

ニトロ化合物の熱反応性 (第2報*) テトリルの熱分解

原 泰毅・亀井貞男・長田英世**

テトリル及び加熱処理したテトリルの熱反応性をガス分析, DTA, NMR, IR, MS, ESR, 薄層クロマトグラフィー及び液体クロマトグラフィー等の方法を用いて検討し, さらにテトリルの熱分解によって生成する中間生成物の構造推定及び熱反応性への効果を考察して次のような結論を得た。

テトリルを徐々に加熱すると, 融点 (130°C) より低い約 120°C から NO_2 ガスの発生が認められ, $160\sim 200^{\circ}\text{C}$ で急激な発熱分解がおこる。

この分解時には NO_2 の他に NO , N_2 , CH_4 などのガスの発生をともしない, 一定温度におけるこれらのガスの発生は自発的に進行する。これらの発生速度から求めたテトリルの分解の活性化エネルギーは 35kcal/mole となった。

DTA では加熱処理したテトリルは未処理のものより分解温度が低く, また分解ガスの発生速度も大きく, したがってテトリルは熱に対するメモリー効果を示す。

テトリルの分解過程で TNA 及びピクリン酸の生成が認められるが, これらはテトリルの分解を促進しない。

テトリルの加熱時にラジカルが生成するが, このラジカルはピクリン酸より生じるラジカルと同じである。

1. 緒 言

N-メチル-*N*, 2, 4, 6-テトラニトロアニリン (テトリル) は, わが国で伝爆薬または雷管の添装薬として, また外国では二成分系さく薬の成分として用いられている。

ニトロ化合物の熱反応性として前報¹⁾で TNT の熱分解について報告したのに続き, 本研究はテトリルの熱分解機構を検討するため, 示差熱分析 (DTA), 熱重量測定 (TG), 発生ガス分析, さらに赤外吸収スペクトル (IR), 核磁気共鳴吸収スペクトル (NMR), 質量分析 (MS), 電子スピン共鳴吸収スペクトル (ESR) などの機器分析法を用いて, 分解速度の測定や, 分解過程における中間体の分析などを行った。また試料の受けた熱履歴の影響についても検討した。

2. 実 験

2-1 試 料

テトリル及び 2, 4, 6-トリニトロアニソール (TNA) は中国化学薬株式会社製のもので, テトリルはエタノールから再結晶し, 融点は $129.5\sim 130.5^{\circ}\text{C}$ (文献値

129.45°C ²⁾, TNA はメタノールから再結晶し, 融点 $68\sim 69^{\circ}\text{C}$ (文献値 $67\sim 68^{\circ}\text{C}$ ³⁾) を示した。

またピクリン酸は市販の試薬一般をそのまま使用した。

加熱処理した試料は, テトリル 200mg を内径 6mm 高さ 60mm の石英製容器に入れ, 所定の温度に加熱した炉内に挿入し, 3時間加熱して得た。

2-2 DTA, TG

前報と同じ長計量器製自動微分示差熱天秤 TRDA-1-H 型を使用し, 昇温速度 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ で空气中で測定した。また内径 6mm, 高さ 60mm の石英製円筒容器を使用した自製の DTA 装置を併用した。

2-3 分解ガスの分析

テトリルの熱分解の際に発生するガスのうちで, N_2 , NO , CH_4 は熱分解炉 (島津製 PYR-1A) をガスクロマトグラフ (島津製 GC-1C) に接続させ, 試料をヘリウム雰囲気中で恒温にした分解炉に導入して加熱し, 一定時間ごとにキャリアーガス (He) の流路を分解炉の方に切り換えて 10秒間流し, 発生ガスをガスクロマトグラフに導いて分析した。この操作を繰返して連続的にガス発生量を測定した。試料容器は長さ 10mm, 幅 3mm の白金ボートを使用した。

昭和48年5月10日受理

* 第1報: 原泰毅, 亀井貞男, 長田英世工火34, 147 (1973)

** 九州工業大学工業化学科, 北九州市戸畑区仙水町

キャリアーガス流速は 60ml/min, 充填剤は MS-13X (長さ 75cm×3, 直径 3mm) を使用し, カラム温度 50°C で分析した。

NO₂ は分解炉で発生したガスをキャリアーガス (He 250ml/min) で連続的に GR 試薬に吹き込んで発色させ, 前報と同様な分光分析によって定量した。

2-4 高速液体クロマトグラフ

165°C, 3時間加熱処理した試料 300mg を 2ml のクロロホルムに溶解し, その 5μl をカラムに注入した。

装置は自製で, 分離条件は, カラム (2.1mm×1m) : ETH (エーテル結合を有する液相, Du Pont 社製), 溶解液: n-ヘプタン+iso プロパノール (7+3), 流速: 1.8ml/min で, 検出には UV 検出器 (λ=260nm) を用いた。

2-5 機器分析

IR は島津製 IR-27S 型を用い, 固体試料は KBr 法液体試料は液膜法によって測定した。

NMR は日本電子製 JNMC-60HL 型を用い, 試料濃度 20~25% (市販特級アセトン溶媒) で測定した。

MS は日本電子製 JEOL-01S 型を用い, 直接導入法により測定した。試料の気化室の温度は 100~230°C であった。

ESR は日本電子製 JES-ME 型を用い, 試料を加熱しながら測定した。

3. 結果及び考察

3-1 DTA, TG

テトリルの TRDA₁-H 型装置による DTA, TG 図及び徐々に加熱しながら発生する NO₂ ガスを定量した結果を Fig. 1 に示した。

131°C より融解による吸熱ピークが現われ, 160°C 付近より重量減少をとまう発熱分解がおり, これ

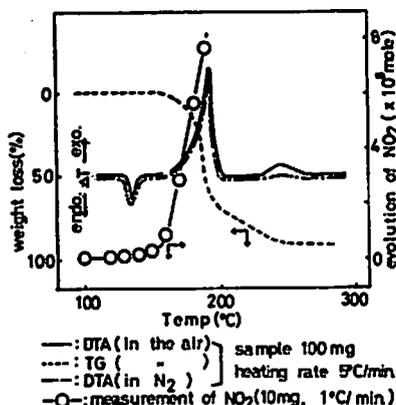


Fig. 1 Thermal analysis of tetryl

は 190°C 付近でピークを示し, 約 200°C で終了する。続いて 230°C から小さな発熱ピークが現われるが, これは窒素中で測定するとほとんど消失してしまうので, 160°C~200°C で分解した残留物が空気中の酸素によって酸化されるために生じるピークだと考えられる。

重量は発熱に対応して減少を示し, 第 1 段目の発熱ピーク温度で急激な減少を示している。200°C 以上では重量減少は緩慢となり, 280°C における減少率は約 90% に達する。約 10% の残留物は黒褐色ポリマー状の粘着物質及びカーボンなどであった。

DTA, TG 及び NO₂ ガスの発生量から考えると 160~200°C の反応が分解の主反応と考えられるが, NO₂ は 120°C の低温でも微量発生している。テトリルは融解時に分解をとまうという報告⁴⁾ もあるが, 本実験では融解前においてわずかながら分解することを示している。

3-2 分解ガス発生速度の測定

試料を種々の温度で加熱して発生してくるガスのうち, NO₂, NO, N₂, CH₄ についてその発生速度を測定して Fig. 2 に示した。

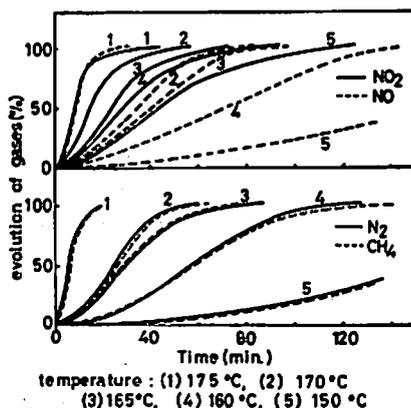


Fig. 2 The rate of gas evolution

この結果, これらの曲線の型はガスの種類によらず S 字型となり, また NO₂ ガスを除くと同温度, 同時間におけるガス発生率はほぼ同じ値を示している。NO₂ の発生速度はその他のものより少し早い, 測定法が他のガスと異なるのでその影響も加味されているものと考えられる。

この分解率と時間の関係を示す速度式としては, 曲線の型から推測されるように, 自触式 $dx/dt=kx(1-x)$ が適当であり, この式の積分式より $\ln(x/1-x)$ と時間 t の関係は, 分解率 x が 10~15% から 80% 程度まで良い直線性を示した。この直線の傾きより速

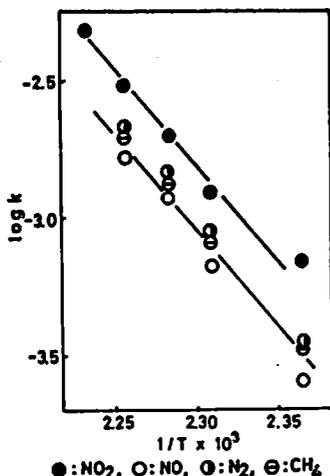


Fig. 3 Arrhenius plots for the thermal decomposition of tetryl

度定数を求め、 k と温度との Arrhenius の関係をプロットして Fig. 3 に示した。

上述したように、同一条件ではガスの種類によらず同じ発生率を示し、したがってほとんど同じ k の値が得られ、また直線の傾きより得られる見掛けの活性化エネルギーもほとんど同じ値 35kcal/mole を示した。

後述するように、加熱に対してテトリルの芳香環はかなり安定であるが、ニトラミンの部分が発熱であり、この部分の分解によって上記のガスが発生すると考えれば、これらの生成ガスの各温度における発生速度はほぼ同じであり、また分解の活性化エネルギーがほとんど同じであることより、これらのガスの発生機構は同じ律速段階によるものと推測される。

なおテトリルの熱分解の活性化エネルギーについて Robertson⁹⁾ は 211~260°C の温度範囲で 38.0kcal/mole, Cook ら¹⁰⁾ は 132~164°C の温度範囲で、重量変化測定法により 34.9kcal/mole の値を得ており、本実験の値と一致している。

3-3 熱処理の影響

3-3-1 DTA 及び ESR スペクトル

テトリルを昇温速度 5°C/min で加熱し、所定温度に達した後急冷した試料の DTA 図を Fig. 4 に示した。加熱温度が高くなるにしたがい、230°C以上の分解残留物の酸化による発熱ピークはほとんど影響を受けないが、融点及び第1段目の発熱分解はその開始温度及びピーク温度ともに未処理のものより低くなる。180°Cまで加熱した試料は、融点が20°C、分解ピークが12°Cも低温側にずれ、加熱処理することにより分解しやすくなり不安定になる。

所定温度で3時間加熱した試料の DAT 図を Fig. 5

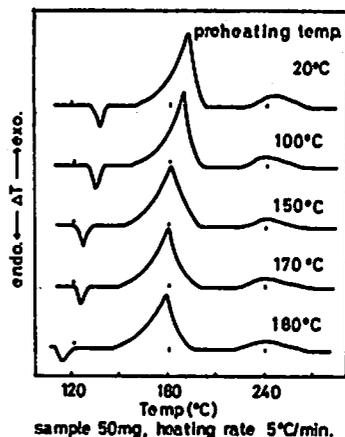


Fig. 4 DTA curves of preheated tetryl at 5°C/min

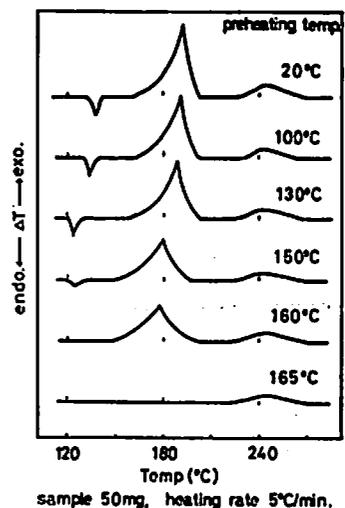


Fig. 5 DAT curves of preheated tetryl for 3 hours

に示したが、長時間加熱を行えばさらにこの傾向は強く現われた。しかし、融点及び分解開始温度、分解ピーク温度は低下するが、これらのピークの面積は小さくなり、160°C、3時間加熱処理した試料については、冷却しても凝固せず、したがって再加熱で融解の吸熱が出ず、発熱ピークのみが記録される。

さらに 165°C、3時間の条件以上の試料については、吸熱及び第1段発熱ピークは現われず、残留物の酸化と思われる 230~270°C のわずかな発熱が現われるのみで、加熱処理することにより第1段目の分解反応は既に終了したことを示している。

予熱した試料が分解しやすくなり、またテトリルの分解が自発的に進行することから、前報の TNT と同様に、一度加熱したのものの中には分解を促進する活性

種が存在するものと思われる。Jones ら⁷⁾もテトリルを一定温度で加熱して、発火するまでの時間を測定し、予熱した試料はこの時間が短くなることを示し、いわゆるメモリー効果を示すことを報告している。

この活性種は前報と同様にある種のラジカルと推定されるので ESR スペクトルを測定し Fig.6 に示した。

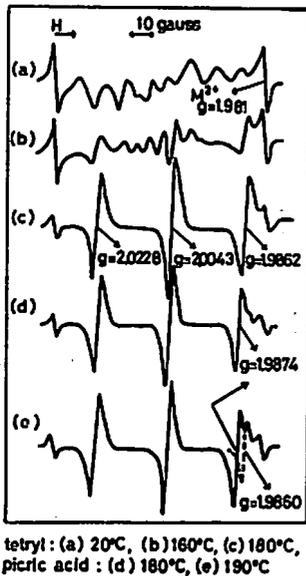


Fig. 6 ESR spectra of tetryl and picric acid

未処理のテトリル中にもすでにラジカルを含んでいる (a)。これはテトリルを融解して冷却した直後測定すると現れないが、数日放置すると再び現われる。溶解することにより再結合などで消失するが、低温でも光反応などによってテトリルが分解するときに発生するものと考えられる。

温度を上げると(c)に示した g 値がそれぞれ1.9862, 2.0043, 2.0228 の3本の吸収ピークが大きくなるが、この3つのピークは約140°Cから(a)のスペクトルの間に認められる。即ちこの温度はテトリルの融解直後の温度であり、 NO_2 ガスの発生が顕著に現われ始める温度と一致する。

後述するようにテトリルの熱分解時にピクリン酸やTNAが生成し、またJanzen⁸⁾はピクリン酸を加熱すると130°CからtripletのESRスペクトルが得られることを報告しているので、ピクリン酸のESRスペクトルをFig.6に併記した。

ピクリン酸では室温から170°Cの温度範囲で、ラジカルは検出されなかったが180°Cで(d)の吸収スペクトルが得られた。この温度はFig.12に示したピクリ

ン酸のDTAにおける発熱開始温度に近い。このtripletはテトリルのスペクトルとわずかに異なる。即ち一番高磁場に現われるピークの g 値が異なっている。

このピークは温度を190°Cに上げると2本に分裂する(e)。新しく生じたピークの g 値を外挿して求めるとテトリルのものと一致する。温度を190°Cから徐々に冷却すると、 $g=1.9874$ のピークが小さくなり、逆に $g=1.9860$ のピークが大きくなり130°C付近では(c)のスペクトルとほとんど一致する。

またTNAは室温でラジカルが検出されたが、このラジカルはテトリルと同様に融解させ(80°C)冷却直後では認められないが、1時間後には同じスペクトルが明らかに検出される。TNAは230°C付近から発熱分解が始まるが(Fig.12)、190°C以下で室温で得られたスペクトル以外のESRスペクトルは得られなかった。

以上のことから、テトリルより生じるラジカルはピクリン酸から2次的に発生するラジカルと一致し、テトリルの熱分解過程でピクリン酸が生成することより、この生成したピクリン酸から生じるものと推定される。またこのラジカルは冷却過程でも消失せず、かなり安定なラジカルである。

3-3-2 発生ガスの分析

加熱処理したテトリルは分解温度が低くなり、またメモリー効果を有することから、分解速度も未処理のものより大きくなることが予想される。

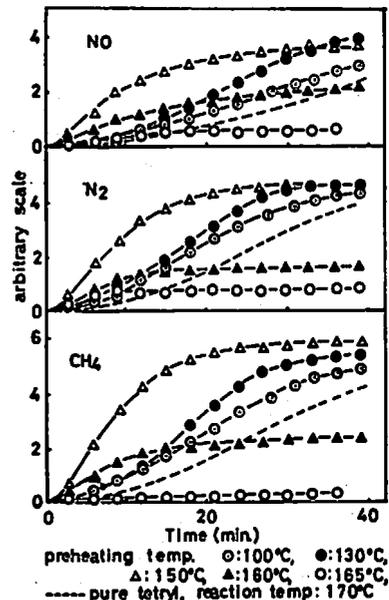


Fig. 7 The rate of gas evolution from preheated tetryl

所定の温度で3時間加熱したテトリルを、一定温度(170°C)で加熱する際に発生する NO, N₂, CH₄ の発生速度を測定し Fig. 7 に示した。

加熱処理温度が 130°C までのものは、未処理のテトリルと同様な S 字型のガス発生曲線となるが、発生速度は未処理のものより大きいことを示している。処理温度が 150°C を越えると発生曲線の型が S 字型から変化し、分解反応の次数が自触型でなくなる。例えば 150°C 3 時間処理した試料は自触式から大きくはずれ、 $dx/dt=k(1-x)^{1/2}$ の 1/2 次式によく一致した。

160°C 以上の温度で予熱したものは、初期のガス発生速度は未処理のものより早い、発生ガス量は急激に減少し、165°C 処理の試料では約 1/6 程度まで減少する。これは DTA で示したように、第 1 段目の発熱分解が予熱の間に進行しているためだと考えられる。

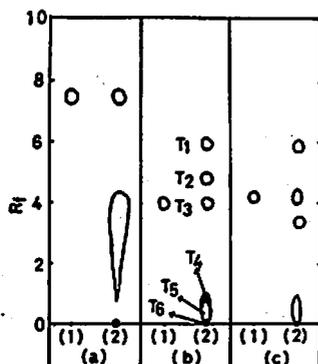
また未処理の試料と熱処理したものの分解反応次数が変化するのは、前報にも述べたように、熱処理したものが分解を促進する活性種をすでに含んでいるのに対して、未処理のものはこれらを生成する段階を経て反応が進行するなど、反応律速段階の相違によるものと考えられる。

3-3-3 分解生成物の分析

Fig. 5 に見られるようにテトリルを 165°C、3 時間加熱したものは主分解反応がほとんど終了している。したがって、この試料について種々の分離分析を行ない、テトリルを加熱することによって生成する物質の同定を行った。

まず薄層クロマトグラフィーによる分離を行ない、その結果を Fig. 8 に示した。

使用した 3 種の展開溶媒のうち、酢酸エチルでは分離が悪く、クロロホルム溶媒で、原点を含めて T₁~T₆ の成分に分離された。



sample: (1) tetryl, (2) heated tetryl
developer: (a) ethylacetate,
(b) chloroform, (c) benzene

Fig. 8 Thin-layer chromatography of heated tetryl (165°C, 3 hours)

の成分に分離された。

次に液体クロマトグラフィーでは Fig. 9 に示したように L₁~L₅ の成分に分離された。このようにして分離した試料を IR (Fig. 10), MS, NMR, などの機器分析によって同定した結果を考察する。

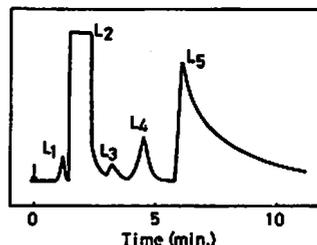


Fig. 9 Column chromatogram of heated tetryl (165°C, 3 hours)

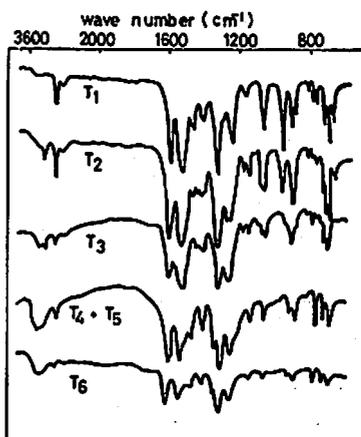


Fig. 10 IR spectra of fractions obtained from heated tetryl by thin-layer chromatography

L₁ は試料が少なく確認できなかったが、T₁ は IR から芳香環及び -C-NO₂ の吸収が明確で、芳香族ニトロ化合物である。

T₂ と L₂ の IR はほとんどよく一致し、さらに、これは TNA のスペクトル⁹⁾と指紋領域までよく一致している。また L₂ の MS による分子イオンピークは 243 で TNA の分子量と一致し、さらに NMR の -O-CH₃ のメチル基およびフェニルプロトンのシフト ($\delta=4.20, 8.94$) も文献¹⁰⁾と一致し、IR の結果を支持しており、テトリルの加熱により TNA が生成することが確認された。

L₃ は試料が微量で確認できなかったが、また T₃ も IR からは、ピークがブロードな -C-NO₂ の吸収が認められるのみであった。

T₄, T₅ は分離不十分のため合せて分取した。IR ス

ベクトルは市販試薬のピクリン酸とよく似たスペクトルを示す。また MS は試料室の温度を 160~190°C とし て気化する成分についてはピクリン酸と同様なパターンを示すが、さらに気化室の温度を上げると $m/e=44$ のピークが特異的で、これは CO_2 によるものと考えられるから、 T_4 、 T_3 はピクリン酸を含んだ酸化生成物と考えられる。

L_4 のリテンションタイムはテトリルと一致し、MS は $m/e=247, 245, 241$ のピークが大きい、試料が微量で確認できなかった。

L_3 はピクリン酸のリテンションタイムと一致するが、また IR スペクトルはピクリン酸の吸収帯はすべて持っているが一致は完全でない。また MS ではピクリン酸の分子イオンピーク 229 が存在し、他に L_4 と同様なピークが存在する。気化室の温度を上げると $T_4(T_3)$ と同様に 44 のピークが大きくなり、 L_3 はピクリン酸を含んだ気化し難い酸化生成物だと考えられる。

薄層クロマトグラフィーの原点のものは、 T_4 とほとんど同じ結果を示した。

以上の結果よりテトリルの熱分解によって生成するものは主に TNA とピクリン酸であるが、分取されたものの重量比は $L_4/L_3=5/1$ で、 L_3 が不純であるためこの比はさらに大きいものと考えられる。

テトリルの分解過程におけるこの TNA の生成及び分解過程は NMR によく現われる。即ち所定の温度に加熱した試料の NMR スペクトル図を Fig. 11 に示した。室温から 130°C まではほとんど変化なく、 $\delta=3.68$ 及び 9.23 のピークは $-\text{N}-\text{CH}_3$ 基のプロトン及びベンゼン環のプロトンによるものである。150°C になると $\delta=4.2$ のピークが新たに現われるが、これは前述したように TNA のメチル基のプロトンによる

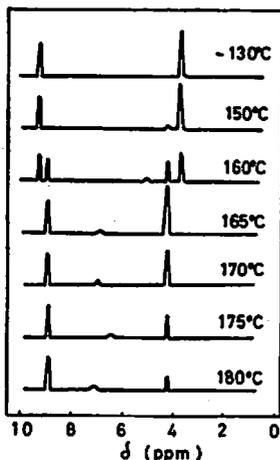


Fig. 11 NMR spectra of heated tetryl

ものであり、また 160°C ではベンゼン環のプロトンピークも、テトリルのものの他に TNA によるものが認められる。TNA の 2 つのピークは温度の上昇とともに大きくなるが、それにもないテトリルのプロトンによるピークは小さくなり、TNA のピークが最大となる 165°C で消滅する。これは DTA (Fig. 5) の第 1 段発熱ピークの消失温度と一致している。さらに高温になると、この TNA のプロトンのピークも小さくなり、さらに分解が進行することがわかる。

また芳香族プロトンとメチルプロトンのピークの間 に小さなピークが数種認められ、TNA やピクリン酸の他に数種の分解生成物を含んでいることがわかる。

3-4 TNA 及びピクリン酸の影響

テトリルの分解過程において TNA やピクリン酸が生成することが確認されたので、これらがテトリルの分解に及ぼす影響を DTA により検討し、Fig. 12 に示した。

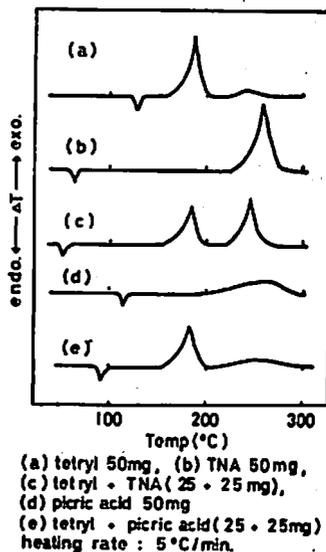


Fig. 12 DTA curves of mixtures of tetryl and TNA, picric acid

これらをテトリルに混合することにより融点が下がり、したがって吸熱ピークは低温側にずれる。しかしテトリルの分解温度は純テトリルのものとほとんど同じであり、TNA もピクリン酸もほとんど影響を及ぼしていない。TNA の分解ピーク (230~280°C) がテトリルと混合することにより約 10°C 低くなっている。

4. 結 論

以上の結果より次のような結論が得られる。

テトリルを徐々に加熱すると融点 (130°C) より低い温度 (約 120°C) から NO_2 ガスの発生が認められ、ついで 160~200°C で急激な発熱分解が起こり、さら

に少量の分解残渣が 230~260°C で空気中の酸素により酸化される。

この分解時には NO₂ の他に NO, N₂, CH₄ などのガスの発生をとめない、一定温度におけるこれらのガスの発生は自発的に進行する。

これらのガス発生速度より求めたテトリルの熱分解の活性化エネルギーは 35kcal/mole となった。

テトリルを加熱処理すると、未処理のものより DTA における分解温度が低く、また分解ガスの発生速度も大きくなり、したがってテトリルは熱に対するメモリー効果を示す。

テトリルの分解過程で 2,4,6-トリニトロアニソールやピクリン酸が生成する。しかしこれらはテトリルの熱分解を促進しない。

テトリルの加熱時にラジカルが生成するが、このラジカルはピクリン酸より生成するラジカルと一致する。

終りに機器分析関係で御協力頂きました三菱化成黒崎工場開発部の方々に感謝致します。またこの研究には火薬工業技術奨励会の研究助成金を一部使用させて頂きました。ここに感謝致します。

文 献

- 1) 原泰敏, 亀井貞男, 長田英世, 工火 34, 147 (1973)
- 2) 化学大辞典編集委員会編, 化学大辞典 6, 共立, (1961) p. 169
- 3) *ibid.*, p. 494
- 4) T. Urbanski, "Chemistry and Technology of Explosives" vol. 3, Pergamon, Oxford (1967) p. 52
- 5) A. J. B. Robertson, *Trans. Faraday Soc.*, 44, 667 (1948)
- 6) M. A. Cook and M. Taylor Abegg, *Ind. Eng. Chem.*, 48, 1090 (1956)
- 7) M. M. Jones and H. J. Jackson, *Explosivestoffe*, 9, 177 (1959)
- 8) E. G. Janzen, *J. Amer. Chem. Soc.*, 87, 3531 (1965)
- 9) Sadtler Research Laboratories, *Catalog of Infrared Spectrograms*, 34871 (1969)
- 10) Sadtler Research Laboratories, *Nuclear Magnetic Resonance Spectra 6147M* (1969)

The Thermal Reactivities of Nitro Compounds. II. The Decomposition of Tetryl

by Y. Hara, S. Kamei and H. Osada

The thermal decomposition of tetryl was studied by thermal analysis and various instrumental methods such as NMR, IR, MS, ESR, gas chromatography, thin-layer chromatography and liquid chromatography.

The decomposition temperature and the rate of decomposition of tetryl were measured, and the change of molecular structure of tetryl in the process of decomposition was discussed in this report.

The first exothermic decomposition occurs at 160°C and the second occurs at 230°C. Tetryl decomposes with evolution of gases such as NO₂, NO, N₂ and CH₄, and the rate of evolution of these gases indicate that the decomposition of tetryl is an autocatalytic reaction. The activation energy of this reaction is 35kcal/mole.

According to the data of the DTA and the rate of gas evolution, tetryl preheated decomposes at a lower temperature, and the rate of decomposition is much faster than that of tetryl. Therefore tetryl decomposes with the memory effects.

The structure of some fractions obtained from preheated tetryl by chromatography was recognized as 2,4,6-trinitroanisole (TNA), picric acid and some other unknown

compounds. But TNA and picric acid do not promote the decomposition of tetryl. Some radicals are formed from tetryl on heating, and same radicals are produced from picric acid.

(Department of Industrial Chemistry, Kyushu Institute of Technology, Sensui, Tobata, Kitakyushu,)

ニュース

スペイン ERT 社がアメリカの火薬技術ノ ーハウを使用

火薬製造に関し最も古いスペインの Union Explosivos Rio Tinto SA (ERT) が非軍用火薬を作るために U.S.A. Salt Lake City にある Ireco Chemicals Co. のノーハウを購入するであろう。今 Ireco と締結しているような技術協力に関する協定は三年前 Dynamit Nobel AG と結んだものと同様である。

(Europa Chemie 2-73, p.68)

(木村 真)

新しい低コスト推進薬

Ariation Week & Space Technology 2/12 (1973) Aerojet Solid Propulsion Co. は低コスト推進薬の燃焼試験を行ったが、他の推進薬以上の性能を有し、加工性、構造特性および老化性が改良されている。カリフォルニア州 Edwards AFB における空軍ロケット推進研究所での大型モーター燃焼で、高充填の末端水酸基ポリブタジエン (HTPB) からなるこの推進薬は予期した性能を示した。HTPB は広い用途があり、スペースシャトル用や潜水艦発射ミサイル用の固体モーターに使用できる。HTPB は他種のもので固体成分85~86%であるのに対し90%組成とすることが可能で、この高密度のため高比推力を生じ、飛程およびペイロード能力を向上させる。HTPB は初期には Space General Astrobee ロケットに使用され、最近のテストでは USAF Minuteman ICBM モーターの第二段に注型された。

(山下)

燃焼学会開催

来年6月26日~28日ドイツ、カールスルーヘ所在の推薬、爆薬化学研究所において、国際学会が開かれます。締切は1974年2月15日、予稿は4月15日まで提出のこと、講演時間は20分で討論に10分あててある由です。

テーマは、銃砲、ロケット、ジェットエンジン、ピストンエンジンに関する燃焼を主とし、外に点火、増感、減感、燃焼安定、燃焼減少の論文も歓迎します。またエンジンの有害排気のテーマも歓迎しますとのこと。申込み先は

Institut für Chemie der Treib- und Explosivstoffe,
7501 Berghausen bei Karlsruhe, West Germany

(水島)

爆発溶接により深海のパイプラインを製造

International Research & Development 社と Department of Trade & Industry 社は外径32インチ、肉厚0.75インチの管の空中並びに水中の爆発溶接について契約を結んだ。この方法は重ね継ぎで爆薬を管内におき外側の管を一時的に支持するか又はスリーブで爆発溶接する。水中の爆発溶接では接合面は乾燥していなければならないが8インチ管では成功しており、32インチ管で成功すれば海底の配管や管の修理工事が可能となる。現在は敷設船上で溶接した管を用いるが、400フィート以上の深海では管が支持されない部分が多くここに高い応力を生ずる。修理は400フィートの海底から管を引揚げることは実際上不可能である。現在海底作業に実績のある Vickers 社と研究中である。

Engineer 236, 17 ('73)

(木村 真)