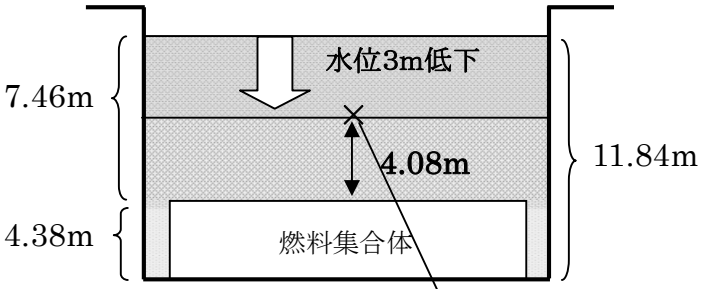
高浜２号機 SFP 保有水高さと遮へい機能

以下のとおり、SFP 保有水の水位が 3m低下した場合でも、SFP 中央水面での線量率は、燃料取替時の遮へい設計基準値を超えない範囲である。

（１） SFP 保有水高さ

燃料集合体より上の水の高さ＝約 7.46m



水位が3m低下しても燃料頂部より上に十分な遮へい厚さの水量(4.08m分)を有しており、SFP への給水等の作業に支障はない。

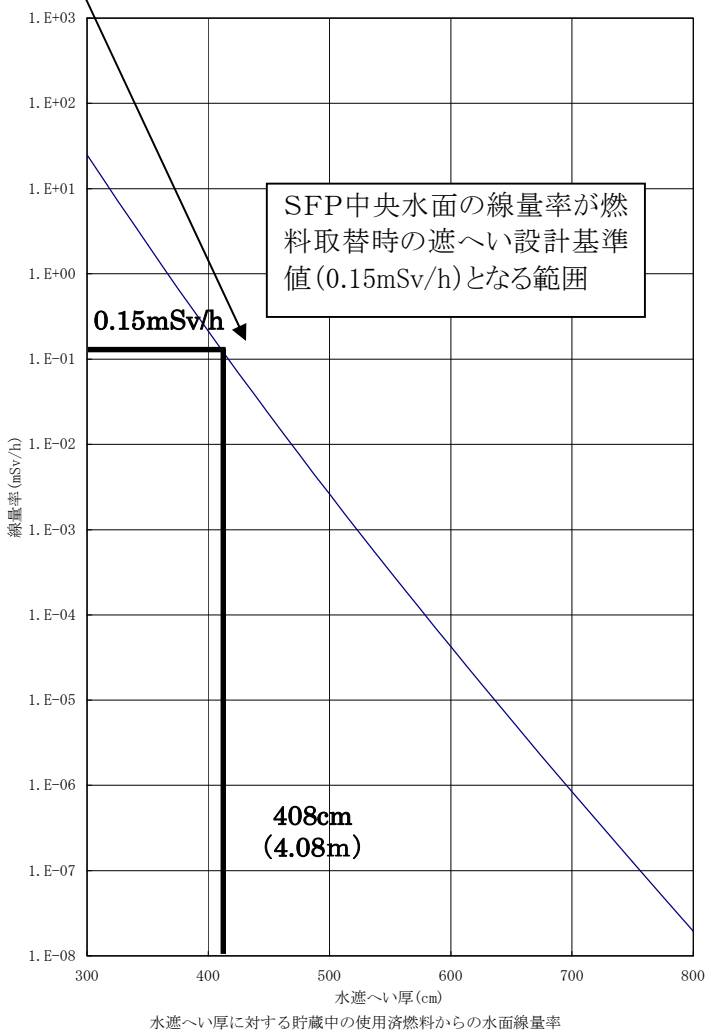
（２） 必要遮へい厚

下記グラフから 4.08m以上

（３） 許容水位低下量

（１） －（２）＝3.38m

安全側に 3mとする。



水遮へい厚に対する貯蔵中の使用済燃料からの水面線量率

「水遮へい厚に対する貯蔵中の使用済燃料からの水面線量率」の計算条件について

「水遮へい厚に対する貯蔵中の使用済燃料からの水面線量率」については、以下の計算方法により求めている。

(1)使用済燃料の線源強度

使用済燃料の線源強度は、工事計画認可申請書の生体遮へい装置等の計算に用いている線源強度を使用している。これは、高浜２号機にて使用されている燃料について ORIGEN2 コードを用いて計算した結果を包含する保守的な値であることを確認している。この値に対し、SFP の最大貯蔵体数を乗じた値を SFP の線源強度としている。

(2)水面線量率

線量率は、点減衰核積分コードである SPAN-SLAB コードを用いて計算している。計算式は次のとおりである。

$$D(E) = \int_V K(E) \frac{S(E)}{4\pi r^2} B(E) \cdot e^{-b} dV$$

ここで、

D(E)：線量率（mSv/h）

S(E)：線源強度（MeV/(cm³/s)）

K(E)：線量率の換算係数（(mSv/h)/(MeV/(cm²/s)））

B(E)：ビルドアップファクタ

$$B(E) = A \cdot e^{(-\alpha_1 \cdot b)} + (1-A) \cdot e^{(-\alpha_2 \cdot b)}$$

A、α_1、α_2は定数

r　：線源から計算点までの距離（cm）

V　：線源体積（cm³）

b　：減衰距離

$$b = \sum_{i=1}^{n} \mu_i \cdot t_i$$

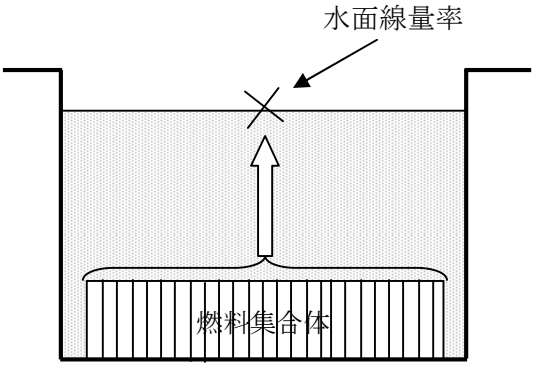
μ_i　：物質ｉの線減衰係数（cm^{-1}）

$\mu_i = (\mu/\rho)_i \times \rho_i$

$(\mu/\rho)_i$　：物質ｉの質量減衰係数（cm²/g）

ρ_i　：物質ｉの密度（g/cm³）

t_i　：物質ｉの透過距離（cm）



SFP の線源強度
＝燃料集合体１体あたりの線源強度
×SFP の最大貯蔵体数

復水タンク水の枯渇時間評価

ＳＧ２次側への給水評価における復水タンク水の枯渇時間は、以下の①と②の必要給水量の合計が復水タンクの保有水量（513 m³）となる時間より評価した。

①１次冷却材系統を出力運転状態（1 次側：平均温度 305.7℃，圧力 15.4MPa、2 次側：温度 277.0℃，圧力 6.0MPa）から 170℃（ＳＧ２次側を 150℃），0.7MPa まで冷却するために必要な給水量（１次冷却材系統水、１次冷却材系統構成材、燃料、ＳＧ２次側保有水及びＳＧ２次側構成材の顕熱除去等に必要な給水量）：約 194m³

1) １次冷却材系統水の顕熱除去に必要な水量	約 55.6m³
2) １次冷却材系統構成材（原子炉容器，炉内構造物，１次冷却材管，ＳＧ伝熱管，ＳＧ１次側構造物等）の顕熱除去に必要な水量	約 35.7m³
3) 燃料の顕熱除去に必要な水量	約 7.6 m³
4) ＳＧ２次側保有水の顕熱除去に必要な水量	約 75.8m³
5) ＳＧ２次側構成材（胴部，気水・湿分分離器，伝熱管支持板等）の顕熱除去に必要な水量	約 17.3m³
6) 原子炉トリップ遅れ時間の炉心発生熱除去に必要な水量	約 1.9m³
合　計	約 194m³

②崩壊熱除去に必要な給水量（炉停止後からの時間の関数）

復水タンク水の枯渇時間は、保有水量 513 m³から上記①を引いた水量約 319m³を消費する時間として評価される。

具体的には、崩壊熱曲線より求められる炉停止後の時間に対する崩壊熱の積算値（図１参照）から、１式により崩壊熱除去に必要な給水量積算値（図２参照）を求め、この必要給水量の積算値から崩壊熱除去のための水量約 319m³と等しくなる時間（約 8.5 時間後）を評価している。

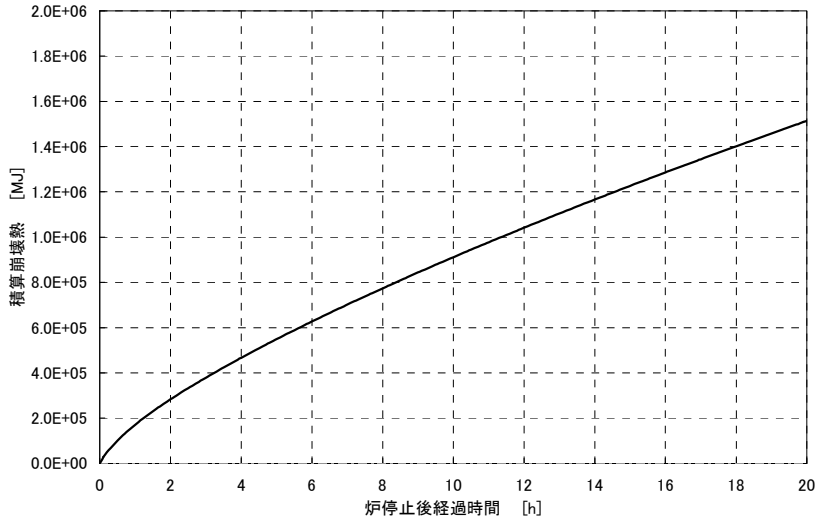


図１　炉停止後からの崩壊熱の積算

【崩壊熱積算値と SG２次側への必要補給水量積算値の関係】

原子炉からの崩壊熱を除去し、１次冷却材の圧力と温度を 0.7MPa，170℃一定に維持するための SG２次側への必要補給水量は、崩壊熱曲線から求められる炉停止後のある時間までの積算崩壊熱を除去するために必要な給水量積算値として以下の式で求められている。

$$\text{SG2次側への必要補給水量積算値}(m^3) = \frac{\text{崩壊熱の積算}(MJ)\times 10^3}{(\text{SG2次側飽和蒸気比エンタルピー}-\text{補給水比エンタルピー})(kJ/kg)\times\text{補給水密度}(kg/m^3)} \quad \cdots (1式)$$

【計算条件】SG2次側飽和蒸気比エンタルピー(Tcold150℃) ：2745 kJ／kg *1
補給水比エンタルピー(40℃) ：167 kJ／kg *1
補給水密度(40℃) ：992 kg ／m³ *1

＊1：1999年 日本機械学会蒸気表

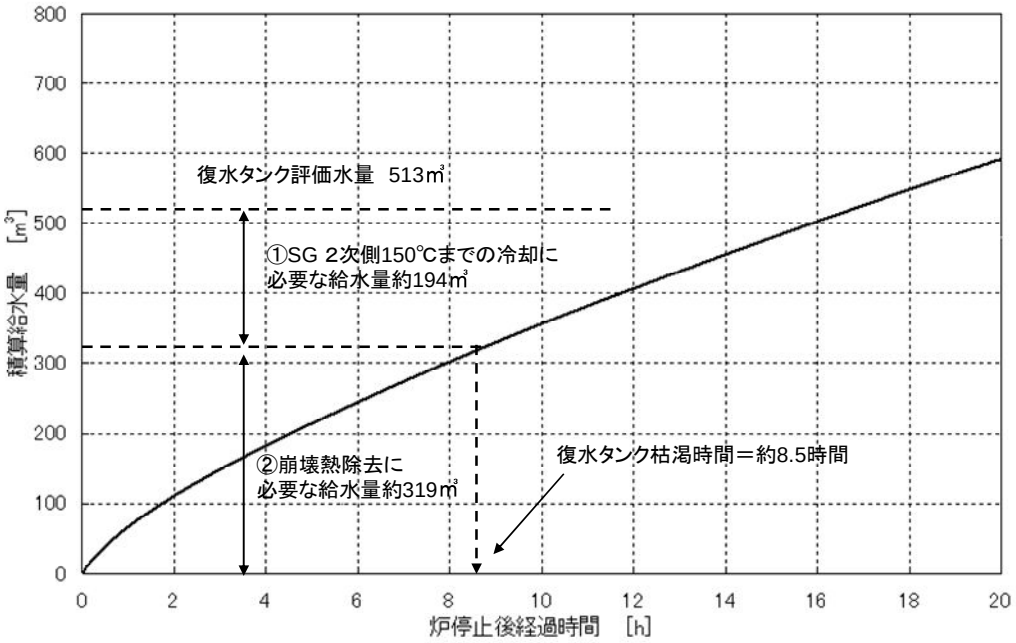


図２　復水タンク水の枯渇時間評価

ヘリコプターによるガソリン等の空輸

【空輸の拠点】

若狭方面での地震、津波に備え、若狭地域から 100km 以上離れたところにある八尾空港を空輸の拠点としている。さらに多様性の観点から、契約している会社がヘリコプターを常時置いている全国の 4 ヶ所(東京、富山、名古屋、広島)の空港も使用できるようにしている。最も遠い東京からでも約 2 時間で若狭地域へ飛行することができる。

【飛行不可能の基準】

ヘリコプターが飛行不可能となるのは、契約先の運航業務実施規則において、視界不良(雨、雪を含む)の場合と暴風の場合と規定されている。視界不良とは、有視界状態でない場合であり、航空法施行規則から飛行視程 5000m 未満又は雲高 300m 未満の気象状態の場合としている。有視界状態の条件を満たさない場合においても、飛行視程 1500m 以上で諸条件を満たせば飛行可能であるが、保守的に飛行視程 5000m 未満又は雲高 300m 未満を飛行不可能とした。若狭地域には空港がなく空港の気象データがとれないので、近傍の気象庁の観測所（敦賀及び舞鶴）の気象データを用いることとし、雲高のデータがないため視程 5000m 未満を飛行不可能とした。また、暴風とは、強風により飛行不可能な場合であり、実証されている性能を超える最大風速 15m以上の場合とした。

【飛行不可能の評価】

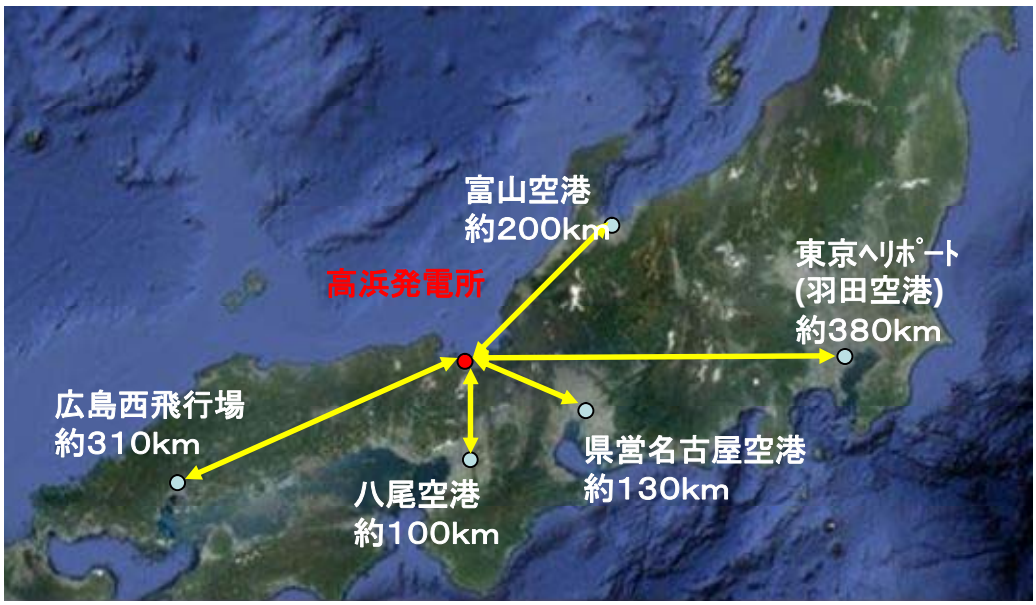
過去 20 年間（1991 年～2011 年）で拠点の中心である八尾空港において、連続して飛行できなかった日数と回数は、５日連続が３回、４日連続が１回、３日連続が７回、２日連続が４２回であった。３日連続以上の１１回について全国の４ヶ所（東京、富山、名古屋、広島）の空港で飛行可否を調べたところ、全ての空港で連続して飛行不可能であった日は３日連続の１回となった。

一方、若狭地域において連続して飛行不可能と評価した日数と回数は、３日連続は２回、２日連続は気象庁の観測所のうち敦賀で１３回と舞鶴で７回となった。

八尾空港と若狭地域で３日連続して飛行できなかった日については、同一時期でないことを確認している。

地震、津波及び地震・津波の重畳における冷却継続評価の時間的余裕である約７．５日間の間においても輸送することが期待できる。

【高浜発電所と各空港との位置関係及び距離】



【美浜、高浜、大飯発電所、気象庁観測所及び八尾空港の位置関係】

過去20年間（1991年～2011年）における
八尾空港及び若狭地域の連続2日以上飛行できなかった状況

八尾空港

【判定基準】

項目	判定	判定基準
視界	○	飛行視程5000m以上　かつ　雲高300m以上
	×	飛行視程5000m未満　または　雲高300m未満
風	○	最大風速15m未満
	×	最大風速15m以上
飛行可否	○	視界条件○　かつ　風条件○
	×	視界条件×　または　風条件×

【判定結果】

5日連続

3回

年	日	視界	風	飛行可否
1991年	12月4日	×	○	×
1991年	12月5日	×	○	×
1991年	12月6日	×	○	×
1991年	12月7日	×	○	×
1991年	12月8日	×	○	×

年	日	視界	風	飛行可否
1993年	11月2日	×	○	×
1993年	11月3日	×	○	×
1993年	11月4日	×	○	×
1993年	11月5日	×	○	×
1993年	11月6日	×	○	×

年	日	視界	風	飛行可否
1995年	7月3日	×	○	×
1995年	7月4日	×	○	×
1995年	7月5日	×	○	×
1995年	7月6日	×	○	×
1995年	7月7日	×	○	×

4日連続

1回

年	日	視界	風	飛行可否
1991年	12月22日	×	○	×
1991年	12月23日	×	○	×
1991年	12月24日	×	○	×
1991年	12月25日	×	○	×

3日連続

7回

年	日	視界	風	飛行可否
1991年	11月26日	×	○	×
1991年	11月27日	×	○	×
1991年	11月28日	×	○	×

年	日	視界	風	飛行可否
1992年	2月28日	×	○	×
1992年	2月29日	×	○	×
1992年	3月1日	×	○	×

年	日	視界	風	飛行可否
1992年	11月29日	×	○	×
1992年	11月30日	×	○	×
1992年	12月1日	×	○	×

年	日	視界	風	飛行可否
1993年	1月13日	×	○	×
1993年	1月14日	×	○	×
1993年	1月15日	×	○	×

年	日	視界	風	飛行可否
1993年	6月28日	×	○	×
1993年	6月29日	×	○	×
1993年	6月30日	×	○	×

年	日	視界	風	飛行可否
1993年	7月8日	×	○	×
1993年	7月9日	×	○	×
1993年	7月10日	×	○	×

年	日	視界	風	飛行可否
1994年	12月11日	×	○	×
1994年	12月12日	×	○	×
1994年	12月13日	×	○	×

2日連続

42回

若狭地域

【判定基準】

項目	判定	判定基準
視界	○	視程5000m以上
	×	視程5000m未満
風	○	最大風速15m未満
	×	最大風速15m以上
飛行可否	○	視界条件○　かつ　風条件○
	×	視界条件×　または　風条件×

【判定結果】

3日連続

2回

敦賀観測所

年	日	視界	風	飛行可否
1995年	1月13日	×	○	×
1995年	1月14日	×	○	×
1995年	1月15日	×	○	×

年	日	視界	風	飛行可否
2006年	3月12日	×	○	×
2006年	3月13日	×	○	×
2006年	3月14日	×	○	×

舞鶴観測所

年	日	視界	風	飛行可否
1995年	1月13日	×	○	×
1995年	1月14日	×	○	×
1995年	1月15日	×	○	×

年	日	視界	風	飛行可否
2006年	3月12日	○	○	○
2006年	3月13日	×	○	×
2006年	3月14日	○	○	○

2日連続

敦賀観測所　13 回

舞鶴観測所　7 回

八尾空港で連続3日以上の飛行ができなかった日と代替空港の飛行可否

年	日	八尾空港	県営名古屋空港	広島西飛行場	東京ヘリポート	富山空港	代替空港飛行可否
1991年	11月26日	×	×	−	×	○	○
	11月27日	×	×	−	×	○	○
	11月28日	×	×	−	×	×	×
1991年	12月4日	×	○	−	×	○	○
	12月5日	×	○	−	○	○	○
	12月6日	×	×	−	×	○	○
	12月7日	×	○	−	×	○	○
	12月8日	×	×	−	○	×	○
1991年	12月22日	×	○	−	○	○	○
	12月23日	×	×	−	○	○	○
	12月24日	×	×	−	×	×	×
	12月25日	×	○	−	×	○	○
1992年	2月28日	×	○	−	○	○	○
	2月29日	×	×	−	○	○	○
	3月1日	×	×	−	○	×	○
1992年	11月29日	×	○	−	×	○	○
	11月30日	×	○	−	○	○	○
	12月1日	×	×	−	×	×	×
1993年	1月13日	×	×	−	○	○	○
	1月14日	×	×	−	×	×	×
	1月15日	×	×	−	×	×	×
1993年	6月28日	×	×	−	×	○	○
	6月29日	×	×	−	×	×	×
	6月30日	×	×	−	×	○	○
1993年	7月8日	×	○	−	○	○	○
	7月9日	×	×	−	○	○	○
	7月10日	×	×	−	○	○	○
1993年	11月2日	×	○	○	○	○	○
	11月3日	×	○	○	○	○	○
	11月4日	×	○	○	×	○	○
	11月5日	×	○	○	×	○	○
	11月6日	×	○	○	×	○	○
1994年	12月11日	×	×	×	×	○	○
	12月12日	×	○	○	×	○	○
	12月13日	×	○	○	×	○	○
1995年	7月3日	×	×	×	○	○	○
	7月4日	×	×	×	×	×	×
	7月5日	×	×	×	×	×	×
	7月6日	×	×	×	×	×	×
	7月7日	×	○	×	×	○	○

○:飛行可　×:飛行不可　−:開港前

八尾空港以外の代替空港が利用できたと評価できる日を除くと、
連続して飛行ができない日は最大3日となる。