

産業安全 研究所 年報

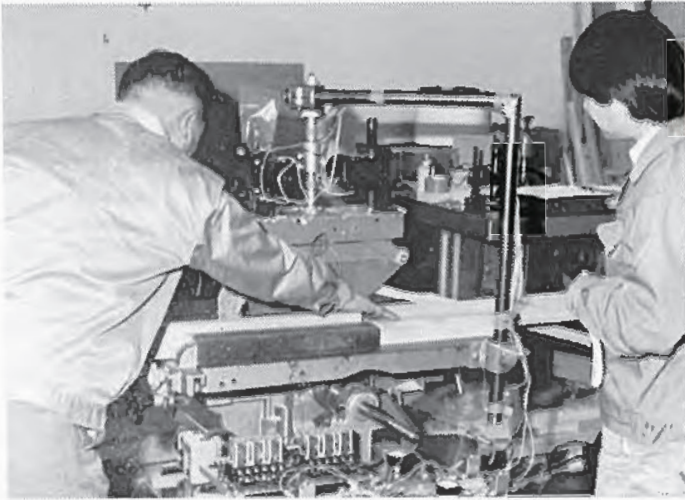
昭和 56 年度

昭和 57 年 5 月

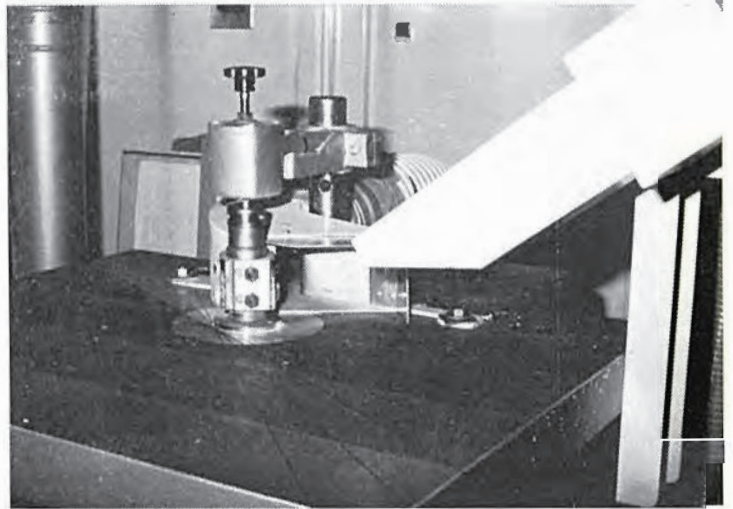
労働省産業安全研究所

特別研究の実施状況

木工機械作業の総合的安全化に関する研究

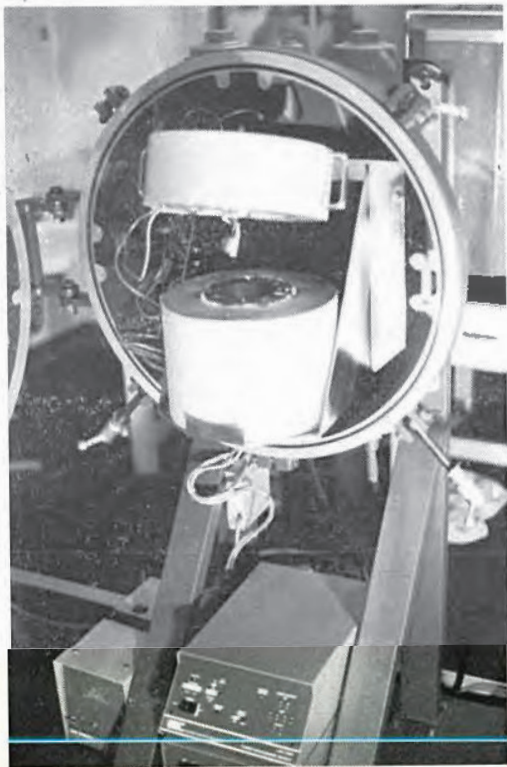


試作した安全カバーの作業性の評価



木工機械の集じん用フードと吹出し装置

反応性物質の爆発危険性評価に関する研究

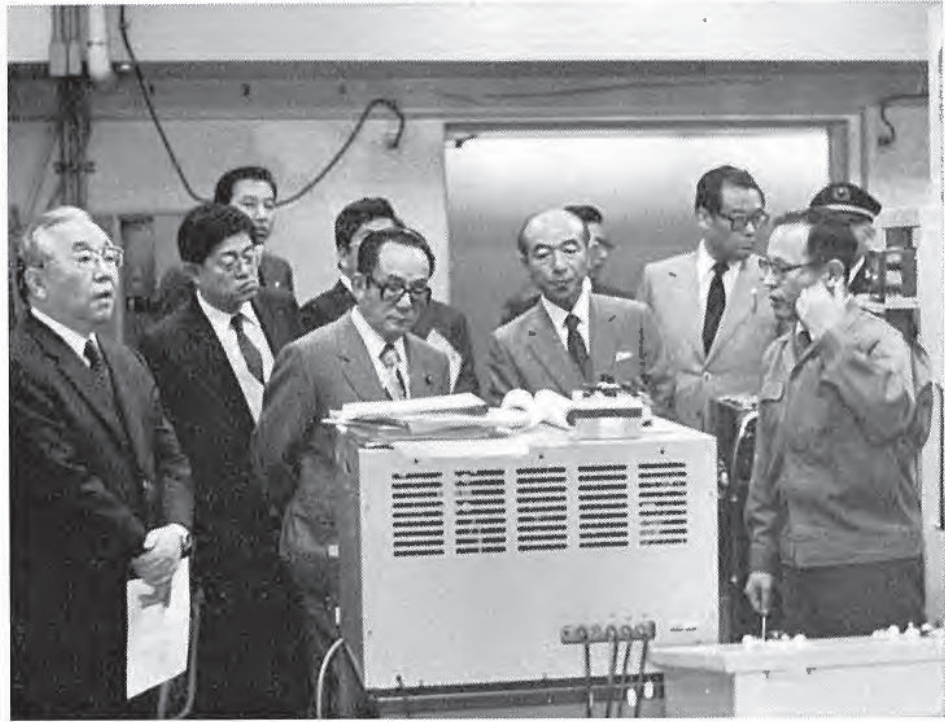


暴走反応測定装置 (ARC) の外観

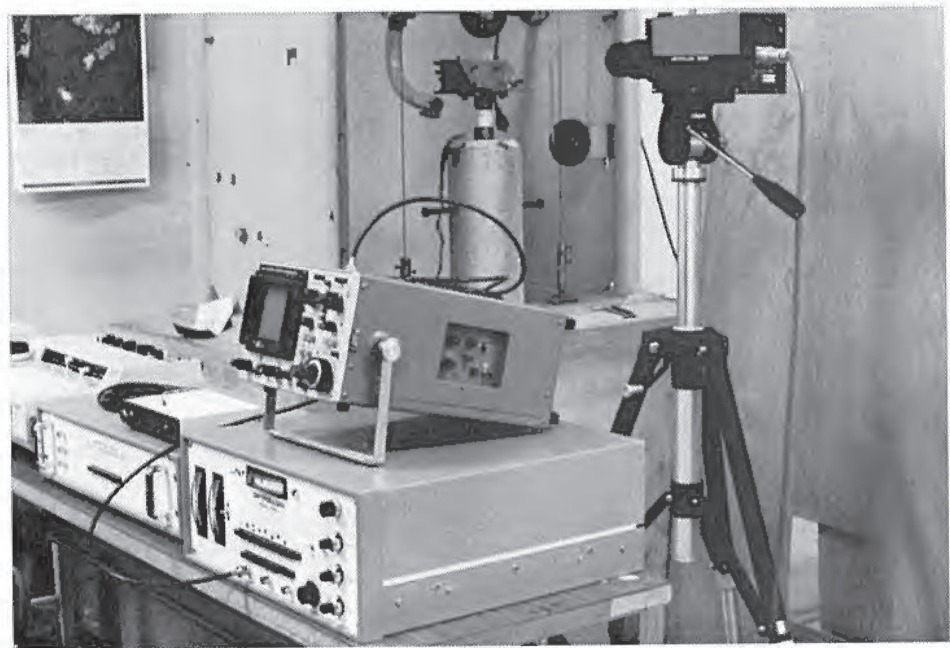


反応性物質による試料容器の破壊状況

初村労働大臣の安研視察



新規設備の概要



非接触電子光学式変位測定装置

目 次

第1章 総 説	2
(1) 研究活動等の概要	2
(2) 今後の課題	3
(3) 主なる動静	4
(4) 業務活動	5
(5) 組織の変遷	6
(6) 歴代所長	7
(7) 組 織	7
(8) 定 員	8
(9) 土地及び建物	8
(10) 歳 入	8
(11) 歳出予算	9
(12) 主要試験研究施設・設備状況	10
第2章 研究業務	11
(1) 昭和 57 年度における研究テーマ	11
(2) 昭和 56 年度における研究成果の概要	12
(3) 刊行物	34
(4) 学会誌・学術雑誌掲載	34
(5) 研究発表	35
第3章 産業安全技術館等業務	37
(1) 産業安全技術館の活動	37
(2) 大阪産業安全技術館の活動	37
(3) 依頼試験及び検定	37
付 録	38
産業安全研究所	38
清瀬実験場	39
大阪産業安全技術館	40

第1章 総 説

(1) 研究活動等の概要

産業安全研究所は、労働省付属の国立研究機関として、産業災害を防止するため、各種災害現象の解明と災害防止技術の開発等広範囲にわたる研究を行っており、特に機械設備の大型化に伴う災害、新技術・新工法に伴う災害、爆発災害など、行政ニーズの高い重大災害の防止に重点を置くとともに、最近の災害動向に対処して、人間工学、システム安全など、安全技術の総合化を目ざして、新しい分野の研究にも積極的に取り組んでいる。

当所が過去に実施してきた研究の分野としては、「加工機械の安全化」、「仮設建造物の安全化」、「ガス・粉じん等の爆発危険性とその防止」、「電気設備による点火危険性とその防止」及び「電撃危険性とその防止」が主なるものであり、これらの研究結果は、それぞれ労働安全衛生規則をはじめ構造規格や技術指針に採用されているが、特に仮設建造物の安全対策と防爆対策についての研究結果は、学会及び産業界からも高く評価されている。昭和56年度に実施した特別研究としては、「木工機械作業の総合的安全化に関する研究」、「反応性物質の爆発危険性評価に関する研究」、「潜水作業に用いる電気機器の安全化に関する研究」及び「水熱反応による高濃度廃液の無害化処理に関する研究」の4つがあげられる。

「木工機械作業の総合的安全化」は、木工加工機械による労働災害が産業機械による労働災害の中で首位を占め、かつ増加の傾向をみせているので、労働省における行政施策の重点項目である木材加工総合災害防止対策の推進に呼応して、災害防止に必要な技術的諸問題、特に機械装置の安全化、作業動作に関する人間工学的改善、粉じん等による火災爆発防止対策ならびに環境改善に関する研究を行い、これら作業の総合的安全化を図るもので55年度に引き続き実施した。

「潜水作業に用いる電気機器の安全化」は、潜水作業で使用する電気機器、ケーブル等が漏電を起すと、ダイバーが電撃を受け、電撃災害の発生するおそれがあるので、ダイバーの安全

を確保する先行的研究として、潜水作業で使用する電気機器が電撃防止対策上、具備すべき構造、材料、安全装置について研究を行うもので、56年度は5ヵ年計画の初年度として実施した。

「反応性物質の爆発危険性評価」は、最近、ジアゾ化合物、ヒドラジン誘導体、有機過酸化物等の各種化学物質が、医薬品、染料、漂白剤、触媒などの原料や中間体として製造され、取り扱われる過程においてしばしば大きな爆発災害が発生し、多数の死傷者と膨大な物的損害を出すに至っているため、この種の爆発災害を防止することを目的として、反応性物質の特有の危険性を確認するため新しい試験法の確立と、これによる危険性の定量的評価と格付けについての研究を、56年度は2ヵ年計画の初年度として実施した。また、「水熱反応による高濃度廃液の無害化処理」は、有機塩素等の有害廃液を高圧・高温下において無公害処置する際の安全性を確保することを目的としており、56年度は3年計画の最終年度として、小規模プラントを用いてフェノール、ニトリル等の工場廃液の水熱反応処理実験を行い成果を収めた。

このほか、56年度に実施した研究の分野としては、「機械設備の安全化」、「人間-機械システムの安全性」、「安全性の人間工学的研究」、「作業環境の工学的改善」、「掘削工事の安全化」、「爆発危険性とその防止」等がある。

また、当所付属の安全技術館においては、従来から高度の安全知識の普及をはかるため、各種資料や実演装置の常設展示を行ってきたが、特別展として「建設工事における現場計測と安全展」を開催した。このほか、メーカーや利用者の要望による安全装器具の依頼試験及び防爆電気機械器具の検定を行った。

(2) 今後の課題

近年急速に進歩したマイクロコンピューター等により制御されるロボットや自動機械による災害を防止するため電子回路及びこれにかかわるソフトウェアにおける安全性の研究とともに、いわゆるメカトロニクスにおける危険性を防止する研究が必要である。また、自然を相手にする建設工事における新工法に伴う危険性や新物質による新しい化学的危険性、レーザー、強電磁界などによる危険性など、ハード面における新しい問題も多く、これらの研究の高度化が必要である。

一方、安全のソフト研究はハード研究に比較して著しく遅れており、このため在来形災害に対する抜本的対策や、大型システム災害の防止のために、安全人間工学及びシステム安全の研究を早急に実施することが必要である。

このような産業安全の研究を推進するためには、災害情報を始めとする各種の情報が不可欠

であり、しかもそれらの情報は研究に対応したきめの細かい専門的な内容が要求される。このため、災害や事故を中心とした国内、国外の情報を収集、整理して研究の資料に供することのできるデータベースの整備を図ることが必要である。

以上の情勢に対処して、当所においては研究体制の整備充実を図ることを期している。

(3) 主なる動静

◎ マスタープラン検討委員会

産業安全研究体制検討会議がとりまとめた「産業安全研究体制のあり方について」をもとに産業安全研究所の体制を整備するため、今後必要とされる研究室、実験室、研究施設、研究設備等の具体的設備計画を専門的に検討することを目的として、55年8月6日マスタープラン検討委員会（委員長、東京理科大学教授丸安隆和氏）が発足し、5回の会議を重ねた結果、昭和56年6月、「産業安全研究所の施設等整備に関する基本計画」という最終報告書が取りまとめられた。同報告書の内容項目は次のとおりである。

I 産業安全研究所の施設等整備における基本方針

1. 施設等の整備が必要な研究部門・分野等
2. 必要とされる実験室等
3. 現有施設の概況と問題点
4. 田町庁舎及び清瀬実験場の利用方針
5. 実験室等の整備方針
6. 必要とされる実験機械・設備

II 田町庁舎の整備計画

III 清瀬実験場の整備計画

◎ 産業安全に関する国立研究機関連絡会議

産業安全に関連のある研究を行う機関が有機的な連携をはかり、研究に関する情報の交換、共同研究の可能性の検討などを行うために52年度に各省庁直轄17研究機関をメンバーとして発足した連絡会議が、56年度は2回行われた、その第1回目は56年10月30日に開催され、「国立研究機関における産業安全に関連のある研究テーマ一覧」の作成経過報告の後、前回より懸案となっていたワーキンググループの設置については、各機関の意見提出状況等から機が未だ熟していないものと判断し暫く見合せたいとの事務局の報告がなされ、情報交換については、火災・爆発災害に関連のある研究を主題として行われた。第2回目は、57年3月26日に開催され、「産業安全に関する研究成果概要集（第2集）」の作成について検討した後、情

報交換については、構造物・機械等の破壊災害に関連のある研究を主題として行われた。

(4) 業 務 活 動

労働省設置法第 12 条により、当所は工場事業場における災害予防についての調査研究を行う機関として、当所の資料「産業安全研究所の役割」に示すとおり、各方面にわたり活発な活動を行っており、昭和 56 年度中に実施した業務活動の内容のうち主要なものを掲げると次のとおりである。

昭和 56 年 4 月 1 日より昭和 56 年 12 月 31 日までの業務活動の内容

- 4 月 2 日、日本機械学会主催、第 58 期通常総会講演会において 1 件の研究発表
- 4 月 3 日、日航(株)パイロット等 6 名が視察のため来所
- 5 月 20 日及び 21 日、本年度新任労働基準監督官研修のため各 61 名の監督官が来所
- 6 月 8 日、産業安全研究所マスタープラン検討委員会開催
- 6 月 24 日、北京市労働保護考察団一行 5 名が視察のため来所
- 6 月 26 日、電気学会主催、環境安全研究会において 1 件の研究発表
- 7 月 2 日及び 3 日、日本学術会議等主催、第 11 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、イギリス BASEEFA 副所長が清瀬実験場に来訪
- 7 月 17 日、バイオメカニズム学会主催、第 7 回バイオメカニズム・シンポジウムにおいて 1 件の研究発表
- 7 月 21 日及び 22 日、日本機械学会主催、機械学会第 20 回シンポジウムにおいて 2 件の研究発表
- 7 月 29 日、日本生産性本部主催のシンガポール仮設機材視察団一行 19 名が来所
- 7 月 31 日、国際協力事業団主催、コロンボ計画等による発展途上国職業訓練指導員養成コースにおける研修のため、ビルマ等 25 ヶ国からの研修生 40 名が来所
- 8 月 11 日、林部労働省安全衛生部長が視察のため来所
- 8 月 22 日、日本人間工学会主催、第 22 回大会において 1 件の研究発表
- 9 月 18 日、日本油化学協会主催、第 20 回油化学討論会において 1 件の研究発表
- 9 月 21 日、土木建築研究部鈴木芳美技官が仏政府給費留学生として安全研究所ナンシー研究センターに留学
- 9 月 29 日、日本建築学会主催、九州大会において 1 件の研究発表
- 10 月 2 日、日本材料学会主催、第 1 回破壊力学シンポジウムにおいて 1 件の研究発表
- 10 月 13 日、日本化学会主催、第 44 回秋季大会において 1 件の研究発表
- 10 月 16 日、静電気学会主催、第 5 回全国大会において 2 件の研究発表
- 10 月 19 日より 12 月 19 日まで、当所において「建設工事における計測と安全」特別展を開催
- 10 月 28 日、ILO 主催、労働条件・作業環境改善のための ASEAN 地域セミナー参加者 15 名が来所

10月30日、第7回産業安全に関する国立研究機関連絡会議開催

11月4日より6日まで、西独物理工学研究所（PTB）Gerhard Schön 教授が、当所の見学及び当所後援の第2回静電気特別シンポジウムに参加のため来所

11月7日、日本機械学会主催、東北支部仙台地方講演会において1件の研究発表

11月11日、日本材料学会主催、第15回疲労シンポジウムにおいて1件の研究発表

11月12日、昭和56年度全国産業安全衛生大会において3件の研究発表

11月12日、静電気学会主催、1981年第2回特別シンポジウムにおいて1件の研究発表

11月12日、熱測定学会主催、研究発表会において1件の研究発表

11月17日、高分子学会主催、1981年度高分子の崩壊と安定化研究討論会において2件の研究発表

12月1日、日本学術会議等主催、第19回燃焼シンポジウムにおいて2件の研究発表

12月3日及び4日、安全工学協会主催、第14回安全工学研究発表会において9件の研究発表

12月8日、日本人間工学会主催、関東支部研究発表会において1件の研究発表

12月18日、電気学会主催、環境安全研究会において1件の研究発表

昭和57年1月1日より昭和57年3月31日までの業務活動の内容

1月7日、初村労働大臣及び林部労働省安全衛生部長が視察のため来所

2月26日、国際協力事業団主催、鉾山保安コース研修生10名が来訪

3月17日、日本機械学会主催、中国四国支部研究発表会において1件の研究発表

3月17日、スウェーデン経営者団体連盟科学顧問フロストリング氏外1名が来訪

3月23日より25日まで、インドネシア安全研究所研究官1名が研修のため来所

3月26日、第8回産業安全に関する国立研究機関連絡会議開催

3月29日、タイ国内務省労働基準局次長が来訪

3月30日、日本機械学会主催、第59期通常総会において1件の研究発表

おって以上は、当所の定期刊行物（年6回発行）である「安研ニュース」に記載されている「安研の動き」から転載したものであり、このうち学会発表についての題目名の詳細は、第2章、（5）研究発表の項に記述した。

（5）組織の変遷

昭和17年1月30日 東京都港区芝田町に厚生省産業安全研究所として設立

昭和18年9月10日 産業安全参考館（昭和29年3月産業安全博物館と改称）を開設し、一般に公開

昭和22年9月1日 労働省の発足とともに、労働省産業安全研究所となる

昭和36年4月12日 大阪市森之宮東之町に大阪産業安全博物館を開設し、一般に公開

昭和41年12月23日 東京都清瀬市に屋外実験場を設置

昭和42年1月17日 庁舎改築のため、屋外実験場の一部を仮庁舎として移転

昭和45年5月1日 2部7課を廃止し4部に再編成

昭和46年3月31日 新庁舎落成

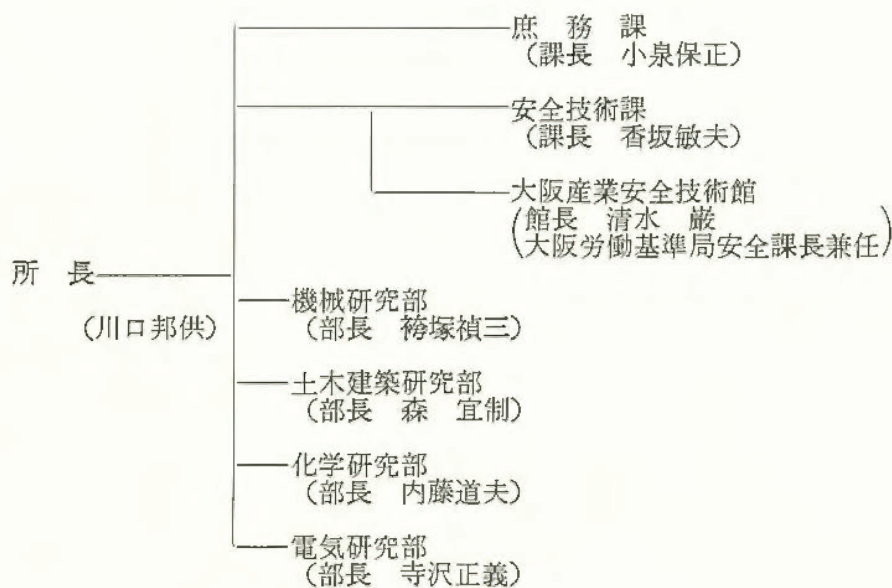
昭和46年4月23日 組織規程一部改正により産業安全博物館を産業安全技術館と改称

昭和46年10月1日 産業安全技術館開館

(6) 歴代所長

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

(7) 組織 (昭和57年4月1日現在)



(8) 定 員

(57. 3. 31 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	17	11	37	1	4	1	6	12	1	51	

(9) 土地及び建物

(57. 3. 31 現在)

名 称	所 在 地	敷地面積 (m ²)	建物面積 (m ²)	
労働省 産業安全研究所	東京都港区芝 5-35-1	6,235	延15,373	
労働省 産業安全研究所 清瀬実験場	東京都清瀬市梅園 1-4-6	44,584	延 7,677	
労働省 産業安全研究所 大阪産業安全技術館	大阪市東区森之宮中央 1-15-10	(832)	延 893	敷地は大阪労働基準局所属

(10) 歳 入

イ 依頼試験

区 分	年 度					
	52 年 度	53 年 度	54 年 度	55 年 度	56 年 度	
研ま盤のと石車の強度試験	40 件	51 件	55 件	25 件	32 件	
安全靴の安全性能試験	22	10	14	16	16	
安全帯の安全性能試験	13	4	7	8	5	
パイプサポートの性能試験	47	10	10	0	0	
建わくの性能試験	47	44	32	1	0	
吊り具の安全性能試験	7	1	5	4	4	
研ま盤のと石車の覆の強度試験	2	8	3	0	2	
その他の試験	2	0	0	1	0	
成績書副本交付手数料	0	0	0	0	0	
合 計	180	128	126	55	59	
歳 入 金 額	1,565 千円	1,527 千円	1,613 千円	1,171 千円	1,141 千円	

口 検 定

区 分	年 度	52 年 度	53 年 度	54 年 度	55 年 度	56 年 度
防 爆 電 気 機 械 器 具 A		29 件	22 件	3 件	0 件	18 件
" B		38	23	15	12	25
" C		25	19	18	6	15
" D		15	4	13	7	15
" E		30	32	42	24	31
" F		4	1	0	0	0
更 新 手 数 料		256	1	0	0	0
合 計		397	102	91	49	104
歳 入 金 額		8,696 千円	6,589 千円	7,025 千円	4,639 千円	8,515 千円

(11) 歳 出 予 算

区 分	昭 和 56 年 度			昭 和 57 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	千円	千円	千円	千円	千円
研 究 費	208,502	52,256	260,758	230,085	54,273	284,358
経 常 研 究 費	43,789	138,421	182,210	42,533	138,421	180,954
特 別 研 究 費	43,789	92,369	136,158	42,533	92,369	134,902
(木工機械作業の総合的安全化に 関する研究)	—	46,052	46,052	—	46,052	46,052
(反応性物質の爆発危険性評価に 関する研究)	—	22,071	22,071	—	—	—
(反応性物質の爆発危険性評価に 関する研究)	—	23,981	23,981	—	23,981	23,981
(運搬機械の転倒災害防止技術に 関する研究)	—	—	—	—	22,071	22,071
依 頼 試 験 ・ 検 定 経 費	745	—	745	745	—	745
産 業 安 全 技 術 館 経 費	—	25,496	25,496	—	25,496	25,496
そ の 他 の 経 費	27,985	62,609	90,594	29,284	96,127	125,411
小 計	281,021	278,782	559,803	302,647	314,317	616,964
(移替予算)						
国 立 機 関 公 害 防 止 等 試 験 研 究 費	21,069	—	21,069	40,772	—	40,772
(水熱反応による高濃度廃液の無害 化処理に関する研究)	21,069	—	21,069	—	—	—
(フッ素有機排ガスの無害化処理技 術に関する研究)	—	—	—	20,137	—	20,137
(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 関する研究)	—	—	—	20,635	—	20,635
海 洋 開 発 調 査 研 究 促 進 費	4,540	—	4,540	4,196	—	4,196
(海中における電撃危険性とその防 止に関する研究)	4,540	—	4,540	4,196	—	4,196
小 計	25,609	—	25,609	44,968	—	44,968
合 計	306,630	278,782	585,412	347,615	314,317	661,932

(12) 主要試験研究施設・設備状況

施設・設備の名称	施設・設備の名称
<p>【一般会計】 (設備) 高圧示差熱分析装置 赤外分光光度計 ヘリウム用高気圧下短絡実験装置 放電波形解析装置 高圧発火エネルギー測定装置 流動帯電量試験装置 高圧熱天秤 質量分析装置 高真空蒸着装置 環境試験装置 瞬間加熱赤外線加熱分解炉 データ集録装置 水熱反应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</p>	<p>可搬型データレコーダ 10トン横型引張試験機 横型真空焼鈍炉 液体誘電率導電率測定装置 粉じん爆発特性実験装置 電子計算機システム 走査型電子顕微鏡 X線回折装置 デジタル記憶装置 圧力容器付耐アーク性試験器 自然発火試験装置 500トン万能試験機 赤外線炭酸ガス分析装置 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 デジタルオシロスコープ 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</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 天井クレーン実験施設 防爆実験揚重施設 多目的反力支持構造物 配管等爆発実験施設 高圧ガス粉じん系爆発実験施設 粉じん帯電実験施設 運搬建設機械安定度試験実験施設 遮音実験室 液体攪拌帯電実験施設 (設備) 静電気帯電検出装置 静電気帯電測定装置 高圧燃焼実験装置 建材試験機 球型高圧爆発限界実験装置 X線応力測定装置 セーフギャップ実験装置 遮断現像解析用演算装置</p>	<p>可搬型データレコーダ 10トン横型引張試験機 横型真空焼鈍炉 液体誘電率導電率測定装置 粉じん爆発特性実験装置 電子計算機システム 走査型電子顕微鏡 X線回折装置 デジタル記憶装置 圧力容器付耐アーク性試験器 自然発火試験装置 500トン万能試験機 赤外線炭酸ガス分析装置 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 デジタルオシロスコープ 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</p>

第2章 研究業務

(1) 昭和57年度における研究テーマ

行政面における緊急課題に対応するために、特別研究として、新たに「運搬機械の転倒災害防止技術に関する研究」を今年度より実施するとともに、「反応性物質の爆発危険性評価に関する研究」を引続き行うことにした。また新たにマイクロ・エレクトロニクス関係のプロジェクトチームを発足し、ロボット関連の課題にそなえた。

経常研究としては、次のAからHの各項目に掲げる25テーマを選定し、前年度同様安全技術の基盤の確立を期することにした。おって安全技術の新分野への展開を図るために、環境庁及び科学技術庁よりの移替予算による研究もこれと併せて実施することにした。

A. 機械設備の安全化

1. 金属材料の破壊防止
 - a. 高張力鋼溶接継子の低温下における疲労き裂伝ば挙動と破壊靱性
 - b. 溶接材及び熱処理材の水環境中の腐食疲労特性
2. 高速回転機械の安全化
 - a. 砥石破片の衝突に対するカバーの防護機能
3. 超高压容器等の安全化
 - a. 内面切欠を有する内圧円筒の疲労き裂伝ば
4. 工事用設備の安全化
 - a. わく組足場のせん断剛性と座屈荷重の関係
 - b. 合板足場板の安全性

B. システムの安全性

1. 安全性の評価
 - a. 最大、最小災害発生時間の分布
 - b. 安全コストと災害コストとの関係の検討

C. 安全性の人間工学的研究

1. 機械設備の人間工学的研究
 - a. 順応型マニピレーターのバイラテラル制御
 - b. 作業条件が作業者の意識レベルに及ぼす影響とヒューマンエラーの関連性
2. 作業設備の人間工学的研究
 - a. 高所における心理的生理的反応
 - b. 階段昇降時の注視点位置

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

E. 掘削工事の安全化

1. 土砂岩石の崩壊防止
 - a. セーフティアセメントに用いるトンネル危険度ランクの設定

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. 可燃性ダスト層の最小発火エネルギー
2. ガス爆発危険性とその防止
 - a. 安全破裂板のじん速破壊
 - b. 爆発放散孔の実用化
 - c. 衝撃波による可燃性ガスの着火機構
 - d. 混合液蒸気の爆発限界測定における新法の開発
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
4. 電気設備による点火危険性とその防止
 - a. 粉じん防爆構造の粉じんの侵入による劣化判定
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. 帯電粉じんと接地球との放電による着火危険

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離脱可能性
 - b. 遮へいによる漏電場の電界緩和の検討
2. 送配電線における電撃危険性
 - a. 絶縁用保護具防具の絶縁劣化要因の検討

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. フロン無害化処理技術

特別研究

A. 反応性物質の爆発危険性評価に関する研究

- a. 反応性物質の加圧下における反応特性及び衝撃感度特性

B. 運搬機械の転倒災害防止技術に関する研究

- a. アウトリガーに対する地盤耐荷力の定量化
- b. 転倒防止アウトリガーの開発
- c. フォークリフトの転倒防止

(2) 昭和 56 年度における研究成果の概要

○金属材料の破壊防止

軟鋼溶接継手の疲労き裂伝ば

速度及び破壊靱性に及ぼす低温の影響

機械研究部 橋内良雄

1. 研究目的

溶接構造物が低温下で繰返し荷重を受ける場合、靱性が低下するために、わずかに成長した疲労き裂から容易に脆性破壊が起こるようになる。そこで、低温下における溶接構造物の脆性破壊を防止するための基礎資料を得るために、室温から -150°C の範囲における母材と溶接金属の疲労き裂伝ば特性、き裂開口挙動、き裂伝ば機構および溶接残留応力分布などについて検討すると共に、母材と溶接金属の破壊靱性の比較を行った。

2. 試験片及び実験方法

供試材は SM 50 A であって X 開先加工後、溶接棒 D 5016、電圧 35 V、入熱 $15.1\sim 24.4\text{ kJ/cm}$ の条件で手動により突合せ溶接を行った。溶接後、溶接金属中をき裂が伝ばするように切欠きを付けた幅 100 mm、厚さ 14 mm の CT 型疲労き裂伝ば試験片と幅 51 mm、厚さ 12.7 mm の CT 型弾塑性破壊靱性試験片を作製した。なお、母材も溶接金属試験片と同じ形状寸法にした。試験は、低温槽を装備した電気油圧式サーボ疲労試験機を用いて行った。低温は低温槽内に送る液体窒素の量を電磁弁で調節する方法によって得た。弾塑性破壊靱性試験 (J_{Ic}) 試験は、ストレッチゾーン法によったが、この際の J 値は、荷重 P と荷重点変位 δ で囲まれた面積を基に算出した。

3. 実験結果

室温から -85°C の範囲における母材の疲労き裂伝ば速度は、温度の低下と共に若干低下する傾向が認められた。しかし、 -150°C では ΔK が $25\text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ 以上から急激に速度が増加したが、これは疲労き裂の伝ば過程において、へき開が出現したためであることがフラクトグラフィによって確認された。溶接金属のき裂伝ば速度は図 1 に見られるように、いずれの温度においても母材の速度よりも低下しており、また温度と速度との間に系統的な関係は認められない。この原因として、溶接金属の疲労き裂伝ば速度は、試験温度よりも残留応力に強く影響されるためと推察される。そこで、試験片の有する溶接残留応力を測定した結果、試験の幅の中央で引張りに、両端で圧縮となっていた。このため、き裂先端では常に圧縮残留応力が存在する状態となるために、伝ば速度が母材よりも低下したことが判明した。残留応力はき

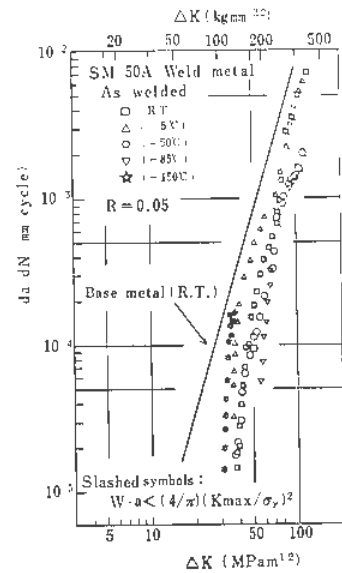


図 1 溶接金属のき裂伝ば速度と ΔK との関係

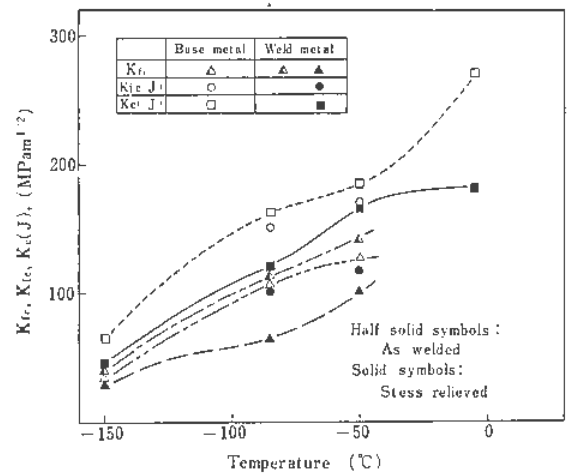


図 2 母材および溶接金属の破壊靱性値と温度の関係

裂先端が開く際の荷重、すなわちき裂開口点に影響すると考えられるので、コンプライアンス法によりき裂開口点を測定した。そして、き裂開口点以上の応力拡大係数範囲、すなわち有効応力拡大係数 ΔK_{eff} により図 1 の伝ば速度を再整理した結果、試験温度や残留応力が異なる場合でも、き裂伝ば速度は ΔK_{eff} によって整理できることが判明した。

室温から -85°C の範囲において J_{Ic} 試験を行った結果、室温以外では有効な J_{Ic} 値が得られた。次に、得られた J_{Ic} 値および過荷重破壊して得た -5 と -150°C の J_c 値を、それぞれ $K_{Ic}(J)$ 及び $K_c(J)$ に変換して、疲労破壊靱性 K_{fc} と比較した。図 2 はその結果を示したもので、いずれの温度においても、母材に比べて溶接金属の靱性が低下している。また、 K_{fc} は $K_{Ic}(J)$ よりもかなり低い値となることから、繰返し荷重を受ける溶接構造物の脆性破壊を防止するには、静的破壊靱性 K_{Ic} よりも K_{fc} を重視すべきである。

1. 研究目的

機械・構造物の部材には材料の製造、設計、加工、稼働及び保守などの過程において導入される種々の強度上の欠陥が含まれることが多い。これら部材に繰返し荷重が掛かる場合、その寿命は欠陥を起点として成長するき裂の伝ば過程に支配されるが、この過程には環境条件が著しい影響を与える。そのため、この環境効果については、ことに最近数多くの研究がなされている。しかし、最も広く利用される構造用低炭素鋼について、(1)低サイクル(高速き裂伝ば)条件や、(2)下限界を含む低速き裂伝ば条件を対象としたものは比較的少ない。従って、著者はこれらの領域での水環境の効果の検討を開始し、先に上記(1)の領域に対する検討結果を報告した。

本研究ではその結果と関連して、さらに(2)の領域について、同様な水環境の効果を検討した。

2. 材料及び実験方法

供試材は市販の厚さ 6 mm の軟鋼 SB 42 及び高張力鋼 WT 80 C である。これらから 5 mm 幅の中央スリットつき平板試験片(4T × 100 W × 200 L)を作成した。き裂伝ば試験は試験片中央部に容量約 0.2 l の水槽を取りつけ、これに約 0.2 l/min の流量で 20 l の環境水を循環させ、電磁共振型疲労試験機を用いて実施した。応力はき裂伝ばの下限界 ΔK_{th} を求めるためにステップ状の漸減及び漸増条件とした。応力比は 0 及び 0.5 (ゼロ引張り及び引張り引張り条件)、荷重繰返し速度は約 145 Hz である。水環境は純水及び 3% 食塩水にそれぞれ空気及び N_2 ガスを吹き込んで溶存酸素と飽和及び除去したものの 4 種であり、参照環

境としては実験室空気(相対湿度 70% 以下, $25 \pm 2^\circ C$)を採用した。環境水の循環系は全て塩ビかアクリル製である。表面き裂の成長状況は水槽外から 50 倍の読取顕微鏡で観察してき裂伝ば速度を求めた。破面観察には走査電顕を用いた。

3. 実験結果

図 3 には SB 42 材のき裂伝ば速度 dl/dN と応力拡大係数 ΔK との関係に対する N_2 吹き込み純水環境の効果を示す。この純水環境は空気中に比べて高速域では促進的な、また低速域では抑制的な効果を示している。この効果は、空気吹き込み純水中及び N_2 吹き込み食塩水中でも、また材料及び応力比が異ってもほとんど変わらない。なお ΔK_{th} は応力比が 0 から 0.5 に増大するとかかなり小さくなるが、上記の 3 種の水環境はわずかにその値を増大させる程度でその影響は少ない。

ところが、溶存酸素と塩素イオン Cl^- が共存する空気吹き込み食塩水中では、図 3 にみられる様な $dl/dN - \Delta K$ 曲線の屈曲域より低い ΔK 条件で顕著なき裂伝ば促進効果がみられた(空気中での ΔK_{th} の約 1/2 の低 ΔK においてもなおき裂成長を確認)。これは破面観察での著しい溶解の痕跡から、き裂先端部での変形の繰返しと腐食作用との競合による促進効果であると推定される。以前の低サイクル高応力条件でのき裂伝ば実験では、水の存在そのものが(恐らく水素脆性による)顕著な促進効果を示し、溶存酸素や Cl^- の存在の効果はもしあったとしても実際上は無視できる程度であったことと比べると興味ある結果である。とくにき裂の発生挙動についての検討と関連して今後の解明が重要と思われる。

なお、破面解析によれば、緩やかな水環境中では空気中と同様に $dl/dN = 10^{-4} \sim 10^{-2} \mu m/c$ あたりに粒界破面が形成され、その破面面積率は dl/dN と対応を有している。恐らくこの粒界破面率は負荷の推定(定量的破面解析)の 1 つの有力な手掛りとなるであろう。写真 1 は粒界破面形態の 1 例である。

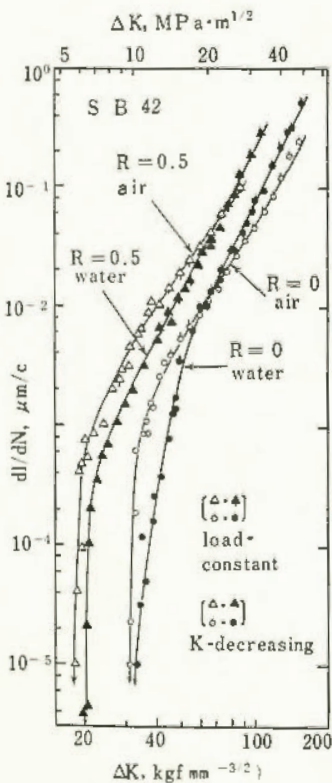


図 3 ΔK 域の dl/dN に対する N_2 吹き込み純水環境の効果 (SB 42 材)

境の 4 種であり、参照環

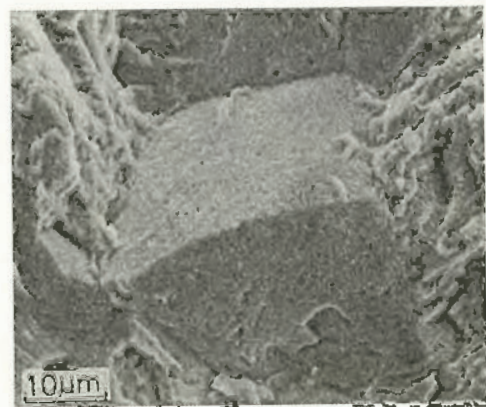


写真 1 WT 80 C の純水中での粒界破面 ($dl/dN = 0.004 \mu m/c$)

○運搬機械の安全化

トラッククレーン旋回サークル部の

ボルトの強度計算

機械研究部 前田 豊

1. 研究目的

トラッククレーンの転倒・倒壊事故は、過モーメントによる転倒と過荷重によるジブ折損が主なものであったが、最近になって旋回サークルを取り付けているボルトの破断事故が注目されるようになってきた。旋回サークルとは、クレーンの上部旋回体と下部走行体の中間にある回転機構のことであるが、これに大きなベアリングを用い（旋回輪）、その内外輪をそれぞれ上部旋回体あるいは下部走行体にボルトで取りつける構造をとることが多くなっている（図4）。

本研究の目的は、破断事故防止対策上の一助とするために、従来明確でなかったこのボルトに作用する荷重の大きさを定量化することにある。

2. 理論式の概要

旋回輪-ボルト系には、クレーンの自重、つり荷の重量等が外力として作用し、ボルトの締め付け力が内力として作用している。本理論では、旋回輪-ボルト系について、次の3通りの領域を考える（図5）。

- ① 圧縮変位が大きく、ボルトが締め付け前の長さ以下には縮まないため、その締め付け力を失っている領域。
- ② ボルトの締め付けが有効に作用し、ボルトには引

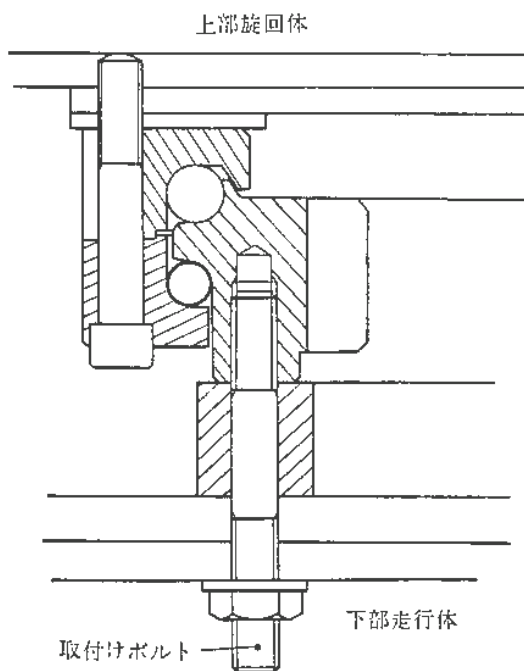


図4 旋回サークルの構造

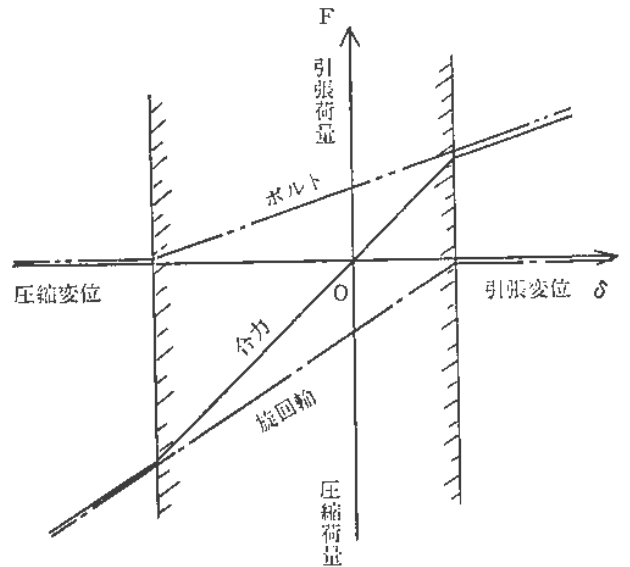


図5 ボルト・旋回輪の変位と荷重

張力、旋回輪には圧縮力が作用している領域。

- ③ 引張変位が大きく、ボルトに引張力は作用しているが、旋回輪には圧縮力が作用していない領域。

旋回輪-ボルト系には、以上のうちに1個から3個の領域が同時に出現することが考えられるので、その場合の数は全部で6通りになる。

- ①, ②, ③の領域が同時に出現する場合を1例として考えると、外力のつりあいと、外力のモーメントのつりあいから次式を導くことができる。

$$p = \frac{K_b + K_f}{\pi(\cos \theta_b - \cos \theta_f)} \times \left\{ \frac{\sin \theta_f - \theta_f \cos \theta_f}{K_b} - \frac{\sin \theta_b + (\pi - \theta_b) \cos \theta_b}{K_f} \right\}$$

$$\frac{e}{r} = \frac{K_f(2\theta_f - \sin 2\theta_f) - K_b(2\theta_b - 2\pi - \sin 2\theta_b)}{4K_f(\sin \theta_f - \theta_f \cos \theta_f) - 4K_b(\sin \theta_b + (\pi - \theta_b) \cos \theta_b)}$$

ここで、 p は外力の大きさを表わす無次元量、 e/r は偏心の大きさ（モーメントの大きさ）を表わす無次元量であり、その値は荷重条件から決定できるものである。 θ_b, θ_f は領域の境界位置を示す変数であり、上式を連立させて解けば得ることができる。

このとき、ボルトのうち最も引張応力が大きくなるものについて、その引張応力は、

$$\sigma_t = \frac{P_0}{A_s} \left(1 + \frac{K_b}{K_f} \right) \frac{1 + \cos \theta_b}{\cos \theta_b - \cos \theta_f}$$

と計算できる。

また、系がすべて②の領域内にあるときは、上式を

$$\sigma_t = (P_0/A_s) \{ p(2e/r - 1)/(1 + K_b/K_f) + 1 \}$$

と簡単なかたちには書き表わすことができる。

○工事用設備の安全化

特殊使用条件におけるわく組足場の安全性

土木建築研究部 小川勝教

1. 研究目的

建築工事にわく組足場が数多く使用されている。その中にはわく組足場の建物側の交さ筋かいを取外して使用している場合がある。わく組足場のわく組は、建わく間の両面に交さ筋かいを取付けること（両面交さ筋かい）によって所定の強度が得られる構造のものである。そのため、片面の交さ筋かいを取外した（片面交さ筋かい）使用にあっては、わく組の所定の強度が得られず、従来と同様な使用においては倒壊の危険が生ずることが考えられる。そのために、片面交さ筋かいのわく組足場の強度について調べた。

2. 実験方法及び供試体

実験は片面交さ筋かいの供試わく組足場について、脚柱の下端をジャッキベース、上端をナイフエッジ端とし、足場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、かつ均等に作用させた。

供試わく組足場は、建わく間隔 1.8 m、層間隔 1.7 m の 5 層 1 スパン及び 5 層 5 スパンの 2 種類とした。なお、供試わく組足場の建わくは、わく高さ 1.7 m、わく幅 60 cm、90 cm、120 cm の 3 種類とした。また、建わく間に架け渡す布わくは、建わく幅に応じた標準的なものとして、建わく幅 60 cm に対し布わく幅 45 cm、90 cm に対し 75 cm、120 cm に対し 105 cm のものとした。

3. 実験結果

5 層 1 スパンの供試わく組足場の各層が建わくの幅に応じた標準的な幅の布わくが架け渡された場合の座屈実験結果を表 1 に示す。建わく幅 90 cm、120 cm のわく組足場については、両面交さ筋かいの場合、脚柱のジョイント部を変曲点とした個材座屈に対し、片面交さ筋かいにおいては交さ筋かいを取外した側の脚柱が 2～3 層に渡る大きな変形を起し座屈した。片面交さ筋かいにおける座屈荷重は、両面交さ筋かいの座屈荷重に比べ 90 cm 幅の建わくで 25%、120 cm 幅の建わくで 33% の低下であった。又、建わく幅 60 cm のわく組足場の片面交さ筋かいの場合は、両面交さ筋かいのときと同様に

表 1 5 層 1 スパンの座屈荷重

建わく幅 cm	布わく幅 cm	1 わく当りの最大荷重 kg	
		両面交さ筋かい	片面交さ筋かい
60	45	8200	7700
90	75	9950	7500
120	105	9600	6400

建わく面のせん断変形を伴う交さ筋かい面と直角方向に全体座屈を生じた。その時の座屈荷重は両面交さ筋かいの座屈荷重に比べ 6% の低下であった。90 cm、120 cm 幅の建わくのわく組足場のように個材座屈を起す形式のわく組足場は片面の交さ筋かいを取外したことによる影響が顕著に表われるが、60 cm の建わくの足場のように全体座屈を起す形式の足場は余りその影響はないものと思われる。

また、片面交さ筋かいのわく組足場の場合、布わくのわく幅に応じた座屈荷重が変わるものと思われるため、90 cm、120 cm 幅の建わくのわく組足場について調べた結果を図 6 に示す。その結果座屈荷重は布わくの幅に比例して、布わく幅が狭くなる程低下し、建わく幅の 1/2 幅の布わくで約 50% もの低下であった。建わくの幅が広いわく組足場程、布わくの幅による座屈荷重の低下の割合が大きい。

なお、布わくに代えて足場用鋼管にて両建わくを直交クランプで連結し、かつ水平筋かいを取付けた片面交さ筋かいの足場の場合の座屈荷重は布わくの場合に比べかなり大きな値であった。このことより片面交さ筋かいのわく組足場は、布わくのずれが生じないようにすれば座屈に対してより効果的であると思われる。

次に 5 層 5 スパンで各層に建わくの幅に応じた標準幅の布わくを取付けた片面交さ筋かいのわく組足場の座屈荷重は、90 cm 幅の建わくの足場で 9150 kg、60 cm 幅の建わくの足場で 7350 kg であった。90 cm の建わくの足場の場合 5 層 1 スパンの時のように座屈荷重が低下しなかった。これは、連続スパンによる相互の連けい（布わくのずれも起りにくい）によるものと思われる。また、60 cm 幅の建わくの足場は、5 層 1 スパンの時の座屈荷重に比べ若干低い値であった。

以上の結果を考慮し、片面交さ筋かいのわく組足場に関し適切な使用条件を決めるべく検討中である。

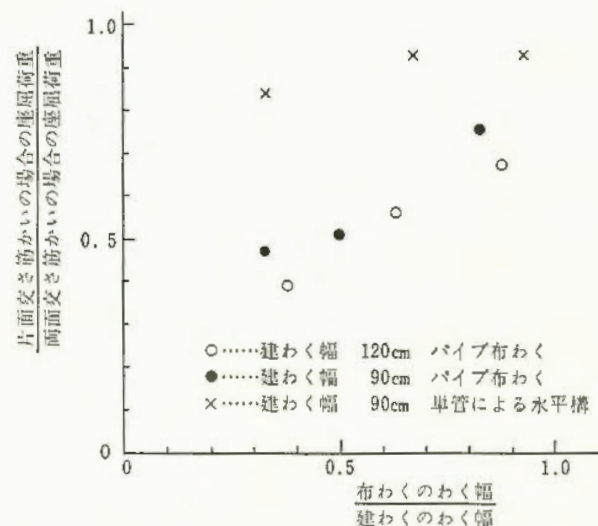


図 6 布わくのわく幅と座屈荷重

○安全性の評価

産業用ロボットによる危険性の FTA 的評価

機械研究部 袴塚禎三・杉本 旭
佐藤吉信

1. 研究目的

いわゆる産業用ロボットは、近年産業界において急速に普及しつつあり、今後もその使用の増加が予想される。産業用ロボットによる災害はその特有のものもあって、オペレータ等に与える危険性は無視できないものがある。そこで産業用ロボットに予測される災害の危険性について同定することを本研究の目的とする。

2. 解析方法及び結果

まず、ロボットを用いた作業に関する FMEA を行い、基本設計の誤り、安全機能の誤り、使用方法の誤り等について、想定される危険性（潜在危険）と原因について解析した。これをもとに、ロボットを用いた作業、すなわちロボットに特有なプログラミング（教示）作業を含め段取作業・ためし作業・自動運転付随作業・調整作業・保全点検作業の各作業について、それぞれ潜在危険を発生させるロボットの危険動作を同定した。

表2は各々のロボットの危険動作によって、潜在危険の発生し得る作業について○段で示してある。

次に災害は一般的に(イ)エネルギーの望ましくない形での変換、(ロ)そのエネルギー変換経路内（危険領域）に人間が存在すること、(ハ)エネルギーの人間への伝達阻止機能の欠落の三つの要因によって成立する。

表 2 産業ロボットの危険動作と作業の種類

作業の種類	ロボットの意図しない危険動作	暴走	加工物の放出	不意の起動	その他
1. 段取					○
2. プログラミング					
(1)ペンダント方式	○	○			
(2)ダイレクト方式	○	○			
3. ためし	○	○	○		
4. 自動運転付随					
(1)起動時				○	
(2)通常運転時	○	○	○		
(3)異常停止時			○		○
(4)非常停止時			○		○
5. ホールド停止		○	○		

ロボットの作業においても同様で、この場合の潜在危険の因果関係を明確にするために FTA による解析を行った。防止対策としては(ロ)、(ハ)共に重要であるが。(イ)「エネルギーの望ましくない形での変換」について言えば、各種のエネルギーがその要因分析の対象に考えられる。そのうち特にロボット災害に特徴的な要因である「機械的エネルギーによるもの」についての解析結果を図7に示す。

この要因を成立させる原因としては、ロボットの制御機能に異常を生じさせる、電気的ノイズ、制御回路の異常、リミットスイッチの異常、オイルのコンタミネーション、その他等が考えられている。

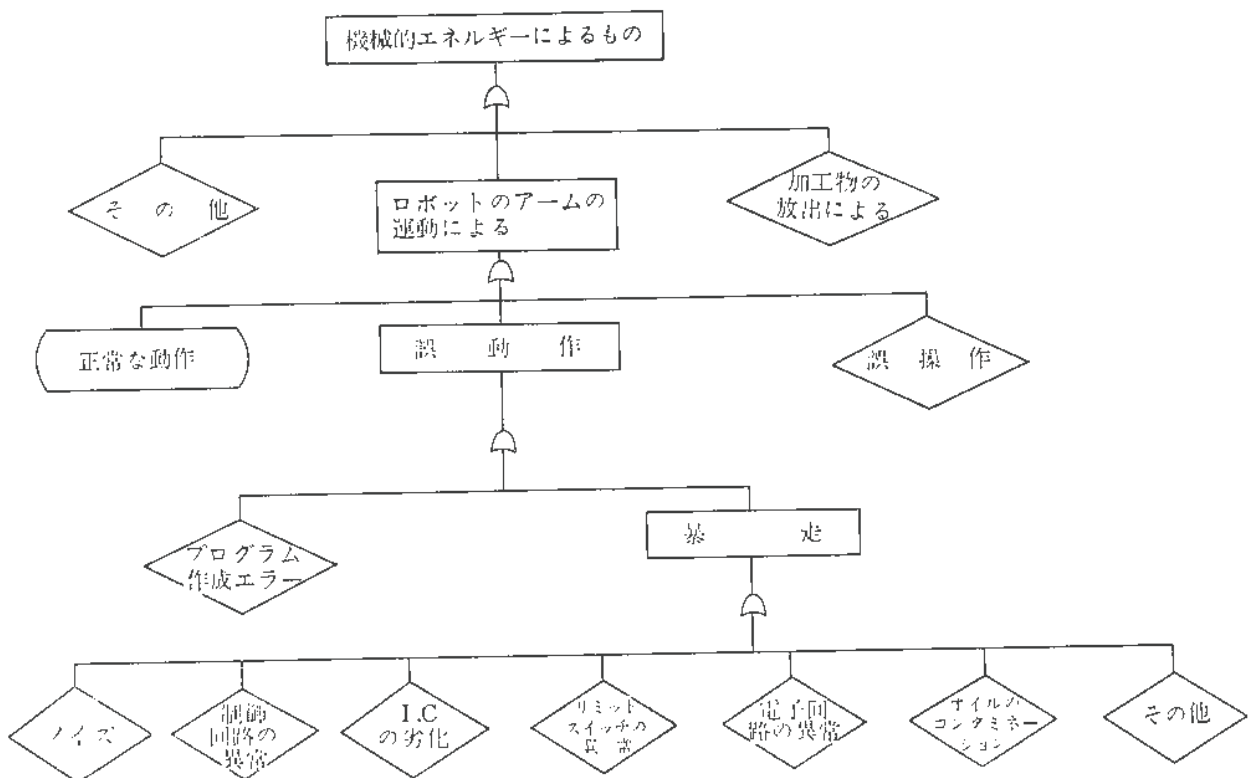


図 7 ロボットによる災害の FTA (機械的エネルギーによるもの)

マニピュレータ制御のための

電磁力直動型空気圧サーボ弁の特性

機械研究部 杉本 旭・深谷 潔

1. 研究目的

マニピュレータやロボットの駆動方式として空気圧を用いることで、関節部の小型軽量化が期待できる。しかし、これまでのフラップ形空気圧サーボ弁を用いる方法では駆動系全体の小型化には限界があり、特に多自由度化をめざす場合は、駆動系の容積の大半を空気圧サーボ弁が占めてしまう。そこで本研究では全く新しい方式を採用した空気圧サーボ弁の開発を行なった。

2. 電磁力直動型空気圧サーボ弁の構造と原理

図8に本研究で開発した空気圧サーボ弁の構造を示す。ゲイン調整用バネは電磁コイルに電圧を加える前の状態で、元圧とバランスするよう調整する。次に零点調整用バネを圧縮して出力が零になるよう調整する。この状態から電磁コイルに電流を流すと、対向する磁極鉄片間に引力を生ずるため、入力弁がゆるみ、同時に抜き弁が締まる結果となり、したがって、サーボ弁の出力は上昇する。このように入力弁と抜き弁が逆の締め特性を持つため、電流に応じた出力を得ることができる。

3. 空気圧サーボ弁の特性

本サーボ弁の設計目標として、制御回路を出来るだけ簡単にするため、最大電圧を 20V とし、その時の消費電力を 5W 以下とした。また制御可能な圧力範囲を 0~4 kg/cm² としたため、電磁コイルによって生ずる磁極鉄片間の引力は最大 393g が必要となる。

これらの仕様を満たす範囲内で形状を最小にするため表3に示す5種類の電磁コイルについてサーボ弁の特性

表3 コイルの種類

コイル番号	コイル線径 d_w mm	ターン数 n	抵抗 $R\Omega$
1	0.18	3680	214
2	0.20	4513	219
3	0.23	3635	137.1
4	0.26	3006	90.5
5	0.29	2500	60.5

実験を行なった。その結果をまとめると次のようになる。

(1) 圧力はアンペアタンの約2乗に比例する。

(2) ヒステリシス特性を呈する。

(3) 仮定磁路法による解析により効率の向上をみた。

その結果、磁極鉄片間々隔を 0.8 mm とすれば、上記の仕様を満足するサーボ弁は、線径 0.27 mmφ、ターン数 3000 とする電磁コイルによって得られることがわかった。

図9は本サーボ弁の応答性を評価するための実験結果である。従来型のサーボ弁が高々 3 Hz の周波数特性しか特に持たないのに対し、本サーボ弁では 7~10 Hz が得られている。これは従来型のものが変位制御型であることと、本サーボ弁が力制御型であることの違いからくる。

本サーボ弁はマニピュレータの腕や肩の制御用として十分な力と応答性を発揮しており、欠点と言えるサーボ弁のヒステリシス特性も、サーボ弁の応答性が腕などの動特性に比べ十分に速いため、問題とはならない。

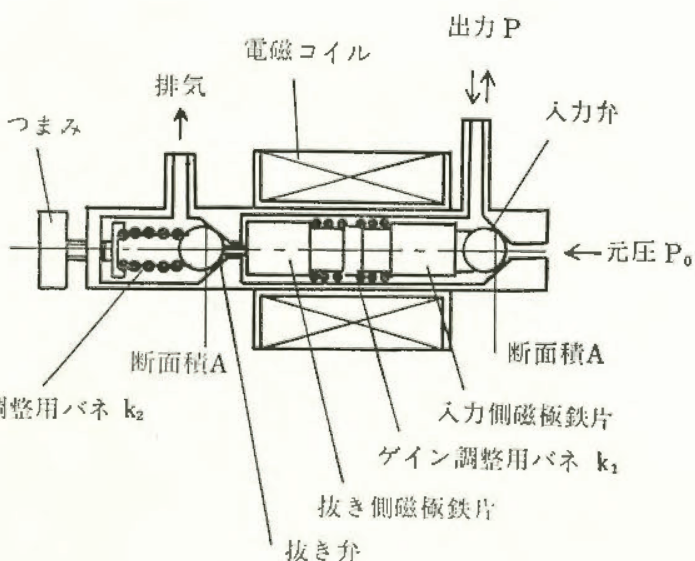


図8 電磁力直動形エアサーボ弁の構造

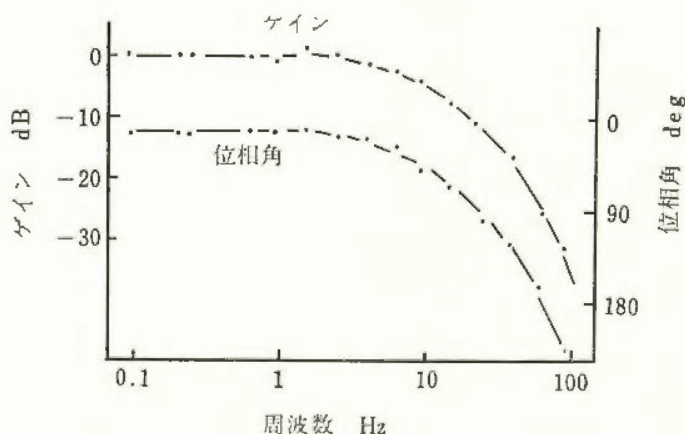


図9 サーボ弁の周波数特性

1. はじめに

踏面先端材（段鼻材）の安全性の評価方法の検討を、滑り抵抗性と衝撃吸収性に関して行った。滑り抵抗の測定に関しては、当研究所で開発した片吊り式の滑り抵抗測定機を、衝撃吸収性の測定は、ヘルメット用の落下試験機を使用した。

2. 滑り抵抗の評価

予備実験として、底材（ウレタン材）と各種の材質の滑り止め材（7種）とのすべり抵抗係数を測定した。但し、段鼻材と底材とのすべり抵抗係数は次式で算定される。

$$\phi = \frac{\sin \theta}{\cos \theta - c}$$

θ : 滑り始めたすべり片と水平面との角度

c : すべり片全体の重さに対して、すべり片の端部を吊り上げる部分にかかる重さの比

予備実験の結果、次のことが判明した。

- ① 載荷する荷重の大きさに応じて、 ϕ 値が減少する。
- ② すべり現象は短絡的に生ぜず、非常に遅く進行する。
- ③ すべり始めを確定するのが容易でない。
- ④ すべり片（ウレタン材）は、回数を重ねるにつれて、表面の状態が変化し、測定値にバラツキを生じさせる。

以上の結果から、滑り片には表面状態の変化のない金属（ステンレス鋼、仕上 JIS-B 0601 表面アラサ）を使用した。測定の都度、すべりの表面をアセトンで脱脂した。また、従来の傾斜法による測定では、除々に傾斜台を傾けて、滑り始めた時の角度から、摩擦係数を求めていた。上記②の現象から測定値は真値より大きくなってしまふ。そこで、傾斜台の角度を一定にして、すべり片が、0.5 mm 移動するまでの時間を測定して、その時間（秒）と ϕ 値の関係から各段鼻材の比較を試みた。図 10 に、その結果の一例を示した。 ϕ 値と時間 t との間には一般に次式が成り立つことが、左図から分る。

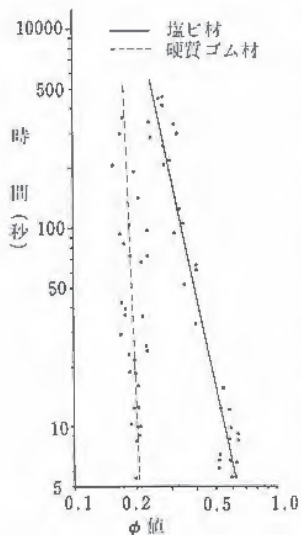


図 10 ϕ 値と時間の関係

いた。上記②の現象から測定値は真値より大きくなってしまふ。そこで、傾斜台の角度を一定にして、すべり片が、0.5 mm 移動するまでの時間を測定して、その時間（秒）と ϕ 値の関係から各段鼻材の比較を試みた。図 10 に、その結果の一例を示した。 ϕ 値と時間 t との間には一般に次式が成り立つことが、左図から分る。

$$t = a(\phi)^{-b}$$

b : 両対数上での直線の傾き

a : $\phi = 1.0$ の時の t 値

この b 値は、段鼻材の滑り抵抗、特に粘着効果を表わす指標となり、また、滑りが生じるまでの時間を、1 秒と決めれば、その時の ϕ 値が上式から算定できる。ちなみに、左図の例では、塩ビ材 $b = 4.7$ 、 $\phi = 0.90$ 、硬質ゴムでは、 $b = 28.8$ 、 $\phi = 0.22$ となり、軟質塩ビ材のほうが優れていることが分る。以上の評価方法は、段鼻材の滑り抵抗性を評価する一手法となり得るであろう。

2. 衝撃吸収性の評価

段鼻材に材質が金属、ゴム、檜の 3 種類のストライカー（約 5 kg）を激突させ、その時の加速度を測定した。水晶素子のピエゾ型加速度センサー（Kisler 社）を、記録計はデジタル・ストレージ型のペンレコーダー（日本電子）を使用した。サンプリング間隔は、0.02 msec

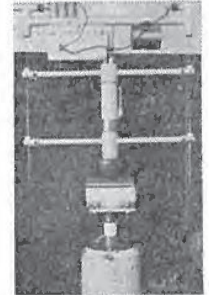


写真 2 落下試験機

である。写真 2 に示した下部の受台は、ストライカーが段鼻材先端に当る角度を適宜かえられるように工夫してある。

測定の結果、ストライカーがゴム材の場合では、各段鼻材の形状、材質に関係なく、ほぼ一定の最大衝撃加速度になる。鉄材では段鼻材の相違によって測定値の差がみられるが、落下高さが 30 cm であっても、段鼻材を破損させてしまふ。檜では、段鼻材を破壊することもなく、明確に判別することができた。また、檜は頭がい骨の硬さとほぼ等しいと言われている。図 11 は市販されている段鼻材のうち衝撃吸収効果を持たせたもの 3 種についての測定結果である。最大衝撃加速度が 500 G 以下になるのは、部材 A では落下高を 42 cm、B では 70 cm、C では 100 cm 以下である。下図から、段鼻材 C が衝撃吸収性に優れていると分る。このように、段鼻材の衝撃吸収性をこの落下限界高さによって評価することが可能である。

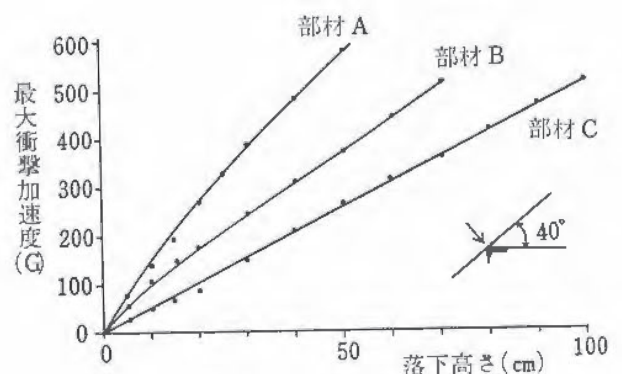


図 11 落下高さと最大衝撃加速度

○土砂岩石の崩壊防止

弾塑性理論の斜面安定解析への応用

土木建築研究部 堀井宣幸・鈴木芳美・前 郁夫

1. 研究目的

土砂岩石崩壊を防止する上で、斜面の安定性を知ることが重要な問題であり、従来より数多くの斜面安定解析法（円弧スベリ法、複合スベリ法等）が開発されている。本研究は有限要素法を用いた斜面安定解析法を開発し、従来より広く使われている円弧スベリ法との比較を通して、有限要素法による斜面安定解析法の有効性、適用性を検討し、さらにこの手法を用いて斜面崩壊機構に関する知見を得ようとするものである。

2. 解析結果

硬い基盤上の深さ 20 m の粘土地盤に法高 10 m, 勾配 1 割 (45°) 及び 2 割 (約 27°) の斜面を 5 段階掘削 (1 回の掘削厚 2 m) する場合について解析を行った。用いた土質常数は昨年度報告したものと同様である。図 12 は掘削の進展に伴う崩壊域の発達状況を示したものであり、1 割勾配斜面、2 割勾配斜面ともに掘削深さが 6 m

に達すると、斜面中央部の地盤底面に局部的崩壊が発生する。1 割勾配斜面では、掘削深さが 8 m になると崩壊域が左右及び上方に急速に広がり法先の掘削表面にまで達し、掘削深さ 10 m では崩壊域が法先前方に向かって発達する。一方 2 割勾配斜面では掘削深さが 8 m になると、崩壊域はかなりの規模に達するが掘削表面までは広がらず、最終段階で法先に達する。一割勾配斜面について、円弧スベリ法によって求めた臨界スベリ面に沿う最大せん断応力（モール円の半径）を調べたのが図 13 であり、実線及び破線はそれぞれ掘削深さが 10 m（安全率 1.128）、8 m（同 1.397）の場合の最大せん断応力である。一点鎖線は解析に用いた許容せん断強度であり、最大せん断応力がこの値を越えると崩壊したと見なしている。臨界スベリ面の先端から 1/3 の部分では掘削深さが 8 m から 10 m に進むにつれ、せん断応力が急増しておりこの部分に応力が集中していることがわかる。図 14 は 2 割勾配斜面について、掘削に伴う斜面周辺の変位を調べたものであり、法肩付近では左下方に変位しているが、斜面中央部及び法先付近では左上方に変位しており、いわゆる盤ぶくれ現象が見られる。

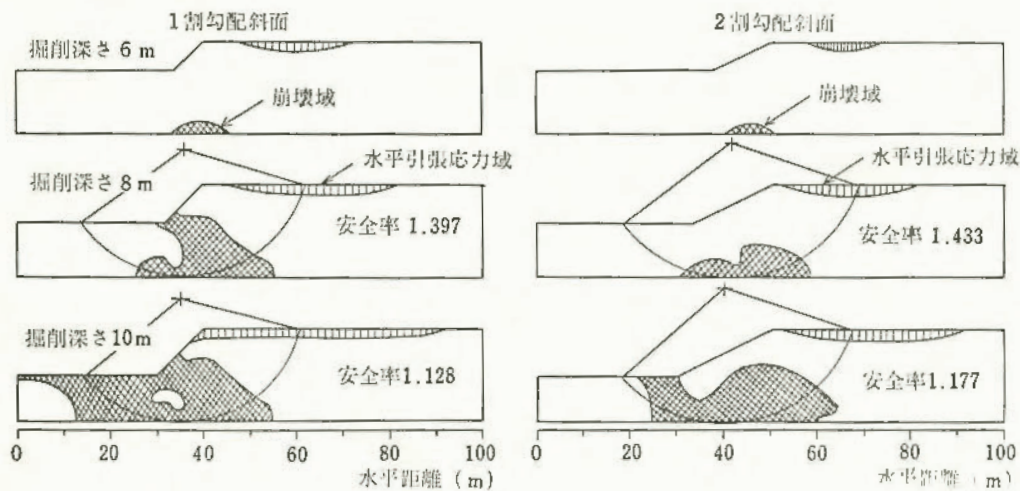


図 12 掘削の進展に伴う崩壊域の発達状況と円弧スベリ法による安全率

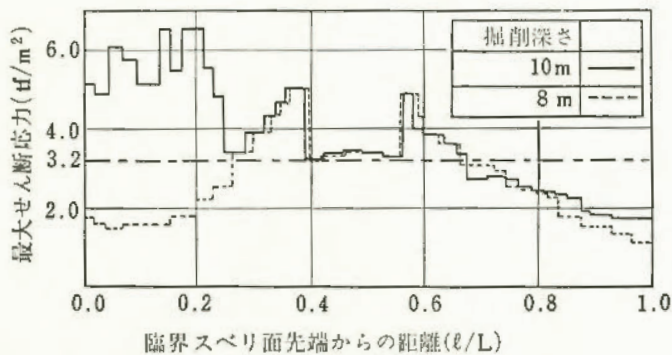


図 13 臨界スベリ面上の最大せん断応力分布

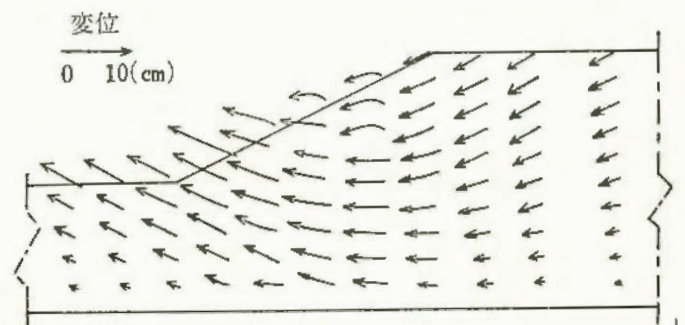


図 14 2 割勾配斜面の変位ベクトル

○ガス爆発危険性とその防止

燃料—空気混合ガスの爆ごう限界

—管径, 圧力, 濃度の関係—

化学研究部 松井英憲

1. 研究目的

気体爆ごう波の伝播限界には、濃度限界、管径限界及び圧力限界の三つがあり、それぞれ互いに関連していることが知られている。爆発災害防止の見地からは大気圧における燃料—空気混合ガスの種々管径の管路及び開放空間における爆ごう濃度限界が重要である。爆ごう濃度限界の測定値は、起爆方法、起爆空間の形状や大きさによって異なる値が得られる。ここでは、水素、エチレン及びプロパンそれぞれと空気との混合ガスについて、種々管径における、現実に即した通常の点火源を用いた火炎から爆ごうへの転移による、爆ごう濃度限界及び圧力限界の測定に基づき、爆ごう波伝播限界に対するガス濃度、管径、初圧の相互の関連を明らかにすることを目的としている。

2. 研究方法

実験装置の概略を図 15 に示す。測定容器は点火部、試験部、緩衝部より成っている。試験部の材質は内径 2~4 mm の管路では、硬質ポリエチレンチューブを用

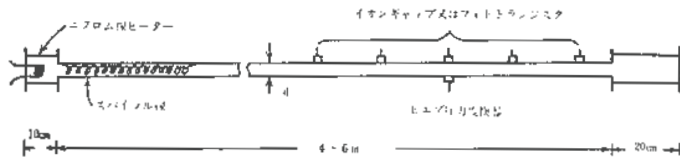


図 15 実験装置の概略

い、内径 6.5~28 mm の管路では、配管用炭素鋼管を用いた。試料混合ガスの点火は、点火部においてニクロム線ヒーターを用いて行った。試験部の未燃ガスの流れを乱し、火炎の加速を促進して爆ごうへの転移を容易にするため、点火部は試験部より径を大きくし、内径 16 mm 以上の管路では点火部近くに金属スパイラル線を入れた。試験部において爆ごうが生じたか否かの判定は、試験部に取り付けた多数個のイオンギャップ（鋼管の場合）又はフォトトランジスタ（ポリエチレンチューブの場合）を用いて火炎速度を測定し、波面速度が毎秒 1000 m を越えるか否かを基準とした。

3. 研究結果

種々水素濃度、管径に対して爆ごうが伝播しうる最低の初圧を測定した結果を図 16 に示す。各管路における最低爆ごう限界圧力は、ほぼ化学量論組成で得られる。エチレン、プロパンの場合もその値は水素より大であるが、同様に U 字形の曲線が得られた。一方、大気圧における爆ごう濃度に対する管径の影響については、管径約 10 mm を境にして、管径が大きい側では従来の直接起

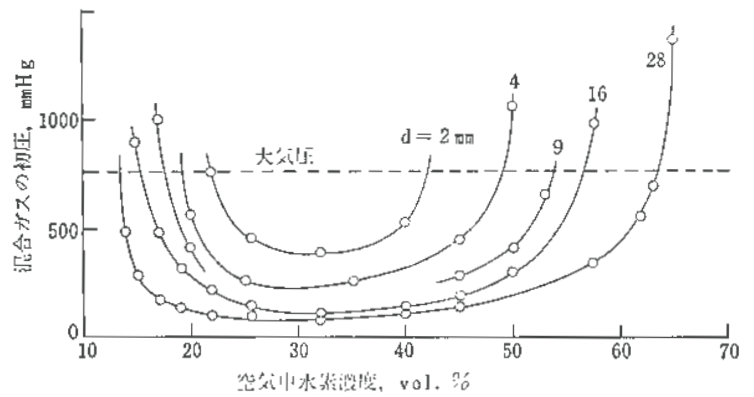


図 16 水素—空気混合ガスの管径と爆ごう圧力限界

爆による爆ごう濃度範囲の測定値の方が広く、逆にこれより狭い管路では、火炎から爆ごうへの転移による自己起爆での濃度範囲の方が広がることが判明した。水素の場合、最小爆ごう限界管径は予想外に小さく、約 1 mm と推定される。また、管径が 10 mm より大きい管路に対しては、管路へのスパイラル線の挿入は爆ごう濃度範囲を広くするが、10 mm より小さい管路に対しては、抵抗としての効果の方が大きく、逆に爆ごう濃度範囲を狭める結果となった。エチレン、プロパンに対する大気圧での爆ごう限界管径は、エチレンに対して 4.3 mm、プロパンに対しては 15.6 mm という値が得られた。これよりも小さい管路に対しては、爆ごう波はもはや伝播し得ない。

大気圧における広い空間での爆ごう濃度限界の測定には、爆薬による起爆法がよく用いられる。ここでは便宜上、管中の爆ごう限界を管径無限大へ外挿してみると図 17 の様になる。広い空間での球面爆ごう波では、波面が

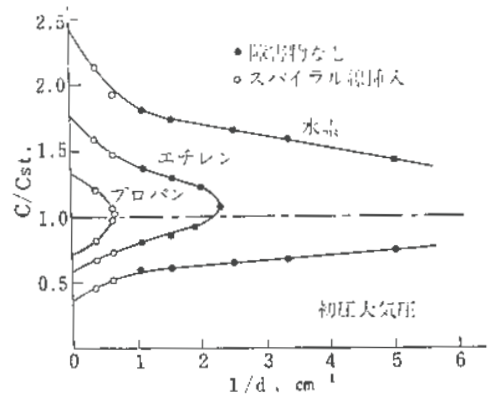


図 17 管径と爆ごう濃度限界（水素、エチレン、プロパン）

常に発散していることと、管壁などによる損失や安定化効果がないことなどから、管中での平面波の外挿法には異論がある。しかしながら実際の事故の状況では、部分的な空間の制限や流路の障害物が予測され、球面爆ごう波も径が大きくなると平面波に近似しうることから、本外挿値は参考になるものと考えられる。ちなみに管径無限大での爆ごう濃度範囲は、水素 11~71%、エチレン 4~11.5%、プロパン 3~5.5% となる。

1. 研究目的

薄板安全破裂板に関する一連の研究のうち、破裂時に計測される圧力の内部のガス爆発の昇圧速度、火炎速度及び安全破裂板の温度に対する各依存性について、それぞれ研究を行って来たが、この研究は、これらの諸結果をふまえての薄板安全破裂板の吹出し量依存性について解明するために行ったものである。

2. 研究方法

実験データの基本となる爆発容器の仕様は、内径 2", 最大長さ 3.25 m の高圧爆発管で、その長さは、1 m づつ変えることができるようにした装置であり、長さ(L)/直径(D)の比の最小値は、24.6 である。

爆発管の一端に、アルミニウムの薄板、規格 A 1100-0, 板厚 0.1 mm の円形平板試料の破裂板を取り付け、破裂した破片は、安全のために下流側に設置した内容積 0.5 m³ の容器の中に打ち込む構造とした。

吹出し量算定の基礎データである最高爆発圧力、昇圧時間、昇圧速度及び火炎速度は、すべて H₂+x air を用いて測定したもので、任意の測定値をうるために、ガス濃度、爆発管の長さ及び試料ガスの初圧をそれぞれ任意の組合せで変えるとともに、必要に応じて点火側にスパイラルを挿入し、火炎面のじょう乱を行い、反応速度を調節制御した。

温度効果の測定に際しては、爆発管の外側全面にバンド・ヒータを巻き、装置全体を所定の温度になるように制御し、破裂板表面に取り付けた CA 熱電対によって測定した。

3. 研究結果

吹出し量の算定式については、それぞれの立場から多数の計算式が紹介され、また流出係数、余裕係数などに相違がみられるが、つぎの式を用いてその依存性をみた。

$$W = 3600 \cdot \frac{MP_s V}{RT} / t$$

W: 吹出し量 [kg/hr], M: ガスの分子量 [kg/kmol], P_s: 設定圧力 [kgf/m²], V: 容積 [m³], R: 気体定数 [kg·m³/°K/kmol], T: 温度 [°K], t: 昇圧時間 [sec]

上記の式から計算した吹出し量を、つぎの式を用いて、破裂圧を求めた。

$$W = 230 CAP_{RD} \sqrt{M/T}, \quad P_{RD}: \text{破裂圧} [\text{kgf/cm}^2]$$

この値と実験値とを比較することにし、図 18 に示す点線は、一例として吹出し面積が 9.81 cm² 及び容積が 4417.9 cm³ の場合を記載した。

また図中に、前記と同条件下における算定式をもとにした吹出し量及び破裂圧の実験値による吹出し量のそれぞれの計算値を実験で例示した。

破裂圧の吹出し量そのものに対する関連性は、顕著に認められるが、算定式に準拠した値と、実験値を基礎にした値とでは、吹出し量及び破裂圧とも後者の値が前者

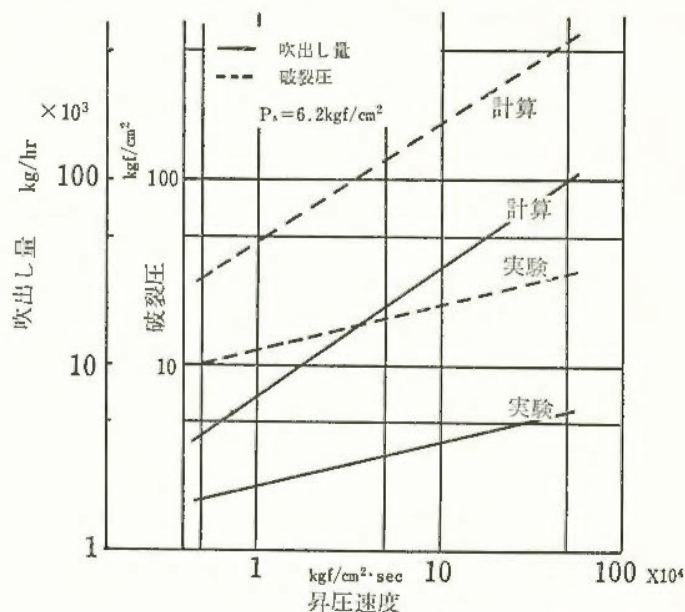


図 18 破裂圧及び吹出し量の計算値と実験値の比較
のそれより下廻った。いずれの場合においても、断熱火炎温度は、電算機により計算した平衡計算温度を用いた。破裂圧は、各ファクターの関数として次式で表わされる。

$$P_{RD} = f(t, M, T, P_s' A, V), \quad P_s' = P_s + 1$$

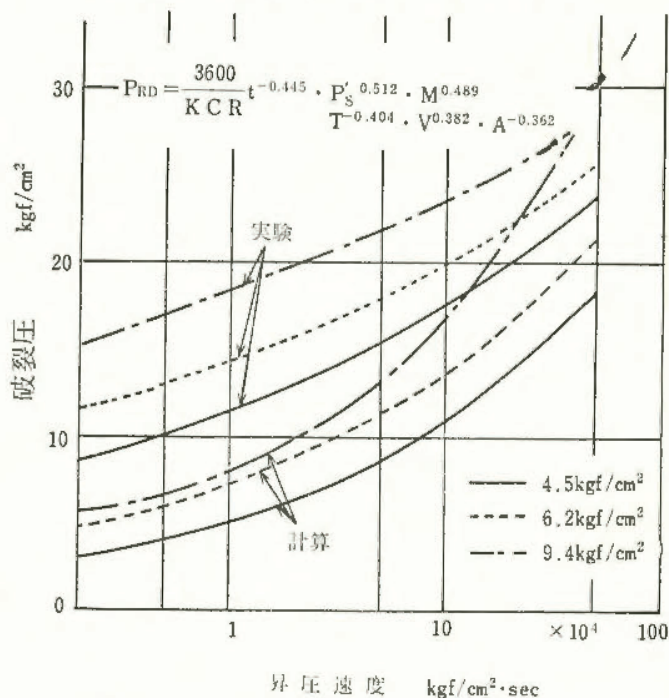


図 19 破壊圧の実験値と計算値の比較

したがって、この関数を実行列のハウスホルダ変換により、最小 2 乗解のチェビシエフ解の電算機解を求めた。図 19 の上部記載の式が、これであり、図中の実線は、解のうち K=230/3, P_s=4.5 kgf/cm² の場合についてである。

これらの諸結果から、薄板安全破裂板の吹出し量依存性におけるいろいろな挙動を解明することができた。

1. 研究目的

物質の空気中における燃焼性状を分類する場合、易燃性と不燃性の間に難燃性として区分される物質があり、このような性質は気体、液体、固体のいずれにも存在している。火災や爆発災害の原因になるのは、主に易燃性の物質であるが、難燃性に属する物質は時として思いがけぬ爆発の原因になることがある。そこで、ここでは難燃性の液体（蒸気）をとりあげ、その燃焼性の特徴として、予混合気中の火炎の伝ば性に方向性があることに着目して、その事実の確認を行った。

2. 実験方法

試料には JIS 引火点試験法などによる予備的検討の結果、難燃性液体であることが明確になっているトリクロロエチレン及び 1,1,1-トリクロロエタンを選んだ。予混合気中における火炎伝ば性の有無を調べるには、これらの蒸気と空気の種類々の組成の混合気を内径 5 cm、長さ 20 cm の燃焼筒中に導入したのち、ネオントラン

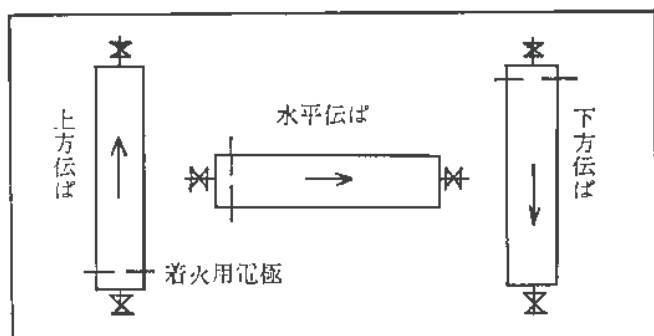


図 20 火炎伝ば方向試験装置

スによるアーク放電で着火して、火炎伝ば方向を図 20 に示すような上方伝ば、下方伝ば及び水平伝ばの各条件下で試験した。この場合、試料液体の蒸気圧を高めるために、装置全体を空気浴で適度に加温しなければならない。次に、その蒸気の拡散燃焼の成否を調べるために、加温下において管口より空気中に蒸気を流出させて着火し、拡散炎が得られるかどうかを試験した。

3. 実験結果

トリクロロエチレン蒸気と空気の混合ガスは、上方伝ばの場合、9~42% の組成域で火炎伝ばがおこる。しかし、下方伝ばの場合には、火炎伝ばする組成域が見出されなかった。水平伝ばの場合も、着火源の付近にわずかに火炎が拡がる程度で、水平伝ばといえるような現象は認められなかった。次に、1,1,1-トリクロロエタン蒸気と空気の混合ガスは、上方伝ばの場合、9~16% の組成域で火炎伝ばがおこるが、下方伝ば及び水平伝ばでは、

トリクロロエチレンの場合と同様に火炎伝ばが認められなかった。

つぎに、拡散燃焼の実験ではトリクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタンの両者とも蒸気の流出管口において拡散炎は形成されなかった。

4. 考察

上記の実験結果から、トリクロロエチレン及び 1,1,1-トリクロロエタン蒸気の空気中における燃焼は、火炎の伝ば方向に選択性のあることが明らかになった。これに対して易燃性物質は、着火位置を中心として火炎は八方に伝ばするのである。また、拡散燃焼は本質的に下方伝ばに相当するので、下方伝ばしない場合は拡散炎が形成されないと考えてよいであろう。以上により、この 2 物質は空気中でガス爆発の危険性は存在するが、火災の危険性はないことが明らかである。

さて、これまで物質の燃焼性状を易燃性、難燃性及び不燃性の 3 種に分けてきたが、それは便宜上のことで 3 つの間に判然とした境界があるわけではない。難燃性に属するもののうちには、易燃性に近い難燃性もあり、また不燃性に近い難燃性もある。要するに燃焼性という尺度の上を、易燃性から難燃性を経て不燃性に至るまで、ほぼ連続的に燃焼性が変化すると考えるほうが合理的である。

著者は難燃性に属する代表的物質を選択して種々の試験を行った結果、難燃性の特性をその程度に応じていく

分類	JIS 引火点 (開閉式)	JIS 引火点 (閉閉式)	空気中		燃焼中	空気中のガス爆発危険性	火災の危険性	物質例
			下方伝ば	上方伝ば				
1-a	なし	引火しない	不可	不可	可	なし	なし	クロロホルム テトラクロロエチレン
1-b	なし	引火しない	不可	可	可	あり	なし	トリクロロエチレン 1,1,1-トリクロロエタン アンモニアガス
1-c	なし	引火しない	不可	可	可	あり	なし	トリクロロエチレン 1,1,1-トリクロロエタン トリクロロ酢酸
2	不安定	引火しない	不可	可	可	あり	なし	ペンタクロロベンゼン

表 4 難燃性物質の分類

つかに区分することを試みており、その分類結果を表 4 に示した。トリクロロエチレンなどもその 1 つの区分にすぎない。この表から分るように、一般に難燃性物質では火災危険性はないが、ガス爆発危険性があるので、とくにこの点に留意が必要である。

○静電気による点火危険性とその防止

流動帯電における液種及び管材質の影響

—管材質, 管径, 流速に関する検討—

電気研究部 児玉 勉・田島泰幸

1. 研究目的

石油類, 有機溶剤など可燃性液体の配管内流動時の静電気帯電(以下, 流動帯電と呼ぶ)は, 配管の材質, 直径, 長さ, 内壁の表面状態や液体の種類, 不純物及び流速などに影響される。本研究では, 流動帯電の定量化のための研究の一環として, 管材質の違いが流動帯電量の管径依存性や流速依存性に与える影響を調べることを目的とした。

2. 研究方法

図 21 に実験装置の概要を示す。約 18 l の試験液体の入った圧力タンク T に窒素ガス圧を加えた状態で, 空気圧作動式のボールバルブ B を開き, 試験パイプ TP を通してファラデーケージ F に試験液体を圧送させ, この時試験パイプなどに発生する静電気をピコアンメータ A で測定した。圧送後はポンプ P により試験液体を圧力タンクへもどし, 測定を繰り返した。流速は, 窒素ガス圧を減圧弁 R で調整することにより変化させ, 液面計 L で読み取った圧送量とタイマーで設定した圧送時間から平均流速を算出した。試験パイプは内径 4~16 mm のステンレス鋼管 (SUS), 銅管 (Cu), 配管用炭素鋼管 (SGP) 及び硬質塩ビ管 (PVC) の 4 種を用い, PTFE 製継手 I 等により電氣的に 5 分割して接続した。試験液体は灯油を用い, 管内面及び液体がともに清浄な状態の測定値を得るため, 実験前に実験装置を入念に共洗い洗浄した。

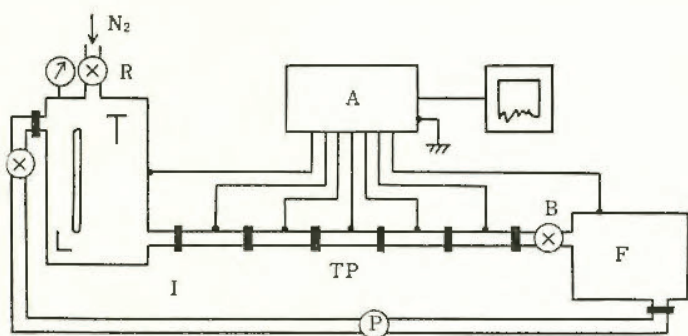


図 21 実験装置の概要

3. 研究成果

流動帯電の大きさは一般に無限管長における流動電流 i_{∞} によって評価される。流動電流とは, 帯電した液体の流れによる対流電流のことで, その大きさは液体の体積電荷密度と流量の積に等しい。測定値から推定した i_{∞} と流速及び管径との関係は, 実験結果の一部を図 22 及び図 23 に示すようにともにべき乗の関係となり, それ

ぞれのべき数は図 24 及び図 25 に示すとおりであった。管径のべき数は流速のそれに比べて管材質の違い等によるばらつきが大きく, 流動帯電が表面現象であることが表われている。そこで, 比較的再現性の良い実験が行えた SUS と Cu パイプの測定値から回帰分析により実験式を求めると,

$$i_{\infty} = 6.0 \times 10^{-7} v^{1.7} d^{1.4} \text{ (A)}$$

となった。ここで, v は流速 (m/s), d は管内径 (m) である。SGP と PVC パイプの i_{∞} 測定値は全体的に上記実験式の値より小さめであり, また, ほとんどすべての測定値は実験式の値の 0.1~2 倍の範囲内におさまった。この結果は, 適切な安全率を設ければ上記のような実験式が管材質にかかわらず i_{∞} の上限値を与えることを示唆していて, 安全技術上有用である。

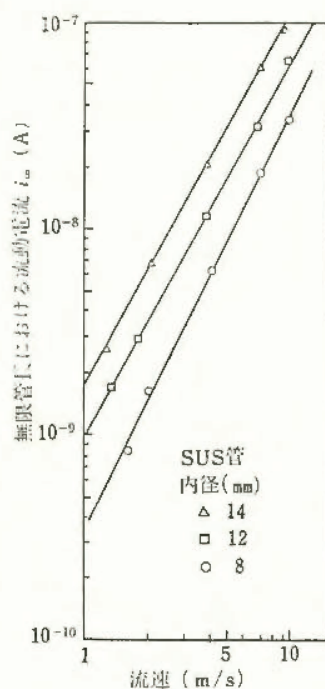


図 22 流動電流の流速依存性

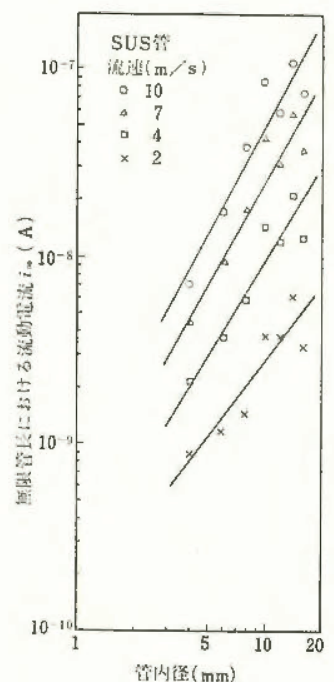


図 23 流動電流の管径依存性

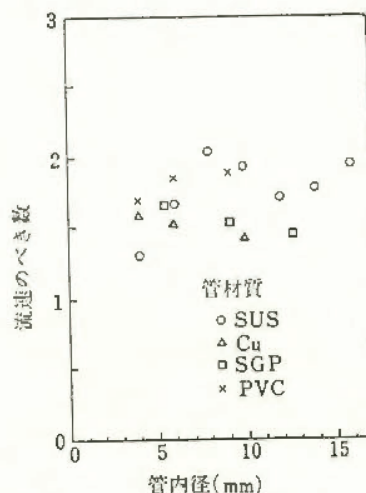


図 24 i_{∞} の流速依存度に対する管径, 管材質の影響

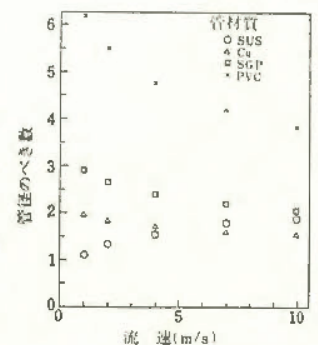


図 25 i_{∞} の管径依存度に対する流速, 管材質の影響

1. はじめに

静電気放電が可燃性物質の着火源になることは、多くの研究者によって実証されている。しかし、着火源となる放電（以下、着火性放電という）は物体にどの程度の静電気が帯電したときに発生するか、という着火性放電の発生限界についてはまだ解明されていない。特に、帯電物体が誘電体であると、これに保有されている静電気エネルギーの全てが放電エネルギーとして消費されないため、着火性放電の発生限界を推定することが困難である。換言すれば、帯電物体が導体の場合に、着火性放電の発生限界を推定するため、しばしば用いられる導体の保有している静電気エネルギーの式 $C_0V_0^2/2$ (C_0 : 静電容量, V_0 : 帯電電位) からは、誘電体の着火性放電の発生限界が求められないのである。

以上のような背景から、帯電物体が誘電体である場合の着火性放電の発生限界について研究しており、ここではその一つとして、2~3 の仮定のもとに、着火性放電の発生限界を推定した。以下、その解析結果ならびに実験によって考察した結果についても合わせて報告する。

2. 着火性放電の発生限界推定

災害事例を分析すると、着火性放電は誘電体に次第に静電気が帯電し、その表面電界強度が絶縁破壊電界を越えたために発生したと推定されるものが極めて少ない。むしろ、誘電体の表面電界強度は絶縁破壊電界以下であるが、これに接地体が接近したとき、接地体との間で着火性放電が発生し、災害を誘発したと推定されるものの方が多い。したがって、ここでも後者の場合について考察することにし、誘電体に接近する接地体は図 26 に示すように金属球とする。また、誘電体の表面電位は以下の解析の対象とする領域で一様と仮定し、その領域にみかけの静電容量を考える。これは市販の帯電電位測定器の校正が導体の帯電電位で行なわれており、これを用いて帯電電位を測定する限りでは大きな矛盾がないからである。

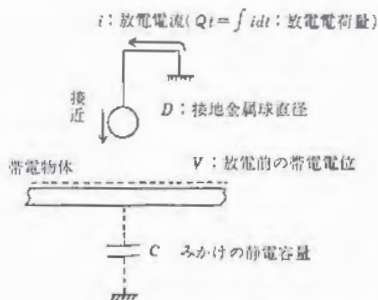


図 26 解析モデル

上述のような条件、仮定を置くと、誘電体と接地金属

球との間で放電が発生したとき、放電空間で消費されるエネルギー W は次のようになる。

$$W = CV^2/2 - CV'^2/2 \quad (1)$$

ここで、 V' は放電後の電位であり、他の記号及び以下に用いる記号は図 26 に示すとおりである。すなわち、放電エネルギーは放電前後の電位によって示される。しかし、(1) 式は V' の関数であるため、放電発生前に着火性放電が発生するかどうかを推定する式としては意味がない。したがって、(1) 式を $Q_i = C(V - V')$ なる関係を用いて次のように変形する。

$$W = VQ_i - Q_i^2/2C \quad (2)$$

ただし、(1) 式を (2) 式に示す Q_i の関数に置換したのは、 Q_i が図 27 に示すように、主として接地金属球の直径に依存していることが実験によって判明しているからである。

一方、着火は (2) 式のエネルギーが可燃性物質の着火エネルギー W_i 以上であるときに発生するから、この条件を (2) 式に適用すると、着火性放電の発生限界は帯電電位で表わしたとき次のようになる。

$$V \geq W_i/Q_i + Q_i/2C \quad (3)$$

また、 Q_i は上述したように実験結果から接地金属球の直径の関数ともなるので、 $Q_i = f(D)$ とおくと (3) 式は次のようにも表わせる。

$$V \geq W_i/f(D) + f(D)/2C \quad (4)$$

3. むすび

(3), (4) 式で示されるように誘電体から着火性放電が発生するには、その帯電電位がある値以上でなければならず、その電位は W_i, Q_i または D 及び C によって概略推算できることが判明した。また、実験によると、当然のことながら $Q_i \leq CV$ であり、 D が大きくなると Q_i も飽和することが判明している。したがって、着火性放電の発生限界となる電位は、 D が大きくなるにつれて低くなるものの、(4) 式に現れる最小値よりは高い電位になる。なお、 C は誘電体の種類及び帯電状態に依存しているようで、これは現在実験によって検討中である。

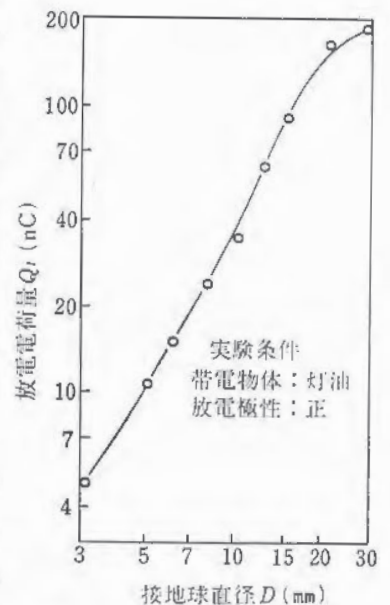


図 27 放電電荷量が接地金属球の直径に依存する一例

○水中における電撃危険性

遮へい金網による水中漏れ電流の吸収効果

電気研究部 本山建雄・山野英記・田島泰幸

1. 研究目的

一昨年度までの研究から、水中において漏電が発生すると、漏れ電流は広く水中に分布して流れ、作業者がその場にいると電撃を受ける電撃危険領域の発生することが判明した。したがって、本研究の目的は水中作業者の電撃災害を防止する先行的技術を開発することであり、ここでは遮へい金網の電撃防止効果について検討した。具体的には、水中に漏れた電流を金網によって、漏電の生じた部分の近くで吸収し、作業者のいる水中に漏れ出る電流量を制限しようとする金網の電流吸収効果について検討した。本稿では、その電流吸収効果に関する実験結果を示す。

2. 研究方法

金網の網目形状・大きさ、網線の太さ等が水中に漏れた電流の吸収効果にどの程度寄与するか、その寄与の程度について調べるため図 28 に示す実験を行なった。

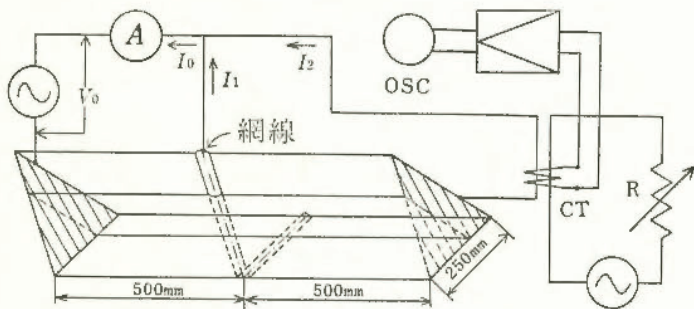


図 28 実験装置 (三角柱水槽)・回路の概要図

実験は金網の網目形状が正方形で、これが電界一様の水中漏電場に電界に対して垂直に配置されている最も基本的な場合について行なった。具体的には、網目 1 個当りの電流吸収効果を調べるために、電流の流線方向に水平方向の長さ、網目の 2 辺と対角線からなる直角三角形を断面とした直角三角形柱の、直角に組み合わされた稜線を底辺とする水槽 (図 28 参照) を製作し、これを用いて実験を行なった。

この三角水槽を用いると、網線の太さは種々の直径 d の銅線を三角水槽の途中 (実験例では長さ 500 mm の位置) に直交して置くことによって、また、網目の大きさは水深を変えることによって設定できる。一方、電流吸収効果は図 28 に示す全電流 I_0 に対する網の吸収電流 I_1 との比 ($=I_1/I_0=(I_0-I_2)/I_0$) により定義し、実験では I_0 、 I_2 を測定することから電流吸収効果を求めた。ここで I_1 でなく I_2 を測定したのは、この実験条件において I_2 は I_1 の 1/10 程度であり、 I_2 の測定の方が I_1 の測定より良い精度となるからである。なお、 I_2 は電流計の内部抵抗が実験条件を変えるため、内部抵抗の大きい電流

計では測定できず、ここでは変流器 (CT) を用い、平衡法によって求めた。

3. 研究結果

結果の 1 例として、 $V_0=50$ V、水の導電率 $\sigma=1.1 \times 10^{-2}$ S/m における電流吸収効果 $(I_0-I_2)/I_0$ を網線の太さ d との関係で、1 辺の長さ l をパラメータとして、図 29 に示す。なお、測定点は図の黒丸である。

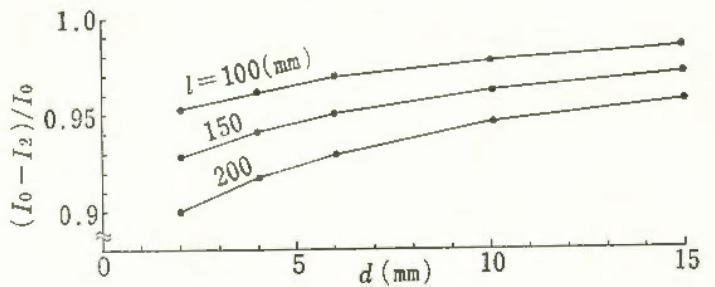


図 29 金網の網線の太さ d に対する電流吸収効果 $(I_0-I_2)/I_0$

これより、 d が大きくなると $(I_0-I_2)/I_0$ は増加し、また、 l が大きくなると $(I_0-I_2)/I_0$ は減少するという予想通りの結果を確認した。

一方、実験結果から金網による電流吸収効果を電界緩和の点から検討すると、すなわち、金網によって電界がどの程度緩和されるかについて検討すると次のようになる。この実験条件では、金網を置いた場合でも三角平板電極近くの電界はほぼ一様となることが仮定できる。このことから緩和された電界 E_a は電流密度 $J=(I_0-I_2)/$ 電極板の面積) と σ から求まり $E_a=J/\sigma$ である。図 29 の測定結果から E_a の 1 例を求めると図 30 となる。なお、 E_0 は金網を置く前の電界とする。

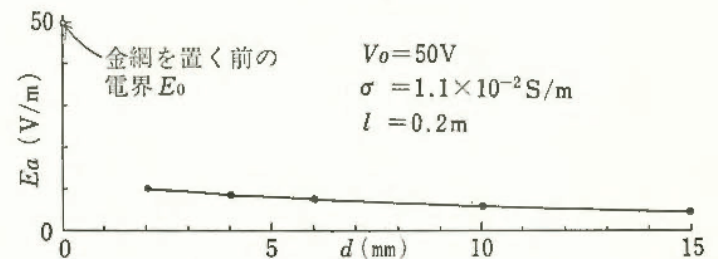


図 30 金網の網線の太さ d と緩和された電界強度 E_a

図 30 は $V_0=50$ V、 $\sigma=1.1 \times 10^{-2}$ S/m、網線を含んだ網目の 1 辺の長さを 0.2 m としたときの検討結果であり、横軸を網線の太さ、たて軸を E_a とした。これより d が大きくなると E_a は減少するが、 d に対する変化は小さいことがわかる。また、 d が 2 mm ϕ よりさらに小さくなると E_a は増加して E_0 に近づき、 d が 15 mm ϕ よりさらに大きくなると E_a は減少して零になると推測される。

以上の検討から、金網を用いた電流吸収の方法は、大きな電界緩和効果 (1 例を示すと $d=2$ mm ϕ において E_a は金網を置く前の電界の約 1/5 となる) をもち、電撃防止上有効な方法であると考えられる。

水中における可随限界電場について

電気研究部 山野英記・本山建雄・田島泰幸

1. 研究目的

漏電事故などのため生体が水中の電場に暴露された場合に、随意運動が阻害されないための許容限界（可随限界）を求める。水中作業などにおいて、体肢の自由が利かず水死に至る場合が考えられるからである。

2. 実験方法

図 31 のように、通電電極を備えたプラスチック水槽に塩水を入れる。塩水は並塩の 3.5% 溶液（海水の濃度に相当）である。プラスチック架台にウサギを腹ばいに固定し、水面の中央に位置するように置いて、水に通電し、ウサギに電撃を加えた。

電撃は 50 Hz 正弦波で、持続時間 10 s とした。電撃の強さがある程度に達すると、ウサギの下肢が後方・斜め下に伸展し、足の指が伸び開いた状態を呈する。本研究ではこの状態を下肢強直と称し、発生の有無を肉眼観察によって判定した。下肢強直が発生しない場合には、5 min 以上の休止の後、印加電圧を増加させて電撃を繰り返す。

水温は約 30°C とした。水の導電率は約 5 S/m であった。ウサギの体重は約 2 kg 前後である。

金網の影響を見るため、水槽中に金網を置いた場合がある。

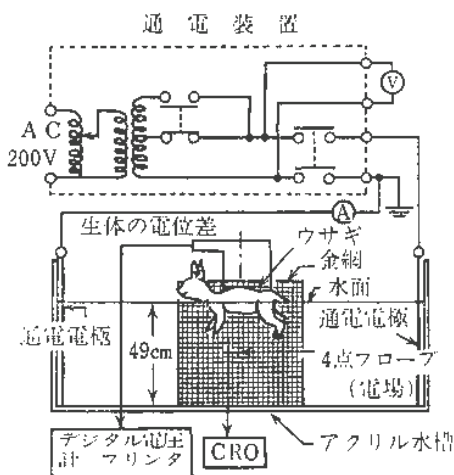


図 31 実験方法の概要

3. 結果

実験結果の要点は次の通りである。

a) 水中で生体が位置する（可能性のある）場所の、生体が存在しないときの電場は、ある程度の普遍性と実用性を兼ね備え、水中電撃と生体との関係を論ずるに有用なパラメータとなる。

b) 水の導電率が約 5 S/m のとき、ウサギに下肢強直を起こす電場は、平均約 10 V/m であった。

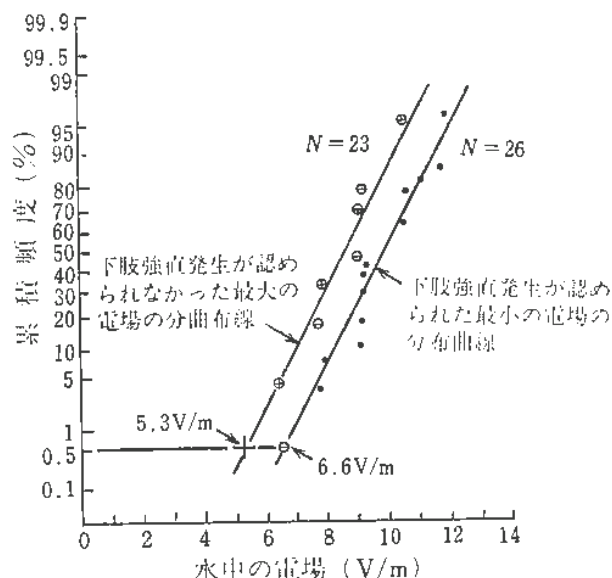


図 32 下肢強直発生に関する電場の累積頻度分布

c) 同上の水中において、ウサギに下肢強直を起こす電流密度は、平均約 50 A/m² であった。

また、実験結果から次のような手順に従って、可随限界電場を推定した。

まず、下肢強直発生と判定されなかった最大の電場の累積頻度をプロットすると、図 2 のようにだいたい直線（左側の直線）となる。下肢強直の不発生限界としては、Dalziel に倣って、累積頻度が 0.5% となるような横軸の値（0.5% 点という）を採ることができる。左側の直線によれば、0.5% 点は 5.3 V/m となる。

しかし実際的には、下肢強直の発生・不発生よりも、体肢の自由が利くかどうかの方が重要である。本実験では前者を対象としたが、下肢強直と判定される前にすでに十分な体肢の自由は失われている。また水中の真の電場は、電極の界面インピーダンスのため、測定値より多少小さいことが予想される。

このような点を考慮し、上の 0.5% 点を安全係数 2 で割り、結果を切りよの数値にすると、2.5 V/m (rms) となる。これを可随限界電場とする。

若干の試験によれば、可随限界の電場においてウサギの随意運動が確認された。この限界をそのまま人間に適用しても小さすぎる不都合はないと考えられる。

この限界を適用できるのは、次のような条件の範囲内と考えられる。

- i) 生体に対し 10 倍程度以上の断面積をもつ水のバイパスがある。
 - ii) 生体は漏電部となる導体に接触しない。
 - iii) 電撃の持続時間は 10 s を極端に超過しない。
 - iv) 導電率が 5 S/m 程度以下の水中。
- また生体については特に悪い状態にないとする。

○送配電線における電撃危険性

使用中における高圧用ゴム手袋の劣化特性

電気研究部 市川健二・田島泰幸・寺沢正義

1. 研究目的

高圧用ゴム手袋は、高圧活線作業等において、作業者の手・前腕部分からの感電災害を防止する絶縁用保護具であり、製造時は勿論のこと、使用期間中においても絶縁性能が常に良い状態に維持されていなければならない。しかし、高圧用ゴム手袋は天然ゴムで作られており、材料の経年劣化等によって、使用と共に絶縁性能が低下してくると考えるのが普通である。

そこで、高圧用ゴム手袋の使用中の劣化傾向および劣化要因等を研究する一環として、使用中における高圧用ゴム手袋の絶縁性能および機械的強度の変化を調べた。以下にその概要を報告する。

2. 研究方法

高圧用ゴム手袋の使用頻度が最も激しいと考えられる電気工事会社より、使用中（一部、使用済のものあり）の高圧用ゴム手袋を収集して、絶縁性能として絶縁破壊電圧、体積抵抗率を、また機械的強度として引張強さ、伸び率を測定した。なお、測定に用いられた高圧ゴム手袋は、すべて大手A電気工事会社で採用しているB製造メーカーのものであり、JIST-8112の表示方法によれば、種類はC種（3,500Vを越え、7,000V以下の作業に使用するもの）で、外形寸法は405mmのものである。

3. 研究結果

まず、高圧用ゴム手袋に張付けられているラベル、定期自主検査済のスタンプから、製造年月、定期自主検査回数を調べた。定期自主検査は、規則によって6ヶ月以内に1度行なうように定められているため、その検査回数から使用履歴を推定した。その結果は、検査回数7,8回、推定使用期間4年のものが1品だけあったが、大部分は推定使用期間3年以下であった。

絶縁破壊電圧の測定は、JIS T-8010に定める水中試験法（ただし、沿面距離を14cmとした）で行なった。試料数12品のうち、使用中に受けた引掻き傷の箇所で破壊したものが2品あったが、残りは表面に外傷が全くない箇所で破壊した。図33は、これら10品の絶縁破壊電圧をプロットしたものである。図中の点線は、各検査回数における平均値を結んだものであるが、これより、推定使用期間が1～2年（検査回数2～4回）のものの絶縁破壊電圧は、あまり変化がなく30kV程度の高い値であったが、推定使用期間が3～4年のものは、定期自主検査の合格ライン10kVの電圧に耐えるものの、多少の低下傾向がみられた。

体積抵抗率の測定は、高圧用ゴム手袋の腕の部分（使用中、保護手袋によって保護されないため、よごれや傷みが激しく、また日光等に直接曝される部分）より、一辺の長さが10cmの正方形の試料片を切り取り、YHP製の絶縁抵抗計（印加電圧：D.C.1,000V）で測定した。その結果は、図1に示すように推定使用期間4年までのものには明確な変化が現われず、すべて $10^{14}\Omega\text{-cm}$ 以上であった。

引張強さ、伸び率は、同じく高圧用ゴム手袋の腕の部分よりダンベル3号形の試験片を得て、ショッパー形引張試験機で測定した。その結果は、図34に示すように、推定使用期間3年で低下傾向がみられ特に伸び率に関しては新品時のJIS規格値以下になるものが推定使用期間2,3年ごろから現われている。

今後、さらに研究、検討を加え、高圧用ゴム手袋の耐用年数等を検討する予定である。

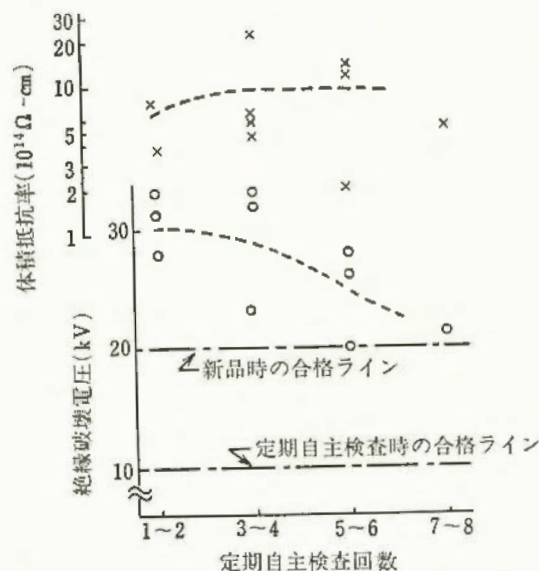


図33 使用経過に対する絶縁性能の傾向

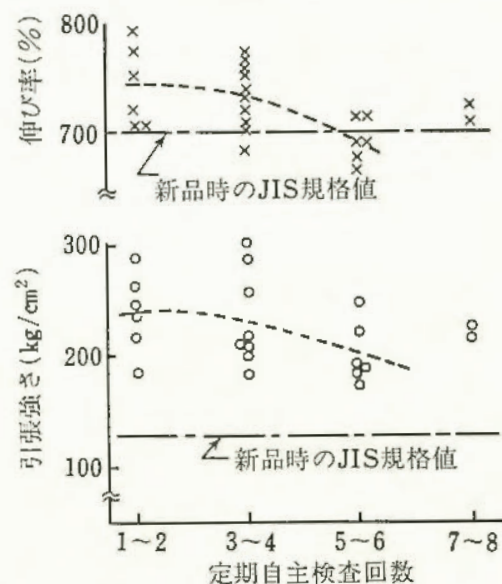


図34 使用経過に対する機械的強度の傾向

○水熱反応による有害廃液の無害化処理

ベンチスケールの処理プラントによる

フェノール廃液の処理

化学研究部 森崎 繁・駒宮功額・内藤道夫

1. 水熱プラントの概要

このプラントは、図 35 に示すように計量槽、反応容器、試料導入系、酸素供給系、ガス分析系、温度制御系及び溶存酸素測定系から成り立っている。またプラントの中心部である反応容器は、内容積 20 l の SUS 304 製であり、温度 250°C 以下で常用圧力は 50 kg/cm² である。その付属装置としては、攪拌機 (0~600 rpm) 安全弁、保圧弁等がある。

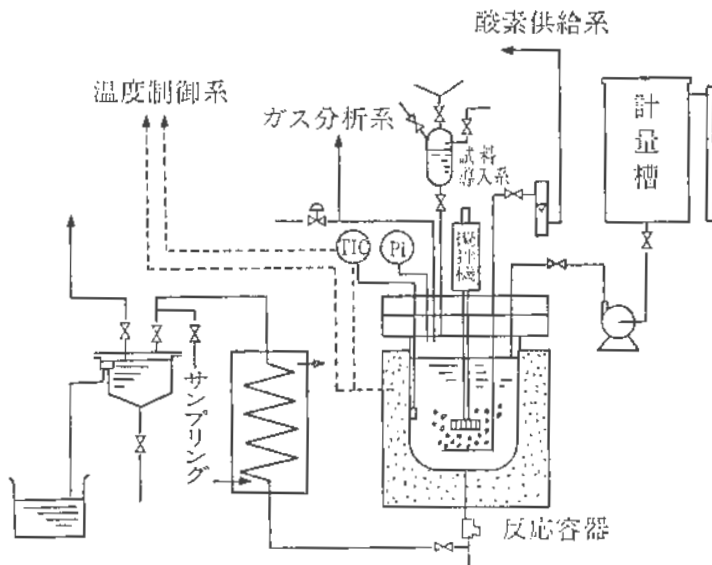


図 35

2. 実験

図 36 は、フェノール 3 wt% の溶液を触媒のない状態において、酸素圧力 50 kg/cm²、酸素流量 10 l/分、温度 227°C で反応させたときのフェノールの分解率及び全有機炭素 (TOC) の除去率をあらわしている。フェノールは無触媒の条件でも 2 時間程度の加熱で分解率、TOC 除去率とも 80% 以上となっており、分解率と

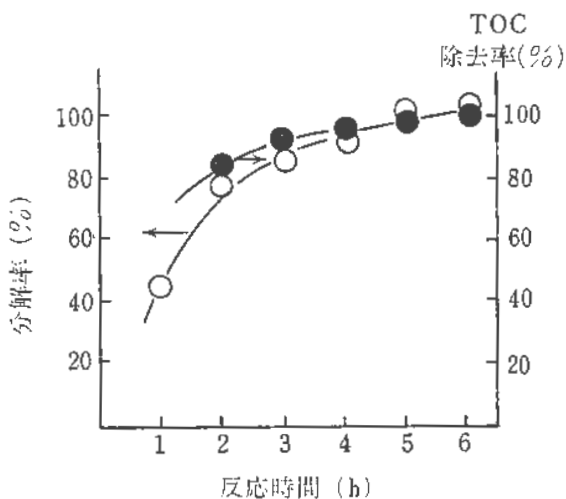


図 36

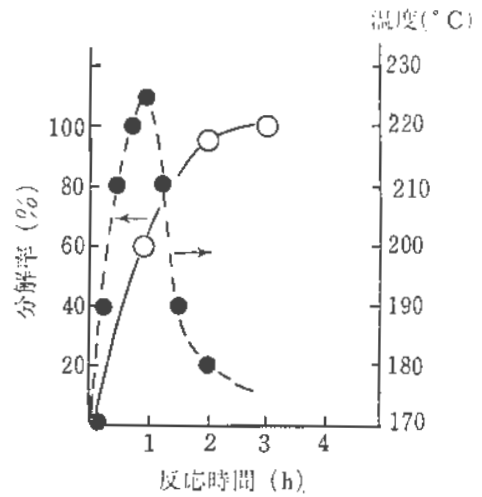


図 37

TOC 除去率の間に密接な関係が認められる。

図 37 は、フェノール溶液中に触媒として Cu²⁺ を添加した時の分解率、及び反応溶液温度の上昇を示している。銅を触媒とした時は、初期温度が 170°C でもフェノールは酸素と激しく反応し、2 時間程度で 90% 以上の分解率を得ることができた。又興味ある現象としては、170°C で電気炉の電源を切っているにもかかわらずフェノールの投入とともに酸化反応熱により反応容器の温度が 50°C 程上昇することである。図からも明らかに、分解速度の最大を示す時間と反応液の上昇温度の最大値を示す時間とがほぼ対応することがわかる。このように触媒の存在のもとでは一定の温度に達したのちは試料の酸化反応により自動的に反応温度が上昇するため、エネルギーの供給なしに数回の酸化処理が可能となる。図 38 は、1 回目にフェノールを投入し、反応終了後に再びフェノールを投入し処理した時のようすを示しており、いずれの場合も投入後 2 時間程で約 100% の分解率を得ることができた。

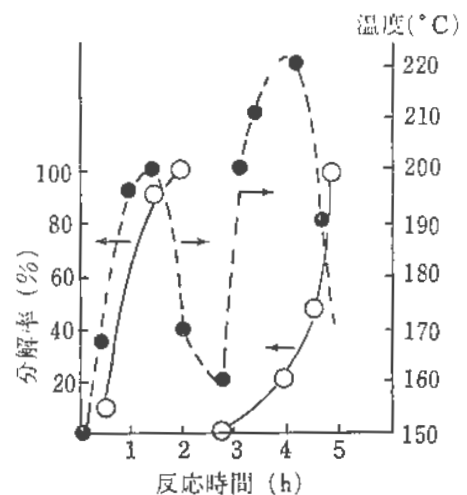


図 38

このように酸素を用いた水熱反応では、触媒を用いれば低い温度で効率的な酸化処理が可能となり又エネルギー回収の面でも期待される。このような結果からみて、酸素の安全性について十分な配慮を払えば一般的な利用が可能となるだろう。

関する研究

試作した安全カバーの作業性の評価

並びに、送材動作の人間特性

機械研究部 深谷 潔・杉本 旭

1. 研究目的

木工機械作業における事故の形態としては、接触災害が多く、また機械別では、昇降盤が最も多く手押しかな盤がそれに続く。これらの木工機械の接触防止の手段として、安全カバーがあるが、現実では十分活用されているとは言い難い。その大きな理由としては、安全カバーをすると作業がしづらいということが言われている。そこで、安全カバーの使用上の問題点を探り、その改良・活用に役立てるために、調査・実験を行った。

また、接触防止用安全装置について従来の安全カバーと異なる新しい方式による安全装置の試作・検討を行った。

さらに、木工機械の接触災害の起り方で、「手が滑って」というものが多いので、どのような時に手を滑らせるかを調べるために、送材模擬装置を用いて、測定を行った。

2. 安全装置の試作

実地及びアンケート調査の結果によれば、安全カバーが使われない理由のうちに

1. 木材が安全カバーに当たる時、抵抗があるので作業がしづらい・
2. 塗装したものや化粧板などを切断する時に、カバーに当たって表面が傷つく。

という意見があった。これらの不満に対処するために、従来の安全カバーのように木材に押されて受動的に動くのではなく、動力によって能動的に動く安全カバーを試作した。これは、木材をカバーの前に持ってくると、センサーが検知して、カバーが木材の厚み分だけ持ち上がり、カバーと木材が接触することなく切断を行なうことを可能にし、切断した材が向う側に送り出されると自動的にカバーが下がる機構とした。

また、手をのこに近付けると、それを検出して、のこ刃の回転を非常停止させる安全装置を試作した。

表 5 昇降盤と手押しかな盤への作業者の意識

	昇降盤	手押しかな盤
刃の恐 さ	たいへん怖い	28.9%
	怖い	55.4%
	恐くない	15.7%
カバーの使用者の割合	73.0%	96.1%

	たいへん重要	重要	多少関係あり	重要でない
刃先の見えやすさ	84.3%	10.5%	2.6%	2.6%
切端の排出しやすさ	53.9%	35.9%	10.3%	0%
送材抵抗	48.7%	43.2%	8.1%	0%
挽曲りの見やすさ	47.4%	31.6%	18.4%	2.6%
寸法の計りやすさ	47.4%	26.3%	21.0%	5.3%

3. 安全カバーの作業性の評価

作業者が安全カバーに対してどのように考えているかをアンケート調査によって調べた。

また、安全カバーがあることが作業にどのような影響を与えるかを調べるために、用途の異なる4種類の安全カバーを用いて、木工作業者に実際に作業を行なわせて、動作解析をした。

その結果、表5に見られるように、昇降盤と手押しかな盤は同じ様に危険であるとみなされているが、前者では、後者に較べて、カバーを使う人が少ない。また作業者が数人以下の小規模木工所では、カバーがかんな盤にはついていても、昇降盤に使用されている例はなかった。

表6に見られるように、作業者がカバーを使う上で最も重視しているのは刃先の見えやすさであるが、作業分析によると、ただ単に昇降盤の手前から刃先が見えるだけでは不十分で、刃の側方や上方からも見えることが必要である。

4. 送材動作の人間特性

昇降盤の送給動作における人間特性を測定するために、送材模擬装置を制作した。これは、センサーを組込んだ模擬木材、制御装置などからなり、送材の模擬動作が可能で、あらかじめ制御装置で設定しておく、送材中の、反発を模擬し、その間の挙動を計測することができる。

この装置を用いて、送材力や、材の押付力、手の滑り等を材の把持方法別に測定した。

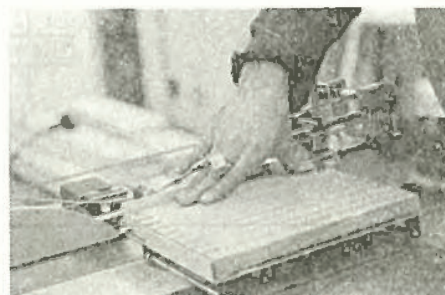


写真 3 送材模擬装置による実験

システムの検討

機械研究部 佐藤吉信・深谷 潔・江川義之

1. 研究目的

災害防止の目標を効果的に達成するためには、体系的な検討が必要とされる。木工機械作業における安全対策を検討する上でも、総合的な研究が必要とされる。前年度にひきつづいて木工機械作業をとりまく管理面を含んだ諸条件について、その実態を調査し、問題点を体系的に検討した。

2. 研究方法及び結果

前年度において、丸のこ盤の安全装置の種類や、それが使用不能な作業などについて調査することによって、作業の不安全状態や行動の実態を把握し、さらに災害連鎖分析を行った。それによって、災害の直接原因である不安全状態や行動を生じさせる人間の特定の過誤(副次原因)、さらに副次原因を生じさせる管理や監督の誤り、および社会的環境条件(根本原因)における問題点を認識した。

このため、副次原因や根本原因における問題点を明らかにするために、災害防止解析チェックリストやMORT(管理の不備と危険性の樹木)の手法を利用して、実態調査や災害分析をもとにして安全システムの解析を行った。下図は、MORTの頂上部分を示したもので、これに従って、木工作业における災害分析や度数率を用いて、被災の性質や大きさを求めた。損害損失及び他の影響についてはアンケート調査で求めた。次に、それら潜在危険は「受領されるリスク」として確認されるもの

作業	起因物	送帯材鋸車盤	帯鋸盤	簡鋸易盤丸	万鋸能盤丸	そ丸の鋸他盤	カ盤ナ	木工エイス	そ木の工他機
運 転 操 作		33	47	56	84	42	52	15	82
材 の 供 給		51	57	67	103	53	75	20	95
治 具 工 具 取 付		2	3	0	1	0	1	0	5
材 の 取 出 し		8	16	6	5	2	4	0	14
治 具 ・ 工 具 取 外		0	0	1	0	0	1	0	2
切 削 屑 等 除 却		13	18	24	11	11	6	4	46
加 工 組 立 分 解		12	18	64	63	26	42	28	67
他 の 製 造 作 業		1	0	1	1	1	1	0	2
保 全 作 業		10	14	3	4	6	6	6	42
運 搬 取 扱 い		16	0	3	1	1	1	0	6
清 掃		1	4	4	3	2	1	0	16
そ の 他		2	0	3	0	2	0	0	1

と、「安全管理上の見落としや怠慢」によって存在するものとして分類され、この分類から潜在危険を同定することを試みた。また「災害」については、その発生条件の事例解析を行うとともに、その統計的分析を行い全般的傾向を把握した。表7はその結果の一例である。

「改善の不適」については、現場調査による面談及びアンケート調査によって検討した。「管理システムの要因と組織化の不適」につながる各要因についても、現場調査及びアンケート調査で実態を把握し問題点を検討した。

以上の研究によって、木工作业における災害発生要因である、直接原因、間接原因、根本原因について、その安全対策に資するシステムの検討を行った。

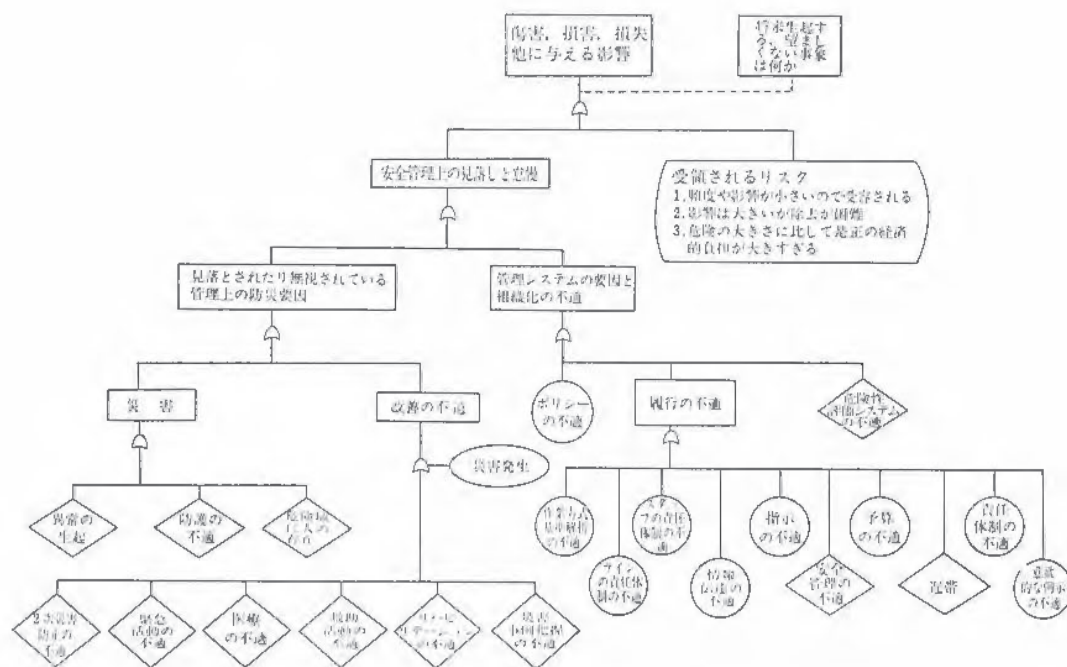


図 39 労働災害防止のための MORT (頂上部分)

1. 研究目的

木工機械作業に付随して、おがくず等の木粉類が多量に発生し集塵システム等に飛散堆積するため、これらによる火災や爆発等の災害が生じやすい。そこで、④堆積木粉類の自然発火性、⑤木粉類ダスト層の最小発火エネルギー、⑥木粉集塵システムにおける粉塵爆発危険性、の3項目につき研究を進めることとした。以下、各々につき大要を記す。

2. 堆積木粉類の自然発火性の検討

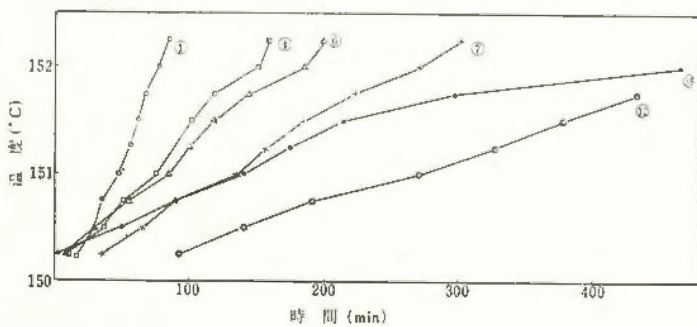
(1) 実験法

供試樹種は秋田スギ、木曾ヒノキ、赤マツ、キリ、ケヤキ、サワラ、赤ラワン、白ラワン、米スギ、米ヒノキ、米マツ、米ヒバ、米ツガ、スプルース、北洋エゾマツの15種とし、各々、原則として辺材につき粒度30-60 meshの木粉に調製した。

まず、木粉類の常圧空気中での熱分解性状を示差熱天秤を用いて測定した。標準条件は、試料量5mg、空気流量20ml/分、昇温速度2.5K/分、である。ついで、自然発火性状を自然発火試験装置を用いて測定した。標準条件は、試料量300mg、空気流量2ml/分、初期試料温度150°C、である。

(2) 実験結果

図40に木粉類の自然発火性に及ぼす樹種の効果をこれらの断熱条件下における酸化発熱速度の比として示すこととする。



①赤ラワン	33	⑨米マツ	6
②米スギ	15	⑩エゾ	5
③ケヤキ	15	⑪キリ	5
④サワラ	15	⑫米ヒバ	4
⑤白ラワン	13	⑬米ツガ	4
⑥米ヒノキ	10	⑭ヒノキ	4
⑦スギ	8	⑮スプルース	2
⑧赤マツ	7		

図40 樹種による自然発火性の違い

3. 木粉類ダスト層の最小発火エネルギー

(1) 実験法

直径0.2mmのタングステン線棒状対向電極を、木粉ダスト層上に密着させて置き、同電極間に容量火花エネルギーをアーク放電として与えることにより、最小発火エネルギーを測定した。

エネルギーの計測は、電極間電圧降下及び電流変化をデジタル変換してパソコン処理によって行なった。

(2) 実験結果

十分大きいエネルギーを与えた場合には、電極間に小火災が形成されるが、エネルギーが小さくなると明白な火災は達成されず、発火の有無の判定が困難であった。そこで、ホトトランジスターを併用して判定するようにした。

放電後、電極間ダスト層上に粒子の飛散形跡が認められ、この場合の発火は放電火花中にダスト粒子が巻き込まれて起こることがわかった。

測定値は、特にダスト粒径の影響を強く受けるが、10~20μmの平均粒径を示す木粉試料10数種について得られた最小発火エネルギーは、3~15mJの範囲にあった。これらの値は、浮遊ダスト雲の最小発火エネルギーにも匹敵する。

4. 木粉集塵システムにおける粉塵爆発危険性

(1) 実験法

集塵システムにおける粉塵爆発濃度範囲に及ぼす気流速度の影響を調べるため、実大規模の粉体空気輸送装置及びバグフィルターからなるシステムを運転して爆発実験を行なった。

(2) 実験結果

平均粒径17μmの木粉(タモ、ケヤキ)における実験結果を図41に示す。

爆発ペントによって、バグフィルターを防護することは有効であるが、噴出火災の危険性を把握することが必要である。

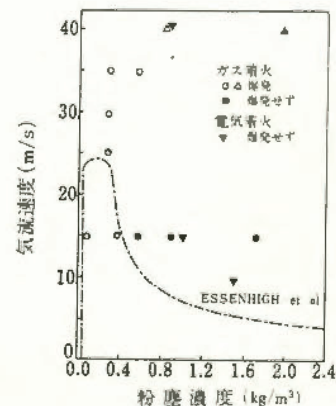


図41 粉塵濃度

1. まえがき

大部分の木工機械には、切削屑の集塵装置が取り付けられているのが普通である。いまここで取り扱おうとしている面取り盤も直線材の加工の場合には、ガイド用定規と一体となって切削回転刃を包みこむような形に設計された集塵用フードが用意されている。しかし曲線面の切削の際には、このフードは取り外さなければならない。この場合の有効な集塵装置が考案されていないのが実情のようである。そこで本研究では、この種の面取り盤の集塵システムの開発を手がけた。

2. 装置の概要

本研究で考案した集塵システムは図 42、図 43 に示すようなもので、図 42 には切削屑吸引用フード、図 43 には空気の吹出装置である。切削時には、切削屑は、回転する刃と加工材が接する点よりほぼ刃の接線方向に飛散する。面取盤の刃の回転速度は、5,000 回/分又は 10,000 回/分で使用され、後者の場合にはおよそ 40 m/s 以上の初速度で飛散するものと思われる。本装置のうち、図 43 の吹出装置で、まずこの高速で飛び出す切削屑を抑えると共に、逆方向に運動させ、図 42 の吸引フード内に吸引して、集塵しようとするものである。

3. 実験内容

実験は実際に面取り盤を用い、切削を行い、集塵できた切削屑の量を計量することによって集塵効果を検討している。気塵効果に影響を与える主要素として、

- 1) 吸引速度、開口面寸法
- 2) 吹出速度、ノズル開口寸法、ノズルの位置、水平面に対する吹出角度 α
- 3) 切削刃の回転速度
- 4) 加工機の切削角度 θ (図 42)

などがあり、実験では、吸引速度を 20 m/s, 吹出速度を 10, 15 m/s, ノズル開口寸法, 吸引フード開口寸法を図示のものとし、吹出角度 $\alpha = 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ$, 刃の回転数 10,000 回/分、切削角度 $\theta = -7.5^\circ, 0^\circ, 7.5^\circ, 15^\circ, 22.5^\circ, 30^\circ, 37.5^\circ$ などとした。

4. 所見

今まで実験を行った結果について集塵効果についての概要を記すと、

- 1) 吸引速度が充分であれば、切削角度 θ が 0° 以下の小さいとき、吹き出した空気がなくてもほぼ集塵できるが、 θ が大きいときは完全に集塵できなくなる。
- 2) 切削角 θ が大きいとき吹き出装置の併用によって、かなり集塵できることがわかった。しかし吹出し速度は必要以上に大きくない方がよいことが観察された。

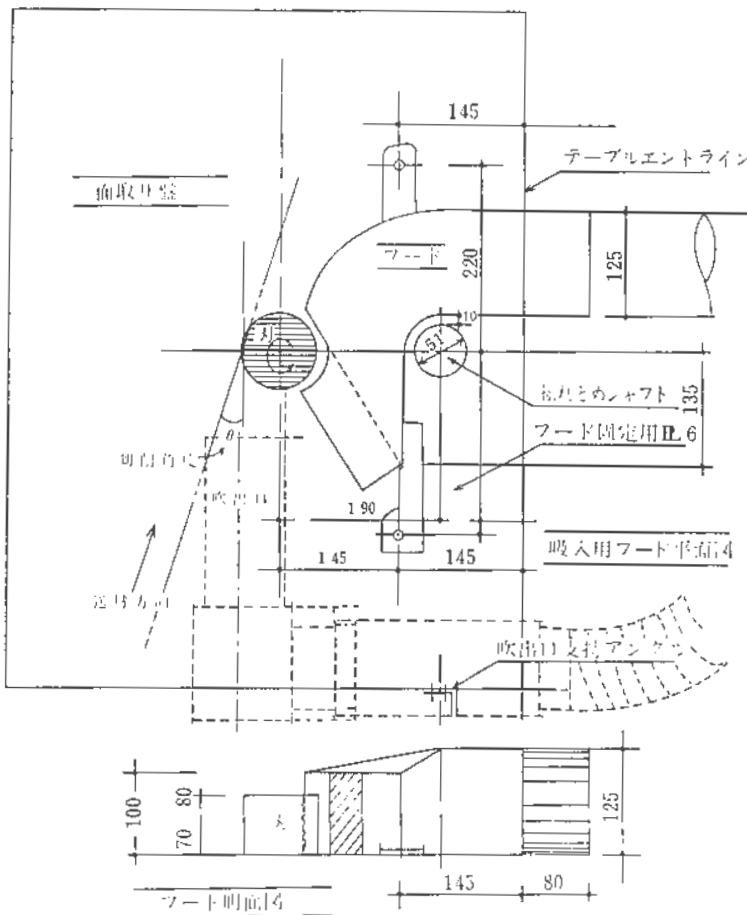


図 42 吹込フード

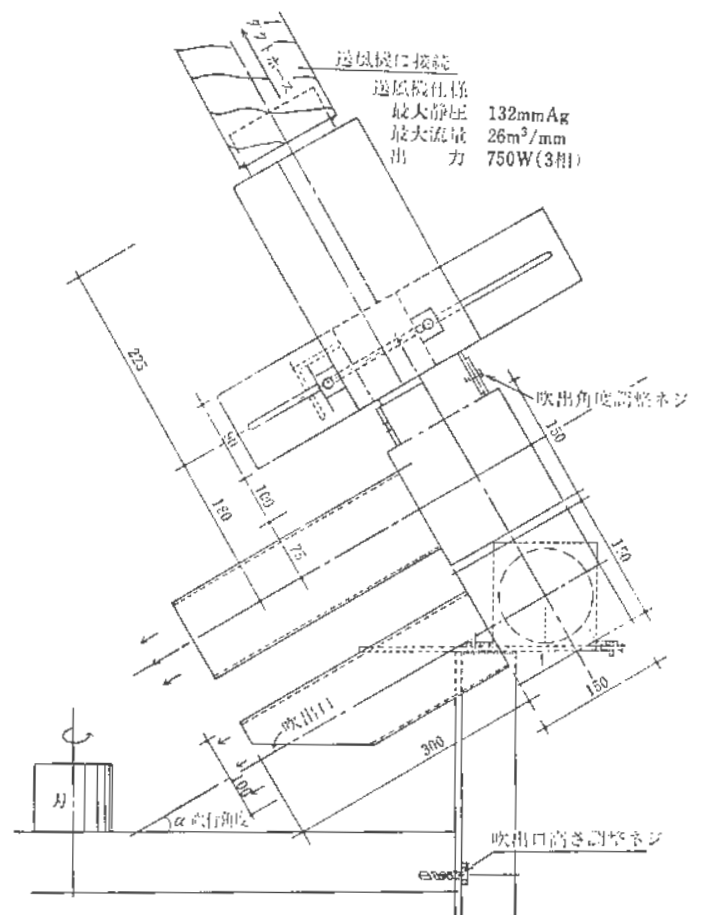


図 43 吹出装置

○反応性物質の爆発危険性評価 に関する研究

暴走反応測定装置による反応性物質の 熱安定性評価

化学研究部 森崎 繁

示差熱分析等の熱分析では、化学物質の酸化による発熱開始温度、分解熱、重量変化など熱安定性評価に必要な項目を容易に測定することができる。しかし、その欠点として発熱温度や重量変化が昇温速度に依存したり、又試料が少量であるために自己発熱による蓄熱現象が測定できないといったことがあげられる。

実際の化学プラントでは、化学物質が大量に取り扱われており、異常反応や爆発現象が生ずる場合は、反応している物質が断熱に近い状態になっていることが多いように思われる。このような点からみて、反応性物質の分解や暴走反応の危険性を断熱的に調べることは重要なことである。

1. 暴走反応測定装置の概要

暴走反応測定装置 (ARC) においては、図 44 に示すように設定された初期温度に達すると一定の待ち時間と発熱の有無を探索するステップがあり、その探索中に発熱が認められない時は一定温度上昇させ、同じような操作を断熱下で繰り返すようになっている。いったん発熱が確認されるとジャケットの温度は、試料容器との温度差を 0.01°C 程度に制御しながら追従してゆく、反応熱

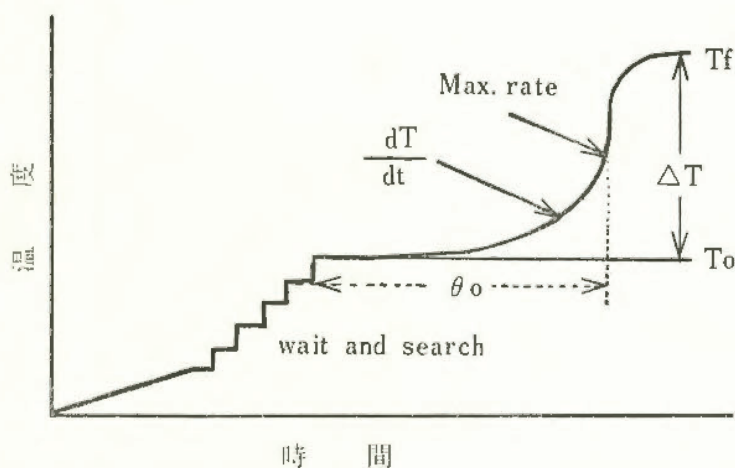


図 44

が蓄積されるにつれ、容器温度は指数関数的に上昇してゆき、最大の反応速度を経て一定の温度、圧力に達する。ARC では熱分析の場合とは異なり、最大約 9 ml の容積の試料を使用することができ、断熱下において、次のような項目を測定又は推算することができる。

(1) 断熱下における容器内の温度、圧力及びそれらの上昇速度

(2) 最大の反応速度 (爆発) に至るまでの時間とその時の温度及び圧力

(3) 各種の反応速度因子

(4) 反応性物質日の取扱い量を実規模までスケールアップした時の安全な取扱温度

2. 実験

ARC を用いて有機過酸化物、有機発泡剤等各種の反応性物質の断熱実験を実施したが、ここでは、一昨年浦和の化学工場で爆発した 5CT (5-クロロ-1,2,3-チアジアゾール) について、その ARC 実験の結果をあげる。

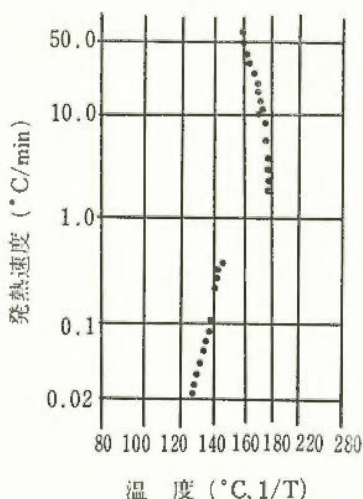


図 45

の時の発生圧力のように

図 46 に示したが、爆発圧力は約 210 kg/cm^2 と測定された。これらの発熱速度等のデータは、 Hastelloy C の容器を通して得られたものであり、試料そのものの発熱特性 (大容量の反応性物質が容器に入っている場合) を見る場合には補正を行う必要がある。たとえば、最終温度と発熱開始温度との差 ΔT は、実測

図 45 は、5CT の断熱下における分解による発熱速度とその時の温度との関係を示している。この時の 5CT の使用量は 1.1g で、雰囲気は大気圧空気とし、又試料容器には耐圧 $2,500 \text{ kg/cm}^2$ の Hastelloy C を用いた。5CT はこの条件では 126.3°C で発熱 ($0.022^{\circ}\text{C/min}$) が始まり、加速的な発熱反応ののちに 145°C で爆発を起こしている。そ

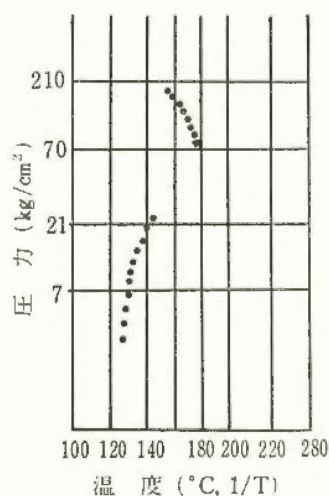


図 46

値を ΔT_s とすると $\Delta T = \phi \times \Delta T_s$ となる。ここに $\phi = 1 + M_b C_{vb} / M_s C_{vs}$ である (M_b : 容器の重さ, C_{vb} : 容器の熱容量, M_s : 試料の重さ, C_{vs} : 試料の熱容量)。この補正を考慮すると 5CT が発熱と開始してから爆発を起こすまでの時間が計算することができ、1g 前後の 5CT を 126°C の断熱下構おけば、20 分程度で最大の反応速度に至ることが推定できる。

このように ARC の実験では、一般的に熱分析より厳しいデータが得られ、又具体的な数値が出るので実際の設備の設計や操作においても十分役立つものと思われる。

(3) 刊 行 物

名 称	整理番号	題 目	著 者 名
産業安全研究所 研究報告	RR-30-1	水中において下肢強直を起こす電撃の強さと許容 限界—ウサギを水中電場にさらす水槽実験—	{ 山 野 英 記 本 山 建 雄 田 島 泰 幸
	RR-30-2	水中漏電場の電界強度に関する検討 —漏電電極と電界強度の関係—	{ 本 山 建 雄 山 野 島 泰 幸
産業安全研究所 特別研究報告	SRR-81-1	強風に対する足場等の安全対策	{ 森 宣 制 河 尻 義 正 { 森 宣 制 木 下 均 義 一 河 下 均 義 一 木 下 均 義 一 森 小 川 宣 勝 教 小 川 勝 教 森 崎 川 繁 一
		1. 総論	
		2. 地域別基準風速の設定	
		3. 実大実験による風荷重の検討	
		4. 水平荷重に対する壁つなぎの反力	
産業安全研究所 技術資料	TN-81-1	発泡剤の熱安定性と分解危険性	{ 森 宣 制 小 川 勝 教 市 川 健 二
	TN-81-2	携帯用グライндаカバーの取付部の構造と防護効 果—オフセット形砥石用カバーの場合—	
	TN-81-3	足場の組立解体時に用いる水平親綱システムの安 全性	
	TN-81-4	送配電線設備における感電災害の分析	
環境庁, 国立機 関公害防止等試 験研究 科学技術庁, 海 洋開発調査研究 促進費		水熱反応による高濃度廃液の無害化処理に関する 研究	{ 森 崎 繁 駒 内 功 道 夫 内 藤 泰 幸 田 島 建 雄 本 山 野 英 記
		海中における電撃危険性とその防止に関する研究 (Ⅳ)	{ 田 島 建 雄 本 山 野 英 記

(4) 学会誌・学術雑誌へ掲載

題 目	誌 名	発表年月	執 筆 者
安全細隙 (Safe Gap) による水素-空気炎の消 炎現象	安 全 工 学 Vol. 20, No.3	55. 6	{ 鶴 見 平三郎 他 部 外 者 2 名
突合せ溶接材及び母材の疲労き裂伝ば挙動	日本機械学会論文集 Vol. 47, No.419	56. 7	橋 内 良 雄
Effects of Surrounding Gas Pressure on the Decomposition of Thiadiazole Compounds	Thermochimica Acta Vol. 47, No.1	56. 7	森 崎 繁
Thermal Decomposition of Sponge Blowing Agents by Pressure Thermal Analysis	Journal of Hazar- dous Materials Vol. 5, No.1/2	56. 10	{ 森 崎 繁 内 藤 道 夫 他 部 外 者 1 名
静電気災害の統計と分析	安 全 工 学 Vol. 20, No.6	56. 12	児 玉 勉

(5) 研究発表

題 目	発表会名	発表年月日	発表者
溶接継手の疲労き裂伝ば速度に及ぼす試験片寸法の影響	日本機械学会第58期通常総会講演会	56. 4. 2	橋 内 良 雄
水中のうさぎに危害を生ずる電撃の強さ	電気学会環境安全研究会	56. 6. 26	山 野 英 記
低温下における溶接継手の疲労き裂伝ば特性	第11回安全工学シンポジウム	56. 7. 2	橋 内 良 雄
安全破裂板に関する研究 (第2報)	//	56. 7. 3	鶴 見 平三郎
ジャケット内スチーム実温と mollier 線図	//	//	琴 寄 崇
反応性物質の分解における圧力効果	//	//	森 崎 繁
多関節人工指制御のための静電型クラッチ	第7回バイオメカニズムシンポジウム	56. 7. 16	杉 本 旭
突合せ溶接継手の疲労き裂伝ば挙動及び破壊じん性の温度依存性	日本機械学会第20回シンポジウム材料及び構造物の破壊と強度評価	56. 7. 21	橋 内 良 雄
構造用低炭素鋼の疲労き裂伝ば挙動に対する水環境の影響	//	56. 7. 22	田 中 正 清
昇降盤作業における作業者の注意について	日本人間工学会第22回大会	56. 8. 22	深 谷 潔
自然発火装置 (一種の断熱カロリメータ) による不飽和脂肪酸類の酸化発熱速度の比較	第20回油化学討論会	56. 9. 18	琴 寄 崇
階段・通路の安全性に関する研究 (第9報) 一段鼻材の滑り抵抗の測定方法について	日本建築学会	56. 9. 29	永 田 久 雄
リンクチェーンの破壊靱性と疲労き裂伝ば特性	日本材料学会第1回破壊力学シンポジウム	56. 10. 2	橋 内 良 雄
ニトリル及びアミドの硫酸銅を用いた酸素による湿式酸化	日本化学会第44秋季年会	56. 10. 13	{ 森 崎 繁 駒 宮 功 額 内 藤 道 夫
導電性繊維入り帯電防止作業服の性能試験方法	静電気学会	56. 10. 16	田 嶋 泰 幸
管内流動帯電における液種及び管材質の影響	//	//	児 玉 勉
携帯用グラインダカバーの取付部の構造と防護効果	日本機械学会東北支部仙台地方講演会	56. 11. 7	糸 川 壮 一
SM 50 A 溶接継手の疲労き裂伝ばにおける寸法効果	日本材料学会第15回疲労シンポジウム	56. 11. 11	橋 内 良 雄
ジフェニルジアゾメタンの熱分解	熱測定学会	56. 11. 12	{ 森 崎 繁 他部外者1名
静電気災害の動向と今後の諸問題	1981年第2回静電気特別シンポジウム	//	田 嶋 泰 幸
塩化ビニルを用いた塩化アルミニウムの製法	1981年度高分子の崩壊と安定性研究討論会	56. 11. 17	駒 宮 功 額
プラスチックの発火温度	//	//	//
薄板安全破裂板に関する研究 (第2報)	第19回燃焼シンポジウム	56. 12. 1	鶴 見 平三郎
管径, 圧力と燃料-空気混合ガスの爆ごう限界	//	//	松 井 英 憲
U字アンカーの破断事故の原因調査	第14回安全工学研究発表会	56. 12. 3	{ 前 田 豊 田 中 正 清
石炭の熱分析による発火温度の測定	//	//	駒 宮 功 額

題 目	発 表 会 名	発表年月日	発 表 者
粉体空気輸送システムにおける粉塵爆発危険性	第14回安全工学研究 発表会	56. 12. 3	{ 松 田 東 栄 内 藤 道 夫 他部外者 6 名
可燃性ダスト層の最小発火エネルギー測定法	//	//	{ 松 田 東 栄 他部外者 1 名
暴走反応測定装置と DSC	//	//	森 崎 繁
有機過酸化物の ARC	//	//	森 崎 繁
混合物の発火温度 (2)	//	//	柳 生 昭 三
爆発限界及び発火温度の教育実習用測定装置	//	//	{ 柳 生 昭 三 他部外者 1 名
水中漏電場を定める諸因子の検討	//	56. 12. 4	{ 本 山 建 雄 山 野 島 英 記 田 島 泰 幸
階段寸法の心理的な評価 (女子のはきもの別による違いについて)	日本人間工学会関東 支部研究発表会	56. 12. 8	永 田 久 雄
送配電線設備における感電災害の分析	電気学会	56. 12. 18	市 川 健 二
鋼材の疲労き裂成長に対する水素環境の効果	日本機械学会中国四 国支部第20期総会講 演会	57. 3. 17	田 中 正 清
マニピュレータ制御のための電磁力直動型エアーサーボ弁の特性	日本機械学会	57. 3. 30	杉 本 旭
水中漏電電流検出への変流器の適用	電気学会全国大会	57. 3. 31	{ 田 島 泰 幸 山 野 島 英 記 本 山 建 雄

第3章 産業安全技術館の活動

(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 336 m² 2階 573 m²

特別展示場 2階 249 m²

見学指導室 3階 117 m²

安全技術情報コーナー 2階 84 m²

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。

見学指導室には、視聴覚設備教材を備えて、団体見学者に対する安全映画の上映などを行っている。

昭和56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 各種保護具を始めとする実物資料及び統計パネルを更新

特別展示

56.6.1～7.7 「全国安全週間特別展」

9.1～10.7 「全国労働衛生週間特別展」

10.19～12.19 「建設工事における現場計測と安全」特別展

講演会

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

施設公開

科学技術週間中に産業安全研究所清瀬実験場を一般に公開した。

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 295日 (4/1～3/31)

個人 33,059名、団体 161組 3,727名

計 36,786名

(2) 大阪産業安全技術館の活動

昭和56年度における大阪産業安全技術館の主な活動は次の通りである。

常設展示場の加工機械災害防止コーナーについて更に整備充実を計るとともに、オーバーヘッドプロジェクターの新設等、視聴覚機器による安全教育の充実を計った。また、安全情報提供業務の一つとして、情報検索装置を導入しその活用を計ることとした。

特別展示

56.10.20～11.30 「材料安全展」

講演会

定例講演会を10回開催したほか、特別展開催期間中にテーマに関係した講演会を1回、定例の映画会を5回開催した。

安全技術指導

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

入館者

開館日数 294日 (4/1～3/31)

個人 9,334名 団体 167組 6,350名

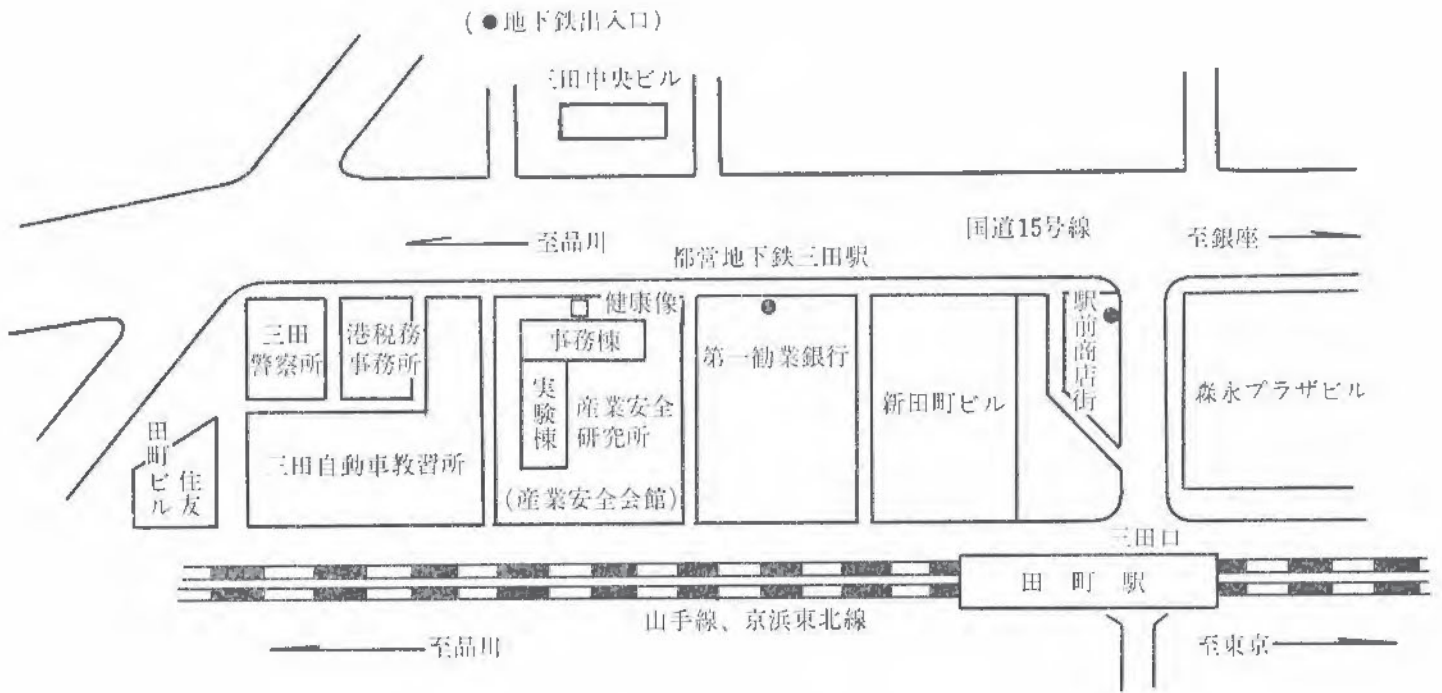
計 15,684名

(3) 依頼試験及び検定

昭和56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59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104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

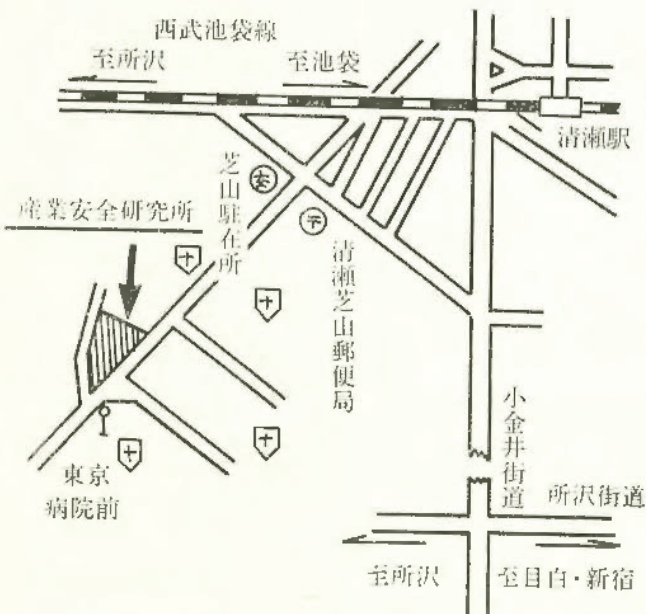
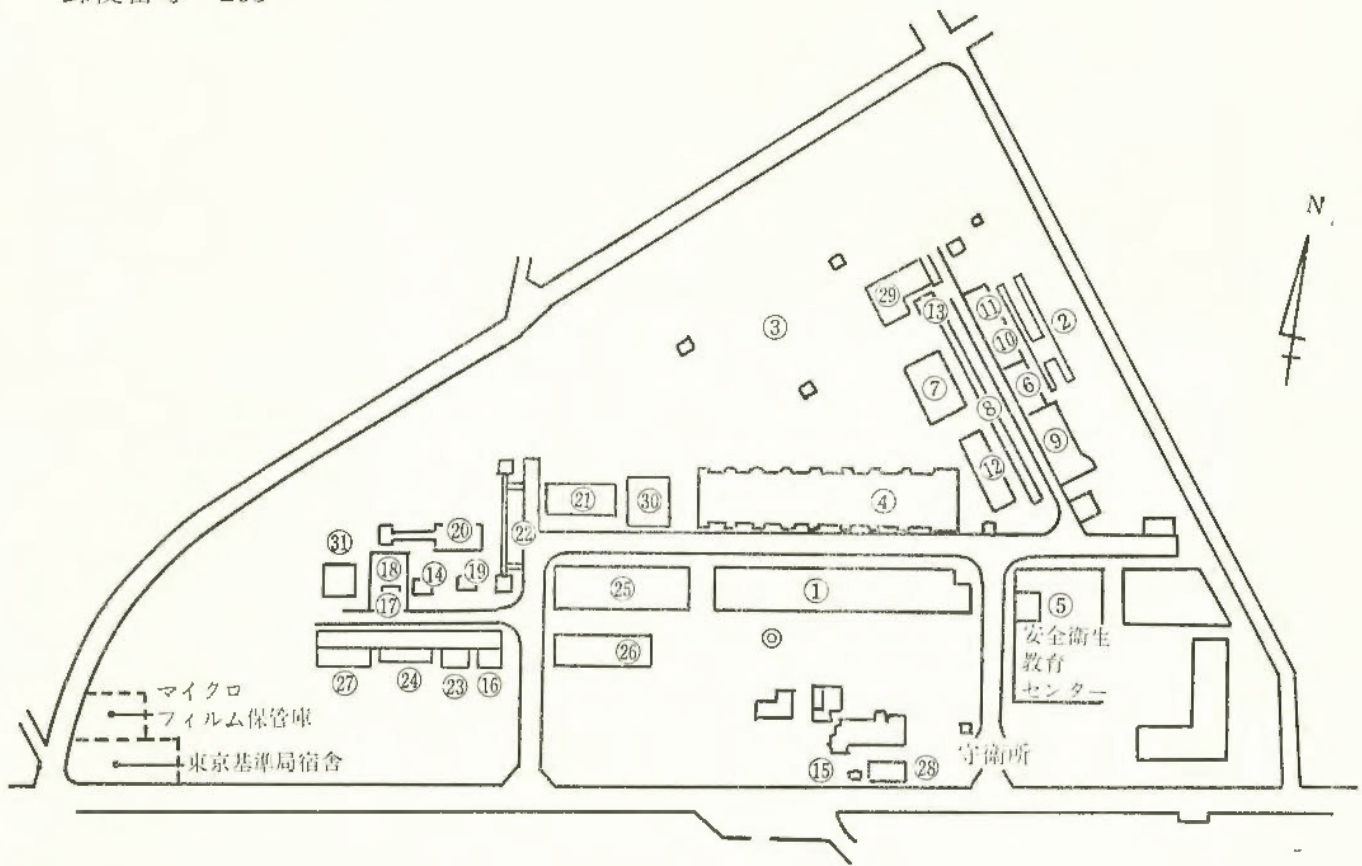
事 務 棟

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・火炎防止器実験室・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 203



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 天井クレーン実験施設 | 20 配管等爆発実験施設 |
| 5 走査型電子顕微鏡室 | 21 高圧燃焼実験室 |
| 6 200トン圧縮試験室 | 22 液体流動帯電実験施設 |
| 7 土止実験ピット | 23 高気圧環境実験室 |
| 8 ジブクレーン | 24 高圧ガス粉じん系爆発
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 | |

西武池袋線清瀬駅下車（池袋より約30分）

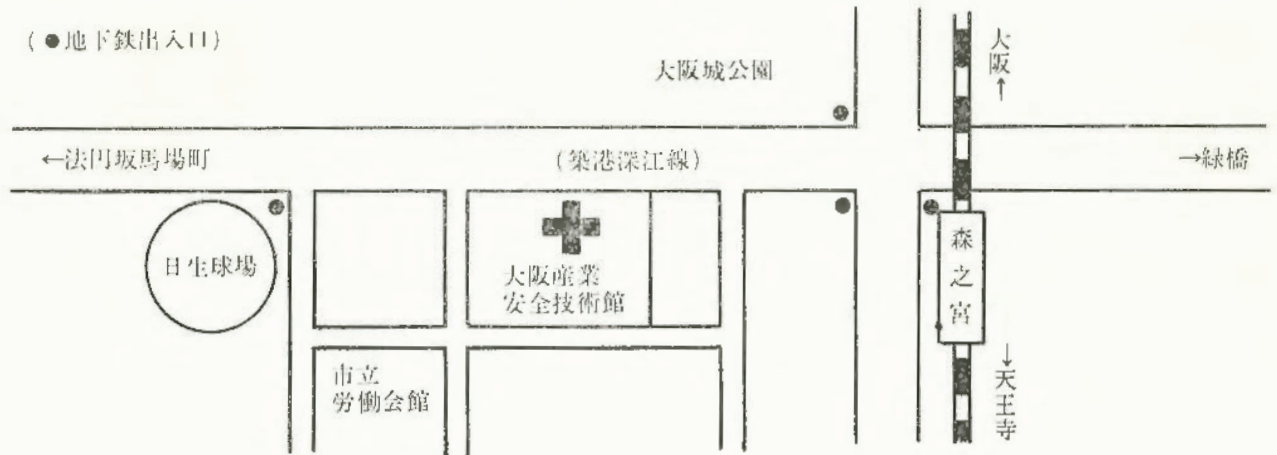
清瀬駅から 徒歩（約20分）

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 56 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)
