

# HEAFとホットショートからみる本発電所の危険性

2024年9月9日

一審原告ら訴訟代理人弁護士

吉村和貴

1

1

## プレゼンの内容

- ①HEAFにまつわる本発電所再稼働の問題点
- ②ホットショートにまつわる本件発電所再稼働の問題点

2

2

## HEAFとは何か

HEAF事象とは、High Energy ark fault（高エネルギーアーク損傷）の略であり、電気設備の故障（地震等による接続不良、環境条件及び導電性異物の混入による短絡等）に起因して生ずるアーク放電に伴う爆発的エネルギーに放出により、アーク放電発生箇所の圧力・温度が急激に上昇し、深刻な機器損傷を引き起こす事象

（HEAFによってもたらされる事象）

- ①アークブラストによる機器損傷
- ②アーク火災による機器損傷

3

3

### ①アークブラストによる設備損傷

アーク放電は、**7000度**の温度を持っており、金属溶融に使われる。

↓

アーク放電が連続的に生じると、周囲の空気を温めることはもちろん、周囲の金属を酸化させ、酸化ガスを発生させる。

↓

アーク放電によって発生した酸化ガスと熱風がさらに熱せられると、これらの気体分子が膨張し、爆発現象（アークブラスト）を引き起こす。

↓

**ブラストは、音速を超える速度で衝撃を周りのものに与えることになる。そのため、鋼鉄の扉であっても、破壊することになる！**

4

4



5

## ②アーク火災による設備損傷

アーク放電によって生じた酸化ガスは、7000度の熱で温められ、さらに高温となる。

↓

この高温ガスが可燃物（電気ケーブル等）にエネルギー伝播し、あるしきい値以上のエネルギーが印加されると、火災が発生する。

↓

これが、アーク火災と呼ばれる現象！

6

6

(平成23年3月11日女川原子力発電所火災事故)



女川1号機では、異なる2台の降圧電源盤でアーク放電が発生し、連続する10台の高圧電源盤にケーブルダクトを通じて損傷が広がった。この損傷及びその後の火災によって安全系の残留熱除去系ポンプが一時停止するという二次的な事象も発生！

7

7

東北電力株式会社は、女川1号機のHEAF事象によるアーク放電の発生原因について、以下のように推定

- ①地震の大きな振動によって、耐震架台が設置されていない当該盤のマグネブラストしゃ断器（MBB）が固定されず、下部スペースがあることから大きく揺れ、一次、二次側断路部の接続導体及び絶縁物が変形、破損した。
- ②断路部の変形、破損により接続導体が周囲の構造物（バリアなど）に接触し、短絡、地絡が発生した。
- ③一部短絡により接続導体と周囲の構造物でアーク放電が発生した。
- ④アーク放電の発生熱の影響により、盤内ケーブルの絶縁被覆は溶けて発煙し、遮断器を含む周辺構造物が破損した。

8

8

## HEAF対策の問題点①ーアークブラストに対する影響評価基準が策定されていないこと

女川1号機のHEAF事象の反省から、原子力規制委員会は、平成29年7月19日にHEAF審査基準を制定した。

HEAF審査基準では、電気盤の遮断時間が、火災発生の上きい値に対応するためのアーク放電の継続時間と比べ、小さい値となっているかを確認するための試験方法を提供。

↓

**原子力発電所の火災区域・火災区画内におけるHEAF時の圧力挙動および防火障壁への影響について十分に評価する基準が策定されていない（アークブラスト対策に対する影響評価基準が策定されていない）。**

9

9

原子力規制委員会の委員も務めた筑波大学の土屋進の執筆した「原子力発電所における高エネルギーアーク事象に起因する電気盤およびケーブルの損傷に関する評価」14頁では、アークブラストから生じる圧力挙動（爆発現象）により、防火障壁を破壊する可能性が指摘されている。

↓

アークブラストによる圧力挙動によって耐火障壁が破壊されれば、1区画ないし区域で生じた火災が消火される前に他の区画ないし区域へ伝播されることになる。

↓

**1区画ないし区域で生じた火災を、当該区域ないし区画限りで消火することで深層防護第3層ないし第4層の要請を充足しようとした火災防護基準2.3.1の趣旨を没却する→アークブラスト由来の圧力挙動による耐火障壁への影響評価基準の策定は必須！**

↓

我が国では、アークブラスト由来の圧力挙動による耐火障壁への影響評価基準が策定されていない。

↓

当該不作為は、深層防護第3ないし第4層の要請に反する。

↓

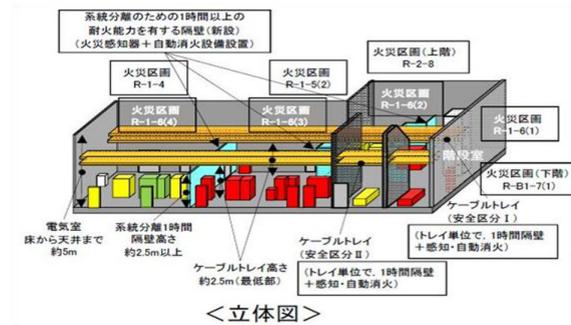
基準が定まっていない以上、本発電所もアークブラスト対策を施していない。したがって、本発電所は、HEAF事象による周辺住民の生命・身体等を侵害する具体的危険性を有する。

10

10

## HEAF対策の問題点②－本発電所電気室の構造

本発電所の電気室には、A系、B系、HPCS系という多系統の電源設備が一室内に存在し、1時間耐火隔壁仕切られている火災区画内に存在する。



11

11

電気室には、高圧電源盤も存在している。そのため、1審被告は、HEAF審査基準に基づいて、電気盤の遮断時間のチェックをする必要がある。

↓

しかし、1審被告において、当該チェックを行った形跡は見られない。**それどころか、HEAF対策についても令和6年に工事計画認可申請予定とされているのみで、工事すら行っていない！**

↓

アークプラスト対策についても基準が存在しない以上、当然行っていない。

↓

本発電所では、電気室においてHEAF事象が生ずることにより、アークプラストによって安全系を有する機器が損傷するばかりでなく、他の火災区画とを隔てる耐火障壁を破壊するおそれがある。また、アーク火災によって、ケーブルが燃焼し、ホットショートを生じさせる可能性も高い。

↓

本発電所では、電気室にてHEAF事象が生ずることにより、安全機器がアークプラストないしアーク火災によって故障または機能しなくなること、シビアアクシデントに発展する可能性が高い！

12

12

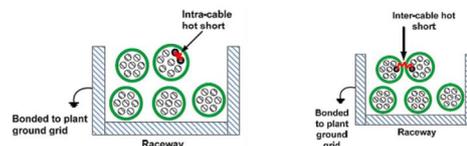
本発電所は、深層防護第1層の要請、及び火災防護基準2.3.1で求められる深層防護第3層ないし第4層の要請に反するものであり、周辺住民の生命、身体等に危険を生じさせる発電所である。

13

13

## ホットショートとは何か

ケーブル火災が生じたことにより、火災による高温の影響で導体間の絶縁材が破壊され、導体間で短絡が発生し、ある特定の導体が電氣的に接続されるという事態。



出典) Joint Assessment of Cable Damage and Quantification of Effects from Fire (JACQUE-FIRE)  
(NUREG/CR-7150), Volume 1 Phenomena Identification and Ranking Table (PIRT)  
Exercise for Nuclear Power Plant Fire-Induced Electrical Circuit Failure<sup>34</sup> p.3-30, Figure 3-2, Figure 3-3

図 6.1 イントラ・ケーブル・ホットショート及びインター・ケーブル・ホットショート概念図

Figure 6.1 Images of intra and inter cable hotshort

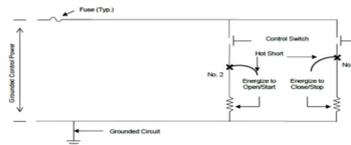
イントラ・ケーブルホット・ショート→火災による高温の影響により、同じケーブル内の導体同士が接合してしまった状態。

インター・ケーブル・ホットショート→異なるケーブルの導体同士が火災による高温の影響により接合した状態。

14

## ホットショートの危険性①－機器の誤動作

ホットショートが生ずると、本来流れるはずのない導体に電気が流れてしまい、開放状態を維持するための回路に電気が流れなくなり、本来開放状態になるべきものが閉鎖状態になり、安全停止の上で必要な機器が動作しなくなってしまう。



- No.1 の箇所ホットショートが発生した場合、閉のリレーが励磁されて、電動弁が誤閉する（通常時間の場合）。
- No.2 の箇所ホットショートが発生した場合、開のリレーが励磁されて、電動弁が誤開する（通常時間の場合）。

出典) NEI 00-01 Revision 2<sup>3</sup> 及び平成 30 年度原子力規制庁請負成果報告書<sup>7</sup> p.1.2-7 図 1.2-4 を元に翻訳・編集  
 図 3.4 ホットショート  
 Figure 3.4 Hot short

逆に、閉鎖状態にあるべき回路に電流が流れしまい、安全停止との関係で動作すべきでない機器が動作してしまう。

15

15

## ホットショートの危険性②－過電流による短絡故障や過電流遮断器による電流の遮断

ホットショートによって生じた短絡故障によって、過電流が直接電子機器に流れ込むと、当該電子機器の絶縁耐性を越えた電流によって当該電子機器の故障を招来する事態になりかねない。

↓

通常、過電流による電子機器の故障を防止するために、ヒューズと呼ばれる過電流遮断器が設置されている。

↓

ヒューズが働くと、ヒューズ設置個所の先の電子回路に電流が流れなくなり、当該電子回路につながっていた安全停止に必要な電子機器に電力が供給されなくなる。

↓

いずれも、安全停止に必要な電子機器に支障を生じさせる。

16

16

## 日本の火災防護基準では回路分析を要求していない！

アメリカ合衆国をはじめとする諸外国では、通常火災防護のほかに、火災による電子回路への影響を分析する手法が確立しており、ホットショートによる安全停止パスへの負の影響を軽減している。

**実際に、アメリカ合衆国では、影響評価が実施された結果、火災による誤動作が相当数生じたという事例が報告されている！**

↓

原子力規制委員会は、ホットショートという懸案が実際に発生したものでなく、それらの懸案が発生したとしても安全影響度は低く、また我が国の火災防護基準に規定されている火災区画の監視強化等の代替措置によって十分な安全が図られているとして、導入には消極的！

17

17

回路解析は、原子力発電所における火災が生じた場合に、火災防護基準に基づく防護措置が機能しない場合に備えて、原子力発電所の安全停止に支障を来さないようにするために、火災による安全停止回路への影響を分析し、必要な措置を取るために要求されている→**深層防護でいえば第4層からの要求。**

↓

火災区画の監視強化は、あくまでも火災発生防止及び延焼拡大防止に向けられたもの。→**深層防護第1層から第3層の要求。**

↓

火災区画の監視強化を理由に回路解析導入を消極に考えることは、「ある防護レベルの安全対策を講ずるに当たって、その前に存在する防護レベルの対策を前提としない」という前段否定の原則に反するものである！！

18

18

原子力発電所は、シビアアクシデントが生ずることによって、周辺住民に対して甚大な被害を与える施設である。

そして、かかる甚大な被害を与える施設のリスクを判断するためには、リスクに関して保守的に評価し、すべての代替可能な見解（保守的にみて尊重に値する見解）を考慮しなければならない（令和2年1月17日伊方原発広島高裁即時抗告審決定）。

実際に、アメリカ合衆国では、ホットショットの危険性を重大視し、実際に火災時安全回路解析を行っている。



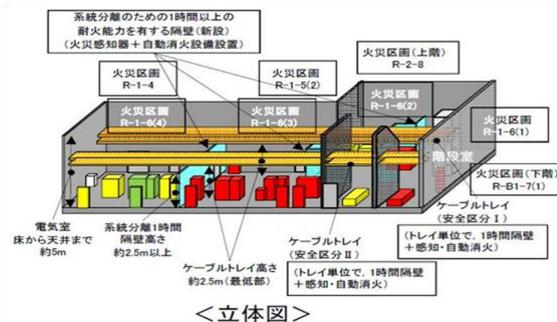
懸案が実際に発生したことがなく、また発生しても安全影響度が低いことを理由に、深層防護第4層から生ずる防護措置を取らなくてよいという判断をすることは、リスクに対する保守的な評価を怠っていると云わざるを得ない！

19

19

## ホットショットにおける本発電所電気室の脆弱性

本発電所の電気室は、A系、B系、HPCS系等の多系統の設備が一室内に存在し、かつプラントの安全停止に必要な電子機器も多数存在する。



20

20

電気室内で特定のケーブルにホットショートが生じれば、過電流によって電気室内の多数の安全停止に必要な電子機器が損傷し、また当該電子機器に接続されている多数の安全停止に必要な電子機器の故障を招来する！！

21

21

## ホットショートは抽象的な危険性にとどまらない

令和6年2月2日、本件発電所の原子炉建屋内の天井の電気ケーブルを通る管から火花があがったという事象が確認された。

↓

35年以上前に、当該電線管にアーク溶接のためのアークランプを不適切な位置に設置してしまったところ、当該アークランプが脱落したことにより、アーク放電を発生させ、当該電線管に穴を開けてしまった。その後、35年以上、当該電線管が継続的に使用されつづけてきたため、使用によって生じた熱により火災が発生し、隣り合う2つの電気ケーブルが火災の熱によって接合してしまい、短絡または地絡が発生したものである。

22

22

今回は、作業員が異常に気づき、蛍光灯のスイッチを「入」から「切」に変更したことにより、ホットショートにまで発展はしなかった。

↓

当該事象を何ら対策も取らずに放置していれば、接合された電気ケーブルから誤って他回路に電流が流れてしまい、機器の誤動作を招来させるホットショートを引き起こした可能性を内包している！

↓

**ホットショートが生じる危険性は、決して抽象的なものにとどまらず、現実的な可能性をもった事象である！**

23

23

**ホットショートに対する対策をしておらず、脆弱な構造を持つ電気室を有する本件発電所は、不十分な系統分離しかしていないといえるため、深層防護第4層の要請を満たしておらず、周辺住民の生命、身体等に対する安全性を欠いた発電所である！**

24

24

## 結論

**HEAFやホットショートに対する対策を欠いている本件発電所は、周辺住民の生命、身体等への侵害の具体的危険を有する発電所であるため、差止を継続すべき発電所である！**

以上

25