文 献 紹 介

農産物の爆発性に関する最近の研究

Murray Jacobson* and John Nagy*
Food Technology, 16, (2) 32-34 (1962)

貝 沼 圭 二**

(昭和 37 年 8 月 10 日受理)

1961 年に Jacobson 等が行った農産物の粉塵中での爆発の危険性についての報告は、爆発の大部分が食品加工の際におこることを示している。食品からでてくる粉塵のほとんどすべてが、後に詳述している爆発の段階を四段にわけた際に、上の二者に属す程に爆発危険性を持っている。個々の物質の粉塵について、その危険度を認識することは、適当な予防法の採用に非常に重要なことである。

National Fire Protection Association の 1957 年の報告により、1910 年以來アメリカで報告されている工業的粉塵爆発の 30% が農産物によるものであることが明らかにされた。

また数年前に Midwest のグレインエレベーター***でおこった非常に大規模な爆発の様子を写真で示し、その他 Mine の研究所で粉塵爆発研究の際の実験装置を写真で説明している。

爆発の原因及び予防法についての初期の研究は、1922 年に Price & Brown により行われ、更に 1935 年に Edwards, Leinbach 等にうけつがれた。石炭及び鉱物質についての研究に関連して、Bureau は農産物、工業生産物について Dorsett 等が 1960 年に報告しているような方法、装置を用いて研究を行っている。Hartman 等は、トウモロコシ澱粉の爆発についての細部にわたる報告を 1950 年に出した。

粉塵爆発というのは、完全に閉鎖された、又は部分的に閉された空間で熱が発生し、その発生速度が熱の消費速度より大きいときに、特殊物質の粉塵が瞬間的に燃焼する場合におこる現象である。この燃焼の特徴は、圧

力の発生が非常に速いことである。爆発がおこるための条件としては、粉塵が雲状に分散していて、十分な点火源があると同時に、その一部が点火温度に到達していなければならない。爆発による圧力の約 80% のものは、空気や熱によつて発生した他のガスの急激膨脹に起因するものであり、残りの 20% はガス状の生産物の生成によるものである。粉塵爆発は、燃焼性ガスの爆発と類似のものである。しかしながら、粉塵の場合には炎の拡がりの速度が、ガスの場合より遅いようである。この理由としては、空気中の酸素との接触面積が、固形物の場合にはガス分子のそれに比して非常に少ないからである。それにもかかわらず、多くの例から明らかであるが、粉塵爆発の場合とガス爆発の場合は、同じ程度に大きな圧力の拡がりを示すが、このことは同一容積では、粉塵の燃焼熱は、あらゆるガスの燃焼熱に比して、かなり大きいためである。操業中の工場においては、局部的に出来た粉塵の点火は、更に他の粉塵を分散させるエネルギーを発生し、このために更に激しい二次爆発を起す原因になる。粉塵爆発の危険性は、その物質の点火性 (Ignition Sensitivity) と、引き続きおこる二次爆発の激しさに大きな関連性を持っている。種々の変数の中で、点火性は、点火温度、最少点火エネルギー、最低爆発濃度の函数と考えられ、爆発激度 (Explosion Severity) は、圧力の拡がりや圧力上昇速度に関係を持っている。粉塵の爆発性の評価を容易にし、相対危険度を数的な比で表わすために、Pittsburgh の標準的な瀝青炭の爆発の際に得た数値をもとにして、経験的インデックスを作った。そして点火性と爆発激度を次の式によつて表わした。

$$\text{点火性} = \frac{(\text{点火温度} \times \text{最大圧力上昇度}) \text{試料}}{(\text{点火温度} \times \text{最大圧力上昇度}) \text{St. Pitts. Coal.}}$$

$$\text{爆発激度} = \frac{(\text{最大爆圧} \times \text{最大圧力上昇度}) \text{試料}}{(\text{最大爆圧} \times \text{最大圧力上昇度}) \text{St. Pitts. Coal.}}$$

爆発度をあらわす、すべてのインデックスは、点火性

* Dust Explosions Research Section, Branch of Dust Explosions, Health and Safety Research of Mines, U.S. Department of the Interior, Pittsburgh.

** 農林省食糧研究所 (東京都江東区深川浜園町 2)

*** 穀物の貯蔵庫

と爆発強度の二数によつて表わされるものである。第2表に示されているインデックスは、次元のない数値で、Standard Pittsburgh Coal から得た各数値を1としたときのそれに対する比で表わしている。この数値が1より大きいことは、石炭より爆発し易いことを示している。ここにある数値は理論的考察から導かれたものではなく、実験と実際の経験から導かれたものであり、粉塵の危険度を程度によつて分けると次の四段階にわかれ、Weak, Moderate, Strong, Severe になり、これらも次に示すように経験値に基いている。

第1表 爆発の強さと各インデックス

爆発のタイプ	点 火 性	爆発強度	爆 発 の インデックス
Weak (弱)	0.2 以下	<0.5	<0.1
Moderate (中)	0.2-1.0	0.5-1.0	0.1-1.0
Strong (強)	1.5-5.0	1.0-2.0	1.1-1.0
Severe (激)	0.5 以上	>2.0	>1.0

第2表は多数の農産物についての爆発のインデックスとデーターを示すものである。ここにのせられている各物質の危険度は、数多く行われている研究中で最も高い数値のものを示している。

第2表 農産物の粉塵の爆発性^{a)}

物 質 名	相 対 比			点火温度 °C	最少点火 エネルギー (joule)	最低爆発 濃度 (oz/cu.ft.)	最大爆圧 (Psi)	最大率 (Psi/sec)
	点 火 性	爆 発 度	爆発イン デックス					
ア ル フ ァ ル フ ァ	0.1	1.2	0.1	460	0.32	0.100	66	1.100
カ ゼ イ ン	1.4	0.4	0.6	520	0.06	0.045	66	1.000
コ コ ア	1.1	1.3	1.4	420	0.10	0.045	63	1.200
コ ー ヒ ー	0.4	0.1	<0.1	410	0.16	0.085	44	500
ト ウ モ ロ コ シ	2.8	3.0	8.4	400	0.04	0.045	95	6.000
トウモロコシデキストリン	3.2	3.8	12.2	400	0.04	0.040	105	7.000
トウモロコシ 澱粉	6.6	5.4	35.6	380	0.02	0.040	115	9.000
綿 実	1.4	1.6	2.2	470	0.06	0.050	104	3.000
卵 白	<0.1	0.2	<0.1	610	0.64	0.140	58	500
ガ ー リ ッ ク	0.2	1.2	0.2	360	0.24	0.100	57	1.300
牧 草 の 種 子	0.9	0.4	0.4	470	0.08	0.060	76	1.000
麦 芽	3.1	2.1	6.5	400	0.03	0.055	92	4.400
ス キ ム ミ ル ク	1.6	0.9	1.4	490	0.05	0.050	83	2.100
牧 草	2.0	2.0	4.0	460	0.05	0.045	87	4.400
タ マ ネ ギ	<0.1	<0.1	<0.1	410	<8.32	0.132	18	100
ペ ク チ ン	2.2	4.7	10.3	410	0.03	0.075	112	8.000
馬 鈴 薯 澱粉	5.1	4.1	20.9	440	0.02	0.045	97	8.000
米	2.5	1.8	4.5	440	0.04	0.045	93	3.600
大 豆	2.2	3.4	7.5	520	0.05	0.035	99	6.500
砂 糖	5.5	2.4	13.2	350	0.03	0.035	91	5.000
茶 ^{b)}	—	<0.1	—	580	—	—	30	250
タ バ コ ^{b)}	—	<0.1	—	420	—	—	7	200
小 麦	1.3	1.9	2.5	480	0.06	0.055	103	3.600
小 麦 粉	2.1	1.8	3.8	380	0.05	0.050	95	3.700
小 麦 グ ル テ ン	1.0	—	—	520	0.08	0.050	—	—
小 麦 澱粉	10.6	4.7	49.8	380	0.02	0.025	105	8.500
酵 母 Torula	1.6	1.4	2.2					
標 準 石 炭	1.0	1.0	1.0	610	0.06	0.055	83	2.300

a) 多くの研究例中の最も高い値を採用。

b) 粉塵は電気火花で点火せず、火炎を用いて爆発させた。

最近の研究で、実験技術の改良によつて、圧力及び圧力上昇率がより高く出て来るようになった。しかし技術改良の結果でできた差というものは、係数を用い消去することができる。これらの細かいデータについては1961年に Jacobson 等が述べている。

第2表に示されているように、トウモロコシ澱粉、ジャガイモ澱粉、小麦澱粉は **Severe** な爆発性を示し、残りは **Strong~Severe** で、牧草とそれに関連する物質は、**Moderate** に属し、コーヒー、茶、タバコは **Weak** に属す。

農産物及び他の二、三の粉塵について、粒度分布の研究を行つた結果、総体的にいつて、平均粒径が小さくなると危険度が増加することが明らかにされた。No. 200の篩を通つた粒度の区分の粉塵の爆発インデックスは、平均粒径の三乗に逆比例する。第1図は爆発インデックスを計算するために用いられた点火温度、最大圧力、最低濃度、最少エネルギー、圧力上昇等のパラメーターに対して粒径が与える影響を示している。図からも明かなように、粉塵の粒径変化が点火温度、爆圧に与える影響は非常に小さい。爆発の最低濃度に与える影響については、No. 200の篩を通つたものより粗い場合にだけ明らかにされているが、これより細かい粉については無視できる。平均粒径の変化は、点火の最少エネルギー、圧力上昇率に著しい影響を与える。即ち、これらのパラメーターの変化というものは、粒径が爆発のインデックスに

第1図 平均粒径比が爆発のパラメーターの比に与える影響

与える影響と見なされる。粉塵爆発の危険性を減らすためにいろいろの方法が講じられている。このうちで効果的なものは、優れた工場管理、粉塵の拡散防止、点火源の除去、不活性ガスの使用、爆発抑制装置、通気孔の使用等がある。そして点火源の消滅、及び粉塵爆発の予防の細かい点について、National Fire Protection Association の1960~61年の出版物で示してある。