

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2017-385	事故の呼称 水素ブースターから水素漏えい		
発生日時 2017年10月23日(月) 10時31分	事故発生場所 福岡県糸島市	事故発生事象 1次)漏えい① 2次)	事故発生原因 主)設計不良
施設名称 高圧水素試験室 水素ブースター	機器 逆止弁	材質 416SS (SUS416相当)	概略の寸法 外径:18.9mm 板厚:8.56mm
ガスの種類および名称 水素	高圧ガス製造能力 15Nm <sup>3</sup> /h	常用圧力 99.0MPa	常用温度
被害状況(人身被害、物的被害) 人身被害:なし 物的被害:なし			
<p>事故の概要</p> <p>事業所では、容器、バルブ、センサーなどの充てん試験、耐久試験を行うため、水素ブースター(加圧器)から高圧水素試験設備に高圧水素(99.0MPa)を供給している。水素ブースターは、9月に開放検査を実施し、10月2日から運転を開始していたが、10月23日のホースのサイクル試験中および24日のバルブ電磁弁のサイクル試験中に水素ブースターの逆止弁が破損し、リークポートから水素ガスが漏えいした。(図1、図2参照)</p> <p>以下、事故の概要を時系列で記す。</p> <p>平成29年9月 水素ブースターの解放検査を実施し、逆止弁を交換した。</p> <p>平成29年10月2日 運転を開始した。</p> <p>平成29年10月23日</p> <p>10:31 H3高圧水素試験室(ブースター室)の水素ブースターの逆止弁が破損し、水素ガスが漏えい。H3試験室の上部に設置してある定置式水素ガス検知器(接触燃焼式、2,000ppmで発報)が、2,000ppm以上の水素の漏えいを検知して、自動で水素ブースターが停止し、遮断弁が閉止した。</p> <p>10:32頃 従業員は、別室のモニターで緊急停止状況を確認した。</p> <p>10:37頃 従業員は、別室で検知した水素ガス検知器の濃度が2,000ppm以下であることを確認し、H3試験室に入った。</p> <p>10:42頃 従業員は、携帯式水素ガス検知器(接触燃焼式、0~10,000ppm)を用いて、逆止弁のリークポートから濃度が2,000ppm以上の水素ガスを確認し、水素漏えい個所が逆止弁であることを特定した。</p> <p>平成29年10月24日</p> <p>15:04 H4高圧水素試験室(ブースター室)の水素ブースターの逆止弁が破損し、水素ガスが漏えいした。H4試験室の上部に設置してある定置式水素ガス検知器(接触燃焼式、2,000ppmで発報)が、2,000ppm以上の水素の漏えいを検知して、自動で水素ブースターが停止し、遮断弁が閉止した。</p> <p>15:05頃 従業員は、別室のモニターで緊急停止状況を確認した。</p> <p>15:10頃 従業員は、別室で検知した水素ガス検知器の濃度が2,000ppm以下であることを確認し、H4試験室に入った。</p> <p>15:15頃 従業員は、携帯式水素ガス検知器(接触燃焼式、0~10,000ppm)を用いて、逆止弁のリークポートから濃度が2,000ppm以上の水素ガスを確認し、水素漏えい個所が逆止弁であることを特定した。</p>			

#### 事故発生原因の詳細

1. 開放検査後に交換した逆止弁は、材料が従来品と同じ 416SS (JIS SUS416 相当、被削性向上の目的で硫黄が比較的多く添加されたマルテンサイト系快削ステンレス鋼)であったが、熱処理工程が変更された変更品が納入され、使用されていた。熱処理工程の変更は、逆止弁製作メーカーにおいて機器メーカーの承認なしに行われた。
2. 変更品の硬さは、従来品の硬さよりも低くなったが、機器メーカーの硬さの要求値を満足していた。
3. 硬さの要求値から推定される逆止弁の材料の引張強さは、1,200~1,300MPa 級である。引張強さが 1,200MPa を超えると、絞りなどの機械的特性に対する水素感受性が上昇することが知られている。なお、硬さから推定される変更品の材料の引張強さは、従来品よりも 200MPa 程度低い。
4. 逆止弁には水素感受性の高い 416SS が使用され、熱処理工程の変更により従来品よりも微細な介在物 (MnS) が結晶粒界に偏析し、靱性が低くなり、高圧水素ガスにより粒界破壊に至ったと推定される。(図3~図5参照)
5. 10月23日に発生した水素ブースターからの水素ガス漏えいは事故原因が究明中であったため、事業所内で情報共有が行われず、24日にも別の水素ブースターにおける同じ逆止弁の破損により水素ガス漏えいが発生した。
- 6.

#### 事業所側で講じた対策(再発防止対策)

- ・逆止弁の材料を水素感受性の高い 416SS から、水素感受性の低い SUS316CW (冷間加工材)に変更した。
- ・トラブル発生における迅速な事業所内での情報共有を徹底した。

#### 教訓(事故調査解析委員会作成)

- ① 部品の製造工程の変更は、部品メーカー、機器メーカーと機器ユーザーの間で、十分な技術的検討と承認が必要である。
- ② 事業所内の高圧ガス設備にトラブルが発生した場合、同種の設備だけではなく、材料と使用条件が類似する設備についても、情報の水平展開を迅速に図ることが必要である。
- ③ 引張強さの高い材料は水素感受性が高いために、高圧水素ガス環境に使用する場合には、事前の試験による評価が必要である。

#### 事業所の事故調査委員会

#### 備考

事業者において事故品と同じ熱処理工程の逆止弁において再現実験を行い、高圧水素による逆止弁の破損が再現された。破面を高圧ガス保安協会において観察したところ、事故品と同じく粒界破壊が確認された。(図6参照)

#### キーワード

情報共有、高圧水素環境、高強度材料、水素感受性、粒界破壊、熱処理工程の変更、水素ブースター、逆止弁、水素、漏えい

関係図面(特記事項以外は事業所提供)

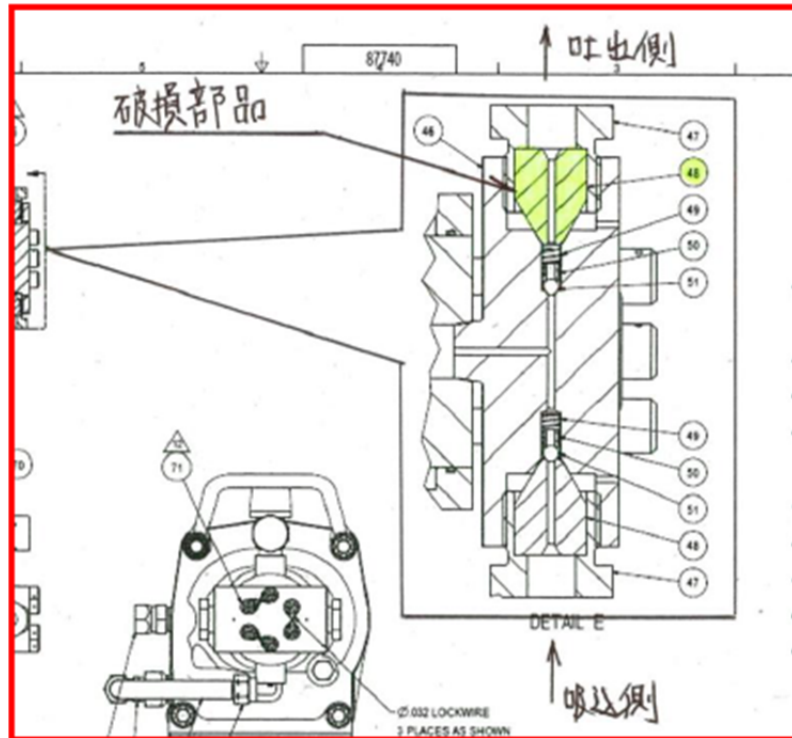
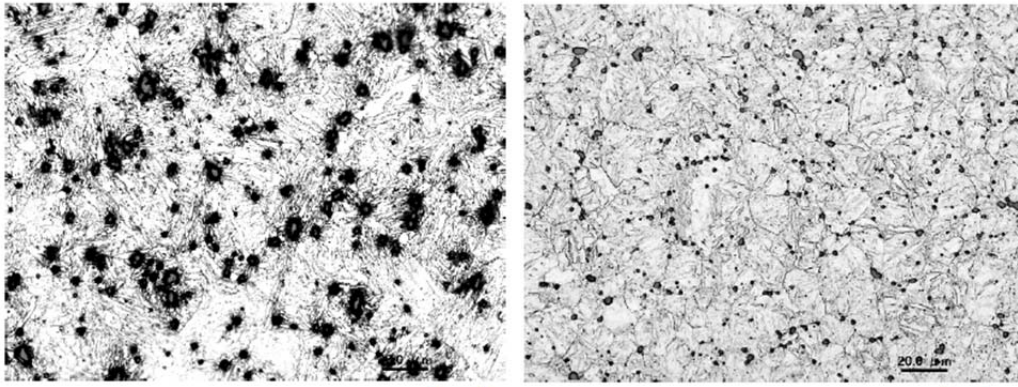


図1 逆止弁の図面

逆止弁分解状況写真



図2 破損した逆止弁



(a) 従来品

20 μm

(a) NG品

20 μm

図3 破損した逆止弁内部部品の結晶粒

→き裂進展方向

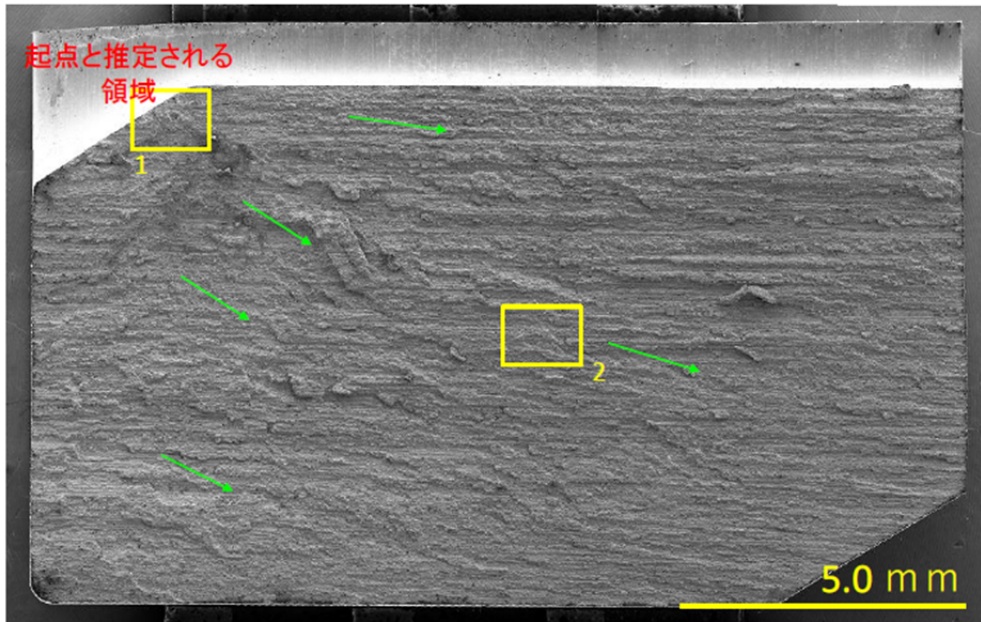
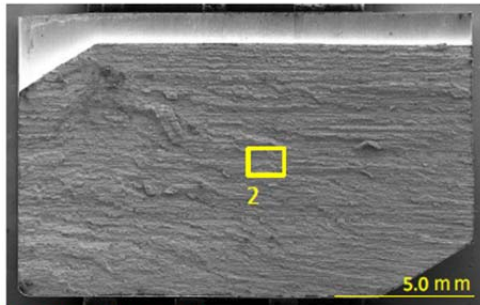


図4 逆止弁内部部品の破断面 (SEM 画像その1)



粒界破面が支配的

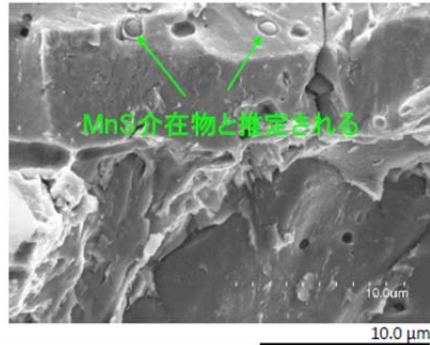
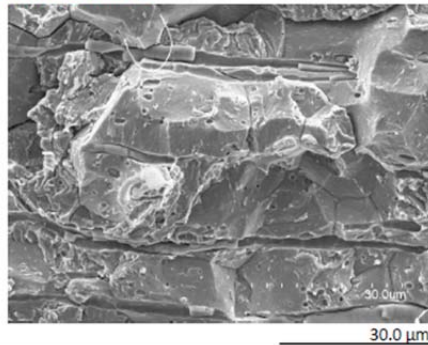
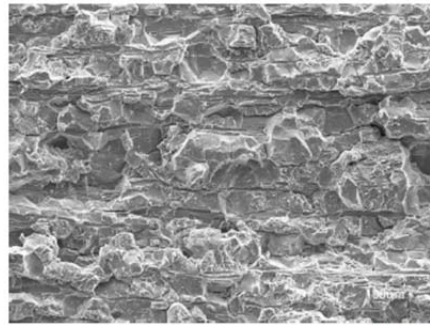


図5 逆止弁内部部品の破断面 (SEM 画像その2)

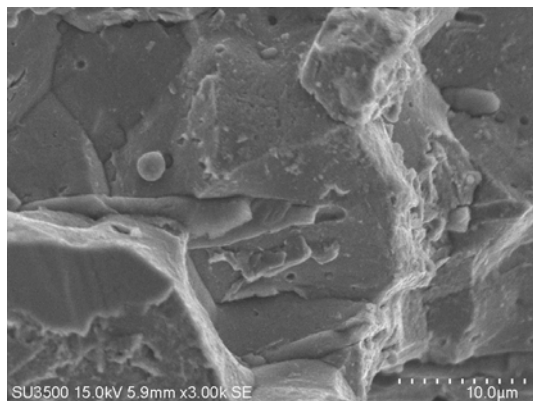
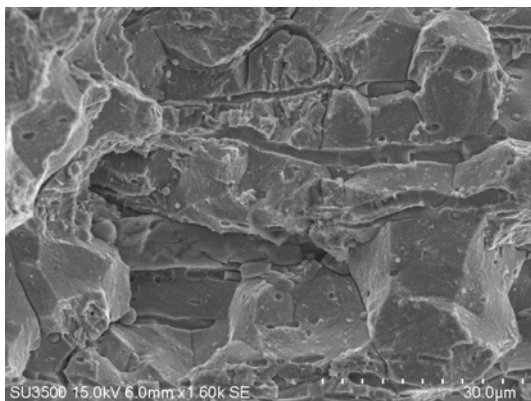
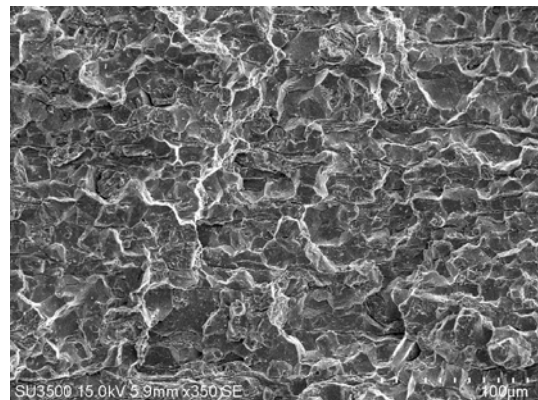


図6 再現実験による逆止弁内部部品の破断面  
(高圧ガス保安協会 作成)