

JAERI-M

6485

フッ素安全取扱手引

1976年3月

再処理研究室
フッ素化学研究室

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

フッ素安全取扱手引^{*}

日本原子力研究所・東海研究所

燃料工学部，再処理研究室

原子炉化学部，フッ素化学研究室

(1968年8月10日 受理)

フッ素を安全に取扱うための指針としてまとめた。

内容の主なものは，物理的・化学的性質，燃焼性，腐食性，生体に対する有害性，検知法，輸送・貯蔵・取扱上の注意，廃棄物処理，消火法，衛生上の予防処置および救急処置である。

* このレポートは，日本原子力研究所における乾式再処理研究のための防災手引として作成されたものであり，協力研究員齋藤信一氏（動燃事業団）が主としてまとめた。

JAERI - M 6485

Manual on Safety Handling of Fluorine*

Fuel Reprocessing Laboratory

Division of Nuclear Fuel Research

Fluorine Chemistry Laboratory

Division of Reactor Chemistry

Tokai, JAERI

(Received August 10, 1968)

Instructions on safety handling of fluorine are given, including physical and chemical properties, flammability, corrosiveness, toxicity, detection method, cautions in transport and storage, waste treatment, fire hazard, hygiene and first-aid.

* Prepared for the non-aqueous reprocessing study in JAERI, mainly due to Mr. S. Saito (PNC, Japan, the former guest engineer in JAERI)

目 次

まえがき	1
1. 名 称	2
2. 主な物理的性質	2
3. 主な化学的性質	3
4. 燃焼性および爆発性	3
5. 腐食性	3
6. 生体に対する有害性	4
7. 商品の品位および用途	4
8. 分析試験および検知法	5
9. 出荷容器	5
10. 輸送上の注意	6
11. 貯蔵上の注意	6
12. 使用上の注意	7
13. 漏洩とその対策	12
14. 空容器および廃棄物の処理	12
15. 消火方法	13
16. 衛生上の予防処置	13
17. 救急処置	14
18. 教育訓練	15
19. 災害事例	15
参考文献	16

Table of Contents

Preface	1
1 Naming	2
2 Principal physical properties	2
3 Principal chemical properties	3
4 Flammability and explosiveness	3
5 Corrosiveness	3
6 Human toxicity	4
7 Specifications and uses	4
8 Analysis and detection method	5
9 Container for shipment	5
10 Cautions in transport	6
11 Cautions in storage	6
12 Cautions in handling	7
13 Leak or spillage and recommended treatment	12
14 Treatment and disposal of empty container and waste	12
15 Fire extinguishing method	13
16 Precautions for health	13
17 First-aid treatment	14
18 Education and training	15
19 Examples of accident	15
Reference	16

ま え が き

この手引は日本原子力研究所における乾式再処理研究の進展に伴って派生する安全上の問題のうち、各種フッ化物、フッ素化剤などの有害物質の物理的・化学的および生理学的特性を明らかにし、安全に取扱うための一連の防災手引の一つである。

手引の項目・構成は日本化学会編の防災指針のそれに準じたが、内容はやゝ細部にわたっている。

手引の内容は1968年までに得られた資料を基にしているので現時点でみると不備な点もあるが、今後の研究の進展・取扱経験の蓄積により随時追加・修正が望まれよう。

特定の実験装置およびその運転については、それぞれマニュアルが作成されるのでここでは触れていないが、所内の他の研究分野で参考とされる可能性も考慮して、当面の研究に直接関係のない一般的な事項も加えた。

生体に及ぼす有害性の項目では、各種のフッ化物の作用に共通した問題があり別資料にまとめ方が良いのではないかと鈴木間左支氏（放射線医学研究所）の御示唆により詳細は別にまとめることとした。

手引作成の分担は下記の通りである。

調査・原案作成：	齋藤 信一*	再処理開発試験室
審議・検討：	青地 哲男	〃
	八木 英二	〃
	松元 章	〃
	成瀬 雄二	〃
	辻野 毅	〃
	小幡 立人	〃
	堀内 正人	〃
	辻村 重男	フッ素化学研究室
	岩崎 又衛	〃
	平野 見明	〃
最終調整・編集：	齋藤 信一*	再処理開発試験室
	堀内 正人	〃

* 動燃協力研究員

1 名 称

- (1) 化学名 フッ素 (Fluorine)
 (2) 一般名 フッ素 (Fluorine)
 (3) 化学式 F_2 (分子量 37.9968)

2 主な物理的性質^{a)} (1)(2)(3)(4)(9)(10)

- (1) 外 観 常温では、やゝ青みを帯びた淡黄色の気体
 液^{b)}は赤味を帯びた黄色、固体^{b)}は淡黄色で $-252^{\circ}C$ 以下では無色となる。
- (2) におい やゝオゾンに似た特異な刺戟臭
- (3) 密 度 固体 1.90 g/ml (平均推定値)
 液体^{c)} $1.907 - 2.201 \times 10^{-3} T - 2.948 \times 10^{-5} T^2 \text{ g/ml}$
 ($-206 \sim -170^{\circ}C$, T : 絶対温度)
 気体^{b)} 1.695 g/l , 1.31 (空気=1)
 ($0^{\circ}C$, 1気圧)
- (4) 沸 点 $-188.14^{\circ}C$
- (5) 融 点 $-219.62^{\circ}C$
- (6) 臨界温度 $-129.00^{\circ}C$
- (7) 臨界圧力 55気圧
- (8) 融解熱 121.98 cal/mol
- (9) 蒸発熱^{d)} 1563.98 cal/mol ($-188.45^{\circ}C$ 738mmHg)
- (10) 粘 度 液体^{c)} $2.43 \times 10^{-4} e^{196/T} \text{ poise}$ (T : 絶対温度)
 $-187.96^{\circ}C$ で 0.257 cP , $-203.96^{\circ}C$ で 0.414 cP
 気体 0.0218 cP ($0^{\circ}C$, 1気圧)
- (11) 熱伝導度 気体 $5.92 \times 10^{-5} \text{ cal/sec} \cdot \text{cm}^2 (^{\circ}C/\text{cm})$ ($0^{\circ}C$, 1気圧)
- (12) 分子比熱^{e)} 気体 $C_p = 6.115 + 0.5864 \times 10^{-2} T - 0.4186 \times 10^{-5} T^2$
 $+ 0.9797 \times 10^{-9} T^3 \text{ cal/mol} \cdot \text{deg}$
 ($273 \sim 2000^{\circ}K$ T : 絶対温度)
 $0^{\circ}C$ で7.49, $128^{\circ}C$ で7.89

注 a) 特記ないものは参考文献(2)中の値

b) 参考文献(1)による。

c) 参考文献(14)中の値

d) 参考文献(2)の値を原報 [J.H.Hu et al. J.A.C.S 75. 5642 (1953)]
 により訂正。

e) 参考文献(3)中の値を原著 [O.A.Hougen et al. Chemical Process
 Principles II Thermodynamics (1959)] により訂正。

1 名 称

- (1) 化学名 フッ素 (Fluorine)
 (2) 一般名 フッ素 (Fluorine)
 (3) 化学式 F_2 (分子量 37.9968)

2 主な物理的性質^{a)} (1)(2)(3)(4)(9)(10)

- (1) 外 観 常温では、やゝ青みを帯びた淡黄色の気体
 液^{b)}は赤味を帯びた黄色、固体^{b)}は淡黄色で $-252^{\circ}C$ 以下では無色となる。
- (2) におい やゝオゾンに似た特異な刺戟臭
- (3) 密 度 固体 1.90 g/ml (平均推定値)
 液体^{c)} $1.907 - 2.201 \times 10^{-8} T - 2.948 \times 10^{-5} T^2 \text{ g/ml}$
 ($-206 \sim -170^{\circ}C$, T : 絶対温度)
 気体^{b)} 1.695 g/l , 1.31 (空気=1)
 ($0^{\circ}C$, 1気圧)
- (4) 沸 点 $-188.14^{\circ}C$
- (5) 融 点 $-219.62^{\circ}C$
- (6) 臨界温度 $-129.00^{\circ}C$
- (7) 臨界圧力 55気圧
- (8) 融解熱 121.98 cal/mol
- (9) 蒸発熱^{d)} 1563.98 cal/mol ($-188.45^{\circ}C$ 738mmHg)
- (10) 粘 度 液体^{c)} $2.43 \times 10^{-4} e^{196/T} \text{ poise}$ (T : 絶対温度)
 $-187.96^{\circ}C$ で 0.257 cP , $-203.96^{\circ}C$ で 0.414 cP
 気体 0.0218 cP ($0^{\circ}C$, 1気圧)
- (11) 熱伝導度 気体 $5.92 \times 10^{-5} \text{ cal/sec}\cdot\text{cm}^2(^{\circ}C/\text{cm})$ ($0^{\circ}C$, 1気圧)
- (12) 分子比熱^{e)} 気体 $C_p = 6.115 + 0.5864 \times 10^{-2} T - 0.4186 \times 10^{-5} T^2$
 $+ 0.9797 \times 10^{-9} T^3 \text{ cal/mol}\cdot\text{deg}$
 ($273 \sim 2000^{\circ}K$ T : 絶対温度)
 $0^{\circ}C$ で 7.49 , $128^{\circ}C$ で 7.89

注 a) 特記ないものは参考文献(2)中の値

b) 参考文献(1)による。

c) 参考文献(14)中の値

d) 参考文献(2)の値を原報 [J.H.Hu et al. J.A.C.S 75. 5642 (1953)]
 により訂正。

e) 参考文献(3)中の値を原著 [O.A.Hougen et al. Chemical Process
 Principles II Thermodynamics (1959)] により訂正。

$$(13) \text{ 蒸気圧 } ^c) \quad \log P = 7.08718 - \frac{357.258}{T} - \frac{1.3155 \times 10^{13}}{T^2}$$

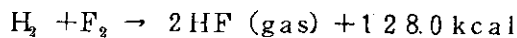
(-219.62 ~ -183.16°C P: mmHg, T: 絶対温度)

3 主な化学的性質 ⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁹⁾

フッ素は単極電位 2.85 Volt, 最も反応性に富む元素で, ほとんどすべての元素と化合物を作る。適当な条件下では, 一部の希ガス (クリプトン, キセノン, ラドン) ととも直接反応する。

フッ素は原子半径が小さく (原子番号 9), 電子親和力が強いので, 陽イオンが最高原子価を示すような塩, 複塩 (例, AgF_2 , K_2NiF_6 , IF_7 , UF_6 等) をつくる。

水素とは, -252°C の固体でもはげしく反応する。



常温では大抵の金属と反応するが, アルミニウム, 銅, 鉄, ニッケルは表面皮膜を作るので, かなり高温まで反応が進まない。

他のハロゲン元素とは種々のハロゲン化物を作る。 (ClF , ClF_3 , ClF_5 , BrF_3 , BrF_5 等)

酸素とは OF_2 , O_2F_2 等の化合物を作るが, 普通の条件では反応しない。ヘリウム, アルゴンとは反応せず, チッ素とも普通の条件では反応しないので, これらのガス (特にチッ素) は希積ガスとして用いられる。テフロン, Kel-F など高フッ化重合物があまり濃度が高くない場合 100°C 位まで耐えるのを例外として, 殆どすべての有機化合物はフッ素とはげしく反応する。又, 無定形炭素 (木炭など) もフッ素と反応する。

大抵の無機塩はフッ素と反応してフッ化物となる。

フッ素と水, および大気圧附近での或種の有機物との反応には, 或濃度まで一種の抑制作用があり, そこから急に反応が進むことが知られている。

水は液, 蒸気共はげしくフッ素と反応して HF , O_2 および微量の H_2O_2 , OF_2 を生ずる。

4 燃焼性および爆発性 ⁽²⁾⁽⁷⁾⁽¹⁶⁾⁽²⁰⁾⁽²¹⁾

フッ素自体は可燃性でも爆発性でもないが, 酸素と同じく物質の支燃剤である。

物質の燃焼性はフッ素濃度が高い程はげしくなる。

フッ素は水, 水素とは爆発的に化合する。

金属, ゴム, 布等に油脂類が附着していると, 普通は反応しない条件でも純フッ素との反応は爆発的に進むので注意を要する。

フッ素は無定形炭素との反応で C-F 系, 硝酸との反応で N-O-F 系化合物(?) のいずれも爆発性物質を作ることがある。

5 腐食性 ⁽²⁾⁽¹⁶⁾⁽²¹⁾

フッ素はその化学的性質から, 耐食材料は限定される。鉄, 銅, ニッケル等一部の金属が使用出来るのは, 表面のフッ化皮膜の保護作用によるので, ガスの貯蔵, 流動, 粉粒等の有無,

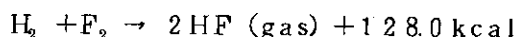
(13) 蒸気圧^{c)}
$$\log P = 7.08718 - \frac{357.258}{T} - \frac{1.3155 \times 10^{13}}{T^8}$$
 (−219.62 ~ −183.16°C P: mmHg, T: 絶対温度)

3 主な化学的性質⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁹⁾

フッ素は単極電位 2.85 Volt, 最も反応性に富む元素で, ほとんどすべての元素と化合物を作る。適当な条件下では, 一部の希ガス (クリプトン, キセノン, ラドン) ととも直接反応する。

フッ素は原子半径が小さく (原子番号 9), 電子親和力が強いので, 陽イオンが最高原子価を示すような塩, 複塩 (例, AgF_2 , K_2NiF_6 , IF_7 , UF_6 等) をつくる。

水素とは, −252°C の固体でもはげしく反応する。



常温では大抵の金属と反応するが, アルミニウム, 銅, 鉄, ニッケルは表面皮膜を作るので, かなり高温まで反応が進まない。

他のハロゲン元素とは種々のハロゲン化物を作る。 (ClF , ClF_3 , ClF_5 , BrF_3 , BrF_5 等)

酸素とは OF_2 , O_2F_2 等の化合物を作るが, 普通の条件では反応しない。ヘリウム, アルゴンとは反応せず, チッ素とも普通の条件では反応しないので, これらのガス (特にチッ素) は希積ガスとして用いられる。テフロン, Kel-F など高フッ化重合物があまり濃度が高くない場合 100°C 位まで耐えるのを例外として, 殆どすべての有機化合物はフッ素とはげしく反応する。又, 無定形炭素 (木炭など) もフッ素と反応する。

大抵の無機塩はフッ素と反応してフッ化物となる。

フッ素と水, および大気圧附近での或種の有機物との反応には, 或濃度まで一種の抑制作用があり, そこから急に反応が進むことが知られている。

水は液, 蒸気共はげしくフッ素と反応して HF , O_2 および微量の H_2O_2 , OF_2 を生ずる。

4 燃焼性および爆発性⁽²⁾⁽⁷⁾⁽¹⁶⁾⁽²⁰⁾⁽²¹⁾

フッ素自体は可燃性でも爆発性でもないが, 酸素と同じく物質の支燃剤である。

物質の燃焼性はフッ素濃度が高い程はげしくなる。

フッ素は水, 水素とは爆発的に化合する。

金属, ゴム, 布等に油脂類が附着していると, 普通は反応しない条件でも純フッ素との反応は爆発的に進むので注意を要する。

フッ素は無定形炭素との反応で C-F 系, 硝酸との反応で N-O-F 系化合物(?) のいずれも爆発性物質を作ることがある。

5 腐食性⁽²⁾⁽¹⁶⁾⁽²¹⁾

フッ素はその化学的性質から, 耐食材料は限定される。鉄, 銅, ニッケル等一部の金属が使用出来るのは, 表面のフッ化皮膜の保護作用によるので, ガスの貯蔵, 流動, 粉粒等の有無,

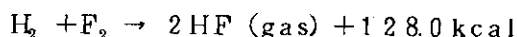
(13) 蒸気圧^{c)}
$$\log P = 7.08718 - \frac{357.258}{T} - \frac{1.3155 \times 10^{13}}{T^8}$$
 (−219.62 ~ −183.16°C P : mmHg, T : 絶対温度)

3 主な化学的性質⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁹⁾

フッ素は単極電位 2.85 Volt, 最も反応性に富む元素で, ほとんどすべての元素と化合物を作る。適当な条件下では, 一部の希ガス (クリプトン, キセノン, ラドン) ととも直接反応する。

フッ素は原子半径が小さく (原子番号 9), 電子親和力が強いので, 陽イオンが最高原子価を示すような塩, 複塩 (例, AgF_2 , K_2NiF_6 , IF_7 , UF_6 等) をつくる。

水素とは, −252°C の固体でもはげしく反応する。



常温では大抵の金属と反応するが, アルミニウム, 銅, 鉄, ニッケルは表面皮膜を作るので, かなり高温まで反応が進まない。

他のハロゲン元素とは種々のハロゲン化物を作る。 (ClF , ClF_3 , ClF_5 , BrF_3 , BrF_5 等)

酸素とは OF_2 , O_2F_2 等の化合物を作るが, 普通の条件では反応しない。ヘリウム, アルゴンとは反応せず, チッ素とも普通の条件では反応しないので, これらのガス (特にチッ素) は希積ガスとして用いられる。テフロン, Kel-F など高フッ化重合物があまり濃度が高くない場合 100°C 位まで耐えるのを例外として, 殆どすべての有機化合物はフッ素とはげしく反応する。又, 無定形炭素 (木炭など) もフッ素と反応する。

大抵の無機塩はフッ素と反応してフッ化物となる。

フッ素と水, および大気圧附近での或種の有機物との反応には, 或濃度まで一種の抑制作用があり, そこから急に反応が進むことが知られている。

水は液, 蒸気共はげしくフッ素と反応して HF , O_2 および微量の H_2O_2 , OF_2 を生ずる。

4 燃焼性および爆発性⁽²⁾⁽⁷⁾⁽¹⁶⁾⁽²⁰⁾⁽²¹⁾

フッ素自体は可燃性でも爆発性でもないが, 酸素と同じく物質の支燃剤である。

物質の燃焼性はフッ素濃度が高い程はげしくなる。

フッ素は水, 水素とは爆発的に化合する。

金属, ゴム, 布等に油脂類が附着していると, 普通は反応しない条件でも純フッ素との反応は爆発的に進むので注意を要する。

フッ素は無定形炭素との反応で C-F 系, 硝酸との反応で N-O-F 系化合物(?) のいずれも爆発性物質を作ることがある。

5 腐食性⁽²⁾⁽¹⁶⁾⁽²¹⁾

フッ素はその化学的性質から, 耐食材料は限定される。鉄, 銅, ニッケル等一部の金属が使用出来るのは, 表面のフッ化皮膜の保護作用によるので, ガスの貯蔵, 流動, 粉粒等の有無,

$$(13) \text{ 蒸気圧 } ^{\circ} \log P = 7.08718 - \frac{357.258}{T} - \frac{1.3155 \times 10^{18}}{T^2}$$

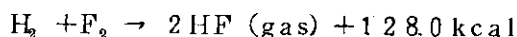
(-219.62 ~ -183.16°C P: mmHg, T: 絶対温度)

3 主な化学的性質 (1) (2) (9)

フッ素は単極電位 2.85 Volt, 最も反応性に富む元素で, ほとんどすべての元素と化合物を作る。適当な条件下では, 一部の希ガス (クリプトン, キセノン, ラドン) ととも直接反応する。

フッ素は原子半径が小さく (原子番号 9), 電子親和力が強いので, 陽イオンが最高原子価を示すような塩, 複塩 (例, AgF_2 , K_2NiF_6 , IF_7 , UF_6 等) をつくる。

水素とは, -252°C の固体でもはげしく反応する。



常温では大抵の金属と反応するが, アルミニウム, 銅, 鉄, ニッケルは表面皮膜を作るので, かなり高温まで反応が進まない。

他のハロゲン元素とは種々のハロゲン化物を作る。 (ClF , ClF_3 , ClF_5 , BrF_3 , BrF_5 等)

酸素とは OF_2 , O_3F_2 等の化合物を作るが, 普通の条件では反応しない。ヘリウム, アルゴンとは反応せず, チッ素とも普通の条件では反応しないので, これらのガス (特にチッ素) は希釈ガスとして用いられる。テフロン, Kel-F など高フッ化重合物があまり濃度が高くない場合 100°C 位まで耐えるのを例外として, 殆どすべての有機化合物はフッ素とはげしく反応する。又, 無定形炭素 (木炭など) もフッ素と反応する。

大抵の無機塩はフッ素と反応してフッ化物となる。

フッ素と水, および大気圧附近での或種の有機物との反応には, 或濃度まで一種の抑制作用があり, そこから急に反応が進むことが知られている。

水は液, 蒸気共はげしくフッ素と反応して HF , O_2 および微量の H_2O_2 , OF_2 を生ずる。

4 燃焼性および爆発性 (2) (7) (16) (20) (21)

フッ素自体は可燃性でも爆発性でもないが, 酸素と同じく物質の支燃剤である。

物質の燃焼性はフッ素濃度が高い程はげしくなる。

フッ素は水, 水素とは爆発的に化合する。

金属, ゴム, 布等に油脂類が附着していると, 普通は反応しない条件でも純フッ素との反応は爆発的に進むので注意を要する。

フッ素は無定形炭素との反応で C-F 系, 硝酸との反応で N-O-F 系化合物(?) のいづれも爆発性物質を作ることがある。

5 腐食性 (2) (16) (21)

フッ素はその化学的性質から, 耐食材料は限定される。鉄, 銅, ニッケル等一部の金属が使用出来るのは, 表面のフッ化皮膜の保護作用によるので, ガスの貯蔵, 流動, 粉粒等の有無,

温度等の使用条件で耐食性は変ることには注意する必要がある。又乾燥状態では耐食性があったとしても、空気中の湿分等の水分が加わるとフッ酸が生成し腐食を生ずる場合が多い。

テフロン系樹脂以外の有機材料は耐食性がなく、使用出来ない。耐食性のある材料でも、微量の油脂類が附着していると高濃度のフッ素にふれた場合は耐食性を失なり。

6 生体に対する有害性 (2)(7)(13)(15)(16)(21)(23)(24)(28)

フッ素は生体組織を刺戟し、はげしく損傷する。皮膚、眼などへの接触、吸入、飲下のいづれもきわめて危険である。

高濃度のフッ素ガスを吸入すれば、喉頭・気管支のケイレンによる窒息、粘膜膨脹などによる気管支閉塞、肺水腫などで死亡することがあり、比較的低濃度の場合には急性、慢性の呼吸器障害を受ける。

我国では、空気中の許容濃度は定められていないが、米国の許容労働環境濃度は 0.1 ppm であり、USAECの工場での許容濃度は 1 ppm といわれる。

フッ素が皮膚に接触した場合、高濃度・多量であれば生体、空気中の水分との反応熱で熱火傷を負うことが考えられるが、多くの場合フッ酸によるのと同種類の化学火傷を負う。眼球に触れた場合は失明のおそれがある。

フッ素の刺戟性から誤って液体フッ素を飲み込むということは考え難いが、消化器管に致命的な障害を与えるであろう。

フッ素の生体に及ぼす影響については別資料⁽³¹⁾にまとめるので詳しくはそれを参照のこと。

7 商品の品位および用途 (2)(24)(29)

我国では、一時ダイキン工業株で製造販売されたが中止され、現在は関東電化株で自家用に製造され、一部市販の準備中であるのみでJIS規格もない。

米国アライド・ケミカル社の製品規格および同エア・プロダクト社の標準分析値は次の通り。

ア社製品規格		エ社標準分析値		
F ₂	>99.0 wt%	F ₂	>99 wt%	
HF+CF ₄	<0.3 "	HF	0.2 wt%	CF ₄ 800 ppm
O ₂ +N ₂	<1.0 "	O ₂	0.35 wt%	N ₂ 0.2 wt%
HF+CF ₄ +O ₂ +N ₂	<1.0 "	SF ₆	0.1 wt%	CO ₂ 500 ppm
		H ₂ O	<1.0 ppm	

用 途

世界的視野での用途の最大のものとはU-235濃縮用の六フッ化ウランの製造用である。その他の一般工業用では、六フッ化イオウ（絶縁剤）、五フッ化アンチモン（触媒用）、三フッ化塩素（切削剤）の製造がある。将来有望とされている用途はフッ素自体又は二フッ化酸素、三フッ化塩素などの形でのロケット燃料としての使用、フッ化物揮発法による原子炉燃料再処理でのフッ素又はフッ化ハロゲンの使用である。

温度等の使用条件で耐食性は変ることには注意する必要がある。又乾燥状態では耐食性があったとしても、空気中の湿分等の水分が加わるとフッ酸が生成し腐食を生ずる場合が多い。

テフロン系樹脂以外の有機材料は耐食性がなく、使用出来ない。耐食性のある材料でも、微量の油脂類が附着していると高濃度のフッ素にふれた場合は耐食性を失なう。

6 生体に対する有害性 (2)(7)(13)(15)(16)(21)(23)(24)(28)

フッ素は生体組織を刺戟し、はげしく損傷する。皮膚、眼などへの接触、吸入、飲下のいづれもきわめて危険である。

高濃度のフッ素ガスを吸入すれば、喉頭・気管支のケイレンによる窒息、粘膜膨脹などによる気管支閉塞、肺水腫などで死亡することがあり、比較的低濃度の場合には急性、慢性の呼吸器障害を受ける。

我国では、空気中の許容濃度は定められていないが、米国の許容労働環境濃度は 0.1 ppm であり、USAECの工場での許容濃度は 1 ppm といわれる。

フッ素が皮膚に接触した場合、高濃度・多量であれば生体、空気中の水分との反応熱で熱火傷を負うことが考えられるが、多くの場合フッ酸によるのと同種類の化学火傷を負う。眼球に触れた場合は失明のおそれがある。

フッ素の刺戟性から誤って液体フッ素を飲み込むということは考え難いが、消化器管に致命的な障害を与えるであろう。

フッ素の生体に及ぼす影響については別資料⁽³¹⁾にまとめるので詳しくはそれを参照のこと。

7 商品の品位および用途 (2)(24)(29)

我国では、一時ダイキン工業株で製造販売されたが中止され、現在は関東電化株で自家用に製造され、一部市販の準備中であるのみでJIS規格もない。

米国アライド・ケミカル社の製品規格および同エア・プロダクト社の標準分析値は次の通り。

ア社製品規格		エ社標準分析値		
F ₂	>99.0 wt%	F ₂	>99 wt%	
HF+CF ₄	<0.3 "	HF	0.2 wt%	CF ₄ 800 ppm
O ₂ +N ₂	<1.0 "	O ₂	0.35 wt%	N ₂ 0.2 wt%
HF+CF ₄ +O ₂ +N ₂	<1.0 "	SF ₆	0.1 wt%	CO ₂ 500 ppm
		H ₂ O	<1.0 ppm	

用 途

世界的視野での用途の最大のものとはU-235濃縮用の六フッ化ウランの製造用である。その他の一般工業用では、六フッ化イオウ（絶縁剤）、五フッ化アンチモン（触媒用）、三フッ化塩素（切削剤）の製造がある。将来有望とされている用途はフッ素自体又は二フッ化酸素、三フッ化塩素などの形でのロケット燃料としての使用、フッ化物揮発法による原子炉燃料再処理でのフッ素又はフッ化ハロゲンの使用である。

温度等の使用条件で耐食性は変ることには注意する必要がある。又乾燥状態では耐食性があったとしても、空気中の湿分等の水分が加わるとフッ酸が生成し腐食を生ずる場合が多い。

テフロン系樹脂以外の有機材料は耐食性がなく、使用出来ない。耐食性のある材料でも、微量の油脂類が附着していると高濃度のフッ素にふれた場合は耐食性を失なり。

6 生体に対する有害性 (2)(7)(13)(15)(16)(21)(23)(24)(28)

フッ素は生体組織を刺戟し、はげしく損傷する。皮膚、眼などへの接触、吸入、飲下のいづれもきわめて危険である。

高濃度のフッ素ガスを吸入すれば、喉頭・気管支のケイレンによる窒息、粘膜膨脹などによる気管支閉塞、肺水腫などで死亡することがあり、比較的低濃度の場合には急性、慢性の呼吸器障害を受ける。

我国では、空気中の許容濃度は定められていないが、米国の許容労働環境濃度は 0.1 ppm であり、USAECの工場での許容濃度は 1 ppm といわれる。

フッ素が皮膚に接触した場合、高濃度・多量であれば生体、空気中の水分との反応熱で熱火傷を負うことが考えられるが、多くの場合フッ酸によるのと同種類の化学火傷を負う。眼球に触れた場合は失明のおそれがある。

フッ素の刺戟性から誤って液体フッ素を飲み込むということは考え難いが、消化器管に致命的な障害を与えるであろう。

フッ素の生体に及ぼす影響については別資料⁽³¹⁾にまとめるので詳しくはそれを参照のこと。

7 商品の品位および用途 (2)(24)(29)

我国では、一時ダイキン工業株で製造販売されたが中止され、現在は関東電化株で自家用に製造され、一部市販の準備中であるのみでJIS規格もない。

米国アライド・ケミカル社の製品規格および同エア・プロダクト社の標準分析値は次の通り。

ア社製品規格		エ社標準分析値		
F ₂	>99.0 wt%	F ₂	>99 wt%	
HF+CF ₄	<0.3 "	HF	0.2 wt%	CF ₄ 800 ppm
O ₂ +N ₂	<1.0 "	O ₂	0.35 wt%	N ₂ 0.2 wt%
HF+CF ₄ +O ₂ +N ₂	<1.0 "	SF ₆	0.1 wt%	CO ₂ 500 ppm
		H ₂ O	<1.0 ppm	

用 途

世界的視野での用途の最大のものとはU-235濃縮用の六フッ化ウランの製造用である。その他の一般工業用では、六フッ化イオウ（絶縁剤）、五フッ化アンチモン（触媒用）、三フッ化塩素（切削剤）の製造がある。将来有望とされている用途はフッ素自体又は二フッ化酸素、三フッ化塩素などの形でのロケット燃料としての使用、フッ化物揮発法による原子炉燃料再処理でのフッ素又はフッ化ハロゲンの使用である。

8 分析試験および検知法 (2)(6)(9)(20)(25)(27)(30)

使用中の希釈ガスの分析法にはガスクロマトグラフ、分光分析なども使用されるが、購入など濃厚ガスに用いられる分析法を挙げる。

(1) 試料ガスはフッ化ソーダ充填筒を通してフッ化水素を吸着させる。次に食塩充填筒を通して $2\text{NaCl} + \text{F}_2 \rightarrow 2\text{NaF} + \text{Cl}_2 \uparrow$ の反応で発生した塩素ガスを塩化物とし Volhard 法で定量する。酸素、窒素、ヘリウムはガスクロマトグラフで、フッ化水素、四フッ化炭素は別々に赤外スペクトル分析で定量する。

(2) 試料ガスをサンプルポンベに取り測圧する (P_0)。

ポンベを液体酸素で十分冷却してから一部ガスを試料ビンに抜取り測圧する (P_1)。試料ビンに水銀を加えてフッ素と反応させ、残圧を測定する (P_2)。サンプルポンベを液体酸素で冷却しながら残ガスを真空ポンプで抜取り、封栓してからポンベを試料ガス採取時の温度まで上げ測圧する (P_3)。 P_0 、 P_3 から HF 量、 P_1 、 P_2 から F_2 量が求められる。

$$\text{HF vol\%} = \frac{P_3}{P_0} \times 100$$

$$\text{F}_2 \text{ vol\%} = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} (100 - \text{HF vol\%})$$

フッ素ガス検出法

- a もれの最も鋭敏な検出法は特異臭 (0.02 ppm) である。その他アンモニアガスを使ってフッ化アンモンによる白煙、しめったヨードカリデンブン紙の変色 (25 ppm)、しめったリトマス試験紙の変色などによる検出がある。
- b Kr-85 を含んだ quinol clathrate とフッ素の反応で Kr-85 を遊離させ計数する方法 (Tracerlab Toxic Gas Monitor)
- c 電離箱中で、フッ素とジメチルアミンの反応で生ずるエアゾルによる伝導度変化を検出する方法 (MSA Billion-Aire)
- d 加熱された金属表面にハロゲン系ガスが触れると陽イオンの放出が著しく促進される現象を利用する方法 (ハロゲンリークデテクタ 東芝など)

9 出荷容器 (2)(8)(10)(12)

将来国内需要が増加して本格的に市販される場合は、液体窒素冷却のデュア-瓶型容器で液体フッ素として販売されることも考えられるが、当分の間は高圧ガスの形で輸入されるか、当初は比較的低下の圧縮ガスとして後では高圧ガスとして国産市販されると思われる。

温度 35°C において内圧が 10 Kg/cm² 以上となる場合は、高圧ガス取締法の適用を受けるので、容器は所定の検査を受け、外面をネズミ色に塗り白色でフッ素ガスと標示するなどの規定に従うことが必要である。又、高圧ガスとして輸入する場合も、輸入の都度許可を得ることが必要である。

8 分析試験および検知法 (2)(6)(9)(20)(25)(27)(30)

使用中の希釈ガスの分析法にはガスクロマトグラフ、分光分析なども使用されるが、購入など濃厚ガスに用いられる分析法を挙げる。

(1) 試料ガスはフッ化ソーダ充填筒を通してフッ化水素を吸着させる。次に食塩充填筒を通して $2\text{NaCl} + \text{F}_2 \rightarrow 2\text{NaF} + \text{Cl}_2 \uparrow$ の反応で発生した塩素ガスを塩化物とし Volhard 法で定量する。酸素、窒素、ヘリウムはガスクロマトグラフで、フッ化水素、四フッ化炭素は別々に赤外スペクトル分析で定量する。

(2) 試料ガスをサンプルポンベに取り測圧する (P_0)。

ポンベを液体酸素で十分冷却してから一部ガスを試料ビンに抜取り測圧する (P_1)。試料ビンに水銀を加えてフッ素と反応させ、残圧を測定する (P_2)。サンプルポンベを液体酸素で冷却しながら残ガスを真空ポンプで抜取り、封栓してからポンベを試料ガス採取時の温度まで上げ測圧する (P_3)。 P_0 、 P_3 から HF 量、 P_1 、 P_2 から F_2 量が求められる。

$$\text{HF vol\%} = \frac{P_3}{P_0} \times 100$$

$$\text{F}_2 \text{ vol\%} = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} (100 - \text{HF vol\%})$$

フッ素ガス検出法

- もれの最も鋭敏な検出法は特異臭 (0.02 ppm) である。その他アンモニアガスを使ってフッ化アンモンによる白煙、しめったヨードカリデンブン紙の変色 (25 ppm)、しめったリトマス試験紙の変色などによる検出がある。
- Kr-85 を含んだ quinol clathrate とフッ素の反応で Kr-85 を遊離させ計数する方法 (Tracerlab Toxic Gas Monitor)
- 電離箱中で、フッ素とジメチルアミンの反応で生ずるエアゾルによる伝導度変化を検出する方法 (MSA Billion-Aire)
- 加熱された金属表面にハロゲン系ガスが触れると陽イオンの放出が著しく促進される現象を利用する方法 (ハロゲンリークデテクタ 東芝など)

9 出荷容器 (2)(8)(10)(12)

将来国内需要が増加して本格的に市販される場合は、液体窒素冷却のデュア-瓶型容器で液体フッ素として販売されることも考えられるが、当分の間は高圧ガスの形で輸入されるか、当初は比較的低下の圧縮ガスとして後では高圧ガスとして国産市販されると思われる。

温度 35°C において内圧が 10 Kg/cm² 以上となる場合は、高圧ガス取締法の適用を受けるので、容器は所定の検査を受け、外面をネズミ色に塗り白色でフッ素ガスと標示するなどの規定に従うことが必要である。又、高圧ガスとして輸入する場合も、輸入の都度許可を得ることが必要である。

我国には特にフッ素ガス用としての規格はない。

米国の I O C 規格によるボンベ

材 質	銅製又はニッケル製，真鍮製フッ素用バルブ付	
充填圧	400 psig (28Kg/cm ² G)	
寸 法	6 ポンド入り	外径 10 1/2 インチ (26.7cm)
	(2.7kg)	高さ 55 1/2 インチ (141cm)
	4 1/2 ポンド入り	外径 9 1/4 インチ (23.5cm)
	(2.0kg)	高さ 55 インチ (140cm)
標 示	赤ラベルで Flammable Gas	
	日本の船下し時に赤地黒文字で高圧ガスのラベルがついている筈。	

10 輸送上の注意 (2)(8)(10)(12)(16)(17)(18)(21)(22)(24)(25)

フッ素はきわめて反応性に富んでいるから誤ってガスの漏れ，噴出を起さないよう慎重に取扱うことが必要である。

- (1) 容器には必ずバルブ保護のためキャップをつける。
可能な限りボンベ運搬台車を使い，手運搬による衝撃，振動を避ける。
- (2) 他のガス，特に可燃性ガスとの混載を避ける。
やむを得ない場合は，弁方向を逆にし，出来るだけ間隔を取る。
- (3) 直射日光，火気，熱気を避ける。
- (4) クレーンでボンベを吊上げる場合にも必ずカゴを用い，吊り鎖，ロープ等で直接しはって吊ってはいけない。

11 貯蔵上の注意 (2)(8)(10)(12)(16)(18)(19)(21)(22)(24)(25)

国内にフッ素生産工場のある場合，2Kg/cm²G 圧のタンクで 100kg± でのガスの貯蔵が可能であり，高圧ボンベで貯蔵するよりも，安全，経済両面とも有利とされている。しかし高圧ボンベでの輸入に依存する場合は，わざわざタンクを作る必要があるかどうかは疑問である。ボンベ置場は

- (1) 運転室など常時人の出入りする場所から隔離する。
- (2) 直射日光を避け，熱源から離す。
- (3) 湿気を避ける。
- (4) アセチレン，水素などの可燃性ガスと一緒に貯蔵しない。
- (5) 油，塗料などの可燃物や，化学薬品と一緒に貯蔵しない。
- (6) 電気配線，アース線から離す。

という条件の場所を選ぶことが必要である。

ボンベ置場は耐火構造とすべきであるが，密着してない限り 6m/m 鋼板が噴出炎で焼き切れることはなく，螢石コンクリート，煉瓦も防壁として有効である。

貯蔵室排気にはフッ素，フッ化水素除去装置をつけておく必要がある。

我国には特にフッ素ガス用としての規格はない。

米国の I O C 規格によるポンペ

材 質	鋼製又はニッケル製，真鍮製フッ素用バルブ付	
充填圧	400 psig (28Kg/cm ² G)	
寸 法	6 ポンド入り	外径 10 ¹ / ₂ インチ (26.7cm)
	(2.7kg)	高さ 55 ¹ / ₂ インチ (141cm)
	4 ¹ / ₂ ポンド入り	外径 9 ¹ / ₄ インチ (23.5cm)
	(2.0kg)	高さ 55 インチ (140cm)
標 示	赤ラベルで Flammable Gas	
	日本の船下し時に赤地黒文字で高圧ガスのラベルがついている筈。	

10 輸送上の注意 (2)(8)(10)(12)(16)(17)(18)(21)(22)(24)(25)

フッ素はきわめて反応性に富んでいるから誤ってガスの漏れ，噴出を起さないよう慎重に取扱うことが必要である。

- (1) 容器には必ずバルブ保護のためキャップをつける。
可能な限りポンペ運搬台車を使い，手運搬による衝撃，振動を避ける。
- (2) 他のガス，特に可燃性ガスとの混載を避ける。
やむを得ない場合は，弁方向を逆にし，出来るだけ間隔を取る。
- (3) 直射日光，火気，熱気を避ける。
- (4) クレーンでポンペを吊上げる場合にも必ずカゴを用い，吊り鎖，ロープ等で直接しばって吊ってはいけない。

11 貯蔵上の注意 (2)(8)(10)(12)(16)(18)(19)(21)(22)(24)(25)

国内にフッ素生産工場のある場合，2Kg/cm²G 圧のタンクで 100kg までのガスの貯蔵が可能であり，高圧ポンペで貯蔵するよりも，安全，経済両面とも有利とされている。しかし高圧ポンペでの輸入に依存する場合は，わざわざタンクを作る必要があるかどうかは疑問である。ポンペ置場は

- (1) 運転室など常時人の出入りする場所から隔離する。
- (2) 直射日光を避け，熱源から離す。
- (3) 湿気を避ける。
- (4) アセチレン，水素などの可燃性ガスと一緒に貯蔵しない。
- (5) 油，塗料などの可燃物や，化学薬品と一緒に貯蔵しない。
- (6) 電気配線，アース線から離す。

という条件の場所を選ぶことが必要である。

ポンペ置場は耐火構造とすべきであるが，密着してない限り 6m/m 鋼板が噴出炎で焼き切れることはなく，螢石コンクリート，煉瓦も防壁として有効である。

貯蔵室排気にはフッ素，フッ化水素除去装置をつけておく必要がある。

我国には特にフッ素ガス用としての規格はない。

米国の I O C 規格によるポンペ

材 質	鋼製又はニッケル製，真鍮製フッ素用バルブ付	
充填圧	400 psig (28Kg/cm ² G)	
寸 法	6 ポンド入り	外径 10 ¹ / ₈ インチ (26.7cm)
	(2.7kg)	高さ 55 ¹ / ₂ インチ (141cm)
	4 ¹ / ₂ ポンド入り	外径 9 ¹ / ₄ インチ (23.5cm)
	(2.0kg)	高さ 55 インチ (140cm)
標 示	赤ラベルで Flammable Gas	
	日本の船下し時に赤地黒文字で高圧ガスのラベルがついている筈。	

10 輸送上の注意 (2)(8)(10)(12)(16)(17)(18)(21)(22)(24)(25)

フッ素はきわめて反応性に富んでいるから誤ってガスの漏れ，噴出を起さないよう慎重に取扱うことが必要である。

- (1) 容器には必ずバルブ保護のためキャップをつける。
可能な限りポンペ運搬台車を使い，手運搬による衝撃，振動を避ける。
- (2) 他のガス，特に可燃性ガスとの混載を避ける。
やむを得ない場合は，弁方向を逆にし，出来るだけ間隔を取る。
- (3) 直射日光，火気，熱気を避ける。
- (4) クレーンでポンペを吊上げる場合にも必ずカゴを用い，吊り鎖，ロープ等で直接しばって吊ってはいけない。

11 貯蔵上の注意 (2)(8)(10)(12)(16)(18)(19)(21)(22)(24)(25)

国内にフッ素生産工場のある場合，2Kg/cm²G 圧のタンクで 100kg までのガスの貯蔵が可能であり，高圧ポンペで貯蔵するよりも，安全，経済両面とも有利とされている。しかし高圧ポンペでの輸入に依存する場合は，わざわざタンクを作る必要があるかどうかは疑問である。ポンペ置場は

- (1) 運転室など常時人の出入する場所から隔離する。
- (2) 直射日光を避け，熱源から離す。
- (3) 湿気を避ける。
- (4) アセチレン，水素などの可燃性ガスと一緒に貯蔵しない。
- (5) 油，塗料などの可燃物や，化学薬品と一緒に貯蔵しない。
- (6) 電気配線，アース線から離す。

という条件の場所を選ぶことが必要である。

ポンペ置場は耐火構造とすべきであるが，密着してない限り 6m/m 鋼板が噴出炎で焼き切れることはなく，螢石コンクリート，煉瓦も防壁として有効である。

貯蔵室排気にはフッ素，フッ化水素除去装置をつけておく必要がある。

米国内のポンベの試験では、400 psig, 5lb入りのニッケル製ポンベ、4lb 入りの鋼製ポンベの衝撃、および30口径銃弾による貫通試験で爆発は起らず、又小型鋼製ポンベを炎中で破壊までの加熱試験でも、爆発はなかったといわれている。

1.2 使用上の注意 (2)(5)(8)(11)(16)(18)(19)(21)(24)(25)(27)(29)

フッ素は腐食性が強いので取扱いには特に注意を要する。一般に使用可能な工業材料は次表の通りである。

対 象	気 体 フ ッ 素	液 体 フ ッ 素
配管・接手類	ニッケル モネル 銅 真 鍮 ステンレス18Cr-8Ni系 アルミニウムJIS高力3種, 4種 耐食1種, 4種 軟 鋼 (低 圧)	モネル ステンレス18Cr-8Ni系 銅 アルミニウムJIS高力3種, 4種 JIS耐食1種,
貯蔵タンク	ステンレス18Cr-8Ni系 アルミニウムJIS耐食4種 軟 鋼 (低 圧)	モネル ステンレス18Cr-8Ni系 アルミニウムJIS耐食4種
バルブ本体	ステンレス18Cr-8Ni系 青 銅 真 鍮	モネル ステンレス18Cr-8Ni系 青 銅
バルブシート	銅 アルミニウムJIS1種 ステンレス18Cr-8Ni系 真 鍮	銅 アルミニウムJIS1種 モネル
バルブプラグ	ステンレス18Cr-8Ni系 モネル	ステンレス18Cr-8Ni系 モネル
バルブパッキング	テフロン	テフロン
バルブベローズ	ステンレス18Cr-8Ni系 モネル 青 銅	ステンレス18Cr-8Ni系 モネル 青 銅
ガスケット	アルミニウムJIS1種 銅 テフロン 鉛 赤ゴム (0.35Kg/cm ² G以下) ネオプレン (")	アルミニウムJIS1種 銅 テフロン

米国内のポンベの試験では、400 psig, 5lb入りのニッケル製ポンベ、4lb入りの鋼製ポンベの衝撃、および30口径銃弾による貫通試験で爆発は起らず、又小型鋼製ポンベを炎中で破壊までの加熱試験でも、爆発はなかったといわれている。

1.2 使用上の注意 (2)(5)(8)(11)(16)(18)(19)(21)(24)(25)(27)(29)

フッ素は腐食性が強いので取扱いは特に注意を要する。一般に使用可能な工業材料は次表の通りである。

対 象	気 体 フ ッ 素	液 体 フ ッ 素
配管・接手類	ニッケル モネル 銅 真 鍮 ステンレス18Cr-8Ni系 アルミニウムJIS高力3種, 4種 耐食1種, 4種 軟 鋼 (低 圧)	モネル ステンレス18Cr-8Ni系 銅 アルミニウムJIS高力3種, 4種 JIS耐食1種,
貯蔵タンク	ステンレス18Cr-8Ni系 アルミニウムJIS耐食4種 軟 鋼 (低 圧)	モネル ステンレス18Cr-8Ni系 アルミニウムJIS耐食4種
バルブ本体	ステンレス18Cr-8Ni系 青 銅 真 鍮	モネル ステンレス18Cr-8Ni系 青 銅
バルブシート	銅 アルミニウムJIS1種 ステンレス18Cr-8Ni系 真 鍮	銅 アルミニウムJIS1種 モネル
バルブプラグ	ステンレス18Cr-8Ni系 モネル	ステンレス18Cr-8Ni系 モネル
バルブパッキング	テフロン	テフロン
バルブベローズ	ステンレス18Cr-8Ni系 モネル 青 銅	ステンレス18Cr-8Ni系 モネル 青 銅
ガスケット	アルミニウムJIS1種 銅 テフロン 鉛 赤ゴム (0.35Kg/cm ² G以下) ネオプレン (")	アルミニウムJIS1種 銅 テフロン

各種材料の使用可能な限界温度は一般の場合次の程度とされている。

鋼, ステンレス	250°C	石英	100°C
銅	350°C	テフロン	100°C
モネル	400°C	コランダム	700°C
マグネシウム	400°C	CaF ₂ 系	900°C
アルミニウム	450°C		
ニッケル	500°C		

主要材料の耐食性は次表の通り

主要材料の耐食性^{II)}

アルミニウム (99.5%)

- + -196°C 腐食率 0.00022mm/年
- + 室温, 乾燥ガス
- 450°C, HFを多量に含む場合
- 室温, 水分を含む場合

アルミニウム合金 (銅合金を除く)

- + Si含量がアルミニウム (99.5%)より低い場合はアルミニウムと同じ。
- + 56気圧の液体フッ素用のバルブコーン (Mg合金) 但し, バルブシートはモネル。

銅

- + 液体フッ素 (~-190°C)
- +~- 腐食率 60°C : <0.006mm/年 500°C : 5mm/年
室温~500°Cの配管, 容器
- + 20~60°C 水分のない場合のF₂ 用電解セル
- 室温, 油焼入れ板

真鍮 (Cu 60~90%) (錫入りのものも同じ)

- + -196°C 腐食率 0.0003mm/年 (Zn 32%)
- + 室温~60°C 腐食率 <0.007mm/年 (Zn 30%)
- + 200°C
- 室温, 油焼入れ板

青銅

- + -196°C~200°C, 腐食率 60°C : <0.005mm/年
バルブ

アルミ青銅

- + -196°C~200°C, 腐食率 60°C : <0.005mm/年
バルブシート

ニッケル青銅

- -150°C~25°C, 充填筒

- 銅-ニッケル合金 (Cu 80-Ni 20)
- + -196°C~200°C, 腐食率 60°C:0.0005mm/年
- 銅-シリコン合金
- 室温
- 純鉄, 鋳鉄, 鋼
- + -196°C~100°C 容器, 凝縮器, 熱交換器, 配管, 高圧ポンペ
鋼表面に白い防食被膜を生ずるが, 摩擦, 振動で被膜が破れることがある。
 - + 95°C~120°C F₂ 製造用電解槽及びカソード
(純鉄および鋼) 12×10⁶ A・H 5volt 以下
 - + 300°C F₂, CaCl₂, SiF₄ の反应用鋼管
 - 室温, Si 含量の高い油焼入れ鋼
- ステンレス鋼
- + -196°C~100°C, 乾燥ガス
 - 室温, 油焼入れ
 - 室温, 水分を含むガス
 - + 室温~100°C, F₂ 製造用電解槽の炭素アノードの支柱, 止めネジ
(Cr-Mo 鋼 U.S. 4140)
 - 全温度範囲, F₂ と HNO₃ の混合物, 熔接部が特に弱い。
 - + 200°C, 腐食率 0.0mm/年 (18-8系 U.S. 347)
 - 250°C, 腐食率 4.4mm/年 (18-8系 U.S. 347)
 - + 250°C, 腐食率 0.0mm/年 (18-8系 U.S. 310)
 - 300°C, 腐食率 9.5mm/年 (18-8系 U.S. 310)
- シリコン鋳鉄 (Si 14.5% 以上)
- 全温度範囲
- 合金鋳鉄 (Ni 14%, Cr 6%, Cu 5%)
- ステンレス鋼と同じ
- 鉛
- + -196°C~100°C, 鉄に比べて利点をなし。
- マグネシウム合金
- + -196°C~105°C, (Al 又は Mn 合金 Elektron)
 - + 105°C, F₂ 製造用電解セル (3% Al, 1% Zn) 20×10⁶ A・H
- ニッケル
- + 室温~450°C, 腐食率, 400°C:0.21mm/年
450°C:0.60mm/年 (Ni 99.4%)
加圧配管, 容器, 表面は清浄にして銹を除くこと, 熔接もキレイにやること。
 - + 50~120°C, F₂ 製造用電極 (アノード, カソード)
 - + 105°C, F₂ 製造用電解槽 (Ni 張り鋼) 20×10⁶ A・H

ニッケル-クロム

- + 室温～400°C, (Ni 73～78%, Cr 13.5～15.5%, Fe 6.0～7.5%, Inconel, InconelX, Cast Inconel)

モネル

- + 室温～450°C, 腐食率 400°C: 0.15mm/年
450°C 0.46mm/年 (Monel, K-Monel, Cast Monel)
容器, ポンプ, 配管, バルブ。仕上げ上の注意はニッケルと同じ。
- + 105°C F₂ 製造用電解槽, 隔膜 > 40×10⁶ A・H
- + 400°C F₂ の蒸気の反应用予熱器, 反応容器冷却塔

ニッケル-モリブデン合金

- (+) 室温, Hastelloy B
- + 室温～500°C, Hastelloy C

白金, 白金合金, 希有金属

- + 室温～350°C, 有機物フッ素化用の白金, 白金張り Inconel 反応容器
- 30°C F₂ 製造用電解セル (白金張り Inconel)
電極 (白金+イリジウム)
- 400°C, 白金, 金
- 室温, タンタル, レニウム, モリブデン
- 150°C, チタン
- 190°C, ジルコニウム

銀

- (+) 室温, 使用不適
- + 250°C, F₂ 製造用カソード

錫

- -190°C, 室温での使用も不適

耐酸レンガ, タイル, セメント

- + 室温～100°C, (堅焼黒鉛レンガ Durabon)
- 室温, シリケート, プラスチック基剤のセラミック板, セメント
- + 室温, 酸化鉛+アルミ+グリセリン又は80%リン酸と酸化銅アルミナの混合セメント, アスベストセメント

ホーロー (ホーロー鑄鉄, グラスライニング鋼)

- (+) 室温, 乾燥ガス, 使用不適

ボロシリケートガラス (Pyrex, Duran)

- + 室温～200°C, 完全乾燥でHFを含まぬ場合

石墨, 黒鉛

- + 室温～100°C, 堅焼黒鉛 (Durabon)
- 100°C, 石墨, もろくなる。

- 室温, 不侵透性石墨
- + 75°C~120°C F₂ 製造用アノード 堅焼黒鉛
- 磁製品
- 室温
- 石英製品
- + 室温~250°C, 完全乾燥の純F₂ガスの場合
- 石器
- 室温
- プラスチック製品
- 室温, 大抵のプラスチック, 低温でも不適
- + 室温~120°C, 高フッ素化樹脂 (Teflon Hostafion, Fluon)
- + 室温, 予めHF処理されたビスコース又は酢酸セルロースシール
- 天然ゴム, 人造ゴム
- 室温
- 樹脂の焼付塗装
- 室温
- セイン製品, 濾材
- + 室温~120°C, Teflon セイン, 湿っている場合も可
- + 室温~120°C, ガラスセイン, 石英セイン, 完全に乾燥しているガス
- 100°C, 石綿, 燃焼のおそれあり
- + 室温, 石綿, フルオロカーボンに浸漬してあるか, F₂ 20%以下の混合ガスの場合
- 室温, 有機質セイン, 燃焼する。
- 木材
- 室温, 燃焼する。

記号

工業的な使用実例および耐食試験例を集めたもの。(参考文献(11)による)

- + ほとんど腐食せず使用適
- (+) 腐食するが使用可能
- 使用不可
- +~- 普通は使用適, 条件によって使用不適

配管は小口径のものは, フレア付など洩れ防止つきの接手を用いる。大口徑のものは突合せ熔接する。フランジを用いる場合は, 銅又はアルミニウムガスケットを解体の都度交換する。

ガス用配管は普通のリークテストで良いが, 液用配管は熔接部をラジオグラフでチェックすること。

装置, 配管は使用前に洗浄し, 異物を除くこと。最後はトリクレン等の非水溶剤で脱脂し,

窒素ガスバージにより乾燥する。(トリクレンによる洗浄は、スラッグの附着などで当初発見出来ない熔接部の欠陥を発見出来るという効果もある。) 少くともセッケン水によるリークテストを行ない、使用まで乾燥窒素ガスを入れて密閉しておく。

装置、配管は使用前に予めフッ化して皮膜を作っておくことが望ましい。この方法は大気圧でゆっくり窒素をフッ素に置換し、 0.35kg/cm^2 きざみに圧を上げ2時間位で使用圧まで上げ、更に2時間位保持する。

使用開始後も、しばらく使用を中止してふたたびフッ素を流しはじめる時は必ず低濃度からはじめて規定濃度まで上げる。

高圧ポンペは防壁のある場所におき、使用場所まで配管により供給するのを原則とする。実験室などで、防壁なしで高圧ガスを取扱う場合は、圧力 $3.5\text{Kg/cm}^2\text{G}$ フッ素重量 0.5kg を限度とすること。

高圧ポンペの元弁は防壁ごしに長いハンドルを使って開閉し、直接手をふれないこと。又開閉操作を減らすため調節弁は元弁とは別につけること。

フッ素を取扱う作業は適切な防護具をつけて行ない原則として、万一の事故の場合救助出来る位置にある二人以上の作業とすること。

ポンペ、バルブ、計器類を他のガスのもと混用しないなど高圧ポンペ取扱上の注意は一般の場合と同じである。

装置の取りはずし、修理を行なう場合はポンペ元弁その他のフッ素源が閉まっていることを確認し、装置、配管内を窒素ガスで置換してから作業にかゝること。装置の洗浄水が皮膚にふれないように注意すること。

フッ素を取扱う作業場(狭義)の換気は一時間10回以上としフッ素濃度上昇の警報装置をつけること。

1.3 漏洩とその対策 (2)(4)(16)(18)(22)

装置、配管などからの漏洩は刺戟臭その他で検知されるが、その場合は元弁を止める。点検修理はガス置換を行ってから実施する。特に高圧の場合不用意に洩れ箇所近づいてはならない。

液体フッ素が滴下した場合は化学消火器と同様手段で粉末のソーダ灰をふりかける。大量の場合はスプレー又は霧状の水を散布する。高圧ポンペ、高圧配管から噴出の場合、適当な防護具をつけた上、噴出の止まるまで多量の水をスプレー又は霧状で放射する。

1.4 空容器および廃棄物の処理 (7)(8)(16)(18)(19)(20)(21)(25)(26)(27)

(1) 空容器

ポンペは内容物の有無を明示しておく。空ポンペも残存ガスによる災害を防ぐため必ずバルブを閉めておく。空ポンペはまとめて保管し、他の用途に転用してはならない。

ポンペはガス供給者の所有となっている場合が多いからみだりに廃棄してはならない。

窒素ガスバージにより乾燥する。(トリクレンによる洗浄は、スラッグの附着などで当初発見出来ない熔接部の欠陥を発見出来るという効果もある。) 少くともセッケン水によるリークテストを行ない、使用まで乾燥窒素ガスを入れて密閉しておく。

装置、配管は使用前に予めフッ化して皮膜を作っておくことが望ましい。この方法は大気圧でゆっくり窒素をフッ素に置換し、 0.35kg/cm^2 きざみに圧を上げ2時間位で使用圧まで上げ、更に2時間位保持する。

使用開始後も、しばらく使用を中止してふたたびフッ素を流しはじめる時は必ず低濃度からはじめて規定濃度まで上げる。

高圧ポンペは防壁のある場所におき、使用場所まで配管により供給するのを原則とする。実験室などで、防壁なしで高圧ガスを取扱う場合は、圧力 $3.5\text{Kg/cm}^2\text{G}$ フッ素重量 0.5kg を限度とすること。

高圧ポンペの元弁は防壁として長いハンドルを使って開閉し、直接手をふれないこと。又開閉操作を減らすため調節弁は元弁とは別につけること。

フッ素を取扱う作業は適切な防護具をつけて行ない原則として、万一の事故の場合救助出来る位置にある二人以上の作業とすること。

ポンペ、バルブ、計器類を他のガスのもと混用しないなど高圧ポンペ取扱上の注意は一般の場合と同じである。

装置の取りはずし、修理を行なう場合はポンペ元弁その他のフッ素源が閉まっていることを確認し、装置、配管内を窒素ガスで置換してから作業にかゝること。装置の洗浄水が皮膚にふれないように注意すること。

フッ素を取扱う作業場(狭義)の換気は一時間10回以上としフッ素濃度上昇の警報装置をつけること。

1.3 漏洩とその対策 (2)(4)(16)(18)(22)

装置、配管などからの漏洩は刺戟臭その他で検知されるが、その場合は元弁を止める。点検修理はガス置換を行ってから実施する。特に高圧の場合不用意に洩れ箇所近づいてはならない。

液体フッ素が滴下した場合は化学消火器と同様手段で粉末のソーダ灰をふりかける。大量の場合はスプレー又は霧状の水を散布する。高圧ポンペ、高圧配管から噴出の場合、適当な防護具をつけた上、噴出の止まるまで多量の水をスプレー又は霧状で放射する。

1.4 空容器および廃棄物の処理 (7)(8)(16)(18)(19)(20)(21)(25)(26)(27)

(1) 空容器

ポンペは内容物の有無を明示しておく。空ポンペも残存ガスによる災害を防ぐため必ずバルブを閉めておく。空ポンペはまとめて保管し、他の用途に転用してはならない。

ポンペはガス供給者の所有となっている場合が多いからみだりに廃棄してはならない。

窒素ガスバージにより乾燥する。(トリクレンによる洗浄は、スラッグの附着などで当初発見出来ない熔接部の欠陥を発見出来るという効果もある。) 少くともセッケン水によるリークテストを行ない、使用まで乾燥窒素ガスを入れて密閉しておく。

装置、配管は使用前に予めフッ化して皮膜を作っておくことが望ましい。この方法は大気圧でゆっくり窒素をフッ素に置換し、 0.35kg/cm^2 きざみに圧を上げ2時間位で使用圧まで上げ、更に2時間位保持する。

使用開始後も、しばらく使用を中止してふたたびフッ素を流しはじめる時は必ず低濃度からはじめて規定濃度まで上げる。

高圧ポンベは防壁のある場所におき、使用場所まで配管により供給するのを原則とする。実験室などで、防壁なしで高圧ガスを取扱う場合は、圧力 $3.5\text{Kg/cm}^2\text{G}$ フッ素重量 0.5kg を限度とすること。

高圧ポンベの元弁は防壁ごしに長いハンドルを使って開閉し、直接手をふれないこと。又開閉操作を減らすため調節弁は元弁とは別につけること。

フッ素を取扱う作業は適切な防護具をつけて行ない原則として、万一の事故の場合救助出来る位置にある二人以上の作業とすること。

ポンベ、バルブ、計器類を他のガスのもと混用しないなど高圧ポンベ取扱上の注意は一般の場合と同じである。

装置の取りはずし、修理を行なう場合はポンベ元弁その他のフッ素源が閉まっていることを確認し、装置、配管内を窒素ガスで置換してから作業にかゝること。装置の洗浄水が皮膚にふれないように注意すること。

フッ素を取扱う作業場(狭義)の換気は一時間10回以上としフッ素濃度上昇の警報装置をつけること。

1.3 漏洩とその対策 (2)(4)(16)(18)(22)

装置、配管などからの漏洩は刺戟臭その他で検知されるが、その場合は元弁を止める。点検修理はガス置換を行ってから実施する。特に高圧の場合不用意に洩れ箇所近づいてはならない。

液体フッ素が滴下した場合は化学消火器と同様手段で粉末のソーダ灰をふりかける。大量の場合はスプレー又は霧状の水を散布する。高圧ポンベ、高圧配管から噴出の場合、適当な防護具をつけた上、噴出の止まるまで多量の水をスプレー又は霧状で放射する。

1.4 空容器および廃棄物の処理 (7)(8)(16)(18)(19)(20)(21)(25)(26)(27)

(1) 空容器

ポンベは内容物の有無を明示しておく。空ポンベも残存ガスによる災害を防ぐため必ずバルブを閉めておく。空ポンベはまとめて保管し、他の用途に転用してはならない。

ポンベはガス供給者の所有となっている場合が多いからみだりに廃棄してはならない。

(2) 廃ガス処理

廃ガス中のフッ素は人畜、農作物などに公害を及ぼすおそれがあるので完全に除去する必要がある。

- a 廃ガスを食塩又は塩化カルシウム充填筒を通して塩素ガスに変え、これをソーダライムに吸着させる。置換の際発熱があり、又多量の塩を必要とするが、除去は完全であるので、小規模実験に適する。
- b 5～10%カセイカリ水溶液による洗浄
液との接触時間は1分以上必要である。カセイソーダはフッ化ソーダの溶解度が低くて不適。大規模の処理に適する。ヨードカリを加えると有効⁽²⁵⁾といわれる。
- c 活性アルミナ、ソーダライム充填筒による吸着
有効であるが、aと同じく多量の吸着剤を要するので大規模の処理には適しない。
- d 燃焼中のプロパンガスバーナーに廃ガスを通して燃焼させ、四フッ化炭素、フッ化水素としてアルカリ洗浄する。濃度の高い場合有効であるが、装置の材質に難点がある。
- e 木炭による吸着
安価で有効な方法であるが、発熱が大きいのでその除去と、爆発性のC-F系化合物を生成することが問題である。

15 消火方法 (2)(4)(16)(21)

フッ素自体は不燃性であるが、可燃物のある場合は強力な支燃剤となる。多量の水を使用するのがもっとも有効である。

16 衛生上の予防処置 (2)(4)(7)(12)(15)(16)(17)(18)(21)(24)(27)

- (1) 作業者は、呼吸器疾患のあるもの、片眼など視力障害のあるものを選び、定期的に健康診断を行うこと。
- (2) 作業者にフッ素取扱について十分教育し、救急処置を周知しておくこと。
- (3) 事故の際処置を受けるべき医師に事前に連絡し、フッ素中毒症を熟知しておいてもらうこと。
- (4) フッ素取扱作業場(狭義)は完全換気(10回/時間以上)すること。
- (5) 手近に緊急用シャワーおよび洗眼設備を備えること。
- (6) 緊急用酸素内蔵マスクを常備しておくこと。
- (7) 救急薬を常備しておくこと。
- (8) 低濃度のガスを取扱う場合は、ガスマスク、油脂の附着してないネオプレン製の作業衣靴、手袋を着け、Lucite, Plexiglas, Lumarith製のゴーグル型安全眼鏡をかけること。
- (9) 高濃度、高圧のガス、又は液体フッ素を取扱う場合は、ガスマスク、Aclar, Kel-Fなどフッ素樹脂系の透明面をつける。衣服は普通のネオプレン、合成樹脂系のもは不適である。米国で使用可能とされている唯一のセニイはB.F.Goodrich社のECC-11-

(2) 廃ガス処理

廃ガス中のフッ素は人畜、農作物などに公害を及ぼすおそれがあるので完全に除去する必要がある。

- a 廃ガスを食塩又は塩化カルシウム充填筒を通して塩素ガスに変え、これをソーダライムに吸着させる。置換の際発熱があり、又多量の塩を必要とするが、除去は完全であるので、小規模実験に適する。
- b 5～10%カセイカリ水溶液による洗浄
液との接触時間は1分以上必要である。カセイソーダはフッ化ソーダの溶解度が低くて不適。大規模の処理に適する。ヨードカリを加えると有効⁽²⁵⁾といわれる。
- c 活性アルミナ、ソーダライム充填筒による吸着
有効であるが、aと同じく多量の吸着剤を要するので大規模の処理には適しない。
- d 燃焼中のプロパンガスバーナーに廃ガスを通して燃焼させ、四フッ化炭素、フッ化水素としてアルカリ洗浄する。濃度の高い場合有効であるが、装置の材質に難点がある。
- e 木炭による吸着
安価で有効な方法であるが、発熱が大きいのでその除去と、爆発性のC-F系化合物を生成することが問題である。

15 消火方法 (2)(4)(16)(21)

フッ素自体は不燃性であるが、可燃物のある場合は強力な支燃剤となる。多量の水を使用するのがもっとも有効である。

16 衛生上の予防処置 (2)(4)(7)(12)(15)(16)(17)(18)(21)(24)(27)

- (1) 作業者は、呼吸器疾患のあるもの、片眼など視力障害のあるものを避け、定期的に健康診断を行うこと。
- (2) 作業者にフッ素取扱について十分教育し、救急処置を周知しておくこと。
- (3) 事故の際処置を受けるべき医師に事前に連絡し、フッ素中毒症を熟知しておいてもらうこと。
- (4) フッ素取扱作業場(狭義)は完全換気(10回/時間以上)すること。
- (5) 手近に緊急用シャワーおよび洗眼設備を備えること。
- (6) 緊急用酸素内蔵マスクを常備しておくこと。
- (7) 救急薬を常備しておくこと。
- (8) 低濃度のガスを取扱う場合は、ガスマスク、油脂の附着してないネオプレン製の作業衣靴、手袋を着け、Lucite, Plexiglas, Lumarith製のゴーグル型安全眼鏡をかけること。
- (9) 高濃度、高圧のガス、又は液体フッ素を取扱う場合は、ガスマスク、Aclar, Kel-Fなどフッ素樹脂系の透明面をつける。衣服は普通のネオプレン、合成樹脂系のもは不適である。米国で使用可能とされている唯一のセニイはB.F.Goodrich社のECC-11-

(2) 廃ガス処理

廃ガス中のフッ素は人畜、農作物などに公害を及ぼすおそれがあるので完全に除去する必要がある。

- a 廃ガスを食塩又は塩化カルシウム充填筒を通して塩素ガスに変え、これをソーダライムに吸着させる。置換の際発熱があり、又多量の塩を必要とするが、除去は完全であるので、小規模実験に適する。
- b 5～10%カセイカリ水溶液による洗浄
液との接触時間は1分以上必要である。カセイソーダはフッ化ソーダの溶解度が低くて不適。大規模の処理に適する。ヨードカリを加えると有効⁽²⁵⁾といわれる。
- c 活性アルミナ、ソーダライム充填筒による吸着
有効であるが、aと同じく多量の吸着剤を要するので大規模の処理には適しない。
- d 燃焼中のプロパンガスバーナーに廃ガスを通して燃焼させ、四フッ化炭素、フッ化水素としてアルカリ洗浄する。濃度の高い場合有効であるが、装置の材質に難点がある。
- e 木炭による吸着
安価で有効な方法であるが、発熱が大きいのでその除去と、爆発性のC-F系化合物を生成することが問題である。

15 消火方法 (2)(4)(16)(21)

フッ素自体は不燃性であるが、可燃物のある場合は強力な支燃剤となる。多量の水を使用するのがもっとも有効である。

16 衛生上の予防処置 (2)(4)(7)(12)(15)(16)(17)(18)(21)(24)(27)

- (1) 作業者は、呼吸器疾患のあるもの、片眼など視力障害のあるものを避け、定期的に健康診断を行うこと。
- (2) 作業者にフッ素取扱について十分教育し、救急処置を周知しておくこと。
- (3) 事故の際処置を受けるべき医師に事前に連絡し、フッ素中毒症を熟知しておいてもらうこと。
- (4) フッ素取扱作業場(狭義)は完全換気(10回/時間以上)すること。
- (5) 手近に緊急用シャワーおよび洗眼設備を備えること。
- (6) 緊急用酸素内蔵マスクを常備しておくこと。
- (7) 救急薬を常備しておくこと。
- (8) 低濃度のガスを取扱う場合は、ガスマスク、油脂の附着してないネオプレン製の作業衣靴、手袋を着け、Lucite, Plexiglas, Lumarith製のゴーグル型安全眼鏡をかけること。
- (9) 高濃度、高圧のガス、又は液体フッ素を取扱う場合は、ガスマスク、Aclar, Kel-Fなどをフッ素樹脂系の透明面をつける。衣服は普通のネオプレン、合成樹脂系のものは不適である。米国で使用可能とされている唯一のセニイはB.F.Goodrich社のECC-11-

128-44000 (misc) fabric (グラスファイバーに耐火ネオブレンをコートしたものの)である。

(10) 防護衣, 防護具はすべて脱着容易な型にすること。

17 救急処置 (4)(7)(15)(16)(17)(18)(21)(23)(28)

(1) 原則

- a 患者を現場から遠ざけ, 接触部分を出来るだけ多量の水で洗うこと。
- b 傷害が軽く見える場合も必ず医師の処置を受けること。

(2) 皮膚汚染の場合

- a 接触の疑いがある場合は処置すること。(痛みが出るまでに潜伏時間がある。)
- b 患部を多量の微温水で流し洗う。広範囲の汚染の場合はシャワーを浴びながら脱衣する。
- c 火傷が軽い場合は水性ペーストをつける。

ペースト処方例 (Karel First Aid 社 U.S.A)

硫酸マグネシウム	20%
酸化マグネシウム	6%
グリセリン	18%
プロカイン塩酸塩	1.2%
水	残り

- d 発赤以上にひどくなりそうな場合は, 患部の下部組織および周辺に10%グルコン酸カルシウムを注射する。普通この注射は痛みはないが, プロカインを先に注射しても良い。
- e 油性ペーストを使用してはならない。

(3) 眼に入れた場合

- a 多量の微温水で少なくとも15分洗浄する。
- b つづいて3%硼酸水で洗う。
- c 以後の処置は眼科医の指示によるが, 鎮痛用プロカイン滴下, 瞳孔拡大薬投与, 角膜からエソ組織の除去などを行う。
- d 油性剤を使ってはならない。

(4) 吸入した場合

- a 直ちに新鮮な空気のある場所に移し, 多量の吸入の場合は酸素吸入を行なう。
- b 窒息している場合は人工呼吸を行なう。
- c 酸素吸入は1時間に30分の割合で3時間つづける。

この間に anoxemia (無酸素血症) にならなければ大体回復する。

- d 初期症状が軽く見えてもあとで肺充血 (肺水腫) を起すおそれがあるので, 24時間は安静を保つこと。

128-44000 (misc) fabric (グラスファイバーに耐火ネオブレンをコートしたものの)である。

(10) 防護衣, 防護具はすべて脱着容易な型にすること。

17 救急処置 (4)(7)(15)(16)(17)(18)(21)(23)(28)

(1) 原則

- a 患者を現場から遠ざけ, 接触部分を出来るだけ多量の水で洗うこと。
- b 傷害が軽く見える場合も必ず医師の処置を受けること。

(2) 皮膚汚染の場合

- a 接触の疑いがある場合は処置すること。(痛みが出るまでに潜伏時間がある。)
- b 患部を多量の微温水で流し洗いする。広範囲の汚染の場合はシャワーを浴びながら脱衣する。
- c 火傷が軽い場合は水性ペーストをつける。

ペースト処方例 (Karel First Aid 社 U.S.A.)

硫酸マグネシウム	20%
酸化マグネシウム	6%
グリセリン	18%
プロカイン塩酸塩	1.2%
水	残り

- d 発赤以上にひどくなりそうな場合は, 患部の下部組織および周辺に10%グルコン酸カルシウムを注射する。普通この注射は痛みはないが, プロカインを先に注射しても良い。
- e 油性ペーストを使用してはならない。

(3) 眼に入れた場合

- a 多量の微温水で少なくとも15分洗浄する。
- b つづいて3%硼酸水で洗う。
- c 以後の処置は眼科医の指示によるが, 鎮痛用プロカイン滴下, 瞳孔拡大薬投与, 角膜からエソ組織の除去などを行う。
- d 油性剤を使ってはならない。

(4) 吸入した場合

- a 直ちに新鮮な空気のある場所に移し, 多量の吸入の場合は酸素吸入を行なう。
- b 窒息している場合は人工呼吸を行なう。
- c 酸素吸入は1時間に30分の割合で3時間つづける。

この間に anoxemia (無酸素血症) にならなければ大体回復する。

- d 初期症状が軽く見えてもあとで肺充血 (肺水腫) を起すおそれがあるので, 24時間は安静を保つこと。

(5) 飲み下した場合

- a 液体フッ素を飲み下した場合助かる可能性はあまりない。
- b 洗浄水などを飲んだ場合は、むりに吐かせてはいけない。
- c 意識のある場合は多量の水で口腔内を洗浄させ多量の水を飲ませる。

18 教育訓練 (4)(7)(17)(18)

- (1) ポンベ置場、フッ素取扱作業場に関係者以外立ち入らぬことを周知させる。
- (2) フッ素の性質、特に人体に対する危険性を十分認識させる。
- (3) フッ素の取扱上の注意を熟知させ、確実に守るよう繰返し指導を行なう。
- (4) 直接作業する者には水洗設備、保護具、救急用品の保管場所、使用目的および使用方法などを周知させ、実地訓練をしておくこと。
- (5) 平常の整理、整頓が事故防止に不可欠であることを十分認識させること。

19 災害事例 (13)(15)(16)(17)(18)(23)(25)

長期のフッ素ガス吸入による慢性呼吸器障害などの報告はあるが、フッ素の工業的取扱いが始まったのが1942年以降であり、取扱いに十分注意がはらわれたことが幸いして、現在まで死亡事故などの重大な工場災害は報告されていない。

フッ化水素およびフッ化水素酸の取扱いではかなりの事故が報告されている。(文献(13)(17)(18), 参照)

(5) 飲み下した場合

- a 液体フッ素を飲み下した場合助かる可能性はあまりない。
- b 洗浄水などを飲んだ場合は、むりに吐かせてはいけない。
- c 意識のある場合は多量の水で口腔内を洗浄させ多量の水を飲ませる。

1.8 教育訓練 (4)(7)(17)(18)

- (1) ポンベ置場、フッ素取扱作業場に関係者以外立ち入らぬことを周知させる。
- (2) フッ素の性質、特に人体に対する危険性を十分認識させる。
- (3) フッ素の取扱上の注意を熟知させ、確実に守るよう繰返し指導を行なう。
- (4) 直接作業する者には水洗設備、保護具、救急用品の保管場所、使用目的および使用方法などを周知させ、実地訓練をしておくこと。
- (5) 平常の整理、整頓が事故防止に不可欠であることを十分認識させること。

1.9 災害事例 (13)(15)(16)(17)(18)(23)(25)

長期のフッ素ガス吸入による慢性呼吸器障害などの報告はあるが、フッ素の工業的取扱いが始まったのが1942年以降であり、取扱いに十分注意がはらわれたことが幸いして、現在まで死亡事故などの重大な工場災害は報告されていない。

フッ化水素およびフッ化水素酸の取扱いではかなりの事故が報告されている。(文献(13)(17)(18), 参照)

(5) 飲み下した場合

- a 液体フッ素を飲み下した場合助かる可能性はあまりない。
- b 洗浄水などを飲んだ場合は、むりに吐かせてはいけない。
- c 意識のある場合は多量の水で口腔内を洗浄させ多量の水を飲ませる。

1.8 教育訓練 (4)(7)(17)(18)

- (1) ポンベ置場、フッ素取扱作業場に関係者以外立ち入らぬことを周知させる。
- (2) フッ素の性質、特に人体に対する危険性を十分認識させる。
- (3) フッ素の取扱上の注意を熟知させ、確実に守るよう繰返し指導を行なう。
- (4) 直接作業する者には水洗設備、保護具、救急用品の保管場所、使用目的および使用方法などを周知させ、実地訓練をしておくこと。
- (5) 平常の整理、整頓が事故防止に不可欠であることを十分認識させること。

1.9 災害事例 (13)(15)(16)(17)(18)(23)(25)

長期のフッ素ガス吸入による慢性呼吸器障害などの報告はあるが、フッ素の工業的取扱いが始まったのが1942年以降であり、取扱いに十分注意がはらわれたことが幸いして、現在まで死亡事故などの重大な工場災害は報告されていない。

フッ化水素およびフッ化水素酸の取扱いではかなりの事故が報告されている。(文献(13)(17)(18), 参照)

参考文献

- (1) H.C.Miller, F.O.Loomis; "Fluorine, Encyclopedia of Chemical Technology (1st Ed.)" Vol.6 P656~667 (1951)
- (2) H.R.Neumark, J.M. Siegmund; "Fluorine, Encyclopedia of Chemical Technology (2nd Ed.)" Vol.9 P506~526 (1966)
- (3) 化学工学協会編; "化学工学便覧" 第3版 (昭43年版)
- (4) 日本化学会編; "化学便覧" 基礎編 (昭41年版) 応用編 (昭40年版)
- (5) 日刊工業新聞社 刊; "実用金属便覧" (1962年版)
- (6) 日本分析化学会編; "分析化学便覧" (昭36年版)
- (7) 日本化学会編; "化学実験の安全指針" (昭41年度)
- (8) 高圧ガス保安協会編; "高圧ガス取締法規集" (昭43年版)
- (9) 柴田 雄次, 山崎 一雄 編; "無機化学全書 III, ハロゲン" (1958年版)
- (10) 中川 一郎 編; "労働安全衛生規則 (増補版)" (昭35年版)
- (11) E. Rabald; "Corrosion Guide (2nd Ed.)" (1968)
- (12) N.I. Sax; "Dangerous Properties of Industrial Materials" (1957)
- (13) J.H. Simons Ed.; "Fluorine Chemistry" Vol IV (1965)
- (14) J.H. Simons Ed.; "Fluorine Chemistry" Vol V (1964)
- (15) H.E. Stokinger; "Toxicity Following Inhalation of Fluorine and Hydrogen Fluoride Pharmacology and Toxicology of Uranium Compounds", Chap, 17 National Nuclear Energy Series VI-I (1949)
- (16) R. Landau, R. Rosen; "Industrial Handling of Fluorine, Preparation, Properties, and Technology of Fluorine and Organic Fluorine Compounds" P.133~157 National Nuclear Energy Series VII-I (1951)
- (17) 日本化学会 編; "フッ化水素酸" 防災指針 30 (1962)
- (18) 日本化学会 編; "フッ化水素" 防災指針 35 (1963)
- (19) 日本化学会 編; "圧縮酸素" 防災指針 49 (1966)
- (20) S.G.Turnbull, A.F.Benning, et al.; "Analysis and Disposal of Fluorine" Ind.Eng.Chem.Vol.39, No.3, P286~288 (1947)
- (21) R.Landau, R.Rosen; "Industrial Handling of Fluorine" ibid P.281~286
- (22) J.F.Froning, M.K.Richard et al.; "Purification and Compression of Fluorine" ibid. P.275~278
- (23) 美野口 玄; "フッ素の医歯学的研究" 工業化学雑誌 Vol.65, No.8, P.1151~56 (1962)

- (24) J.M.Siegmund. ; "Production, Handling and Shipping of Elemental Fluorine" Chem.Eng.Prog. Vol.63, No.6, P.88~92 (1967)
- (25) F.W.Miles, W.H.Carr ; "Engineering Evaluation of Volatility Pilot Plant Equipment" ORNL-CF-60-7-65 (1960)
- (26) R.P.Milford et al. ; "Fluoride Volatility Processing Semiannual Progress Report for Period Ending November 30, 1966" ORNL-TM-1849 (1967)
- (27) J.D.Moseley, H.N.Robinson ; "Static Bed Reactor for Studies of a Plutonium Hexafluoride Volatility Process" RFP-1048 (1967)
- (28) 鈴木 間左支 ; "フッ素およびフッ化物の障害について" 日本原子力学会第4回原子力化学, 化学工学分科会 特別講演 (昭和41年10月3日)
- (29) 表 雄一 ; "フッ素について" 日本原子力学会第11回再処理研究専門委員会講演 (昭和43年3月15日)
- (30) ダイキン工業(株)社内基準 ; "フッ素取扱要領 (一般)"
- (31) 再処理研究室 ; "フッ素および無機フッ化物による障害" (1969年7月) (所内資料)