

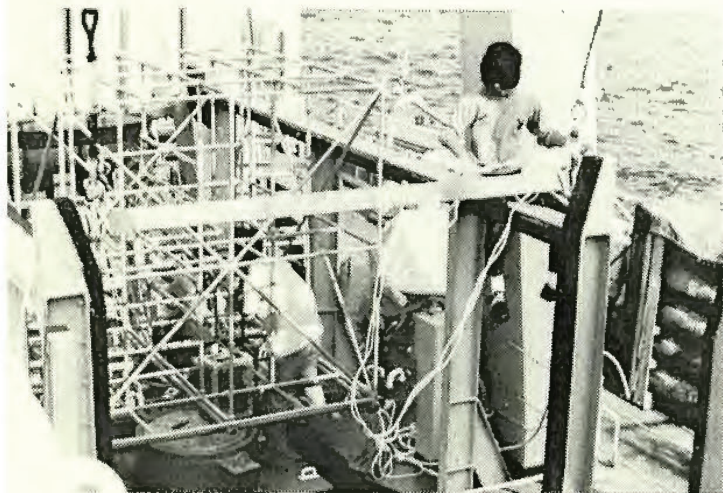
# 産業安全 研究所 年報

昭和54年度

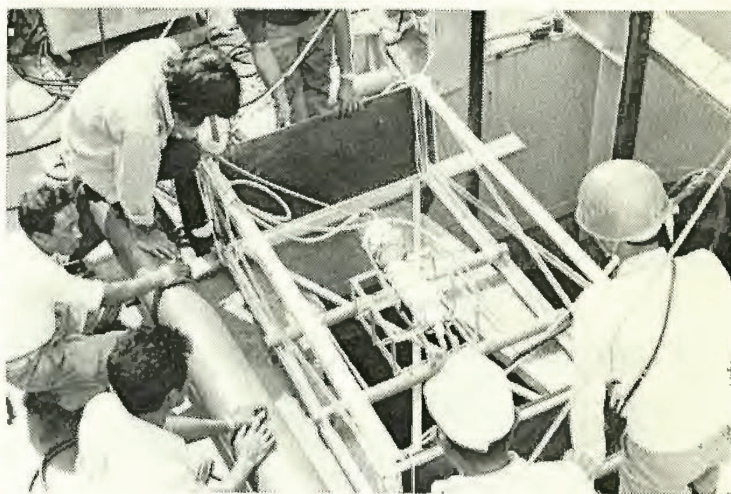
昭和55年 5月

労働省産業安全研究所

「海中における電撃危険性とその防止に  
関する研究」の実施状況

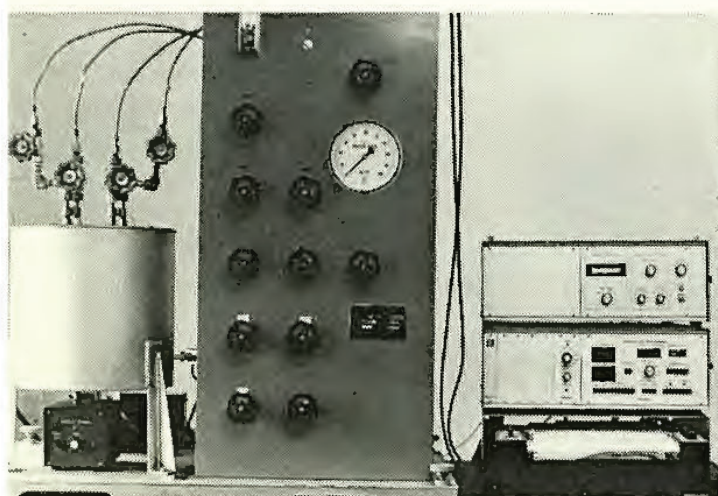


支援船上における電位測定用格子の組立状況

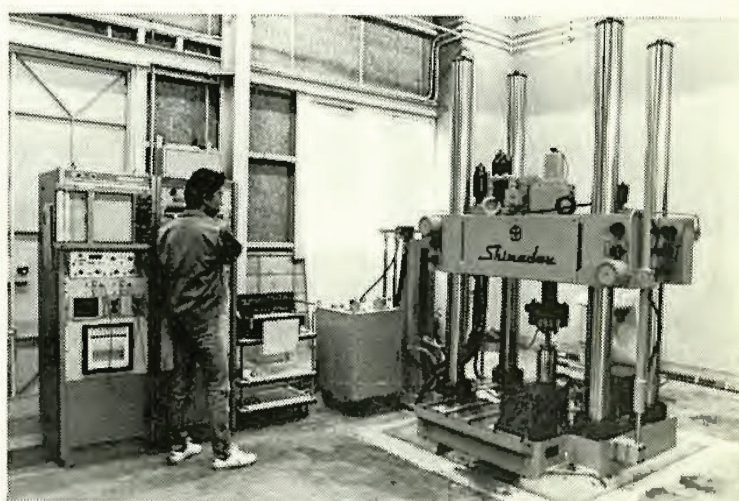


海中に沈める実験動物の取付状況

新規実験設備



高圧示差熱示差圧分析計



動的高圧力試験装置

第4回産業安全研究体制検討会議  
(昭和55年3月11日)



第3回産業安全に関する国立研究機関連絡会議  
(昭和54年11月2日)



# 目 次

第1章 総 説	2
(1) 研究活動等の概要	2
(2) 今後の課題	3
(3) 主なる動静	4
(4) 業務活動	5
(5) 組織の変遷	6
(6) 歴代所長	7
(7) 組 織	7
(8) 定 員	8
(9) 土地および建物	8
(10) 歳 入	8
(11) 歳出予算	9
(12) 主要試験研究施設・設備状況	10
第2章 研究業務	11
(1) 昭和55年度における研究テーマ	11
(2) 昭和54年度における研究成果の概要	12
(3) 刊行物	36
(4) 学会誌・学術雑誌掲載	36
(5) 研究発表	37
第3章 産業安全技術館等業務	39
(1) 産業安全技術館の活動	39
(2) 大阪産業安全技術館の活動	39
(3) 依頼試験および検定	39
付 録	40
産業安全研究所	40
清瀬実験場	41
大阪産業安全技術館	42

# 第1章 総 説

## (1) 研究活動等の概要

…

産業安全研究所は、労働省付属の国立研究機関として、産業災害防止のための広範でかつ総合的な研究活動を行っている。当所のような産業全般にわたる安全研究機関は、国内、国外ともに数少ないものといえる。

当所が過去に実施してきた研究の分野としては、「加工機械の安全化」、「仮設建造物の安全化」、「ガス・粉じん等の爆発危険性とその防止」、「電気設備による点火危険性とその防止」および「電撃危険性とその防止」が主なるものであり、これらの研究結果は、それぞれ労働安全衛生規則をはじめ構造規格や技術指針に採用されているが、特に仮設建造物の安全対策と防爆対策についての研究結果は、学界及び産業界からも高く評価されている。

昭和54年度に実施した特別研究としては、「トンネル建設工事におけるガス爆発等に対する総合安全対策」、「海中における電撃危険性とその防止」及び「水熱反応による高濃度廃液の無害化处理」の3つがあげられる。

「トンネル建設工事におけるガス爆発等に対する総合安全対策」は、最近のトンネル建設工事におけるガス爆発、ガス中毒、酸素欠乏、火災等の重大災害の発生に対処し、その総合安全対策樹立の一環として2カ年で特別研究を行ったもので、当研究のためのプロジェクトチームを編成し、①ガス滞留層の地質学的特性等に関する研究、②トンネル建設工事における通風換気システムの改善に関する研究、③トンネル建設工事におけるガス湧出に対する警報システムの開発に関する研究、④トンネル建設工事用防爆電気機器の開発に関する研究、⑤坑内火災時の緊急避難に関する研究等のテーマについて実施し、それぞれ相当の知見を得ることができた。第2の「海中における電撃危険性とその防止」は、海洋開発など水中作業の増加に伴い、水中における生体の電撃危険性を解明し、海中で使用される電気機器による電撃防止法を確立しようとするもので、4年計画の特別研究であるが、54年度はその3年目として、実海域にお

ける電位分布の測定及び水中電撃の実験を行うと共に許容限界の設定を行った。第3の「水熱反応による高濃度廃液の無害化処理」は、有機塩素等の有害廃液を高圧高温下において無公害処理する際の安全性を確保することを目的として54年度から3年計画で特別研究を開始したもので、54年度はフェノール水溶液の酸素による湿式酸化にかかわる実験を行った。

このほか、54年度に実施した研究の分野としては、「機械設備の安全化」、「人間-機械システムの安全性」、「安全性の人間工学的研究」、「作業環境の工学的改善」、「掘削工事の安全化」、「爆発危険性とその防止」等がある。

また、当所付属の安全技術館においては、従来から高度の安全知識の普及をはかるため、各種資料や実演装置の常設展示を行ってきたが、前年度に引続いて安全技術情報コーナーの整備を行うと共に、特別展として「最近の防爆電気機器展」を開催した。このほか、メーカーや利用者の要望による安全装器具の依頼試験及び防爆電気機械器具の検定を行った。

## (2) 今後の課題

昨今の産業災害の動向及び安全に対する社会的要請の増大に対処し、今後画期的に災害減少を期するためには従来の主として実施して来た物的面の研究の高度化をはかるとともに、人的面の研究や総合的・システムの安全性の検討に重点を指向することが急務となっている。即ち、今後の課題の第1は、生理学的・心理学的面から人間特性を追究し安全条件、ヒューマンエラー発生メカニズム、疲労と事故発生メカニズム等にかかわる研究を行ったり、これらの応用分野として、人間・機械系の安全条件にかかわる研究等人間工学の安全への適用にかかわる研究や、教育学、教育心理学、管理学等の安全管理への適用にかかわる研究を行うことである。今後の課題の第2は、人間・物・環境系全体にかかわる総合的・システムの安全性を検討することで、このため、各種のシステム理論を安全問題に適用し、災害のモデル化などの基礎研究を行うとともに、その研究結果を具体的なシステムに適用して、システムの総合評価、新技術の安全評価、災害の労働経済面における分析などの応用研究を行うことが必要となっている。

以上の情勢に即応して、当所においては、従来蓄積して来た物的研究面のデータを整理し、さらにその蓄積の増大を図り、それらを活用して行政面の需要に応じた特別研究を実施するとともに、今後の安全研究の新しい重要な分野として、人的あるいは総合的な研究を進めて行く方針であり、このため、組織・人員・設備の各面での格段の強化を図ることを期している。

### (3) 主なる動静

#### ◎ 藤波労働大臣による安研視察

54年12月19日、藤波労働大臣が安研の視察に来られ、各研究部実験室および産業安全技術館を重点的に廻られたほか、目下約30名に及ぶ学識経験者によって行われている安研の今後の体制整備にかかわる検討会議の様様をつぶさに聴取された。先づ実験室は、「粉じん爆発危険性とその防止」、「配電線における電撃技術の探究」、「高速回転機械の安全化」、「階段に対する心理的評価」などの各研究にかかわる現場をまわられ、研究員の今後の活動を激励されたのである。また、今後の安研の体制整備の問題について説明を受けた大臣は、今日までの安研のハード研究の蓄積を評価されると共に、人間の問題を取扱う労働省の研究所として、今後、安全人間工学など人間科学の面から災害防止に挑戦するなど、ソフト面の研究の充実をはかることについて強い関心を示された。

#### ◎ 産業安全研究体制検討会議

安全技術に対する社会的要請の大幅な増大に対応し、産業全般にわたる安全研究を今後一層科学的・総合的に進めることが必要になっているので、その中核となる産業安全研究体制を整備し、研究を充実する方針のもとに、産業安全に関する全般的な問題について広く学識経験者によって抜本的に検討していただくため、昭和53年7月から産業安全研究体制検討会議（議長内田俊一東京工業大学名誉教授）が開催されて来た。既に3回の本会議と延32回にわたる分科会で産業安全研究体制について鋭意検討を重ねて来たのであるが、55年3月11日、第4回目の本会議で最終報告がとりまとめられ、4月23日内田議長から吉本労働省労働基準局長に提出された。同報告書は、1. 産業安全研究の現状、2. 今後の産業安全研究の方向、3. 産業安全研究所整備の構想の3つの柱から成っているが、同報告書は、「これらの検討結果を活かして産業安全研究所の体制が整備されることを期待する。」と結んでいる。

#### ◎ 産業安全に関する国立研究機関連絡会議

産業安全に関連のある研究を行う機関が有機的な連携をはかり、研究に関する情報の交換、共同研究の可能性の検討などを行うために52年度に各省庁直轄17研究機関をメンバーとして発足した連絡会議が、54年度は11月2日（第4回目）産業安全研究所8階大会議室で開催された。当日の会議で、昭和50年度より52年度までの3カ年に終了した研究を対象として産業安全研究成果概要集を作成することなどがきまったほか、人間特性、人間工学、個人防護などの研究分野に関する情報交換が行われた。

## (4) 業務活動

当所における業務活動は、労働省設置法第12条に示すとおり、工場事業場における災害予防の調査研究を行う機関として、多岐にわたる活動を行っているが、そのうち研究員による研究成果についての各種の学会における発表状況、諸外国よりの安全関係者の来訪、国際協力等について、昭和54年度中に行った主要な活動を列挙すると次のとおりである。

昭和54年4月1日より昭和54年12月31日までの業務内容

4月3日、日本機械学会主催、第56期通常総会講演会において1件の研究発表

4月4日、日米化学会合同年会（米国）において2件の研究発表

4月6日、電気学会主催、昭和54年全国大会において2件の研究発表

4月18日、ニュージーランド災害補償委員会委員長、J.L. ファファイ氏が当所視察のため来訪し、所長と面接

5月8日、電気学会主催、電子計測研究会において2件の研究発表

6月7日、スウェーデン労働環境基金、同労働組合連合（LO）などの幹部によって編成されたスウェーデンからの視察団一行が、当所の活動状況を見学のため来訪

6月21日及び22日、日本学術会議等主催、第9回安全工学シンポジウムにおいて10件の研究発表

6月22日、日科技連主催、第9回信頼性、保全性シンポジウムにおいて1件の研究発表

7月14日、労働省新規上級職採用職員26名が研修のため来訪

7月18日、日本機械学会主催、第16回シンポジウム、疲労強度、において1件の研究発表

8月7日及び9日、ILOフェローによりインドネシア4名及び韓国1名の研修生が来訪

8月23日、労働省婦人少年局及び国際協力事業団共催の東南アジア行政官研修のため、アジア地域各国の児童及び年少労働行政官等12名が当所視察のため来訪

9月6日、本年度新任労働基準監督官研修のため、46名の監督官が来訪

9月17日、日本建築学会主催、昭和54年度秋季大会において2件の研究発表

10月2日、穀物粉じんに関する国際会議（米国）において1件の研究発表

10月4日、日本熱測定学会において1件の研究発表

10月11日、本年度新任労働基準監督官研修のため47名の監督官が来訪

10月11日及び12日、日本材料学会主催、フラクトグラフィシンポジウムにおいて2件の研究発表

10月13日、日本機械学会主催、第57期全国大会において1件の研究発表

10月16日から18日、土木学会主催、第34回年次学術講演会において4件の研究発表

10月17日及び25日、国際協力事業団主催、労働安全衛生セミナーのため、アフガニスタン外14ヵ国より研修員15名が田町庁舎及び清瀬実験場にそれぞれ来訪

10月22日より12月8日、「最近の防爆電気機器展」を産業安全技術館で開催



11月1日より12月10日、「圧縮空気系の事故防止展」を大阪産業安全技術館で開催  
11月6日、日本材料学会主催、第13回疲労シンポジウムにおいて1件の研究発表  
11月8日、中央労働災害防止協会主催、昭和54年度全国産業安全衛生大会において3件の研究発表  
11月15日、石油学会主催、第22回研究発表会において1件の研究発表  
11月25日、電気学会主催、昭和54年東京大会において1件の研究発表  
11月29日、(財)韓国機械金属試験研究所所員2名が見学のため来訪  
12月4日及び12月18日、国際協力事業団の研修計画にもとづき研修中のILO産業安全衛生研修員、韓国  
国立労働科学研究所長及び同所労働環境係長が見学のため、田町庁舎及び清瀬実験場に来訪  
12月5日、日本学術会議外7学会共催、第17回燃焼シンポジウムにおいて2件の研究発表  
12月6日、法務省矯正研修所より24名の研修生が見学のため来訪  
12月6日及び7日、安全工学協会主催、第12回安全工学研究発表会において10件の研究発表  
12月19日、藤波労働大臣が視察のため来訪

昭和55年1月1日より昭和55年3月31日までの業務内容

3月16日より28日、川口所長ヨーロッパ各国の安全関係研究機関調査のため海外出張  
3月19日、日本機械学会関西支部主催、関西支部第55期定時総会講演会において1件の研究発表  
3月28日、精機学会主催、昭和55年度精機学会春季大会において1件の研究発表

なお、以上の内容は、当所の定期刊行物、安研ニュース掲載「安研の動き」より抜粋して示したものであり、学会発表についての題目名は、第2章、(5)研究発表の項に記載した。

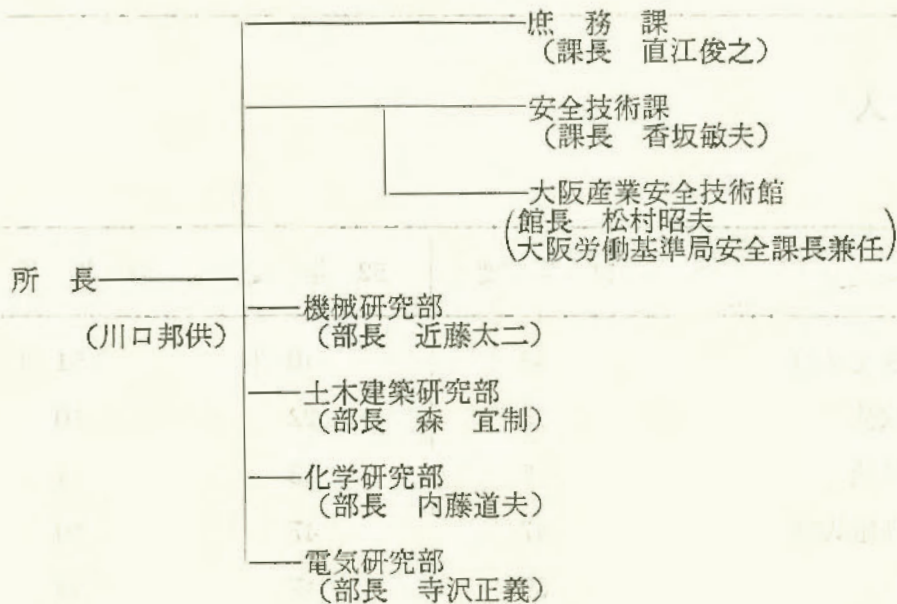
## (5) 組織の変遷

昭和17年1月30日 東京都港区芝田町に厚生省産業安全研究所として設立  
昭和18年9月10日 産業安全参考館（昭和29年3月産業安全博物館と改称）を開設し、一般に公開  
昭和22年9月1日 労働省の発足とともに、労働省産業安全研究所となる。  
昭和36年4月12日 大阪市森之宮東之町に大阪産業安全博物館を開設し、一般に公開  
昭和41年12月23日 東京都清瀬市に屋外実験場を設置  
昭和42年1月17日 庁舎改築のため、屋外実験場の一部を仮庁舎として移転  
昭和45年5月1日 2部7課を廃止し4部に再編成  
昭和46年3月31日 新庁舎落成  
昭和46年4月23日 組織規程一部改正により産業安全博物館を産業安全技術館と改称  
昭和46年10月1日 産業安全技術館開館

(6) 歴代所長

区分	氏名	在職期間
初代	武田晴爾	昭17. 1~昭24. 8
2代	中島誠一	昭24. 8~昭27. 3
3代	高梨湛	昭27. 4~昭39. 7
4代	山口武雄	昭39. 7~昭43. 6
5代	住谷自省	昭43. 6~昭45. 5
6代	上月三郎	昭45. 5~昭49. 6
7代	秋山英司	昭49. 6~昭52. 4
8代	川口邦供	昭52. 4~

(7) 組織 (昭和55年4月1日現在)



## (8) 定 員

俸給表別 区 分	指 定 職 所 長	研 究 職				行 政 職 (一)					行政職 (二)	合 計
		部 長 等 研 究 員	室 長 等 研 究 員	研 究 員	計	課 長	係 長	専 門 職	一 般 職 員	計	技 能 職 員 (乙)	
定 員	1	8	18	11	37	1	4	1	7	13	1	52

(昭和55年4月10日現在)

## (9) 土地および建物

(55. 3. 31 現在)

名 称	所 在 地	敷地面積 (m <sup>2</sup> )	建物面積 (m <sup>2</sup> )	
労働省 産業安全研究所	東京都港区芝 5-35-1	6,235	延15,373	
労働省 産業安全研究所 清瀬実験場	東京都清瀬市梅園 1-4-6	44,584	延 7,667	
労働省 産業安全研究所 大阪産業安全技術館	大阪市東区森之宮中央 1-15-10	(832)	延 893	敷地は大阪労働基準局所属

## (10) 歳 入

## イ 依頼試験

区 分	年 度			
	51 年 度	52 年 度	53 年 度	54 年 度
研ま盤のと石車の強度試験	48 件	40 件	51 件	55 件
安全靴の安全性能試験	15	22	10	14
安全帯の安全性能試験	7	13	4	7
パイプサポートの性能試験	47	47	10	10
建わくの性能試験	39	47	44	32
吊り具の安全性能試験	5	7	1	5
研ま盤のと石車の覆の強度試験	5	2	8	3
その他の試験	0	2	0	0
成績書副本交付手数料	0	0	0	0
合 計	166	180	128	126
歳 入 金 額	1,135 千円	1,565 千円	1,527 千円	1,613 千円

区 分	年 度	51 年 度	52 年 度	53 年 度	54 年 度
防 爆 電 気 機 械 器 具	A	24 件	29 件	22 件	3 件
"	B	36	38	23	15
"	C	28	25	19	18
"	D	14	15	4	13
"	E	33	30	32	42
"	F	20	4	1	0
更 新 手 数 料		411	256	1	0
合 計		566	397	102	91
歳 入 金 額		14,381 千円	8,696 千円	6,589 千円	7,025 千円

(11) 歳 出 予 算

区 分	昭 和 54 年 度			昭 和 55 年 度		
	一般会計	特別会計	計	一般会計	特別会計	計
人 件 費	千円 196,128	千円 50,183	千円 246,311	千円 203,045	千円 52,083	千円 255,128
研 究 費	42,293	204,800	247,093	42,843	160,438	203,281
経 常 研 究 費	42,293	180,518	222,811	42,843	116,416	159,259
特 別 研 究 費 (木工機械作業の総合的安全化に関する研究, 強風に対する仮設構造物等の安全対策に関する研究)		24,282	24,282	—	44,022	44,022
依 頼 試 験 ・ 検 定 経 費	745	—	745	745	—	745
産 業 安 全 技 術 館 経 費	—	25,261	25,261	—	25,167	25,167
そ の 他 の 経 費	25,022	48,092	73,114	25,935	45,702	71,637
小 計	264,188	328,336	592,524	272,568	283,390	555,958
(移替予算)						
国 立 機 関 公 害 防 止 等 試 験 研 究 費 (水熱反応による高濃度廃液の無害化) 処理に関する研究	19,500	—	19,500	18,079	—	18,079
海 洋 開 発 調 査 研 究 促 進 費 (海中における電撃危険性とその防止) に関する研究	5,239	—	5,239	5,045	—	5,045
小 計	24,739	—	24,739	23,124	—	23,124
合 計	288,927	328,336	617,263	295,692	283,390	579,082

(12) 主要試験研究施設, 設備状況

施設・設備の名称	施設・設備の名称
<p>【一般会計】 (設備)</p> <p>脈波検出装置 帯電分布測定装置 高圧示差熱分析装置 赤外分光光度計 ヘリウム用高気圧下短絡実験装置 放電波形解析装置 高圧発火エネルギー測定装置 流動帯電量試験装置 高圧熱天秤 質量分析装置 高真空蒸着装置 環境試験装置 高圧酸素バーナー燃焼装置 瞬間加熱赤外線加熱分解炉 加圧酸素廃棄物燃焼処理装置 データ集録装置 PCB 入り電気機器熱処理装置 水熱反应用高圧示差熱分析器</p>	<p>静電気帯電検出装置 " 測定装置 高圧燃焼実験装置 建材試験機 球型高圧爆発限界実験装置 X線応力測定装置 セーフギャップ実験装置 遮断現像解析用演算装置 可搬型データレコーダ 10トン横型引張試験機 横型真空焼鈍炉 液体誘電率導電率測定装置 粉じん爆発特性実験装置 電子計算機システム 走査型電子顕微鏡 X線回折装置 デジタル記憶装置 圧力容器付耐アーク性試験器 自然発火試験装置 500トン万能試験機 赤外線炭酸ガス分析装置</p>
<p>【特別会計】 (施設)</p> <p>ガス配合室 鋼アーチ支保工実験施設 安全帯実験施設 液体流動帯電実験施設 高所作業観測施設 大型密閉爆発実験施設 天井クレーン実験施設 防爆実験揚重施設 多目的反力支持構造物 配管等爆発実験施設 高圧ガス粉じん系爆発実験施設 粉じん帯電実験施設 運搬建設機械安定度試験実験施設 遮音実験室 液体攪拌帯電実験施設 (設備)</p> <p>粒度分布自動測定装置 電磁共振型疲労試験機 万能型引張試験機 高速回転試験装置 自動操作式爆発実験装置</p>	<p>データロガー マハツエンダー干渉計 写真計測処理装置 レーザー装置 電気油圧式疲労振動試験装置 仮設構造物多点荷重発生装置 心電波形分析装置 高速度カメラ 生体負荷測定装置 試験用移動式クレーン 最少着火エネルギー測定装置 高圧熱酸化分解ガス発生装置 X線マイクロアナライザー 光電測光式発光分析装置 高速度現象デジタル直視装置 恒温恒湿セル 超小型テレメータ装置 静電気データー記録装置 ラインプリンター装置 耐水試験機 最高血圧自動連続測定装置 動的高圧力試験装置 高温箱型電気炉</p>

## 第2章 研究業務

### (1) 昭和55年度における研究テーマ

昭和55年度においては、特別研究として木工機械作業の総合的安全化及び強風に対する仮設構造物等の安全対策に関する研究をそれぞれ行い、行政面の緊急なニーズに対応するとともに、以下のAからHまでの各項目に掲げるようなテーマにより安全技術の確立を図ることを目的とした各種の研究を実施することにした。

なお、昭和55年度における研究実行テーマ名は、以下に掲げた項目のうちアルハベットで示したものである。

#### A 機械設備の安全化

1. 金属材料の破壊防止
  - a. 低温下における溶接材の疲労き裂伝ば挙動と破壊じん性
  - b. 水環境中における構造材の腐食疲労特性
2. 運搬機械の安全化
  - a. トラッククレーンの旋回サークルの強度
3. 高速回転機械の安全化
  - a. 砥石破片の衝突に対するカバーの防護機能に関するエネルギー的研究
4. 超高压容器等の安全化
  - a. 内圧円筒の軸方向き裂の伝ば

#### B 人間-機械システムの安全性

1. 人間-機械システムにおける人間特性
  - a. モニタースコープを用いた人間の追従動作における特異現象への反応特性
2. 安全性の評価
  - a. 最大・最小災害発生時間の分布

#### C 安全性の人間工学的研究

1. 機械設備の人間工学的研究
  - a. 電気流体制御型多関節人工指のバイラテラル制御
  - b. 階段踏面先端部材の滑り及び衝撃吸収性評価試験機の開発
2. 作業設備の人間工学的研究
  - a. 高所における心理的、生理的反応

#### D 作業環境の工学的改善

1. 工場換気の適正化
  - a. 換気のある模型建屋内の熱対流
2. 手持機械の振動防止
  - a. 防振具の効果の測定法

#### E 掘削工事の安全化

1. 土砂岩石の崩壊防止
  - a. 土砂崩壊災害に関連する要因の調査
  - b. 弾塑性理論等の斜面安定解析への応用

#### F 爆発危険性とその防止

1. 粉じん爆発危険性とその防止
  - a. 粉じん雲の発火エネルギー
2. ガス爆発危険性とその防止
  - a. 燃料-空気混合ガスの爆ごう限界
  - b. 破裂板の吹出し量依存性
  - c. 難燃性ガス蒸気の火炎伝ば方向性の解明
  - d. 固体細隙による消炎現象に関する基礎的研究
  - e. 塩素-水素混合ガスの発火温度
  - f. 加圧爆発性ガスの最小点火エネルギー
3. 固体等の燃焼爆発危険性とその防止
  - a. 発泡剤の熱的安定性及び分解危険性
  - b. 潤滑油等の劣化試験
4. 電気設備による点火危険性とその防止
  - a. 防爆電気機器本体への耐圧パッキン式導線引込方式
5. 静電気による点火危険性とその防止
  - a. 流動帯電における液種及び管材質の影響
  - b. 帯電粉じんと接地体との放電による着火危険性
  - c. 静電気帯電の災害防止技術に関する調査研究

#### G 電撃危険性とその防止

1. 海中における電撃危険性
  - a. 海中における電撃防止対策の検討

#### H 廃棄物の安全処理

1. 水熱反応による高濃度廃液の無害化処理
  - a. 有機塩素化合物の水熱反応による無害化処理

### 特別研究

#### A 木工機械作業の総合的安全化に関する研究

- a. 材の反撲による災害防止
- b. 木工機械作業の人間工学的研究
- c. 木工機械作業における安全対策のシステムの検討
- d. 加工屑、木粉類による火災爆発災害の防止
- e. 木工機械用集じんシステムの開発

#### B 強風に対する仮設構造物等の安全対策に関する研究

- a. 仮設構造物等に作用する風荷重
- b. 仮設構造物各部の風に対する安全性

## (2) 昭和54年度における研究成果の概要

### ○金属材料の破壊防止

#### 低温下における突合せ溶接材の

#### 疲労き裂伝ば挙動

機械研究部 橋内良雄

#### 1. 研究目的

溶接部は母材に比べて一般に遷移温度が高く、溶接構造物が低温下で繰返し荷重を受けるときには欠陥から疲労き裂が伝ばし、やがて脆性破壊を起す場合が多い。そこで、本報では溶接構造用鋼 (SM 50 A) を用いて突合せ溶接を行い、室温から  $-85^{\circ}\text{C}$  までにおける母材と溶接部の疲労き裂伝ば速度を求めると共に、伝ば速度に及ぼす溶接残留応力の影響をき裂開口量により評価した。また、低温下におけるき裂伝ば機構をフラクトグラフィにより調べた。

#### 2. 実験方法

板厚 16 mm の供試材を圧延方向と直角に溶断後 X 開先加工を行い、低水素系溶接棒を用いて速度 250 mm/min, 電圧 35 kV, 電流 180~290 A, 入熱 15.1~24.2 kJ/cm, 姿勢下向きで手動により溶接を実施した。溶接後、溶接金属が切欠きの中央に位置するようにして幅 100 mm, 厚さ 14 mm のコンパクト試験片を作成した。疲労試験は、電気油圧式サーボ試験機を用いて、繰返し速度が 20 Hz で行った。低温試験は、液体窒素の流量を電磁弁により調節する方法によった。き裂伝ば速度はクラックゲージにより求め、結果は応力大係数の変化幅  $\Delta K$  を用いて整理した。き裂開口比の測定はコンプライアンス法により、また破面観察は透過及び走査電顕を用いた。

#### 3. 実験結果

図1は、常温から  $-85^{\circ}\text{C}$  まで温度を変えたときの母材と溶接部のき裂伝ば速度と  $\Delta K$  の関係を示したもので、母材では温度の低下と共に速度が若干減少する傾向が認められる。しかし、溶接部では必ずしも系統的な関係が得られていないが、これは温度の他に溶接残留応力が速度に大きな影響を及ぼしているためと思われる。このことは、低  $\Delta K$  域において母材よりも溶接部の方が速度が低下する結果からも理解される。残留応力が存在する場合、伝ば速度をいわゆる見掛けの  $\Delta K$  で整理するのはあまり意味がなく、残留応力を考慮した真の  $\Delta K$  を用いる必要があるが、き裂の進行に伴ない初期残留応力が変化するために、真の値を求めることはかなり困難である。しかし、残留応力はき裂開口量に影響し、その結果が伝ば速度に反映していることが予想される。そこで、母材及び溶接部のき裂開口比  $U = (K_{\max} - K_{Op}) / \Delta K$ , ( $K_{\max}$ : 最大応力大

係数,  $K_{Op}$ : き裂開口時の応力拡大係数) を求め、 $U$  に基づく有効応力拡大係数  $\Delta K_{\text{eff}} = U \Delta K$  を用いて、伝ば速度の再整理を試みた。図2は、一例として  $-50^{\circ}\text{C}$  における母材と溶接部の速度と  $\Delta K_{\text{eff}}$  の関係を示したもので、両者は比較的狭い散布帯にプロットされることから、伝ば速度に及ぼす温度および残留応力の影響を  $\Delta K_{\text{eff}}$  を用いることにより統一的に扱えることがわかる。なお、 $-50^{\circ}\text{C}$  以下では、ある  $K_{\max}$  値において疲労から脆性破壊へと遷移するが、その際の  $K_{\max}$  値は母材と溶接部のいずれにおいても、低温になる程その値が低下している。次に、低温下でのき裂伝ば機構について検討した結果、母材・溶接部共に温度によらずストライエーション形成が支配的であって、ストライエーション間隔はき裂伝ば速度と同様、 $\Delta K_{\text{eff}}$  と良い相関があることが判明した。

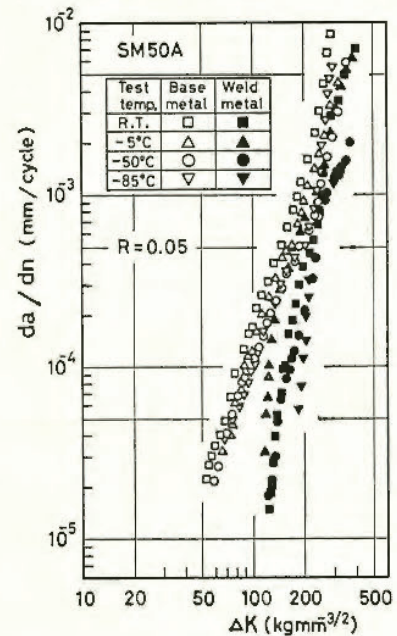


図1 母材および溶接部のき裂伝ば速度に及ぼす試験温度の影響

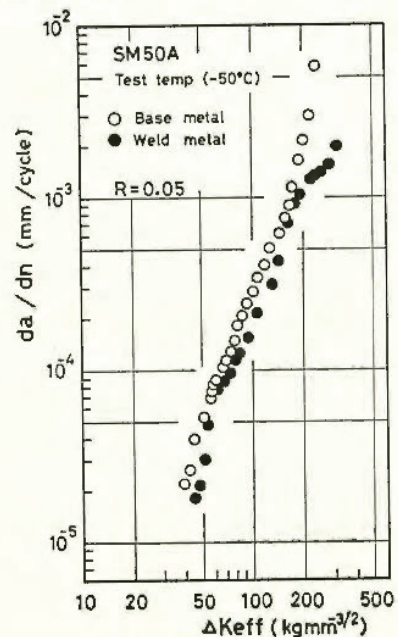


図2  $-50^{\circ}\text{C}$  における母材と溶接部のき裂伝ば速度と  $\Delta K_{\text{eff}}$  の関係

1. 研究目的

金属材料の疲労破面には破壊状況を物語る最も有力な証拠が残されている場合が多い。従って、最近、疲労き裂成長現象を定量的に解析するため、破壊力学手法を取り入れた破面解析の研究が盛んであるが、それらの対象は殆んど圧延材（または鍛造材）である。しかし鋳物材も疲労荷重下での使用の機会が多くなっている。そこで本研究では、同様の手法を用い数種の代表的鋳物材の疲労き裂伝は挙動の解明を試みた。

2. 材料及び実験法

供試材はアルミ合金鋳物 AC7B-T3、2種の球状黒鉛鋳鉄 FCD45A及びB、連続鋳造鋳鉄 FC20M及び砂型鋳造鋳鉄 FC20の5種類である。これらから中央スリット付きの4t×100w×200Lの板試験片を作成し、電磁共振型疲労試験機 Vibrophore で、応力比  $R(=\sigma_{\min}/\sigma_{\max})=-1.0\sim 0.7$ 、繰返し速度 135~150 Hz での引張圧縮疲労試験を実施した。き裂伝は速度は表面き裂の伝は状況から決定し、破面の解析には走査型及び透過型電子顕微鏡を用いた。

3. 研究結果

各種の鋳物材におけるき裂伝は状況はそれぞれの顕微鏡組織の粗さを反映して程度に差はあるが延性材より変動が大きくじくざく状である。しかし巨視的き裂伝は速度  $dl/dN$  は図3に示すようにいずれの材料とも圧延材と同様に、Elberのき裂開口概念を基礎とした有効応力拡大係数  $K_e$  を用いて次式のように表わされる。

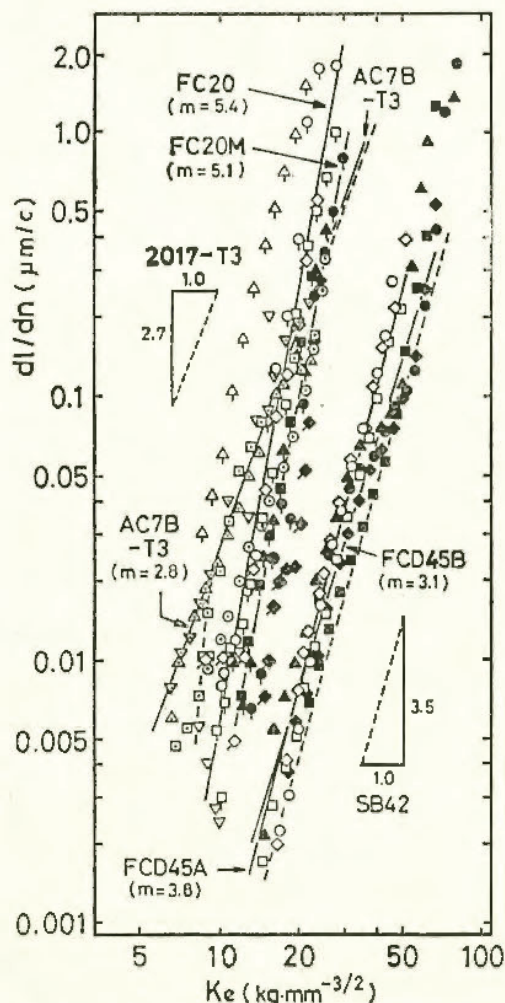


図3 5種の鋳物材におけるき裂伝は速度と有効応力拡大係数の関係

$$dl/dN = C \cdot K_e^m \quad (1)$$

(1)

ここで  $C, m$  は材料定数である。同図中には先に本研究と全く同じ手法で実験したアルミ合金 2017-T4 及び鋼 SB42 に対しての結果を併記したが、本実験のアルミ合金鋳物及び球状黒鉛鋳鉄は、それぞれの圧延材に近い比較的大きな疲労き裂伝は速度を有する。しかしねずみ鋳鉄のき裂伝は抵抗はかなり小さいことが分かる。

肉眼観察によると破面の疲労域と静破断域との識別は、アルミ合金鋳物及び球状黒鉛鋳鉄では容易であるがねずみ鋳鉄では難しい。

アルミ合金鋳物及び球状黒鉛鋳鉄にはストライエーションのほか、疲労破壊の特徴を示す種々の微視破面形態が観察されるが、ねずみ鋳鉄にはそのような特徴的形態が少なく定性的破面解析も単なる微視破面形態からだけでは困難と思われる。

疲労破面の定量化の主対象であるストライエーションの間隔と巨視的き裂伝は速度とは、球状黒鉛鋳鉄では圧延材同様の良好な対応関係を有するがアルミ合金鋳物の低速度き裂伝は域ではそのような対応関係がくずれて不明確となる。また球状黒鉛鋳鉄では粒界破面面積率が、砂型鋳造ねずみ鋳鉄では、写真1に示すようなパーライト粒内破面の面積比がそれぞれ応力拡大係数の変化に応じた特異な変化を示している。これらは、ストライエーションに頼れない

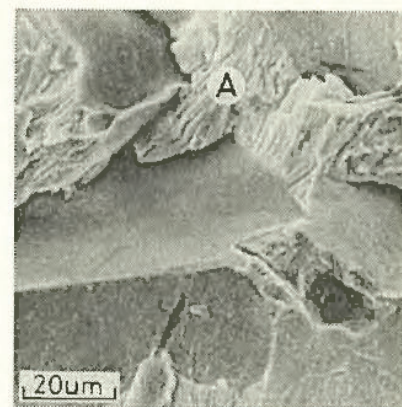


写真1 ねずみ鋳鉄のパーライト粒内破面(A部)の例

(RR-28-3 参照)

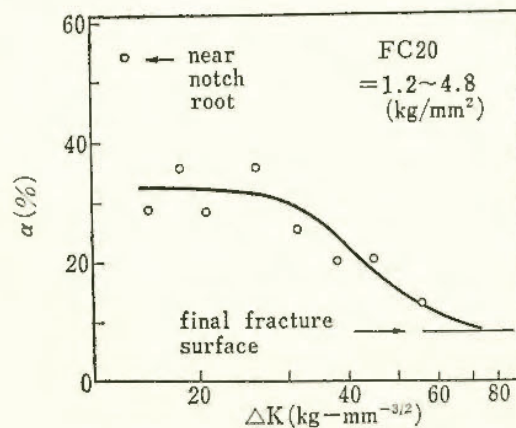


図4 ねずみ鋳鉄のパーライト粒内破面の面積率  $\alpha$  と応力拡大係数変動幅との関係



# ○運搬機械の安全化

## 災害事例分析——トラッククレーンの 旋回サークル取付ボルトの切断事故——

機械研究部 前田 豊

### 1. はじめに

トラッククレーンの多くは上部旋回体と下部走行体とに二分される構造をしている。この両者をつなぐのが旋回サークルと称される回転機構であるが、これに大きなベアリングを用い、一端を上部旋回体に固定し他端は下部走行体にボルト締めする構造とすることが普通行われている。このボルトは、いわば旋回体全体を支えている重要な構成部品であって、これの切断はそのままクレーンの倒壊という重大事故につながるものである。ボルトの締結状況については注意深い点検が必要であるとされているが、事故は後を絶たずに発生している。以下は、最近発生したある事故について詳細に検討した結果をまとめたものである。

### 2. 事故の概要

あるビル工事現場で、油圧伸縮式ジブを持つ吊り上げ荷重 27.415 トンのトラッククレーンが、ジブを最長の 30.7 m に伸ばし、ベニア板 64 kg を吊り上げ、旋回の後、おろそうとしているときに旋回サークルを取付けているボルトが連続して切れ、旋回体全体がジブ側に倒壊した。このトラッククレーンはリース会社のもの、当日現場に到着後最初の作業で定格荷重よりはるかに軽い荷を吊っていたにもかかわらず事故となったものである。事故機の旋回サークルは下図のような構造であり、長短計 24 本のボルトで走行体の下から固定するようになっている。

上部旋回体

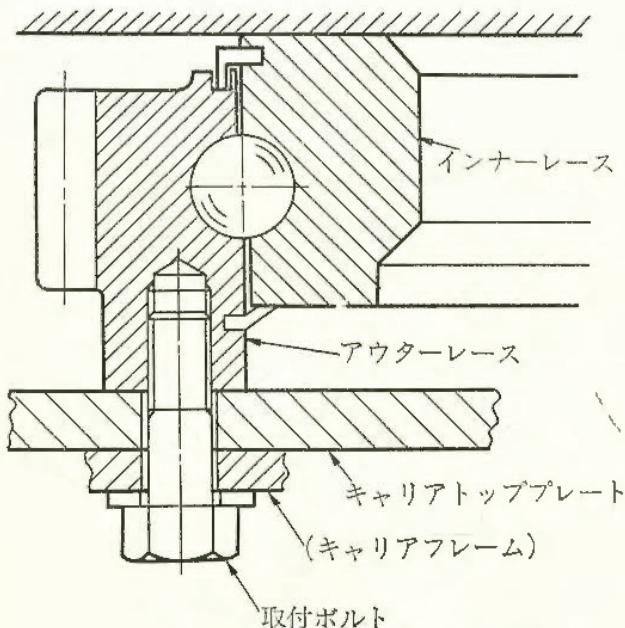


図 5 旋回サークルの構造

### 3. 調査結果

事故後発見されたボルトの中にはほとんど変形せず、に抜けていたものやねじ山が剪断されリング状に取れていたものがあり、また走行体フレーム上の跡を見てボルトがゆるんでいたと推定できる箇所もあった。これから少なくとも十本のボルトにはゆるみ等の締結異常があったと推定できた。

ボルトの引張応力を計算すると、正常に締め付けられていたとすれば定格荷重に等しい荷重を吊ったときでも降伏点よりかなり小さいが、脱落やゆるみのため引張力を保持しないものとすると、下図に示すとおりに急激に増加し、事故当時のように小さな荷重でも破断することが言える。事故前日は正常に重量物を吊っていることから、一部のボルトは前々からゆるんでいたものの事故には至らなかったところを、前日の作業終了から当日の作業開始までの走行中に進行したゆるみが最後の一押しとなって事故発生をみたと推定できる。

本事故の直接原因はボルトのゆるみによる脱落と言えるが、ゆるみに至る過程の解析は今後の課題として残されており、それが解決してはじめて真の事故再発防止対策が決定できるものである。現時点では点検作業によりねじのゆるみを初期のうちに発見することが最良の策であるが、旋回サークルを固定するボルトは車体の下にもぐり込んで見上げなければ見えない位置に配置されており、また締め付けトルクが大きい割に作業スペースがなく、専用の工具を用いねば作業が困難な構造となっている。このために本事故の場合もボルトの脱落が発見され得なかったわけであり、保守・点検が困難な構造が本事故の遠因となったことは否めない。(TN-79-2 参照)

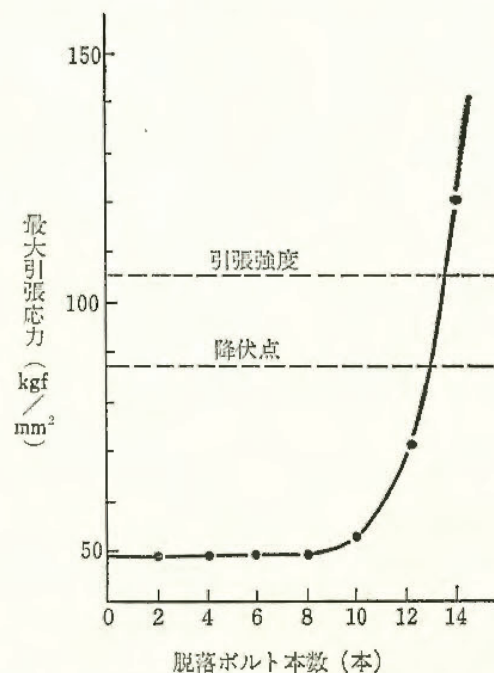


図 6 ボルトの脱落を考えたときの最大引張応力

# ○工事用設備の安全化

## 風に対する足場の安全性

——再現期間1年のときの  
期待風速分布図——

土木建築研究部

森宜制 木下鈞一・河尻義正

本研究は、足場に作用する風荷重を算出するための基準風速を地域毎に設定することを目的とした。

その基礎となるデータは、気象庁が観測した風速のうち1964年以降14年間のものを用いることにした。気象庁の気象観測地点は全国で160ヶ所をこえるが、特殊な地形にある観測地、例えば、富士山頂などの山頂や、上記の期間において観測地点が統廃合されて観測データが十分にそろっていない地点でのデータは省略したので、統計処理を行った地点は全国で149ヶ所となった。また風速に関するデータのうち、10分間平均の日最大風速値をとることにした。ただし、地上面からの観測高さは各測候所毎に異なり、基準風速を設定するためには、同一地上高さにおける風速によって検討することが必要であるので、地表近くの風速は地表面からの高さの1/7乗に比例するものとして、10mの高さの風速を算出した。

一方、足場の存置期間についての調査を実施したところ、平均存置期間は6.2ヶ月であった。台風時には十分な安全対策がとられること及び足場の仮設的性格を考慮して、強風の再現期間を1年に見込み、再現期待風速を求めた。

この再現期待風速をもとに日本地図上に等風速線を描き、分布図を作成した。これによると、山間部、例えば、山形、高山、秩父、旭川、軽井沢、京都、松本などでは、12(m/sec)以下で、東北地方を除いて内陸部では、小さな値となる。一方、薩南諸島、沖縄や、伊豆諸島、室中岬などの島や岬などでは大きな値とった。

さらにこの分布図をもとに、地域的な条件などを考慮して、市、郡単位の行政区画ごとに基準風速を設定した。

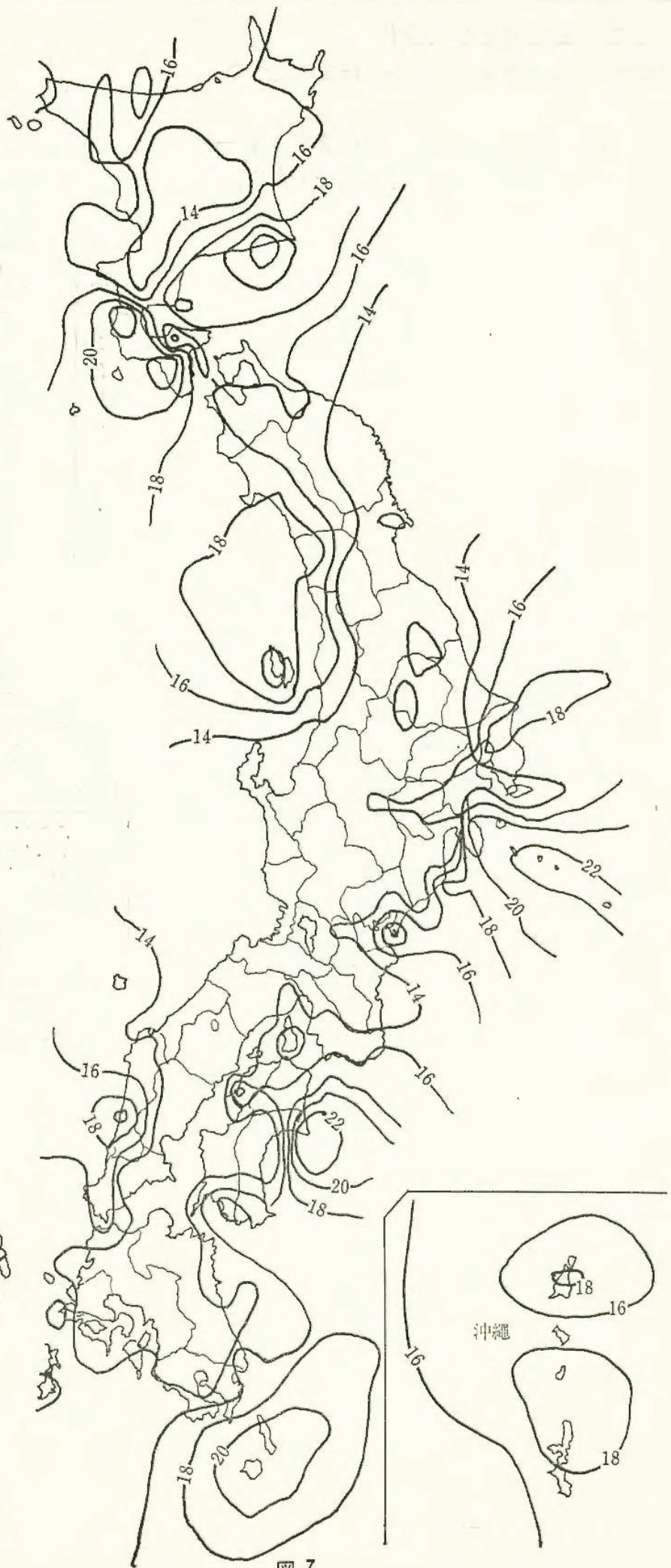


図 7

# ○高速回転機械の安全化

## 最大引張歪クライテリオンの砥石破壊への適用について

—引張歪等価応力による圧縮破壊の検討—

機械研究部 糸川壯一・吉久悦二

### 1. 研究目的

本研究では直径方向圧縮試験によるビトリファイド砥石の円輪形試験片（一軸応力状態）と円板形試験片（二軸応力状態）の破壊に関し、最大引張歪クライテリオンの適用を検討することが目的であり、前報では圧縮破壊時の引張応力を破壊のクライテリオンとすることは不相当であることを報告したが、本報では更に破壊の状況を実験的に調べ、引張歪の等価応力について検討した結果、最大引張歪クライテリオンの適用が妥当であることが判明した。

### 2. 実験

円板形試験片の荷重点における chipping による加圧板との接触幅は、間に挟んだアルミフォイルの痕跡から測定したが（表1参照）、平均は 14.1 mm で外径の約 0.2 の接触幅で破壊に至っている。一方、円輪形の場合は破壊荷重が低いため接触幅は、非常に小さく問題とする必要はない。円輪形及び円板形試験片の亀裂発生部を知るため図8に示す亀裂検出回路を試験片表面に作成し、亀裂発生による検出回路の破断時間差から、およその亀裂発生部分を確認した。円板形の場合は外側部分が中心より先に亀裂を発生しており、円輪形の場合は内側孔部で先に亀裂を発生している。なお、圧縮破壊直前のポアソン比の値は、ロゼット型2軸ゲージによる歪の測定から  $\nu=0.27$  の値を得た。

### 3. 考察及び結言

前報で述べたように円輪形試験片の破壊時の最大引張応力は、円板形のそれの約 1.8 倍の値であり最大引張応力を破壊のクライテリオンとすることは不相当である。そこで分離破壊方向の最大引張歪が、あるクリティカルな値に達したとき破壊を生ずるとする最大引張歪クライテリオンを導入してみる。円輪形試験片は実験結果からも孔部から亀裂が発生すると考えられるので、孔部における分離方向の歪の等価応力を求めると  $\sigma_{er} = E \cdot \epsilon_{er} = \sigma_{er}$  (1) で与えられる。また、円板形試験片については、 $0.2D$  の接触幅を有する場合としての分離方向の歪の等価応力は、 $\sigma_{ed}' = E \cdot \epsilon_{ed}' = \sigma_{ed}' - \nu \sigma_{yd}'$  (2) で与えられ、その分布は図9に示すようになる。すなわち、接触幅を有する場合の  $\sigma_{ed}'$  は中心から徐々に増大し、半径の 2/3 あたりで最大値をとっている。このことは、実験で中心よりも先に外側部分で亀裂が発生したことにも矛盾しない。そして、表2は円輪形及び円板形試験片の最大引張歪の

等価応力を計算した結果であるが、円輪形の場合の方が、円板形の場合に比べ、わずかに6%ほど大きいだけで、非常に近似した値となっている。以上の実験結果及び考察から、ビトリファイド砥石の直径方向圧縮破壊について最大引張歪クライテリオンの適用性が得られた。（RR-28-4 参照）

表1 円板形試験片の接触幅

No.	Contact width 2b(mm)
1	13.9
2	13.6
3	13.6
4	14.1
5	13.7
6	13.3
7	14.2
8	15.8
9	14.1
10	14.8

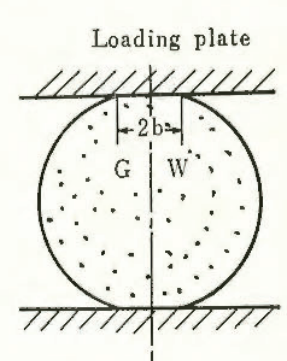
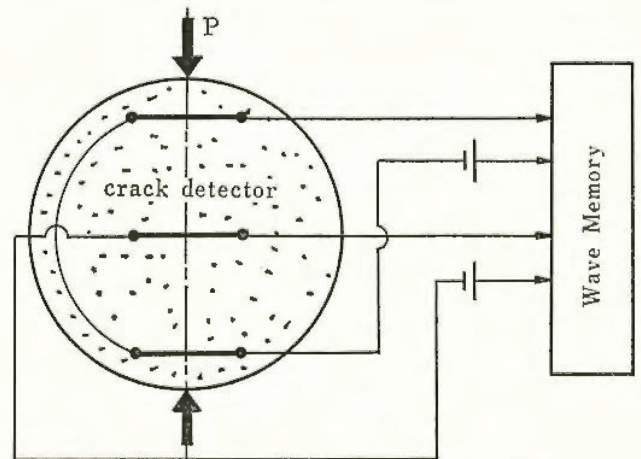



図8 亀裂検出回路（円板形用）

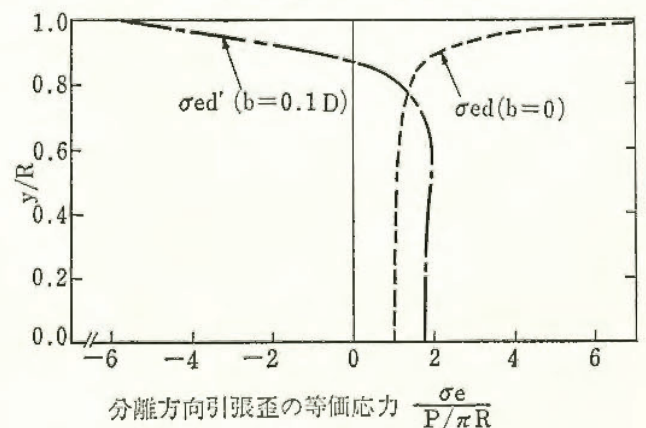


図9 円板形試験片の歪の等価応力

表2 分離破壊方向の最大引張歪の等価応力

Type of specimen	Equivalent stress (kg/mm <sup>2</sup> )	$\frac{\sigma_{ed}'}{\sigma_{er}}$
Ring	$\sigma_{er}$ 3.37	—
Disk b=0.1D	$\sigma_{ed}'$ 3.60	1.06

# ○人間-機械システムにおける人間特性

## 人間の予測確率を用いた特異現象の定量化

機械研究部 深谷 潔・杉本 旭  
近藤太二

### 1. 研究目的

異常事態などの特異現象に正しく対処できないと、災害につながることも多い。安全な人間機械系の設計のためには、特異現象に対する人間の反応特性を知ることが重要である。そのための研究のワンステップとして、特異性の大きさを定量化することが必要となる。本研究では、人間のこれから起きることに対する予測を用いて、特異性を定量化する手法を検討した。

### 2. 理論及び実験

人が、ある現象を特異であると感じる理由として、「突然」発生する、あるいは、「まれに」しかない現象であるなどが考えられる。そして、これらに共通して言えることは、その現象の発生を前もって予測していなかったということである。すなわち、特異性とは予測とのズレであると言換えられる。従って、特異性の定量化のためには、予測とのズレを評価すればよい。なお、上述の解釈では、特異とは、人間に対して驚きを与えるものを指し、通常特異と思われるものが除かれる場合もある。例えば、ビックリ箱は一般には特異だが、それを知っている（予測している）人間には特異でないことになる。

人間の対象に対する予測を、現象  $i$  の発生確率  $p_i$  で表すと、起こりそうだと考えている現象には高い確率を与え、それからのズレの大きく起こりにくそうな現象には低い確率を与えるのが自然だろう。この確率  $p_i$  のもとである現象  $i$  が発生した時得られる情報量は、 $-\log p_i$  で表されるが、この量は  $p_i$  の減少関数で、予測どりの現象 ( $p_i$  大) に対しては小さく、ズレの大きい現象 ( $p_i$  小) に対しては大きい。従って、この情報量を予測からのズレの尺度に用いることができる。

以上の考察から、人間の予測確率を与えれば、そのとき起きた現象の予測からのズレの大きさ、すなわち特異性の大きさを計算できると思われる。この手法の有効性を示すため、以下に述べる実験を行なった。

実験は、基本的には制御工学の分野で昔から行なわれている追跡制御で、モニタースコープ上を移動する目標の輝点を、制御レバーによって操作される輝点で追うというものである。目標は合成正弦波であるが、特異性を生じさせるため、時間的にランダムに速度を反転させた。また制御対象は比例系である。この時の目標と制御点の動きを測定記録した。

この実験では、考察の対象を、目標の位置に関する予測に限った。もちろん、人間は他の種々の事を同時に予測しているが、実験中に他の要素は変化させない、又は変化しても、制御点のように、予測どりのところに現れるようにするなどの方法で、制御成績に影響しないようにした。

動いていく点が次に来る位置の予測については、既に研究があり、現在の速度のまま動くことと予測することがわかっている。そのことから、目標点の予測確率は次式で与えられると仮定した。

$$\begin{cases} p(y, t_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{(y-\hat{x})^2}{2\sigma^2}\right\} \\ \hat{x} = x(t_0) + \dot{x}(t_0) \cdot (t - t_0) \end{cases}$$

$y$ : 位置座標

$x(t)$ : 目標の動きを表わす関数

追跡制御において、制御成績を表すのに最も一般的に用いられる尺度に、目標点と制御点との差の二乗積分がある。この二乗誤差積分と上述によって計算した情報量を時間に対してプロットしたものの一例を図10に示す。図より明らかなように情報量の大きなところは、二乗誤差積分の大きな(悪い成績)ところが後に続く。このことは、情報量が制御の困難度を表していると考えられる。目標パターンの特異性が制御の困難さに反映するとすれば、この情報量が特異性を表すと考えてもよいだろう。

なお、二乗誤差積分は、情報量に対して遅れて変化するので、単純相関を取っても有意な相関は得られない。両者の間の正準相関をとると、0.92~0.60程度の相関が得られた。

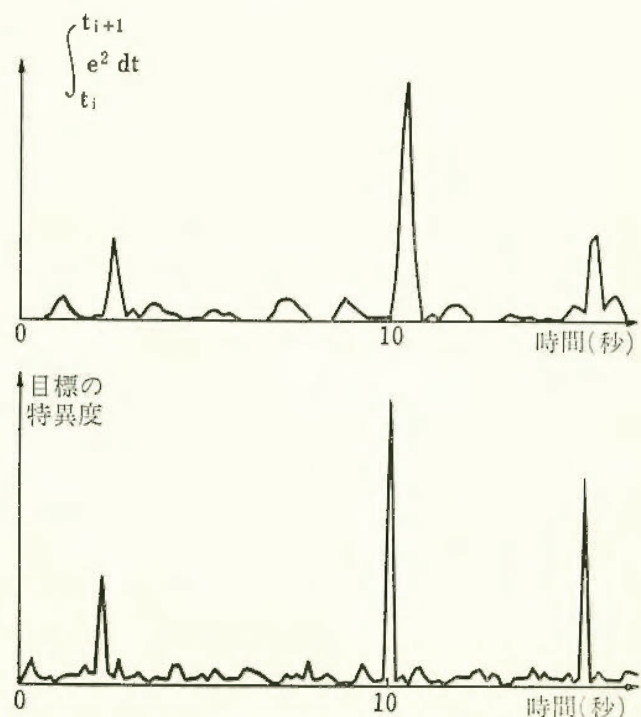


図10 目標の特異度と二乗誤差積分

# ○機械設備の人間工学的研究

## 電気流体制御型多関節人工指の

### バイラテラル制御

#### —制御要素としての

#### ウインズロクラッチの動特性—

機械研究部 杉本 旭・深谷 潔

#### 1. ウインズロクラッチ

本研究では多関節人工指の駆動に、より小型でかつ力の制御も容易に行ないうるウインズロクラッチを用いている。ウインズロクラッチとは、粘度が外部電界によって著しく増大するいわゆる電気粘性流体を利用して、電気信号により出力トルクを制御できるクラッチであり、基本的には多重円筒型と多重円板型に分けられる。

#### 2. 多重円筒型ウインズロクラッチの特性

図 11 は多重円筒型ウインズロクラッチの一例である。本研究ではこれを用い、トルク特性、応答性、耐久性といった3つの観点から特性実験を行ない、同時に特性の改良について検討した。

##### (a) トルク特性

本クラッチによって制御しうるトルクは 0.3~3.3 kgcm の範囲であるが、電気粘性流体の濃度を上げることにより最大 8 kgcm の出力を得ることができる。しかしこのままでは空転トルクがやや大きいため、バランストルクを外部より加えるなどの方策を検討する必要がある。

##### (b) 応答性

ウインズロクラッチの応答性は2次側  $GD^2$  が大きく左右するが、トルク立上がり時定数は 4.0~7.6 ms の値が得られた。これは人工指を動作させるに十分な応答性を持つことを示している。

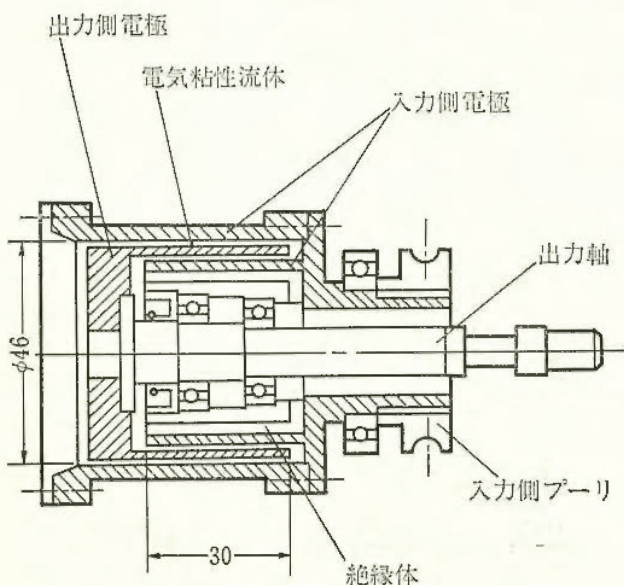


図 11 多重円筒型ウインズロクラッチ

#### (c) 耐久性

ウインズロクラッチの材質を鋼鉄とした場合に定電圧に保つと、4680 min にて電流が不安定となり著しい劣化現象が見られるのに対し白金をメッキした電極では耐久性が著しく改良される。この電流の不安定な増加は、電極板金属が電気粘性流体中に溶け込むことによる現象であると解される。

#### 3. 多重円板型ウインズロクラッチによる力の制御

これらの結果を受け、本研究の目的である多自由度人工指のバイラテラル制御を実施するため図12のような多重円板型ウインズロクラッチを開発した。これは1自由度当りの容積を最小にし、かつ有効なトルクを得るため、8自由度分を1パッケージに組込んでいる。

それぞれのクラッチは、次式に代表される伝達関数で表わされるような2次遅れ系となっている。ただし

$$G = \frac{40000}{s^2 + 200s + 20000} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{kV}} \right]$$

ここでは空転力や摩擦力など非線形要素はこの中にまゝめ込んで線形近似している。本研究で開発した高電圧制御装置（ゲイン 1 kV/V）及び力センサ（ゲイン 2 V/kg）を用いて、力の制御を行なうため、高電圧制御装置に加える電圧に積分補償  $1/Ts$  ( $T$ は時定数)を加え、かつ、力の信号を入力側に返すフィードバック補償を加えた閉ループを構成した。これにより得られたまゝの伝達関数  $G_a$  は次式となり、これは  $T > 0.02s$  の範囲で安定系となる。

$$G_a = \frac{40000}{Ts^3 + 200Ts^2 + 20000Ts + 80000}$$

実際の力の制御実験ではほぼ予想された特性を示したが、摩擦の影響で応答性が若干低下する傾向が見られる。こういった非線形要素は指の動きをぎこちなくする原因となるため、今後改良してゆくつもりである。(RR-28-6 参照)

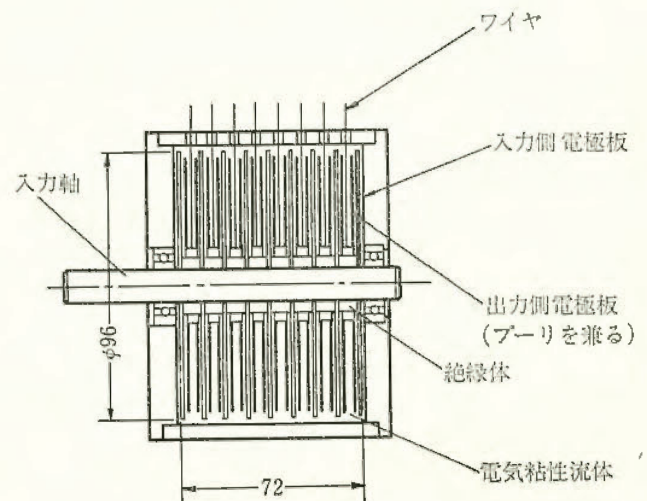


図 12 多重円板型ウインズロクラッチ

1. 研究目的

階段での転倒・転落災害の調査研究を基に、階段昇降時の基礎的動作性状の研究を人間工学的方法によって行い、つまずき、滑り、踏み外しの災害要因の特性を明らかにすることができた。しかしながら、階段寸法差と昇降動作との関連は、明確にすることができなかった。それは、階段寸法差による昇降動作の変動が少なく、更に、個人差、昇降速度差による違いの方が大きいためである。寸法差をより明確にするには、外部から歩行者の動作を分析するのではなく、歩行者自身が感じるとる負担度によってその差異を知る心理学的方法が必要である。そこで、本研究では、心理学的方法によって階段寸法の違いを明確にして、適正な階段寸法を得ることを目的とした。

2. 研究方法

歩行者自身が種々の寸法等に対して感じる心理的負担の大きさを客観的に知る方法には、言語範ちゅう法、比率法などがあるが、正確にその実体を知るのは非常に難しく、たとえ客観的に数値で得たとしても、それはその方法によってのみ得られたひとつの心理的側面であり、その方法によって心理的負担度を完全に把握できるものではない。たとえば、言語範ちゅう尺度によって歩行負担を評価する場合でも、各個人、場合によって言葉に対して持つ意味、心理的大きさが必ずしも一定していない。評価、判別能力の優劣によっても得られる結果は、違ったものになる。本研究では、言語評定法を用いる前に、階段寸法等の評価に使う用語の数量的な関係を明らかにしてみた。男女 50 名にアンケート方式によって行い、負担を表現するのに最も使い易い用語を負担度別に記入してもらい、次に 16 の用語を 2 グループに負担度別に分けて、一対比較法によって評価してもらった。その結果を基にして評価用語を決定し、階段蹴上、踏面寸法の評価を、男子学生 10 名の被験者によって心理実験を行った。使用した階段は段数が 6 段で、蹴上、踏面寸法を短時間に変えることができる。昇降速度も電子計算機とのオンライン方式によって実時間で測定できるようになっている。質問は 4 つで昇降別に、与えられた表現用語から選んでもらった。質問では、蹴上の高さ、踏面の広さ、歩きずらさ、不安度についてそれぞれ尋ねている。心理実験で設定した実験寸法は、42 組である。

3. 研究結果

言語尺度として使用し易い用語は、「少し」、「かなり」、「非常に」であったので、これらの用語を使用し

心理実験を行った。用語間の関係は図 13 のようになった。「かなり」という用語は、「非常に」より明らかに数量的には小であり区別が明確にされているようであるが、「かなり」と「そうとう」、「ちょっと」と「やや」などの区別は難しいようである。

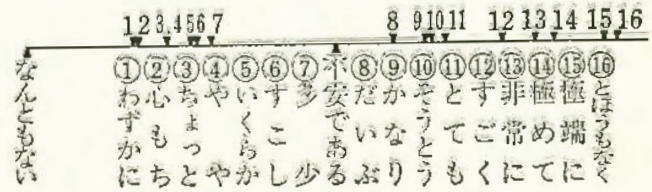


図 13 表現用語の数量的関係

図 14 は「歩きずらさ」に対して得られたデータを基に描いた階段寸法の評価分布図である。図中の数値は、「歩きずらさ」を感じる割合を示している。数値が 0 の時は、「歩きずらさ」をほとんどの人が感じない、100 の時は、すべての人が感じることを意味している。蹴上が 18.5 cm で踏面寸法が 28.0 cm の時に、最小値を取り、この寸法との差が増すに従い歩きずらくなっていく。ただし、28.0 cm 以上の踏面では、その増し方が緩やかである。

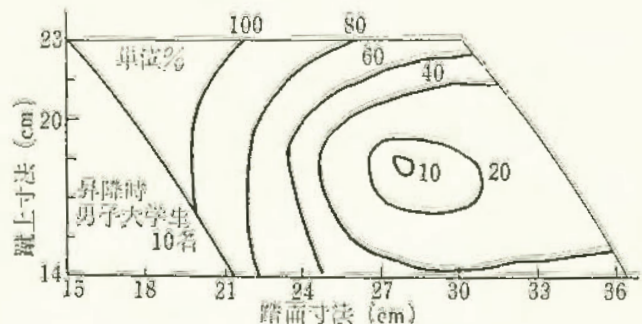


図 14 階段寸法評価分布図 (歩きずらさ)

「不安度」を感じる割合が少ない寸法範囲は、蹴上 18.5 cm 以下で踏面寸法が 28 cm 以上の時である。蹴上がこの高さより高くなると急激に不安度が増す傾向が見られる。

4. あとがき

高年令者は歩行性に対する評価判別が鈍く、なかには、どのような階段寸法を設定しても、「不安度」をほとんど感じない被験者 (75 才) もおり、高年令者に対する心理実験の難しさがある。しかしながら高年令者に対する検討は多方面から行ってゆく必要が今後ともあろう。今回の実験と並行して階段手摺高、踏面先端部材の厚さ、幅の評価実験及び、歩行速度と言語尺度に関する実験も合わせて行った。本研究では、疲れを生じない段数で心理実験を行ったが、多段数の階段に対する生理学分野からの研究も必要であろう。

# ○作業設備の人間工学的研究

## 高所における心理的、生理的反応

土木建築研究部 河尻義正・永田久雄

### 1. 研究目的

高所作業床の人間工学的改善のため、高所作業における心理的、生理的反応を定量化することを目的とした研究である。今回は、生理的実験を行ない、定性的な検討を加えた。

### 2. 実験方法

実験は、まず地上で被験者に3分間直立姿勢をとらせるときの生理量（最高血圧値\*、呼吸数、心拍数、筋電位\*\*）を測定した後、高所に設けた梁上で下記の順序に従って動作を行なわせるときの同生理量を測定した。実験に用いた梁は、幅20cmのH型鋼を地上高さ17mに架け渡した（スパン3.6m）ものである。

#### 動作の順序

①休憩3分間—②梁中央まで歩く—③梁中央で直立姿勢3分間—④梁端まで戻る—⑤休憩3分間

以上を3回繰り返す。

\* 耳朶から検出する最高血圧値で、上腕血圧値より20~40mmHg低い値を示す。実験に用いた測定器は、連続測定が可能なものである。

\*\* 左右の下腿の前脛骨筋と腓腹筋を対象とし、表面電極によった。

被験者は、男性で23名（年齢22~39才）である。

### 3. 実験結果

#### 最高血圧

図15は、データの一部であるが、ほとんどの被験者でこのような経過を示す。最高血圧値は個人差が大きく、地上では3分間平均値で平均83(50~120)mmHg、高所では②、③時に最高値を示し、瞬間最高値は、平

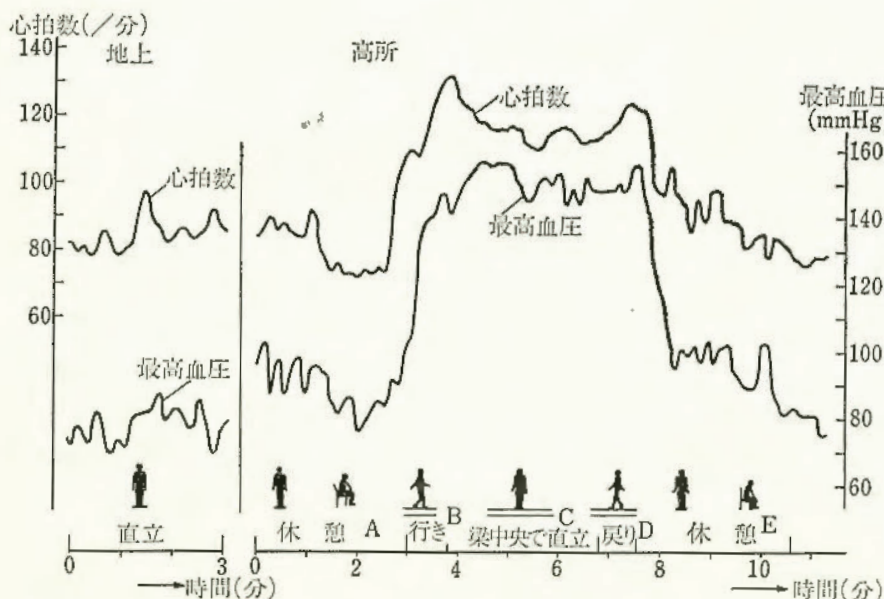


図 15 最高血圧と心拍数のデータの一部

均 136 (86~202)mmHg, ③時の3分間平均値は、平均 112(80~175)mmHg であり、休憩すると急減する。

#### 心拍数

図 15 にデータの一部を示す。地上では、3分間平均値で平均 79 (63~115) 拍/分、高所では、②、③時に最大値を示し、瞬間最大値は平均 111 (66~165) 拍/分、③時の3分間平均値は、平均 85 (54~158) 拍/分となり、②時の値が持続する者と、時間と共に減少し地上の値以下となる者がみうけられた。

#### 呼吸数

地上では、3分間平均値で平均18.8(15~21)回/分、高所では、③時の3分間平均値で平均 21.9(15~36)回/分であり、時々高所作業に従事している一部の被験者では、地上の値以下となるものもみうけられた。

#### 筋電位

両下腿の前脛骨筋、腓腹筋共、筋電図の波形振幅が高所では、地上に比べて増加（平均振幅で2~3倍）しており、これらの筋の働きが増加したことを示している。

次に、図 16 は各生理量について、高所の③時の3分間平均値を地上での同値に対する比で表わしたものである。同図によれば、各生理量共、実験回数を重ねるにつれて高所に慣れるためか、地上での値に近づくこと、及び最高血圧に高所の影響が大きく現れることがわかった。

また、高所での心拍数、最高血圧の瞬間最大値は、②、③時に生じ、心拍数で③時の3分間平均値の平均 1.34 倍、最高血圧で同値の平均 1.18 倍となり、実験回数に無関係であることがわかった。

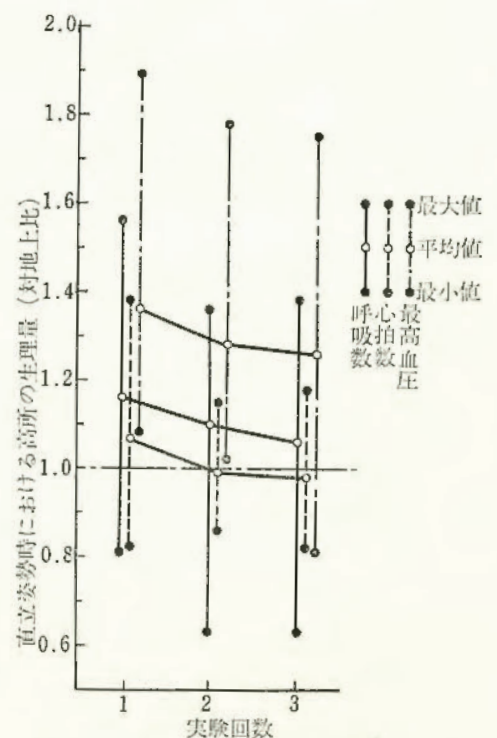


図 16 高所での生理量

# ○粉じん爆発危険性とその防止

## 粉じん爆発の発火エネルギーに及ぼす放電時間の検討

化学研究部 松田東栄  
電気研究部 市川健二

### 1. 研究目的

可燃性ダスト・空気混合物中で火花をとばした場合、火花のエネルギーがダスト濃度や火花特性などによって定まるある値より大きいと、発火が起こり、状況によって粉じん爆発災害をひきおこす。このエネルギー限界値は通常最小発火エネルギーと呼ばれ、確率的要素を含むが静電気のような火花によって発火が起こるかどうかを定める重要な数値である。従来これらの値は多くの研究者によって測定されてきており、種々のダストについて防災上利用されている。

しかるに、これらのデータはコンデンサー火花を飛ばし、火花のエネルギー  $H$  をコンデンサーの容量  $C$  と電圧  $V$  から、 $H=0.5CV^2$  の式に基づいて求める方法によっており、最近のいくつかの研究によると火花放電回路特性を考慮したデータの見なおしが必要なが指摘されている。ここでは、最小発火エネルギーを決定する上で、特に火花放電時間がどのような影響を及ぼすかを、コルクダストを使用して実験的に検討した。

### 2. 実験

火花発生装置は、容量火花のエネルギーと火花放電時間が独立して変化できるように設計されたもので、その電気回路の構成を図 17 に示す。

各放電時の電流・電圧波形をデジタル式の波形記憶装置に記録してそれらの積の放電時間に関する積分によって火花エネルギーを求めた。内径 7.5 cm、高さ約 1 m の硝子管を燃焼容器として使用し、その中心部に電極を設定して発火の有無を調べた。ダスト濃度は粉体供給装置により任意に変化でき、均一分散濃度が得られるよう配慮した。

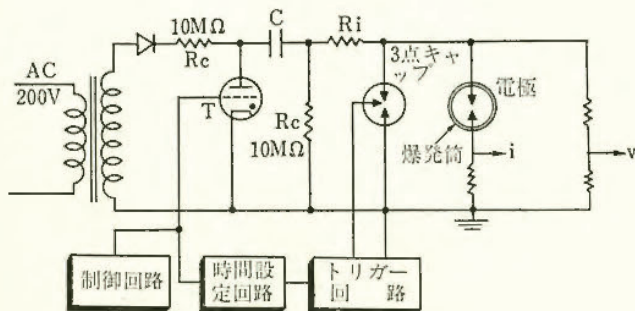


図 17 火花発生回路構成

### 3. 実験結果

粉じん爆発における最小発火エネルギーに及ぼす因子として、ダスト特性・電極特性・放電特性に関するいくつかのものがあげられるが、発火エネルギーの最小値を求める上でこれらの因子の最も適切な組み合わせを設定する必要がある。しかし、実験的にはすべての組み合わせが可能とは言えず、当然ある条件下での最小値を測定することになる。ここでは電流・電圧波形が矩形波に近いアーク放電でのエネルギーの与え方で放電時間の影響を検討している。

#### (1) ダスト濃度

下限界濃度 ( $35 \text{ g/m}^3$ ) からダスト濃度が高くなるにつれ、発火エネルギーは急激に減少して、約  $300 \sim 400 \text{ g/m}^3$  以上の濃度ではやがて変化しなくなる。粒径や放電時間にかかわらず同様の傾向を示す。これは発火現象が拡散燃焼を示すためと見られる。

#### (2) 電極間隙

電極材質にはタングステンを使用した。線径 3.9, 1.0, 0.2 mm について検討したところ、3.0 mm では多少大きい発火エネルギーを示すが、後二者ではほとんど同じような値を示した。このような相違は当然電極における冷却効果によるものであろう。

一定のダスト濃度および放電時間では、発火エネルギーが最小となる電極間隙が存在する。その場合の発火エネルギーと電極間隙の関係はいずれも一つの極小値を示す曲線で表わされる。コルクダストの最適電極間隙は 1.5 mm であった。

#### (3) 放電時間

上記において決定された最適ダスト濃度及び電極条件で、コルク平均粒径  $180 \mu\text{m}$ 、 $125 \mu\text{m}$  及び  $105 \mu\text{m}$  以下の試料について発火エネルギーと放電時間の関係を測定した。その結果  $180 \mu\text{m}$  試料については約 1.8ms、 $125 \mu\text{m}$  試料については約  $450 \mu\text{s}$  において発火エネルギーの極小値  $32 \text{ mJ}$  及び  $9 \text{ mJ}$  をそれぞれ示す曲線が得られた。しかし、 $105 \mu\text{m}$  以下の試料については放電時間との相関は得難くかなりのバラツキを示した。これはコルクダストが凝集粒子となって分散するためと考えられたので、粉体化学的考慮から酸化マグネシウム及び活性白土をそれぞれ 5% 別個に自動乳鉢にて混入した試料について検討したが、分散性は改善されたものの十分良い結果は得られなかった。しかし、これらのデータをまとめてプロットしてみると約  $300 \mu\text{s}$  で最小値  $6 \text{ mJ}$  を示す曲線が得られることがわかった。

### 4. 結論

コルクダストの粒径が大きい場合には、発火エネルギーは放電時間に強く依存する。凝集する微粒子ではその依存性は小さく、コルクの最小発火エネルギーは  $6 \text{ mJ}$  であった。従来データ ( $35 \text{ mJ}$ ) の約  $1/6$  に相当する。



# ○ガス爆発危険性とその防止

## 燃料空気混合ガスの爆ごう限界

### —ガス濃度限界の決定—

化学研究部 松井英憲

#### 1. 研究目的

可燃性混合ガスの爆ごう濃度限界は、起爆方法、起爆空間の形状や大きさによって大幅に異なる値が得られることが知られている。今のところ爆ごう濃度限界を決定する標準的な測定方法が確定しておらず、燃料—空気混合ガスの濃度限界値の測定データは少ない。本研究では、幾つかの燃料—空気混合ガスについて、爆ごう濃度限界に及ぼす起爆方法及び管径の影響について実験を行ない、標準的な爆ごう濃度限界の測定手法の確立と、種々燃料について、爆ごう濃度限界を決定することを目的にしている。

#### 2. 研究方法

測定容器には、1インチ及び2インチのステンレス製爆ごう波管を用いた。これらの管をボールバルブで二室に分割し、一方の側（長さ1.2m）へ起爆用のガスとして、水素—酸素当量組成混合ガス、又はアセチレン—酸素等モル混合ガスを導入した。他方の側（長さ5.2m）へは試料混合ガスを入れ、両ガスを大気圧に調整した後ボールバルブを開け、起爆用ガスに電気スパークで点火した。起爆用ガスは直ちに爆ごうへ転移し、定常な爆ごう波が試料ガス中へと打ち込まれる。このとき管壁に多数取り付け付けたイオンギャップ及びピエゾ圧力計で、火炎速度及び衝撃圧力を測定し、爆ごうが生じたか否かの判定を行なった。

#### 3. 研究結果

まず水素—空気混合ガスについて、起爆方法による影響について調べた。1インチ管においてボールバル

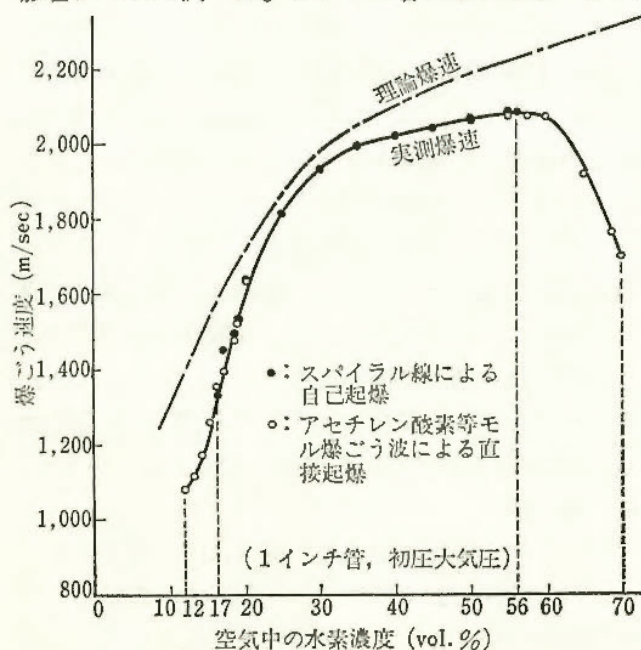


図 18 水素濃度と爆ごう速度

ヴ開の状態を試料ガスを管全体に満し、管端で電気スパークで点火して、火炎が管中に挿入したスパイラル線によって加速され、爆ごうへと転移する自己起爆による濃度限界は17~56%であった。同じ1インチ管で水素—酸素当量混合ガスの爆ごう波で直接に起爆した場合は、濃度限界は14~61%と広がった。更にアセチレン—酸素等モル混合ガスの爆ごう波で起爆し場合には、12~70%と濃度限界は更に広がった。これらの場合の水素濃度と爆ごう速度の関係を図18に示す。スパイラル線の様な管路の障害物は、それらが無い場合に較べて、自己起爆の場合の爆ごう範囲を極めて広くするが、強い衝撃波で直接に起爆した場合には、その衝撃波が強いほど濃度限界は更に広がるということが確かめられた。次いで管径の影響を調べるために、2インチ管において、アセチレン—酸素等モル混合ガスの爆ごう波で直接起爆した場合は、爆ごう濃度限界は11~72%と更に広がった。管径を無限大まで外挿してみると、爆ごう範囲は9~76%と推定された。この値はほぼ燃焼限界に近い値である。メタン、プロパン、エチレンについても同様に1インチ及び2インチ管を用いて、アセチレン—酸素等モル混合ガスの爆ごう波で直接起爆を行った。このときの濃度限界値及び限界での爆速値を表3に示す。これらの値を管

表 3 燃料—空気混合ガスの爆ごう限界濃度

燃 料	管径 (mm)	下限界 (vol. %)	爆速 (m/s)	上限界 (vol. %)	爆速 (m/s)
水 素	28	12	1082	70	1700
	54	11	1070	72	1655
メ タ ン	28	7.2	1527	11.2	1684
	54	6.8	1466	11.5	1713
プロパン	28	2.9	1525	6.5	1625
	54	2.3	1502	7.6	1598
エチレン	28	3.5	1453	15.2	1605
	54	2.9	1352	18.0	1578

(アセチレン酸素等モル爆ごう波による起爆)

径が無限大の場合に外挿することは、管径別の測定値が少ないので無理があるが、管径無限大ではこれよりやや広い爆ごう範囲を示すものと思われる。この様に比較的大きな管径の管中で、強い衝撃波で起爆させた場合には、燃焼限界濃度に近い範囲まで爆ごうが生ずることが確認された。しかしながら一方では、管径無限大、即ち開放空間では、爆ごうの生成は非常に困難であることも知られている。メタン及びプロパンは、1インチ管中で水素—酸素の当量混合ガスの爆ごう波で起爆した場合には、爆ごうは生じなかった。従って、爆ごう限界濃度は、起爆源から生ずる衝撃波の強さに大きく影響されることが明らかとなった。

# 圧力容器に用いる破壊板

—昇圧速度、火炎速度及び温度依存性—

化学研究部 鶴見平三郎

## 1. 研究目的

安全破壊板は、ガス爆発等の際、装置系の安全を確保するための有効な手段であり、この研究は Al 材の薄板破壊板を用い破裂時に測定される圧力の内部のガス爆発の昇圧速度、火炎速度及び温度に対する依存性を解明することを目的として行った。

## 2. 研究方法

安全破壊板に関する一連の研究に使用している装置系の概要は、図 19 のとおりであって、爆発管として最大長 3.25 m、内径 2" の高圧爆発管を用い、その長さを 1 m づつ加除できるようにした。

このパイプの一端に試料の安全破壊板(以下 RD という。)のホルダーがあり、破裂したサンプルの RD は、内容積 0.5 m<sup>3</sup> の RD の下流側容器の中に打ち込まれる。

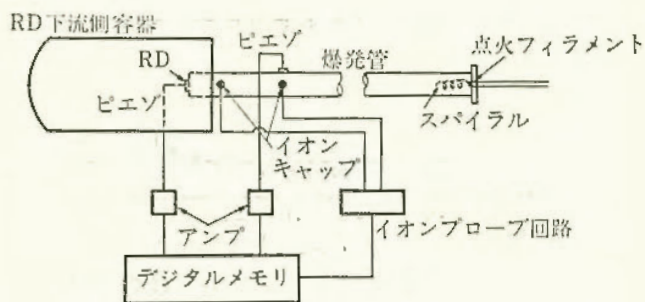


図 19 実験装置

この研究に使用した Al 材は、A 1100-0 の規格品の板厚 0.1 t のもので、その形状は円形平板に統一した。

爆発に使用したガスは、H<sub>2</sub>+X Air であり、任意の最高爆発圧力、昇圧速度及び火炎速度をうるために、使用ガスの濃度、爆発管の長さ及び点火前の試料ガスの初圧を変えらるとともに、さらに点火側に長さが可変のスパイラル(ピッチ 6.9 mm)を挿入した。

RD の破裂時の圧力の計測は、RD ホルダーに、φ 5.5×L 5.5 のピエゾカプセルを植込みその出力を、また RD の温度は、CA 熱電対による表面温度計を用いそれぞれ計測した。

## 3. 研究結果

### (1) 破裂の挙動

RD の破断面について顕微鏡写真を用い、マクロ解析を試み、実験を行った範囲内の昇圧速度における塑性破壊の挙動について観察を行った。

### (2) 開口比

この実験では、RD 破裂のモデルとして、火炎の進行方向に直角に装着された RD の挙動について考えた。したがって、

$$\frac{\text{RD の面積}}{\text{RD が装着されている管端部の面積}} = \text{開口比 (OR)}$$

と定義した。これは無次元量である。

### (3) 昇圧速度との関連

図 20 は、昇圧速度と RD 破裂時に測定された圧力との関係を示すものであり、実験は同じ OR でも爆発管の長さを変化して行われた。

図は、上記のような実験から得られた実験式と静圧試験破裂圧力から整理したものである。

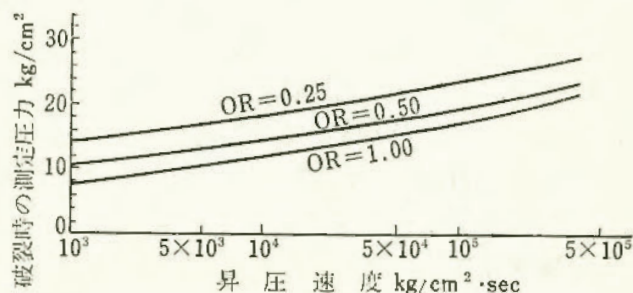


図 20 昇圧速度と測定圧力との関係

### (4) 火炎速度との関連

別に行った昇圧速度と火炎速度との関係から、破裂時に測定された圧力と火炎速度に対する依存性を整理してみると図 21 のとおりとなった。

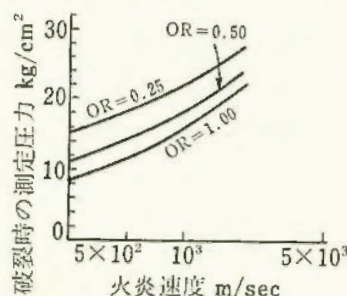


図 21 火炎速度と測定圧力との関係

これらの関係から、火炎速度を空気中の常温における音速を用いて便宜 Mach Number で整理してみると各開口比ごとにこの研究の範囲内での実用的な実験式が図 22 に示すとおりえられた。

### (5) 温度との関連

保護すべき容器内に内蔵する物質の温度による RD の破裂圧に対する昇圧速度等の依存性の挙動をみるために行ったもので、現実には RD そのものの温度に依存するものであって、その傾向は常温の場合と同じで

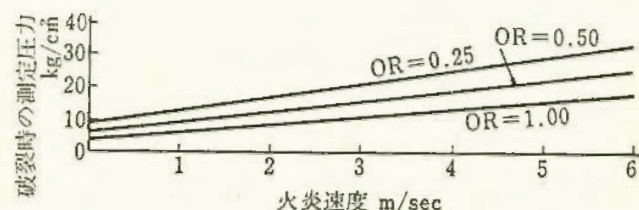


図 22 マッハ数(火炎速度)と測定圧力との関係

あった。図 23 に研究結果の 1 例を示した。

### (6) むすび

前記の一連の研究から、この研究条件の範囲内での RD を使用しうる昇圧速度、火炎速度等の実用的な範囲がわかった。

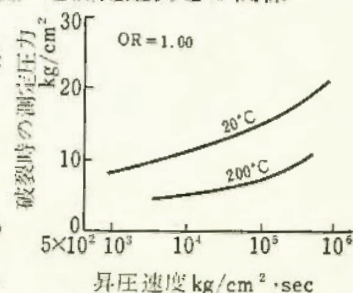


図 23 昇圧速度と温度との関係

# ○固体等の燃焼爆発危険性とその防止

## 有機ケイ素化合物の爆発危険性

化学研究部 柳生昭三

### 1. 研究目的

有機ケイ素化合物は現在工業的に多種製造されており、特にケイ素樹脂の原料として重要であるが、その蒸気の爆発危険特性は従来ほとんど知られていない。そこで、種々の分子構造をもつ 12 種の有機ケイ素化合物を選び、それらの爆発限界温度（下部引火点及び上部引火点）、爆発下限界などを測定して、通常の有機化合物（C, H, O の 3 元素で構成される物質）との特性上の差異を検討した。

### 2. 実験方法

爆発限界温度を測定するには、液体恒温槽に入れた内径 5 cm、長さ約 20 cm の燃焼筒に、一定温度で試料液体の飽和蒸気と空気の混合物を満たし、その下部を電気火花で着火して爆発性の有無をしらべる。恒温槽の温度を変化させて同様に行ない、爆発性の有無の限界の槽温度を爆発限界温度と定めた。つぎに、爆発下限界を測定するには、内径 5 cm、長さ約 15 cm の燃焼筒の内部を真空にし、マンオメータで試料蒸気を所定の分圧まで導入した後、空気を導入して混合気を作る。爆発性の有無は燃焼筒の下部を着火して、肉眼及び爆音で判定し、その限界の組成を爆発限界と定めた。

### 3. 実験結果

液体の爆発限界温度とその蒸気の爆発限界組成は、蒸気圧線図を介して表裏の関係をもつので、互いに換算が可能である。著者は可燃性液体の蒸気の飽和濃度が爆発下限界組成に相当する液温を下部引火点、同じく爆発上限界組成に相当する液温を上部引火点、さらに化学量論組成に相当する液温を化学量論温度と呼んでいる。ここでは、これらの関係を基本にして、各測定値間の相互変換を行った。この場合、蒸気圧データのない物質の蒸気圧線図は、佐藤の式により推算して作成した。

ところで、C, H, O の 3 元素で構成される通常の有機化合物では、爆発下限界組成と化学量論組成との比 ( $L_1/V_{st}$ ) はほぼ 0.5、爆発上限界組成と化学量論組成との比 ( $L_2/V_{st}$ ) は 2~5 の関係を満足することが知られている。今回の 12 種の有機ケイ素化合物のこの関係をみると、図 24 に示すように、 $L_1/V_{st}$  は引火点法による換算結果ではばらつきもあるが、分圧法の結果を合せて考えれば、ほぼ 0.4~0.5 の関係が認められる。 $L_2/V_{st}$  は 10~20 という高い値を示すものが大部分である。

つぎに、化学量論温度と下部引火点および上部引火点との温度差を示したものが図 25 である。図中の 2

つの直線は各々通常の有機化合物における関係を示しているが、下部引火点と化学量論温度との差  $\Delta t_1$  は今回の有機ケイ素化合物もよく適合することが分かる。しかし、上部引火点と化学量論温度との差  $\Delta t_2$  は大きく上部にずれており、これは図 24 における  $L_2/V_{st}$  の比がきわめて高いことに対応している。

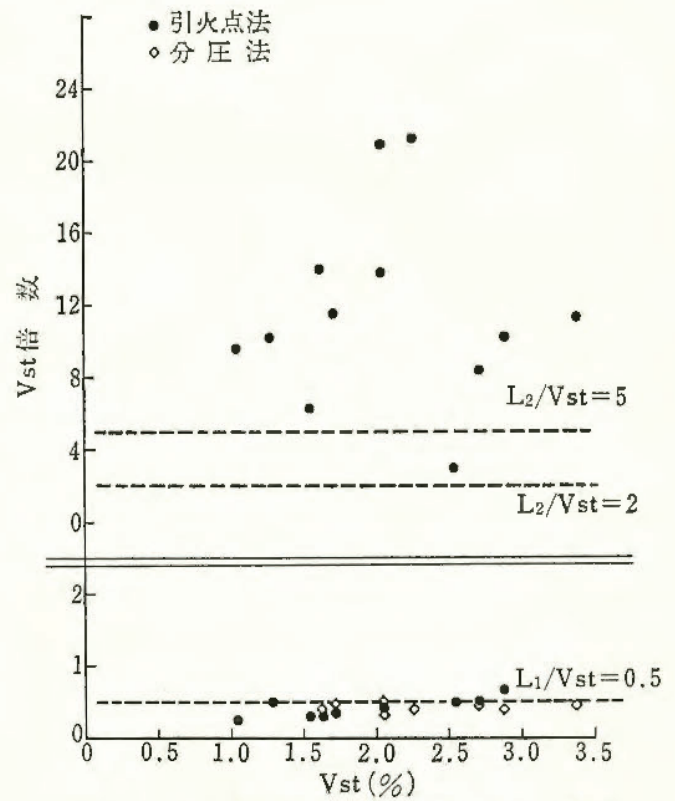


図 24 爆発限界組成と化学量論組成の関係

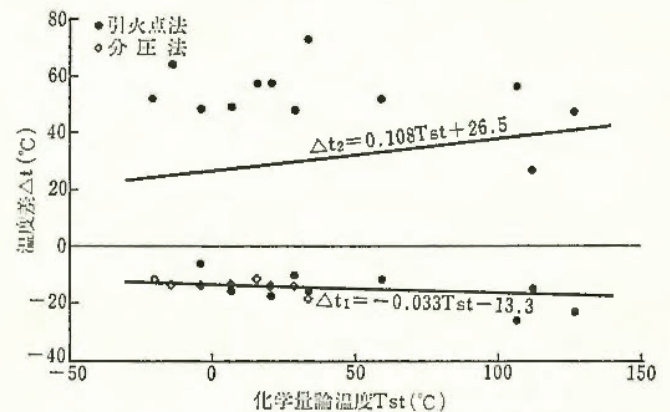


図 25 爆発限界温度と化学量論温度の関係

以上、代表的な有機ケイ素化合物について爆発限界組成と化学量論組成、および爆発限界温度と化学量論温度の関係を検討した結果、爆発下限界は通常の有機化合物で認められる関係をほぼ満足すること、爆発上限界は大きく上部にずれることが確認された。上限界がこのような高いことは、酸素不足時の発熱量が比較的大きいことを物語っているが、その理由として、これらの物質は Si 元素そのものの反応性の他に、[Si-O-Si]、[Si-O-C] などのエーテル結合類似の化学結合を持つためとも考えられ、さらに [Si-H] 結合の存在も反応性増大の一因となっているようである。

1. 研究目的

プラスチック製品などの火災や、火災に伴う爆発・中毒などの労働災害が毎年発生しているが、その危険性の評価の一つに発火温度がある。しかしその数値は易燃性でも難燃性でも 450℃ 付近の物質が多く、実際にはほとんど利用されていない。この原因を調べるため、従来の大気圧空気下の条件よりはるかに過酷な酸素 10 kg/cm<sup>2</sup> G で、熱分析装置を用い各種プラスチックの発火温度を測定した結果、従来法の欠陥を明らかにすることができるとともに、発火温度による危険の評価も可能と思われたので報告する。

2. 装置及び試料

熱分析装置は 高圧示差熱分析装置 (以下 HDTA) と高圧熱天秤 (HTG) を用いた。試料は塩化ビニル、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリウレタンフォーム、メタクリル樹脂、フェノール樹脂などで、純品ではなく、充填剤や酸化防止剤などを含んだ製品である。使用したガスは市販の高圧ガス容器入りのものを、そのまま用いた。

3. 実験方法と結果

数 mg のプラスチックをアルミ製試料容器に入れ、熱分析装置内にセットする。内部の空気は酸素 10 kg/cm<sup>2</sup> G で 3 回置換してから 20℃/min の昇温速度で加熱し、HDTA からは融点、発熱開始温度、発火温度、燃焼時間を、HTG からは減量開始温度と発火温度を

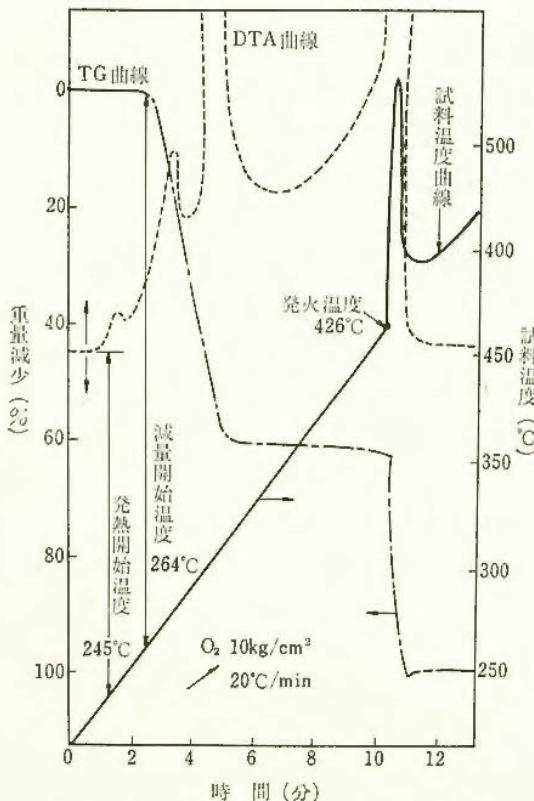


図 26 塩化ビニル樹脂の熱分析

それぞれ求めた。

図 26 は HTG の例で、塩化ビニルが塩化水素を放出したのち、炭素を主成分とした残渣の発火した状態を示している。またポリエチレンやポリプロピレンはガスを発生せずに発火したり、ポリウレタンフォームは爆発的に発火するなど、様々な発火形態と発火温度を示した。特に異常であったのはメタクリル樹脂で、今回の実験条件ではガス化するのみで発火をみなかった。

この結果から従来の発火温度は、単に目視による火災の発生した温度であるのに対し、高圧熱分析法ではプラスチック自身が、熱分解による炭素状残渣が、熱により発生したガスかなど火災の種類が明確化された。そして燃焼状態も爆発からゆっくりした燃焼まで種々の形態があることが示された。そして発火温度によるプラスチックの分類を試みたのが表 4 であり、過去にも危険が指摘されていたポリウレタンフォームはこの分類でも一致した結果を得たし、メタクリル樹脂の爆燃の予測など危険の評価が可能と考えられる。

表 4 プラスチックの発火温度による分類

発火温度 (°C)	名 称	燃焼状況
>500	四ふっ化エチレン樹脂	ゆっくりな燃焼
500~400	ユリア樹脂, ポリカーボネート, フェノール樹脂, 耐衝撃性ポリスチレン, 塩化ビニル樹脂, 同難燃性樹脂	2 段以上の分解最終残渣の燃焼
400~300	ABS 樹脂, ポリアミド, 難燃性ポリスチレン, 不飽和ポリエステル樹脂, 同難燃性樹脂, 発泡ポリスチレン	爆発的な燃焼 (ポリアミドを除く)
300~250	ポリウレタンフォーム, 同難燃性フォーム	爆 発
	ポリアセタール, メタクリル樹脂 (不発火, ガス化した温度)	ガス化燃焼
250~200	ポリエチレン, ポリプロピレン	燃 焼

なお試料は工業製品であるため形状の相違や各種添加剤の混入などにより、測定温度は普遍性がないとの意見も少なくない。このため形状による影響、添加剤として燃焼に関係深い酸化防止剤の影響についても一部の試料について調べたが、前者ではほとんど無視できるし、後者も添加量が少ないことと、酸化防止剤が比較的低温で分解することなどから大きな影響は認められず、従来の推定を否定することができた。

# ○静電気による点火危険性とその防止

## 帯電粉じんと接地体との放電による着火危険性

電気研究部 田島泰幸・児玉 勉

### 1. 研究目的

帯電した粉じんに接地体が接近したとき、それらの間で静電気放電が発生し、このときの放電エネルギーが粉じんの着火エネルギー以上であると、粉じんに着火して爆発災害を誘発する。特に、粉じんが可燃性液体、蒸気を含んでいると、その着火エネルギーは、粉じん単体、あるいは可燃性液体単体のそれよりも通常小さくなるため、帯電粉じんからの放電が災害防止上無視できなくなっている。この研究は以上のような帯電粉じんからの放電特性を調べ、着火危険について定量化する糸口を見出すことが目的である。

### 2. 実験方法及び結果

実験は帯電粉じんを直径 50 mm の金属平板上に堆積させ、それに直径 5 mm の接地金属を接近させたときの放電を調べることによって実施した。帯電粉じんはコロナ放電によってできたイオンを粉じんに付加して作り、これを上述した金属平板上に自己付着作用を利用して堆積させた。堆積量（粉じんの堆積厚）は時間を制御する（実験では時間を 20~50 秒変化させる）ことによって、堆積厚を 0.5~2.5 mm まで変化させることができる。粉じんの帯電量は  $5\sim 20 \times 10^{-7} \text{ C/g}$  程度であり、これ以上になると接地球を接近させなくても、堆積粉じん内の電界強度が  $4\sim 5 \text{ kV/mm}$  になって放電を起こす。すなわち、逆電離が発生し、このときに粉じんが飛散するとともに、堆積粉じんの表面にはオレンジピールができる。災害事例ではこの逆電離によって着火したと推定されるものもあるが、今回の実験では着火することがなかった。

放電特性は逆電離が発生しない範囲内で粉じんの堆積厚を変え、この堆積粉じんに接地球を接近、あるいは接触させ、このときに発生する放電電荷量を測定して調べた。その結果は図 27 に示すとおりであり、大きなばらつきがあるが、放電電荷量（放電特性）は粉じんの帯電電荷密度、堆積厚に依存するようである。すなわち、それらが大きいと放電電荷量が大きく、それだけ放電エネルギーも大きくなる傾向のようである。ただ、この結果から推算すると着火させるだけの放電エネルギーでないことは自明であるため、粉じんに 0.2~0.5 ml の *n*-ヘキサンを添加し、着火するかどうかを調べてみた。しかし、帯電電荷密度  $2.0 \times 10^{-6} \text{ C/g}$ 、堆積厚 2.5 mm においても着火することはなかった。ただし、この実験に用いた粉じんはエポキシ樹脂で、平均粒径 20  $\mu\text{m}$ 、堆積粉じんの嵩密度は  $0.85 \text{ g/cm}^3$  である。したがって、エポキシ樹脂でなく、雷

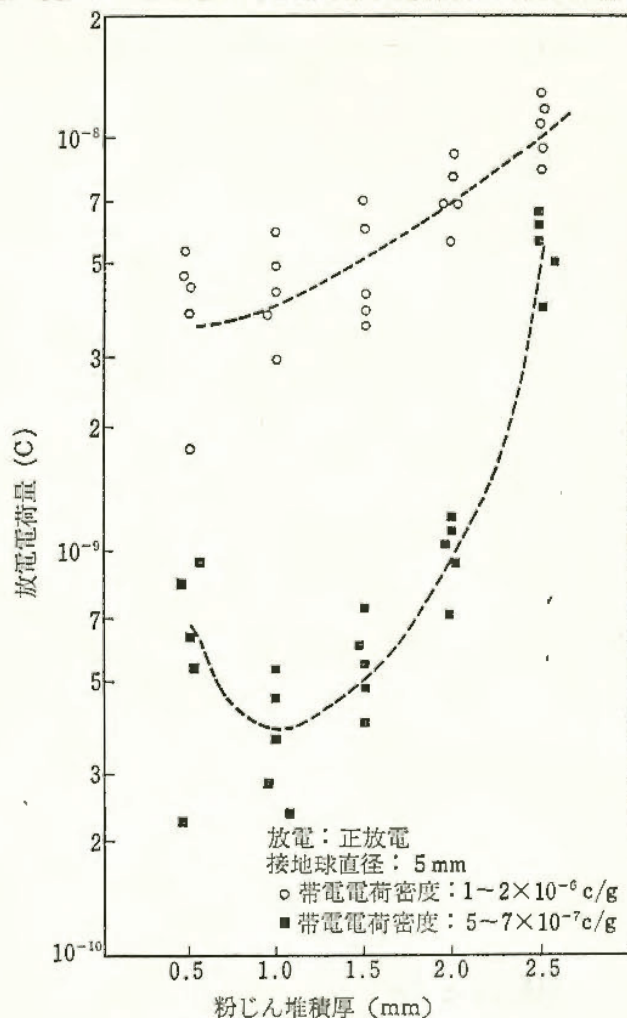


図 27 堆積粉じんからの放電電荷量

管用火薬を用いて調べたが、これも着火しなかった。ただ、火薬に荷重（約  $1\sim 2 \text{ kg/mm}^2$ ）をかけて嵩比重を大きくし、それに  $1\sim 3 \times 10^{-8} \text{ C}$  の放電電荷量を与えると、簡単に着火し、着火には嵩比重が大きく影響することが判明した。

### 3. むすび

この実験は本研究の予備実験でもあって、粉じんの堆積厚の測定不備、放電距離の設定不備等から、図 27 に示す実験結果も大きくばらつきがある。したがって、これから定量的な解析はできないが、この結果は放電空間に形成される電界強度と相関があることを暗示しており、今後考察すべき興味あるデータを与えたものと判断している。例えば、堆積厚だけでなく、粉じんのみかけの誘電率が放電特性に影響を及ぼすことも予想され、誘電率の大きく異なる粉じんを使って実験しなければならないことを示唆している。また、今回の実験は放電距離が 1 mm と予想したため、金属平板は直径 50 mm と小さいものを採用したが、実験では 10 mm 程度の距離からも放電の起こることが判明した。したがって、今後はさらに大きな金属板を使用し、放電エネルギーの大きい実験を試みる計画をしている。着火についても、水素等を使用し、さらに詳細な解明をしなければならないことが判明したので、今後はこれらについて検討する計画である。

— 中間規模実験施設による実験 —

電気研究部 田島泰幸・児玉 勉

1. 研究目的

本研究は、配管移送時の静電気帯電が原因となって発生する石油類、有機溶剤等可燃性液体の着火爆発、火災を防止するため、実規模及び中間規模の実験施設によって屋外実験を行なうもので、ここでは、清瀬実験場内液体流動帯電実験施設により行なった中間規模実験について述べる。

なお、本研究は主として消防庁消防研究所及び警察庁科学警察研究所と共同で行なった。

2. 研究方法

実験施設の概要を図 28 に示す。ここで、 $T_1$  及び  $T_2$  は直径各 1.94 m、容量 6.9 及び 5.9 kl の円筒タンクで、 $T_3$  は流動電流測定用の絶縁タンクである。流動電流とは、単位時間に液体とともに運ばれる電荷量のことで、液体の体積電荷密度と流量の積に等しい。

実験配管は内径 27.6 及び 52.9 mm の亜鉛メッキ鋼管（1B 管、2B 管と記す。）で、これらはテフロン製パッキンをはさんだフランジにより絶縁した。

試験液体には灯油を用い、これを流量可変型のトリロータポンプによって圧送して実験を行なった。

3. 研究結果

$T_2$  タンク、3B 管、ポンプ、2B 管、 $T_2$  タンクの経路で循環運転を行なったときの測定結果の一例を図 29 に示す。ここでは、2B 管内流動電流と  $T_2$  タンク内液面電位がともに流速のほぼ 2 乗に比例する結果となっており、これから、液面電位とタンク内流入電流との間に特定の関係があることが示唆され、これに関しては、さらに追加実験により検討中である。

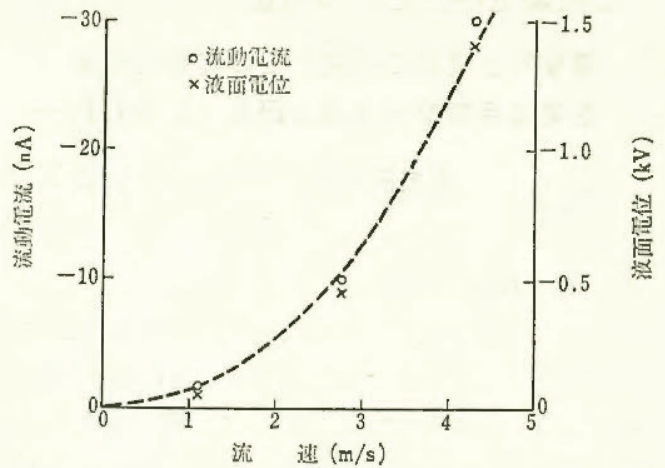


図 29 2B 配管内流動電流と  $T_2$  タンク内液面電位の流速依存性

ポンプ停止後のタンク内電荷の時間的減衰特性に関しては、静置時間に関係することから実用面でも強い関心が持たれているが、その測定結果の一例を図 30 に示す。これから、小規模タンクでは電位減衰特性が液体の導電率から計算されたものと比較的好く一致するが、規模の大きいタンクでは電位減衰時間が計算上のものよりかなり長くなる傾向があるという安全上重要な事実が指摘される。なお、後者の結果は消防研究所内 110 kl タンクにより得たものである。

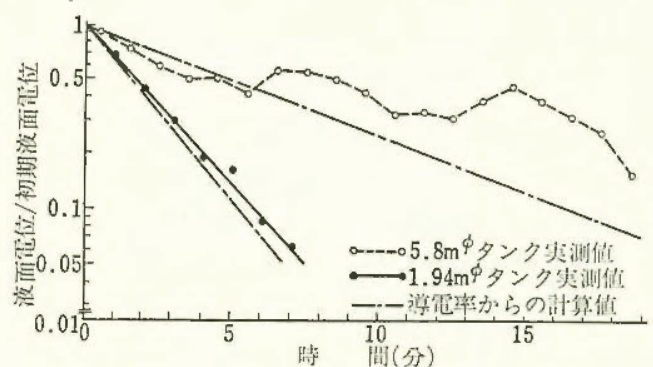
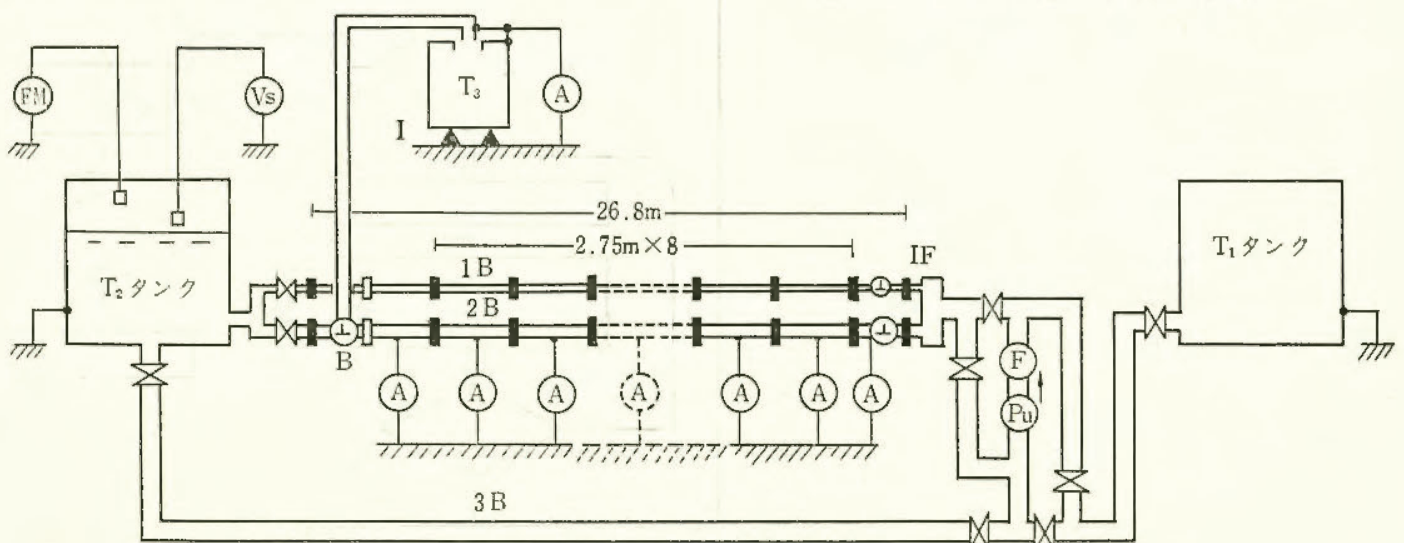


図 30 タンク内液面電位の減衰特性



Pu: ポンプ F: 流量計 B: 三方ボールバルブ IF: 絶縁フランジ I: 絶縁物  
A: ピコアンメータ FM: 電界強度計 Vs: 集電式電位計

図 28 実験施設の概要

# ○電撃危険性とその防止

## 電撃防止技術の探究とその実験的考察

### —配電線用電撃防止器の研究・試作(II)—

電気研究部 市川健二・田島泰幸  
寺沢正義・山野英記

#### 1. 研究目的

電柱上での高圧配電線作業で発生する感電死亡災害を防止するために一昨年研究試作した配電線用電撃防止器(以下、試作1号機と記す。)は、動物実験等によって目的どおりの電撃防止性能を有し、基本的には何ら問題がないことが確認された。しかし、これを実用化するには種々の付加機能を必要とすることが判明した。これら付加機能の中で特に重要なことは、装置と配電線との誤接続、配電線の対地電圧の変動による装置の検出機能の低下、誤動作を改良することである。これらは装置の信頼性に係わる問題であり、実用化を図る上では、解決しておかねばならないことである。そこで、今年度は、これらの問題を解決するために、試作1号機の電撃検出部について改良を行なった。

#### 2. 改良した電撃検出部の機構

試作1号機の電撃検出原理は、電撃の発生を配電線の対地電圧の変動としてとらえ、それを装置に内蔵された論理機能で解析して、電撃発生相を検出、判別するものである。この機能で問題になったことは、装置と3相置電線との接続が順方向になるようにしないと、各相の対地電圧から電撃検出信号を得る段階で誤った信号を発生し、電撃検出が不可能になってしまうこと、線路の対地電圧が変動すると、装置の検出レベルが変わってしまい、検出感度が低下すること、ならびに使用中に装置と線路との接続がはずれた場合、電撃が発生したかのような信号を発生し、装置が誤動作することなどである。

第1の問題は、電撃検出部にフリップフロップを応用した線路の相順序の判別機能を付加させ、仮に装置と線路との接続が逆方向になった場合でも、装置の内部で接続を切換え、接続順序が順方向になるように改良した。

第2の問題は、基準電圧レベルの設定機能の部分に対地電圧の監視機能を付加させ、対地電圧の変動に従って基準電圧を自動的に変動させるように改良し、常に基準電圧と対地電圧との差を一定に保つようにした。

第3の問題は、1相が欠相したとき装置が誤動作する問題であり、このために対地電圧の監視機能を応用して、欠相判別機能を付加させ、欠相が起った場合、直ちに表示すると共に、装置の出力信号の機能をインタロックして出力信号が発生しないようにした。

このような点を改良した電撃検出部の機能は図31に示す通りであり、図中で二重線で囲まれた機能が今回の研究によって追加されたものである。図31のような機能をもつ電撃検出部を試作し、上記のような問題点が実際に解決されたか、また、これらの付加機能を備えることによって電撃発生相の瞬時検出という初期目的が損なわれていないかどうか等について実験室内で、純抵抗を地絡物体のダミーとみなして性能測定を行った。その結果は、すべて良好な結果を得て、当初の研究目的を達成することができたと共に、実用機として使用できる見通しを得た。

#### 3. むすび

実際の配電線は種々雑多の条件の下で張り巡らされており、そこには配電線の内部的要因および外部的要因で生ずる種々のノイズ等が考えられる。そこで、今後は改良した電撃検出部のみを実際の配電線に取り付け、上記のようなノイズがどのくらいの頻度で発生しているか、また、このようなノイズによって電撃防止器が誤動作しないか否かを調べると共に、強制接地機構部の小型化、操作方法の簡便化等を計りたいと考えている。

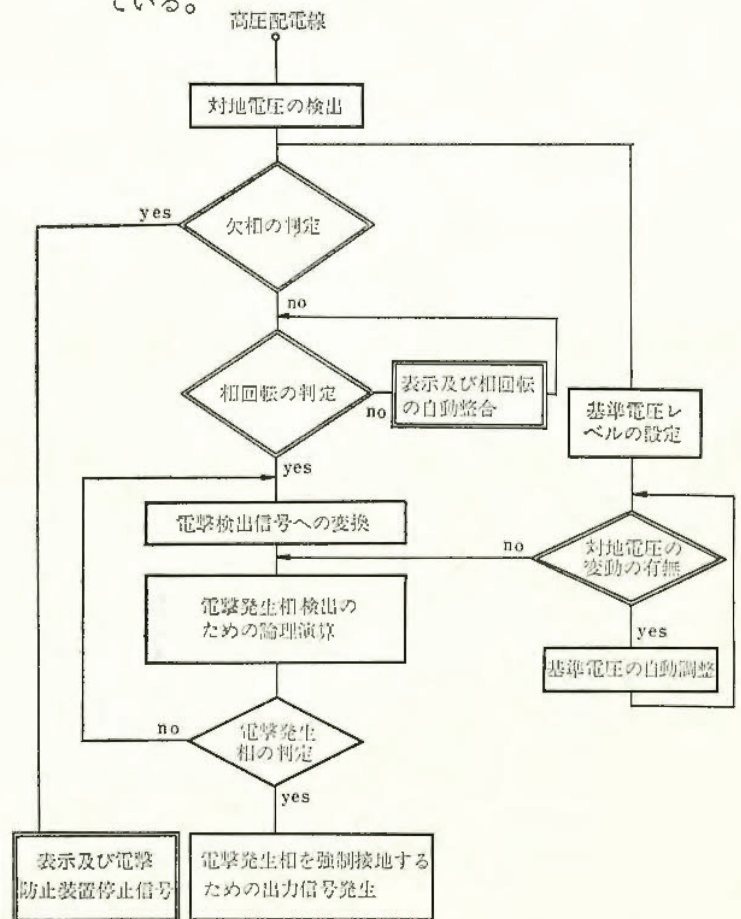


図31 改良した電撃検出部のフローチャート

# ○海中における電撃危険性とその防止

## 海中における電撃危険性とその防止

電気研究部 山野英記・本山建雄・田島泰幸

### 1. 研究目的

海中・水中作業において、照明器具、電気溶接器具などの電気機器及びその配線から電気が水中に漏れることによる電撃災害が予想される。本研究は、このような災害の防止技術開発に当たり、電撃危険領域、水中電撃の許容限界を得ることを目的とする。

昭和54年度は、実海域での実験を試みた。これは前年度まで進めてきた水槽実験結果<sup>1)</sup>を、実海域で確認、検討することが目的である。また、水中電撃の許容限界を求め、防止対策の足掛かりを得るため、ウサギを使って電撃実験を行なった。

### 2. 実験

#### 実験Ⅰ 実海域における電位分布の測定実験

実験<sup>2)</sup>は、図32に示すように、支援ブイのウェルにて行なった。まず、漏電部及び電位測定用プローブ(54ヶ)を取り付けた格子をウェルから水中に沈める。次に、漏電部と対向電極間に電圧を印加し、水中の電位をプローブを通じ電圧計で測定する。漏電部としては球、ケーブル、照明器具を、対向電極として船底を、プローブとしては球(9.5mmφ)を用いた。格子は塩ビパイプを格子状に組合せたもので、縦、横、高さ各2cmであり、中央に漏電部を、適当な格子点の位置にプローブを取り付けてある。電位の測定範囲は、漏電部から25~100cmである。漏電部の水深は約2mとした。

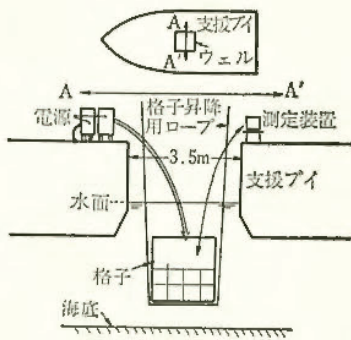


図32 海域実験の略図

実験結果を見ると、漏電部の大きさに関しては、水槽実験と同様に漏電部が大きくなると電位の高い範囲は増す結果が得られた。また、この実験条件及び測定範囲内において、電位を  $a+b/r$  ( $ab$  は係数、 $r$  は漏電部からの距離) に、かなり良く近似し得た。この結果、電位の近似式から危険の程度(電界)を推測することができる。つまり、電界は  $b/r^2$  で表わされ、 $b$  の大きさが危険の程度を示す値となる。 $b$  の値は、漏電部がケーブル、球、照明器具(ガードが漏電部)の順に大きくなり、危険の程度も増すと考えられる。なお、 $b$  の大きさは、漏電部の大きさと同じ順序であった。

#### 実験Ⅱ a. 実海域における水中電撃の実験

実験室と同じ平行な配置・面積・電極間距離の通電電極を使用、同じくウサギを両電極の中心に配置し<sup>1)</sup>、これらを海中(深さ約3.5mまで)に沈めて電撃実験

を行なった。ただし、電極間の空間には水槽壁のような絶縁境界は無い。実験は大まかであるが、その内容は実験室の場合と同じでもおもに窒息を指標とした<sup>1)</sup>。

実験結果を見ると、印加電圧は水槽実験とほぼ同程度であるのに対し、通電電流が非常に大きいことが特徴である。生体の電位差・生体の平均電界は水槽実験より小さめの測定値が得られた。水中の電界(推定値)も小さめであった<sup>2)</sup>。

b. 許容限界の設定<sup>2)</sup> 実験室において、ウサギが下肢硬直及び心室細動を起こす水中電撃の強さを測定した。また、水槽中に金網を入れ、その位置を変えて(境界条件の変化)、下肢硬直を起こす電撃のパラメータ(5個)の変化を調べた。これらの結果及び昨年度の実験結果をもとにして、次のような考えかたにより水中電撃の許容限界を設定した。

1) 許容限界の指標 水中は陸上より厳しい環境である。したがって、心室細動ではなく、下肢硬直及び窒息を指標として許容限界を求めることにした。

2) 水中電撃の尺度 実験では水中電撃の強さを表わすために6個のパラメータを使用した。尺度とするには普遍性のある(条件による変動の小さい)パラメータが望ましい。今回は水の導電率及び境界条件の影響について実験結果を検討した。次に実用性の観点からパラメータを評価し、ある程度の普遍性と実用性とを兼ね備えた水中電撃の尺度として水中の電界を採用した。電界は一般に場所の関数である。

3) 許容限界の設定 下肢硬直を起こす水中の電界の累積ひん度図からひん度0.5%のランクを求めると、66mV/cmとなる。同様にして、下肢硬直が認められなかった最大の電界から55mV/cmが得られる。したがって、許容限界  $E_{a1}=50\text{mV/cm(rms)}$  とする。水中の電界がこれ以下であれば、自力脱出の可能性が大きいと考えられる。

窒息の発生ひん度が0.5%の電界のランクは、130mV/cmであり、約0.1V/cm(rms)とすることができる。この許容限界  $E_{a2}$  は電撃の持続時間を短く制限できるときのみ有用と考えられる。

直接接触のような他の通電モードにおける上記の許容限界の妥当性についてはさらに検討を要する。

4) 結果 暫定的ではあるが水中電撃の許容限界として、自力脱器可能な  $E_{a1}=50\text{mV/cm}$ 、電撃防止器を備えるときの限界  $E_{a2}=0.1\text{V/cm}$  という値が得られた。

### 文献

- 1) 本山, 山野, 田島, 海中における電撃危険性とその防止(Ⅱ)(昭53年度海開費報告), 産業安全研究所, 1979
- 2) 山野, 本山, 田島, 同上(Ⅲ)(昭54年度海開費報告), 産業安全研究所, 1980



# ○水熱反応による高濃度廃液の無害化処理

## 有機塩素化合物等の高圧熱分析

### —フェノール水溶液の酸素による湿式酸化—

化学研究部 森崎 繁・駒宮功額・内藤道夫

#### 1. 研究目的

湿式酸化とは有機塩素化合物等を含む水溶液を空気または酸素とともに加圧、加温して気液酸化を行なわせることである。現在この湿式酸化法は、アクリロニトリル排水の処理などに応用されており、酸化雰囲気ガスとして約 70 kg/cm<sup>2</sup> の空気を用い、温度約 250℃ で実施されている。この研究では活性汚泥法などで処理しにくい有害廃液等を酸素を用いて迅速、かつ、安全に酸化処理する方法を求めるところを目的としており、今回は試料液として 3% フェノール水溶液を用いて実験を行なった。

#### 2. 実験

実験に用いた装置は、理学電機製のマクロ型高圧示差熱、示差圧分析計で、プログラム昇温及び定温加熱ができるものである。1対のオートクレーブはインコネル製で、内容積 100 ml、耐圧 300 kg/cm<sup>2</sup>、最高使用温度 500℃ である。試料側のオートクレーブにはスターラがついており、加熱中の試料溶液を攪拌できるようになっている。両試料溶液の差圧は圧力トランスデューサにより測定することができる。試料側のオートクレーブには 10 ml のフェノール水溶液を入れ、標準側には蒸留水を同じく 10 ml 入れた。触媒には CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O を用い、その濃度は Cu<sup>++</sup> 量で計算した。処理液中の残存フェノールの分析には水蒸気クロマトグラフ（キャリアーガスがスチームで原理的にはガスクロと同じ）を用い、10 μl の処理液を注入し、FID で分析して分解率を求めた。

#### 3. 結果と考察

図 33 は、フェノール 3% 溶液に 560 ppm の硫酸銅 (Cu<sup>++</sup>) を加え、酸素分圧 20 kg/cm<sup>2</sup> で昇温加熱したときの DTA 曲線及び示差圧 (DP) 曲線である。温度が上昇するにつれて水等の蒸気圧により圧力が増加してゆくが、試料側ではフェノールが酸素と反応し、中間物が生成するため DP が負になってくる。200℃ ぐらいから DP が急に下がる一方、DTA 曲線には

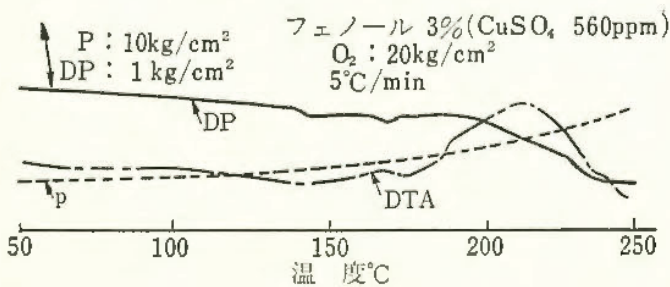


図 33

150℃ 附近から明瞭な発熱が認められ、210℃ 程でピークを示している。これらのことからフェノール水溶液は、Cu<sup>++</sup> 存在下では 150~200℃ の温度範囲で酸素と反応して分解してゆくものと考えられる。昇温途中の各温度で加熱を中止し、冷却後フェノールの分解率を測定すると、210℃ をこすと分解率が 95% 以上になることがわかった。

電気炉の温度を 150~220℃ の範囲で保持し、試料液の入ったオートクレーブを加熱すると、一定温度になるまでにある程度の時間がかかるが、130~140℃ では DTA 及び DP 曲線に小さなピークがあらわれ、以後次第に減少してゆく。しかし、加熱温度が高い場合には、中間物の生成により DP がいったん減少するが、また、それらの中間物の分解等により再び DP が増加する傾向にある。図 34 は、酸素分圧 20 kg/cm<sup>2</sup> 及び 10 kg/cm<sup>2</sup>、空気圧 20 kg/cm<sup>2</sup> で、Cu<sup>++</sup> 濃度を 280 ppm として 70 分間各温度で加熱し、その後オートクレーブを急冷したのちフェノールの分解率を求めたものである。酸素 20 kg/cm<sup>2</sup> では、160℃ をこえると分解率が 90% をこえるのに対し、酸素 10 kg/cm<sup>2</sup> では 180℃ で約 85% の分解率を示すが、それ以上の温度では、水の沸点をこえるため気相反応が主となり、分解率が低下してくる。一方空気 20 kg/cm<sup>2</sup> では、200℃ をこえても 60% 前後の分解率しか得られなかった。硫酸銅の量は、この湿式酸化に影響を与えることは当然考えられるが、図 35 は、酸素分圧 20 kg/cm<sup>2</sup> 下における触媒量の変化に伴う酸化の効果を示している。触媒が存在しない場合は、フェノールの分解率が非常に悪いが、560 ppm の Cu<sup>++</sup> を加えると 150℃ 以上では 90% 以上の分解率が得られる。したがって、触媒量の増加とともに分解率の向上が期待されるが、湿式酸化装置の構造と相まって有効触媒量の決定が大切であると思われる。

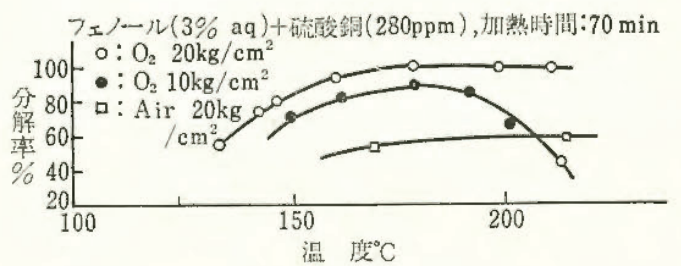


図 34

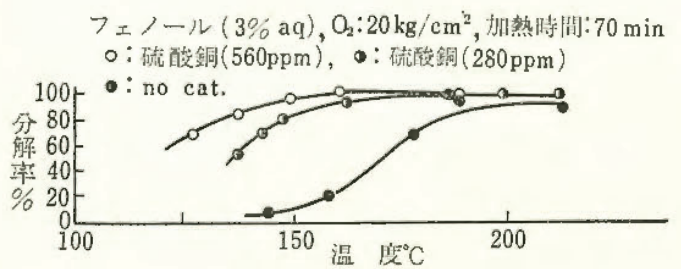


図 35

# ○トンネル建設工事におけるガス爆発等 に対する総合対策にかかわる特別研究

## ガス滞留層の地質学的特性等に関する研究

土木建築研究部 前 郁夫・花安繁郎  
鈴木芳美・堀井宣幸

### 1. まえがき

最近のトンネル建設工事のなかにはメタン等の可燃性天然ガスの滞留する地層に遭遇する工事が増大し、それに伴ないこれらのガスの湧出による爆発災害の発生も見られている。現在そのような危険性を有するトンネル工事は全国で30箇所以上に達している。今年度は昨年度に引続き、全国各地のガス湧出トンネルについてその施工状況を調査すると共にガス滞留地層の地質学的特性についての考察を行なった。さらに施工現場におけるガス状況の把握の上で大きな役割を有する先進ボーリングについての検討を加えた。

### 2. ガス湧出トンネルの施工状況調査

20箇所にあたる現場調査を中心としたガス湧出トンネルの施工状況調査の結果から、湧出ガスに対する基本的な対策としては「換気」、「ガス検知」及び「火気管理」であることが確認された。しかし換気システム、検知・警報システム、防爆機器・設備の使用状況等の細部については現場における諸条件による差異のため必ずしも共通ではない。

### 3. 湧出ガスの種類、地質特性、湧出パターン

既に前回までに明らかにしたようにトンネル工事で遭遇する可燃性天然ガスとしては、いわゆる山岳トンネルにあっては油田系ガス、平野部等でのシールドトンネルにあっては水溶性ガスがその主なものである。これらは各々全国各地に広く分布するものそれらを保有する地層や地質構造には特徴があり、マクロ的に見るとガス湧出地層はある程度特定できると考えられる。特に油田系ガスにあっては油田系ガスの存在を規制する地質条件（ガスの生成・移動・集積を可能とする条件）を考慮すると地質時代・岩相等からガス滞留の有無はかなり推定できると考えられる。図36は油田系ガス分布地域のうち代表的な地域の標準層序を示し併せて当該地域内にある工事中のトンネルについてその掘進範囲とガス湧出の状況を調査した結果を記号で示したものである。図に示されるように工事中に検知されたガス湧出は地層学で、ガスメ層・ガス保有層とされる地層あるいはそれ

に対比される地層中を掘進している場合にほぼ限られている。

一方これらのガス滞留層からのガス湧出パターンは前回までの調査から、イ)微量で定常的な浸出、ロ)ある程度量の短期的・突発的な湧出、ハ)長期的・大量の湧出、の3種類に大別された。実際の施工や労働災害防止のうえで問題となるのはロ)及びハ)のパターンであるが、これらの湧出状況を詳細に検討すると地質的には、褶曲・断層・破碎帯・層厚等の地質構造上の要因あるいは成層状況の変化・岩脈・亀裂・孔隙等の岩相変化などの要因が必ず指摘できる。

したがって、ガス湧出の可能性は地質状況との関連からトンネル掘進の地域・層準、当該地域の地質構造・岩相等の詳細な地質調査により検討されなければならない。また今回の調査例の中には大気圧の変動に伴なうガス湧出の事例もあり、地質・気象等の自然条件の把握が災害防止に大きく繋がると考えられる。

### 4. 湧出ガス量の算出と先進ボーリング

現在のところガス滞留層からの湧出ガス量の算定法には決定的なものがあるわけではなく、事前の地質調査ボーリング等を利用したガス吸引試験やボーリングコアのガス抽出試験等の結果から湧出ガス量を推定している。これらの推定値は施工計画の段階で換気システム等の決定の際にも用いられる。しかしこれらの値は施工区域全域をカバーしあるいは突発的ガス湧出を予測し得る性格のものではない。したがって施工中のガス状況を把握するうえで先進ボーリングによるチェックが重要な役割を有する。各現場における先進ボーリングの施工状況は、削孔長・本数・残孔長等の差異が大であるが、これらは工事の進捗・地質状況とも密接に関連する事柄であり状況に応じて十分に検討して決定されるべきものと考えられている。

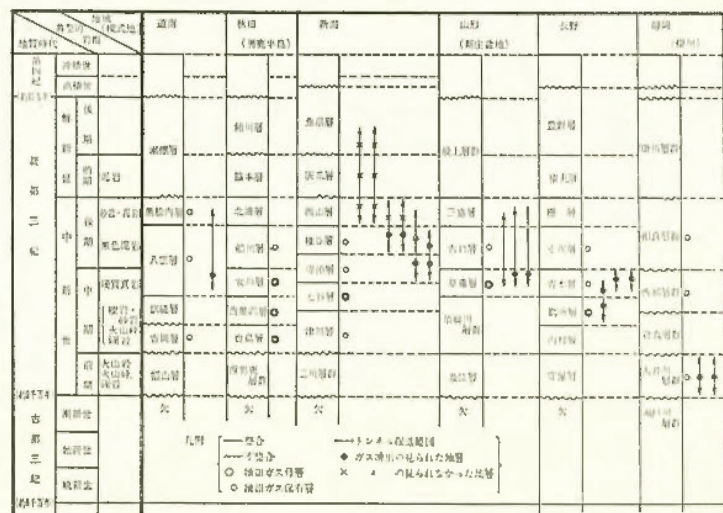


図 36 油田ガスの標準層序とガス湧出状況

# トンネル建設工事における通風換気システムの改善

—換気の効果—

機械研究部 佐藤吉信・杉本 旭  
 糸川壯一・深谷 潔

## 1. 研究目的

メタンガス等の湧出するトンネル工事における爆発火災災害を防ぐために、トンネル建設工事の諸条件と換気による効果を、実験、資料調査及び現場調査等から求めて、換気システムの改善に対処する。

## 2. メタンガス爆発災害と換気のシステム的關係

メタンガス爆発災害の発生と換気システムとの関係を F.T.A で解析すると図 37 のようになる。これ等の考え方を根幹として、各々の要因と全体との条件について現場調査・実験データ等から得られた知識を用いて、安全性のシステムの評価が試みられている。

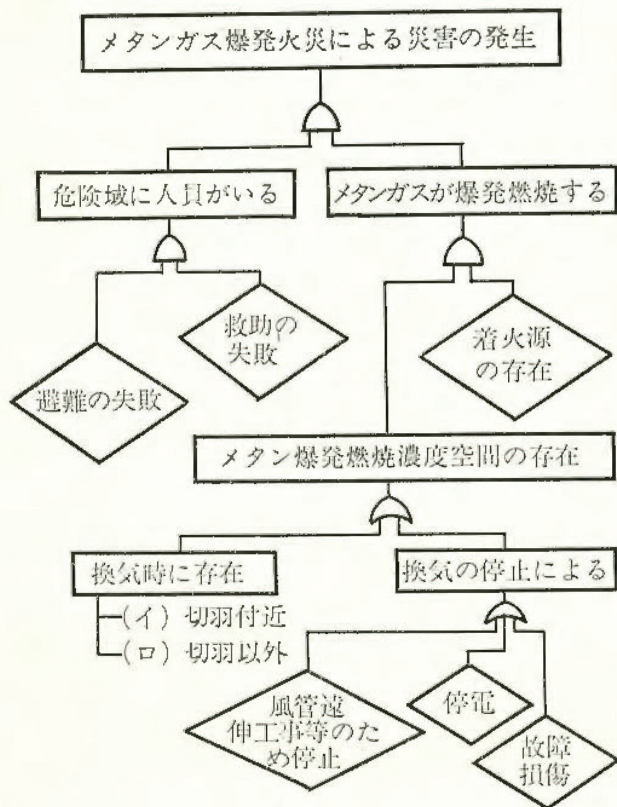


図 37 メタン爆発火災災害の F.T.A.

## 3. 切羽付近のメタンガス拡散の換気模型実験

切羽から湧出してくるメタンガスの拡散稀釈の換気による効果を調べるため、図 38 ( $H=0.5[m]$   $L=9\sim 11H$ ) のトンネルを用いて、風管の位置、方式、換気量、ガスの吐出位置、吐出量などをパラメータとし

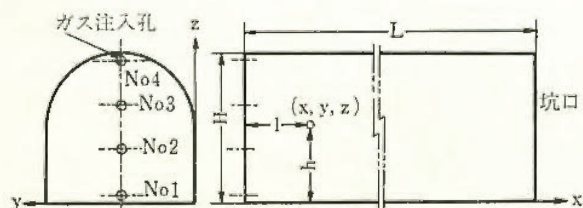


図 38 トンネル模型概略図

て、濃度分布を求めた。一例を図 39~41 に示す。 $l$  は風換吹出口と切羽の距離を示す。この図は  $l$  が  $5H$  以上になると稀釈が悪化するという事の典型であるが、 $l < 5H$  でもガスの吐出位置や換気量とガス量によって高濃度の危険域の発生する事とその範囲が求められた。

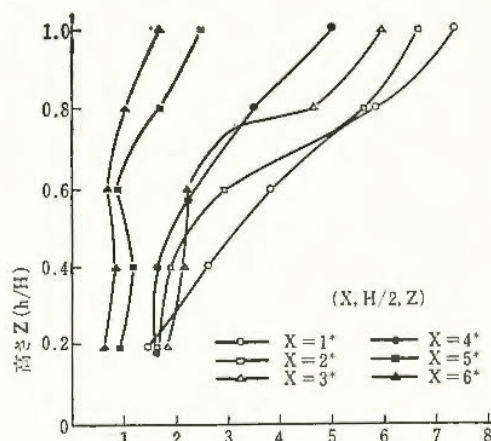


図 39 ガス濃度分布曲線

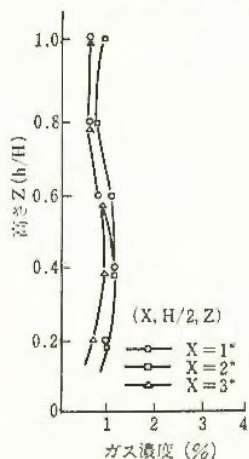


図 40

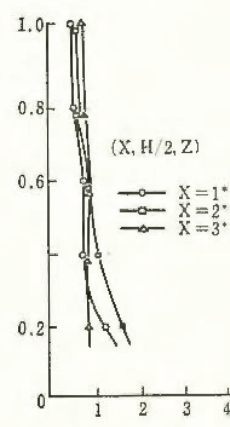


図 41

## 4. トンネル模型実験の相似の確認

相似が成立するかを、大小二つのトンネルで調べた。いずれの結果もよく合致し、相似の成立が認められた。

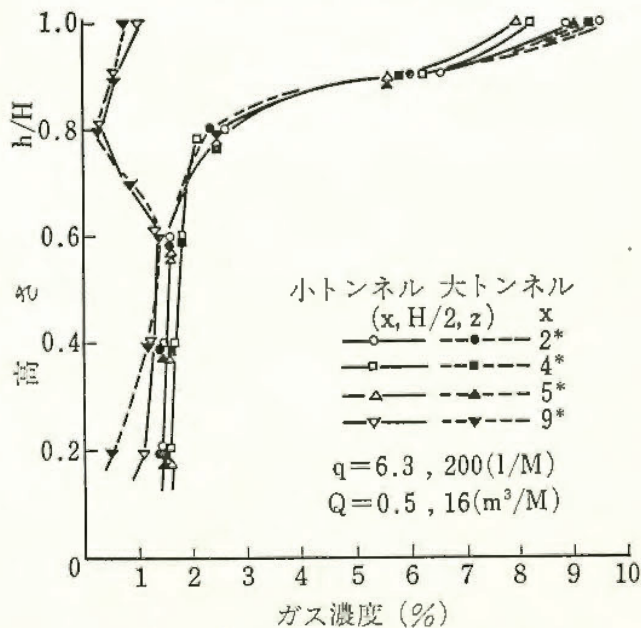


図 42 相似確認実験における濃度分布曲線

# トンネル建設工事におけるガス湧出 に対する警報システムの開発

## —ガス警報器検知部の適正配置—

化学研究部 林 年宏・松井英憲・内藤道夫

### 1. 研究目的

メタンの湧出する山岳地帯等におけるトンネル建設工事に際しては、ガス爆発の発生防止は重要な課題であるが、そのためにはメタン濃度を連続的に監視し、危険な濃度に達したときに適切な対策をとり得るようなガス警報システムの活用が必要である。効果的な警報システムを構成するための最も重要な要素は、長距離にわたるトンネル内において限られた数の警報器検知部をいかに適切に配置するかである。本研究では模擬トンネルを用い、メタンの物性及び建設現場での通風換気の方法を考慮の上、実際にメタンを流出させてその流動状態と濃度分布をしらべ、これらの結果から警報器検知部の設置位置はどうあるべきかを論じた。

### 2. 研究方法

鋼板製の模擬トンネルは水力径 2m、長さ 18m の直管であるが、一端は閉鎖して切羽面に擬し、他端はビニルシートの曲管部を経て大気に開放されている。内部には天盤沿いに内径 0.4m の主風管を、側壁沿いに内径 0.2m の補助風管を備え、各々プロペラファンに接続される。ファンの回転方向と風管の組合せにより各種の通風換気モードが得られ、かつ風量は可変できる。風量は JIS に定める方法により風管出口の各点における風速の測定に基いて算出した。

切羽面の中心及びその上下の三箇所から、最大 0.2 m<sup>3</sup>/min のメタンを吐出させ、市販のガス警報器及び

検知部を用いて濃度を測定した。トンネル内に 17 個の検知部を適宜配置し、出力信号を mV 計により同時に記録した。ある点におけるメタン濃度は一般に脈動するが、吐出後約 10 分を過ぎるまでには定常とみなせる状態に達するので、この間に記録された最高濃度をその点における濃度の指標として主に用いた。実験は主風管又は補助風管による押込み、主風管による吸出し、主風管による吸出しと補助風管による押込みの併用の四種類の通風換気モードと通風の無い場合について行い、通風量、メタンの吐出量・吐出位置などを変数としてトンネル内各点のメタン濃度の時間的変化を測定し、この結果から垂直方向、水平方向、トンネル長軸方向について距離とメタン濃度との関係を求めた。

### 3. 研究結果

第43図に結果の一例を示す。xは切羽からの距離、yは中心垂直断面における天盤からの距離、 $Q_M$ はメタン吐出量、 $Q_{AB}$ は主風管による押込み通気量であり、図の曲線は各濃度のメタン層の存在を示す。図からは通風量を増すことの意味が明確に理解される。これらの実験結果から検知部の配置については基本的に局所検知と全体検知の考えが必要であることが示され、また検知部の位置については警報設定値との関係を抜きにして論ずることはできないと結論された。この研究は検知部の適正配置を目的としているが、実験的にはメタン吐出量、通風量、濃度分布の関係について多くのデータが得られており、機械研究部におけるトンネル内のガス流動についての相似則の適用方法の検討結果と合せれば、スケール・アップされた種々のトンネル現場に対しても、これらのデータを活用してメタン湧出による危険性の予測が可能であると考えられる。

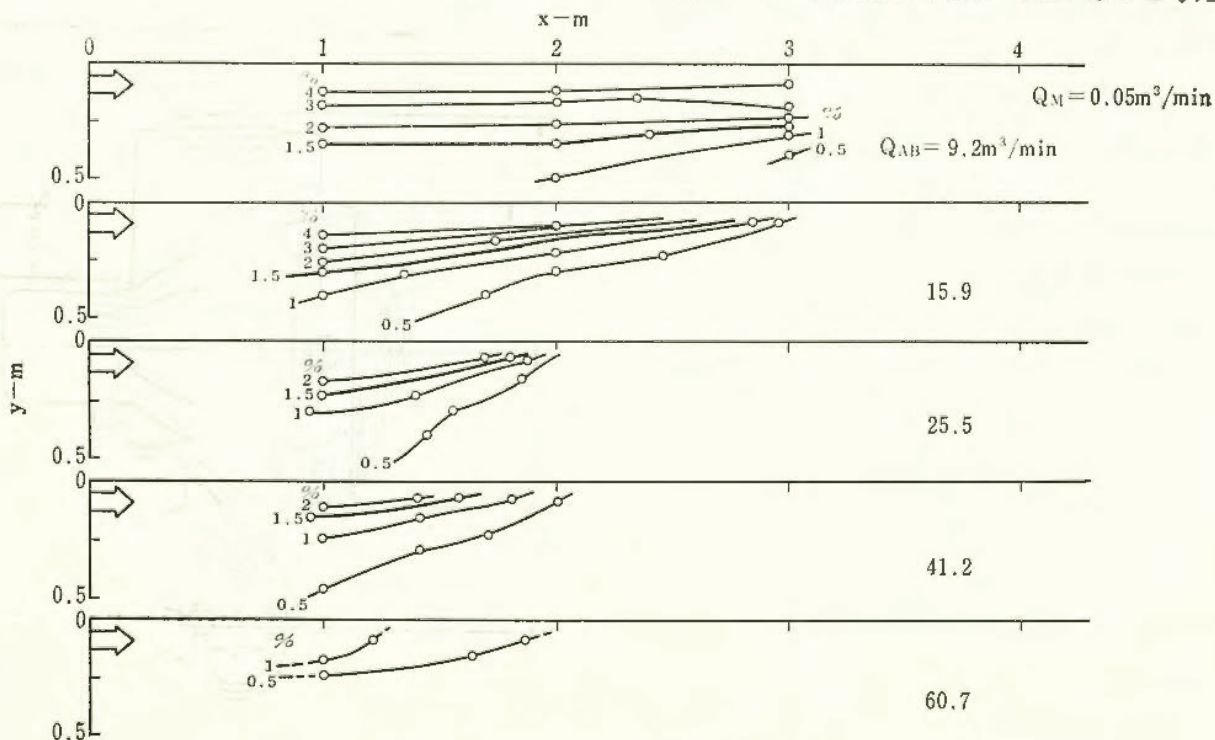


図 43 メタン流出時の濃度分布の例

電気研究部 坂主勝弘

## 1. 研究目的

研究の目的はトンネル工事用防爆電気機器の開発に関し、工事現場の環境条件、使用実態などを考慮の上、それらに適合する防爆形電気機器の製作についての仕様、試験方法を確立するためのものである。

なお、本年は二年計画の二年目に当り、主に、耐圧防爆形の機器の研究開発について実施した。

## 2. 防爆構造の基本及び製作上の諸条件

防爆構造の基本並びに環境条件、作業性などに対する製作上の諸条件は初年度(昭和53年度年報)において計述した内容と同じ考え方で実施している。

## 3. 試作品の概要

本年度試作した機種は100W及び100W兼用の耐圧防爆形(爆発等級2, 発火度3)白熱電燈(図44参照)と0.4kW, 5.5kW及び15kWの耐圧防爆形(爆発等級2, 発火度3)三相かご形誘導電機の種類である。

白熱電燈は、燈具が重くなるのをさけるため、燈体にはアルミニウム鋳物を用い軽量化した。

また安全増防爆形同様、作業性を考慮して、移動するとき移動が容易にできるよう、合成樹脂製の把手を付け、又燈具の取付及び固定に便利な部品も付属している。ガードは対衝撃性を増すために、直径5mmのステンレス鋼を用い、更に、ガードの格子目の大きさは一般防爆形のものより約1/2小さなものとした。

電動機は、200V 50/60Hz, 4極の全閉外扇横形のものであり、巻線の絶縁には、E種絶縁のものを用いているが特に耐湿性能を増強した巻線を採用した。

電動機本体及び端子箱には、鉄製の保護カバで取付脚の近くまでおおい、外傷に対して保護された構造としている、また運転中ファンカバの格子目から岩石などの異物が侵入してファンとの接触を防止するために一般防爆形で用いているファンカバの外側に、更に金属製網状の風穴カバを追加した構造としている。

## 4. 試作品に対する試験

試験は工場電気設備防爆指針(ガス蒸気及び粉じん防爆)を参考にして、次に示す項目について行なった。

ただし、重錘落下試験及び絶縁巻線の耐湿試験は本研究固有のものとして採用したものである。

爆発試験、温度試験、鋼球落下試験(白熱電燈のみ実施)重錘落下試験、落下試験(白熱電燈のみ実施)外部導線引込部の引張試験、散水試験、防じん試験及び絶縁巻線の耐湿試験(電動機のみ実施)

## 5. 試験結果

供試品に対して前記4に示した各試験を実施したが結果のでているもののうち、その一部について報告す

る。

電動機の金属製保護カバに対する耐衝撃性を確認するために重錘による落下試験を実施した。金属製のカバの厚さ1.6mm及び2.3mmに対し、質量1kg, 落下高さ150cmより数箇所重錘を落下してみたところ、1.6mm厚さのものでは落下点の変形が大きく、実質的にも問題が残るほどのものであったが、2.3mm厚さでは、変形量も非常に小さく、良好の結果が得られた。

また、外扇ファンの外側に付加した、金属製鋼状(エキスパンドメタル)風穴カバは、かなり大きく変形している、したがって、網の裏側に補強材を更に細かく挿入するか、又は強度を増すために、エキスパンドメタルの素材について検討する必要がある。

つぎに、外部導線引込部のケーブルに対する引張試験を行なった。防爆指針では引張力15kg/cm<sup>2</sup>に規定しているものに対し、5kg/cm<sup>2</sup>大きくして、20kg/cm<sup>2</sup>で行なったところ、ケーブルの移動はまったくなかった。更に念のため、30kg/cm<sup>2</sup>及び40kg/cm<sup>2</sup>にして行なってみたところケーブル移動があり、耐圧防爆性に影響がでるおそれがあるように思われた。したがって、機器の重量及び作業方法から考えて、引張力20kg/cm<sup>2</sup>に耐える構造で実用的に十分なものと考えられる。

照明器具について、1.5mの高さから、コンクリート床上に置いた厚さ5cmの木板の上に、落下してみたところ、ガードの変形が生じている、ガード以外の部分については、全く変形、破損はなかった。ガードの変形については、今後、構造、形状及び材質その他について更に検討を加える必要があるであろう。

上記以外の各試験についても実施してみたところ、その結果はほぼ満足するものが得られた。

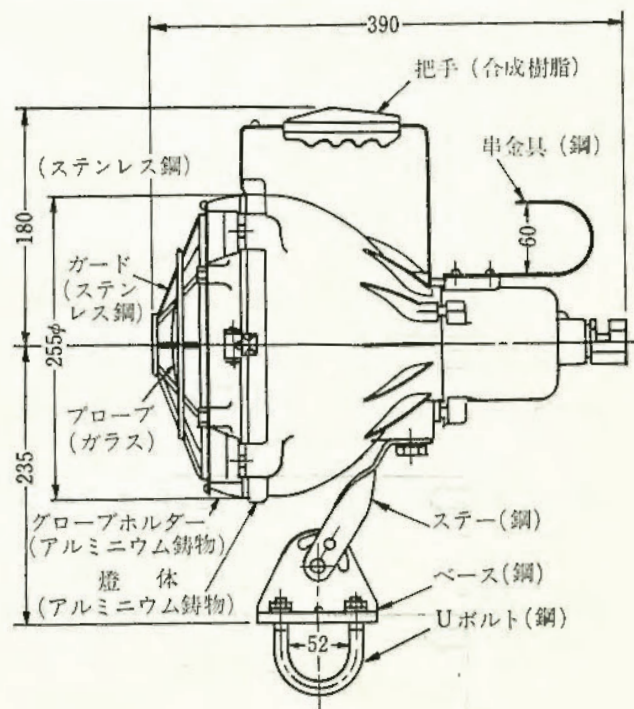


図44 耐圧防爆形白熱電燈

1. 研究目的

これまで、トンネル建設工事中での大規模な火災事故は、掘削に伴う湧水によって坑内が湿潤に保たれるため、発生することは比較的まれであった。しかしながら最近では、トンネル工事量の増大から、建設されるトンネルが必ずしも湧水に遭遇するものばかりとは言えず、また使用される建設資材も、易燃性材料、高分子材料が大量に利用される傾向が強まる中で、ガス溶接・溶断等の直接火気を使用する機会が増えていることなどから、トンネル施工中に火災事故が発生する危険性は増大していると考えられ、事実、大規模な火災事故がいくつか発生するに至っている。

いったん坑内火災が発生し、初期消火が遅れ延焼が拡大すると、坑道内は煙、有害ガスが充満し、視界は粗害され呼吸も困難な状態となる。また、トンネルでは、作業員が坑外へ脱出する避難口は、通常坑内のみと言う、避難対策上厳しい制約条件がある。

したがって、坑内火災は坑内作業員にとって重大な危険性が予想され、火災対策としては、その発生防止対策はもとより、いったん発生し延焼した際の避難対策についても十分考えておく必要がある。本研究は、トンネル坑内での緊急避難対策のあり方を主眼として、坑内火災対策について検討を加えたものである。

2. 火災発生防止対策

火災対策として最も基本となる対策は、まず何よりも火災を発生させない、あるいは発生しても初期段階で火災を食い止める措置を講ずることである。必要とすべき措置のうちの主なものは以下の通りである。1) ガス溶接・溶断作業のほか、喫煙所、ストーブ設置箇所などの火気を使用する作業、場所での火気管理、2) 油類、風管・電線、火薬類などの可燃物の管理、あるいは使用材料の不燃化、防煙化対策、3) 火災の早期発見、通信・連絡のための感知、警報連絡システムの整備、4)

火災の延焼拡大を防ぐための初期消火設備の設置、及び初期消火体制の確保など

3. 緊急時避難対策

初期消火が失敗したときは、作業員は直ちに避難を開始しなければならない。これまでに、避難対策を考える上でいくつかの重要な原則が、建築火災の数多くの経験から得られており、そのうちでトンネル火災にいても適用出来るものをあげると、1)避難経路は簡単明瞭であること、2)避難手段は原始的手段によること(歩行による避難が望ましい)、3)避難は固定的な設備によるべきであり、他の避難設備、用具類等は、逃げおくれた作業員のための補助的な手段と考えること、4)避難対策は Fool-proof, Fail-safe を原則とする。

以上の原則をふまえて、トンネル坑内火災時の避難計画、対策を策定するうえで、あらかじめ検討しておくべき一般的項目を列挙すると、以下のとおり多岐にわたる。1) 要避難者の人数と位置の把握、2) 出火位置の想定と確認法、3) 避難経路(連絡設備、避難誘導灯などを含む)の確保と整備、4) 避難所、避難用具の設置数、設置箇所の検討、5) 斜坑交点などにおける避難者の滞留現象の解明、6) 煙性状に応じた排煙設備と排煙方式のあり方について検討、7) 避難行動の教育・訓練、および救護組織の編成と訓練の実施、これらはあくまでも一般的事項であるので、個々のトンネルの延長、断面、掘削工法、進捗状況などに応じて、各項目ごとに設定内容を変えてゆく必要がある。図45には、坑内火災発生から、最終的な坑外脱出等までの避難の一般的な流れを示した。

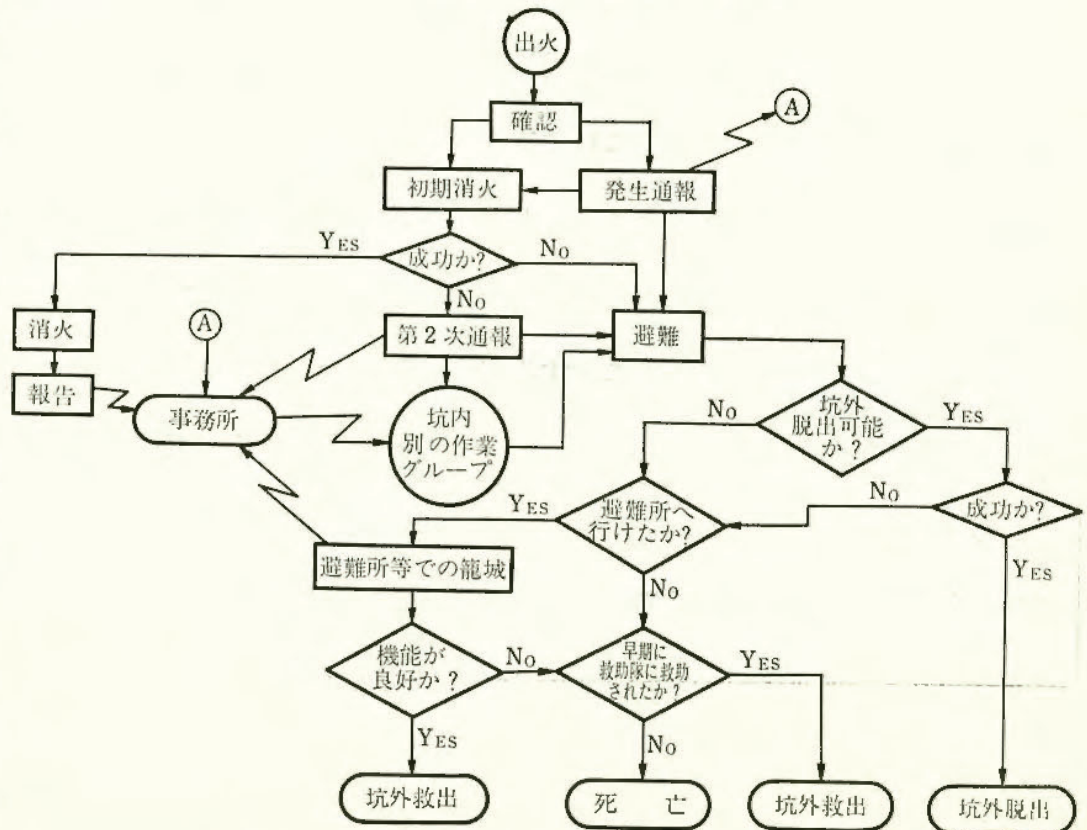


図 45 出火から坑外脱出・救出までの避難の流れ図

## (3) 刊 行 物

名 称	整理番号	題 目	著 者 名
産業安全研究所 研究報告	RR-28-1	消炎容積に関する研究	林 年 宏
	RR-28-2	自然発火試験装置による熱発火限界温度の算出 法ならびに数種の料品の自然発火性の検討	{ 琴 寄 崇 内 藤 道 夫
	RR-28-3	鋳物材の疲労き裂伝ば挙動の破壊力学的および フラクトグラフィ的特性に関する研究	田 中 正 清
	RR-28-4	最大引張歪クライテリオンの砥石破壊への適用 —ビトリファイド砥石の直径方向圧縮破壊の 場合—	{ 条 川 壮 一 吉 久 悦 二
	RR-28-5	コロナ放電による金属球の帯電特性に関する実 験的考察	田 畠 泰 幸
	RR-28-6	電気粘性流体制御形多関節人工指のバイラテラ ル制御—制御要素としてのウィンズロクラッ チの動特性—	{ 杉 本 旭 近 藤 太 二 深 谷 潔
産業安全研究所 技術資料	TN-79-1	レジノイド砥石の疲れ強さに関する一実験	条 川 壮 一
	TN-79-2	災害事例分析—トラッククレーンの旋回サーク ル取付ボルトの切断事故—	前 田 豊
産業安全研究所 技術指針	TR-79-1	工場電気設備防爆指針 (ガス蒸気防爆 1979)	

## (4) 学会誌・学術雑誌掲載

題 目	誌 名	発表年月	執 筆 者
災害事例—東京大手町で強風により足場が 倒壊	安 全 工 学 Vol. 18 No. 2	54. 4	河 尻 義 正
穀物エレベータ (サイロ) 工場に対する安 全衛生勧告書—抄訳— (1)	安 全 工 学 Vol. 18 No. 3	54. 6	内 藤 道 夫
化学プラントのセーフティアセスメント (総説)	有機合成化学協会誌 Vol. 37 No. 6	54. 6	内 藤 道 夫
異常反応に基づく事故例と原因究明の進め 方	有機合成化学協会誌 Vol. 37 No. 6	54. 6	琴 寄 崇
穀物エレベータ (サイロ) 工場に対する安 全衛生勧告書—抄訳— (2)	安 全 工 学 Vol. 18 No. 4	54. 8	内 藤 道 夫
フッソ樹脂の酸化および燃焼	安 全 工 学 Vol. 18 No. 4	54. 8	森 崎 繁
粉じん爆発の事例 (解説)	静 電 気 学 会 誌 Vol. 3 No. 4	54. 9	内 藤 道 夫
酸化重合型塗料ミスト乾固物の自然発火性 の検討	安 全 工 学 Vol. 18 No. 5	54. 11	{ 琴 寄 崇 内 藤 道 夫

## (5) 研究発表

題 目	発表会名	発表年月日	発表者
SCM 4鋼の疲労き裂伝ば挙動に及ぼす旧オーステナイト結晶粉径の影響	日本機械学会第56期通常総会講演会	54. 4. 3	橋 内 良 雄
消炎距離の点火エネルギー依存性 (Dependency of Quenching Distance on Ignition Energy)	日本化学会及び米国化学会共催年会	54. 4. 4	鶴 見 平三郎
化学プラントのセーフティアセスメント (Guidelines for Safety Assessment in Chemical Processing Plants)	//	//	内 藤 道 夫
加圧水素・空気混合気の点火限界 —容量回路火花の場合—	昭和54年電気学会全国大会	54. 4. 6	市 川 健 二
高気圧下における耐アーク性	//	//	本 山 建 雄
災害安全計測の現状と今後の問題点	電気学会電子計測研究会	54. 5. 8	寺 沢 正 義
配電線用電撃防止装置	//	//	田 島 泰 幸
圧気工法における気閉室の減圧時の温度低下	第9回安全工学シンポジウム	54. 6. 21	{ 佐藤 吉太 近藤 本谷 杉本 旭深
圧気工法における送気システムの信頼性	//	//	//
レジノイド砥石の動的強さに関する一実験	//	//	条 川 壯 一
60キロ高張力鋼及び溶接構造用鋼溶接継手の疲労き裂伝ば挙動とフラクトグラフィ	//	//	橋 内 良 雄
潜函シャフト接合用ボルトの強度	//	//	吉 久 悦 二
切取工事における土砂岩石崩壊による労働災害の分析	//	//	{ 鈴木 芳宣 堀前 郁夫
トンネル建設工事における労働災害の分析	//	//	{ 前花 郁夫 安 繁 郎
自然発火試験装置による二三の物質の発熱性状測定結果	//	54. 6. 22	琴 安 寄 崇
高圧酸素容器の爆発	//	//	駒 宮 功 額
Al 破裂板の火炎速度及び昇圧速度依存性	//	//	鶴 見 平三郎
圧気工法における送気システムの信頼性評価の研究	日科技連第9回信頼性保全性シンポジウム	//	佐 藤 吉 信
突合せ溶接材の疲労き裂伝ば挙動	日本機械学会第16回シンポジウム疲労強度	54. 7. 18	橋 内 良 雄
建設工事における労働災害の発生特性 (3)	昭和54年度日本建築学会秋季大会	54. 9. 17	花 安 繁 郎
水平親綱の特性について	//	54. 9. 19	小 川 勝 教
粉じんの爆発性試験方法と試験結果の適用 についての問題点 (Test for Dust Explosibility & Some Problems on Practice Application of Results of Test)	穀物・粉じんに関するシンポジウム	54. 10. 2	内 藤 道 夫
発泡剤の加圧下における分解熱	日本熱測定学会	54. 10. 4	森 崎 繁
高強度鋼の疲労き裂伝ば機構に及ぼす微視的組織の影響	日本材料学会第2回フラクトグラフィシンポジウム	54. 10. 11	橋 内 良 雄



題 目	発 表 会 名	発表年月日	発 表 者
ステレオマッチングによるストレッチゾーンの解明	日本材料学会第2回フラクトグラフィシンポジウム	54.10.12	橋 内 良 雄
銅の $\Delta K_{th}$ 近傍における疲労き裂伝ば挙動と材料特性の関連	日本機械学会第57期全国大会講演会	54.10.13	橋 内 良 雄
トンネル建設工事における通気換気システムの改善に関する研究(第一報) —トンネル切羽におけるメタンガスの拡散(換気停止時)—	土木学会昭和54年度全国大会第34回年次学術講演会	54.10.17	{佐藤 吉 信夫 前 郁
建設機械による労働災害の分析	//	54.10.18	{堀井 宣 幸 鈴前 木 芳 美 前 井 郁 夫
切取工事における土砂岩石崩壊による労働災害	//	//	{鈴堀 木 芳 美 前 井 郁 夫
災害発生時間による安全水準の評価法(2)	//	//	{花堀 安 繁 郎 前 井 宣 幸
炭素鋼の疲労き裂伝ば機構と微視的組織との関係	日本材料学会第13回疲労シンポジウム	54.11. 6	橋 内 良 雄
潤滑油の発火温度	石油学会第22回研究発表会	54.11.15	駒 宮 功 額
起爆用アークエネルギーの測定に関する一考察	電気学会昭和54年東京大会	54.11.25	鶴 見 平三郎
薄板安全破裂板の昇圧速度依存性	第17回燃焼シンポジウム	54.12. 5	鶴 見 平三郎
水素・空気系の爆ごう限界	//	//	松 井 英 憲
燃料・空気混合ガスの爆ごう限界濃度	第12回安全工学研究発表会	54.12. 6	//
チタン配管の発火事故	//	//	駒 宮 功 額
二・三の不安定物質の加圧下における分解熱	//	//	森 崎 繁
有機ケイ素化合物の爆発危険性	//	//	柳 生 昭 三
メチルアミン類の発火温度	//	//	//
災害発生時間による度数率の推定問題	//	//	花 安 繁 郎
自然発火試験装置による不飽和脂肪酸類の酸化発熱速度の比較	//	54.12. 7	琴 寄 崇
フェノール水溶液の酸素による湿式酸化	//	//	{森崎 功 繁 駒内 宮 道 額 前 藤 道 夫
水中漏電における電撃危険領域の検討	//	//	{田山 泰 幸 本 野 英 記 山 野 建 雄
水中においてうさぎに窒息を生じる電撃の強さ	//	//	//
鋼材の低速度き裂成長域に対する水環境の影響	日本機械学会関西支部第55期定期時総会講演会	55. 3.19	田 中 正 清
ピトリファイド砥石の直径方向圧縮破壊について	昭和55年度精機学会春季大会	55.3. 28	{桑川 壮 一 吉 久 悦 二

# 第3章 産業安全技術館等業務

## (1) 産業安全技術館の活動

産業安全研究所においては、附属施設として産業安全技術館を設け、産業安全に関する各種の資料を展示して労働災害防止に関する普及活動を行うと共に災害防止に必要な情報の提供、あるいは安全技術相談等に応じている。

産業安全技術館における施設、展示資料等についての概要は次の通りである。

常設展示場 1階 336m<sup>2</sup> 2階 573m<sup>2</sup>

特別展示場 2階 249m<sup>2</sup>

見学指導室 3階 117m<sup>2</sup>

安全技術情報コーナー 2階 84m<sup>2</sup>

常設展示場では、災害防止の基本的な問題を取りあげ、実物、模型、解説パネルのほか実演装置などにより解説を行っている。また、特別展示場では、労働災害の動向あるいは、新しい災害に対処する安全技術など、時機に応じたテーマをとらえ、一定期間展示を行っている。

安全技術情報コーナーには、マイクロフィルム自動検索装置やその他情報機器を備え、開設以来行って来た安全相談業務の拡大強化を計った。資料のマイクロ化をはじめ、各種資料を収集・整理して蓄積し、要求に応じて探索し提供できるようにしたほか、閲覧スペースなどを設け、資料を整備した。

見学指導室には、視聴覚設備・教材を備えて、団体見学者に対するオリエンテーションなどを行っている。

昭和54年度における産業安全技術館の主な活動は次のとおりである。

常設展示 吊具見本および統計パネルを更新  
特別展示

54. 6. 1～7. 7 「全国安全週間特別展」

9. 1～10. 6 「全国労働衛生週間特別展」

10. 22～12. 8 「最近の防爆電気機器展」

講演会

定例講演会を毎月1回定期に開催したほか、特別展開催期間中にテーマに関係した講演会を1回開催した。

施設公開

科学技術週間中に産業安全研究所主要実験室を一般の人に公開した。

その他

展示資料その他安全一般に関する技術相談、団体見学者に対するの安全教育を行った。

入館者

開館日数 293日 (4/1～3/31)

個人 30,336名, 団体 210組 4,643名  
計 34,979名

## (2) 大阪産業安全技術館の活動

東京の産業安全技術館の分館として、大阪市東区森の宮にある大阪産業安全技術館においては、関西地方における産業安全のセンター的な立場に立って普及指導活動を行っている。

昭和54年度における大阪産業安全技術館の主な活動は次の通りである。

常設展示「映像コーナー」を新設し、映像展示用ビデオ装置により、事故の発生状況などを動きのある現象で理解ができるようにし、又安研刊行物文献抄録などの紹介等安全教育活動の一層の充実を図っている。

特別展示

54. 11. 1～12. 10 「圧縮空気系の事故防止展」

講演会

定例講演会を10回、開催したほか特別展示開催期間中にテーマに関係した講演会を2回、定例の映画会を5回開催した。

安全技術指導・調査

一般安全相談のほか、安全関係機器の使用等事業場における災害防止の技術的指導及び団体見学者に対するの安全教育を行った。

入館者

開館日数 272日 (4/1～3/31)

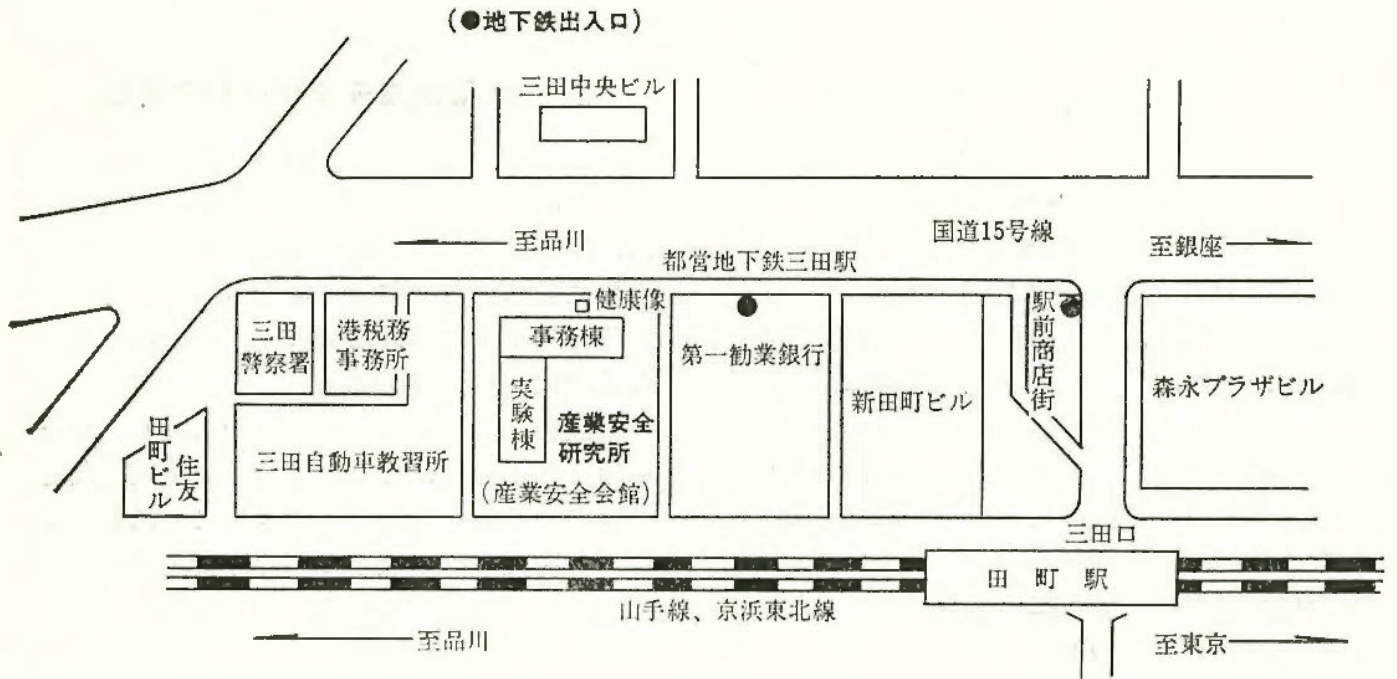
個人 5,124名, 団体 255組 28,631名  
計 33,255名

## (3) 依頼試験および検定

昭和54年度における産業安全研究所依頼試験規程に基づく依頼試験は、研ま盤のと石車の強度試験、安全靴の安全性能試験などのほか、その他の試験として、パイプサポート、建わくの性能試験等合計126件を行い、また機械等検定規則に基づく防爆構造の電気機械器具に対する検定は、合計91件行った。

産業安全研究所

産業安全研究所（産業安全会館）  
 東京都港区芝5丁目35番1号  
 電話 東京(03)453-8441(代表)  
 郵便番号 108



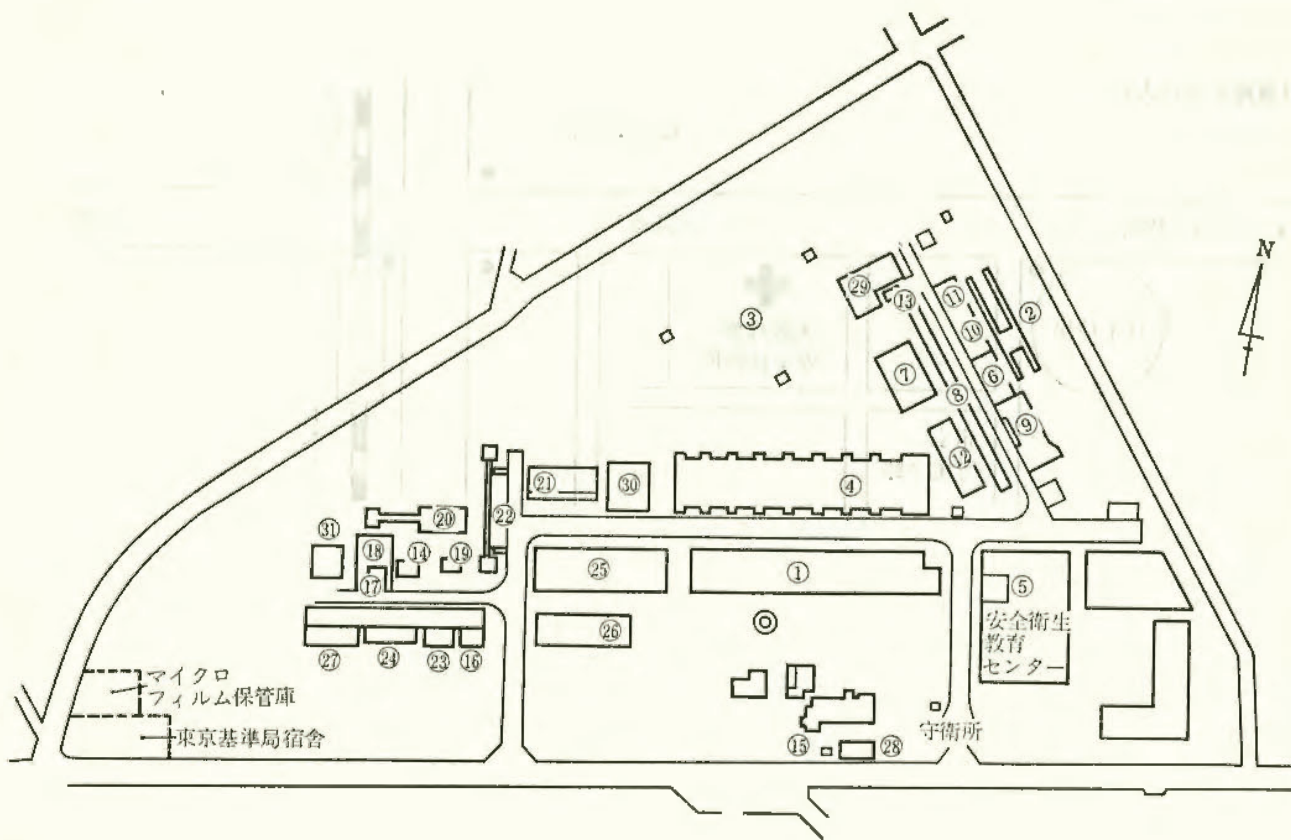
山手線田町駅から 徒歩5分  
 都営地下鉄浅草線および三田線三田駅から 徒歩1分

事務棟

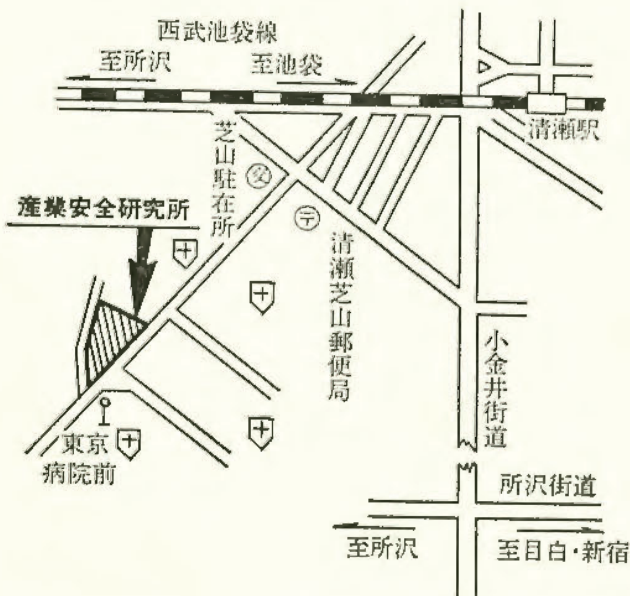
実験棟

1階	産業安全技術館	強電第一実験室・研削砥石実験室・工作室・保護具実験室
2階	産業安全技術館	非金属材料実験室・機械構造実験室・金属材料実験室・クレーン実験室・強電第二実験室
3階	所長室・庶務課・部長室・研究部部室・会議室・見学指導室	安全装置実験室・制御実験室・建築環境実験室・建築環境特殊空調室・仮設構造実験室
4階	安全技術課・図書資料室	人体動作機能実験室・計算機室・暗室
5階		システム工学実験室・静電気放電実験室・岩石工学実験室・土質工学実験室・油帯電実験室
6階		静電気基礎実験室・粉体帯電実験室・着火機構実験室・電撃第二実験室・電撃第一実験室・水中電撃実験室
7階		一般分析実験室・粉じん爆発特性第一実験室・ガス蒸気爆発特性実験室・X線回析実験室・爆発性物質感度実験室
8階		爆発現象実験室・火炎防止器実験室・粉じん爆発特性第二実験室・防爆電機実験室

産業安全研究所 清瀬実験場  
 東京都清瀬市梅園1丁目4番6号  
 電話 清瀬 (0424) 91-4512  
 郵便番号 180-04



清瀬実験場実験施設等配置図



西武池袋線清瀬駅下車 (池袋より約30分)

清瀬駅から 徒歩 (約20分)

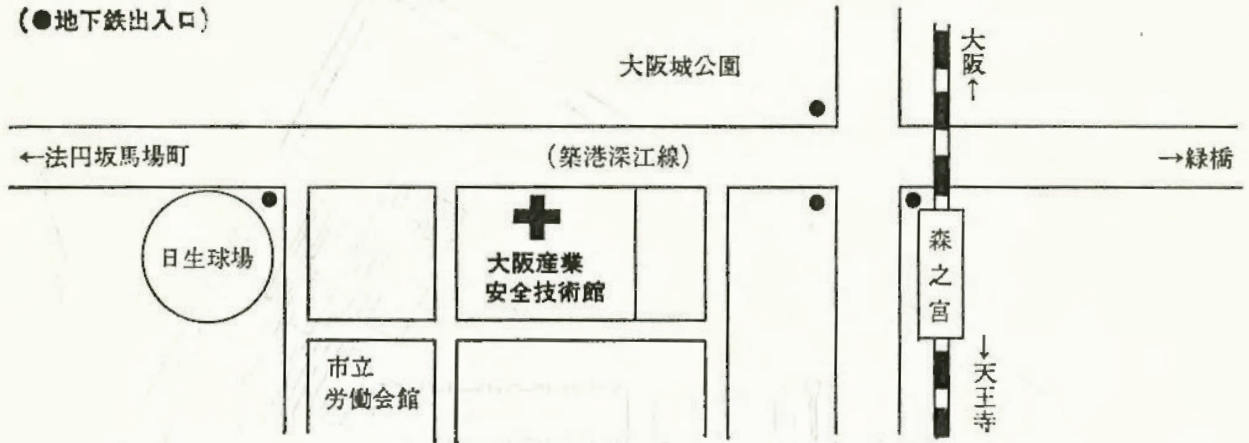
清瀬駅南口より 西武バス

久米川駅行 }  
 全生園行 } に乗車 (約5分) 東京病院前下車  
 下里団地行 }

- |                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| 1 機械実験棟              | 17 大型密閉爆発実験施設          |
| 2 安全带実験施設            | 18 防爆実験用揚重施設           |
| 3 高所作業観測施設           | 19 高圧差熱実験室             |
| 4 天井クレーン実験施設         | 20 配管等爆発実験施設           |
| 5 走査型電子顕微鏡室          | 21 高圧燃焼実験室             |
| 6 200トン圧縮試験室         | 22 液体流動帯電実験施設          |
| 7 土止実験ピット            | 23 高気圧環境実験室            |
| 8 ジブクレーン             | 24 高圧ガス粉じん系爆発<br>実験施設  |
| 9 鋼アーチ支保工実験施<br>設    | 25 防爆電機試験室             |
| 10 単管枠組実験場           | 26 本質安全防爆試験室           |
| 11 軽支保梁実験施設          | 27 粉じん帯電実験施設           |
| 12 多目的反力支持構造物        | 28 変電室                 |
| 13 データロガー室 (移動<br>式) | 29 運搬建設機械安定度試<br>験実験施設 |
| 14 実験ガス配合室           | 30 シャ音実験室              |
| 15 電気雷管保管庫           | 31 液体攪拌帯電実験室           |
| 16 化学反応実験室           |                        |

産業安全研究所 大阪産業安全技術館  
大阪市東区森之宮中央1丁目15番10号  
電話 大阪 (06) 942-3868  
郵便番号 540

(●地下鉄出入口)



産業安全研究所年報 昭和 54 年度

---

発行所 労働省産業安全研究所  
東京都港区芝 5 丁目 35-1  
電話 (03) 453-8441 (代表)

---