

伊方発電所第3号機  
空調用冷凍機の損傷について

平成17年 6月  
四国電力株式会社

## 目 次

1 . 件 名 . . . . .	1
2 . 事象発生の日時 . . . . .	1
3 . 事象発生 of 原子炉施設 . . . . .	1
4 . 事象発生時の運転状況 . . . . .	1
5 . 事象発生 of 状況 . . . . .	1
6 . 時 系 列 . . . . .	1
7 . 状況調査 . . . . .	2
8 . 原因調査 . . . . .	3
9 . 推定原因 . . . . .	5
1 0 . 他 of 空調用冷凍機 of 評価 . . . . .	5
1 1 . 対 策 . . . . .	5

## 1. 件名

伊方発電所第3号機 空調用冷凍機の損傷について

## 2. 事象発生の日時

平成17年5月12日 17時00分(確認)

## 3. 事象発生の原子炉施設

換気空調設備 空調用冷水設備 空調用冷凍機3D

## 4. 事象発生時の運転状況

定格熱出力一定運転中(電気出力918MW)

## 5. 事象発生の状況

伊方発電所第3号機(定格電気出力890MW)は、定格熱出力一定運転中(電気出力918MW)のところ、空調用冷凍機の定期点検を実施中、4月27日、28日の空調用冷凍機3Dの試運転において圧縮機の回転音が通常より僅かに大きいことが確認された。

このため、当該機を点検することとし、準備が整った5月12日に分解点検した結果、同日17時、圧縮機の羽根車吸込部とシールリングの一部が損傷していることを確認した。

なお、本事象によるプラント運転への影響、および周辺環境への放射能の影響はなかった。  
(添付資料 - 1 ~ 4)

## 6. 時系列

4月 7日

~ 26日

空調用冷凍機3Dの定期点検(分解点検)実施

4月27日

10:51

自動停止試験のため空調用冷凍機3D起動(無負荷運転)

11:05

自動停止試験実施(空調用冷凍機3D停止)

13:45

空調用冷凍機3D負荷試運転開始

21:45

空調用冷凍機3Dの回転音が通常より僅かに大きいと感じられたため、念のため当該機を停止することとし、空調用冷凍機3Cを起動

21:46

空調用冷凍機3D停止(予備機運用)

4月28日

13:34

空調用冷凍機3D起動

14:24

空調用冷凍機3D負荷試運転終了(予備機運用)

5月12日

9:00頃 空調用冷凍機3D分解点検開始  
17:00 空調用冷凍機3D圧縮機の羽根車吸込部とシールリングの一部に損傷を確認

## 7. 状況調査

空調用冷凍機3Dを分解して各部の外観調査などを行い、損傷状況を確認した。

### (1) 外観目視調査

#### a. 羽根車

吸込部先端の全周に摺動傷および欠損が確認された。吸込部以外の部位に損傷は認められなかった。  
(添付資料 - 5)

#### b. シールリング

シールリングの内表面および外表面に、摺動傷が確認されるとともに一部が破断していた。なお、摺動傷は一様ではなく、ほとんど摺動傷が認められない箇所があった。また、内表面に金属付着物が認められた。  
(添付資料 - 6)

#### c. バネ座金

バネ座金の内側の一部に変色が認められたが、変形、損傷は認められなかった。  
(添付資料 - 7)

#### d. 止め輪

止め輪の変形、変色、損傷は認められなかった。  
(添付資料 - 8)

#### e. 主軸

主軸の変形、変色、損傷は認められなかった。

また、主軸の浸透探傷検査を実施した結果、有意な指示は認められなかった。  
(添付資料 - 9)

#### f. ケーシング

ケーシング(吐出側仕切板、スクロールハウジング、吸込側仕切板)の変形、変色、損傷は認められなかった。  
(添付資料 - 10)

### (2) 内部調査

圧縮機内部を確認した結果、ベーンコントロール装置部に金属粉が確認されたが、変形、変色、損傷は認められなかった。なお、回収した金属粉をEPMA分析した結果、損傷した羽根車およびシールリングと同じ成分であることが確認された。

また、他の部位(蒸発器、凝縮器等)について目視およびファイバースコープにより内部を確認した結果、変形、損傷は認められなかった。

### (3) 破面観察

損傷状況の詳細調査を実施するため、羽根車とシールリングの損傷部分について破面観察を実施した。

#### a. 羽根車

- ・破面マクロ観察の結果、破面は熱影響を強く受け、黒く変色している。
- ・破面SEM観察の結果、吸込部先端では高温下で強度低下した樹枝状晶（デンドライト）境界および結晶粒界から破壊した破面が確認された。

（添付資料 - 11）

#### b. シールリング

- ・破面マクロ観察の結果、内表面に瘤状の金属付着物が認められた。なお、金属付着物をEPM分析した結果、損傷した羽根車およびシールリングと同等の成分であることが確認された。
- ・破面SEM観察の結果、高温下で強度低下した樹枝状晶（デンドライト）境界および結晶粒界から破壊した破面が確認された。

（添付資料 - 12）

以上のことから、羽根車とシールリングが接触し、羽根車吸込部およびシールリングの一部が高温となったことで強度が低下し、羽根車とシールリングの摩擦力により損傷に至ったものと推定された。

## 8. 原因調査

原因究明のため、要因分析図に基づき次の調査を実施した。

（添付資料 - 13）

### (1) 製作状況調査

#### a. 材料調査

羽根車の材料（アルミニウム合金鋳物）を材料証明書により確認した結果、成分はメーカー規格値を満足した適切な材料であった。

シールリング（アルミニウム合金鋳物）について、発光分析等による成分分析を行った結果、設計仕様範囲内であり、問題は認められなかった。

#### b. 寸法測定結果

シールリング製造時の寸法検査記録を確認した結果、製作公差内であり問題は認められなかった。

### (2) 保守状況調査

今回の定期点検における分解組立手順を確認した結果、作業要領書通りに行われており、各部組立時には異物混入のないことを確認していた。また、組立時には羽根車を手動で回転させ羽根車とケーシング内の各部との接触音の有無により羽根車吸込部とシールリングが接触していないことを確認するとともに、シールリング組み込み後にシールリングが可動することを確認しており、組立に問題が

無いことを確認した。

今回の分解点検記録を確認した結果、羽根車の外観点検および浸透探傷検査において、羽根車の疲労割れおよび腐食は認められていなかった。

また、過去の保守履歴を調査した結果、前回の分解点検時に羽根車のバランス修正を行っているが、その後の試運転での振動値等に異常は発生していないことを確認した。

### (3) 組立寸法調査

圧縮機の組立状況による羽根車吸込部とシールリングの間隙寸法への影響を確認するため、各部の寸法測定を実施した。

測定の結果、各部とも公差範囲内であったが、各嵌合部隙間等を累積し評価した結果、羽根車吸込部と吸込側仕切板の最大芯ずれ量は0.89mmとなり、最大の芯ずれが生じた状態で組み立てた場合には、羽根車吸込部の許容される振れ量が1.15mmから0.26mmに減少することが判明した。一方、運転中に発生しうる羽根車吸込部の最大振れ量は0.35mmと推定されることから、羽根車の振れ量が大きくなった場合には、羽根車吸込部とシールリングが接触する可能性があることが判明した。

しかし、組立の際、主軸と吐出側仕切板の芯ずれを調整すれば、運転中に発生しうる羽根車の最大振れが発生した場合でも、羽根車吸込部とシールリングの接触が発生しないと評価された。  
(添付資料 - 14)

### (4) 試運転状況調査

試運転状況において

- ・自動停止試験および負荷試運転の手順、記録を調査した結果、要領書通りに実施されていた
- ・負荷試運転の際、振動値は許容値内であり運転上問題となる値ではなかったが、回転音が通常より僅かに大きいと感じられた

ことが確認された。

このため、自動停止試験および負荷試運転時の手順および圧縮機の動作等が振動、回転音等へどのように影響するかを調査した結果、

- ・自動停止試験時には冷水出口温度の低下で、ベーン開度が全閉となる場合がある
- ・ベーン開度が全閉の流量が少ない状態で圧縮機を運転した場合、圧縮機内の流体に乱れが生じ、羽根車の振動が通常運転時より高くなる

ことが判明した。

このことから、ベーン開度が全閉となった際、羽根車の振動が大きくなり、羽根車とシールリングが接触しやすい状況になっていたものと推定される。

なお、これまでに問題が生じていなかったのは、羽根車と吸込側仕切板の芯ずれが少なかったためと推定される。  
(添付資料 - 15)

## 9. 推定原因

圧縮機の組立の際、羽根車を手動で回転させ羽根車とケーシング内の各部が接触していないことを接触音の有無により確認していたが、この方法では芯ずれの状況を確認し確実に調整することができないことから、わずかな芯ずれが残り、羽根車吸込部とシールリングが接触しやすい状態で組み立てられた。

この状態で組立後の自動停止試験を実施した際、ベーン開度が全閉となり羽根車の振動が通常運転時よりも大きくなったため、羽根車吸込部とシールリングが接触して高温となり強度が低下し、摩擦力により羽根車吸込部とシールリングの一部が損傷したものと推定された。  
(添付資料 - 16)

## 10. 他の空調用冷凍機の評価

3号機の当該機以外の空調用冷凍機3台については、前回点検時において、ベーン開度が全閉となった状態での運転を経験しており、特に問題が認められておらず、その後も問題なく運転できていることから、同様な事象は発生しないと考えられる。また、1、2号機の空調用冷凍機については、構造が異なっており、最大芯ずれ量を考慮しても羽根車吸込部とシールリングが接触しないことを確認していることから、同様な事象は発生しない。

## 11. 対策

- (1) 当該機については、羽根車およびシールリングを新品に交換する。
- (2) 当該機については、組立の際、取付位置の調整が可能な吐出側仕切板の取付時に、主軸と吐出側仕切板の芯ずれ量をダイヤルゲージで測定し、芯ずれを調整することにより、羽根車とケーシング各部が接触しないように組立を行う。  
(添付資料 - 17)
- (3) 作業要領書に、吐出側仕切板の取付時に、主軸と吐出側仕切板の芯ずれ量をダイヤルゲージで測定し、芯ずれを調整する手順を追記する。

以上