

## 弾動白砲 Mk III の性能と応用 (第15報)

無煙火薬系発射薬の弾動白砲試験, 弾動振子試験および圧力容器試験

渡辺正俊\*, 村永浩太郎\*\*, 立谷博成\*\*\*, 鈴木直久\*\*\*

不安定物質の代表的試験法である弾動白砲試験, 弾動振子試験および圧力容器試験を, 3種類の無煙火薬系発射薬(発射薬) 日本油脂㈱製シングルベース発射薬(M-1), ダブルベース発射薬(M-26), トリプルベース発射薬(M-30)に適用して危険性の評価を行なった。衝撃感度は M-26 > M-1 > M-30 の順であり, また発射薬の形状に依存することが判った。弾動白砲試験において起爆剤の量を増すと, M-26 と M-30 は TNT と同等の誘発的な静的爆発威力を示す。弾動振子試験による可変試料量試験において試料量を増すと残留未反応試料の量が増加し, 自己持続的な伝爆は起こらないものと思われた。半密閉下での間接加熱による熱分解の激しさは M-26 > M-1 > M-30 の順であり, これもまた発射薬の形状に依存することが判った。

### 1. 緒言

無煙火薬系発射薬(以下発射薬と略記)の輸送の際の危険性分類に関して発射薬の火災・爆発危険性が問題となった。筆者らは不安定物質の代表的試験法である弾動白砲試験, 弾動振子試験および圧力容器試験を3種類の発射薬に適用した。弾動白砲試験に関して, 可変起爆剤試験については衝撃感度, 小型ギャップ試験については衝撃感度, 可変試料量試験については伝爆性および爆発威力について見た, また弾動振子試験に関しては伝爆性を見た。そして圧力容器試験に関しては, 半密閉下における間接加熱による熱分解の激しさを見た。以下にその結果を報告する。

### 2. 実験

#### 2.1 試料

試験に用いた試料は, シングルベース発射薬(以下 M-1 と略記), ダブルベース発射薬(以下 M-26 と略記), トリプルベース発射薬(以下 M-30 と略記)で日本油脂㈱製品である。形状は Fig. 1 に示した。粉末

試料は粉砕機(蔵持科学製)を用いて 9 mesh pass になるように成形発射薬を粉砕して用いた。M-30 については縦に 2 回切断し 1/4 の大きさとして, 大きさの影響を見る実験も圧力容器試験について行なった。

#### 2.2 Mk III 弾動白砲試験

Mk III 弾動白砲を用いた可変起爆剤試験<sup>1)</sup>, 小型ギャップ試験<sup>2)</sup>および可変試料量試験<sup>3)</sup>の標準的方法は以前の報文に述べた通りである。ここでは行なった実験のみを具体的に述べる。

##### 2.2.1 可変起爆剤試験

Fig. 2 に示すように発射薬をセロテープでポリエチレン内筒のまわりにまきつけ, 内筒に 0 号雷管, 0 号雷管+PETN (0.1~0.3g), 又は 6 号雷管を挿入し, 全体を Mk III 弾動白砲に入れ, 2kg 投射物を取りつけて起爆した。粉末試料の試験は標準的試験<sup>1)</sup>に従って試験した。

##### 2.2.2 小型ギャップ試験

小型ギャップ試験は粉末試料について標準的方法<sup>2)</sup>に従って行なった。

##### 2.2.3 可変試料量試験

Fig. 2 (f) のように試料を配置し, Mk III 弾動白砲に挿入し 6 号雷管で起爆した。

#### 2.3 弾動振子試験

日本油脂㈱武豊工場にある弾動振子<sup>4)</sup>を用いた。伝爆性を調べるために試料量を変化させて起爆して振子の振れ幅を調べる可変試料量試験<sup>4)</sup>を採用した。

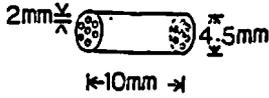
試料は径 25mm のポリエチレン袋にそれぞれ 20g,

昭和60年9月25日受理

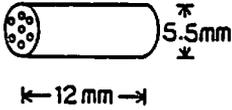
\*日本パーオキシド㈱技術部  
〒963 福島県郡山市谷島町 2-54  
TEL 0249-44-1405

\*\*日本カーリット㈱保土ヶ谷工場管理部  
〒240 横浜市保土ヶ谷区仏向町 1625  
TEL 045-331-3041

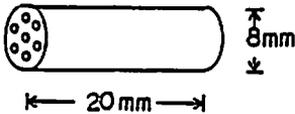
\*\*\*日本油脂㈱武豊工場化薬研究所  
〒470-23 愛知県知多郡武豊町字西門 82  
TEL 05697-2-1221



(a) M-1 5g/17pieces, 0.3 g/1 piece



(b) M-26 5g/11pieces, 0.45g/1 piece



(c) M-30 5g/3 pieces, 1.67g/1 piece

Fig. 1 Figures and weights of smokeless powders used in this experiments.

40g及び60gを入れ、その一端に20gのPETNと6号雷管を取り付けた。この試料集合体を弾動振り用臼砲の孔内に雷管を奥にして挿入し、1kgの砂を入れた紙筒をこめ物として装填して起爆した。  
振りと臼砲の間隔は15mmとした。但し、10gの試

料による実験は径20mmのポリエチレン袋に入れた20gのPETNの雷管(長さ80mm)の周りに沿わせて配置し、完全に爆発するように配慮した。20gのPETNと6号雷管だけによる振り振れ幅は3回測定した。

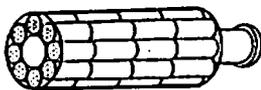
## 2.4 圧力容器試験

### 2.4.1 試験装置

圧力容器試験装置は圧力容器、加熱炉及び電圧計つきの変圧器より成り、圧力容器の外観図及び断面図をFig. 3に、加熱炉の断面図をFig. 4に示す。

圧力容器は内容積235mlのSUS 316ステンレス鋼製容器で、上部に破裂板を側部にオリフイス板を取り付けるようになっている。破裂板は径53mm、厚さ0.1mmのアルミニウムの内板で、内径36mm、外径52mm、厚さ2mmの耐熱ゴム(Viton)パッキンで両側をはさみ、その上に蓋を置いてウイングナットで締め付けるようになっている。破裂板の耐熱は常温で6.0±0.5kg/cmで側方にある開口部にはオリフイス板が取り付けられるようになっている。オリフイス板は径が32.7mm、厚さ2mmで、つぎのオリフイス径が用意されている。1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0, 10, 11, 12, 14, 16, 18および20mmである。オリフイス板には内径29mm、外径33mm、厚さ1mmの耐熱ゴム(Viton)を取り付け、その上に袋ナットで側方開口部に締めつけ取り付けられる。試料容器はアルミニウム製のカップで内径31mm、外径33mm、高さ41mmである。試料容器の断面図をFig. 5に示した。

加熱炉の電熱ヒーターの総抵抗は8.4Ωで、供給される電力は1Kw容量のスライダックで調節される。



(a) M-1 Sample



(b) M-26 Sample

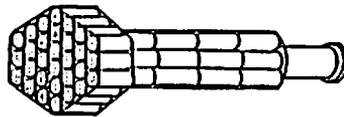


(c) M-30 Sample



(d) Crushed sample in 10ml container

(e) Crushed sample in 15ml container



(f) Sample assembly for varying sample size test

Fig. 2 Configurations of the test samples of smokeless powders for the Mk III ballistic mortar test.

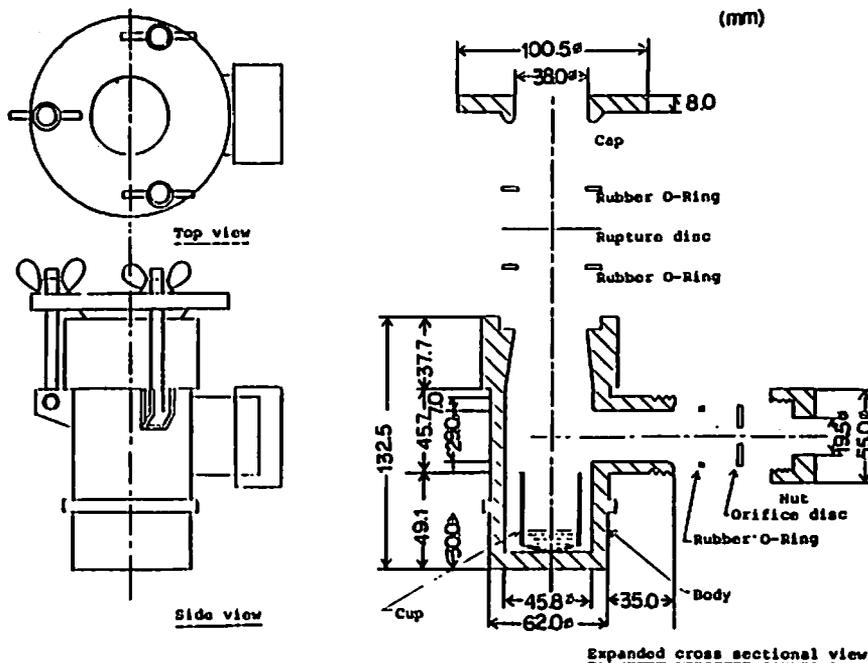


Fig. 3 Pressure vessel assembly

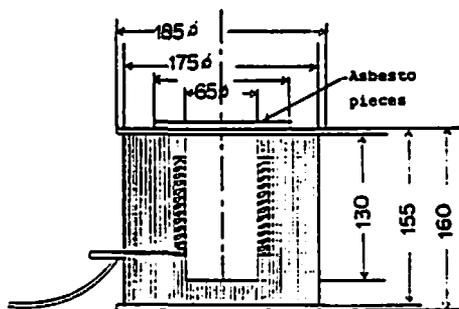


Fig. 4 Cross sectional view of the electric heater for pressure vessel. (mm)

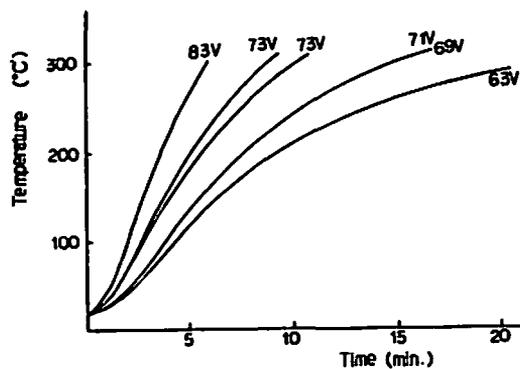


Fig. 6 Heating rates of the pressure vessel measured in 5g silicone oil with cup.

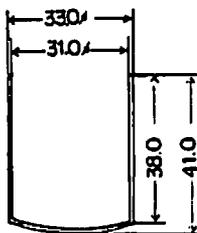


Fig. 5 Sample cup for the PV test. (mm)

電圧はスライダックの出力側に取り付けた電圧計で測定される。5gのシリコンオイルを用いた時の昇温曲線を Fig. 6 に示した。73V の電圧で 0.5~0.7 °C/s の

昇温速度がえられる。

#### 2.4.2 試験手順

少なくとも実験の30分前に加熱部のスイッチを入れ、電圧計が73Vになるようにスライダックを調節する。通常の試験では物質5gを正確にアルミニウムカップに秤かり取り、圧力容器の中に入れる。破裂板および適当な径のオリフィス板を取り付け、それぞれ袋ナットで締め付ける。破裂板の上には、破裂板の昇温を抑えるため水をはる。

圧力容器を加熱炉の上に挿入し、その時間を記録する。試料が分解したらその時間を記録し、容器を保護

**Table 1** Results of the variable initiator test for smokeless powders by Mk III ballistic motar test.  
Net swing length (mm)

Sample	Pieces	Weight (g)	Configuration	PETN equivalence (g)						
				0.18	0.28	0.38	0.48	0.60	0.70	1.2
M-1	34	5.0	Fig 2 (a)	0	32	27	94	42	76	
M-1 crushed		3.0	Fig 2 (d)	9				29		
M-26	22	5.0	Fig 2 (b)	2	27	63		109		
M-26 crushed		5.0	Fig 2 (d)	69				127		153
M-30	3	5.0	Fig 2 (c)	4	11	20		25		
M-30 crushed		5.0	Fig 2 (d)	29				100		157

**Table 2** Results of the small gap test for crushed smokeless powders by Mk III ballistic motar test.  
Net swing length (mm)

Sample	Particle size (mesh)	Weight (g)	Gap length (mm)		
			2	3	4
M-1 crushed	9 pass	1.0	0		
M-26 crushed	9 pass	1.0	5	4	0
M-30 crushed	9 pass	1.0	9	0	0

**Table 3** Results of the variable sample test for smokeless powders by Mk III ballistic motar test.

Sample	Pieces	Weight (g)	Configuration	PETN equivalence (g)	Net swing length (mm)	Remarks
M-1	34	5.0	Fig 2 (a)	0.60	42	Unreacted sample was rushed out and burned.
M-1	68	10.0	Fig 2 (f)	0.60	44	

手袋をして加熱炉から下ろす。

破裂板が破裂しなかった時は、より小さなオリフィス径を用いて破裂板が破裂するまで実験を繰り返す。破裂板が破裂したら3回の連続した実験で1回も破裂しなくなるまでオリフィス径を1回ずつ大きくして実験を続ける。3回連続で1回以上破裂板が破裂する最大オリフィス径をPVLDとしてもとめる

### 3. 結果

#### 3.1 弾動白砲試験

可変起爆剤試験、小型ギャップ試験および可変試料量試験の結果をそれぞれ Table 1, 2 及び 3 に記した。

#### 3.2 弾動振子試験

発射薬の弾動振子試験の結果を Table 4 に記した。

10g 試料による実験を除いてはいずれも未反応発射薬が残った。

#### 3.3 圧力容器試験

発射薬の圧力容器試験の結果を Table 5 に記した。

### 4. 考察

#### 4.1 発射薬の衝撃感度

発射薬の、弾動白砲試験による可変起爆剤試験および小型ギャップ試験の衝撃感度試験の結果を Fig. 7 に示した。なお、この Fig. 7 は試料量 5g を基準として図示した。可変起爆剤試験において試料量 3g を用いた場合、また小型ギャップ試験においては試料量 1g

Table 4 Results of the variable sample test for smokeless powders by ballistic pendulum test.

Sample	Weight (g)	Length (mm)	Swing length (mm)	Net swing length (mm)
PETN	20		21.0	
	20		20.7	
	20		23.7	
	20		av. 21.8	
M-1	10		28.6	6.8
	20	35	30.2	8.4
	40	70	35.1	13.3
	60	105	37.3	15.5
M-26	10		33.0	11.2
	20	35	33.0	11.2
	40	70	42.0	20.2
	60	105	46.5	24.7
M-30	10		28.2	6.4
	20	35	39.2	17.4
	40	70	45.1	22.3
	60	105	50.0	28.2

をもちいているがこの場合、すべて試料量 5g に換算して図示した。考察のために感度の参照物質とされる粉状 PETN, TNT および m-ジニトロベンゼン (DNB) のそれも Fig. 7 にしめした。

発射薬の原型品は見掛け上 M-26>M-1>M-30 の順に起爆剤の起爆衝撃に対する感度が低くなっている。しかしながら Fig. 2 の (a), (b), (c) からわかるように試料の形状が異なるために薬質の感度の比較にはならない。ここで言えることは発射薬も強い衝撃が加わった時には誘発的な爆発的分解を起こし得るということである。

発射薬の薬質としての感度と比較は粉碎品について行なった。この結果、M-1 は原型品も粉碎品も誘発時爆発分解の感度はあまり変らないが、M-26 及び M-30 では粉碎品の方が高感度であることがわかった。PETN 当量 1.2g の起爆剤で起爆すると M-26 及び M-30 は TNT と同等の静的爆発威力を示す。正味振れ幅曲線の比較から粉碎品の感度は M-26>M-30>M-1 の順であることがわかる。発射薬は強い衝撃で発火する可能性があることが推定されるが、その程度は形状に依存するので発射薬のいずれがより安全であるということとはできない。しかし、同じ形状であれば試験した発射薬の範囲では、感度は M-26>M-30>M-1 の順であるといえよう。

#### 4.2 発射薬の伝爆性

予備的な伝爆性試験として弾動臼砲試験における可変試料量試験を行なった。その結果は Table 3 に示したがこの結果は、この条件下では M-1 は伝爆しないことを示している。弾動振り試験において行なった試料と伝爆薬の量を増した可変試料量試験の結果は Table 4 に示したが、これを図示したのが Fig. 8 である。この図からのみではここで用いた発射薬が伝爆するか否かは判定し難い。しかし、実験の目視観察によれば 10g 試料による実験以外はどれも未反応試料の残留が見出されており、しかもその量は試料量を増すと増加している。したがって、伝爆薬からの距離が増すと爆発的な分解は起こらなくなるものと思われる。これを証明するためには更に規模の大きい実験が必要となる。

#### 4.3 発射薬の半密閉下での熱分解の激しさ

圧力容器試験の結果によると、分解の激しさの順序は M-26>M-1>M-30 であることを示している。しかし、これはほぼ形状が大きくなっていく順に近い。火薬の大きさの影響を見るために、M-30 を縦に 4 つに割り圧力容器試験を行なった。その結果 M-30 の P VLD は 1/4 の大きさになると 3mm から 5mm に増加することが示された。

#### 5. 結言

発射薬は起爆剤の爆轟衝撃で誘発的発熱分解をする。

**Table 5** Results of the pressure vessel test for smokeless powders.

○ : Ruptured × : Not ruptured

M-1 (16~17 pieces)

Orifice diameter (mm φ)	Results	Remarks
4	○	Burned in the vessel after ruptured. Unburned fragments of sample were resided a little.
5	○	Burned in the vessel after ruptured. Unburned fragments of sample were resided a little.
6	×○	Completely burned in case of the ruptured.
7	×××	
8	×	
PVLD	6	

M-26 . (11~12 pieces)

Orifice diameter (mm φ)	Results	Remarks
7	○	
8	×○	
9	×××	
PVLD	8	

M-30 (3 pieces)

Orifice diameter (mm φ)	Results	Remarks
2	○	Ruptured and blown up about 40cm flame. Ruptured and blown up about 20cm flame.
3	○	
4	×××	
5	×	
6		
7	×	
PVLD	3	

M-30 Samples were vertically cut into 1/4 size, and 5g sample put into the sample cup.

Orifice diameter (mm φ)	Results	Remarks
5	○	
6	×× <sup>1)</sup> × <sup>2)</sup>	<sup>1)</sup> Rupture disk swelled very much. <sup>2)</sup> Rupture disk swelled a little.
PVLD	5	

その感度は形状によって異なるが、用いた形状と大きさでは M-26>M-1>M-30 の順になった。粉碎品の

感度については M-26>M-30>M-1 の順であった。  
3種の発射薬の弾動振子試験による可変試料量試験で

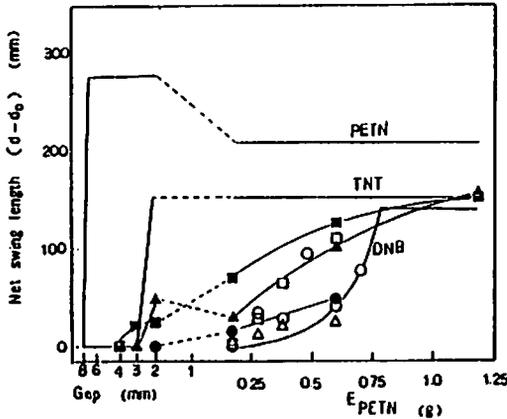


Fig. 7. Plots of the net swing length vs. shock strength for smokeless powders and the reference explosive by Mk III ballistic motar test.

○ : M-1      ● : M-1 (crushed)  
 □ : M-26      ◻ : M-26 (crushed)  
 △ : M-30      ▲ : M-30 (crushed)

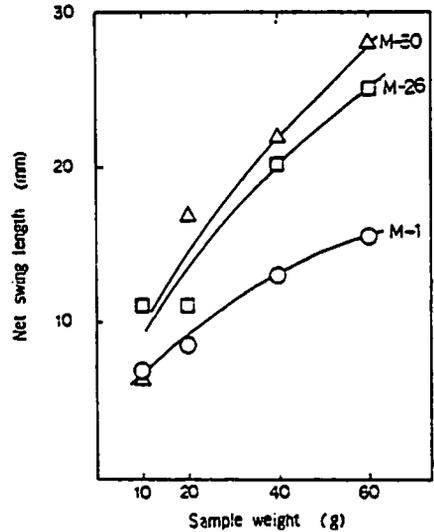


Fig. 8 Plots of net swing length vs. sample weight for the variable sample weight test for smokeless powders by ballistic pendulum test.

は試料量を増すと残留未反応試料の量が増加し、自己持続的な伝爆は起こらないものと思われた。半密閉下での間接加熱による熱分解の激しさは M-26>M-1≧M-30 の順であった。M-30 を 1/4 の大きさにして実験すると分解の激しさは増大した。熱分解の激しさも発射薬の形状に依存することがわかる。発射薬の輸送中の事故の際の危険性は発射薬の種類で分類することは困難で、国連で提案されているような実包装での起爆試験と燃焼試験<sup>9)</sup>によって個々の品目について分類格付することが妥当であろう。

#### 文 献

- 1) 村永浩太郎, 松永猛裕, 田村昌三, 安部隆幸, 吉田忠雄, 「Mk III 弾動白砲の性能と応用 (X) — 弾動白砲を用いた爆発性物質の衝撃感度の測定法」, 工業火薬, 46, 162, (1985)
- 2) 松永猛裕, 村永浩太郎, 伊藤葵, 田村昌三, 吉田忠雄, 「Mk III 弾動白砲の性能と応用 (XI) — 弾動白砲を用いた小型カードギャップ衝撃感度試験法」, 工業火薬, 46, 327, (1985)
- 3) 吉田忠雄, 村永浩太郎, 松永猛裕, 萩井英彦, 村

門徹, 田村昌三, 「Mk III 弾動白砲の性能と応用 (XII) — 有機過酸化物の衝撃感度, 伝爆性と爆発威力」, 安全工学, 印刷中 (1985)

- 4) a) 松永猛裕, 池田義之, 平井靖男, 萩井英彦, 北川宏, 吉田忠雄, 「弾動振子による有機過酸化物の伝爆性及び節的爆発力試験法の研究」安全工学, 印刷中 (1985)
- b) 吉田忠雄, 松永猛裕, 池田義之, 井上篤雄, 平井靖男, 牧山康雄, 萩井英彦, 石田俊男, 「弾動振子による有機過酸化物の伝爆性及び節的爆発力試験法の研究」(詳細報告書) 災害科学研究会, 化学部会資料 (1985)
- 5) Committee of Experts of the transport of Dangerous Goods, Group of Experts on Explosive, "Report of the Group of Experts on Explosive on Its Twenty-Fourth Session, 6-10 August 1984, United Nations Secretariat, ST/SG/AC. 10/C. 1/12/Add. 1", p 146-156 ; p. 166-167 (1984)

## Performance and Application of MkIII Ballistic Mortar (XV)

Evaluation of Fire and Explosive Hazards of Smokeless Powders by the MkIII Ballistic Mortar test, the Ballistic Pendulum test and the Pressure Vessel test

by Masatoshi WATANABE\*, Kohtaro MURANAGA\*\*,  
Hiroshige TACHIYA\*\*\*, Naohisa SUZUKI\*\*\*

The ballistic mortar test, the ballistic pendulum test and the pressure vessel test are representative tests for evaluating the fire and explosive hazards of unstable substances. In order to evaluate fire and explosive hazards, those tests applied to three kinds of smokeless powders; single base powder (M-1), double base powder (M-26), tripple base powder (M-30) manufactured by Nippon Oil & Fats Co., Ltd.

Shock sensitivity decreased in order of  $M-26 > M-1 > M-30$  and depended on size and shape of smokeless powders. When the amounts of initiating explosives were increased in the ballistic mortar test, M-26 and M-30 decomposed inductively and showed similar static explosion power to that of TNT. In the variable sample weight test using the ballistic pendulum for the powders, increasing sample weight resulted in increasing amount of remained unreacted samples. This showed that self-sustaining explosion did not occur in the samples of these powders. Violence of thermal decomposition by indirect heating in the pressure vessel is  $M-26 > M-1 > M-30$  in order and also depended on size and shape of smokeless powders.

(\*Technical Department, Nippon Peroxide Co., Ltd.

2-54 Tanishima-cho, Koriyama, Fukushima 963, Japan

\*\*Administrative Department, Hodogaya Factory, The Japan Carlit Co., Ltd. 1625 Bukko-cho, Hodogaya-ku, Yokohama 240, Japan

\*\*\*Chemicals & Explosive Laboratory, Taketoyo Plant, Nippon Oil & Fats Co., Ltd. 82 Nishimon, Taketoyo-cho, Chita-gun, Aichi 470-23, Japan)