

産業安全研究所年報

ANNUAL REPORT
OF
NATIONAL INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

1994

平成6年度

浜本労働大臣産業安全研究所を視察



仮設構造物実験室を視察中の浜本労働大臣（平成6年8月2日）

大阪産業安全技術館改築へ着工



昭和36年開設以来の改築となる大阪産業安全技術館の起工式
（平成6年11月22日）

研究効率化委員会



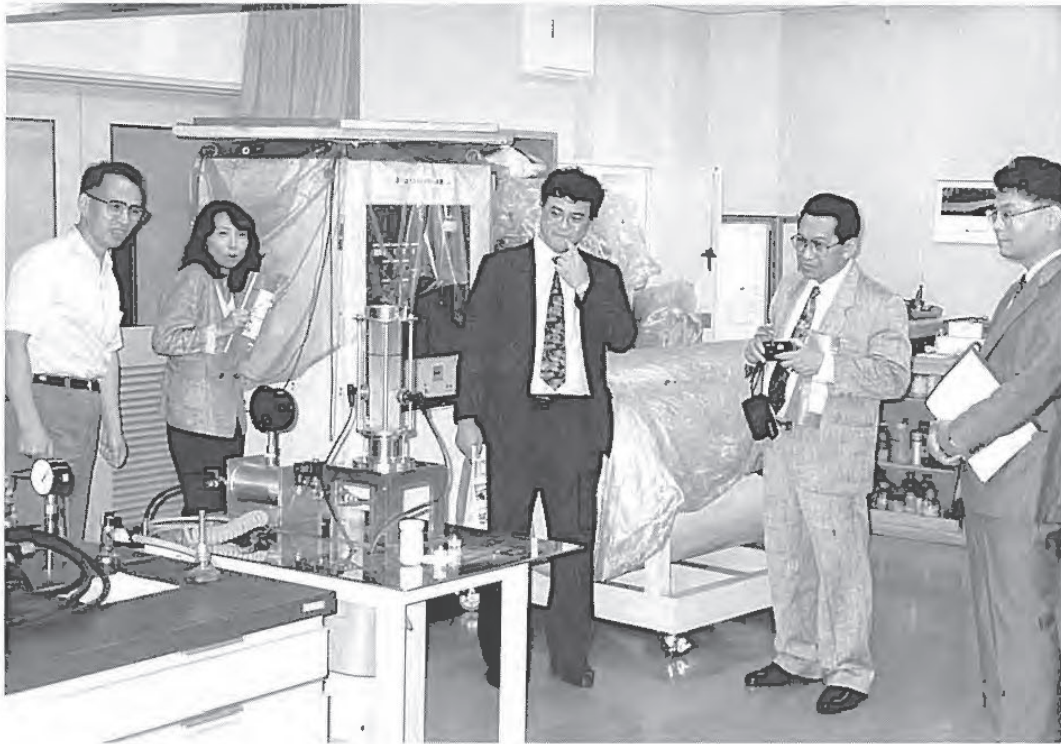
所外の学識研究者による「施工中の倒壊・崩壊に関する安全研究の今後の方向」検討委員会

安全技術講演会



「高齢者の安全」をメインテーマとした平成6年度安全技術講演会
(平成6年10月14日, 大阪会場)

海外からの来訪者



インドネシア共和国労働省のスカルノ労働安全衛生局長が来訪
(平成6年6月29日、右から2人目)



ハンガリー共和国ブダペスト工科大学のベルタ教授が
静電気安全に関する国際共同研究のため来訪 (平成7年3月)

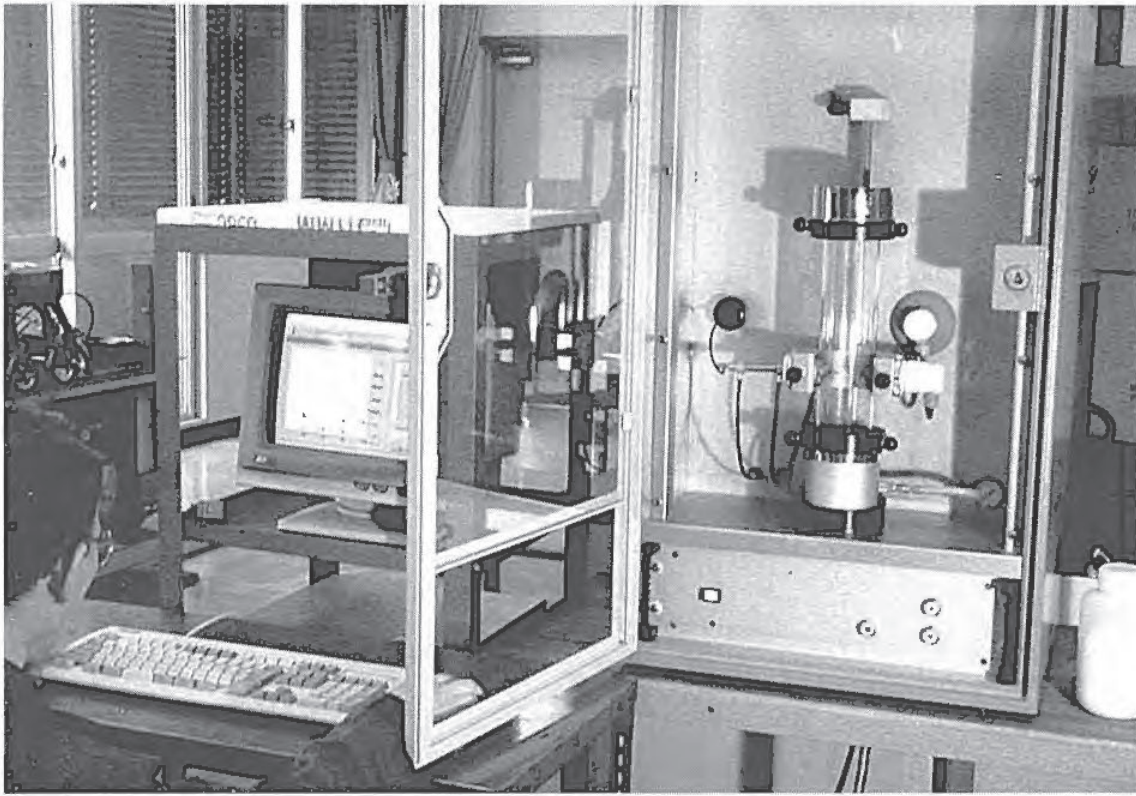
新規に導入された実験設備



物体表面の微細な凹凸状態を高精度で計測するためのレーザー顕微鏡



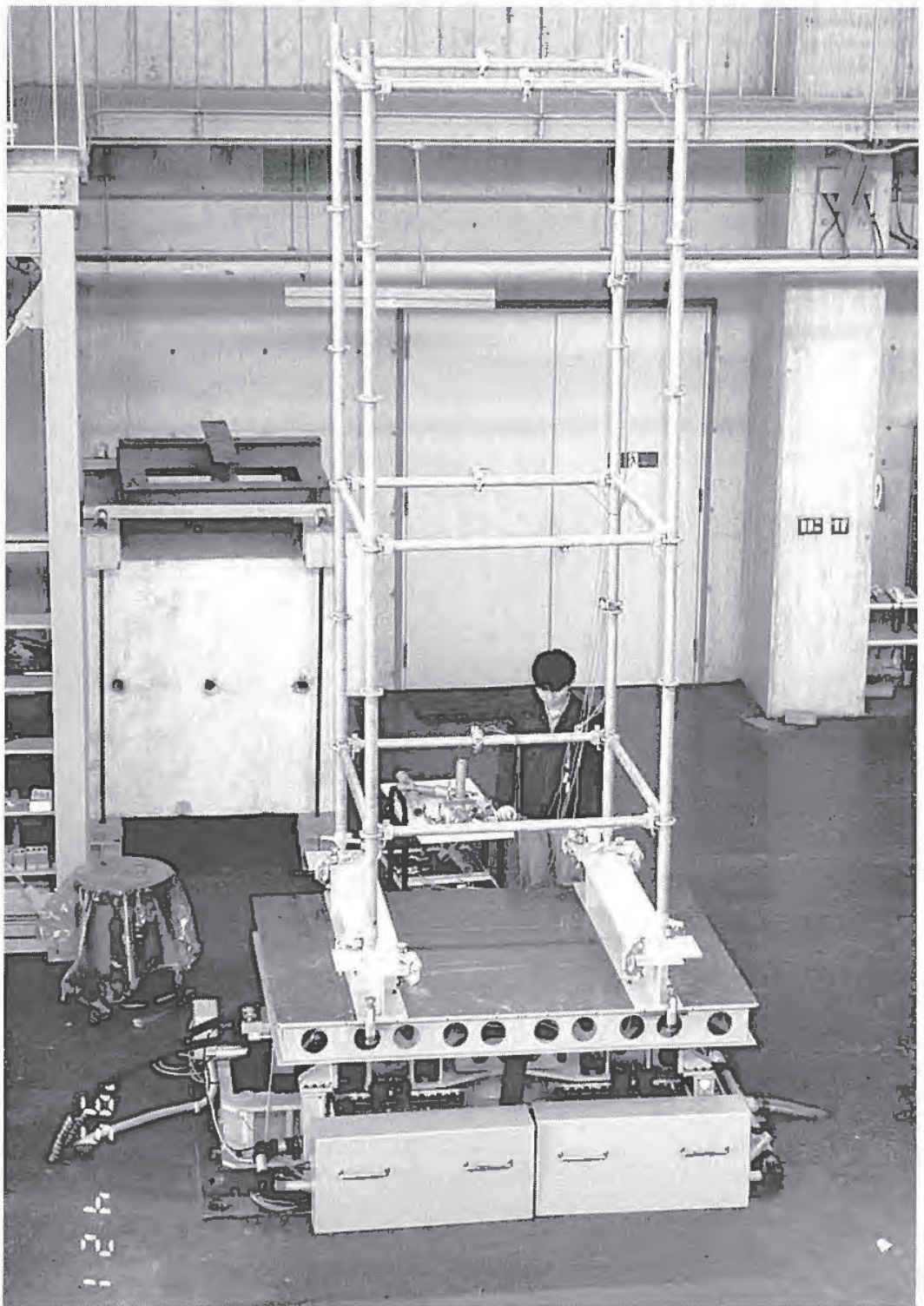
紫外線による電気絶縁物の劣化の研究に用いる紫外線照射試験装置



新原材料微粉体の着火危険性の研究に用いる
最小着火エネルギー試験装置



高所作業における人体特性の研究に用いる
注視点検出装置（アイカメラ）



仮設構造物などに対する振動の影響を
研究するための構造物振動試験機

目 次

第1章 総説

1.1 研究活動等の概要	3
1.2 組織	4
1.3 定員	4
1.4 土地および建物	4
1.5 予算	5
1.6 主要試験研究施設および設備	6
1) 施設	6
2) 設備	6
1.7 図書	8
1.8 広報	8
1.9 その他	9
1) 人事異動	9

第2章 研究業務

2.1 平成7年度の研究課題	10
1) 経常研究	10
2) 特別研究	12
2.2 平成6年度の研究成果の概要	13
2.3 研究成果の発表	46
1) 誌上発表	46
2) 口頭発表(国内)	49
3) 国際研究集会口頭発表	52
4) 著書	52

第3章 関連業務

3.1 産業安全研究所主催行事	53
3.2 行政機関等に対する協力	54
1) 災害調査等における協力	54
2) 委員会活動における協力	55
3) 研修講師派遣等による協力	55
4) その他	56
3.3 外部機関との協力	57
1) 学協会の委員会活動等への協力	57
2) 技術指導, 研究協力等	57
3) 外部機関の研究員の招へい	58
4) 外部機関への研修	58
5) 外部機関の研究生の受託	58
6) 国際協力, 海外派遣等	59

第4章 産業安全技術館業務	
4.1 産業安全技術館の活動	60
4.2 大阪産業安全技術館の活動	61
付 録	
1) 産業安全研究所年譜	62
2) 産業安全研究所案内図	64

第1章 総 説

1.1 研究活動等の概要

当研究所は、わが国唯一の産業安全に関する研究機関として、各種の産業災害の発生原因の解明と災害防止技術の研究・開発を広範囲にわたって行っている。特に最近の産業界の生産・施工工程においては、新素材物質や自動化技術の導入が一般化し、生産・施工の一層の合理化が図られる一方、労働者の高年齢化も年ごとに進んでいる。産業界のこうした技術的变化および雇用形態の変化にともない、産業災害の発生形態も少しずつ変化するきざしを示している。

特に建設業における新工法による大型災害、機械工業を中心とする自動化機械による災害、化学工業等における新素材物質などによる爆発災害などの重大な災害は、その技術的背景が以前とは少し異なってきていることから、当研究所においては新しい観点に立ったハードウェアの研究を実施している。また、ヒューマンエラーなど人間特性に基づく労働災害もあとを絶たない状況にあり、人間工学の面からみた災害防止技術の開発、災害の予知・予測技術の開発など、ソフトウェア面での安全研究も積極的に実施している。

これらの研究成果は、当研究所の研究報告書または特別研究報告書として公表され、安全行政に寄与しているほか、広く産業界において安全情報として活用されている。また、安全資料や技術指針も発刊されており、労働安全衛生規則の構造規格の制定または改正の際に利用されているほか、安全監督・指導や災害調査に際しての技術的資料としても参考にされている。

特別研究は、行政的または社会的需要の大きいテーマを選んで実施しているが、平成6年度においては主として次の5テーマについて研究を実施した。これらのテーマのうち、国際共同研究については、対日本との科学技術協力協定に基づき、科学技術庁により承認されたものである。

- (1) 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（労働省）
- (2) 吊り上げ用具類の新検査技術に関する研究（労働省）
- (3) 静電気による新原材料の爆発・火災の防止に関する研究（労働省）
- (4) 帯電した危険物質に適用する静電気安全制御に関する研究（ハンガリーとの国際共同研究）
- (5) 高電圧用有機複合材料の電気特性の安全性評価に関する研究（韓国との国際共同研究）

一方、経常研究については、4研究部において38のテーマについて研究を実施した。そのうち、各研究部に特徴的な研究をあげれば次のとおりであるが、これらの研究成果は国内外において数多く発表された。

- 機械研究部
 - (1) 機械・構造部材の非破壊検査技術と信頼性
 - (2) 溶接構造部材の疲労強度
- 土木建築研究部
 - (1) 仮設構造物の水平強度特性および半剛接合部の強度特性
 - (2) 遠心模型実験による土止め支保工と地盤との相互関係
- 化学研究部
 - (1) 化学反応危険の実験手法とシミュレーション
 - (2) 新素材物質の粉じん爆発危険性
- 電気研究部
 - (1) 電磁ノイズに対する電子機器の耐ノイズ性
 - (2) 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

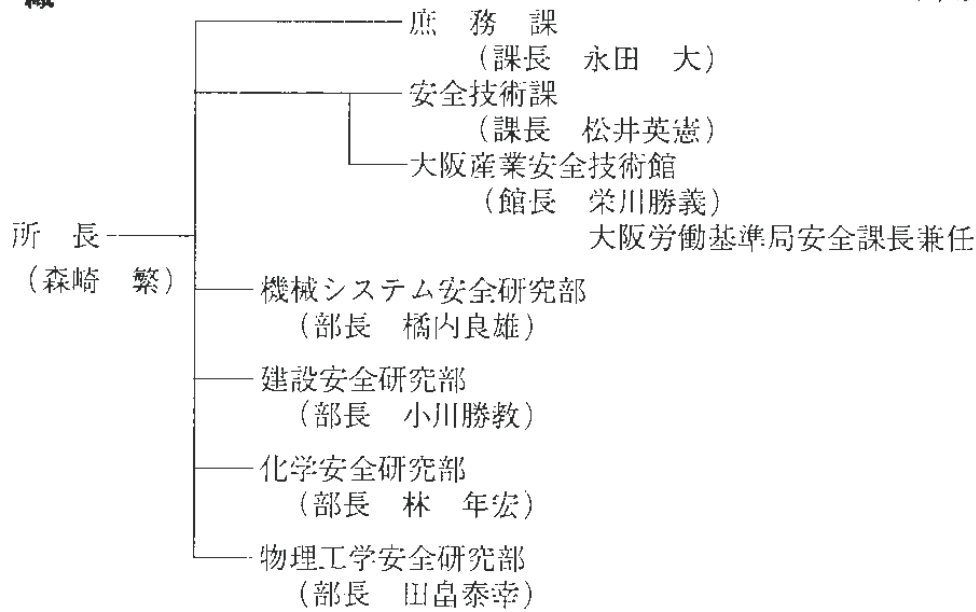
以上のハード的な研究のほかに、災害防止にかかるヒューマンファクターに関する研究、転倒危険性の人間科学的研究、騒音環境場の特性評価などについても積極的に研究を進めている。

こうした研究活動のほか、企業、大学など外部の学識経験者の意見を反映させることを目的とした研究効率化委員会も開催し、平成6年度は「施工中の倒壊・崩壊に関する安全研究の今後の方向」というテーマで、2年間の予定で委員会を開催した。

なお、老朽化が進んでいた大阪産業安全技術館は平成6年度に取り壊しが完了したが、平成7年度中には新庁舎が完成するとともに、展示内容も一新し、関西地区における産業安全に関する情報提供の一層の向上が期待されている。

1.2 組 織

(平成7年4月1日現在)



(注) 労働省組織規程の一部を改正する省令(平成7年3月31日)により研究部が改組された。

1.3 定 員

(平成7年4月1日現在)

俸給表別 区分 定員	指定職 所長	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)	
	1	12	15	13	40	1	4	1	4	10	1	52

1.4 土地および建物

(平成7年4月1日現在)

名 称	所 在 地	敷地面積 (m ²)	建物面積 (m ²)	備 考
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	大阪府中央区谷町4-8-13 サン・モトビル谷町4階	—	—	改築のため 一時移転

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	建設安全実験棟
配管等爆発実験施設	電気安全実験棟
粉じん帯電実験施設	環境安全実験棟
遮音実験室	放電着火実験室
液体攪拌帯電実験施設	総合研究棟
機械安全システム実験棟	材料・新技術実験棟
化学安全実験棟	

2) 設備

(1) 特別会計

設 備 の 名 称	
10トン横型引張試験機	転倒耐力測定装置
横型真空焼鈍炉	応力腐食割れ試験装置
液体誘電率導電率測定装置	非接触人体接近検出装置
電子計算機システム	フーリエ変換赤外分光光度計
走査型電子顕微鏡	高速度現象デジタル直視装置
デジタル記憶装置	超小型テレメータ装置
圧力容器付耐アーク性試験器	耐水試験機
自然発火試験装置	最高血圧自動連続測定装置
500トン万能試験機	動的高圧力試験装置
マッハツェンダー干渉計	高温箱型電気炉
レーザー装置	デジタルオシロスコープ
電気油圧式疲労振動試験装置	アイマークレコーダ装置
高速度カメラ	テレメータシステム装置
生体負荷測定装置	熱拡散率測定装置
最小着火エネルギー測定装置	暴走反応熱測定装置
高圧熱酸化分解ガス発生装置	非接触電子工学式変位測定装置
X線マイクロアナライザー	平衡機能測定装置
光電測光式発光分光分析装置	振動三軸圧縮試験機
中空ねじりせん断試験機	腐食疲労試験機
固体可燃物燃焼特性装置	生体情報システム装置
ハイスピードビデオカメラ	地盤破壊演算装置
化学発光計測装置	産業用ロボット, モートマンLiow
空間座標測定装置	工業用ロボット, トスマンIX-15

設 備 の 名 称	
重心位置測定装置	イメージコンバータ超高速カメラシステム
波形分析装置	レーザー誘起蛍光分析装置
視点視野測定装置	雰囲気制御走査型トンネル顕微鏡
動作自動解析システム	赤外線応力画像システム
破壊じん性試験機	微小部X線解析装置
高温伝導微小熱量計	100トン構造物疲労試験機
分光放射計測装置	液体クロマトグラフ質量分析計
高速データ集録装置	超高速現象可視化装置システム
エンジニアリングワークステーション	構造物振動試験機
構造部材疲労試験機	ワークシミュレータシステム
加振装置	軟X線光電子分光施設
高速液体クロマトグラフ	反応熱量計
高温高圧水循環装置	低湿度型恒温恒湿装置
遠心载荷試験計測装置	表面形状精密解析装置
ワイヤロープ疲労試験機	視聴覚刺激呈示装置
曲げ・圧縮試験機	注視点検出装置
建材試験装置	最小着火エネルギー試験装置
電磁共振型疲労試験機	紫外線照射試験装置
万能疲れ試験機	レーザー顕微鏡
赤外線応力パターン計測システム	赤外線検出装置
透過型電子顕微鏡	

(2) 一般会計

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

1.7 図 書

(1) 単行本

区 分	平成 6 年度受入数	蔵 書 数
和 書	3 9 5	1 0, 6 9 8
洋 書	1 1 2	2, 5 1 6
計	5 0 7	1 3, 2 1 4

(2) 平成 6 年度中の購入雑誌の種類

区 分	雑誌の種類
和 雑 誌	5 4
洋 雑 誌	9 6
計	1 5 0

1.8 広 報

(平成 6 年度発行分)

刊 行 物 名 称		刊行区分	発行部数
産業安全研究所研究報告	RIIS-RR-93	年 刊	7 0 0
産業安全研究所特別研究報告	RIIS-SRR-NO.14	不定期	6 0 0
産業安全研究所技術指針	RIIS-TR-94-2	不定期	5 0 0
産業安全研究所年報	平成 5 年度版	年 刊	2, 0 0 0
安研ニュース	Vol.18, No.2~Vol.19, No.1	隔月刊	8 0 0

1.9 その他

1) 人事異動

発令年月日	新 官 職	氏 名	旧 官 職
平 6 . 4 . 1	辞 職	木 下 鈞 一	所 長
	所 長	森 崎 繁	化学研究部長
	化学研究部長	林 年 宏	化学研究部主任研究官
	大臣官房政策調査部 統計調査第一課長補在	築 田 道 義	庶務課長
	庶務課長	大 向 日出夫	群馬労働基準局庶務課長
	労働基準局労災保険業務室 主任プログラマー (併)大臣官房労働保険徴収課	堀 江 卓	庶務課庶務係長
	庶 務 課	村 上 竹 弘	労働基準局労災管理課
	東京労働基準局労災適用課	市 川 雅登志	庶 務 課
	大臣官房政策調査部管理課 (併)大臣官房会計課会計監査室	久 米 明	庶 務 課
	庶 務 課	川 崎 健	東京労働基準局新規採用
	庶 務 課	中 澤 典 士	東京労働基準局新規採用
	東京労働基準局安全課長	水 口 増 人	大阪労働基準局安全課長 (命)産業安全研究所 大阪産業安全技術館長
	大阪労働基準局安全課長 (命)産業安全研究所 大阪産業安全技術館長	栄 川 勝 義	労働基準局安全衛生部 計画課安全衛生機関検査官
	北海道労働基準局	安 井 省侍郎	化学研究部 (併)労働基準局安全衛生部 安全課
化学研究部 (併)労働基準局安全衛生部 安全課	八木沼 健 一	新規採用	
平 6 . 6 . 2	辞 職 (中央労働災害防止協会へ出向)	藤 原 宏 二	労働基準局安全衛生部安全課 中央産業安全専門官 (併)産業安全研究所
	労働基準局安全衛生部安全課 中央産業安全専門官 (併)産業安全研究所	高 井 修	中央労働災害防止協会 東京安全衛生教育センター 専門役
平 7 . 1 . 1	大臣官房総務課庶務係長 (命)労働保険審査会事務室員	友 金 三枝子	庶務課管財係長

第2章 研究業務

2.1 平成7年度の研究課題

1) 経常研究

- (1) 機械設備等の安全化（機械システム安全研究部）
 - a) 順応型機械のためのアクチュエータの安全機能
 - b) 安全装置の評価
 - ・人間から見た安全装置の評価に関するバーチャルリアリティを用いたシミュレーション的研究
- (2) 機械・構造物等の損傷・破壊防止（機械システム安全研究部）
 - a) 自走式クレーンの旋回輪ボルトの荷重分散
 - b) クレーン等溶接構造部材の疲労強度に及ぼす部材寸法の影響
 - ・溶接部材の疲労強度の寸法効果
 - c) 高温・高圧用機器材料の経年劣化特性の解明
 - ・熱時効が圧力容器用鋼の疲労及び応力腐食割れ特性に及ぼす影響
 - d) 高温用材料の損傷量評価
 - ・ステンレス鋼の熱疲労寿命と損傷量評価法の検討
 - e) ワイヤロープ用鋼のフレッキング疲労強度特性の評価
 - f) ワイヤロープの疲労損傷発生特性
 - ・鋼心入りワイヤロープの内部損傷発生因子の検討
 - g) 切断砥石の回転側圧強度の評価法
- (3) 機械・構造部材の損傷診断と信頼性解析（機械システム安全研究部）
 - a) 損傷検出に対する非破壊検査の適用性
 - ・各種非破壊検査法の適用と溶接構造物の損傷検出限界
 - b) 供用下における疲労き裂のモニタリング手法の開発
 - ・疲労き裂モニタリング手法の実構造部材への適用性の評価
 - c) 管状構造物の強度評価への赤外線応力画像測定法の適用
 - ・赤外線応力測定に及ぼす曲面状測定部の影響
- (4) 作業員・作業環境等の安全化
 - a) 墜落防護用保護具の評価方法に関する研究（機械システム安全研究部）
 - b) 高齢者の音声聴取能力評価（機械システム安全研究部）
 - ・音声判別閾値と最小可聴閾値の関連性
 - c) 転倒危険性の評価法に関する人間科学的研究（建設安全研究部）
 - ・水平急加速装置を用いた加速方向と姿勢の崩れの方向に関する研究
- (5) 建設工事用設備等の安全化（建設安全研究部）
 - a) 仮設構造物の水平荷重に対する安定性
 - ・型枠支保工の水平強度特性
 - b) 部材結合部の性能評価法
 - c) 半剛接合部を有する仮設構造物の振動特性
 - ・くさび式接合部を有する仮設構造物の振動特性
 - d) 工事用設備の振動特性

- (6) 掘削工事における土砂崩壊の防止（建設安全研究部）
 - a) 土止め支保工の変形及び崩壊挙動の解析
 - ・遠心模型実験による土止め支保工と地盤の相互作用の解明
 - b) 建設機械の転倒と地盤強度
 - ・アウトリガーの沈下と地盤の破壊特性
 - c) 動的荷重を受けた地盤の強度評価に関する研究
- (7) 可燃性ガス・粉じん等の爆発危険性
 - a) ネオジム－鉄合金の反応性（化学安全研究部）
 - b) 可燃性のガス・蒸気を吸着した活性炭の発熱特性と粉じん爆発危険性（化学安全研究部）
 - c) 金属系粉じんの爆発危険性（化学安全研究部）
 - ・マグネシウム粉じんの爆発危険性（化学安全研究部）
 - d) レーザー誘起蛍光法によるラジカル計測（化学安全研究部・物理工学安全研究部）
 - ・放電着火等に関する気体放電中のラジカル測定
- (8) 化学物質の分解危険性とその防止（化学安全研究部）
 - a) 化学薬品類の上限保管温度の測定
 - ・S A D T 試験値の測定
- (9) 反応危険の防止（化学安全研究部）
 - a) 暴走反応の危険性評価方法の開発
 - ・暴走反応の実験による危険性評価
 - b) 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
 - ・定常運転時及び暴走反応時のシミュレーション
- (10) 電撃危険性とその防止（物理工学安全研究部）
 - a) 交直重畳電流の電撃に対する許容限界推定モデルの検証
 - ・D C ～50 H z の電撃許容限界に対するモデルの検証
 - b) 直流電路の安全化技術の開発
 - ・直流漏電検出器の開発
- (11) 電気材料・機械・設備等の安全化（物理工学安全研究部）
 - a) 腐食性ガス雰囲気で使用される配線板・制御機器等の絶縁低下現象の解明
 - ・絶縁材料表面に発生した生成物の物性解明
- (12) 静電気による危険性とその防止（物理工学安全研究部）
 - a) プロセスタンクにおける可燃性液体の帯電及び着火危険性の解明
 - ・プロセスタンクにおける放電・着火特性の解明
- (13) 労働災害の分析と安全管理手法の開発
 - a) 機械の安全性データベースの開発（機械システム安全研究部）
 - ・圧力容器用部材の経年強度特性データベースの開発
 - b) マン・マシン系に発生する災害の要因分析（機械システム安全研究部）
 - c) 機械安全に関する技術資料の作成（機械システム安全研究部）
 - d) 機械制御回路の安全化に関するデータベース作成（機械システム安全研究部）
 - e) 高齢者を中心とした安全に関連する人間の特性のデータベース化（機械システム安全研究部）
 - f) 建設工事労働災害の情報解析（建設安全研究部）
 - ・建設工事労働災害に関する情報分析における情報特異性
 - g) 産業災害リスクの構造変化（建設安全研究部）
 - ・災害リスク分布パラメータの同定

2) 特別研究

(1) 労働省

- a) 静電気による新原材料の爆発・火災の防止（物理工学安全研究部、化学安全研究部）
 - ・新原材料の生産・取扱工程における静電気着火現象の解明
- b) 高所作業における墜落危険性に関する人間科学的な研究（建設安全研究部・機械システム安全研究部）
 - ・墜落災害の人的要因の分析
 - ・高所作業に及ぼす心理的な負担要因の解明と作業改善
 - ・作業姿勢の安定性の評価試験機の開発
 - ・揺れと墜落危険限界に関する研究

(2) 科学技術庁

- a) 帯電した危険物質に適用する静電気安全制御（物理工学安全研究部）
 - ・安全制御用除電システムが電子機器・環境に及ぼす影響の解明
- b) 有機複合絶縁材料の電気特性の安全性評価（物理工学安全研究部）
 - ・電極及び絶縁体周囲の電界解析
- c) 安全制御システムの電磁ノイズによる誤作動防止（物理工学安全研究部）

(3) 環境庁

- a) 活性炭に吸着された有害性物質の放電プラズマによる無害化技術の開発（物理工学安全研究部）
 - ・プラズマ処理装置の特性測定及び周辺機構の開発
- b) バーゼル条約規定廃棄物有害特性の簡易判定試験法の開発（化学安全研究部）
 - ・廃油等引火性液体の簡易試験法

2.2 平成6年度の研究成果の概要

高温高压水中における圧力容器用鋼の疲労き裂伝播挙動に及ぼす熱時効の影響

機械研究部 橋内良雄, 本田 尚

1. 研究目的

本研究では、圧力容器用鋼が熱時効を受けて経年劣化した場合の疲労き裂伝播特性を明らかにするため、A533B鋼にPWHT処理（約620℃で45時間以上の応力除去焼なまし）および熱劣化を目的としたステップクール熱処理（610℃から350℃まで段階的に炉冷）を施し、室温並びに高温高压水中（288℃，8MPa）で疲労き裂伝播試験を行い、熱時効の影響を調べた。

2. 供試材および実験方法

熱処理後、供試材のL-ST方位から板幅が51mm，板厚10mmのCT試験片を作製した。高温高压水中の試験は電気油圧式サーボ疲労試験機に取付けたオートクレーブ中で行った。この場合貯水槽での溶存酸素が4 μg/L以下まで脱気した水を、予熱器を通して18mL/minでオートクレーブに流入する循環装置を用いた。高温高压水中の負荷条件は、繰り返し速度0.5Hz，応力比R=0.1（一部0.5），荷重波形正弦波である。疲労き裂長さの計測は、主としてコンプライアンス法を用いた。また、材料の劣化状態をオージェ分析，透過および走査電子顕微鏡観察を行って調べた。

3. 実験結果

図1は疲労き裂伝播速度 da/dN と応力拡大係数範囲

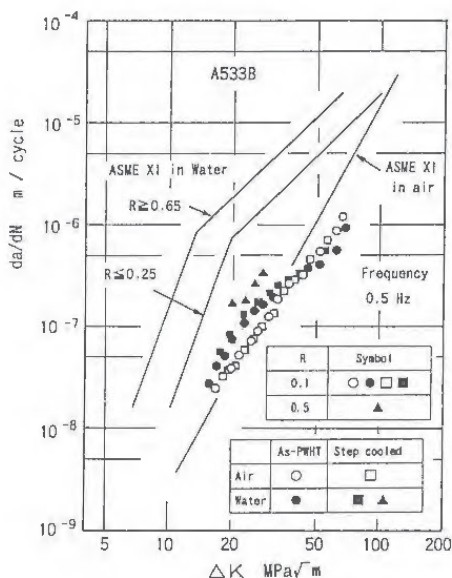


図1 da/dN と ΔK の関係

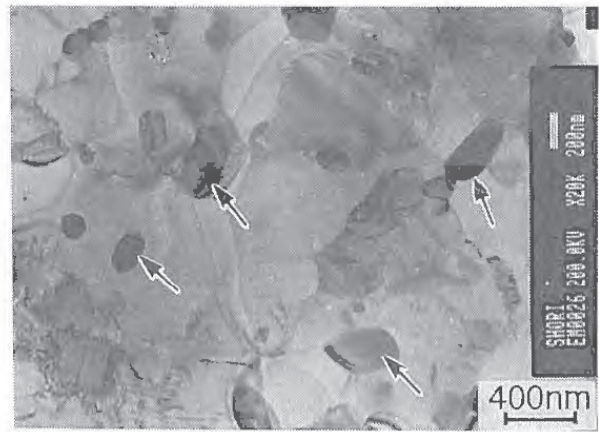


写真1 ステップクール材の析出物(矢印)

ΔK の関係を示したもので、室温大気中における $R=0.1$ の da/dN はPWHT材とステップクール材で良く一致している。高温高压水中においては ΔK が20~30MPa \sqrt{m} の範囲において若干ステップクール材の da/dN が増加する傾向が見られるがその差異が小さくデータのばらつきを勘案すると、高温高压水中においても熱脆化は $R=0.1$ の da/dN に殆ど影響しないと考えられる。 $\Delta K < 30\text{MPa}\sqrt{m}$ において高温高压水中では、室温大気中よりも da/dN が増加する傾向が認められる。このような傾向は $R=0.5$ でも同様である。そこで、高温高压水中におけるき裂開口比 U の測定を実施した結果、 ΔK が20~30MPa \sqrt{m} の範囲では0.7~0.85程度の値となっていた。有効応力拡大係数範囲 $\Delta K_{\text{eff}} = U\Delta K$ を用いて da/dN の整理を試みたが、ばらつきが大きく良い相関は認められなかった。走査電子顕微鏡で破面を観察した結果、 $\Delta K < 30\text{MPa}\sqrt{m}$ の高温高压水中の破面には、ストライエーションと擬劈開が観察され、 $R=0.5$ の場合には擬劈開の出現頻度が増加した。一方、 $\Delta K > 30\text{MPa}\sqrt{m}$ では擬劈開の出現は減少し、ストライエーションが支配的な破面形態であった。この結果から、高温高压水中では試験環境の影響を受けて擬劈開が発生するために、 da/dN が増加すると推察される。本供試材はSやPを含有しているが、Sが0.010wt%以上存在する場合、Sの含有量に依存して da/dN が増加する結果が報告されている。オージェ分析の結果、P，Sn，Mn等は検出されたが、Sは殆ど検出されなかった。透過電顕観察とX線分析の結果、ステップクール材に微細な析出物（写真1中の矢印）が出現し、その成分はCr，Mo，Fe，であった。

4. まとめ

高温高压水中の da/dN に及ぼす熱時効の影響は少なく、圧力容器用鋼 da/dN には繰り返し速度や応力比 R が強く影響する傾向が認められる。

赤外線応力測定法による溶接継手止端部の疲労き裂の検出とき裂長さの推定

機械研究部 吉久 悦二

1. はじめに

クレーン等に見られるガセット溶接継手の止端は応力集中によって厳しい応力状態となり、疲労き裂が発生するケースが多い。供用中の機械の構造健全性評価には、このような欠陥の検出とサイジング（大きさの評価）が重要である。そこで、赤外線応力測定装置を用いて、ガセット溶接継手を模擬した供試体止端部の主応力分布を求め、そこに発生する疲労き裂の検出と進展後のき裂長さの評価を試みた。

2. 実験結果

2.1 疲労き裂の検出

図2は面内ガセット供試体止端のき裂発生前後の測定値の差を示すものである。発生前後の個々の応力分布図からはき裂の発生がはっきりとは認められないが、両者の差をとると、き裂先端に特徴的な円形状の主応力の高い領域が見られる。これは測定値の乱れる供試体の縁や応力の高い止端部から離れる方向にき裂が進展するため、き裂先端前方の領域での測定値の差がより認めやすいことによる。き裂検出限界は測定点の走査間隔に左右されるが、このき裂は長さが1.2mmの貫通き裂で、これは測定点間隔の約5倍である。一方、図3は面外供試体でのき裂（表面長7.5mm、深さ1.2mm、深さはビーチマークから求めた。）発生後の測定例である。止端に沿った帯状の応力集中域をき裂が進展するために、き裂先端の高応力域が見出し難い。そこで、き裂先端後方の測定値の低下からき裂を確認した。表面長については、面内継手の場合よりもかなり長くないと確実な検出は困難であった。

2.2 き裂長さの推定

き裂先端近傍でき裂面に平行な線上での測定値の分布をとれば、モードI型き裂ではそのピークはき裂延長線と60°をなすき裂先端を通る同一直線上にあり、この関係を用いるとピークの座標からき裂先端の座標を推定できる。図4は面内供試体についてき裂先端（ $y=0$ ）を挟む複数の y 一定の直線上でのピーク位置をプロットしたものである。き裂が進展する数過程で求めた図4と同様の図から求めた、負荷と垂直な線上に投影したき裂長さ a_s と読み取り顕微鏡による測定結果 a_m とを比較したものが図5である。両者の差は1mm以内であり、き裂がある程

度長くなった場合には赤外線応力測定法での長さの推定が可能と思われる。面外供試体についても図4と同様の図が得られるが、き裂面の片側が溶接ビードであって、有効なデータはビードと逆側のもののみであること等から誤差がより大きくなった。

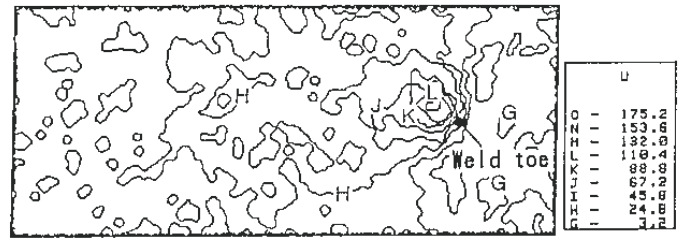


図2 主応力和等高線図(面内ガセット)

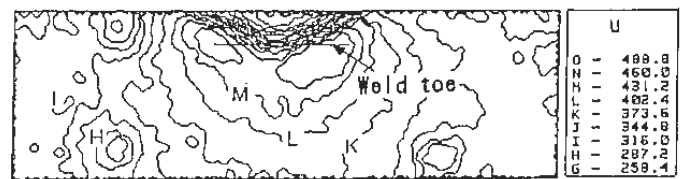


図3 主応力和等高線図(面外ガセット)

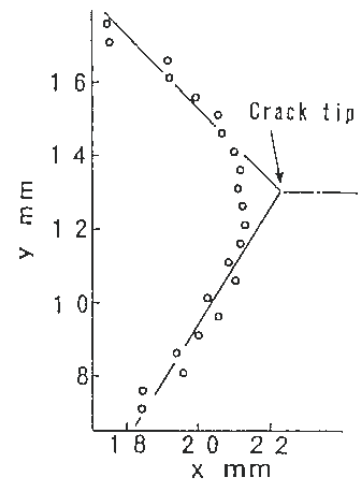


図4 き裂先端位置の推定

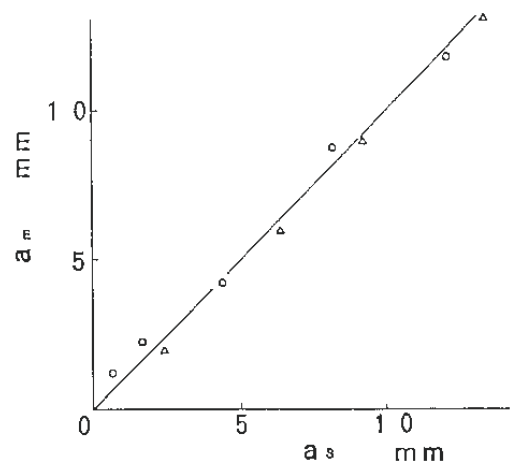


図5 a_s と a_m の関係

溶接継手に対する4種類の残留応力測定法の比較

機械研究部 橋内良雄, 本田 尚

1. はじめに

溶接継手に存在する残留応力は、構造物の静的強度や疲労強度を低下させることがあるため、これを精度よく測定することが必要である。現在、残留応力を測定する幾つかの方法が開発されているが、これらの方法の中には材料の組成や履歴、測定物の表面状態などに大きく影響されるものがあるため、測定対象物によっては目的とした結果が得られない場合がある。そこで本研究では、SM490A鋼のビードオンプレートに対してX線法、磁歪法、穿孔法、切断法の4種類の測定法を適用し、それぞれの残留応力測定法の特徴や精度について比較を行った。

2. 残留応力測定法

(1) X線法 X線法は $C_r - K_\alpha$ 回折線を用い、回折面を(211)として ψ 一定の並傾法で行った。回折強度曲線のピーク位置は半価幅中点法で決定した。測定の際には測定箇所を約2mmの深さまで電解研磨した。

(2) 磁歪法 センサー径25mmのリフトオフ検出型センサーを用い、励磁周波数500Hz、励磁電流100mAで測定した。磁歪法では主応力差が検出されるため、せん断応力差積分法を用いて主応力を分離した。

(3) 穿孔法 ASTM-E-837-85に定める穿孔法用ひずみゲージを所定の位置に貼付けた後、高速のエアモータで直径2mm、深さ2mmの穴を開け、その際に解放されたひずみから残留応力を求めた。

(4) 切断法 長さ1mm、ゲージ抵抗120Ωの3軸ひずみゲージを表裏同一位置に貼付け、ゲージの周囲を鋸およびグラインダーで切断し、その際に解放されたひずみから残留応力を求めた。

3. 測定結果

図6は溶接線方向の残留応力 σ_y の板幅方向の分布である。4種類の方法とも σ_y は溶接線上で正、その両側の母材では負となり、定性的には従来の結果と一致した。しかしながら定量的には、X線法と穿孔法はよく一致したが、切断法は両者に比べ全体に約100MPa大きく、磁歪法は他の測定結果より1オーダー小さな値を示した。磁歪法が他の測定結果より極端に小さい値を示した原因は、ビード付近の応力勾配に対してセンサー径が大きいため、平均した応力を測定していることによると思われる。

図7は溶接線上の残留応力 σ_y の分布を、切断法を除く3種類の方法で求めたものである。X線法と穿孔法は分布形状は良く一致したが、定量的には穿孔法がX線法に対して20%程度大きな値となった。これは残留応力が大きいため、穿孔の際に解放された応力によって孔の縁が塑性変形したためと考えられる。磁歪法は一方の溶接端から漸増する傾向を示した。これは主応力の分離法に原因があり、今後主応力を分離する方法を検討する必要がある。

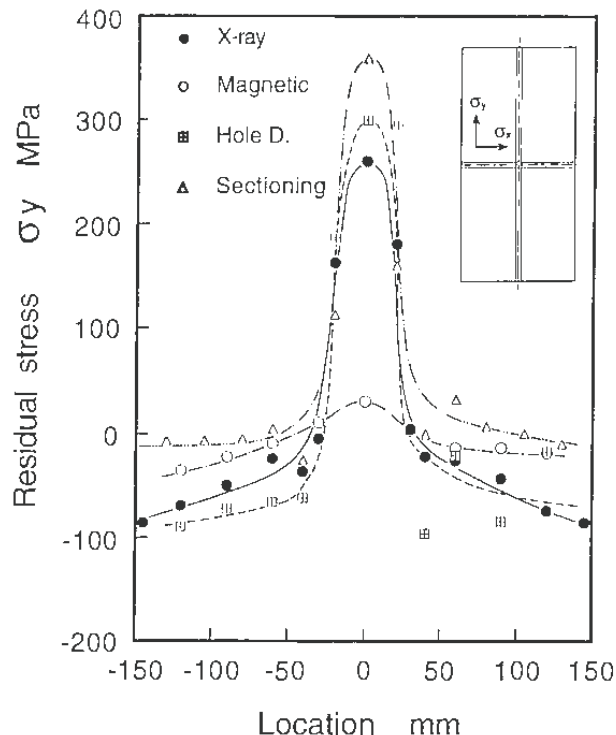


図6 溶接線方向の残留応力 σ_y の板幅方向の分布

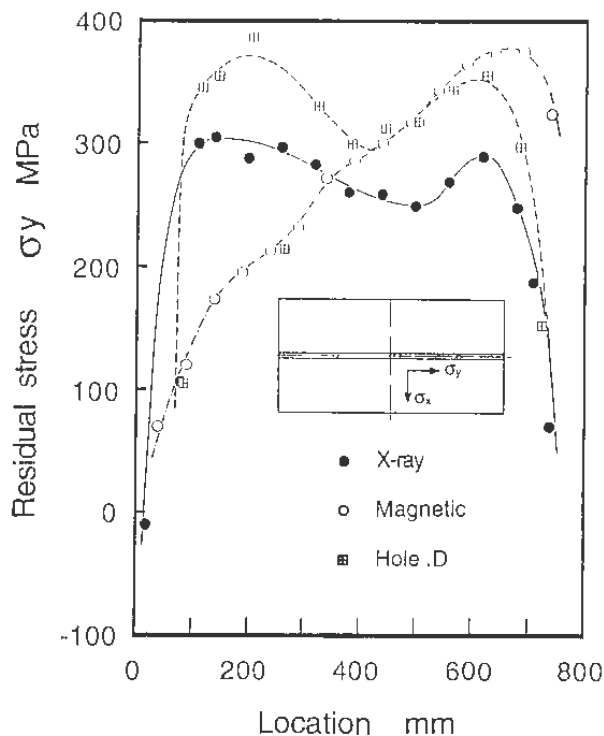


図7 溶接線上の残留応力 σ_y の分布

ひずみゲージを用いた疲労き裂モニタリング手法の検討

機械研究部 佐々木哲也

1. 緒言

機器・構造物に繰り返し荷重が負荷されると、溶接部等の応力集中部に疲労き裂が発生・進展し、破壊事故が起きることがある。このような事故を防止するためには、定期的に非破壊検査を行って、き裂が生じた部材を補修・交換する必要があるが、現状では非破壊検査でき裂を100%の確立で発見することは困難であって、発見されなかったき裂が次の定期検査までに破壊事故を引き起こすおそれがある。しかし、疲労き裂が発生する場所はほぼ応力集中部に限定されると考えよく、何らかの方法で応力集中部近傍のき裂を常時監視（モニタリング）することが可能であれば、破壊事故を回避できると考えられる。

そこで本研究では、小型・軽量かつ低価格という特長を有するひずみゲージを用いて、構造部材の応力集中部に疲労き裂発生・進展の検出機能を持たせるための手法について、基礎的な検討を行った。

2. 疲労き裂の検出方法および実験方法

ひずみゲージを用いた疲労き裂の検出方法としては、以下の2種類を試みた。

- (1) き裂近傍のひずみ変化を検出する方法
- (2) コンプライアンス変化を検出する方法

これらの方法を1本の試験片に対して同時に適用するために、図8に示すようなCCT（中央き裂入り）試験片を作製し、図中に示すような位置にひずみゲージを貼り付けた。

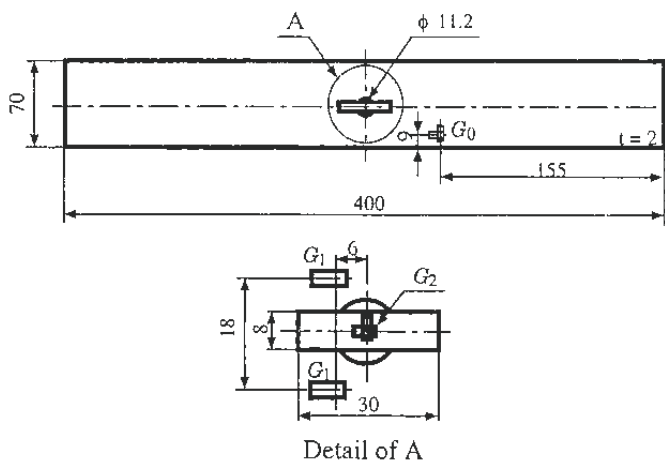


図8 試験片の形状及び寸法

(1)の方法では、き裂の影響を受けない位置のひずみゲージG₀によって計測されたひずみの最大値

ϵ_{0max} とき裂近傍のひずみゲージG₁によって計測されたひずみの最大値 ϵ_{1max} の比 $\kappa = \epsilon_{1max} / \epsilon_{0max}$ を連続的に計測することによって、き裂の検出を行なうことを試みた。

(2)の方法は、実験室でのき裂長さの計測にしばしば使用されるコンプライアンス法に他ならない。しかし、実機に適用することを考えた場合、通常のコンプライアンス法のようにクリップゲージを取り付けることは困難である。そこで、本研究では塩化ビニールの薄板（板厚0.25mm）をき裂をまたがせるようにしてシアノアクリレート系接着剤で試験片に接着し、その薄板に接着されたひずみゲージG₂によって計測されたひずみの変化幅 $\Delta \epsilon_2$ とG₀によって計測されたひずみの変化幅 $\Delta \epsilon_0$ の比 $\lambda = \Delta \epsilon_2 / \Delta \epsilon_0$ によってコンプライアンスを代表させた。

なお、供試材はアルミニウム合金2024-T3であり、試験片には応力比R=0.1、応力振幅 $\Delta \sigma = 128 \text{MPa}$ の正弦波状一定振幅荷重（周波数5Hz）を負荷して疲労き裂を発生・進展させた。

3. 実験結果と考察

図9は荷重繰り返し数Nと先に定義した κ , λ の関係を表している。図中には、移動式光学顕微鏡を用いて計測したき裂長さaとその時の荷重繰り返し数も示してある。

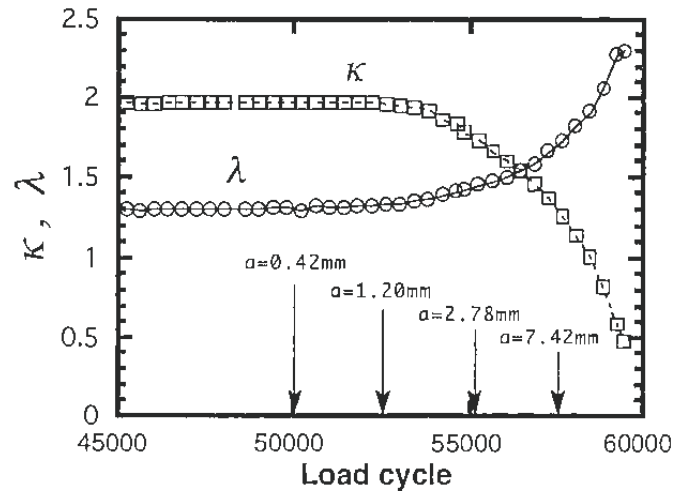


図9 荷重サイクル数と κ , λ の関係

移動式光学顕微鏡によってき裂が初めて観測されたのは、き裂長さa=0.42mmの時であるが、 λ はこの頃から変化し始めている。一方、 κ が変化し始めたのはき裂長さが1.20mmになった頃からであり、本実験では(2)の方法の方がき裂発生を検出感度は優れていたが、両者で大きな差はない。しかし、(2)の方法はき裂の正確な発生場所が事前に予測できない場合にも適用可能であるので、(1)の方法と比較して有利な場合が多いと考えられる。

圧力容器用部材の経年強度特性データベースの開発

機械研究部 前田 豊, 佐々木哲也

1. はじめに

本研究は、機械災害の防止のための諸対策を支援するデータベースの開発を目的とした研究「機械の安全性データベースの開発」の一環として、鋼材の強度を対象とした材料データベースの開発を目指すものである。

材料データベースにはすでに各種のものが存在するが、圧力容器用部材としても多く使用されているクロムモリブデン鋼について、特にその経年強度特性をデータベース化したものは未だない。経年強度特性は機器の使用中の寿命診断などに欠かせないデータであり、規格の制定・改訂の際の基礎データとしても重要である。そこでクロムモリブデン鋼を主とした圧力容器用部材の経年強度データベースを開発することとした。

2. データの構造

DBMSは取り扱いの軽さを考えてパソコン版のdBASE IIIplusを選択した。ただし、将来は汎用計算機あるいはワークステーションへ移植するものとした。このため、データは必ずしもパソコン版DBMSで扱うのに適した範囲に限定せず、採り入れられるものはなるべく採り入れることとした。なお、データは文字データあるいは数値データに限定し、破断面の写真など、画像データは含めていない。図10にデータの構造を示す。

3. データ入力の手順

データ入力に当たっては、入力項目とそのコードが一目でわかるような形式のデータ記入用紙を作り、これに記入の後コーディングすることとした。

また、データ提供者がそれぞれ入力作業を行う過程で、記入用紙への記入を省略してファイルに直接入力した方が容易な場合があるため、ワープロあるいはエディタによる直接入力方式も検討した。

すなわち、記入用紙とほぼ同一の形式のワープロファイルを作成してこれに入力することとした。その際、入力箇所にはロック枠を設定して入力の便宜を図るとともに位置のずれを防止した。ワープロ入力の場合、記入文字を全角文字とせざるを得ないため、これを半角文字に変換し、更にデータベースファイルに落とし込むまで、図11に示すように数段階のデータ変換を行った。

4. 終わりに

パソコンは操作が容易である反面、大量のデータを取り扱うには限界がある。今後はデータの追加、データベースの活用法、他機種への移植などを検討する予定である。

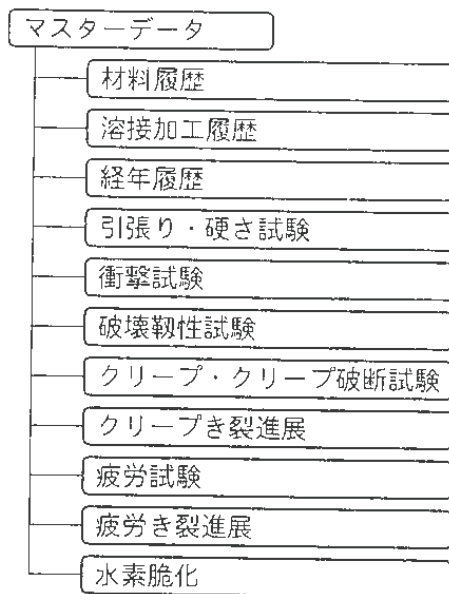


図10 データの構造

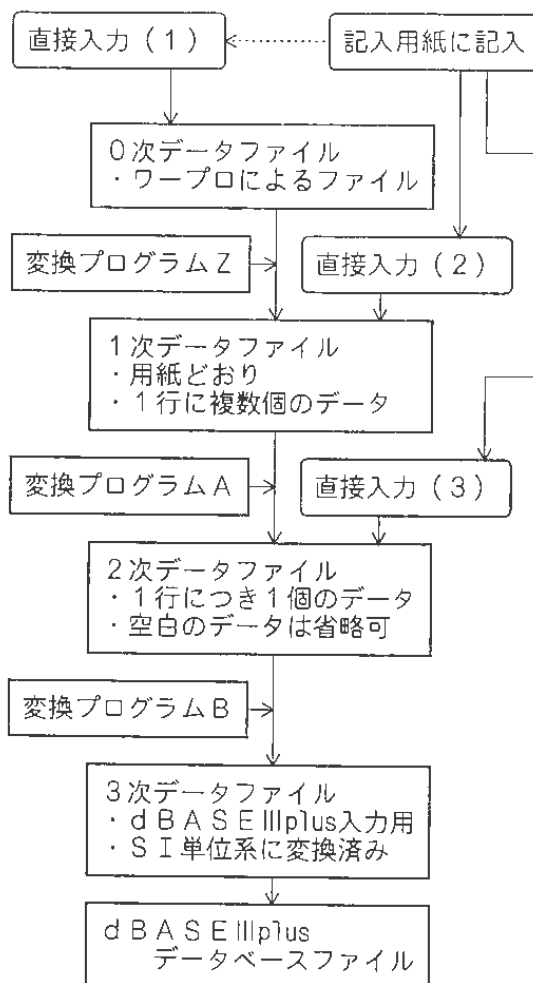


図11 データ変換の流れ

高齢者を対象にした場合の等価騒音レベル評価法の適用限界に関する研究

機械研究部 江川 義之

1. はじめに

平成4年10月に労働省が策定した「騒音障害防止のためのガイドライン」においては、騒音を等価騒音レベルで評価することを定めている。そこで、この評価法を高齢者に適用した場合について実験を行い、適用限界等を明らかにした。

2. 研究方法

高齢者は断続騒音の騒音中断時間に余韻音が耳に残りやすく、余韻音が騒音の大きさの評価に影響することが考えられる。そこで、余韻音残留レベルを次の方法を用いて調べた。

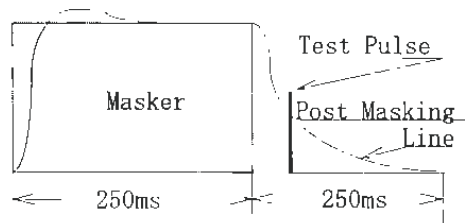


図12 余韻音残留レベル計測法

250msの騒音 (Masker) に250msの中断時間を加えた断続騒音を用い、騒音中断時間中にテストパルスを挿入し、これを識別させて余韻音残留レベルを計測した。

余韻音残留レベルの計測後、耳に余韻音が残りにやすい群 (A群) と残りにくい群 (B群) に被験者を分け、断続騒音の大きさ評価を行った。評価に用い

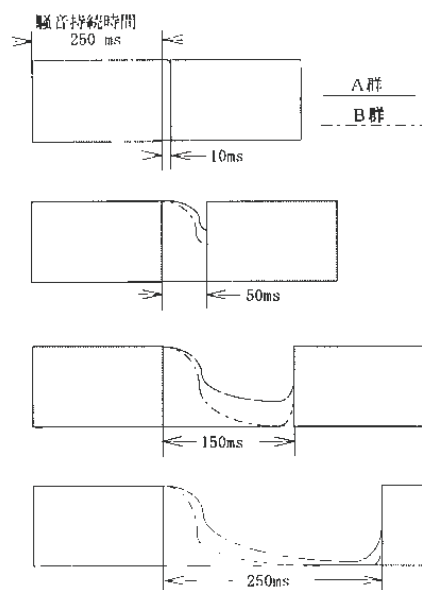


図13 音の大きさ評価に用いた断続騒音の種類

た断続騒音は、持続時間を一定 (250ms) にして中断時間を10、50、150及び250msの4種類に変化させた (図13参照)。各被験者にこれらの騒音を聴取させ、調整法を用いて、同じ大きさに聴こえる連続音を選定させ、連続音を比較することにより4種類の断続騒音の相対的大きさを調べた。

3. 研究結果

余韻残留レベルの計測を行った結果、Masker停止後50ms時点で、Maskerレベルから-10~-11dB低下する被験者群 (A群: 5名 年齢45, 65, 76, 78, 79歳) と、-15dB以上低下する被験者群 (B群: 7名 年齢21, 22, 23, 24, 78歳) に分類され、高齢者の方が騒音の余韻音が耳に残りやすい傾向が現れた。

図14及び15に、これらA・B群を対象に4種類の断続騒音の大きさを評価させた結果を示す。

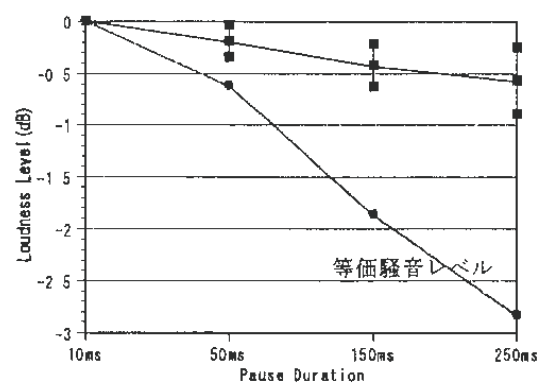


図14 断続音の音の大きさ (A群)

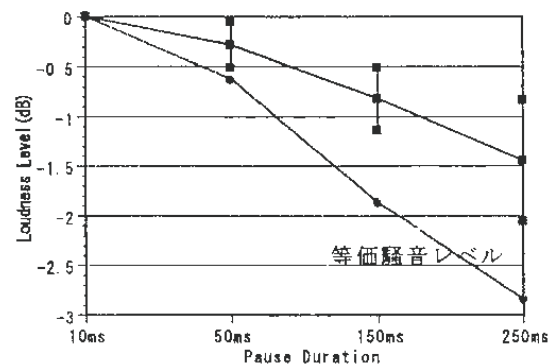


図15 断続音の音の大きさ (B群)

縦軸は中断時間が10msの断続騒音を基準にした場合の相対的な音の大きさの評価レベル、横軸は断続騒音の中断時間を示し、さらに等価騒音レベルの相対的低下を示した。このグラフによると、A群はB群より断続騒音の中断時間が長くなるに従い騒音を大きく評価している。この結果から、中断時間の長い断続騒音では、余韻音の残留レベルの高い高齢者は、若年者より断続騒音を大きく評価する傾向のあることが認められた。

機械研究部 杉本 旭

1. はじめに

重量物の組付け作業に多くの高齢作業者が従事しているが、荷振れを抑えたり、クレーン操作者と連携して大型部品の位置合わせを行うなど、危険作業となる場合が少なくない。本研究では、重量物をクレーンで保持した状態で、遠隔操作によって精密位置決めを行うためのマニピュレータの試作を行ったが、ここでは、マニピュレータ本体の転倒を回避しつつ荷振れ停止を行う安全制御を中心に述べる。

2. 機械の協調作業の安全条件

機械と機械（又は機械と人間）が共同作業を行うとき、安全の条件は一般に次のように表される。

$$S = 1; f < f_H$$

$$0; f \geq f_H \quad \dots(1)$$

ここに、 f は機械の出力、 f_H は作用を受ける対象の力の許容限界を示し、また $S \in \{1, 0\}$ は安全を示す論理変数である。力出力を伴う制御では、安全でないとき（ $S = 0$ ）には確実に制御を停止しなければならない。そこで制御の実行 $W \in \{1, 0\}$ は次の論理不等式によって制御される。

$$S \geq W \quad \dots(2)$$

しかし機械はすぐに停止できないので、 $f = f_H$ となる限界の手前で停止するための判断基準 $f_c (< f_H)$ による安全を改めて $S_c \in \{1, 0\}$ とすると、式(2)は具体的には次式で実行される。

$$S \geq S_c \geq W \quad \dots(3)$$

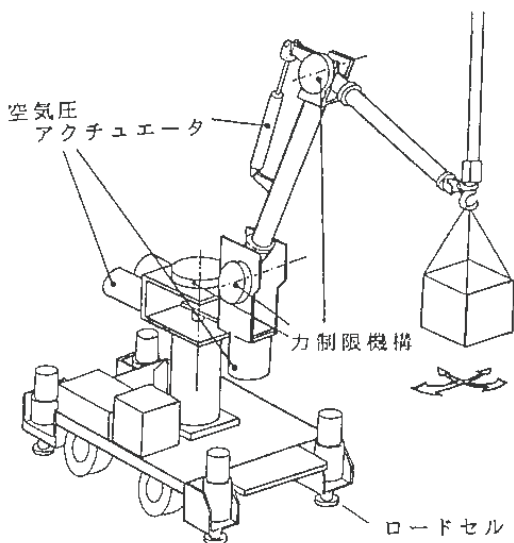


図16 重量物搬送介助マニピュレータ

式(3)によれば、力出力を監視するセンサは、停止すべき状態で出力0、そこから離れるほどエネルギーが大きくなる出力特性とし、併せて、センサ出力を増大して制御 W のエネルギー源とする必要がある。これはユニートな論理関係と呼ばれ、故障時出力を生じないフェールセーフな制御が実現される。

3. マニピュレータの転倒防止条件

3.1 マニピュレータの構成

マニピュレータの外観を図16に示す。本機は肩関節の2自由度と、肘関節の1自由度、及び、手部としてのワイヤ掴み装置によりなる。それぞれ空気圧アクチュエータによって駆動される。本体は4輪の台車上に設置され、アウトリガには荷振れの状態を検知するためのロードセルが取付けられている。

荷振れ停止には、制動機構（静摩擦）を用いて荷振れのエネルギーを消散する方法を採用した。制動機構として電磁摩擦ブレーキを用いており、供給する電流を調整することで荷振れの減衰を行っている。

3.2 荷振れ停止制御の実験結果

荷振れの停止に伴う制動力によって本体が転倒する怖れがある。そのため、最大制動力による転倒位置を明らかにし、その手前に制御の限界位置を定め、ロードセルによる安全の判断 S_c がその位置で $S_c = 0$ となるようセンサ出力を調整した。

実験では、1 tonの荷重に荷振れを生じさせた状態で荷振れ停止を行った。図17に、旋回軸を用いて行った制御結果の一例を示す。同図の(A)は、制御を行わない場合であり、荷振れが長い間継続している。同図(B)及び(C)は電流をそれぞれ0.3A及び0.6Aとした場合の制御特性を示し、荷振れが速やかに減衰していることが分かる。センサ出力に比例する電圧を電磁ブレーキ用電流の最大値となるよう調整することにより、制御において生ずる誤りが決して危険側とはならない（即ち制御停止の方向に一致する）フェールセーフな制御が実現される。

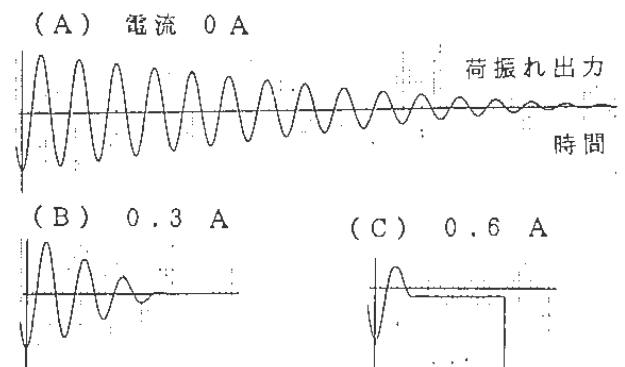


図17 荷振れ停止制御特性の例

高齢者の安全確保に関する研究
 ー産業用ロボットの安全機構ー

機械研究部 梅崎重夫, 深谷 潔
 杉本 旭, 糸川壮一

1. 研究目的

産業用ロボットでは、教示、点検、調整、修理のようにロボットの運転を停止せずに行う作業も多い。特に、高齢者では、注意が一点に集中する傾向があるため、この種の作業への対応が困難な場合もある。

また、高齢者は、ロボットを停止して生産性を低下させることに強い抵抗を感ずることも多く、さらに、停止後の復帰操作は高齢者が不得手とするME機器の操作であることから、ちょっとした作業であればロボットを止めずに作業したいという意識も働き、これが災害の背後要因となる場合もある。そこで、本研究では、こうした高齢者特性を配慮した産業用ロボットの安全機構の試作を行った。

2. 安全化の対象とした模擬作業

本研究では、品種の異なる円柱状の物体3個を高齢者が図18の作業台A上に搬入し、これをロボットNo.1（搬入口側）→コンベヤS→ロボットNo.2→コンベヤN→ロボットNo.1（搬出口側）と搬送していく過程で、一枚のパレットに乗せた後、最終的に作業台B上に搬出していくという模擬作業を想定した。なお、パレットはロボットNo.3から供給される。

3. 試作した安全機構

3.1 過負荷防止用トルク制限機構

これは、高齢者がロボットの教示等の作業を行うときに、誤って過大な力がロボットから高齢者に作

用することを防ぐ機構である。

この機構は、電磁クラッチに類似した構造を持ち、通電時にはクラッチの作用により駆動軸側と従動軸側を連結させて大きなトルクを伝達する。一方、非通電時には駆動軸側と従動軸側の連結を解除し、両者の連結を結合ピンだけに依存する構造としているため、一定値以上のトルクを伝達できない。従って、教示等の作業時に非通電とすれば、誤ってロボットが高齢者と接触しても、結合ピンが滑るために過大な力が高齢者に作用することが避けられる。

3.2 ホールド停止監視機構

これは、ホールド停止状態のロボットが暴走したとき、直ちに電源を遮断してロボットを停止させる機構である。この機構では、待機命令によってロボットのマニピュレータを定位置に移動させておき、ロボットが暴走したときは、定位置から外れることにより安全スイッチを強制開離させて駆動源を切る機構を考案した。これは、ロボットの点検、調整、修理等のように、マニピュレータを定位置に移動させて行うことが可能な作業に有効と考えられる。

3.3 領域分割制御

本研究では、ロボットの運用効率を上げるために、人間とロボットが同一領域内で交互に作業する方式（領域分割制御）を採用している。この方式では、ロボットが作業している作業台に向けて、高齢者が不意に進出したような場合に、直ちにロボットの駆動源を遮断して、完全停止させなければならない。このために設けたのが、急停止用の安全制御回路であり、仮に回路自身が故障したときはロボットを急停止させるように、フェールセーフな構成としている。

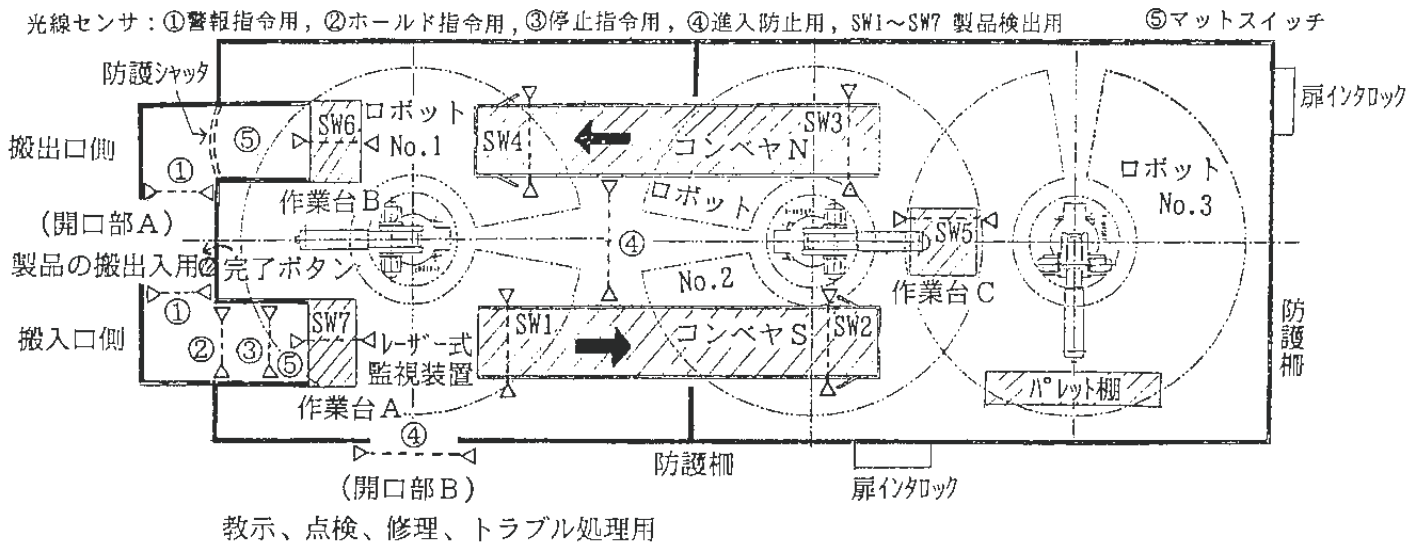


図18 安全機構を適用したシステム

吊り上げ用具類の新検査技術に関する研究 —ワイヤロープの曲げ疲労損傷特性—

機械研究部 田中正清

1. はじめに

クレーン用のワイヤロープをはじめとする吊り上げ用具類の破壊を原因とする災害の防止のため、それらに生じる損傷の特性解明と検出技術の向上を目的とした研究を実施している。ここではその一環として、クレーンのジブ起伏および巻上げ用に多用されているロープ心入り(IWRC)ワイヤロープの内部損傷発生要因究明のため実施中のS曲げ疲労試験のうち、主として繰返し数と素線断線数との関係を検討した結果について報告する。

2. 供試ワイヤロープおよび実験方法

これらの詳細については前年度年報に述べたので省略するが、供試材はIWRC 6×Fi(29)とIWRC 6×WS(31)であり、それらを張力が破断荷重の1/5、繰返し速度10cpm、 $D/d=16$ および12.8にてS曲げ疲労試験し、異なる幾つかの損傷段階での素線断線状態を詳細に検討した。

3. 実験結果および考察

前報で、IWRC 6×Fi(29)の場合、クレーン構造規格で許容されている $D/d=16$ 、定格荷重(破断荷重の1/5)相当の張力の条件下で、内部断線の数が、肉眼観察による1ロープピッチ毎の可視断線の数に比べ、疲労初期はもちろん末期でも2倍を超えていることを報告した。このように外部より内部での損傷の方が著しくなる内部損傷先行性は、今回実験した $D/d=12.8$ においてさらに顕著となることが確認できた。

D/d が16より大きい条件については目下検討中であるが、 D/d が20から25と大きくなるにつれロープ破断寿命 N_f が長くなっているため、内部断線の先行性も低下あるいは消失すると予想される。

一方、IWRC 6×WS(31)では、IWRC 6×Fi(29)に比べ全体に N_f がかなり長くなっているが、内部断線先行性そのものはほぼ同程度である。ただ、このワイヤロープでは内部断線のうち谷断線が占める割合が多く、直径20mm程度までならロープを折曲げて肉眼観察することによりその大部分が検出できるので、IWRC 6×Fi(29)の場合よりも損傷状態の把握は容易と思われる。

図19は、疲労による損傷進行特性として、試験ロープの中心の両側各々5ピッチ(番号R1からR5とL1か

らL5)について、繰返し数 N と1ピッチ毎の可視断線数 C_v との関係を求めた結果の一例である。同一ピッチ内での断線数 C_v の増加状態はかなり不規則ないし不連続であるが、 C_v の最大値 C_{vmax} は比較的滑らかに増加している。 C_{vmax} と N とを両対数プロットすると図20のように両者はほぼ直線関係にある。したがって、最大可視断線数は次式で近似できる($D/d=16$ の場合、相関係数 $r=0.94$ 、 $D/d=12.8$ の場合 $r=0.86$)。

$$C_{vmax} = A \cdot N^m \quad (1)$$

ここで A, m は D/d により異なる定数である。

一方、分解による素線断線数の調査結果から、素線断線総数の最大値 C_{tmax} も次式のような N のべき関数で表示できる。

$$C_{tmax} = B \cdot N^n \quad (2)$$

ここで B, n は定数である。

式(1)および(2)から、 C_{tmax} はさらに C_{vmax} のべき関数として表示できる。このような関係を代表的な使用条件に対して求めておけば、損傷進行状態の定量的な推測が可能であり、安全管理上も好都合と考えられる。

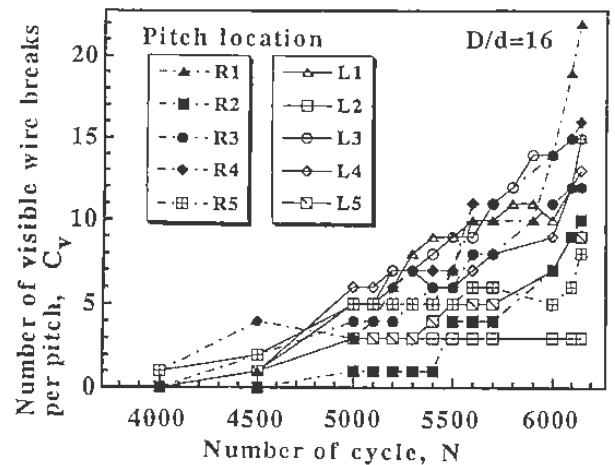


図19 S曲げ繰返し数 N と可視断線数 C_v との関係

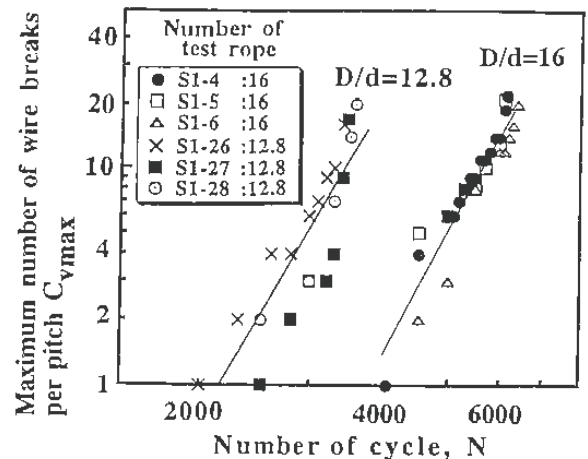


図20 S曲げ繰返し数 N と可視断線数最大値 C_{vmax} との関係

ワイヤロッドのフレット疲労特性

機械研究部 橋内良雄, 本田 尚

1. 研究目的

ワイヤロープの損傷原因の一要因として、素線同士の擦れ合いによって生じるフレット疲労現象が指摘されている。そこで、フレット疲労によるワイヤロープの損傷機構に関する知見を得るために、ワイヤロッドを用いてフレット疲労試験を行い、疲労特性に及ぼすパッド形状およびパッド押付け力の影響について検討した。また、破面観察を行い起点や破面形態の特徴を調べた。

2. 供試材および実験方法

供試材は直径が11mmのワイヤロッドであって、これを引抜きにより直径7mmに加工して試験片として用いた。なお、パッド材は高炭素軸受け鋼SUI2であって、パッドの形状は半径が試験片のそれと同一になるようにした半円筒のものと、台形状パッドを作製した。試験は容量98kNの電気油圧式サーボ疲労試験機に、図21に示すフレット装置を取付けて、繰返し速度5Hz、応力比 $R=0.1$ で行った。パッドの試験片への押付け力は多くの場合約1.2kNになるように調整したが、一部は押付け力の影響を調べるためには0.3~3.8kNの範囲で変化させた。試験後、起点を中心にして走査電子顕微鏡で破面観察を行った。

3. 実験結果

図22は丸パッドを用いてパッド押付け力を約1.2kNとしてフレット疲労試験を行った際の応力範囲と繰返し数の関係を示したもので、 10^7 回における疲労強度（応力振幅）は138MPaである。

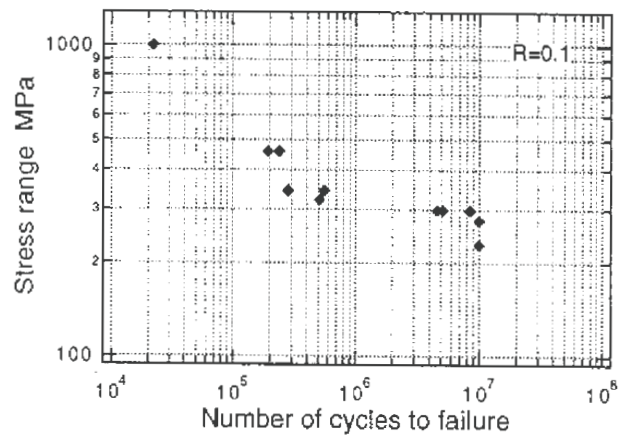


図22 S-N曲線 (押付け力1.2kN, 丸パッド)

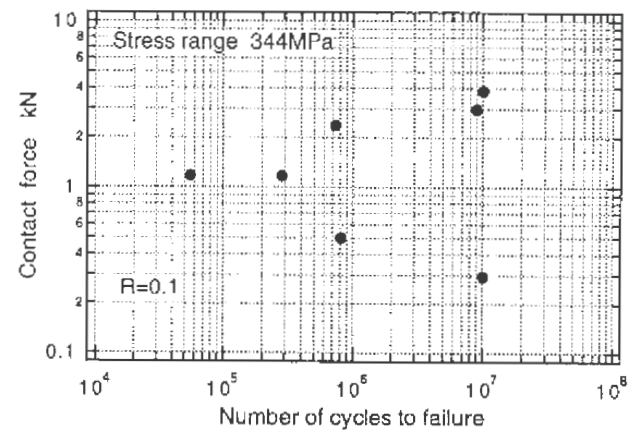


図23 疲労強度に及ぼす押付け力の影響

平パッドではデータが少なく、ばらつきも多いため明確ではないが、疲労限度は162MPa程度と推定される。パッド形状と疲労強度の関係について見ると、接触面積が広い平パッドの方が寿命が増加する傾向が認められる。図23は負荷応力範囲を一定(344MPa)として丸パッドを用いて押付け力と疲労寿命の関係調べた結果であって、押付け力が約1.2kN程度で最も寿命が短くなっている。これは押付け力が低下すると試験片表面で摩擦が減少してフレットが起きにくくなるためと考えられ、逆に押付け力が増加したときには、試験片とパッドとの間の相対すべり量が減少するためと推察される。押付け力が一定の場合、摩擦力は寿命の極く初期を除いてほぼ一定であった。

4. まとめ

- (1) パッド押付け荷重が疲労寿命に及ぼす影響を、負荷応力範囲を344MPaとして0.3~3.82kNの押付け荷重範囲について調べた結果、押付け力が1.2kNの場合に寿命が最も低下した。
- (2) 疲労寿命はパッドの形状によって異なり、接触面積の大きい平パッドの方が寿命の増加が認められた。
- (3) パッド押付け力が一定の場合、摩擦力は寿命の初期を除いてほぼ一定であった。

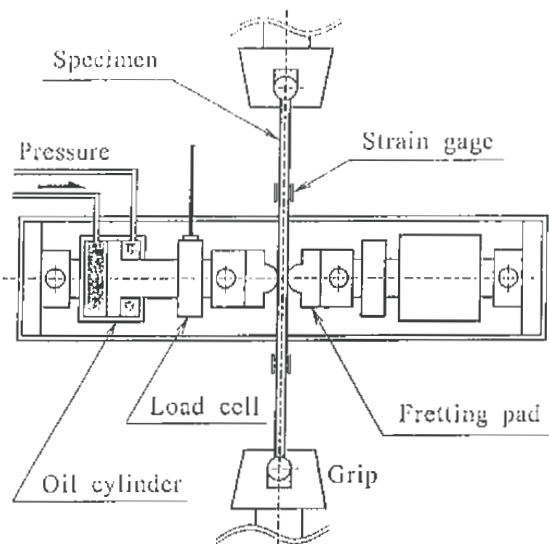


図21 フレット装置

水平急加速装置を用いた歩行環境条件の危険性の評価 —ハイヒールについて—

土木建築研究部 永田久雄

1. はじめに

ステップ状の加速外乱刺激による直立姿勢のバランス失調と、その時の加速外乱刺激の加速値・加速時間に関する予備的な実験を実施した。特に、ハイヒール着用時と裸足時における直立姿勢の保持限界能力を求めた。

2. 実験方法

被験者は女子3名（平均年齢22.3歳、22～23歳）で、平均身長と体重は152cm及び45kgfである。実験時には、図24に示すようなステップ状の加速時間・加速値を用いた。踵の高さが9cmのハイヒールを被験者に着用させ、横開脚姿勢に対して、図25に示す前方と後方へ倒す加速力を加えた。倒れたかどうかは、超小型ビデオカメラのモニター画面から判断した。

姿勢が安定したかどうかを、足圧分布測定センサーシートの足圧中心点の動きから確認し、その後、走行台を静止状態から急発進させる方法をとった。9段階の加速時間別に加速外乱刺激を被験者に与え、直立姿勢が保持できなくなるまで刺激を繰り返し加えた。刺激を加えてから、被験者が衝撃吸収パッドに倒れかかるか、倒れるのを防ごうとして、とっさに実験台の手摺につかまる動作をした場合、あるいは片足が地面から離れた場合は、バランス失調による倒れを避けるための動作とみなし、直立姿勢の保持限界とした。

3. 結果と考察

図26及び27に示す実験結果から、加速時間と姿勢保持限界値には密接な関連があることが明らかとなった。加速時間が1000ms以上では、加速限界値がほぼ安定してきており、それ以下の範囲では、加速時間が短くなるにつれて加速限界値が急激に増大してゆく傾向がある。図26に示す実験結果からは、前方からの力に対して、ハイヒールと裸足との姿勢保持の限界差はほとんど見られない。しかし、図27からわかるように、後方からの力に対しては、ハイヒールでの限界値は、加速時間に関係なく裸足より低くなる傾向が見られた。つまり、後方から力が加わった場合に、ヒール高の差が強く現れることが判明した。

以上より、直立姿勢保持限界を評価するにあたっ

ては、加速外乱刺激の加速時間を無視して考えることはできず、また、体を前方へ倒す力に対して、裸足では抵抗力がより強くなるが、ハイヒールでは変化が見られないことが判明した。

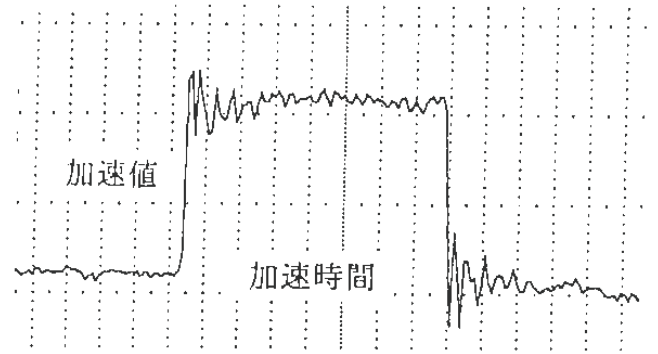


図24 加速外乱刺激の実測値例

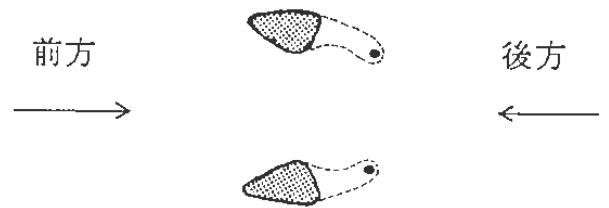


図25 履物位置と力の方向

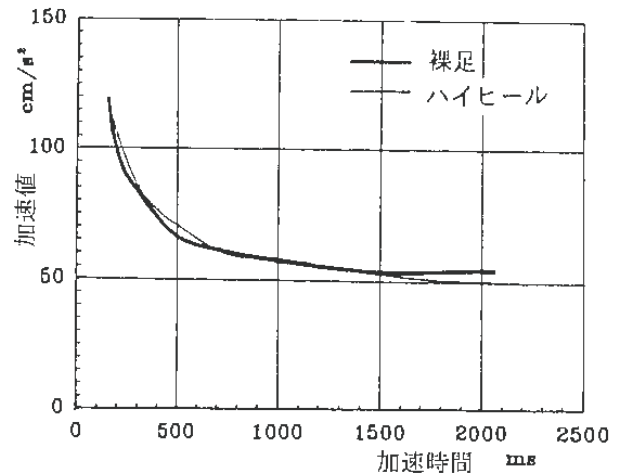


図26 加速時間と加速値（前方からの力）

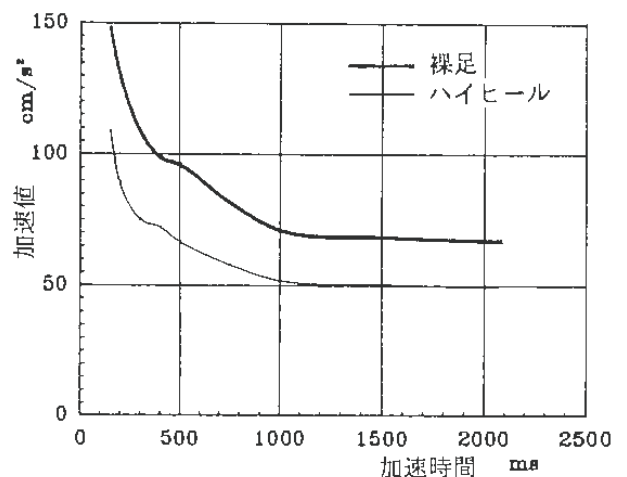


図27 加速時間と加速値（後方からの力）

作業省略による災害の背景にあるヒューマンファクターの研究

土木建築研究部 白井伸之介

1. 研究目的

作業者が本来必要とされる作業を省略したことによる災害事例は数多く報告されているが、本研究では、なぜ作業が省略されるのか、その背景にある種々の人的要因（ヒューマンファクター）を明らかにするため、質問紙法を用いて調査・分析を行った。

2. 研究方法

電力会社の配電部作業員243名に対して調査を行った。質問項目では、まず検電や安全帯着用など5つの安全手段に関して、それぞれどのような時に省略されるのか、その状況や背景要因について、質問紙に提示された複数の選択肢から該当するものに○印で回答を求めた。その後、作業の省略によって生じた回答者自身のヒヤリハット体験について、その内容及び考えられる原因を、自由記述により回答を求めた。本稿ではヒヤリハット体験の記述内容を、原因レベルで分析した結果について述べる。

3. 分析結果

作業省略から発生したヒヤリハット体験については204名（84.0%）が回答した。その内容をKJ法を用いて現象レベル及び原因レベルから分類し、分析を行った。原因レベルでの分類結果を図28に示す。

省略の背景となる原因としては、主として「思い込み」によるもの（36.8%）、「急ぎ」によるもの（25.5%）、「面倒」によるもの（16.7%）の3つが主要なものであり、それらの3要因が全体の79%を占めている。また、これら以外の原因としては「外

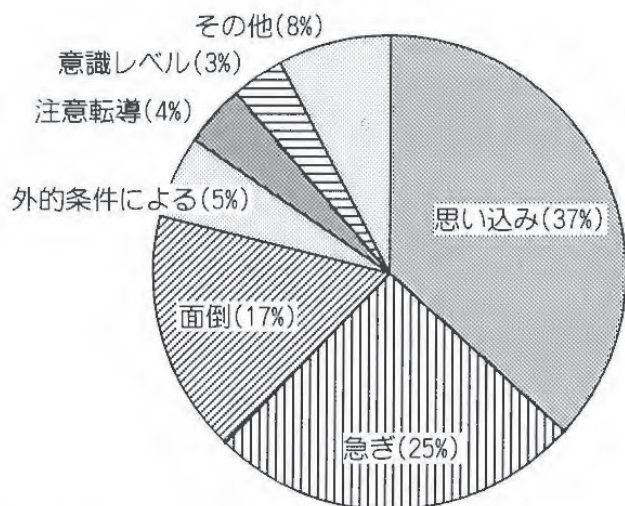


図28 作業省略によるヒヤリハットの原因別分類結果

的條件による省略」（5.4%、作業場所が暗く防災面を着用すると見にくいため等）、「注意転導」（4.4%、異常箇所に気をとられ周囲を見ない等）、「意識レベル」（3.4%、疲れからぼやっとして等）が多かった。

「思い込み」がなぜ生じたのか、その背後要因をさらに分析すると、「過去の経験による思い込み」と「判断の誤りによる思い込み」があげられ、特にこれまでの経験上問題がないから作業や確認を省略する、という「過去経験による思い込み」が約6割を占めていた。

「急ぎ」に関連する記述では、単に「急いでいた」「焦っていた」という表現が多く、なぜ急いでいたのか、なぜ焦っていたのか、その「急ぎ」や「焦り」が発生する背景について言及した事例は少なく、今回はその分析を十分に行うことができなかった。

「面倒に思う心理」をその背後要因で分析すると、「心的負担で面倒」と「軽作業で面倒」の二つに分けることができた。前者の例として、「遠くて取りに行くのが面倒」「他の作業者に頼んで運び上げてもらうのが面倒」等があり、後者では、「短時間の作業であるから」「簡単な作業だから」という作業の安易さが省略の重要な要因と考えている回答が多かった。

4. まとめ

作業の省略は、災害やヒヤリハットの直接的原因となるが、災害防止のためには、なぜ省略行為が行われたのか、さらにその背後まで深く分析する必要がある。災害とその背景にある原因は図29に示すような関係にあると考えられる。本研究の分析によれば、災害やヒヤリハットに関して、その原因レベル1に位置づけられる作業省略の背景には、「思い込み」、「急ぎ」、「面倒」という3つの心的状況性（原因レベル2）が抽出され、それらは全体の79%を占め、作業省略発生 of 主要な要因であることが明らかになった。今後は、それら3要因がどのような状況下で発生するのかを解明する分析を行い、原因レベル3に位置づけられる種々の発生条件をさらに詳細に検討する予定である。

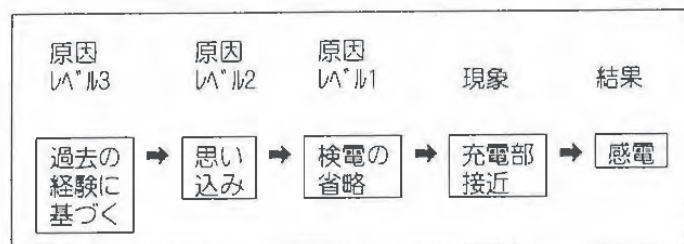


図29 災害とその背景にある各種原因レベルの1例

梁式型枠支保工の支点としての合板型枠の強度に関する一実験

土木建築研究部 河尻義正, 大嶋勝利, 小川勝教

1. はじめに

建物のスラブのコンクリート打設においては、最近、主に省力化の目的で仮設の梁を本設の梁の型枠にかけて型枠支保工とする工法が多く見受けられる。しかし、この方式では支点の型枠に大きな荷重が集中するため、一旦施工を誤ると型枠の横倒れやせき板などの破壊が生じ、ひいては支保工全体の倒壊災害に発展するおそれがある。そこで、合板型枠について型枠の施工精度と強度に関する実験を行った。

2. 実験方法

実験には梁型枠の一部を模した図30に示す実大型枠を用い、荷重点に圧縮試験機により集中荷重を与えたときの型枠の破壊状況と最大荷重を調べた。供試体は、梁式支保工と型枠の縦受け桟木及び流し材の偏心を想定して、荷重点、縦受け桟木及び流し材の位置を相互にずらせたものとした。せき板と周辺の桟木は45cm間隔に釘付けとし、また、せき板はJAS型枠用合板の第2種12mm厚、桟木は米杵の角材(47×23mm、縦受け桟木は2-47×23mmと50×60mmの2種類)、セパレータは7mmφ、釘は50-2.45mmφとした。荷重点位置とそれに対する縦受け桟木の偏心量を表1に示す。

3. 実験結果

表1に最大荷重と破壊状況を、図31に縦受け桟木と荷重点の偏心量と最大荷重との関係を示す。

①荷重点と縦受け桟木に偏心がある場合、強度は上横桟木の曲げ破壊で決まり、荷重点1カ所当たりの

最大荷重は偏心量が50mmのとき768~1700kgf、100mmのとき636~888kgfであり、偏心量に比例して低下する。特に縦受け桟木が50×60mmに比べ2-47×23mmのときに低下が大きい。

②荷重点と縦受け桟木に偏心がなく縦受け桟木が流し材のスパン中央にある場合、強度は下横桟木、底せき板及び根太が一体となった曲げ破壊で決まり、最大荷重は1414~1468kgfである。

③荷重点、縦受け桟木及び流し材に偏心がない場合には最大荷重は2000kgf以上である。

梁支点には使用条件により900kgf程度の荷重が作用することがあるが、以上の結果から、組立精度のいかんによっては型枠に破壊のおそれがあることが判明した。

表1 実験条件と結果

実験	荷重点	偏心量 (mm)	最大荷重 (kgf)	破壊状況
No. 1	C	左100	695	(1)
No. 2	B	なし	2275	(2)
No. 3	A	右50	978	(1)
No. 4	A	左100	636	(1)
No. 5	C	右50	1042	(1)
No. 6	B	左50	1700	(1)
No. 7	B	右100	888	(1)
No. 8	A	なし	1414	(3)
No. 9	A	右50	768	(1)
No.10	C	左50	892	(1)
No.11	B	なし	1468	(3),(4)

- 1) No.8, No.11は縦受け桟木が流し材のスパン中央にある場合
- 2) No.6, No.7, No.8は縦受け桟木が50mm60mm, 他は2-47mm×23mm
- 3) No.11は中斷セパレーター, 横ばたなし
- 4) No.2は途中で載荷中止
- 5) 破壊状況
 - (1) 上横桟木の圧縮・曲げ破壊
 - (2) 上横桟木のめりこみ
 - (3) 下横桟木, 床せき板及び根太の曲げ破壊
 - (4) 縦受け桟木の座屈

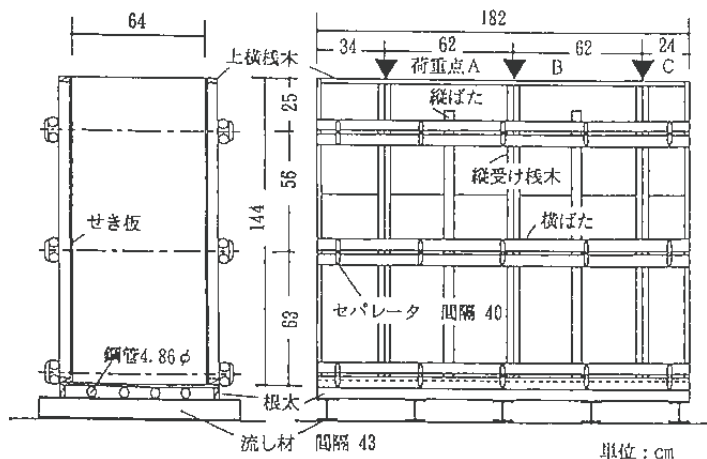


図30 供試用梁型枠

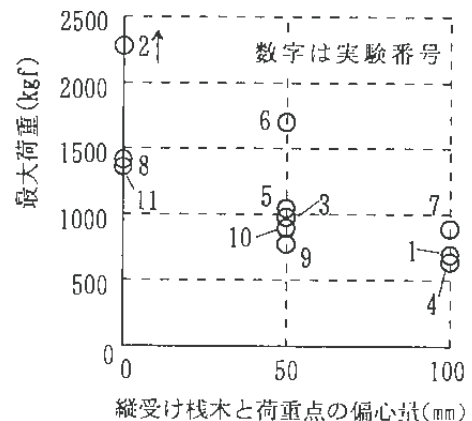


図31 縦受け桟木の位置と型枠強度

半剛接合部を有する仮設構造物の振動特性

土木建築研究部 大嶋勝利, 河尻義正, 小川勝教

1. はじめに

仮設構造物は容易に組立・解体ができるよう、接合部にくさび式などの取付け・取外しが簡単なものが使用されている。これらの接合部は半剛接合となっているが、構造物全体の強度を調べるためには、このような半剛接合部の曲げ剛性を明らかにする必要がある。そこで、本研究ではくさび式接合部を有する仮設構造物を対象として、接合部の曲げ剛性を変えた場合の振動実験および数値解析を行い、構造物の固有振動数と半剛接合部の曲げ剛性との関係について検討した。

2. 実験および解析方法

本研究で対象としたくさび式接合部は、図32に示すように、くさびを打ち込むことによりフランジに固定する形式のものである。振動実験は、この接合部を有する骨組みの供試体を、図33に示すように2層に組み立てたものに対して行った。その際、半剛接合部の曲げ剛性を変えるために、くさびの打ち込み回数を2～6回に変化させ、図33に示す位置に取り付けた加速度計により供試体の固有振動数を調べた。

また、実験に用いた供試体について有限要素法による振動解析を行い、1次及び2次モードの固有振動数を求めた。解析では、半剛接合部を回転バネ接合と考え、接合部の回転バネ定数が接合部の曲げ剛性を表すものとして、回転バネ定数と固有振動数の関係について調べた。

3. 実験および解析結果

実験で測定した加速度データから、くさびの打ち込み回数を変えた場合の各供試体の固有振動数を求めた。表2はその結果であるが、1次及び2次モードとも4回打ち込みまでは固有振動数が増加したが、それ以降はほぼ一定となった。したがって、本供試体ではくさびを4回以上打ち込めば、振動に対する接合部

の曲げ剛性はほぼ一定になると考えられる。

図34は振動解析の結果を固有振動数と回転バネ定数の関係で表したものである。回転バネ定数がおおよそ5 ton・m/radより小さくなると固有振動数は急激に低下しているが、それ以上の場合は1次モードの場合5 Hz, 2次モードの場合15Hz近辺からの固有振動数の増加の割合は減少する。これを実験値と比較すると、くさびの打ち込み回数が2, 3回の場合には半剛接合部の曲げ剛性はそれぞれ約2, 5ton・m/rad, 4回以上の場合には7.5ton・m/rad程度と推定される。

今後は、接合部の曲げ剛性を直接求める実験を行い、本研究より推定された曲げ剛性との比較を行う予定である。

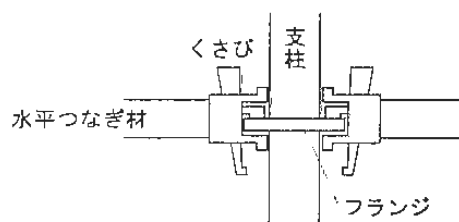


図32 くさび式接合部

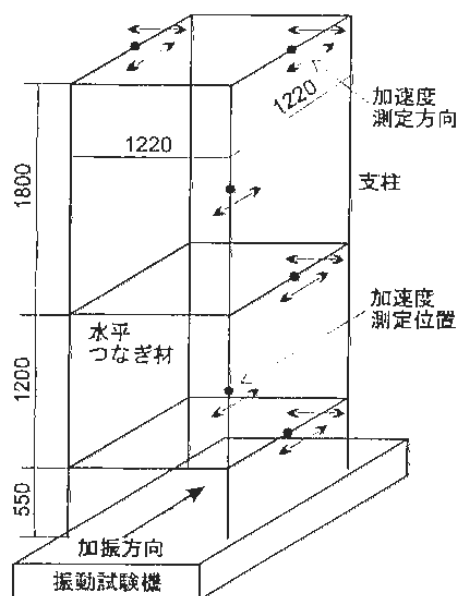


図33 実験供試体

表2 振動実験の結果

打ち込み回数	1次モード(Hz)	2次モード(Hz)
2回	3.0	12.0
3回	4.4	14.3
4回	4.6	14.7
5回	4.5	14.8
6回	4.6	14.8

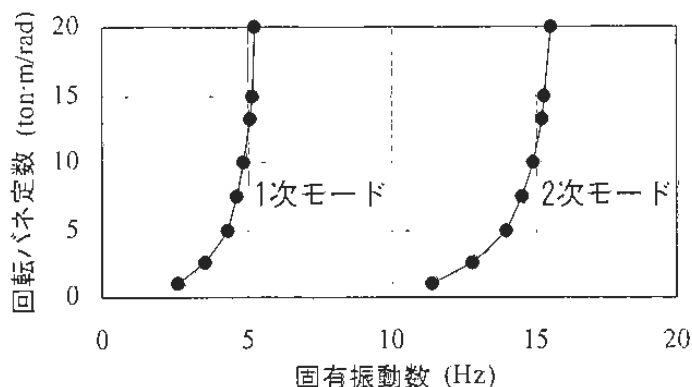


図34 固有振動数と回転バネ定数の関係

溝掘削工事における土砂崩壊災害の防止

—動的載荷履歴が土の土質力学的特性に及ぼす影響—

土木建築研究部 堀井宣幸, 豊澤康男, 玉手 聡

1. はじめに

現地盤は、地震、波浪等によって、0.1Hz~100Hzの動的な載荷履歴を受けると言われている。建設現場などでも、車両系建設機械等の走行・作業によって地盤内には種々の振動が伝達されていると考えられる。本研究では、このような建設現場における車両系建設機械の走行・作業による振動が土の土質力学的特性に及ぼす影響を検討するため、電気・油圧サーボ式3軸圧縮試験機を用いた動的載荷試験を行った。

2. 試料および実験方法

実験に用いた試料は、液性限界(L.L.)86.9%、塑性指数(P.I.)52.2%のカオリンである。カオリンを圧密圧1.5kgf/cm²で一次元的に予圧密した。この予圧密試料から直径50mm、高さ100mmの円筒形の供試体を切り出して、3軸セル内にセットし、有効圧密圧2kgf/cm²まで等方圧密した。圧密終了後、非排水条件で動的載荷を行い、過剰間隙水圧が一定値に達するまで放置した(今回の実験では30分放置)。その後、ひずみ速度0.02%/minで静的非排水せん断試験を行った。動的載荷では、載荷周波数を0.1Hz、1Hzおよび10Hzの3種類、ひずみ片振幅を0.1%、0.2%および0.4%の3種類に設定し、載荷数は500波とした。

3. 実験結果と考察

一般に、土は非排水条件で動的載荷履歴を受けると過剰間隙水圧が発生することが知られている。今

回の実験でも、動的載荷中に過剰間隙水圧の発生が確認された。図35は動的載荷により発生する過剰間隙水圧の挙動を調べたものであり、圧密圧 P_c' で正規化した動的載荷終了直後の過剰間隙水圧 (u/p_c') _{N=500}および動的載荷後30分経過した後の過剰間隙水圧 (u/p_c') _{ult}と載荷周波数 f (Hz)の関係を示している。図からわかるように、載荷周波数が0.1Hzおよび1Hzの場合には、ひずみレベルによらず、 (u/p_c') _{N=500}と (u/p_c') _{ult}はほぼ一致しており、過剰間隙水圧は動的載荷中にほぼ最終値にまで発達していた。これに対して、載荷周波数が10Hzの場合には、 (u/p_c') _{ult}は (u/p_c') _{N=500}よりも大きく、ひずみレベルが大きくなるほどこの差は大きくなった。すなわち、載荷周波数が10Hzでは、過剰間隙水圧は動的載荷中に十分には発達せず、動的載荷終了後も一定時間の間上昇し続けることがわかった。

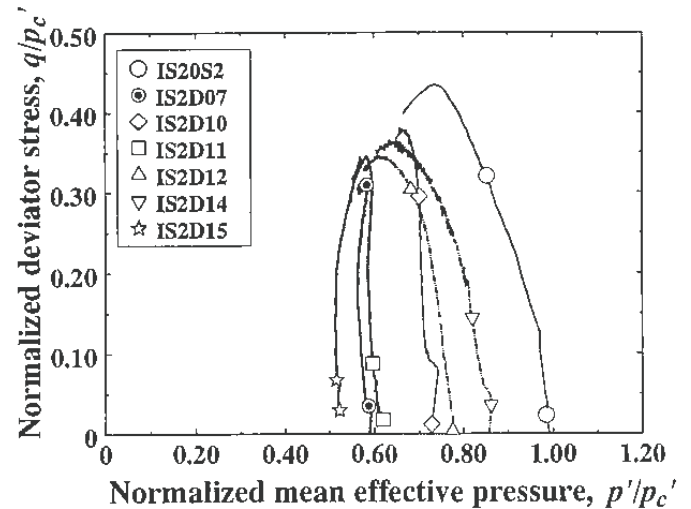


図36 静的非排水せん断中の有効応力経路

動的載荷後の非排水せん断試験時の有効応力経路を図36に示した。図中には、動的載荷を行わずに静的非排水せん断試験を行った実験番号IS20S2のデータも比較のために載せてある。同図によれば、動的載荷履歴を受けていないIS20S2は負のダイレイタンシー傾向を示す典型的な正規圧密試料の有効応力経路を示しているが、動的載荷履歴を受けた試料の有効応力経路は静的非排水せん断中に負の間隙水圧が発生する過圧密試料と類似した応力経路を示すことがわかった。また、同図から動的載荷履歴を受けた供試体の最大偏差応力 (q/p_c') _{max}は動的載荷履歴を受けていないIS20Sよりも明らかに小さくなっており、動的載荷履歴を受けることにより静的せん断強度は低下することが確認された。

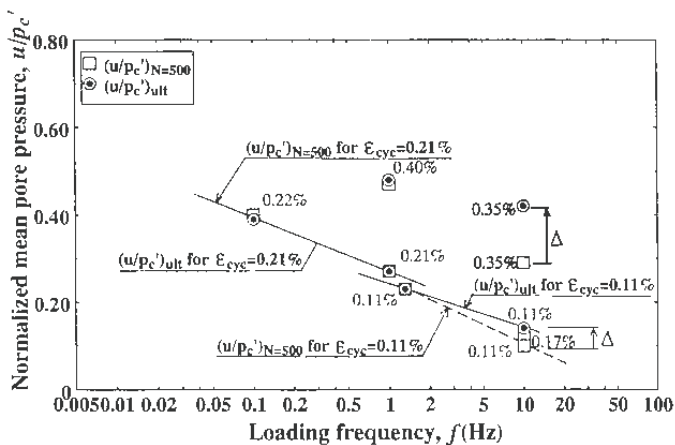


図35 動的載荷により発生する過剰間隙水圧と載荷周波数の関係

土止め矢板の崩壊挙動に関する基礎的研究

土木建築研究部 豊澤康男, 堀井宣幸, 玉手 聡

1. はじめに

掘削工事では、掘削深度の増加に伴い地盤・土止めの変形が進行し、場合によっては予期せぬ崩壊事故に至ることもある。本研究では、掘削工事における土止め矢板の変形や崩壊のメカニズムを解明するため、遠心模型実験を行い土止め矢板の崩壊パターンを観測するとともに、矢板が受ける土圧の変化及び地盤内部のひずみの発生状況について調べた。

2. 遠心模型実験概要

試料容器（幅45cm, 奥行き15cm, 高さ30cm）に含水比90%の状態ですばやく攪拌・脱気したカオリン（塑性指数13.5）を投入し、最大圧密圧力1.5kgf/cm²の下で最終圧密沈下量に到達するまで圧密した。これに幅5cm, 深さ13cmの溝を成形し、矢板を模擬した肉厚2mmのアルミ板（土圧センサー（A~H）を装着）を溝壁面に沿わせて根入れ2cmとなるように設置し模型地盤とした。実験D1では矢板上端部に切梁を取付け、実験D2では取付けていない。掘削過程は、溝内部に満たした塩化亜鉛溶液を50Gの遠心場で排出する方法により再現した。溶液の排出は数回に分けて段階的に行った。遠心実験中に模型地盤の変形・崩壊状況を撮影し、その写真上の標点の変位に基づきひずみ等を算出した。

3. 実験結果及び考察

切梁を設置した実験D1では、根入れ付近の変形が大きくなり溝底部に盤ぶくれが生じ、上端の切梁を中心として回転するように矢板下部が前方に変位し崩壊に至った。これに対して、切梁がない実験D2では矢板が前方に倒れ崩壊した。

崩壊途中までの主ひずみ (ϵ_1, ϵ_3) を図37と図38に示す。両図を較べると、切梁の有無により主ひずみの大きい領域が異なるとともに最大・最小主ひずみの方向も異なっているのがわかる。切梁がある場合（図37）は、まず溝底部にひずみが発達し、その後溝底部のひずみの発達とともに矢板背後部の滑り面近辺のひずみが大きくなった。切梁がない場合（図38）は、初期の段階から矢板の背後部でひずみの発達がみられた。実験D1における掘削時の矢板にかかる土圧の分布状況を図39に示す。破線は地盤強度より求めたランキン土圧である。主働側（地盤側）では、矢板下端付近の土圧が最も大きく、変形の進行過程で矢板下端部に土圧が集中していること

がわかる。これに対して、実験D2では矢板のり尻部付近の土圧が最も大きく、変形の進行過程で矢板下端部の土圧や矢板上部の土圧が減少していた。これは、崩壊時には矢板上部が地盤より離れ、のり尻部付近の地盤変形が最も大きいことと対応していた。

このことから、崩壊に至るまでの土圧分布の変化は、切梁の有無等の支持条件によって異なり、地盤の変形状況に対応していると考えられた。また、いずれの実験ケースについても土圧分布はランキン土圧分布とは異なっており、矢板の変形パターンに応じて土圧が大きく変化すると考えられた。

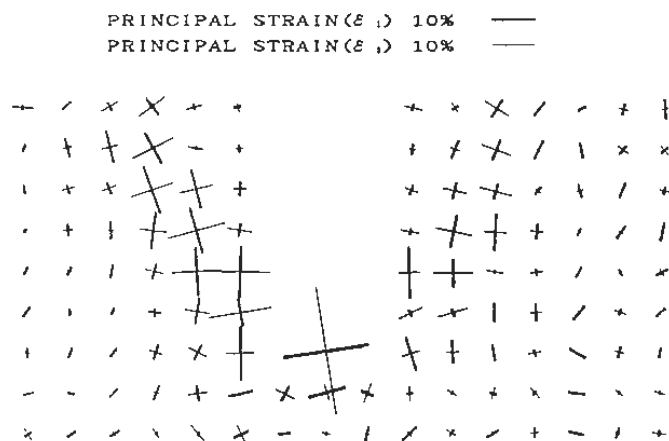


図37 主ひずみの方向と大きさ（実験D1）

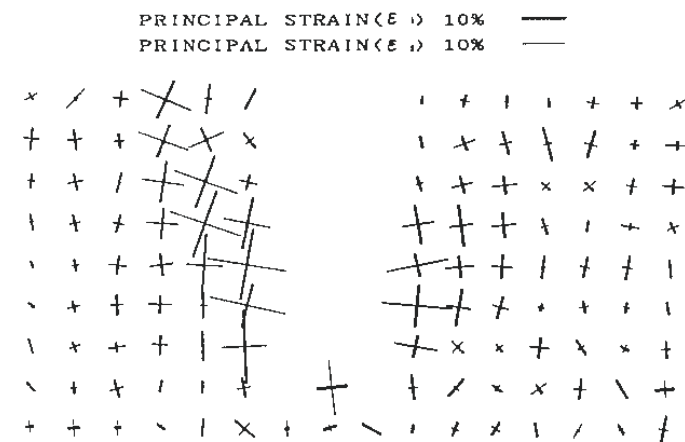


図38 主ひずみの方向と大きさ（実験D2）

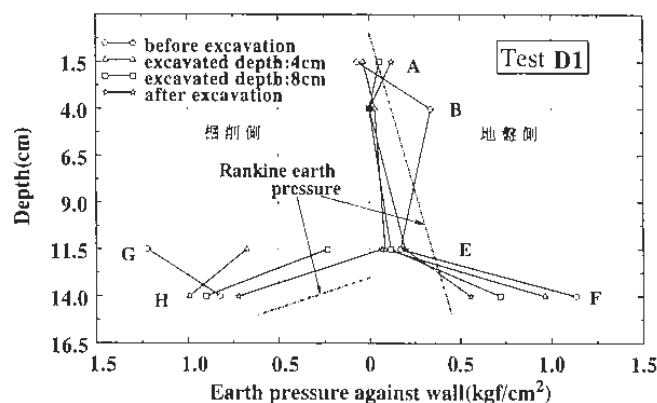


図39 掘削過程における矢板の土圧変化(実験D1)

移動式クレーンの転倒災害の発生状況に関する調査

土木建築研究部 玉手 聡, 堀井宣幸, 豊澤康男

1. はじめに

平成元年から4年までの間に発生した移動式クレーンによる死傷災害の数は、クレーン等による死傷災害の約22%を占めている。(表3参照)。中でも移動式クレーンの転倒災害は最も多く、転倒原因の一つとして、転倒モーメントに対して抵抗するために張り出したアウトリガーフロート部の沈下が見られる。

表3 クレーン等の死傷災害の数の推移

年(平成)	元	2	3	4	総数
クレーン等の災害数	3,479	3,507	3,260	3,069	13,315
移動式クレーンの災害数	726	761	751	664	2,902

ここでは、地盤強度に起因する転倒災害の防止対策を検討するための第一段階として、移動式クレーンの転倒災害の発生状況を調査した。本調査は、災害調査復命書により報告された206件の災害(表4)について行ったものであり、分析の対象とした移動式クレーンの転倒災害の数は99件である。

表4 調査を行った災害の数

年(平成)	元	2	3	4	総数
クレーン等の災害数	74 (63)	77 (59)	23 (23)	32 (32)	206 (177)
移動式クレーンの転倒災害数	38 (31)	41 (28)	9 (9)	11 (11)	99 (79)

()内は死傷災害の数を示す

2. 災害の発生状況

図40には、移動式クレーンが転倒した時の操作状況と、災害発生割合を示す。転倒時の操作状況は、「ブームの旋回中」が最も多く55.6%を占め、次いで「その他」が24.2%、「荷物のつり上げ、つり下げ時」が13.1%となっている。「その他」の内訳としては「ブームを伸ばしていた時」や「ブームの仰角を減少させていた時」などが見られた。これらの結果から、転倒モーメントが増大している時に災害が多く発生しており、調査した転倒災害の8割近くを占めていることがわかった。

図41には、移動式クレーンが転倒した時の定格荷重に対するつり荷重量の比と災害発生割合を示す。

安定限界荷重は静的状態においてつり合う重量であるのに対して、定格荷重は許容できる最大のつり荷重量を意味する。つり荷や機体には動作に伴う慣性力などが働くので、安全につり上げることができるつり荷重量は安定限界荷重よりも小さくなる。「クレーン等安全規則」では、移動式クレーンの安定性について、定格荷重は安定限界荷重の1/1.27倍以下でなくてはならないとしている。多くの場合、定格荷重は安定限界荷重の約1/1.7倍程度で算出され、通常はクレーンのメーカーが機体毎に算出してユーザーに示している。調査結果では、つり荷重量が定格荷重以下の場合においても12.1%の災害が発生している。比の値が1.7の時は、つり荷重量がほぼ安定限界荷重に相当するが、この比が1.7以下の場合においても約40%の災害が発生している。これらの多くの場合において、アウトリガーフロート部が地盤にめり込むことによって機体の安定を失ったために転倒したと思われる災害が見られた。

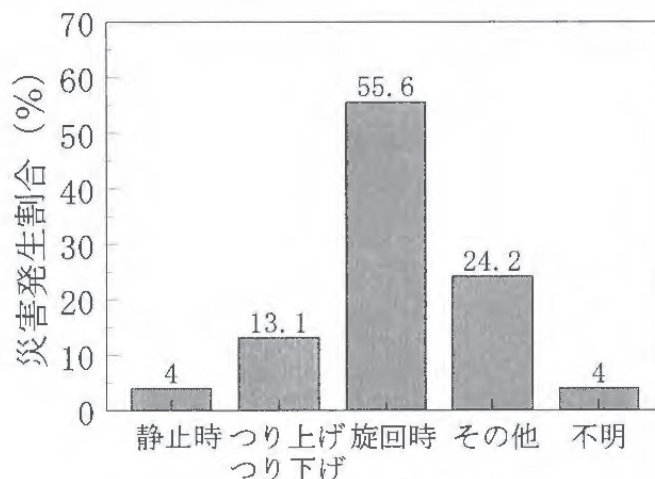


図40 転倒時の操作状況

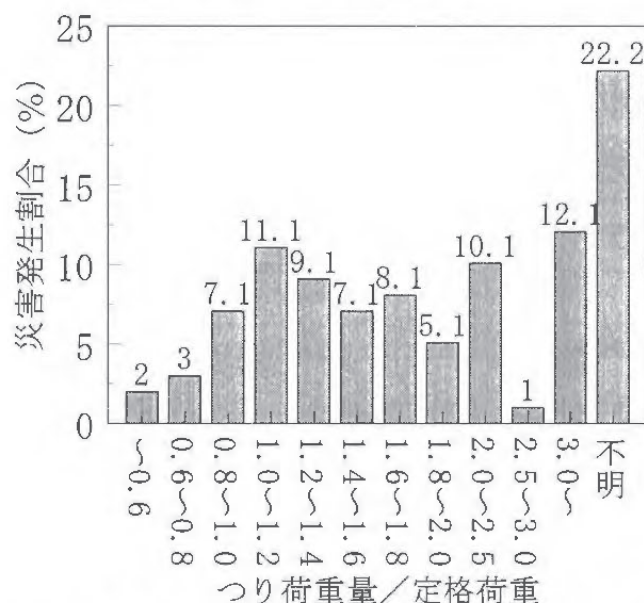


図41 転倒時の定格荷重に対するつり荷重量の比

建設工事労働災害に関する情報構造の分析

土木建築研究部 鈴木芳美

1. はじめに

労働災害事例に関して作成される諸記録からは、災害防止に係る貴重な情報を得ることができる。しかし、これらの資料から得られる情報内容については、情報解析学的なアプローチにより、情報構造の解析や情報の性質を的確に把握し、それらを踏まえた上で有効かつ適切な活用を図ってゆく必要もある。

本研究はそのような観点から、前年に引き続いて、労働災害事例に関する情報について多変量統計解析手法等を用いて分析を行ったものである。

2. 分析資料と分析内容

分析資料としては前年度と同様に、労働災害事例に関して作成される「災害調査復命書」を用いた。今回は特に、災害タイプ別に対象を絞った分析を行うため、土砂崩壊災害事例（1985～1988の4年間に発生したもの183件）および墜落災害事例（同じく1153件）を分析対象とした。

分析内容としては、(1)災害発生状況の記述中に用いられているフリータームの切り出し、(2)それらの使用頻度分布状況の把握、(3)これらのフリータームをパラメータとした数量化Ⅲ類等の統計解析手法

を適用した情報構造の解析、(4)事例探索の可能性を検討するための判別分析、(5)クラスター分析等を通じたフリータームの親近性などに関する分析、などである。

3. 分析結果の概略

切り出されたフリータームの出現頻度分布は、災害タイプ別に分析対象を絞った場合でも、ブラッドフォード/ジップの法則にしたがった分布を示すことが確認され、前年度までに得られた分析結果と同様の傾向を有することが判った。

上記の結果を踏まえて、比較的高頻度のフリータームを選択し、数量化Ⅲ類による分析を行った結果、災害タイプ別に見た建設工事に係る労働災害の情報は、工事種類の差異に基づいて整理される構造を有している点を確認された。例えば、分析結果にもとづく災害事例の散布図を描くと、図42（墜落災害の場合）や図43（土砂崩壊災害の場合）に示されるように、工事種類ごとの特徴的な差異、すなわち散布範囲や散布位置・方向を読み取ることができる。

また、このような結果を利用して事例判別の可能性を検討してみると、例えば表5に示すように、工事種類を比較的に的確に判別できることも確認できた。

表5 フリータームを用いた事例判別結果の例

分析対象：墜落災害 事例件数 (%)		判別された工事種類							合計
		土木工事			建築工事			設備工事	
		橋梁工事	道路砂防	他の土木	ビル建築	木造建築	建築設備		
実 際 の 工 事 種 類	橋梁工事	41 (7.9%)	1 (0.2%)	3 (0.6%)	1 (0.2%)	0	5 (1.0%)	1 (0.2%)	52 (100%)
	道路・砂防	0	79 (8.8%)	5 (0.6%)	1 (0.1%)	1 (0.1%)	1 (0.1%)	3 (0.3%)	90 (100%)
	河川他土木	3 (0.5%)	6 (1.0%)	44 (7.2%)	3 (0.5%)	1 (0.2%)	1 (0.2%)	3 (0.5%)	61 (100%)
	ビル建築	1 (0.0%)	3 (1.1%)	7 (2.2%)	276 (80.0%)	6 (2.2%)	38 (11.1%)	13 (4.4%)	344 (100%)
工 事 種 類	木造建築	0	2 (1.1%)	2 (1.1%)	11 (4.4%)	232 (88.8%)	14 (5.5%)	4 (2.2%)	265 (100%)
	建築設備	1 (1.1%)	3 (2.2%)	5 (3.3%)	10 (5.5%)	4 (2.2%)	152 (80.0%)	15 (8.8%)	190 (100%)
工 事 種 類	設備工事	3 (2.2%)	4 (3.3%)	5 (3.3%)	8 (5.5%)	3 (2.2%)	12 (8.8%)	116 (77.7%)	151 (100%)
	合計	49	98	71	310	247	223	155	1153

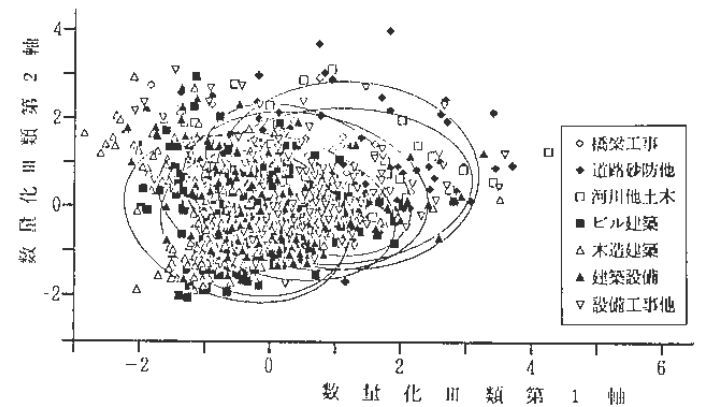


図42 数量化Ⅲ類分析結果(墜落災害事例の散布図)

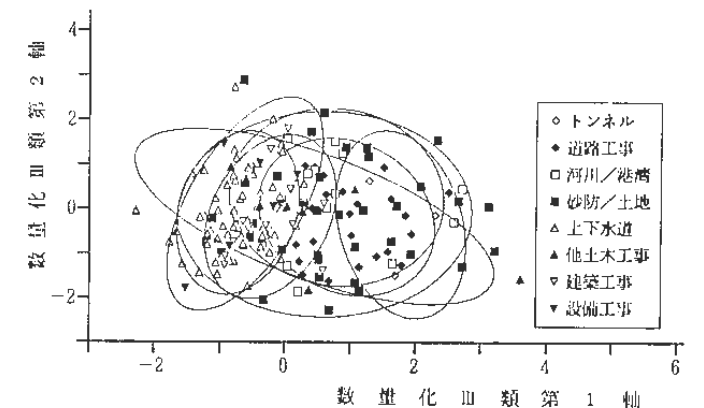


図43 数量化Ⅲ類結果(土砂崩壊災害事例の散布図)

微粉炭の爆発危険性に及ぼす温度の影響

化学研究部 松田東榮, 板垣晴彦

1. はじめに

我が国は世界最大の石炭輸入国であり、クリーン・コール・テクノロジーの一つとして微粉炭の需要が徐々に拡大しつつあるが、産炭国での採炭技術とは異なる側面を有する石炭消費技術において、微粉炭のハンドリングに伴う火災・爆発対策が産業界では課題になっている。石炭の粉碎工程は、しばしば微粉炭の乾燥を伴うため、加温下での微粉炭の爆発特性データが必要であるが、研究報告は極めて少なく種々の疑問点もある。数種類の微粉炭の炭じん爆発特性を常温(20℃)から150℃までの雰囲気下で測定して、爆発危険性に及ぼす温度の影響を検討した。

2. 実験装置と測定方法

爆発試験装置は、ISO(6184/1)にその仕様が制定されている容積1 m³の試験装置で、電熱ヒータを容器外壁に巻き付けて容器を加熱し、容器の扉、胴体、鏡部の3ヶ所の設定温度が互いに±3℃以内で一致し、熱電対で測定した容器中心の気体温度が設定温度に達した後、爆発試験を行った。加温設定温度は、70、110及び150℃である。着火には着火剤(10kJ)を用い、爆発容器中心で起爆させた。炭じん供試々料は4炭種で、揮発分と平均粒径は、それぞれ、A(43.6%, 41 μm), C(37.9%, 49 μm), E(31.5%, 39 μm), G(23.8%, 37 μm)である。

3. 実験結果と考察

3.1 爆発下限濃度

爆発下限濃度は、粉じん濃度に対して爆発圧力および燃焼時間(着火起爆から最大爆発圧力値までの到達時間)をプロットした場合の燃焼時間の極大値によった。図44に、雰囲気温度による炭じん試料の下限濃度の変化を示す。温度が20から150℃まで上昇すると、炭じんGの下限濃度は70 g/m³減少し、炭じんAは30 g/m³低下するが、メタンの下限濃度はわずか3 g/m³減少するだけである。これらの下限界での火炎伝播が、揮発分の放出とそれらの優先的燃焼によって支配されるとすると、上記の現象は容易に理解できるが、わずか150℃ほどの温度上昇でこれだけの差異を生じることは注目し値する。

3.2 最大爆発圧力およびK_{st}値

雰囲気温度が高くなるほど、最高爆発火炎温度と

の差が小さくなり、最大爆発圧力は低下する。実験データをまとめると、温度T_iにおける最大爆発圧力P_iは、室温T₀における最大爆発圧力P₀と、

$$P_i = 0.07 \cdot P_0 + 0.93 \cdot P_0 \cdot T_0 / T_i$$

の関係で近似して表される。また、若干の例外的なデータを除けば、温度が高くなるとK_{st}(最大圧力上昇温度)は僅かながら低下傾向にある。このことは、高温になるほど最大到達爆発圧力が相対的に低圧力の変化が急激ではなくなるためであろうと思われる。

3.3 限界酸素濃度

温度が高くなるのにはほぼ比例して窒素希釈限界酸素濃度は低下する傾向があり、その実験式は、αを温度係数とし、

$$S_t = \alpha(t - t_0) + S_{t_0}$$

であった。ただし、S_t, S_{t0}は温度t(℃)とt₀(℃)における限界酸素濃度。炭じん4種(A~G)のα値は、それぞれ-16.0, -11.8, -10.5, -22.4 × 10⁻³ vol. %/℃で、平均-15 × 10⁻³ vol. %/℃であった。同様に、空気を炭酸ガスで希釈した雰囲気中での限界酸素濃度を求めたところ、4種の炭じんに対する一次式の温度係数は、それぞれ-3.8, -8.5, -9.2, -8.8 × 10⁻³ vol. %/℃で、それらの平均は-7.6 × 10⁻³ vol. %/℃であった。不活性ガスが窒素と炭素ガスでは、炭酸ガスの温度係数は窒素希釈の場合の半分の値で、温度の影響はより小さくなる。さらに、110及び150℃において、空気に水蒸気を加えた場合の限界酸素濃度を測定したところ、窒素希釈と炭酸ガス希釈の場合の中間に水蒸気希釈による限界酸素濃度が位置することが分かった。

以上、雰囲気温度が上昇すると、炭じん爆発のしやすさは増すが、爆発の激しさはむしろ減少する傾向にあることが確認された。

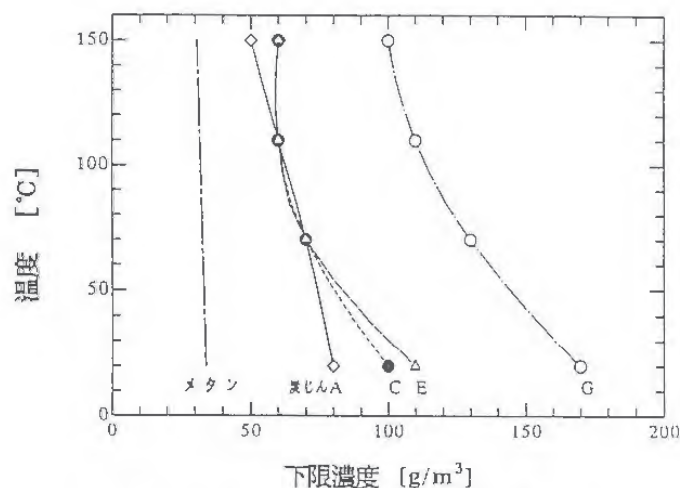


図44 下限濃度に及ぼす温度の影響

1. はじめに

前年度に引き続き、フィルムデトネーション（油膜爆ごう）の伝ば限界に関する研究を行った。フィルムデトネーションの伝ば限界値には、限界管径、限界圧力、限界酸素濃度等がある。これらの限界値は相互に相関があり、それぞれの限界値は他の二つの条件を指定すれば決定することができる。

2. 実験方法

試料油には、主としてn-ドデカンを用いた。爆ごう波管には、内径 2,3,4,6及び10mm、長さ4.6mのポリエチレン管を用いた。テスト部管内に油を流し込み、管を回転させて内壁に油を付着させたあと、酸素を窒素で希釈した種々の圧力及び酸素濃度の混合ガスを導入した。管の一端には、内径9.2mm、長さ1.3mのフィルムデトネーション駆動用気体爆ごう波管をボールバルブを介して連結し、起爆ガスとして、テスト部と同じ圧力のアセチレン-酸素化学量論組成混合ガスを導入した。起爆用混合ガスの着火は、ボールバルブを開いた直後に、管端においてニクロム線ヒータを用いて行った。

フィルムデトネーションが生じたか否かの判定は、目視により火炎がテスト部の管端まで到達し、かつ、管後半部の管外壁に80cm間隔で取り付けられた4個のフォトダイオードで測定した火炎速度が、酸素-窒素混合ガス中の音速を超えているか否かによった。

3. 実験結果

n-ドデカンについて、管径を変化させた場合の、窒素で希釈した種々の酸素濃度に対するフィルムデトネーションが生じる限界の支燃性ガスの初圧を図45に示す。一部のデータは、消防研究所の長谷川氏によって得られているものを引用した。

この図から、限界の初圧は管径が小さいほど高く、各管径とも酸素濃度の減少とともに急激に高くなるのが分かる。さらにこの図から、支燃性ガスが大気圧の場合の、酸素濃度に対するフィルムデトネーションの伝ば限界管径が得られる。これを図46に示す。この図から、空气中、大気圧下のフィルムデトネーションの伝ば限界管径は30mmとなり、酸素中、大気圧下ではわずか1.8mmとなることが推定される。

これらの実験結果から、一定の圧力下では、管径又は酸素濃度を適切に選定することにより、フィルムデトネーションを防止できることが分かる。

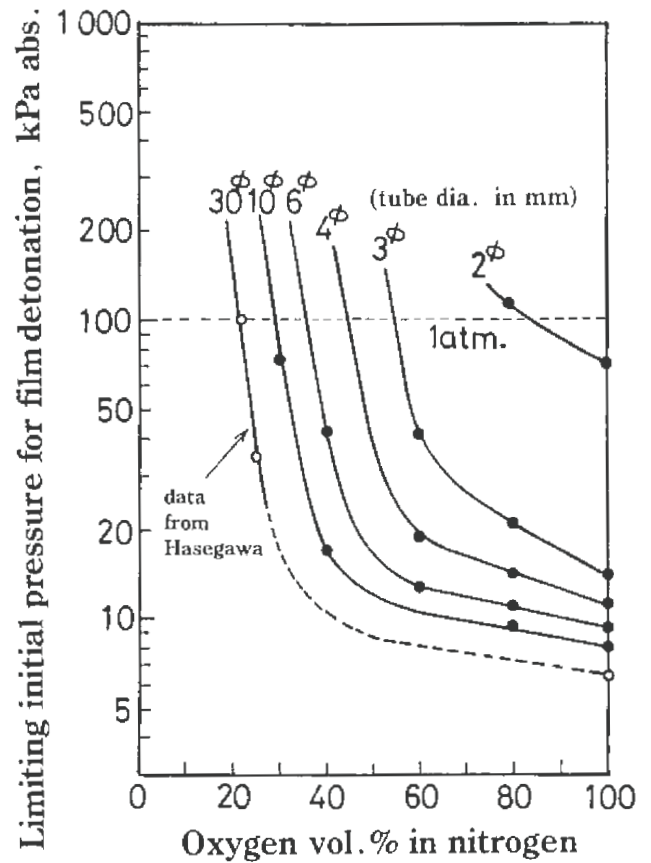


図45 各種管径における、窒素で希釈した種々酸素濃度に対するフィルムデトネーションが生じる限界の支燃性ガスの初圧(n-ドデカン)

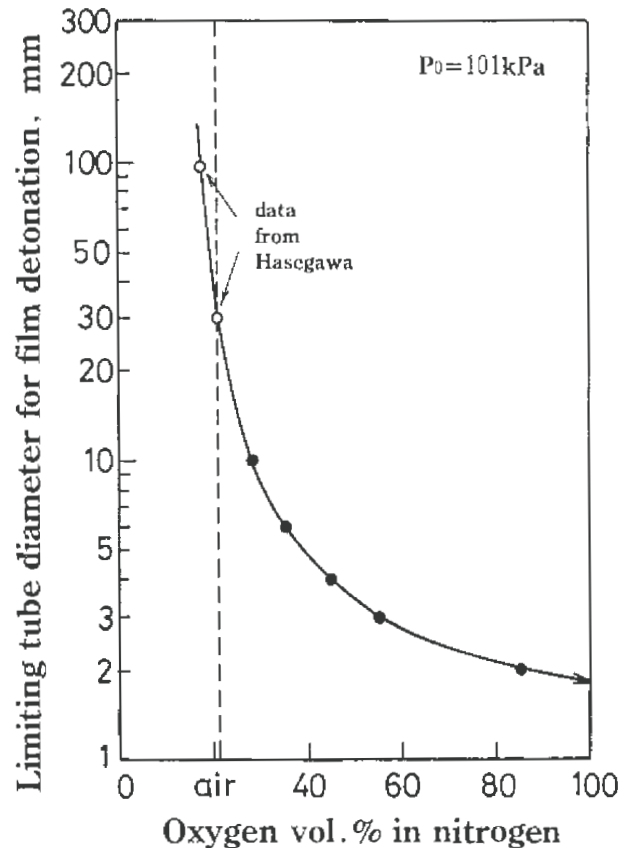


図46 大気圧における、酸素濃度に対するフィルムデトネーションの伝ば限界管径(n-ドデカン)

除害処理に使用した活性炭の反応性

化学研究部 板垣晴彦, 松田東栄

1. 研究目的

排ガス中の環境汚染物質などの除害処理においては、活性炭吸着法が様々な業種で用いられている。活性炭は可燃性物質であり、吸着の際には吸着熱によって発熱する。また、吸着した物質によっては発火点が低下し、未使用の活性炭にはない反応性を示すことがあるなど、活性炭を原因とする発火や爆発の事例がいくつも報告されている。本研究では、活性炭のこうした反応性を明らかにするため、数種類のガスを吸着させた活性炭について熱分析を行った。

2. 供試試料

活性炭はその使用目的に応じ、原料や賦活方法、添着処理、粒径等が異なる様々な製品が市販されている。今回は、粒状の試薬を2種、細粒状のガスクロカラム用を1種、ガス吸着や溶剤回収・脱硫用として市販されている工業用の粒状活性炭を7種、合計10種の活性炭について実験した。

3. 各種ガスを吸着した活性炭のDSC

図47は、各種ガスを空気と混合した模擬排ガスを活性炭（試薬A）に吸着させ、それらの発熱特性をDSCを用いて測定した結果である。脱着熱とみられる吸熱がいずれの場合にも表れており、その温度は吸着した物質とその濃度により異なる。

発熱が明確であるのはNO₂吸着品である。NO₂ 10%では低温度域で明確な発熱が認められ、81ppmの低濃度の場合でも（発熱開始温度は約140℃に高くなるが）9 cal/g程度のゆるやかな発熱がみられ、わずかなNO₂の吸着であっても反応性が変化してい

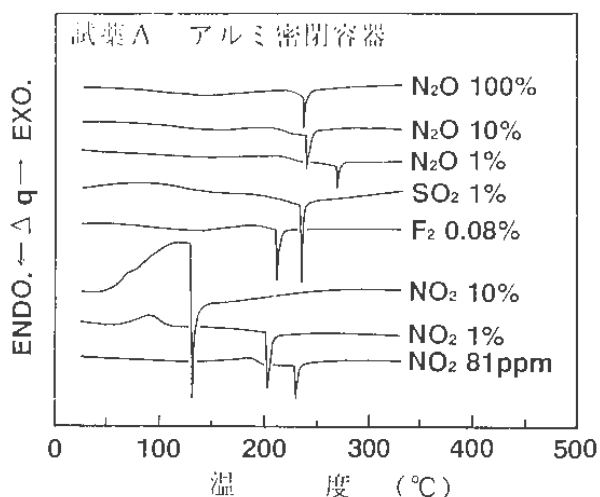


図47 各種ガスを吸着した活性炭のDSC曲線

ることがわかる。同様にF₂吸着品は低濃度のガスであっても150℃前後から緩やかな発熱を始めており、熱的に不安定な要素が認められる。一方N₂O吸着品では若干の発熱が検出されるが、高濃度であってもその発熱量は少なく、SO₂吸着品では発熱が認められなかった。

表6は、NO₂吸着品において、活性炭の種類とガス濃度を変化させて測定したDSCによる発熱開始温度である。未吸着品ではいずれの活性炭でも発熱しないが、NO₂吸着品では発熱が検出され、NO₂濃度が高くなると発熱開始温度が低下する傾向にある。これらの熱的な反応性の原因としては、吸着した物質の活性炭表面での接触酸化、あるいは、活性炭の触媒作用が関与した化学変化と考えている。

表6 模擬排ガス中のNO₂濃度と発熱開始温度の関係

	試薬A	試薬B	ガスクロ用
未吸着品	発熱せず	発熱せず	発熱せず
NO ₂ 81ppm	141	—	127
NO ₂ 0.5%	102	123	81
NO ₂ 1%	63	83	73
NO ₂ 10%	47	61	65

4. NO₂を吸着した活性炭のARC

図48は、NO₂を吸着した活性炭と未吸着の活性炭について、ARCを用いて測定した自己発熱速度である。未吸着品では100℃を越えてから発熱が検出されるが、自己発熱は継続せず、その温度上昇はわずかである。一方、NO₂を吸着した試料は30℃付近から自己発熱を始め、自己発熱速度が加速することはないものの発熱は継続し、50℃に達している。その後も発熱が断続的に検出されるが、徐々に発熱は緩やかになる。これは、試料容器中の酸素量が限られていて、発熱に必要な酸素が不足し、発熱反応がそれ以上進行しなくなるためと思われる。

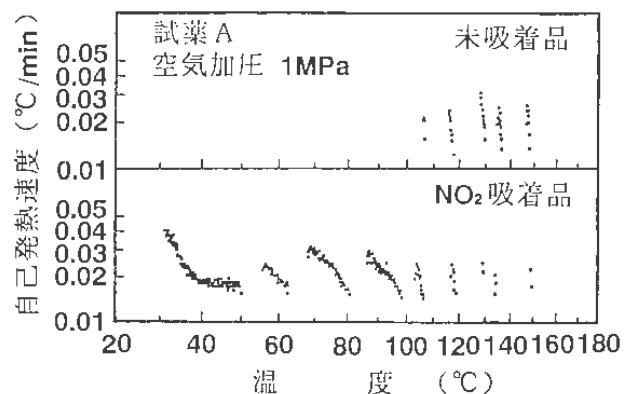


図48 NO₂吸着品と未吸着品の自己発熱速度

化学薬品類の上限保管温度の測定

—BAM蓄熱貯蔵試験値の測定—

化学研究部 琴寄 崇

1. はじめに

実規模量の薬品を取り扱う際の温度管理上絶対に超えてはならない上限保管温度は、その測定に多額の費用はもとより多量の試料と長大な時間を要し、かつ多大な危険を伴うため、現在のところデータが十分に蓄積されていない。この種の上限温度を測定するための標準的試験法としては、500mL容量の特定の構造をもつデュワー瓶内に入れられた400mLの薬品が7日以内に6K以上昇温する最低の雰囲気温度を測定するBAM (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung)の蓄熱貯蔵試験、及び、最大容量220Lまでの市場流通のための包装状態にある薬品が7日以内に自己加速分解を開始するか、または6K以上昇温する最低の雰囲気温度を測定するSADT (Self-Accelerating Decomposition Temperature)試験が知られているが、本研究は、これらの試験によって測定される温度値を、当所において開発した手法を応用して、熱爆発理論に基づく簡単な実験から得られるデータを用いて算出する手法を確立することを目的としている。本報においては代表的な火薬類である硝化綿、PETN及びTNTの上限保管温度を求めた結果を報告する。

2. 2つの熱爆発限界条件式と固体薬品類が示す3種類の自己発熱分解挙動

BAM値やSADT値のような上限保管温度は基本的には2つの熱爆発限界条件式 (Semenov式またはFrank-Kamenetskii式) のいずれかを用いて計算によって求めることができる。Semenov式は液体薬品の熱爆発について成り立ち、一方、F-K式は固体薬品の熱爆発について成り立つ。

ところで、固体の薬品類は、常温において固体であっても、自己発熱分解挙動の差によって、

イ. 温度 T の雰囲気には曝されると融解し、以後液体として数十分以内に温度 T まで温められ、その後比較的緩やかに自己発熱して行く故にSemenov式が適用可能な薬品 (TNTなど) ;

ロ. 温度 T の雰囲気には曝されると、固体のまま数十分以内に T まで温められ、その後比較的緩やかに自己発熱して行く故にF-K式が適用可能な薬品 (高度さらし粉など) ;

ハ. 温度 T の雰囲気には曝されると、少しずつ融解し

つつ緩慢に T まで温められて行くが、試料温度が T に到達 (つまり、融解がすべて終了) するや否や、突然急激な自己発熱を開始するような薬品 (PETNなど) ;

の3種類に分類することができる。

イ. 及びロ. のように正常な発熱挙動を示すために熱爆発限界条件式が適用可能な薬品をTR (thermal reaction) 型といい、ハ. のように異常な発熱挙動を示すためにいずれの条件式も適用不能な薬品をAC (auto-catalytic reaction) 型という。ただし、AC型の薬品が温度 T の雰囲気には曝された時、曝露開始から急激な自己発熱が始まるまでの経過時間 Δt は薬品の量に関係なく T のみに依存し、両者の間に、 $\ln \Delta t = a/T + b$ なる関係式 (a 及び b は定数) が成立することが知られているので、この式に基づき、AC型の薬品が任意の曝露期間後に急激な自己発熱を開始する雰囲気温度を計算することができる。例えば、ある薬品が丁度7日間曝露された後に急激に自己発熱を開始する雰囲気温度を算出すれば、その温度は定義上SADT試験値に相当することとなる。

3. 結果

溶融TNTはTR型なので、Semenov式に基づき任意の容量容器について上限保管温度を計算することができ、191.4℃なるBAM値が得られた (試料からの放熱のない断熱条件下におけるPasmanによる実測値は低目の175℃である)。

硝化綿やPETNはAC型なので、上に示した式に従い各々のSADT値を算出することができるが、上述のように、それらの実測値は未だ存在していないので、ここでは火薬学的手法によって測定された (瞬間) 発火温度と比較した結果を表7に示すにとどめる。なお、平成7年度の研究計画において、AC型の物質のSADT値を簡単に実測する手法を確立する研究を実施することとしているので、来年度の年報において本来の比較を報告することができよう。

表7 硝化綿とPETNのSADT値と発火温度

火薬類	SADT値	発火温度
	℃	℃
強硝化綿 (N量13.39%)	53.1	195~
弱硝化綿 (N量12.27%)	70.4	205
添装薬用PETN	101.2	
医薬品用PETN	116.7	215

1. はじめに

化学物質の発熱的分解に起因する爆発・火災事故の発生を防止するための研究の一つとして、化学構造からその熱的な危険性を予測する手法の開発を試みているが、化学構造が似ている（分子中の官能基の種類が同じ）ものでも官能基の位置関係により発熱開始温度、発熱量といった熱分解挙動が大きく異なる場合がある。このような構造による違いの原因を究明し、また化学構造から熱分解挙動を予測するための指標を得るために、いくつかのニトロベンゼン誘導体についてその熱分解生成物を測定し、官能基配置と発熱開始温度の関係を考察した。

2. 測定方法

測定対象はニトロベンゼンの1置換体とし、官能基としてCH₃, CH₂COOH, CHO, COCH₃, COOH, OHおよびNH₂を選び、これらの官能基を持つニトロベンゼン誘導体のオルト, メタ, パラ体について、熱分解生成物とDSCによる熱分析結果とを比較した。

熱分解生成物の測定は、日本電子製GCMSに熱分解装置としてフロンティアラボ社のパイロライザーを用いて350℃～800℃の範囲で熱分解を行わせて分析した。

DSCによる熱分析は、デュボン社製加圧DSCを用いて、アルゴン雰囲気(34kgf/cm²)下、昇温速度10℃/minで測定を行った。容器はアルミニウム製のピンホール容器を用いた。

3. 研究結果

官能基としてCH₃あるいはCH₂COOHを持つ化合物では、どちらもオルト体が比較的低い温度でニトロ基と環化反応を起こすが、メタ, パラ体はより高温でニトロ基の脱離を起こすことがわかった。

脱離しやすい官能基であるCOOHを持つ化合物では、オルト, メタ, パラ体の間で違いが見られず、比較的低い温度でCO₂が脱離する。これに対して、官能基としてCHOあるいはCOCH₃を持つ化合物では、メタ, パラ体はNO₂の脱離が優先するのに対して、オルト体では比較的低い温度でニトロ基との相互作用が確認された。

また、官能基としてNH₂を持つ化合物については、NH₂の場合にオルト体に特徴的な環化した化合物の生成が確認された。

生成物の情報から推定した熱分解過程の一例を図49に示す。

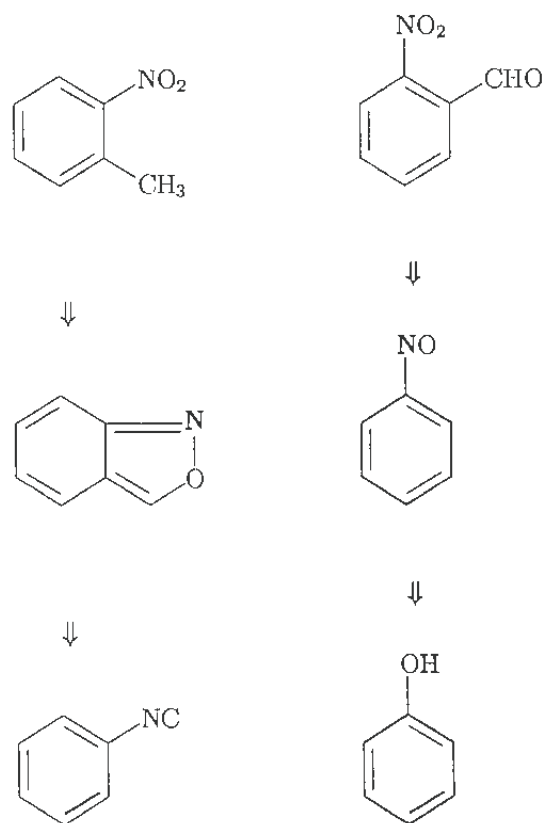


図49 熱分解過程の例(推定)

熱分解生成物を測定した化合物について、DSCによる発熱開始温度を確認すると、例えばベンゼン環に飽和炭素原子で結合する官能基(CH₃など)を持つ化合物では、表8に示すようにオルト体の発熱開始温度が低く、またメタ, パラ間にはほとんど違いがない。このことは熱分解生成物の測定で判明したオルト体のみ異なった分解経路をとることと関連づけて考えることができる。

表8 発熱開始温度の測定結果の一例(℃)

	<i>o</i> -	<i>m</i> -	<i>p</i> -
CH ₃	338	361	366
CH ₂ COOH	243	274	275

しかし、他の官能基については必ずしも発熱開始温度と分解パターンとの間に単純な相関は見られない。今後できるだけ多く熱分解生成物の測定を行って、熱分解過程と分解温度との関連性の有無を明らかにしていきたい。

爆発放散口の実用化を目的とした爆発圧力放散機構の解析

化学研究部 板垣晴彦, 林 年宏

1. はじめに

内部で爆発を生ずるおそれのある装置を破壊から防護する方法として爆発放散口が用いられているが、その利用に際しては圧力の軽減効果が十分であるかどうかの評価が必要である。また、放散されるガスなどに対する配慮から放散先を閉鎖空間とする場合には、放散先の空間に生じる圧力の評価も必要である。そこで、閉鎖空間への圧力放散の挙動を明らかにするため、放散口で接続した2つの容器内の一方においてガス爆発を発生させ爆発圧力を実測するとともに、火炎伝播と気体の流動を考慮した計算モデルを立てて、2つの空間の爆発圧力を予測し、両者を比較した。

2. 実験

直径と長さが等しい円筒容器を、図50に示すように両者を放散口を介して接続し、放散口を15 μ m厚のアルミ箔で仕切った。爆発側容器には内径200mmの容器を用い、これに濃度4.5vol.%のプロパン-空気混合ガスを満たし、容器の中心で着火・爆発させた。放散側容器には内径が300または500mmの容器を用い、放散側容器内での燃焼を抑制するため窒素を満した。

測定は、爆発側と放散側の容器のそれぞれの圧力について行い、放散口の直径を6.3から160mmまで変化させた。

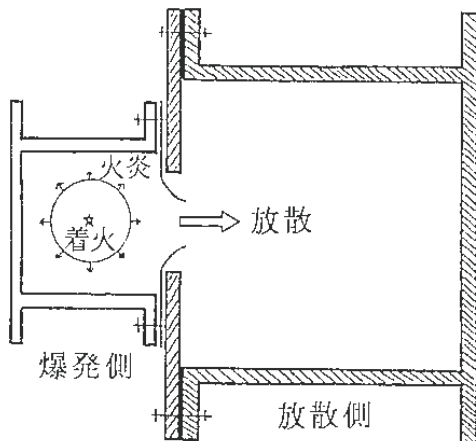


図50 実験装置概略図

3. 実測値及び計算値との比較

図51と図52は、爆発側と放散側の容器のそれぞれで測定された圧力の最大値を放散口の直径を横軸として示したものである。爆発側容器の最大圧力は、

開口直径のある値までは開口直径が大きくなるにつれて低下するが、その後はおよそ一定値となる。放散側容器の最大圧力は、開口直径が比較的小さい範囲においてのみ開口直径に比例して若干増大する程度であったが、その値は放散側容器の大きさにより異なる。すなわち、放散側容器の圧力は、放散口の直径にはあまり依存せず、2つの容器の容積比及び爆発するガスの種類と濃度により定まると思われる。

ところで、どちらの容器でも開口直径100mm付近に小さなピークが認められるが、これらのピーク値は開口の発生に伴う最初のピークではなく、燃焼終了に伴う第2のピークの際に観測された値である。

計算値と実測値を比較すると、開口直径が大きくなると爆発側の最大圧力が低下し、放散側容器の圧力とおおよそ等しくなった後はほぼ一定となる様相は、いずれも同じである。特に爆発側の最大圧力が開口直径の増大とともに低下していく様子は計算により十分に予測できていると言えよう。しかし、放散側容器の圧力の計算値が実測値と全域において異なっており、このことが爆発側と放散側の最大圧力が平衡となる時の計算値を実測値と異なる値にしていると考えられる。

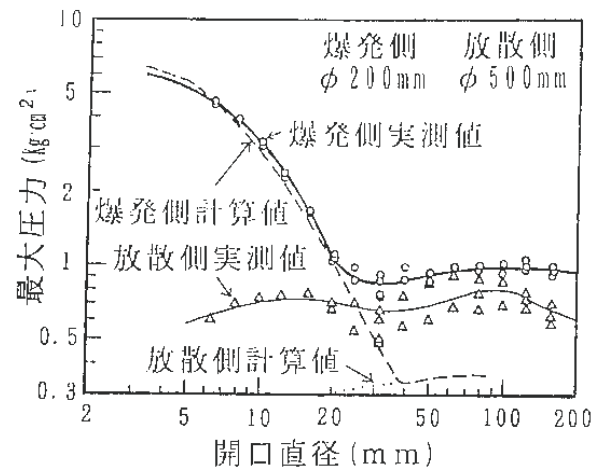


図51 開口直径と最大圧力の関係(放散側500mm)

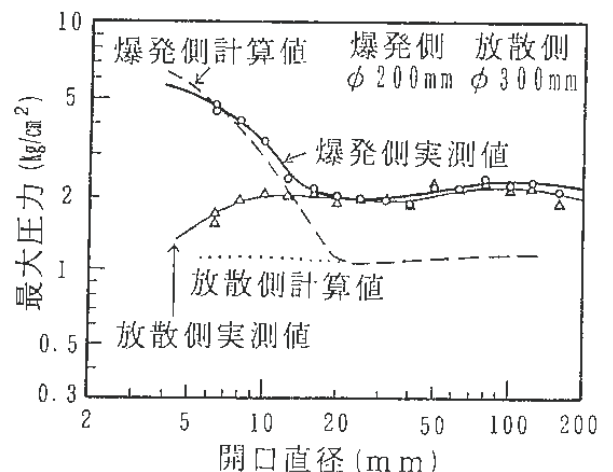


図52 開口直径と最大圧力の関係(放散側300mm)

反応危険性評価のための実験手法の検討

化学研究部 藤本康弘

1. はじめに

バッチ式反応工程においては、取り扱う反応系の発熱速度などの危険性を十分に把握しないまま製造に踏み切る場合や、冷却能力などが適切でない場合など、重大な事故につながりかねない危険が存在する。この種の製造工程での事故防止のためには、反応危険性の評価方法の確立が望まれる。本研究は、バッチ式反応工程における事故防止のため、実験的に反応危険性を評価する方法を確立することを目的としている。

2. 実験および結果

反応危険性評価のための実験装置としては、反応カロリメーターRC1 (図53) を用い、実際の事故例を参考にして、各種の反応系について反応温度や冷却モードを変えて反応暴走再現実験を行い、反応開始温度、反応熱、反応速度などを測定している。本年度は以下の実験を行った。

実験1 塩酸と水酸化ナトリウムの中和反応

実験2 エタノールの水和反応

実験3 ベンゼンのニトロ化反応

2.1 塩酸と水酸化ナトリウムの中和反応

反応熱の測定精度の確認を目的として、反応熱が正確に測定されている反応の代表的な例として、塩酸と水酸化ナトリウムとの水溶液中での中和反応を行った。反応温度を5℃に設定して1N塩酸中に1N水酸化ナトリウム10.0gを10分間で添加し、その反応熱を求めた。中和熱としてはほぼ文献値に近い値が得られた。

2.2 エタノールの水和反応

種々の反応条件での測定方法の確認を目的として、エタノールの水和反応において、反応温度(5℃, 25℃, 45℃)、温度制御モード(反応温度制御、ジャケット温度制御、断熱制御の3種)を変えて、それぞれの反応熱と温度上昇を測定した。実験は純水1リットル中に95%エタノール10.0gを10分間で添加した。得られた水和熱はほぼ文献値に近い値であった。水和熱の測定結果を表9に示す。例えば、反応温度の影響では、温度が高くなると測定される水和熱が小さくなっていくことが確認された。この原因としては反応温度が高くなるにつれて平衡がずれ、水和量が減っていくこと、また反応温度が高いとエタノール蒸気の発生量が多くなり、その蒸気が反応

容器のふたの部分で冷却されることで内部で発生した熱が外部に逃げてしまっていることなどが考えられる。

表9 エタノールの水和反応の測定結果

反応温度	温度制御モード	水和熱(kJ/mol)
5℃	反応温度一定	12.490
25℃	反応温度一定	9.649
45℃	反応温度一定	6.701
5℃	ジャケット温度一定	11.276
5℃	断熱制御	11.851

注：文献値10.5kJ/mol (25℃)

2.3 ベンゼンのニトロ化反応

有機合成反応の例として、ベンゼンのニトロ化反応を行った。反応温度5℃において、硝酸と硫酸を同重量で混合して作成した混酸10gを1リットルのベンゼン中に10分間で添加することで、その反応熱を測定した。加えた混酸が完全にベンゼンと反応したと仮定して、その反応熱を計算すると20.89kcal/molとなった。この値は文献値(30kcal/mol前後)よりかなり小さい。この原因としては、反応温度が低いため、ニトロ化反応が完結していない可能性が考えられる。今後は反応条件を変化させるとともに、生成物の定量をおこないニトロ化反応熱を正確に計測する予定である。

3. むすび

今回のいくつかの実験の結果において、原料薬品の添加速度や攪はん速度などのコントロールのしやすさ、また反応熱として得られる熱量の正確さをみると、今回実験に用いた反応カロリメーターRC1は、実験室スケールでの反応危険性評価試験に適するものであると考えられる。今後は反応暴走時の緊急時の処理方法などを検討しながら、実際に化学工場での事故を起こした暴走反応の再現実験を試みたい。

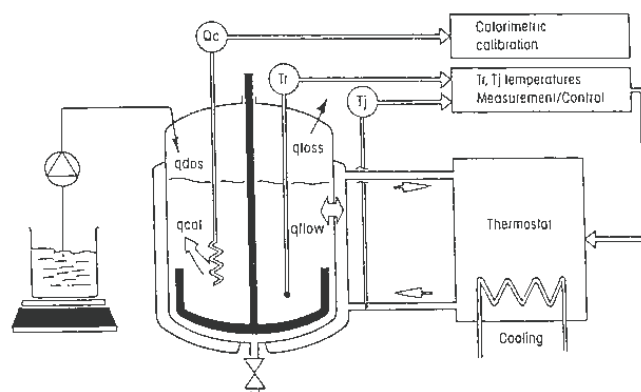


図53 反応熱量計(RC-1)の構造

バーゼル条約規定廃棄物有害特性の簡易判定試験法の開発に関する研究

—アルミブロック加熱試験及びバーナー加熱試験—

化学研究部 琴寄 崇, 藤本康弘, 安藤隆之,
松井英憲

1. 研究の目的

1989年の国連環境計画によって採択された「有害廃棄物の越境移動及びその処分の管理に関するバーゼル条約」の批准に伴い、国内の対応が求められている。当所においては、条約に規定されている14区分の危険有害物質のうち、H1からH5までの火災爆発危険性について、危険性の有無を予備的に簡易に判定する試験法を新たに開発することにより、バーゼル国内法又は消防法試験法等に定めるコストと時間を要する本試験を実施することなく、円滑・安全かつ経済的に廃棄物の処理を促進させることを目的として研究を進めている。本年度においては、H1爆発物及びH5.2有機過酸化物に対する、①感度の指標としての試験管—アルミブロック加熱試験による発熱開始温度測定、②威力の指標としての同じく試験管を用いる簡易な压力容器試験、③火災危険性の指標としての燃焼速度測定、及び、H5.1酸化性物質について④簡易なバーナー加熱試験によるセルロース粉末に対する酸化力測定の4種の試験を行った。詳細については近く環境庁より刊行される予定の平成6年度環境保全研究成果集を参照されたい。

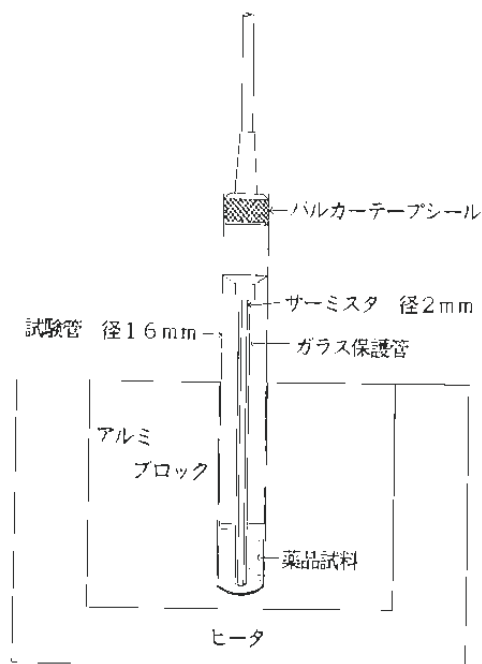


図54 アルミブロック恒温槽の構造

本報においては、①及び④について概要を報告する。

2. 試験管—アルミブロック加熱試験法の概要と測定結果

使用したアルミブロック恒温槽の構造を図54に示す。外径16mmの試験管底に約3mlの試料と温度センサを入れた試料系を、一定温度に保持してあるアルミブロック恒温槽内に挿入し、11種の化学物質について各々試料温度が恒温槽温度を超えて上昇するか否かを測定した。この方法によって測定された発熱開始温度とバーゼル国内法及び消防法に定められた熱分析試験による既報値を比較した結果を表10に示す。本法による測定値は既報値より一般に数十度低い（このことは本法が一種の定温貯蔵試験であるために熱分析試験より格段に高感度であることを示している）が、表に示した物質の発熱開始温度の高低の順序はほぼ一致しており、本法によって化学薬品等の廃棄物の発熱開始温度が既存の試験法より簡単かつ感度よく測定できることが確かめられた。

3. バーナー加熱試験法の概要と測定結果

80mm角の家庭用アルミフォイルを30ml容量のピーカーの底に被せて作成したカップ状容器の底に、セルロース粉末1gと酸化性物質1gの混合物を薄く拡げて準備した試料系を、火力を一定に調節したガスバーナー上の金網に乗せて、14種の酸化性物質について各々燃焼開始までの時間及び燃焼終了までの時間を測定した。それらの結果は消防法試験法中の燃焼試験等による結果にほぼ一致し、本法が酸化性物質の酸化力を簡易に判定するのに役立つことが確かめられた。

表10 試験管—アルミブロック加熱試験によって測定された11種の化学物質の発熱開始温度と既報値の比較

化学物質	測定値	既報値
爆発物	℃	℃
$(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{CN})\text{N}=\text{NC}(\text{CN})(\text{CH}_3)_2$	83	106
$\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_2\text{NHNH}_2$	101	147
$\text{ONC}_{10}\text{H}_6\text{OH}$	105	140
$\text{N}_2\text{OC}_{10}\text{H}_5\text{SO}_3\text{Na}$	110	170
$\text{C}(\text{CH}_2\text{ONO}_2)_4$	140	197
$\text{H}_2\text{NCON}=\text{NCONH}_2$	167	209
$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3$	231	314
NaN_3	340	398
$\text{HN}=\text{C}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{HNO}_3$	発熱せず	327
有機過酸化物		
$\text{ClC}_6\text{H}_4\text{CO}_3\text{H}$	75	88
$(\text{C}_6\text{H}_5\text{CO})_2\text{O}_2$	91	108

オゾン曝露による絶縁材料表面特性の変化

電気研究部 本山建雄, 市川健二

1. はじめに

電気機器の小型化に伴い、配線板の線間距離が短くなりつつある。このため、これまで影響が少ないとされていたスイッチのon/off時や高電圧部から発生するオゾンが配線間の絶縁性を低下させる原因の一つになると考えられる。絶縁性の低下は火災、感電等の災害ばかりでなく、制御機器の誤動作に起因する災害を発生させることから、これらの災害の防止を目的として、絶縁材料をオゾンに曝露したときの材料表面特性の変化について検討した。

2. 実験方法

実験は試験片をオゾンに曝露し、曝露後の水濡れ性と表面抵抗率を測定する方法で行った。試験片はJIS C 6481に規定される図55のようなパターンのプリント配線板である。基材はガラスエポキシ、フェノール及びポリエステルである。

水濡れ性は絶縁性低下に関係する主な因子であり、試験片に水滴（直径約1.5mm）を滴下ときの、水滴と材料表面とのなす角（接触角）により評価した。表面抵抗率は試験片を恒温恒湿槽に保存し、所定の湿度に保ちながら絶縁抵抗計を使って測定した。

3. 実験結果及び検討

オゾン曝露時間と水濡れ性の関係を図56に示す。ポリエステル及びフェノールの場合、接触角は小さくなり、オゾンに曝露されると水に濡れやすくなることを示している。一方、ガラスエポキシの場合、接触角に大きな変化は見られなかった。

表面抵抗率と試験片の保存湿度との関係を図57に示す。フェノールの場合、試験片の保存湿度の増加とともに表面抵抗率は大きく減少しているが、湿度65%においてオゾンに曝露した試験片の表面抵抗率は曝露しない試験片の約1/1000となっており、通常の湿度においてもオゾンに曝露された影響が現れやすいと考えられる。一方、ガラスエポキシの場合、表面抵抗率は試験片の保存湿度に対して大きくは減少せず、また、オゾンに曝露した場合の表面抵抗率は、65%の湿度において、曝露しない場合と同程度であり、オゾン曝露の影響が小さいと思われる。

以上のように表面抵抗率が減少することから、他の絶縁性を低下させる要因が加わった場合、オゾンに曝露された影響が事故を誘引する可能性がある。

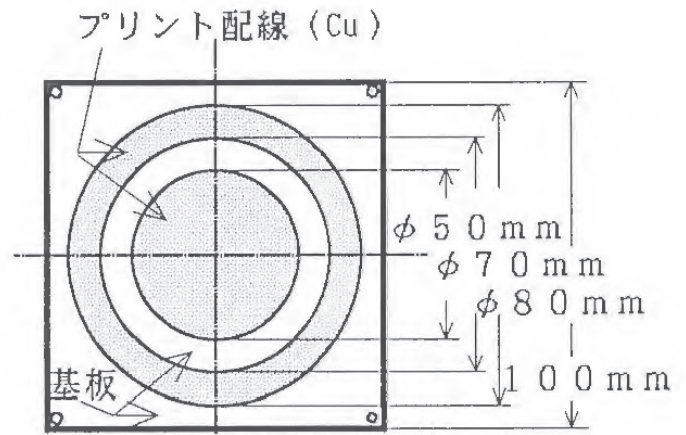


図55 試験片の配線パターン

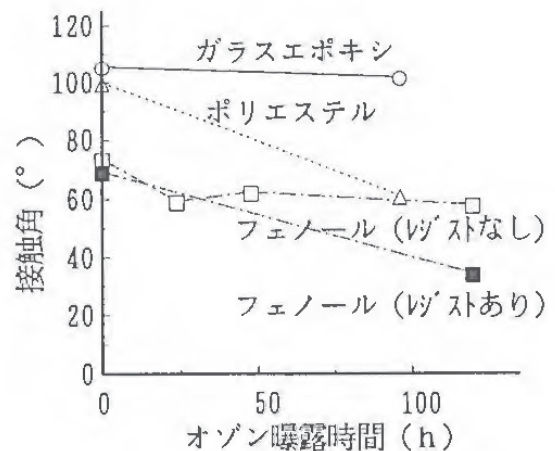


図56 オゾン曝露後の接触角
(オゾン濃度：約30ppm)

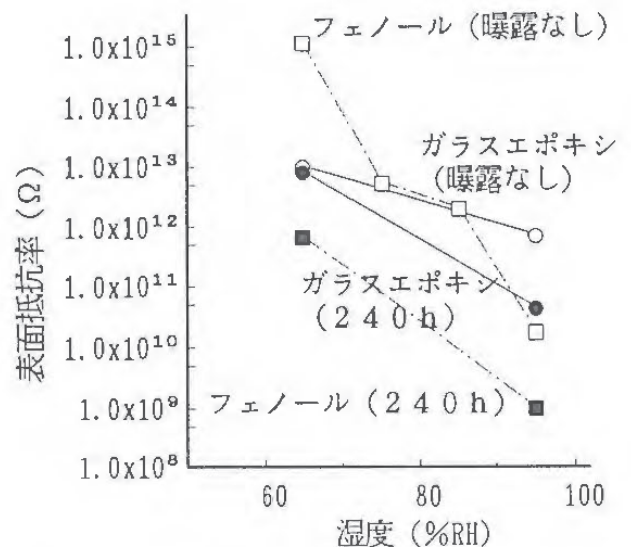


図57 湿度と表面抵抗率(40°C)
オゾン曝露条件(240時間, 20°C, 約40ppm)

測定電極と絶縁物の接触状態が絶縁破壊電圧に及ぼす影響

電気研究部 市川健二, 本山建雄

1. 研究目的

絶縁材料の電気的特性, 特に絶縁破壊電圧 (BDV) は材料の良否を判定する上で重要なパラメータである。しかし, その試験方法は, JIS, IEC, ASTMなどで独自に規定され, 統一されていない。更に, 固体絶縁材料の形状 (板, 管, 棒など) によって電極構成が異なる。その主な理由は, BDVの測定に耐電圧試験の電極構成が用いられるためであろう。耐電圧試験は規定の電圧に耐えるか否かを試験するものであり, 材料に耐電圧以上の高電圧が印加されたときの影響まで考慮されていない。そのため, 現状の電極構成ではBDVの測定が不可能な場合もあり, また, 測定されても, 必ずしも絶縁材料のBDVを正しく評価していないことになる。

ここでは, 固体絶縁材料, 特に電気的異方性を有するFRP材料について, その沿層方向のBDVを正しく評価する方法の開発を試みた。

2. 試料及び実験方法

供試したFRPは, 明白にボイドを含むFW 2, 集束剤に工夫を凝らしてボイドレスにしたFW 1, 顕微鏡的ボイドを含むPU 1 及び加圧引抜成形を行って更にボイドを減らしたPU 2である。これらのFRPはボイド含有量及びガラス繊維とベースポリマーとの接合状態が異なるためBDVも大きく異なる。

各FRPのBDVを正しく評価するために, 電極構成及び試験方法に次の3つの工夫を施した。

(1) 試料表面からの閃絡破壊を防ぐために, 電極系は, 試料が棒, 管, 板のいずれであっても, 試料に直径1.5mmの穴をあけ, その中に直径1.0mmの棒電極を挿入した棒-平板電極とし, 試料及び電極全体を油中に浸漬して絶縁破壊試験を行う (図58)。

(2) 試料にあけた穴の先端及び棒電極の先端の形状は, 高電圧が印加されたときの局所的な電界集中を避けるために半球状に丸める。

(3) このような電極構成では, 棒電極と試料にあけた穴との間に新たな界面 (マクロ内部界面) が存在し, 電気的な弱点になる。そこで, この界面による影響を調べるために, 穴に空気 (比誘電率 $\epsilon = 1$), 絶縁媒体 ($\epsilon = 2.7, 6.7$ 又は14の液体), 0.1%の食塩水 ($\epsilon > 80$) を満たし, BDVを測定した。

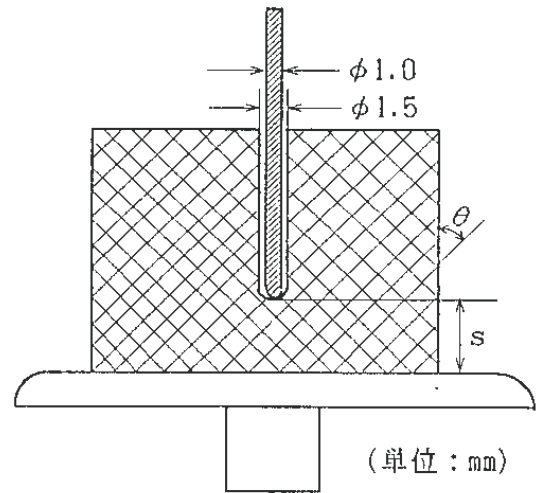


図58 BDV測定のための電極構成

3. 実験結果

棒電極と穴との間に介在させた媒体の影響を調べた結果が図59である。横軸に各媒体の比誘電率を, 縦軸にBDVをSchützの提案した棒電極先端での絶縁破壊の強さ (BDS) に換算して示す。

この結果から, 媒体が空気や絶縁油 ($\epsilon = 2.7$) であれば各試料ともBDSが低く, かつ, PU 1, PU 2 及びFW 2 では同程度のBDSになり, 試料間の差が現れない。しかし, 媒体が $\epsilon = 6.7$ 又は14の液体, あるいは0.1%の食塩水ではBDSが高く, かつ, 試料間の差が明確に現れることが示された。これは, 棒電極と試料を, FRPの比誘電率 ($\epsilon \approx 4.5$) 又はそれ以上の比誘電率をもつ媒体でよく密着させることが重要であることを意味する。

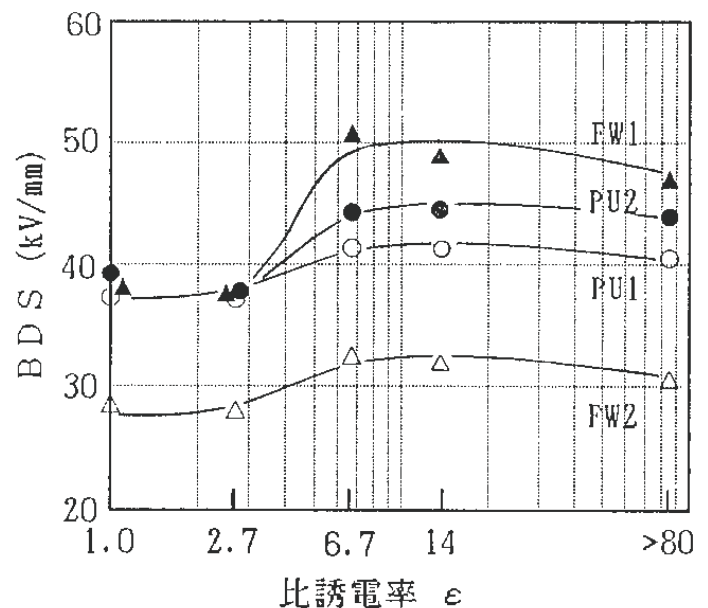


図59 棒電極周囲の媒体とBDS

可飽和リアクトルの出力電流に生じるスパイク波形を応用した直流電流の検出

電気研究部 山野英記, 市川健二, 本山建雄

1. はしがき

直流は、発電設備・化学プラント等の制御回路、無人搬送車や電気自動車とそのバッテリー充電設備等において使用されるが、直流電路の地絡故障に対しては、交流電路の地絡検出器のような高速・高感度、かつ簡便な検出技術がない。

そこで、直流電路の地絡検出技術の開発を目的として、図60のような回路の直流小電流検出への応用を試みている。実験によれば、ある条件下で、出力電流の波形にインパルス（以下、スパイクと称する）が生じ、その振幅が被検出直流電流に敏感に反応することが分かった。そこで、その発生機構と直流地絡電流検出への応用の可能性について検討した。

各種の磁気増幅器には、図60に見られるのと類似の、複数の巻線をもつ有心環状ソレノイドが、複数含まれている。ここでは、この種の素子を可飽和リアクトルと称する（通常の可飽和リアクトルとは、素子の個数その他において異なる）。可飽和リアクトルは、形態的にはトランス、機能的には非線形制御のインダクタである。

2. 実験方法

実験には主に図60の試験回路を使用し、電源 E_2 には発振器と広帯域の電力増幅器を使用した。周波数特性以外は、800Hzまたは1kHzで実験した。コアは、モリブデンパーマロイ、及び希土類Co系のアモルファスコア、形状は円環、寸法は同一ではないが外径30mm以下、2次巻数 N_2 は50が多い。またコアには磁束測定用にサーチコイルを巻いた。波形に変化の生じる抵抗や2次巻線の電圧測定・記録にはストレージオシロスコープとプロッタを使用した。

3. 実験結果及び考察

図60の2次回路（出力回路）は磁束 ϕ がコア特性に拘束されない自由磁化条件（ $V_L \approx E_2$ ）に設定し、1次巻線（貫通線）は開放とする。このとき、電源電圧 E_2 を正弦波とすれば磁束 ϕ も正弦波となるが、2次電流 I_2 はコア特性に従って歪んだ正弦波となる。そこで E_2 をある値まで増加させると I_2 の頂点またはその後にはスパイクが生じ、その頂点は ϕ の頂点に当たる（図61参照）。

スパイクの発生は以下のように説明される。まず、コアの交流ヒステリシス曲線を、不可逆、可逆、飽

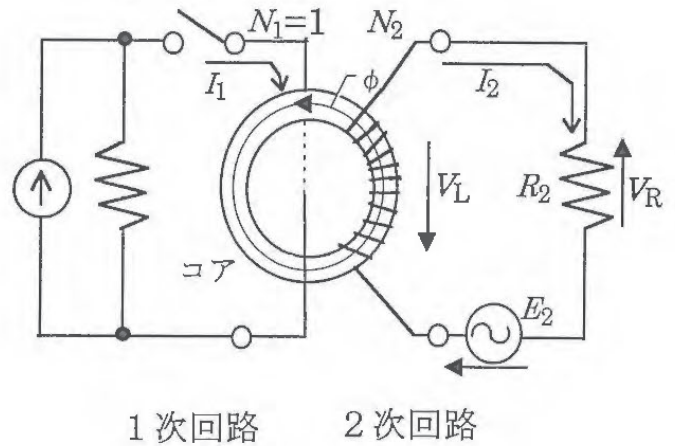


図60 試験回路の概要

和の各磁化範囲に分けて考える。可逆磁化範囲は、ヒステリシス曲線の右上及び左下の準飽和部分で、磁束の増加・減少の経路はほぼ同一の線となり、微分透磁率 μ_d は小さい。解析によれば、任意の ϕ において磁束が $d\phi$ だけ変化したときの電流の変化は

$$dI_2 = (l / \mu_d AN_2) d\phi$$

で与えられるので、 ϕ が増加して μ_d の小さい可逆磁化範囲に達すると急激な電流の増加、すなわちスパイクが発生する（ l :平均磁路長、 A :コア断面積、 N_2 :2次巻数）。いま、直流電流 I_1 は0であるから以上の現象は正負対称である。

次に、 E_2 によってある程度のスパイクが生じ、電流波高値が1~2倍になっている時に、1次巻線に小さい直流電流 I_1 を通じると、その極性に一致する側のスパイクが大きくなり反対側は減少する。

実験によれば、アモルファスコアで $N_2 = 50$ 、 E_2 が1kHzの場合、 $I_1 = 5 \sim 30\text{mA}$ における入出力比（スパイク増加分/ I_1 ）は、0.8~1であった。現状では、検出感度の再現性その他に問題があるので、さらに検討中である。

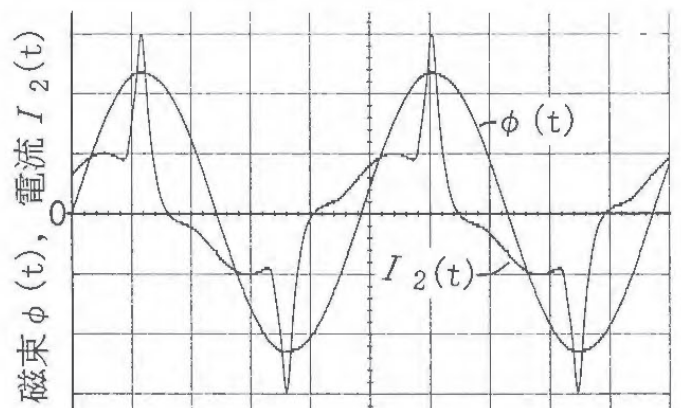


図61 磁束と出力電流のスパイク(1次側開放)
(横軸:時間, 0.2ms/div)

空気輸送配管およびサイロ内における粉体の帯電現象

電気研究部 児玉 勉, 田島泰幸

1. 研究目的

粉体を空気輸送するとき配管との摩擦や粉体相互の摩擦により粉体に多量の静電気が発生すると、サイロなどにおいて堆積粉体表面あるいは浮遊粉体から静電気放電が発生し、これが着火源となって粉塵爆発を誘発するおそれがある。そこで、このような危険性を定量化するため、実規模大の実験設備を用いて配管及びサイロ内での粉体の帯電特性について研究した。

2. 実験方法

図62に実験設備の概要を示す。サイロは直径1.5 m, 容量1.5 m^3 , SUS製円筒型で、配管はSUS製4 B管である。粉体はサイロ底部からロータリーバルブによって排出され、圧送ブロワで生成される高速空気流によって輸送配管を運ばれ、サイロ頂部から再びサイロ内へ落下するという経路により循環させた。サイロ及び配管系の大部分はテフロン材によって絶縁されており、これらと大地間にエレクトロメータを接続して洩れ電流を測定した。また、サイロ側壁に設けた開口部2箇所静電界センサを取り付け、帯電粉体によって形成される壁面での静電界強度を測定した。試料粉体は50%粒径が1590 μm のポリエチレンを使用した。

3. 実験結果及び考察

図63及び図64はそれぞれ、圧送風量を10 m^3/min 一定とし、粉体供給量を変えて配管系各部の洩れ電流及び壁面電界強度を測定した結果である。図63に示すように曲管（全長約12mで直角エルボ2箇所及

び三方コックを含む。）の洩れ電流I3が、導入管部（長さ1.3m）及びテストパイプ（長さ2 mの直管3本を連結したもの）のそれぞれの洩れ電流I1及びI2に比べて1桁ほど大きいことから、曲管の方が直管よりも粉体の静電気発生が著しく大きいことが判明した。また、洩れ電流は粉体供給量を変えても変化しないことから、粉体供給量が増加しても粉体が管壁と摩擦する総面積は変わらず、そのため粉体の重量あたりの電荷量が減少することが示唆された。なお、洩れ電流I4はサイロ内に粉体とともに持ち込まれる単位時間当たりの電荷量に等しいと考えられる。次に、図64に示すように粉体供給量が増加するとサイロ壁面での電界強度が上昇し、かつ堆積粉体の表面に近い方が電界強度が大きい傾向が見られることから、静電気放電と関係が深い物理量である電界強度はサイロ内の浮遊粉体濃度にほぼ比例することが確認された。そのほか、空気輸送による粉体の帯電には空気湿度の影響が極めて大きく、湿度の変化によって帯電量が増減するだけでなく帯電極性が反転する現象が観測された。

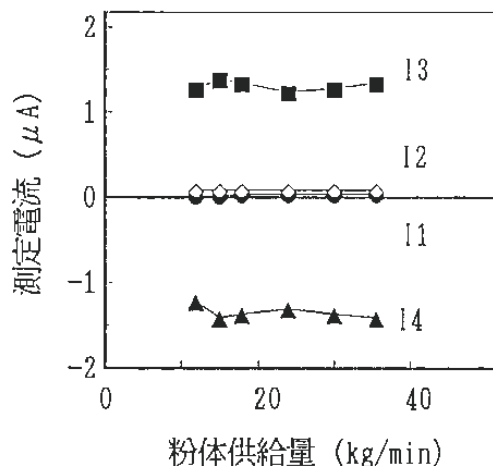


図63 洩れ電流測定結果

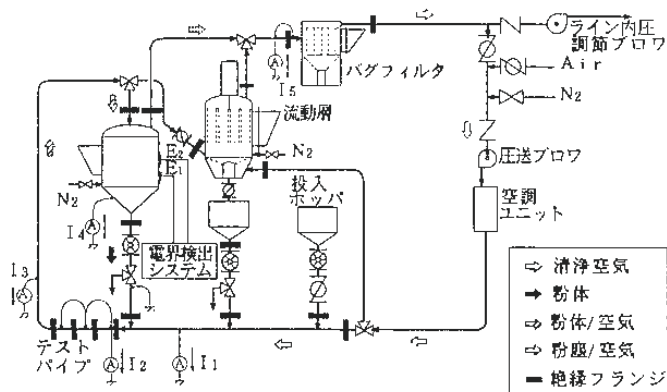


図62 実験設備の概要

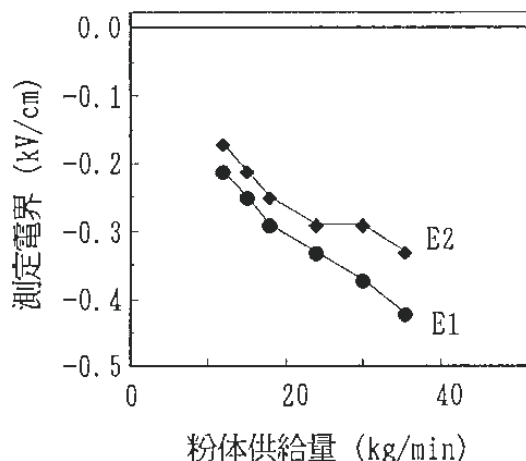


図64 静電界測定結果

可燃性微粉体の容量性放電による最小着火エネルギー測定

電気研究部 富田 一, 児玉 勉, 田島 泰幸

1. はじめに

最近, 可燃性粉体の微細化工程の利用とともに, 静電気の放電を着火源とした可燃性微粉体の着火爆発事故が増加傾向にある。事故対策の基本は, 対象となる粉体の着火危険性の評価である。可燃性粉体の着火危険性の評価法は, すでにIEC (国際電気標準会議) から放電回路にインダクタンスを挿入した着火エネルギー試験法が提案されているが, 本研究では, 実際の静電気放電に類似した容量性放電回路を用いて可燃性粉体の着火危険性を評価し, またIEC法との整合性についても検討したので, その結果について報告する。

2. 実験方法

着火危険性の指標となる最小着火エネルギーの測定には, ハルトマン型着火試験容器 (図65) を用いた。試験容器に付属した容量性放電回路では, 静電容量を1,350pF, 放電抵抗を100kΩとし, 放電電極には先端が針状の直径2mmのタングステン電極を用いた。放電電極間隔は2.5mmの一定とした。着火エネルギーはオシロスコープ (DSO) で読みとられた放電電極間の電圧と電流の積 (電力) をコンピュータ (PC) によって時間積分することにより求めた。なお, 圧縮空気によって被試験粉体を着火試験容器内に分散させた後の放電のタイミングは, タイミング調整用のシーケンス回路により制御した。

3. 実験結果

本実験装置の特性を確認するため, リコポジウムを用いてIECから報告されているデータとの比較を行った。その結果リコポジウムの最小着火エネルギーは4 mJとなり, IECによるデータ (5 mJ~15mJ) に比較して若干低いものの, ほぼ整合性のあることが確認された。

次に, 最近問題となっている微細な硫黄粉及びステアリン酸亜鉛の着火エネルギーを測定した。硫黄粉の最小着火エネルギーは0.97mJとなり (図66), ステアリン酸亜鉛は2.0mJとなった (図67)。硫黄粉についてはすでに報告されている値と同程度となったが, ステアリン酸亜鉛については, 報告されている値 (5 mJ) より低い値が得られた。

4. まとめ

実験で得られた硫黄およびステアリン酸亜鉛の最

小着火エネルギーは, 静電気放電で考えられるオーダー (たとえば5 kVに帯電した人体では2 mJ程度) であることから, これらの物質は静電気放電で着火する可能性のあることが確認された。

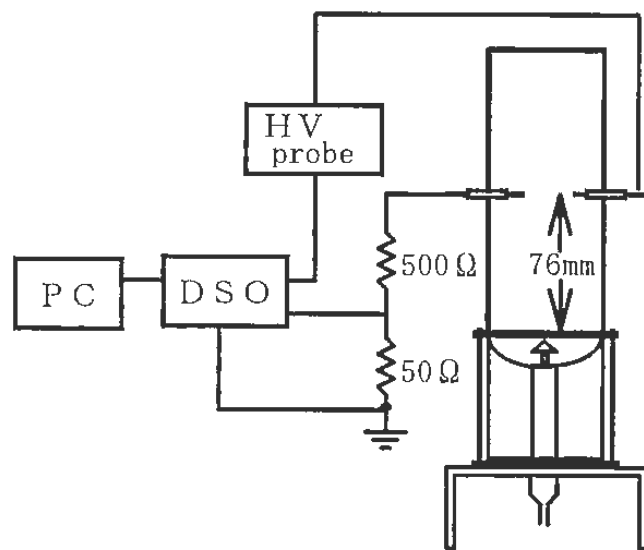


図65 着火エネルギー試験装置

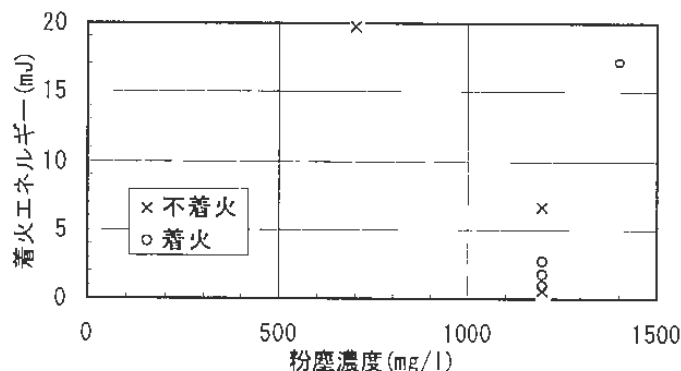


図66 硫黄粉の着火エネルギー

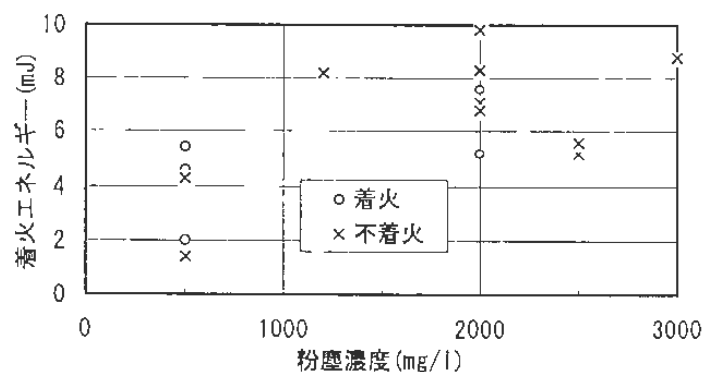


図67 ステアリン酸亜鉛の着火エネルギー

プラズマプロセスの安全化に関する基礎研究 —RF放電の放電モード移行現象の観測—

電気研究部 大澤 敦, 田島 泰幸

1. はじめに

放電プラズマの産業分野における応用は半導体等の電子材料のプラズマプロセッシング, 溶剤・有害ガスの処理など多岐にわたる。その理由は, 放電プラズマ中には高エネルギーの電子, イオンおよび各種ラジカルが豊富に存在し, 通常では困難な高温化学反応を容易に促進することができるからである。しかしながら, 放電特性, 繊維機構および気相あるいは表面における反応機構等は未だ十分に解明されていない。そのため, 放電が不安定になると処理効率変動したり, 時にはプラズマリアクタが破損するような災害も発生している。

以上のような背景から, 放電基礎過程に関する調査研究の必要性が内外で高まってきている。本研究は放電の基礎過程を解明する一つとして, 高周波(RF)グロー放電の放電モードの移行現象に着目し, 電子温度, 電子密度, 電子エネルギー分布, 発光スペクトル, 発光の軸方向分布および電極の自己バイアス電圧と放電モードの関係について実験によって調べた。以下, その結果について報告する。

2. 実験方法

本研究で用いた真空チェンバは高さ280mm, 直径300mmのステンレス製であり, 分光測定のために石英の窓がマウントされている。電極は直径100mmのニッケル製の平行円板, 電極間隔は20mmである。放電励起電源は直流ブロッキングコンデンサを通して一方の電極に接続され, 他方の電極およびチェンバは接地されている。

電子温度, 電子密度および電子エネルギー分布の測定には改良型の駆動プローブ法^{1,2)}を用いて, 電極間の中心で測定した。このプローブ法は空間電位がRF変動している場合, その空間電位の変動と同一の信号をプローブに印加し, プローブとプラズマ間の電位変動の影響を除去する方法である。

分光測定では, 放電からの発光をスリット, レンズおよび光ファイバを通して分光器に導入し, フォトマルチプライアおよび光子カウンタを用いて観測した。測定条件はアルゴン0.4Torrで, 周波数は5, 9および13.56MHzであり, RF振幅電圧を変化させ, 各々の周波数について測定した。

3. 実験結果

電子温度は, RF電圧が比較的低いときはほぼ2 eVと一定で, 700V付近で急激に下がり, その後はほぼ1 eV程度で一定となる二つのモードに分かれた。電子エネルギー分布関数はRF電圧の増加に従って, 電子が高エネルギー部に多く存在する分布と低エネルギー部に多く存在する分布に分かれた。この電子温度が高い(あるいは高エネルギー電子が存在する)ことは, 電子が生成される位置で電子をその程度まで加速する電界が存在していることを示唆しており, RF電圧が低いときの放電モードでは放電の中心付近でも高電界が存在している事を裏付けている。また, 電子密度は遷移域付近で急激に上がった。

発光スペクトル分布も二つのモードに分かれ, RF電圧が比較的高い方ではDC放電のそれと類似した。軸方向発光分布も二つのモードに分かれ, RF電圧が比較的高い方では二つのピークが観測され, 直接励起によるピークと, 電子温度が比較的低いことから, 再結合による発光によるピークであることが推定された(再結合係数は電子温度の二乗あるいはそれ以上の逆数のべき乗に逆比例する)。軸方向発光分布にこのような二つのピークが現れる現象は, 比較的電子温度が低いDC放電でも観測されている³⁾。

この放電モードの移行が起こるRF電極シース電圧(自己バイアス電圧とプラズマ電位の和)はDC放電の測定からDC放電の正規グローの陰極降下電圧(270V)とよく一致していることがわかった。

4. まとめ

RF放電には明らかに二つの放電モードが存在することが判明し, それはプラズマ内にまで電界が浸透し, その電界によって電子が加速され, それにより放電が維持されるモードと, DC放電の放電機構と同様に, 電極からの二次電子が電極シース電界によって加速され, それにより放電が維持されるモードとに分かれる。このような放電モードの移行が起こるRF電極シース電圧はDC放電の正規グローの陰極降下電圧と一致していることがわかった。

本研究結果は, 各種プラズマ処理の効率化および安全制御を考えると, これら二つの放電モードを考慮しなければならないことを示唆している。

文献

- 1) A.Ohsawa, M.Ohuchi and T.Kubota, Meas.Sci. Technol 2,801 (1991)
- 2) 大沢, 大内, 窪田, 電気学会論文誌 A 112, 1015 (1992)
- 3) T.Kubota, Y.Morisaki, A.Ohsawa and M.Ohuchi, J.Phys, D 25,613 (1992)

放電プラズマによる有害物質の分解に関する実験的検討

電気研究部 山隈繁蔵, 大澤 敦, 児玉 勉

1. はじめに

各種の産業現場では有機溶剤等の使用により蒸気が飛散し、労働環境の悪化や大気汚染の原因ともなっている。このような有害な物質の処理用として焼却装置等があるが、一般に大規模な設備となること、エネルギーの消費量が多いこと、分解が困難な物質があること等の欠点もある。本研究では、在来方式の欠点を補完する新たな試みとして、放電プラズマの化学的作用に注目し、有害物質を分解・無害化するための実験的検討を行っている。本年度は、オゾン層破壊物質として知られているハロン (Halon1301, CF_3Br) を対象に分解実験を行ない、放電電力、滞留時間および濃度と分解率の関係を調べた。

2. 実験装置および実験方法

実験装置を図68に示す。化学反作用の放電プラズマを発生する反応器は、沿面放電式オゾナイザである。放電用電源には交流 (10kHz) 高電圧電源を用いた。被分解ガスは、テトラバッグに乾燥空気を一定量採取し、そこへ所定の濃度となるようハロンを注入して作成した。分解前後のガスは、ガスクロマトグラフ質量分析計を用いて定量分析し、ピーク面積比から分解率を計算した。なお、ハロゲンによる酸性の腐食性ガスの発生が予想されたので、プラズマ処理後のガスは苛性ソーダ溶液を通して中和した。

3. 実験結果および考察

図69は、反応器のプラズマ空間 (放電電力15W) に滞在した時間とそのときの分解率を種々のハロン濃度 (500~10000ppm) についてプロットしたものである。このグラフによれば、滞在時間 tr [s] と分解率 D の関係が $D = 1 - \exp(-tr/\tau)$ という式で近似できる。ただし、 τ [s] は分解時定数といい、分解率が約63%に達するまでに要する時間である。このことは、ハロンの分解が一定時間内に一定の割合で起こることを意味しており、ハロンの分解を引き起こす化学反応過程のうち、支配的なものは一種類であると考えられる。図70は、放電電力に対する分解時定数の変化をプロットしたものである。これによれば、ハロンの初期濃度の違いが分解時定数に与える影響は、低電力域では大きいですが、電力が増加するに従って小さくなり、最大値 (30W) 付近ではほとんど差がなくなっている。この理由として、ハロン濃

度が反応器の電圧・電流特性に及ぼす影響が重要と考えられる。すなわち、低電力域では、同じ電力値であっても、高濃度の場合には低濃度の場合に比べて、電流がより小さく、電圧がより大きい。これは、ハロンが電子を付着して負イオンになりやすいガスなので、ハロン濃度が高いほど放電の進展が阻害され、同じ放電電力値とするためにはより高い電圧を印加する必要があるためである。ハロンを分解するためには、電子とハロン分子の衝突が活発に起こる必要があるため、電流値が小さい方が分解量も小さくなる。一方、放電電圧が大きくなるに従って、高濃度の場合でも電流値が増加し、ついには低濃度の場合と差がない程度まで達するので、分解率の差も小さくなるものと考えられる。

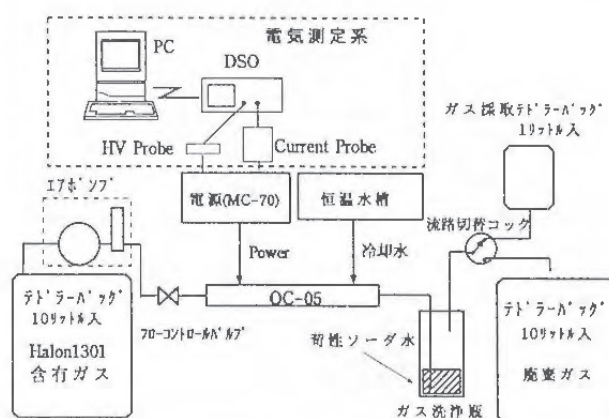


図68 ハロン1301分解実験装置

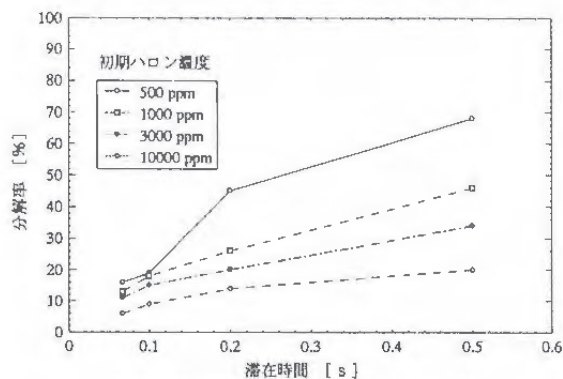


図69 滞在時間と分解率の関係：15W時

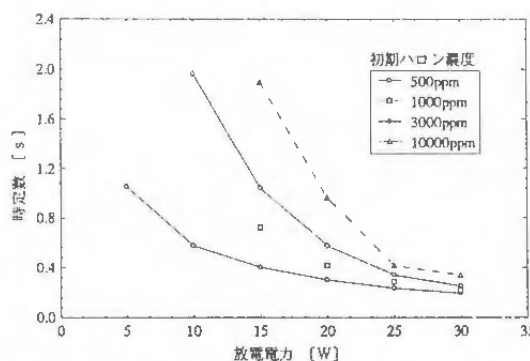


図70 放電電力とハロンの分解時定数の関係

2.3 研究成果の発表

1) 誌上発表

題 目	発 表 誌 名	発 表 者
1. 回転停止確認に基づく安全作業システムの構成法	産業安全研究所研究報告, NIIS-RR-94 (1995)	杉本 旭
2. クレーン等の構造計算に用いられる座屈係数について	同上	前田 豊
3. ひずみゲージを用いた疲労き裂モニタリングの基礎研究	同上	佐々木哲也
4. 聴覚特性を考慮した断続騒音の大きさの評価	同上	江川 義之
5. ヒヤリハット事例の分析によるヒューマンファクターの研究(その1)	同上	臼井伸之介
6. くさび結合部を有する型枠支保工の座屈強度	同上	大幢 勝利 河尻 義正 小川 勝教
7. 遠心模型実験による鋼矢板式土止めの崩壊挙動の解明	同上	豊澤 康男 堀井 宣幸 玉手 聡
8. 活性炭の粉じん爆発危険性 - 爆発特性に及ぼす着火エネルギーの影響 -	同上	松田 東栄
9. 除害処理に使用した活性炭の熱的反応性	同上	板垣 晴彦 松田 東栄
10. ニトロベンゼン誘導体の官能基配置と発熱開始温度	同上	藤本 康弘
11. 固体酸化性物質の酸化力の簡易試験法	同上	藤本 康弘
12. 閉鎖空間への爆発圧力の放散	同上	板垣 晴彦 林 年宏
13. 可飽和リアクトルの出力電流に生じるスパイクを用いた直流検出	同上	山野 英記 市川 健二
14. プラズマプロセスに用いられるRF放電の放電モード移行現象の観測	同上	本山 建雄 大澤 敦 田島 泰幸
溝掘削工事における土砂崩壊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.14 (1995)	小川 勝教 堀井 宣幸 豊澤 康男 玉手 聡
ユーザーのための防爆電気設備ガイド(ガス防爆)	産業安全研究所技術指針, RIIS-TR-94-2 (1994)	
活性炭に吸着された有害性物質の放電プラズマによる無害化技術の開発	平成6年度環境庁調査研究報告	山隈 繁蔵 大澤 敦 児玉 勉

題 目	発 表 誌 名	発 表 者
バーゼル条約規定廃棄物有害特性の簡易判定試験法の開発	平成6年度環境庁調査研究報告	琴寄 崇 藤本 康弘 安藤 隆之 松井 英憲
接合方法の異なる各種の仮設構造物の安全性	産業安全研究所・仮設工業会共同研究報告書(1994)	小川 勝教 河尻 義正 大幡 勝利 他機関共同
Ti-6Al-4V合金の疲労き裂伝ば挙動に及ぼす異方性の影響	材料, Vol.43, No.488(1994), 539~544	橋内 良雄 田中 正清 吉久 悦二 本田 尚
高齢者の特性と安全性の評価	労働の科学, Vol.49, No.6, 13~17	永田 久雄
最新安全装置事情 VOL.4:レーザー加工機およびウオータージェット加工機	安全, Vol.45, No.4, 60~62	糸川 壮一
最新安全装置事情 VOL.5:プレス機械	安全, Vol.45, No.5, 64~66	清水 尚憲
最新安全装置事情 VOL.6:無人搬送車(AGV)	安全, Vol.45, No.6, 60~62	糸川 壮一
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	材料, Vol.43, No.489, 666~671	橋内 良雄 田中 正清 吉久 悦二
最新安全装置事情 VOL.7:産業用ロボット	安全, Vol.45, No.7, 64~66	池田 博康
最新安全装置事情 VOL.8:コンベヤー	安全, Vol.45, No.8, 66~68	梅崎 重夫
「地絡」と「漏電」違いの秘密	新電気, 8月号, 17~21	市川 健二
型枠支保工の倒壊災害と安全対策	建築技術, 8月号, 179~182	河尻 義正
柱上高圧活線作業での電気用ゴム手袋の劣化と寿命推定	電気学会論文誌A, Vol.114, No.7/8, 553~559	市川 健二
溝掘削工事における土砂崩壊災害の分析	労働の科学, Vol.49, No.6, 28~31	豊澤 康男
建設労働災害の安全性評価	安全スタッフ, No.1567, 4~18	花安 繁郎
最新安全装置事情 VOL.9:クレーン・移動式クレーン	安全, Vol.45, No.9, 60~62	前田 豊
最新安全装置事情 VOL.10:安全装置による停止後の再起動操作	安全, Vol.45, No.10, 60~63	杉本 旭
金属系素材物質の粉じん爆発危険性	火災, Vol.44, No.2, 45~50	松田 東栄
災害頻度率の変動を考慮した労働災害の発生特性に関する研究	土木学会論文集 No.498/VI-24, 115~124	花安 繁郎
最近の産業災害の背景	クレーン, Vol.32, No.10, 1	森崎 繁
最新安全装置事情 VOL.11:ガード類	安全, Vol.45, No.11, 60~62	深谷 潔
最新安全装置事情 VOL.12:安全装置関連の規格の動向	安全, Vol.45, No.12, 62~64	深谷 潔
型枠支保工の計画と設計(その1)	建築技術, 1994.12, 179~184	河尻 義正
半導体関連産業における事故例	安全工学, Vol.33, No.6, 369~375	林 年宏

題 目	発 表 誌 名	発 表 者
労働災害統計分析研究の変遷に関する研究	建設マネジメント研究論文集, Vol.2 (1994), 85~96	花安 繁郎
型枠支保工の計画と設計 (その2)	建築技術, 1995.01, 165~169	河尻 義正
粉じん爆発の事故事例と防止対策	粉体と工業, Vol.27, No.1, 45~63	松田 東栄
A Method to Determine the Parameters of the Tsurui-Ishikawa Stochastic Fatigue Crack Growth Solution	JSME International Journal, Series A, Vol.38, No.1, 92~96	T. Sasaki <i>et al.</i>
内外における機械安全の動向	安全衛生コンサルタント, No.33, 43~49	糸川 壮一
Critical Temperature for the Thermal Explosion of Organic Peroxides.	Process Safety Progress, Vol.14, No.1, 37~44	T. Kotoyori
可燃性粉体の着火危険性とその対策	静電気学会誌, Vol.19, No.1, 35~40	松田 東栄
複合材料の界面における絶縁破壊	静電気学会誌, Vol.19, No.2, 92~98	市川 健二 他機関共同
帯電防止技術	静電気学会誌, Vol.19, No.2, 162~168	児玉 勉
建設労働災害の現状と問題点	土木学会誌, Vol.80, No.5, 2~6	花安 繁郎
建設労働災害の国際比較	土木学会誌, Vol.80, No.5, 7~10	花安 繁郎 他機関共同
仮設建造物の倒壊防止に関する研究	土木学会誌, Vol.80, No.5, 86~88	小川 勝教
ガスの可燃性評価試験法について	災害の研究, Vol.26, 263~273	松井 英憲

2) 口頭発表 (国内)

題 目	発 表 会 名	年月日	発 表 者
静電気災障害と循環の理法	火薬学会1994年度春季研究発表会	6.5.17	田 島 泰幸
前向性マスクング計測による聴覚時間分解能の研究	日本人間工学会第35回大会	6. 2	江川 義之
加速刺激に対する立位姿勢の安定性に関する研究(その3 : 高齢者における立位機能の低下)	同上	6. 3	永田 久雄 他機関共同
FRPの界面方向と誘電特性	電気学会誘電・絶縁研究会	6.23	市川 健二 本山 建雄 他機関共同
ひずみ制御式繰返し載荷時の軟かい粘土の挙動	土質工学会第29回土質工学研究発表会	6.26	堀井 宣幸 豊澤 康男 玉手 聡 他機関共同
一面せん断試験における砂の変形挙動の観察	同上	6.26	玉手 聡 他機関共同
自動倉庫における安全対策の論理構造	第24回安全工学シンポジウム	7. 7	深谷 潔
熱時効を受けた圧力容器用鋼の劣化特性評価	同上	7. 7	橘内 良雄 本田 尚
ER流体を用いたアクチュエータモデルの原理と評価	機械学会D&D '94 コンファレンス	7.12	池田 博康 杉本 旭 他機関共同
塔状構造物の架設に及ぼす天候の影響	第1回信頼性設計技術ワークショップ	7.14	大幢 勝利 他機関共同
FRP材料の内部界面の方向性と絶縁破壊特性	電気学会放電と誘電・絶縁材料合同研究会	7.22	市川 健二 本山 建雄 他機関共同
ER流体の開発の動向と課題	機械学会第72期全国大会：ワークショップ9 (電磁流体とロボティクス・メカトロニクス)	8.18	杉本 旭
ライニング管による灯油の帯電に関する実規模実験	第18回静電気学会全国大会学術講演会	8.25	児玉 勉 他機関共同
放電プラズマによるトルエン蒸気の分解	同上	8.25	山隈 繁蔵 児玉 勉 田 島 泰幸
ESDノイズの信号伝送線路に及ぼす影響の静電容量依存性	同上	8.25	富田 一 田 島 泰幸
靴のすべりに関する研究	日本靴医学会学術集会シンポジウム	9. 2	永田 久雄
ロボット研削用オフセット砥石の取付け方式と破壊強度	1994年度砥粒加工学会学術講演会	9. 2	桑川 壮一

題 目	発 表 会 名	年月日	発 表 者
直流電撃の許容限界を表わす回路モデル	第12会電気設備学会研究発表会	9. 8	山野 英記 本山 建雄
梁枠上に組まれた枠組足場の強度	建築学会1994年度大会学術講演会	9.10	小川 勝教 河尻 義正 大幢 勝利 他機関共同
梁式型枠支保工の支点としての合板型枠の強度に関する実験	同上	9.10	河尻 義正 小川 勝教 大幢 勝利
ベイズ方式による労働災害の発生時間数の推定について	土木学会第49回年次学術講演会	9.15	花安 繁郎
天候が塔状構造物を建設する作業員の作業環境に及ぼす影響	同上	9.15	大幢 勝利 他機関共同
定体積一面せん断試験における砂の変形	同上	9.16	玉手 聡 他機関共同
建設工事労働災害事例の記録中に用いられるフリータームの分析	同上	9.16	鈴木 芳美
塑性指数の異なる粘性土自立鉛直斜面の崩壊挙動	同上	9.17	豊澤 康男 堀井 宣幸 玉手 聡
車両系建設機械による地盤振動特性	同上	9.17	堀井 宣幸 豊澤 康男 玉手 聡
高温高圧水中における圧力容器用鋼の疲労き裂伝播挙動	機械学会・材料と構造物の強度と破壊シンポジウム	9.20	橋内 良雄 本田 尚
ひずみゲージ法による疲労き裂モニタリングの基礎研究	同上	9.20	佐々木哲也 他機関共同
赤外線応力画像測定法によるガセット溶接継手の疲労損傷の評価	日本機械学会材料力学部門講演会	10.13	吉久 悦二
赤外線による切欠き材の応力集中係数の測定と疲労き裂発生寿命	同上	10.13	橋内 良雄 佐々木哲也 本田 尚
軟鋼突合わせ溶接板に対する4種類の残留応力測定法の比較	同上	10.13	橋内 良雄 本田 尚
NC, PETN及びTNTの熱爆発限界温度抑制力発生機構による空気圧シリンダの低速制御	火薬学会1994年度秋季大会 日本油空圧学会・日本機械学会共催平成6年秋季油空圧講演会	10.20 10.20	琴寄 崇 深谷 潔 杉本 旭 他機関共同
ワイヤロッドのフレッティング疲労特性	第22回疲労シンポジウム	10.25	橋内 良雄 本田 尚 田中 正清

題 目	発 表 会 名	年月日	発 表 者
IWRCワイヤロープの曲げ疲労損傷特性について	平成6年度資源・素材関係学協会合同秋季大会	10.27	田中 正清
セファロスポリン化合物のクロル化反応と熱量の研究	第1回RCユーザー・フォーラム・ジャパン	11.17	藤本 康弘 他機関共同
ホールド・ツー・ランに対する人間特性	第12回日本ロボット学会学術講演会	11.20	深谷 潔
安全ロボットの基礎的要件と構成に関する研究	同上	11.20	杉本 旭 他機関共同
安全制御の原理と安全ロボットへの適用	同上	11.20	杉本 旭
安全ロボットのクレーンの荷振れ停止作業への適用	同上	11.20	池田 博康 杉本 旭 他機関共同
気体爆ごう波による石炭粉の分解・ガス化	第32回燃焼シンポジウム	11.21	松井 英憲 他機関共同
ニトロベンゼン誘導体の官能基とその熱分解挙動	第27回安全工学研究発表会	11.30	藤本 康弘
可燃性液体の不活性ガス添加雰囲気中の引火温度範囲	同上	11.30	松井 英憲 他機関共同
プリント配線間の絶縁性に及ぼすオゾンの影響	同上	11.30	本山 建雄 市川 健二
閉鎖空間へ放散した爆発圧力の予測	同上	12. 1	林 年宏 板垣 晴彦
粉体の空気輸送サイロ内の帯電測定	同上	12. 1	兎玉 勉 田島 泰幸 他機関共同
階段踏面・けあげ寸法の評価指標について	日本人間工学会関東支部第24回大会	12. 7	永田 久雄
オゾン、SO ₂ 等によるプリント配線板等の表面劣化	電子情報通信学会第6回安全確保研究会	12.19	本山 建雄 山野 英記 市川 健二
ポッケルス効果を用いた静電気放電ノイズの測定	1995年電子情報通信学会総合大会	7.3.28	冨田 一
ポリマがいしにおける各種界面の絶縁破壊の強さ	平成7年電気学会全国大会	3.29	市川 健二 本山 建雄 他機関共同
プリント配線板の絶縁性に及ぼす環境因子の影響	同上	3.30	本山 建雄 山野 英記 市川 健二
水和アルミナ充てんEVAの自己浄化性	同上	3.30	本山 建雄 市川 健二 他機関共同
ワイヤロープ用鋼のフレッティング疲労	機械学会第72期通常総会講演会	3.31	橋内 良雄 本田 尚

3) 国際研究集会口頭発表

題 目	研 究 集 会 名	発表年月日	発 表 者
Critical temperature for the thermal explosion of liquid organic peroxide.	28th Annual Loss Prevention Symposium/AIChE, Atlanta U.S.A.	April 18, 1994	T.Kotoyori
Detection of electrostatic field produced by charged particles in fluidized bed.	ESA-IEJ Joint Symposium on Electrosatics, Palo Alto, U.S.A.	June 23	Y.Tabata
Postural stability against unexpected and expected acceleration disturbances.	International Ergonomic Association 12th Congress, Tronto, Canada	August 17	H.Nagata <i>et al.</i>
Thermal ignition of activated carbon dust.	6th International Colloquium on Dust Explosions, Shenyang, P.R.China	August 30	H.Itagaki and T.Matsuda
Effects of ignition energy on dust explosion parameters.	ditto	August 30	T.Matsuda and H.Itagaki
Deformation and failure characteristics of vertical cut and excavation in clay.	International Conference Centrifuge 94, Singapore	August 31	N.Horii, Y.Toyosawa, S.Tamate, S.Hanayasu and S.K.Ampadu
Undrained shear characteristics of a soft clay after cyclic loading.	International Symposium on Pre-Failure Deformation Characteristics of Geomaterials, Sapporo, Japan	September 12	N.Horii, Y.Toyosawa, S.Tamate and S.K.Ampadu
Deformation of sand in direct shear box test.	ditto	September 13	S.Tamate <i>et al.</i>

4) 著 書

書 名 等	著 者 名	出 版 社 名
上原陽一・小川輝繁監修：防火・防爆対策技術ハンドブック 第1編 1.13節 2.3節 3.3節 第3編 1.3節, 2.3節, 5.1節	松田 東栄 田 畠 泰幸 林 年宏 安藤 隆之	(株)テクノシステム
日本材料学会編：疲労設計便覧 13.2.6項	橋内 良雄	(株)養賢堂
蓮花一己・西川正之編著：現代都市の行動学 第13章	臼井伸之介	福村出版(株)

第3章 関連業務

3.1 産業安全研究所主催行事

1) 安全技術講演会

当研究所において得られた成果は、産業安全研究所研究報告等として発表する一方、学協会等における誌上・口頭発表により公表しているが、そのほかに、昭和60年以来毎年1回安全技術に関する講演会を開催し、研究成果の発表や安全技術情報の提供を行っている。

平成6年度には「高齢者の安全対策」をメインテーマとして、10月7日には東京の産業安全会館8階講堂において、また、10月14日には大阪のツイン21 MIDタワー20階会議室において、次の演題によりそれぞれ講演会を開催した。

(1) 高齢者の墜落災害と潜在危険性の評価法	土木建築研究部	永田 久雄
(2) 高齢者の危険感受性に関する研究	土木建築研究部	臼井伸之介
(3) 高齢者の動作特性に配慮した自動機械用操作スイッチの検討	機械研究部	深谷 潔
(4) 高齢者の人間特性を考慮した立体自動倉庫用安全システムの開発	機械研究部	梅崎 重夫
(5) 騒音環境が高齢者の作業ミスに及ぼす影響	機械研究部	江川 義之

2) 研究効率化委員会

当研究所においては、研究業務を効率的に推進するために、学識経験者、企業の安全実務者等から構成される標記委員会を設置し、研究体制、研究課題等について検討を重ねている。

平成6年度には、建設業における施工中の構造物の倒壊・崩壊による大型災害の防止対策を確立することが重要かつ緊急の課題であることに鑑み、下記委員よりなる「施工中の倒壊・崩壊に関する安全研究の今後の方向検討委員会」を発足させ、計2回の委員会を開催した。

委員長	前 郁夫	(仮設工業会常務理事)
委員	安達 洋	(日本大学海洋建築工学科教授)
同	北山 宏幸	(建設業労働災害防止協会専務理事)
同	佐藤 尚次	(関東学院大学土木工学科助教授)
同	末岡 徹	(大成建設技術研究所土質研究室主席研究員)
同	高田 博尾	(清水建設技術開発センター生産技術開発部主査)
同	土屋幸三郎	(大林組土木技術部技術第1部課長)
同	松崎 育宏	(東京理科大学建築学科教授)

この検討委員会は平成7年度にも引き続き開催される予定であるが、この間、施工中の倒壊・崩壊災害の防止に関して当研究所が今後実施すべき研究分野、具体的な研究方法、問題の所在などを中心に、安全施工技術、設計手法、予測技術などを含めて広く審議されることとなっている。

3) 所内講演会

当研究所においては、研究員全員が参加する研究懇談会をほぼ隔月毎に開催し、研究の経過・成果などについての討論や、意見・情報の交換を行っているほか、研究の活性化を図るために、研究所外から各分野の専門家を講師として招いて講演会を開催している。

平成6年度には下記の講演会を開催した。

平成7年3月3日 "Introduction to Research Activity about Electrostatic Safety"
Professor István Berta, Technical University of Budapest

3.2 行政機関等に対する協力

1) 災害調査等における協力

行政機関等名称	協 力 事 項	年月日	氏 名
池袋労働基準監督署	化学薬品製造工場蒸留装置爆発事故関連料品の分析	6. 5.24	安藤 隆之 林 年宏
大阪労働基準局	行政訴訟事件に係る鑑定書に対する意見回答	7.22	永田 久雄
糸魚川労働基準監督署	合成樹脂製造設備爆発事故の原因調査	8. 9	兎 玉勉 大澤 敦
大宮労働基準監督署	ゴム製品乾燥設備火災事故の原因調査	9.14	藤本 康弘 林 年宏
秩父労働基準監督署	ダム工事における土砂岩石崩壊事故の原因調査	9.14	鈴木 芳美 堀井 宣幸
秩父労働基準監督署	ダム工事における土砂岩石崩壊事故に関する捜査関係事項照会	11.21	豊澤 康男 鈴木 芳美 堀井 宣幸
埼玉県秩父警察署	ダム工事における土砂岩石崩壊事故に関する捜査関係事項照会	7. 1.20	鈴木 芳美 堀井 宣幸 豊澤 康男
上野労働基準監督署	靴底加工工場爆発火災事故原因調査	1.23	林 年宏 板垣 晴彦
安全課	兵庫県南部地震復旧工事に関する現地調査（第1回）	1.31	河尻 義正 花安 繁郎
大垣労働基準監督署	棚足場の木製足場板の材質及び強度に関する鑑定	2. 7	河尻 義正 大嶋 勝利
半田労働基準監督署	クレーンの巻き上げワイヤロープ切断事故の原因調査	2. 8	田中 正清
建設安全対策室	長野県安曇村水蒸気噴出事故調査	2.13	鈴木 芳美
安全課	兵庫県南部地震復旧工事に関する現地調査（第2回）	2.15	小川 勝教 堀井 宣幸
上野労働基準監督署	靴底加工工場爆発火災事故原因に関する捜査関係事項照会	2.20	松田 東栄 藤本 康弘 板垣 晴彦
安全課	兵庫県南部地震復旧工事に関する現地調査（第3回）	3.12	永田 久雄 豊澤 康男

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	大規模建設工事計画審査委員会	小川 勝教
	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機器等の研究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
	元請による現場安全管理手法検討委員会委員	花安 繁郎
	動力プレス機械構造規格等改正原案検討委員会委員	梅崎 重夫
	労働安全衛生コンサルタント試験専門委員	研究員 9名
	労働安全衛生コンサルタント試験専門委員	所長他 3名
	通商産業省	機械安全化・無公害化委員会委員
日本工業標準調査会委員		森崎 繁
同上		深谷 潔
同上臨時委員		田島 泰幸
人事院	安全専門委員	森崎 繁
	労働基準監督官採用試験専門委員	本山 建雄
	同上	吉久 悦二
	同上	富田 一
郵政省	不要電波問題対策協議会委員	田島 泰幸
建設省	U J N R 防火専門部会国内部会委員	琴寄 崇
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
消防庁	ハロン代替物質の消火性能評価に関する研究委員会	松井 英憲

3) 研修講師派遣等による協力

行政機関等名称	講 演 課 題 等	年月日	氏 名
労働研修所	工学の基礎知識（力学）	6. 5.13	永田 久雄
労働研修所	工学の基礎知識（化学）	5.13	松井 英憲
中央労働基準監督署	高齢者の動作特性について	6. 7	永田 久雄
労働研修所	自動化と安全	7.22	杉本 旭
			梅崎 重夫
労働研修所	爆発・火災の防止対策	7.29	松井 英憲
労働研修所	仮設建造物の強度計算（Ⅰ）	9. 6	河尻 義正
労働研修所	仮設建造物の強度計算（Ⅱ）	9. 9	永田 久雄
法科学研究所	機械建造物の破壊について	11.16	橋内 良雄
富山労働基準局	プレス機械に関する安全研究の概要	11.24	梅崎 重夫
労働研修所	電気災害の防止対策	7. 1.27	山野 英記
運輸省東京航空局	電気災害の防止について	2. 1	市川 健二
労働研修所	土砂崩壊災害の防止対策	2. 8	堀井 宣幸

4) その他

行政機関等名称	協 力 事 項	年月日
労働省	浜本労働大臣が来所され、森崎所長の案内で研究施設を視察された後、所員一同に訓辞、激励された。なお、大臣には廣見労働基準局長、露木安全課長、落合秘書官事務取扱、古川副主任中央産業安全専門官、西野局長書記が同行。	6. 8. 2
労働保険審査会	山田会長代理、山口委員、加藤委員のほか大臣官房総務課労働保険審査会事務室職員4名が、当所研究業務の視察等のために来所。	6.10.28
仙台労働基準監督署	労災指導員2名が来所、当所の研究施設を視察。	7. 2. 6
富山労働基準局	安全衛生課職員及び労災指導員3名が来所、当所の研究施設を視察。	7. 3. 8
香川労働基準局	安全衛生課職員及び労災指導員3名が来所、当所の研究施設を視察。	7. 3.15

3.3 外部機関との協力

1) 学協会の委員会活動等への協力

学協会等への協力としては、産業安全に関する研究調査、規格・基準の作成などの委員会に参加して当研究所の研究成果を反映するなど、学術、技術の面で学協会等の事業に協力しており、平成6年度には主として以下の学協会等に協力した。

○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、土質工学会、土木学会、日本化学会、日本火災学会、日本学術会議、日本機械学会、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、建設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、東京労働基準協会連合会、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、日本労働安全衛生コンサルタント会

○その他の団体

宇宙開発事業団、エネルギー総合工学研究所、海洋科学センター、神奈川県工業技術研修センター、高圧ガス保安協会、国際生産技術者協会、国際ロボットFA技術センター、産業用ガス検知警報器工業会、製品安全協会、石炭利用総合センター、先端建設技術センター、損害保険料率算定会、電気安全関東委員会、電気絶縁材料工業会、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、日本都市センター、日本トンネル技術協会、日本能率協会、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
産業安全技術協会	CCS炭の爆発特性評価（共同研究）	6.4.1 ～7.3.31	松田 東栄 林 年宏
岐阜大学工学部	建設事業における労働安全問題（特別講演）	6.5.12	花安 繁郎
産業安全技術協会	高圧絶縁保護具の廃棄基準作成のための調査研究 （共同研究）	6.7.1 ～7.3.31	市川 健二
東京大学工学部	Safety Issues in the Construction Industry in Japan （特別講義）	6.7.18	花安 繁郎
鉄道総合技術研究所	加速刺激と立位姿勢の安定性の関係（共同研究）	6.9.1 ～8.3.31	永田 久雄
北見工業大学	建設業における労働災害と安全問題について（特別講演）	6.9.12	花安 繁郎
仮設工業会	型枠支保工の水平荷重に対する安定性（共同研究）	6.10.1 ～8.3.1	小川 勝教 河尻 義正 大幢 勝利
神戸大学工学部	建設労働災害の現状と対策（特別講演）	6.12.16	花安 繁郎
日本クレーン協会	兵庫県南部地震クレーン被害調査	7.2.15 ～2.18	橋内 良雄 前田 豊

3) 外部機関の研究員の招へい

(1) 流動研究員

研究テーマ	所属・職名	氏名
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	東海大学工学部電気工学科教授	津久井 勤
建設機械の転倒と地盤強度との関係	武蔵工業大学工学部土木工学科助教授	片田 敏行

(2) 海外研究員

研究テーマ	所属・職名	期間	氏名
Study on Safety Electrostatic Control for Applying Charged Hazardous Materials	Technical University of Budapest, Professor	Feb.24~ March 12, 1995	István Berta

(3) その他の研究協力

研究テーマ	所属・職名	氏名
活性炭に吸着された有害物質の放電プラズマによる無害化処理技術の開発	東京大学名誉教授 東京大学工学部電気工学科教授	増田 閃一 小田 哲治

4) 外部機関への研修

研修区分	研修先	研修内容	期間	氏名
科学技術庁中期在外研究員	英国健康安全庁(爆発研究所)	化学プロセスの危険性評価に関する研究	6.8.1~9.30	安藤 隆之
科学技術庁長期在外研究員	英国健康安全庁(健康安全研究所)	機械の電氣的システムの故障診断と安全性評価手法に関する研究	6.9.3~ 7.9.3	池田 博康
行政研修	人事院	研究職室長級研修	7.2.20~3.3	富田 一
国会関連業務研修	国会政府委員室	I種採用職員国会関連業務研修	7.2.27~3.3	本田 尚

5) 外部機関の研究生の受託

区分	受託件数	人員数
大学関係の研究生	7	13
大学関係を除く機関の研究生	2	6

6) 国際協力, 海外派遣等

機関等の名称	協力事項等	期日
I F S E S	第1回安全工学国際フォーラム(東京)に当研究所から4名の研究員が参加, 研究討論及び意見交換を行った。	6.4.25 ~4.28
J I C A	化学研究部研究員板垣晴彦が, 労働災害データの収集と分析に関する技術協力のため, 短期派遣専門家としてフィリピン労働安全衛生センターへ出張した。	5.17 ~7.30
日本クレーン協会	機械研究部主任研究官前田 豊が, ISO/TC96(クレーン関係)の国際会議(千葉・幕張)に日本代表として出席した。	5.23 ~6.2
J I C A	インドネシア共和国労働省の労働安全衛生局長 Mr. M.D. Soekarnoが来所, 研究活動の視察ののち, 今後の国際研究協力などについて森崎所長と意見交換を行った。	6.29
J I C A	インドネシアへのJ I C A長期派遣専門家秋元 融氏の研修を受け入れ, 研究施設・研究内容の紹介を行った。	8.18
J I C A	フィリピン労働安全衛生センター技師 Ms. C.T. Sto Tomas を, 災害調査のための金属破壊・溶接欠陥の知識等の研修のため機械研究部へ受け入れた。	9.26 ~11.18
J I C A	平成6年度労働安全衛生セミナー研修員10名(アジア及び南米からの産業安全担当行政官)が来所, 研究施設の見学と意見交換を行った。	10.3
J I C A	フィリピン労働安全衛生センター所長 Ms. H.D. Custodio が来所, 労働安全衛生研究機関の管理運営に関する意見交換と研究施設・研究内容の紹介を行った。	10.13
I L O	フェローシップ・プロジェクトによるアジア諸国からの研修生7名が来所, 研究施設の紹介と意見交換を行った。	10.26
ブダペスト工科大学 (ハンガリー)	電気研究部長田島泰幸が, 平成6年度科学技術庁個別重要国際共同研究(帯電した危険物質に適用する静電気安全制御に関する研究)のため出張した。	10.26 ~11.4
英国健康安全庁	防爆電気機器検定部長 Mr. I.M. Clear が来所, 研究業務の紹介と意見交換を行った。	11.15
仁荷大学校(韓国)	電気研究部主任研究官市川健二が, 平成6年度科学技術庁個別重要国際共同研究(高電圧用有機複合絶縁材料の電気特性に関する研究)のため出張した。	11.20 ~11.27
日韓産業技術協力財団	Winter Institute 制度による研究生として, 化学物質の熱分解危険性の評価に関する研究のため, 韓国明知大学大学院生 Mr. Shim Jong-Chil を化学研究部へ受け入れた。	7.1.17 ~2.23
英国健康安全庁	健康安全研究所プロセス安全研究課長 Dr. T.A. Roberts が来所, 化学プロセスの安全及び危険物の分類について意見交換を行った。	3.13
J I C A	電気研究部主任研究官本山建雄が, 労働安全衛生基準(電気安全)に関する技術協力のため, 短期派遣専門家としてインドネシア労働省へ出張した。	3.20 ~3.26

第4章 産業安全技術館業務

4.1 産業安全技術館の活動

当研究所では付属施設として産業安全技術館を設け、当研究所の研究成果及び災害防止に関する各種の資料を整備して、広く安全知識、安全技術情報の普及と提供を図るとともに、安全技術相談に応じている。

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㎡			
	2階	(一般安全技術コーナー)	573㎡	(専門技術コーナー)	376㎡
特別展示場	2階	333㎡			
見学指導室	1階	146㎡	図書室	1階	95㎡

1階の常設展示場は主として機械安全に関するもので、各種機械の潜在的な危険性の認識に関する展示に始まり、プレス機械の安全問題の変遷、各種型式のプレス機械や木工機械の安全装置及び防護柵の間隔測定、電磁ノイズによる機械の誤動作などに関する体験装置、作業能率比較体験装置などから構成されている。

2階の常設展示場には、「高齢者の災害防止」に関する理解を深めるために来館者自身が「立つ」(平衡感覚)、「聴く」(聴力)、「見る」(視力)の身体機能をチェックできる体験装置、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)、安全衛生教育用の各種ビデオテープを内蔵したビデオライブラリー、各種保護具の展示をはじめ、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、可燃性のガス・蒸気・粉じんの爆発を実験により理解するための装置と、防爆電気機器のモデルルームを設けている。また、旧実験棟を改装して新たに仮設構造物コーナー、自動安全機械コーナー、電磁環境安全コーナーなど新たに5つの専門技術コーナーを開設した。

特別展示場では、労働災害の動向や新種の災害に対する安全技術など、時期に応じたテーマを選んで一定期間展示している。

図書室を中心とした安全技術コーナーでは、安全に関する技術資料、雑誌などを収集・展示しており、来館者は自由に利用することができるほか、安全に関する技術相談にも応じている。

平成6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

従来の1階常設展示場を全面改装するとともに、旧実験棟を改装して5つの専門技術コーナーを新たに開設した。

2) 特別展示

平成6年7月1日～10月7日 全国安全及び労働衛生週間特別展

3) 安全に関する技術相談など

展示資料その他安全一般に関する技術相談(427件)に応じたほか、団体来館者に対して安全教育としての見学指導及び解説を行った。

4) 施設の公開

科学技術庁主催の科学技術週間にちなみ、平成6年4月22日の10時及び14時の2回にわたり、当研究所の研究施設を一般に公開した。

5) 安全技術館来館者数

開館日数 244日(平成6年4月1日～平成7年3月31日)

来館者数 32,113名(うち団体135組, 2,653名)

6) 国外からの来館者及び主な国内来館団体

(1) 国外からの来館者

平成6年 4月11日 (財)海外技術者研修協会 19名

5月13日 (財)海外技術者研修協会 20名

5月16日	中華民国行政院勞工委員會	5名
5月30日	中華民国工業安全教育考察団	5名
6月17日	韓国産業安全公団	20名
7月29日	(財)海外技術者研修協会	22名
9月6日	韓国東亜建設産業(株)	21名
9月20日	台湾安全調査団	5名
9月29日	JICA労働安全衛生行政セミナー	20名
10月5日	韓国三星半導体研修団	16名
10月18日	韓国産業経営院	13名
10月27日	ILO	4名
10月31日	韓国労働部釜山地方労働庁	1名
11月25日	海外技術者研修協会	17名
12月12日	韓国技術情報コンサルティング	27名
平成7年2月21日	韓国能率協会	18名
3月8日	海外技術者研修協会	20名

(2) 主な国内来館団体

(教育・研究・行政機関など)

法務省矯正研修所，法務省東京矯正管区，会計検査院，東京都交通局，熊本労働基準局，足立高等職業技術専門校，王子高等職業技術専門校，太田高等職業技術専門校，板橋高等職業技術専門校，品川高等職業技術専門校，府中高等職業技術専門校，順天堂大学，杉野女子大学，東京農工大学，東京電子専門学校，磯子工業高等学校，安全原論研究会，麴町消防署，豊橋刑務支所，戸田市商工会

(その他)

(株)重松製作所，(株)シンワ，(株)エステック，(株)デック，三菱重工工事(株)，桂城建設(株)，(株)シモン，興研(株)，中央テクノ，戸田建設(株)，富士電機総設(株)，(株)谷沢製作所，日本メックス(株)，三恵社(株)，東洋テクノ(株)，東武電設工業(株)，利根地下技術(株)，東京電設サービス(株)，(株)三井海上安全技術センター，昭和エステック(株)，東京電力(株)銀座支店，東京通信ネットワーク(株)，極東開発工業(株)，(株)クリタス東京，石油資源開発，綜研化学(株)，大森精工機(株)，東芝ライラック(株)，日本セメント労働組合，日立ビル施設エンジニアリング(株)，新日本建設(株)，(株)朝日工業社，JR東日本，JR新橋建築区，三和大栄電気興業(株)，森永エンジニアリング(株)，国興システムズ(株)，(株)長谷工コーポレーション，ナショナル通信工事(株)，口産ビルネット(株)，日本テレコム(株)，極東貿易(株)，市光工業(株)，日野自動車工業(株)，アサヒビール(株)，花王(株)東京工場，中央労働災害防止協会，林業・木材製造業労働災害防止協会，陸上貨物運送事業労働災害防止協会

4.2 大阪産業安全技術館の活動

東京の産業安全技術館と同様な目的で大阪産業安全技術館が設立されており，平成6年度の主な活動は以下のとおりである。

1) 常設展示

大阪産業安全技術館の改築工事のため，常設展示は休止した。

2) 安全に関する技術相談など

当研究所の研究情報その他安全一般に関する安全技術相談は，仮庁舎において行った。平成6年度の相談件数は27件で，主な内容は静電気対策，電気機器の防爆構造，防爆電気機器の保守，物質の危険性，保護具の性能と選択，安全装置などに関するものであった。

3) 安全衛生教育研究会(講演と映画会)

安全教育研究会	「監督者のすすめる作業方法の改善とその着眼点」	6月29日	109名
労働衛生教育研究会	「騒音による健康障害の防止」	9月27日	41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を挙行、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	産業安全参考館が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附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	産業安全会館竣工。
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になる。
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。
- 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。
電子計算機システムをFACOM M740/10に更改。
- 平成5年5月1日 改築のため大阪産業安全技術館が仮庁舎に移転。
- 平成6年4月1日 木下所長退官し、化学研究部長森崎 繁が所長に就任。
- 平成7年4月1日 4研究部が、機械システム安全研究部、建設安全研究部、化学安全研究部及び物理工学安全研究部に改められる。

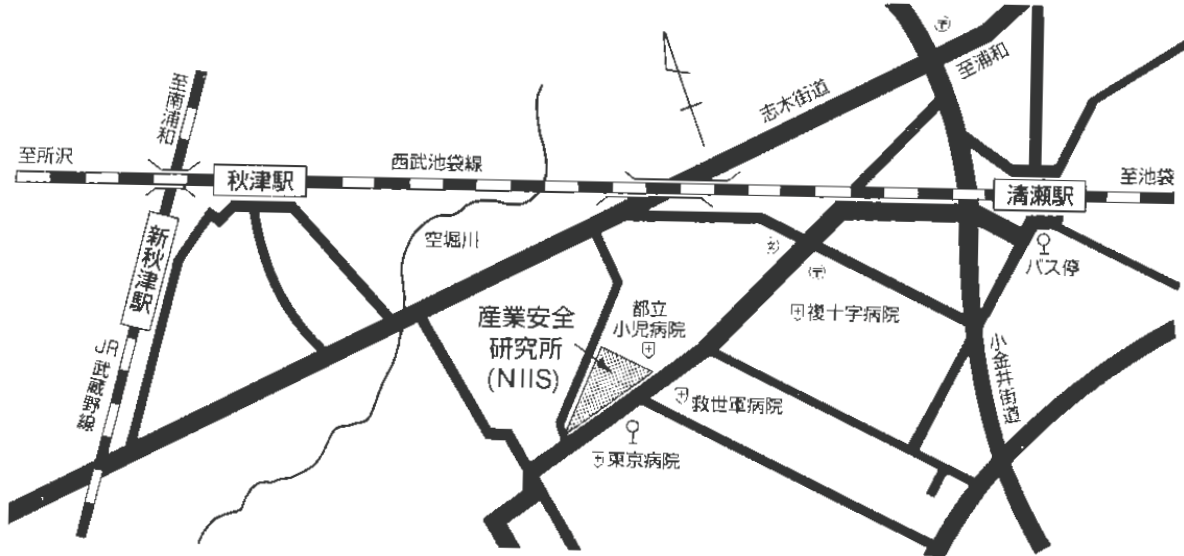
2) 産業安全研究所案内図

(1) 産業安全研究所

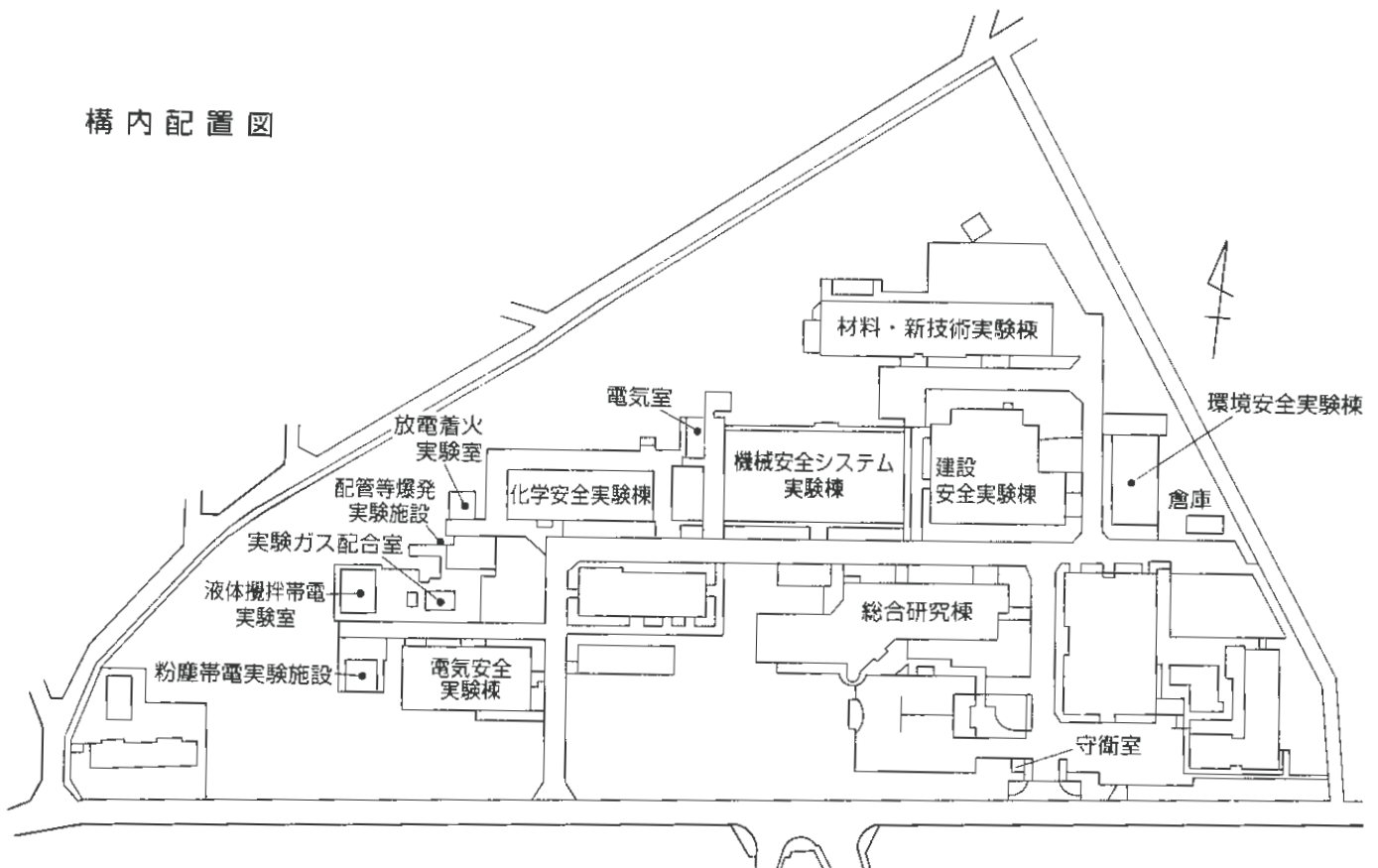
〒204 東京都清瀬市梅園1丁目4番6号
 Tel. (0424)91-4512(代表)
 Fax. (0424)91-7846

交通機関

西武池袋線清瀬駅南口下車，バス停2番乗車，
 東京病院前下車（所要時間7分）



構内配置図

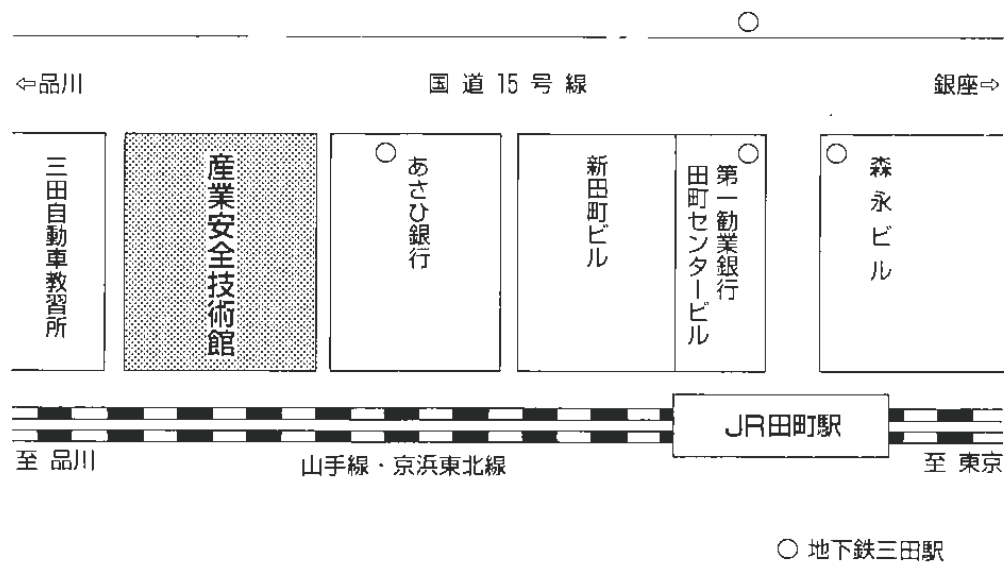


(2) 産業安全技術館

〒108 東京都港区芝5丁目35番1号 (産業安全会館内)

Tel. (03)3453-8441

Fax. (03)3452-6565



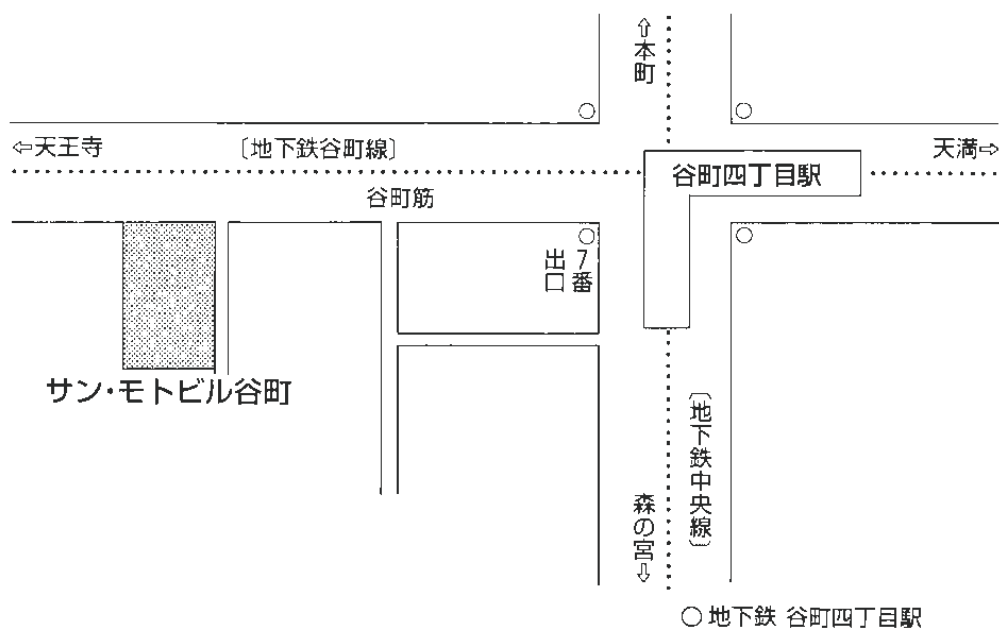
(3) 大阪産業安全技術館

〒540 大阪市中央区谷町4丁目8番13号

サン・モトビル谷町4F

Tel. (06)942-3868

Fax. (06)942-3869



産業安全研究所年報

平成 6 年度版

発行日	平成 7 年 6 月 30 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(代表)

印刷所 (有)祥栄堂

ANNUAL REPORT
OF
NATIONAL INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

1994

NATIONAL INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

1-4-6 Umezono Kiyose Tokyo 204 JAPAN