

資料番号

No. 5

産業安全 研究所 年報

昭和52年度

労働省産業安全研究所

藤井労働大臣による安研視察



第1回「産業安全に関する国立研究機関連絡会議」が開催さる。



「潜函工法等に対する総合的安全衛生
対策にかかわる特別研究」の実施状況



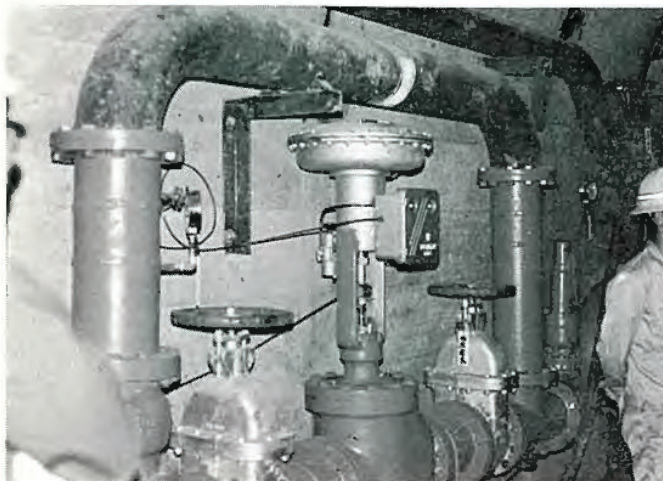
作業室内の実態調査



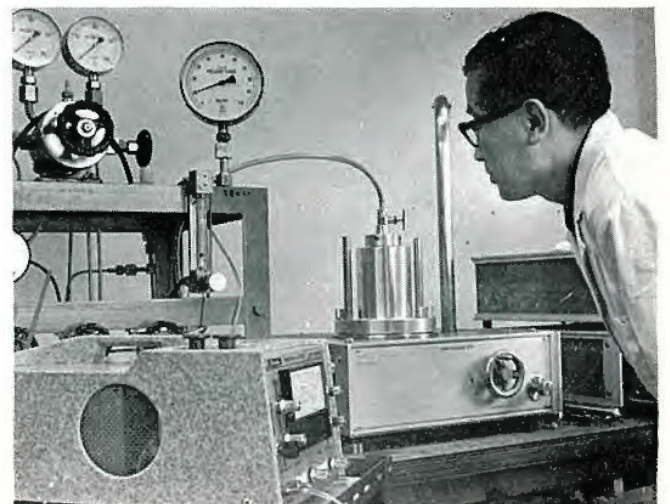
シャフト内梯子の昇降実験



ケーソン工事の実態調査



送気システム実態調査



送気システムにおける有害ガス
の異常発生 の 解明実験

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	3
(4) 業務日誌	5
(5) 組織の変遷	6
(6) 歴代所長	6
(7) 組 織	6
(8) 定 員	7
(9) 土地および建物	7
(10) 歳出予算および歳入	8
(11) 主要試験研究施設・設備状況	10
第2章 研究業務	11
(1) 昭和53年度の実行テーマ	11
(2) 昭和52年度における研究成果の概要	12
(3) 刊行物	45
(4) 学会誌・学術雑誌掲載	45
(5) 研究発表	46
第3章 産業安全技術館等業務	48
(1) 産業安全技術館の活動	48
(2) 大阪産業安全技術館の活動	48
(3) 依頼試験および検定	48
付 録	49
研究所案内	49
清瀬実験場	50
大阪産業安全技術館	51

第1章 総 説

(1) 研究活動等の概要

産業安全研究所は、労働省附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総合的な安全研究機関は、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52年度に実施した特別研究としては、「潜函工法等に対する総合的安全衛生対策」、「海中における電撃危険性とその防止」および「高圧空気・酸素中における廃棄物の燃焼処理」の3つがあげられる。第1の「潜函工法等に対する総合安全衛生対策」は、潜函工法やシールド工法による重大災害の発生に対処して、今後の防止対策を確立しようとするもので、圧気工法の安全研究のためのプロジェクト・チームを編成し、①送気システムにおける有害ガスの異常発生現象、②圧気作業室内における可燃物の燃焼危険性、③シャフト内の昇降設備の安全化、④送気システムの信頼性、⑤シャフトの継手ボルトに作用する動荷重と静的強度、等のテーマについて研究を実施した。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、52年度はその初年度として、①海中における電位分布の測定と②海中における生体への電撃危険性のテーマについて研究を実施した。第3の「高圧空気・酸素中における廃棄物の燃焼処理」は、過去において当所が研究してきた高圧酸素にかかる安全対策の知見を生かして、PCB等の難燃性化学物質の廃棄物を酸素中で焼却処理する技術を開発しようとするもので、49年度から実施してきた

が、ほぼ所期の目的を達成することができた。

このほか52年度に実施した研究の分野としては、「特殊機械設備の安全化」、「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、当所附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、52年度は「墜落災害防止特別展」と「海外の安全ポスター展」も実施し好評を得た。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およ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きた物的面の研究とともに、作業に従事する人間に対する人間工学や安全心理学、作業場所に対する環境工学、物的・人的面を総合したシステム安全工学、教育・訓練や災害経済を加えた安全管理学などの各分野の研究が必要である。

また、わが国の人口構成の変化に伴う若年男子労働者の減少は、必然的に女子および高年齢層の労働力を必要とし、これらの作業者の安全確保のために、青壮年男子との人間特性の差異を十分は握して、安全対策を樹てることが緊急に必要となっている。

さらに、公害問題に端を発した労働災害に対する高額の民事補償の動向は、機械設備の製造者・作業員および管理者の間における災害の責任分担に関して、新しい社会的・法律的問題を提起しており、これらに対しては災害の社会学的・経済学的研究が必要であるとともに、それらの基礎として、人間の注意力の限界、心理的・生理的なエラーの可能性、機械設備の人間工学的改善、安全教育訓練の効果などに関して科学的な解明が行われなければならない。

以上の情勢に即応して、当所においては、従来蓄積してき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増強を図ることを期している。

(3) 主なる動静

◎ 藤井労働大臣による安研視察

52年12月8日、藤井労働大臣は附属機関等現地視察の第1号として安研に来られ、約2時間にわたって各研究部実験室、産業安全技術館などをつぶさに視察された後、次のような所感を述べられた。「安研の研究成果は上っており、業界もその実績を認め活用しているように思う」と評価されるとともに、「安研が主体となって建設、通産等の国の研究機関における安全研究についての情報交換、成果の持寄り検討を行うべきである」とわが国における研究体制のネックとなっている研究機関の横の連けい問題について強調され、安研の今後の役割について大きな示唆を与えられた。

◎ 第1回産業安全に関する国立研究機関連絡会議

53年3月16日、東京丸ノ内ホテルで第1回産業安全に関する国立研究機関連絡会議が開催されたが、この会議は産業安全に関連のある研究を行う機関が有機的な連けいをはかり、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設置されたものである。当日の会議には科学技術庁国立防災科学技術センター、工業技術院機械技術研究所など各省庁直轄の17研究機関の所長等が出席し、川口安研所長が座長に選出されて議事に入った。産業安全に関連のある研究テーマの範囲をどうするかなど活発な論議がかわされた後、満場一致で趣意書が承認され、更に各機関から産業安全に直接または間接に関連のある研究テーマについて概要説明がなされたが、そのテーマ数は100を越える多数に上った。今後の事業計画としてこれら産業安全に関連のある研究テーマを一定のフォームで取りまとめることがきまったほか、第2回会議以降に研究分野別の専門的情報交換を行うことなどを話し合った。

この会議には、議事の途中で藤井労働大臣が出席され、今後の継続的な活動と成果を期待する旨、激励の挨拶をされたが、その要旨は次の通りであった。「今日のような会合を常設的なものとして毎年定期的に情報交換をして実のあるものにして戴きたい。人の命を大切にする産業安全の技術的な研究成果をより良い方向にもって行っていただくため、皆様方のご協力、ご精励をお願いしたい。」

(4) 業 務 日 誌

この業務日誌は、当所の各種日常業務活動のうち、国際協力および学会活動についてその主要なものを取りまとめたものである。なお、学会発表の発表題目その他の詳細については、第2章、(5) 研究発表の項に記載した。

年 月 日	件 名
昭和52年4月3日	日本化学会・第36春季年会において2名の研究員が研究発表。
昭和52年4月8日	韓国精密機器試験所金永沢氏が来訪し当所田町の施設を見学。
昭和52年5月26日	日本材料学会・第1回フラクトグラフィ・シンポジウムにおいて1名の研究員が研究発表。
昭和52年6月24日	高分子学会・静電気研究発表会において2名の研究員が研究発表。
昭和52年7月7～8日	第7回安全工学国内シンポジウムにおいて16名の研究員が研究発表。
昭和52年7月30日	昭和52年電気学会・全国大会において3名の研究員が研究発表。
昭和52年8月4～5日	第5回国際熱分析学会議において3名の研究員が研究発表。
昭和52年9月28日	高分子学会・静電気分科会において1名の研究員が研究発表。
昭和52年10月5日	日本生産性本部，アジア生産性機構（APO）生産管理研修コース受講中の各国よりの研修生25名が当所田町の施設を見学。
昭和52年10月12～13日	第1回静電気学会・全国大会において2名の研究員が研究発表。
昭和52年10月13日	国際協力事業団，第4回安全衛生行政セミナー参加中のビルマ等からの15名の研修生が当所田町庁舎に来訪。川口所長の講話および施設見学。ついで同月18日に当所清瀬実験場見学。
昭和52年10月13～14日	日本建築学会・昭和52年度大会学術講演会において6名の研究員が研究発表。
昭和52年10月15日	土木学会・第32回年次学術講演会において3名の研究員が研究発表。
昭和52年10月17～22日	国際標準化機構（ISO），物揚用チェン，フック等に関する技術委員会（TC111）に近藤部長出席。
昭和52年10月21日	第7回国際工業用ロボットシンポジウムにおいて1名の研究員が研究発表。
昭和52年10月30～31日	日本機械学会・創立80周年記念第3回国際シンポジウム「力学的災害からの人間の防護（HOPE）」において当所作成の「安全帽の試験」に関する映画上映および研究員1名が研究発表。
昭和52年11月12日	日本機械学会・創立80周年記念関西支部学術講演会において研究員1名が研究発表。
昭和52年12月5～6日	第15回燃焼シンポジウムにおいて4名の研究員が研究発表。
昭和52年12月8～9日	第10回安全工学研究発表会において3名の研究員が研究発表。
昭和52年12月10日	韓国労働庁労働保険局保険管理課長方氏外3名が来訪し，川口所長より研究機関のあり方その他について指導。
昭和53年2月16日	日本機械学会・関西支部第53期定例総会講演会において研究員1名が研究発表。
昭和53年2月17日	日本材料学会・第9回フラクトグラフィ部門委員会において研究員1名が研究発表。
昭和53年3月18日	日本機械学会・東海支部第27期総会講演会において1名の研究員が研究発表。
昭和53年3月31日	韓国労働庁安全専門委員金元甲氏が来訪し当所田町の各種施設見学。

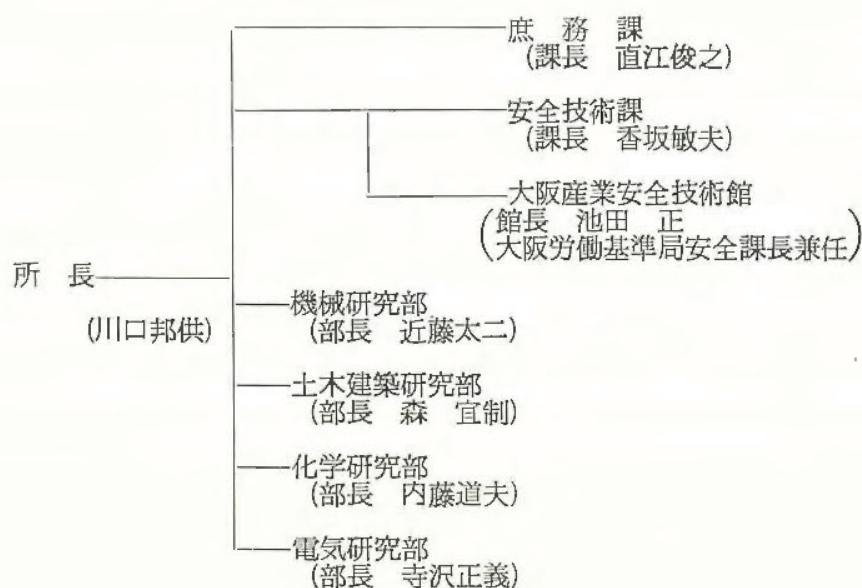
(5) 組織の変遷

- 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



(8) 定 員

定員	會計別	俸給表別 職名別 等級別	内							訳						
			指定職		研究職				行政職 (一)					行政職 (二)		
			所長	計	部長等 研究員	室長等 研究員	研究員	計	課長	係長	主任	一般職員	計	技能職員(乙)	計	
53	一般會計	41	指 1 2 3 4 5 6 7 8 計	1 1	1 1	6 6	16 16	8 8	6 16 8 30	1 1	1 3	 6	1 1 2 4 2 10			
	労働保険特別会計	12	指 1 2 3 4 5 6 7 8 計			1 1	3 3	4 4	1 3 4 8		1 1		1 3	1 1	1 1	
合計		53	1	1	7	19	12	38	1	4		8	13	1	1	

(9) 土地および建物

名 称	所 在 地	敷地面積 (m ²)	建物面積 (m ²)	
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7,434	
労働省 産業安全研究所 大阪産業安全技術館	大阪市東区森之宮東之町458	(832)	延893	敷地は大阪労働基準局所属

(10) 歳出予算

1. 歳出予算

(単位：千円)

区 分		年 度				
		49 年 度	50 年 度	51 年 度	52 年 度	53 年 度
一 般 会 計	人 件 費	117,213	147,991	163,136	180,866	191,481
	児 童 手 当	80	156	180	180	180
	職 員 旅 費	662	735	588	572	564
	試 験 研 究 費	25,223	29,635	29,635	31,711	32,957
	庁 費	16,592	18,743	21,038	24,342	24,185
	各 所 修 繕	1,635	1,937	1,688	1,872	2,912
	自 動 車 重 量 税	0	30	0	38	0
	小 計	161,405	199,227	216,265	239,581	252,279
	(移替予算)					
	国立機関公害防止等試験研究費	7,600	11,500	30,688	18,850	20,200
特別研究促進調整費	9,134	—	—	—	—	
海洋開発調査研究促進費	—	—	—	4,163	5,239	
小 計	16,734	11,500	30,688	23,013	25,439	
合 計	178,139	210,727	246,953	262,594	277,718	
労働保険特別会計 (労災勘定)	諸 謝 金	—	—	—	—	739
	職 員 旅 費	961	1,510	1,208	2,722	3,047
	委 員 等 旅 費	—	—	—	—	1,314
	施 設 施 工 旅 費	0	0	566	0	0
	試 験 研 究 費	6,880	7,760	2,840	8,400	8,736
	庁 費	143,712	157,884	77,912	112,480	176,572
	施 設 施 工 庁 費	0	0	566	0	0
	各 所 修 繕	1,635	1,938	1,688	1,872	2,912
	施 設 費	21,688	21,475	102,248	83,426	22,120
	電 子 計 算 機 等 借 料	34,344	35,004	35,004	37,877	40,750
合 計	209,220	225,571	227,032	246,777	256,190	
総 計	387,359	436,298	473,985	509,371	533,908	

2. 歳入

(依頼試験)

区 分	年 度			
	49 年 度	50 年 度	51 年 度	52 年 度
防爆電気機械器具の防爆性能試験	0	0	0	0
自動電撃防止装置の安全性能試験	0	0	0	0
溶接棒ホルダの安全性能試験	0	0	0	0
研ま盤のと石車の強度試験	87	81	48	40
安全帽の安全性能試験	7	0	0	0
安全靴の安全性能試験	16	23	15	22
安全靴の先芯の強度試験	0	0	0	0
安全帯の安全性能試験	1	26	7	13
鋼材の強度試験	0	0	0	0
鋼管足場用金具	0	0	0	0
その他の試験	260	91	96	105
合 計	371	221	166	180
歳 入 金 額	千円 1,003	千円 905	千円 1,135	千円 1,565

(検 定)

区 分	年 度			
	49 年 度	50 年 度	51 年 度	52 年 度
防爆電気機械器具 A (旧小型)	35	18	24	29
// B (旧中型)	25	46	36	38
// C (旧大型)	25	49	28	25
// D	13	24	14	15
// E	46	38	33	30
// F	12	14	20	4
更新手数料	148	507	411	256
成績書交付手数料	0	0	0	0
再交付手数料	0	0	0	0
変更手数料	0	0	0	0
合 計	304	696	566	397
歳 入 金 額	千円 6,391	千円 10,453	千円 14,381	千円 8,696

(11) 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】 アイマークレコーダー（撮影用照明装置付） アナログ電子計算機 高圧酸素燃焼実験装置 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 高速度撮影装置 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</p> <p>【特別会計】 （施設） 化学反応実験施設 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</p> <p>（設備） ワイヤロープ疲労試験機 透過型電子顕微鏡 200 トン圧縮試験機 岩石圧縮試験機 自動歪測定装置 自動記録式示差熱天秤 マルチデータカメラ 粒度分布自動測定装置</p>	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 全自動的歪測定器 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 遮断現象解析用演算装置 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線回析装置 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 データロガー カードセレクター マハツエンダー干渉計 写真計測処理装置 展示自動解説装置 万能光学顕微鏡 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 最小着火エネルギー測定装置 高圧熱酸化分解ガス発生装置

第2章 研究業務

(1) 昭和53年度の実行テーマ

昭和53年度における研究テーマは、行政面の需要に応じた特別研究を実施するとともに、現在並びに将来の災害発生の可能性に対し先行的、且つ抜本的な安全技術を開発することを期してつぎのような実行テーマにより研究を行うこととした。

A 機械設備の安全化

1. 金属材料の破壊防止
 - a 溶接継手の疲労強度について
 - b 大型材の低サイクル疲労特性について
2. 運搬機械の安全化
 - a トラッククレーンの動作特性の解明
3. 工事中設備の安全化
 - a 特殊使用条件下におけるわく組足場の安全性
4. 高速回転機械の安全化
 - a 最大引張歪み破壊クライテリオンの砥石破壊への適用について
5. 超高压容器等の安全化
 - a 圧力容器の研究に関する現状調査

B 人間—機械システムの安全性

1. システム安全手法の事例的研究
 - a 多変量解析によるトンネル建設工事災害の分析
2. 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使った人間の追従動作における特異現象への反応特性
 - b 高所における心理的生理的反応

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 電気流体方式による多関節人工指の試作研究
 - b 階段の人間工学的適正化
 - c 機械防護のための身体計測に関する研究

D 作業環境の工学的改善

1. 工場換気の適正化
 - a 換気のある模型建家内の熱対流
2. 手持機械の振動防止
 - a チェンソーの振動防止装置に関する研究

E 掘削工事の安全化

1. 土砂岩石の崩壊防止
 - a 崩壊斜面の土質工学的特性

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 帯電した多粒子と接地球との放電特性
 - b 粉じん雲の着火エネルギー
2. ガス爆発危険性とその防止
 - a 可燃性液体の引火温度の体系化
 - b 消炎容積に関する研究
 - c 燃料空気混合ガスの爆ごう限界
 - d 小型圧力容器に用いる破壊板に関する研究
3. 団体等の燃焼爆発危険性とその防止
 - a 堆積粉じんの自然発火機構
 - b 酸無水物・アルデヒド等C=O基の生成と発火に及ぼす影響について
4. 電気設備による点火危険性とその防止
 - a 高気圧環境下における固体有機材料の耐アーーク性
 - b 加圧爆発性ガスの最小点火エネルギー
 - c 防爆構造電気機器本体への導線引込方式について
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 帯電液面からの放電と着火危険性
 - 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. 電撃危険性とその防止
 - a 海中における電流電位分布の測定
 - b 海中における生体への電撃危険性

H 廃棄物の安全処理

1. 高压空気・酸素中における廃棄物の燃焼処理
 - a PCB入り機器の焼却処理

特別研究

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

- a ガス滞留地層の捕捉方法に関する研究
- b トンネル建設工事における通風換気システムに関する研究
- c 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
- d トンネル建設工事中用防爆電気機器の開発

(2) 昭和52年度における研究成果の概要

金属材料の破壊防止

溶接継手の疲労強度について

—軟鋼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

溶接構造物はその製作過程において溶接部になんらかの欠陥が包含される場合が少なくなく、特に、微小き裂のような欠陥を含む溶接構造物が繰返し荷重を受けるときには、その寿命の大部分はき裂の伝ばによって支配されると考えられる。したがって、溶接材の疲労き裂の伝ば挙動に関する知見を得ることは、溶接構造物の設計基準として重要であるばかりでなく、保守点検時の検査期間の決定に際しても有効と思われる。一方、機械や構造物が溶接部で疲労破壊した場合、金属組織や機械的性質が局所的に急変する位置であることから、作用応力や破壊までの繰返し数を定量的に評価するのはかなりの困難を伴う場合が多い。そこで、本報では溶接構造物の疲労破壊事故に対して定量的説明を行うための手始めとして、軟鋼板 (S B 42) を用いて突合せ溶接を行い、母材、溶接金属および熱影響部 (H A Z) の疲労き裂伝ば挙動を調べると共に、伝ば速度と破面様相との関係について検討した。

2. 実験方法

厚さ 12mm の軟鋼板を突合せ溶接後、溶接金属または H A Z が試験片の中央に位置するようにして、厚さ 4 mm の中央切欠き付き (C N) 板試験片および厚さ 8 mm のコンパクトテンション (C T) 試験片を作成した。母材試験片は、鋼板の溶接部以外の位置から C N 試験片と同形状寸法に機械加工を行った。疲労試験は、C N 試験片では Vibrophore を用い、C T 試験片ではクローズドループ式の電気油圧式試験機を用いて実施した。疲労き裂の伝ば速度は、進行しているき裂先端の位置を 50 倍の顕微鏡を用いて読取ると同時に、そのときの繰返し数を記録することにより求めた。結果は応力拡大係数の変化幅 ΔK を用いて整理した。試験後、破面から 2 段レプリカを作成し、透過電子顕微鏡を用いて破面形態を調べると共にその定量化を実施した。

3. 結果

図 1 は、母材および 600°C で 1 時間応力除去焼なましを行った溶接金属と H A Z について、応力比を $R = 0$ と 0.5 に変えたときの C N 試験片のき裂伝ば速

度を ΔK を用いて整理した結果である。これらを比較すると、 $\Delta K > 15 \text{ MNm}^{-3/2}$ では母材、溶接金属および H A Z の伝ば速度はほぼ等しく、また、き裂伝ば速度に及ぼす応力比の効果も小さい、 $\Delta K < 15 \text{ MNm}^{-3/2}$ では、母材に比べて溶接金属および H A Z の速度が増加し、応力比の影響も現われる。さらに、溶接金属と H A Z の速度を比較すると低伝ば速度域に近づくに従い、H A Z の速度の増加が認められる。次に応力除去焼なましを行わない試験片について伝ば速度を求めた結果、 $\Delta K > 15 \text{ MNm}^{-3/2}$ では熱影響部、H A Z 共に同様の伝ば挙動を示しており、またそれらは焼なましを行った結果ともほぼ同様である。一方、荷重方向と同方向に溶接軸のある C T 試験片では、き裂が溶接部を横切って母材に進行する際に、速度の著しい増加が認められた。破面観察の結果、 $\Delta K > 14 \text{ MNm}^{-3/2}$ では、熱処理の有無や応力比に関係なく明瞭なストライエーションが観察され、それらの間隔は $\Delta K > 18 \text{ MNm}^{-3/2}$ でき裂伝ば速度とほぼ良く対応している。 $\Delta K < 15 \text{ MNm}^{-3/2}$ では粒界状の割れが出現し、その破面率は $\Delta K \approx 10 \text{ MNm}^{-3/2}$ で最大値を持つことが判明した。

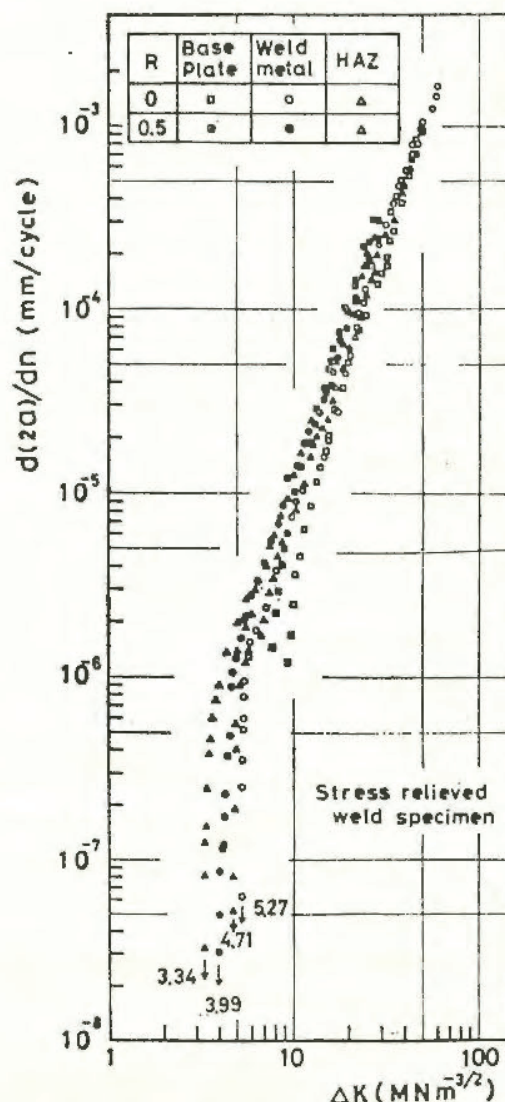


図 1 母材および溶接材の疲労き裂伝ば速度と ΔK の関係

大型材の低サイクル疲労特性について

鋼厚板の疲労き裂伝ば挙動への板幅の影響

機械研究部 田中 正清

1. 研究目的

大型の機械や構造物の破壊災害は大応力（低サイクル）でしかも繰返し速度の小さい疲労条件での破壊現象に関係している場合が多い。しかし疲労についての莫大な実験・研究にも拘らず、この種の条件での実験的研究は種々の困難さの為に極めて少数の報告しかない。そこで本研究では大型鋼試験片について板幅を変更し低サイクル疲労試験を行って、破壊力学的および破面解析的知見を探るため上述の荷重条件における疲労き裂伝ば特性とそれに与える板幅効果を調べた。

2. 実験方法

供試材はポイラー用圧延鋼（S B 42）および高張力鋼（WT 80 C）の厚板である。これから図 2 に示す大型試験片を作成し、プログラム制御装置付き 500 t 万能試験機で応力 $13.5 \pm 10 \text{ kg/mm}^2$ （3 cpm）の疲労試験を行った。き裂伝ば速度は 50 倍読取顕微鏡にてき裂が試験片表面に板幅方向に付した 0.5 mm 間隔のけがき線を通過する時の繰返し数 N を読んで測定した。破面観察には走査型電顕を用いステレオおよびパノラマ写真により定性的および定量的な検討を行った。

3. 実験結果および考察

表面き裂の伝ば方向は S B 42 で荷重軸に垂直、WT 80 C ではその方向から $10 \sim 17^\circ$ 程度傾いている。最終

破断が近づくと両材とも荷重軸に垂直となる場合が多いが一部は 45° 方向に伝播した。便宜上荷重軸への垂直面に投影したき裂長さをを用い応力拡大係数 ΔK とき裂伝播速度の関係を求めると図 2 のようになる。巨視的き裂伝播速度 dl/dN は $0.3 \sim 1.5 \mu/c$ の範囲では両材へも同一材料のデータが割合狭い散布帯に集まっており（○印は除く）

$$dl/dN = C \Delta K^m \quad (1)$$

で整理される（ C, m は材料定数）。し

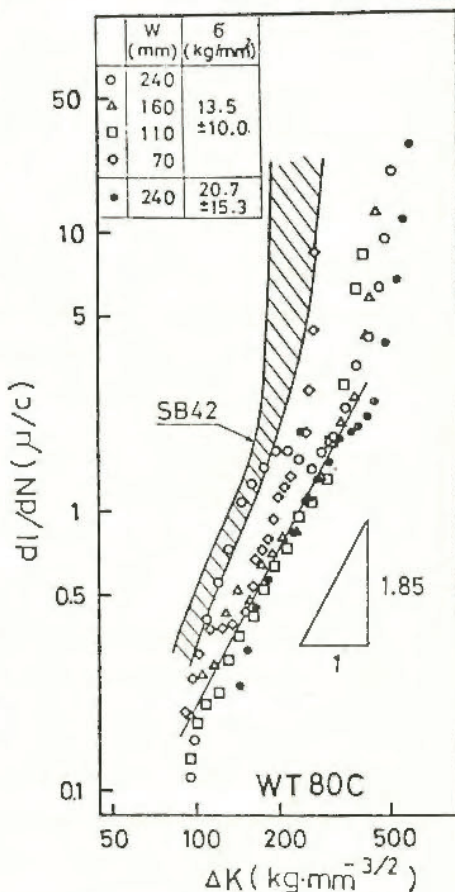


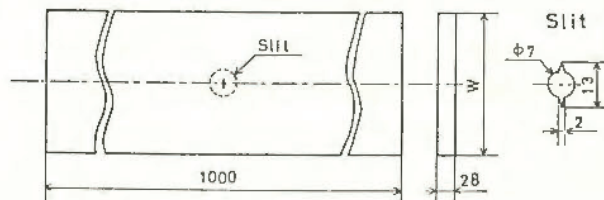
図 3 巨視的疲労き裂伝播速度と応力拡大係数の関係

かし同じ ΔK についてみると dl/dN は S B 42 の方が 2.5 ~ 3 倍程度大であり、降伏点および抗張力の大きい WT 80 C の方が疲労き裂伝播抵抗がかなり大きいことを示している。なお、上述の速度領域では板幅の影響は殆んどみられないが、最終破断に近い加速領域になると実験点は板幅が小さいほど小さい ΔK で立ち上り、従って最終破断については板幅効果が現われる。本実験条件の板幅 $W = 70 \sim 240 \text{ mm}$ において最終破断の最大応力拡大係 $K_{f_{max}}$ および正味破断応力 $\sigma_{f_{net}}$ を求めると

$$K_{f_{max}} = A W^\alpha \quad \text{および} \quad \sigma_{f_{net}} = B N^\beta \quad (2)$$

で表わされる（ $\alpha = 3.6 \sim 3.9, \beta = -0.15 \sim -0.24, A$ および B は材料、試験片形状、応力条件で変る定数）

巨視的破面形態は WT 80 C が垂直型からせん断型へ明瞭な境界を持つシャーリップを形成しつつ遷移するのに対し S B 42 は遷移が遅くしかも境界は極めて不明確である。なおき裂先端線は両材ともほぼ直線的である。微視破面形態の典型であるストライエーションの形態には材質の違いを示す若干の相違がみられるが、



$W = 240, 160, 110, 70$

図 2 試験片の形状および寸法

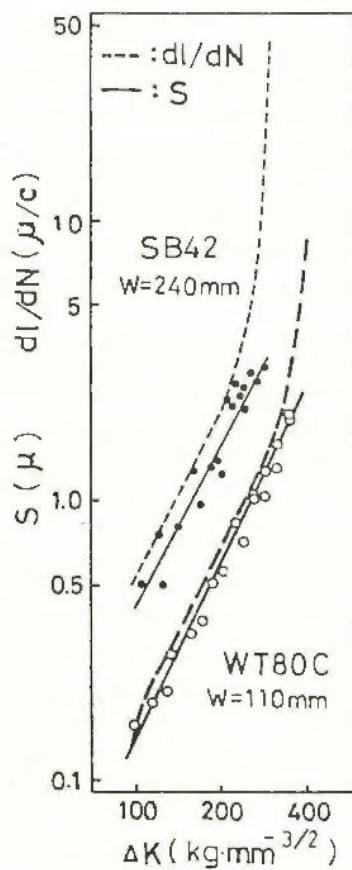


図 4 S および dl/dN と ΔK との関係

定量的には両材ともストライエーション間隔 S と dl/dN が（加速領域を除き）ほぼ等しく（僅かに S が小）、またその傾斜もほぼ 2 であるという点で一致している（図 4）。加速領域になると両材ともき裂伝播機構はストライエーションからデインプルへと移行するが、その状況は面積率の変化として力学条件 ΔK と定量的にも対応づけることができる。なお S B 42 に比べて WT 80 C のデインプルはかなり寸法が小でそのぼらつきも少ないようである。

工事用設備の安全化

親網支柱の安全性について

土木建築研究部 小川勝教・河尻義正

1. 研究目的

枠組足場の組立、解体時に足場からの墜落防止対策の一つとして枠組に親網支持用の支柱を設置し、水平親網を張り、安全带を取付け作業する方法がある。現在、親網支持用の各種の支柱が開発され、各々独自の方法によって使用されている。これらの支柱に水平親網を取付け作業する場合の安全基準を定める必要がある。よって、水平親網の静荷重および動荷重に対する力学的性状を解明し、親網支柱の設計、使用等における場合の基礎的な資料を得ることを研究の目的とした。

2. 実験

実験は、親網の長さ・親網の初期張力・親網の支持点の剛性を種々変えた場合の水平親網の中心に静荷重および動荷重を作用させる実験を行った。なお静荷重はウィンチで下方に引張る方法、動荷重はA種安全带（ロープ長さ1.5m）を装着した重量75kgのサンドバッグを落下させることによった。実験に使用した水平親網は径9mmのワイヤーロープで長さ10m、15m、20m、の3種類とした。また親網の支持点には各種のパネ定数をもった5種類のコイルパネを用いた。実験では作用荷重、作用点の親網の垂下量および親網の支持点の荷重を各々測定した。各荷重の検出は作用点および支持点に取付けられたロードセルによった。また、垂下量の測定はメジャーおよび高速度カメラ（動荷重の場合のみ）撮影によった。

3. 実験結果

静荷重実験によって、水平親網の長さ10m、15m、20mの場合について初期張力を種々変えた際の親網の作用荷重—垂下量曲線、作用荷重と支持点荷重の関係を求めた。結果の1例として、親網長さ20m、初期張

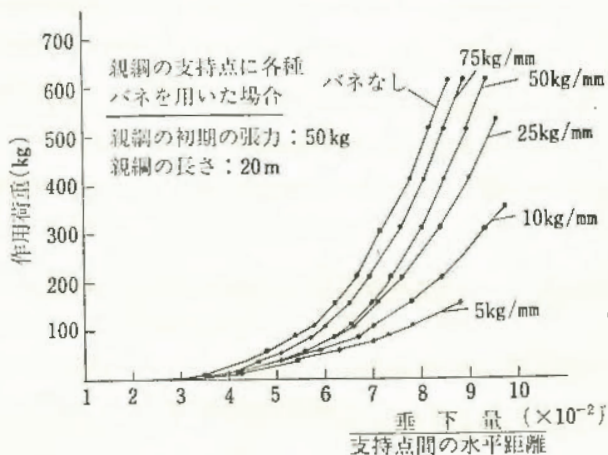


図5 作用荷重—垂下量曲線

力50kgの場合について、図5、図6に示す。

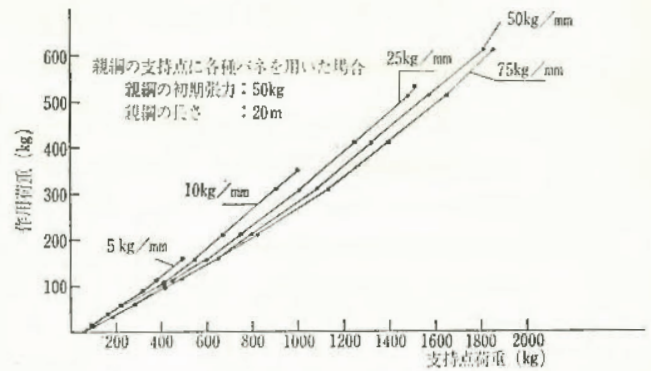


図6 作用荷重と支持点荷重の関係

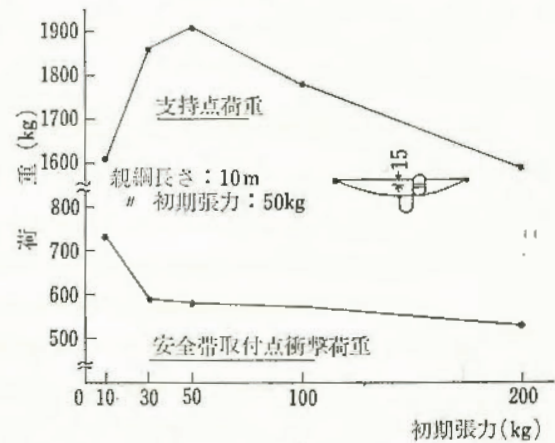


図7 親網の初期張力による影響について

動荷重実験における親網の初期張力を種々変えた場合の親網に作用する衝撃荷重と支持点の荷重を求めた。結果の1例として図3に示す。また、支持点に各種のパネを用いた場合の影響について求めた結果の1例を図4に示す。

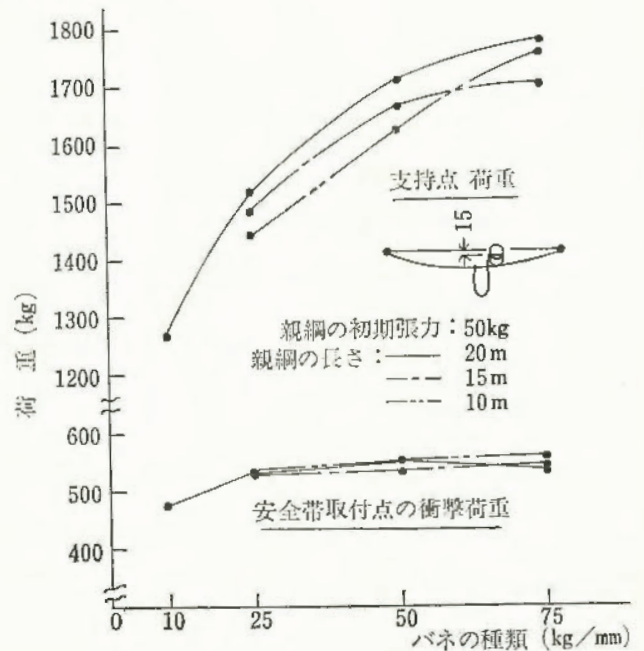


図8 親網の支持点のパネの影響について

実験結果より、親網は強く張るほど支持点に作用する荷重が低下する。また、支持点のパネ定数が高いほど支持点に作用する荷重が高くなることが判った。現在、実験結果の解析中である。

高速回転機械の安全化

レジノイド砥石の疲れ強さに関する一実験

機械研究部 糸川 壮一

1. 研究目的

研削砥石の強度特性に関し科学的な立場から解明把握していくことが研削作業の安全化に対する大きな要件であり、研削砥石の強度に関する多くの研究が従来からなされているが、その殆んどがビトリファイド砥石に関するもので最近の生産量比率からいえばビトリファイド砥石を上まわって生産され使用されているレジノイド砥石の強度に関する研究は非常に少ない。特に変動荷重の下におけるレジノイド砥石の強度特性に関する研究報告は皆無であり、本報では一例ではあるがレジノイド砥石の変動荷重の下における破壊強度の挙動について実験研究を行なった結果について報告する。

2. 実験方法

一般に研削砥石の回転強度を検討する場合に無荷重で回転させた時の遠心力による回転破壊速度をもって評価しているが、この場合では遠心力により砥石に発生する周方向応力が砥石の破壊に最も大きく関与するとされており、その周方向応力は砥石の中心孔で最大値をとり一軸引張応力として砥石に作用する。一方、平形砥石を直径方向に一軸圧縮力を加えた場合、荷重方向の中心孔の縁の点において圧縮方向に垂直な一軸引張応力が発生し、荷重の増加に伴ってその引張応力が増大してついには圧縮方向の直径に沿って砥石は破壊する。すなわち平形砥石の遠心破壊の場合と直径方向圧縮破壊の場合ともに周方向の一軸引張応力が破壊に大きく関与すること、また、破壊の形態も両者ともにこれら一軸引張応力に垂直な方向に亀裂が進行し破壊に到るので、破壊に関するアナロジーとして周方向の一軸引張応力を考えることが出来る。そこで本研究では直径方向圧縮試験を採用した。

疲労試験は図9に示す試料保持具を振動型万能疲労試験機に装着し30Hzのサイクルで圧縮荷重を繰返し加え、最大繰返し数は 3×10^6 回とした。また、本実験に用いた試料は、外径101.6mm、厚さ19.05mm、孔径50.8mmの平形砥石で、砥粒A粒度20のレジノイド砥石を中心として、砥粒WA粒度60のビトリファイド砥石についても実験を行い比較検討した。

3. 実験結果

まず静的圧縮試験においては、ビトリファイド砥石、レジノイド砥石各々10個の試料を用いて破壊強度を測定したが、その結果をWeibull確率紙にプロッ

トして破壊確率50%の破壊荷重を求めるとレジノイド砥石の場合 $P_{R50}=613\text{kg}$ 、ビトリファイド砥石では $P_{V50}=568\text{kg}$ であった。また、疲労試験の結果は図10のとおりである。

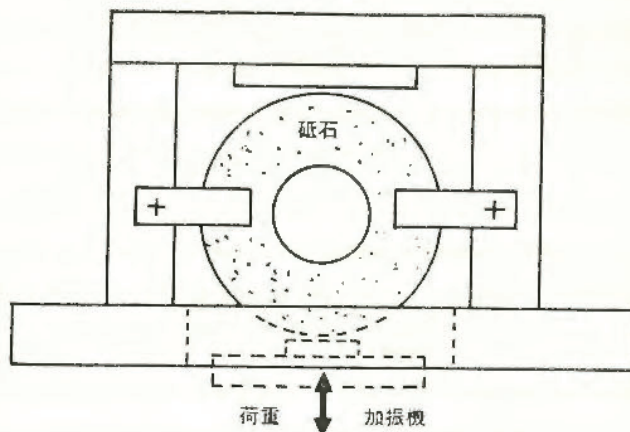


図9 疲労試験用試料保持具略図

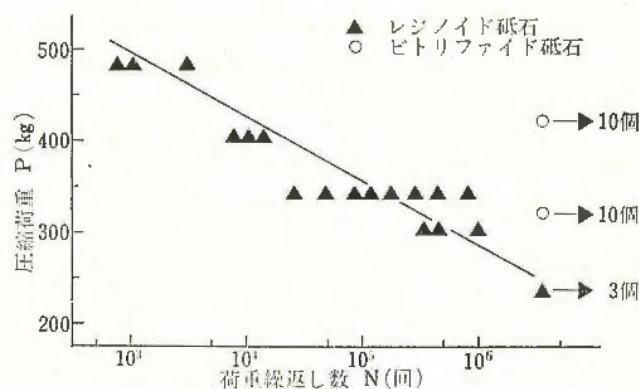


図10 疲労試験結果

4. まとめ

以上の実験結果からレジノイド砥石はビトリファイド砥石より静的強度が高いのにもかかわらず繰返し荷重の下では強度低下の傾向が著しいことが判明した。たとえばビトリファイド砥石は静的強度の75%の荷重レベルでも繰返し数 3×10^6 回で10個の試料が全て破壊していないが、レジノイド砥石では静的強度の50%という低い荷重レベルでも繰返し数 4×10^5 回位で破壊してしまうことが判った。本報ではレジノイド砥石の疲れ強さについて一例を示したにすぎないが、これらの結果は今後レジノイド砥石の強度の評価をする場合に、単に従来のように静的強度だけでは不十分であることを示唆するものであり、今後数多くの同様の研究を積み重ねることによりレジノイド砥石の変動荷重下の強度特性がより明確にされることが必要と考える。

(本研究は、科学技術庁長期海外派遣研究員として米国のCarnegie-Mellon大学に留学中に行なったものである。)

安全性の評価

災害発生間隔の分布に関する研究

土木建築研究部 花安 繁郎

1. 研究目的

災害発生現象を確率論的な立場から検討し、安全管理計画に応用する目的の研究の一つとして、災害発生間隔の分布に就いて研究を行なった。昨年引き続き、災害発生現象を記述する上で、もっとも簡単な場合である、災害がランダムに発生している場合に就いて検討を行った。

2. 分析結果

(1) 災害の発生がランダムである場合、一定期間中の発生数の分布はポアソン分布に、また発生間隔の分布は負の指数分布に従う。指数分布のパラメーター（期待値の逆数）を度数率から推定して、或る特定時間内で災害が発生する確率や、その逆の発生しない確率を求める事が出来る。又或る達成確率（危険率）に対する、度数率と災害発生間隔との関係を求めることが出来、安全管理上の一つの目安としての無災害時間数を設定する事が出来る。（昭和51年度年報参照）

(2) 複数の災害が発生する時間の分布は、指数分布の和の分布であるガンマ分布で示され、任意の災害件数、度数率、時間の組合せに対して、災害が発生する、或いは発生しない確率を求めることが出来る。（図11）又災害発生件数ごとに、度数率別の発生時間とその発生確率を求め、その確率値を基に、元の度数率の変化を統計的に検定することが出来る。

(3) 災害が発生する集団が幾つかあり、各集団ごとに独立に災害が発生している時、全体としての災害発生間隔の分布は、個々の集団の災害度数率を合計した度数率をパラメーターとした指数分布となる。同じく複数の災害が発生する時間分布も、合計された度数率をパラメーターとしたガンマ分布となる。これらの分布の確率値については、(1)、(2)での結果をそのまま適用することが出来る。

(4) R 件の災害が T 万時間で発生し

た時、平均災害発生時間はアーラン分布となる。災害に関する情報として、発生件数と発生時間が与えられた時、変数変換によりアーラン分布を χ^2 分布に置き換えることによって、 χ^2 分布表を用いて、度数率の信頼区間を求めること（図12）や、既知度数率との大小関係を論ずることが簡単に出来る。

3. むすび

従来の度数率による安全水準の評価が、或る期間の災害数を集計し基準労働量に換算しなければならないのに対し、災害発生時間数による評価は、災害発生時点の他、どの時点に於ても評価が可能である他、発生時間数とその確率値によって度数率の変化の有意差検定や、信頼区間の推定が行えるなど、日常的な安全管理指標として有効と思われる。（RR-26-3 参照）

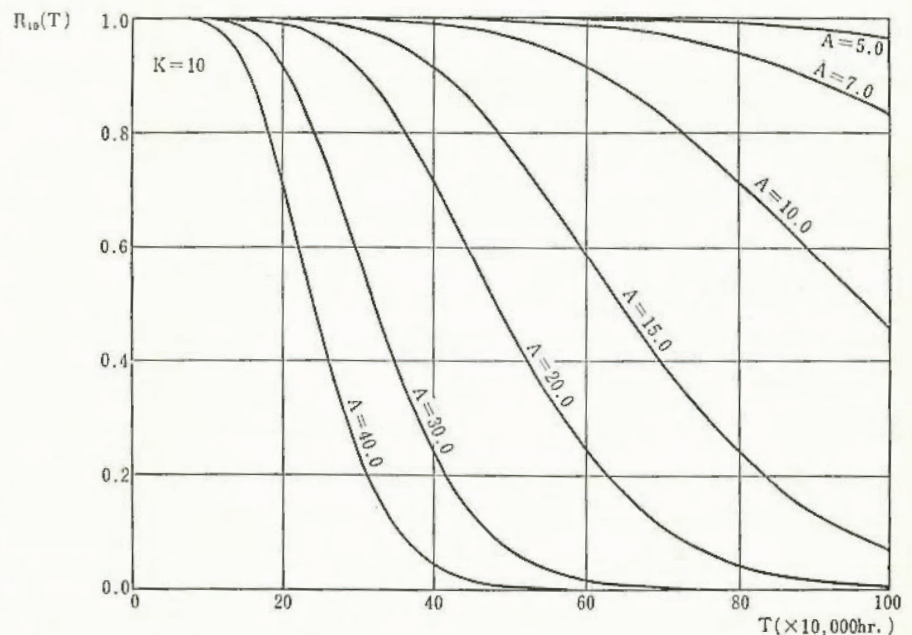


図11 時間 T, 災害が発生しない確率 R(T), 度数率 (A) の関係

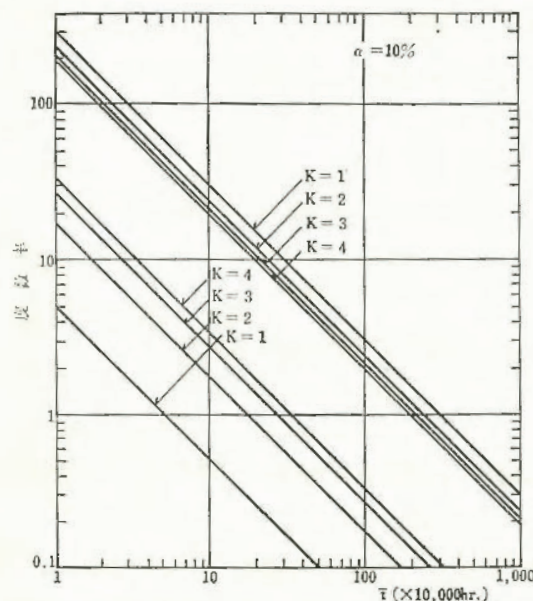


図12 度数率の信頼区間の推定
(危険率 $\alpha = 10\%$, K ; 災害件数)

システム安全手法の事例的研究

トンネル建設工事における労働災害の分析

土木建築研究部 前 郁夫・花安繁郎
堀井宣幸

1. 研究目的

山陽新幹線Ⅱ期工事のうち広島、山口県内で行われたトンネル工事の労働災害をとり上げ、災害の実態を把握する為の分析を進めている。今回は、工事関連要素と災害との関係を示す各種基本集計のほか、発生災害の強度特性および災害発生率などの分布特性に就いて検討を行った。

2. 資料および分析結果

災害資料には労働者死傷病報告を、又工事資料には国鉄の各トンネル施工記録をこれまでと同じく用いた。分析結果の主な内容を以下に示すと、

(1) 災害発生強度特性を示す労働損失日数（死亡災害を除く）の分布は、掘削工法、或いは工区距離に関係無く、全体としてはほぼ一定のパターンを持つことが明らかとなった。（平均26.5日、 $\sigma = 26.6$ 日）一方災害死亡率（死亡災害/全災害）は、掘削工法の違いによる差は余り見られないが、工区距離による影響は明瞭に表われており、工区距離が長くなるに従い、死亡率は高くなる傾向にある。又各工区の災害1件当りの損失日数と、1km当りの災害発生数を調べてみると、掘削工法別、工区距離別を問わず総て負の相関にあり、災害発生率が小さくなる程、1件当りの損失日数が大きくなることが認められた。

(2) 各工区の災害危険性を示す指標として、距離別災害率（1km当りの災害数）と月別災害率（1月当

りの災害数）を定義し、掘削工法、工区距離別に各々分散分析を行なってみると、月別災害率で有意な結果が得られ（1%危険率）、掘削工法別では上半先進、底設導坑、側壁導坑の順で、また工区距離別では、施工距離が長くなるに従い、災害率がそれぞれ高くなることが認められた。

(3) 各工区の災害数と災害率との関係を調べる為に、災害率の高い順に、災害数と工区距離を累計したのが図13である。長さに対して均等に災害が発生していないこと、或いは災害率の高い工区に災害数も集中していることなどが、災害累計曲線が凸曲線であることから分かる。

(4) 災害発生率を確率変数とみなし、正規分布近似による各工区の災害率（距離別災害率）の信頼区間を求め、実際の災害率とを比較したのが図14である。有意となった工区について、災害率と各種工事諸元との関連について現在検討を行っている。

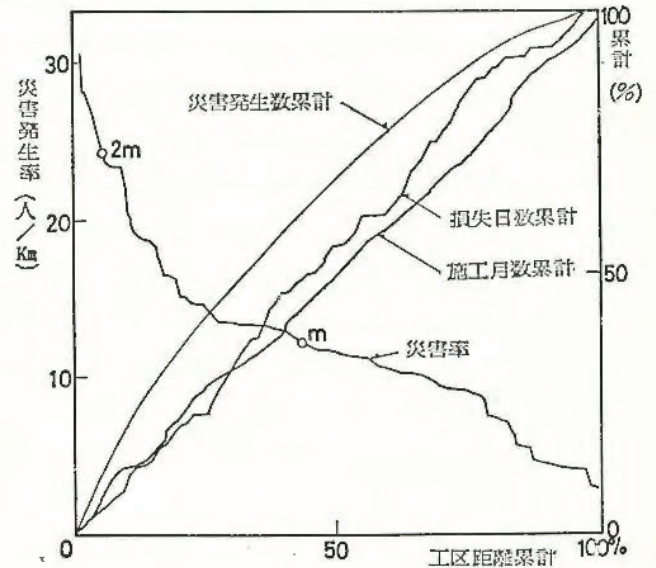


図13 災害数累計曲線（距離別災害率順位別）

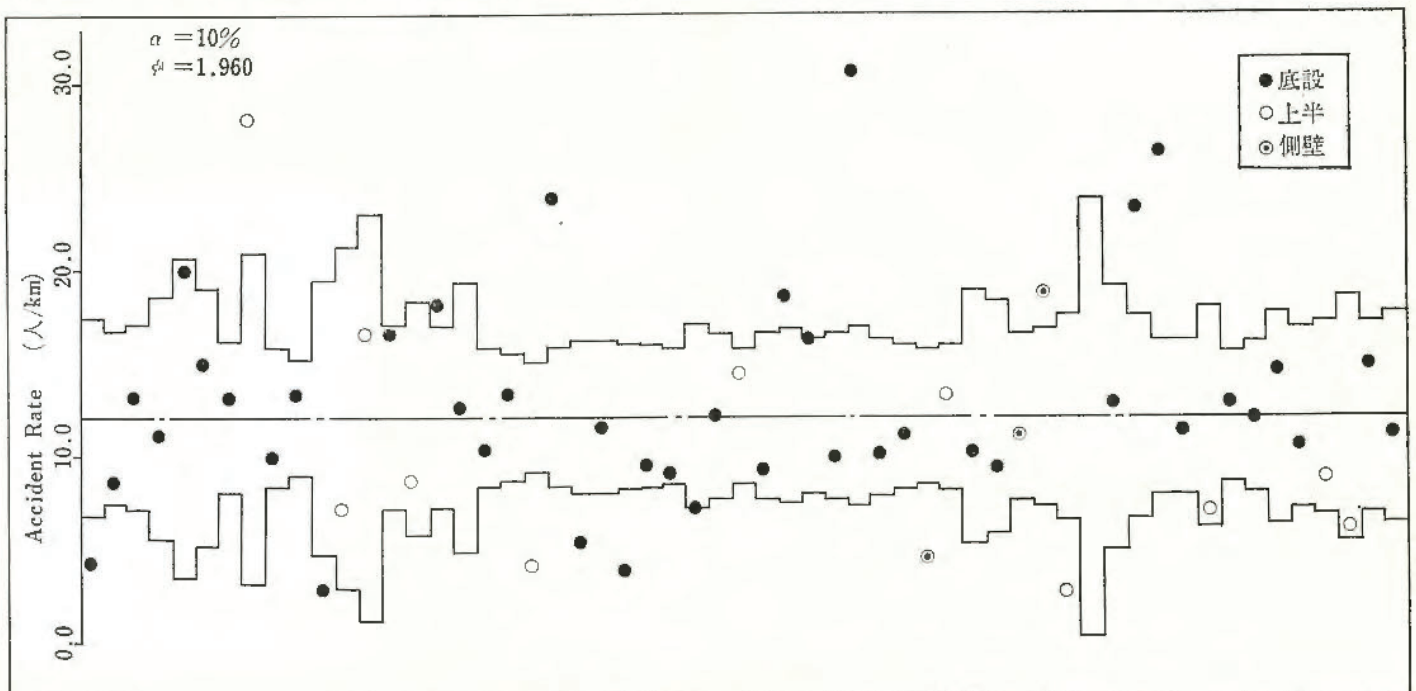


図14 工区別災害発生率の信頼区間

電気流体方式による多関節人工指の試作研究

—(1) 電気流体の耐久性について—

機械研究部 杉本 旭・深谷 潔

電気流体の安定性はイオン交換樹脂の種類、その対立イオン、電極板の材質および温度などによって大きく変わってくる。これらに関する測定結果の概要を示せば、イオン交換樹脂の種類においては強酸性のものが最も安定しており、対立イオンにおいては K^+ 、 H^+ より Na^+ 、 Fe^{++} などを用いた方が電気流体をより安定にさせる。さらに電極板では銅や鉄より白金などのように不活性な金属がよく、また温度については、高温になるほど電気流体は不安定な状態になる。

図15は同一の電気流体に4200V（ピーク値）を印加して480分保持するといった試行を繰返し行った場合の特性変化を示した例である。電気流体の耐久性は、ウインズロクラッチに生ずるトルクよりも、むしろ電流値の時間的増加によって判断される。そして、この電流増加は電気流体の温度を上昇させ、さらにこれが電流増加へ導くといった循環で遂には電気流体は使用不能となる。

図16は劣化を呈した電気流体の分散媒を、使用前のものと比較するためスペクトル分析した結果である。これによると、使用後の分散媒では比抵抗が低下しているにもかかわらず、分散媒の構造および組成の変化はほとんど認められないため、分散媒の比抵抗低下は対立イオンが分散相表面を離れて分散媒中に溶け出したためと思われる。

また同様に劣化後の電気流体から分散相（強酸性陽イオン交換樹脂SK1BS、対立イオン Na^+ ）をこし分け、溶剤で十分に油性分を洗い取ったものについて、イオン交換容量を測定したが、これも使用前の樹脂とほとんど変わりなく、イオン交換樹脂自体の劣化は全く見られなかった。

これらの結果から電気流体の劣化は分散媒、分散相の構造や組成の変化によってもたらされるものではなく、分散相表面を取り巻く対立イオンがその表面を離れ、分散媒中に溶け出すこと

によって生ずる現象であると思われる。

さらに、劣化をきたした電気流体に一定電圧を印加しておき、温度上昇を押えるため空気による強制冷却を行って実験を行ったが、温度が下がると、同様に電流も減少してある定常値で安定することがわかった。このことはウインズロ効果が温度に対して可逆性を示すことを示しており、さらにこのことは対立イオンの濃度が分散相表面と分散媒中である熱的平衡が存在することを意味するものである。したがって、劣化という現象は単に見掛け上のものであり、ウインズロ効果の経時特性は、ある程度温度特性によって説明しうることがわかった。

今回の測定では系を密封状態としているため、外気に含まれる水分の影響はないと言ってよいであろう。しかし開放系では電気流体中のイオン交換樹脂が非常に吸湿性に秀れているため、電気流体が吸湿して比抵抗を下げる現象が見られる。電気流体を実際に使用する場合は水分管理が重要となるとと思われる。

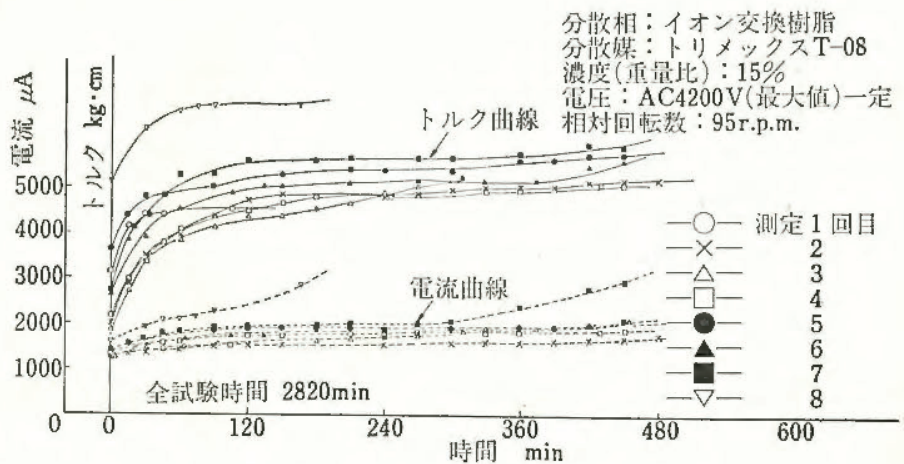


図15 ウインズロクラッチの耐久試験

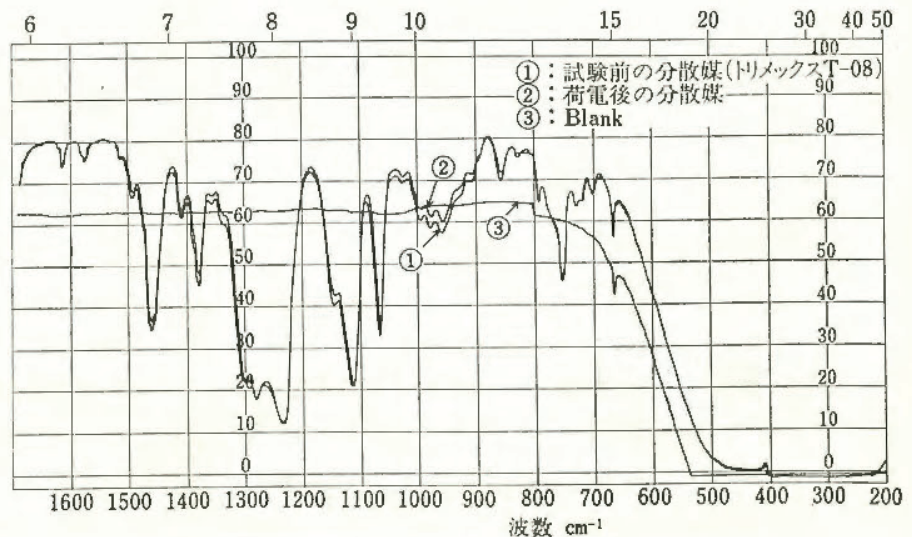


図16 赤外吸収スペクトル分析

機械研究部 深谷 潔・杉本 旭

1. 研究目的

筆者らは、人間の手指が持っている優れた融通性をねらって、多関節人工指の試作研究を行っている。本人工指は人間の手指に類似した形状を持つように設計されているので、多自由度である。そのため、コントロールが非常に困難である。できるだけ、人間の手指の特性を本人工指に付加するために、人間の手指の特性の測定研究を始めた。

ところで、人間の手指は融通性・汎用性が高いため種々の作業で手指を使うが、その中には、人間の手指が対応しきれない作業・場面も出てくるし、人間につきものの誤りのために、事故・災害につながることもある。実際、産業界において「物のつかみ方が確実でない」ために、年間数千件の死傷者を出している。人間のつかみ特性を解明することは、これらの事故の減少にも役立つと信じるものである。

2. 実験装置および実験方法

写真1は手指のにぎり力分布を測定するためのピックアップである。アクリルの円筒に溝を入れ、各はりの応力を根本のストレインゲージで測定する。

各ストレインゲージをマイクロコンピュータの制御でスキミングして、それを歪増幅器で増幅した後、マイクロコンピュータに記憶する。最大点数48点の場合で、約1.5秒で測定できる。

このピックアップを保持した時のにぎり力の分布を測定した。その際、種々の重さの重りをさげ、荷重を変えた。また、にぎり方も2種類について行った。1つは、コップをつかむ動作に類似し、母指と示指でピックアップをつまむようなにぎり方Aで、他の1つは、丸棒をにぎる動作に類似した2本の指の中に握り

込むにぎり方Bである。また、円筒外径は、40, 60, 76, 90mmφの4種類について測定した。

つぎに、ある対象物をつかんで持ち上げるという動作に対して、どの位の力でのにぎるかを調べた。測定は60mmφのピックアップを上からつかんで持ち上げ、ついで、すべり出すまでにぎり力を弱めるという方法で行った。この時のつかみ力の変化を電磁オシロに記録し、解析した。さらに一部の被験者については、サンドペーパーを貼ることにより摩擦係数を変えて測定を行い、また別途に指先の摩擦係数も測定した。

3. 実験結果および考察

図17に測定結果の一例(にぎりA, 60mmφ)を示す。にぎり方による分布の違いをみると、にぎりAでは母指の基節部と示指の中節部に力が集中しているのに対し、にぎりBでは力が広く分布する傾向がある。母指にかかる力のピーク値も、にぎりBではAの約半分になっている。

また、円筒の径・荷重に対しては、径が大きくなる程、また荷重が大きい程、特に示指にかかる圧力分布が広がって行くことが、測定の結果わかった。

図18に荷重の変化に対するにぎり余裕率を示す。これは、保持時の母指にかかる力の定常値と、力を弱めた時のすべりだす時の値の比を取ったものである。

荷重の小さい時は、個人差が大きく現われるが、荷重が増すにつれ、余裕率は減少していき、かつ個人差も減少して、ほとんどが1.1~1.25の間に入る。表面の摩擦係数を変えても同様な結果が得られる。また、荷重が大きい場合は摩擦係数に個人差はほとんどないので、余裕率が等しいことは、それぞれの荷重に対して同じにぎり力を呈していることを意味している。

この研究はまだ緒についたばかりで十分とは言えないが、今後、不十分な点を補っていきたい。



写真1 にぎりピックアップ

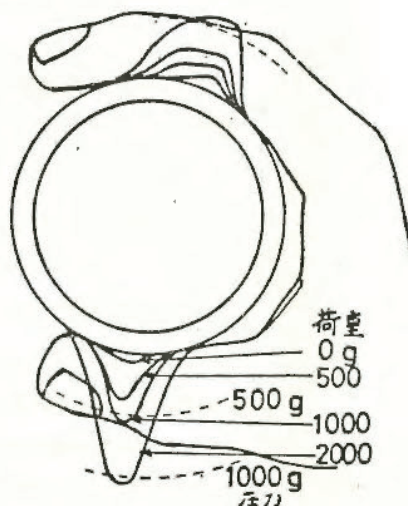


図17 にぎり圧分布

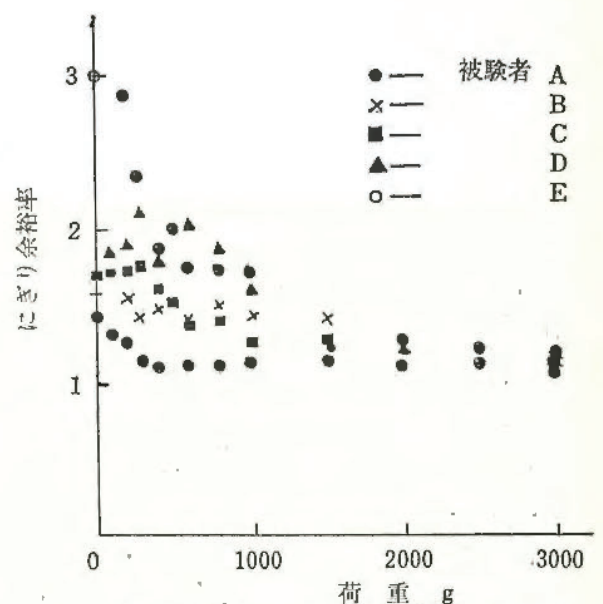


図18 荷重の変化に対するにぎり余裕率

手持機械の振動防止

チェーンソーの振動防止装置

—油圧チェーンソーの振動測定—

機械研究部 前田 豊・袴塚 禎三

1. 研究目的

手持動力工具は手作業に較べ格段の高効率作業性を有するために各機種にわたり普及してきているが、これら手持機械の振動は作業者の身体に直接悪影響を与える。殊にチェーンソーは広く使用され、その障害が大きな問題となっている。

チェーンソーの振動の発生源としては、エンジン部からのものと木材切断中チェーン鋸刃部より発生するものがある。これらの振動に対する技術的対策としては、振動の少ない原動機の採用ならびに防振ハンドル・防振手袋等により人体への振動伝ばを遮断することが望まれている。前者について電動機・ロータリエンジンなどもあるが、ここでは油圧式チェーンソーをとり上げ、そのハンドル部の振動測定を行い対策の資料とする。

2. 測定方法

測定対象のチェーンソーは傾斜式アキシャルモーターを使用したもので、油圧源にはガソリンエンジンで直結駆動される傾斜式アキシャルピストンポンプを使用しこれと2本の油圧ホースで直結させてある。外観を写真2に示すようにアルミ材をケーシングに使用し軽量なものである。

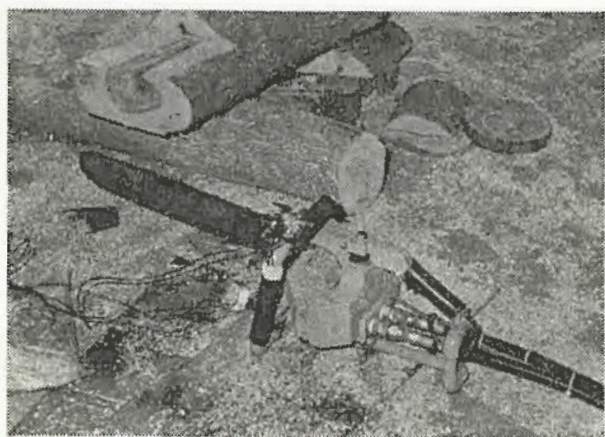


写真2 油圧駆動チェーンソー

計測は本機の前ハンドル部と後ハンドル部にそれぞれ三軸圧電型加速度ピックアップをホースバンドにて取り付けて行った。振動計は0~100G、2~10,000Hzの測定範囲を有するもので、この電圧出力をデータレコーダに一旦記録し、後に再生、デジタル量化しF.F.T.を使用して1/3オクターブスペクトル分析を行った。切削実験は約40cmφの木材(含水率27%、桜)を玉切りした。記録は床上で空転させた場合、手持ちで空転させた場合、上記の切断作業を行った場合

の3通りについて行った。

3. 測定結果および考察

1/3オクターブスペクトル分析の結果の一例を図19に示す。

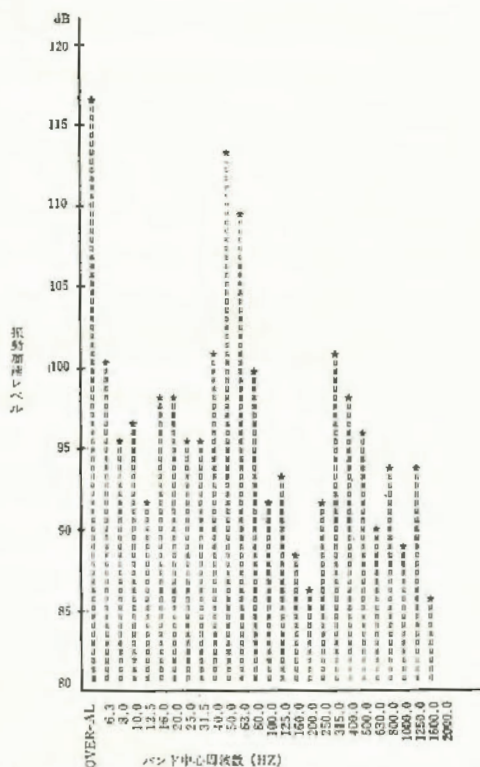


図19 1/3オクターブスペクトル分析結果

これらのスペクトル中の最大値およびそのバンド幅中心周波数を表1に示す。表2に工具振動レベルを一覧にして示す。

表1 1/3オクターブ分析スペクトル最大値

前ル ハンド	振動方向	① 床上空転		② 手持空転		③ 玉切り中	
		dB	Hz	dB	Hz	dB	Hz
前ル ハンド	X	87.6	(50)	100.3	(125)	115.7	(63)
	Y	81.6	(500)	91.1	(//)	108.0	(50)
	Z	91.8	(500)	92.8	(//)	110.3	(50)
後ド ハル ン	X'	93.2	(500)	107.6	(//)	117.7	(50)
	Y'	97.3	(1000)	97.5	(//)	113.3	(50)
	Z'	103.0	(125)	104.8	(//)	119.1	(50)

() 内はそのスペクトルバンド中心周波数

表2 工具振動レベル

前ル ハンド	振動方向	① 床上空転		② 手持空転		③ 玉切り中	
		dB		dB		dB	
前ル ハンド	X	82.7~83.6	83.0~94.8	86.9~113.6			
	Y	72.3~75.3	78.2~97.9	92.2~109.3			
	Z	77.8~79.2	73.7~93.9	91.2~111.4			
後ド ハル ン	X'	86.2~104.4	98.4~107.1	102.7~118.6			
	Y'	85.4~93.3	91.4~111.2	100.4~116.8			
	Z'	93.9~104.1	92.4~110.4	101.1~119.9			

測定の結果を見ると、動力源より発生する振動は極めて小さく良好な結果を示している。ただし切断中は振動が1Gに近い値が発生しているのが認められる。これは鋸刃より発生すると思われるが、チェーンソーである限り止むを得ないものであるかは尚調査を要すると思われる。当面はより良い防振ハンドルや手袋等の伝播防止装置の利用が望まれる。

掘削工事の安全化

粘土鉱物の石灰処理

土木建築研究部 前 郁夫・鈴木芳美

1. 研究目的

石灰処理をはじめとする地盤安定処理の各種工法の安全性を考慮する際にはその化学的立場からの検討を重視する必要があるが、これまで自然地盤の複雑さと多様性のため十分な検討がなされてきたわけではない。

今回は昨年度に引続きカオリナイト・モンモリロナイト・パイロフィライトを主体とする各粘土を対象として石灰処理を施した場合の化学的変化を主にX線回折試験により検討し、さらに一軸圧縮強度測定等を中心にその処理効果についても検討した。

2. 実験方法

各粘土について気乾後 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を0~30%の数段階で十分に混合し、原粘土に対する最適含水比の蒸留水を加えて十分に混練後ハーバード型小型締固め試験装置を用いて一定条件の下に締固め供試体を作成した。供試体は作成後直ちに密閉状態として養生した。養生後の供試体を粘土種・石灰混合量・養生期間別に各々同一条件の下で一軸圧縮試験・X線回折試験等に供した。

2. 結果

石灰処理粘土の締固め供試体の一軸圧縮強度は、室温養生の場合2~10週で、高温(60°C)の場合2~4日で強度の発現をみる。その効果は石灰量が高いほど高い傾向があるがパイロフィライトの場合は5~10%で最も効果がある。図20にパイロフィライトの例を示す。

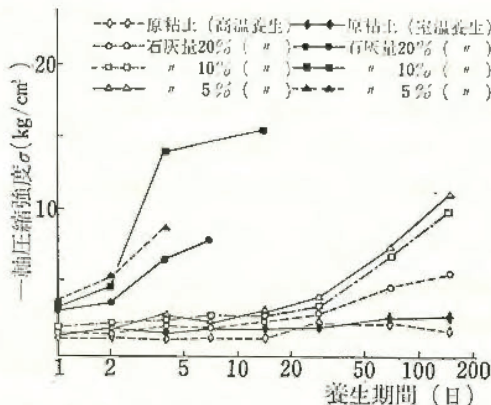


図20 養生期間による一軸圧縮強度の変化 (パイロフィライト)

粘土中に混合した石灰は養生期間と共に粘土表面への吸着・イオン交換あるいは反応生成物の生成のため消費され強度発現に寄与する。石灰のX線回折線の相対強度は粘土種・養生条件にかかわらず養生期間と共に

漸減しあるいは消滅する。図21にはカオリナイトの例を示した。反応生成物としてはカオリナイトでアルミン酸石灰水和物が、モンモリロナイトでケイ酸石灰

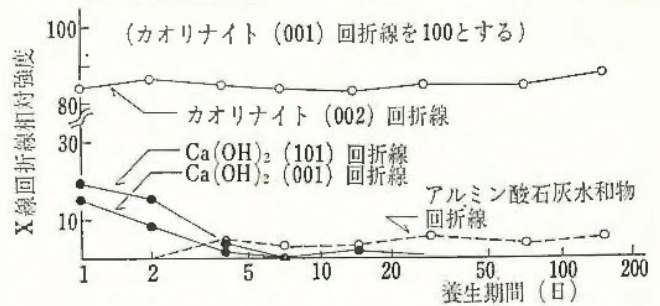


図21 各X線回折線の相対強度の変化

水和物等が確認されたが、パイロフィライトでは認められない。

一方粘土中に混合した石灰量は図3に示すようにX線回折線相対強度と比例関係にあり粘土中の石灰の消費量をX線試験により知る事ができた。

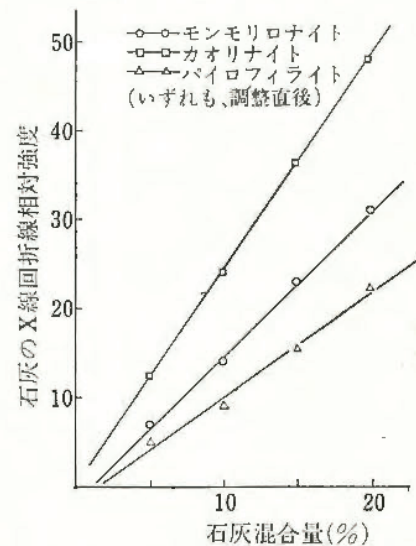


図22 粘土中に混合した石灰量とそのX線回折線相対強度

粘土中に残存する石灰量をX線回折線の相対強度として捕えると一軸圧縮強度との間には図23の例のように直線関係が認められ両者の関係位置は当初の石灰混合量により定まった直線上を養生期間に従って矢印の方向へ移動する。従って粘土種・養生条件等によって石灰処理粘土の最終的な圧縮強度あるいはそれらを得るために必要な石灰量・養生期間等の推定の可能性を示唆する事ができた。(TN77-10参照)

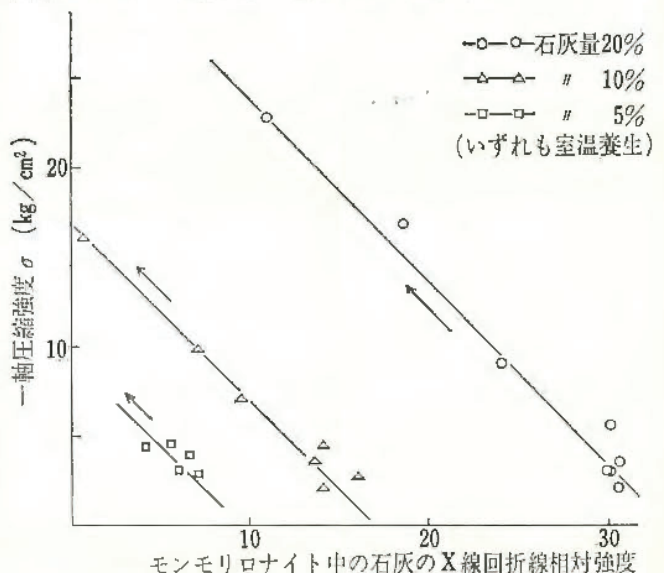


図23 モンモリロナイト中の石灰の消長と圧縮強度

土砂崩壊災害の発生条件の分析

土木建築研究部 前 郁夫・鈴木芳美
堀井宣幸

1. 研究目的

建設工事における土砂崩壊災害は、在来型の災害といわれ、毎年繰返し発生しており、しかもその中には重大災害が含まれている。この種の災害の背景としていくつかの問題点が指摘されているが、対象が自然地盤であるため、その発生形態も複雑多岐にわたっている。有効な防止策の樹立のために、災害の発生条件の把握が重要であり、これらの要因について分析した。

2. 地質要因に関する分析

岩種・地層年代・崩壊の形態等、地質に関連する要因について分析を行った。表4、5にその例を示す。これらの結果をさらに検討すると、過去の土砂崩壊災害には、イ) 前新生代の花崗岩類地域での落石によるもの、ロ) 新生代第三紀の泥岩層地域等での硬軟互層のために起因する剝離型の崩壊によるもの、ハ) 沖積・洪積世の火山灰・段丘堆積物・崩壊土などの地域での未固結土砂の滑動型の崩壊によるもの、以上の3種類の大きなタイプがあることが判明した。

表3 土砂岩石崩壊による死亡災害・重大災害件数
() 内死亡者数

年 度	48	49	50	51
切取斜面	35 (39)	26 (31)	42 (53)	39 (59)
溝 掘 削	33 (34)	27 (27)	28 (29)	36 (36)

表4 岩種別分類

変成岩	片岩・片麻岩類	8
火成岩	花崗岩類	20
	流紋岩類	2
	安山岩類	5
	玄武岩類	2
	その他・不明	3
堆積岩	凝灰岩類	3
	泥岩・砂岩類	29
	その他・不明	3
未固結堆積層	ローム・シルス等	10
	砂 丘	1
	段丘堆積物	14
	崩壊土類	14
	その他・不明	12
人 工	盛土・ずり等	8
	その他・分類不能・不明	8

表5 崩壊形態別分類

落石型	浮石型	キレツ	23	
		硬軟互層	3	
		転石型	崖すいなど	4
		段丘など	5	
		花崗岩など	4	
剝離崩落型	岩 盤	割れ目	14	
		硬軟互層	12	
		柱状節理	3	
		土 砂	未固結土砂	53
		不連続面	1	
		土石流	11	
滑 落 型	岩 盤	断層岩脈	0	
		流れ盤	1	
		土 砂	崩積土	8
		粘質土	0	

表6 崩壊地山の高さ・勾配

高さ(m)	勾配(°)					小計
	0~39	40~59	60~79	80以上	不明	
0~9	1	6	30	7	7	51
10~19	2	6	6	4	3	21
20~29	2	6	5	3	3	19
30~49	1	6	1		1	9
50~99	3	1	2			6
100以上	1	2		1		4
不 明	2	5	9	2	14	32
小 計	12	32	43	17	28	142

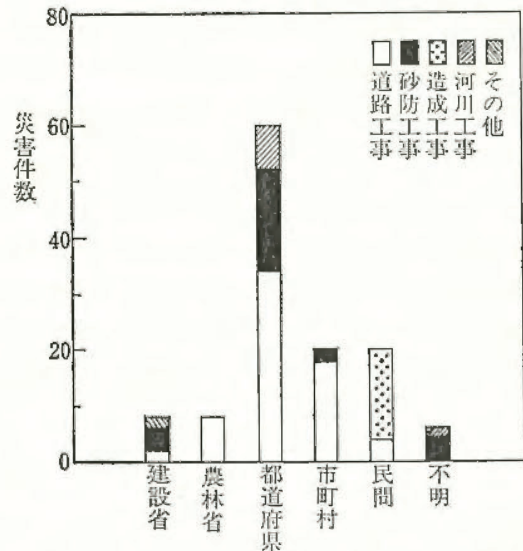


図24 発注機関・工事種別災害件数

3. 工事関連要素・管理関連要素に関する分析

土砂崩壊は、30m未満の高さの地山(法面)に集中しており、なかでも10m未満の低い地山で全体の40%近くが発生している。また急斜面での崩壊が多く、勾配が60度以上の地山で半数近く起っている。崩壊部の規模も小さいものが多く、崩壊幅、崩壊高さともに10m以下で、崩壊した土量も50m³以下の場合が大部分を占めている。概して、急勾配で高さの低い地山の比較的小規模な土砂崩壊によって災害が発生していることがわかった(表6)。都道府県等の地方公共団体発注工事において最も多く災害が発生しており、その工事種類も道路工事において発生したものが圧倒的に多い結果となっている(図24)。

4. あとがき

以上、過去に発生した約140件の土砂崩壊災害について、地質学的要因と工事関連および管理関連の要因に関して、概略的分析結果とそれに基づく若干の考察を示したが、さらに詳細な要因について引き続き分析を行う予定である。

粉じん爆発危険性とその防止

浮遊粉じん中における着火伝ばの光学的研究

—ポリエチレン及びコルク粉じん火災—

化学研究部 松田東栄・内藤道夫

1. 近年工業的に取り扱われるようになった可燃性粉じんの種類や量は飛躍的に増大し、それとともに粉じん爆発や火災の危険性が著しく高くなっている。これらの災害予防に関して、粉じん雲中における火炎の伝ばやその燃え拡がりの機構を、前年度に引き続き実験的に検討した。あわせて、光学的手法を適用して火炎伝ばの様相を視覚化することを最終的に試みた。

2. 燃焼容器は内径7.5cm、高さ約2mの垂直硝子管で、その上部から粉体試料を浮遊分散させ下部で電気火花による着火を行なう。着火の直前に配管上部を密閉することにより、定常上向火炎伝ばを観測することができた。光学的手法として、マッハツェンダー干渉法およびシュリーレン法を採用し同時に伝ば火炎を高速度撮影することにより視覚化した。

3. ポリエチレン粉じん雲での下限界近傍での火炎伝ばは、平均粒径によって次の3種に分類できる。

(i) 約90 μm 以下の場合、粉じん粒子または粒子群に独立した薄い青色の火炎を次々と形成して不連続的に伝ばする。

(ii) 上の場合より粒径が増すと黄橙色のやや厚い火炎が形成され、その中には幾つかの粒子または粒子群に独立した火炎が周囲の火炎と融合して点存する。

(iii) 少なくとも125 μm 以上の粒径では長い黄橙色の火炎を示し、その先端は暗い均一な拡散炎のようにみえるが、下部は明るい不均質な火炎で大小の沈降落下するエンベロープ炎状のものやそれらの融合火炎を含む。

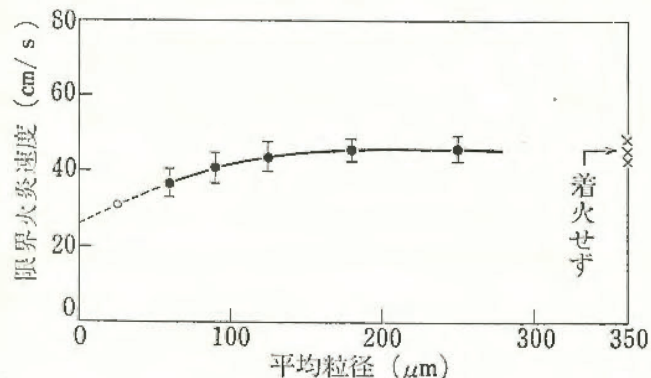


図25 ポリエチレン粉じん火炎の限界火炎速度と平均粒径の関係

これらの限界火炎の伝ば様式は、図25に示す限界火炎速度に対応して変化する。平均粒径が十分小さい場合の限界火炎速度は混合ガスの値に一致すると推測で

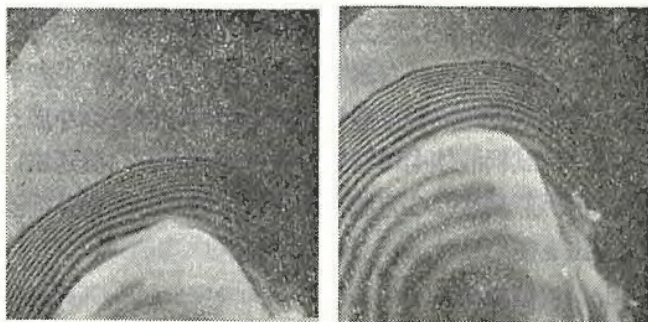
きることから、限界火炎では高温燃焼ガスの浮力上昇に支えられて伝ばすると考えられる。粉じん濃度を増すと、全体的により大きい粒径の場合の火炎伝ばに近づき、全体的な拡散火炎での伝ばが支配する。

4. コルク粉じん雲中での燃焼下限界および限界火炎速度は、平均粒径によらず一定になることが確認された。また、限界火炎はいずれの粒径においても独立した粒子状拡散火炎が多数みられる特徴を示した。これらの粒子状火炎を高速度写真撮影することによって、それぞれの粒径における燃焼時間や火炎直径の変化などを検討することができた。その結果、粒子の二段階燃焼や初期径に対する最大火炎径の割合などが明らかになった。コルク粒子の燃焼は、炭じんや液滴群燃焼と類似点がみとめられるとしても、火炎前方での粒子の挙動はコルク粉じんが著しく浮遊しやすいことを示す。このため、いずれの粒径においても限界火炎では不連続的な火炎伝ばを行うものと考えられる。しかし、粒径が大きい場合粉じん濃度の増加につれ、単独拡散火炎が互いに融合して粒子群に共通した拡散火炎が付け加わるようになる。

コルク粒子の火炎はいずれも黄橙色で青炎は観察されないが、ポリエチレン火炎と較べて粉じん粒子の浮遊性が高い場合に不連続的な粒子状火炎伝ばが起ると言える。図26は、二種類の粉じん火炎の伝ばを比較したもので、全体的な拡散火炎と粒子状火炎を示す。

(TN-77-6, 同7参照)

(A)



(B)

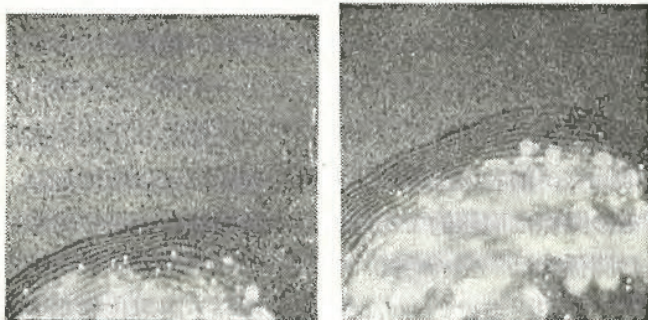


図26 ポリエチレン (A) とコルク (B) 粉じん火炎の干渉図と火炎伝ばの写真

ガス爆発危険性とその防止

可燃性液体の引火温度の体系化

—JIS 引火点と下部引火点, 上部引火点の関係—

化学研究部 柳生 昭三

1. 研究目的

可燃性蒸気の飽和濃度が爆発下限界に相当する温度を下部引火点, 同じく爆発上限界に相当する温度を上部引火点と定義すれば, この二つの引火点は可燃性液体の液面上空間におけるガス爆発を予防する場合に必要なもっとも適切な引火点である。従来, 下部引火点は JIS 密閉式試験器による引火点がこれと同等のものと考えられていたが, これには疑問がある。また, 上部引火点の実測された例はきわめて少ない。そこで著者は, 多くの可燃性液体の下部引火点と上部引火点を実測し, これらの値と JIS 引火点との関係を検討して, 適正な引火点を簡易に求める方法を考察した。

2. 実験装置および方法

下部引火点と上部引火点を測定するには, 液体恒温槽に入れた内径 5 cm, 長さ約 20 cm の燃焼筒に, 一定温度で可燃性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火炎伝ば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, 火炎伝ばの有無の限界の槽温度を引火点と定める。この限界温度は蒸気の爆発下限界と上限界に対応して二つあり, 低い方が下部引火点, 高い方が上部引火点である。燃焼筒に飽和蒸気と空気の混合物を満たすには, 試料液体中に空気を吹込む方法 (流通法) と, 自然蒸発させる方法 (静置法) の二つがあり, 適宜両法を使用した。

3. 実験結果

JIS 引火点には, 測定が広い温度範囲でもっとも簡易に実施できるペンスキーマルテンス試験器を基準として用い (以下 P 引火点), その値と下部引火点および上部引火点との関係を, それぞれの温度差であらわした。図27に同一試料についての P 引火点と下部引火点の関係を示す。すなわち, P 引火点より下部引火点は低く, 前者の上昇により両者の温度差は増加した。その関係は直線的であり, 最小自乗法を適用して求めた関係式は $\Delta t_1 = -0.065P - 2.1$ である。P 引火点と下部引火点は, とともに蒸気の爆発下限界に相当する温度であるにもかかわらず, その間にこのような差を生ずる理由は, P 引火点では蒸気濃度が飽和に達して

いないこと, および着火源の位置と強度が火炎伝ば性を論ずる場合に不適当であることなどが考えられる。

つぎに, 図28に同一試料についての P 引火点と上部引火点の関係を示す。すなわち, P 引火点より上部引火点は一般に 25~45°C 高いが, この関係はバラツキが大きい。また, 前者の上昇により両者の温度差は増加する傾向がある。そもそも, 上部引火点は蒸気の爆発上限界に相当する温度であるから, 爆発下限界に相当する P 引火点とは直接の関係はない。しかし, 有機化合物の同族体間に限定すれば, P 引火点と上部引火点の温度差も比較的良好な規則性を示すものである。

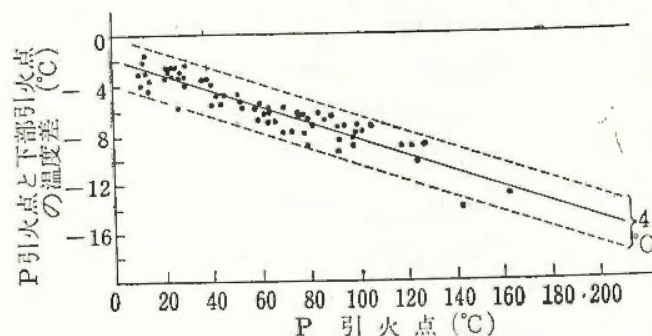


図27 P引火点と下部引火点の関係

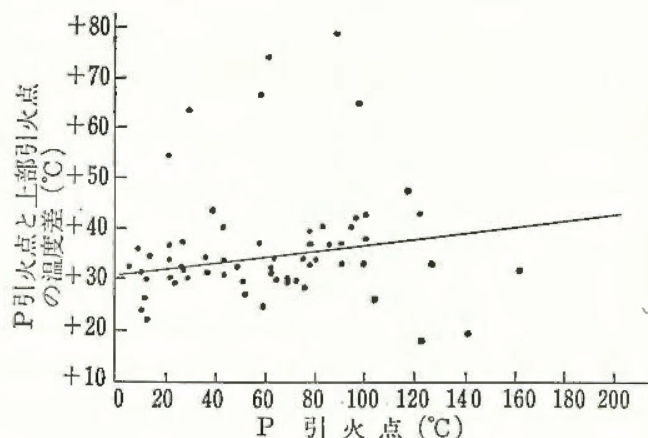


図28 P引火点と上部引火点の関係

4. 結論

下部引火点はすべての引火点中の最低温度を与えるので, 安全の見地からはこれを真の引火点とするのが適切であり, JIS 引火点は一つの規約にすぎず, これを引火性物質の危険限界温度とするのは正しくないと考えられる。下部引火点の実測はかならずしも容易でないが, 上記図27の関係を利用すれば, 実測容易な P 引火点から数°Cの誤差範囲でその予測ができる。一方において, 上部引火点は下部引火点の場合のような一定した関係を示さないため, 有機化合物一般について P 引火点のみからの予測は比較的困難である。

(RR-26-5 参照)

爆発及び爆ごう抑止器の 実用化に関する研究 (第2報)

—爆ごう誘導距離に及ぼす管路条件の影響—

化学研究部 林 年宏・松井英憲

1. 研究目的

管中で生じた火災は、最初は燃焼波として比較的ゆっくり伝播するが、混合ガスの組成が爆ごう限界内であれば、ある距離を伝播したのち急速に速度を増し、爆ごうへと転移する。火災伝播の阻止という観点からは、火災が生じてから爆ごうへ転移するまでに進む距離(爆ごう誘導距離、以下D. I. D. と示すことがある)を知ることは重要である。本報では、管中の火災伝播速度の測定をもとに、管の長さ、管端の開閉、火災伝播の方向、点火位置、管中の障害物、管路の途中のベンドやチーの存在などがD. I. D. に及ぼす影響についてしらべた。

2. 実験装置および方法

爆発管は呼び径1インチ(内径27.6mm)で、長さ

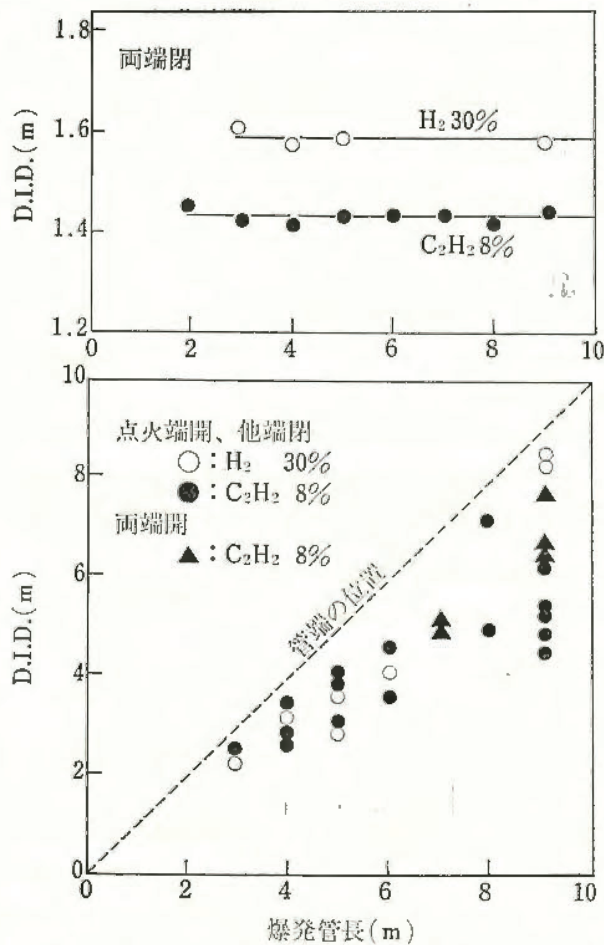


図29 爆発管の長さおよび管端条件が爆ごう誘導距離に及ぼす影響

は2.1mから9.1mまで変えられる。実験ガスは31%水素—空気および8%アセチレン—空気の予混合ガスである。混合ガスの初圧は大気圧で、点火はニクロム

線ヒータによった。火災速度の測定はイオン・ギャップ法によった。二点間の平均火災速度をその二点の midpoint における速度と定義し、点火源からの距離と火災速度との関係をひとつの曲線として描き、速度が1000 m/s となる点と点火源との距離をD. I. D. とした。

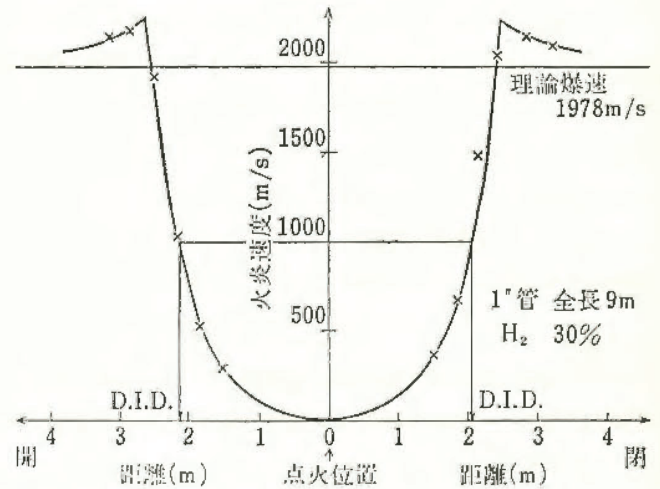


図30 管路の中央部で点火したときの火災速度の変化の例

3. 実験結果

a 爆発管の長さおよび管端の開閉の影響(水平管)

図29に例を示すが、点火端が閉であればD. I. D. は他端の開閉や管の長さに関係ない一定値となった。点火端開の場合には爆ごうへ転移しないことがあるが、転移しやすさと管長の間には明確な関係はなかった。転移した場合のD. I. D. は管長とともに増す傾向がみられ、点火端閉の場合より明らかに大きい値を示した。

b 火災伝播方向の影響

長さ4.1mの垂直管の上端あるいは下端で点火し、水平伝播の場合の結果と比較した。いずれのガスについても、管端条件が同じであれば、爆ごうへ転移する割合およびD. I. D. は伝播方向に影響されなかった。

c 管路の中央部で点火したときのD. I. D.

図30は、長さ9mの水平管の中央部で点火したときの、両管端へ向かう火災の速度変化の例であるが、速度変化のパターンは管端条件に影響されず、両方向について同じD. I. D. となり、その値は点火端閉の場合より大きい値を示した。

d その他

管路の障害物が爆ごうへの転移を促進し、D. I. D. を著しく減ずることが確認された。管路の途中に管継手がある場合については、それらが爆ごうへの転移にどう影響するか、また、転移後の爆ごうがこれらの継手によって一時的に弱められることがあるか、などについて検討し、有益な知見を得た。(TN-77-5参照)

球面ガス爆ごう波の直接起爆限界エネルギー

化学研究部 松井 英憲

1. 研究目的

大気中へ多量の可燃性ガス・蒸気が漏洩して空気と混合し、爆発性蒸気雲が形成され、何らかの着火源によって点火が行われた時、この蒸気雲が空間ガス爆ごうを生ずるか否か、もし生ずるとすればどの様な点火条件の時であるかを明らかにする。すなわち種々の可燃性ガスについて、ガス爆ごうの直接起爆限界エネルギー (Ecr.) を求め、これを以って爆ごう危険性の指標とすることを目的としている。

2. 実験方法

爆ごうの起爆源として内径5.3cmの管中の平面爆ごう波を用い、広い空間の種々燃料・酸素混合ガスを直接起爆させ、爆ごうが生ずる限界の初圧を測定した。この値から大気圧における起爆限界管径を実験式によって求め、この値を用いて気体力学的に混合ガスの起爆限界エネルギーを算定した。まず種々燃料・酸素混合ガスについてガス濃度を変化させ、最小の起爆限界エネルギーを与える燃料対酸素の比を決定した。次いで燃料と酸素の割合をこの比に固定し、徐々に窒素を添加してゆき、窒素の添加量を空気の組成にまで外挿することによって燃料・空気混合ガスの最小起爆限界エネルギーを推定した。

3. 実験結果

図は種々ガス濃度に対する大気圧における起爆限界エネルギー値をプロットしたものである。ガス濃度は燃焼生成ガスが CO と H₂O になると仮定した燃料ガスと酸素の割合を1としてガス濃度を分割した値で示した。この図から明らかな様に、炭化水素ガス濃度に対する起爆限界エネルギーの最小値は、燃焼生成ガスが CO₂ と H₂O になる完全燃焼組成付近ではなく、燃焼生成ガスが CO と H₂O になると仮定した不完全燃焼組成付近にあることが実証された。またガスの種類によって爆ごうの起り易さに格段の相異があることが判明した。すなわちアセチレンは最も爆ごうが起り易く、メタンは最も起りにくいことが分る。

次いで最も爆ごうが起り易い燃料ガス・酸素の組成に窒素を添加してゆき、これを空気の組成にまで外挿して得られた燃料・空気混合ガスの解放空間での最小直接起爆限界エネルギーの推定値を表7に示した。この表で最小起爆限界管径とは、同一組成の管中の平面爆ごう波を解放空間の可燃性混合ガスへ打ち込んだ時広い空間で爆ごうが直接に生ずる限界の管径を示しており、右欄のガス濃度の時にこれが最小値となる。最

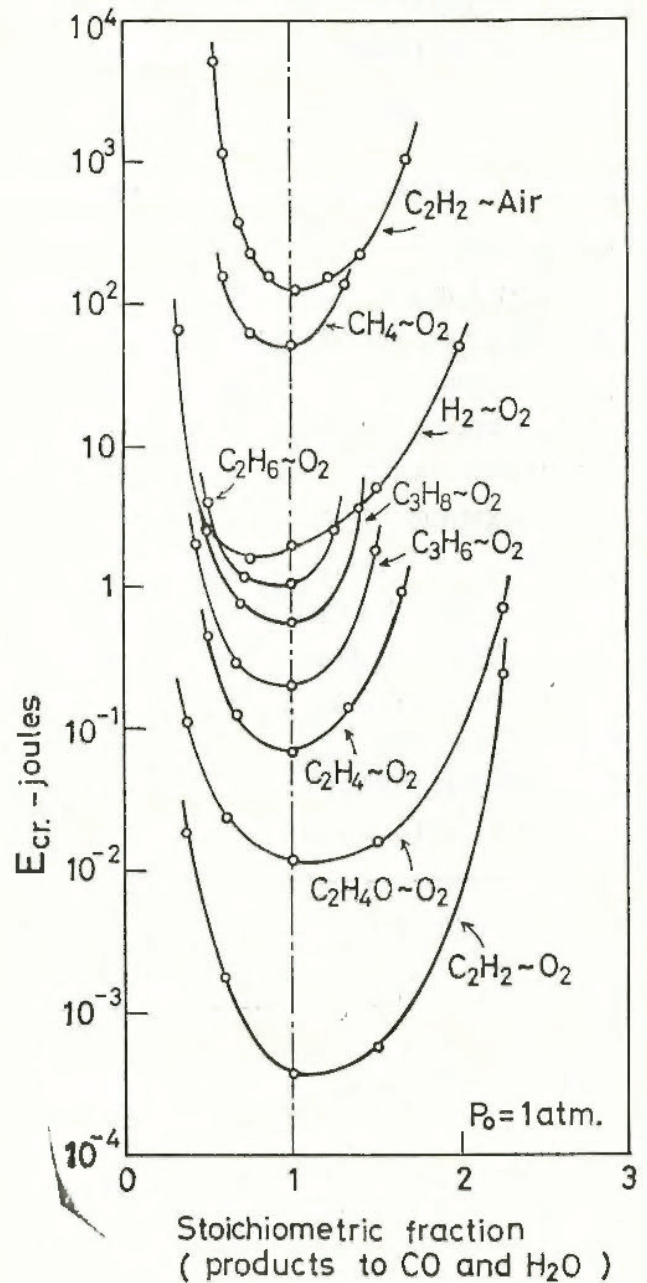


図31 ガス組成と球面爆ごう波の直接起爆限界エネルギー

表7 炭化水素・空気混合ガス球面爆ごう波の最小起爆限界エネルギー

ガス	最小起爆限界管径 dcr. [cm]	最小起爆限界エネルギー Ecr. [J]	ガス濃度 [Vol. %]
アセチレン	8	1.3×10^2	12.3
エチレンオキサイド	30	7.6×10^3	12.3
エチレン	80	1.2×10^5	9.5
プロピレン	150	7.5×10^5	6.6
プロパン	220	2.5×10^6	5.7
エタン	280	5.1×10^6	7.7
メタン	1,020	2.3×10^8	12.3

場合に較べて約5桁位大きいことが分る。これらの値は火薬を起爆源に用いた時の結果と良い一致を示す。

(RR-26-4 参照)

某ビル煙道の爆発事故の実験的検討

木下 鈞一・内藤 道夫
杉本 旭・深谷 潔

1. 爆発事故の概要

昭和51年11月30日東京新宿区の某雑居ビル内の温水ボイラー用の煙道で爆発が起り、飛散した建築物の破片等で多数が負傷した。使用されていたボイラーは立型多管式、自動火花着火方式で燃料はA重油であった。調査結果からボイラーの管理は十分ではなく、また一方煙道の断面も構造用の大梁が露出していて排ガスを円滑に屋外に排出するには不適当な断面形状であった。爆発原因は着火制御機構が不十分で未燃ガスが煙道に流れたあと着火し、爆発に至ったものと思われる、実験もこの点に留意して行った。

2. 実験

実験は1/10の縮尺の模型によることとし、擬似ボイラーとして電気ヒータを用いた。擬似ボイラーへの供給空気量、時間の長さ、煙道の材料(ケイカル板を使用)等は実大煙道及びボイラーの運転状況を考慮に入れ、相似則によって決定した。実験の手順は、

- 1) 擬似ボイラーに19.7ℓ/m (実大供給量の1/316)の空気を押し込み、ボイラー燃焼状態として煙道を加熱した。
- 2) 約1時間位加熱し、壁体温度など定常状態となったとき加熱を停止する。流入空気量、各部の温度を2分間隔で自動記録させた。
- 3) スモークワイヤー法で煙道内の空気の流れの状態を観察窓より写真撮影した。
- 4) 加熱停止約6分後(ボイラーの燃焼時間間隔の1/3.16)に約7秒間(燃料噴霧時間に相当)だけ蓄煙箱の白煙を煙道に流入させた。これを75秒間隔(実大では未着火のとき2~3分間隔で燃料噴霧がくり返されていた)でくり返した。

5) このときの煙道内の白煙の濃度をCdsフォトセルによって連続的に測定した。

3. 実験結果

- 1) 温度の測定結果から煙道内の温度差による圧力差、擬似ボイラーの圧力損失、流入空気量、図33に示す。
- 2) 煙道の断面

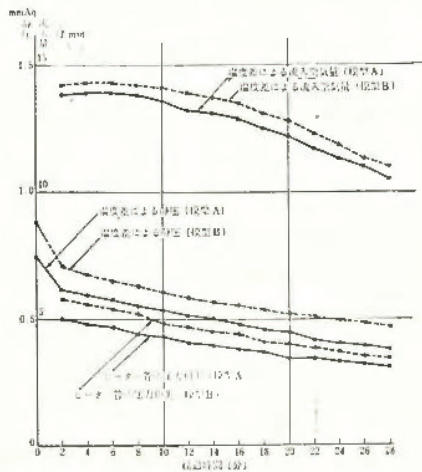


図33 温度差による静圧、流入空気量、及び擬似ボイラーの圧力損失と加熱停止後の経過時間との関係

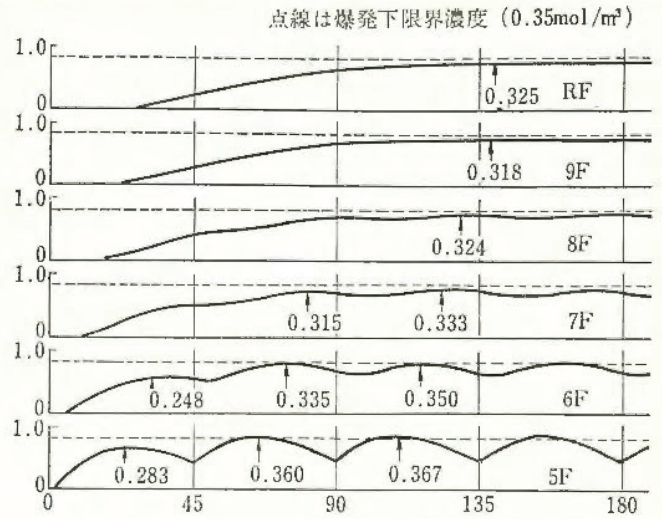


図34 45秒間隔で未燃ガスが煙道に流れたとき、各階における濃度比及び濃度と爆発限界(点線)との関係

の急拡大部分(3F)における白煙の濃度の時間に対する変化の測定結果をもとにして各階の煙道の濃度変化を計算によって求めた。これを図3に示す。計算式は η_n をn階の濃度のステップ応答関数、 ϕ_n をn階への流入濃度とすればn階の濃度 C_n は次式で表わされる。

$$C_n = C_{f0} \int_0^t \phi_n(t) \times \eta_n(t - \tau) d\tau$$

3) 図34で点線で示した水準は未燃ガスを C_9H_{20} であらわしたときの爆発下限界(0.35 mol/m³)の線である。事故当時ボイラーの重油消費量は21.7ℓ/hで正味燃焼時間を30分とすると、 C_9H_{20} の1分子当りの重量は0.128kgであるので20秒間の重油消費量は0.2kg(1.6 mol/m³)となり、実験及び計算結果から図中に示すように爆発下限界をやや上まわる濃度となることがわかった。これより着火源があれば爆発起り得ると思われる。

(TN-77
—2参照)

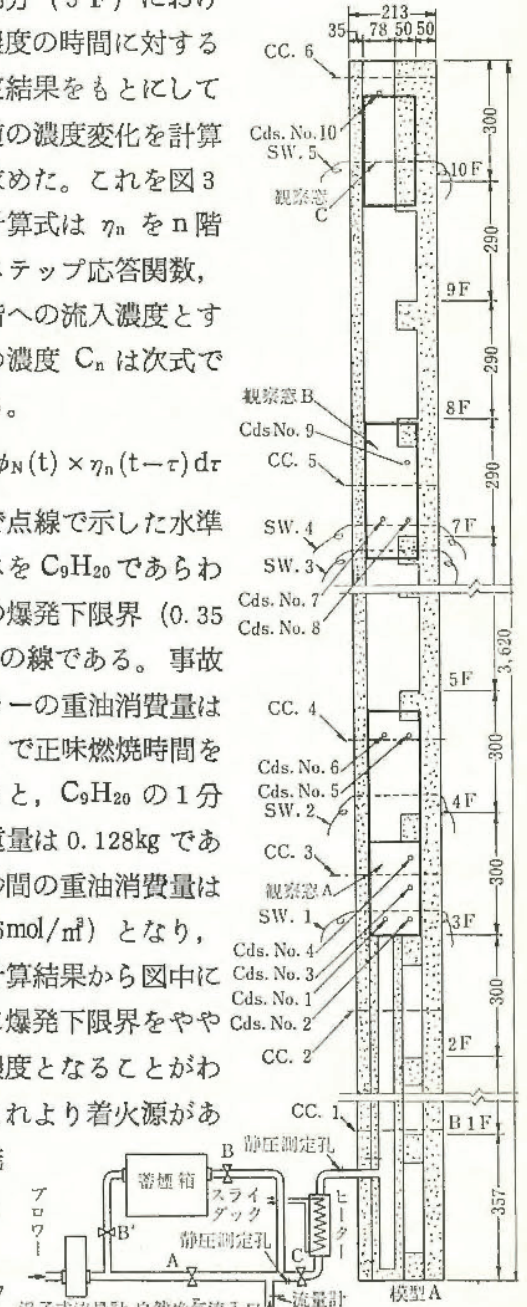


図32 煙道模型(縮尺1/10, SWはスモークワイヤー, ccは熱電対を示す)

固体等の燃焼爆発危険性とその防止

堆積粉じんの自然発火機構

—自然発火試験装置とその性能—

化学研究部 琴寄 崇・内藤道夫

1. 研究目的

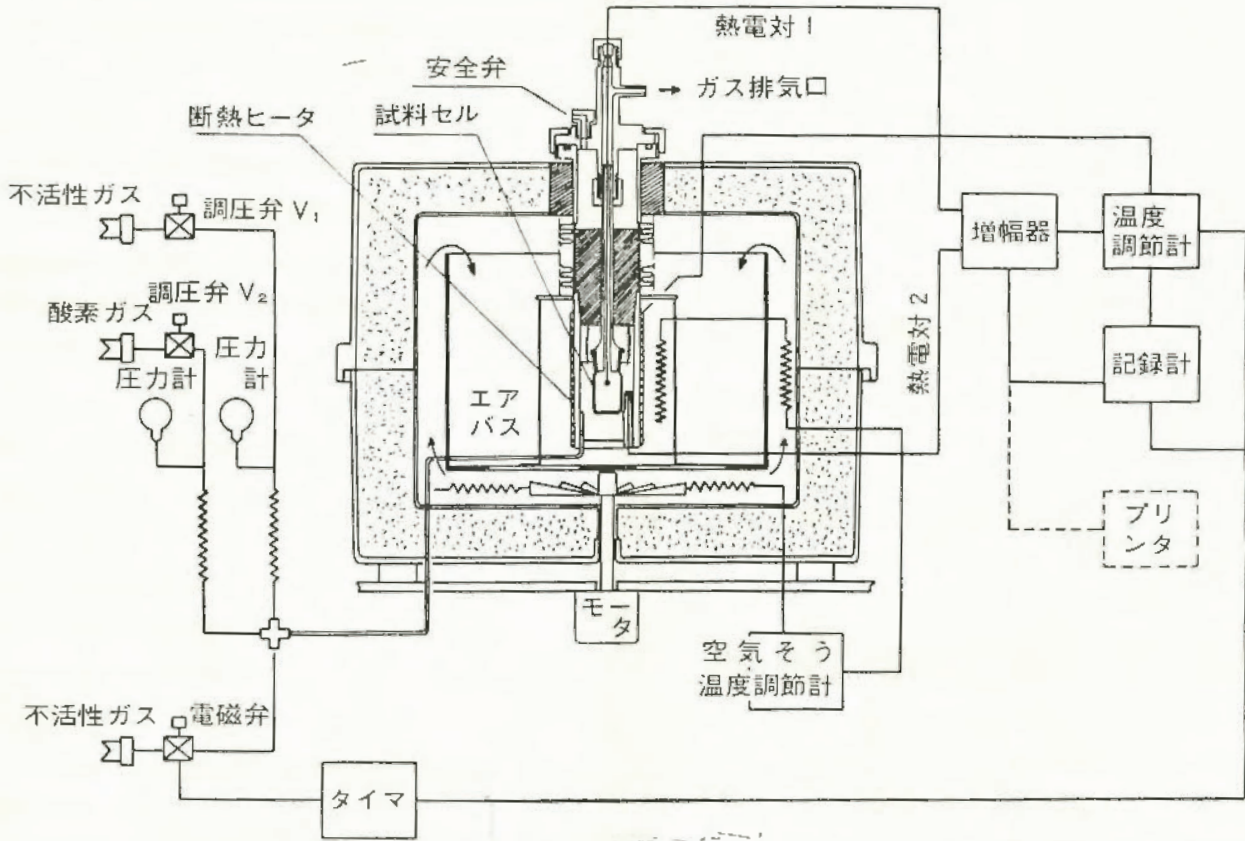


図35 自然発火試験装置の構造

自然発火現象は古くからよく知られた現象であるが、これを測定する装置の断熱制御方式は、これまでのところ ON-OFF 制御に類するものが多く、高度な厳密さに欠けるところがあった。そこで我々は近年発達して来た PID-SCR 制御技術を応用して、断熱制御のより完全な実現をはかった装置を製作し、自然発火現象をより精密に測定することを目指した。

2. 装置の性能および実験結果の一例

図35に本装置の構成を示す。PID-SCR制御方式を基本とし、さらに種々改良を加えたところ、 $\pm 0.002^\circ\text{C}$ 程度の断熱制御精度を達成することができた。その結果、試料容器内に $5 \mu\text{cal}/\text{sec}$ 程度の微量な熱量を人工的に発生させつつ断熱制御させた場合、容器温度が $0.015^\circ\text{C}/\text{min}$ の速度で直線的に上昇して行く等といった機能が観測されるに至った。

堆積粉じんの一つのモデルとして、脱脂綿に純粋のリノール酸を付着させた試料につき、周囲温度と発熱開始までの経過時間との関係を測定した結果を図36に示す。これによると、 55°C を境として高温側と低温側

とでは酸化発熱機構が異なるらしいことがわかる。また、ここに示された関係に基づけば、この試料は 30°C においては約58時間で発熱を開始することが期待される。このように本装置を用いることにより、少量の試料につき、固体・粉体・液体を問わず、比較的簡便・安全・正確に、また再現性よくそれらの自然発火性を測定できるようになった。

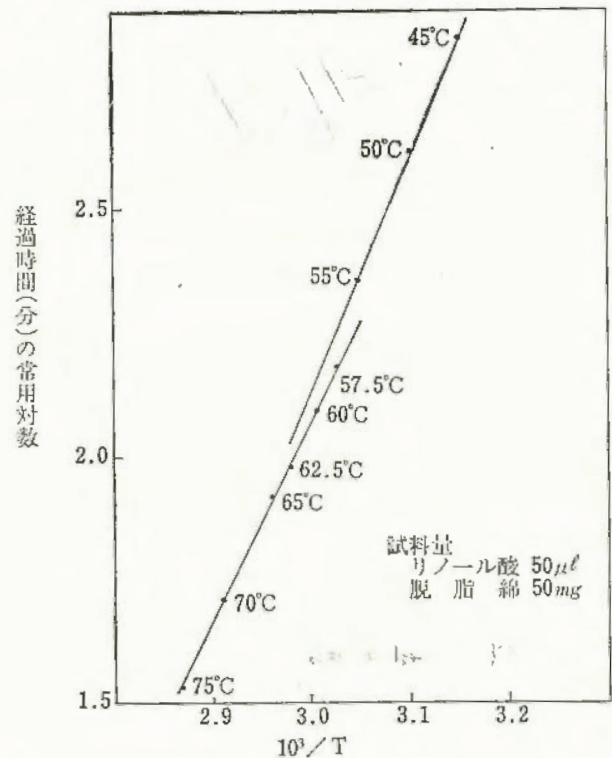


図36 リノール酸の発熱開始までの経過時間と周囲温度との関係 (常圧酸素中)

電気設備による点火危険性とその防止

プラスチック製フランジのセーフ・ギャップ (第2報)

—フランジ表面の焦げと消炎性能の関係—

化学研究部 鶴見平三郎

1. 研究目的

第1報では、セーフ・ギャップの寸度が、ギャップを構成するフランジの材質の熱伝導度による依存性がないことを実験的に解明した。したがって金属製フランジのかわりにプラスチック製フランジを耐圧防爆機器のフランジとして用いた場合には、フランジ表面の熱的变化がない限り、そのセーフ・ギャップは同一と思われる。しかし、プラスチック製のフランジのギャップを火炎が通過する際、その材質によって程度の差があるにしても、その表面が焦げ (smouldering) の現象をおこし消炎効果に影響を与える。この研究は、代表的な熱可塑性プラスチックを用い、フランジ表面の焦げと消炎効果について解明することを目的とした。

2. 実験装置および方法

装置は、球状の内容積 8,000ml の標準容器、ドーナツ状の外部ガス室、ガス混合装置、計測装置および排気装置よりなっており、火炎伝ば方法は、標準容器の中心点火、3 次元伝ばである。使用した燃料は、水素空気系混合ガスである。

この研究の対象として取りあげたプラスチックの材料は、つぎのとおりであり、標準容器のフランジ面に装着して実験を行った。

ここでABSとは、スチレン・アクリロニトリル・ブタジエン共重合体樹脂を意味し、ポリアミドは、ナイロン6を用いた。

セーフ・ギャップの決定方法は、15回の連続実験において、その全数が下部容器に火炎伝ばをおこさない限界の寸度とした。

3. 研究結果

ポリアミドおよびポリビニール・クロライドについては、材料の表面の焦げが著しく、セーフ・ギャップを測定することが不可能であった。

したがってABS樹脂およびポリカーボネートを材料として用いた場合についての研究結果を以下に記載する。

筆者がさきにこの研究と同じ装置および実験方法により行ったSUS304を用いたフランジの場合と比較すると図37のとおりであり、これによっていえることは、つぎのとおりである。

(1) 水素空気系混合ガスの濃度が、当量濃度よりも

かなり低い場合、この図からわかるように、焦げるような物性をもつプラスチック材料の消炎効果も、金属の場合とあまり変化がなく、ほぼ同じ傾向を示した。このことから、この領域においては、フランジ表面の熱伝導度を含めての材料の依存性は認められないといえる。すなわち、この領域においては、実験ガスの濃度が濃い領域の場合に比較して焦げの程度もそれほど著るしくないことが観察されており、高分子材料の分

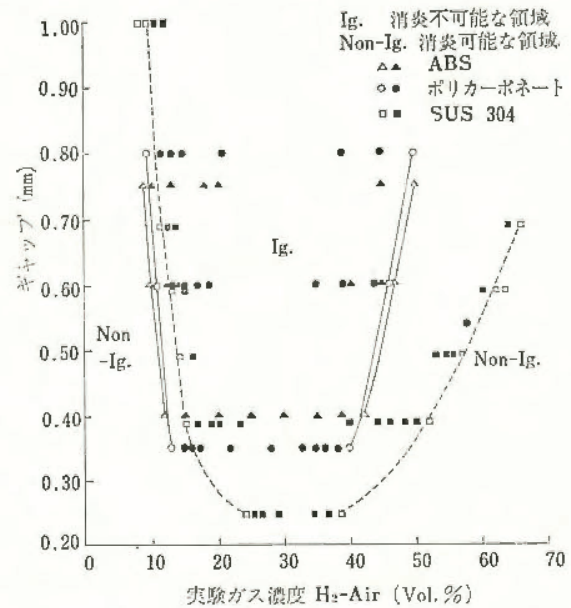


図37 金属を用いた場合とプラスチックを用いた場合のセーフギャップ限界曲線の比較

解その他に発熱量が寄与する割合が少なく、ギャップを通過する火炎の状態は、金属の場合とほとんど同様であり、したがってセーフ・ギャップに対する材質の依存性が表われなかったものである。

これに反して実験ガスの濃度が、当量濃度より濃い場合は、金属フランジの場合のセーフ・ギャップの曲線と、プラスチックのそれとは、かなりの相違を示すことがわかった。

(2) この研究の結論は、以下のとおりである。

焦げを発生するような材料をフランジ表面として用いる場合において、実験の回数を増加するばする程、焦げの程度が増すことは、この研究において観察され、この実験において採用した極めてきびしい条件である15回の連続火炎通過試験以上に回数を増やせば、焦げの程度は、ますますはげしくなることは、当然である。

しかし、この15回の連続実験においても、当量濃度よりはなれた領域について、ABS樹脂およびポリカーボネートにつき、セーフ・ギャップの限界曲線が解明され、その意義は大きい。

表8 研究に用いたプラスチックの物性測定結果

測定項目	測定法	単位	測定結果			
			ABS	ポリアミド	ポリカーボネート	ポリビニールクロライド
引張降伏強度	ASTM.D-638	kg/cm ²	360	740	647	670
引張破断強度	ASTM.D-638	kg/cm ²	300	785	592	640
燃焼速度	ASTM.D-635	cm/min	徐燃 3.3	自消	自消	自消

セーフ・ギャップの点火エネルギー依存性

化学研究部 鶴見平三郎

1. 研究目的

NASAの文献その他においては消炎距離を、ICBのそれにおいては、セーフ・ギャップについて、それぞれ報告されているが、点火エネルギー大小についてはふれていない。したがってこの研究では、実用工学的観点から、防爆機器内において極めて大きなエネルギーを用いて可燃性ガスに点火し、この際発生する爆発の挙動が、セーフ・ギャップにどんな影響をもたらすかを実験的に解明することを目的とした。

2. 実験装置および方法

エネルギー源としては、 $0.1\mu\text{F}$ から $4\mu\text{F}$ の容量のコンデンサーを用い、充電電圧 1KV より 14KV まで変化することによって、アーク・エネルギーの大きさを変えた。

使用したガスは、 $x\text{H}_2+\text{O}_2$ であり、実験は減圧下において行い、用いた爆発容器は、内容積 $8,000\text{ml}$ の球状容器である。

実験方法は、まず高エネルギーを与えた場合の爆発の挙動をしらべ、ついでセーフ・ギャップに対するその依存性を解明した。

3. 研究結果

(1) 爆発のパラメータの点火エネルギー依存性

図38に示す限界線は、最小点火エネルギーの 10^5 倍のオーダーの大きなエネルギーが与えられた場合、初圧と爆発により生ずる圧力の比が、表9に示すコンピュータを用いて計算した酸水素デトネーションの場合における初圧とC-J特性値の比に等しくなるような限界点をプロットしたものである。

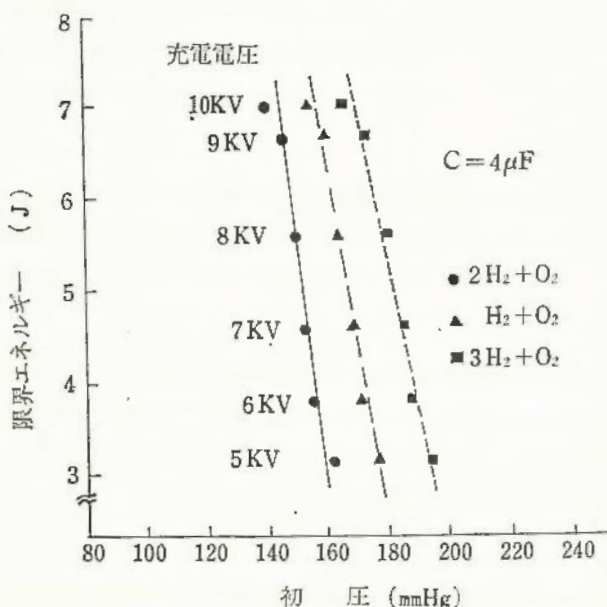


図38 爆発圧力が P_2/P_1 の境界値を示めす場合の限界曲線 (P_2/P_1 は表9参照)

表9 対象ガス別初圧に対するチャップマン・ジュゲー点の圧力の比

対象ガス	P_2/P_1
H_2+O_2	17.748
$2\text{H}_2+\text{O}_2$	18.732
$3\text{H}_2+\text{O}_2$	18.551

P_1 : 初圧, P_2 : P_{C-J}

図38および表9からえることは、一定の初圧条件下において、点火エネルギーを増加して行けば、発生爆発圧力においては、三次元の球状の空間においてデトネーションを生じた場合に発生する圧力と等価の圧力を生じうることを示している。

(2) セーフ・ギャップと点火エネルギー

図39に初圧を一定にした場合の点火エネルギーのセーフ・ギャップに対する関係を示す。

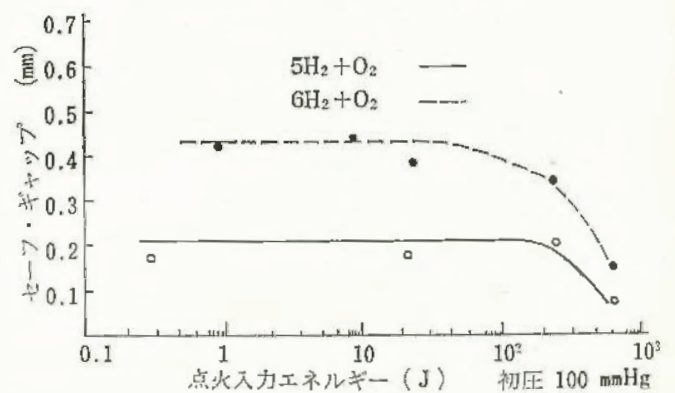


図39 セーフギャップと点火入力エネルギー関係

100mmHg の初圧条件下において、点火エネルギーが、 10^3 のオーダーに増加すれば、セーフ・ギャップは、約 $1/2$ に減少することが観察され、エネルギー源としてアーク・エネルギーを用いた場合、セーフ・ギャップは、点火エネルギーに依存性を有する限界値があることが明らかになった。このことは、この研究においてピエゾとイオン・プローブを用いて測定した最高爆発圧力到達時間、爆発圧力などの爆発のパラメータから限界点の所在が裏付けされた。

(3) この研究の結論は、以下のとおりである。

各種可燃性ガスのモデルとして $x\text{H}_2+\text{O}_2$ ガスを用いて行ったこの研究においては、セーフ・ギャップが点火エネルギーに依存する限界点があることが解明され、この現象は、対象ガスが必ずしも完全なデトネーションにならなくても認められることが明らかになった。したがって、応用工学的にみれば、耐圧防爆電気機器容器内において、点火源としてアーク・エネルギーが与えられた場合には、その値の大小は、容器フランジ間の限界スキの値に関係があり、スキの安全率の取り方が重要であることが明らかになった。

低圧電気回路の開閉火花による爆発性 ガスの点火限界

—加圧メタン—空気混合気の場合—

電気研究部 田中隆二・市川健二

1. 研究目的

現在の防爆電気機器は、一般に常温及び常圧（大気圧）下における爆発性ガスに対して点火源となりえないように設計・製作されたものである。防爆構造の一種である本質安全防爆構造の電気機器も例外でない。しかし、計測・制御などの機器に多く使用され、又0種場所にも使用を許されている本質安全防爆構造にあっては、近い将来、加圧爆発性ガスの下で使用すべき事態に到達するものと考えられる。かかる状況下で使用できる本質安全防爆機器の設計のためには、このようなもとの電気回路の開閉火花による点火限界を知らなくてはならない。そこで、加圧爆発性ガスとしてCH₄—Airの混合気について、低圧電気回路の開閉火花による点火限界を求めた。

2. 実験装置及び方法

実験装置は、図40にその概略を示すように、この実験用に設計された高圧ガス点火試験装置を用いた。同装置は、楕円体の圧力容器の中に、現在常温常圧の爆発性ガスに対する本質安全防爆機器の点火試験用として公認されたIEC形火花発生装置を内蔵している。実験は圧力容器内の爆発室を真空にした後、爆発室以外の圧力容器内を空気で、爆発室内をCH₄—Airの混合気で所定の圧力まで満して点火試験を行なった。点火限界の判定は、常温常圧下での点火試験方法と同一である。

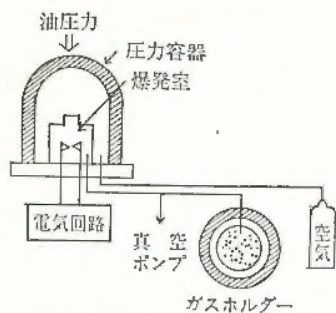


図40 高圧ガス点火試験装置の概略

3. 結果及び考察

予備実験として、加圧CH₄—Air混合気を点火するに要するエネルギーが最小になる濃度を求めた。その結果は、大気圧CH₄—Air混合気と同じく8.3～8.5% (vol.) であった。そのため、以下の実験はすべて上記濃度で行なった。図41は混合気を0～30 kg/cm²Gまで加圧したときの容量回路火花による点火限界を示す。これより圧力の増加は点火限界を減少

させるが、約15kg/cm²G以上になると圧力に関係なく一定になる。減少の傾向はコンデンサ容量が小さい程顕著で、最初の数気圧の間に急激に減少する。容量回路の火花エネルギーは、電極の消炎作用、導線のジュール熱、又放電に関与しなかった残留電荷など、種々の無効分を含むが、回路キャパシタンスCに蓄えられたエネルギー $1/2 C V^2$ (V: 充電電圧) で表わされる。そこで、大気圧における点火限界と、圧力に関係なく一定になる加圧部分での点火限界を、放電前にCに蓄えられた蓄積エネルギーで比較すると、大気圧での蓄積エネルギーは約2.3～3.6mJであるのに対して、圧力に関係なく一定になる加圧部分での蓄積エネルギーはC=0.05μFで約0.07mJからC=10μFで約1.7mJと、Cが大きくなる程増大する傾向がある。

図42は圧力を一定にしたときの回路キャパシタンスと最小点火電圧の関係を示す。大気圧における最小点火電圧は、C=10μFより小さい値ではCの増加につれてほぼ直線的に減少しているが、C=50μFではC=10μFの値に近く、ほとんど減少していない。点火限界が圧力に関係ない加圧部分として30kg/cm²Gにおける最小点火電圧は、C=3μF以上になると減少しなくなる。即ち、点火限界は回路キャパシタンスがある値以上になると、回路キャパシタンスの値にも関係せず一定となり、加圧下ではその現象が早く現われると考えられる。

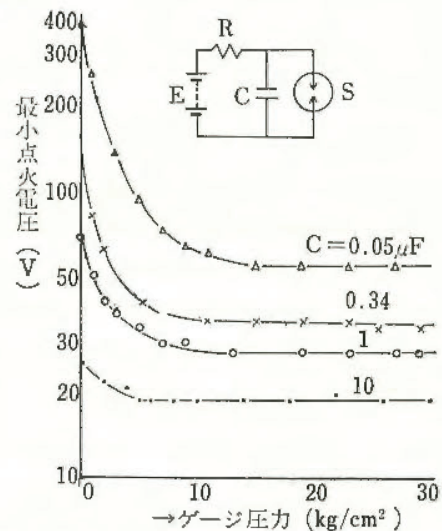


図41 最小点火電圧と混合気圧力の関係

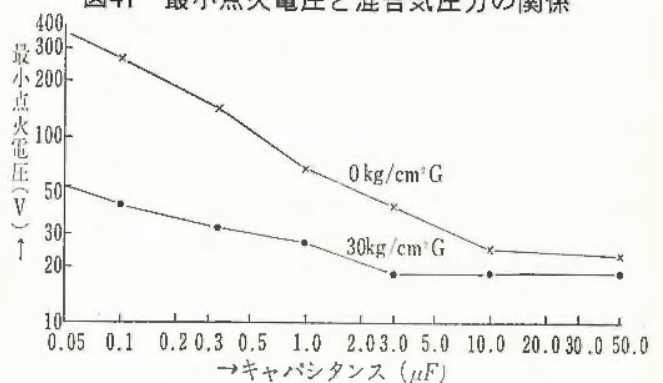


図42 容量回路のキャパシタンスの影響

高気圧環境下における固体有機絶縁材 料の耐アーク性

電気研究部 田中隆二・本山建雄

1. 研究目的

加圧下ふん囲気での電気的原因による火災防止の見地から、加圧下での固体有機絶縁材料の耐アーク性の研究を51年度から継続して進めた。51年度は標準試験装置による N_2 ガス加圧下での実験を試みたが、この装置ではより高い気圧での実験が不可能であることが判明したため、今年度は出力電圧50KVの装置を新たに製作し、これにより実験を進めた。

2. 実験方法

実験方法は、51年度と同様に主に ASTM-D-495 に定められた方法に準じた。実験条件は電極間距離を7.0mmとし、印加電圧を50KVとし、印加電流を10mA及び15mAとした。加圧気体としては乾燥空気及び N_2 ガスとし、加圧範囲は0~1.8MPa (ゲージ圧) とした。試験材料はメラミンガラス積層板、フェノール樹脂、ABS樹脂及びPC樹脂を用いた。なお1.0MPa \approx 10kg/cm²である。

3. 実験結果及び検討

図43は各試験材料の空気中における気圧-耐アーク性時間の実験結果を示したものであり、耐アーク性は、加圧により急激に低下する。これは加圧に伴う放電状態の変化によると考えられる。

加圧により放電開始電圧は上昇するが、放電は安定なアーク放電から不安定な間欠したアーク放電へと移行するためアーク時間は短くなる。一方、アークの形状は安定な弧状から不安定な帯状へ移行し、アークは試料面に接近する。放電形態の変化のうち、放電開始電圧の上昇及びアークの試料面への接近は耐アーク性時間を短くする方向に作用するが、アーク時間の減少は耐アーク性時間を長くする方向に作用する。

図43の実験条件では、放電開始電圧等の影響が大きかったためと考えられる。しかし、フェノール樹脂の場合、炭化等の絶縁破壊に費されるエネルギーが、表面に溝を形成する機械的なエネルギーへ変換されるため耐アーク性時間は多少の回復を示す。

図44はメラミンガラス積層板における加圧気体(空気と N_2 ガス)及び通電電流値(10mAと15mA)による影響を比較した結果である。同一電流値における空気と N_2 ガスとの耐アーク性時間と気圧の関係は、ほぼ同様の傾向を示す。一方、電流値に関しては、0MPa(ゲージ圧)における耐アーク性時間はほぼ同一値を示すが、加圧の初期において耐アーク性時間

に大きな差異が見られる。これは電流値が一般の大気圧中での試験と同様に、加圧下においても大きな影響を与えるためと思われる。

以上のことから、加圧下での耐アーク性は通電電流値、放電状態の変化及び材料の特性により決まると考えられる。(TN-77-3参照)

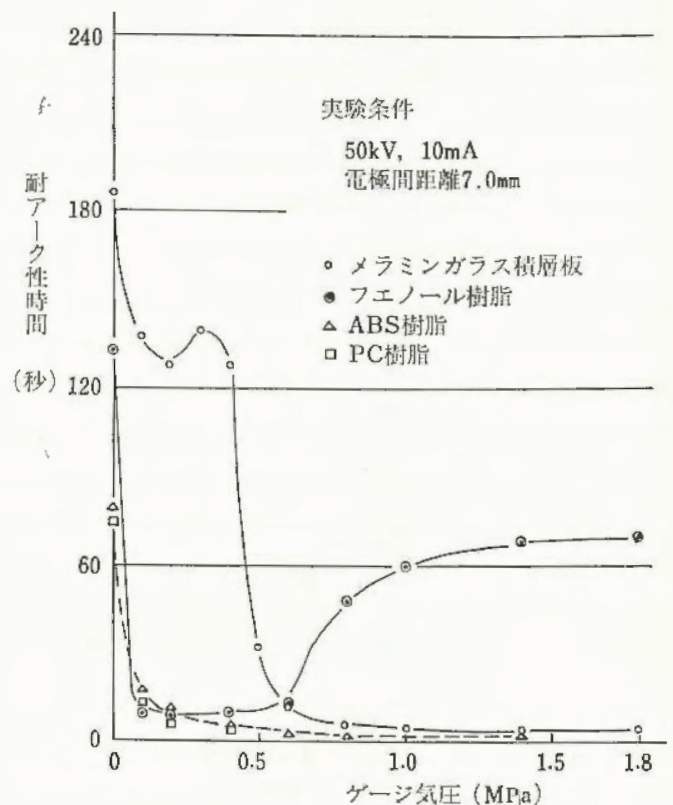


図43 空気加圧下における耐アーク性

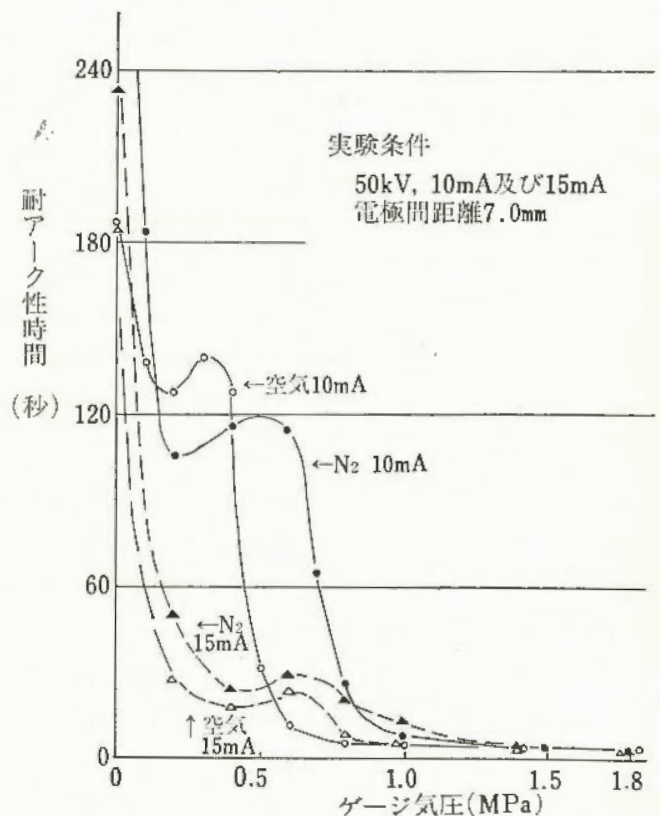


図44 加圧下におけるメラミンガラス積層板の耐アーク性

防爆構造電気機器の温度測定方法の一考察について

電気研究部 坂主 勝弘

1. 研究目的

一般電気機器の型式試験等においては、必ず機器各部の温度測定が試験項目に入っており、それぞれの許容値を越えないことを確認している。

防爆電気機器では、爆発性ガスまたは可燃性粉じんに触れる部分の温度上昇限度は爆発性ガスまたは粉じんの発火度の分類に応じて定められている。したがって防爆電気機器の場合でも、温度測定は特に重要な試験項目の一つとなっている。今回は次に述べる発熱装置を用いて静止表面の温度計測が実際の現場で実用化できる方法その他について解明するために研究した。

2. 実験装置および方法

図45は、発熱装置を示したものである。この装置は金属製円筒内に電熱器を取付け、その上に黄銅製の熱板を置き、熱板の上面に測温素子（C—A 熱電対 0.3 mmφ）を固定して、温度測定を行なう。なお電熱器はツマミにより上下に調整可能とし、電熱器の印加電圧は、定電圧装置とスライダックの併用で試験中に電圧の変動を防ぐようにしている。

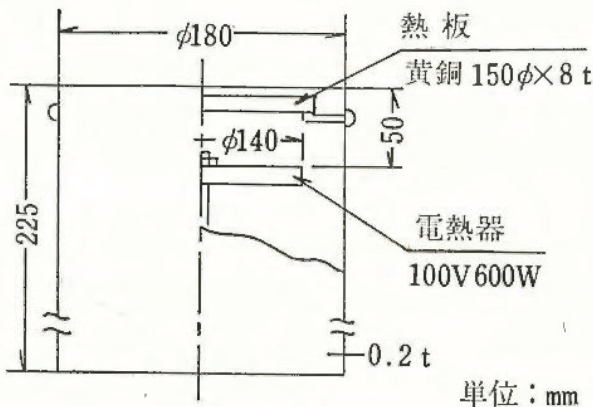


図45 発熱装置

熱板中心より 100φ の円周上で90度間隔に4カ所に1.4φ、深さ0.5mmの穴をあけ、そこに熱電対をロウ付けする。これを基準熱電対とし、同じ円周上で基準熱電対以外の個所に測定熱電対を取付ける。

測定熱電対の固定は、作業性、耐熱性および再現性について重視して選択した。熱電対を固定する方法で接着剤を用いる場合は、発熱部の温度の高低に応じて使い分けるという考え方で選定した。

(a) シリコン接着剤は、硅酸ソーダと硅酸アルミニウムを、重量比1:2の割合で練り合わせる。使用量は直径3mm(約0.05g)~8mm(約1.0g)を玉状にして、熱電対の先端を測定個所に固定する。耐熱温度は約300℃。

(b) シアノ系接着剤

この接着剤は一般市販品の中から選定したもので、アロンアルファまたはビスカ77Mがこれになる。とも

に無色透明な液体で、耐熱温度は約145~170℃。

(c) 耐熱テープは支持体がポリ弗化エチレンとガラス布でできており、片面に接着剤が塗布されている。接着面は薄茶色をしており、耐熱温度は約180℃。

(d) 機械的接触形は、熱電対の先端を表面の平滑な金属板(直径約4mm厚さ2mm)にロウ付けしたものを円筒形圧縮バネはかり計(目盛0~500gまたは~1,000g)に取付け、発熱部に対し垂直に接触させ、接触圧力を変えて温度を測る。

3. 研究結果

基準温度と測定温度熱電対の固定方法等の相違による指示差などについて、つぎのような結果が得られた。

(a) シリコン接着剤は他の接着剤に比べ、耐熱性がよい。また再現性についても、基準温度と測定温度との指示差θ%(以下θ(%)という)は最大44%以内に入っており、現場等で用いる場合を考え十分に実用的に活用できる。この接着剤の短所は、温度を計測したのち一旦常温まで冷却すると熱電対の接着部が測定表面から遊離する。そのため繰返しの使用は不向である。

(b) シアノ系接着剤(両接着剤とも)は、被測温部の温度が、約100℃以下ならば、再現性についてもシリコン接着同様十分に実用的に活用できる。作業性は粘性がないため、熱電対の先端に金属製のチップを付けるための余分な作業が加わり、シリコンに比べ、やや難点と考えられる。

(c) 耐熱テープは、このテープで熱電対の先端を覆う形になるが、テープと測定部表面間に若干空気が残るため、温度が高くなるにつれて、θ(%)が大きくなり他の接着剤に比べ再現性は、やや劣る。

ただし他の接着剤のように練り合せたり、先端にチップを付けたりすることはなく作業性はよい。したがって比較的温度の低い範囲では、実用的にも活用できる。

(d) 機械的接触形は接触圧力をパラメータ(100g, 300g, 500g, 750g, 1,000g)にして基準温度(約50~300℃)と測定温度との関係を図46に示す。接触圧力300g以下では接触力が小さいためθ(%)が500g以上に比べ大きくなっている。しかし接触力を強力にしてもθ(%)が極端に小さくなる傾向はみられない。接触力1,000gを確保していればθ(%)は約3%(マイナス側)以内におさめることができる。(TN-77-1参照)

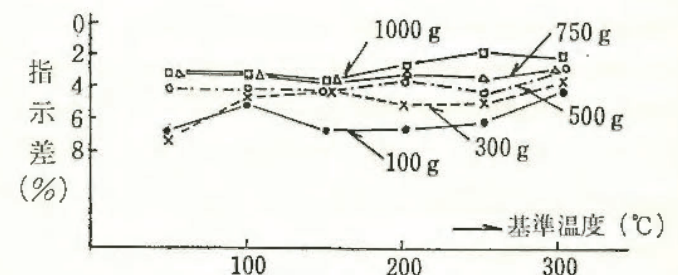


図46 基準温度に対する接触圧力と測定温度の指示差

静電気による点火危険性とその防止

給油管及びタンク内における帯電と着火危険性

—管内流動帯電における除電剤の効果—

電気研究部 児玉 勉・田島泰幸

1. 研究目的

石油類、有機溶剤等可燃性液体のうち電気抵抗の大きな絶縁性液体の配管輸送に際しての静電気帯電防止対策として、輸送能率を低下させることのない除電剤添加が有効である。除電剤は、添加濃度が高いほど液体の電気抵抗が小さくなり、電荷漏えいに基づく帯電防止の効果が大きくなるが、経済性及び品質管理の面からは添加濃度が低いほどよい。除電剤の添加濃度の最適値は液種や除電剤の種類によって異なるものと思われる。本研究は、簡単な帯電実験から除電剤の最適濃度の目安を得ることを目的とした。

2. 実験方法

実験装置の概略を図47に示す。金属容器中の試料1ℓを内径3.2mm、長さ2mの銅製テストパイプを通じてファラデーケージへ自然流下させて、このときの液体の流動電流をピコアンメータを用いて測定した。ここで、流動電流とは、帯電した液体の流れに伴う電流のことで、液体の電荷密度と流量の積に等しい量である。試験液体には、白灯油、ベンゼン、トルエン、キシレン、nヘキサン及びnヘプタンを用い、これらにシェル化学製の除電剤ASA-3を濃度を変えて添加したものを試料とした。なお、流速は約1.4m/sであり、流れの状態は乱流域に入っている。

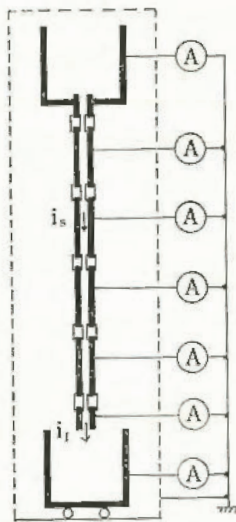


図47 実験装置の概略

3. 実験結果

除電剤濃度と液体の導電率（体積固有抵抗の逆数）の関係は、図48に示すとおり、液種によって多少の差があるもののほぼ正比例となった。

テストパイプの出口における流動電流の大きさは、図49に示すとおり、各試料とも 10^{-10} V/m より少し小さい導電率において最大値を示した。また、図50にnヘプタンにおける管長と流動電流の関係を示すように、各試料とも導電率が 10^{-10} V/m 以上になると、管長の増大に伴う流動電流の増加の傾向がほとんど認

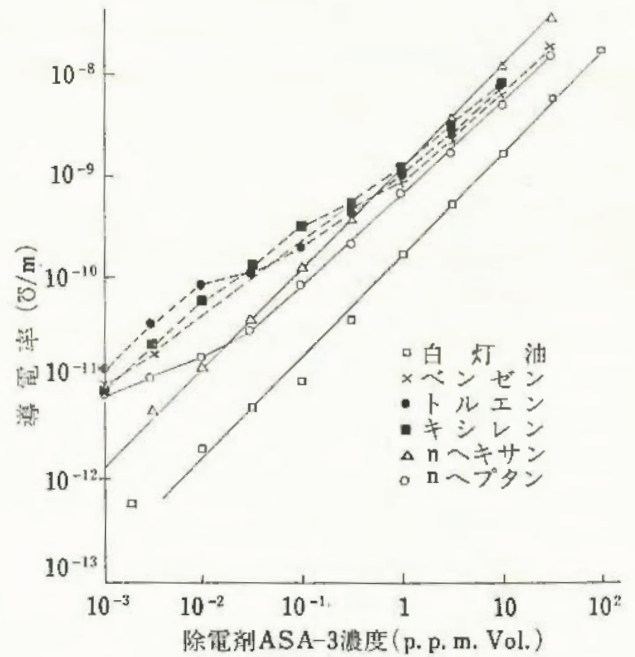


図48 除電剤濃度と導電率の関係

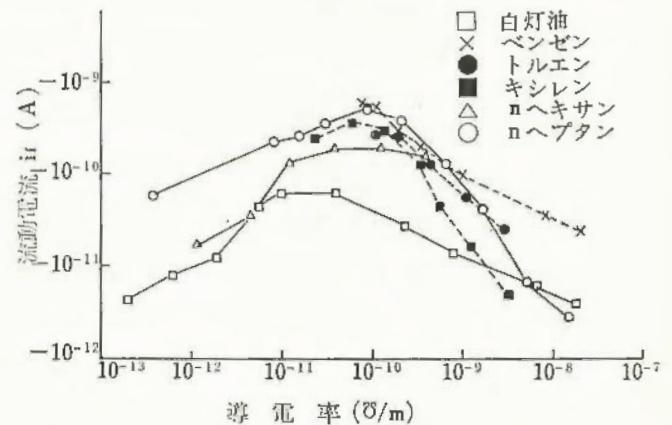


図49 導電率とテストパイプ出口の流動電流の関係

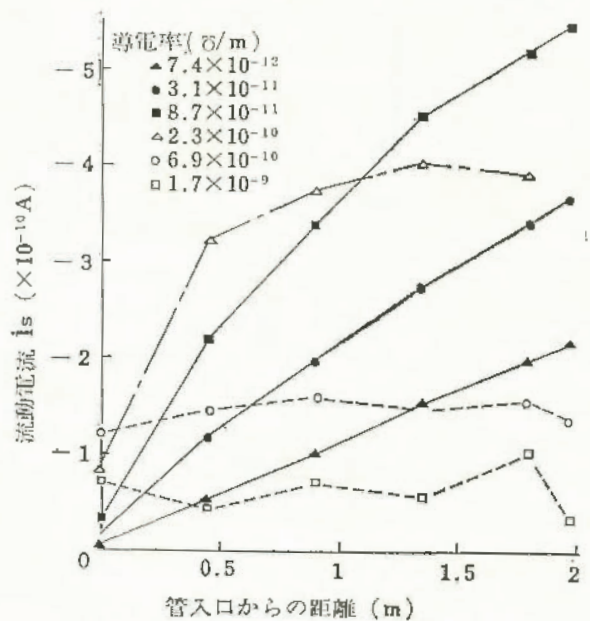


図50 nヘプタンの流動電流測定値

められなくなった。

以上の結果から、可燃性液体に対する除電剤の最適添加濃度の目安は、約 1×10^{-10} V/m の導電率を実現するような濃度であり、このことは液体の種類にはよらないものと推定される。

給油管及びタンク内における帯電と着火危険性

—帯電液面から発生する着火性放電の解明—

電気研究部 田嶋泰幸・児玉 勉

1. 研究目的

静電気放電が可燃性物質の着火源となり、爆発、火災等を誘発することは衆知の事実である。したがって、静電気放電については放電現象の解明という物理的興味より、多くは災害防止の立場から研究が進められている。例えば、帯電物体を金属（導体）としたモデル実験からは、帯電物体より着火源となる静電気放電（以下着火性放電と記す）の発生することが論証され、着火性放電の発生条件も一部については解明されている。しかしこれらの成果は帯電物体が導体の場合であって、これらをそれが絶縁物（不導体）である場合についても適用することは、放電特性の相異より、大きな誤差を生ずる。

以上のような背景から、ここでは帯電物体が不導体である場合を採り挙げ、これから発生する着火性放電の解明を試みた。具体的には帯電物体にシリコン油（導電率約 10pS/m）を使用し、これと金属接地体（鋼球）との間で発生する着火性放電の発生条件等を、実験によって考察した。

2. 実験結果及び考察

実験方法は前年報告した通りである。実験結果では、帯電液面と接地球との間で発生する放電に、大別すると二つある。一つは微弱なコロナ放電であり、これは接地球の直径が小さいとき、あるいは帯電物体と接地球との距離（放電距離）が大きいときに発生する。他の一つは破壊音、発光を伴う放電であり、この放電は発光形態によって分類するとストリーマコロナ放電である。このストリーマコロナ放電は接地球の直径と放電距離が定まれば、ある帯電電位になると発生し、その電位は前年報告したとおりである。

ここで前者のコロナ放電は放電電力が小さいため、着火源となる確率も極めて小さいことが実験によって判明している。したがって、着火性放電は後者のストリーマコロナ放電がある条件によって発生したときであると想定し、ここではこれについて考察した。

まず、ストリーマコロナ放電によって、空間に放出されるエネルギー W は、帯電液体の電位、電荷量をそれぞれ放電の前後で V_1, V_2, Q_1, Q_2 とすると

$$\begin{aligned} W &= V_1 Q_2 / 2 - V_2 Q_2 / 2 \\ &= V_1 Q_1 (1 - Q_1 / 2Q_1) \end{aligned} \quad (1)$$

となる。但し Q_1 は Q_1 と Q_2 との差であり、これは放電によって空間に放出された遷移電荷量を示す。ここで実験によって調べてみると、 Q_1 は帯電物体の導電率に依存しており、今回のように帯電物体が不導体であると、 Q_1 は Q_1 の極く一部であることが判明した。すなわち、帯電していた電荷の一部が放電によって空間に遷移するのであり、帯電物体が不導体の場合は、その遷移電荷量が数%に過ぎないことが判明した。これより放電エネルギーは(1)式の第二項が省略できることになり、

$$W = V_1 Q_1 \quad (2)$$

となるから、これが可燃性物質の着火エネルギー E より大となる条件を実験によって求めた。

実験によると $W \geq E$ となる条件、換言すれば V_1 と Q_1 との積が E より大となる条件は、 V_1 としてストリーマコロナ放電の発生する電位以上という制約条件のもとで、 Q_1 を調べた結果、一意的に定まるかどうかは別にして、求められることが判明した。それによると、 Q_1 は前年にも報告したとおり、主として接地球の直径によって定まるものであり、一方の V_1 も接地球の直径によって定まるものであった。すなわち、 V_1, Q_1 とも接地球の直径の関数になることが判明した。

これより可燃性物質の最小着火エネルギー E が決まると、これ以上の放電エネルギーが放出される接地球の直径が求まり、直径が定まった結果として、ストリーマコロナ放電の発生電位 V_1 も求められることになる。例えば、水素のように最小着火エネルギーが数 10 μJ のものに対しては、接地球の直径が 3 mm 以上、帯電電位 10 kV 以上のとき、またプロパンのようにそれが数 100 μJ のものに対しては、接地球の直径が 10 mm 以上、帯電電位が 30 kV 以上のとき、着火性放電が発生すると求められた。

3. 結 言

帯電物体が不導体である場合の着火性放電について調べた結果、放電特性、着火性放電の発生条件等が判明した。但し、この実験的考察も室内におけるモデル実験であって、実験条件を理想化したとか、典型的な条件で実施したものであるため、大型タンク等にこの結果が適用できるかどうかは、今後検討してみたいと思っている。

文 献

- 1) Lewis von Elbe "Combustion, Flames and Explosions of Gases" p. 323, Academic Press INC. New York and London (1961)

電撃危険性とその防止

海中における電位分布の測定

電気研究部 田中隆二・本山建雄

1. 研究目的

海中作業などにおいて、水中で電気機器又はケーブルが漏電したときの安全対策を樹立するため、電流が水中に流れている場（フィールド）の危険性を明らかにする。この目的を達成するための一つの手段として電位分布を実測した。

2. 実験方法

実験水槽（幅62cm，奥行50cm，高さ40cm）中に、深さ20cmまで淡水を満たし、この中に長方形電極（50cm×40cm）と球電極（直径15.8mm，9.8mm，5.0mmの3種）を相対して置き、これらの電極間に50Hz交流電圧を印加して、球電極を含む水平面内における電位分布をプローブを用いて測定した。

3. 実験結果及び検討

図51は、電極間に100Vを加えたときの10V及び20Vの水中電位の位置を示したものであり、球電極の直径が小さくなるほど、球電極近傍における水中電位傾度が大きく、危険性が高いことを表わしている。

次に、図52は同じ電極配置の場合に、電極間に絶縁物又は金網（メッシュの大きさは1cm×1cm）の円筒を置いたときの電位分布である。絶縁物円筒の場合はこれを置かないときに比べて、球電極付近の電位傾度は小さく、安全性が高い。これに対して、金網円筒の場合は、逆にこれを置いた方が電位傾度が大きくなり、危険性が増すことが明らかとなった。ただし、金網円筒の内部における電位は測定していないが、そのシールド効果はかなり大きく（金魚を使用した予備実験により、シールド効果の有効性が確認されている）、したがって、内部の電位傾度はきわめて小さいことが推定

される。なお、絶縁物円筒の場合は、いうまでもなく、その内部の電位傾度はほぼ0とみなすことができる。

いずれにせよ、このような円筒で防護された内部においては、水中を流れる電流に対する人体の保護効果は大いに期待できるが、外部においてはかえって危険となりうることは留意すべきである。

図51における球電極の代りに、棒電極を水中に立てて電位分布を測定した結果では、水中における棒の長さが短いほど、棒電極の先端近傍の電位傾度が大きくなることも明らかとなっている。これは、棒の先端部において電流密度が大となる点が存在することを意味するものであり、図51及び図52の結果と併せて、実際の電気機器の形状による危険性の差を示唆している。

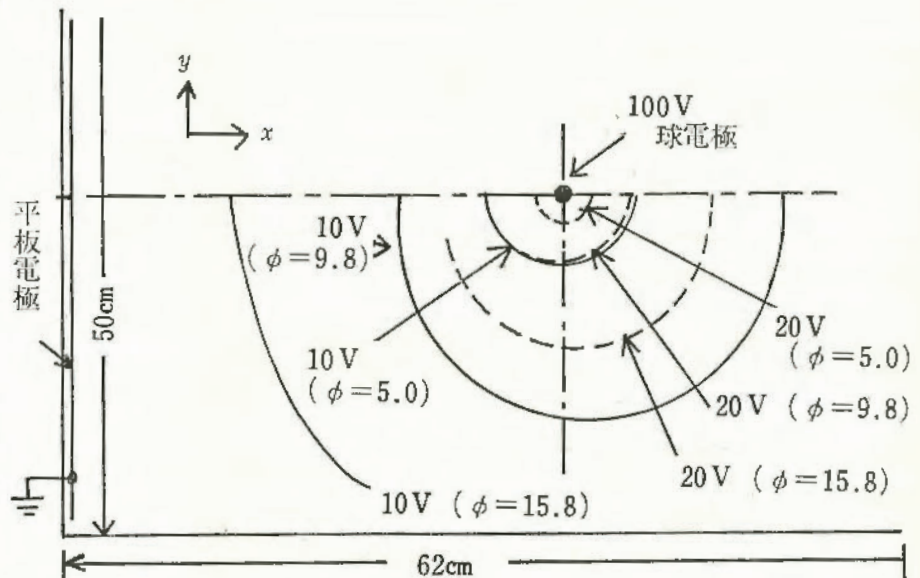


図51 平板対球電極の電位分布

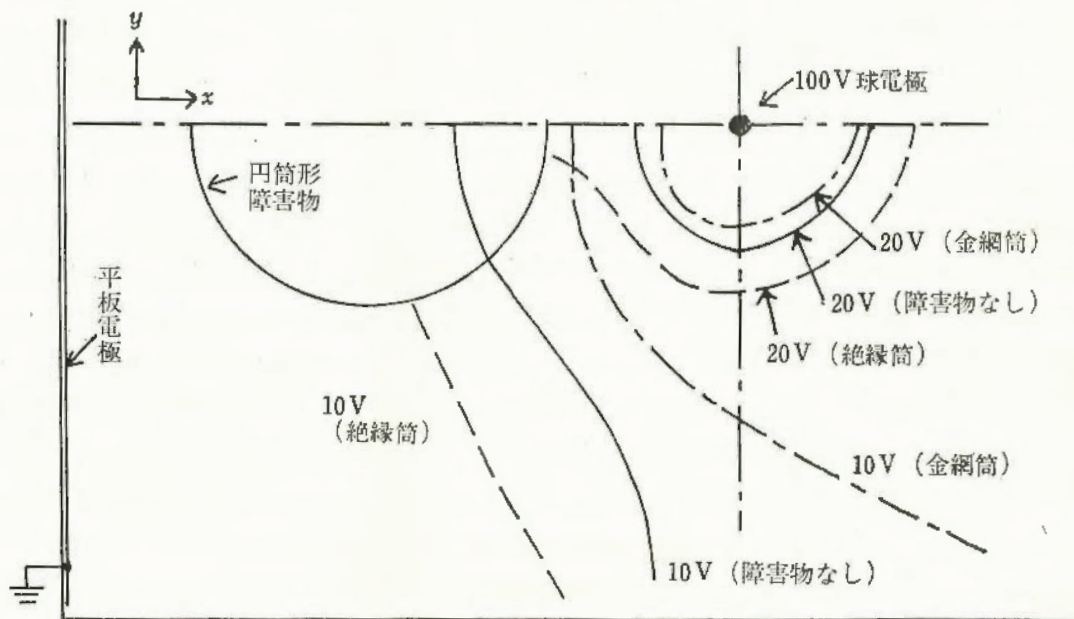


図52 平板対球電極（障害物介在）の電位分布

海中における生体への電撃危険性

電気研究部 田中隆二・山野英記
 本山建雄

1. 研究目的

本実行テーマの目的は、今後増大が予想される海中・水中作業における電気機器・配線の漏電などによる電撃危険性について調べ、防護技術を開発することである。本稿では、水中電撃の予備的実験として陸上でも窒息を起す電流について調べた結果を報告する。

2. 実験方法

方法の要は次の通りである。図54のように、約2kgのウサギに一定時間(10s, 5s)通電する。電源はAC50Hzで電撃ゲートにより開閉される。

図53に接触部位を示す。ウサギは体重1kg当たり約0.6mlのネプタール注射液によって麻酔した。ウサギの呼吸及び心電図を観測し、異常がなければ電圧を少し増加させて次の電撃を加えるが、その前に3分以上の休息時間を置いた。呼吸は通電中も観測可能であるが、心電図は観測できない。

おもに対象とした異常反応は窒息・呼吸停止であるが、これらが発生する前に心室細動が発生した場合にはこのデータを採用した。

窒息は、通電中には1度も呼吸しないが通電終了後直ちに回復する型の呼吸の異常である。また呼吸停止は、すぐには回復しない型で、ここでは通電終了後、10s以上停止持続のものをデータとして採用した。

3. 実験結果

図55に窒息電流の接触部位による変化を示す。基準的な接触部位である左上肢-右下肢において約20mAである。両上肢間の特徴はデータのばらつきが大きいことで、同様な特徴は以前に測定した心室細動電流についても見られた。左上肢-剣状突起の上の場合、データ数9の内2度は心室細動が併発、また9度のほかに1度心室細動が起った。頭が接触部位になるときの窒息電流はかなり小さく、人間の離脱電流(女子平均10・5mA)よりも小さい程度である。

図56に、各接触部位の組において電撃の強さ(電流)が増加するときどのような生体の反応が起るかを示す。転倒生起電流は、麻酔せず2つの部位の組についてのみ測定した。転倒電流は、



図53 通電電極の接触部位

頭に接触時の窒息電流とはほぼ同程度である。

さらに電流が増加すれば心室細動発生ひん度の大きい領域があるはずである。

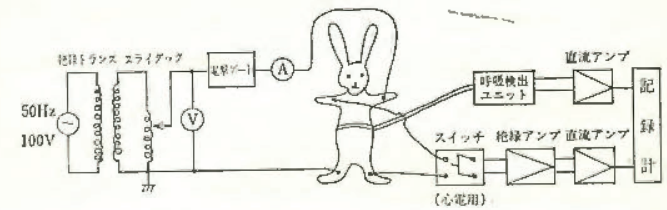


図54 実験回路 10sあるいは5sの時間だけ通電される

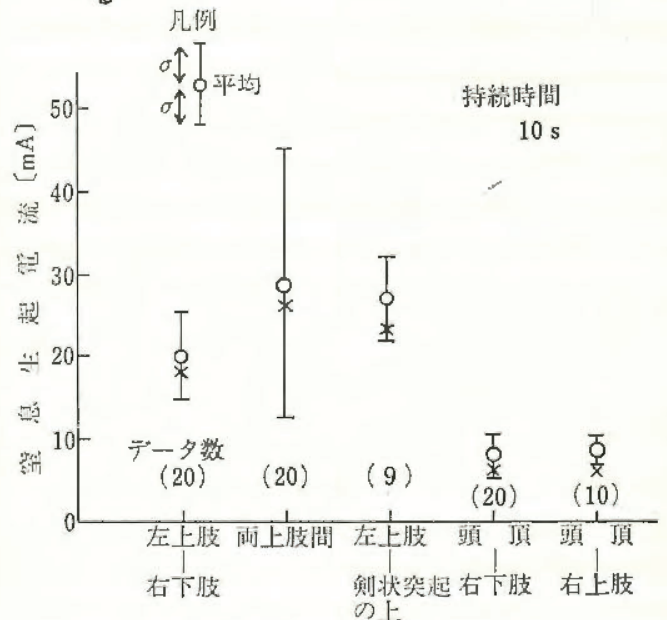


図55 窒息電流の接触部位による変化

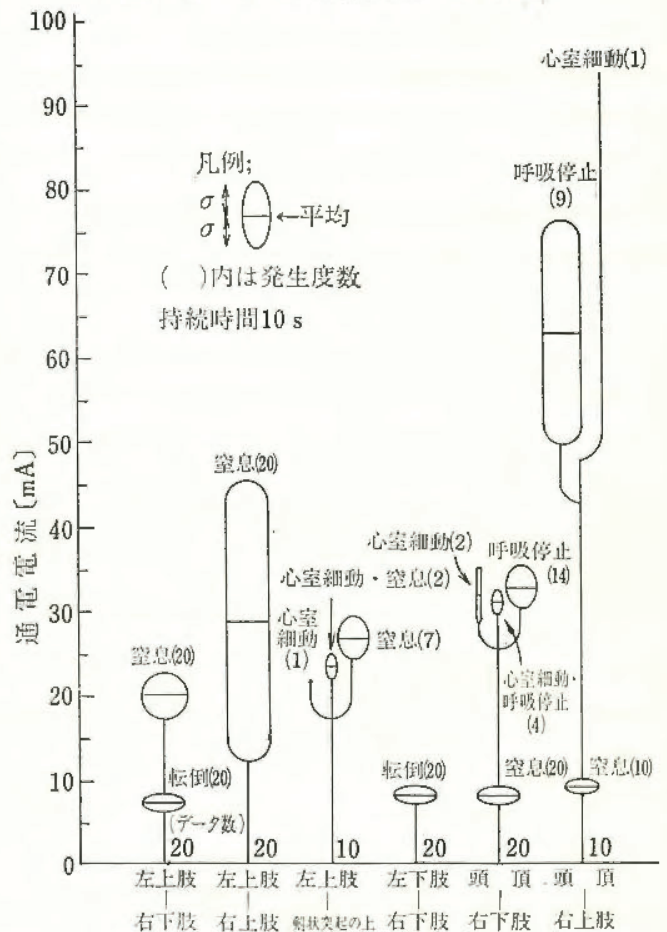


図56 接触部位と生体の反応との関係

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試作—

電気研究部 田島泰幸・山野英記
寺沢正義・市川健二

1. まえがき

6600V配電線において発生する電撃災害を防止する目的から、新しい方式の配電線用電撃防止器（以下電撃防止器と記す）の開発に着手した。この開発研究は前年報告したとおり、高電圧接触時の電撃危険性の解明から出発し、昨年は電撃防止器の設計、試作資料となる原形を開発した。したがって、今年はこの原形を基にして、実用化を進める基礎となる電撃防止器を試作し、その特性、電撃防止性能等を調べた。その結果本試作器が目的どおりの特性、性能を有し、現場でモニタした結果でも、基本的に問題のないことが確認された。

以下、開発、試作した電撃防止器の概要について報告する。

2. 電撃防止器の概要

開発した電撃防止器は3相配電線のある相において電撃が発生すると、その相を接地して電位を零にするもので、従来の防止器のように電源しゃ断を行なうものではない。また電撃を防止するためには、上に述べた動作がシステムティックに、しかも短時間に実現されねばならず、ここで開発した電撃防止器はその動作のために、図57に示す構成とした。ここで電撃が発生した相の検出は、電撃発生時に生ずる配電線の電気現

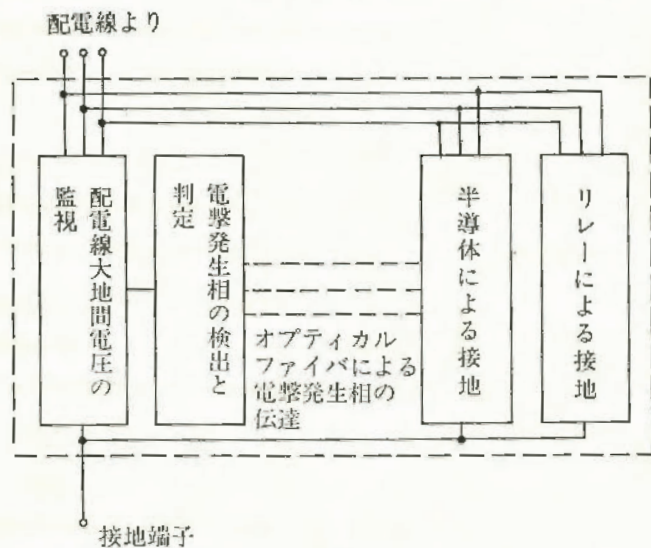


図57 配電線用電撃防止器の構成

象を、電撃防止器の内蔵する論理機能が解析して行い、配電線の接地は短時間動作という条件より、半導体によって行った。なお、この電撃防止器の主たる機能は、接地を確実に実現することであるため、接地は

半導体のみならず、これと並列に機械的なリレーを設け、これによっても接地動作が実現されるようにした。図58は試作した電撃器防止であり、その下方にみえるのが機械的な接地機構である。

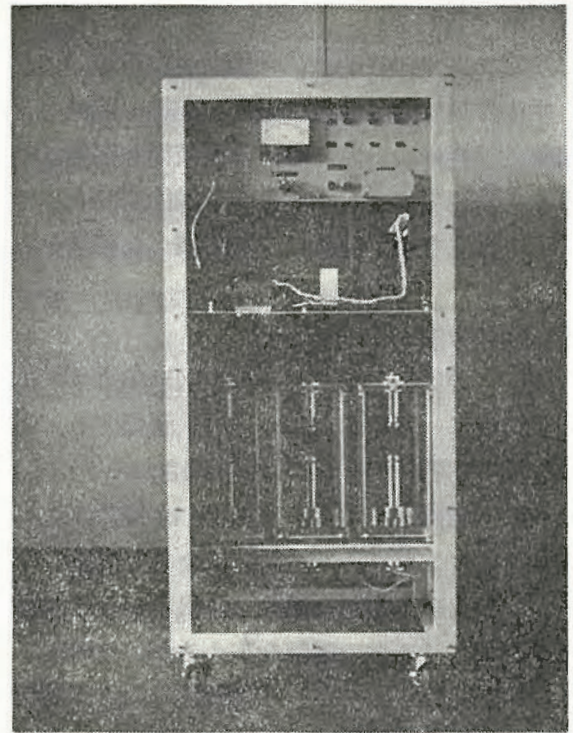


図58 試作した配電線用電撃防止器

動作時間は、電撃が発生して接地するまで、平均4～6 msecであり、動作範囲は電撃の発生を抵抗値に換算して、60kΩ以下である。但し、動作範囲は配電線の大地間容量によって変わり、これが大きいと動作範囲が小さくなる。しかし兎を用いて防止性能を調べたところ、十分な性能を有することが確認され、これから推察すると、人体の電撃も防止可能であると判断される。また、防止性能、動作特性については、これを実際の配電線に近い屋外配電線（東京電力の実験用）に設置し、モニタしながら検討してみた。その結果、屋外でもあり、配電線電圧が変動、不平衡という、実験条件として苛酷であったが、良好な結果が得られた。

3. 結言

開発した電撃防止器は性能、特性とも基本的には十分であり、原理的にも、工学的にも実現できることが確認された。しかし、現場で実験したモニタ等から、補足的ではあるが、実用化を進める上での問題点が発見された。したがって、実用化のためには、それに係わる補足的機能を追加する必要がある、これについても考察した。その結果、実際には試作しなかったが、簡便に実現、改良できることが判明し、実用化についても明るい見通しが得られた。

廃棄物の安全処理

酸素中におけるPCBの焼却処理

化学研究部 駒宮功額・森崎 繁

1. 研究目的

化学的に安定でかつ不燃性の電気絶縁油が、電気の安定した供給と使用上の安全性、信頼性のために必要であった。この結果PCB（ポリ塩化ビフェニール）が開発されたが、その毒性のため現在では使用が制限され、さらに無害化処理が問題となってきた。当所では酸素中での各種物質の燃焼性を実験してきた成果を応用し、PCBを酸素中で焼却する無害化焼却処理技術の開発を行なった。

2. 装置と操作

昭和51年度に報告した小型噴霧焼却処理装置（PCB, KC300, 2.0ℓ/H）の一部を改良し、図59の酸素バーナーを用いた。

操作は焼却炉を電気ヒーターで常温から800℃迄昇温した後、LPガス酸素バーナーで1,500℃迄予熱する。ここでPCB—酸素バーナーに切替え、予熱して粘度を下げたPCBをアルゴン（7kg/cm²）で加圧供給すると同時に酸素を送給する。炉内温度が予熱されているためPCBは自然に発炎し、バーナー先端で安定して燃焼する。火炎の状況は炉尻から観察でき、一般的な燃料—酸素バーナーと似たような火炎を形成する。排ガスは二酸化炭素と塩化水素が主成分で、有害な塩化水素は苛性ソーダの溶液で中和処理後大気へ放出する。

PCBの分析試料は排ガスでは炉尻から、廃液では洗浄液放出弁からそれぞれ環境庁通達の気相PCB測定要領ならびにJIS K—0093により採取、分析した

3. 結果

今年度は処理コストに影響を及ぼすO₂/PCB比率の変化と分解率の関係や、連続焼却時における酸素バーナーの耐蝕性及びノズルの閉塞の有無などについて調べた。その結果を表1に示したが、最大5時間の連

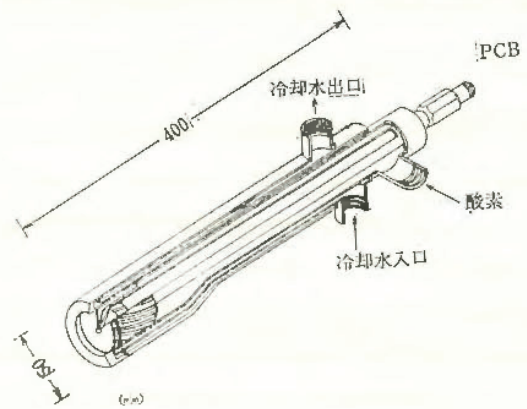
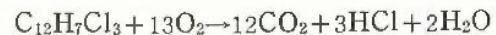


図59 O₂—PCBバーナー

続焼却実験でも酸素バーナーに異常なく、安定した火炎を形成することが明らかとなった。分解率は前年度の99.9999台より更に1桁増す好成績をえられるが、これは酸素バーナーや焼却炉構造の改良による成果である。なおO₂/PCBの酸素を低下させると分解率は低下するが、それでも炉温は1,500℃近くの高温を保持できることも明らかとなった。したがって分解率にあまり重点を置かなければ、酸素の消費量の節約すなわち焼却コストの低下が可能となった。この他排ガス中にNO_xが検出されているが、これは焼却炉のバーナー部分からの空気の巻き込みによるものと思われる。また塩化水素は約1ppmが検出されたが、塩素は検出されなかった。

なお、PCBは次のような反応で燃焼したと仮定した場合の火炎温度を、計算により求めたところ2921.3℃であったが、これは炉内温度から推定すると妥当な数値と考えられる。



次に連続焼却時における操作性、安全性および排ガス処理装置の性能なども、今回の実験条件内では十分満足できるものであることを確認し、さらに本装置がスケールアップされる際のノウハウやデータを蓄積することができた。

以上の実験結果から酸素によるPCBの焼却処理法は、補助燃料を加える空気焼却法より排ガス量が少ないため装置も小型で高い分解率を示すことが明らかとなった。

表10 焼却条件と排ガス分析値

PCB 焼却量 (1/H)	酸素使 用量 (N ³ m ³ / H)	O ₂ / PCB 比 率	焼却時 間 (min)	排ガスの分析値							炉 温 (°C)			ガス 停留 時間
				O ₂ (%)	N ₂ (%)	CO ₂ (%)	CO (%)	NO _x (ppm)	PCB (mg/m ³)	未分解 PCB (mg/kg PCB)	T-1	T-2	T-3	
1.95	4.0	1.4	78	20.8	1.3	77.8	0.01>	10.7	2.0×10 ⁻²	0.030	1561	1416	883	2.3
1.95	3.5	1.2	80	21.2	4.6	74.2	0.01>	12.8	2.4×10 ⁻²	0.031	1592	1450	908	2.2
1.70	2.7	1.1	97	8.0	1.8	90.1	0.01>	20.6	4.5×10 ⁻²	0.052	1535	1398	916	2.9
1.70	3.5	1.4	300	15.8	6.3	77.9	0.01>	25.0	4.1×10 ⁻²	0.061	1642	1498	929	2.7
2.20	5.5	1.7	105	38.6	0.9	60.4	0.01>	30.4	2.5×10 ⁻²	0.046	1653	1530	1015	2.0
1.70	2.4	0.96	115	0	3.1	69.8	26.0	9.7	0.5~1.0	0.5~1.0	1478	1345	896	3.6

潜函工法等に対する総合的安全衛生 対策にかかわる特別研究

送気システムにおける有害ガスの異常 発生現象

化学研究部 駒宮功額・琴寄 崇

1. 研究目的

圧縮空気は安全で確実な動力源として、各方面で使用されているが、一般の圧縮機では内部に潤滑油を用いていたが、可燃性のフィルタを設けているので思いがけぬ事故を起こすことがある。その1例として潜函工事やエアラインマスクを着用中のガス中毒が古くから生じている。このような圧縮空気下における可燃物の燃焼時に発生する、有害ガスの発生の解明を目的とした。

2. 実験装置

大気圧下での燃焼時に発生する有害ガスを測定する装置はかなり多いが、加圧下でのそれは殆んど報告されていないので図60のような装置を試作した。特に加圧下での拡散燃焼では煤を多量に発生するので、その除去が簡単に行えることと、燃焼ガスを完全にガス分析装置へ送り込むことに重点を置いて設計した。ガス分析は過去の事故例から一酸化炭素であることが明らかかなため、非分散形赤外線ガス分析装置（島津製作所）を用い、一酸化炭素と二酸化炭素を分析した。なお可燃物は一定昇温速度で加熱し、発火温度は試料温度曲線の急激な立上り点によった。

3. 研究結果

操作は図60の左部分のガスフロー高圧示差熱分析装置に、アルミ容器へ入れた潤滑油を置き、蓋を密閉して空気で加圧するとともに一定流量を保つよう弁を調節する。定圧、定流量に安定したことを確認するとヒーターに通電して一定昇温速度で加熱するとともに、排出空気はCO、CO₂計へ導入され濃度が記録され

ガスフロー高圧示差熱分析装置

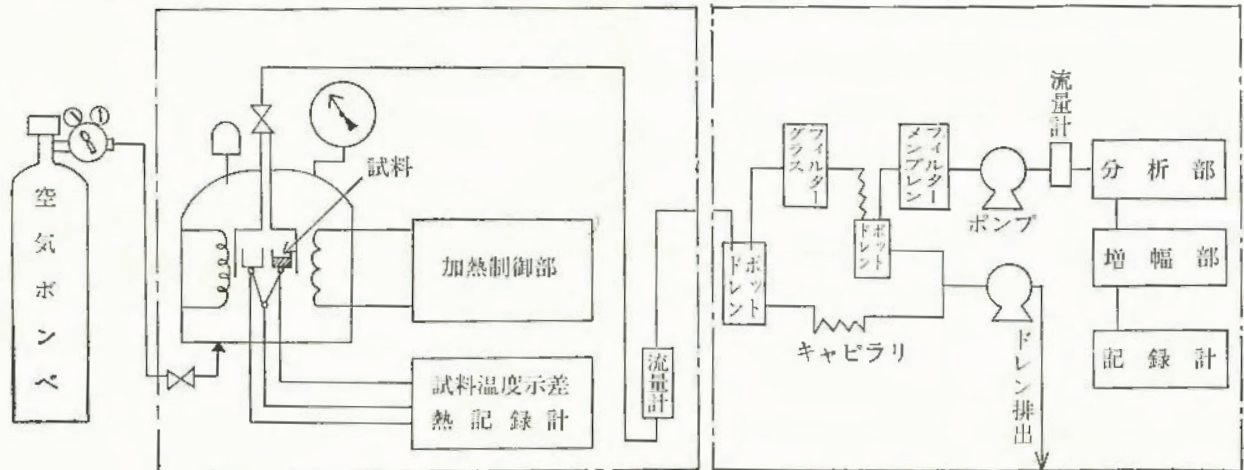


図60 高圧燃焼ガス分析装置フローシート

る。図61はその1例で、発火温度とCO、CO₂濃度の関係が本装置を用いることにより連続して求められるのである。この結果だけでも潤滑油の加熱時におけるCO、CO₂の発生は興味ある現象を示している。例えばCO濃度は発火の直前に減少し、発火と同時に再び増大することである。この原因は潤滑油の火炎の主成分が水素であることを示唆しているものと考えられ、さらにガス分析により明確化する予定である。また発火時に発生する煤が多量で、排出ガス系をいちじるしく汚染する現象も、潤滑油の火炎の主成分が水素燃焼であることによるものと推定される。

次に実験条件の変化によるCO、CO₂濃度の影響であるが、実際の送気システムでの発火は図60のような清浄なアルミ容器内での潤滑油の発火ではない。送気システム内は鉄錆、弁や銅管からの銅、潤滑油の高圧高温下における熱分解生成物である多孔質なカーボン状物質などの混合物に潤滑油がしみ込んだ条件で発生している。このためアルミ容器に多孔質なカーボン状物質と同じように、空気との接触を高めるアルミナ粉と潤滑油の酸化触媒である銅粉を10：1に混合し、これに潤滑油をしみ込ませて同じような実験を行った。その結果、発火温度がより低くなるばかりでなく、発火温度に達する前から許容濃度以上のCOを発生していることが明らかとなった。これらの実験から加圧下における有害ガスの発生状況がかなり明確となった。

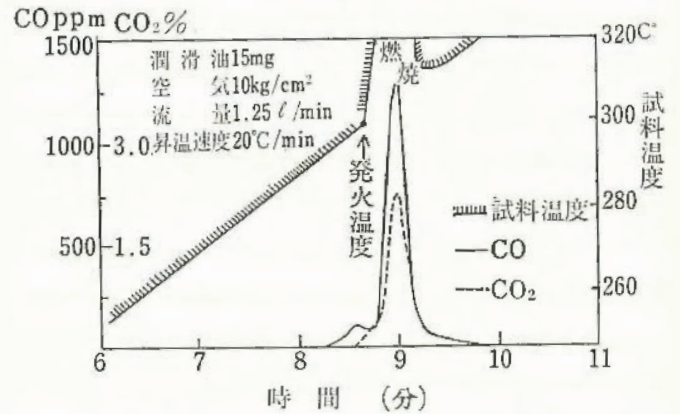


図61 潤滑油の燃焼時に発生する有害ガス濃度
赤外線式非分散形 CO, CO₂ 分析計

圧気作業室内における可燃物の燃焼危険性

化学研究部 駒宮功額・森崎 繁

1. 研究目的

圧気作業室内は kg/cm^2 数の空気で加圧されているため、大気圧下より酸素分圧が高く、過剰酸素雰囲気とも呼ばれ可燃物の燃焼危険性の増加が予測されている。この可燃物としては作業衣、木材、作動油などがあり、密閉された狭い空間のため、もしも火災が発生すると脱出が困難で重大災害を起こす恐れがある。そこでこれらの可燃物の燃焼危険性と空気圧力の関係を調べるための実験を行った。

2. 実験方法

燃焼危険性の評価項目としては表11のようなものが考えられる。このうち規格化されているものは引火温度、発火温度、酸素指数および燃焼熱であるが、高圧酸素中で完全燃焼させる燃焼熱以外は大気圧下での測定であるため、これらの方法をそのまま利用できない。また引火温度、最小発火エネルギーは主としてガスや揮発性液体の評価に用いられているので、評価項目として発火温度、火炎伝ば速度、消炎距離を取り上げ、高圧下で測定することとした。

発火温度 図62の高圧示差熱分析装置を用い、一定昇温速度で加熱した固体や液体の発熱開始温度と発火温度を測定した。

火炎伝ば速度 図63の火炎伝ば速度測定用ホルダを高圧容器に入れ、布またはフィルム状の試料の一端に点火し、一定区間の燃焼時間からその速度を測定した。

消炎距離 図64の消炎距離測定用ホルダを高圧容器に入れ、布またはフィルム状の試料の一端に点火し、火炎の消えた点の隙幅を酸素中で測定した。また図63のホルダを図

表11 燃焼危険性評価

発火前	引火温度
	発火温度
発火後	最小発火エネルギー
	酸素指数
	燃焼熱
発火後	火炎伝ば速度
	消炎距離

表12 発熱、発火温度

試料	発熱温度 (°C)	発火温度 (°C)
作動油 A	221	285
	246	298
グリス A	189	293
	191	296
ゴム長靴	335	385
作業衣 (ポリエステル 65% レーヨン 35%)	253	412

64のようにV型とし、高圧空気中で同じような測定を行った。

3. 実験結果

表12に実際に潜函内で使

用している可燃物の発熱、発火温度を空気圧力 $10 \text{ kg}/\text{cm}^2$ で求めたもので、大気圧下と比較して大きな変化は認められなかった。

次に火炎伝ば速度についてはホルダ幅、燃焼方向、試料の密度などの基礎的実験を行ない、その影響を明らかにしたので、続いて標準的条件下で圧力による変化を測定中であり、また消炎距離についても同様な実験を実施中である。

これまでに得られた結論としては、圧気作業室程度の高圧下では、大気圧下での酸素分圧の上昇ほど大きな燃焼危険性の増加は認められなかった。これは酸素分圧が上昇しても、同じように不燃性の窒素の分圧も上昇し、酸素-窒素の比が不変なためと推定される。

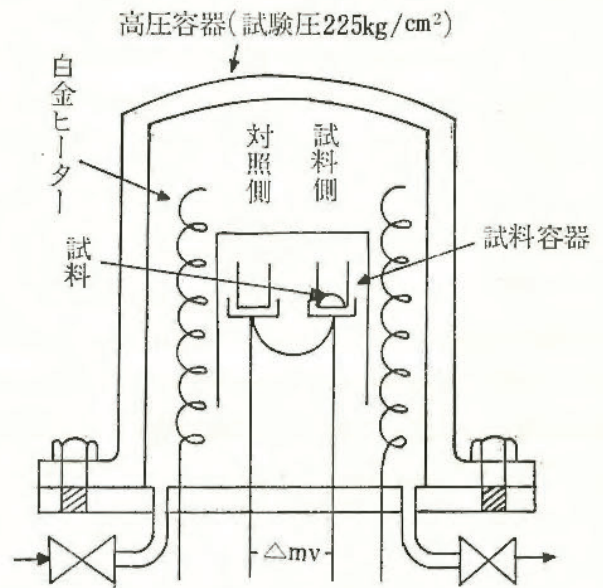


図62 高圧示差熱分析装置

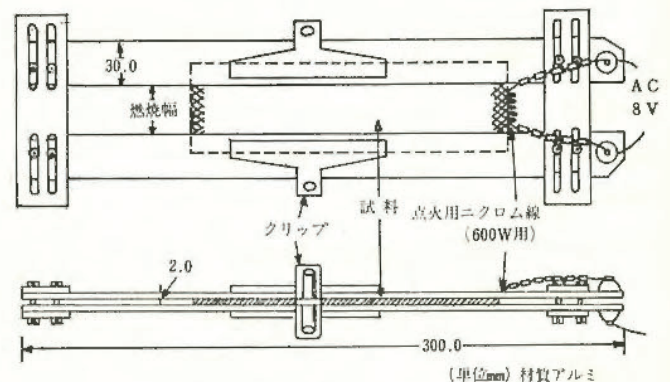


図63 火炎伝ば速度測定用ホルダ

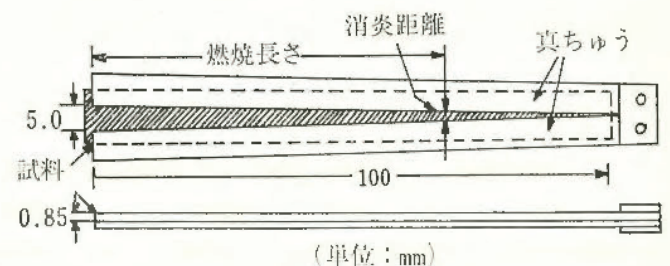


図64 固体の消炎距離測定用ホルダ

シャフト内昇降設備の安全化

土木建築研究部 木下釣一・河尻義正
永田久雄

1. 研究目的

潜函工法においてシャフト内の昇降設備として用いる垂直固定梯子の構造に関する人間工学的適正化を目的とする。

2. 実験方法

梯子昇降時の昇降しやすさ・生理量・踏棧の作用荷重等を測定し、心理的・生理的に負担の少ない梯子各部の寸法を決定した。実験は、梯子昇降時の主に生体負荷量・踏棧の作用荷重を測定する(実験1)、昇降しやすさについて、踏棧の断面寸法との関係を求める(実験2)、及び同じく踏棧間隔との関係を求める(実験3)に分けて行い。実験には次の3組の模擬梯子を用いた。梯子1……踏棧間隔の異なる4種類(22.5, 30.0, 37.5, 45.0cm)の梯子で構成される。梯子2……踏棧断面寸法(円形断面に限定)の異なる6種類(13, 16, 19, 22, 25, 30mmφ)の梯子で構成される。梯子3……踏棧間隔の異なる6種類(27.0, 28.5, 30.0, 31.5, 33.0, 34.5cm)の梯子で構成される。

実験1は、被験者に梯子1を昇降させ、その際感じる昇降しやすさ、心電・呼吸・筋電の生理量及び踏棧の作用荷重を測定し、同時に被験者の運動を観察した。実験2及び3は、被験者にそれぞれ梯子2, 3を昇降させ、実験2では最も昇(降)りやすい踏棧の断面寸法を選ばせ、実験3では昇(降)りやすい踏棧間隔の順に順位をつけさせた。

3. 研究結果

実験2及び3の感覚データから次の点が明らかになった。

(1) 最も昇降しやすい踏棧間隔の分布は図65に示すようになり、平均31.4cm, 標準偏差1.9cmである。

(2) 最も昇降しやすい踏棧断面寸法は25mmφである。(1), (2)共、対象とした被験者の範囲では、年齢・身長・体重にはほとんど無関係である。

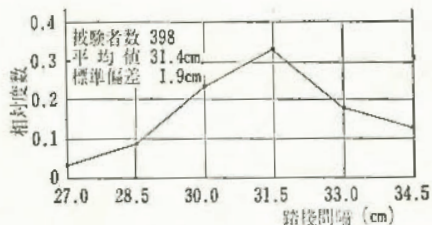


図65 昇(降)りやすい踏棧間隔の分布

次に、実験1の昇降動作データの解析の結果次の点が明らかになった。

(3) 踏棧の必要長さを決定するため、左右の手のつかみ幅(図67のa)の95パーセンタイル値を求めると39.0cm(踏棧間隔30cmの場合)である。

(4) 踏棧と壁(又は障害物)間の必要クリアランスを決定するため、踏棧心から靴爪先までの水平距離(図66のb)の最大値を求めると、13cm(踏棧間隔30cmの場合)である。

(5) 墜落防止用ケージの必要寸法決定のため、被験者の手首・肘・肩・腰・膝の梯子心から最遠の点(図67のC~G)

及び、腰の踏棧心から最遠の点(同図のH)の分布を求めると図67の・点のようになる(梯子心に対し片側のみ)。

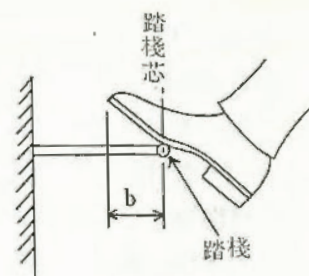


図66 爪先の出

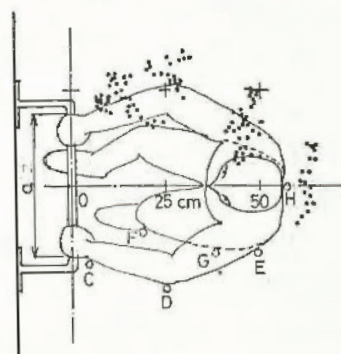


図67 身体各部の動き(1周期の動きを1/26.5sec間隔でプロットしたもの)

さらに、実験1の作用荷重のデータから次の点が明らかになった。

(6) 踏棧の作用荷重の作用時間における平均値は、足で0.6~0.8(ノ体重), 手で0.2~0.4(ノ体重)程度であり、踏棧間隔・昇降別により多少異なる。

図68にデータの一部分を示す。

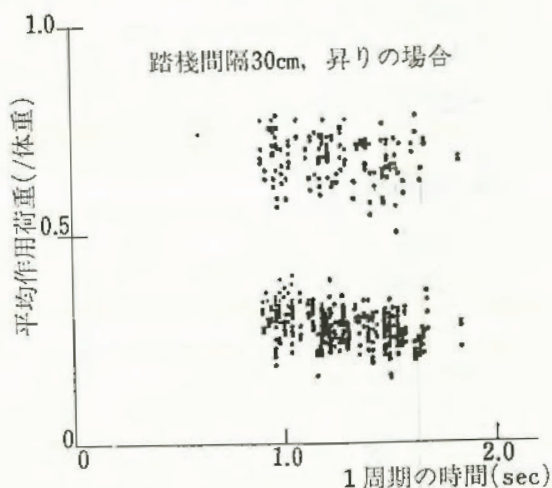


図68 踏棧の平均作用荷重

現在、実験結果をもとに次のものに着目して踏棧間隔と生体負荷量の関係を解析中である。

- (1) 外部に現れた運動による仕事量。
- (2) 人体各部の関節モーメントのなす仕事量。
- (3) 心拍数

ケーソン等圧気工法における送気システムの信頼性

機械研究部 佐藤吉信・近藤太二
杉本 旭・深谷 潔

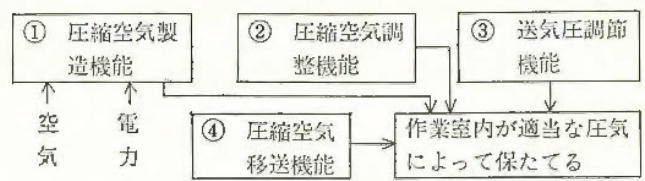


図70 システムの信頼性論理ブロック図

1. 研究目的
送気システムの信頼性は図69に示すごとく圧気作業の安全性の中で重要な部分を占めている。そこで実際に行なわれている圧気工法の実態を把握し各種の資料を得て、システムの信頼性を評価し、システムの欠点を改善する事を目的とする。

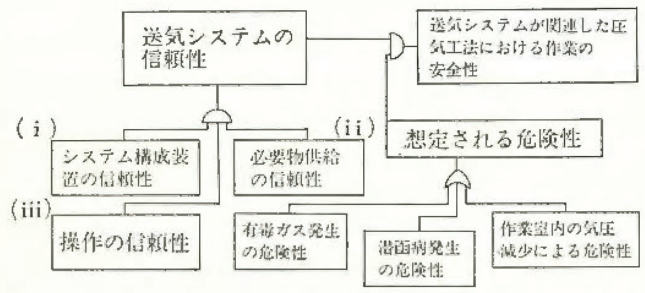


図69 送気システムの信頼性と圧気作業の安全性との関係

2. 研究結果

図69における (i) の構成装置を最も上の機能レベル

で信頼性論理ブロック図に描いたものが図70である。ここにおける①の装置としてはコンプレッサー、プロパーがある。②の装置としてアフタークーラー、オイルセパレーター、エアクリナー、レシーバータンクがある。③の装置として自動減圧装置がある。今回の調査では手動は用いられて無かった。④の装置としては管路とそれに関連したもの及び①、②、③の装置の圧縮空気の流路となっている部分が含まれる。このレベルでFMEAを示したものが表1である。これを現場調査の資料に基づいて逐次サブシステムにレベルを掘下げて評価をした。また図69の (ii) についても同様に動力供給機能、給水機能、人員計画機能などに論理ブロック化しFMEAで評価した。(iii) についても作業員の技能操作方法、ヒューマンエラーなどを検討した。最終的には、CAやFTAである程度定量的に評価をしてシステムの改善点を考察した。

表13 構成装置最上位要素の故障モード影響解析

名称	機能	異常モード	異常の原因	機能への影響	修正作業時間	致命度緩和の手段
コンプレッサー	大気圧下の空気を圧縮送給する	圧縮送給しない 高温空気の送気 空気が漏れる	動力伝達サブシステムの故障 空気サブシステムの故障 停電による 潤滑油サブシステムの故障 冷却水系の故障	作業室内の圧力を下げる 送気回路の温度を上げる	故障部分 部品の入手の難易と故障部分の発見しやすさによる。 数時間～数日	コンプレッサーの台数に冗長性を持たす ディーゼルコンプレッサーの保有 ディーゼル発電機の設置
アフタークーラー	コンプレッサーから出てくる圧縮空気を冷却する	冷却しない 空気が漏れる	冷却サブシステムの故障 水管のつまり破断	送気回路の温度を上げる 圧縮空気中の油の回収を悪化させる	分解工場からの距離による 数日～数週間	回路に冗長性を持たす
エアクリナー	送気空気中の油、ゴミなどを除く。	溜った潤滑油 ゴミなどの燃焼 空気を清浄にしない	高温空気の送気 ドレン抜き故障	有毒ガスを発生させる 圧力調節機の故障の原因	1～2日 部品等の在庫による。	規則的な保守計画
送気管路	各要素をつないで圧縮空気の流路となる 逆流を防ぐ	空気が漏れる 空気が流れない 逆流をする	管、継手の破 壊、弁の故障	作業室の圧力を下げる	数時間～数日	管路に冗長性を持たす
圧力調節機	1次側の圧力を調節して一定圧で2次側に送る	正しい調節をしない。 空気が流れない。	コントローラーの故障 ダイヤフラムの故障	作業室の圧力を下げる。	数時間～数日	調節機に冗長性を持たす

潜函工事用ボルトの強度に関する研究

機械研究部 橋内良雄・田中正清

1. 研究目的

建設機械や土木工事用各種装置に使用されているボルトは、比較的低位であるにもかかわらずかなり過酷に使用されており、ボルトの破損により発生する災害も少なくない。本報では、潜函工事用継手ボルトの強度および使用基準を決めるための基礎データの一部とすることを目的として、新品および一定期間使用したボルトの引張強度および疲労強度を求め比較を行うと共に、それらの金属組織や破面の特徴を調べた。

2. 潜函工事に使用されているボルトの種類

試験に先立ち、現在潜函工事に使用されているボルトの材質、寸法および使用状況についてアンケート調査を実施した。その結果は表14に示すように、呼び径W3/4のSS41および100キロ級高張力ボルト(F T10)が最も多く使用されていた。なお、ねじの首下長さは65~100mmの範囲にあり、このうち、65mmのボルトが約70%を占めていた。アンケート集計後現場調査も実施した結果、高張力ボルトだけが使用されている例はまれであり、最も強度を要するロックにだけ高張力ボルトを使用し、シャフトにはSS41ボルトが用いられている例が多かった。従って表14の結果は、各社で使用されているボルトのうち、最も強度の高いものについて回答された可能性がある。以上の調査を基に、本試験では最も多く使用されているSS41ボルトを用いて行った。

表14 潜函工事に使用されているボルトの種類および寸法

材質	呼び径	使用数
SS41	W3/4	4
	M20	1
	W7/8	1
110キロ級 Hiten	M20	1
100キロ級 Hiten	W3/4	4
	M20	1
80キロ級 Hiten	M20	1
	W7/8	1
60キロ級 Hiten	M18	1

るSS41ボルトを用いて行った。

3. 引張強度

A現場から供給された新品および使用ボルト、B現場から提供された新品ボルト各10本についてアムスラー万能試験機を用いて引張試験を実施した。その結果、A現場の新品ボルトの引張強さの平均値は36.6 kg/mm²、標準偏差0.87kg/mm²、変動係数2.3%であるのに対し、使用ボルトの平均値は45.3kg/mm²、標

準偏差7.51kg/mm²、変動係数16.5%となっており、新品の強度の方が低い、この一要因として、両ボルトが同一ロットから得られたのであれば、加工硬化により使用ボルトの強度が約20%上昇した可能性が考えられる。一方、B現場の新品ボルトでは引張強さの平均値が46.7kg/mm²、標準偏差2.13kg/mm²、変動係数4.6%であった。なお、ボルトの破断位置は、多くはチャック間のねじ中央部であったが、使用品の1本だけはねじ山がせん断変形してナットが抜けたため、破断までの試験は不能であった。以上の試験結果から、新品に比べて使用ボルトは強度にばらつきが認められる、この原因として使用品では、何段目のシャフト接合に使用されるかによってボルトに作用する荷重や使用期間、さらには環境などが異なるため、それらの影響が引張強さのばらつきに反映していると推察される。

4. 疲労強度

シャフトを接合する際、パッキンの種類やフランジ面のあらさ等によってボルトの締付トルクが変化するため、実際にどの程度の初期締付力が与えられているか明らかでない。そこで、SS41の降伏点26~28kg/mm²の75~80%程度初期締付力が与えられていると仮定し、さらに、使用時の振動や内圧変動等により繰返し荷重が加算されることが予想される。そこで、疲労試験は21kg/mm²の平均応力を与え、振幅だけを変

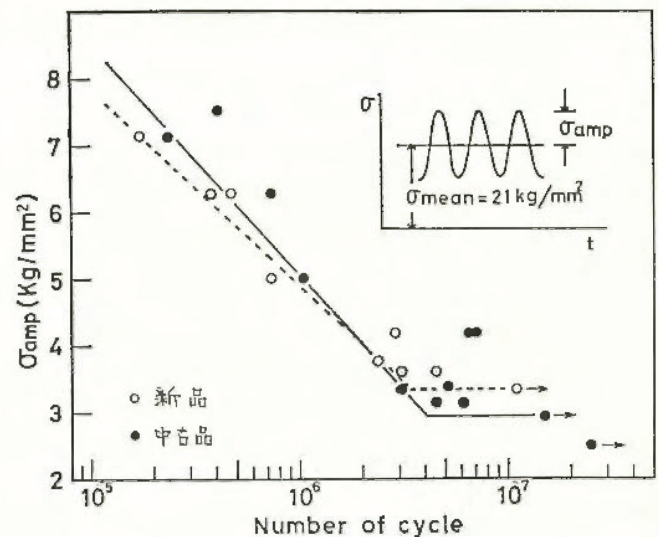


図71 新品および使用ボルトのS-N曲線

えることにより部分片振り疲労試験を行なった。図71はその結果を示したもので、新品の疲労限界が3.35kg/mm²であるのに対し、使用品は2.95kg/mm²となっており約12%強度が低下している。この原因は明確ではないが、一要因として使用品は若干腐食を受けていたことに起因すると推察される。なお、引張試験では大きな塑性変形を受けるために、若干の腐食は強度にさほど影響しないと推定される。

(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-26-1	可燃物の酸化に及ぼす水蒸気の効果	琴 寄 崇 田 中 隆 二 市 川 建 二
	RR-26-2	人工環境下における電気設備の安全化に関する研究 (第3報) —低圧の容量回路及び抵抗回路の開閉火花による可燃性 固体の着火限界—	
	RR-26-3	災害発生間隔の分布に関する研究	花 安 繁 郎 松 井 英 憲 柳 生 昭 三
	RR-26-4	管中の平面爆ごう波を起爆源とする球面爆ごう波の生成	
	RR-26-5	有機化合物の発火温度の体系化についての研究 (第1報) —鎖式飽和1価アルコール類の発火温度—	
産業安全研究所 技術資料	TN-77-1	防爆構造電気機器の温度測定方法の一考察について	坂 主 勝 弘 木 下 釣 一 内 道 道 夫 杉 本 旭 潔 深 谷 隆 二 田 中 建 雄 本 山 禎 三 袴 塚 前 田 豊 林 年 宏 松 井 英 憲 松 田 東 栄
	TN-77-2	某ビル煙道の爆発事故の実験的検討	
	TN-77-3	高気圧N ₂ ガス中における絶縁材料の耐アーク性 (第1報)	松 田 東 栄
	TN-77-4	レグさく岩機の振動測定	
	TN-77-5	爆発および爆ごう抑止器の実用化に関する研究 (第2報) —爆ごう誘導距離に及ぼす管路条件の影響—	
	TN-77-6	浮遊粉じん中における層流火炎伝ばの実験的研究 (I) —ポリエチレン粉じん火炎—	
	TN-77-7	浮遊粉じん中における層流火炎伝ばの実験的研究 (II) —コルク粉じん火炎—	
	TN-77-8	爆発および爆ごう抑止器の実用化に関する研究 (第3報) —多孔板と金網を用いた爆ごう抑止器について—	
	TN-77-9	ロープ支持クレーンジブの横方向座屈強度ならびにジブ折 損事故の検討	
	TN-77-10	粘土鉱物の石灰処理	

(4) 学会誌・学術雑誌掲載

題 目	誌 名	発表年月	執 筆 者
プレス作業における手の速度について	人間工学 Vol. 13, No. 2	52. 4	深 谷 潔 杉 本 旭 佐 藤 吉 信
爆ごう波管によるアセチレン空気混合ガス球面爆ごう波 の直接起爆限界エネルギー	安全工学 Vol. 16, No. 2	52. 4	
産業安全研究所と今後の課題	安全工学 Vol. 16, No. 5	52. 10	川 口 邦 供
仮設手すりの必要高さと必要強度について	安全工学 Vol. 16, No. 5	52. 10	河 尻 義 正 堀 井 宣 幸
Winslow effect in ionic exchange resin disper- sion	Bulletin of the JSME Vol. 20, No. 149	52. 11	

題 目	誌 名	発表年月	執 筆 名
マッチングによる疲労破面形態の解明	材料 Vol. 27, No. 292	53. 1	橋 内 良 雄
プレスの「安全距離」に関する研究——モデル作業における手の速度とストップタイムの現場測定について	安全工学 Vol. 17, No. 1	53. 2	深 谷 潔
東京新宿某ビル煙道の爆発事故原因の実験的検討	火災 Vol. 28, No. 1	53. 2	木 下 鈞 一
共析鋼の疲労き裂伝ば機構に及ぼす微視的組織の影響	日本機械学会論文集 Vol. 44, No. 378	53. 2	橋 内 良 雄

(5) 研究発表

題 目	発表会名	発表年月日	発表者
爆ごう波管によるアセチレン空気混合ガス球面爆ごう波の直接起爆エネルギー	日本化学会 第36春季年会	52. 4. 3	松 井 英 憲
プラスチックの耐火炎指数	〃	〃	鶴 見 平三郎
マッチングによる疲労破面形態の解明	日本材料学会 第1回フラクトグラフィシンポジウム	52. 5. 26	橋 内 良 雄
鋼のき裂伝ば速度に及ぼす微視的組織の影響	〃	〃	〃
高温中でコロナ放電を利用した鋼球の帯電特性	高分子学会 静電気研究発表会	52. 6. 24	田 畠 泰 幸 他1名
流電帯電における液種の影響に関する一考察	〃	〃	児玉 勉・田畠泰幸
移動式クレーンのジブの横方向の座屈強度について	第7回安全工学国内シンポジウム	52. 7. 7	前田 豊・袴塚禎三
中炭素鋼熱処理材の疲労破壊に関するフラクトグラフィ的検討	〃	〃	橋 内 良 雄
アルミ合金鋳物および球状黒鉛鋳鉄の疲労き裂伝ばについて	〃	〃	田中正清・橋内良雄
仮設手すりの必要高さと必要強度について	〃	〃	〔河 尻 義 正 堀 井 宣 幸 小 川 勝 教
爆ごう誘導距離に及ぼす管長および管端条件の影響	〃	〃	林 年宏・松井英憲
コルク分散系の燃焼下限界と粒度について	〃	〃	松 田 東 栄
プラスチック製フランジのセーフギャップに関する研究	〃	〃	鶴 見 平三郎
帯電液面からの放電による水素ガスへの着火	〃	〃	田 畠 泰 幸
ウサギに対する電撃の安全限界についての一考察	〃	〃	山 野 英 記 他1名
労働災害の発生間隔の分布について	〃	52. 7. 8	花 安 繁 郎
プレスの安全距離に関する研究——モデル実験による手の速度とプレスの停止時間の現場測定——	〃	〃	深 谷 潔
プレス機械要素の信頼性とプレス作業システムの安全性評価	〃	〃	佐 藤 吉 信
加圧ガス中における可燃性固体の火花着火(抵抗回路の場合)	昭和52年 電気学会全国大会	52. 7. 30	市川健二・田中隆二
高気圧下における絶縁材料の耐アーク性(第1報)	〃	〃	本山建雄・田中隆二
フッ素樹脂の熱分解ガスクロマトグラフィーおよびマスフラグメントグラフィー	第5回 国際熱分析学会議	52. 8. 4	森 崎 繁
高圧下における潤滑油の発火温度	〃	〃	駒 宮 功 額
Construction and performance of a Spontaneous ignition apparatus	〃	52. 8. 5	琴 寄 崇

題 目	発 表 会 名	発表年月日	発 表 者
液体の流動帯電現象について	高分子学会 静電気分科会	52. 9. 28	児 玉 勉
高温下でのコロナ放電による鋼球の帯電特性	第1回静電気学会全国 大会	52. 10. 12	田 島 泰 幸 他1名
流動帯電に関する大型実験	〃	52. 10. 13	{ 田島泰幸 児玉勉・他4名
流動帯電に及ぼす除電剤 (ASA—3) の効果 建築工事における労働災害の発生特性(2)	〃 日本建築学会 昭和52年度大会学術講 演会	〃 〃	田島泰幸・児玉 勉 花 安 繁 郎
階段通路の安全性に関する報告 (5報) 通路階段の安全性に関する報告 (第4報) ——階段昇降動作時の歩行解析 (その2) ——	〃	〃	河尻義正・堀井宣幸 { 永 田 久 雄 木 下 鈞 一
建設工事における足場の安全性に関する研究 (第1報) ——ブラケット側足場の強度について——	〃	〃	小川勝教・河尻義正
某ビル煙道の爆発事故の実験的調査	〃	52. 10. 14	木 下 鈞 一
トンネル建設工事における労働災害の発生分布について (1)	土木学会 第32回年次学術講演会	52. 10. 15	花安繁郎 堀井宣幸・前 郁夫
〃 (2)	〃	〃	堀井宣幸 花安繁郎・前 郁夫
Safety Engineering for Industrial Robot and draft Standard for Safety Requirement	7th International Symposium on In- dustrial Robot	52. 10. 21	杉 本 旭
Application of Fractographic Method for Quan- tative Analysis of Fatigue Failure	HOPE International JSME Symposium	52. 10. 31	橋 内 良 雄
鋼 (S B 42) 厚板の疲れき裂伝ば挙動について	機械学会創立80周年記 念関西支部学術講演会	52. 11. 12	田 中 正 清
浮遊粉じん中におけるコルク粒子の燃焼	第15回燃焼シンポジウ ム	52. 12. 5	松田東栄 柳生昭三・内藤道夫
消炎距離の火炎速度依存性	〃	52. 12. 6	鶴 見 平三郎
災害発生時間数の分布について	第10回安全工学研究発 表会	52. 12. 8	花 安 繁 郎
フッ素樹脂の酸化分解と発火	〃	52. 12. 9	森 崎 繁
鉱油の高圧低酸素濃度空気中における燃焼危険性	〃	〃	駒 宮 功 額
油脂の発火温度	〃	〃	駒 宮 功 額
潤滑油の自動酸化におけるトコフェノールの抗酸化効果	〃	〃	森崎 繁 他1名 駒 宮 功 額 他1名
高張力鋼WT 80 C 厚板の疲れき裂伝ば挙動について	日本機械学会関西支部 第53期定期総会講演会	53. 2. 16	田 中 正 清
高炭素鋼の疲労き裂の微視的伝ば機構に及ぼす金属組織 の影響	日本材料学会 第9回フラクトグラフ ィ部門委員会	53. 2. 17	橋 内 良 雄
人間の手指のにぎり特性に関する研究 (第1報)	日本機械学会 東海支部第27期総会講 演会	53. 3. 18	{ 杉 本 旭 深 谷 潔 他1名

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教育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 336m² 2階 573m²

特別展示場 2階 333m²

見学指導室 3階 117m²

常設展示場には、安全活動、作業環境、加工機械災害防止、人間の動作、つい落災害防止、倒壊災害防止、保護具、爆発災害防止、感電災害防止、運搬災害防止の10コーナーに分けて関係資料を展示している。資料の展示に当って、実物、模型、解説パネルのほか、視聴覚機器および、実演可能の装置等によってなるべく立体的な展示構成を行い、見学者の理解を容易にするようにしてある。

特別展示場には、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の成果を紹介するなど、時機に応じたテーマをとらえて一定期間展示を行っている。

見学指導室には、主として団体見学者に対するオリエンテーション、安全教育などを行うために、視聴覚施設・教材を備えて、入館者の階層別、業態別等の安全についての要望にそうようにしてある。

昭和52年度における産業安全技術館の主要な活動は次の通りである。

常設展示 「移動式クレーンの安全」実演装置を設置した。

特別展示

52. 5. 16～ 7. 15 「全国安全週間50回記念」特別展

9. 1～10. 7 「全国労働衛生週間」特別展

11. 1～12. 20 「墜落災害防止」特別展

53. 2. 15～ 3. 18 海外の安全ポスター展

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3回開催した。

施設公開

特別展開催期間中に産業安全研究所実験室を2回公開した。

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 295日 (4/1～3/31)

個人 38,265名, 団体295組6,115名

計 44,380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52年度における大阪産業安全技術館の主要な活動は次の通りである。

常設展示 「映像展示解説装置」を設置した。

特別展示

52. 6. 1～ 7. 7 海外の安全ポスター展

52. 11. 1～12. 10 「クレーンの安全」特別展

安全の講演会8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・管理状況の調査などを含めて、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 295日 (4/1～3/31)

個人 4,536名, 団体 232組25,928名

計 30,464名

(3) 依頼試験および検定

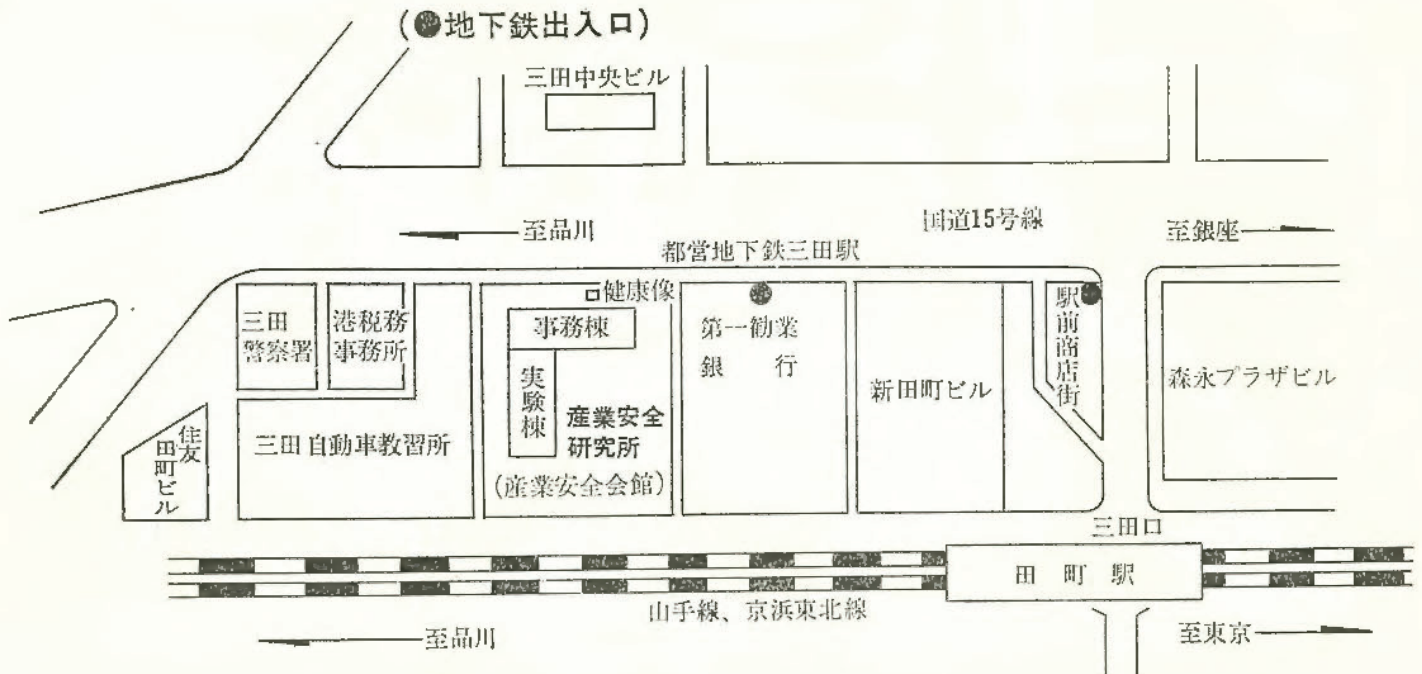
産業安全研究所依頼試験規程に基づく依頼試験は、昭和52年度に合計180件を受理したが、研ま盤のと石車の強度試験、安全靴の安全性能試験などのほか、その他の試験として、パイプサポート、建わくの性能試験等を行った。

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397件であった。

付 録

研究所案内

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1号線および6号線三田駅から 徒歩1分

事 務 棟

実 験 棟

階	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・光弾性実験室
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

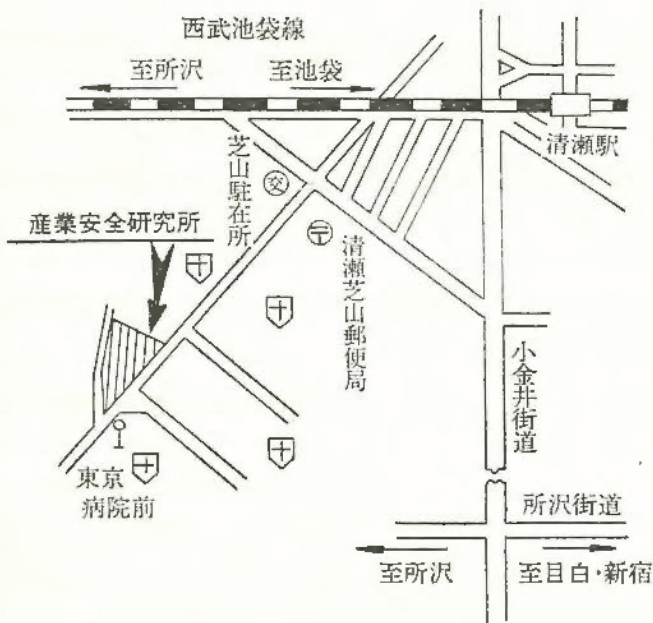
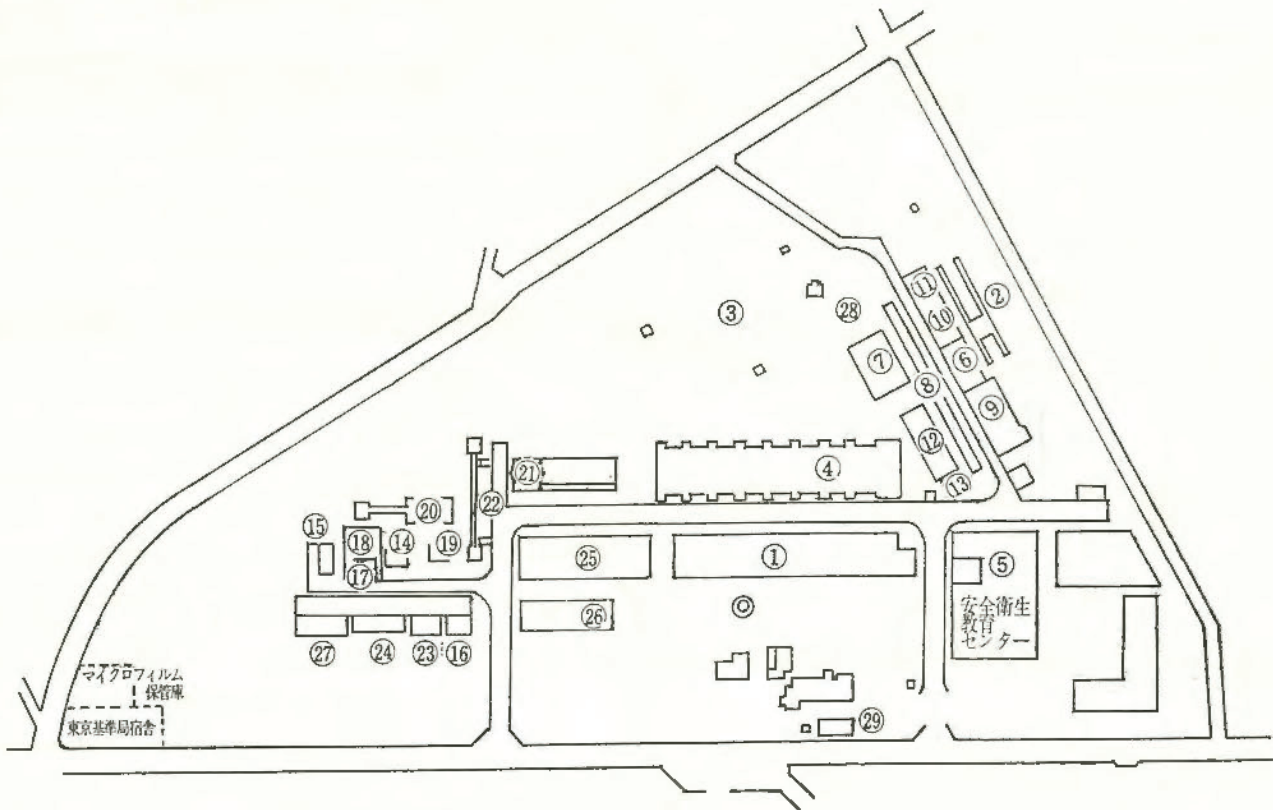
清瀬実験場

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



清瀬実験場施設一覧

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

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
下里団地行
に乘車 (約5分) 東京病院前下車

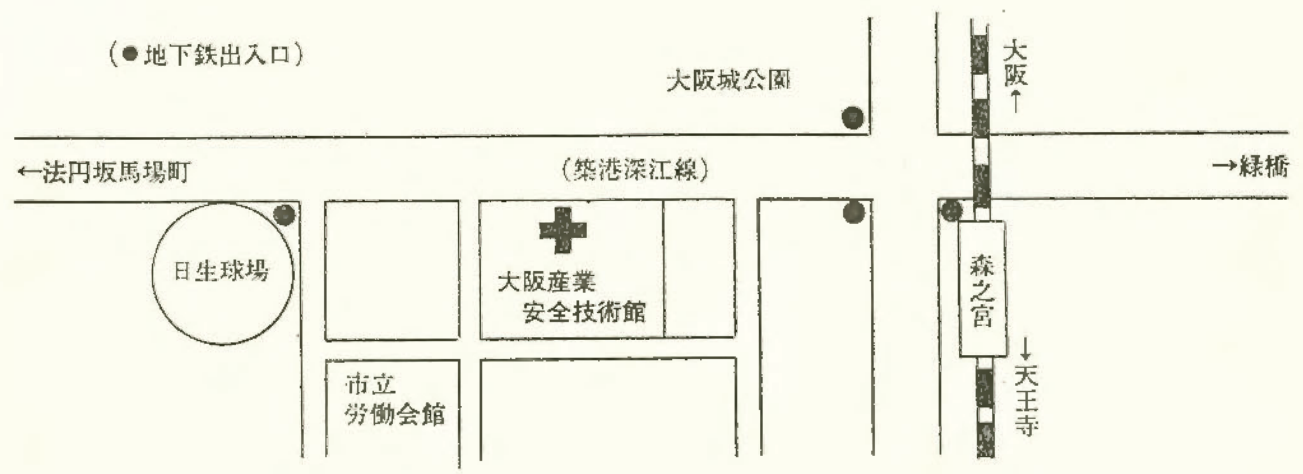
大阪産業安全技術館

産業安全研究所 大阪産業安全技術館

大阪市東区森之宮東之町 458

電話 大阪 (06) 942-3868

郵便番号 540



産業安全研究所年報 昭和52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)
