

産業安全研究所年報

ANNUAL REPORT
OF
RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

1992

平成 4 年度

労働省産業安全研究所



新庁舎落成式



新庁舎の主要実験施設の披露



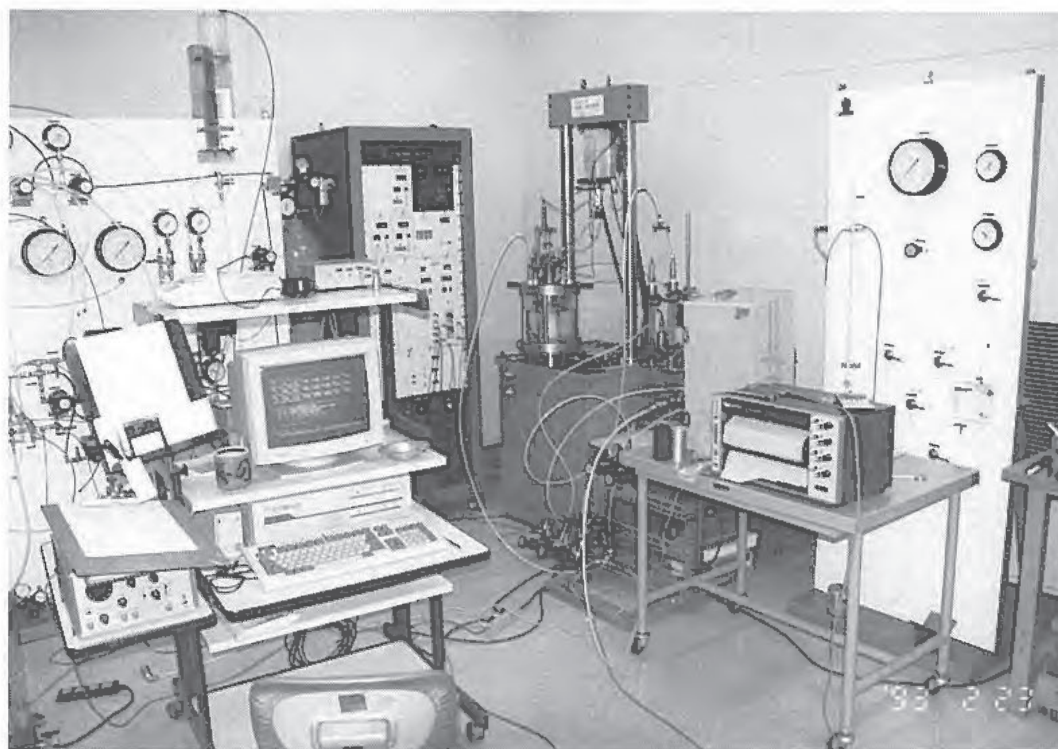
50周年記念安全技術講演会



近藤鉄夫労働大臣産業安全研究所視察

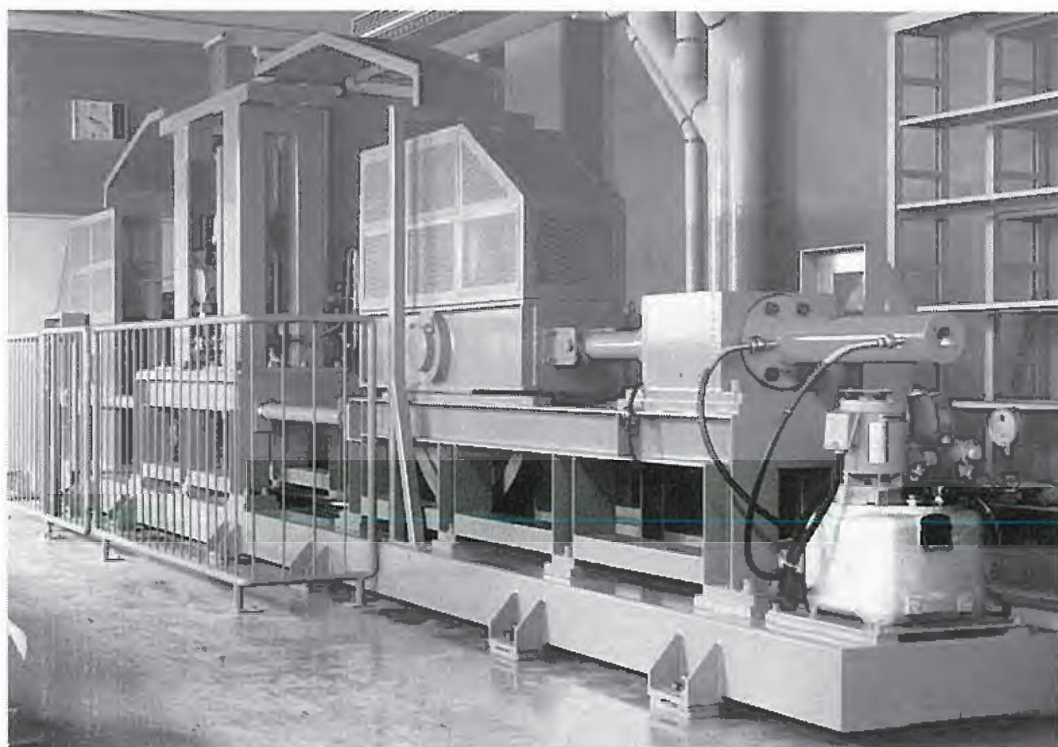
特別研究の実施状況

1. 溝堀削工事における土砂崩壊災害防止に関する研究



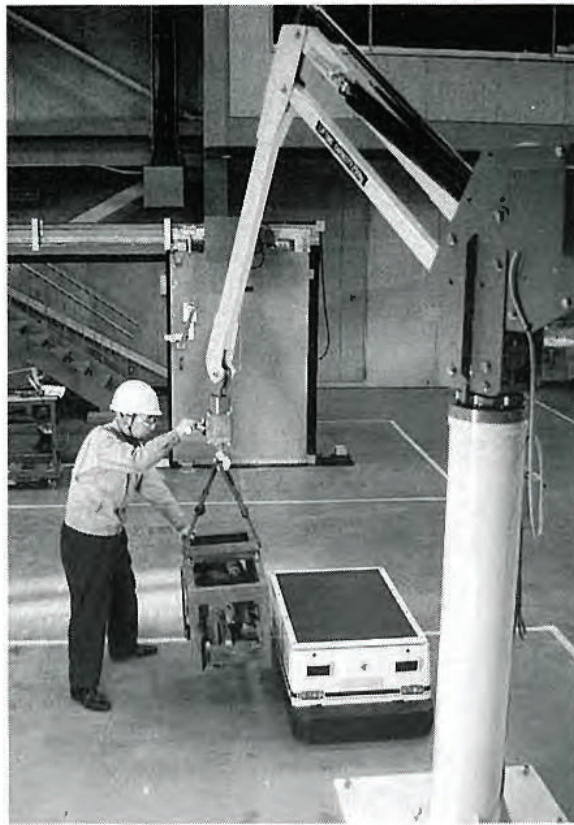
三軸圧縮試験機

2. 吊上げ用具類の新検査技術に関する研究



ワイヤロープ疲労試験機

3. 高齢者の安全確保のための機器及び作業システムの開発に関する研究



重量物取扱い作業支援機器

新設研究施設



200トン圧縮試験機

目 次

第1章 総説	
1.1 研究活動の概要	3
1.2 組織	4
1.3 定員	4
1.4 土地及び建物	4
1.5 歳入	5
1.6 主要研究施設及び設備	6
1) 施設	6
2) 設備	7
1.7 図書	8
1.8 広報	9
1.9 その他	9
1) 人事異動	9
第2章 研究業務	
2.1 平成5年度における研究テーマ	10
1) 経常研究	10
2) 特別研究	11
2.2 平成4年度における研究成果の概要	13
2.3 研究成果の発表	44
1) 誌上発表	44
2) 口頭発表	46
3) 国際会議，国際研究集会への参加	49
4) 著書	49
第3章 関連業務	
3.1 産業安全研究所主催行事	50
3.2 行政機関等に対する協力	52
1) 災害調査等における協力	52
2) 委員会活動における協力	52
3) 研究講師派遣等による協力	53
4) その他	53
3.3 外部機関との協力	54
1) 学協会委員会活動	54
2) 技術指導，研究協力等	54
3) 外部機関の研究員の招へい	54
4) 外部機関への研修	55
5) 外部機関の研修員の委託	55
6) 国際協力，海外派遣等	55

第4章	産業安全技術館業務	
4.1	産業安全技術館の活動	56
4.2	大阪産業安全技術館の活動	57
付	録	
1)	産業安全研究所年譜	58
2)	産業安全研究所所在地，案内図	60

第1章 総 説

1.1 研究活動等の概要

当研究所は、設立50周年の記念すべき節目の年に、長年の懸案であった清瀬実験場の研究施設の整備を行い、当研究所の本拠が田町から清瀬に移転した。この緑豊かなすぐれた研究環境において今後の一層の研究活動の高度化、効率化が期待されることとなった。

当研究所における研究は、各種産業分野において発生する産業災害、労働災害の防止を目的としており、災害現象の解明、災害防止技術の確立のため、研究内容は広範な工学領域に及んでいる。特に最近では生産技術の急速な進展と労働人口の高齢化などにより、労働災害の多様化、複雑化がみられ、これらに対応した研究開発を推進している。すなわち、産業用ロボット等に代表される生産機械のME化・自動化に伴う新たな安全対策、多発する建設工事関連の災害に対する防止対策、化学工業において取扱われる新物質・新材料の危険性の解明及びこれらの火災、爆発災害の防止対策、最近多くの業種で問題となっている静電気に起因する災・障害対策に関する研究などを行っている。また、以上のハードウェアの研究と併せて、安全研究に不可欠のシステム安全、安全人間工学等いわゆるソフト技術に関する研究にも取り組んでいる。

これらの研究成果は、安全行政における労働安全衛生規則、構造規格、技術指針等の制定または改正に際し、参考とされるほか、行政機関が実施する安全監督指導、災害原因調査に際して、学術的、技術的資料として活用されている。また、研究成果は、関連の学協会における報告、発表や技術講演会、産業安全技术館への展示等を通じて広く周知され、各方面で活用されている。なお、最近では先進国及び開発途上国からの来訪者が増え、産業安全に関する情報交換、研修等を通じて国際協力も行っている。

平成3年度における研究活動の実施状況は、特別研究として、

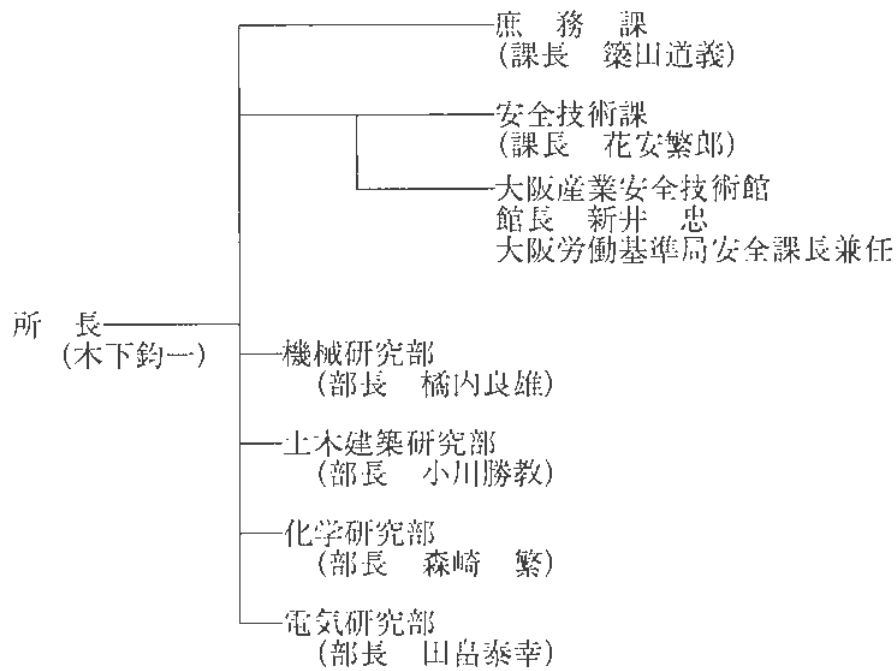
- 1) 溝掘削工事における土砂崩壊災害の防止に関する研究（労働省）
- 2) つり上げ用具類の新検査技術の研究（労働省）
- 3) 高年齢者の安全確保のための機器及び作業システムの開発に関する研究（労働省：労働省他機関との共同研究）
- 4) 微小着火エネルギーによる可燃性物質の着火機構の解明に関する研究（科学技術庁：科学技術振興調整費による個別重要国際共同研究（日英共同））
- 5) 環境因子が作用するヒューマンエラーの発生機序（科学技術庁：科学技術振興調整費による重点基礎研究）
- 6) 工場等で発生するミストの環境への飛散防止システムの開発（環境庁：国立公害防止等試験研究費）
- 7) 特殊材料ガスによる環境汚染防止を目的とした高濃度ガスの流出防止システムの開発（同上）

の7課題についての研究を行った。

また、経常研究としては、自動機械システムや産業ロボット等の安全化、機械・構造物の破壊防止等の機械災害の防止、建設工事用設備等の安全化等建設災害の防止、可熱性ガス等の爆発危険性の解明、化学物質の危険性の解明等の化学災害の防止、電気絶縁材料・設備の安全化や静電気による危険性の解明等電気災害の防止及び作業環境の安全化や労働災害の分析等に関する研究等を行い、多くの成果を公表した。

こうした研究活動の一方、研究効率化委員会では、平成4年度から新たに「産業安全に関する設備診断技術の開発と損傷評価法」をテーマとして取り上げ、この分野での今後の研究の方向性についての調査研究報告をとりまとめることとなった。さらに、設立50周年記念安全技術講演会を東京と大阪において開催したほか、多数の各種安全技術相談にも応ずるとともに安全指導をも行った。

1.2 組 織 (平成5年4月1日現在)



1.3 定 員

(平成5年4月1日現在)

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 術 職 員 (乙)	
区分	所長	9	18	13	40	1	4	1	4	10	1	52

1.4 土地および建物

(平成5年4月1日現在)

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	東京都清瀬市梅園1-4-6	43,465	延19,669	
労働省 産業安全研究所 産業安全会館	東京都港区芝5-35-1	6,273	延15,373	
労働省 産業安全研究所 大阪産業安全技術館	大阪府中央区森ノ宮中央1-15-10	(832)	延893	敷地は大阪労働基準局所属

1.5 歳出予算

区 分	平成4年度			平成5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 293,818	千円 88,089	千円 381,907	千円 303,352	千円 89,650	千円 393,002
研 究 費	42,579	156,803	199,382	43,582	157,613	201,195
経 常 研 究 費	42,579	105,664	148,243	43,582	108,333	151,915
特 別 研 究 費	—	51,139	51,139	—	49,280	49,280
(溝掘削工事における土砂崩壊) 災害の防止に関する研究)	—	26,362	26,362	—	25,019	25,019
(吊上げ用具類の新検査技術に) 関する研究)	—	24,777	24,777	—	24,261	24,261
依 頼 試 験 ・ 検 定 経 費	777	—	777	777	—	777
産 業 安 全 技 術 館 経 費	—	28,740	28,740	—	37,628	37,628
そ の 他 の 経 費	26,445	125,065	151,510	26,220	117,722	143,942
小 計	363,619	398,697	762,316	373,931	402,613	776,544
(移替予算)						
国立機関郊外防止等試験研究費	26,064	—	26,064	21,791	—	21,791
(工場等で発生するミストの環境) への飛散防止システムの開発)	15,265	—	15,265	13,799	—	13,799
(特殊材料ガスによる環境汚染) 防止を目的とした高濃度ガス の流出防止システムの開発)	10,799	—	10,799	7,992	—	7,992
小 計	26,064	—	16,064	21,791	—	21,791
合 計	389,683	398,697	788,380	395,722	402,613	798,335

上記の外特別会計に含まれる当所関係予算

5年度 高年齢者の安全確保のための機器及び作業システムの開発に関する研究

47,303(40,275)千円

産業安全研究所施設設備費

796,966(292,285)千円

産業安全会館改修工事

737,622(286,875)千円

大阪産業安全技術館建築工事

51,681(0)千円

(注)：()=平成4年度予算額

1.6 主要試験研究施設および設備

1) 施設

(1) 特別会計

施 設 の 名 称	
ガス配合室 配管等爆発実験施設 粉じん帯電実験施設 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 化学安全実験棟	建設安全実験棟 電気安全実験棟 環境安全実験棟 放電着火実験室 総合研究棟 材料・新技術実験棟

2) 設備

(1) 特別会計

設 備 の 名 称	
可搬データレコーダ	動的高圧力試験装置
10トン横型引張試験機	高温箱型電気炉
横型真空焼純炉	デジタルオシロスコープ
液体誘電率導電率測定装置	アイマークレコーダ装置
電子計算機システム	超音波流速計測装置
走査型電子顕微鏡	テレメータシステム装置
デジタル記憶装置	熱拡散率測定装置
圧力容器付耐アーク性試験器	注意配分力検査装置
自然発火試験装置	暴走反応熱測定装置
500トン万能試験機	非接触電子工学式変位測定装置
赤外線炭酸ガス分析装置	平衡機能測定装置
マッハツェンダー干渉計	振動三軸圧縮試験機
レーザー装置	腐食疲労試験機
電気油圧式疲労振動試験装置	生体情報システム装置
仮設構造物多点荷重発生装置	地盤破壊演算装置
心電波形分析装置	産業用ロボット, モートマン Liow
高速度カメラ	工業用ロボット, トスマンIX-15
生体負荷測定装置	重心位置測定装置
最小着火エネルギー測定装置	波形分析装置
高圧熱酸化分解ガス発生装置	視点視野測定装置
X線マイクロアナライザー	万能疲れ試験機
光電測光式発光分光分析装置	赤外線応力パターン計測システム
中空ねじりせん断試験機	動作自動解析システム
固体可燃物燃焼特性装置	破壊じん性試験機
ハイスピードビデオカメラ	高温伝導微少熱量計
X線残留応力測定装置	分光放射計測装置
化学発光計測装置	高速データ収録装置
空間座標測定装置	エンジニアリングワークステーション
転倒耐力測定装置	構造部材疲労試験機
応力腐食割れ試験装置	加振装置
非接触人体接近検出装置	高速液体クロマトグラフ
フーリエ変換赤外分光光度計	高温高圧水循環装置
高速度現象デジタル直視装置	遠心載荷試験計測装置
恒温恒湿セル	ワイヤロープ疲労試験機
超小型テレメータ装置	曲げ, 圧縮試験機
耐水試験機	建材試験装置
最高血圧自動連続測定装置	電磁共振型疲労試験機

(2) 一般会計

設 備 の 名 称	
赤外線分光光度計	高速液体クロマトグラフ
ヘリウム用高気圧下短絡実験装置	ドラムカメラ
放電波形解析装置	連続サンプリング付マスアナライザー
高圧発火エネルギー測定装置	差動型高圧示差熱天秤
流動帯電量試験装置	内部摩擦測定装置
高圧熱天秤	核磁気共鳴測定装置
高真空蒸着装置	ガスクロマトグラフ質量分析計
環境試験装置	有害ガス処理装置
データ収録装置	プラズマ化学処理装置
粒径計測装置	
水熱反应用高圧示差熱分析器	

1.7 図書

(1) 単行本

区 分	平成4年度受入数	蔵書数
和 書	361	9,707
洋 書	33	2,222
計	394	11,747

(2) 平成4年度中の購入雑誌の種類

区 分	雑種の種類
和 雑 誌	74
洋 雑 誌	99
計	173

刊 行 名 称	刊行区分	発行部数
産業安全研究所研究報告 RIIS-RR-91	年刊	600
産業安全研究所特別研究報告 RIIS-SRR-No.12	不定期	600
産業安全研究所年報 平成4年度版	年刊	2,000
安研ニュース '92Vol.16 No.2~Vol.17 No.1	定期(隔月)	4,800

1.9 その他

1) 人事異動

発 令 年 月 日	新 官 職	氏 名	旧 官 職
4. 4. 1	庶務課管財係長	友金三枝子	労働基準局労災保険業務室
	庶務課庶務係	高橋 行紀	庶務課会計係
	庶務課庶務係	久米 明	新規採用
	庶務課会計係	桧山 信一	新規採用
	電気研究部研究員	大澤 敦	新規採用
	化学研究部研究員	土井 智史	新規採用
	政策調査部産業労働調査課統計審査係長	今井美栄子	庶務課管財係長
	会計課営繕管財係	中西 孝	庶務課庶務係
	労働基準局労災管理課経理係	千葉 茂雄	庶務課会計係
	文部省	佐藤 吉信	機械研究部主任研究官
4. 7. 1	大阪労働基準局	丹羽 啓達	化学研究部研究員
	庶務課会計係	宮原 美幸	労働基準局労災保険業務室
4. 8. 5	労働基準局労災保険業務室記録係長	八戸 孝彦	庶務課会計係長
	秘書課政務次官付	小嶋 芳昭	庶務課庶務係長
4. 9. 1	庶務課庶務係	堀江 章	大臣官房会計課
4.10. 1	機械研究部研究員	佐々木哲也	新規採用
5. 3.31	辞職	桧山 信一	庶務課会計係

第 2 章 研 究 業 務

2.1 平成 5 年度における研究課題

1. 経常研究

- (1) 機械設備等の安全化（機械研究部）
 - 1) プレス作業の安全システム
 - a. ポジティブ・クラッチ式プレス of 安全作業システム
- (2) 機械・構造物等の損傷・破壊防止（機械研究部）
 - 1) 構造部材の破壊防止
 - a. 自走式クレーンの構造部分に生じる応力スペクトル
 - 2) クレーン構造部材の補修と疲労強度評価
 - a. 補修したクレーン構造部材の疲労強度に及ぼす荷重頻度分布の影響
 - 3) 化学プラント用機器の高温疲労強度
 - a. 高温配管鋼の熱疲労寿命評価
- (3) 機械・構造部材の損傷診断と信頼性解析（機械研究部）
 - 1) 欠陥を有する部材の信頼性評価支援システム
 - a. 確率論的破壊力学によるき裂部材の破壊確率評価システムの構築
 - 2) 損傷検出に対する非破壊検査の適用性
 - a. 各種非破壊検査法の適用と溶接構造物の損傷検出限界
 - 3) 赤外線応力法を用いた構造部材の損傷評価
 - a. 溶接止端部の応力集中の評価
- (4) 作業員・作業環境等の安全化
 - 1) インシデント分析によるヒューマン・エラーの発生要因（土木・建築研究部）
 - a. ヒューマン・エラー発生プロセスの検討
 - 2) 転倒危険性の評価に関する人間科学的研究（土木・建築研究部）
 - a. 水平急加速装置を用いた立位姿勢の安定性と加速刺激成分
 - 3) 騒音環境場の特性評価（機械研究部）
 - a. 高齢者に衝撃変動騒音を暴露した場合の等価騒音レベル評価の有意性
- (5) 建設工事用設備等の安全化（土木・建築研究部）
 - 1) 仮設建造物の水平荷重に対する安定性
 - a. 作業台構に作用する水平荷重の調査
 - 2) 接合方法の異なる仮設構造物の安全性
 - a. くさび結合による骨組みの座屈強度
 - b. 半剛接合部を有する仮設構造物の強度特性
 - 3) 足場板の安全性評価
 - a. 針葉樹合板足場板の安全化
- (6) 可燃性ガス・粉塵等の爆発危険性（化学研究部）
 - 1) 可燃性ガス・粉塵等の発火・爆発危険性
 - a. 活性炭の粉じん爆発危険性
 - b. 排ガスを吸着した活性炭の反応性と爆発性の測定
 - 2) フィルムデトネーションの伝播限界
 - a. 不活性ガス希釈による限界酸素濃度の測定
- (7) 化学物質の分解危険性とその防止（化学研究部）

- 1) 固体化学薬品類の熱爆発危険性
 - a. 高感度化学薬品類の熱爆発限界温度の測定
- 2) 化学物質の熱分解反応と化学構造との関係
 - a. 熱分解感度と分子の電子構造との関係
- 3) 化学物質の熱危険性予測システムの開発
 - a. 化学物質の熱危険性予測式の評価
- 4) 発熱開始過度におよぼす官能基配置の影響評価
 - a. 官能基配置の実験による評価
- (8) 爆発抑止技術の開発（化学研究部）
 - 1) 爆発圧力放散機構の解明
 - a. 閉鎖空間への圧力放散機構の解析
- (9) 反応危険の防止（化学研究部）
 - 1) バッチプラントの暴走時におけるシミュレーション技術の開発
 - a. 定常運転時のシミュレーション
- (10) 電撃危険性とその防止（電気研究部）
 - 1) 電撃の許容限界を表す工学モデルの提案
 - a. しきいパルス電流—持続時間特性を表すモデルの試案
 - 2) 直流電路の安全化技術の開発
 - a. 直流漏電検出技術の開発
- (11) 電気材料・機械・設備等の安全化（電気研究部）
 - 1) 有機複合絶縁材料の耐電圧試験方法
 - a. FRP材料の内部マイクロ界面が絶縁破壊電圧に及ぼす影響
 - 2) オゾン・紫外線による有機絶縁材料の表面特性と危険限界
 - a. オゾン・紫外線による有機絶縁材料の表面電気特性の測定
 - 3) マルチ電磁ノイズに対する電子安全装置の耐ノイズ特性
 - a. バックグラウンドにインパルスノイズが重畳した場合の耐ノイズ特性
- (12) 静電気による危険性とその防止
 - 1) プロセスタンクにおける可燃性液体の帯電および着火危険性（電気研究部）
 - a. プロセスタンクへの充填条件と帯電特性
 - 2) 粉体の流動帯電現象の解明（電気研究部）
 - a. 粉体の流動帯電現象に及ぼす要因の解明
 - 3) 可燃性物質の着火に及ぼす放電特性の解明（電気研究部・化学研究部）
 - a. 気流下における可燃性ガスの放電着火特性
- (13) 電気・電子技術の産業安全への応用（電気研究部）
 - 1) プラズマプロセスの安全化に関する基礎研究
 - a. 放電プラズマ中の電子挙動のシミュレーション
- (14) 労働災害の分析と安全管理手法の開発
 - 1) 建設工事労働災害の情報解析（土木・建築研究部）
 - a. 建設工事労働災害に関する情報分析の信頼性向上
 - 2) 災害事例データベースによる爆発・火災事故の分析（化学研究部）
 - a. 事故事例の統計分析
 - 3) 機械の安全性データベースの開発（機械研究部）
 - a. 圧力容器用部材の経年強度特性データベースの開発

2. 特別研究

- (1) 労働省

- 1) 高齢者の安全確保のための機器及び作業システムの開発（機械研究部）
 - a. 倉庫関連作業の安全化
 - b. 重量物取扱い作業のための各種支援機器等の開発
 - 2) 溝掘削工事における土砂崩壊の防止（土木・建築研究部）
 - a. 振動が土の強度等の力学的特性に与える影響の評価
 - b. 遠心模型実験による溝掘削工事における土砂崩壊発生機構の解明
 - c. 溝掘削工事における崩壊防止技術の総合的評価
 - 3) 吊上げ用具類の新検査技術（機械研究部）
 - a. 吊上げ用具類の損傷の実態調査
 - b. 吊上げ用具類の応力計測および解析
 - c. 吊上げ用具類の経年損傷特性試験
 - d. 損傷検出技術の確立
- (2) 科学技術庁
- 1) 産業災害リスクの構造変化の分析と予測（土木・建築研究部）
- (3) 環境庁
- 1) 工場等で発生するミストの環境への飛散防止システムの開発（電気研究部）
 - 2) 特殊材料ガスによる環境汚染防止を目的とした高濃度ガスの流出防止システムの開発（化学研究部）

各種測定法による突合せ溶接板の残留応力分布の比較

機械研究部 橋内 良雄, 吉久 悦二

1. 研究目的

機械や構造物の製造時や補修時に導入される残留応力は、強度や寿命に悪影響を及ぼす場合が多い。また、不幸にして災害が発生した場合、残留応力を勘案しないと機器の損傷を説明できないことが少なくない。このような残留応力を精度よく測定しようとする試みは古くから行われており、各種の評価手法や測定機器が開発されている。しかし、測定方法や機器相互間の比較はあまり行われていない。そこで2種類の突合せ溶接板を準備し、穿孔法、X線法、磁歪法、および切断法により溶接板の残留応力分布を調べ、各測定法について総合的な評価を行った。

2. 供試材および実験方法

供試材は板厚16mmのSM490A鋼と、板厚30mmのSUS316NG鋼であってSM490A鋼では溶接板の長手方向が圧延方向と直角となるようにして、幅300mm、長さ750mmの板を切り出した後、板幅の中央に半径が7mmの溝を板の両表面に付け、自動TIG溶接を行った。SUS316鋼では幅200mm、長さ700mmの板2枚を切り出した後、長さ方向に沿ってTIGにより突合せ溶接を実施した。

残留応力の計測は、非破壊的な方法であるX線あるいは磁歪法でまず行い、次に半破壊的な方法である穿孔法で、最後に切断法で行った。

3. 実験結果

図1は切断法、穿孔法、X線法、および磁歪法で得られた溶接線方向の残留応力分布を比較したもので、煩雑を避けるために各データは省略した。図に見られるように、いずれの方法でも溶接線上は引っ張り、母材側で圧縮となっている。このうち磁歪法は他に比べて残留応力を小さく評価する傾向が認められる。磁歪法以外についてみると、溶接線上では切断法と穿孔法のデータはほぼ一致しているが、全体的に見ると切断法の結果はX線のデータとよく一致している。

図2はSUS316鋼溶接板に対してX線と穿孔法で残留応力を測定した結果を示したもので、SM490A鋼の場合と同様両者の傾向は概略一致している。しかし、データのばらつきはSUS316鋼の方が大きく、特に溶接線両側の母材の残留応力を穿孔法で求めた場合に、この傾向が強く認められる。

穿孔法の場合ASTM規格によれば、板厚方向の残留応力に変化が少なく、残留応力が降伏強度の1/2を

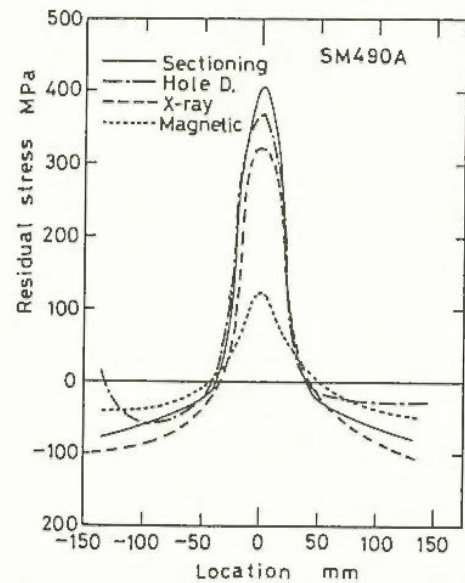


図1 各種測定法によるSM490A鋼の残留応力分布の比較

超えない範囲について適用出来ることが示されている。Hamptonらは穿孔法の適用限界について校正試験片を用いて検討し、降伏点の60%の負荷では5%、80%では10%の誤差が生じ、特に負荷と直角方向の応力が著しく影響を受けることを示している。本実験においても引張り試験装置を用いて検討した結果、降伏点の70%の負荷に対して6~15%程度の誤差が生じており、負荷応力よりも穿孔法のデータの方が高い場合が多かった。結論として、SM490A鋼溶接部の溶接線方向の残留応力を4種の方法で測定した結果、切断法、X線法、穿孔法のデータはほぼ良く一致した。しかし、磁歪法は残留応力を低めに評価する傾向が認められた。板厚の厚いSUS316鋼溶接部では、X線と穿孔法で残留応力の分布形は概略一致したが、残留応力の絶対値並びにばらつきが板厚効果を反映して穿孔法の方が大きいことがわかった。

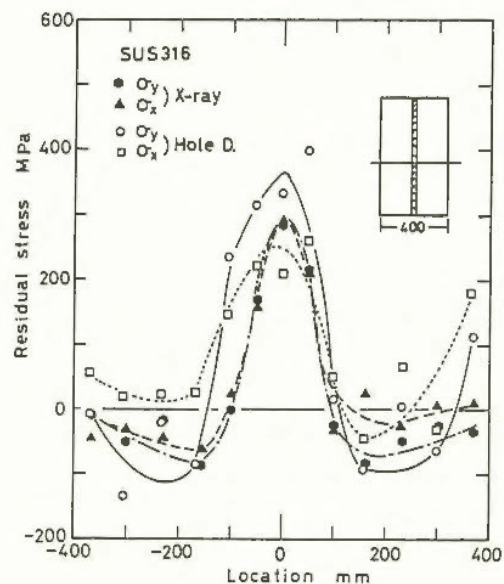


図2 各種測定法によるSUS316鋼の残留応力分布の比較

水素ガス中での構造用鋼の腐食疲労き裂成長に対する温度の影響

機械研究部 田中正清

1. はじめに

大形構造物に大量に使用されている低炭素鋼の腐食疲労特性研究の一環として、清水や食塩水などの水環境に続いて水素ガス環境下での高応力疲労き裂成長特性を各種条件下で検討している。これまで水素ガスの圧力の上昇によって水素によるき裂成長の加速の程度が著しく増大すること、またその加速現象に対して荷重繰返し速度効果は0.5 Hz 辺りで極大値をとるが、水素中の水分の影響はさほど著しくないことなどを確認した。

ここでは、その後さらにその加速現象に対して大気圧条件下での水素雰囲気温度がどう影響するかを実験的に検討した結果について報告する。

2. 材料および実験方法

実験材料は市販の軟鋼 SB42 の6 mm 厚の板である。これからこれまでの実験と全く同じ中央スリット付きの平板試験片 (4×70×250 mm) を作成した。その中央部に環境槽を取りつけて温度制御した環境ガスである高純度水素 (99.999 wt%) を0.5 l/min の流量で送り込み、10 トン電気油圧式疲労試験機を用いて、応力比 (最小応力/最大応力) 0.15、荷重繰返し速度 0.5 Hz にてき裂成長試験を実施した。環境温度は40、60 および 100°C (従来は 25°C) を目標とし、±1°C の範囲に維持した。図3に実験装置の構成を示す。

疲労き裂成長速度および応力拡大係数の計算などの実験方法および結果の解析方法は以前に報告したものと同一である。

3. 実験結果および考察

図4は応力拡大係数の変動幅 ΔK と供試材の疲労き裂伝ば速度 dI/dN との関係を両対数表示したものである。同図中には比較のため、参照環境である乾燥

空気中および 25°C の乾燥水素中の結果を併記している。

実験室温度の 25°C の場合、実線で示すように水素中では空気中に比べ dI/dN がかなり加速される。しかし、水素の温度を 40、60 さらに 100°C に変えるとその加速効果は予測に反して次第に減少し、100°C では極く僅かしか現れなくなっている。

この結果から判断するともう少し高い温度では加速効果が消滅し、反対に低温側では常温より増大することが予想されるがその点については高張力鋼を含め今後検討の予定である。

ところで、高応力疲労条件におけるき裂成長速度の水素による加速現象は、き裂先端で繰り返される激しい塑性変形に乗ってその領域に侵入する水素による繰返しぜい化が原因であるが、その加速効果はき裂先端部に蓄積する水素が多いほど大きいはずである。

本実験の結果は恐らく高温になるほど拡散現象が盛んになるのに対し、き裂先端部からの侵入量は顕著には変化せず、結果的にぜい化に貢献するき裂先端部の水素含有量が少なくなったためと推測される。

ただ、疲労き裂の先端部に蓄積する水素量は温度のほかに荷重繰返し速度や水素圧などに影響されるためそれらの因子を取り込んだ総合的な水素の有害性の評価が重要である。

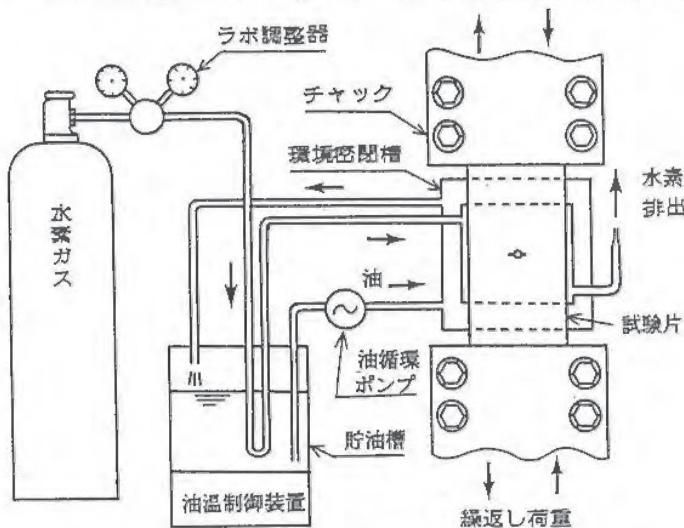


図3 温度を変えた水素中での実験の構成

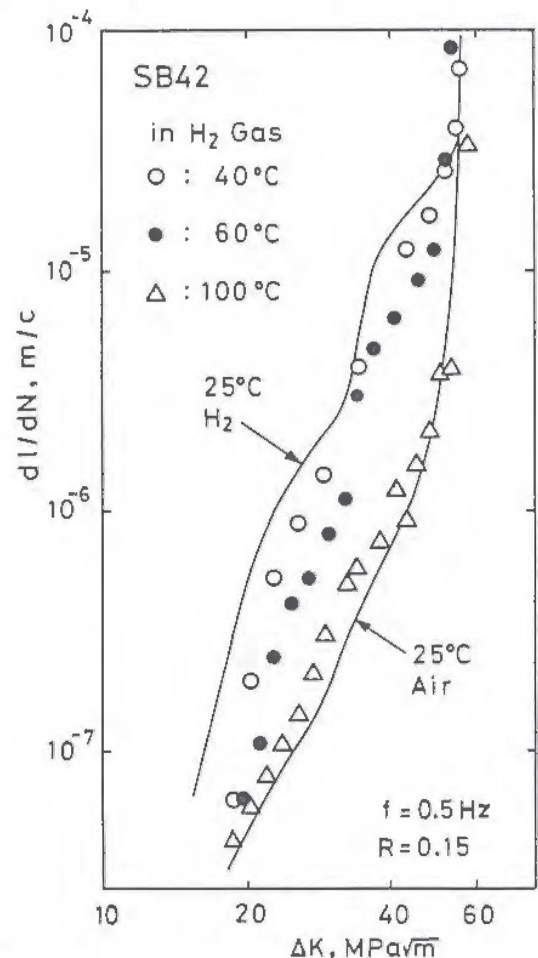


図4 水素中での疲労き裂成長速度と応力拡大係数変動幅との関係に対する温度の影響

赤外線応力測定方法による応力集中部応力分布の評価

機械研究部 吉久悦二, 橋内良雄

1. はじめに

応力を測定する場合、一般にひずみゲージが用いられるが、複雑な形状の物体で、応力が位置により変化する時の応力分布状態を知るには、多数の測定点が必要で、手間等の面で問題がある。このような場合には赤外線応力画像測定法が有力である。この方法は赤外線カメラにより応力分布を温度分布として計測するもので、測定対象が一定の周波数で顕著で且つ一定振幅の繰返し荷重下にあることを必要とするが、非接触の計測であり、材質を選ばないと云う利点を持つ。そこで、切欠きおよびき裂先端近傍の測定を行い、各々応力集中係数、応力拡大係数の算定を試みた。

2. 測定原理

気体を断熱的に圧縮すると温度上昇、膨張させると温度下降が起こることは良く知られている。固体においても圧縮、引張りの力が加わると、微小ではあるが、温度が上昇、下降する。これが1853年にケルビンにより発見された熱弾性効果で(1)式で示される。

$$\Delta T = -K_m T \Delta \sigma \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 ΔT は温度変化量、 K_m は材質固有の熱弾性係数、 T は絶対温度、 $\Delta \sigma$ は主応力和変化量である。

温度変化量 (ΔT) は、例えば鋼の場合 1 N/mm^2 に対して 0.001°C と非常に小さい。そこで、対象物体の表面から放射される熱エネルギー (赤外線) を検出する際、負荷の位相情報を参照し、同位相のエネルギー変化を計測することで温度分解能を上げる。

3. 実験装置および試験片

使用したのは赤外線応力画像測定装置 SPATE-8000 で、対象表面の矩形領域の主応力和分布が測定可能であり、各点の応力和もカーソルで指示して読みとる。試験片は軟鋼製で、応力集中係数算定用にU字型、半円切欠きおよび中央円孔付き帯板、応力拡大係数算定用に帯板の両側にクレーンガーダーのガセットプレートを模擬した板を溶接したものを用いた。

4. 実験結果

応力集中部の測定例として、図5にU字型切欠き試験片の応力和等高線図を示す。図中の+印は試験片縁を表したものである。見易くするためにスムージング処理を施しているが、切欠き底近傍に応力が高い領域のあるのが認められる。測定点の大きさには下限があるので、試験片縁の測定値は背景の影響を受けて乱れる。そこで、応力集中係数の算定は切欠き底を通る直線上のデータを最小自乗法で近似し、切欠き底へ外挿する方法により求めたところ、有限要素等による値との差は大体2~15%と満足できる結果が得られた。

図6はガセット試験片の溶接止端部に発生した疲労き裂先端部を測定した結果である。き裂に先行して円形の高応力領域があり、き裂先端に特有な応力場の様相が容易にみてとれる。き裂面に平行で、 y の距離にある線上での SPATE の出力の最大値を S_{max} とすると次式が成り立つ。

$$y = 3\sqrt{3} \Delta K_I^2 / (4\pi A^2 \cdot S_{max}^2) \dots\dots\dots(2)$$

ここで、 ΔK_I は応力拡大係数、 A は定数である。数点の y と S_{max}^2 の関係より求めた ΔK_I はガセットを溶接していないとした場合の理論値より20%程度高いが、ガセットによる応力集中の影響を考慮すれば、妥当な結果を与えていると言える。

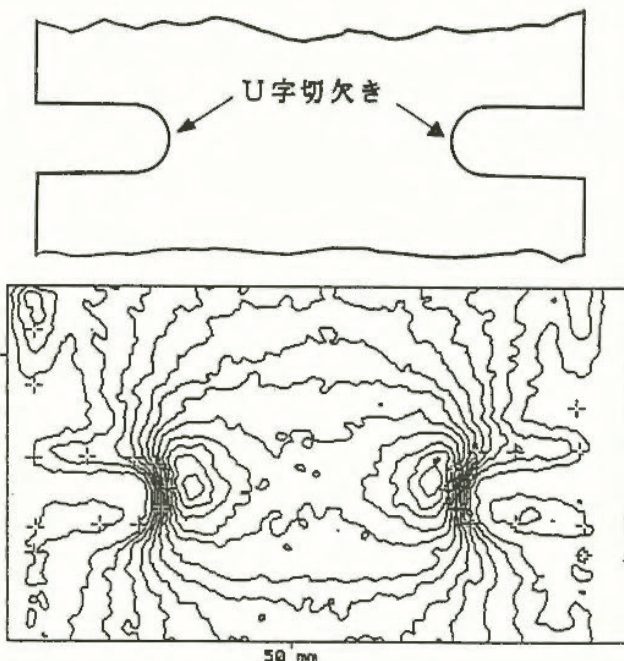


図5 U字型切欠き部の主応力和

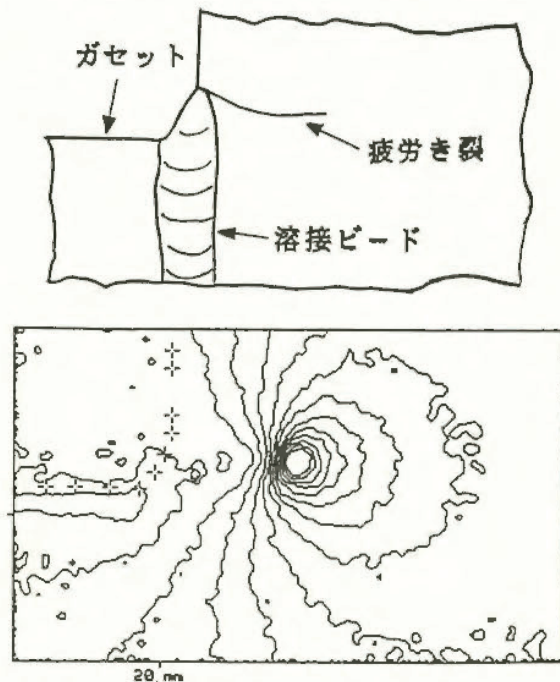


図6 ガセット溶接部疲労き裂先端の主応力和

ポジティブ・クラッチ式プレス急停止機構の開発

機械研究部 糸川壯一, 梅崎重夫

1. 研究目的

プレス機械による労働災害は、いまなお年間で3000件近く発生しており、その約半数はポジティブ・クラッチ式プレスによるものである。災害の多くは、このプレスの機構上の不都合（上死点以外の位置でスライドを停止できない）に起因していると考えられるが、もしこのプレスで、上死点以外の位置でもスライドの停止が可能となれば、災害の大幅な減少が期待できる。そこで、本研究では、上記のプレスを対象として、流体（油）を利用した急停止機構を提案する。

2. 試作した急停止機構

図7に、試作した急停止機構の基本構成を示す。この機構では、図7のように油圧シリンダ(1)と配管(2)で油圧閉回路を構成し、安全確認手段(4)によって安全が確認できないときは、油圧回路を電磁弁(3)で遮断する構成とする。このとき、電磁弁遮断後のスライド(6)の慣性運動によって、油圧シリンダ内の油が圧縮されて圧力Pが発生する。

この圧力を利用して、ピン抜き機構(7)を動作させてフライホイール(8)とスライドの連結を切るとともに、圧力Pによって生じる制動力 $P \cdot A$ （Aはシリンダの断面積）によってシリンダの動きに制動をかけ、これに直結したスライドの運動を停止させる。

図7の機構では、シリンダ、配管、電磁弁等に空気が混入すると、制動距離が長くなることがある。また、この機構を実際のプレス機械に取り付けるとき

は、電磁弁や配管の存在のために構成が複雑となる。そこで、図8のような機構を試作し、これを図9のようにスライドの背面に取り付けてその効果を見ている。

この機構では、安全確認時には、電磁クラッチが弁に相当する可動片（図8の黒い部分）を吸引しているため、スライドが上昇または下降しても、油は図の矢印の経路の流れ、制動力は生じない。一方、安全が確認できないときは、電磁クラッチが可動片を吸引しないため、可動片はバネ力によって戻り、面盤の穴を塞ぐ状態となる。このとき、上室下室間の油の流れは遮断されるから、スライドの下降に伴って油が圧縮されて制動力が生じる。このように電磁弁と配管に相当する機構が油圧回路内に組み込まれているため、制動角度をきわめて小さくでき、油圧回路を簡素化できる。

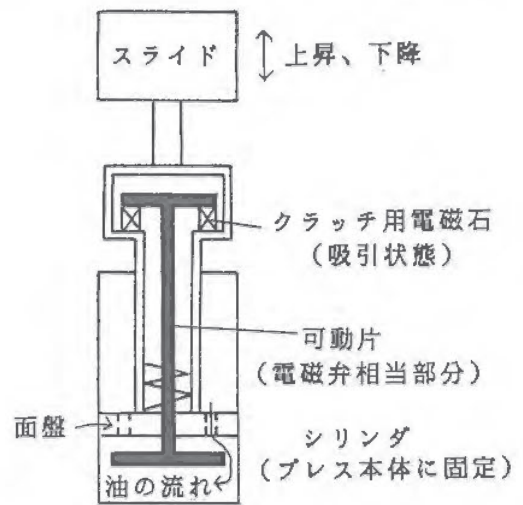


図8 改良した急停止機構

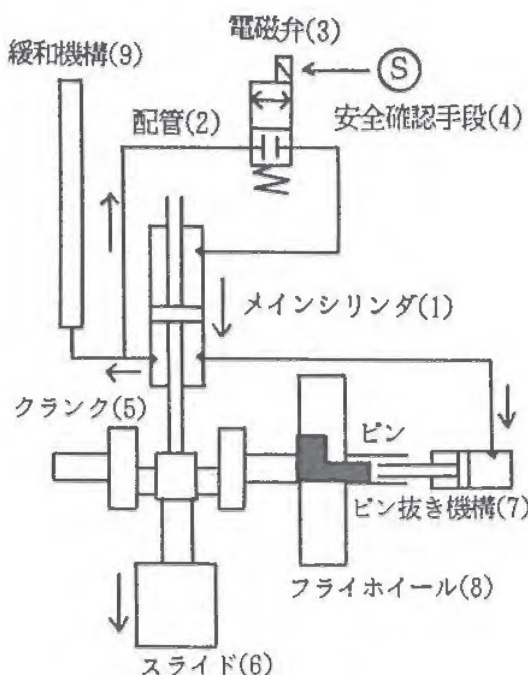


図7 急停止機構の基本構成

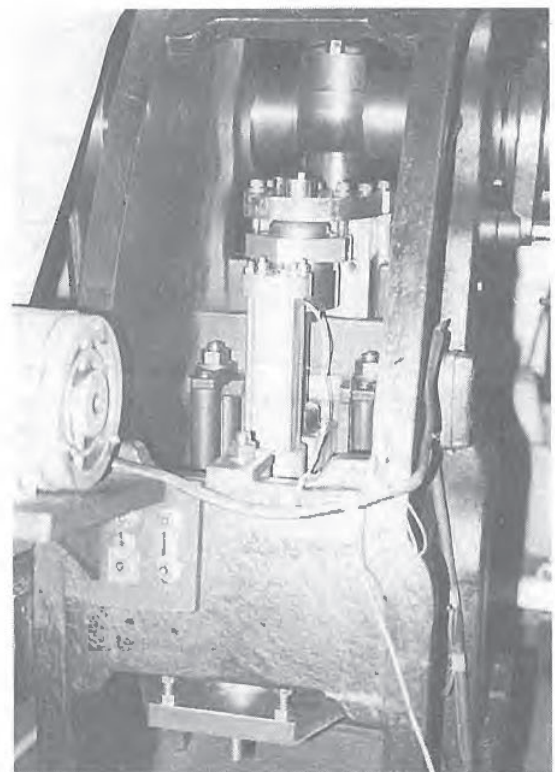


図9 スライドの背面に取り付けた急停止機構

衝撃型建設工事用機械（油圧式ブレーカ等）の低騒音評価法に関する研究

機械研究部 江川 義之

1. はじめに

油圧ブレーカ等の衝撃型建設工事用機械の低騒音化を図る時、筐体に制振金属やパッキングを使用して本体振動音を低下させることが広く行われているが、その時コンクリート硬度・チゼルとコンクリートの接触角度等の相違により衝撃反作用の変動が激しく、それにより影響を受ける本体振動音の抑制効果が判明しにくい点が指摘される。

そこで、上記問題点を解決するため次に示す2点を検討した。

A. 油圧式コンクリートブレーカを対象にして、破碎時における衝撃波形の変動と、その反動による本体振動波形の変動の関係を定量的に明らかにし、低騒音化改良過程における本体振動波形の抑制効果を評価する手法について検討した。

B. 標準型と防音型ブレーカの騒音比較を行う際、破碎衝撃の反作用が同一の条件下で騒音の聴き比べが可能な騒音比較シミュレーション装置を検討した。

2. 防音効果評価法

油圧式ブレーカの騒音波形をメモリースコープで観測すると、55 ms 周期で衝撃を繰り返しており、その1周期における波形は指数減衰型をしている。そのうち最初の5 ms 程度がチゼルがコンクリートを破壊した時の「破碎衝撃波形」であり、残りの減衰の部分はその反動が筐体を振動させている「本体振動波形」である。そこでメモリースコープからマイコンに波形を転送し、1 衝撃周期ごとの波形を破碎衝撃波形と本体振動波形に分離し、その各々の波形の RMS 値を算出し相関を調べた。この作業を標準型（防音改良が施されていない機種）と防振ゴム等を筐体に装着した防音

型ブレーカで行い、これらを散布図上で示した。

図 10 にその結果が示してある。左図は標準型、右図は防音型の散布図であり、各々 X 軸に破碎衝撃波形の RMS 値、Y 軸に本体振動波形の RMS 値が示されている。この図によると、標準型の場合は破碎衝撃波形と本体振動波形の RMS 値に相関がなく r 値が 0.04 と低いのが、防音処理を施したブレーカの場合、破碎衝撃波形と本体振動波形の RMS 値に相関が現れており、 r 値が 0.67 であった。試料数と r 値をもとに相関係数に関する t 検定を行った結果、防音型においては $t=5.8$ の値が得られており、1% の危険率において有意差が認められた。さらに破碎衝撃波形の RMS 値が、600~700 の状態において本体振動波形の RMS 値を比較すると、標準型に比較し防音型は 280~350 と振動が抑制されている結果が散布図上で得られた。

3. 騒音比較シミュレーション装置

標準型と防音型で、破碎衝撃波形の RMS が同じ衝撃周期を抽出して、その周期を繰り返し再生することを行い、標準型と防音型ブレーカの騒音を聴き比べることが可能なシミュレーション装置を検討した。

まず騒音波形をメモリースコープに取り込む。64 Kw のメモリーに約 45 衝撃周期の取り込みが可能になる。次にそれをマイコンに転送し破碎衝撃と本体振動波形の散布図を作成する。その際、散布図上の点に衝撃周期番号を記し、衝撃周期番号とメモリースコープ内のアドレスの対応づけを図っておく。この作業を標準型及び防音型について行い、散布図上において破碎衝撃波形の RMS 値の等しい衝撃周期番号を標準型・防音型双方について捜し出し、その周期の騒音波形をメモリースコープから任意波形発生器の各チャンネルに転送し、これらの波形を繰り返し再生させることにより比較が可能になる。

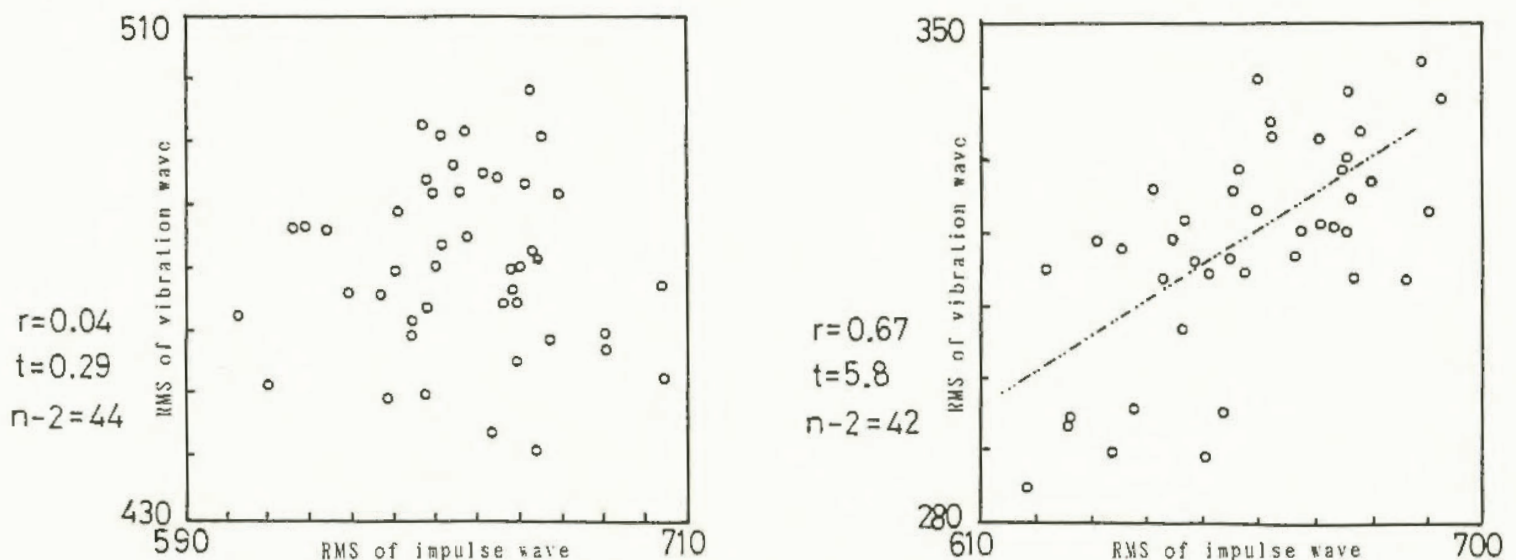


図 10 破碎衝撃波形と本体振動波形の RMS 相関散布図

重み付きモンテカルロ法による破壊確率評価システムの構築

機械研究部 佐々木哲也

1. 緒言

機械・構造物の破壊に対する信頼性を評価するためには、破壊に関与する確率変数と破壊条件式から破壊確率を評価する必要があり、従来から重み付きモンテカルロ法を用いた評価システムが開発されている。しかし、重み付きモンテカルロ法においては、どの領域に重みを付けてサンプリングを行なうかということが、計算効率、精度に大きな影響を及ぼすにもかかわらず、その決定は解析者の経験などに任されてきたのが現状である。そこで、本研究では非線形最適化手法を用いて合理的に重み関数の平均値を決定し、正確な破壊確率を効率的に評価可能なシステムを開発した。

2. 重み付きモンテカルロ法の原理

対象物のある破損モードに対する破損条件式を

$$Z = G(X_1, X_2, \dots, X_n) \leq 0 \quad (1)$$

とするとき、破壊確率 P_f は $Z \leq 0$ となる確率として定義できる。ただし、 X_1, X_2, \dots, X_n は破壊に関与する確率変数である。式(1)は限界状態関数 (Limit State Function) と呼ばれる。

モンテカルロ法によって破壊確率を評価するためには、 X_1, X_2, \dots, X_n の実現値 x_1, x_2, \dots, x_n を疑似乱数を用いて発生させ、式(1)を満たす組合せの割合を求めれば良い。しかし、通常、破壊確率は極めて小さい値となるため、その値を精度良く推定するためには、非常に多くの乱数を発生させる必要がある。

このような問題を解決するために、重み付きモンテカルロ法と呼ばれる手法が開発されている。この方法では、確率変数 $\mathbf{X} = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ の関数

$$\phi(\mathbf{x}) = \begin{cases} 1, & \text{for } G(\mathbf{x}) \leq 0 \\ 0, & \text{for } G(\mathbf{x}) > 0 \end{cases} \quad (2)$$

を用いて、

$$P_f = \int_{G(\mathbf{x}) \leq 0} \phi(\mathbf{x}) \frac{f(\mathbf{x})}{h(\mathbf{x})} h(\mathbf{x}) d\mathbf{x} \quad (3)$$

によって破壊確率を評価する。ただし、 $f(\mathbf{x})$ は \mathbf{X} の結合確率密度であり、 $h(\mathbf{x})$ は適当な領域に重みを有する結合確率密度関数である。以下では、 $h(\mathbf{x})$ を加重密度関数と呼ぶが、特にその平均値は重み付きモンテカルロ法の計算効率に大きな影響を及ぼすことが知られている。

3. 加重密度関数の平均値の決定法

一般には、加重密度関数の平均値は、 $G(\mathbf{X})$ を満たしやすい \mathbf{X} の値で密度が高くなるように選ばれば良い。しかし、多次元の場合に、一般性のある形でそのような点を決定することは容易ではない。そこで、本研究

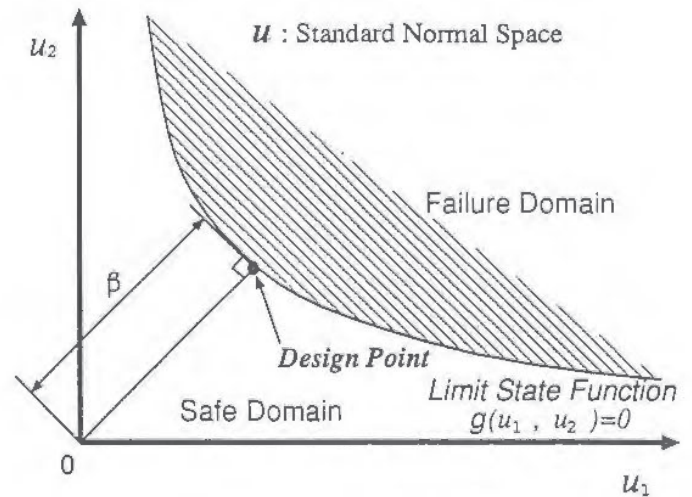


図 11 AFOSM 法における設計点の概念

では、AFOSM (Advanced First Order Second Moment) 法の重要な概念である設計点 (Design Point) を加重密度関数の平均値としている。

いま、 n 次元の標準正規確率空間を \mathbf{u} とし、 \mathbf{u} 上での限界状態関数を $g(\mathbf{u}) = 0$ とすれば、設計点は超曲面 $g(\mathbf{u}) = 0$ 上で原点までの距離が最短となるような点として定義される。設計点の概念を2次元の場合について、図11に示す。

実際に設計点を求めることは、

$$u_1^2 + u_2^2 + \dots + u_n^2 \longrightarrow \min. \quad (4)$$

$$\text{Subject to } g(u_1, u_2, \dots, u_n) = 0 \quad (5)$$

なる非線形最適化問題を解くことに帰着される。

4. 開発したシステムの概要

式(4)、(5)のような制約条件のある非線形最適化問題を解く方法としてはペナルティ法、バリア法、増大Lagrange関数法などが提案されているが、今回開発したシステムでは収束性と安定性を考慮して、増大Lagrange関数法によって制約のある最適化問題を制約のない最適化問題に変換し、それをDFP (Davidon-Fletcher-Powell) 法によって解いている。

開発したシステムは全てC言語によって記述されており、容易に異なるコンピュータに移植することが可能である。また、作業用のメモリは動的に確保しているので、パーソナルコンピュータ程度の主記憶空間でも比較的大きな問題を解く事が可能になっている。

5. 結論

設計点の探索に非線形最適化手法を適用することにより、重み付きモンテカルロ法における加重密度関数の平均値を合理的に決定し、効率的に破壊確率を評価することが可能なシステムを開発した。

—自動倉庫内への人間の進入防止システム—

機械研究部 深谷 潔, 杉本 旭

1. はじめに

自動倉庫においては、倉庫内部はスタッククレーンの動き回る危険領域であり、人間の不在を運転の条件としている。そのため、柵等で危険領域への人間の進入を防止するが、荷物の搬入・搬出のための開口部を必要とし、ここから人間が進入するおそれがある。これを防止するため、開口部を監視して、進入者に対しスタッククレーンを非常停止する等の対策が必要である。一方、荷物は開口部を自由に通過させなくてはならないので、開口部の監視では人間と荷物を識別しなくてはならない。本研究では、開口部を監視して、人間の危険領域への進入を防止するシステムを開発した。

2. システムの検討

人間の自動倉庫内への進入防止を行うためには、

- A. 原則として出入り自由にしておいて、人間である場合のみ通過を禁止するか、
 - B. 原則として通過禁止にしておいて、荷物であるときのみ通過を許可する
- という2つの方式が可能である。いずれの方式にしても、人間と荷物を識別して検出する必要がある。

人間を荷物や環境から容易に識別できるセンサは少なく、人間の発生する赤外線を検出する方式ぐらいしかない。この手段も衣類等により遮蔽される可能性があり検出の信頼性が十分ではない。人間に発信器を持たせたり特定の色の制服を着せる等識別のためのもの(識別子)を持たせる方法もある。しかし、これは、人間に特定の行動をとるように義務づけることであり、これが正しく実行されるということは、人間に立ち入りを禁止する教育訓練を行うことと同程度の効果しか期待できない。

上述のように人間を検出することは困難であるが、荷物を検出する場合には手段は色々あり、Bの方式を採用した。入庫と出庫の区別を省き、また、通過を許可する時間を荷物を出し入れする間だけに限定するため、荷物そのものではなくスタッククレーンのフォークを近接センサで検出することにした。

また、進入を防止するための手段としては、扉による方法、開口部を監視し侵入者があれば非常停止をかける方法の2つが考えられるが、前者では開閉時間だけスタッククレーンの動作を待たせる必要があるため、後者の方式にした。

構成したシステムを図12に示す。

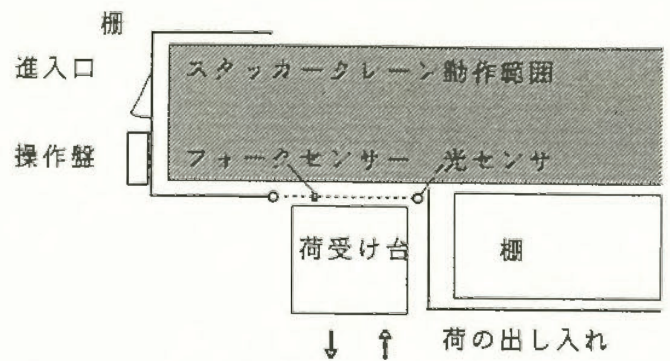


図12 進入防止システム

3. 進入防止システムの評価

この進入防止システムの進入防止性能の確率的評価を行った。何も対策なしの場合を1として、教育・訓練のみによる場合、進入防止システム(フェールセーフでない場合と、フェールセーフ化した場合)による場合について、検討した。

対策なし	1
教育・訓練	0.01
進入防止システム	0.006
進入防止システム(FS)	0.0003

ここで、教育訓練については、経験の少ない作業者と熟練作業者の事故率の比較によった。また、進入防止システムについては、以下の式で計算した。

$$p = p1 * p11 * p12 + p2 * p21 * p22$$

ここで、p1はスタッククレーンが開口部から離れている確率であり、0.7とした。p11はこのとき人間が進入する確率であり、無対策時を1としているので、1とした。p12はそのとき装置が故障して進入を防止できない確率であり、MTBFと検査間隔の比が0.02であるとする0.0082になる。フェールセーフにすれば故障時は機械が停止するので、この確率は0となる。また、p2はスタッククレーンが開口部にある確率であり、0.3とした。p21はそのとき人間が進入する確率であり、スタッククレーンが傷害物となるので、0.01とした。p22はそのとき進入を防止できない確率であり、人間がパレットの上に留まっていれば進入できるので、0.1とした。

4. まとめ

人間が自動倉庫内部の危険領域に進入することを防止するシステムを構成し、有効性の評価を行った。進入防止に高い効果があることが分かった。

このシステムは、スタッククレーンが開口部から離れている間に作業のため倉庫内部に入るということを防止するという想定で開発したものであり、作業者が積極的にスタッククレーンに乗って倉庫内に入る意志を持つ場合には効果は少ない。今後、このような場合も含めた倉庫関連作業全体の安全化を計る。

—倉庫関連作業用レーザ式光線センサの開発—

機械研究部 池田 博康, 糸川 壯一

1. 研究目的

高齢者が多く従事する倉庫関連作業においては、無人倉庫システムが普及する反面、トラブル処理等の不定形作業が依然として残存している。このような自動化されたシステムの中での不定形作業では、災害発生の危険性は大きい。そのため、無人倉庫内での人による荷ずれ検知とその処理作業の頻度を減らすため、レーザ式光線センサが利用されつつある。倉庫の荷棚は直線状に配置されるため、荷棚の端にこのセンサを設置してレーザ光線を通せば、センサは最小限の個数で広大な倉庫内の荷ずれを検知可能となる。

そこで本研究では、荷ずれ処理作業や他の不定形作業のために倉庫内に侵入した人が、仮に荷ずれ検知用のレーザ光線を浴びても、人体に危害の及ばないような本質的に安全なレーザ式光線センサの発光制御方式を検討し、開発することにした。

2. 逐次確認形レーザ発光方式の構成

レーザ光は単色性、集光性、指向性に優れているため、レーザ式光線センサは透過形の長距離用として利用できる。特に、可視光領域の半導体レーザ素子は安価で小型であり、さらに視認できるため光軸合わせが容易という特長がある。しかし、レーザ光線が人体唯一の透明組織のある目に照射されると、網膜上に集光されるため損傷を与える危険性がある。

そこで、レーザ光線を短時間パルス状に放出し、このレーザパルスが許容限界のレベルおよび時間幅以下であれば、少なくとも目に損傷を与えないものとする。受光器はこのレーザパルスの受光を確認できたときのみ、次のレーザパルスの発生を許可する逐次確認を継続する発光制御を行えばよい。

図13は、本方式のレーザ式光線センサの構成である。レーザ発光器は可視光半導体レーザ素子（波長670 nm）であり、内部に光検出器を持つため、この出力信号が自動出力調整回路用の帰還信号となる。そして、発光器は受光部からの受信確認信号により駆動電流が規定時間分生起するため、バイアス電流源で調整

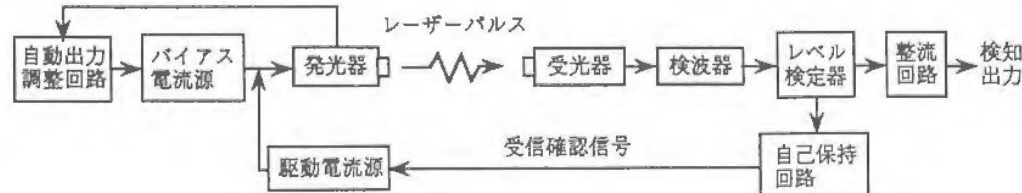


図13 逐次確認形レーザ式光線センサの構成

されるレベルのレーザパルスが生成される。

一方、受光部は受光器（フォトダイオード）により受光される光線を電気信号に変換し、検波およびレベル検定された後、自己保持回路を経て受信確認信号を生成する。自己保持回路は受信確認信号の立ち上がりでセットされ、検定出力信号の立ち下がりでリセットされる。この信号は、ON ディレーされるため、受信確認信号が次のレーザパルス発生の許可を与える。したがって、荷や人の遮光、あるいは発・受光器間の光軸ずれ等で受光できなくなると、発光部のレーザパルスの生成は停止し、少なくともレーザパルス単発分以上のレーザ光線の照射を受けない。

なお、誤った受信確認信号が生成しないよう、検波器、レベル検定器はフェールセーフICを用い、また、レーザパルスは実際には、図14に示すように10 kHzで変調されているため、本来の変調光と駆動電流源の短絡故障等による直流光とを弁別できるようにしている。

3. レーザパルス時間幅の検討

国際電気標準会議（IEC）では最大許容露光量（MPE）が規定され、レーザのクラス別の傷害防止措置基準が制定されている。ただし、MPEは露光量管理の一応の基準であり、この値をもって安全か危険かを明確に分けることはできない。MPEに基づく、まばたきで目が保護される程度をレーザパルス時間幅とした場合、クラス2（出力1 mW以下）と定められるが、この出力では広大な倉庫（直線200 m）をカバーできない。逆に、それ以上の高出力クラスの場合は直接光線を目に受けない対策を必要とする。

そこで、人がレーザ光線遮光時、レーザ光線は直接瞳孔に到達する前にはいずれかの人体部位が遮断することに着目した。この人体遮光時間以下にレーザパルス時間幅を設定すれば、本質的に安全が確保される。ちなみに、人が全速力で駆けてレーザ光線を遮断する場合、頭端から瞳孔までの距離（平均47 mm）を約7 msで移動することになるため、レーザパルスの最大時間幅はそれ以下にすればよい。この最大時間幅を決して超えないような時間管理は、フェールセーフなOFF ディレーにより実現している。

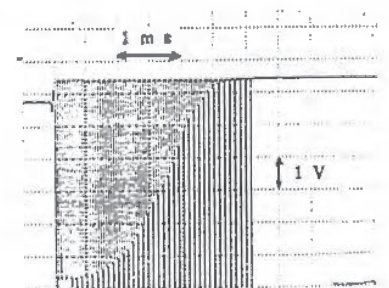


図14 レーザパルスの受光波形（3 ms 単パルス）

異形鉄筋埋め込み型アンカーボルトの引張強度

土木建築研究部 大幡勝利, 河尻義正, 小川勝教

1. はじめに

高速道路等の橋梁工事では、下部の空間確保のため橋脚にブラケットを取り付け、それに梁を架け渡しその上に型枠支保工を組み立てている場合がある。ブラケットは、橋脚に埋め込まれた異形鉄筋アンカーボルト(以下、アンカー)によって取り付けられているが、このアンカーには引張、曲げ、剪断力が同時に作用し、その強度特性には不明な点が多い。そこで、その中の一つ、アンカーの引張に関する一連の実験を行い、強度特性について検討した。

2. 実験方法

実験は図15に示すように、 $800 \times 800 \times 500$ mmのコンクリートブロックにアンカーを埋め込み、それに10 t油圧ジャッキで引張力を与える方法で行った。その際、アンカーの埋め込み長 l を100, 150, 200 mm, 直径 d を10, 13 mm, コンクリートの設計強度 σ_c を240, 300 Kgf/cm²と変え、図16に示す位置のアンカーのひずみ量を測定した。

3. 実験結果と考察

実験結果を図17に示す。同図より、コンクリートは材質が不均一なため最大荷重にはばらつきがあるものの、 l , d , σ_c が大きいものほどそれぞれ他の条件が同じ場合、最大荷重が大きくなる傾向にあることが確認できた。また、破壊の状況は $l=100, 150$ mmの場合、全てアンカーが引き抜けた。しかし、 $l=200$ mmの場合は、アンカーが引き抜けるか破断した。これより、 $d=10, 13$ mmではどちらの場合においても、 $l=150 \sim 200$ mmの間にアンカーの引き抜けと破断の境界があることがわかった。したがって、直径10~13 mm程度の異形鉄筋をコンクリート(設計強度240~300 Kgf/cm²)に埋め込み、引張に対し付着のみで強度を受け持たせようとした場合、埋め込み長が200 mm以上あれば異形鉄筋の引き抜けによる強度の低下は防止できると思われる。

次に図18は荷重—アンカーのひずみ曲線の一例である。曲線番号は図16に示した位置に対応している。図18より、埋め込み深さが浅い位置ほど発生するひずみすなわち応力が大きくなっている。特に、深さ50 mm以下ではひずみが約2000 μ 以上になり降伏していると思われる。したがって、付着応力もその位置では大きくなり、アンカー降伏後はひずみから判断して、その位置での付着はなくなっていると思われる。

以上の結果、直径10~13 mmのアンカーの引張強度特性は、ある程度解明することができた。

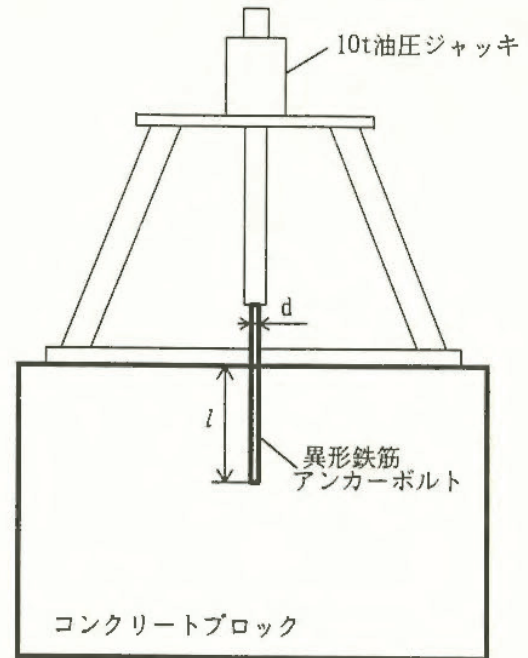


図15 実験装置

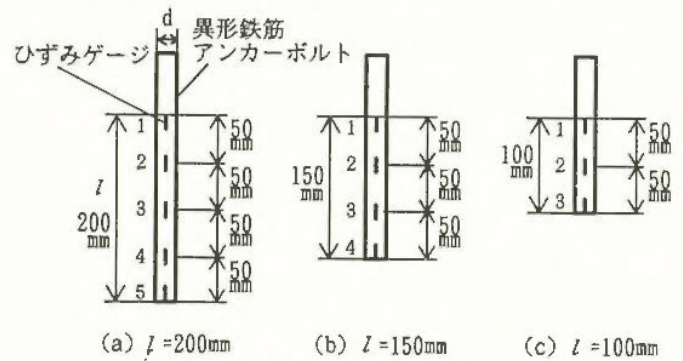


図16 ひずみ測定位置

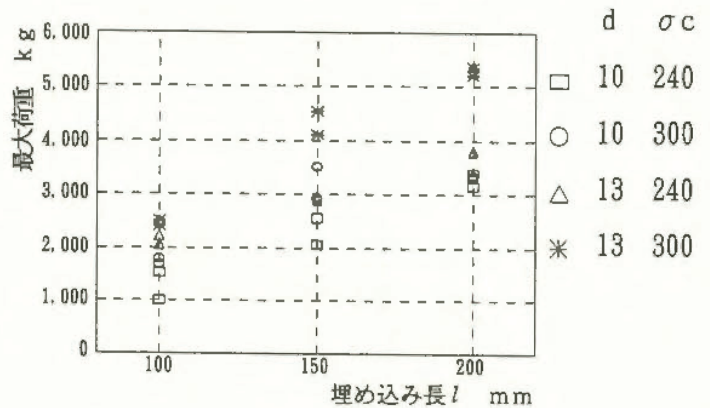


図17 実験結果

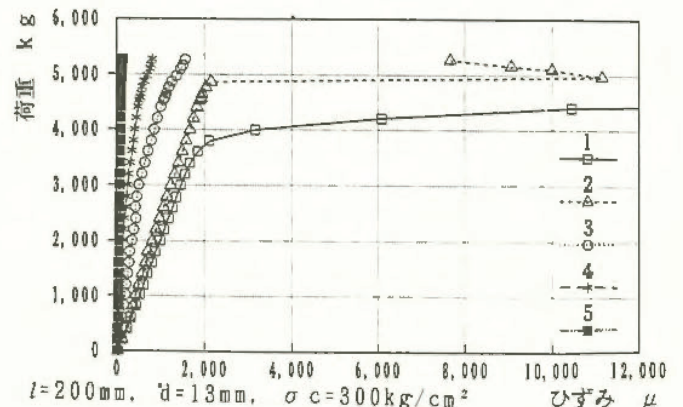


図18 荷重—アンカーのひずみ曲線

梁枠上の枠組足場の強度

土木建築研究部 小川勝教 河尻義正
大嶋勝利

1. はじめに

枠組足場の下部に資材等の運搬用トラックの搬入路を設けるために、足場の一部のスパン、層について建枠の代わりに梁枠を架け渡し、下部を開口部とすることがある。この場合、梁枠上の枠組は弾性支持された構造となり、沈下しないしっかりした基礎の上に設置されている枠組に比べ、枠組の強度の低下が考えられる。

一般的に枠組の強度は、建枠の脚柱の座屈強度により評価している。梁枠等の梁で支持されている枠組は、脚柱が座屈を起こす前に交さ筋かいの座屈、交さ筋かいピンの破断が起こることが予想される。その場合、枠組の強度が脚柱の座屈強度で評価できないため、梁枠上の枠組足場の計画に当り苦慮することになる。そこで、梁枠に支持された枠組足場について実大実験により強度の検討を行なった。

2. 実験方法

供試体は、枠幅 917 mm、高さ 1700 mm の建枠と交さ筋かい、床付き布枠により組まれた 5 スパン 2 層、3 層、5 層の枠組足場で、1 層目の部分を両側 1 スパンを残し、その間に 3 スパン用の梁枠を架け渡し、梁枠上の枠組を 1 層、2 層、4 層とした枠組足場である。なお、梁枠には最大曲げ荷重約 3.7 tf の製品のものを用いた。

実験は、図 19 のように梁枠上の枠組について、能力 300 tf の垂直荷重試験機により、脚柱上端に均等に鉛直荷重を作用させ、その時の最大荷重と鉛直変位を測定した。梁枠上の枠組強度と対比するため、梁枠を取り外した無支持の枠組の強度についても実験を行なった。

3. 実験結果

実験の結果、梁枠で支持、梁枠を取り外した無支持のいずれの場合も枠組は、交さ筋かいが座屈を起こしたり、交さ筋かいを取り付けてある筋かいピンの部分が剪断破壊した。枠組の強度は図 20 に示すように、無支持の場合でも 1 層の枠組で 3.7 tf、梁枠で支持された場合 6.5 tf であり、また枠組の層数が増え、層数が増えると、層数に比例し枠組の強度も大きく、梁枠で支持された 4 層の枠組の場合 17.8 tf と梁枠を支持している建枠が座屈を起こすときに近い荷重であった。梁枠で支持されている枠組は、無支持の枠組に比較し強度が約 2.8 tf と大きく、

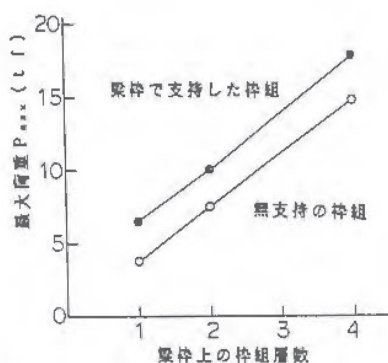


図 20 最大荷重

梁枠自身の最大曲げ荷重の約 75% が梁枠の強度として、枠組の強度に寄与している。

梁枠を支持している建枠脚柱には、図 21 に示すように梁枠上の枠組の載荷荷重よりも大きな荷重が作用していることが分かった。これは引張側の筋かいにより外側の枠組みが引き上げられることによるため、その分だけ載荷荷重より大きくなっている。枠組の総数が増えるに従って、その比率は小さくなり、4 層の場合で約 1.05 倍であった。

次に枠組の撓みの問題であるが、無支持の場合の枠組の自重による撓みは、交さ筋かい取付部のガタの影響によるもので、層数が増してもあまり変化はなく 3.5~5 mm であった。梁枠上の枠組に荷重を載荷した場合、梁枠が枠組の自重撓み以内で支持できる性能のものであったら、交さ筋かいの座屈等は起こらず建枠の脚柱が座屈を起こすものと想定される。現実には梁枠上の枠組に荷重を作用させた場合、最大荷重時に梁枠は 35~40 mm 鉛直方向に変位した。

4. むすび

搬入路として 3 スパンの開口部を設けた場合の梁枠上の枠組足場は、5 層以上になると梁枠を支持している建枠脚柱の座屈強度により、足場の高さ、積載荷重が決まる。

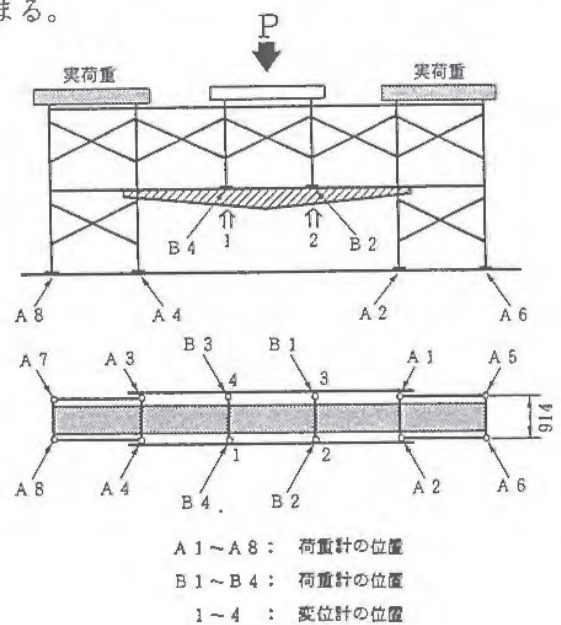


図 19 実験方法

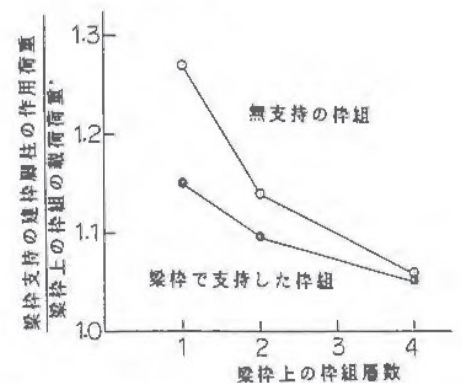


図 21 載荷荷重と建枠脚柱の荷重比率

溝掘削工事における土砂崩壊災害の防止

—動的載荷履歴を受けた粘性土の非排水せん断特性—

土木建築研究部 堀井 宣幸・豊澤 康男・玉手 聡

1. はじめに

建設現場などで発生する土砂崩壊では、建設機械の走行振動や作業振動などが関連していると考えられる事例が見受けられる。そこで、本研究では、このような建設機械等の走行振動や作業時の振動と土砂崩壊現象との関連を明きらかにするために、動的載荷履歴が粘性土の非排水強度特性等に及ぼす影響について実験的に検討した。

2. 試料, 実験装置, 実験方法

実験に用いた試料は、液性限界 86.9%、塑性指数 52.2%の市販のカオリンである。実験に使用した電気・油圧サーボ式 3 軸圧縮試験機の概要を図-22 に示した。軸圧、側圧はそれぞれ油圧サーボアクチュエーター、電気・空圧変換器 (E/P 変換器) で作用させるシステムとなっており、3 軸セル内には、軸荷重、微小軸変位を測定するためにロードセルと非接触型変位

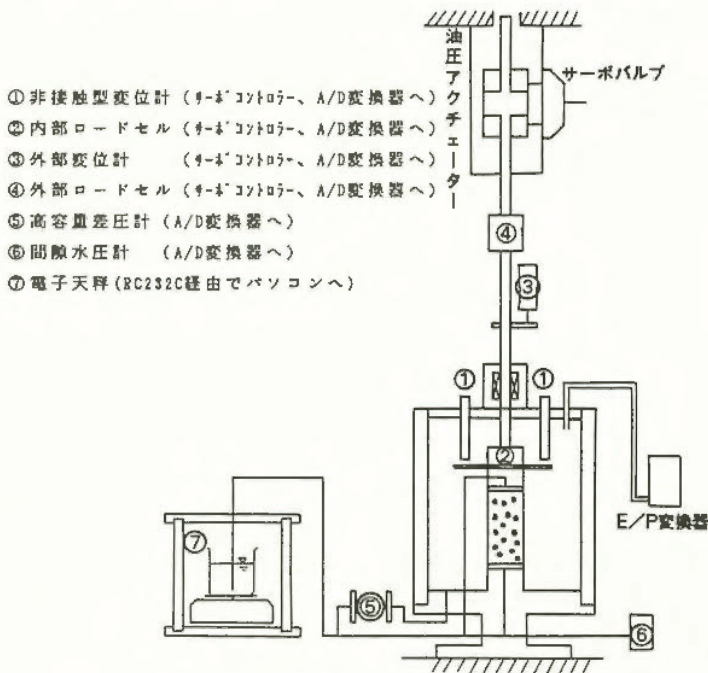


図 22 動的 3 軸圧縮試験機の概要

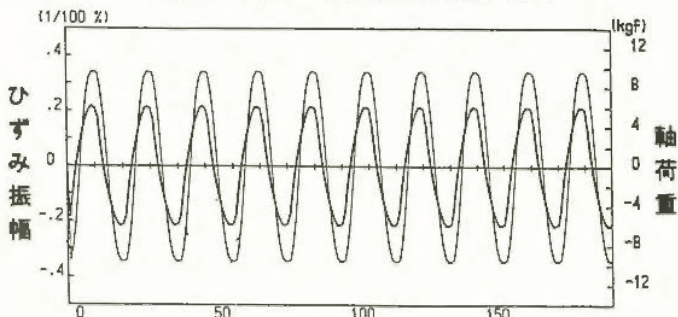


図 23 動的載荷時の加振波形

計を取り付けている。E/P 変換器の制御は 12 bit D/A 変換器で、RS 232 C 経由でパーソナル・コンピュータにデータ送信する電子天秤を除く各変換器からアナログデータは 12 bit 同時サンプリング A/D 変換器を介してパーソナル・コンピュータで制御・計測している。カリオンを圧密圧 1.5 kgf/cm² で一次元的に予圧密

試料から直径 50 mm、高さ 100 mm の円筒型の供試体を切り出し、3 軸セル内にセットし、有効圧密圧 2 kgf/cm² まで等方圧密した。圧密終了後、供試体を非排水状態とし、周波数 10 Hz、繰返し回数 500 回、ひずみ振幅 0.38% で動的載荷を行った。その後、動的載荷による影響を調べるため、ひずみ速度 0.02%/min で静的非排水せん断試験を行った。

3. 実験結果

図 23 に周波数 10 Hz、ひずみ振幅 0.38% の動的載荷時のせん断ひずみと軸荷重を示したが、きれいな正弦波形で動的載荷が行われている。動的載荷時の過剰間隙水圧の挙動を図 24 に示した。これによると、過剰間隙水圧は動的載荷の開始とともに急激に上昇し、動的載荷終了後ある時間上昇しつづけその後一定値に落ちつく傾向がみられる。図 25 に応力～ひずみ曲線を示した。図中の S2 は静的非排水せん断のみの実験結果であり、D2、D3 はそれぞれ非排水状態で動的載荷を行った後、30 分および 5 分放置後、静的非排水せん断を行った実験結果である。これらの図から、動的載荷履歴を受けると、粘性土は砂質土同様、非排水せん断強度がかなり低下することが明らかになった。

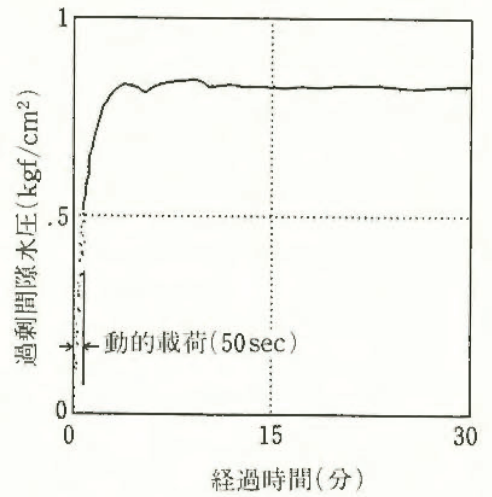


図 24 過剰間隙水圧の挙動

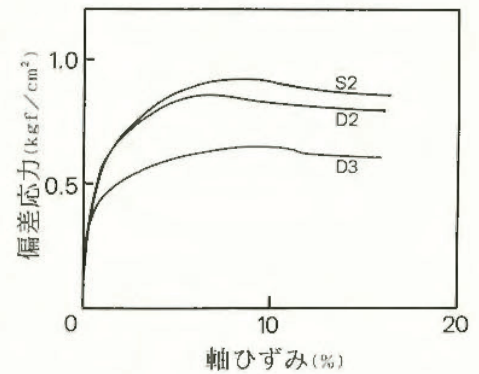


図 25 応力～ひずみ曲線

一次元圧密粘性土地盤の掘削時安定性について

土木建築研究部 豊澤 康男, 堀井宣幸, 玉手 聡

1. 研究目的

開削工事では、設計、施工段階で信頼性の高い安定解析が必要である。しかしながら、掘削近傍の地盤の変形特性や安定性等については未解明な部分が多く、安定解析の根拠も不十分である。そこで本研究では、粘性土地盤の掘削時の安定性について、極限つりあい法（分割法）による計算結果と遠心模型実験結果を比較し、解析の有効性について検討した。

2. 解析・実験結果

2.1 極限つりあい法（分割法）による解析

分割法とは、すべり面で囲まれる土塊を n 個の剛体の帯片に分割し、各帯片に作用する力とモーメントのつりあい条件から土塊のすべりに対する安全率を求めるものである。本研究では、分割法に用いる強度常数 (C_{su} 及び ϕ') を三軸圧縮試験（圧密非排水試験）により求めた。三軸圧縮試験条件は、強度に影響する次の事項について考慮して設定した。

①地盤の異方性の影響

遠心実験の模型地盤は、一次元圧密により自然地盤で見られるように異方圧密されている。異方圧密地盤は、主応力方向によって強度が変化することが知られている。このため、静止土圧係数 $K_0=0.7$ でほぼ K_0 圧密（水平方向のひずみがゼロ）とした異方圧密試料にひずみ制御によるせん断試験を実施した。この結果、等方圧密した試料と比較して若干の強度の増加が見られた。 K_0 圧密地盤の強度増加率 c/p は 0.234 であった。

②せん断ひずみ速度の影響

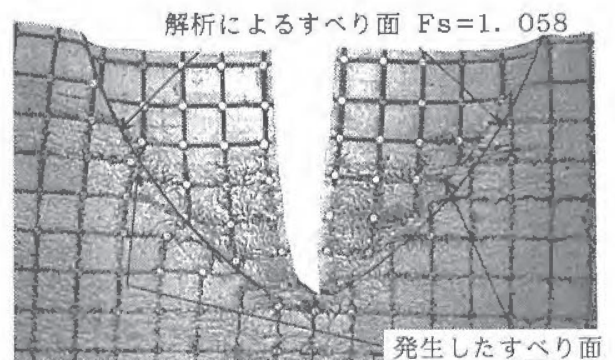
遠心実験での最大せん断ひずみ（すべり線発生前まで）は、4～5%以内で推移していた。そこで三軸圧縮試験でせん断時の軸ひずみを変化させ（0.02と2.0%/min）、ひずみ速度の影響を調べた。ひずみ速度が増大すると、せん断強度ひいては強度増加率 c/p も大きくなる傾向が見られた。2%/minでは、 c/p は 0.276 であった。

2.2 溝掘削遠心模型実験によるすべり面等

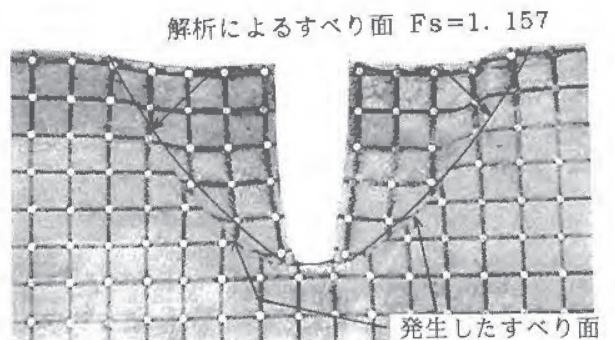
遠心模型実験の設定条件と結果及び分割法により求めた安全率を表1に示した。また、図26に遠心模型実験での崩壊すべり線の写真に比較のため極限つりあい法（分割法）による解析結果を併せて示した。

3. 結論

実験地盤では、異方性とせん断ひずみ速度の影響を考慮した三軸圧縮試験 (CU) から求めた強度増加率 c/p を用いた分割法による解析結果（すべり面、安全率）と、遠心模型実験の結果がほぼ一致した。分割法がこのような粘性土地盤の安定性の解析に有用であることが確認出来た。



(a) 圧密荷重 2.0 kgf/cm² (TRE 3) の模型地盤



(b) 圧密荷重 2.2 kgf/cm² (TRE 5) の模型地盤

図 26 崩壊後の模型地盤の様子と分割法によるすべり線の位置

表 1 実験条件・結果及び分割法による安全率

実験コード	圧密荷重 P_c (kgf/cm ²)	平均含水比 w (%)	実験時の遠心加速度 (G)	平均掘削速度		溝 深 さ		崩壊形状等	分割法による安全率掘削終了時 (F_s min)	分割法に用いた非排水強度 C_u (kgf/cm ²)
				model (mm/sec)	proto. (cm/hr)	model (cm)	proto. (m)			
TRE2	1.5	57.7	50	5.6	40	15	7.5	片側すべり発生	0.992	0.332
TRE3	2.0	54.6	70	1.1	6	14	9.8	両側すべり発生	1.058	0.442
TRE4	2.0	55.1	80	11.1	50	13	10.4	片側すべり発生	1.004	0.442
TRE5	2.2	53.2	80	8.0	36	12	9.6	数分経過後崩壊	1.157	0.486

溝掘削遠心模型実験におけるせん断ひずみの発達状況と崩壊挙動について

土木建築研究部 玉手 聡, 堀井宣幸, 豊澤康男

1. はじめに

粘性土地盤における溝掘削時の変形状況を実験によって再現し, その崩壊発生メカニズムを解明することを目的として, 遠心力場において掘削過程を再現した実験を行った。実験では模型地盤の強度, 掘削の進行速度, 作用遠心力を変えて崩壊に至るまでの挙動について実験的な検証を試みた。

2. 実験方法

実験に用いた試料は表2に示すような諸特性を持つカオリン粘土である。予圧密終了後に溝形状に成形した模型地盤の溝部分にゴムバックを介して土と同じ単位体積重量の液体を充填し, その液体を遠心力場で排出する事で掘削過程を再現した。今回の実験では, 作用遠心力と液体の排出速度を変えることで崩壊挙動の違いを確認することを試みた。実験時には, 連続写真とビデオカメラによるストロボ撮影により地盤の変形挙動を計測し, 崩壊時の地盤内の挙動を調べた。

表2 カオリン粘土の物理定数

液性限界	LL = 86.9%
塑性限界	PL = 34.7%
塑性指数	PI = 52.2%
比重	Gs = 2.69
粒度分布	シルト分 12% 粘土分 88%

3. 実験結果と考察

図27は掘削開始直後から, のり先部分にすべり線の発生する以前までの間における地盤内のターゲットの変位から求めた最大せん断ひずみ(γ_{max})の分布図である。実験では3つのタイプの地盤の崩壊形状が確認できた。一つは含水比が高い模型地盤で観察された, 掘削の進行中に連続的に上部から崩れ落ち, 明確なすべり線の発生がないもの, 二つ目は強度の高い模型地盤に見られた, 掘削終了後に比較的短時間で水平から約45度の傾きで直線的なすべり線に沿って崩壊したタイプのもの, 三つ目は同じく高強度の地盤で掘削深さが浅い模型地盤に見られた, 掘削終了後に時間をかけて少しずつ円弧状のすべり線を成長させて崩壊したタイプのものである。すべり線の発生位置の近傍においては図27に示したように, 掘削の進行にともなって γ_{max} が増大する傾向がみられたが, 体積ひずみ(e_v)は地盤全体にわたって大きな変化はみられなかった。図28は直線的なすべりが発生した模型地盤での,

γ_{max} と掘削深さの経過時間に伴う変化の関係を表したものである。この時の崩壊状況は実大換算で深さ約10mの掘削溝の下端よりすべり線が発生して崩壊に至る事が確認された。図中の実線はすべり線が最初に発生する位置付近(A), 一点鎖線は地盤表面の付近(C), 破線はこの両者の中間部分(B)のそれぞれの部分を平均した γ_{max} の大きさを表した。この図から掘削深さが約5mを超えたあたりから γ_{max} が急激に増大しており, 地盤の変形の大部分が掘削の後半に発生している事がわかる。その分布傾向はのり先部分で最初に大きくなり, それから遅れて地盤表面付近のひずみが増大している。この事から, すべり線が徐々に発達して行く状況が推測でき, 掘削時の崩壊挙動は進行的であることが確認できた。

掘削速度を変えて地盤の変形挙動を調べた結果からは崩壊時のすべり線の形状に大きな差異はみられなかった。

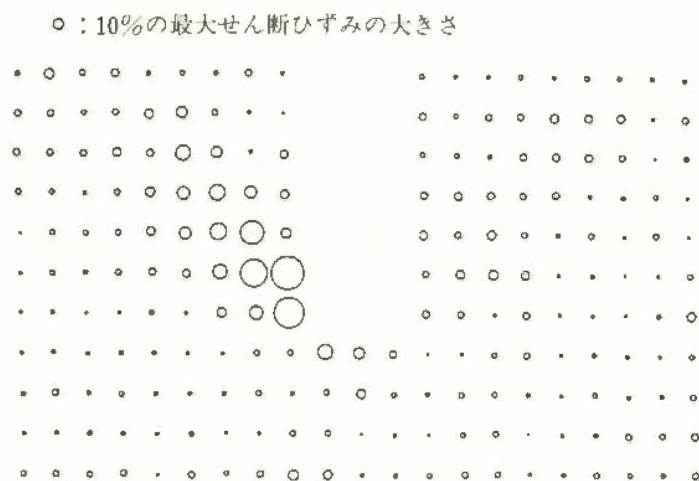


図27 最大せん断ひずみ(γ_{max})の分布状況

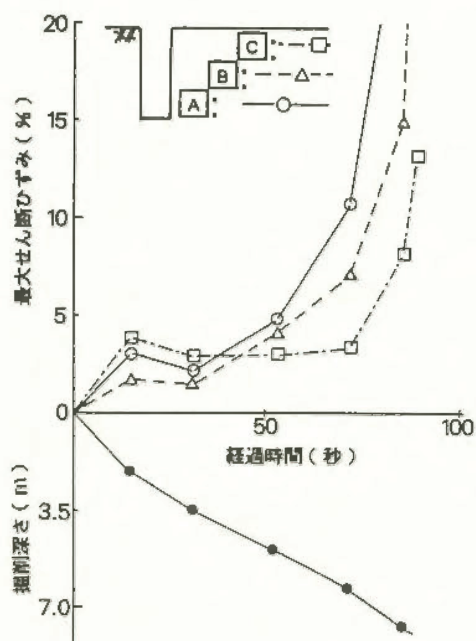


図28 γ_{max} と掘削深さの変化状況

—水平急加速刺激に関する基礎的研究—

土木建築研究部 永田久雄

1. はじめに

滑ったり、つまずいたりした時にからだにかかる急加速刺激に対する人間の立位姿勢の保持特性並びに、立位機能と転倒危険性の関係を解明するために予備的な研究を行った。医学の研究分野で用いられている加速刺激の負荷方法には、ソレノイド、クランクなどを用いた方法がある。しかし、既往の論文の中で、加速刺激成分（加速波形、加速時間、最大加速度など）の内容が正確に明示されていない場合が多い。そのために、結果が個別的資料となり、共通のものとするのが難しかった。しかし、最大加速度/加速時間 (α_{max}/t_{max} : ジャーク値) が常に一定となる加速刺激の場合は、加速時間と加速度との関係を明確に定義できる。そこで、転倒事故を防止する観点から、一定のジャーク値となる加速刺激を作成することにした。

2. 加速刺激の設定方法と結果

ジャーク値が一定となる加速刺激を作り出すためには、特殊な加速装置が必要である。そこで、図 29 のサーボモータを駆動源（定格トルク 105 kgcm, 瞬時トルク 800 kgcm）とする水平急加速刺激装置を当研究所で開発した（実用走行可能距離 9.2 m）。走行台は傾斜可能であり、かつ、被験者が立つ床面は、回転させることができる。そのために、立位姿勢の各方向から加速刺激を加えることができる。走行方法は制御プログラムをパソコン上で起動し自動運転をさせる方法である。

図 30 に示されたジャーク値の加速刺激を、加速装置で作出すために、下記の理論式を基に走行プログラムを作成し、走行台の位置と速度を制御することにした。図 30 の加速度波形より、

$$\left[\begin{aligned} \text{加速度 } \alpha &= a \cdot t \quad (\because a = \alpha_{max}/t_{max}) \\ \text{速度 } v &= \int \alpha dt = 1/2 \cdot a \cdot t^2 \\ \text{距離 } x &= \int \int \alpha dt^2 = 1/6 \cdot a \cdot t^3 \text{ から、} \\ \text{関係式 } v &= 1/2 \cdot a \cdot (6 \cdot x/a)^{2/3} \\ &= (4.5 \cdot a \cdot x^2)^{1/3} \end{aligned} \right.$$

走行台の位置ごとに速度を提示できる上記の関係式を基にして作成したプログラムにより、サーボモータを制御し、加速刺激を作り出すことができた。実測した加速波形の例を図 31 に示す。

産業安全研究の立場から、不安定な足位に対して、

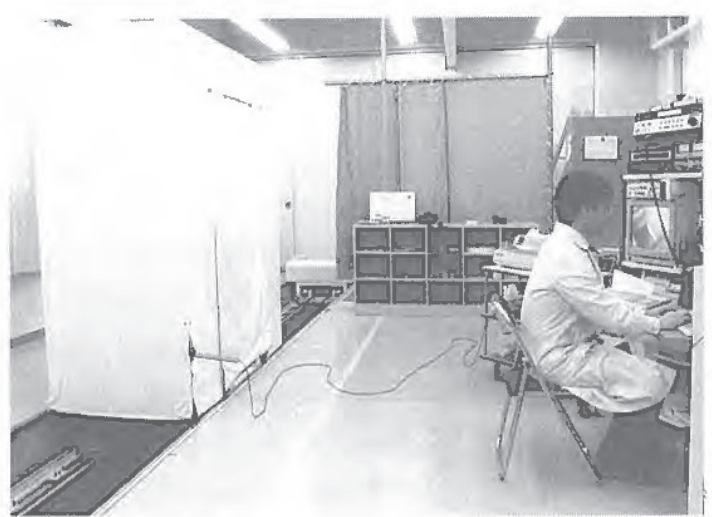


図 29 水平急加速刺激装置

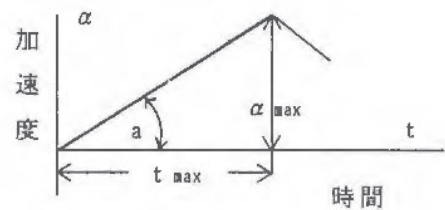


図 30 加速刺激の立ち上がり

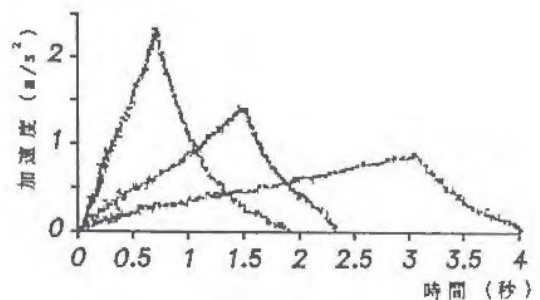


図 31 加速刺激の実測値例

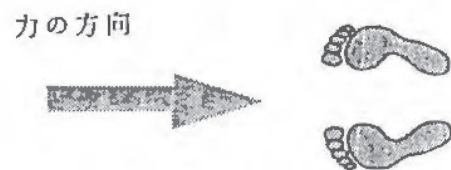


図 32 足位と力の方向

最も弱い方向から力を加えて立位姿勢の安全性を見ることにした。そこで、図 32 に示すように、横開脚姿勢で後方に力がかかる状態を対象とすることにした。走行中に被験者の視界に入る壁の動き、軌道レールの動きなどが、心理的に被験者に影響を与えないように、図 29 に示すように、走行台の周囲を覆っている。

本研究で用いた手法は、安全分野だけでなく、運動生理学研究、老年学研究、乗り物のアメニティ研究などへの幅広い利用が期待される。

労働災害の被害規模の分布特性について

土木建築研究部 花安 繁郎

1. 緒言

労働災害をはじめとする各種災害の統計的分析は、災害の発生頻度に関する分析と、災害の被害程度・規模に関する分析とに大別される。例えば、労働災害に関しては、単位時間当りの災害発生数である災害度数率は発生頻度に関する分析の代表的なものであり、また、災害による傷害程度に関する分析、評価法としては、単位時間当たりの労働損失日数である災害強度率が事業所等で広く用いられている。

本研究では、労働災害による被害の大きさの特性を明らかにすることを目的として、一つの災害によって被災する負傷者数を被害の大きさ(規模)と定義し、同指標について統計分析を行った。また、そこでの分析結果を応用して、被害規模を考慮した労働災害発生時間数の確率分布を導入する事を試みた。分析の対象とした労働災害は、一つの災害で3人以上が負傷した重大災害で、1977(昭和52)～1990(平成2)年の14年間に発生した災害のデータを用いた。

2. 労働災害による被害規模特性の分析結果

分析の結果をまとめると以下のようなものである。

- (1) 一定期間での重大災害発生件数の分布は、ポアソン分布あるいは負の二項分布で記述できる。
- (2) 一方、重大災害による被災者数の頻度分布は、死亡者数、負傷者(全被災者)数ともに、ポアソン分布よりも幾何分布が旨く適合している。
- (3) 従って、一定期間中の被害個体総数(全負傷者数又は全死亡者数)の分布は、発生数の分布(ポアソン分布)と被災者数の分布(たたみ込み後の幾何分布)とを複合化したいわゆる汎ポアソン分布となる。
- (4) 重大災害の被災者数のように、下限値を有する事象も記述できるように、一般化した汎ポアソン分布式を導出した。これらの分布式を実際の被害者数の分布に適用したところ、比較的よい適合結果が得られた。図33は14年間で発生した土砂崩壊による重大災害の1ヶ月当たりの被災者数の分布である。ポアソン・幾何分布(修正Polya-Aeppli分布)が旨く適合していることがわかる。
- (5) 災害事象そのものがランダムに発生していれば、被害者数規模を考慮した災害の発生時間数の分布は、被害を考慮しない場合と同様に指数分布となる。被害規模を考慮した時間分布は、単位期間当たりの全災害の平均発生数と、被害の大きさが特定規模以上である確率との積を新たなパラメータとした分布式で記述される。図34には、被害規模の分布を幾何分布と仮定

したときの災害発生時間数分布の確率値を示した。同図の数値計算に用いたパラメータ値は、建設業重大災害から推定して得られた値である。

(6) 災害強度を考慮した災害発生数の分布も、同じく単位期間の平均発生数と被害規模の確率との積をパラメータとしたポアソン分布となる。

これらの被害規模を考慮した発生数、発生時間数の分布を用いることによって、発生頻度と災害強度の両特性を同時に分布することが可能になった。

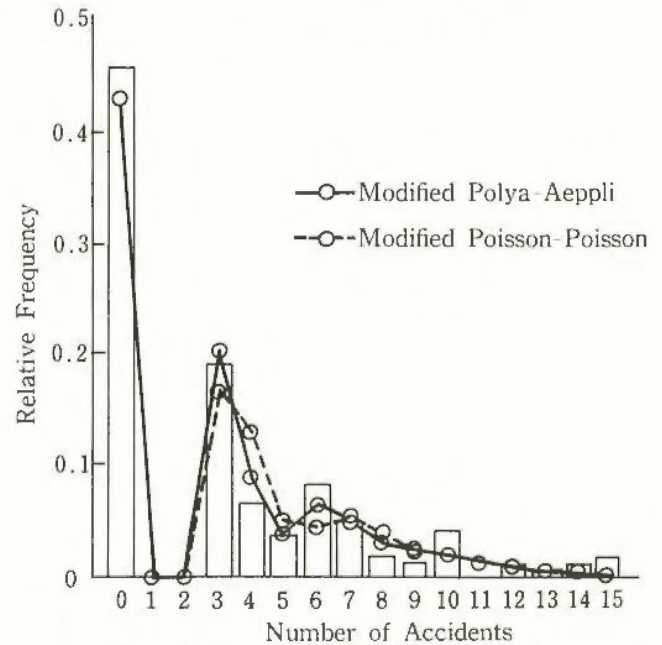


図33 被害者総数の頻度分布(土砂崩壊災害)

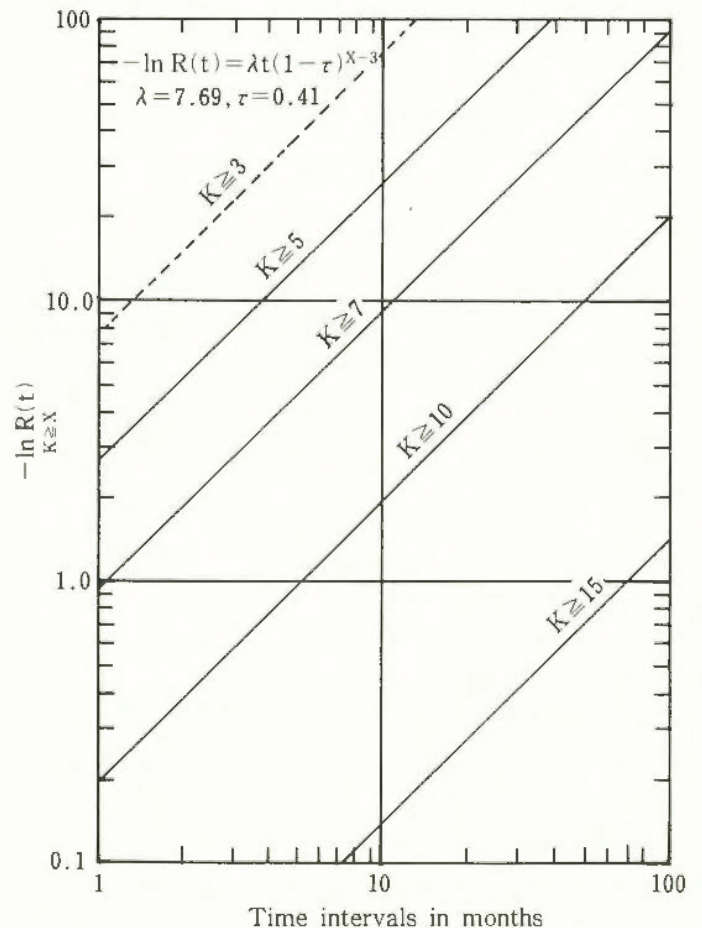


図34 災害規模を考慮した発生時間の確率分布

建設工事労働災害に関する情報の性向

土木建築研究部 鈴木芳美

1. はじめに

労働災害事例に関する諸記録から得られる情報の有効活用を図ってゆくには、これらの情報が有している性質や構造について明らかにしておく必要がある。

昨年度はトンネル建設工事における労働災害を取り上げたが、今年度は分析対象を特定の工事に限らず建設工事全般に拡大し、また分析対象事例数も増大させて分析を行うこととした。分析対象事例としては、ある1年間の建設工事で発生した労働災害に関して作成された災害調査復命書 807 件を用い、その「災害発生状況」の記述内容に関して情報解析を試みた。

2. 分析内容

前年度までの分析と同様に、分析資料に関するデータベース化を行い、「災害発生状況の概略」の記述中に使用されているフリーターム(キーワード)の抽出・切出しを行った。抽出されたフリータームは特殊な用語や言い回しに関して、辞書メンテナンス等を含めチェックを行った後、その頻度分布に関する検討および数量化Ⅲ類を初めとする多変量統計解析によりこの種の情報が有する性向について検討を加えた。

3. 分析結果と考察

3.1 キーワードの出現頻度の傾向

今回分析した全 807 事例について切り出されたキーワードの総種類数は 9059 種類(1 事例あたりの平均のキーワード種類数では 11.22 種類/事例)、またキーワードの繰り返し使用を考慮した総のべ語数は 40285

語(1 事例あたりの平均ののべ語数では 49.92 語/事例)であった。

これらのキーワードの出現頻度(そのキーワードを使用している事例数)とその出現頻度を有するキーワードの種類数との関係を両対数紙上にプロットすると傾き約 -2 の直線関係になることが確認された。すなわちこれらのキーワードの頻度分布はブラッドフォードの法則に従った分布を示していることが明らかになった。

3.2 数量化Ⅲ類による分布

全キーワード種類数のうち頻度順位で上位3%以上に、また累積頻度で見た場合では全体の50%以上に相当する比較的高頻度のキーワード 293 語を分析対象として選択した。

これらのキーワードを用いて数量化Ⅲ類による分析を行ったところ、大きな固有値を有する解は得られなかったものの、相関係数 > 0.4 なる解を 3 つ得ることができた。またこれらの労働災害に関する情報は、「災害パターン」や「工事種類の差異」に関する事項が比較的抽出し易い形で包含されていることなどが判明した。しかしながら「被災者の年齢・経験などの属性」など他の要因についての事項には明瞭な差異を読み取ることはできなかった。

図 35 は上記の分布結果の一例で全 807 件のサンプルスコアに基づいた散布図を示したものである。図中には災害種別別にマハラノビス汎距離に基づき算出した確率楕円(危険率 10%)を示した。災害タイプの差異、特に墜落災害・クレーン関連災害・土砂崩壊災害などのサンプル(災害事例)散布位置や散布範囲が相互に明瞭に異なっていることが判る。

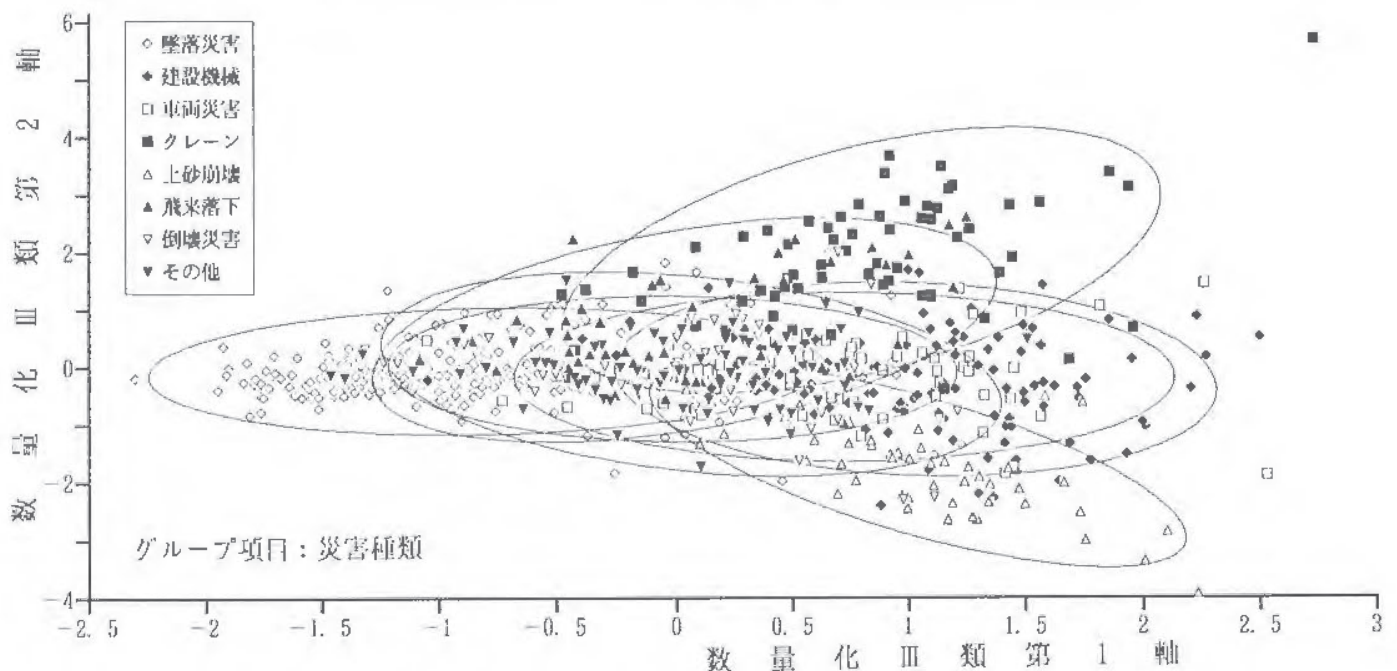


図 35 数量化Ⅲ類の分析結果に基づくサンプル(災害事例)散布図

ヒューマンエラー発生要因の解明

—インシデント事例の分類によるエラーの原因分析—

土木建築研究部 白井伸之介

1. 研究目的

前年度研究では電力会社作業員のインシデント体験（災害に至らないような不安全な行動や状態）を収集・分析したが、そこでは、単純かつ内容の類似した動作エラーは数多く報告される一方、しばしば重大災害の一因となる作業員の誤った思い込みのようなエラーの報告はきわめて少ないとの結果を得た。そこで今回は人間の思い違いに起因する具体的なインシデント事例をイラストで提示し、類似の体験があればその記述を求め、との手法を用いて事例を収集し、その内容分析からヒューマンエラーの発生要因を検討する。

2. 研究方法

図36に示す2つのイラスト事例を含めた質問紙を作成し、A電力会社配電部QCサークルの協力を得て調査を実施した（事例1では運転員が室内の様子を確認せず換気ファンを停止し、溶接作業中の作業員が窒息しそうになったこと、事例2ではリレー点検作業中、同僚からリード線のスイッチが入っていることを知らされ驚いたこと、が説明文として加えられている）。調査手続きはまずイラスト事例を題材にし、その問題点と背景要因をサークル内で検討するように求め、次いで事例1、2それぞれについて作業員自身、類似の体験があるか、またあるならばその内容と考えられる原因について自由に記述するよう求めた。

3. 結果

32のQCサークルで調査を実施し、243名から回答を得た。事例1では65名（26.8%）が、事例2では64名（26.3%）が類似の体験を記述した。報告された事例に対してはその内容を分析し、「作業対象」「作業形態」「原因」に関する複数のキーワードを構成、記述内容と共にデータベース化した。本稿では原因レベルか



図 36 調査で使用されたイラスト事例

ら分析した主たる結果を示す（表3参照）。

事例1、事例2で重要な原因の一つとして「対人関係（コミュニケーション）の問題」をあげることができる。「スイッチが切のはずが入であった」「無充電のはずが充電になっていた」という背景には、他の作業員や他部門との連絡が不十分である場合、他者の行動や言葉を誤信（過信）した場合などがあげられ、作業での情報伝達過程における歪みが災害発生に関わる重要な事例が数多く報告された。作業員の「誤った思い込み」の背景にも、さらにいくつかの発生条件が関与していることが見出された。すなわち、作業連続による思い込み（同一作業を反復して行うことによりそれをすで行ったと思う）、判断の誤りによる思い込み（数多い同種のスイッチを操作するような場合）、過去経験による思い込み（経験上大丈夫だと思う）などである。

4. まとめ

スリップエラーが多数を占めていた従来の報告制度に比べて、記憶再生のための手がかり刺激を提示する今回の手法では、これまで報告されることの少なかった作業員のミスに起因する重要な事例が多数報告された。エラーの背景には直接要因、背景要因と階層化したいくつかのレベルでの原因が考えられるが、今回の分析では主要な要因として「コミュニケーションの問題」「本人の思い込み」があげられ、またその背景にはいくつかの発生条件が関与していることが見出された。

表 3 事例1原因別分類結果

分類項目	件数	%
対人関係（コミュニケーション）の問題	12	14.3
他者との連絡不十分	(3)	
他者行動の誤信	(4)	
他者動作の読み違い	(2)	
他者言葉の聞き違い	(1)	
通知書の過信	(1)	
他者の問題	(1)	
思い込み	4	4.8
作業連続による思い込み	(2)	
判断の誤りによる思い込み	(1)	
過去の経験による思い込み	(1)	
思い込みその他	18	21.4
確認の省略	17	20.2
いそぎ	8	9.5
知識、経験の不足	5	6.0
意識レベル	4	4.8
機器、装置不良	3	3.6
距離の問題	2	2.4
動作エラー	2	2.4
対象スイッチのとり違い	5	6.0
不明	4	4.8
合計	84	

気体爆ごう波を利用したフロン分解

化学研究部 松井英憲

1. 研究目的

モントリオール議定書によって、表4に示す特定フロンは、1996年末には全廃となる。将来、使用済みのフロンは回収され、分解処理されねばならないが、決定的な分解法は開発されていない。

表4 特定フロンの種類

コード名	分子式	沸点(°C)	主な用途
CFC-11	CCl_3F	23.8	発泡剤、冷媒
CFC-12	CCl_2F_2	-29.8	冷媒
CFC-113	$\text{CCl}_2\text{FCClF}_2$	47.6	洗浄剤
CFC-114	$\text{CClF}_2\text{CClF}_2$	3.6	発泡剤、冷媒
CFC-115	CClF_2CF_3	-38.7	冷媒原料

本研究は、気体爆ごう波面背後の高温、高圧を利用して、難分解性のフロン類を、分解、無害化する新しい技術を開発するために基礎データを得ることを目的としている。

2. 研究方法

被試験物質として、特定フロン中、冷媒として最も多く用いられているフロン12及び洗浄剤のフロン113を選択し、爆ごう性混合ガスには、コストの安いプロパン～酸素を用いた。実験装置は、図37に示すような、内径25mm、長さ1.07mの縦形爆ごう波管

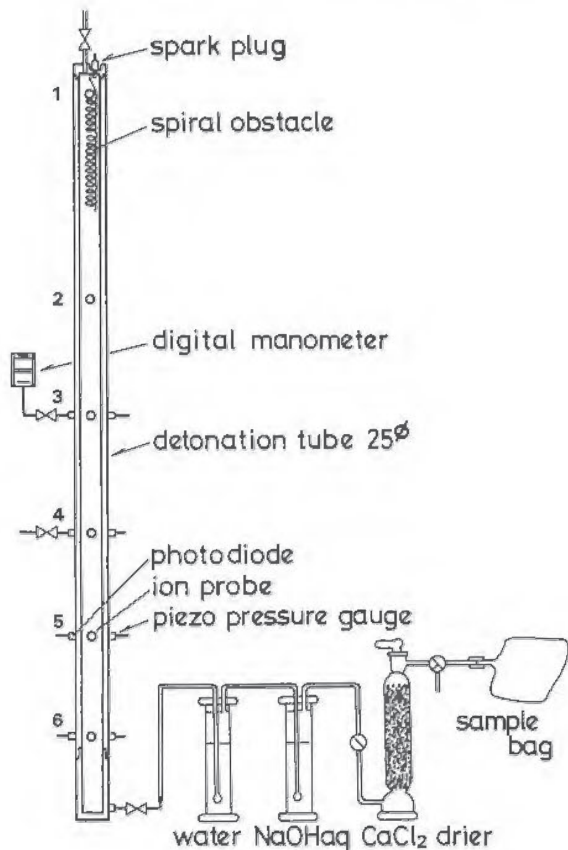


図37 実験装置の概略

を用い、フロンと爆ごう性混合ガスを別々に導入した場合と、予混合して導入した場合について、初圧を変え、電気スパークで着火、起爆した。爆ごう波によって生じた高温、高圧によって、フロンを熱分解させ、分解生成ガスを空気で希釈して、水洗、アルカリ洗浄して酸性ガスを除去し、乾燥塔に通して捕集し、ガスクロで分析した。試料フロンには、予め微量の希ガス(Xe)を添加しておき、捕集生成ガス中の未分解フロンとキセノンガス濃度の比から、フロンの絶対分解率を求めた。

3. 研究結果

最初に、プロパン～酸素当量混合ガスとフロン12を、爆ごう波管内へ、上下より別々に導入して、爆ごう波で生じた衝撃波によるフロンの分解を試みた結果、フロンは完全には分解されないことが分かった。

次に、フロン12とプロパン～酸素当量混合ガスを、種々割合に予混合して、着火、起爆した結果、図38に示すように、フロン12/ $\text{C}_3\text{H}_8=3$ 以下で、フロンはほぼ完全に分解される(99.5%以上)ことが判明した。フロン12/ C_3H_8 が3を超えると、燃焼火炎は管内を伝播するが、爆ごうは生じなくなった。この場合のフロンの分解率は、約98%程度であり、爆ごう波による分解率は、非爆ごうの燃焼の場合に比べて、高くなることが推定された。なお、初圧を変えても、フロンの分解率はほとんど変わらなかった。

メタンを助燃剤に用いた空気による燃焼法では、フロン12を完全に分解するには、フロン12/ $\text{CH}_4=0.2$ 以下にする必要があることが報告されている。

フロン113についても同様の実験を行い、爆ごう波によって、99.5%以上分解されることが確認された。

フロンに約1%のXeを添加する実験方法により、フロンの絶対分解率を正確に求めることができた。

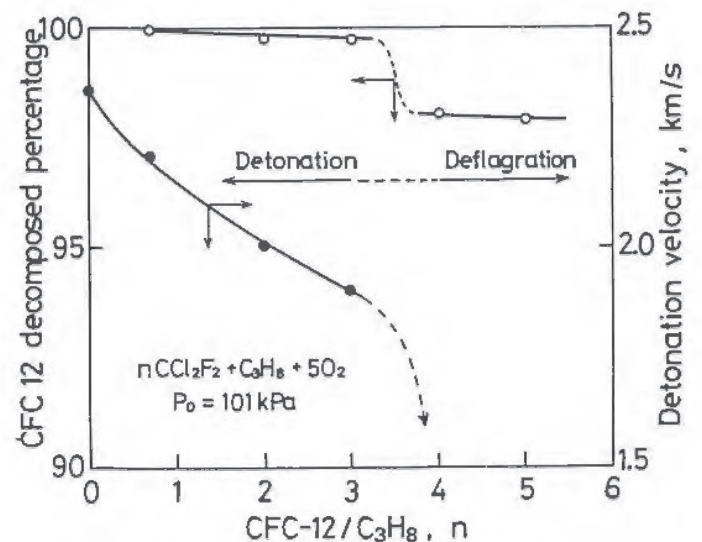


図38 フロン/燃料比とフロンの分解率及び爆速

微粉炭燃焼システムにおける爆発火災災害の防止

化学研究部 板垣晴彦, 松田東栄, 森崎 繁

1. 研究目的

微粉炭燃焼システムとは、粉碎した石炭を用いる燃焼システムで、石油に並ぶエネルギープラントとして有望視されている。しかし、石炭の貯蔵と粉碎、あるいは、微粉炭の輸送と燃焼の工程には、粉じん爆発と自然発火の危険性が潜在しており、爆発火災災害の発生が懸念されている。そこで、微粉炭燃焼システムにおける爆発火災災害の未然防止と災害発生の際の拡大防止を目的として、微粉炭の粉じん爆発と自然発火の特性を解明する実験を行い、試験データを収集した。

2. 微粉炭の自然発火特性の測定

図 39 の装置を用い、微粉炭の堆積厚と堆積微粉炭

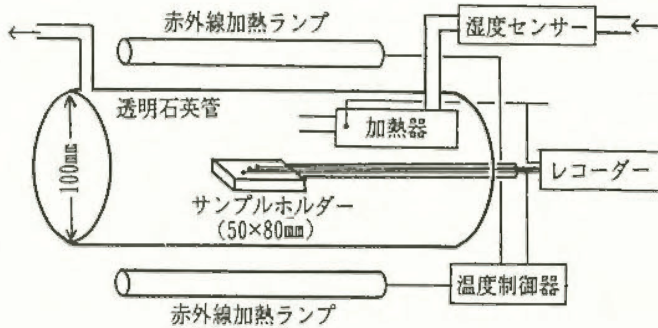


図 39 赤外線加熱試験装置

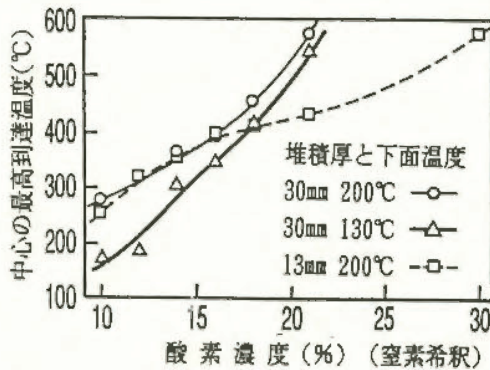


図 40 試料 E での酸素濃度と最高到達温度の関係

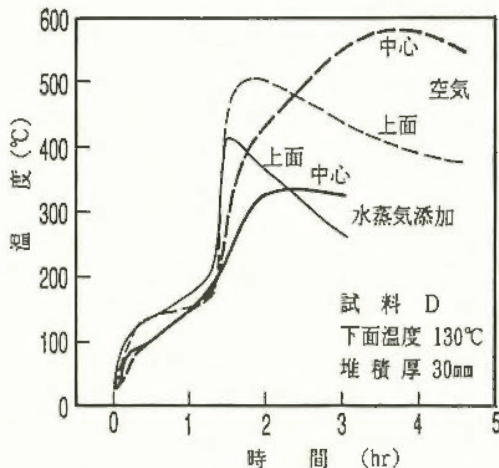


図 41 空気中と水蒸気添加時での試料の温度変化

の下面温度や雰囲気酸素濃度を変え、堆積微粉炭の中心と上面の温度を測定した。

図 40 は、窒素希釈により酸素濃度を下げた時の結果である。堆積厚が同じで下面温度が異なる○と△の差は、酸素濃度が低い方が大きい。一方、下面温度が同じで堆積厚が異なる○と□では、酸素濃度 16% を境にして低いとほぼ同一であるが、高濃度側では□の方が低くなる。酸素濃度を固定して比較すると、空気では下面温度を 200°C から 130°C にするよりも堆積厚を 30 mm から 13 mm にする方が、中心の最高到達温度を下げるのに有効だが、18% を下回ると逆転する。

図 41 は、水蒸気添加(酸素濃度約 18 vol.%)と空気中での温度変化である。空気雰囲気では上面が最高となった後に中心温度がこれを上回るが、水蒸気を添加すると中心温度は十分に上昇せず、300~350°C を保持した。つまり、水蒸気添加によって中心の最高到達温度は 200~250°C 低下させられるが、上面は 50~100°C の低下にとどまる。この原因としては、水蒸気の比熱が空気の約 2 倍あり表面の昇温を促進することと少なくなった酸素が表面で消費され中心部まで必要量が供給されにくいことが考えられる。

3. 微粉炭の粉じん爆発特性の測定

微粉炭の爆発特性値を ISO 規格に基づいた 1 m³ 円筒型装置を用いて測定した。表 5 の各特性値と揮発分の相関については昨年度の 30 l 装置と変わらなかったが、その値は最大爆発圧力が 0.3 bar 程度ずつ高くなったのを除き、大きく異なった。その差異は、爆発下限濃度で約 2 倍、最大圧力上昇速度 K_{st} で約 2/3、限界酸素濃度で約 2 倍で、いずれも安全側に移行した。この原因は、装置容積に対する着火源の強さや容器内での乱れのレベルによるものと思われる。

また、くん焼微粉炭の舞い上がりによる爆発と燃焼している木炭による着火・爆発について試験したところ、前者での爆発は確認されなかったが、後者ではある量以上の木炭が存在すれば、着火・爆発した。

表 5 1 m³ 円筒型装置による微粉炭の爆発特性値

試料	揮発分 %	爆発下限濃度 g/m ³	最大爆発圧力 bar	K _{st} bar·m/s	限界酸素濃度 vol. %	
					N ₂	CO ₂
A	43.6	80	7.6	98	14.5	16.1
B	41.3	100	7.4	108	14.8	16.1
C	37.9	100	7.3	95	14.9	16.8
D	32.8	130	7.1	82	15.7	17.2
E	31.8	110	7.3	81	15.3	16.8
F	28.5	150	7.4	70	16.6	17.4
G	23.8	170	6.7	48	17.5	18.0

$K_{st} = (dP/dt)_{max} \times \sqrt{V}$ V: 容器の容積(m³)

ファインセラミックス粉の粉じん爆発危険性

化学研究部 松田東栄

1. 研究目的

新素材物質の一つにファインセラミックス材料があり、耐摩耗、切削、強度、潤滑などの機械的機能や絶縁、導電、半導性などの電気・電子的機能ばかりでなく、光学機能や生化学機能などに優れた性質を持つファインセラミックスは、多くの可能性を秘めた素材物質として注目されているが、セラミックスがこれらの価値ある機能を発揮するためには、高度に精選し、精密に調整した化学組成の原料粉末を用いる必要がある。非酸化物セラミックスは、金属の炭化物、窒化物、ホウ化物、ケイ化物などから成る。これらの構成元素からみて、粉じん爆発の可能性は否定できないが、重金属を含む化合物がはたして粉じん爆発を起こすかどうかは不明である。また、それらの公表データはほとんど見あたらないので、セラミックス原料粉の爆発特性値を測定して粉じん爆発危険性を比較検討した。

2. 実験結果及び考察

30 l 球形爆発容器（着火エネルギー、10 kJ）を用いて測定した各種セラミックス粉じんの爆発特性値データを、表6にまとめて示す。表中の K_{st} は、最大爆発圧力上昇速度を 1 m^3 爆発容器中での相当値、 $K_{st} = (dP/dt)_{\max} \cdot V^{1/3}$ によって規格化した値である。測定

データによると、試料粉じんはサブミクロンから数ミクロンまでの比較的細かい粒子であるためか、密度のとりわけ大きいタンタルやタングステンの一部の化合物も爆発危険性を示す。

一部の金属単体の燃焼熱はかなり大きく、これを反映して、ジルコニウムやチタン化合物は、比較的大きい爆発危険性を示す。同一系列の化合物中での最大爆発圧力の大きさも、ほぼ金属単体の燃焼熱の大きさを反映していると見なすことができるようである。爆発危険性は、金属単体の危険性に依存するばかりでなく、当然、結合相手によっても異なる。検討した範囲では、一般に、炭化物（金属カーバイド）の爆発危険性は高いといえるが、他のケイ化物から抜きんでて、ケイ化ジルコニウムの K_{st} 値だけは炭化物のそれに近く、危険性が大きい。

一般に、セラミックス原料粉は密度が大で浮遊し難いと思われるが、30 l 爆発容器中では微粉の分散による粉じん雲の形成は容易で、最大爆発圧力及び K_{st} を示す粉じん濃度は極めて高い。ZrN の例では、約 2 kg/m^3 の濃度で最大爆発圧力が達成された。また、爆発後、容器内には粒状の残渣が見られることから、粒子は完全燃焼するわけではなく、火炎中で溶融金属等が凝集し容器壁で冷却されたことなどが推定される。

以上、金属の炭化物、ホウ化物、ケイ化物などから成る22種のファインセラミックス粉の粉じん爆発危険性を測定した。

表6 セラミックス粉じんの爆発特性データ（一は、爆発せず）

物質名	平均粒径 (μm)	下限濃度 (g/m^3)	最大爆発圧力 (bar)	K_{st} ($\text{bar}\cdot\text{m/s}$)
チタンカーバイド (TiC)	1.3	130	7.5	239
バナジウム (VC)	1.5	140	6.8	222
ジルコニウム (ZrC)	2.3	150	7.8	287
ニオブ (NbC)	1.1	190	7.1	190
モリブデン (Mo ₂ C)	3.4	410	5.3	72
タンタル (TaC)	2.3	2,310	6.0	38
タングステン (WC)	0.7	780	4.2	21
ホウ化チタン (TiB ₂)	2.4	140	6.2	131
クロム (CrB)	9.1	200	4.7	40
ジルコニウム (ZrB ₂)	2.0	270	6.7	140
ニオブ (NbB ₂)	1.6	360	6.1	70
モリブデン (MoB)	4.4	—	—	—
ランタン (LaB ₆)	1.6	220	6.9	127
タンタル (TaB ₂)	0.9	440	6.3	80
タングステン (WB)	3.6	—	—	—
ケイ化チタン (TiSi ₂)	3.2	630	6.2	39
クロム (CrSi ₂)	3.3	520	6.4	76
ジルコニウム (ZrSi ₂)	3.3	150	7.6	241
ニオブ (NbSi ₂)	4.1	500	6.1	56
モリブデン (MoSi ₂)	3.9	—	—	—
タンタル (TaSi ₂)	3.2	610	5.7	46
タングステン (WSi ₂)	3.3	—	—	—

化学物質の熱分解危険性予測システムの開発

化学研究部 藤本 康弘

1. 発熱開始温度の予測モデル

発熱開始温度は熱分解初期の分解反応の活性化エネルギーと良い相関があると考えられる。ここでは、活性化エネルギーの代わりに、その一つの指標として結合の解離エネルギーを考え、構造式から簡単に求められるように結合解離エネルギーの実測値を結合別にグループ分けし、その平均値の各結合との対応表を作成した。表7にその一部を示す。表中の数字は、解離エネルギーインデックス=結合解離エネルギー (kcal/mol)⁻¹×10000を示す。即ち、表中の数字が大きい結合ほど解離エネルギーが小さく壊れ易い、すなわち危険であることを示す。

表7 解離エネルギーインデックス (例)

	-C	-N	-C=O
C-	30	29	33
O=C-	33	30	34
N-	29	31	30
uN-	49	34	53
O-	29	35	31

解離エネルギーだけで、活性化エネルギーを完全に表現はできないので、実際の予想を行なうにはさらに補正が必要になってくるが、ここではファジィ推論を繰返しながら、偏差の大きな化合物についてのその構造の特徴を随時抽出していくという方法をとった。

2. ファジィ推論

発熱開始温度は、どの化合物でも必ず確定値を得られるわけではない。つまり測定温度範囲は有限なので、その範囲内で発熱しなければ、発熱開始温度は例えば500℃以上といった範囲しかわからない。その為、通常の回帰分析では化学構造との相関をみようとしても、良い結果はえられない。ここでは、ファジィ推論の手法を利用して予測を試みた。発熱開始温度、および解離エネルギーのメンバーシップ関数は、以下のような台形のものを用いて (図42)、解離エネルギーは危険性大と小の2種類に、発熱開始温度は危険性大、中、小の3種類に分類してみた。

危険性大、(中、) 小の区分は任意に定めることになるが、ここでは発熱開始温度については、500℃以下で危険性大のグレードが1、400℃以上で危険性小のグレードが1、200℃を危険性中の中心値(グレード1)とした。二つのグループが交差する部分はその和が

1となるようにした。また、解離エネルギーのメンバーシップ関数の方は推論をくりかえし、適宜変更した。

推論の為の解離エネルギーインデックス (DEI) は、まず各結合の解離エネルギーインデックスを表7を用いて見つけ出し、その最大値とする。

さらに、その推論結果と実測値との偏差が大きな化合物の構造の特徴を抽出して2種類の補正インデックスを追加した。

推論ルールは以上の3つのインデックスが3つとも危険性大なら発熱開始温度も危険性大、1~2つ大なら温度は中、ゼロなら危険性小とした。

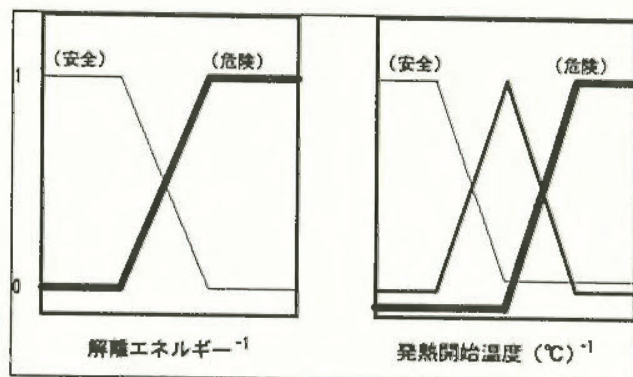


図42 メンバーシップ関数

3. 推論結果

現時点での推論結果を、ある化合物についての例、および実測値と予測値との相関図として表したのが図43、図44である。

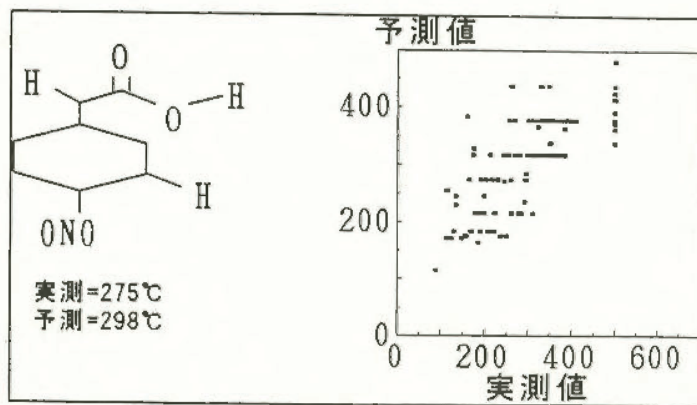


図43 予測値の例

図44 相関図

この結果について、絶対零度を基準とした温度で推論値と実測値の差(偏差)の大きさをその実測値の比として評価してみると偏差の比は20%程度の範囲に大部分が入り、化合物の分解エネルギーの予測が充分可能であることが示される。

また、メンバーシップ関数や推論ルールには変更の余地があり、今後の検討により、現場で実際に危険性評価に利用できるだけの精度をもった予測式を開発できる可能性がある。

固体化学薬品類の熱爆発限界温度の測定

化学研究部 琴寄 崇

1. Frank-Kamenetskii 式のもつ物理的意味

固体（実際は粉体）等の、流動性のないままに（換言すれば、その内部において温度分布を有しつつ）発熱的に分解する性質をもつ、物質の熱爆発限界温度、 T_c 値、は基本的には Frank-Kamenetskii の熱爆発条件式、(1)式、によって求まることが既に確かめられ

$$\delta_c = \frac{\Delta H \cdot A E r^2}{\lambda R T_c^2} \exp \left[-\frac{E}{R T_c} \right] \quad (1)$$

ている。

(1)式は、

$$\delta_c = \frac{\Delta H \cdot A \exp \left[-\frac{E}{R T_c} \right]}{\left(\frac{\lambda}{r^2} \right) \left(\frac{R T_c^2}{E} \right)}$$

のように書き直すことができる。上辺は $[J/m^3 \cdot s]$ なる単位を有し、とりも直さず単位時間、単位体積当たりの発熱量を意味しており、下辺も同じ単位をもっているが、本来 λ を含んでいることから、単位時間、単位体積当たりの物質内部における放熱量を示していると考えることができる。従って、 δ_c は無次元数となるが、それは δ_c が本来、物質の自己発熱過程の初期段階に存在する、熱爆発のための限界状態における発熱速度と放熱速度の相対比を示した関係式であるためである。同様な相対比は液体の T_c 値を記述する Semenov の熱爆発限界条件式についても成り立つ。

2. 熱爆発限界温度算出の原理及び手順

上に述べたように、一定の集積量及び形状をとりつつ一定温度の雰囲気中に置かれているのみで断熱条件下にない物質の熱爆発が究極的に生ずるか否かはその物質の自己発熱過程の初期段階に存在する熱爆発のための限界状態における発熱速度と放熱速度の比のみによって定まる。

それ故に、BAM 試験値やその他の非断熱自己発熱試験値を実測でなく計算によって求めるには、 ΔH 、 E や A のような物質それ自体の発熱速度に寄与する物理量並びに熱拡散率（固体の場合）や総括伝熱係数（液体の場合）のような試験条件下に置かれた物質からの放熱速度に寄与する物理量を承知できればよいことになる。

発熱速度に寄与する物理量（以下、発熱データという）は断熱発熱速度試験によって求めることができるが、放熱速度に寄与する物理量については、Semenov モデルにおいては関係する容器の、液体を入れた状態での、放熱速度を、F-K モデルにおいて

は当該固体試料の熱拡散率を、それぞれ実測する必要がある。

しかし、化学薬品類のような有機物粉体の熱拡散率はいずれの物質についてもそれほど変わらないことが知られているので、結局、固体の化学薬品類の T_c 値を算出するためには発熱データが鍵となることとなる。

3. 4 種の化学薬品類の熱爆発限界温度

化学薬品類の発熱データを測定するための SIT（当所において開発した断熱発熱過程記録装置）を用いて得られた 4 種の固体化学薬品類 [p,p'-oxybis (benzenesulfonylhydrazide) (OBSh); 1,2-naphthoquinone-2-diazido-5-sulfonyl chloride (NQC); 2,2'-azobis (4-methoxy-2,4-dimethylvaleronitrile) (AMVN) 及び p-toluenesulfonyl hydrazide (TSH)] の熱爆発限界温度は以下の通りである。

イ. OBSh は NQC とともに TC 型の固体化学薬品類（固体のまま Arrhenius 式に従って徐々に発熱して行く物質）に属するが、数年前に入手した試料（旧とする）、最近合成直後の試料（新とする）及び新試料を 5 ヶ月後に測定した場合（5 とする）につき、各々直径 40.64 cm (16 inch) の円筒状に密封包装されていると仮定した場合の T_c 値をもとめたところ、

OBSh (旧) について 86.6°C

OBSh (新) について 72.6°C

OBSh (5) について 80.0°C

なる、熱的に不安定な化学薬品には経時変化が存在することを示す結果が得られたが、この問題は今後さらに確かめたい。

ロ. NQC について、上と同じ包装状態における T_c 値を求めたところ、54.0°C なる結果が得られた。

ハ. AMVN 及び TSH は AC [自触媒] 型（半融後ないし全試料が融解し終わった瞬間に急速に発熱を開始する物質）に属するが、両者の T_c 値を表 8 に掲げる。表 8 の上欄に示された各時間間隔は当該物質が当該温度の雰囲気曝露された時、曝露開始から急速発熱を開始するまでのそれを示している。

表 8 2 種の AC 型薬品の熱爆発限界温度 (°C)

	6 時間	12 時間	24 時間	1 週	1 月	2 月
AMVN	39	35	31	20	13	9
TSH	102	99	97	90	85	82

爆圧放散口の実用化を目的とした爆発圧力放散機構に関する研究

—閉鎖空間への圧力放散機構の解析—

化学研究部 林 年宏, 板垣晴彦

1. 研究目的

爆圧放散口は、内部で爆発を生ずるおそれのある装置等に対する爆発防護の方法として有効であるが、圧力の放出には爆風や火炎の噴出を伴うので、放出先の防護にも留意が必要である。ひとつの対策として、閉鎖空間に圧力を放出する方法が考えられるが、この場合には閉鎖空間内に発生する圧力を予測することが必要となる。一方、産業現場では、装置などを設置した建屋内に直接に爆発圧力を放出することもあるが、この場合には建屋に加わる圧力の評価が要求される。

本研究は、小型容器を用いた実験と理論的考察をもとに、閉鎖空間への爆発圧力の放散機構を解明し、爆圧放散口の実用化に役立てることを目的としている。

2. 実験

実験装置を図45に示す。点火側容器(内容積 V_1)には4.5%プロパン—空気混合ガスを、放散側容器(内容積 V_2)には空気又は窒素を、それぞれ大気圧に満たす。両容器間には予め破裂膜を取り付けておき、混合ガスに点火したときの両容器内の発生圧力を測定する。容積比 (V_2/V_1) と開口比 (d/D) を変化させるほか、爆発圧力の上昇速度の影響を調べるために混合ガスの組成と破裂膜の材質を変えて実験を行う。ここでは、点火側容器の内径と長さがともに20 cmで、放散側容器に空気を満たした場合について述べる。

3. 実験結果及び考察

図45に例示したように点火側容器内の圧力波形は2つのピーク P_1, P_2 を示し、両者の大小関係は開口比と容積比に依存する。容積比が一定で開口比が小さい場合には $P_1 > P_2$ となり、放散側圧力は常に単一ピークを示す。開口比が大きい場合には $P_1 < P_2$ となり、このとき放散側圧力波形には小さなピークが出現することもあるが、常に $P_3 < P_4$ の関係が保たれる。

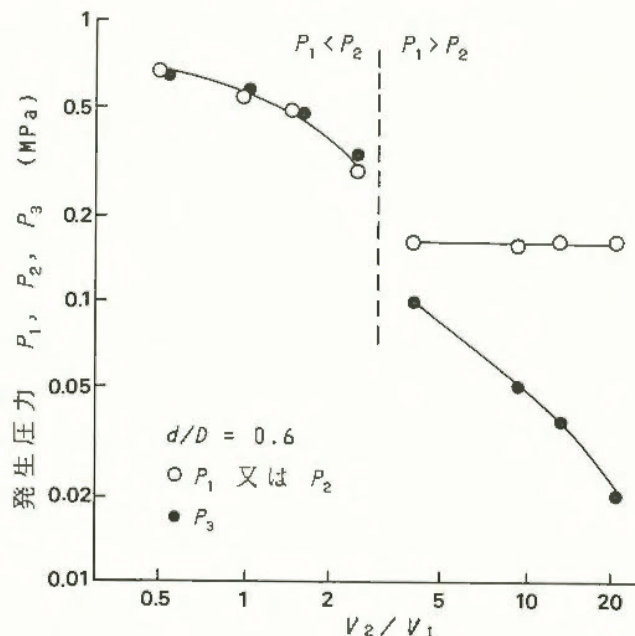


図 46 容積比と発生圧力の関係

図46は $d/D=0.6$ の場合の容積比と発生圧力の関係である。(点火側圧力は P_1 と P_2 の大きい方の値をプロットした。) 図に破線で示したように、容積比が2~4の間で発生圧力の変化は不連続となるが、これは P_1 と P_2 の大小関係の逆転と対応する。すなわち、ある容積比以下では $P_1 < P_2$ となり、このときは P_2 と放散側圧力はほぼ等しい。容積比がある値を超えれば $P_1 > P_2$ となり、かつ、 P_1 は容積比に無関係な一定値(約0.15 MPaで、この値は大気中へ放散させた場合に等しい。)となるが、放散側圧力は開口比とともに減少し、 $V_2/V_1=20$ では0.02 MPaであった。

一方、開口比が大きい場合 ($d/D=0.9$) には、容積比によらず $P_1 < P_2$ となり、かつ、 P_2 と P_3 はほぼ等しくなった。逆に開口比が小さいとき ($d/D=0.2$) には、点火側の発生圧力は容積比にあまり影響されなかったが、放散側圧力は(開口比が大きい場合と同様に)容積比の増加とともに連続的に減少した。

こうした結果は、閉鎖空間への圧力の放散に影響する因子が複雑であることを示しているが、さらに、爆発上限界に近い濃度の混合ガスの爆発を空気を満たした閉鎖空間に放散させる場合を含めて、放散機構の解明を行っている

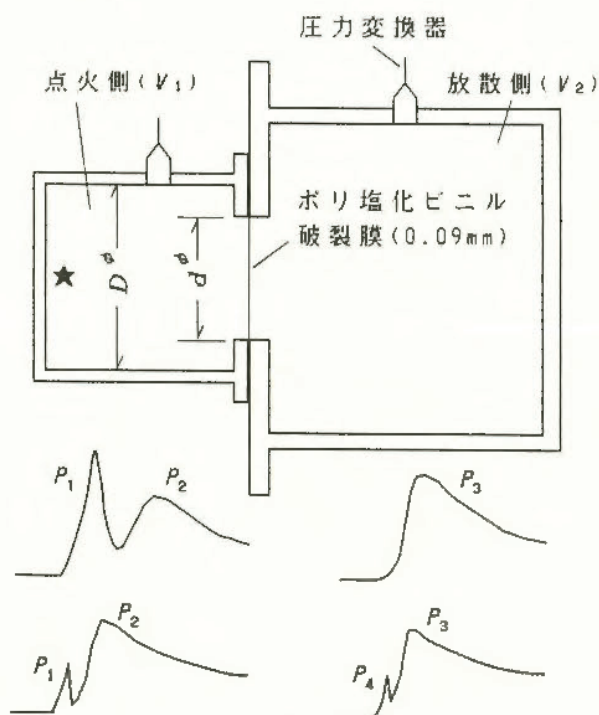


図 45 実験装置と爆発圧力波形の例

災害事例データベースによる爆発火災事故の分析

化学研究部 板垣晴彦

1. 研究目的

労働災害事例についての情報は、以後の類似災害の再発防止や災害防止技術の発展のために、きわめて有用である。当研究所では、この情報の有効活用を図るため、産業安全研究所情報検索システム(SAFE-II)が開発された。本研究では、このシステムのサブデータベースとして構築した「爆発・火災災害データベース」を用い、爆発火災災害防止の推進と研究への活用を目的として、爆発火災事故事例の拡充、及び、要因や傾向について統計分析を行う。

2. 月別と時刻別の事故件数

昭和30年から平成1年に発生した3679件の事故を月別及び時刻別に集計した。図47の月別では、11月が、49年以前は多い月であったのに50年以後は少ない月になった点と1,2月が若干少ない点に気が付く程度であまり変動はない。図48の時刻別では、やはり生産活動の中心となる8~12時と13~17時が多く、その中では8時台がやや少ないのみで突出している時間帯はない。17時以降は徐々に減少し、0~6時は少ない件数ではあるが平均的に発生している。

3. 死傷者数別の事故件数

図49は、10年間あたりの事故件数を死傷者数別に示した図である。安全への努力により事故件数が年代の経過につれて減少するとともに死傷者数が少ない側にシフトしていることがわかる。

4. 起因物の年代別順位

表9は、年代別の事故の原因物質(起因物)の順位である。昭和30年代にはアセチレン発生器に関わる事故が多かったが、その後溶解ポンプの普及によって減少し、LPGやシンナー類が上位を占めている。また、化学反応を伴わず高温物と水のみで発生する水蒸

気爆発やガソリンが年代を問わず発生しているほか、穀物・有機物粉の相対的な順位が最近上がっている。

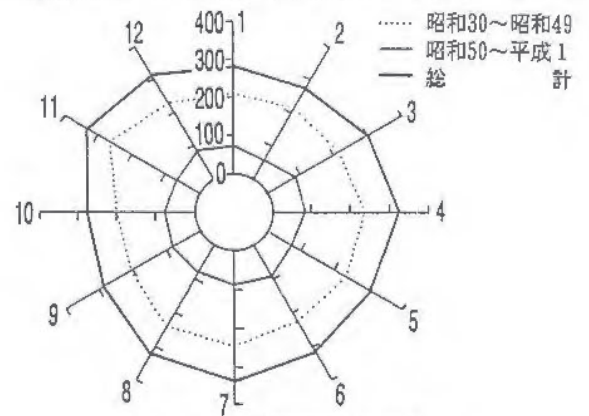


図47 月別の事故件数

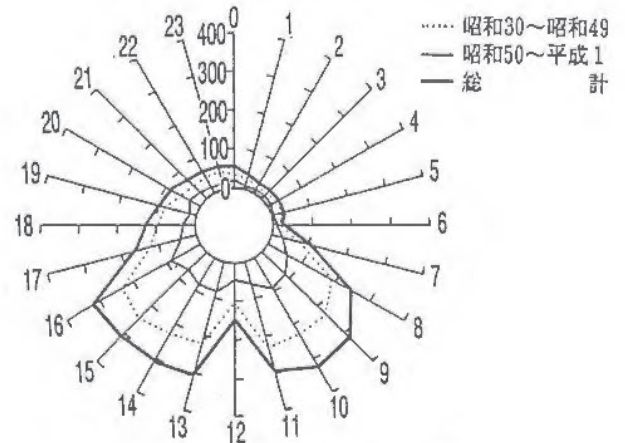


図48 時刻別の事故件数

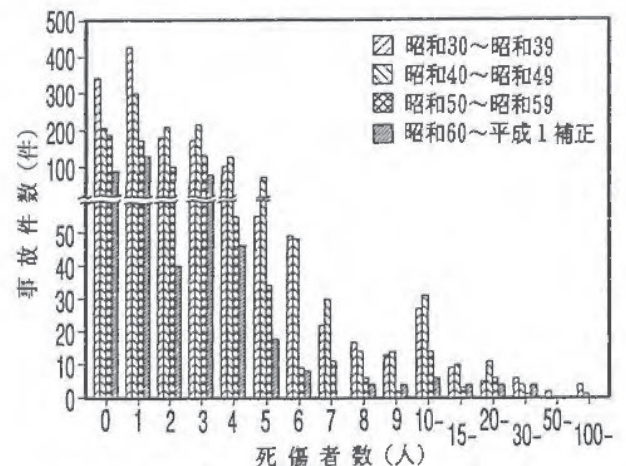


図49 死傷者数別の10年あたりの事故件数

表9 起因物の年代別順位と件数

() 内は件数 半括弧は同順位

	昭和30 ~ 39	昭和40 ~ 49	昭和50 ~ 59	昭和60 ~ 平成1
1位	アセチレン(240)	LPG(124)	LPG(64)	シンナー、溶剤(20)
2位	ガソリン(130)	シンナー、溶剤(108)	シンナー、溶剤(52)	水蒸気爆発(16)
3位	火薬、爆薬類(111)	水蒸気爆発(97)	ガソリン(40)	LPG(14)
4位	水蒸気爆発(100)	ガソリン(88)	水素(35)	穀物・有機物粉(11)
5位	煙火、花火(90)	アセチレン(82)	水蒸気爆発(34)	メタノール(11)
6位	シンナー、溶剤(89)	都市ガス(39)	穀物・有機物粉(33)	水素(8)
7位	LPG(76)	重油(39)	メタン(24)	金属粉(7)
8位	重油(29)	穀物・有機物粉(39)	トルエン(22)	ガソリン(7)
9位	水素(28)	水素(37)	アセチレン(22)	煙火、花火(6)
10位	都市ガス(27)	原油、ナフサ(34)	都市ガス(20)	トルエン(5)

有機複合絶縁材料の耐電圧試験法

—絶縁破壊電圧に及ぼす内部界面の影響—

電気研究部 市川健二, 本山建雄

1. 研究目的

ガラス繊維強化プラスチック(以下, FRP という)は, 機械的強度が大きく, かつ, 電気絶縁性, 耐食性, 耐熱性などの優れた性質を有しているので, 活線作業用器具・装置等の絶縁材料として, 近年益々その使用が増加している。しかし, プラスチック樹脂の中に異質の絶縁物質(ガラス繊維)が含まれた複合絶縁材料においては, これら物質間にできる界面の状態が耐電圧性能等の絶縁特性に重要な影響を及ぼす。そこで, 界面の方向と絶縁破壊電圧の関係を検討した。

2. 試料及び実験方法

供試絶縁材料は, エポキシ・ガラス一方向引抜成形した2種類の棒状FRPであり, 各試料の物性を表10に示す。実験には, この棒状FRPよりガラス繊維方向が 0° , 25° , 45° , 60° , 90° になる様に切出した厚さ約20mmのものを試験片とした。

電極構成は, 図50に示すように, 試験片のほぼ中央に直径3.0mm(先端1.5R)の穴を下面から5mm残して開け, 直径2.85のSUS棒電極(先端1.5R)を差込み, 円板電極の上に乗せ, 試料及び電極全体をシリコン油中に置き, 棒—平板間に交流高電圧を印加し, 絶縁破壊電圧を測定した。

表 10 供試FRPの物性

種類	A	B
製法	一般引抜成形	加圧引抜成形
ガラス表面処理	エポキシシラン	
比重	1.89	1.92
ガラス体積含有率	50%	53%
樹脂体積含有率	50%	47%

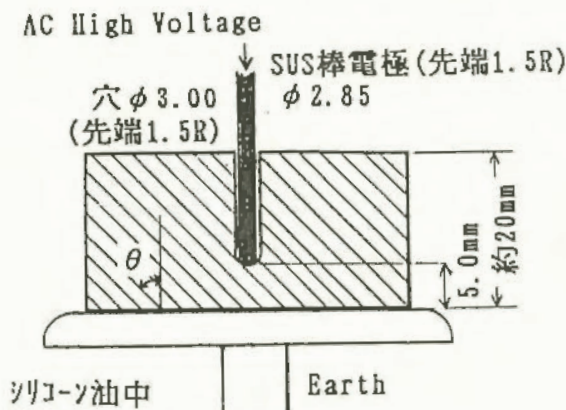


図 50 試料及び電極構成

3. 実験結果

図51は, 界面方向 θ に対する絶縁破壊電圧の強さを測定した結果である。 θ が 0° から 60° までは, θ が大きくなるにつれて徐々に高くなり, $\theta=90^\circ$, 即ち, ガラス繊維が棒電極に対して水平になると絶縁破壊電圧は極端に上昇し, 電極構成上でフラッシュオーバーすることが多い。この場合, 棒電極と平板電極間の試料厚を3mm, 2mmと薄くして測定を繰り返した。

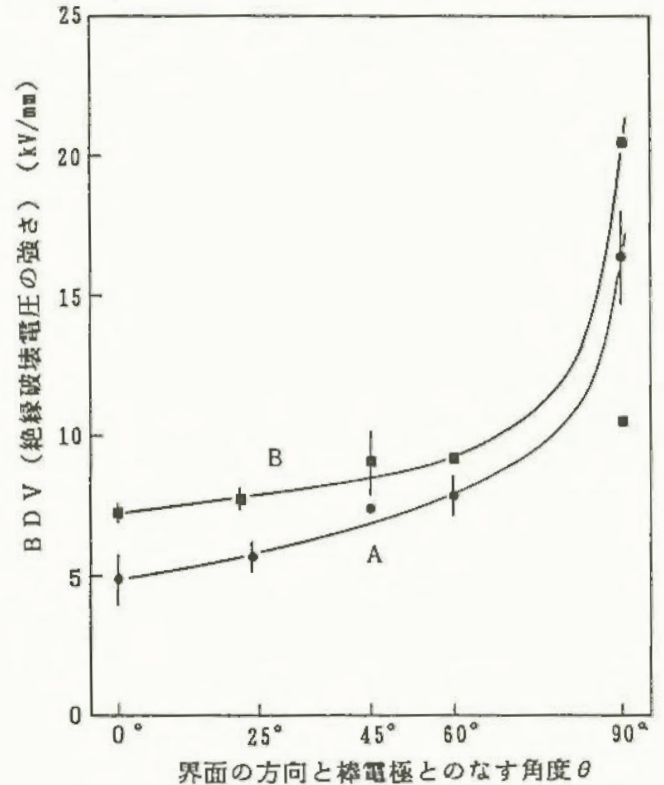


図 51 ガラス繊維方向 θ とBDVの関係

加圧引抜製法で製造されたB材料の絶縁破壊電圧は, A材料より一般に1.3~2.4 kV/mmほど高い結果を示した。測定後, 破壊箇所を切断して, その断面を観察すると, 両材料とも $\theta=0\sim60^\circ$ までは破壊経路が繊維方向に沿って進み, 破壊が繊維方向に左右されることを示している。そのため, 棒電極と平板電極間の試料厚 h はほぼ5mmで一定であっても, 破壊長は $h/\cos\theta$ となり, θ が大きくなる程, 破壊長が長くなり, 絶縁破壊電圧が大きくなったと考えられる。また, $\theta=90^\circ$ の場合の破壊経路の状況は, ある所まで繊維方向に沿って水平に進み, 繊維とエポキシ樹脂の接着の弱点で試料を垂直に貫通している。そのため, 試料厚は薄くても破壊長は長くなり, 絶縁破壊電圧を大きくしている。

有機絶縁材料の表面電気特性に及ぼす紫外線・オゾンの影響

—材料表面の撥水性—

電気研究部 本山 建雄, 市川 健二

1. まえがき

感電防止のための防具, 保護具の材料として, EVAのような有機絶縁材料が利用されている。これらの材料は他の有機絶縁材料と同様に, 紫外線, オゾンなどの作用により表面の電気的特性が変化することから, この影響について調べておく必要がある。材料表面の電気的特性は材料の撥水性と密接に関連しており, 撥水性の変化を調べることによって電気的特性の変化を予測することが可能である。

ここでは, 有機絶縁材料表面の電気的特性に及ぼす紫外線, オゾンの影響を検討する第1段階として材料表面の撥水性を調べた。

2. 実験

2.1 撥水性 撥水性は試験片に水滴を乗せたときの接触角で表すことができる。これは, 図52に示すように水滴の接触線が試験片となす角として定義され, 撥水性がよい材料ほど接触角は大きく, 一般に, 耐トラッキング性は良いと考えられる。ここでは接触角計によりこの角度を測定し, 材料の撥水性を評価した。

2.2 実験方法 測定した材料はシリコーンゴム, EPDM (エチレンプロピレンジエンモノマ) 及び MEVA (シリコーンゴム変性EVA) である。

実験は, 材料をアルコールで洗浄し, 24時間室内に放置した後, 接触角を測定し, その後, 紫外線またはオゾンに所定の時間暴露し, 接触角を暴露後の経過時間に対して測定するという方法で行った。なお, 紫外線源として殺菌ランプを利用しており, その波長は約254 nmである。

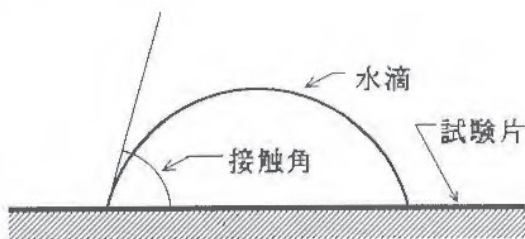


図52 接触角

3. 結果

図53は紫外線を48時間(照射量約0.12 W/cm²)照射した後の, 図54は約25 ppmのオゾン雰囲気中に90時間曝した後の接触角(平均)及びその変化を近似した直線を示している。シリコーンゴムの接触角は照

射前とほぼ同じであり, この程度の紫外線, オゾンに対して電気的特性の変化は少ないと考えられる。しかし, EPDM, MEVAは接触角が減少しており, 紫外線, オゾンの影響を受け易い材料と思われるが, MEVAはオゾン暴露に対して接触角が回復する傾向も現れており, 表面の電気的特性も回復するものと思われる。

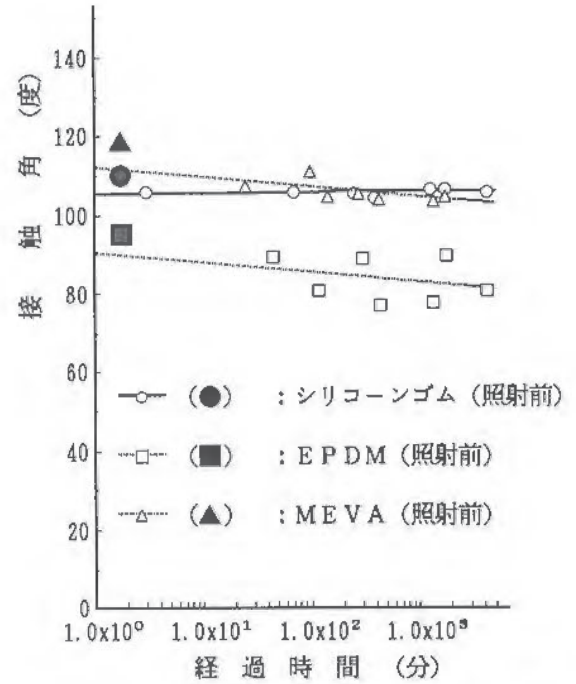


図53 紫外線照射後の経過時間と接触角 (48時間、0.12 W/cm²)

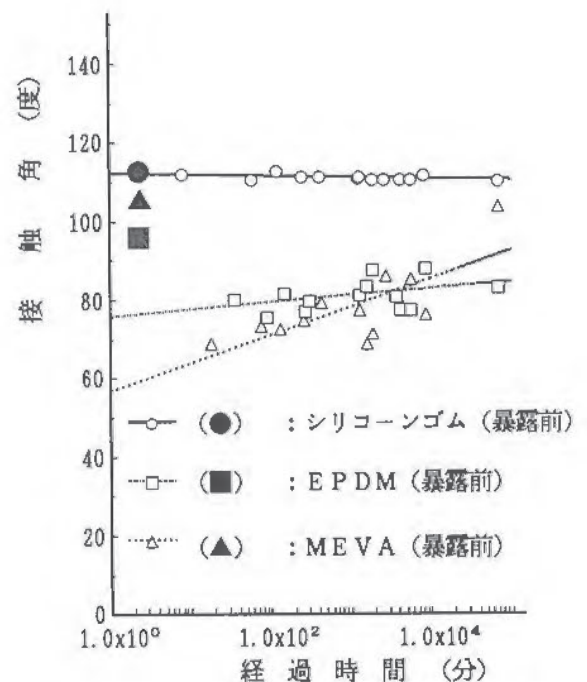


図54 オゾン暴露後の経過時間と接触角 (90時間、25 ppm)

クレーンの送配電線への接近の誘導電流による検出

電気研究部 山野英記, 田島泰幸
市川健二, 富田 一

1. はしがき

移動式クレーンの送配電線への接触による電撃災害が多発しているが、その防止には、接近警報装置が有用と考えられる。本研究では、配電線から浮遊キャパシタンスを通じて流れる静電誘導電流によって、クレーンの接近を検出する方法について検討した。

2. 実験方法と結果

誘導電流を受ける検出電極として、①線電極、②球電極、③クレーン電極を使用した実験を行なった。図55に、③クレーン電極の時の、実験配置の一例及び入力回路の概要を示す。また図の例では接地極として、アウトリガーの下に敷いた絶縁板・台座の下のアルミ板(4枚)を相互に接続して使用している。地面はコンクリート舗装である。

検出電圧は、入力変成器2次側の2kΩ両端の電圧とし、ここに接続した50Hzの帯域通過フィルタ(利得10倍)及びオシロスコープによって測定した。

誘導電流は、配電線から、浮遊キャパシタンス C_s ⇒ 検出電極 ⇒ 測定回路の入力インピーダンス Z_i ⇒ 接地極とその接地インピーダンス Z_g という経路を経て、大地へと流れる。ただしこの経路は、 Z_i と並列に存在する漏れインピーダンス Z_l が $Z_l \gg Z_i$ の場合である。

図56に示すように、配電線が横配列で電極が配電線の横にある場合、検出電圧はクレーン電極のほうが線電極の約3倍となった(配電線高さ:2.16m)。

積載型クレーンは2本のアウトリガーと後輪(タイヤ2点)で着地するものが多い。この時には、図57に示すように、4本のアウトリガーに対し、約80%に減少した(配電線高さ:6.3m, タイヤには絶縁板なし)。

更に接地極板を図57の2枚から1枚にしたところ、検出電圧は約67%に減少した(図58)。

以上に対し、配電線が縦配列、間隔40cmの時には、約5mV以下の電圧しか得られなかった。

3. むすび

誘導電流による接近距離の検出のためには、送配電線の種類、入力下側端子の接地インピーダンス Z_g 、またクレーン電極の時には入力と並列の漏れインピーダンス Z_l やクレーンの形状、等が特定される必要があり、現場での感度設定が不可欠と考えられる。 Z_l 、 Z_g 等は現場での状態に依存するので、検出できない

場合はその旨の表示も必要であろう。

浮遊キャパシタンス C_s に基づく原理的な誤差は避けられないが、ある程度の誤差を容認すれば、本方式は簡易な接近検出の方法となり得ると考えられる。

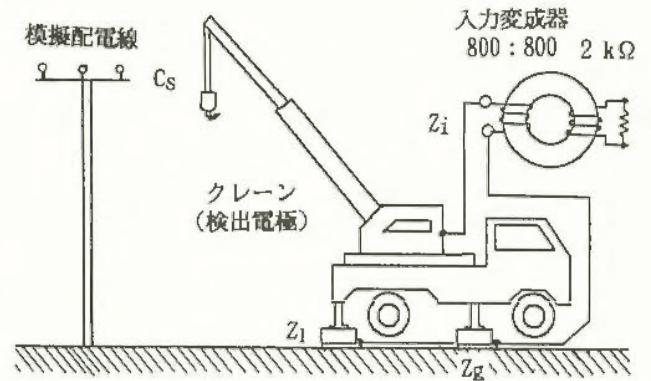


図55 実験配置(一例)と入力回路の概要

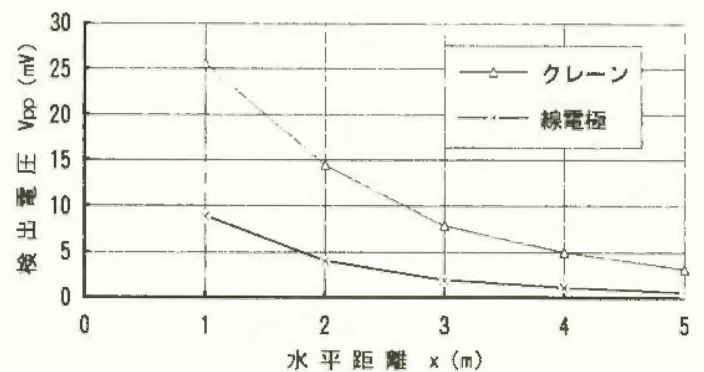


図56 検出電極の種類の検出電圧に対する影響

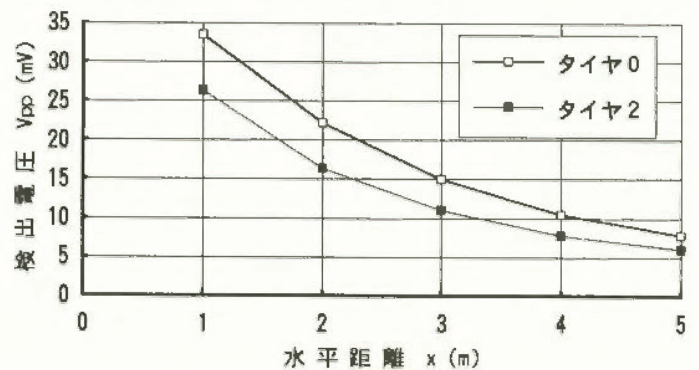


図57 タイヤ着地の検出電圧に対する影響

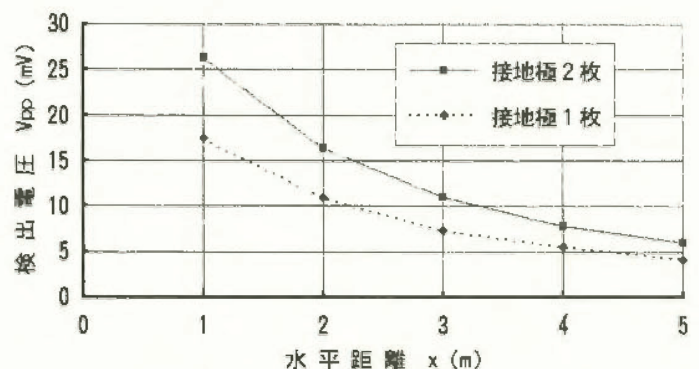


図58 接地極板数の検出電圧に対する影響

プロセスタンクにおける充填条件と帯電特性の関係

電気研究部 児玉 勉

1. はじめに

石油、有機溶剤等の可燃性液体を用いて反応、分散、または原料、製品の貯蔵を行うプロセスタンクにおいて、流動や攪拌によって液体が静電気帯電すると、液体の表面から静電気放電が発生し、これが着火源となって火災や爆発を引き起こす危険性がある。今年度は配管による可燃性液体充填時の静電気危険を明らかにする研究の第一段階として、タンク内の帯電特性に関係する配管内の帯電量の制御・検出方法および液体の実効導電率について実験的に検討した。

2. 実験方法

静電気の放電や放電による着火の現象は帯電物体の体積や表面積に関係するので、これらの実験研究にはある程度以上の大きさのタンクを用いる必要がある。そこで本研究では直径1m、内容積1m³の鋼製縦置円筒型タンク、管径1, 2, 3インチの鋼製配管系、フィルタ、およびポンプからなる中規模実験装置を用いた。試験液体としては静電気帯電が問題となる絶縁性の高い可燃性液体を代表して、取り扱いが比較的容易な灯油を用いた。フィルタは公称孔径5μmのマイクロフィルタエレメントを有するもので、その流量を可変して液体の帯電量を調整した。ポンプは無段階に流量を可変できるトリロータポンプを使用した。配管内の帯電量の測定には図59に概要を示すようなラインサンプリング式ファラデータンクを用いた。また、2インチ配管系に絶縁パッキンを介して管径3インチ、長さ40cmの鋼製短管を接続し、その接地電流から配管内流動液体の帯電を検出する方法についても検討した。

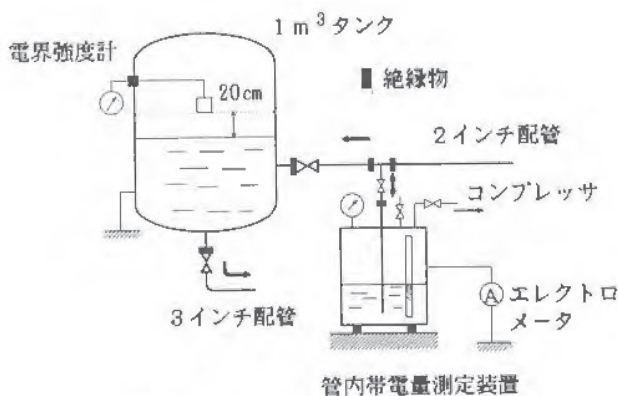


図 59 管内帯電測定装置の概要

3. 実験結果

フィルタによる液体の帯電特性を測定した結果の一例を図60に示す。ここで流動電流は液体の電荷密度と流量の積に等しい量であり、図60ではフィルタを通過させたときと、これをバイパスさせたときのフィルタ下流部の測定値がそれぞれ示されている。これよりフィルタによる液体の帯電が極めて大きく、フィルタ流量を調整することによって管内液体の帯電制御が可能であることがわかる。

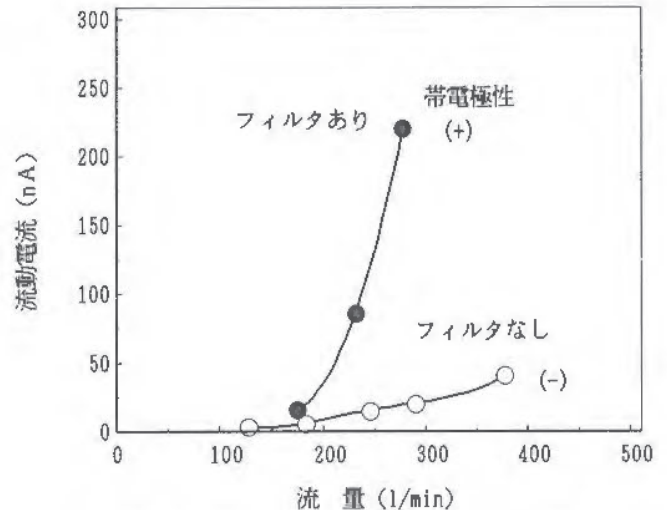


図 60 配管内液体の帯電量測定結果

一方、検出短管による管内帯電量の検出実験では、フィルタを通した場合もそうでない場合も、実測値に対する検出値の比率、すなわち検出比が流量に依存せずほぼ一定の0.7であった。図61は検出比が1になるために必要な導電率を実効導電率と定義して、これと帯電量との関係を示したものである。フィルタを通過させた場合は帯電量にほぼ比例して実効導電率が変化している。フィルタを使用しない場合の実効導電率の変化は小さいが、その大きさは静止時に測定した導電率とは異なる。実効導電率はタンク内の帯電に強く関係するので、今後その特性をさらに明らかにする予定である。

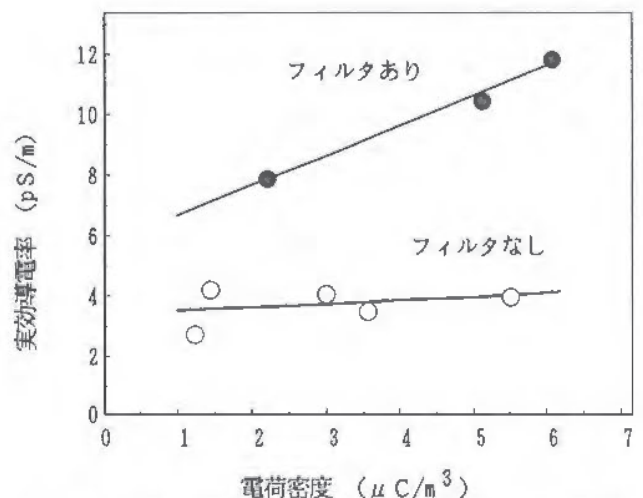


図 61 配管内液体の帯電量と実効導電率の関係

プラズマプロセスの安全化に関する基礎研究

—RF 放電プラズマの電子エネルギー分布関数の測定—

電気研究部 大沢 敦・田島 泰幸

1. はじめに

放電プラズマは多くの産業分野で応用されている。特に RF (radio frequency) グロー放電は半導体等の電子材料のプラズマプロセスとして応用されており、その進歩にはめざましいものがある。しかしながら、放電特性および維持機構が未だ十分には解明されていないため、現状では経験則に基づいて稼働しており、稼働効率、安全面等から基礎的解明が望まれている。

以上のような背景から、ここではプラズマ中の電子の諸特性を調査・研究した。特に、最近のプラズマプロセスは直流からマイクロ波までと励起周波数が広がっているため、広範囲の周波数でイオンプラズマ周波数に着目し、改良型の駆動プローブ法を用いて、プラズマ中の電子エネルギー分布関数の測定を行なった。また、発光スペクトルも補足的に測定した。以下、得られた結果について報告する。

2. 実験結果

本実験で用いた真空チェンバは高さ 280 mm、直径 300 mm のステンレス製で、電極は直径 100 mm、間隔 20 mm のニッケル製の平行円板である。図 62 はアルゴンプラズマの電子エネルギー分布関数 $F(\epsilon)$ の周波数依存性を示す。周波数が高くなるとエネルギー分布の高エネルギー部が生じることがわかる。また、分光測定の結果 (図 63) によると、周波数が低いときは直流放電に類似した発光スペクトル分布を示し、周波数の高い場合は発光スペクトル分布の形が異なっている。その分布の遷移点はイオンプラズマ周波数 (イオンの応答時間) が放電励起周波数よりも高いか低いかによって依存しているようで、イオンプラズマ周波数による放電モードがあることがわかった。ここでイオンプラズマ周波数はプラズマ中のイオン密度が電子密度に等しいとし、電子密度の測定値から求めた。

電子密度は電力によって変化するので、周波数を一定にし、イオンプラズマ周波数 (電力) を変化させ、それによっても放電モードが変化することが検証された。

3. むすび

放電プラズマ中の電子エネルギー分布関数および発光スペクトル分布をイオンプラズマ周波数に着目し測定した。その結果、イオンプラズマ周波数によって電

子の平均エネルギーが低いプラズマから高いプラズマに変化する放電モードがあることが実験的に判明した。

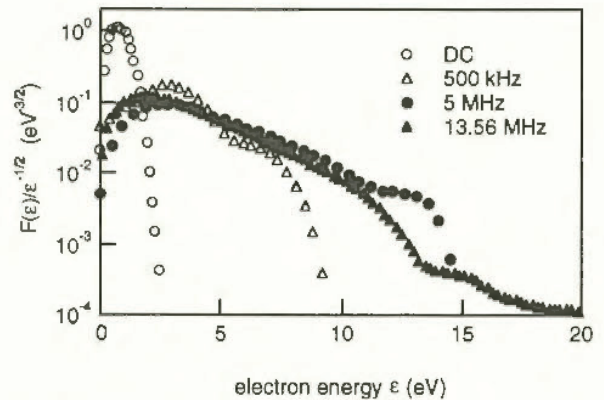


図 62 アルゴンプラズマ中の電子エネルギー分布関数 (Ar 0.4 Torr, 電力 5 W, 位置は電極間の中心。)

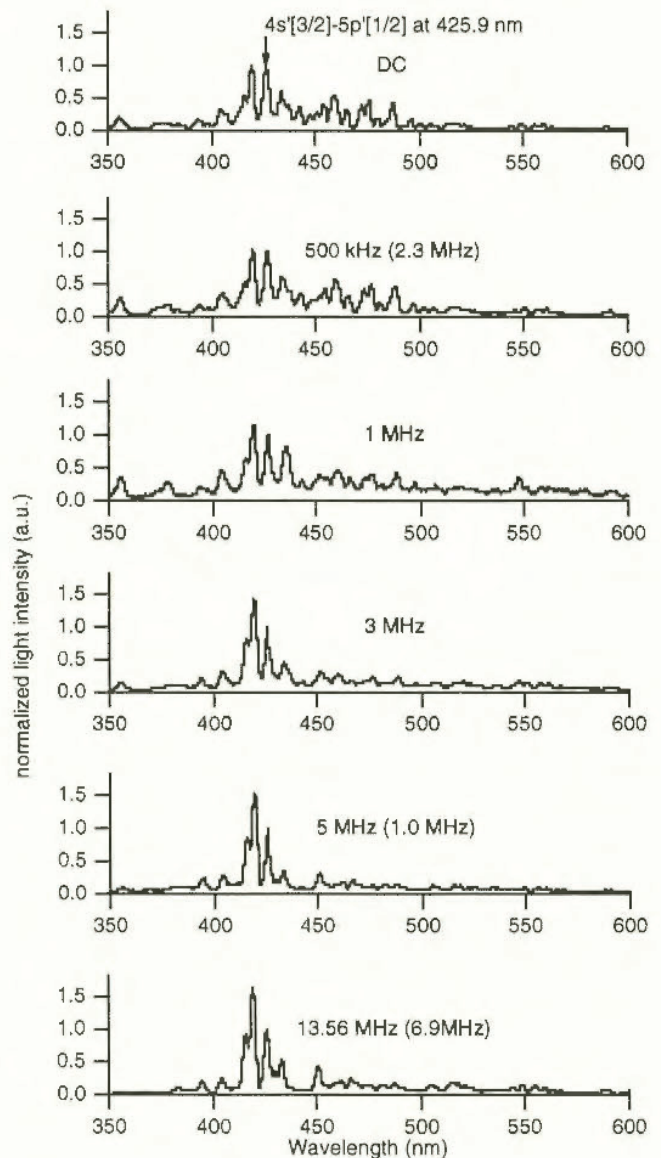


図 63 発光分光スペクトル分布 (発光強度は $4s'[3/2]-5p'[1/2]$ at 425.9 nm で規格化して示している。図の括弧内の値はイオンプラズマ周波数を示す。放電パラメータ等は図 62 と同じ。)

工場等で発生するミストの環境への飛散防止システムの開発に関する研究

—放電化学処理による溶剤蒸気の分解—

電気研究部 山隈繁蔵, 大沢敦, 児玉勉, 田島泰幸

1. はじめに

生産工程で発生する有機溶剤蒸気等の有害物質の飛散防止と無害化を目的として、放電プラズマを応用した新しい処理技術の開発に取り組んでいる。本年は、昨年の研究成果をもとに、更に数種の有機溶剤についても分解実験を実施した。また、放電エネルギーに対する分解効率の向上のための方策および分解生成物の対策につき試みた。

2. 実験方法

実験装置の概念図を図 64 に示す。蒸気発生装置は、キャリアガスボンベ、ガス洗浄瓶および恒温槽で構成されており、これにより所定の流量および濃度の有機溶剤蒸気を発生させた。放電プラズマ領域の生成には、昨年度と同様、沿面放電電極 (SPCP) を用いた。プラズマ領域を通過した分解溶剤蒸気の分析には、ガスクロおよび全炭化水素濃度計を用いた。この実験装置により次の各項目につき実験を行った。

- (1) 芳香族系炭化水素溶剤 3 種類 (ベンゼン、トルエン、キシレン) の間の分解率の違い。
- (2) 放電促進ガス (アルゴン) のキャリアガスへの注入による電力効率の改善効果。
- (3) 通常空気中および過剰酸素雰囲気中で芳香族系炭化水素溶剤を分解したときの放電生成物の付着の程度の違い

3. 実験結果

まず、溶剤 3 種類間の分解率の比較を図 65 に示す。同図から明らかなように、放電電力の低い領域 (約 100 W 以下) ではキシレン、トルエン、ベンゼンの順に分解率が高いが、放電電力が大きくなるにつれてその順番が逆転するようになった。これは、各溶剤分子を構成する原子間の化学結合エネルギーと密接な関係がある。すなわち、解離に必要なエネルギーを比較するとキシレン、トルエン、ベンゼンの順に小さいので、放電電力が電力が低いうちはこの順に分解率が高くなるが、放電電力が増加するにつれ、構造が複雑なキシレンやトルエンはより低分子量のガス状物質を生成するようになるので、これらが側定結果に加算されて見掛け上分解率の順番が逆転してしまうのである。

次に、キャリアガスにアルゴンを注入し、注入していない場合との放電電力に対する分解率を比較したものが図 66 である。アルゴンの含有率が多くなるほど

分解効率は高くなった。これは、アルゴンが電離しやすいガスであるため、大きな放電電流が得られ、プラズマ中の電子密度を高くすることが可能であるためと考えられる。

最後に、通常空気よりも酸素を過剰にした雰囲気中でトルエン蒸気を分解し、放電電極への固形反応生成物の付着量を観測したところ、酸素濃度が高いほど空気の場合に比べて付着量が減少することが確認された。これは、酸素から生じた酸素ラジカルやオゾンが芳香族系炭化水素に含まれる炭素原子と反応し、CO や CO₂ などのガスに変換される率が高いため考えられる。

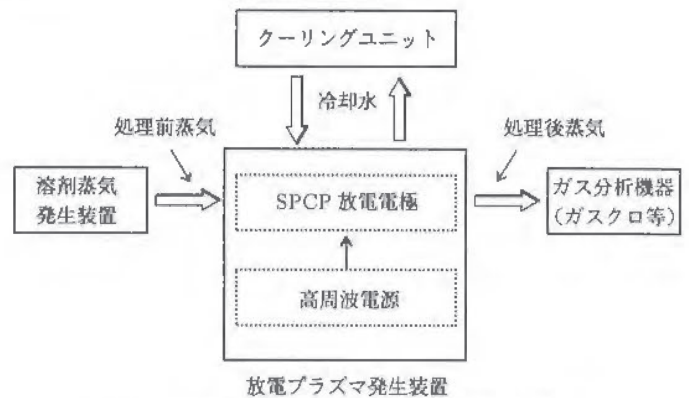


図 64 プラズマ化学処理実験装置の構成

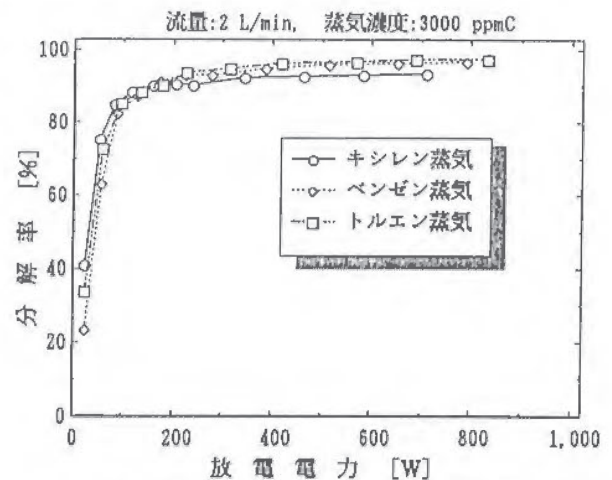


図 65 各種溶剤間の分解率の比較

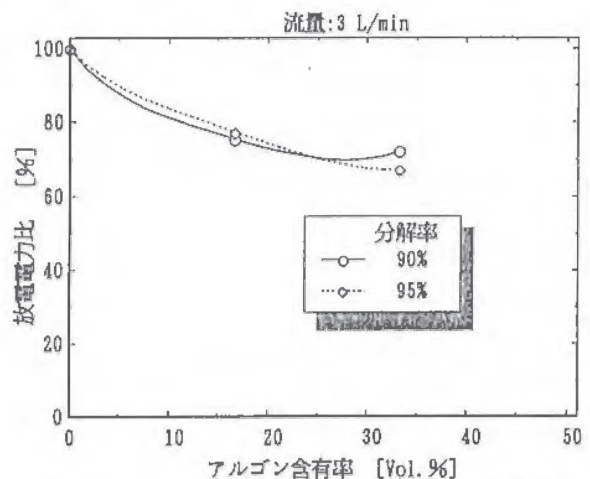


図 66 アルゴン注入による電力効率の改善

鋭感可燃性物質の着火機構の解明

電気研究部 富田一, 児玉勉, 田島泰幸

1. はじめに

本研究は科学技術庁の振興調整費によって英国サザンプトン大学と共同で実施したものである。研究目的は、食料品製造業、医薬品製造業等で取り扱われている極めて微小なエネルギーで着火する可燃性物質（鋭感可燃性物質）の着火エネルギーを測定する技術を確認するとともに鋭感可燃性物質の着火を抑制する技術を開発することである。本年度は可燃性ガスと爆発性物質（火薬等）の着火エネルギーの測定法について検討し、また着火抑制法として気流の効果を検討した。

2. 実験方法及び結果

可燃性ガスの着火エネルギーの測定には、伝送線路での電圧波の伝播・反射の過渡現象に伴って発生するパルス状の放電を利用した。放電時間は伝送線路長に依存し、例えば 10 m の長さでは 100 ns のパルス波が発生した。この方法によって化学量論比に調整したエチレン-空気混合ガスの着火エネルギーを線路長 30 cm, 伝送線路の充電電圧 7.25 kV の条件下で測定した。図 67 は同混合ガスが着火した場合の放電電極間の電圧及び電流波形で、電圧と電流の時間積分から求めた放電エネルギーは 200 μ J であった。この結果は、繰り返し行った測定でもほぼ同一となり、本装置の再現性が確認された。

次に、火薬等の爆発性物質の着火エネルギーは放電持続時間に依存するといわれているので、放電回路に抵抗を直列に挿入する方法を用いてある反応性物質の着火エネルギーを測定した。ここでも、着火エネルギーは放電電極間の放電電圧と放電電流の積の時間積分によって求めた。放電回路に挿入する抵抗値を 0 Ω から 500 k Ω の範囲で変化させて測定した結果、抵抗を挿入しないときは着火エネルギーが約 40 mJ で、抵抗値が大きくなるにつれて着火エネルギーは減少し 100 k Ω で最小値の約 4 mJ, これより抵抗が大きくなると再び着火エネルギーは増大し 500 k Ω で約 6 mJ となった。高抵抗の挿入によって着火エネルギーが大きく減少した原因は、放電形態が火花放電からグロー放電に移行することにより放電エネルギーが電極付近に集中し効率良くエネルギーが供給されたためと考えられる。100 k Ω で着火エネルギーが最小となった原因は、この抵抗付近で単位時間あたりのエネルギー、すなわちエネルギー密度が最大となったことが影響したと考えられる。

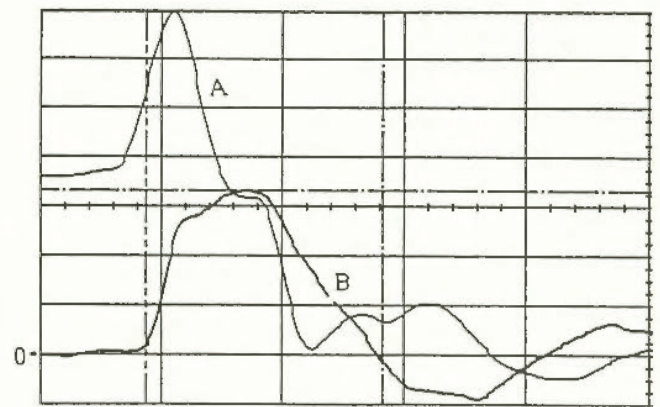
可燃性物質の着火抑制には水分、不活性気体、気流等が効果があると考えられたが、ここでは可燃性物質

を取り扱う作業環境に応用可能な気流の効果について検討した。気流速度を 5 m/s まで可変できる可燃性ガスの着火エネルギー試験装置（図 68）を用いて実験した結果、気流の着火抑制効果が確認された。

3. むすび

本研究によって得られた結果の主なものは以下のとおりである。

- 1) 伝送線路長により放電時間を抑制する可燃性ガスの着火エネルギー測定装置の再現性が確認された。
- 2) 試験した反応性物質の着火エネルギーは、放電回路に直列に 100 k Ω の抵抗を挿入したときに最小となった。
- 3) 可燃性物質の着火抑制には、気流が効果的であることが確認された。



A:放電電圧波形,X:10ns/div,Y:1kV/div
B:放電電流波形,X:10ns/div,Y:5A/div

図 67 エチレン-空気混合ガスが着火した場合の放電電圧及び電流波形

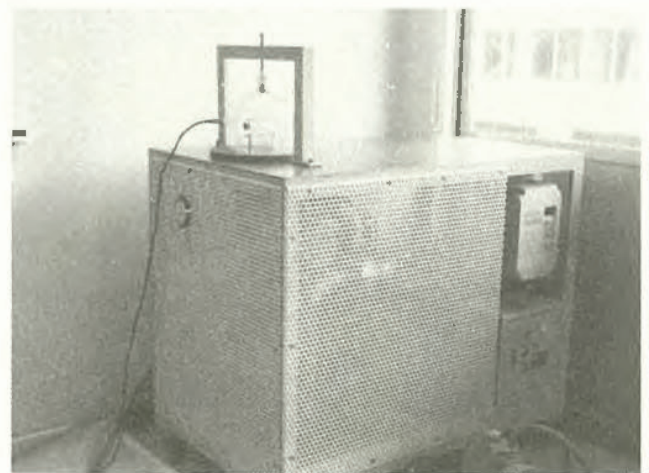


図 68 気流可変式着火試験装置

2.3 研究成果の発表

1) 誌上发表

題 目	発表誌名	発表者
1. X線法および穿孔法による突合せ溶接板の残留応力測定	産業安全研究所研究報告、RIIS-RR-92 (1993)	吉久 悦二
2. AFOSM法と重み付きモンテカルロ法を併用した構造物の破壊確率評価システムの開発	同上	佐々木哲也
3. プレス機械用急停止機構の開発に関する研究	同上	梅崎 重夫
4. 探索動作用アクチュエータの構造要件とその実現	同上	池田 博康
5. 安全理論に基づく制御の構成理論—安全制御系における安全情報のエネルギー伝達—	同上	杉本 旭
6. 衝撃型建設工事用機械（油圧ブレーカ等）の低騒音評価法に関する研究	同上	杉本 旭
7. 遠心力載荷装置を用いた飽和粘性土模型地盤の崩壊時の変形挙動	同上	江川 義之
8. 視覚判断エラー面から見た階段踏面・蹴上げの安全寸法	同上	堀井 宜幸
9. 災害発生時間の分布に関する研究(6)	同上	豊澤 康男
10. 建設工事労働災害に関するテキスト情報の解析	同上	玉手 聡
11. 反応性物質の化学構造と熱安定性の関係（第3報）—ニトロフェニルヒドラシン異性体の熱分解—	同上	永田 久雄
12. ファジイ推論によるベンゼン誘導体の発熱開始温度の予測	同上	花安 繁郎
13. 粉碎機による石炭の自然発火特性について	同上	鈴木 芳美
14. 高周波電気回路の開閉火花による水素—空気混合気体の点火危険性	同上	安藤 隆之
15. 放電プラズマ化学反応を用いた有害物質の無害化—浴面放電による芳香族系有機溶剤蒸気の分解—	同上	藤本 康弘
新素材物質の爆発・火災災害の防止に関する特別研究	産業安全研究所特別研究報告、RIIS-SRR-NO.13 (1993)	板垣 晴彦
特殊材料ガスによる環境汚染の防止を目的とした高濃度ガスの流出防止システムの開発	平成4年度環境庁調査研究報告	本山 建雄
工場等で発生するミストの環境への飛散防止システムの開発	平成4年度環境庁調査研究報告	山隈 繁藏
階段事故防止にも工夫を	日経アーキテクチュア、4-13	大沢 敦

題 目	発 表 誌 名	発 表 者
The Axial Distributions of Optical Emission and Metastable Density : Comparison between Experiments with DC and RF Helium Glow Discharges Energy for Safety Information Transmitted in Safety Control System 静電気放電エネルギーの予測に関するシミュレーション解析 病院危害情報に基づく階段転落事故の分析	J. Phys. D : Appl. Phys. Vol. 25	A. Ohsawa et al.
破壊事例と材料力学 (産業機械の場合)	JSME International J. Series III, Vol. 35, No. 2	N. Sugimoto et al.
靴のすべり性能の評価—歩行動作の違いと摩擦係数との関係 階段からの転落要因に関する基礎的考察—階段の安全性からみた踏面・蹴上寸法の評価に関する研究(その1)	静電気学会誌 Vol. 16, No. 4 安全工学 Vol. 31, No. 5 機械学会誌 Vol. 95, No. 885	田畠 泰幸 永田 久雄 橋内 良雄
靴のすべり性能の評価—歩行動作の違いと摩擦係数との関係 階段からの転落要因に関する基礎的考察—階段の安全性からみた踏面・蹴上寸法の評価に関する研究(その1)	靴の医学 Vol. 5 日本建築学会計画系論文報告集、 No. 439	永田 久雄 永田 久雄
Human Errors in Everyday Life : Study on Problem of Locking One's Keys in the Car	Proceedings of The 22nd International Congress of Applied Psychology	S. Usui
疲労き裂進展過程の確率モデルの定式化とその数値解析 改良駆動プローブ法による RF 放電プラズマの電子エネルギー分布関数の測定 視野に基づく踏面・蹴上寸法の検討—階段の安全性からみた踏面・蹴上寸法の評価に関する研究、その2 静電気災害・障害と安全の一考察	日本機械学会論文集 A 編、 Vol. 58, No. 555 電気学会論文誌 A、 Vol. 112, No. 12 日本建築学会計画系論文報告集、 No. 444	佐々木哲也 他機関共同 大沢 敦 他機関共同 永田 久雄
進展抵抗の不規則性による疲労き裂進展寿命のばらつきを支配するパラメータの決定法 Analysis of DSC Data for Reactive Chemicals	セフティエンジニア Vol. 19, No. 4 日本機械学会論文集(A編)、Vol. 59, No. 557 J. Hazardous Materials Vol. 28, No. 30	田畠 泰幸 佐々木哲也 他機関共同 T. Ando, Y. Fujimoto and S. Morisaki
シーソー作業ロボットを使った安全作業システム	日本機械学会、論文集 C 編 Vol. 57, No. 538	杉本 旭 池田 博康 他機関共同
繰り返し衝撃騒音の衝撃周期とラウドネスの関係	日本人間工学会誌 Vol. 28, No. 1	江川 義之
自動研削機械における安全システムに関する一考察	砥粒加工学会誌 Vo. 36, No. 3	桑川 壮一 梅崎 重夫
液体窒素取扱い中の爆発災害	安全工学、32, No. 1	松井 英憲

2) 口頭発表

題 目	発表会名	年月日	発表者
軟鋼板の疲労強度に及ぼす補修溶接の影響	機械学会第69期通常総 会講演会	4. 4.2	橋内 良雄 吉久 悦二 前田 豊
騒音環境が神経感覚的作業のパフォーマンスに与える 影響に関する研究	日本経営工学会	5.23	江川 義之
衝撃騒音波形からみた油圧式ブレーカーの騒音評価に 関する研究	日本人間工学会	6.1	江川 義之
圧密方法の異なるカオリ粘土の鉛直斜面崩壊実験	第27回土質工学研究発 表会	6.2	玉手 聰 堀井 宣幸 豊澤 康男
化学発光現象からみた絶縁材料の熱劣化特性	絶縁材料研究会	6.16	市川 健二
ロボティック・セフティの基本構成—F ³ システムによ る階層安全化について—	ロボティック・メカト ロニクス講演会 '92	6.17	杉本 旭 他機関協同
ER アクチュエータの空気圧マニピュレータへの適用	同上	6.17	池田 博康 杉本 旭 他機関協同
自己確認型接触センサのロボット制御への適用—機械 振動を利用した自己確認方式	同上	6.17	池田 博康 梅崎 重夫 杉本 旭
ジャッキの支持部材の強度について	第22回安全工学シンポ ジウム	6.23	大幢 教利 小川 勝教 河尻 義正
H 形鋼式型枠支保工に作用する荷重等の実測	同上	6.23	河尻 義正 大幢 教利 小川 勝教 他機関協同
フェールセーフ技術の現状と課題	同上	6.23	杉本 旭 他機関協同
操作における安全確認と操作機器のフェールセーフ化	同上	6.23	深谷 潔 池田 博康
ボイラ制御のフェールセーフ化に関する研究—圧力監 視を不要とするフェールセーフな温度センサの実現—	同上	6.23	池田 博康 梅崎 重夫 清水 尚憲
双対を用いたフェールセーフプレス制御	同上	6.23	糸川 壮一 他機関協同
プレス機械のフェールセーフ化に関する研究—プレス 機械用急停止機構の開発	同上	6.23	梅崎 重夫 糸川 壮一 清水 尚憲
天井クレーンの経年損傷と補修技術	同上	6.24	橋内 良雄 前田 豊 吉久 悦二
プラズマ放電による有機溶剤の分解	同上	6.24	山隈 繁蔵 児玉 勉 田畠 泰幸
拡散燃焼法によるガスの可燃性評価	同上	6.24	松井 英憲
LPG 噴出に伴う静電気放電による着火爆発	同上	6.24	児玉 勉 他機関協同

題 目	発 表 会 名	年 月 日	発 表 者
ニューセラミックス粉の粉塵爆発危険性 粉塵爆発試験法における爆発性の判定	同上 同上	6.24 6.24	松田 東栄 松田 東栄 松井 英憲 他機関協同
電気用手袋に使用される絶縁材料の熱劣化と寿命予測 帯電粉体等によって生起される静電界検出システムに 関する基礎実験	同上 同上	6.24 6.24	市川 健二 児玉 勉 田島 泰幸 他機関協同
インパルス放電によって電子回路に誘起される電磁ノ イズレベルの考察	同上	6.24	富田 一 田島 泰幸
天井クレーン用構造部材の疲労寿命管理	機械学会材料部門講演 会	9.3	橋内 良雄 前田 豊 吉久 悦二
ニアアクシデント分析によるヒューマンエラー発生要 因の研究	日本心理学会第56回大 会	9.11	白井伸之助
電子エネルギー分布の周波数依存性	第53回応用物理学会	9.16	大沢 敦 他機関協同
クレーンの経年損傷と余寿命評価法	電子情報通信学会安全 科学研究専門委員会	9.18	橋内 良雄 前田 豊 吉久 悦二
有機絶縁材料の耐アーク性の気圧による変化 遠心力場で溝掘削過程を再現した崩壊実験	同上 土木学会第47回年次学 術講演会	9.18 9.28	本山 建雄 豊澤 康男 玉手 聰 堀井 宣幸
遠心型模型実験による鉛直斜面崩壊時の間隙水圧の挙 動	同上	9.28	玉手 聰 堀井 宣幸 豊澤 康男
建設工事労働災害に関する情報が有する性向について ベイズ方式による災害発生数の推定について	同上 同上	9.28 9.28	鈴木 芳美 花安 繁郎
建設労働災害の国際比較	同上	9.28	花安 繁郎 他機関共同
穿孔法による残留応力の測定	機械学会第70期全国大 会	10.1	橋内 良雄 吉久 悦二 前田 豊
高速強制接地による着火性放電の抑制	第16回静電気学会学術 講演会	10.21	田島 泰幸 他機関共同
帯電粉体用静電界検出システムの開発	同上	10.21	児玉 勉 田島 泰幸 他機関共同
プラズマケミカルプロセスによる有機溶剤の分解	同上	10.21	山隈 繁蔵 大沢 敦 児玉 勉 田島 泰幸
管内流動液体の短管による帯電検出 (II)	同上	10.22	児玉 勉 田島 泰幸 他機関共同

題 目	発 表 会 名	年 月 日	発 表 者
可燃性物質の最小着火エネルギー測定に関する一考察	同上	10.22	富田 一 田 畠 泰幸 児玉 勉 他機関共同
空気圧アクチュエータ用可変ダンパによる制御の安定化	第10回日本ロボット学会学術講演会	11.1	池田 博康 杉本 旭 他機関共同
抑制力発生機構の空気アクチュエータへの適用	同上	11.1	池田 博康 杉本 旭 他機関共同
人間と荷物の識別機構	同上	11.2	深谷 潔
安全の予測階層システムのロボットへの適用—制御の形態によるフォールトトレランスの実現—	同上	11.2	杉本 旭 池田 博康 他機関共同
ワイヤロープの荷重・伸び特性に関する実験について	第13回全国クレーン安全大会	11.6	田中 正清
Ti-6Al-4V 合金の疲労強度に及ぼすショットピーニングの影響	第21回疲労シンポジウム	11.17	橘内 良雄 田中 正清 吉久 悦二
クレーン構造部材の補修強度評価	同上	11.17	橘内 良雄 吉久 悦二 前田 豊
プラズマ放電によるトルエン蒸気の分解と生成物の検討	静電気学会研究会	11.18	田 畠 泰幸 山隈 繁蔵 大沢 敦
拡散燃焼法によるハロゲン化炭化水素類の燃焼性評価	安全工学研究発表会	12.2	松井 英憲
微粉炭の火災・爆発危険性—その1 発熱及び自然発火特性について	同上	12.2	板垣 晴彦 松田 東栄 森崎 繁
微粉炭の火災・爆発危険性—その2 炭塵爆発特性について	同上	12.2	松田 東栄 板垣 晴彦 森崎 繁
危険認知力について（高齢者と若年者の差異）	同上	12.2	白井伸之介 他機関共同
ベンゼン単環誘導体の DSC 測定結果と化学構造との相関	同上	12.3	藤本 康弘 安藤 隆之 森崎 繁
液体の熱爆発限界温度	同上	12.3	琴寄 崇
高周波電撃における心室細動電流の推定	同上	12.3	山野 英記
高周波電気回路の開離火花による水素—空気混合ガスの点火限界	同上	12.3	本山 建雄
労働災害の被害強度・規模特性に関する研究	リスクアナリシス研究会	12.4	花安 繁郎
気体爆ごう波を利用した廃油のガス化	第30回燃焼シンポジウム	12.7	松井 英憲 他機関共同

3) 国際会議、国際研究集会への参加

発表等の題目	会議・研究集会等の名称	期 日	氏 名
Calculation of The BAM Heat Accumulation Storage Test Values or The United States SADT Test Values of Liquid Organic Peroxides, Applying a Modified Semenov's Theory of Thermal Explosion	11th International Conference on Transport of Dangerous Goods by Sea and Inland Waterways, Tokyo, Japan	April 11, 1992	T. Kotoyori
Influence of Residual Stress and Frequencies on Corrosion Fatigue Crack Growth Behavior of Weldments	7th International Conference on Pressure Vessel Technology, Duesseldorf, Federal Republic of Germany	June 6,	Y. Kitsunai, M. Tanaka and E. Yoshihisa

4) 著書

書 名 等	出版社等	著者名
ASM Handbook of Case Histories in Failure Analysis "Fatigue Fracture of Connecting Bolts of a Slewing Ring in a Track Crane"	ASM	Y. Kitsunai and Y. Maeda

第3章 関 連 業 務

3.1 産業安全研究所主催行事

1) 新庁舎落成式

産業安全研究所の研究施設の整備、拡充を図るために、昭和50年代の後半から機械安全システム実験棟の建設が開始され、その後、化学安全実験棟、建設安全実験棟、電気安全実験棟、環境安全実験棟が順次完成し、平成4年6月には総合研究棟および材料・新技術実験棟が完成した。この2棟の落成により、当所の研究施設は計画どおり整備されたので、研究施設の竣工を祝して平成4年6月19日に落成式を挙行了した。

落成式には、近藤鉄雄労働大臣の代理として出席を得た七瀬時雄労働大臣官房審議官から、当庁舎の建設関係者へ感謝状の贈呈、ならびに野見山眞之中央労働災害防止協会理事長ほか、ご臨席の来賓からご祝辞を賜り、盛会裏に執り行われた。また、式典の後、ご参列頂いた皆様方を総合研究棟、材料・新技術実験棟等へご案内し、当所の研究ならびに新装なった研究施設等を披露した。

2) 設立50周年記念式典

平成4年度は、産業安全研究所の設立50周年にあたるとともに、総合研究棟を始めとする新しい実験棟が落成した記念すべき年でもあり、落成式に続いて、設立50周年記念式典を落成したばかりの図書室で6月19日に挙行了した。

この記念式典には、北山宏幸安全衛生部長、難波桂芳安全工学協会会長、津沢健一日本クレーン協会会長ほか、関係学協会・団体からのご臨席を得るとともに、当所の先輩諸兄を招待した。式典では、産業安全研究所50年の歴史を編纂した「五十年の歩み」が披露され、新旧交えて50年の軌跡を回顧するとともに、次の飛躍に向けて心新たに作る節目となる式典であった。

3) 50周年記念安全技術講演会

産業安全研究所において得られた研究成果は、産業安全研究所研究報告等で発表する一方、学協会等において誌上・口頭発表により公表している。その他、毎年安全技術に関する講演会を開催して研究成果、安全技術の情報提供等を行っている。

平成4年度は当所の創立50年にあたることから、例年の安全技術講演会でなく、外部講師を交えた記念講演会を、東京においては完成した新庁舎の講堂において、11月6日、大阪では、アピオ大阪（市立労働会館）において11月26日に、次の講演題目によりそれぞれ実施した。

[東京]

- | | | |
|-------------------------|--------------|-------|
| (1) 機械設備の損傷検出法と保全技術 | 機械研究部部長 | 橋内 良雄 |
| (2) 建設労働災害の統計学的分析と安全性評価 | 土木建築研究部主任研究官 | 花安 繁郎 |
| (3) 特別講演：産業安全とひと | 早稲田大学人間科学部教授 | 黒田 勲氏 |
| (4) 最近の爆発・火災災害と今後の研究方向 | 化学研究部部長 | 森崎 繁 |
| (5) 先端技術産業と静電気災・障害防止対策 | 電気研究部部長 | 田島 泰幸 |

[大阪]

- | | | |
|-----------------------|--------------|-------|
| (1) 転倒災害防止への人間工学手法の適用 | 土木建築研究部主任研究官 | 永田 久雄 |
| (2) 特別講演：事故とヒューマンファクタ | | |

- | | | |
|------------------------|-------------|--------|
| | 大阪大学人間科学部教授 | 長山 泰久氏 |
| (3) 機械設備の損傷検出法と保全技術 | | |
| | 機械研究部部長 | 橘内 良雄 |
| (4) 仮設構造物の転倒防止について | | |
| | 土木建築研究部部長 | 小川 勝教 |
| (5) 先端技術産業と静電気災・障害防止対策 | | |
| | 電気研究部部長 | 田畠 泰幸 |

4) 産業安全研究体制研究委員会

産業安全研究所においては研究業務を効率的に推進する目的で、学識経験者、企業の安全実務者から構成される標記委員会を設置し、研究体制、課題等について検討を重ねている。平成4年度においては下記委員から構成される「産業安全に関する設備診断技術と損傷評価検討委員会」に関する研究効率化委員会を設け、計3回の委員会を開催した。

- | | | | |
|-----|-------|-------------------|-----|
| 委員長 | 小林 英男 | 東京工業大学 工学部機械物理工学科 | 教授 |
| 委員 | 田中 眞一 | 鉄道総合研究所 | 理事 |
| | 渡辺 竹春 | 高圧力技術協会 | 理事 |
| | 深倉 寿一 | 東芝 重電技術研究所 | 主幹 |
| | 河合 末男 | 日立製作所 パッケージ技術開発部 | 部長 |
| | 河野 武亮 | 石川島播磨重工業 技術本部 | 技師長 |
| | 橋本 光夫 | 職業訓練大学校 電気工学科 | 助教授 |

5) 所内講演会

産業安全研究所においてはほぼ隔月に研究懇談会を開催し、研究経過、成果等について討論、意見・情報交換を実施しているが、研究活動をより促進するために所外の講師にお願いし、次の講演会を実施した。

- (1) 平成4年9月21日：「Introduction of Studies on Ergonomics in INSR」
 Institut National de Recherche et de Securite (INSR)
 Chief Researcher Dr. Michel Tisserand
- (2) 平成5年1月20日：「鉄道総合研究所における安全研究」
 鉄道総合研究所
 理事 田中 眞一 氏

3.2 行政機関に対する協力

1) 災害調査等に対する協力

行政機関等名称	協力事項	年月日	氏名
埼玉労働基準局	型枠支保工の倒壊事故調査	4.4.15	河尻 義正 大幢 勝利 玉手 聡
春日部労働基準監督署	クロム槽内に含まれる有害物質の鑑定	4.20	藤本 康弘
足立労働基準監督署	高架橋橋脚構造新設工事災害捜査関係事項の照会回答	7.15	小川 勝教
	同上回答書	10.7	小川 勝教
竜ヶ崎労働基準監督署	クローラクレーンジブ起伏ワイアロープ破断事故の鑑定	7.17	田中 正清
香川労働基準局	ブチルリチュウム製造装置の爆発災害事故調査	9.7~ 9	林 年宏
千葉労働基準局	松戸市国分川分水路トンネル水没事故調査	9.14	豊澤 康男
埼玉労働基準局	パワーシリンダ異常作動による挟まれ事故調査		前田 豊 梅崎 重夫
厚木労働基準監督署	体育館建設工事における崩壊事故の鑑定	9.14	小川 勝教
神奈川県大和警察署	体育館建設工事における崩壊事故の鑑定	9.28	小川 勝教
千葉労働基準局	富士石油爆発事故調査団の団員	10.30	林 年宏 橋内 良雄
東京労働基準局	固定ボルトの破断に関する調査	5.1.28	前田 豊 橋内 良雄
仙台労働基準監督署	足場座屈崩壊事故に対する紹介事項の回答	3.17	小川 勝教 河尻 義正 大幢 勝利

2) 委員会活動における協力

行政機関等名称	協力事項	氏名
労働省	労働災害防止緊急対策本部部員	木下 鈞一
	産業安全研究所移転検討委員会委員	木下 鈞一
	大規模建設工事計画審査委員会審査委員	木下 鈞一
	高齢者向けME機器等の研究開発に関する研究調整会議委員	橋内 良雄
	高齢者向けME機器等の開発に関する研究調整会議作業部会委員	橋内 良雄
	同上	糸川 壮一
	同上	杉本 旭
	建設業における出稼・下請労働者の労働災害防止対策検討プロジェクト委員会委員	花安 繁郎
	労働安全衛生コンサルタント試験委員会常任委員	木下 鈞一
	労働安全衛生コンサルタント試験専門委員	研究員9名
環境庁	総合化学物質対策検討会委員	森崎 繁
	有害化学物質環境汚染事故対策検討会委員	森崎 繁
建設省	UJNR 防火専門部会国内部会委員	琴寄 崇
人事院	安全専門委員会委員	木下 鈞一
	労働基準監督官採用試験試験専門委員	本山 建雄
通商産業省	日本工業標準調査会委員	深谷 潔
	同上臨時委員	田島 泰幸
	同上	市川 健二
郵政省	不要電波問題対策協議会委員	田島 泰幸
横浜地方海難審判庁	横浜地方海難審判庁参審員	田島 泰幸
東京都	技術パイオニア養成事業推進会議委員	田島 泰幸

3) 研修講師派遣等による協力

行政機関等名称	協力事項	年月日	氏名
労働研修所	工学の基礎知識—材料・構造力学	4.5.19	永田 久雄
労働研修所	化学の基礎知識	5.19	琴寄 崇
労働研修所	電気工学の基礎知識	5.20	富田 一
労働研修所	新技術の導入と安全対策	6.18	杉本 旭
労働研修所	仮設建造物の強度計算	9.9	河尻 義正
		/10.19	
京都労働基準局	型枠支保工の安全	10.14	河尻 義正
労働研修所	爆発・火災の防止対策	5.1.26	林 年宏
労働研修所	電気災害の防止対策	1.26	山野 英記
労働研修所	自動化と安全	1.29	糸川 壮一
宮城労働基準局	型枠支保工の強度計算	2.1	河尻 義正

4) その他

行政機関等名称	協力事項	年月日
労働省	近藤労働大臣が来所され、木下所長の案内で研究施設を視察された後、所員に訓話、激励された。なお、大臣には征矢審議官、大関安全課長、寺嶋主任安全専門官、荒秘書官が同行された。	4.10.23

3.3 外部機関との協力

1) 学協会委員会活動

学協会への協力として、産業安全に関する研究調査、規格・基準作成等の委員会に参加し、当所の研究成果を反映する等、学術、技術の面で学協会事業に協力しており、平成4年度は以下の学協会に協力した。

○学会・協会

安全工学協会、静電気学会、総合安全工学研究所、電気学会、電子情報通信学会、電気設備学会、土木学会、日本化学会、日本火災学会、日本学術会議、日本建築学会、日本材料学会、日本人間工学会、溶接学会

○防災団体

仮設工業会、建築業労働災害防止協会、鉱業労働災害防止協会、合板仮設安全技術協会、産業安全技術協会、中央労働災害防止協会、日本クレーン協会、日本ボイラー協会

○その他の団体

宇宙開発事業団、海洋科学センター、高圧ガス保安協会、国際ロボットFA技術センター、石炭利用総合センター、損害保険料率算定会、電気安全関東委員会、日本機械工業連合会、日本環境衛生センター、日本空気清浄協会、日本ゴムホース工業会、日本鋼構造協会、日本鋼索工業会、日本交通安全教育普及協会、日本産業車両協会、日本産業用ロボット工業会、日本鍛圧機械工業会、日本電気協会、日本電機工業会、日本電設工業協会、日本道路公団、日本鉄鋼協会、日本トンネル技術協会、日本都市センター、日本非破壊検査協会、日本粉体工業技術協会、日本保安用品協会、日本溶接協会、防災システム協会

2) 技術指導、研究協力等

協力先機関名	協力事項	年月日	氏名
宇宙開発事業団	小型固体ロケットモータ衝突実験	4.8.3~8.5	松井 英憲
JICA	研修生への化学工場の安全技術に関する実地指導	7.9	林 年宏
日本クレーン協会	移動式クレーンの転倒防止装置の実験	10.28~10.30 /11.9,10	橋内 良雄
岩手大学	建設工事における労働安全問題	5.1.29	花安 繁郎

3) 外部機関研究員の招聘

(1) 流動研究員

研究テーマ	所属・職名	氏名
補修溶接したクレーン構造部材の強度評価 オゾン・紫外線による有機絶縁材料の表面 電気特性と危険限界の解明	石川島播磨重工業株式会社技術研究所課長 日立化成工業株式会社副技師長	樋口 洵 門谷 建蔵

(2) 海外研究員

研究テーマ	所属・職名	期間	氏名
Comparison of slipping researches between Japan and France	Institut National de Recherche et de Securite, Chief Researcher	September 4 ~October 5	Dr. Michel Tis- serand
Study on the Human Error Mechanisms	The University of Manchester, Professor	December 5 ~20	Dr. James Rea- son

4) 外部機関への研修

研修区分	研修先	研修内容	期間	氏名
語学研修	科学技術庁	フランス語長期研修	4.4.1~7.31	藤本 康弘
国内留学	東京農工大学	安全作業に伴う制御技術	5.1~5.2.28	清水 尚憲
中期留学	PTB, TNO, The University of Poitiers	静電気による爆発・火災等の災害防止	5.31~7.30	児玉 勉
行政研修	労働研修所	労働本省職員(1種)上級研修	9.7~10.9	山隈 繁蔵

5) 外部機関の研究員の受託

区 分	受託件数	人員数
大学関係研修生	5	6
大学関係を除く機関の研修生	4	5

6) 国際協力、海外派遣等

機関等の名称	協力事項等	期 日
日本クレーン協会	オーストラリアで開催された ISO 国際会議へ参加のため、前田主任研究官がシドニに出張	4.5.4 ~16
中央労働災害防止協会	グアム、サイパン洋上セミナーの講師として杉本主任研究官が参加	5.13 ~22
中国紡織科学研究院	紡織部の楊紀朝団長ほか4名のエンジニアが粉塵爆発に関する研究調査で来所、森崎部長、松田主任研究官が研究施設等を案内	6.17
中国石化総公司	中国重点事業の一環として招聘を受け、静電気災害防止技術の指導のため、田島部長が中国石化総公司大連工場、蘭州工場に出張	8.20 ~8.31
韓国産業安全保険研究院	責任研究員板石氏ほか1名が職業疾病予防研究活動のため来所され、林主任研究官、市川主任研究官が研究業務について紹介	9.4
JICA	労働安全行政研修セミナーで永田主任研究官が「Ergonomic Approach to Prevent Falling Accidents at Work」について講義	10.2
韓国産業安全公団	建設安全部長沈完植氏ほか6名が日本における建設災害の防止研究、予防活動を視察のため来所され、木下所長、小川部長、糸川課長が研究施設等を案内	10.12 /13
JICA	労働安全行政研修セミナーで30名の研修員が来所、田島部長が研究内容、施設等について説明、糸川課長が技術館を案内	10.13
韓国技術士会	建設安全の現状視察のため9名が来所され、小川部長が研究概要を説明	10.26
中国労働保護科学技術学会	上海市労働保護科学技術研究所孫安弟団長以下14名が安全研究の視察のため来所され、森崎部長、糸川課長が研究活動、施設等を案内	11.6
日本たん圧機械工業会	たん圧機械の安全調査のため、杉本主任研究官がイタリア、ドイツ、ベルギに出張	11.15 ~27
日本クレーン協会	米国で開催された ISO 国際会議へ参加のため、前田主任研究官がラスベガスに出張	5.3.20 ~4.4

第4章 産業安全技術館業務

4.1 産業安全技術館の活動

産業安全研究所では附属施設として産業安全技術館を設け、災害防止に関する各種の資料を整備して安全知識の普及と情報の提供及び安全技術相談などに応じている。

産業安全技術館の施設の概要は次のとおりである。

常設展示場	1階	336 m ²	2階	573 m ²	特別展示場	2階	249 m ²
見学指導室	3階	117 m ²	安全技術情報コーナー	2階	84 m ²		

常設展示場1階では「労働災害の変遷」を科学技術の発展と対比させてイラスト・写真を中心に上げ、次いで各種機械やロボットをはじめとする「自動化機械などの危険と安全対策」について述べ、センサー7種を取り付けたセンサージャングルなどを配置している。2階では「高齢者の災害防止」の一環として身体機能を来館者自身がチェックできる「立つ」(平衡感覚)、「聞く」(聴力)、「見る」(視力)の実験装置、産業安全に関するクイズに挑戦する対話型質問装置(Q and A)、安全衛生教育用各種ビデオテープを内蔵したビデオライブラリー、各種保護具をはじめ建設、感電、静電気、爆発などの各種災害防止のためのコーナーがあり、ここには静電気の発生や、ガス、蒸気、粉じんの爆発を実験で理解させる装置と防爆電気機器モデルルームを設けている。

特別展示場では労働災害の動向や新しい災害に対する安全技術など、時期に応じたテーマを選び、一定期間提示している。安全技術情報コーナーでは、安全に関する技術資料、雑誌などを収集し自由に利用することができる。

平成3年度の産業安全技術館の主な活動は次のとおりである。

1) 常設展示

前述の展示に加え、「プレスのフェール・セーフ対策コーナー」、「自動機械安全防護模擬装置」の新設が行われた。

2) 特別展示

平成4年6月1日～10月7日 労働安全衛生法施行20周年記念特別展

3) 安全に関する技術相談、解説

展示資料その他安全一般に関する技術相談(178件)および団体来館者に対して安全教育としての見学指導を行った。

4) 施設の公開

例年、恒例となっている科学技術庁主催の科学技術週間に際して行われている産業安全研究所の研究施設の公開は、当研究所の創立50周年記念行事の実施に伴い本年度に限って中止された。

5) 安全技術館来館者数

開館日数 249日(平成4年4月1日～平成5年3月31日) 32,040名うち団体116組1,796名

6) 国外来館者および主な来館団体

(1) 国外来館者

平成4年	4月17日	財海外技術者研修協会	20名
	4月22日	現代産業開発(株)	12名
	6月4日	クレデイ・サヨネ銀行東京支店	1名
	6月17日	フィリピン	3名
	6月18日	マレーシア東方政策産業技術研修生(マレーシア電力公社)	4名
	8月7日	財海外技術者研修協会(ブラジル研修生)	15名
	8月21日	フィリピン研修員	1名
	8月31日	フィリピン研修員他	3名

	9月22日	横浜研修センター	20名
	9月30日	労働安全衛生行政セミナー	25名
	10月13日	韓国見学団（建設関係）	7名
	11月2日	中国労働保護科学技術学会	15名
	12月4日	海外技術センター	19名
	12月18日	中国視察団	18名
平成5年	1月18日	台湾調査団	4名
	1月19日	台湾調査団	2名
	1月21日	台湾調査団	3名
	1月22日	フィリピン研修員（Mr. REY JOSE S. SORIANO）	1名
	2月1日	台湾調査団	1名
	2月2日	財海外技術者研修協会（タイ国研修員）	20名
	3月29日	ILO 関係職員	6名

(2) 主な国内来館団体

(教育研究機関)

荏原高等職業技術専門校，法務省矯正研修所，萩山中学校，江戸川高等職業技術専門校，太田高等職業技術専門校，品川高等職業技術専門校，足立高等職業技術専門校，板橋高等職業技術専門学校，身体障害者職能センター，順天堂大学，東京医学技術専門学校，東京工業大学附属高等学校，東京電子専門学校，昭和女子大学，磯子工業高等学校，日本赤十字看護大学，日本原子力研究所

(その他)

(株)重松製作所，(株)アロイ，(株)日成，日本ライフサービス(株)，竹田工業(株)，三晃印刷(株)，アサヒビール(株)，大洋令機工業(株)，東洋テクノ(株)，桂城建設(株)，(株)協和エクシオ，(株)理研オプテック，中央労働災害防止協会，東洋熱工業(株)，富士電気総設(株)，戸田建設(株)，若築建設(株)，東京通信ネットワーク，(株)谷沢製作所，日本汽設(株)，東京都交通局春日通信区，東京電力(株)，日比谷総合設備，日照電気(株) JR 東日本，久保工務店，(株)花王，池野通建(株)，航空自衛隊，館林信用金庫，旭硝子(株)，徳島県東京事務所，(株)団地サービス，東急電力指令所，KDD，(株)朝日工業社，JR 大井工場，三共(株)，東京電設サービス，ナショナル通信工事(株)，東京新聞社製作局，東京電力(株)平塚工務所，陸上貨物運搬事業労働災害防止協会研修員，JR 東海東京保線所，川越市，東京ガス(株)袖ヶ浦工場，三菱自動車(株)

4.2 大阪産業安全技術館の活動

大阪産業安全技術館の設立目的は東京の産業安全技術館に準じるもので，平成4年度の主な活動は次のとおりである。

1) 常設展

従前どおり

2) 安全に関する相談業務

展示資料，産業安全研究所の研究情報その他安全一般に関する技術相談に対して，安全指導を行った。相談件数は52件で，主な内容は次のとおりである。

静電気の帯電防止，爆発危険性のある設備や物質，防爆構造電気設備，安全装置，プレス安全装置，保護具の性能と選択，墜落防止，安全教育その他

3) 安全衛生映画会，講演会

安全教育研究会（講演会及び映画） 6月10日 120名

衛生教育映画会（講演会及び映画） 9月22日 62名

4) 来館者数

開館日数 247日間 来館者 3,709名（うち団体4組 123名）

付 録

1) 産業安全研究所年譜

- 昭和16年 伊藤一郎氏その他民間有志から国立安全研究機関の設立について提唱され、安全研究所の開設を具体化するため、官民合同の設立委員会が設置される。
- 昭和17年 1月30日 厚生省産業安全研究所が開設され、初代所長に厚生技師武田晴爾が就任。
- 昭和17年 11月 1日 厚生省研究所産業安全部と改称される。
- 昭和18年 9月 8日 附属産業安全参考館の開館式挙行、同10日より一般公開が開始される。
- 昭和22年 9月 1日 労働省の発足と共に厚生省より移管され、労働省産業安全研究所と改称される。組織は所長、庶務課、安全科、機械科、土木建築科、化学科と改められる。
- 昭和24年 6月20日 安全科が参考館課と改称される。
- 昭和24年 8月27日 武田所長退官し、化学課長中島誠一が所長に就任。
- 昭和27年 3月20日 中島所長退官し、福島労働基準局高梨湛が所長に就任。
- 昭和27年 9月 1日 組織が所長、庶務課、指導課、機械課、土木建築課、化学課、電気課と改められる。
- 昭和27年 11月15日 開所10周年記念式典が当所講堂で労働大臣ら臨席のもとで行われる。
- 昭和28年 12月16日 産業安全参考館を産業安全博物館と改称される。
- 昭和29年 3月16日 2部及び博物館課を設置し、所長、庶務課、特殊技術指導部(指導課、博物館課)、研究部(機械課、土木建築課、化学課、電気課)に改組される。
- 昭和36年 4月 1日 土木建築課が土木課、建築課に改組される。
- 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公開が開始される。
- 昭和39年 7月 1日 高梨所長退官し、労働省労働基準局安全課長山口武雄が所長に就任。
- 昭和40年 4月 1日 研究部に防爆課が新設される。
- 昭和41年 12月23日 東京都清瀬市の日本鋼管付属病院敷地を買収し、屋外実験場とする。
- 昭和42年 1月17日 旧田町庁舎改築のため、屋外実験場の一部を仮庁舎として移転。
- 昭和43年 6月15日 山口所長労働省安全衛生部長に転任し、労働省安全衛生部安全課長住谷自省が所長に就任。
- 昭和45年 5月 1日 2部7課を廃止し、機械研究部、土木建築研究部、化学研究部、電気研究部の4研究部、博物館課及び庶務課の2課に改められる。
- 昭和45年 5月18日 住谷所長退官し、電気研究部長上月三郎が所長に就任。
- 昭和46年 3月31日 産業安全開館竣工。
- 昭和46年 4月23日 産業安全博物館を産業安全技術館と改称し、博物館課を安全技術課と改称する。
- 昭和46年 10月 1日 産業安全技術館が田町新庁舎に開館される。
- 昭和48年 1月16日 電子計算機システム FACOM F 230-35 が導入される。
- 昭和49年 6月 4日 上月所長退官し、機械研究部長秋山英司が所長に就任。
- 昭和52年 3月22日 清瀬実験場に機械実験棟が竣工。
- 昭和52年 4月 1日 秋山所長退官し、北海道労働基準局長川口邦供が所長に就任。
- 昭和58年 4月 1日 川口所長退官し、土木建築研究部長森宜制が所長に就任。
- 昭和59年 3月31日 清瀬実験場に機械安全システム実験棟が竣工。
- 昭和60年 2月 1日 森所長退官し、機械研究部長前郁夫が所長に就任。
- 昭和60年 3月28日 清瀬実験場に化学安全実験棟が竣工。
- 昭和60年 6月25日 第1回産業安全研究所安全技術講演会が田町庁舎8階講堂で開催される。
- 昭和60年 9月17日 田町庁舎内産業安全技術館一階部分が改装される。
- 昭和61年 5月29日 皇太子殿下清瀬実験場へ行啓、研究施設等を御視察される。
- 昭和62年 1月19日 田町庁舎内産業安全技術館2階の建設安全関係の展示室が改装される。
- 昭和63年 3月29日 田町庁舎内産業安全技術館2階の化学・電気安全関係の展示室が改装される。

- 昭和63年5月31日 清瀬実験場に建設安全実験棟が竣工。
- 平成2年4月1日 前所長退官し、田中隆二が所長に就任。
- 平成2年10月25日 清瀬実験場に電気安全実験棟及び環境安全実験棟が竣工。
- 平成3年3月31日 田中所長退官。
- 平成3年4月1日 土木建築研究部長木下鈞一が所長に就任。
- 平成4年4月30日 清瀬実験場に材料・新技術実験棟が竣工。
- 平成4年5月30日 清瀬実験場に総合研究棟が竣工。
- 平成4年6月19日 総合研究棟および材料・新技術実験棟落成式並びに設立50周年記念式典挙行政。
- 平成4年7月1日 産業安全研究所を田町庁舎から清瀬実験場に移転。

2) 産業安全研究所案内図

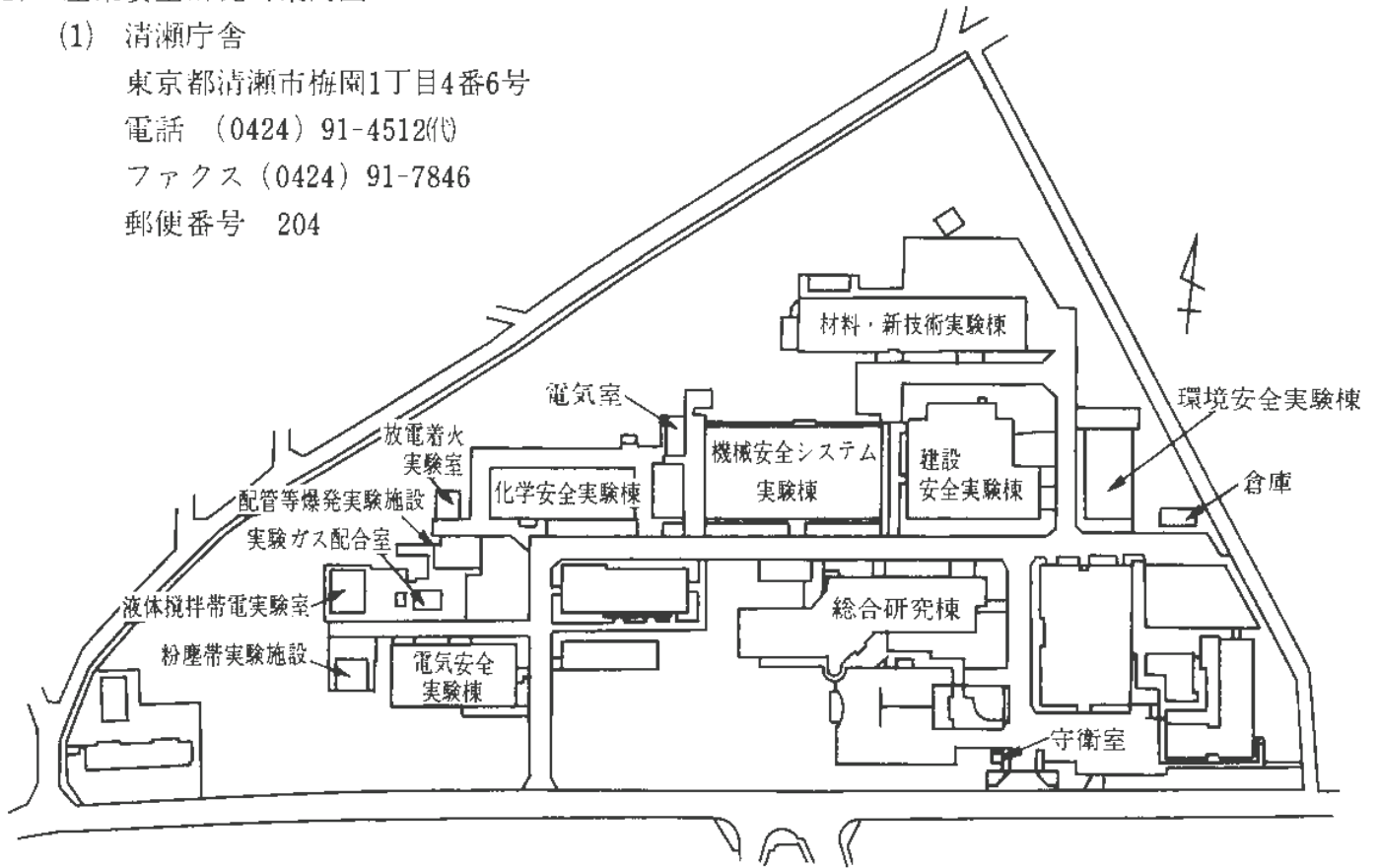
(1) 清瀬庁舎

東京都清瀬市梅園1丁目4番6号

電話 (0424) 91-4512(代)

ファクス (0424) 91-7846

郵便番号 204



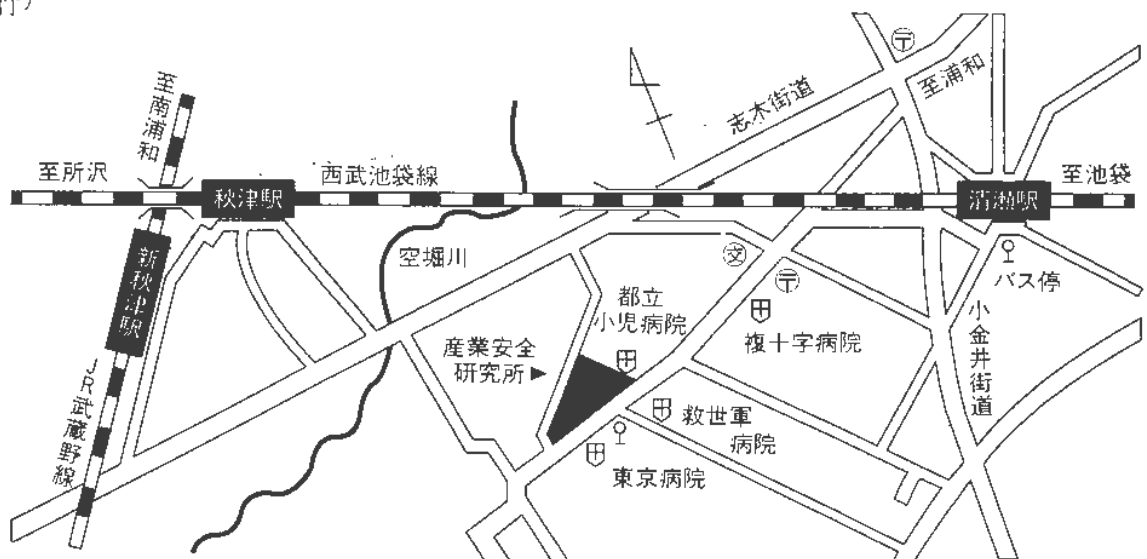
西武池袋線清瀬駅下車（池袋より約30分）

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
花小金井 駅行
下里 団地 行
所 沢 行

に 乗 車 （ 約 5 分 ） 東 京 病 院 前 下 車



(2) 田町庁舎

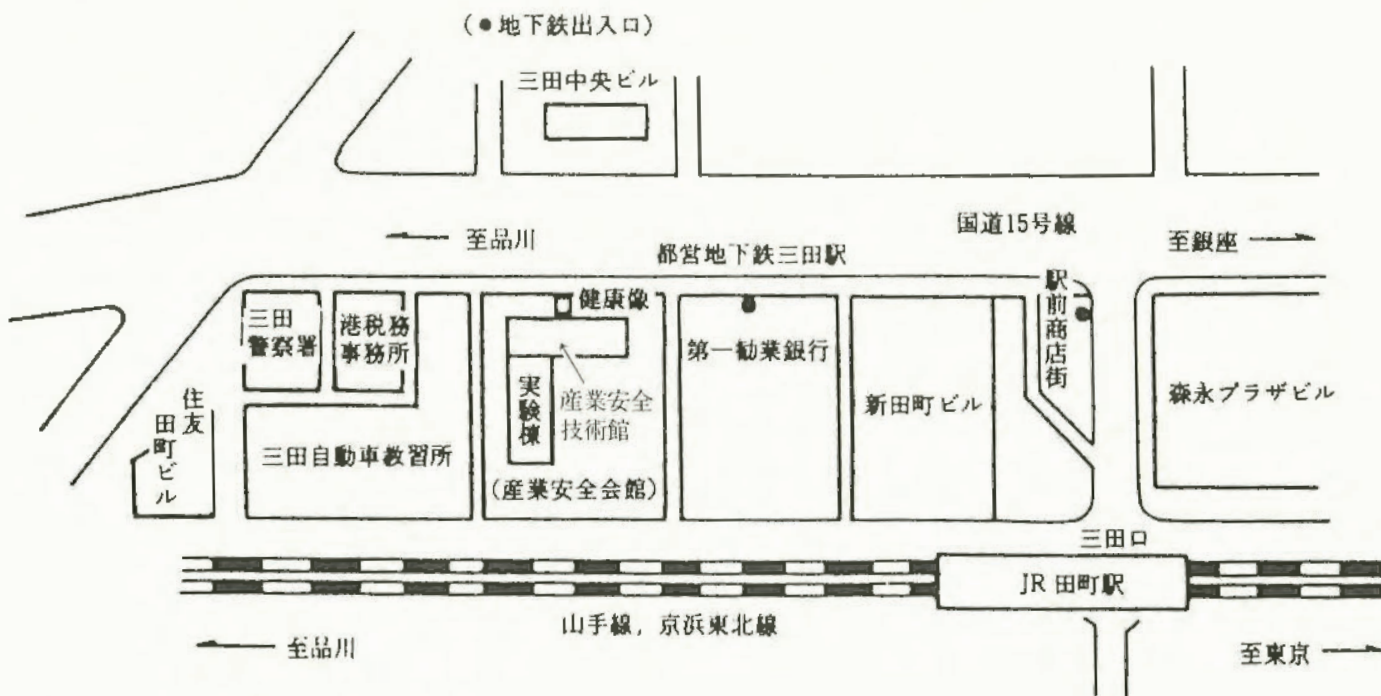
産業安全技術館（産業安全会館）

東京都港区芝5丁目35番1号

電話 (03) 3453-8441 (代表)

ファックス (03) 3452-6565

郵便番号 108



JR 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

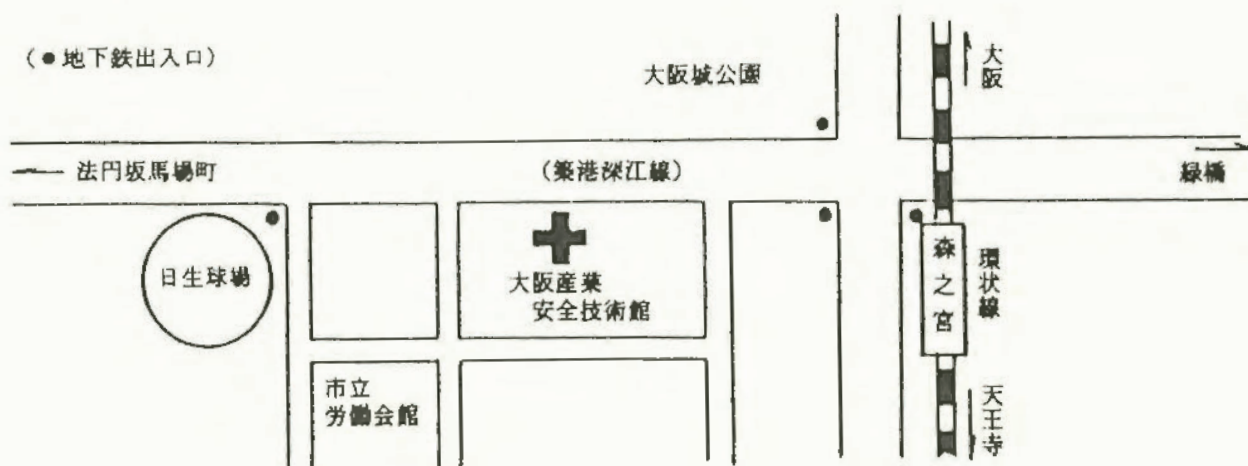
(3) 大阪産業安全技術館

産業安全研究所 大阪産業安全技術館

大阪府中央区森ノ宮中央1丁目15番10号

電話 (06) 942-3868

郵便番号 540



産業安全研究所年報

平成 4 年度版

発 行 日	平成 5 年 7 月 1 日
発 行 所	労働省産業安全研究所 〒 204 東京都清瀬市梅園1-4-6 電 話 0424-91-4512(代)

印刷所 新日本印刷株式会社

ANNUAL REPORT
OF
RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

1992

RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY
MINISTRY OF LABOUR
1-4-6 Umezono Kiyose Tokyo 204 JAPAN