

硝酸尿素の爆発性について

日吉玲子*, 中村 順*

硝酸尿素は、古くから爆発性化合物として知られているが、爆薬として実用化はされておらず、報告も少ない。そこで、感度や爆発性について調べたので報告する。

摩擦感度試験ではJIS 8級、落槌感度試験ではJIS 7級、衝撃起爆感度試験(カードギャップ試験)においても最小起爆衝撃波圧力が2.2~2.6GPaとなり、感度はかなり低いことが明らかになった。

薬径や密度を変化させて爆速を測定したところ、いずれの条件においても一定爆速を示し、最大爆速は約5300m/sであった。密度効果や薬径効果から、硝酸尿素はDonna Priceの提唱するII型の爆薬であると考えられる。

1. 緒言

硝酸尿素(以後UNと略記)は構造式 $H_2NCONH_2 \cdot HNO_3$ で示される爆発性化合物である。その強酸性を利用して、日本では鈍性化された状態で洗剤として市販されている。しかし、工場の乾燥工程での爆発事故例¹⁾もあり、産業爆薬として検討されたこともあったが実用化されていない。

UNに関する報告は、熱分解に関するもの^{2)~4)}、物性に関するもの⁵⁾⁶⁾、化学構造に関するもの⁷⁾⁸⁾等がそれぞれ数報あるが、感度および爆速に関するものはほとんどみられない⁹⁾。そこで本報告では各種感度試験および爆速測定を行い、UNの爆発性に関する検討を行った。

2. 実験方法

2.1 合成

本報告で使用したUNは、氷浴で冷却した希硝酸に尿素粉末を加えて攪拌することにより合成した。得られた白色結晶をろ別して、氷水、冷メタノールで洗浄したのちデシケータ中で真空乾燥させた。生成物の確認は、赤外吸収スペクトルで行った。融点測定も行ったところ、文献¹⁰⁾と同様145℃付近から分解し始めた。

爆発実験の試料には、乾燥させたUNを50メッシュのふるいを通過させて使用した。

2.2 感度試験

摩擦感度試験および落槌感度試験を火薬学会規格[ES-22]および[ES-21(1)]に従って行った。

衝撃起爆感度試験(カードギャップ試験)は火薬学会規格[ES-33(1)]に準じて行った。使用した励爆薬はテトリルペレット(仮比重1.56, 直径26.2mm, 高さ23.2mm, 重量20g)で、受爆薬の容器には内径25mmの硬質塩化ビニル管(JIS K6471, VP; 以下塩ビ管と略記)を使用し、UNの仮比重は0.68~1.3の範囲で変化させた。爆、不爆の判定は、受爆薬の底に取り付けた鉛板の爆痕と、硬質塩化ビニル管に取り付けた光ファイバーへの信号入力の有無により行った。なお、アクリル板中を通過する衝撃波の速度から圧力の校正曲線を求め¹¹⁾、試験の結果を圧力に換算した。

2.3 爆速測定

爆速の測定には、内径9mm~35mmの塩ビ管と圧力配管用炭素鋼鋼管(JIS G3454, STPG; 以下鋼管と略記)を使用し、いずれも底を付けて容器として用いた。伝爆薬にはコンポジションC-4(仮比重1.36, 各薬径につき薬長3cm分)およびテトリルペレット(カードギャップ試験で励爆薬に使用したもの)を用い、6号電気雷管で起爆した。

抵抗線法では、抵抗線として直径0.06mmのニクロム線を使用し、定電流回路を用いて電圧変化の測定を行った。

薬径効果、密度効果に関する爆速の計測にはイオンギャップ法を用いた。イオンギャップ法では直径0.3mmのエナメル線を使用し、容器上にあけた4点の穴からイオンギャップを中心部まで差し込み、計測

1999年12月14日受理

*科学警察研究所 法科学第二部 爆発研究室
〒277-0882 千葉県柏市柏の葉6-3-1
TEL 0471-35-8001
FAX 0471-33-9169

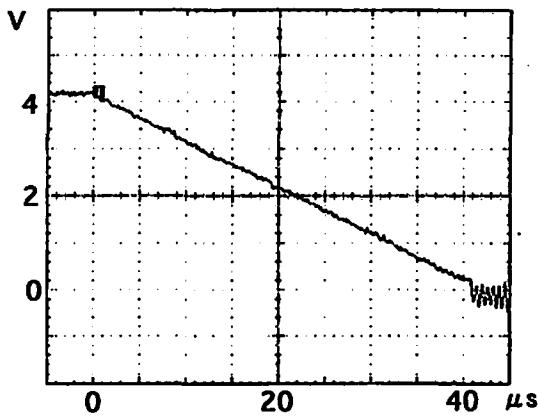


Fig. 1 Change of voltage on resistance wire probe method
Resistance wire: Nichrome (d.=0.06mm)
Bulk density: 0.68
Container: Polyvinylchloride tube(i.d.=20mm)
Booster: tetryl pellet 20g

を行った。信号の得られた時間と距離との関係から、最小二乗法により爆速を求めた。

波形の観測にはSONY Tektronix社製のオシロスコープTDS544Aを使用した。

3. 結果と考察

3. 1 感度試験

摩擦感度試験では353N(36kg)で6回とも不爆でJIS 8級、落槌感度試験では高さ50cmで6回とも不爆でJIS 7級となり、どちらの試験においてもUNの感度は低かった。

カードギャップ試験においては、仮比重0.68におけるUNの最小起爆衝撃波圧力は2.2~2.6GPaと算出された。また、UNの仮比重を1.0、1.3として試験を行ったが、仮比重1.0の場合は仮比重0.68と同じ結果が得られ、仮比重1.3では最小起爆衝撃波圧力は2.4~2.6GPaと算出されたため、感度にはほとんど差がないことがわかった。

3. 2 爆速

仮比重0.68において、抵抗線法で得られた時間に対する電圧の変化をFig. 1に示す。電圧が直線的に変化していることから、UNの爆速が一定であることがわかった。また、伝爆薬を変えて爆速を測定したところ、コンポジションC-4、テトリルペレット、電気雷管のみ(伝爆薬なし)のいずれの場合においても3,100m/s程度の一定爆速を示した。仮比重0.68における鋼管での爆速測定の精度は±1.5%であった。

さらに、今回得られた実験値を文献値⁹⁾と比較してみたところ、実験値3300m/sec(仮比重0.68, 容器:

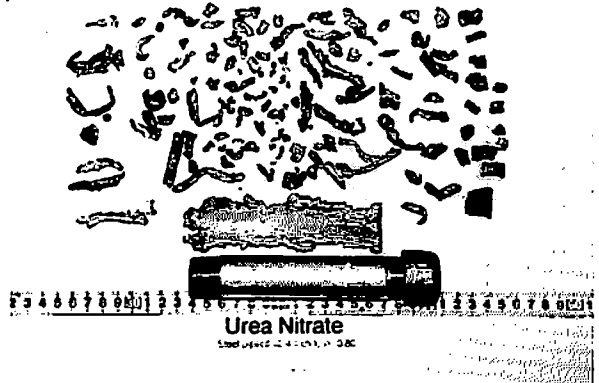


Fig. 2 Fragmented steel tube
Container: Steel tube (i.d.=22mm)
Bulk density: 0.80
Booster: Tetryl pellet (20g)

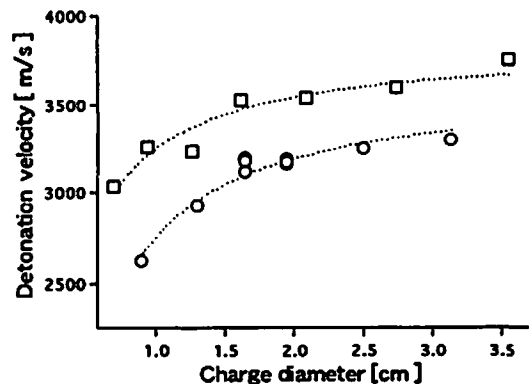


Fig. 3 Relation between charge diameter and detonation velocity
Bulk density: 0.68
Booster: Composition C-4
□: Steel tube, ○: Polyvinylchloride tube

内径30mm塩ビ管)に対し文献値3400m/sec(仮比重0.85, 容器: 内径30mm紙筒), 実験値5300m/sec(仮比重1.20, 容器: 内径22mm鋼管)に対し文献値4700m/sec(仮比重1.25, 容器: 内径30mm鋼管)と、計測条件に違いはあるが同程度の値であった。

鋼管(内径22mm)を容器として、仮比重0.8のUNをテトリルペレットを用いて起爆した時の鋼管の破片をFig. 2に示す。爆速は3920m/secであったが、鋼管はかなり細かく破片化され、なおかつ表面に光沢がみられた。

3. 2. 1 薬径効果

各容器について薬径を変化させ、イオンギャップ法で仮比重0.68において爆速を測定した結果をFig. 3に示す。各容器いずれも薬径の増大にしたがって爆速が増加していく傾向がみられた。

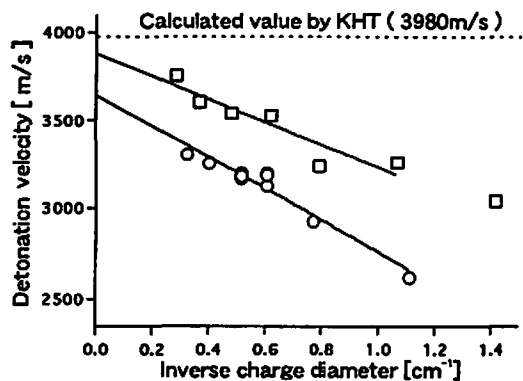


Fig. 4 Relation between inverse charge diameter and detonation velocity
Bulk density: 0.68, Booster: Composition C-4
□: Steel tube (D_0 : 3880m/s)
○: Polyvinylchloride tube (D_0 : 3640m/s)
 D_0 : Ideal detonation velocity

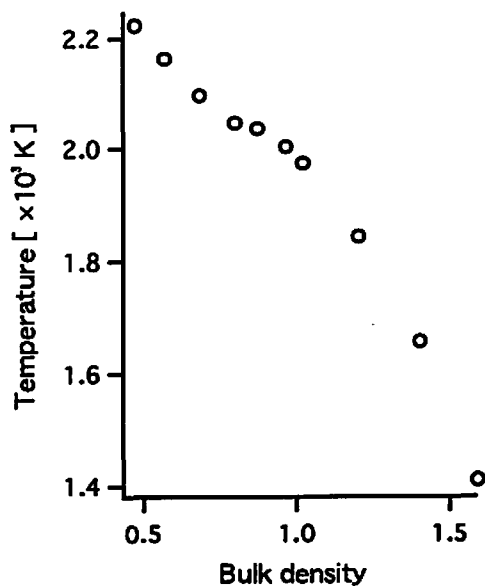


Fig. 6 Theoretical detonation temperature of UN calculated by KHT code

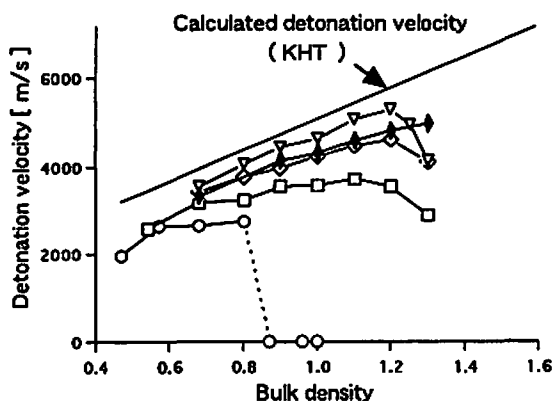


Fig. 5 Relation between detonation velocities and bulk densities
Booster: Composition C-4
▽: Steel tube, i.d. 22mm
◆: Steel tube, i.d. 16mm
◇: Steel tube, i.d. 13mm
□: Polyvinylchloride tube, i.d. 20mm
○: Polyvinylchloride tube, i.d. 9mm

また、Fig. 4に示すように、薬径の逆数に対し爆速をプロットするとほぼ直線になった。これを薬径が無限大となるところ($1/\text{薬径} = 0$)まで外挿して理想爆速を求めると、塩ビ管では3640m/s、鋼管では3880 m/sとなり、KHTコードを用いて求めた計算値3980m/sに近い値になった。

3. 2. 2 密度効果

各容器について仮比重を変化させてイオンギャップ法で測定した爆速およびKHTコードによる爆速の理論値をFig. 5に示す。なお、KHTコードによる計算ではUNの結晶密度(1.59)まで理論値を求めた。

鋼管では、仮比重の増加に伴って爆速も増大してい

き、KHTコードで求めた値にほぼ沿って変化していた。しかし、仮比重1.2以上では薬径13mmおよび22mmについては爆速の低下が見られた。薬径16mmでは低下は見られなかったが、仮比重の増加に伴い、密度変化に対する爆速の変化率が小さくなった。

塩ビ管の場合、薬径20mmで仮比重0.55~1.10においては仮比重の増加と共に爆速も増加したが、それ以上の値では爆速は低下した。薬径9mmでは、仮比重の増加と共に爆速も増加していったが、仮比重0.87、0.96および1.00においては不爆であった。このことから、仮比重0.80におけるUNの限界薬径は9mmであると考えられた。

以上のように仮比重の増加に伴い爆速は増大するが、ある極大値をとった後、爆速が減少していることから、UNはDonna Priceの提唱するII型の爆薬¹²⁾であると考えられた。

また、KHTコードによる爆ごう温度の計算では、Fig. 6に示したように仮比重が増加しても温度は下降した。それに伴い、反応速度も低下するため、爆ごうが不安定になると考えられ、実験でみられたような高密度における爆速低下の原因になっていると考えられる。

4. 結 論

硝酸尿素の感度は、あまり高くないことがわかった。仮比重0.68における最小起爆衝撃波圧力は2.2~2.6GPaと算出され、6号電気雷管だけでも起爆は可能であるが確実に起爆するためには伝爆薬を用いたほうがよいと考えられた。

爆速を測定した結果、今回行った条件の範囲内では約2600~5300m/sの一定爆速を示した。

薬径効果がみられ、仮比重0.68における薬径無限大の理想爆速はKHTコードによる計算値に近い値を示した。

密度効果もみられ、仮比重の増加に伴い爆速は増大したが、仮比重1.1~1.2以上では増大の変化率が減少、もしくは、爆速が最大値を示したのちに減少した。また仮比重の増加と共に限界薬径が大きくなることから、UNがII型の爆薬であると考えられた。

しかし、カードギャップ試験においてはII型の爆薬に特有な仮比重に対する衝撃起爆感度の変化がみられず、むしろI型の爆薬同様、感度はほとんど変化しなかった。粒子径の違いが及ぼす影響については更に検討を要する。

謝 辞

物質工学工業技術研究所の田中克己氏には、KHTコードを使用した理論計算に関し、御指導、御助言を頂いた。ここに感謝の意を表します。

文 献

1) 野々村真一, 安全工学, 4(1), 79(1965)

- 2) T. R. Narayanan Kutty and A. R. Vasudeva Murthy, *Ind. J. Technology*, 10, 309(1972)
- 3) B. M. Borham and F. A. Olson, *Thermochim. Acta.*, 6, 353(1973)
- 4) M. R. Udupa, *Thermochim. Acta.*, 55, 359(1982)
- 5) T. R. Narayanan Kutty and A. R. Vasudeva Murthy, *Ind. J. Technology*, 10, 305(1972)
- 6) T. R. Narayanan Kutty and A. R. Vasudeva Murthy, *Ind. J. Technology*, 11, 253(1972)
- 7) J. E. Worsham Jr. and W. R. Busing, *Acta Cryst.*, B25, 572(1969)
- 8) 水島容二郎, 長山征悦, 工業火薬協会誌, 18(3), 224(1957)
- 9) L. Medard, *Mem. Poudres*, 33, 113(1951); *CA*, 47, 5683g(1953)
- 10) *Encyclopedia of Explosives and Related Items*, U102
- 11) 飯田稔, 藤原修三, 日下部正夫, 工業火薬協会誌, 33(5), 291(1972)
- 12) D. Price, *Eleventh Symposium (International) on Combustion*, p. 693(1967)

Explosion properties of urea nitrate

Reiko I. HIYOSHI* and Jun NAKAMURA*

Urea nitrate (UN) is known as an explosive material, but not used in practice.

Some sensitivity tests of UN were carried out. The friction sensitivity and the shock sensitivity were low. The critical shock initiation pressure of UN (bulk density 0.68) was measured in card gap test, and shown to be 2.2~2.6GPa.

Detonation velocities of UN were measured in various cylindrical containers with composition C-4 as a booster. It was clarified that the detonation velocity of UN showed steady state detonation. Detonation velocity observed in a steel tube could be over 5000m/sec in adequate condition.

The effects of its density, diameter of charge and degree of confinement on detonation velocity were proved. The properties of UN were shown to be explosive type II proposed by Donna Price.

(*National Research Institute of Police Science, 6-3-1 Kashiwanoha, Kashiwa-shi, Chiba 277-0882, JAPAN)