

[原因と対策の報告の公表文（様式2）]

伊方発電所から通報連絡のあった異常に係る原因と対策の報告について（平成14年3月分他）

14. 5. 10  
環境政策課  
(内線2443)

1 四国電力(株)から、伊方発電所で平成14年2月に発生した高圧タービンエンドウォール加熱蒸気圧力の低下及び主給水制御弁の制御装置の故障並びに平成14年3月に発生した湿分分離加熱器伝熱管の損傷について、原因と対策の報告がありましたので、お知らせします。

なお、2月に発生した脱気器水面計配管からの漏えい及び3月に発生した復水器細管洗浄装置ボール循環ポンプの自動停止については、原因調査中等のため、原因と対策の報告があった段階で公表します。

[報告書の概要]

県の公表区分	異常事項	発生年月日	推定原因等	対策
C	高圧タービンエンドウォール加熱蒸気圧力の低下 (2号機)	14. 2.11	加熱蒸気圧力制御弁の開度調整器の部品に微細な金属屑が混入し、制御用空気の流れに影響を及ぼしたため、弁開度の制御に不調をきたし、圧力低下に至ったものと推定される。	○当該開度調整器の部品を新品に取替え復旧済。 ○当該部品製造メーカーに、出荷前にエアブローによる金属屑除去を実施するよう指示することとし、購入仕様書に明記。 ○本体組み込みに当たっても再度エアブローを行うこととし、作業要領書を改訂。
C	主給水制御弁の制御装置の故障 (3号機)	14. 2.13	制御出力カード(基板)の出力信号監視用回路に使用しているICの偶発的故障と推定される。	○当該カードを予備カードに取替え、健全性を確認のうえ復旧済。 ○これまでと同様に、定期検査時にカードの特性試験により健全性を確認するとともに、予備カードを常備。
C	湿分分離加熱器伝熱管の損傷 (1号機)	14. 3.14	伝熱管が管支持板部で拘束され、プラントの起動・停止に伴い、当該部に熱膨張による繰り返し応力が集中して貫通穴に至ったと推定される。	○漏えいの認められた伝熱管1本の施栓を実施。 ○漏えいのあった伝熱管周辺の4本について予防施栓を実施。

2 県としては、伊方発電所に職員を派遣し、当該部の復旧状況の確認など、四国電力の対策が確実に実施されていることを確認しています。

---

原運発 第2946号

平成14年5月9日

愛媛県知事  
加戸守行 殿

四国電力株式会社  
取締役社長 大西 淳

伊方発電所第1号機湿分分離加熱器A号機加熱管の不具合  
他2件にかかる報告書の提出について

平成14年3月14日に発生しました伊方発電所第1号機湿分分離加熱器A号機加熱管の不具合及び平成14年2月11日に発生しました伊方発電所第2号機高圧タービンエンドウォール加熱蒸気圧力の低下他1件につきまして、その後の調査結果がまとまりましたので、安全協定第10条第4項及び第11条第2項に基づき、別添のとおり報告いたします。

今後とも伊方発電所の安全・安定運転に取り組んでまいりますので、ご指導賜りますようお願い申し上げます。

なお、伊方発電所第3号機復水器ボール洗浄装置ボール循環ポンプBの不具合(平成14年3月31日発生)につきましては、現在、原因調査等を行っており、結果がまとまりましたら報告いたします。

以上

---

# 伊方発電所第1号機

## 湿分分離加熱器A号機加熱管の不具合について

平成14年5月  
四国電力株式会社

---

### 1. 件名

伊方発電所第1号機湿分分離加熱器A号機加熱管の不具合について

### 2. 事象発生の日時

平成14年 3月14日（発見）

### 3. 事象発生の設備

蒸気タービン設備 湿分分離加熱器

### 4. 事象発生時の運転状況

1号機第20回定期検査中  
（平成14年2月8日開始）

## 5. 事象発生の概要

伊方発電所第1号機は、平成14年2月8日より第20回定期検査を実施中であり、3月14日に湿水分離加熱器A号機の加熱管全数（既施栓管を除く685本）の真空リークテストを実施したところ、加熱管1本に漏えいが認められた。

このため、3月14日から17日にかけて、カメラによる加熱管内面点検、真空発泡テスト等の詳細点検による調査を行うこととした。

当該設備には放射能は含まれないため、本事象による周辺環境への放射能の影響はなかった。

(添付資料-1,2,3,4,5)

## 6. 事象の時系列

平成14年2月8日	伊方1号機解列
平成14年2月8日～9日	系統隔離、水抜き
平成14年2月10日～19日	マンホール開放、内部清掃等
平成14年2月20日～25日	加熱管全数の渦流探傷検査（E C T）
平成14年3月13日～14日	加熱管全数の真空リークテスト（1本に漏えいを確認）
平成14年3月14日～17日	内面調査、真空発泡テスト等

## 7. 湿水分離加熱器A号機加熱管の調査結果

真空リークテストで漏えいが認められた加熱管1本（33列1番）について、以下の調査を実施した。

### (1) 漏えい位置の調査

C C Dカメラを加熱管に挿入し、漏えい位置を調査した。

加熱管の出口側直管部のU字管側径変化部（ドレン出口側の最終管支持板付近）に微小な傷が認められた。

(添付資料-6)

### (2) 加熱管内面の調査

C C Dカメラにより漏えい箇所の状況を調査した。

傷は約3.6mm×約0.5mmの大きさで、加熱管の円周方向に長いものであった。

(添付資料-6)

### (3) 加熱管渦流探傷検査（E C T）結果の調査

今回の定期検査では、真空リークテストに先立って、直管部及びU字管部のE C Tを実施している。また、前々回（第18回）定期検査においても今回と同様、直管部、U字管部についてE C Tを実施しており、これらの結果について調査した結果、直管部、U字管部のいずれも有意な信号指示は検出されていなかった。

なお、C C Dカメラによる調査において微小な傷が認められた部位についても有意な信号指示は認められていなかったが、当該部は、加熱管のフィン加工開始部の径変化部であり、断面形状が変化するため欠陥の検出が難しい部位であることから、検出されなかったものと推定される。

### (4) その他の加熱管等

湿分分離加熱器A号機の加熱管真空リークテスト及び真空発泡テストを実施した結果、加熱管・管板及び加熱管溶接部からの漏えいは、上記の1本(33列1番)以外には、認められなかった。

#### (5) 過去の補修状況

湿分分離加熱器A号機の加熱管については、第6回定検(昭和59年)時に漏えい管が4本確認され、周辺管の予防施栓管1本と合わせて、5本の施栓を行っていた。その後の定期検査においては、漏えい管は発生しておらず、約18年間は問題なく運転を継続してきた。当時の調査結果では、今回とほぼ同様な場所であり、原因としては、加熱管が管支持板に拘束されたためと推定している。

なお、同型の湿分分離加熱器B号機の加熱管については、これまでに14本の施栓を行っている。またC号機、D号機については、これまで施栓は行っていない。

#### (6) 加熱管の拘束による損傷発生に至るメカニズム(推定)

損傷発生に至るメカニズムは、過去の経験等から以下のように推定される。

#### (添付資料-7)

- a. 加熱管は運転状態になると、管支持板との熱膨張差によりU字管側に20mm程度伸びる。
- b. 加熱管が最終管支持板部で何らかの要因により、運転中拘束されると、プラント停止時は引張方向の力が生じる。
- c. 加熱管の伸び拘束による引張の力は、プラントの起動、停止に伴い、繰り返し応力として作用することになる。
- d. この繰り返し応力が加熱管の径変化部(最終管支持板部付近)に集中することにより、疲労損傷した可能性が考えられる。

### 8. 推定原因

過去の事例から、加熱管が最終管支持板部で拘束され、運転時の熱膨張による伸びが拘束され当該部に引張応力がかかり、この応力がプラントの起動、停止に伴い、繰り返し応力となって径変化部に集中して貫通穴に至ったと推定される。

なお、加熱管の拘束の原因としては、加熱管出入口の温度差による加熱管上下の熱膨張量の差による変形等が考えられる。

### 9. 対策

(1) 漏えいの認められた加熱管1本(33列1番)について施栓を実施した。

(2) 漏えいのあった加熱管周辺の加熱管4本についても、念のため予防施栓を実施した。

なお、湿分分離加熱器A号機の施栓本数は、昭和59年に施栓した5本及び今回の対策によるものを合わせて合計10本となるが、性能維持に必要な許容施栓本数(約140本)に対して十分小さい値である。

(添付資料-5)

添 付 資 料

[添付資料－1 系統概略図](#)

[添付資料－2 湿分分離加熱器構造図](#)

[添付資料－3 真空リークテスト要領図](#)

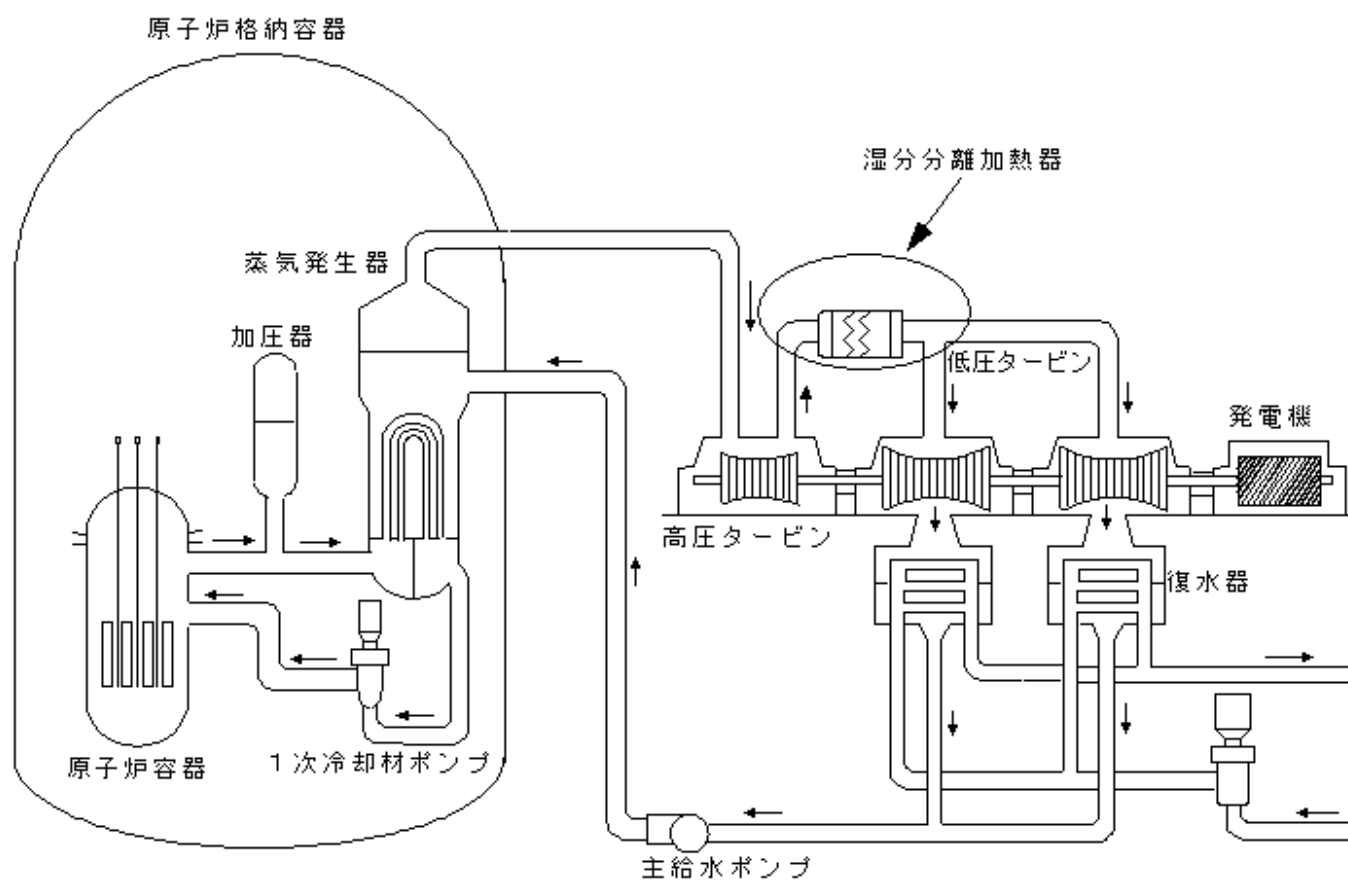
[添付資料－4 真空リークテスト結果](#)

[添付資料－5 湿分分離加熱器A真空低下管位置図](#)

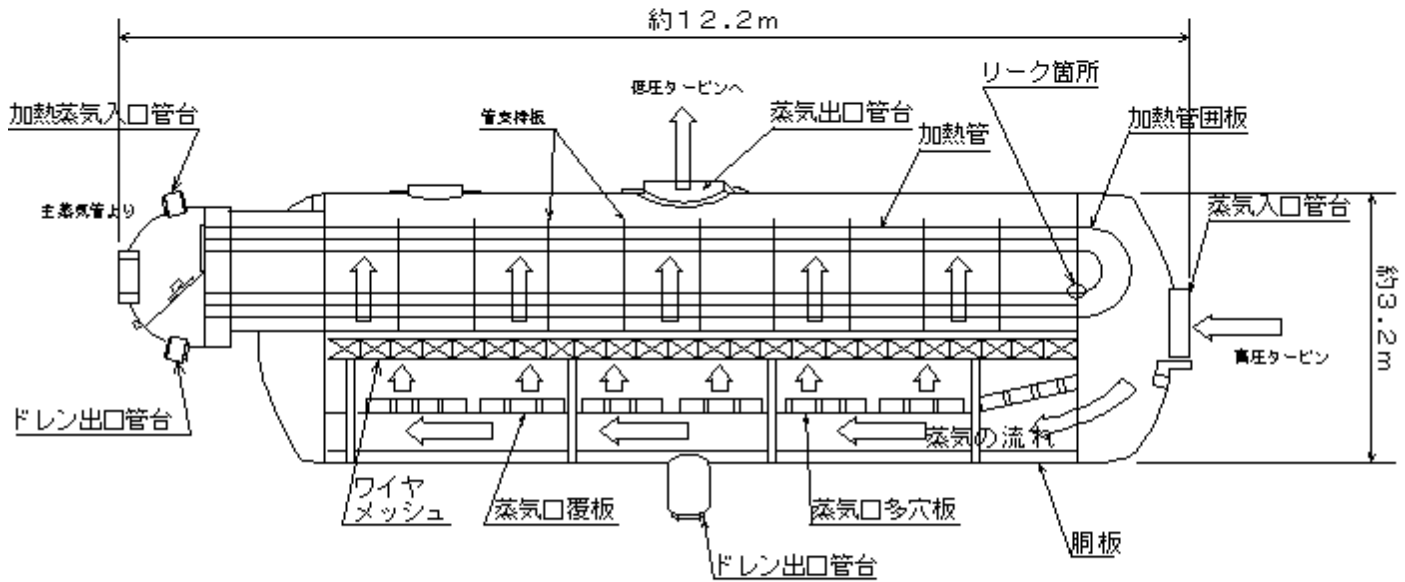
[添付資料－6 漏えい箇所の位置及び状況図](#)

[添付資料－7 加熱管拘束による損傷発生に至るメカニズム（推定）](#)

系統概略図

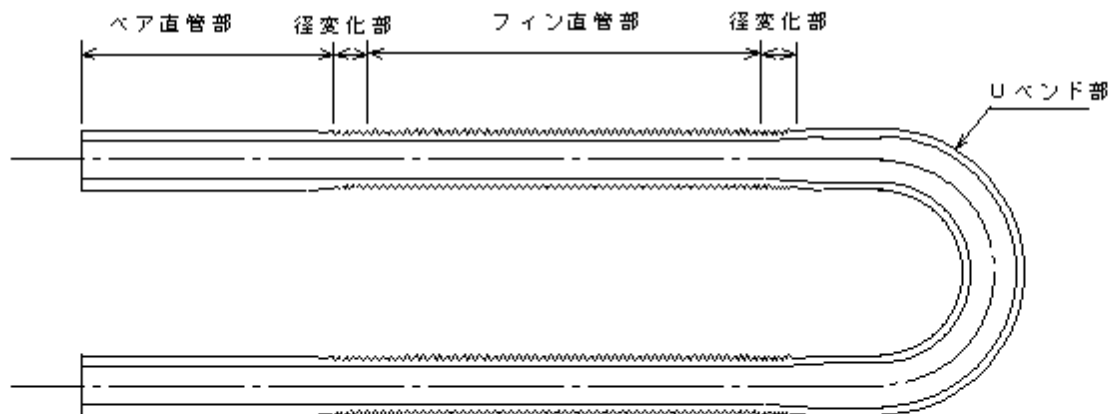


湿分分離加熱器構造図



最高使用圧力	管側	7.48MPa
	胴側	1.24MPa
最高使用温度	管側	291℃
	胴側	270℃
加熱管材質	復水器用白銅継目無管 (CNTF1-0)	

加熱管の形状



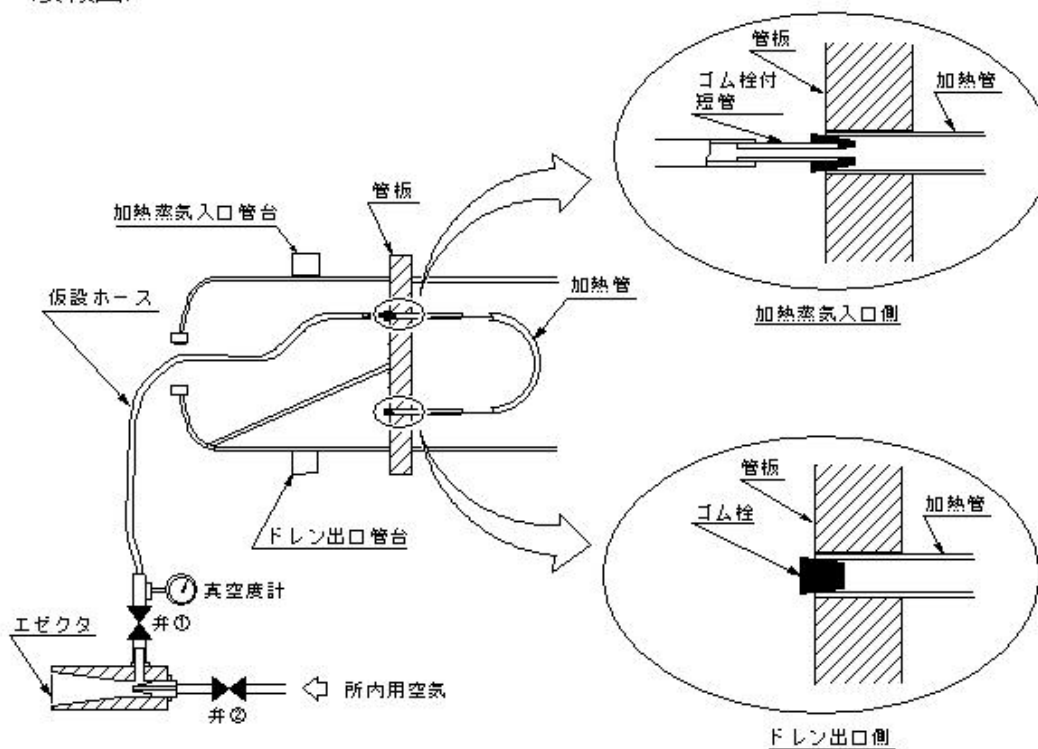


## 真空リークテスト要領図

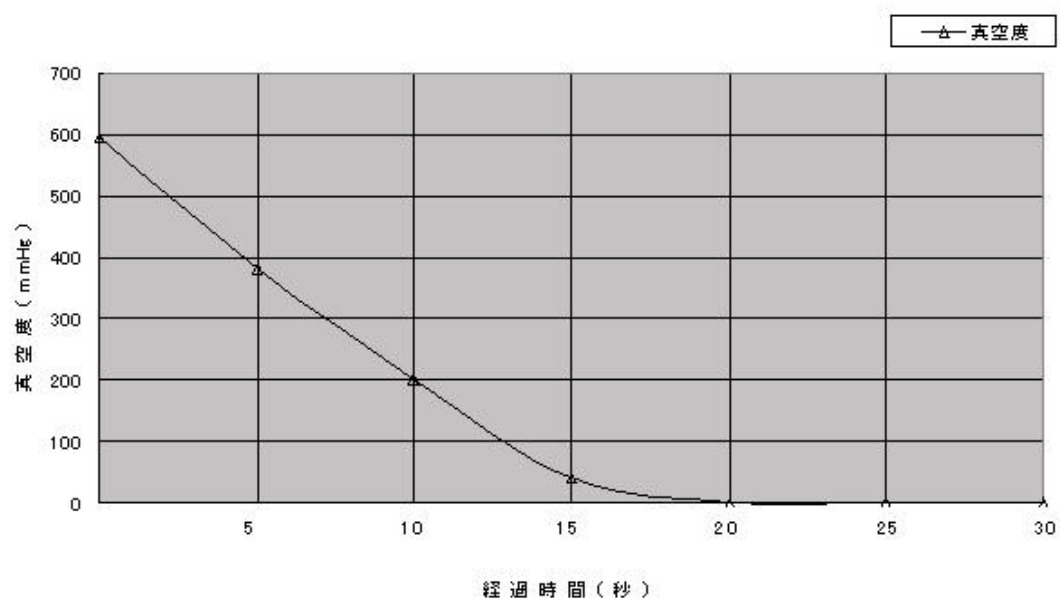
### <手 順>

1. ゴム栓を加熱管のドレン出口側に取り付ける。
2. エゼクタ、真空度計と接続されたゴム栓付き短管を加熱管の加熱蒸気入口側に接続する。
3. 弁①を「開」の状態と弁②を「開」とする。
4. 真空度計の真空度が600mmHg以上になれば弁①、弁②を順次「閉」とする。
5. 真空度計の指示の低下状況により、漏えいの有無を確認する。  
(加熱管に漏えいがあれば、真空度が低下する。)

### <要領図>

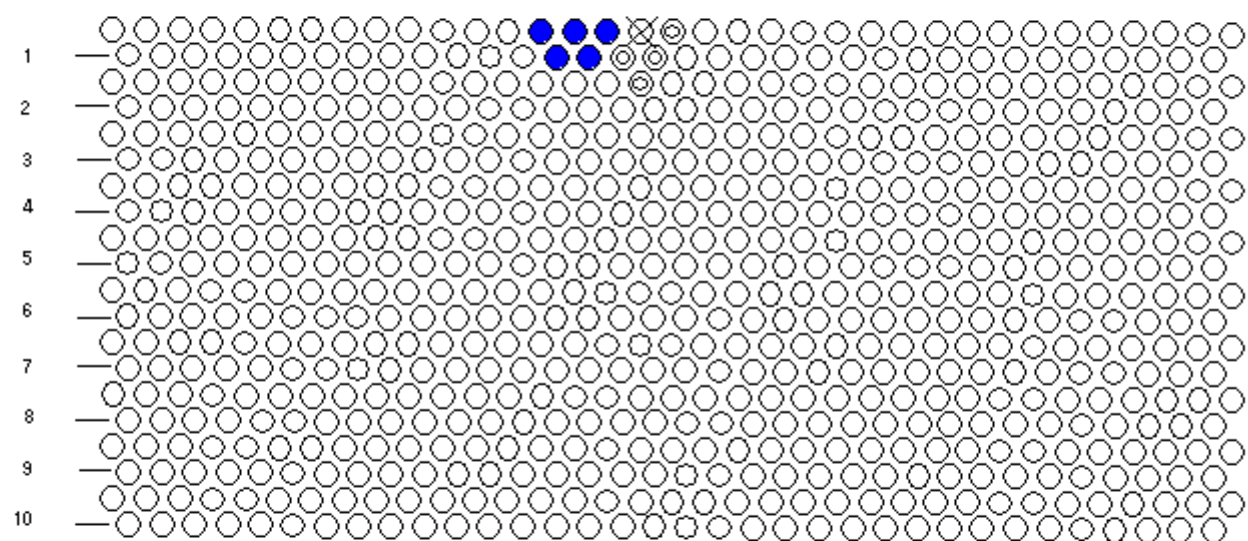
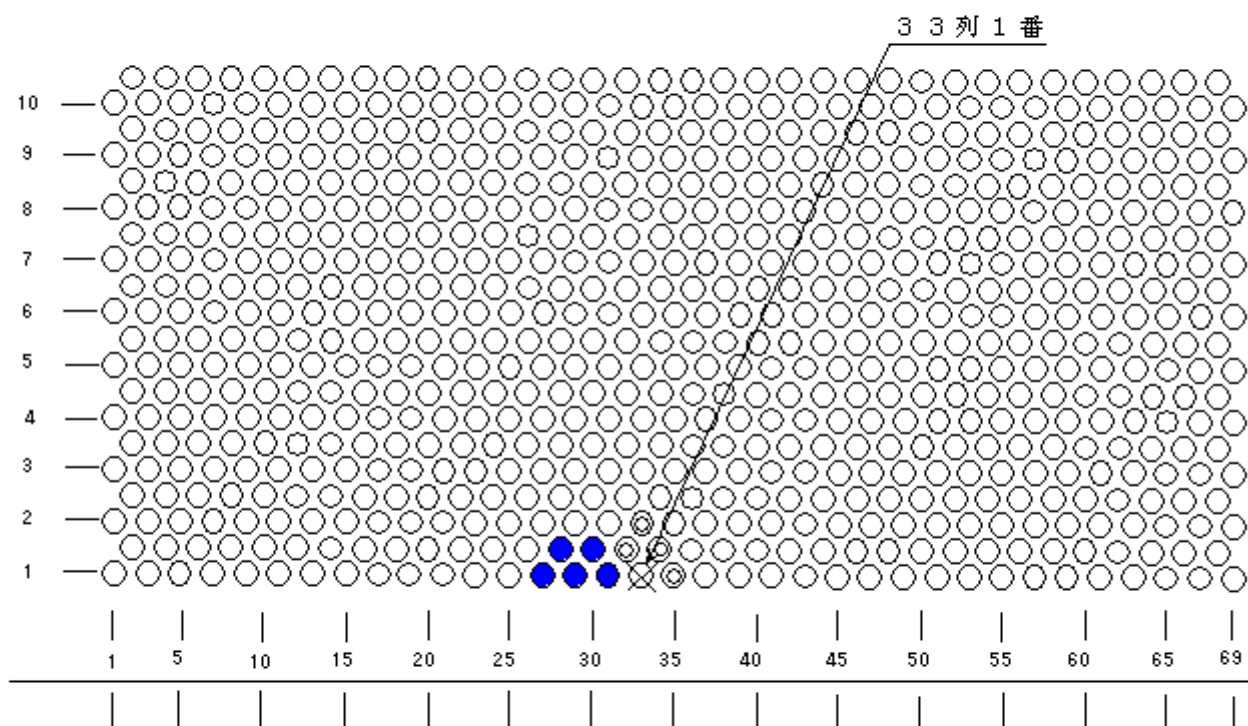


湿分分離加熱器A真空リークテスト結果  
(33列1番)



## 湿分分離加熱器 A 真空低下管位置図

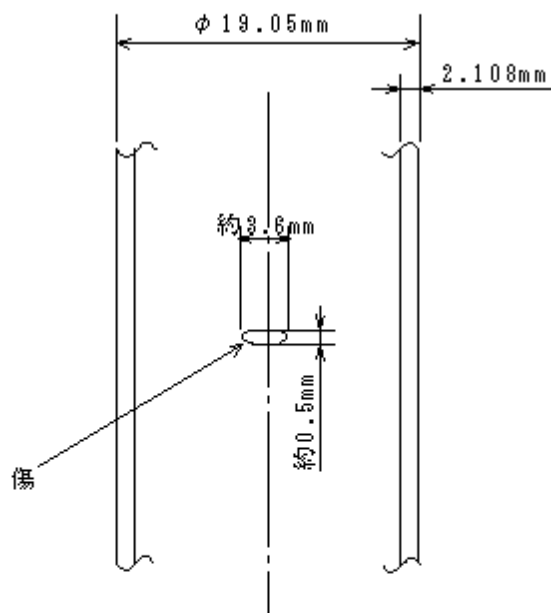
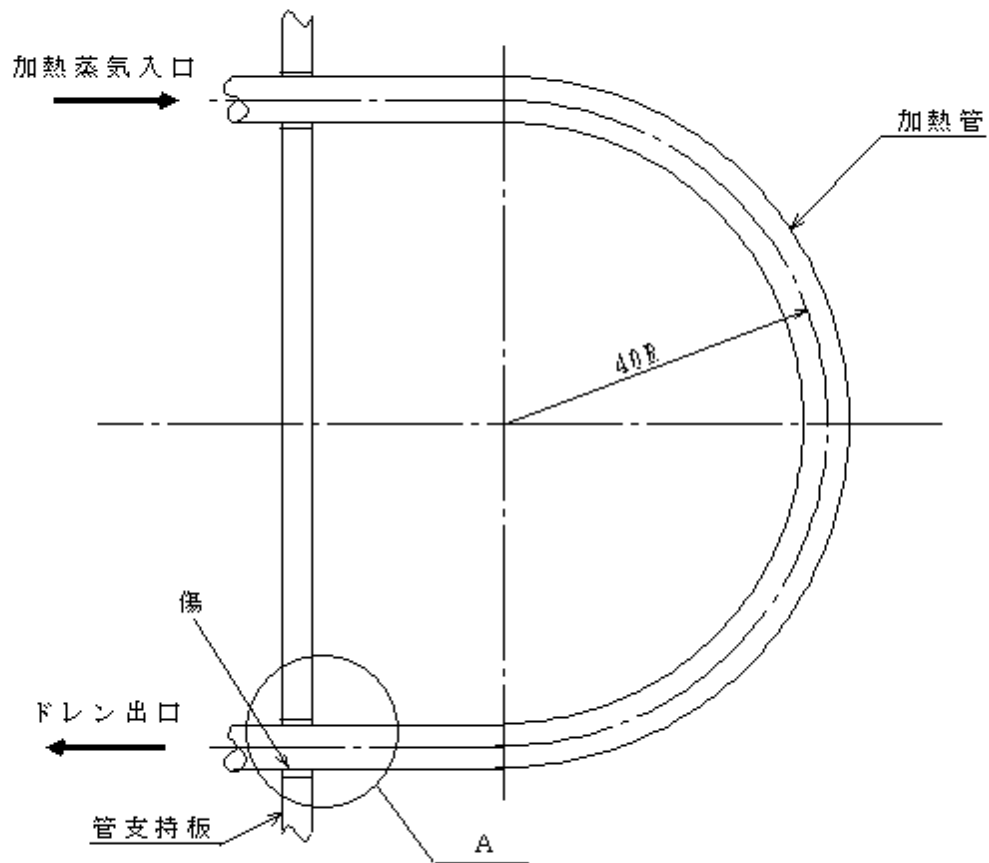
加熱蒸気入口側



ドレン 出口側

- : 既施栓管(5本)
- ⊗ : 真空低下管(1本)位置:33列1番
- ◎ : 予防施栓管

### 漏えい箇所の位置及び状況図



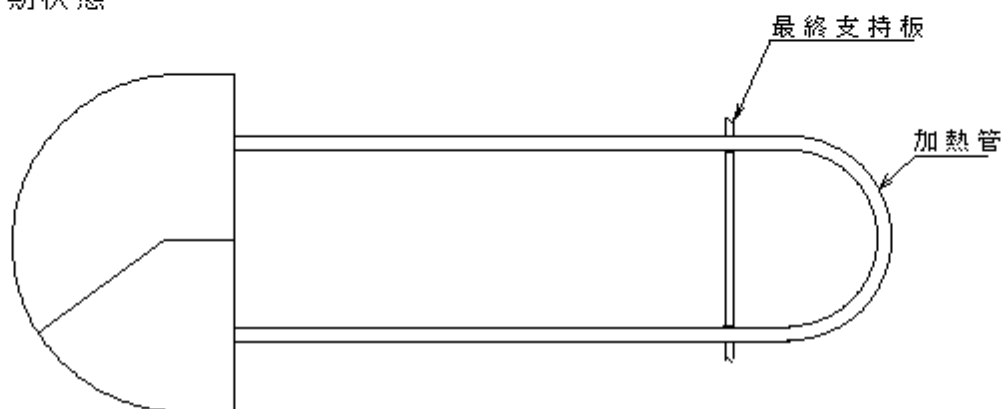
A部詳細図(管内面より見る)



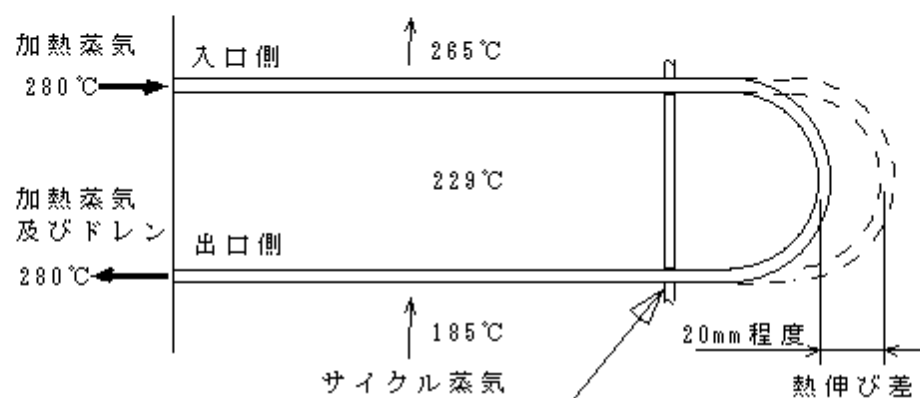
管内写真(CCDカメラ)

## 加熱管拘束による損傷発生に至るメカニズム〔推定〕

## 1. 初期状態



## 2. 運転時



〔 運転中に管支持板部で拘束されると  
プラント停止時は直管部に引張り方向  
の力が生じる。 〕