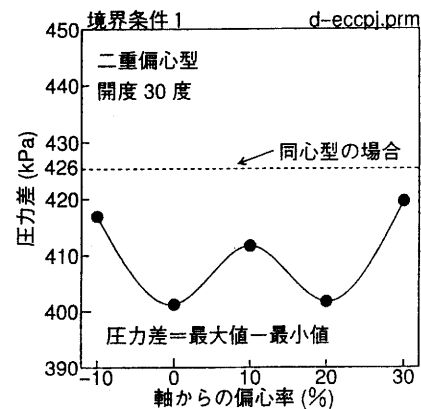


図11 偏心率-圧力差

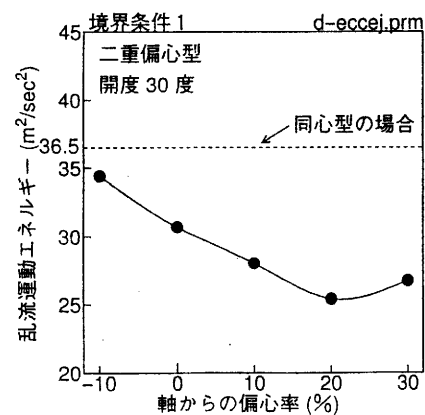


図12 偏心率-乱流運動エネルギー

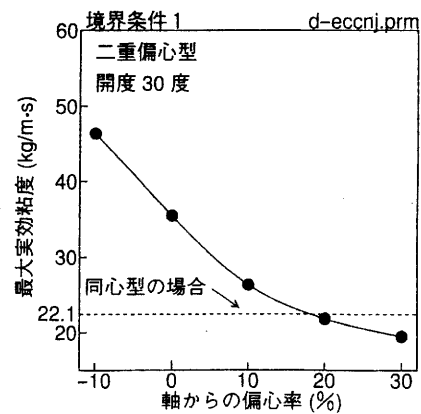


図13 偏心率-最大実効粘度

同心型

-10%

0%

10%

20%

30%

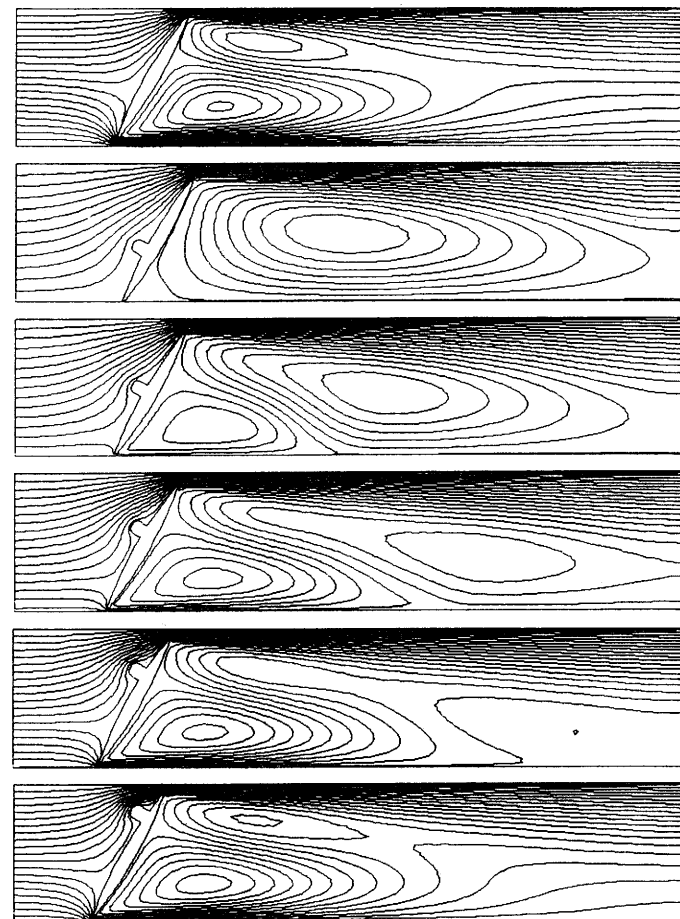


図14 二重偏心型弁体の偏心率と流線 (境界条件1, Ver 411)

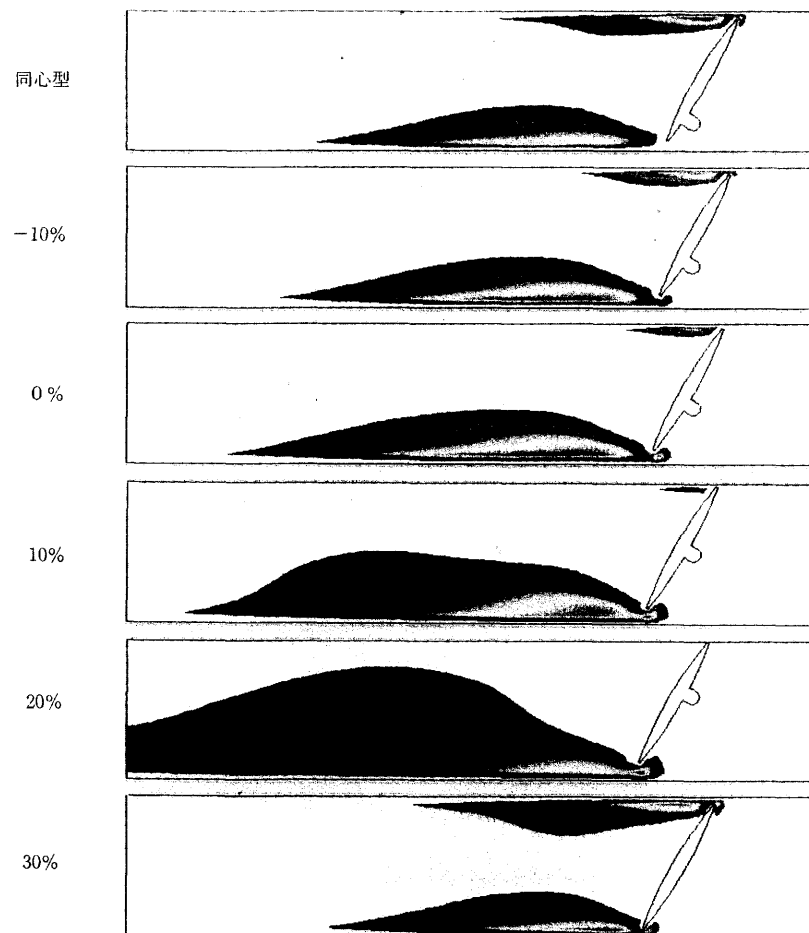


図15 二重偏心率弁体の偏心率と乱流エネルギー $10\text{m}^2/\text{sec}^2$ 以上の領域（境界条件1，Ver 411）

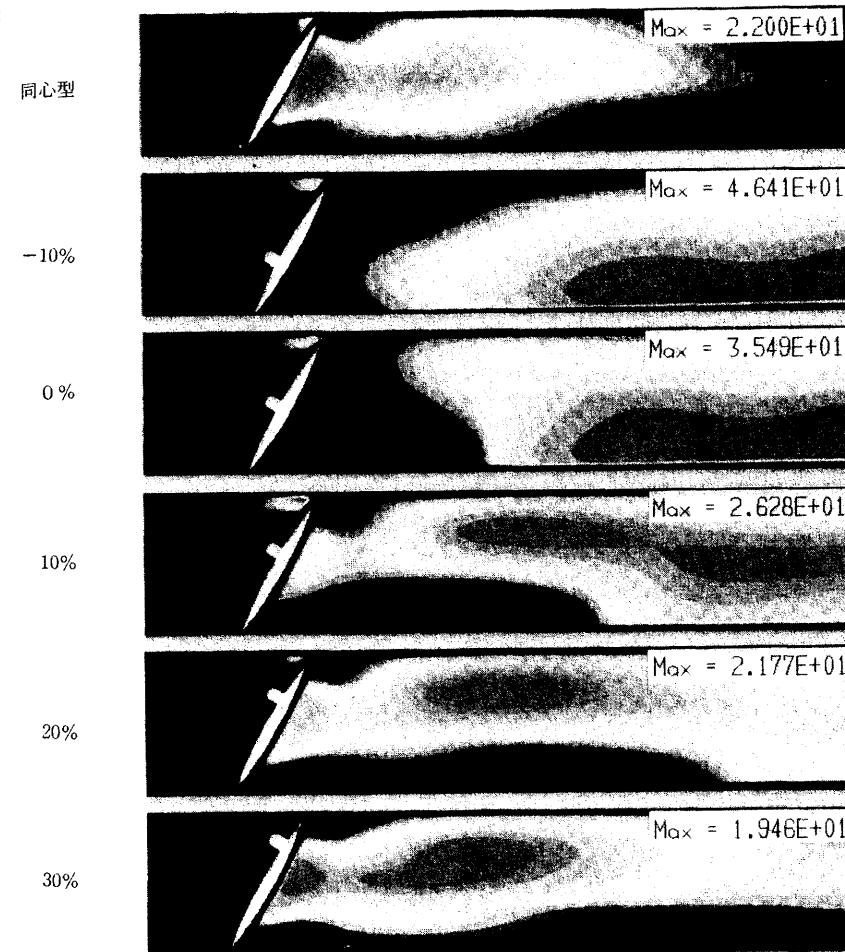


図16 二重偏心率弁体の偏心率と実効粘度（境界条件1，Ver 411）

図12に示す最大乱流運動エネルギーは、偏心率が大きくなるとともに値が小さくなり、偏心率20%で最小となる。また図13に示す実効粘度も同じような傾向を示すことから、開度30度では、偏心率20%の形状が最もキャビテーションの発生が少ないと考えられる。なお他の開度で最小となる偏心率は、それぞれのモデルによる解析が必要である。

図14に示す流れからは、オリフィス側とノズル側との開口部の面積によって流れの主流が変わるため、偏心率が小さい場合は、ノズル流が支配した渦が形成され、偏心率が大きくなると共に、オリフィス側の開口面積が大きくなるため、オリフィス側への流入が増えて同心型の隙間形態に近づき、特徴的な双子渦が形成されている。

従って、図15に示す乱流運動エネルギーは、流量が支配されている隙間で、下流に向かって強く噴き出す領域で高い領域が広く分布している。

図16に示す実効粘度も、偏心率が小さい場合は、弁体からかなり下流側に高い領域が分布し、偏心率が大きくなるとともに、弁体のすぐ下流に付着するように集中する同心型の分布に近づく結果が得られている。

3.4.3 案内板の設置

キャビテーションの発生には、弁体下流に発生する渦が大きく関与していると考えられるため、開度30度の同心型弁体で見られる双子の安定な渦に着目した。

ここでは、この双子渦をいかに壊すかを考え、弁体下流に薄い案内板を設置して、流れがどのように変化するかを検討し、キャビテーションが抑制できる形状や設置方法を検討した。

検討した案内板の種類は、次のとおりである。

- (1) 案内板の長さ 短い板 (1 D)、長い板 (2 D)
- (2) 案内板の数 1枚、2枚、3枚
- (3) 案内板の設置位置 弁体のすぐ下流、0.5 D下流
- (4) 案内板の設置角度 配管に平行、オリフィス型、ノズル型
- (5) 案内板の穴 穴あり、穴なし

解析結果を表6および図17～図18に示し、流れ、乱流運動エネルギー、実効粘度の分布を図19～図21に示す。

表6 案内板を設置したときの解析結果 (境界条件4)

No	案内板			入口速度 m/sec	最大速度 m/sec	最大圧力差 kPa	最大乱流運動エネルギー m ² /sec ²	最大実効粘度 kg/m·s
	長さ、位置	数	穴					
1	なし	0	—	2.0	18.23	401.3	24.91	21.44
2	短 (離)	1	無	2.0	18.40	401.6	24.18	21.14
3	短 (接)	1	無	2.0	18.07	378.0	13.43	19.33
4	長 (離)	1	無	2.0	18.37	342.7	23.43	24.95
5	長 (接)	1	無	2.0	18.16	341.2	24.89	24.42
6	長 (離)	3	無	2.0	18.15	375.1	20.95	31.19
7	短 (離、オリフィス)	2	無	2.0	18.07	354.3	20.63	23.87
8	短 (離、ノズル)	2	無	2.0	18.05	364.5	29.71	25.32
9	短 (離、オリフィス)	2	有	2.0	18.32	380.9	16.98	17.53
10	短 (離、ノズル)	2	有	2.0	17.93	372.2	18.13	20.40

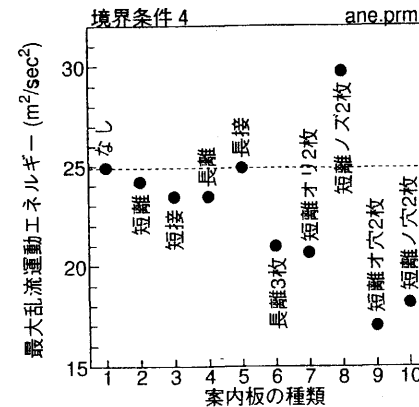


図17 案内板の種類と乱流運動エネルギー

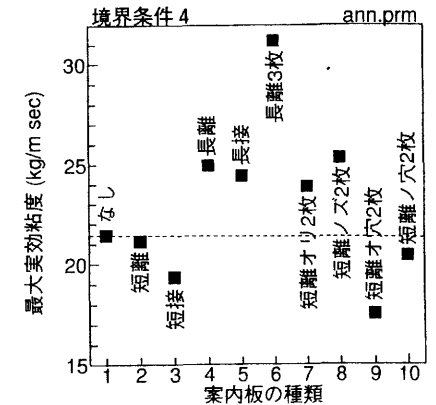


図18 案内板の種類と実効粘度

1. 同心型

2. 案内板 1 D長 (短)
0.5 D離
1枚

3. 案内板 1 D長 (短)
弁体接近
1枚

4. 案内板 2 D長 (長)
0.5 D離
1枚

5. 案内板 2 D長 (長)
弁体接近
1枚

6. 案内板 2 D長 (長)
0.5 D離
3枚

7. 案内板 1 D長 (短)
0.5 D離
2枚
オリフィス型

8. 案内板 1 D長 (短)
0.5 D離
2枚
ノズル型

9. 案内板 1 D長 (短)
0.5 D離
2枚、穴あり
オリフィス型

10. 案内板 1 D長 (短)
0.5 D離
2枚、穴あり
ノズル型

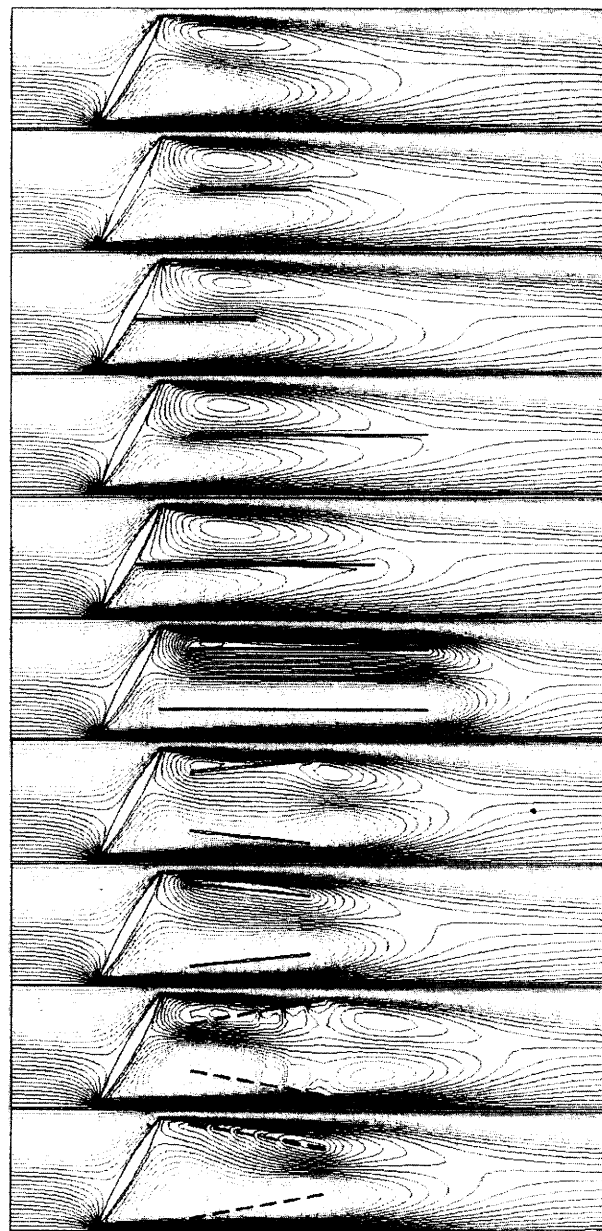


図19 案内板の種類と流線 (境界条件 4)

1. 同心型

2. 案内板 1 D長 (短)
0.5 D離
1枚

3. 案内板 1 D長 (短)
弁体接近
1枚

4. 案内板 2 D長 (長)
0.5 D離
1枚

5. 案内板 2 D長 (長)
弁体接近
1枚

6. 案内板 2 D長 (長)
0.5 D離
3枚

7. 案内板 1 D長 (短)
0.5 D離
2枚
オリフィス型

8. 案内板 1 D長 (短)
0.5 D離
2枚
ノズル型

9. 案内板 1 D長 (短)
0.5 D離
2枚、穴あり
オリフィス型

10. 案内板 1 D長 (短)
0.5 D離
2枚、穴あり
ノズル型

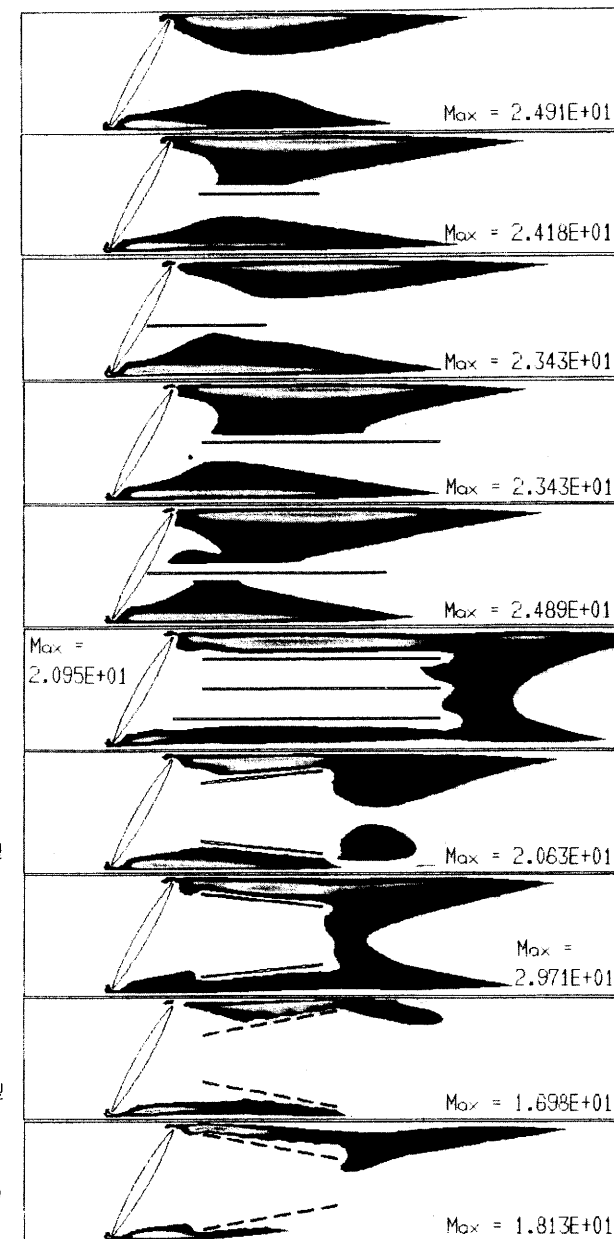


図20 案内板の種類と乱流運動エネルギー $8.5 \text{ m}^2/\text{sec}^2$ 以上の領域 (境界条件 4)

1. 同心型

2. 案内板 1 D長 (短)
0.5 D離
1枚

3. 案内板 1 D長 (短)
弁体接近
1枚

4. 案内板 2 D長 (長)
0.5 D離
1枚

5. 案内板 2 D長 (長)
弁体接近
1枚

6. 案内板 2 D長 (長)
0.5 D離
3枚

7. 案内板 1 D長 (短)
0.5 D離
2枚
オリフィス型

8. 案内板 1 D長 (短)
0.5 D離
2枚
ノズル型

9. 案内板 1 D長 (短)
0.5 D離
2枚、穴あり
オリフィス型

10. 案内板 1 D長 (短)
0.5 D離
2枚、穴あり
ノズル型

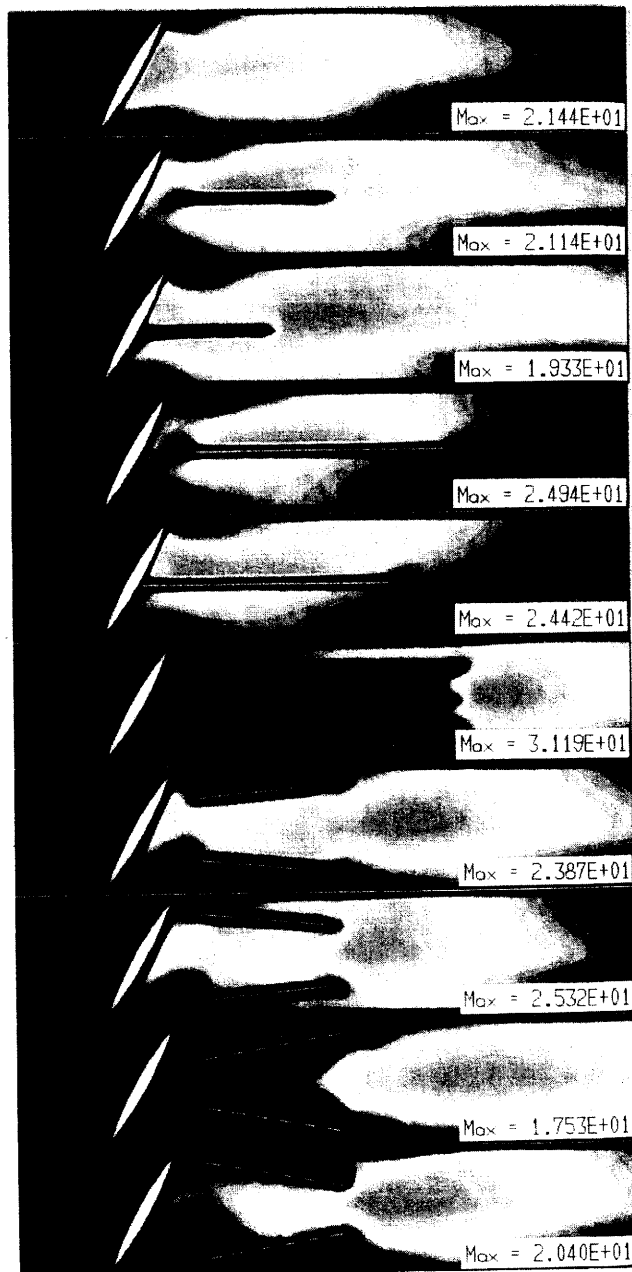


図21 案内板の種類と実効粘度 (境界条件4)

図17に示すように、案内板を配管に平行に設置したものは、長さの大小や設置位置にかかわらず、乱流運動エネルギーの低減効果はほとんどなく、長い案内板を3枚設置した場合のみ値が低下した。また図18から、実効粘度の低下もほとんど得られず、逆に長い場合はかなり大きな値となり、キャビテーションの抑制効果はほとんど得られず、逆に長い場合はかなり大きな値となり、キャビテーションの抑制効果はほとんど期待できないと考えられる。しかしこれは、解析モデルが二次元であるため、垂直方向流れが無視されているためと考えられる。

次に、案内板に角度を持たせて、オリフィス型、ノズル型に設置した場合、オリフィス型の乱流運動エネルギーは低下したがノズル型は逆に大きくなり、実効粘度はいずれも大きくなった。

一方、これに反して穴をあけた案内板では、オリフィス型およびノズル型のいずれの形状でも乱流運動エネルギーが大きく低下し、しかも実効粘度も案内板がない場合に比べ小さな値となり、キャビテーション低減効果が得られると考えられる。

以上のことは、図19に示す流線に明確に現われている。つまり、案内板を平行に設置した場合、いずれの方法においても、双子渦は単に分離しただけで、同心型の場合とほぼ同じ形で安定して残っている。また、角度がある場合は、ある程度渦を壊そうとする傾向が見られるものの、その効果は不十分である。これに反して、角度があつて穴が開いた案内板では、流体が穴に流れ込んで渦を破壊している。特にオリフィス型に設置した場合に、その効果が顕著であることがよく分かる。

図20に示す乱流運動エネルギー分布も同様で、キャビテーションが発生していると考えられる $8.5 \text{ m}^2/\text{sec}^2$ 以上の高い領域が、他に比べ小さく抑えられている。

また、図21に示す実効粘度分布を見ると、高い領域が案内板によって下流側へ押しやられていることが分かる。

3.4.4 ノズル側軸上流偏心型弁体

今までの結果を総合して、弁体以外での改良は施さずに、弁体形状自身の改良によって、オリフィス側下流に発生するキャビテーションを抑制する形状を考案し、流体解析によりその低減効果を評価した。

すなわち、既存の弁体形状でオリフィス噴流を小さくするためには、基本的に流れの主流を相対的にノズル側に向けてやることであり、その開度でのオリフィス側の乱流運動エネルギーを小さくしようとするものである。既存形状でそれが可能な形状としては、軸上流偏心型弁体である。

しかしこの形状では、開度30以下の低開度においてオリフィス側へはほとんど流れ込まないため、ノズル側での乱流運動エネルギーが集中する。これを改善するため、オリフィス側へも流れの一部を逃がして乱流運動エネルギーを分散させる方法を採用し、これを実現するため、オリフィス側の弁体だけを同心型にしたノズル側軸上流偏心型弁体を基本的な弁体として考案した。

つまり、段階的に基本的な3種類の弁体を順次モデリングし、その乱流運動エネルギー分布を検討しながら、最終的な形状を考案した。

第1段階：ノズル側を軸上流型にするため、同心型弁体のノズル側を下流側へ折り曲げる。

(折曲型)

第2段階：折曲型の上流側壁を滑らかな円弧とし、下流壁は直線とする。

(三日月型)

第3段階：三日月型の下流壁を、上流側と同じく円弧とする。

(レンズ型)

第4段階：折曲型、三日月型、レンズ型を基本に、形状修正を繰り返しながら、特に低開度で乱流運動エネルギーを抑える形状を考案。

(流線型)

以上の形状について、流体解析を行い、既存の同心型、および偏心型の解析結果と比較した。

解析結果を表7および図22～図25に示し、流線、乱流運動エネルギー、実効粘度の分布を図26～図28に示す。

表7 ノズル側軸上流型弁体の解析結果 (境界条件4)

同心型	条件	開度	入口速度 m/sec	最大速度 m/sec	最大圧力差 kPa	乱流運動エネルギー m/sec ²	実効粘度 kg/m·s
	4	15	2.0	64.6500	4,316.000	250.800	44.2500
	4	30	2.0	18.2300	401.300	24.9100	21.4400
	4	45	2.0	8.6690	111.4800	5.7140	14.3900
	4	60	2.0	5.0060	19.1680	2.2250	7.4090
	4	75	2.0	3.0930	8.9570	0.7889	2.4690
	4	90	2.0	2.2940	1.2172	0.0600	1.4660

偏心型	条件	開度	入口速度 m/sec	最大速度 m/sec	最大圧力差 kPa	乱流運動エネルギー m/sec ²	実効粘度 kg/m·s
	4	15	2.0	55.7700	2,868.000	162.5000	74.2200
	4	30	2.0	17.8600	410.3000	20.0600	37.2700
	4	45	2.0	8.9290	51.4400	5.2350	20.3000
	4	60	2.0	5.1700	18.1100	2.4990	6.5750
	4	75	2.0	3.3880	11.2220	1.0570	2.7390
	4	90	2.0	2.6770	5.8590	0.3570	1.6770

折曲型	条件	開度	入口速度 m/sec	最大速度 m/sec	最大圧力差 kPa	乱流運動エネルギー m/sec ²	実効粘度 kg/m·s
	4	15	2.0	26.6000	806.8000	47.3000	30.1500
	4	30	2.0	9.8900	129.4200	5.8300	19.6800
	4	45	2.0	5.5500	19.9200	1.9590	7.6080
	4	60	2.0	3.5250	9.0310	1.0330	4.4420
	4	75	2.0	2.9540	4.9480	0.1190	1.8060
	4	90	2.0	3.0840	9.2930	0.3302	2.0770

三日月型	条件	開度	入口速度 m/sec	最大速度 m/sec	最大圧力差 kPa	乱流運動エネルギー m/sec ²	実効粘度 kg/m·s
	4	15	2.0	26.6200	690.0000	42.5600	36.5100
	4	30	2.0	9.8760	102.2200	6.1030	20.2400
	4	45	2.0	5.4280	18.8760	2.2450	7.3090
	4	60	2.0	3.4480	9.5650	0.9485	3.7230
	4	75	2.0	2.8570	4.3440	0.1213	1.7890
	4	90	2.0	3.2380	8.0380	0.2998	2.0520

レンズ型	条件	開度	入口速度 m/sec	最大速度 m/sec	最大圧力差 kPa	乱流運動エネルギー m/sec ²	実効粘度 kg/m·s
	4	15	2.0	25.9000	582.6000	35.4900	31.1500
	4	30	2.0	9.4740	92.2700	5.9480	19.200
	4	45	2.0	5.6480	24.8900	2.8500	6.1360
	4	60	2.0	3.5760	10.7470	0.6540	2.3200
	4	75	2.0	3.3070	5.8180	0.1274	1.8300
	4	90	2.0	3.1800	7.2330	0.3630	2.1370

流線型	条件	開度	入口速度 m/sec	最大速度 m/sec	最大圧力差 kPa	乱流運動エネルギー m/sec ²	実効粘度 kg/m·s
	4	15	2.0	25.3600	436.5000	21.2000	24.3800
	4	30	2.0	9.1730	85.9300	4.2300	13.9100
	4	45	2.0	5.3430	23.2270	2.1640	6.8030
	4	60	2.0	3.5360	11.7350	0.7721	3.4390
	4	75	2.0	3.5010	8.5740	0.5974	2.4150
	4	90	2.0	4.4450	19.1890	1.8990	6.4300

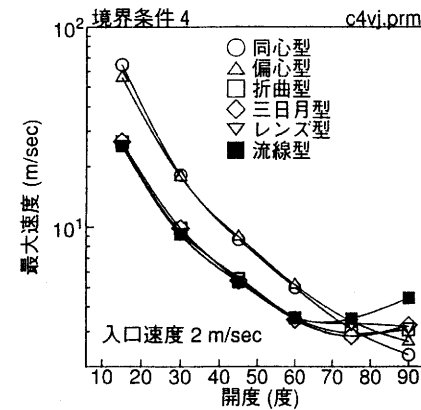


図22 開度-最大速度

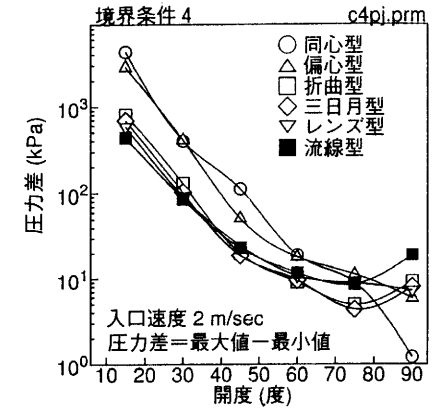


図23 開度-圧力差

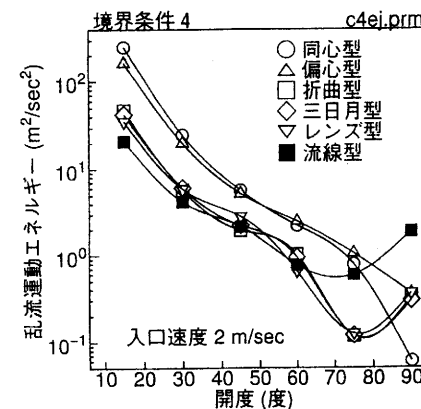


図24 開度-乱流運動エネルギー

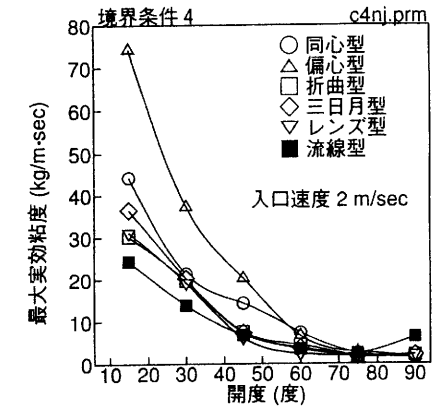
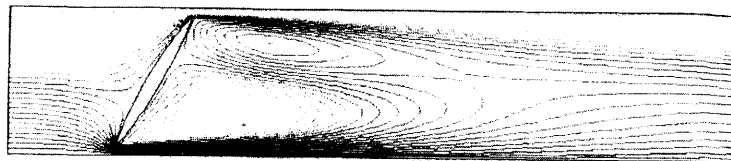
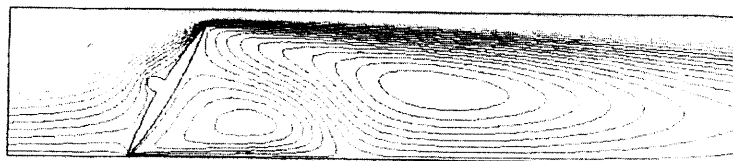


図25 開度-最大実効粘度

同心型



偏心型



折曲型



三日月型



レンズ型



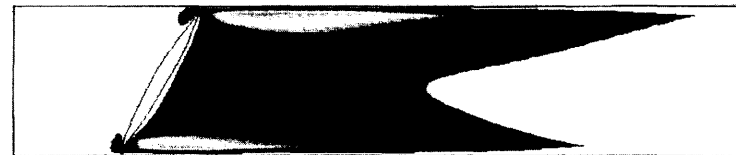
流線型



図26 ノズル側軸上流型弁体の流線 (境界条件4)

Max = 2.491E+01

同心型



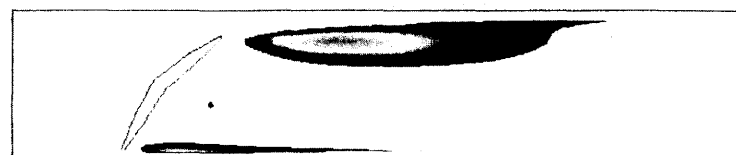
Max = 2.006E+01

偏心型



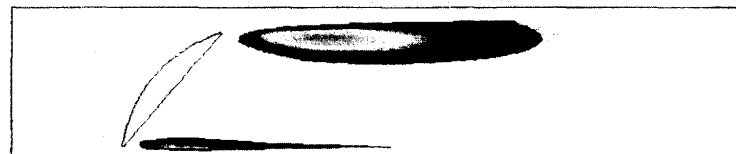
Max = 5.830E+00

折曲型



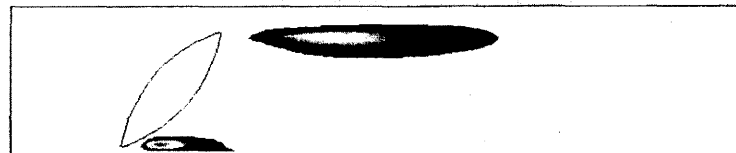
Max = 6.103E+00

三日月型



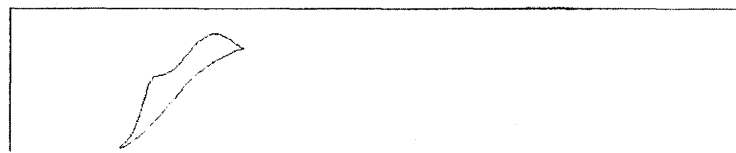
Max = 5.948E+00

レンズ型



Max = 4.230E+00

流線型

図27 ノズル側軸上流型弁体の乱流運動エネルギー $4 \text{ m}^2/\text{sec}^2$ 以上の領域 (境界条件4)

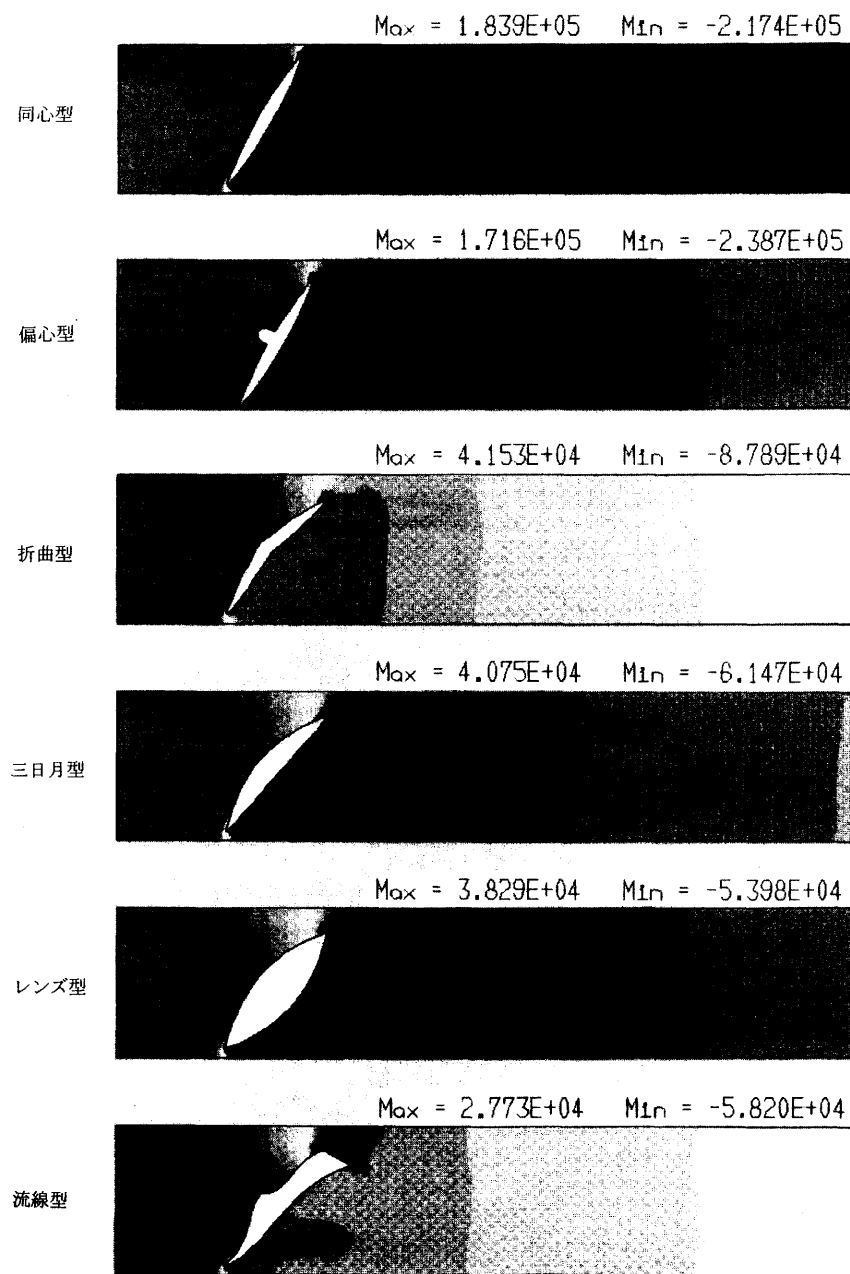


図28 ノズル側軸上流型弁体の圧力（境界条件4）

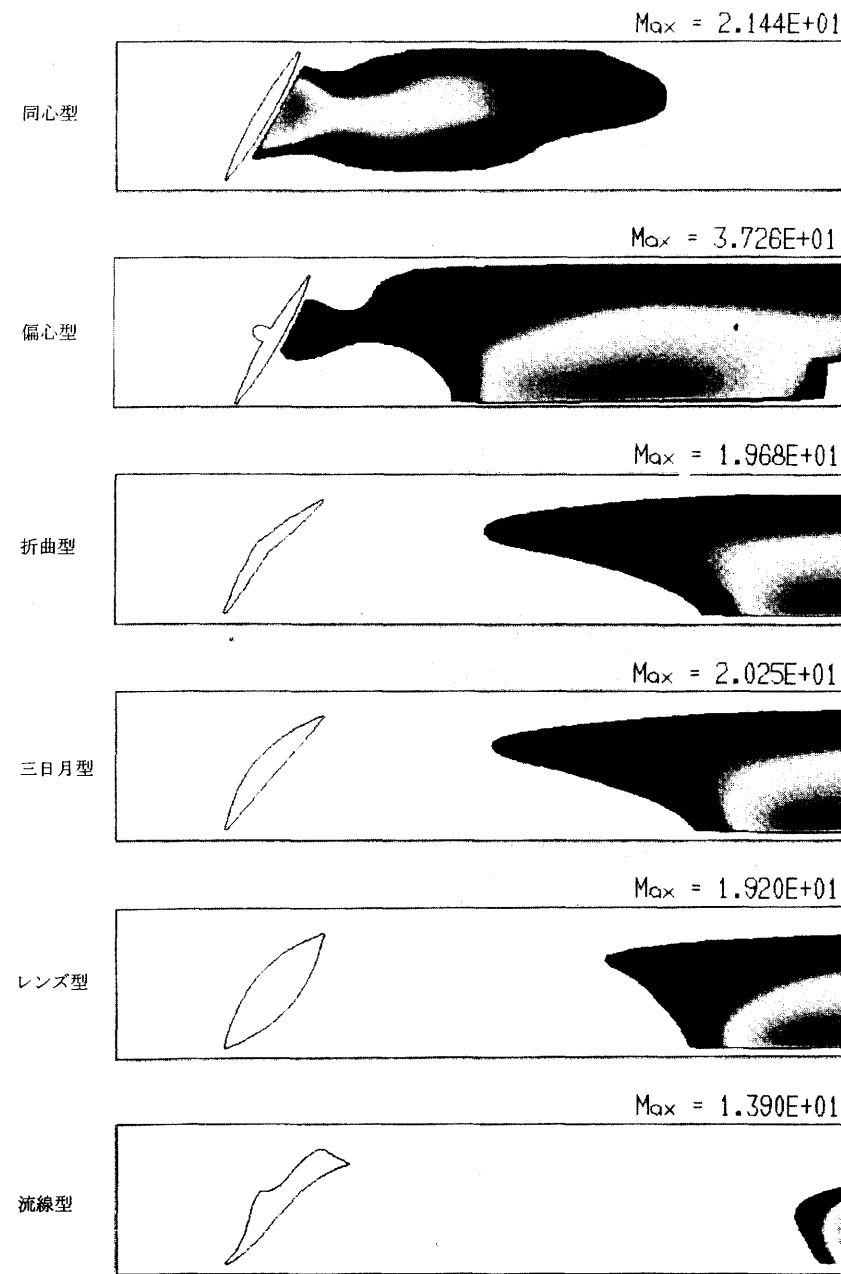


図29 ノズル側軸上流型弁体の実効粘度 $13.11 \text{ kg/m} \cdot \text{sec}$ 以上の領域（境界条件4）

図22から図25に示すように、上記4種類のノズル側軸上流偏心型弁体の最大速度、最大圧力差、最大乱流運動エネルギーおよび最大実効粘度の値については、既存弁体の値に比べ、特に低開度において大きく低下している。

また、図26に示す流線分布からは、先に述べた偏心率の20%の流れに最も近い状態であり、流れの主流はノズル側にあることが分かる。

図27に示す乱流運動エネルギーが $4 \text{ m}^2/\text{sec}^2$ 以上の領域を示した分布では、オリフィス側のみならず、全体的にもその高い領域が小さくなり、キャビテーションを大きく抑制すると考えられる結果が得られた。また、その最大値から判断すると、開度30度では、いずれもキャビテーションが発生していない状態であると考えられる。

図29には、初生時の実効粘度 $13.11 \text{ kg/m} \cdot \text{sec}$ 以上の分布を示すが、既存弁体等は、弁体に近い領域で高い分布が見られるものの、これらの形状ではいずれも、弁体から遥か下流に分布しており、キャビテーション発生要因が小さいことがよく分かる。

しかしながら、以上述べてきたことは、境界条件4を使用した開度30度における解析結果であり、開口面積を比較した場合、既存弁体に比べ遥かに大きいため当然生じる結果と考えることができる。

そこで、境界条件を変更し（境界条件5）、全ての弁体と同じ条件で比較できるように、上流側の流入圧力を 200 kPa と一定にして、各開度における入口での平均速度をまず求め、その平均速度に対しての各値を図に示して比較した。ノズル側軸上流偏心型弁体の代表として、最も効果の大きいと考えられる流線型を用いた。

その解析結果を表8に示し、図30～図34に示す。

表8 既存弁体とノズル側軸上流型弁体の解析結果1（境界条件5）

種類	開度	入口圧力 kPa	平均速度 m/sec	最大速度 m/sec	最大圧力差 kPa	最大乱流エネルギー m^2/sec^2	最大実効粘度 $\text{kg/m} \cdot \text{s}$
同心型	15	200	0.501	16.21	271.94	13.81	10.48
同心型	30	200	2.089	19.02	437.20	26.65	21.74
同心型	45	200	5.102	22.19	727.70	36.83	36.66
同心型	60	200	10.351	22.51	489.50	59.89	37.82
同心型	75	200	16.191	25.85	599.50	57.82	20.33
同心型	90	200	19.269	22.02	112.03	5.60	14.05
偏心型	15	200	0.674	18.47	314.30	20.11	77.04
偏心型	30	200	2.158	19.29	477.00	23.66	34.31
偏心型	45	200	4.861	21.97	309.60	31.52	34.63
偏心型	60	200	9.863	25.46	434.80	63.27	32.79
偏心型	75	200	15.471	26.38	676.80	68.92	21.01
偏心型	90	200	17.860	24.29	471.60	27.53	15.10
流線型	15	200	1.857	23.56	376.30	18.11	20.97
流線型	30	200	5.416	24.73	618.70	30.67	30.70
流線型	45	200	9.363	25.05	511.50	49.88	32.74
流線型	60	200	14.903	26.37	644.70	43.83	25.46
流線型	75	200	15.840	28.11	534.80	37.91	19.97
流線型	90	200	11.779	25.16	532.60	47.48	32.31

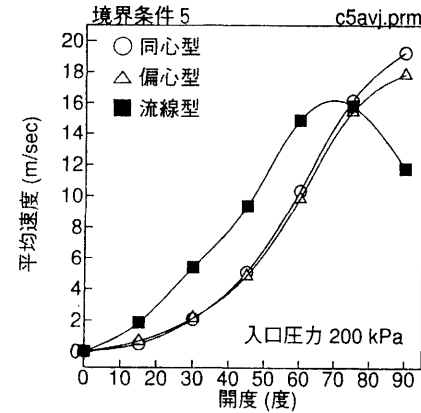


図30 開度—平均速度

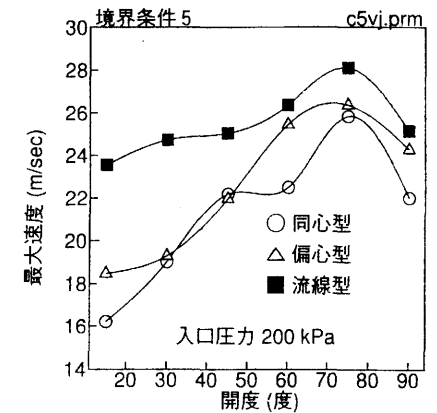


図31 開度—最大速度

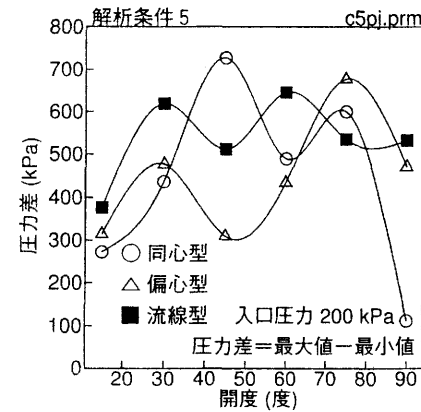


図32 開度—圧力差

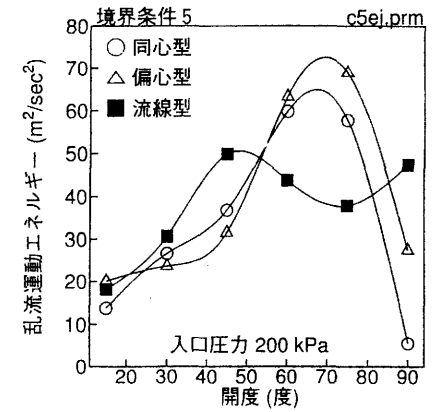


図33 開度—乱流運動エネルギー

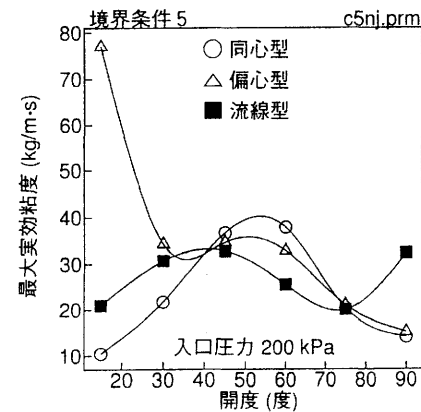


図34 開度—最大実効粘度

図30に示す開度ごとの平均速度では、平均速度を平均流量と置き換えて見れば、流線型弁体は開度約70度の位置が全開状態であり、既存弁体と大きく異なっていることが分かる。すなわち、開度が約15度ずつ余分に開く特性を示している。

そこで、これを統一するため、平均速度に対する値をプロットしたのが図35～図38である。

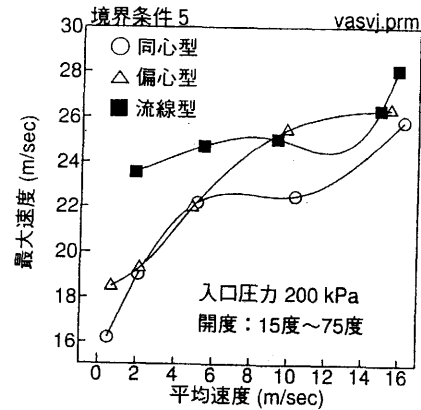


図35 平均速度-最大速度

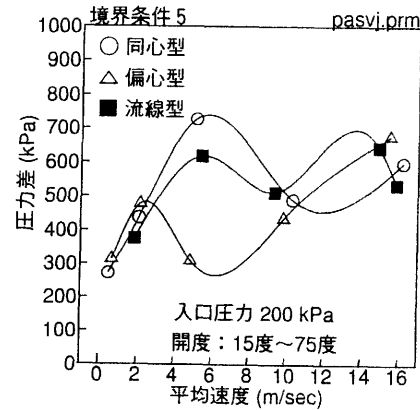


図36 平均速度-圧力差

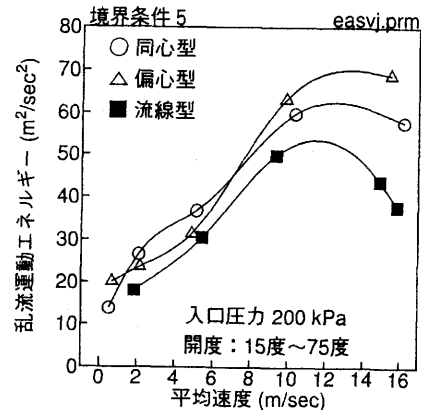


図37 平均速度-乱流運動エネルギー

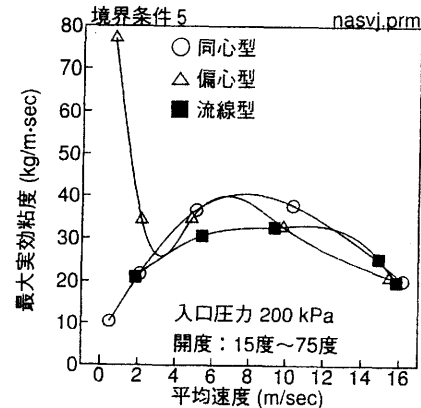


図38 平均速度-最大実効粘度

図35に示す最大速度では、既存弁体では平均速度が大きくなるに従って大きくなる傾向であるが、流線型弁体では、低速度で平均速度が変化しても急激に大きくはならない。

また、図36に示す最大圧力差は、平均速度が大きくなるに従って、他の弁体同様大きく変動しており、いずれの弁体も上流圧が一定であることから、弁体下流での圧力低下が、開度によって大きく変化することを示している。

一方、図37に示す最大乱流運動エネルギーは、いずれの弁体も平均速度が増すごとに大きくなる傾向を示しているが、ある速度以上になると逆に低下し始める傾向を示している。しかしながら、流線型弁体では、その傾向は同じではあるが、値はいずれの平均速度においても既存弁体より小さく抑えられることを示している。

図38に示す最大実効粘度についても、流線型弁体が比較的安定して小さい値となっている。

以上の結果から、開度75度以下で平均流速を変化させた場合、流線型が既存弁体に比べてキャビテーションを抑制できる形状であると考えられる。

ここで、入口圧力が変化した場合の各弁体の特性をみるために、入口圧力を50kPa～300 kPaまで変化させた時の解析結果を図39～図43に示す。

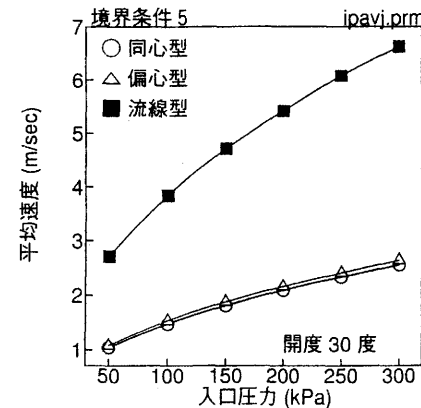


図39 入口圧力-平均速度

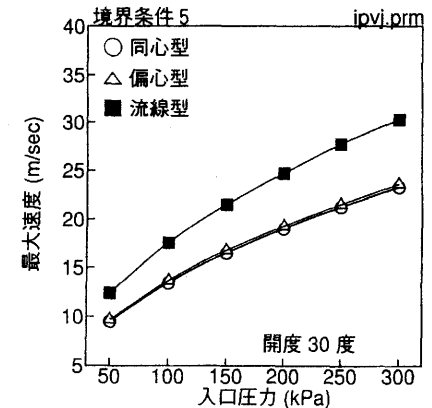


図40 入口圧力-最大速度

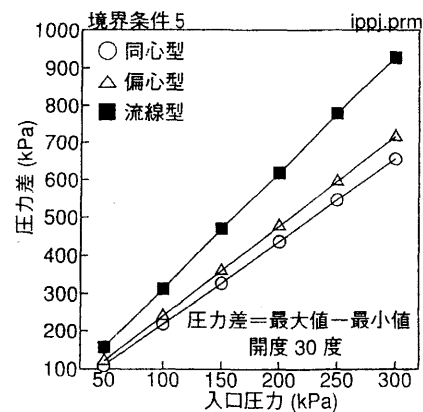


図41 入口圧力-圧力差

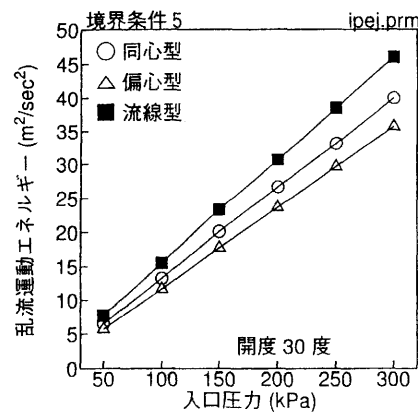


図42 入口圧力-乱流運動エネルギー

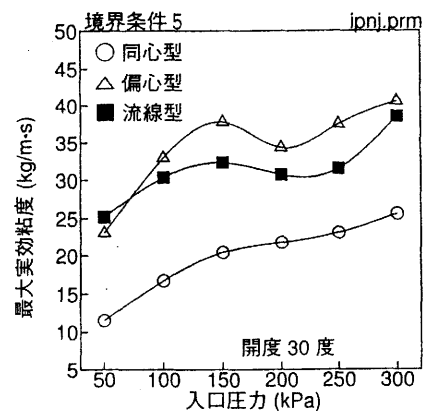


図43 入口-最大実効粘度

いずれの弁体でも速度、圧力、乱流運動エネルギーは、入口圧力にほぼ比例して大きくなる傾向を示しているが、実効粘度だけは、同心型ではほぼ比例するものの、偏心型と流線型弁体では、200 kPa前後で一旦低下する傾向が現われ、その後上昇している。この付近の条件下で、流れが変化しているものと考えられる。

以上の結果、考案した流線型弁体の形状がキャピテーションの抑制に大きな効果があると考えられる。この流線型弁体の、各開度における、流線、圧力、乱流運動エネルギー、実効粘度を解析した結果を図44～図47に示す。

弁開度

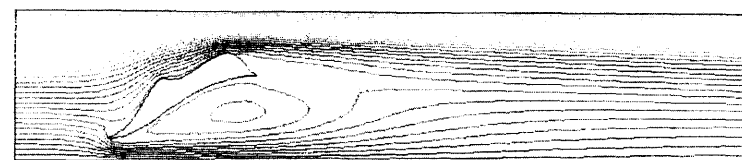
15度



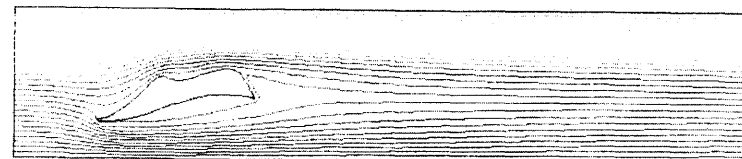
30度



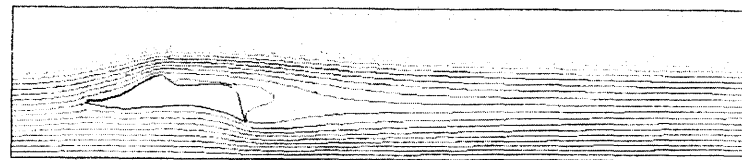
45度



60度



75度



90度

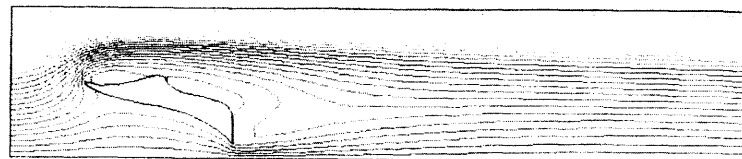


図44 流線型弁体の各開度における流線（境界条件 4）

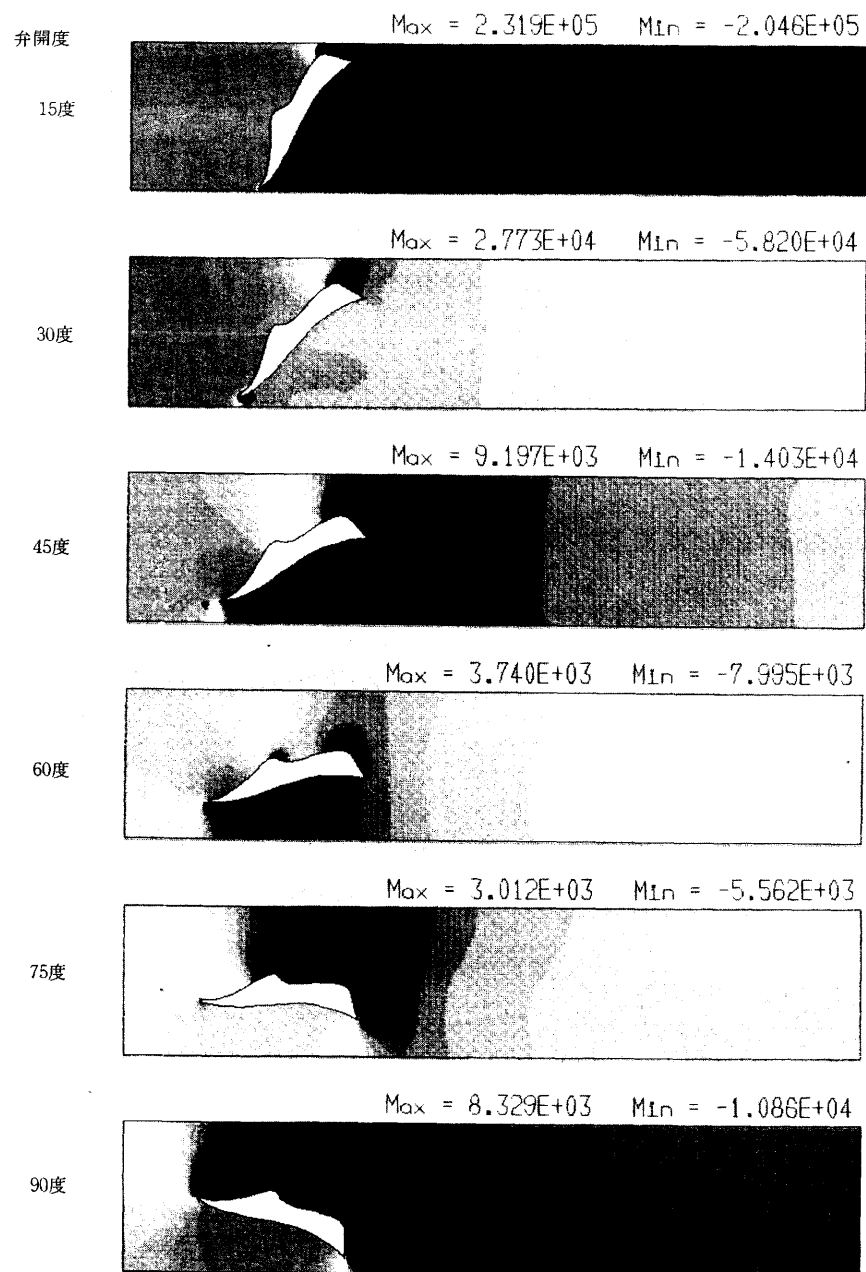


図45 流線型弁体の各開度における圧力（境界条件4）

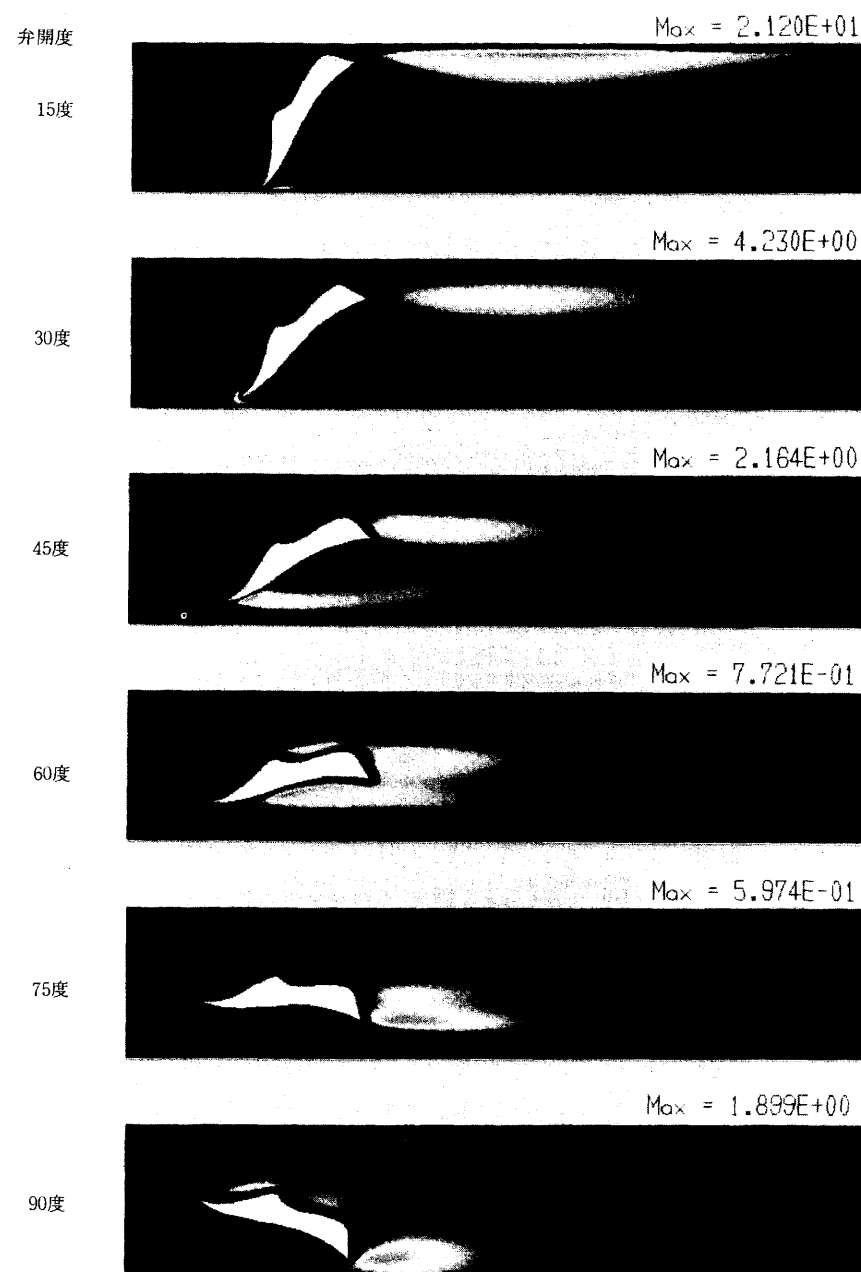


図46 流線型弁体の各開度における乱流運動エネルギー（境界条件4）

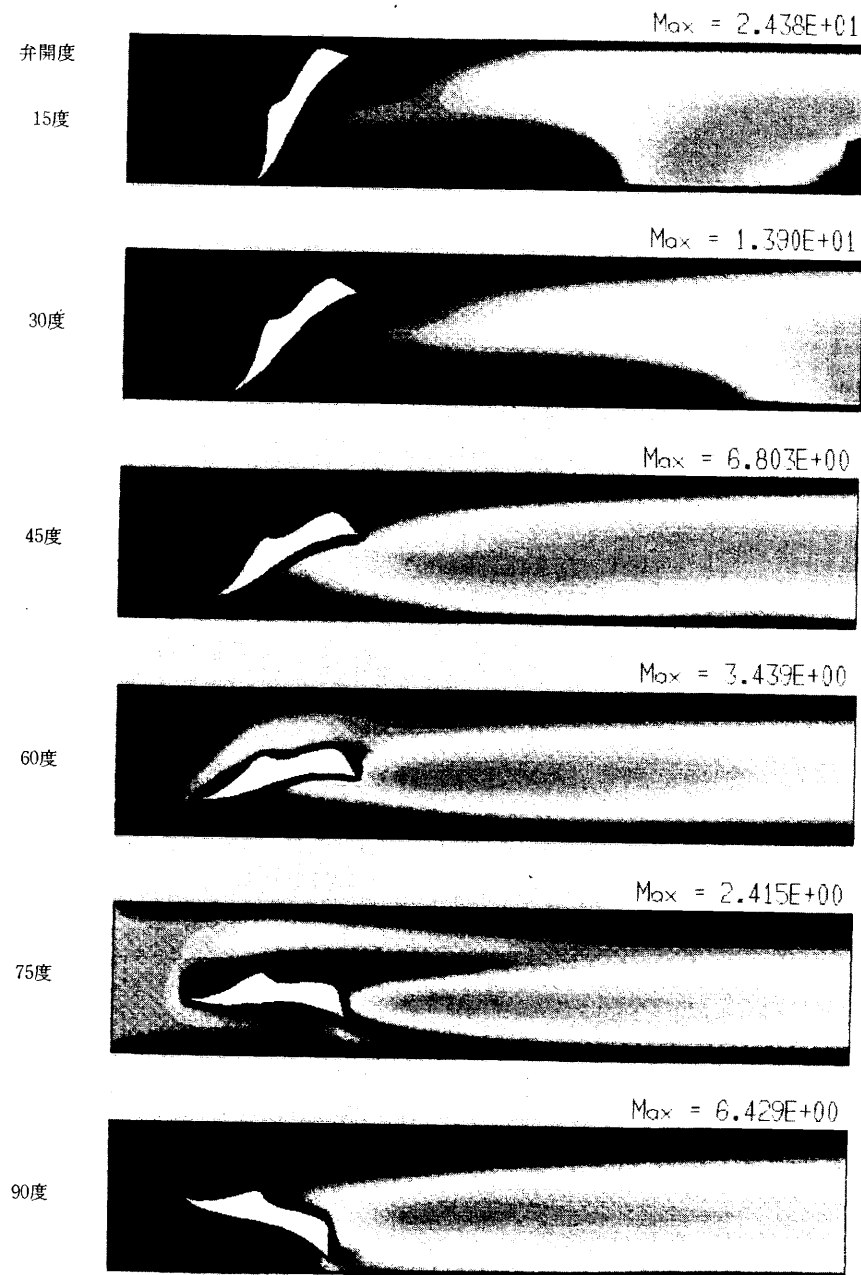


図47 流線型弁体の各開度における実効粘度 (境界条件4)

図44に示す流線では、いずれの開度でも双子渦は見られず、開度が45度以下の弁体下流で1つの渦が発生している。しかもノズル側では15度以下にならないと渦は発生しない。高开度では渦ができずにスムーズに流れている様子が分かる。

図45に示す圧力分布では、他の弁体と同様、流体が弁体を通る部分で流速が早くなる領域で急激な圧力低下が起こっている。

図46に示す乱流運動エネルギー分布では、低开度ではノズル側下流、中間開度以上では、弁体下流側に付着するような位置で高い分布を示すが、値そのものは極めて低いものである。

図47に示す実効粘度分布では、30度以下の低开度では、遠く下流域に高い領域が分布するが、開度が大きい場合は、弁体のすぐ後ろから下流域に長く分布している。しかし、値そのものは極めて小さい。

3.5 解析データの蓄積 (アニメーション化、ビデオ化)

現在までに、種々のバルブ等について、二次元解析を実施してきたところであるが、これらの解析データについては、全てWS内のハードディスク内に数値データとして保存されている。また、古いデータについては、ディスクの容量の関係で、その必要性が低いデータはカートリッジテープにバックアップ保存している。

このため、時間の経過とともにソフトバージョン間のデータ利用互換性の問題等も新たに発生し、問題を抱えた企業を技術指導する場合、何時でも必要な時に必要な解析データを取り出して見ることができない状態となる。

従って、これを解決するためには、解析データを何時でも表示できるメディアに変更し、データベース化しておく必要がある。

そこで、平成4年度に導入したアニメーションシステムをフルに活用し、今後利用できると考えられる重要な解析結果については、アニメーション化して、SVHSビデオテープに保存した。

以下に、今までにアニメーション化やビデオにコマ撮りした解析データ数を示す。

(1) 研究用解析データ (104モデル)

	アニメーション数	ビデオ数
・ バタフライ弁	87モデル	56モデル
・ 仕切弁	4モデル	4モデル
・ ボール弁	10モデル	10モデル
・ 玉形弁	2モデル	2モデル
・ 逆止弁	1モデル	1モデル
合 計	104モデル	73モデル

(2) 技術指導者用解析データ (27モデル)

	アニメーション数	ビデオ数
・ バタフライ弁	2モデル	2モデル
・ 仕切弁	2モデル	2モデル
・ 玉形弁	1モデル	1モデル
・ 逆止弁	2モデル	2モデル
・ その他	20モデル	20モデル
合 計	27モデル	27モデル

3.6 産地企業を支援する流体解析

ここでは、本研究を遂行すると同時に、地元彦根パルプ産地の要望や依頼により、流体解析を実施してこれを支援した。解析の主な理由としては、次の3点に絞られる。

- (1) 新製品開発のため
- (2) クレームや技術的問題が発生し、その原因を追求するため
- (3) 流体問題の解明のため

特に(1)および(2)については、中小企業単独で解決することは非常に困難であり、解析結果が大いに威力を発揮できると考えられ、できる限りの支援を行った。

流体解析を使用した主な技術指導は、次のとおりである。

- (1) 低キャビテーションバタフライ弁の新製品開発 6モデル 12解析
- (2) ストレナ回りの流れ (破損原因) 2モデル 2解析
- (3) 低キャビテーションバタフライ弁の新製品開発 1モデル 1解析
- (4) ゲーブルルーフ建物回りの風の流れ解明 1モデル 15解析
- (5) L字配管下流の逆止弁回りの流れ (破損原因) 3モデル 3解析
- (6) 龍谷大学学外研修生の流体解析指導 10モデル 10解析
- (7) 企業PR用ビデオ作成 既存解析データのアニメーション化

また、この中のゲーブルルーフの問題については、滋賀県立短期大学の武助教授らが、流れの解明とパソコンでの解析手法について研究されている問題である。これは、時間依存問題であり、風が流れ始めてから定常状態に至る過程を解く必要があり、当所システムを使ったk-ε乱流モデルによるタイムステップ解析と比較するために実施したもので、その一例を図48に示す。

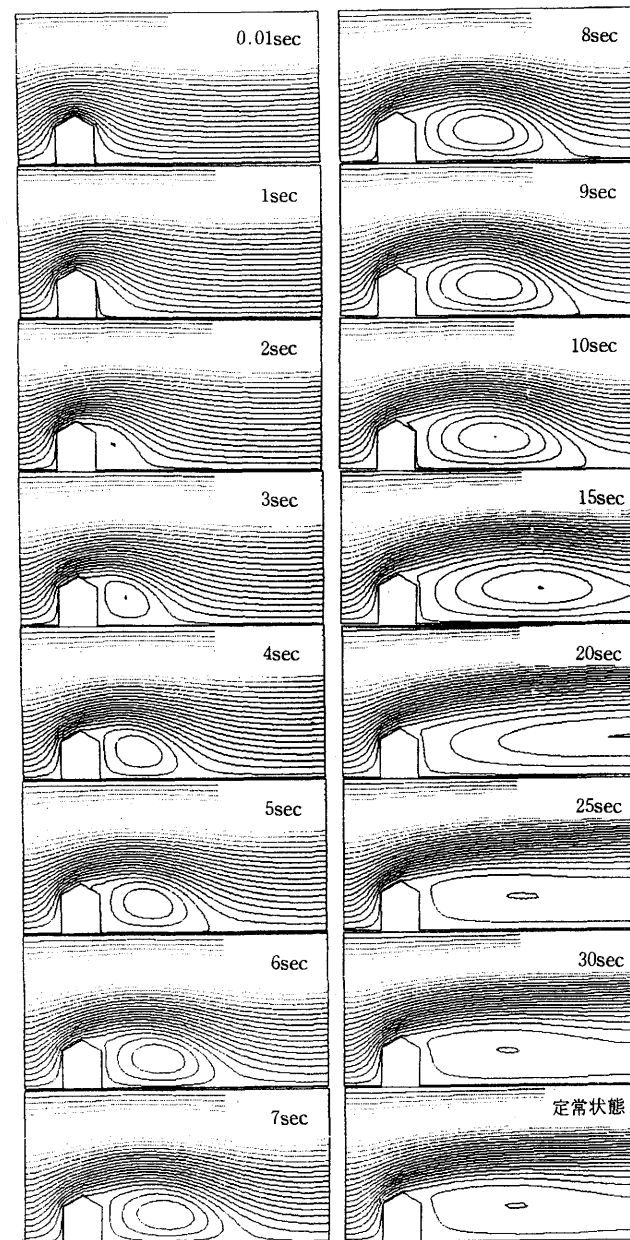


図48 ゲーブルルーフ建物回りのタイムステップ解析

3.7 課題と今後の方向

今回この研究において、既存弁体の低キャビテーション化を図るため種々の改良を行ったが、実際に製品化して業界で普及するためには、解決しなければならないいくつかの課題がある。

3.7.1 三次元流体解析による評価

今まで行ってきた乱流運動エネルギー等による評価は、平成2年度および3年度に実施した、実際のバルブを使った性能試験、および同モデルにおける三次元流体解析に基づくものである。

しかし、平成4年度および5年度では、シミュレーション開発に効率の良い二次元モデルでの解析を実施しており、キャビテーション抑制のためのいくつかの対策が可能となった。しかし、さらに実際問題に近づけるためには、三次元モデルでの評価が必要となる。同時に、三次元解析での最適な境界条件を見出すため、実験値との比較の必要性が生じてくる。

3.2.1 ノズル側軸上流偏心型弁体（流線型）の試作

流体解析のシミュレーションにより、乱流運動エネルギーを抑える形状としてノズル側軸上流偏心型弁体を見出すことができたが、実際の弁体では計算通りに性能が発揮できるとは断言できず、その形状を試作し、実流性能試験により確認する必要がある。

このため性能試験用に、アクリル製可視化配管内で回転可能な弁体を、アルミニウムなどの加工しやすい材料で試作する必要がある。

ただし、ノズル側軸上流偏心型弁体は、ノズル側が楕円形状でしかも厚みはかなりあるため、回転テストしながら制作する必要がある。

3.7.3 ノズル側軸上流偏心型弁体（流線型）の性能試験

改良弁体が試作できた段階で、性能試験装置により既存弁体と比較しながら、実際にキャビテーションが抑制されることを確認する必要がある。

同時に、 C_v 値や損失係数などの性能値を測定し、実用化する場合の問題点の把握や設計等に利用できるデータも併せて確認する必要がある。

3.7.4 製品化する場合の問題点

キャビテーション性能の向上が確認されれば、製品化に向けての検討が当然要求され、バルブ産地企業から、加工を始めとする製作現場的なアドバイスが必要と考えられる。

ここに、製品化する場合に考えられる問題点を上げると、次のようになる。

- (1) 先にも述べたように、弁開度と平均流速の関係から、弁を開いた直後の流量が比較的大きいいわゆる「リニア特性」であるため、流量調整用に要求される「イコールパーセント特性」から判断すると不向きな性質を持っている。このため、いかにして調節用に使用するか、あるいはその特性を逆に利用できる用途があるのかが問題である。
- (2) 偏心型弁体であるので、中間開度付近でアンバランストルクが発生する懸念もあり、弁体を保持する軸の強度や減速機の使用等、その対策を検討する必要がある。
- (3) 弁体形状が、曲面を利用したもので、しかもノズル側とオリフィス側が非対称形状であることか

ら、鋳物等の素材による製造方法、加工方法、シール方法、回転などの機構上の問題点がある。

今後、以上の考えられるいくつかの問題点を解決すべく、努力が必要である。

ところで、新開発バルブを製品化し普及するためには、セールスポイントとなる歌い文句がなければ、普及することは困難である。つまり、どの特性を前面に出すか、あるいは利用するかであり、これによって実用化の可否が判断される。

本研究により考案したバルブが実用化できるとすれば、解析結果から、当然「低キャビテーション」を前面に出し、しかも、弁体にかかる圧力の大きさと分布から「低トルク」が期待される。しかも、偏心型であるため、低開度では弁体が閉の方向に力が働き、良いシール性が得られ、また、この弁体の特性を逆に利用して緊急遮断弁として用いる方法も考えられる。

一方で、工業用バタフライ弁で規格化の働きがあり、新しい弁体と既存弁体との位置づけを明確にしておく必要がある。

4. ま と め

- (1) キャビテーション抑制の基本的な考え方として、次の3つの方法にまとめ、具体例の解析により抑制効果の評価した。
 - ① 弁体部分はそのまま、下流側に改良を施して、オリフィス噴流の形成を直接妨害することによりキャビテーションを抑制する。
 - ② ノズル側流れを主流とする、既存弁体である偏心型弁体の偏心率を変更して更にキャビテーションを抑制する。
 - ③ 弁体以外には改良を施さず、偏心型の考えを基本に、まったく新しい弁体形状を考案してキャビテーションを抑制する。
- (2) バルブに適用できる境界条件を検討した結果、計算領域に流入する境界位置では、圧力境界に設定することが望ましい。
- (3) 開度によって開口面積が異なる弁体モデルを比較する場合には、入口と出口の圧力を設定する境界条件（差圧設定）を使用し、同じ流速または流量に対して比較する必要がある。
- (4) 弁体下流に設置する整流板は、開度30度の場合、20d下流に設置する時が乱流運動エネルギーおよび実効粘度を最も小さくできる位置である。ただし、他の開度の場合は、それぞれの位置での解析結果を基に最適位置を求める必要がある。
- (5) 偏心型弁体の偏心率は、開度30度の場合、偏心率が大きくなる程効果があり、偏心率20%の弁体が最も乱流運動エネルギーおよび実効粘度を小さくできる形状である。ただし、他の開度の場合は、それぞれの偏心率での解析結果を基に最適率を求める必要がある。
- (6) 弁体下流の配管内に設置する案内板は、その種類と設置位置により効果は異なり、平行に設置した場合は効果は得られなかった。角度をつけて設置した場合、特に案内板に穴を開けた場合は大きな効

果が得られた。

- (7) 偏心型の考えを基に考案したノズル側軸上流偏心型弁体は、低開度で流れの主流をノズル側に求めた形状であり、既存弁体と比較して、大きな効果が得られた。
- (8) 今まで実施してきた解析データについては、技術指導等に生かすため、極力アニメーション化したビデオとして残し、いつでも利用できるようにした。
- (9) シミュレーションにより求めてきた低キャピテーションバルブを製品化する場合、クリアしなければならない問題点がある。
 - ① 三次元流体解析によって、抑制効果を評価・確認すること。
 - ② ノズル側軸上流偏心型弁体（流線型）を試作すること。
 - ③ ノズル側軸上流偏心型弁体（流線型）の特性を性能試験により確認すること。
 - ④ 製品化する場合の問題点を解決すること。

最後に、この研究の遂行にあたり、滋賀県立短期大学機械工学科の武隆助教教授から、随所に有益なご教示を賜りました。またパタフライ弁の実験現場での使用方法や使用条件等について、彦根バルブ産地内企業の技術者の方から、多くの情報提供やアドバイスをいただきました。併せて皆様に感謝します。

5. 参考文献

- (1) 樋口、宮川：既存パタフライ弁の流量特性に関する研究，平成元年度業務報告書
- (2) 樋口、宮川：CAEによる低キャピテーションバルブの開発研究，平成2年度業務報告書
- (3) 宮川：CAEによる低キャピテーションバルブの開発研究，平成3年度業務報告書
- (4) 宮川：CAEによる低キャピテーションバルブの開発研究，平成4年度業務報告書
- (5) 村口、西川：パタフライ弁における整流板の形状とキャピテーション抑制について一考察，平成4年度別刷報告
- (6) ㈱流体コンサルタント：FLUENT Ver.4 ユーザーズガイド

「自動制御弁の開発研究」

ソフト開発とシュミレーション

試験研究係 主査 酒 井 一 昭

あらまし：各産業界におけるコンピュータ化への流れは、バルブ業界に於いても配管系の高度化となって波及している。

本研究は、優れた流体制御システム機器として、バルブに対する新たな認識が必要なことから、高付加価値化（高機能化）バルブの開発に向け、マイコン搭載したコントローラの試作と制御ソフトの開発を行った内容である。

また、その効果を実流プラントにより調べたところ、現状ではまだ適正化できていないが、一応、制御できたことを示したものである。

1. 目 的

近年、コンピュータ関連の技術が急激な親展を遂げ、現在もお一層技術開発が行われている状況にある。また、このようなハードの高度化に伴い、各種のアプリケーションのバージョンアップが並行して高機能なものとなってきている。バルブについても配管系の高度化、流体の多様化・精緻化、そして過酷な条件下での適応性が問われるなど使用環境は拡大してきている。高級なバルブ開発が指向され、バルブ単体を考えた製品開発から配管システムの一部として扱うことへの認識が高まり、今迄以上に高級なバルブ開発が必要と考えられる。

つまり、コントロールできる優れた流体制御システム機器として、またセンサ・エレクトロニクスも含めた総合的な技術力による高付加価値化（高機能化）バルブ開発への取り組みが急務と考えられる。しかし、自動制御弁そのものの市場はかなり広く、その範囲は化学工業をはじめ食品やビルの空調用、そして装置設備、搬送関係にいたるまで多岐にわたっている。かつ、これに加えて業界におけるユーザー仕様が様々で、営業活動も非常に厳しい状況にある。この結果、自動化関連バルブの製品の種類は極めて多く、その開発を一段と複雑にしている。自動制御弁の開発は、計画立てて順次研究を進めていくことが必要と思われる。

本報は、電気信号で動作する空気式の単座形調節弁（一つの弁座をもつもの）を対象として、これにマイコンを付加させて流量制御することを目的とした。

既に、弁体部と駆動部についての構造の調査・把握とコンピュータ搭載時に活用するデータは実流試験により調べられており、昨年度よりソフト開発もスタートしている。そこで今回は、流量制御の一連のソフト紹介とシュミレーション状況について報告する。

2. コントローラの試作

図1に試作したコントローラの構成を示した。また、写真1はその外観である。なお、コントローラに付

属している部品の仕様については、昨年度の研究報告書に記載しているので省略した。

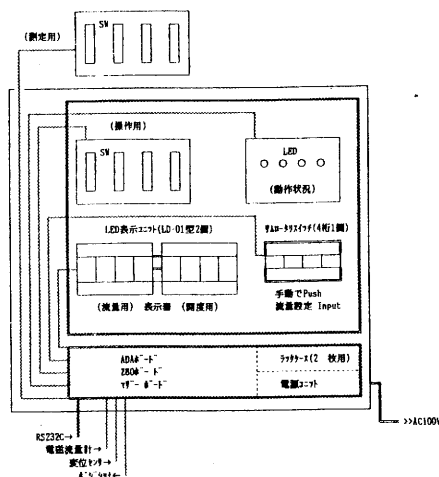


図1 試作コントローラの構成

3. ソフト開発

写真2は今年度に入力した開発ツールである。このツールはマイクロコンピュータ応用製品を開発する上で、試作段階にあるマイクロコンピュータの動作をエミュレーションしながら、効率良くデバックするための開発支援機器である。開発したプログラムのチェックを実際の環境下で実行できるので、机上デバックやソフトウェアのシミュレーションデバックでは発見できないようなバグを検出し、解析することができる。

マイコンボードのCPU（中央処理装置）と接続でき、プログラムの記憶、変更、表示等の機能があるばかりでなく、カヴァレッジ機能（プログラムを解析する機能）があるため、プログラム内容や実行状態等の詳細を簡単に調べることができる。これにより、デバッグ作業が容易になり、効率の良いソフト開発ができるというものである。

なお、主な仕様は以下の通りである。

○ システム構成

- 1). パソコン 一式 NEC製 PC-9821AP/U2型
- 2). インターフェイス ザックス製 PIF-98H型（専用パラレルI/F）

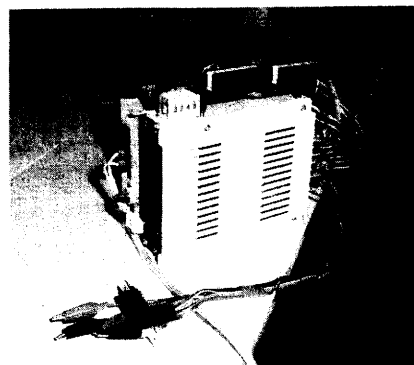


写真1 外観

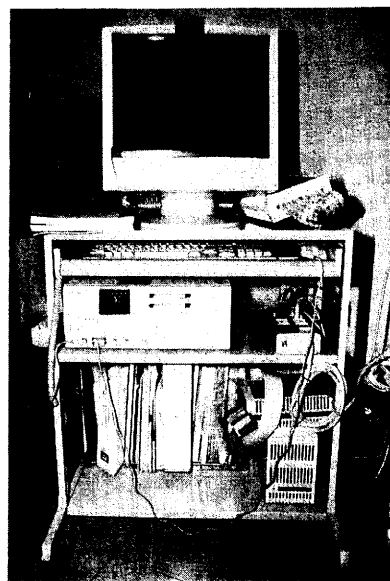


写真2 制御ソフト開発ツール

3). E V X 一式 ザックス製 EVX 388 型

○ 開発環境

- 1). エミュレータ：ERX
- 2). その他：Cコンパイラ（MCC80）、アセンブラ（ASM80）、リンカ（LNK Z80）、デバック（XRAY80）

○ 基本動作

*適応できるTarget systemのCPU：Z80（250 KHZ～2.5 MHZ）

*クロック：外部クロック（Target system）と内部発生クロック（1～8 MHZ）

*クロック：外部クロック（Target system）と内部発生クロック（1～8 MHZ）の使用が可能

- 1). Real Time Emulation
- 2). Memory Emulation（最大128kバイト）
- 3). Break
- 4). History（Real time Trace）（4096 word ストレージ）
- 5). Memory / Register Monitor

4. 制御ソフトのフローチャート

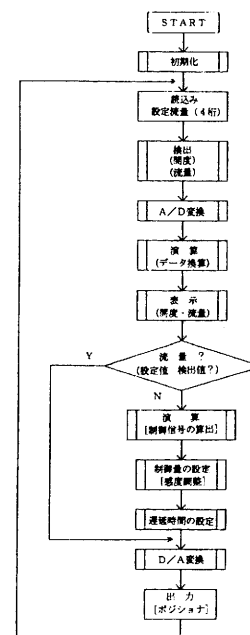


図2 制御フロー (MAIN)

図2に制御のメインフローを示した。制御としては、弁上流でポンプの出力状態が変わると、これに伴って流量が変化するため、この時の流量を一定に維持できるようにすることを考えている。

定流量制御（設定流量→0.35 m³/min）を目標としており、過去の実験から流量の変動範囲は今回の対象としているバルブの場合、0.7～0.1 m³/minであったことから、後で確認実験できるようにこの範囲の流れを想定してプログラミングした。なお、Cv値はMax=56であり、最大上流圧については95kpaである。

開発に際しては、既に作成していた表示用ルーチンを利用しながらから弁軸の位置決めに必要なサブソフトを順次に結合し、一連の動作が可能となるように作業を行った。

フローチャートから理解できるように、開発手順は概ね次のようになる。

(1). 流量設定値の読み込み及び表示

サムロータリスイッチで設定される目標流量値のデータを読み込み、表示用ルーチンを使って流量値を表示させる。また、表示用プログラムのアセンブラ記述をC言語形式に書き換えると共に設定値の読み込みと表示器への上位4桁表示の確認を行う。

(2). 弁軸位置の検出と表示

レーザー型変位センサを使用して、弁軸位置のデータをA/D変換した後、CPU (Z80) に読み込み、これを表示用ソフトにより表示させる。

(レーザー変位センサのアナログ信号を0V~+5Vの範囲で基盤に取り込めるようにI/Oを設定。)

(3). 開度表示

(2)の位置データを開度換算させて表示させる。A/Dデータを位置データ及び開度データ及び開度データに換算表示させた。12bitの1/0データを電圧レベルのデータに換算させ、さらにセンサの感度係数を掛けて位置データ (mm) とする。また、位置データを開度に換算表示できるようにする。

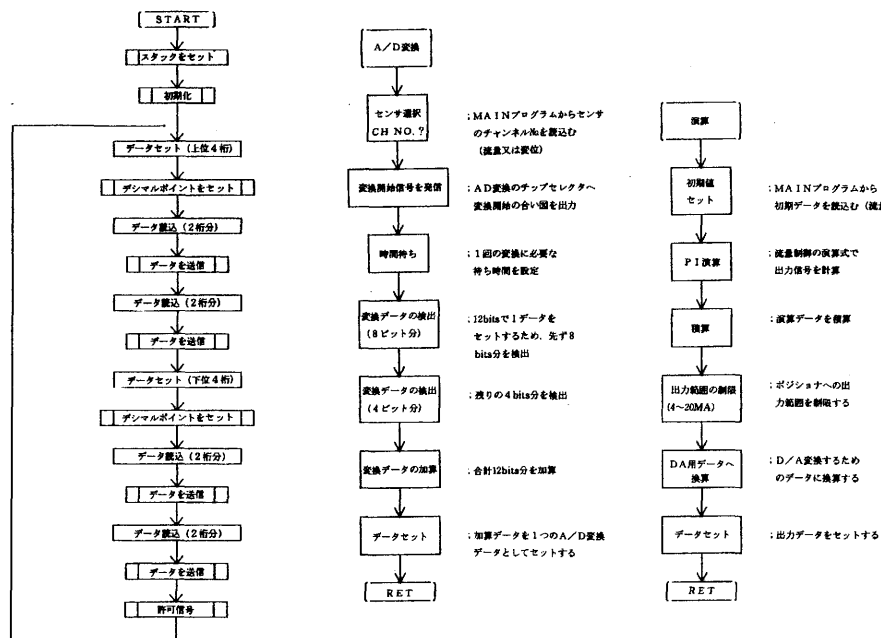
(4). 流量データの検出と表示

(2)の技術を応用し、流量データを検出するサブソフトを作成する。変位センサを仮想的に利用して、流量データを表示できるようにする。

(5). 制御信号用ソフトの作成

(1)と(4)の流量を比較し、流量特性データを利用して制御信号を算出し、これに遅延時間を付加させて、D/A変換するサブソフトを完成させる。PI演算出力のできるプログラムを作成。

(6). サブソフトの統合



[注記] : 詳細は平成4年度の研究報告書参照して下さい。

図3 表示用ルーチン (MAIN)

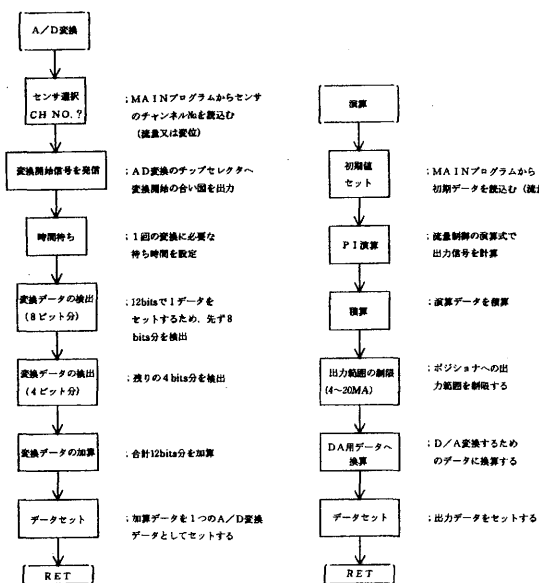


図4 A/D変換ルーチン

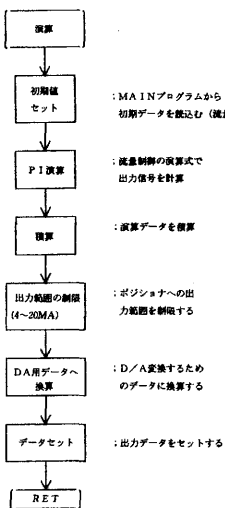


図5 演算用ルーチン

図3には表示用ルーチンを示したが、このソフトの場合、C言語記述に変えたので、より単純な記述ができるようである。また、図4及び図5にそれぞれA/D変換ルーチンを示した。演算式は取り合えずPI制御式を与えた。

この他、コントローラーを使用する上で便利のように幾つかのサブソフトを追加した。主として、次のようなものである。

* その他演算ルーチン

- ① SW操作用ルーチン (駆動)
- ② 設定流量値の読み取り
- ③ 検出流量の換算
- ④ 開度換算用
- ⑤ 表示タイプ選択用
- ⑥ 測定用ルーチン

5. 制御環境の設定 (実流プラント用)

5-1. 流量の過渡特性

実流実験で制御状況を調べる時、ソフトの中でプラントに適した条件を設定しておく必要がある。例えば、プラントの規模、使用するセンサや制御範囲に関する情報についてである。特に、流量制御では流量の過渡特性を調べておく必要がある。弁全開時に、ポンプの吐出量が0.6/minとなるように設定しておき、ポジションナにステップ信号を与え、この時の流量の時間変化を調べたところ図

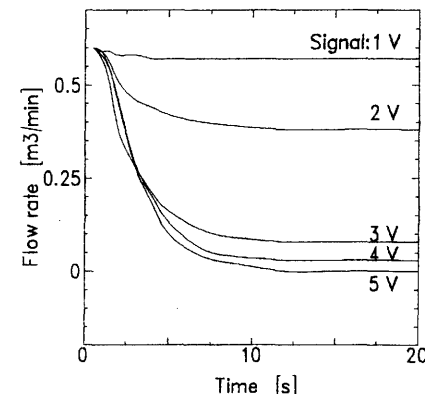


Fig.6 The transient responses of each flow

6の結果を得た。

信号の増加とともに弁軸が下降す

るため、流量はしだいに流れにくくなり、時間経過に従い安定してくる。

5-2. 各使用機器の特性をプログラムに設定

実流プラントには電磁流量計が2個設置されている。容量の大きい方は、電位差0.15Vの出力で0.55/minの流量偏差を示す。小さい方は、0.88Vで0.5/minであった。このため、検出感度の大きな小容量の電磁流量計を使用することにした。

図7に、この流量計の出力電圧とYEMAC computerのディスプレイに示される流量値との関係を示した。これはコントローラの流量と一致させるために測定したもので、制御ソフト中でのデータ換算に利用した。また図8には、変位センサの仕様と特性を示した。有効ストローク28mmのうち開度表示が必要な範囲で開度換算できるようにこの特性を利用した。

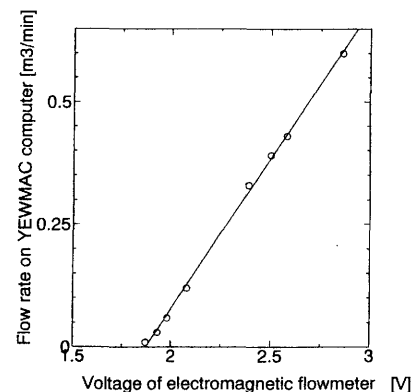


Fig.7 Relation between YEWMAC and electromagnetic flowmeter

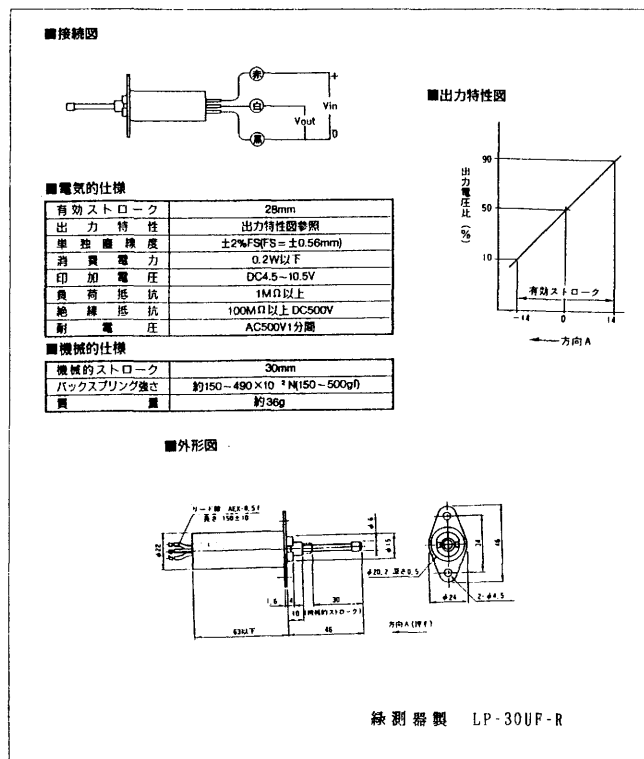


図8 ポテンションメータ（弁開度のために測定に使用したセンサ）

6. シミュレータによる出力感度の補正

6-1. シミュレータの作成

演算された制御信号を適当な出力レベルにするために、簡易シミュレータを作った。これにより感度調整を行った。このシミュレータは制御ソフトを部分的に変更したものである。図9にはシミュレータのフローを示すが、図から分かるように、センサ等を接続していないので、検出部のサブソフトをセンサの特性を代表している計算式で置き換えている。そして、計算された制御信号はさらに流量算出の時の変数として使用する。以後、この作業を繰り返される。

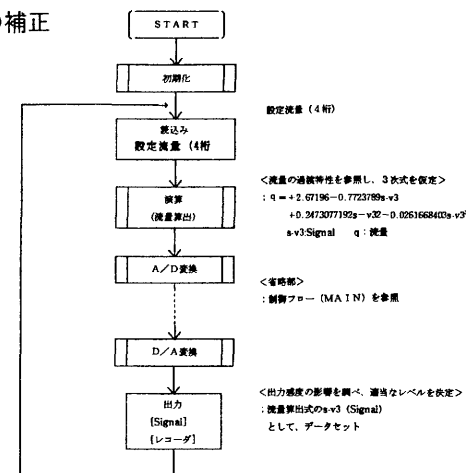


図9 シミュレータのフロー

6-2. 出力感度の影響

シミュレータでコントローラの出力信号を調べたところ、図10のようなデータを得た。図では流量設定値が $Qr = 0.3$ の場合を示すが、出力レベルを1/4にする事で適切な信号が出力される。このように、他の設定値の場合も同様に調べて、適当な出力レベルが順次決定される。このようなデータから単純な感度校正式を作ってソフトに組み込んだ。

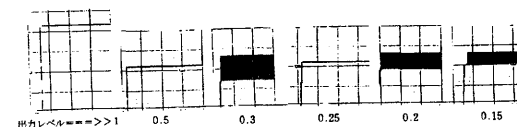


図10 制御信号の出力感度の影響 ($Qr = 0.3$ の場合)

6-3. 出力信号のチェック

シミュレータにより、出力信号を確認した。また、故意に乱れた信号を作り、信号の遅れ時間も調べた。図11、12がその一例である。

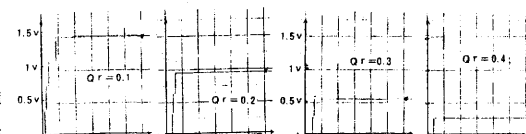


図11 信号レベルの確認 (シミュレータ)

7. 実流プラントでの制御状況

7-1. 実験の様子

図13に制御システムを、写真3に実



図12 遅れ時間のチェック (シミュレータ)

験の様子を示した。人がノートブックで操作しているのは、プログラムをコントローラへ転送しているところである。

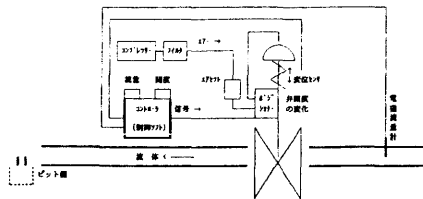


図13 実流プラントにおける自動制御システム

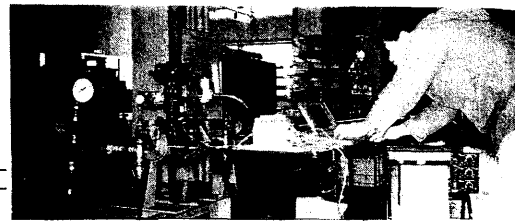


写真3 実験の様子

7-2. 各流量設定に対する状況

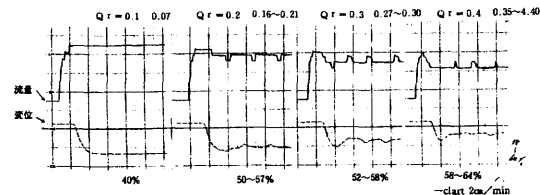


図14 各設定流量に対する流量と弁軸の時間変化（実流プラント）

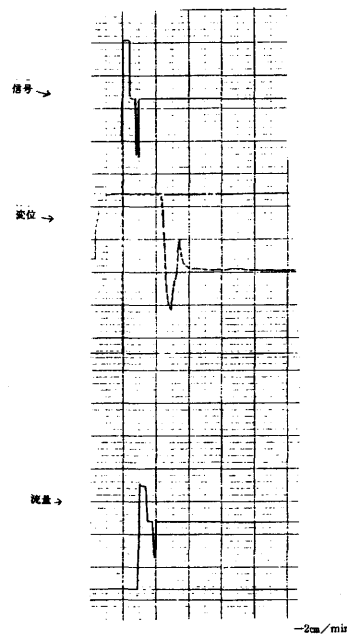


図15 流量特性データを参照した制御（ $Qr=0.3$ の場合）

図14は、各設定流量に対する流量と弁軸の時間変化である。実験は0.1～0.4の4段階で設定している。この結果から、流量設定値が0.1～0.4/minの場合、設定値に対して±12～30%の範囲で制御していた。この時の、弁開度の変化はおよそ±4%であった。

7-3. 流量特性を参照した制御方式

弁には固有の流量特性があり、その特性が事前に分っている時は、そのデータを参照すればある程度の制御が可能である。図15は、 $Qr=0.3$ について調べたものであるが、単に流量のみの検出で差圧が明らかでない場合、弁軸位置は実際には定まらない。しかし、制御の近傍まで弁軸を制御することができるので、そこから残差分を移動させれば制御できると考えられる。この時には、弁開度のデータが参考になる。次式から、 Cv 値は流量と差圧の関係式で表現されるが、図16、図17のような各差圧毎の流量特性が分かっているならば、残差分はある程度追補正しながら収束させることができる。信号の出力後は、忠実にポジションが位置決め

を行ってくれる。

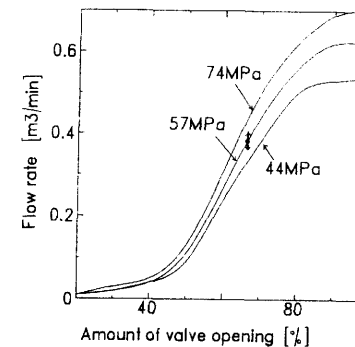


Fig.16 Relation between flow and opening

$$Cv = 1.167 Q \sqrt{\frac{G}{\Delta P}} \quad (7.3.1)$$

ここに、 Cv ：容量係数 (m^3)

Q ：流量 (m^3/ha)

ΔP ：差圧 (kg/cm^2)

G ：水の比重 (1)

7-4. ポジショナの供給圧の影響

図18のポジションの空気圧との関係を示すものである。エア圧0.25 kgf/cm^2 では全く制御できず、0.5で作動状況に影響を与えている。1.5以上では大差のない結果を得た。

7-5. ポンプ出力の変動に対する状況

図19にポンプの出力変化に対する制御状況を示した。これにより、ポンプ出力がアップすれば弁は設定値を維持させるため、弁開度を小さくしていることが分かる。

7-6. 弁軸の変位と流量特性について

前項（7-6. 項）までは、コントローラ及び制御ソフトが開発途中だったため、仮のパラメータを使用して制御のデータ収集が行なわれたので、安定性が不十分であった。そこで、今回試作したコントロー

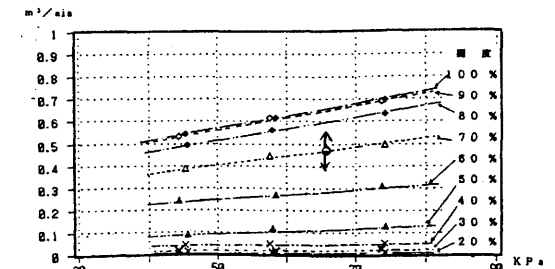


図17 流量（ m^3/min ）－差圧（kPa）

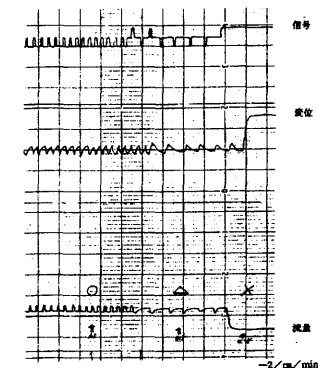


図18 ポジショナの供給圧の影響

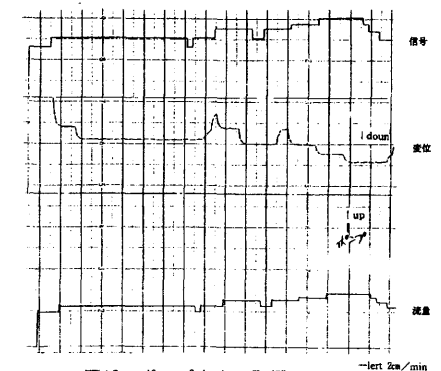


図19 ポンプ出力の影響（ $Qr=0.3$ の場合）

ラ及び制御ソフトを使用して、パラメータの修正に参考となるデータを得た。

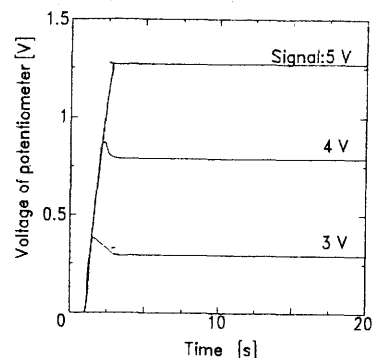


Fig20 The transient responses of some signals

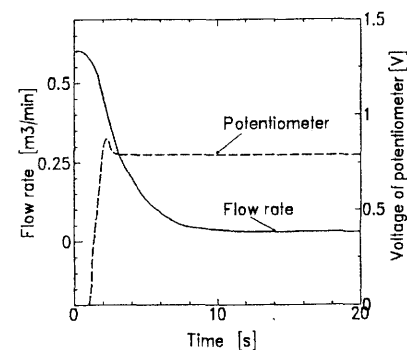


Fig21 The difference between potentiometer's response and that of flow rate under the step signal of 4 V

まず、図20はポジションへ各信号（3～5 V）を付加した場合の出力状態を時間経過との関係で示したものである。どれも信号が加わってから1 sec後にポテンシオメータが動作し、また同様な傾斜で1次的に出力が漸増して後、行き過ぎ現象を呈してから安定している。4 Vの場合については、図21のように流量特性も同時に示した。この図では、流量変化はポテンシオメータの動作とほとんど同時期に変化を開始している。しかし、ポテンシオメータが3 sec後には既に安定しているのに、流量は12secを経過して漸く安定することが分かる。なお、図22はパラメータ設定の1例として、信号が4 Vの場合について記号付けして流量特性を示したものである。

Ziegler-Nicholsの方法 (PI定数の設定)	
比例ゲイン	積分時間
0.9 T / (K L)	3.3 L
K = C / M	M : 入力振幅

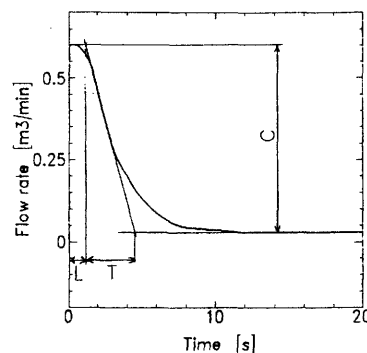


Fig22 The transient response of flow rate

P I 定数の設定に際しては、文献にZiegler-Nicholsの方法が計算が容易で実用的ということで秘録用いられているとあるので、図22等からこの方法を適用したパラメータ修正を行って、次回の実流実験で再び制御性を調べる予定である。

8. 今後の課題

自動制御弁の開発に取り組んできたが、漸くそれらしき外観が出来てきたところであり、調整は今後のメイン課題である。来年度は次のような項目で研究を進めていきたい。

(1). 制御法の違いと制御性の関連を把握

制御性の向上を検討するため、制御演算の違いによる効果を把握し、制御の最適化への参考にする。

(2). 制御の適正化

上流ポンプに急激な出力変化が生じてもバルブが安定した制御ができるように制御の最適化を図る。

(3). 自動制御弁の試作例

山地バルブに高機能を付加させた自動制御弁というものについて、写真4のようなモータをアクチュエータとした場合のバルブを試作した。本体にバタフライ弁を使用したのは、非常にコンパクトであることと産地内のバルブとしては比較的、制御性に対する可能性が高いのではなかろうかと判断したためである。来年度は、この試作弁を使った制御法についてもできれば検討してみたい。



写真4 試作した自動制御弁

9. まとめ

(1). コントローラ

バルブを制御するのに必要なコントローラを試作できた。このコントローラはZ80のcpuを搭載しており、他の制御機器類の応用としても十分利用できる。

バルブの制御ができる基本的なソフトが一応できた。

(2). 制御状況

当所の実流プラントを制御対象に選定し、簡易的なシミュレータを作成することによりソフトの設定値を部分的に修正した。しかし制御状況を調べたところ、現状では次のように調整がまだ不十分である。

- ① 設定流量 0.1～0.4 / min の場合、設定値に対して $\pm 12 \sim 30\%$ の範囲内で制御していた。この時の、弁開度の変化はおおよそ $\pm 4\%$ であった。
- ② ポンプの出力を30～45Hzの範囲で変化させたところ、上記①の精度で設定値を維持した。
- ③ ポジションへの供給圧と制御性を調べたが、0.25kgf/m²以上では大きな変化が認められなかった。

(4). 試 作 弁

バルブ制御用コントローラができたことにより、写真4のようなバタフライ弁について、モータ制御による自動制御弁を試作できた。制御法の検討は今後の課題であるが、非常にユニークな制御ができるものと期待している。

〔参考文献〕

- 1) 松川・酒井：自動制御弁の開発研究、滋賀県立機械金属工業指導所業務報告書
(平成2～3年度)
- 1) 酒井：自動制御弁の開発研究、滋賀県立機械金属工業指導所業務報告書
(平成4年度)

CAD/CAMシステムによる バルブ加工の合理化、省力化研究 (CAD/CAMによる2.5次元加工の検討)

指導係 係長 樋口 英 司

1. は じ め に

生産工場の海外移転による空洞化現象や人手不足、熟練工の減少と高齢化に対処して生産性の向上を図る手段として、CAD/CAMシステムを用いたバルブ加工の合理化、省力化研究を3年継続して実施、今年度は2.5次元CAMシステムを導入して弁箱弁座部の加工プログラムを作成、フランジ三面加工プログラムとドッキングして弁箱の全加工プログラムによる試作を行いバルブ加工の合理化、省力化について検討しましたので、その結果を報告します。

2. 2.5次元CAMシステムの概要

導入したCAMシステムは日本オリベッティ株式会社製の「たまご-600」です。システムは次の6つの部分から構成されています。

1. 図面を作成する CAD部
2. 図面に加工指示を付加して工具軌跡 (Cutter Location) を計算する CAM部
3. NCデータを作成する ポスト・プロセッサ部
4. NCデータの検証、編集を行う NCユーティリティ部
5. 工具の切削能力 (回転数、送り速度等) を登録する 加工条件登録部
6. HDおよびFD内のファイルをメンテナンスする ファイル管理部

2-2 ソフトウェア

- (1) DOS/V
- (2) 2次元CAD/CAMシステム「たまご」
- (3) 旋盤、旋盤オプションソフト
- (4) ポストプロセッサ
MC YASNUC MX2 1本
旋盤 OSP5020L 1本
- (5) 21/2軸加工用ソフト
- (6) GXFデータ変換ソフト
- (7) IGESデータ読み取りソフト
CI-800
- (8) データ通信用ソフト
SRP

2-2. ハードウェア

- (1) M400-40
- (2) プロセッサ
I-804860DX2
- (3) RAM 12MB
- (4) キャッシュメモリー 8KB
- (5) ハードディスクユニット 210MB
- (6) フロッピーディスクユニット
5.25インチ~1MB
3.5インチ~1MB
- (7) RS232C 4ポート
- (8) 20インチカラーグラフィックディスプレイ
- (9) プリンター
- (10) A4版タブレット
- (11) キーボード
- (12) 光磁気ディスク装置
5.25インチ~両面1GB

3. NCデータの作成

3-1 C A D

- (1) 図形の作成
CAD入力をA4版タブレットを用いてスタイラスペンで図形要素をヒットして加工する図形と加工軌跡を図形に書き込みます。
- (2) 形状取り
図形の中から加工に必要な部分を加工経路に従って取り出す。
- (3) 加工
加工処理の項目として
 - 1) マシニング
マシニングCLF編集
マシニングポスト
 - 2) 旋盤
旋盤CLF編集
旋盤ポスト
 上記があり、必要な加工処理を選びます。

3-2 C A M

・マシニングプロセッサの構成を図1に示す。

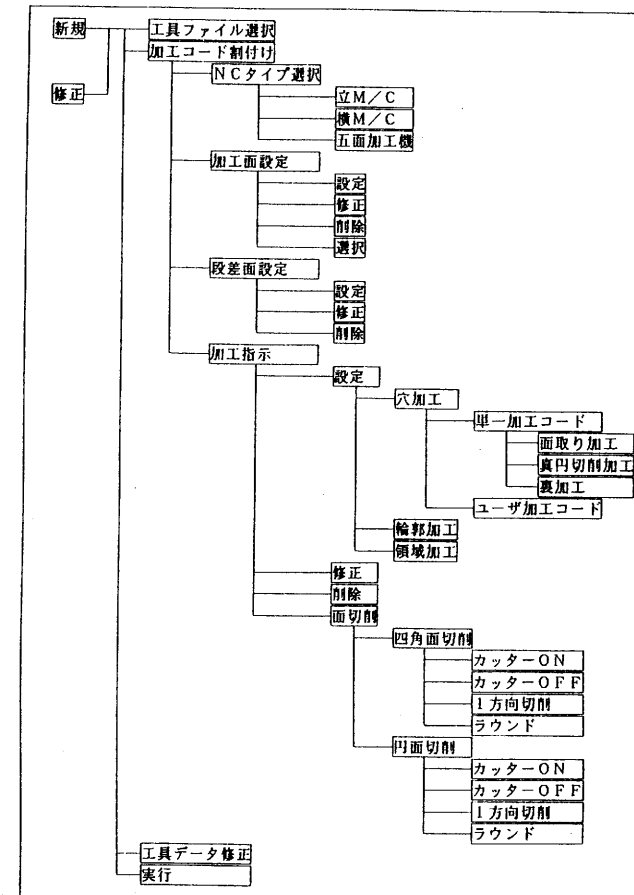


図1 マシニングプロセッサ構成図

- (4) 工具ファイル選択
工具ファイルは、NC機と加工材質の組合わせで設定して工具ファイルに登録します。ファイルの中から加工材質にあったものを選びます。
- (5) NC機タイプの設定
NC機タイプは「立型M/C」「横型M/C」「五面加工機」

特殊加工の中に「ポケット」「21/2軸」「回転体」があります。

以降の加工面の設定、CLファイル編集、ポスト・プロセッサの処理も全てこのNC機タイプの設定を参照して動作する重要な設定です。

(6) 加工面設定

多面加工を行うとき（横型M/C、五面加工機）、図面データに加工面領域を設定して加工面パラメータを入力します。

a) 加工面領域設定の機能は

1. CADデータを加工面領域毎のグループに分ける。
2. CADデータを加工面原点からの座標に変換する。
3. NC機械座標系での加工面位置を認識する。
4. 工具優先または加工面優先の工程組立てを指定できる。あるいは、最優先加工面の指定ができる。

b) 加工面設定の手順

1. CADデータに加工面領域枠を設定する。
2. 加工面原点位置を設定する。
前もってCADデータに加工面原点位置の点または円を作っておく必要があります。
3. 加工面パラメータの設定
パラメータの種類はNC機タイプによって異なります。

c) 加工面パラメータ

加工面パラメータはNC機とCADデータをつなぐ重要なデータです。

1. 加工面NO
加工面識別番号
 2. 優先番号（加工順位1から順番に大きく）
加工面の加工優先度
 3. ワーク座標系
NC機のワーク座標系機能を使用するとき設定する。
 4. 加工面角度
横型MCでは、加工面割出し角度
 5. 板厚
ワーク板厚の設定
 6. 原点シフト（X、Y、Z）
機械座標系での加工面原点位置を設定
 7. 工具位置（X、Y、Z）
加工面座標系での工具交換位置を設定
- 横型M/Cの入力画面を図2に示す。

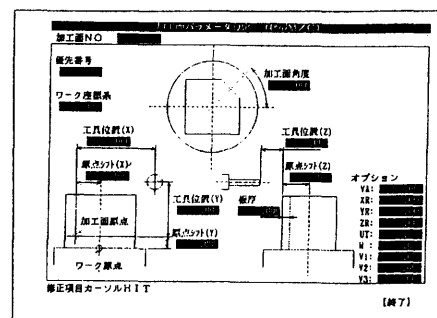


図2 横型M/C用入力画面

(7) 加工指示

加工方法は大きく分けて次の4種類があります。

1. 穴加工

1段穴・2段穴加工、面取り加工、真円切削、裏面グリ加工、裏円切削

2. 輪郭切削

3. 領域切削

4. 面切削

a) 穴加工

1. CADデータ中の真円をヒットする。

システムがヒットされた真円と同一径の穴を自動検索する。

2. 穴位置順序の変更

システムが自動検索する順序は、作図された順序になります。この順序を加工の都合のいいように変更します。

3. 加工コードの選択

ユーザー加工コードか、単一加工コードの中から選択する。

4. 加工パラメータ設定

穴径、深さなどのパラメータを入力する。

穴用入力画面を図3に、弁箱三面フランジ部のドリル穴加工図を図4に示し、加工軌跡図を図5に示す。

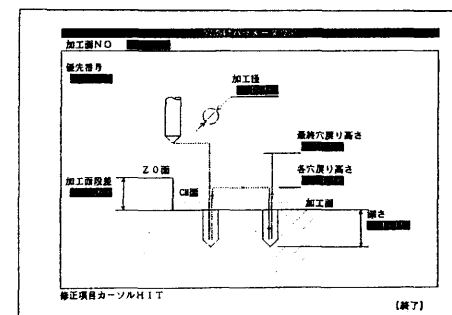


図3 穴用入力画面

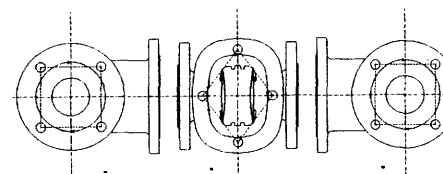


図4 ドリル穴加工図

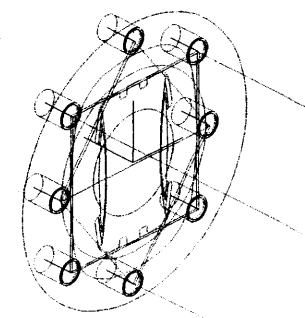


図5 ドリル穴加工軌跡図

b) 輪郭切削

1. CADデータの形状をヒットする。
 2. 輪郭切削を選択する。
ヒットした形状が閉じた形状のとき、「輪郭切削」「領域切削」の選択をする。
 3. 切削工具の選択
エンドミル工具タイプとフェースミル工具タイプから目的の工具タイプを選択する。
 4. 工具補正方向の設定
形状に対してどちら側（右、左）を切削するか選択する。
 5. パラメータの入力
深さ方向のパラメータ入力画面と、平面方向のパラメータ入力画面に分けて設定する。
 6. アプローチ点の設定
工具の切り込み点を設定する。
 7. リターン点の設定
工具を引き上げる点を設定する。
- 輪郭切削の入力画面を図6、図7に示す。

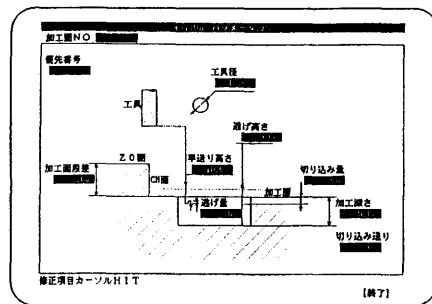


図6

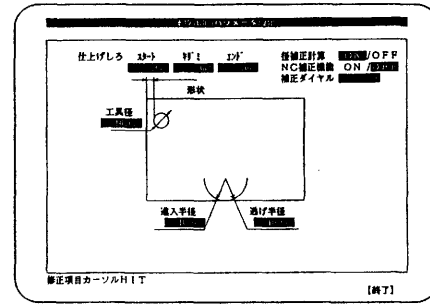


図7 輪郭切削の入力画面

c) 領域切削

1. 図面中の形状（閉じた形状）をヒット開いた形状のとき、システムは自動的に輪郭切削と判断します。
2. 領域切削を選択
3. 領域切削工具の選択
エンドミル工具タイプとフェースミル工具タイプから目的の工具タイプを選択する。
4. パラメータの入力
深さ方向のパラメータ入力画面と、平面方向のパラメータ入力画面に分けて設定する。
5. 工具切り込み点の設定
図面中の円が点をヒットします。

領域切削の入力画面を図8、図9に示す。

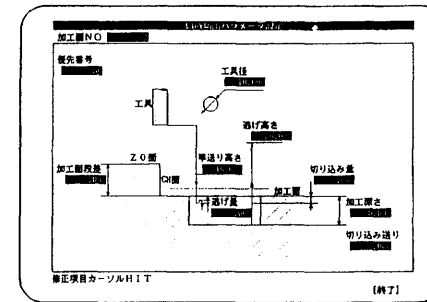


図8

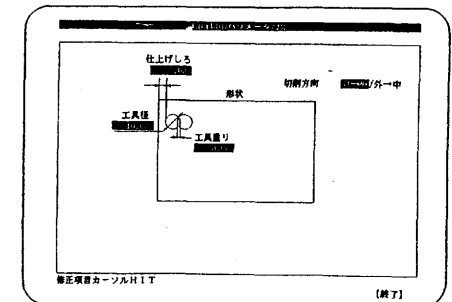


図9 領域切削の入力画面

d) 面切削

1. 四角面切削
2. 円面切削

面切削の入力画面を図10に示す。

面切削を活用して作成した弁箱フランジ部の三面の加工軌跡を図11に示した。

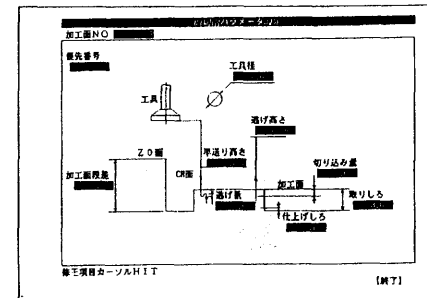


図10 面切削入力画面

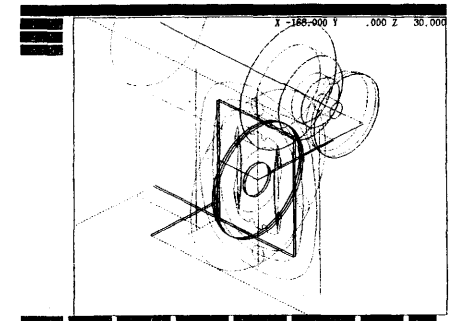


図11 フランジ部の三面加工軌跡

(8) 工具データ自動検索

加工指示が完了するとシステムは、工具データファイルから必要な工具を検索する。検索のキーは、工具タイプと工具径です。

もし、必要な径の工具が工具ファイルに登録されていなくても、それに近い工具データを採用します。

また、加工条件は（回転数、送り）、工具径の大小によって自動計算します。

工具ファイルには、T-NO、(ATCのポットNO) H-NO、(工具長補正NO)、D-NO、(工具径補正NO)も登録されていますので、そのデータも全て工具ファイルから検索します。

工具データの一部を図12に示す。

File name=FC200 Tool type= FM01フェースミル
 **** FM01フェースミル
 ファイル名 <FC200>
 コメント <材質FC200>

NO	NAME	DEA	TR	CH	LENG	SLENG	KLZNG	ANG	SDIA	SP	FR	G	PIC	DWT	M	T	N	D
0	PHILL R 50	50.000	25.000	2.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	640	910.0	0	0.000	0.000	8	0	0	0
0	PHILL R 75	75.000	0.000	2.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	405	607.0	0	0.000	0.000	8	0	0	0
1	PHILL R 100	100.000	0.000	2.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	300	540.0	0	0.000	0.000	8	0	0	0
0	PHILL R 125	125.000	0.000	2.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	240	432.0	0	0.000	0.000	8	0	0	0
0	PHILL R 150	150.000	0.000	2.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	200	480.0	0	0.000	0.000	8	0	0	0
0	PHILL R 200	200.000	0.000	2.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	150	450.0	0	0.000	0.000	8	0	0	0

(9) 工程自動組立て

図12 工具データ

検索された工具タイプと径によって加工工程を自動的に組み立てます。また、複数の同一工具の工程は、加工面優先度、加工コード優先度、工具タイプ優先度（工具タイプが登録されている順序）と加工指示の順序の組合せで、小さい順になります。

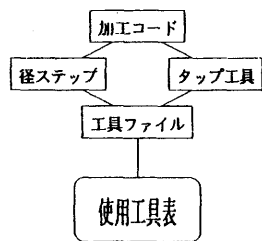
6. 加工条件登録

加工条件登録は、NCデータを作成する為に必要なデータを前もって登録しておく作業で特にマシンニングセンター用のNCデータを効率良く作成するCAMの最も重要な作業です。

登録しておくデータは、次の7種類です。

1. 工具名称 1ファイル/システム
2. 工具データ 最大300ファイル
3. 径ステップ " (工具データファイル毎)
4. タップ工具 1ファイル/システム
5. 加工コード 100種類/システム
6. 工具軌跡表示色 1ファイル/システム
7. イメージファイル 300ファイル/システム

マシンニングプロセッサは、この加工条件から下図のフローで必要な工具データを検索する。



1. 加工コードに設定された加工タイプによって径ステップ又はタップ工具ファイルを検索する。
2. 加工コードで必要な工具タイプと工具径がリストアップされる。
3. 工具ファイルから加工条件その他工具情報を検索して使用工具表を作成する。
4. 加工工程の順序は、工具名称を登録した順序になる。

3-3 NC 編集

システムで作成した各作業毎のNCデータ（フロッピーにファイルされたものやメモリにファイルされたもの）を作業効率や作業の流れを考慮して、一本のNCプログラムに編集する機能です。

編集機能の一覧表を表1に、実際に編集した弁箱フランジ部の3面加工とドリル穴加工のNC編集したNCプログラムを図13に示す。

図13 NC編集したNCプログラム

フランジ部面加工

```

1 > -YASUNUC HX2
2 > ** TOOL 0 DIA. 75.00 SP 405. FR 607.0 FMILL R 75
3 > 1
4 > O603 (YASUNUC HX2)
5 > G55 G90 G00 X-128.605 Y74.451 S450
6 > G01 Z-3.0 F2000
7 > G02 X0 Y0 Z0
8 > M98 P94
9 > M98 P99
10 > T01 M06
11 > T03
12 > M1 (D100 FM01 T1 H1)
13 > M101
14 > G54 G90 G00 X-145.5 Y0 S450
15 > G43 Z20.0 H01
16 > M08
17 > G01 Z3.0 F2000
18 > X-70.5 F607
19 > G02 R70.5
20 > G01 X-145.5
21 > G00 Z30.0
22 > Z0
23 > G01 X-70.5
24 > G02 R70.5
25 > G01 X-145.5
26 > G00 Z50.0
27 > Z0
28 > G01 X-145.5
29 > G00 Z50.0
30 > B90
31 >
32 > M102
33 > G55 G90 G00 X-128.605 Y74.451 S450
34 > G43 Z50.0 H01
35 > G01 Z3.0 F2000
36 > X53.718 F607
37 > Y-79.252
38 > X-53.605
39 > Y74.451
40 > G01 Z3.0
41 > X-128.605
42 > Z0
43 > G01 X53.718
44 > Y-79.252
45 > X-53.605
46 > Y74.451
47 > G00 Z50.0
48 > Z0
49 > M103
50 > B180
51 > M103
52 > G56 G90 G00 X-145.5 Y0 S450
53 > G43 Z50.0 H01
54 > G01 Z3.0 F2000
  
```

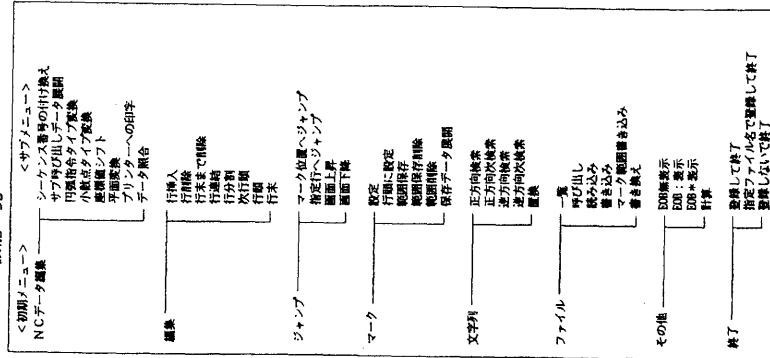
ドリル穴加工

```

109 > G01 Z-3.0 F2000
110 > Z70.5 F107
111 > G02 R70.5
112 > G01 X-145.5
113 > G00 Z30.0
114 > Z0
115 > G01 X-70.5
116 > G02 R70.5
117 > G01 X-145.5
118 > G00 Z50.0
119 > Z200.0
120 > M98 P99
121 > T06 M06
122 > T07
123 >
124 > M3 (D16 CD01 T6 H6)
125 > M301
126 > G54 G90 G00 X-59.397 Y59.397 S637
127 > G43 Z50.0 H06
128 > M03
129 > / M08
130 > G99 G81 Z-1.5 R2.0 F64 L0
131 > M98 P10
132 > Z200.0
133 >
134 > M302 G90 G00 X0 Y-92.0 S637
135 > G43 Z50.0 H06
136 > G54 G90 G00 X-59.397 Y59.397 S637
137 > G99 G81 Z-1.5 R2.0 F64 L0
138 > M98 P11
139 > Z200.0
140 >
141 > M303
142 > G56 G90 G00 X59.397 Y59.397 S637
143 > G43 Z50.0 H06
144 > G54 G90 G00 X-59.397 Y59.397 S637
145 > M98 P10
146 > G01 Z50.0 F2000
147 > Z0
148 > M98 P99
149 > T08
150 >
151 > M4 (T7 DL01 D19)
152 > M401
153 > G54 G90 G00 X-59.397 Y59.397 S635
154 > G43 Z50.0 H07
155 > M03
156 > / M08
157 > G99 G81 Z-25.0 R2.0 F67 L0
158 > M98 P10
159 > Z200.0
160 >
161 > M402
162 > G55 G90 G00 X0 Y-92.0 S635
  
```

表1 編集機能

機能一覧



4. CAD/CAMシステム導入の背景

CADシステムは設計者のドラフターがわりとして地場産地の多くに導入され、特にバブルのはじける前後には若年技術者のUターン現象や中小企業への技術流入を見込んだ設備投資対象として数多くの企業が導入を図った。CADシステムは比較的完成度が高く、市販のCADソフトでも道具として使いこなしていくにしたがって、手書きよりも早く図面を描けるようになるし、修正や設計変更などは格段に楽になっていく。

CAMシステムはCADに比べて、まだまだ問題が多い。

産地内には近年、特にマシニングセンタの導入が積極的に進められていますが、NCプログラムの作成については導入時、メーカーに作らせたところが大半を占めると思う。加工する製品が変わればNCプログラムも再度メーカーに作らせて対処されているところが多いと聞く。このような実態を踏まえて産地企業の活性化とNC技術者の資質の向上と、実務作業の合理化、省力化を図るため産地企業に直結できる、使い勝手のよいCAMシステムとはどんなシステムなのか、導入のメリットはどこにあるのか検討を進めてきたところである。

5. マシニングセンタのメリット

従来のバルブ生産工程の流れと比較してマシニングセンタを用いた作業の流れをみるとそのメリットが良く理解できる。ただし素材の鋳物については現在、各社が用いられている素材を標準として考え、加工物は弁箱で比較する。

5-1 従来の工程

5-1-1 フランジ面の加工

- ① 汎用旋盤による三面フランジ加工
口径を基準にして加工フランジ部の芯出し。
一面毎に芯出しと面の加工を繰り返す。
- ② 二面加工（平行な二面を対面フルバックでいっばつ加工）専用機
残る一面は汎用旋盤で加工。
- ③ 三面加工機
三方向からスライドするフェーシングヘッドを持った専用機。

5-1-2 シートリング面の加工

- ① 汎用旋盤に傾斜面板をセットして一面毎加工
- ② 単能盤に傾斜面板をセットして一面毎加工
- ③ アリ溝加工専用機を用いて、アリ溝加工を別工程で加工

5-1-3 ボルト穴加工

- ① 直立ボール盤または、ラジアルボール盤で穴明け治具を用いた一穴毎加工
- ② 多軸ボールによる一面毎同時穴明け加工

- ③ 二面同時穴明け専用機
- ④ 三面同時穴明け専用機

5-2 マシニングセンタの工程

- ① パレット上に弁箱の三面が加工できる取付け治具を準備。
従来の工程についても、単能機や専用機については取付け治具が必要な場合もある。
- ② パレット上に弁箱のセットができれば一面毎にパレットが旋回して、それぞれの加工に合ったツールを取り出し、順次加工を行う。加工の順番や用いるツールについては、担当技術者のレベルに左右される。

5-3 加工時間

弁箱一個当りの取付け、取外しを含めた機械加工時間について、汎用旋盤だけを用いた加工のところを除外して調べてみると、ほぼ次の時間構成となっている。

一部専用機を用いた工程別加工

1個当り 10~15min

トランスファマシンの用いたところ

1個当り 2~3min

マシニングセンタ（HC 400-40）を用いた当所の現加工時間

1個当り 15~20min

6. システム構築ビジョン

将来的にはCIM(Computer Integrated Manufacturing)化を目標としたビジョンになるが現状では図14に示す構築ビジョンで研究を進めている。

7. CAMシステムの効果的活用

CAMシステムはCADに比べて問題が多く、導入して即活用できるシステムではない。

製品の加工方法は実に多種多様で、一種類の加工機械だけでは加工できない場合が多い。このため、通常の企業では加工機械とワークのプログラムスケジュールを設備に熟知した人達がたてている。

さらに、加工条件（加工に使用する工具の回転速度や切削速度等）等のデータをデータベースと

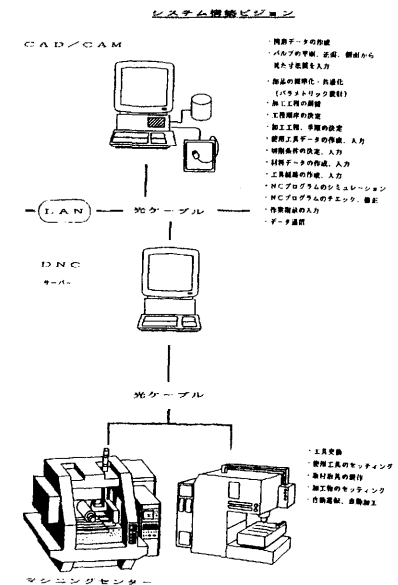


図14 システム構築ビジョン

あろう。

現在ポストプロセッサへの書き込みをメカで実施中のため、比較検討を行うことができませんが、再確認を行わなければならないと考えている。

アリ溝加工に使用したツールと工具および切削箇所を図18、19に示す。

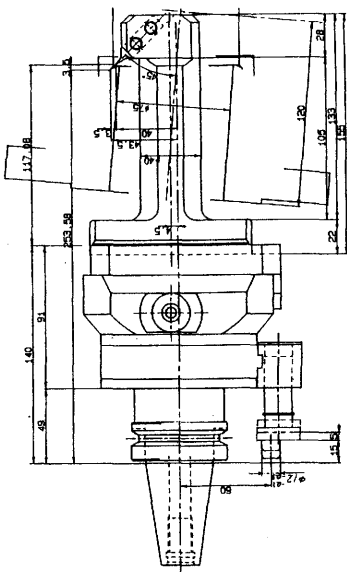


図18 アリ溝加工ツール

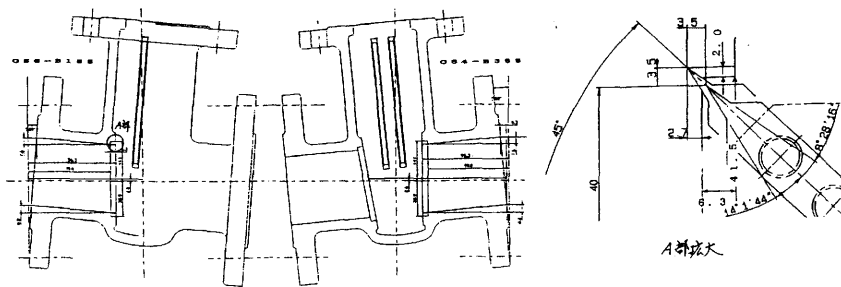


図19 アリ溝加工用工具および切削箇所

8. ま と め

継続してきた結果を、課題を含めてまとめると以下のとおりである。

- (1) CAD/CAMシステムを用いると、設計から生産に必要なデータを自動生成できるため、自動化の割合が一段と高くなる。
- (2) 加工に必要なデータの一元化とデータベースの作成・整理。
加工技術者の頭にあるデータを具体化してペーパー化することである。さらにツールリストやマシンデータ等の記録用紙の定形化がデータベース作成のまず一歩。
- (3) バルブのように形状が同じで口径の違いによって各部の寸法が定常的に変化する製品については、その寸法変化する部分をカスタマイズ化する。(課題)
- (4) G00モードのチェック

CAMシステムを用いた合理化、省力化だけに限定されることはありませんが、位置決め（早送り）から切削送りに変わる時、G00から他のモードになっているかをチェックする。このことは安全な加工を行う上においても大切なチェックである。

合理化、省力化に重きをおく場合は逆に切削送り（G01）を必要最小限にしてG00モードに切替える。

- (5) 過剰品質の排除

過剰品質は通常コストや加工時間に影響を与える。

加工手順によって加工面がきれいになり、加工時間が同じでコストに影響しなければ切削面を重視した方が良い。

- (6) Z軸マイナス方向の位置決めは安全なポイントで

工具とワークが干渉しない安全な位置を選択する。(G00モード使用による加工時間の短縮と加工能率の確保)

- (7) 繰り返し作業の部分をサブプログラム化することによって、互いにプログラムを簡素化できる。

- ### (8) 固定サイクルの利用

それぞれの制御装置に使える固定サイクルモードを積極的に活用、プログラムの簡素化を図る。

- (9) アブソリュート方式とインクレメンタル方式の座標の使い分け

工具の位置のはっきりわかる点では、アブソ、基準となる点からの工具動作はインクレがわかりやすい利点がある。また、3次元の曲面加工では、微小の折れ線に近似してプログラムのステップ数が増加するためインクレ方式が良い。さらに小数点出力より整数出力がプログラム短縮ができる。

プログラム作成の流れに合わせると、①アブソ（最初部分）②インクレ（プログラムの中間部分）③アブソ（プログラムの最後部分）にした方が位置決めの累積誤差が減少する。

- (10) アリ溝加工における作業方法の改善および工具の剛性強化

バルブ加工の合理化、省力化が進むほどアリ溝加工部の作業改善を無視できない。

若干の課題を残して本研究は一応終結になりますが、次年度これらの課題解決に努力したいと思っております。

最後に本研究の推行に多大の助言、ご指導をいただきました技術会議の東本先生、三辻先生並びに技術委員のみなさんに深く感謝いたします。

【参考文献】

- 1) たまごユーザーズ マニュアル、CAD・CAM編：日本オリベッティ㈱
- 2) 松岡甫質：CNC切削加工のすすめ方：㈱工業調査会
- 3) 機械技術：1993, Vol.41, No.2：㈱日刊工業新聞社
- 4) 樋口：CAD/CAMシステムによるバルブ加工の合理化・省力化研究：平成4年度業務報告書
- 5) 松岡甫質：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
- 6) 外山真也：パソコンCAD&CAM実用プログラムによる機械加工へのアプローチ：海文堂出版㈱

新素材活用に関する研究 (1)

(材料技術に関する調査)

試験研究係 係長 西 内 廣 志

試験研究係 技師 所 敏 夫

1. 研究目的

各産業のめまぐるしい発展に伴い、産業用各装置および機械部品の使用条件がより高温・高圧・高速の方向にあり、基盤である材料は、ますます過酷な状態にさらされている。そのため、基盤である材料に対し、さらなる高性能化・高機能化が要求されている。これらの要求に対応するには、素材として高強度・高靱性・高温・耐摩性・耐腐食・耐衝撃が求められる。また、扱い易さの面から軽量化および後工程での寸法仕上げの省略化が求められる。具体的には、バルブ部品等の高圧化・高温化およびブレーキ等の摺動部材の耐摩耗性向上が求められる。

そこで、高性能および高機能を兼ね備えた材料を求めるため、新素材活用技術に関する研究を実施していく。

今年度は、

① 滋賀県内の機械金属業界から、材料に関する調査（材料の問題点、問題解決策、関心がある処理技術）を行い、開発が求められる研究内容を決定する。

② 研究項目の概略（処理方法の検討、目標）を決定する。

を実施したので、以下に報告する。

2. 機械金属業界（県内）からのニーズ アンケート調査

2-1 アンケート調査方法

滋賀県内機械金属業界（湖東、湖北が中心）約200社に対しアンケートを配布し、回収企業数は33社（回収率＝16.5%）であった。

アンケートの目的は、大別して2点ある。ひとつは、現状使用している材料の高性能化・高機能化を図るため、現状使用している材料の問題点およびその材料についての問題解決策を調査した。もうひとつは、将来滋賀県内で普及されると予想される処理技術を求めるため、材料関係について関心がある処理技術について調査した。

2-2 アンケート結果

2-2-1 現状使用している材料の問題点およびその問題解決策

材料の問題点としては、図1に示すように多い順に腐食（18件）・摩耗（15件）・加工性（12件）・強度（5件）・高温劣化（1件）であった。また、摩耗と強度は材料の強化と言う意味ではほぼ同類であると考えられ、両者を合わせると20件となった。つまり、材料の問題点としては、摩耗＋強度（20件）および腐食（18件）が大多数であった。

そして、摩耗+強度および腐食に関しての問題解決策としては、図2に示す結果となった。摩耗+強度対策については、表面硬化(3件)および熱処理(14件)であり、広義の熱処理分野である。また、腐食対策については、表面処理(4件)、防錆油(1件)、コーティング(6件)、塗装(8件)およびメッキ(4件)であり、さまざまな分野の広範囲な技術が必要であると考えられる。

つまり、現状使用している材料の問題点およびその対策については、摩耗+強度の問題点が一番多く、その対策は熱処理関係の技術で対応することが望まれていることがわかった。

2-2-2 材料関係において

関心がある処理技術

図3に示すように、多い順に異種金属接合(12件)、金属溶射・コーティング(12件)、表面硬化技術(10件)、メッキ等の表面処理技術(9件)、金属粉末冶金技術(8件)、熱処理技術(8件)であった。これらの処理技術の内、金属粉末冶金技術と異種金属接合とは広義の粉末冶金分野(計20件)に、また熱処理技術と表面硬化技術とは広義の熱処理分野(計18件)に含まれると考えられ、この両者が大多数であった。

つまり、将来県内で普及されると予想される技術としては、広義の粉末冶金分野および広義の熱処理分野であることがわかった。

2-2-3 アンケート結果から要望項目

以上の調査結果より、現状使用している材料の高性能化・高機能化を図るため、お

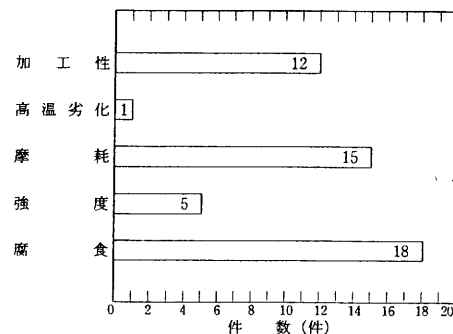


図1 現在使用している材料の問題点

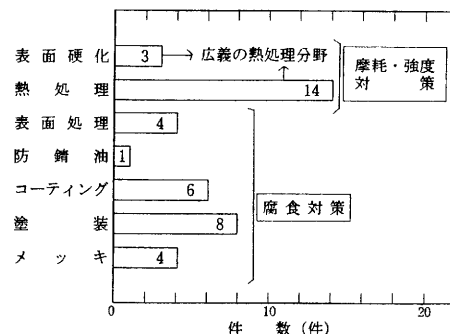


図2 現在使用されている材料についての問題解決策(腐食・摩耗・強度)

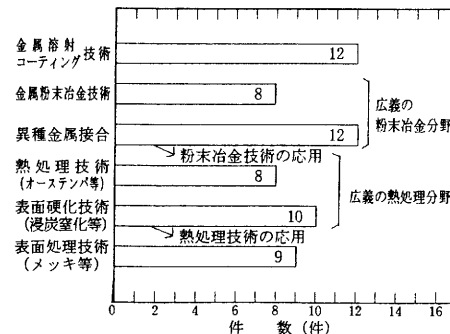


図3 材料関係において関心がある処理技術

よび将来県内で普及されると予想される処理技術を開発するために、熱処理技術の開発および粉末冶金技術の開発を当所では実施する予定である。

3. 研究テーマの概要

3-1 熱処理技術の開発

材料の熱処理技術による強化は従来から種々の方法¹⁾があり、研究が行われている。また、熱処理は応用範囲が組織変態制御から表面硬化まで幅広い。そして、当所に寄せられる普及・技術指導項目には、熱処理起因脆化対策の相談等の熱処理技術関連が多いのが現状である。

熱処理材料としては、はじめに地場産業と関連がある鋳鉄を取り上げる。鋳鉄の強度向上策として、従来は鋳鉄内の黒鉛および炭化物形状のみの改良であり(例えば球状黒鉛鋳鉄)、強度および衝撃特性の向上は限界に近いと考えられ、過酷な条件(高温・耐摩耗等)には十分耐えることが出来ないのが現状である。

そこで、球状黒鉛鋳鉄の黒鉛形状の改良でなく、基体組織の強化を行うオーステンパ熱処理技術に着目した。

3-1-1 技術の開発

3-1-1-1 熱処理方法

球状黒鉛鋳鉄のオーステンパ熱処理²⁾とは、高温(図4A)からある恒温(図4C)に急冷(図4B、図5)し、黒鉛形状は殆ど変化させることなく、(球形状態)、基体組織を変態させベイナイト組織とし、引張強さを従来の450 N/mm²(FCD450)程度から1000 N/mm²(FCD1000)程度にすることを目標とする技術である。

本研究で行うオーステンパ処理方法に新規性をもたせるため、流動層加熱炉を用いる予定である。本法と従来法との相違を表1に示す。従来法は高温試料を溶融塩(例えば硝酸ナトリウム、硝酸カリウム等)中に浸漬させ、恒温変態(図4C)を起こさせていた。従来法は媒体として溶融塩を用いているため、熱伝導性が最良でありベイナイト変態を起こさせ易いが、一方蒸気の発生および洗浄工程があるため、その対策が不備の場合、作業環境の悪化および人体への悪影響等の可能性がある。また、溶融塩浴炉は表面硬化等の熱処理には不向

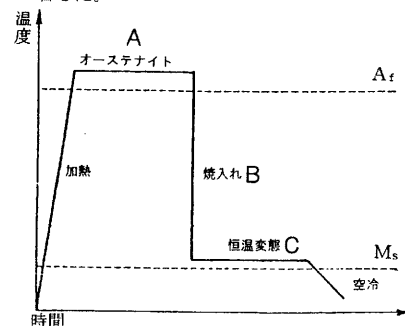


図4 球状黒鉛鋳鉄のオーステンパ熱処理条件の概要

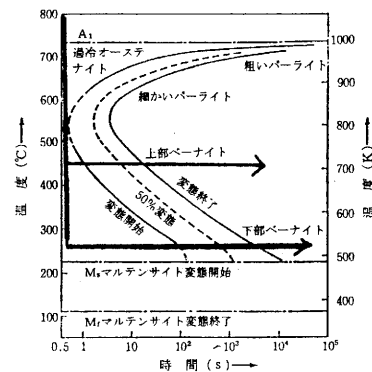


図5 共析鋼のTTT曲線²⁾

きである。

本法は恒温変態（図4 C）を浮遊アルミナを充満させた加熱炉で行う。そのため、炉内の熱伝導性は良く、かつ無公害であり、種々の雰囲気でも処理できる特徴を兼ね備えている。また、流動層加熱炉は金型・アルミニウム合金等の熱処理から浸透拡散処理等まで他の熱処理にも応用できる。

表1 従来法のオーステンパ処理の相違

流動層加熱炉（本研究）	溶解塩浴炉（従来法）
・無公害 ・炉内温度均一 ・雰囲気可変 ・熱伝導良 高温試料	・蒸気の発生（公害の可能性有） ・熱伝導最良 高温試料
他の熱処理にも応用ができる（金型、A1合金等の熱処理から浸透拡散処理等に応用）	他の熱処理には不向き

3-1-1-2 ブレイクスルーポイント

ブレイクスルーポイントとしては以下の4点である。

- ① 鋳鉄の場合、各成分における恒温までの冷却速度の調査（図5のようなCCT曲線の詳細は不明であるため、恒温までの冷却速度が不明である。）
- ② 流動層加熱炉を用いた研究事例が少ないため、炉の加熱・冷却・恒温特性の把握
- ③ 肉厚の厚い試料ほど冷却速度が遅くベイナイト変態が起きにくいと考えられるため、どの程度の厚さ
までベイナイト変態を起こすことができるか。
- ④ 肉厚が異なる試料において、処理条件（加熱・冷却・恒温の温度および時間）と材料強度の定量化。

3-2 粉末冶金技術の開発

粉末冶金技術が工業として本格的に普及したのは、日本では戦後言われて³⁾、材料関係では比較的新しい技術であると思われる。また、滋賀県内では粉末冶金関係に従事している企業は少ないが、アンケート結果より今後県内で普及されると予想される処理技術であるため、県内では新規性がある技術分野であると考えられる。

そして、粉末冶金技術は単なる粉末成形のみならず、異種接合等まで応用範囲が広く、幅広いニーズへの対応が可能であり、広範囲な普及・技術指導ができると考えられる。

そこで、高融点・難加工金属粉末冶金技術等の開発を行う。

3-2-1 金属粉末冶金技術の開発

3-2-1-1 金属粉末冶金技術の特徴

金属粉末冶金とは、図6に示すように微細な金属粒子の集団を圧縮（成形工程）した後、融点以下の高温（通常：融点の1/2以下）で加熱し凝集を起こさせて（焼結工程）、強固な形状を作る技術である。

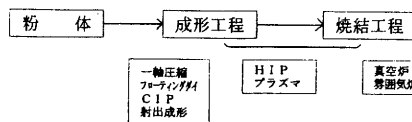


図6 粉末冶金法の製造工程の概略

粉末冶金技術の特徴を溶解鑄造・加工法（従来法）と比較⁴⁾して、表2に示す。その長所は素材と

して高融点・難加工材料のものが比較的容易に作れる。また、溶解鑄造法では作ることが困難であった任意組成の金属と非金属の材料との材料・互いに解け合わない金属同士の組み合わせが可能である。そして、ほぼ最終製品に近い形状（ニアネットシェイプ）まで製造可能である。それに、材料の融点まで温度を上げないため作業性は比較的クリーンであるというイメージである。一方、短所として、圧縮機的能力により製品寸法を受け、大型寸法は困難である。

3-2-1-2 粉末冶金技術の動向

粉末冶金の処理方法は、図6に示したように種々の方法がある。そこで、各公設研究機関の研究内容および特許を調査した。

まず、近年（過去5年位）に各公設研究機関が粉末冶金関係に従事しているのは25研究所であり、粉末の種類および成形方法は表3および表4に示したようにさまざまであった。

次に、特許調査結果を表5に示す。圧倒的に射出成形関係が多く現在研究盛んに行われていると考えられる。また、現在実用化されている金型成形・HIP・CIP関係は特許数が少なく処理技術の効率化は追求されていると思われるが、新発明項目は少ないと考えられる。プラズマ関係は、比較的新しい方法であるため射出成形ほど件数が多いが、研究が進められているように思われる。

3-2-1-3 ブレイクスルーポイント

現在のところ、使用粉末および処理方法を詳細に決定していないので、まず最初に粉末については、種々の金属粉末を用い簡易的な予備試験を行い、特性評価を実施目的粉末を選択し、その粉末

表2 粉末冶金の特徴

	粉末冶金法（本研究）	溶解鑄造・加工法（従来法）	
① 高融点材料	○	△（特殊溶解法で可）	粉末冶金の利点
② 難加工材料	○	△（処理費の増加）	
③ 任意組成材料	○（金属と非金属） （不溶解な金属同士）	×	
④ 後加工	×（ニアネットシェイプ）	○	
⑤ クリーンイメージ	○（低温）	×（高温）	粉末冶金の欠点
⑥ 設備能力の幅	×（成形能力に限界）	○	
⑦ 製品の大型化	×	○	

★粉末冶金は成形（緻密・ポーラス形状）のみならず、異種金属接合・傾斜機能性材料・表面改質への応用が可能

表3 各公設研究機関が研究している粉末の種類

粉末の種類	研究機関の数	備考
無機物	18	アルミナ等
金属	21	S U S 等
複合	6	粒子分散強化合金等

表4 各公設研究機関が研究している粉末の成形方法

成形方法	研究機関の数
C I P	8
H I P	7
金型成形	10
射出成形	13
プラズマ関係	1

表5 粉末冶金の関係の特許調査

成形方法	特許件数
射出成形関係	298
H I P・C I P関係	9
金型成形関係	1
プラズマ関係	17

に合った処理方法について詳細に調査を行う。

そして、以下の2点に取り組む。

- ① 目的形状・寸法精度を得るための最適処理条件の検討
- ② 粉体特性・成形法および焼結法と製品特性との定量化

4. ま と め

- 1. 滋賀県内の機械金属業界からニーズ調査等を行い、新素材活用に関する研究として、次の2点に取り組む。

- ① 流動層加熱炉を用いた球状黒鉛鉄のオーステンパ熱処理技術の開発
- ② 金属粉末冶金技術の開発

- 2. 各研究テーマについて、調査・検討を行いブレイクスルーポイントと決定した。

- (1) 流動層加熱炉を用いた球状黒鉛鉄のオーステンパ熱処理技術の開発

- ① 流動層加熱炉の加熱・冷却・恒温特性の把握
- ② 肉厚試料のペイナイト変態量の増加方法
- ③ 肉厚が異なる試料において、処理条件と材料強度との定量化

- (2) 金属粉末冶金技術の開発

- ① 使用粉末および装置の選択
- ② 目的形状・寸法精度を得るための最適処理条件の検討
- ③ 粉体特性、成形法および焼結法と製品特性との定量化

〔参考文献〕

- 1) 例えば、不二越熱処理グループ：新版知りたい熱処理、ジャパンマシニスト社（1980）
- 2) 渡邊慈朗・斉藤安俊：基礎金属材料、共立出版（1983）
- 3) 和森章治ら：新版粉末冶金、技術書院（1989）
- 3) 日本粉末冶金工業会編：焼結機械部品—その設計と製造—、技術書院（1987）

業 務 報 告 書

平成 6 年 9 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 0749-22-1779

再生紙を使用しています