

「令和元年度破損燃料輸送・貯蔵に係る技術調査」
安全評価項目の感度整理（水素発生量）の評価方針について
三菱重工業株式会社／ニュークリア・デベロップメント(株)

2019年12月12日

1. まえがき

本資料は、「破損燃料輸送・貯蔵に係る技術調査」の実施項目である「安全評価項目の感度の整理」のうち、輸送容器内の水素発生量評価の評価方針案を纏めたものである。

2. 輸送容器内の水素発生量評価

2.1 評価方針

輸送容器内の水素発生量について、内部の水分が全て分解する場合と、放射線分解によって経時的に増加する場合の2種類について評価を行う。

2.2 評価

2.2.1 評価方法

(1) ケース1：輸送容器内の残留水が全て分解とした場合

処分容器内に水分が残留すると、デブリから放出される放射線のエネルギーが水に吸収されることによって、水の放射線分解反応が起きる。気相部が存在する場合には、生成した水素と酸素が、ほぼ2：1の割合で気相中に移行する。水の分解速度は、水のエネルギー吸収率によるが、ここでは、残留水が全て分解($\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + (1/2)\text{O}_2$)したとして、水素発生量 H_0 を評価する。25℃、1atm において、

$$H_0 = \frac{w}{M} \cdot 24.4 \left(\frac{l}{mol} \right)$$

ここで、 H_0 ：水素発生量(L)
w：水分量(g)
M：水の分子量(=18)

この場合、水素濃度は次式で与えられる。

$$C_0 = \frac{H_0}{V + \left(\frac{3}{2}\right)H_0} \times 100$$

ここで、 C_0 ：水素濃度(%)
V：容器内容積(L)

本評価結果は、最も安全側（上限値）の評価結果を与える。本評価では、水分量

のみで水素発生量が定まるため、水分量をパラメータとして水素濃度を評価する。

(2) ケース 2 : 水の放射線分解を考慮した場合

TMI-2 において、炉心から取り出した燃料デブリの収納缶の水素発生量を評価している*1。生成した水素は、水に戻る逆反応によって生成が抑えられることが推定されるが、ここでは、この反応は考慮せず、高めの水素発生量を評価する。水素発生量の評価式を以下に示す。25°C、1atm において、

$$H = D \times F \times W \times G(H_2) \times \frac{24.4 \left(\frac{l}{mol} \right)}{1.602E - 19 \left(\frac{J}{eV} \right) \times 100(eV) \times 6.02E23(n)} \times t \times 3600(s)$$

ここで

H : 水素発生量(L)

D : 燃料デブリの単位重量当たりの発熱量 (W/kg)

F : 水に対する吸収割合(-)

W : 燃料デブリの重量(kg)

G(H₂) : 水素の G 値(n/100eV)

t : 時間(hr)

この場合、水素濃度は次式で与えられる。

$$C_0 = \frac{H_0}{V + \left(\frac{3}{2} \right) H_0} \times 100$$

ここで、C₀ : 水素濃度(%)

V : 容器内容積(L)

2.2.2 評価条件

(1) ケース 1

水分量をパラメータとする。

容器内容積は、別途選定された輸送容器 (NFI-XB 型) に基づき、設定する。

(2) ケース 2

ケース 2 における評価条件を表 1 に示す。

表1 評価条件

	設定値	備考
燃料デブリの発熱量 (W/kg-U)	0.6 (核分裂生成物) 0.13 (アクチニド)	文献*2に基づき、2号機の冷却 期間10年時点の値から、設定す る。
燃料デブリ(UO ₂ 燃料 として)の重量 (kg-UO ₂)	0.1(kg-UO ₂)	輸送するデブリ重量相当を仮定。
デブリに含まれる燃 料の割合(-)	1.0	安全側の仮定 (2号機では、1.0よりも小さい と推定される。)
輸送容器内容積(L)	別途設定	NFI-XB型輸送容器の値を設定 する。
水素のG値(n/100eV)	0.45 (β/γ 線) 1.4 (α 線)	文献値*3より設定
水に対するエネルギー 吸収割合(-)	0.2 (より現実的な条件) 1.0 (最も厳しい条件)	デブリの形状、水の状態、放射線 の種類に依存するが、最大で1.0 を仮定 下限値(0.2)は、TMI-2における 設定値相当
(気相部容積) / (収 納缶内容積) の比(-)	ほぼ1.0	デブリの収納量によって変化する が、デブリは少量と推定される ことから、(デブリの体積) << (容 器内容積) と仮定
温度 (°C)	25	室温近傍を仮定

引用文献

*1:J.O.Henrie and J.N.Appel, Evaluation of Special Safety Issues Associated with Handling the Three Mile Island Unit 2 Core Debris, GEND-051 (1985)

*2: 西原他、「福島第一原子力発電所の燃料組成評価」,JAEA-Data/Code2012-018 (2012)

*3:H.Christensen, Fundamental Aspects of Water Coolant Radiolysis, 6th International Workshop on LWR Coolant Radiolysis and Electrochemistry, Jeju Island, Korea, Oct. 27 (2006)

2.2.3 評価結果（今後予定）

(1) ケース 1

水素濃度が 4%を超える水分量を明らかにする。

(2) ケース 2

水素濃度の評価に影響する因子（デブリ重量、発熱量、容器内容積等）をパラメータとして、水素濃度が 4%を超えるまでの期間を計算し、水素濃度への影響の大きい因子を明らかにする。

以上