

地震による危険物の混合危険等に関する実験報告

榎 村 利 明*
後 藤 繁*
川 茂 隆*
伏 見 英*

1. はじめに

本実験は東京都防災会議地震部会が昭和44年度事業の一つとして、大地震が発生したとき薬品等の危険物の混合発火危険を実験により確かめ、地震による被害想定および安全対策の資料とするため企画され、その実験を東京消防庁消防科学研究所に委託されたもので、地震部会危険物作業班（班長 東大工学部教授 藤井澄二）の指導により行なったものである。

2. 目 的

東京に大地震が発生した場合、都内各所に於て貯蔵、取扱われている危険物のうち、小容器で格納されている薬品等の危険物がどのような影響をうけて火災に移行するかを実験によりは握し、これをもとに地震に備えてこれら危険物の貯蔵、取扱いについての安全基準を作成する資料を得ることを目的とする。

3. 実験主催および担当

主催 東京都防災会議地震部会危険物作業班
担当 東京消防庁消防科学研究所

4. 実験場所および期間

場所 東京消防庁消防科学研究所
株式会社大林組技術研究所
建設省建築研究所
期間 昭和44年7月から昭和44年10月まで

5. 実験項目

(1) 静的実験

びん、缶等各種危険物収容容器および棚、戸棚等の収納器具の床材別に滑り角度、転倒角度を傾斜試験機により測定し静止摩擦係数を求める。

(2) 落下破損実験

容器の落下高および床材を変えてその破損状況を観

測する。

(3) 振動実験

正弦波および地震波による振動に対し容器収納器具がうける影響について観測する。

(4) 混合発火実験

各種薬品等の混合による発火危険について卓上およびこれを基とした実大実験によりその危険度を観測する。

6. 実験方法および結果

(1) 静的実験

ア 容器の静的実験

傾斜試験機に床材として化粧合板、ステンレス、鉄板（メラミン塗装）、木板（ラワン）を固定し、その上に各種容器を静置し傾斜角を除々に増加させ、滑り、転倒時の角度を測定した。

なおびん類については底面が均一でなく設置位置によっては数値が異なるため容器を120度づつ回転し3回宛測定しその平均値を採った。また内容物としてはびん類については薬品その他は水を使用した。

結果は第1表のとおりで、ステンレスの場合転倒はなく滑りのみであるが木板（ラワン）の場合は転倒する例が多かった。また、容器が紙で包装されている場合は滑る前に転倒する例が多くみられた。

ガラスびんは底面が均一ではなく設置状況によっては角度が7°40'位異なる現象がみられた（硫酸カルシウム1,300cc）

イ 収納器具の静的実験

収納器具として木製の戸棚と棚スチール製の戸棚と棚2種、実験台計6点を使用、床材はコンクリート、木板、プラスチックタイルの3種として傾斜試験によりそれぞれの床別滑り角度、転倒角度を測定した。なお、木板の床の場合のみ収納器具は容器（内容物＝水）を格納し空の場合との差を観測した。

結果は第2表のとおりで、高さの高い棚、戸棚は滑り現象はみられず転倒したが、実験台はプラスチック

* 第二研究室

タイル、コンクリートの場合に滑り現象がみられた。
また容器を格納した場合は空の場合より転倒角度が大

きくなる傾向があり概ね15度前後が転倒し易い角度である。

第1表

容器の種類	床材別	化粧合板		ステンレス		鉄板(メラミン塗装)		木板(ラワン)	
		滑り	転倒	滑り	転倒	滑り	転倒	滑り	転倒
ガラスびん		0.191	0.255	0.164		0.237		0.387	0.354
		0.364		0.312		0.421		0.445	
ポリびん		0.414	0.367	0.261		0.373	0.373	0.390	0.373
				0.328					
缶		0.448	0.328	0.261		0.390	0.331		0.337
		0.462		0.407		0.347			
養巻びん		0.414		0.393		0.390			

数値は $\tan\theta$

ガラスびん12種, ポリびん3種, 缶3種

第2表

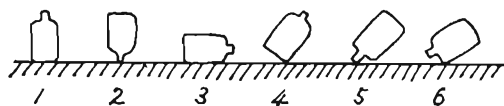
収納器具別	床材別	プラスチックタイル		コンクリート		木板	
		滑り	転倒	滑り	転倒	滑り	転倒
スチール製薬品戸棚			0.155		0.149		0.155 (0.203)
木製薬品戸棚			0.277		0.200		0.212 (0.277)
スチール製棚							0.277 (0.296)
"			0.312		0.296		0.240 (0.296)
木製棚					0.230		0.212 (0.232)
実験台		0.561		0.593			0.581

数値は $\tan\theta$ ()内容器収納時の値

(2) 落下破損実験

高さを一定とするためスチール製棚を使用し、この各段から容器を落下させて床材別による破損状況を観測した。床材はプラスチックタイル、木板、コンクリート、土間、砂とし、このほか棚の前に20l缶、養巻びんがおいてあった場合の状況について実験した。

なお、ガラスびんについては落下して床に衝突する部位の相違によって破損状況が異なるため右図の6種について破損状況のみと第3表の結果を得た。



床は木板にプラスチックタイルを貼布したもの。びんは500cc細口びんで水500cc入のものを使用。

第3表の結果から5,6方法、即ち落下してびんの肩口が床に衝突した場合に破びん率が高いことが認めら

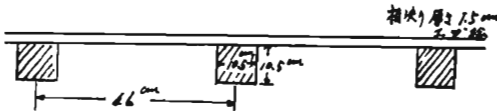
第3表

落下高 落下方法	9 cm	39cm	69cm	99cm	129cm	159cm
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0(2)	0	0(2)
3	0	0	0	0	0(1)	0
4	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0	3
6	0	0	0	0	0	3

注 回数は1種1段10回

()内はキャップの破損数

れ、本実験は6の形で床に衝突するように棚の一方を3cm高くして傾け、その各段の中央から落下させ条件を同一として実施した。また容器内内容物は水とし、床台は下図のとおりで、かつ砂、土間は40cm角の箱に厚さ10cmに砂、上を入れて使用した。



実験結果は第4表および下記のとおり

- (1) 床が木板の場合根太、土台等の角材直上部に落下した場合と、これらの中間部に落下した場合には直上部の破びん数が多く床の反撥力によっての影響が大きいたことが認められる。
- (2) プラスチックタイルを木板上に貼った場合は木板と殆ど同じでありプラスチックタイルによる影響はあまり認められない。
- (3) コンクリート床では破びんが多く1段目(床上高9cm)でも破びんする例がみられ3段目(床上高69cm)以上は100%の破びん率を示している。
- (4) 砂、土間については破びんした例がなくその安全性が認められたが、砂と土間では砂の方が安全性は高いように思われた。
- (5) 藤巻びんを棚下部におき、この口に容器が落下衝突したときの破びん数が多く4段目以上では高率を示しているが肩口に落下衝突した場合は破びん数が少ないが目立つ、これは藤とびんの間にわらが入りおり緩衝材の役をしているためと考えられる。
- (6) 藤巻びん肩口に落下した場合、容器が跳ね、棚内に飛び込み格納容器を転倒、破びん、落下させる現象がみられた。
- (7) 藤巻びん肩に落下実験中藤巻びんの破損は3回あったが、実験回数が400回の多きに達したためであると思われるが使用頻度の多い古い容器にはこの現象が

でる可能性があるものと考えられる。

- (8) 棚下部に20l缶をおきこれに容器が落下した場合、缶の中央と缶の縁では中央が破びん数も少なく容器が跳ねる傾向が多いが縁に当たった場合は跳ねが少ない。
- (9) ガラスびんの上にガラスびんが落下した場合は比較的破びんし易いが特に衝突時の形が交差型の場合には破びん率が高いことが認められた。
- (10) 金属缶は各床別とも破損はなく変形に止まり内容物の流出は認められなかった。

なお缶の縁が変形しているものを落下させこの変形部が床に衝突した場合は縁の接合が破れ内容物が流出した例が認められた。

- (11) ポリびんは缶同様破損はなく変形に止まり、蓋の破損もなく比較的安全性が認められた。
- (12) ガラスびんについては蓋の破損がみられ、特に広口びんについてはポリエチレン製中蓋まで衝撃により離脱し内容物の流出した例が認められた。

(3) 振動実験

実験に使用した振動試験は株式会社大林組技術研究所に設置されている大型振動台でその主要諸元は次のとおりである。

加振力	10ton
振動数	0.1c/sec~50c/sec
振動波形	正弦波、三角波、短形波、Random波、任意の地震波
振動方向	水平一方向
最大振幅	20cm
無負荷時最大加速度	3g
全員荷時最大加速度	1g

ア 正弦波振動実験

振動台に第1図の床および壁を固定しこれに容器、収納器具を配置し周期を0.2秒、0.4秒、0.6秒、0.8秒1.0秒としそれぞれの周期における加速度を順次増加させ容器の移動、転倒状況を観測した。なお、収納器具上部2点、床1点計3点に加速度計を取付け収納器具の振動による上部の影響についても測定した。

容器内内容物は危険防止のため大部分を水で代替えし一部粘度を増すためポリアクリルアミド(凝集剤)を使用、その他小麦粉、砂を使用した。また振動により容器が落下破損し内容物による振動台の損傷防止のため棚等の収納容器には転落防止柵を施した。

イ) 容器種別による振動の影響

容器を床上におき振動を加えてその状況を観測した。なお、次の(イ)の実験と併せて行ったため容器が転倒する加速度まで増加できなかった。

結果は第5表のとおりであり、

第4表

落下高	セット状況		木 板	木 板	プラスチック タイル	コンクリート	砂 箱	土 間	20 / 缶中央	20 / 缶線	藤巻びん	藤巻びん
	破 損 数	実施回数	(根太直上部)	(根太中間部)	(木板に貼布 根太直上部)		(100cm×100 cm×10cm)	(100cm×100 cm×10cm)			(肩 口)	(口)
			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
落 下 高	1 段目 (9cm)	破 び ん	0	0	0	37	0	0				
		キャップ破損	0	0	0	0	0	0				
	2 段目 (39cm)	破 び ん	0	1	0	79	0	0				
		キャップ破損	0	0	0	0	0	0				
	3 段目 (69cm)	破 び ん	3	0	2	100	0	0	1(1)	1	1①	8
		キャップ破損	1	0	0	0	0	0	3	0	1	4
	4 段目 (99cm)	破 び ん	10	2	9	100	0	0	0	3(1)	2⑧	72
		キャップ破損	0	0	0	0	0	0	5(2)	5	4	0
	5 段目 (129cm)	破 び ん	17	2	15	100	0	0	2(1)	5(2)	4⑩—△	90
		キャップ破損	7	1	3(1)	0	0	0	8	4	2	0
	6 段目 (159cm)	破 び ん	30	1	26	100	0	0	1	4	6⑪ ④	92
		キャップ破損	6	6	2	0	0	0	9(3)	4	5 ④	0
特 記 事 項			供試びん種類 700cc広口10本 600cc広口〃 600cc細口〃 500cc広口〃 500cc細口〃 400cc広口〃 400cc細口〃 300cc広口〃 300cc細口〃 250cc細口〃	左に同じ	左に同じ	左に同じ	左に同じ	左に同じ	左に同じ	左に同じ	左に同じ	左に同じ
								左に同じ 破びん横中 ()内は缶 に当たり床 に落ちてか ら破びん	左に同じ 破びん横中 ()内は缶 に当り床に 落ちてから 破びん	左に同じ ①棚内に飛 込数 △棚内びん の落下数 ⑦飛込によ る棚内び んの破び ん数 ④飛込によ る棚内び んの転倒 数	左に同じ	

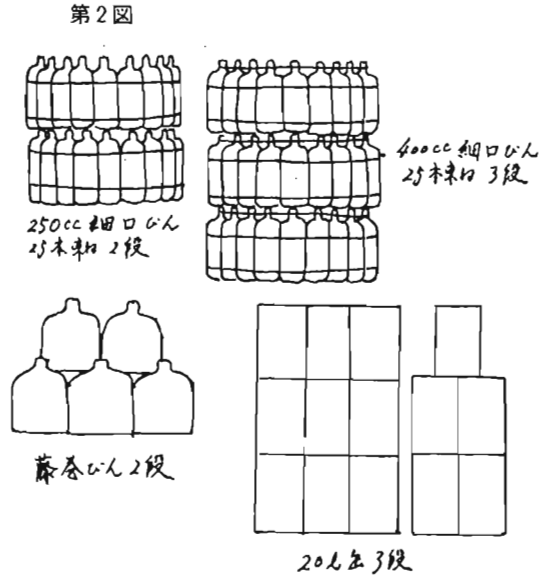
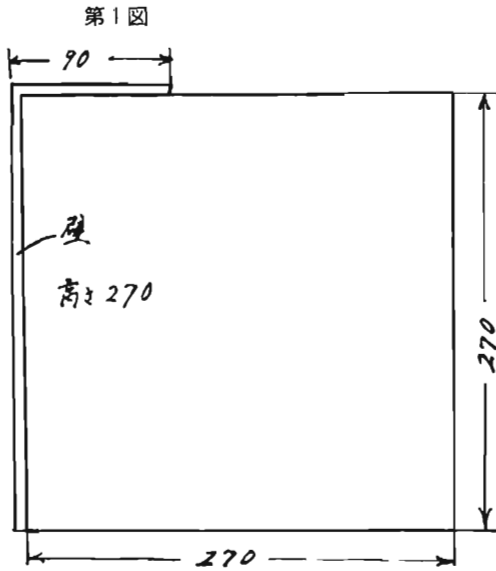
注 落下高欄 () は床上高 キャップ破損欄中 () 内は内容物流出

第5表

容器種別	加 速 度		100					125					150					175					200				
	周 期		0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
G 600 細 口		液	液	液	液	液	液	液	液	液	液	ゆれ	若干	液	液	液	若干	液	液	液		若干	2 回	液	若干		
G 500 細 口		若干	"	"	"	"	3 回	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	若干	"	"	"	"	2 回	液	"		
G 250 細 口		ゆれ	"	"	"	"	ゆれ	"	"	"	"	"	"	"	"	"	90°	"	"	"	"	90°	若干	"	"		
G 600 広 口		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	3 回	"	"	"	若干	若干	"	"	"	"	30°	"	"	"		
G 400 広 口		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	3 回	"	"	"	"	"	"	"	"	"	10mm	"	"	"		
G 300 広 口		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	ゆれ	"	"	"	液	"	"	"	"	"	90°	"	"	"		
G 700 広 口		"	"	"	"	"	5 回	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	若干	"	"	"		
G 500 広 口		"	"	"	"	"	ゆれ	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"		
G 400 細 口		"	"	"	"	"	5 回	"	"	"	"	"	"	"	"	"	10 回	"	"	"	"	"	"	"	"		
1 l ポリビン 広 口		"	"	"	"	"	ゆれ	"	"	"	"	"	液	"	ゆれ	"	若干	"	"	ゆれ	"	90°	液	"	ゆれ		
0.5 l ポリビン 細 口		"	"	"	"	"	10 回	"	"	"	"	"	"	"	"	"	安定	液	"	"	"	ゆれ	大	"	"	"	
1 l 缶		"	安定	安定	安定	安定	ゆれ	安定	安定	安定	安定	"	安定	安定	安定	安定	"	安定	安定	安定	"	安定	安定	安定	安定		
4 l 缶		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	安定	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
20 l 缶		安定	"	"	"	"	安定	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
藤 巻 ビ ン		ゆれ	液	液	液	液	若干	液	液	液	液	ゆれ	液	液	"	液	45°	液	液	ゆれ	"	45°	液	液	ゆれ		

(50)

注 液は液面動揺
 若干は若干移動
 ゆれはゆれ運動
 何回は何回移動
 何度は何度回転



- a 金属缶は比較的安定性がみられた
- b ガラスびん、ポリびんには大きな芯はないように思われる
- c 藤巻びんは底面が平らでないためゆれがみられるがガラスびんよりはやや安定している程度である。
- d 移動した容器をみると周期0.2秒のとき顕著な動きをみせている。
- e 静的実験で測定した摩擦係数より低い数値で移動している傾向がみられる。

(f) 容器の配列方法による影響

第2図に示すようにびん、缶を段積みにして振動を加えた。

結果は第6表および次のとおりである。

- a ガラスびんを束ねこれを2段、3段積みにした場合振動によりびんが落込む現象がみられそ

のため上段のびんが下段のびんの口に当り移動が制約されるような現象がみられ、かつ上段になるほど移動が著しいことから3段より多く重ねた場合は最上段が落上する可能性もあるものと思われる。

- b 藤巻びんの2段階の場合上段のゆれが大きく下段が跳ねるような動きがみられ特に下段のびんの移動により間隔が広まりこの間に上段のびんが入り傾く現象がみられた。
- c 20l缶を3段積した場合最上段の缶は大きくゆれて移動し本実験では周期0.2秒振動台加速度140galで落下寸前となり他の供試体への影響も考慮し以後3段目を取除いて実験したほどで転落の可能性は大きい。
- d 各配列方法とも高く積むほど影響が大きくなりあ

第6表

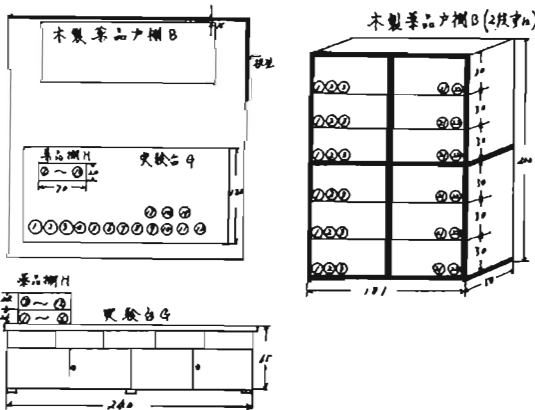
容器種別	加速度		100gal (振動台)					125gal (振動台)				
	周 期		0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
G 400cc 細口 25本 3段			液	液	液	液	ゆれ 中5mm	液	液	液	液	ゆれ 中若干
G 250cc 細口 25本 2段			"	"	"	"	液	"	"	"	"	液
藤巻ビン 2段			ゆれ	"	"	"	"	ゆれ	"	"	"	"
20l 缶 3段			上20mm 下5mm	上ゆれ	上ゆれ	ゆれ 上12mm	ゆれ 上40mm 中ゆれ大	ゆれ 上70mm 下25mm	上ゆれ	上ゆれ	上15mm	上12mm

容器種別	加速度		150gal (振動台)					170gal (振動台)				
	周	期	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
G 400cc細口 25本 3段	上30mm 中20mm		液	液	液	中若干	上30mm 中20mm 下若干	液	液	上12mm 中16mm		
G 250cc細口 25本 2段			液	"	"	液	液	"	"	"		
藤巻ビン 2段	ゆれ 下若干		"	"	"	"	上30mm 傾 下50mm	"	"	"		
20 l 缶 3段	中30mm		上ゆれ	上ゆれ	上12mm	上5mm	中40mm 下若干	上ゆれ	上5mm	上12mm		

容器種別	加速度		200gal (振動台)				
	周	期	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
G 400cc細口 25本 3段	上 ゆ	傾 れ	ゆれ 上若干	液	上10mm 下24mm		
G 250cc細口 25本 2段	上 下	若干	"	"	"		
藤巻ビン 2段	上 下	跳 120mm	液	"	"		
20 l 缶 3段	中43mm 下若干		安 定	上5mm	上20mm 中若干		

注 液は液面動揺
若干は若干移動
ゆれはゆれ運動
何mmは何mm移動
傾はかたむき
跳は跳躍

第3図



H及びGの配置

- | | | |
|---|------------|---|
| ① | 600cc細口 | 水 |
| ② | 500cc細口 | " |
| ③ | 250cc細口 | " |
| ④ | 600cc広口 | " |
| ⑤ | 400cc広口 | " |
| ⑥ | 300cc広口 | " |
| ⑦ | 700cc広口 | " |
| ⑧ | 500cc広口 | " |
| ⑨ | 400cc細口 | " |
| ⑩ | 1 l ポリ容器広口 | " |

- | | | |
|---|-------------|---|
| ⑪ | 500ccポリ容器細口 | 水 |
| ⑫ | 1 l ポリ容器細口 | " |
| ⑬ | 700cc広口 | 砂 |
| ⑭ | 400cc広口 | " |
| ⑮ | 250cc細口 | 粘 |

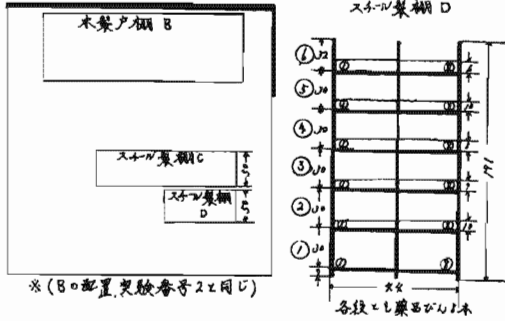
Bの配置

- | 番号 | 薬品びん (各3本) | 充填物名 |
|----|------------|---------|
| ① | 700cc広口 | 水 (全) |
| ② | 700cc広口 | " (半) |
| ③ | 400cc細口 | " (全) |
| ④ | 400cc細口 | " (半) |
| ⑤ | 600cc広口 | " (全) |
| ⑥ | 600cc広口 | " (半) |
| ⑦ | 250cc細口 | " (全) |
| ⑧ | 250cc細口 | " (半) |
| ⑨ | 500cc広口 | " (全) |
| ⑩ | 500cc広口 | " (半) |
| ⑪ | 300cc広口 | " (全) |
| ⑫ | 300cc広口 | " (半) |
| ⑬ | 600cc細口 | " (全) |
| ⑭ | 600cc細口 | " (半) |
| ⑮ | 700cc広口 | 砂 (全) |
| ⑯ | 400cc広口 | 砂 (全) |
| ⑰ | 400cc細口 | 粘 (全) |
| ⑱ | 700cc広口 | 砂 (全) |
| ⑲ | 1 l ポリ容器細口 | 水 (全) |
| ⑳ | 500cc細口 | " (全) |
| ㉑ | 1 l ポリ容器広口 | " (全) |
| ㉒ | 400cc細口 | " (3/4) |

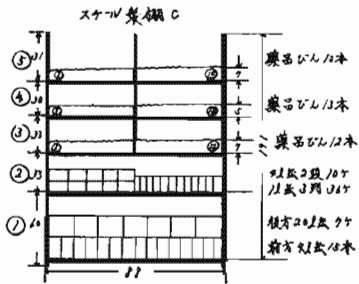
※⑮⑯の後方2本は水

※粘はポリアクリルアミドを水で稀釈したもの

第4図



※(Bの配置実験番号2と同じ)



Cの配置(③段)

番号 薬品びんの名称(各3本)

- ① 400cc細口(水)
- ② 300cc広口(〃)
- ③ 700cc広口(〃)
- ④ 250cc細口(〃)
- ⑤ 400cc細口(〃)
- ⑥~⑪ 250cc細口(〃)
- ⑫ 前400cc広口(砂)
中1/缶(水)
奥400cc広口(砂)

Cの配置(④段)

番号 薬品びんの名称(各3本)

- ① 250cc細口(水)
- ② 300cc広口(〃)
- ③ 700cc広口(〃)
- ④ 250cc細口(〃)
- ⑤~⑧ 400cc細口(〃)
- ⑨~⑩ 250cc細口(〃)
- ⑪ 500cc細口(〃)
- ⑫ 250cc細口(〃)
- ⑬ 500ccポリ容器細口(〃)

Cの配置(⑤段)

番号 薬品びんの名称(各3本)

- ① 400cc細口(水)
- ② 250cc細口(〃)
- ③ 300cc広口(〃)
- ④ 250cc細口(〃)
- ⑤ 400cc細口(〃)
- ⑥ 500cc広口(〃)
- ⑦ 700cc広口(〃)
- ⑧ 500cc広口(〃)
- ⑨ 700cc細口(〃)
- ⑩ 500cc細口(〃)

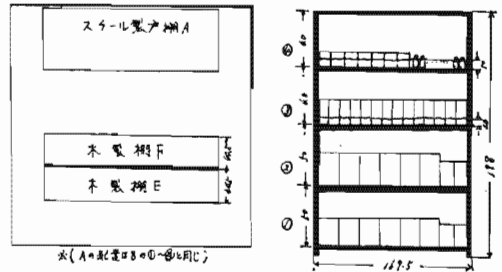
D₁の配置(①段~⑥段)

番号 薬品びんの名称

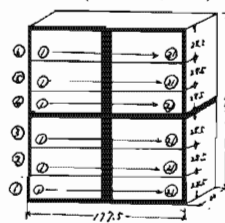
- ① 700cc広口(水)
- ② 600cc広口(〃)
- ③ 500cc広口(〃)

- ④ 250cc細口(水)
- ⑤ 600cc細口(〃)
- ⑥ 300cc細口(〃)
- ⑦ 700cc広口(〃)
- ⑧ 500ccポリ容器広口(〃)

第5図 実験番号4-1~4-5



スチール製棚A(2段目)

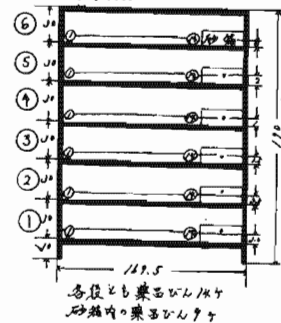


Eの配置

- ④ 1/缶5本×7列
250cc細口6本12列
- ③ 4/缶2本14列
- ② ①段と同一配置
- ① 20/缶6本4/缶2本

第6図 実験番号4-1~4-5

木製戸棚F



各段とも薬品びん1/缶
砂箱内の薬品びん1/缶

Fの配置

番号 薬品びん(各4本:充填物水)

- ①段 ① 700cc広口
- ② 600cc広口
- ③~⑤ 400cc細口
- ⑥~⑦ 250cc細口
- ⑧ 300cc広口
- ⑨ 500cc細口
- ⑩ 700cc広口
- ⑪ 500cc細口
- ⑫ 500cc広口
- ⑬ 500cc細口
- ⑭ 500ccポリ広口

- ②段
 - ① 700cc 広口
 - ② 600cc 広口
 - ③ 400cc 細口
 - ④ 700cc 細口
 - ⑤ 250cc 細口
 - ⑥ 400cc 細口
 - ⑦ 300cc 広口
 - ⑧ 500cc ポリ容器細口
 - ⑨ 500cc 細口
 - ⑩ 700cc 広口
 - ⑪ 500cc 広口
 - ⑫ 500cc 細口
 - ⑬ 500cc ポリ容器広口
- ③段
 - ① 700cc 広口
 - ② 600cc 広口
 - ③ 400cc 細口
 - ④ 250cc 細口
 - ⑤ 400cc 細口
 - ⑥ 300cc 広口
 - ⑦ 250cc 細口
 - ⑧ 1 l ポリ容器広口
 - ⑨ 300cc 広口
 - ⑩ 250cc 細口
 - ⑪ 500cc 広口
 - ⑫ 500cc ポリ容器広口
- ④段
 - ① 700cc 広口
 - ② 600cc 広口
 - ③ 250cc 細口
 - ④ 300cc 広口
 - ⑤ 250cc 細口
 - ⑥ 300cc 広口
 - ⑦ 500cc 広口
 - ⑧ 250cc 細口
 - ⑨ 600cc 細口
 - ⑩ 500cc 細口
 - ⑪ 300cc 広口
 - ⑫ 500cc ポリ容器広口
- ⑤段
 - ① 700cc 広口
 - ② 600cc 広口
 - ③ 250cc 細口
 - ④ 300cc 広口
 - ⑤ 250cc 細口
 - ⑥ 400cc 細口
 - ⑦ 250cc 細口
 - ⑧ 500cc 細口
 - ⑨ 600cc 細口
 - ⑩ 1 l ポリ容器細口
 - ⑪ 500cc 広口
 - ⑫ 500cc ポリ容器広口
- ⑥段
 - ① 700cc 広口
 - ② 600cc 広口
 - ③ 400cc 細口
 - ④ 250cc 細口
 - ⑤ 300cc 広口
 - ⑥ 250cc 細口
 - ⑦ 600cc 広口
 - ⑧ 500cc 細口
 - ⑨ 250cc 細口
 - ⑩ 500cc ポリ容器広口
 - ⑪ 250cc 細口
 - ⑫ 700cc 広口

(ウ) ウ棚等収納器具別による影響

収納器具としてスチール製戸棚A, 木製戸棚B, スチール製棚C, D, 木製棚E, F, 実験台Gおよび実験台上におく木製棚Hの計8種を使用してこれを第3図から第5図のとおり配置し容器を格納して振動を加えた。

第7表
正弦波

週期 sec	加 速 度 gal		実験台G		薬 品 棚H			
	床	台	移動	転倒	上 段		下 段	
0.2		52						
		86						
		125	6		全		1	
		167	全		全		全	
		206	全		全		全	
0.4		232	全		全		全	
		288	全		全		全	
		37			1			
0.6		86			1			
		121			3			
		51						
0.8		65						
		81			3			
		52						
		70						
1.0		88						
		115						
		126						
		98						
	88							
	105							
	120							

第8表

木製戸棚 B

週期 sec	加速度 gel	1 段		2 段		3 段		4 段		5 段		6 段	
		移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒
0.2	52												
	86												
	125												
	167									1			
	206							1		2		1	
	232	11					2		18		3		11
	288	全					1		全		6		18
0.4	37									1		1	
	86					2		2			2	全	8
	121					2		10	3	4	3	10	16
0.6	51												
	65											7	
	81					3		全	2	7	9		33(1)
0.8	52												
	70					3						全	2
	88									7			
	115							12				4	
	126					10	1	12	9		17		34
1.0	88												
	105												
	120												

転倒欄中 () は落下本数

第9表

正弦波

木製戸棚 B

週期 sec	加速度 gal	1 段		2 段		3 段		4 段		5 段		6 段	
		移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒
0.2	43												
	86												
	124												
	189												
	225												
	268												
	335	9											
0.4	68											全	10
	118			全		全						全	9
0.6	59												
	88												
	118							全	6			全	4

週期 sec	加速度 gal	1 段		2 段		3 段		4 段		5 段		6 段	
		移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒
0.8	88												
	107												
	127												
	147												
	176											全	1
	208	1										全	2
1.0	137												
	107												
	127												
	167												

第10表

スチール棚 C

週期 sec	加速度 gal	1 段		2 段		3 段		4 段		5 段		
		移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	
0.2	43											
	86											
	124							3		1		
	189							5		全		
	225						8		12		5	1
	268						10	1	全	2	全	3
0.4	335					全	1	7	4	全	1	
	68					6						
0.6	118					全	2	1			2	
	59											
0.8	88											
	107											
	127											
1.0	147											
	176											
	208					3				2		
1.0	137					5						
	107											
	127											
	167									6		

第11表

正弦波

スチール戸棚 D

週期 sec	加速度 gal	1 段		2 段		3 段		4 段		5 段		6 段	
		床	台	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒
0.2	43												
	86												
	124												
	189					全							
	225									2		2	
	268									全		全	1
335									全		全	3	
0.4	68												
	118							2		全	3	全	4
0.6	59												
	88												
	118					1(1)		2		全		全	
0.8	88												
	107					2		2		3		5	
	127					1				2		3	
	147									2		6	
	176									2		2	
208					1		1		3		2		
1.0	137			2		1		1		3		1	
	107			1		1		1		3		1	
	127			1		1		3		4		1	
	167	1		1		2				3		2	

移動欄中 () は転落防止用ロープで止る

第12表

正弦波

スチール戸棚 A

週期 sec	加速度 gal	1 段		2 段		3 段		4 段		5 段		6 段	
		床	台	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒
0.2	59												
	92												
	137												
	147												
	157												
	265												
0.4	78												
	130												
	171												
	192	1						全		全		1	
	146			2				全		全	1	全	

週期 sec	加速度 gal	1 段		2 段		3 段		4 段		5 段		6 段	
		移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒
0.6	55												
	69												
	92	1				1						1	
	108												
0.8	57												
	72												
	92												
	113												
1.0	74												
	83												

第13表

木製棚 E

正弦波

週期 sec	加速度 gal	1 段		2 段		3 段		4 段	
		移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒
0.2	59								
	92								
	137	6						全	
	147	6						全	
	157	6						全(3)	
	265	6						全(19)	
0.4	78								
	130							12	
	171							12(5)	
	192							12(2)	
	146							12(2)	
0.6	55								
	69							12(2)	
	92							12(2)	
	108							全(2)	
0.8	57							全	
	72							全(1)	
	92	全		全		全		全(19)	3
	113	全		全		全		全(2)	5
1.0	74					全		全(19)	12
	83					全		全(19)	13

移動欄中 () は落下防止棚で止る

◎隣接棚Fのため転落しなかった

第14表

正弦波

木製棚 F

週期 sec	加速度 gal	1 段		2 段		3 段		4 段		5 段		6 段	
		床	台	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒
0.2	59												
	92												
	137												
	147												
	157			全		全		全		全		全(3)	
0.4	265			全		全		全		全		全(2)	
	78												
	130												
	171			全		全		全		全		全(3)	
	192			全		全		全		全		全(6)	
0.6	146												
	55												
	69												
	92			全		全		全		全		全	9(1)
0.8	108			全		全		全		全		全	22(2)
	57			全		全		全		全		全	
	72			全		全		全		全		全	
	92			全		全		全		全		全	5(3)
1.0	113			全		全		全	2	全	3(1)	全	16(1)
	74												
	83												
													7(1)

移動欄()内は棚で止る 転倒欄()内は落下本数

結果は第7表から第14表および次のとおりである。

- a 収納器具別に移動、転倒した最小床台加速度をまとめると第15表のとおりである。

第15表

収納器具	移動(gal)	転倒(gal)
金属製戸棚 A	92	140
木製戸棚 B	65	70
金属製棚 C	68	117
" D	107	117
木製棚 E	57	92
" F	57	83
実験台 G	125	なし
実験台上の棚 H	37	"

上表からみてスチール製収納器具が木製に比し

やや安定していると思われる。

- b 収納器具の固有周期に近い周期の振動により大きく影響をうけていることが木製戸棚上部の加速度と床台加速度の周期別の変化から判然としている。次表にその状況を示す

加速度(gal)	周期(秒)				
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
床台加速度	86	86	81	88	88
木製戸棚上部加速度	95	340	570	182	207

- (=) 振動による収納器具同志または壁との干渉による影響

収納器具が壁に接しておかれた場合、または棚同志が接しておかれた場合、振動によって壁と収納器具、収納器具同志が干渉しそれが容器に如何なる影響を及ぼすかをみるため第4図、第5図のとおり配置し振動を加えた。

結果は次のとおりである。

- a 第8表は木製戸棚と壁の干渉のない場合の結

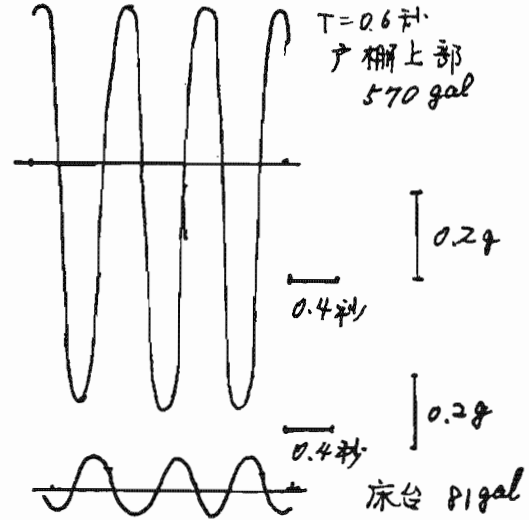
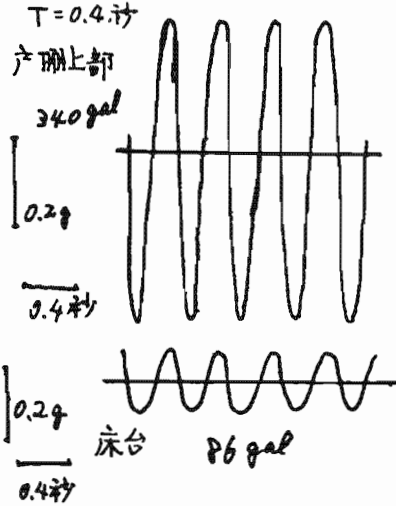
果て第9表は木製戸棚と壁の干渉があった場合であるが、両者を比較すると明らかに干渉のない場合に容器が多数移動、転倒しており干渉によって影響が小さくなる傾向があるように思われる。

b 棚同志については棚の無干渉時の実験を行え

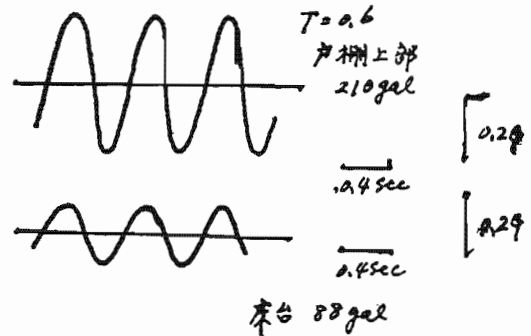
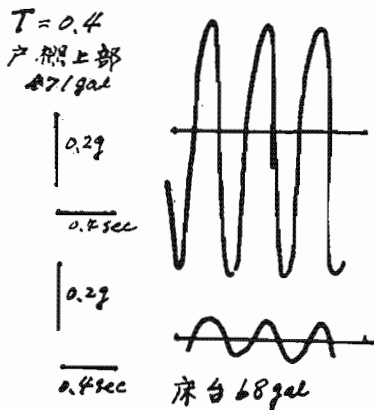
なかったので比較はできないが、木製棚E, Fは激しく衝突し、その衝突で容器が踊るような現象がみられた。

c 木製戸棚上部に取付けた加速度計により測定した加速度波形を次に示す。

戸棚自立



戸棚と壁の干渉



㊦ 収納器具の上、下段における影響、

戸棚A, B, 棚Dに各段とも容器、内容物配列を同じにして振動を加え上、下段の差を観測した。

結果は第8, 9, 11, 12表および次のとおりである。

a 振動による影響は下段に比し上段が激しく、

移動、転倒本数も多い。

b 戸棚のように段重ねのものは上下が一体となってゆれるのではなく、周期、加速度によっては上、下がそれぞれゆれ運動をするような現象がみられ、これは戸棚Bの周期0.2秒のときの1段目と4段目、周期0.4秒における3段目と

6 段目における移動, 転倒本数にその傾向がみられる。

(カ) 容器内容物の容量差による影響

木製戸棚に格納する容器を同一容器で容量差を設け振動により容量差に及ぼす影響を観測した。結果は第16, 17表のとおりで移動については1cm以上移動したものを対象とした。

- a 転倒については同一容器では容量の多いものが転倒本数も多く重心位置の高い容器が転倒し易い
- b 移動については容器によって異なり容量差が及ぼす傾向は確かめられなかった。
- c 固体と液体, 粘度の差による影響については

供試本数も少ないので結論づけるのは難かしい。

(キ) 転倒, 転落防止策の効果

転倒, 転落防止策として棚C, D, E, Fに第4, 5, 6図に示すとおりビニールコード, カーテンワイヤー, 木摺で棚を設け, また, 棚の各段に40cm×40cm×10cmの木箱に厚さ4cmまで砂を入れ, これに容器を立てた転倒防止用砂箱を設置した。実験台上の棚Hの棚板に1cm角の棧を打付けその効果を観測した。

結果は第7, 10, 11, 13, 14, 18表および次のとおりである。

- a 転落防止棚を取付けることによる効果は認め

第16表

移 動 状 況

木製戸棚 B

容 器		週期, 加速度		0.2 (秒)		0.4 (秒)		0.6 (秒)		0.8 (秒)	
		内 容 物	容 量	170(gel)	200(gel)	75(gel)	100(gel)	100(gel)	150(gel)		
G	700cc 広	水	全		100		10	50	20	100	
"	"	"	半		30 10		10 40	50	20	100	
"	600cc 広	"	全	10 10	30 30			50	20	20	
"	"	"	半	60 30	10			50	20	20	
"	600cc 細	"	全	80 10	130		20	30 50	10		
"	"	"	半	50 10 30	60		20	30 50	10		
"	500cc 広	"	全	20	40		20	20	10		
"	"	"	半	40	60		20	20	10		
"	400cc 細	"	全	10 30	30 20		40	50	20	20	
"	"	"	3/4	10	150		40	20			
"	"	"	半	20 10 18	40		20	50	20	20	
"	300cc 広	"	全	20	100		20	20	10		
"	"	"	半	70	50		20	50	10		
"	250cc 細	"	全	20 15	90 100						
"	"	"	半	20 70	120 110	10					
"	700cc 広	粉	全	10	90			30 50	10		
"	"	砂	"					20			
"	400cc 細	粘	"		50			20			
"	400cc 広	砂	"	10	50			50	10		
P	1,000cc 細	水	全	10	60			20			

容 器	週期, 加速度			0.2 (秒)		0.4 (秒)		0.6 (秒)		0.8 (秒)		
	種	別	内容物	容量	75(gal)	100(gal)	100(gal)	150(gal)	種	別	内容物	容量
"	1,000cc	広	水	全					20			10
"	500cc	広	"	"					20			10

加速度は振動台
 数値は振動距離, 単位mm

第17表 転 倒 状 況

木製戸棚 B

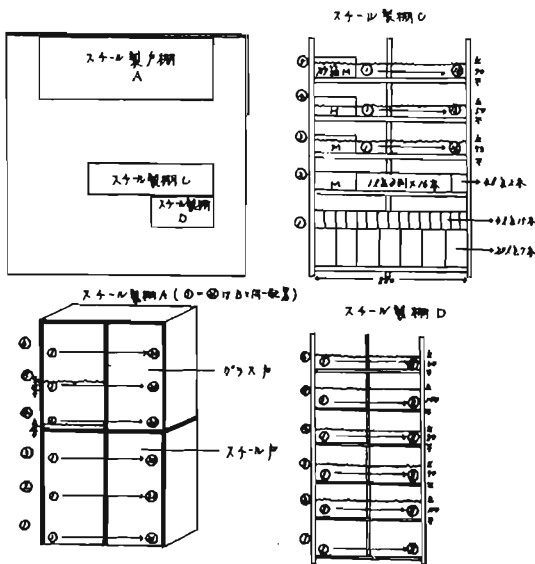
容 器	週期, 加速度			0.4 (秒)		0.6 (秒)		0.8 (秒)				
	種	別	内容物	容量	75(gal)	100(gal)	100(gal)	150(gal)	種	別	内容物	容量
G	700cc	広	水	全	2	3	3	2				
"	"		"	半		1	1					
"	600cc	広	"	全		1	2	3				
"	"		"	半		2		2				
"	600cc	細	"	全			3	7				
"	"		"	半			1	3				
"	500cc	広	"	全		1						
"	"		"	半								
"	400cc	細	"	全			1	2				
"	"		"	³ / ₄			2	4				
"	"		"	半				1				
"	300cc	広	"	全			3	3				
"	"		"	半			4	1				
"	250cc	細	"	全	2	6	6	9				
"	"		"	半	4	3	5	8				
"	700cc	広	粉	全			2	2				
"	"		砂	"		2	2					
"	400cc	細	粘	"		2	2					
"	400cc	広	砂	"			2	4				
P	1,000cc	細	水	全		1	1	6				
"	1,000cc	広	"	"			1	1				
"	500cc	広	"	"			1	3				

周期 dec	加速度 gal	1 段		2 段		3 段		4 段		5 段		6 段	
		傾斜	転倒	傾斜	転倒	傾斜	転倒	傾斜	転倒	傾斜	転倒	傾斜	転倒
0.6	55												
	69												
	92												1
	108												
0.8	57												
	72												
	92								1		1		1
	113						1		1		2		6
1.0	74					1	8	1	8	8	1	7	
	83					1	8	1	8	8	1	7	2

られる。

- b 棚の材質についてはビニールコード、カーテンワイヤー等の如く展張度の影響や容器が棚に倒れた場合にたるみの生ずるものは転落のおそれもあり金属板、棒、木摺等たるみのでない材質がより効果的である。
- c 棚の高さについては安全性ばかりでなく作業性の点からも考慮すべきで、本実験で行なった最高は7cmであったがこの程度では作業上特に支障な感じなかった。作業性、安全性をどの点で一致させるかは実験回数も少ないので結論はさけない。
- d 転倒防止用砂箱は隣接びんとの衝突力も緩和され、転倒はあったが破びんには至らず、振動に対しては比較的效果が認められる。

第7図 地震波セット1



番号 薬品びんの名称

- ① 700cc 広口
- ② 500cc 広口
- ③ 300cc 広口
- ④ 600cc 広口
- ⑤ 400cc 細口
- ⑥ 250cc 細口
- ⑦ 600cc 細口
- ⑧ 500cc 細口
- ⑨ 250cc 細口

Cの配置 (③段—5段同一)

番号 薬品びん (各4本)

- ① 700cc 広口
- ② 250cc 細口
- ③ 250cc 細口
- ④ 600cc 広口
- ⑤ 400cc 細口
- ⑥ 250cc 細口
- ⑦ 500cc 広口
- ⑧ 600cc 細口
- ⑨ 500cc 細口
- ⑩ 300cc 広口
- ⑪ 250cc 細口
- ⑫ 250cc 細口
- ⑬ 1 / 1 ポリ容器 細口

Dの配置

番号 薬品びん (各4本)

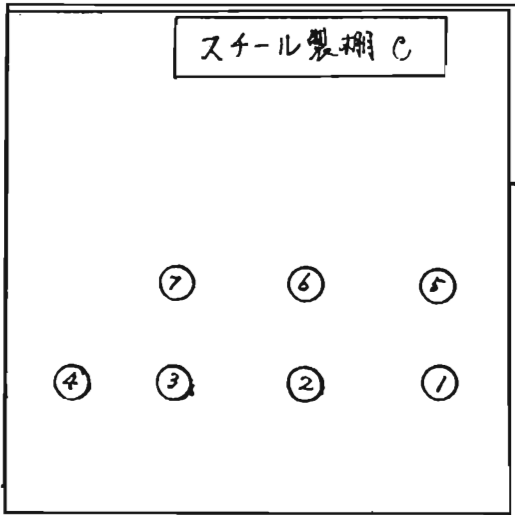
- ① 700cc 広口
- ② 600cc 広口
- ③ 500cc 広口
- ④ 250cc 細口
- ⑤ 600cc 細口
- ⑥ 250cc 細口
- ⑦ 700cc 広口
- ⑧ 500cc ポリ容器 広口

イ 地震波振動実験

- (ア) 正弦波振動実験と同様に振動台に床、壁を固定し、これに第7、8図の如く容器を収納した別等

第8図 地震波セット2

地震波セット2



番号

- ① 石油ストーブ対流型OS351C
- ② 石油ストーブ対流型(日立)
- ③ 石油ストーブ反射型OS203R
- ④ 600cc細口25本(下段)
500cc細口25本(中段) 3段積み
500cc細口25本(上段)
- ⑤ 藤巻びん下段5本上段2本の2段積み
- ⑥ 20l缶下段6本上段6本の2段積み
- ⑦ 700cc広口2本(下段)
500cc広口2本(上段) }の2段積み

*(Cの配置は地震波セット1と同じ)

を静置し、磁気テープに収録したELCENTRO地震波により振動台の最大加速度を200gal, 300gal,

400gal, として実験を行ないその状況を観測した。
なお地震波形は次のとおりである。

演算使用入力 0.5V/cm
最大加速度 330 gal

ELCENTRO 1940 N.S



また、正弦波振動実験で使用した砂箱を棚Cの各段に収納しその効果を観測した。

結果は第19表および次のとおりである。

第19表 ELCENTRO地震波(セット1)

薬品戸棚 A

振動台 加速 (gal)	段 別	1 段		2 段		3 段		4 段		5 段		6 段	
		移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒
200													
300													
400		全		全		全		全		全		全	

ELCENTRO地震波(セット1)

薬品棚 C

振動台 加速 (gal)	段 別	1 段		2 段		3 段		4 段		5 段			
		移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒		
200													
300								1	10	8(2)			
400								3(1)	10	14(1)			

() 内数字は落下本数示す

ELCENTRO地震波（セット1）

薬品棚 D

振加 動速 台度 (gal)	段 別	1 段		2 段		3 段		4 段		5 段		6 段	
		移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒
200											7		7
300		全								全		全	
400		4		2						全		6	

ELCENTRO地震波（セット2）床上

振加 動速 台度 (gal)	段 別	床 台 上	
		移 動	転 倒
200			
300			
400		各 若干	缶 移動

ELCENTRO地震波（セット2）

薬品棚 C

振加 動速 台度 (gal)	段 別	1 段		2 段		3 段		4 段		5 段	
		移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒
200										2	
300									7 (2)		9 (3)
400						11		3			8

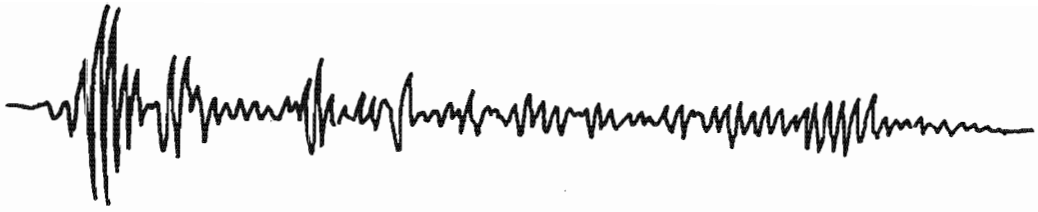
() 内数字は落下本数を示す

- a 戸棚Aに収納された容器は比較的安定しており、振動台最大加速度400galで容器全体が若干移動したのみで他はゆれ運動のみであった。
- b 棚Cについては1, 2段は大きな変化なく4段目以上は影響があり300galで容器が転倒、落下している。
各段においた砂箱容器は最大加速度400galで5段目において砂箱内のうち1本が転倒したのみで他は安定していた。
- c 棚Dについては最大加速度300galで容器が大きくゆれ移動したのもあったが棚に展張した落下防止柵のため転倒、落下したものはなかった。
- d 壁体に接しておいた棚Cについては、4, 5段の影響が大きく、最大加速度300galで落下防止柵を越えて転倒、落下したものがあつた。ま

た砂箱容器も300galで転倒傾斜するものがあった。

- e 2段積したびん類は液面が動揺する他は大きな変化はみられなかった。
- f 20l缶2段積は最大加速度400galで上段が移動しており、3段積以上になれば正弦波実験結果からみて移動距離も大きくなり転落の危険性は増すと考えられる
- (イ) 建物内におかれた収納器具および容器がうける影響

ELCENTRO地震波が建物系に加わったときの絶対加速度応答波を減衰比0.10固有周期0.4, 0.6, 0.8秒の組合せによりそれぞれ演算し作成した。その波形は次図のとおりで振動時間は30秒である。



$H = 0.10$ 固有周期 0.4 秒



$H = 0.10$ 固有周期 0.6 秒



$H = 0.10$ 固有周期 0.8 秒

ELCENTRO地震波入力最大加速度に対する振動台の倍率および実験に使用した床台、戸棚、実験台の地震波入力最大加速度に対応する倍率を第20、21表に示す。

第20表 ELCENTRO地震波入力最大加速度に対する薬品戸棚、床台、実験台の倍率

建物の減衰比	固有周期
(-)	(S)
0.10	0.4
0.10	0.6
0.10	0.8

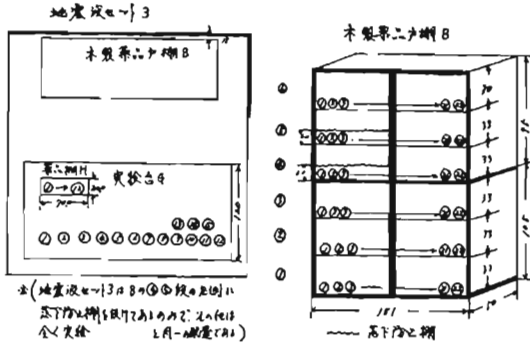
地盤, ELCENTRO入力…………… α_{max} [gal]

振動台……………	α_{1max} [gal]
床台……………	α_{2max} [gal]
薬品戸棚上部……………	α_{3max} [gal]
実験台……………	α_{4max} [gal]

(最大電圧)

ELCENTRO	建物	倍率
(V)	(V)	(-)
(α_{max})	(α_{1max})	($\frac{\alpha_{1max}}{\alpha_{max}}$)
0.5×0.81	0.5×1.77	2.18
0.5×0.81	0.5×1.73	2.14
0.5×0.81	0.5×0.96	1.18

第9図 地震波セット3



Bの配置

番号 薬品びん (各3本), 充填物名

- ① 700cc 広口 水 (全)
- ② 700cc 広口 " (半)
- ③ 400cc 細口 " (全)
- ④ 400cc 細口 " (半)
- ⑤ 600cc 広口 " (全)
- ⑥ 600cc 広口 " (半)
- ⑦ 250cc 細口 " (全)

- ⑧ 250cc 細口 " (半)
 - ⑨ 500cc 広口 " (全)
 - ⑩ 500cc 広口 " (半)
 - ⑪ 300cc 広口 " (全)
 - ⑫ 300cc 広口 " (半)
 - ⑬ 600cc 細口 " (全)
 - ⑭ 600cc 細口 " (半)
 - ⑮ 700cc 広口 粉 (全)
 - ⑯ 400cc 広口 砂 (全)
 - ⑰ 400cc 細口 粘 (全)
 - ⑱ 700cc 広口 砂 (全)
 - ⑲ 1 l ポリ容器細口 水 (全)
 - ⑳ 500cc 細口 " (全)
 - ㉑ 1 l ポリ容器広口 " (全)
 - ㉒ 400cc 細口 " (3/4)
- ※ (⑮⑯の後方2本は水)

H及びGの配置

- ① 600細口 (水)
- ② 500細口 (粘)
- ③ 250細口 (粘)
- ④ 600広口 (粘)
- ⑤ 400広口 (粘)
- ⑥ 300広口 (粘)
- ⑦ 700広口 (粘)
- ⑧ 500広口 (粘)
- ⑨ 400細口 (粘)
- ⑩ 1 l ポリ容器広口 (粘)
- ⑪ 500cc ポリ容器細口 (粘)
- ⑫ 1 l ポリ容器細口 (粘)
- ⑬ 700cc 広口 (砂)
- ⑭ 400cc 広口 (砂)
- ⑮ 250cc 細口 (粘)

建物の減衰比0.10

固有周期0.4

振動台	$\alpha_{1max}(\text{gal})$	225	340	450
床台	$\alpha_{2max}(\text{gal})$	294	404	585
床台の倍率	$\frac{\alpha_{2max}}{\alpha_{1max}} = \frac{\alpha_{2max}}{\alpha_{1max}} \cdot \frac{\alpha_{1max}}{\alpha_{max}}$	2.83	2.59	2.83
薬品戸棚上部	$\alpha_{3max}(\text{gal})$	オーバー スケール	オーバー スケール	オーバー スケール
薬品戸棚上部の倍率	$\frac{\alpha_{3max}}{\alpha_{2max}} = \frac{\alpha_{3max}}{\alpha_{2max}} \cdot \frac{\alpha_{2max}}{\alpha_{1max}} \cdot \frac{\alpha_{1max}}{\alpha_{max}}$			
実験台	$\alpha_{4max}(\text{gal})$	450	735	858
実験台の倍率	$\frac{\alpha_{4max}}{\alpha_{3max}} = \frac{\alpha_{4max}}{\alpha_{3max}} \cdot \frac{\alpha_{3max}}{\alpha_{2max}} \cdot \frac{\alpha_{2max}}{\alpha_{1max}} \cdot \frac{\alpha_{1max}}{\alpha_{max}}$	4.26	4.58	4.14
地震波入力最大加速度 (地盤面の加速度)	α_{max} gal	103	156	206

第21表 建物の減衰比0.10

固有周期0.6

振動台	α_{1max}	170	190	273
床台	α_{2max}	194	270	427
床台の倍率	$\frac{\alpha_{2max}}{\alpha_{1max}} = \frac{\alpha_{2max}}{\alpha_{1max}} \cdot \frac{\alpha_{1max}}{\alpha_{max}}$	2.44	2.99	3.34
薬品戸棚上部	α_{3max}	535	オーバー スケール	オーバー スケール
薬品戸棚上部の倍率	$\frac{\alpha_{3max}}{\alpha_{2max}} = \frac{\alpha_{3max}}{\alpha_{2max}} \cdot \frac{\alpha_{2max}}{\alpha_{1max}} \cdot \frac{\alpha_{1max}}{\alpha_{max}}$	6.74		
実験台	α_{4max}	256	287	452
実験台の倍率	$\frac{\alpha_{4max}}{\alpha_{3max}} = \frac{\alpha_{4max}}{\alpha_{3max}} \cdot \frac{\alpha_{3max}}{\alpha_{2max}} \cdot \frac{\alpha_{2max}}{\alpha_{1max}} \cdot \frac{\alpha_{1max}}{\alpha_{max}}$	3.21	3.23	3.55
地震波入力最大加速度 (地盤面の加速度)	α_{max} gal	80	80	127

建物の減衰比0.10

固有周期0.8

振動台	α_{1max}	200
床台	α_{2max}	267
床台の倍率 $\frac{\alpha_{2max}}{\alpha_{max}} = \frac{\alpha_{2max}}{\alpha_{1max}} \cdot \frac{\alpha_{1max}}{\alpha_{max}}$		158
薬品戸棚上部	α_{3max}	606
薬品戸棚上部の倍率 $\frac{\alpha_{3max}}{\alpha_{max}} = \frac{\alpha_{3max}}{\alpha_{1max}} \cdot \frac{\alpha_{1max}}{\alpha_{max}}$		3.54
実験台	α_{4max}	241
実験台の倍率 $\frac{\alpha_{4max}}{\alpha_{max}} = \frac{\alpha_{4max}}{\alpha_{1max}} \cdot \frac{\alpha_{1max}}{\alpha_{max}}$		1.42
地震波入力最大加速度 (地盤面の加速度) α_{max} gal		169

本実験のセット状況は第9図のとおりで、結果は第22表および次のとおりである。

振動は開始後5秒位まで最大のゆれを示し、容器もこの時点で転倒している。

- a 戸棚Bについては下段より上段が大きく影響をうけ特に4段目が顕著で容器の転倒数も他に比べて多い。
- b 実験台上におかれた各容器は転倒、落下はなく移動に止まったが、実験台上の面積容器のおく位置によっては転落、破びんの可能性もある。
- c 実験台上の棚Hについてはゆれが激しく移動、転倒、落下の現象がみられ極めて不安定である。
- d 本実験は時間の都合で振動台加速度を第22表により行なったため振動台加速度をより小さくした場合の記録は得られなかったが戸棚Bの

第22表 ELCENTRO地震波(セット3)

薬品戸棚 B

T=0.4秒 H=0.10

加 速 度 (gal)	1 段		2 段		3 段		4 段		5 段		6 段	
	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒
225					21	1	17	8	21	2	18	5
340	21	2	14	2	18	4	10	16	21	1	17	8
450	13	15	11	7	13	10	3	29	20	2	6	19(1)

()内は落下本数を示す

ELCENTRO地震波(セット3)実験台G

T=0.4秒 H=0.10

加 速 度 (gal)	実 験 台	
	移 動	転 倒
225	1	
340	全	
450	全	

()秒内数字は落下本数を示す

ELCENTRO地震波(セット3)実験台上の棚H

T=0.4秒 H=0.10

加 速 度 (gal)	棚	
	移 動	転 倒
225		
340	8	2(1)
450	9	8

ELCENTRO地震波(セット3)

薬品戸棚 B

T=0.6秒 H=0.10

加 速 度 (gal)	1 段		2 段		3 段		4 段		5 段		6 段	
	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒
170							1		21	1	21	1
190							20	3	全		21	1
273					20	2	10	17	全		20	2

ELCENTRO地震波（セット3）実験台G

T=0.6秒 H=0.10

加 速 度 (gal)	段 別	実 験 台	
		移 動	転 倒
170			
190			
273		全	

ELCENTRO地震波（セット3）実験台上の棚H

T=0.6秒 H=0.10

加 速 度 (gal)	段 別	棚	
		移 動	転 倒
170			
190			
732		11	1

第23表 ELCENTRO地震波（セット3）

薬品戸棚 B

T=0.8秒 H=0.10

加 速 度 (gal)	段 別	1 段		2 段		3 段		4 段		5 段		6 段	
		移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒	移動	転倒
200										2		2	

ELCENTRO地震波（セット3）実験台G

T=0.8秒 H=0.10

加 速 度 (gal)	段 別	実 験 台	
		移 動	転 倒
200		4	

ELCENTRO地震波（セット3）実験台上の棚

T=0.8秒 H=0.10

加 速 度 (gal)	段 別	棚	
		移 動	転 倒
200		11	

容器が移動、転倒した地震波入力最大加速度（地盤面の最大加速度）と対比させると次のとおりとなる。

入力最大加速度 (gal)	減衰比	周期(秒)
103	0.10	0.4
80	0.10	0.6
169	0.10	0.8

これを気象庁が用いている震度階級と対応させてみると、容器が移動したり転倒するのは中震以上となる。

ウ 正弦波、地震波振動実験から共通するものとして次の点が考えられる。

(7) 容器種別による振動の影響

- a 金属缶はガラスびんに比べて安定性がある。
- b 250cc細口の試薬びんが他の容器に比べて不安定である。
- c ガラスびんとポリびんの差は殆どない。

(イ) 収納器具種別による容器の移動、転倒の差

- a 戸棚と棚では容器の収納密度にもよるが戸棚の方が振動に対する影響が少ない傾向がみられる。
- b 床台上、実験台上におかれた容器は棚類に収納された容器より安定性がある
- c 収納器具は木製より金属製の方が安定性がみられる。

(ウ) 棚等の上段、下段における振動の影響

各実験を通じ下段に比し上段が振動の影響を強く受ける傾向がみられる

(エ) 容器内容物の容量差による影響

同一容器では容量の多く入った容器に転倒する傾向がみられたが、実験回数も少なくかつ、同一容器でも底面の形状に若干の相違もあるので結論を出すことは難かしい。

(オ) 落下防止策の効果

- a カーテンワイヤー、ビニールコード木摺等で棚を設けることにより相当な効果が認められる。
- b カーテンワイヤー、ビニールコード等は展張

の度合にもよるが、容器の接触により緩む傾向があり落下する危険性もあるので木摺等の方がより効果的と思われる。

c 落下防止の棚板面からの高さは作業性の面からも考えなければならないが6～7cm程度ではさして支障を感じなかったが容器の大小等とも関連して断定することは難かしい。

d 転倒防止用砂箱は隣接びんとの衝突力も緩和され、破びん等の現象もみられず比較的その効果が認められる。

(4) 薬品の混合発火実験

薬品の混合により爆発または、発熱発火の危険性を有する物質は火薬等の爆発を目的として生産されている物質に比較して、その数は非常に多い。化学工場、学校、研究所等の実験室、薬品問屋、薬局等においては混触によると推定される災害が多数発生している。

今回発熱発火を主とした混触について小規模卓上実験と500g試薬びんを単位とした実大規模実験を下記のとおり実施しその状況を観測した。

ア、小規模実験

直径8cm、深さ1cmの磁性シャーレーの中へ数種の薬品を投入し、その状況を観測した。

(ア) 酸素酸塩類+強酸

過マンガン酸カリウム+硫酸	分解
重クロム酸カリウム+硫酸	変化なし
塩素酸ナトリウム+硫酸	分解
臭素酸カリウム+硫酸	酸変化なし
沃素酸カリウム+硫酸	変化なし
亜塩素酸ナトリウム+硫酸	分解

(イ) 酸素酸塩類+還元性物質

過マンガン酸カリウム+ガソリン	変化なし
重クロム酸カリウム+ガソリン	変化なし
塩素酸ナトリウム+ガソリン	変化なし
臭素酸カリウム+ガソリン	変化なし
沃素酸カリウム+ガソリン	変化なし
亜塩素酸ナトリウム+ガソリン	変化なし

(ウ) 強酸+還元性物質

硫酸+ガソリン	変化なし
---------	------

(エ) 酸素酸塩類+強酸+ガソリン

過マンガン酸カリウム+硫酸+ガソリン	急激な反応で発火
重クロム酸カリウム+硫酸+ガソリン	変化なし
塩素酸ナトリウム+硫酸+ガソリン	急激な反応で発火

臭素酸カリウム+硫酸+ガソリン

急激な反応で発熱

沃素酸カリウム+硫酸+ガソリン

急激な反応で発熱

亜塩素酸ナトリウム+硫酸+ガソリン

急激な反応で発熱

実験結果

酸素酸塩類+強酸、酸素酸塩類+還元性物質の2種類の組合せは発熱、発火は殆どみられないが、酸素酸塩類+強酸+還元性物質の3種の混合によりその反応は急激であり瞬時に発熱、発火にいたる。

(ア) 強酸+強塩基

硫酸+ヒドラジン	急激な反応で発熱
硫酸+アンモニア水	急激な反応で発熱
硫酸+水酸化ナトリウム	急激な反応で発熱

(カ) 強酸+強塩基+還元性物質

硫酸+ヒドラジン+ガソリン	急激な反応で発熱
硫酸+アンモニア水+ガソリン	急激な反応で発熱
硫酸+水酸化ナトリウム+ガソリン	急激な反応で発熱

(キ) 強酸+強塩基+還元性物質+酸化性物質

硫酸+ヒドラジン+ガソリン+重クロム酸カリウム	急激な反応で発火
硫酸+アンモニア水+ガソリン+硫酸カリウム	急激な反応で発熱

実験結果

強酸+強塩基の中和熱による発熱であるが、これはガソリンの発火にはいたらなかったが含酸素物質(重クロム酸カリウム)の混入により発火の現象を呈した

(ク) 酸素酸塩類+含硫黄物質

亜塩素酸ナトリウム+チオ硫酸ナトリウム

発熱発火

亜塩素酸ナトリウム+硫化ナトリウム

発熱発火

臭素酸ナトリウム+チオグリコール酸

発熱発火

実験結果
混触と同時に急激な反応により火花を発生するが燃焼の継続は認められない。これに還元性物質の混在により燃焼は継続する。

(ケ) 強酸+含硫黄物質

硫酸+チオ硫酸ナトリウム	急激な反応で発熱
硫酸+硫化ナトリウム	急激な反応で発熱

(コ) 強酸+含硫黄物質+還元性物質

硫酸+チオ硫酸ナトリウム+ガソリン	急激な反応で発熱
硫酸+硫化ナトリウム+ガソリン	急激な反応で発熱

実験結果

混触により急激に反応し発熱を伴うが3種混合でも燃焼にはいたらない。

(ウ) 強酸+還元性物質

硫酸+ジエチルアミン	発熱
硫酸+アルコール	変化なし
無水クロム酸+アルコール	発熱発火
硝酸+アニリン	発熱発火
硫酸+砂糖	発熱

(ク) 酸化性物質+強酸

ジニトロソペンタメチレンテトラミン+硝酸 発火

(ク) 酸化性物質+還元性物質

過マンガン酸塩カリウム+グリセリン 発火

(セ) 酸素酸塩類+還元性物質

塩素酸カリウム+赤燐

混触だけでは変化ないが衝撃により発火

亜塩素酸ナトリウム+赤燐

混触により水分の影響で発火

臭素酸カリウム+赤燐

混触により水分の影響で発火

沃素酸カリウム+赤燐

混触により水分の影響で発火

一般に赤燐は吸湿性であり一度開封したものは自然に空気中の水分を吸湿し泥状となる。

泥状物質のときが上記混触では一番危険である。

(ク) 金属粉+沃素

亜鉛粉末+沃素	水分の影響で発熱
アルミニウム粉末+沃素	水分の影響で発熱発火
鉄粉+沃素	水分の影響で発熱

イ 実大規模実験

薬品 500g 入りガラスびんを1単位として高さ2メートルの位置より落下させその状況を観測した。なお、実験(ア)から(ケ)までは可燃物の影響をさけるためオイルパンを使用した。

(ア) アニリン+硝酸

同時に落下、破びん混触し白煙を発生4秒後に発火

(イ) 過マンガン酸カリウム+グリセリン

過マンガン酸カリウムを床上にまきグリセリンを落下、破びん混触と同時に白煙を生じる5秒後発火す。

(ウ) 無水クロム酸+エチルアルコール

無水クロム酸を床上にまきエチルアルコールを落

下、破びんと同時に発火す。

(ウ) 亜塩素酸ナトリウム+硫酸+ガソリン

亜塩素酸ナトリウムを床上にまき、硫酸とガソリンを同時に落下させた。破びん混触と同時に発火す。

(ウ) 亜塩素酸ナトリウム+チオ硫酸ナトリウム+ガソリン

チオ硫酸ナトリウムを床上にまき亜塩素酸ナトリウムとガソリンを同時に落下させた。

破びんと同時に混触し発火燃焼す。

(ウ) 臭素酸カリウム+チオグリコール酸

同時に落下破びん混触と同時に白煙を出さずも発火には至らない。

(ウ) 赤燐+臭素酸カリウム

赤燐を水にて湿潤させ床上にまき臭素酸カリウムを落下、破びん混触と同時に発火す。

(ウ) 過マンガン酸カリウム+硫酸+ガソリン

過マンガン酸カリウムを床上にまき、硫酸ガソリンを同時に落下させた。破びん混触と同時に発火す。

(ウ) 亜鉛粉末+沃素

床上を水にて湿潤させ亜鉛末と沃素を同時に落下させた。破びん混触後4秒で紫煙を発生し発熱するも発火には至らなかった。

(ウ) チオ硫酸ナトリウム+硫酸

床台を木板として落下、混触と同時に発熱したが発火には至らなかった。

(ウ) 亜塩素酸ナトリウム+硫酸

破びん混触と同時に発火す。

この反応は小規模実験において発火しなかったが量の相違による燃焼と推定される。

(ウ) 硫化ナトリウム+硫酸

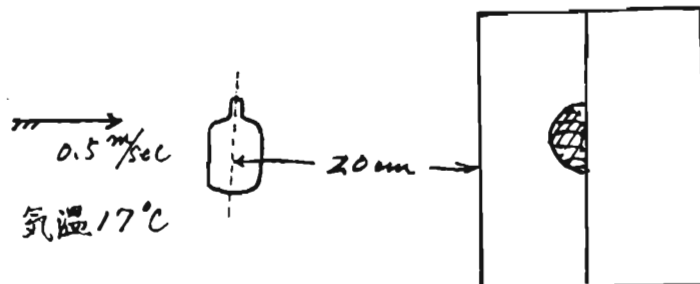
破びん混触と同時に発熱するが発火には至らない。

(ウ) 亜塩素酸ナトリウム+硝酸

破びん混触と同時に発熱するか発火には至らない。

(セ) 下図の如く燃焼中の反射型石油ストーブの付近へガソリンびん(300cc)もを落下させその引火燃焼の状況を観測した。

破びんと同時に引火燃焼した。



薬品の混触による発熱発火は薬品の混合による急激な化学反応が発熱を伴って進行する状態であり、その反応熱は次のものが考えられる。

1. 生成熱
2. 分解熱
3. 中和熱
4. 水和熱
5. 燃焼熱

一般に化学反応は温度の上昇によりその進行は烈しさを加えるもので、発熱をとまなうものではその量が増大すればそれだけ熱が蓄積される。これにより発生する一次反応熱によって二次、三次と反応が進行するもので、また、ときには混合のための触媒作用も加わって発熱、発火現象へと移行していく。

本実験ではその全部を実施することはできなかったが一般に市販されている薬品を選び、前記の実験を行なったのであるが混触と同時に発火するものが多く、これら薬品の混触により火災に移行する危険性は極めて大きい。

7. ま と め

本実験を通じて各種薬品容器、収納器具の水平方向の振動による影響、落下した場合の破損率、混合発火の危険等、一応その輪郭がつかめたのであるが、これを東京都における地震動による様々な要因から考えてみると、金井清著、地震工学によれば東京の地盤状況から地震の卓越周期は下町で0.6秒、山手方面で0.4秒付近といわれており、建物周期についても統計的にみて木造2階建の場合は0.4秒、鉄筋コンクリート造の場合は4階で0.3秒～0.4秒、10階建で0.7秒～0.9秒と云われている。

地震動による建物等の構造物が影響をうけるのは地震動の卓越周期と建物固有周期が一致したとき最大となる

一方実験結果からELCENTRO地震波に建物周期0.4秒、減衰比0.10とした組合せによる振動実験では0.4秒時の地盤面における最大加速度103galで木製薬品戸棚内の容器の転倒数は4.15%に当る16本であり、気象庁の震度階でいう強震（震度5）で木造2階建の家屋内に収納されている薬品類はこの程度の影響をうけることが考えられる。

ELCENTRO地震と同じような波形の地震が東京に発生した場合、震度4、5の中強震程度で薬品容器の移動、転倒があること、および落下破損実験における破びん率を考えると薬品容器の移動転倒、落下等による混合発火の危険性は十分に考えられる。

これを予防する手段としては次の事項について早急に対策を講ずる必要がある。

落下破損実験から

- (1) ポリ容器は比較的安全であり、他の条件が許せば

この種容器への切替えが望ましい。

- (2) 容器の蓋は確実に閉めかつ、中蓋の使用が望ましい。
- (3) 容器の蓋は衝撃により破損、または離脱しない材質、構造とするか、保護装置をつけることが望ましい。
- (4) 古い変形した缶の使用はさける。
- (5) 収納器具前には缶、びんはおかず付近は整理しておく
- (6) 床は緩衝性のある材質が望ましい。

振動実験から

- (1) 棚等の収納器具自体の転倒防止措置を講ずる。
- (2) 容器の転倒、転落防止措置を講ずる。

なお、次の諸点に留意すべきである。

ア 防止棚はカーテンワイヤー等のたるみを生ずる材質をさけ、木摺等の板または棒状のものの使用が望ましい。

イ 実験台縁にも容器のこり止め措置が望ましい。

ウ 最も理想的な形態としては容器1本ごとのセパレート型が望ましい。

エ 特に危険性の多い薬品類は砂箱内に収納することが望ましい。

オ 棚等に缶類を収納するときは段積みはさける。

- (3) 容器の多段積みは転落のおそれがありさけること。
- (4) 収納器具は木製より金属製が望ましい。
- (5) 戸棚の戸は必ず閉めておく。
- (6) 一般家庭等においても危険物類は低いところにおくこと。
- (7) 危険性の大きい薬品類の上段格納はさける。

混合発火実験から

- (1) 転倒落下による混合発火をさけるため類別ごとの収納区分を考慮する。
- (2) 自然発火性のある薬品の保護液は充分満たしておくこと
- (3) 薬品等の危険物貯蔵、取扱所付近での火気使用は引火等の火源とならないよう場所を選定する。
- (4) 管理者は所有する薬品等の混合危険についての認識を深める必要がある。

8. お わ り に

地震、震動等による容器の直接の転倒、または他の物体との衝突による薬品等の混合発火は地震対策上重要事項とされているが、今回の実験のみでは正確な現象をは握するまでには至らなかったが、一応の傾向は判明したと思われこの実験が多小なりとも参考になれば幸いである。

おわりに本実験に際し藤井澄二先生ならびに危険物

作業班専門委員の諸先生，東大生産技術研究所柴田教授，清水信行氏，東大工学部小林肇氏，大林組技術研

究所の皆様から種々ご指導，ご協力をいただいたこと
に対し深く感謝いたします。