

Table 11 Paraquat and/or Diquat inquiries received at JPIC by age in 2001-2008

	Under 6	6-19	20-64	Over 64	Unknown	Total
	No.of calls (%)	No.of calls (%)	No.of calls (%)	No.of calls (%)	No.of calls (%)	No.of calls (%)
2001	1 (1.8)	0 (0.0)	23 (41.1)	18 (32.1)	14 (25.0)	56 (100.0)
2002	1 (1.7)	1 (1.7)	24 (40.7)	20 (33.9)	13 (22.0)	59 (100.0)
2003	1 (2.1)	2 (4.3)	21 (44.7)	14 (29.8)	9 (19.1)	47 (100.0)
2004	2 (4.8)	1 (2.3)	18 (42.9)	13 (31.0)	8 (19.0)	42 (100.0)
2005	0 (0.0)	0 (0.0)	14 (42.4)	14 (42.4)	5 (15.2)	33 (100.0)
2006	0 (0.0)	0 (0.0)	17 (56.7)	11 (36.7)	2 (6.7)	30 (100.0)
2007	0 (0.0)	0 (0.0)	11 (34.4)	15 (46.9)	6 (18.8)	32 (100.0)
2008	1 (3.7)	0 (0.0)	19 (70.4)	7 (25.9)	0 (0.0)	27 (100.0)
Total (%)	6 (1.8)	4 (1.2)	147 (45.1)	112 (34.4)	57 (17.5)	326 (100.0)

Table 12 Paraquat and/or Diquat inquiries received at JPIC by reason for exposure in 2001-2008

	Accidental exposure	Occupational accident	Unknown accident	Attempted suicide	Other intentional	Unknown intentional	Unknown	Total
	No.of calls (%)	No.of calls (%)	No.of calls (%)	No.of calls (%)	No.of calls (%)	No.of calls (%)	No.of calls (%)	No.of calls (%)
2001	13 (23.2)	9 (16.1)	1 (1.8)	21 (37.5)	0 (0.0)	7 (12.5)	5 (8.9)	56 (100.0)
2002	12 (20.3)	4 (6.8)	5 (8.5)	24 (40.7)	0 (0.0)	6 (10.2)	8 (13.6)	59 (100.0)
2003	6 (12.8)	3 (6.4)	2 (4.3)	25 (53.2)	0 (0.0)	7 (14.9)	4 (8.5)	47 (100.0)
2004	6 (14.3)	3 (7.1)	0 (0.0)	20 (47.6)	0 (0.0)	4 (9.5)	9 (21.4)	42 (100.0)
2005	5 (15.2)	5 (15.2)	1 (3.0)	15 (45.5)	0 (0.0)	3 (9.1)	4 (12.1)	33 (100.0)
2006	5 (16.7)	8 (26.7)	1 (3.3)	11 (36.7)	0 (0.0)	1 (3.3)	4 (13.3)	30 (100.0)
2007	5 (15.6)	5 (15.6)	0 (0.0)	19 (59.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (9.4)	32 (100.0)
2008	2 (7.4)	4 (14.8)	0 (0.0)	17 (63.0)	1 (3.7)	1 (3.7)	2 (7.4)	27 (100.0)
Total (%)	54 (16.6)	41 (12.6)	10 (3.1)	152 (46.6)	1 (0.3)	29 (8.9)	39 (12.0)	326 (100.0)

Table 13 Annual case reports of drug and toxic poisoning in Japan<sup>21-34)</sup>  
 (Paraquat and/or Diquat, 1993-2006, National Research Institute of Police Science )

	Paraquat and diquat	Paraquat	Paraquat related	Diquat	Total
1993	269	87	0	5	361
1994	261	93	0	1	355
1995	217	72	0	7	296
1996	203	75	0	3	281
1997	186	82	2	4	274
1998	214	68	0	4	286
1999	222	79	0	3	304
2000	231	60	0	2	293
2001	162	50	0	4	216
2002	189	61	0	4	254
2003	188	45	0	3	236
2004	128	48	0	3	179
2005	135	44	0	1	180
2006	127	44	0	2	173
Total	2,732	908	2	46	3,688
(%)	(74.1)	(24.6)	(0.1)	(1.2)	(100.0)

## 1,1-ジメチルヒドラジン

## 0. 概要

1,1-ジメチルヒドラジンは、ロケット燃料として使用されている。

吸入をはじめ、いずれの経路からも吸収され、全身的に作用を現す。

蒸気曝露の場合でも刺激があり、液体は腐食性があり皮膚や眼に化学熱傷を起こす。

吸入した場合は、呼吸器障害があり、気道刺激が強い場合は24～72時間後に遅れて肺水腫が発現することがある。

意識障害、痙攣、メトヘモグロビン血症、溶血、肝臓障害、腎臓障害が発現することがある。

液体や蒸気に曝露した場合は、十分に水洗を行う。

呼吸・循環管理、痙攣対策、化学熱傷対策等を行い、遅れて発現する肺水腫等に注意して経過観察を行う。メトヘモグロビン血症に対してはメチレンブルーの投与(院内製剤)を行う。

また意識障害と痙攣に対しビタミンB<sub>6</sub>投与が有効であったという報告がある。

なお、ヒトでは発がん性を示す可能性があると評価されている。

## 1. 名称

1,1-ジメチルヒドラジン

[別名] ジマジン dimazine、

asym-ジメチルヒドラジン asymmetric dimethylhydrazine、

N,N-ジメチルヒドラジン N,N-dimethylhydrazine、

unsym-ジメチルヒドラジン、unsym-dimethylhydrazine、UDMH

[化学式] (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>NNH<sub>2</sub>

## 2. 分類コード

6-58-1198-980 ジメチルヒドラジン

## 3. 成分・組成

1,1-ジメチルヒドラジン

## 4. 製造会社及び連絡先

## 5. 性状・外観

1,1-ジメチルヒドラジン

2, 5

可燃性、吸湿性の流動性ある液体。気中で蒸発して徐々に黄色となる。脂肪族ヒドラジンのアンモニア臭がある。水と混和し、熱を発生する。

[溶解性] 水、アルコール、エーテル、ジメチルホルムアミド、炭化水素に混和。

[比重] 1,1-ジメチルヒドラジン : 0.791 (22°C/4°C)

[沸点] 1,1-ジメチルヒドラジン : 63.9°C (760mmHg)

[蒸気圧] 1,1-ジメチルヒドラジン : 156.8mmHg (25°C)

[分子量] 60.10

## 6. 用途

1,1-ジメチルヒドラジン : ロケット燃料

## 7. 法的規制事項

- ヒドラジン：アメリカ運輸省（DOT）では腐食性物質に指定 6
- 1,1-ジメチルヒドラジン： 8
- 毒・劇物取締法；第2条別表第2劇物
- 消防法；第2条危険物第5類ヒドラジンの誘導体第2種自己反応性物質（100kg）
- 労働安全衛生法；施行令別表第1危険物（引火性の物）
- 施行令第18条の2〔名称等を通知すべき危険物及び有害物（MSDS対象物質）〕
- 船舶安全法；危規則第2条危険物等級6.1毒物(P)（正6.1副3,8容器等級1）
- 航空法；積載禁止
- 港則法；施行規則第12条危険物（毒物）
8. 毒性
- 1,1-ジメチルヒドラジン： 4
- 経口-ラット LD<sub>50</sub>：122mg/kg
- 吸入-ラット LC<sub>50</sub>：252ppm・4時間
- 皮膚-ラット LD<sub>50</sub>：770mg/kg
- 経口-マウス LD<sub>50</sub>：155mg/kg
- 経口-マウス TDLo：5880mg/kg・42週継続発癌性
- 吸入-マウス LC<sub>50</sub>：172ppm・4時間
- 吸入-イヌ LC<sub>50</sub>：3580ppm・15分
- 皮膚-ウサギ LD<sub>50</sub>：1060mg/kg
9. 中毒学的薬理作用 1, 3, 6
- (1) 局所刺激性
- (2) 中枢神経刺激作用（痙攣誘発作用等）
- (3) 肝腎毒性
- (4) メトヘモグロビン血症、溶血
- (5) 高温に熱せられると分解し、アンモニアとNO<sub>x</sub>を生じる。
10. 体内動態
- ・吸収 1
- 肺、消化管、注射、無傷の皮膚を含むすべての投与経路で吸収される。
- ・分布 1
- 特定の臓器で濃縮されることはない。
- ・排泄 1, 5
- ・1,1-ジメチルヒドラジンは一部CO<sub>2</sub>として呼気中に排泄されるが、大部分は尿中に未変化のまま排泄される。
11. 中毒症状 1, 5
- (1) 循環器系：心機能抑制、血圧低下（平滑筋への直接・間接作用）
- (2) 呼吸器系：気管支粘膜損傷、呼吸困難、肺浮腫
- (3) 神経系：中枢神経刺激作用、痙攣（いかなる経路によっても起こる）、めまい（蒸気吸入）
- 昏睡（ヒドラジンの爆発で受傷した熱傷患者での報告）
- (4) 消化器系：食欲不振、嘔吐

- (5) 肝：肝細胞障害（脂肪変性、脂肪浸潤、細胞障害）成人でヒドラジン服用3日後にGOT、LDH、総ビリルビンの上昇が認められた。
- (6) 泌尿器系：腎障害（ヒドラジン類は赤血球溶血により直接・間接的に腎の障害を起こす）
- (7) その他：
- \*血液：溶血、貧血、メトヘモグロビン血症
  - \*皮膚：刺激作用、腐食作用  
感作性（アレルギー性接触性皮膚炎…紅斑、浮腫、丘疹）
  - \*眼：眼刺激（蒸気）、重篤な眼障害（液体）、結膜炎、縮瞳
  - \*鼻：鼻炎
  - \*内分泌：低血糖（高血糖が先行することが多い）
  - \*骨格筋：関節痛
  - \*その他：発熱、狼瘡様症候群  
（光過敏性、頬骨部皮疹、抗核抗体、DNA抗体を伴う）
  - \*発がん性：動物で発がん性あり。ヒトではIARCの発がん性評価でグループ2B（発がん性を示す可能性）に分類。

## 12. 治療法

### 1) 予防対策

9, 10

- ・陽圧型空気呼吸器（positive pressure self-contained breathing apparatus:SCBA）を着用する。消防組織の防護衣は火災時にのみ勧められ、漏洩時には効果がない。
- ・予防策として、保護手袋、保護長靴、保護衣、プラスチック製顔面シールドを着用する。アンモニア吸収缶付きガスマスクは、30分1%濃度に対して保護されるとの記載もあるが、それより長時間または高濃度の場合は自給式呼吸器を着用する。

### 2) 除染

9, 10

- ・汚染された衣服や靴を脱がせ、曝露した皮膚や眼を流水で20分以上洗浄する。
- ・曝露した皮膚を石けんと水で洗浄する。
- ・汚染された衣類は（火災の危険があるため）、多量の水ですすぎ洗いする。

### \*経口の場合

1

#### (1) 基本的処置

- A. 催吐は禁忌（腐食性があり、誤嚥および痙攣誘発の可能性があるため）
- B. 希釈（水または牛乳）
- C. 必要に応じて活性炭・塩類下剤の投与

#### (2) 対症的処置

- A. 痙攣に対する薬物療法
- B. メトヘモグロビン血症：
  - ・メチレンブルー1%溶液1～2mg/kgをゆっくりと静注する。
  - ・メトヘモグロビン量が30%以上の場合、あるいは頭痛、頻脈等の低酸素血症の症状のある場合投与する。
  - ・追加投与が必要になることもあるが、大量（15mg/kg以上）では溶血を起こすことがある。
- C. ピリドキシン（V.B<sub>6</sub>）の投与：痙攣または昏睡のある場合、解毒剤となる  
ことがある。

用量：1回25mg/kgを3時間かけて1/3量を筋注、2/3量を静注する。

症状が続く場合は、5～10分毎に1回量25mg/kgずつ、  
最高300mg/kg/回まで増量する。

注意：ピリドキシンを長期間投与すると、運動失調や重篤な感覚神経機能障害を起こすことがある。

- D. その他：肝機能、血糖値をモニターする。
- E. 強制利尿：遊離ヘモグロビンやメトヘモグロビン値が上昇すると、腎での沈着を防止するため、強制利尿や血液透析を必要とすることがある。
- F. 血液透析・腹膜透析：有効だがヒトでのデータはない。

\*吸入の場合：

1

- (1) 基本的処置：新鮮な空気下に移送する
- (2) 対症療法：呼吸不全の発生に留意し、呼吸数・深さ、呼吸音、胸部X線像、必要ならば血液ガスをモニターする。  
必要に応じて気道確保、呼吸管理を行う。  
本剤は肺刺激物質であるので、高濃度の場合、早期より呼吸補助が必要である。  
上記経口の場合と同様の対症療法

\*眼に入った場合：

1

- (1) 基本的処置：大量の微温湯（室温）で15分以上洗浄
- (2) 対症療法：刺激感や疼痛、結膜炎、腫脹、流涙、羞明等の症状が続く場合は眼科的診察が必要  
上記経口の場合と同様の対症療法

\*経皮の場合：

1

- (1) 基本的処置：付着部分を石けんと水で十分に洗う。
- (2) 対症療法：洗浄後に刺激感や疼痛が残る場合は、医師の診察が必要。  
上記経口の場合と同様の対症療法

1.3. 中毒症例

液体の1,1-ジメチルヒドラジンタンクから別の容器に移す際に大爆発し、全身の53%に3度の熱傷を受け、昏睡状態が続いていたが、受傷48時間後のピリドキシ静注により、数分で意識が戻った。(Dhennin, 1988)

7

1.4. 分析法

1,1-ジメチルヒドラジン：モリブデンブルー法

5

1.5. その他

1) 初期隔離

9

- ・直ちに、少なくとも周囲50m(150feet)を隔離する。
- ・許可なく立ち入らせない。風上に立つ。低い地域には立ち入らせない。  
立ち入る前に閉鎖的空間を換気する。
- ・少量の漏出：まず周囲30m(100feet)を隔離し、ついで日中は風下方向  
0.1km(0.1miles)にいる人々、夜間は0.2km(0.1miles)にいる

人々を保護する。

- ・大量の漏出：まず周囲 60m(200feet)を隔離し、ついで日中は風下方向 0.5km(0.4miles)にいる人々、夜間は 1.2km(0.8miles)にいる人々を保護する。
- ・漏出、火災：タンク、列車、タンクローリー等が火災に巻き込まれている場合、周囲 800m (0.5miles)を隔離し、同時に周囲 800m (0.5miles) について初期避難を考慮する。

## 2)漏洩時の除染

9, 10

- ・火気厳禁とする。
- ・火災のない漏出・漏洩に対しては密閉型完全防護（訳注：レベル B 以上の防護服）を着用する。
- ・漏れた液やこぼれた液を密閉式の非プラスチック製容器に出来る限り集める。
- ・残留液を砂または不活性吸収剤に吸収させて安全な場所に移す。
- ・おがくず他可燃性吸収剤に吸収させてはならない。
- ・環境中に放出してはならない。

## 火災時

9

- ・小規模火災：粉末消火剤、二酸化炭素消火剤、水の噴霧、耐アルコール泡消火剤
- ・大規模火災：水の噴霧、霧消火剤、耐アルコール泡消火剤
- ・火が完全になくなるまで多量の水で容器を冷却する。

## [参考資料]

1. DIMETHYLHYDRAZINES. Klasco RK(Ed):POISINDEX(R) System.Thomson Micromedex, Green Village, Vol.140, 2009.
2. Martha Windholz et al:The Merck Index,10th edition,Merck & Co.,1983.
3. Sax,N. I.,Lewis,R. J.:Dangerous Properties of Industrial Materials 7th Edition, Van Nost-round Reinhold,1989.
4. 1,1-dimethylhydrazine, RTECS, TOMES Plus(R). MICROMEDEX, INC.,Colorado, VOL. 80,2009.
5. 後藤 稠他編：産業中毒便覧，医歯薬出版，1984.
6. 及川紀久雄：危険・有害化学物質プロフィール100，丸善，1987.
7. 内藤裕史：ヒドラジンおよび誘導体. 中毒百科 - 事例、病態、治療-, 南江堂，2001, pp62-64.
8. 15308 の化学商品，化学工業日報社，東京，2008，pp527.
9. 1,1-dimethylhydrazine. Hazardous Substance Data Bank, VOL. 80,2009.
10. 1,1-ジメチルヒドラジン；国際化学物質安全性カード(日本語版)，国立医薬品食品衛生研究所，2009.

ID029800

16. 作成日

20090331

## 硝酸

## 0. 概要

硝酸(HNO<sub>3</sub>)は、通常無色～黄色の刺激臭のある液体で、強酸である。また、濃硝酸からは常に硝酸のガスや微粒子、あるいは窒素酸化物(主に二酸化窒素(NO<sub>2</sub>))が発生しており、これらは特に水や金属など様々な物質との反応で爆発的に発生するため注意が必要である。

高濃度では腐食性が強く、重篤な化学損傷を引き起こすことがよく知られているが、傷害の程度は濃度だけでなく曝露量など多くの因子に影響を受けるため、濃度にかかわらず注意が必要である。解毒剤等の特異的な治療法はないので、曝露した場合は直ちに洗浄(経口摂取の場合は希釈)を行い、医療機関における処置が必要となる。特に大量摂取や広範囲の皮膚化学損傷ではショックとなり死に至る場合もあるので、全身管理を行う。また、吸入した場合は、硝酸だけでなく、NO<sub>2</sub>により曝露後24～72時間遅れて発症する肺水腫を考慮に入れて対応にあたる必要がある。

事故事例は、自殺企図による経口摂取、就労時の皮膚・眼への曝露のほか、患者は発生しなかったもののトラックからの漏出事故も報告されている。

## [毒性]

傷害程度は硝酸の濃度、pH、曝露量、組織との接触時間、剤型、胃内容物などに影響される。

## ・硝酸濃度と腐食作用の程度 1)

US Consumer Safety Committee の最終勧告(1982.9.13.)によると

0.5-5%: strong irritants=皮膚・粘膜刺激性あり

5%以上: corrosive=致死または永久的な傷害の可能性あり。ガスや微粒子も有害

硝酸(HNO<sub>3</sub>)

- ・吸入、経口摂取、経皮曝露で致死的となりうる 28)
- ・ヒト経口致死量は3～8mLとされている 25)
- ・ヒト経口 LDLo: 430mg/kg 25)

二酸化窒素(NO<sub>2</sub>)

- 25-75ppm 軽度の呼吸困難
- 50-150ppm 刺激性咳嗽、息切れ、胸骨後部痛、巣状間質性肺炎
- 150-300ppm 重篤な肺水腫
- 300-500ppm 致死的な肺水腫
- 500ppm以上 数分以内に死亡
- 50-150ppm (1時間曝露) 肺水腫
- 100ppm (1時間曝露) 重篤な肺水腫 31)

## [中毒学的薬理作用]

硝酸(HNO<sub>3</sub>)

## 1. 組織の凝固壊死

水素イオンが組織表面の蛋白質と結合し、細胞蛋白が脱水して組織を凝固壊死させる。痂皮が形成されるため深く浸潤しにくい。1-7)10-13)

## 2. pHの変化 12)13)



細胞内の酵素活性を低下させ、細胞死を招く。  
 大量に吸収された場合はアシドーシスを起こす。

### 3. 反応熱

水との反応で高熱が発生する場合があります、組織に熱傷を起こす。12)13)

### 4. NO<sub>2</sub> によるメトヘモグロビン血症と血管拡張作用 26)27)28)

硝酸は有機物との接触等により NO を発生させる。NO は空気中で容易に酸化されて NO<sub>2</sub> となる。NO<sub>2</sub> は生体内の水分と接触し、徐々に亜硝酸となり、組織中のアルカリと反応して亜硝酸塩へと変化する。

亜硝酸塩は容易に血液に吸収され、ヘムを直接酸化してヘモグロビンをメトヘモグロビンに変える。また、亜硝酸塩がグアニレートシクラーゼを活性化し、cGMP 量を増加させることにより血管拡張作用をしめす。

したがって、理論上、NO<sub>2</sub> 曝露によるメトヘモグロビン血症と血圧低下等が起こる。

### 二酸化窒素 (NO<sub>2</sub>)

NO<sub>2</sub> は比較的水に難溶なため、吸入しても通常直後は HNO<sub>3</sub> のような強い刺激感はないが、気道から吸収された NO<sub>2</sub> は最終的に粘膜上の水分と反応し、徐々に硝酸、亜硝酸となる。

1. 気管支、肺胞に対する障害 29)
2. 亜硝酸塩によるメトヘモグロビン血症と血管拡張作用 29)

硝酸の 4. と同一作用である。

### [症状]

#### \* 経口の場合

1. 急性炎症期(4~7日目まで):24~48時間で血管血栓や細胞壊死がピークに達し、3~4日目までに壊死組織が脱落、潰瘍が形成される。
  - ・症状は、消化管化学損傷による口腔咽頭痛、嚥下困難、嘔吐、胸痛、腹痛、吐血、血性下痢など 1-4)6-8)10-13)。
  - 重症の場合、全身症状として、アシドーシス、ショック、意識障害、DIC、電解質異常など 1-4) 6-8) 10-13)。
  - ・体液や電解質の喪失による低容量性ショック及びそれに続発する多臓器不全が死因となる 9)。
  - ・消化管全体に化学損傷を起こすが、解剖学的に狭くなっている部位や、酸が溜まりやすい部位では傷害が生じやすい。2)12)13)。口腔内損傷がなくても内部消化管に2~3度の損傷がみられることがある。2-4)13)
2. 潜在性肉芽形成期(3日目ころ~2週目):線維増殖がはじまり、肉芽組織が形成される。穿孔はこの時期に最も起こりやすい。1-4)7)9-13)
3. 慢性癒痕形成期(2週~4週目以降):過剰な癒痕形成により狭窄が起こる 1)3)4)7)10-13)。

#### \* 吸入した場合

- ・硝酸は空気中で窒素酸化物(主に NO<sub>2</sub>)へと酸化されるため、ガスや微粒子を吸入した際は硝酸だけでなく、同時に NO<sub>2</sub> を吸入している可能性がある。
  - ・硝酸は直後に強い気道刺激を生じるため、咳嗽、咽頭痛、鼻漏などが起こり、重症では呼吸困難、喘鳴を呈し、まれに喉頭や声門の浮腫による上気道閉塞のため窒息に至ることがある。26)。
- これに対して NO<sub>2</sub> は通常曝露直後は無症状か軽度の刺激を感じるのみで、曝露

から3～30時間(時に72時間以上)経過して呼吸器症状が発生、急激に悪化し、肺水腫に至る(29)という特徴がある。

- ・NO<sub>2</sub>は肺水腫等の症状が一旦改善した後、数週間後に線維性閉塞性細気管支炎(BFO)を発症することがある(29)。

\*皮膚曝露の場合(1)3)6)7)10)11)

- ・低濃度液の曝露では皮膚の刺激と発赤。
- ・高濃度溶液では壊死や瘢痕を伴う深達性の化学損傷が起こりうる。また、面積が広い場合には致命的となる。

\*眼に入った場合

- ・ガスや微粒子は低濃度でも刺激や結膜炎、結膜の壊死を起こす。(26)。
- ・液体が飛入すると激しい痛み、角膜潰瘍、角膜混濁、角膜上皮の強い化学損傷を起こし、視野狭窄、眼球穿孔、失明が起こる可能性もある(1)3)6)7)11)。

[治療]

\*経口の場合

- ・解毒剤・拮抗剤：無し
- ・禁忌：催吐、活性炭・下剤の投与
- ・希釈：直ちに口腔内を洗浄し、冷たい牛乳または水で希釈する。
- ・胃吸引・洗浄：大量摂取で致命的な傷害が予想される場合は考慮する。  
(1-4)6-13)
- ・呼吸・循環管理：呼吸・心血管モニターを行いながら施行。(1-4)6-13)
- ・内視鏡検査：症状だけからは食道や胃の傷害の予測はできないため、24時間以内に施行し、消化管化学損傷の重傷度を判定する。(1-4)6-13)

\*吸入した場合

- ・硝酸を吸入した場合、同時にNO<sub>2</sub>を吸入している可能性があるため、直後の症状が軽微でも後に重篤な症状を呈することを考慮して、すべての患者は少なくとも24時間は医療機関での経過観察が望ましい。
- ・新鮮な空気下に移送し、呼吸機能をモニターする(1)7)9)。
- ・胸部X線撮影、血液ガス分析、肺機能検査など呼吸機能の評価を行う。
- ・呼吸管理：呼吸器症状があれば酸素投与。必要に応じて気管内挿管し、人工呼吸。
- ・肺胸腔や気道にあふれた浸出液は吸引する。
- ・肺水腫等の急性期症状がみられた場合は、曝露後少なくとも3週間はBFOの出現に注意して経過を追う必要がある(34)

\*皮膚曝露・眼に入った場合

- ・直ちに20～30分洗浄し、熱傷に準じて治療する(1-3)6-10)。
- ・化学損傷の場合は組織内に浸透した薬物の作用がなくなるまで破壊が持続し深くなるため、通常の熱傷に比べて深度の判定を誤ることが多く、しばしばⅢ度化学損傷に移行するので注意が必要である(14)。

## 1. 名称

## 起因物質名

・化学名：硝酸（シヨウサン）

別名：Nitric acid、強水

白色発煙硝酸(Nitric acid, white fuming)：濃硝酸の別名。赤色発煙硝酸との対比で使用される呼称 18)

Nitric acid, anhydrous：100%硝酸(硝酸無水物)。

無水硝酸(Nitric anhydride)との違いに注意

CAS No.：7697-37-2

国連番号：2031

化学式：HN03

・化学名：発煙硝酸（ハツエンシヨウサン）

別名：Fuming nitric acid、Nitric acid, fuming、赤色発煙硝酸(Nitric acid, red fuming)

CAS No.：52583-42-3

国連番号：2032

・化学名：五酸化二窒素（ゴサンカニチツソ）

別名：Nitrogen pentoxide、Dinitrogen pentoxide  
無水硝酸(Nitric anhydride)

CAS No.：10102-03-11

化学式：N2O5

## 2. 分類コード

6-58-1102-980 硝酸

## 3. 成分・組成

・硝酸

濃度 40%以上を濃硝酸という 26)。

標準品質：試薬の規格として 90%、70%、65%、1.0N などがある。

工業用には純度 98%(比重 1.51)、純度 68%(比重 1.41、沸点 121℃)、純度 50%などがある。20)21)

荷姿：ポリエチレンビン(48度=35kg、42度=30-33kg、35度=30-33kg)

ポリエチレン缶(62%=25kg、67.5%=28kg)

タンクローリー、タンク車、タンク船 20)

Nitric acid, anhydrous(100%硝酸、硝酸無水物)：

濃硝酸を濃硫酸とともに蒸留する、あるいは100%硫酸に硝酸ナトリウムか硝酸カリウムを作用させた後蒸留によって硝酸を抽出する、あるいは濃硝酸を分別結晶化することにより得られる 22)26)。

無水硝酸(Nitric anhydride)との違いに注意する。

・発煙硝酸 18)

二酸化窒素( $\text{NO}_2$ )を多量に含んだ濃硝酸で、硝酸を86%以上含む。濃硝酸にデンプンあるいはホルムアルデヒドなど有機還元剤を加えて一部還元させるか、 $\text{NO}_2$ を加圧溶解させてつくる。

酸化作用の特に強い赤色のものを赤色発煙硝酸と称し、硝化能力の強い濃硝酸を白色発煙硝酸といふことがある。

\*硝化作用とは、アンモニア( $-\text{NH}_3$ )を亜硝酸( $-\text{NO}_2$ )へ、亜硝酸を硝酸塩( $-\text{NO}_3$ )へと変換する作用である

荷姿：ビン詰め(通常取引単位=500g) 20)

・五酸化二窒素(無水硝酸)

濃硝酸を五酸化二リンで脱水すると得られる。18)22)

・工業用金属洗浄剤・表面処理剤の例

ラスノン WEL M-500(R)：硝酸13.5%+フッ化水素4.5%

その他、硝酸、フッ化水素ともにより高濃度の製品、硝酸のほかに有機酸を含有する製品もある。

4. 製造会社及び連絡先

硝酸：旭化成ケミカルズ、宇部興産、住友化学工業 等 20)

発煙硝酸：三共化学工業所 20)

5. 性状・外観

・硝酸

刺激臭のある、無色～黄色の液体 19)。

空気に触れると刺激性白煙を発生する 20)。

[構造式]  $\text{HNO}_3$

[分子量] 63.02 20)

[比重] 1.502 20)、 1.55 23)

[融点]  $-42^\circ\text{C}$  20)

[沸点]  $122^\circ\text{C}$  20)

[蒸気圧]  $48.0\text{mmHg}$ (70%液、 $20^\circ\text{C}$ ) 19)、  $63.1\text{mmHg}$ ( $25^\circ\text{C}$ ) 23)

[蒸気密度] おおよそ2-3(空気=1) 19)23)

[粘度]  $0.746\text{mPa}\cdot\text{s}$ ( $25^\circ\text{C}$ ) 23)

[pKa] -1.38 23)

[溶解性] エーテル、アルコールに可溶(溶解反応は爆発性あり) 20)、冷水、温水に可溶 23)

[液性] 強酸性

[化学反応性]

強力な酸化剤である 23)。

窒素酸化物が発生する反応

- ・加熱すると分解し、窒素酸化物を生じる。19)20)
- ・水と反応すると発熱し、分解する。23)
- ・光、 $\text{NO}_2$ 、酸素により分解する。23)
- ・金、白金を除くほとんどすべての金属を腐食し、硝酸塩を生じるとともに窒素酸化物を生成する。19)20)

- ・アルコール、木炭、有機物、ナトリウムやカリウムを含む食品と激しく反応して NO<sub>2</sub> を発生する (21)23)

#### 爆発を起こす反応

- ・アセチレン化セシウムおよびアセチレン化ルビジウムは硝酸と接触すると爆発する。(23)
- ・チオシアン酸塩溶液を、硝酸を含む 80mm のパイプに通すと激しい爆発が起こる。(23)
- ・4-メチルシクロヘキサノン を 75℃ の条件下、硝酸で酸化すると爆発する。(23)
- ・ニトロベンゼンと硝酸と大量の水を混ぜて爆発を起こした事例がある。爆発の威力は TNT(トリニトロトルエン)並みであった。(23)
- ・2-アミノチアゾールを硝酸と硫酸でニトロ化する際は、90℃で 30 分間反応させた後冷却しなければ激しい爆発を起こす。(23)
- ・陰イオン交換樹脂と硝酸との反応は発熱し、爆発を起こすことがある。(23)
- ・テルル化水素は冷たい濃硝酸との接触により発火し、時に爆発を起こす。(23)
- ・硝酸、アセトン、75%酢酸の 1:1:1 溶液(ニッケルのエッチングに使用)は密栓をすると 1.5-6 時間後に爆発する。(23)
- ・アセトンは硝酸と硫酸混液により酸化されるため、これらの混合物を口の小さい容器に入れておくと、液が噴出するか爆発する。(23)
- ・多くの還元性物質、金属粉、炭化物、シアン化物、硫化物、アルカリ、テルペンチン、tetraphosphorus diiodide triselenide と爆発的に反応する。(19)20)23)

#### 発火を起こす反応

- ・アンモニアは硝酸蒸気中に噴出すると発火する。(23)
- ・ホスフィン は濃硝酸と接触すると発火する。(23)
- ・ヨウ化ホスホニウムは硝酸との接触で発火する。(23)

#### その他

- ・tris(iodomercuri)-phosphine は硝酸で激しく分解される。(23)
- ・セルロースと硝酸あるいは硝酸蒸気が接触すると非常に可燃性の高い硝酸エステルが生成する。(23)
- ・ある種のプラスチックを侵す (19)

#### [取り扱いと保管]

##### 取り扱い

- ・火災を防ぐため、引火性物質、可燃性物質、有機化学物質との接触禁止 (19)。水との接触も避ける (23)。
- ・作業者は接触・吸入を防ぐため適切な保護具を着用する (19)。  
保護具：保護手袋(ゴム製)、保護長ぐつ(ゴム製)、全身保護衣、保護眼鏡、陽圧式呼吸器(SCBA)あるいは酸性ガス用防毒マスク (19) 21)23)
- ・屋内で扱う場合には局所排気装置をつけた場所で取り扱う (19)。
- ・作業場所での飲食、喫煙は厳禁とし、食事前に手を洗う (19)。
- ・曝露した場合に備えてシャワー、洗眼用具(eye bath など)を用意しておく。(23)

保管 19)23)

- ・直射日光を避け、換気の良い涼しい場所(冷暗所)に保管。
- ・また、可燃性物質および還元性物質など他の薬品と一緒に保管してはならない。

・発煙硝酸

黄色～赤褐色の液体 20)22)。

発煙性があり、空気中で N<sub>2</sub>O<sub>2</sub> や四酸化二窒素 (N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) を含む黄色～赤いガスや微粒子を激しく発生させる 18)22)。

発煙硝酸自体は、引火性も爆発性も持たない 23)。

[構造式] HNO<sub>3</sub>·xN<sub>2</sub>O

[比重] フリーの N<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 含有量によって異なるが、約 1.5。22)

[化学反応性]

窒素酸化物が発生する反応

- ・熱により分解して、腐食性のある有毒なガスや微粒子を発生する 23)。
- ・水や湿った空気に触れると発熱し、同時に有毒な腐食性のある、または可燃性ガスが発生する 23)。
- ・大部分の金属を強く腐食し 20)、その際、水素ガスも発生する 23)。

爆発を起こす反応

- ・アセトアニトリルと発煙硝酸の混合物は非常に爆発性が高い 23)。
- ・エチルホスフィンと発煙硝酸との接触で爆発する 23)。
- ・ホスフィンに暖かい発煙硝酸を添加すると爆発する 23)。
- ・シクロペンタジエンは発煙硝酸と爆発的に反応する 23)。
- ・ヒ化水素、ホスフィン、テトラボランは発煙硝酸により爆発的に酸化される 23)。

発火を起こす反応

- ・nickel tetraphosphide は発煙硝酸と接触すると発火する 23)。
- ・ホスフィン、水素、硫化物、セレン化物のガス中に、発煙硝酸をこぼすと発火する 23)。
- ・発煙硝酸は強力な酸化剤であるため、木材、綿花、わらなどの有機物と接触すると火災を起こすおそれがある 20)。

[取り扱いと保管]

取り扱い

- ・作業は換気の良い場所で行う。
- ・内容物が漏れたり、あふれたり、飛散しないように注意し、出来るだけガスを発生させないようにする。
- ・作業者は接触・吸入を防ぐため適切な保護具を着用する 19)。  
保護具：保護手袋(ゴム製)、保護長ぐつ(ゴム製)、全身保護衣、保護眼鏡、陽圧式呼吸器(SCBA)あるいは酸性ガス用防毒マスク 19)21)23)
- ・容器を開栓する前に内圧を除く。
- ・曝露した場合に備えてシャワー、洗眼用具(eye bath など)を用意しておく。23)

保管 19)23)

- ・直射日光を避け、換気の良い冷暗所に密栓をして保管する。
- ・また、可燃性物質および還元性物質など他の薬品や有機物から離しておく。

- ・五酸化二窒素(無水硝酸)

無色の六角形結晶(六方晶系)で、結晶中では  $\text{NO}_2+\text{NO}_3^-$  として存在する。18)22)

[構造式]  $\text{NO}_2+\text{NO}_3^-$

[分子量] 108.01 22)

[融点]  $30^\circ\text{C}$  22)

[昇華点]  $32.4^\circ\text{C}$  18)

[溶解性] 水に溶けて硝酸になる。18)

クロロホルムに易溶 22)

[化学反応性]

強い酸化剤である。18)

ベンゼン、セルロースなどをニトロ化し、硝酸、硫酸などと反応してニトロイリオン  $\text{NO}_2^+$  を生じる。18)

## 6. 用途

- ・硝酸

有機合成、ニトロ化合物、セルロイド工業、火薬、爆薬、染料、香料、冶金、人絹、硝酸塩製造、硫酸製造、電気メッキ、金属溶解用、写真製版、医薬品、試薬、肥料、TDI (トルイレンジイソシアネート)、アジピン酸 20)

- ・発煙硝酸

酸化剤、尿中胆汁色素検出 20)

- ・五酸化二窒素(無水硝酸)

クロロホルム溶液の形で、ニトロ化剤として利用される。22)

## 7. 法的規制事項

- ・硝酸および発煙硝酸

消防法：第2条危険物第6類硝酸(300kg)

毒・劇物取締法：第2条別表第2劇物(硝酸およびこれを含む製剤。10%以下を含むものを除く)

## 8. 毒性

<硝酸における傷害程度の決定因子>

1. 酸の種類

硝酸は強酸である。1)

2. 濃度 1)

US Consumer Safety Committee の最終勧告(1982.9.13.)によると

0.5-5%: strong irritants=皮膚・粘膜刺激性あり

5%以上: corrosive=致死または永久的な傷害の可能性あり。ガスや微粒子も有害

3. pH 2-4)6)7)10)12)

酸一般的に  $\text{pH} 2\sim 2.5$  以下で強い腐食作用があり、組織損傷が起きる。

硝酸は 0.1M(約1%)で  $\text{pH}$  約 1 26)。

5%以下は strong irritants に分類されるが、かなりの低濃度でも  $\text{pH}$  は 2 以下であるので、注意が必要である。

## 4. 量 2-4)6)10-13)

大量では傷害の範囲が広がる。経口の場合、嘔吐を誘発し、食道・喉頭部を再曝露させる。

## 5. 接触時間

経口の場合、消化管が狭くゆっくり通過する部分や溜まりやすい部分は接触時間が長くなる 2-4)6)10-13)ため、組織損傷が大きくなる。

## 6. 剤型

経口の場合、液体なので周辺部や遠位に強い傷害を起こす。また粘度が高いと接触時間が長くなる。2)10)。

吸入の場合、粒子径により傷害の程度が異なる。さらに粒子径により到達する呼吸器の部位が異なるので、傷害部位も異なる。1)2)

NO<sub>2</sub>の場合は、水に対する溶解性が低いため気体のまま肺胞まで到達し、そこで生成したHN<sub>3</sub>が直接傷害して肺水腫を引き起こす。29)

## 7. 胃内容物 2)4)13)

胃内容物があると、希釈や緩衝作用により傷害の程度は弱くなるが、部位が胃全体に広がる。胃内容物がない場合、希釈や緩衝作用がないだけでなく、幽門痙攣が起こりやすく接触時間が長くなるため組織損傷が大きくなる。

硝酸(HN<sub>3</sub>)

吸入、経口摂取、経皮曝露で致死的となりうる 28)。

[ヒト致死量]

- ・文献的には硝酸の組織融解性は塩酸より強く、致死量は2mLで充分とのことである 33)。
- ・ヒト経口致死量は3~8mLとされている 25)
- ・ヒト経口LDLo: 430mg/kg 25)

(参考)

許容濃度: 日本産業衛生学会勧告値; 時間荷重平均値 2ppm (5.2mg/m<sup>3</sup>)  
(提案年度 1982)

ACGIH 勧告値; 短時間暴露限界値 (TLV-STEL) 4ppm (10mg/m<sup>3</sup>)  
時間荷重平均 (TLV-TWA) 2ppm (5mg/m<sup>3</sup>) 26)

二酸化窒素(NO<sub>2</sub>)

25-75ppm	軽度の呼吸困難
50-150ppm	刺激性咳嗽、息切れ、胸骨後部痛、巣状間質性肺炎
150-300ppm	重篤な肺水腫
300-500ppm	致命的な肺水腫
500ppm 以上	数分以内に死亡
50-150ppm (1時間曝露)	肺水腫
100ppm (1時間曝露)	重篤な肺水腫 31)

(参考)

許容濃度: ACGIH 勧告値; 短時間暴露限界値 (TLV-STEL) 5ppm (9.4mg/m<sup>3</sup>)  
時間荷重平均 (TLV-TWA) 3ppm (5.6mg/m<sup>3</sup>) 27)

環境基準: 1時間値の1日平均値が0.04-0.06ppm以下であること

(環境基本法第16条第1項 大気汚染に係る環境基準)

臭い閾値: 1-3ppm 3)



## 9. 中毒学的薬理作用

## 硝酸 (HN03)

## 1. 組織の凝固壊死

水素イオンが組織表面の蛋白質の H2O と結合し H3O+となるため、細胞蛋白が脱水し、組織を凝固壊死させる。痂皮が形成されるため、それ以上深く浸潤しにくい。1-7)10-13)

## 2. pH の変化 12)13)

細胞内の酵素活性を低下させ、細胞死を招く。  
大量に吸収された場合はアシドーシスを起こす。

## 3. 反応熱

水との反応で高熱が発生する場合があります、組織に熱傷を起こす 12)13)。

## 4. NO2 によるメトヘモグロビン血症と血管拡張作用 26)27)28)

硝酸は有機物との接触等により NO を発生させる。NO は空気中で容易に酸化されて NO2 となる。NO2 は生体内の水分と接触し、徐々に亜硝酸となり、組織中のアルカリと反応して亜硝酸塩へと変化する。

亜硝酸塩は容易に血液に吸収され、ヘムを直接酸化してヘモグロビンをメトヘモグロビンに変える。また、亜硝酸塩がグアニレートシクラーゼを活性化し、cGMP 量を増加させることにより血管拡張作用をしめす。

したがって、理論上、NO2 曝露によるメトヘモグロビン血症と血圧低下等が起こる。

## 二酸化窒素 (NO2)

NO2 は比較的水に難溶なため、吸入しても通常直後は HN03 のような強い刺激感はないが、気道から吸収された NO2 は最終的に粘膜上の水分と反応し、徐々に硝酸、亜硝酸となる。

## 1. 気管支、肺胞に対する障害 29)

NO2 は水に対する溶解性が低いため接触時間や接触面積の狭い上気道の障害は比較的少なく、高濃度では末梢気管支や肺胞に強い障害を引き起こす。

## 2. 亜硝酸塩によるメトヘモグロビン血症と血管拡張作用 29)

硝酸の 4. と同一作用である。

## 10. 体内動態

硝酸は蛋白質などの生体物質と反応するが、体内動態(吸収、分布など)に関する資料は無い 26)。

## 11. 中毒症状

## [概要]

## \*経口の場合

1. 急性炎症期(4~7日目まで):24~48時間で血管血栓や細胞壊死がピークに達し、3~4日目までに壊死組織が脱落、潰瘍が形成される。

・症状は、消化管化学損傷による口腔咽頭痛、嚥下困難、嘔吐、胸痛、腹痛、吐血、血性下痢など 1-4)6-8)10-13)。

重症の場合、全身症状として、アシドーシス、ショック、意識障害、DIC、電解質異常など 1-4)6-8)10-13)。

- ・体液や電解質の喪失による低容量性ショック及びそれに続発する多臓器不全が死因となる 9)。
- ・消化管全体に化学損傷を起こすが、解剖学的に狭くなっている部位や、酸が溜まりやすい部位では傷害が生じやすい。2)12)13)。口腔内化学損傷がなくても内部消化管に2~3度の損傷がみられることがある。2-4)13)
- 2. 潜在性肉芽形成期(3日目ころ~2週目): 線維増殖がはじまり、肉芽組織が形成される。穿孔はこの時期に最も起こりやすい。1-4)7)9-13)
- 3. 慢性癒痕形成期(2週~4週目以降): 過剰な癒痕形成により狭窄が起こる 1)3)4)7)10-13)。

#### \* 吸入した場合

- ・硝酸は空気中で窒素酸化物(主にNO<sub>2</sub>)へと酸化されるため、ガスや微粒子を吸入した際は硝酸だけでなく、同時にNO<sub>2</sub>を吸入している可能性がある。
- ・硝酸は直後に強い気道刺激を生じるため、咳嗽、咽頭痛、鼻漏などが起こり、重症では呼吸困難、喘鳴を呈し、まれに喉頭や声門の浮腫による上気道閉塞のため窒息に至ることがある 26)。  
これに対してNO<sub>2</sub>は通常曝露直後は無症状か軽度の刺激を感じるのみで、曝露から3~30時間(時に72時間以上)経過して呼吸器症状が発生、急激に悪化し、肺水腫に至る 21)という特徴がある。
- ・NO<sub>2</sub>は肺水腫等の症状が一旦改善した後、数週間後に線維性閉塞性細気管支炎(BFO)を発症することがある 29)。

#### \* 皮膚曝露の場合 1)3)6)7)10)11)

- ・低濃度液の曝露では皮膚の刺激と発赤。
- ・高濃度溶液では壊死や癒痕を伴う深達性の化学損傷が起こりうる。また、面積が広い場合には致死的となる。

#### \* 眼に入った場合

- ・ガスや微粒子は低濃度でも刺激や結膜炎、結膜の壊死を起こす。 26)。
- ・液体が飛入すると激しい痛み、角膜潰瘍、角膜混濁、角膜上皮の強い損傷を起こし、視野狭窄、眼球穿孔、失明が起こる可能性もある 1)3)6)7)11)。

#### [詳細症状]

##### < 酸による傷害の病態生理学的段階 > 2)4)

1. 急性炎症期(4~7日目まで)
  - ・24~48時間で円柱上皮、粘膜下組織、筋層の崩壊を伴う血管血栓や細胞壊死がピークに達する。
  - ・3~4日目までに壊死組織が脱落し、潰瘍が形成される。
2. 潜在性肉芽形成期(3日目ころ~2週目)
  - ・線維増殖がはじまり、肉芽組織が粘膜の脱落した部分をうめ、続いてコラーゲンが肉芽組織と入れ替わる。
  - ・穿孔はこの時期に最も起きやすい。
3. 慢性癒痕形成期(2週~4週目以降)
  - ・粘膜下組織や筋組織周辺に過剰な癒痕組織が形成されることにより狭窄を生じる。その進行速度は様々である。

## \* 経口の場合

## (1) 循環器系症状

- ・出血や血管透過性の亢進により循環血液量が減少し、低血圧、ショック、頻脈の報告がある 1)3)6-8)10-13)。
- ・体液や電解質の喪失による低容量性ショック及びそれに続発する多臓器不全が死因となる 9)。

## (2) 呼吸器系症状

- ・経口摂取で、呼吸窮迫、喉頭・喉頭蓋浮腫による呼吸困難が起こり、場合によっては窒息に至ることもある。  
1)4)8)10-13)
- ・狭窄による咽頭部閉塞により、発声障害や失声、咳嗽反射障害を生じることがある 4)。
- ・誤嚥すると吸入した場合と同様、喘鳴、呼吸窮迫、胸痛などがおこる。1)3)4)
- ・化学性肺炎、肺水腫は数時間から十数時間遅れて発生しやすい。1)3)4)11)

## (3) 神経系症状

- ・痛みによる不穏や、重篤な化学損傷や穿孔によるショックに伴う意識障害 1)12)13)。

## (4) 消化器系症状

## ・消化管化学損傷の症状

口腔内灼熱感、口腔粘膜の紅斑からびらん、頬粘膜や口蓋垂壊死、口腔・咽頭・喉頭痛、嚥下困難、嚥下痛、流涎、嘔吐、胸痛、心窩部痛、腹痛、浮腫、消化管出血による吐血・メレナ(血液が消化液で変化して黒色のタール便が排泄されること)・下痢(血性、粘性)。1-4)6-8)10-13)

## ・穿孔 1-4)7)9-13)

食道穿孔では縦隔炎・縦隔気腫・気胸・膿胸が発症し、激しい胸痛が起こる。  
胃穿孔では腹膜炎・膵炎が発症し、激しい腹痛が起こる。

## ・狭窄(食道、幽門、幽門洞、十二指腸) 1)3-7)10-13)

嚥下困難、体重減少、嘔吐、食後の膨満感、上腹部痛。  
2年後に発症した幼児(3歳)例もある。

## 狭窄の予測

下記の<化学損傷の内視鏡所見に基づく重症度分類(Zargarら)>の2bおよび3度の患者の2/3に胃や食道の狭窄が予想される。

小児では、嚥下障害や流涎が12-24時間以上続く場合は、食道の癒痕形成・狭窄が予測できる。

## ・消化管機能不全 3-6)

食道蠕動障害、食道クリアランス障害などの食道機能不全 4)。  
幽門、幽門洞、十二指腸狭窄による胃閉塞や、癒痕形成により胃が萎縮し、また傷害を受けた胃腺は通常再生されず上皮層に取って替わられるため、ダンピング症候群や無酸症、胃の運動性の低下が起こる。

## &lt;障害部位&gt;

消化管全体に化学損傷を起こすが、解剖学的に狭くなっている部位や、酸が溜まりやすい部位では傷害が生じやすい。摂取後の体位にも影響を受ける。

## 2)12)13)

一般的には、胃の幽門付近が最も傷害を受けやすい。

1. 胃：幽門痙攣がおこり溜まりやすいため、特に胃の下部 2/3 の小弯、幽門洞、幽門が最も傷害を受けやすい (2-6)12)13)。  
胃内に食物が存在する場合には、酸が胃の小弯に沿って幽門に至るので、この部分に最もひどい傷害が生ずる (2)6)9)。  
一方、胃内が空の場合には、小弯は比較的まっすぐになって収縮しているため、幽門洞での接触時間が長くなる (2)6)。
2. 食道：通過時間が短いこと、扁平上皮が酸に抵抗性を示し、浸透性が限られていることから傷害が少ない (2)5)6)9)12)。
3. 十二指腸：幽門痙攣により、胃の先に進みにくくなるため、傷害は一般的ではないが、ある場合は致死率が高まる (3)6)。
4. 小腸：幽門痙攣により、胃の先に進みにくくなるため、傷害は限定される。幽門括約筋が弛緩し、胃内の酸がさらに前方に移動すると小腸に傷害が生ずることがある。(3)6)

<化学損傷の内視鏡所見に基づく重症度分類(Zargarら)> 1-4)

初期の化学損傷の重傷度と出血、穿孔、狭窄等の合併症の発症は相関する (1)4)。  
一般的には、2b度以上で狭窄を起こしやすい。

0度：正常所見。

1度：粘膜表面の浮腫、充血—狭窄は起こりにくい。

2a度：水疱、出血、強い紅斑、びらん、粘膜の脆弱化・白色化、滲出液、表層性潰瘍—狭窄は起こりにくい。

2b度：2a+深部層や全周性潰瘍—狭窄が起こる可能性がある。

3a度：散在性・小範囲の多発性潰瘍形成、壊死(黒褐色や灰色がかかった変色)、全層性損傷—狭窄は一般的、穿孔・瘻孔・消化管出血が起こる可能性がある。

3b度：広範囲の壊死—狭窄は一般的、穿孔・瘻孔・消化管出血が起こる可能性が高くなる。

なお、硝酸の場合はキサントプロテイン反応により粘膜の黄色変性を認める(33)。

#### (5) 肝症状

- ・全身症状のある患者では、肝障害が起こる可能性がある。(1)11)26)。
- ・死亡例で肝不全(胆汁流出の減少、ビリルビンの上昇)が報告されている(33)。

#### (6) 泌尿器系症状

- ・持続的な血圧低下に伴う二次的症狀として腎不全、乏尿が起こる可能性がある(11)26)。
- ・溶血による二次的症狀としてヘモグロビン尿が出る可能性がある(1)。

#### (7) その他

- ・アシドーシス：組織壊死に伴う循環不全による場合と、酸吸収による場合がある(1-4)7)11)。
- ・血清乳酸値の上昇：広範な腸壊死による(2)
- ・電解質異常：高カリウム血症、低ナトリウム血症、高リン酸血症、低カルシウム血症、高クロル血症(1)3)11)
- ・汎発性血管内凝固症候群(DIC)、溶血、悪性貧血(3)4)11)

DIC:上部消化管および周辺臓器における化学的な傷害に起因する局所の血液凝固、およびそれに引き続く凝固因子の枯渇と線溶系の亢進により発症する(15)。