

## 地震対策としての学校等における化学薬品の安全管理 — 八王子地域を中心として —

1. 緒言
2. 地震時における火災発生要因
3. 化学薬品による出火危険性
4. 調査結果および考察
5. 総括

増 田 昭 夫\*  
 赤 沼 隆 司\*\*  
 保 母 敏 行\*  
 石 川 俱 通\*  
 山 田 正 昭\*\*

### 要 約

地震の被害は、地震の際に発生する火災によるものが大きな比率を占める。これら出火原因のうち、化学薬品からの出火の割合が高く、関東大地震では約30%に達した。化学薬品に起因する出火のうち、その大部分は薬品戸棚等に保管されている薬品容器が地震動によって転倒落下し、破損流出した引火性物質が付近の火気によって火災に至る場合を初め、自然発火性物質、禁水生物質そして混触によるなどの出火である。そこで、本研究では、化学薬品による出火危険性を危険物の種類、それらの保管状態などそれぞれの因子に分類して示し、実際の調査データについて算定式を用いてそれらの化学薬品による出火危険性を算出し、得られた結果に基づいて化学薬品による出火危険性に対する対策の検討を行うことを目的とした。まず、東京都八王子市内の教育・研究機関を対象にして、化学薬品の保管状況についてのアンケートおよび実態調査を行った。調査データを算定した結果、危険薬品による平均的出火危険性は大学（自然科学系学部）：1.0（基準）、高校：0.13、中学校：0.08、大学（非自然科学系学部）：0.08、小学校：0.07であった。従って、現在関東大地震級の地震が東京圏を襲えば、自然科学系学部を有する大学の大部分から少なくとも1ヶ所以上あるいは同時多発の火災が発生するものと推定された。これらの結果を踏まえて、化学薬品によって予想される出火対策の検討が行われた。

\* 東京都立大学都市研究センター・工学部

\*\* 東京都立大学工学部

## 1. 緒言

地震の被害は、地震動による住居や施設の破壊に比較して、地震の際に発生する火災によるものがより大きいことは、これまでの我が国の地震事例を見ても、周知のことである。これらの出火原因のうち、化学薬品からの出火の割合が高く、関東大地震では約30%に達している<sup>1)</sup>。従って、宮城県沖地震や浦河沖地震と同程度の地震が首都圏を襲えば、化学薬品に基づく火災が、高い確率で発生することが考えられる(東京23区での出火確率予想:23%<sup>2)</sup>)。これらの化学薬品による出火の大部分は、薬品戸棚や薬品保管庫に置かれている薬品容器が転倒落下し、破損流失した引火性薬品が付近の火源により引火し火災に至る場合、化学薬品の混合接触(混触)による出火、また化学薬品が地震動によってその容器が転倒落下して破損、内容物が露出し、空気と接触して火災に至る場合、さらに、不安定な化学薬品が衝撃摩擦などで発火爆発に至る場合などに分類される。そこで、地震時における化学薬品による出火の災害を防止するために、地震動による薬品戸棚や薬品保管庫の転倒防止およびそれらの保存場所からの薬品容器の転倒、落下の防止のための対策をこうずるなど、化学薬品の適切な安全管理が必要である。

しかしながら、平成4年7月から9月に東京消防庁が東京都内の184の大学および109の病院のうち、危険薬品等を取扱っている73大学、97病院の423棟を対象に危険物管理に関して一斉査察した結果、その約90%が消防法に違反するずさんな管理をしていることが判明した。これらの違反件数のうちで、東京消防庁が認定したワースト10のうち、大学が9までを占め、その反対に、防災管理体制が整っていたベスト10には大学は1校もなかった<sup>3)</sup>。

そこで、本研究は以上の様な状況ならびにこれまでの報告等<sup>1), 4) ~6)</sup>の結果を踏まえて、まずは、1校当たり保有する化学薬品量は必ずしも多くはないが、学校の総数が圧倒的に多い小学校、中学校を初め、高等学校および大学について、八王子市

内の学校を対象にして、それらの学校における化学薬品の保管状態を調査し、地震時における化学薬品による出火危険性の評価ならびに火災予防対策等について検討することを目的としたものである。また、国勢調査の結果を調べてみても明らかのように、東京圏の人口は依然として増加の一途を辿っており、学校総数も都心の一部を除いて年々増加している。従って、過去のデータを基礎においた対策では、より適切な対応が充分行えず、常により新しい状況を把握することが求められる。そこで、本調査は、従来の手法を基に危険性の評価に対して、よりきめ細かく出来るだけ精度よく定量化を行うとともに、対象とする学校等に対して、アンケート(回収率が極めて低い)によると同時に、いくつかの学校をピックアップして、それらの実態を直接詳細に調査することによってより現状に近いデータを集積し、その結果を統計的に処理したものである。

## 2. 地震時における火災発生要因

これまでの我が国の都市型大地震における火災の発生原因として、火気器具および化学物質を含む危険物質によるものが高率を示している。近年になり火気器具の燃料として、危険物である灯油、プロパンガスそして都市ガスなどが使われるようになり、これらによる出火の割合が増加してきた。

表2-1は、近年に発生した大地震における出火原因を示したものである。

表2-1では、いずれの地震においても、主な出火原因は薬品を含む危険物による割合が上位を占めている。

近年の大地震において出火した化学薬品の内訳を表2-2に示した。

表2-2から、出火の頻度のとくに高いものは、揮発性物質の引火、酸化剤による混触発火、黄リンの自然発火、アルカリ金属と水との反応、酸・アルカリの関与した反応などによるものである。

さらに、化学薬品の出火場所に関する調査結果を表2-3に示した。

表2-3から、出火件数の多い上位は、学校、研

表2-1 日本における主な地震の出火原因

地震名	関東大震災 <sup>9)</sup> (大正12年9月1日) 11時58分 [M7.9]		福井地震 <sup>10)</sup> (昭和23年6月28日) 16時13分 [M7.1]		新潟地震 <sup>11)</sup> (昭和39年6月16日) 13時1分 [M7.5]	
出火原因割合 [%]	薬品	27	かまど	26	原油	4
	かまど	20	薬品	17	薬品	2
	こんろ	9	工場炉	14	プロパンボンベ	1
	ガス	6	家庭炉	10	油鍋	1
	油鍋	5	七輪	7	風呂	1
	漏電	3	飛火	7		
	倒壊・その他	34	風呂	3		
			マッチ	3		
			不	10		
火災件数	163 (東京府)		29 (福井市)		9 (新潟市)	

地震名	十勝沖地震 <sup>12)</sup> (昭和43年5月16日) 9時49分 [M7.9]		宮城県沖地震 <sup>13)</sup> (昭和53年6月12日) 17時14分 [M7.4]		日本海中部地震 <sup>14)</sup> (昭和58年5月26日) 12時0分 [M7.7]	
出火原因割合 [%]	石油ストーブ	20	薬品	3	原油	1
	石炭ストーブ	8	電気関係	2	電子ライター	1
	石油こんろ	8	漏電	2	マッチ	1
	薬品	4	再燃	1	不	1
	電気関係	3	マッチ	1		
	プロパンガス	2	可燃物落下	1		
	練炭こんろ	1	ガスタンク	1		
	重油バーナー	1	煙突	1		
	不	3				
火災件数	45		12		4	

## 備考

1. 関東大地震、福井地震及び新潟地震における出火統計はそれぞれ、東京府、福井市及び新潟市に限定したものである。

表2-2 過去の地震で出火した薬品と件数<sup>5)</sup>

薬品	地震					計	発火形態
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		
黄リン	12		1			13	自然発火
ナトリウム	7		1		2	10	混触発火
リチウム					1	1	混触発火
黄リンまたはナトリウム	3					3	自然発火または混触発火
過マンガン酸カリウムと有機物				1		1	混触発火
過酸化ソーダと有機物	1					1	混触発火
無水クロム酸と有機物					1	1	混触発火
生石灰と水	1					1	混触発火
揮発性物質の引火	14		1		2	17	引火
水素の引火	1					1	引火
セルロイドの引火	1					1	引火
酸化剤、強酸および揮発性物質	10					10	混触発火
酸化剤、強酸および有機物	1					1	混触発火
濃硝酸および木片	2					2	混触発火
強酸、アルカリおよび揮発性物質	4					4	混触発火
強酸、アルカリおよび脂肪油	1					1	混触発火
強酸、アルカリおよび床板	1					1	混触発火
強酸および揮発性物質	1					1	混触発火
発煙硫酸および床板	1					1	混触発火
不詳(薬品であることは明らか)	6	5	1	3	2	17	混触発火の可能性大

(1) 関東大地震 (2) 福井地震 (3) 新潟地震 (4) 十勝沖地震 (5) 宮城県沖地震

表2-3 地震別の薬品出火場所と件数<sup>5)</sup>

出火場所	地震						計	割合 [%]
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)		
大学・高専	20	1			8		29	30.1
高校				2			2	2.1
中学校	2		2				4	4.2
小学校		1				1	2	2.1
研究所	21	1	1		2	1	26	27.4
製造・販売(含薬局)	17			2			19	20.0
病院・医院	2						2	2.1
工場	4	2					6	6.3
軍関係	5						5	5.3
	71	5	3	4	10	2	95	

(1) 関東大地震 (2) 福井地震 (3) 新潟地震  
(4) 十勝沖地震 (5) 宮城県沖地震 (6) その他の地震

究所、薬局を含む薬品を多量に扱う場所であり、そのなかで学校等からの出火が全体の40%近くを占め、特に大学・高専からの出火の多さが注目される。大学に関連した火災では、1978年の宮城沖地震における東北大学や東北薬科大学からの出火がよく知られている。

以上の結果、地震時における火災発生 の 主 要 因 は、化学物質等の危険物によるものが圧倒的に多く、改めてこれら危険物の有効、かつ適切な管理対応策が望まれるところである。

### 3. 化学薬品による出火危険性

#### 3. 1 出火危険性の算定

地震が起った場合、化学薬品を保管してある薬品戸棚等の転倒、薬品容器の落下、薬品容器の破びん等について、保管環境の諸条件を各因子ごとにそれぞれ決め、それらの現象が起こるか起こらないかの確率、すなわち生起率を求める算定式を導き、アンケートおよび実態調査によって調べたデータをその式に代入することによって、戸棚等ごとに出火危険性を算出し、学校ごとにその結果をまとめた。ここで、“戸棚等”は薬品保管庫、薬品戸棚、薬品棚、ロッカーなどの総称である。

#### 3. 2 薬品容器の破損率

薬品容器が地震動によって破損するプロセスを図3-1のように想定し、起こる可能性のある事象について、それぞれの生起率を求めた。ただし、薬品容器の破損の危険性については、ガラス容器のみを対象にした。

図3-1のフローシートに従って、薬品容器が破損する過程を想定すると、まず、地震動によって、薬品戸棚等に加速度が作用すると仮定する。この場合、戸棚等に対する転倒防止措置の有無によって、戸棚等の転倒率は変化する。そこで、戸棚等が転倒する場合、“Yes<sub>1</sub>”に進み、このときの薬品容器の破損率を“q<sub>1</sub>”とする。戸棚等が転倒しない場合、“No<sub>1</sub>”に進む。この場合、戸棚等は転倒しないが、薬品容器が落下する危険性が存在する。その際、薬品容器の落下率は、容器に対する落下防止措置の有無によって変化する。

薬品容器が落下する場合、“Yes<sub>2</sub>”に進むが、容器の落下破損率は、床材、落下高、緩衝ネットの有無などの状態によって変る。容器が落下しない場合は、“No<sub>2</sub>”に進む。この場合、容器の戸棚中の段内破損率は、容器に対する段内破損防止措置の有無によって変化する。ここで、段内破損とは、薬品戸棚等内の段上で容器が他の容器または戸棚

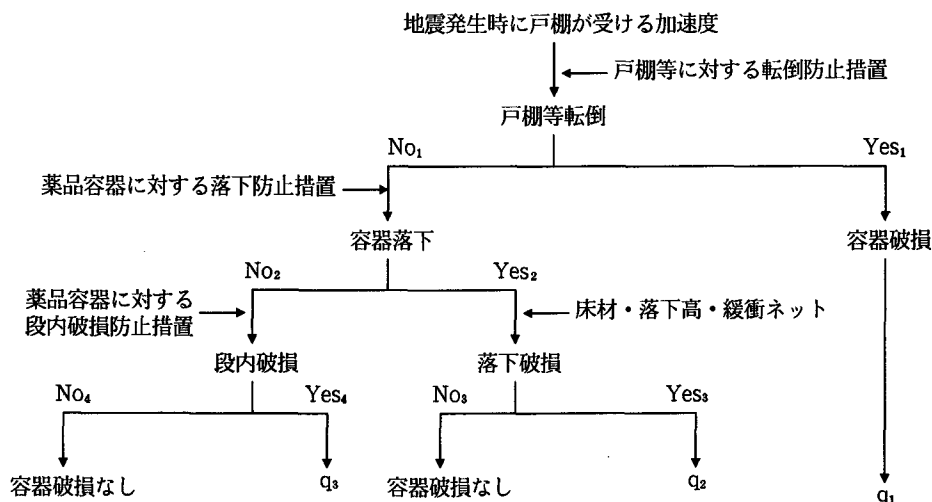


図3-1 容器破損フローシート

等に衝突して破損することである。

薬品容器が落下破損する場合は、“Yes<sub>3</sub>”に進み、このときの薬品容器破損率を“q<sub>2</sub>”で示す。また、薬品容器が段内破損する場合は、“Yes<sub>4</sub>”に進み、このときの容器破損率を“q<sub>3</sub>”で示す。ここで、Yes<sub>1</sub>~Yes<sub>4</sub>に進む確率をそれぞれY<sub>1</sub>~Y<sub>4</sub>で表す。

3. 2. 1 戸棚等の転倒する確率：Y<sub>1</sub>について

戸棚等の転倒率に関しては、鹿島建設(株)技術研究所による家具の振動実験結果<sup>15)</sup>、宮城県沖地震の時の家具の転倒調査<sup>16)</sup>の結果などを基にして、地震動による床面の応答加速度gが300ガル未満、または戸棚等に対して金具などによる転倒防止措置がなされている場合、戸棚等の転倒の可能性はないものと考えた。すなわち、

$$Y_1 = 0$$

また、(株)イトーキが採用している以下の家具転倒の判別式<sup>17), 18)</sup>を用いると、

$$F = B / \sqrt{H}$$

F > 4ならば、転倒の可能性はない。

B：戸棚等の間口または奥行のうち、小さい方の寸法 [cm]、H：戸棚等の高さ [cm]

一般的に使用されている薬品戸棚等はその間口または奥行が少なくとも40 [cm] 以上はあるので、高さが100 [cm] 以下の戸棚等は転倒の可能性はなく、戸棚等どうしが接合していない2段重ねの戸棚等の下段も転倒の可能性はないとした。ただし、実験台の上などの戸棚等および戸棚等どうしの接合がない2段重ねの戸棚等の上段などは転倒の可能性がある。

床面の応答加速度gが300ガル以上で、戸棚等に対して転倒防止措置がなされてなく、高さが100 [cm] 以上の場合の戸棚等の転倒率は、以下の関係式<sup>15)</sup>に従った (gが300ガル以上になると、戸棚等の転倒が始まるが、300ガル未満は転倒しないものとした)。

$$Y_1 = 4.0 \times 10^{-4} \cdot g + 0.16$$

上述の2段重ねの戸棚等で互いに接合されていない戸棚等 (転倒防止措置なし) の転倒率については以下のように考えた。

すなわち、一般的な戸棚等は、2段重ねのうち1

段の高さが100 [cm] 以下 (通常90 [cm]) であるので、下段は転倒の可能性はないが、上段は上記のY<sub>1</sub>の算定式に従って転倒する (この場合、床面の応答加速度g = 350ガルとすると、上段は少なくとも560ガル (表3-1より350 × 1.6 = 560) の加速度を受ける)。

表3-1 戸棚等の転倒防止措置位置別応答加速度倍率<sup>19)</sup>

高さ (m)	転倒防止措置位置			
	完全	上	下	無し
0.5 >	1.1	1.3	1.2	1.3
0.6 ~ 1.0	1.3	1.4	1.3	1.6
1.1 ~ 1.5	1.3	1.4	1.4	1.7
1.6 ~ 2.0	1.3	1.4	1.6	2.0
2.0 <	1.3	1.4	2.0	2.4

さらに、実験台の上に置かれた戸棚等には、実験台等の形状等を考慮し、床面の応答加速度gの1.3倍 (表3-1参照) の加速度がかかると考え、上記のY<sub>1</sub>の算定式に従った。

戸棚等が転倒する場合の薬品容器はすべて破損すると仮定し、容器の破損率q<sub>1</sub>は以下の通りとした。

$$q_1 = 1$$

3. 2. 2 薬品容器が落下する確率：Y<sub>2</sub>について

薬品が金属製および木製の戸棚等に保管されている場合、東京消防庁消防科学研究所による容器の落下実験結果<sup>20)</sup> から、戸棚等の各段の応答加速度h (h = g · J, g：床面の応答加速度、j = 戸棚等の転倒防止措置別応答加速度倍率<sup>19)</sup> (表3-1参照)) が500ガル未満の時、または薬品容器に対して柵などによる落下防止措置がとられているとき、容器は落下しないとした。

$$Y_2 = 0$$

薬品が金属製および木製の戸棚等に保管されていて、戸棚等の各段の応答加速度hが500ガル以上で、薬品容器に対して落下防止措置がとられていない場合、以下の関係式<sup>20)</sup>に従った (hが500ガ

ル未満では戸棚等の転倒がなければ、容器は落下しないものと評価した)。

$$Y_2 = 6.3 \times 10^{-4} h - 0.22$$

薬品が木製戸棚に保管されていて、戸棚等の各段の応答加速度  $h$  が 500 ガル以上の場合、58.5 [%] の割合で戸が開いたり、外れたりすることが観察されている<sup>19)</sup>。従って、木製戸棚に保管されている容器の落下率は以下の式に従った。

$$Y_2 = 0.59 \times (6.3 \times 10^{-4} \cdot h - 0.22)$$

### 3. 2. 3 薬品容器が落下して破損する確率： $Y_3$ について

緩衝ネットあるいはそれに類似するものがつけられている場合、容器は破損しないとした。

$$Y_3 = 0$$

緩衝ネットがつけられていない場合、薬品容器の破損率は表 3-2 に従うものとした。

表 3-2 床材別容器破損率<sup>21)</sup>

落下高	床材別破損率 (%)		
	木板	Pタイル	コンクリート
9 cm	0	0	37
39 cm	1	0	79
69 cm	2	2	100
99 cm	6	9	100
129 cm	14	18	100
159 cm	22	28	100

$$Y_3 = z$$

$z$  : 落下高および床材による容器破損率

従って、容器が落下破損するときの破損率  $q_2$  は以下の通りである。

$$q_2 = Y_3$$

### 3. 2. 4 薬品容器が段内破損する確率： $Y_4$ について

薬品容器が落下はしないが、その容器に対して容器セパレータや緩衝ネットなどの段内破損防止措置が施されているとき、容器は段内破損しないとした。

$$Y_4 = 0$$

戸棚等の各段の応答加速度  $h$  が 500 ガル以上で、薬品容器に対して段内破損防止措置が施されていない時、戸棚等の中に収納された容器の 4% が破損することが観察されている<sup>20)</sup>。よって、このとき容器が段内破損する確率は以下の通りとした。

$$Y_4 = 0.04$$

従って、薬品容器が段内破損するときの破損率  $q_3$  は以下の式に従うものとした。

$$q_3 = Y_4$$

### 3. 3 化学薬品の出火危険性

化学薬品の出火危険性は、薬品容器の破損の仕方により、次のように分類および定義した。すなわち、表 2-2 から、より高い出火危険性を有する自然発火性物質によるもの (A)、引火性物質によるもの (B)、そしてある種、異種間の混合接触 (混触) 発火によるもの (C) のそれぞれ 3 種の出火危険性のうち、少なくとも 1 種の出火危険性が存在すれば、化学薬品による出火の可能性が発生するものと仮定し、それらの起り得る確率論を基にして、誘導・推計した以下の式で定義し、この式を用いて算定した。

また、薬品容器が破損してから出火に至るまでのプロセスを図 3-2 にフローシートにして示した。

$$\begin{aligned} \text{化学薬品の出火危険性} = & Y_1 \{1 - (1 - A_1)(1 - B_1) \\ & (1 - C_1)\} + (1 - Y_1) \{1 - (1 - A_2)(1 - B_2)(1 - C_2)\} \\ & + (1 - Y_1) \{1 - (1 - A_3)(1 - B_3)(1 - C_3)\} \end{aligned}$$

$Y_1$  : 戸棚等が転倒する確率、

$Y_2$  : 容器が落下する確率

$A_1, B_1, C_1$  : 戸棚等が転倒したときの自然発火性物質、引火性物質、混触によるそれぞれの出火危険性

$A_2, B_2, C_2$  : 容器が落下破損したときの自然発火性物質、引火性物質、混触によるそれぞれの出火危険性

$A_3, B_3, C_3$  : 容器が段内破損したときの自然発火性物質、引火性物質、混触によるそれぞれの出火危険性

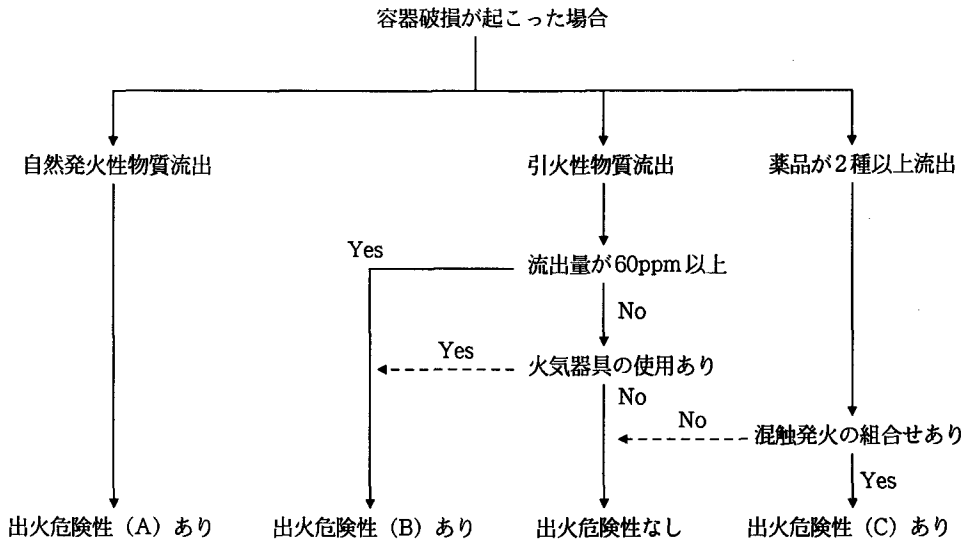


図3-2 出火危険性判定フローシート

3. 3. 1 自然発火性物質による出火危険性 (A)

自然発火性物質は、空気中において自然に発火あるいは発熱し、その熱が長期間蓄積され出火に至る可能性がある物質である。例えば、黄リン、金属水素化物、有機金属化合物等（消防法に定める危険物第3類）が該当する。同じ第3類のアルカリ金属、アルカリ土類金属、金属水素化物などの禁水性物質は、空気中の湿気吸収、あるいは水分との接触により発火、発熱を起こす物質であるが、本項でまとめて扱うことにした。これらの薬品は、その収納容器が少なくとも1本破損すれば、出火危険性があるものとした。そこで、自然発火性物質の収納容器の本数をw本とすると、薬品容器の破損率qおよび容器が落下する確率 $Y_2$ から、その出火危険性を算定するに際して、以下の各式を導き使用した。

1) 戸棚等の転倒によって薬品容器が破損する場合の出火危険性 ( $A_1$ ) について

戸棚等の転倒時にはすべての収納容器が破損する場合を仮定すると、以下の式が誘導された。

$$A_1 = q_1$$

2) 落下破損する薬品容器の出火危険性 ( $A_2$ ) に

ついて

薬品が落下破損する確率は  $Y_2 \cdot q_2$  であり、以下の式が誘導された。

$$A_2 = 1 - (1 - Y_2 \cdot q_2)^w$$

3) 段内破損する薬品容器の出火危険性 ( $A_3$ ) について

薬品が段内破損する確率は  $(1 - Y_2) q_3$  であり、以下の式が誘導された。

$$A_3 = 1 - \{1 - (1 - Y_2) q_3\}^w$$

3. 3. 2 引火性物質による出火危険性 (B)

引火性物質は、引火発火性の最も高い引火点が 21 [°C] 未満の物質（消防法に定める危険物第4類のうち特殊引火物、第1石油類、アルコール類）を算出基準に用いた。該当する薬品は、ジエチルエーテル、ガソリンなどの低級エーテル、低級炭化水素類、アセトン、メタノールなどの低級ケトン、低級アルコール類である。それらの物質の出火に必要な最小量は爆発下限界濃度値をもとに、50 [g/m<sup>3</sup>] と定めた<sup>1)</sup>。実際には、これら引火性物質の取扱量は体積で表示されていることが多く、それらの比重を約0.8g/cm<sup>3</sup>として、出火のための必要量を60 [ppm] 以上とした。



引火性物質が出火するためには、これらの薬品の流出と同時に火気が存在することが必要条件である。火気（器具）はその種類を調査結果から次の4種に大別し、同種と定義される火気器具類については何台使用されていても、その数を1として取扱った。

① 床上に直接置かれ、常時使用される状態にあると考えられる火気器具類（冷蔵庫、電気炉等）

② 床上に直接置かれ、主に昼間に使用される状態にあると考えられる火気器具（真空ポンプ等）

③ 実験台等の上に置かれ、常時使用される状態にあると考えられる火気器具（各種機器、装置、乾燥機等）

④ 実験台等の上に置かれ、一時的に使用される状態にあると考えられる火気器具（実験用モータ類、加熱器具類、ガスバーナ等）

①、②に該当する火気器具が使用されている場合、高さ50 [cm] までの空間<sup>9)</sup>、また、③、④に該当する火気器具が使用されている場合、高さ1 [m] までの空間をそれぞれ引火性物質で、60 [ppm] 以上の濃度に達するだけの容量が流出する時、出火の危険性が発生するものとした。また、以上4種の火気器具のうち、同じ場所に2種以上の使用が考えられる場合、そのなかに①が含まれていれば①で代表し、そのなかに①が無ければ以上に挙げた燃焼空間および以下に挙げる火気器具使用率をそれぞれ考慮し分類して、出火危険性を評価した。そこで、薬品容器の破損率を $q$ 、火気器具使用率を $r$ 、燃焼空間を $u$  [m<sup>3</sup>]、引火性物質の平均容量を $b$  [ml]、引火性物質の入った容器本数を $t$ 本として、その出火危険性の算定に際して、以下の式を導き使用した。

1) 戸棚等の転倒によって薬品容器が破損する場合の出火危険性 ( $B_1$ ) について

戸棚等の転倒時に引火性物質が出火可能な必要量が流出する確率を $y_1$ とすると、出火危険性 $B_1$ について、以下の式が誘導された。

$$B_1 = r \cdot y_1$$

ここで、引火性物質の平均容量 ( $b$ ) が $b < 60u$  /tの場合、戸棚等内に収納されている引火性物質は、出火可能なだけの容量に達していないものと

考えられるので、出火危険性はないものとした。

$$y_1 = 0 \quad \therefore B_1 = 0$$

$b > 60u/t$ の場合、戸棚等の中に部屋内を燃焼可能範囲にするだけの引火性物質が存在すると考えられるので、確率 $y_1$ は戸棚等の転倒率に依存するものと考えられる。ゆえに、

$$y_1 = q_1 \quad \therefore B_1 = r \cdot q_1$$

2) 戸棚等からの薬品容器の落下破損による出火危険性 ( $B_2$ ) について

容器の落下破損時に引火性物質が、出火可能な必要量が流出する確率を $y_2$ とすると、出火危険性 $B_2$ について、以下の式が誘導された。

$$B_2 = r \cdot y_2$$

ここで、 $b < 60u/t$ の場合、戸棚等内に収納されている引火性物質は、出火可能なだけの容量に達していないものと考えられるので、出火危険性はないものとした。

$$y_2 = 0 \quad \therefore B_2 = 0$$

$b > 60u/t$ の場合、容器が1本以上破損するとき、出火危険性が生ずるものと考えられるので、容器の落下破損率 $Y_2 \cdot q_2$  ( $Y_2$ : 薬品容器が落下する確率, 3-2-2参照) より、容器が1本以上破損して、引火性物質の出火可能量の流出確率 $y_{21}$ は

$$y_{21} = 1 - (1 - Y_2 \cdot q_2)^t$$

$60u > b > 60u/2$ の場合、容器が2本以上破損するとき、出火の危険性が生ずると考えて、

$$y_{22} = y_{21} - {}_tC_1 \cdot Y_2 \cdot q_2 (1 - Y_2 \cdot q_2)^{t-1}$$

ここで、 ${}_tC_n$ : 容器 $t$ 本のうち $n$ 本取る組み合わせ。同様にして、 $60u/(n-1) > b > 60u/n$ の場合、容器が $n$ 本以上破損するとき、出火の危険性があると考えて、以下の式が誘導された。

$$y_{2n} = y_{2n-1} - {}_tC_{n-1} \cdot Y_2 \cdot q_2 (1 - Y_2 \cdot q_2)^{t-n+1}$$

3) 戸棚等内の薬品容器の段内破損による出火危険性 ( $B_3$ ) について

容器の段内破損時に引火性物質が出火可能な必要量流出する確率を $y_3$ とすると、出火危険性 $B_3$ について、以下の式が誘導された。

$$B_3 = r \cdot y_3$$

$y_3$ については $y_2$ と同様に考えて、容器の段内破損率  $(1 - Y_2) \cdot q_3$  より、 $q_2$ を $q_3$ 、 $Y_2$ を $(1 - Y_2)$

でそれぞれ置き換えたものとして誘導された。

一方、火気器具使用率 $r$ は、それぞれ使用状況の調査結果の平均値から、①および③に該当する火気器具では100 [%]、②に該当する火気器具では30 [%]、そして④に該当する火気器具では2 [%]として取扱った。

また、薬品専用保管庫に保管されている引火性物質は、保管庫の転倒、容器落下および段内破損の可能性がなく、出火危険性はないものとした。

### 3. 3. 3 混触による出火危険性 (C)

混触による出火の過程は、2種以上の薬品が接触または強く混触したとき、拡散、溶解、蒸発などの物質移動にともなって反応が進行し、その系全体としての熱の発生と拡散の釣合いが失われると、発火に至るものである。

混触による出火危険性をもつ薬品の組み合わせとしては一般に、強い酸化性をもつ物質と還元性をもつ物質との場合が多い。例えば、酸化性物質としては、塩素酸塩、過マンガン酸塩、過酸化物、濃硝酸、濃硫酸などであり、還元性物質としては、有機化合物、イオウ、りん、金属粉などである<sup>22)</sup>。

混触の可能性のある薬品の具体的な組み合わせは巻末の付表1~5<sup>1)</sup>を参考に用い、2種薬品の混触を中心に考慮し、付表に掲載されていない物質については、それらの物性、分子構造などから、できるだけ付表中の近似物質で代用した。

出火危険性については、同じ戸棚等内に付表1~5で示される薬品の組み合わせに該当する薬品容器が保管され、それらがそれぞれ少なくとも1本以上、互いに破損する状態を考えた。また、付表1~5中に〔△印：条件により混触〕とある薬品の組み合わせについては、算出された出火危険性に0.5倍したのとして評価した。転倒防止措置が施されている2段重ねの戸棚あるいは薬品専用保管庫については、それらの上段に保管されている薬品と下段に保管されている薬品は混触しないものと考えた。

ここで、例えば戸棚等内に混触発火の危険性がある薬品Dがd本、薬品Eがe本保管されており、そのうち同じ薬品段に、薬品Dがf本、薬品Eがh

本保管されている状態を仮定した場合、その出火危険性の算定に際して、以下のような算定式を導き使用した。

1) 戸棚等の転倒により薬品容器が破損する場合の出火危険性 ( $C_1$ ) について

戸棚等転倒時にはすべての収納容器が破損すると仮定するので、以下の式が誘導された。

$$C_1 = q_1$$

2) 戸棚等からの薬品容器の落下破損による出火危険性 ( $C_2$ ) について

薬品容器落下破損率は  $Y_2 \cdot q_2$  であり、以下の式が誘導された。

$$C_2 = \{1 - (1 - Y_2 \cdot q_2)^d\} \cdot \{1 - (1 - Y_2 \cdot q_2)^e\}$$

3) 戸棚等内の薬品容器の段内破損による出火危険性 ( $C_3$ ) について

薬品容器段内破損率は  $(1 - Y_2) \cdot q_3$  であり、以下の式が誘導された。

$$C_3 = [1 - \{1 - (1 - Y_2) \cdot q_3\}^f] \cdot [1 - \{1 - (1 - Y_2) \cdot q_3\}^h]$$

### 3. 4 加速度の単位 (ガル)

一般的に地震による振動の大きさは、震度階によって表される。表3-3に気象庁によって定められた震度、その名称と解説および対応する加速度を示した<sup>23)</sup>。

### 3. 5 地震時の地表最大加速度

地震時の地表最大加速度は、建築物の振動に大きな影響を与え、それは地震の規模、震源の位置、地盤の性質等によって決定される<sup>4)</sup>。ここでは、関東大地震級 (マグニチュード: 7.9、震央距離: 70 [km]) 地震を想定して、地表最大加速度は一律に350ガルと仮定し、前述した算定式を使用して出火危険性を評価した。

### 3. 6 建築物の応答加速度

ある階層の建築物の各階の最大応答加速度を計算する手順は、まずその建築物の立地条件を調べ、想定地震から地表最大加速度を求める。次にこれらの数値と建築物の一次固有周期から、応答スペクトル倍率を求め、建築物を質点系モデルとして、

表 3-3 震度階<sup>23)</sup>

震度	名称	解 説	加速度ガル [cm/s <sup>2</sup> ]
0	無感覚	人体に感じないで、地震計に記録される程度	0.8以下
I	微 震	静止している人や、特に地震に注意深い人だけに感ずる程度の地震	0.8 ~ 2.5
II	軽 震	大勢の人に感ずる程度のもので、戸障子がわずかに動くのがわかるくらいの地震	2.5 ~ 8.0
III	弱 震	家屋はゆれ、戸障子はガタガタ鳴動し、電灯のようなつり下げたものは相当にゆれ、器内の水面の動くのがわかる程度の地震	8.0 ~ 25.0
IV	中 震	家屋の動揺が激しく、座りの悪い花ビンなどは倒れ、器内の水はあふれ出る。また、歩いている人にも感じられ多くの人々は戸外に飛び出す程度の地震	25.0 ~ 80.0
V	強 震	壁に割れ目のはいり、墓石、石どうろうが倒れたり煙突、石垣などが破損する程度の地震	80.0 ~ 250
VI	烈 震	家屋の倒壊数が全体の30%以下で、山崩れが起き、地割れを生じ、多くの人々は立っていることができない程度の地震	250 ~ 400
VII	激 震	家屋の倒壊数が30%以上に及び、山崩れ、地割れ、断層などを生じる	400以上

表 3-4 各階の応答加速度倍率<sup>4)</sup>

階層	建物の固有周期	各 階 の 応 答 加 速 度 倍 率							
		1階	2階	3階	4階	5階	6階	7階	8階
2階	0.12	1.000	1.682						
3階	0.18	1.000	1.673	2.419					
4階	0.24	1.000	1.507	2.046	2.687				
5階	0.30	1.000	1.358	1.735	2.151	2.690			
8階	0.48	1.000	1.117	1.238	1.367	1.507	1.667	1.871	2.209

各階の最大応答加速度を算出するものである。

表3-4に、鉄筋コンクリート造の建物で、想定地震（マグニチュード：7.9、震央距離：70 [km] の場合、地表最大加速度が350ガルと推定）の床

面の応答加速度倍率を示した<sup>4)</sup>。例えば、表3-4を参考にすると、4階建ての建物の2階では、最大応答加速度は527ガルと算定される（350 × 1.507）。

## 4. 調査結果および考察

### 4. 1 化学薬品調査の概要

化学薬品の保管量および保管環境についての調査は、アンケートおよび実態調査により、今回は東京都八王子市内の小学校、中学校、高等学校および大学（自然科学系学部を有する大学）を対象として行われた。平成4年10月より平成5年2月までの期間の調査結果について、検討が行われた。

#### 4. 1. 1 調査内容

調査内容はアンケートおよび実態調査とも基本的には同一なものであり、以下の項目に関して行われた。ただし、実態調査は、アンケートでは把握しにくい日常の実情をも詳細に調査された（アンケート調査の内容については、巻末の付表6～9参照）。

#### I. 化学薬品が保管されている戸棚等の状況に関して

- (i) 戸棚等の寸法、材質および種類
- (ii) 戸棚等の積み重ね状況
- (iii) 戸棚等の転倒防止措置状況
- (iv) 戸棚等の容器落下破損防止措置状況
- (v) 保管されている薬品の種類および容量、容器材質および保管場所の高さ

#### II. 化学薬品が保管されている部屋の状況に関して

- (i) 校舎の階層およびその構造
- (ii) 部屋の階層および面積
- (iii) 部屋の形態および床構造
- (iv) 火気器具類の取扱状況
- (v) 戸棚等収納状況

#### 4. 1. 2 アンケート回収状況

アンケートの回収状況は表4-1に示される通りであった。

表4-1 アンケート回収状況

	大学	高校	中学校	小学校	合計
郵送枚数	8	21	32	63	124
返信枚数	2	2	7	13	24
回収率[%]	25	10	22	21	20

### 4. 2 化学薬品の調査結果

大学1校、高等学校4校、中学校7校、小学校13校について、アンケートおよび実態調査で得られた薬品の保管状況の結果を用いて、以下のように検討を行った。

#### 4. 2. 1 消防法で定められた危険物の保管量

まず、化学薬品のなかで、人間の健康に有害であったり、人間の安全を脅かす恐れのある物質は危険物と呼ばれる。我が国では、危険物は狭義のものと広義のものに分けて取り扱われている。広義の危険物には、高圧ガス、火薬類、毒物、劇物、放射性物質等があるが、狭義の危険物は、火災の発生危険に着目して指定された消防法という危険物であり、消防法別表（巻末の付表10<sup>24)</sup>参照）に掲げる発火性、引火性の物質および発火、引火を促進させる物質をいう。さらに、これらの危険物は政令によって規制されている（巻末の付表11<sup>25)</sup>参照）。

火災に至る潜在的な危険性を有する化学薬品の保管量は、出火危険性を評価する上で、極めて重要な因子と考えられる。表4-2に、アンケートおよび実態調査における結果を基にして、保管薬品総量のうち消防法に定める危険物の保管量を示した。また、表4-3に、小学校、中学校、高等学校および大学等、学校別の単純平均値として、保管薬品量および危険物の保管割合をまとめた。

#### 4. 2. 2 保管危険物の指定数量の倍率

消防法では危険物の保管量を、保管総重量としてではなく、指定数量の倍数というかたちで規制が行われている。

表4-2 各学校の薬品保管量及び危険物割合

学 校	保管薬品 総量 [g]	危険物保管 総量 [g]	危 険 物 保 管 量 内 訳 [g]					
			第1類	第2類	第3類	第4類	第5類	第6類
大 学	6,555,600	5,632,750/86	55,900/ 1	7,500/ 0	2,150/ 0	5,523,000/84	6,200/ 0	32,000/ 1
高 校 a	347,975	144,400/41	14,125/ 4	25/ 0	350/ 0	110,075/32	1,225/ 0	19,000/ 5
高 校 b	210,562	73,500/35	10,350/ 5	10,625/ 5	550/ 0	39,500/19	—	12,500/ 6
高 校 c	267,175	109,125/41	17,500/ 7	7,675/ 3	2,650/ 1	73,250/27	50/ 0	8,000/ 3
高 校 d	240,450	103,950/43	16,050/ 7	5,150/ 2	1,225/ 1	73,500/30	25/ 0	8,000/ 3
中 学 校	42,400	24,250/57	2,275/ 5	5,875/14	50/ 0	12,300/29	—	3,750/ 9
中 学 校	46,125	18,550/40	2,025/ 4	4,525/10	—	8,000/17	—	4,000/ 9
中 学 校	37,950	17,475/46	2,875/ 8	4,000/10	100/ 0	9,000/24	—	1,500/ 4
中 学 校	49,525	29,025/59	3,500/ 7	525/ 1	—	19,500/39	—	5,500/11
小 学 校	63,050	32,550/52	1,025/ 2	5,525/ 9	—	24,500/39	—	1,500/ 2
小 学 校	52,850	12,150/23	2,500/ 5	550/ 1	100/ 0	9,000/17	—	—
小 学 校	40,400	11,025/27	1,000/ 2	3,500/ 9	25/ 0	3,500/ 9	—	3,000/ 7
小 学 校	46,075	26,275/57	525/ 1	1,525/ 3	25/ 0	18,200/40	—	6,000/13
小 学 校	14,000	6,500/46	—	1,000/ 7	—	4,000/29	—	1,500/11
小 学 校 f	12,050	4,500/37	—	1,000/ 8	—	3,500/29	—	—
小 学 校	20,000	7,000/38	—	500/ 3	—	6,500/33	—	500/ 3
小 学 校	54,000	11,500/21	500/ 1	1,000/ 2	—	9,500/18	—	500/ 1

- 備考 1. 第4類、第6類及びその他の液状物質は、比較しやすいように、その密度を1 [g/cm<sup>3</sup>] と仮定し、重量を [g] で表わした。  
 2. 保管薬品総量は、希釈薬品を除いた値である。  
 3. 数字右下の添字は、保管薬品総量に対する危険物保管量の割合を百分率で表わしたものである。  
 4. 上記のデータは、アンケートに対する応答が不十分と判断された学校は除いてある。

表4-3 各学校の平均薬品保管量及び危険物割合

学 校	保管薬品 総量 [g]	危険物保管 総量 [g]	危 険 物 保 管 量 内 訳 [g]					
			第1類	第2類	第3類	第4類	第5類	第6類
大 学	6,555,600	5,600,750/85	55,900/ 1	7,500/ 0	2,150/ 0	5,523,000/84	325/ 0	11,875/ 0
高 校	266,540	107,837/40	14,381/ 5	5,869/ 2	1,193/ 0	74,194/28	325/ 0	11,875/ 4
中 学 校	44,000	22,327/51	2,669/ 6	3,731/ 8	39/ 0	12,200/28	—	3,688/ 8
小 学 校	37,800	13,981/37	693/ 2	1,825/ 5	—	9,838/26	—	1,625/ 4

- 備考 1. 第4類、第6類及びその他の液状物質は、比較しやすいように、その密度を1 [g/cm<sup>3</sup>] と仮定し、重量を [g] で表わした。  
 2. 保管薬品総量は、希釈薬品を除いた値である。  
 3. 数字右下の添字は、保管薬品総量に対する危険物保管量の割合を百分率で表わしたものである。  
 4. 上記のデータは、アンケートに対する応答が不十分と判断された学校は除いてある。

表4-4 各学校における保管危険物の指定数量の倍数

学 校	危険物保管総量		危険物の類別指定数量内訳 [倍]					
	[g]	[倍]	第1類	第2類	第3類	第4類	第5類	第6類
大 学	5,632,750	22.88	0.31/ 1	0.03/ 0	0.22/ 1	22.02/96	0.17/ 1	0.13/ 1
高 校 a	144,400	0.65	0.03/ 5	—	0.04/ 6	0.42/65	0.10/15	0.06/ 9
高 校 b	735,00	0.20	0.02/10	0.05/25	0.01/ 5	0.08/40	—	0.04/20
高 校 c	109,125	0.46	0.07/15	0.07/15	0.07/15	0.22/48	—	0.03/ 7
高 校 d	103,950	0.35	0.06/17	0.05/14	0.03/ 9	0.18/51	—	0.03/ 9
中学校 a	24,250	0.10	0.01/10	0.03/30	0.01/10	0.04/40	—	0.01/10
中学校 b	18,550	0.05	—	0.02/40	—	0.02/40	—	0.01/20
中学校 c	17,475	0.07	—	0.02/29	0.01/14	0.03/43	—	0.01/14
中学校 d	28,525	0.10	0.01/10	0.01/10	—	0.06/60	—	0.02/20
小学校 a	32,550	0.10	—	0.02/20	—	0.07/70	—	0.01/10
小学校 b	12,150	0.05	0.01/20	0.01/20	0.01/20	0.02/40	—	—
小学校 c	11,025	0.03	—	0.01/33	—	0.01/33	—	0.01/33
小学校 d	26,275	0.08	0.01/13	0.01/13	—	0.04/50	—	0.02/25
小学校 e	6,500	0.02	—	—	—	0.01/50	—	0.01/50
小学校 f	4,500	0.02	—	0.01/50	—	0.01/50	—	—
小学校 g	7,000	0.02	—	—	—	0.02/100	—	—
小学校 h	11,500	0.03	—	0.01/33	—	0.02/67	—	—

備考 1. 数字右下の添字は、保管危険物総量に対する各類別ごとの保管危険物の割合を、指定数量の倍数でみたものの百分率である。

表4-5 各学校で保管する危険物の平均指定数量の倍数

学 校	危険物保管総量		危険物の類別指定数量内訳 [倍]					
	[g]	[倍]	第1類	第2類	第3類	第4類	第5類	第6類
大 学	5,632,750	22.88	0.31/ 1	0.03/ 0	0.22/ 1	22.02/96	0.17/ 1	0.13/ 1
高 校	107,837	0.41	0.05/12	0.04/10	0.04/10	0.23/56	0.01/ 2	0.04/10
中学校	22,326	0.08	0.01/13	0.02/25	—	0.04/50	—	0.01/13
小学校	1,3981	0.04	—	0.01/25	—	0.02/50	—	0.01/25

備考 1. 数字右下の添字は、保管危険物総量に対する各類別ごとの保管危険物の割合を、指定数量の倍数でみたものの百分率である。

その算定方法は、品名を異にする2以上の危険物を同一の場所で貯蔵し、又は取扱う場合、当該貯蔵又は取扱に係わる危険物の品名ごとの数量をそれぞれの物質固有に決められた指定数量で除し、その商の和が指定数量となる。各物質の指定数量に関しては巻末の付表11に示す通りである<sup>25)</sup>。この倍数が1.0以上の場合、危険物貯蔵取扱所として消防法により、また、倍数が0.2以上1.0未満の場合、少量危険物貯蔵取扱所として火災予防条例(市町村条例)によって薬品の管理体制等について規制を受ける。

指定数量の算定(品名を異にする危険物の算定)：

$$\frac{A \text{ の貯蔵取扱量}}{A \text{ の指定数量}} + \frac{B \text{ の貯蔵取扱量}}{B \text{ の指定数量}} + \frac{C \text{ の貯蔵取扱量}}{C \text{ の指定数量}} + \dots = \text{倍数}$$

(例) 第2類イオウ10 [kg]、第4類第1石油類のアセトン40 [ℓ]、第4類第2石油類の水酢酸200 [ℓ] を貯蔵している場合の指定数量の算定は以下の通りである。

$$\frac{20}{100} + \frac{80}{400} + \frac{200}{2000} = 0.5 \text{ [倍]}$$

表4-4に、各学校で保管している危険物の指定数量に対する倍数を示し、表4-5に、小学校、中学校、高等学校および大学が保管する危険物の平均指定数量の倍数を示した。表4-5において、各学校における保管危険物総量の指定数量に対する倍数を比較すると、小学校に対して中学校は2倍、高等学校は10倍、大学は500倍強(ただし、大学の規模によってその倍数に相当の開きがあるものと推定される)の危険物が保管されており、大学における保管量が圧倒的に多く、従って、その潜在的出火危険性は相対的に極めて高いものと考えられる。

#### 4. 2. 3 薬品戸棚等の設置状況

薬品戸棚等の固定状況の調査結果とその結果を基にして、関東大地震と相当条件(地表最大加速度:350ガル)を有する想定地震の下で、予想され

る薬品戸棚等の転倒率、薬品容器の落下破損率、薬品容器の段内破損率および出火危険性等について、小学校、中学校、高等学校に関して(各学校単位)を表4-6に、また、大学に関して(各研究室単位)を表4-7にそれぞれ示した。

表4-6および表4-7から、学校別に戸棚等転倒率、容器落下破損率、容器段内破損率および出火危険性等について、求めた平均設置状況を表4-8に示した。

表4-8から、大学における薬品戸棚等の転倒率が相対的に高いことが認められた。これらの結果では、転倒の可能性のある戸棚等内の全域に、薬品が常時保管されているとは限らないが、もし戸棚等の転倒が起れば、その危険性はもとより、高価な分析・測定機器類、実験器具類など、付近にある物品が2次的に破壊される恐れがあることを考慮すれば、戸棚等の転倒防止措置には、特段に注意を払う必要があるものと考えられる。

#### 4. 2. 4 化学薬品による出火危険性の算定内容

表4-6および表4-7から、比較的高い確率で出火危険性を有すると算定された小学校、中学校、高等学校および大学の研究室等を若干ピックアップし、それらの学校について、予想される出火原因とその結果、惹起される出火危険性の算定の主な具体例を以下に示す。

##### 小学校f

原因：薬品戸棚の転倒時に伴う、硫酸とアルコールとの混触による出火

算定：薬品は3階建校舎の2階に保管されているので、この2階における床面の応答加速度は想定地震を基準にして、 $586 \times (350 \times 1.673)$ ガルと考えられる。そこで、この場合の戸棚等の転倒率は、以下の式より39.4 [%]と算出され、このとき薬品の収納容器はすべて破損し、硫酸とアルコールは必ず混触すると考えられるので、当該学校の出火危険性は39.4 [%]と算定された。

$$\text{戸棚等転倒率} : 4.0 \times 10^{-4} \times 586 + 0.16 = 0.394$$

表4-6 薬品戸棚等の設置状況(小・中・高校)

学 校	階 層	戸棚等数	設置が不十分な戸棚			戸棚等 転倒率[%]	容器落下 破損率[%]	容器段内 破損率[%]	出火危険性 [%]
			戸棚a	棚b	戸棚c				
高 校 a	2/4	13	0	0	1	0.0	0.0	4.0	0.0
高 校 b	3,4/4	8	0	0	7	0.0	0.0	4.0×7	0.0
高 校 c	1/4	4	1	0	2	38.4	0.0	2.5, 4.0	—
高 校 d	1/4	5	3	0	0	30, 38.4×2	0.0	0.0	38.4
中学校 a	3/4	5	0	0	2	0.0	0.0	4.0×2	—
中学校 b	2/2	1	0	0	1	0.0	0.0	4.0	0.1
中学校 c	2/4	2	2	0	2	37.1×2	0.0	4.0×2	37.1
中学校 d	2/3	1	0	0	1	0.0	0.0	4.0	—
中学校 e	4/5	3	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
中学校 f	3/4	4	0	0	1	0.0	0.0	4.0	3.1
中学校 g	3/4	3	0	0	3	0.0	0.0	4.0×3	0.0
中学校 h	2/3	1	0	0	1	0.0	0.0	4.0	—
小学校 a	2/3	3	0	0	1	0.0	0.0	4.0	0.0
小学校 b	1/3	2	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
小学校 c	1/3	1	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
小学校 d	4/4	4	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
小学校 e	2/3	2	0	0	1	0.0	0.0	4.0	0.0
小学校 f	2/3	1	1	0	1	39.4	0.0	2.4	39.4
小学校 g	3/4	1	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
小学校 h	2/3	3	0	0	2	0.0	0.0	4.0×2	0.0
小学校 i	4/4	2	0	0	1	0.0	0.0	4.0	0.0
小学校 j	2/3	2	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
小学校 k	2/4	1	0	0	1	0.0	0.0	4.0	0.0
小学校 l	2/3	2	1	1	1	39.4	5.0	1.0	39.8
小学校 m	2/3	1	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0

## 備考

1. 階層の表示は、当該部屋のある建物の階層を示し、分子に当該部屋の位置する階を示した。
2. 容器段内破損率等で4.0×2とある場合、容器破損率4%の戸棚等が2つあるということである。
3. データ不足で記入できない場所は空欄にした。
4. 戸棚aとは、転倒防止措置がなされていない高さ100[cm]以上の戸棚等とし、棚bとは、容器落下防止措置がなされていない棚、戸棚cとは容器段内破損防止措置がなされていない戸棚等を指す。



表4-7 薬品戸棚等の設置状況(大学)

学 校	階 層	戸棚等数	設置が不十分な戸棚			戸棚等 転倒率[%]	容器落下 破損率[%]	容器段内 破損率[%]	出火危険性 [%]
			戸棚 a	棚 b	戸棚 c				
研究室1	1/8	1	1	0	0	30.0	0.0	0.0	0.0
研究室2	1/8	2	0	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0
研究室3	2/8	5	0	1	1	0.0	7.3	3.7	38.4
研究室4	2/8	5	1	2	0	31.7	7.5, 8.5	0.0	14.5
研究室5	3/8	3	1	0	0	43.8	0.0	0.0	0.0
研究室6	3/8	7	1	0	0	38.5	0.0	0.0	11.6
研究室7	4/8	1	0	0	1	0.0	0.0	4.0	0.6
研究室8	4/8	2	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
研究室9	4/8	2	1	0	0	35.1	0.0	0.0	0.0
研究室10	5/8	4	3	0	0	37.0×3	0.0	0.0	0.0
研究室11	5/8	4	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
研究室12	2/2	5	0	0	2	0.0	0.0	4.0×2	0.0
研究室13	1/2	1	0	0	0	0.0	0.0	4.0	0.0
研究室14	1/2	1	0	0	0	0.0	0.0	4.0	0.0
研究室15	5/8	2	2	0	2	4.34×2	0.0	2.3×2	45.3
研究室16	1/2	1	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
研究室17	1/2	2	—	—	—	—	—	—	0.0
研究室18	1/2	2	—	—	—	—	—	—	0.0
研究室19	2/2	1	1	0	1	53.8	0.0	1.9	1.1
研究室20	1/2	1	—	—	—	—	—	—	0.0
研究室21	1/2	1	0	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0
研究室22	1/2	1	—	—	—	—	—	—	0.0
研究室23	1/2	1	—	—	—	—	—	—	0.0
研究室24	1/2	1	0	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0
研究室25	6/8	1	0	0	1	0.0	0.0	4.0	0.0
研究室26	5/8	1	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
研究室27	3/8	1	1	0	1	43.7	0.0	2.3	43.9
研究室28	3/8	1	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
研究室29	1/8	1	0	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0

- 備考 1. 階層の表示は、当該部屋のある建物の階層を示し、分子に当該部屋の位置する階を示した。  
 2. 容器段内破損率等で4.0×2とある場合、容器破損率4%の戸棚等が2つあるということである。  
 3. データ不足で記入できない場所は空欄にした。  
 4. 研究室1から10までは、化学・薬学系の研究室で11以降は化学・薬学系以外の理工系の研究室である。  
 4. 戸棚aとは、転倒防止措置がなされていない高さ100[cm]以上の戸棚等とし、棚bとは、容器落下防止措置がなされていない棚、戸棚cとは容器段内破損防止措置がなされていない戸棚等を指す。

表4-8 各学校の戸棚等の平均設置状況

学 校	平均戸棚等数	設置が不十分な戸棚等割合 [%]			戸棚等 転倒率[%]	容器落下 破損率[%]	容器段内 破損率[%]	出火危険性 [%]
		戸棚 a	棚 b	戸棚 c				
大 学	61	22	6	17	8.7	0.4	0.5	2.5
高 校	7.5	13	0	33	4.8	0.0	1.3	1.6
中学校	2.5	10	0	50	3.7	0.0	2.2	2.9
小学校	1.9	8	4	40	3.2	0.2	1.1	3.2

## 備考

1. 戸棚 a とは、転倒防止措置がなされていない高さ 100 [cm] 以上の戸棚等とし、棚 b とは、容器落下防止措置がなされていない棚、戸棚 c とは容器段内破損防止措置がなされていない戸棚等を指す。

## 小学校 l

原因：戸棚転倒時または容器落下破損時に伴う、過マンガン酸カリウムとイオウとの混触による出火

算定：薬品は3階建校舎の2階に保管されているので、この2階における床面の応答加速度は想定地震を基準にして、 $586 \times (350 \times 1.673)$  ガルと考えられる。この場合の戸棚等の転倒率は、小学校 f の場合と同様に、39.4 [%] となり、このとき薬品の収納容器はすべて破損し、過マンガン酸カリウムとイオウは必ず混触すると考えられるので、戸棚転倒時の出火危険性は 39.4 [%] と算出された。

また、過マンガン酸カリウムは、戸棚の高さ 100 [cm] の位置に、イオウは高さ 160 [cm] の位置に収納されているので、その高さにおけるそれぞれの応答加速度はそれぞれ  $937 \times (586 \times 1.6)$  ガルおよび  $1172 \times (586 \times 2.0)$  ガルと考えられる。このときの容器落下率は以下の式よりそれぞれ 37.1 [%]、51.8 [%] と算出された。さらに、床が P タイルのため、高さ 100 [cm] からでは、落下した容器の 10 [%]、高さ 160 [cm] からでは、落下した容器の 30 [%] が破損するとされるので、容器落下破損率はそれぞれ 3.7 [%]、15.5 [%] と考えられた。

過マンガン酸カリウム容器およびイオウ容器はそれぞれ 1 本ずつ収納されているため、容

器落下破損は戸棚等が転倒しなくても起るので、以下の式よりこのときの出火危険性は、0.3 [%] と算出された。

過マンガン酸カリウムの容器落下率：

$$6.3 \times 10^{-4} \times 937 - 0.22 = 0.371$$

イオウの容器落下率：

$$6.3 \times 10^{-4} \times 1172 - 0.22 = 0.518$$

出火危険性：

$$(1 - 0.394) \times 0.037 \times 0.155 = 0.003$$

従って、当該学校での出火危険性は、戸棚等転倒時と容器落下破損時の各出火危険性の合計として、39.7 [%] と算出された。

## 中学校 c

原因：戸棚転倒時に伴う、硫酸と有機物（エチルエーテル、アルコール等）との混触による出火

算定：薬品は4階建校舎の2階に保管されているので、この2階における床面の応答加速度は想定地震を基準にして、 $527 \times (350 \times 1.507)$  ガルと考えられた。この場合の戸棚等の転倒率は、以下の式より 37.1 [%] と算定され、このとき薬品の収納容器はすべて破損し、必ず混触が起ると考えられるので、当該学校の出火危険性は 37.1 [%] と算定された。

戸棚等転倒率：

$$4.0 \times 10^{-4} \times 527 + 0.16 = 0.371$$

## 大学研究室 3

原因：薬品の容器落下破損時または薬品容器の

段内破損時に伴う、酸（過塩素酸、硫酸）と引火性物質（プロパノール、ピリジン等）との混触および引火性物質の流出による冷蔵庫等を火源とする出火。

算定：薬品は8階建校舎の2階に保管されているので、この2階における床面の応答加速度は想定地震を基準にして、 $391 \times (350 \times 1.117)$  ガルと考えられる。酸の容器は上部が固定された木製戸棚の110 [cm]の高さに2本、引火性物質の容器は同じ段に18本、140 [cm]の高さに4本収納されている。この場合の以上の容器の落下率は、以下の式より7.3 [%]と算出された。さらに、床はコンクリートであり、高さがそれぞれ110 [cm] および140 [cm] から落下した容器はすべて破損すると考えられるので、容器の落下破損率は7.3 [%]と考えられた。また、容器が落下する場合、同容器の段内破損は無視されるので、容器の段内破損率は以下の式より3.7 [%]と考えられる。

容器落下率：

$$0.585 \times (6.3 \times 10^{-4} \times 391 \times 1.4 - 0.22) = 0.073$$

容器段内破損率：

$$0.04 \times (1 - 0.073) = 0.037$$

容器落下破損時の混触による出火危険性は、以下の式より11.4 [%]と算定された。この場合、引火性物質による出火危険性は、引火性物質が当該部屋の空間容積に対して、引火に必要な数量は保管22本中3本であることから、火気器具使用率100 [%]、容器破損率7.3 [%]を用いて、21.4 [%]と算定された。

$$\text{出火危険性} : \{1 - (1 - 0.073)^3\} \times \{1 - (1 - 0.073)^{22}\} = 0.114$$

容器段内破損時の混触による出火危険性は、以下の式より3.6 [%]と算定された。この場合の引火性物質による出火危険性は、引火性物質が当該部屋の空間容積に対する引火の必要量は、保管22本中3本であるので、容器段内破損率3.7 [%]を用いて4.6 [%]と算定された。

$$\begin{aligned} \text{出火危険性} : & \{1 - (1 - 0.037)^2\} \\ & \times \{1 - (1 - 0.037)^{18}\} = \\ & 0.036 \end{aligned}$$

従って、当該研究室の出火危険性は、以下の式より38.4 [%]と算定された。

出火危険性：

$$\begin{aligned} & \{1 - (1 - 0.114) \times (1 - 0.214)\} \\ & + \{1 - (1 - 0.036) \times (1 - 0.046)\} \\ & = 0.384 \end{aligned}$$

大学研究室15

原因：薬品戸棚等の転倒時および薬品容器の段内破損時に伴う、硝酸と塩酸、有機化合物（メタノール等）と硫酸あるいは過塩素酸との混触による出火

算定：薬品は8階建校舎の5階に保管されているので、この場合の床面の応答加速度は想定地震を基準にして、 $527 \times (350 \times 1.507)$  ガルと考えられる。当該薬品戸棚は、高さ75 [cm]の実験台の上に置かれているので、戸棚等の転倒率は以下の式より43.4 [%]と算定された。

$$\text{戸棚等転倒率} : 4.0 \times 10^{-4} \times 527 \times 1.3 + 0.16 = 0.434$$

戸棚等転倒時には薬品容器はすべて破損し、必ず混触が起ると考えられるので、戸棚等転倒時の出火危険性は43.4 [%]と算定された。

戸棚の同一段に硫酸容器2本、塩素酸容器1本、有機化合物容器7本、硝酸容器1本、塩酸容器3本が保管されているので、容器段内破損時の出火危険性は、以下の式より3.4 [%]と算定された。

$$\begin{aligned} \text{出火危険性} : & 0.04 \{1 - (1 - 0.04)^7\} \{1 - (1 - 0.04)^{(2+1+3)}\} + (1 - 0.04) \{1 - (1 - 0.04)^7\} \\ & \{1 - (1 - 0.04)^{(2+1)}\} + 0.04 \{1 - (1 - 0.04)^7\} \{1 - (1 - 0.04)^{(1+3)}\} = 0.034 \end{aligned}$$

従って、戸棚等が転倒する場合は、容器破損は当然に考慮されており、段内破損は無視されるので、当該研究室の出火危険性は以下の式より45.3 [%]と算定された。

$$\text{出火危険性} : 0.434 + (1 - 0.434) \times 0.034 = 0.453$$

#### 大学研究室 27

原因：薬品の戸棚等転倒時に伴う、引火性物質の流出による冷蔵庫等を火源とする出火

算定：薬品は8階建校舎の3階に保管されているので、この場合の床面の応答加速度は想定地震を基準にして、 $433 \times (350 \times 1.238)$  ガルと考えられる。

固定されていない2段重ねの戸棚の上段の転倒率は以下の式により43.7 [%]と算定された。このときの収納容器はすべて破損するとみなされるので、引火性物質はそれらの保管量および部屋の空間容積を考慮すると、出火必要量以上が流出するものと考えられる。この場合、火気器具使用率は100 [%]とみなされ、戸棚等転倒時の出火危険性は43.7 [%]と算定された。

$$\text{戸棚等転倒率} : 4.0 \times 10^{-4} \times 433 \times 1.6 + 0.16 = 0.437$$

戸棚内での容器の段内破損について、引火性物質は、部屋の容積の広さから8本のうち3本以上が破損すれば、出火に必要な数量以上の流出が起るものと考えられるので、容器段内破損時の出火危険性は、容器段内破損率4.0 [%]、火気器具使用率1.0 [%]を用いて、0.3 [%]と算定された。

従って、戸棚等が転倒する場合、容器破損は当然に考慮されており、段内破損は無視されるので、当該研究室の出火危険性は以下の式より43.9 [%]と算定された。

$$\text{出火危険性} : 0.437 + (1 - 0.437) \times 0.003 = 0.439$$

#### 4. 2. 5 薬品戸棚等外に置かれた化学薬品

大学（自然科学系学部）では、極めて多種の薬品類を恒常的に取扱うため、1薬品については必ずしも多量ではないが、総量としてそれらの取扱量は多くなり、とくに有機化学系および薬学系学科の研究室では、比較的少量の化学反応溶媒、洗浄用溶剤等が使用されていることが認められた。その結果、必然的に相当多量の危険物の保管が判明した。これらの研究室では、薬品戸棚等以外の実

験台等の上に日常的に比較的多い薬品が置かれていることが観察された。そのため、地震発生時におけるこのような薬品容器の破損危険性は、戸棚等に収納されている薬品と比較して、むしろ極めて高いと考えられ、大学では戸棚等の薬品保管状況調査の際に、戸棚等以外に置かれた薬品容器についても薬品を保管・取扱をしている室ごとに調査を行い、これらの薬品による出火危険性についての算出が試みられた。

戸棚等以外に置かれた薬品は、主に実験台等の上に置かれたものと床に直接置かれたものとに大別できる。そのうち、床に置かれた薬品容器は、落下する他の薬品類や転倒する戸棚等の直撃による破損危険の可能性を有するが、相対的に少数であることから、ここでは破損の危険性は、実験台の上に置かれた薬品容器（ガラス製容器）のみを対象とすることとし、また実験台の高さはほぼ一定であり、一律に床面の応答加速度の1.3倍の加速度を受けると同等の評価を行うことと仮定した。

以上の仮定のもとで、出火危険性を評価したところ、その出火危険性要因のすべてが引火性物質によるものであった。実験台上に引火性物質があり、かつ同室内に火気器具が存在する条件を満たす下での引火性物質の容量および出火危険性についての調査結果を表4-9に示した。

この他、実験台上に若干量の薬品が置かれていたが、火源がなかったために、出火危険性はほとんど0と算定された研究室は、自然科学系学部の約10 [%]存在することが判明した。この割合の専門分野別内訳は、化学系、薬学系研究室および非化学系、非薬学系研究室でそれぞれ27 : 73であった。

中学校および高等学校においても、上述のような実験台上に若干量の薬品が置かれた潜在的出火危険性を有する状況が多々認められた（この場合、その大部分は火気が存在した）。

#### 4. 2. 6 出火危険性の検討

表4-6～表4-9に示された結果をもとに、化学薬品による出火危険性について5つのタイプ（ $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$ 、 $\epsilon$ ）に分類して、各学校ごとにまとめた結果を表4-10に示した。

表4-9 実験台等に置かれた引火性物質による出火危険性

研究室	保管薬品量 [mℓ]	薬品容器本数 [本]	必要薬品量 [mℓ]	必要容器本数 [本]	容器落下破損 率 [%]	火気使用率 [%]	出火危険性 [%]
部屋 a	6500	13	1080	3	10.1	1.0	13.7
部屋 b	1500	3	1080	3	10.1	1.0	0.1
部屋 c	5000	10	1080	3	10.1	1.0	7.2
部屋 d	4500	9	1080	3	10.1	1.0	5.4
部屋 e	9000	12	2160	3	21.2	1.0	56.6
			1080	2		0.3	
部屋 f	8000	15	2160	5	21.2	1.0	45.0
			1080	3		0.3	
部屋 g	12000	12	2160	3	21.2	1.0	56.6
			1080	2		0.3	
部屋 h	1000	2	1080	3	21.2	0.3	0.0
部屋 i	500	1	1080	3	21.2	0.3	0.0
部屋 j	13500	13	1080	2	17.2	0.3	22.5
部屋 k	1000	2	1080	3	17.2	1.0	0.0
部屋 l	500	1	1080	3	17.2	1.0	0.0
部屋 m	2000	4	540	2	17.2	1.0	13.9
部屋 n	4000	1	1080	1	17.2	1.0	17.2
部屋 o	3000	6	1080	3	0.0	1.0	0.0
部屋 p	1000	2	1080	3	0.0	1.0	0.0
部屋 q	3000	6	1080	3	0.0	1.0	0.0
部屋 r	1000	1	1080	1	13.5	1.0	0.0
部屋 s	7500	15	1620	4	21.2	1.0	39.7
部屋 t	1500	3	1080	3	10.1	0.3	0.0
部屋 u	1000	2	2160	5	0.0	0.3	0.0

## 備考

1. 薬品の量、容器本数等は全て引火性物質についてのものである。
2. 部屋aからrまでは化学・薬学系の実験室であり、sからuまでは化学・薬学系以外の理工系学科の実験室である。

表4-10 各学校の化学薬品による出火危険性

学 校	危険物保管 総量 [倍]	出 火 危 険 性 [%]				
		$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$	$\varepsilon$
大 学	2.93	2.5	86.0	5.7	96.7	99.5
化学・薬学系	2.31	1.8	53.7	9.0	94.5	97.5
そ の 他	0.62	3.6	69.7	2.1	39.7	81.7
高 校	0.41	1.6	12.8	—	—	—
中 学 校	0.08	2.9	7.5	—	—	—
小 学 校	0.04	3.2	6.5	—	—	—

備考 1. その他とは化学・薬学系以外の理工系学科を指す。  
2. 大学での危険物保管量は危険物保管倉庫に保管されているものを除外したものを示した。

ここで、大学（自然科学系学部）では全体についてまとめるとともに、薬品の取扱状況を考慮して、化学系、薬学系学科の研究室とそれ以外の研究室に区別して算定した。

出火危険性 $\alpha$ は、個々の薬品戸棚等有する出火危険性を示す。この値が低いほど、概して薬品管理が行き届いていると解釈されるが、表4-10から各学校の薬品管理状況にはあまり有意差が認められなかった。

出火危険性 $\beta$ は、各学校内で少なくとも1台の戸棚等から起る出火危険性の各学校ごとの平均値を示す。小学校、中学校、高等学校については、この $\beta$ 値を各学校の出火危険性と定義したが、表4-10から薬品を多量保管する学校ほど高い値を示した。なお、出火危険性 $\beta$ の内訳として、引火性物質によるものが約70 [%]、混触によるものが約30 [%]を占めた。

出火危険性 $\gamma$ は、薬品を保管・取扱いする室で、実験台等上に置かれた薬品による出火危険性の平均値を示す。

出火危険性 $\delta$ は、大学内で少なくとも1室の実験台等上に置かれた薬品による出火危険性を示す。この指標 $\delta$ は薬品を圧倒的に多量取扱う化学系、薬学系学科の研究室で高い値を示したが、地震の際には薬品戸棚等に保管されている薬品よりも、むしろ実験台等上に置かれた薬品が、出火の主要

な危険性要因となると考えられる。

出火危険性 $\varepsilon$ は、出火危険性 $\beta$ および $\delta$ の少なくともどちらか一方が起る危険性を示す。大学については、この $\varepsilon$ 値を学校の出火危険性と定義した。表4-10の結果から、自然科学系学部を有する大学では、想定地震（関東大地震級）と同等あるいはそれ以上の規模の地震が起れば、ほぼ確実に1ヶ所以上の火災が発生するものと考えられる。

#### 4. 2. 7 地区別の出火危険性

地区別出火危険性算出の手順は、表4-10に示された各学校の出火危険性から、薬品（危険物）の保管・取扱量の程度（相対比）を示すファクター（ $\phi$ ）を以下のように、それぞれ学校の平均値として設定した。すなわち、自然科学系学部を有する大学：1.0（基準）、高等学校：0.13、中学校：0.08、小学校：0.07、非自然科学系学部の大学：0.08（薬品の保管取扱量を中学校と同程度とみなした）、短期大学および高等専門学校：0.3（自然科学系）、0.0（非自然科学系）とした。このファクターの地区別の合計をそれぞれ地区別の面積で除した値を、学校数密度とした。さらに、この学校数密度に該当地区の人口密度を乗じた値を地区別出火危険性とした。このような手順で求められた結果を表4-11に示した。

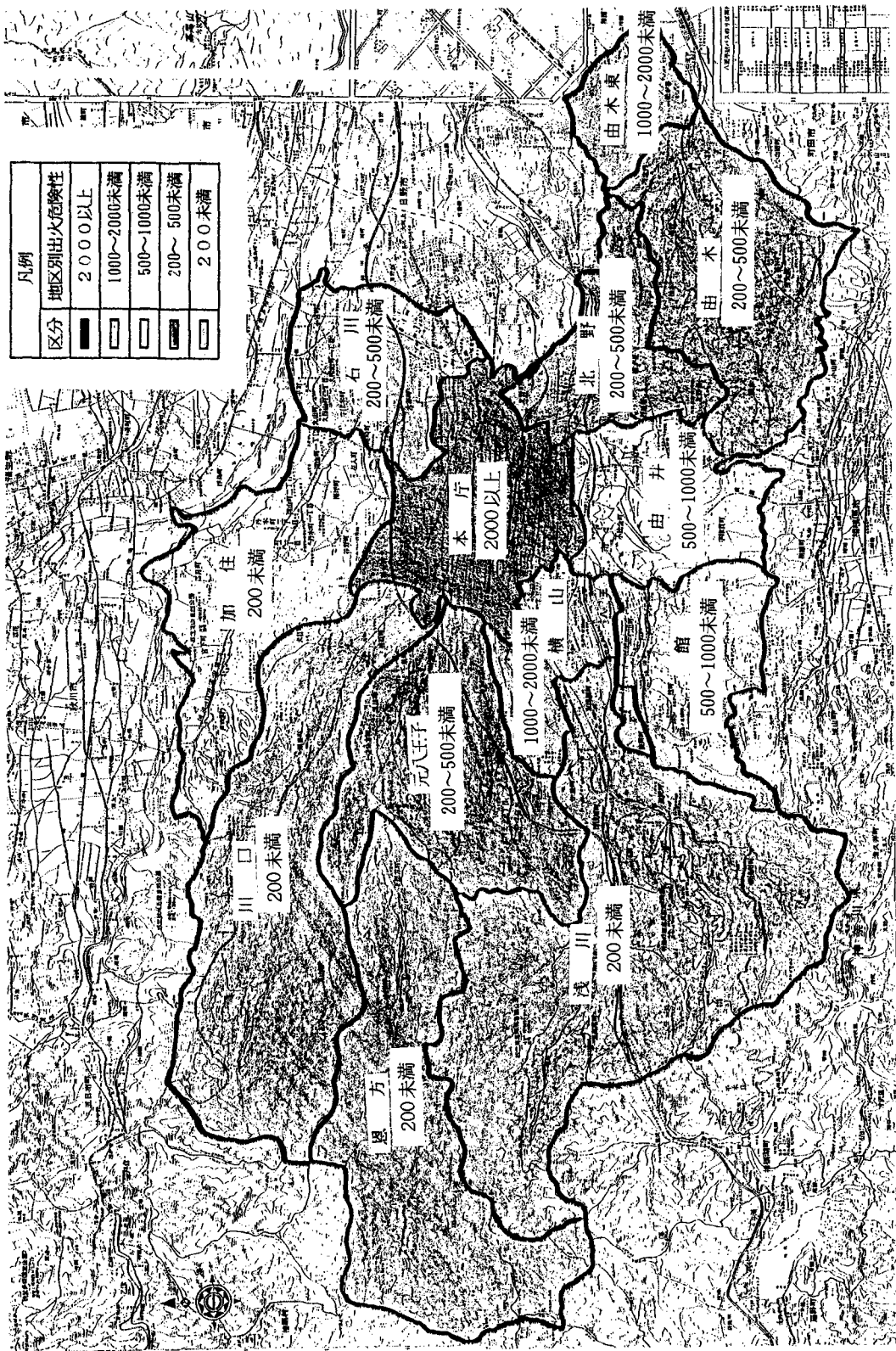


図4-1 地区別出火危険性分布

表4-11 地区別出火危険性

地区	面積 [k m <sup>2</sup> ]	人口 [人]	人口密度 [人/k m <sup>2</sup> ]	ファクター地区 合計 [φ]	学校数密度 [φ/k m <sup>2</sup> ]	地区別出火危険性 [人・φ/k m <sup>2</sup> ]
本 庁	12.84	116400	9070	3.45	0.269	2440
浅 川	26.34	19900	760	0.44	0.017	10
由 木	17.27	38200	2210	3.82	0.221	490
由 木 東	4.11	17600	4290	1.57	0.382	1640
横 山	6.17	53400	8660	0.72	0.117	1013
館	8.53	28200	3300	1.99	0.233	770
元八王子	12.81	51600	4030	1.10	0.086	350
恩 方	37.28	13400	360	0.42	0.011	0
川 口	24.29	30300	1250	0.84	0.035	40
加 住	14.51	14000	970	1.92	0.132	128
由 井	8.24	18500	2240	2.42	0.294	660
北 野	5.84	36000	6170	0.29	0.050	310
石 川	8.09	25300	3130	0.65	0.080	250
合 計	186.31	462700	2480	19.63	0.105	260

表4-11に示された地区別出火危険性について、具体的かつ視覚的に把握するために、調査対象の八王子市内を行政管内別に13地区に分割し、それらの地区ごとに人口密度および学校密度等を調査し、地震発生時における地区別出火危険性の大きさを5段階に分けて図4-1に示した。

ここで、人口統計は平成4年4月1日現在の資料を使用した。図4-1から地区別出火危険性は、八王子市中心部が最も高く、中心部から遠ざかるにしたがって低下し、当然のことながら人口過疎地域（山岳地帯）はより低い数値が示された。この図4-1はあくまでも概念図であるが、1辺距離をできるだけ小さくしたメッシュを用いた出火危険性の定量的分布を図示すれば、より厳密な把握が可能となるであろう。

## 5. 総括

本研究結果に基づけば、想定した関東大地震級の地震が東京圏を襲うならば、自然科学系学部を有する大学の大部分から、少なくとも1ヶ所以上、

場合によってはかなり高い確率で同時多発の火災発生が起ることが予想される。この度の調査検討で採用された化学薬品による出火危険性の評価方法は、例えば「地震動で引火物質が流出した場合、通常各室は出入口やガラス窓等が閉じた状態で、薬品戸棚等の転倒時には、薬品容器はすべて破損し、相当する濃度に達するもの」などの仮定を用いたが、想定地震下での上述の大学における高率の出火危険性から推定すれば、これらの仮定は十分に現実のものとなり得ると考えられる。

従って、このような薬品による出火危険性を低下させるためには、金具等による薬品戸棚等の転倒防止措置、薬品の落下防止柵や容器セパレータなどによる薬品容器破損防止措置をこずること、また薬品容器の破損時に混触発火しないよう薬品の分別収納を行うことが必要不可欠であるといえよう。このうち、薬品戸棚等の転倒が現実になれば、同時に多数の薬品容器の破損が生じ、多量の薬品流出の可能性が極めて高いことから薬品戸棚等の転倒防止措置は徹底して行うべきである。

さらに、特筆すべき事項として、大学の化学系



および薬学系のほとんどの研究室では、薬品戸棚等への薬品の収納以外に、実験台や机等の上に有機溶剤等の薬品が直接置いてある状態が観察された。このような薬品はそれらの容量の多少はあるものの、大部分の実験室では火源となりうる種々の機器が設置されており、地震発生時においては戸棚等の保管薬品に比較して、その出火危険性は甚大なものとなり、化学薬品による出火防止対策をこぎずる上で、このような事態を十分に考慮する必要がある。また、実態調査の結果、高等学校においても実験台上等に引火性物質等の薬品が置かれている状況が少なからず観察された。このような状況は研究活動および授業を行う上で、実験中一時的にはやむを得ないことではあるが、使用後の不用薬品整理をこまめに行うなどそれらの管理には厳重な注意が払われるべきである。

本研究は、まず東京都八王子市内の各学校を対象にしたが、東京都内の他地域の公立はもとより私立の小学校、中学校、および高等学校においても、それら理科室のそれ相当の設置基準はほぼ同様と考えられ、本研究結果は東京都内全域の各学校に基本的に適用可能なものと考えられる。さらに、大学等に関しても自然科学系学部を擁するところでは、本結果が地震時における化学薬品による出火危険性の現時点での詳細な検討を行う上で、1つの基本的な指標になるものと考えられる。また、このような大学では、多品種少量ながらその絶対量はかなり多量に達する取扱い、保管が行われている研究機関の特質を考慮の上、地震発生時の出火危険防止に対する充分な施策の持続的検討、実践と啓発を緊急課題として取上げることが期待されることである。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、化学薬品に関するアンケートおよび実態調査にご協力頂いた、大学、高等学校、中学校および小学校の関係の皆様に対して感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 火災予防審議会答申、“化学薬品の出火危険性評価と地震対策”、東京消防庁、火災予防審議会（1981）。
- 2) 望月利男、中野尊正、“巨大地震と大東京圏”、日本評論社（1990）。
- 3) 日本経済新聞、平成4年10月8日朝刊、35面（1992）。
- 4) 火災予防審議会答申、“地震時における地域別の総合的出火危険予測と対策”、東京消防庁、火災予防審議会（1987）。
- 5) 東京都防災会議、“多摩地域における地震被害の想定に関する報告書”（1985）。
- 6) “地震時に関する地域危険度測定調査報告（多摩第2回）”、東京都都市計画局（1987）。
- 7) “東京都の地域別出火危険度測定結果（三多摩地区）”、東京消防庁（1980）。
- 8) “多摩地域の地震に関する地域危険度測定調査報告”、東京都都市計画局（1980）。
- 9) 中村清二、“大地震による東京火災調査報告”、震災予防調査会報告、火災編（戊）第100号（1925）。
- 10) 福井市消防本部、“福井地震記録”（1948）。
- 11) 自治省消防庁、“新潟地震火災に関する研究”（1964）。
- 12) 高山英華、村上直、“地震時における石油ストーブ等火器による出火機構調査”、東京都防災会議（1969）。
- 13) 東京消防庁、“1978年宮城県沖地震調査報告書”（1978）。
- 14) 東京消防庁、“昭和58年（1983年）日本海中部地震調査報告書”（1983）。
- 15) “本社ビルの室内家具振動実験報告書”、鹿島建設技術研究所（1979）。
- 16) “1978年宮城県沖地震における家具の転倒および建築設備の被害”、(社)建築研究振興会（1978）。
- 17) 石山裕二、松島豊、山崎裕、中田慎介、“地震時における家具等の転倒に関する振動試験とその理論的考察”、日本建築学会予稿集（1978）。
- 18) 石山裕二、“オフィス家具の地震対策”、(株)イトーキ（1979）。
- 19) 大津康裕、土屋秀雄、“化学薬品棚の振動実験”、安全工学、Vol.20（1981）。

- 20) “化学薬品容器の振動実験”、東京消防庁消防科学研究所 (1980).
- 21) “危険物の混合混触による出火性状に関する研究結果報告書”、東京消防庁 (1978).
- 22) 東京消防庁、“化学薬品の混触危険ハンドブック”、日刊工業新聞社 (1980).
- 23) 吉田忠雄、“化学薬品の安全”、大成出版社 (1982).
- 24) 吉田忠雄、田村昌三、“反応性化学物質と火工品の安全”、大成出版社 (1988).
- 25) 東京消防庁、“危険物行政の現況” (1991).

#### Key Words (キー・ワード)

Earthquake (地震), Risk of fire outbreak (出火危険性), Safety control (安全管理), Dangerous chemicals (危険物・化学薬品), Educational institutions (教育機関)











## 付表6

## アンケート記入方法

化学薬品が保管されている戸棚等の状況に関するアンケートと化学薬品の保管状況に関する薬品リスト(以下アンケートA)と、化学薬品が保管されている部屋の状況に関するアンケート(以下アンケートB)をそれぞれ3枚ずつ用意しました。

アンケートは各戸棚等ごと及び各部屋ごとにお答え下さい。もし部屋数及び戸棚数(戸棚等は積み重なっている場合、それらは一つのものと思なす)が4つ以上ある場合にはお手数ですが必要に応じてアンケートをコピーしてお使い下さい。

アンケートの記入方法に関しては、該当している数字またはアルファベットに○印を記入し、該当がない場合は“その他”の[ ]内にその状況をお書きください。また答えが複数のときは、それぞれについて複数回答して下さい。

以下、それぞれのアンケートの記入方法に関する注意事項を書きます。ⅢやⅤといった数字はアンケート用紙の質問番号と対応しています。

## § アンケートAについて

※ まず、アンケート用紙と質問番号Ⅸの薬品リストの右上に、“戸棚番号”と書かれた欄があることを確認して下さい。そしてその2か所にそれぞれ、戸棚等の数に応じて順次1・2・3と記入し戸棚等が4つ以上ある場合には、コピーしたアンケート用紙に順次4・5…と記入して下さい。このとき必ず、薬品リストの戸棚番号とその薬品が含まれている戸棚等の戸棚番号が、一致するようにして下さい。

Ⅲ 戸棚と棚の違いは文字通り戸の有無によるものです。

Ⅴ IVで戸棚が2段以上積み重ねられているとしたとき、それらの接合の有無に関してお答え下さい。

Ⅶ 戸棚等が壁に金具等で固定されている場合は、それが戸棚等のどの位置で固定されているかについてもお答え下さい。

Ⅷ 容器セパレートとは、薬品容器を収納するための仕切り板のついた入れ物のことをいいます。また、薬品を何本かまとめて箱にいれている場合についても、その箱を容器セパレートということにします。容器セパレートを使用している場合は、それが戸棚等に固定されているかどうかに関してもお答え下さい。

Ⅸ 薬品容器が、容器セパレートに収納されていたり、緩衝ネットをかけられている場合、薬品リストの“落下破損防止措置”と書かれた欄に○印または有と記入して下さい。

薬品リストに薬品が書ききれない場合は、戸棚番号の記入を忘れることなく別の用紙を使って下さい。

## § アンケートBについて

Ⅱ 部屋の階層とは、当該部屋が校舎の何階に位置しているかということです。

部屋の面積に関しては、測定が困難な場合は大まかな値でかまいません。また、床に置いてある机または棚などは考慮しないで結構です。

Ⅵ 加熱器具の平均使用時間は、平日の授業がある日に関するものとしてお答え下さい。

Ⅷ 当該部屋に、収納されている戸棚等の戸棚番号を全て記入して下さい。







## 付表 9

## B. 化学薬品が保管されている部屋の状況

- I. 校舎の高さ 1. \_\_\_\_階建
- II. 部屋の階層及び面積 1. \_\_\_\_階, \_\_\_\_m<sup>2</sup>
- III. 部屋の床構造 1. コンクリート 2. Pタイル 3. 木製  
4. その他 [ ]
- IV. 部屋の形態 1. 実験室 (含、理科室・研究室) 2. 危険物専用保管倉庫  
3. その他 [ ]
- V. 当該部屋がある建物の構造 1. 鉄筋コンクリート造り 2. 鉄骨造り 3. 木造  
4. その他 [ ]
- VI. 加熱器具の取り扱い状況 1. 取扱なし 2. ガスバーナー [一日あたりの平均使用時間: 約 h]  
3. アルコールランプ [一日あたりの平均使用時間: 約 h]  
4. ガス湯沸器 [一日あたりの平均使用時間: 約 h]  
5. その他 [ , 一日あたりの平均使用時間: 約 h ]
- VII. 冷蔵庫の設置状況 1. 防爆型冷蔵庫を設置 2. 通常の冷蔵庫を設置 3. 設置なし
- VIII. 当該部屋の戸棚等収納状況 • 戸棚番号 [ , , , , , , , ] の戸棚等を収納

付表10 消防表別表

類別	性質	品名
第1類	酸化性固体	1 塩素酸塩類 2 過塩素酸塩類 3 無機過酸化物 4 亜塩素酸塩類 5 臭素酸塩類 6 硝酸塩類 7 よう素酸塩類 8 過マンガン酸塩類 9 重クロム酸塩類 10 その他のもので政令で定めるもの 11 前各号に掲げるもののいずれかを含有するもの
第2類	可燃性固体	1 硫化りん 2 赤りん 3 硫黄 4 鉄粉 5 金属粉 6 マグネシウム 7 その他のもので政令で定めるもの 8 前各号に掲げるもののいずれかを含有するもの 9 引火性固体
第3類	自然発火性物質 及び禁水性物質	1 カリウム 2 ナトリウム 3 アルキルアルミニウム 4 アルキルリチウム 5 黄りん 6 アルカリ金属(カリウム及びナトリウムを除く。)及びアルカリ土類金属 7 有機金属化合物(アルキルアルミニウム及びアルキルリチウム)を除く。 8 金属の水素化物 9 金属のりん化物 10 カルシウムまたはアルミニウムの炭化物 11 その他のもので政令で定めるもの 12 前各号に掲げるもののいずれかを含有するもの
第4類	引火性液体	1 特殊引火物 2 第一石油類 3 アルコール類 4 第二石油類 5 第三石油類 6 第四石油類 7 動植物油類
第5類	自己反応性物質	1 有機過酸化物 2 硝酸エステル類 3 ニトロ化合物 4 ニトロソ化合物 5 アゾ化合物 6 ジアゾ化合物 7 ヒドラジン化合物 8 その他のもので政令で定めるもの 9 前各号に掲げるもののいずれかを含有するもの
第6類	酸化性液体	1 過塩素酸 2 過酸化水素 3 硝酸 4 その他のもので政令で定めるもの 5 前各号に掲げるもののいずれかを含有するもの

## 付表10の続き

## 備考

1. 酸化性固体とは、固体〔液体（1気圧において、温度20度で液状であるもの又は温度20度を超え40度以下の間において液状となるものをいう。以下同じ。）又は気体（1気圧において、温度20度で気体状であるものをいう。）以外のものをいう。以下同じ。〕であって、酸化力の潜在的な危険性を判断するための政令で定める試験において政令で定める性状を示すもの又は衝撃に対する感受性を判断するための政令で定める試験において政令で定める性状を示すものであることをいう。
2. 可燃性固体とは、固体であって、火災による着火の危険性を判断するための政令で定める試験において政令で定める性状を示すもの又は引火の危険性を判断するための政令で定める試験に引火性を示すものであることをいう。
3. 鉄粉とは鉄の粉をいい、粒度等を勘案して自治省庁で定めるものを除く。
4. 硫化りん、赤りん、硫黄及び鉄粉は、備考第2号に規定する性状を示すものと見なす。
5. 金属粉とは、アルカリ金属、アルカリ土類金属、鉄及びマグネシウム以外の金属の粉をいい、粒度等を勘案して自治省庁で定めるものを除く。
6. マグネシウム及び第2類の項第8号の物品のうちマグネシウムを含有するものにあつては、形状等を勘案して自治省庁で定めるものを除く。
7. 引火性固体とは、固形アルコールその他1気圧において引火点が40度未満のものをいう。
8. 自然発火性物質及び禁水性物質とは、固体又は液体であつて、空気中での発火の危険性を判断するための政令で定める試験において政令で定める性状を示すもの又は水と接触して発火し、若しくは可燃性ガスを発生する危険性を判断するための政令で定める試験において政令で定める性状を示すものであることをいう。
9. カリウム、ナトリウム、アルキルアルミニウム、アルキルリチウム及び黄りんは、前号に規定する性状を示すものと見なす。
10. 引火性液体とは、液体（第三石油類、第四石油類及び動植物油類にあつては、1気圧において、温度20度で液状であるものに限る。）であつて、引火の危険性を判断するための政令で定める試験において引火性を示すものであることをいう。
11. 特殊引火物とは、ジエチルエーテル、二硫化炭素その他1気圧において発火点が100度以下のもの又は引火点が零下20度以下で沸点が40度以下のものをいう。
12. 第一石油類とは、アセトン、ガソリンその他1気圧において引火点が21度未満のものをいう。
13. アルコール類とは、1分子を構成する炭素原子の数が1個から3個までの飽和1価アルコール（変性アルコールを含む。）をいい、組成等を勘案して自治省令で定めるものを除く。
14. 第二石油類とは、灯油、軽油、その他1気圧において引火点が21度以上70度未満のものをいい、塗料類その他の物品であつて、組成等を勘案して自治省令で定めるものを除く。
15. 第三石油類とは、重油、クレオソート油その他1気圧において引火点が70度以上200度未満のものをいい、塗料類その他の物品であつて、組成等を勘案して自治省令で定めるものを除く。
16. 第四石油類とは、ギア油、シリンダー油その他1気圧において引火点が200度以上のものをいい、塗料類その他の物品であつて、組成等を勘案して自治省令で定めるものを除く。
17. 動植物油類とは、動物の脂肉等又は植物の種若しくは果肉から抽出したものをいい、自治省令で定めるところにより貯蔵保管されているものを除く。
18. 自己反応性物質とは、固体又は液体であつて、爆発の危険性を判断するための政令で定める試験において政令で定める性状を示すもの又は加熱分解の激しさを判断するための政令で定める試験において政令で定める性状を示すものであることをいう。
19. 第5類の項第9号の物品にあつては、有機過酸化物を含有するものうち不活性の固体を含有するもので、自治省令で定めるものを除く。
20. 酸化性液体とは、液体であつて、酸化力の潜在的な危険性を判断するための政令で定める試験において政令で定める性状を示すものであることをいう。
21. この表の性質欄に掲げる性状の2以上を有する物品の属する品名は自治省令で定める。

付表11 危険物の規制に関する政令別表第3

類別	品名	性質	指定数量
第1類		第一種酸化性固体	50 [kg]
		第二種酸化性固体	300
		第三種酸化性固体	1,000
第2類	硫 化 り ん		100 [kg]
	赤 り ん		100
	硫 黄		100
		第一種可燃性固体	100
	鉄 粉		500
		第二種可燃性固体	500
	引 火 性 固 体		1,000
第3類	カ リ ウ ム		10 [kg]
	ナ ト リ ウ ム		10
	アルキルアルミニウム		10
	アルキルリチウム		10
		第一種自然発火性物質 及び禁水性物質	10
	黄 り ん		20
		第二種自然発火性物質 及び禁水性物質	50
		第三種自然発火性物質 及び禁水性物質	300
第4類	特 殊 引 火 物		50 [ℓ]
	第 一 石 油 類	非 水 溶 性 液 体	200
		水 溶 性 液 体	400
	ア ル コ ー ル 類		400
	第 二 石 油 類	非 水 溶 性 液 体	1,000
		水 溶 性 液 体	2,000
	第 三 石 油 類	非 水 溶 性 液 体	2,000
		水 溶 性 液 体	4,000
	第 四 石 油 類		6,000
動 植 物 油 類		10,000	
第5類		第一種自己反応性物質	10 [kg]
		第二種自己反応性物質	100
第6類			300 [kg]

注) 性質欄の区分は、試験において示される危険性に応じて設けられている。

## 付表 11 の続き

## 備考

1. 第一種酸化性固体とは、粉粒状の物品にあつては次のイに掲げる性状を示すもの、その他の物品にあつては次のイ及びロに掲げる性状を示すものであることをいう。
  - イ 臭素酸カリウムを標準物質とする第一条の三第二項の燃焼試験において同項第二号の燃焼時間が同項第一号の燃焼時間と等しいか若しくはこれより短いこと又は塩素酸カリウムを標準物質とする同条第6項の落球式打撃感度試験において試験物品と赤りんとの混合物の爆発する確率が50パーセント以上であること。
  - ロ 第一条の三第一項に規定する大量燃焼試験において同条第三項第二号の燃焼時間が同項第一条の燃焼時間と等しいか又はこれより短いこと及び同条第七項の鉄管試験において鉄管が完全に裂けること。
2. 第二種酸化性固体とは、粉粒状の物品にあつては次のイに掲げる性状を示すもの、その他の物品にあつては次のイ及びロに掲げる性状を示すもので、第一種酸化性固体以外のものであることをいう。
  - イ 第一条の三第一項に規定する燃焼試験において同条第二項第二号の燃焼時間が同項第一条の燃焼時間と等しいか又はこれより短いこと及び同条第五項に規定する落球式打撃感度試験において試験物品と赤りんとの混合物の爆発する確率が50パーセント以上であること。
  - ロ 前号ロに掲げる性状
3. 第三種酸化性固体とは、第一種酸化性固体又は第二種酸化性固体以外のものであることをいう。
4. 第一種可燃性固体とは、第一条の四第二項の小ガス炎着火試験において試験物品が三秒以内に着火し、かつ、燃焼を継続するものであることをいう。
5. 第二種可燃性固体とは、第一種可燃性固体以外のものであることをいう。
6. 第一種自然発火性物質及び禁水性物質とは、第一条の五第二項の自然発火性試験において試験物品が発火するもの又は同条第五項の水との反応性試験において発生するガスが発火するものであることをいう。
7. 第二種自然発火性物質及び禁水性物質とは、第一条の五第二項の自然発火性試験において試験物品がろ紙を焦がすもの又は同条第五項の水との反応性試験において発生するガスが着火するもので、第一種自然発火性物質及び禁水性物質以外のものであることをいう。
8. 第三種自然発火性物質及び禁水性物質とは、第一種自然発火性物質及び禁水性物質又は第二種自然発火性物質及び禁水性物質以外のものであることをいう。
9. 非水溶性液体とは水溶性液体以外のものであることをいう。
10. 水溶性液体とは、一気圧において、温度20度で同容量の純水と緩やかにかき混ぜた場合に、流動がおさまったあとも当該混合液が均一な外観を維持するものであることをいう。
11. 第一種自己反応性物質とは、孔径が9ミリメートルのオリフィス板を用いて行なう第一条の七第五項の压力容器試験において破裂板が破裂するものであることをいう。
12. 第二種自己反応性物質とは、第一種自己反応性物質以外のものであることをいう。

The Control System to Ensure the Safe Storage of Chemicals  
in Educational Institutions as a Countermeasure against Earthquakes  
: In the Hachioji Area

Akio MASUDA\*, Ryuji AKANUMA\*\*, Toshiyuki HOB0\*, Tomomichi ISHIKAWA\*,  
and Masaaki YAMADA\*\*

\* Center for Urban Studies, Tokyo Metropolitan University

\*\* Faculty of Technology, Tokyo Metropolitan University

*Comprehensive Urban Studies*, No.52, 1994 pp.143-182

Most seismic damage results from fires breaking out after earthquakes. Fires originating in chemical spills and leakage make up a relatively high percentage of these, as was the case following the Great Kanto Earthquake of 1923 (approximately 30% of all fires). In the majority of chemical fires, the fires start after the chemical containers kept in cupboards are shaken off the shelves to break on the floor. The chemicals may be inflammable and are subsequently ignited by experimental apparatus or electrical appliances, such as refrigerators, and so on. Some fires begin because the chemicals ignite on exposure to air or water, or because different chemicals mix together in the spill to form compounds that spontaneously ignite.

This paper explains that the risk of chemical fire outbreak is classified according to the kinds of hazardous materials and conditions of storage etc. and is calculated from research data. Measures to reduce the risk are studied on the basis of the results obtained.

A survey into actual chemical storage practices was carried out among educational institutions in Hachioji, Tokyo. The results, evaluated from the data, and the mean risk of a chemical fire is as follows: University (Faculty of natural sciences) 1.0 (basis); Upper secondary school 0.13; Lower secondary school 0.08; University (Faculties except natural sciences) 0.08; Elementary school 0.07. Consequently, if were to experience an earthquake equal to the intensity of the Great Kanto Earthquake, it is presumed that fires would break out in most universities having natural science faculties, On the basis of these results, we investigated measures to reduce the risks of chemical fires.