

伊方発電所第 3 号機
海水淡水化装置
塩酸注入配管からの塩酸の漏えいについて

平成 2 7 年 6 月
四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所第3号機
海水淡水化装置 塩酸注入配管からの塩酸の漏えいについて

2. 事象発生の日時

平成27年 2月10日 15時17分（確認）

3. 事象発生の設備

3号機 海水淡水化装置B号機 塩酸注入配管

4. 事象発生時の運転状況

3号機 第13回定期検査中

5. 事象発生の状況

伊方発電所第3号機は定期検査中のところ、平成27年2月10日15時06分に3号機海水淡水化装置B号機運転中の逆浸透膜*1（RO膜）入口海水のpH異常を示す警報が発信したため海水淡水化装置B号機を停止した。

15時17分に運転員が現場を確認し、床面等に塩酸の漏えいと思われる状況を確認した。なお、漏えいが継続していることは確認できなかった。

その後、漏えい箇所の特定作業を実施し、海水管への塩酸注入配管（注入弁側フランジ部の下流約4cmの上部）からの漏えい箇所を確認した。

漏えいした塩酸については、海水淡水化装置建屋外部への流出はなく全量（約14リットル）を回収し床面等の水洗を行い、総合排水処理装置にて処理を実施した。

なお、本事象による周辺環境への影響はなく、3号機海水淡水化装置A号機の運転により必要な淡水を確保できることからプラントへの影響もなかった。

（添付資料－1，2）

*1 逆浸透膜（RO膜：Reverse Osmosis Membrane）

水を脱塩できる逆浸透膜を中空糸状に加工し2重管内に充てんしており、逆浸透膜に海水を供給し、透過水と濃縮海水に分離する。

6. 事象の時系列

平成27年2月10日

15時06分	ROユニットB入口pH異常(pH6.8以上)警報発信
15時10分	運転員が海水淡水化装置B号機を手動停止
15時17分	床面等に塩酸の漏えいと思われる状況を確認
19時05分	機器用水にて系統へ充水し、塩酸注入弁側フランジ部の下流約4cmの上部から漏えいを確認

7. 調査結果

当該配管から漏えいが発生した原因について、以下の調査を行い要因の検討を実施した。

(1) 当該漏えい配管の調査

a. 外表面観察

外表面の観察を実施した結果、漏えい配管（口径20A）の天側には、塗膜の陥没した約2mmの円形状の穴を確認した。

当該配管は、母管（口径125A）から2方向に枝分かれした口径50Aと口径20Aの配管の一方（口径20A）であり、母管（口径125A）および口径50A配管に異常は認められなかった。

（添付資料－3）

b. 内表面観察

漏えい配管（口径20A）を四分割に切断し、内表面の観察を実施した結果、配管内側のポリエチレンライニング全体に凹凸が目立ち、不均一なライニング厚さとなっていた。

漏えい箇所近くのポリエチレンライニングの凹凸部に無数の茶色く見えるき裂を確認した。

母管（口径125A）および口径50A配管は、ポリエチレンライニングの異常は認められなかった。

（添付資料－4－1、4－2）

c. 断面観察

断面観察を実施した結果、ポリエチレンライニング内部に無数の気泡跡が見られた。

また、漏えい部の鋼管は、ポリエチレンライニングとの接触部に広い範囲で腐食が進行しており、内面から外面に向かい腐食が進展して貫通に至ったと推定される。

（添付資料－5）

(2) 運用状況調査

当該配管は、前処理系統でろ過（懸濁物質除去）された海水（pH 約8.0）に塩酸を注入して海水を弱酸性（pH 約6.5）に調整する目的で設置されている。

(3) 保守状況調査

- ・当該配管については、3号機海水淡水化装置運用開始（平成6年）以降、外観点検は実施していたが、内部点検および取替えの実績はなかった。
- ・過去の不具合を調査した結果、3号機海水淡水化装置据付（平成5年）後の試運転時に、口径20Aポリエチレンライニング配管に腐食漏えい事象が発生していたことが分かった。

原因は、ライニング製造メーカーA社の製造した、小口径25A以下の配管ポリエチレンライニング製造（加熱処理）工程においての不具合であった。

（添付資料－6－1、6－2）

- ・ライニング製造メーカーA社が製造した当該配管以外の口径20Aポリエチレンライニング配管は、A社が再発防止対策を実施し、平成6年に配管取替えを実施した。
- ・ライニング製造メーカーA社の納入品の実績は、3号機海水淡水化装置のみであり、製造工程で不具合のあった、口径25A以下のポリエチレンライニング配管は、口径20Aのみである。
- ・ライニング製造メーカーA社は、ポリエチレンライニング配管の製造から撤退している。
- ・平成22年8月に平成22年1月3日のお知らせ事象（海水淡水化装置塩酸注入系統弁のゴム製ダイヤフラムの変形により弁より塩酸の漏えい）の対策時にあわせて塩酸配管の点検工事を実施し、当該配管以外の口径20Aポリエチレンライニング配管は取外し、内面点検（ファイバースコープ使用）を実施して異常のないことを確認している。
ただし、当該配管は塩酸注入系統弁以降の配管であり、配管内は常時海水で満たされた配管であるため、塩酸配管とは扱わなかったことから、内面点検を実施する対象としなかった。

（4）ライニング製造メーカーA社以外の調査

A社以外のポリエチレンライニング製造メーカーにおいては、鋼管の加熱時の温度管理を口径ごとに実施するのではなく、鋼管の肉厚ごとに温度管理することでポリエチレンライニング粉体の溶着を安定させ、ポリエチレンライニングの凹凸および内部気泡の発生の防止を図っており、ポリエチレンライニング製造工程において、A社で実施されていた口径25A以下のアフター加熱工程は実施していないことを納入メーカーからの聞き取りにより確認した。

従って、同様の事象は、発生しないと考える。

（5）配管の内面点検状況の調査

ポリエチレンライニング配管の内面点検は、配管取外し点検、配管内清掃点検、直接内部目視点検、配管間の弁点検時の点検を定期的に行っている。

ただし、ポリエチレンライニング配管の内面点検の実施状況調査結果から3号機海水淡水化装置の海水系統は、流体が淡水製造工程において不純物をストレーナ等により除去された海水でありポリエチレンライニングの劣化の影響が少ない系統であることから、定期的な内面点検の計画はなかった。

この海水系統のポリエチレンライニング配管については、

- ・全て配管が同品質（同一時期に、同一製法で製作されたもの）であること。
- ・流体が淡水製造工程において不純物をストレーナ等により除去された海水で

ありポリエチレンライニングの劣化の影響が少ない系統であること。

- ・当該漏えい配管の調査において母管（口径125A）のポリエチレンライニングに異常は認められなかったこと。
- ・機器点検等によりポリエチレンライニング配管内部が確認可能な際には、確認可能な範囲について目視にて内面点検を実施し、ポリエチレンライニングの凹凸、摩耗がないことを複数個所で確認しており、異常は認められなかったこと。

から、内面点検が実施できていない箇所についても異常はないものと推測される。

8. 推定原因

3号機海水淡水化装置据付時に、不具合のあった口径20Aポリエチレンライニング配管は取替えられたが、当該配管は口径125Aからの枝配管であり、口径20Aの配管を見逃してしまったことから取替え対象配管とされなかったと思われる。

そのため、経年使用により当該配管は、ポリエチレンライニングに内在していた気泡に流体変動等の外圧が作用して気泡間に割れが発生し、さらに割れが進展して貫通き裂となった。その後、塩酸を含む海水がき裂部に浸入し、鋼管に達したことで鋼管を腐食させ、漏えいに至ったものと推定される。

9. 類似箇所の調査

ライニング製造メーカーA社の納入品の実績は、3号機海水淡水化装置のみであり、類似箇所(口径20Aの配管で平成6年に配管取替えを実施していない箇所)は、3号機海水淡水化装置A号機の当該と同じ箇所のみである。

B号機と同じ当該箇所を含むA号機の取外したポリエチレンライニング配管の内表面観察を実施した結果、配管（口径20A）ポリエチレンライニングに数か所に軽微な凹凸を確認した。

母管（口径125A）および口径50A配管は、ポリエチレンライニングに異常は認められなかった。

10. 対策

- (1) 当該配管を含む取外したポリエチレンライニング配管は、取替えを実施した。また、当該部の内面点検ができるようにフランジを追加し、取外しができるように短管（口径20A）とした。

(添付資料ー7)

- (2) 類似箇所である3号機海水淡水化装置A号機の配管についても、同仕様の配管に取替えを実施した。

- (3) 今後、当該部については、上流弁の点検（1回／6年）周期に合わせ、定期的に内面点検を実施することとする。
当該部以外の口径20Aポリエチレンライニング配管は、定期的（1回／6年）に内部点検を実施することとしている。

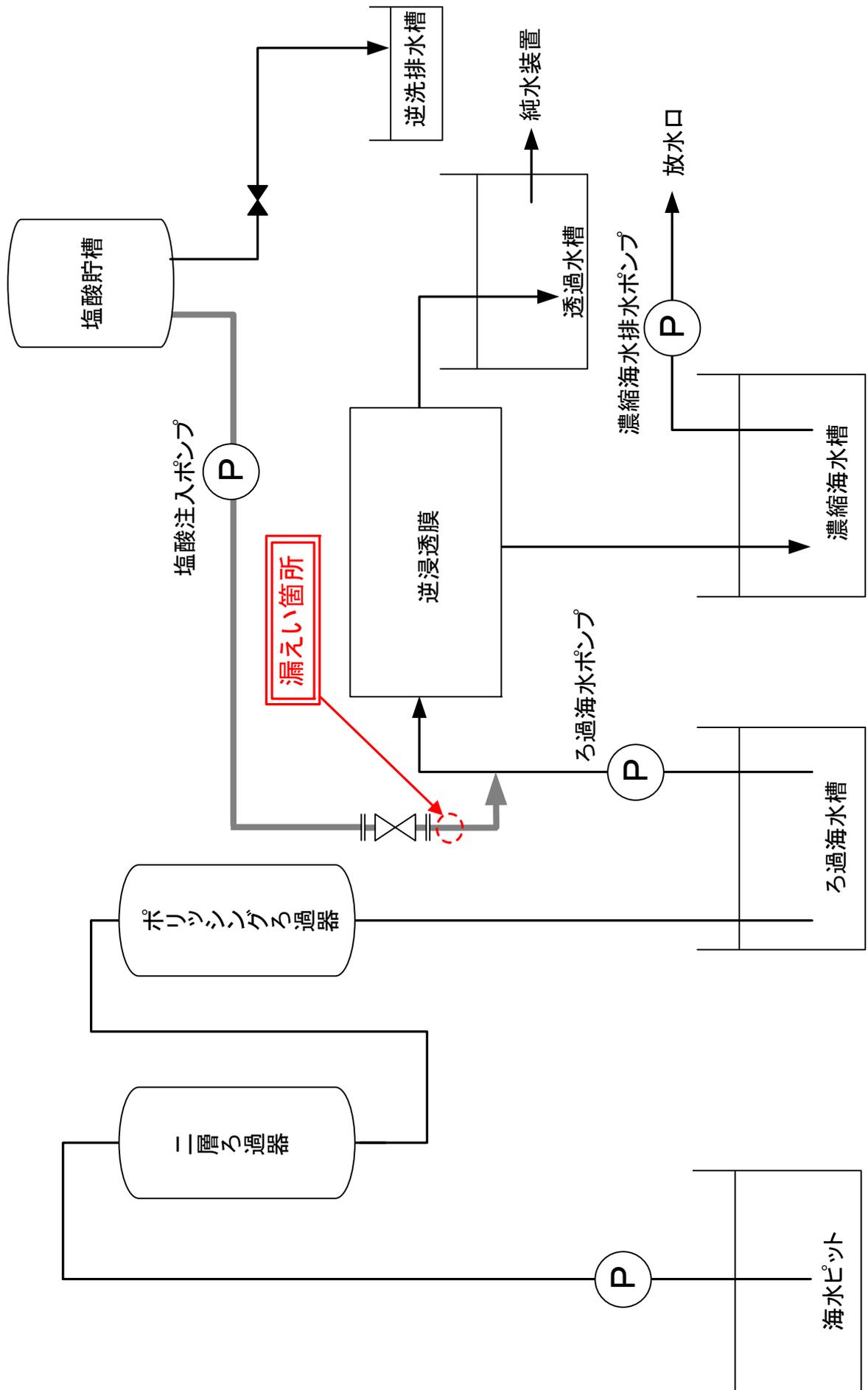
- (4) 3号機海水淡水化装置の(3)以外のポリエチレンライニング配管の内面点検については、平成27年度に実施する定期点検で内面点検を実施するとともに、定期的な内面点検を計画する。
- (5) 取替え対象配管の抽出もれが起こらないよう、系統線図と現地の確認を徹底することとし、本事例を周知する。

以 上

添 付 資 料

- 添付資料－ 1 伊方発電所第 3 号機 海水淡水化装置概略系統図
- 添付資料－ 2 3 号機 海水淡水化装置塩酸注入配管概略図
- 添付資料－ 3 配管外面観察
- 添付資料－ 4 － 1 配管内面観察 20A
- 添付資料－ 4 － 2 配管内面観察 50A, 125A
- 添付資料－ 5 断面観察
- 添付資料－ 6 － 1 A社ポリエチレンライニング配管の製造法
- 添付資料－ 6 － 2 アフター加熱時の温度管理不具合による気泡発生
 および漏えいまでのメカニズム
- 添付資料－ 7 取替え配管概略図

伊方発電所第3号機 海水淡水化装置概略系統図

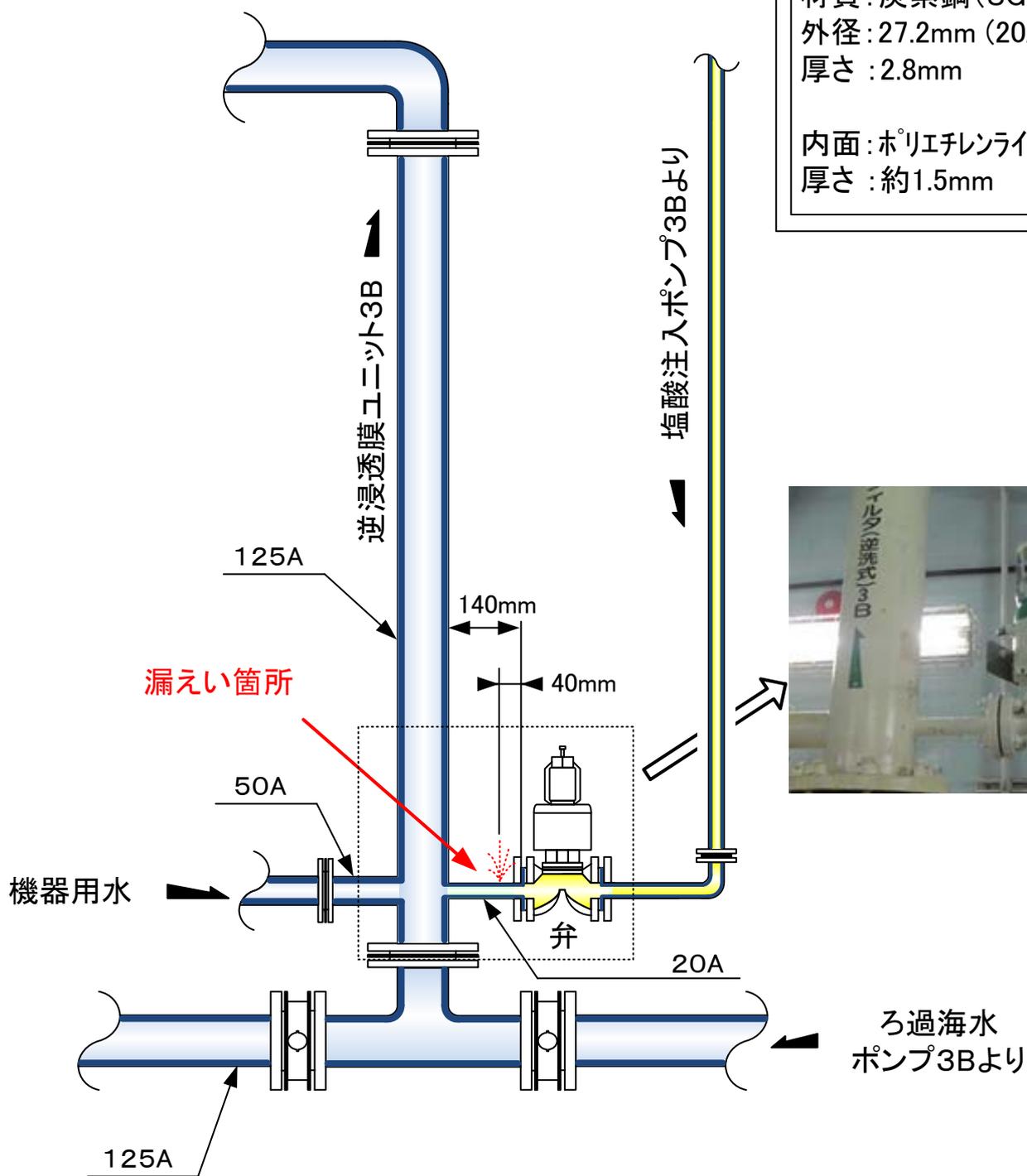


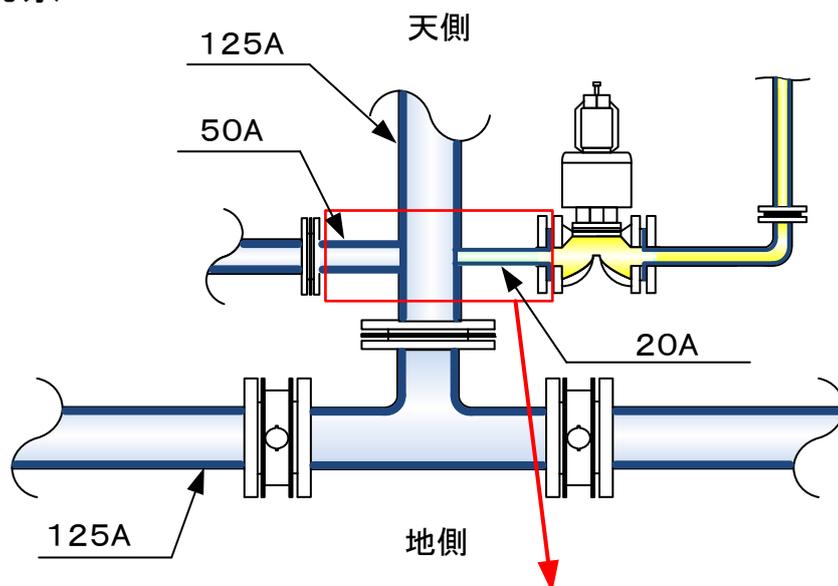
3号機 海水淡水化装置塩酸注入配管概略図

【当該 塩酸注入配管】

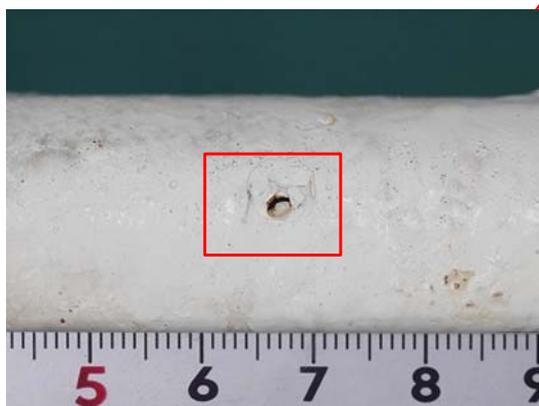
材質：炭素鋼(SGP)
 外径：27.2mm (20A)
 厚さ：2.8mm

内面：ポリエチレンライニング
 厚さ：約1.5mm



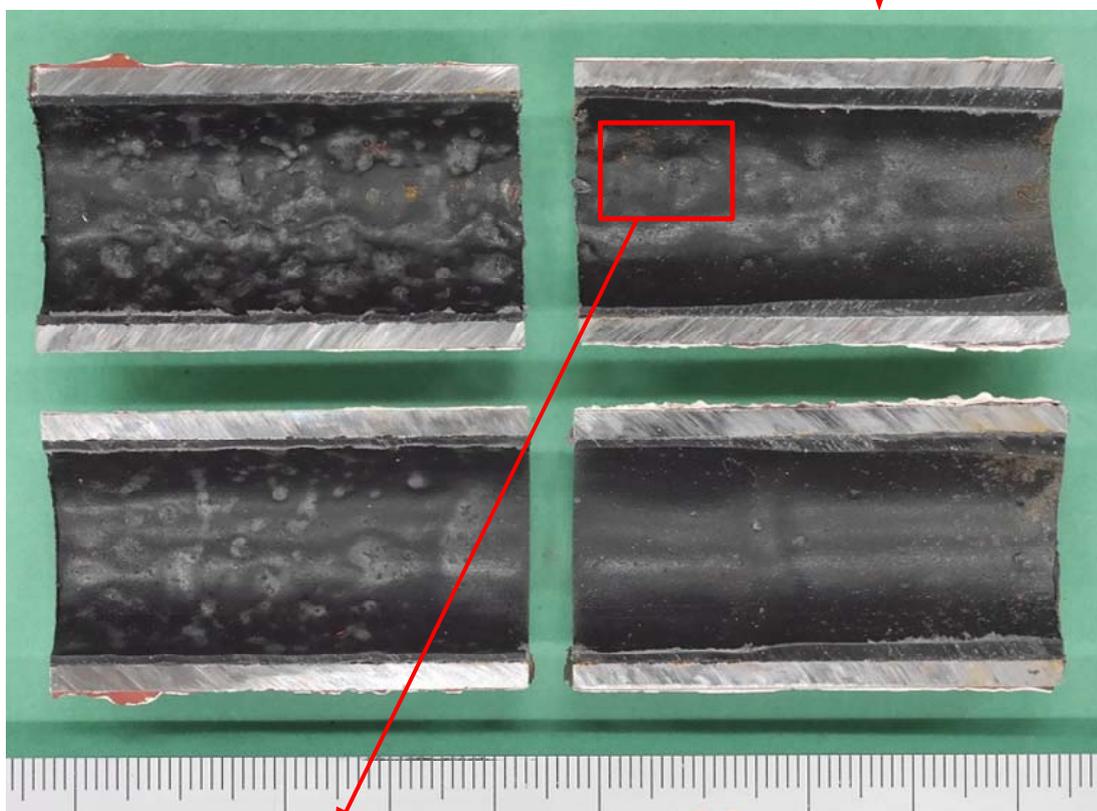


天側から見て





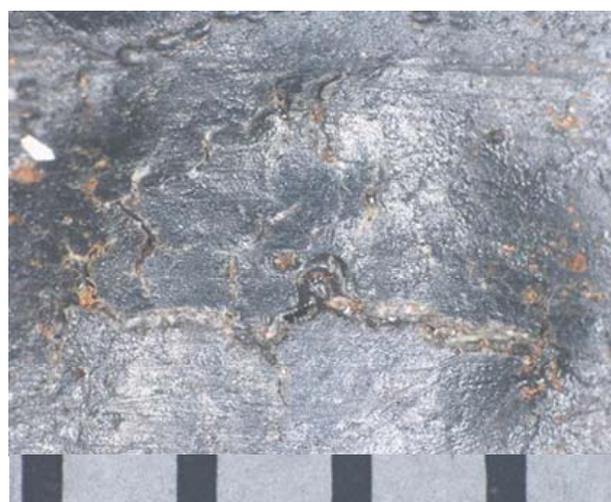
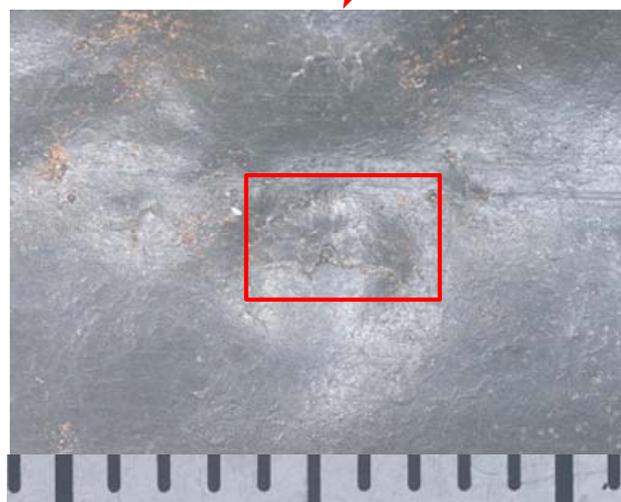
四分割に切断

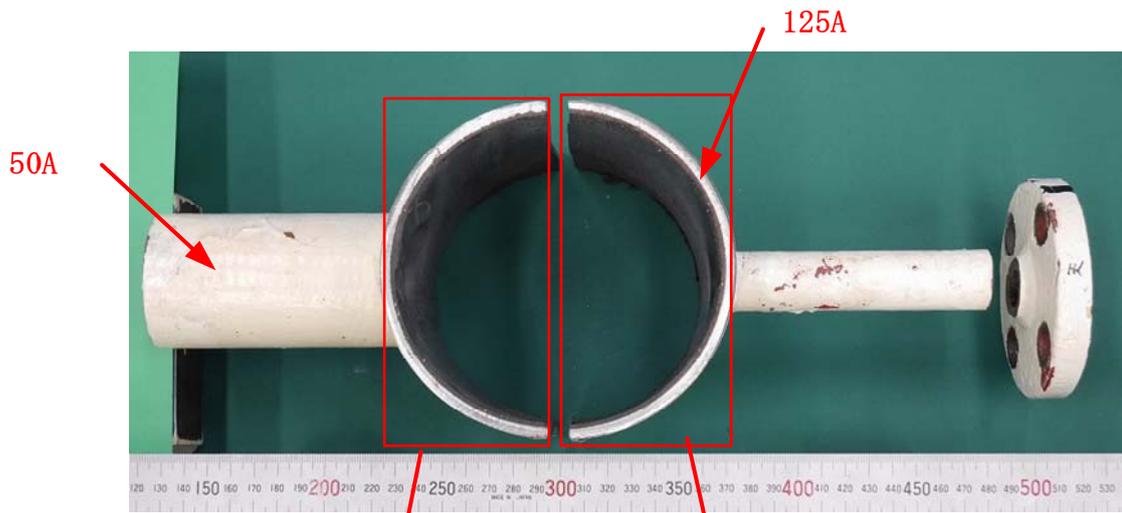


内面

漏えい部天側

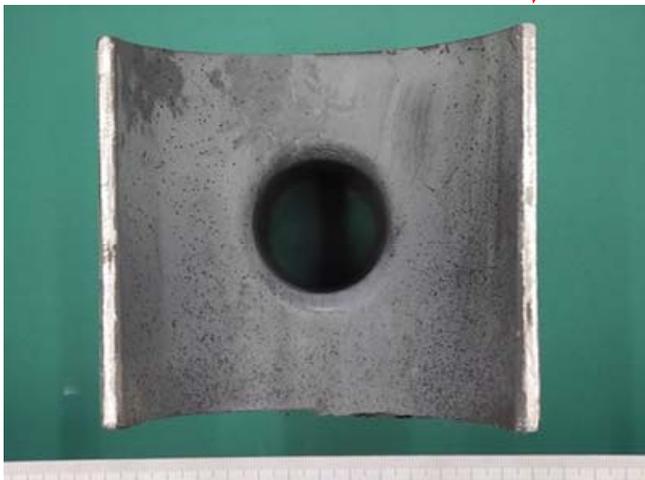
漏えい部地側



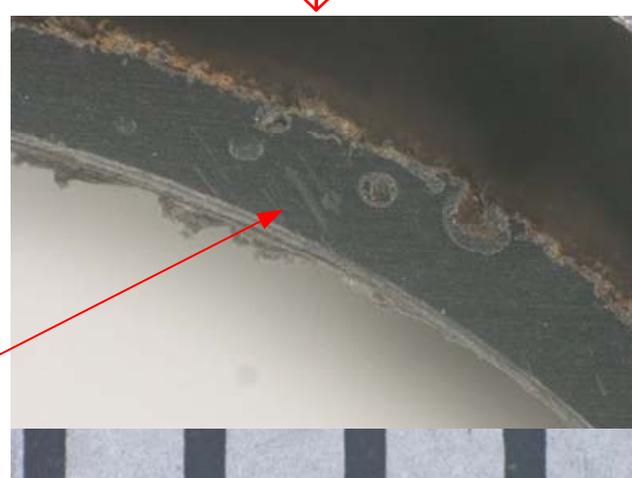
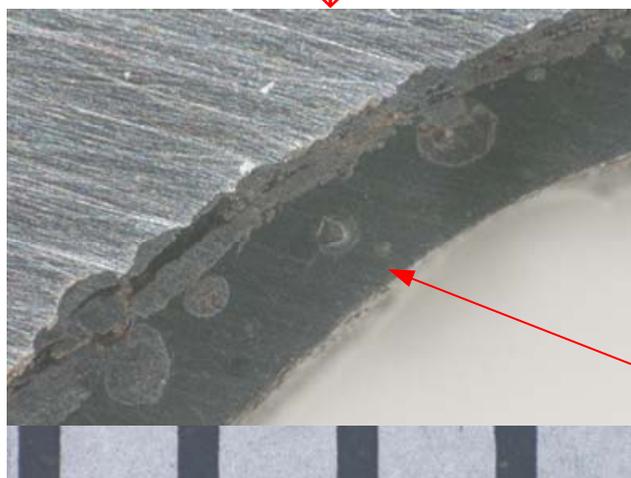
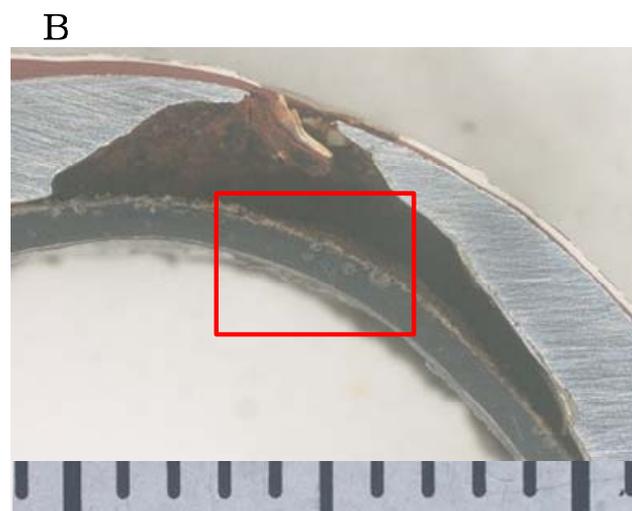
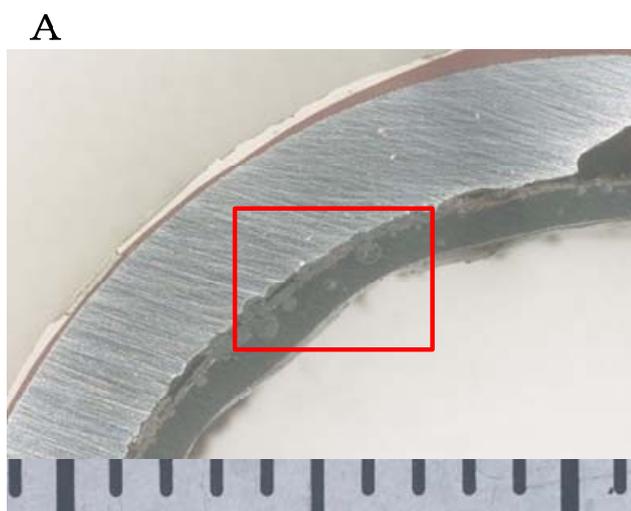
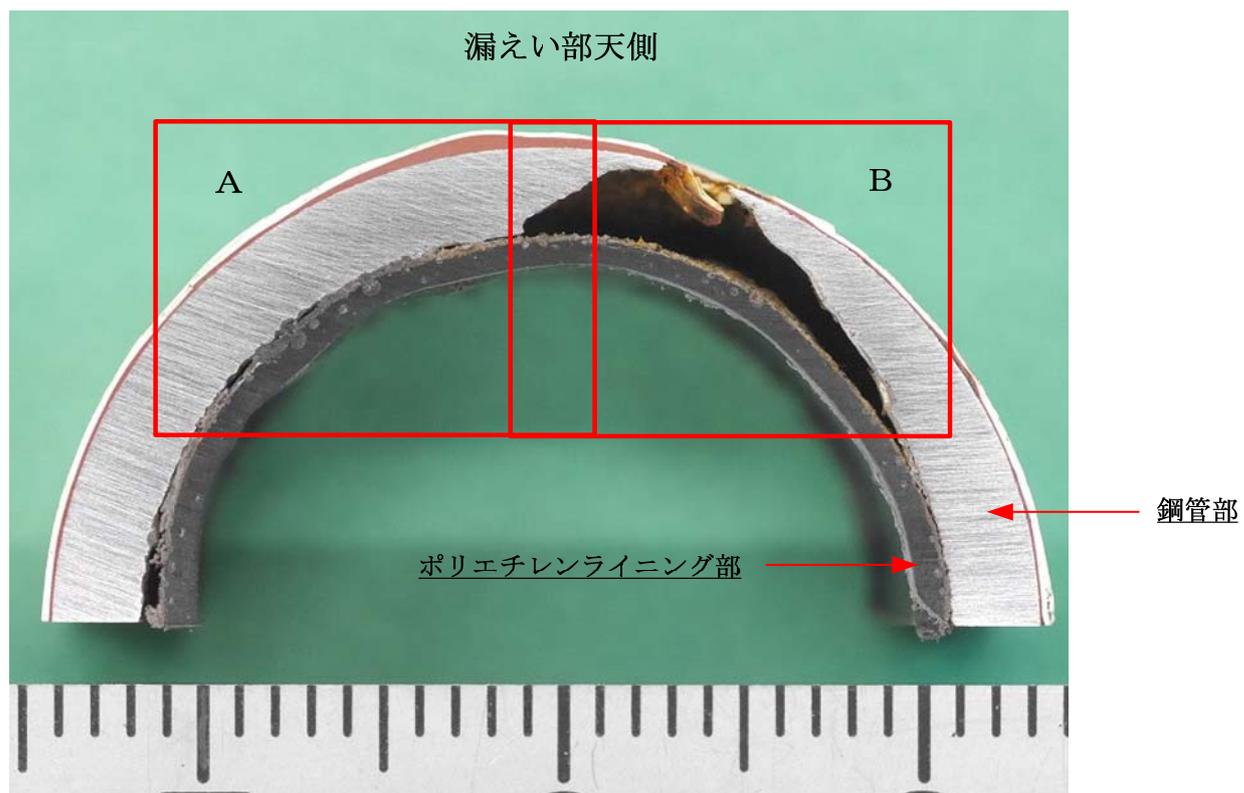


50A側

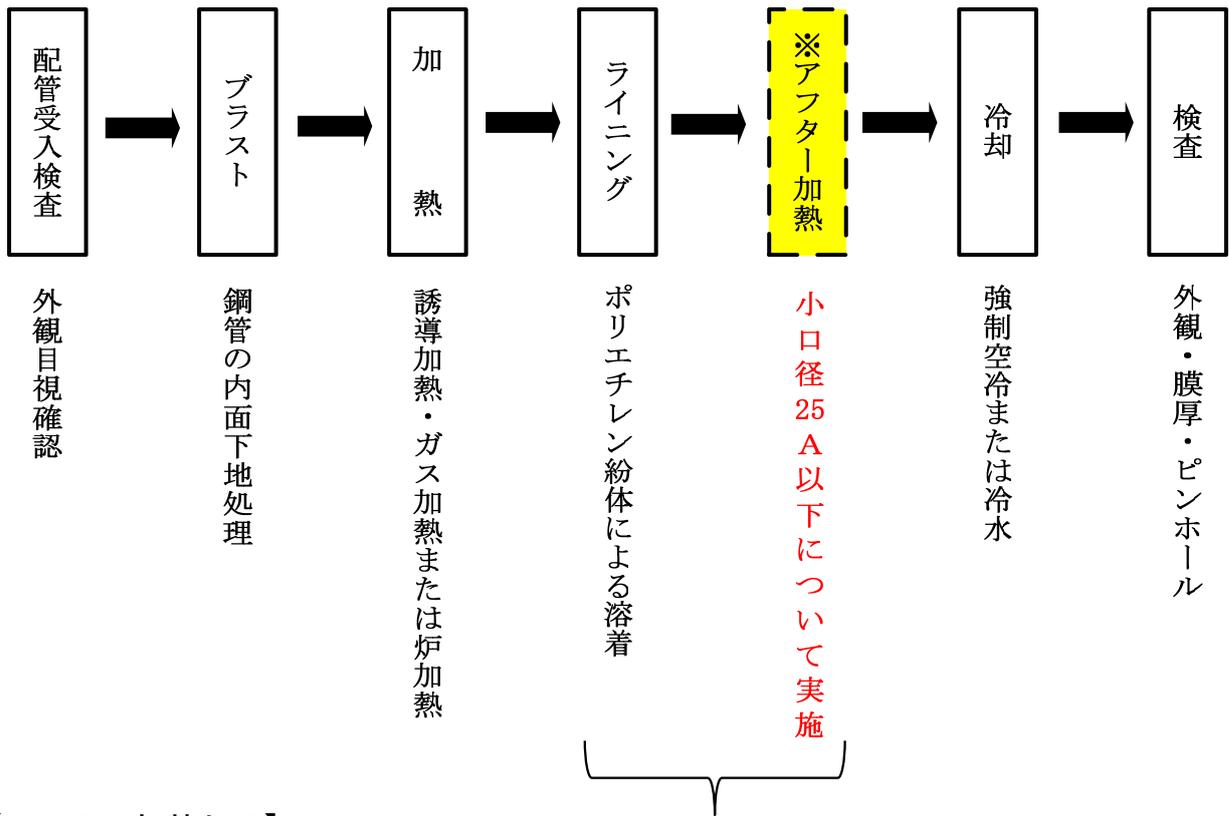
20A側



観察結果、口径50A、125Aについては、ライニング面は凹凸・摩耗もなく非常にきれいな状態



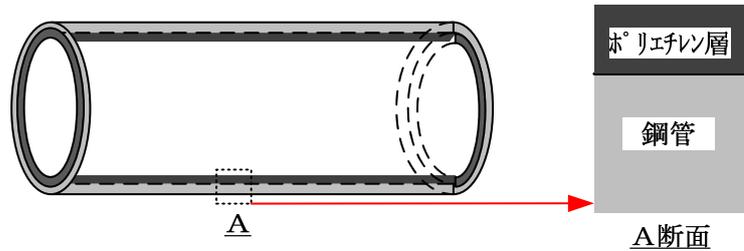
A社ポリエチレンライニング配管の製造法



【アフター加熱とは】

鋼管の口径が小さくなると肉厚も薄くなるため、鋼管加熱後の冷却速度が早い。小口径（25A以下）鋼管については、ポリエチレン粉体溶着中に鋼管が冷却し、皮膜表面が完全に溶融しない状態になるため、バーナ等で後熱し皮膜表面の溶融（凹凸）を安定させるために加熱を実施する。

ポリエチレンライニング配管



通常工程（小口径25A以下）		説明
B層 A層 鋼管	[1] ポリエチレン粉体投入時点 280~300℃	[1]ポリエチレン粉体が鋼管の蓄熱により管表面(A層)より溶融して管体に着着 [2]ポリエチレン粉体が溶融し(A層→B層)気泡が抜ける [3]バーナ等で後熱して皮膜表面を安定させる
	[2] アフター加熱前 200℃以下 気泡が抜ける	
	[3] アフター加熱後 260~270℃	

※上記温度は鋼管表面温度

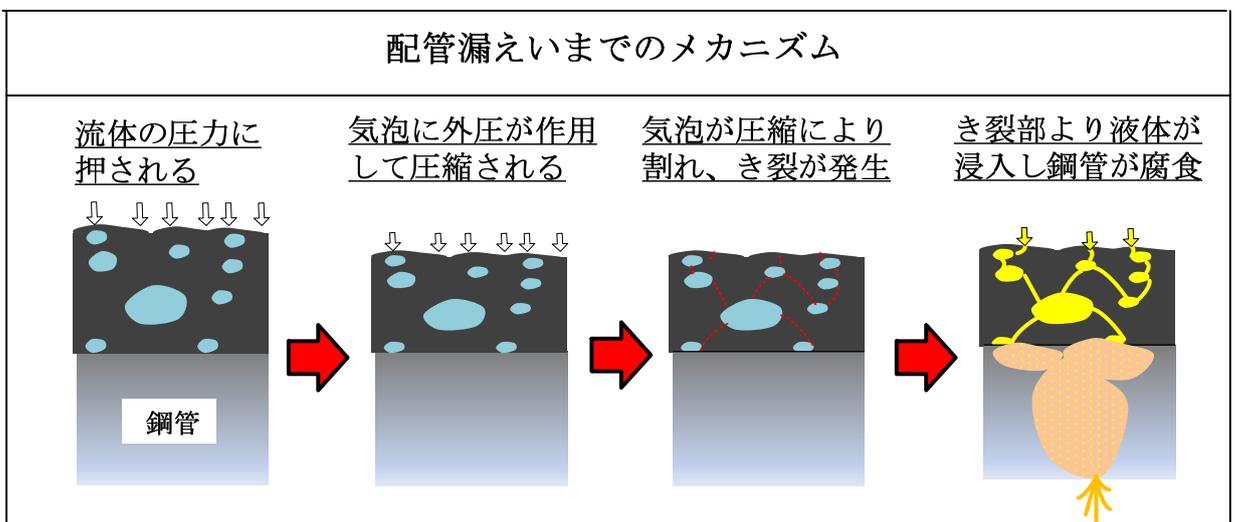
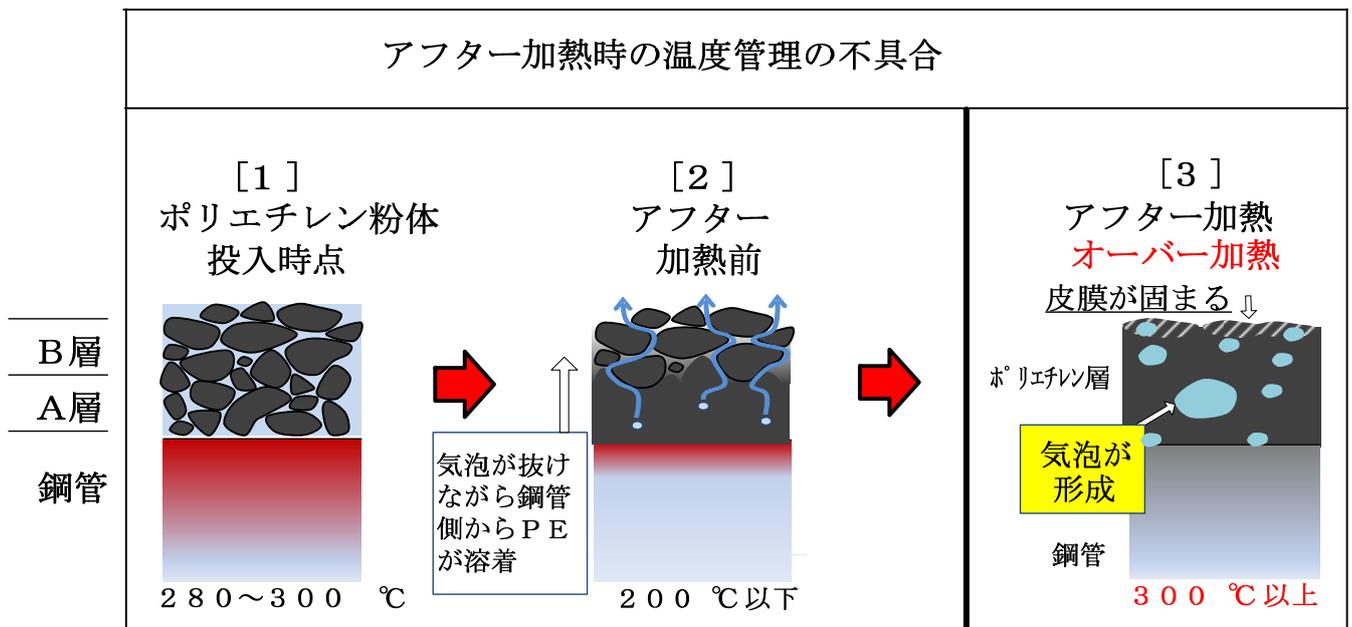
アフター加熱時の温度管理不具合による気泡発生および漏えいまでのメカニズム

【オーバー加熱のA社報告事象】

アフター加熱時に通常は、加熱温度260～270℃管理しているが、工程上のミス作業により加熱温度300℃以上となった。

オーバー加熱になると鋼管側に急激に高い熱を加え、B層に速く熱が達しB層皮膜が固まる。

ポリエチレン粒子間の空気が抜け出せずに気泡が残留、さらに樹脂の添加剤が熱分解して発生したガスが気泡を形成し熱膨張により大きくなったまま、ポリエチレン層が硬化した。



取替え配管概略図

