

平成18年2月9日
北海道電力株式会社

定期検査中の泊発電所1号機で確認された 非常用排気筒のひび割れの原因と対策について

泊発電所1号機(加圧水型軽水炉、定格電気出力57万9千キロワット)は、平成17年12月26日から第13回定期検査を実施していますが、非常用排気筒の点検を実施した結果、平成18年1月6日から24日にかけて、溶接部付近に合計6箇所(最大で約14cm、うち5箇所は貫通)のひび割れがあることを確認しました。

(平成18年1月6日、11日、24日お知らせ済み)

本日、調査結果を踏まえ、原因と対策をとりまとめましたので、お知らせします。

1. 調査結果

(1) 外観観察結果

非常用排気筒の排気筒鋼板と補強鋼材等の断続すみ肉溶接部(以下、「タック溶接部」という。)について、目視点検および液体浸透探傷検査を実施した結果、合計6箇所にひび割れ(うち5箇所は貫通)を確認しました。

また、非常用排気筒の一部のひび割れ(貫通)部の表面には、錆が付着しており、排気筒内部に浸入した雨水がひび割れ(貫通)部を通り、外面の補強鋼材を腐食させたものと推定されました。

(2) 断面および破面観察結果

破断部および断面の観察を行った結果、タック溶接部止端部に複数の起点が確認されました。ひび割れは結晶粒内をほぼ直線的に進展しており、枝分れや腐食の跡は認められませんでした。

なお、材料欠陥、溶接欠陥は認められませんでした。

破面は、平坦かつ先端部が円弧状であるとともに、疲労破面特有のビーチマークが一部に観察されました。また、詳細な破面観察を行った結果、き裂の進展部には高サイクル疲労特有の金属組織が認められました。

(3) 振動測定結果

非常用排気筒の屋内部分の振動測定を行ったところ、非常用排気筒のひび割れ発生箇所は、排気筒曲がり部の下流部付近にあり、他の箇所に比べて振動が大きい傾向が認められました。また、ひび割れの下流側では振動が小さくなる傾向を確認しました。

一方、主排気筒と非常用排気筒の共用サポート*の接触状況を確認した結果、サポートと非常用排気筒の一部が接触しており、主排気筒の振動が非常用排気筒に伝達されやすい状況であることを確認しました。

*共用サポート:耐震サポートを非常用排気筒および主排気筒で共用している箇所

(4) 疲労評価結果

非常用排気筒の構造上の特徴から、ひび割れが発生した箇所は、圧力変動が発生しやすく、主排気筒による振動を受ける範囲にあるため、実機で推定される圧力変動、主排気筒による振動を用い、現場形状を模擬したモデルにより振動解析を行いました。

この結果、主排気筒からの振動のみでは、当該箇所に疲労限を超える応力は発生しないものの、非常用排気筒運転時の圧力変動に伴う振動が加わった場合、当該箇所には疲労限を超える応力が発生することを確認しました。

(5) 運転履歴調査および保守履歴調査結果

過去の非常用排気筒の排気風量等の運転パラメータや保守履歴を調査した結果、特に問題ないことを確認しました。

2. 推定原因

- (1) 非常用排気筒は、共用サポートを介し常時運転している主排気筒の振動の影響を受け、運転を行わない状態においても常に振動しています。
- (2) 非常用排気筒運転時には、内部流体の乱れによる圧力変動に伴う振動も加わるようになります。特に、非常用排気筒曲がり部の下流部付近においては、圧力変動が増加し振動が大きくなりやすくなっています。

このように、主排気筒および非常用排気筒が運転している状態では、非常用排気筒曲がり部の下流部付近に位置するタック溶接部近傍に疲労限を超える繰返し応力が働くため、溶接部近傍のステンレス鋼板外面から割れが発生・進展し、一部の箇所では貫通したものと推定されました。

3. 対策

ひび割れ箇所を取り除き、同種、同材のステンレス鋼板で復旧するとともに、振動を低減するための補強鋼材を追設します。

今後、定期検査時に外観点検を行う等、定期的に非常用排気筒の健全性を確認します。

また、本件については、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づき経済産業省に、「安全協定」に基づき北海道及び地元四カ町村に連絡済です。

(経済産業省によるINESの暫定評価)

基準1	基準2	基準3	評価レベル
—	—	0—	0—

INES:国際原子力事象評価尺度

< 参考 >

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」および「泊発電所に関する通報連絡及び公表基準」に基づく報告対象ではありませんが、同時に行った点検で確認した主排気筒の7箇所(うち6箇所は貫通)のひび割れの原因については、主排気筒自身の運転により排気筒曲がり部等の下流部付近に位置するタック溶接部近傍に疲労限を超える繰返し応力が働くため、溶接部近傍のステンレス鋼板外面から割れが発生・進展し、一部の箇所では貫通したものと推定されました。

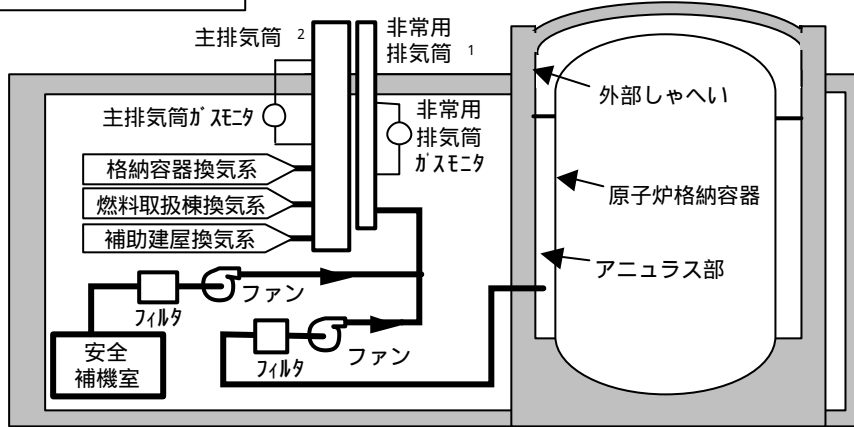
対策については、非常用排気筒と同様の対策を行います。

< 添付資料 >

- 添付資料1 泊発電所1号機 非常用排気筒のひび割れの原因と対策についての説明図
- 添付資料2 用語解説

泊発電所 1号機 非常用排気筒のひび割れの原因と対策について (1/ 2)

概略系統図

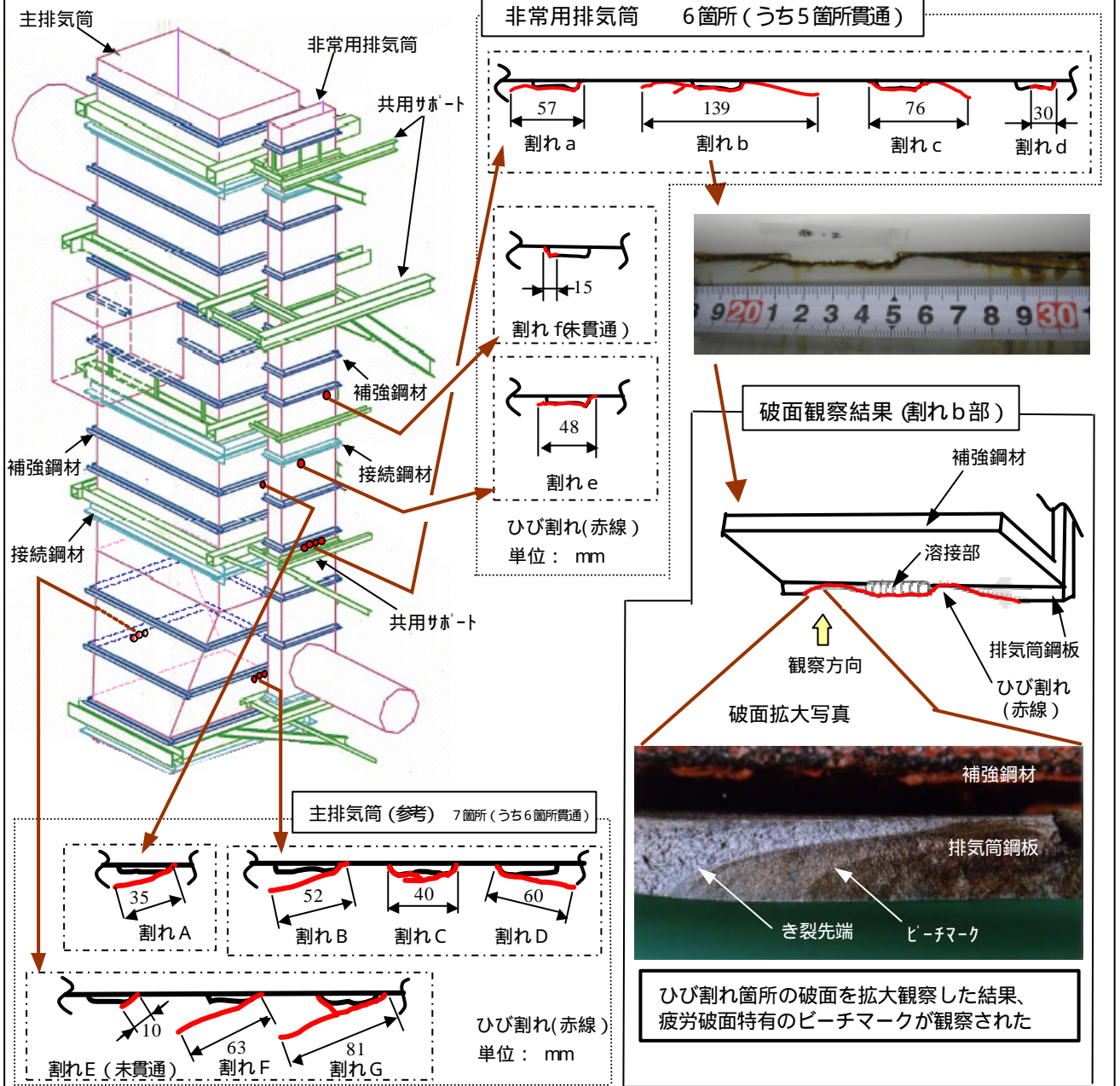


非常用排気筒仕様	
寸法 (頂部)	0.3×1.5m
寸法 (脚部)	0.3×1.0m
厚さ	2.0mm
材料	ステンレス鋼 (SUS304)

主排気筒仕様	
寸法 (頂部)	2.7×1.5m
寸法 (脚部)	1.7×2.5m
厚さ	2.0mm
材料	ステンレス鋼 (SUS304)

1 非常用排気筒： 事故時にフィルタを通して安全補機室空気浄化ファンおよびアニュラス空気浄化ファンで集められた安全補機室およびアニュラス部の空気を、非常用排気筒ガスモニターで監視しながら放出するためのダクト状の通気管
 2 主排気筒： 通常運転時にフィルタを通して補助建屋排気ファン等で集められた補助建屋や燃料取扱棟等 (定期検査時は格納容器内を含む) の空気を、主排気筒ガスモニターで監視しながら放出するためのダクト状の通気管

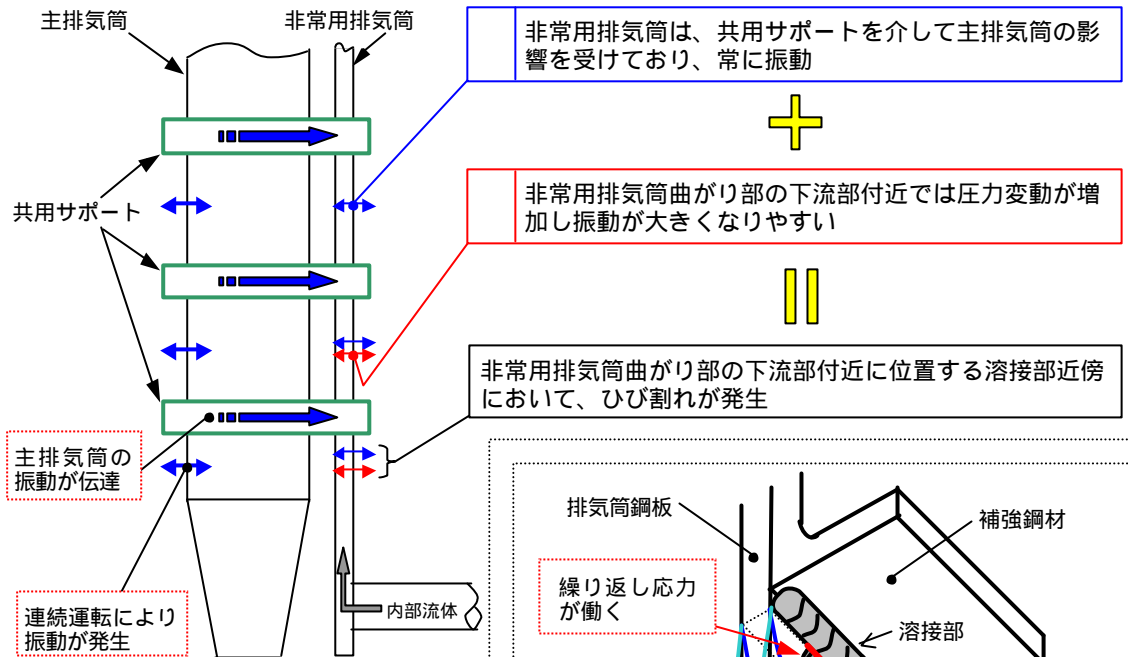
ひび割れの状況



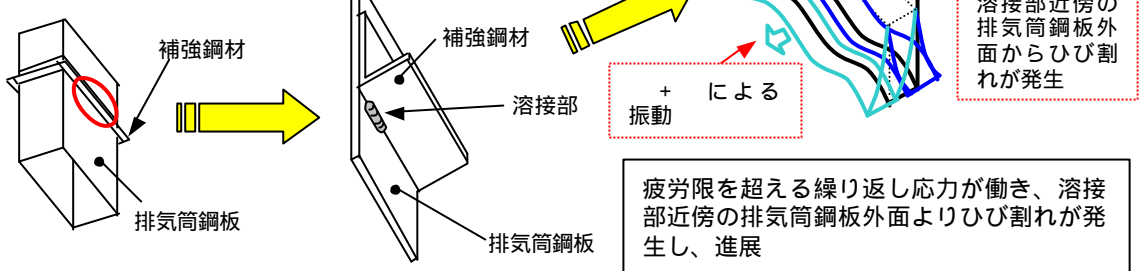
泊発電所 1号機 非常用排気筒のひび割れの原因と対策について (2/ 2)

推定原因

非常用排気筒の振動



ひび割れの発生と進展

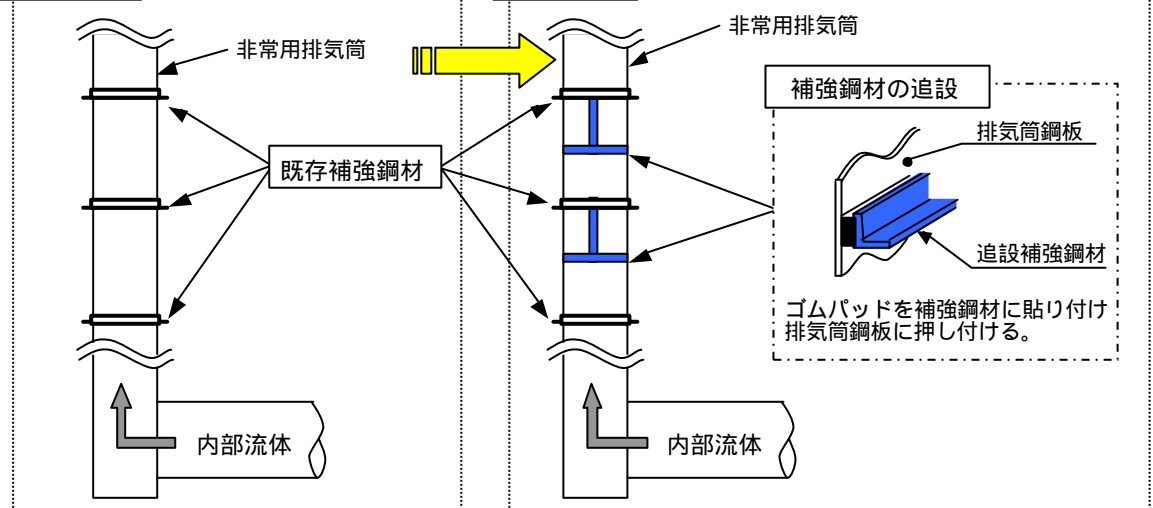


対策

- ・ ひび割れ箇所を取り除き同種、同材のステンレス鋼板で復旧し、振動低減を図るための補強鋼材を追設
- ・ 今後、定期検査時に外観点検を行う等、定期的に非常用排気筒の健全性を確認

対策前

対策後



安全補機室

非常用炉心冷却設備等（高圧注入ポンプ、格納容器スプレイポンプ等）を設置している部屋。

アニュラス部

原子炉格納容器とその外側のコンクリート製の外部しゃへいとの間の空間のうち、アニュラスシールより下部の配管等が貫通する密閉された空間。

液体浸透探傷検査（PT）

供試体表面に開口している傷を目でみやすくするため、蛍光物質または可視染料の入った高浸透性の液（浸透液）を浸透させた後、余分な浸透液を除去し現像剤により浸透指示模様として観察する方法である。

応力

物体に外から力を加えたとき、外力に応じて物体の内部に生じる抵抗力。

ビーチマーク

ビーチマークは、疲労破面に観察される特徴的な破面模様の1つで、破面上においてき裂の進展方向に対して垂直な曲線状の模様である。疲労き裂の進展過程で作用応力や環境などき裂の進展速度に影響を及ぼす何らかの条件変化が生じた場合に形成され、ビーチマークの形状は条件変化が生じた時点でのき裂先端形状を表す。

断続すみ肉溶接（タック溶接）

すみ肉溶接とは、T継手、十字継手などにおいて、ほぼ直交する2つの面を三角状の断面で溶接する溶接で、断続すみ肉溶接は、溶接した部分と溶接しない部分が交互に存在するすみ肉溶接。

溶接欠陥

溶接時に溶接継手に生じる欠陥であり、主なものに「溶接割れ」「内部欠陥（ガス成分によるブローホール等）」「ビード形状不良（溶け込み不良等）」がある。

溶接止端部

母材の面と溶接ビードの表面とが交わる点。

疲労

材料は繰返し応力のもとでは、通常、静的強度よりはるかに低い応力によっても破壊を起こす。このような現象を材料の疲労という。

高サイクル疲労

それだけでは、材料に破壊をもたらすほどの応力ではなくても、材料の形状等によっては、繰返して応力またはひずみを加えたことで発生する材料の破壊現象を疲労破断または疲労破壊と呼び、破壊までの繰返し数が $10^4 \sim 10^6$ 回以上の場合を高サイクル疲労という。

疲労限

疲労き裂は、繰返し負荷される変動応力（ひずみ）によって発生するが、負荷される変動応力（ひずみ）がある値以下になると繰返し回数がいくら大きくなってき裂は発生しない。この変動応力（ひずみ）のしきい値を「疲労限（度）」という。