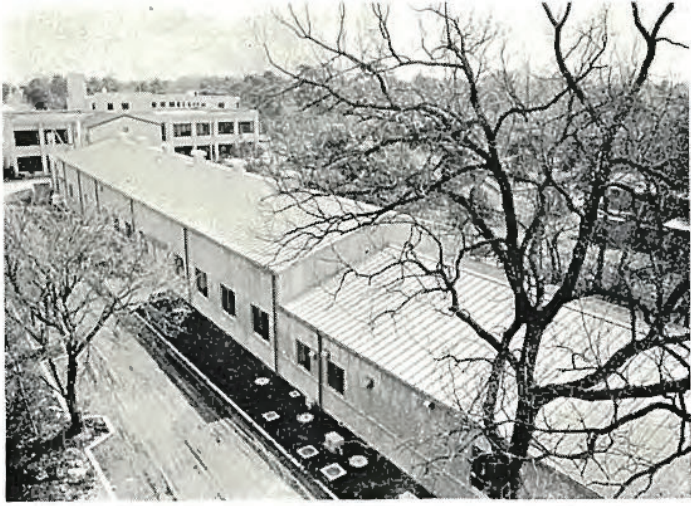


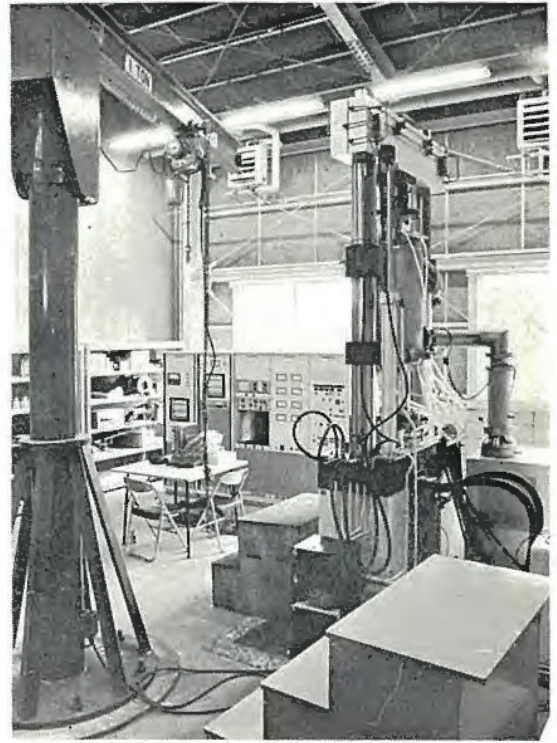
# 産業安全 研究所 年報

昭和51年度

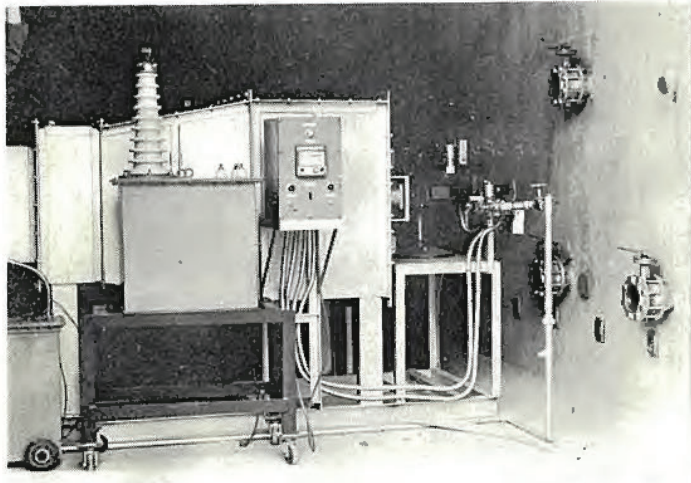




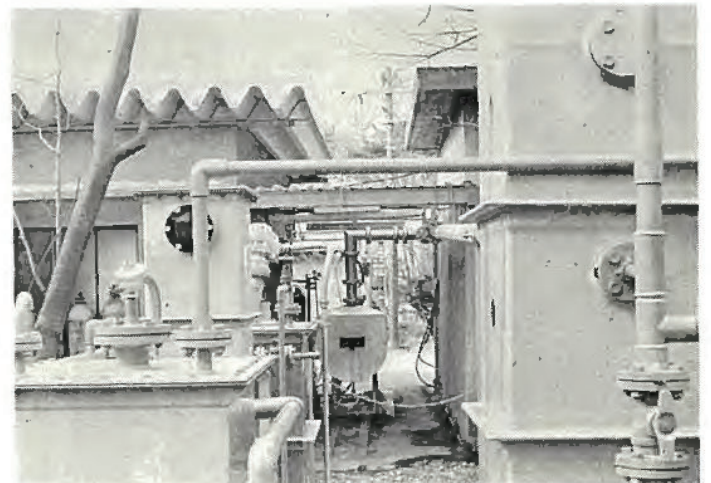
機 械 実 験 棟



電 気 油 圧 式 疲 勞 振 動 試 験 装 置

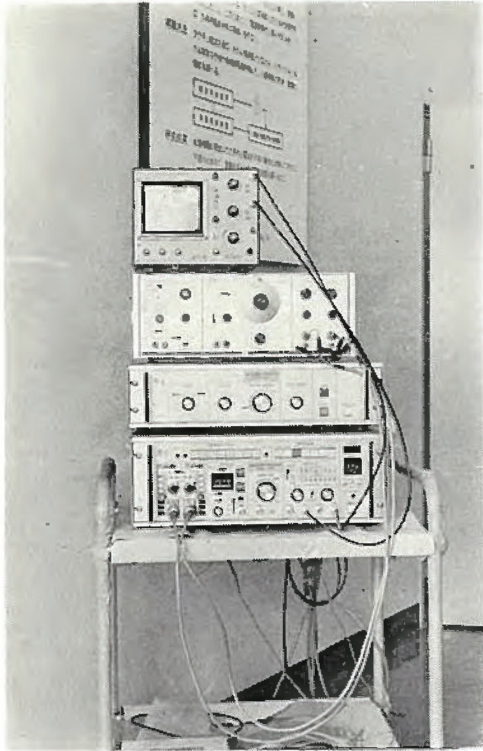


粉 体 帯 電 装 置

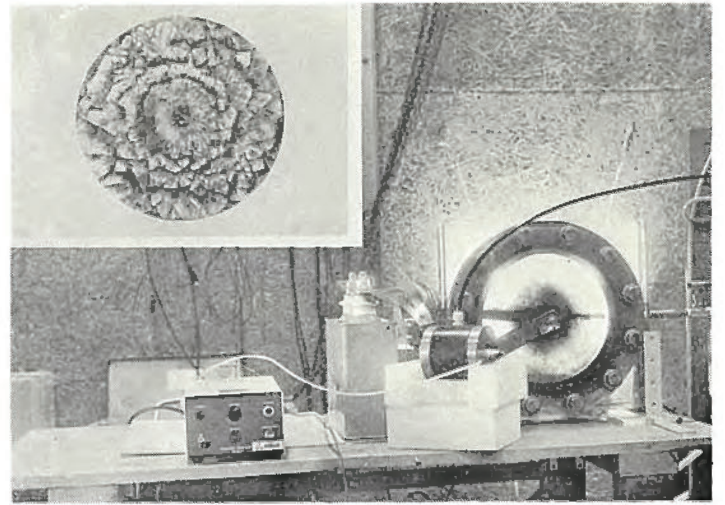


液 状 P C B の 酸 素 焼 却 処 理 実 験 装 置





心電波形分析装置



起爆限界エネルギー測定装置  
(白枠内は爆ごう波面の軌跡を示す)



「クレーンの安全」特別展



「化学プラントの安全」実演装置

# 目 次

第1章 総 説	2
(1) 組織の変遷	3
(2) 歴代所長	3
(3) 組 織	3
(4) 定 員	4
(5) 土地および建物	4
(6) 歳出予算および歳入	5
(7) 主要試験研究施設・設備状況	7
第2章 研究業務	8
(1) 昭和52年度の実行テーマ	8
(2) 研究成果の概要	9
(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	38
(1) 産業安全技術館の活動	38
(2) 大阪産業安全技術館の活動	38
(3) 依頼試験および検定	38
付 録	39
研究所案内	39
清瀬実験場	40
大阪産業安全技術館	41



# 第1章 総 説

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なっている。近年、安全に対する社会的要請に伴なって、各省庁等においてもそれぞれ所管の機械設備に対する安全化の諸研究が進められているが、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言える。

わが国の産業災害は、昭和35年以降漸減の傾向をたどり、とくに石油ショック以来急速な減少を示したが、昨年来ようやく生産活動が回復するに従って、災害の減少傾向は頭打ち乃至はむしろ反転増加の様相を呈しており、しかも爆発、土砂崩壊、転倒・倒壊等による重大災害や墜落による死亡災害などは、依然として日夜、新聞社会面を賑わしている情勢で、当所に対するこれら災害に関する安全工学的研究の要望は極めて高い。

一方、災害の原因は複雑化し、単なる機械設備の不備などの物的原因や、作業者のミスなどの人的原因のいずれか片方だけによることはむしろ稀で、それらのいくつかの原因が相互に組合わされて災害を惹き起すことが多い。従って、今後の安全の研究には、従来の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り、これらの総合的な研究なしには、今後の複雑化する災害の画期的な減少は期し難い。

また、わが国の人口構成の変化に伴なう若年男子労働者層の減少は、必然的に女子および高年齢者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把握して、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、作業者、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な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共に、今後の安全研究の新ら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。

なお、当所においては従来から、付属の安全技術館において、展示および技術相談により高度の安全知識の普及を計っており、またメーカーや利用者の要望により安全装器具の依頼試験と、防爆電気機械器具の検定を行なっている。



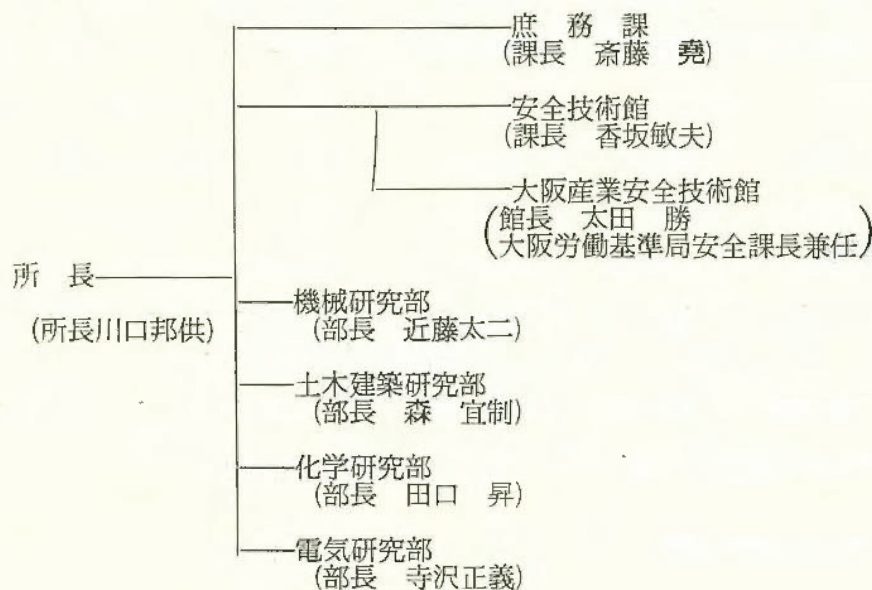
## (1) 組織の変遷

- 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 東京都清瀬市に付属屋外実験場を設置。
- 昭和42年1月17日 庁舎改築のため、付属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。

## (2) 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～

## (3) 組織





# (4) 定 員

定員	会計別	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	
54	一般 会計	42	指	1	1											
			1		6			6								
			2				15									1
			3					9			1					1
			4								1					1
			5								2					2
			6									5				5
			7									1				1
			8													
			計	1	1	6	15	9	30	1	3		6	10	1	1
54	労働 保険 特別 会計	12	指													
			1		1			1								
			2				2									1
			3					5								5
			4													
			5								1					1
			6									2				2
			7													
			8													
			計			1	2	5	8		1		2	3	1	1
合計	*	54		1	1	7	17	14	38	1	4		8	13	2	2

\* 昭和52年度の定員は53名。

# (5) 土地および建物

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7,353	
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



## (6) 歳出予算および歳入

## 1. 歳出予算

(単位：千円)

年 度		48 年 度	49 年 度	50 年 度	51 年 度	52 年 度
区 分						
一 般 會 計	人 件 費	96,177	117,213	147,991	163,136	180,866
	児 童 手 当	72	80	156	180	180
	職 員 旅 費	662	662	735	588	572
	試 験 研 究 費	22,461	25,223	29,635	29,635	31,711
	庁 費	14,648	16,592	18,743	21,038	24,342
	各 所 修 繕	1,552	1,635	1,937	1,688	1,872
	自 動 車 重 量 税	15	0	30	0	38
	小 計	135,587	161,405	199,227	216,265	239,581
	(移替予算)					
	国立機関原子力試験研究費	347	—	—	—	—
	国立機関公害防止等試験研究費	0	7,600	11,500	30,688	18,850
	特別研究促進調整費	23,211	9,134	—	—	—
	海洋開発調査研究促進費	—	—	—	—	4,163
小 計	23,558	16,734	11,500	30,688	23,013	
合 計	159,145	178,139	210,727	246,953	262,594	
労働保険特別会計 (労災勘定)	職 員 旅 費	995	961	1,510	1,208	2,722
	施 設 施 工 旅 費	0	0	0	566	0
	試 験 研 究 費	6,400	6,880	7,760	7,840	8,400
	庁 費	76,034	143,712	157,884	77,912	112,480
	施 設 施 工 庁 費	0	0	0	566	0
	各 所 修 繕	1,552	1,635	1,938	1,688	1,872
	施 設 費	20,100	21,688	21,475	102,248	83,426
	電 子 計 算 機 等 借 料	33,684	34,344	35,004	35,004	37,877
合 計	138,765	209,220	225,571	227,032	246,777	
総 計	297,910	387,359	436,298	473,985	509,371	



## 2. 歳 入

(依頼試験)

区 分	年 度			
	48 年 度	49 年 度	50 年 度	51 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	33	87	81	48
安全帽の安全性能試験	29	7	0	0
安全靴の安全性能試験	14	16	23	15
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	4	1	26	7
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	274	260	91	96
合 計	354	371	221	166
歳 入 金 額	千円 980	千円 1,003	千円 905	千円 1,135

(検 定)

区 分	年 度			
	48 年 度	49 年 度	50 年 度	51 年 度
防爆電気機械器具 A (旧小型)	38	25	18	24
〃 B (旧中型)	14	25	46	36
〃 C (旧大型)	20	25	49	28
〃 D	17	13	24	14
〃 E	42	46	38	33
〃 F	11	12	14	20
更新手数料	56	148	507	411
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	198	304	696	566
歳 入 金 額	千円 5,509	千円 6,391	千円 10,453	千円 14,381



(7) 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><b>【一般会計】</b>            安全帯試験塔            高速度カメラ（回転プリズム式）            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</p> <p><b>【特別会計】</b>            （施設）            1 トンジブ走行起重機            上止め支保工実験施設            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</p> <p>（設備）            30トン横型引張試験機            大型キセノンテスト            ワイヤロープ衝撃試験機</p>	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 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 化学プラントの安全実演装置 高速度カメラ



## 第2章 研究業務

当研究所においては社会的需要の高い問題とともに、基礎的、先行的な問題について研究テーマを選定する必要性があり、このような観点に基づいて、各研究部長によって構成される研究管理委員会を設け、研究担当者等から提出された研究テーマの評価を行なって、テーマを決定している。

### (1) 昭和52年度の実行テーマ

- A 特殊機械設備の安全化
  - 1. 金属材料の破壊防止
    - a 高硬度鋼および鋳物材の疲れ破壊に関するフラクトグラフィ的研究
    - b 溶接継手の高サイクル疲れ強さについて
    - c 大型材の低サイクル疲労特性
  - 2. 運搬機械の安全化
    - a 模型実験による移動式クレーンの動的安定性
  - 3. 工事用設備の安全化
    - a 親綱支柱に作用する荷重とその安全化
    - b 特殊使用条件下におけるわく組足場の安全性
- B 人間—機械システムの安全性
  - 1. 安全性の評価
    - a 造船工業における災害調査と作業の危険性調査
    - b 災害発生間隔の分布に関する研究
  - 2. システム安全手法の事例的研究
    - a 山陽新幹線トンネル建設工事労働災害の確率的な分布
  - 3. 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
- C 安全性の人間工学的研究
  - 1. 機械等の人間工学的安全化
    - a 電気流体方式による多関節人工指の試作研究
- D 作業環境の工学的改善
  - 1. 工場換気の適正化
    - a 換気のある模型建屋内の熱対流
  - 2. 手持機械の振動防止
    - a チェンソーの振動防止装置
- E 掘削工事の安全化
  - 1. 土砂岩石の崩壊防止
    - a 粘土鉱物の石灰処理
    - b 土砂崩壊災害の発生条件の分析
    - c 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 浮遊粉じん中における着火伝ばの光学的研究
    - c 粉じん雲の着火エネルギー
    - d 簡易配管による流送粉じんの爆発性
  - 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 爆発および爆ごう抑止器の実用化
    - c 異常状態の検出および電氣的出力への変換方法
    - d 球面ガス爆ごう波の直接起爆限界エネルギー
    - e 小型圧力容器に用いる破裂板
  - 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
  - 4. 電気設備による点火危険性とその防止
    - a セーフギャップの点火エネルギー依存性
    - b 低圧回路の開閉火花による爆発性ガスの点火限界
    - c 高気圧環境下における固体有機材料の耐アーク性
    - d 防爆構造電気機器本体への導線引込方式（一耐圧パッキン式）
  - 5. 静電気による点火危険性とその防止
    - a 給油管、タンク内における帯電と着火危険性
- G 電撃危険性とその防止
  - 1. 電撃危険性とその防止
    - a ウサギの心室細動生起電流の周波数時続時間依存性
    - b 海中における電流電位分布の測定
    - c 海中における生体への電撃危険性
    - d 防止技術の探究とその実験的考察
    - e 送配電線設備からの感電災害の実態分析
- H 廃棄物の安全処理
  - 1. 高圧空気・酸素中における廃棄物の燃焼処理
    - a 酸素中におけるPCBの焼却処理
- I 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
  - a 送気システムにおける有害ガスの異常発生現象の解明
  - b 圧気作業室内における可燃物の燃焼危険性の解明と危険性の評価
  - c シャフト内昇降設備の安全化
  - d 送気システムの信頼性
  - e シャフトの継手ボルトの静的および動的強度



## (2) 研究成果の概要

### 金属材料の破壊防止

#### a 高硬度鋼および鋳物材の疲れ破壊フラクトグラフィ的研究

—高炭素鋼の疲労き裂伝ば機構に及ぼす金属組織の影響—

機械研究部 橋内 良雄

##### 1. 目的

一般に高炭素鋼はじん性が小さく破面形態が不明瞭であって、これらが使用される機械(プレス類等)や構造部材の破壊原因をフラクトグラフィの手法を用いて定量解析することはかなり困難である。一方、軟鋼などのじん性材料では疲労き裂の微視的伝ばがストライエーション形成機構によって支配されるのに対し、高硬度材ではこれらの金属組織に依存してストライエーション以外の微視的破壊機構(粒界割れ、微視へき開、デンプル)が介在する。このため、フラクトグラフィから定量的に破壊原因を推定するためには、ストライエーションのみならず他の微視的破壊機構の定量化やそれらが巨視的速度に及ぼす影響についての知見が必要である。本研究はその一環として共析鋼(SK5)を用いて熱処理を行ない、それらの金属組織に起因して発生する微視的破壊機構と巨視的速度との関係について検討を行なった。

##### 2. 実験方法

熱処理は(1)700°Cおよび850°Cからの焼なまし、(2)830°Cから水冷後250°C、400°C、600°Cでそれぞれ焼もどしを行なった。また、セメントナイト間隔を変える目的で(3)層状組織では850°Cからの炉冷速度を、(4)球状組織では水焼き入れ後、700°Cに保持した時間(焼もどし時間)を変えることによって組織の間隔を調整した。熱処理後、長さ200mm、幅100mm、厚さ4mmの試験片を作成し、Vibrophorを用いて疲労試験を実施した。疲労き裂の巨視的伝ば速度は、あらかじめ試験片の表面に0.5mm間隔に入れたけがき線をき裂が横切る際の位置と繰返し数を50倍の顕微鏡を用いて読み取り求めた。結果は応力拡大係数の変化幅( $\Delta K$ )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、おもに透過電子顕微鏡を用いて微視的破壊機構を調べると共にその定量化を行なった。

##### 3. 結果

図1は、代表的な熱処理材の巨視的速度を最小二乗法によって直線近似を行ない $\Delta K$ との関係を示したもので、850°C焼なまし材では他の材料と比べて高 $\Delta K$ 域で

速度に増加が認められる。破面観察の結果、焼なまし材では $\Delta K > 60 \text{ kgmm}^{-3/2}$ からストライエーションと共に微視へき開が出現し、その破面率は700°C焼なまし材では $\Delta K$ と、850°C焼なまし材では最大応力拡大係数 $K_{\max}$ との相関が見られ、それぞれの破面率は両対数紙上で $\Delta K$ 、 $K_{\max}$ との間に直線関係が成立する。このため、高 $\Delta K$ 域における850°C焼なまし材の巨視的速度の増加は、静的破壊に敏感な微視へき開の介在によると推察される。焼もどし材では、 $\Delta K \approx 50 \sim 150 \text{ kgmm}^{-3/2}$ で速度に大きな差異は見られず、この傾向は250°C焼もどし材でも同様である。これらの微視的破壊機構は、若干のデンプルや粒界割れが介在する以外ストライエーション形成機構が支配的であって、したがって、組織や強度レベルによらず巨視的速度に差が生じないと考えられる。一方、水冷後700°Cに恒温保持して得られた球状化処理材では、 $\Delta K < 47 \text{ kgmm}^{-3/2}$ で亜粒界割れが形成され、それらが出現する上限界は繰返し塑性域寸法と亜粒界直径との比で規定される。なお、球状および層状セメントナイト間隔を変えても、 $\Delta K = 40 \sim 150 \text{ kgmm}^{-3/2}$ の範囲の伝ば速度に変化が生じないことが判明した。

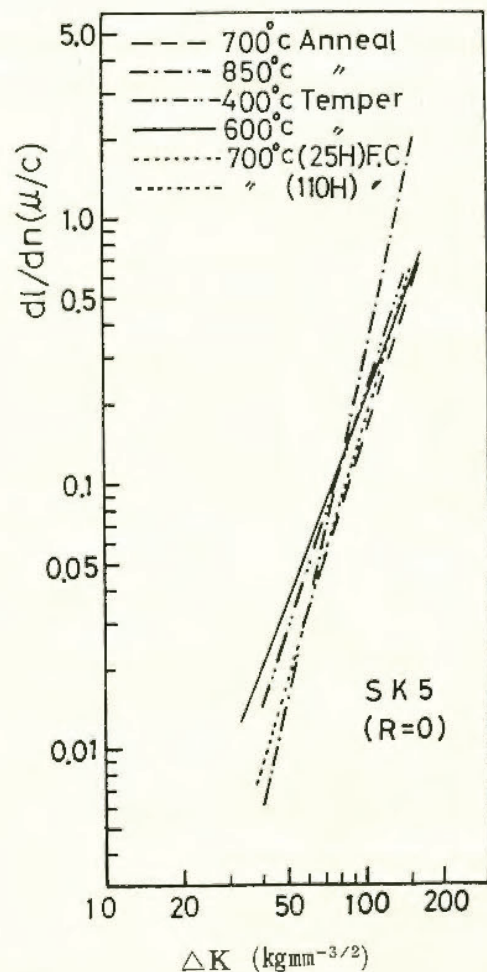


図1 巨視的き裂伝ば速度と $\Delta K$ の関係



## b 鋼およびアルミ合金の

### 疲れき裂の開閉挙動

機械研究部 田中 正清

#### 1. まえがき

構造物や機械部品の破壊による災害は疲れき裂の伝播現象に起因する場合が多い。そこで我々は種々の金属材料を用いて疲労試験を実施し、主として破壊力学と破面解析の面から疲れき裂の伝播挙動を調べている。本研究はその一環として疲れき裂先端の開閉状態を3種の材料について観察し、材質と平均応力がこの挙動とき裂伝播速度に与える影響を検討したものである。

#### 2. 実験方法

供試材はアルミ合金2017-T3と鋼SB42およびSK5の3種で、中央切欠き付き板状試験片により疲れき裂伝播試験を行なった。その途中の或る1サイクルの間に荷重を段階的に停止させ、き裂先端部に貼付した歪ゲージと、同領域で採取したレプリカの走査電顕観察とにより歪と変位を測定し、1サイクル中のき裂の開閉状態を表わす荷重-変形曲線を描いた。き裂先端が開く応力  $\sigma_{op}$  はその曲線の屈曲から判定し、応力の変動幅  $\Delta\sigma$  に対するき裂開口応力範囲  $(\sigma_{max} - \sigma_{op})$  の比即ちき裂開口応力比  $U = (\sigma_{max} - \sigma_{op}) / \Delta\sigma$  を求めた。

#### 3. 実験結果

図2は各々の材料についてレプリカ法により求めた応力比  $R (= \sigma_{min} / \sigma_{max})$  とき裂開口応力比  $U$  との関係を示す。ゲージ法の結果もほぼ同様であった。これらを検討し本実験範囲内で次のような知見が得られた。

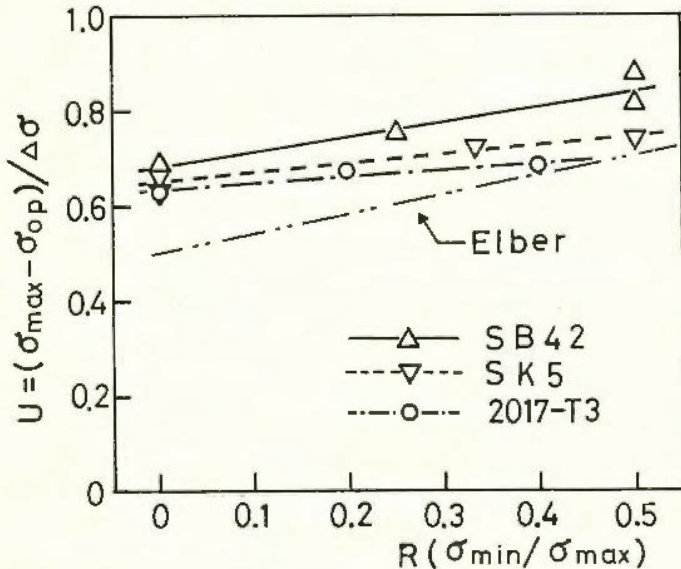


図2. レプリカ法によるR-U関係

(1) き裂開口比は材質により異なるが、いずれも Elber の示した値より大である。

(2) き裂開口比に与える平均応力の影響は Elber の指摘

よりも小である。

(3) 疲れき裂伝播速度  $dl/dN$  は、平均応力によるき裂開口応力比の変化を考慮した有効応力拡大係数  $Ke$  により次式の形でかなり良く整理される。(図3はSK5の結果の例)

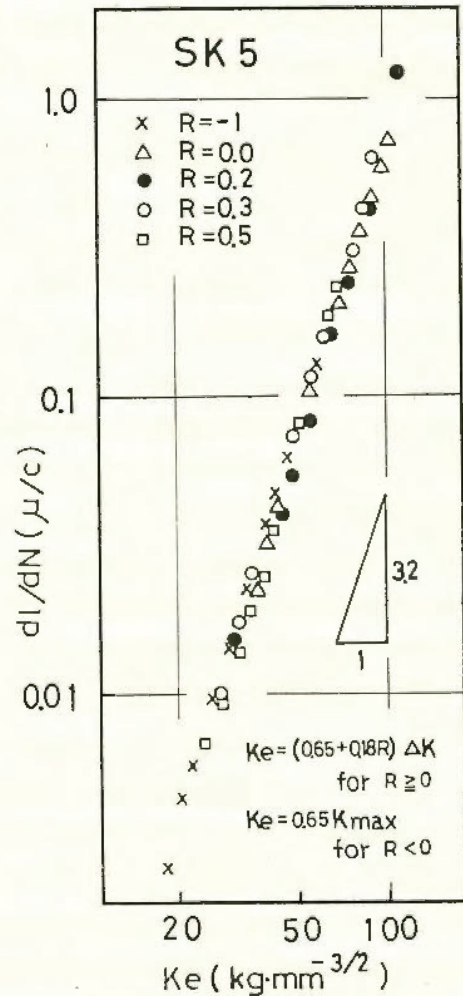


図3 き裂開口を考慮した有効応力拡大係数と巨視的き裂伝播速度の関係

# 運搬機械の安全化

## 模型実験による移動式クレーンの動的安定性

— ロープ支持ジブの横方向座屈強度 —

機械研究部 前田 豊・袴塚禎三

### 1. 研究目的

ジブクレーンや移動式クレーンのラチス構造ジブは、ロープで支えられた柱の先端から鉛直荷重をつり下げた構造として近似できる。ジブには、支持ロープ張力と鉛直荷重の合力が作用するが、圧縮力がある限界値を越えると、ジブはその中心軸と直角の方向に変形をはじめ、破壊に至る。この曲げ座屈については、一般に、支持ロープとジブ中心線とを含む面内の曲がりを考える座屈とその面に垂直な方向の曲がりを考える横方向座屈の検討が必要である。現今、ジブが非常に長大化し、このような危険が予想されるので、この状態をモデルとした横方向座屈の実験ならびに理論考察を行なった。

### 2. 理論

図4はジブOB'が横方向に $\delta$ だけ曲がってOBとなったときの模式図である。

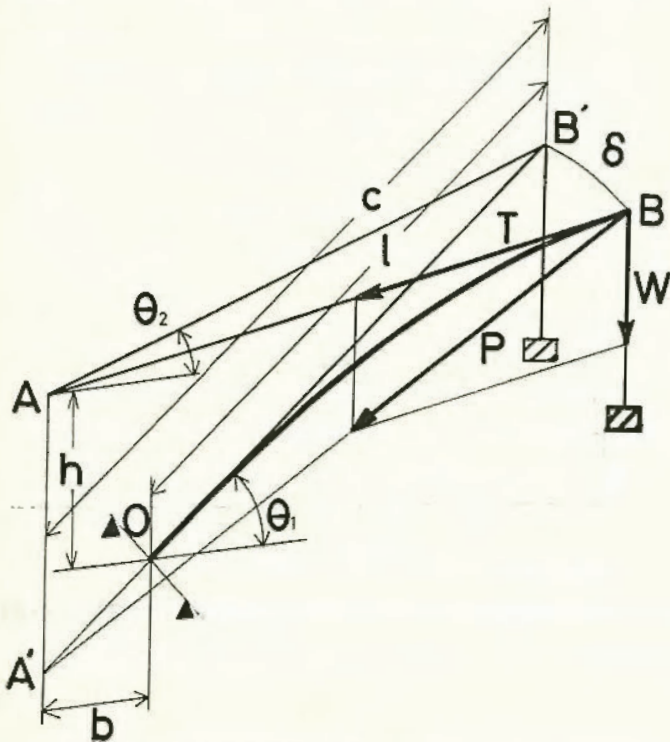


図4 ジブの横方向への曲がり

支持ロープABはAで固定されており、Aとジブ下端Oとの水平距離をbとする。支持ロープの張力Tと鉛直荷重Wとの合力Pは、 $\delta$ の大きさによらず、常にOB'の延長線とAから垂した鉛直線との交点A'を通る。これから、圧縮荷重の限界 $P_{cr}$ は、

$$P_{cr} = (kl)^2 EI / l^2 \quad (1)$$

$$\tan(kl) = -b(kl) / l \cos \theta_1 \quad (2)$$

また、 $P_{cr}$ が生じるときの鉛直荷重 $W_{cr}$ は

$$W_{cr} = P_{cr} \sin(\theta_1 + \theta_2) / \sin(\pi/2 + \theta_2) \quad (3)$$

### 3. 実験方法及び結果

試験片は5mm×10mm×500mmの鋼材を使用。下端はナイフエッジとし、上端はピボットを介してロープを取りつけた。実験結果を表1に示す。

表1 座屈時の鉛直荷重

No.	$\theta_1$ [度]	h [mm]	b [mm]	$P_{cr}$ (計算) [kg]	$W_{cr}$ (計算) [kg]	$W_{cr}$ (実測) [kg]
1	42.6	124	124	54.7	19.5	17.9
2	42.7	124	225	44.8	18.4	17.9
3	42.3	124	225	44.9	18.3	16.6
4	42.0	125	23	78.7	21.5	19.6
5	35.0	253	168	163.7	74.9	68.4
6	34.5	253	69	125.1	61.6	54.5
7	35.1	253	31	77.5	39.5	41.7
8	35.4	253	131	55.8	29.2	27.5

以上から、理論値と実験値は近い値をとることがわかる。また、ジブ傾斜角度一定のとき、横方向座屈時の鉛直荷重の支持ロープ固定位置による変化の計算結果の一例が図5である。最大の鉛直荷重を得るためには、支持ロープ固定位置に、ある適当な領域が存在することがわかる。

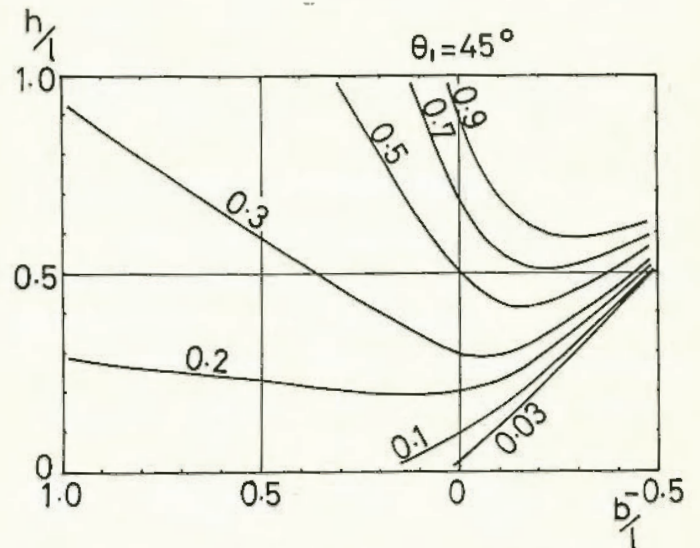


図5 支持ロープ固定位置による鉛直荷重の変化



# 工所用設備の安全化

## a 仮設手摺の具備条件

土木建築研究部 河尻義正・堀井宣幸  
小川勝教

仮設手摺の具備条件を求める目的で実験的研究を行ない、その必要高さおよび必要強度について結論を得ることが出来たので以下に報告する。

### 1. 実験方法

実験は次の2つの内容について行なった。

(1)作業中に人が手摺を乗り越えないための手摺の必要高さ(実験1)。(2)作業動作と手摺に作用する荷重の関係(実験2)。

実験方法は、実験用手摺に対し被験者に動作を行わせ、実験1では被験者の姿勢を観察し、足浮き限界(足が浮くか否かの境)および乗り越え限界(体が乗り越えるか否かの境)における衝突速度・手摺から足までの距離・手摺の高さ等を測定した。実験2では手摺材に貼った歪ゲージの出力を検出することにより作用荷重を測定した。

### 2. 実験結果および考察

実験1では、危険性および確率が高いと思われる2動作(動作1\*、動作2\*\*)に対して、足浮き・乗り越え両限界に関する実験式が、実験2では、典型的な2種類の動作(動作3……静的なもの、動作4……動的なもの)の作用荷重に関する実験式が得られた。さらに、手摺の不特定多様な要求に応えるため、上記の実験式を用いてコンピューターによるシミュレーションを行なった。その結果、手摺の高さと足の浮き又は体の乗り越えに対する安全性の関係を求めたのが、図6である。又作用荷重について、得られた結果の手摺の高さ別相対度数を求め、さらに累積度数が95%のときの作用荷重と手摺の高さとの関係を求めたのが図7である。

\*動作1；手摺によりかかり、可能な限り体を前方に曲げる動作

\*\*動作2；後退中、つまづいて手摺に倒れかかる動作

### 3. むすび

以上の実験およびシミュレーションの結果、仮設手摺について次の提案をしたい。

(1)仮設手摺は、その高さを95cm以上とする。

(2)仮設手摺は、設置場所・附近の作業状況等に応じ軽量および重量級の2階級に分けるものとし、手摺材の任意の位置に、かつ任意の方向に軽量級に対しては36kg/人以上、重量級に対しては122kg/人以上の荷重に対して十分安全なものとする。(RR-25-3 参照)

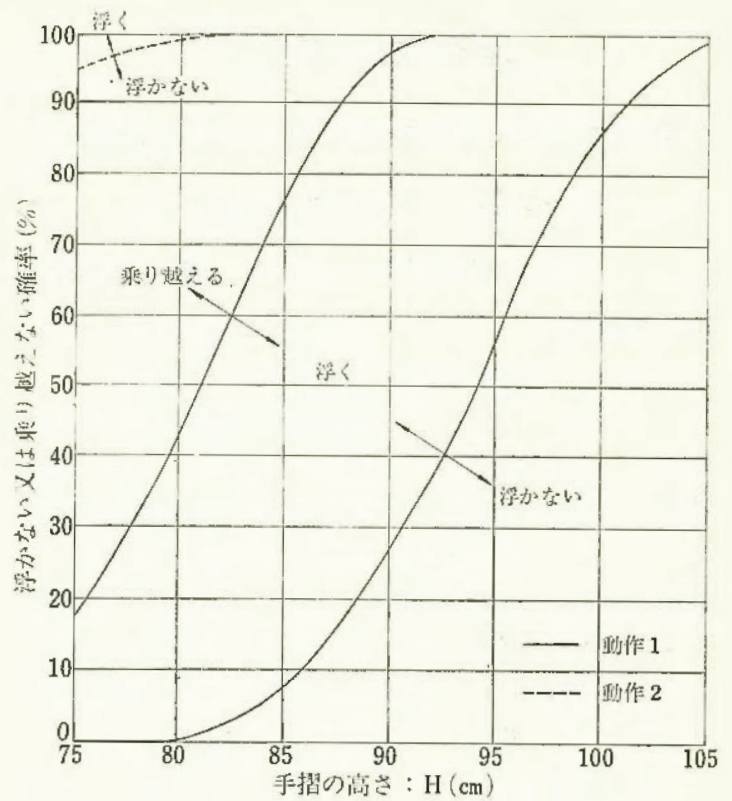


図6 手摺の高さに対する足の浮き又は体の乗り越えの安全性

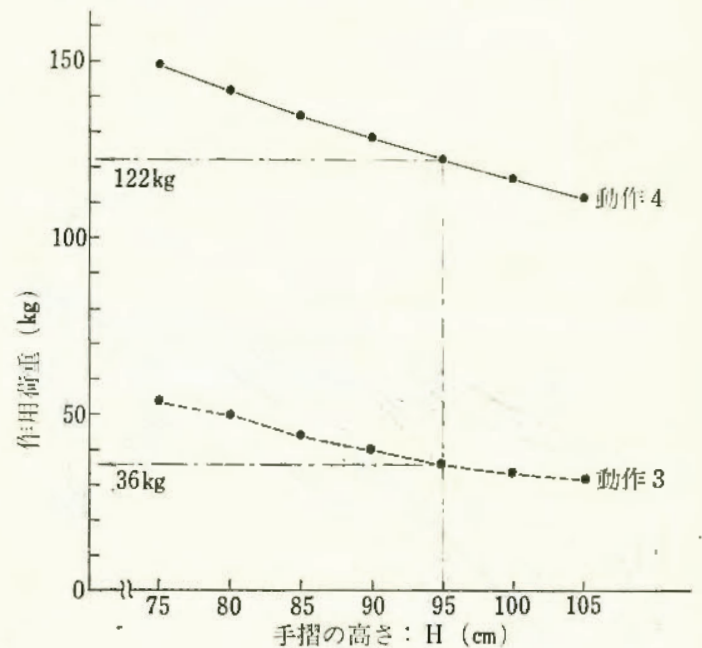


図7 累積度数が95%のときの作用荷重と手摺高さの関係



## b 特殊簡易足場の安全性

——低層簡易わく組足場の安全性——

土木建築研究部 小川勝教・河尻義正

### 1. まえがき

低層簡易わく組足場は、主に木造住宅等（高さ10m以下）の建築工事に使用することを目的とした方杖型の建わくを用いたわく組足場である。この足場は、足場の高さが低い、積載荷量が少ない等により、従来のわく組足場より華奢で取扱いが簡便なものである。このため、足場の強度等がかなり低くなっていることが予想されるので、その安全性について検討するため、各種の実大座屈実験を行ない一応の結果を得たので報告する。

### 2. 実験方法および実験結果

実験は、3層1スパン、4層1スパン、5層1スパンの足場について、脚柱の上下端を建わく面に直角な方向のナイフエッジ端とし、足場の最上端に壁つなぎを設けた状態で、荷重を各脚柱に鉛直に、かつ均等に作用させた。なお実験に用いた建わくは、わく高1,800mm、わく幅600mmの方杖型で、脚柱および横架材の材料は34φ×2.3t（STK41）のものとした。

実験においては総てわく面方向の全体座屈が生じた。その結果については表2に示す。

(1) 層数と座屈荷重、座屈荷重は3層を基準にすると4層で3%、5層で7%と層数が多くなるほど低下し、層数によって若干左右されることがわかった。しかし、その差は少なく5層以下の使用においては、1わく当りの許容座屈荷重は、5層の場合の荷重値を基準にすればよいものと思われる。

(2) 片面交さ筋かい使用の場合、交さ筋かいを設けない側の脚柱がわく面の全体座屈とわく面に直角な方向の曲げ座屈を一緒にした座屈が生じた、座屈荷重は両面交さ筋かい使用の場合に比較し、3層で6.8%、5層7.5%の低下であった。

(3) ジャッキベース使用による場合、座屈荷重は、ジャッキベースの繰り出し長250mmとした場合、ナイフエッジの座屈実験の値に比較し約16%高く1わく当り4128kgであった。

(4) 建わくの根がらみについて、根がらみの相違による座屈荷重は、根がらみを溶接した1体構造の建わくの場合に比較し、クランプにより根がらみを取付けた場合21%、根がらみのない場合25%と低下する。

### 3. むすび

以上の実験結果に基づき低層簡易わく組足場の構造基準および使用にあたっての根本的な注意事項を述べる。

(1) 建わくは、図8に示す構造、寸法、材料のものと

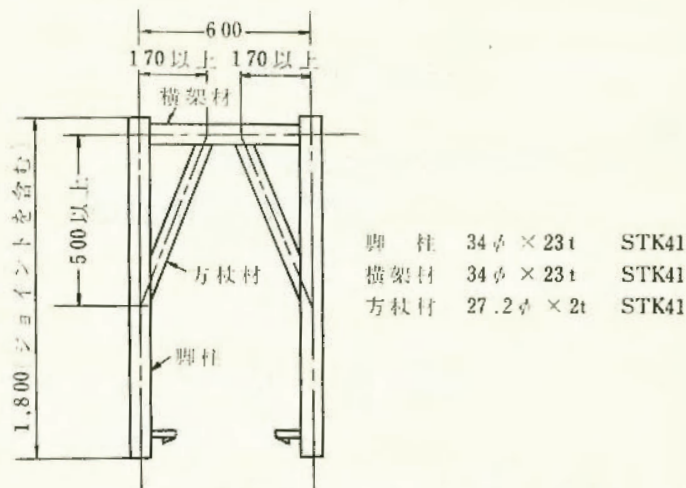


図8 低層簡易わく組足場用建わく

する。

- (2) 建わくの層間隔、水平間隔は1.8m以下とする。
- (3) 足場の高さは5層以下とする。
- (4) 壁つなぎは、3層3スパンごとに設けるものとする。
- (5) 交さ筋かいは、足場の外側面全面に設けるものとする。
- (6) 布わくは、各層全スパンに設けるものとする。
- (7) 最下層の建わくは根がらみ付きのものとする。
- (8) ジャッキの繰り出し長は250mm以下とする。
- (9) 足場の最上端に手摺を設けるものとする。
- (10) 脚柱ジョイントはロックできる構造のものとする。
- (11) 建わくの許容支持力は、1わく当り1,500kg以下とする。
- (12) 積載荷重は、1スパン250kg以下とする。  
(TN-76-10参照)

表2 実大座屈実験結果

層数	交さ筋か いの取付 状態	最大荷重 kg		座屈形態
		実測値	1わく当り	
3	両面	7,125	3,563	全体座屈
3	片面	6,646	3,323	//
4	両面	6,913	3,457	//
5	両面	6,709	3,355	//
5	片面	6,210	3,105	//



# 安全性の評価

## a 造船工業における災害調査 と作業の危険性評価

——足場上における安全带使用に  
伴う危険性の評価——

機械研究部 近藤太二・佐藤吉信  
杉本 旭・深谷 潔

### 1. 緒言

人間の関与する機械の操作や作業において、直接危険な災害に結びつく人間工学的意味でのヒューマンエラーの発生する状況はどのようなものであるかという事は、システムの安全性を評価する上で興味深くかつ必要な研究課題である。今までそれ等は主に信頼性の観点からいくつかの操作においてあるいは比較的単純な作業などについて研究されてきた。一方人間を制御系モデルとした反応パターンの研究の分野としても取り上げられてきた。

しかし環境や作業条件が複雑に変化する現場の作業などについては、各種の要因を一定に保って人間の行動あるいは動作を研究する事は困難な場合が多い。その事が例えば安全性の評価などはっきりした目的を持たない場合以外はその問題に近寄り難くしている原因でもある。実際の環境と人間というものは常に変化しているのでシステムの中に人間の要素が組み入れ又その要素の役割が大きいシステムフェイズでは我々の期待する系の信頼性にはかなり幅があるものと思わなければならない。

### 2. 研究方針

比較的複雑でない作業システムで人間のある行為の信頼性の一例として造船工業における高所作業の一部分について調査を行った。造船工業は全般的にその内容と実際を比較すれば安全性の向上している業種であろう。そ

の中では足場架設解体などの高所作業が危険性が高い。それ等の作業中において墜落災害の発生するパターンは図9のようなフォールトツリーで示される。

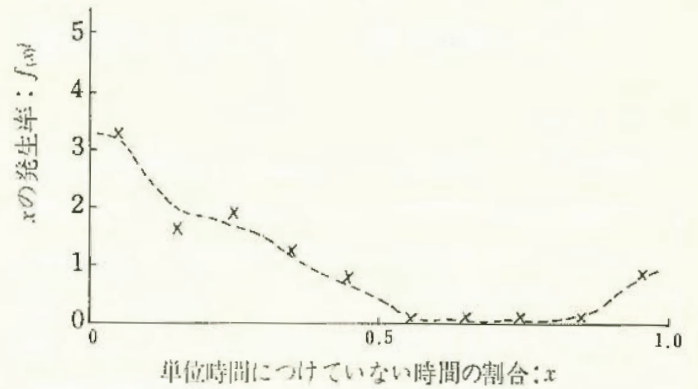


図10 単位時間に安全带をつけない時間の割合の分布

この様な危険性を除くために各種の工夫や装置が考案されているが、事情によってそれ等の利用できない場所では足場架設解体作業が必要となる。又造船工業の死亡災害の半数前後を墜落災害が占めている。足場架設解体時には安全ネットなどの保護処置がなされていない場合はもちろん作業者は万一に備えて安全带を使用しなければいけない。実際の作業では移動のため取りはずしたりそのままつけ忘れたり、あるいは安全带を取りつける支持物が無かったりする。それ等が使用を阻害するのである。そして安全带を機能させるかどうかは多くその個人の意志にも支配される。その意志は作業場の物理的・心理的環境条件とその作業者の意識状態に影響される。そうした要因は変動しやすく細かく分析するのは困難な場合がある。それ故各要因を細かく分類せずに安全带不使用の現象をヒューマンエラーとしてある程度直観的にかつマクロ的に把握する事も必要となる。

### 3. 調査結果

図10は高さが7~20[m]の安全ネット等のない墜落時にかんがいの災害の予想される足場解体作業について単位時間に安全带不使用の時間の割合の分布を示している。

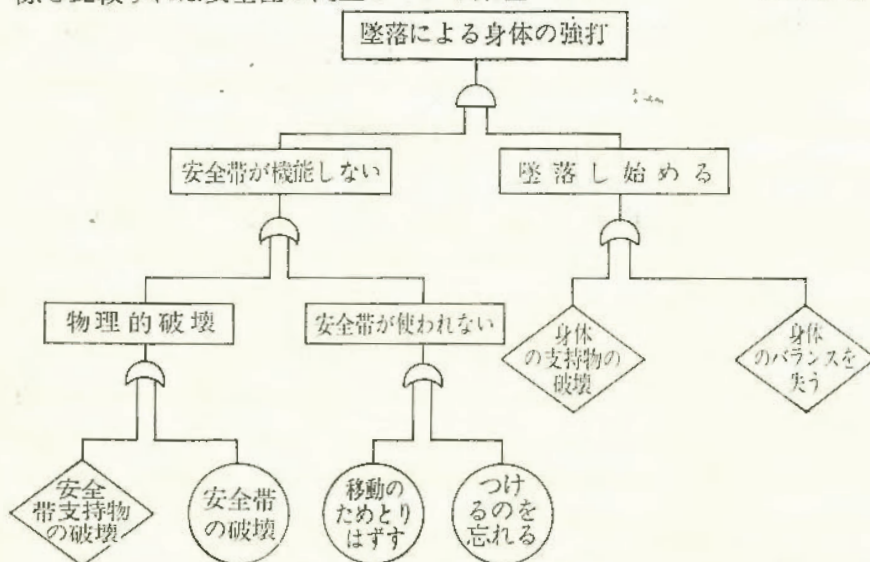


図9 安全ネット等のない高所作業の墜落災害のフォールトツリー



## b 災害発生間隔の分布に就いて

土木建築研究部 花安繁郎

### 1. はしがき

労働災害は多数の要因が複雑に組合された結果発生する場合が多いと考えられる。従って、災害データを集め、分析を行なう場合、様々な観点からの分析が必要となる。ここでは、或る期間中に発生した労働災害数の分布と、1つの災害が起こった後、次の災害が起こるまでの時間、即ち災害発生間隔の分布に就いて考察を行なった。又その結果を利用し、度数率と或る時間無災害である確率との関係を数表化し、各事業所等に於いて安全管理計画の立案、実施の際に参考となるようにした。

### 2. 災害発生間隔の分布

災害発生数の分布や、発生間隔の分布が実際に多数調査された例は見当らなので、ここでは災害をどの時点でも等しい発生確率を持ち、相互に独立して起こるランダムな事象であるとする事にした。この仮定の下では、一定期間中の発生数の分布はポアソン分布〔(1)式〕に従い、発生間隔の分布は指数分布〔(2)式〕に従う事が導かれる。この両式は、同一事象を観点を変えて記述したもので、或る事象が一方を満足すれば他方も満足している。

$$P(x) = \frac{e^{-m} m^x}{x!} \dots (1) \quad P(x) : \text{或る期間で } x \text{ 人発生する確率}$$

$m$  : 或る期間での平均災害発生数

$$f(t) = c e^{-ct} \dots (2) \quad f(t) : \text{災害発生間隔の確率密度関数}$$

$C$  : 平均災害発生間隔の逆数

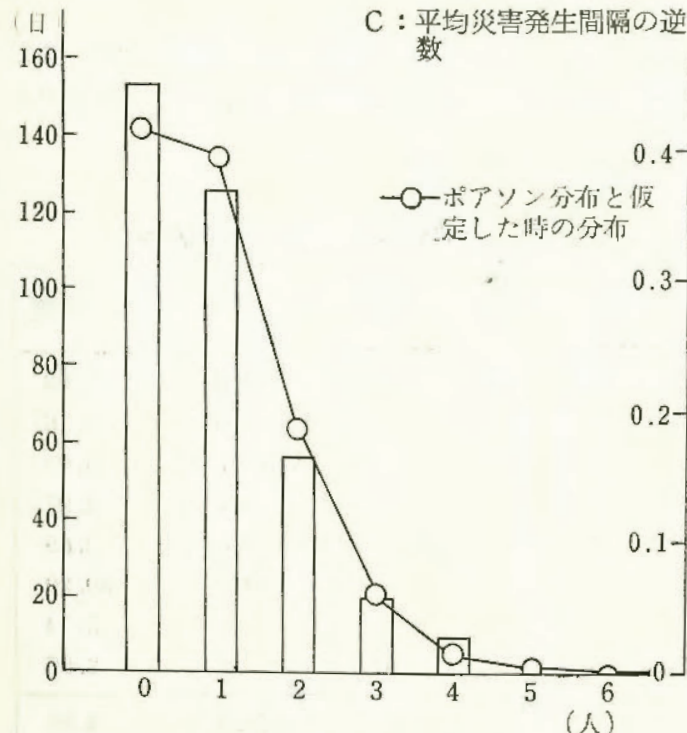


図11 東京都死亡災害1日当りの発生数分布

図-11は昭和48年東京都での1日当りの死亡災害の発生数の分布を調べたものであるが、ポアソン分布が旨く適合しており、前述の仮定が一応妥当なものと考えられる。

### 3. 災害発生間隔時間数の計算

災害発生間隔の分布が(2)式の場合、或る時間  $t$  迄に災害が発生する確率、および  $t$  以内では発生しない確率は同式の積分によりそれぞれ(3)、(4)式によって示される。

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt = 1 - e^{-ct} \dots (3)$$

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt = 1 - F(t) = e^{-ct} \dots (4)$$

式(2)~(4)は総て分布の平均値の逆数  $C$  をパラメーターとしており、この  $C$  を度数率から(5)式により推定した。

$$C = \frac{F \cdot R}{100} \dots (5)$$

$F \cdot R$  : (事業別の) 度数率

図-12は  $C$  を度数率に変換し、各度数率毎の(時間: 単位万時間)と  $R(t)$  (災害の間隔が  $t$  以上である確率)との関係を調べたものであり、又表-3は  $R(t)$  の幾つかの値に対する発生間隔の時間数を各度数率毎に計算し求めたものである。同表には統計学上多く用いられる5%、1%危険率に対する時間数も示してあるので、事業所等で安全管理計画を立てる際に、目安としての発生間隔時間(無災害時間)を求める事が出来ると思われる。

(TN-76-2 参照)

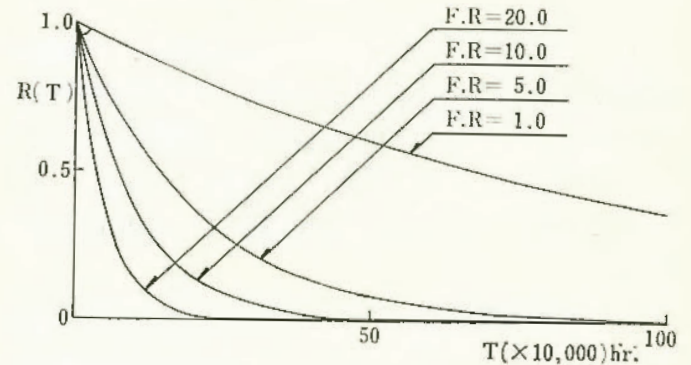


図12  $R(T) \sim T$  曲線

表3 各危険率と度数率ごとの災害発生間隔時間数

$F \cdot R$	時間数 (単位: 万時間)				
	0.1	0.05	0.01	0.001	0.0001
2.0	115.1	149.8	230.3	345.4	460.5
4.0	57.6	74.9	115.1	172.7	230.3
6.0	38.4	49.9	76.8	115.1	153.5
8.0	28.8	37.4	57.6	86.3	115.1
10.0	23.0	30.0	46.1	69.1	92.1
12.0	19.2	25.0	38.4	57.6	76.8



# 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

### 1. はしがき

トンネル建設工事は、建設業の中でも一、二位を争う高い度数率を示し、かつその災害程度も重篤なものが多い事は既に知られている。これらの災害の実態を把握する為に、山陽新幹線Ⅱ期工事（岡山—博多間）におけるトンネル建設工事に於いて発生した労働災害の分析を昨年度に引き続き行なった。

### 2. 資料および分析結果

調査分析の対象としたトンネルは、災害データがよく整備されていた広島、山口県内に建設されたもので、トンネル数88、延長距離158.8kmであった。災害資料には、労働者死傷病報告を用い、施工中の災害は同報告によると、着工以来殆んどどのトンネルが工事を終えた昭和48年末迄で1,868件うち死亡55件であった。又国鉄より各トンネルの施工記録の提供を受け、災害との関連に就いて分析を試みた。尚データの収録、処理等は総て電子計算機（FACOM 230-35）によって行なった。分析結果のうち、被災者の属性に関する事及び作業・起因物分類に就いては昨年度の年報にも一部報告したので、ここではトンネル工事の代表的災害である落石関係の災害と、運搬関連の災害の分析結果を中心に述べることにする。

(1) 全災害の1/4以上を占める落石災害は、大規模な落盤崩落と言った例は余り見られず、大半は直径が30cm以下の岩石で、高さも3m未満と言う小規模な災害である。又国鉄の岩分類による落石災害の発生率を調べてみると(表4)、土Iを除き殆んど変りなく約3.0人/kmであった。

(2) 一口に落石災害と言っても、掘削切羽の場所や作業内容によってその危険性は異なり、掘削断面積を考慮すると導坑、上半、大背・土平の順で危険性が高く、標準サイクルタイムを用いて作業毎の危険性を調べてみると、導坑では支保工建込み、上半ではこそくの各作業が、夫々平均値の2倍以上の高い災害発生率を示している。

(3) 全災害の約1/4を占める運搬作業中の災害、なかんずく軌道装置を中心とした車輛関係の災害は死亡災害の4割を占めている。この車輛に関連した災害を、車輛の運行状態別に分類したのが図13である。走行時の方が停止時よりやや多く、特に走行中の接触による災害が多い。接触災害には被災者が車輛等に直接接触する場合と、

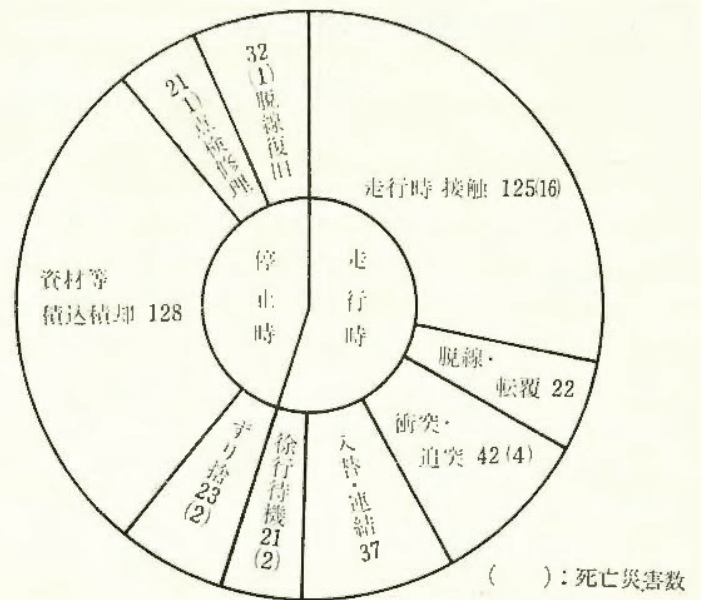


図13 車輛運行状態別分類

車輛等が走行中坑内の物体に触れ、その物体が転倒、移動し人間に接触すると言う間接的な接触災害があり、後者に属する災害が全接触災害の40%を占めており、作業空間の狭さの問題を浮彫りにしている。停止時における災害は資材等の積込積却作業に集中しており、重量物の取扱いが人力に頼らざるを得ない状況を反映している。

(4) 発生場所別にみた運搬災害は、本坑以外に坑外、坑口付近が予想外に多く、両者を併せると導坑内での災害件数を越えている。又レール方式とタイヤ方式では、後者が前者の1/3の災害率を示し、運搬災害の面ではタイヤ方式が有利である事が分かった。坑口形式別では複数坑口方式が単一坑口方式よりも高い災害率を示している。

(5) 岩石、運搬両災害共掘削工法の影響を受け、施工距離の影響に関しては、運搬災害の方がより顕著である。

(TN-76-7 参照)

表4 岩種別災害発生率 (件数/km)

岩種	災害数	施工長 (km)	件数/距離
岩種 I	77	25.5	3.03
〃 II	71	22.5	3.16
〃 III	103	33.7	3.06
〃 IV	189	63.7	2.97
〃 V	26	9.8	2.65
土 I	5	0.2	30.20
〃 II	4	1.3	3.14
不明	5	2.2	2.25
合計	480	158.8	3.02



# 人間—機械システムにおける人間特性

## 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

—次元表示の場合—

機械研究部 近藤太二・深谷 潔  
杉本 旭・佐藤吉信

#### 1. まえがき

人間は、突発的な事態に出合った時は、往々あわてがちであるが、そういった時の反応が適切でないために、事故・災害につながることも少なくない。

例えば、車がスリップしたような場合に、あわてずに、ハンドルをスリップした方にきれば良いらしいが、あわてて、ハンドルを右に左にきったりすると他の車や電柱に衝突するようなことになる。また、化学プラントで異常が発生して、正しい操作を行なわなかったために、災害に到った例もある。

このような作業中に発生する異常などの特異現象への人間の反応の仕方を知ることは、災害防止のために有益だと思われる。しかし、人間工学的研究に関して一般的にいえることだが、人間の行動の自由度はあまりにも大きいし、危険を伴う可能性もあるので、実際と同じ条件で反応特性を調べるのは容易ではない。そのため適当な制約条件をつけて、その範囲内での反応特性を調べると

いうアプローチを取らざるを得ない。

以上のことを考慮して、本研究においては、次のような実験を行なった。

#### 2. 実験方法

作業としては、モニタースコープ上の輝点を用いた追跡制御を行なわせた。入力装置には、自動車のハンドル型のものを用いた。特異現象に対する反応は、制御入力として現れるもののみ測定の対象とした。特異現象として、一時的に、制御対象の極性を反転させた。わかりやすくいうと、ハンドルを右にきると、輝点が右に動いていたものを、逆に左に動くようにした。このようにした時の制御作業の乱れと回復状況により、反応特性を評価しようとした。その結果の一例を図14に示す。

#### 2. 実験結果および考察

実験前の予想では、特異現象後は制御成績が落ちることを期待していた。しかし、図に見られるように、顕著な違いは現れなかった。その理由として、

1. 輝点の動きが次元なので作業が簡単すぎる
2. 反転した時、輝点がモニタースコープ上を跳ぶので反転したことにすぐ気付く
3. 制御成績の評価法が強力でないために、隠れた違いを区別できない

などが考えられる。

以上の結果を考慮して、輝点の動きを次元化するなどの手段で作業負担を重くするなど改良を行ない、改めて実験を行う予定である。

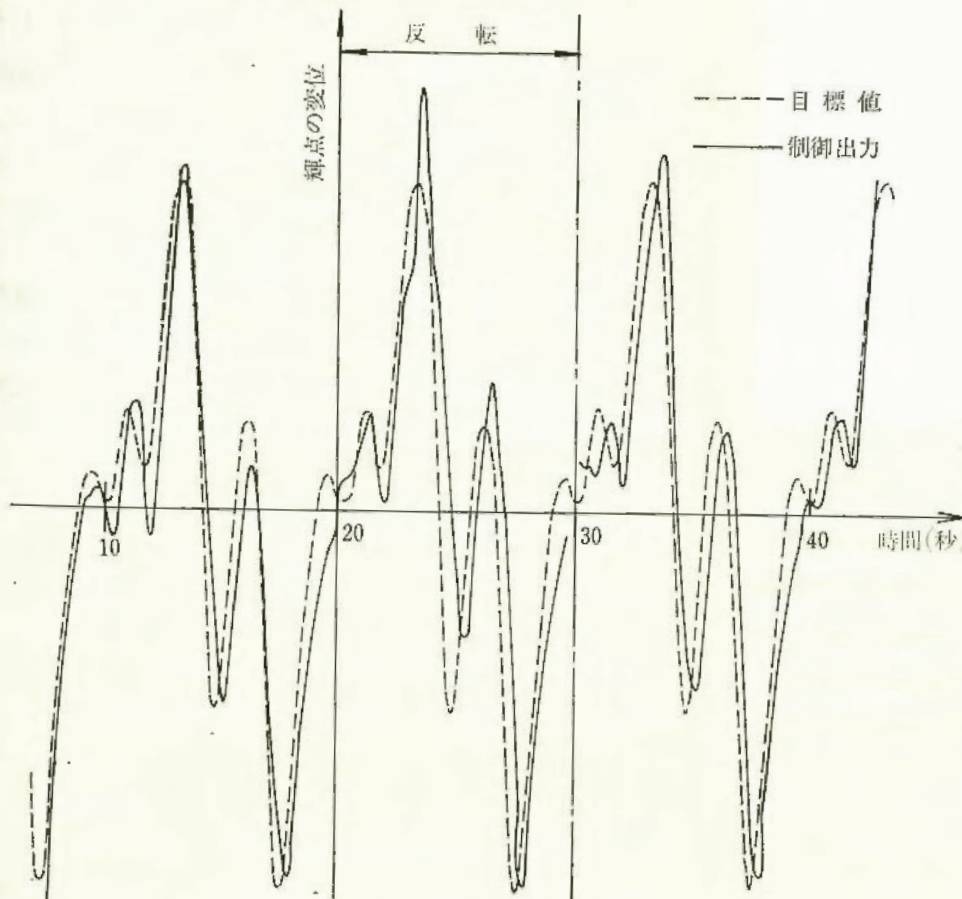


図14 実験結果の1例



# 機械等の人間工学的安全化

## a 電気流体方式による

### 多関節人工指の試作研究

—電気粘性クラッチによる人工指の握力制御—

機械研究部 杉本 旭・深谷 潔

危険作業や悪環境内作業が今もなお、人手作業として多く残こされている。これらの安全対策の有力な手段として、ロボットや人の操作によるマニピュレータに期待するところが少なくないであろう。特に、海中救助や、消火作業、あるいはプラントの非常状態で2次的災害に対処するためのハードウェアは特に省力化の要求が高く、こういった分野では、特にリモートマニピュレータが有効となる。

本研究では、これまでのマニピュレータの欠点とされていた把持機構に着目し、その多関節化、およびそのバイラテラル制御化を目的として、人間指類似型人工指の開発研究を行っている。

写真1は人工指を示している。目下のところ、人間の母指と示指を模擬した2本指とし、それぞれ3関節を備えたものとなっている。

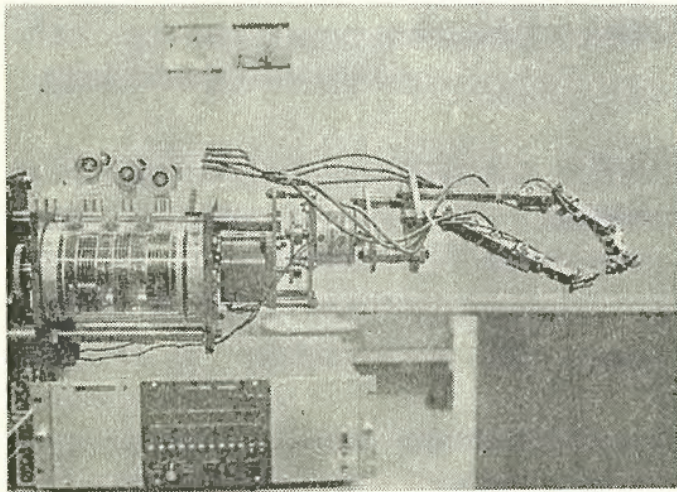


写真1 指・電気粘性クラッチシステム

特に本人工指研究は目下のところ、人工指の力の制御が主眼になっており、この目的のために、写真左側に示すような電気粘性クラッチを開発し、人工指の握力制御を行なっている。握力制御の原理図を図15に示す。

図15の電気粘性クラッチは、1次側と2次側の平行平板内に電気粘性流体が満たされた構造となっている。この電気粘性流体というのは、外部の電界によってその粘性を自由に制御できる流体であり、目下のところ、トリメックス T-08（花王石ケン製）にダイヤイオン SA 10A S（三菱化成製）を混入した懸濁液を用いている。

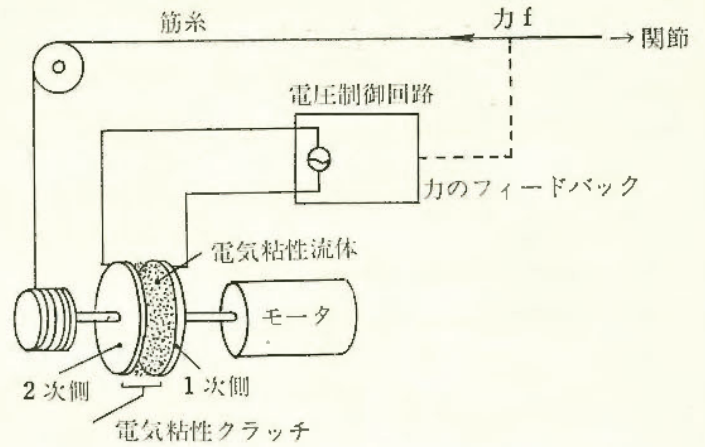


図15 電気粘性クラッチの動作原理

電気粘性クラッチの両電極板間に電位差がない場合は、2次側にトルクが生じない。しかし、電位差を与えると、電気粘性流体の粘度が増大するため、2次側にトルクが発生し、ボビンを介して筋糸に引力が生ずる。この力はピックアップによって電圧制御回路にフィードバックされているため、設定した力の制御が可能となる。

昭和51年度では、人工指の一関節を取り出し、圧電式高電圧電源、電気粘性クラッチ、関節、力のフィードバックの一巡信号伝達をマイクロコンピュータによって制御することにより、筋糸を0.5~10kgの間で力制御できることがわかった。

現在できあがっている人工指では、指を開く方向に動作させるメカニズムを未だ着けていない。そのため、クラッチに電圧がかけられていない状態でも、流体の本来持っている粘度によって約0.5kgの力が作用する。したがって、指の位置制御を行なうためには、指の開き動作を行なうメカニズムを加えなければならないであろう。

目下のところ、指の握力制御に主眼が置かれているが、本研究の本来の目的は、人間の手指のピックアップによりバイラテラル制御される多関節人工指の開発であり、したがって、今後は、人工指の3本指化、角度制御、そして、マニピュレータ本体との協調制御の研究へすすめてゆくと同時に、人間の手指のピックアップに関する研究が重要となってくるであろう。



## b 仮設通路・階段の人間工学的適正化

—階段の人間工学的適正化—

土木建築研究部 永田久雄・木下鈞一

### 1. 実験目的

歩行速度、履物、性別そして階段寸法などと、階段昇降時の歩行メカニズムを人間工学的に解明して災害防止のための基礎的データをを得ることを目的とした。

### 2. 実験装置及び方法

実験装置は、蹴上12~33cm、踏面15~35cmの範囲で寸法を自由に設定することのできる模擬階段ならびに、踏板に組み込んだ3点支持の歪ゲージ式の床反力計と、歩行速度を測定するための10φの光電管からなりたっている。なお、製作、較正した床反力計のインパルス入力に対する出力応答の周波数分析を行なったところ、水平で、120Hz、垂直で200~300Hzの振動分布がみられた。そのため、50Hzのローパスフィルターを使用することにした。

データの収集・処理はオンラインによって行っており必要な計算処理結果は、ビデオディスプレイかレコーダーに出力させるようにした。図16にそのブロックダイアグラムを示した。撮影した16mmムービーフィルムと35mmフィルムから写真解析装置によって、「踏み外し」を評価するための靴裏接地長比(Lf)と、「つまづき」を評価するための、靴端部の歩行曲線と踏面先端部との最短距離(Gf)とを計測した。

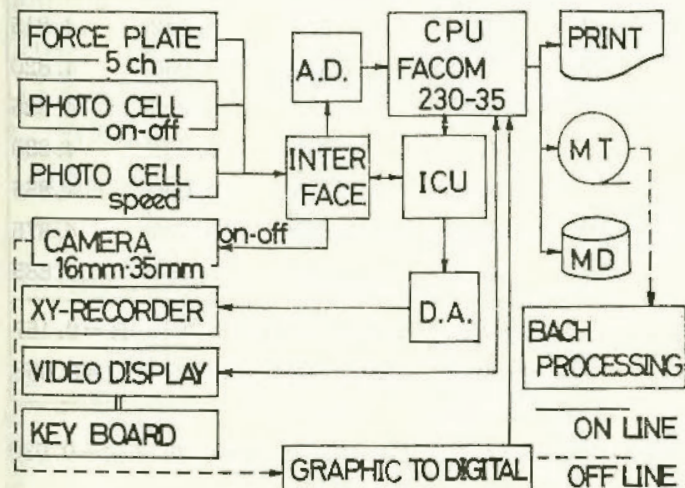


図16 データ収録ブロックダイアグラム

革靴(男子2名)、ローヒール(女子1名)、ハイヒール(女子1名)の履物で男女各2名の被験者で実験を行なった。階段寸法は8通りについて、歩行速度は5~6段階にわけた。

### 3. 実験結果

(1) 歩行床反力 最大垂直方向力は、歩行速度が遅い時に概略(a)のような対称形に近くなるが、速くなるにつれて、この波形がくずれて(d)の形に移行し、同時に垂直

床反力が増大してくる。滑りの原因となる水平方向力は、昇りの時より降りる時に高い値を示している。また、 $V_{MAX}$ と同様にH/Vも昇降の別によつて波形のくずれかたが逆となる。(図17)

接地時間は、ストライド時間の60%程であるが、昇る時より降りる時のが3~4%ほど長いし、水平力の最大値間(th)のが垂直力の最大値間(tv)より長いことがわかった。

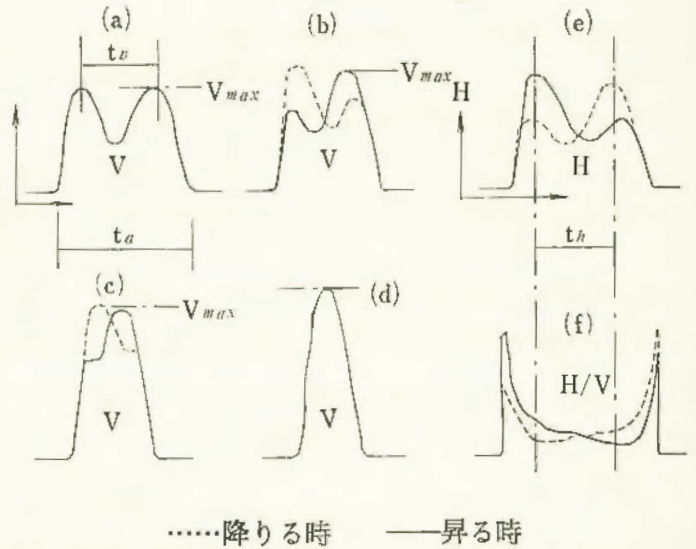


図17 歩行床反力 垂直力 a, b, c, d, 水平力 e

(2) 写真撮影 靴裏接地長比は、歩行速度に関係なくほぼ一定値をとる。しかしながら、昇る時はLf値のパラッキが多いし、履物・被験者によってそれぞれ多少の違いがみられる。

最短距離(Gf)は、昇りより降りる時に短くなっている。歩行速度が速くなるにつれてGf値が増大している。(表5)

表5 昇降別実測値

	昇るとき			降りるとき		
	H/V	Lf	Gf cm	H/V	Lf	Gf cm
革靴	0.175	0.642	5.494	0.276	0.712	3.249
ローヒール	0.282	0.832	4.149	0.290	0.940	3.816
ハイヒール	0.142	0.625	5.432	0.270	0.936	3.405
全体	0.193	0.666	5.142	0.282	0.804	3.400

今回の実験では、昇降別・履物別による歩行性状の差が明らかになった。次回においては、階段寸法による歩行性状の違いについて更に詳細にわたって実験を行なってゆく予定である。



# 工場換気の適正化

## 熱線風速計による微風速の測定における気流方向の計算法について

土木建築研究部 木下鈞一

### 1. 速度測定範囲の分割

熱線風速計によって微風速度を測定する際の気流方向の検出の方法について研究した。

気流速度が小さくなるにつれ熱線に対して自然対流の影響が大となり、流速と出力電圧との関係は図-18(a)のように曲線となる。よって測定領域を図のように分割するものとする。ただし気流方向は2次元方向に限定する。ここでV; 出力電圧,  $V_{01}$  假定出力電圧 (図-18参照),  $V_0$ ; 無風時出力電圧, U; 熱線に直角な方向の気流速度 (cm/sec),  $U_a$ ; 任意の方向の速度,  $\varphi$ ; 水平線と  $U_a$  の方向とのなす角 (rad,  $-\pi/4 \leq \varphi \leq \pi/4$ ), 添字 R と L; X型プローブの左右の熱線を示す (図-18(b)参照), A, B, C, D; それぞれ実験によって示される定数である。

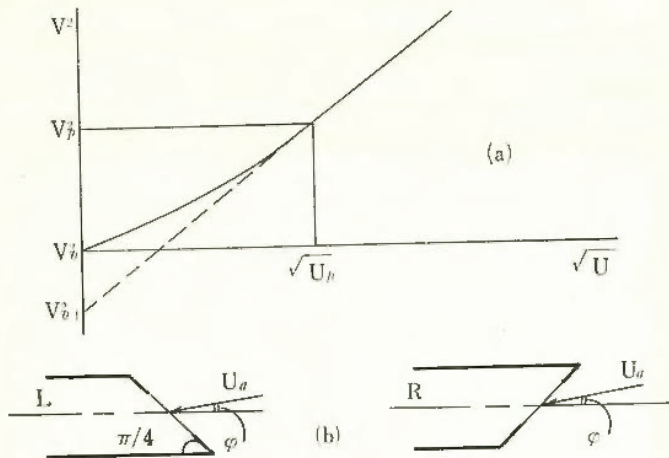


図-18(a) 流速と出力電圧の関係  
(b) 熱線の角度と流れの方向

熱線風速計の出力電圧と速度の関係は以上の分割より

$$V^2 = V^2_{01} + A\sqrt{U} \quad (U \leq 23.0 \text{ cm/sec}) \quad (1)$$

$$V^2 = V^2_0 + A_0 V \quad (\leq 23.0 \text{ cm/sec}) \quad (2)$$

で近似するものとする。

### 2. 曲線領域における気流方向の検出

(2)式をさらに次のような近似式で表わすものとする。

$$\left. \begin{aligned} V^2_R &= V^2_{OR} + (C_R \sin \varphi + D_R) U_a \\ V^2_L &= V^2_{OL} + (C_L \sin \varphi + D_L) U_a \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

これより  $U_a$  を消去すると、気流方向  $\varphi$  は

$$\sin \varphi = \frac{(V^2_L - V^2_{OL}) D_R - (V^2_R - V^2_{OR}) D_L}{(V^2_R - V^2_{OR}) C_L - (V^2_L - V^2_{OL}) C_R} \quad (4)$$

から求められる。

### 3. 直線領域における気流方向の検出

(1)式を次のような式で表わすものとする。

$$\left. \begin{aligned} V^2_R &= V^2_{OIR} + m_R \sqrt{U_a} \\ V^2_L &= V^2_{OIL} + m_L \sqrt{U_a} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

ただし  $\phi = \pi/4 - \varphi$ ,  $\theta = \pi/4 + \varphi$  として

$$\left. \begin{aligned} m_R &= A_R (\sin^2 \phi + B^2_R \cos^2 \phi)^{0.25} \\ m_L &= A_L (\sin^2 \theta + B^2_L \cos^2 \theta)^{0.25} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

とおく。上記(5)式で  $\sqrt{U_a}$  を消去すると

$$\frac{V^2_R - V^2_{OIR}}{V^2_L - V^2_{OIL}} - \frac{m_R}{m_L} = 0 \quad (7)$$

なる関係が得られ、これより  $\varphi$  は求められる。ただし、 $V^2_{OIR}$ ,  $V^2_{OIL}$  は実験を行なって調べてみると一定値ではなく、 $\varphi$  と共に変わるので  $\varphi$  の関数で表わすと、

$$V^2_{OIR} = V^2_{OR} + (C_R \sin \varphi + D_R) U_P - m_R \sqrt{U_P} \quad (9)$$

$$V^2_{OIL} = V^2_{OL} + (C_L \sin \varphi + D_L) U_P - m_L \sqrt{U_P}$$

である。この関係を(7)式に代入し解を求めると気流方向が得られ、その結果から(6), (5)より  $U_a$  が求められる。ただし(7)式は電子計算機によって数値的に求めるものとする。

### 4. 速度の較正および定数 A, B, C, D の決定

プローブを移動台車に載せ  $\varphi = \pm \pi/4$ ,  $\pm \pi/6$ ,  $\pm \pi/12$ , 0 の7段階にプローブを傾け、速度較正を行なった。その測定結果の一例として表-6 のようになった。また、

表-6 流れの方向と出力電圧 (V)

$\varphi$	$V_R$		$V_L$	
	$U = 61.0$	$U = 23.0$	$U = 61.0$	$U = 23.0$
$-\pi/4$	4,575	4,320	4,942	4,815
$-\pi/6$	4,565	4,310	4,956	4,820
$-\pi/12$	4,550	4,295	4,996	4,825
0	4,485	4,255	5,036	4,830
$\pi/12$	4,425	4,235	5,096	4,855
$\pi/6$	4,365	4,225	5,136	4,875
$\pi/4$	4,325	4,215	5,164	4,885
	A = 0.813 B = 0.153		A = 0.881 B = 0.157	
	C = -0.029 D = 0.059		C = 0.021 D = 0.058	

$A_R, A_L$ ; 0.70~0.90  $B_R, B_L$ ; 0.14~0.25  $C_R$ ; -0.030 ~ -0.015

$C_L$ ; 0.015~0.035  $C_R, D_L$ ; 0.050~0.080程度の値となる。(RR-25-4 参照)



# 手持機械の振動防止

## 削岩機ハンドル部の振動測定

機械研究部 袴塚禎三・前田 豊

### 1. 研究目的

手持振動工具の使用により作業者に障害が起るとされているが、障害発生のメカニズム等については多くの因子が関与しており、必ずしも明確とは言い難い。また機械の振動そのものに就いても報告が少い。振動工具の一種であるレッグ削岩機は主に鉱山にて使用され、振動も可成り大きいと考えられているが対策は未だ不十分である。これに鑑み振動の実状を把握し防振装置開発の基礎資料とする目的で市販のものの実測を行った。

### 2. 測定対象および方法

測定した機種は市販の代表的なもので、甲社製8種(A, B, A', B', C, D, E, F)乙社製6種(G, H, G', H', I, J)計14機種に就いて行った。'は防振ハンドル付のもの。

振動に影響を与える要素は機体構造の外に多々あるが、これらは可及的に同一条件とし次の設定によった。

i 湿式, ii カービットインサート型34mmロッド長1,500mm iii レッグ角度45°, ロッドは水平, iv 空気圧5~5.5kg/cm<sup>2</sup> v 日立鉱山坑内, 作業者は同一人とする。

削岩機のハンドル部に3方向(上下Z, 左右X, 打撃方向Y)に加速度ピックアップを取り付け、振動計は圧電型で0~100G, 2~10,000Hzの測定範囲のものを使用した。この出力をデータレコーダに記録し、後に再生してデジタル化し、FFTを使用して解析を行った。

### 3. 測定結果

振動加速度レベル・工具振動レベルを表7に示す。

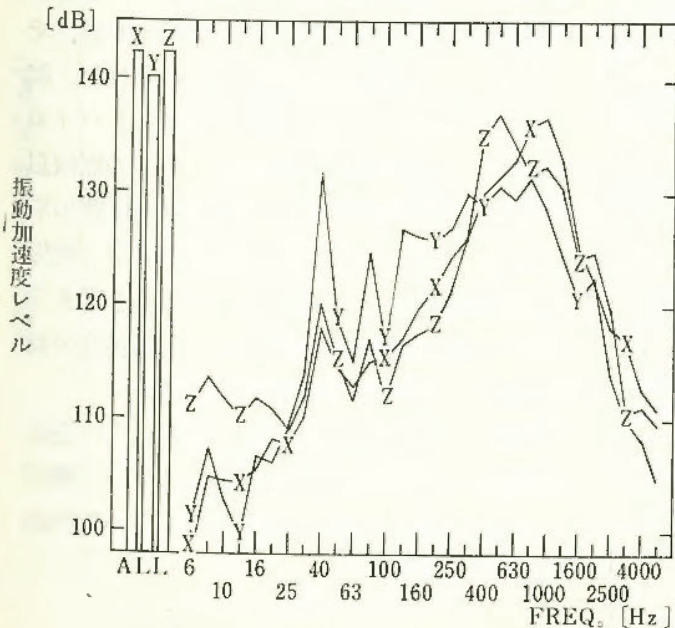


図19 機種Aの1/3オクターブ分析結果

図19は1/3オクターブ分析結果の1例を示す。図20は削孔深さと振動加速度レベルの関係を見たもので深くなる程低下の傾向が認められる。

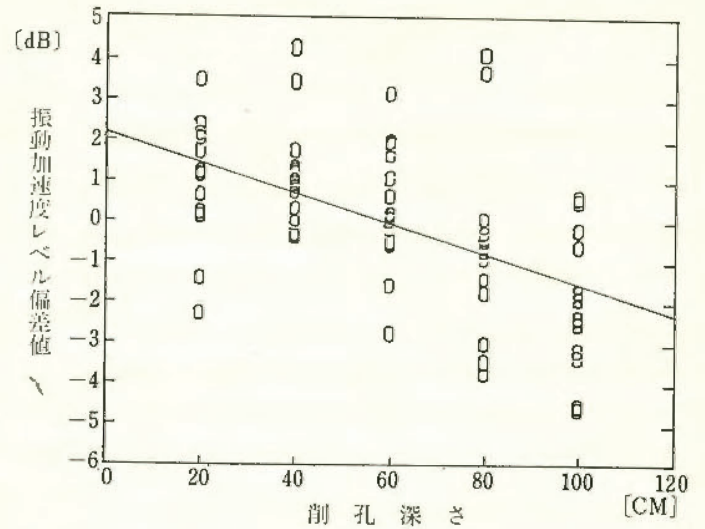


図20 振動加速度レベル(Y)の削孔深さによる変化

要約すると、普通ハンドルのものは約145~150dB, 防振ハンドルで約140~145dBの振動加速度レベルである。防振のものは普通のものに較べ高い周波数帯における低下が認められるが、ピストンの打撃数と考えられる40~50Hzの波帯は殆んど低下が認められない。なお同時に測定した削岩中の作業者の耳元における騒音レベルは約113~118ホンの範囲内であった。

表7 振動加速度レベル・工具振動レベル

機種符号	振動加速度レベル dB			工具振動レベル dB		
	X	Y	Z	X	Y	Z
A	148.7	146.4	148.7	125.4	129.5	127.4
B	147.8	145.3	148.9	125.0	130.1	124.8
A'	139.7	146.3	141.2	122.4	128.6	126.9
B'	141.6	137.7	141.7	123.0	117.8	128.1
C	149.5	146.6	150.1	126.5	130.0	130.6
D	150.1	140.5	149.0	124.3	120.5	126.8
E	148.7	144.1	159.3	121.4	125.0	134.5
F	150.2	144.5	148.3	125.8	125.7	129.5
G	148.8	144.2	149.3	121.7	126.5	127.1
H	146.2	145.0	146.5	125.1	130.7	128.6
G'	145.2	146.9	145.8	122.2	128.8	124.5
H'	141.3	144.5	145.5	122.8	129.3	123.7
I	149.8	146.9	151.1	137.9	131.7	138.2
J	148.5	143.7	149.3	120.5	125.4	137.2



# 土砂岩石の崩壊防止

## 地層の粘土鉱物の注入剤等による安定化

### 粘土鉱物の石灰処理

土木建築研究部 前 郁夫・鈴木芳美

#### 1. まえがき

現在、種々の土木工事現場では、作業能率を高めるためあるいは作業の安全・構造物の安定を計るため各種の注入工法や処理工法が開発され施工されている。その中で従来から路床・路盤土などの改良等で数多く施工されている石灰処理は、土中に含まれる粘土鉱物と処理剤との間の化学反応などを利用したものである。現在まである種の粘土と処理剤との間の反応についてはいちおうの検討が成されているが、地盤改良の各種工法の安全性を考慮する際、その化学的立場からの検討を重視する必要がある。今回は2-3の代表的な粘土鉱物の石灰処理について検討した。

#### 2. 実験方法

処理対象粘土として、カオリナイト・モンモリロナイト・パイロフィライトの三種、処理剤としてはCa(OH)<sub>2</sub>、MgO等を選定した。処理対象粘土の物性は表-8に示すとおりである。各粘土は気乾後、処理剤（気乾粘土量の0~30%の間数段階を選定）を加え十分混合後、原粘土に対する最適含水比となる蒸留水を加え十分混練し、密閉容器中で養生し（室温

表-8 処理対象粘土の物性

粘土種類		カオリナイト	モンモリロナイト	パイロフィライト
構成鉱物	主たる粘土鉱物	Kaolinite	Montmorillonite	Pyrophyllite
	その他の鉱物等	ほとんど無	石英(微量) 長石(〃)	Kaolinite(微量)・石英
コンシステンシー	PL (%)	36.1	25.5	40.2
	LL (%)	54.4	351.0	58.1
	Ip	18.3	325.5	17.9
比重		2.666	2.574	2.661
2μ以下含有量 (%)		82.0	61.0	30.0
アクティビティ		0.22	5.34	0.60
締固め試験	O. M. C (%)	42.0	35.0	37.0
	γ <sub>d</sub> max (g/cm <sup>3</sup> )	1.205	1.276	1.255
C. E. C (meq/100g)		16.7	76.1	11.4
p.H	H <sub>2</sub> O	6.3	9.9	4.0
	KCl	5.1	8.5	4.0

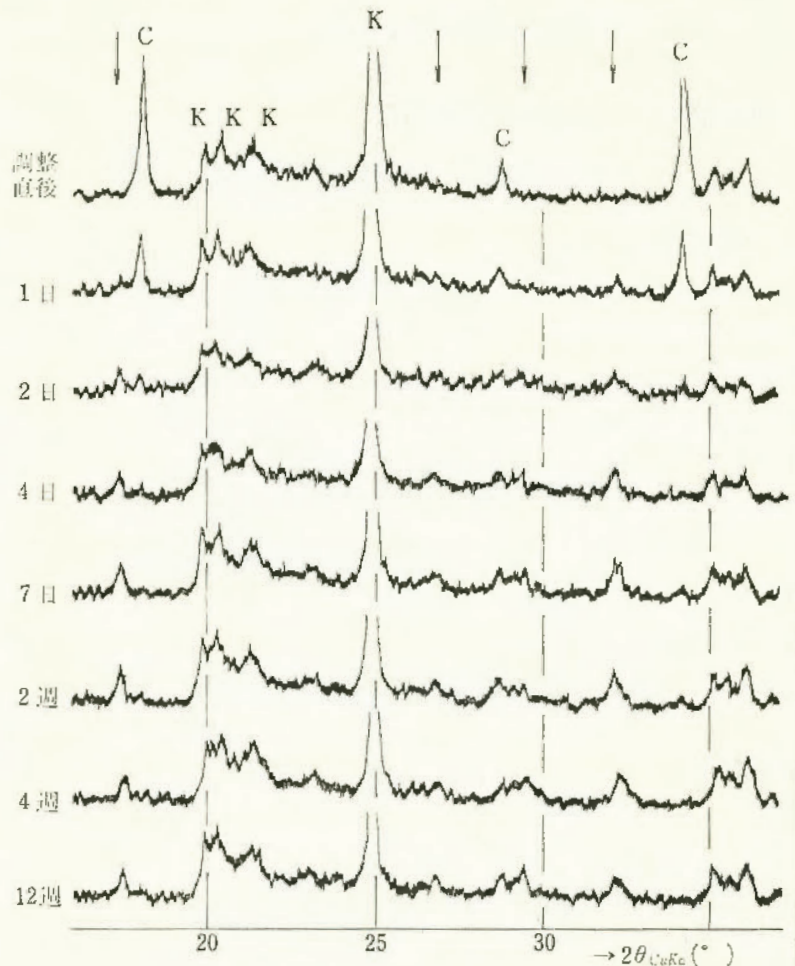


図-21 石灰処理によるX線回折パターンの変化 (カオリナイト、石灰量20%、高温養生)

及び高温(60°C))経過日数に応じてX線回折試験を行なって、処理剤の消長・粘土鉱物の変化・反応生成物の同定などの検討を行なった。

#### 3. 実験結果

カオリナイト・モンモリロナイトでは、高温養生の場合はいずれも2~4日で石灰の反射ピークは漸減消滅する。同時にケイ酸水和物と考えられる反応生成物が出現するが、そのパターンは両者により差が認められた。図-21にはカオリナイトの例を示した。パイロフィライトの場合は石灰反射ピークの漸減以外にはきほど大きなパターンの変化は認められない。これらは粘土鉱物の結晶構造（電気的な飽和度など）の差等によるものと考えられる。また室温養生の場合、高温養生の場合に比して反応の進展はかなり遅い。

現在、以上のような結果に対応して、石灰処理粘土の力学的な性状の変化について検討を加えるため、締固め供試体等を用いて実験を継続している。



# 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

—高温中における鋼球の帯電特性—

電気研究部 田島泰幸

### 1. 緒言

粉じんに静電気が帯電し、これが原因となって粉じん爆発の発生することがある。例えば最近は大気汚染等の原因になる粉じんを除去する目的で、電気集じん機が使用され、粉じんに静電気を積極的に帯電させているため、これが原因と推察される粉じん爆発も発生している。特に燃焼炉等で使用されている電気集じん機では、高温の微粒子を除去するために、これに静電気を帯電させており、温度の高い粉じんの静電気対策が、災害防止の立場からクローズアップしている。

以上のような背景から、今後はこれらの問題について研究する計画であり、そのためには、高温中での粉じんの帯電特性を把握しておく必要がある。したがって、ここでは粉じんの代わりに鋼球を用いた模擬実験を行ない、高温中でのその帯電特性を調べた。

### 2. 実験方法および結果

模擬実験は粉じんに静電気が帯電する要因として、粉じんへのイオン付着を取り上げ、この場合の帯電特性について調べた。具体的にはコロナ放電等によって発生したイオンが粉じんに付着し、結果として粉じんに静電気

が帯電する場合の帯電特性について調べた。実験で粉じんのモデルとして使用した鋼球は、直径3~20mmであり、雰囲気温度は室温から300℃までである。なお実験方法は最も一般的な鋼球落下法であり、帯電量はファラディケイジによって測定した。

図22は実験結果の一例である。ここで図中に示すパラメータ  $V_s$  はイオンを発生させるため、コロナ放電を起したその電圧である。この結果のように帯電量は温度が高くなるにつれて多く、当然ではあるがイオンの発生が大きいと、帯電量も大きくなっている。しかし鋼球の表面にイオンが付着して帯電する、その表面帯電電荷密度は鋼球の直径に関係なく、ほぼ一定であった。またこれについては、イオン空間の中に鋼球が複数個存在している場合でも、表面帯電電荷密度は鋼球1個の場合と、ほとんど変わりなく、実験結果では帯電が比表面積でなく、表面積で定まる傾向であった。

一方帯電はイオン空間の中に鋼球が存在し、その空間内での相互作用であるから、これを調べる目的で、帯電に要する時間の測定を試みた。その結果は飽和帯電量の63%に要する時間が数msで、これは温度が高いほど、またイオンの発生が大きいほど、少ない時間であった。すなわち、雰囲気温度が高くてイオンの熱運動が活発であると、これが鋼球に付着する確率も大きくなり、帯電に要する時間も小さい傾向であった。

以上のように、帯電特性は雰囲気温度に依存しており、傾向としては、温度が高いほど帯電しやすい状態であることが判明した。しかしこれらの結果は鋼球を用いて行なった模擬実験によって得られたものであり、実際には鋼球でなく、高温粉じんであるため、この結果がそのまま適用できると限らない。特に直径がサブミクロン程度の粉じんになると、熱運動の要因が支配的になり、しかも鋼球とは誘電率が異なるため、以上のような帯電特性が適用できず、非常に複雑であることが予想される。

### 3. むすび

実験は鋼球落下法で行なったため、直径の特別小さい粉じんは別であるが、粉じんの帯電特性が温度に依存していることが明らかになった。また図22の結果から推察すると、帯電特性は温度に対する依存性よりも、イオンの発生量に対する依存性が大きく、温度が300℃程度までは、電気的な作用が帯電特性を支配すると判断される。しかしこれについても、以上は模擬実験の結果であるため、現在は平均直径9.7 $\mu$ mのフライアッシュを用いて確認実験をしている。

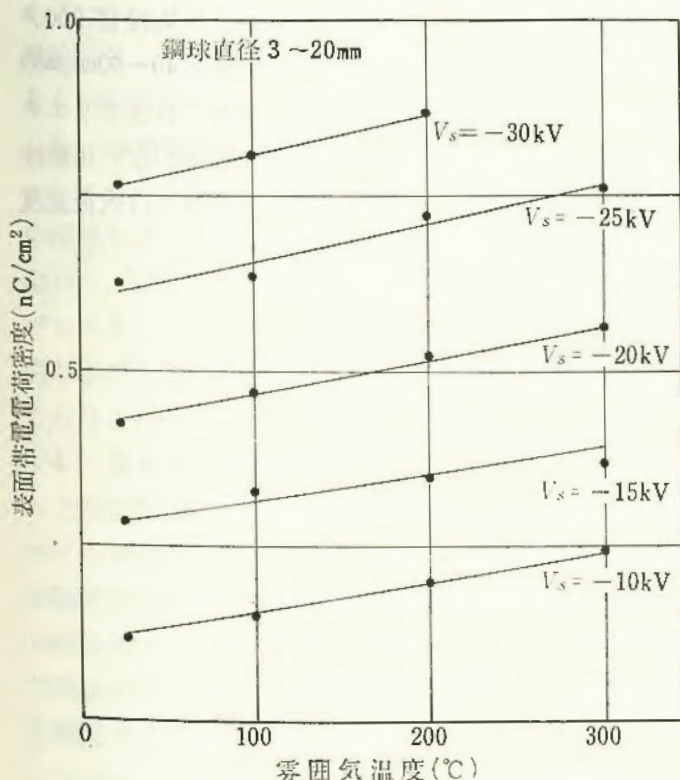


図22 鋼球の温度に対する帯電特性



## b 浮遊粉じん中における着火伝ぱの光学的研究

—ポリエチレン粉じん分散系の燃焼下限界と火炎速度—

化学研究部 松田東栄・内藤道夫

粉じん爆発の災害予防に関して、爆発における着火伝ぱのメカニズムの解明は重要な基礎的研究であるにもかかわらず、目下のところ、まだ十分には解明されていない。そこで、主として光学的手法を用いて各種の浮遊粉じん中における火炎の伝ぱ特性等を調べることにした。しかるに、比較的薄い濃度でも燃焼可能なポリエチレン粉じんの火炎速度についてもまだ明白なデータが得られていないので、まず手はじめにポリエチレン粉じんの燃焼下限界近傍における火炎の挙動等について観察することにした。

内径7.5cm、高さ約2mの透明硝子管を垂直にして、その上部からポリエチレン粉体を管内に均一に分散させ、この燃焼管の下部中心位置において電気スパークにより着火させるという実験方法を用いた。粉体の供給装置は種々の目開きの金網を粉じん粒度によって交換選択できるものである。観察および測定の結果を以下にまとめて示す。

(1) 下限界付近での火炎は、弱い青色（または青白色）の各粒子および粒子群に独立した火炎で伝ぱする事に特徴がある。これらの火炎は特に粒度が小さい場合に顕著に観察され、弱い青白色の輝点を次々と形成して伝ぱしていくように肉眼では見られた。下限界より次第に濃度を増すか、または粒度を大きくすると火炎の先端は黄橙色のキャップ状の火炎形状を取り、その下部に青白色の輝点あるいは同時に赤黄色の独立火炎などを伴うようになる。この場合の火炎構造は、独立した火炎の集合体である部分も見られるが、その先端ないし縁では一種のガス炎を示している。濃度が更に増すと燃焼管全長にわたる長く厚い火炎が形成される。

(2) ポリエチレン粉じんの燃焼下限界と粉じんの平均粒径から計算した比表面積の関係は、図23のように求められた。この場合、電気スパークでは着火源として不十分とも考えられるので、都市ガス炎（メッカーバーナ）を適応してみたが、300 $\mu$ 以上の粗い粒子の火炎伝ぱ性にも変りはなかった。この場合、比表面積Sと下限界Lとの関係は、a、b、cを特性値として $(S-a)(L-b) = c$  ( $m^2/m^3$ ) によって与えられる。そこで下限界は単位容積中における粒子の反応表面積cが一定となる場合の濃度として定義づけられよう。しかし、粒径が大きくなると粉じん群の落下速度も増大するので、それだけ火炎

伝ぱは困難になり下限界濃度が高くなる。従って、着火伝ぱ機構の十分な説明は火炎の微細構造を調べて得られる火炎伝ぱメカニズムによって与えられるべきであろう。

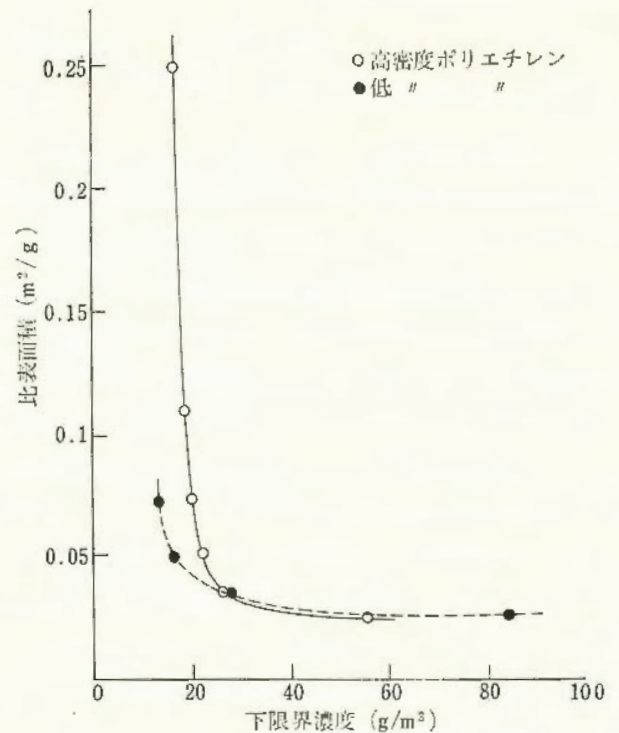


図23 燃焼下限界と比表面積の関係

(3) 次に下限界における火炎速度が、粒径によってどのような影響を受けるかを調べた。限界火炎速度は、火炎速度のばらつきもあって直接測定できないので、粉じん濃度と火炎速度の関係を求め、その外挿によって決定した。それによると、下限界での限界火炎速度は粒径が小さくなる程ほぼ減少する傾向にあるが、平均粒径200 $\mu$ 以上では余り変化しない。また、その値は40~60cm/sの範囲にあり、未燃粒子の落下速度を考慮すればポリエチレン粉じん分散系の燃焼速度は粒径に関係がない可能性がある。一方燃焼管の上部を開放した場合には火炎速度は著るしく加速されることがみとめられた。



# 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

—引火点と沸点の関係—

化学研究部 柳生昭三

### 1. まえがき

引火点と沸点の間に定量的関係が求められれば、未知引火点の予測に有力な手段となるので、これについて研究した。従来から炭化水素類については、密閉式引火点と沸点の関係が直線性であることが知られている。著者はこの関係が成立する根拠を考察した結果、炭化水素以外の物質でも有機化合物の同族体間では、同様な関係が成立することを予想し、ここではとくにアルコール類について検討した。

### 2. 理論

炭化水素の密閉式引火点と沸点が直線関係をもつ理由は、化学量論温度（蒸気の飽和濃度が化学量論組成に相当する温度をいう）と沸点が直線関係をもつためであろうとまず考え、75種の飽和炭化水素の化学量論温度を計算で求め、これらと各沸点の関係をしらべてみた。その結果は直線関係をよく満足していた。これらのことから、有機化合物一般の同族体間でも、化学量論温度と沸点が直線関係をもつ場合は、密閉式引火点と沸点も直線関係をもつことが予想される。さらに、他の開放式引火点、下部引火点、上部引火点なども同様に沸点と特定の関係をもつことが考えられる。そこで、同族体としてアルコール、エステル、有機酸などを選び、これらの化学量論温度と沸点の関係を求めた結果、類似した分子構造をもつ物質間では、ほぼ直線関係を満足していた。

### 3. 純物質への適用結果

アルコール類について、実測でえた各種引火点と沸点の関係を示したものが図24、図25および図26である。すなわち、沸点と化学量論温度が直線関係をもつ物質は、ペンスキーマルテンス引火点（以下P引火点）、下部引火点および上部引火点のいずれもが沸点と直線関係にあるとみなされる。

### 4. 混合物への適用結果

上記の関係は同族体間の混合物に対しても適用できるかどうか問題になる。この場合、混合物の成分と組成が既知であれば、その沸点は計算で求めうる。アルコール混合物についての二、三の検討によれば、計算で求めた混合物の沸点とその実測密閉式引火点は、図24の関係を満足する場合としない場合がある。

つぎに、混合物の沸点の代わりに初留点を用いることの適否を炭化水素混合物とアルコール混合物について検討

してみた。その結果は、J I S K-2254による蒸留試験法で実測した初留点と実測密閉式引火点は、まったく純物質の場合の関係を満足しなかったが、この点は初留点の測定方法に検討の余地があると考えられる。

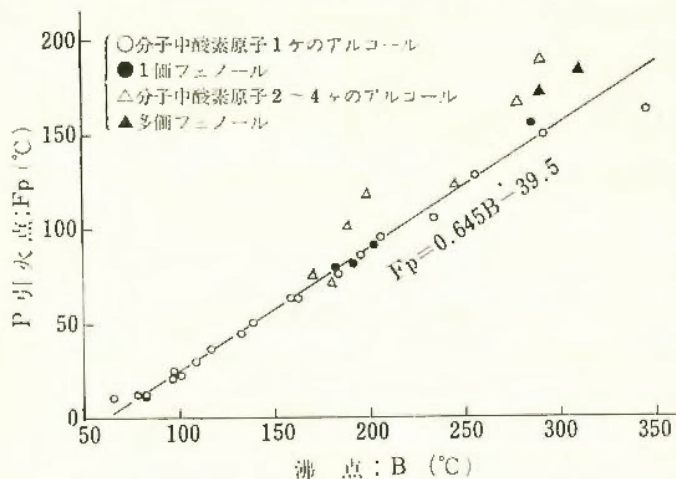


図24 アルコール類のP引火点と沸点の関係

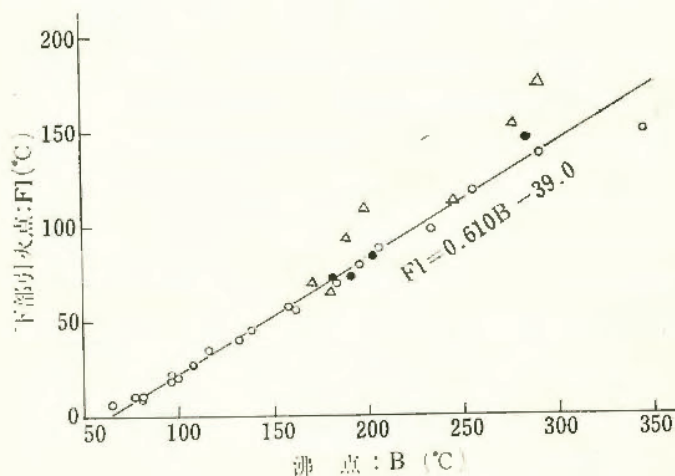


図25 アルコール類の下部引火点と沸点の関係

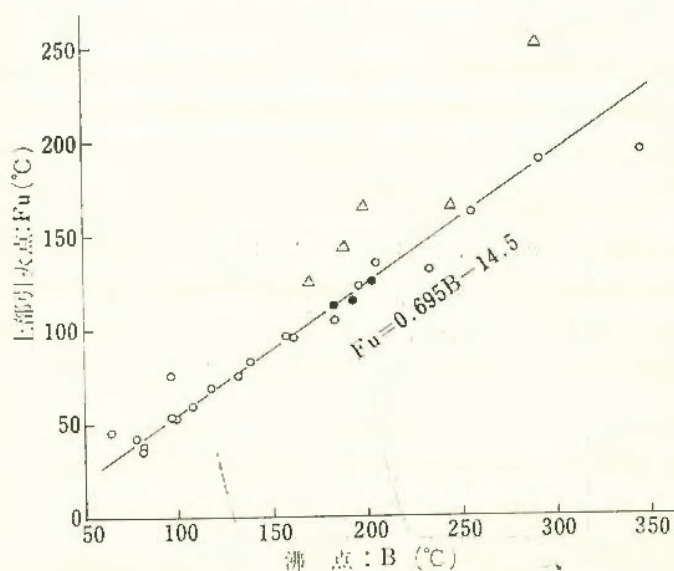


図26 アルコール類の上部引火点と沸点の関係



## b 爆発および爆ごう抑止器の実用化

—アセチレン-空気炎の

爆ごうへの転移およびその中断—

化学研究部 林 年宏

### 1. 目的

管中を伝播する火炎の阻止を考えるに際しては、爆ごうへの転移を常に念頭におかねばならない。本報では呼び径1インチ(内径約28mm)の密閉直管中におけるアセチレン-空気炎の伝播速度の測定に基づき、爆ごう誘導距離に影響する諸因子および管路に挿入した多孔板が火炎伝播に及ぼす影響についてしらべた。

### 2. 実験装置および実験方法

爆発管の長さは約1.2~4.2mで、管路の途中には火炎の伝播方向と垂直に多孔板を取付けることができる。多孔板(厚さ6mm)には直径D。(mm)の孔がN個あいており、多孔群の外接円の直径は28mm以下である(D<sub>0</sub>=28, N=1は管路に障害物の無い場合である)。アセチレン濃度は8~15%とした。毎回の実験では水平に設置した爆発管中を真空とし、予混合ガスを所定の圧力(初圧)まで満したのち管端で熱線により点火する。火炎速度の測定はイオン・ギャップ法によった。爆発管にそって約30~40cm毎に取付けた点火プラグをイオン・ギャップとし、二測定点間を火炎が伝わるのに要する時間を測定して二点間の平均火炎速度を求め、これを二点の中点における火炎速度とした。

### 3. 実験結果

図27は多孔板の有無が火炎速度の変化にどう影響するかを示す例であるが、各実験毎にこのような速度曲線を描き、火炎速度が1,000m/sに達する点を求め、点火源からこの点までの距離を爆ごう誘導距離と定義した(図

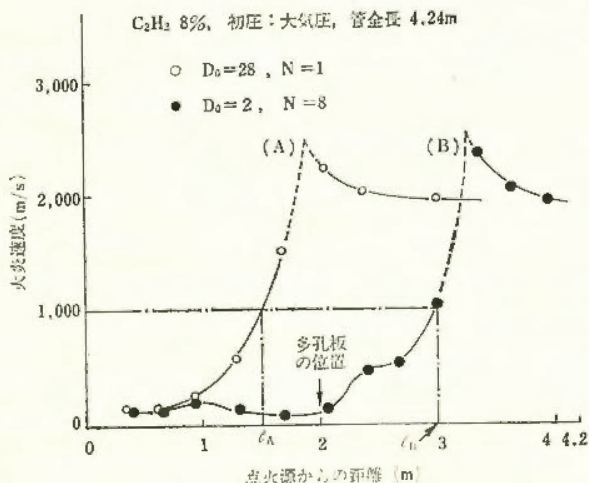


図27 火炎速度の変化のパターン  
(爆ごうに転移する場合)

記号	点火源から多孔板までの距離	管全長
○	約1 m	3.24 m
△	1	2.24
●	2	3.24
□	3	4.24

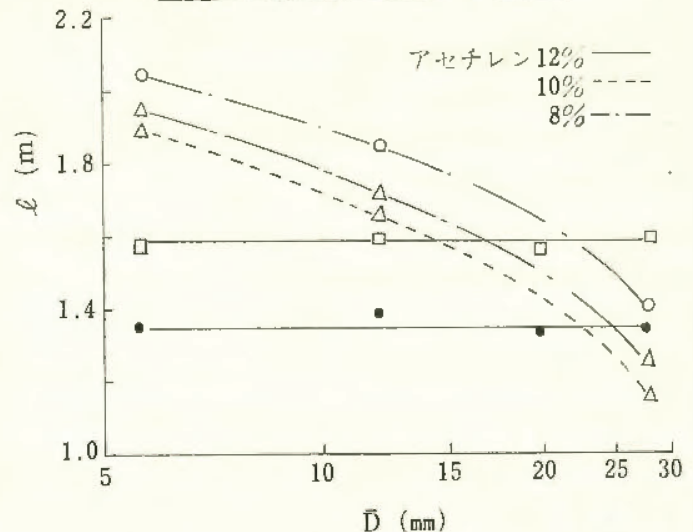


図28 多孔板の種類 ( $\bar{D} = \sqrt{N} D_0$ ) と爆ごう誘導距離 ( $l$ ) の関係

の  $l_A$  および  $l_B$ 。管路に多孔板の無い場合について爆ごう誘導距離 ( $l$ ) を求めたところ、混合ガスの初圧の高いほど、また濃度が10%に近いほど  $l$  は小さかった。爆発管の長さが2.2~4.2mでは管の短い方が  $l$  が小さいという傾向が見られたが、管長が1.2mでは爆ごうへの転移は観察されなかった。

管路に挿入する多孔板の種類と位置は爆ごうへの転移過程に影響するが、多孔板が点火源から2m以上離れば、D<sub>0</sub>やNに関係なく  $l$  は一定となった。一方、点火源から約1m離して置かれた多孔板は爆ごうへの転移を遅らせることがわかり、実験の範囲では多孔板の孔の総開口面積の小さい方が転移を遅らせる効果が大きかった。図28にはこれらの関係を示すが、横軸の  $\bar{D}$  ( $=\sqrt{N} D_0$ ) は開口面積の指標であり、 $\bar{D}=28$  は多孔板の無い場合を意味する。管路に障害物があると爆ごうへ転移し易いと従来言われているが、障害物が多孔板である場合にはむしろ逆の結果が得られたことに留意したい。

本報ではこのほか、転移後の爆ごう波が多孔板にぶつかったあとの火炎速度の変化についても論じた。(TN-76-6 参照)



### c 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

—爆ごう波管による起爆限界エネルギーの測定—

#### 1. まえがき

広い空間に拡がっている可燃性混合ガスにおいて、点火源によって爆ごうを直接に発生させるには、圧力や組成などによって決まるある値より大きなエネルギーを必要とする。この値を直接起爆限界エネルギー (Critical Direct Initiation Energy,  $E_{cr}$ ) と呼ぶ。この値は燃料・空気混合ガスでは、最小発火エネルギーにくらべて格段に大きく、電気火花などで定量的に測定することが難しくほとんどデータが得られていない。ここでは爆ごう波管、すなわち管中の平面爆ごう波を用いて、広い空間のアセチレン・空気混合ガスを直接起爆させ、その限界管径から気体力学的に起爆限界エネルギーを算定した。

#### 2. 実験装置および方法

起爆用の爆ごう波管には、長さ 3 m の呼び径 2 インチ、1 インチおよび 1/2 インチのガス管を用い、管端に於てニクロム線ヒーターで点火し、管中で起こした爆ごう波を長さ 20 cm、呼び径 8 インチの拡大管中へ打ち込み、拡大管中の波面速度、圧力を測定し、爆ごうが拡大管中で直接に生ずる限界初圧 ( $P_{cr}$ ) を夫々の管径 ( $d$ ) について測定した。 $d$  と  $P_{cr}$  の関係を大気圧まで外挿して、大気圧における起爆限界管径  $d_{cr}$  を求めた。管中の平面ガス爆ごう波が管端から出る時に、広い空間の未燃ガスへ与えるエネルギーは、広い空間の未燃ガスと管端から噴出する燃焼生成ガスの接合面の仕事によって評価されるとして、各アセチレン濃度の爆ごうパラメーターから次式によって  $E_{cr}$  を計算した。

$$\begin{aligned} E_{cr} &= \int_0^t P \cdot U \cdot A \, dt \\ &= \int_0^{d_{cr}/2c} P_{c-J} \cdot U_{c-J} \cdot \pi (ct)^2 \, dt \\ &= \pi \cdot P_{c-J} \cdot U_{c-J} \cdot d_{cr}^3 / 24c \end{aligned} \quad (1)$$

ここで  $P$  は波面圧力、 $U$  は粒子速度、 $A$  は接合面の未減衰面積、 $c$  は音速を示す。添字  $C-J$  は Chapman-Jouguet 爆ごう波に相当する値であることを示す。

#### 3. 実験結果

爆ごう波管の管径と起爆限界初圧の関係は、

$$P_{cr} = K \cdot d^{-0.9} \quad (2)$$

となることが確認された。(図29) これは種々の燃料・酸素混合ガスに対して以前に得られた結果と全く一致した。この式より大気圧における  $d_{cr}$  を求めた結果を図30に示した。この結果から、内径約 8 cm 以下の管中の平面

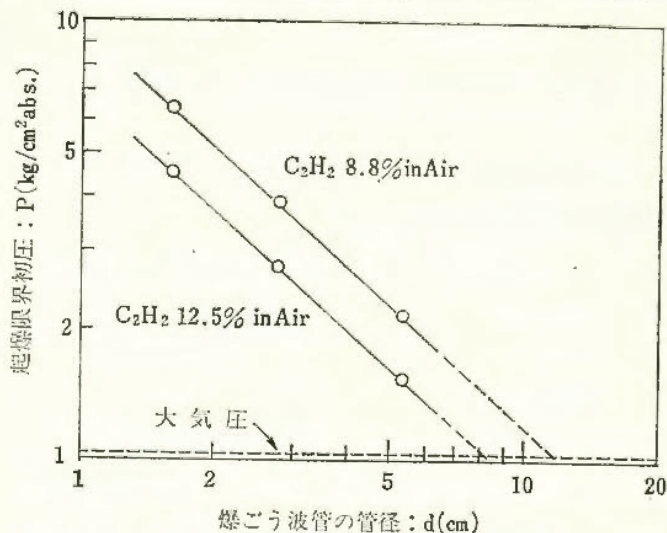


図29 爆ごう波管の管径と起爆限界初圧の関係

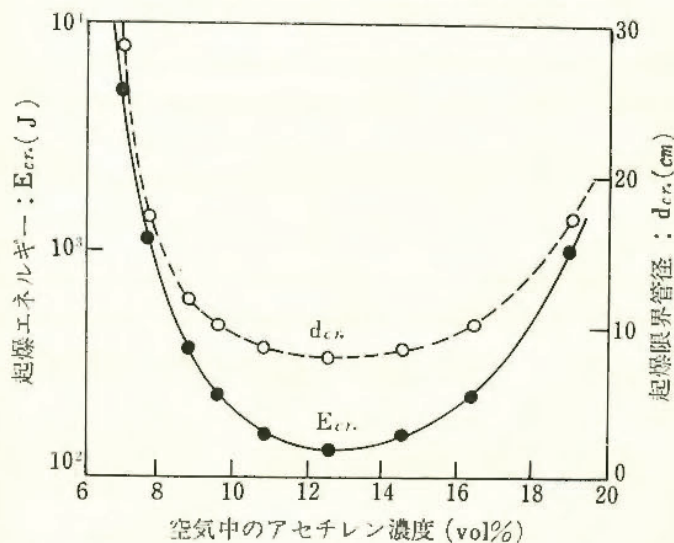


図30 大気圧における起爆限界管径および

起爆エネルギー

爆ごう波では、広い空間での大気圧のアセチレン・空気混合ガスは直接に起爆させることができないことが分る。(1)式から  $E_{cr}$  を計算した結果を同じく図30に示した。これによるとアセチレン7%から19%の間では、 $E_{cr}$  は  $10^2 \sim 10^4$  J になることが分る。化学量論組成のアセチレン7.7%では、 $E_{cr}$  は  $10^3$  J となり、これは雷管を用いて得られた文献値とはほぼ一致する。また  $E_{cr}$  の最小値はアセチレン約 12.5% 付近に存在し、その値は約  $10^2$  J であった。これは爆ごう生成ガスが  $CO$  と  $H_2O$  になる濃度に一致する。(1)式において  $P_{c-J}$  は初圧に比例するが、 $U_{c-J}$  および  $c$  は圧力にはほとんど依存しないことから(2)式と併せて、 $E_{cr}$  は大略初圧の2乗に反比例することが推定される。



# 固体等の燃焼爆発危険性とその防止

## 赤外線吸収スペクトルを用いるプラスチックの熱分解機構の研究

(熱酸化におよぼす湿潤雰囲気の効果)

化学研究部 琴寄 崇

### 1. 研究目的

雰囲気中に水蒸気が共存すると可燃物の酸化に対しどのような影響がみられるであろうか。この方面の研究例はほとんど聞かない。この点を明らかにすることは学理的に有意義であるばかりでなく、ひいては潜函工法における掘削現場や海洋開発における海中作業基地等湿潤雰囲気中の存在し得る空間での可燃材料の酸化・燃焼性について認識を深める上にも役立つことと考えられる。

### 2. 実験

日立製赤外分光光度計 I R-285 型に同じく日立製加熱セル I R H-22 型を接続し、この中に厚さ 0.2mm の純粹のポリプロピレンフィルムを取り付け、一定分圧の水蒸気をあらかじめ含ませた常圧酸素気流を通じつつ 97°C に保持する時の酸化に伴う吸収スペクトル変化を記録する。

### 3. 実験結果

緩慢な酸化に伴う主要な赤外吸収スペクトルの変化は 1,700cm<sup>-1</sup> 付近のカルボニル (C O) 領域と 3,400cm<sup>-1</sup> 付近のヒドロキシル (O H) 領域においてのみ生ずる。そこで乾燥および湿潤酸素中における 3,500-3,300cm<sup>-1</sup>,

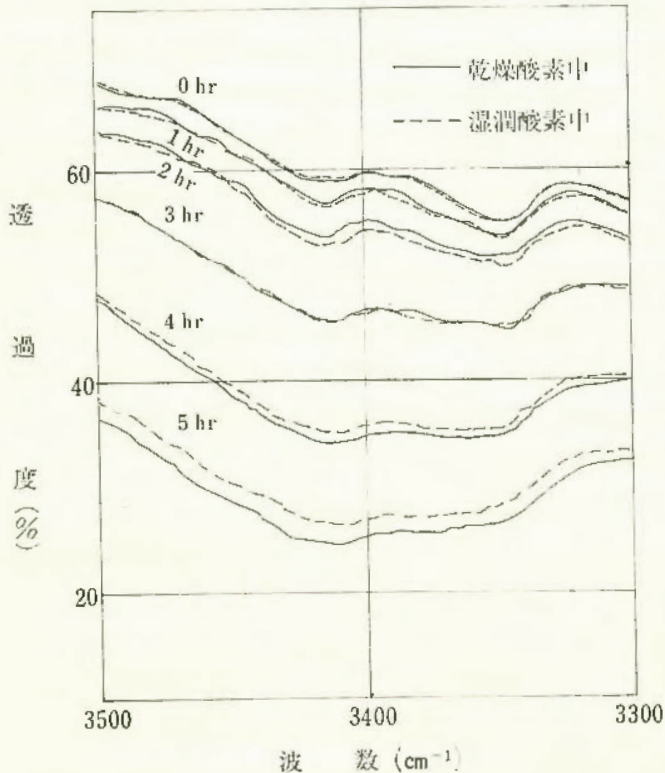
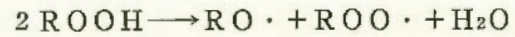


図31 OH領域における透過率の時間変化

1,750-1,650cm<sup>-1</sup> 両領域の透過率の時間変化を調べた (図-31, 32)。

炭化水素の酸化において前駆的酸化生成物たるヒドロパーオキシド (H P O) が分解する際、その一般式は次のように表わせるであろうが、主要な分解生成物



として H<sub>2</sub>O に注目することができる。図31, 32をみて明らかなのは、気相に水蒸気が存在すると化学平衡的に H P O の分解を抑え、中間生成物たる O H 基や C O 基の生成速度を低下させ、従って全体として酸化速度を低下させる効果をおよぼすことである。O H 領域においては酸化初期に湿潤酸素中の方が O H 生成速度が大きいようにみえるが、これは共存水蒸気により H P O の分解が抑えられて H P O が蓄積するためであると考えられる。しかし酸化が進むにつれ H P O 自体の濃度に加えるに、O H 基含有酸化生成物の濃度が増加して行くため、本来 H P O の分解の盛んな、つまり全体として酸化速度の大きな乾燥酸素中における方が見掛けの上からも濃度上昇カーブが上向きとなる。

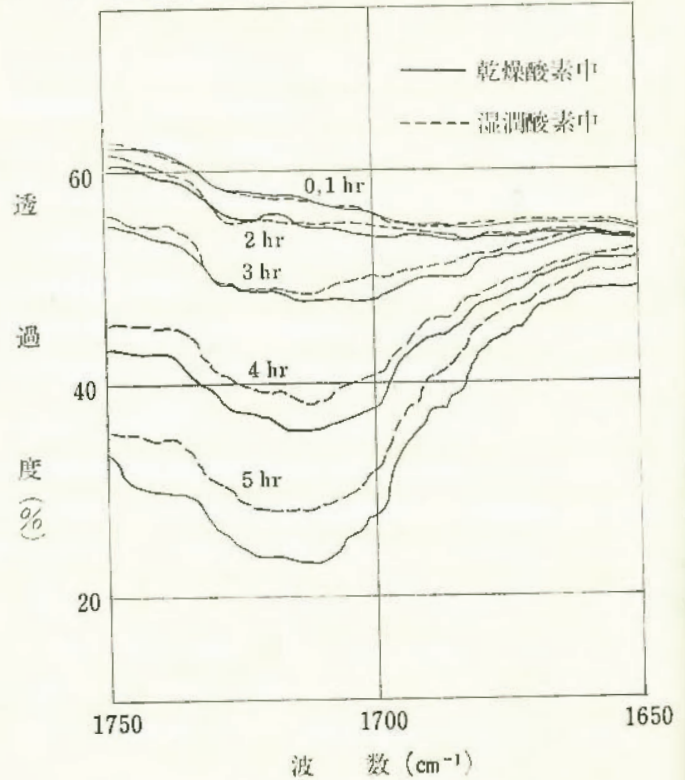


図32 C O領域における透過率の時間変化



表7 各消炎素子別熱伝導度

No.	消炎素子の材質	熱伝導度 (cal/cm/sec/°C)
1	メラミン樹脂	$1.33 \times 10^{-3}$
2	エポキシ樹脂	$1.43 \times 10^{-3}$
3	ジアリルフタレート樹脂	$1.75 \times 10^{-3}$
4	ポリエステル樹脂	$2.05 \times 10^{-3}$
5	ステンレス鋼	$3.90 \times 10^{-2}$
6	炭素鋼	$1.25 \times 10^{-1}$
7	黄銅	$1.88 \times 10^{-1}$
8	アルミニウム合金	$2.70 \times 10^{-1}$

## 電気設備による点火危険性とその防止

## a プラスチック製フランジのセーフ・

## ギャップ

—消炎素子の熱伝導度に対する依存性—

化学研究部 鶴見平三郎

## 1. 研究目的

セーフ・ギャップの挙動が消炎素子の熱伝導度に対してどんな依存性を有するかを解明するために、各種の熱伝導度の異なった材料を用いて研究を行なったものであり、耐圧防爆プラスチック容器の開発に関する研究の第1関門として、燃焼学的にみても、あるいは防爆機器の設計という実用工学的な見地に立っても意義の深い、最近大いに活用されようとしているプラスチック材料の実験的セーフ・ギャップの挙動を明らかにすることを目的とした。

## 2. 実験装置および方法

容積100mlおよび容積4,000ml爆発容器の間に、消炎素子を取りつけることによってセーフ・ギャップを測定したものであり、火炎伝ば方法は、下向伝ばである。使用したガスは、プロパン空気系混合ガス4.7%である。

この研究の対象として取りあげた消炎素子は、つぎのとおりである。

(金属) A5056, BSBM (4:6), S S41, SUS 304

(プラスチック)

熱硬化性プラスチック——メラミン樹脂, エポキシ樹脂, ポリエステル樹脂, ジアリルフタレート樹脂, フェノール樹脂

熱可塑性プラスチック——ポリ塩化ビニル, ポリアクリロニトリル, ポリカーボネート, ポリアミド

以上の熱伝導度のそれぞれ異なる消炎素子を用いたものであるが、熱可塑性プラスチックの全部および熱硬化性プラスチックのうちフェノール樹脂については、表面がくすぶり (Smolder) 現象を呈したので、この報告とは別に「プラスチックのセーフ・ギャップ (第2報)」にその詳細をしめす。

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法とした。

## 3. 研究結果

各消炎素子別の熱伝導度をかかざると表7のとおりである。

各消炎素子の実測したセーフ・ギャップと熱伝導度との関係をしめすとつぎの図33のとおりである。図中にし

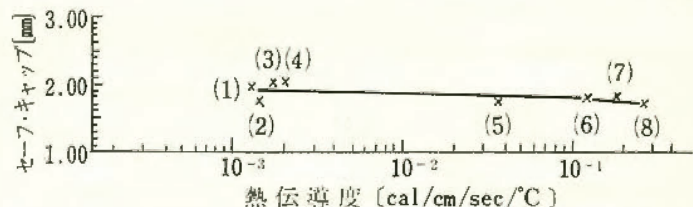


図33 各消炎素子の実測したセーフギャップと熱伝導度との関係

めず数字は、前表にかかげた消炎素子のナンバーである。

熱伝導度から研究に用いた素子を分類するとつぎの4つのグループにわけられる。

Aグループ  $1.5 \times 10^{-3}$  cal/cm/sec/°C をこえない素子

Bグループ  $1.5 \sim 2 \times 10^{-3}$  cal/cm/sec/°C の範囲の素子

Cグループ  $4 \times 10^{-2}$  cal/cm/sec/°C のオーダーに属する素子

Dグループ  $3 \sim 1 \times 10^{-1}$  cal/cm/°C のオーダーに属する素子

これらの各グループのセーフ・ギャップと熱伝導度の関連を取りまとめてしめすとつぎの図34のとおりである。

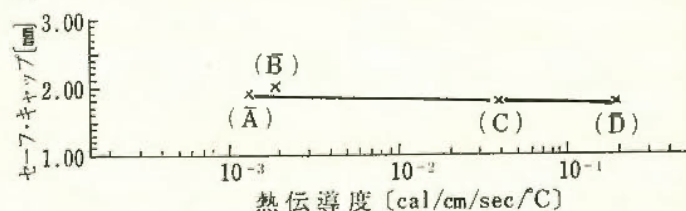


図34 熱伝導度によるグループ別セーフ・ギャップとの関係

つぎの図は、これらの関係を詳細にするためにさらに類型化してしめたものである。

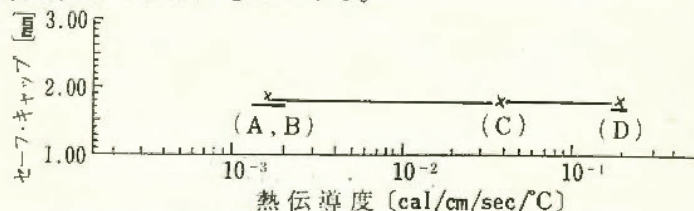


図35 熱伝導度によるグループ別セーフ・ギャップとの関係

上記の研究結果から、セーフ・ギャップは、消炎素子の熱伝導度に対する依存性はないものと結論づけられた。(TN-76-1 参照)



## b プロパン空気系混合ガスの実験的最大のセーフ・ギャップの圧力依存性

化学研究部 鶴見平三郎

### 1. 研究目的

プロパン—空気系混合ガスの爆発災害がひん発しているのにも拘らず、この爆発の伝ばを阻止するための安全工学的定数であるセーフ・ギャップの圧力依存性についてのデータが、現在までしめされていないので、セーフ・ギャップが高圧下においてどんな挙動をしめすかを解明することを目的とした。

### 2. 実験装置および方法

実験装置は、内容積 8,000ml のこの研究のために設計した測定装置を用いた。爆発容器は、完全なる球状であり、火炎を 3次元に伝ばさせることにより、現実の爆発をモデル化したものである。どの寸度をもってセーフ・ギャップとするかについては、15回の連続実験においてその全数が外部容器中の混合ガスに火炎伝ばをおこさない寸度をもって実験的最大のセーフ・ギャップ (M. E. S. G.) と定義した。

### 3. 研究結果

研究は、圧力—時間ダイアグラムに対する初圧の影響、セーフ・ギャップ近傍における発火遅れの挙動、初圧と内部容器内の爆発圧力との関係 (外部容器に flame transmission をおこさないギャップの場合)、初圧と内部容器内の平均昇圧速度との関係 (外部容器に flame transmission をおこさないギャップの場合)、初圧と外部容器内の爆発圧力との関係、初圧と外部容器内の平均昇圧速度との関係、M. E. S. G. の初圧に対する依存性の各項目について行なわれ、高圧下において想定される爆発の挙動のすべてを解析した。このうち主要な研究結果を図示するとつぎの図 36. 37 のとおりである。

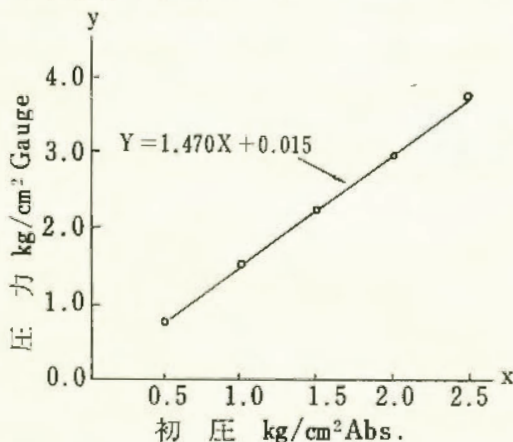


図36 初圧と内部容器内の爆発圧力との関係 (外部容器に flame transmission をおこさないギャップの場合)

M. E. S. G. の圧力に対する依存性については、つぎの図38のとおりである。

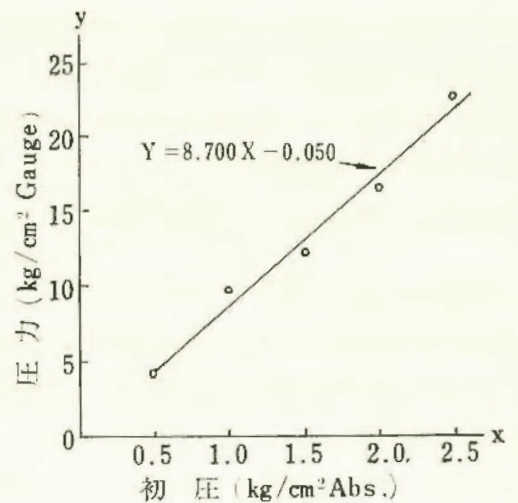


図37 初圧と外部容器内の爆発圧力との関係

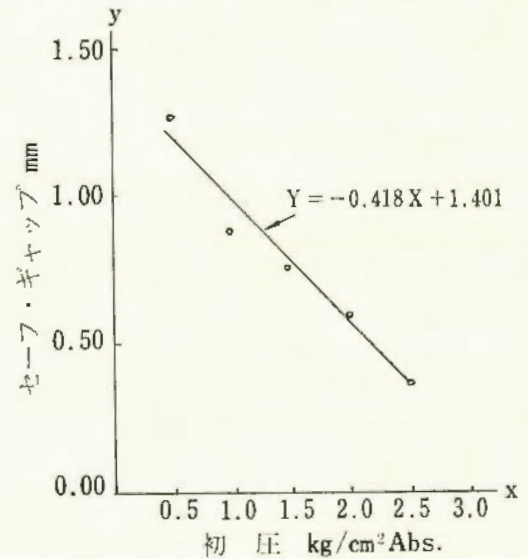


図38 M. E. S. G. の初圧に対する依存性

これらの関係を一次関数でコンピュータを用いて整理してみると、つぎの式がえられた。

$$Y = -0.418X + 1.401$$

内部容器に発生する爆発圧力ならびに昇圧速度の初期圧力に対する依存性は、すべて直線関係でしめされた。

上記の実験式より、初期圧力による爆発等級の転移に関する挙動を理論的にもとめるとつぎのとおりである。

爆発等級 3 と爆発等級 2 との限界圧力を  $P_{3-2}$  であらわすとつぎのことがいえる。

$$P_{3-2} = 2.39 \text{ kg/cm}^2 \text{ abs.}$$

同様に、爆発等級 2 から爆発等級 1 に転移する圧力を  $P_{2-1}$  であらわすと以下のとおりである。

$$P_{2-1} = 1.91 \text{ kg/cm}^2 \text{ abs.}$$

これらのことから例えば耐圧防爆電気機器等の高圧下における使用は、防爆工学上慎重な考慮が必要であることが解明された。

すなわち雰囲気ガスの圧力が  $1.91 \text{ kg/cm}^2 \text{ abs.}$  になれば、防爆機器は、1ランク上の危険性に対応するものでなければならぬことを意味し、さらに  $2.39 \text{ kg/cm}^2 \text{ abs.}$  になれば、さらに1ランク危険性が加算されることをこの研究結果から解明しえた。(TN-76-3 参照)



## c 低圧電気回路の開閉火花による可燃性固体の着火限界

—容量火花及び抵抗火花の場合—

電気研究部 田中隆二・市川健二

### 1. まえがき

前年度に引き続き、過剰酸素雰囲気中での和紙などの容量回路及び抵抗回路の開閉火花による着火限界を測定し、かかる雰囲気中でも着火源になりえない安全な電気回路の設計基準を得た。

### 2. 実験方法

容量火花及び抵抗火花による爆発性ガスの点火限界を測定するために用いられてきた火花発生装置 (Intermittent Mk-II apparatus) を流用し、その固定電極に試料を貼付けた上、全体を圧力タンクに入れた。火花発生装置に接続される容量回路と抵抗回路は、図39及び図40の中に示される通りである。また、発生火花の着火能力は、容量回路においてはキャパシタンスの充電電圧によって、抵抗回路においては回路の開閉電流によって異なるので、容量回路の場合は試料に着火する最小の電源電圧 (最小着火電圧) を、抵抗回路の場合は試料に着火する最小の開閉電流 (最小着火電流) を着火限界の指標とした。

### 3. 実験結果

図39は、種々の組成と気圧の雰囲気のもとで、容量回路のキャパシタンスを  $0.34 \sim 50 \mu\text{F}$  まで変化させたときの和紙の最小着火電圧である。この結果より、

(1) 雰囲気の組成が同じ ( $100\% \text{O}_2$ ) でも気圧が高い方が最小着火電圧が小さく着火しやすい (曲線(a)及び(d)参照)。

(2) 雰囲気の気圧が同じ ( $0.7 \text{ MPa}$ ) でも酸素濃度が高い方が最小着火電圧が小さく着火しやすい。また、雰囲気の気圧、酸素濃度が同じでも不活性ガスとして He を混合した場合の方が  $\text{N}_2$  を混合した場合より最小着火電圧が大きく着火しにくい (曲線(b), (c)及び(d)参照)。

(3) 最小着火電圧が約  $40 \text{ V}$  以上の範囲では、キャパシタンスと最小着火電圧の関係は両対数グラフ上ではほぼ直線的に変化し、キャパシタンスの大きい程最小着火電圧が小さく危険側になるが、最小着火電圧が約  $40 \text{ V}$  以下の範囲では、この直線関係からはずれ、キャパシタンスが増加しても最小着火電圧がそれ程減少しなくなる傾向がみられる (曲線(d)参照)。

図40は、種々の組成と気圧の雰囲気のもとで、抵抗回路の電源電圧を  $15 \sim 300 \text{ V}$  まで変化させたときの和紙の最小着火電流である。この結果より、

(4) 上記の容量火花による結果 (1), (2) と同様なことが

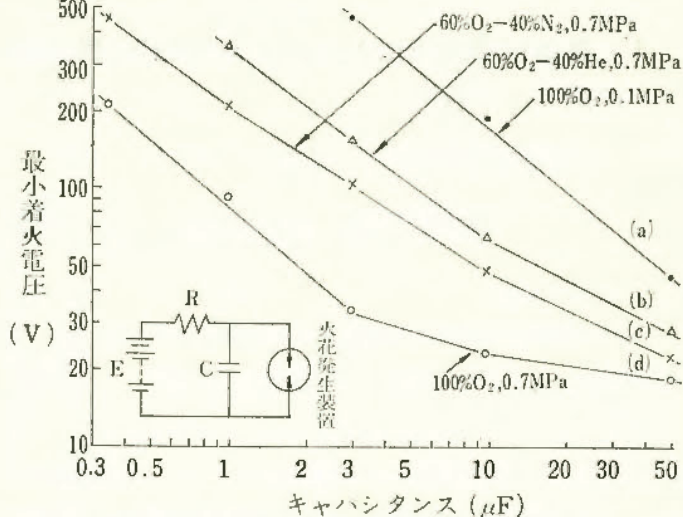


図39 容量火花による和紙の最小着火電圧

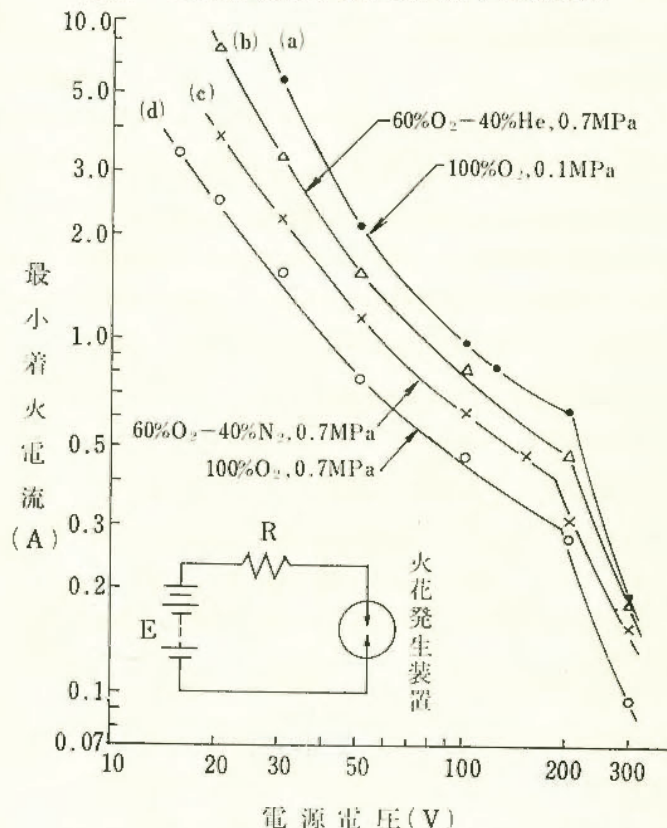


図40 抵抗火花による和紙の最小着火電流

いえる。

(5) 電源電圧の増加は、最小着火電流を減少させ危険側になる。なお、曲線の形状は  $200 \text{ V}$  付近で大きく曲れを生じ、同じ火花発生装置を用いて測定した爆発性ガス (メタン-空気) に対する火花点火限界曲線の形状ときわめて類似していることが明らかとなった。



## d 高気圧環境下における固体有機絶縁材料の耐アーク性

—標準形試験装置による耐アーク性—

電気研究部 田中隆二・本山建雄

### 1. まえがき

固体有機絶縁材料の表面近くで高電圧小電流のアークを発生させると、材料表面の絶縁性能が劣化し、導電化することがある。耐アーク性とは、このようにアークにさらされたときの絶縁材料の耐久力という。絶縁材料の耐アーク性に関する研究は、民生用電気機器の安全性向上の見地から数多く報告されている。しかし、これらの研究はほとんど大気圧空気中におけるものであり、大気圧をこえる気圧の作業場所、たとえば潜函作業室等が増えつつある現在、これらの加圧下のふん囲気での電気的原因による火災防止の見地から、加圧下における絶縁材料の耐アーク性についての研究が必要となる。ここでは大気圧下での耐アーク性標準試験装置を改良し、電極部のみ圧力タンク内に挿入することにより、加圧下での有機絶縁材料の耐アーク性試験を試みた。

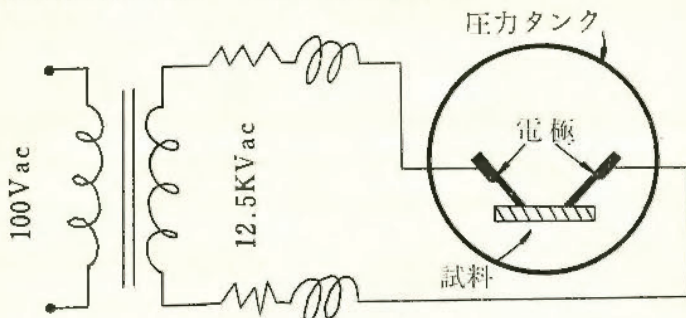


図41 装置概略図

### 2. 実験方法

図41のように圧力タンク内にタングステンロッド電極を挿入し、電極間に12.5kV(50Hz)の電圧を断続的に印加することにより、断続的にアーク放電させる。この場合、電流は10mAから40mAまで1分ごとに段階的に増加して苛酷度を増し、材料の絶縁性が失なわれるまでアーク放電を行ない、その時間(耐アーク時間)を測定する。電極間距離は、3.0、5.0、7.0mmとした。空気の加圧により生ずる過剰酸素状態の影響をなくし、加圧により生ずるアーク形状の乱れのみによる影響をみるため、使用気体は $N_2$ ガスとした。 $N_2$ ガスによる気圧の上昇は、電極間電圧を一定値(12.5kV)に保ち、1気圧ずつ増加して、放電が維持されるまで行なった。耐アーク性の測定回数は、各気圧において原則として5回以上とした。試験材料はメラミンガラス積層板とABS樹脂である。

### 3. 実験結果及び考察

加圧により放電状態が大きな影響を受けるため、アーク放電は孤状の安定アーク放電から帯状の不安定な間欠アーク放電へ移行する。このアーク放電の移行により、耐アーク性は各材料の特性に対応して移行する。

メラミンガラス積層板：気圧が0MPa(ゲージ圧、以下同じ)ではだ円状の広い炭化が生じ、発火からトラッキングへの移行を示すが、気圧の上昇により炭化は細い帯状となる。気圧の上昇に対応する耐アーク性時間は、図42のようにU字型を示す。下降部分では放電開始電圧が上昇しアークが試料面に沿うため、試料への熱の供給が増加し絶縁破壊が早まり、上昇部分では間欠アーク放電となるため熱量の供給が減少し、破壊が遅くなると考えられる。この材料は主に熱量により破壊が進行するといわれており、その点で一致する。

ABS樹脂：気圧が0MPaではだ円状で広い溶融、炭素の遊離が生じ発火からトラッキングへの移行を示すが、気圧の上昇により溶融し、炭素の遊離は帯状となり絶縁性の喪失も早まる。気圧に対応する耐アーク性時間は単調に減少する。放電開始電圧の上昇により瞬時の熱量が増加するため、溶融、炭素の遊離が早まり、トラッキングの芽となるため絶縁破壊が早まったものと考えられる。

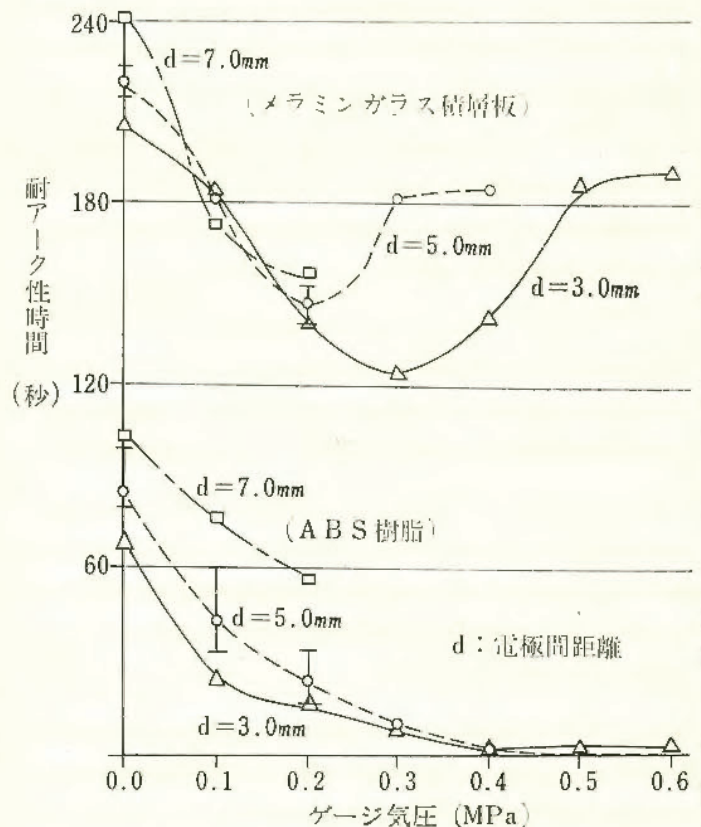


図42  $N_2$ ガス加圧下における耐アーク性



# 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

—帯電液面からの放電特性—

電気研究部 田島泰幸・児玉 勉

### 1. 目的

絶縁性液体の静電気帯電量が多くなり、液面の電位が上昇すると、液面からタンク支柱、突起物、サンプル採取器等近接導体に向けて、静電気の放電が起ることがあり、石油、有機溶剤等可燃性液体の場合には、この放電が爆発性混合気の点火源となるおそれがある。

本研究は、帯電液面からの放電の放電特性を調べ、その点火危険性を解明することを目的とした。

### 2. 実験方法

接地した鋼球をアクリル製小容器中の帯電液体の表面に接近させて放電を起させ、このときの放電形態、放電距離、放電電荷量、及び放電の直前と直後の液面電位等を観察、測定した。

実験に使用した液体はシリコン油（導電率約  $10\text{p}\sigma/\text{m}$ 、動粘度  $2\text{cS}$ ）及び灯油（導電率約  $1\text{p}\sigma/\text{m}$ 、動粘度約  $2\text{cS}$ ）である。

液体は、直流高電圧を印加した二重構造スパウトを通過させることによって帯電させた。二重構造スパウトとは、大きさの異なる断面がコの字形の二個の金属製スパウトを接触しないように上下に重ねたものである。上の内側スパウトに電圧を印加し、下の外側スパウトを接地しておき、上下のスパウト間を外側スパウトだけに接触するように液体を流して、これを印加電圧と反対の極性に帯電させ、帯電量を印加電圧によって制御した。

### 3. 実験結果及び考察

帯電液面から接地金属球への放電は、大別して二種類であった。1つは、金属球が小さいとき、あるいは放電距離が長いときに起る微弱なコロナ放電で、これは点火源となる危険性がほとんどない。他は、金属球が比較的大きく、かつ、放電距離が短いときに起る破壊音を伴うパルス状の放電で、これは放電形態、放電電荷量等からストリーマパルスコロナ放電と判断された。後者は点火源となる可能性が大きいので、以下これについて検討する。

放電の発生特性は図43に示すとおりで、球径が等しいとき、放電距離と放電開始電圧の関係が直線的になる。これはストリーマパルスコロナの特徴である。

放電1個当たりの放電電荷量は、図44に示すとおり、球径と密接な関係を持つ。また、液体の帯電の極性が負

のときに起る正性放電の方が、逆の場合の負性放電よりも放電電荷量が大きく、点火源になり易い。

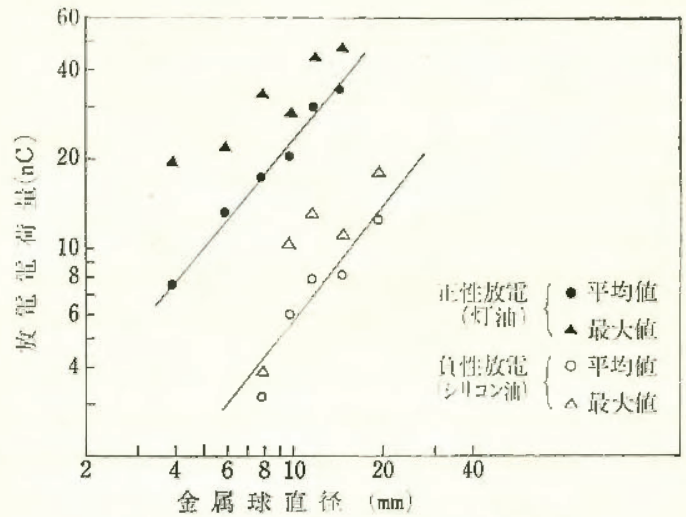


図43 破壊音を伴う放電の発生特性

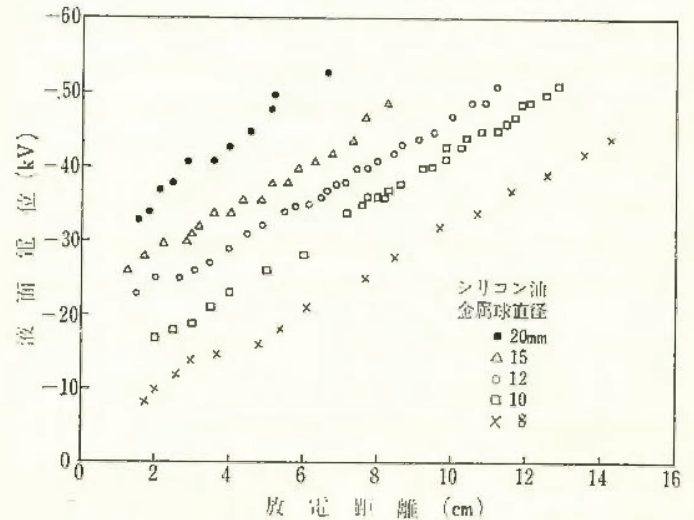


図44 破壊音を伴う放電の放電電荷量

絶縁物からの放電の放電エネルギーは放電電荷量と放電電位の積にはほぼ等しいと考えられる。この関係から求めた液面からの放電の放電エネルギーは、 $0.2\sim 2\text{mJ}$ で、多くの爆発性混合気の最小着火エネルギーより大きい。

以上の結果、帯電液面からの放電は、放電エネルギーの空間密度が低いことを考慮に入れても、曲率半径の大きな導体に対して起ると、可燃性液体の蒸気の爆発、火災の点火源となる危険性が高いことが明らかとなった。



# 電撃危険性とその防止

## 防止技術の探究とその実験的考察

—高圧用電撃防止器の開発—

電気研究部 田島泰幸・山野英記  
市川健二・寺沢正義

### 1. 緒言

電力が単なるエネルギー源として利用されるだけでなく、情報処理、計測制御等の分野にまで広く活用され、しかもこれが常時連続して使用されている現状では、電力供給を停止することによって起こる影響は測り知れぬほど大きい。したがって、6,600V配電線での柱上作業等も、停電せずに、活線のままで電気工事が行なわれることが多い。その結果は、これに接触したとき、電撃災害が発生し、電圧が高いだけに、低圧電気回路のそれとは異なり、一度の電撃によって電撃死に結びつく災害へと進展することが少なくない。

他方、電撃災害の防止については、従来からも多くの研究が進められており、現在低圧電気回路で使用されている感電防止用漏電しゃ断器等はその成果の一例である。しかしこの装置も電撃を検出すると、その電気回路をしゃ断し、電力供給を停止して電撃を防止する方法であるから、この方法を6,600V配電線へ適用することには、先に述べた理由から問題がある。

以上のような背景から、ここでは電力供給を停止しないで、6,600V配電線で発生する電撃災害を防止する方法について研究し、その1つがこの研究によって開発、試作した高圧用電撃防止器である。以下はその開発に関して実施した基礎研究の概要である。

### 2. 電撃の危険限界

高圧配電線に接触すれば大電流が流れることが予想される。したがって短時間で電流を遮断しなければ被災者を救うことはできない。電撃死の死因は多くの場合心室細動と考えられているが、心室細動の発生は、短時間電撃の場合、電撃と心サイクルの受攻期とのタイミングに大きく依存する。電撃の安全限界(電流—時間曲線)については多くの研究発表があるが、受攻期との関係についてはあまり言及されていない。そのため、危険性を過大に評価していると思われるものもある。

ここでは、電撃と心サイクルとのタイミング(電撃時期)を考慮に入れた形で、ウサギを使って電撃実験を行ない心室細動に関する電撃の安全限界を調べた。さらに実験結果から、心サイクルに独立に電撃が加えられたとき(実際の電撃災害はこの場合である)の心室細動発生限界を表わす電流—時間曲線などを、確率をパラメータ

として求めた。またこれらの過程において電撃時期の影響が明らかになった。

心室細動発生確率0.5%の曲線によれば、持続時間10msのとき電流(波高値)約800mA、200msのとき約100mAという結果であった。電撃防止器はこの限度内で動作するものでなければならないので、感度電流100mA以上程度、動作時間10ms以下という仕様を電撃防止器設計の基礎とした。

### 3. 電撃防止器の概要

生体が配電線に接触して電撃が発生したとき、これを防止しかつ負荷への電力供給を停止させないためには、配電線で電撃の発生した相のみを接地することである。したがって、ここで考案した高圧用電撃防止器も、電撃の発生した相を検出して、これを接地し電撃を防止する機能を有するもので、これを設計試作した。したがって、この電撃防止器は、高抵抗接地方式である配電線を、電撃の発生と同時に、その相を強制接地して、接地方式の配電線に変えることになる。

電撃防止器の基本構成は大別すると、電撃が発生した相を検出判定する部分と、これに従ってその相を強制接地する部分、及びそれらの部分を有機的に結合する伝送路より成っている。ここで電撃が発生した相の検出と判定は、電撃が発生したとき配電線に現われる現象を利用する方法と、検出・判定のために別の信号を印加してこれを利用する方法を開発し、それぞれについて検討した。また強制接地は10msという短時間に確実に接地するという設計条件より、基礎研究では電子素子と機械的リレーとによって実現した。伝送路は、この電撃防止器に高電圧が加わるので、検出・判定部と強制接地部とを電気的に絶縁しかつ有機的に結合するため、電気回路と光伝送路を併用して実現した。

### 4. むすび

基礎研究では目的とする機能を有した高圧用電撃防止器が開発でき、原理的には実現できる技術的見通しを得た。しかし実用化を行なうには装置の信頼性、及びこれを設置することによって配電線等に生ずる二次的問題もあり、昭和52年度には現場実験用のものを試作し、これによってさらに検討を加える計画である。



# 液状PCBの酸素焼却処理

化学研究部 駒宮功額・森崎 繁

## 1. 目的

火災や爆発の恐れのない不燃性絶縁油として開発されたPCB（ポリ塩化ビフェニール）は電気機器の絶縁油や化学工場の熱媒体として広く使用されてきた。しかしその毒性が問題となると、不燃性という安全上好ましい性質がわざわざいし、一般の可燃物と同じように焼却処理することは困難である。我々は酸素による事故予防のため従来より、酸素中での可燃物をはじめ難燃物の燃焼性を研究してきた成果を応用し、PCBを酸素中で焼却する無公害焼却処理技術の開発に着手した。

## 2. 装置の概要

PCBの熱酸化分解や拡散燃焼については昭和49、50年度に終了し、その結果大量の液状PCBを完全に分解処理するには噴霧燃焼がもっとも望ましいものと判断された。このため酸素を使用する小型噴霧焼却処理装置（PCB、KC300、2.6kg/H）を試作発注した（図45参照）。設計上の重点としては下記の項目に留意した。

- (1) PCBの完全な分解処理のためいかなる異常が生じても焼却炉を1,400°C以上に保つこと。
- (2) 酸素供給系の金属火災等の事故の防止。
- (3) 焼却時の排ガスに含まれる塩化水素の除去。
- (4) 排ガス処理装置からの廃水の無害化。
- (5) 冷却水の断水、凍結に対する対策。

フローシートはPCB—酸素供給系、酸素バーナー、焼却炉、排ガス処理系から構成されている。

## 3. 焼却操作

焼却炉は電熱器により常温から1,000°Cに昇温後、LPガス—酸素バーナーで1,500°Cになる迄加熱する。PCBは粘度が高いために予熱したものを、7 kg/cm<sup>2</sup>のアルゴンにより酸素バーナーへ供給する。これは窒素や空気を用いるとPCBに窒素が溶解し、焼却時にNO<sub>x</sub>を生成するのを防止するためである。PCBの液温と焼却炉内温度が希望温度に達するとPCB—酸素バーナーと取換へ焼却を開始する。炉内温度が高いためPCBはすぐ着火し、爆発する恐れはない。またその火炎の状況は炉尻から観察できるが、LPガス—酸素やアセチレン—酸素のバー

ナーで生ずる火炎と大差がない。焼却されたPCBは二酸化炭素、水蒸気、塩化水素を主成分とした排ガスを生ずるので、有害な塩化水素は苛性ソーダの5%液で中和後大気へ放出される。排ガス中のPCBは炉尻および洗浄塔出口から、また中和処理後の廃水は洗浄液放出弁からそれぞれ試料を環境庁通達の気相PCB測定要領ならびにJISK-0093により分析し、PCBの分解率を算出した。また排ガス中の塩化水素、塩素、NO<sub>x</sub>などについても分析を行なった。

## 4. 結果

不燃性のPCB（KC300）に灯油等の補助燃料を混合することなく、支燃性ガスに純酸素を用い直接PCBの燃焼熱（約5,000Kcal/kg）により高温火炎を得られることが明らかとなった。そして焼却炉はこの火炎により1,500°C以上に保持され、PCBの分解率は現在すでに99,9999%に達した。排ガス中のPCB濃度は0.005 mg/m<sup>3</sup>以下、廃液中のPCBは検出されず、大気や下水を汚染する恐れもないことも明らかとなった。

このような酸素焼却処理はPCBに補助燃料を加えて空気で焼却する方法や紫外線分解法などと比較し、プラントの小型化が可能であり、NO<sub>x</sub>の排出も防止でき、高い分解率を得られるものと判断され、更にその実用化のため酸素バーナーの改良、炉材などの耐久性の検討などのため、引続き長時間の焼却テストを継続中である。

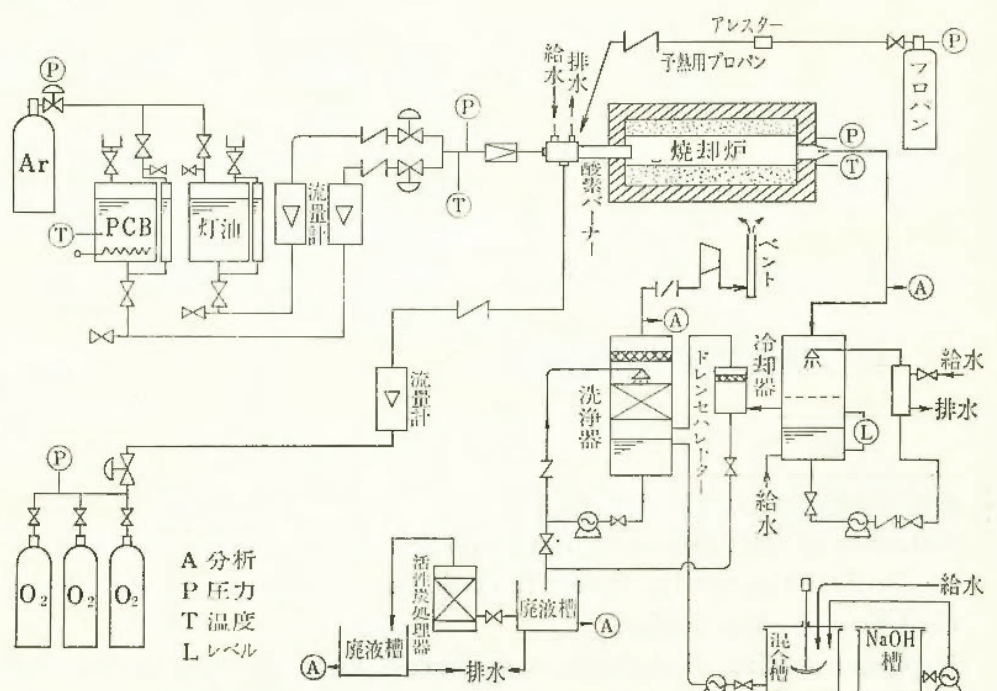


図45 液状PCB酸素燃焼処理装置フローシート



### (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-25-1	応力勾配を考慮した平形砥石の遠心破壊速度の推定法	条 川 壮 一 橋 内 良 雄 田 中 正 清
	RR-25-2	電子顕微鏡による事故破面の定量化 —アルミ合金および軟鋼の疲れき裂伝ばの第2段階における破面様相と破壊力学パラメータの関係—	
	RR-25-3	仮設手摺の具備条件 —仮設手摺の必要高さと必要強度について—	
	RR-25-4	熱線風速計による微風速度の測定における出力電圧の温度補正の方法と気流方向の計算について	小川勝教 河尻義正 堀井宣幸
産業安全研究所 技術資料	TN-76-1	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 (第1報) —セーフギャップの消炎素子の熱伝導度に対する依存性—	木 下 鈞 一 鶴 見 平三郎
	TN-76-2	災害発生間隔の分布について	花 安 繁 郎
	TN-76-3	プロパン—空気系混合ガスの実験的的最大セーフギャップの圧力依存性に関する研究	鶴 見 平三郎
	TN-76-4	微少空間における爆発火炎の金網による阻止 —ガス警報器検知部への応用の検討—	林 年 宏
	TN-76-5	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—	深谷 潔 杉本 旭 佐藤吉信
	TN-76-6	アセチレン—空気炎の爆ごうへの転移及びその中断 —管路に挿入した多孔板の影響について—	林 年 宏
	TN-76-7	トンネル建設工事における労働災害の分析 (第2報) —山陽新幹線広島・山口県内のトンネル災害について—	前 郁 夫 花 安 繁 郎
	TN-76-8	立位作業における外力による転倒限界に関する一考察 —柱上作業との関連において—	山野英記 田島泰幸 寺沢正義
	TN-76-9	爆発および爆ごう抑止器の実用化に関する研究 (第1報) —2および4インチ管中における火炎伝播の阻止—	林 年 宏
	TN-76-10	特殊簡易足場の安全性について —簡易わく組足場および低層簡易わく組足場の安全性について—	森 宜制 小川勝教 河尻義正
産業安全研究所 技術指針	TR-76-1	工場電気設備防爆指針 (ガス蒸気防爆1974) 一部修正 A-1976 (昭和51年9月)	
	TR-76-2	工場電気設備防爆指針 (粉じん防爆1976)	
	TR-76-3	安全帯構造指針・安全帯使用指針	

### (4) 学会誌学術雑誌掲載

題 目	誌 名	発表年月	執 筆 名
静電気放電による可燃性混合気の着火	応用物理	51. 6	田 島 泰 幸
Influence of Electrode Geometry and Spacing on the Critical Energy for Direct Initiation of Spherical Gaseous Detonations	Combustion and Flame Vol.27, No. 2	51.10	松 井 英 憲 他1名
Explosion during distillation of 4-chloro-2-methylamine	Journal of Hazardous Materials Vol.1, No.2	51.11	琴 寄 崇 鶴 見 平三郎



題 目	誌 名	発表月日	随 筆 者
アルミ合金および軟鋼のストライエーション間隔の統計的検討 (定量的疲労破壊事故解析へのフラクトグラフィの適用)	日本機械学会論文集 第42巻 364号	51. 12	橘内良雄 田中正清 秋山英司 近藤太二
空気圧縮機の爆発災害事例	安全工学Vol.15 No.6	51. 12	駒 宮 功 額
A Comparison of the Critical Energies for Direct Initiation of Spherical Detonations in Acetylene-Oxygen Mixtures	Combustion and Flame Vol.28 No. 1	51. 2	松 井 英 憲 他1名
イオン交換樹脂分散系におけるウインズロ効果	日本機械学会論文集 第43巻 367号	52. 3	杉 本 旭

### (5) 研究発表

題 目	発 表 会 名	発表年月日	発 表 者
加圧ガス中における可燃性固体の火花着火 —容量性回路火花の場合—	昭和51年電気学会 全国大会	51. 4. 3	市 川 健 二 田 中 隆 二
高炭素鋼の疲れき裂伝ば速度に及ぼす金属組織の影響	日本機械学会 第51期通常総会	51. 4. 6	橘 内 良 雄 田 中 正 清
切断砥石の回転側圧強度について (第2報) —補強材の強度および寸法の影響—	精機学会 昭和51年度春季大会	51. 4. 6	糸 川 壯 一
帯電液面からの放電特性に及ぼす導電率の影響	高分子学会 第21回静電気研究発表 会	51. 6. 25	田 島 泰 幸
流動帯電における帯電防止剤の効果	〃	〃	児 玉 勉
炭素鋼の金属組織に基因する疲れき裂の微視的破壊機構 の相違が巨視的伝ば速度に及ぼす影響	日本機械学会 第10回シンポジウム＝ 材料の構造と破壊機構	51. 7. 5	橘 内 良 雄 田 中 正 清
プレス作業における手の速度について	日本人間工学会 第17回大会	51. 7. 24	深谷 潔 杉本 旭 佐藤吉信
トンネル建設工事における労働災害の分析(1) (被災者の属性について)	土木学会 第31回年次学術講演会	51. 10. 10	前 郁 夫 花 安 繁 郎
トンネル建設工事における労働災害の分析(2) (発生状況と施工条件の関連について)	〃	〃	〃
き裂開閉挙動とき裂伝ば速度の関連性 (平均応力および材質の影響)	日本機械学会 第54期全国大会	51. 10. 16	田 中 正 清 橘 内 良 雄 他1名
建設工事における労働災害の発生特性	日本建築学会 昭和51年度秋期大会	51. 10. 17	花 安 繁 郎
階段通路の安全性に関する研究 (第2報) 「手摺に作用する荷重について」	日本建築学会 昭和51年度秋期大会	51. 10. 17	河尻義正 木下鈞一 堀井宣幸 永田久雄
階段通路の安全性に関する研究 (第3報) 「階段昇降動作時の歩行解析 (その1)」	〃	〃	〃
ポリプロピレンの湿性雰囲気中における 熱酸化分解に関する高温赤外	第10回酸化反応討論会 (日本化学会等主催)	51. 11. 8	琴 寄 崇
含弗素有機低重合物の熱安定性	第9回安全工学研究発表 会	51. 12. 2	駒 宮 功 額
水素炎の壁による消炎現象の研究	〃	〃	鶴 見 平三郎
階段昇降動作時の歩行解析	日本人間工学会	51. 12. 11	永田久雄 木下鈞一
ロープで支持された柱の座屈強度	日本機械学会関西支部 第52期定時総会講演会	52. 3. 18	前田 豊 袴塚禎三
共析鋼の疲れき裂伝ば機構に及ぼす微視的組織の影響	〃	52. 3. 19	橘 内 良 雄



## 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な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 336m<sup>2</sup> 2階 573m<sup>2</sup>

特別展示場 2階 333m<sup>2</sup>

見学指導室 3階 117m<sup>2</sup>

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ない、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するようにしてある。

昭和51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 パネル内容の更新のほか、新たに「化学プラントの安全実演装置」を配置した。

特別展示

51. 4. 20～ 5. 20 「検定と機器・装置・用品の安全」

特別展

6. 1～ 7. 7 全国安全週間展

9. 1～10. 7 全国労働衛生週間展

10. 20～12. 10 「クレーンの安全」特別展

講演会等

定例講演会を毎月1回、定期に開催した。この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。

その他

展示資料その他安全一般について技術相談、団体見学

者に対しての安全教育を行った。

入館者

開館日数 294日 (14/1～3/31)

個人 36,669名、団体236組5,734名

計 42,403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51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 51年11月1日より展示自動解説装置を設置

特別展示 51. 5. 10～ 6. 30 「写真で見る 職場の安全活動」展

51. 11. 1～11. 30 静電気災害防止展

安全の講演会9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361件を行った。

入館者

開館日数 297日 (4/1～3/31)

個人 4,239名、団体 221組25,171名

計 29,410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51年度に合計166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。

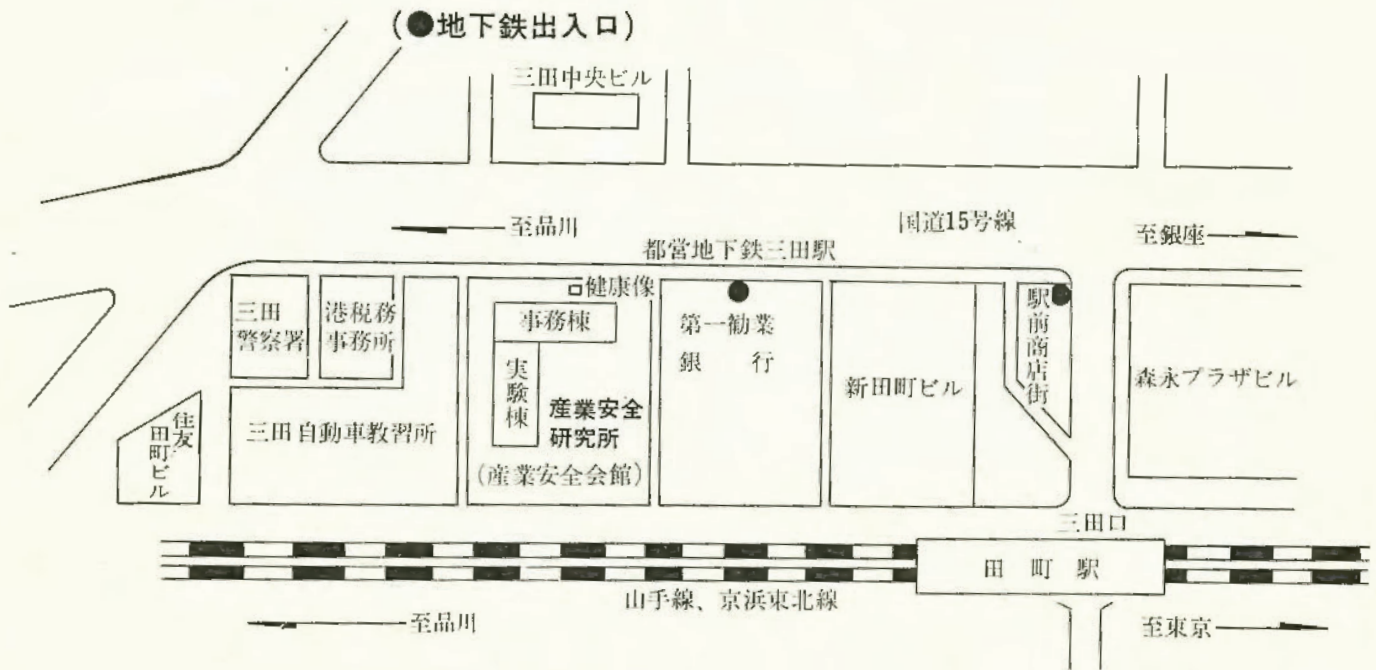
機械等検定規則に基づく防爆構造の電気機械器具に対する検定は、合計566件であった。



# 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) 453-8441~4



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

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・電子顕微鏡室・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・写真解析室
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

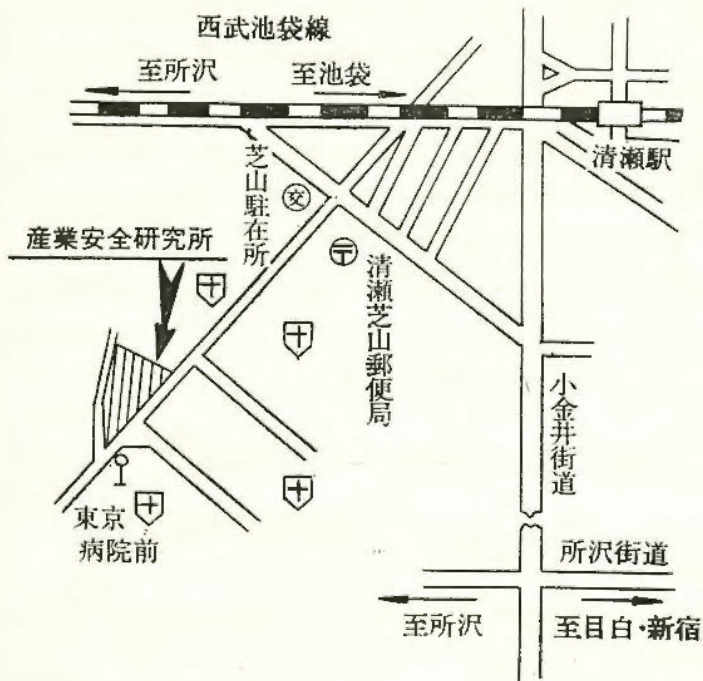
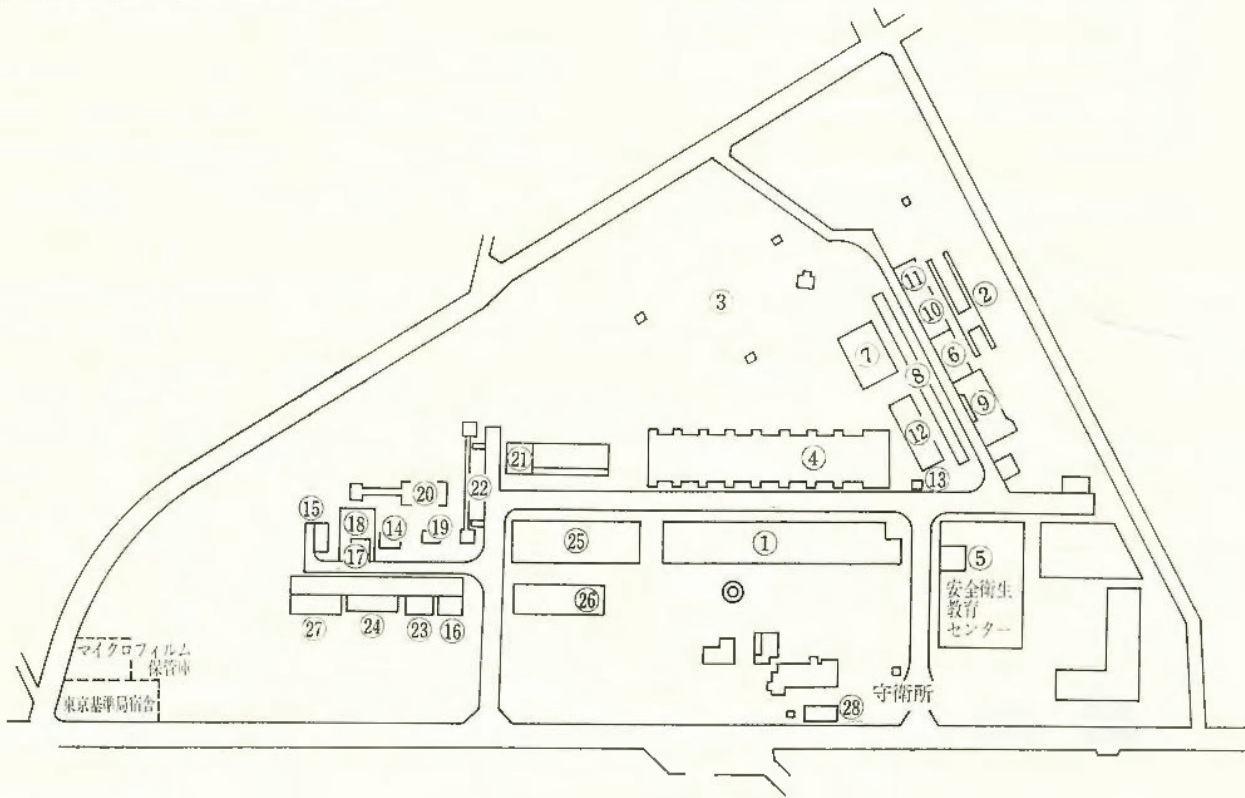


# 清瀬実験場

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) 91-4512~3



## 清瀬実験場施設一覧

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

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 }

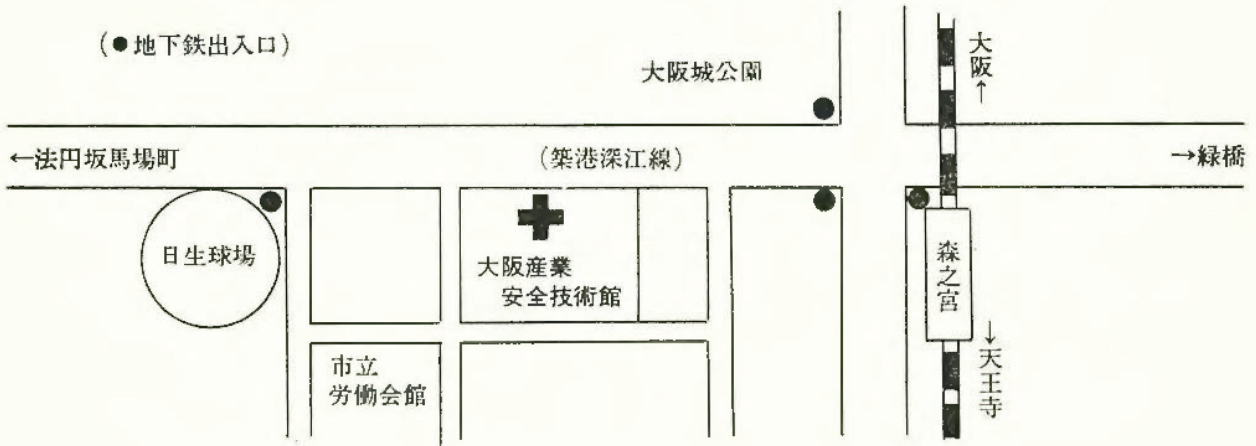


# 大阪産業安全技術館

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





産業安全研究所年報昭和51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) 453-8441~4

---