

産業安全研究所年報

ANNUAL REPORT
OF
RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

1993

平成 5 年度

坂口労働大臣産業安全研究所を視察



電気安全実験棟粉体帯電実験室にて（平成5年10月25日）

産業安全技術館改装



改装なった産業安全技術館（産業安全会館）

研究効率化委員会



所外の学識経験者を交えての、産業安全に関する
設備診断技術の開発と損傷評価法検討委員会

安全技術講演会



「物質・素材・材料の安全」をメインテーマとした
平成5年度安全技術講演会（東京会場）

海外の研究者との交流

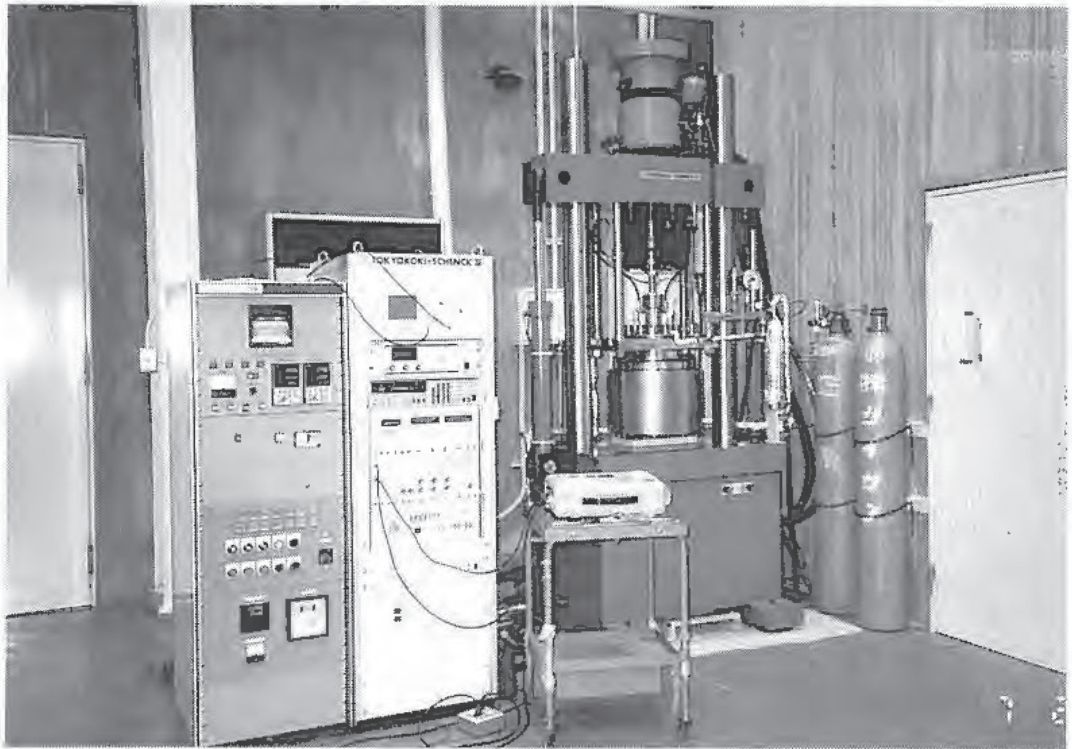


構造物の信頼性とリスクアナリシスをテーマに
講演中の Tang 教授（米国イリノイ大学）

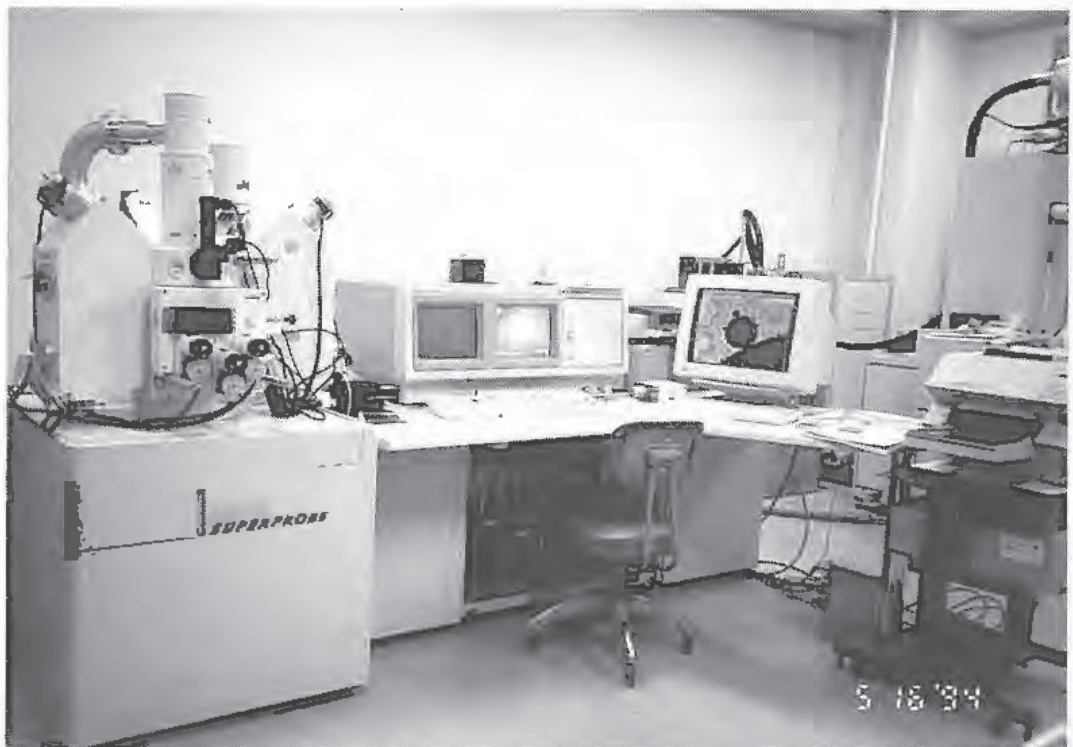


粉体の静電気帯電モデルについて講演中の
Bailey 教授（英国サウサンプトン大学）

新規に導入された実験設備



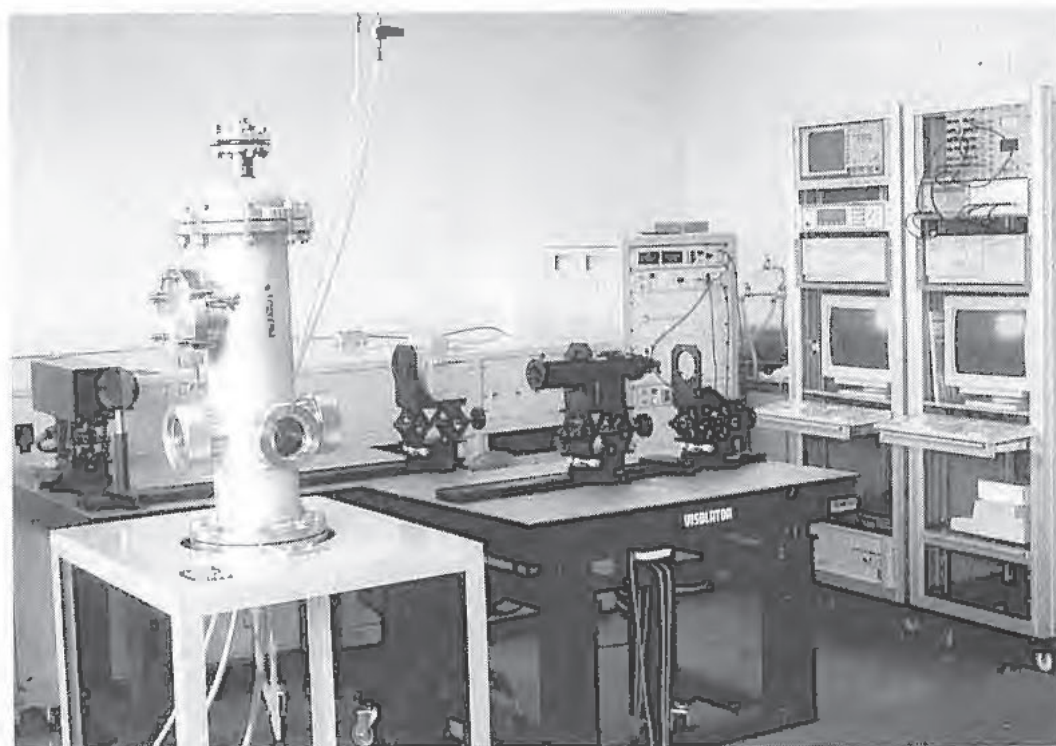
高温・高圧の水中における圧力容器用鋼の劣化特性の研究に用いる電磁共振型疲労試験機



材料の化学成分分析および析出物等の元素分析に用いる電子顕微鏡表面分析装置



人間の動作特性の研究に用いるワークシミュレータ



気相中のラジカル濃度の計測などに使用する
LIF（レーザ誘起蛍光分析装置）



静電気放電特性などの高速現象の解明に用いる
イメージコンバータカメラ



電気絶縁材料の表面劣化特性の解析などに
使用するトンネル顕微鏡

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) 人事移動	9
第2章 研究業務	
2.1 平成6年度の研究課題	10
1) 経常研究	10
2) 特別研究	12
2.2 平成5年度の研究成果の概要	13
2.3 研究成果の発表	45
1) 誌上発表	45
2) 口頭発表	47
3) 国際会議，国際研究集会への参加	51
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	56
4) その他	56
3.3 外部機関との協力	57
1) 学協会等の委員会活動	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	57
4) 外部機関への研修	58
5) 外部機関の研修員の受託	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

当研究所における研究は、各種産業分野における産業災害、労働災害の発生を防止することを目的としており、災害現象の解明と災害防止技術の確立のための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や労働人口の高齢化などにより、労働災害の多様化・複雑化の傾向がみられるので、これらに対応した研究開発の推進に努めている。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り扱われる新物質・新材料の危険性の解明とこれらに起因する火災・爆発災害の防止対策、最近多くの産業分野で問題となっている静電気による災・障害対策などに重点を置いて研究を行っている。また、こうしたハードウェアの研究に加えて、災害防止に不可欠のシステム安全、安全人間工学などのいわゆるソフト技術に関する研究にも積極的に取り組んでいる。

これらの研究の成果は研究報告書その他の当所出版物として公表され、安全行政の基となる労働安全衛生規則、各種の設備・機器等の構造規格、技術指針等の制定・改正に際して参考とされるほか、安全確保のために行政機関が行う監督指導や災害原因調査等に際して、学術的・技術的資料として活用されている。研究成果はまた、関連の学協会における研究発表、技術講演会、産業安全技術館への展示等を通じて周知され、産業現場における災害の防止に役立っている。最近では、先進国及び開発途上国からの研究者・安全行政担当者・技術者等の来訪が増え、産業安全に関する情報の交換、共同研究、研修指導等の交流を通じて国際協力に貢献している。

平成5年度には次の7課題について特別研究を行った。

- 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) 吊上げ用具類の新検査技術に関する研究（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) 産業災害リスクの構造変化の分析と予測（科学技術庁：科学技術振興調整費による重点基礎研究）
- 5) 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）
- 6) 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（同上）

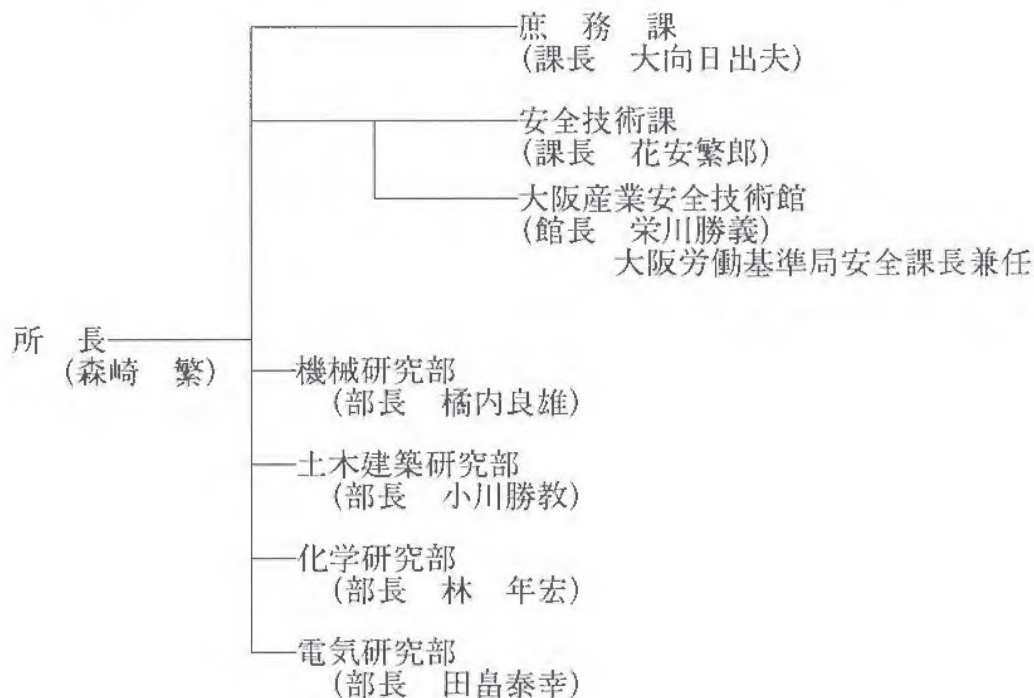
また、経常研究としては、自動機械システムや産業ロボット等の安全化、機械・構造物の破壊等による機械災害の防止、建設工事用設備等の安全化を主体とした建設災害の防止、可燃性ガス等の爆発危険性の解明や化学物質の危険性の解明に重点を置いた化学災害の防止、電気絶縁材料・設備の安全化や静電気による危険性の解明に基づく電気災害の防止及び作業環境の安全化や労働災害の分析に関する研究を行い、多くの成果を発表した。

こうした研究活動のほか、研究の効率化を目的とした産業安全研究体制研究委員会では、平成4年度に引き続き「産業安全に関する設備診断技術と損傷評価法」をテーマとして検討を行い、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。また、例年どおり東京と大阪において安全技術講演会を開催したほか、多数の安全技術相談に応じて指導を行った。

なお、老朽化が著しく、手狭となっていた大阪産業安全技術館を改築・一新すべく、解体工事が行われたが、平成7年度には最新の展示内容を備えて再開されることとなっている。

1.2 組 織

(平成6年4月1日現在)



1.3 定 員

(平成6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	9	18	12	39	1	4	1	4	10	1	51

1.4 土地および建物

(平成6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

1.5 予 算

区 分	平成 5 年 度			平成 6 年 度		
	一般会計	特別会計	計	一般会計	特別会計	計
	千円	千円	千円	千円	千円	千円
人 件 費	303,352	89,650	393,002	332,922	92,961	425,883
研 究 費	43,582	157,613	201,195	44,333	161,662	205,995
經常研究費	43,582	108,333	151,915	44,333	112,228	156,561
特別研究費	—	49,280	49,280	—	49,434	49,434
(溝掘削工事における土砂崩壊 災害の防止)	—	25,019	25,019	—	—	—
(吊上げ用具類の新検査技術の 研究)	—	24,261	24,261	—	25,071	25,071
(静電気による新原材料の爆 発・火災の防止)	—	—	—	—	24,363	24,363
依頼試験・検定経費	777	—	777	777	—	777
産業安全技術館経費	—	37,628	37,628	—	28,741	28,741
その他の経費	26,220	117,722	143,942	26,129	118,725	144,854
(小計)	373,931	402,613	776,544	404,161	402,089	806,250
(移管予算)						
国立機関公害防止等試験研究費	21,791	—	21,791	20,851	—	20,851
(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)	—	—	—	5,599	—	5,599
(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 処理技術の開発)	—	—	—	15,252	—	15,252
(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)	13,799	—	13,799	—	—	—
(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)	7,992	—	7,992	—	—	—
(小計)	21,791	—	21,791	20,851	—	20,851
合 計	395,722	402,613	798,335	425,012	402,089	827,101

平成 6 年度特別会計に含まれる上記以外の当所関係予算 (カッコ内は平成 5 年度予算額)

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	30,129 (47,303)千円
産業安全研究所施設設備費	406,992 (796,966)
産業安全会館改修工事	0 (737,622)
大阪産業安全技術館建築工事	341,843 (51,681)
産業安全技術館展示拡充工事	65,149 (7,663)

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

設 備 の 名 称	
動作自動解析システム	万能疲れ試験機
破壊じん性試験機	赤外線応力パターン計測システム
高温伝導微少熱量計	透過型電子顕微鏡
分光放射計測装置	イメージコンバータ超高速カメラシステム
高速データ集録装置	レーザ誘起蛍光分析装置
エンジニアリングワークステーション	雰囲気制御走査型トンネル顕微鏡
構造部材疲労試験機	赤外線応力画像システム
加振装置	微小部X線解析装置
高速液体クロマトグラフ	100トン構造物疲労試験機
高温高圧水循環装置	液体クロマトグラフ質量分析計
遠心载荷試験計測装置	超高速現象可視化装置システム
ワイヤロープ疲労試験機	構造物振動試験機
曲げ、圧縮試験機	ワークシミュレータシステム
建材試験装置	軟X線光電子分光施設
電磁共振型疲労試験機	反応熱量計

(2) 一般会計

設 備 の 名 称	
赤外線分光光度計	水熱反応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5年度受入数	蔵 書 数
和 書	596	10,303
洋 書	182	2,404
計	778	12,707

(2) 平成5年度中の購入雑誌の種類

区 分	雑種の種類
和 雑 誌	55
洋 雑 誌	96
計	151

1.8 広 報

平成5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-92	年刊	600
産業安全研究所特別研究報告	RIIS-SRR-NO.13	不定期	600
産業安全研究所技術指針	RIIS-TR-94-1	不定期	500
産業安全研究所年報	平成5年度版	年刊	2,000
安研ニュース	Vol.17, No.2~Vol.18, No.1	隔月刊	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
5. 4. 1	庶務課会計係長	石丸 哲浩	労働基準局賃金時間部労働時間課管理係
	庶務課会計係	西村 政也	新規採用
	庶務課管財係	笹川 一彦	新規採用
	庶務課庶務係	澤田 眞一	新規採用
	庶務課会計係	丸山 尚志	新規採用
	安全技術課長	花安 繁郎	土木建築研究部主任研究官
	機械研究部研究員	本田 尚	新規採用
	化学研究部研究員	安井 省侍郎	新規採用
	環境庁企画調整局	宮原 美幸	庶務課会計係長
	保険業務課給付係長		
	労働基準局労災保険 業務室業務指導係	福井 尚	庶務課会計係
	政策調査部統計調査 第二課労働条件第二係	大部 洋幸	庶務課管財係
	労働基準局労災保険 業務室年金業務係	高橋 行紀	庶務課庶務係
	機械研究部主任研究官	糸川 壮一	安全技術課長
	兵庫労働基準局	土井 智史	化学研究部研究員

第2章 研究業務

2.1 平成6年度の研究課題

1) 経常研究

- (1) 機械設備等の安全化 (機械研究部)
 - a) プレス作業の安全システム
 - ・フリクション・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)
 - a) 構造部材の破壊防止
 - ・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) 化学プラント用機器の高温疲労強度
 - ・高温配管用鋼の熱疲労寿命評価
 - d) 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および応力腐食割れ特性に及ぼす影響
- (3) 機械・構造部材の損傷診断と信頼性解析 (機械研究部)
 - 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
 - ・ひずみゲージを用いた疲労き裂のモニタリング手法の検討
 - c) 赤外線応用法を用いた構造部材の損傷評価
 - ・損傷の検出とモニタリング
- (4) 作業員・作業環境等の安全化
 - a) 騒音環境場の特性評価 (機械研究部)
 - ・高齢者に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
 - b) 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)
 - ・水平急加速装置を用いた歩行環境条件の危険性評価
 - c) 作業省略に係わるヒューマンファクタ (土木建築研究部)
 - ・思いこみ要因によるエラーの発生機構の実験的検討
- (5) 建設工事用設備等の安全化 (土木建築研究部)
 - 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) 接合方法の異なった仮設構造物の安全性
 - ・楔結合による骨組の座屈強度
 - c) 振動に対する半剛接合部を有する仮設構造物の強度特性
 - ・楔式接合部の振動によるゆるみの評価
 - d) 足場板の安全性評価
 - ・針葉樹合板足場板の安全化
- (6) 掘削工事における土砂崩壊の防止 (土木建築研究部)
 - a) 溝掘削工事における崩壊防止技術
 - ・溝掘削工事における崩壊防止技術に関する総合的検討

- b) 土止め支保工の変形および崩壊挙動の解析
 - ・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析
- c) 建設機械の転倒と地盤強度
 - ・建設機械の転倒災害の発生状況調査
- (7) 可燃性ガス・粉塵等の爆発危険性 (化学研究部)
 - a) 粉塵爆発危険性の評価技術
 - ・活性炭の粉じん爆発危険性
 - b) フィルムデトネーションの伝播限界
 - ・フィルムデトネーションの伝播限界管径
 - c) 除害処理に使用した活性炭の反応および爆発危険性
 - ・排ガスを吸着した活性炭の反応機構の解析
- (8) 化学物質の分解危険性とその防止
 - a) 化学薬品類の上限保管温度の測定 (化学研究部)
 - ・BAM 蓄熱貯蔵試験値の測定
 - b) 官能基配置と発熱開始温度との関係 (化学研究部)
 - ・発熱開始温度に及ぼす官能基配置の影響評価
 - c) レーザ誘起蛍光法 (LIF) によるラジカル計測 (化学研究部・電気研究部)
 - ・LIF による火炎中のラジカルの可視化
- (9) 爆発抑止技術の開発 (化学研究部)
 - a) 爆圧放散口の実用化を目的とした爆発圧力放散機構の解析
 - ・閉鎖空間への圧力放散機構の解析と大気中への放散への適用
- (10) 反応危険の防止 (化学研究部)
 - a) 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
 - ・定常運転時のシミュレーション
 - b) 暴走反応の危険性評価方法の開発
 - ・反応危険性評価のための実験手法の検討
- (11) 電撃危険性とその防止 (電気研究部)
 - 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
 - ・DC~50 Hz の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
 - ・直流漏電検出技術の開発
- (12) 電気材料・機械・設備等の安全化 (電気研究部)
 - a) 有機複合絶縁材料の電気的特性の評価
 - ・試験用電極と絶縁体との接触界面状態による絶縁破壊電圧への影響
 - b) 高電圧用絶縁保護具の余寿命診断
 - ・絶縁用保護具の経年劣化と余寿命診断
 - c) 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
 - ・表面電気特性の変化と危険限界
 - d) 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
 - ・バックグラウンドとインパルスノイズおよび伝導性ノイズが重畳した場合の耐ノイズ特性
- (13) 静電気による危険性とその防止 (電気研究部)
 - a) 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
 - ・プロセスタンクにおける放電・着火特性の解明
- (14) 電気・電子技術の産業安全への応用 (電気研究部)
 - a) プラズマプロセスの安全化に関する基礎研究
 - ・放電着火等に関する気体放電中の衝突素反応過程の測定

- (15) 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) 建設工事労働災害の情報解析（土木建築研究部）
 - ・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
 - c) 産業災害リスクの構造変化（土木建築研究部）
 - ・災害リスクパラメータの同定

2) 特別研究

- (1) 労働省
 - a) 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）
 - ・倉庫関連作業の安全化
 - ・重量物取扱い作業のための各種支援機器等の開発
 - b) 吊上げ用具類の新検査技術（機械研究部）
 - ・吊上げ用具類の損傷の実態調査
 - ・吊上げ用具類の応力計測および解析
 - ・損傷検出技術の確立
 - c) 静電気による新原材料の爆発・火災の防止（電気研究部・化学研究部）
 - ・新原材料の静電気放電による着火危険性の定量化
- (2) 科学技術庁
 - a) 結晶構造の変化が反応性物質の熱分解危険性に及ぼす影響（化学研究部）
- (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処理技術の開発（電気研究部）
 - b) パ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（化学研究部）

2.2 平成5年度の研究成果の概要

ステンレス鋼溶接継手の疲労寿命に及ぼす切欠き並びに残留応力の影響

機械研究部 橋内良雄, 吉久悦二, 本田 尚

1. 研究目的

耐食・耐熱性に優れたオーステナイトステンレス鋼は化学プラント等に使用されているが、加工硬化を起こすため経年変化も含めた材料の強度特性は十分に解明されていない。このため、熱交換器等ではステンレス鋼の加工硬化が原因で、爆発等の重大災害が発生している場合がある。本研究では、グループ溶接したオーステナイトステンレス SUS 316 鋼から、応力集中係数および残留応力の異なる溶接横継手板試験片を作製して疲労試験を行い、疲労亀裂の発生に及ぼす応力集中係数および残留応力の影響を調べた。

2. 試験片および実験方法

グループ溶接した供試材から、試験片の板幅の中心に応力集中係数 $K_t=2.73$ の円孔 (タイプ A) および $K_t=3.76$ の楕円孔 (タイプ C) を有する試験片と、板幅の両端に $K_t=2.61$ の半円切欠き (タイプ B) および $K_t=3.58$ の U 切欠き (タイプ D) 付き試験片を作製した (図 1)。母材は図 1 のタイプ A, B と同寸法の試験片を作製した。溶接試験片の残留応力は、切断法あるいは X 線法により調べた。疲労試験は、電気油圧式サーボ試験機を用いて応力比 $R=0.05$ で行った。

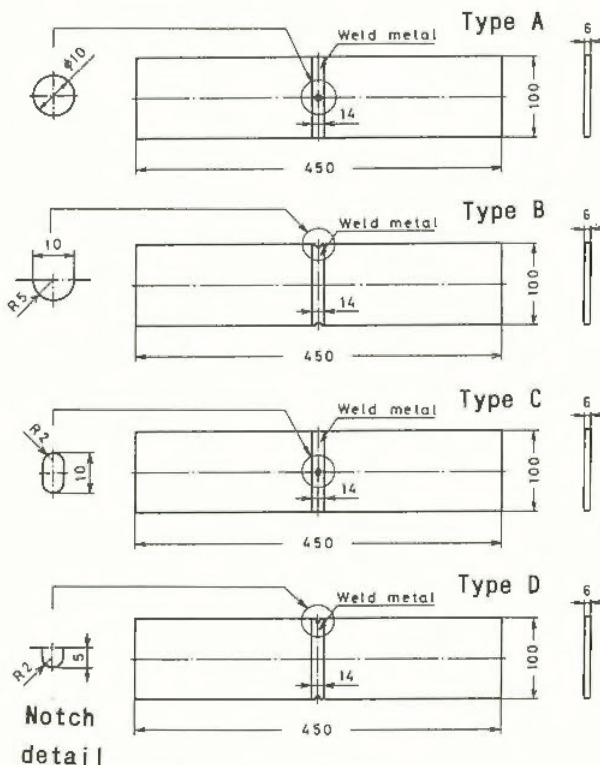


図 1 試験片の形状とタイプ

3. 実験結果

図 2 は溶接継手と母材の亀裂発生寿命 N_c と負荷応力範囲の関係を示したもので、溶接継手についてみると応力範囲が 240 MPa 以下では試験片の中央に切欠きを有するタイプ A や C 試験片よりも、両側に切欠きを有するタイプ B や D の場合の方が寿命が長い。特に K_t が大きい場合にこのような傾向が明瞭に認められる。応力範囲が 240 MPa 以上の場合には、 K_t と N_c との間に系統的な関係は見られない。これは負荷応力範囲が母材の降伏応力を越えるため、亀裂の発生がひずみ範囲に支配されるのに対して、240 MPa 以下では負荷応力範囲に支配されるためである。母材はデータ数が少なく、溶接継手と直接比較するには問題があるが、応力範囲が 240 MPa 以下の場合には溶接金属よりも母材の方が寿命が短い。溶接残留応力は、タイプ B や D 試験片の切欠き底近傍では圧縮の、タイプ A や C 試験片では引張りの残留応力が存在していた。図 3 は破断寿命 N_f から亀裂発生寿命 N_c を減じた亀裂伝播寿命と負荷応力範囲の関係を示したもので、 K_t によらず亀裂先端に引張りの残留応力が誘起されるタイプ A や C 溶接試験片の方が亀裂伝播寿命が減少していることから、残留応力は亀裂の発生よりも、伝播に影響していると考えられる。

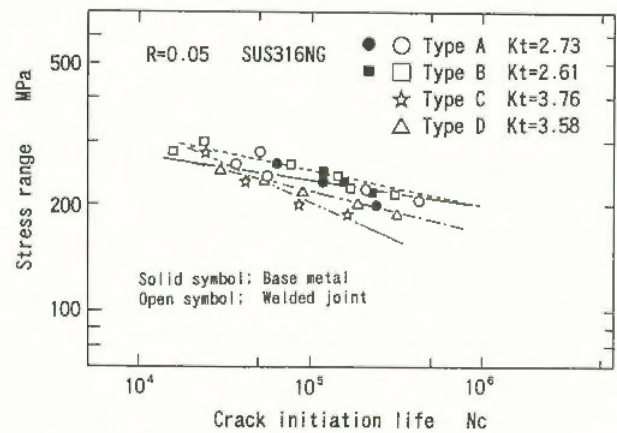


図 2 負荷応力範囲と亀裂発生寿命の関係

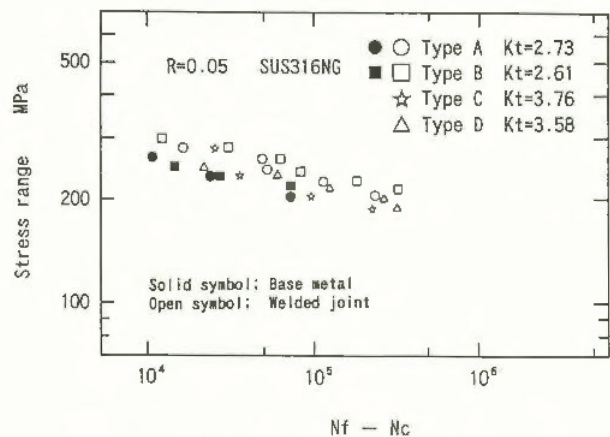


図 3 負荷応力範囲と亀裂伝播寿命の関係

赤外線応力測定法による溶接継手の応力解析

機械研究部 吉久悦二, 橋内良雄

1. はじめに

構造部材の強度は、経常変化部等の応力集中域での応力分布状態に強く支配される。赤外線応力測定法は、応力分布パターンを求める時に特に有効であることから、この応力集中域の応力状態を評価するのに最も適した方法の一つである。そこで、典型的な応力集中部で、トラス構造クレーン等に多用されている面外ガセット溶接継手を模擬した供試体を製作し、応力測定を行って、止端部の応力集中係数およびそこに発生した疲労き裂の応力拡大係数の算定を試みた。

2. 実験結果

供試体は、図4に示すような帯板の片側にガセット板を回し溶接したもので、測定はSPATE 8000を用いて行った。ガセット板下部を含む領域に対して得られた測定値（主応力和に比例）の分布状況を等高線表示したものが図5である。図中の測定値の最も高い箇所が止端直下であり、その下方の測定値の低い領域はマーキング用に供試体表面に貼付けた方眼紙の部分にあたる。応力集中係数 α は、止端を通る縦方向の線上の測定値を指数関数で最小二乗近似し、得られた曲線を止端に外挿することによって求めた。一般に、 α は全体の断面積変化による成分と止端形状により定まる成分の積で推定されることが多い。前者は応力集中ゲージで測定した結果、後者は光弾性モデルによる実験式で与えられる。このようにして求めた推定値が必ずしも正確なものとは言えないが、赤外線応力測定法の結果をこれと比較したところ、10~15%程度低めの値となった。何らかの方法を併用して主応力分離を行えば、より正確な α の推定が可能であると考えられ、形状の複雑さから α の算定が困難な実部材に対し、赤外線応力測定法が有用な強度評価手法となる可能性がある。

ガセット板下部の溶接ビートの縁に沿って、表面き裂が発生した時の測定結果を図6（図中の+は溶接ビートの縁を表す。）に示す。この場合、浸透探傷液を用いてもき裂を確認することは困難であったが、図6では、き裂発生前に応力が高かったビート中央の測定値が低くなっており、き裂が発生したことが分かる。また、その右側に測定値の高い領域が認められ、き裂の右側先端がこの領域まで達している。一方、き裂の左側先端には測定値の高くなっている領域がはっきりとは見られないが、これは左側先端が溶接の際のアンダーカットの窪みに入っていたために、供試体表面での応力が高くならなかったことによるものである。き裂面に平行な線上での測定値の最大値がき裂面からの

距離により変化する割合は、モードI型き裂に対する応力拡大係数 K_I と一対一に対応関係にある。この事実を利用して、図6の表面き裂について K_I を求めてみたが、結果は十字継手に対して求められている計算式によるものより30%弱低かった。き裂の存在のみにより誘起される応力場を抽出すれば、正確な K 値が得られると思われるが、そのためには、き裂発生前後のデータ減算等の処理が必要と考えられる。

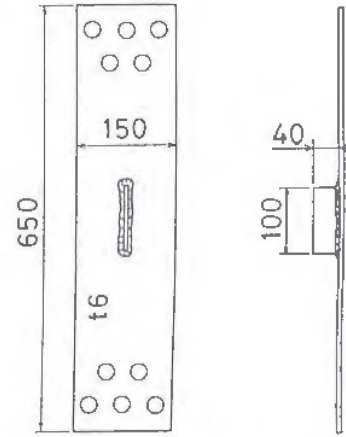


図4 面外ガセット継手供試体

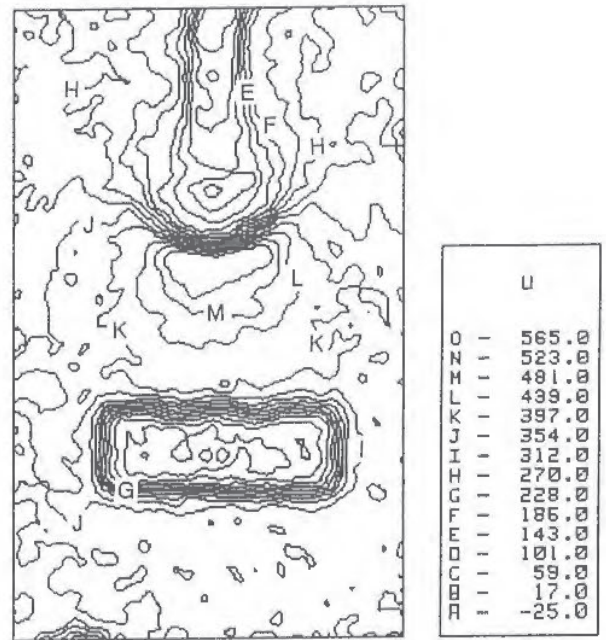


図5 溶接止端近傍の応力分布

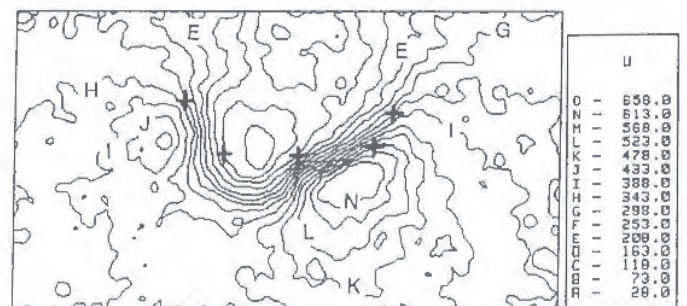


図6 疲労き裂発生時の応力分布

疲労き裂進展寿命評価における不確定因子の影響度評価

機械研究部 佐々木哲也

1. 緒言

近年、機械・構造物の強度設計に際して、信頼性と経済性を高度にバランスさせることが求められるようになり、各種の不確定性を確率・統計論によって取り扱う構造信頼性工学が注目されている。しかし、信頼性データの取得や信頼性解析には多大なコスト、労力を要するため、破壊確率に及ぼす影響が小さい不確定因子については確定論的に取り扱う方が実用であると考えられる。

そこで、本研究では疲労き裂進展寿命評価に際して、材料側の各種不確定因子が破壊確率に及ぼす影響度を簡易評価するための手法を開発し、その有効性について検討した。

2. 影響度評価の指標

影響度評価の指標としては、Madsenによる omission sensitivity factor を用いる。いま、破損に關与する確率変数を X_j (平均値 μ_j , 標準偏差 σ_j ; $j=1, 2, \dots, n$), AFOSM 法による信頼性指標を β とすれば、ある基本変数 X_i に対する omission sensitivity factor: γ_i は、 X_i を確定値とした時の信頼性指標 β ($\sigma_i=0$) を用いて次式のように定義される。

$$\gamma_i = \frac{\beta(\sigma_i=0)}{\beta} \quad (1)$$

この定義から明らかなように、 γ_i が 1 に近いほど X_i の影響度は小さくなる。

例えば、線形の限界状態曲面

$$g(X) = a_0 - \sum_{j=1}^n a_j X_j = 0 \quad (2)$$

($a_0 \dots a_n$ は定数)

に対する γ_i は、

$$\gamma_i = 1 / \sqrt{1 - a_i^2} \quad (3)$$

と表すことができる。ただし、

$$a_i = a_i \sigma_i / \sqrt{\sum_{j=1}^n a_j^2 \sigma_j^2} \quad (4)$$

である。

3. 疲労き裂進展寿命評価への適用

初期長さが a_0 のき裂に、応力範囲 ΔS の荷重が N 回負荷された時のき裂長さを次式によって推定する場合を考える。

$$\frac{da}{dN} = C_0 \left(\frac{\Delta K}{K_0} \right)^m = C_0 \left(\frac{Y \Delta S \sqrt{\pi a}}{K_0} \right)^m \quad (5)$$

ただし、 ΔK は応力拡大係数範囲、 K_0 は ΔK と同次

元の定数、 Y は部材やき裂の形状によって決まる無次元定数である。また、 m は確定値、 C_0 を確率変数とする (同一き裂に対しては一定)。

このき裂が限界長さ a_c に達した時に破壊するものと仮定すれば、限界状態曲面は次式のようになる。

$$a_c^{\frac{2-m}{2}} - a_0^{\frac{2-m}{2}} - \frac{2-m}{2} \left(\frac{Y \Delta S \sqrt{\pi}}{K_0} \right)^m N C_0 = 0 \quad (6)$$

ここで、 $X_1 = a_c^{\frac{2-m}{2}}$, $X_2 = a_0^{\frac{2-m}{2}}$, $X_3 = C_0$ を近似的に互いに独立な正規確率変数と見なすと、一次近似によって式(3)から omission sensitivity factor の簡易評価式が容易に定式化できる。

4. 解析例

Cr-Mo-V 鋳鋼による疲労き裂進展実験結果を基に、 $\Delta S = 59.4$ MPa, $K_0 = 17.6$ MPa \sqrt{m} , $m = 4.0$, $N = 7 \times 10^2$ とし、簡単のため $Y = 1$ とする。そして、 a_c , a_0 , C_0 の統計的特性を表 1 に示すように仮定して解析を行なった。

図 7 に解析結果を示す。図中の実線は、本研究で提案した簡易評価式から算出した omission sensitivity factor である。一方、 Δ , \circ , \square は拡張 AFOSM 法に

表 1 仮定した a_c , a_0 , C_0 の統計的特性

Variable	Distribution type	Mean	C.O.V
a_c	Normal	$3.0 \times 10^{-2} \text{m}$	0.05
a_0	Log Normal	$3.0 \times 10^{-3} \text{m}$	0.1
C_0	Log Normal	3.0×10^{-4}	0.03~0.08

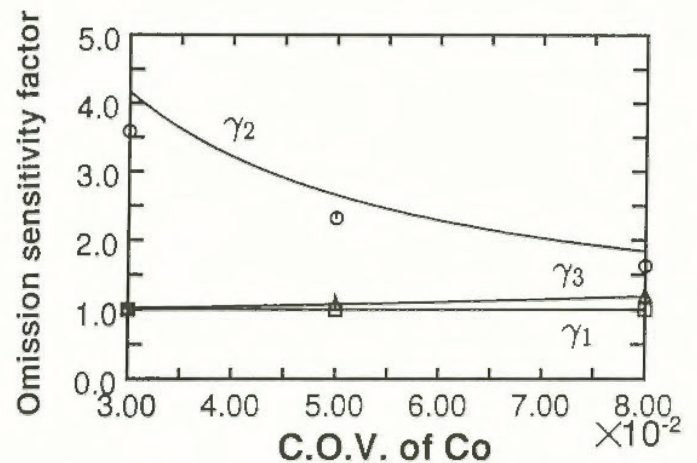


図 7 C_0 の変動係数と omission sensitivity factor の関係

よる基本変数の分布形を考慮した信頼性指標から算出した omission sensitivity factor である。簡易評価式では分布形の影響を無視しているにもかかわらず両者はほぼ一致しており、本研究で提案した簡易評価式の有効性が示された。そして、 γ_1 , γ_3 がいずれも 1 に近いことから、この解析条件下では C_0 , a_c を確率変数として取り扱う必要性は小さいことがわかった。

自走クレーンのつり荷重による応力スペクトル

機械研究部 前田 豊

1. はじめに

箱型構造のジブを有する自走クレーンでは、ジブなどの自重による応力成分がつり荷による応力成分に比較して大きく、また、旋回・起伏の動作によって負荷状態が変化するため、荷重自体の頻度分布と応力の頻度分布の間の関係は明らかにされていない。このため、疲労に対する明確な計算が行われないうまま設計・製作・使用されてきているのが現状である。そこで、クレーンの疲労設計のための基礎データの構築を目的として、箱型構造のジブを有するトラッククレーンを対象として、与えられた荷重の頻度分布（荷重スペクトル）から応力の頻度分布（応力スペクトル）を求めるための手法について検討した。

2. ジブの応力スペクトル

上部旋回体側の構造要素は応力が旋回動作によって変化しないものと考え、その代表としてジブをとりあげ、その根元付近の応力変動について考察する。

応力の頻度分布は、応力波形の山と谷の値を順序だてて求めれば得られる。しかし、動作中に発生する減衰振動による極値をそれぞれ求めていくのは得策でない。振動を含まない変動応力の極大値と極小値からのスペクトルに、減衰振動による分を加算して全体のスペクトルを求める。

旋回がジブ応力に影響を与えないので、ジブの応力の変化は模式的に図8のようになる。それぞれの右上がりの線は、つり荷の重量が一定のときの応力と作業半径の関係を表す。

作業半径が $r_1 (> r_2)$ のとき、応力を示す点は、 $W_L=0$ の線上①の位置にある。ここで重量が W_1 の荷

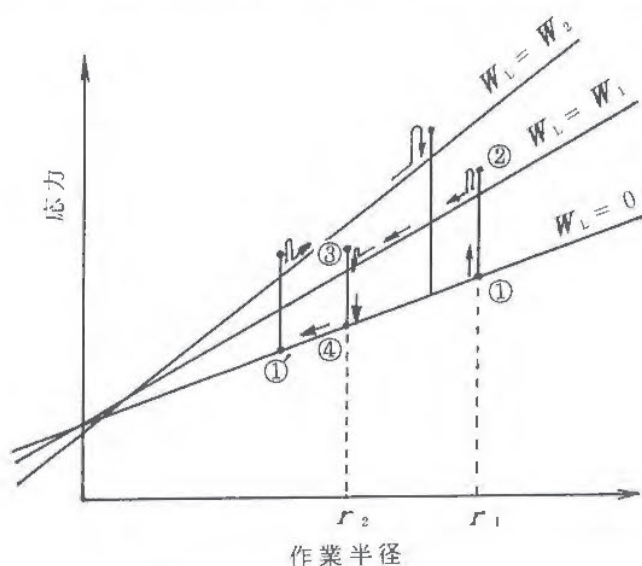


図8 ジブ応力と作業半径

をつり上げると、オーバーシュートおよび一定の減衰振動の後、応力を示す点は $W_L=W_1$ の線上に落ち着く。②はオーバーシュートの頂点の応力を示す。

次に水平移動では、ジブの応力は旋回角度によらないので、旋回・起伏の経路にかかわらず応力を示す点は $W_L=W_1$ の線上を移動し、③に到達する。

③で荷を下ろすと、応力を示す点はオーバーシュートと減衰振動の後、再び $W_L=0$ の線上に戻る。

この結果、1回の運搬で応力は、①の点（谷）→②の点（山）→④の点（谷）と変化し、かつ②と③の点において減衰振動を呈する。逆に $r_1 < r_2$ のときは、②の代わりに③が最大応力を示すことになる。

以上により応力変動をカウントするフローを図9に示す。

3. アウトリガの応力スペクトル

下部走行体側の構造要素は応力が旋回動作によって変化する。その代表としてアウトリガをとりあげる。根元付近の曲げ応力の変動は、荷をつり上げて旋回動作を行った場合、重心の位置と全重量がともに変化するため、アウトリガの応力が極値をとる状態を単純に決定することはできず、旋回動作の全経過から極値を逐一求める必要がある。

4. おわりに

ジブとアウトリガについて、応力の変動を求めるためのアルゴリズムを検討した。これと、つり荷の重量の分布と移動経路の分布を組み合わせることで機体の各部分の応力スペクトルが求められる。

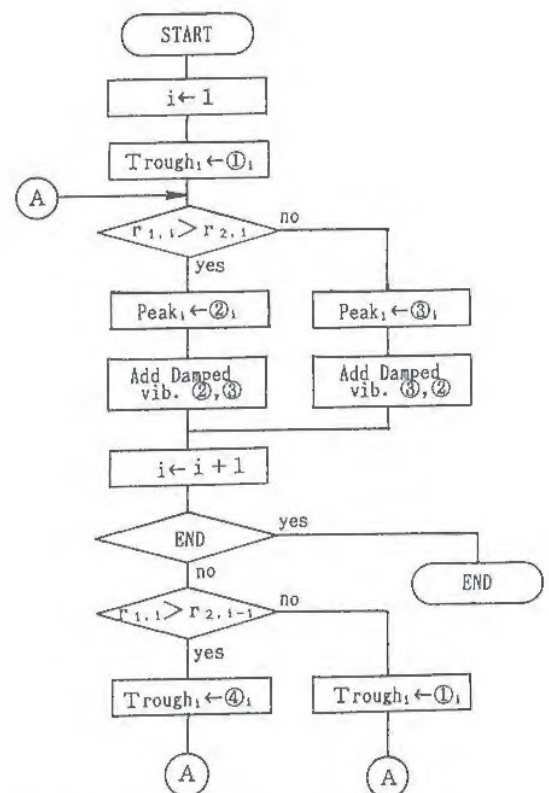


図9 ジブの応力変動をカウントするフロー

ポジティブ・クラッチ式プレス用安全作業システムの開発

機械研究部 清水尚憲, 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3500件近く発生しており、しかも、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、もしこのプレスが、上死点以外の位置でもスライドの停止を可能とする機構（急停止機構）を備えれば、災害の大幅な減少が期待できる。

また、既存のポジティブ・クラッチ式プレスは、昭和47年の「動力プレス機械構造規格」の制定以前に製造されたものもあるが、これらの中には、一行程一停止機構や2度落ち防止機能を具備していないものも数多い。そこで、本研究では、上記のような問題点を包括的に解決するために、ポジティブ・クラッチ式プレスを対象とした安全作業システムの開発を行った。

2. 開発した安全作業システム

本システムは、次の各機構よりなる。この外観を図11に示す。

(1) 起動時の安全確認機構

これは、プレス機械の起動時に、作業者の安全が確認できないときは、起動を許可しない機構である。

この機構では、起動装置とクラッチ作動用カム（これが起動装置の操作によって下方に引かれると、当該カムが外れてクラッチピンが移動し、フライホイールとクランクがピンにより連結される）の間に、起動連結用ソレノイドを設けている。これにより、万一、人体がプレス機械の危険限界内に侵入したときは、光線式安全装置がこれを検出して起動連結用ソレノイドをOFFとするため、起動装置とクラッチ作動用カムの連結は切り離され、仮に起動装置を操作してもプレス機械は起動しない。

(2) 急停止機構

これは、人体がポジティブ・クラッチ式プレスの危険限界内に侵入しそうになったときは、クラッチピンの連結を強制的に切り離すと共に、スライドを急停止させる機構である。

この機構では、フライホイールのカップリングに図12のようなリングを設けておき、光線式安全装置によって作業者の安全が確認できないときは、重力を利用して、図12のような形状のツメを落下させ、これによりリングの回転をロックして、クラッチピンの連結を強制的に切り離す。次に、当該プレスに具備されている摩擦ブレーキによってスライドを急停止させる

のであるが、この摩擦ブレーキは時間の経過や環境条件の変化と共に特性変化を起こす場合がある。そこで、クランク角90°の角度に、摩擦によらないメカニカルなストッパーを設けて、いかなる場合にも、この角度を超えない範囲でスライドを急停止させることにした。

(3) 2度落ち防止機能付き一行程一停止機構

本システムでは、一行程一停止機構を付与するために、一度クラッチピンがフライホイールと連結して回転を始めた場合でも、クランクの回転角33°の角度で、(1)で述べた起動連結用ソレノイドをOFFにする機構を設けた。これにより、クランクが上死点を戻ると、クラッチ作動用カムにより、クラッチピンの連結は強制的に切り離される。

また、本システムでは、2度落ち防止機能として、(2)で述べたリングをロックするためのツメを、クランク角度60°でクラッチピンが抜けるように設定した。これにより、仮に摩擦式ブレーキの調整の不備からクランクが上死点を越えてオーバーランした場合でも、クランク角度60°でクラッチピンは外れ、90°でメカニカルストッパーが動くために、停止後の角度は予め決定された安全角度となり、安全隙間は確保される。

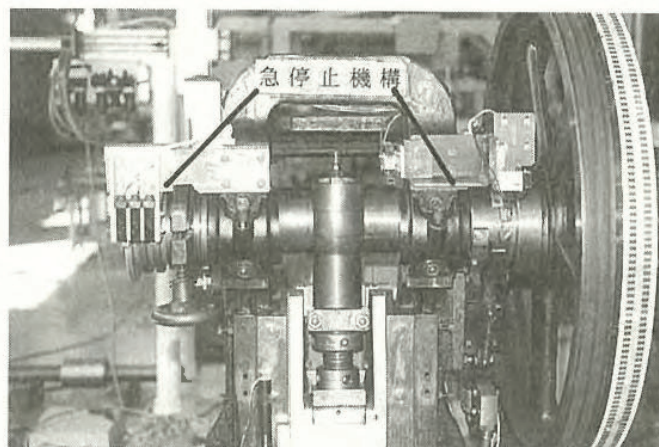


図 11 本システムの外観

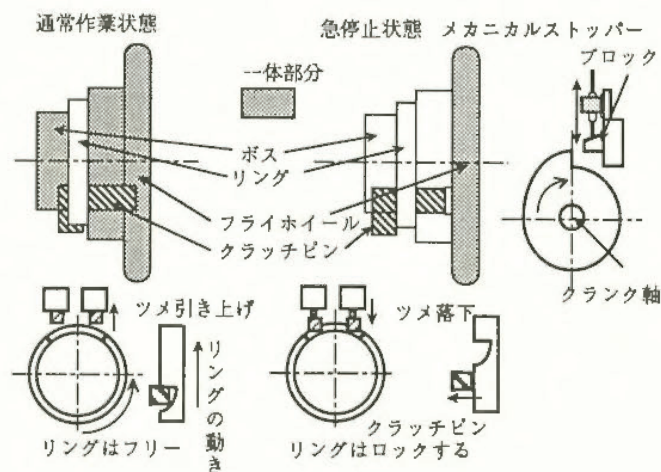


図 12 急停止機構の動作原理

前向きマスクングによる聴覚時間分解能計測システムの開発に関する研究

機械研究部 江川 義之

1. はじめに

聴覚による情報取得能力には、大きく分類して周波数分解能と時間分解能がある。周波数分解能は、オーディオメータなどの計測器で、最小可聴閾値を調べることを通して実用化が図られてきた。一方、音声など時間的に音圧が変動する波形からの情報の取得には、聴覚の時間分解能が密接に関与していることが指摘されている。

そこで、継時マスクング法を用い聴覚時間分解能が計測可能なシステムを開発し、マスクーの音圧レベルならびに周波数帯域をパラメータとした、前向きマスクング曲線の変動パターンの相違を明らかにした。

2. 研究方法

周期的に繰り返されるマスクーの停止時間にテストパルスを入れ、その最小可聴閾値を調べることにより聴覚時間分解能の計測を行った(図13参照)。マスクーとテストパルスの条件を次に示す。

マスクー： バンドノイズ(中心周波数 500, 1k, 2k, 4kHz) 並びにホワイトノイズ
音圧レベル 90, 70 dB の2通り
持続時間 250 ms

テストパルス： ガウス圧縮型パルス (390 μ s)
停止時間 200 ms 間隔内において 1, 2,

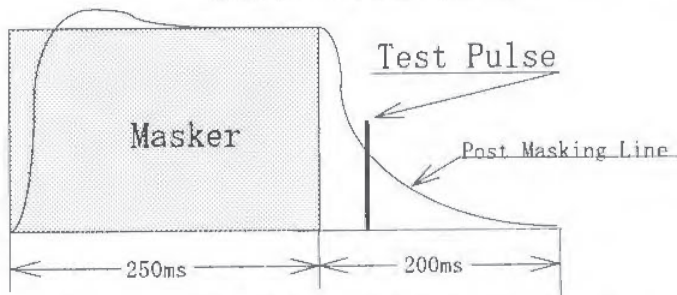


図13 聴覚時間分解能の計測方法(マスクーとテストパルスの関係)

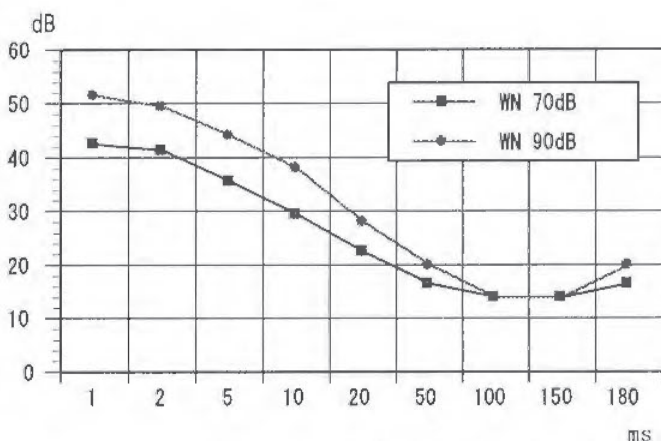


図14 マスクーの音圧レベルと聴覚時間分解能の関係

5, 10, 20, 50, 100, 150, 180 ms の位置

3. 研究結果

図14はマスクーの音圧レベルを変化(70と90dB)させた場合の、前向きマスクング曲線の変動パターンである。横軸はテストパルスが挿入された時間(マスクー停止直後を0msとする)であり、縦軸は被験者の最小可聴閾値を0dBとした。

この図によると、マスクングラインは100msまでは、マスクーの音圧レベルが70dBと90dBの両方の場合において低下し続けること、さらに周期的に繰り返されるマスクーを用い、その停止時間を200ms程度に設定した実験によれば、マスクングラインは最小可聴閾値まで低下しないことが明らかになった。また180ms以降に後向きマスクング(後方のマスクーでマスクングが生じてしまう現象)が観察された。

図15は中心周波数の異なるマスクーを用いた場合の、前向きマスクング曲線の変動パターンである。横軸は図14同様であるが、縦軸は気導受話器からの出力を音圧計で測定した値を用い、パラメータとしては5種類のマスクーを示した。

この図によると、マスクーがホワイトノイズの時に最もマスクングラインが高く、中心周波数500Hzの帯域ノイズの時に最もマスクングラインが低いという結果が得られた。

この結果を考察するため、持続時間390 μ sのガウス圧縮型テストパルスの周波数帯域を計測してみると、300~6300Hzと広帯域を有するパルスであった。これより、ホワイトノイズでマスクングラインが高いのは、広範囲にわたりこのノイズがテストパルスをマスクングするためであり、一方、中心周波数500Hzの帯域ノイズの時にマスクングラインが低いのは、このノイズがテストパルスを400~800Hz帯域でしかマスクしていないので、それ以外の帯域(800~6300Hz)で十分テストパルスが弁別可能であった結果と考察される。これより、聴覚の時間分解能はマスクーの周波数特性に依存することが明らかとなった。

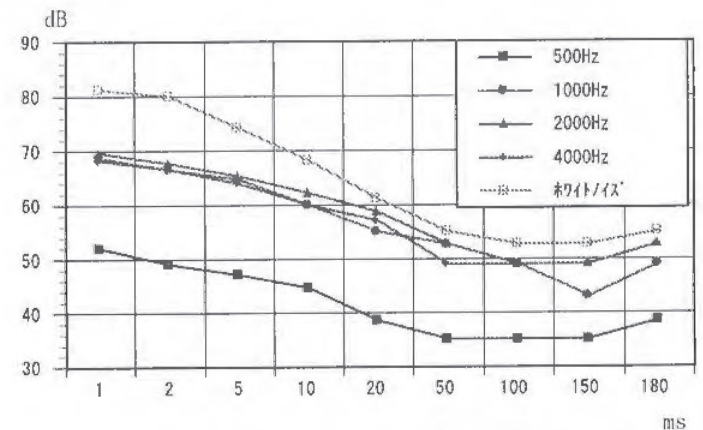


図15 マスクーの周波数帯域と聴覚時間分解能の関係

高齢者の安全確保に関する研究

—立体自動倉庫の安全作業システム—

機械研究部 糸川壯一、深谷 潔、梅崎重夫

1. 研究目的

自動倉庫の安全対策は、隔離の原則（自動倉庫の内部領域を柵又は囲い等により作業員から隔離する）と運転停止の原則（倉庫の内部領域に作業員が進入するときは、スタッカクレーンの運転を停止する）に基づいて行うのが望ましい。しかし、現状では、トラブル処理や保全、ピッキング（スタッカクレーンを使用せずに、人間が直接倉庫内に入って少量の部品を取り出すこと）等のように、上記の原則に基づいて行うのが困難な作業も多い。

特に高齢者では、機械を停止することに強い抵抗を感じる者も多く、また、停止後の復帰操作が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、機械を止めずに作業を強行する場合も多く、これが災害多発の原因になっていると考えられる。本研究では、これら的高齢者特性を考慮した自動倉庫の安全作業システムの開発を行った。

2. ピッキング等の作業に対する安全システム

このシステムでは、倉庫内に、柵と出入庫台以外にピッキング等の作業領域を定め、ここで安全に作業を行う方式を採用した。この方式では、クレーンがピッキング領域で作業中のときは、高齢者のピッキング領域への進入を防止する必要がある。このための装置が、図16の回転式シャッタである。

3. トラブル処理や保全等の作業に対する安全システム

このシステムでは、既存の手動運転モード（人間が操作装置を押し続けているときに限り、低速で走行・昇降等の動作を行う）を利用して、トラブル処理や保全等の作業を安全に行う方式を検討した。この方式では、クレーンの低速走行又は停止が確認できるときは、トラブル処理や保全等の作業を許可する。これに対し、万一クレーンが暴走しそうになったり、作業員の誤操作によってクレーンが人体を挟圧しそうになったときは、直ちにクレーンを非常停止させる。この暴走や挟圧を検出するために、フェールセーフな速度監視装置や、図17の挟まれ防止装置を開発した。また、高齢者適合性のある誤操作防止装置を検討している。

4. 自動運転時の安全対策

現状の自動倉庫では、作業員が荷受台から容易に倉庫内に進入できる構造のものが多い。そこで、隔離の原則を徹底するために、図18のような、柵越しに荷

を搬入する方式を採用した。また、現状の扉インタロックは、扉を開くことによってクレーンが非常停止する方式を採用しているが、これは工程の途中でクレーンが停止する可能性があるため、高齢者に復帰操作等の負担をかけ問題がある。そこで、クレーンが工程運転を終了して完全に停止した後に、初めて扉を開くことが可能となる方式を採用した。

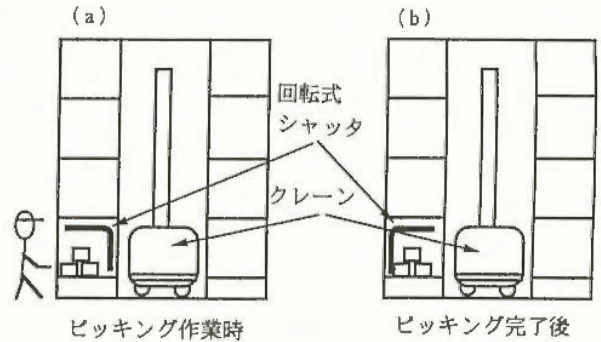


図16 回転式シャッタ



図17 安全作業システムと挟まれ防止装置



図18 荷受台からの進入防止

高齢者の安全確保に関する研究

—重量物取扱い作業の安全化に関する研究—

機械研究部 杉本 旭, 池田博康, 清水尚憲

1. 研究目的

自動化が困難な人手介在作業は依然残存しており、特に単純な、あるいは頻度の高くないこれらの作業に高齢者が従事する傾向にある。これらの作業は不定形な重量物を扱う場合が多く、クレーン等の補助機器を利用する場合の誤操作等による事故が懸念される。また、補助機器の段取りの手間や速度、操作性が良くないため、高齢者でも20~30 kgの物は手扱いしてしまい、腰痛等の問題が生じている。

そこで、高齢者の筋作業負担の軽減化を図るため、安全で操作が簡易な2つの重量物取扱い作業支援機器を開発することとした。

2. 重量物取扱い作業用支援機器の構成

2.1 汎用ハンド

100 kgまでの重量物をハンドリングするための2本のアームと、これらのアームが装着される搬送用電動移動台車、追従用誘導センサからなる。高齢者は、アームを操縦して重量物を台車に搭載した後、台車の前方を歩くだけで一定距離をおいて台車が追従する。

2.2 クレーン用位置決め解除マニピュレータ

クレーンで吊られた重量物を把持して、目標設置位置へ正確に位置決めするためのマニピュレータと、これが装着されたアウトリガ付き電動移動台車からなる。マニピュレータを操縦しているときは、アウトリ

表 2 センサ出力による台車走行状態

超音波センサの人間検知	赤外線センサの人間検知	台車の走行状態
左右両方	なし	直進中速
左右両方	前	直進低速
左(右)	なし	左(右)折中速
左(右)	前後	左(右)折低速
無関係	後	減速停止

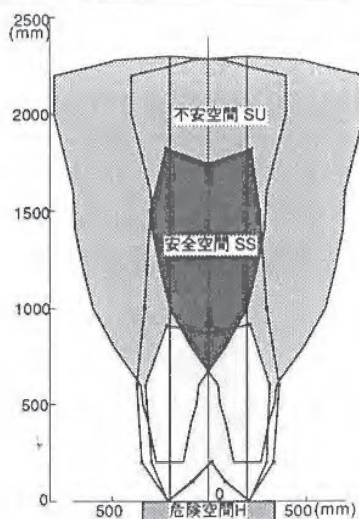


図 19 センサの検知空間

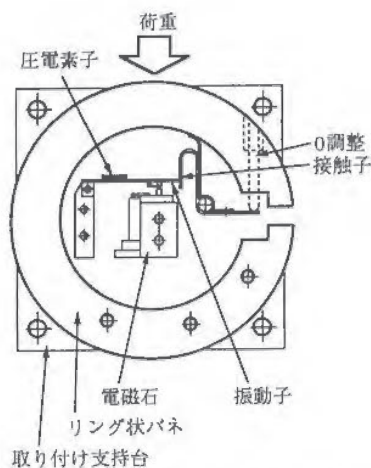


図 20 荷重センサの構造

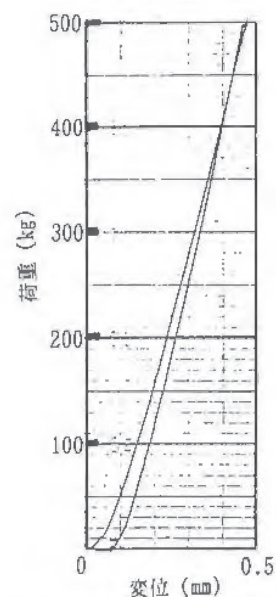


図 21 リングの荷重特性

ガの荷重センサにより転倒を未然に防止する。

3. 支援機器用センサの試作と検討

3.1 追従用誘導センサ

移動台車前面に超音波センサと赤外線センサを各々左右に取り付け、走行速度制御(低・中速)と操舵制御(左右)、および停止判断を行った。超音波センサの人間検知空間は進行方向に左、中央、右の3空間あり、赤外線センサは前後の2空間ある。人間がどの空間にいるかによって、表2の走行状態が得られる。

図19は実測したセンサの検知空間であり、台車は安全空間SSにいる人間を追従する。空間SS, SU以外に人間がいる場合は台車は条件待ち停止しており、人間がこれらの空間に戻るようにアラームで知らせる。なお、センサ故障時には危険空間H直前の安全バンパが機能する。

3.2 アウトリガ用荷重センサ

作業用のアウトリガの適性な荷重バランスが崩れて、荷重が零に近づくと台車転倒の恐れがある。

そこで、適性荷重でON、荷重零付近で確実にOFFとなる構造の荷重センサを試作した。図20はその構造を示しており、リング状バネ(構造鋼)を荷重—変異変換手段として利用し、電磁石により励振される振動子の振動が、バネ変位に伴う接触子の拘束の有無に応じて圧電素子で抽出される。すなわち、適性荷重時には接触子の拘束がなく振動出力(ON)し、荷重零あるいは断線等では出力しない(OFF)。

図21は定格500 kgの場合の特性であり、OFF信号レベル50 kgにおけるバネ変位は0.14 mmとなる。一方、振動ON/OFFの分解能は接触子変位で3 μmとなることを確認しており、機械的振動を利用することにより、正常機能の自己確認が可能となるとともに十分な精度を持つセンサが実証された。

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断による災害の防止のため、それらに生じる損傷特性の解明と損傷検出技術の向上を目的として平成4年度から本特別研究を開始した。

本研究は特にクレーンのジブ起伏用および巻き上げ用として多用されているロープ心入りワイヤロープ(以下, IWRC)における内部損傷発生要因の究明を主目的にしているため、ここではそのために実施中のロープ曲げ疲労試験についてその概要と実験結果の一部を報告する。

2. 供試ワイヤロープ及び実験方法

供試ワイヤロープはIWRC 6×Fi(29)およびIWRC 6×WS(31), いずれも普通より、赤グリース、裸、B種、Φ16mmで、図22に示すワイヤロープ疲労試験機にてS曲げ疲労試験を実施した。曲げは2つのシーブとも180°で、中間の直線部長さはシーブ径と等しくした。またシーブ径 D とロープ径 d の比 $D/d=16$ 、ロープ張力は切断荷重の1/5、ロープ往復繰返し速度は10cpmとした。

ロープの損傷状態を調べるため、いろいろな損傷段階、すなわち、繰返し数 $N=0, 10c, 0.5N_e, 0.75N_e$ および N_e (N_e は外観的に10%の断線損傷が生じる繰返し数)、さらに約20%断線時に試験機を停止し、ロープのピッチおよび径を測定し、1ピッチ当たりの素線断線個所数(以下、断線数)をストランド別、位置(山部、谷部および底部)別に記録した。

3. 実験結果

6×Fi(29)での実験結果をみると、可視断線は寿命の50%前後に発生するが、その数が急増するのは寿命の最終段階の極めて短い期間であり、10%可視断線時に残された余寿命は全寿命の1割にも満たず破断ま

での余裕が非常に少ないことが分かる。

図23はその段階まで損傷させたロープを1ピッチ毎に切断し、全素線まで分解して断線個所毎に断線数を数えた結果である。破線で示す総合計に対し、山部と谷部での断線を主とする可視断線数の割合は半数以下となっている。上記の10%可視断線時の余寿命の短さはこの内部断線によるとしか考えられない。6×WS(31)の寿命は6×Fi(29)より相当長いが内部損傷先行特性は同様に顕著である。

3. おわりに

今後は、 D/d 、ロープ張力および繰返し速度を変更した実験によってどの因子が内部損傷先行性の支配因子かを明確にし、対策を検討する予定である。

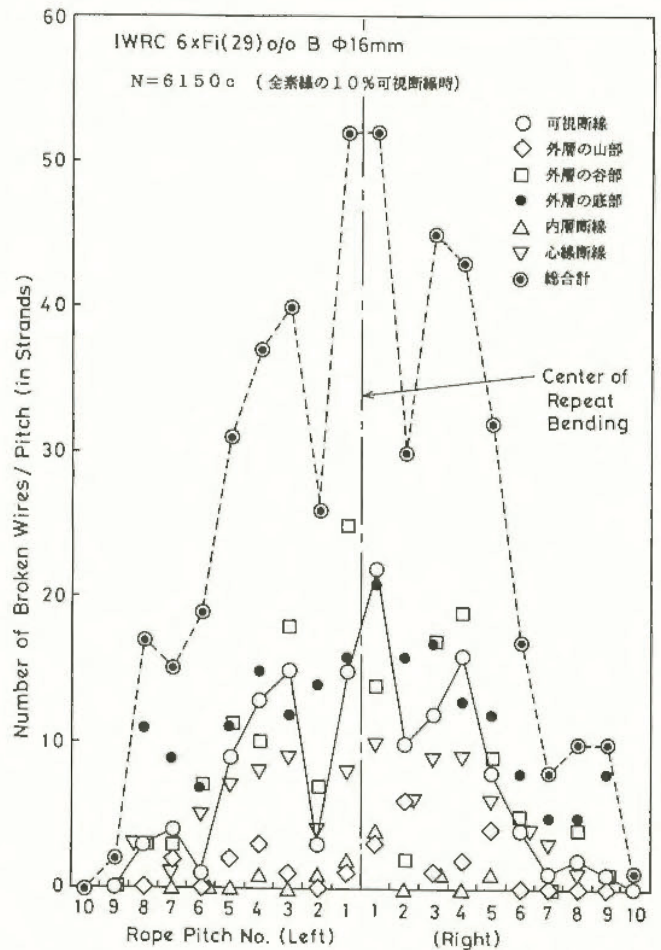


図23 ロープ心入りロープでの内部損傷発生状態

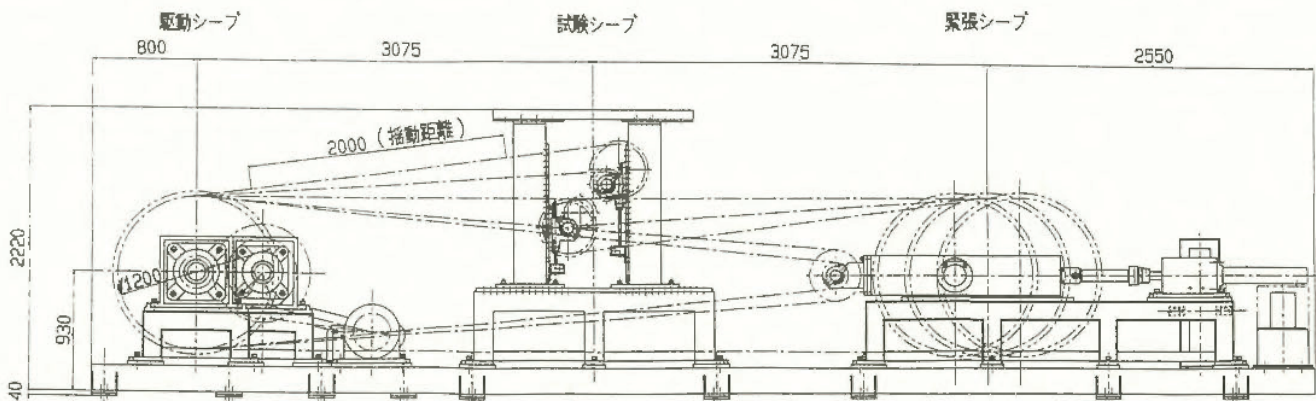


図22 ワイヤロープ曲げ疲労試験機側面図

針葉樹合板足場板の安全化

土木建築研究部 河尻義正, 大幡勝利

1. 研究目的

最近、森林資源の保護及び軽量化の観点から、従来の南洋材（アピトン、カポール）に代わり植林針葉樹を用いた合板足場板の開発が検討されている。しかし、一般に針葉樹は南洋材に比較して強度が劣るので、実用化に際しては、その安全性について十分検討する必要がある。そこで、針葉樹合板足場板を試作し、強度性能、耐候性などについて検討した。

2. 研究方法

新品及び一定期間屋外に自然暴露した供試足場板に対し、曲げ試験と接着力試験を行った。

供試体としては、7種類の針葉樹足場板と、比較のため従来の合板足場板4種類を用いた。表3に樹種、単板構成等を示す。暴露期間は、3, 6, 12, 24ヶ月とした。曲げ試験は合板足場板の構造規格に定める方法とし、接着力試験は合板接合部に対しては日本農林規格に示す特類試験法、平行貼り部に対しては同煮沸はくり試験法とした。

3. 研究結果

現在までに終了した新品から12ヶ月までの暴露品に対する試験の結果、以下のことがわかった。

- (1) 新品の針葉樹合板の曲げ強さは、従来の合板足場板に比して多少低い（平均、従来ものの83%）が大部分が現行の構造規格値660 kgf/cm²を上回る。
- (2) 新品の針葉樹合板の曲げ弾性係数は、従来のものに比して多少低い（平均、従来ものの93%）が、全て

のものが現行の構造規格値90000 kgf/cm²を大きく上回る。

- (3) 暴露品の曲げ強さは、針葉樹、従来ものともに、3ヶ月で新品の85%、6ヶ月で64%で、低下の度合いに相違はないが、12ヶ月では針葉樹が68%、従来ものは60%で、前者の方が低下の度合いが小さい。
- (4) 暴露品の曲げ弾性係数は、針葉樹、従来もの、それぞれ、3ヶ月で新品の91, 88%、6ヶ月で83, 80%、12ヶ月で83, 78%であり、暴露期間が長いほど針葉樹の方が低下の度合いが小さい。
- (5) 新品の接着強さは、合板接合部、平行貼り部とも日本農林規格の値を満足する。

以上の結果、今回試作した針葉樹合板足場板は、従来の合板足場板に比して新品時の曲げ強度性能が多少劣るものの、現行の構造規格値をほぼ満たし、かつ同等以上の耐候性を有することから、実用に供して差し支えないものと思われる。図24は、新品と暴露品の曲げ強さの度数分布である。

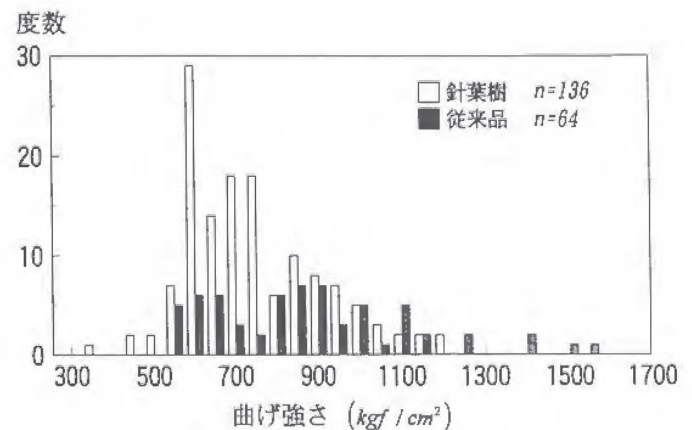


図24 曲げ強さの度数分布（新品—12か月暴露品）

表3 供試体一覧表

メーカー	種類	樹種		層数	単板構成(断面の半分を示す)mm:表(芯)板, +:添芯板					単板構成比%	
		表板	芯板・添芯板		1	2	3	4	5		
針葉樹合板足場板	A	AX	クルイン	ベイマツ	9	-3.6	-3.2	-3.2	-3.2	+3.6	88.0
		AY	クルイン	ベイマツ	9	-3.6	-3.2	+3.6	-3.2	-3.2	76.3
	B	BX	アピトン	ラジャータパイン	9	-3.0	-3.4	+3.4	-3.4	-3.4	77.2
		BY	アピトン	ラジャータパイン	9	-3.0	-3.1	-3.1	+4.0	-3.1	72.9
	C	CX	アピトン	ラジャータパイン	9	-3.4	-3.4	+3.4	-3.4	+3.4	66.7
		CY	アピトン	*	9	-3.4	-3.4	+3.4	-3.4	+3.4	66.7
D	DX	アピトン	**	9	-3.375	-3.375	+3.375	-3.375	+3.375	66.7	
従来の足場板	A	AS	クルイン	クルイン	9	-3.3	-3.3	+3.3	-3.3	+3.3	66.7
	B	BS	アピトン	アピトン	9	-3.0	-3.0	+4.0	-3.0	+4.0	60.0
	C	CS	アピトン	アピトン	9	-3.4	-3.4	+3.4	-3.4	+3.4	66.7
	D	DS	クルイン	クルイン	9	-3.375	+3.375	-3.375	-3.375	+3.375	66.7

* 2, 8層:アピトン, 3~7層:ラジャータパイン ** 芯板:クルイン, 添芯板:ラジャータパイン

溝掘削工事における土砂崩壊災害の防止

一建設機械の走行・作業による地盤振動特性一

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崩壊発生の原因と考えられる事例も見受けられる。そこで、このような建設機械等の走行や作業によって地盤内に伝達される振動特性を把握し、土砂崩壊との関連を解明するため、当研究所内で現場振動計測実験を行ったので、その計測結果について報告する。

2. 現場地質状況、使用建設機械および測定方法

図 25 に実験現場のボーリング調査結果を示した。実験現場の地質は地表から深さ 1.7 m までは埋戻し土、1.7 m 以深は関東ロームで、 N 値はそれぞれ 1.5~3 で、軟弱な地盤である。実験に使用した建設機械は、重量 6.7 t のブルドーザーと重量 11.8 t のバックホウである。

測定項目は、水平および鉛直方向加速度、水平土圧および間隙水圧であり、センサーの配置を図 25 に示した。実験は、センサー埋設位置から 1 m、2 m および 3 m 離れた平行線上を、2 段階（低速、高速）の速度で建設機械を走行させ、この時の地盤内の加速度、土圧および間隙水圧を測定した。データのサンプリング周波数は 200 Hz である。

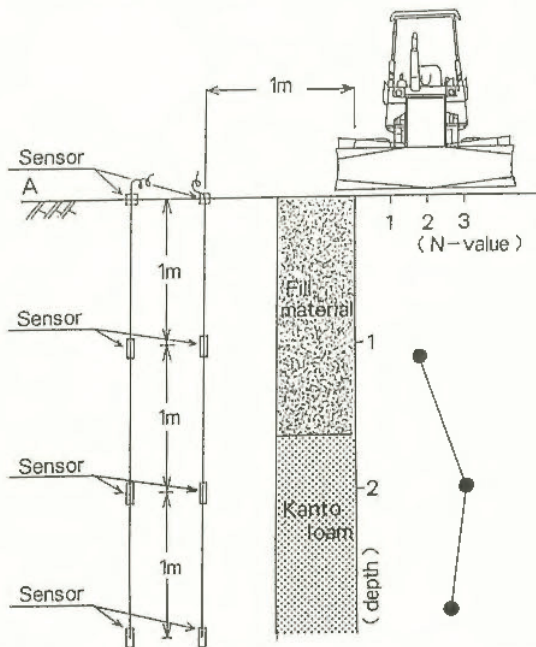


図 25 ボーリング調査結果とセンサー位置

3. 測定結果

図 26 に、ブルドーザーを低速で走行させた時、地盤内に伝達した鉛直方向振動加速度の時間的変化を示した。周波数分析結果によると、基本周波数成分は約 24

Hz であることが確認された。また、地表からの深度が大きくなる程、加速度の絶対値は小さくなっており、深度が大きくなるほど減衰する傾向が見られる。バックホウを走行させた場合の鉛直方向加速度の変化を図 27 に示したが、ブルドーザーの場合と同様に基本周波数は約 24 Hz であった。

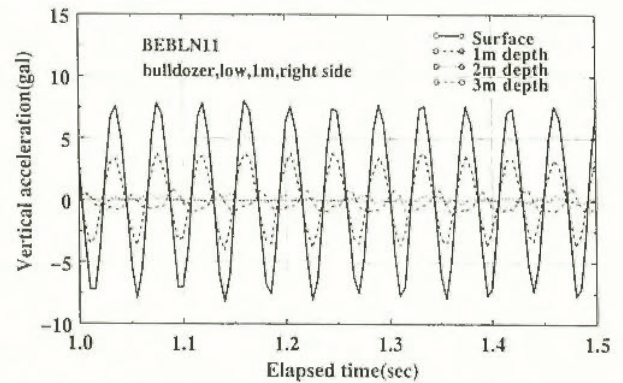


図 26 鉛直方向加速度の時間的変化（ブルドーザー）

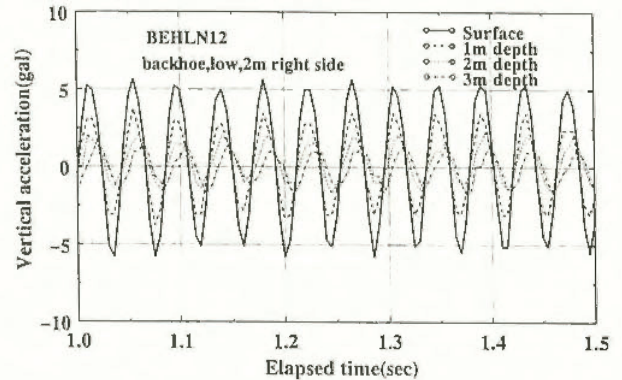


図 27 鉛直方向加速度の時間的変化（バックホウ）

図 28 には、ブルドーザーとバックホウを高速および低速で走行させた時の最大鉛直加速度の深さ方向の変化を示した。これによると、バックホウよりもブルドーザーの走行のほうが、地盤に伝達する最大鉛直加速度が大きいことがわかった。また、深度が大きくなる程、地盤に伝達する鉛直加速度は減衰し小さくなることがわかる。

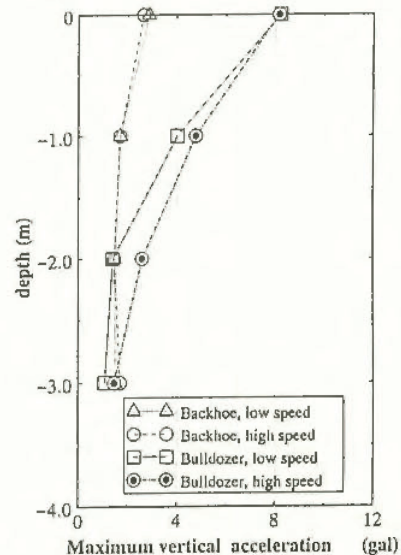


図 28 最大鉛直加速度の深さ方向の分布

遠心模型実験による盛土の安定性について

土木建築研究部 豊澤康男, 堀井宣幸, 玉手 聡

1. はじめに

河川堤防, 道路盛土等の施工中又は施工後の土砂崩壊の防止対策の確立, 崩壊危険性の事前の評価等を行うための基礎的資料を得るため, 盛土の模型を作成し, その安定性及び破壊形態を遠心力载荷装置を用いて調べた。

2. 遠心模型実験の概要

地盤構成による影響を評価するため, 盛土材料として NSF カオリン粘土(塑性指数 13)を用いた均一地盤模型と豊浦標準砂を盛土底部に配置した模型を用いた。模型地盤の概要を図 29 及び 30 に示す。

実験は, 模型盛土が崩壊するまで遠心加速度を増加させていくもの(ケース 1)と, 50 G の遠心加速度を付与した状態で水平方向に動的载荷を与えるもの(一模型に正弦波 20 波を, 5, 10, 15 G の水平震度で順に 1 回ずつ付与。ケース 2, 3)を実施した。

なお, 模型盛土は, 練り混ぜ, 脱気したカオリンスラリーを容器内に投入し, 150 kPa の圧力で圧密した後, 所定の形状に成形することで作成した。また, 盛土下部の砂層は, 水で飽和させた砂供試体を一旦凍結し, これをカオリンで包み込むように埋め込むことで作成した。

3. 実験結果及び考察

①均一地盤の静的载荷実験(ケース 1)

図 31 のとおり, 天端から盛土底部にかけて, 約 86 G で円弧すべりが発生した。ヤンブーの安定図表による簡易安定計算結果(崩壊時の遠心加速度 73 G, 崩壊形状が底部破壊)と実験結果はほぼ一致した。

②均一地盤の動的载荷実験(ケース 2)

図 32 のとおり, 描いた格子マークが横方向に広がっており, 盛土斜面がはらみ出しているのが確認できる。

動的载荷前後の写真から求めて最大せん断ひずみの分布から, 小さい水平震度(5 G)では, せん断ひずみの大きな領域が盛土底部に水平方向に広がっているのがわかった。このせん断ひずみの帯は, 中間の水平震度(10 G)では, 盛土中腹に, 大きい水平震度(15 G)では盛土上部にあり, 水平震度の増加に伴い盛土上部に推移していた。

③飽和砂層を有する地盤の動的载荷実験(ケース 3)

上から押しつぶされたような崩壊形状はケース 2 と同じであるが, 盛土天端に大きな亀裂が発生している点で異なっている(図 33)。このような形状は, 液状化に起因した河川堤防の崩壊状況と酷似しており, 実現

象をよく再現していると考えられる。砂層内の間隙水圧の測定結果から, 盛土直下では過剰間隙水圧の蓄積が生じていないが, 盛土から離れた地盤右側では間隙水圧の蓄積があり, 液状化の程度が大きいことがわかった。砂層内の過剰間隙水圧の上昇により盛土のり先部の剛性が低下して変形が生じ, その影響で盛土の天端に亀裂が発生する崩壊の形態が明らかになった。

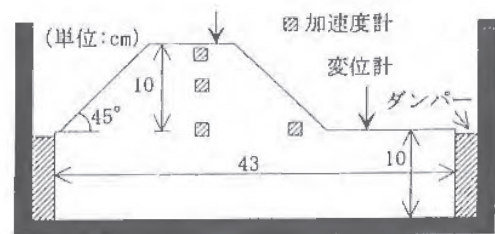


図 29 模型地盤の概要(ケース 1, 2)

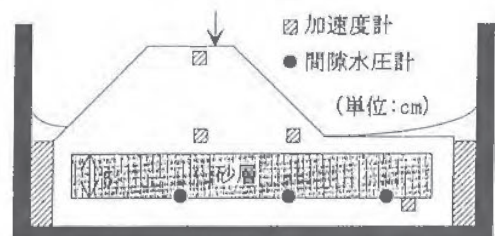


図 30 模型地盤の概要(ケース 3)

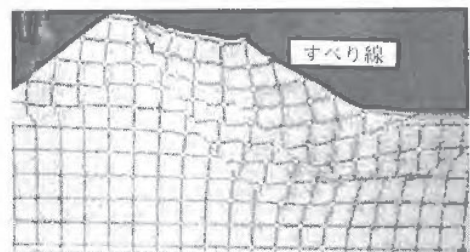


図 31 模型地盤の変性状況(ケース 1)

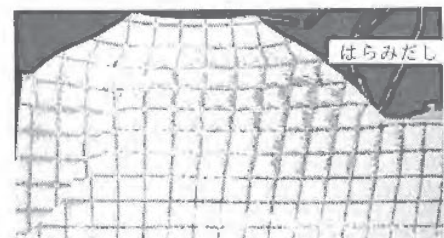


図 32 模型地盤の変形状況(ケース 2)

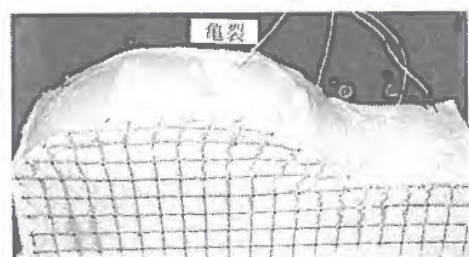


図 33 模型地盤の形状状況(ケース 3)

動的載荷を受けた粘性土の間隙水圧の挙動

土木建築研究部 玉手 聡・堀井宣幸・豊澤康男

1. はじめに

建設工事において建設機械が地盤に作用させる荷重は、主として作業荷重と走行荷重である。これらの荷重の載荷周波数は1 Hz程度の比較的低い周波数から数10 Hzの高い周波数までのものが含まれると考えられる。このような動的載荷は粘性土地盤内の過剰間隙水圧を発生させ、地盤の剛性を低下させるとみられる。一般に、荷重を受けた粘性土の応答には時間依存性があると言われている。本報告では、粘性土地盤の剛性に影響を与えると考えられる過剰間隙水圧の発生挙動に注目し、動的載荷時の載荷周波数とひずみ振幅が過剰間隙水圧の発生に及ぼす影響について、実験によって得られた知見を報告する。

2. 実験装置、試料および実験方法

実験には電気・油圧サーボ式3軸圧縮試験機を使用した。軸荷重と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)で作用させた。3軸セル内には、軸荷重と微小軸変位測定のためのロードセルと非接触型変位計を取り付けた。実験に用いた試料は市販のカオリン粘土である。カオリン粘土を含水比150%のスラリー状とした後に一次元的に予圧密した。予圧密試料から直接50 mm、高さ100 mmの供試体を成形し、3軸セル内にセットした。圧密は応力制御で行っており、圧密速度0.02 kgf/cm²/minで有効圧密圧2 kgf/cm²まで等方圧密した。圧密の終了は3t法によって決定した。圧密終了後、供試体を非排水状態とし、載荷周波数0.1~10 Hz、ひずみ振幅0.11~0.40%の条件で載荷波数500波の動的載荷を行った。供試体の飽和度を上げるために圧密開始段階から2.0 kgf/cm²の背圧を負荷した。

3. 実験結果

図34に周波数1 Hz、ひずみ振幅0.40%の正弦波で動的載荷を行った時に発生した過剰間隙水圧の発生状況を例示した。動的載荷回数の増加に伴って間隙水圧は波形を描きながら上昇している。図35には平均過剰間隙水圧と動的載荷回数との関係を示した。載荷回数に対する過剰間隙水圧の増加傾向は、非線形性を示しているものが多い。しかし、図中の▽と◎は周波数が10 Hzと高い周波数でひずみ振幅0.1%と小さい時のものであるが、このように直線に近い傾向を示すものも見られた。図36は500波の動的載荷終了直後の過剰間隙水圧と、動的載荷終了後に非排水状態のままに30分間放置した後の過剰間隙水圧を、ひずみ振幅に対してプロットしたものである。ひずみ振幅が0.2%

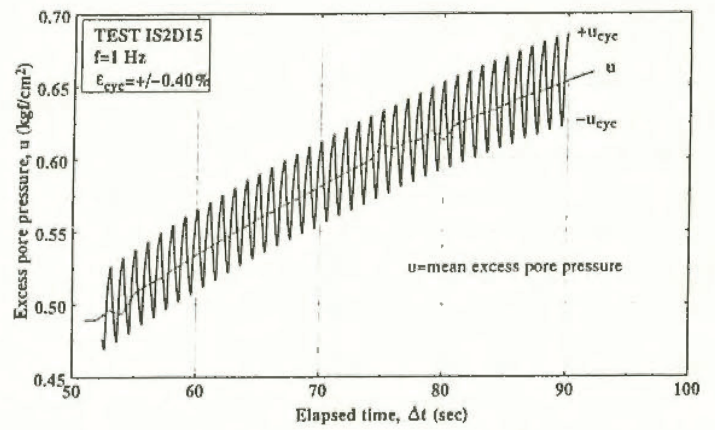


図 34 過剰間隙水圧の発生状況

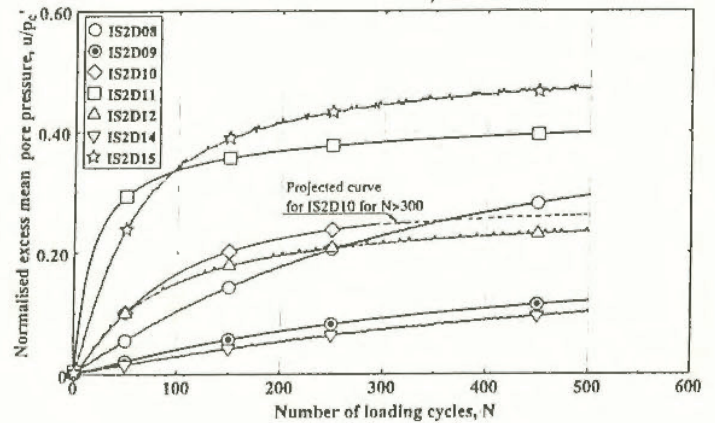


図 35 動的載荷回数と過剰間隙水圧

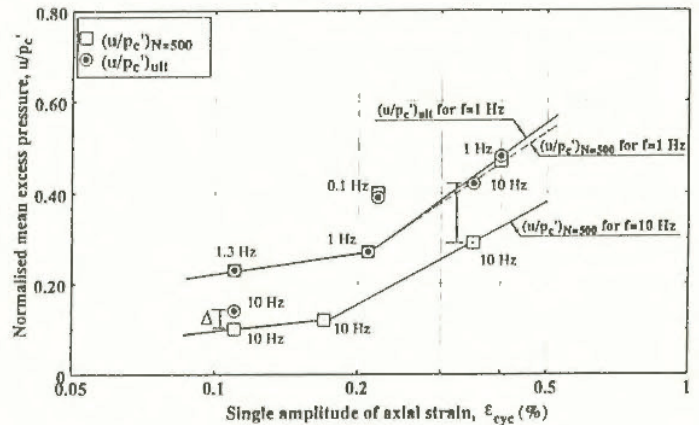


図 36 ひずみ振幅と過剰間隙水圧

以下の場合では、ひずみ振幅の増加に伴う過剰間隙水圧の上昇が少ないが、ひずみ振幅が0.2%以上の場合はひずみ振幅の増加に伴う過剰間隙水圧の増加が比較的大きくなっている。この傾向は1 Hzと10 Hzの両方の場合に見られた。そのためひずみ振幅0.2%は過剰間隙水圧の発生の境になっているものと考えられる。また、載荷周波数が10 Hzの場合には動的載荷終了後に間隙水圧が上昇していた。その傾向は、ひずみ振幅が大きな場合により明らかに見られた。

加速刺激成分と立位姿勢の安定性に関する研究 —若年者の場合—

土木建築研究部 永田久雄

1. はじめに

歩行中のすべり、つまずきに対する危険回避能力を評価する方法として、災害の状況を再現する方法があるが、過大な危険がともなう。本研究では、立位能力を評価することに主眼を置いていることから、立位姿勢の状態に外力を負荷する方法をとった。この方法に基づいて、今までに、立位姿勢保持の限界能力を測定するための実験装置（リニアアクセラレータ）と、加速刺激のジャーク（加速度/加速時間）を一定とするための走行ソフトを開発することができた。本研究では、若年被験者の身体に加速力を直接負荷する実験を行い、加速刺激成分（加速時間、最大加速度）と立位姿勢保持能力との関連を明確にした。

2. 実験方法

三角波状の加速刺激を 23 種類（最大加速度 α_{max} : 0.92~2.06 m/s², 加速時間 t_{max} : 0.46~3.04 m/s) を用いた。なお、ジャーク (α_{max}/t_{max}) は、0.30~3.98 m/s³ の範囲内となった。被験者は男子学生 40 名（年齢：18~26 歳）であり、被験者を 20 名ずつ 2 つの群に分け、それぞれに 9 種類と 14 種類の加速刺激を与えた。実験では、図 37 のように走行台の周囲をシートで覆い外部との相対的な位置関係から自己の動きを察知させないようにした。また、加速時点を事前に予知させないようにするために、刺激を与える前に 23 秒から 80 秒間まで 5 段階に微速徐行区間を設けた。加速刺激の大きさと微速徐行の時間はすべてランダム設定し、3 回に分けて刺激を与えた。また、各回の実験には 10 分以上の休憩を設けた。このうち、他の要因が入り込みやすい第 1 回目のデータは採用せずに、第 2, 3 回目のデータを用いて解析した。

被験者を走行台の進行方向に対して正面向きに裸足の横開脚姿勢で立たせ、足の位置は固定したまま動かさないよう教示した。下記のような状態になった場合を「立位姿勢を崩した状態」とみなした。

- 足裏が床面から離れる。
- 足裏の位置がずれる。
- とっさに、手摺につかまる。
- 背面の手摺によりかかる。

3. 結果と考察

本報では、立位姿勢を崩した被験者の割合を算定し、その結果を用いて、加速刺激成分との関連を考察した。最大加速度、加速時間、最大加速度と加速時間



図 37 実験の様子

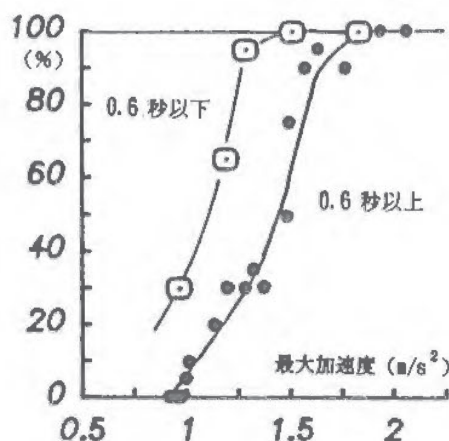


図 38 最大加速度と姿勢が崩れた割合

の積などとの相関を見たが、各刺激成分のみで相関関係を説明することはできなかった。

横軸を最大加速度、縦軸を姿勢を崩した割合とした散布図 38 において、加速時間が 0.6 秒以上とその値以下の場合に分けられることが判明した。最大加速度と姿勢を崩した割合との間に明確な対応が見られ、どちらの場合においても非常に高い順位相関が見られた。このことは、ある一定の加速時間を境にして、加速刺激に対する応答特性に違いが生ずることを示している。つまり、同じ加速力でも、瞬間的に加えられた力に対しては人間は姿勢を崩し易いことを意味しており、災害状況での能力を評価する場合には、約 0.6 秒以下となる短い加速時間の力を加えて行うべきであることを示唆している。

本研究結果から、屋根面、足場、履物などの環境条件や、高齢者の作業危険性の評価法を開発するための基本資料を得ることができた。次の段階では、高年齢者を対象とした立位姿勢の安定性に関する実験を通して、限界の加速度や加速時間を求めて若年者との相違を明確にする予定である。

ベイズ方式による労働災害数の予測について

土木建築研究部 花安繁郎

1. 緒言

事業所での労働災害発生危険性の評価法のひとつとして、ある期間で発生した災害数を分析する方法があり、そのための災害発生数の確率分布にはポアソン分布が用いられることが多い。ポアソン分布では、災害は相互に独立に発生し、かつ単位時間当たりの発生数(災害発生頻度率)は一定と仮定している。しかし、災害発生頻度率は、一定した値とみなすよりも、さまざまな要因の影響によって常に変動していると考えた方が合理的なことが多い。

このような問題の解決法の一つとして、災害発生頻度率がある確率分布に従って変動すると仮定し、ポアソン分布との複合化を経て新たな分布を導出して分析が行われる。ところが、災害は頻繁に起こるわけではないので、大量のデータを観察して信頼性の高い災害発生頻度率分布のパラメータを推定できることは比較的限られており、実際にはその場で得られたありあわせのデータを用いて推定せざるを得ないことが多い。

ここでは、少数のデータでも適用が可能なベイズの定理を用いて、災害に関する事前情報が与えられたときの災害発生率の確率分布を導出し、さらに同確率分布式を用いて災害発生数の分布を求め、災害発生数の確率的な予測・評価を行うことを試みた。

2. ベイズ方式による災害発生率の推定

災害発生数がポアソン分布に従うとき、期間 T で X 件の災害が発生したときの災害発生率の分布は、 X と T をパラメータとするガンマ分布で示される。

ベイズ定理による災害発生率の分布を分析した事例として、平均災害率を $\lambda = X/T = 0.1$ に一定に保ち、 $(X, T) = (10, 100)$ 、 $(5, 50)$ 、 $(2, 20)$ の3つの異なったケースについて災害発生率の事後分布を求めた結果を図39に示した。同図から、同じ平均災害発生率であっても、観測期間が長いほど λ の変動が小さくなっている。

3. ベイズ方式による災害発生数の予測と評価

事前災害情報が与えられたときの災害発生率の分布が分かったので、災害発生数の分布はポアソン分布を同式で複合化すればよい。結果は災害件数 X と観測期間 T をパラメータとする負の二項分布となる。

計算事例として、前図での災害発生率の分布のもとで、観測期間を $t=100$ のときの災害発生数の分布を計算した結果を図40に示した。平均災害発生率 ($\lambda = X/T$) が同一であっても、事前情報の観測時間数の長さに応じて災害発生数の分布形状が異なり、観測期間が長いほど災害発生数の分布の変動幅が小さくなる。

4. むすび

ベイズの定理を利用して、事前の災害情報をもとに災害発生率の確率分布を推定し、同分布式とポアソン分布とを複合化して負の二項分布を発生数の分布として導出し、同確率分布によって災害発生数の予測、評価を行うことを試みた。

災害データが数多くあるときは、データから信頼度の高い災害発生率を推定することが出来るが、一般の事業所では必ずしも十分なデータが蓄積されている訳ではない。このような場合でも災害発生率を推定することができるベイズ方式の分析法は大変便利な手法である。さらに同法は、観測期間が長くなり災害情報が多く得られに従って、推定される災害発生率の確信度

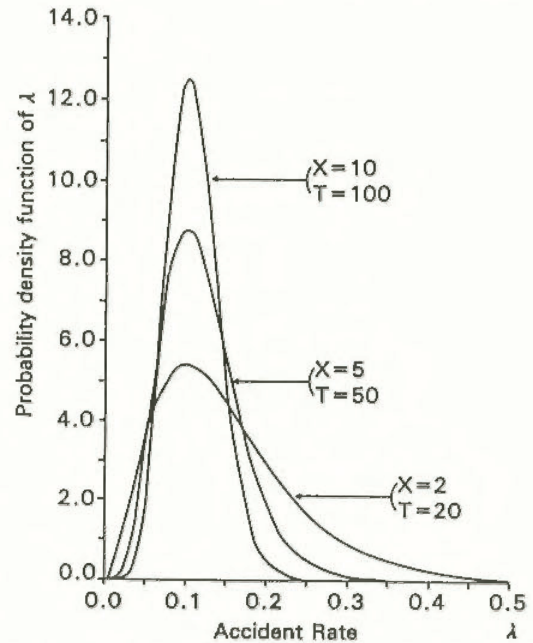


図 39 ベイズ方式による災害発生率の確率分布

が高まる特性を有しているため、少数データによる推定から大量データによる推定まで、幅広い範囲の評価に適用できる利点も有している。今後この手法が安全性評価で果たす役割は大きいと考えられる。

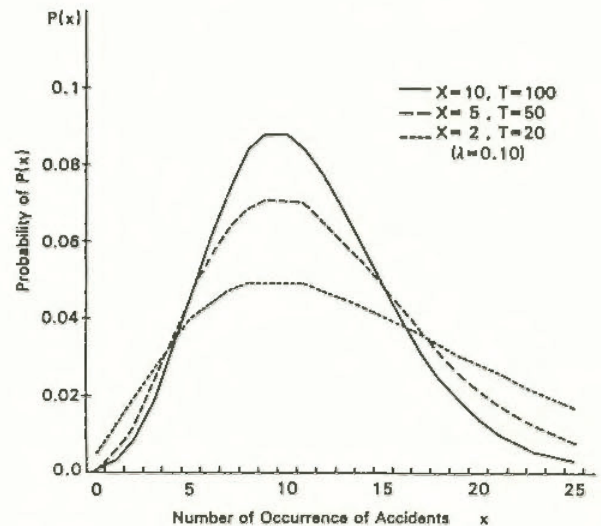


図 40 ベイズ方式による災害発生数の確率分布

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

労働災害の発生傾向を分析するため、あるいは日常的な災害防止活動の参考資料として、これまでに発生した多くの労働災害事例に関する諸記録から得られる情報が用いられている。そのためこれらの資料を有効かつ適切に活用し得る体制や条件を確保することも、従前より望まれてきたところでもある。しかしながら、労働災害事例に関する情報（データ）に関しては、これまで情報解析学的なアプローチによる情報構造の解析や情報の性質の把握が必ずしも十分とは言い難い側面もあった。災害情報の有効活用あるいは高度情報化に際して、これらの情報構造や性質の的確な把握は不可欠な事項と考えられる。

本研究はこのような観点から、前年度に引き続いて労働災害事例に関する情報に関し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

今回の分析では、前年度と同様に、建設工事で発生した労働災害事例に関して作成される「災害調査復命書」を取り上げた。今回は特に、分析事例数を増大させて1985～1988の4年間に発生したものの（約3千件）を分析対象とした。

災害発生状況の記述中に用いられているフリータームを切り出し、これらの使用頻度分布状況のチェックを行った。さらにこれらのフリータームをパラメータとして、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と、事例探索の可能性を検討するための判別分析を行った。またクラスター分析等を通してフリータームの親近性などに関する分析も併せて実施した。

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に関しては、これまでの分析結果と同様にブラッドフォード／ジップの法則にしたがった分布を示すことが確認された。これらは、年度別あるいは災害タイプ別に見た場合でも同様の傾向を示した。

また比較的高頻度のフリータームを用いた数量化Ⅲ類による分析結果などから、建設工事に係る労働災害の情報は災害タイプや工事種類の差異に基づいて明瞭に整理される構造を有している点も再確認された。

事例判別の可能性に関しては概略を表4に整理した通りであり、災害タイプ・工事種類に関してかなり有効と考えられる。図41には実際に使用されているフリータームと災害タイプとの関連についてクラスター分析を行った結果の一例を示した。

表4 高出現頻度を有するフリータームを用いた災害事例判別の結果（判別正答率）

災害種類別		工事区分別		被災者年齢別	
墜落	91.7%	土木	95.5%	20未満	93.3%
建機	87.0	建築	88.8	20才代	75.0
車両	90.9	設備	86.0	30 "	62.7
クレーン	91.0	他	100.0	40 "	59.9
土砂	88.9			50 "	61.2
飛来	88.0	工事種類別		60以上	72.5
倒壊	84.4			不明他	84.8
他	89.7	トンネル	89.7%		
		橋梁	91.4		
		道路	76.8		
		河川	76.7		
		砂防	87.9		
		水道	76.5		
		他土木	80.4		
		ビル	77.7		
		木造	75.3		
		建築設	77.4		
		設備	82.2		
発生時刻別				被災者経験別	
午前	86.8%			5年未満	57.9%
午後	72.2			5～	56.7
深夜	68.3			10～	60.0
不明	100.0			15～	57.6
				20～	59.4
				25～	58.2
				不明他	59.3

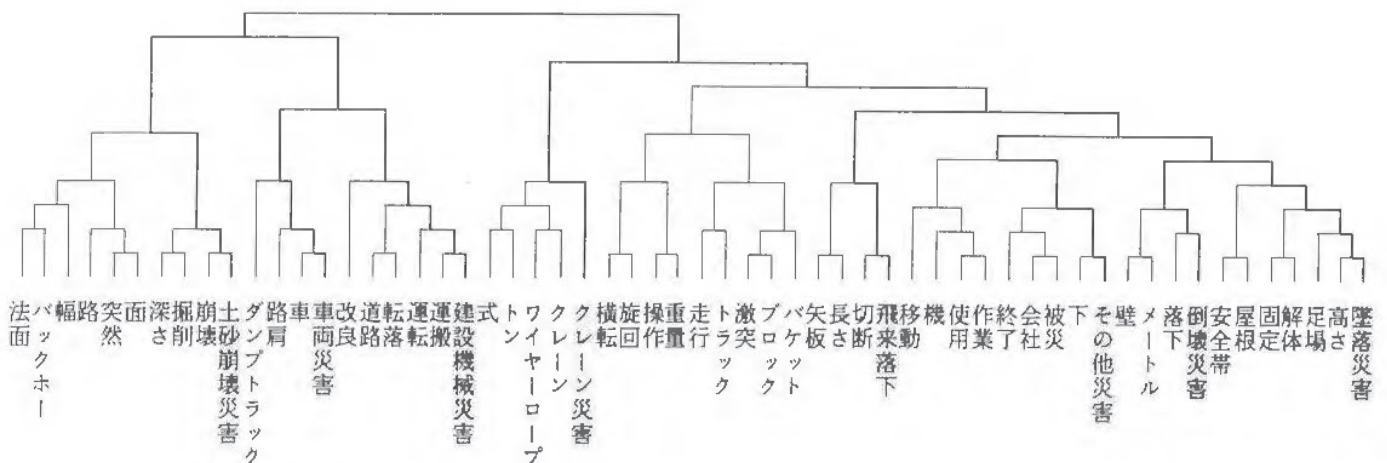


図41 災害種類との関連でみたフリータームのクラスター分析（最遠隣法）による分析結果の一例（デンドログラム：抜粋）

高齢者危険感受性に関する研究

土木建築研究部 白井伸之介

1. 研究目的

本研究は、さまざまな危険源を含む作業場面での危険事態について、高齢者と若年者がそれをいかに評価・判断するか、すなわち危険感受能力を測定する実験を行い、両群の結果を比較、検討することから危険に関する高齢者の諸特性を明らかにしようとした。

2. 研究方法

具体的な作業場면을ビデオ映像を用いて被験者（高齢者群 32 名、平均年齢 67.4 歳；若年者群 32 名、平均年齢 21.3 歳）に提示し、その事態で感じる危険性について回答を求めた。提示する刺激内容は、4 つの作業場面、すなわち日常生活での作業、製造工場での作業、自動車運転の前景、自転車走行の前景に分け、それぞれ 5 場面ずつ計 20 場面を設定した。

危険に対する感受性については、質問紙法を用いて以下の 3 測度から測定し、それぞれ得点化した。

- A. 危険感受度：場面に含まれる危険状況をどのように評価したか。どの程度危険と感じているかの度合い。
- B. 危険認知度：各場面で示される危険状態や状況に含まれる危険源についてどの程度の確に認知・把握しているかの度合い。
- C. 行動準備性：危険源を回避するためにどのように行動し、または身構えるかの内容。

3. 研究結果

若年者との比較・分析から得られた検討結果をまとめると、以下ようになる。

- (1) 危険感受性に関する 3 測度の平均得点では、危険認知度、行動準備性得点では両群に差がなく、危険感受度得点のみ高齢者群が若年者群より高かった（表 5 参照）。
- (2) 作業別に検討すると、日常作業での危険感受性は高齢者群が、自動車運転での危険感受性は若年者群が優れ、また現場作業や自転車走行では両群で差がないことが示された（図 42、図 43 参照）。
- (3) 各年齢群の危険感受性は、提示された作業に無関係な一般的傾向を示すというより、むしろ作業内容についての個人の知識や経験に強く影響されていることが明らかになった。
- (4) 危険感受性の 3 測度の相関は若年者群は高く、高齢者群は低かった。すなわち若年者の危険感受性は個人内で、より因果性のある一貫した傾向をもつ一方、高齢者ではその個人特性が多様であることが示唆された。

(5) 危険認知度項目について因子分析を行った結果、本実験での危険評価を規定したと考えられる 5 因子が抽出されたので、それらについて解析を行った。

(6) 因子分析で抽出された各因子の因子得点を算出した結果、交通場面に関する因子では高齢者の得点が低い、すなわち危険源の把握がうまくできておらず、また転倒・墜落関連の危険因子では高齢者群の得点が高かった。現場作業での危険因子では両群に差がなかった。

(7) 危険認知度項目の回答率に対して信号検出理論を適用して分析した結果、危険源としての重要度の低い対象に関しては、作業内容にかかわらず高齢者は若年者よりも危険かどうかの弁別が難しく、また危険と判断する基準も甘いことが明らかになった。

表 5 年齢群別各危険感受性得点の平均

	高齢者群	若年者群
危険感受度得点	3.04 (1.00)	2.88 (0.99)
危険認知度得点	4.82 (2.08)	4.82 (2.04)
行動準備性得点	2.52 (0.64)	2.52 (0.63)

() 標準偏差

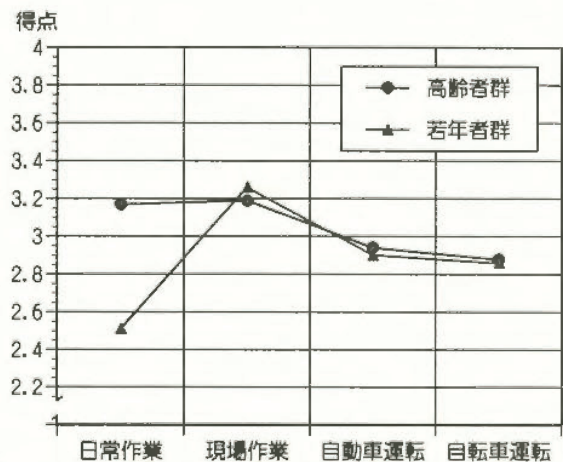


図 42 作業別危険感受度得点

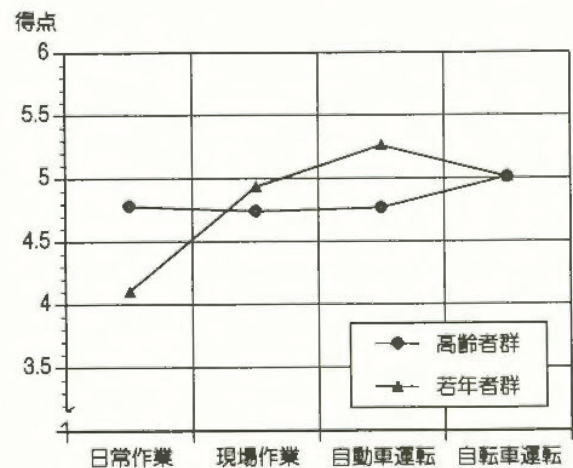


図 43 作業別危険認知度得点

活性炭の粉じん爆発特性に及ぼす着火エネルギーの影響

化学研究部 松田東榮

1. 研究目的

当所では、可燃性粉じんの爆発特性を測定する試験装置として 30 L 球形爆発試験装置と ISO 規格の 1 m³ 円筒型爆発試験装置との 2 台の装置を使用している。前者は、1 m³ 試験装置と同等の爆発特性値を与える試験装置として広く使用されている 20 L 球形装置にほぼ準拠するものである。これらの試験装置では、着火源としていずれも 10 kJ の化学着火剤を使用する。しかし、種々の条件の違いから 1 m³ (大容器) と 30 L (小容器) の爆発試験装置において、どのような場合にも同等のデータが得られるというわけではない。その一因は、着火源エネルギーと容器容積の関係があると考えられるので、比較的粉じん爆発性が弱い活性炭の粉じん爆発に及ぼす着火エネルギーの影響を実験的に明らかにする目的で、2 台の試験装置を用いて比較検討した。

2. 実験

活性炭は、試薬として入手できる活性炭 A (和光純薬, 特級) と活性炭 B (関東化学, 1 級) を開封してそのまま用いた。レーザー散乱回折式粒度分布測定装置による表面積平均径 ($d_{s,2}$) は、それぞれ 12.9 および 1.6 μm であった。

3. 実験結果および考察

図 44 に、着火剤エネルギーを 10, 5, 2.5, 0.9 kJ と変化させた場合の粉じん濃度に対する爆発発生圧力をそれぞれプロットした。爆発圧力のばらつきは多少見られるが、着火剤エネルギーによる差は小さい。着火剤エネルギーによる大きな相違は、むしろ爆発限界にある。活性炭 B の 10 kJ 着火剤による上限濃度における爆発圧力は約 2 bar で、限界圧力 (爆発判定の基準圧力) に近く、上限濃度が着火剤の影響を受けてこれ以上高くなることはないであろう。

30 L 装置における下限濃度は着火剤エネルギーに大きく依存し、その傾向を見る限り、着火剤エネルギーを増すにつれ見掛けの下限濃度は低下し、10 kJ の着火剤でもなお十分なエネルギーとはいえない。しかし、10 kJ の着火剤はかなり強力で、30 L 装置の中心部で容器のおよそ 1/3 程度の容積を閃光部分が占有することも事実である。一方、活性炭 B の上限濃度に対しては、10 kJ の着火剤は十分なエネルギーであるように見えるが、30 L 装置での上限濃度データと 1 m³ 装置でのそれを比べると大きな相違がある。

1 m³ 装置での下限濃度は、着火剤エネルギーにあまり影響されない。着火剤 10 kJ における活性炭 A,

B の下限濃度は、それぞれ 110 および 140 g/m³ であるが、これに匹敵する下限濃度を 30 L 装置で得るためには、約 2 kJ の着火剤を使用すればよいであろう。しかし、活性炭 B の上限濃度に対して、3 kJ の着火剤では両装置で 3 倍以上の差がある。このように、1 m³ 装置と同等の下限濃度を 30 L 装置で達成するために着火剤エネルギーを小さくしても、上限濃度の測定にはなお過剰エネルギーであるように見える。このような相違の要因として、両装置内での混合気の乱れレベルの差があるとみられる。すなわち、下限濃度は混合気の乱れによってあまり影響を受けないが、上限濃度は大きく変化するという一般的傾向と合致するようである。したがって、両装置で一致するような上限濃度を得るためには、着火剤エネルギーでの検討ばかりでなく、混合気の乱れの影響の検討も必要である。

30 L 装置における最大圧力上昇速度 (K_{st}) は、着火剤エネルギーの対数値にはほぼ比例して変化する傾向が認められ、1 m³ 装置における K_{st} 値はいずれも 30 L のそれと比較して小さい。このように、両装置でほぼ一致する爆発特性値を求める上で、30 L 装置での 10 kJ はエネルギー過剰としても、同装置での最適な着火剤エネルギーは測定項目や粉じんによって大きく変わることは明らかである。

4. 結論

爆発圧力は起爆エネルギーによってあまり影響を受けないが、30 L 装置における下限濃度は着火剤エネルギーによって大きく変わる。少なくとも活性炭について着火剤エネルギーを調節しただけでは、30 L 装置において 1 m³ 試験装置を用いた測定データと同等の爆発特性を求めることは困難であるが、30 L 試験装置は過大な爆発危険性評価を与えるものの、潜在危険性を抽出するためには 10 kJ の着火剤でも有用であろうと考える。

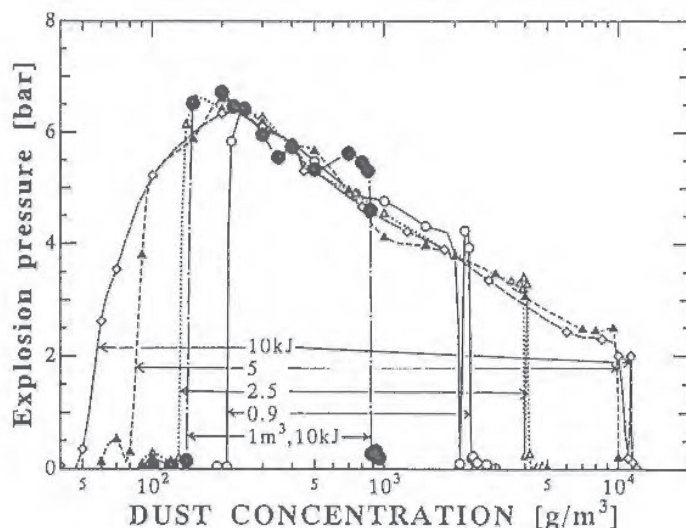


図 44 爆発圧力に及ぼす着火エネルギーの影響 (活性炭 B)

熱分解感度と分子の電子構造の関係

化学研究部 安藤隆之

1. はじめに

近年、化学工業において、いわゆるファイン化への指向が強まっているが、取り扱い物質の熱危険性の事前の把握が不十分であったために生じた事故の割合が増大している。本研究は、このような事故を防止するために、化学物質の熱分解感度に大きな影響を及ぼす分子内の化学結合強度と、分子の電子構造との化を解明し、熱危険性を推定・予測する手法を開発することを目的としている。ここでは、分子内の化学結合強度と相関があると思われる指標を分子軌道法によって計算し、その結果と熱分解感度の実測値とを比較・検討した結果を報告する。

2. 計算方法

熱分解感度と関連付ける指標としては、最も容易に算出できる分子内の最小結合次数を取り上げ、既存のDSC(示差走査熱量測定)による発熱開始温度の実測値との関係を検討した。結合次数の計算は、半経験的分子軌道法であるAM1法によって行った。計算には、JCPE(日本化学プログラム交換機構)を通して入手したMOPAC Ver.6プログラムを使用した。対象とした化合物は、表6に示す14種の*p*-置換ニトロベンゼンである。

計算は、まず対象とする化合物の立体構造の最適化を行った。最適化は、分子の内部自由度全てに対して行った。また、最適化の際にはペプチド(-CONH)結合に対して分子力学計算に基づく内部回転障壁への補正を適用した。次に、その立体構造について分子内の各結合の次数を計算し、最小結合次数の値を求めた。

3. 計算結果

求めた最小結合次数の計算値と、DSCによる発熱開始温度の測定値とを表6及び図45に示した。結合次数が最小となるのは、ここで計算した14種の化合物全てについてベンゼン環のC原子とニトロ基のN原子との間の結合であった。

図45は、発熱開始温度と最小結合次数の計算値との関係を示したものである。図からも明らかとなり、両者の間に明確な関連性は認められず、相関係数の値も0.075と非常に小さい。図45にそれぞれ6, 8及び9の番号で示したニトロベンズアミド、ニトロ安息香酸及びニトロ安息香酸メチルは、他の化合物と特に異なった傾向を示しており、これら3物質を除いた場合の相関係数は0.577を示す。したがって、上記の3種の化合物は、他の11化合物に対して何らかの特殊性を持っている可能性が考えられるが、今回の計算では明確ではない。また、今回の計算では、対象とし

た化合物がニトロベンゼンの*p*-置換体14種に限定されているが、発熱開始温度と最小結合次数の一般的な関係を検討するためには、今後、より多くの化合物を対象とした計算が必要であると考えられる。

表6 *p*-置換ニトロベンゼンの発熱開始温度と最小結合次数

No.	<i>p</i> -置換基	化合物名	発熱開始温度(°C)	最小結合次数
1	-NHCOCH ₃	ニトロアセトアニリド	303	0.8653
2	-COCH ₃	ニトロアセトフェノン	258	0.8525
3	-NH ₂	ニトロアニリン	308	0.8744
4	-OCH ₃	ニトロアニソール	347	0.8667
5	-CHO	ニトロベンズアルデヒド	255	0.8521
6	-CONH ₂	ニトロベンズアミド	349	0.8527
7	-CONHNH ₂	ニトロベンズヒドラジド	224	0.8525
8	-COOH	ニトロ安息香酸	338	0.8509
9	-COOCH ₃	ニトロ安息香酸メチル	364	0.8516
10	-CH ₂ OH	ニトロベンジルアルコール	229	0.8590
11	-CH=CHCOOH	ニトロケイ皮酸	301	0.8554
12	-OH	ニトロフェノール	268	0.8649
13	-CH ₂ COOH	ニトロフェニル酢酸	244	0.8574
14	-CH ₃	ニトロトルエン	332	0.8593

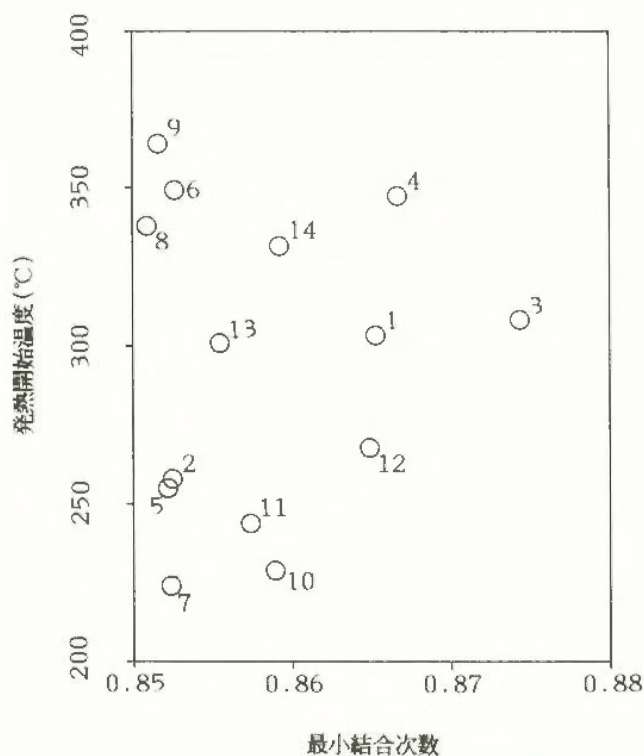


図45 発熱開始温度と最小結合次数の関係

官能基配置の実験による評価の検討

化学研究部 藤本康弘

1. はじめに

化学構造とその熱分解危険性との相関解析の検討を続けてきたが、発熱開始温度は分子単独の構造だけから予測するのは難しく、会合状態の情報、すなわち分子内、分子間の相互作用の様子を調べることが必要と考えられる。

たとえば、分子中の官能基の種類が同じでも、その位置関係で発熱開始温度が異なる場合がある。すなわち、下のような化合物の場合、同じメチル基を持っていても、*o*-と*p*-とでは発熱開始温度は全く異なっている。では、*p*-配置では常に分解温度が高くなるかという、ニトロフェノールのように水酸基を持っている場合には変わらないこともある(図46)。

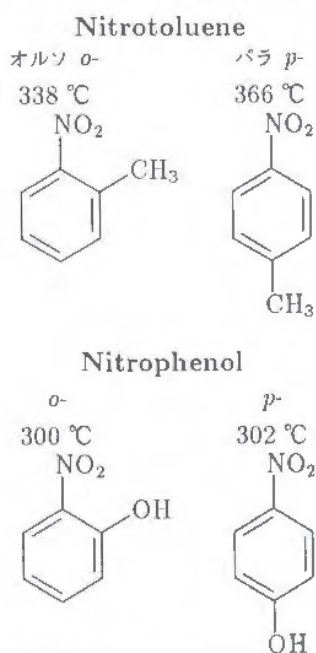


図 46 官能基の種類、位置と発熱開始温度

ここでは、この官能基の位置、種類により発熱開始温度が変化する原因を分子内、分子間で会合状態の違いであると仮定して、NMR、IR のデータを指標として、発熱開始温度と比較することにより、化学構造と発熱開始温度の相関分析に有効な因子を見つけ出すことを目的とした。なお、NMR は電子密度を、また IR は伸縮振動の振動数を反映しているので、いずれも結合の強さの尺度になり、発熱開始温度との相関をみるのに適していると考えられる。

2. 実験方法

対象化合物として、熱分析のデータが揃っていて、種類も豊富なニトロベンゼン誘導体を取りあげた。

まず、NMR を用いて、室温での溶液中の状態と、凝縮系(固体、液体)の状態との比較から、分子内、分子間相互作用の様子を官能基の位置との関係でまとめた。

また、加熱時には、室温とは相互作用の変化が構造により異なる可能性があるため、加熱していった時の変化を IR を用いて調べた。

3. 室温での NMR 及び IR の測定

標準値として、まず室温における NMR、IR を測定した。NMR は、¹H、¹³C をまず CDCl₃ 中で測定した。それぞれのスペクトルを検討した結果、NMR については、¹³C の NO₂ が結合したベンゼン環の炭素のピークが適当と考えた。この結合は今回検討する各化合物に共通して存在し、また種々のこれまでの検討から、初期の分解に参与している可能性が高い。

また IR については、NMR と対応させるためにもニトロ基の吸収が適すると考え、C-N の伸縮振動、*symmetric*-N=O 伸縮振動、*asymmetric*-N=O 伸縮振動に注目することにした。これまでの測定結果を表 7 に示す。

NMR についてデータが少ないのでなんともいえないが、IR については、*symmetric*-N=O 伸縮振動、*asymmetric*-N=O 伸縮振動とも官能基の種類、位置による違いがほとんどみられない。一方、C-N の伸縮振動は、官能基による違いが読みとれ、その解釈については今後研究していく予定である。しかし、いずれも官能基の違いはあまりはっきりしていないので、加熱した場合の変化と比較検討する必要がある。

表 7 ニトロベンゼン誘導体の NMR、IR 測定結果

Function Group	Temp. (°C)	NMR ¹³ C-NO ₂	IR		
			C-N	<i>s</i> -N=O	<i>a</i> -N=O
Benzene	—	128.3	—	—	—
Nitrobenzene	—	147.9	852	1524	1348
<i>o</i> -CH ₃	338	149.2	860	1524	1348
<i>o</i> -CH ₂ OH	343	?	860	1524	1364
<i>o</i> -COOCH ₃	377	148.1	860	?	1356
<i>o</i> -COCH ₃	328	145.6	856	1524	1348
<i>o</i> -CHO	223	?	860	1524	?
<i>o</i> -NH ₂	341	144.6	856	1524	1348
<i>o</i> -OH	300	155.1	868	1524	1364
<i>o</i> -OCH ₃	376	152.9	860	1532	1356
<i>m</i> -CH ₃	361	148.2	884	1528	1352
<i>m</i> -CH ₂ OH	343	?	884	1524	1356
<i>m</i> -COOCH ₃	403	148.2	880	1524	1364
<i>m</i> -COCH ₃	327	?	872	1524	1364
<i>m</i> -CHO	262	?	916	1524	1364
<i>m</i> -NH ₂	347	?	870	1524	1364
<i>m</i> -OH	353	?	876	1524	1364
<i>m</i> -OCH ₃	376	?	880	1524	1356
<i>p</i> -CH ₃	366	145.9	860	1524	1364
<i>p</i> -CH ₂ OH	310	?	860	1524	1364
<i>p</i> -COOCH ₃	399	150.4	860	1524	1364
<i>p</i> -COCH ₃	313	?	860	1524	1364
<i>p</i> -CHO	285	?	860	1524	1364
<i>p</i> -NH ₂	345	?	860	1524	1364
<i>p</i> -OH	302	?	860	1524	1364
<i>p</i> -OCH ₃	370	?	860	1524	1364

高感度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. はじめに

産業安全研究所においてはこれまで化学薬品類の熱爆発限界温度（以下、 T_c 値という。 T_c 値は物質の種類によってももちろん異なるほか、特にその体積によって変動する性質をもち、古典的な発火温度よりもはるかに低く、また後述のように、熱分析において観測される発熱開始温度よりも一般にさらに低い温度値である）を、実測ではなく、計算によって求めることを研究してきたが、その結果、固体及び液体に対して各々 Frank-Kamenetskii 式及び Semenov 式をベースに適用することにより、それらの T_c 値を簡単かつ実測値によく合う計算値として求めるための手法をほぼ確立することができた。

そこで今後はそれらの手法を活用することにより、できるだけ数多くの熱的に不安定な化学薬品類（室温よりわずかに高い温度に熱せられると発熱分解を始め、そのまま放置されると、やがて熱爆発を引き起こすような薬品類）の T_c 値を測定・蓄積し、それら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温度として産業界において活用されるように整備して行くべく、本年度においては高感度（すなわち、特に熱的に不安定な）固体化学薬品類を測定対象に取り上げた。

2. 供試薬品

供試薬品（括弧内は略称）は、1,2-Naphtho-quinone-2-diazido-5-sulfonyl chloride 98% (NQC), 2,4,5-Trichlorobenzenesulfonylhydrazide 98%

(TCSH), *N*-methyl-*N*-nitroso-*p*-toluenesulfonamide 98% (MNTS), Benzenesulfohydro-xamic acid 97% (BSHA), 4,4'-Oxybis (benzenesulfonylhydrazide) (OBSh)95%, α,α' -Azobis (isobutyronitrile) 98% (AIBN), *p*-Toluenesulfonylhydrazide 97% (TSH), 1,1'-Azobis (cyclohexanecarbonitrile) 98% (ABCN), 2,2'-Azobis (4-methoxy-2,4-dimethylvaleronitrile) 95% (AMVN), Lauroyl peroxide 99% (LPO) の 10 種である。

3. 測定結果

open cell-DTA-TG 曲線として観測される薬品類の発熱分解性状、及び、TC 型薬品類（産安研所報 RIIS-RR-87, p.103, [化学薬品類の限界発火温度] 参照）に対しては BAM 式蓄熱貯蔵試験値として算出される T_c 値（表 8 における BAM 値）、AC 型薬品類（同じく上記所報参照）に対しては一週間後に急速発熱がもたらされるような雰囲気温度値として算出される T_c 値（表 8 における SADT 値）を測定したところ、化学薬品類の T_c 値はカタログ類に記載されている分解温度等の文献値あるいは DSC ないし ARC 等の熱分析によって測定される発熱開始温度より、大抵の場合、数 10 K 低いことが明らかとなったが、このことはこれらの化学薬品類の熱爆発防止のための温度管理上有意義な知見であると考えられる。

4. おわりに

これまでの研究により、DTA-TG 等の熱分解曲線として表わされる発熱分解性状に基づき、固体の化学薬品類を数種類に分類できる可能性があることが明らかとなってきた。次年度の所報においては T_c 値のほか、この点についても報告する予定である。

表 8 10 種の化学薬品類の発熱分解性状と熱爆発限界温度 (T_c 値)

(単位は°C)

薬品	発熱開始温度	急速融解開始温度	吸熱ピーク温度	減量開始温度	急速減量開始温度	S I T 測定温度範囲	T_c 値		文献値	
							BAM 値	SADT 値	カタログ値	DSC 値
<u>TC 型薬品</u>										
NQC	99	—	—	112	119	64-70	61.5	—	—	112
TCSH	105	—	—	99	117	75-79	75.0	—	130 (分解)	114
MNTS	融解後	51	59	58	—	56-59	51.7	—	62 (融点)	78
BSHA	融解後	114	119	110	117	86-90	78.3	—	126 (融点)	96
OBSh	122	—	—	136	150	86-91	82.5	—	160 (分解)	146
AIBN	63	85	97	75	89	68-72	65.1	—	103 (融点)	106
<u>AC 型薬品</u>										
TSH	融解後	97	104	125	—	105-110	—	87.0	110 (融点)	124
ABCN	融解後	107	114	103	—	103-107	—	82.7	114 (分解)	118
AMVN	半融後	56	59	56	—	45-49	—	28.3	45 (分解)	63
LPO	融解後	45	55	77	—	53-55	—	43.7	—	67

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

一閉鎖空間への爆発圧力放散の理論式の検討一

化学研究部 林 年宏, 板垣晴彦

1. 研究目的

爆圧放散口は、万一装置の内部で爆発が生じた場合にその装置の爆発防護に有効な手法であるが、その際には放散口から爆風や火炎が噴出する。そのため、放散先の防護にも留意する必要がある。そこで、放散先を閉鎖された空間とする方法が考案されている。その一方、産業現場では装置等を設置した建屋内に直接に爆発圧力を放散することがある。このような爆発圧力の放散方法を採用する場合には、閉鎖空間内に発生する圧力を予測しておく必要がある。

本研究では、爆圧放散口の実用化を目的として、閉鎖空間への爆発圧力の放散機構を解明するため、小型容器を用いた実験を実施するとともに理論的考察を行って爆発圧力の予測手法を検討する。

2. 閉鎖空間内の爆発圧力の予測

予算計算は、微小時間に区切る逐次計算法によりガス爆発のプロセスを次のように分けて行った(図47)。

- ・微小時間の間に爆発側容器内で火炎が燃焼速度で進み、燃焼反応により火炎の通過した未燃ガスが高温の燃焼生成ガスとなる。
- ・同じ微小時間の間に開口部内外の圧力差によって気体が爆発側容器から放散側容器へ流出する。
- ・爆発側容器の圧力上昇は燃焼による圧力上昇から流出による圧力降下を差し引いた値で、放散側容器内の圧力上昇は気体の流入による圧力上昇である。
- ・容器内の圧力変動は容器内に気体の流れを引き起こす。火炎はその流れに乗って移動する。
- ・気体の流れに応じて乱流燃焼速度が変動する。

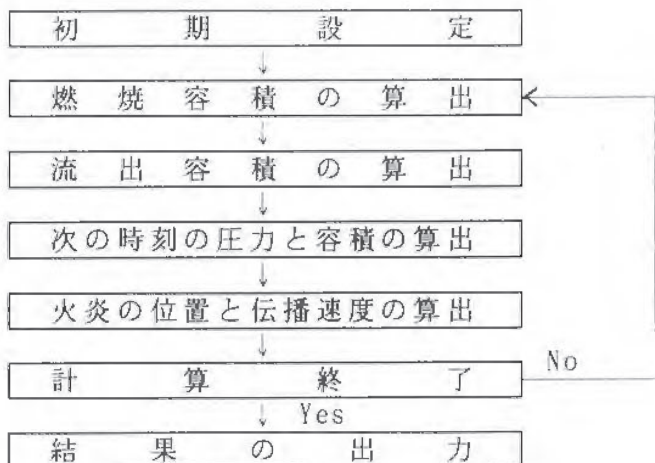


図 47 予測計算のフローチャート

3. 予測計算の結果

図 48 は容器の直径と長さを爆発側 200 mm, 放散側 500 mm とし、両者の隔壁に設けた開口部を 25 mm とした時の圧力の時間変化である。なお、着火源の位置は爆発側容器の中心とし、開口部には圧力(絶対圧)が 1.05 atm となるまで気密を保つベントカバーがあったとした。

爆発側容器内の最大圧力は、着火から 15 ms 後で開口部側へ向かう火炎が容器壁に到達した時の 2.34 atm である。一方、放散側容器内の圧力は、開口部から気体が流入して上昇するが、50 ms 後には 1.2 atm 程度で爆発側と放散側の圧力は等しくなる。

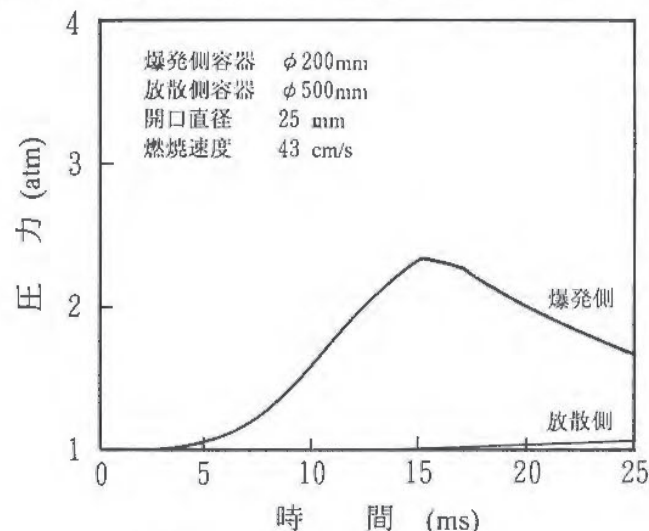


図 48 容器内の圧力の時間変化

図 49 は図 48 の予測計算を開口部の直径を変えて繰り返し、爆発側容器の最大圧力との関係を示したものである。予想されるように、開口直径が大きくなるにつれて最大圧力は低下する。最大圧力を 1.1 atm 程度とするには、層流燃焼速度が 43 cm/s (プロパンの最大値に相当) で燃焼が激しい場合には、開口部の直径が約 80 mm, すなわち爆発側容器の直径の半分弱の開口部を設けなければならないが、燃焼速度が 11 cm/s とゆるやかな燃焼の場合には、直径 40 mm 程度の開口でよいことがわかる。

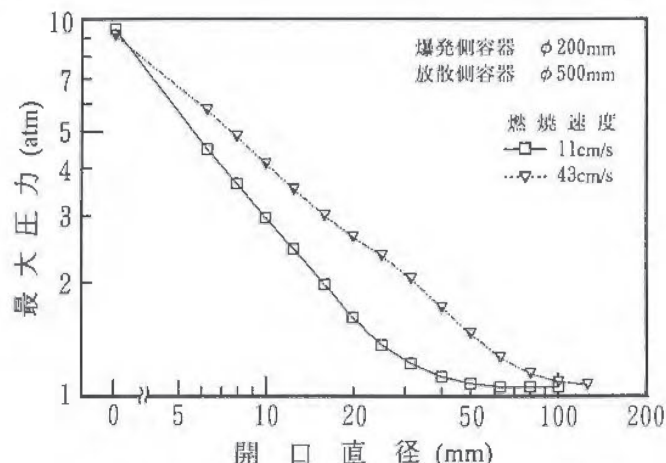


図 49 開口直径と爆発側容器の最大圧力の関係

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極めて有用である。本研究では、産業安全研究所情報検索システム(SAFE-2)の一部として「爆発・火災災害データベース」を構築し、爆発火災事故事例の収録拡充とともに、爆発火災災害防止の推進と研究への活用を目的として、災害の要因や傾向について統計的な分析を行っている。

2. 年代別の死傷者数の累積確率分布

図50は、昭和30年から平成元年までに報告のあった爆発火災事故を10年ごとに分けた際の、死傷者数の累積確率分布である。図中のプロットは、その死傷者数よりも多い事故が全事故のうちのどれだけかを占めるかを表す。

累積確率が1%より小さい範囲では、年代の経過につれて傾きが急になると同時に左へ移動しており、多数の死傷者を出す大きな事故の割合が減じていることがわかる。一方、この領域を除けば、年代にかかわらずおおよそ一致しており、ひとつの事故での死傷者数の構成比は年代によってあまり変化していない。

3. 事故の種類別の死傷者数の累積確率分布

昭和30年から平成2年までに発生した事故のうち、事故の種類が「水蒸気爆発」と「自然発火」である事故それぞれ255件と205件について死傷者数別に集計したときの死傷者数の累積確率分布を図51に示す。死傷者数が3人未満では報告されていない事例が多数あるため、図中の直線はそれらを除いて回帰した。

水蒸気爆発の回帰直線の傾きは -1.9 で、この値は昭和52~平成2年に重大災害として報告されたすべての事故に対する回帰直線の傾き -2.1 に近い値であるが、自然発火の回帰直線の傾きは -1.1 と小さい。すなわち、自然発火の方が死傷者数の多い領域にまで分布が広がっており、事故の起きる頻度は小さいものの(死傷者数3人以上の事故件数は、水蒸気爆発が127件、自然発火が56件)、重大災害となるような事故が起きた際には死傷者数が多数となる割合が大きいといえる。

4. 業種別の死傷者数の累積確率分布

図52は、いくつかの業種についての死傷者数の累積確率分布である。それぞれの事故件数は、化学工業930件、煙火・火薬類製造業262件、総合工事業222件、石油・石炭工業109件である。回帰直線の傾きは、土木工事や建築工事が属する総合工事業が -2.1 で全

産業に対する値と同等であるが、石油・石炭工業が -1.7 、化学工業が -1.3 、煙火・火薬類製造業が -1.1 と小さく、全産業に比べると死傷者数の多い領域にまで分布が広がっている。なお、死傷者数3人以上の事故件数は化学工業276件、総合工事業155件、煙火・火薬類製造業91件、石油・石炭工業30件である。報告された事故の中で死傷者数3人未満の割合をみると、総合工事業は30%であるのに対し、他の3業種は65~72%であり、化学関連業種では死傷者数は少なくとも災害規模が大きいために報告される事例が多いことがわかる。

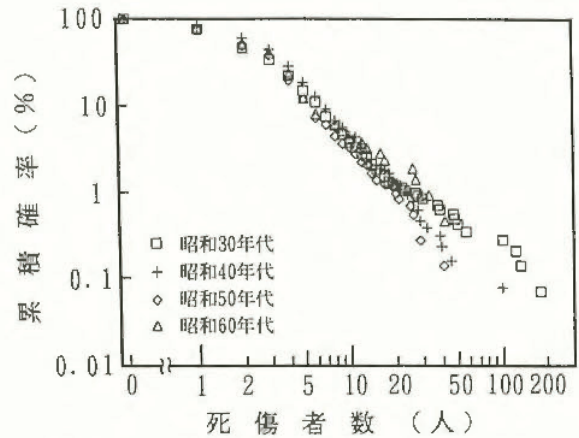


図50 年代別の死傷者数の累積確率分布

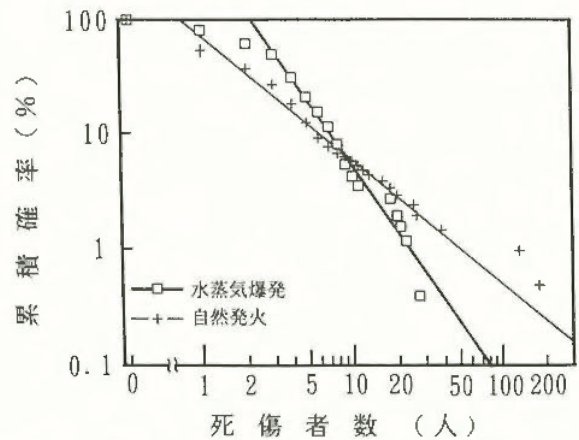


図51 事故の種類別の死傷者数の累積確率分布

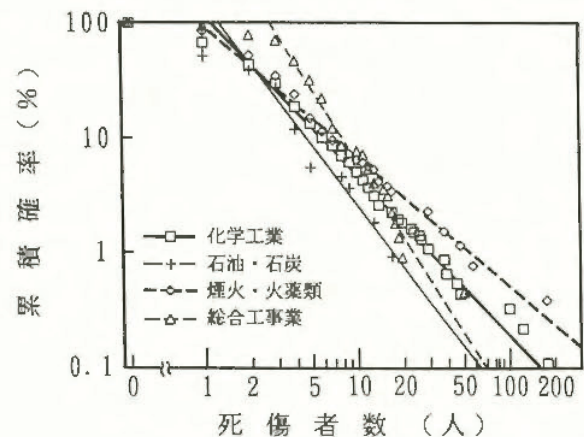


図52 業種別の死傷者数の累積確率分布

除害処理に使用した活性炭の反応及び爆発危険性

化学研究部 板垣晴彦, 松田東栄

1. 研究目的

化学工場, ボイラー設備, 有毒物取扱所などから排出される排気ガス中の環境汚染物質などの除害処理には, 活性炭吸着法が広く用いられている。活性炭が可燃性であることや, ガスの吸着時に発熱することは既に知られているが, 最近, フッ素を含む排ガスの処理に際して突然に圧力上昇が生じたという事例が報告され, 吸着される物質によっては急激な反応あるいは爆発を生ずるといった新たな危険性が示唆された。本研究では, こうした危険性を解明して災害防止に寄与するため, 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

活性炭は使用目的によって原料や賦活方法, 添着処理の有無, 粒径などが異なり, 様々な製品が市販されている。今回供試試料とした活性炭は, 試薬の2種類とガスクロラム用1種類のほか, ガス吸着や溶剤回収, 脱硫用などとして市販されている工業用のもの6種類の合計8種類で, それらの試料の元素成分は表9のとおりである。炭素分は3つの試料で91%程度であるが, それ以外は80%前後である。また, 酸素分については工業用のものが概して低くなっている。

表 9 活性炭の元素分析の結果

	元素成分 (重量%)			
	炭素	水素	窒素	酸素
試薬 A	79.38	1.79	0.83	8.65
試薬 B	91.63	0.25	0.10	4.30
GC用 C	77.50	0.48	0.15	5.24
工業用 D	80.63	0.82	0.27	2.35
工業用 E	82.27	0.52	0.19	1.74
工業用 F	91.16	0.34	0.17	3.03
工業用 G	76.01	0.74	0.08	4.56
工業用 H	73.72	1.46	0.18	4.65
工業用 I	76.70	1.60	0.42	3.73
工業用 J	91.12	0.41	0.17	2.42

3. 各種ガスを吸着した活性炭のDSC

図53は, 試薬Aを窒素で洗浄したのちに空気, フッ素, 二酸化窒素などを吸着させ, 密閉容器中で測定したDSC曲線である。脱着熱とみられる吸熱がいずれの試料でも表れているが, そのときの温度は一定ではない。また, フッ素や二酸化窒素を吸着させた試料においては, 吸熱が生じる前にゆるやかな発熱が見られる。

発熱量は100%の二酸化窒素を吸着させた試料がこの中では最大であるが, 100 ppm という低濃度の二酸化窒素を吸着処理した場合でも発熱が生じており, この発熱は活性炭に吸着した化学物質の量が影響すると考えられる。フッ素の場合には発熱量は小さいものの150°C付近から発熱を開始しており, 二酸化窒素の場合よりも熱的にやや不安であると思われる。

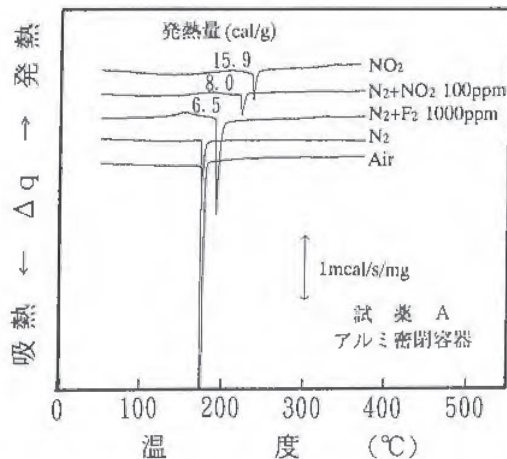


図 53 各種ガスを吸着した活性炭のDSC曲線

4. 二酸化窒素を吸着した各種活性炭のDSC

図54は試薬A, 試薬B, GC用C, 工業用Fのそれぞれに, 窒素中に100 ppmの二酸化窒素を含むガスを吸着させた場合のDSC曲線である。いずれの試料においても200°C付近の脱着熱とみられる吸熱ピークの前にゆるやかな発熱が生じている。

発熱量は試料によって異なり, その最大は試薬Bの10.1 cal/gである。その発熱開始温度は120°C付近と最低で, 発熱量が大きくなるにつれ発熱開始温度が低くなる傾向がみられる。

試料による発熱性状の差異の理由は今のところわからないが, 吸着した二酸化窒素の量や活性炭の分子構造, 表面の活性の度合い, その他が要因になっていると推定される。

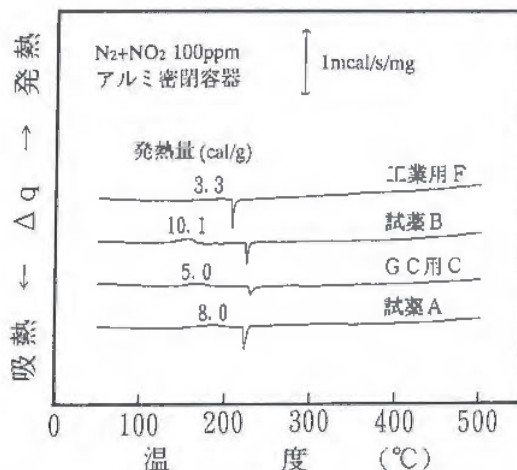


図 54 二酸化窒素を吸着した各種活性炭のDSC

フィルムデトネーションの伝ば限界酸素濃度

化学研究部 松井英憲

1. 研究目的

フィルムデトネーション（油膜爆ごう）の伝ば機構については、かなり分かっているが、伝ば限界に関するデータは少ない。本研究においては、フィルムデトネーションの伝ば限界を明らかにすることにより、高圧空気配管の爆発事故防止対策や、酸素酸化反応、オゾン酸化反応などの化学プロセスにおけるフィルムデトネーションに対する安全対策を確立するための基礎データを得ることを目的としている。

具体的には、支燃性ガスである酸素を、種々の不活性ガスで希釈した場合の、デトネーション伝ば限界酸素濃度を求め、更には、管径及び圧力との相関を求めようとするものである。

2. 研究方法

実験装置の概略を図 55 に示す。試料油として、植物油の主成分であるオレイン酸のメチルエステルを用いた。爆ごう波管には、内径 6 mm、長さ 4.5 m のガラス管を用いた。ガラス管内には、オレイン酸メチルを流し込み、管を回転させて内壁面に油を付着させた。管内には、酸素を窒素又は二酸化炭素で希釈した種々の酸素濃度の混合ガスを導入した。ガラス管の一端には、内径 9.2 mm、長さ 1.3 m 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、支燃性混合ガスと同じ圧力のアセチレン-酸素化学量論組成混合ガスを起爆ガスに用いた。フィルムデトネーションの伝播速度は、管外壁に取り付けた 4 ケのフォトダイオードで火炎の発光を検知することにより測定した。波面圧力は、ガラス管連結用テフロン製コネクタに取り付けたピエゾ圧力変換器で測定した。

3. 研究結果

実験の結果、細管中で、不活性ガス希釈による種々の酸素濃度でフィルムデトネーションが伝播し得る限

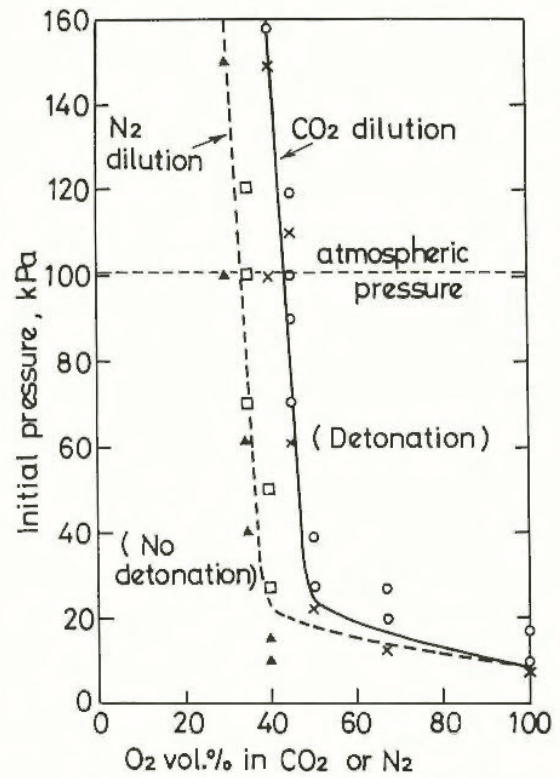


図 56 不活性ガス希釈時の酸素濃度と伝播限界圧力
(試料油：オレイン酸メチル，管径：6 mmφ)

界の圧力、伝播速度、波面圧力等について以下に示すような基礎的なデータが得られた。

①オレイン酸メチルの 6 mm の管径における、初圧大気圧での窒素希釈時のフィルムデトネーション伝ば限界酸素濃度は 35%、二酸化炭素希釈の場合は 45%であった（図 56 参照）。

②伝ば速度に対する油膜厚さの影響は、油膜が厚いほど爆速は遅く、発光時間は短くなる傾向がみられた。

③伝ば速度は、気相圧力の増大とともに早くなるが、圧力が高いほどその影響は少なく、理論値よりは大幅に低い値を示した。波面圧力は、初圧に比例して増大し、ピーク圧力は初圧の約 35 倍の値を示した。

来年度は、不活性ガス希釈時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の測定を行うと共に、管路材質や形状及び着火源が爆ごう伝ば限界に及ぼす影響について実験を行う予定である。

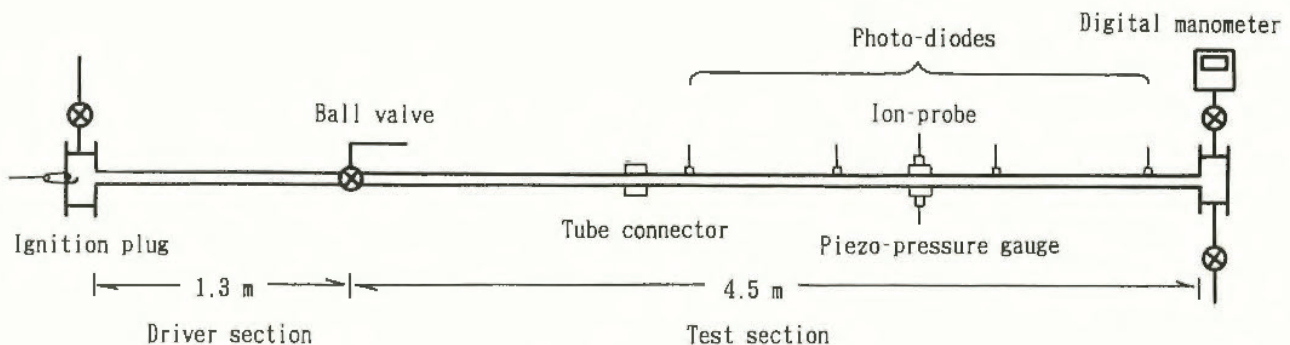


図 55 実験装置の概略

有機複合絶縁材料の耐電圧試験法

—FRP 材料の異方性と絶縁特性—

電気研究部 市川健二, 本山建雄

1. 研究目的

エポキシ樹脂は、電気絶縁材料として最も一般的に使用されている絶縁材料の一つであるが、これ自体が単独で使用される例はほどなく、必ず何らかの絶縁基材と組み合わせて、複合絶縁物の形で使用される。この場合、電気絶縁材料としての性質にエポキシ樹脂と基材との界面の性質が問題になる。すなわち、界面層には著しい異方性がある。また、この異方性は吸湿や高温状態で更に顕著に現れる。それ故、界面層の解明は、複合絶縁材料の耐久性の改善、破壊機構、劣化機構などの解明に極めて重要である。そこで、本年は昨年使用した、製法の異なる2種類のFRP ロッドを供試材料として、誘電正接の電気異方性を検討し、界面層では絶縁性能が劣ることを明らかにした。

2. 試料及び実験方法

供試した2種類のFRPはいずれもエポキシ・Eガラス一方向引抜成形ロッドであり、ガラス繊維は集束剤によって表面処理されている。しかし、試料P1は湿式引抜成型品で製法上ポイドレスではないが、試料P2は湿式引抜・気中加圧成形品で製法上ポイドレスである。

実験は、各ロッドからガラス繊維方向が0,45,90度となる様に切出した厚さ約2mmのFRPを試料片として、誘電体損測定器により誘電正接 ($\tan \delta$) を測定した。実験は試料の乾燥状態のほか、吸湿状態、加熱状態についても実施した。

3. 実験結果及び考察

3.1 吸湿又は加熱された場合の $\tan \delta$

図57は界面角 $\theta=0^\circ$ のP1試料における $\tan \delta$ を示す。乾燥試料では、商用周波を含む30 Hz~1 kHz に対する $\tan \delta$ は0.9~1.0%であり、周波数が高くなるに連れて多少大きくなるが、最高でも300 kHzで約1.43%とあまり変化がない。これに対して、100°Cに加熱した試料の $\tan \delta$ は低い周波数付近で急激な増加を示した後、周波数の増加とともに減少し乾燥試料の $\tan \delta$ に近づく。吸湿した試料は加熱した試料と同様な傾向を示すが、 $\tan \delta$ 値は1オーダーほど大きくなる。これより、吸湿や加熱により絶縁性能が著しく低下することがわかる。

3.2 $\tan \delta$ の異方性

図58は界面角 $\theta=0,45,90^\circ$ の吸湿したP1試料について、 $\tan \delta$ を測定した結果である。界面角が大きくなると $\tan \delta$ は小さくなる傾向を示し、 $\tan \delta$ の異方性が示された。

3.3 界面層における $\tan \delta$

FRPの異方性を示す性質の一つに、界面の沿層方向に沿った絶縁耐力の低下がある。これは界面層にエポキシ樹脂と物性が異なる絶縁性能の悪い異常樹脂層が出来たためであると言われている。そこで、乾燥・吸湿・加熱試料について、異常樹脂層を仮定し、そこにおける $\tan \delta$ を算出した。その結果を図59に示す。いずれの場合も異常界面層での $\tan \delta$ は大きく、そこで絶縁性能の低下が生じていることを示した。

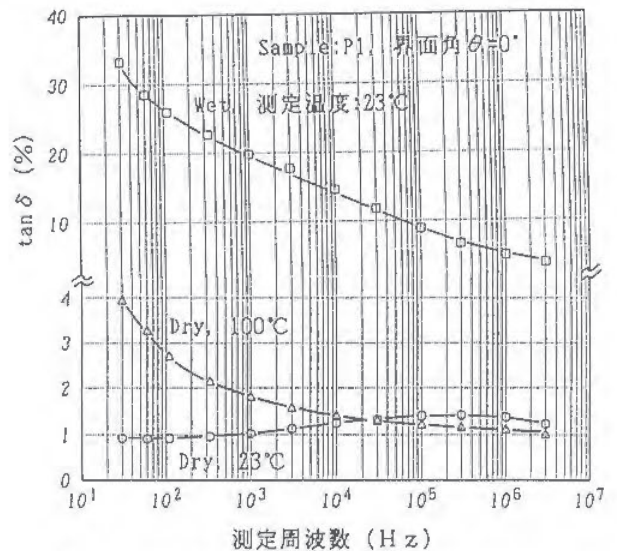


図57 吸湿又は加熱された場合の $\tan \delta$

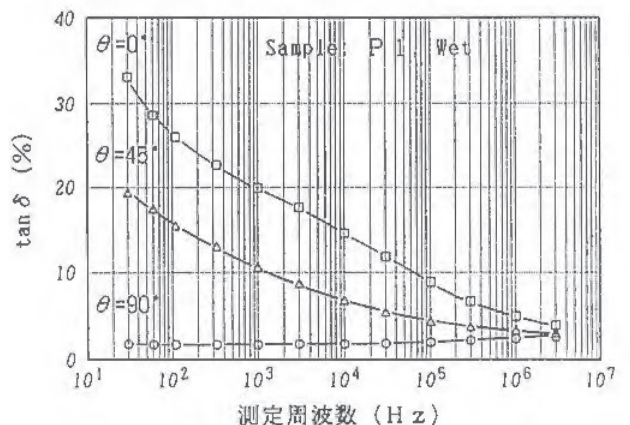


図58 $\tan \delta$ の異方性

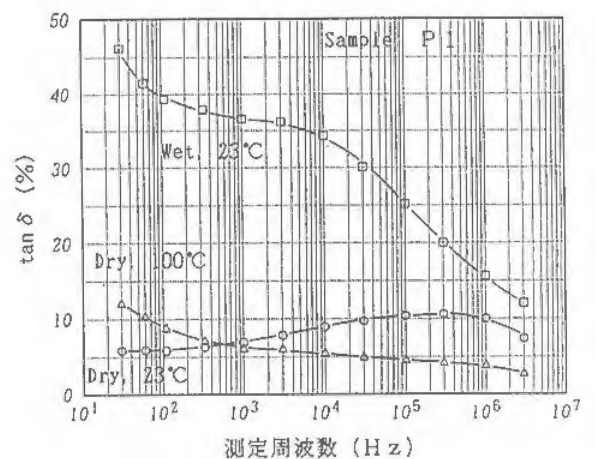


図59 界面層における $\tan \delta$

有機絶縁材料の表面電気的特性に及ぼす紫外線とオゾンの影響

電気研究部 本山建雄, 市川健二

1. まえがき

電気機器に使用されている有機絶縁材料はスイッチの on/off 時に発生するオゾンや紫外線の影響を受け、その絶縁性が低下する。この影響はスイッチ周辺や高密度プリント配線基板等の絶縁材料表面において特に大きく、絶縁性の低下は火災、感電、制御機器の誤動作などの災害をもたらす危険性がある。

ここでは絶縁性低下に及ぼすオゾン・紫外線の影響を明らかにすることを目的として、紫外線・オゾンに曝した材料の電気的特性を測定した。

2. 実験

図 60 に示すようなプリント配線基板を試作し、表 10 に示すように、紫外線、オゾンのいずれにも曝露しない場合 (温湿)、紫外線に曝露した場合 (紫外線) 及びオゾンに曝露した場合 (オゾン) について加速劣化試験を行った。試験片の材質はガラス基材エポキシ樹脂とポリエステル樹脂である。紫外線の強さは $6 \text{ mW/cm}^2/\text{min}$ であり、これに 96 時間曝露したときの紫外線量は屋外での照射量の約 1 カ月分に相当する。オゾン濃度は約 27 ppm であり、屋外での濃度の 5000 倍程度である。

絶縁性の低下は配線間の絶縁抵抗、静電容量及び表面の濡れ性から評価した。絶縁抵抗は 50 V の電圧で、静電容量は 100 kHz, 5 V の信号で、そして濡れ性は水滴を材料表面に落としたときの材料表面と水滴のなす角、すなわち接触角で測定した。

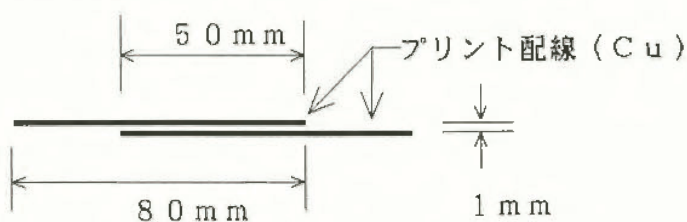


図 60 試験片のプリント配線パターン

3. 結果

測定結果を図 61 に示す。紫外線に曝露した場合、プリント配線間の絶縁抵抗は低下する傾向が見られた。静電容量はガラス基材エポキシ樹脂において大きくなっており、材料に含まれる水分量が増加したと予想される。また、接触角は小さくなっており、材料表面が濡れやすくなったことを示している。

一方、オゾンに曝露した場合、絶縁抵抗、静電容量、濡れ性において、紫外線ほど大きな変化はないが、オゾンや紫外線に曝露しない場合と比較して絶縁

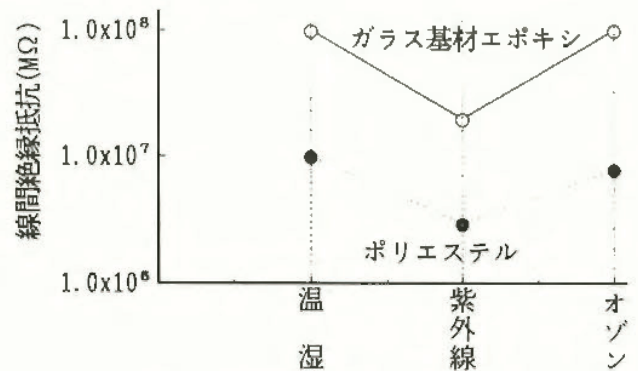
性の低下が見られる。

なお、オゾン濃度と紫外線の照射量は発生源からの距離によって異なることから、今後、これらの大きさを変えて同様の測定を行う予定である。

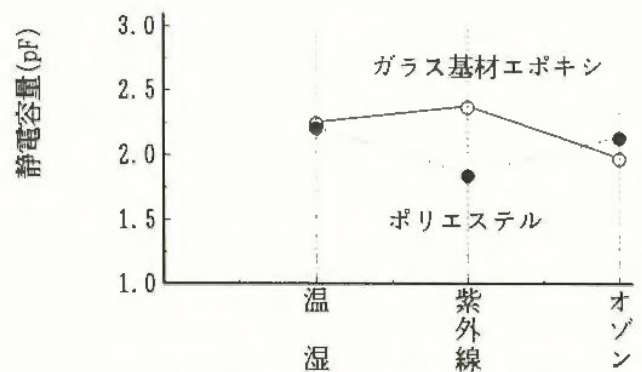
表 10 絶縁材料の試験項目と前処理条件

試験項目	試験片の前処理条件
温湿	{C-96h/60°C/95%RH}
紫外線	{室内/96h: 紫外線照射 ($6 \text{ mW/cm}^2/\text{min}$)} + {C-96h/60°C/95%RH}
オゾン	{C-96h/60°C/35-39%RH: オゾン (27ppm)} + {C-96h/60°C/95%RH}

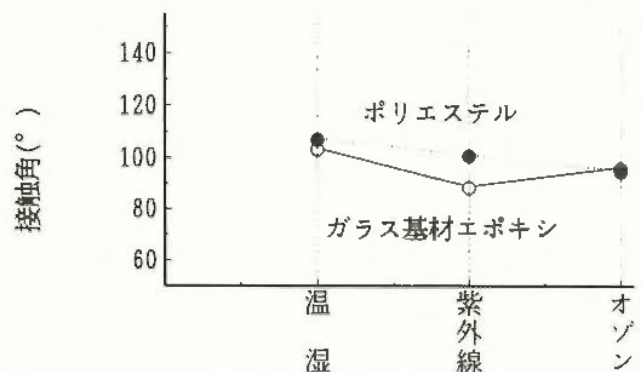
備考 C: 恒温恒湿槽、h: 処理時間、RH: 相対湿度



(a) プリント配線間の絶縁抵抗 (50V)



(b) プリント配線間の静電容量 (100kHz, 5V)



(c) 材料表面の濡れ性

図 61 表面電気的特性に及ぼす紫外線とオゾンの影響

1. はしがき

プラント制御用の直流電路，電力のインバータ制御等の拡大・普及によって，近年，商用周波数正弦波以外の各種の電流による電撃の可能性が増大している。しかし，許容限界の明らかなものは多くない。このような場合に，もし，未知の許容限界を推定できるような人体のモデルがあれば，電撃危険の防止のためにその有用性は計り知れない。

本稿では，心室細動に対する直流電流の既知の許容限界を回路モデルによって表現し，これを許容限界既知の他の類似波形の電流に適用した結果を述べる。

2. 直流に対する回路モデル

直流（単一方形パルス）電流の許容限界と持続時間との関係¹⁾から，図62のようなCR並列2層の回路モデルが考えられる。

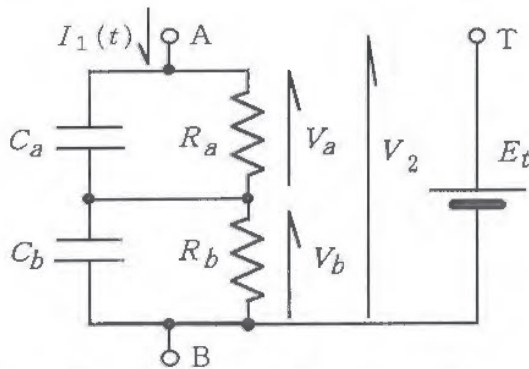


図 62 CR 並列 2 層の回路モデル

図62のモデルでは，人体電流 $I_1(t)$ の流入によって端子 A・B 間の電圧 $V_2(t)$ が増加し，これがしきい電圧 E_t を超えると危険，すなわち， $V_{2MAX} > E_t$ のとき $I_1(t)$ は許容されない，と考える。

$I_1(t)$ が，持続時間の d の単一方形パルスの場合，出力電圧 $V_2(t)$ の最大値 V_{2MAX} は $t=d$ のときに現れる。すなわち， $V_{2MAX} = V_2(d, I_1)$ である。次に， $V_{2MAX} = E_t$ と置いて I_1 を求めると，これが，モデルからの推定許容限界であり，次のようになる。

$$I_1 = \frac{E_t}{R_a + R_b} \cdot \frac{1}{1 - P_a \cdot e^{(-d/\tau_a)} - P_b \cdot e^{(-d/\tau_b)}}$$

モデルの各定数は次のように定めた。すなわち，IEC 報告のグラフから読み取った方形パルス（直流）の心室細動に対する許容限界を基準として，モデルからの推定値の相対残差平方和が最小になるように定数を定めた。また，相対残差の最小値も制約し ± 0.2 以内とした。得られた定数の値は次の通りである。

$$\begin{aligned} E_t / (R_a + R_b) &= 0.134 \text{ A,} \\ P_a &= R_a / (R_a + R_b) = 0.2434, P_b = 1 - P_a, \\ \tau_a &= C_a R_a = 1.421 \text{ ms, } \tau_b = C_b R_b = 1.224 \text{ s} \end{aligned}$$

図63に，推定値とIECの許容限界との比較を示す。

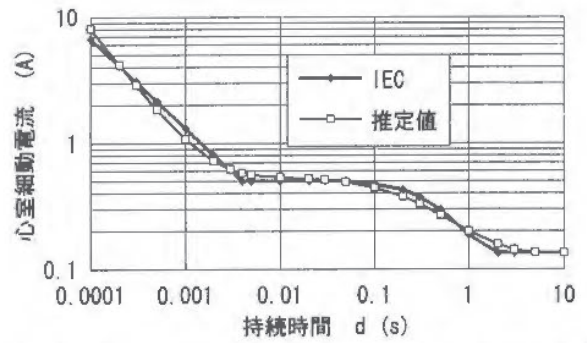


図 63 方形パルスの許容限界(IEC)とモデル推定値

3. キャパシター放電パルスへの適用

図64に，上述のモデルをキャパシター放電パルスに適用した場合の推定値と既知許容限界との比較を示す。IEC 報告¹⁾によれば，10 ms 以下では，方形・半正弦・キャパシター放電の各パルスの許容電解は等しい。10 ms 以上では直流の IEC 許容限界を破線でプロットした。

図64において，推定許容限界の IEC の限界に対する誤差は $d=0.1$ ms で +57% (=10.6 A. 心室細動の確率 5% の点は 13.5 A)，100 ms で -45% である。半正弦パルスの場合には誤差の増加は小さい。

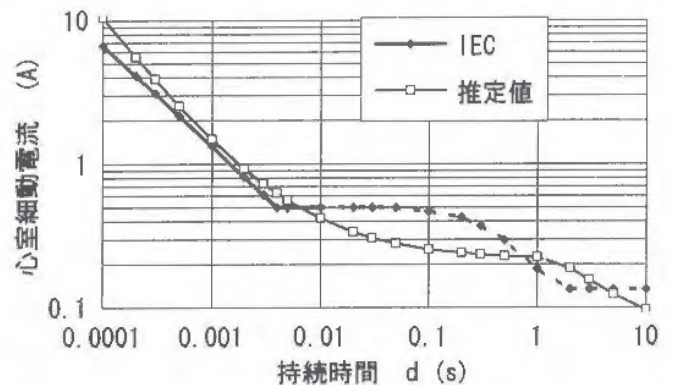


図 64 キャパシター放電パルスに対する推定値と IEC 許容限界（電流は実効値）

本稿のモデルは，持続時間が大きい時の正弦波の周波数特性にも大体適合する。しかし，現段階ではまだ，繰り返しのある波形の持続時間特性には適合しない。

人体の反応は興奮性細胞の電流刺激に対する応答に基づいている。しかし，本モデルは，必ずしもこのような生理学的過程には対応しない工学的モデルである。

参考文献

- 1) IEC Publicaton 479-1 及び 479-2, 1984, 1987

粉体に流動に伴う帯電現象の解明

電気研究部 児玉 勉, 田島泰幸

1. 研究目的

粉体状の医薬品, プラスチック樹脂等を熱風で乾燥する流動乾燥機では, 粉体と器壁との摩擦, あるいは粉体どうしの摩擦等により粉体に多量の静電気が発生する。そこで, 静電気の放電火花が可燃性粉塵の着火源となって引き起こされる粉塵爆発を防止するため, 側壁に取り付けた静電界センサを用いて流動槽内の粉体の帯電特性を測定した。

2. 実験方法

図 65 は実規模粉体帯電実験設備の概要である。実験に用いた流動乾燥機 (パウレック社, FD-T-4) の主な仕様は, 容器直径 0.9 m, 全容量 0.21 m³, 帯電防止バグフィルタろ過面積 6.4 m² である。静電界測定には粉体用電界検出システム (春日電機 KSM-08) を用いた。電界センサは, 流動槽内に浮遊した帯電粉体による電界分布を把握するため, 下部側壁の円周方向の相対向する 2 箇所 (図 65 の A, B 点), 及び A 点の上部 30 cm の 1 箇所 (図 65 の C 点) の計 3 箇所の側壁開口部に取り付けた。試料はポリエチレン粉体を用いた。流動槽内の粉体は調温・調湿された空気により底部から吹き上げられ, 槽内で上下に流動し乾燥される。圧送風量はプロワの回転数を変えることにより調整した。なお, 電界センサ部への粉体の付着を防止するため, 4.0 kgf/cm² の圧縮空気エアパーージした。

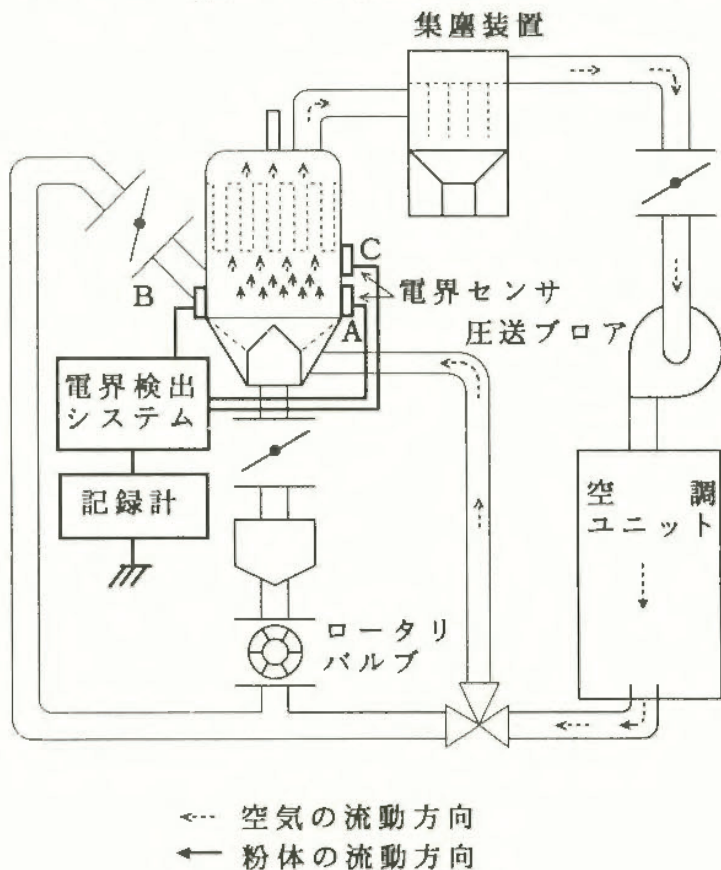


図 65 実験装置の概要

3. 実験結果及び検討

図 66 は電界測定記録の一例であり, 供給風量 15 m³/min, 温度 20°C, 湿度 40% の運転における初期変化を示す。同図に示されるように電界値は最初は正極性を示し, その後徐々に負極性へと変化した。これより, 流動開始時には正極性に帯電した小粒径粉体が多量に空間に浮遊し, 時間経過とともに負極性に帯電した比較的大粒径の粉体の影響がより支配的になることが示唆された。なお, 電界の絶対値は 300 V/cm 以下であり, 粉体の着火源となるような静電気放電が発生する大きさではない。

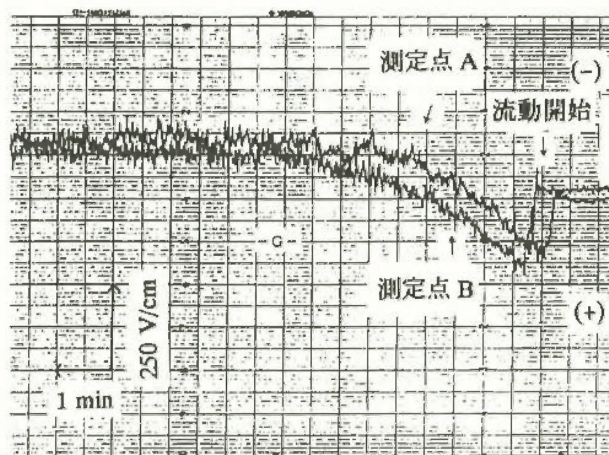


図 66 電界値の初期変化

表 11 は供給空気の風量及び温度・湿度を変えたときの測定結果である。ここで測定限界は, 測定値がほぼ飽和した時点における圧送プロワ停止前後の電界の差であり, 浮遊した帯電粉体により形成される電界値を表す。この結果より, 風量が大きくなるにつれて浮遊帯電粉体による電界が大きくなる傾向が示された (A 点)。C 点では, 風量の増加につれて電界の極性が正から負へと変化する傾向が示されたが, これは負極性に帯電した比較的大粒径の粉体による影響が増大したためと推定される。供給空気については低温・高湿より高温・低湿の方が, すなわち乾燥状態のよい方が, 流動粉体の帯電が大きい傾向が示された。

表 11 風量, 温湿度と電界の関係

風量 (m ³ /min)	粉体量 (kg)	測定電界 (V/cm)		供給空気 温湿度
		A 点	C 点	
10	30	-25	0	20°C, 40%
12	30	-63	+38	
15	30	-125	+13	
10	30	-38	+13	30°C, 25%
12	30	-50	+20	
15	30	-213	-38	

粉末火薬類の静電気放電による着火感度に関する検討

電気研究部 富田 一, 児玉 勉, 田島泰幸

1. はじめに

粉末火薬類の生産工程では静電気放電による着火爆発による労働災害が発生し、その対策が緊急に求められている。本研究では、これらの着火爆発防止を目的に、着火爆発防止対策の基礎となる静電気放電による粉末火薬類の着火感度の試験方法を確立するため、エアバッグに使用されるガス発生剤をサンプルとし、容量性放電回路に挿入した放電制限抵抗がサンプルの着火エネルギーに及ぼす影響について実験的に検討した。

2. 実験方法

容量性放電回路はセラミックコンデンサ(1350 pF)、ガス封入型高電圧スイッチ、放電制限抵抗、直径2.8 mmの放電電極及びアース電極より構成される。アース電極は、導電性を向上させるためアルミニウム板を基板に銅テープを張り付けたものを使用した。銅テープ上にはサンプル充填用の直径2.8 mmの穴を開けたテフロン板(厚さ2 mm)を置き、この穴にサンプルを充填後、その上にマイラーテープ(サンプルの中央部に0.3 mmの穴を開ける)を張り、穴の中央部に密着させて放電電極を固定した。放電電極とアース間の放電時の電圧(以下、放電電圧と記す)は高電圧プローブにより、また、放電電流はアース電極側に直列に接続した電流検出用抵抗(50 Ω)によってそれぞれ検出し、デジタルオシロスコープ(周波数帯域250 MHz)によって波形を記録した。着火実験では、高電圧スイッチを作動させて、コンデンサに蓄積されたエネルギーを放電制限抵抗を介して放電電極間に放出させた。このときの試料の着火の有無を目視により判定するとともに、放電電極間に放出された放電エネルギーは、放電電極-アース電極間の電圧と放電電流の積を時間積分することによって求めた。

3. 実験結果及び検討

図67に放電制限抵抗と着火エネルギーとの関係を示す。放電制限抵抗の増大とともに100 kΩまでは着火エネルギーが減少し、100 kΩで最小の4.5 mJとなった。放電制限抵抗が100 kΩより大きくなると、着火エネルギーは再び増大する傾向を示した。

図67のように着火エネルギーの放電制限抵抗依存性が現れる原因を検討した。図68は放電開始後の瞬時放電電力(放電電圧と放電電流の積)の時間的な変化であり、放電制限抵抗の影響が大きく現れている。すなわち放電制限抵抗の増大とともに瞬時電力は小さ

くなるが、一方、放電持続時間は長くなった。この場合、放電制限抵抗が50と100 kΩで瞬時電力に余り差がないことから、この大きさの電力が着火に有効に利用されるものと推定される。また、放電電流、放電電圧波形を見ると、放電制限抵抗が100 kΩでは、アーク放電とグロー放電が組み合わされた境界型の放電が発生していることから、この種の放電形態が着火に寄与していると推定される。

4. まとめ

粉末火薬類の一種であるエアバッグ用ガス発生剤を用いて、その静電気放電による着火感度を調べる実験により、次の結果が得られた。

- 1) 試料の着火エネルギーは放電回路に直列に挿入した放電制限抵抗に依存し、100 kΩのとき着火エネルギーは4.5 mJであった。
- 2) 上記の原因として、着火エネルギーが放電形態に依存することがほぼ明らかとなった。

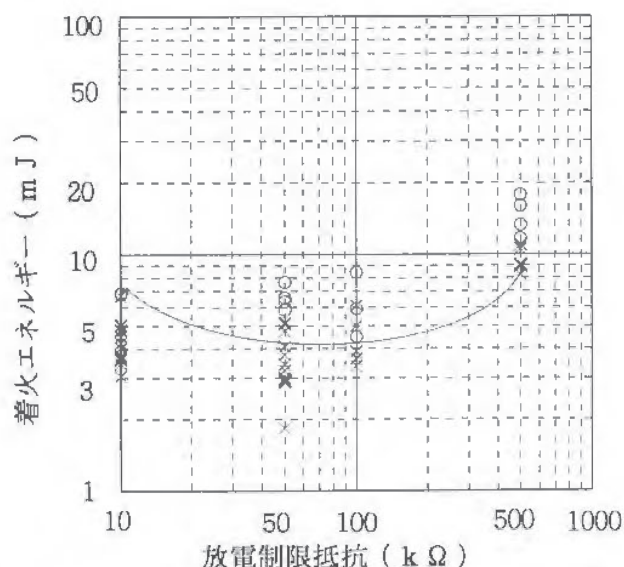


図 67 着火エネルギー試験結果 (○：着火, ×：不着火)

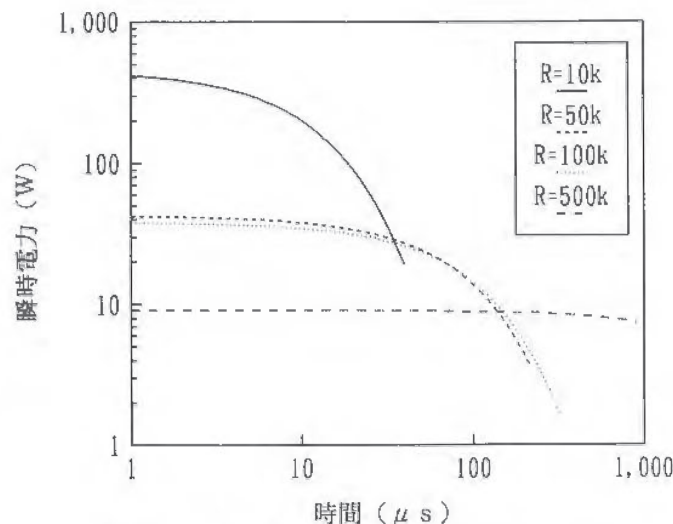


図 68 放電電極間の瞬間電力の時間変化

プラズマプロセスの安全化に関する基礎研究

電気研究部 大沢 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、レーザ、有害ガス処理など数限りない。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、これらの各種の放電プラズマを応用した装置は経験則に基づいて稼働しており、稼働効率、安全面等から問題も多く、基礎的解明が望まれている。

以上のような背景から、今回は前年報¹⁾で報告した放電モードの遷移について、さらに詳しくヘリウムおよびアルゴンについて検討した。ここでは、その結果²⁾および粒子法を用いた放電プラズマのシミュレーションの結果について報告する。

2. 実験結果

前回は、放電電力および放電励起周波数の変化によって、低電子温度・高電子密度（直流放電に類似）から高電子温度・低電子密度のプラズマへと放電モードが遷移することを報告した^{1,2)}。今回、その遷移点はイオンプラズマ周波数であることを再度確認した。しかしながら、図69に示すように、この放電モードの遷移は自己バイアス電圧によるとも考えられる。すなわち、自己バイアス電圧がほぼ直流の陰極降下電圧に近づいていくことによって、直流放電に類似するものとも考えられる。

上記のような放電モードの遷移はイオンプラズマ周波数が変化することにより起こり、シースの特性が変化し、その結果として自己バイアス電圧が変化していると推定され、これについては今後のシミュレーションによってさらに解明する計画である。

3. シミュレーションとその結果

放電プラズマのシミュレーションは粒子法を用いて行った。図70にシミュレーションのアルゴリズムを示す。本研究では、電界をPIC (Particle-in-Cell) 法で計算し、衝突現象をモンテカルロ法で計算するという方法を利用した。PIC法とは荷電粒子(超粒子)個々の動きを運動方程式で追跡し、その結果得られる荷電粒子分子から新しい電界を計算し、さらに、この電場での粒子の動きを再び追跡するもので、一方、モンテカルロ法とは衝突散乱現象を乱数で模擬し、電子の軌跡を追跡するもので、粒子法はこれらを繰り返し計算する技法である。

まだプログラムは完全ではないが、一例として、2 cmの電極間に印加した直流電圧が500 V、水素ガス1 Torrのときの電位分布を図71に示す。これによると陰極から約6 mmまではイオン(空間電荷)シー

であり、それより陽極側は電位勾配がほとんどないことから、プラズマが形成されていることを示唆している。

文 献

- 1) 大沢敦, 田島泰幸, 産業安全研究所年報, 41 (1992)
- 2) A Ohsawa, Y Tabata, M Ohuchi and T Kubota, 21st International Conference on Phenomena in Ionized Gases I 93 (1993)

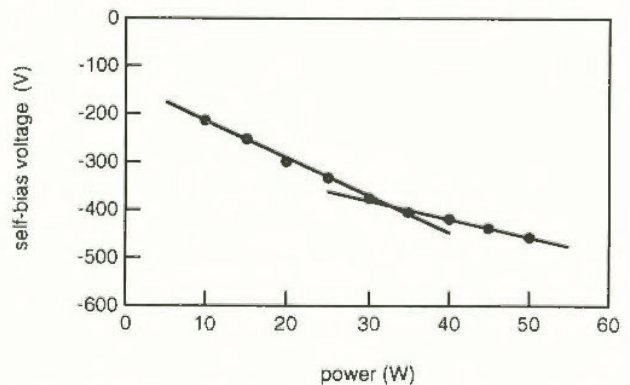


図 69 自己バイアス電圧の電力依存性 (Ar 0.4 Torr, 5 MHz)

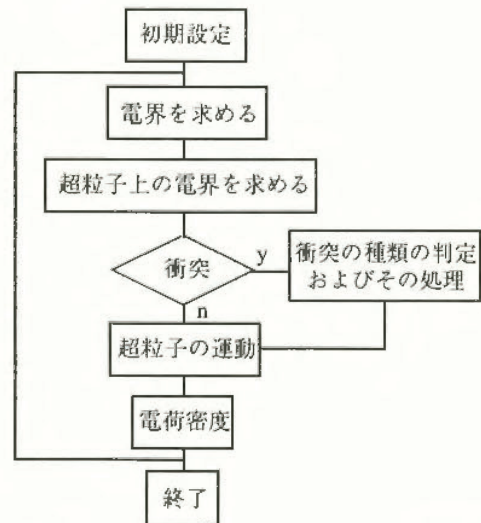


図 70 本研究のシミュレーションのアルゴリズム

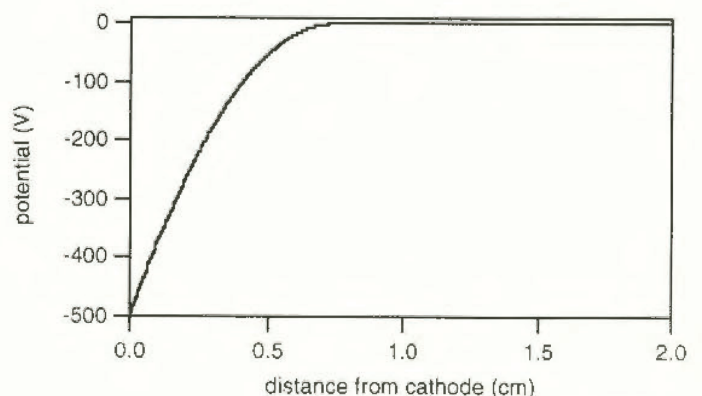


図 71 シミュレーション結果の一例 (電位分布)

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

一有機溶剤の分解に伴う生成物の分析一

電気研究部 山隈繁蔵, 大沢 敦, 児玉 勉, 田島泰幸

1. はじめに

本研究においては、オイルミスト中に含まれる揮発性有害物質の処理への応用を目的として、放電プラズマによる化学反応過程を利用して有害物質の分解・無害化実験を試みている。本年度は、炭化水素系有機溶剤（トルエン、ベンゼン等）を対象に、無害化のための必要条件とガス状放電生成物の定性分析を行ったので、その概要を報告する。

2. 実験方法

図 72 に実験装置の概要を示す。放電プラズマによる分解機構は前年度と同様であるが、分析装置として新たにガスクロマトグラフ質量分析装置 (GC/MS) を導入し、放電生成物の同定に用いた。

無害化への試みとしては、トルエン等の炭化水素の場合、燃焼の際と同様に、空気中の酸素濃度が水および二酸化炭素への転換に深く関わっていると判断されたので、キャリアガスとして空気および純酸素の2種類を用い、それぞれの場合におけるプラズマ処理後の二酸化炭素濃度の測定および固形放電生成物の反応器への付着状態の観察を行った。

3. 実験結果

図 73 は、濃度約 1,000 ppm のトルエン蒸気を、分解率約 100% となるような放電電力で分解したときに発生する二酸化炭素の濃度を、キャリアガスが空気および純酸素の場合について測定した結果である。定量の結果、空気の場合は約 2,300 ppm、酸素の場合は 6,800 ppm であった。濃度 1,000 ppm のトルエンが化学量論比で酸素と化合した場合 ($C_7H_8 + 9O_2 \rightarrow 7CO_2 + 4H_2O$)、二酸化炭素の濃度は 7,000 ppm になるはずであるから、空気の場合は約 1/3、純酸素の場合

はほぼ 100% のトルエンが理想的な化学反応を起こしたと推定できる。目視による反応器の観察においても、純酸素の場合は、空気の場合と異なり、固形の放電生成物の付着はほとんど見られなかった。このことから、炭化水素系の溶剤蒸気の分解に当たっては、相対的な酸素濃度が高いほど、無害な分解が可能であると推定される。

図 74 は、トルエン蒸気分解後の排ガス中に含まれる放電生成物のマスプロマトグラムの一例である。ここでは、分解後の生成物として、アセトン (CH_3COCH_3) と硝酸メチル (CH_3NO_2) の存在が確認されたが、いずれも非常に微量であった。これらの生成物は、分解条件によって質的・量的に異なることが判明しており、今後更に分析を試みデータを蓄積していく予定である。

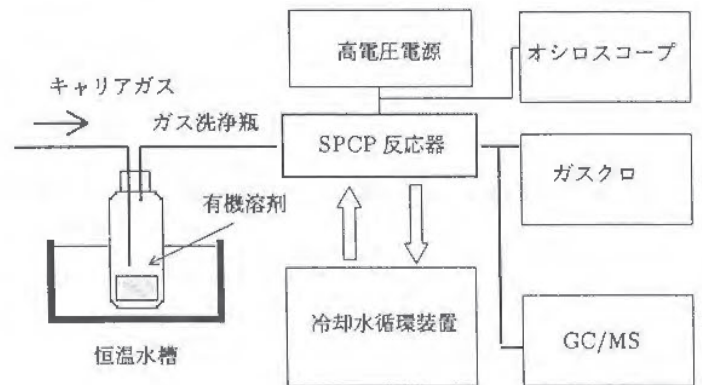


図 72 プラズマ分解実験装置の概要

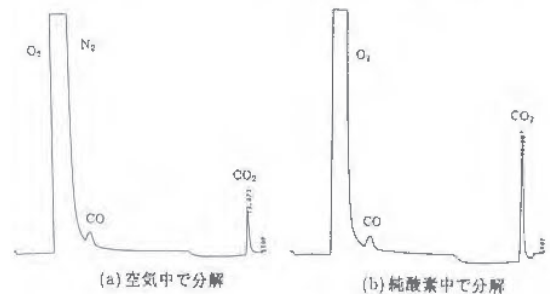


図 73 キャリアガス中の酸素濃度がプラズマ化学反応に与える影響 (二酸化炭素濃度の変化)

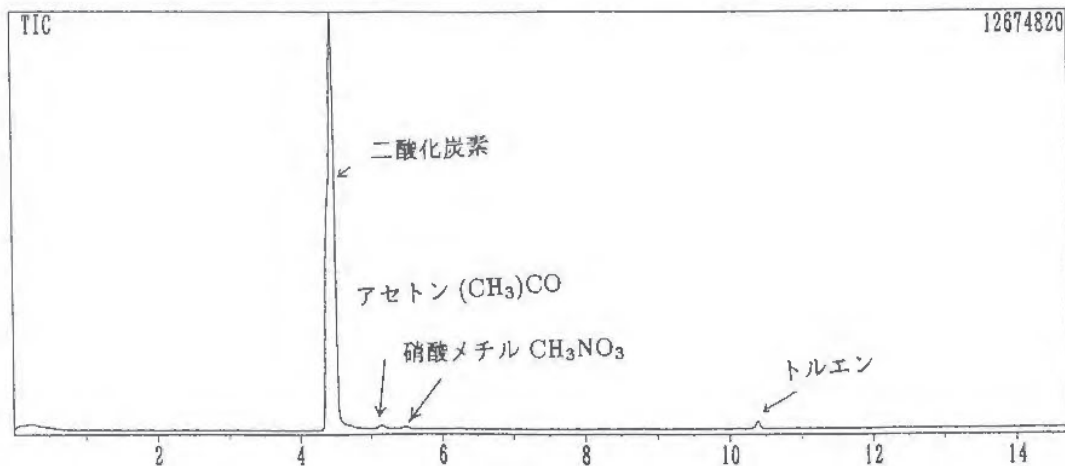


図 74 トルエン蒸気分解時の主なガス状生成物のイオンクロマトグラム

2.3 研究成果の発表

1) 誌上発表

題 目	発 表 誌 名	発 表 者
1. 圧力容器用鋼の劣化特性に及ぼす熱時効の影響	産業安全研究所研究報告, RIIS-RR-93 (1994)	橋内 良雄 本田 尚 吉久 悦二
2. 赤外線応力画像測定法によるガセット溶接継手の実験的応力解析	同上	吉久 悦二
3. 疲労き裂進展寿命の信頼性解析における確率因子の影響度評価	同上	佐々木哲也
4. 自走クレーンのつり荷重による応力スペクトル	同上	前田 豊
5. ポジティブ・クラッチ式プレスを対象とした安全システムの開発	同上	清水 尚憲 糸川 壯一 梅崎 重夫
6. 足場の安全性に関する研究 (コンクリートポンプ打ち工法において輸送管を取り付けた枠組足場に作用する荷重等について)	同上	河尻 義正 小川 勝教 大幢 勝利
7. 階段下降時の心理的負担面から見た踏面・けあげの安全寸法	同上	永田 久雄
8. スリップエラーおよびミステイクエラーの発生要因に関する研究	同上	白井伸之介
9. 建設工事労働災害事例の発生状況記録中のフリータームの統計分析	同上	鈴木 芳美
10. 労働災害統計分析研究の歴史的変遷に関する調査研究	同上	花安 繁郎
11. 各種気相爆発法によるフロンの分解	同上	松井 英憲
12. 液体有機過酸化物の熱爆発限界温度	同上	琴寄 崇
13. 有機複合絶縁材料の絶縁特性の異方性	同上	市川 健二 本山 建雄
14. 流動粒子によって形成される帯電雲の静電界検出	同上	田島 泰幸 児玉 勉
15. 電子機器の信号伝送線路に及ぼす静電気放電ノイズの影響に関する基礎研究	同上	富田 一 田島 泰幸
高年齢者の安全確保のための機器および作業システムの開発に関する特別研究	産業安全研究所特別研究報告, RIIS-SRR-NO.13 (1993)	梅崎 重夫 深谷 潔 永田 久雄 江川 義之 白井伸之介 池田 博康 清水 尚憲
可燃性粉じんの爆発圧力及び圧力上昇速度の測定法	産業安全研究所技術指針, RIIS-TR-94-1 (1994)	松田 東栄 板垣 晴彦 森崎 繁

題 目	発 表 誌 名	発 表 者
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5年度環境庁調査研究報告	林 年宏 板垣 晴彦 吉久 悦二
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5年度環境庁調査研究報告	田畠 泰幸 児玉 勉 山隈 繁蔵 大沢 敦
微粉炭機の安全対策	産業安全研究所・産業安全技術協会共同開発研究報告書	森崎 繁 松田 東栄 板垣 晴彦
建設工事労働災害の被害強度・規模特性に関する統計分析	土木学会論文集, Vol.18, No.462	花安 繁郎
建設労働災害の統計学的分析と評価	橋梁, Vol.29, No.3	花安 繁郎
ゴンドラの災害事例	安全工学, Vol.32, No.3	河尻 義正
建設工事における労働安全問題	日経コンストラクション, 6-25	花安 繁郎
Fatal and non-fatal falls -a review of earlier articles and their developments-	Safety Science, Vol.16, No.3,4	H. Nagata
ロボットと人間の協調	科学技術ジャーナル, No.9, '93	杉本 旭
Safety Control of Incendiary Discharges Occurring from Active Electrostatic Eliminator	J. Electrostatics, Vol.30	Y. Tabata <i>et al.</i>
空気圧シリンダへのER流体の適用	油空圧学会誌「油圧と空気圧」, Vol.24, No.7	池田 博康 杉本 旭
A533B鋼の機械的性質に及ぼす熱時効の影響	日本機械学会論文集 A編, Vol.59, No.565	橘内 良雄 吉久 悦二
自動生産技術の開発と安全研究の課題	安全工学, Vol.32, No.5	木下 鈞一
Proposed method to match physical test scores with the probable risk of a fatal fall	Safety Science, Vol.17, No.1	H. Nagata
Critical Temperatures for the Thermal Explosion of Liquids	Combustion & Flame, Vol.95, No.3	T. Kotoyori
フラクトグラフィによる破損解析技術	安全工学, Vol.32, No.6	橘内 良雄
最新安全装置事情 (その1)	安全, Vol.45, No.1	桑川 壮一
最新安全装置事情 (その2)	安全, Vol.45, No.2	梅崎 重夫
最新安全装置事情 (その3) —NC機械等自動機械	安全, Vol.45, No.3	杉本 旭
斜面安定工事における工法選定のための意思決定プロセスの構造化	建設マネジメント研究論文集 Vol.1	花安 繁郎
主観的評価に基づく踏面・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3) —	日本建築学会計画系論文集456号	他機関共同 永田 久雄
粉じん爆発の特性と災害防止対策	塗装技術, Vol.32, No.6	板垣 晴彦
金属の粉じん爆発事例	火災, Vol.44, No.1	松田 東栄

2) 口頭発表

題 目	発表会名	年月日	発表者
FRP 材料の内部界面の方向性と絶縁破壊特性 (その1)	電気学会全国大会	5.4.1	市川 健二 本山 建雄 他機関共同
パリス則の定数 C と m の相関とその信頼性解析への影響	機械学会第70期通常総会講演会	4.1	佐々木 哲也 他機関共同
窄孔法・磁歪法・X線法および切断法による突合せ溶接板の残留応力分布の比較	同上	4.2	橋内 良雄 吉久 悦二
加速刺激に対する立位姿勢の安定性に関する研究, その1, その2	日本人間工学会	5.16	永田 久雄 他機関共同
聴覚特性の相違による工場騒音の評価に関する研究	同上	5.17	江川 義之
熱時効を受けたA533鋼の劣化特性	材料学会第8回フラクトグラフィシンポジウム	6.24	橋内 良雄
Ti-6 Al-4 V 合金の疲労き裂伝播挙動に及ぼす異方性の影響	同上	6.24	橋内 良雄 田中 正清 吉久 悦二 本田 尚
溝掘削工事時の土砂崩壊による死亡災害の発生状況	第28回土質工学研究発表会	6.29	豊澤 康男 堀井 宣幸 玉手 聡
カオリン粘土による溝模型の崩壊実験	同上	7.1	玉手 聡 堀井 宣幸 豊澤 康男
非対称誤り特性に基づくフェールセーフ評価	ロボティクス・メカトロニクス講演会	7.7	杉本 旭 他機関共同
フェールセーフ速度監視の構成論理と評価	同上	7.7	池田 博康 杉本 旭
挟まれ防止システムの安全性評価に関する研究	同上	7.7	梅崎 重夫 清水 尚憲
マニュプレーションにおける制御の正常確認の論理構造	D & D '93「運動と振動の制御」シンポジウム	7.20	池田 博康 杉本 旭 他機関共同
放電プラズマによる有機溶剤蒸気の分解	静電気学会環境技術研究会	7.20	山隈 繁蔵 大沢 敦 児玉 勉 田畠 泰幸
安全立証における基本的考え方	第1回安全確保研究会	7.23	杉本 旭 他機関共同
複合がいし笠カバーのはっ水性とフラッシュオーバー電圧	電気学会電力・エネルギー部門研究会	7.28	本山 建雄 市川 健二 他機関共同
可燃性液体の流動帯電における導電率の影響 (I)	第17回静電気学会学術講演会	9.3	児玉 勉 田畠 泰幸
粉末火薬類の静電気放電による着火感度に関する検討	同上	9.3	富田 一 田畠 泰幸 児玉 勉 他機関共同

題 目	発 表 会 名	年 月 日	発 表 者
電界センサによる流動槽内粉体の帯電評価 (I)	第17回静電気学会学術講演会	9.3	児玉 勉 田島 泰幸 他機関共同
スパウトによる粉体の摩擦帯電危険性の評価	同上	9.3	児玉 勉 田島 泰幸 他機関共同
床の帯電防止性能評価方法の研究開発—床の帯電防止試験器の概要	日本建築学会	9.4	田島 泰幸 他機関共同
床の帯電防止性能評価方法の研究開発—帯電防止性能試験器の有効性の検討	同上	9.4	田島 泰幸 他機関共同
建設工事労働災害のテキスト情報を用いた災害リスク要因別の事例判別	土木学会第48回年次学術講演会	9.8	鈴木 芳美 花安 繁郎
ブラケット取付け用付着型アンカーボルトの強度特性	同上	9.9	大幢 勝利 河尻 義正 小川 勝教
動的載荷履歴を受けた粘性土の非排水せん断特性—1 (動的載荷システムの概要)	同上	9.9	玉手 聡 堀井 宣幸 豊澤 康男
動的載荷履歴を受けた粘性土の非排水せん断特性—2	同上	9.9	堀井 宣幸 豊澤 康男 玉手 聡
溝掘削遠心模型実験における粘性土地盤の崩壊挙動	同上	9.9	豊澤 康男 堀井 宣幸 玉手 聡
発生期間の異なる労働災害リスクの被害規模の推定について	同上	9.10	花安 繁郎 鈴木 芳美
移動式クレーンの送配電線への接近の一検出法	電気設備学会	9.10	山野 英記 市川 健二 田島 泰幸 富田 一 他機関共同
衝撃型建設工事用機械 (油圧式ブレーカ) 騒音評価シミュレーションに関する研究	日本騒音制御工学会	9.16	江川 義之
ERF の平行二平板間の流れ	第41回レオロジー討論会	9.29	杉本 旭 池田 博康 他機関共同
ER 流体による多様な機械出力を制御する実験モデル	同上	9.29	池田 博康 杉本 旭 他機関共同
自動研削機械における安全システムの基本構成	安全工学シンポジウム	9.29	糸川 壯一 梅崎 重夫
ニトロフェニルヒドラジン異性体の熱分解	同上	9.30	安藤 隆之 藤本 康弘
H ₂ -空気-Ar, H ₂ -O ₂ -N ₂ 系の可燃限界と爆発圧力特性	同上	9.30	松井 英憲

題 目	発表会名	年月日	発表者
トラッククレーンにおける荷重スペクトルと応力スペクトルについて	機械学会第71期全国大会	10.2	前田 豊
水素中での構造用鋼の ΔK 域疲労き裂伝ばに及ぼす温度および湿度の影響	同上	10.2	田中 正清
新規ワイアロープ疲労試験機とそれによる IWRC ロープについての初期データ	資源・素材学会秋季大会	10.14	田中 正清
職場における新しい安全装置について—安全確認型システム理論を中心にして—	全国安全衛生大会	10.21	杉本 旭
各種気相爆発法によるフロンの分解	工業火薬協会平成5年度秋季大会	10.21	松井 英憲
電気用ゴム手袋の実使用における絶縁劣化と寿命推定—電柱上での高圧活線作業の場合—	電気学会生産設備管理研究会	11.10	市川 健二
ER 流体による多様な機械出力を制御する実験モデル(第2報—ER 流体実験モデルの構成)	第11回日本ロボット学会学術講演会	11.14	池田 博康 杉本 旭 他機関共同
挟まれ防止システムの安全性評価に関する研究—人体に対して順応性のある挟まれ防止センサの試作と安全性評価—	同上	11.14	清水 尚憲 梅崎 重夫 他機関共同
変動荷重を受ける Ti-6 Al-4 V の疲労き裂伝ば挙動	機械学会材力部門講演会	11.16	橋内 良雄 吉久 悦二 本田 尚
赤外線応力画像測定法による溶接継手の応力解析	同上	11.16	吉久 悦二 橋内 良雄
疲労き裂進展過程の確率モデルのパラメータ影響度評価	同上	11.16	佐々木哲也 他機関共同
高齢者の転倒危険性の評価法の提示	日本人間工学会	11.19	永田 久雄
危険点近接作業における高齢者の危険認知能力	同上	11.19	深谷 潔
超高速自動研削盤における安全システムの基本	機械学会関西支部講演会	11.26	桑川 壮一
100°C 以下の熱爆発限界温度を有する化学薬品類(第1報)	第26回安全工学研究発表会	12.1	琴寄 崇
労働災害情報による爆発火災データベースについて	同上	12.1	板垣 晴彦
視覚判断エラー面から見た階段踏面・けあげの安全寸法	同上	12.1	永田 久雄
沿面放電プラズマによる芳香族有機溶剤蒸気の分解	同上	12.2	山隈 繁蔵 大沢 敦 児玉 勉 田島 泰幸
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電圧	同上	12.2	本山 建雄 市川 健二 山野 英記

題 目	発表会名	年月日	発表者
クレーンを検出電極とした高電圧活線接近検出方法の実験的検討	第26回安全工学研究発表会	12.2	富田 一 市川 健二 山野 英記 田島 泰幸
新しく開発した静電界センサによる流動帯電粉体の静電気測定	同上	12.2	児玉 勉 田島 泰幸 他機関共同
微粉炭の火災・爆発危険性—その(3) 加温下における炭じん爆発特性—	同上	12.2	松田 東栄 板垣 晴彦 森崎 繁
活性炭の粉じん爆発特性	同上	12.2	松田 東栄
溝掘削工事における土砂崩壊による死亡災害の発生状況	同上	12.2	玉手 聡 堀井 宣幸 豊澤 康男
ベイズ方式による災害発生数の予測に関する研究	第30回リスクアナリシス研究会	12.4	花安 繁郎
倉庫作業用挟まれ防止システムの提案	日本機械学会交通物流部門大会	12.7	梅崎 重夫 清水 尚憲 深谷 潔
自動倉庫保全作業システムの安全化	同上	12.7	深谷 潔
クレーンに関連する ISO 規格の体系化について	同上	12.9	前田 豊
高齢者の行動特性	日本人間工学会	12.15	永田 久雄
労働災害テキストの情報分析—フリータームの頻度分布を中心として—	電子情報通信学会安全確保研究専門委員会	12.17	鈴木 芳美
放電プラズマによる有機溶剤蒸気の分解とその効率	静電気学会環境技術研究会	6.1.20	山隈 繁藏 児玉 勉 大澤 敦 田島 泰幸
火薬類の静電気感度試験法に関する問題点	火薬学会感度試験部会	2.10	田島 泰幸
認証される安全センサの構成方法と成功例・失敗例	第4回ロボットセンサシンポジウム	3.17	杉本 旭
自己確認型センサの構成と荷重センサ	同上	3.17	池田 博康 杉本 旭
FRP 材料の内部界面の方向性と絶縁破壊特性 (その2)	平成6年電気学会全国大会	3.29	市川 健二 本山 建雄 他機関共同
FRP 材料の内部界面の方向性と誘電特性	同上	3.29	市川 健二 本山 建雄 他機関共同
複合がいし笠カバーの SO ₂ による劣化	同上	3.29	本山 建雄 市川 健二 他機関共同
ショットピーニングした Ti-6 Al-4 V の疲労強度と残留応力	機械学会第71期通常総会講演会	3.29	橋内 良雄 田中 正清 吉久 悦二 本田 尚

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
Explosibility of Metallic Powders	5th International Conference on Dust Explosions, Warsaw, Poland	April 19, 1993	T. Hayashi <i>et al.</i>
Dust Explosions—Outline and Evaluation of Hazard—	2nd Thai Powder Technology Centre Seminar on Dust Explosion, Chulalongkorn University, Thailand	April 21	T. Matsuda
Safety Control of Incendiary Discharge Occurring from Active Electrostatic Eliminator	7th International Conference on Electrostatics, Koblenz, Federal Republic of Germany	May 12	Y. Tabata <i>et al.</i>
A Case History of the Collapse Accidents of a Temporary Earth Support Structure	3rd International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering, St. Louis, U.S.A.	June 4	N. Horii, S. Hanayasu, Y. Toyosawa and S. Tamate
Analysis of fatal Accidents Caused by Trench Failure	ditto	June 4	Y. Toyosawa, N. Horii and S. Tamate
Dust Explosion Incidents in Japan	2nd International Conference on Chemical Safety, Yokohama, Japan	June 4	T. Matsuda
Probabilistic Safety Performance Analysis of Occupational Accidents in Workplaces	6th International Conference on Structural Safety and Reliability, Innsbruck, Austria	August 12	S. Hanayasu
Thickness Effect on the Statistical Properties of Fatigue Crack Propagation	ditto	August 13	T. Sasaki <i>et al.</i>
Influence of Internal Interface on Dielectric Properties of FRP Materials	'93 International Workshop on Electrical Insulation, Nagoya, Japan	September 7	K. Ichikawa, T. Motoyama <i>et al.</i>
Deterioration of Rubber Insulating Gloves Used in High Voltage Electrical Working	6th International Conference on Transmission and Distribution Construction & Live-Line Maintenance, Las Vegas, U.S.A.	September 17	K. Ichikawa
The Effect of the Ion Plasma Frequency on Electron Energy Distribution Function	International Conference on Phenomena of Ionized Gases, Bochum, Federal Republic of Germany	September 22	A. Ohsawa, Y. Tabata <i>et al.</i>

発表等の題目	会議・研究集会等の名称	期 日	氏 名
Une statistique analyse de l'Information sur les descriptions du compte rendu d'accident du travail concernant travaux publics	La 24eme Congres International de la Sante au Travail par C. O., Nice, France	September 29	Y. Suzuki and S. Hanayasu
Safety Evaluation of Electrostatic Charging Caused by Agitation of Flammable Liquids	The 2nd International Conference on Applied Electrostatics, Beijing, People's Republic of China	November 6	T. Kodama, Y. Tabata, <i>et al.</i>
Fundamental Control Structure for Groping Motion and Realization by means of Electro-Rheological Actuator	24th International Symposium on Industrial Robots, Tokyo, Japan	November 6	H. Ikeda and N. Sugimoto
Decomposition of Volatile Organic Compounds by Discharge Plasma	6th Asian Conference on Electrical Discharges, Ohita, Japan	November 16	S. Yamaguma, A. Ohsawa, T. Kodama and Y. Tabata

4) 著書

書 名 等	出版社等	著者名
新版自家用電気主任技術者ハンドブック 第4編5章1・5節 同上2節 同上4節 世界の重大産業災害(分担執筆)	オーム社 損害保険料率算定会	市川 健二 山野 英記 児玉 勉 松田 東栄

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研究成果は、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、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5年度には、10月8日に当研究所の8階講堂において、また、10月15日に大阪府教育会館において、次の講演題目によりそれぞれ講演会を開催した。

(1) 電気絶縁材料の劣化と危険性	電気研究部主任研究官	本山 建雄
(2) 金属系新素材物質の粉じん爆発危険性	化学研究部主任研究官	松田 東栄
(3) 化学物質の熱危険性の評価技術	化学研究部主任研究官	安藤 隆之
(4) 金属材料の強度と安全	機械研究部主任研究官	吉久 悦二
(5) 土の変形・強度特性と土砂崩壊発生現象	土木建築研究部主任研究官	堀井 宣幸

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5年度には、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法検討委員会」を設け、計4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 真一	鉄道総合技術研究所	専務理事	
	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

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・成果等についての討論や、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、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5年度には下記の講演会を開催した。

- (1) 平成6年1月20日：「監督行政と安全研究所との接点」

労働省労働基準局監督課

中央労働基準監察監督官 笹川 靖雄 氏

- (2) 平成6年3月3日：「Current Methods of Engineering Reliability and Risk Analysis」

University of Illinois at Urbana-Champaign

Professor Wilson H. Tang

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
亀戸労働基準監督署 千葉労働基準局	ずい道内爆発事故に関する照会事項の回答 富士石油爆発事故調査	5.4.28	松井 英憲
		4.30	橋内 良雄 林 年宏 吉久 悦二
大分労働基準局	移動式クレーン補助ジブ折損事故に係る部材検査	4.30	田中 正清
亀戸労働基準監督署	水道工事爆発災害に関する照会事項の回答		堀井 宣幸
仙台労働基準監督署	足場座屈崩壊事故の捜査事項照会に対する回答	6.10	河尻 義正 大幢 勝利
愛媛労働基準局	エポキシ樹脂製造プラントの爆発事故調査	7.14	森崎 繁 安藤 隆之
神奈川県大和警察署	厚木（2）体育館・プール新設等建設その他工事に伴う事件の鑑定	7.15	小川 勝教 河尻 義正
厚木労働基準監督署	厚木体育館新設工事事故に関する鑑定	7.15	小川 勝教 河尻 義正
大垣労働基準監督署	バキュームダンパー車のタンク内液体に引火爆発した事故鑑定	8.27	藤本 康弘
大分労働基準局	移動式クレーン補助ジブ折損事故に係わる折損部材調査	9.1	田中 正清
宮崎労働基準局	墜落防止保護具の強度試験	9.9	深谷 潔
下館労働基準監督署	プレス油圧シリンダ落下事故の調査	10.21	橋内 良雄 本山 建雄 吉久 悦二 梅崎 重夫
岡山労働基準監督署	粉じん爆発特性の鑑定	11.17	松田 東栄
		/6.2.4	藤本 康弘
	同上追加	3.23	同
千葉労働基準局	JP-4タンクの爆発事故調査	12.8	田嶋 泰幸 富田 一
東京労働基準局	クライミングクレーンのジブの折損事故調査	12.17	前田 豊 佐々木哲也
茂原労働基準監督署	メラミン樹脂製造装置爆発事故調査	6.3.4	林 年宏 安藤 隆之 児玉 勉
下館労働基準監督署	油圧プレスシリンダ軸切斷事故調査・鑑定	3.17	橋内 良雄 本山 建雄 吉久 悦二 梅崎 重夫
長崎地方検察庁	粉じん爆発の着火原因および発生メカニズムについての鑑定	3.24	松田 東栄 児玉 勉

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 産業安全研究所移転検討委員会委員 大規模建設工事計画審査委員会審査委員 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 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 同上 同上 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 ジェクト委員会作業部会委員 元請による現場安全管理手法検討委員会委員 動力プレス機械構造規格等改正原案検討委員会委員 労働安全衛生コンサルタント試験委員会常任委員 労働安全衛生コンサルタント試験専門委員	木下 鈞一 木下 鈞一 木下 鈞一 橋内 良雄 橋内 良雄 糸川 壮一 杉本 旭 花安 繁郎 花安 繁郎 梅崎 重夫 木下 鈞一 研究員 9 名
千葉労働基準局	富士石油爆発事故調査団団員	橋内 良雄 林 年宏 吉久 悦二
環境庁	総合化学物質対策検討会委員90 有害化学物質環境汚染事故対策検討会委員	森崎 繁 森崎 繁
建設省	UJNR 防火専門部会国内部会委員91	琴寄 崇
人事院	安全専門委員会委員 労働基準監督官採用試験専門委員	木下 鈞一 本山 建雄
通商産業省	日本工業標準調査会委員 同上臨時委員 同上	深谷 潔 田畠 泰幸 市川 健二
郵政省	不要電波問題対策協議会委員	田畠 泰幸
横浜地方海難審判庁	横浜地方海難審判庁参審員	田畠 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	電気工学の基礎知識	5. 4.25	富田 一
中央労働基準監督署	型枠支保工の安全管理	6.10	河尻 義正
労働研修所	電気災害の防止対策	7.20	山野 英記
労働研究所	爆発・火災の防止対策	7.20	林 年宏
労働研修所	自動化と安全	7.23	糸川 壮一 池田 博康
労働研修所	仮設建造物の強度計算	9.8	河尻 義正
運輸省東京航空局	自家用電気工作物における電気災害の防止	10.28	市川 健二
法科学研修所	機械建造物の破壊	11.11	橋内 良雄
埼玉労働基準局	型枠支保工に関する災害防止	11.24	河尻 義正
千葉労働基準局	特殊化学設備に関する基礎知識	12.6	林 年宏
労働研修所	仮設建造物の強度計算	6. 1.26	河尻 義正 永田 久雄
労働研修所	産業用ロボットの安全性	1.28	糸川 壮一 池田 博康
東京労働基準局	安全装置を安全確認型で考える	1.25	杉本 旭
神奈川県工業技術研修センター	機械装置と安全	2.7	糸川 壮一
		2.14	同

4) その他

行政機関等名称	協力事項	年月日
労働省	坂口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、大臣には石岡労働基準局長、露木安全課長、荒川副主任中央産業安全専門官、荒秘書官が同行された。	5.10.25

3.3 外部機関との協力

1) 学協会等の委員会活動

学協会等への協力として、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て当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5年度は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

仮説工業会、建設業労働災害防止協会、鋁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、エネルギー総合研究所、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、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、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
長岡工業高等専門学校	建設業における労働災害と安全問題	5.10.28	花安 繁郎
高圧ガス保安協会	アセチレン容器多孔質物性能試験の指導	11.24	松井 英憲
文部省	放電プラズマによる環境改善技術	12.10	山隅 繁蔵

3) 外部機関研究員の招へい

(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	日立化成工業株式会社副技師長	門谷 建蔵

(2) 海外研究員

研究テーマ	所属・職名	期 間	氏 名
Behaviour of Clay under Monotonic and Cyclic Loading	Ghana University of Science and Technology, Lecturer and Researcher	August 22, 1993~ March 24, 1994	Dr. Samuel I. K. Ampadu
Structural Analysis and Prediction of Industrial Hazardous Risk	University of Illinois, Professor	February 27~March 18, 1994	Professor Wilson H. Tang
Prevention of Powder Explosion due to Electrostatic Discharges	The University of Southampton, Professor	March 22~March 31, 1994	Professor Adrian G. Bailey

4) 外部機関への研修

研修区分	研 修 先	研 修 内 容	期 間	氏 名
国内留学	東京大学	半剛接合部を有する仮設構造物の強度特性の解明	5.4.1 ~6.3.31	大嶋 勝利
語学研修	労働省	語学(英語)研修	8.31 ~11.1	板垣 晴彦
管理職研修	国立科学博物館	博物館職員現職研修	11.30 ~12.2	花安 繁郎
行政研修	人事院	研究職室長級研修	6.1.24 ~2.4	安藤 隆之

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	7
大学関係を除く機関の研修生	3	7

6) 国際協力, 海外派遣等

機関等の名称	協力事項等	期 日
日本粉体工業技術協会	タイ国の粉体工学センター開所式への出席と粉体爆発防止に関するセミナー参加のため、松田主任研究官がバンコックに出張	5.4.21 ～4.27
JICA	仮設機材の強度調査のためのデータロガーによる応力解析に関する実地指導のため、豊澤主任研究官がフィリピン労働安全衛生センター (OSHC) に出張	9.12 ～11.11
韓国産業安全公団	韓国産業安全研究院化学研究室長鄭 東寅氏他3名が来所、主として化学安全に関して情報を交換	10.18
日本鍛圧機械工業会	東南アジア地域における鍛圧機械関係の安全技術調査のため、梅崎研究員がタイ、マレーシア、シンガポールに出張	6.1.19 ～1.28
ILO	「労働及び雇用政策行政のフェローシッププロジェクト」で3名の研修員が来所	2.23
英国 Health and Safety Executive	Dr. Thomson (Director, Corporate Affairs) 他2名が来所、化学安全に関して情報交換	3.3

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付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	333 m ²
見学指導室	1階	125 m ²	図書安全技術情報コーナー	1階	75 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・写真を中心に取り上げ、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器機器モデルルームを設けてる。

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、一定期間展示している。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5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

前年に同じ

2) 特別展示

平成5年6月1日～7月7日 全国安全週間特別展

平成5年9月1日～10月7日 全国労働衛生週間特別展

3) 安全に関する技術相談等

展示資料その他安全一般に関する技術相談（210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

科学技術庁主催の科学技術週間に際して、産業安全研究所の研究施設の公開を平成5年4月16日の10時および14時の2回にわたり実施した。

5) 安全技術館来館者数

開館日数 243日（平成5年4月1日～平成6年3月31日） 来館者31,912名（うち団体99組2,118名）

6) 国外来館者および主な来館団体

(1) 国外来館者

平成5年	4月9日	財海外技術者研修協会	20名
	5月12日	台湾安全考察団	13名
	9月2日	韓国安全視察団	24名
	9月20日	韓国三星建設	32名
	9月29日	JICA 労働安全衛生行政セミナー	18名
	10月18日	韓国三星グループ見学団	28名

	10月26日	韓国安全視察団	20名
	10月27日	韓国産業安全教育院	4名
	11月29日	韓国労働庁	8名
平成6年	2月25日	韓国調査団	26名
	3月10日	米国イリノイ大学	2名
	3月16日	韓国調査団	30名

(2) 主な国内来館団体

(教育・研究・行政機関)

明治中学，東京工科大学付属高等学校，法務省矯正研修所，法務省東京矯正管区，板橋高等職業技術専門学校，江戸川高等職業技術専門学校，品川高等職業技術専門学校，太田高等職業技術専門学校，足立高等職業技術専門学校，港区内官公庁連絡会，順天堂大学，杉野女子大学，向の丘工業高校，東京電子専門学校，北海道教育大学，航空自衛隊，富山労働基準局，黒羽刑務所，労働省

(その他)

(株)重松製作所，東洋熱工業(株)，三晃印刷(株)，桂城建設(株)，(株)テック，(株)シモン，東武電設工業(株)，トキコメンテナンス(株)，東洋テクノ(株)，戸田建設(株)，富士電気総設(株)，(株)谷沢製作所，日本強銀鑄鉄協会，日本メックス(株)，東京通信ネットワーク，東京電力(株)，渡部工業(株)，東京電設サービス(株)，東芝柳町工場，京浜急行電鉄(株)，(株)小森安全機，日本総合住生活(株)，(株)久保田工務店，日本セメント労働組合，鹿島(株)，三鈴エリー，JR信号通信区，朝日工業(株)，東レ千葉工場，昭石エンジニアリング，港湾労働災害防止協会，JEPIC，(株)長谷工コーポレーション，(株)東芝，三井東圧化学(株)，JR田町電車区，旭硝子(株)，JR新小岩機関区，(株)ビル代行，北海道電力(株)，住友金属(株)，東京ガス(株)，東京日野自動車，東邦電気工業(株)，化成物流

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5年度の主な活動は次のとおりである。

1) 常設展示

庁舎の建て替え，取り壊しのために，技術館の常設展示を平成5年4月1日より休止した。

2) 安全に関する相談業務

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ついては引き続き行っている。本年度の相談件数は25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

安全講演と映画会 「監督者のフォローアップ教育とそのポイント」 6月18日 120名

労働衛生講演と映画会 「労働衛生担当者による作業管理の考え方」 9月28日 62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。
- 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 M 740/10 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。

2) 産業安全研究所案内図

(1) 産業安全研究所

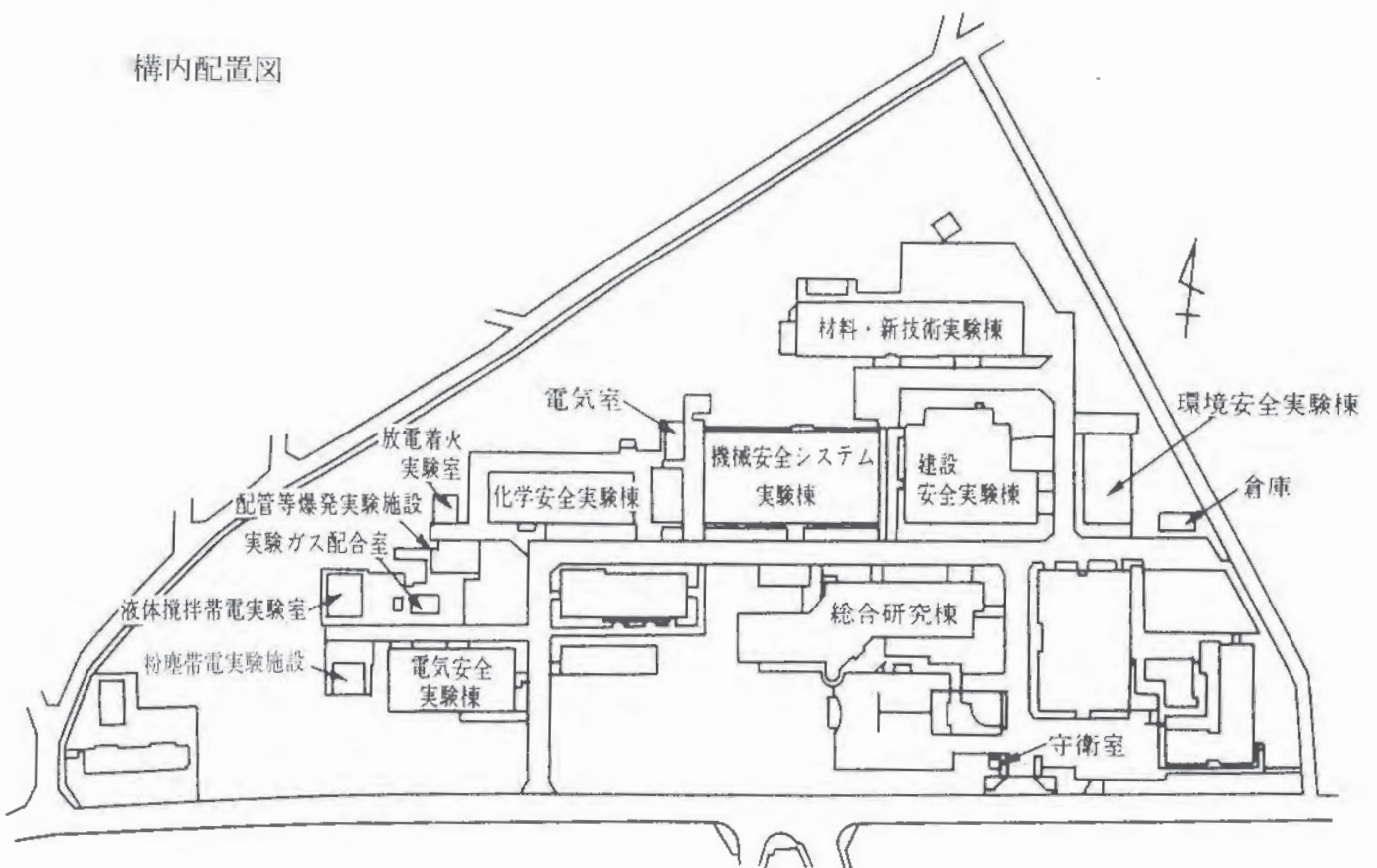
〒204 東京都清瀬市梅園1丁目4番6号
 Tel. (0424)91-4512(代表)
 Fax. (0424)91-7846

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5分）



構内配置図

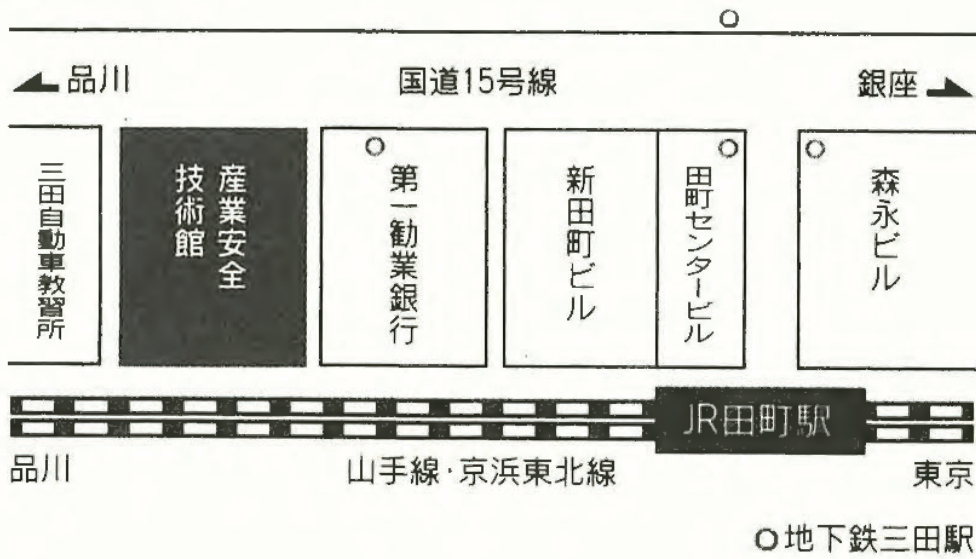


(2) 産業安全技術館

〒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



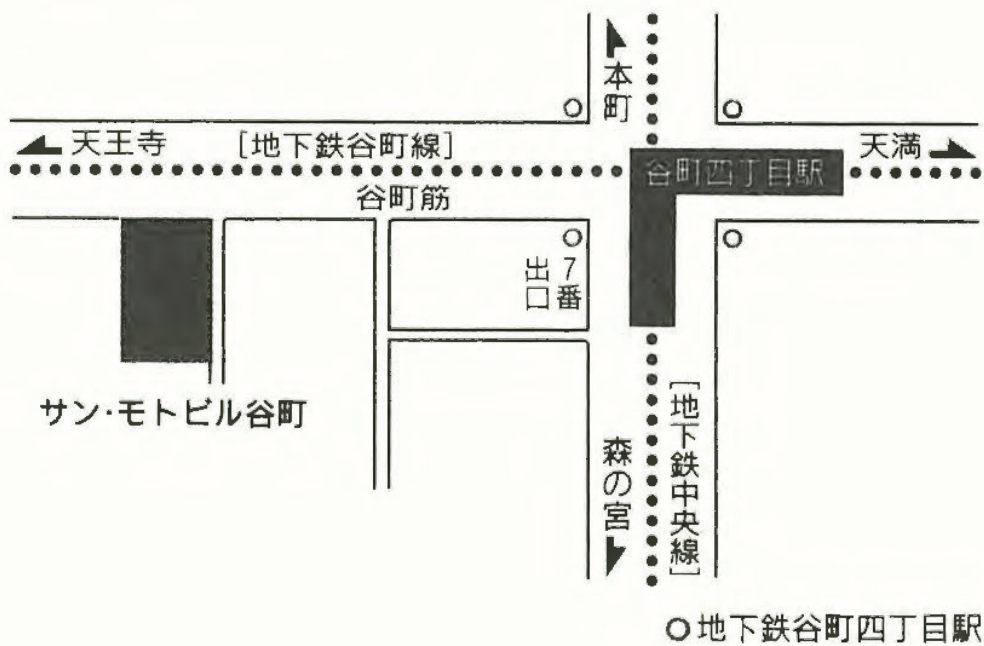
(3) 大阪産業安全技術館

〒540 大阪府中央区谷町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5年度版

発行日	平成6年7月15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

1993

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