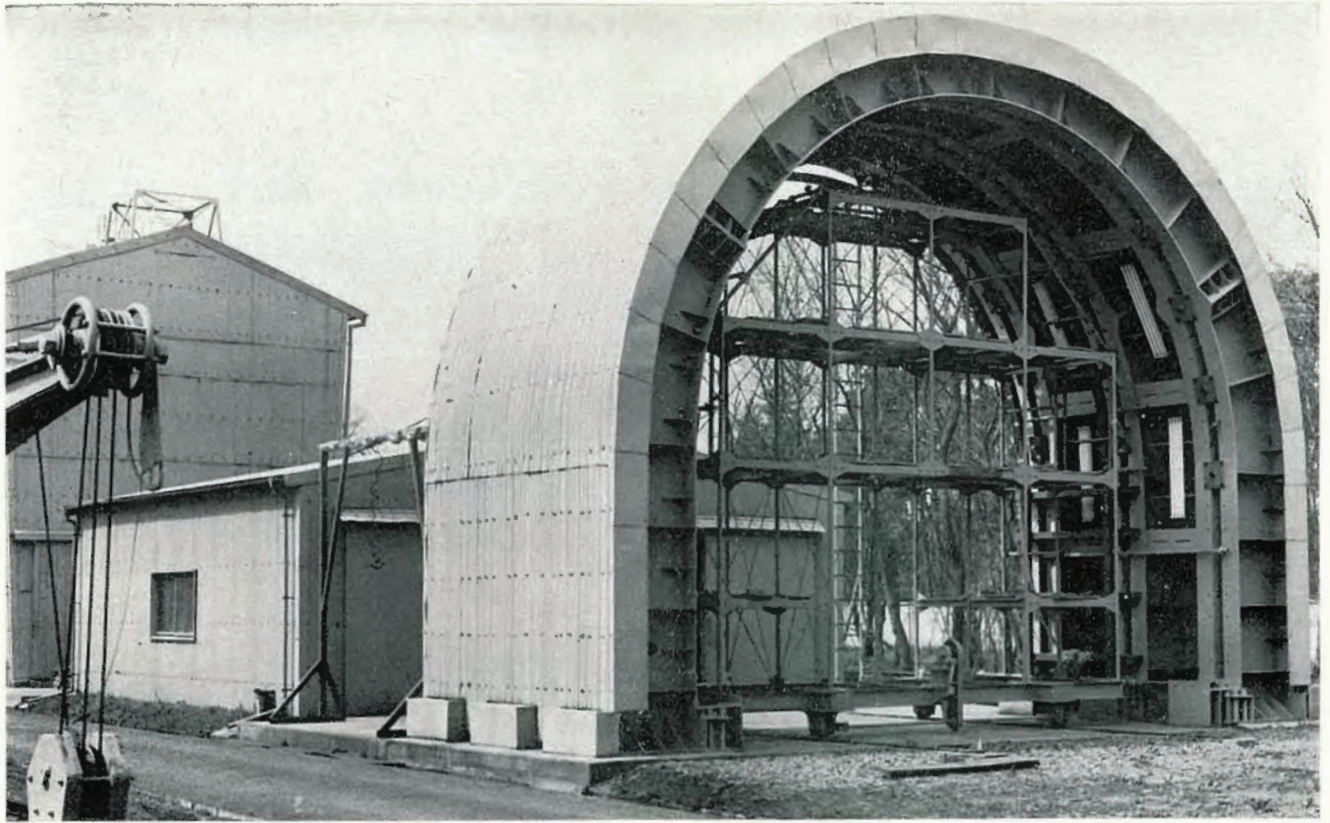
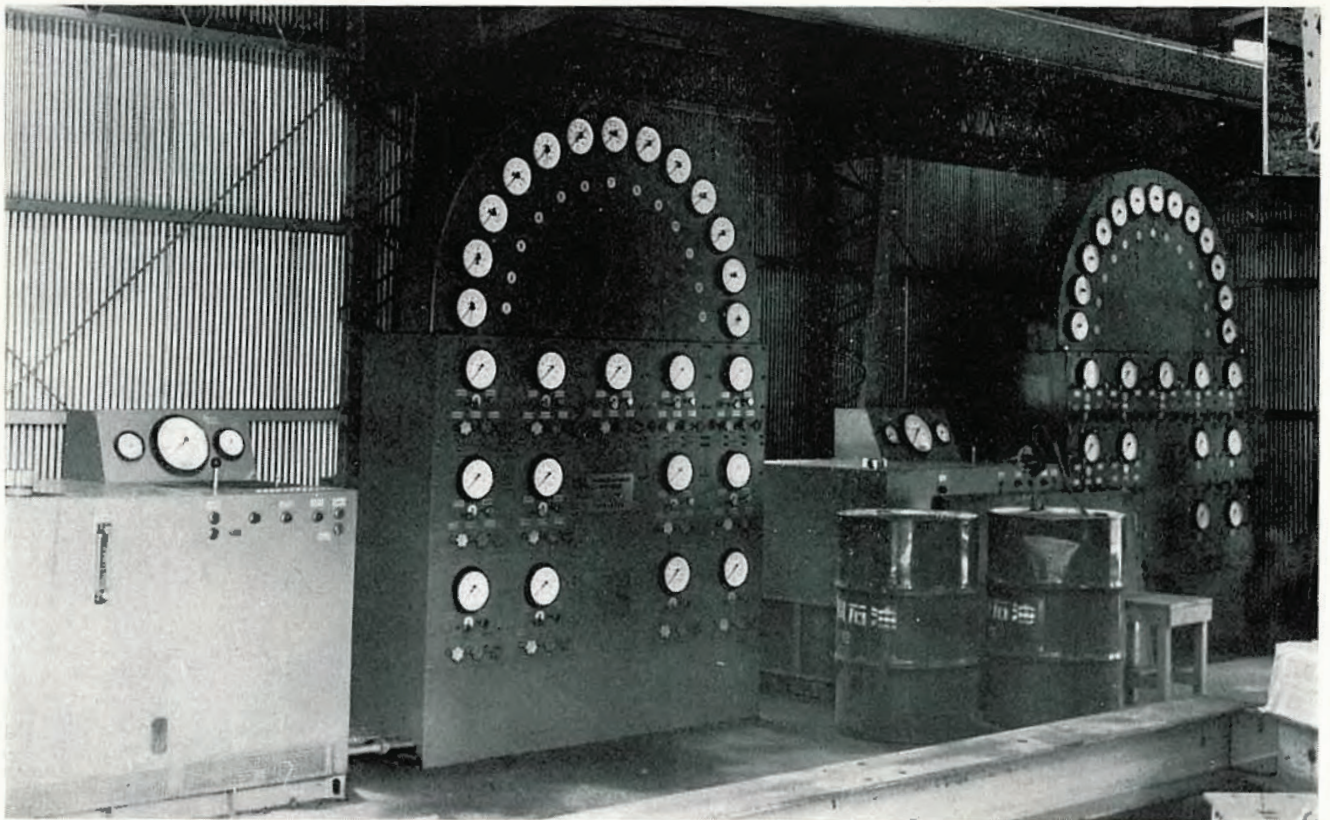


産業安全 研究所 年報

昭和44年度



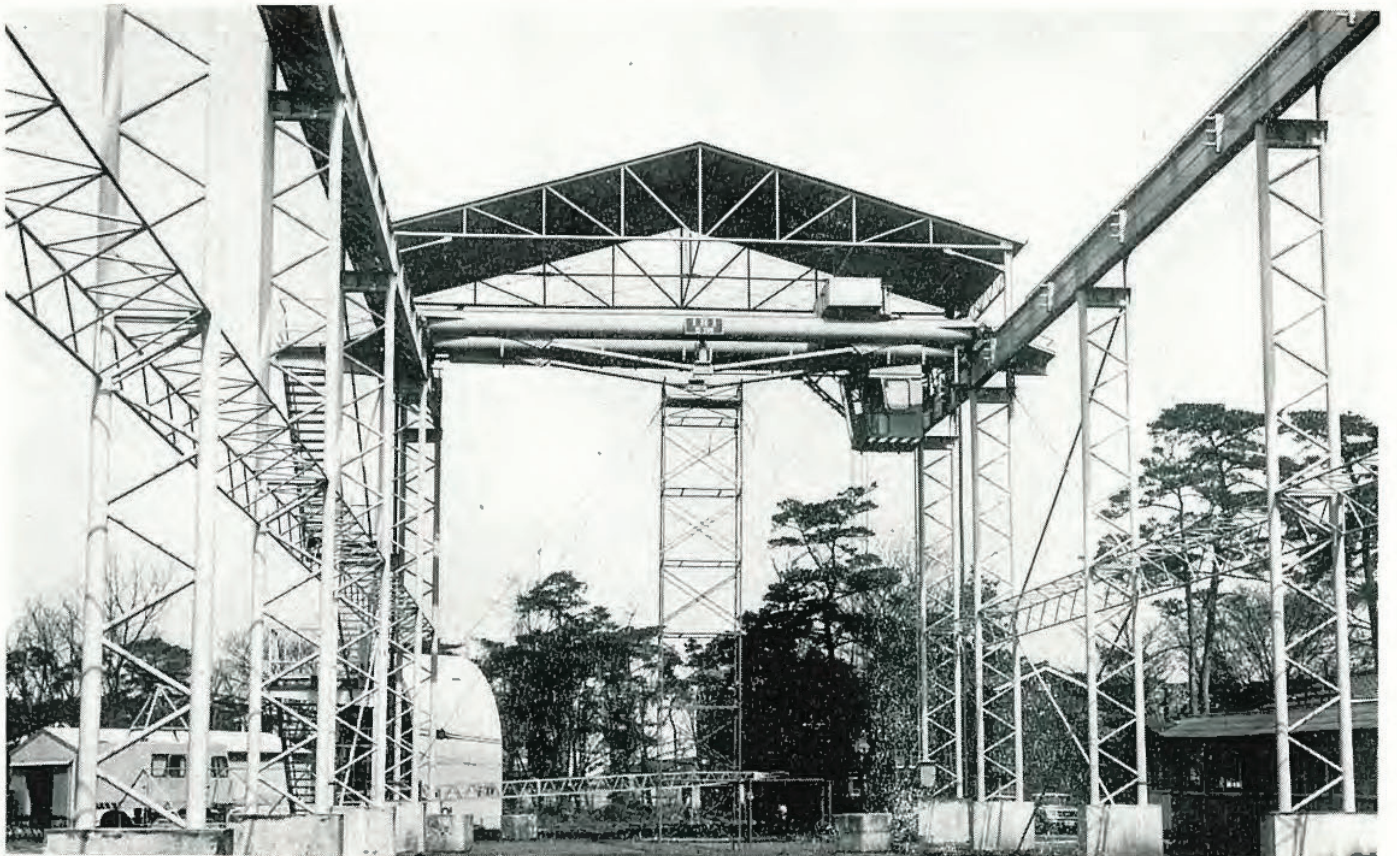
鋼アーチ支保工実験施設



鋼アーチ支保工荷重制御装置



化学関係実験施設



天井クレーン実験施設

序

わが国の労働災害は、1958年政府による産業災害防止総合5ヵ年計画の開始と相呼応する企業の努力によって、世界でもまれにみる急速な改善が行なわれた。しかし、近年災害発生率の減少は鈍化し、死亡災害、重大災害は依然として減少の傾向を示していない。また、工業先進諸国に比し安全水準においても、いまもなお相当な遅れがある状況である。

この現状を打開するには、従来から実施されてきた災害要因対策、すなわち物の不安全状態と人の不安全行為に対する個別的な安全対策に根本的検討を加える必要がある。

輓近の技術における諸種の革新は、広範囲にわたって生産の場における安全に関する諸条件に影響を及ぼし、不安全状態、不安全行為という概念に質的变化を与えた。すなわち、災害現象を生起させる要因あるいは要因の危険性の程度の判断基準に大きな変化をもたらした。したがって、災害現象の科学的解明、災害要因の危険性の検出並びに定量化、マン・マシン・システムの信頼性、保全性を高めるシステム設定などの立場からのアプローチによって技術革新に対処することが必要となってきた。

しかし、生産の場においては、保護具によって直接人体を防護しなければならない作業実体、機械設備に装着する安全装置、設備の単なる人に対する防護などに作業の安全を依存しなければならないような作業環境の実体が数多く存在する。このような環境においては、労働災害は一見比較的単純な現象として現れるが、この種の初歩的といわれる災害には、かえって根深い災害要因を含んでおり、工程、工法、管理システムなどその根元にさかのぼって対策を究明すべき問題をかかえている。

以上述べた一連の諸問題に対しては、個々の設備・機械などに対する個別の技術的対策はもとより重要であるが、発生する災害に対する正確なパターン認識のもとで災害予測技術の体系のなかで問題を処理する必要がある。

当研究所においては、以上の基本的認識の上にならって次に列記した研究方法を採用している。なお、輓近の研究は、研究課題を境界領域の問題としてとらえる必要性が増大している現状に鑑み、昭和45年5月1日から研究部における課制を廃止し四部制の研究組織を採用し、研究グループ制による研究によって効率を高め、問題の本質的解明にあたることとした。

研究の方法

1. 災害現象の発生機構の研究
2. 災害要因の定量化の研究
 - (1) 危険性の検出の研究
 - (2) 危険度の計測指標の研究
 - (3) 危険度の計測方法の研究
 - (4) 危険度の計測方法の標準化の研究
 - (5) 災害要因の危険度の計測
3. 災害防止技術の研究
 - (1) 危険源の完全隔離方法の研究
 - (2) 危険性の消滅・軽減方法の研究
 - (3) 災害発生の予知方法の研究
 - (4) 異常現象の進展防止方法の研究
 - (5) 被害の拡大防止方法の研究
 - (6) 人体の防護方法の研究（保護具・防具）
4. 災害防止技術の研究成果の試作研究
5. 災害防止施設の有効性，稼働性，信頼性，保全性，経済性等の研究
6. 災害防止施設の構造，性能，試験方法の標準化の研究

昭和45年5月

産業安全研究所長 住谷 自省

目 次

第1章 総 説

- (1) 組織の変遷…………… 2
- (2) 歴代所長…………… 3
- (3) 現在の組織および事務分掌…………… 2
- (4) 定 員…………… 4
- (5) 土地および建物…………… 4
- (6) 歳出予算および歳入…………… 6
- (7) 主要試験研究施設・設備状況…………… 7

第2章 研究等業務

- (1) 主要研究課題…………… 8
- (2) 研究成果の概要…………… 9
- (3) 刊行物…………… 40
- (4) 学会誌・学術雑誌掲載…………… 40
- (5) 研究発表…………… 42

付 録…………… 43

研究所平面図…………… 43

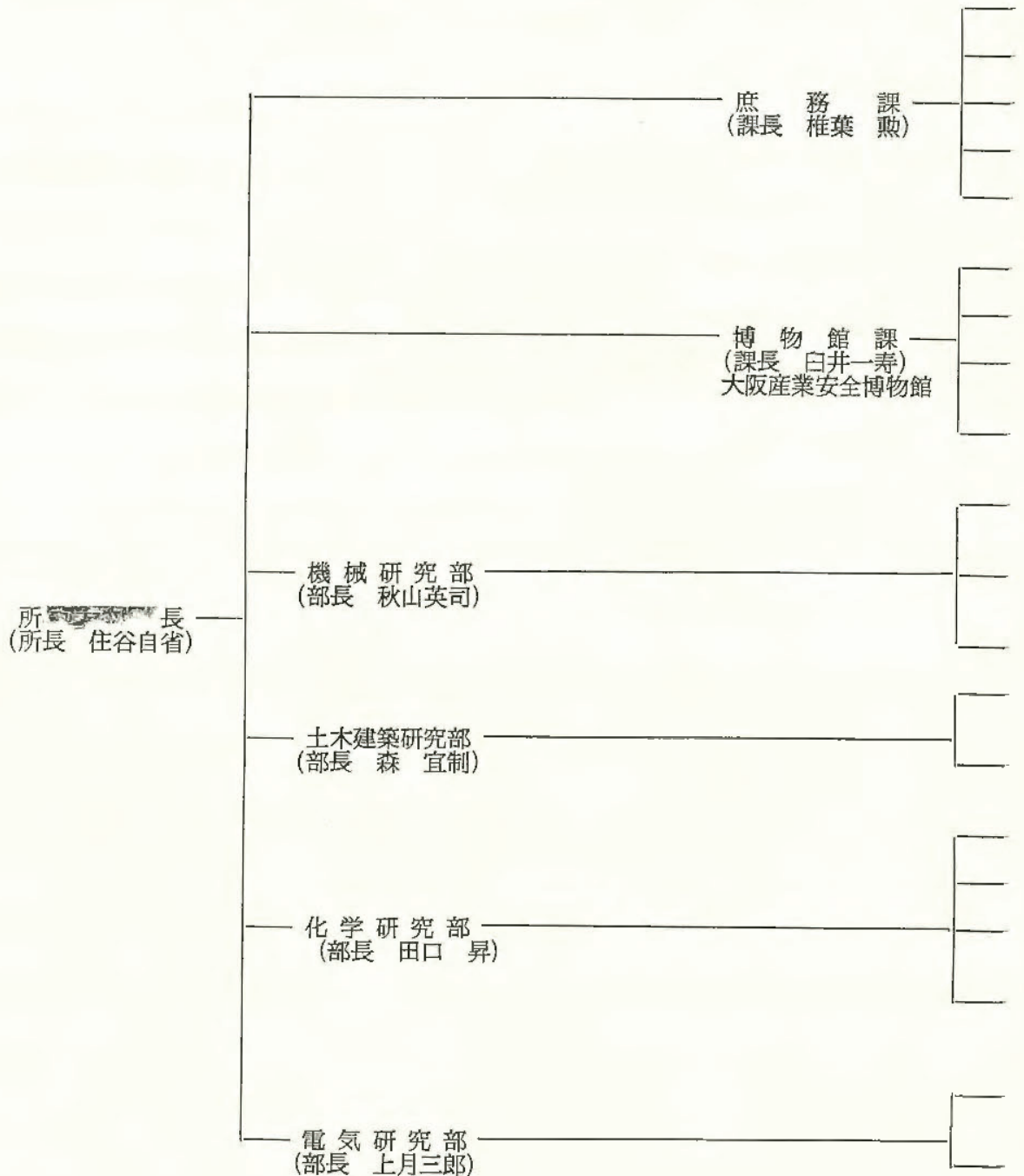
所在地略図…………… 44

第1章 総 説

(1) 組織の変遷

- 昭和17年1月30日 東京都港区芝田町に厚生省産業安全研究所として設立。
- 昭和18年9月10日 産業安全参考館（昭和29年3月産業安全博物館と改称）を開設し、一般に公開。
- 昭和22年8月31日 労働省の発足とともに、労働省産業安全研究所となる。
- 昭和36年4月12日 大阪市森之宮東之町に大阪産業安全博物館を開設し、一般に公開。
- 昭和41年12月23日 東京都北多摩郡清瀬町に附属屋外実験場を設置。
- 昭和42年1月17日 庁舎改築のため、附属屋外実験場の一部を仮庁舎として移転。

(3) 現在の組織および事務分掌（昭和45年5月1日）



(2) 歴代所長

	氏 名	在 職 期 間
初 代	武 田 晴 爾	昭17. 1～昭24. 8
2 代	中 島 誠 一	昭24. 8～昭27. 3
3 代	高 梨 滋	昭27. 4～昭39. 7
4 代	山 口 武 雄	昭39. 7～昭43. 6
5 代	住 谷 自 省	昭43. 6～

- 1 職員の人事及び福利厚生に関すること。
- 2 予算、決算及び会計に関すること。
- 3 物品に関すること。
- 4 文書の審査並びに文書の接受、発送、編集及び保存に関すること。
- 5 前各号に掲げるもののほか、産業安全研究所の所掌に係る事務で他の所掌に属しないもの。

- 1 産業安全博物館に関すること。
- 2 工場事業場の行う災害予防措置に関する資料の収集及び整理に関すること。
- 3 産業安全研究所の所掌する工場事業場における災害予防の調査研究に係る事項に関する指導援助普及その他広報に関すること。
- 4 電気機械器具の防爆構造についての検定及び検査に関すること。

- 1 産業災害の予防のための安全保護具、機械、器具その他の設備等の改善に関する調査研究（他の所掌に属するものを除く）に関すること。
- 2 産業災害の予防のための安全保護具、機械、器具その他の設備等の操作の改善に関する調査研究（他の所掌に属するものを除く）に関すること。
- 3 前2号に掲げるもののほか、産業安全研究所の所掌に係る調査研究で他の所掌に属しないもの。

- 1 産業災害の予防のための土木工事及び建築工事に関する機械、器具その他の設備等の改善に関する調査研究（化学研究部及び電気研究部の所掌に属するものを除く）に関すること。
- 2 産業災害の予防のための土木工事及び建築工事に関する機械、器具・その他の設備等の操作の改善に関する調査研究（化学研究部及び電気研究部の所掌に属するものを除く）に関すること。

- 1 産業災害の予防のための化学的危険性を有する物質の危険性の除去に関する調査研究に関すること。
- 2 産業災害の予防のための化学的危険性を有する物質の取扱いの改善に関する調査研究に関すること。
- 3 爆発による産業災害の予防のための機械、器具その他の設備等の改善に関する調査研究（電気研究部の所掌に属するものを除く）に関すること。
- 4 爆発による産業災害予防のための機械、器具その他の設備等の操作の改善に関する調査研究（電気研究部の所掌に属するものを除く）に関すること。

- 1 産業災害の予防のための電氣的危険性を有する機械、器具その他の設備等の電氣的危険性の除去に関する調査研究に関すること。
- 2 産業災害の予防のための電氣的危険性を有する機械、器具その他の設備等の操作の改善に関する調査研究に関すること。

(4) 定員

定員	内 訳																		
	会 計 別		給 表 別 職 名 別 等 級 別	研 究 職					行 政 職 (一)				行 政 職 (二)						
				所 長	部 長 等 研 究 員	室 長 等 研 究 員	研 究 員	研 究 補 助 員	計	課 長	係 長	一 般 職 員	計	技 能 職 員 (乙)	労 務 職 員 (甲)	労 務 職 員 (乙)	計		
58	一 般 会 計	44	1 2 3 4 5 6 7 8 計	1	4	12	14	1	5 12 14 1	32	1	2	2 3 1 6	1 1 2 2 3 1 9	1	1	2	1 1 1	3
	特 別 会 計 労 働 者 災 害 補 償 保 険	14	1 2 3 4 5 6 7 8 計		1	1	6		1 1 6	8		1	2 1 3	1 1 1 4	1	1	1	1 1	2
計	58			1	5	13	20	1	40	1	3	9	13	2	1	2	5		

(5) 土地および建物

名 称	所 在 地	敷地面積 (m ²)	建物面積 (m ²)	
労働省 産業安全研究所	東京都港区芝5-35-4	6,235	-	昭和41年2月庁舎改築のため旧建物 全部取りこわし
労働省 産業安全研究所 清瀬実験場	東京都北多摩郡清瀬町梅 園 1-4-6	45,725	延 5,586	
労働省 産業安全研究所 大阪産業安全博物館	大阪市東区森之宮東之町 458	(832)	延 893	敷地は大阪労働基準局所属

(6) 歳出予算および歳入

イ 歳出予算

年 度		41 年 度	42 年 度	43 年 度	44 年 度	45 年 度
区 分		千円	千円	千円	千円	千円
一 般 会 計	人 件 費	42,428	46,675	52,712	56,063	65,663
	職 員 旅 費	467	467	475	510	549
	研 究 費	11,110	12,334	12,634	14,060	15,440
	庁 費	2,467	2,967	2,916	2,847	2,870
	光 熱 水 料	22	22	22	22	22
	各 所 修 繕	1,127	1,208	1,172	1,488	1,488
	小 計	57,611	63,673	69,931	74,990	86,032
	原 子 力 関 係	1,281	1,416	4,064	1,390	2,337
	特別研究促進調整費	12,163	13,731	0	11,728	0
	訓練科学関係	12,163	13,731	0	0	0
	高気圧環境関係	0	0	0	11,728	0
合 計	70,992	78,820	73,995	88,108	88,369	
労働者災害補償保険特別会計	研 究 費	15,676	17,566	18,352	20,299	23,380
	事 業 庁 費	1,650	1,650	1,534	1,534	1,558
	大阪産業安全博物館経費	2,683	2,683	3,523	3,523	3,571
	研究施設整備費	20,000	18,120	18,204	18,395	19,700
	屋外実験場建設費	269,775	-	-	-	-
	合 計	309,784	40,019	41,613	43,751	48,209
総 計	380,776	118,839	115,608	120,131	136,578	

ロ 歳入
(依頼試験)

区 分	年 度			
	41 年 度	42 年 度	43 年 度	44 年 度
防爆電気機械器具の防爆性能試験	167件	180件	228件	12件
自動電撃防止装置の安全性能試験	0	0	2	1
溶接棒ホルダの安全性能試験	6	3	2	4
研ま盤のと石車の強度試験	7	4	49	49
安全帽の安全性能試験	54	22	21	24
安全靴の安全性能試験	6	13	18	20
安全靴の先芯の強度試験	13	16	5	1
安全帯の安全性能試験	1	7	6	4
鋼材の強度試験	22	21	3	40
鋼管足場用金具の安全性能試験	2	2	3	0
その他の試験	8	24	19	60
合 計	286	292	356	215
歳 入 金 額	千円 2,416	千円 2,706	千円 3,505	千円 734

(検 定)

区 分	年 度			
	41 年 度	42 年 度	43 年 度	44 年 度
防爆電気機械器具 (大 型)				216
(中 型)				139
(小 型)				134
更新申請手数料				49
成績書交付手数料				23
再交付手数料				1
合 計				562
歳 入 金 額				千円 8,286

注) 検定は昭和44年4月1日より開始

(7) 主要試験研究施設, 設備状況 (価格 100 万円以上にかかる分)

施設・設備の名称	施設・設備の名称
(一般会計) 受変電設備 190KVA 安全帯試験塔 クレーンシュミレータ 高速度カメラ メモリスコープ 制御動作解析装置 システムアナライザ アナライザ用データレコーダ アイマークレコーダ (撮影用照明装置付) システム訓練用シミュレータシステム 高圧酸素燃焼実験装置	半地下実験用ピット 観測室 実験ガス配給設備 ガス配合室 爆圧放散孔実験施設 鋼アーチ支保工実験施設 安全帯試験施設 シンクロスコープ 高周波電源装置 自動歪測定装置 自動記録式示差熱天秤 ピエゾ圧力測定装置 マルチデータカメラ シンクロスコープ 粒度分布自動測定装置 電気火花点火頻度測定装置 電磁共振型疲労試験器 万能型引張試験機 高速回転試験装置 液体流動帯電実験施設 高所作業測定観察用施設 大型密閉爆発実験施設 生体電気現象無線電送装置 自動操作式爆発実験装置 天井クレーン実験施設 全自動的歪測定器
(特別会計) 30トン模型引張試験機 自記エックス線応力測定装置 大型キセノンテスト ワイヤロープ衝撃試験機 ワイヤロープ疲労試験機 電子顕微鏡 高速写真解析装置 ガスクロマトグラフ 200トン圧縮・曲げ試験機 岩石圧縮試験機 1トンジブ走行起重機 土止め支保工実験施設 化学反応実験施設 RI貯蔵庫	

第2章 研究等業務

(1) 主要研究課題

◎ 機械等関係

- イ 加工機械の安全化に関する研究
 - (1) グラインダカバーの防護効果
 - (2) 研削砥石の動的強度
- ロ、クレーンの安全化に関する研究
 - (1) 天井クレーン構造部の動的応力
 - (2) 荷振れの最適制御
- ハ、金属材料の破壊に関する研究
 - (1) 鋼の損傷原因に関する電子顕微鏡的研究
 - (2) 荷重サイクルによる疲労破面の変動
 - (3) 事故ボルトに関する二、三の問題点
- ニ、産業災害の解析、評価、合成の手法に関する研究
 - (1) 災害分析における欠陥関連樹法の適用
- ホ、保護具に関する研究
 - (1) 安全帽の耐候性
 - (2) 安全帽の衝撃試験方法
 - (3) 水平に張った親綱に安全帯をかけた場合の落下衝撃力
 - (4) 安全帯を用いて墜落を阻止した場合に人体の受ける衝撃力
 - (5) 人頭寸法の測定
 - (6) 安全靴のすべり
- ヘ、人間—機械システムの信頼性等に関する研究
 - (1) 人間—圧延装置システムのシミュレーション
 - (2) 装柱の人間工学的安全化

◎ 建設関係

- イ 落盤の予知に関する研究
 - (1) 大谷石微震音の発生特性
 - (2) 採石場における大谷石微震音の特性
- ロ、仮設構造物に作用する荷重に関する研究
 - (1) 型枠支保工に作用する動荷重
- ハ、仮設構造物の座屈等に関する研究
 - (1) 壁つなぎ、合板足場板等性能試験方法
 - (2) 簡易土止支保工の構造と強度
 - (3) 近似的等分布荷重を受ける半円アーチの面外座屈
- ニ 墜落防止設備に関する研究
 - (1) 手すりに作用する衝撃荷重
 - (2) 安全ネットの機能および耐候性
- ホ 床仕上げの人間工学的改善に関する研究
 - (1) 床の滑り難さと歩行者の筋電図との関係

- (2) 歩行反力の検出装置の開発
- ヘ 工場の建家内気候の建築学的改善に関する研究
 - (1) 工場内労働災害発生頻度の時系列分析 (災害科学)
 - ト、粉粒体大型輸送袋の安全性に関する研究

◎ 化学関係

- イ、ガス、蒸気の爆発危険性に関する研究
 - (1) 一酸化炭素の爆発限界と混合ガス、圧力との関係
 - (2) 可燃性液体の引火温度、発火温度および蒸気の爆発限界
- ロ、粉じんの爆発危険性に関する研究
 - (1) 粉じん空気混合物の下限界濃度および爆発圧力
 - (2) 流下式試験装置による粉じん爆発特性
- ハ、人工環境下における燃焼危険性に関する研究
 - (1) 高気圧酸素中における可燃物の着火温度、圧力上昇性質および燃焼速度 (特調)
- ニ、電気設備の防爆構造に関する研究
 - (1) セーフギャップの消炎機構
 - (2) 電気設備の防じん性
 - (3) 防爆電気設備の爆発強度試験方法
- ホ、爆発放散孔に関する研究
 - (1) 乾燥器の爆発放散孔
- ヘ、火災防止器の防火性に関する研究
 - (1) ガス分析装置における火災防止器の防火性
 - (2) 各種火災防止器の防火性

◎ 電気関係

- イ、電気回路の本質安全防爆化に関する研究
 - (1) 高周波火花による爆発性ガスの点火限界
 - (2) 電気火花による爆発性ガスの点火確率
- ロ、人工環境下における電気設備の安全化に関する研究
 - (1) 空気—可燃性ガス混合気の点火限界 (特調)
 - (2) 絶縁電線の温度上昇による発火特性 (特調)
- ハ、静電気の帯電現象および除電方法に関する研究
 - (1) RIによる静電気の除去 (原子力)
 - (2) 液体の流動帯電
 - (3) 導電性繊維による除電
 - (4) 静電気火花の放電特性と着火危険性
 - (5) 感電防止器の開発
- ニ、感電災害の防止に関する研究
 - (1) ヒューズのしゃ断現象
 - (2) 建設工事に用絶縁防護管の耐候性

グラインダカバーの防護効果 に関する研究

機械研究部 秋山英司, 近藤太二, 桑川壮一

1. 実験目的

グラインダの砥石の破裂による災害は、重篤災害になることが多い。これに対し、砥石自体の強度的向上を図ることは、もちろん重要な対策であるが、最近の業界においては、研削効率の向上をねらって高速化の傾向が強くなり、砥石自体の強化のみにより、その破裂を完全に防ぎ得ないのが実情である。したがって、衝撃的負荷や取扱いの不備などにより、ひとたび破裂を起こした際には、破片飛散による災害を最小限に食い止めるためにもっとも大きな役割を果たすが、グラインダカバーということになる。

そこで、当研究所においては、グラインダの安全化に関する研究の一環として、回転中の砥石が破裂した場合のカバーへの衝撃状態を高速度撮影により観察し、調整片などによる防護効果について検討を行なうとともに、カバーの衝撃変形と砥石破片の運動との関係について解析を行なった。

2. 実験装置

実験装置は、図1に示すとおりである。この実験装置は大別して、回転試験機と高速度撮影装置からなり、回転試験機の砥石取付け軸には、リード線を組み込みスリップリングを通じ、回転中に外部から電源を供給できるものである。また、静荷重試験は、万能型引張試験機を

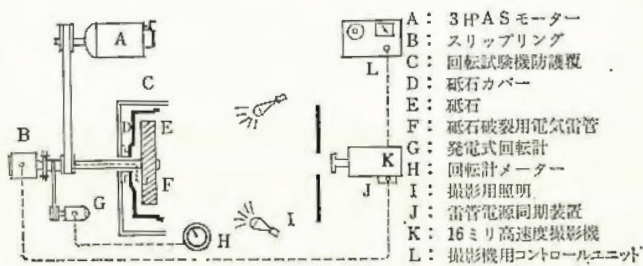


図1 実験装置

を用い、高速度撮影フィルム解析は写真解析装置を用いた。

3. 実験結果

1) 回転中の砥石が破裂した場合、一次的破壊（カバーに接触する以前の破壊）で数個の破片に分離するが、破片の大きい場合としては、直径方向に2分する状態が、観察された。

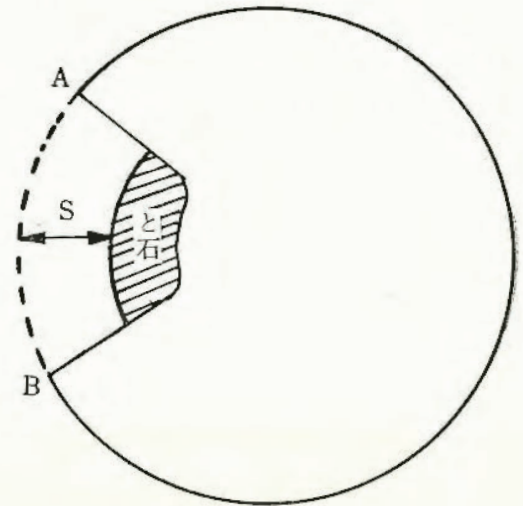


図2 t : 破片が間隔 S を移動する時間

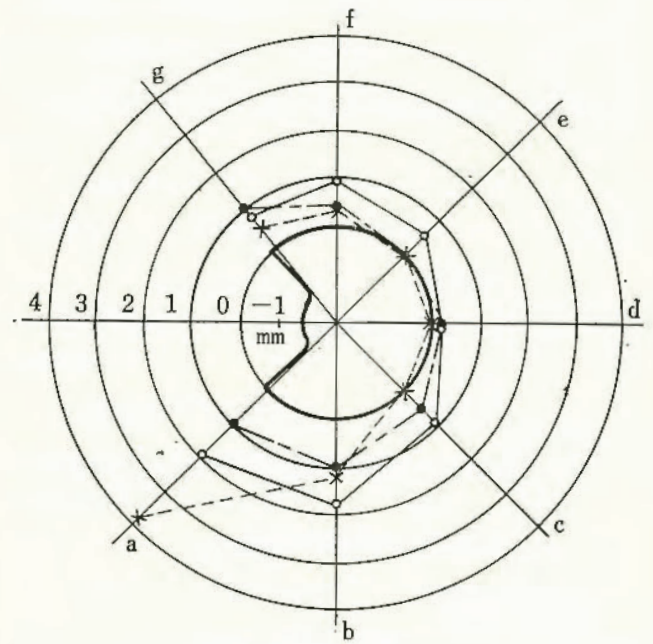


図3 永久変形

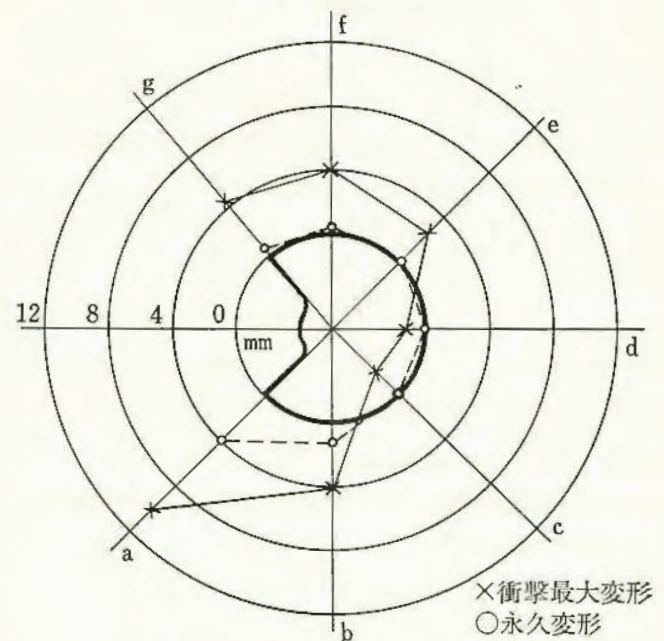


図4 衝撃変形と永久変形

2)調整片の有無により砥石破片の飛散状態にかなりの差があることが、観察された。図2および表1は、高速度撮影フィルムから解析した結果である。

3)カバーの永久変形は、外周フランジ部を45度ごとに中心から半径方向の変形量を測定した。図3がその結果である。また衝撃変形は、高速度撮影フィルムを中心から半径方向について解析を行なった。図4は、外周部厚さ3.2mmのカバーの衝撃変形の最大値と永久変形を示すものである。

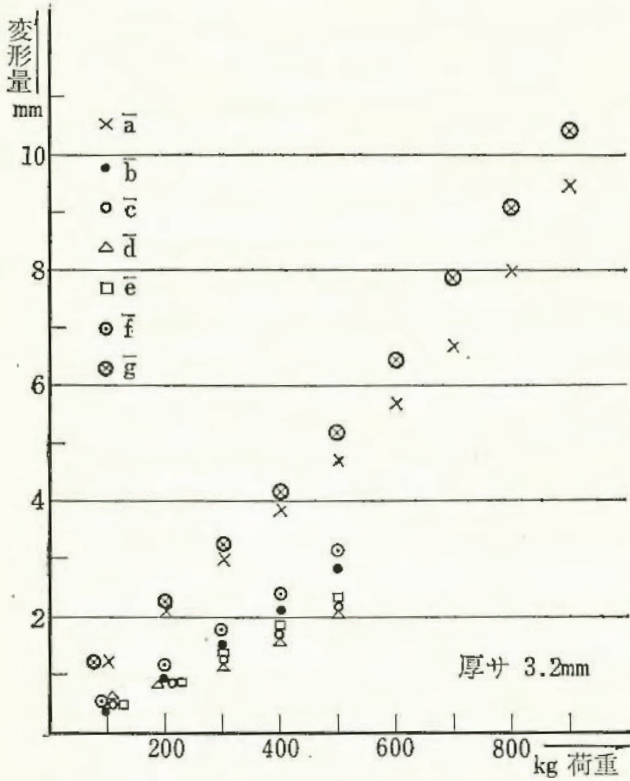


図5 静荷重試験

表1 調整片の効果

カバー側板	調整片	時間 t (sec)
有	有	42.8×10^{-3}
	無	7.6
無	有	22.0
	無	6.0

砥石回転数：1,800r・p・m

砥石外径：255mm

4)カバーの静荷重試験については、図5に外周部厚さ3.2mmの場合の結果を示す。

5)図3の衝撃変形量と図5の静荷重試験の結果から、衝撃変形量の静荷重変換を行なうとその最大値は、a点で約980kgとなる。しかるに、回転円板に発生する周方向応力の一直径に関する合応力は、①式を積分することに

よって、②式で示される。

$$\sigma_r = \frac{r\omega^2}{8g} \left\{ (3+\nu)(r_2^2 + r_1^2 + \frac{r_2^2 r_1^2}{r^2}) - (1+3\nu)r^2 \right\} \dots\dots\dots ①$$

$$\int \sigma_r dr = \frac{2}{3} \frac{r}{g} \omega^2 (r_2^3 - r_1^3) \dots\dots\dots ②$$

本実験に関して、②式で数値計算した結果は、約730kgとなる。

4. 結論

以上の実験結果から、次のようなことがいえる。

1)カバーの設計の場合には、回転中破裂した砥石破片は、1/2の大きさのものが衝突すると考えるのが、妥当であろう。

2)調整片の役割は、従来主としてスパークプレーカと考えられてきたが、本実験において、調整片が破片の飛散を一時的にとどめることにより、防護的效果を持つことが判明した。

3)カバーの衝撃変形および永久変形が開口部下端で大きな値をとることから、カバーの危険部分がここにあることが実験的に確認できた。

4)衝撃変形の静荷重変換による最大値は、回転円板と考えた場合の計算値の約1.34倍になる。したがって、この考え方でカバーを設計する場合は、この係数をも、安全率として考慮すべきであろう。

鋼の損傷原因に関する

電子顕微鏡的研究

機械研究部 近藤太二、橘内良雄

1. 実験目的

機械、構造部材がなんらかの原因で破壊したとき、それらの破壊原因を適確に究明することは多くの場合かなりの困難を伴うものである。そこで機械、構造部材の破壊原因を破面の微視的形態から究明するために純鉄、炭素鋼(S S 41, S 15 C, S 35 C)、ステンレス鋼(S U S 27, S U S 38)および鋳鉄(F C 15)を用いて引張、衝撃、疲れ試験を行なって得られた破面を電子顕微鏡によって観察して、それぞれの破面の特徴を明らかにし、あわせて稼動中に破壊した機械、構造部材の破面との比較を行なった。

また破壊条件と破壊形態との関係を定量的に解明するために、疲れ破壊について破面上に観察されたしま模様(striation)の幅と応力との関係について検討を行なった。

破面の電顕観察にあたっては2段レプリカを作成し、おもに5,000倍で観察を行なった。またstriationの幅の測定にはマイクロフォトメータを用い、ネガの濃度差か

ら求めた。

2. 実験結果

純鉄、炭素鋼、ステンレス鋼の引張破面には放物線状の形をしたくぼみ、すなわち Dimple (写真1) が観察されたが、鋳鉄の破面は非常に複雑な様相をしており、一定の特徴を有する明確な破面形態は観察されない。しかし延性材であれば、材質に無関係に引張破面には Dimple が観察されており、破壊原因に対して共通の破面形態を呈するものと思われる。



写真1 Dimple Pattern



写真2 River Pattern

衝撃破面は遷移温度によって破面形態が異なり、破壊が延性遷移温度以上の場合には引張破面と同様 Dimple が延性遷移温度以下では破面は平らな劈開面からなり、いわゆる River Pattern (写真2) が観察された。

破断までの繰返し数が 10^4 回から 10^6 回までにおける純鉄、炭素鋼、ステンレス鋼の疲れ破面には多くのしま模様すなわち striation (写真3) が観察されたが、これらの striation は局部的にはほぼ等間隔に、また、き裂の伝播方向に直角に並んでいる。とくに SUS27 は他の材料に比べて striation の長さが長く、規則的な間隔で形成されているが、炭素鋼では炭素含有量の増加につれて

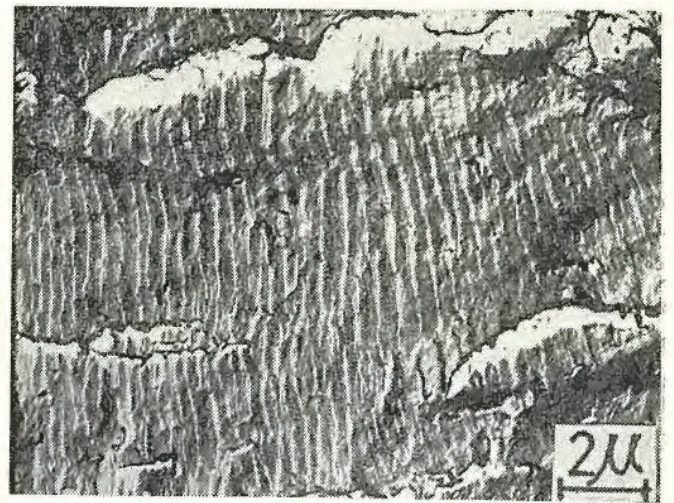


写真3 Striation Pattern

striation は短く不明瞭になる傾向がある。これらの striation は一般に tear line や step の間に観察されそれらの近傍でわずかに彎曲しているので、tear line や step はき裂の伝播を抑制する働きをするものと思われる。

また疲れ破面には striation の存在する面に対してある傾を持っている面が観察されたが、これらの面はこすりあって平行な条痕を作っている場合が多い。一方、鋳鉄では引張破面と同様一定の特徴を有する破面形態は観察されない。

上記の実験によって得られた破面形態と稼動中に破壊した機械、構造部材の破面形態とを比較するために、疲れ破壊を起こしたフック、プレスのセットボルト、デリッククレーンの接合金具、クレーン主材の接合ボルト、プレスのクラッチピンなどについて電顕観察を行なった結果、これらの破面形態は実験的に得られた形態と良く一致していた。

S15C、S35C の疲れ破面に観察された striation の幅をマイクロフォトメータで測定した結果、その幅は濃度差と良く一致していた。しかし striation の幅はその性質上統計的に処理することが望ましいと思われるので、各破面上1.5~2.5mm の位置から12枚以上の写真撮影を行ない、さらに各々の写真に見られる striation の幅を10点以上測定してヒストグラムを作り、その分布状況を求めた結果、その幅はほぼ正規分布(図6)をしていることがわかった。そこで striation の幅と応力振幅との関係を求めたところ、応力振幅が増すと striation の幅の最大頻度はほぼ比例的に増加することが判明した(図7)。

一方、同一破面について観察位置の相違による striation の幅の変化を求めめるため、外周部から最終破断部までの間を約0.5~1mm の間隔で観察した結果、striation の幅は最終破断部に近づくにつれて、増加する傾向がある(図8)。

部分に働いた応力もある程度推定できるものと思われる。

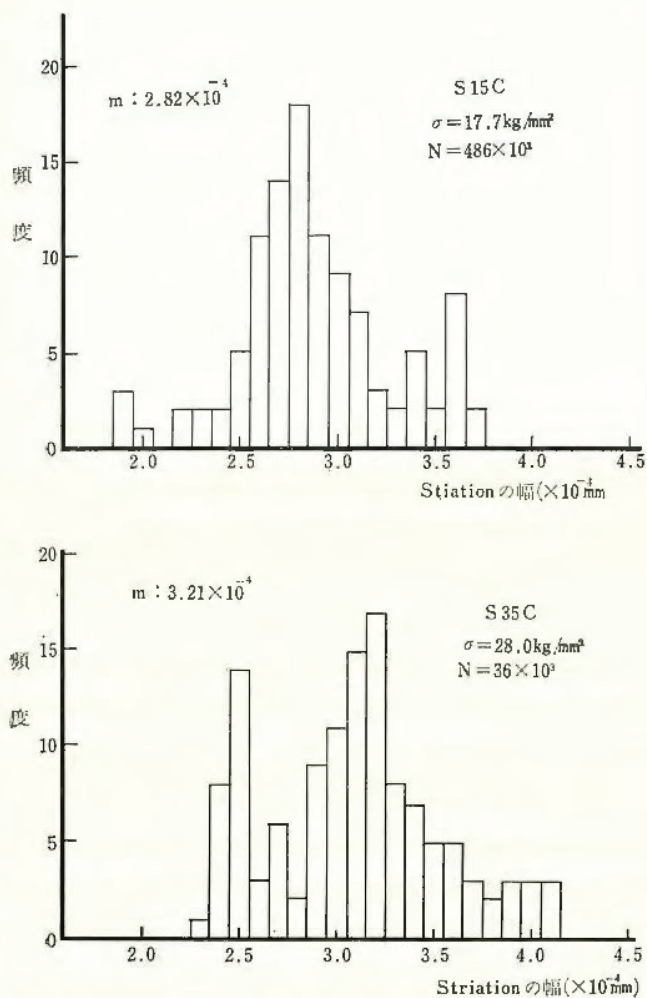


図6 Striationの分布

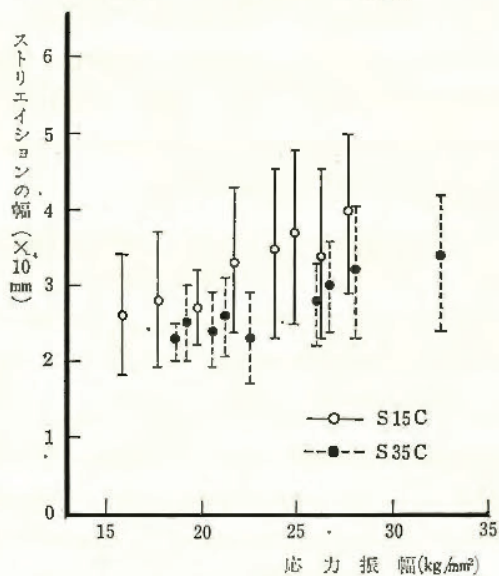


図7 Striationの幅と応力振幅との関係

3. 結論

以上の実験結果から延性を有する材料は破壊形式の相違によって特徴ある破面形態が認められたので、破面の電顕観察は炭素鋼などを用いた機械、構造部材の破壊原因を究明する一手段として有効に活用できる。また疲れ破面に観察された striation の幅を統計的に処理すれば、その幅は応力振幅とほぼ比例関係にあるので、破壊

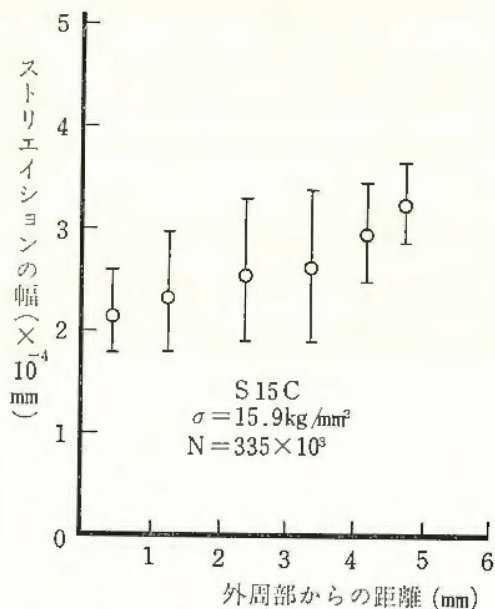


図8 破面の位置による Striation の幅の変化

事故ボルトに関する二、三の問題点

機械研究部 近藤太二, 橋内良雄
土木建築研究部 前 郁夫

1. 実験目的

ボルト、ナット結合体の強度については従来から多くの研究があるが、その研究成果が必ずしも現場で活用されているとはいえない。このためボルトの破断による事故は跡を断たず、時として人的、物的の重大災害を生じている。われわれは最近のボルト事故の若干について調査を行ない、事故ボルトに関する二、三の問題点を検討した。

2. ケーソンの水没事故

某河川のケーソン工事現場で川底に通ずるシャフトが折れ、ケーソン内に浸水し、作業員11名が死亡した。事故の直接原因はなお調査中であるが、当時ロックとシャフトをつなぐW3/4ボルト36本が飛んでおり、これが一因ではないかと考えられた。

計算によるとねじ底にかかる静的平均応力は10~14 kg/mm² となり、これに動荷重が加わったとすると疲れ破壊の可能性も考えられた。

われわれは事故ボルトと同種のボルト計42本について試験を行なったところ、引張試験では試験数の約70%がねじ部から破断し、残りは首下から破断したが、後者の平均引張り強さは前者の66.7%であった。写真4は首下破断面で明らかに脆性破面である。疲れ試験では平均応力12.5kg/mm²と15kg/mm²で±2.5kg/mm²の疲れ限度を得たが、その試験中首下から破断した脆性破面を呈するものがあつた。また縦断面のマクロ写真でも明らかに首

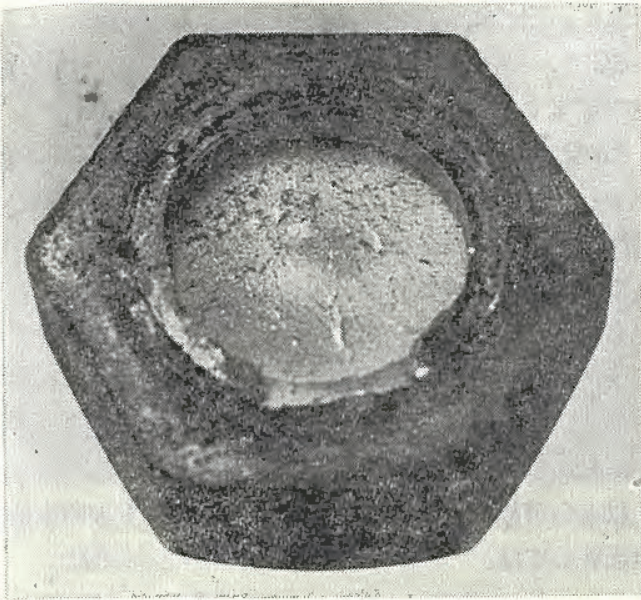


写真4 首下から破断したケーソンボルトの破面

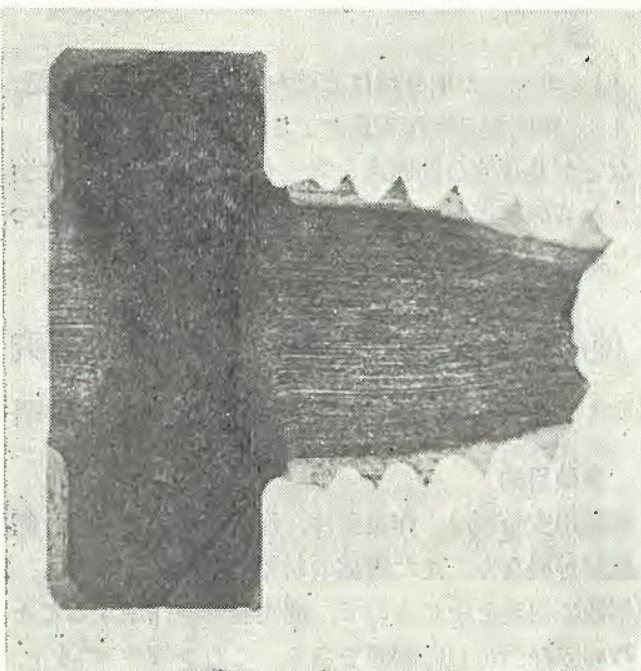


写真5 縦断面のマクロ写真

下部の繊維切断を示した(写真5)。

これらの試験結果から、ボルトブランクのすえ込み時に生じた欠陥が、災害の直接原因ではなかったとしても、有力な要因になったものと考えられる。

3. フックのねじ部の破断

10tの天井クレーンで約8tの鋼材を吊上げ中、フックのねじ部が、第1段目の谷底より破断し吊荷が落下した。破面とその電顕像は疲れ破壊を示した。使用された材料はSF45に相当し、ねじの谷底には荒いバイト目が見られた。

計算によるとねじ底平均応力は $6.54\text{kg}/\text{mm}^2$ で、一方寸法効果を考えたこのねじの片振り疲れ限度は $7.31\text{kg}/\text{mm}^2$ となり、これだけでは疲れ破壊は起こらないはずである。亀裂の起因としては微小介在物も考えられないことはないが、バイト目による切欠きが破壊の原因と考え

る方が妥当であろう。これはねじ加工上の欠陥であるが、仕上精度は設計応力を決める段階で当然考慮されるべき問題でもある。

4. プレス安全装置のセットボルトの破断

両手操作式のプレス安全装置の取付けボルト(W3/8 3本)が作業中に破断し、そのため作業者の指を切断する事故が数回にわたって発生した。破面は疲れ破面で、その電顕像には Striation Pattern がみられた。(写真6)



写真6 プレス安全装置セットボルトの電顕像

このボルトを試験した結果、材質はSS41に相当しボルトの引張強さは 2500kg で、S-N線図は図9の通りであった。

次にボルトに歪ゲージを貼り10tプレスにより1.2mm鋼板を打ち抜き作業中のボルトの応力を測定した処、引張応力は比較的小さいが曲げ応力は $10\text{kg}/\text{mm}^2$ に達することがあり、初期締付力により左右されることが分った(図10)。またこの実験でボルト孔の精度とプレス本体の当り面がボルトの曲げ応力に大きな影響があることが認められた。

これらの実験の結果、事故の原因はボルトの選択の不適と、取付け不良によるものと考えられる。

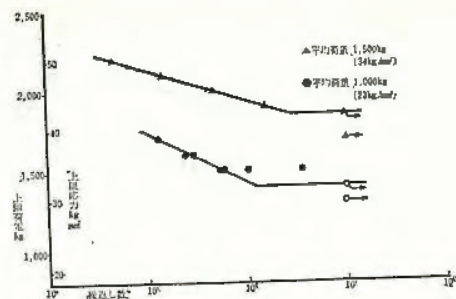


図9 プレス安全装置セットボルトの部分片振疲れ試験

5. クライミングクレーンの倒壊

定格荷重7tのクライミングクレーンで8.4tの荷を吊り旋回中、マスト主材の接合ボルトが破断しクレーンが倒壊した。ボルトはM36で1隔3本ずつ計12本が使用

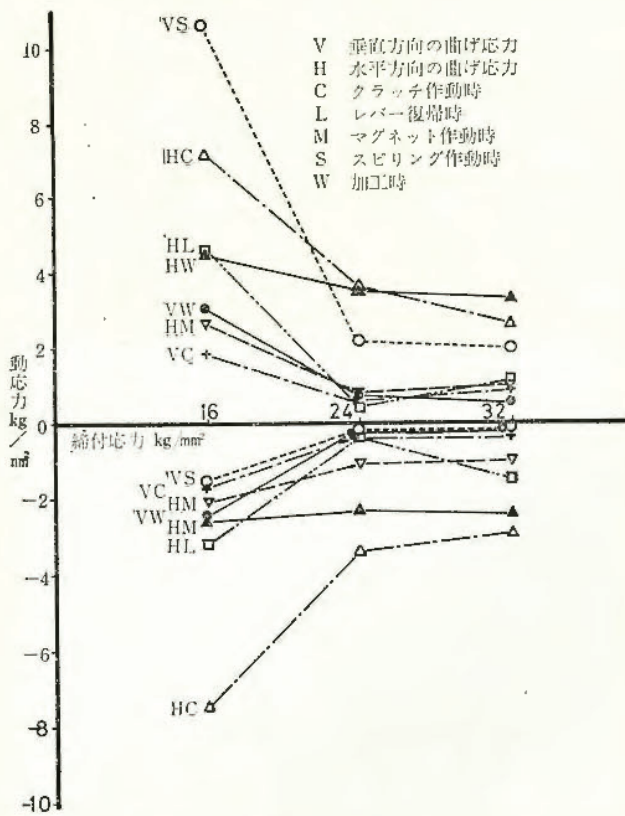


図10 初期締付け応力と動応力

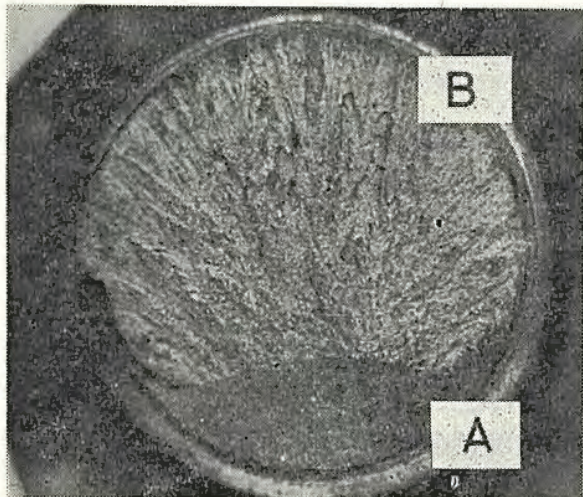


写真7 クライミングクレーンボルトの破面



写真8 A部の電顕像

されていた。現地の報告書によれば、ボルトの材質はS45Cで、ねじ底の平均引張応力が定格荷重でも疲れ限度を越えているため疲れ破壊したものと考えられた。

われわれは破断したボルト2本を入手し電子顕微鏡観察を行なった。(写真7, 写真8)。その結果B部には二次的な脆性破面を示す River Patternが見られたが、A部には通常の疲れ破面と異なり Dimple Patternが見られた。これは延性破面の特徴で、このボルトは片振り低サイクル荷重による延性疲労破断と考えられ、操作のミスによる過荷重の繰返しが事故の原因と推測される。

6. 結論

以上の事故例にも見られるとおり、ボルト破断事故の原因としては、

- 1) ボルト自体の材質や加工法の欠陥。
- 2) ボルトの選択、とくに疲れ強さに対する選択の誤り。
- 3) ボルトの取り付け方法および締付け力の不適。
- 4) 機械類の操作不良によるボルトの過荷重。

などが共通的な問題点と考えられ、主要ボルトに対してこれらの観点から検討することは災害防止に役立つものと考えられる。

使用した安全帽の経年性能低下の研究

機械研究部 三田村正智, 末吉昭一

1. 実験目的

産業用安全帽は、作業条件、作業環境によって、帽体の損耗が異なり、また帽体の材質の特性によっても、耐用年数に相違を生じるので、廃棄基準を作成することはきわめてむづかしい問題である。これを解決するために、金属鉱山、化学工場、電気工事業、港湾荷役業などで使用した安全帽で、使用した期間は1~8年の帽体171個を調べた。帽体の材質は、FRP、フェノール、ポリカーボネートであり、試験の方法としては、JIS M7608に定める落球衝撃試験、先端角度60°のストライカによる帽体の強さ試験、および静荷重による圧縮試験、パーコルカタさなどから経年変化による性能低下の状況を把握することをこころみため、その結果の概要を材質別に述べる。

2. FRP (Fiberglass Reinforced Plastics)

金属鉱山、化学工場、港湾荷役業で使用した試料では、金属鉱山で使用した帽体は、坑内において、天盤が低いいためか、帽体表面にかなりの引きかき傷が認められたが、5~8年11月も使用した帽体であっても、衝撃試験と帽体の強さ試験による異状は認められなかった。(写真9)

化学工場、とくに酸類を取り扱う職種で使用した帽体

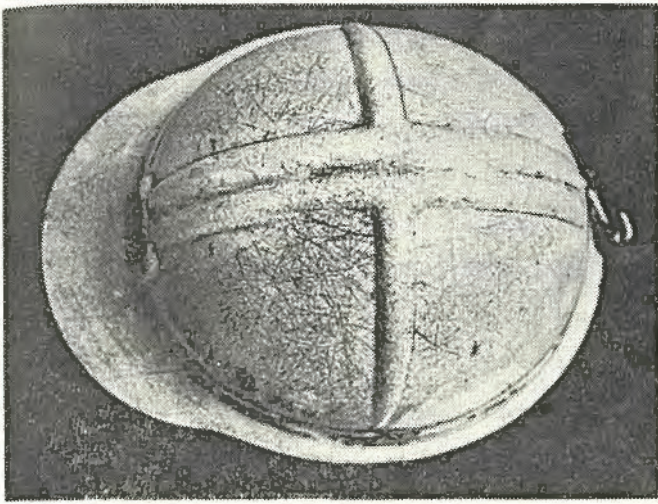


写真9 金属鉱山で2年11ヵ月使用したFRPの帽体。衝撃試験、帽体強さ試験でまったく異状が認められない。

は、表面の樹脂が侵され、ガラス繊維が帽体の表面に露出しており、また帽体のふち割れが認められた。2～5年間使用した帽体では、衝撃試験の結果、帽体の変形量が増加する傾向が確認された。いずれも帽体の下端に生じたふち割れが装着体を取り付ける孔まで達している場合は、帽体の強度低下が認められる。

港湾荷役業で使用した帽体については、沿岸荷役のかなり苛酷な条件で3～5年使用したもので、かつ帽体側面に、近接（間隔45mm）した2個の通気孔、径9mmがあげられたおり、孔の間隔は狭すぎるし、径も大き過ぎたが、帽体の全般的損傷が著しくても、帽体頂部が割れているか、帽体のふち割れが装着体の取付け孔まで達していないものは、帽体の強度低下はそれほど認められない。

3. フェノール（ベークライト）

金属鉱山、港湾荷役業、火力発電所の保守に使われた帽体は、フェノール樹脂を浸透させたカンバスの補強材の効果により、長期間の使用による材質的欠陥は確認するにいたっていないが、この種の帽体はすべて成型加工の後に塗装によって着色されており、長期間の使用のうち、どうしても塗装のはく落はさけられず、塗料のはく落した帽体表面を打ったり、こすったりした場合、補強材のカンバスの織目がすり切れて、その部分から水分を吸湿しやすくなり、性能低下の結果となると考える。

しかしフェノール帽体はFRPと異なり、帽体のふち割れ、切り欠きなどの外観上の損傷は少ないが、新品当初から衝撃試験による変形量の大きいことは見逃がせない。しかし7年使用した帽体で、塗装のはげていないものは、性能に異状を認められない帽体もあった。（写真10）

4. ポリカーボネート

1年6ヵ月～3年間、電気工事に使用した帽体につい

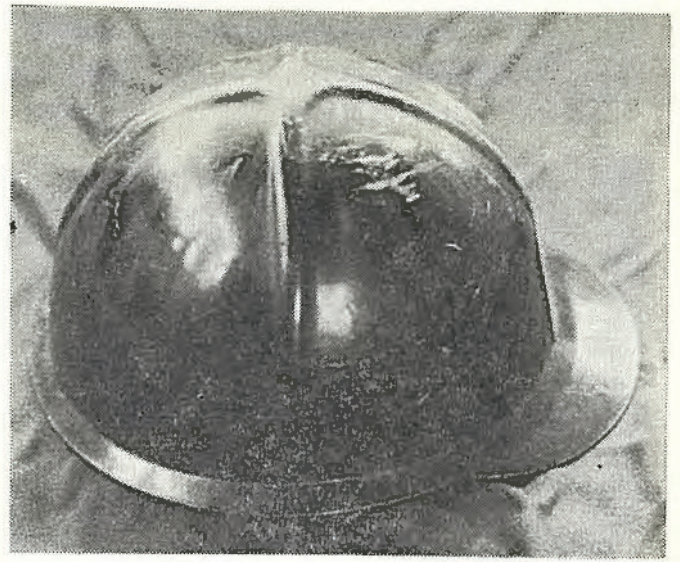


写真10 金属鉱山で3年間使用したフェノール帽体。塗装がはく落して、頂部のカンバスはすり切れて吸湿しやすくなっている。

て調べたが、3年近く使用した帽体の外表面には、著しく多くの傷を生じており、屋外作業をもっぱら行う職場での使用の結果であり、傷の発生状態は、帽体の頂部を中心とし、半径30～60mmの範囲に、こまかい無数の凹凸があり、コンクリートまたは小石などを食い込ませたような粒状の傷が確認された。

ポリカーボネートなどの熱可塑性樹脂は、従来から太陽光線中の紫外線による耐候性劣化、または成型条件の不均一、あるいは耐薬品性の良くないことが問題ではあるが、耐電性が良いので、電気安全帽に使用されている。これらの問題のうち耐候性については帽体を屋外自然暴露により1～1年4ヵ月で劣化することを確認している。

しかし屋外作業で使用しても、帽体が紫外線により劣化するまでには、自然暴露の倍以上の期間、すなわち2～3年はかかるものと考えられ、その間の自然損耗なしに無傷に保つことは不可能であるので、帽体の経時劣化の原因は主として使用中の傷と紫外線劣化との複合した強度低下、さらに成型時の残留歪による材質的欠陥も見逃せない。

現場での使用条件と着用者個人の日常の取り扱いにも大いに関係があるが、3年使用した40個について、調べた結果では、その70%程度が衝撃試験により、新品当初に推定される性能を保持していなかったことを確認した。

石油化学工場で1年6ヵ月～5年8ヵ月使用した試料については、主として屋内作業であり、紫外線による劣化の影響は無視できるが、有機溶剤を取り扱う現場で使用しており、溶剤の飛まつを受けた帽体は衝撃試験の結果、1年6ヵ月と1年8ヵ月使用したものに早くも異状が認められ、3～4年を経過した試料の多くは、衝撃試験による帽体の変形量の減少が認められ、装着体を取り

付けるブラケットの破損も増加する傾向が見られた。

ポリカーボネート帽体は耐薬品性がきわめて敏感であるので、有機溶剤を取り扱う作業では FRP 帽体を使用する必要を認めた。(写真11)



写真11 石油化学工場で5年8ヵ月使用したポリカーボネート帽体。帽体の頂部は溶剤がかかったので歪み模様がで、かつ侵食された部分は0.1~0.5mm 帽体の肉厚が薄くなっている。

大谷石微震音の発生特性と現場測定

土木建築研究部 前 郁夫, 河原節雄

1. 実験目的

栃木労基局管内にある大谷石採石場では過去においていくつかの大きな落盤災害が発生している。採石場の天盤、側壁などの崩壊の予防について、残柱の大きさ、間隔などの基準を設定するなど採掘管理が実施されているものの、崩壊に対する危険予測の手段は経験とカンに頼っている現状である。昨年7月側壁の大崩壊があり6名が死亡する災害が発生した。これを契機として崩壊の予知の手段として岩石微震音検出による方法を応用する試みを実施した。

2. 大谷石微震音の発生特性

過去に行なった一連の実験において凝灰岩についてもその発生特性を求めたが、現地測定の前に現場から採取した大谷石の微震音発生特性を知るために室内で実験を行なった。その概要は次の通りである。

1) 一軸圧縮破壊過程における発生特性

試験材は10×10×20cmの大きさのものを用いた。実験装置、方法は以前に行なった実験¹⁾とまったく同様である。

微震音の発生パターン 微震音の発生数と荷重の関係をみると、図11に示すものとなる。すなわち、载荷直後から、微震音の頻発がはじまり、その後荷重の増加とともに発生数は、減少の傾向をみせ、破壊に近づくにつれて

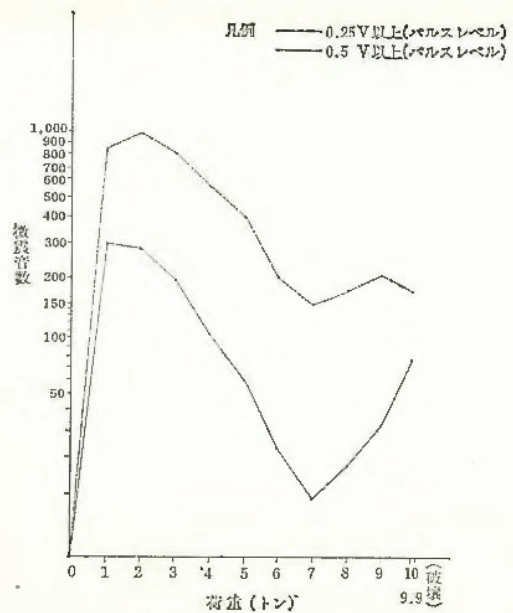


図11 微震音発生パターン（圧縮）

ふたたび増加するという形態をとる。これは以前に行なった実験とも一致するが、他の多くの岩石では破壊の70%前後までは微震音の発生が少なく、それを超えると頻発するという形態を示すのが普通であるのに対し、大きな特異性もっている。これは大谷石の岩質、すなわち、多孔性、粒子の組織、構成などによるものと思われる。

微震音のエネルギー大きさ別発生頻度 図12に示すとおり、微震音の発生には一つの規則性があり、実験式

$n(e) = Ke^{-m}$ が成立することが確認された。m値は1.20であるが、前回の値 $m=1.24$ とほぼ一致する。

2) 曲げ破壊過程における発生特性

試料として15×15×60cmの直方体試験片を用いた。

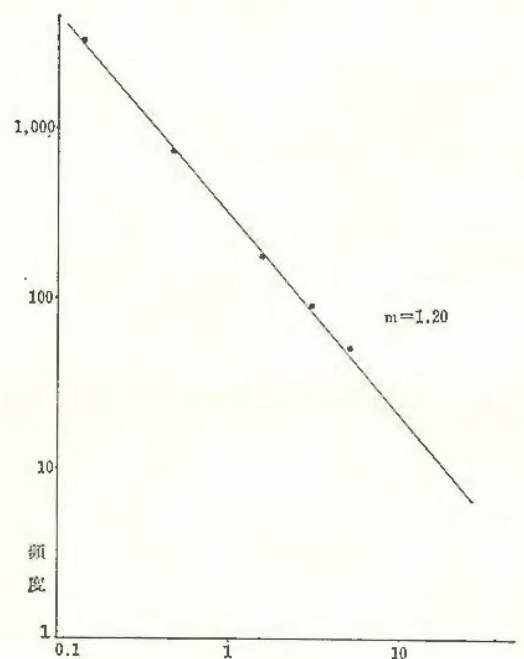


図12 エネルギー大きさ別発生頻度（圧縮）

曲げ試験はコンクリートの曲げ試験方法を準用した。微震音の検出、記録の方法は圧縮の場合と同様である。

微震音の発生パターン 図13は曲げ荷重と微震音の発生数との関係を示したものである。圧縮破壊の場合と比べて、微震音の発生は非常に少ない。載荷初期に多く、荷重の増加とともに発生数が減少する傾向は圧縮の場合と変わらないが、頻発をはじめるのが破壊の直前である点が大きく異なる。

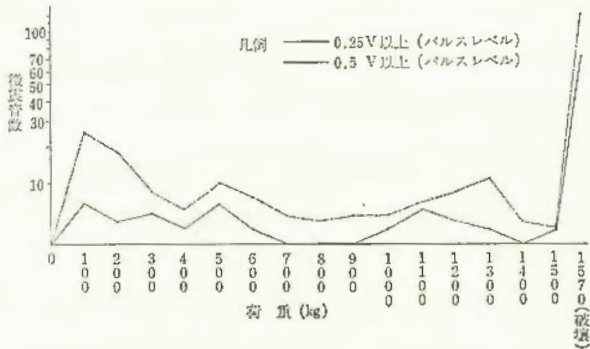


図13 微震音発生パターン (曲げ)

エネルギー大きさ別発生頻度 図14に示すように、曲げ破壊の場合も前述の実験式を満足する規則性が存在する。ただしm値は圧縮の場合と異なって0.73という値を示した。発生数、発生パターン、m値が圧縮と曲げ破壊で異なるのは、破壊の機構がそれぞれ異なるために起因するものと思われる。

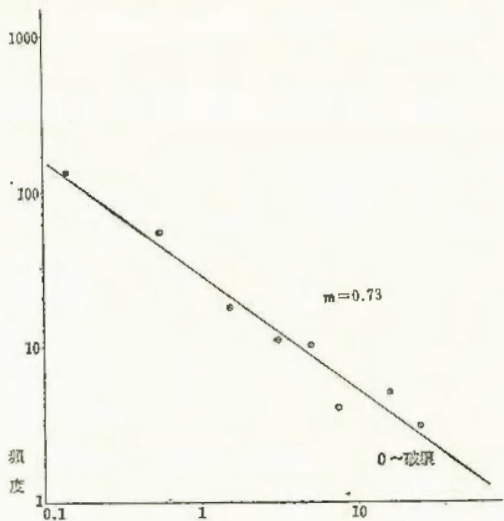


図14 エネルギー大きさ別発生頻度 (曲げ)

3. 現場測定

某採石場を現地測定の場合にえらび、微震音の検出を試みた。検出装置は実験室で使用したものをを用いたが、記録はポータブルデータレコーダによった。測点として残柱にひびわれの発生がある場所をとり、ひびわれに近接してピックアップを取り付けた。周囲の振動、騒音の混入をさけるために、作業休止期間に測定を実施した。測定の延時間は約3時間程度である。

このデータを再生解析した結果、この間に発生した微震音と思われる信号は、わずかに数個程度でそのレベルも実験室で検出されるものの最小レベルに近いものがほとんどであった。

このことは測定した残柱にクラックが存在していたものの、この残柱には応力の変動がなく、まったく安定した状態にあるものと解釈するのが妥当であるように思われる。

今回実施した現地測定は予備実験の性格のものであり今後、長期測定を含む現場実験を行う予定である。

1) 岩石微震音に関する研究：産業安全研究所研究報告 vol16 No.1

安全ネットの機能および耐候性

土木建築研究部 小川勝教

1. 実験目的

現在高所作業の墜落防止手段として、安全ネットが急速に普及し多種多様な安全ネットが使用されている。これまで安全ネットについては仕様、基準などがなくまったくの野放し状態にあったので、安全ネットに関して一つの拠りどころを与えるために当研究所において数年前より安全ネットの強度、設置方法などの基本的な研究を行ない研究報告として発表してきたが、今回は過去の実験方法を一部改良し実験を行なったのでその概要を報告する。

2. 安全ネット網ロープの曝露試験

安全ネットは、屋外で使用する場合がほとんどであるので、天然曝露による網ロープの強度の低下を把握しておく必要がある。この点を明らかにするため安全ネットに使用されている。パイレン、ポリエチレン、ナイロン、ビニロンの4種の材質で径4mmの網ロープについて3年間天然曝露を行なった。

天然曝露は埼玉県の東松山市および当研究所内に曝露台を南面に向け設置し、試験体の回収時期は3月、9月

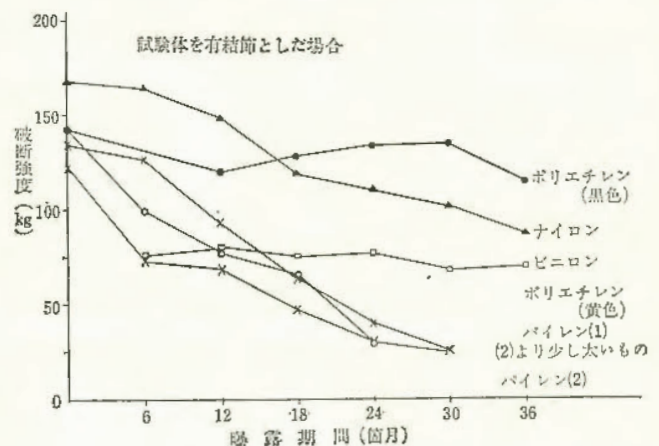


図15 曝露期間と破断強度

とした。図15に試験体を結節した場合の曝露時間による破断強度低下を示す。

天然曝露された網ロープの破断強度は、ナイロン、ポリエチレン、パイレン製の場合、曝露時間に対してほぼ直線的な低下を生ずる傾向にある。強度低下率は新品時に比べてナイロンで2年間で35%、パイレン75%、ポリエチレン（黄色）で80%であった。ビニロンについては新品時の強度が不明であるので比較はできなかったが、6ヵ月以上曝露したものの間では強度に余り差がなかった。ポリエチレンの網ロープは黄色と黒色に着色されたまったく同質の網ロープであったが、図15に見られるように黒色の網ロープの強度低下は余りないのに対し、黄色のものは強度低下がかなりあり、着色により劣化そのものに著しい差があることがわかった。

3. 安全ネット落下衝撃実験

実験方法として重量90kg、径30cmの円筒状のサンドバックに加速度計を取付け、所定の高さより網の中心部に落下させる方法をとった。実験に使用した網は大きさ、6m×6m、網目の大きさ、5cm×5cm、10cm×10cmの2種類とし有結節角目の網とした。網の支持は網の4隅と辺の midpoint を支持点とする8点支持とした。結果の一部を表2に示す。

1) 落下体の減速度

落下体が所定の高さより網の上に落下した際、落下体の受ける減速度を測定した結果、5cm網目の網の場合には10cm網目のものに比べて減速度が小さい。すなわ

ち緩衝効果が幾分大きい。また同一落下高さにおける減速度は、網目ロープの材質によって余り差はみられないが、網ロープ強度による差はかなり大きかった。

また同一ネットに同一条件で落下回数を重ねた場合、初回は低い減速度を示すが2回目は初回に比べて高い減速度を示し、以後回数を重ねてもほぼ2回目と同じような減速度を示した。

図16に落下高さと減速度の関係を示すが、網の材質、網目ロープの強度および結節の緩み具合などが関連するため明確な断定は出来ないが、落下高さと減速度の間には概略直線的な関係があるように思われる。

図17に落下回数による落下体の貫通する高さの関係を示す。

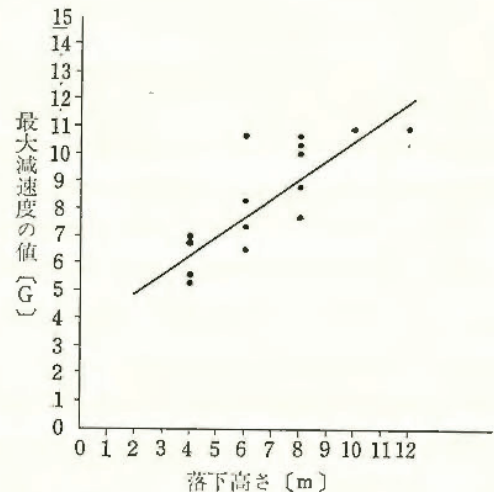


図16 落下高さと減速度の関係

表2

種	類	網目	支持数	結節強度	落下高さ	最大変位	最大減速度	衝撃力	隅部引張力	中央部引張力	備考
				kg	m	m	G	kg	kg	kg	
A	ビニロン S	100	8	92	4	-	6.8	615	148	378	
		100	8	92	6	3.3	8.3	749	170	382	貫通
		100	8	92	8	-	10.3	926	198	440	貫通
		50	8	92	4	3.5	3.6	323	179	297	
		50	8	92	8	4.1	8.8	792	233	456	
		50	8	92	10	4.0	10.9	984	317	524	
B	ビニロン F	100	8	113	6	2.5	10.7	959	308	460	
		100	8	113	8	3.1	10.7	〃	308	598	貫通
C	ナイロン (I)	100	8	169	8	3.2	6.5	581	341	557	
		100	8	169	12	3.3	10.9	979	448	695	貫通
D	ナイロン (II)	100	8	129	6	2.6	7.5	679	440	338	
E	パイレン	100	8	144	8	-	10.8	972	268	512	貫通

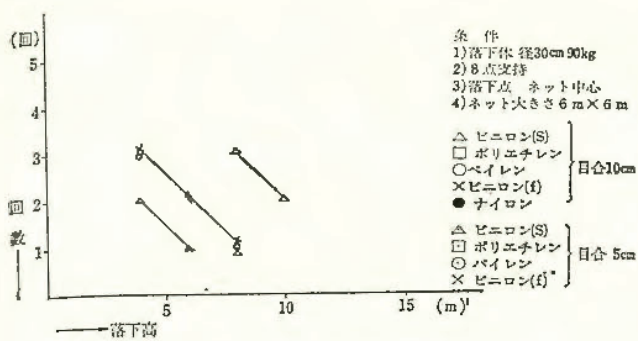


図17 落下回数と落下体貫通高さ

2) 衝撃時のネットのたわみ

落下体の衝撃時において網を支持している点より、落下点までの網の最大たわみは、網の材質、落下高さなどにより多少異なるが、5cm網目のもので3.5m~4.5m、10cm網目で2.5m~3.5mであった。この値はほぼ5cm網目の場合網一辺長の約70%、10cm網目の場合約50%に相当している。

3) 衝撃時における支持点の反力

衝撃時に網の支持点に生ずる反力は、8点支持の場合隅部で150kg~350kg、辺の midpoint 部で300kg~600kgの範囲にあることがわかった。

支点に生ずる反力は網中心部に受ける最大衝撃荷重に対する割合はほぼ一定であり、角目ネットについては、隅部で約30%、辺の midpoint 部で約50%であることがわかった。

工場内労働災害発生頻度の時系列分析

土木建築研究部 木下鈞一

1. 調査目的

気温、湿度、気圧、風速などの気候要素の変化が人体の生理、心理に影響を与えるということはこれまでの幾多の研究成果から認められている。この影響によって、人間が過失をおかしくなり、不注意な行動を起こす場合が少なくないといわれている。そこで気象の変化と労働災害が関係をもつかどうかを明らかにする必要があると思われたので調査を行なった。調査の方法、結果の概略は次のとおりである。

2. 調査の方法

労働災害が発生した場合、その事業所より災害発生後6ヵ月以内に所管の労働基準監督署に労働者死傷病報告

書を提出しなければならないように義務づけられている。この書類は災害については概要を述べているに過ぎないので災害の内容を詳細には握するためには適当でないかもしれないが、しかし災害の発生件数をは握することは可能なのでこの死傷病報告書をもとに調査した。調査の対象は東京労働基準局管内の製造業で1967年、1968年の2年間に発生した災害とした。その総数は1967年は14,136件、1968年は12,544件にのぼる。

このうち工場内災害で作業者の不注意によって起きた災害のみについて考えるという目的から、死傷病報告書の災害発生原因の概況の内容を検討し、次の場合は除いた。

- 1) 工場構外での災害
- 2) 災害の発生地点が東京都以外の地域の場合、
- 3) ガス供給業、電力業、水道事業、クリーニング業（製造業とされているが、“製造工場”という概念とは少し異なると思われる）
- 4) 機械、材料に欠陥があり、明らかに作業者の不注意によらない場合、
- 5) 飛来物、背後からの落下物による災害で他の作業者の不注意によらない場合、
- 6) 不可抗力の爆発、火災その他
- 7) その他

3. 調査の結果

1) 日災害発生件数と日最高気温との相関関係

日最高気温をその日の日中の気温状態の指標に選び、その日の災害発生件数との関係の程度を見るために、おおむね1ヵ月程度の間区切り、さらに次の条件のもとで相関値を求めた。

- イ) 日最高気温は東京管区気象台発表の気象表による。
- ロ) 日最高気温から同日の年平均日最高気温との差を求

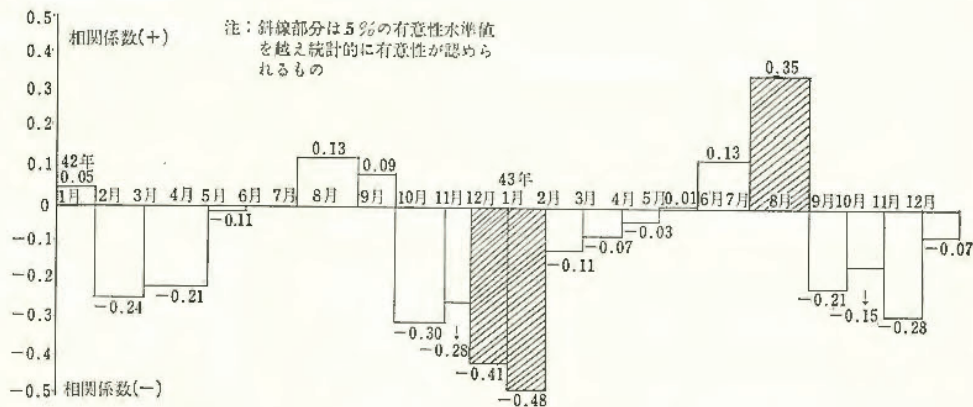


図18 災害件数の日変動と日最高気温変動との相関

め季節的変動成分を除いた。

- ハ) 年間に数回程度気温が段状になる時点が存在する。この点を区間点として相関値を求める。

ニ) 労働時間数が少ないと推定される日は除外する。おもに日曜日、祝祭日、年末年始、など。

以上のような条件で相関係数を求めた結果、図18のようになった。図中斜線の区間は5%の危険率で有意性が認められた期間である。2年間にわたりこの相関値の推移を注意してみると、季節的な特徴をみることができるのではないかと考えられる。すなわち冬期には気温が平年気温より低下し、または夏期には平年気温より上昇した日は災害が増大する傾向がある。また快適な気候条件に近いほど気温の影響は少なくなると思われ、常識的な結果となった。

2) 災害の種類別、月別発生頻度

災害の発生頻度は一般には夏期に増大するといわれているが、災害の種類別に分け、月別災害発生頻度についてみると、災害の種類によっては季節的な特徴をもつものがあること分った。図19(a)~(1)からそれらをグループ化すると、次のようになる。

- イ) 寒い時期に増大し、暑い時期に減少する型 (災害の種類 1, 4, 7, 8)
- ロ) 1)の逆の型。(災害の種類, 13, 15)
- ハ) 季節的な差の認め難い型, (災害の種類2, 3, 5, 6, 10, 11, 12, 14, 16)
- ニ) 春秋期にもっとも減少する型 (災害の種類9)
- ホ) 降雨、降雪日と災害発生頻度

図19に記した災害の種類のうち、「滑って転倒、または躓く」の場合は冬期に増大する傾向大であるので、1月~2月の間で降雨量10mm以上の降雨日、降雪日およびその翌々日までを床面凍結その他の理由で上記災害と関係深い日と仮定し、その他の日の2グループに分け平均値を求め、その差の検定を行なった結果、表3のように有意性が認められた。また3月~12月はまでの間では10mm以上の降雨のあった日とその他の日の2グループに分け同様の平均値の差の検定をする表3とのように、1968年では1%危険率で有意性が認められた。

表3

年度	期間	降雨量	平均値	t	判定
'67	1~2月	10mm> 10mm<	5.37 3.08	2.37*	5%の危険率 で有意
	3~12月	10mm> 10mm<	2.47 2.42	0.05	有意性なし
'68	1~2月	10mm> 10mm<	4.62 2.53	3.66**	1%の危険率 で有意
	3~12月	10mm> 10mm<	3.15 2.16	3.58**	1%の危険率 で有意

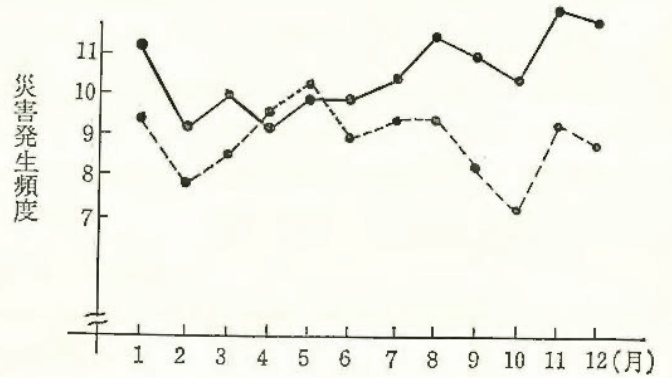
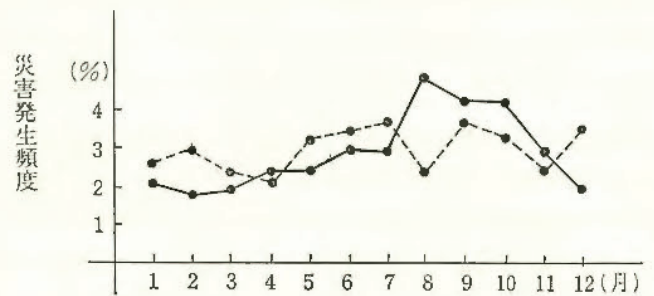
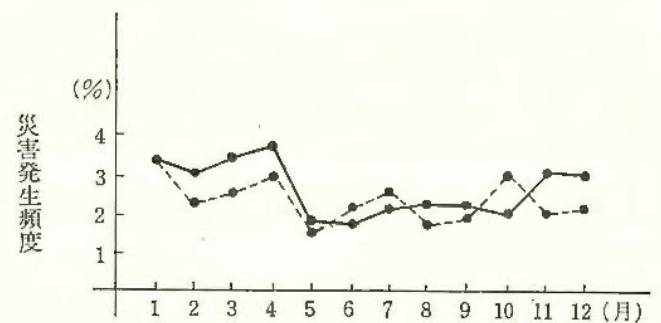


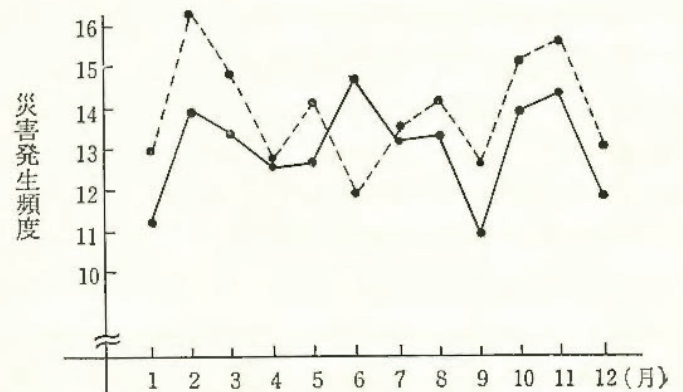
図19 a) 災害の種類1 誤って手を滑らせカッター、グラインダー、鋸鉤、ドリルなどに触れる



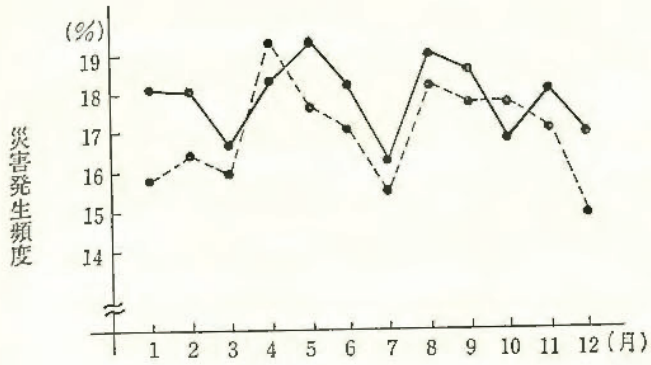
b) 災害の種類3 切削屑、器物の角などで切創する。



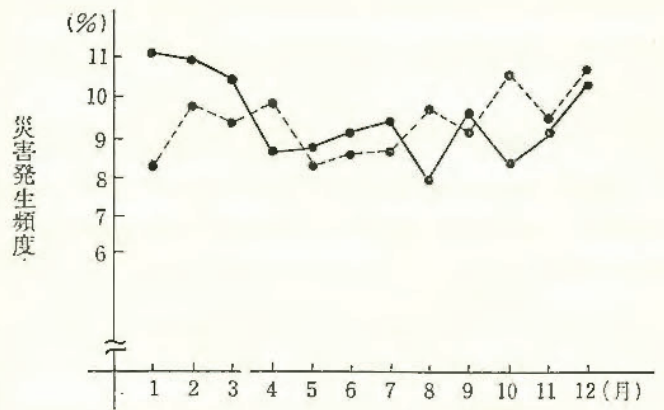
c) 災害の種類4 プーリー、ベルトなどに巻きこまれる。



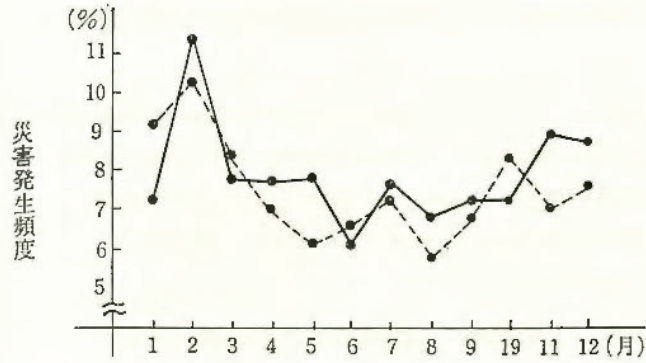
d) 災害の種類5 回転中のロール、歯車、チェーンに巻きこまれる、はさまれる。



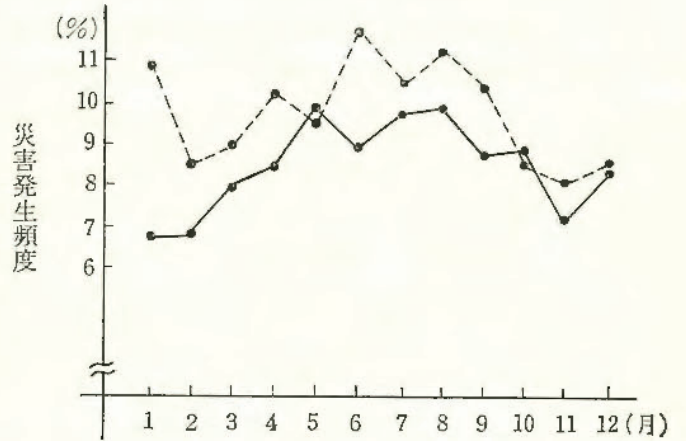
e) 災害の種類6 プレス, シャーリング, 製本機, ステッチャーなどの作業中, 金型, 溝に手を入れたままペダルを踏む。



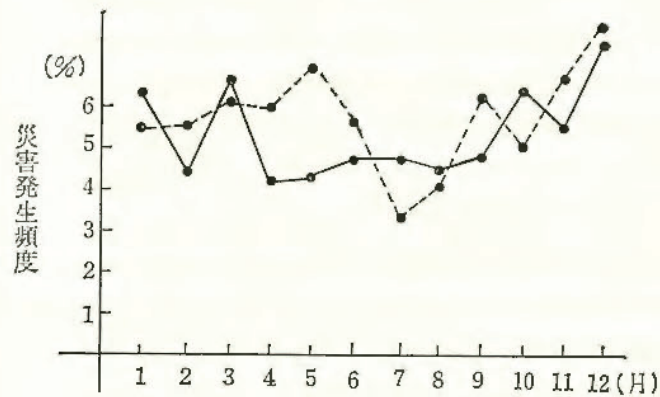
i) 災害の種類10 運搬中器物を倒す, 荷崩れなどで手や足をはさむ, 打撲する。



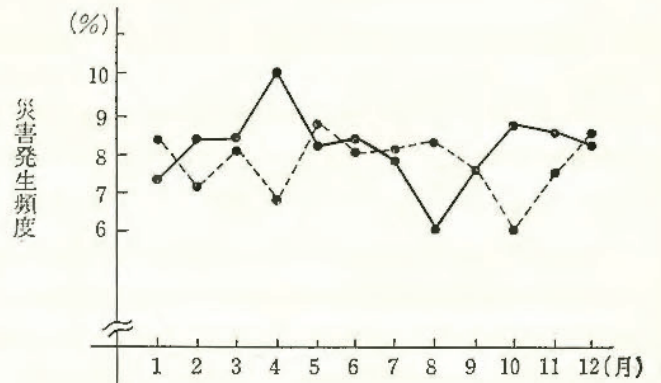
f) 災害の種類7 滑って転倒, 器物につまづく。



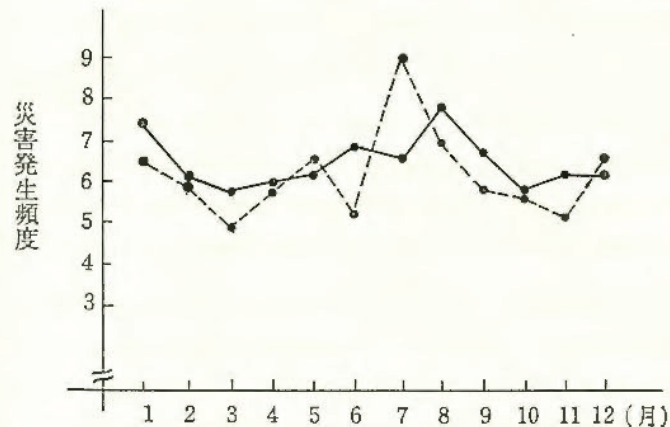
j) 災害の種類13 作業中誤って器物で体の一部を打撲する(他の作業者が打ち当てたのも含む)



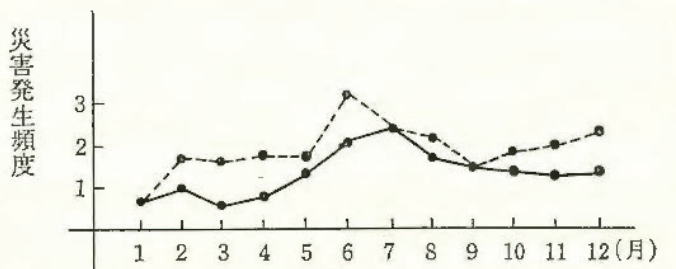
g) 災害の種類8 足場を踏み外す, 墮落する, 階段を踏み外す。



k) 災害の種類14 その他の原因で手や足をささむ。



h) 災害の種類9 持った器物または, 持とうとしたものを誤って足の上に落す。



l) 災害の種類15 火傷, 感電

粉粒体大型輸送袋の安全性

土木建築研究部 山本千三, 河尻義正

本研究は、粉粒体輸送用大型フレキシブルコンテナ袋図20について各種荷重条件下の静的、動的挙動および安全性について行なった実験研究である。

1. 実験方法

1) 布の引張試験

袋の素材テトロンターポリンを幅 5 cm の短冊型に切り取りのロードセルをはりつけ図20, 伸びと荷重の関係を求めた。これは袋本体の実験において袋本体の応力を測るために用いるロードセルのキャリブレーションを兼ねたものである。この場合布同士の溶着部分は強度が布部より低下、糸の引抜き現象を起こしている。低下率は溶着幅により当然増減するが、5 cm 幅の場合 $1/2$ となる。

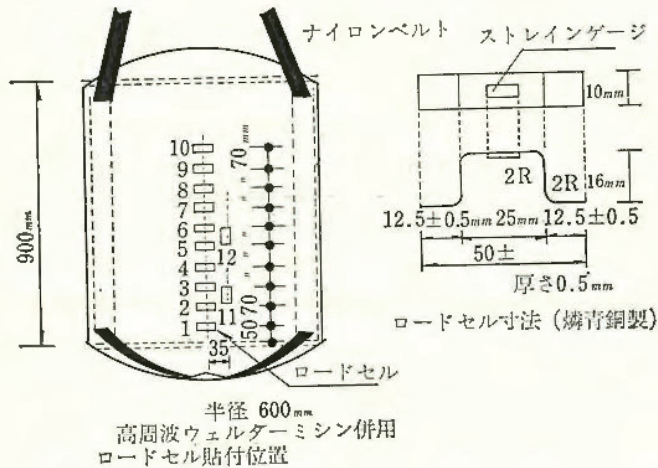


図20 ロードセル詳細および貼付位置

2) 袋本体実験

図20に示すごとく、ロードセルを貼付け、(1)内容物充填による応力の推移、(2)静的荷重(実験袋に他の内容物の詰った袋を上載する)(3)衝撃荷重(他の袋を落下する)(4)本体落下について静歪計、動歪計を用いて測定した。なお、内容物は水、亜硫酸ソーダ(事故例による)を使用、水は(4)の実験のみ実施、測定結果の一部を図21に示す。

3) 模型実験

実大袋実験では、ベルト、成型、重量などの諸条件により破断させることが困難なため、 $1/3$ の模型を用いて実験を行なった。このときの歪測定は大歪ゲージを直接袋に貼付けて行ったが、多少の難点もあったが一応応力の測定ができた。

4) 布の疲労試験

低応力のくり返しによる破損の解明のため、4段積みの最下段の袋の円周応力を下限とし、その約2倍を上限

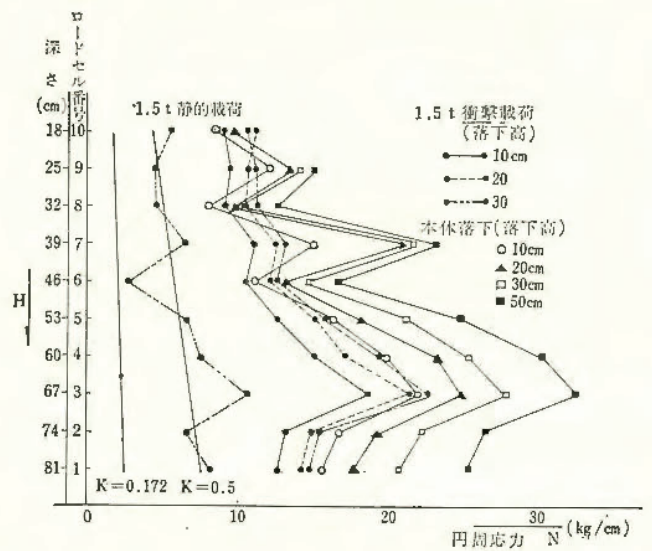


図21 種々な荷重条件下の円周応力(内容物亜硫酸ソーダ)

とする繰返し荷重の試験を行ない、さらに上限、下限応力を変えて行なった。

2. 考察

ここで静的な場合の円周応力について、ランキンの土圧論と関連をうけるため、以下のランキン式に実験結果を代入した。

$$N = \gamma h r k \quad K = \tan^2(45^\circ \pm \phi/2)$$

N ……円周応力, γ ……比重, h ……高さ, r ……袋の半径, ……土圧係数上部に載荷物がある場合は、等分布荷重 q が加わる。

$$N = (\gamma \cdot h + q) r \cdot K$$

その結果今回の実験の内容物である亜硫酸ソーダの K 値は、破断時で 0.5 (実大袋), 0.35 (模型) の値が得られた。両者の相違は、シュミレートの不整、模型の加圧板の影響と考えられる。

次に積み段数についての見解を簡単に述べる。重量 2 t の袋で溶着幅 5 cm の場合単純に静的強度のみから考えると 6 段迄が積み限度と思われるが、現実には船、自動車による運搬時の振動、ローリングなどから受ける加速度が加わり、車で良路 1 G, 悪路 2.5 G, 船で 0.8 G 程度のくり返しが考えられ、さらに布の強度劣化、内容物による布の硬化なども考慮する必要がある。

一方破損カ所は、実験では溶着部分(布地の半分程度の破断強度)であったが、実際では布地にも引き裂きの損傷が起こっている。これは、粉体の局部圧縮による応力伝達度、内容物硬化による局部荷重などが要因と考えられるが確認されていない。結局許容積み重ね段数は前述の段数の 60~70% 掛けが適当と考えられる。振動実験を行なわなくても、静的荷重実験より得た積み重ね段数の 60% 見当の値をとれば、他の内容物の場合にも安全積み重ね段数と考えてよいように思われる。

一酸化炭素の爆発限界におよぼす

圧力の影響

化学研究部 柳生昭三, 松田東栄

1. 実験目的

空気中および酸素中における一酸化炭素の爆発限界の測定を圧力 0~70kg/cm² Gで行なった。空気中の一酸化炭素の爆発範囲は、従来 Bone らの測定で圧力上昇により縮小することが示されている。しかし、このような傾向は他の可燃性ガスに例をみず、また Bone らの測定条件が安全工学的データをうる条件として、かならずしも適当と思われないので、とくにここでは比較的大きい容器中の上方火災伝ばにおける一酸化炭素の爆発限界の圧力上昇による動向を知ることを目的とした。また、酸素中の一酸化炭素の爆発限界におよぼす圧力の影響は、従来知られていないので、合わせて測定した。

2. 実験方法

爆発試験容器はステンレス鋼製の内径 75mm, 内高 500mmの円筒形耐圧容器で、着火は筒下部でニクロム線(直径0.3mm, 長さ約20mm)の AC100Vによる溶断で行なった。筒内に試料ガスを導入し、電磁かきまぜ装置で混合したのち、ガス組成は一酸化炭素の白金線による徐燃焼法と酸素のアルカリ性ピロガロール液による吸収法を併用して決定した。爆発の有無は、容器内圧力上昇のひずみゲージ式圧力計による電磁オシログラフの記録で決定した。使用した一酸化炭素は純度99.9%, 水分約30ppmのものである。

3. 実験結果および考察

予備実験により、ガスの乾燥度が爆発限界にかなり影響することが知られたので、使用する空気は通常の乾燥空気(水分100~150ppm)と超乾燥空気(水分約10ppm)の2種類を用いた。これらの空気中における一酸化炭素の爆発限界の測定結果を、図22に示す。乾燥空気と超乾

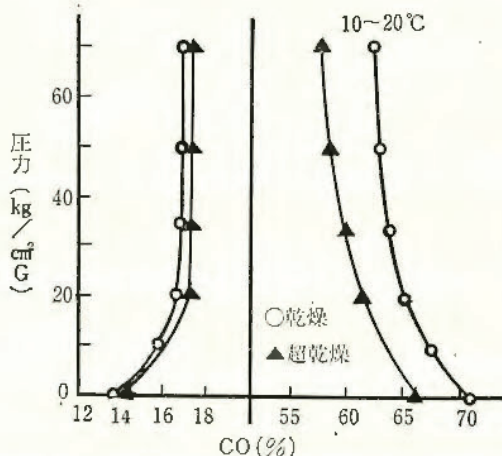


図22 CO-Air系爆発限界

燥空気の場合を比較すると、下限界の差は小さく、上限界の差は大きい、上限界を酸素濃度の変化であらわすと、その差が約 1/5 に縮小されるので、下限界の差とあまり変らなくなる。いずれの場合も圧力上昇により下限界が上昇し、上限界が低下して、結局爆発範囲は縮小する。この傾向は Bone らの測定結果と同様であった。

つぎに、酸素(水分約10ppm)中における一酸化炭素の爆発限界の測定結果を図23に示す。これを空気中の場合と比較すると、下限界曲線はほとんど同一であり、上限界曲線も超乾燥空気の場合を酸素濃度の変化であらわしたものとほぼ同一である。

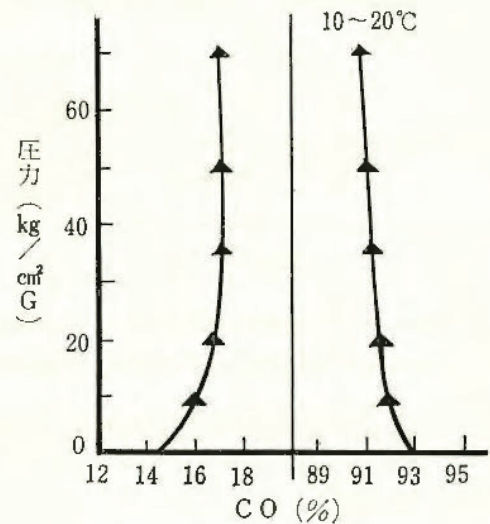


図23 CO-O₂系爆発限界

これらの傾向は、一酸化炭素-酸素-窒素3成分系爆発限界におよぼす圧力の影響について、有力な知見を与えてくれる。また、一酸化炭素と酸素の反応式は下限界でも上限界でも同一の $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2$ であるから、両限界が等発熱量の組成に位置するとすれば、かりに下限界が14%ならば、上限界は93%になる。常圧時の実験結果がこれに合致する。しかも図23の実験結果は、全圧力範囲にわたり、下限界と上限界がこのような条件をよく満足している。

以上の諸実験では、爆発限界が微量の水分の影響で変動すること、および乾燥ガスが一般に着火しにくいと考えられることに関連して、水素の場合などに比較すれば、限界付近における爆発の有無の再現性は全般に不良であった。しかし、乾燥状態の一酸化炭素-空気系および一酸化炭素-酸素系の爆発範囲が、加圧下では常圧時より縮小することに疑う余地はないと思う。

各試験器による引火点測定値間の関係

化学研究部 柳生昭三

1. 実験目的

引火点は液体の蒸気によるガス爆発危険および液体の

火災危険についての限界条件を温度であらわすもので、
 実用面では個々の物質の危険性を知るだけでなく、可燃
 性液体全般の危険物としての等級区分などに広く利用さ
 れている。

しかし、その測定用試験器には多くの形式があるにもか
 かかわらず、従来のデータのほとんどは、これらの試験
 器のうちのいずれか一種で測定された値にすぎない。す
 なわち、同一試料の引火点が多種の試験器で同時に測定
 され、それらの値が比較された例は少ない。

そこで、引火点が 5~210℃ の範囲にある約80種の純
 物質について、 Penski Martens 密閉式 (以下 P 試験
 器)、 Tag 密閉式 (以下 T 試験器) および クリーブランド
 開放式 (以下 C 試験器) の 3 種の試験器により 4 つの
 引火点 (燃焼点を含む) をそれぞれ測定し、これら各引
 火点間の相互関係を検討した。

2. 実験方法

測定装置はそれぞれ JIS の規定にしたがって製作され
 た市販の引火点試験器を使用した。試験炎の燃料にはプロ
 パンガスを用い、T 試験器で 100℃ 以上の測定にはグリ
 セリン浴を用いた。測定方法はそれぞれ JIS の規定に
 したがったが、点火間隔はどの試験器も全温度範囲にわ
 たり 1℃ ごととした。

密閉式試験器では 4 回以上の測定値の平均を、開放式
 試験器では 7 回以上の測定値の平均をとって引火点を決
 定した。また、試料は市販の試薬 JIS 1 級または EP 級
 以上のものをそのまま用い、炭化水素類、アルコール類
 フェノール類、アルデヒド・ケトン類、酸類、エステル
 類、窒素化合物、塩素化合物などから適宜選定した。

3. 実験結果および考察

上記 3 種の試験器中、引火点が広い温度範囲でもっと
 も簡易に測定できるものは P 試験器であった。そこで、
 ここでは P 引火点を基準とし、この値と他の試験器によ
 る値との関係を、両者の温度差であらわした。

P 引火点と T 引火点の関係を 図24 に示す。この両者
 の間には一般に差が認められなかった。

P 引火点と C 引火点の関係を 図25 に示す。前者の上
 昇により一般に両者の温度差は次第に減少し、ある温度
 以上ではマイナス側へ移動した。すなわち、従来開放式
 引火点は密閉式引火点より高いと考えられていたが、高
 温下では逆になる場合がある。

C 引火点と C 燃焼点の関係を 図26 に示す。前者の上
 昇により一般に両者の温度差は次第に増加するが、100℃
 以下では約半数の物質が両者同じ値を示した。

P 引火点と C 燃焼点の関係を 図27 に示す。これはさき
 の 図25 と 図26 を合成したもので、近似的に直線関係をも
 つ。

つづきに 図24~26 について、このような傾向を示す根

拠の考察を行なったが、ここでは省略する。

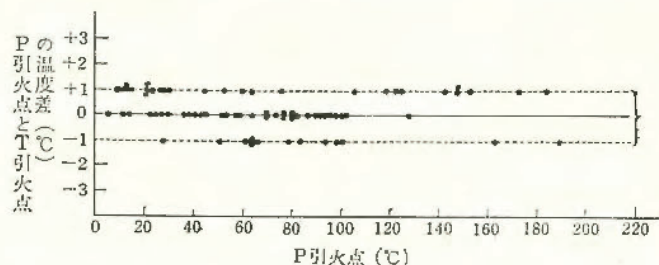


図24 P引火点とT引火点の関係 (76物質)

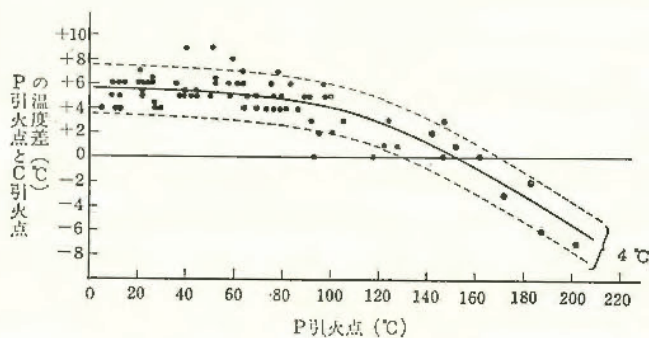


図25 P引火点とC引火点の関係 (76物質)

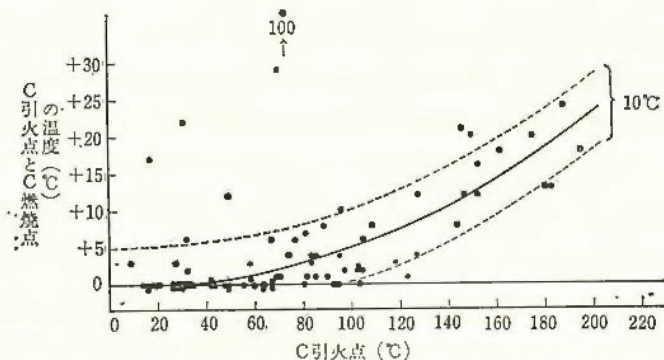


図26 C引火点とC燃焼点の関係 (80物質)

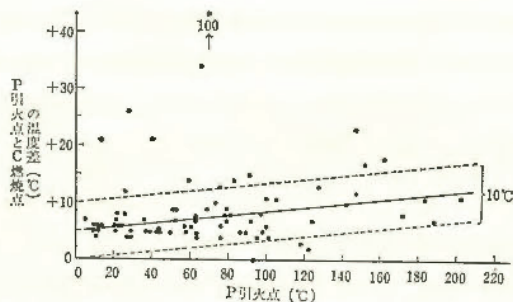


図27 P引火点とC燃焼点の関係 (76物質)

粉じん爆発の下限界濃度と爆発圧力

化学研究部 内藤道夫, 柳生昭三, 松田東栄

1. 実験目的

粉じん爆発の下限界濃度は、同一物質でも種々異なる
 値が報告され、そのバラツキは気体の爆発限界は比較に

ならないほど大きい。それは粉じん系の場合には実験装置や実験方法、試料粉じんそのものに基因する影響が非常に大きいものと考えられるからである。

このような特性をもつ粉じん爆発について、ガス爆発の特性との相違を明らかにすることを目的として約10種の粉体をえらび、空気中における爆発下限界濃度、爆発圧力および爆発後ガス組成を測定し、えられた結果に考察を加えた。

2. 実験方法

実験装置は米国鉱山局の吹き上げ方式を参考とし、爆発筒底部に入れた粉体を下からの空気圧で筒内に分散させ、一定時間後に火花放電で筒下部で着火させ、分散した粉じん系を爆発させたもので、その概略は図28に示すとおりである。

爆発下限界濃度の測定は爆発筒を透明なプラスチック製円筒を用い、最上部に径3mmの穴をあけた口紙を固定し、おもに肉眼観察により筒内を火炎が伝播した場合、または口紙が破裂した場合を爆発性があるものと判定し、同一粉じん濃度で行なった10回中の爆発回数を下限濃度についての爆発確率としてあらわした。

爆発圧力の測定は、図28に示すように密閉した金属管を爆発筒とし、ひずみゲージ式エンジン指圧計を筒上ふたに取付け、その出力を電磁オシログラフで記録して決定した。同一粉じん濃度で5~10回実験し、えられた爆発圧力比 $(P_i + P_e) / P_i$ の平均値をとって爆発圧力を求めた。ただし、 P_i は爆発前の爆発筒内圧力、 P_e は爆発後最高圧力である。また、爆発後ガス組成は吸収分析法で決定した。

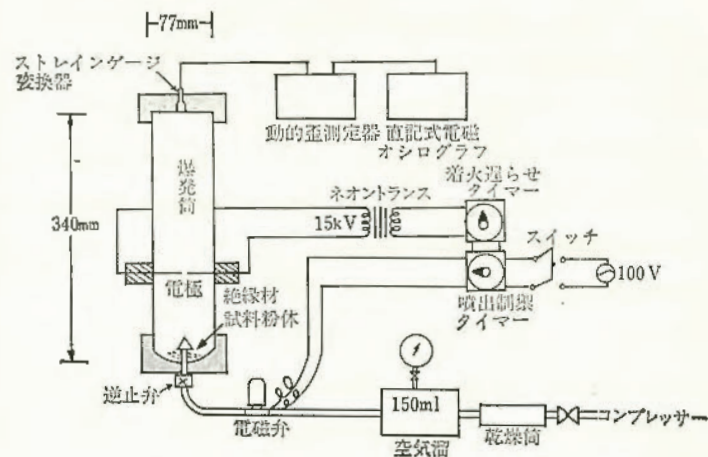


図28 実験装置の概略

3. 実験結果と考察

粉じん爆発の下限界濃度は粉体の粒度により大きな影響を受けるので数種の粉体についてこの関係を求めた。図29はポリプロピレン、図30はテレフタル酸についての測定例を示したものである。いずれも粒度が小さいと

下限界濃度は低下する傾向がある。ただ同一粉じん度で同一粒度のものでも爆発の成否が確率的な率でことは粉じんの分散の不均一性に依存するものと考えられる。

つぎに粒度300メッシュ通過の粉体数種について下限濃度と爆発圧力比の関係をまとめてみると表4のようになり、実測値は計算値に比較してかなり大きいことが分かる。また粉じん濃度と爆発圧力及び爆発後ガス組成の関係を求めると、図31に示すようなポリプロピレン粉じんの場合の測定例が得られた。最大爆発圧力を得られる濃度は大体化学量論濃度 (Cst) の3.5倍付近であり、

表4 粉じんの下限界濃度と爆発圧力比
(300メッシュ以下)

粉 体	爆発確率 0~100% に相当する 下限界 濃度 (mg/l)	計算によ る下限界 濃度 (20°C, 760 mmHg, mg/l)	化学量論 濃度Cst. (20°C, 760 mmHg, mg/l)	最大爆 発圧力 比
ナフタリン	35~60	26~35	95	3.5
ヒドロキノ	50~95	40~58	150	4.2
テレフタル酸	90~180	55~78	195	3.5
安息香酸	55~110	34~56	140	3.6
無水フタル酸	90~195	49~66	175	3.0
無水マレイン酸	90~195	77~106	285	-
ポリエチレン	40~65	24~33	80	4.6
ポリプロピレン	40~60	23~33	80	5.0

※Selle と Zehr の計算法による。(Staub, 38, 583

(1954))

濃度が大きくなっても、圧力比はあまり下がらず、粉体の濃度が大きくなると分散が不良となって、燃焼にあずかる粉体は限られたもののみになってしまうものと思われる。それは爆発後ガス組成をみても、圧力が最高値に達する粉じん濃度以下でも、かなりの一酸化炭素が存在することで、下限界に近い濃度であっても完全燃焼に至

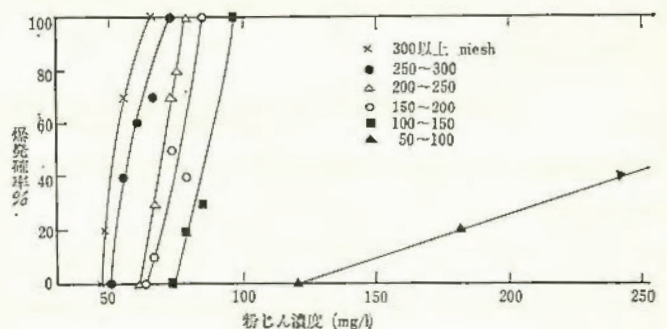


図29 ポリプロピレンの粒度と爆発下限界

らず、不完全燃焼で、燃え残りも存在するというガスとは異なる特徴を示しているといえる。

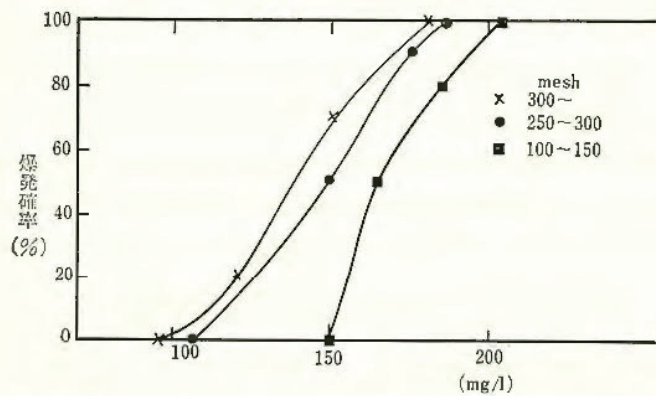


図30 テレフタル酸の粒度と爆発確率の関係

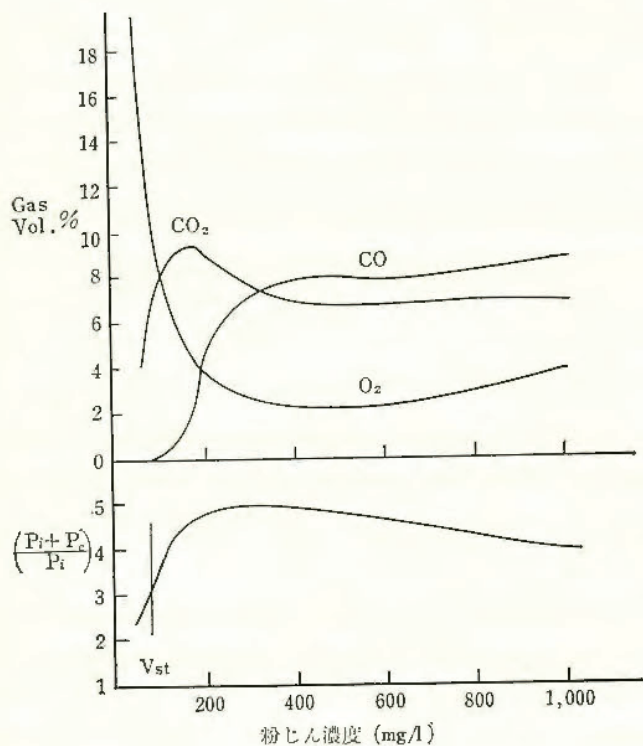


図31 ポリプロピレンの爆発圧力比とガス組成の変化

耐圧容器の内容積と爆発圧力の関係

(防爆電気機器の試験方法)

化学研究部 鶴見平三郎, 林 年宏

1. 実験目的

耐圧防爆構造の電気機器はその内容積に応じた強度上の要求がなされており、機器の外被を構成する容器は、内容積が 2 cm^3 をこえ 100 cm^3 以下では 8 kg/cm^2 , 100 cm^3 をこえるものは 10 kg/cm^2 の爆発圧力に耐えなければならない。これらの機器のうちとくに内容積が小さいものに対して爆発強度試験を実施する場合には、次のような

問題が生ずる。ひとつは、圧力変換器や点火プラグなど試験に必要な素子を取りつけるスペースの充分でない供試品が多いことで、これらに対しては通常の試験方法が適用できない。

また、上述したようなスペースが充分にあっても、所定の爆発圧力を発生させるために、機器内の可燃性混合ガスの初圧をかなり高く (50 vol. \% の水素-空気混合物でゲージ圧 $1.5 \sim 2 \text{ kg/cm}^2$) せねばならず、これらは試験の際の能率や安全の面から好ましくないので種々の対策が検討されている。

たとえばある内容積の機器中で生ずる爆発圧力を推定できれば、圧力変換器なしの試験が可能でありまた実際に生じうる爆発圧力とそれに対する強度上の安全率のとり方によっては試験方法を合理化できる余地が残されている。このためには、ある条件下での爆発圧力を定量的に推定する方法が把握されねばならない。こうした観点に立って、この実験では内容積が 30 cm^3 から $2,000 \text{ cm}^3$ の密閉容器について内容積と爆発圧力の関係を検討した。

2. 実験方法

気相爆発により生ずる圧力は化学反応の平衡状態を仮定することにより理論的に求められるが、種々の未解決な部分が残されているので現段階では簡単に利用できる方法ではない。一方、ある程度の誤差を認めるならば実験的に求めた最少数のデータによって種々の条件下での爆発圧力を推定することは比較的容易である。

気相爆発を密閉容器内の気体混合物の定容下における断熱的加熱と仮定すれば、状態方程式の変形によってある内容積について近似的に次式が導かれる。ただし、 P_i はゲージ圧での初圧、 P_e は初圧との差としての爆発圧力、 A は定数である。

$$P_e = A(P_i + 1) \dots \dots \dots (1)$$

この式は P_e と P_i を直交座標上にとれば、 P_e 軸を切る値と勾配が等しい直線を意味し、 A は $P_i = 0$ のときの P_e である。換言すれば、ある内容積の容器中で爆発圧力は初圧に比例し、比例定数は初圧が大気圧のときの爆発圧力に等しいわけである。

次に定数 A が内容積 V により変化するとしてこの関係を $A = g(V)$ と示せば、式(1)により初圧と内容積が爆発圧力に与える影響は次式で示される。

$$P_e = \{g(V)\}(P_i + 1) \dots \dots \dots (2)$$

実験では幾つかの V について $P_i = 0$ のときの P_e を測定して式(2)の関係を求め、 P_i を変化させた場合の測定結果とのズレを比較した。爆発容器は長さ と 内径の比が約 1.77 の円筒容器 ($V = 30, 60, 100, 200$ および 720 cm^3) と球状容器 ($V = 1,000$ および $2,000 \text{ cm}^3$) で、可燃性混合ガスは爆発強度試験に用いるのと同じ濃度 (30 および 50 vol. \%) の水素-空気混合物である。爆発圧力は抵抗

線歪式圧力変換器により検出し、動的歪測定器で増幅したのち電磁オシログラフにより記録した。

3. 実験結果

図32は $P_i = 0$ のときの V と P_e の関係を円筒容器についてプロットしたものであり、図33の直線はこれらのプロットの値が式(1)の A に等しいとした場合の P_i と P_e の関係を2, 3の V について示したもので、図33のプロットは実測値である。このような関係はその他の V および水素濃度についても同じであり、式(1)が近似的に成立す

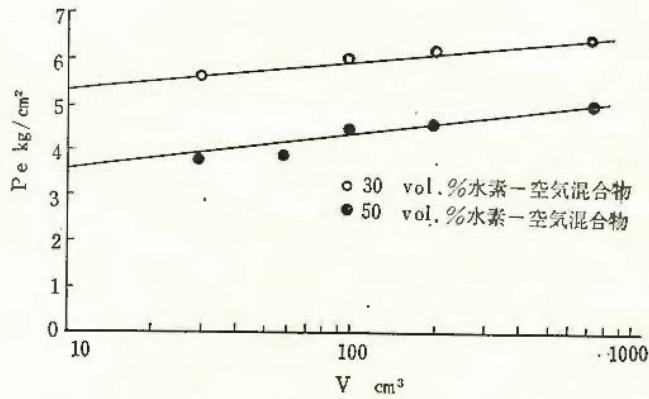


図32 内容積 (V) と爆発圧力 (P_e) の関係 (円筒容器, 初圧 0)

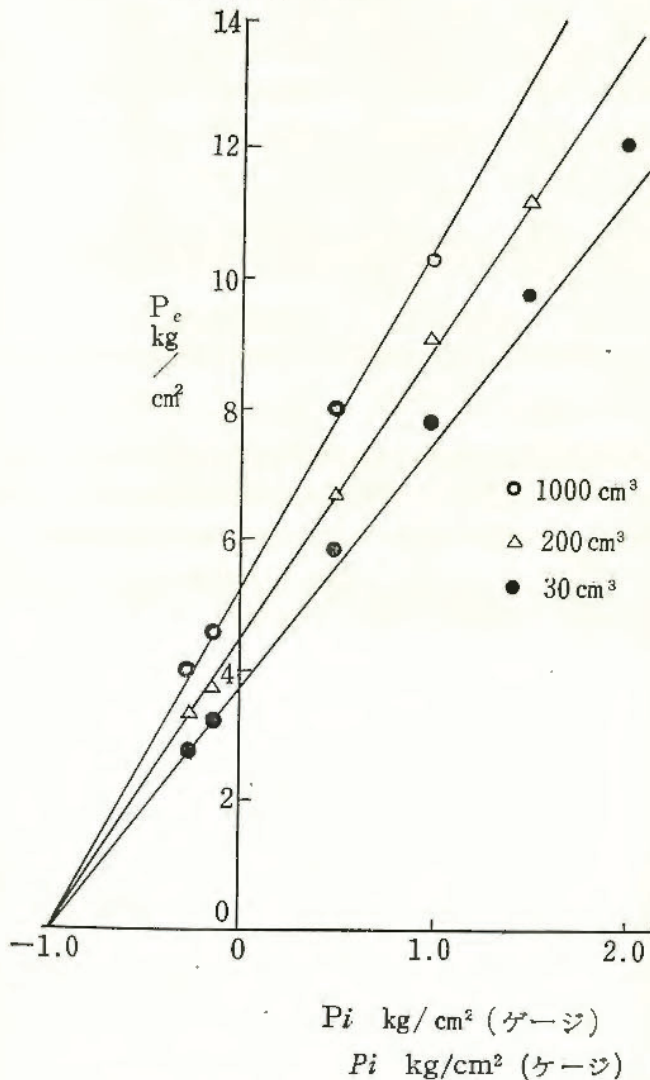


図33 初圧 (P_i) と爆発圧力 (P_e) の関係 (50%水素-空気混合物)

ることを示している。また、球状容器中での爆発圧力は円筒容器の場合よりいくらか高いと考えればよいが、 $V = 1,000 \text{ cm}^3$ をこすと P_e は V に依存しなくなる、すなわち $g(t) = \text{一定}$ になることが明らかとなった。

4. 結論および結果の利用

実験結果を検討しこれに若干の補正を加えたところ、実験条件の範囲内で実測値とよく一致する関係式を得た。すなわち、 V が $1,000 \text{ cm}^3$ 未満の円筒容器については30および50 vol. %の水素-空気混合物に対してそれぞれ

$$P_e = (4.75 + 0.55 \log V) (P_i + 1)$$

$$P_e = (2.9 + 0.7 \log V) (P_i + 1)$$

また V が $1,000 \text{ cm}^3$ をこす球状容器に対しては各濃度について次式が近似的に成立する。

$$P_e = 6.8 (P_i + 1) \quad (30\% \text{ 混合物})$$

$$P_e = 5.3 (P_i + 1) \quad (50\% \text{ 混合物})$$

これらの結果は爆発強度試験などにいろいろ利用できるが、その例を図34に示す。これは密閉容器中で8または 10 kg/cm^2 の爆発圧力を得るのに必要とする初圧は内容積によってどう変わるかを知るのに有効である。

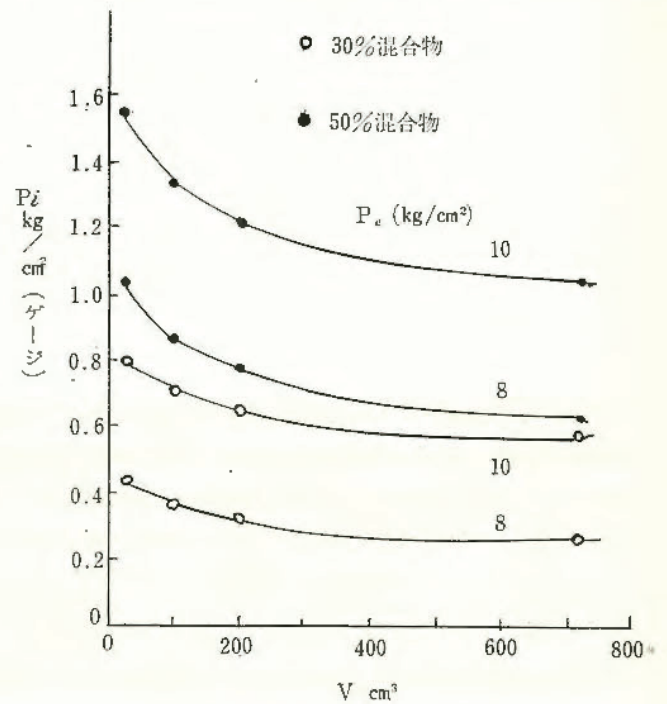


図34 8または 10 kg/cm^2 の爆発圧力 (P_e) を得るのに必要とする初圧 (P_i) と内容積 (V) の関係

爆圧放散孔の熱風流動式箱型

乾燥機に対する応用

化学研究部 田口 昇, 鶴見平三郎
林 年宏, 松井英憲

1. 実験目的

閉鎖された空間内において可燃性のガス・蒸気あるい

は粉体を処理する場合には、潜在的な爆発の危険性が常に含まれていると考えねばならず、ひとたび爆発が起こればその破壊効果によって多大の被害をおよぼすことになる。しかし、こうした危険なプロセスに使用される設備の一部を故意に弱い構造とし、発生する過圧を安全に外部へ放出させることができれば、その設備の破壊はもとより周囲への影響も最小限度にとどめることができる。

爆圧放散孔はこうした原理にもとづく爆発防護の方法のひとつであって、爆発の発生防止の対策をとったあとに考えられるべき性格のものであるが、現実にはこうした方法で災害防止をはかることが必要となっており、過去における爆発災害のうちには、もし爆圧放散孔がとりつけられていたら被害がずっと軽減されていたとみられる例が少なくない。

この実験では、大気圧付近の圧力下で操業される設備を対象とする有効な爆圧放散孔の設計の基礎となるデータを求めることを目的としたが、得られた結果にもとづいてある型式の箱型乾燥機に対して爆圧放散孔を設計し、その効果と安全性を爆発テストにより確認した。

2. モデル容器での実験

爆発容器は各種の設備をモデル化した内容積 1 m^3 の立方体容器（以下、角型容器という）で、上方が 1 m^2 の開口部を有するフランジとなっており、これに各種の開口面積を有する開口フランジをとりつけ、容器フランジとの間にベントカバーをはさむ。一部の試験では開口フランジに格子状の目を有する格子付フランジを重ねて用いた。角型容器内で爆発を生ぜしめるための可燃性ガスとしては、いわゆる液化石油ガス（L.P.G.）のほか液化プロパンとメタノール蒸気を空気と混合して用いた。

ベントカバーは開口部を覆うもので、実際の設備では機壁の一部をなし爆発によって開口部が露出することにより圧力を放散する。その材質と固定方法は種々考えられるが、この実験ではベントカバーが破れる場合のみを対象とし、材質としてはクラフト紙、ビニルシートおよびアルミ箔（厚さは共に約 0.1 mm ）を用いた。

前二者は実験的観点から、アルミ箔は実用可能なものとして選んだ。開口フランジは中心に一辺の長さが $50 \sim 95 \text{ cm}$ の正方形の開口を有する鋼板で、格子付フランジの目の粗さは約 $5 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$ と $5 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ であってこのフランジを用いる場合にはベントカバーはフランジの外側（大気側）にとりつけた。これらのフランジおよびベントカバーをとりつけた角型容器内のガス混合物に容器の中心で点火させ、発生する爆発圧力を抵抗線歪式の圧力変換器により検出し、電磁オシログラフ上に時間的变化として記録させた。

3. 実験結果

図35には、開口面積が 75 cm^2 のときのプロパン濃度

と爆発圧力などの関係を示した。開口面積がこれより大きくなり、ベントカバーをビニルシートに変えても、またガスがL.P.G.であってもこの関係はほとんど変わらない。

これらの場合の爆発圧力の波形は図36(a)のようになり、最大爆発圧力を P 、昇圧時間を τ 、平均昇圧速度を P/τ とした。開口面積が減ると爆発圧力波形にはふたつのピークが生じ、これを図36(b)に示すが、このような波形は爆発を外部に放散させた場合の特徴とみなすことができる。表5は開口面積が 50 および 60 cm^2 平方のときの測定結果で、ベントカバーの材質および格子付フランジの影響を検討したものである。これらの結果は次のように要約される。

表5 種々の条件下における測定結果
(5%プロパン—空気混合物)

開口面積 cm^2	ベントカバー材質	格子付フランジ	P_1 kg/cm^2	τ_1 sec	P_1/τ_1 $\text{kg/cm}^2/\text{sec}$	P_2 kg/cm^2	P_1/P_2
60×60	ビニルシート	使用せず	0.7	0.23	3.04	0.9	0.78
//	//	使用	0.8	0.17	4.70	0.9	0.89
//	アルミ箔	使用せず	0.8	0.15	5.30	0.8	1.00
//	//	使用	0.7	0.16	4.38	0.7	1.00
50×50	ビニルシート	使用せず	0.9	0.19	4.73	0.8	1.12
//	//	使用	1.1	0.21	5.23	0.8	1.38
//	アルミ箔	使用せず	1.0	0.15	6.68	0.8	1.25
//	//	使用	1.0	0.21	4.76	0.8	1.25

- 1 最大爆発圧力を生ずるガス濃度は密閉容器中での結果よりいくらか高目となり、プロパンでは約5%である。
- 2 爆発圧力を支配するのは開口面積であって、ベントカバーが破れやすいものであればその材質の影響は小さく、またベントカバーの内側に目の粗い格子を取付けても結果は殆んど異なる。

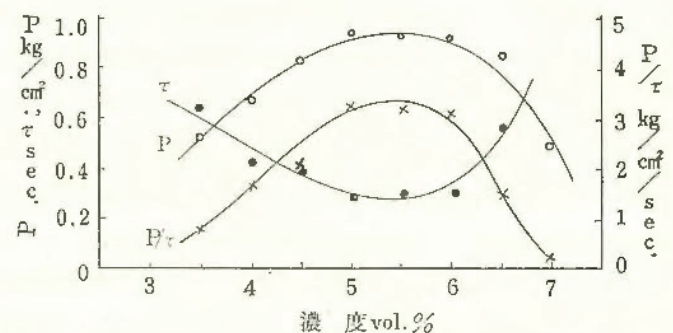


図35 プロパン濃度と爆発圧力、昇圧時間および昇圧速度の関係（開口面積： 75 cm^2 平方、ベントカバー：クラフト紙）

3 最大爆発圧力は開口面積の増すにつれて減じ、爆発空間 1 m^3 あたり 60 cm 平方以上の開口面積を有する弱いバントカバーを用いれば爆発圧力は 1 kg/cm^2 以下に抑えることができる。

4 開口面積がある値以下になると爆発圧力波形にはふたつのピークが生じ、このピーク圧力の比 (P_1/P_2) は開口面積の減ずるにつれて大きくなる。

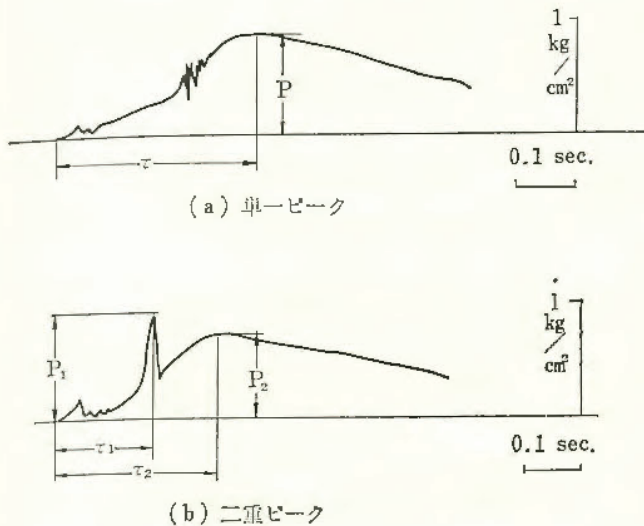


図36 爆発圧力の波形 (プロパン-空気混合物)

4. 乾燥機に対する応用実験

モデル容器と実用上の乾燥機では種々の相違点があり、爆圧放散孔の設計およびテスト方法にも問題はあるが、角型容器での結果を利用するという立場から次のように行なった。

乾燥機の有効爆発空間は約 2 m^3 であるので、この中で爆発圧力が 1 kg/cm^2 以下に抑えられたための開口面積を計算によって 90 cm 平方とした。バントカバーはアルミ箔とし格子付フランジを併用し、爆圧放散孔の位置は機体の背面とした。爆発テストは約 5% のプロパン空気混合物を用いて3回行なったが、アルミ箔はいずれもフランジ固定部で切断しその機能を果たした。この結



写真12 爆圧放散孔の作動状態 (1)

果、機体にはなんら実質的変形を認めず、最大爆発圧力は 0.9 kg/cm^2 をこえてなかった。写真12~14は高速撮影フィルムの一部である。

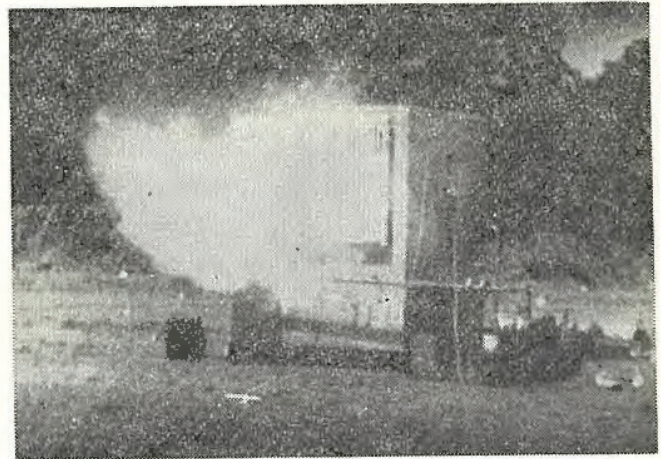


写真13 爆圧放散孔の作動状態 (2)

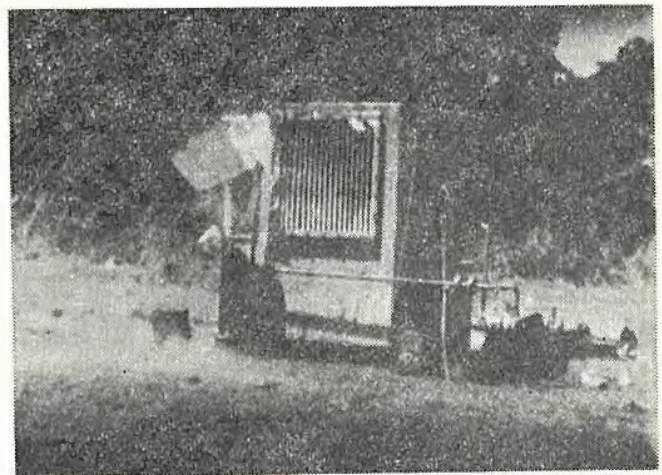


写真14 爆圧放散孔の作動状態 (3)

5. 結論

モデル容器での実験により開口面積と爆発圧力の関係などについて有益な知見を得たほか、乾燥機に対する応用実験により、爆圧放散孔の開くと同時に多量の未燃ガスが外部に噴出し2次的な爆発を起こすので、これに対する安全対策が重要であることが確認された。これらの結果は今後の一連の研究に有効に生かされるであろう。

爆圧放散孔の箱型集じん機に対する応用

化学研究部 田口 昇, 鶴見平三郎
林 年宏, 松井英憲

1. 実験目的

内部で爆発の生ずる可能性のある密閉された設備に対して爆圧放散孔をとりつけ、これにより爆発被害の抑制

をはかることは各国において検討されており、筆者らもその一例として箱型乾燥機に対する応用例について報告した(前報)。しかし、開口面の大きさと形状、ベントカバーの材質と固定法などが爆発圧力におよぼす影響についての実用的データは乏しく、昇圧速度の大きな爆発の挙動についてはほとんど知られていない。本報ではこれらに対して実験的な解明を試みたほか、昭和44年に6人の死者を含む多大の被害を与えた集じん機の爆発災害が生じたことと関連して、従来からその危険性が強調されてきているところのバグフィルターを含む集じん機のひとつに対して爆圧放散孔の応用を試みた。

2. モデル容器での実験

爆発容器および実験方法は前報の場合と同じであるが、開口フランジは一辺の長さが50および60cmの開口部を有するものと、3つの長方形の開口部を有する3つ口フランジを用いた。後者はその任意のふたつの開口部を盲板でふさぐことができ、ひとつの長方形の面積は24cm×80cmであるから、これを正方形の面積に換算したときの一辺の長さは44cmである。同様にして開口部の数が2および3のときの面積の和を正方形としたときの一辺の長さは約62および76cmである。

実験ガスはプロパンのほか、燃焼速度の大きいガスの爆発挙動を知るために水素を用いた。モデル容器での実験にはビニルシートをベントカバーとして用い、実用上のベントカバーについては実際の集じん機を用いての実験で検討した。

3. 実験結果

プロパン5.0~5.5vol.% (空気中) 混合物では爆発圧力波形は常に前報の図36(b)に示した形となった。図37に開口面積 S と第1ピーク圧力 P_1 の関係を対数目盛で示すが3つ口フランジを用いたときの開口部の位置と形状の効果は顕著でなかったため、開口面積はすべて一辺の長さ \sqrt{S} cmの正方形としてプロットした。測定範囲内では P_1 と \sqrt{S} との両者の対数間に直線関係が成立するが、 $\sqrt{S}=10$ および100のときの P_1 の推定値を考え合せると実際には図に破線で示すような関係にあると考えられる。

第2ピーク圧力 P_2 は殆んどの測定で1.0kg/cm²をこえる値となったが、開口面積には影響されずにほぼ一定値を示した。ベントカバーが破れるのは P_1 に達した時点とみなされるのでこの圧力値が圧力放散上最も重要であるが $P_2 > P_1$ のときには P_2 を無視することができない。 P_1/P_2 は開口面積の増すにつれて減ずるが $\sqrt{S} \geq 60$ では $P_1 < P_2$ となり、 $\sqrt{S} \leq 50$ では逆の関係がみられた。

水素-空気混合物での実験は、水素濃度30vol.%以下で行なったため高濃度側での挙動については推測の域ででないが、得られた結果は次のようである。典型的な圧力

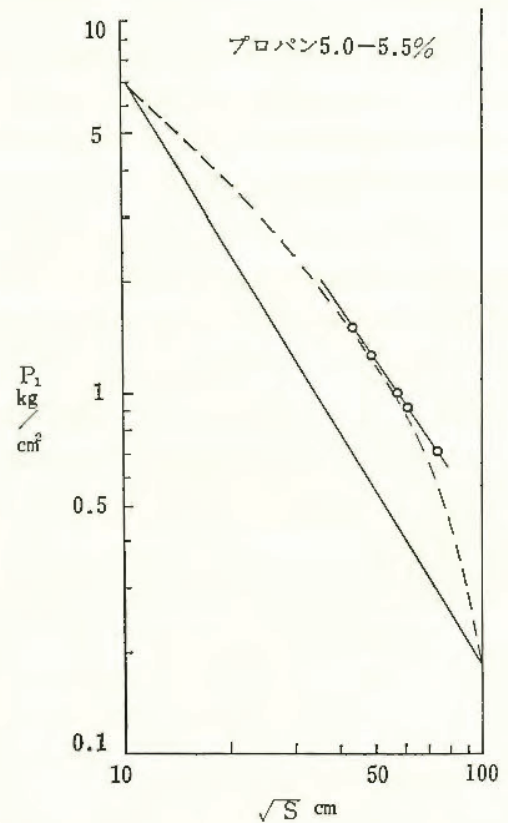


図37 開口面積(S)と第1ピーク圧力(P_1)の関係

波形は図38に示す形となり、プロパンの場合に比べて P_1 に達するまでの時間の短かいのが特徴である。 $\sqrt{S} > 60$ ではピークはひとつ、 $\sqrt{S} = 60$ では不明確な第1ピークを生じた。 P_1 と水素濃度の関係を図39に示す。また、プロパンと水素の爆発を比較するために開口面積と昇圧速度および実験で得られた P_1 の最高値の関係を、図40, 41にそれぞれ示す。30%までの水素混合物の爆発圧力はプロパン混合物に比べて小さいが、開口面積の小さい場合には昇圧速度にかなりの差がみられる。爆発圧力と昇圧速度のいずれかが爆圧放散孔の有効性により大きな影響を与えるかは、今後検討を要する重要な課題である。

4. 集じん機に対する応用実験

実際の集じん機に爆圧放散孔をとりつけることは乾燥機の場合ほど容易ではなく、プロパン-空気混合物を用い

水素濃度 30%
 開口面積 $S = 50 \times 50$
 $P_1 = P_2 = 1.0 \text{ kg/cm}^2$
 $\tau_1 = 0.04, \tau_2 = 0.24 \text{ sec}$

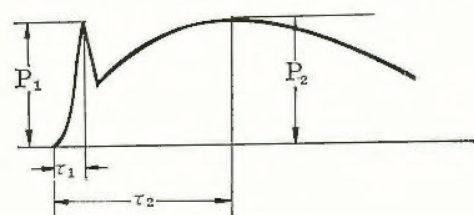


図38 爆発圧力の波形(水素-空気混合物)

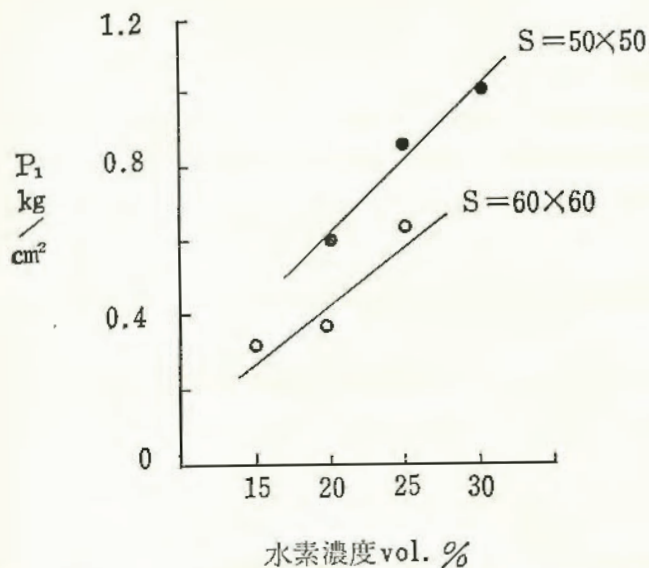


図39 水素濃度と第1ピーク圧力 (P₁) の関係

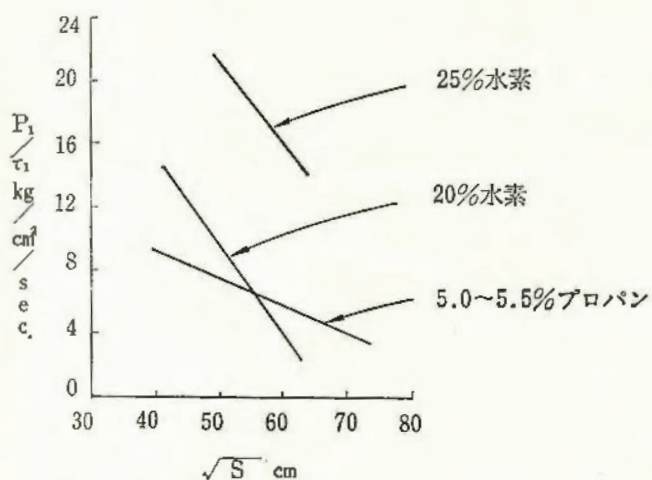


図40 開口面積 (S) と昇圧速度 (P₁/τ₁) の関係

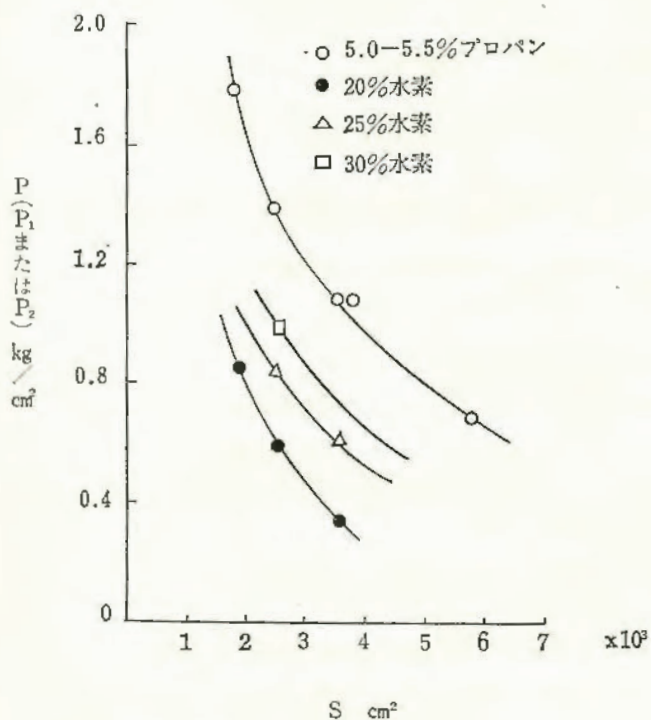


図41 開口面積 (S) と最高爆発圧力 (P) の関係

て種々の条件下で実験した結果として、一端を蝶番で固定した鋼板製の爆圧放散孔を設計した。その効果と安全性は、筆者らの考案した粉体分散方法を用いて、エポキシ樹脂粉およびアルミニウム粉の粉体爆発によって確認した。写真15はエポキシ樹脂粉を用いた爆発テストにおいて両側の爆圧放散孔が開き、同時に火炎が噴出する状態を高速度撮映したものの1コマである。

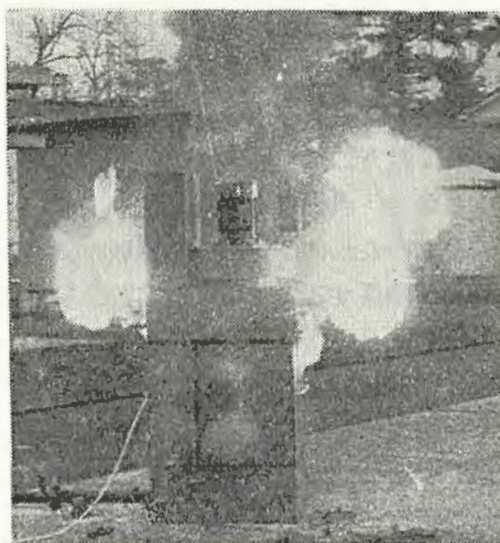


写真15 爆圧放散孔の作動状態

高周波電流火花によるガスの点火限界

電気研究部 田中隆二

1. 実験目的

従来、直流回路火花によるガスの点火限界については、種々の条件で実験を試み、かなりの成果が得られている。しかし、本質安全防爆電気機器の中には、高周波回路を使用するものがあり、このような場合の点火限界は、一般によく知られていない。そこで、本研究ではエチレンおよびメタンを対象として、高周波誘導回路の開離火花によるガスの点火限界を求めた。なお、火花発生装置には、銅線引張り断線形を使用し、周波数範囲は1~100KHzまでとした。

2. 実験方法

交流回路では、開離により放電が発生すると、1/2サイクルごとに放電が消滅する。回路のインダクタンスに關係する電磁エネルギー $\frac{1}{2}LI^2$ も時間とともに変化し、直流のように一定値を示さない。したがって、開離時の交流波形の位相によって、放電エネルギーも異なり、それが最大となるのは、交流の最大値において開離する場合である。

いま、正弦波交流の最大値および実効値を I_m および I とし、周波数を f 、位相差を 0 とすると、

$$I = I_m \sin 2\pi ft$$

である。交流の半波の間に、 I が I_m の95%以上に達し

ている時間 T_0 を計算してみると、

$$T_0 = 2 \times \left(\frac{T}{4} - \frac{\sin^{-1} 0.95}{2 \pi f} \right)$$

$$\approx 0.1 T \quad \left(\text{ここで } T = \frac{1}{f} \dots \dots \dots (1) \right)$$

したがって、正弦波交流の場合には、10回中1回のみが最大値の95%以上の値で開離する確率をもつ。たとえば、 $f = 50$ (Hz) では、 $T_0 = 2$ (ms) となり、継続時間が数10 (μ s) のアーク放電の場合で十分にガスに点火する可能性がある。

一般に商用周波数をこえる周波数領域では、放電継続時間が短くなり、放電エネルギーも小さくなる傾向が生じてくるので、点火限界が高くなることが予想される。もちろん、これには負荷の時定数、負荷電流の大きさなどが当然関係するので単に周波数のみでは、結論を出すことはできない。

しかし、周波数がきわめて高くなると、もはや電流が0となった瞬間でも、電極の冷却が十分に進行しないので、電極間での放電の再発生の条件が保持されるようになる。したがって、今度は放電を維持し、放電エネルギーを増大させる傾向が現われてくるものと考えられる。

図42は、低インダクタンス回路における高周波電流の放電火花による点火限界を、エチレンおよびメタンについて測定した結果である。インダクタンスは 100μ H で、 0.3 mm ϕ の銅線を使用して断線させ、火花を発生させた。写真16は、使用した高周波電源装置（日本高周波製）で、周波数が $1 \sim 10$ KHz と、 $10 \sim 100$ KHz とで、電源変圧器を切替えて出力を得るようになっている。電圧は無負荷時に 150 Vp であるが、容量が不十分のため電圧変動率が大きくなるのは止むを得なかった。また、負荷時には、負荷インピーダンス、負荷電流、周波数などを変化させるためには、マッチングがとれず、大きな波形ひずみを生ずることが多かった。したがってこの点火実験は、波形ひずみが30%以下となるような条件で行なった。

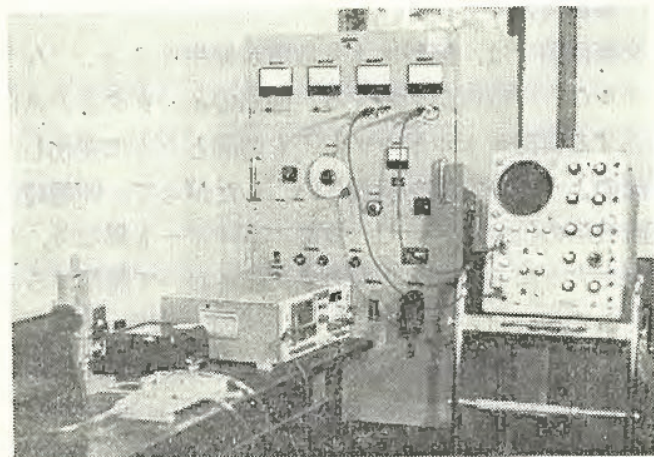


写真16 高周波電流火花点火装置

3. 実験結果

図42において、曲線(A)および(B)はエチレン、(C)はメタンに対する点火限界と周波数との関係で、(A)および(B)は 10 KHz を境界として不連続点を生じた。これは $10 \sim 100$ KHz 用として製作した高周波電源変圧器の2次側巻線の漏洩インダクタンスが、 $1 \sim 10$ KHz 用のそれに比べてやや大きかったためではないかと推測される。しかしながら、いずれにせよ、点火限界は周波数とともに高くなることが示された。

波形ひずみが点火限界におよぼす影響は、単にひずみ率の大小のみでは判定がつきにくく、高調波の大きさと含有率によって、放電の発生確率および放電継続時間が異なるので、一般的な解析は困難である。図42のプロットの添字の数は、いずれも、その場合の負荷電流波形のひずみ率を示したもので、この場合それぞれの波形を例示すると図43(1)~(9)のようである。

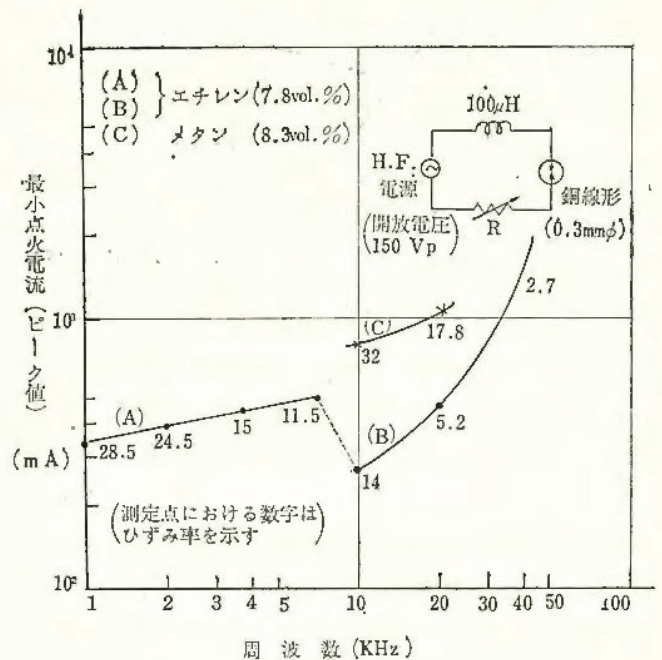


図42 高周波誘導回路の点火限界

高周波電流回路をシャ断し、その放電波形を観察すると、最小アーク電流に達した位相でアークが発生し、そのままアーク電圧の大きさが一定に保たれたまま時間が経過し、最小アーク電流以下の電流位相に達したときに消弧する。高周波回路の負荷抵抗を R とし、点火エネルギーを計算すると

$$W = \int_{t_1}^{t_2} 20 \left(\frac{V_m \sin \omega t - 20}{R} \right) dt \dots \dots \dots (2)$$

ここで、 t_1 : アーク発生時刻、 t_2 : アーク消滅時刻、 V_m : 高周波電圧の最大値、 $\omega = 2 \pi f$ 、 20 : アーク電圧 (一定と仮定)

式(2)において、高周波回路では $t_1 = 0$ 、 $t_2 = \pi$ とお

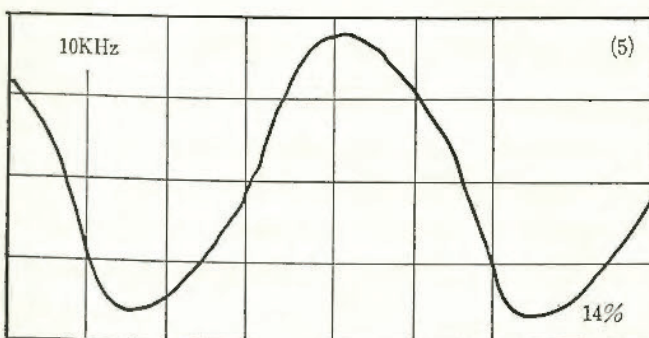
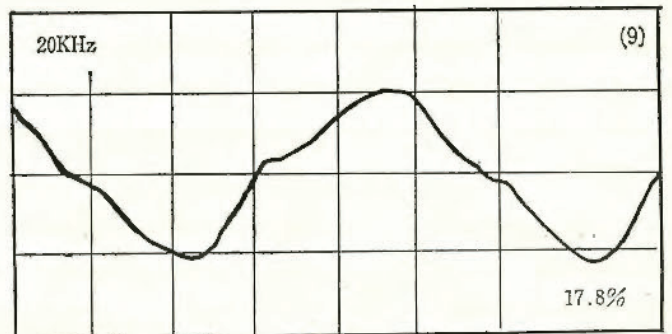
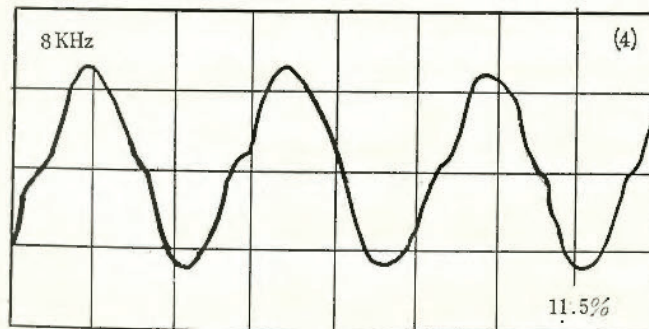
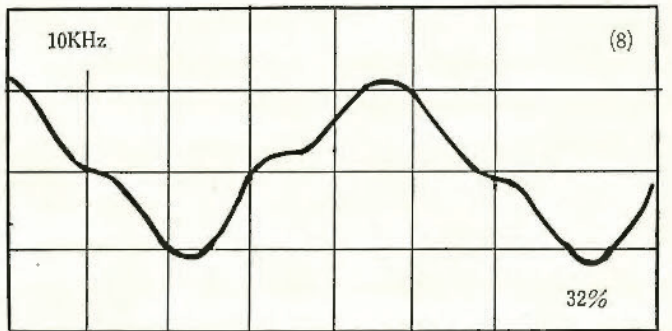
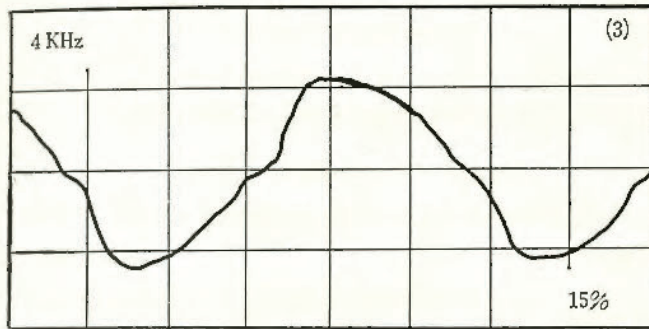
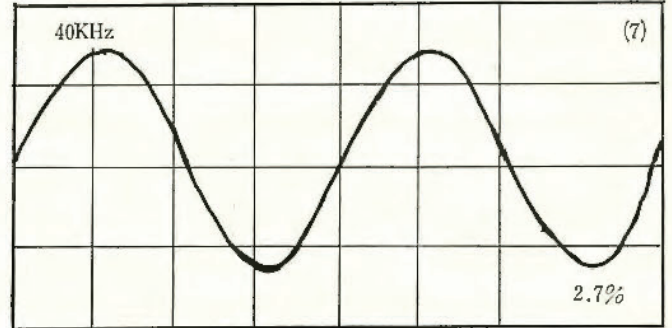
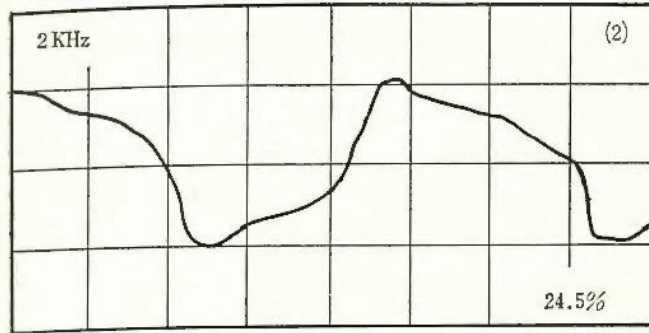
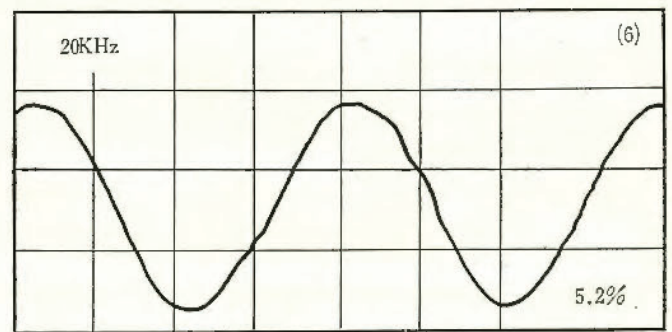
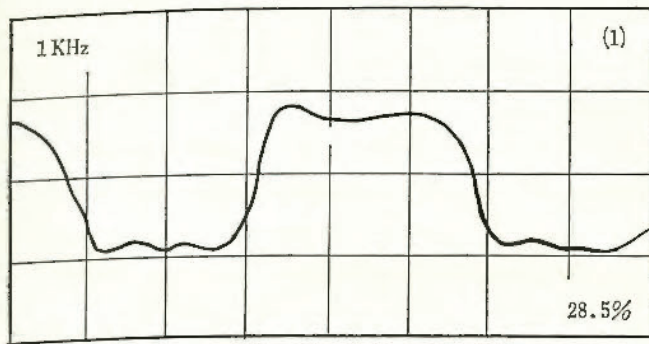


図43 高周波電流点火波形の例

注) (1), (2), (3).....エチレン (A)
 (5), (6), (7).....エチレン (B)
 (8), (9).....メタン (C)
 (%はひずみ率を示す, 目盛は任意)

ても誤差は無視できるから,

$$W = \frac{20}{Rf} \left(\frac{Vm}{\pi} - 10 \right) \dots\dots\dots(3)$$

回路にインダクタンスLがあれば, $\frac{1}{2}LI^2$ をこれに加えなければならない。式(3)からオッシロ波形により点火エネルギーが求められた。

誘導回路火花によるガス点火確率に関する一実験

電気研究部 田中隆二

1. 実験目的

本質安全防爆電気回路の実用化において、放電火花によるガスへの点火限界を知ることが設計上必要なことはいうまでもない。点火限界の決定法には、国際的な取決めがなく、火花発生装置の特性、実験条件などに応じて適切と思われる方法がとられている現状である。当研究所では、火花発生装置に IEC 形のものを使用しているが、この場合の点火限界の決定には、点火を生じた回路電流（または回路電圧）の最小値と、それより小さくて点火を生じなかった回路電流（または、回路電圧）の最大値との相加平均値をとって、点火限界としている。

この場合、火花の発生回数は 3,000 回とし、この回数以内で、点火、不点火があるか否かを問題としている。ここでいう 3,000 回の根拠は技術的なもののほか、さらに試験時間が約 10 分間というところから定めたものである。しかし、試験結果では、これが十分な満足できることが示されている。

放電火花のガスへの点火は、放電そのものの発生が確率則に支配されるといわれているところから、点火現象も確率によって決まると考えなければならない。これを検証するために、本研究では直流誘導回路(24V, 95mH)に流れる電流を徐々に減少させた場合の点火確率がいかなる変化を示すかについて実験した。ただし、点火確率とは、点火を生ずるまでに発生させた放電火花発生回数の逆数と定義することにする。

2. 実験結果

図44はメタン (8.3 vol. %) を用いて、点火確率と回路電流の関係をプロットしたものである。最小自乗法を用いて回帰直線を求めると次式となる。

$$\log 1/f_1 = -40.3 + 18.2 \log I_1 \dots \dots \dots (1)$$

ここで f_1 : 火花発生回数, I_1 : 回路電流である。

もしも、 I_1 なる回路電流によって、3,000回の発生火花中、1回のみガスに点火したとすれば、 I_2 の電流に減少させた場合に少なくとも1回ガスに点火するに要する発生火花回数は次式で与えられる。

$$f_2 = 3,000 \times \delta^{-18.2} \dots \dots \dots (2)$$

ただし、 $\delta = I_2/I_1 < 1$ とする。

たとえば、 $\delta = 0.5$ とすると、 $f_2 = 9.1 \times 10^8$ となる。

$1/f_2$ は、設計点火限界を I_2 にしたときの点火確率を意味し、 δ は安全率としての性質をもつ。

式(2)によって任意の回路電流による点火確率と求めることができるが、実用機器が実際に点火を生ずる確率は

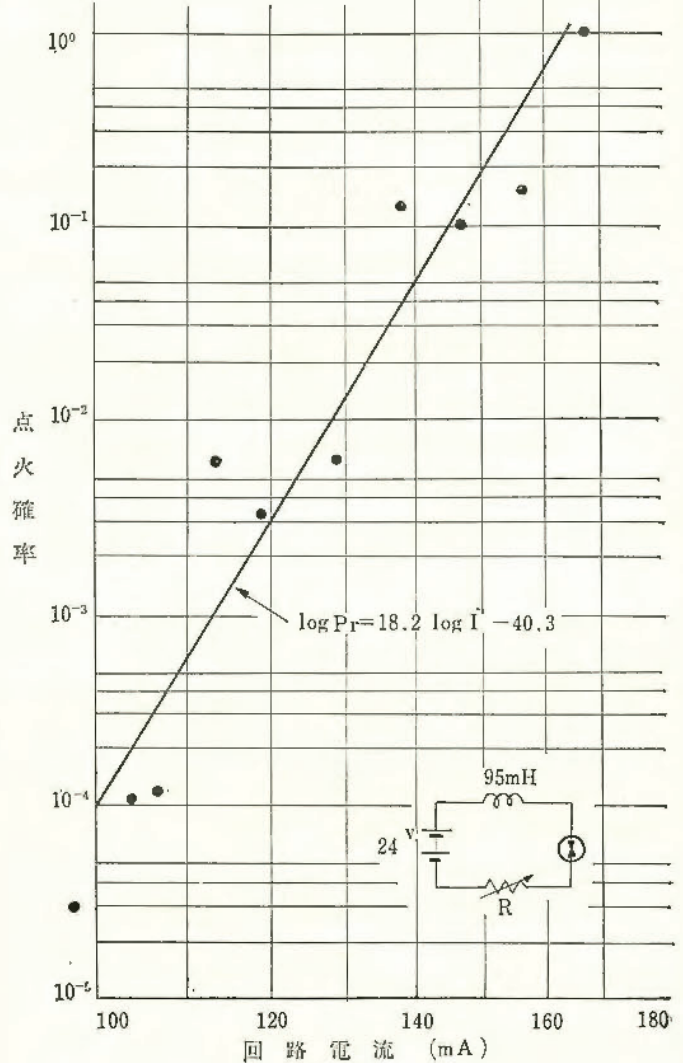


図44 点火確率測定の一例

ガス濃度、火花発生条件などが関係し、点火にもっともよい条件となる確率が相乗されるので、 $1/f_2$ よりさらに小さな点火確率になる。

他の実験回路条件の場合の点火確率については、今後さらに継続して実験する予定である。

パイプライン流送中の石油の帯電

電気研究部 田島泰幸, 児玉 勉

1. 実験目的

パイプラインによって石油などを輸送するとき、石油に発生する静電気の量が多くなると、その放電火花が爆発の着火源となり危険性が增大する。このように一般に炭化水素系液体を金属パイプラインによって輸送するとき、これに発生する静電気に関しては過去にも種々な検討がなされており、その一例として次の klinkenberg の式(1)が良く知られている。

$$i = 2\pi R j a \bar{v} \tau (1 - e^{-z/\bar{v}\tau}) \dots \dots \dots (1)$$

ここで i は流動電流, R はパイプの半径, ja はパイプ壁からの発生電荷密度, z はパイプラインの長さ, \bar{v} は

平均流速、 τ は液体の時定数であるが、この Klinkenberg の式は時定数を一定としている点で適用範囲が狭くなっており、実験結果と一致しない場合がある。そこで本研究では Schön の帯電機構を出発点として、 τ を定める液体の導電率について異なる取り扱いを試みたところ、実験結果とも比較的良く一致することが明らかになった。

2. 理論解析

液体がパイプラインを流れるとき、パイプ壁から単位面積当たり毎秒 n ケのイオンが液体中へ放出され($ja=en$, e :電子の電荷量)、逆に液体からはそれ自身の電界によ

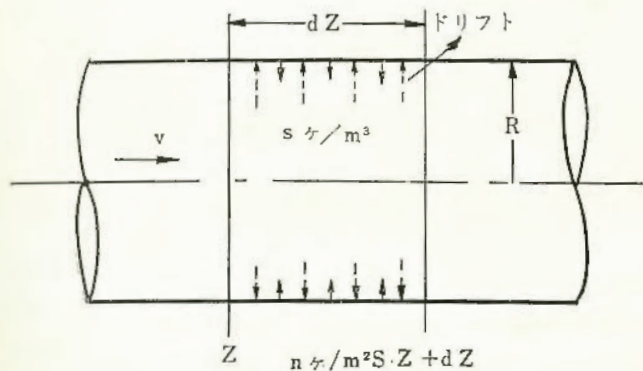


図45 流動帯電機構

りイオンがパイプ壁へと漏洩することを前提とする。図45に示すパイプの長さ dz 部分、時間 dt についてのイオンの授受 dS を考える。ただし流れは完全な乱流であるとしパイプ内におけるイオンはパイプの半径方向に一様に分布すると仮定する。そのイオン密度を $S(z)$ とすると $S(z)$ は、

$$dS = s(z)\pi R^2 \bar{v} dt + 2\pi R dz n dt - s(z+dz)\pi R^2 \bar{v} dt - 2\pi R dz s(z) \frac{e\pi R^2 s(z)}{2\pi \epsilon R} \mu dt \dots (2)$$

となる。ここで ϵ は液体の誘電率、 μ はイオンの移動度である。いま定常状態($dS/dt=0$)を考え(2)式を整理すると

$$\frac{dS(z)}{dz} = \frac{2n}{R\bar{v}} - \frac{es(z)^2}{\epsilon\bar{v}} \mu \dots (3)$$

となり、これを流動電流 $i(z) = eS(z)\pi R^2 \bar{v}$ の関係をを用いて整理すると(3)式は

$$\frac{di(z)}{dz} = 2\pi R n e - \frac{i(z)^2 \mu}{\bar{v}^2 \pi R^2 \epsilon} \dots (4)$$

となり、これを解いて $i(z)$ は次の結果が得られる。

$$i(z) = \pi R \bar{v} \sqrt{\frac{2R\epsilon ja}{\mu}} \tanh \sqrt{\frac{2uj a}{\epsilon R}} \frac{z}{\bar{v}} \dots (5)$$

3. 実験方法ならびに実験結果

実験に使用した炭化水素系液体は白灯油であり、固有抵抗は約 $3 \times 10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$ であった。実験装置は図46に示すとおりであり、流速 \bar{v} と流動電流 $i(z)$ の関係について

G: 圧力計 L: 油面計
A: 振動容量形電流計
R: 記録計

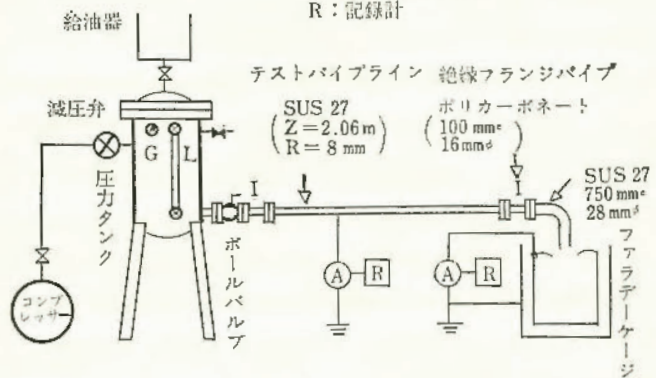


図46 流動帯電実験装置

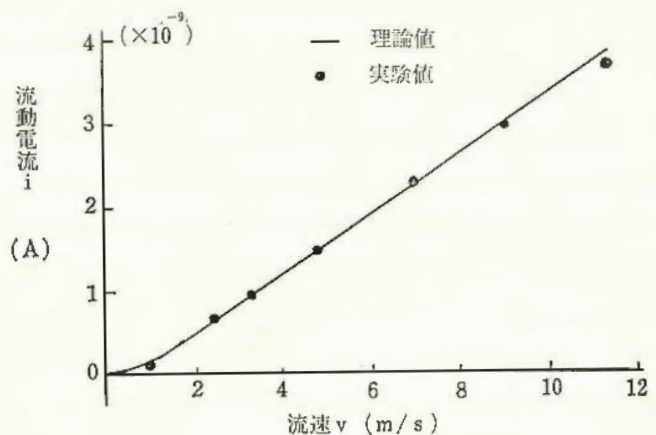


図47 流速と流動電流の関係

調べた。流速は空気圧を変化することによって行ない、1~11m/secの平均流速が得られるものである。実験結果は図47に示すとおりである。ここで実験結果と理論式(5)の比較であるが、(5)式の ja は以前の実験によっても \bar{v} に比例することを確かめている²⁾ので、これを用いて(5)式を書き換え、(5)式の第2次近似式である(6)式

$$i(z) = 2\pi R a z \bar{v} - \frac{4\pi a^2}{3} z^3 \frac{\mu}{\epsilon} \dots (6)$$

と実験結果とを検討してみた。ただし(6)式の a は未定常数であり、(6)式と実験結果との対応させることによって、 $a = -3.5 \times 10^{-9} \text{ C/m}^3$, $\mu = 8.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec} \cdot \text{V}$ と求まる。これより a, μ を逆に(5)式に代入し、理論値 i を計算すると図47に示す実線となり、これから明らかなように低流速部から高流速部まで理論値と実験値は比較的良く一致した。これよりこの理論式が帯電現象を良く表わしていると考えられる。

4. 結論

帯電によるイオン密度の変化が導電率を左右する場合のモデル的解析を行ない、実験結果とも比較的良く一致することを確かめた。これより導電率の低い炭化水素系液体の帯電現象にはこの考え方を適用することが望ましい

と考えられる。今後はさらにパイプ径などの未定常数を減らすべく実験的検討を行なう計画である。

(参考文献)

- 1) Klinkenberg and J.L. Van der Minne "Electrostatics in the Petroleum Industry" Elsevier Pub. Co (1958)
- 2) 児玉勉, "全国産業安全衛生 大会産業安全研究発表集" pp.193~194 (1969)

導電性繊維による静電気の除去

電気研究部 田島泰幸

1. 実験目的

静電気帯電物体の近傍に接地された金属物体, たとえば細い針金のようなものを近付けると, 放電によって物体に帯電していた静電気が除去される。これは帯電物体の自己放電式除電器の原理として利用されている。ここでは最近新しく開発された電気抵抗の小さい導電性繊維に注目し, これを用いることによっても細い金属線とほとんど同じようにコロナ放電が起こって, 帯電物体の静電気が除去されることを確かめた。

2. 実験方法ならびに実験結果

導電性繊維の特性は固有抵抗が $10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ 程度の小さな合成繊維であり, 1 cm 当りの抵抗にすると 400Ω 下である。この繊維は直径が 50μ 程度, その断面は円形に近く, その他の特性は普通の化学繊維とまったく変わらないものである。

ここではこのような導電性繊維の静電気除電能を調べることが目的で, 図48のような方法によって帯電物体と導電性繊維との間に流れるコロナ放電電流 (自己放電電流), ならびに帯電物体の除電後の電位を測定した。図49は静電気モデル帯電物体としてアルミ板 ($50 \text{cm} \times 50 \text{cm}$) を選び, これと平行に張られた 45cm の導電性繊維の間に流れるコロナ放電電流を示したものである。図中に示

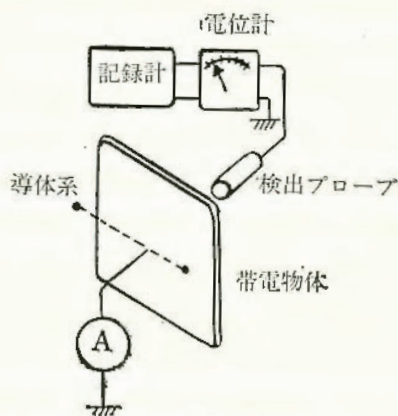


図48 実験方法概要

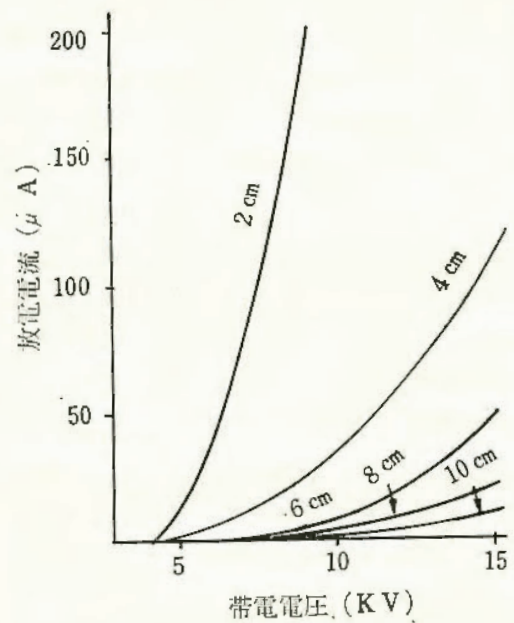


図49 コロナ放電特性 (導体)

す数字はアルミ板と導電性繊維との距離である。図50はこのアルミ板を直流高圧電源によって最初 10kV に相当する静電気を帯電させておき, これを導電性繊維によって除電した後のアルミ板の電位を示したものである。

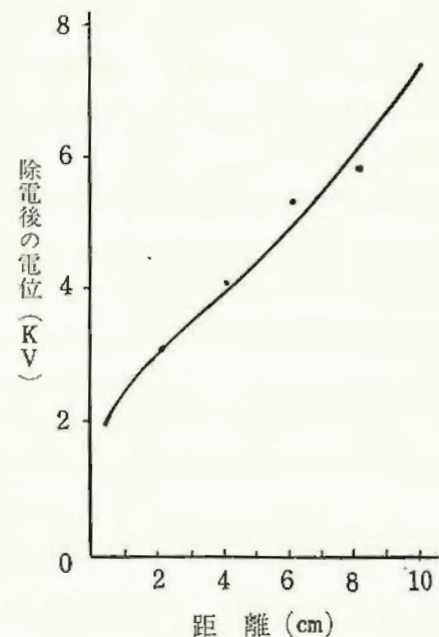


図50 除電後の電位

この結果は帯電物体の電位が放電開始電圧以上であると, 導電性繊維とアルミ板との間に自己放電が起こって, さらに除電されるため当然図49によって示されている放電開始電圧に一致する電位まで除電されることを示している。細い金属線を用いて比較のために以上の実験を試みたところ, ほとんど同じ結果が得られてこの導電性繊維を静電気の除電に使用する場合, 直径 50μ の細い金属線と等価であることが明らかになった。

次に帯電物体として布を選び、絶縁物に帯電している静電気をこの導電性繊維によって除電することを試みた。実験では布に均一、連続的に静電気を帯電させるため布への静電気帯電は直流高圧電源によってイオンを発生させ、これを布に付着させることによって帯電させる方法を採用した。このようにして静電気を帯電させた布と平行に45cmの導電性繊維を張ったとき、モデル帯電物体であるアルミ板と同じく、布と導電性繊維との間にはコロナ放電が起こり布の静電気は除去された。

図51は、このとき布と導電性繊維との間に流れる放電

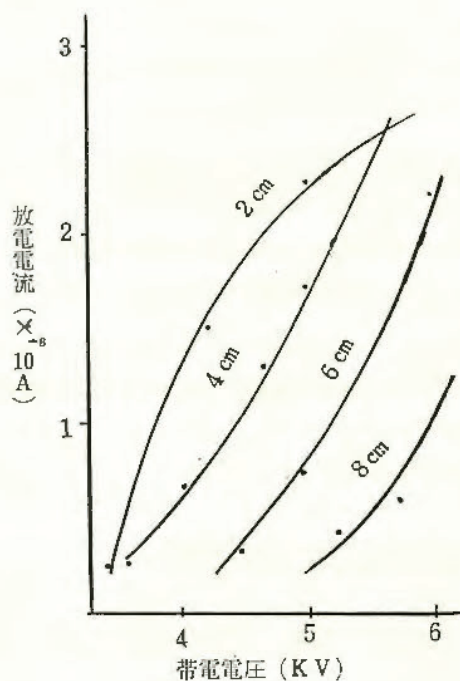


図51 コロナ放電特性(布)

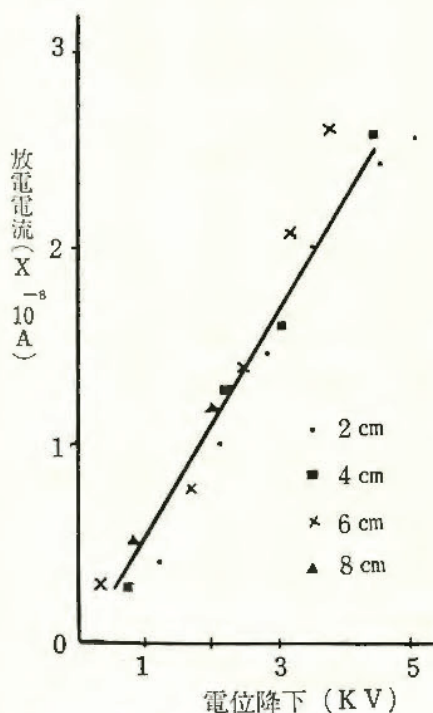


図52 除電量とコロナ放電電流

電流の平均値を振動容量型電位電流計によって測定した結果である。またこのとき導電性繊維によって除電された後の布の電位を測定し、除電前後の布の電位差と放電電流の関係を調べたところ、導電性繊維を張る距離に関係なく図52に示すようにほぼ直線的な関係が得られた。これは導電性繊維によって帯電布が除電される時、布と導電性繊維との間で起こるコロナ放電電流に基づいていることを明らかに示すものである。

一方、布のように静電気帯電物体が絶縁物である場合の除電については、布に帯電している。初期帯電電位と大きな関係があり、図53に示すように布の初期帯電電位が高いほど、除電後の電位が低くなること、いわゆる交差現象がみられた。

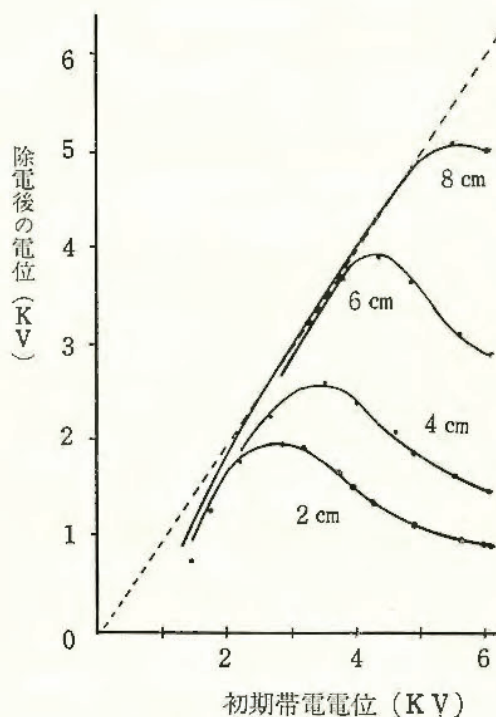


図53 交差現象

3. 結論

この実験から明らかなよう、新しく開発された導電性繊維には静電気除電能があり、それは主としてコロナ放電であることを確めた。またこの導電性繊維は細い金属線と静電的には等価であることも判明した。したがって今後はこの導電性繊維を作業衣などに応用し、静電気に対する安全な作業衣を開発する研究を進めている。

低圧限流ヒューズのしゃ断現象

電気研究部 田中隆二, 市川健二

1. 実験目的

最近注目を浴びてきた砂入限流ヒューズが、可燃性雰囲気存在する危険場所で使用できるならば、きわめて

有用であると考えられる。そこで、このような危険な雰囲気の中で、ヒューズのしゃ断現象を知るとともにその防爆性能について検討することにした。ヒューズのしゃ断機構は物理的要因が多く、まだ未解決の点が多い。今回の実験では、とりあえず大気中で、ヒューズエレメントの形状によるしゃ断現象をまず観測し、今後の実験の基礎とした。

2. 実験装置および方法

実験装置の概略は図54に示すごとく、しゃ断試験の電源として50KVA、6,600/200Vの変圧器を用い、リアクトルで短絡電流を2,600Aにし、力率を0.6にセットして、投入位相制御装置によって電圧波形の位相が0のときにヒューズの短絡が発生するようにした。

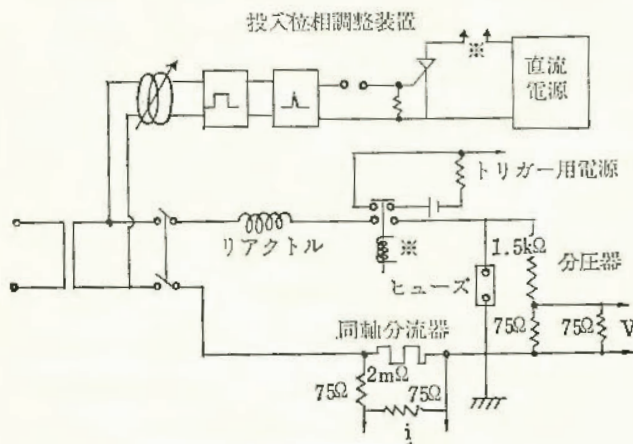


図54 実験装置

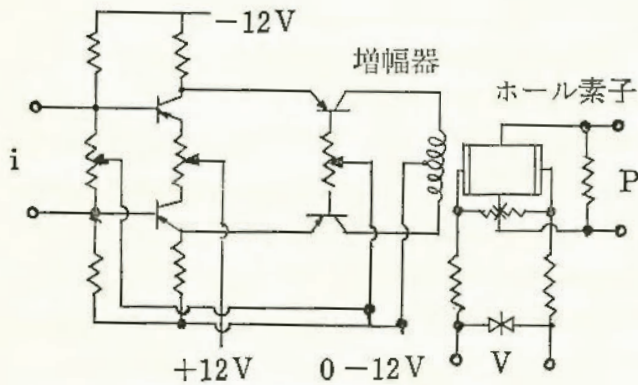


図55 アーク電力測定回路

実験に用いたヒューズは、エレメントの材料が銀線で、これを絶縁性の樹脂管内（直径13~18mm、長さ15~31mm）に張り、管の中に30~40メッシュの石英砂を充填させたもので、エレメントの形状によってつぎの3つのグループに分けたものを使用した。

- a) エレメントの直径が0.2mm、本数が1本で、長さを15, 20, 25, 30, 50mmと変えたもの。
- b) エレメントの長さが30mm、本数が1本で、直径

を0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5mmと変えたもの。

- c) エレメントの長さが30mmで本数が2, 3, または4本としたもの。ただし、それぞれの本数のエレメントを合算したものは直径0.4mmのエレメント1本の太さに相当する。

これらの実験用ヒューズをヒューズホルダにセットして、しゃ断試験を行ない、アーク電圧を抵抗分圧器で、短絡電流を同軸分流器で測定したほか、アーク電力を図55に示すホール素子の自乗特性を用いて試作したアーク

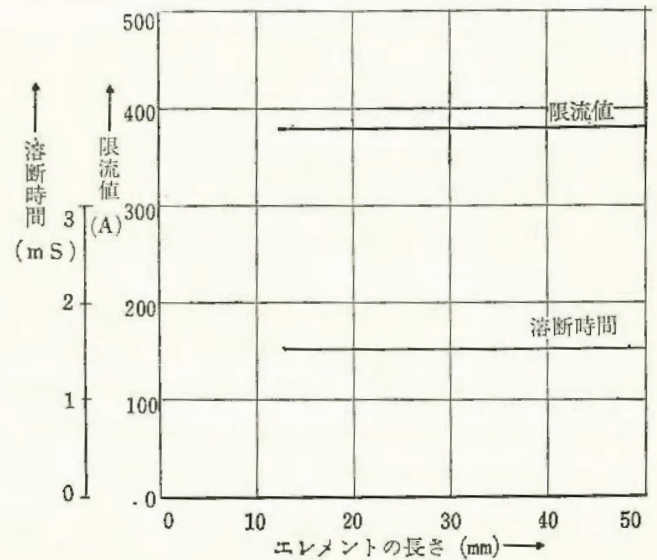


図56 長さを変えた場合の限流値、溶断時間

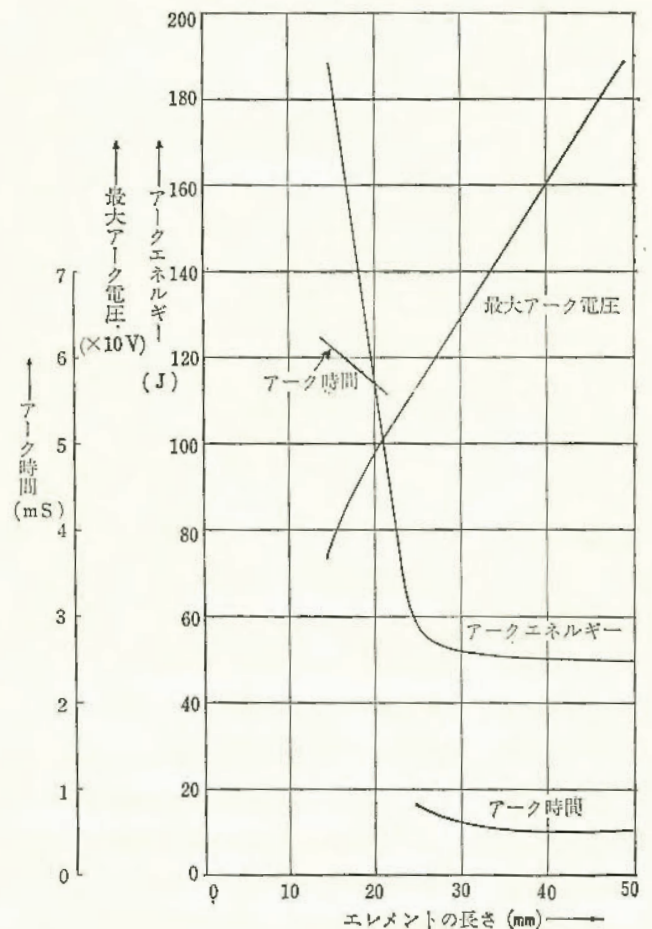


図57 エレメントの長さを変えた場合のアークエネルギー、最大アーク電圧、アーク時間

電力測定回路によって測定した。

3. 実験結果

1) エレメントの長さによる影響

図56および図57に示すように、限流値は 380 A、溶断時間は 1.5 ms で長さに関係なく一定であった。これは溶断までのジュール熱がエレメントの材質だけで決まる定数であることを示す。また図57から明らかなように最大アーク電圧値は長さに比例して増大する。これは溶断瞬時に於いて銀線が分断破壊を起こし、エレメントの長さ に比例して分断数が増加することを示す。アークエネルギーはエレメントの長さが 20 mm 以下のものは大きく、 25 mm 以上のものは、ほぼ一定で小さい。これはアーク時間についても同様の傾向が見られる。これは 20 mm 以下のものは、電極間隙が狭く、したがってアークが電源電圧によって電圧が零付近に低下するまで維持されるためと思われる。

2) エレメントの直径による影響

図58, 59 は、実験結果の一例で、限流値と溶断時間との間には図56におけると同様の対応性がみられる。

3) エレメントの分割本数による影響

図60および61に示すように、ほとんど変化がなく、傾向としては、上述した場合と同様なことが言えそうにも思えるが、これだけでは結論はまだ導かれず、なお今後の検討を要する。

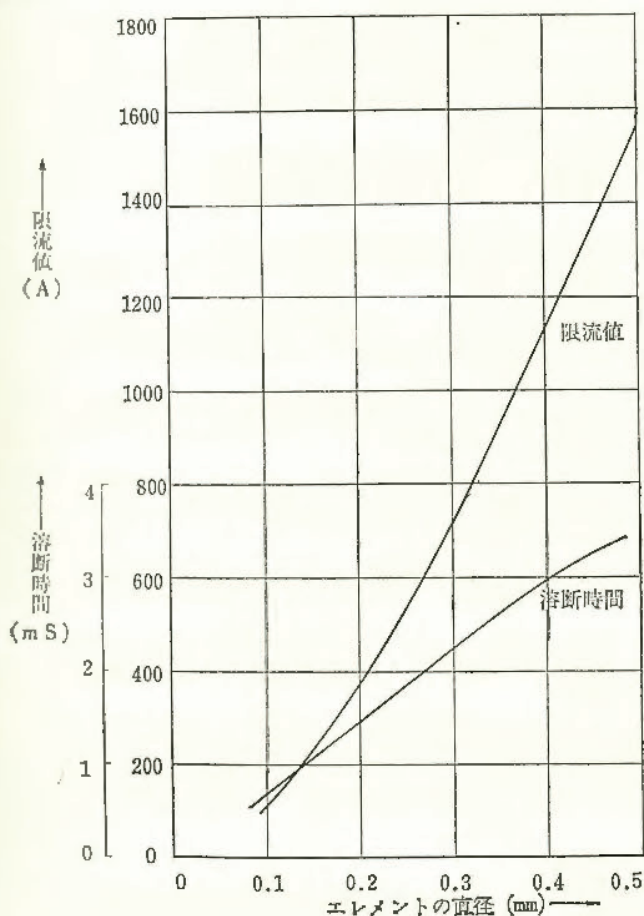


図58 エレメントの直径を変えた場合の限流値、溶断時間

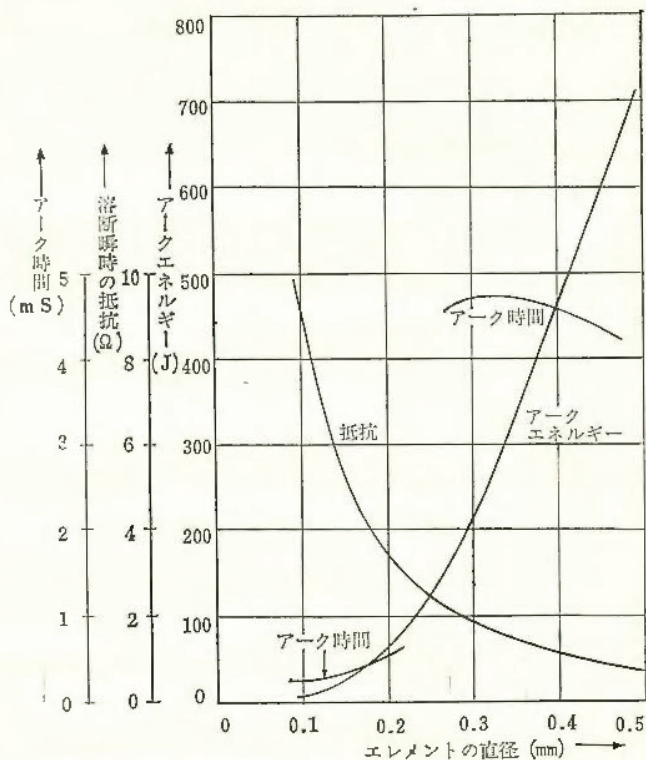


図59 エレメントの直径を変えた場合のアークエネルギー、抵抗、アーク時間

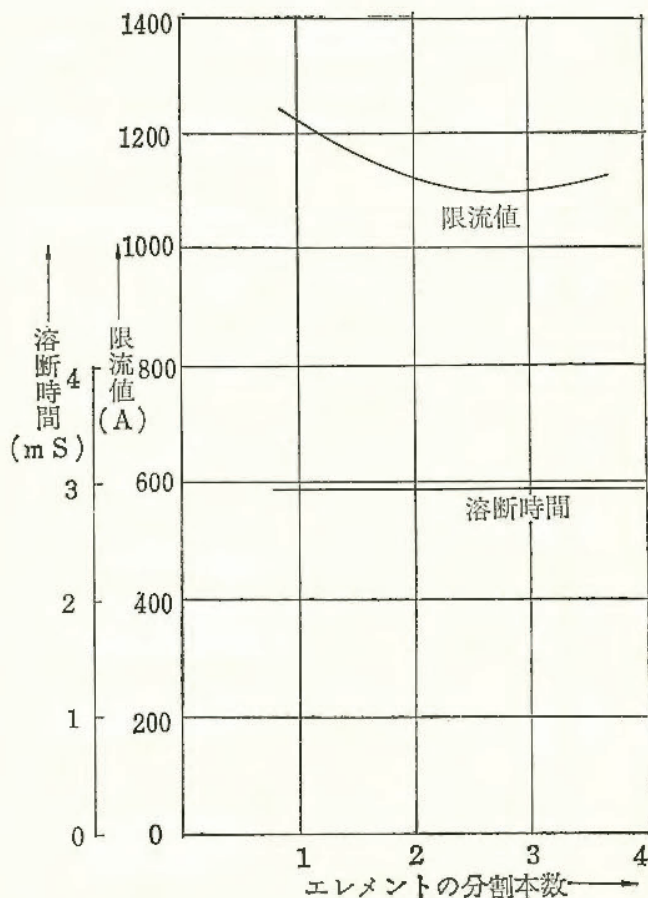


図60 エレメントの分割本数を変えた場合の限流値、溶断時間

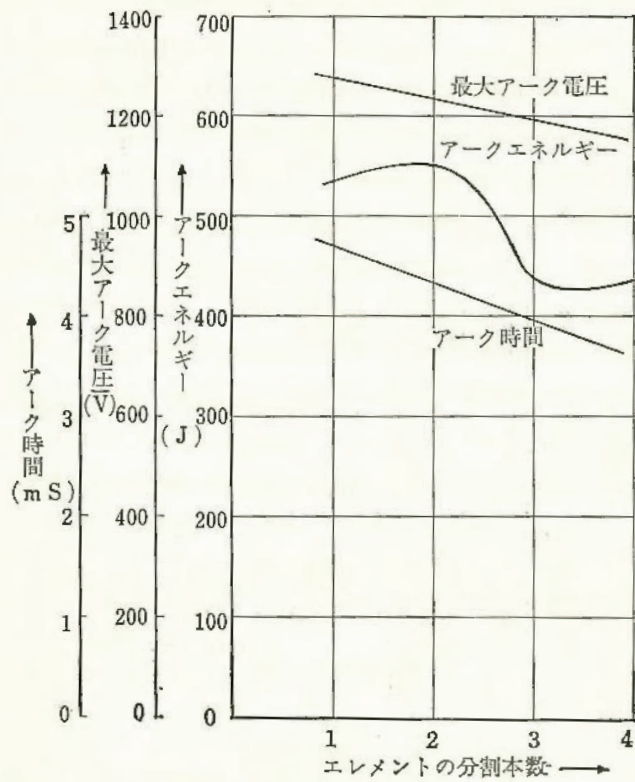


図61 エレメントの分割本数を変えた場合のアークエネルギー，最大アーク電圧，アーク時間

(3) 刊 行 物

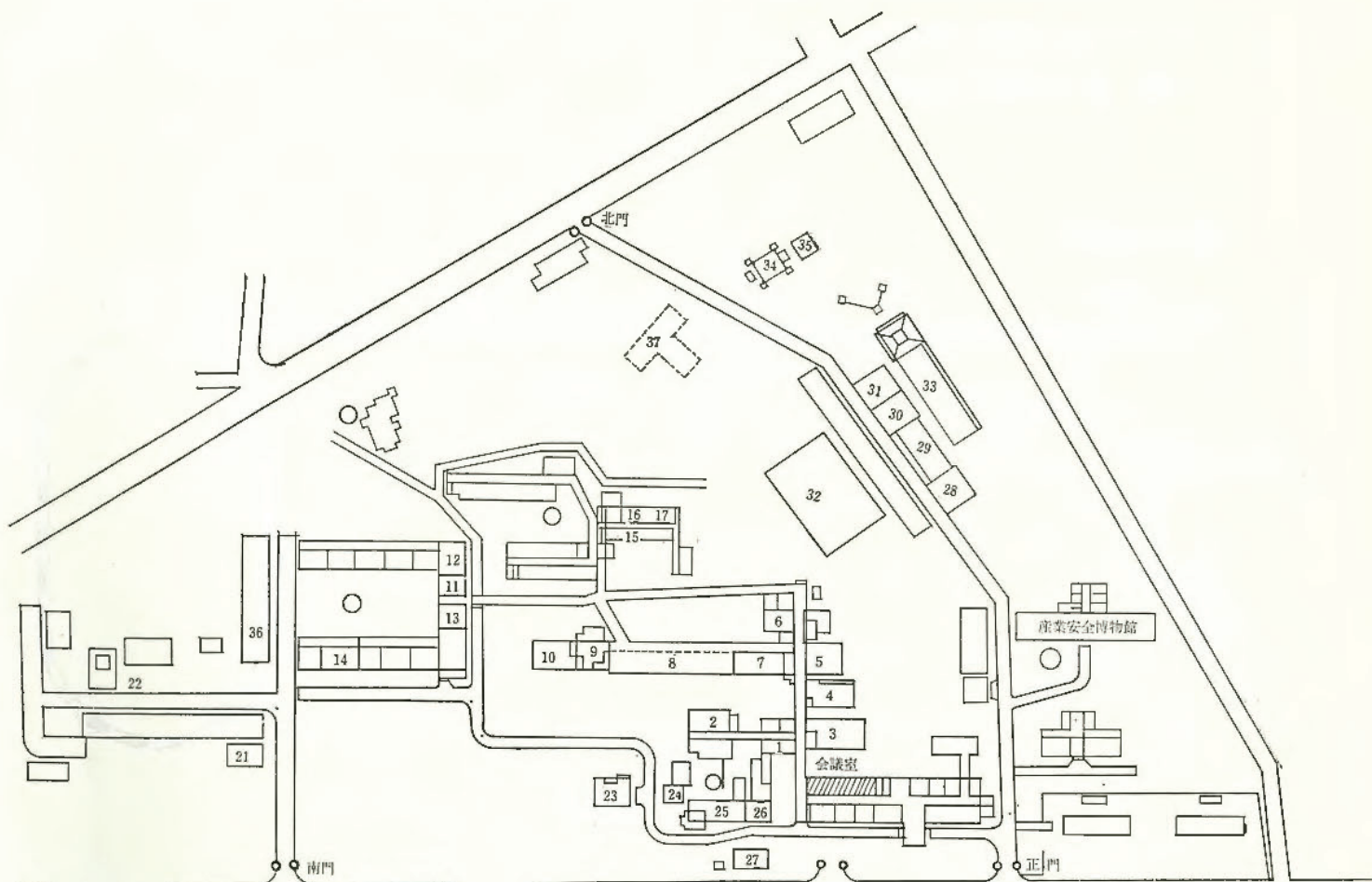
名 称	整理番号	題 目	著 者 名
産業安全研究所研究報告	RR18-1	水素の爆発危険性についての研究(第1報) (水素の爆発限界に及ぼす圧力の影響)	柳 生 昭 三 松 井 英 憲 安 田 本 東 栄 弘
	RR18-2	揚貨装置のワイヤロープに作用する荷重 (けんか巻きの場合)	袴 塚 禎 三 条 川 壯 一
	RR18-3	耐圧容器の内容積と爆発圧力の関係について (防爆電気機器の試験方法に関する 一考察)	鶴 見 平 三 林 年 郎 宏
	RR18-4	人間オペレーター厚板圧延装置システムに 関する研究 (ハードウェアとソフトウェアの開発)	大 川 雅 司 西 本 武 彦 押 田 正 義 河 原 節 雄
	RR18-5	導電性繊維による静電気の除去	田 昌 泰 幸
産業安全研究所技術資料	TN69-1	粉じん爆発の危険性とその防止対策	内 藤 道 夫 松 田 東 栄
	TN69-2	爆発圧力測定器の相違の測定結果に与える 影響について (防爆電気機器の試験方法に関する 一考察)	鶴 見 平 三 林 年 郎 宏
産業安全研究所技術指針	TR-69	感電防止用漏電しゃ断器構造基準 感電防止用漏電しゃ断器安全指針	寺 沢 正 義

(4) 学会誌, 学術雑誌掲載

題 目	誌 名	発表年月	執 筆 者
フックの破断事故の原因調査	安全工学 (Vol.8, No.4(1969))	44・8	秋 山 英 司 橋 内 良 雄
2次元切削した炭素鋼の表面層に及ぼす被削性 因子の解析	日本金属学会誌 (Vol.34, No.2(1970))	45・2	橋 内 良 雄
人間一機械システムの機能配分	人間工学 (Vol.5(6)'69)	44・12	大 川 雅 司
生体計測のための計測システム	人間工学 (Vol.6(1)'70)	45・2	大 川 雅 司
仮設機械の性能試験方法について	建築材料 8月号	44・7	森 宣 制
粉じんの最小発火エネルギー	安全工学 (Vol.8 No.2(1969))	44・4	内 藤 道 夫
火災防止器のnヘキサンに対する火災防止性能	安全工学 (Vol.8 No.4(1969))	44・8	駒 宮 功 額
水素の爆発限界に及ぼす圧力の影響	安全工学 (Vol.8 No.5(1969))	44・10	柳 生 昭 三 松 井 英 憲 安 田 本 東 栄 弘
低圧直流誘導回路の開離火花による爆発性ガス の最小点火電流 (IEC装置使用)	電気学会誌 (44年11月号)	44・11	田 中 隆 二
爆発危険場所における計測、制御装置の防爆技 術 (本質安全防爆構造を中心として)	計測制御学会誌 (45年2月号)	45・2	田 中 隆 二

(5) 研究発表

題 目	発 表 会 名	発表年月	発 表 者
2次元切削した炭素鋼の表面層に及ぼす被削性因子の解析	昭和44年度金属学会春期(第64回東京)大会	44・4	橋 内 良 雄
フラクトグラフィによる鋼の疲れ破壊に関する研究	機械学会諏訪地方講演会	44・10	秋 山 英 司 橋 内 良 雄
炭素鋼の炭素含有量が加工表面層に及ぼす影響	昭和44年度精密学会秋季大会	44・10	橋 内 良 雄
フラクトグラフィの事故調査への適用	第2回安全工学研究発表会	44・12	秋 山 英 司 近 藤 内 太 良 二 雄
マン・マシンシステム信頼性	電子通信学会信頼性研究会	44・	大 川 雅 司
山留支保工における切梁継手	土質工学会研究発表会	44・6	森 前 宜 制 前 郁 夫
波形スレートの踏抜性能試験	日本建築学会大会学術講演会	44・8	山 本 千 三
土止支保工の土圧実験	土質工学会土圧シンポジウム	44・11	前 郁 夫
内外における粉じん爆発	全国産業安全衛生大会	44・11	内 藤 道 夫
発火温度の研究(1)発火温度—発火おくれ時間関係図の型	第2回安全工学研究発表会	44・12	柳 生 昭 三 松 田 東 三 田 隆 二
引火温度の研究(3)各引火点と沸点の関係	第2回安全工学研究発表会	44・12	柳 生 昭 三
粉じん爆発の下限界濃度と爆発圧力	第10回防災化学研究発表会	44・12	松 田 東 三 柳 生 昭 三 内 藤 道 夫
接点開閉火花による高気圧メタン—空気混合ガスの点火限界	昭和44年電気四学会連合大会	44・4	田 中 隆 二
帯電布の除電について	高分子学会静電気研究発表会	44・6	田 島 泰 幸
感電防止用漏電しゃ断器について	全国産業安全衛生大会	44・11	寺 沢 正 義
パイプライン流送中の石油の帯電について	全国産業安全衛生大会	44・11	児 玉 勉
砥石カバーの防護効果に関する一実験	全国産業安全衛生大会	44・11	糸 川 壮 一
機械部品の破損に関する2,3の所見	全国産業安全衛生大会	44・11	橋 内 良 雄
高圧下における水素—メタン混合物の爆発限界	日本化学会第22年会	44・4	柳 生 昭 三 松 田 東 三



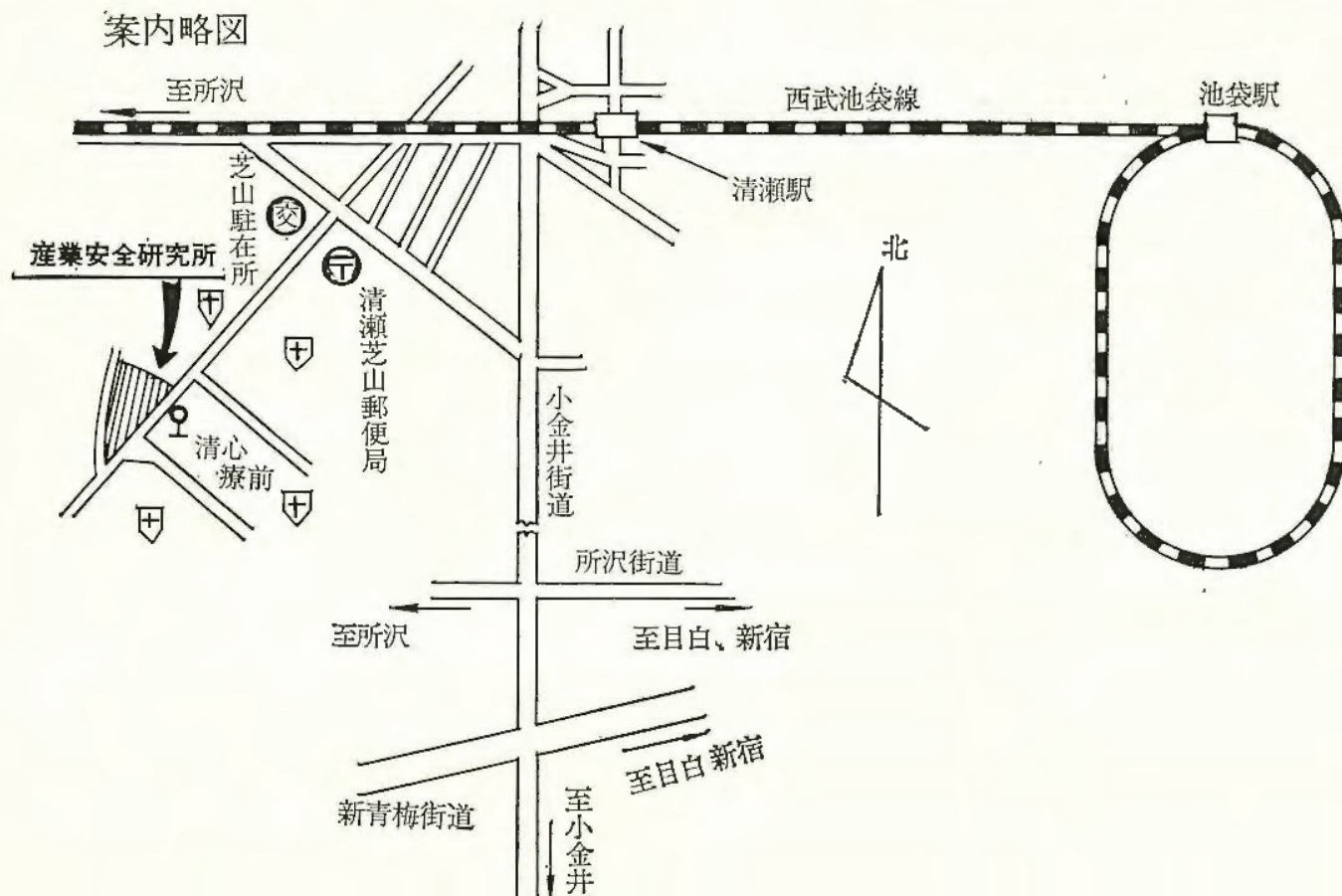
主要研究実験室・施設一覧

- | | |
|---------------|---------------|
| 1 静電気第2実験室 | 21 化学反応実験室 |
| 2 土質実験室 | 22 爆発関係実験施設 |
| 3 人間工学第1実験室 | 23 防爆電機試験室 |
| 4 化学実験室 | 24 建築環境実験室 |
| 5 保護具実験室 | 25 爆発現象研究室 |
| 6 大型キセノンテスト室 | 26 静電気第1実験室 |
| 7 機械第2実験室 | 27 変電室 |
| 8 機械第1実験室 | 28 支保工実験施設 |
| 9 岩石工学実験室 | 29 仮設構造実験室 |
| 10 強電実験室 | 30 単管枠組実験場 |
| 11 粉じん実験室 | 31 軽支保梁実験場 |
| 12 爆発物実験室 | 32 土止支保工実験ピット |
| 13 電子顕微鏡室 | 33 安全帯試験施設 |
| 14 本質安全実験室 | 34 落下実験塔 |
| 15 静電気第3実験室 | 35 衝撃実験塔 |
| 16 粉じん防爆性能試験室 | 36 液体流動帯電実験施設 |
| 17 温度上昇試験室 | 37 高所作業実験施設 |

所在地・電話番号および案内略図等

東京都北多摩郡清瀬町梅園1丁目4番6号

電話 清瀬 (0424) 91-4512~5



交通機関等経路

西武池袋線清瀬駅下車（池袋より約30分）

清瀬駅から 徒歩 （約20分）

西武バス 久米川駅行 } に乗車（約5分）清心療前下車
（清瀬駅）全生園行
（南口より）三角山行

他に西武新宿線久米川駅で下車し、西武バス清瀬駅行に乗車、清心療前で下車する経路もある。

産業安全研究所年報昭和44年度

発行所 労働省産業安全研究所
東京都北多摩郡清瀬町梅園1-4-6
電話 0424 (91) 4512

昭和45年5月15日発行