

# 産業安全 研究所 年報

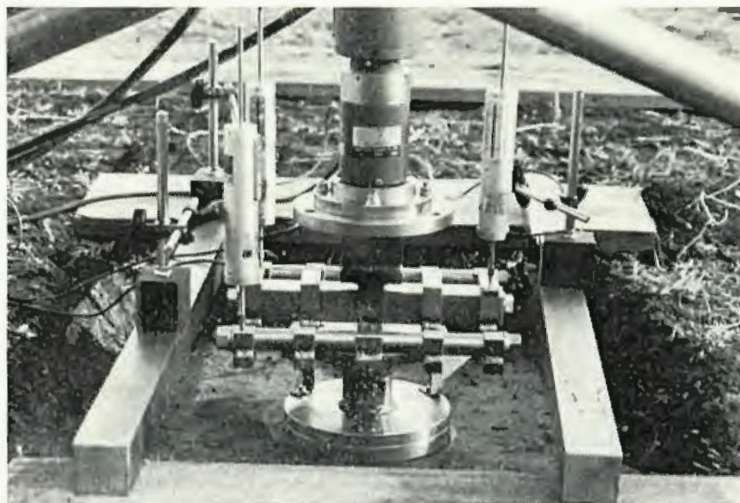
昭和 58 年度

昭和 59 年 5 月

労働省産業安全研究所

## 特別研究等の実施状況

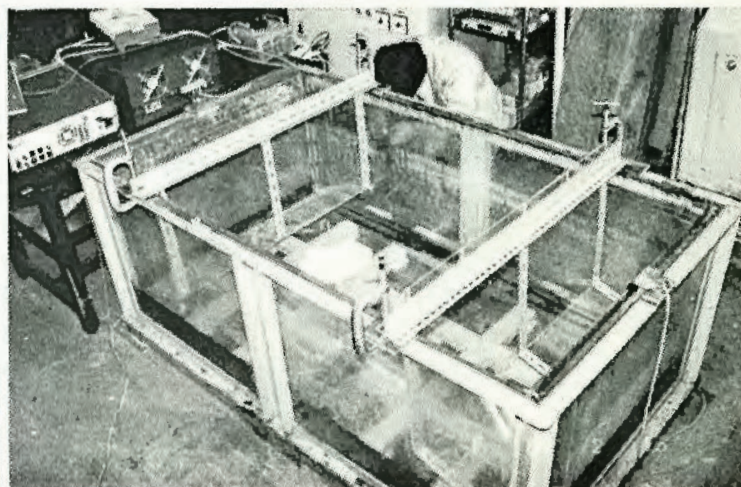
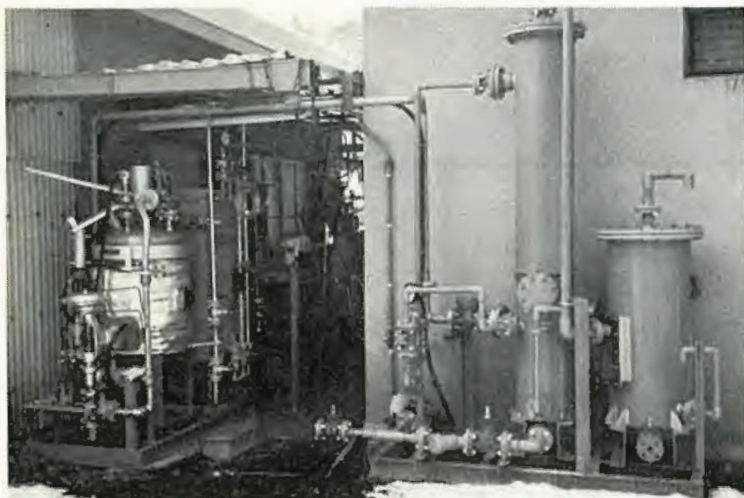
### 運搬機械の転倒災害防止技術



アウトリガー模型の載荷実験

### 廃棄物等の安全処理

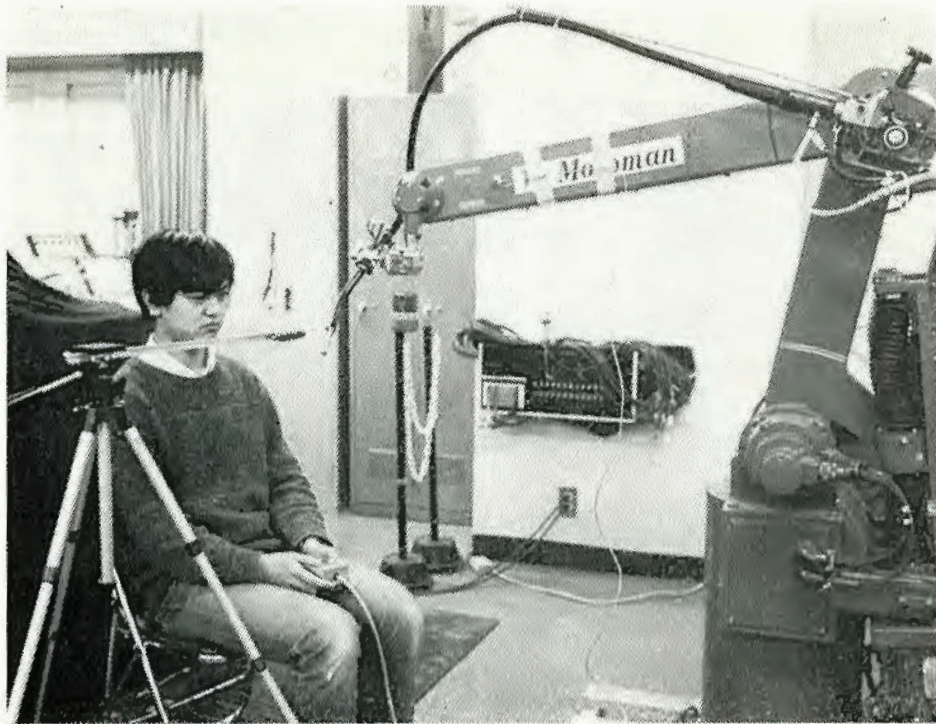
### 海中における電撃危険



塩化アルミニウム製造小型実験装置

模擬水槽による電撃実験

産業用ロボット等の導入に伴う共同研究



ロボット教示作業の安全化の実験

機械安全システム実験棟の外観



# 目 次

第1章 総 説	2
(1) 研究活動等の概要	2
(2) 主なる動静	3
(3) 業務活動	4
(4) 組織の変遷	7
(5) 歴代所長	7
(6) 組 織	8
(7) 定 員	8
(8) 土地及び建物	8
(9) 歳 入	9
(10) 歳出予算	10
(11) 主要試験研究施設・設備状況	11
第2章 研究業務	12
(1) 昭和59年度における研究テーマ	12
(2) 昭和58年度における研究成果の概要	13
(3) 刊行物	36
(4) 学会誌・学術雑誌掲載	37
(5) 研究発表	37
第3章 産業安全技術館等業務	40
(1) 産業安全技術館の活動	40
(2) 大阪産業安全技術館の活動	40
(3) 依頼試験及び検定	40
付 録	41
産業安全研究所	41
清瀬実験場	42
大阪産業安全技術館	43

# 第1章 総 説

## (1) 研究活動等の概要

産業安全研究所は労働省付属の研究機関として、産業災害を防止するため、災害現象の解明、災害防止技術の確立など広範囲にわたる研究を行っており、特に機械設備のシステム化・自動化に伴う災害、反応性物質の爆発災害など、行政ニーズの高い安全研究に重点を置くとともに、工学、人間工学、システム技術など多方面から安全研究へのアプローチを行っている。

当所が過去に実施してきた研究としては、「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」、「電気設備の点火危険性とその防止」及び「電撃危険性とその防止」などが挙げられ、これらの研究成果は労働安全衛生規則をはじめ構造規格、技術指針等に採り入れられ、なかでも仮設建造物の安全化や防爆対策に関する研究は、学会及び産業界から高い評価を受けている。

昭和58年度に実施した特別研究は、「運搬機械の転倒災害防止技術に関する研究」、「機械の安全化のための計測技術とその適用に関する研究」、「海中における電撃危険性とその防止に関する研究」、「塩ビとアルミニウムとの反応を応用した廃棄物処理技術に関する研究」、「フロンガスの無害化処理技術に関する研究」及び「危険有害作業を代替する安全ロボットの基礎研究」である。

先ず「運搬機械の……」は、2ヶ年計画の2年度として、移動式クレーンやフォークリフトの転倒を未然に防止するための方策、及び万一転倒が生じても被害をオペレータに及ぼさないようにするための方策を検討したものである。

「機械の安全化のための……」は、機械の安全・防護装置のメカトロ化を目的として、計測・制御の基礎的研究を行うもので、3ヶ年計画の初年度として実施したものである。

「海中における電撃危険性……」は、過去3ヶ年に亘って実施してきた電撃危険性の解明に続くもので、電撃防止対策へと発展した研究の2年目に当るものである。

「塩ビとアルミニウム……」は、3ヶ年計画の2年度として、高熱無酸素雰囲気における塩ビとアルミとの反応を利用した、塩ビの廃棄物処理と再利用を兼ねた技術を確認するために実施したものである。

「フロンガス等の無害化……」は、3ヶ年計画の2年度として、大気汚染の一因であるフロン等フッ素系ガスを無害化する方策を確認するため実施したものである。

「危険有害作業を代替する……」は、58年度より3ヶ年の計画で、かつ産医研及び産医大と共同で実施することになった「産業用ロボット等の導入に伴う安全衛生」に関する共同研究の一環をなすもので、遠隔操作機械のオペレーションにおける負担の軽減や、ロボットの教示作業における災害の防止を目的としたものである。

以上の他、経常研究として「金属材料の破壊防止」、「運搬機械の安全化」、「工事用設備の安全化」、「設備の人間工学的研究」、「単調作業と意識レベルの低下」、「安全性のシステム研究」、「爆発危険性とその防止」、「電撃危険性の防止」など各種の研究を行った。

また、当所付属の産業安全技術館では、従来から安全知識の普及をはかるため資料や装置の常設展示を行って来たが、さらに特別展として「最近の電気安全技術」を開催した。又防爆電気機器、安全用器具等の検定及び依頼に対する性能試験を行った。

## (2) 主なる動静

### ◎ 産業安全に関する国立研究機関連絡会議

産業安全に関連のある研究を行う国立研究機関が有機的な連携を図り、研究情報の交換、共同研究の可能性の検討などを行うことを目的として、昭和52年度に各省直轄の17機関をメンバーとして発足した連絡会議が、昭和58年度は次のように2回開催された。

第11回の会議は、昭和58年11月11日に開催され、「産業安全に関する研究成果概要集第3集」の発刊の打合せ及び「産業等における静電気災障害」に関連した研究についての情報交換が行われた。

第12回の会議は、昭和59年3月30日に開催され、主として「爆発・火災防止」に関連した研究についての情報交換を行うとともに、今後の活動方針について検討がなされた。

### ◎ 昭和58年度産業安全研究検討委員会

昭和57年11月11日に発足した産業安全研究検討委員会（井上埼玉工大教授、飯山前鉄道労働科学研究所長、井口東大教授、遠藤日本工大講師、堀野神奈川大助教授）は、昭和58年度に再び同一委員をもって組織され、前年度に引続いて、2度にわたり技術革新に伴う産業安全の諸問題に関して主としてヒューマン・エラーの立場から検討を加え、その結果を「技術革

新・自動化と産業安全」報告書としてまとめた。同報告書の主要項目は次の通りである。

- I. 自動機器の導入と産業安全
- II. 巨大産業システムにおける産業安全
- III. 自動化機械システムによるヒューマン・エラーの発生
  1. オペレータの信頼性と人間特性
  2. 正常運転時におけるヒューマン・エラーの発生
  3. 異常時におけるヒューマン・エラーの発生と対策
- IV. マン・マシン・システム設計時の考慮事項

### (3) 業 務 活 動

労働省設置法第 12 条に示すところにより、当所は工場事業場における災害予防の調査研究を行う機関として、各方面にわたり広範にして活発な活動を展開しているが、そのうち労働省関係者の視察及び研修、所員による研究成果の各種学会発表、国立研究機関連絡会議の開催、特別展の実施、国際協力等を始めとする主要な行事について、昭和 58 年度中に実施した活動状況をあげると次のとおりである。

昭和 58 年 4 月 1 日より昭和 58 年 12 月 31 日までの業務活動の内容

- 4 月 1 日、川口所長辞任し森土木建築研究部長が所長に昇任、土木建築研究部長に前同部主任研究官が昇任
- 4 月 6 日、電気学会主催、昭和 58 年電気学会合同大会において 3 件の研究発表
- 4 月 12 日、大野労働大臣が視察のため来訪
- 4 月 19 日、建設省田中関東地建局長外 2 名が視察のため来訪
- 4 月 20 日、科学技術週間行事の一環として田町庁舎実験室を公開
- 4 月 21 日、第 13 回 ISIR（国際産業ロボットシンポジウム）において 1 件の研究発表
- 5 月 24 日、香港政庁、主任工場監督官が UNIDO 研修員として来訪
- 6 月 1 日、小泉庶務課長が婦人少年局庶務課長補佐に転出、庶務課長に茨城労基局永井庶務課長が就任
- 6 月 16 日、日本材料強度学会主催、昭和 58 年度総会学術講演会において 1 件の研究発表
- 6 月 18 日、日本人間工学会主催、第 24 回大会において 1 件の研究発表
- 6 月 21 日、国際協力事業団主催の研修のため韓国専門官 1 名が来訪
- 6 月 24 日、電気学会主催、放電・絶縁材料合同研究会において 1 件の研究発表
- 6 月 27 日、イギリス安全衛生庁課長外 3 名の係官が視察のため来訪

- 7月7日及び8日, 日本学術会議等共催, 第13回安全工学シンポジウムにおいて5件の研究発表
  - 7月8日, 日本風工学会において1件の研究発表
  - 8月19日, 日本経営工学会主催, 研究部会において1件の研究発表
  - 9月16日及び17日, 日本建築学会主催, 北陸大会において5件の研究発表
  - 9月29日, 土木学会主催, 第38回年次学術講演会において2件の研究発表
  - 9月30日, 衝撃工学シンポジウムにおいて1件の研究発表
  - 10月1日, 日本機械学会主催, 北陸信越支部信越地方講演会において2件の研究発表
  - 10月9日, 日本機械学会主催, 第61期全国大会講演会において1件の研究発表
  - 10月11日, 空気調和・衛生工学会主催, 昭和58年度学術講演会において1件の研究発表
  - 10月13日, 小田切労働省安全衛生部長が視察のため来訪
  - 10月17日より12月17日まで, 「最近の電気安全技術」特別展を産業安全技術館において開催
  - 10月18日, シンガポール労働省職員1名がILOフェローとして来訪
  - 10月20日, 中災防主催, 昭和58年度全国産業安全衛生大会において2件の研究発表
  - 10月20日, 韓国労働部産業安全課長が研修のため来訪
  - 10月22日, 静電気学会主催, 第7回全国大会において1件の研究発表
  - 10月25日, 昭和58年度第1回産業安全研究検討委員会を開催
  - 10月29日, 日本機械学会主催, 山梨地方講演会において1件の研究発表
  - 11月4日から5日まで, 日本学術会議等共催, 第21回燃焼シンポジウムにおいて3件の研究発表
  - 11月8日, 国際協力事業団主催, 労働安全衛生行政セミナーのため研修員20名が来訪
  - 11月10日, タイ内務省労働局情報訓練課長外1名及びブラジルの安全コンサルタント1名の計3名のILO研修員が来訪
  - 11月11日, 第11回産業安全に関する国立研究機関連絡会議を開催
  - 11月15日及び17日, 第1回労働基準行政職員(中堅)研修のため, それぞれ40名の職員が来訪
  - 11月17日, 故袴塚機械研究部長葬儀, 同氏の生前の功績に対し正五位, 勲五等双光旭日章が伝達された。  
(10月29日逝去)
  - 11月25日, ISFM(国際破壊力学シンポジウム)において1件の研究発表
  - 11月30日, 日本機械学会主催, 第923回講演会において1件の研究発表
  - 12月1日及び2日, 安全工学協会主催, 第16回安全工学研究発表会において6件の研究発表
  - 12月8日, 日本ロボット学会主催, 第1回学術講演会において1件の研究発表
  - 12月10日, 寺沢電気研究部長が辞職
  - 12月12日, 電気研究部長に同部田中主任研究官が昇任
- 昭和59年1月1日より昭和59年3月31日までの業務活動の内容
- 1月10日, 機械研究部長に前土木建築研究部長が配置換え, 土木建築研究部長に同部木下主任研究官が昇任



- 1月24日，昭和58年度第2回産業安全研究検討委員会を開催
- 1月28日，韓国産業訓練協会教授2名が視察のため来訪
- 2月29日，第2回労働基準行政職員（中堅）研修のため，18名の職員が来訪
- 2月29日及び3月1日，インドネシア労使関係労働保護総局電気安全部長が国際協力事業団研修員として来訪
- 3月13日，インドネシア労働安全局長外1名がILO研修員として来訪
- 3月23日，日本機械学会主催，第59期関西支部総会講演会において1件の研究発表
- 3月26日，タイ内務省労働局次長が視察のため来訪
- 3月29日，電気学会主催，昭和59年電気学会全国大会において1件の研究発表
- 3月30日，第12回産業安全に関する国立研究機関連絡会議を開催

以上は当所編集の定期刊行物「安研ニュース」（年6回偶数月発行）記載の「安研の動き」の項から転載したものであり，各種行事のうち産業安全研究検討委員会及び産業安全に関する国立研究機関連絡会議並びに学会発表の詳細な内容については，第1章，（2）主なる動静及び第2章，（5）研究発表の項にそれぞれ記述した。

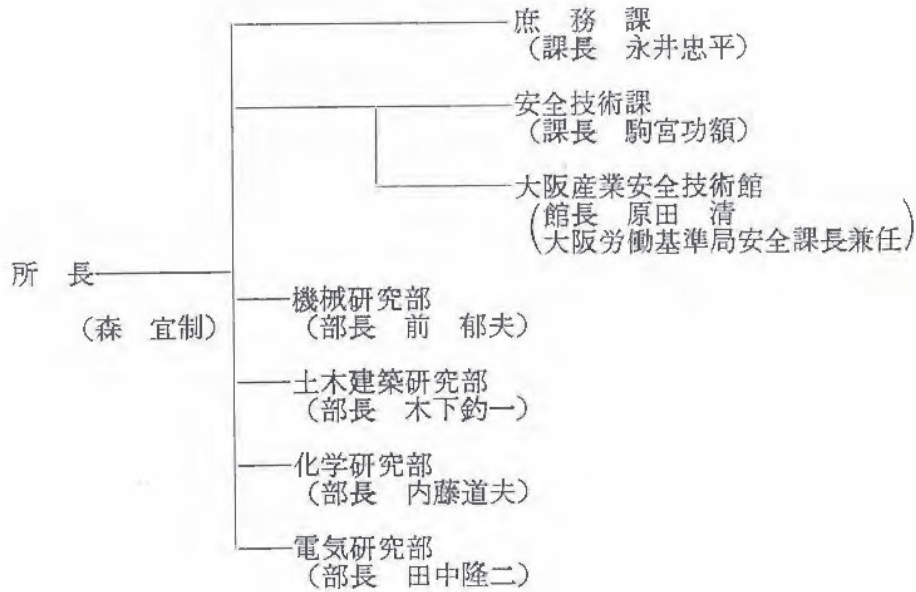
#### (4) 組織の変遷

- 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実験場を設置
- 昭和42年1月17日 庁舎改築のため、付属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

#### (5) 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. 3～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～昭58. 4
9代	森宣制	昭58. 4～

(6) 組 織 (昭和59年4月1日現在)



(7) 定 員

(59. 4. 1 現在)

俸給表別	指定職	研 究 職				行 政 職 (一)					行政職 (二)	合 計	
		部長等研究員	室長等研究員	研究員	計	課長	係長	専門職	一般職員	計	技能職員(乙)		
区分	所長												
定員	1	9	18	10	37	1	4	1	5	11	1	50	

(8) 土地及び建物

(59. 3. 31 現在)

名 称	所 在 地	敷地面積 (m <sup>2</sup> )	建物面積 (m <sup>2</sup> )	
労働省産業安全研究所	東京都港区芝 5-35-1	6,235	延15,373	
労働省産業安全研究所清瀬実験場	東京都清瀬市梅園 1-4-6	43,644	延 9,448	
労働省産業安全研究所大阪産業安全技術館	大阪市東区森之宮中央 1-15-10	(832)	延 893	敷地は大阪労働基準局所属

## (9) 歳 入

## イ 依頼試験

区 分 \ 年 度	54 年 度	55 年 度	56 年 度	57 年 度	58 年 度
研ま盤のと石車の強度試験	55 件	25 件	32 件	36 件	48 件
安全靴の安全性能試験	14	16	16	15	7
安全帯の安全性能試験	7	8	5	15	4
パイプサポートの性能試験	10	0	0	0	0
建わくの性能試験	32	1	0	0	0
吊り具の安全性能試験	5	4	4	1	6
研ま盤のと石車の覆の強度試験	3	0	2	0	8
その他の試験	0	1	0	0	1
成績書副本交付手数料	0	0	0	0	0
合 計	126	55	59	67	74
歳 入 金 額	1,613 千円	1,171 千円	1,141 千円	1,493 千円	1,425 千円

## ロ 検 定

区 分 \ 年 度	54 年 度	55 年 度	56 年 度	57 年 度	58 年 度
防 爆 電 気 機 械 器 具 A	3 件	0 件	18 件	24 件	1 件
"    B	15	12	25	21	2
"    C	18	6	15	14	10
"    D	13	7	15	10	6
"    E	42	24	31	19	27
"    F	0	0	0	0	0
更 新 手 数 料	0	0	0	0	0
合 計	91	49	104	88	46
歳 入 金 額	7,025 千円	4,639 千円	8,515 千円	6,574 千円	4,832 千円

## (10) 歳出予算

区 分	年 度	昭 和 58 年 度			昭 和 59 年 度		
		一般会計	特別会計	計	一般会計	特別会計	計
人 件 費		千円 230,012	千円 58,323	千円 288,335	千円 234,778	千円 65,249	千円 300,027
研 究 費		40,420	133,661	174,081	40,420	133,658	174,078
経 常 研 究 費		40,420	90,203	130,623	40,420	91,356	131,776
特 別 研 究 費		—	43,458	43,458	—	42,302	42,302
(運搬機械の転倒災害防止技術に關する研究)		—	21,307	21,307	—	—	—
(機械の安全化のための計測技術とその適用に關する研究)		—	22,151	22,151	—	22,013	22,013
(高齢作業者の墜落・転落災害の防止に關する研究)		—	—	—	—	20,289	20,289
依 頼 試 験 ・ 検 定 経 費		745	—	745	745	—	745
産 業 安 全 技 術 館 経 費		—	28,209	28,209	—	28,209	28,209
そ の 他 の 経 費		26,053	62,104	88,157	26,091	62,061	88,152
小 計		297,230	282,297	579,527	302,034	289,177	591,211
(移替予算)							
国 立 機 関 公 害 防 止 等 試 験 研 究 費		36,803	—	36,803	29,360	—	29,360
(フッ素有機排ガスの無害化処理技術に關する研究)		16,535	—	16,535	16,101	—	16,101
(塩化ビニールとアルミニウムとの反応を応用する廃棄物処理に關する研究)		20,268	—	20,268	13,259	—	13,259
海 洋 開 発 調 査 研 究 促 進 費		3,987	—	3,987	3,987	—	3,987
(潜水作業に用いる電気機器の安全化に關する研究)							
小 計		40,790	—	40,790	33,347	—	33,347
合 計		338,020	282,297	620,317	335,381	289,177	624,558

上記の外、労働省安全衛生部予算（特別会計）に含まれる当所関係経費

58年度	産業安全会館雨もり特別修繕（2年計画の2年度）	38,042千円
	機械安全システム実験棟設置費	428,690千円
	産業用ロボット等の導入に伴う安全衛生共同研究費（3年計画の初年次）	10,860千円
59年度	同上（3年計画の2年次）	5,942千円
	清瀬実験場下水道整備工事	26,931千円
	化学安全実験棟（仮称）設置費	371,618千円

(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】            (設備)            赤外分光光度計            ヘリウム用高気圧下短絡実験装置            放電波形解析装置            高圧発火エネルギー測定装置            流動帯電量試験装置            高圧熱天秤            質量分析装置            高真空蒸着装置            環境試験装置            瞬間加熱赤外線加熱分解炉            データ集録装置            水熱反応用高圧示差熱分析器            高速液体クロマトグラフ            ドラムカメラ            高濃度排液処理装置            連続サンプリング付マスアナライザー            差動型高圧示差熱天秤            小型廃棄物処理実験装置</p> <p>【特別会計】            (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            防爆実験揚重施設            多目的反力支持構造物            配管等爆発実験施設            高圧ガス粉じん系爆発実験施設            粉じん帯電実験施設            運搬建設機械安定度試験実験施設            遮音実験室            液体攪拌帯電実験施設            機械安全システム実験棟</p> <p>(設備)            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</p>	<p>X線回折装置            デジタル記憶装置            圧力容器付耐アーク性試験器            自然発火試験装置            500トン万能試験機            赤外線炭酸ガス分析装置            データロガー            マハツエンダー干渉計            写真計測処理装置            レーザー装置            電気油圧式疲労振動試験装置            仮設構造物多点荷重発生装置            心電波形分析装置            高速度カメラ            生体負荷測定装置            試験用移動式クレーン            最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            X線マイクロアナライザー            光電測光式発光分析装置            高速度現像デジタル直視装置            恒温恒湿セル            超小型テレメータ装置            静電気データー記録装置            ラインプリンター装置            耐水試験機            最高血圧自動連続測定装置            動的高圧力試験装置            高温箱型電気炉            レーザー流速計            デジタルオンロスコープ            アイマークレコーダ装置            超音波流速計測装置            テレメータシステム装置            熱拡散率測定装置            注意配分力検査装置            暴走反応熱測定装置            トラバース装置            非接触電子光学式変位測定装置            平衡機能測定装置            シグナルプロセッサー            振動三軸圧縮試験機            腐食疲労試験機            生体情報システム            地盤破壊演算装置            産業用ロボットモートマン Liow</p>

# 第2章 研究業務

## (1) 昭和59年度における研究テーマ

特別研究の「機械の安全化のための計測技術とその適用に関する研究」並びに産医大、産医研及び当所の共同研究の一環である「危険有害作業を代替する安全ロボットの基礎研究」を本年度も引続き行うとともに、「高齢作業者の墜落・転落災害防止に関する研究」も新たに特別研究として取りあげ、行政面の現下の緊急課題に対処することにした。

経常研究並びに環境庁及び科学技術庁の移替予算による研究内容は、AからHに示す各項目のとおりであり、これらの研究により安全技術の基盤充実とその新しい展開に備えることにした。

### A. 機械設備の安全化

1. 金属材料の破壊防止
  - a. 高張力鋼溶接継手の低温における疲労き伝ば特性と破壊靱性
  - b. 溶接材及び熱処理材の水環境中の腐食疲労特性
2. 運搬機械の安全化
  - a. トラッククレーンの旋回サークルの強度
  - b. 天井クレーンの衝撃荷重
3. 高速回転機械の安全化
  - a. 砥石の破壊回転速度と衝撃力
4. 超高圧化学プラント装置の安全化
  - a. 超音波探傷法による微小欠陥の検出と欠陥寸法の評価
5. 工事用設備の安全化
  - a. 足場に作用する風荷重に関する数値解析
  - b. メッシュシートの安全性
  - c. ゴンドラ用丸環の強度

### B. システムの安全性

1. 安全性の評価
  - a. 災害度数率評価時の検出力
  - b. CTAによる切取工事の災害分析

### C. 安全性の人間工学的研究

1. 機械設備の人間工学的安全化
  - a. 意識レベルの変化に伴なり人間の応答特性について皮質誘発反応を用いた研究

### D. 作業環境の工学的改善

1. 工場換気の適正化
  - a. 熱源を有する建物の換気量についての数値実験

### E. 掘削工事の安全化

1. 土砂・岩石の崩壊防止
  - a. 斜面の安定解析

### F. 爆発危険性とその防止

1. 粉じんの爆発危険性とその防止
  - a. 粉体空気輸送システムにおける発火及び火災伝ば危険性
2. ガス爆発危険性とその防止
  - a. 初期火炎の伝ば速度と消炎の関係
  - b. 煤塵爆ごう波の生起条件と伝ば機構
  - c. 混合物の発火温度の体系化
3. 固体等の燃焼爆発危険性とその防止
  - a. 自然発火性物質の熱発火限界温度
  - b. ヘキサメチレンテトラミンの加圧下における分解機構
4. 電気設備による点火危険性とその防止
  - a. 最近の電池の本質安全防爆性
  - b. 電子部品の発熱による爆発性ガスへの点火危険性
5. 静電気による点火危険性とその防止
  - a. 液体の攪拌帯電における帯電要因の検討
  - b. 静電界検出器の試作
  - c. コロナ放電ノイズの特性とノイズの抑制法

### G. 電撃危険性とその防止

1. 電場における電撃危険性
  - a. 可随限界電場への長時間暴露の影響及び人間の離脱可能性
  - b. 遮へいによる漏電場の電界緩和の検討
  - c. 潜水作業用電気機器の安全装置の検討
  - d. 水中電撃防止器具・装置の性能評価
2. 送配電線における電撃危険性
  - a. 高圧用ゴム手袋の絶縁劣化診断

### H. 廃棄物等の安全処理

1. 廃棄物、フロン等の安全処理
  - a. 塩化ビニルとアルミニウムとの反応を応用する廃棄物処理
  - b. フッ素系有機排ガスの無害化処理技術

## 特別研究

### A. 機械の安全化のための計測技術とその適用に関する研究

- a. 防護用計測技術の開発とその性能
- b. 防護用計測技術の運用

### B. 高齢作業者の墜落転落災害防止に関する研究

- a. 建設業における高齢者の墜落転落災害の調査
- b. 高齢者の高所作業に必要とされる平衡機能の評価基準
- c. 小規模工事用墜落防止防護設備の具備条件

### C. 危険有害作業を代替する安全ロボットの基礎研究

- a. 産業用ロボットの教示作業の安全化

## (2) 昭和 58 年度における研究成果の概要

### ○金属材料の破壊防止

#### 構造用低炭素鋼の低サイクル(高応力)疲労き裂成長に対する水素雰囲気の影響

機械研究部 田中正清

##### 1. 研究目的

大型構造物の部材として多用されている構造用低炭素鋼の低サイクル疲労条件でのき裂伝ば挙動に対する環境の影響を検討するため、これまで軟鋼及び 80 キロ級高張力鋼の種々の水環境中での疲労き裂伝ば実験を行ってきた。その結果、上記の条件の疲労き裂伝ばは、純水中及び食塩水中いずれの場合にも、溶存酸素の有無にほとんど無関係にかなり促進されることがわかった。破面解析などから、そのような促進効果は水素脆化に関連したものと推測された。

本研究ではそのような推測の1つの裏づけとして、同じ条件の疲労き裂伝ばへの大気圧水素ガスの影響を調べるのが目的である。詳細はなお検討中であるがここではその予備的実験結果について報告する。

##### 2. 試験片及び実験方法

供試材は市販の軟鋼 SB 42 (厚さ 26mm) で、これから 23×160×1000mm の中央スリット付き板状試験片を作成した。き裂伝ば試験の負荷は応力  $\sigma=13.5\pm 10$  kgf/mm<sup>2</sup>(応力比  $R=0.15$ ) の片振り引張りで、繰返し速度は 0.05 Hz とした。環境は約 1 気圧の超高純度水素ガス (99.9999%) で温度は 25±2°C である。この環境試験は、試験片の中央部に容量約 2l のアクリル製容器を取りつけ、それに約 1l/min の流量で高圧ポンプから水素を供給しつつ実施した。

##### 3. 実験結果

高応力条件での疲労き裂伝ば速度 ( $dl/dN$ ) に対する大気圧水素の影響を、応力拡大係数変化幅 ( $\Delta K$ ) を基準として図 1 に示す。同図中には比較のため空気中および水中のデータを併記した (純水と食塩水の差はない)。本実験条件の大部分の範

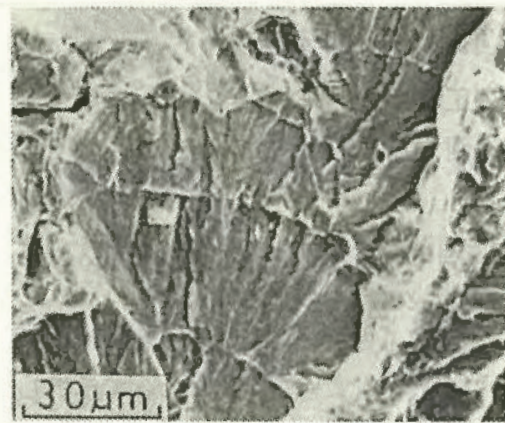


写真 1 水素中での微視的疲労破面 ( $dl/dN=15.7$   $\mu\text{m}/\text{c}$  の領域のぜい性ストライエーション)

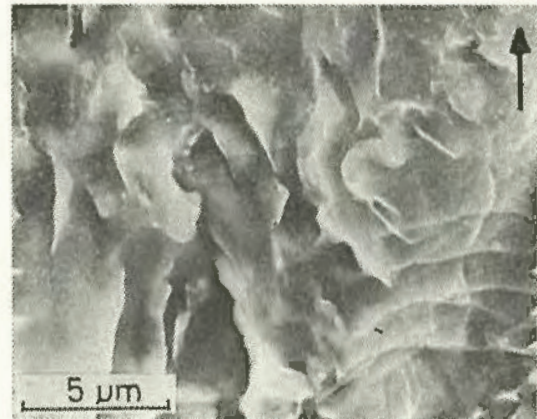


写真 2 水素中での微視的疲労破面 (すべりを伴い、純鉄の静的水素脆化破面と類似した形態)

囲で、水素ガスがかなり大きなき裂伝ばの加速効果を有することがわかる。最大の加速効果は空気中に対して水中で約 5 倍であったのに対し、水素中では約 25 倍にも達している。ただし低  $\Delta K$  域及び最終破断に近い高  $\Delta K$  域ではいずれも加速効果が小さくなり、 $dl/dN$  は空気中のそれに近くなっている。

水素中での高応力疲労き裂伝ばの微視的破面形態の典型は、引張り型破面のほぼ全域にみられる劈開破面に類似した扇状の平坦面である。その中には波紋状に広がった間隔の大きな脆性的ストライエーションが形成されていることが多い(写真 1)。またそれらの周りには写真 2 に示すような純鉄の水素脆性破面 (静破断) と同様のすべりを伴った破面形態が形成されていた。本疲労き裂伝ば試験中、荷重サイクルの最大値で数時間荷重を保持したところき裂はディンプルを形成してある程度成長した後にはほとんど進展しなかった。この事実と上記の 2 つの特徴的破面形態から判断すると、水素中での  $dl/dN$  の加速は高応力条件で繰返される裂先端域での著しい塑性変形に伴って環境中から材料中へ侵入した水素により生ずるいわゆる繰返し水素脆化のため生ずるものと考えられる。破面の類似性、及び環境の特性を考えると水中での加速効果も同様の繰返し水素脆化によるものと思われる。

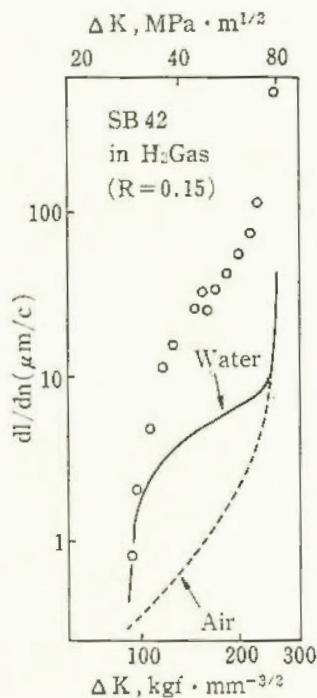


図 1 高  $\Delta K$  条件の疲労き裂伝ば速度  $dl/dN$  に対する大気圧水素ガス環境の影響



# ○工事用設備の安全化

## 建築工事用足場の養生シート、防音パネルに作用する風圧力についての3次元数値解析

土木建築研究部 木下鈞一

### 1. 研究目的

足場等の仮設構造物の強風に対する設計基準を整備するため、足場面の風力係数等の算出を行った。また建物周辺の風の流れをも数値計算法によって解析した。

### 2. 計算の方法

前年度は2次元流れの場合を扱った。今年度はこれを3次元流れに拡張し、図2,3に示すように、建物の外周にシートを張った足場があり、主風向は建物に直角の場合を非圧縮性乱流の基礎方程式(省略)によって求めた。

### 3. 計算結果

図4 a) は建物の中心を通る縦断面上の風向、風速を示す。同図 b) は高さ0.50の水平断面上のそれらを示し、図5は高さ0.25における風速増強率を示す。また、図6には、建物の中心縦断面上の風圧分布(a)、及び高さ0.50における水平断面上の風圧分布(b)を示した。これらの図から足場の風上側

隅角部(風切り部分)において急激な圧力変化及び速度変化が生じていることがわかる。

次に図7には、それぞれ風上側足場面(a)、側面足場面(b)、風下側足場面(c)における風力係数の分布図を示した。風上側足場面には正の風力係数(最大値1.56)の分布の現態が、また、側面部では隅角部で大きな負の風力係数となっていることがわか

る。また、風下側足場面のそれはかなり小さい値となることがわかった。この他に、計算例は建物等の寸法比の異なる5例について計算した。

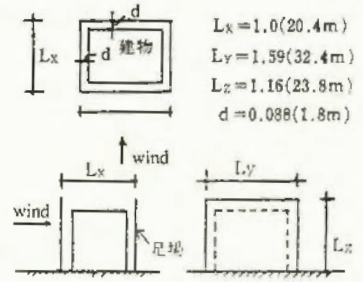


図2 計算用モデル建物、足場の寸法(建物の軒高を基準とする)

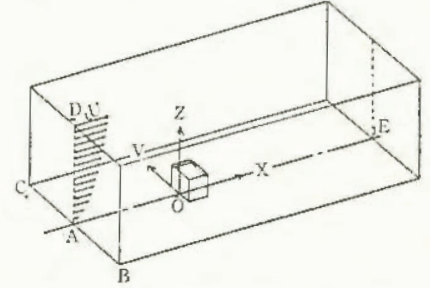
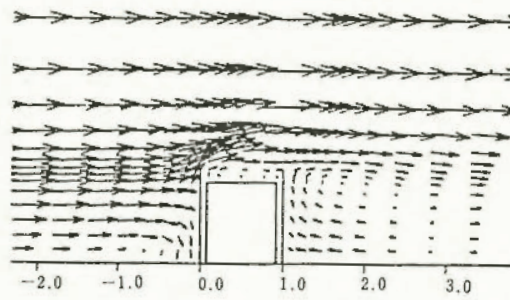
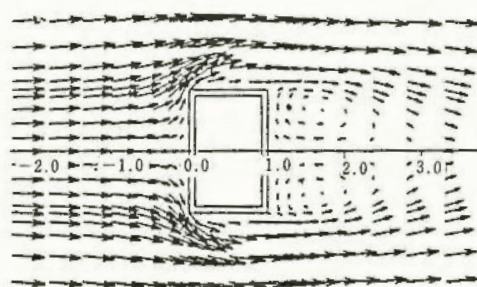


図3 モデル建物、足場の位置と計算領域の大きさ及び風向等の概略図



a) 垂直断面上の速度ベクトル図



b) 高さ0.5の水平断面上の速度ベクトル図

図4 建物、足場の近傍の風の流れ

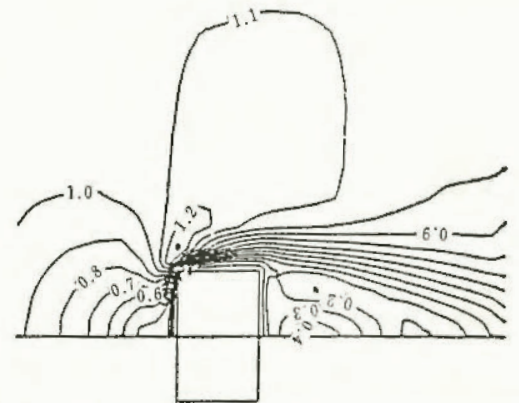


図5 建物、足場の近傍における高さ0.25の水平面上の風速増強率

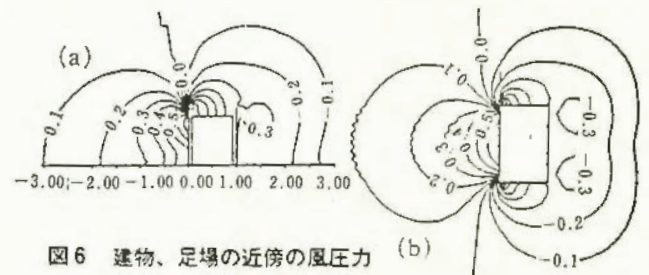
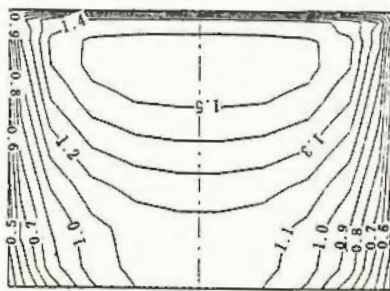
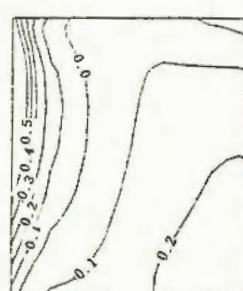


図6 建物、足場の近傍の風圧力分布 a) 建物の中心を通る縦断面上の分布、b) 高さ0.5の水平断面上の風圧分布



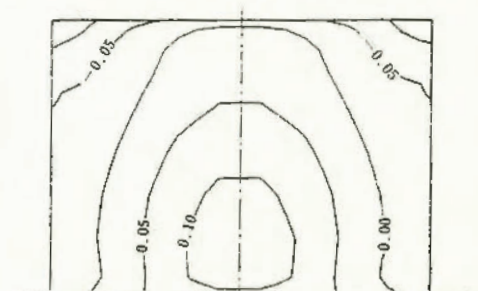
(a)

図7 足場面の風力係数Cの分布図



(b)

a) 上流側足場面



(c)

b) 側面足場面

c) 下流側足場面

1. 研究目的

わく組足場は、わく幅の狭い簡易わくのように標準わく（わく幅 900mm 以上の建わく）に比べ、わく面のせん断剛性が低い場合、脚柱のジョイントを変曲点とする個材座屈を起こす前に、わく面方向の全体座屈が生じる。このような場合、わく組の座屈強度は単わくの脚柱の圧縮試験の結果からは判らないが、単わくのわく面のせん断剛性を調べることによって推定出来るものと思われる。そのため、わく幅の狭いわく組足場について、実大座屈実験と単わくのせん断剛性の試験を行ない、わく組の座屈強度とせん断剛性の関係を調べた。

2. 実験方法等

実大座屈実験は5層1スパンのわく組について、脚柱の下端ジャッキベース、上端をナイフエッジ端とし、わく組の上端に壁つなぎを取付けた状態で荷重を各脚柱に鉛直に作用させた。また、せん断剛性試験は単わくについて、脚柱の下端より 25mm の位置に直径 12mm のピン穴を明け、両脚柱間を連結棒でピン結合した状態で写真3に示すようにわく面を対角線方向に引張り、その時の荷重と伸びを測定する方法とした。供試建わくは、わく幅 400mm, 600mm, 750mm, わく高さ 1675mm, 1775mm, 1875mm の方杖型で脚柱及び横架材の材料が外径 42.7mm, 肉厚 2.3mm (STK 51) のものとした。

3. 研究結果

建わくのせん断剛性は、試験により求めた荷重と伸びの関係から次式によって求めた。

$$C = \frac{H_1 \cdot L^2}{H_1^2 + L^2} \cdot \frac{T}{\delta} \quad (\text{kg})$$

但し、 $T$  : 対角線方向の引張荷重 (kg)

$\delta$  : 対角線方向の伸び (mm)

$H_1$  : 脚柱下端のピン穴の位置から脚柱と横架材の交点までの長さ (mm)

$L$  : わく幅 (mm)

図8は、建わくのせん断剛性と実大座屈実験によるわく組の座屈荷重との関係を示したものである。その結果、座屈荷重は実験を行なった範囲において若干のバラツキはあるがせん断剛性に比例するものと思われる。

よって、座屈荷重とせん断剛性の関係を実験的に次式によって表わした。

$$P = \alpha \frac{H_1 \cdot L^2}{H_1^2 + L^2} \cdot \frac{T}{\delta} + \beta \quad (\text{kg})$$

$\alpha$ ,  $\beta$  の値は、建わくの構造等によって決まる実験係数で、現在検討中であるが、通常の方杖型の建わくの場合  $\alpha \approx 650$ ,  $\beta \approx 3100$  (kg) 程度の値を採れば良いものと思

われる。以上の結果より、わく幅の狭いわく組足場の座屈荷重は、実大座屈実験により座屈強度を確かめなくても、単わくのわく面を対角線方向に引張るせん断剛性の試験によって引張荷重と伸びを調べることでほぼ推定できることが判った。

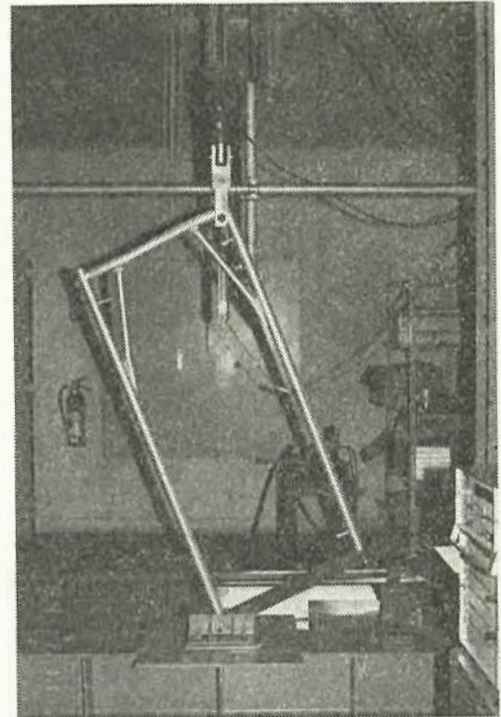


写真3 せん断剛性試験方法

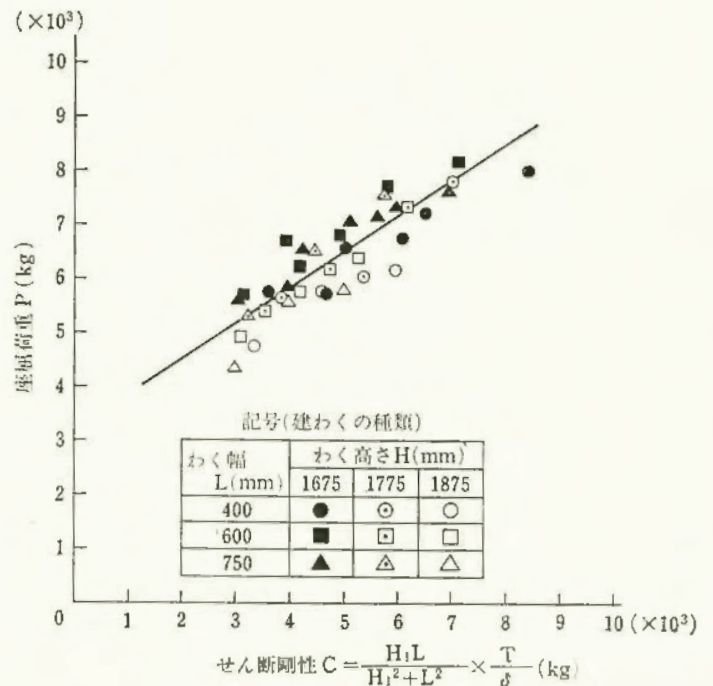


図8 座屈荷重とせん断剛性の関係

# ゴンドラ用跨座式突梁の安定性

土木建築研究部 河尻義正

## 1. 研究目的

跨座式突梁とは、可搬型ゴンドラを建物等の外壁に沿って吊り下げる際に、壁面とゴンドラの間隔を一定に保つために使用する金具である。同突梁は図9に示すように通常建物屋上のパラペット等の上に設置するが、突梁自身はパラペット等に固定されておらず、しかも吊下げワイヤロープに張力がかかって始めて安定する構造であるため、一度設置方法を誤ると突梁が回転、脱落する危険があり、安全上問題がある。本研究は電算機シミュレーション及び模型実験により跨座式突梁の安定性を明らかにし、突梁の設計及び設置上の安全条件を求めることを目的とするものである。

## 2. 研究方法

跨座式突梁の設置状況の模式図を図10に示すが、同突梁がワイヤロープとの摩擦にたよらないで安定する（以下本質的安定とよぶ）条件は、吊り荷  $W$  の位置に最下点が存在すること、換言すればロープ長  $S$  が最小値を有することである。そこで、 $r_1, r_2, r_3, \beta, a$  及び  $b$  を変えて与えたときの突梁の傾き  $\theta$  と  $S$  の関係を探るためコンピュータによるシミュレーションを行った。一方、模型実験装置は図11に示すもので縮尺は実物の約1/4である。実験方法は  $l_1, l_2, l_3, l_6, \beta_m, a_m$  及び  $b_m$  を変えて行ない、突梁を支点上で回転させるときの安定状態を観察し、ロープ張力、 $\theta_m, \alpha_m$  を測定した。

## 3. 研究結果

図10の  $\theta$  は安全上小さな正の角度に保つ必要があるが、シミュレーションの結果、正の  $\theta$  に対し本質的安定になるのは  $r_2 > r_1$  の場合であった。また種々の寸法の突梁に対し  $\theta = 0^\circ, 5^\circ$  で本質的に安定となるロープの控え角度  $\alpha$  を求め、結果を  $r_2/r_1 - (\alpha + \beta)$  座標上に描いたものが図の実線である。

一方模型実験の結果、正の  $\theta_m$  に対し突梁が本質的に安定となるのは  $l_2 > l_1$  の場合であった。また  $l_6$  は大きいほど安定性は高くなった。図12の●印点は  $\theta_m = 0 \sim 5^\circ$  で本質的に安定となる  $\alpha_m$  を求め、 $l_2/l_1 - (\alpha_m + \beta_m)$  座標上にプロットしたものである。そこで図10の

$r_2/r_1, \beta, \alpha$  がそれぞれ図11の  $l_2/l_1, \beta_m, \alpha_m$  に対応するものとして図12でシミュレーションと実験結果を比較すると、 $r_2/r_1$  (または  $l_2/l_1$ ) が1近辺では両者に相違がみられるが1.1以上ではほぼ一致している。

研究の結果、跨座式突梁の本質的安定条件は次の通りである（記号は図11参照）。

(1)  $l_2/l_1 > 1$  とする。1.05~1.3程度とする

(2)  $\alpha_m = -46.7(l_2/l_1) - \beta_m + (113 \sim 123)$

$\alpha_m, \beta_m$  : 度

(1) が突梁自身に対する条件で、(2) が設置上の条件である。

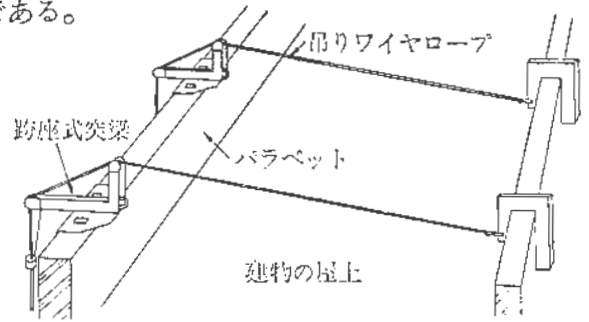


図9 跨座式突梁の設置例

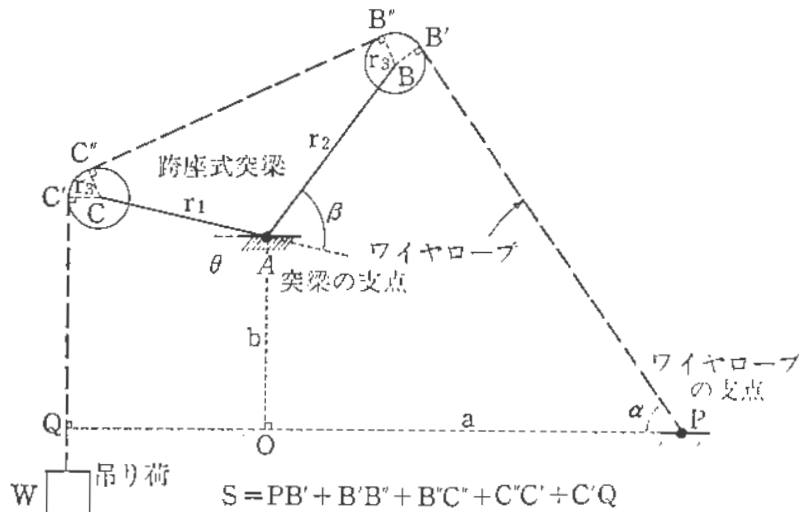


図10 シミュレーションモデル

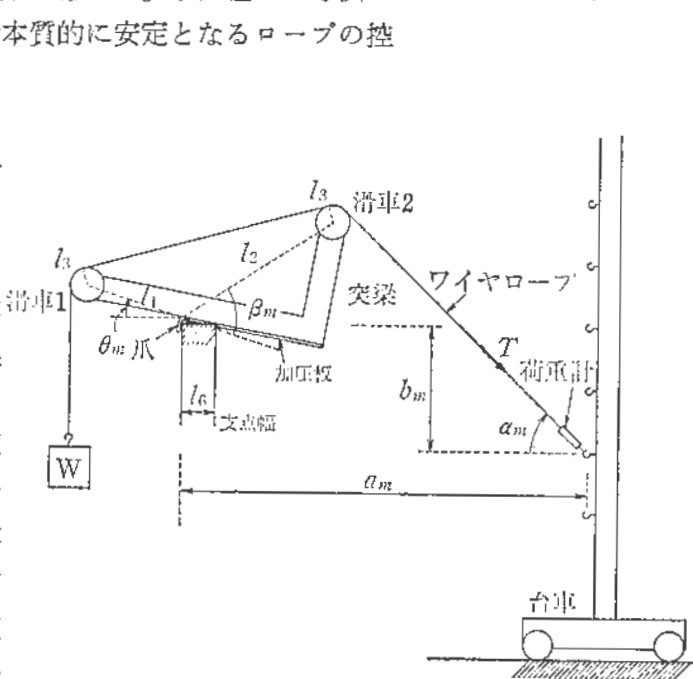


図11 突梁模型の設置図

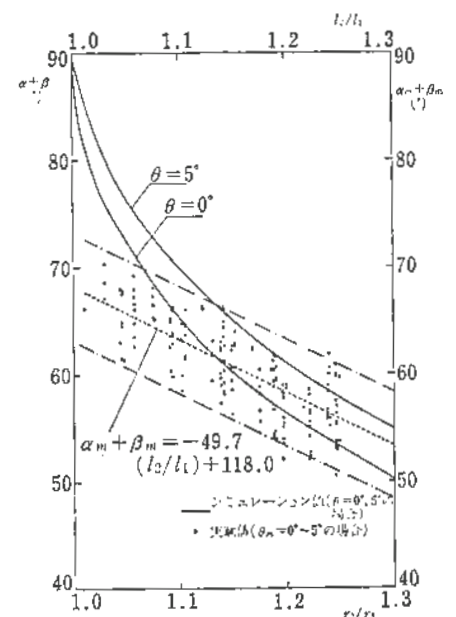


図12 突梁が本質的に安定となるときの  $\alpha + \beta$  と  $r_2/r_1$  及び  $\alpha_m + \beta_m$  と  $l_2/l_1$  との関係

# ○安全性の評価

## 安全手段の定量評価モデルの研究

### ——潜在危険同定論とその適用例——

機械研究部 佐藤吉信・杉本 旭

#### 1. 研究目的

一般的に、作業・生産システムの安全性を評価するためのアプローチとして、2極端の方式が考えられる。

その一方は、そのシステムでの災害事例が十分得られ、災害データも統計的手法などにより解析し安全性を評価する、いわば、結果評価型方式である。

もう一方としては、災害事例などの資料が不十分な場合や、新技術を用いた作業・生産システムのために、運用の経験に乏しく、本質的に災害データの入手が困難となる場合における安全性評価方式として、いわば、予測評価型方式が考えられる。

後者の方式においては、通常、その評価プロセスが「システム内に生ずる潜在危険の同定(ステップ1)」「潜在危険発生条件のシステムの解析(ステップ2)」「解析結果からの危険性の定量的評価(ステップ3)」の三段階に大別されると考えられる。

本研究では、このうちステップ1において必要とされる潜在危険の概念に明確な定義を与え、潜在危険の同定法を確立するとともに、これを産業用ロボットの潜在危険の同定に適用することを目的としている。

#### 2. 潜在危険の概念と定義

潜在危険は「システム内の人間・機械・装置などの各要素間に生ずる、過誤、故障、見落とし、変化そしてストレスなどの一連の事象の連鎖が、結果的に、人間や物またはプロセスに損害を与えるかもしれない。すなわちエネルギーの望ましくない転移を生じさせる潜在力」などとして一般的に定義されている。

ここで、望ましくないエネルギーの転移に関与する要素が、システム内にいくつか存在し、それらのうち特定の要素間のエネルギー転移の関係を研究するためには、潜在危険の概念に厳密な定義と論理性が与えられる必要

がある。

図13は、システム内にある要素AとBとの間で行なわれるエネルギーの伝播と変換の形態を示したものである。

要素Aは他の要素よりエネルギーの伝播を受け、要素内部で $a_1 \rightarrow a_2 \rightarrow \dots \rightarrow a_j$ というエネルギーの性質又は強度の変換を行い、さらに要素Bへエネルギーの伝播を行う。要素Bも同様にエネルギー変換  $b_1 \rightarrow b_2 \rightarrow \dots \rightarrow b_k$  を行った後、他の要素へエネルギーを伝播し、または放出する。

これらの過程において、「エネルギーの直接伝播」「直接接触伝播」「直接媒体伝播」「エネルギー変換」「エネルギーの転移」「要素Aから要素Bへのエネルギーの直接転移」「エネルギー転移連鎖」「要素Aが要素Bの原因系に在る」「エネルギーの望ましくない転移」「損害の直接原因となるエネルギーの直接転移」等の概念が定義された。

次に、システム内のある2要素A、Bに関連して起り得るエネルギー転移連鎖のうち、AとBの間でAが原因系となるエネルギーの直接伝播があって、AまたはBの所有するエネルギーがBの毀損の直接原因となるエネルギーの直接転移を行う転移連鎖形式を生起させる潜在力をAが直接関連する潜在危険として定義した。また、最終的にBを毀損させる一連のエネルギーの転移連鎖の原因系の要素の中に、Aが存在する転移連鎖形式のうち、直接潜在危険となる転移連鎖以外のものを生起させる潜在力を、Aが間接関連する潜在危険として定義した。

#### 3. 産業用ロボットの潜在危険の同定

産業用ロボットは新技術であり、これを用いた作業の安全性を論ずるための第1ステップとして、ロボットにより生ずる潜在危険の同定を行う必要がある。

そこで、現在および将来使用が予想されるロボットに想定される潜在危険を、本同定法により検討した。

まず、ロボット・人間・周辺要素の各要素によって生ずるエネルギー転移連鎖をパターン化し、直接潜在危険と間接潜在危険とに分類した。その結果、直接潜在危険には3通りのパターンが、また間接潜在危険には4通りのパターンがそれぞれ同定された。

次に、システム要素である、ロボット・人間および周辺要素の所有する潜在危険を生ずるエネルギー形式が同定された。その結果、これらのエネルギー形式は8種類に大分類化されることになる。

さらに、各エネルギー転移連鎖パターンにおいて、各要素の所有するエネルギー形式の各々によって生ずる災害の型が検討され、これにより、産業用ロボットの直接関連および間接関連する潜在危険が同定された。

この成果により、安全性評価の第2段階である、潜在危険発生条件のシステムの解析が効果的に行なわれることが期待できる。

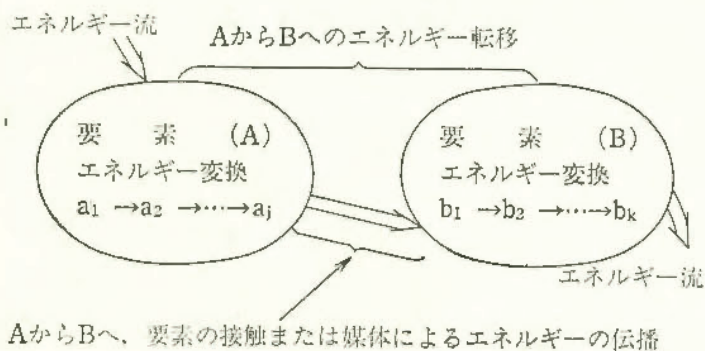


図13 潜在危険を生じさせるエネルギーの転移(伝播と変換)

# CTA を用いた災害分析法について

土木建築研究部 鈴木芳美

## 1. 研究目的

災害は種々の要因が複雑に絡み合った結果として発生していると看做すことができる。したがって真の災害防止対策・安全管理の樹立のためには、これらの諸要因の相互の影響あるいは関連等についての分析が必要とされる。本研究では、災害が発生するに至った過程を詳細に吟味する方法として、災害分析手法のひとつである CTA (Causal Tree Analysis) を取りあげた。また CTA を建設工事において発生した労働災害の分析へ適用することを検討した。これらは、この種の災害についてその発生過程を解析する研究の前段として行なったものである。

## 2. CTA 手法とその実施手順の概略

CTA は主として中・北欧で、製造工場等での労働災害の原因調査及び調査結果の管理・活用等の実務的手法として広汎に使用されている。本法は、あらゆる産業活動の最小単位としてアクティビティと言う概念を用いて災害の発生状況を検討する。すなわちアクティビティの構成要素である、人的要素 (I)・作業内容要素 (T)・物・機械等の要素 (M) 及び作業環境要素 (E) の 4 要素が、時間の経過と共に相互に関連し結果として災害が発生したものとしてそのプロセスを捕え、発生した個々の災害について個別的にその発生現況の推移をアポストリオリに分析する。その手段として、災害発生に関連したすべての生起事象を具体的に忠実に表現し、それらを論理的かつ時系列的に樹枝状に構成した CT (Causal Tree) を作成し災害発生状況を視覚的に捕えることが根幹となっている。さらに災害発生に関連した様々な事象あるいは事象相互の関連の中で共通的な性格を有するものをアクティビティ要素を基準に PFA (Potential Factor of Accident) としてまとめ、その後の分析や安全管理等に応用することが特長となっている。図 14 に CTA の実施手順の概略を示した。

## 3. 建設工事における労働災害への CTA の適用

通常の建設工現場は各現場個有の制限・条件等が多

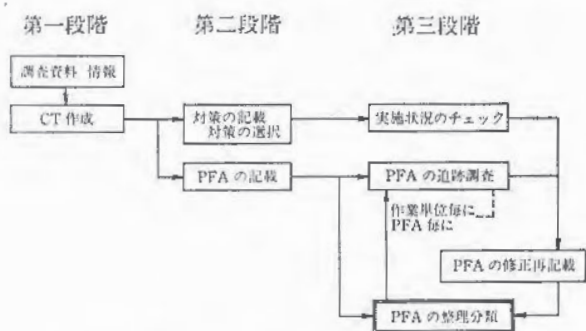


図 14 CTA の実施手順の概略

く、加えてそれらが工事の進行に伴って日々変化してゆく場合が多い。幾つかの災害事例の CTA の結果から、現場個有の特殊な条件を示す事象が災害発生に大きく寄与している状況を比較的わかり易い形で示すことができ、CTA が帰納的な手法ながら、安全管理・災害分析の面で建設工事のように生産活動としてはかなり複雑で多様性の潜在する現場に対して十分活用し得ることが判明した。なお本研究では、PFA の整理にあたって、建設工事の性格を念頭に置き、作業環境要素 (E) をさらに物理的作業環境 ( $E_p$ ) と社会的・作業組織的作業環境 ( $E_s$ ) とに二分して検討を進める方法を採用した。

## 4. 切取工事での土砂岩石崩壊に伴う災害の分析

昭和 52 年の一年間に切取工事で発生した土砂岩石崩壊による災害事例 50 件に対して CTA を実施した。分析に供するデータとしては死傷病報告書・災害調査復命書等を中心とした資料を用いた。各事例毎に、災害発生に関連した諸事象の全てについてアクティビティ要素を整理した結果、その総数は延べ 504 個 (災害 1 件あたり平均 10.1 個) が計上された。

これらの相互の連続関係を示したのが表 1 であるがこの種の災害にあっては、自然環境要素を含む  $E_p$  の出現頻度が全体の 41% を占め、他の分析例に比して際立った差異を示した。(同様の分析を行なった例では、印刷業で 12%、鉱業でも 25% との報告がある。) これは切取工事の対象物が自然そのものの地盤であること及び本分析が土砂岩石崩壊災害と言う特別な災害のみを対象としていることに起因した結果である。しかし留意すべき点は土砂岩石崩壊による災害と言えども災害発生に関して 6 割以上の他の要因が存在していることで、その中では作業内容に関するものが圧倒的に多く (43%)、このことはこの種の工事に多種多様な作業や作業行動を必要としている証左でもある。各要素間の相互関連では、他産業の分析結果と比較して相対的には、 $T \rightarrow E_p$ ,  $E_p \rightarrow E_p$  が高く  $M \rightarrow T$  が低い傾向が示された。これらも作業そのものが作業環境に直接影響を及ぼすこの種の工事での災害の性質を如実に示したものと言える。

表 1 切取工事での土砂岩石崩壊災害における要素間の関連 (百分率)

(数値%)		連続事象のアクティビティ要素					合計	
		I	T	M	$E_p$	$E_s$		
先行事象のアクティビティ要素	I	0.8	1.2	0.2	—	—	2.2	
	T	10.7	14.1	2.6	14.7	0.6	42.7	
	M	1.0	1.8	0.4	1.8	—	5.0	
	$E_p$	$E_p$	8.3	3.0	1.2	28.3	—	40.8
		$E_s$	0.6	7.7	0.2	0.6	0.2	9.3
合計		21.4	27.8	4.6	45.5	0.8	109.6	

# ○機械設備の人間工学的研究

## 警告音評価法として聴覚誘発反応の有効性に関する研究

機械研究部 江川義之

### 1. 研究目的

無人搬送車等に用いられる警告音の有効性評価法として聴覚誘発反応測定法が有用たりえるか検討した。警告音の有効性に関する研究は従来心理学的側面から進められており、手法としてはアンケートによるもの、反応時間測定によるものが多い。本研究は聴覚誘発反応の測定を用い、警告音が聴覚中枢に送られた直接的応答波を抽出するという客観的手法によりその有効性を検討した。具体的には次の2点を研究目的として挙げて行なった。

(1) 刺激音の音圧レベルによる相違が、誘発反応のどの応答波高に発現するか検討する。

(2) 騒音下における警告音の弁別性評価法として、ホワイトノイズ・エリミネートノイズ下の刺激音に対する誘発反応発現の特徴を検討する。

### 2. 研究方法

研究方法として測定した聴覚誘発反応の概要をしるす。

刺激音が聴覚中枢に伝えられた応答波は微弱なため脳波に埋没され抽出が困難であったが、この手法は刺激音を与えられた直後の脳波を 512msec づつ 50 回程度掃引し刺激時点を原点とし重ね合わせ、脳波を位相のズレとして相殺し、刺激音に対応した特異な応答波だけを同位相波として加算し抽出するという方法である。

### 3. 研究結果

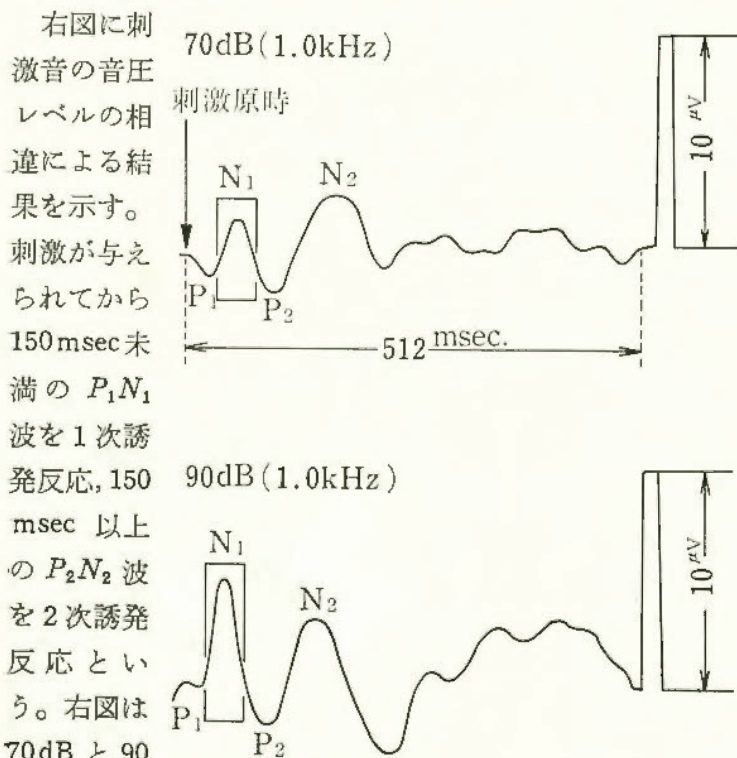


図 15 音圧レベルによる誘発反応の相違

であるが刺激音が直接聴覚中枢に送られた応答波—1次誘発反応に刺激音の音圧レベルによる相違が現われている。聴覚中枢から広汎な連合野へインパルスが伝達される2次誘発反応には音圧レベルによる相違が現われていない。これより、今後警告音評価法として  $P_1N_1$  波(1次誘発反応)の波高を評価対象とすることが有効であろうと示唆される。

次に研究目的2の結果をしるす。

図 16 は背景として用いたノイズの 1/3 Oct. 分析である。エリミネートノイズとは 1kHz 帯域をフィルターを用い減衰させたノイズであり、図 17 にこれらノイズ (Over All=80dB) を背景として 1kHz-70dB と 75dB の刺激音を加えた実験結果を示す。上述の如く1次誘発反応に着目すると、ホワイトノイズ下の 70dB 刺激音(実験A)では誘発反応が現われず、75dB に音圧レベルを上げて(実験C)始めて発現している。一方エリミネートノイズ下では 70dB の刺激音(実験B)で誘発反応が発現し始め、刺激音を 75dB にまで上げると反応波高はさらに高く現われる。

以上の実験結果より次の事項が示唆される。

(1) 警告音の音圧レベルによる相違は、誘発反応の1次応答波の電位差として測定可能である。

(2) 背景ノイズの音圧レベルが低い周波数帯域に刺激音を設定すると、1次応答波に誘発反応がみられる。これより警告音の音圧レベルを増加させられない環境下においては、背景騒音の音圧レベルが低い周波数帯域に警告音を設定する方法も有効たりえる。

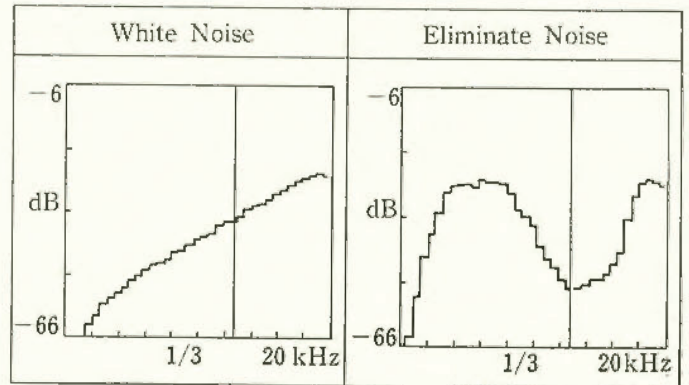


図 16 背景ノイズの 1/3 Oct. 分析

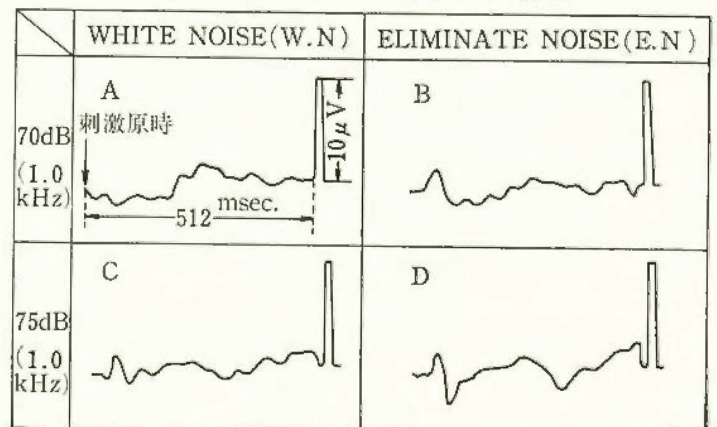


図 17 ノイズ下の刺激音による誘発反応

# ○作業設備の人間工学的研究

## 小規模建築工事用ブラケット一側足場の昇降設備に関する人間工学的研究

土木建築研究部 永田久雄  
機械研究部 江川義之

### 1. 研究目的

ブラケット一側足場では垂直固定梯子が設置されるが、必ずしも十分に活用されていない。それは、梯子を利用するまでもなく、多少の無理があっても、筋かい、布パイプ等を伝って昇降出来るからである。そこで、筋かいに足掛りとなるステップ材（図 18）を取付けて昇降の安全性を増すことが考えられる。本研究では、このステップ付筋かいの昇降動作、昇降感について、垂直固定梯子との比較検討を行った。

### 2. 実験方法

実験は、動作分析、昇降時間分析を主とした実験Ⅰと、寸法等の官能検査を主とした実験Ⅱに分けて行った。

実験Ⅰでは、トビ職人3人を含む男子9人（平均年齢30.8才）を使い、表2に示す斜材寸法  $W_2$  と  $W_3$  を使用した。動作をビデオ及び 35 mm のスチールカメラによって撮影した。昇降の各動作ごとの時間分析は主成分分析法によった。写真4に実験の様子を示す。

実験Ⅱでは、表2のすべての斜材について、昇降感に基づいた評価を111人（平均年齢36.4才）に行なわせた。評価は、足掛り寸法とステップ間隔に分けて、順位づけ法によって行なった。寸法  $W_3 (=L_3)$  については、右上りと左上りの比較評価、及び梯子と斜材の比較評価を行なわせた。

### 3. 実験結果

足場板にそって布パイプを取り付けることによって、梯子では、足場との乗り降り時に足掛りとなる、もし、この布パイプがないと非常に乗り降りが危険になることが連続写真より判明した。斜材では、足場板への乗り降り時には、むしろ無いほうが動作しやすいが、降りる時に手掛りが足場板となり不安全な様子が長られた。

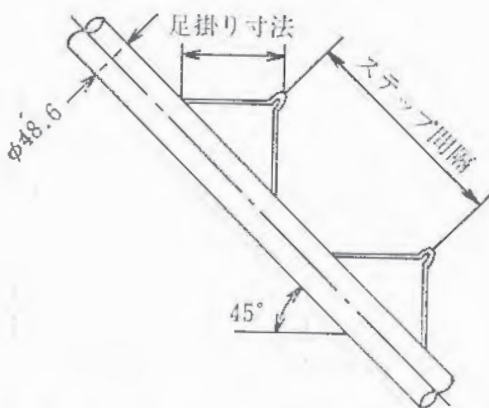


図 18 ステップ付斜材の説明図

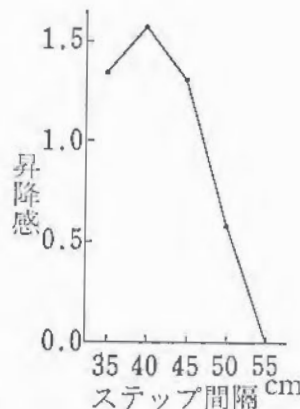


図 19 寸法と評価値 (合成標準法)

時間分析は、ビデオ撮影画像から得られた各動作の 1/100 秒単位の時間を使用した。その結果、梯子は斜材に比べ乗り降り時（特に降りる時）に多くの時間を要し、この傾向は動作の遅い被験者ほど強く現われた。

寸法等の評価では、ステップ付斜材

のほうが昇降しやすいと答えたのは、全体の 68.5% で、梯子では 25.2%、中立 6.3% であった。乗り降り感のみに限定すると、斜材 89.2%、梯子 9%、中立、1.8% となっている。右上りの斜材のが良いとしたのが 62.2%、左上り 30.6%、中立 7.2% である。順位づけの集計結果によれば、足掛り寸法 12cm ( $W_1$ ) が最下位であり、最大の総評点は寸法 21cm ( $W_4$ ) であった。またステップ間隔では、寸法 55cm を全体の被験者の 79% までが最下位に置いている。寸法 40cm が最大の総評点となっている。単純集計でなく判断の正規分布を仮定して、正規偏差率を使って評価値 (尺度値) を示したのが、図 19 である。

以上の結果より、梯子より斜材のほうが昇降しやすく、特に乗り降り時では、斜材のほうが優れている。斜材の寸法としては、足掛り寸法は、15cm 以下にすべきでなく、ステップ間隔としては、40cm 前後が推奨できる。

表 2 ステップ付斜材の実験寸法 (単位 cm)

記号	足掛り寸法	ステップ間隔
$L_1$	18	35
$L_2$	"	40
$L_3$	"	45
$L_4$	"	50
$L_5$	"	55
$W_1$	12	45
$W_2$	15	"
$W_3 = L_3$	18	"
$W_4$	21	"
$W_5$	24	"

表 3 ステップ付斜材の推奨寸法

	推奨値 (cm)	推奨範囲 (cm)
足掛り寸法	21	18~24
ステップ間隔	40	35~45
注意事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ステップは水平に取り付ける事。</li> <li>・ステップ表面は滑りにくい事。</li> <li>・斜材は左上りより右上りが良い。</li> <li>・手掛りとなる布パイプ等がある事。</li> </ul>	



写真 4 足場実験Ⅰの様子

# ○粉じん爆発危険性とその防止

## 粉体空気輸送システムにおける発火危険性

### —可燃性ダスト層の最小発火

#### エネルギーの検討—

化学研究部 松田東栄

#### 1. 研究目的

可燃性粉体を空気輸送するシステムでは、ある箇所での着火・爆発が空気速度により瞬時にシステム全体へ波及するおそれがある。空気輸送システムでは、通常何らかの集塵装置が使用され、可燃性ダストが含塵気流から最終的に分離・捕集される同装置では、集塵プロセス特有の危険性が存在する。ここでは、バグフィルターなどの汙布捕集型の集塵装置内での層状ダストの発火危険性を検討するため、プラスチック可塑剤として広く使用されている各種金属ステアリン酸塩ダストの層状での最小発火エネルギーを測定し、空気輸送時の静電気帯電などによるダストの発火危険性の参考データとした。

#### 2. 測定方法

コンデンサに蓄えた充電エネルギーを放電抵抗を通しダスト層表面に密着して置いた電極間隙で放電火花として放出させ、発火する場合の最小放電エネルギーを求めたもので、浮遊ダストに対する発火エネルギー測定法と本質的な違いはない。放電抵抗は、放電波形が矩形波を示し、放電時間の影響を検討できるように使用した。

発火エネルギーは放電波形上の電流、電圧の時間積分として求めた。

### 3. ステアリン酸金属塩ダストの測定データ

火花放電と発火過程の検討から、放電抵抗が小さくなる程低い発火エネルギーを与える傾向があるが、小さい放電抵抗では大きな電流が流れ閃光を発することになり、発火の判定が困難になる。そこで、放電抵抗 100 kΩ コンデンサー容量 0.5 μF を使用して表題ダストの測定データを求めた結果を表 4 に示した。得られたデータは、2~16mj の間にありかなり小さい。次に最小発火エネルギーとダストの飛散性を検討する目的で、圧力 P(atm) で貯蔵した圧縮空気をダスト層表面に対して約 30° 角で 0.8mmφ ノズルより噴射させて、その時飛散したダスト重量 W(mg) との関係を求めたところ、実験式：

$$\log(P) = A + B \log(W)$$

が得られた。表 4 では石松子ダストの定数 A (= -0.942) と B (= 0.517) に対する比 a, b によって各ダストの飛散性を示したが、発火エネルギーとの相関をみいだすことは困難なようである。

ここでは、放電による圧力波の発生が小さくなるように、比較的大きい放電抵抗を使用して発火エネルギーを求めたが、発火エネルギー計算では測定上の困難さから絶縁破壊におけるエネルギー伝達は完全に無視している。そのため、得られた最小発火エネルギーは相対的な値と判断されるが、浮遊ダストの最小発火エネルギーに匹敵する値であることは、実務上注意すべき点であると考えられる。

表 4. ステアリン酸金属塩ダストの測定データ

ダスト試料	分子量	$D_m(\mu\text{m})$	層密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	E(mj)	a	b	備 考
Ca-ステアリン酸	607	8	0.181	(2.2)	0.338	0.528	( )内は火花発火 凝固
Fe(III)- "	905	26	0.353	2.8	1.107	0.959	
Al- "	877	11	0.172	3.0	0.868	0.758	
Zn- "	632	21	0.283	4.5	0.763	0.781	
Cu- "	631	5	0.167	5.1	0.464	0.540	
Mn- "	630	9	0.131	5.5	0.903	0.874	
Li- "	290	7	0.177	(6.1)	0.576	0.660	ウロコ状晶
Na- "	307	37	0.365	(6.2)	0.674	0.901	
Ni- "	626	10	0.248	7.0	0.875	0.867	
Mg- "	590	15	0.159	(7.8)	0.795	0.716	葉状晶
Pb- "	774	22	0.496	8.8	0.530	0.557	
Ba- "	704	6	0.171	(12.4)	0.309	0.485	結晶性, 凝集
K- "	323	26	0.336	(16.4)	0.594	0.660	
Ca-リシノール酸	634	28	0.331	8.9	0.454	0.526	
Ba- "	731	15	0.392	13.5	0.704	0.776	
石松子	—	35	0.256	6.3	1.000	1.000	標準粉体

$D_m$ : 平均粒径, E: 最小発火エネルギー



# ○ガス爆発危険性とその防止

## 安全破裂板に関する研究

### —背圧安全破裂板の挙動と

#### じん速破裂について—

化学研究部 鶴見平三郎

#### 1. 研究目的

薄板安全破裂板 (RD) 2枚を用いてチャンバーを作り、背圧 ( $P_B$ ) として He, 空気,  $N_2$  の各気体を  $3 \text{ kgf/cm}^2 (G)$  まで充てんした場合の気体爆発による RD の動圧破裂挙動等を解明し、つぎに、以上で得られた特性を利用し爆発のイニシエーションをモニターするセンサーを用いて、爆発による圧力波が上流側の RD に到達する以前に、背圧を開放することにより、低い静圧設定値 ( $P_s^0$ ) で RD を破裂させることを研究の目的とした。

#### 2. 研究方法

実験装置系の概要は、長さ 3m のチューブ状の爆発容器を用いて、その一端に 2枚の RD を取り付け実験を行った。この形状の実験容器を使用したのは、RD 近傍において任意の火炎速度をうるためのものであり、圧力と火炎速度のモニターは、前者はピエゾ及び半導体のトランスジューサー、後者にはイオンプローブを用いた。

RD の試料は、Al の規格材 (A 1100, 0.1 mm) を用い、その形状は円形平板に統一した。試料ガスは、乾燥した水素空気系予混合可燃性気体である。

#### 3. 研究結果

背圧をかけることによる静圧破裂圧に及ぼす利得について実験を行い、ついで試料ガスを実際に爆発させることによる動圧時の RD の挙動の研究を実施し、両者を対比することによってその問題点を明らかにした。

動圧による研究では、チャンバー内の圧力の挙動と破裂圧、容器に及ぼす平均の圧力、一定火炎速度と破裂圧、火炎速度と封入気体の効果、火炎平均加速度と破裂圧及び平均圧力の各項目について、従来、研究が未開拓の分野の RD の高速破裂の挙動に関し、新しい事実を明らかにすることができた。

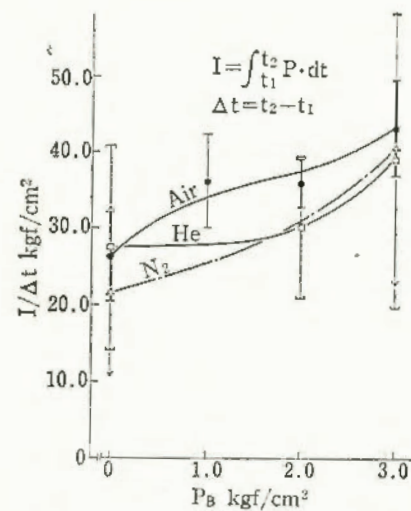


図 20 平均圧力の背圧に対する依存性

の時間を  $\Delta t$  とし、その時間内に作用した圧力の積分値

図 20 は、RD に作用した圧力の立ち上った時点からそれが最大値を示すまでの

を  $I$  とした場合、 $I/\Delta t$  すなわち、 $\Delta t$  間に容器に及ぼす平均圧力と封入気体の圧力との関係を明らかにしたものである。これにより容器壁の一部を構成する RD の強度が、背圧によって補強される挙動がわかった。

火炎速度と破裂圧 ( $P_R$ ) の関係については、図 21 に示すように、火炎速度が  $100 \text{ m/sec}$  以下の遅い領域において空気を用いて背圧をかけた場合の火炎速度を一定にした条件下における  $P_R$  の変動を調べたものである。 $P_B/P_s^0$  に対する  $P_R/P_s^0$  の変化は、静圧の場合と異なり、 $P_B/P_s^0$  の小さい領域において

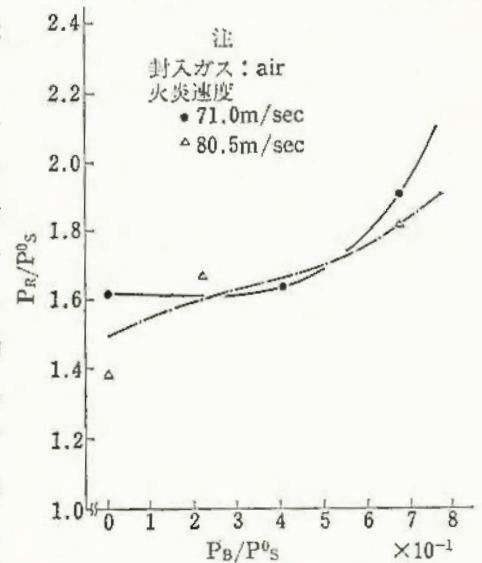


図 21 一定火炎速度のもとにおける破裂圧の挙動

でも、背圧による破裂圧のゲインが認められ、動圧下の破裂圧に対する背圧の影響を確認することができた。

封入気体の効果については、封入気体として空気 ( $\rho = 1.2928 \text{ g/l}$ ),  $N_2$  ( $\rho = 1.2507 \text{ g/l}$ ) 及び He ( $\rho = 0.1769 \text{ g/l}$ ) をそれぞれ密度の異なる代表的な気体として用いたもので、 $P_B = 0$  及び  $P_B = 0.79 \times P_s^0$  の各条件下において、火炎速度 ( $V_f$ ) と  $P_R/P_s^0$  の関係を求めたのが図

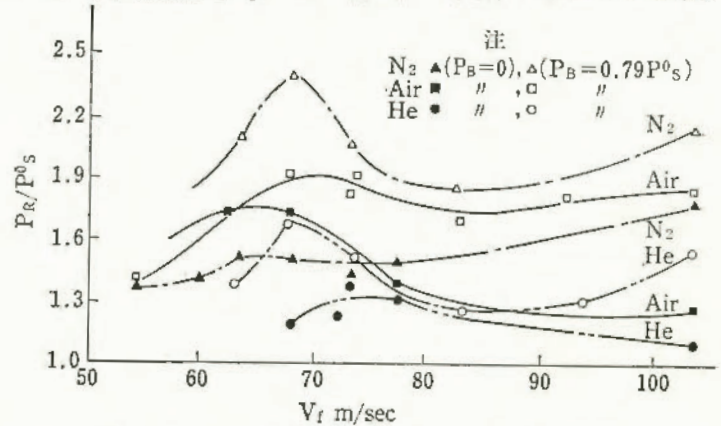


図 22 火炎速度及び背圧と破裂圧の関係

22 である。動圧条件下での背圧効果は、封入気体の密度に大きな依存性を示すことがわかった。

これらの研究成果をふまえてセンサーを用いて爆発の初期を検出し、背圧を急速に開放する実験を行い、爆発の発生時に背圧補強のない RD を破裂させるシステムについて解明した。

#### 文 献

- 1) H. Tsurumi, 8th Inter. Symp. on the Prevention of Occupational Accidents in the Chem. Indus. Frankfurt ISSA, p.583, 1982.
- 2) 鶴見, 安全破裂板に関する研究—背圧安全破裂板の挙動とじん速破裂について— RR-32-6, 1984.

# 煤膜爆ごう波の伝ば特性

化学研究部 松井英憲・駒宮功額

## 1. 研究目的

管壁に付着した煤膜が燃料となって、支燃性ガス中で超音速で伝ばする爆ごう波を生ずることはほとんど知られていない。可燃性の液体または固体が、加圧した空気や酸素中で発火すると、拡散燃焼によって多量の煤を発生することから、空気圧縮機系配管の爆発、酸素ホースの爆発、酸素ポンプの爆発、ディーゼルエンジンのクランクケースの爆発、ボイラの煙道の爆発などの事故原因として煤が爆発した可能性が考えられる。本研究では、これらの事故原因と煤との関連を明らかにするため、管中でアセチレンの分解爆発で生ずる煤を用いて、酸素又は酸素/窒素混合ガス中で、管壁に付着した煤膜の爆ごう波の伝ば特性を実験的に調べた。

## 2. 研究方法

実験用の管路は、長さ 6.4 m、内径 28 mm の鋼管で、点火端から 1.2 m の位置にボール弁を取り付け、点火側を駆動部、反点火側を試験部とした。試験部には多数個の火炎検知器を取り付け、火炎速度の測定を行った。試験部終端近くには、数個の圧力変換器を取り付け、衝撃波速度と波面圧力の測定を行った。実験方法は、まず駆動部にアセチレン/酸素の等モル混合ガスを、試験部にアセチレンを所定の圧力に導入する。ボール弁を開いて駆動ガスに点火すると、駆動ガスの爆ごう波がアセチレン中へ入射し、アセチレンの分解爆発が生じ、煤が管壁に生成付着する。次いで、駆動部にアセチレン/酸素等モル混合ガス、又はプロパン/空気混合ガスを、試験部には酸素又は酸素/窒素混合ガスを所定の圧力まで導入する。ボール弁を開いて駆動ガスに点火すると、駆動部の爆ごう波又は燃焼波によって、試験部の管壁の煤膜と雰囲気ガス中の酸素との反応による爆ごう波が生ずる。

## 3. 研究結果

煤膜を酸素中、大気圧で、アセチレン/酸素等モル混合ガスの爆ごう波で直接起爆した場合と、プロパン 4.7%/空気混合ガスの燃焼波で点火した場合の火炎速度変化の測定例を図 23 に示す。直接起爆の場合には最初からほぼ定常な爆ごう波が得られるが、火炎で点火した場合には、最初煤粉じん火炎が管中を伝ばし、これが次第に加速して爆ごうへ転移するのがわかる。酸素を種々割合の窒素で希釈した場合の、大気圧における爆ごう速度及び圧力の測定結果を図 24 及び 25 に示す。各酸素濃度における C-J 計算値の最大値及び当量比  $\phi=1.5$  における値も同時に示した。酸素中での爆速の測定値は 1890 m/s で、窒素の希釈によって爆速は次第に低下し、爆ごうが得られた最少の酸素濃度  $\beta$  の値は 0.25 であっ

た。爆速を空気の組成まで外挿すると 1050 m/s となり、大気圧では空気の組成が爆ごう伝ばの限界と考えられる。また理論爆速値との差は大きく、20~30%低い値であった。一方、波面圧力は、酸素中では過大な振動圧力が観測され、 $\beta=0.6$  以下の酸素濃度ではすべて二次衝撃波が見られた。ほとんどの場合、二次衝撃波の圧力は先頭衝撃波の約 2 倍であった。二次衝撃波による過大な圧力は、爆ごう波面の三次元性による管の半径方向の反射圧によるものと考えられる。

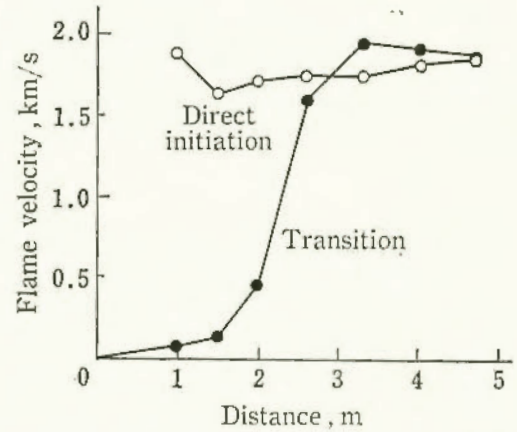


図 23 二つの起爆方法と火炎速度変化の測定例

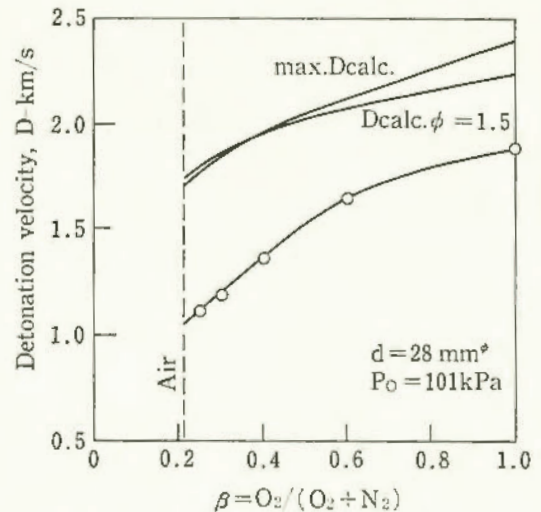


図 24 酸素濃度と爆ごう速度

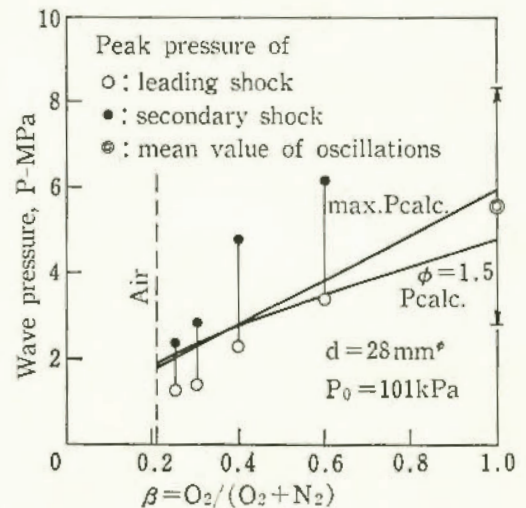


図 25 酸素濃度と爆ごう波面圧力

# ○固体等の燃焼爆発危険性とその防止

## 反応性物質の爆発するまでの時間予測

化学研究部 森崎 繁

### 1. 研究目的

反応性物質の蒸留や溶媒抽出の工程においては、何度で何時間程度加熱すれば効率よく、安全に作業できるかが常に問題となる。実際の蒸留装置は大容量のものが多く、攪拌などが十分でない断熱条件に近くなる場合があるものと思われる。この研究では、ニトロセルロース、高度さらし粉、各種有機過酸化物等について、断熱下で分解実験を行い、各断熱温度における爆発するまでの時間を ARC (暴走反応測定装置) で予測し、実測値と比較検討を行った。

### 2. 研究結果

反応性物質の分解爆発や暴走反応においては、零次反応を仮定して差し支えない場合が多く、この時の断熱系における爆発のような最大の反応速度にある状態になるまでの時間は、次のような理論式で計算することができる。

$$\theta \cong RT_a^2 C_p / EQk$$

ここに、 $R$ : ガス定数,  $T_a$ : その時の絶対温度,  $C_p$ : 試料の比熱,  $E$ : 活性化エネルギー,  $Q$ : 反応熱,  $k$ :  $T_a$  における反応速度定数である。

図 26 はニトロセルロースをタルクで希釈(15~85%)した試料 2g を容器に入れ、50°C から断熱的に加熱し、10 分間の探索時間中に 0.02°C/分 以上の発熱がない場合は 5°C ずつ温度を断熱的に上げるステップアップ方式で実験を行った時の結果である。この図からこの試料は 130°C で発熱を開始し、(841-421)分のちに爆発を引き起こしていることがわかり、その時の圧力は 37 気圧程度となる。ステップアップ方式では発熱が開始するまでの時間が短縮することができ便利であるが、一定の断熱温度で長時間加熱した場合と比較してどの程度の差が生ずるかが問題である。

図 27 の上の点線は、図 26 の実験結果をまとめたものであり、×印は同じニトロセルロースの試料を 115°C の断熱温度に保持した時に、最大の反応速度に達するまでに要した時間を示している。図からもわかるようにステップアップの実験結果を直線に延長すると、115°C の断熱温度では 3 日程度で最大の反応速度に達することが推定されるが、実測値では 7.5 日程度となっている。したがって、ステップアップ方式の断熱実験結果と一定温度における断熱試験結果とは必ずしも一致しないが、おおよその予測はつけることができるものと思われる。なお、図 27 の下側の点線は、試料容器がない場合の最大の反応速度に達するまでの時間を示しており、実際の現

場で試料量が容器重さに比べて大きい場合は、もっと短い時間で爆発などが生じる危険性がある。

図 28 は、高度さらし粉約 8g について同様な実験を行った時の結果と前記した理論式で計算した結果を示している。高度さらし粉については 100 分ぐらいまでは理論計算と実測値とがほぼ一致していることがわかるが、55°C で断熱保持すると 9.7 日経っても大きな温度上昇が見られず、熱爆発に至らなかった。以上のことから理論式から求めた最大の反応速度に達する時間は、測定温度が低い場合にはあまり良い一致はみないが、長時間の断熱実験を行なわなくても危険性を予測する可能性は大きいものと思われる。

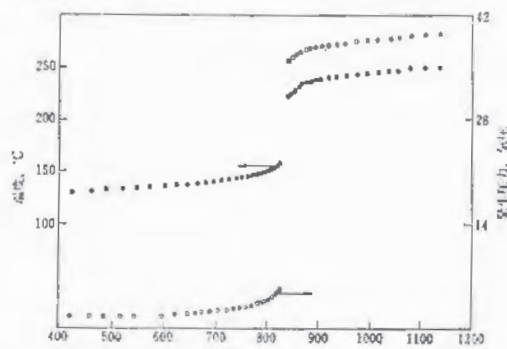


図 26 ニトロセルロース+タルクの断熱分解

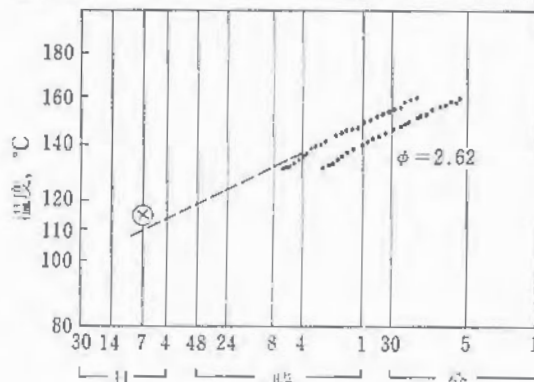


図 27 ニトロセルロース+タルクの最大の反応速度に達するまでの時間

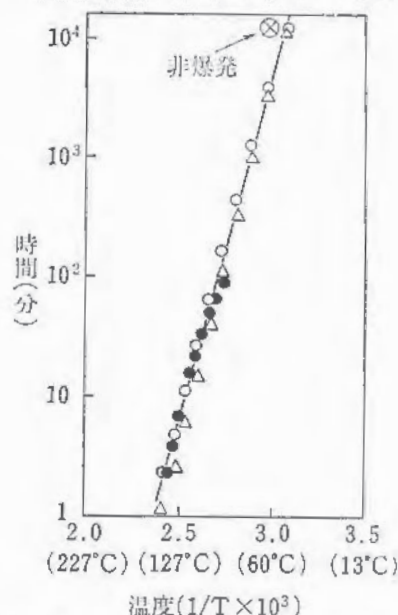


図 28 高度さらし粉の最大の反応速度に達するまでの時間 (●: 実測値, ○, △: 計算値)

# ○静電気による点火危険性とその防止

## 液体の攪拌帯電における帯電要因の検討

### —攪拌翼及び液体の導電率の影響—

電気研究部 児玉 勉・田島泰幸

#### 1. 研究目的

液体などの攪拌・混合時には液体の流動などにより静電気帯電が起こり、この現象を一般に攪拌帯電と呼んでいる。帯電した液体の表面で発生する放電火花は攪拌・混合タンクの爆発や火災の点火源となるおそれがあるので、本研究はこのような災害の発生防止を目的として攪拌帯電現象の定量化を試みるものである。攪拌帯電現象の要因としては攪拌タンクの材質、形状、大きさ、攪拌機の種類、攪拌方法、攪拌翼の材質・形状・大きさ、攪拌される液体の種類・物性、添加・混合物などが考えられるが、58年度は攪拌翼の大きさと液体の導電率の影響についてモデル実験で調べた。

#### 2. 実験方法

内径、高さとも  
に約 30cm のステ  
ンレス円筒容器に  
灯油 20l を入れ  
て、攪拌機（東京  
理化器械製 DCL-  
2RT型）によって  
攪拌した。攪拌翼  
は表 5 に寸法を示  
すような 9 種類の  
平板パドル翼を使  
用した。帯電量と

表 5 攪拌翼の寸法

翼番号	翼長 mm	翼幅 mm	羽根拔数	羽根板角度度
1	75	10	4	90
2	75	15	4	90
3	75	20	4	90
4	50	15	4	90
5	100	15	4	90
6	75	15	2	90
7	75	15	6	90
8	75	15	4	45
9	75	15	4	30

しては、PTFE シートで絶縁した攪拌容器とアース間に接続したエレクトロメーターによって静電気発生電流を測定した。なお、液体の導電率は除電剤（シェル化学製 ASA-3）を添加することによって変化させた。

#### 3. 実験結果

液体の導電率を 0.7~0.8pS/m のほぼ一定に保って、攪拌翼の寸法などの違いによる影響を調べた結果を図 29 に示す。角度羽根の翼による帯電は垂直羽根の翼に比べて明らかに大きく、また、垂直羽根の翼における翼長、翼幅及び羽根板数の違いの影響は余り明確ではない。この理由としては、液体の流動状態が帯電に関与することが推定される。すなわち、角度羽根のときは垂直羽根のときに比べて液面の盛り上り、陥没が小さく、また泡立ちも少なく観察された。しかし、どの攪拌翼の場合も電流値は  $10^{-12}$ ~ $10^{-11}$  A 程度と非常に小さく、単一液相における攪拌帯電は通常は問題にならないほど小さいことが推定される。なお、液流が比較的安定した状態では帯

電量が攪拌機の回転数にほぼ比例して増加するが、液流が乱れるにしたがって帯電量が飽和していく傾向がみられる。

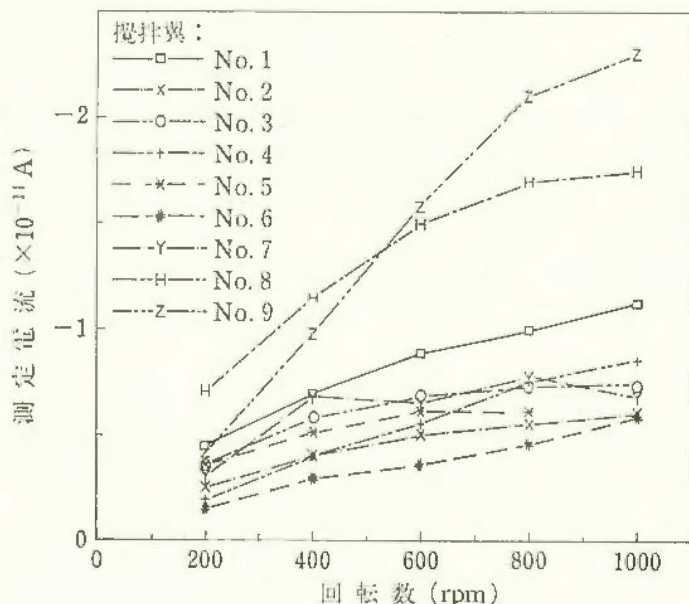


図 29 攪拌翼の影響

つぎに、液体の導電率を変化させて、その影響を調べた結果の一例を図 30 に示す。静電気発生量は 10~300 pS/m ではかなり大きく、30~100pS/m で最大値に達している。タンク内の液体の電荷量は静電気発生電流（測定電流）と液体の緩和時定数（誘電率と導電率の比）の積にほぼ比例すると考えられるので、導電率が高いと攪拌帯電は通常余り問題にならない。ただし、タンクが接地されていないか、その内壁に絶縁物がコーティングされていると問題になることを示している。

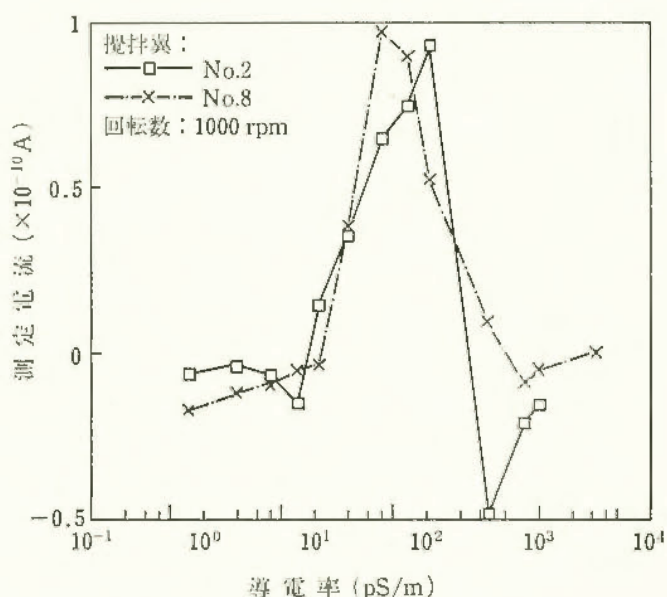


図 30 液体の導電率の影響

# 帯電防止作業服の性能試験方法

電気研究部 田島泰幸・児玉 勉

## 1. 研究目的

導電性繊維を混入した帯電防止作業服の帯電防止性能は、これまで作業服から切り取った試験片の摩擦帯電試験によって評価してきたが、作業服の形態のままでの試験の方が望ましく、そのため試験方法の改良を検討し、家庭用電気乾燥機を原形とするタンブルドラム式の摩擦装置を用いる試験方法を開発した。ここでは試験条件及び性能値の確立のために行った実験の結果について述べる。

## 2. 実験方法

摩擦装置は衣料用電気乾燥機 (Kenmore 110.7695110 型) を改良したもので、その主な改良点はドラム内面全体に試料を摩擦するための摩擦布を張り付けたことで、ここで摩擦布としてはナイロン布とアクリル布の二種類を使用した。摩擦帯電試験は、一定の前処理 (洗濯・乾燥・調湿) を行った試料 (上衣・ズボン・続き服) 1 点を一定の条件で摩擦装置によって摩擦したのち取り出してその帯電電荷量をフェラデーケージによって測定するもので、試料としては市販の一般作業服、無じん服及び防寒服のそれぞれ帯電防止品と普通品を用いた。摩擦帯電試験の結果と帯電危険性との関係を調べるために帯電電位と放電電荷の測定もあわせて行った。帯電電位は摩擦装置で摩擦したのち取り出して広げた試料 (上衣のみ) の背中部分の電位を静電気測定器で測定し、放電電荷はスチロールコンデンサ (容量  $0.1 \mu\text{F}$ ) を介して接地された金属球電極 (直径  $3 \sim 20 \text{ mm}$ ) に上記と同様に帯電させた試料を接近させ、このときの放電電荷量をエレクトロメータによって測定した。なお、帯電電位については脱衣試験による測定も行った。この試験では人が試料を着用してその背中部分を試験用下着 (上半身をナイロン布又はアクリル布で覆って代用) と数回強く摩擦したのち脱衣して帯電させ、この試料の電位を上記と同様な方法で測定した。

## 3. 実験結果

実験の結果、試験条件としてはドラム内温度  $50 \sim 70^\circ\text{C}$ 、摩擦時間 15 分間、試験室温度  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 、同相対湿度 65% 以下、試験回数 5 回と決めた。摩擦帯電量と帯電電位の関係は図 31 に示すとおり

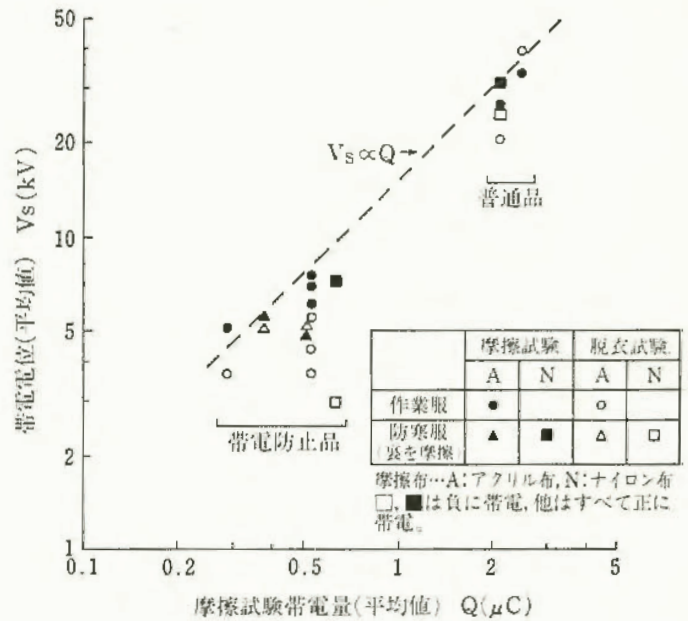


図 31 摩擦帯電量と帯電電位の関係

で、両者にはほぼ正比例の関係がある。普通品の帯電電位が  $20 \sim 40 \text{ kV}$  にもなっているのに対して帯電防止品は精々  $8 \text{ kV}$  であり、帯電防止品からは危険な放電が起こらないと予想される。このことは放電電荷の測定結果も裏付けており、普通品からの放電電荷が  $0.1 \mu\text{C}$  以上と危険な大きさであったのに対して帯電防止品は  $0.01 \mu\text{C}$  以下か、又は放電が観測されなかった。

全試料についての摩擦帯電試験結果を図 32 に示す。この結果、帯電防止品は作業服の種類にかかわらず試験結果が  $0.6 \mu\text{C}$  以下にほぼおさまリ、普通品とは明確に区別されること、また防寒服は一般作業服に比べて帯電量が多く、特に裏地の帯電が大きいことなどがわかった。これらの検討の結果、帯電防止作業服の帯電防止性能値として摩擦帯電量  $0.6 \mu\text{C}$  以下を採用した。

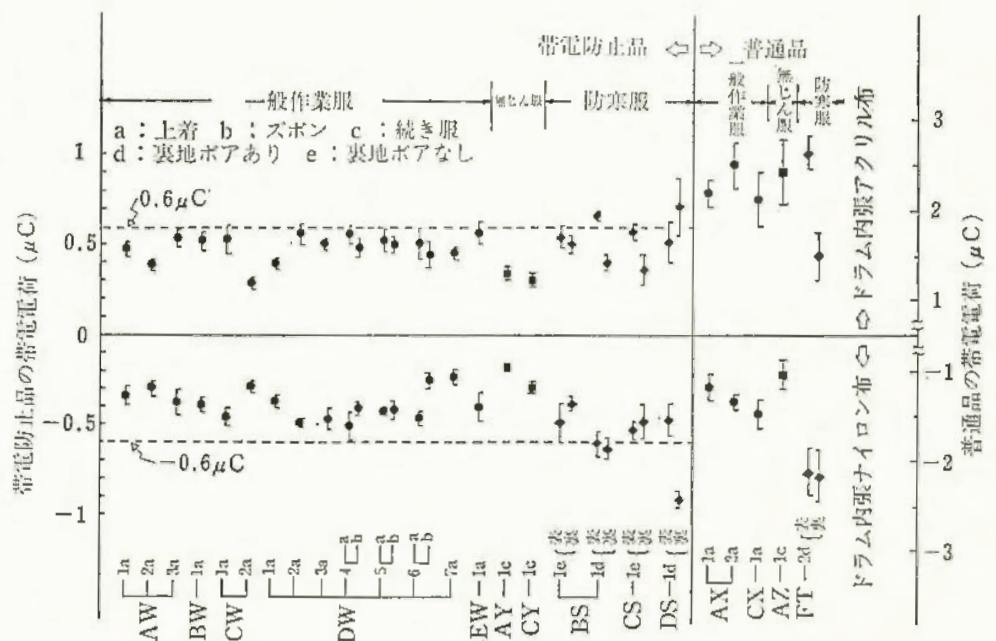


図 32 摩擦帯電試験結果

# ○水中における電撃危険性

## 水中の漏れ電流を遮へいする金網の効果

### (第3報)

電気研究部 本山建雄・山野英記・田中隆二

#### 1. 研究目的

水中作業において照明器具・電動工具などの電気機器から漏電が発生すると、水中に漏れ電流の場（漏電場）が形成され、その中にいる作業者は電撃を受けることがある。電撃の影響は漏電場の電界強度に対応して現われることから、電撃の防止方法の一つとして漏れ電流の一部を金網を通して流し、作業者周辺の電界強度を小さくする方法、いわゆる遮へいによる方法が考えられる。本研究はこのようにして用いる金網の遮へい効果を検討し、水中での電撃防止に役立てることを目的としている。

#### 2. 研究方法

水中の漏電場を単純化し、図 33 に示すような三角柱型水槽に模擬して、金網の材質（鉄・銅・アルミ・ステンレス）と遮へい効果との関係を検討した。

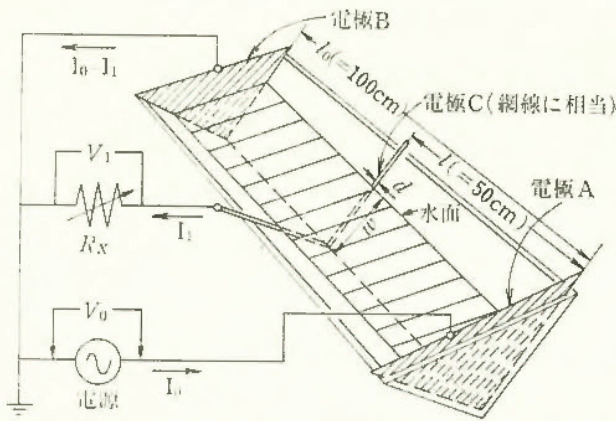


図 33 実験装置（三角柱型水槽及び回路）の概要

〈三角柱型水槽中の電場〉 これは遮へい用金網が置かれている水中の漏電場を模擬した電場であり、一様な電界を作るための電極 A・B、金網の網線に相当する電極 C 及び水から作られる。この電場を組み合わせると、一様な電界  $\vec{E}_0$  の漏電場中に遮へい用金網（正方形網目）を  $\vec{E}_0$  と垂直に置いた場合の漏電場となる。図 33 の  $d$  ( $= 2 \text{ mm}$ ) は網線の直径、 $w$  ( $= 200 \text{ mm}$ ) は網目一辺の長さ  $d$  を加えたもの、 $R_X$  は網に流れこんだ電流の、電源に戻る回路の抵抗（主にケーブルの抵抗）である。

〈金網の遮へい効果〉 これは網（電極 C）を置く以前の、電極 B 付近での電界強度  $E_0 (= V_0/l_0)$  と網を置くことによって緩和された同じ場所での電界強度  $E_b (= I_0 - I_1)/\sigma/S$ ； $\sigma$ ：水の導電率、 $S$ ：電極 B の水中部分の面積）との関係  $(1 - E_b/E_0)$  で表わす。

#### 3. 研究結果

金網の材質と遮へい効果との関係を図 34・35 に示す。

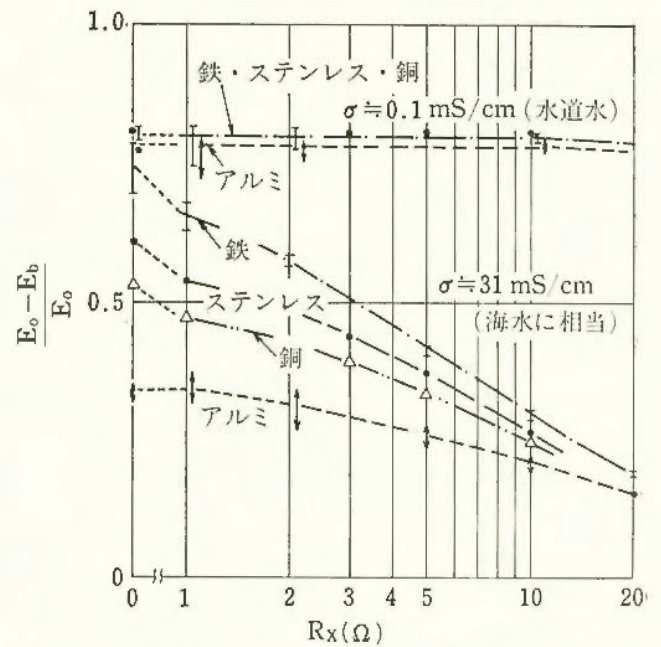


図 34 金網の材質と遮へい効果 ( $R_X$  による変化)

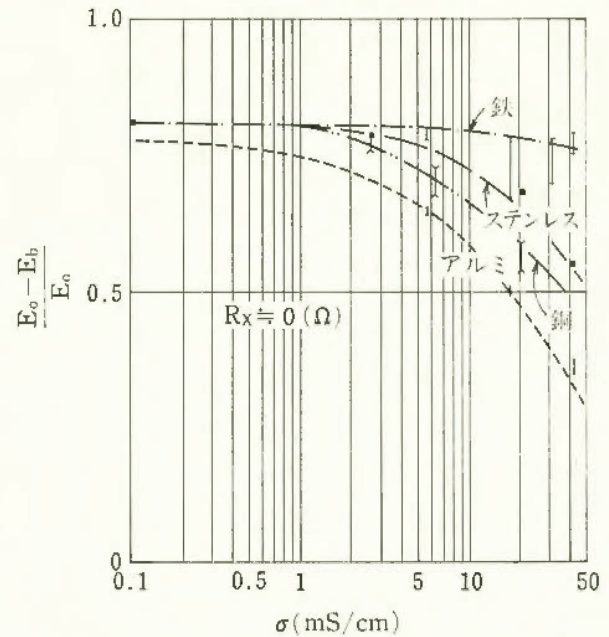


図 35 金網の材質と遮へい効果（水の導電率による変化）

なお、 $\sigma$  が大きくなると測定値は電極の表面状態の影響を受け、そのバラツキは大きくなる。

図 34 は  $R_X$  による変化を示した図であり、水の導電率が約  $31 \text{ mS}$  のとき、 $R_X$  が小さくなると材質間の差異が大きくなることを示している。図 35 は  $\sigma$  による変化を示した図であり、 $\sigma$  が大きくなると材質間の差異が大きくなることを示している。また、図 35・36 から遮へい効果は鉄、ステンレス、銅、アルミの順に良いことがわかる。以上のことから遮へい用金網の材質としては鉄が適しているように思われるが、その耐食性についても今後検討する必要がある。

# 対地電圧監視法による水中漏電の検出

電気研究部 山野英記・本山建雄・田中隆二

## 1. 研究目的

近年、海洋などの水域においても、照明や動力などのため、電力が使用されるようになった。もしこれらの電気機器が水中で漏電事故を生ずれば、付近の潜水作業者は電撃を受ける可能性がある。このような災害の防止方法の一つは漏電の検出・処置を行う安全装置の設置である。本研究では、このような装置の開発のため、水中漏電検出の一つの方法について検討した。

## 2. 水中電気回路のモデルと検出原理

電源の中心を高インピーダンスで接地した単相の電気回路を考える。この回路は、いくつかの仮定の下で、図36のようなモデルで表される。本研究では、この回路モデルを基礎に解析によって対地電圧監視法の検討をした。

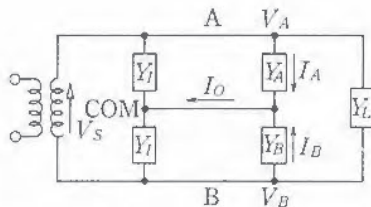


図 36 水中漏電事故解析のための回路モデル

図 36 において、 $Y_A, Y_B$  はそれぞれ線路 A 及び B と COM(共通極) との間のアドミタンスで、漏れコンダクタンスと分布キャパシタンスとの並列回路で置かれる。また  $Y_1$  は接地回路のアドミタンス、 $Y_L$  は負荷を表す。(アドミタンス  $Y$  は、 $Y=G+jB$  と書かれる。) 図のモデルは、電源トランスの中心タップを直接に  $2Y_1$  で接地 (COM に接続) した回路と等価である。

図 36 の回路において、線 A, B の対地電圧  $V_A, V_B$  は次のように与えられる。ただし  $V_s$  は電源電圧である。

$$V_A = \frac{Y_1 + Y_B}{2Y_1 + Y_A + Y_B} \cdot V_s$$

$$V_B = -\frac{Y_1 + Y_A}{2Y_1 + Y_A + Y_B} \cdot V_s$$

健全な状態では一般に、 $|V_A| \approx |V_B| \approx V_s/2$  が成り立つ。A 線側の漏電事故は、 $Y_A = G_A + jB_A$  ( $B_A = \omega C_A$ ) における  $G_A$  の増加に対応し、このとき  $|V_A|$  は減少、 $|V_B|$  は増加する。したがって、ある基準の電圧  $V_t$  に対し、 $|V_B| \geq V_t$  となったことを検出すれば、漏電が A 線側で起こったことが検知される。この間の様子を図37に示す。

$V_A, V_B$  の変化は、図 37 にも示したように、漏れコンダクタンス  $G_A$  だけではなく、 $C_A, C_B$ 、あるいは  $Y_1$  などにも依存する。このため、対地電圧監視法の漏電検出感度は分布キャパシタンス  $C_A, C_B$  の影響を受けること

になる。

漏電箇所 (A 線側とする) における故障電流  $I_{AG}$  は、 $I_{AG} = G_A \cdot V_A$  で与えられる。また、線 A, B から COM への電流  $I_A, I_B$  は、 $I_A = Y_A \cdot V_A$ 、 $I_B = Y_B \cdot V_B$ 、零相電流は  $I_0 = I_A + I_B$  である。分布キャパシタンスが大きくなると漏電電流  $I_{AG}$  と零相電流  $I_0$  との差が増大し、例えば、 $C_A = C_B = 10^{-6}F$ 、 $G_A = 10^{-2}S$  のとき  $|I_0|$  は  $|I_{AG}|$  の7分の1以下となる。したがって、 $C_A, C_B$  が大きいときには ZCT による漏電電流の検出にも誤差が生じる。

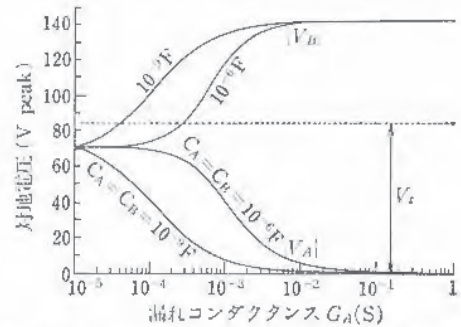


図 37 漏電 (A 線側) による対地電圧の変化 ( $2G_1 = 10^{-4}S$ ,  $B_1 = 0$ ,  $V_s = 100\sqrt{2} V_{peak}$ ,  $G_B = 10^{-5}S$  の場合)

## 3. 漏電の検出下限界

$|V_B| \geq V_t$  を満足する最小の  $G_A$  を  $G_{AD}$  と書くと、検出できる最小の漏電電流  $I_{AGD}$  (絶対値) は、

$$I_{AGD} = G_{AD} \sqrt{\frac{(G_1 + G_B)^2 + (B_1 + B_B)^2}{(2G_1 + G_{AD} + G_B)^2 + (2B_1 + B_A + B_B)^2}} \cdot V_s$$

となる。検出最小電流  $I_{AGD}$  と分布キャパシタンス  $C_A$  ( $=C_B$  と置く) との関係を図 38 に示す。許容限界を  $I_{AGA}$  とすると、 $I_{AGD} \leq I_{AGA}$  のとき対地電圧監視法で許容限界  $I_{AGA}$  を検出することができる。

水中漏電の許容限界  $I_{AGA}$  は、 $C_A, C_B$  には無関係な一定値であるが、その値は必ずしも明確ではない。図38には、 $I_{AGA} = 42mA peak$  の場合を示した。また、水中の許容電場  $E_A = 2.5V/m$  (cf. 研究報告 RR-30-1) を基礎に許容電流  $I_{AGA}$  を決める方法も考えられるが、これによっても  $I_{AGA}$  はさほど大きくならない。このため、 $C_A, C_B$  が  $1\mu F$  前後以上の場合には、対地電圧監視法では許容限界を検出できないという結果が得られた。

今後、直流電圧重畳法について検討の予定である。

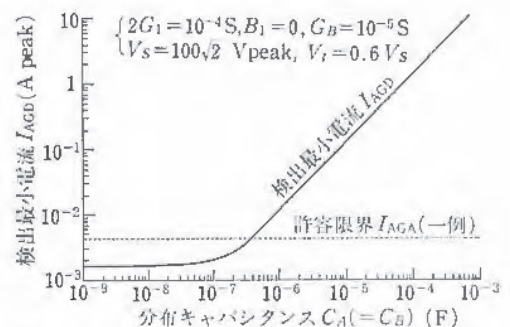


図 38 漏電電流の検出下限界と分布キャパシタンスとの関係

# ○送配電線における電撃危険性

## 高圧用ゴム手袋の紫外線照射による劣化

電気研究部 市川健二

### 1. 研究目的

高圧用ゴム手袋 (JIS T 8112 による C 種電気用ゴム手袋, 以下手袋と記す) は, 使用期間中に受ける種々の要因によって劣化する。劣化要因として外傷, 電圧, 日光, 熱, 水などがある。昨年度は電圧による劣化傾向について報告した<sup>1)</sup>。今年度は日光, 特に紫外線による劣化傾向を調べた。

### 2. 研究方法

東芝製殺菌ランプ GL-15 (100V, 15W) を図 39 に示すように配置した紫外線照射装置を作り, 同図に示すようにこれに手袋を吊して紫外線を照射した。同ランプの紫外線の波長は約 254m $\mu$  である。紫外線照射量はランプからの距離と放射照度との関係曲線<sup>2)</sup> から放射照度を得て, 放射照度 $\times$ 照射時間によって算出した。なお, 太陽光から放出される紫外線のうち, 地球地表面上に到達するのは大部分が 300~400m $\mu$  の波長のものであり, それより短い波長のものは地表に至る途中で大部分吸収消滅してしまう。そのため本実験で行った紫外線劣化は現実とはこの点で異なるが, 短波長の方が光量子の持つエネルギーが高く, ゴム物質に与える劣化反応が大きいことなどから, 人工加速劣化試験の光源として用いた。

### 3. 研究結果

紫外線を 0, 250, 500, 750 及び 1000 時間照射した手袋を JIS T 8010 「絶縁用保護具・防具類の耐電圧試験方法」に定める水中試験法で絶縁破壊試験を行った (ただし, 手袋の内外面に満された水電極間の沿面距離は, 沿面からの閃絡による実験不能をなくするため, 規定値以上の 14cm とした)。その結果は照射時間 0 (未照射手袋) の破壊電圧と大差なく, 明確な劣化傾向は示されなかった。その後, 手袋の胴部分より正方形の試料片を

切取って体積抵抗率を測定し, 更にこの試料片よりダンベル 3 号形の試料片を打抜き, 引張強さや伸び率などの機械的強度を調べた。その結果, 電気的性質としての体積抵抗率は多少減少するがオーダー的には  $10^{14}\Omega\text{-cm}$  と変化なく機械的強度は紫外線を 250 時間照射した段階で手袋の JIS 規格値程度まで低下し劣化傾向を示したが, それ以降 1000 時間まで照射しても劣化状態に進展はみられない。しかし, これら電気的性質と機械的強度の間には, 図 40 に示すように相関性があることが示された。これより, 手袋の機械的強度の低下を電気的性質の劣化として評価できることが明らかになった。また, 紫外線によってオゾンが発生し, ゴム表面に無数のオゾン亀裂ができ表面劣化が肉眼でも確認された。ゴム表面の劣化状態を接触角で評価すると図 41 のようになり, 照射時間が増すと接触角が低下し, 表面劣化が進行していることがわかる。

### 文 献

- 1) 市川: 産業安全研究所研究報告 RR-31-2, 1983.
- 2) 東芝殺菌灯器具・装置 Catalog No. 施照 5

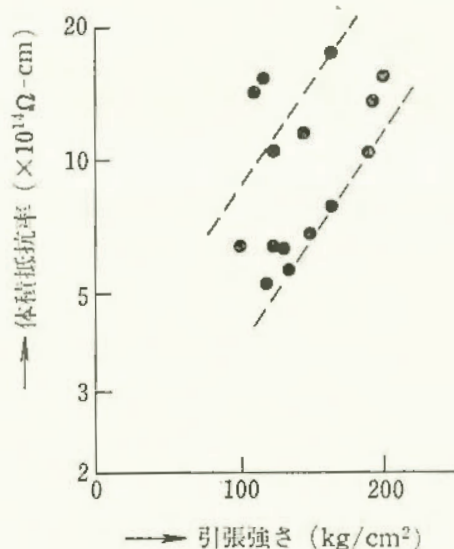


図 40 引張強さに対する体積抵抗率

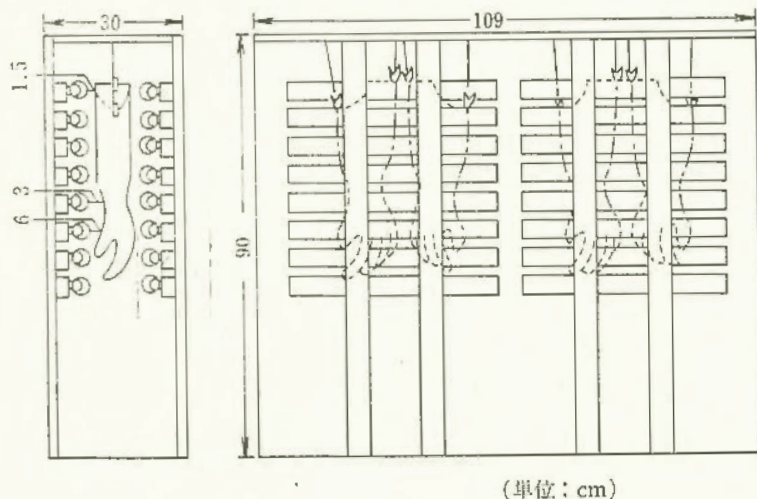


図 39 紫外線照射装置

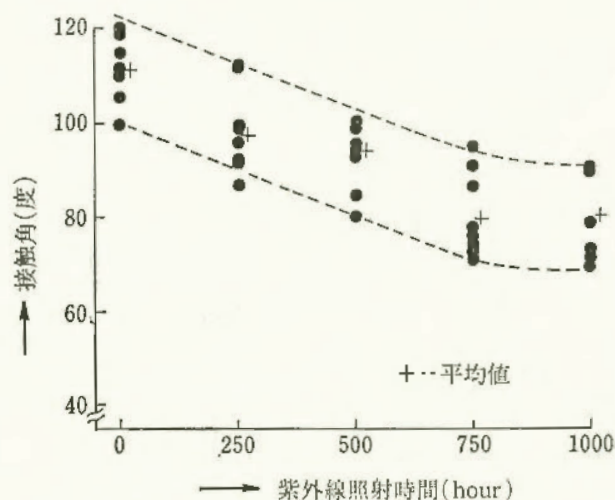


図 41 紫外線照射量に対する接触角



# ○廃棄物等の安全処理

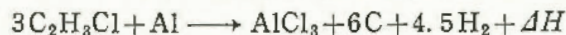
## 塩化ビニルとアルミニウム

### との反応を応用する廃棄物処理

化学研究部 駒宮功額

#### 1. 研究目的

ポリ塩化ビニル（以下塩化ビニルとする）とアルミニウムとを窒素のような無酸素雰囲気中で加熱すると、下記のような発熱反応を生ずることを発見した。



この反応を応用して廃棄物となった塩化ビニルとアルミニウムから触媒、水処理など多くの用途をもつ塩化アルミニウムと、吸着剤の原料となる可能性のある炭素現残渣とを製造して資源の再利用を計ろうとするものである。

#### 2. 研究方法

前年度では数百 mg の試料による製造実験を行なったが、実用化のためには更に実験装置のスケールアップが必要で、このため図 42 のような装置を試作した。反応タンクは酸性ガスを発生するため SUS 316 L を使い、常用圧力 9.9 kg/cm<sup>2</sup>G、容量 142 l である。反応は 350 °C 以下で生ずるため、タンク内に断熱材で保護した小型電気炉 (1.5 kW) を設けた。このためタンク内空間部の温度は 100 °C 以下に保たれ、生成した昇華性の塩化アルミニウムはタンク内で析出することになる。なお反応終了後生成物を取り出す際に、未反応の酸性ガスや微量の塩化アルミニウムの大気への放出を防ぐため、10%水酸化ナトリウム水溶液をシャワーさせる除害塔を設けた。

実験はセラミックピーカー (1 l) に適当な大きさに切断した硬質塩化ビニルとアルミニウムを最大数十 g 入れ反応タンクを密閉する。密閉はクラッチ式で、蓋の昇降も油圧を利用しており容易であり、かつ残圧があると開放できないような安全装置を取入れた。次に内部空気の

排出は加圧置換方式とし、約 100 倍以上の窒素を用い、所定の圧力を保持した。この反応では水素を発生するので、除害塔やシール槽内で爆発性混用ガスを生成するが、窒素置換によりその危険をも同時に防止することができる。以上の操作が終了後、種々の加熱保温条件のもとで反応を行ない、種々の条件で冷却した。生成物の取出しは除害塔を運転しながら内圧を排出してから蓋を開け、タンク内壁面等に付着した暗灰色微粉の塩化アルミニウムを電気掃除機などで収集秤量するとともに、ピーカー内の炭素状残渣や未反応のアルミニウムの分離秤量などを行なった。塩化アルミニウムの付着状況はタンク側壁とヒーター断熱材外部に多く、蓋の部分にはほとんど生成しなかった。また炭素状残渣は黒色で多孔質であり、前年と同じように熱分析や CHO 分析を行なったが、主成分は炭素で条件によっては塩化アルミニウムの残留も認められた。さらに炭素状残渣の有効利用を計るため、酸素や窒素中で熱処理を行ないその改質についても検討中である。

#### 3. 研究結果

図 42 の小型実験装置を試作し、バッチ方式で塩化アルミニウムを安全に製造できることが明らかとなった。装置については除害塔の性能、反応タンク等の耐蝕性、操作の安全性など実用化の際重要な項目についても問題はなかったが、塩化アルミニウムを凝縮させる部分については簡便に収集できるように改善することが必要と思われた。

この実験結果を従来の塩素とアルミニウムを用いた塩化アルミニウムの製法と比較してみると、反応温度が低く、アルミニウムを溶融する必要がないこと、液化塩素が不用であることなど実用化へのデータを提供することができた。

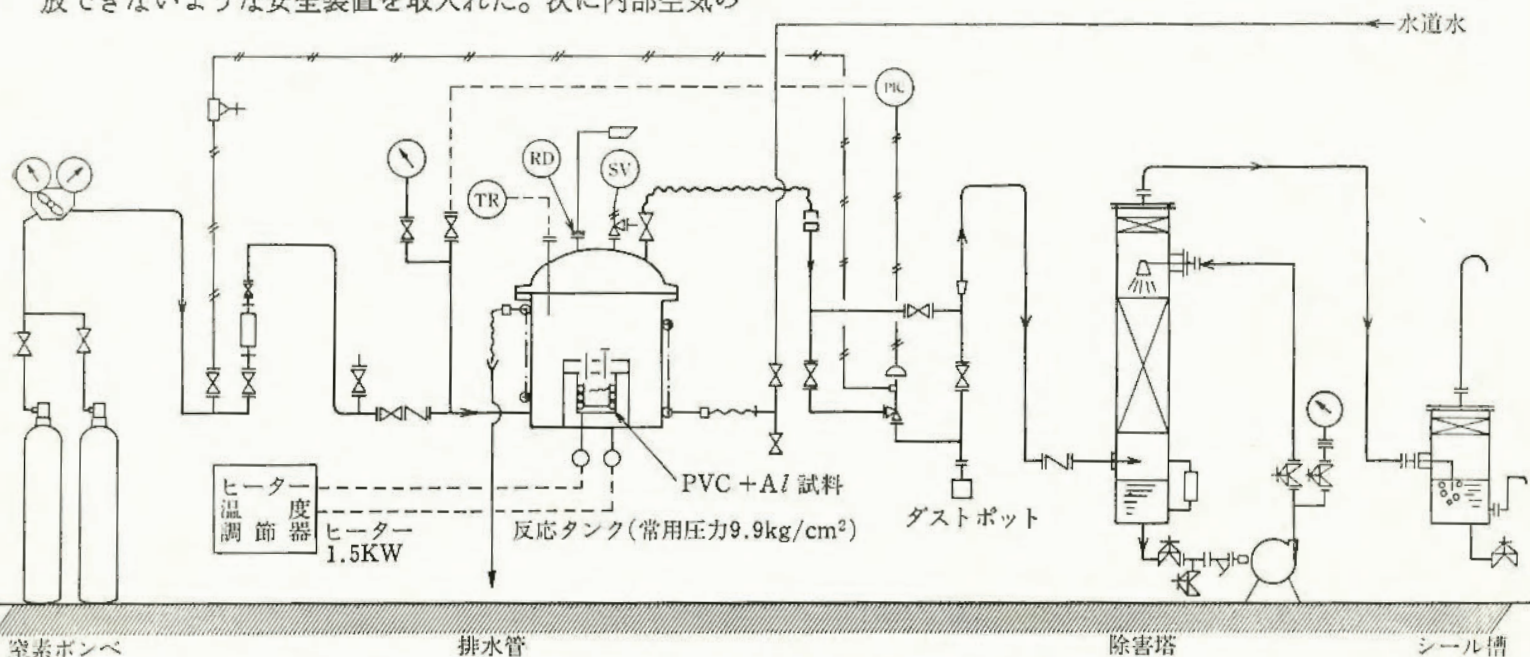


図 42 塩化アルミニウム製造用小型実験装置フロシート

# フッ素系有機排ガスの無害化処理技術

## に関する研究

### フロンガスの吸脱着とフロン 22

### 及び 12 の熱分解

化学研究部 森崎 繁, 駒宮功額, 内藤道夫

#### 1. 研究目的

フロンガスは、冷媒体、洗浄剤、モノマーガスなどとして広範囲に使用されているが、最近大気汚染の原因物質として世界的な問題にもなっている。この特別研究ではフッ素を含有する有機ガスを無害化処理する技術を開発することを目的としている。58年度は各種のフロンガスの活性炭による吸脱着性能を調べるとともに、フロン 22( $\text{CHClF}_2$ ) とフロン 12( $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ) を  $300\sim 700^\circ\text{C}$  に加熱した活性炭中にヘリウム雰囲気中で処理し、その脱ハロゲンの状況を調べた。

#### 2. 研究方法

フロンガスの吸脱着量は、5g の活性炭について真空ライン中で測定した。フロン 22 と 12 の加熱活性炭中での分解は、前年度と同様に SUS 304 製の蛇管（長さ 3m, 内径 8mm）で行い、排ガスの分析は質量分析計とガスクロマトグラフにより、排液の分析はイオンクロマトグラフにより、また処理済の活性炭の元素分析は X 線マイクロアナライザにより実施した。

#### 3. 研究結果

各種フロンガスについて 100% の濃度のものとフロン 5%-空気 95% のものの吸着量の測定を行ったが、これらの中ではフロン 22 と 12 の吸着量が  $140\sim 160\text{ml/g}$  と最も大きく、フロン 14( $\text{CF}_4$ ) が最も吸着しにくいことがわかった。また、室気存在下での吸着でも図 43 に示すようにフロン 22 と 12 が空気よりも吸着されやすく、反対にフロン 14 やフロン 23( $\text{CHF}_3$ ) では空気をより多く吸着する。これらのことから塩素を含むフロンガスが活性炭に吸着されやすい傾向にあることがわかる。大気汚染や毒性が問題となっているのは、塩素を含有しているフロンガスであり、活性炭による処理が有利となる。

フロン-ヘリウム混合ガスを分解管中を  $200\text{ml/分}$  で通過させると滞留時間は約 50 秒であり、その間にフロンガスと加熱活性炭とが反応し、脱ハロゲンが生じると思われる。その反応機構は、活性炭の構造が複雑なため明確ではないが、活性炭中に 7~10% 程度含まれている酸素や数%程度の水素が反応に寄与するものと思われ、生成物はいずれのフロンガスについても、 $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$  が主なものである。フロン 22 を  $200\sim 500^\circ\text{C}$  の活性炭中を通過させたときの質量分析計でのフラグメントは、図 44 のように変化し、約  $450^\circ\text{C}$  以上になると 90%

以上のフロン 22 が分解することがわかる。生成物のうち  $\text{CO}$  は、加熱温度とともに増加してゆく傾向があるのに対して、 $\text{CO}_2$  は  $350^\circ\text{C}$  で極大値をとり高温下では生成しにくくなっている。これは高温下では  $\text{CO}_2$  が還元されて  $\text{CO}$  に変化するものと思われ、ガスクロマトグラフィーの結果も同様な傾向を示している。

フロンガス中のフッ素及び塩素は、 $\text{HF}$  及び  $\text{HCl}$  となるが、図 44 の  $m/e=69$  も増加しており、フッ素は  $\text{HF}$  の他  $\text{CF}_4$  にも転化することがわかる。この  $\text{CF}_4$  の生成量は、フロン 12 について  $600^\circ\text{C}$  で測定した結果から約  $3\text{ml/l}$  であり、当初のフロン 12 の約 6% が  $\text{CF}_4$  に変化することが明らかとなった。これら  $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{CF}_4$  も分解温度が高くなると、測定量が減少する傾向にある。実験終了後に活性炭を取り出し、元素分析を行うと鉄、クロムの金属のほか塩素、フッ素も相当量存在することが認められ、高温下では SUS 304 の成分がフロンガスと反応し、塩化鉄、フッ化鉄、塩化クロムなどの金属ハロゲン化合物が生成することが明らかとなった。また分解ガスを分析したのちの排ガス洗滌液中にも  $100\sim 300\text{ppm}$  の  $\text{HF}$  及び  $\text{HCl}$  が測定され、中和処理が必要となる。

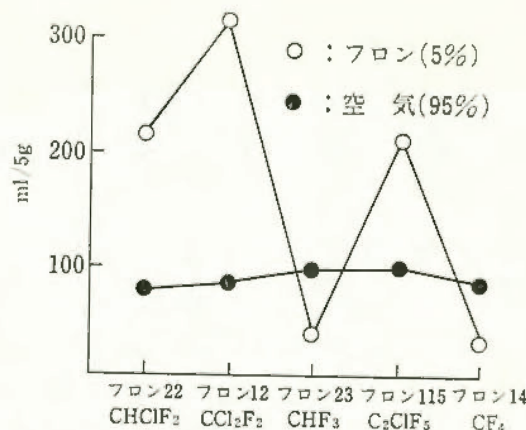


図 43 フロン-空気の活性炭による吸着

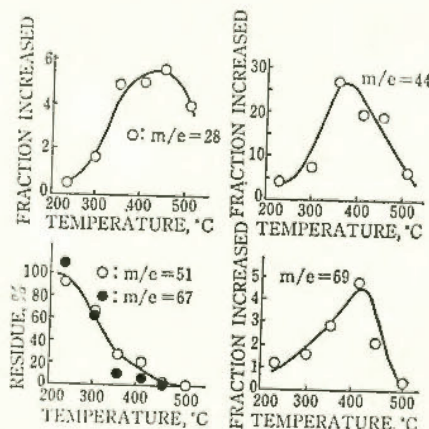


図 44 フロン 22 の分解ガスの主なフラグメントの変化

# ○運搬機械の転倒災害防止技術に関する研究

## 軟弱地盤の土質力学的性質について

土木建築研究部 堀井宣幸  
機械研究部 吉久悦二

### 1. 研究目的

軟弱地盤における移動式クレーンの転倒災害を防止するための、簡易地耐力測定装置及び軟弱地盤用アウトリガを開発するため、荷重-沈下特性等の軟弱地盤における土質力学的性質を明らかにするのがこの研究の目的である。この研究で対象とした軟弱地盤は関東ロームである。その理由は、自然地山の粘性土としては関東ロームが比較的大きな強度を持っており、安定した土質であるが、掘削やこね返し等により、一度構造が乱されると著しく強度が低下することが知られており、盛土等の土構造物の材料として使用する場合には、いわゆる軟弱土質として問題の多い土質だからである。

### 2. 実験装置・実験方法

実験は、a) 地盤の簡易地耐力測定法を検討するための直径 20cm の円形載荷板を用いた載荷実験、b) 軟弱地盤用アウトリガの設計資料を得るため、載荷板をリング状に分割し、このリングを組み合わせて、載荷板の面

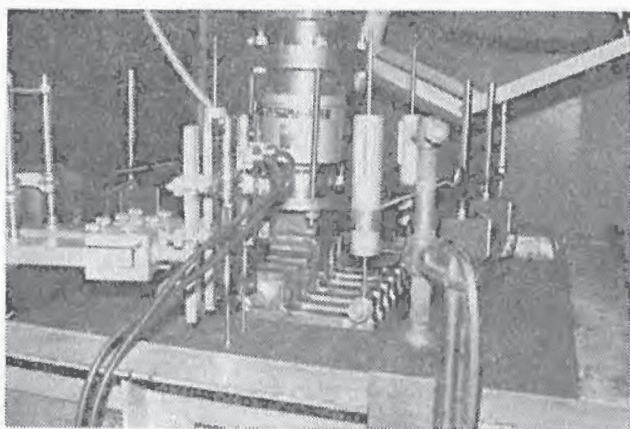


写真 5 載荷試験

積(リング間のすきま)を変えて行った載荷実験、c) 3軸圧縮試験機を用いた土質強度試験の3種類である。a), b) の実験は土槽を用いた模型地盤と清瀬実験場内の盛土地盤の両方で行った。写真5は模型地盤での実験概況である。土槽は1辺80cm正方形断面で深さ75cmの鋼製で、関東ロームを深さ70cmまで、一定の密度になるよう7層に分けて詰め込んだ。載荷は20t油圧ジャッキで行い、この時の荷重、沈下量及び地盤内応力をマイクロ・コンピュータにより、逐次A/D変換しこれらをフロッピー・ディスクに記録した。

### 3. 実験結果

図45は模型地盤での載荷実験から得られた、平均載

荷圧-沈下曲線の一例であり、実測値は丸印で示している。図中の曲線は実測値を双曲線で近似したものであり、双曲線を用いれば、かなりの精度で平均載荷圧-沈下関係を近似できることがわかった。図46は平均載荷圧 $q$ の増加に伴う、載荷板中央深さ $z$ の位置における地盤内応力 $\sigma$ の変化を調べたもので点線はブーシネスクの理論値である。図47はリング状載荷板のリングの間隔を変えて行った載荷実験の結果であり、沈下量が小さい範囲では平均載荷圧に大きな違いはないが、沈下量が大きくなると、あるリング間隔までは平均載荷圧が増加する現象が見られた。

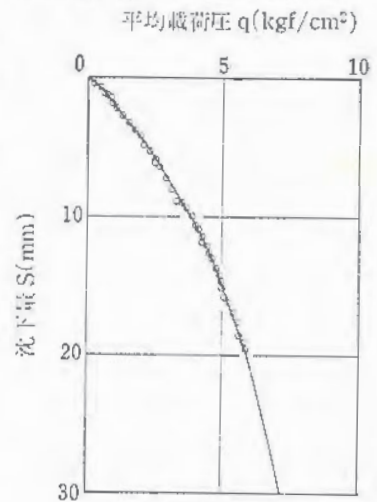


図 45 平均載荷圧と沈下量

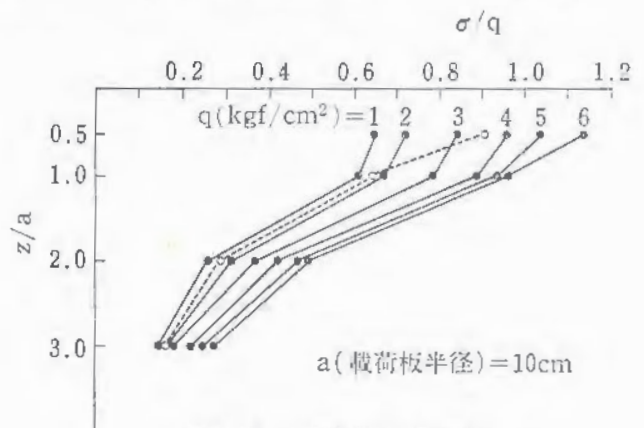


図 46 地盤内応力分布

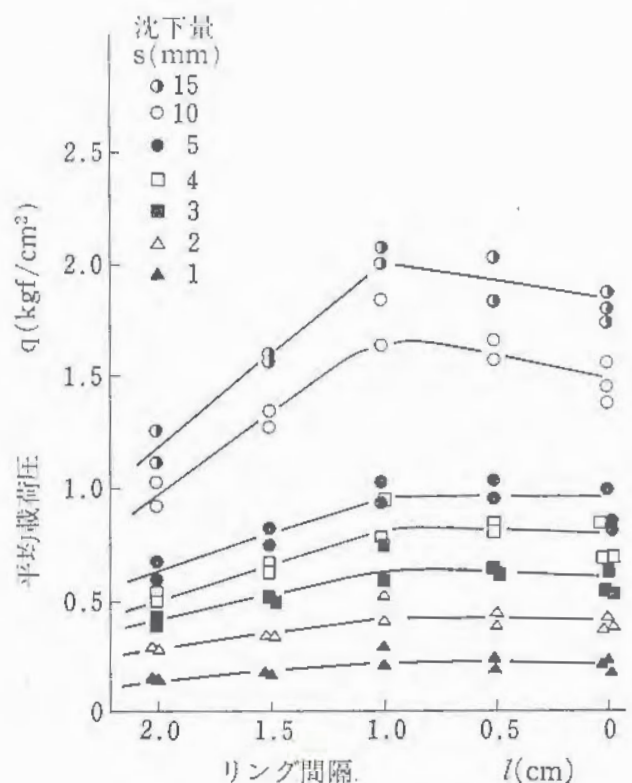


図 47 平均載荷圧とリング問題

1. 研究目的

トラッククレーンは、安定性を増すため、アウトリガと称される支柱を四方に張り出して使用されるのが普通である。ところが、その場合においても、クレーンの設置位置が傾斜していたり、地盤が弱く使用中にアウトリガが沈下してしまったりすると、つり荷の重量が定格荷重以下であっても転倒事故となることがある。現在、わが国では、トラッククレーンの安定性試験は水平堅土上との条件下で行われているが、実作業のようにその条件から外れる場合の安定性については明らかではない。

以上のようなことから、トラッククレーンの転倒災害を防止するため、(1)傾斜した状態での安定性の解析、(2)地盤がクレーン作業に耐えるか否かの簡易判別用アウトリガ(フロート)の検討、及び(3)沈下しにくいアウトリガの検討、の3点を目的として本研究を行った。

2. 研究概要

以上の目的のため、次の項目について検討した。

(1) クレーンの動作(ここでは旋回に限る)時の安定性(転倒に対する余裕)は、つり荷の振れその他の原因により静止時のそれとは異なるが、その動的な安定性について傾斜した設置のときと、水平なときとを比較する。

(2) そのため、旋回動作中の実機クレーンのジブ先端とつり荷の動きを三次元的に記録する。記録は2方向

から同時に VTR で撮影する方法によった。この場合、対象物の移動範囲が広いと、広角系のレンズを用い、カメラを斜め上方に向けて撮影し、それ等による歪の影響は後に補正する方法をとった。図 48 はカメラの傾斜により像(標点)が写る方向が変化する状況を示す図であり、これから

$$\cos \alpha = \sin \alpha_d \sin \alpha_1 \cos(\beta_d - \beta_1) + \cos \alpha_d \cos \alpha_1$$

$$\cos \beta = (\cos \alpha \cos \alpha_1 - \cos \alpha_d) / (\sin \alpha \sin \alpha_1)$$

となる。ただし、 $\beta$  の符号は表 6 による。

表 6 標点の偏角  $\beta$  の符号の決め方

$\beta_d$ の範囲	$\beta_1 - \pi$	$\beta_1$	$\beta_1 + \pi$
$\beta$	+	±	-
	( $\alpha_d - \alpha_1$ ) と同		
	+	±	-

2台のカメラにより各瞬間毎に記録された偏角から、標点とカメラを結ぶ1対の直線が三次元空間内で決定でき、その交点(実際には最近接点)から標点の位置が決定できる。

(3) また、地盤の簡易判別用アウトリガとして接地面積の異なる2段構造のアウトリガフロートを考案した。これはアウトリガに加わる荷重の小さい設置時には接地面積の小さなフロートで荷重を支え、最大荷重時に大きなフロートが沈下するか否かを判別させるものである。

(4) 最後にフロート面の形状を変え、多孔板状あるいはすのこ状とし、重量の軽減とともに載荷能力の向上について検討した。以上のアウトリガフロートについては模型実験及び実機にとりつけての作動実験を行った。

3. 結果の例

旋回中のクレーンのジブ先端とつり荷の軌跡の例を図 49 に示す。

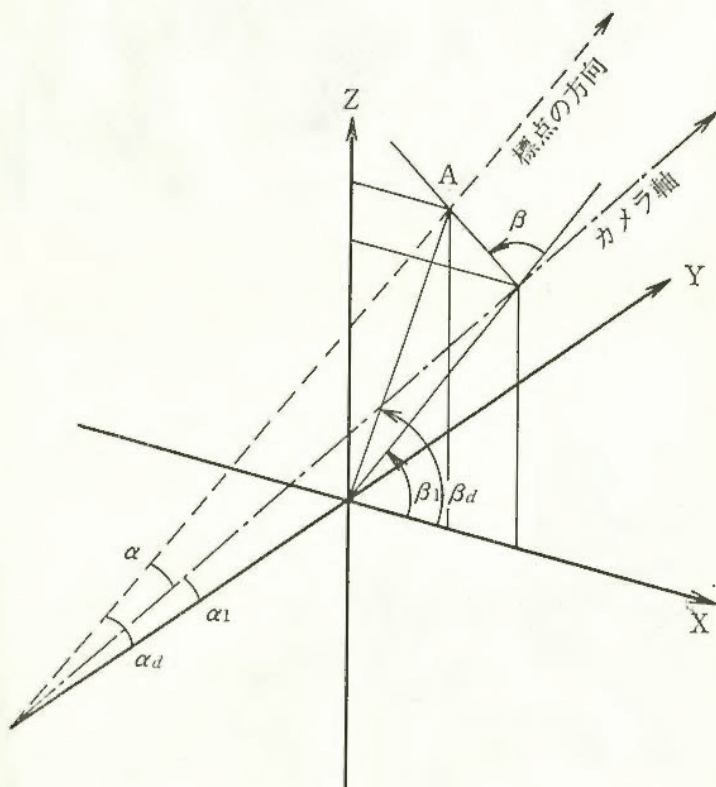


図 48 傾いたカメラにうつる標点の方位

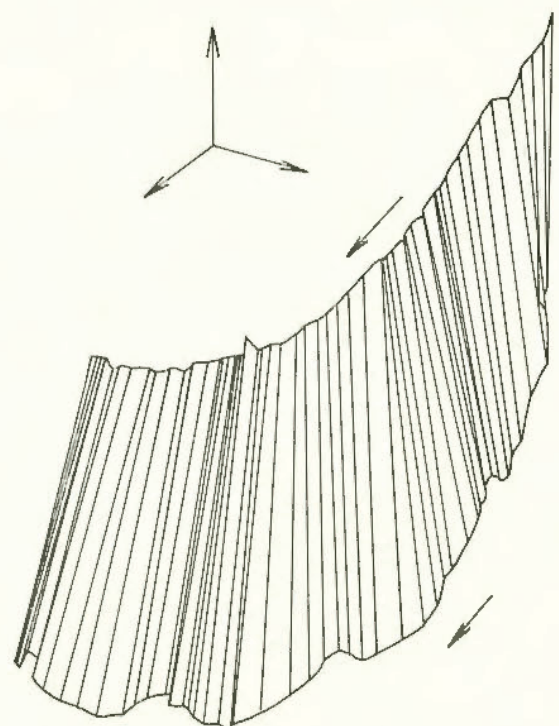


図 49 ジブ先端及びつり荷の軌跡の例

## フォークリフトの転倒による災害の防止

機械研究部 深谷 潔, 杉本 旭

### 1. 研究目的

フォークリフトは、荷役運搬を行うための有用な機械であり、人間を荷役運搬における重筋作業から開放する上で大きな貢献をしている。

しかしながら、カウンターバランス式フォークリフトは、積載荷重を4つの車輪の間の支持面の外側で支持するため、本質的に不安定要因を内蔵する。そのために、転倒事故が発生し、運転者が車両の下敷となる災害が発生している。このような転倒時の災害を防止するためのエアバックを膨らませて運転者を保護する安全装置の開発を目的としている。

### 2. 研究方法及び研究結果

エアバック式安全装置の開発には、

- (1) フォークリフトの転倒の開始の検出
- (2) エアバックシステム

が必要となるが、本年度は主に(2)について検討した。

エアバックを膨らませる方式として、①火薬式、②化学反応式、③圧縮空気式などが考えられる。①は、自動車の衝突時の衝撃緩和用として研究されてきた方式で、0.1秒程度でエアバックを膨らませることができる。②は、救命ボートなどを膨らませるのに用いられている方式で、広がるのに数秒を要する。③は、タンクに圧縮空気を充填しておき、転倒時に電磁弁を用いてエアバックを膨らませる方式である。フォークリフトが傾き始めて転倒するまでの時間は、1~2秒程度であるので、方式②では遅すぎるが、方式①程早くなくても良い。以上のことを比較検討の結果、③の圧縮空気式を採用することとした。

エアバックの持つ機能として、①運転者がフォークリフトの下側(転倒側)へ飛び出す又は落ちるのを防ぐ、②転倒時に運転者にかかる衝撃を緩和する、ということが考えられる。エアバックは、①に関連して横に大きい方が望ましく、また、②に関連して厚い方が望ましい。しかし、逆に、エアバックが大き過ぎると、膨らませるのに時間もかかり必要空気量も大となるので、その分タンクを大きくするか圧力を上げねばならない。実験では、フォークリフトに積載する必要から、容量が30lのタンクを用いた。また、このタンクの数気圧以下の圧縮空気でも膨らませられるエアバックとして大小2つ(容量は各100l, 50l)のものを試作した。フォークリフト上で膨らませたものを写真6及び7に示す。大型では完全にフォークリフト側面を塞ぐが、小型では多少隙間ができる。フォークリフトの転倒時に、ダミーは頭から転倒するので、この隙間は必ずしも不都合とは言えないと思われる。

エアバックの膨張中の様子を写真8に示す。これは4気圧で小型エアバックを膨張させた時のもので、スロービデオで見ると、まず横方向に広がり、次に厚さ方向に膨らむ。これは、まず大きく広がることでフォークリフトの側面を塞ぎ、次に厚くなって転倒時の衝撃を緩和することになり、膨らむ順番としても望ましい。なお、膨張時間は約1秒で、この目的には十分と思われる。

実用化にあたっては、まだ解決すべき問題が残されているので、今後の研究が必要となる。

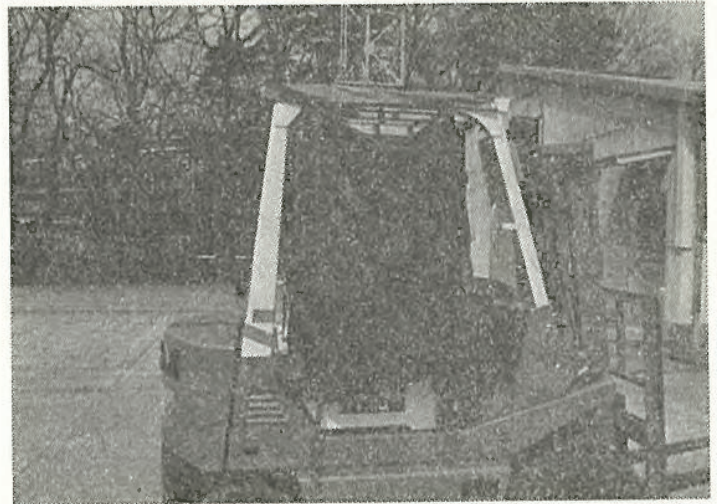


写真 6



写真7 フォークリフト上のエアバック  
(写真6が大型エアバック、写真7が小型エアバック)



写真 8 エアバックの膨張中の様子

# ○危険有害作業を代替する安全ロボットの基礎研究

## 教示操作実験による産業用ロボットの教示速度の限界

機械研究部 杉本 旭, 深谷 潔

### 1. 研究目的

自動化, 省人化の手段である産業用ロボットにあっても, それに関連して多くの人手作業が残っている。特にプレーバックロボットの教示作業はロボット特有の作業であり, しかも, 駆動エネルギーの入った現態でその可動範囲内に入り, マニピュレータ部を直接操作することから, 作業員にとって危険となる恐れがある。そのためマニピュレータの操作に関連して, 人間工学的研究が必要とされる。

調査によるとロボットに関するトラブルに, 速度設定が高速となっていたため, 教示作業開始時に予想外の高速動作となり, 危険状態が発生したというものがある。このようなトラブルに対して, 労働省公示第 13 号「産業用ロボットの使用等の安全基準に関する技術上の指針」では「運転状態を教示の状態に切り替えた場合に, マニピュレータの作動速度が自動的に低下すること」と規定しているが, その速度をどの程度にするかは明確にされておらず今後の検討に委ねられている。

これについて, 本研究では教示基準速度という概念を導入した。即ち, 教示の状態に切り替えた場合にこの教示基準速度に自動設定され, その後, もし速度の変更を必要とする場合は, 押しボタン等により, 作業員が意識的に行うようにする。」という考え方である。この教示基準速度を決定するための実験を行った。

### 2. 実験方法と結果

比較的大型の産業用ロボットを用いて, 教示の模擬作業を行わせた。被験者が行う作業は, 模擬ティーチングボックスを操作してロボットを動かし, 教示点(与えられた目標点)のできる限り近くに停止させることである。この教示動作を繰返させて, そのうちあらかじめ乱数によって定めた回には, ロボットが教示点の方に上昇する代わりに被験者に向かって前進するように, 実験者が進行方向を操作した。この時のロボットを起動してから前進動作に気付いて停止させるまでの時間をタイマで測定した。この実験は, ティーチングボックス上の上昇動作指令ボタンと前進動作指令のボタンを押し誤った時, それに気付いてロボットに接触する以前にこれを停止できるようなロボットの作動速度を調べるためのものである。

ロボットが前進した時の起動してから停止させるまでの時間(応答時間)のロボットの各作動速度ごとの平均値と標準偏差を表7に示す。応答時間の平均値は速度に

表 7 応答時間の平均値と S. D.

速度 [mm/s]	平均 [s]	S. D. [s]	
16 mm/s (2速)	1 回目	0.812	0.351
	2 回目	0.569	0.325
	平均	0.700	0.355
31 (3速)	0.436	0.143	
43 (4速)	0.471	0.094	
118 (5速)	0.501	0.280	
232 (6速)	0.483	0.080	
全体	0.530	0.208	

依らずほぼ一定であると思われる。ただし第2速では他の速度より明らかに応答時間が長い, これはむしろ習熟の影響と考えられる。すなわち第2速による実験は被験者にとって最初の測定であるため, 慣れていないことの理由が大きい。同じ実験の2回目以降では, 応答時間において他の速度との著しい差は見られない。

また応答時間の被験者別平均値にも, 各被験者の間に顕著な差は見られない。被験者に, 女性や高齢者を含むことを考えると, この応答時間は, 健康人の平均値を示すものと思われる。

### 3. 教示基準速度の提案

人間がロボットを操作するため, その先端部の見易い位置まで顔を近づけるとする。この距離は, 人間の明視距離, すなわち 200~300 mm に近い値を基準とるのが最も妥当である。この距離を安全距離とした場合に, この距離の範囲内で確実にロボットを停止させるのに要する(人間が異常動作に気付いて停止させるのに要する)距離は多少の余裕をみて 150 mm 以下とすべきである。

正味の応答時間の全平均値は0.53秒, 標準偏差は0.21秒であること, 及びロボットのオーバーラン距離が速度に比例することを考慮すると, 150 mm を停止距離とする場合のロボットの作動速度は 140 mm/s となる。ただし, ここでは応答時間として平均 +2σ を採用している。この速度によれば, 応答時間として測定データ中で最も大きな値 1.42 秒をとっても停止距離は 198 mm であるので, 安全距離 200 mm の範囲内で停止できる。そこで, 本研究結果より, 教示基準速度の最大値を 140 mm/s とすることを提案する。

この速度は, 「教示」に設定した直後に自動的に切替わる速度であり, 実際の教示運転では, 作業員の管理下で作業に応じた速度に変更させる。従って, 安全性という観点からの提案が十分適用できると思われる。また, この提案はあくまで上限値であり, 対象作業によってはこれよりさらに小さな値とすることができる。ちなみにアーク溶接を主たる作業とする本研究に用いたロボットでは, 教示基準速度は 30 mm/s 以下である。

名 称	整理番号	題 目	著 者 名
産業安全研究所 研究報告	RR-32-1	水中電場の電界強度に関する研究 (第2報) —漏電場に存在する物体の影響の解析	{ 本山 建雄 山野 英記 中 隆二 木 下 均 一
	RR-32-2	建設工事用足場の養生シート, 防音パネルに作用する風圧力についての数値解析 (第1報)	花 安 繁 郎
	RR-32-3	災害発生時間の分布に関する研究 (第2報)	{ 河 尻 義 正 森 宜 制
	RR-32-4	ゴンドラ用跨座式突梁の安定性	{ 佐 藤 吉 信 杉 本 旭
	RR-32-5	マイクロエレクトロニクスを用いた自動生産システムの安全性評価 (第1報) —潜在危険同定論とその産業用ロボットへの適用	鶴 見 平 三 郎
	RR-32-6	安全破裂板に関する研究—背圧安全破裂板の挙動とじん速破裂について	吉 久 悦 二
産業安全研究所 技術資料	TN-83-1	アンモニア圧縮機の溶接継手で起きた破壊事故の調査	林 年 宏
	TN-83-2	ウレタンフォームの消炎能力とその応用について	田 中 正 清
	TN-83-3	災害事例分析—重油脱硫装置の炭素鋼製高压配管の破裂	深 谷 潔
	TN-83-4	災害事例分析—採木場における安全帽の破損事故 (過荷重による安全帽の破壊の考察)	鈴 木 芳 美
	TN-83-5	CTAを用いた災害分析法について	
産業安全研究所 技術指針	TR-83-1	プレス機械の安全装置の構造指針 プレス機械の安全装置の使用指針	
		[1]フッ素系有機排ガスの無害化処理技術に関する研究	{ 森 崎 功 繁 駒 宮 道 額 内 藤 功 夫
環境庁, 国立機 関公害防止等試 験研究費		[2]塩化ビニルとアルミニウムとの反応を応用する廃棄物処理に関する研究	{ 駒 宮 功 額 森 崎 道 繁 内 藤 功 夫
		潜水作業に用いる電気機器の安全化に関する研究 (II)	{ 本山 建雄 山野 英記 中 隆二
科学技術庁, 海 洋開発調査研究 促進費		[1]遮へいによる電撃防止効果の検討	

## (4) 学会誌・学術雑誌

題 目	誌 名	発表年月	執 筆 者
フラクトグラフィによる破損した機械部品の稼働応力振幅の推定	材 料 Vol. 32, No.355	58. 4	橋 内 良 雄
粉体空気輸送配管中における爆発危険性	安 全 工 学 Vol. 22, No.3	58. 6	{松内 田 東 栄 内 藤 道 夫 他
An Adiabatic Self-Ignition Testing Apparatus	Thermo Chimica Acta Vol. 64, No.1	58. 8	{琴 寄 崇 他
塩素乾燥塔の帯電現象と爆発危険	安 全 工 学 Vol. 22, No.5	58. 10	{田 嶋 泰 幸 兎 寄 崇 琴 道 夫
粒状物質の乾燥工程における爆発防止上の指針(抄訳)―1	火 災 Vol. 33, No.5	58. 10	内 藤 道 夫
SUS 304 鋼及びA 533 B 鋼の溶接継手における疲労き裂伝ば挙動	材 料 Vol. 32, No.363	58. 12	橋 内 良 雄
粒状物質の乾燥工程における爆発防止上の指針(抄訳)―2	火 災 Vol. 33, No.6	58. 12	内 藤 道 夫
リンクチェーンの破壊じん性と疲労き裂伝ば特性	圧 力 技 術 Vol. 22, No.1	59. 1	橋 内 良 雄
銅, 硫黄混合物の自然発火事例	安 全 工 学 Vol. 23, No.1	59. 2	{琴 寄 崇 内 藤 道 夫
粒状物質の乾燥工程における火災爆発防止上の指針(抄訳)―3	火 災 Vol. 34, No.1	59. 2	内 藤 道 夫

## (5) 研究発表

題 目	発表会名	発表年月	発 表 者
高圧ゴム手袋の電氣的ストレスによる劣化(第1報)	電気学会全国大会	58. 4	市 川 健 二
高圧ゴム手袋の紫外線照射による劣化(電氣的性質)	〃	〃	〃
高圧ゴム手袋の紫外線照射による劣化(機械的性質)	〃	〃	〃
Fault Tree Analysis of Hazards created by Robots	13th International Symposium for Industrial Robot	〃	杉 本 旭
軟鋼の水素環境中での低サイクル疲労き裂伝ば挙動	日本材料強度学会	58. 6	田 中 正 清
Performance Effectiveness の意識レベルの関連性	日本人間工学会第24回大会	〃	江 川 義 之
高圧用ゴム手袋の紫外線照射による劣化について	電気学会放電絶縁材料合同研究会	〃	市 川 健 二
Dilution Method for the Estimation of Stability Nitrocellulose	第14回推薬高性能爆薬の品質管理と耐久性に関する国際会議	〃	森 崎 繁
管中の煤膜爆ごう波の伝ば特性	第13回安全工学シンポジウム	58. 7	松 井 英 憲
ウレタンフォームの火炎伝ば防止能力と応用について	〃	〃	林 年 宏



題 目	発表会名	発表年月	発表者
可燃性ダスト層の発火エネルギーの検討	第13回安全工学シンポジウム	58. 7	松 田 東 栄
暴走反応と熱爆発	"	"	森 崎 繁
塗料による発火事故と危険性評価	"	"	"
仮設構造物に対する風荷重	日本風工学会研究発表会	"	{木 下 釣 一 河 尻 義 正
防音パネル, 養生シート等に作用する風圧力についての3次元数値解析	日本建築学会北陸大会	58. 9	木 下 釣 一
片面交さ筋かいによるわく組足場の強度について	"	"	小 川 勝 教
合板足場板の安全に関する研究	"	"	河 尻 義 正
小規模工事用建築工事ブラケット一側足場について	"	"	永 田 久 雄
小規模建築工事用ブラケット一側足場の昇降設備に関する人間工学的研究	"	"	江 川 義 之
労働災害発生時間数の極値の分析	土木学会第38回年次学術講演会	"	花 安 繁 郎
CTA を用いた土砂岩石崩壊による労働災害の解析	"	"	鈴 木 芳 美
衝撃波によるアセチレンの分解爆発限界	衝撃工学シンポジウム	"	松 井 英 憲
新しいエヤサーボ方式の一つの提案	日本機械学会北陸信越支部講演会	58. 10	杉 本 旭
独立した二つのしぼり弁からなる電空変換器	"	"	"
低温における SM 50A 鋼溶接継手の疲労き裂伝ば挙動	日本機械学会第61期全国大会講演会	"	橋 内 良 雄
面取木工盤の集じん方法と集じん効率について	空気調和衛生工学会学術講演会	"	木 下 釣 一
帯電防止作業服の性能試験法	静電気学会全国大会	"	{田 島 泰 幸 児 玉 勉 勉
オフセット砥石の回転強度に対するフランジ形状の影響	日本機械学会山梨地方講演会	"	糸 川 壯 一
管径, 酸素濃度と煤膜爆ごう波の伝ば特性	第21回燃焼シンポジウム	58. 11	{駒 宮 功 額 松 井 英 憲
薄板安全破裂板に関する研究 (第3報)	"	"	鶴 見 平 三 郎
Effect of Specimen Size and Configuration on Fatigue Crack Growth Behavior of Welded Joints	International Symposium on Fracture Mechanics	"	橋 内 良 雄
P分布プログラム荷重下の疲労き裂進展の評価	日本機械学会第923回講演会	"	"
2枚組安全破裂板の破壊挙動	第16回安全工学研究発表会	58. 12	鶴 見 平 三 郎
プロセス用引火点計	"	"	柳 生 昭 三
気体の発火温度測定	"	"	"
SIT における試料セルの thermal inertia の問題ならびに $T_0$ 値に及ぼすセル材質の効果, benzoyl peroxide の場合	"	"	琴 寄 崇
断熱下における熱爆発限界	"	"	森 崎 繁
アルミニウム研磨屑の火災爆発事故と原因	"	"	駒 宮 功 額

題 目	発 表 会 名	発表年月	発 表 者
産業用ロボットの不意動作による災害の典型的パターン	第1回日本ロボット学会学術講演会	//	{深 谷 潔 条 川 一 杉 本 旭
教示操作実験による産業用ロボットの教示速度の限界	日本機械学会59期関西支部総会	59. 3	{杉 本 旭 深 谷 潔
高圧用ゴム手袋の絶縁特性に及ぼす水電極の影響	59年電気学会全国大会	//	市 川 健 二

# 第3章 産業安全技術館等業務

## (1) 産業安全技術館の活動

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

東京の産業安全技術館における施設、展示資料等についての概要は次の通りである。

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

特別展示場 2階 249m<sup>2</sup>

見学指導室 3階 117m<sup>2</sup>

安全技術情報コーナー 2階 84m<sup>2</sup>

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

安全技術情報コーナーにおいても、マイクロフィルム自動検索装置、JICST オンライン情報サービスを利用するための端末装置を備えるとともに、マイクロファイルをはじめ、各種資料の充実につとめている。

昭和 58 年度における産業安全技術館の主な活動は次のとおりである。

●常設展示「保護具コーナー」の内容を全面的に更新した。

●特別展示

58.6. 1～ 7. 7「全国安全週間特別展」

9. 1～10. 7「全国労働衛生週間特別展」

10.17～12.17「最近の電気安全技術」特別展

●講演会

定例講演会を隔月に開催したほか、特別展開催期間中にテーマに関係した講演会を1回開催した。

●施設公開

科学技術週間中に産業安全研究所実験室を一般に公開した。

●その他

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

●入館者

開館日数 296 日 (4/1～3/31)

個人 42,034 名 団体 198 組 3,849 名  
計 45,883 名

## (2) 大阪産業安全技術館の活動

昭和 58 年度における大阪産業安全技術館の主な活動は次のとおりである。

●常設展示「静電気帯電・除電装置」を新設し、静電気事故防止対策に関する資料の充実をはかった。

●特別展示

58.10.20～11.30「最近のガス溶接と安全」

●安全講習会 毎月1回(年12回)

●映画会 安全映画会 5月に毎週1回(4回)  
労働衛生映画会 9月に1回

●その他

展示資料・安全機器等についての技術相談、事業場における一般的安全相談及び団体見学者に対し安全映画の上映を含む安全教育を行った。

●入館者

開館日数 296 日 (4/1～3/31)

個人 9,176 名 団体 131 組 6,550 名  
計 15,726 名

●行事参加者

安全映画会 740 名

衛生映画会 94 名

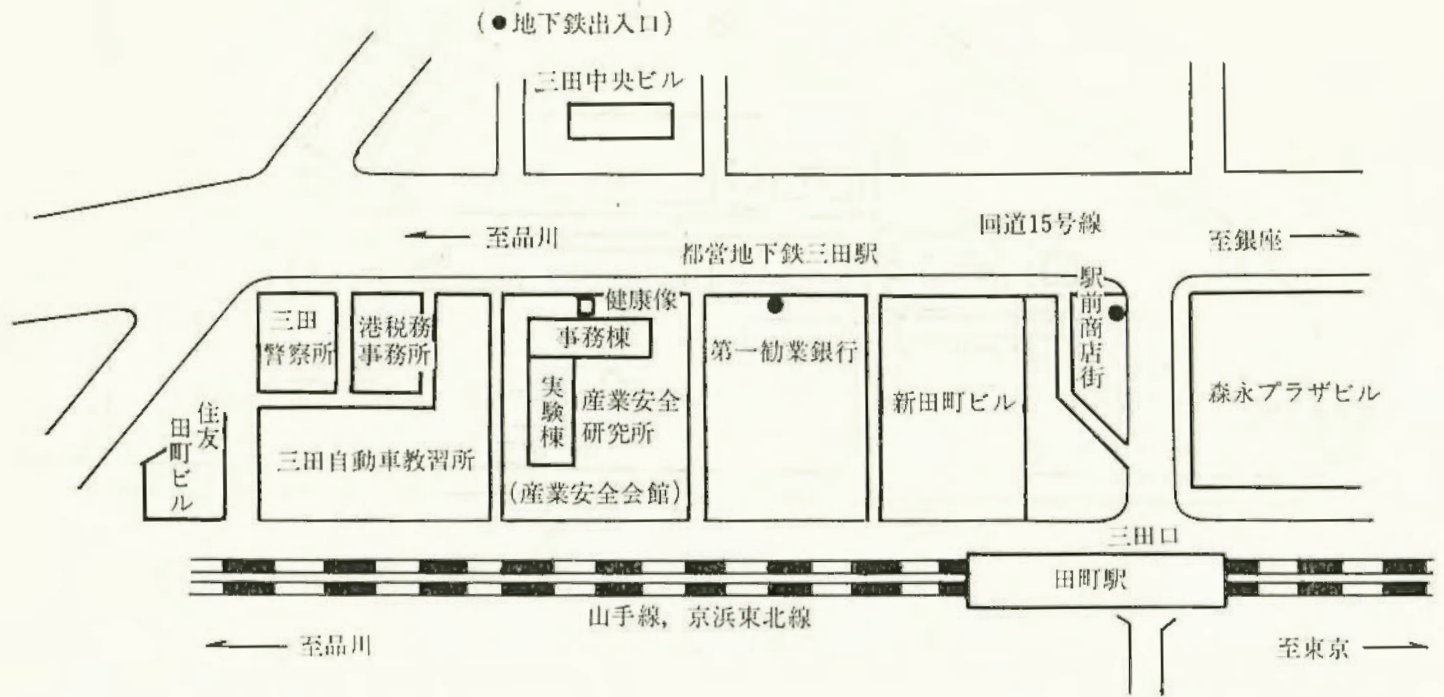
安全講習会 1,233 名 計 2,067 名

## (3) 依頼試験及び検定

昭和 58 年度における産業安全研究所依頼試験規程に基づく依頼試験は、研磨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、安全帯、吊り具等の性能試験等合計 74 件を行い、また機械等検定規則に基づく防爆構造の電気機械器具に対する検定は、合計 46 件行った。

産業安全研究所

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



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

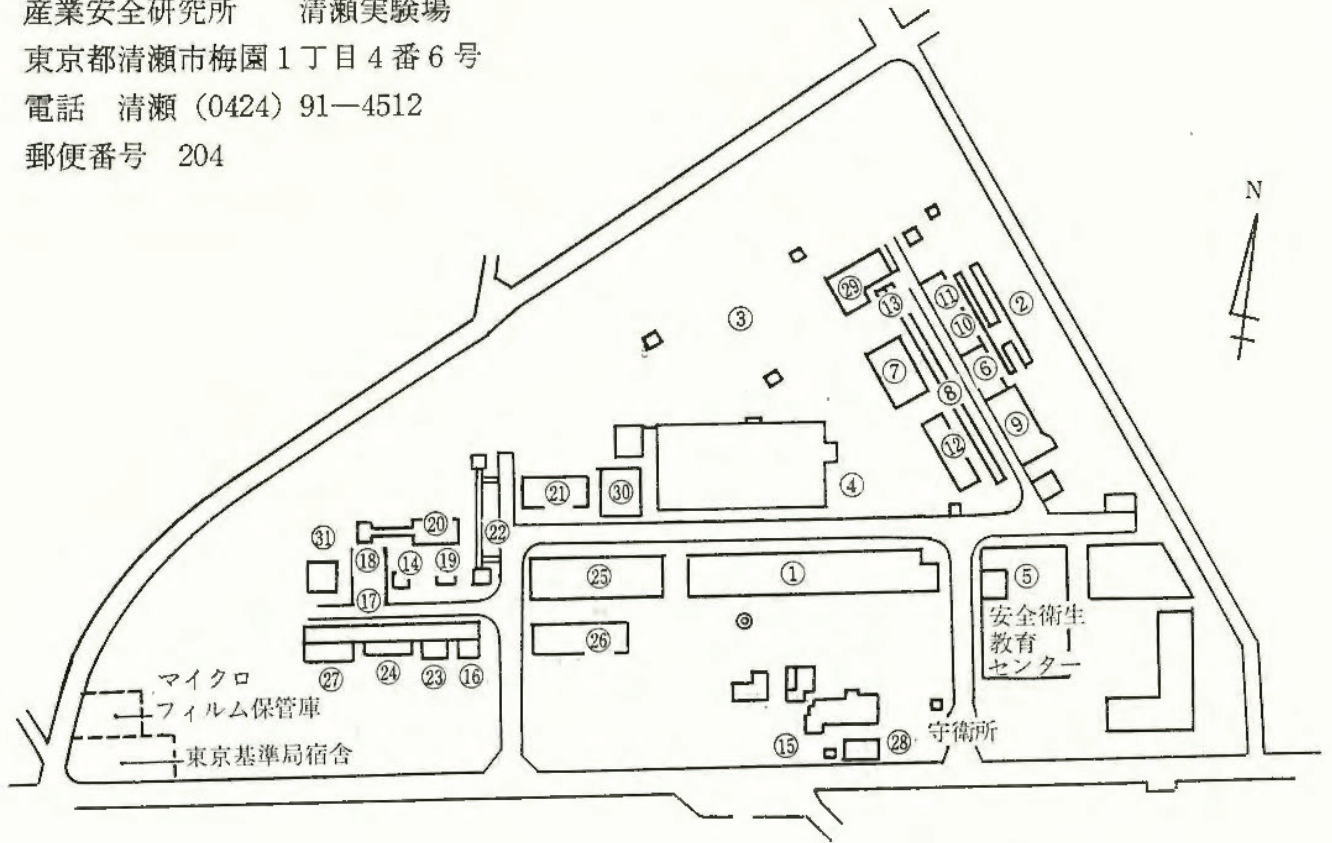
事 務 棟

実 験 棟

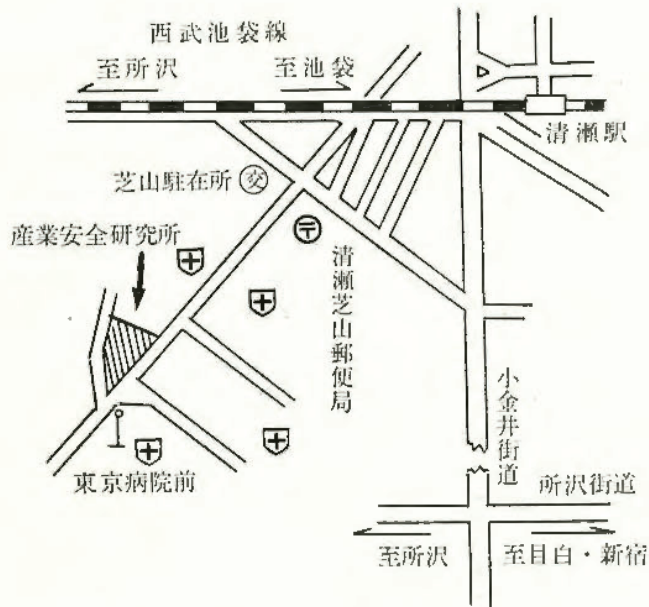
階	事 務 棟	実 験 棟
1 階	産業安全技術館	強電第一実験室・研削砥石実験室・工作室・保護具実験室
2 階	産業安全技術館	非金属材料実験室・機械構造実験室・金属材料実験室・クレーン実験室・強電第二実験室
3 階	所長室・庶務課・部長室・研究部部室・会議室・見学指導室	安全装置実験室・制御実験室・建築環境実験室・建築環境特殊空調室・仮設構造実験室
4 階	安全技術課図書資料室	人体動作機能実験室・計算機室・暗室
5 階		システム工学実験室・静電気放電実験室・岩石工学実験室・土質工学実験室・油帯電実験室
6 階		静電気基礎実験室・粉体帯電実験室・着火機構実験室・電撃第二実験室・電撃第一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

# 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 204



清瀬実験場実験施設等配置図

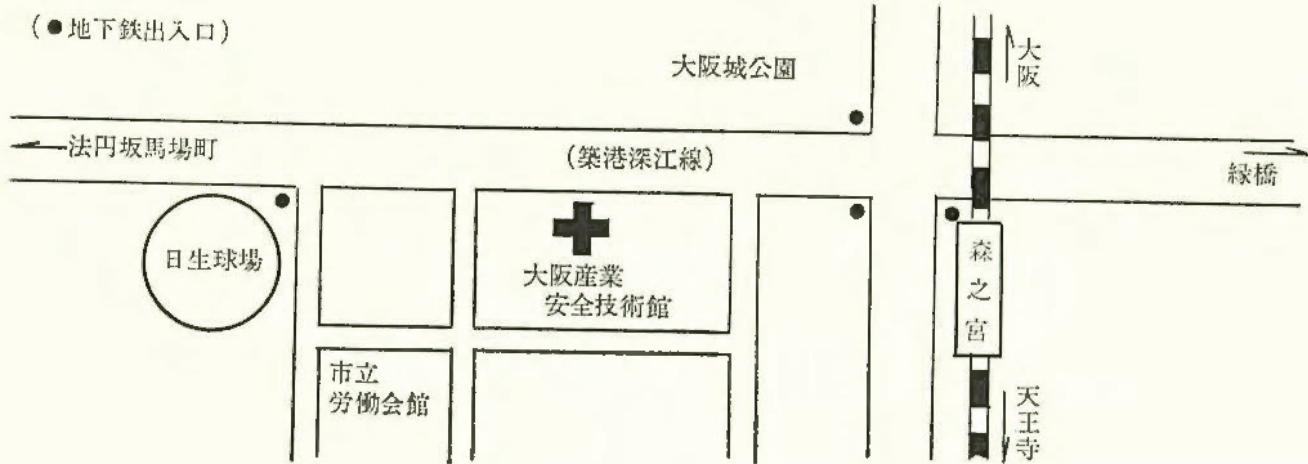


- |                  |                    |
|------------------|--------------------|
| 1 機械実験棟          | 17 大型密閉爆発実験施設      |
| 2 安全帯実験施設        | 18 防爆実験用揚重施設       |
| 3 高所作業観測施設       | 19 高圧示差熱実験室        |
| 4 機械安全システム実験棟    | 20 配管等爆発実験施設       |
| 5 走査型電子顕微鏡室      | 21 高圧燃焼実験室         |
| 6 200 トン圧縮試験室    | 22 液体流動帯電実験施設      |
| 7 土止実験ピット        | 23 高気圧環境実験室        |
| 8 ジブクレーン         | 24 高圧ガス粉じん系爆発実験施設  |
| 9 鋼アーチ支保工実験施設    | 25 防爆電機試験室         |
| 10 単管枠組実験場       | 26 本質安全防爆試験室       |
| 11 軽支保梁実験施設      | 27 粉じん帯電実験施設       |
| 12 多目的反力支持構造物    | 28 変電室             |
| 13 データロガー室 (移動式) | 29 運搬建設機械安定度試験実験施設 |
| 14 実験ガス配合室       | 30 遮音実験室           |
| 15 電気雷管保管庫       | 31 液体攪拌帯電実験室       |
| 16 化学反応実験室       | 32 電気室             |

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 } に乗車 (約 5 分) 東京病院前下車  
 全生園行 }  
 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  
大阪市東区森之宮中央1丁目15番10号  
電話 大阪(06)942-3868  
郵便番号 540





産業安全研究所年報 昭和 58 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)

---