

産業安全研究所年報

ANNUAL REPORT
OF
THE NATIONAL INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

1995

平成7年度

笹野参議院議員 産業安全研究所を視察



靴底の滑りに関する研究を視察中の笹野議員（平成7年4月13日）

松原労働基準局長 産業安全研究所を視察



仮設構造物の安定性に関する研究を視察中の松原局長と野寺審議官
（平成7年8月2日）

産業安全技術館の改装



改装された産業安全技術館の第2展示場（平成7年7月7日）

安全技術講演会

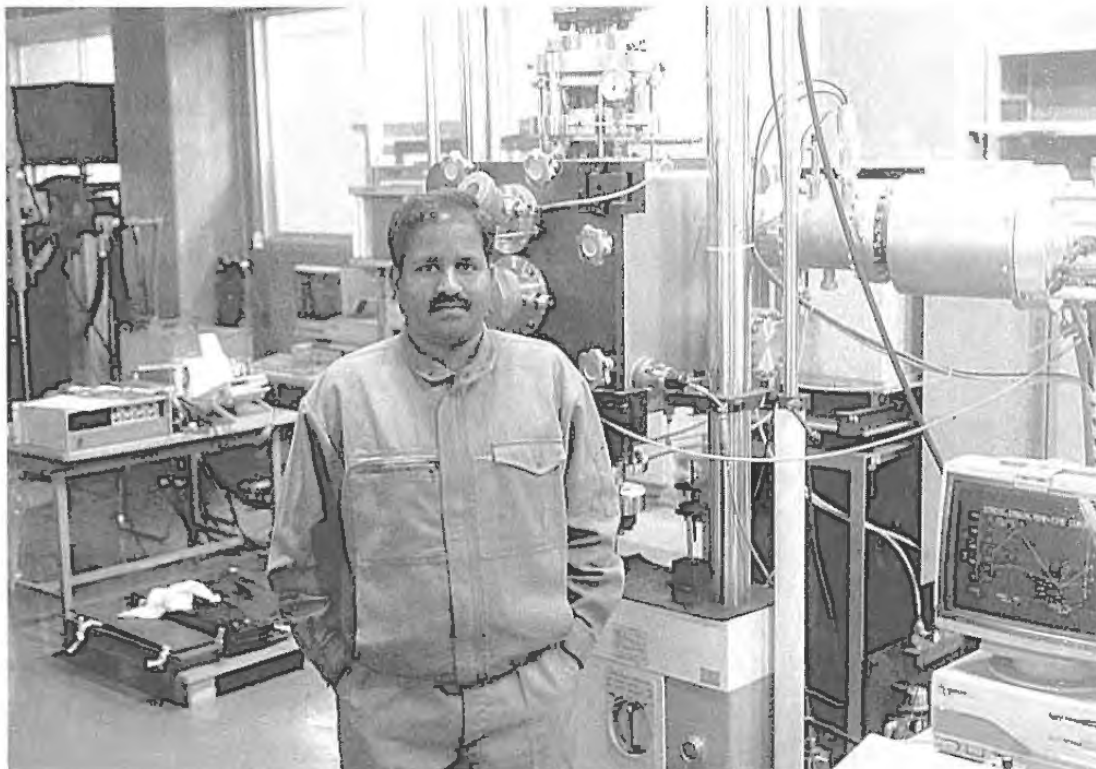


「災害事例研究と災害統計分析」をメインテーマとした平成7年度安全技術講演会（平成7年10月20日，東京会場）

海外からの来訪者



電磁環境障害に関する研究のため、フランス国立安全研究所(INRS)システム安全研究部の R.Klein 主任を招へい（平成8年3月）

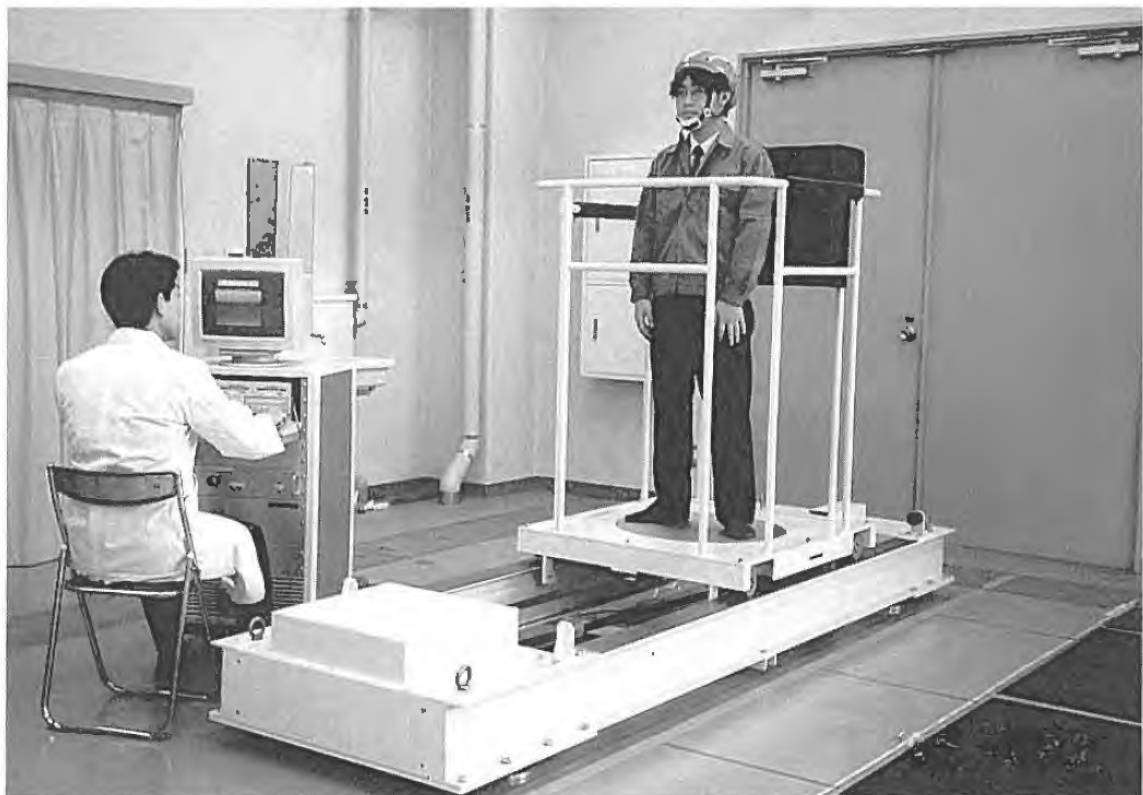


高温機器の寿命評価に関する研究のため、科学技術庁フェローとして受け入れた Dr. M. Kamaraj（平成8年3月から平成9年2月まで滞在）

新規に導入された実験設備



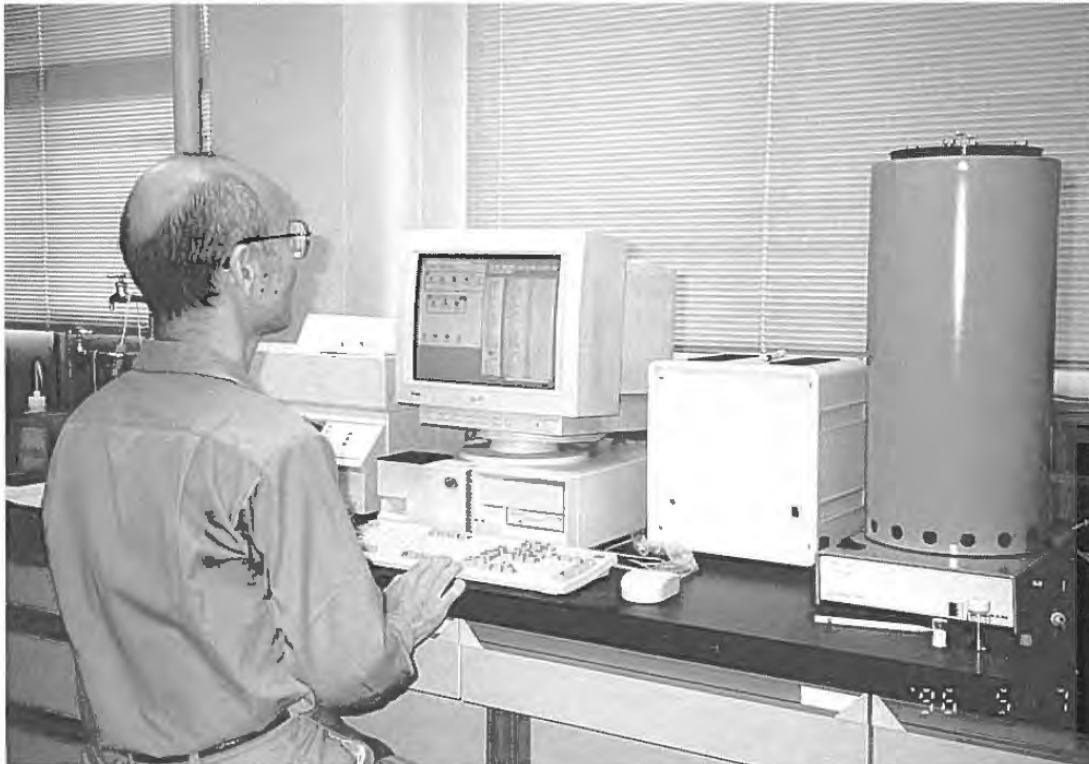
機械制御回路の安全化に関する研究に用いる産業用ロボット



傾斜面などにおける作業安定性の研究に用いる姿勢安定性評価試験機



絶縁材料の特性劣化の研究に用いる接触角測定装置



化学物質の発熱分解の研究に用いる熱流束式自動熱量計

特別研究の実施状況



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の実施状況
(労働省特別研究)

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8年度の研究課題	10
1) 経常研究	10
2) 特別研究	11
2.2 平成7年度の研究成果の概要	12
2.3 研究成果の発表	49
1) 誌上発表	49
2) 口頭発表(国内)	51
3) 国際研究集会口頭発表	55
4) 著書	55

第3章 関連業務

3.1 産業安全研究所主催行事	56
3.2 行政機関等に対する協力	57
1) 災害調査等における協力	57
2) 委員会活動等における協力	57
3) 研修講師派遣等による協力	58
4) その他	58
3.3 外部機関との協力	59
1) 学協会の委員会活動等への協力	59
2) 技術指導, 研究協力等	59
3) 外部機関の研究員の招へい	60
4) 外部機関への研修	61
5) 外部機関の研究生の受託	61
6) 国際協力, 海外派遣等	62

第4章 産業安全技術館業務

4.1 産業安全技術館の活動	64
4.2 大阪産業安全技術館の活動	65

付 録

1) 産業安全研究所年譜	66
2) 産業安全研究所案内図	68

第1章 総 説

1.1 研究活動等の概要

当研究所は、平成4年7月に都内港区芝（田町）に産業安全技術館を残して清瀬市に移転して以来はや4年が経とうとしているが、その間、大型実験装置の導入など研究施設の充実が図られるとともに、行政需要に合った新しい特別研究の実施、国内・国際共同研究の推進など、学際的また国際的な視野に立った研究を行ってきている。

平成7年度においては、以上のような研究環境において安全研究の一層の進捗を図るため、研究所の組織の見直しを行い、従来の機械研究部、土木建築研究部、化学研究部及び電気研究部は、それぞれ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と名称を変更するとともに、研究内容をより災害防止に役立つものへと充実・強化を行った。そのほか人間工学、システム安全、災害予測技術など、他の研究領域にまたがる分野については、境界領域研究として取り上げ、流動的な研究として新しく発足させている。

具体的な研究内容のうち、平成7年度の特別研究としては、主として次の5つのテーマについて研究を実施した。

- (1) 静電気による新原材料の爆発・火災の防止（労働省）
- (2) 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（労働省）
- (3) 安全制御用除電システムが電子機器・環境に及ぼす影響（日本－ハンガリー国際共同研究）
- (4) 有機複合絶縁材料における電極及び絶縁体周囲の電界分析（日本－韓国国際共同研究）
- (5) 安全制御システムの電磁ノイズによる誤作動防止（科学技術庁）

特に、国際共同研究については、研究員の相互訪問により、外国研究機関での実験の実施が可能となり、当研究所の国際的な感覚及び視野の拡充に大きく寄与している。

一方、経常研究としては、4研究部において40のテーマについて研究を実施した。それらのうち、各研究部の代表的な研究をあげれば次のとおりである。

- 機械システム安全研究部
 - (1) 機械・構造部材の非破壊検査技術と信頼性解析
 - (2) 機械制御回路の安全化に関するデータベースの開発
- 建設安全研究部
 - (1) 転倒危険性の評価法に関する人間科学的な研究
 - (2) 動的荷重を受けた地盤の強度評価
- 化学安全研究部
 - (1) 新素材物質の粉じん爆発危険性
 - (2) 暴走反応の実験による危険性評価
- 物理工学安全研究部
 - (1) 腐食性ガス雰囲気下の配線板等の絶縁低下現象の解明
 - (2) レーザ誘起蛍光法による放電着火機構の解明

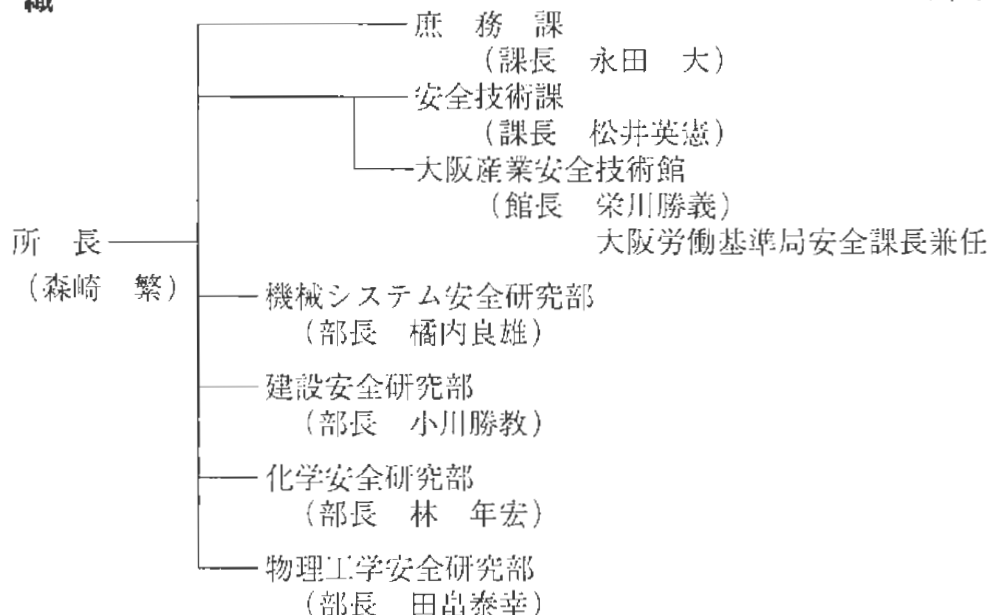
以上のような研究成果の多くは、当研究所の研究報告書あるいは特別研究報告書として公表されているほか、経常研究テーマに関連した安全資料も発刊されており、安全行政に寄与するとともに、広く産業界において安全情報として活用されている。

こうした研究活動の基本的方向を検討する研究効率化専門家会議については、平成7年度は昨年度に引き続いて「施工中の倒壊・崩壊に関する安全研究の今後の方向」検討会議を開催し、ほぼ結論を得ることができたので、今後の建設安全研究部のテーマ選定に積極的に反映させていく予定である。

なお、平成7年度には、田町にある産業安全技術館の一部を改装し、仮設構造物安全コーナ、電磁ノイズ安全コーナなどを新設した。また、大阪産業安全技術館の新設工事も順調に進んでおり、平成8年8月に新しく開館する予定となっており、関西地区の産業安全の情報発信源として活用されることを期待している。

1.2 組織

(平成8年4月1日現在)



1.3 定員

(平成8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8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	43,247	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13,568	
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 7 年 度			平成 8 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	336,045	92,565	428,610	334,756	93,471	428,227
研 究 費	44,938	197,486	242,424	45,540	248,860	294,400
經常研究費	44,938	128,225	173,163	45,540	134,980	180,520
特別研究費	—	69,261	69,261	—	113,880	113,880
(静電気による新原材料の爆発・ 火災の防止に関する研究)	—	32,378	32,378	—	36,544	36,544
(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)	—	36,883	36,883	—	37,740	37,740
(地震に対するクレーン等の安全 対策の確立に関する研究)	—	—	—	—	39,596	39,596
依頼試験・検定経費	777	—	777	777	—	777
産業安全技術館経費	—	28,741	28,741	—	37,634	37,634
その他の経費	26,140	118,847	144,987	25,850	132,665	158,515
(小計)	407,900	437,639	845,539	406,923	512,630	919,553
(移替予算)						
国立機関公害防止等試験研究費	20,793	—	20,793	15,338	—	15,338
(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)	4,640	—	4,640	—	—	—
(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)	16,153	—	16,153	15,338	—	15,338
(小計)	20,793	—	20,793	15,338	—	15,338
合 計	428,693	437,639	866,332	422,261	512,630	934,891

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	
電子計算機システム エンジニアリングワークステーション 10トン横型引張試験機 横型真空焼鈍炉 走査型電子顕微鏡 500トン万能試験機 電気油圧式疲労振動試験装置 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 応力腐食割れ試験装置 高温箱型電気炉 テレメータシステム装置 腐食疲労試験機 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 破壊じん性試験機 構造部材疲労試験機 高温高圧水循環装置 ワイヤロープ疲労試験機 電磁共振型疲労試験機 透過型電子顕微鏡 赤外線応力画像解析システム 微小部X線解析装置	レーザー顕微鏡 CNC旋盤 非接触人体接近検出装置 100トン構造物疲労試験機 空間座標測定装置 万能疲れ試験機 赤外線応力パターン計測システム 赤外線検出器 軟X線光電子分光装置 地盤破壊演算装置 振動三軸圧縮試験機 重心位置測定装置 視点視野測定装置 動作自動解析システム 遠心载荷装置用加振装置 遠心载荷試験計測装置 曲げ・圧縮試験機 建材試験装置 ハイスピードビデオカメラ ワークシミュレータシステム 構造物振動試験機 視聴覚刺激呈示装置 立位姿勢保持能力検査装置

設 備 の 名 称

注視点検出装置 携帯用揺れ測定装置 生体情報無線電送装置 非接触電子工学式変位測定装置 生体負荷測定装置 中空ねじりせん断試験機 転倒耐力測定装置 超小型テレメータ装置 最高血圧自動連続測定装置 アイマークレコーダ装置 平衡機能測定装置 生体情報システム装置 デジタル記憶装置 自然発火試験装置 マッハツェンダー干渉計 フーリエ変換赤外分光光度計 熱拡散率測定装置 暴走反応熱測定装置 高温伝導微少熱量計 元素分析装置 高速液体クロマトグラフ レーザー誘起蛍光分析装置 B A M式蓄熱貯蔵試験器	液体クロマトグラフ質量分析計 超高速度現象可視化装置システム 反応熱量計 熱流束式自動熱量計 動的示差走査熱量計 化学発光計測装置 固体可燃物燃焼特性装置 高圧熱酸化分解ガス発生装置 動的の高圧力試験装置 赤外線加熱試験装置 圧力容器付耐アーク性試験器 イメージコンバータ超高速度カメラシステム 雰囲気制御走査型トンネル顕微鏡 低湿度型恒温恒湿装置 表面形状精密解析装置 最小着火エネルギー試験装置 紫外線照射試験装置 インバータ漏電観測装置 多チャンネルデータ記録装置 高速度現象デジタル直視装置 波形分析装置 高速データ収録装置 デジタルオシロスコープ
--	--

(2) 一般会計

設 備 の 名 称

赤外線分光光度計 高圧熱天秤 粒径計測装置 高速液体クロマトグラフ ドラムカメラ 連続サンプリング付マスアナライザ 差動型高圧示差熱天秤 核磁気共鳴測定装置 ガスクロマトグラフ質量分析計 高圧発火エネルギー測定装置	放電波形解析装置 有害ガス処理装置 プラズマ化学処理装置 試験ガス・蒸気発生システム 接触角測定装置 ヘリウム用高気圧下短絡実験装置 環境試験装置 内部摩擦測定装置 データ収録装置 吸着式ガス除害装置
--	---

1.7 図 書

(1) 単行本

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

(2) 平成7年度中の購入雑誌の種類

区 分	雑誌の種類
和 雑 誌	5 6
洋 雑 誌	9 4
計	1 5 0

1.8 広 報

刊 行 物 名 称		刊行区分	発行部数
産業安全研究所研究報告	NIIS-RR-94	年 刊	7 0 0
産業安全研究所特別研究報告	NIIS-SRR-NO.15及びNO.16	不定期	7 0 0
産業安全研究所安全資料	NIIS-SD-NO.13	不定期	5 0 0
産業安全研究所年報	平成6年度版	年 刊	2, 0 0 0
安研ニュース	Vol.19, No.2～Vol.20, 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 7 . 4 . 1	機械システム安全研究部長	橋 内 良 雄	機械研究部長
	建設安全研究部長	小 川 勝 教	土木建築研究部長
	化学安全研究部長	林 年 宏	化学研究部長
	物理工学安全研究部長	田 畠 泰 幸	電気研究部長
	中央労働委員会事務局 調査課労働専門職	大 向 日出夫	庶務課長
	庶務課長	永 田 大	静岡労働基準局庶務課長
	建設安全研究部主任研究官	花 安 繁 郎	安全技術課長
	安全技術課長	松 井 英 憲	化学研究部 (命)主任研究官
	婦人局庶務課予算経理係主任 (命)予算助成係主任	石 丸 哲 治	庶 務 課
	大臣官房会計課福利厚生室	西 村 政 也	庶 務 課
	労働基準局労災保険業務室	澤 田 眞 一	庶 務 課
	労働基準局労災保険業務室	丸 山 尚 志	庶 務 課
	庶 務 課	宮 口 真 二	大臣官房会計課
	庶 務 課	新 井 博 之	大臣官房会計課
	庶 務 課	佐 藤 佳 行	新規採用
	庶 務 課	岩 井 麻 純	東京労働基準局新規採用
	庶 務 課	和 田 雅 弘	東京労働基準局新規採用
	建設安全研究部	白 井 伸之介	機械研究部
	化学安全研究部	大 塚 輝 人	新規採用
	福岡労働基準局	八木沼 健 一	化学安全研究部 (併)労働基準局 安全衛生部安全課
化学安全研究部 (併)労働基準局 安全衛生部安全課	寺 島 友 子	新規採用	
平 7 . 6 . 21	労働基準局労災保険業務室	笹 川 一 彦	庶 務 課
平 7 . 10 . 1	庶 務 課	植 村 忠 弘	東京労働基準局新規採用

第2章 研究業務

2.1 平成8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に関する基礎的研究
 - b) 安全装置の評価に関する研究
 - c) 長尺物加工用プレス機械の本質安全化
 - d) コンピュータ制御システムの自己診断機能の安全性分析
 - e) 人体の機械インピーダンス分布を用いた人間と機械の安全な干渉条件の評価
- (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) 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
 - b) 高温用材料の損傷量評価
 - c) 高温・高圧用機器材料の経年劣化特性の解明
 - d) ワイヤロープの損傷特性に対する実用環境の影響
 - e) S C 4 3 9 鋼のフレッキング疲労強度
 - f) 自走クレーンの旋回輪ボルトの荷重分散
 - 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) 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モニタリング手法の開発
 - 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
- (4) 作業者の人間科学的特性の解明と作業環境の安全化
 - a) 墜落防護用保護具の評価法に関する研究（機械システム安全研究部）
 - b) 高齢者の音声聴取能力評価に関する研究（機械システム安全研究部）
 - c) コンピュータ・グラフィックスによる建設労働現場の視覚化システムの開発（建設安全研究部）
 - d) 作業省略に係わるヒューマンファクターの研究（建設安全研究部）
- (5) 建設工事用設備等の安全化（建設安全研究部）
 - a) 型枠支保工の水平荷重に対する安定性
- (6) 地盤強度と土砂崩壊の防止（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
 - b) 建設機械の転倒と地盤強度に関する研究
 - c) 動的荷重による地盤－仮設構造物系の崩壊挙動の解明
 - d) 深層混合処理法により改良された傾斜複合地盤の水平荷重に対する安定性
- (7) 可燃性ガス・粉じん等の爆発危険性
 - a) 金属系粉じんの爆発危険性（化学安全研究部）
 - b) 高圧気体により急速圧縮を受けた液体・気体の発火限界（化学安全研究部）
 - c) 放電によって生成されたO H ラジカルの着火への影響（物理工学安全研究部・化学安全研究部）
- (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
 - b) 不安定物質の熱分解における活性化エネルギーの評価

- (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
 - b) DMSO溶媒の反応危険性
- (10) 電撃危険性とその防止（物理工学安全研究部）
 - a) 商用電力系統に連係した直流システムの地絡保護に関する基礎的検討
- (11) 電気材料・機器・設備等の安全化（物理工学安全研究部）
 - a) 腐食性ガス雰囲気下で使用される配線板等の絶縁低下現象の解明
 - b) 誤動作・焼損を誘発するラインノイズのフィルタリング技術の研究
 - c) 工作機器用安全装置の電磁ノイズ耐性
- (12) 労働災害の分析と安全管理手法の開発
 - a) 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）
 - b) 産業災害リスクの構造変化に関する研究（建設安全研究部）
 - c) 数量化分析による労働災害の背景要因の抽出（建設安全研究部）
 - d) 事業所における安全性評価診断システムに関する調査研究（建設安全研究部・機械システム安全研究部）
- (13) 安全情報の整備とデータベースの開発（機械システム安全研究部）
 - a) 機械制御回路の安全化に関するデータベースの作成
 - b) 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
 - c) 海外安全規格の現状と国内規格の対応

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）
 - ・新原材料の静電気着火危険性の定量化
 - ・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
 - ・新原材料の生産・取扱工程に適用できる静電気災害防止技術の開発と安全技術基準の策定
 - 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
 - ・傾斜作業面での滑りと作業限界に関する研究
 - c) 地震に対するクレーン等の安全対策の確立に関する研究（機械システム安全研究部・建設安全研究部）
 - ・地震に対するクレーンの振動特性
 - ・クレーン構造部材及びマスト支持材の強度評価
 - ・被災したクレーン等機械設備の再使用基準の確立と補修・補強対策
- (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）
 - ・静電気安全制御用除電システムの構築と安全性評価試験法の開発
 - 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）
 - ・FRPの繊維方向絶縁耐力試験方法の検討
- (3) 環境庁
 - a) 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（物理工学安全研究部）
 - ・安全性の確保及び技術資料の作成

2.2 平成7年度の研究成果の概要

順応型機械のためのアクチュエータの安全機能に関する基礎的研究

機械システム安全研究部 杉本 旭

1. 研究目的

自動化機械は人間から隔離して使用することが基本であるが、機械の特性や作業の種類によっては隔離できない場合がある。本研究では、人間と共同作業を行う機械の安全条件を明らかにするとともに、それを実現するためのアクチュエータの開発を目的としている。

2. 人間の筋肉の特性と安全制御

人間の筋肉系は、力制御を基本とするインピーダンス制御を行う、関節部が力のリミッタとなって過大な力を回避する、コンプライアンス（柔らかさ）の制御を伴う位置決めを行う、センサによる緻密な制御を行う、衝撃を吸収する粘弾性特性（表皮）を持つなど、制御としても安定であるばかりでなく、個々に危険を防止できる条件（安全な力の条件）で制御を行っていると考えられる。

人間と接触しつつ作業を行う機械のアクチュエータとして、柔らかさとインピーダンスの両方の制御を実現するため、本研究では、ERアクチュエータに注目し、以下のような基礎的検討を行った。

3. ERアクチュエータ

3.1 ER流体

ER流体（Electro-Rheological Fluids）は、外部電界によって粘度が大きく変化する流体であり、粒子分散型流体と均一系流体に大別される。

一般にER流体と呼ばれているのは粒子分散型流体であり、図1に示すように、電界Eが零のときは

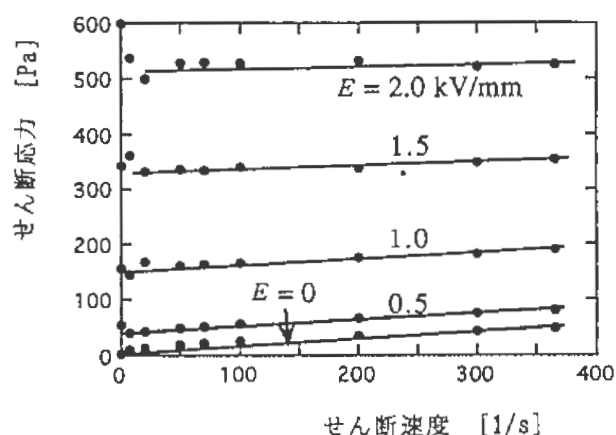


図1 粒子分散系ER流体の例（炭素系）

ニュートン流体、電界を印加したときはビンガム流体としての特性を示す。すなわち、電界印加後にはクーロン摩擦に近い挙動をする。

また、均一系流体としては液晶が用いられており、図2（側鎖型液晶シリコン）に示すような特性を持つ。図の流体では、せん断速度にほぼ比例したせん断応力を発生し、粘度を制御できる特徴がある。

現時点で開発されている粒子分散系流体と均一系流体を、アクチュエータへの応用という観点から比較すると次のようになる。

- ① 粒子系の応答は数msであるのに対して、均一系は20msであり立ち上がりが遅い。
- ② 粒子系には粒子の沈降があるが、均一系にはない。
- ③ 耐久性の点では均一系の方が勝っている。
- ④ 均一系は粒子系より基底粘度が高い。
- ⑤ 振動抑制の利用に関しては均一系の方が適している。
- ⑥ クラッチとしては、粒子系流体の特性の方が適している（電界により直接に力を制御できる）。

3.2 ERアクチュエータの可能性

ER流体自体が機械的力を出力できるわけではなく、空気圧アクチュエータなどと組み合わせる必要な特性を実現する。例えば、ER流体は電界が零のときは普通の油であるから、空気圧アクチュエータそのままの出力が得られる。ところが、電界を印加すると発生したせん断応力の分だけ出力が減少する。つまり、人間に対して安全な条件で力制御が可能となるばかりでなく、応答性の良い急制動を利用すればアクチュエータの急発進を回避することもできる。

分散系流体と均一系流体はそれぞれ異なる特徴を持つため、ER流体を利用するアクチュエータのインピーダンス制御の観点から両種の特性の違いを評価しつつ、安全制御を実現するためのアクチュエータの実現を目指すこととしている。

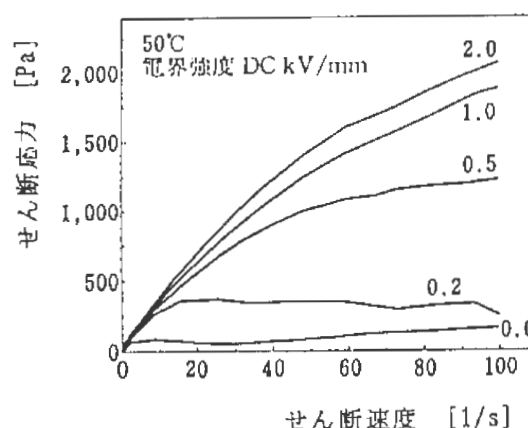


図2 均一系ER流体の例

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

機械システム安全研究部 橋内良雄, 本田 尚

1. 研究目的

クレーンや構造物等に多用されている溶接継手の疲労強度は寸法依存性を示し、小型試験片で得られたデータを用いて寿命や強度評価を行った場合には危険側の結果を与える可能性があることが一部で懸念されている。そこで本研究では、構造物に多用されている面外ガセット継手を作製して疲労試験を行い、疲労強度やき裂伝播速度に及ぼすガセット継手の板幅の影響について調べた。

2. 試験片および実験方法

供試材は板厚19mmのHT590鋼であって、降伏点587MPa、引張り強さ636MPaである。供試材の圧延方向が試験片の長手方向と一致するようにして、板厚19mm、長さ1000mm、板幅を100, 150, 200, 250mmの4種類に変えた面外ガセット試験片(図1)を作製した。

ガセットの溶接は、電流220~240A、電圧30~33V、速度340mm/min、入熱11.6~14.0kJ/cmで行った。疲労試験に先立ち、試験片の長手方向の残留応力をX線により測定した。ガセット止端の応力集中係数は、赤外線応力測定システムを用いて応力計測した。疲労試験は容量1500kNの電気油圧式サーボ疲労試験機を用いて、荷重波形正弦波、応力比R=0.1、繰り返し速度3~5Hzで一定荷重振幅試験を行った。

3. 実験結果

図2は溶接残留応力分布を示したもので、いずれもガセット止端近傍で最大の引張り残留応力が発生しており、降伏点の約50~70%に達している。しかし、板幅と残留応力との間に系統的な関係は存在していない。赤外線で計測したガセット止端の応力集中係数の平均値は2.7程度であった。

図3は面外ガセット試験片の疲労試験結果であって、このうち黒印で示すデータは破断寿命 N_f を、白印はき裂発生寿命 N_c を、また、点線は文献から引用した板厚25mm、板幅80mmのTMCP鋼面外ガセット試験片の疲労試験結果を示したものである。このうち N_f についてみると、試験片の幅によらず傾斜が約1/3の直線上に表示され、破断寿命に及ぼす試験片の幅の影響は認められない。なお、 N_f と応力振幅 $\Delta\sigma$ の回帰結果は式(1)で与えられる。

$$N_f = 5.554 \times 10^{11} (\Delta\sigma)^{-2.90} \quad (1)$$

き裂伝播速度 da/dN と板幅の関係について調べた

結果、板幅によらず da/dN と応力拡大係数範囲 ΔK との間には式(2)で示す関係が成立し、 da/dN に及ぼす寸法(板幅)の影響は認められない。

$$da/dN = 1.587 \times 10^{-11} (\Delta K)^{2.93} \quad (2)$$

4. まとめ

(1) 溶接残留応力はガセット止端で最大となり、降伏点の50~70%に達する。ガセット止端の応力集中係数は2.7程度である。

(2) 板幅が100~250mmのHT590鋼ガセット継手の軸力疲労強度およびき裂伝播速度には、板幅の影響は認められない。

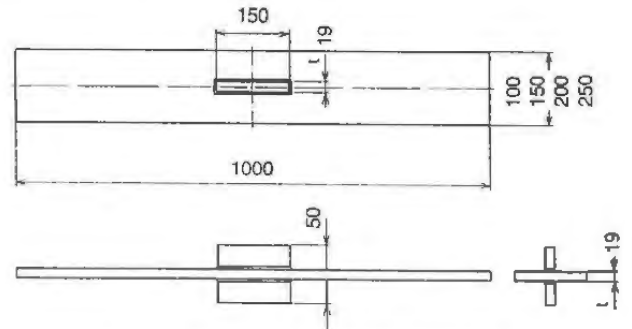


図1 ガセット溶接継手試験片

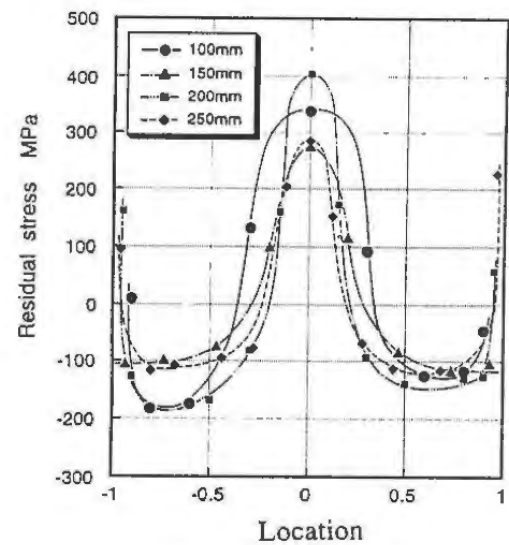


図2 溶接残留応力

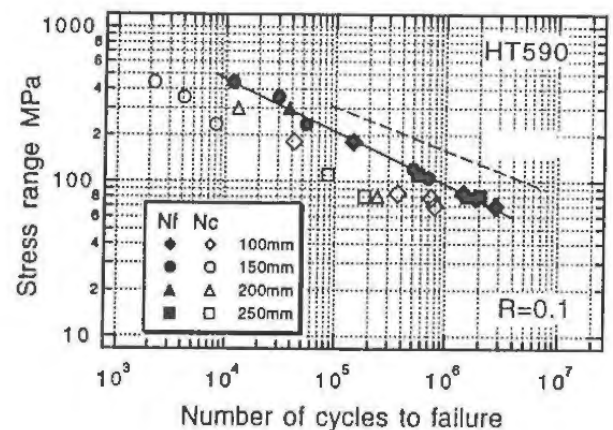


図3 S-N線図

機械システム安全研究部 橋内良雄, 田中正清
 本田 尚

1. 目的

本研究では、压力容器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に、1970年以前に製造された压力容器用鋼の化学成分を模擬したA533B鋼を作製し、この鋼に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（288℃, 8MPa）中で疲労き裂伝播試験を行い、き裂伝播特性に及ぼす熱時効の影響を調べた。

2. 供試材および実験方法

熱処理した供試材のL-ST方位から板幅が51mm、板厚10mmのCT試験片を作製して実験に供した。高温高压水中の疲労試験は、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実施した。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1L/minでオートクレーブに流入する循環装置を使用した。高温高压水中の負荷条件は、繰り返し速度0.5および0.05Hz、応力比 $R = 0.1$ および0.5、荷重波形正弦波である。疲労き裂長さの計測には主としてコンプライアンス法を用いたが、ピーチマーク法も併用した。材料の劣化状態はオージェ分析、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

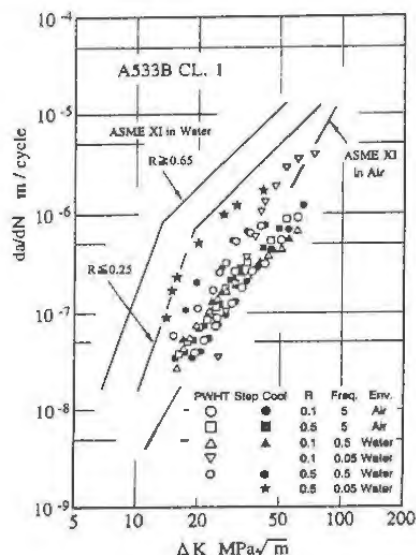


図1 da/dN と ΔK の関係

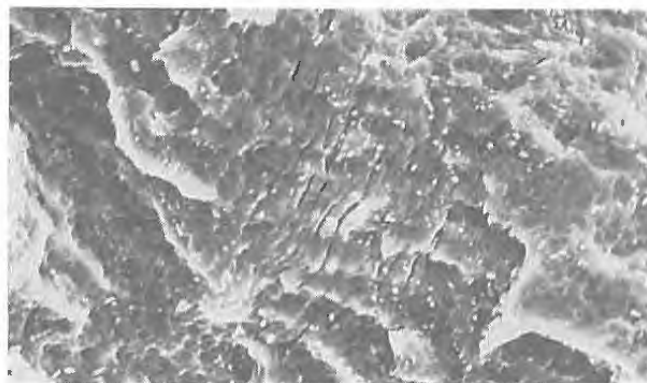


写真1 ストライエーション ($\Delta K = 42.3 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}$)

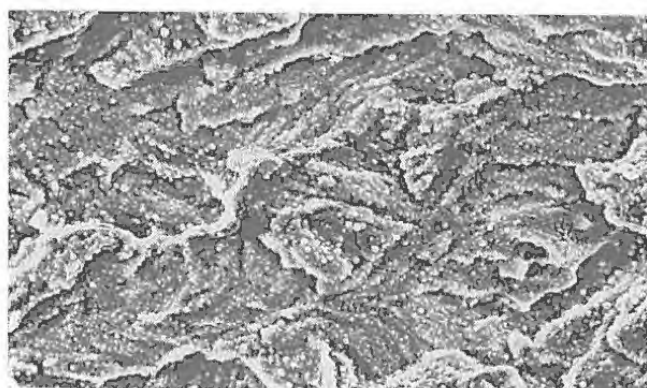


写真2 脆性破面 ($\Delta K = 19.8 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}$)

ΔK の関係を示したもので、応力比 R が等しい場合の室温におけるPWHT材とステップクーリング材の da/dN は良く一致している。また、高温高压水中においても、同一の試験条件で得られた da/dN はPWHT材とステップクール材で概略一致しており、熱処理による微視組織の変化は da/dN に殆ど影響していない。高温高压水中では、繰り返し速度 f と R に依存して da/dN が増加する ΔK 域が存在する。すなわち、 $f = 0.05 \text{ Hz}$ の場合には、 $R = 0.1$ では $\Delta K > 30 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}$ において、 $R = 0.5$ では $\Delta K > 13 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}$ において da/dN が著しく増加している。この結果から、高温高压水中では、応力比が高くて繰り返し速度が低い場合に da/dN は大きな影響を受けることがわかる。走査電子顕微鏡による破面観察の結果、室温および高温高压水中で $f = 0.5 \text{ Hz}$, $R = 0.5$ の場合にはストライエーション(写真1)が支配的な形態となっていた。 da/dN が最も速い $f = 0.05 \text{ Hz}$, $R = 0.5$ では脆性破面(写真2)がしばしば観察され、 da/dN の加速と脆性破面の出現頻度との間に相関が認められた。

4. まとめ

- (1) 熱時効は室温および高温高压水中における压力容器鋼の疲労亀裂伝播速度にあまり影響しない。
- (2) 高温高压水中の疲労亀裂伝播速度は、繰り返し速度が遅く、応力比が高い場合に加速する。

1. はじめに

化学プラント等に用いられている機器・装置には高温下で使用されるものも多いが、これらに加わる機械的負荷や温度変動には、通常運転中に生じるものの他に起動・停止動作に伴うものがあるため、強度評価を行うには機械的負荷と熱負荷を考慮した熱疲労特性の解明と同時に、供用中の機器における損傷進展を検知することが不可欠である。そこで、これらの機器に用いられる高温用材料の損傷検出を試みる前段階として、熱疲労試験を行った。

2. 実験方法

供試体は直径10mmの中実丸棒で、高温用材料として一般的に使用される SUS 316ステンレス鋼製である。実機の破壊を考えると、破壊部は負荷（荷重）を受け持つ周辺部から一定量の繰返し歪みを受けるので、熱疲労試験では歪みサイクルおよび温度サイクルを同時に加える必要がある。歪みは油圧サーボ式疲労試験機により、加熱・冷却は高周波誘導加熱と圧縮空気吹き付けによって行った。試験中に生じる供試体の歪みは、次式のように機械的歪みと供試体自体の熱膨張による歪みを合計したものである。

$$\Delta \epsilon = \Delta \epsilon_m + \alpha \Delta T$$

ここで、 $\Delta \epsilon_m$ ：全歪みの変化量、 $\Delta \epsilon_m$ ：機械的歪みの変化量、 α ：材料の熱膨張係数、 ΔT ：温度の変動範囲である。そこで、試験前に無負荷状態で温度サイクルのみを与えて、予め熱膨張成分を測定し、疲労試験においては全歪み範囲 $\Delta \epsilon$ を所定の値に制御した。温度と歪みの位相については、高温側で引張り、低温側で圧縮状態とする、荷重と温度が同位相の in-phase 試験と高温側で圧縮、低温側で引張り状態になる、荷重と温度の位相が 180° ずれた out-of-phase 試験が典型的なものであるが、本実

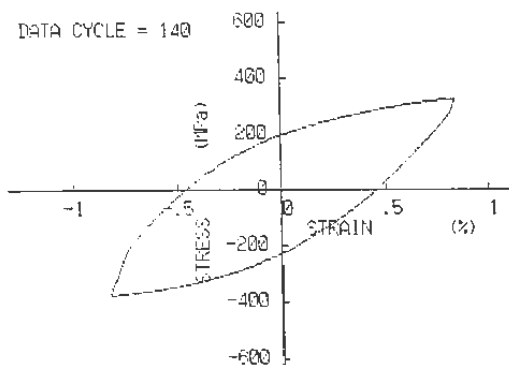


図1 応力-歪みの関係

験では、SUS 316についてより厳しいとされている in-phase 試験によった。

3. 実験結果

現在、機械的歪み範囲 $\Delta \epsilon_m$ が0.005, 0.01および0.015, 温度範囲が $200 \sim 550^\circ\text{C}$ の条件下で実験を行っている。この条件下でのSUS 316の応力-歪み関係を見ると、寿命の初期の段階では引張りおよび圧縮のピーク応力が増加する繰返し硬化挙動を示しており、その後ヒステリシスループは安定状態となる。疲労寿命の末期には、巨視き裂の進展により引張り応力のピークが急激に低下する。図1に $\Delta \epsilon_m = 0.01$ の場合における安定期のヒステリシスループの一例を示す。図の横軸は熱膨張成分を含めた全歪み範囲 $\Delta \epsilon$ である。なお、 $\Delta \epsilon_m$ について調べたところ、その大半は非弾性歪み範囲であった。図2は $\Delta \epsilon_m$ によって熱疲労寿命を整理したものである。ただし、引張りのピーク応力が試験中に得られた最大値から25%低下した時を材料の破断とみなした。図2中の Δ 印は温度を 550°C と一定に保った場合のデータである。この点を含め、各点は一本の直線近傍にあり、SUS 316の熱疲労寿命が概ね $\Delta \epsilon_m$ で整理できることが分かる。

4. おわりに

図1のようなヒステリシスを考えると、引張り時に塑性、クリープにより非弾性歪みが生じ、圧縮時に逆方向の成分がまた塑性およびクリープによって生じて閉ループが形成されている。したがって、非弾性歪み範囲を $\Delta \epsilon_{ij}$ と表記して1番目の添字を引張り時のもの、2番目を圧縮時のものとする、各々に塑性、クリープをあてた4種の歪み範囲が考えられるが、各歪み範囲の熱疲労寿命への影響は大きく異なるとされている。今後、より正確な熱疲労寿命を推定するために、この歪み範囲毎の影響を考慮した歪み範囲分割法を、溶接材を含めた供試体に適用する予定である。

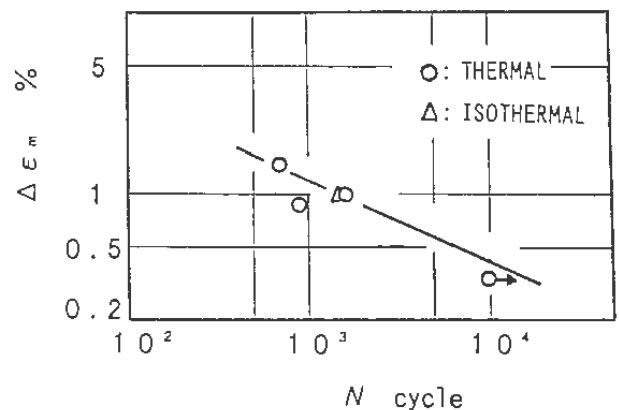


図2 歪み範囲と熱疲労寿命の関係

機械システム安全研究部 橋内良雄, 本田 尚

1. 研究目的

ワイヤロープに荷重がかかると、芯とそれを螺旋状に取り囲む素線とが強く押し付けあうと同時に両者の伸びが異なるために擦れ合が生じて、いわゆるフレット疲労現象による損傷が発生する。しかし、ワイヤロープのフレット現象に及ぼす因子は明らかではない。本研究では、ワイヤロープ用鋼から作製した試験片およびパッドを用いてフレット疲労試験を行い、パッド面圧および相対すべり量が疲労強度に及ぼす影響について調べた。

2. 試験片および実験方法

供試材は直径11mmのワイヤロッドであって、4回の引き抜き加工により直径7mmに加工後、一部を平坦に機械加工して試験片（図1）とした。パッドは直径7mmの同一のワイヤロッドから、面接触が得られるように平滑面を有する形状のものを作製した。なお、パッドと試験片の接触面積は10.8mm²である。フレット試験装置は、図2に示すようにプルーリングの両側に取り付けたネジで試験片に面圧を与える機構となっている。フレット疲労試験は、油圧サーボ式疲労試験機を用いて繰り返し速度10Hz、応力比0.1で行った。

3. 実験結果

図3はフレット疲労試験の結果を示したもので、面圧が95.6MPaの疲労限は133MPa、60.0MPaでは199MPaとなっており、面圧が増加すると疲労強度は低下することが判明した。図4は摩擦係数と相対すべり振幅との関係を示したもので、摩擦係数はパッドと試験片間の摩擦振幅 Fa とパッド押し付け荷重 P との比(Fa/P)として定義した。図に見られるように、相対すべり振幅が小さい領域では摩擦係数は相対すべり振幅と共に増加しているが、相対すべり振幅が約15 μ m以上では飽和してほぼ一定(0.6~0.7)となることがわかった。摩擦係数と疲労寿命の関係について検討した結果、摩擦係数は全寿命をとおして0.6~0.8の範囲にあり、繰り返し寿命によらずほぼ一定であった。

4. まとめ

- (1) ワイヤロープ用鋼のフレット疲労強度は、面圧が増加すると低下傾向を示した。
- (2) 摩擦係数は相対すべり振幅と共に増加するが、相対すべり量が約15 μ m以上ではほぼ一定となる。

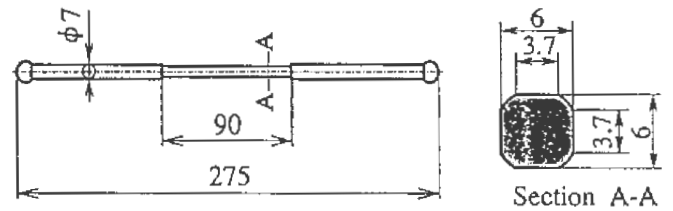


図1 試験片

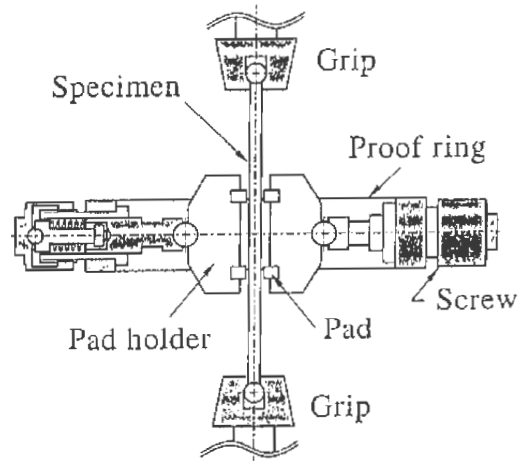


図2 フレット試験装置

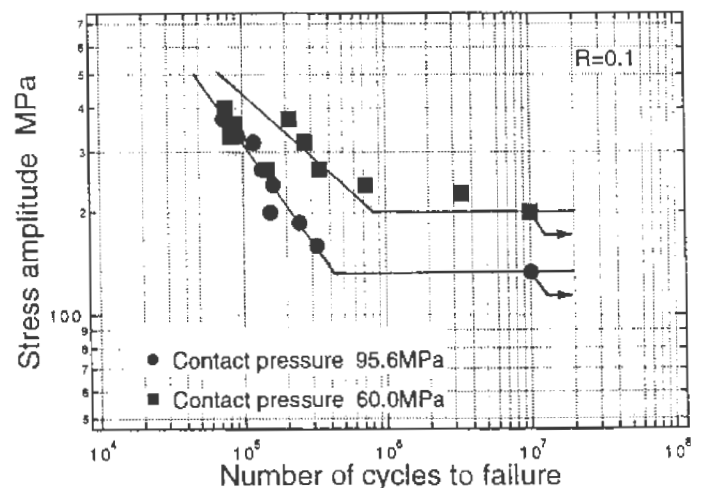


図3 S-N線図

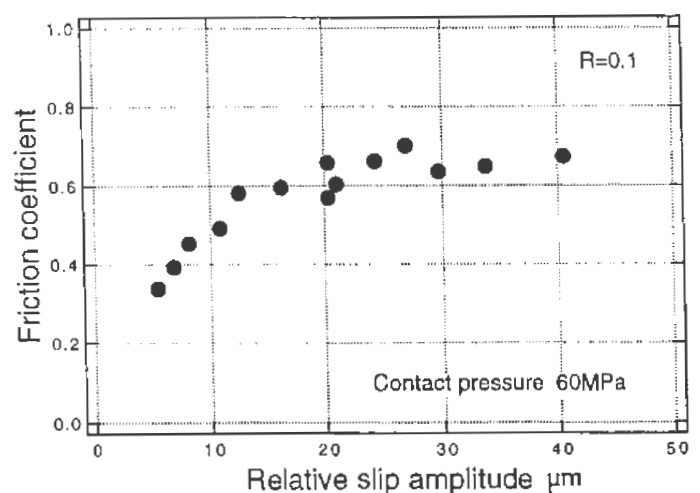


図4 摩擦係数と相対すべり量の関係

鋼心入りワイヤロープの疲労損傷発生特性に関する研究

機械システム安全研究部 田中正清

1. はじめに

クレーンのジブ起状および巻上げ用に多用されているロープ心入り(IWRC)ワイヤロープの破断事故の原因として注目されている内部先行性損傷の発生特性究明のため、この種のワイヤロープについてS曲げ疲労試験を実施し、損傷状態に対する各種条件の影響を検討している。

これまでの実験によって、クレーン構造規格で定められている定格荷重レベルの厳しい負荷(張力)条件のもとでは、事故調査結果等から予想されるような内部先行性の断線損傷が生じることが明確になっているが、本年度は、さらにその内部損傷発生特性に対して、シーブ直径とロープ直径の比 D/d がどう影響するかを検討した。

2. 供試ワイヤロープおよび実験方法

供試ワイヤロープはこれまでの実験と同様IWRC 6×Fi(29)およびIWRC 6×WS(31)である。これらを破断荷重1/5の張力、繰返し速度10cpmのもと、 D/d を12.8, 16, 20および25に変えた条件で繰返しS曲げ疲労試験し、可視断線数10%の段階での素線断線状態を、断線位置による違いも含め詳細に検討した。

3. 実験結果及び考察

ワイヤロープを使用する立場から重要な特性である破断寿命は、IWRC 6×Fi(29)に比べIWRC 6×WS(31)の方が3倍長くかなりの違いがあるが、 D/d の増大につれて単調にほぼべき乗関数的に増大する点では同じである。

図1および図2は両種のロープそれぞれについて、可視断線数10%の時点で試験をやめ、ロープの試験部分を個々の素線にまで分解調査した結果であり、完全にS曲げ疲労を受ける部分についてのロープ1ピッチ当たりの位置別の平均素線断線数に対する D/d の影響を示している。

図1のIWRC 6×Fi(29)の場合、 D/d の増大につれて、谷部断線はそれほどではないが、底部断線は顕著に減少しているのに対し、山部断線は逆に増大している。したがって、このワイヤロープの場合には、一般に考えられているように、 D/d が大きいくほど外部断線の割合が増して、外観検査による損傷検出が容易になる傾向のあることが分かる。

一方、図2のIWRC 6×WS(31)の場合、IWRC

6×Fi(29)とは逆に D/d の増大につれ谷部断線が顕著に増加しており、また底部断線についても D/d が小さい方のデータが一様な変化をしておらず再確認実験中であるが、IWRC 6×Fi(29)とは逆に $D/d = 12.8$ で最小でしかも $D/d = 16$ で最大となっている。谷部断線は内部損傷と考えられるので、結局、IWRC 6×WS(31)ではIWRC 6×Fi(29)とは逆に D/d の増大につれ内部損傷の割合が増加し、外観検査による損傷検出がより困難になる傾向のあることが判明した。

このように、ワイヤロープの構成によって内部断線損傷発生状態に対する D/d の影響がはっきり異なることがあるということは、一般に考えられているように単純に D/d を増大するという方法だけでは、内部損傷によるロープ心入りワイヤロープ破断事故を防止することはできないということであり、他の観点からの対策が必要となろう。

なお、この損傷特性の相違の原因については今後の検討を予定している。

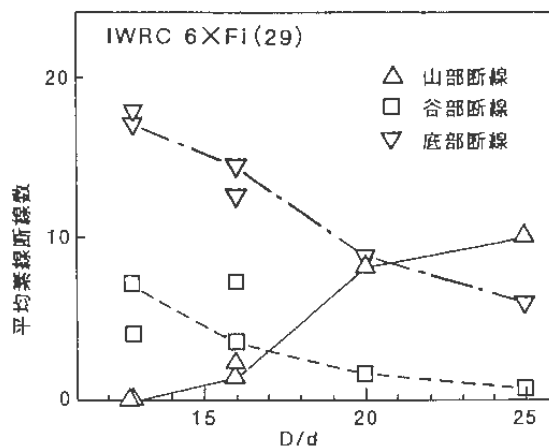


図1 平均素線断線数に対するの影響 (IWRC 6×Fi(29)の場合)

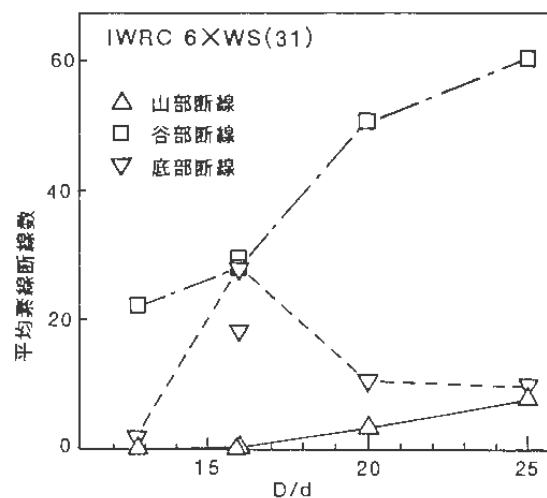


図2 平均素線断線数に対するの影響 (IWRC 6×WS(31)の場合)

1. 緒言

機器・構造物の破壊事故は、大部分が疲労に起因しているが、疲労き裂が発生する場所は応力集中部にはほぼ限定されると考えてよい。したがって、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）することができれば、破壊事故を回避できると考えられる。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、疲労き裂モニタリング技術の開発を試みている。前年度は、簡単な形状の試験片を用いて、モニタリング手法の基礎技術を開発した。本年度は、ボルト接合による継手模擬試験片を用いて、前年度に開発した疲労き裂モニタリング手法の有効性を評価した。

2. 疲労き裂のモニタリング手法

簡単のため、y軸方向に一樣応力 σ が負荷されている中央切り欠き付き試験片を考える。前年度の研究では、図1に示すような直接法（図1a）と間接コンプライアンス法（図1b）の2種類を提案した。これらの方法では、それぞれ図1に示した κ 、 λ を評価することによって、き裂のモニタリングを行う。

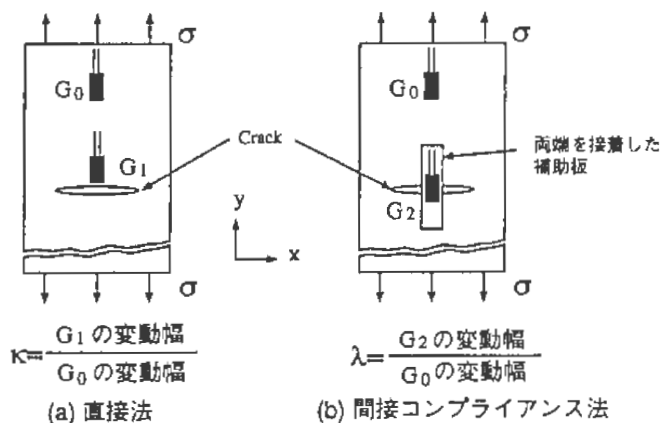


図1 2種類のモニタリング手法の概念図

2種類のモニタリング手法を比較するために、有限要素法による2次元弾性解析を行った。その結果、直接法ではき裂の位置が検出用ゲージ G_1 からy軸方向に離れるにしたがって急速に検出感度が低下するのに対し、間接コンプライアンス法では検出用補助板の接着位置がき裂から離れても感度はゆるやかにしか低下しないため、1枚のゲージでより広範囲のき裂をモニタリングできることが明らかになった。

3. 疲労き裂進展実験

有限要素法による解析の結果を基に、間接コンプライアンス法による継手模擬部材の疲労き裂モニタリングを試みた。8本（4本×2段）のM5ボルトで2枚の板材（200×70×1mm）を結合した継手模擬試験片（供試材は2024-T3）に、周波数2.5Hzの正弦波状一定振幅繰返し応力（応力振幅 $\Delta\sigma = 102.9\text{MPa}$ 、応力比 $R = 0.1$ ）を負荷した。き裂長を観察するため、補助板は透明な塩化ビニールの薄板（板厚0.25mm）とし、シアノアクリレート系接着剤で両端を試験片に接着した。補助板は2枚使用し、コンプライアンスの代表値をそれぞれ λ_1 、 λ_2 とした（図2参照）。

図2に荷重繰返し数と λ_1 、 λ_2 の関係の一例を示す。

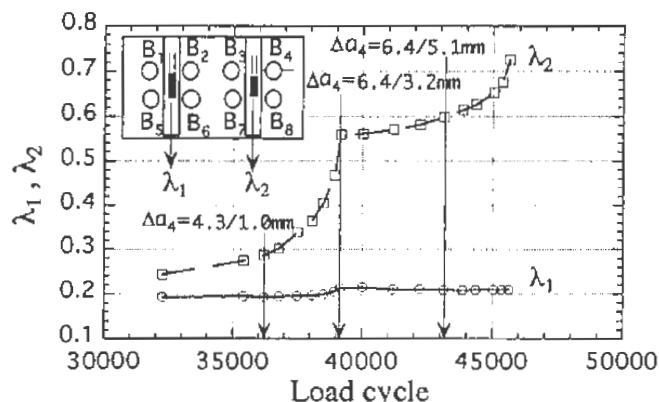


図2 荷重繰返し数と λ_1 、 λ_2 の関係

この実験では、まず、ボルト穴 B_4 の-x側にき裂が進展を開始し、次に B_4 の+x側にもき裂が進展した。その後、-x側のき裂はボルト穴 B_3 に達して停止した。同時に+x側のき裂も停留したが、すぐに進展を開始し、試験片の端に到達した時に継手が破断した。き裂に近い補助板の計測値 λ_2 からはこのき裂進展が明瞭にモニタリングできているが、き裂からx軸方向に離れた補助板の計測値 λ_1 の変化幅は小さく、ノイズやドリフトを伴う実機条件下では、モニタリングは困難であると思われる。従って、本手法で継手の破断以前にき裂を検知するためには、破壊靱性値から算出される限界き裂長さよりも短い（x軸方向の）間隔で補助板を取付ける必要がある。

4. 応力変動および周波数変動の影響

き裂が入る以前に、応力範囲を45.1～102.9MPa、試験周波数を2～10Hzの範囲で変化させて λ への影響を調べたところ、それぞれ $\pm 6\%$ 、 $\pm 2\%$ 程度の変動があった。しかし、これらの変動幅はき裂の進展に伴う変化幅に比べると十分小さく、変動荷重条件下でも本手法の適用が可能と思われる。

赤外線応力測定装置を用いた疲労き裂の検出

機械システム安全研究部 橋内良雄, 本田 尚

1. はじめに

最近の半導体デバイスの集積技術の進歩や信号処理技術の進歩により赤外線映像装置の性能が著しく向上し、これを用いてさまざまな材料の欠陥や損傷を検出することが試みられている。そこで、熱弾性効果を利用した赤外線応力測定装置を用いて、溶接止端部近傍の応力分布を測定することにより、肉眼や光学顕微鏡では検出が困難な溶接構造部材に発生する疲労き裂の検出を行い、その進展状況をモニタリングした。

2. 実験方法

実験には図1に示す面外ガセット試験片を用いた。疲労き裂の導入は、電気油圧サーボ試験機により繰返し速度5Hz、応力振幅 $\sigma_a=73.5\text{MPa}$ 、 $R=0.1$ で行い、応力分布の測定は、赤外線カメラに4倍の拡大レンズを装着し、繰返し速度10Hz、応力振幅 $\sigma_a=15\text{MPa}$ 、 $R=0.1$ で行った。なお測定の際には試験片の赤外線放射率を上げるために、エアゾールタイプの黒色塗料を塗布した。

3. 実験結果

図2(a)～(d)に各繰返し数における応力分布図を示す。疲労き裂の発生により、半月形の応力集中部(図2(a))は2つに分割しはじめ(図2(b))、繰返し数の増加に伴い、き裂が溶接止端部に沿って進展している様子がわかる(図2(c),(d))。図2(b)のように、き裂縁が溶接止端上にある場合は、き裂縁特有の応力場が現れないために、き裂縁を特定することができない。そこで、き裂の発生により分割された応力集中部の中で最も応力の高い点をき裂縁と仮定して

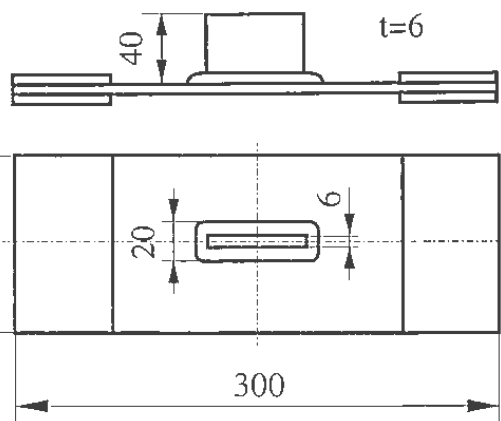


図1 試験片形状

き裂長さを求めてみた。図3に赤外線応力画像から求めたき裂長さを実際のき裂長さの関係を示す。き裂が10mm以下の場合、上記の仮定では若干き裂を大きく評価する傾向が見られたが、10mm以上では画像から求めたき裂長さを実際のき裂長さは非常に良く一致し、実測値との誤差は $\pm 0.5\text{mm}$ 程度であった。き裂が25mm以上になると再び誤差が大きくなっているが、これはき裂が大きくなり拡大レンズの視野に収まらなくなったために、ノーマルレンズで測定したためである。

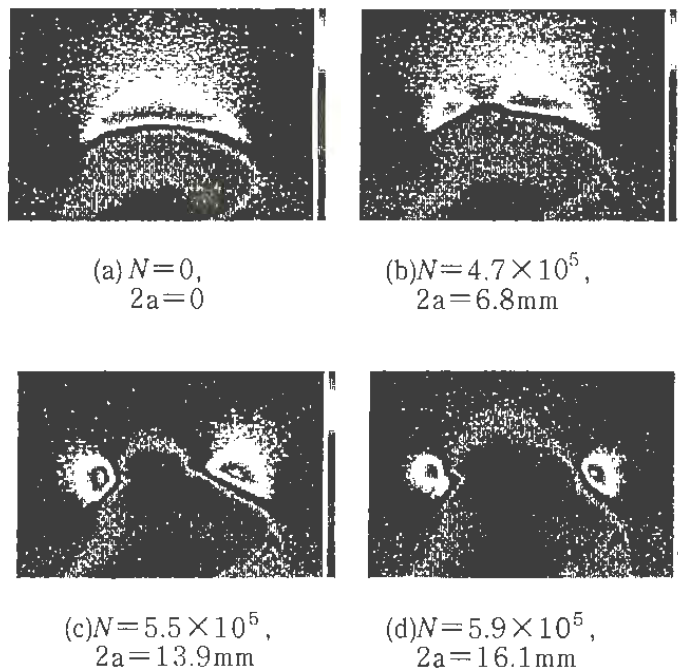


図2 溶接止端部近傍の応力分布の変化

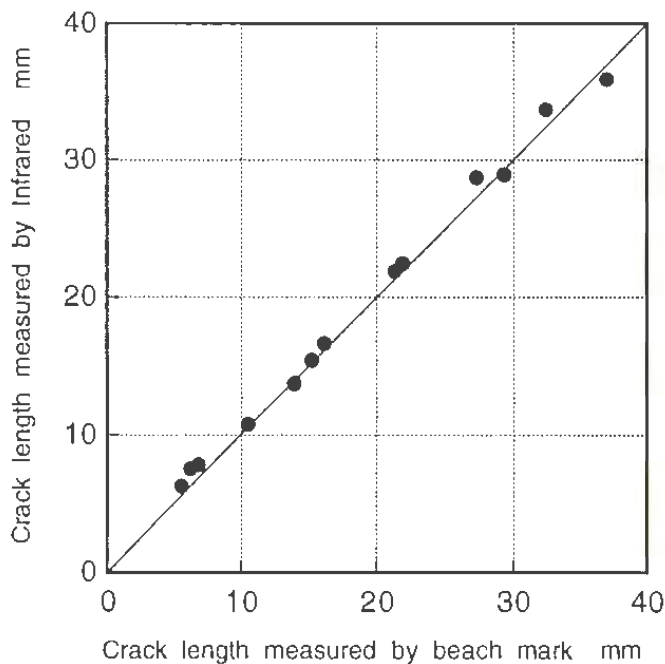


図3 赤外線応力画像から求めたき裂長さを実際のき裂長さの比較

1. はじめに

プログラマブル・ロジック・コントローラをはじめとするマイクロコンピュータ制御装置は、産業プロセスの制御システムのみならず、安全関連のシステムにまでその利用が及ぼうとしている。しかし、大規模に集積化されたマイクロコンピュータ（プロセッサ）で起こり得る異常や故障の発生の予測や、異常内容・故障原因の把握が困難であるため、これらの事象に対して安全性を確保する有効な対処方法が議論されている。ここでは、プロセッサの故障耐性技術に着目して、エラー検知を目的とした自己診断機能の安全性レベルを分析・評価する。

2. 高信頼化自己診断機能

現在、国際規格(IEC)では、プログラム化電子装置の汎用メインプロセッサの標準障害発生率を $50 \times 10^{-6}/h$ 、安全側障害率を50%と見なしているが、プロセッサレベルでの完全な本質安全化、すなわち安全側障害率100%は実現されていない。そこで、障害に至る前に自己診断によりプロセッサのあらゆるエラーを検出し、最終的に危険な出力をしないようにする高信頼性技術の導入が必要となる。

このような高信頼性設計手法は数多く提案されているが、実用的には、冗長構成のハードウェアやソフトウェアを用いて計算処理した結果を比較・照合する誤り検出法が有力とされている。しかし、冗長構成のコモンモード故障の存在やプロセッサレベルでの故障モードと発生確率が未知であるため、実行上のエラー検出確率が設計上の目標信頼度を達成しているかどうか判断することは困難である。

3. 情報冗長化によるエラー検知能力

データの高信頼性通信手法であるデータ符号技術は、その効果を定量的に表すことが可能である。同様に、マイクロプロセッサが扱うデータを全て符号化することにより、プロセッサのデータ処理上のエラー検知が期待できる。このようなエラー検知符号として、プロセッサの形態に依存せず、データ処理に対する負担が少なく、エラーモデルの想定を不要とするため、データ値と符号部が独立した分離形式符号語が有効である。そのため、ランダム剰余符号とし、さらに時間や処理過程に応じて変わるような記号を付加すれば、コンパイル以後のプロセッサ処理過程で起こり得るエラーは全て符号語に影響することが分かっている。また、重要度の異なるデータを混在して扱うことが可能となる。

プロセッサの自己診断のためには、データ処理後に毎回、符号を正しい符号表と照合するような周期的アルゴリズムや、入力符号器や符号照合回路等の周辺要素が必要となる。これらの条件は確定アルゴリズムを組める場合であれば、既存の本質安全技術を利用することにより解決可能である。図1に出力フィードバックによる検証を組み込んだ符号化プロセッサシステム例を示す。

本システムに上述の分離形式のランダム剰余符号を利用した場合のエラー検知能力は、エラー未検知確率 P_1 とエラー補償確率 P_2 のみで記述される。例えば、剰余演算のための除数(すなわち符号のキー)に素数Aを選べば、符号語のランダムな性質により $P_1 = 1/A$ であり、また、補償のための検知能力の損失を表す $P_2 = 1/A$ と算出される。したがって、エラー検知能力はA、すなわち付加符号のビット数の大きさにのみ依存する確率値として表現できる。

今後、他の診断機能の能力評価や安全レベルの評価尺度についても検討を加える予定である。

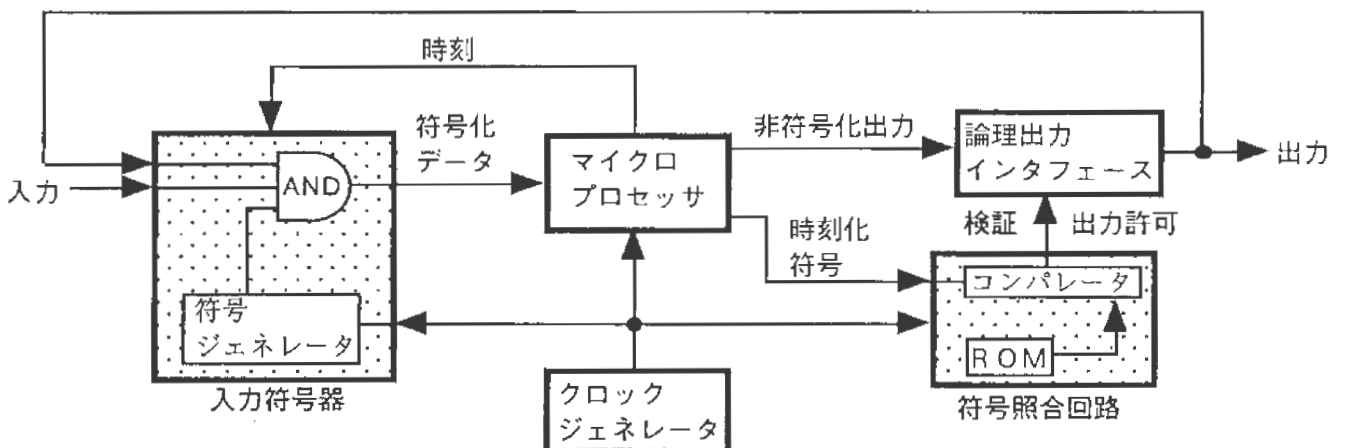


図1 符号化プロセッサの概略構成

1. はじめに

音声聴取能力が低下すると、共同作業時において相手方の作業情報が正確に伝わらず、それが原因で災害に遭遇することが考えられる。そこで、音声聴取能力を調べる簡便な検査法の開発を目的として、本年度は母音の判別能力について検討した。

2. 研究方法

試料となる母音のフォルマント周波数を調べ（表1参照）、第1・第2フォルマント周波数のみを通すバンドパスフィルタをかけて母音を聴取させた。

オーディオメータを用いて最小可聴閾値の計測を行ない、さらに各母音のフォルマント周波数を参考に、検査帯域を低音・中音・高音域の3帯域に分けて検査データを集計して、閾値バランスを調べた。

また、周波数の異なる2種類の音をランダムに組み合わせさせた5音を聴取させ、周波数弁別能力の計測を行なった。2種類の音の組み合わせは、360と381Hz、660と670Hz、1335と1350Hz（表1で近接するフォルマント周波数）である。

表1 検査帯域とフォルマント周波数の関係

	低音域 250Hz, 500Hz	中音域 800, 1000, 1500Hz	高音域 2000Hz, 3000Hz
ア		1025Hz, 1335Hz	
イ	360Hz		3100Hz
ウ	381Hz	1350Hz	
エ		670Hz	2700Hz
オ		660Hz, 960Hz	

3. 実験結果および考察

図1に母音判別の結果を示す。Aは5母音がほぼ同レベルで判別できた被験者、Bはイ・エが判別しにくい（レベルを上昇させないと判別ができない）被験者、Cはイ・ウが判別しにくい被験者である。

図2に、これらの被験者の最小可聴閾値の検査結果を示す。Aは低・中・高音域の閾値バランスが良い被験者である。Bは高音域の可聴閾値が高く、閾値バランスの良くない被験者である。CはA同様に閾値バランスの良い被験者である。

次に、表1を用いて図1および2に示した結果を考察する。被験者Aは低・中・高音域の最小可聴閾

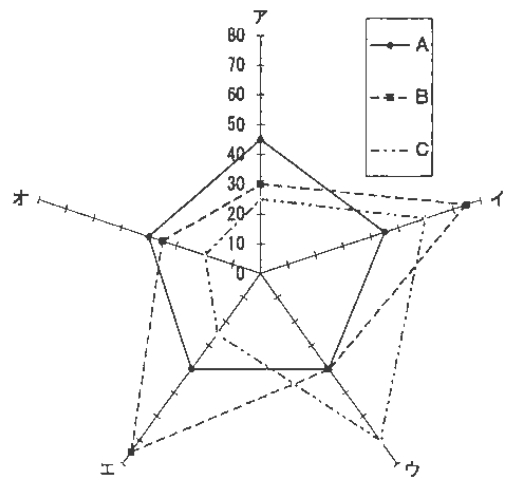


図1 母音判別検査結果

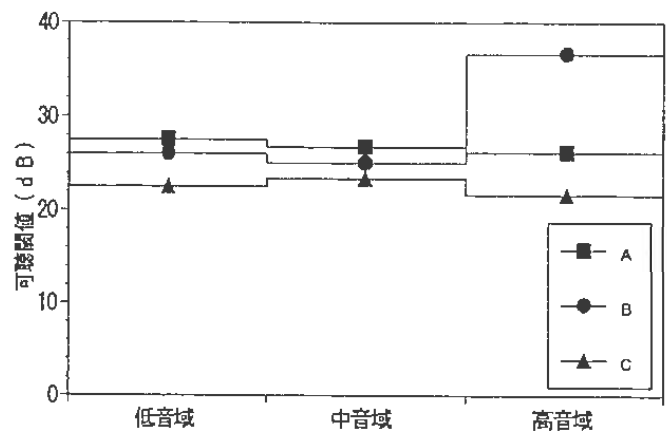


図2 最小可聴閾値検査結果

値のバランスが良いため、5母音がほぼ同レベルで判別できたと考えられる。Bは高音域の可聴閾値が高いため、イのフォルマント周波数（3100Hz）とエの周波数（2700Hz）が聞こえにくく、そのためイ・エの母音判別レベルが上昇したと考えられる。

被験者CはAと同様に低・中・高音域の最小可聴閾値のバランスは良いが、母音判別結果はAと異なりイ・ウの判別レベルが上昇している。

この原因を検討するために周波数弁別能力の計測を行なった結果、Cは360Hzと381Hzの音の高さの相違が弁別できにくいことが分かった。

すなわち、Cは低・中・高音域の最小可聴閾値のバランスは良いが、イとウの構成周波数である360Hzと381Hzの弁別ができにくいため、音としては聴取できているが、アとウのどちらであるかという判別ができにくいと考えられる。

4. おわりに

母音判別能力を調べるためには、通常行われているオーディオメータによる最小可聴閾値検査以外に、周波数の弁別能力を調べる検査も必要であることが明らかになった。

型枠支保工の水平荷重に対する安定性

建設安全研究部 河尻義正, 大嶋勝利, 小川勝教

1. はじめに

型枠支保工の倒壊災害の多くは、水平方向の安定性の欠如によって発生している。このため、平成4年の労働安全衛生規則の改正において、設計用水平荷重による安全性の検討が義務づけられたが、現状では設計に必要な水平強度等に関する資料は少なく、系統だった調査・研究が待たれている。そこで、くさび結合式の型枠支保工について、水平加力実験を行って、その強度特性を検討した。

2. 実験方法

実験には、図1に示す2種類のくさび式結合部(フランジ型とボックス型)を有する実大の型枠支保工(支柱材60.5mmφ, 水平材42.7mmφの鋼管)を用い、これを2層1スパンの四角塔構造に組み上げ、その上端に一方方向の水平荷重を与えたときの荷重と水平変位を測定した(写真1)。

四角塔の支柱間隔は90~150cm, 水平材間隔は、フランジ型180cm, ボックス型170cmとし、斜材がある場合とない場合について実験を行った。

3. 実験の結果

図2に水平荷重-水平変位線図の例を示す。実験結果の分析により、以下のことが判明した。

- (1) 構造全体の変形形状は、剪断変形である。
- (2) 支柱間隔が90cmまたは91.75cmのときの水平剛性は、斜材がある場合、ない場合ともに、フランジ型に比べてボックス型の方が大きい。また、斜材がある場合の水平剛性は、両型ともトラス構造を仮定した理論値を大きく下回っており、これは、斜材自体に比較して、斜材取り付け部の軸方向剛性がかなり小さいことを表している。
- (3) 支柱間隔が90cmまたは91.75cmのときの水平強度(最大荷重)は、斜材がない場合には、フランジ型0.22tonf, ボックス型0.40tonfで、ボックス型の方が大きい。斜材がある場合には、ボックス型1.1~1.3tonf(支柱を補強した場合2.5~3tonf), フランジ型1.7~2.1tonfである。
- (4) 得られた水平強度と別に行った座屈実験の結果から判断すると、今回対象とした支保工を支柱間隔90cm程度のベタ状に組んだ場合、法定の設計用水平荷重(設計用鉛直荷重の5%)に対し安全であるためには、各層に、かつ1スパンおき程度に斜材を設ける必要がある。

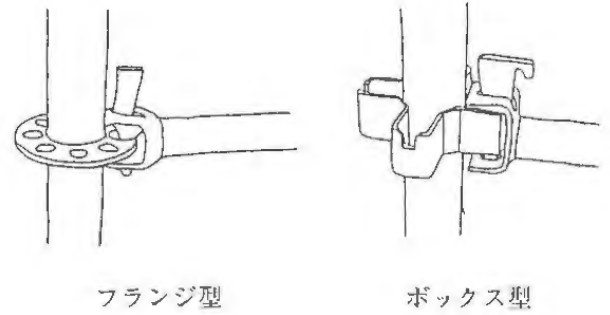


図1 くさび式結合部の種類



写真1 水平加力実験の状況

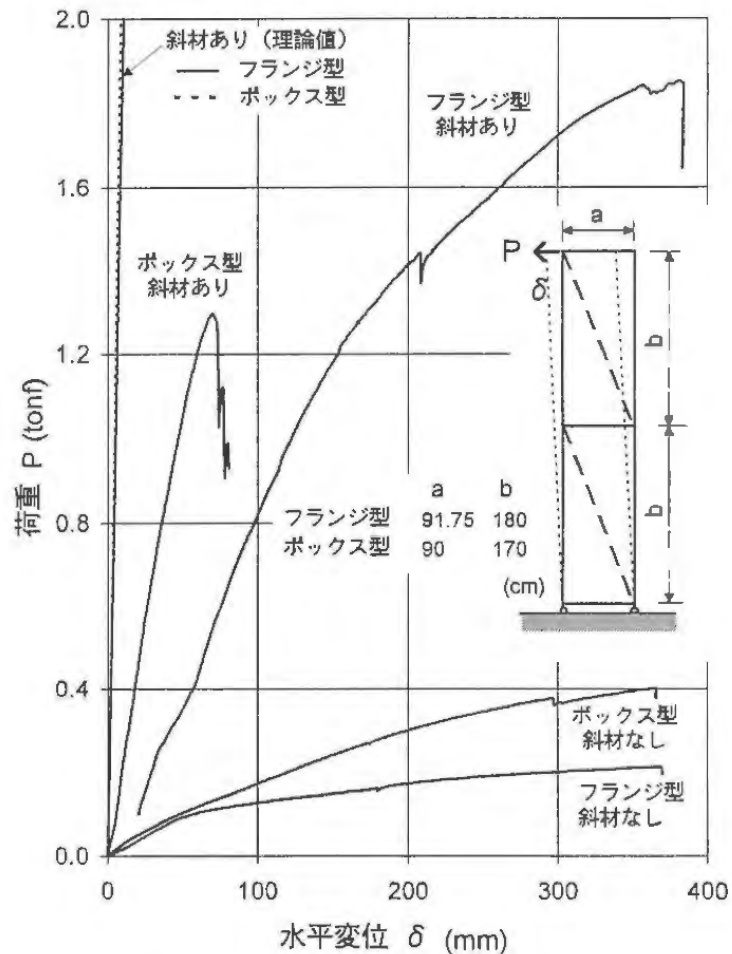


図2 水平荷重と水平変位の関係

工事中設備等の地震被害に関する調査

建設安全研究部 堀井宣幸, 大幡勝利, 豊澤康男
河尻義正, 小川勝教

1. はじめに

平成7年1月17日未明に阪神・淡路地区を襲った大地震は未曾有の甚大な被害（死者6000人以上、全半壊家屋約20万棟）をもたらした。供用中の高速道路、擁壁、港湾施設等の土木構造物も大きな損傷を被った。このような完成後の土木構造物の被害については土木学会等により詳細な被害調査が行われており、また、施工中の本体構造物や土止め支保工等の本体築造のための仮設構造物についても地盤工学会から調査結果が報告されている。

しかし、建設現場で使用中の足場、型枠支保工、クレーン等の工事中設備の地震による被害状況については調査がほとんど行われていない。このため、地震時における工事中設備の安全対策を検討するための資料を得ることを目的として、アンケート調査および現場でのヒヤリング調査を行ったので、その結果について報告する。

2. 調査方法

アンケート調査を依頼したのは阪神地域に本社あるいは支店がある建設会社33社であり、足場、型枠支保工、土止め支保工等について地震時の現場数、被害現場数および被害状況について調査した。

3. 調査結果

26社よりアンケートの回答があり、その分析結果を取りまとめたものが表1である。地震時に施工中であった現場数については回答のないものが多く、明確な現場数は把握できなかった。

表1 工事中設備等の被害状況

工事中設備等		被害数
足場	わく組足場	16
	ブラケット側足場	2
	単管たな足場	2
	脚立足場	10
型枠支保工	パイプサポート式	5
	わく組式	6
	くさび結合式	2
	移動式大型	1
土止め支保工	のり切式	3
	切梁式	2
	鋼矢板	2
	鋼管矢板 地下連続壁	1 1

工事中設備等で最も被害が多かったのは足場であり、アンケート調査から30件の被害が確認できた。施工現場数の多いこともあるが、わく組足場が16件、脚立足場が10件被害を受けていた。しかし、被害規模は比較的軽微なものが大部分であり、液状化や亀裂の発生等により地盤が沈下して足場が傾いたり、浮いたりした例が多い。また、足場を固定するための壁つなぎが地震によってかなりの数で破断または変形していることが明らかとなった。

写真1はビル建設のための外部足場（24層わく組足場）の最下段の建わくの脚柱が座屈して曲がった事例であり、地震時に過大な鉛直荷重が作用したためと考えられる。

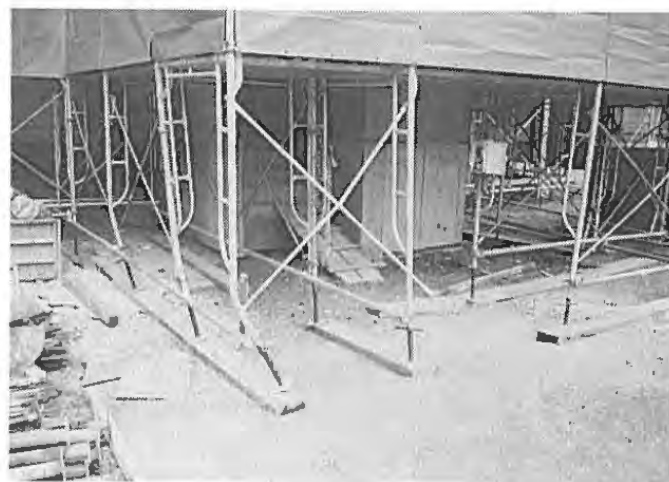


写真1 わく組足場の被害例

型枠支保工では、パイプサポート式型枠支保工が5件、わく組式型枠支保工が6件被害を受けていた。被害の程度は足場同様に比較的軽微なものが多く、支持地盤の沈下による組立部材の変形、支保工全体の傾斜などがあった。仮設構造物の土止め支保工の被害については、地盤工学会の調査報告に詳しく述べられているが、今回のアンケート調査でも、全体で9件の被害が確認された。のり切式では、のり面崩壊、のり肩の地割れの被害が見られた。また、地下連続壁では壁面にクラックが発生した事例、切梁式では切梁や腹起しに使用したH形鋼に座屈・変形が生じた事例が回答されている。また、その他の工事中設備として、タワークレーンのブームがかなりの件数で破損していることが明らかとなった。

4. おわりに

今回の調査は、すべての現場を網羅して行ったわけではないが、建設現場で使用される足場、型枠支保工、土止め支保工などの工事中設備にも被害があったこと、また、その被害の程度は比較的軽微なものが多かったことなどが明らかになった。

1. はじめに

掘削工事では、掘削深度の増加に伴い地盤や土止め矢板の変形が進行し、崩壊事故に至ることがある。こうした事故のなかには、土止め矢板の根入れ不足が原因となったものが見られる。本研究では、根入れが不十分な場合における土止め矢板の変形・崩壊メカニズムを知るため、粘性土による模型を用いた遠心模型実験を行い、崩壊発生状況について調べた。

2. 遠心模型実験の概要

試料容器(45×15×30cm)に含水比90%の状態 で十分に攪拌・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の下で圧密して強度一定の地盤を作成した。これを深さ13cmの溝又は鉛直斜面に成形した後、矢板(肉厚2mmのアルミ板、土圧センサーを装着)を壁面に沿わせて根入れが2cmとなるように設置した。溝の模型地盤には矢板上端部に切梁を取付けた。鉛直斜面の模型地盤には切梁を設置せず自立土止め矢板とした。

模型地盤が崩壊するまで遠心力を増加させることにより掘削過程を再現した。

3. 実験結果及び考察

(1) 上端部に切梁を設置した根入れが不足した土止め矢板は、写真1のように切梁部を支点として根入れ部が足払いを受けるように変形し崩壊した。これに対して、切梁を設置しない自立式の土止め矢板は写真2のように根入れ部近辺を支点として、前方に倒れ込み崩壊した。

(2) 上端部に切梁を設置した根入れが不足した土止め矢板では、初期の段階で根入れ部の背面に土圧がまず集中してヒービングが生じ、変形の進行によって主働土圧が急上昇した。すなわち、土圧は通常の設計で想定する分布とはならず、根入れ部背面に主働土圧が集中し、この部分の土圧はランキン主働土圧を超えることがわかった。このことは掘削下部への切梁の設置が遅れた場合、受働側の地盤の強度が小さいと極めて危険な状態となることを意味し、掘削後、可能な限り早く根切り底部に切梁を設置することが変形や崩壊を防止する上で重要である。

(3) 崩壊に至るまでの地盤のせん断ひずみを解析すると、上端部に切梁を設置した根入れが不足した土止め矢板地盤では、根切り底部の受働側の地盤の

せん断ひずみがまず増大した後、根入れ下端の背後領域のひずみが発達した。その後、地盤側では根入れ下端部から斜め上方に向かって滑り面が発生して、地表面に繋がる進行性破壊により崩壊に至った(写真1(c)参照)。一方、自立土止め矢板では、のり尻部の土止め矢板背後から斜め上方に向かう地盤のせん断ひずみが増大したが、根入れ部周囲ではせん断ひずみの発生は比較的小さかった。地表部では、のり肩から少し離れた部分で負の体積ひずみが発生し、亀裂がその部分で発生した。亀裂の発生と前後してのり先付近から滑り面が発生し、崩壊に至った。

(4) 根入れが不足した土止め矢板の崩壊においては、矢板の支持条件により変形・崩壊状況が異なり、せん断ひずみの発生状況及び土圧分布にそれぞれ特徴があることが明らかとなった。

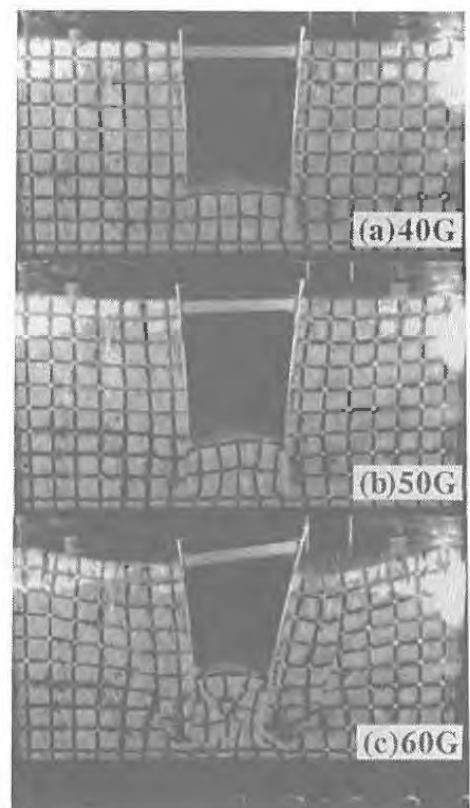


写真1 上端を支持した土止め矢板の崩壊過程

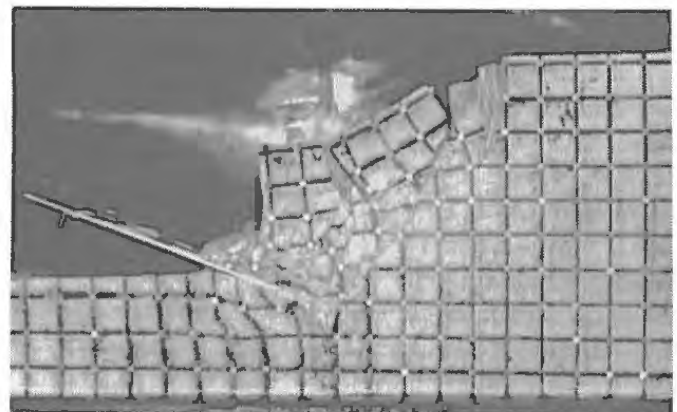


写真2 自立土止め矢板の崩壊状況

1. はじめに

地震による地盤の液状化は様々な被害をもたらすが、その一つに地盤の流動現象がある。地盤の流動は傾斜した地盤が地震によって液状化すると水平方向に流動するもので、土木構造物や地中に埋設されたライフラインにも大きな被害をもたらすことが過去の地震から報告されている。このような地盤の流動現象が大規模掘削現場などの土止め支保工に及ぼす影響については、これまでほとんど解明されていない。しかし、これらの工事は一般的に施工期間が比較的長期であるため、施工途上に地震を受ける可能性があり、施工中の安全性について検討する必要があると思われる。本研究では地盤の流動現象を数値解析的にシミュレートすることを目的として、有限要素法による地盤流動の時刻歴運動解析法の開発を試みている。

2. 解析手法

本解析は二次元の地盤モデルを対象としている。地盤は不飽和土層と液状化層を有する複合地盤とし、液状化層については粘性流体と見なし、せん断強度はゼロと仮定する。また、液状化層は非排水条件で変形するとし、分割した要素ごとに等体積条件を付加している。不飽和土層には二次元の平面ひずみ条件と弾性変形モデルを用いている。地盤の有するエネルギーとしては運動エネルギー K 、ポテンシャルエネルギー Q 、液状化層の粘性によって生ずる散逸エネルギー D を考えている。ポテンシャルエネルギー Q は位置エネルギーとひずみエネルギーの和であるが、液状化層部についてはせん断剛性を考えていないので、位置エネルギーのみとなる。地盤流動はポテンシャルエネルギーを最小とすべく運動すると仮定し、Lagrange の方程式を用いて解析する。また、液状化層の非排水条件（等体積条件）には Lagrange の未定乗数法を用いて拘束条件を付加している。上記の各エネルギーを、式(1)に示す拘束条件を有する Lagrange の方程式に代入して、運動方程式を導き、運動方程式から時刻歴運動解析を行うためにニューマークの β 法を使用している。なお、本解析では数値的な減衰は使用していない。また、加速度分布は時刻 t と $t + \Delta t$ における平均値の一定加速度値を使用している。幾何学的な非線形性を考慮するために、運動方程式中の各マトリックスは

時刻 Δt ごとに再計算し、各計算ステップごとに運動方程式を解く方法を用いた。

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \left\{ \frac{\partial(K-Q)}{\partial(du/dt)} \right\} - \frac{\partial(K-Q)}{\partial u} + \frac{\partial D}{\partial(du/dt)} - \sum_{i=1}^n \lambda_i \frac{\partial V_i}{\partial u} = 0 \\ V_i - V_{i0} = 0 \quad (i=1 \sim n) \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 λ_i は未定乗数、 n は液状化地盤の要素数、 V_{i0}, V_i は変形前後の液状化層部の各要素の体積、 u は変位成分である。

3. 解析結果

図1に、液状化層のみを有するモデル地盤の流動解析結果例を示す。地盤は4行5列の20要素に分割し、液状化層の単位体積重量は 17.64 kN/m^3 (1.8 tf/m^3)、粘性係数は $19.6 \text{ kPa}\cdot\text{s}$ ($2.0 \text{ tf/m}^2\cdot\text{s}$) として計算を行った。点線は地盤の初期の形状を示し、実線は流動後の最終的な変形状況を示している。モデル地盤の初期形状は地表面が20%勾配で、底部の基盤は水平である。流動解析は時間間隔 $\Delta t = 1/500$ (s) で、10000回の繰り返し計算を行い、20秒間の流動をシミュレートした。計算後の各要素の体積変化は 10^{-3} (%)程度であり、ほぼ等体積条件下の計算が行えている。地盤の鉛直方向の変位は、地盤中央を境に右方の上流側が下降し、左方の下流側が上昇しており、変位量は斜面中央から左右端に近づくにつれて大きくなっていく。水平変位は地盤の中央部付近で最も大きくなっており、左右端に近づくにつれて小さくなっていく。また、水平方向の変位は地盤深さ方向に三角関数的な分布形状を示している。今後は、流動によって発生する土圧の算定方法を検討する予定である。

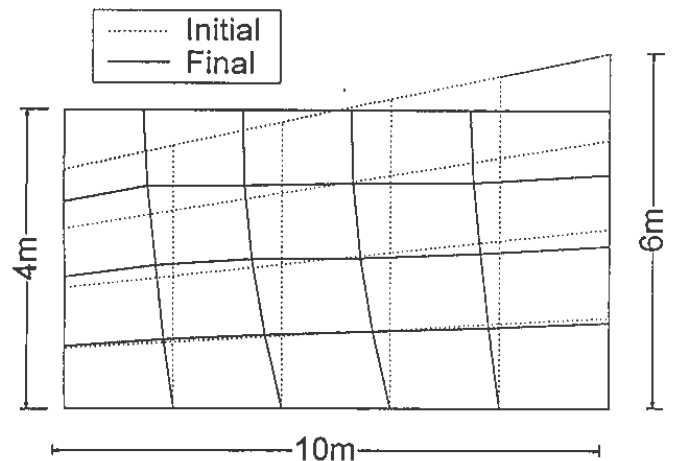


図1 液状化した地盤の流動解析結果例

墜落災害の人的要因の分析に関する研究

建設安全研究部 白井伸之介, 鈴木芳美
機械システム安全研究部 江川義之

1. はじめに

本研究では、154件の墜落による災害の調査復命書内容について、人的要因の観点から考察を加えた。そこでは被災者が墜落に至るまでの行動パターンを分類するとともに、予め作成した198の災害発生要因項目を各事例についてチェックすることにより、墜落災害発生に係わる人的要因の抽出を試みた。

2. 墜落災害における行動パターンの分類

墜落発生時の被災者の行動は、おおむね5タイプ23通りのパターンに分類された(表1にタイプと主たる行動パターン及びその比率を示す)。タイプ別では、移動時発生型と作業時発生型が多く、両者で全体の約90%を占める。そこで工事の種類を木造工事、ビル工事、その他の建設工事(以下土木その他)に3分類して分析すると(表2参照)、木造工事では移動時発生型に偏りが見られる一方、ビル工事では作業時発生型が50%以上を占め、相対的に移動時発生型が少なくなっている。またビル工事は足場(他者設定)倒壊型が比較的多いという特徴も見出せる。

3. 災害発生要因の分析結果

今回の分析にあたっては過去の文献等を参考に、主に作業員、作業環境、作業管理に係わる災害発生要因を198項目作成し、154の各災害事例について該当する項目をチェックする作業を行った。その主たる結果として、a.作業員の心理・生理的要因に関しては、それに該当する記述が災害調査復命書にほとんどないため、「不明」とせざるを得ない事例が約80%を占めた。b.作業行動に関しては、「保護具未着用」のチェック率が66%を占め、特に木造工事で高かった(85%)。また保護具に関する具体的項目では、「安全帯不携帯」(木造80%、ビル32%)、「安全帯非装着」(ビル32%)、「安全帽未使用」(木造41%)、「安全帽顎紐締めず」(木造17%)が特徴的であった。c.作業環境に関しては、「開口部の覆い蓋、手摺等の不備」(22%)、「作業床等足場の不備」(16%)などの項目のチェック率が高かった。d.災害発生形態に関しては、木造工事で「単独作業」、ビル工事で「共同作業」が多く、またビル工事で「連絡・打合せの不十分」のチェック率が高く(14%)、コミュニケーションの問題が災害発生に関与していることがわかった。

4. 災害形成要因の数量化Ⅲ類分析結果

災害発生要因198項目を数量化Ⅲ類を用いて分析した結果、第Ⅰ軸は一方向に個人の心理行動関係の項目、+方向に共同作業関係の項目が多く、「人間行動」に関する軸、第Ⅱ軸は一方向に作業実施段階関係の項目、+方向に作業準備段階関係の項目が多く、「作業の流れ」に関する軸と解釈できた。

5. おわりに

今後は今回の分析で特徴的に現れた結果(安全帯等保護具装着の問題、手摺等安全施設設置の問題、連絡・打合せの問題等)に焦点を絞り、これらの不安全行動の出現背景についてさらに調査・分析を行う予定である。

表1 墜落災害のパターン分類

	比率
タイプⅠ 移動時発生型	42.2
垂直移動(上昇中)	1.3
垂直移動(下降中)	3.9
水平移動	17.5
傾斜面移動	11.0
スレート面移動	3.3
タイプⅡ 作業時発生型	44.8
動作反動	9.7
引き込まれ	9.1
無理な姿勢	14.9
作業時(水平)移動	7.1
作業時(垂直)移動	2.6
タイプⅢ 足場不安定型	7.1
足場転倒	1.3
足場動揺	3.3
足場強度不足	2.6
タイプⅣ 足場(他者設定)倒壊型	5.2
解体作業	0.7
組立作業	2.6
タイプⅤ 足場(自者設定)倒壊型	0.7
解体作業時	0.7

表2 墜落災害の工事種類・タイプ別分類

	木造工事	ビル工事	土木・他	合計
タイプⅠ	26(48.1)	18(30.5)	21(51.2)	65(42.2)
タイプⅡ	22(40.7)	31(52.5)	16(39.0)	69(44.8)
タイプⅢ	5(9.3)	3(5.1)	3(7.3)	11(7.1)
タイプⅣ	0	7(11.9)	1(2.4)	8(5.2)
タイプⅤ	1(1.9)	0	0	1(0.7)
合計	54(100)	59(100)	41(100)	154

件数(比率)

高所作業に及ぼす心理的負担要因の解明と作業改善に関する研究

機械システム安全研究部 江川義之
建設安全研究部 河尻義正, 白井伸之介

1. はじめに

足場からの墜落災害による被災者数は依然として多数に及んでいる。そこで、作業床幅、手摺の形状などが作業者に与える心理的負担や、その影響による作業動作の不安定性等を、生理的計測、作業動作計測、注視点計測、質問紙法において明らかにし、さらに、これらの心理的負担を軽減する足場の作業環境条件について検討を行なうことを目的とした。

2. 研究方法

本年度は、枠幅120cm、スパン長180cm、層高さ170cmの8層6スパンの枠組み足場を設置し、足場上の歩行動作における生・心理的負担を調べた。実験条件として、作業床の設定（地上、2層、4層、6層）、作業床幅（50cm又は24cm）、手摺の状態（交差筋交のみ、90cmの高さに上棧、上棧と作業床の中間に中棧を追加）を変化させて実験を行なった。

心理的負担要因を調べるために、血圧値、心電図、筋電図、アイマーカによる注視点計測、歩行時間計測、質問紙法などを用い、熟練被験者（鳶職）10名、未熟練被験者4名について実験を行なった。

3. 研究結果

層高さ6層（地上から約10.8m）において、距離7.2mの歩行時間に及ぼす作業床幅の影響を調べたところ、未熟練者群は作業床幅50cmで平均7.5秒、24cmで9秒と作業床幅を狭めたことによる歩行時間の延長が認められた。しかし、熟練者群はどちらも平均6.5秒であり、作業床幅を狭めたことによる歩行時間の延長は認められない。質問紙においても、未熟練者群は高さによる恐怖や緊張感を訴えているが、熟練者群はそれらを訴えていない。

一方、血圧値をみると、6層の高さにおいて、未熟練者群と同様に熟練者群も血圧値は増加しており、特に正面を向いている時より、下方を見た時に血圧の増加傾向が現われている。

図1は6層の高さにおいて歩行した時の熟練被験者A・Bの筋電図である。両者とも作業床幅が狭くなると振幅が小さくなっているのが観察され、このような傾向の被験者が熟練者の7割を占めた。一方、未熟練被験者群にはこの傾向は認められず、作業床幅が狭い条件の方が筋電図の振幅が大きくなって

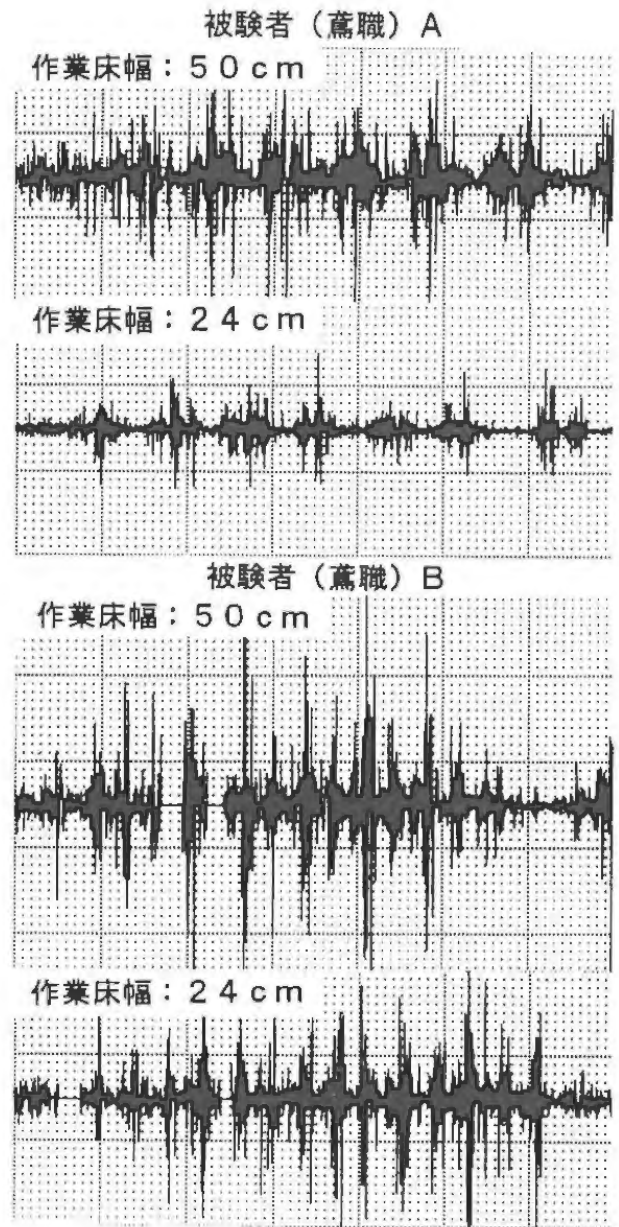


図1 層高さ6層における歩行時の筋電図

るのが4名中3名に観察された。すなわち、作業床幅が狭くなると熟練者は摺り足のような歩行動作を行い、未熟練者は一步一步踏みしめるような歩行動作を行なっているためと考えられる。

熟練者群の注視点計測を行なった結果、作業床幅24cmでは、注視点は主に足元の作業床上に分布していたのに対し、作業床幅50cmではより前方の床上ないしは正面方向と、かなり広い範囲に分布していた。歩行時に気になった事項を調査した結果、170cmの高さにある頭上パイプの存在を、作業床幅50cmでは8割の被験者が気にしていたのに対し、作業床幅24cmでは5割の被験者に減じていた。これらの関連を検討すると、作業床幅が狭くなると注視点が足元付近に集中する、すなわち注意の範囲の狭小化が、頭上のパイプの存在を気にする被験者の減少した原因と考えられる。

1. はじめに

重心動揺計から得られる身体動揺特性値（重心動揺距離，重心動揺面積，動揺のスペクトル分析値など）は，主として医療分野で身体障害の定性的な評価に用いられている。しかし，その身体動揺の特性値は立位姿勢の保持機能と具体的にどのような関連があるのか，また実際の作業場面でその値がどの程度の意味を示し，転倒の危険性があるのかないのかなどを十分に説明しきれていない。その他の補足的な方法として，筋電量，エネルギー代謝量，足底圧分布図などを用いて立位姿勢の安定性を定性的に評価しようとする試みがなされているが，重心動揺計の有する基本的な問題を解決していない。現在，重心動揺計に代わる汎用性の高い検査機械が求められている。そこで，立位姿勢に加速外乱を与えて実際の状況に近い状態を再現して，立位姿勢の安定性を評価する試験機を考案した。

2. 基本理論と開発した試験機

大型のリニアアクセラレータを用いて，不意の加速外力を想定したステップ状の加速パターンを作り出して，立位姿勢バランスを失わせる限界加速値とその加速時間との関係を実験的に検証してきた。その結果，一般に限界加速値（ $a \text{ cm/s}^2$ ）は加速時間（ t 秒）の逆数に比例することから，(1)または(2)式で表現できることが判明した。ただし， a と b は立位条件によって決定される定数である（図1）。

$$a = a \cdot (1/t) + b \quad (1)$$

$$(a - b) \cdot t = a \quad (2)$$

ここで， $(a - b)$ を a^* とおくと，立位姿勢の保持が不可能となる時は次の二式を同時に満たすことになる（図2）。

$$a \geq b \quad (3)$$

$$a^* \cdot t \geq a \quad (4)$$

$a < b$ の場合は，加速時間がたとえ長い場合でも立位姿勢は保たれることになる。ここで， $a^* \cdot t$ は速度を表す式となる。つまり， b 以上の加速度（ a^* ）が立位バランスに影響を及ぼし，その加速度による速度の増加分が a 以上になると，立位バランスを崩すことになる。このように，ある条件下における加速時間と限界加速度の関係は数回の実験により求めることができるので，年齢，履物ヒール高，傾斜度，手摺の有無など，種々の因子が立位姿勢保持

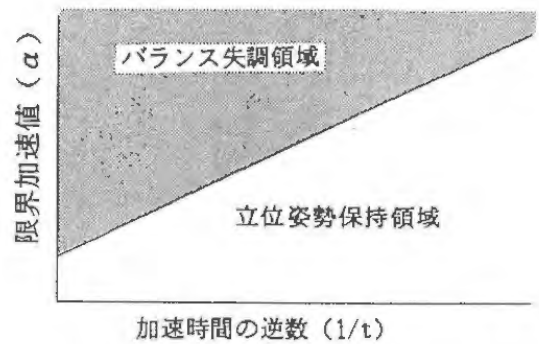


図1 加速時間の逆数と限界加速度

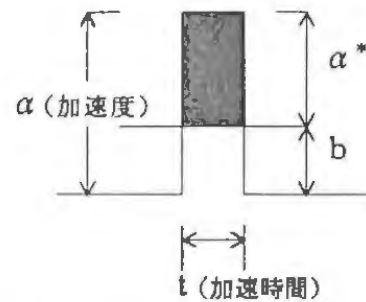


図2 ステップ状の加速刺激



写真1 姿勢安定性評価試験機

に及ぼす影響を容易に解明できることになる。

開発した試験機は，汎用されている身体動揺計を用いる方法と異なり，バランスを失って倒れる実際の限界加速値を評価指標としている点に特徴がある。こうした考え方を実現するために，位置制御型のサーボモータシステムを採用している。本体構成は，写真1に示すように，サーボモータ部，走行部，パソコン制御部，加速度検出部からなる。サーボモータ制御用の位置検出にはタコジェネレータとポテンションメータを用いている。

3. まとめ

開発した汎用型の試験機を用いることにより，足位，ヒール高，手摺の有無，年齢差，性別差などの影響を数量的に評価することが可能となった。産業安全の分野ばかりでなく，医療分野での活用も可能であろうと考えている。

長周期水平動揺下での作業性・安全性に関する基礎的研究

建設安全研究部 大嶋勝利, 永田久雄, 河尻義正

1. はじめに

橋梁主塔架設時やゴンドラ作業時などにおいては、風により長周期大振幅の水平方向の揺れが発生する。本研究では、このような動揺下での作業性や安全性について人間工学的な見地より検討を加えているが、本年度は、基礎データを得るために、被験者に一方向単発の正弦波加速刺激を与えて、直線描き作業の限界と、立位姿勢保持の限界を実験的に調べた。

2. 実験方法

男子15名(18~50歳, 平均年齢25.0歳), 女子15名(18~30歳, 平均年齢20.1歳)の被験者を対象に、以下の実験を行った。

2.1 立位姿勢保持

被験者の前方向または後方向から、0.2~2.0Hzの7段階の周波数別に、加速度を増しながら一方向単発の正弦波加速刺激を与え、立位姿勢を保持できなくなる限界の加速度(正弦波の加速刺激のピーク値)を求めた。

2.2 直線描き作業

被験者に、図1に示した直線入力板を用いて、縦方向の長さ20cmの直線を描かせた。この時、一定速度(1cm/s)で直線を描かせるために、同図に示す2cm間隔の10個のLEDを上から下に2秒間隔で発光させた。また、直線の先端が眼の高さ付近に達したとき、被験者に横あるいは前方向から0.125~2.0Hzの8段階の周波数別に、一方向単発の正弦波加速刺激を与えた。被験者には①真っ直ぐに、②一定速度で、③一定筆圧で直線を描くという条件を与え、これらを満たせば直線が問題なく描けたとみなし、この時の限界の加速度を求めた。

3. 実験結果と考察

周波数と限界加速度(被験者の平均値)の関係を図2および3に示す。

3.1 立位姿勢保持の限界

図2, 3において、周波数0.5Hz以上では周波数と限界加速度の間に直線関係がある。加速刺激の方向別では後方向へ倒す力の方が、また男女別では女子の方が限界加速度がそれぞれ低いが、周波数と限界加速度の関係はいずれも類似した傾向にある。

3.2 直線描き作業の限界

図2, 3によれば、立位姿勢保持に比べて直線描

き作業の限界加速度が非常に低くなっている。図4は、この結果と、ISO 6897の海洋構造物上での作業性に関する実効値表示の加速度レベルを、対数グラフ上で比較したものである。この図から分かるように、本実験の結果はISO 6897の限界加速度に比べ全体的に低くなっている。また、0.5Hzを中心にV字型分布をしており、ISO 6897の直線的な減少とは異なった傾向を示している。

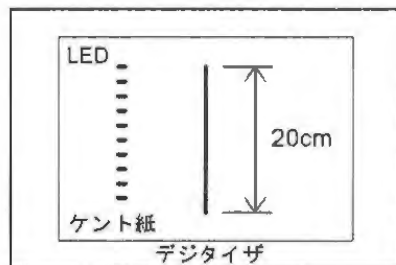


図1 直線入力板

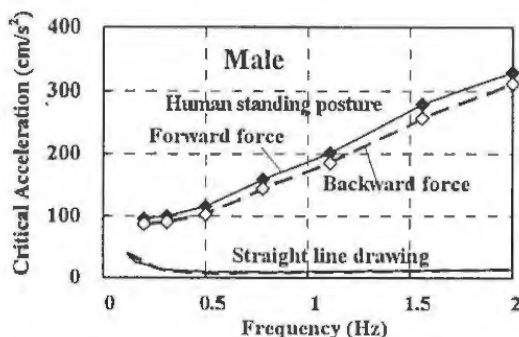


図2 周波数と限界加速度の関係(男子)

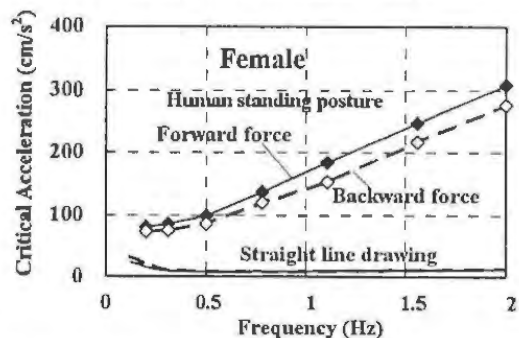


図3 周波数と限界加速度の関係(女子)

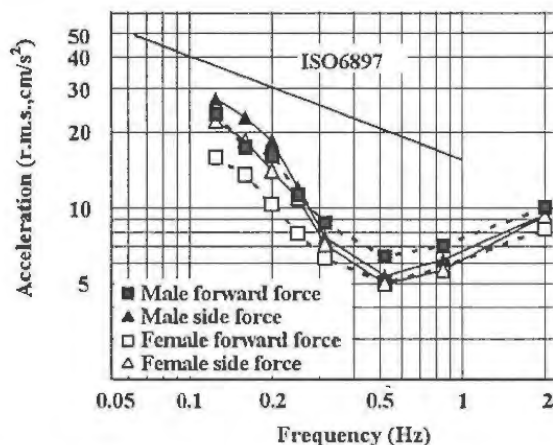


図4 直線描き作業と ISO 6897 の限界加速度

1. はじめに

新しい磁性体として注目されているネオジム-鉄合金は、その主成分が反応性に富む希土類金属であることから特異な危険性が懸念され、現実に発火事故も発生している。本研究では、ネオジム-鉄合金粉と、一般に不活性と考えられがちな物質との反応性を調べた。

2. 実験方法

C80D 熱量計 (密封セル・昇温) による熱分析と、密封容器内での発火実験を主として行った。熱分析は、空気、 O_2 、 N_2 、 CO_2 及び Ar (アルゴン) 雰囲気中でのネオジム-鉄、純ネオジム及び純鉄について行い、次にこれらに水を加えた場合の影響を調べた。試料容器の内容積約 6 mL, 試料量約 50mg, 気相圧力は $30^\circ C$ で大気圧, 昇温速度は $0.5^\circ C/min$ とし、温度は $300^\circ C$ まで上昇させた。

堆積粉の発火実験に用いた密封容器は、円筒部がガラス製で内径・高さが 140mm の円筒形で、内部に試料容器 (小型ルツボ), 加熱装置, 熱電対などを備えている。所望のガスを満たした容器内で、試料約 1g を入れたルツボの底を加熱し、所定の温度に達した時点で一定量の水を滴下させて発火の有無を観察し、また、反応後の気相の組成を分析した。これらの実験に用いたネオジム-鉄合金粉は、鉄とネオジムの成分比が約 2 : 1 で、他にコバルトなどを含み、平均粒径は $5.9 \mu m$ である。

3. 実験結果

図 1 に熱分析結果の例を示す。ネオジムは空気中及び酸素中で $260^\circ C$ に小さな発熱ピークを示し、 $300^\circ C$ 付近で酸化による明確な発熱を示す。鉄につ

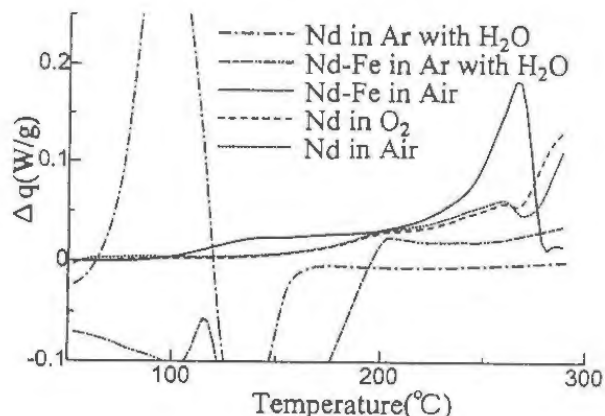


図 1 熱分析結果の例

いては発熱は認められない。こうした挙動は、ネオジム表面に酸化被膜が形成され、酸素が粒子 (平均径 $93 \mu m$) の内部まで拡散しにくいと考えられる。ネオジム-鉄合金粉の $260^\circ C$ での発熱ピークは、空気中でも酸素中のネオジムよりも大きく、粒径の影響と、合金となったための酸化被膜の特性の影響が示唆される。一方、ネオジムに水 ($15 \mu L$) を加えたときの挙動は全く異なり、たとえば Ar 雰囲気では、発熱ピークの温度は $100^\circ C$ 付近にまで低下し、かつ発熱量・発熱速度ともに空気あるいは酸素中 (水のない場合) に比して格段に大きくなった。 CO_2 中での挙動もほぼ同じであったが、 N_2 中では発熱ピーク温度は $130^\circ C$ 付近に上昇し、発熱量はさらに増大した。

密封容器中の実験では、ネオジム-鉄合金粉に水 ($1 mL \sim 10 mL$) を加えて加熱した場合には、 N_2 、 CO_2 及び Ar のいずれの雰囲気でも水の蒸発だけが見られた。しかし、予め加熱した合金粉に水を添加した場合には、無酸素の雰囲気中에서도 $290^\circ C$ 以上の加熱温度において、空気中 (水なし) と同様な赤熱が見られ、反応生成物中には水素の生成が認められた。このときの固相の増量 (酸化物の生成を仮定して、酸素のモル数に換算した値) と、発生した水素のモル数の関係をプロットしたのが図 2 である。水の組成 (水素と酸素のモル比 2 : 1) に極めて近い直線関係があることから、合金粉が水の酸素を奪って酸化される反応であることが分かる。

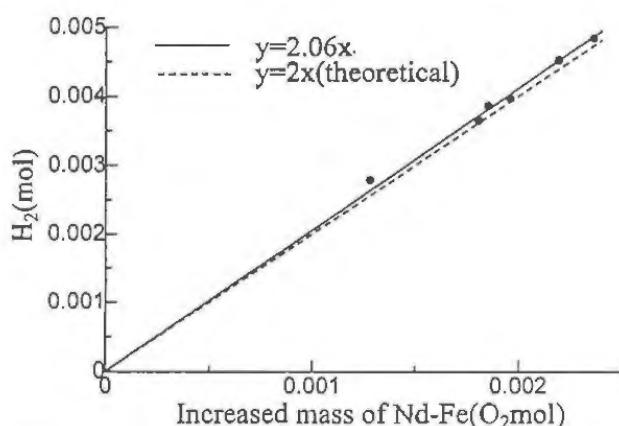


図 2 ネオジム-鉄合金と水の反応生成物の量

4. まとめ

ネオジム-鉄合金粉の危険性として、高温下で水と接触すると、たとえ雰囲気中に酸素が存在しなくても、水の酸素を奪って発熱するおそれのあることが分かった。また、このとき水素が発生するので、その燃焼・爆発の危険性も考慮する必要があることを示す結果が得られた。

1. はじめに

活性炭は、多くの業種で様々な物質の吸着除去に用いられているが、吸着の際に発熱し、また吸着物質によっては発火温度が低下するため、活性炭に関連した火災・爆発事故も発生している。本研究では、活性炭に可燃性のガス、有機溶剤の蒸気あるいは溶剤自体を吸着させた場合について、DSC測定と、クルップ式装置による発火温度測定を行い、吸着による発熱特性の変化を調べた。

2. DSC測定

気相処理用の活性炭に、有機溶剤を液体のまましみこませた試料と有機溶剤の蒸気を吸着させた試料についてDSC測定を行った。前者では明瞭な発熱が見られたのはごく一部であった。後者では、表1に示すように数cal/gと僅かではあったが、未吸着品にはみられない発熱が確認された。

表1 有機溶剤の蒸気を吸着した活性炭のDSC測定による発熱開始温度と発熱量

蒸気\試料	粉状A	粉状B	粉状C
未吸着	—	—	—
ペンタン	—	—	—
アセトン	—	72.5 (8.2)	143.1 (3.1)
ベンゼン	94.2 (5.6)	89.9 (8.5)	—
トルエン	216.7 (6.5)	152.0 (9.7)	214.2 (2.5)

上段：発熱開始温度(℃)，下段：発熱量(cal/g)
 —：測定した範囲では発熱がないか、または発熱が不明瞭であることを示す。

3. 発火温度の測定

図1は、有機溶剤の蒸気を吸着させた粒状活性炭の温度と発火遅れ時間の関係である。溶剤蒸気の吸着の影響は明確ではなく、むしろ吸着していた溶剤蒸気の脱着熱のせいで、同じ発火遅れ時間を与える温度は溶剤蒸気を吸着した活性炭の方が高い場合が多かった。また、活性炭から脱着した溶剤蒸気が発火して瞬時的に火炎を生じる場合を除けば、火炎は

発生しなかった。すなわち、活性炭の粒子それぞれが独立に赤熱して無炎燃焼するだけであり、ある粒子の無炎燃焼が周囲に伝播して試料が一時に燃え上がることはなかった。このように、個々の粒子の無炎燃焼の発生を発火と定義したため、発火遅れ時間の測定値は大きくばらついた。

同じ粒状活性炭を粉碎したものについて、図1と同様な関係を求め、それぞれの溶剤蒸気に対する回帰直線の式から算出した発火温度を表2に比較した。熱の伝導が良好であるために、発火遅れ時間が短い場合には粉碎した試料の方が発火温度は低くなると考えられ、表2はこれを裏付けている。一方、実測時に発火が確認された最低温度は、放熱と試料の消耗のためか、粒状試料の方が低かった。

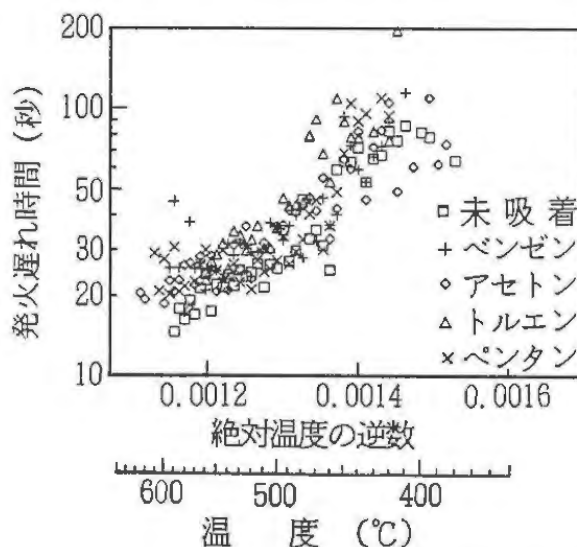


図1 有機溶剤蒸気を吸着した粒状活性炭の温度と発火遅れ時間の関係

表2 粒状活性炭とこれを粉碎した試料に有機溶剤蒸気を吸着させた場合の発火温度(℃)の比較

試料	吸着蒸気	発火遅れ時間			
		4秒	10秒	30秒	60秒
粒状	未吸着	829	652	502	430
	アセトン	966	719	527	440
	トルエン	771	647	532	474
	ベンゼン	912	696	522	441
	ペンタン	577	531	481	453
粉碎物	未吸着	596	575	550	535
	アセトン	644	610	572	550
	トルエン	564	552	539	530
	ベンゼン	603	584	563	550
	ペンタン	589	567	542	527

1. はじめに

我が国の過去約40年間の粉じん爆発事故統計によると、軽金属粉による爆発事例数が最も多く、火傷による負傷、死亡者数も極めて多い。その理由の一つは、これら軽金属の空気中での燃焼熱が140 kcal/mol. と比較的大きく、反応性が高いことにあることはよく知られている。また、アルミニウムやマグネシウムで代表されるそれら軽金属の粉じんの燃焼や爆発危険性については、従来多くの研究が行われてきたが、粉じん爆発危険性データの大部分は1ℓ程度の小さな爆発容器を用いて測定されたもので、これらのデータに基づいた危険性の評価についてはその正当性に疑問がある。一方、最近の事故の一つに、マグネシウム合金の粉砕中に粉じん爆発に至った例があるが、この工程では炭酸ガスを雰囲気ガスとして使用していた。この事例に関連して、種々のガス中でのマグネシウムの反応性についても疑問があるので、最近の新しい爆発試験装置を用いて空気、窒素及び炭酸ガス雰囲気中におけるマグネシウムの粉じん爆発危険性を再検討した。

2. 実験装置と測定方法

爆発試験装置は、ASTMにその仕様及び測定方法が規定されている容積20Lの球形試験装置で、エネルギー10kJの着火剤を用いて起爆した。

粉体試料は粉砕物で、顕微鏡観察によるとエッジや破砕面が見られる。2種類の試料a, bの組成、体積（又は質量）中位径及び面積平均径はそれぞれ、(Mg: 99.8, 99.9wt.%), (37.1±0.5, 60.5±0.6 μm), (27.2±0.7, 52.3±1.2 μm)である。

3. 実験結果と考察

使用したマグネシウム試料は、いずれも粉じん濃度を3.0 kg/m³まで変化させても窒素中では爆発しなかったため、空気及び炭酸ガス中での結果を示す。図1は、マグネシウム試料aの粉じん濃度に対する爆発圧力及びKst（容積基準で表した最大圧力上昇速度、(dP/dt)_{max} V^{1/3})の変化を示す。

空気及び炭酸ガス中での最大爆発圧力はともに10.4barであるが、そのときの粉じん濃度は大きく異なる。マグネシウムの化学量論組成は、空気中で423, 炭酸ガス中で1,011g/m³であるため、いずれの場合もその約2倍以上の粉じん濃度で、最大圧力が達成される。試料bの最大爆発圧力は、空気中で

9.2, 炭酸ガス中で9.3barで粒径による差が見られるが、ガスによる差はほとんどない。

粉じん濃度に対するKstの変化は、炭酸ガス中では空気の場合よりも緩慢で、最大Kstは、両試料ともに空気中の値の約半分(184, 93bar.m/s)であることが分かった。

爆発後のガス分析の結果から、空気及び炭酸ガス中での主な反応はMgOの形成反応であることが分かる。しかし、空気中では約1,000g/m³以上の粉じん濃度になると、酸素が消費しつくされるが、高い燃焼温度に到達するため、窒素と反応して窒化物(Mg₃N₂)が少量ながら形成される。その結果、爆発容器を開放した際に、室内空気が侵入して、窒化物と空気中の水分とが反応して、NH₃臭を発生することが確認された。

一方、炭酸ガス中では燃焼生成物としてCOが形成されるが、CO₂及びCOの等量が燃焼生成物中に存在する場合は、最大爆発圧力が達成される場合に相当することが分かった。さらに、約1,000g/m³以上の粉じん濃度になると、COによるMgの酸化反応により炭素が形成される可能性があるが、燃焼残さの大部分は過剰Mgが気化してのち冷却したもので、少量の屑状炭素が認められるに過ぎなかった。

以上、マグネシウムの粉じん爆発危険性の一端について検討したが、引き続きその合金粉について検討する予定である。

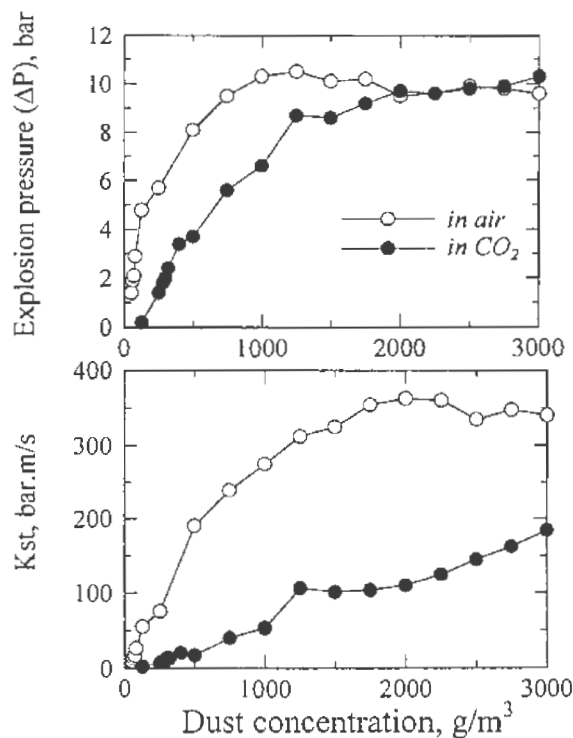


図1 空気及び炭酸ガス中におけるMg(試料a)の爆発性

物理工学安全研究部 大沢 敦, 田島泰幸
 化学安全研究部 松井英憲

1. はじめに

化学的に活性な原子・分子とくにラジカル種は化学反応に重要な役割を果たすことが知られており、レーザ誘起蛍光法を用いたラジカル測定が、半導体製造に用いられるプロセッシング用プラズマや燃焼火炎等の研究分野で盛んに行われている。ここで測定されるOHラジカルも可燃性気体の燃焼にもっとも重要なラジカル種の一つである。しかしながら、爆発の着火源となる大気圧下の放電におけるOHラジカルの測定の報告は見あたらない。そこで、本研究ではレーザ誘起蛍光法を用い、気中放電空間内のOHラジカルの二次元分布を測定した。また、この放電によって生成される励起種にどのようなものがあるのかを調べるために、分光測定(260-920nm)も行った。

2. 実験

OHラジカルを励起させる励起光はNd:YAGレーザで色素レーザを発振させたレーザ光である。この励起光の波長は色素レーザの波長調整およびダブリングによって、OHラジカルの共鳴吸収波長と同調させた。二次元分布画像の測定のため、この励起レーザ光を二つの円筒レンズによってシート状にして測定場に入射させ、これによって誘起されたOHの蛍光は、光学フィルタにより背景光を除去し、ICCDカメラを用いて検出した。

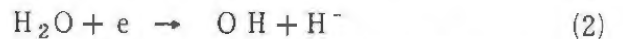
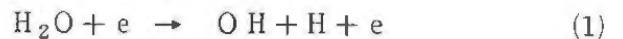
放電電極は、直径1.0mmのステンレス製針電極とアルミの平板電極で構成されている。放電電圧はキャパシタに充電され、パルス信号によって制御された高電圧リレーを通して針電極に印加される。

3. 実験結果および検討

図1に電極間隔3mm、印加電圧8.5kV(放電電流はピーク値で13.9mA)のときの放電スパークの発光の二次元分布を示す。図2にそのスパーク中のOHラジカルの蛍光の二次元分布を示す。なお、蛍光分布にはレーザ散乱光が含まれる可能性があるが、レーザの波長を変化させ、OHラジカルの共鳴波長とずらすことにより散乱光の有無が確認できるので、図2に示す画像はほとんどOHラジカルによる蛍光であると考えられる。発光分布は針電極近傍の球状の発光と、対向する平板電極の方向にのびた

ストリーマ部で構成されており、蛍光(OHラジカル)分布は針電極近傍が強く、平板電極にのびたストリーマ部にはわずしか存在しないことがわかる。これは、針電極近傍に電界が集中するため、その付近に高エネルギーの電子が存在するからであると考えられる。

空気中の放電にも関わらずOHラジカルの存在が検出できたのは、実験雰囲気湿度は70%であり、分光測定結果(表1)より、水分子が十分含まれていることが確認されたことから、次に示す(1)あるいは(2)の過程により、空気中に含まれる水蒸気の電子衝突解離によって、OHラジカルが生成されているためと考えられる。



このように、本結果は放電着火の初期過程では、電子衝突が重要な役割を果たしているであろうことを示している。今後は電子衝突に着目して、放電着火機構を解明する計画である。

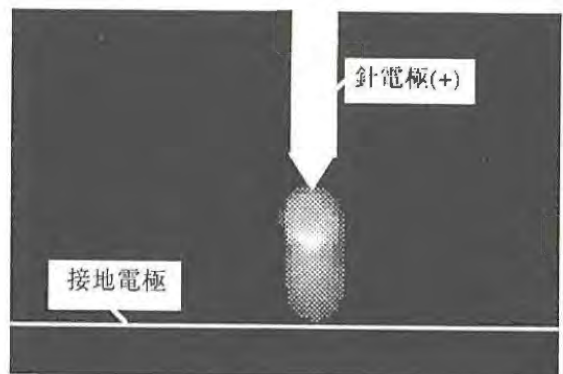


図1 放電スパークの発光分布

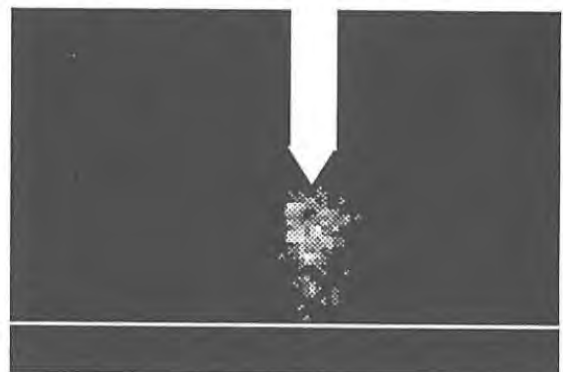


図2 放電スパーク中のOHラジカル分布

表1 放電によって生成される励起種

molecule	N ₂ , O ₂ , C ₂ , H ₂ O, CO, H ₂
ion	O ⁺ , N ⁺ , O ₂ ⁺ , N ₂ ⁺ , CO ⁺ , CN ⁺ , NH ⁺ , H ₂ O ⁺
radical	(H), (O), (N), OH, (NO), NCO, CN, CH ₂ O

化学薬品類の上限保管温度の測定
 一疑似AC型固体薬品類のSADT値の測定一

化学安全研究部 琴寄 崇

1. 疑似AC型固体薬品とは

この種の薬品は T_s (s はstarting) なる温度の雰囲気曝されると、少しずつ融解しつつ T_s まで温められて行くが、試料温度が T_s に到達(つまり融解が終了)すると、突然自己発熱を開始するという挙動を示す。このような発熱挙動は真のAC型薬品類(自触媒により発熱分解反応を起こす薬品類)のそれに酷似しているため、この種の薬品を疑似AC型(pseud-autocatalytic decomposition type)と呼ぶ(図1参照)。

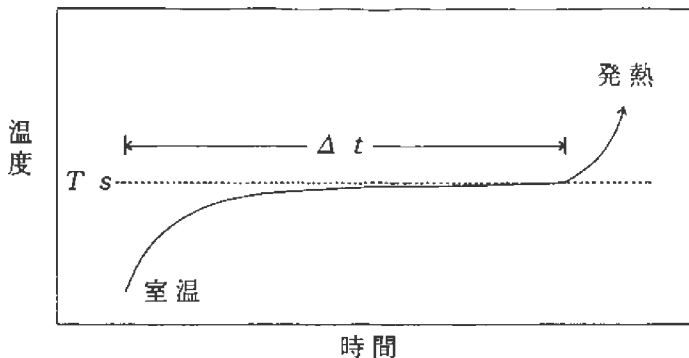


図1 疑似AC型固体薬品類の自己発熱挙動

2. 固体薬品類の熱分析曲線とそれらに適用される熱爆発条件式の間関係

疑似AC型固体薬品類のそれを含めて、固体薬品類の熱分析曲線と自己発熱挙動の型及びそれらに適用される熱爆発条件式の間関係を図2に示す。

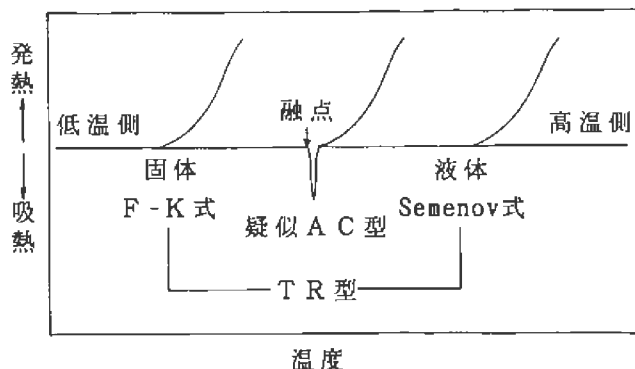


図2 固体薬品類の熱分析曲線と自己発熱挙動の型及び適用される熱爆発条件の間関係

すなわち、当該薬品の発熱開始温度と融点の相対的關係によって自己発熱挙動ひいては適用される熱爆発条件式が定まるのであり、疑似AC型の固体薬品類は融解という相変化を伴って発熱分解するた

め、その速度はArrhenius式に従わないので、Frank-Kamenetskii式ないしSemenov式を適用してその T_c 値を計算することはできない。その代わりに、図1に示したようなAC型(疑似及び真の両方を含む)薬品の場合については、発熱開始までの時間を雰囲気温度の関数として表すことができるので、AC型薬品の T_c 値をSADT試験値(7日後に自己発熱を開始する雰囲気温度)として表現することが一般に行われている。

3. 実験手法の概要

図3に示すように、中央に孔の開いたアルミブロックを一定温度(T_s)に保っておき、約2 mLの固体試料を詰めたガラス製密封セルを孔の底に挿入した後、挿入開始から試料の自己発熱が始まるまでの経過時間(Δt)を測定する。

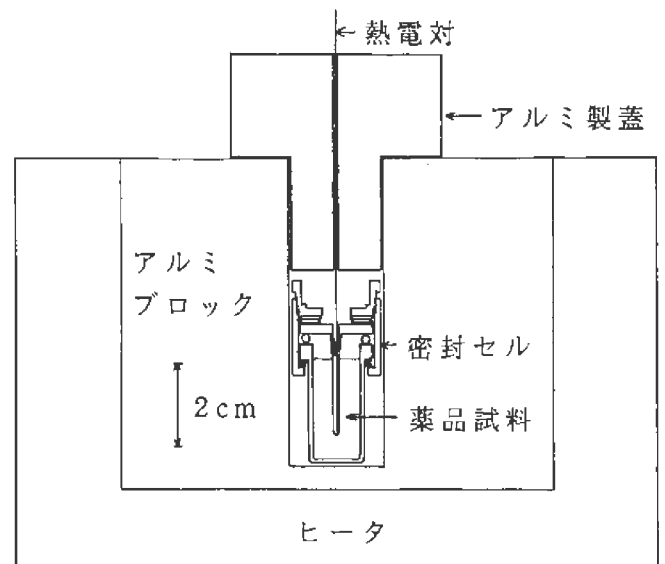


図3 アルミブロック長期定温貯蔵試験装置

4. 結果

5種の疑似AC型固体薬品について、本測定によるSADT値と実測SADT値の比較を表1に示す。

表1 本測定値と実測値(いずれも $^{\circ}\text{C}$)の比較

薬品名	本測定値	実測値
2,2'-Azobis(4-methoxy-2,4-dimethylvaleronitrile)	28	-
Lauroyl peroxide	48	45
Benzenesulfonyl hydrazide	81	-
p-Toluenesulfonyl hydrazide	83	87
Pentaerythritol tetranitrate	116	-

反応操作条件の反応速度への影響

化学安全研究部 藤本康弘

1. はじめに

化学プラントでは、不適切な反応条件の設定あるいは設備の故障等の設備・操作面でのトラブル（運転条件のトラブル）が暴走反応を引き起こし、重大事故にいたる例が少なくない。ここでは運転条件のトラブルとして、添加中に攪拌が停止して反応薬品が2層に分離した状態で攪拌を再開するような状況を、反応熱量計を用いて再現した実験の結果を報告する。

2. 実験および結果

実験は、メトラー・トレド社の反応熱量計RC1を用いて行った。装置の概要を図1に示す。

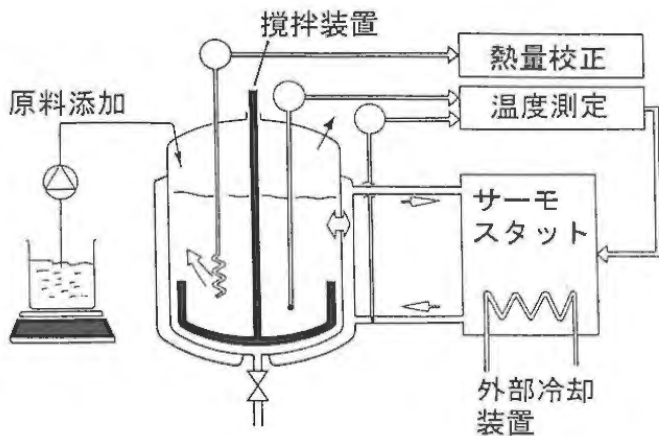


図1 反応熱量計 RC1

実験1では、添加する薬品があらかじめ反応容器に入っている薬品の下に沈んでいく例として、ベンゼンのニトロ化反応を選び、ベンゼン(比重0.9)中に混酸(比重1.6)を添加した。実験2では、添加する薬品が沈む場合と反応容器内の薬品の上に浮く場合の比較をするために、酢酸のベンゼン溶液と水酸化ナトリウムの水溶液の中和反応を行った。

2.1 実験1 ベンゼンのニトロ化反応

ベンゼン1リットルの入った反応容器に、硫酸と硝酸の混酸(重量比1:1)40gを添加した。ここで、120rpmで攪拌しながら添加した場合と、30rpmで攪拌しながら添加した後に攪拌速度を120rpmに増した場合との反応熱の発生状況を比較したが、大きな違いはなかった。

混酸添加中の反応状況を観察すると、低速(30rpm)で攪拌している場合でも混酸は沈降しながら激しく反応している様子がうかがえ、このため攪拌の影響が出ないものと思われる。

2.2 実験2 酢酸と水酸化ナトリウムの中和反応
酢酸のベンゼン溶液に水酸化ナトリウム(NaOH)水溶液を添加した場合(添加薬品は沈む)と、NaOH水溶液に酢酸のベンゼン溶液を添加した場合(添加薬品は浮く)について、添加後に攪拌速度を増すことの影響を検討した。

ベンゼン1リットル(酢酸1molを含む、比重0.9)中に水溶液200g(NaOH 0.5molを含む、比重1.1)を添加した場合、攪拌速度が添加当初から120rpmの場合と、添加中は30rpmで、添加終了後に120rpmに回転数を増した場合とで、反応熱の発生状況には大きな違いはなかった。

次に、水溶液1リットル(NaOH 1molを含む、比重1.0)中にベンゼン200g(酢酸0.5molを含む、比重0.9)を添加した場合、ベンゼン溶液添加中の攪拌速度が添加当初から120rpmの場合に比べて、添加中の攪拌速度が60rpmの場合および30rpmの場合は、添加中に発生する反応熱は、攪拌速度が遅いほど小さくなった。これは、初めに添加された酢酸のベンゼン溶液がNaOH水溶液の上に層を作るので、その後で添加された酢酸のベンゼン溶液が下層のNaOH水溶液と混じりにくくなり、酢酸とNaOHとの中和反応が進みにくくなるためと考えられる。

添加後に120rpmに攪拌速度を増すと、未反応の酢酸とNaOHが反応し、添加中の攪拌速度が遅いほど大きな反応熱が発生した(図2)。

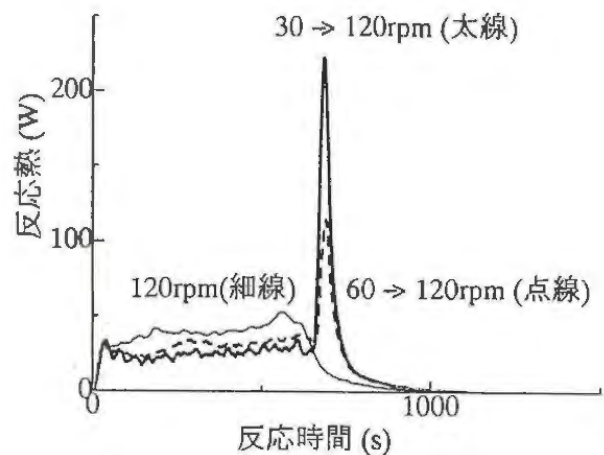


図2 NaOH水溶液に酢酸のベンゼン溶液を添加した場合の攪拌速度の影響

3. まとめ

今回の実験により、攪拌の再開時に未反応の薬品が急激な反応が起こすことによる事故の危険性は、添加する薬品の比重が反応容器にあらかじめ入っている薬品より小さいと高くなることが確認できた。

1. はじめに

有機溶媒の危険性としては、これまで引火による火災・爆発の発生が問題とされることが多かったが、溶媒によっては分解危険性や溶質との反応危険性などに起因する事故を引き起こすことがある。

筆者らは先にクロロヒドリン類のうちエピクロロヒドリン (ECH) のジメチルスルホキシド (DMSO) 溶液の熱危険性を報告した¹⁾。ここでは、1,3-ジクロロ-2-プロパノール (13DCP), 2,3-ジクロロ-1-プロパノール (23DCP) 及び3-クロロ-1,2-プロパンジオール (3CPD) とDMSOとの混合液の熱危険性について報告する。

2. 実験方法

熱危険性の測定には、TAインスツルメンツ社製の910型加圧DSC装置を用いた。試料容器はステンレス製の密封容器を用い、試料量は1～3 mg, 昇温速度は10°C/minとした。

3. 実験結果

図1は、ジクロロヒドリン (DCH) である13DCP及び23DCPが単独の場合と、これらをそれぞれDMSOと混合した場合のDSC曲線を示したものである。13DCP単独では313°Cでピークを持つ発熱があり、DMSO単独では主たる発熱のピーク温度は324°Cであるが、両者の混合液では主たる発熱のピーク温度は238°Cとなっており、混合によって各成分のいずれよりも発熱ピークが低温側に移動していることが分かる。この傾向は23DCPにおいても同様であり、主たる発熱のピーク温度が277°Cから249°Cに低下している。図2は、モノクロロヒドリン (MCH) である3CPDについて同様な測定を行った結果を示したものであり、主たる発熱のピーク温度は3CPD単独の場合で246°C, DMSOと混合した場合で236°Cであり混合による顕著な影響は現れていない。

図3は、クロロヒドリン類とDMSOとの混合液のDSC曲線を既に報告したECHの場合¹⁾を含めてひとつの図に示したものであるが、そのピーク温度の比較から、ECHとDMSOとの混合液における一段目の発熱ピークはECHからDCH及びMCHが生成する反応によるものであり、二段目の発熱ピークは生成したDCH及びMCHがさらに分解する反応等によるものであると考えられる。

- 1) 安藤・森崎：第21回安全工学シンポジウム予稿集, 58 (1991)

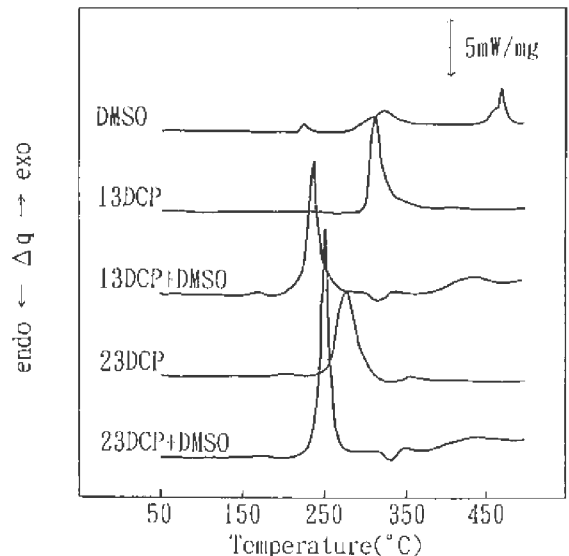


図1 ジクロロヒドリン/DMSO混合液のDSC測定結果

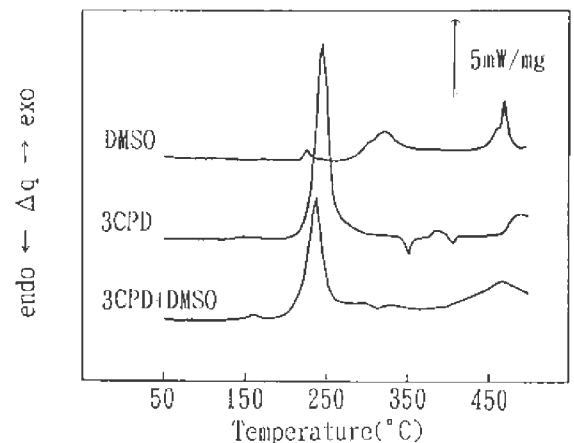


図2 モノクロロヒドリン/DMSO混合液のDSC測定結果

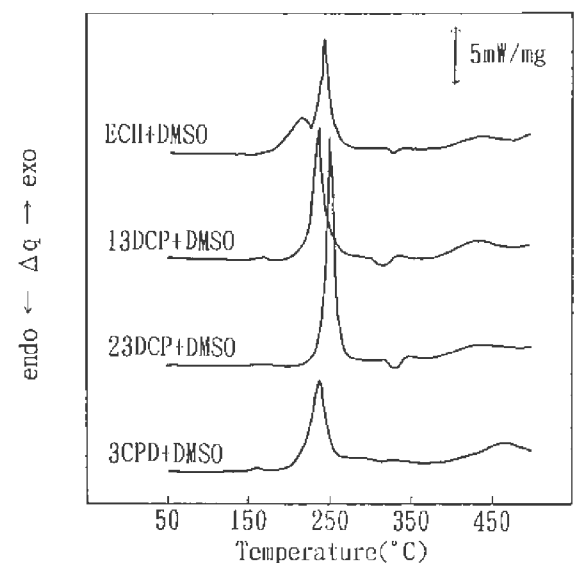


図3 エピクロロヒドリン/DMSO混合液のDSC測定結果との比較

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

— 液状物質の引火性簡易判定試験法と引火温度範囲簡易測定法 —

化学安全研究部 松井英憲, 大塚輝人

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、条約に対応した国内法令が施行された。これらの法令に規定された危険有害性のうちの火災爆発危険性について、規制対象物に該当するか否かを予備的に簡易に判定する試験法を提言することにより、法令の円滑な処理に寄与することを目的として、前年度より研究を進めてきた。

本年度は、液状物質の引火性簡易判定試験法と引火温度範囲簡易測定法について実験を行った。

2. 液状物質の引火性簡易判定試験法

簡易判定試験法として、灯心引火試験とシャーレ引火試験を提案した。灯心法は、試料にガーゼ片を浸し、ピンセットで摘んで市販のガスライターの炎を1秒間接炎し、そのあと燃焼が5秒以上持続するかを見る。これによって、試料物質が引火性を有する（引火点がある）か否かが判定できる。シャーレ法は灯心法で引火性有りと判定された試料について、シャーレ内に約2 mlの試料を入れ、液表面

に炎を1秒間接炎させたあと、燃焼が5秒以上持続するか否かを見る。これにより、試料物質の引火点が常温より高いか低いかが分かる。このような簡易法を導入した液状物質の引火性判定のフローを図1に示す。

液状の試料57物質について、タグ式引火点試験及び簡易判定試験を行った結果、アルコール水溶液の一部を除いて、簡易判定法による判定結果は、バーゼル条約対応の国内法令に定めるタグ式引火点試験法による判定結果と矛盾せず、引火点が40~60℃の物質を除けば、試験を行ったすべての液状物質の引火性を簡易に判定できることが確認された。

3. 液状物質の引火温度範囲簡易測定法

有機溶剤などの真の引火温度は、液面上の飽和蒸気濃度が爆発下限界に相当する液温の場合に得られる。これを下部引火点といい、爆発上限界の蒸気濃度に相当する液温を上部引火点といい、上・下部引火点の間の温度域を引火温度範囲という。今回開発した簡易な密閉式気液平衡型引火温度範囲測定装置の概略を図2に示す。本装置による下部引火点の測定値は、タグ引火点より数℃低い値を示した。いくつかの引火性液体について、本装置による測定結果をタグ引火点と対比させて表1に示す。なお、灯油やシンナーは市販品の一例であり、こうした混合物の引火点は組成により異なる。

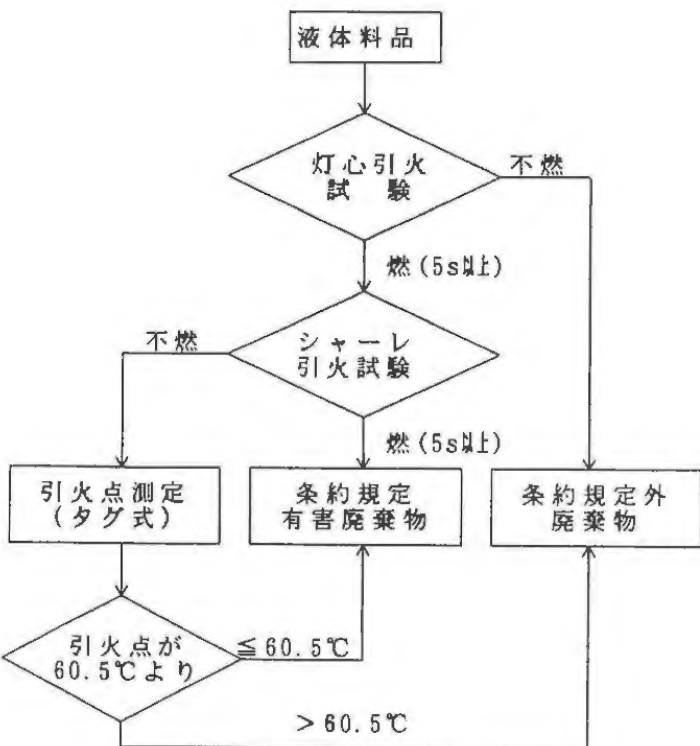


図1 液体廃棄物の引火性判定のフロー

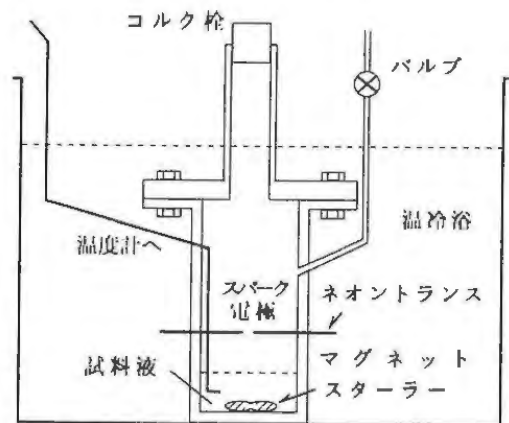


図2 密閉式引火温度範囲簡易測定装置

表1 引火性液体の引火温度範囲(℃)

物質名	タグ引火点	下部引火点	上部引火点
酢酸	40	34	61
パラキシレン	26.5	22	58
ペンタフルオロプロパノール	なし	33	47
灯油(市販品)	40	33	78
シンナー(市販品)	3.5	1	31

心室細動電流の周波数特性及び交流持続時間特性を表す回路モデル

物理工学安全研究部 山野英記

1. はしがき

電撃死のおもな原因である心室細動に対する許容限界は、人体電流の持続時間、周波数、波形等に依存して変化する。もしこれを回路モデルで表すことができれば、その応答により未知の許容限界を推定したり、安全装置において危険性を実時間で判定したりすることが可能になり、有用と考えられる。

そのためにはまず、許容限界の既知の変化が回路モデルで表されねばならない。ここでは、許容限界の周波数による変化（電撃の持続時間 d が心周期より大きい場合）及び持続時間による変化（50Hz、正弦波の場合）を表すモデルについて検討した。

2. 回路モデルの定数と周波数特性

図1に回路モデル（直列共振回路モデル）を示す。モデルの入力電流 $I_1(t)$ は人体電流（左手→右足）に対応する。出力電圧 V_2 は I_1 または $V_1 (=R_1 I_1)$ の関数であり、モデルでは電圧 V_2 がしきい電圧 E_t を超えると危険、すなわち $V_{2MAX} > E_t$ となる I_1 は許容されないと考える。

$I_1(t)$ を振幅 I_{1p} の正弦波とし、 $V_{2MAX} = E_t$ においてこれを満足する I_{1p} を求めると、これがモデルによる許容限界 I_{1pt} となり、次式で与えられる。

$$I_{1pt} = \left| \frac{R_2 + R_3 + Z}{R_2} \right| \cdot \frac{E_t}{R_1} \quad (1)$$

ただし、 $Z = j\omega L + R / (1 + j\omega CR)$ で、分子の $|R_2 + R_3 + Z| = Z_{ab}$ は R_2 を通る経路の全インピーダンスである。なお、 R_3 は許容限界の減少とともに減少する変数であるが、ここでは持続時間 d の関数とした。

モデルの定数は次のような手順に従って定めた。

(1) Kouwenhoven らの実験データから、各周波数における心室細動電流の周波数係数（商用周波数のしきい電流に対する比）を求め、これを $I_{ki} (i=1, 2, \dots, 14)$ と書く。ただし2Hzのデータは除外し、50Hz

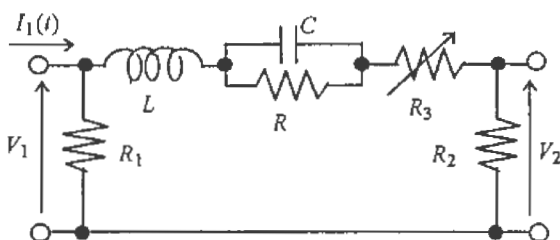


図1 回路モデル（直列共振回路型）

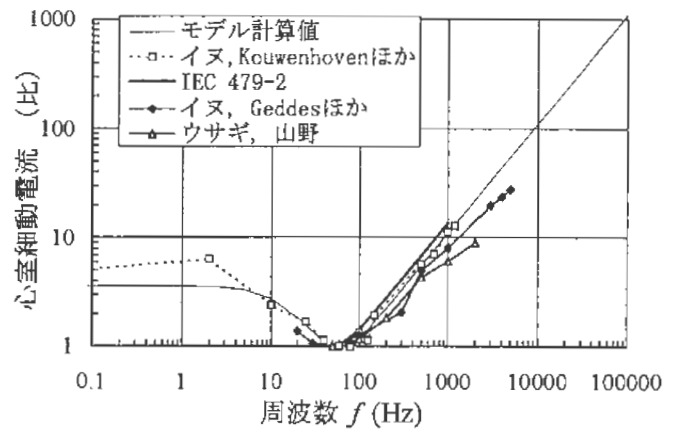


図2 許容限界の周波数による変化

に1を、また DC/AC等価係数 (IEC 479-1) に準じて1 mHzに3.75を追加した。

(2) モデルからの周波数係数を I_{mi} と書くと、相対残差平方和は、 $S = \sum \{ (I_{ki} - I_{mi}) / I_{mi} \}^2$ となる。ただし、50Hzにおける許容限界 $I_{p0} = \sqrt{2} \cdot 40 \text{mA}$ とした。

(3) 残差平方和 S を最小にする L, C, R, R_2 の値をMS ExcelのSolverを用いて求めた。ただし、 $R_1 = 10 \Omega, R_3 = 0$ と置き、 E_t は式(1)に $I_{1pt} = I_{p0}, f = 50 \text{Hz}$ を代入して算出した。

その結果、 $L = 3.503 \text{H}, C = 2.507 \text{mF}, R = 5443 \Omega, R_2 = 1712 \Omega, E_t = 0.4853 \text{V}$ となった。図2にモデルによる許容限界と実験値等との比較を示す。計算値は Kouwenhoven らの実験値によく合っており、IEC報告の曲線(50~1000 Hz)の値より少し小さい。

3. 持続時間特性

上述の結果と Biegelmeier の許容限界を用いれば、 R_3 を含むインピーダンス Z_{ab} は d の関数として表すことができる ($\omega = 2\pi \cdot 50 \text{ rad/s} = \text{一定}$)。すなわち、持続時間 $d = 0.01 \sim 0.2 \text{ s}$ の区間で $Z_{ab} = 24943 \Omega, d = 0.2 \sim 2.5 \text{ s}$ の区間で $Z_{ab} = 10^{(-\log d + 3.698)} \Omega, 2.5 \sim 10 \text{ s}$ で $Z_{ab} = 1995 \Omega$ となる。図3に、Biegelmeier の許容限界とモデルからの計算値を比較して示す。

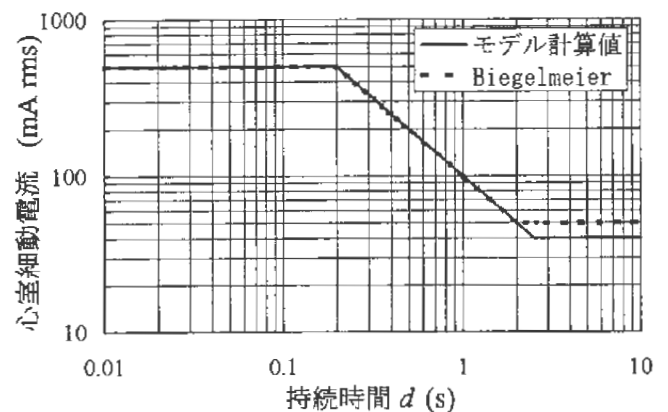


図3 Biegelmeierの許容限界とモデル計算の比較

高湿度下でプリント配線間に発生した銅マイグレーションによる生成物の検討

物理工学安全研究部 本山建雄, 市川健二

1. はじめに

電気機器の小型化に伴い、プリント配線間の距離が短くなり、配線間の絶縁性低下による制御機器の誤動作、火災などの危険性が大きくなっている。この原因の一つとして、配線金属が水分および直流電界の作用で溶出し、配線間に生成物を作り、絶縁性を低下させるイオンマイグレーション現象がある。絶縁性低下は生成物の電気特性に依存することから、生成物を調べる必要がある。ここでは、高湿度下でプリント配線板に発生した銅マイグレーションによる生成物を電子顕微鏡、光電子分光分析装置を用いて検討した。

2. 実験方法

測定した生成物は銅マイグレーションによるものであり、これはフェノール樹脂基材のプリント配線板（配線間隔 0.16mm, 印可電圧100 V dc）を恒温恒湿槽（40℃, 95% RH）に 240時間保持したときに生成されたものである。生成物の形状は電子顕微鏡で観察し、元素分析は光電子分光分析装置で行った。

3. 実験結果

図1は正・負の電圧が印加されている銅の配線間で発生したマイグレーションによる生成物の観察例であるが、生成物の形状が配線付近と配線間では異なることがわかる。

なることがわかる。

図2は、配線間の生成物を元素分析した例である。Cu, C, Oのほかにも汚れによるNa, Cl等のピークが得られているが、生成物は主に銅元素から構成されていることがわかる。これらの測定結果から次のような移行現象が推定される。

(1) 配線(+)付近及び配線間において銅元素が検出されるのに対して、配線(-)の外側(図1では右側)では銅元素が検出されないことから、銅元素は配線(+)から配線(-)方向に移動する。

(2) 配線(-)に到達した銅イオンは還元され、配線(-)に向かって樹枝状に析出するが、配線(-)に達しなくても銅元素は配線間で析出する。

これらのことから、絶縁性や耐電圧の低下は、配線間のマイグレーションによって絶縁材料表面に銅元素が移行するためであると推定される。

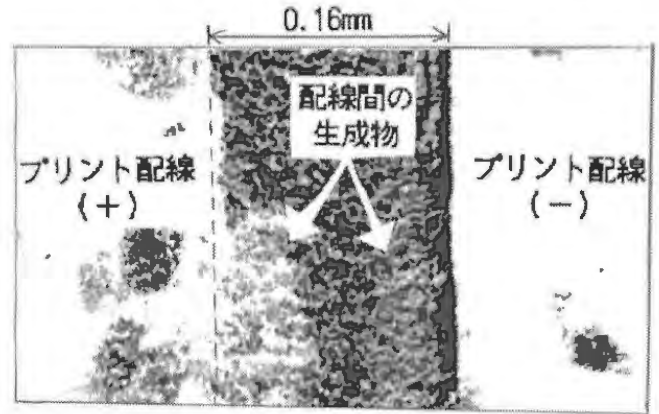


図1 マイグレーションによる生成物

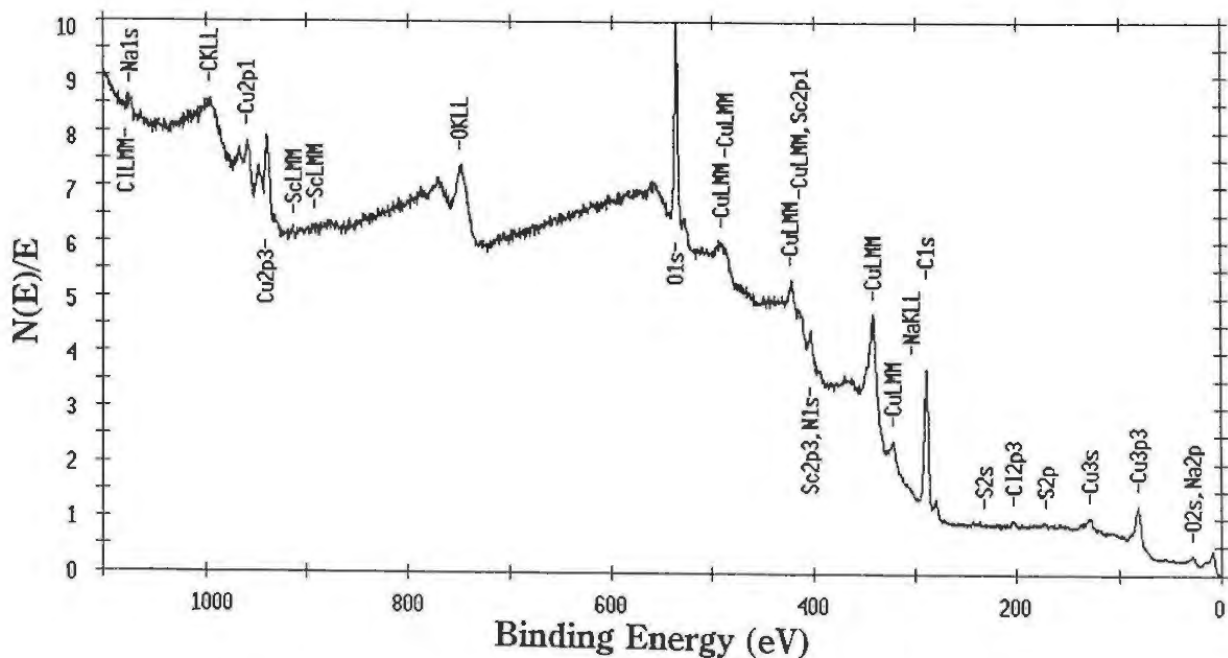


図2 銅マイグレーションによる配線間生成物の元素分析

1. 研究目的

配管輸送、攪拌等により静電気帯電した可燃性液体を貯蔵または取り扱うタンクにおいて、高液面警報装置のようにタンク天井に下方に突出して設けられた装置は、接地された突起電極となり、高電位に帯電した液面がこれに接近する際に、液面との間に静電気放電を生じ、液体の帯電量が大きい場合には、この放電は着火性の放電となる可能性がある。

本研究では、着火性放電を防止するため考案したPTFE(テフロン)ディスクを用いる放電抑制装置の効果をモデル実験により評価・検討した。

2. 実験方法

実験では、容量約100ℓの角形ポリエチレン製タンク(W640mm×D440mm×H380mm)に灯油約70ℓを入れ、帯電の分布をできるだけ均一にするため攪拌させながら、コロナ荷電装置の印加電圧を調整し、放電電極を液面から遠ざけた状態での液面電位が設定値を維持するようにした後、放電電極をほぼ一定速度(約1mm/s)で下降後、上昇させてパルス状の放電発生時の電極距離と、放電電荷量または放電電流ピーク値を測定した。なお、液面電位、放電電荷量および放電電流ピーク値はすべて負極性である。

3. 実験結果および考察

液面電位40kVにおける直径20mm、長さ55mmの金属円柱電極についての電極距離と放電電荷量を図1に示す。また、この電極の下端に直径80mm、厚み20mmのテフロンディスクを同軸に取り付けた放電抑制装置付き電極についての液面電位50kVにおける結果を図2に示す。なお、電極距離は電極先端から液面までの距離であり、マイナス符号は電極先端が液中につかっていることを示す。ただし、放電抑制装置付き電極についての電極距離はテフロンディスク下面から液面までの距離である。

図1に示すように、金属円柱電極の場合は、液面電位が40kVでも電極下端が液面より0~10mmの範囲にあると液面が電極に向かってもり上がる現象が起き、周期的に強い放電を起こし、その放電電荷量は最大100nCに達した。文献によると、液面電位が約60kV以上で、かつ放電電荷量が100nC以上のとき着火性放電が発生していることから、この放電は着火性放電に近い放電といえる。一方、図2に示すように、放電抑制装置付き電極の場合は、液面電位

が50kVでも放電電荷量は最大35nCに過ぎないことから、着火性放電は発生しない。ただし、液面電位が60kVになると、テフロンディスク上面が丁度液面に達するとき放電電荷量が最大100nCの着火性放電に近い放電が発生した。なお、放電電極としては直径が16mmと20mm、長さがそれぞれ35mm、45mm、55mmの6種類の円柱電極について、単独の場合および直径が60mmと80mm、厚みがそれぞれ20mm、30mmの4種類のテフロンディスクを各々組み合わせて取り付けられた場合の実験を行い、上述とほぼ同様な放電特性が得られた。以上の結果から、液面電位が50kV程度まではテフロンディスクによる着火性放電の抑制効果があることが確認された。

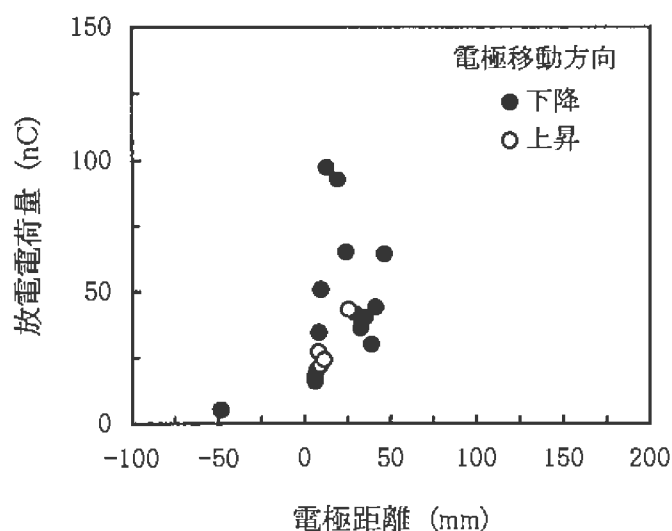


図1 円柱電極の放電電荷量 (液面電位:40kV)

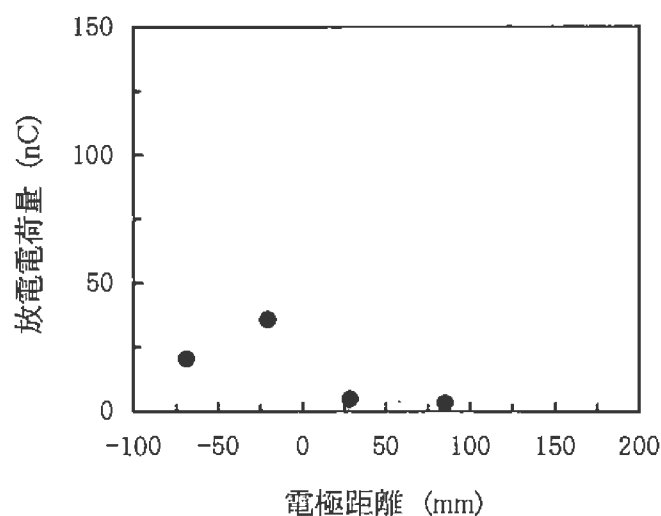


図2 放電抑制装置付き円柱電極の放電電荷量 (液面電位:50kV)

物理工学安全研究部 市川健二, 本山建雄

1. 研究目的

絶縁材料の誘電特性を評価するパラメータの一つに材料の絶縁破壊電圧(BDV)がある。BDVの試験方法は現在統一されておらず、各方法による測定が材料のBDVを必ずしも正しく評価していない。このような理由から、前年度はFRP材料についてBDVを測定する方法の開発を試みた。その結果、棒電極と試料との周囲状態がBDVの測定に大きく影響することを明らかにした。今年度はその根拠を説明するために、パーソナルコンピュータを用いて棒電極周囲のFRP材料の電界解析を試みた。

2. 解析方法

有限要素法によるマックスウエル2次元電界解析ソフト(Ansoft社製)を用いて、静電界での電位分布及び電界解析を行った。解析方法を図1に示す。

①の SolverでElectrostaticを指定し、②のdrawing plane で直交座標系を指定する。③で2次元の平面モデルをCRT上に作図し、④でモデル各部の材料特性と境界条件を入力する。このあとはコンピュータが自動的に計算し、解が収束しなければ分割メッシュ数等の変更を行い、計算を終了する。

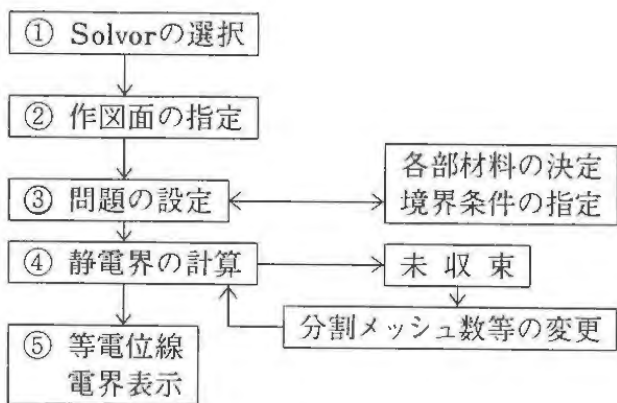


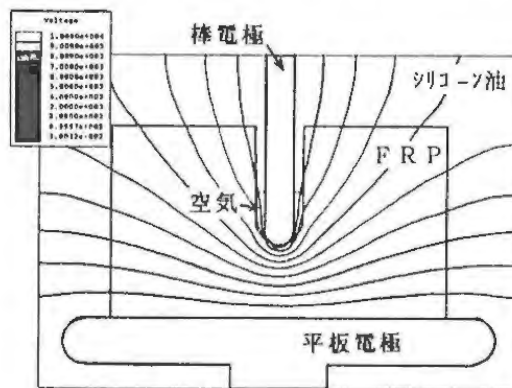
図1 電界解析ソフトによる解析手順

3. 解析結果

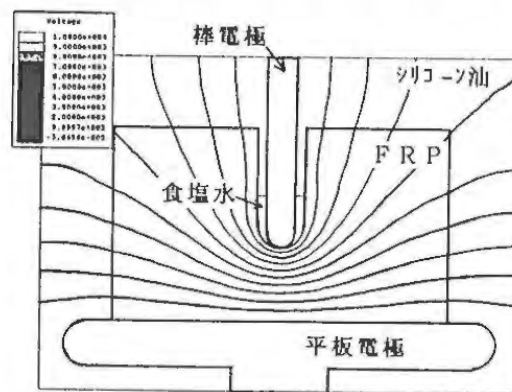
前年度の研究で、棒電極とFRP試料との隙間に空気や絶縁油が介在しているとBDVが低下し、メチレンクロライド($\epsilon' = 6.7$), ポリプロピレングリコール($\epsilon' = 14$), あるいは食塩水($\epsilon' > 80$)のようなFRPの比誘電率(約4~5)より大きい媒体が存在するとBDVが高くなることを示した。この理

由として、電極と試料との隙間に比誘電率の小さな物質が存在すると、比較的低い電圧で部分放電が発生し、これが電気トリリーの発生を早め、結果的にBDVを低下させていると推定した。

図2(a)は隙間に空気($\epsilon' = 1.0$)が存在する場合の電位分布を、図2(b)は食塩水が存在する場合の電位分布を示す。空気があると棒電極周囲の電位分布が密になることがわかる。そこで、棒電極先端直下のY軸方向の電界分布を求めると図3のようになり、棒電極周囲に空気が存在すると電界が高くなり、部分放電が発生しやすいことが立証された。



(a) 電極周囲に空気が存在する場合



(b) 棒電極周囲に食塩水が存在する場合

図2 棒-平板電極におけるFRP内部の電位分布

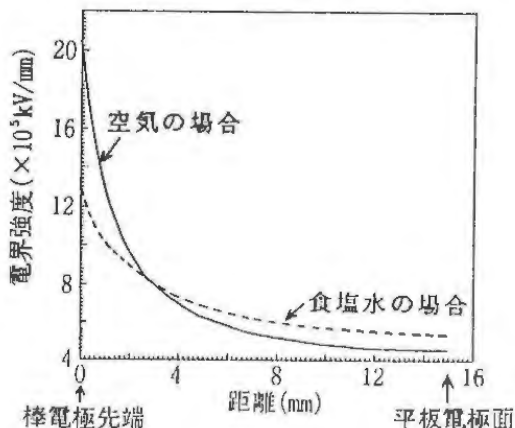


図3 棒電極先端直下の垂直方向の電界の強さ

1. まえがき

生産現場で電子機器の誤作動を引き起こす電磁ノイズ源には、インバータ機器、放電加工機等がある。ノイズ発生源近傍での電磁界の強度は場所的に大きく変動するために、測定するセンサの大きさや測定可能な電界強度の制約から測定データが少ない。ここでは、最近電界測定用に開発されたポッケルス効果を用いた電界センサによって、生産現場で問題となる放電加工機など、放電現象に伴う電界変化の基礎となる測定実験を行ったので、その結果について報告する。

2. 実験方法

放電加工機からの電磁ノイズは、時間的に変動する再現性に乏しい現象であるため、基礎的なデータの取得を目的に、放電発生には容量性放電回路を用いた。静電容量が約 1 pF の金属棒と直径 15mm の金属球で構成された模擬帯電物体を直流高電圧電源で充電後、直径 6 mm の金属製可動接地球を接近させて放電を発生させた。電界センサは、ダイポールアンテナと類似の形状で、アンテナは LiNbO₃ にチタンがドーピングされた導波路に接続されている。2本の導波路に電界が印加されると、電界強度に応じて誘電率が変化し、これらの中で干渉が発生する結果、アンテナで受信された信号に応じて導波路を通過したレーザー光の出力が変化する。アンテナファクタは、低周波では電界によってセンサに誘起した電荷の漏洩が原因となって大きくなるものの、500kHz 以上の高周波では 112.5 ± 1.5dB となっている。測定周波数帯域は 250MHz である。ここでは、電界変化のオーダを把握することを目的として、また、放電時の電界変化では誘導電荷の漏洩を考慮する必要がないという予備実験結果を踏まえて、アンテナファクタは 111dB の一定とした。なお、電界は天井から床方向をプラスとした。

3. 実験結果

図 1 には、帯電電圧 + 8 kV、放電点と測定点の高さが同一の地上高 81cm であって、これらの間隔が 15cm であるときの、放電時の鉛直方向の電界変化を示す。放電によって電界が約 1,400V/m 変化している。この変化に要した時間は約 20ns であった。図 1 の実験条件で、放電点と測定点の間隔のみを変化させたところ図 2 の関係が得られた。測定点が放

電点から離れるにしたがい電界の変化量は小さくなるが、この電界の変化は、電気双極子を用いた簡単なモデルによる計算によって、主に静電界によることがわかった。

一方、図 1 の実験において、測定点の高さのみを変化させた実験によって図 3 の結果が得られた。測定点が 93cm 以上では電界の変化量の符号が反対となっている。この結果は、電子機器の置かれた位置によって、電界による影響が異なることを示している。

以上のように、放電発生源近傍での実測によって電界変化量のオーダや変化のときの現象が把握でき、電子機器の誤作動対策の基礎資料を得ることができた。

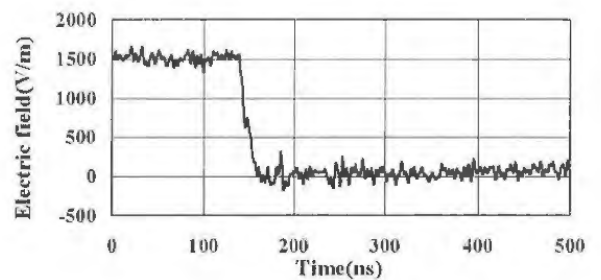


図 1 電界の変化

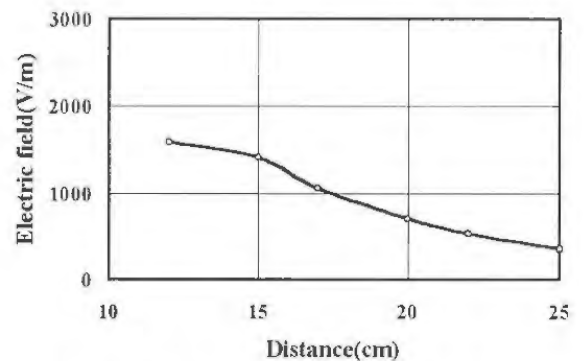


図 2 電界の変化量の距離依存性

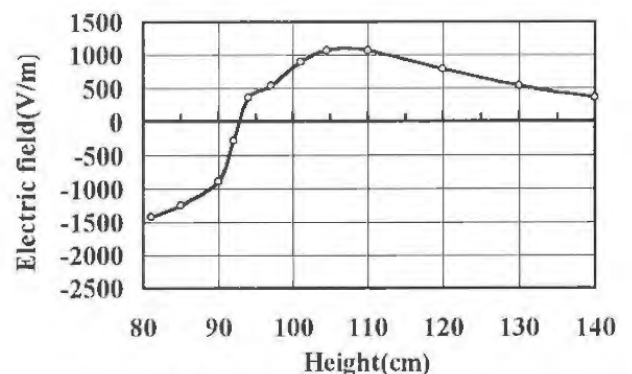


図 3 電界の変化量の高さ依存性

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 梅崎重夫, 杉本 旭

1. はじめに

近年、工作機械等の本質安全化に関連した国際規格としてISO規格や欧州安全規格が整備され、これらの規格を考慮した安全対策の実施が我が国でも強く望まれている。この対策にあたっては、機械制御回路の安全化手法や機械制御回路で使用する安全手段（可動ガード、安全装置、安全リレーや安全スイッチ等の部品類）に関する知識が不可欠である。そこで、当所の最近の研究成果等も加味した上で、上記内容を取りまとめたデータベースを作成した。

2. 回路の安全化手法に関するデータベース

機械の本質安全化に用いられる非常停止回路、再起動防止回路、ガードインターロック回路、行き過ぎ防止回路、電磁リレーや電磁弁の周辺回路等の安全化手法を示した。このデータベースでは、各回路の仕様、具体的構成、設計上の留意点等を述べたほか、故障の形態を単一故障、同時多重故障、非同時多重故障の3種類に分けて故障解析を行い、次のルールに従って故障対策のレベルを区分している。

レベル1:信頼性の十分高い部品を使って故障の頻度を減少させ、システムの安全を確保する水準。

レベル2:運転開始時または定期的にシステムの正常性をチェックし、異常が認められたときには機械を停止することにより安全を確保する水準。

レベル3:単一故障の発生時には機械が危険側の動作をしないようにして、安全を確保する水準。

レベル4:単一故障だけではなく非同時二重故障や非同時三重故障が起きたときでも、機械が危険側の動作をしないようにして、安全を確保する水準。

レベル5:レベル4に加えて、同時二重故障が起きたときでも、機械が危険側の動作をしないようにして、安全を確保する水準。

レベル6:レベル4に加えて、同時二重故障や同時三重故障が起きたときでも、機械が危険側の動作をしないようにして、安全を確保する水準。

3. 安全手段に関するデータベース

機械の本質安全化に使用される可動ガード（表1参照）、安全装置、安全リレー、安全スイッチ、論理IC等を対象に、装置の仕様や構造を示したほか、装置のフェールセーフ性を確認するために前述の故障解析法を用いている。また、このデータベースでは、タンパレジスト対策（作業による安全装置やインターロック関連機器の意図的な無効化を防止する技術）についても述べている。これは、我が国では、安全装置やインターロック関連機器を意図的に無効化したために災害に至る事例が多いからである。

表1 データベースの検索表の具体例

仕様		主な使用場所	構造
名称	ヒンジ式可動ガード	<ul style="list-style-type: none"> 一般工作機械、産業用ロボット、食品機械、搬送機械、印刷機械、成形機等のガードインターロック。 ガード内に人体全部が入るおそれのない機械。 	<p>ガードを開くと、シャフトに直結したカムが回転し、スイッチの位置を↓印の方向に押す。これにより接点が強制的に引き離されて、機械が停止する。</p> <p>図2 ヒンジ式可動ガードのスイッチの構造</p>
機能	ヒンジ式のガードを閉じない限り機械が起動せず、機械の運転中にガードを開いたときは直ちに機械の運転が停止する構造の可動ガード。		
構造	<ol style="list-style-type: none"> 可動ガードを開くと、シャフトに直結したカムが回転しスイッチを押す。これにより、接点が強制的に引き離されて、機械が停止する。 仮にスイッチの接点が溶着したり、バネが破損したときでも、作業者がガードを開くときの力によって接点を強制的に引き離すことが可能。 作業者がスイッチを意図的に無効化できないように、スイッチは蓋で完全に覆われており、蓋は特殊な工具を用いなければ、開けることができない。 接点間の短絡を防止するために、接点間は遮蔽板で隔離されている。 		

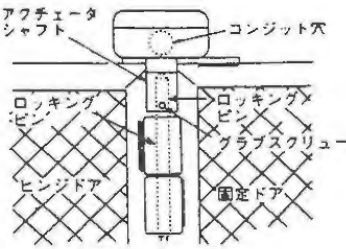
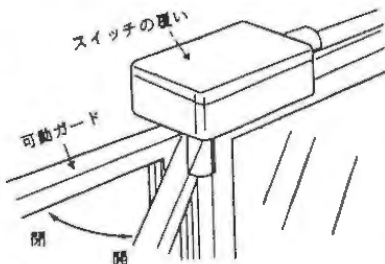


図1 ヒンジ式可動ガードの適用例

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 深谷 潔

1. はじめに

社会全体の高齢化とともに労働力の高齢化も進んでいるが、それに伴い中高年齢者の労働災害が問題となっている。50歳以上の中高年齢労働者の災害の全災害件数に対する比率は増加しつつあり、平成5年度においては45%を越えるまでになった。また、高年齢者の災害の特徴として、若年者より傷害の程度が大きくなる傾向がある。このような状況において、特に高齢化に配慮した安全対策が必要となってきている。

当研究所においても、「高年齢者の安全確保のため機器及び作業システムの開発に関する特別研究」等の研究を行ってきたが、すべての問題が解決したわけではない。今後の高齢者の安全対策のために必要となる研究課題の抽出と安全対策立案に資するために、高齢者の人間特性、人間の特性の年齢変化、高齢化に対する安全対策とその考え方等のデータベース化を行っている。

2. データベースの概要

データベースは3部構成とする。

第1部は、一般的な高齢者の安全対策をまとめたもので、対策を考える上での基本的事項を示す。(表1参照)

第2部は、高齢化に伴う人間特性の変化を示すデータ等を集積するもので、活用の便利のために、知覚特性、身体特性、精神特性等に分類し、文献等からの情報を整理する。

第3部は、データの索引及び引用文献・参考文献のリストであり、高齢者の特性について、何が明らかになっており、何が未解決であるかを明確にできるようにする。

これらのデータをパソコン上の電子ファイルとし、検索や分析を容易に行えるようにする。

3. 研究課題の抽出方法

これらのデータを分析することで、今後の高齢者の安全問題を考える上での研究課題が浮かび上がる。

まず、安全対策についての諸説を比較して異説があれば、そのどちらが正しいかを明らかにするという研究課題が出てくる。

それと同時に、人間の特性データのリストを安全の観点から整理することで、不足しているデータが

見えてくる。

たとえデータがあっても、古くなっていて使用できないものについては、新たにデータを補うことも研究課題となる。例えば、日本人の身体寸法は食生活の変化に対応して大きく変わってきている。また、安全に関係の深いと思われる作業における特性も、メカトロ化により作業形態が大きく変化している。この意味で、それぞれのデータ適用性についての検討が可能のように、索引では原典の年代を明らかにすることが必要である。

4. 高齢者の安全対策の考え方

中高年齢者の安全対策の基本方針として最も一般的なものは、高齢化に伴い低下する心身の機能を補うという考え方である。これは、逆にいえば若年者ならば事故にならないということを前提にするものである。しかし、高年齢者以外でも事故になることを見れば、これが必ずしも正しくないことは明らかであるが、高年齢者の年千人率(労働者千人当りの死傷者数)が高いことに見られるように、高齢化したために事故となる要素があることも事実である。特に、転倒事故は、平衡能力の低下と密接に関連する。

このデータは主に人間特性の側からのデータであり、必ずしも安全には直結しないが、事故と関連付けることで、安全と結びつく。

一方、本来事故と高齢化は関係してはならないという考え方もある。例えば、本質安全化の考え方は、いかなる人間が作業についても事故とならない作業システムを構成することを目指すものである。しかし、この考え方においても、人間特性のデータが必要ないわけではなく、柵の寸法やプレス作業の安全距離などは、人間の身体特性に基づいて定める必要がある。この必要性は安全の立場から生じるもので、研究課題の策定には、このような安全側からの需要を検討することが不可欠である。

今後、この2つの考え方を分析して、今後行うべき研究課題を明らかにしたい。

表1 「加齢」と「心身機能」の関係

- 生理的機能(特に視覚・聴覚・触覚・嗅覚など、感覚機能とよばれるものや平衡機能など)は30歳代から低下が始まる。
- 筋力は、下半身からまず脚力の低下で始まり、手の指先の筋力低下はもっとも遅い。
- 訓練によって得た能力(知識・技能)は、長期間使用するほど維持できる期間が長い。
- 経験と技能の蓄積は熟練を構成し、より高度で複合的な作業能力を生む。

機械システム安全研究部 桑川壮一, 杉本 旭
梅崎重夫, 池田博康

1. はじめに

機械安全に関する体系的な海外規格としては、欧州（EU）において1993年より施行されている欧州統一規格（EN規格）が代表的なものである。EN規格はEU域内では欧州指令に基づく強制規格として制定されており、1995年からは流通に必須の条件であるCEマークを取得するには、この規格への適合が必要条件となっている。

一方、国際標準化機構（ISO）では、EN規格を原案とした機械安全に関するISO規格の作成を進めており、近い将来、機械安全に関するISO規格の制定がなされようとする状況にある。

ここでは、EN規格の内容を調査して、対応する国内規格との比較検討を行うとともに、国内規格の国際規格への整合性を検討する際の参考とするための安全資料の作成を目的としている。

2. 調査の状況

2.1 海外安全規格の収集

機械安全に関する海外規格として、主要なタイプA規格（基本的安全規格）、タイプB規格（グループ安全規格）及びISO規格を収集し、また、タイプC規格（個別機械の安全規格）としては、「機械プレスー安全」EN692-1994を収集し、それぞれ翻訳・分析した。

2.2 欧州安全規格の位置づけと概要の調査

まず、欧州における統一市場を目的とした動向に関する資料を調査し、法規的指令に基づく強制規格としてのEN規格と任意規格としてのEN規格の位置づけを分析した結果、機械安全に関するEN規格は前者であることが明確となった。また、機械安全に関するEN規格は、欧州統一市場における安全な機械類の流通を目的とした機械指令に適合することを表示するCEマーク制度の適合要件の標準として、EU域内の各国内法規に優先するものとされている。

なお、機械安全に関するEN規格及びISO規格の体系は、タイプA、タイプB及びタイプCの3種類の規格からなる階層的体系を構成している。

2.3 機械安全に関するEN規格の内容の調査

EN規格を原案とするISO規格化の作業を国内的に進めているISO/TC199国内対策作業部会及び日本規格協会を通じて収集した主なタイプA規格及びタイプB規格を表1に示す。これらの具体的内容は紙面の都合上ここでは紹介できないが、たとえば、基本概念及び設計の一般原則を規定しているEN292（タイプA規格）においては、機械の安全性とは「取り扱い説明書に指定された意図する使用の条件下及び運搬、据え付け、調整、保守、解体時において、傷害を起こすことなく機能を果たす能力」であると定義されている。

3. まとめ

上記のほかに、EN692-1994の内容を調査し、国内の動力プレス構造規格との比較検討を進めている。これらの検討結果は、当所の安全資料としてまとめる予定である。

表1 分析の対象とした主要なEN規格

タイプ	規格番号	規格の表題
A	EN292	基本概念及び設計の一般原則 リスクアセスメントの原則 用語
	prEN1050	
	prEN1070	
B	EN294	上肢が危険区域に届くことを防ぐための安全距離 人体の部位が押し潰されることを回避するための最小間隙 下肢が危険区域に届くことを防ぐための安全距離 機械の電気装置の一般的要求事項 非常停止機器の機能と設計原則 インタロッキングデバイスの一般原則と設計のための規定 電気検出保護デバイスの仕様と基本要素事項 制御システムの構成部品の安全性
	EN349	
	prEN811	
	EN60204	
	EN418	
	prEN1088	
	prEN50100	
	prEN954	

1. はじめに

労働災害の発生状況や発生諸要因・原因に関する調査記録は、その後の災害防止対策に係る貴重な資料となっている。したがって、これらから得られる情報内容に関して、情報解析学的アプローチによりその性質や情報構造を的確に把握しておくことは、これらの資料の有効活用にも必要である。本研究はこのような見地から、前年度に引き続き、労働災害事例の災害発生状況に関する記載内容に対して多変量統計解析手法等を適用した分析を行った。

2. 分析内容

前年度までの分析結果との比較を行うため、今回の分析対象としては「クレーン関連災害」と「建設機械災害」に関する災害調査復命書（1985-1988年）を取り上げた。これらの分析対象事例に対して、以下の①～⑤の内容で分析を実施するとともに、それらの結果について、既に結果が得られている「土砂崩壊災害」や「墜落災害」との比較を行った。

- ① 災害発生状況の記述中に用いられている全フリータームの抽出と各フリータームの出現頻度の把握
- ② フリータームの頻度分布の全体傾向の確認
- ③ 比較的高出現頻度を有するフリータームをパラメータとして数量化Ⅲ類を適用した情報構造の解析
- ④ 同様の手法で高頻度のフリータームをパラメータとした事例探索の可能性を知るための判別分析

- ⑤ 上記のフリータームの相互関係を知るためのクラスター分析とデンドログラムの作成

3. 分析結果

クレーン関連災害（全271事例）に関して抽出されたフリータームの総種類数は3,745種類で、繰り返し使用を考慮した総延べ数は13,937語（1事例あたりの平均数は各々13.82種類, 51.43語）に達した。建設機械災害（全524事例）では、6,151種類, 25,574語（同じく平均数11.74種類, 48.81語）であった。

これらの頻度分布を調べると、図1に示したように、いずれも典型的な Bradford 曲線を描き、他の種類の災害（墜落災害・土砂崩壊災害）について得られたものと差異は見られなかった。

また、高出現頻度を有するフリータームについて数量化Ⅲ類を適用した分析を行った結果では、やはり他の種類の災害について得られた結果と同様に、工事種類の差異を反映したサンプル（事例）散布図が得られるとともに、判別分析の結果でも工事種類の判別が可能であることがわかった。さらに、クラスター分析の結果からは、フリーターム相互の親近性を表すデンドログラム等の結果を得ることができた。

これらの結果を含めて、災害発生状況の記述から抽出されるフリータームには、災害種類の違いにより個々のフリータームの出現頻度に差異はあるが、フリーターム全般の頻度分布傾向には違いが見られないこと、高出現頻度のフリータームをパラメータとした数量化Ⅲ類の適用により、災害種類や工事種類の探索・判別が可能なことなどが明らかになった。

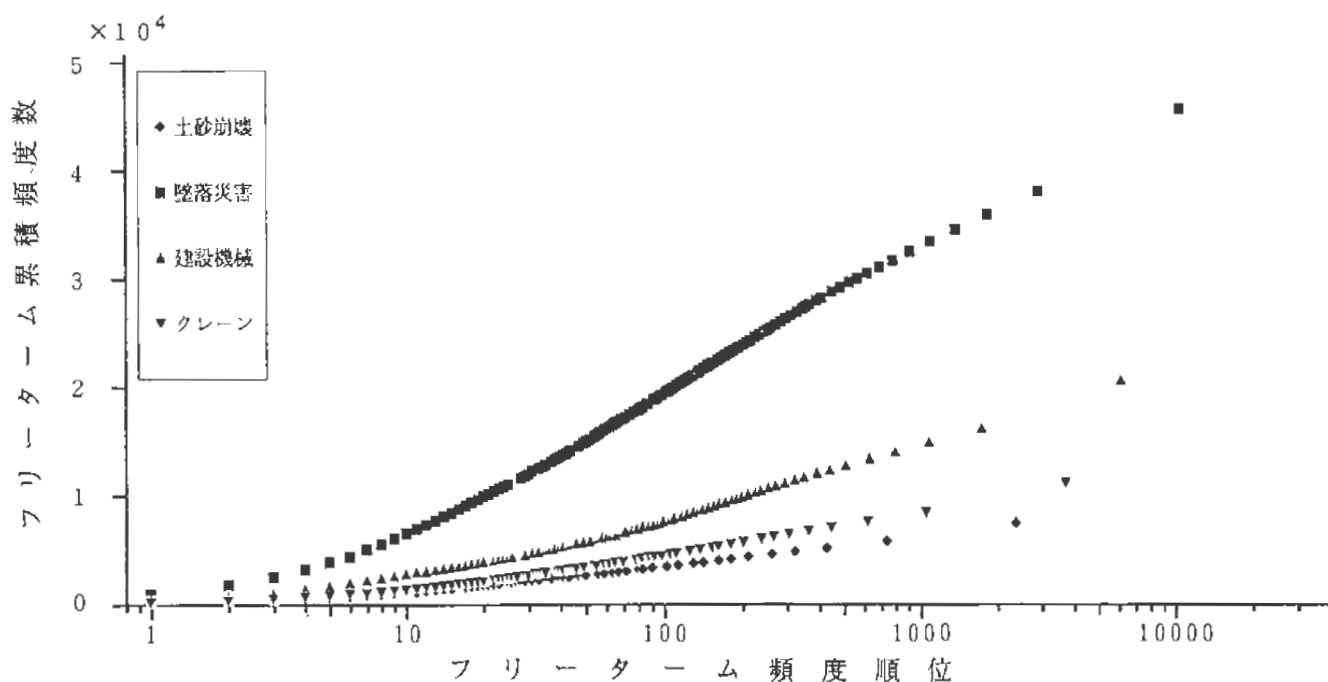


図1 フリータームの頻度分布

1. まえがき

両対数紙上において、災害による被害規模を横軸にとり、ある被害規模を越える災害の頻度または超過確率を縦軸にとって描いた曲線を、被害規模曲線あるいはリスクカーブと呼んでいる。リスクカーブは、災害による被害の確率分布を求めたり、特定被害規模災害の平均発生間隔を求める場合など、リスク分析を行ううえで重要な役割を果たしている。

労働災害、とくに一度に3人以上が被災する重大災害の被害規模（災害による被災者数）についてリスクカーブを求めてみると、両対数紙上ではほぼ直線となることがこれまでの分析から明らかにされている。このことから、労働災害による被害規模の確率分布は、べき乗関数の分布（統計学上ではパレート分布と呼ばれる）で表現される。

被害規模がパレート分布に従うならば、若干の計算によって、単位期間（例えば年）に平均1回発生する災害による被害規模を1とすると、被害規模分布のパラメータ $n=1.5$ を有するシステムでは、3.3年に1回被害規模が10倍の災害が起こり、10年に1回100倍規模の災害が、33年に1回1000倍規模の災害が起こることが予測される。もし同システムが $n=2.0$ のときには、10年に1回10倍、50年に1回50倍の被害規模の災害の発生が予測される。このように n の値の変化が、災害の発生頻度および被害の予測に大きく影響するので、パラメータを正確に推定することは極めて重要な問題である。

本研究は、災害による被害規模分布のパラメータを推定する方法について検討を加え、最終的にはパラメータの推定を必要とせず、データのみで被害規模分布を求める、いわゆる被害予測分布を導出することを試みたものである。

2. パラメータの推定と被害予測分布の導出

$P(r)$ を基準化した被害規模 r の超過確率とすると、被害規模分布は次のパレート分布で示される。

$$P(r) = r^{1-n} \quad n: \text{分布のパラメータ}$$

データを用いて上記確率分布式のパラメータ n を推定する方法には、最小自乗法、モーメント法、最尤法、ベイズ方式などさまざまな手法があるが、ここではベイズ方式による推定を行った。ベイズ方式とは、ベイズの定理を用いてパラメータを推定する方法であり、パラメータが分布で与えられること及

びデータの数が増えるに従って推定の確信度が増す（分布の分散が小さくなる）ことに特徴がある。

ベイズの定理を用いて、被害規模がパレート分布のときのパラメータを求めると次式となる。

$$g(n) = \frac{(n-1)^N}{N!} \left\{ \ln \left(\prod_{i=1}^N r_i \right) \right\}^{N+1} \cdot \left(\prod_{i=1}^N r_i \right)^{1-n}$$

r_i : i 番目災害の基準化被害規模 $i=1, \dots, N$

また、元のパレート分布による被害規模分布（確率密度関数）とベイズの定理より求めたパラメータの分布とを掛け算し、 n の全領域にわたって積分すれば、パラメータを含まない、データ（観測値）のみで被害規模分布が表現されるいわゆる予測分布を求められる。予測分布の確率密度関数は次式で与えられる。かくして、観測値のみで被害規模の分布および特定被害規模の確率を求めることができる。

$$f(r) = \frac{(N+1)}{r} \cdot \frac{\left\{ \ln \left(\prod_{i=1}^N r_i \right) \right\}^{N+1}}{\left\{ \ln \left(r \cdot \prod_{i=1}^N r_i \right) \right\}^{N+2}} \quad 1 \leq r < \infty$$

実際に発生した労働災害のデータを用いて計算を行った事例として、図1に、建設工事で発生した構造物倒壊災害について、1990年（1年間、 $N=9$ 件）と1990～1994年（5年間、 $N=47$ 件）の場合に対するパラメータ n の分布を示した。同図より、1年間だけのデータを用いて推定した分布よりも、5年間のデータを用いて推定した分布の方が分散は小さくなっており、観測値の数が多くなるに従って推定の精度が上がっていることが理解できる。

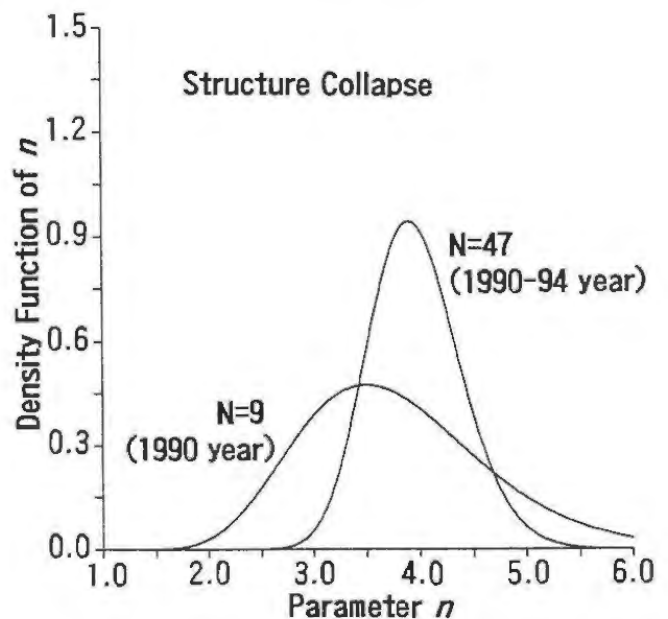


図1 パラメータの確率分布の推定例

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(第2報)

建設安全研究部 白井伸之介

1. 研究目的

前報では、作業省略により発生したヒヤリハット事例の約80%は、急ぎ、面倒、思い込みというヒューマンファクター(以下HF)が関与していることを見出した。そこで本年度は、この3つの心的状況性がいかなる作業状況において発生するのか、その背景条件を明確にするための調査・分析を行った。

2. 研究方法

電力会社作業員によって構成されるQCサークル活動の場を借り、急ぎについて(124サークル)、面倒について(94サークル)、思い込みについて(109サークル)それぞれ検討する3群に分けて調査を実施した。各サークルで行う討議内容は、急ぎ、面倒、思い込みの各心的状況性が発生する背景条件、それが原因で生じ得る災害やヒヤリハットの内容、その具体的対策、及びテーマとした心的状況性をコントロールする方法の4点であり、検討結果を簡条書きした回答用紙を回収し、分析対象とした。本稿では各心的状況性が発生する背景条件及びその対応策について分析した結果を述べる。

3. 分析結果

背景条件について簡条書きされた回答数は、急ぎ群が1,225例、面倒群が1,004例、思い込み群が940例であった。記述された背景条件はKJ法を用いて、各テーマ毎に類似した内容をまとめ、共通する要因を抽出した。各群で記述された背景条件の分類結果とその具体例及び比率を表1～3に示す。

急ぎのHFへの対応策では、無理のない工程を立てる等の「仕事量の適性化」、焦るような指示をしない等の「他者への配慮」、一呼吸おいて作業に着手する等の「セルフコントロール」、急ぎの事態にもあわてないための「日頃の訓練」等があげられた。面倒のHFへの対応策では、面倒感を発生させるような安全防護具を使いやすくする等の「設備・機器の改良」、必要物不携帯等の事態を避けるような「事前の段取りの改善」、疲労要因を生じさせないための「仕事量の適正化」等があげられた。思い込みのHFへの対応策では、錯覚を生じにくくするレイアウト作り等の「設備・機器の改良」、作業中に作業内容を再確認する時間を設ける等の「作業手順の改善」、作業員が相互にチェックしあえるような「集

団の雰囲気づくり」等があげられた。

4. まとめ

作業の省略には急ぎ、面倒、思い込みという心的状況性が深く関与し、また、そのような心理状態を引き起こす背景には様々な発生条件があることを明らかにした。今後は、どのような場面で人間は危険な心的状況性に陥り不安全行動に結びつくか、その関係をいかにして作業員に認識させるか、すなわち研究結果を現場へフィードバックする手法について検討する必要があると考えている。

表1 急ぎの背景条件の分類結果(N=1225)

分類項目	具体例	比率
1.基本的時間圧力	復旧時間に間に合わせる	15.0
2.外部環境	天候が悪化した	9.9
3.時間ロス	作業に失敗した	9.5
4.顧客関係	客にせかされた	6.5
5.同僚・上司関係	上司にせかされた	8.8
6.作業関連	作業が立て込んでいた	26.3
7.体調	生理現象が生じた	4.7
8.他者競争	同僚に負けたくない	3.8
9.その他		5.0
10.分類不能		10.5

表2 面倒の背景条件の分類結果(N=1004)

分類項目	具体例	比率
1.安全手段比重	本作業が簡単な内容	25.3
2.距離移動	物を取りに戻る必要	6.4
3.本作業関連	本作業が複雑であった	7.6
4.安全手段関連	防災面が煩わしかった	6.9
5.作業経験	作業に慣れていた	9.4
6.所要時間	作業を急ぐ必要	8.8
7.作業物非所持	必要物を忘れた	5.8
8.疲労	疲れていた	3.2
9.他者に依頼	人に頼むのが負担	1.1
10.単独作業	誰も見ていなかった	1.7
11.面倒対象の記述	ゴム手袋の装着が面倒	16.4
12.その他		7.6

表3 思い込みの背景条件の分類結果(N=940)

分類項目	具体例	比率
1.作業経験	これまで問題がなかった	23.4
2.経験不足	危険を知らなかった	2.4
3.反復性	同じ事を何度も繰り返した	5.4
4.論理性	新しい製品は良品だ	9.4
5.コミュニケーション	連絡が正しく伝わらない	3.7
6.近接性(類似性)	よく似た電柱だった	4.0
7.回路、線路等	電線が輻射していた	4.5
8.設備、工具等	機器が故障していた	3.3
9.その他		10.5
10.背景要因不明		17.3
11.分類不能		16.0

2.3 研究成果の発表

1) 誌上発表

題 目	発 表 誌 名	発 表 者
空気圧シリンダの低速度制御に関する研究 —非線形摩擦の影響と電気粘性流体による補償法— 安全制御システムの基本構成 —安全制御の原理とフェールセーフシステムの構成 方法—	産業安全研究所研究報告 NIIS-RR-95(1996) 同上	池田 博康 杉本 旭 杉本 旭 梅崎 重夫 池田 博康 糸川 壮一 深谷 潔
符号化によるマイクロプロセッサのエラー検知手法 と評価	同上	池田 博康
針葉樹を用いた合板足場板の強度特性	同上	河尻 義正 大嶋 勝利
ハイヒールによる姿勢の不安定性に関する研究	同上	永田 久雄
天候が超高層構造物施工時の作業性に及ぼす影響	同上	大嶋 勝利
有機溶媒の反応危険性に関する研究(第1報) —エピクロロヒドリンとジメチルスルホキシド混合 液の熱安定性—	同上	安藤 隆之
液相反応における攪拌条件の発熱速度への影響	同上	藤本 康弘
ネオジム—鉄合金の反応性	同上	大塚 輝人 林 年宏
帯電液体と接地導体間の着火性放電とその抑制	同上	児玉 勉 田島 泰幸
配線板の絶縁低下に及ぼすオゾンの影響	同上	本山 建雄 市川 健二
天井走行クレーンの経年損傷による倒壊防止に關す る特別研究	産業安全研究所特別研究報告 NIIS-SRR-NO.15(1996)	橋内 良雄 前田 豊 吉久 悦二
高年齢者の安全確保のための機器及び作業システム の開発に関する特別研究(第2報)	産業安全研究所特別研究報告 NIIS-SRR-NO.16(1996)	梅崎 重夫 糸川 壮一 杉本 旭 池田 博康 深谷 潔 清水 尚憲
工作機械等の安全手段の選定法とその構造要件	産業安全研究所安全資料 NIIS-SD-NO.13(1996)	梅崎 重夫 深谷 潔 糸川 壮一 杉本 旭 池田 博康
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7年度環境庁調査研究報告	松井 英憲 大塚 輝人
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	平成7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
型枠支保工の施工管理上の留意点 衝撃型建設工事用機械の騒音評価法に関する研究 靴のすべりに関する研究 視覚特性を考慮した安全活動 フェールセーフ I C の構成と安全制御への適用 感電災害の防止対策	建築技術, 1995.06, 177~181 騒音制御, Vol.19, No.3, 49~55 靴の医学, Vol.8, 135~138 安全スタッフ, No.1646・1647, 13~16 省力と自動化, Vol.26, No. 7, 49~51 電気技術, Vol.39, 秋号, No. 294, 15~16	河尻 義正 江川 義之 永田 久雄 永田 久雄 梅崎 重夫 市川 健二
「思いがけない災害」の防止 産業安全とヒューマンファクター(1) 産業安全とヒューマンファクター(2)~(6) (2)うっかりミス of メカニズム その1 (3)うっかりミス of メカニズム その2 (4)ヒヤハリットからのアプローチ (5)職場と人間関係のヒューマンファクター その1 (6)職場と人間関係のヒューマンファクター その2 粉体機器・装置における粉じん爆発防護対策	ボイラ研究, No.272, 2~3 クレーン, Vol.33, No.8, 2~6 クレーン, Vol.33, No.9, 2~6 クレーン, Vol.33, No. 10, 2~7 クレーン, Vol.33, No.11, 2~6 クレーン, Vol.33, No.12, 2~6 クレーン, Vol.34, No.1, 9~14 製剤機械技術研究会誌, Vol.4, No. 3, 59~64	森崎 繁 白井伸之介 白井伸之介 松田 東栄
小さな溝掘削作業を侮るな —事故分析で裏付けられた土留めの必要性— S 曲げ疲労を受けるワイヤロープの損傷挙動の定量評価 —IWRC 6 x Fi(29)の場合— 溝掘削の土砂崩壊 車両系建設機械の走行時およびシートパイル打設時に発生する地盤振動に関する現場実験	日経コンストラクション, No.143, 116~117 材料, Vol.44, No.503, 1086~1091 安全スタッフ, No.1653, 4 土と基礎, Vol.43, No.11, 35~38	豊澤 康男 田中 正清 他機関共同 豊澤 康男 玉手 聡 堀井 宣幸 豊澤 康男
くさび結合型型枠支保工について くさび結合型型枠支保工について② 二足歩行に関する基本的な安全問題と最近の研究	建築技術, 1995.12, 179~182 建築技術, 1996.2, 190~193 安全衛生コンサルタント, Vol.15, No.36, 35~39	河尻 義正 河尻 義正 永田 久雄
建設工事における労働災害記録に関する情報解析	建設マネジメント研究論文集 Vol.3, 1995, 173~184	鈴木 芳美
Rational index for assessing perceived difficulty while descending stairs with various tread/rise combinations 水平加速外力に対する靴ヒール高別の立位姿勢の保持限界に関する研究 赤外線応力画像測定法によるガセット溶接継手の応力解析 労働災害からみた山留めトラブル	Safety Science, Vol.21, 37~49 人間工学, Vol.32, No.1, 1~9 材料試験技術, Vol.41, No.1, 31~36 基礎工, Vol.24, No.4, 8~14	H. Nagata 永田 久雄 他機関共同 吉久 悦二 豊澤 康男

2) 口頭発表 (国内)

題 目	発 表 会 名	年月日	発 表 者
聴覚時間分解能が断続音のラウドネスに及ぼす影響	日本人間工学会第36回大会	7. 6. 1	江川 義之
姿勢の安定性と危険感との関連について	同上	6. 2	永田 久雄 他機関共同
履物ヒールが及ぼす立位姿勢保持限界能力に関する研究	同上	6. 2	永田 久雄 他機関共同
制御に基づく安全と安全立証の論理	日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'95	6.22	杉本 旭
安全ロボットの基礎的要件と構成に関する研究	同上	6.22	杉本 旭 他機関共同
吊り荷ハンドリングマニピュレータの安全性に関する研究	同上	6.22	杉本 旭 他機関共同
自動倉庫の安全システム —手動操作時の安全対策について—	同上	6.22	深谷 潔 梅崎 重夫 桑川 壮一
赤外線応力画像測定法によるガセット溶接継手の応力解析	第25回安全工学シンポジウム	6.27	吉久 悦二
溶接鋼構造部材に対する4種類の残留応力測定法の比較	同上	6.27	本田 尚 橋内 良雄
レーザー光線式安全装置	同上	6.27	深谷 潔 梅崎 重夫
付着型アンカーボルトの強度に関する実験的研究	同上	6.27	大幢 勝利 河尻 義正 小川 勝教
建設機械の転倒災害の発生状況に関する調査	同上	6.27	玉手 聡 堀井 宣幸 豊澤 康男
堀削工事における土砂崩壊災害の分析	同上	6.27	豊澤 康男 堀井 宣幸 玉手 聡
断続騒音の大きさの評価と等価騒音レベルの関連性	同上	6.27	江川 義之
ヒヤリハット分析によるヒューマンエラー発生要因の研究	同上	6.27	白井伸之介
超高速自動研削盤における安全システムについて	同上	6.28	桑川 壮一
直流電撃の許容限界に対するCR並直列回路モデルの適合性	同上	6.28	山野 英記
一面せん断試験における砂の変形と強度	土質工学会・直接型せん断試験の方法と適用に関するシンポジウム	6.29	玉手 聡 他機関共同

題 目	発 表 会 名	年月日	発 表 者
建設機械の走行時の地盤振動計測実験	第30回土質工学研究発表会	7. 7.11	玉手 聡 堀井 宣幸 豊澤 康男
土留め壁の崩壊挙動に関する基礎的研究	同上	7.11	豊澤 康男 堀井 宣幸 玉手 聡 他機関共同
くさび結合式型枠支保工の安全性 その1 くさび結合部の性能試験	1995年度日本建築学会大会	8.17	小川 勝教 河尻 義正 大幢 勝利 他機関共同
くさび結合式型枠支保工の安全性 その2 型枠支保工の実大試験	同上	8.17	大幢 勝利 小川 勝教 河尻 義正 他機関共同
くさび結合式型枠支保工の安全性 その3 座屈荷重の理論的検討	同上	8.17	河尻 義正 小川 勝教 大幢 勝利 他機関共同
熱時効を与えたA533B鋼の高温水中における疲労き裂伝ば特性	日本機械学会95材料力学部門講演会	8.23	橋内 良雄 本田 尚
面外ガセット溶接試験体の疲労強度の寸法効果	同上	8.24	橋内 良雄 本田 尚
RF放電のモード移行現象の観測	第56回応用物理学会学術講演会	8.28	大澤 敦 田嶋 泰幸 他機関共同
赤外線によるガセット止端部およびストップホール近傍の応力測定	日本機械学会第73期全国大会	9.11	橋内 良雄 佐々木哲也 本田 尚
LAN環境下における材料試験データ管理システムの開発	同上	9.12	佐々木哲也 他機関共同
産業別労働災害の発生特性を考慮した安全対策のあり方に関する一考察	土木学会第50回年次学術講演会	9.19	花安 繁郎
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(第2報)災害タイプ別にみた情報構造について	同上	9.19	鈴木 芳美
シートパイルの打設時における地盤振動計測のための現場実験	同上	9.20	玉手 聡 堀井 宣幸 豊澤 康男
動的載荷履歴が粘性土の非排水せん断強度に及ぼす影響	同上	9.20	堀井 宣幸 豊澤 康男 玉手 聡

題 目	発 表 会 名	年月日	発 表 者
I W R Cワイヤロープの内部損傷促進因子について	平成7年度資源・素材関係学協会合同学会秋季大会	7. 9.20	田中 正清
根入れが浅い土留め矢板の崩壊挙動	土木学会第50回年次学術講演会	9.21	豊澤 康男 堀井 宣幸 玉手 聡 他機関共同
橋桁の扛上降下に使用するジャッキとその受け台の強度に関する一実験	同上	9.21	河尻 義正 小川 勝教 大幢 勝利 他機関共同
橋桁の扛上降下作業でジャッキ等の支点到に作用する荷重	同上	9.21	大幢 勝利 河尻 義正 小川 勝教 他機関共同
産業機器に見られる破壊事例	日本機械学会 No.95-71 特別講演会	9.25	橋内 良雄
レーザー誘起蛍光法による気中放電空間内のOHラジカルの二次元分布測定	第19回静電気学会全国大会	10. 3	大澤 敦 田島 泰幸 他機関共同
走行するフィルムに生ずるスタテックマークの除去	同上	10. 3	田島 泰幸 児玉 勉 他機関共同
空気輸送による粉体帯電における湿度の影響	同上	10. 3	児玉 勉 田島 泰幸 他機関共同
帯電液面と接地導体間の放電抑制装置	同上	10. 3	児玉 勉 田島 泰幸 他機関共同
放電プラズマによるハロン1301の分解	同上	10. 4	山隈 繁蔵 児玉 勉 大澤 敦
ヒューマンエラーの認知メカニズムと背景要因	ワークショップ「ヒューマンファクター（認知とパフォーマンス）」	10. 4	臼井伸之介
作業省略による事故の背景にあるヒューマンファクター	日本心理学会第59回大会	10.12	臼井伸之介 他機関共同
LPO及びPETNの実測熱爆発限界温度	火薬学会1995年度秋季大会	10.26	琴寄 崇
バイズ方式による労働災害の発生特性に関する研究	第3回構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム	11.16	花安 繁郎
橋桁の扛上降下作業における支持部材の強度	同上	11.16	大幢 勝利 河尻 義正 小川 勝教 他機関共同

題 目	発 表 会 名	年月日	発 表 者
A533B圧力容器用鋼の高温水中における疲労き裂伝播挙動に及ぼす熱時効の影響	第3回構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム	7.11.17	橋内 良雄
赤外線応力画像システムによる各種切欠き近傍の応力評価	サーモグラフィによる非破壊評価技術シンポジウム	11.28	本田 尚 橋内 良雄
赤外線応力画像システムを用いた疲労き裂検出の試み	同上	11.28	佐々木哲也 本田 尚 橋内 良雄
追従型搬送台車の安全確認システム	日本機械学会第4回交通・物流部門大会	12. 7	杉本 旭 他機関共同
吊り荷ハンドリングマニピュレータの安全性に関する研究 -第2報-	同上	12. 7	杉本 旭 他機関共同
クレーン等の構造計算に用いられる座屈係数の計算方法について	同上	12. 7	前田 豊
クロロヒドリン/DMSO溶液の熱安定性	第28回安全工学研究発表会	12. 7	安藤 隆之
ニトロ化反応等における攪拌操作の反応速度への影響	同上	12. 7	藤本 康弘
1mJ以下の最小発火エネルギーを示す可燃性粉じん	同上	12. 7	松田 東栄 富田 一 児玉 勉
アルミ箔密封試験管を用いた簡易圧力容器試験	同上	12. 7	琴寄 崇 藤本 康弘 安藤 隆之 松井 英憲
プリント配線間の絶縁性に及ぼすオゾンの影響(その2) -オゾンに曝露されたプリント配線板の表面抵抗と湿度-	同上	12. 7	本山 建雄 市川 健二
フィルムデトネーションの伝ば限界管径	同上	12. 8	松井 英憲
高温・加圧下におけるアルミナ担体充填物の火炎伝ば阻止性能	同上	12. 8	松井 英憲 他機関共同
建設業における重層下請構造に関する考察	第13回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会	12.15	花安 繁郎 他機関共同
建設工事における労働災害記録に関する情報解析	同上	12.15	鈴木 芳美
Slip-Resistance Studies in Occupational Safety	日本人間工学会第25回関東支部大会	12.17	H.Nagata, M.Tisserand
オゾンに曝露されたプリント配線板の絶縁性	電気学会誘電・絶縁材料研究会	12. 3	本山 建雄 市川 健二
FRPの絶縁破壊特性に及ぼす内部マイクロ界面の影響	同上	8. 3. 1	市川 健二 本山 建雄 他機関共同
ER流体を用いた直線移動機構について	日本機械学会北陸信越支部第33期総会講演会	3.21	杉本 旭 他機関共同

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
Weather influence on work environment and efficiency in construction of tall structures.	5th Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction, Gold Coast, Australia	July 26, 1995	K. Ohdo <i>et al.</i>
Measurement of electric field due to electrostatic discharge using the Pockels effect.	The 1995 IEEE Industry Applications Society Conference, Orlando, U.S.A.	October 9	H. Tomita and Y. Tabata
Effect of thermal aging on stress corrosion and fatigue crack growth behavior of A533B steel in high temperature pressurized water.	International Symposium on Materials Aging and Component Life Extension, Milan, Italy	October 11	Y. Kitsunai and T. Honda
Undrained shear behaviour of a soft clay after cyclic loading.	1st International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Tokyo, Japan	November 15	N. Horii, Y. Toyosawa, S. Tamate and S.K. Ampadu

4) 著 書

書 名 等	著 者 名	出 版 社 名
日本ロボット工業会広報委員会編：ロボット・ハンドブック 5.1節 産業用ロボットの安全対策の基本 5.2節 安全防護装置の具体例 5.3節 安全確認型作業システムの構成	梅崎 重夫	日本ロボット工業会
電気学会電磁波雑音のタイムドメイン計測技術調査専門委員会編： 電磁波雑音のタイムドメイン計測技術 6.2節 安全対策	糸川 壮一	コロナ社
日本熱測定学会応用熱測定研究グループ編：応用熱分析 PART3 有機・高分子①〔4〕(熱爆発薬品)	琴寄 崇	日刊工業新聞社
粉体機器・装置ハンドブック編集委員会編：粉体機器・装置ハンドブック 5.1節 粉じん爆発の危険性評価とその防止対策 5.2節 静電気障害・災害とその防止対策	松田 東栄 田畠 泰幸	日刊工業新聞社

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

当研究所の研究成果は、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、昭和60年以来毎年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7年度には「災害事例研究と災害統計分析」をメインテーマとして、10月20日には東京の産業安全会館において、また、10月27日には大阪府立労働会館（エル大阪）において、次の演題によりそれぞれ講演会を開催し、両会場合わせて250名を超える参加者があった。

1) 静電気による爆発・火災事故と対策	物理工学安全研究部	富田 一
2) 爆発・火災災害の要因分析と最近の事例	化学安全研究部	板垣 晴彦
3) クレーンの転倒・倒壊事故とその対策	機械システム安全研究部	前田 豊
4) 掘削工事における土砂崩壊災害の調査分析	建設安全研究部	豊澤 康男
5) 建設労働災害事例に関するデータベース化と情報抽出	建設安全研究部	鈴木 芳美

(2) 産業安全技術館改装記念講演会

当研究所に付属する産業安全技術館の改装オープンを記念して、7月7日に産業安全会館において講演会を開催した。新しい展示内容の紹介のほか、下記の特別講演が行われ、100余名の参加者があった。

講師 (社)日本化学工学協会 常務理事 西川 光一 氏

演題 安全管理とリスク管理の国際動向

(3) 研究効率化専門家会議

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専門家会議を設置し、研究体制、研究課題等について検討を重ねている。平成7年度には、前年度に引き続き、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会議」を4回開催した。審議の結果は近く報告書としてとりまとめられる予定である。

委員長	前 郁夫	(仮設工業会会長)
委員	安達 洋	(日本大学海洋建築工学科主任教授)
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チームリーダー)
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	(大林組東京本社土木本部東京営業第1部課長)
同	松崎 育宏	(東京理科大学工学部第1部建築学科教授)

(4) 所内講演会

当研究所の研究員全員が参加する研究懇談会においては、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7年度には下記の講演会を開催した。

平成8年2月20日 "Research on Industrial Safety and EMC at the University of Western Ontario"
Joe LoVetri, Assoc. Prof., University of Western Ontario, Canada

平成8年3月21日 "General Consideration on Machine Safety and EMC in European Community"
Raymond Klein, Chief of EMC Lab, INRS, France

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
上野労働基準監督署	靴底加工工場爆発火災事故に係る料品の分析等に関する捜査関係事項照会	7. 4. 5	板垣 晴彦 松田 東栄 藤本 康弘 大塚 輝人 児玉 勉
熊谷労働基準監督署	ワイヤロープ破断事故の原因調査	5.10	田中 正清
春日部労働基準監督署	土砂崩壊災害に係る土の種類及び性質等に関する調査	6.20	堀井 宣幸 豊澤 康男
秩父労働基準監督署	ドラム缶破裂災害の原因調査	7.12	藤本 康弘
圧縮空気貯槽等破壊事故調査委員会 (高圧ガス保安協会・ 埼玉労働基準局)	事故原因の調査及び関連料品の熱分析等	8. 7	田中 正清 松井 英憲 安藤 隆之 板垣 晴彦
平塚労働基準監督署	ごみ焼却炉爆発災害に係る料品の鑑定	9. 8	藤本 康弘
水戸検察庁	溶剤混合物の引火点に関する捜査関係事項照会	11. 7	林 年宏 大塚 輝人
岡山労働基準監督署	マグネシウム合金切削屑の着火温度等に関する鑑定	11. 7	林 年宏 板垣 晴彦
大垣労働基準監督署	作業台の崩壊に係る災害原因の究明	8. 2.23	河尻 義正 大嶋 勝利

2) 委員会活動等における協力

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委員 労働安全衛生コンサルタント試験専門委員 労働安全衛生コンサルタント試験専門委員	小川 勝教 研究員 9名 所長他 6名
通産省	日本工業標準調査会委員 日本工業標準調査会臨時委員	森崎 繁 田嶋 泰幸
郵政省	不要電波問題対策協議会委員	田嶋 泰幸
建設省	U J N R 防火専門部会国内部会委員	琴寄 崇
人事院	労働基準監督官採用試験専門委員 同上	吉久 悦二 富田 一
横浜地方海難審判庁	参審員	田嶋 泰幸

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）	7. 5.19	永田 久雄
労働研修所	工学の基礎知識（化学）	5.22	安藤 隆之
労働研修所	電磁ノイズ対策	7.12	富田 一
労働研修所	自動化と安全	7.25	杉本 旭
労働研修所	力学の基礎	8.30	吉久 悦二
法科学研修所	機械構造物の破壊	11. 2	橋内 良雄
岩手労働基準局	災害労働の要因分析について	11.16	鈴木 芳美
埼玉労働基準局	爆発災害の防止対策について	11.24	林 年宏
埼玉労働基準局	静電気災害の防止対策について	11.24	児玉 勉
新潟労働基準局	自動化と安全（安全確認型の安全対策）	12.12	杉本 旭
静岡労働基準局	自動化と安全（安全確認型の安全と問題点）	12.19	桑川 壮一
北海道労働基準局	安全装置はどのようにして保証されるか	8. 1.18	池田 博康
労働研修所	土砂崩壊災害の防止対策	1.25	堀井 宣幸
労働研修所	電気災害の防止対策	1.29	山野 英記
労働研修所	爆発・火災防止対策	2. 1	安藤 隆之
労働研修所	仮設構造物の強度計算（Ⅰ）	3. 5	永田 久雄
労働研修所	仮設構造物の強度計算（Ⅱ）	3. 5	河尻 義正

4) その他

行政機関等名称	協力事項	年月日
参議院	参議院労働委員長笹野議員が来所され、森崎所長の案内で研究施設を視察後、幹部職員一同を激励された。議員には露木安全課長が同行。	7. 4.13
労働省	労働基準局長谷川監督課長が当所研究業務視察のために来所。	4.20
国立研究機関長協議会	当所森崎所長が委員長を務める処遇対策委員会が開催され、委員会後に当所の主要研究施設を視察。	6.27
労働研修所	産業安全専門(Ⅱ)研修の研修生（地方産業安全専門官）18名が来所、当所における研修の一環として研究施設を視察。	7.25
労働省	松原労働基準局長が野寺審議官とともに来所され、研究業務視察後に幹部職員との間で意見交換が行われた。池田安全課長が同行。	8. 2
労働省	労働基準局安全衛生部木村計画課長が研究業務視察のために来所。	8.30
池袋労働基準監督署	板橋区官公庁連絡会議一行35名が研究施設を視察。	9.25
埼玉労働基準局	当所において局署職員55名に対する安全衛生技術研修が行われ、研究施設の紹介と2件の講義を行った。	11.24
労働福祉事業団宮城産業保健推進センター	産業医学等の専門スタッフ12名が来所、研究施設を視察。	8. 3. 1
新潟労働基準局	新潟労働基準監督署安全衛生課長及び労災指導員2名が来所、安全衛生業務研修の一環として研究施設を視察。	3. 6

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

学協会への協力としては、産業安全に関する調査・研究、規格・基準作成の委員会活動等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7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、応用物理学会、火薬学会、高圧ガス保安協会、資源・素材学会、静電気学会、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、日本靴医学会、日本建築学会、日本材料学会、日本心理学会、日本騒音制御工学会、日本人間工学会、溶接学会

○防災関連団体

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、中央労働災害防止協会、東京労働基準協会連合会、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、原子力安全システム研究所、鋼材倶楽部、四国地区電力需要者協会、損害保険料率算定会、電気絶縁材料工業会、日本海事検定協会、日本化学工業協会、日本機械工業連合会、日本橋梁建設協会、日本工作機械工業会、日本鋼索工業会、日本材料試験技術協会、日本産業機械工業会、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、日本電気技術者協会、日本電機工業会、日本電設工業協会、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

2) 技術指導，研究協力等

(1) 共同研究

協力先機関名	協力事項	年月日	協力者氏名
仮設工業会	型枠支保工の水平荷重に対する安定性	6.10.1 ～9.3.31	小川 勝教 河尻 義正 永田 久雄 大幢 勝利
(財)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	7.4.1 ～8.3.31	永田 久雄
旭化成(株)基礎研究所	順応型機械のためのアクチュエータの開発	7.11.1 ～9.3.31	杉本 旭
東急建設(株)技術研究所	深層混合処理工法(DMM工法)により改良された傾斜複合地盤の水平荷重に対する安定性	7.11.1 ～10.3.31	堀井 宣幸 豊澤 康男 玉手 聡
YKK(株)黒部事業所	長尺物加工用プレス機械の本質安全化	7.12.1 ～9.3.31	梅崎 重夫
東京大学工学部土木工学科	コンピュータグラフィックスによる建設労働現場の視覚化システムの開発	8.2.1 ～10.3.31	花安 繁郎

(2) 技術指導等

協力先機関名	協 力 事 項	年月日	協力者氏名
大阪大学人間科学部	非常勤講師として人間工学に関する30時間の集中講義	7. 7.10 ～7. 7.14	白井伸之介
建設業労働災害防止協会	阪神・淡路大震災復旧・復興工事安全衛生確保支援事業に係る現地指導	7.11. 8 ～7.11.10	河尻 義正 堀井 宣幸 豊澤 康男 大幢 勝利
群馬大学工学部	阪神大震災におけるクレーンの転倒災害（「構造物の健全性と画像データベース」講演会の講師）	7.11.17	前田 豊
東京大学生産技術研究所	「損害保険による巨大リスクの科学的マネジメントに関する研究」に関する専門的知識の提供	7.12. 5	花安 繁郎
建設業労働災害防止協会	阪神・淡路大震災復旧・復興工事安全衛生確保支援事業に係る現地指導	8. 2.22 ～8. 2.23	小川 勝教 堀井 宣幸 豊澤 康男 大幢 勝利

3) 外部機関の研究員の招へい

(1) 海外研究員

研 究 テ ー マ	所 属・職 名	期 間	氏 名
Evaluation of Dielectric Properties of Organic Composite Materials	Inn-ha University, Korea Professor	Jan.23 ～Feb.3 1996	Duck-Chool Lee
Electromagnetic Compatibility of Industrial Control Systems	The University of Western Ontario, Canada Associate Professor	Feb.12 ～Feb.23	Joe LoVetri
EMC of Electronic Safety Related Systems	Institut National de Recherche et de Securite, France Chief of EMC Laboratory	Mar. 2 ～Mar.22	Raymond Klein
Safety Electrostatic Control for Applying to Charged Hazardous Materials	Technical University of Budapest, Hungary Professor	Mar. 5 ～Mar.18	István Berta
Remaining Life Assessment of High Temperature Components	Ibid, Senior Lecturer EWAC Alloys Ltd ., India Research Engineer	Mar. 1 ～Feb.28. 1997	Nobert Szedenik Muthuswamy Kamaraj

(2) 流動研究員

研究テーマ	所属・職名	氏名
構造物につながれた仮設構造物等の振動特性 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	東洋大学工学部環境建設学科講師 東京大学工学部電気工学科教授	鈴木 崇伸 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
国内留学	東京大学土木工学 科土質研究室	動的な荷重を受けた地盤の強度 の評価	7. 4.20～8. 3.31	玉手 聡
行政研修	労働省	労働本省採用職員（I種）導入 研修	4. 3, 4.10～4.12	大塚 輝人
行政研修	人事院公務員研修 所	国家公務員合同初任研修	4. 4～ 4. 7	大塚 輝人
行政研修	労働研修所	労働本省採用職員（I種）基礎 研修	5.29～ 6.30	大塚 輝人
行政研修	労働研修所	I種職員上級研修	10.18～11.22	本田 尚
情報システム統一 研修	総務庁	ネットワークコース プログラミング中級コース	8. 1.23～ 1.30 2.27～ 3. 7	大塚 輝人 大塚 輝人
学芸員資格取得	東京農業大学	パソコン活用（応用）コース 学術情報過程履修	3.12～ 3.15 7. 4. 6～8. 3.15	大塚 輝人 清水 尚憲

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	6	7
大学関係を除く機関の研究生	2	3

6) 国際協力、海外派遣等

(1) 海外派遣

機関等の名称	協力事項等	年月日
日本クレーン協会	機械システム安全研究部前田 豊が、ISO/TC96国際会議に日本代表として出席のためロンドンへ出張。	7. 5.17 ～ 5.28
中央労働災害防止協会	機械システム安全研究部田中正清が、マレーシア労働安全衛生管理指導チームの専門家としてクアラルンプールへ出張。	6. 6 ～ 6.11
ブダペスト工科大学	物理工学安全研究部児玉 勉が、平成7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）のためハンガリーへ出張。	10.31 ～11.12
韓国産業安全公団ほか	森崎 繁所長が、国際共同研究に係る現地調査のため韓国産業安全公団、韓国産業安全研究院及び釜山工業大学校を訪問。	8. 1.22 ～ 1.27
TNO/HSE	安全技術課長松井英憲及び化学安全研究部藤本康弘が、国際共同研究に係る研究討議及び化学安全に関する情報交換のため、オランダ応用科学研究機構（TNO）及び英国健康安全研究所（HSE）へ出張。	2.4 ～ 2.11
韓国産業安全研究院	建設安全研究部河尻義正及び豊澤康男が、国際共同研究に係る研究討議及び建設安全に関する情報交換のため韓国へ出張。	2.21 ～ 2.28
仁荷大学校ほか	物理工学安全研究部市川健二及が、国際共同研究に係る研究討議及び電気安全に関する情報交換のため韓国へ出張。	2.21 ～ 2.28
INRS	建設安全研究部花安繁郎及び鈴木芳美が、国際共同研究に係る研究討議及び建設安全における人間科学的研究に関する情報交換のためフランス国立安全研究所（INRS）へ出張。	2.25 ～ 3. 5

(2) 海外からの視察・見学

機関等の名称	協力事項等	年月日
日本クレーン協会	中国クレーン等安全検査技術視察団一行9名が、クレーン等に関する安全研究の現状視察のために来訪。	7. 4.19
ILO	パキスタンのラワルピンディ医科大学医学部教授 Dr. M. Habib が、ILOの支援により同国で計画中の労働安全衛生センター設立準備に関する視察のために来訪。	5.25
安全衛生部国際室	韓国職業病予防事業プロジェクトのカウンターパートとして滞日中の韓国労働部産業安全局企画課書記官 Mr. Chung-Buk Lee が研究業務を視察。	8. 2
中央労働災害防止協会	韓国産業安全研究院院長 Dr. Han-Hoon Lee ほか1名が来所し、研究業務視察のほか、研究管理、研究課題等について意見を交換。	9.11

機関等の名称	協力事項等	年月日
日本労働研究機構	米国労組若手指導者チーム(Ms.Gebbes ら3名)が研究業務を視察。	9.18
中央労働災害防止協会	平成7年度労働安全衛生セミナー研修のため、アジア・南米等から行政官等18名が来訪。	10.11
ILO／中央労働災害防止協会	平成7年度国際安全衛生実務研修のため、東南アジア諸国の安全衛生協会員等5名が来訪	12.7
仁川大学校(韓国)	有害ガスの分解処理に関する研究のため、工科大学産業安全工学科禹仁成副教授を受け入れ。	8.1.16 ～1.27
東亜科学技術協力協会	環境職業病の予防策に関する実情調査のため、台湾衛生署張博雅署長を団長とする考察団6名が来訪。	1.22
中央労働災害防止協会	労働安全衛生検査制度に関する研修のため、台湾行政院劳工委員会劳工衛生処の張錦輝科長ら4名が来訪	1.30
釜山工業大学校(韓国)	建設安全の研究に関する意見交換のため、釜山工業大学校安全工学科高聖錫講師ほか1名が来訪。	2.8
JICA	我国における安全衛生教育のシステム及び運営管理に関する視察のため、インドネシア労働省労働安全衛生局 T. F. Aloewie 局長と同省人間工学・労働安全衛生センター S. Ichsan 所長が来訪。	2.28
中央労働災害防止協会	平成7年度国際安全衛生実務研修のため、中国労働保護科学技術学会 Li Zongan 副秘書長ほか1名が来訪。	3.8
釜山工業大学校(韓国)	静電気等に関する研究交流のため、釜山工業大学校安全工学科の睦演洙副教授が来訪。	3.29

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、当研究所における研究成果ならびに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、安全技術相談にも応じている。

産業安全技術館の施設の概要は次のとおりである。

第一展示場（1階）	336㎡	第二展示場（2階）	573㎡	図書室（1階）	95㎡
第三展示場（2階）	376㎡	特別展示場（2階）	333㎡	見学指導室（1階）	146㎡

1階の第一展示場では主に機械安全に関する展示を行っており、機械的な潜在危険性の認識に関する基礎的な展示に始まり、プレス機械に関する安全問題の変遷、プレス機械や木工機械に対する各種の安全装置を展示している。また、危険な機械から隔離するための防護柵の間隔測定、電磁ノイズによる誤動作などに関する体験装置や作業能率比較体験装置など、来館者が実際に操作できる装置も設けられている。

2階の第二展示場では、「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シアター、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機構や、ガス・蒸気・粉じんの爆発を実験で理解する実演装置と防爆電気機器モデルルームを設けている。

また、2階の第三展示場では、仮設構造物コーナー、自動機械安全コーナー、電磁環境安全コーナーなどの、より専門的な安全技術の展示を行っている。

特別展示場では、労働災害の動向や新しい災害に対する安全技術など、時期に応じたテーマを選んで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、来館者が自由に利用できるほか、安全に関する技術的な相談にも応じている。

平成7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

第一、第二及び第三展示場において常設展示を行った。

2) 特別展示

平成7年7月3日～10月6日 `9 5安全衛生特別展「実感！安全・健康・快適職場」（中災防主催）

3) 安全に関する技術相談と解説

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・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なみ、平成7年4月19日の10時及び14時の2回にわたり、当所の研究施設を公開した。見学者は合計86名であった。

5) 安全技術館来館者数

開館日数 245日（平成7年4月3日～平成8年3月29日）

来館者数 32,547名（うち団体112組、2,284名）

6) 国外来館者数および主な来館団体

(1) 国外からの来館者

平成7年 4月 5日 法務省矯正研修所フィリピン研修員 14名

4月24日 韓国能率協会 25名

5月 9日 （財）海外技術者研修協会 19名

5月16日 （財）海外技術者研修協会（マレーシア研修員） 9名

5月17日	韓国三星グループ	16名
6月12日	タイ国サイアムセメントグループ	31名
7月6日	韓国産業経営院	12名
7月12日	東南アジア諸国	20名
7月14日	日台技術協力研修員	4名
9月21日	アフリカ経営者団体指導者視察団	11名
9月25日	大韓産業安全協会	55名
10月2日	国際協力事業団（JICA）研修生	16名
10月5日	タイ国サイアムセメントグループ	29名
10月23日	韓国能率協会労働安全衛生視察団	16名
11月8日	韓国生産技術情報センター	10名
11月15日	国際安全衛生実務研修	11名
12月11日	タイ国	15名
12月22日	韓国先端産業技術院	8名
平成8年1月18日	台湾行政院勞工委員会	5名
1月25日	韓国技術情報センター	15名
2月5日	韓国団体	14名
3月22日	香港安全健康局	8名

(2) 主な国内来館団体

○教育・研究・行政機関等

法務省矯正研修所，法務省東京矯正管区，浪岡中学校，関東通信技術学園，三田労働基準監督署，海上自衛隊，港区官公庁連絡会，順天堂大学，昭和女子大学，芝消防署

○その他

興研(株)，(株)シモン，日本メックス(株)，(株)エステック，営団地下鉄(中野)，中央テクノ(株)，東武電設(株)，富士電機総設(株)，戸田建設(株)，利根地下技術(株)，千代田工商(株)，(株)P R C，東京電力(株)銀座支店，日本テレコム(株)，大森精工機(株)，総研化学(株)，J R大船電力区，東京通信ネットワーク(株)，三和大栄電気興業(株)，J R仙台総合車両所，エッソ石油(株)，東亜建設(株)，J R電力区，N E Cコンストラクション(株)，羽田コンクリート工業(株)，(株)エムエフビルマネージメント，千代田保安用品(株)，コスモエンジニアリング(株)，中小企業経営者福祉事業団，陸上貨物運送事業労働災害防止協会，厚木労働基準協会，日本総合住生活(株)

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7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7年度の相談件数は24件で，主な内容は静電服の使用とその選定，静電服の性能試験，電気機器の防爆構造，爆発放散口，安全保護具の性能と選択，無火花工具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 「不安全行動の再発防止を図る部下への安全指導のあり方」 6月22日 117名

労働衛生教育研究会 「最新の作業環境管理の考え方，進め方」 9月26日 59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宣制が所長に就任。
- 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。
- 平成 7 年 7 月 7 日 産業安全技術館が全面改装され、記念講演会が開催される。

2) 産業安全研究所案内図

(1) 産業安全研究所

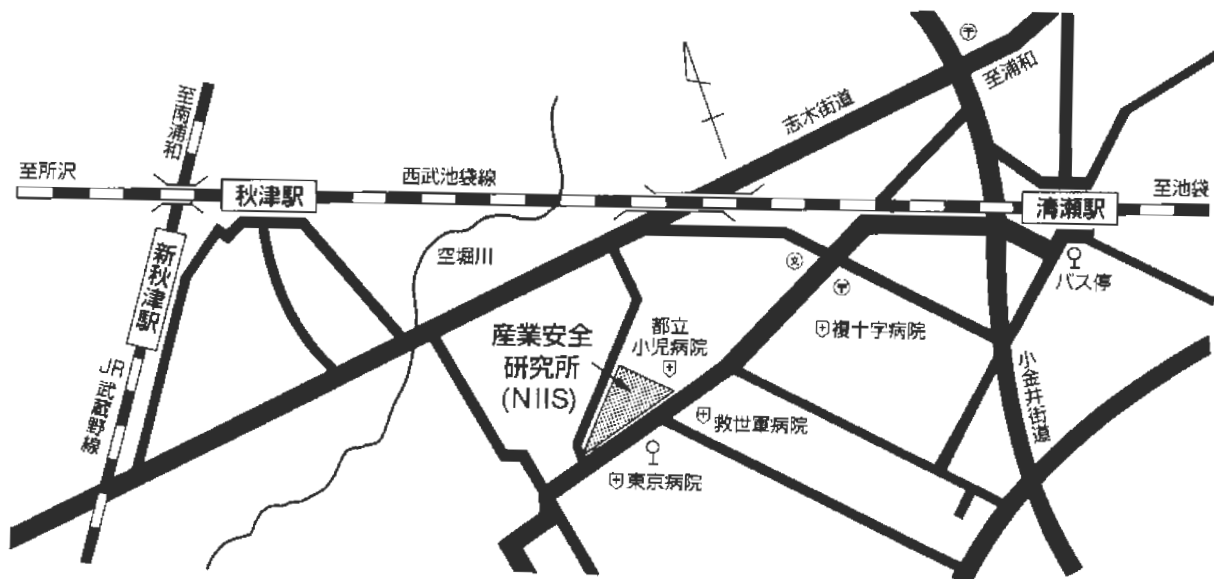
〒204 東京都清瀬市梅園1丁目4番6号

Tel. (0424)91-4512(代表)

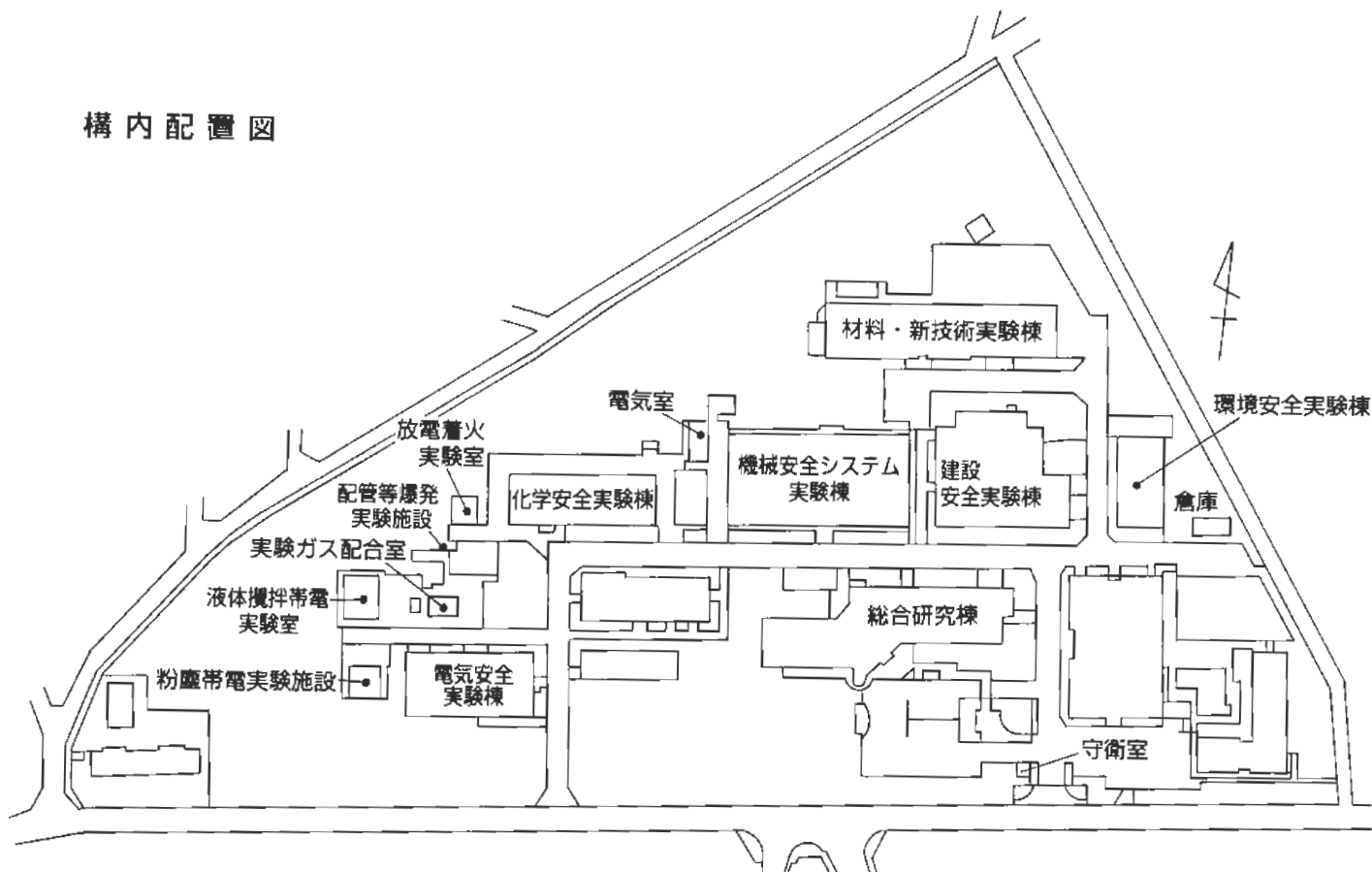
Fax. (0424)91-7846

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

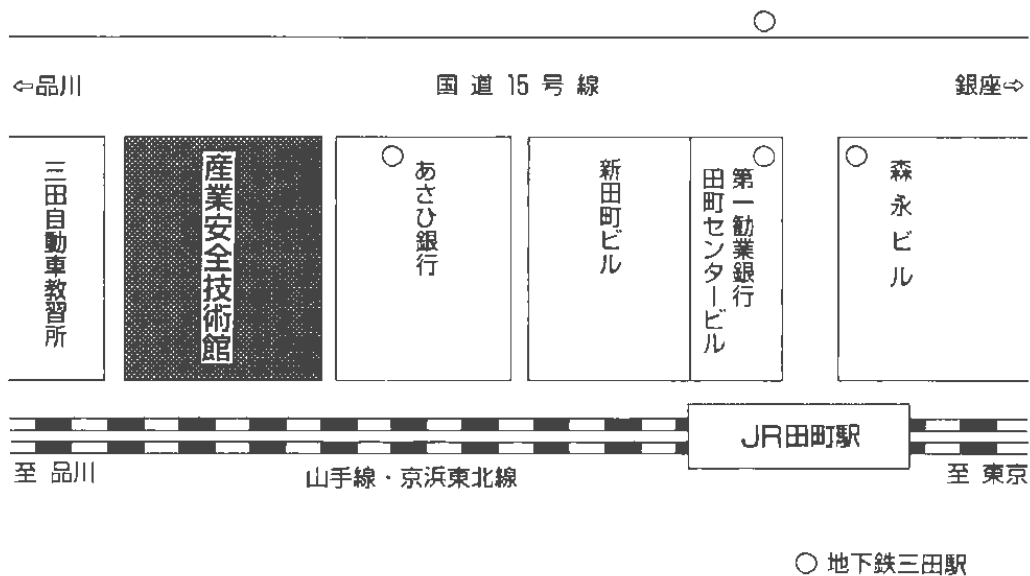


(2) 産業安全技術館

〒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

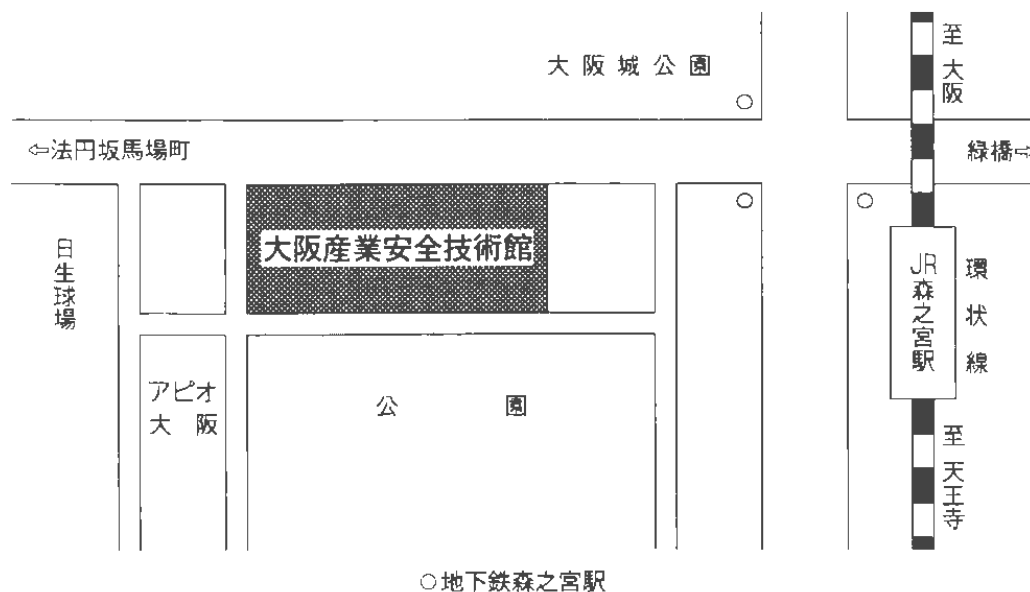


(3) 大阪産業安全技術館 (平成8年9月2日開館予定)

〒540 大阪市中央区森之宮中央1丁目15番10号

Tel. (06)942-3868

Fax. (06)942-3869



平成8年8月までは下記において業務を行います。電話及びファックスの番号は同じです。

〒540 大阪市中央区谷町4丁目8番13号 サン・モトビル谷町4階

産業安全研究所年報

平成7年度版

発行日	平成8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
THE NATIONAL INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

1995
