

焼却炉煙突からの放出量評価に関する補正係数の設定について

1. はじめに

昨年12月に、泊発電所の廃棄物処理建屋における焼却炉煙突から放出される気体状放射性廃棄物の放出量評価値に算定誤りが認められた。本件は、焼却炉の排気ガスの湿度が高いため、サンプルガスを冷却して測定装置に通す際に水分が一部凝縮してガス中の窒素酸化物が装置の配管やモニターを腐食させることを防止するために、サンプルガスとほぼ同量の乾燥空気と混合し湿度を半減させていたにも関わらず、測定値の評価の際にこの希釈効果を加味した補正を行っていなかったものである。

本資料では、上記の放出量評価における適正な補正係数を検討した。

2. 結論

乾燥空気と焼却炉排気ガスの流量の比率は、ほぼ1:1となるように管理していることから、単純に考えると補正係数は「2」程度となるが、流量の管理状況から、乾燥空気の混入量が最も多くなる（最も希釈される）場合を想定し、保守的に補正係数を2.5と設定する。

3. 補正係数の考え方

(1) R-31（希ガス系）（添付1参照）

- a. 本系統は、焼却炉排気ガスと乾燥空気を同量程度となるように混合して全流量が100 NL/minとなるように流量調整している。

（NL：基準状態（圧力0.1013 MPa、温度0℃）に換算した体積(リットル)）

- b. このうち乾燥空気の流量を警報機能が付いた流量計（FIA-30A）にて50±7（43～57）NL/minの範囲で管理している。
- c. 本範囲を逸脱すると中央制御室に警報が発信し、運転員が現場に向かい速やかに流量調整を行っていることから、最も焼却炉排気ガスが希釈される条件として、乾燥空気流量が57 NL/min（高警報設定値）となる場合を考える。
- d. この場合の補正係数K1は、

$$K1 = \frac{100 \text{ NL/min}}{100 \text{ NL/min} - 57 \text{ NL/min}} = 2.33$$

となる。

(2) R-32（よう素、トリチウム系）（添付2、3参照）

- a. 本系統は、焼却炉排気ガスと乾燥空気を同量程度となるように混合して、全流量（よう素系統流量とトリチウム系統流量の合計）が78 NL/minとなるように流量調整し、その後、よう素を測定する系統とトリチウムを測定する系統に分流させている。分流後は、

よう素系統流量が 50 NL/min で固定され、残り 28 NL/min 程度がトリチウム系統に流れるように調整している。

- b. このうち乾燥空気の流量について、警報機能付き流量計 (FIA-32A) にて「39±6 (33～45) NL/min」の範囲で管理している。
- c. 本範囲を逸脱すると中央制御室に警報が発信し、運転員が現場に向かい速やかに流量調整を行っていることから、最も焼却炉排気ガスが希釈される条件として、乾燥空気流量が 45 NL/min (高警報設定値) となる場合を考える。
- d. この場合の補正係数 K2 は、

$$K2 = \frac{78 \text{ NL/min}}{78 \text{ NL/min} - 45 \text{ NL/min}} = 2.36$$

となる。

- e. また、トリチウムの放出量は焼却炉排気ガスと乾燥空気を混合したサンプルガス中の水分を凝縮させた凝縮水の量及びその中に含まれるトリチウムの量を基に評価するが、最終的に算出する焼却炉排気ガス単位体積当たりのトリチウム量は、混合される乾燥空気の単位体積当たりの水蒸気量には依存しないことから、よう素等と同様に流量の管理状況を考慮した補正が必要となる。

(3) 補正係数について

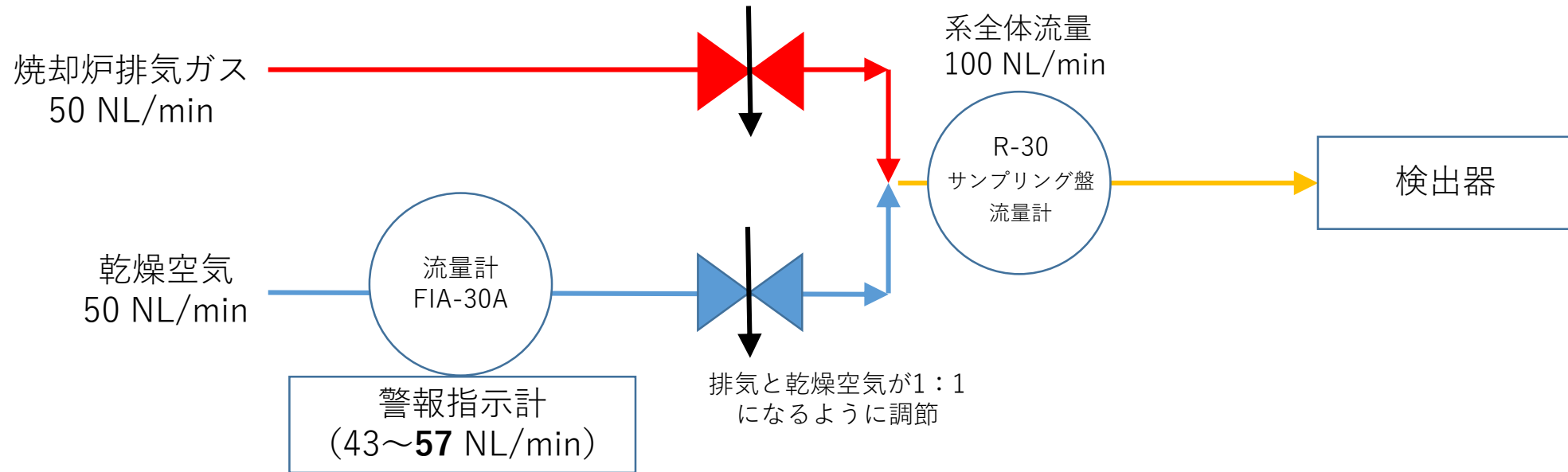
上記 (1)、(2) 項で得られた補正係数 K1=2.33、K2=2.36 に対し、保守的にかつ切りの良い数字として切り上げた 2.5 を、焼却炉排気からの放出放射能評価に対する補正係数として設定する。

【添付】

- － 1 R-31 希ガス系の流量概念図
- － 2 R-32 よう素、トリチウム系の流量概念図
- － 3 R-32 トリチウム濃度の補正について

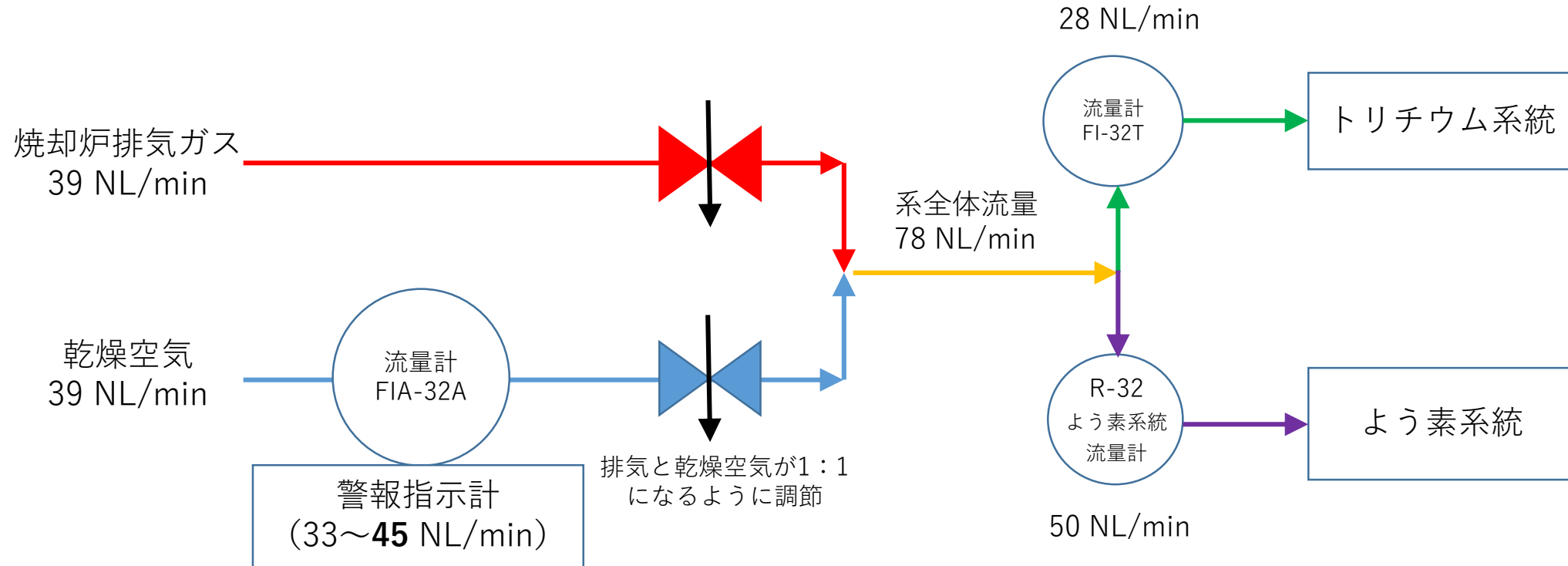
以上

R-31 希ガス系



$$\text{補正係数 } K1 = \frac{\text{系全体流量}}{\text{系全体流量} - \text{乾燥空気流量 (高警報設定値)}} = \frac{100}{100 - 57} = 2.33$$

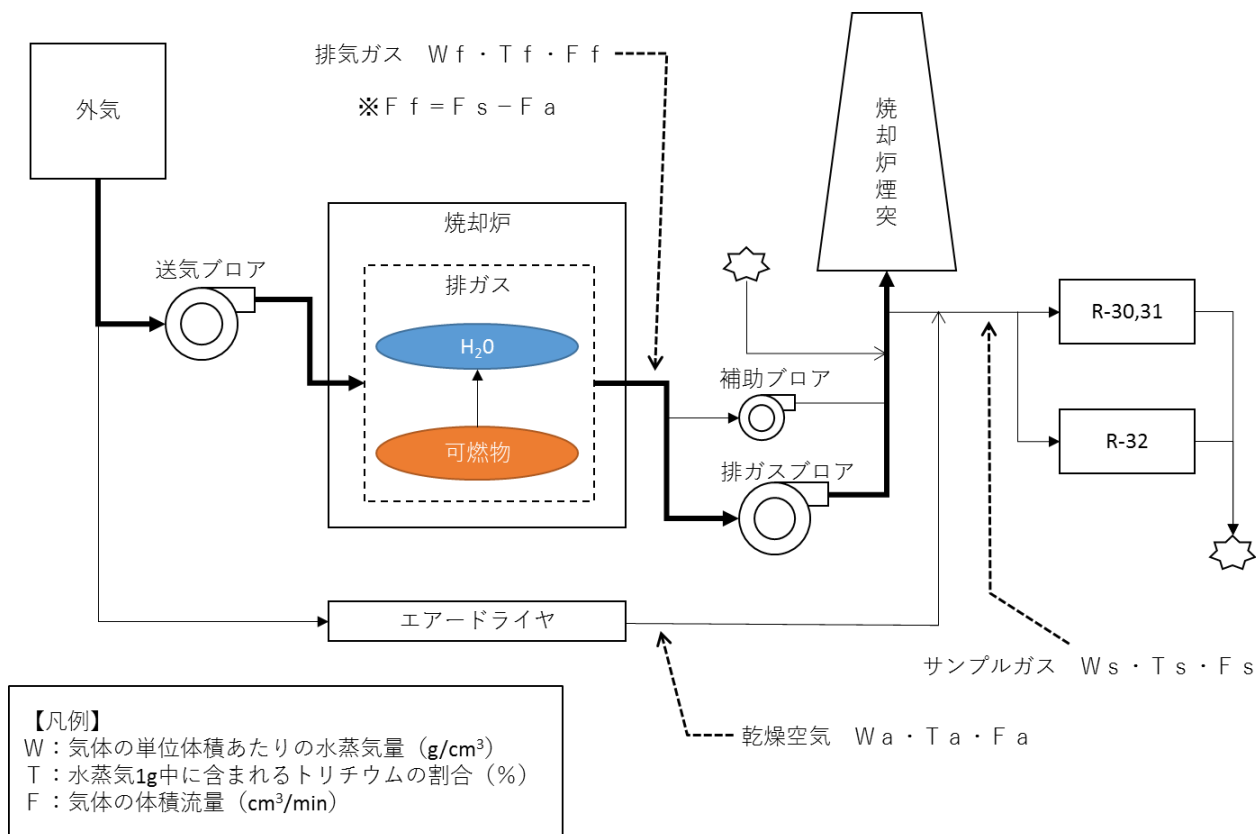
R-32 よう素、トリチウム系



$$\text{補正係数 } K2 = \frac{\text{系全体流量}}{\text{系全体流量} - \text{乾燥空気流量 (高警報設定値)}} = \frac{78}{78 - 45} = 2.36$$

R-32 トリチウム濃度の補正について

【概念図】



【補正計算】

各パラメータを以下の通りとする。

気体種類	気体単位体積当たりの水蒸気量 (g/cm ³)	水蒸気 1g 中に含まれるトリチウムの割合 (g/g)	気体の体積流量 (cm ³ /min)
R-32 サンプルガス	W _s	T _s	F _s
乾燥空気	W _a	T _a	F _a
焼却炉排気ガス	W _f	T _f	F _f =F _s -F _a

R-32 サンプルガス中の水蒸気流量は、乾燥空気及び焼却炉排気ガスの合計であるから、

$$W_s \cdot F_s = W_f \cdot F_f + W_a \cdot F_a = W_f \cdot (F_s - F_a) + W_a \cdot F_a$$

したがって、焼却炉排気ガス単位体積当たりの水蒸気量 W_f は下式で求められる。

$$W_f = \frac{W_s \cdot F_s - W_a \cdot F_a}{F_s - F_a} \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

また、トリチウム流量は同様に

$$W_s \cdot F_s \cdot T_s = W_f \cdot F_f \cdot T_f + W_a \cdot F_a \cdot T_a = W_f \cdot (F_s - F_a) \cdot T_f + W_a \cdot F_a \cdot T_a$$

上式に①式を代入すると

$$\begin{aligned} W_s \cdot F_s \cdot T_s &= \frac{W_s \cdot F_s - W_a \cdot F_a}{F_s - F_a} \cdot (F_s - F_a) \cdot T_f + W_a \cdot F_a \cdot T_a \\ &= (W_s \cdot F_s - W_a \cdot F_a) \cdot T_f + W_a \cdot F_a \cdot T_a \end{aligned}$$

したがって、焼却炉排気ガス中の水蒸気 1g 中のトリチウムの割合 T_f は、

$$T_f = \frac{W_s \cdot F_s \cdot T_s - W_a \cdot F_a \cdot T_a}{W_s \cdot F_s - W_a \cdot F_a} \quad \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

①、②式より、焼却炉排気ガス単位体積当たりのトリチウム量 $W_f \times T_f$ は、

$$W_f \cdot T_f = \frac{W_s \cdot F_s - W_a \cdot F_a}{F_s - F_a} \times \frac{W_s \cdot F_s \cdot T_s - W_a \cdot F_a \cdot T_a}{W_s \cdot F_s - W_a \cdot F_a} = \frac{W_s \cdot F_s \cdot T_s - W_a \cdot F_a \cdot T_a}{F_s - F_a}$$

乾燥空気中の水蒸気 1g 中のトリチウム割合 T_a は一般にゼロであるから、

$$W_f \cdot T_f = \frac{W_s \cdot F_s \cdot T_s}{F_s - F_a} = W_s \cdot T_s \cdot \frac{F_s}{F_s - F_a}$$

となり、焼却炉排気ガス単位体積当たりのトリチウム量 $W_f \times T_f$ は、乾燥空気の単位体積当たりの水蒸気量には依存せず、R-32 サンプルガス単位体積当たりのトリチウム量 $W_s \times T_s$ を、焼却炉排気ガス流量とサンプルガス流量の比を乗じたものとなる。

以上