

ナトリウム研修棟教育研修

# ナトリウム入門コース

平成14年5月

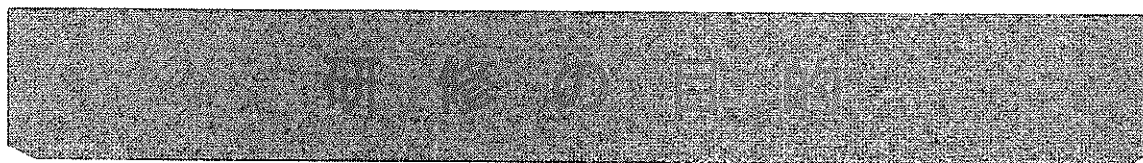
核燃料サイクル開発機構

国際技術センター

# ナトリウム入門コース

---

- ◆第1講: ナトリウムとは
- ◆第2講: ナトリウムの歴史と用途
- ◆第3講: ナトリウムの製法
- ◆第4講: ナトリウムの性質
- ◆第5講: ナトリウムの燃焼
- ◆第6講: もんじゅナトリウム漏洩事故の概要と経緯
- ◆第7講: ナトリウムと水の反応
- ◆第8講: 人体への影響
- ◆第9講: 冷却材としてナトリウムを使用する理由



本研修は、日常業務においてナトリウムに関係しない職員等を対象に、“ナトリウムとはどんな物か、何故ナトリウムは「もんじゅ」の冷却材として使われるのか”などナトリウムの基本的事項を広く一般普及させることを目的としたコースである。

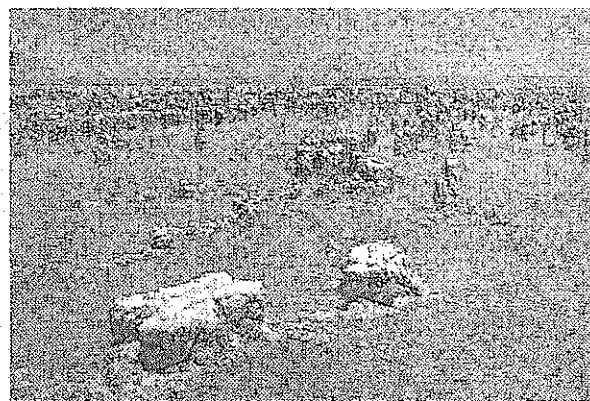
内容的には次の事項に関する習熟を目的とする。

- ☆ナトリウムとは？
- ☆ナトリウムの歴史と用途
- ☆ナトリウムの性質
- ☆ナトリウム燃焼の特徴
- ☆ナトリウムと水との反応
- ☆人体への影響
- ☆冷却材としてナトリウムを使用する理由

## 第1講 ナトリウムとは

ナトリウム (Sodium: Na) は、原子番号が11の元素でアルカリ金属である。ナトリウムは、海水や陸地などに沢山存在する。

- ◆ 自然界に存在する元素の数は一番軽い水素から一番重いウランまで92種類あり、重さの順につけた番号が原子番号でナトリウムの原子番号は11である。
- ◆ ナトリウムはアルカリ金属である。アルカリ金属には他にリチウムやカリウムなどがある。
- ◆ ナトリウムは地球上で6番目に豊富に存在する元素(1番は酸素)で単独では存在せず、塩などの化合物の形で存在する。

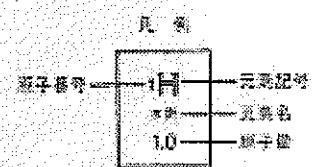


死海(イスラエル)

元素の周期表(長周期型)

|   | 1A                                         | 2A                                          | 3A                                         | 4A                                         | 5A                                           | 6A                                        | 7A                                         | 8                                          | 9                                          | 10                                        | 11                                         | 12                                           | 13                                         | 14                                           | 15                                            | 16                                           | 17                                            | 18                                        |
|---|--------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1 | ${}^1_1\text{H}$<br>水素<br>1.008            |                                             |                                            |                                            |                                              |                                           |                                            |                                            |                                            |                                           |                                            |                                              |                                            |                                              |                                               |                                              |                                               | ${}^4_2\text{He}$<br>ヘリウム<br>4.003        |
| 2 | ${}^3_3\text{Li}$<br>リチウム<br>6.941         | ${}^4_4\text{Be}$<br>ベリリウム<br>9.012         |                                            |                                            |                                              |                                           |                                            |                                            |                                            |                                           |                                            |                                              | ${}^5_5\text{B}$<br>硼<br>10.81             | ${}^6_6\text{C}$<br>炭素<br>12.01              | ${}^7_7\text{N}$<br>窒素<br>14.01               | ${}^8_8\text{O}$<br>酸素<br>16.00              | ${}^9_9\text{F}$<br>フッ素<br>19.00              | ${}^{10}_{10}\text{Ne}$<br>ネオン<br>20.18   |
| 3 | ${}^{11}_{11}\text{Na}$<br>ナトリウム<br>22.99  | ${}^{12}_{12}\text{Mg}$<br>マグネシウム<br>24.31  |                                            |                                            |                                              |                                           |                                            |                                            |                                            |                                           |                                            |                                              | ${}^{13}_{13}\text{Al}$<br>アルミニウム<br>26.98 | ${}^{14}_{14}\text{Si}$<br>シリコン<br>28.09     | ${}^{15}_{15}\text{P}$<br>リン<br>30.97         | ${}^{16}_{16}\text{S}$<br>硫黄<br>32.07        | ${}^{17}_{17}\text{Cl}$<br>塩素<br>35.45        | ${}^{18}_{18}\text{Ar}$<br>アルゴン<br>39.95  |
| 4 | ${}^{19}_{19}\text{K}$<br>カリウム<br>39.10    | ${}^{20}_{20}\text{Ca}$<br>カルシウム<br>40.08   | ${}^{21}_{21}\text{Sc}$<br>スカンジウム<br>44.96 | ${}^{22}_{22}\text{Ti}$<br>チタン<br>47.88    | ${}^{23}_{23}\text{V}$<br>バナジウム<br>50.94     | ${}^{24}_{24}\text{Cr}$<br>クロム<br>52.00   | ${}^{25}_{25}\text{Mn}$<br>マンガン<br>54.94   | ${}^{26}_{26}\text{Fe}$<br>鉄<br>55.85      | ${}^{27}_{27}\text{Co}$<br>コバルト<br>58.93   | ${}^{28}_{28}\text{Ni}$<br>ニッケル<br>58.69  | ${}^{29}_{29}\text{Cu}$<br>銅<br>63.55      | ${}^{30}_{30}\text{Zn}$<br>亜鉛<br>65.39       | ${}^{31}_{31}\text{Ga}$<br>ガリウム<br>69.72   | ${}^{32}_{32}\text{Ge}$<br>ゲルマニウム<br>72.61   | ${}^{33}_{33}\text{As}$<br>アセニウム<br>74.92     | ${}^{34}_{34}\text{Se}$<br>セレン<br>72.96      | ${}^{35}_{35}\text{Br}$<br>臭素<br>79.90        | ${}^{36}_{36}\text{Kr}$<br>クリプトン<br>83.80 |
| 5 | ${}^{39}_{39}\text{Rb}$<br>ルビジウム<br>85.47  | ${}^{40}_{40}\text{Sr}$<br>ストロンチウム<br>87.62 | ${}^{41}_{41}\text{Y}$<br>イットリウム<br>88.91  | ${}^{42}_{42}\text{Zr}$<br>ジルコニウム<br>91.22 | ${}^{43}_{43}\text{Nb}$<br>タンタル<br>92.91     | ${}^{44}_{44}\text{Mo}$<br>モリブデン<br>95.94 | ${}^{45}_{45}\text{Tc}$<br>テクネチウム<br>(98)  | ${}^{46}_{46}\text{Ru}$<br>ルビジウム<br>101.1  | ${}^{47}_{47}\text{Rh}$<br>ロジウム<br>102.9   | ${}^{48}_{48}\text{Pd}$<br>パラジウム<br>106.4 | ${}^{49}_{49}\text{Ag}$<br>銀<br>107.9      | ${}^{50}_{50}\text{Cd}$<br>カドミウム<br>112.4    | ${}^{51}_{51}\text{In}$<br>インジウム<br>114.8  | ${}^{52}_{52}\text{Sn}$<br>スズ<br>118.7       | ${}^{53}_{53}\text{Sb}$<br>アンチモン<br>121.8     | ${}^{54}_{54}\text{Te}$<br>テルル<br>127.6      | ${}^{55}_{55}\text{I}$<br>ヨード<br>126.9        | ${}^{56}_{56}\text{Xe}$<br>キセノン<br>131.3  |
| 6 | ${}^{55}_{55}\text{Cs}$<br>セシウム<br>132.9   | ${}^{56}_{56}\text{Ba}$<br>バリウム<br>137.3    | ${}^{57}_{57}\text{La}$<br>ランタノイド          | ${}^{58}_{58}\text{Ce}$<br>セリウム<br>140.1   | ${}^{59}_{59}\text{Pr}$<br>プラセオジム<br>140.9   | ${}^{60}_{60}\text{Nd}$<br>ネオジム<br>144.2  | ${}^{61}_{61}\text{Pm}$<br>プロメチウム<br>(145) | ${}^{62}_{62}\text{Sm}$<br>サマリウム<br>150.4  | ${}^{63}_{63}\text{Eu}$<br>ユウロピウム<br>152.0 | ${}^{64}_{64}\text{Gd}$<br>ガドリウム<br>157.3 | ${}^{65}_{65}\text{Tb}$<br>テルビウム<br>158.9  | ${}^{66}_{66}\text{Dy}$<br>ジスプロシウム<br>162.5  | ${}^{67}_{67}\text{Ho}$<br>ホウメリウム<br>164.9 | ${}^{68}_{68}\text{Er}$<br>エルビウム<br>167.3    | ${}^{69}_{69}\text{Tm}$<br>テールビウム<br>168.9    | ${}^{70}_{70}\text{Yb}$<br>イットリウム<br>173.0   | ${}^{71}_{71}\text{Lu}$<br>ルテチウム<br>175.0     |                                           |
| 7 | ${}^{87}_{87}\text{Fr}$<br>フランシウム<br>(223) | ${}^{88}_{88}\text{Ra}$<br>ラジウム<br>(226)    | ${}^{89}_{89}\text{Ac}$<br>アクチノイド          | ${}^{90}_{90}\text{Th}$<br>トリウム<br>232.0   | ${}^{91}_{91}\text{Pa}$<br>プロタクトニウム<br>231.0 | ${}^{92}_{92}\text{U}$<br>ウラン<br>238.0    | ${}^{93}_{93}\text{Np}$<br>ネプツニウム<br>(237) | ${}^{94}_{94}\text{Pu}$<br>プルトニウム<br>(239) | ${}^{95}_{95}\text{Am}$<br>アメリシウム<br>(243) | ${}^{96}_{96}\text{Cm}$<br>キュリウム<br>(247) | ${}^{97}_{97}\text{Bk}$<br>ベルカリウム<br>(247) | ${}^{98}_{98}\text{Cf}$<br>カリフォルニウム<br>(251) | ${}^{99}_{99}\text{Es}$<br>エールビウム<br>(252) | ${}^{100}_{100}\text{Fm}$<br>フェルミウム<br>(257) | ${}^{101}_{101}\text{Md}$<br>メンデルシウム<br>(258) | ${}^{102}_{102}\text{No}$<br>ノーボリウム<br>(259) | ${}^{103}_{103}\text{Lr}$<br>ローレンシウム<br>(260) |                                           |

ナトリウム



□ は非金属元素 □ は金属元素 □ は遷移元素

|        |                                            |                                          |                                              |                                          |                                            |                                            |                                            |                                           |                                            |                                              |                                            |                                              |                                               |                                              |                                               |
|--------|--------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| ランタノイド | ${}^{57}_{57}\text{La}$<br>ランタニウム<br>138.9 | ${}^{58}_{58}\text{Ce}$<br>セリウム<br>140.1 | ${}^{59}_{59}\text{Pr}$<br>プラセオジム<br>140.9   | ${}^{60}_{60}\text{Nd}$<br>ネオジム<br>144.2 | ${}^{61}_{61}\text{Pm}$<br>プロメチウム<br>(145) | ${}^{62}_{62}\text{Sm}$<br>サマリウム<br>150.4  | ${}^{63}_{63}\text{Eu}$<br>ユウロピウム<br>152.0 | ${}^{64}_{64}\text{Gd}$<br>ガドリウム<br>157.3 | ${}^{65}_{65}\text{Tb}$<br>テルビウム<br>158.9  | ${}^{66}_{66}\text{Dy}$<br>ジスプロシウム<br>162.5  | ${}^{67}_{67}\text{Ho}$<br>ホウメリウム<br>164.9 | ${}^{68}_{68}\text{Er}$<br>エルビウム<br>167.3    | ${}^{69}_{69}\text{Tm}$<br>テールビウム<br>168.9    | ${}^{70}_{70}\text{Yb}$<br>イットリウム<br>173.0   | ${}^{71}_{71}\text{Lu}$<br>ルテチウム<br>175.0     |
| アクチノイド | ${}^{89}_{89}\text{Ac}$<br>アクチニウム<br>(227) | ${}^{90}_{90}\text{Th}$<br>トリウム<br>232.0 | ${}^{91}_{91}\text{Pa}$<br>プロタクトニウム<br>231.0 | ${}^{92}_{92}\text{U}$<br>ウラン<br>238.0   | ${}^{93}_{93}\text{Np}$<br>ネプツニウム<br>(237) | ${}^{94}_{94}\text{Pu}$<br>プルトニウム<br>(239) | ${}^{95}_{95}\text{Am}$<br>アメリシウム<br>(243) | ${}^{96}_{96}\text{Cm}$<br>キュリウム<br>(247) | ${}^{97}_{97}\text{Bk}$<br>ベルカリウム<br>(247) | ${}^{98}_{98}\text{Cf}$<br>カリフォルニウム<br>(251) | ${}^{99}_{99}\text{Es}$<br>エールビウム<br>(252) | ${}^{100}_{100}\text{Fm}$<br>フェルミウム<br>(257) | ${}^{101}_{101}\text{Md}$<br>メンデルシウム<br>(258) | ${}^{102}_{102}\text{No}$<br>ノーボリウム<br>(259) | ${}^{103}_{103}\text{Lr}$<br>ローレンシウム<br>(260) |

アルカリ金属群

## 【元素の周期表】

出典: 不思議と分るナトリウム、P4、日本原子力文化振興財団

## 【元素の存在量】

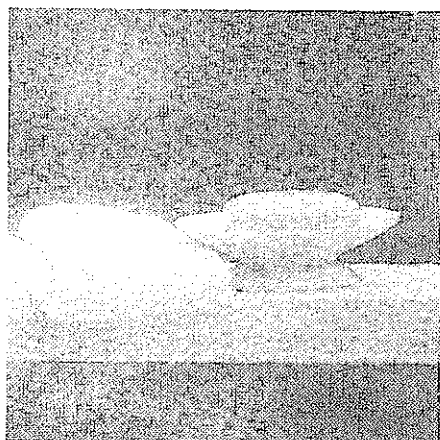
|              |        |
|--------------|--------|
| ① O(酸素)      | :49.4% |
| ② Si(珪素)     | :25.8% |
| ③ Al(アルミニウム) | :7.6%  |
| ④ Fe(鉄)      | :4.7%  |
| ⑤ Ca(カルシウム)  | :3.4%  |
| ⑥ Na(ナトリウム)  | :2.6%  |
| その他 H(水素)    | :0.9%  |
| N(窒素)        | :0.03% |

注)大気、海、地殻(16km)における数値

## 第2講 ナトリウムの歴史と用途

ナトリウムは、5000年も前から私たちの暮らしの中にあった。食塩や紙、ガラス、石けん、薬などの他、ナトリウムは高速増殖炉の冷却材として用いられている。

- ◆ 人類の文明の歴史をたどると約5000年も前にエジプト人は、暮らしの中で洗剤として使ったり、砂や貝殻と混ぜてガラスを作っていた。
- ◆ 食塩（塩化ナトリウム）はナトリウムと塩素の化合物で、私たち生活には欠くことのできない生活必需品である。
- ◆ また、ナトリウムは高速増殖炉の冷却材としても用いられており、50年に渡る取扱の歴史を持っている。



【石けん】

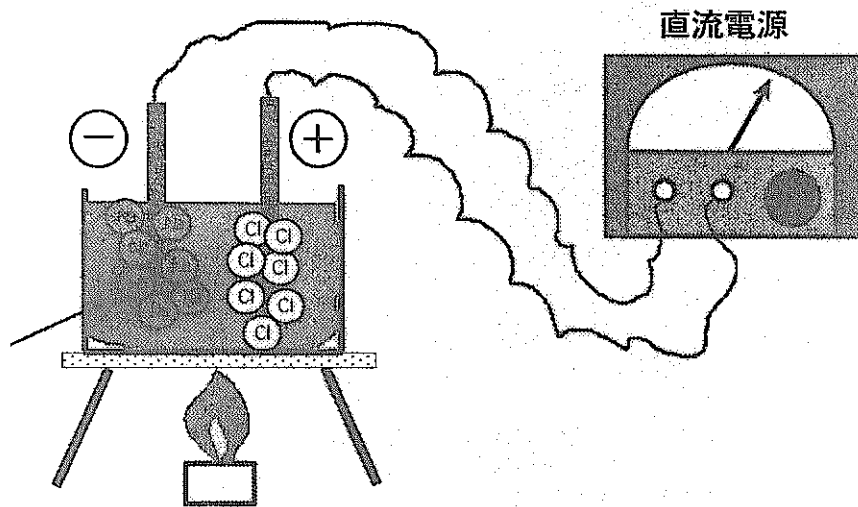


【ガラス】

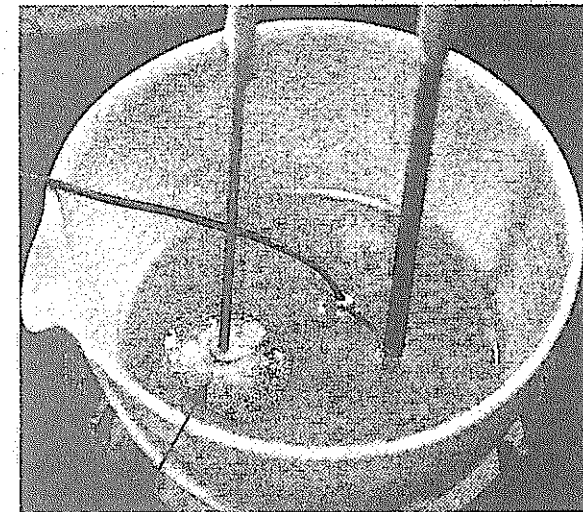
### 第3講 ナトリウムの製法

ナトリウムは塩から作ることができるので、ナトリウム資源は非常に豊富である。

ナトリウムは、溶かした塩を電気分解することにより比較的簡単に作ることができる。



食塩 (NaCl) に塩化カルシウム (CaCl<sub>2</sub>) を混ぜて600℃に加熱し、溶けた溶液を電気分解する。

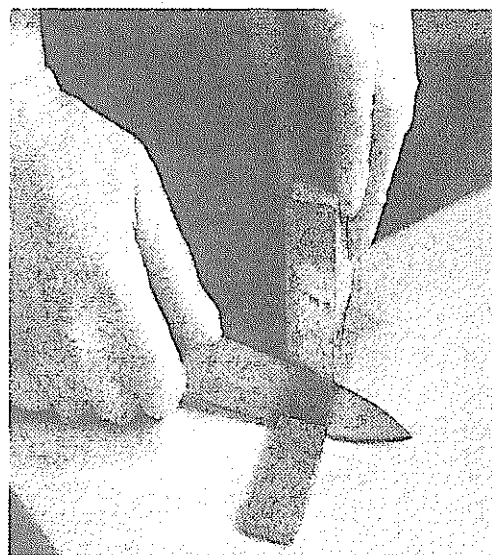


マイナス電極の周りに析出したナトリウム

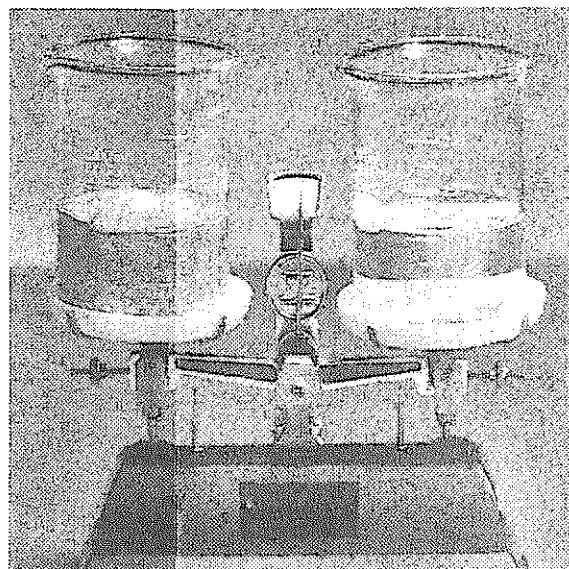
## 第4講 ナトリウムの性質

銀白色で軟らかく、水より軽い金属である。比較的低い温度で液体に変わるが、なかなか沸騰しない。

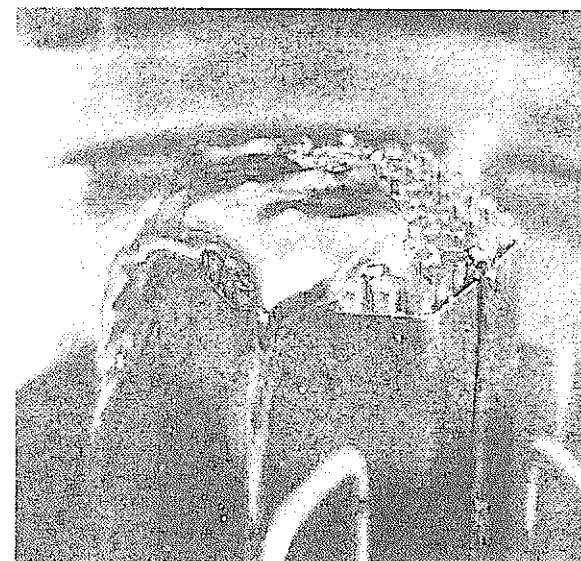
- ◆銀白色で軟らかい金属で、重さは水の約0.97倍である。
- ◆融点は約98℃で、固体ナトリウムから液体ナトリウムに変わる。
- ◆沸点は約880℃でなかなか沸騰せず、広い温度範囲内で液体状態を保っているので高速炉の冷却材に適している。



【ナイフで簡単に切れる  
ナトリウム】



【水より軽い金属】

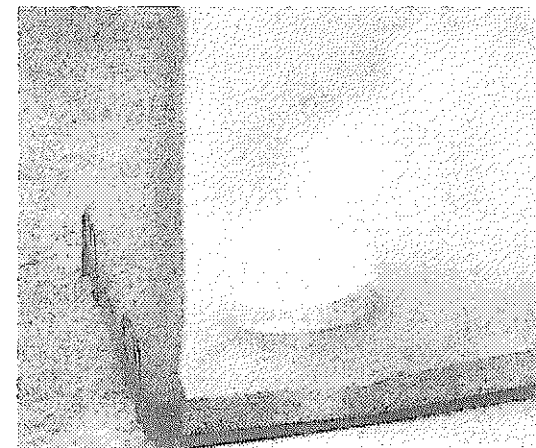


【液体状のナトリウム】

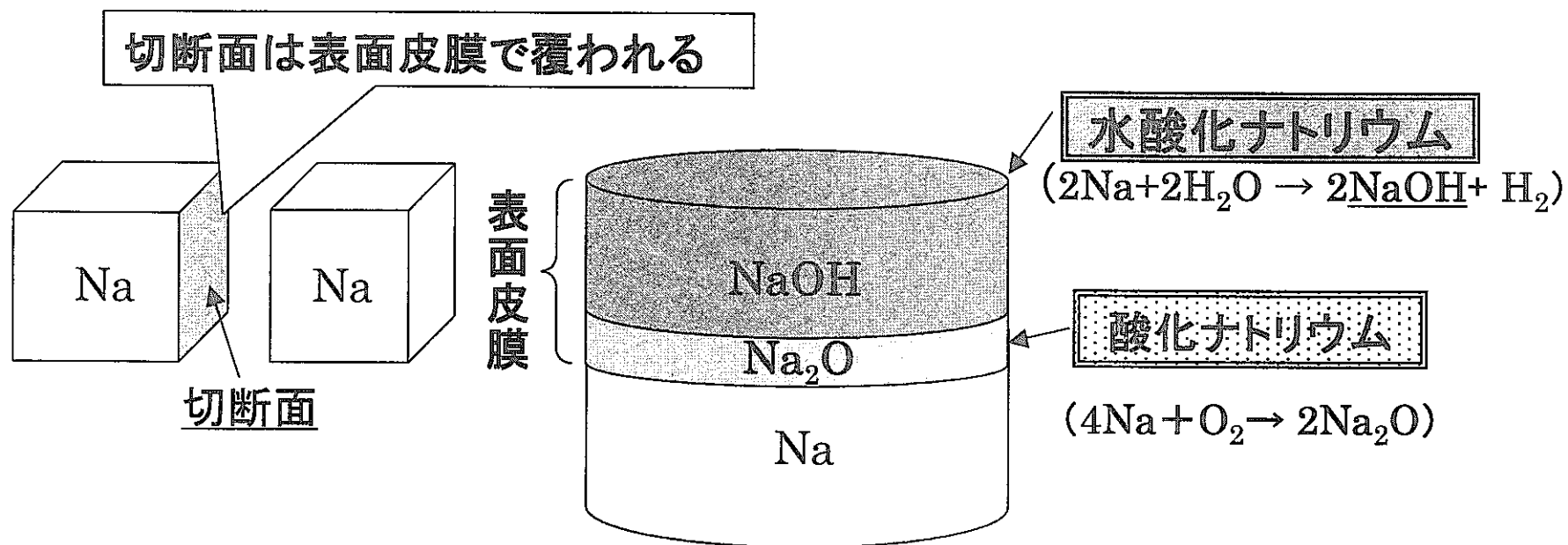
## 第5講 ナトリウムの燃焼

ナトリウムは化学的に非常に活性で、高温ナトリウムが空気に触れると燃焼する。煙には強い刺激臭があり人体に有害である。

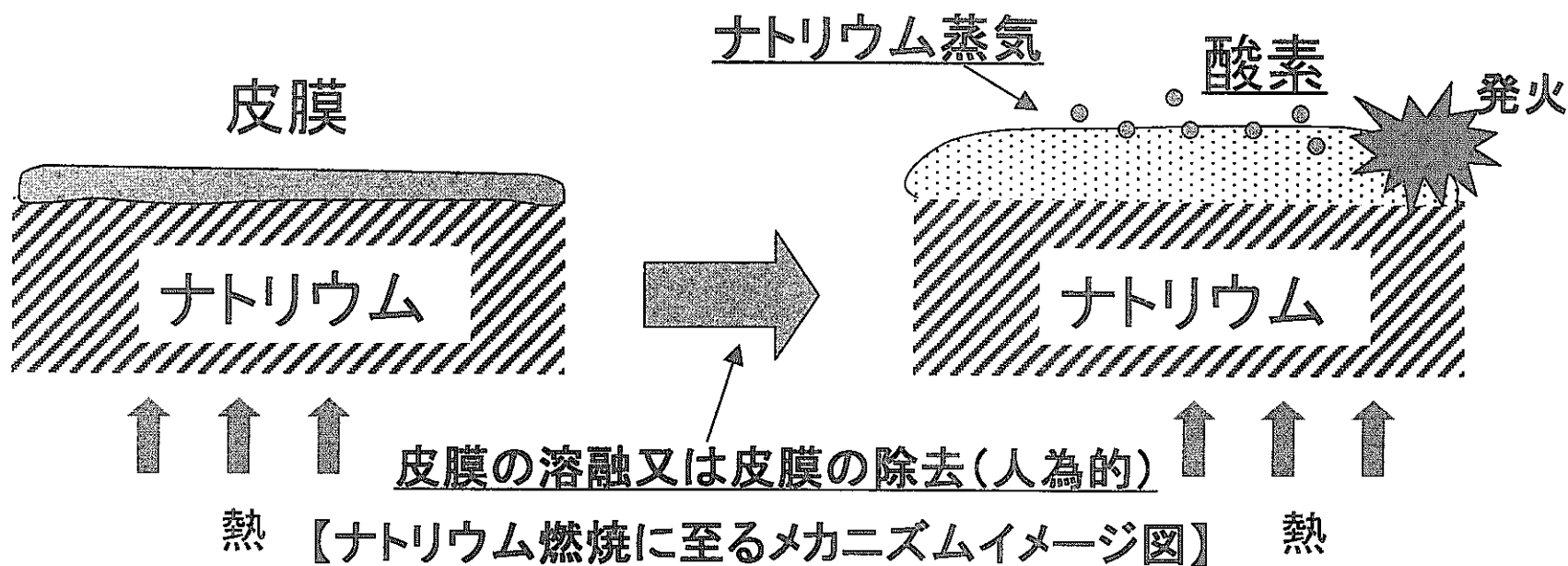
- ◆ 固体ナトリウムを空気にさらすと、空気中の酸素や湿気とすばやく反応して表面皮膜を形成するので急激な化学反応は生じない。
- ◆ ナトリウムを加熱すると約300℃前後で皮膜が溶融し、ナトリウムから発生するナトリウム蒸気が空気中に出てくる。ナトリウム蒸気は酸素と混ざって可燃性混合気体を形成する一方、酸化反応の熱によってこの混合気体が燃焼し始める(発火)。
- ◆ ナトリウムは多量の白煙(エアロゾル)を出しながら燃焼する。このエアロゾルは強い刺激臭があり、人体に有害である。
- ◆ 燃焼物には、物を腐食させる性質が強いアルカリ物質(水酸化ナトリウム、酸化ナトリウム、過酸化ナトリウム)が含まれている。

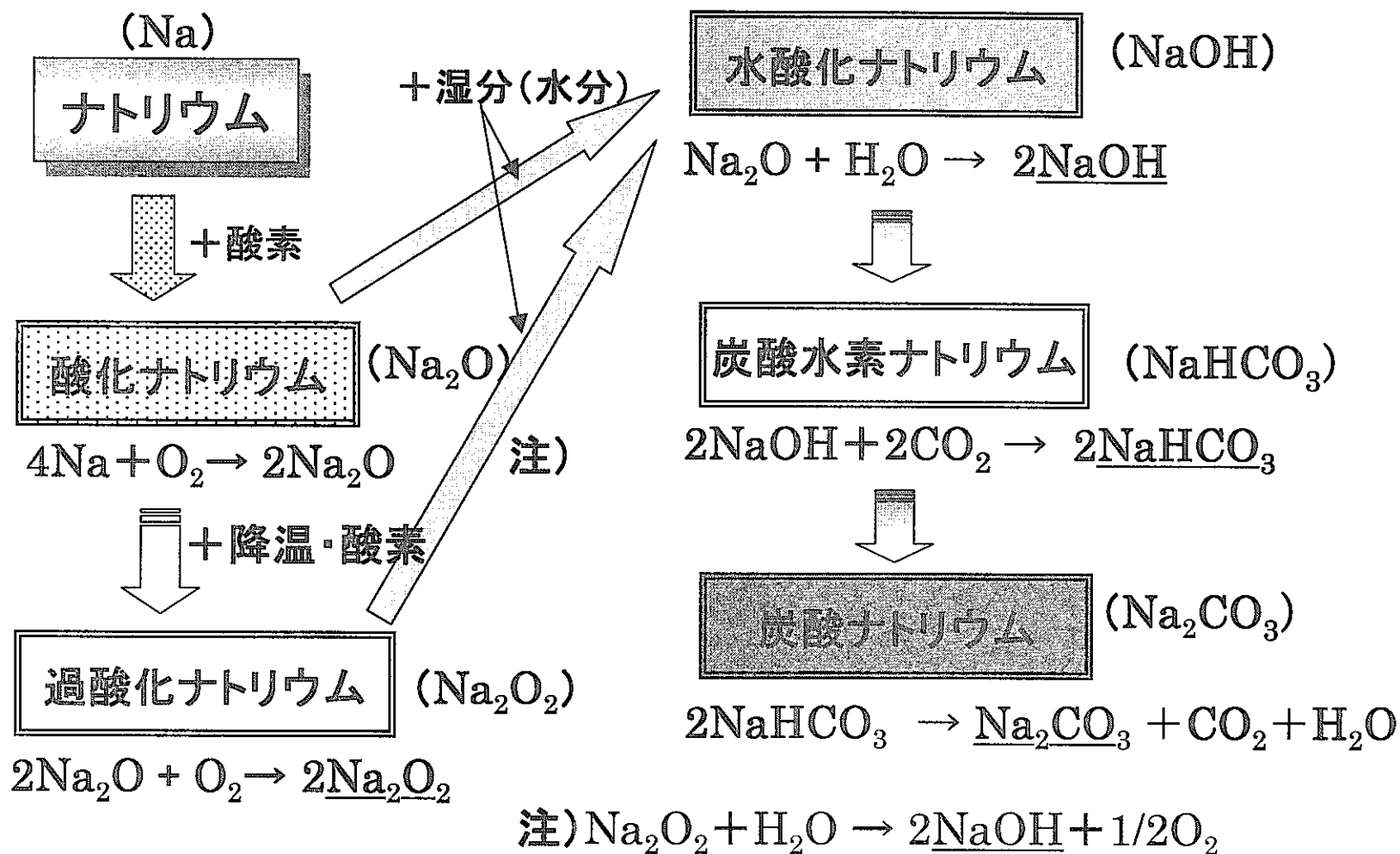


【ナトリウムの燃焼の様子】



【表面皮膜は酸化ナトリウムや水酸化ナトリウムの層を形成している】



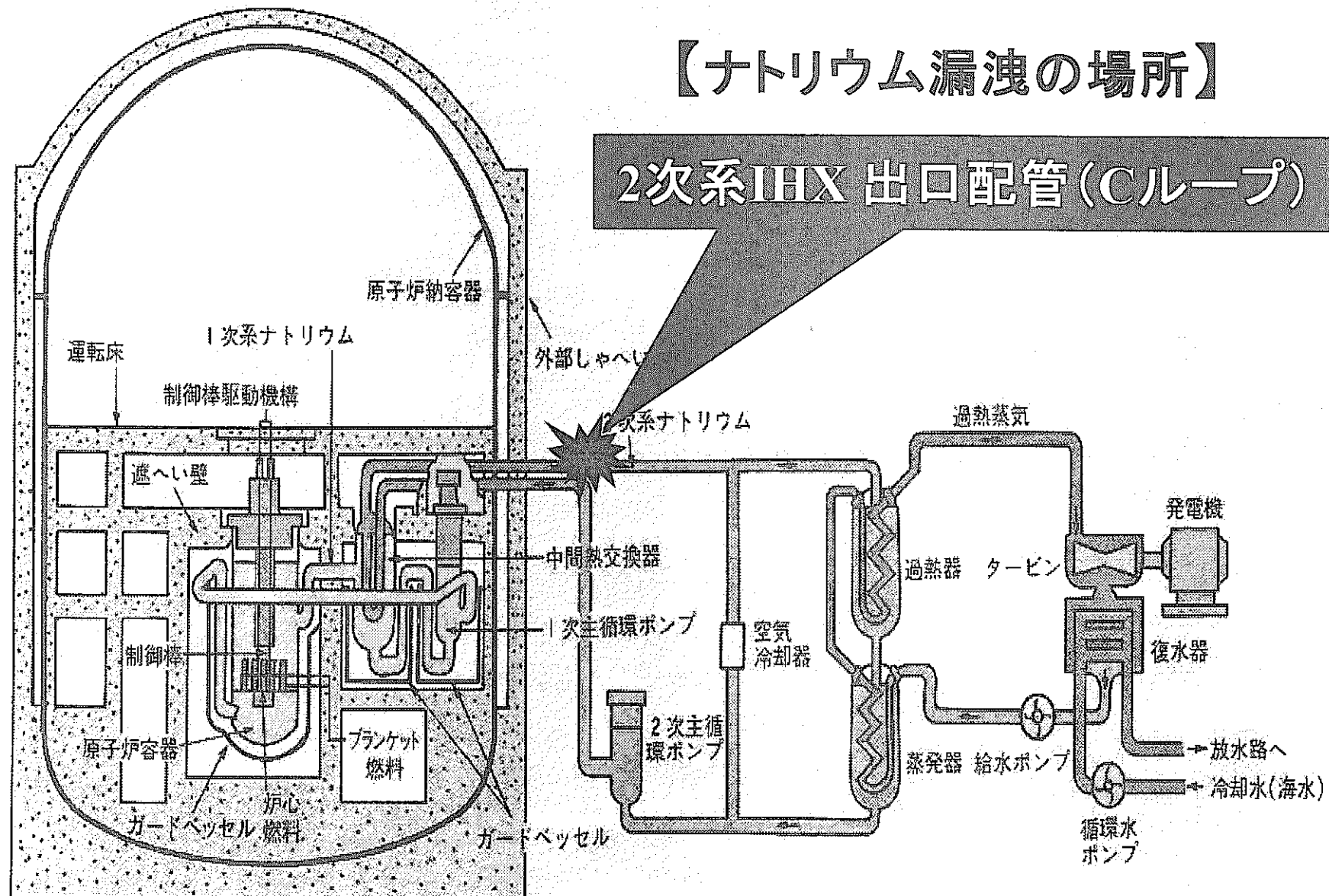


### 【ナトリウム化合物の推移】

## 第6講 ナトリウム漏洩事故の概要と経緯

### 【ナトリウム漏洩の場所】

#### 2次系IHX 出口配管(Cループ)



# 【ナトリウム漏洩の状況】

温度計

格納容器貫通部

上部に薄い層の堆積物

サポート用器具に塊状の堆積物が付着

鉄製足場

(1) 温度計上部に半球状の堆積物  
直下の外装板は欠落

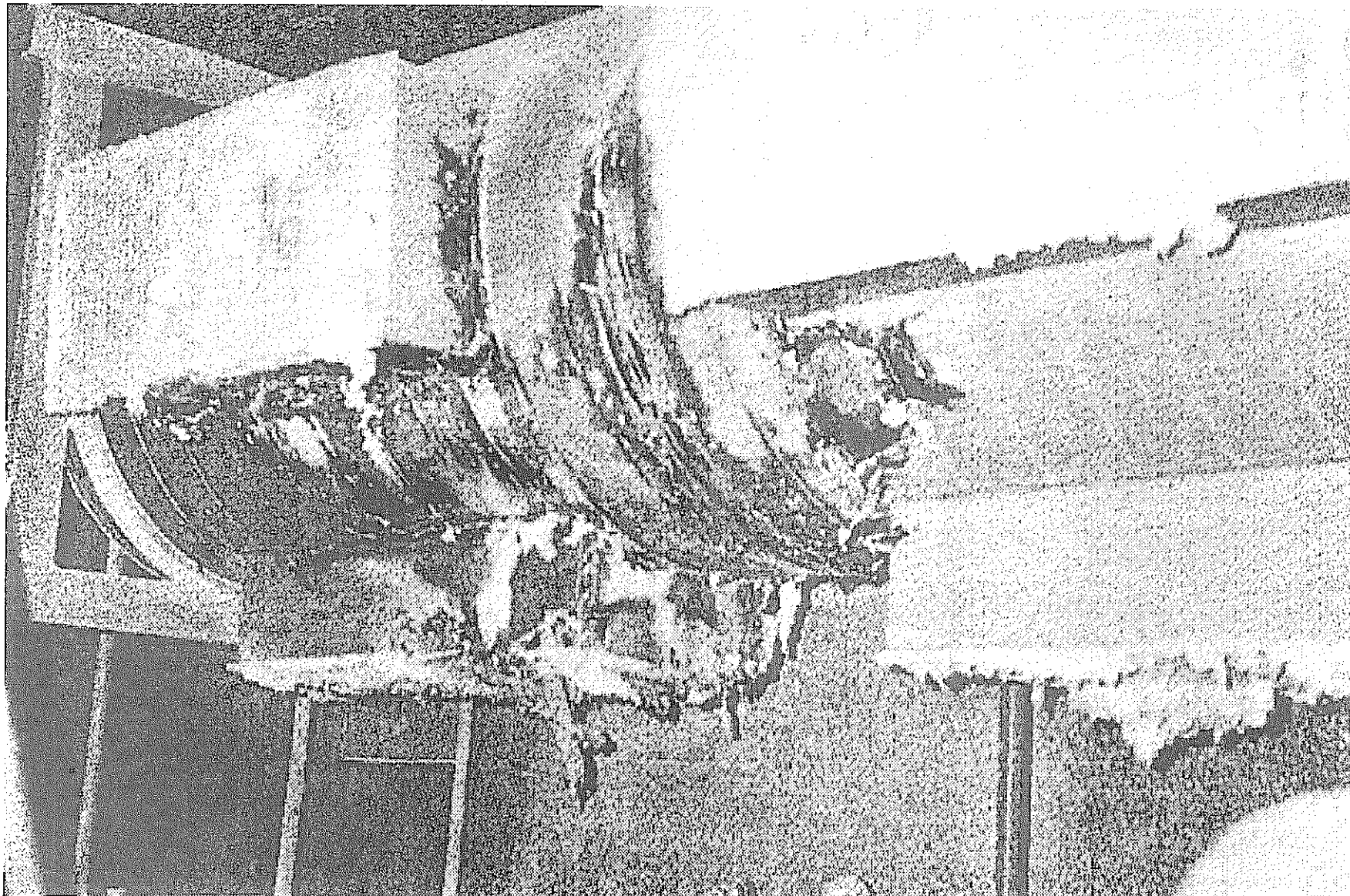
(2) ダクトの壁側約半周が約25cm巾で欠落  
開口周辺にナトリウム化合物が付着

(3) 鉄製足場い穴があき  
辺りにナトリウム化合物が付着

(4) 床板鉄板の上に約3mの半円形  
高さ約30cmのナトリウム化合物が堆積

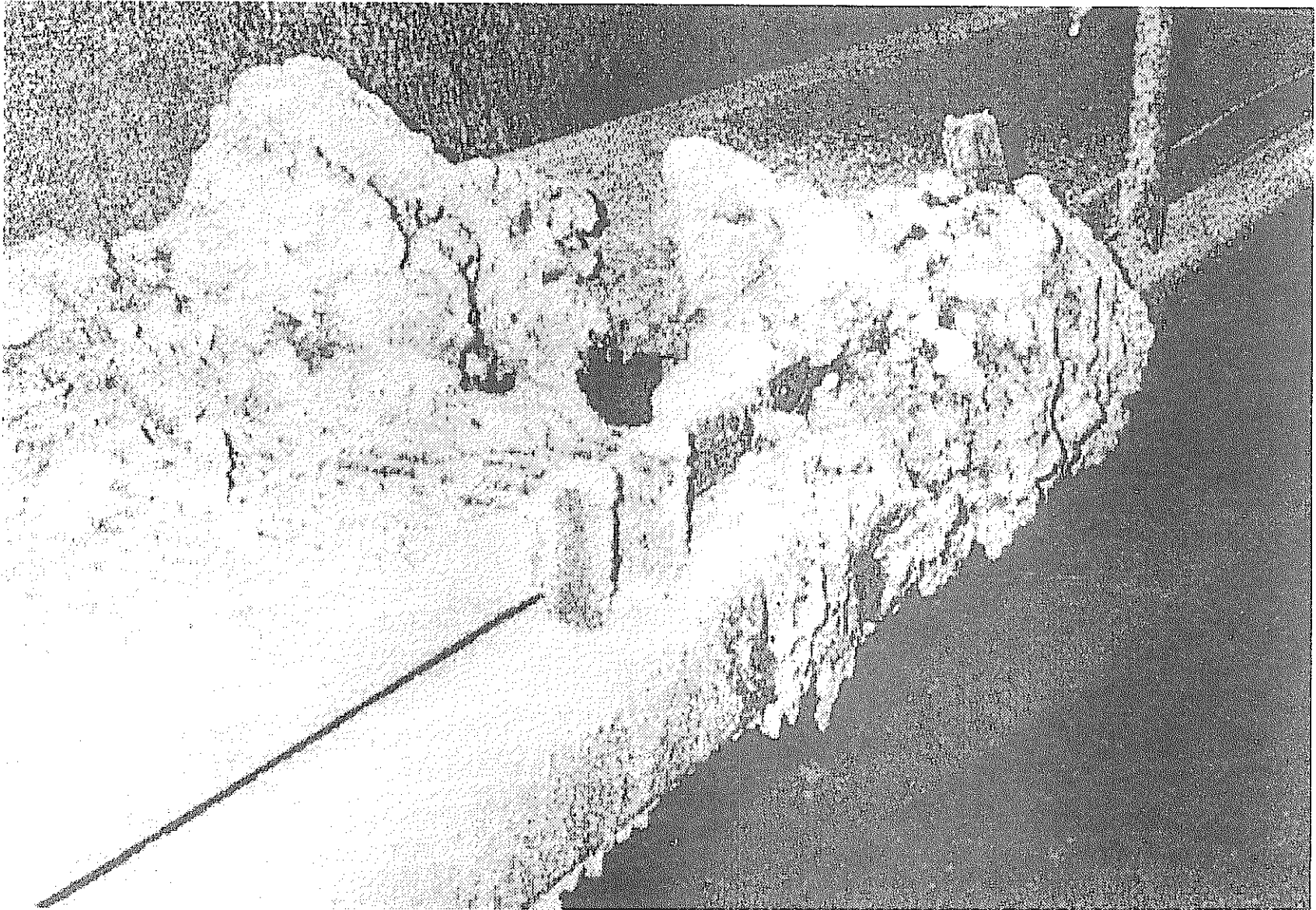
(5) コンクリート壁が黒っぽく変色

## 【ナトリウム漏洩の状況】



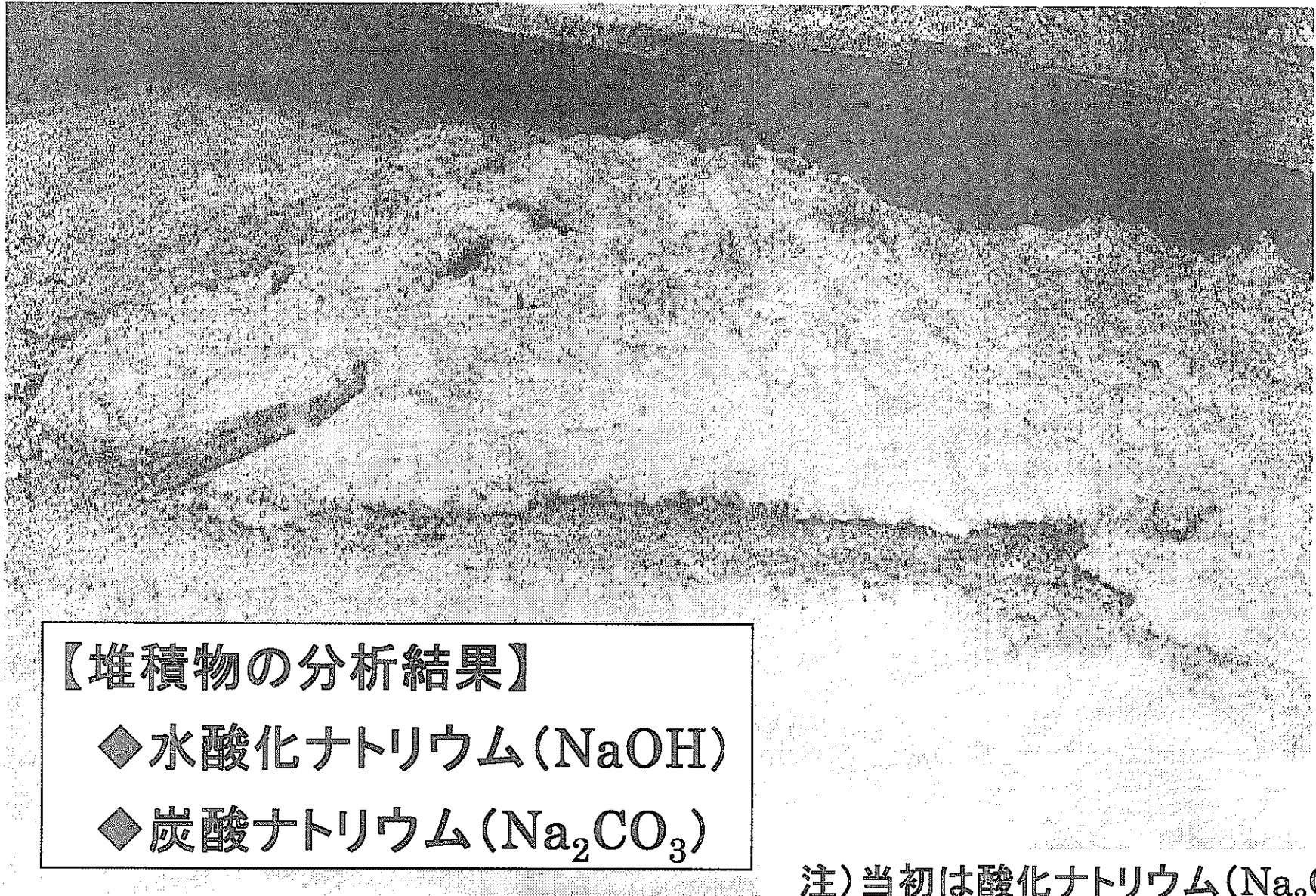
【空調用ダクトの様子】

## 【ナトリウム漏洩の状況】



【鉄製足場の様子】

## 【ナトリウム漏洩の状況】



### 【堆積物の分析結果】

- ◆水酸化ナトリウム( $\text{NaOH}$ )
- ◆炭酸ナトリウム( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )

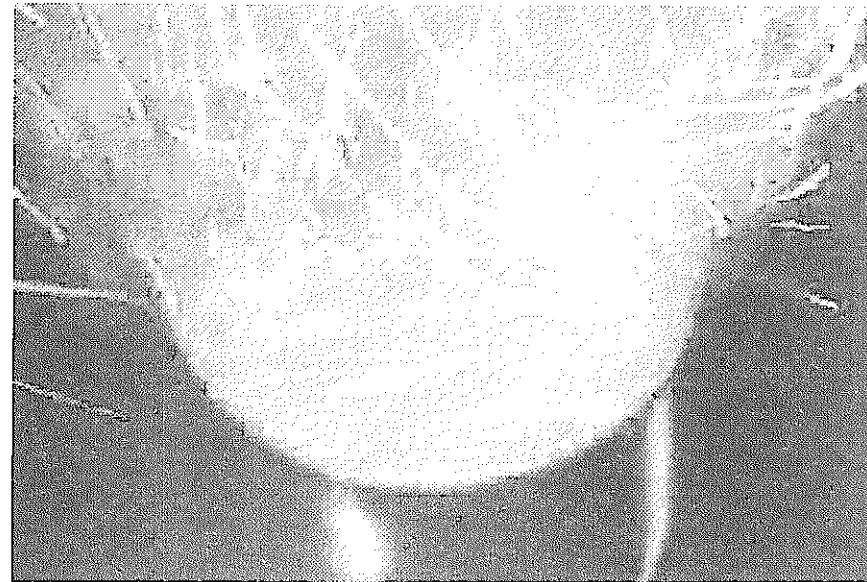
注) 当初は酸化ナトリウム( $\text{Na}_2\text{O}$ )

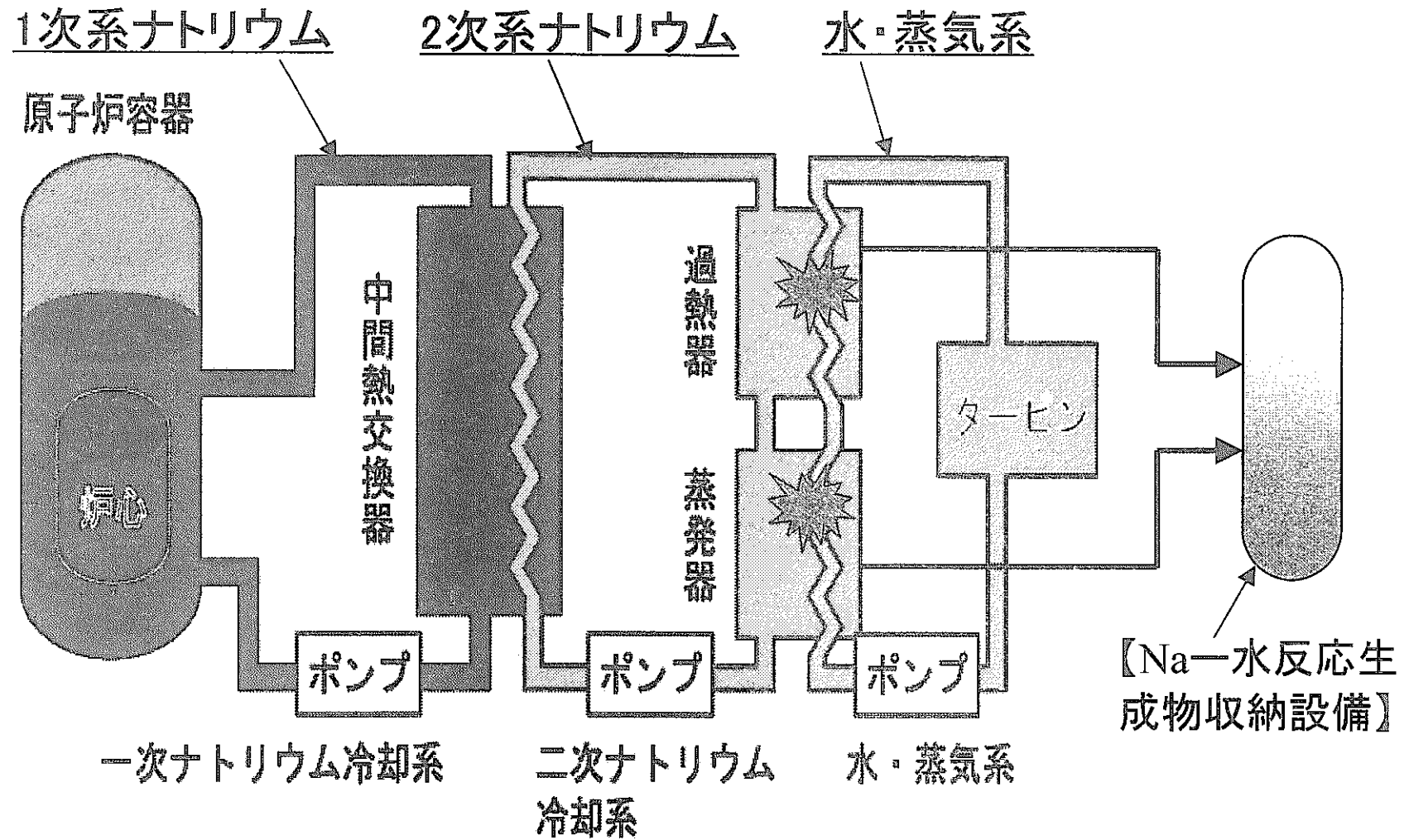
### 【床板の様子】

## 第7講 ナトリウムと水の反応

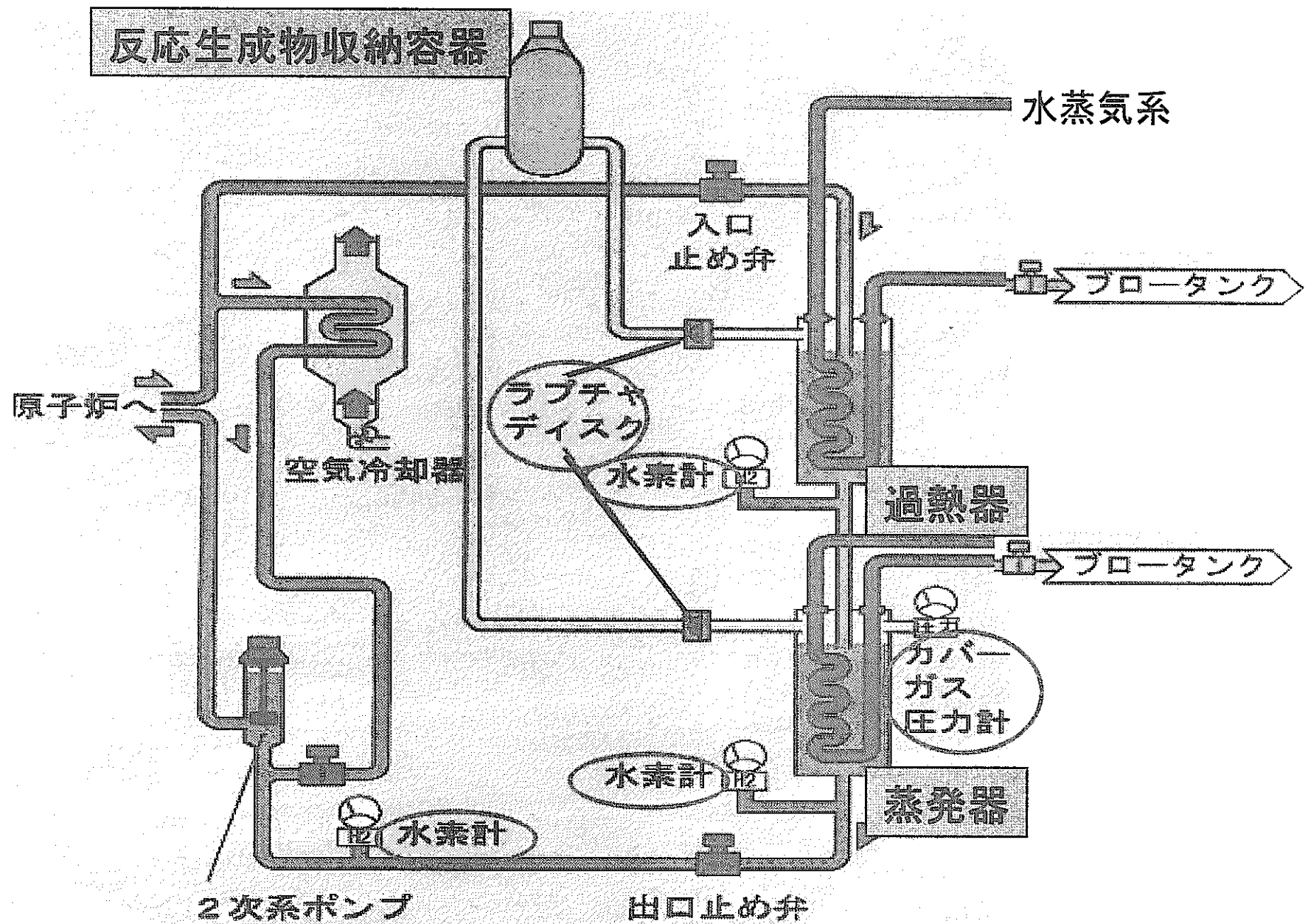
ナトリウムと水が反応すると水酸化ナトリウムと水素を発生し爆発する。

- ◆ナトリウムと水が反応すると水素ガスと反応熱、そして水酸化ナトリウムを生じる。
- ◆反応量が多いと水素ガスが反応熱によって急激に体積膨張を起こす。これが爆発現象(圧力波の伝播)であり、爆発は酸素の有無に関係なく生じる。





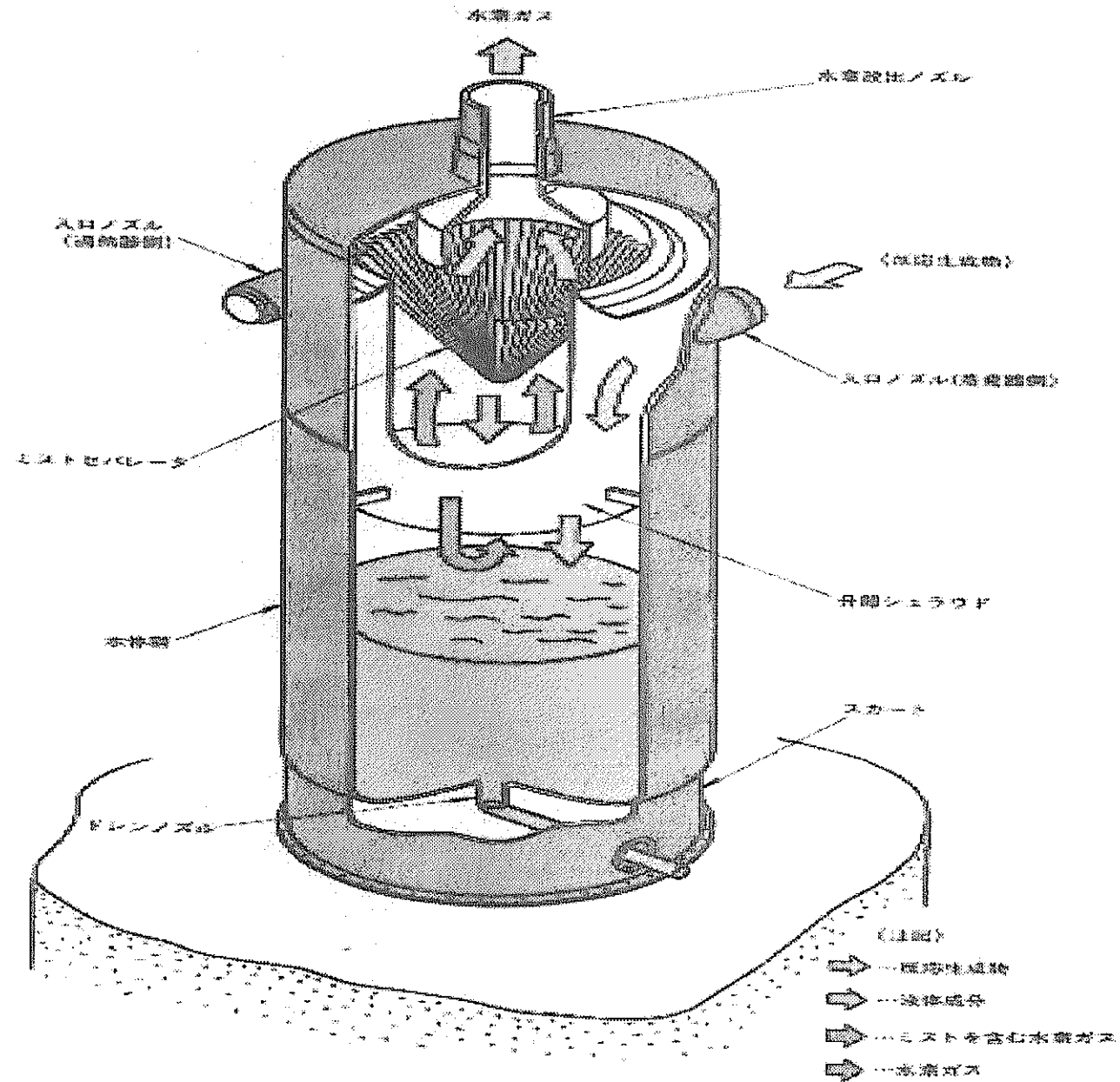
【プラントでのナトリウム-水反応現象(蒸気発生器)】



【「もんじゅ」ナトリウム－水反応事故に対する設備対策】

## 「もんじゅ」ナトリウム－水反応事故に対する運転対応

| リーク規模              | 設備対策                                  | 運転対応                                                                                                                                     |
|--------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 微小リーク<br>／<br>小リーク | 水素計<br>(警報レベル: 低、中)                   | 運転員が手動ボタンを ON<br>→原子炉自動停止、ポンプ自動停止、水蒸気系自動急速ブロー(ドレン)                                                                                       |
| 中リーク               | 水素計<br>(警報レベル: 高)<br>圧力計<br>(圧力高)     | 自動でプラント停止<br>→原子炉自動停止、ポンプ自動停止、水蒸気系自動急速ブロー(ドレン)                                                                                           |
| 大リーク               | 圧力開放板<br>(ラブチャードISK)<br><br>反応生成物収納容器 | 自動でプラント停止<br>→原子炉自動停止、ポンプ自動停止、水蒸気系自動急速ブロー(ドレン)<br><br>圧力開放板の破裂<br>→系統圧力の開放<br>(圧力上昇による系統破損を防止)<br>→反応生成物収納容器への移行<br>(反応生成物と水素ガスの分離、ガス燃焼) |

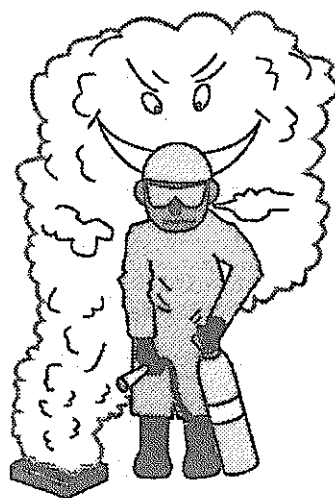


【ナトリウム－水反応生成物収納容器】

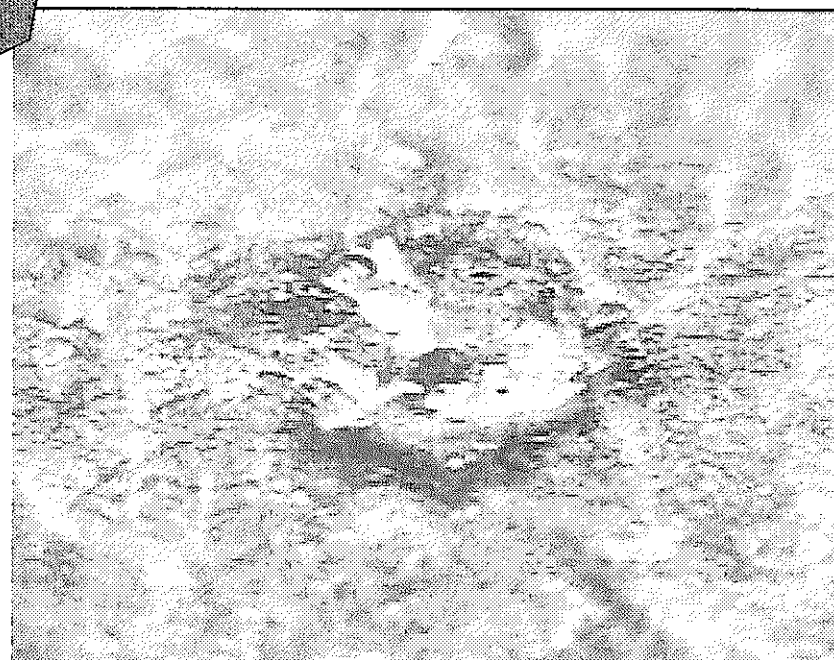
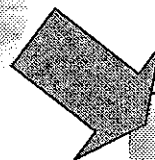
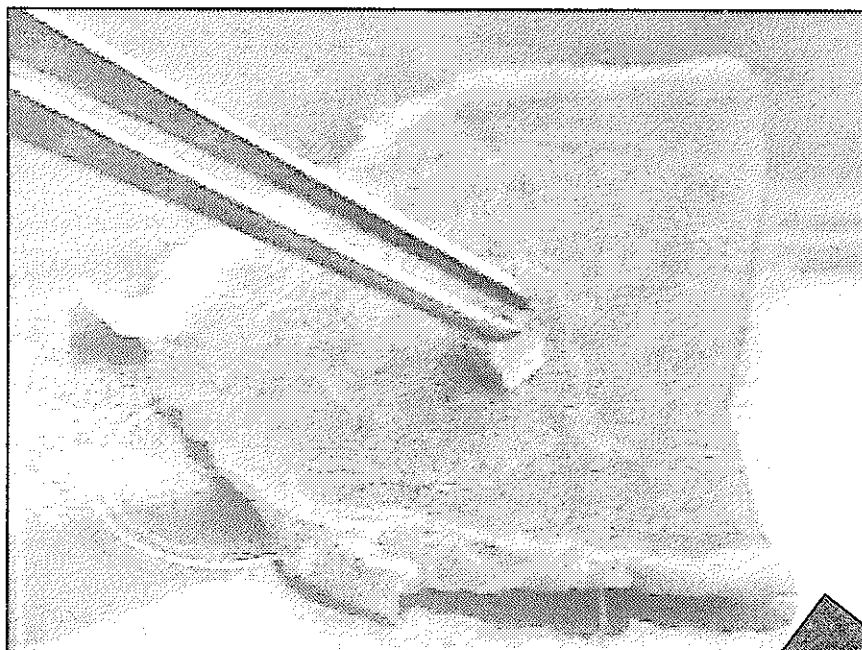
## 第8講 人体への影響

ナトリウムが皮膚に触れるとアルカリ火傷を起こす。特に眼に入っ  
た場合は危険である。また、エアロゾルは人体に有害なので吸  
わないように注意する必要がある。

- ◆ナトリウムが直接皮膚に触れると皮膚の水分と反応し、化学反応による反応熱によってアルカリ火傷（皮膚が破壊される）を生じる。
- ◆特に眼に入っただけの場合は危険であり、眼の粘膜が侵され失明の危険がある。
- ◆ナトリウム燃焼の際に出るエアロゾル（白煙）は、酸化ナトリウムや過酸化ナトリウム、水酸化ナトリウム（劇物）を含んでおり、強い刺激臭があり、煙を吸うと喉の粘膜や肺の組織が侵され炎症を起こす。



燃焼しているナトリウムには絶対に防護具なしで近づいてはいけない。



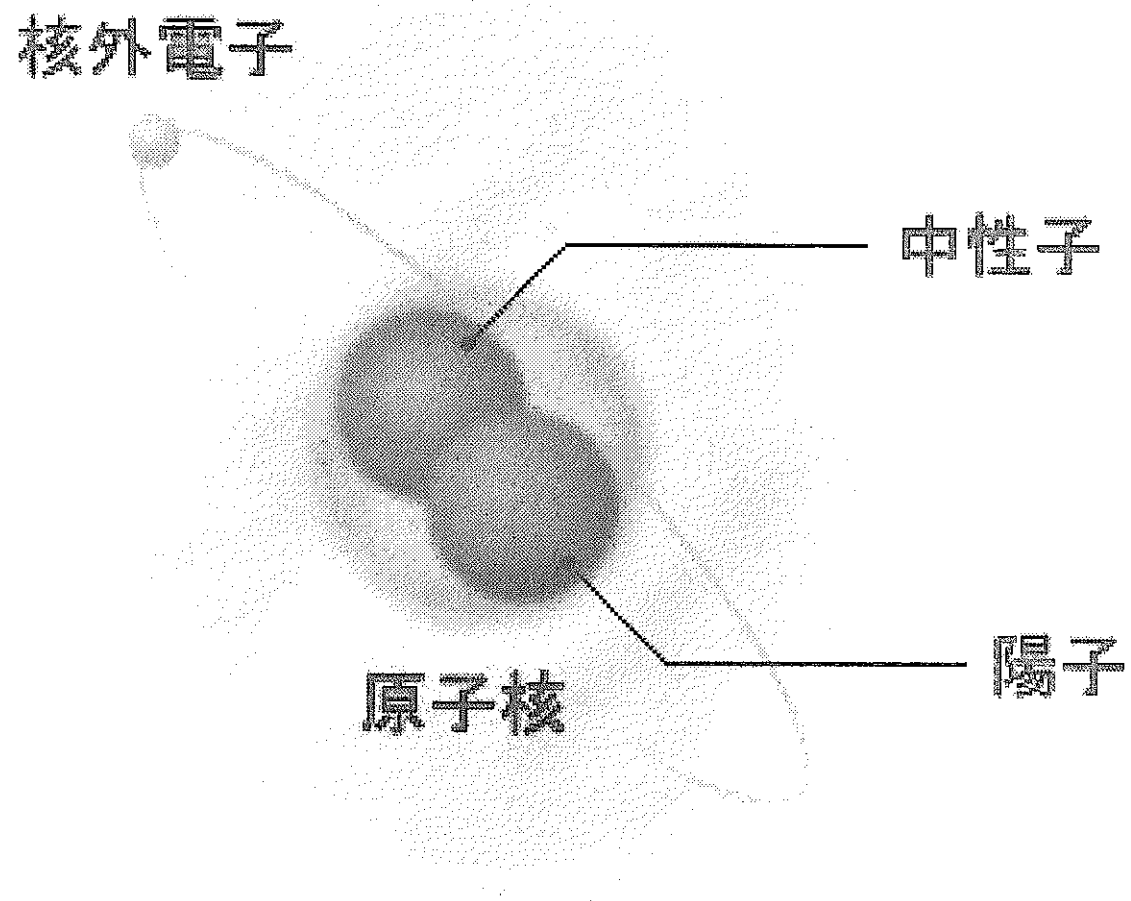
【アルカリ火傷の様子】

## 第9講 冷却材にナトリウムを利用する理由

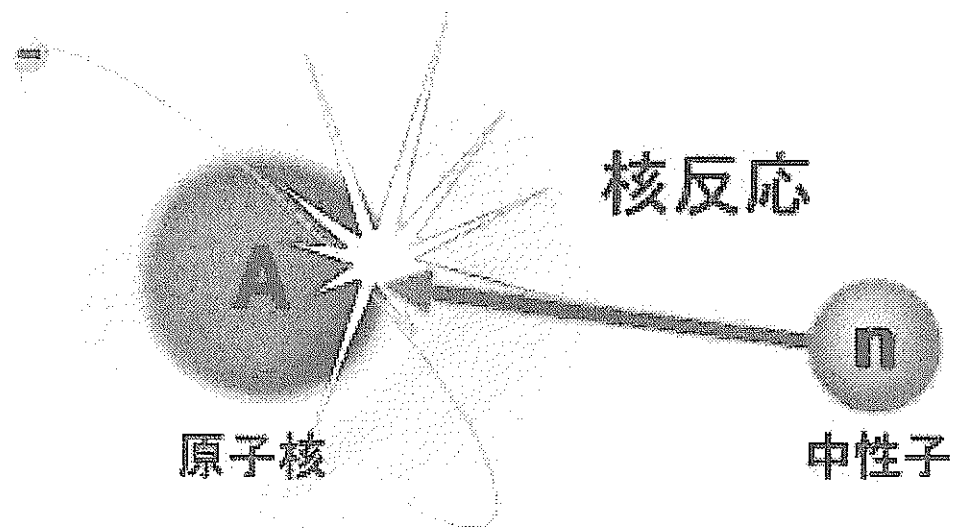
【理由1】ナトリウムを使用することにより増殖が可能となる。

- ◆核分裂を生じた時に飛び出してくる中性子は約100万eV～200万eVという非常に強いエネルギーを持っている。このような中性子を高速中性子という。
- ◆軽水炉では $^{235}\text{U}$ と中性子との核反応を生じさせ易くするために、冷却材に水を用いて高速中性子を減速させる。中性子は0.025eVまで減速され、この中性子を熱中性子という。
- ◆軽水炉での「 $^{235}\text{U}$ ＋熱中性子」の組合せでは、核分裂で生じる中性子は約2個であり増殖はできない。(1個は核分裂の持続に必要で、もう1個は消滅)
- ◆「 $^{239}\text{Pu}$ ＋高速中性子」の組合せを使用すれば、核分裂の際に約3個(2.7個程度)の中性子が出てくるので増殖が可能となる。
- ◆従って、増殖には高速中性子が必要不可欠である。
- ◆ナトリウムは、中性子に比べて約23倍重いので核分裂で放出された中性子のエネルギーを余り落とさない。すなわち中性子を余り減速しない<sup>注)</sup>ので高速増殖炉の冷却材に適している。

注 「もんじゅ」での平均中性子エネルギーはおおよそ12万eV程度である。

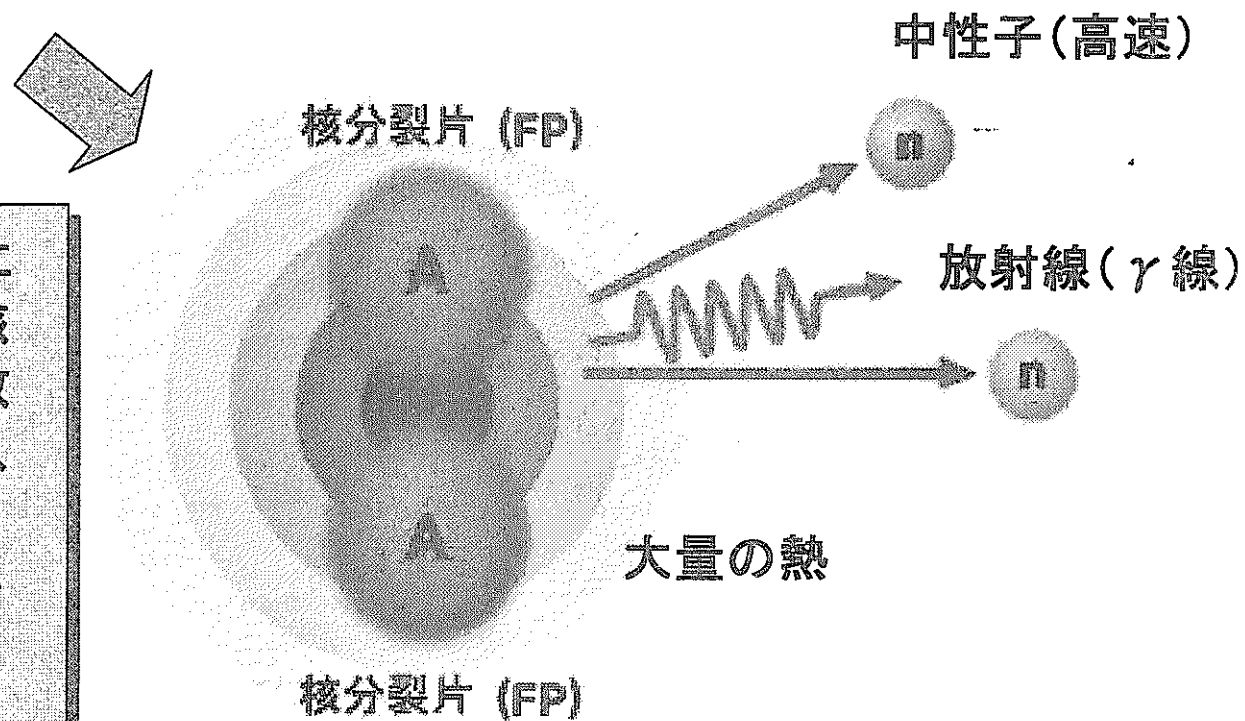


【原子構造モデル(例: 重水素 $<^2\text{H}>$ )】



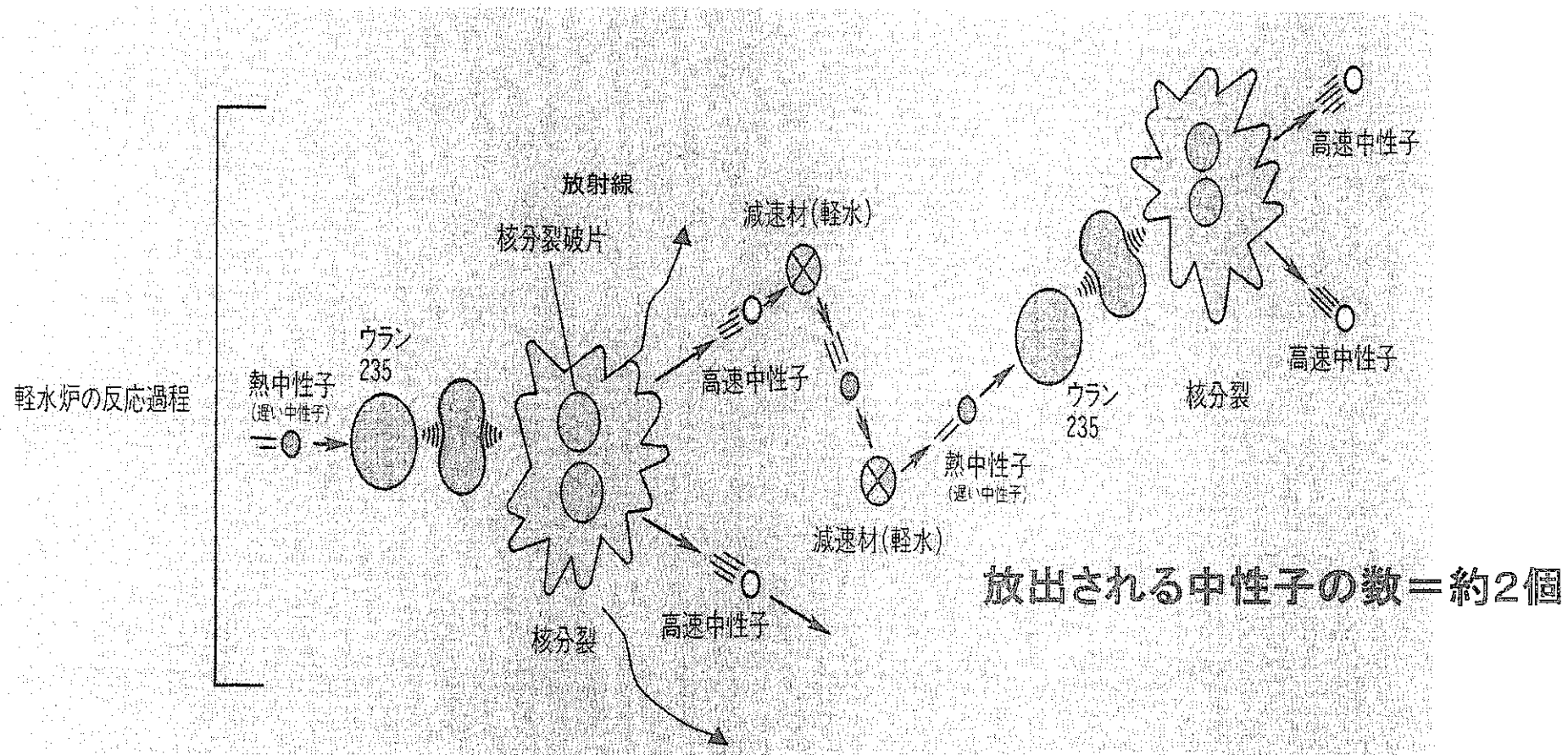
## 《核分裂》

核分裂を起こし易い原子核に中性子が衝突すると、原子核は壊れて別な二つの元素(放射性核種)に変わる。この時、中性子と $\gamma$ 線、そして大量の熱を放出する。壊れて新たにできた放射性核種のことを核分裂片(F.P)とも言う。

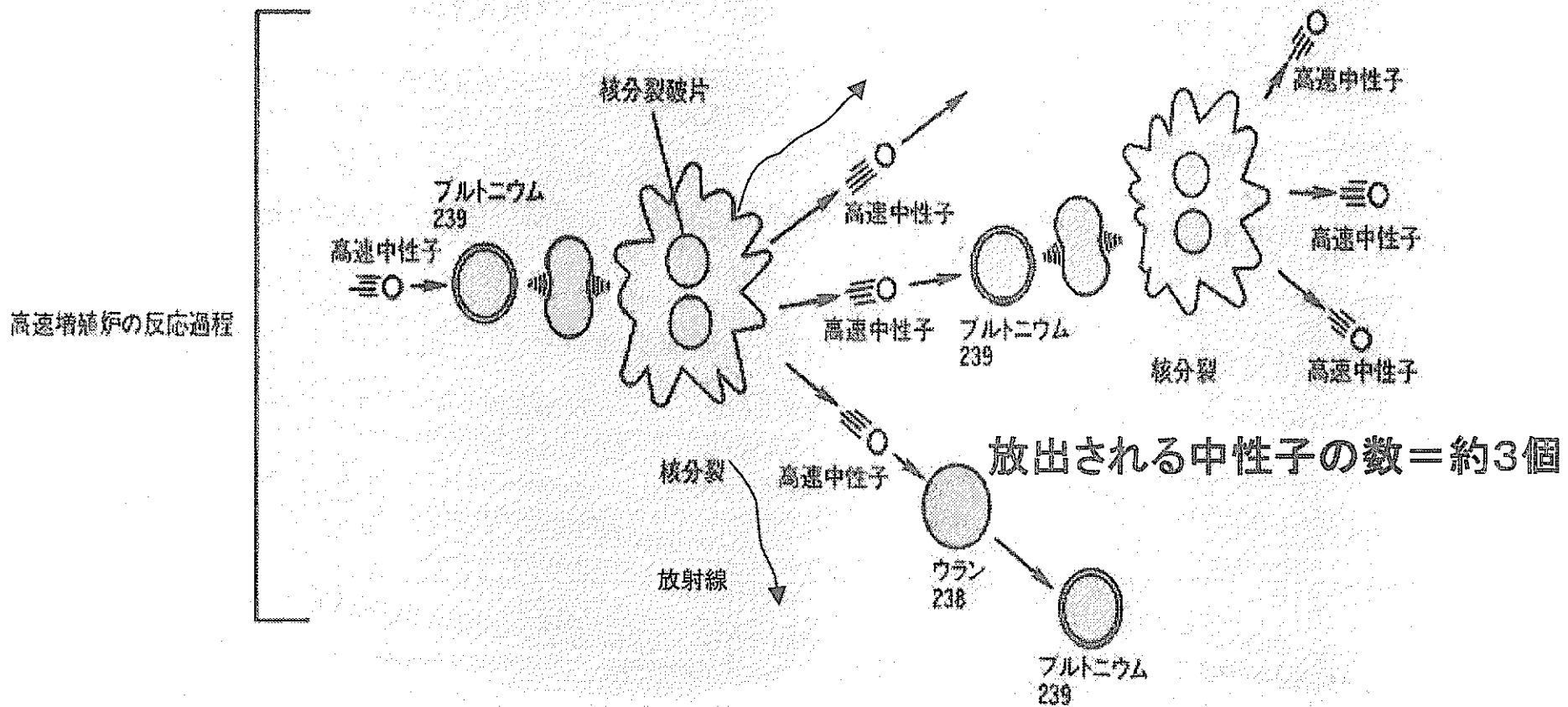


【核分裂のイメージ図】

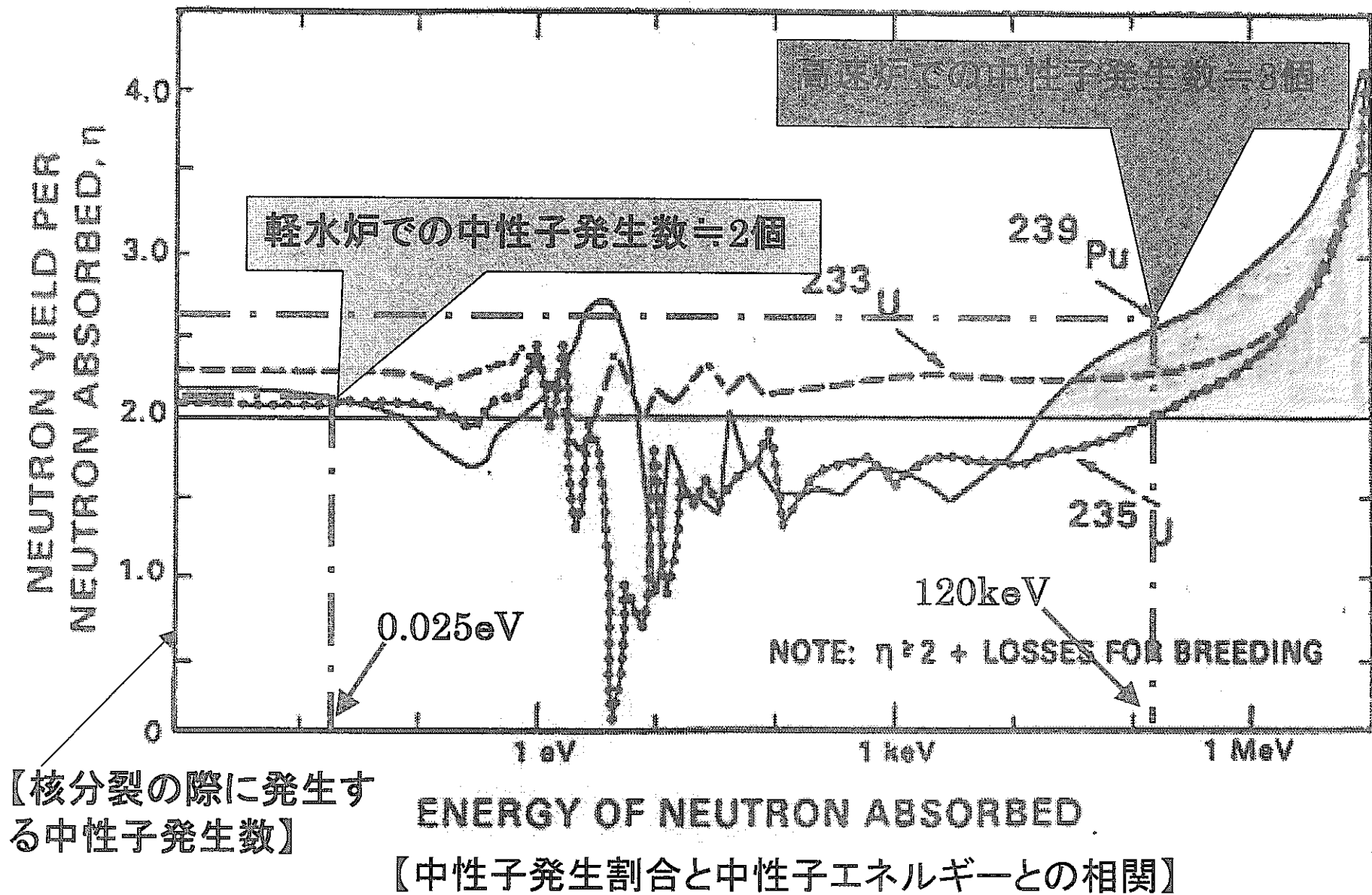
# 【軽水炉での核分裂】



# 【高速炉での核分裂】

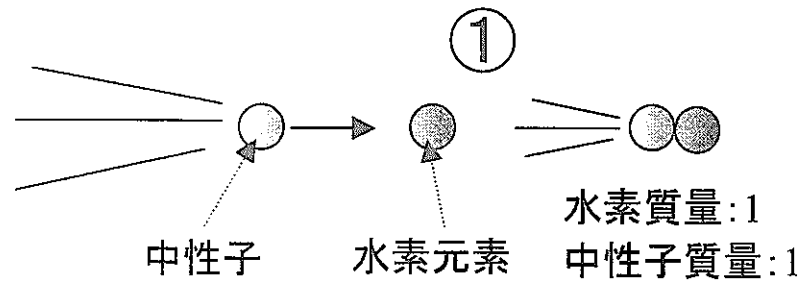


「もんじゅ」における平均中性子エネルギー  $\approx 120\text{keV}$

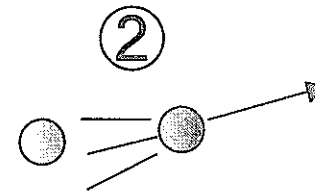


出典: FBR広報素材資料2版、6-19増殖、平成2年3月

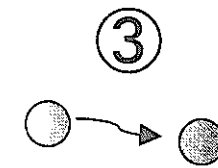
## 【軽水炉における中性子の減速の仕組み(原理)】



①核分裂で出てきた速い中性子は水の水素元素と衝突(質量比=1:1)

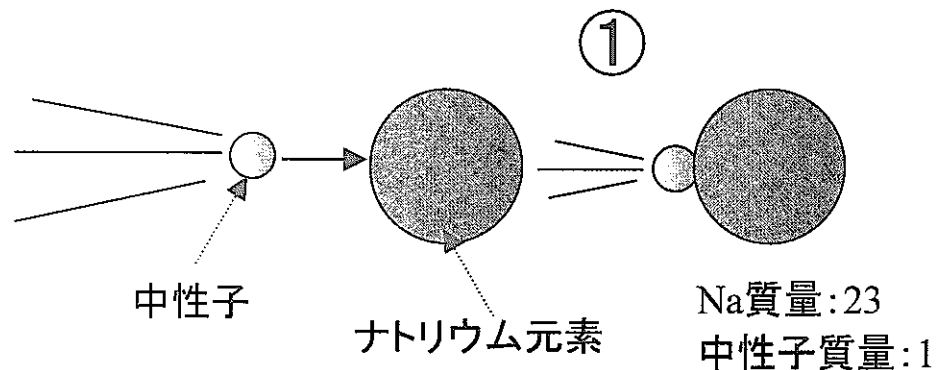


②中性子のエネルギーが水素元素に与えられ、中性子が減速

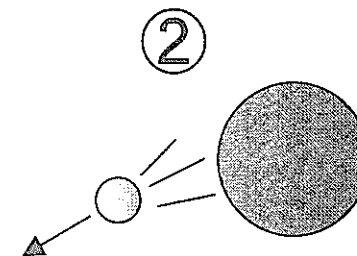


③減速した中性子はさらに別な水素元素と衝突してさらに減速

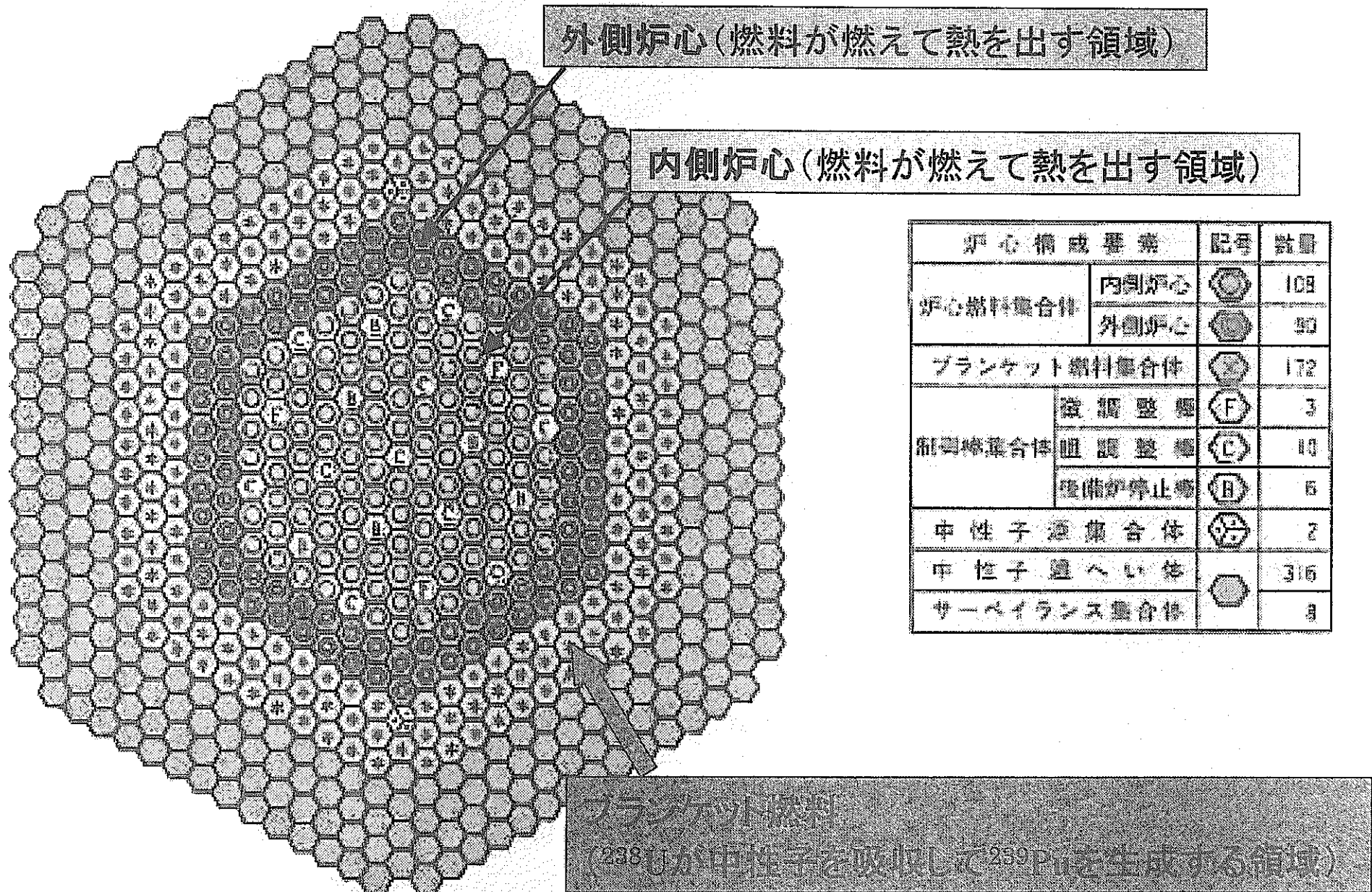
## 【高速炉における中性子とナトリウムの衝突】



①核分裂で出てきた速い中性子は約23倍の大きさのナトリウム元素と衝突(質量比=1:23)



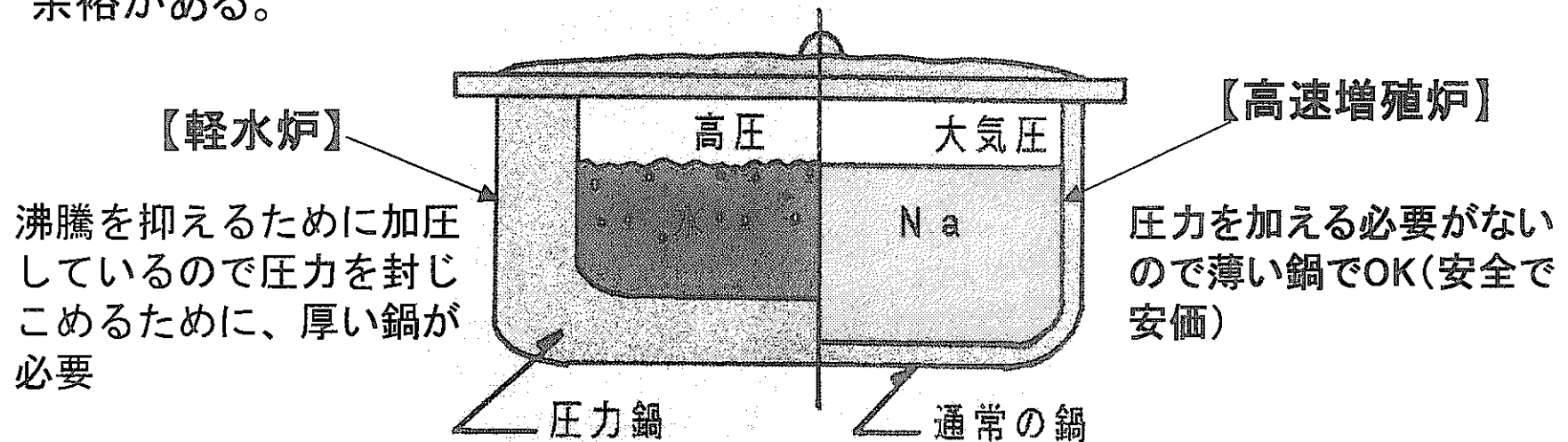
②中性子はナトリウム元素に跳ね返される中性子のエネルギーは余り減少(減速)しない



【「もんじゅ」炉心構成】

## 【理由2】ナトリウムは高い温度でも沸騰しないので、冷却材の沸騰を抑えるための圧力を加える必要がない。

- ◆ナトリウムの沸点は約880℃なので、ナトリウムを使用している高速増殖炉では、沸騰を抑えるために圧力を加える必要がない。
- ◆水を使用している軽水炉では、容器に圧力をかけて（BWR：約60気圧、PWR：約130気圧）水の沸点を高くしている。（低温で湿った蒸気は運転効率が悪い上にタービンを腐食させるので、なるべく高い温度で乾燥した蒸気が良い。）
- ◆もし万一異常が起きて温度が高くなってもナトリウムは沸騰するまでに余裕がある。



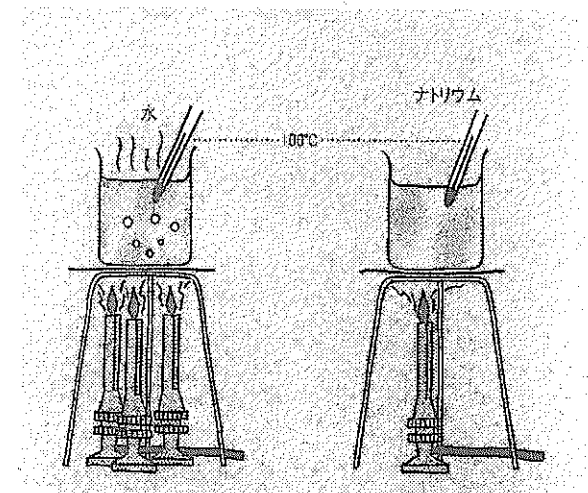
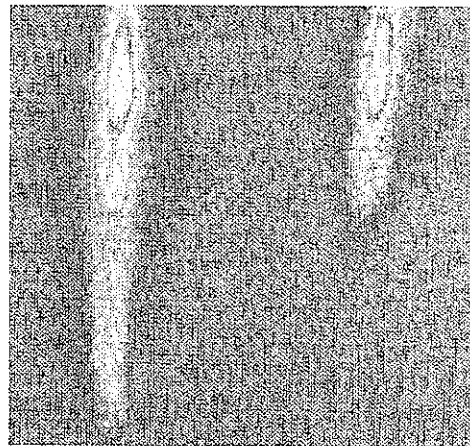
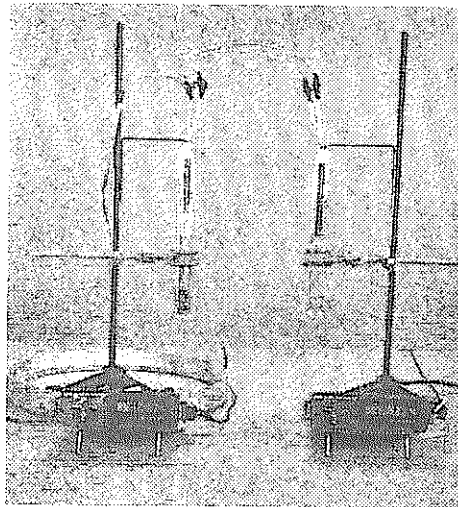
【鍋に例えた場合の軽水炉と高速増殖炉との比較】

【理由3】ナトリウムは水の約100倍の速さで熱を伝えることができるので効率良く原子炉の熱を取り出すことができる。

---

- ◆ナトリウムの「熱伝導率」は水に比べて約100倍である。このことは、水に比べてより沢山の熱を原子炉から取り出せることを表している。
- ◆また、ナトリウムの「比熱」は水の約1/3であり、ナトリウムは水より温めやすい物質である。（少ない熱量で冷却材の温度を高めることができる）
- ◆以上によりナトリウムを用いると熱効率の高い運転を行うことができる。

サーモグラフ



（左：ナトリウム、右：水） （左のナトリウムは熱が速く伝わっている）【ナトリウムは水の約1/3の熱でOK】  
【熱の伝わり方の実験】

その他、ナトリウムは冷却材に適した様々な特長を有している。

---

【理由その4】

➡ 燃料や機器配管などの金属材料と共存性が良い。

ナトリウムは水に比べると腐食性が弱いので放射線源となる錆の発生が少ない。(低放射線源→低被ばく)

【理由その5】

➡ 比重が軽く、粘性に優れている。

ポンプの駆動力が小さくてすみ、循環ポンプを小型化できる。

【理由その6】

➡ 電気伝導度が大きい。

電磁ポンプや誘導式液面計など電磁誘導機器や計器が活用できる。

【理由その7】

➡ 資源が豊富である。

比較的安価である。