

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2013-192	事故名称 リターンガス回収用フレキシブルチューブからの炭酸ガス漏えい			
事故発生日時 2013-7-17 15時15分頃	事故発生場所 福岡県北九州市	事故発生事象 漏えい①	原因 設計不良	
施設名称 炭酸プラント	機器名 No. 3液炭ローリー充填場	主な材料 フレキシブルチューブ SUS304	概略の寸法 40A、3000L	
内容物 炭酸ガス	高圧ガス製造能力 3,045,835m ³ /日(Nor.)	常用圧力 2.16MPa	常用温度 -35℃	
被害状況 液化炭酸ガスをローリーに充填している時に、ローリーからのリターンガスを回収するフレキシブルチューブから微量の炭酸ガス漏えい(手を近づけてわかる程度)を発見した。 人的被害:なし、物的被害:フレキシブルチューブ損傷、炭酸ガス微量漏えい。(図-1~3参照)				
事故概要 ①7月17日14時50分頃、No. 3充填口にローリーが到着し、充填作業準備開始連絡が計器室に入る。その後、手順に従って運転手が手順書通りの操作を実施し、液化炭酸ガスの充填を開始した。 ②15時15分頃、ローリー運転手から、ガスが漏れているような音がするとの連絡が計器室に入る。 ③運転員が現地に行き、微少漏れ(手を1cm程度に近づけないと判断できない程度:横、西面)箇所を確認し、主任に連絡した。主任も確認したが、その間にローリーへの充填は完了した。 ④15時50分頃、運転統括より課長代理に電話連絡があり、課長と共に現地に向かった。 ⑤15時58分頃、現地を確認後、課長がRC推進部及び石化炭素生産センター長へ連絡した。 ⑥16時45分頃、RC推進部より福岡県工業保安課に通報した。 ⑦当該液化炭酸ガス出荷設備を一時停止した。 ⑧8月29日、代替フレキシブルチューブに取り替えた。				
事故原因 製作不良なのか、取扱不良なのかは特定できなかったが、分析結果から原因は、内面からの疲労破壊であった。起点は不明である。(図-4参照)				
再発防止対策 ①フレキシブルチューブ保管時に無理な荷重がかからないように、先端の保管位置を低い位置に変更し、曲がりのきつくなる箇所はスプリングで補強した。尚、フレキシブルチューブの置き場については、ステンレス製板やビニルマット等で傷がつかないように配慮している。(図-5参照) ②ローリー接続位置を明確に表示し、フレキシブルチューブに無理がかからないようにした。(図-6参照) ③フレキシブルチューブの取替周期を法定周期3年から1.5年に変更した。なお、今後の使用状況を踏まえ、適正寿命を判断することとした。(図-7参照) ④同種のフレキシブルチューブも問題のないことを確認した。また、液体アンモニア用フレキシブルチューブも全て問題のないことを確認した。				
教訓 ①当該フレキの製作仕様では考えられない短期間(約1.6年)で疲労破壊(メーカにも端部では2件あるが中間部では事例なし)が発生し、漏えいした例となり、明確な原因がわからないにもかかわらず、リスクを特定し対策を講じた事例であった。尚、今回のような場合は、運転手が充填作業中も五感を働かせて未然に事故を防いだ例であり、良い面での教訓でもある。				

②フレキシブルチューブの取扱いについては、曲げ半径について細心の注意が必要である。ベテランの運転手であっても繰り返し教育を実施し、誰が見てもわかるように現場表示等も的確になされていることが重要である。

備考

事故調査解析委員会

関係図面

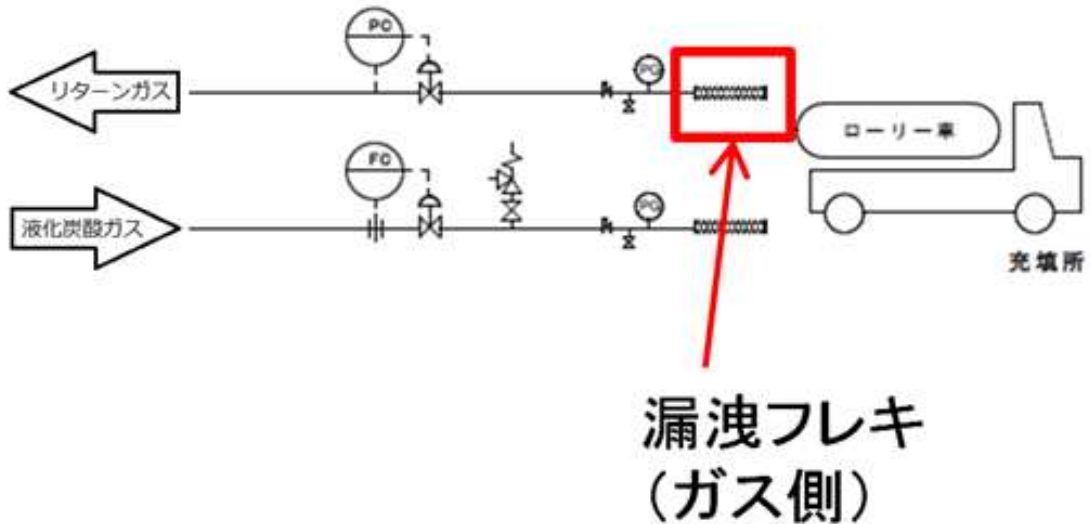
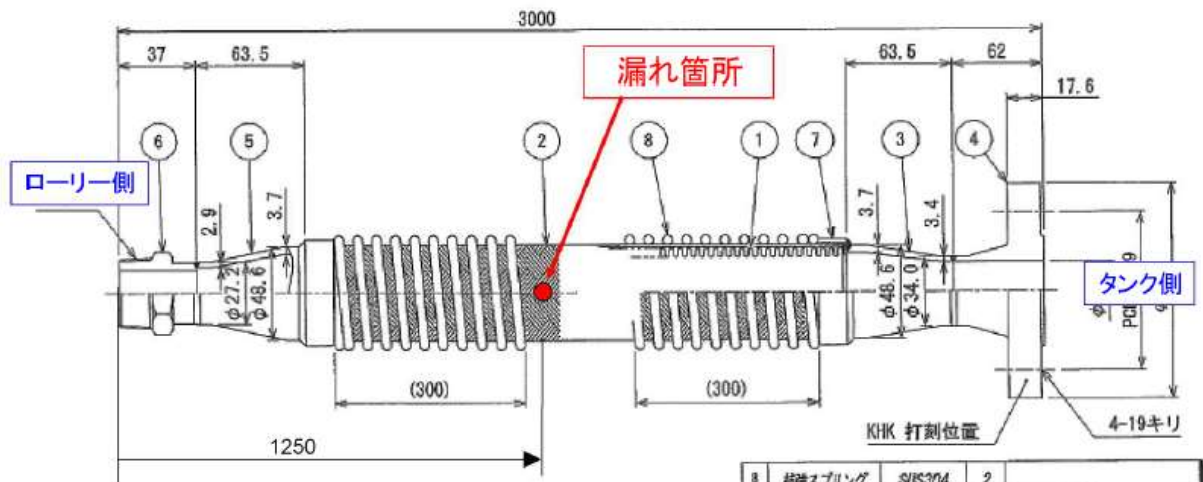


図-1 プロセスフロー



認定番号:011大0810

設計圧力:2.45MPa、常用圧力:2.16MPa

8	振動スプリング	SUS304	2	
7	チューブリング	SUS304	2	
6	ニップル	SUS304	1	20A 高圧用
5	レジューサ	SUS304	1	40A×20A Sch40
4	フランジ	SUSF304	1	25A JPI 300 th MWR
3	レジューサ	SUS304	1	40A×25A Sch40
2	ブレード	SUS304	2 ^個	φ0.4×8×48
1	チューブ	SUS304	1	40A ±0.4
番号	品名	材質	数量	備考

図-2 漏えい箇所(1)

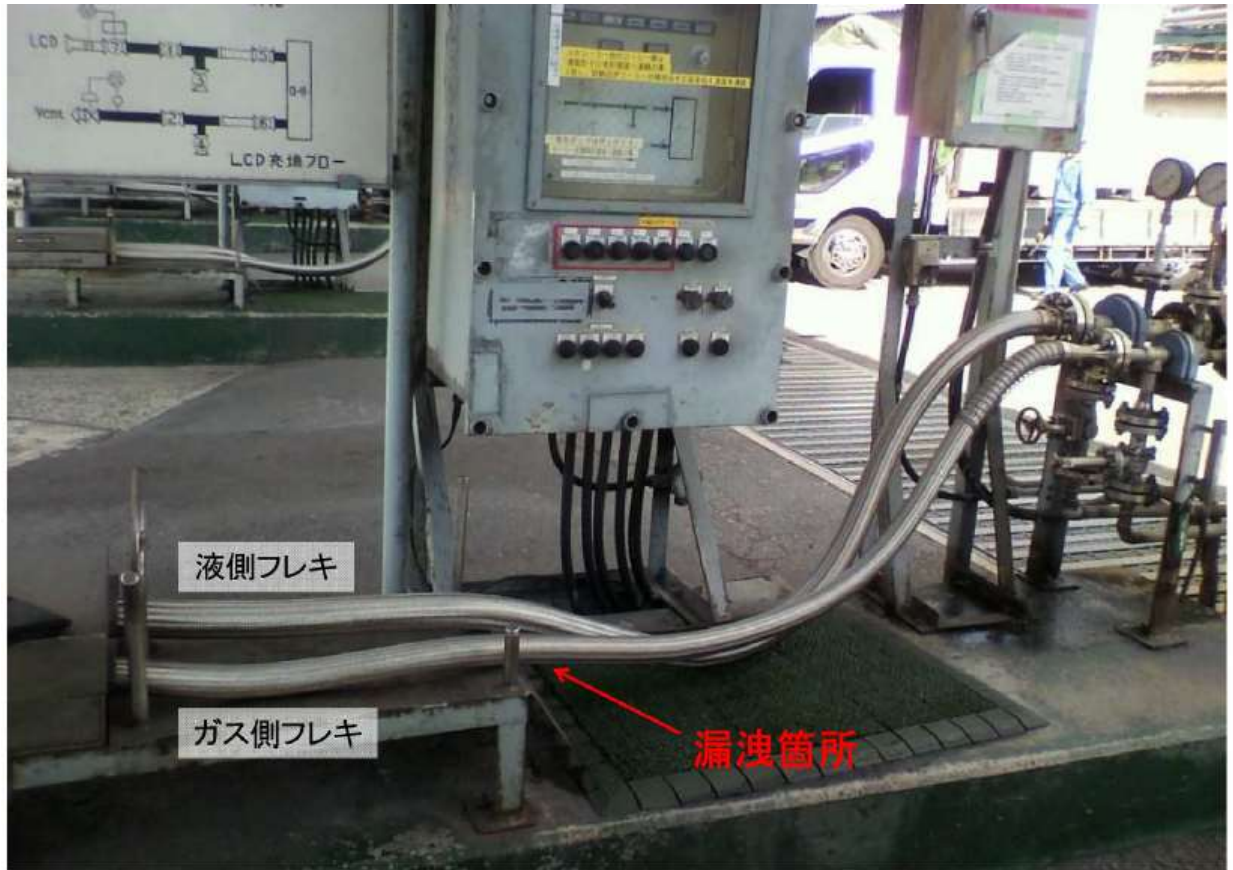


図-3 漏えい箇所(2)

- ・チューブ外面に金属光沢有り(ブレード抜き取り後)
- ・チューブ内面に腐食無し
- ・割れ部は長さ約8mm周方向で、山部に発生

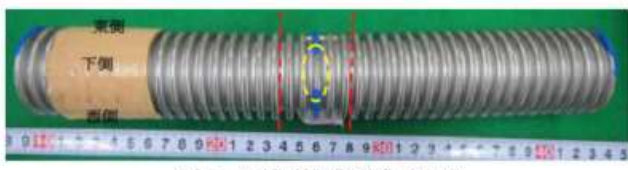
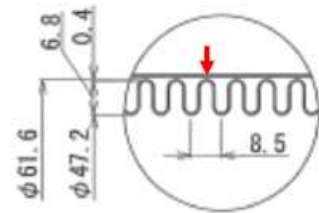


写真-1 供試体外観(黄色破線: 割れ部)



写真-2 割れ部内面観察面(視野: 20倍)

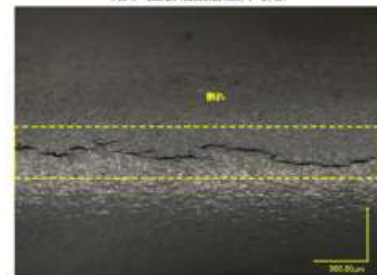
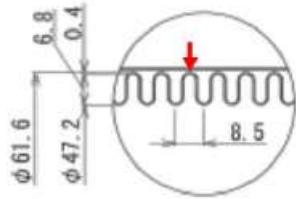


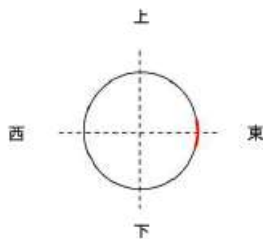
図-4(1) 原因(損傷箇所、状況)

- ・チューブ外面とブレードの摩耗有り
(金属光沢、外面より)
- ・チューブ内面に腐食無し



チューブ形状詳細

- ・使用チューブ 0.4mm
(製作時MIN値:0.30)
- ・チューブとブレード隙間 0mm(設計上)



東面の位置で、内側から外に向けて割れが発生している 長さは8.2mm

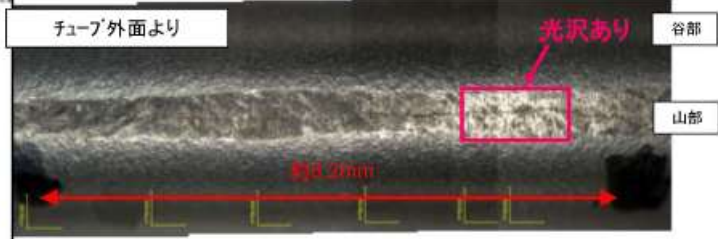
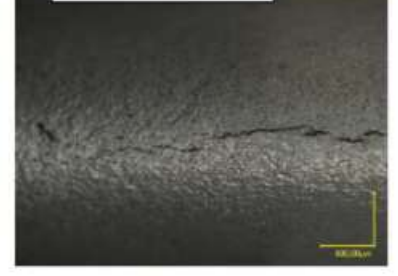
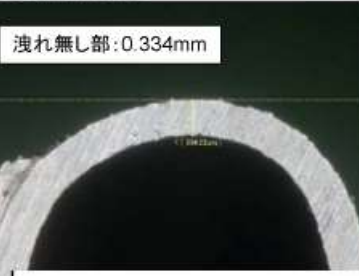
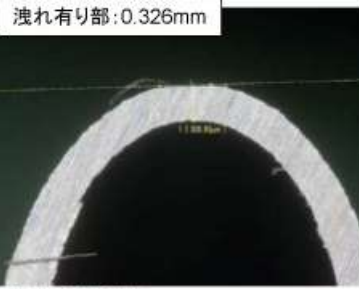


図-4(2) 原因(損傷箇所、状況)

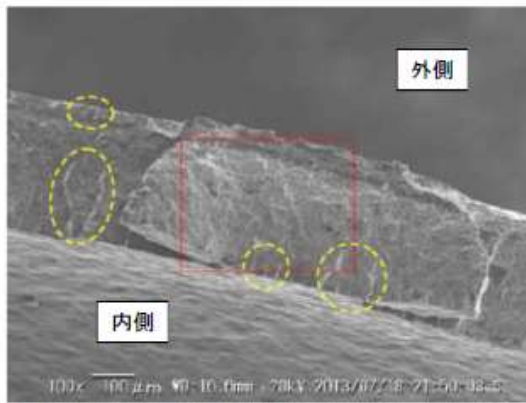


写真-18 SEM像視野1(黄色破線:ラチェットマーク 100倍)

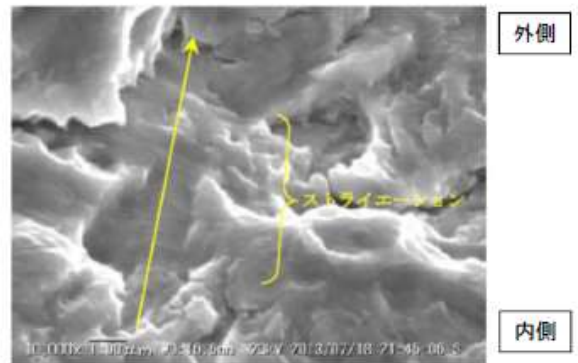


写真-20 SEM像視野1(黄色矢印:ストライエーションの進行方向 10000倍)

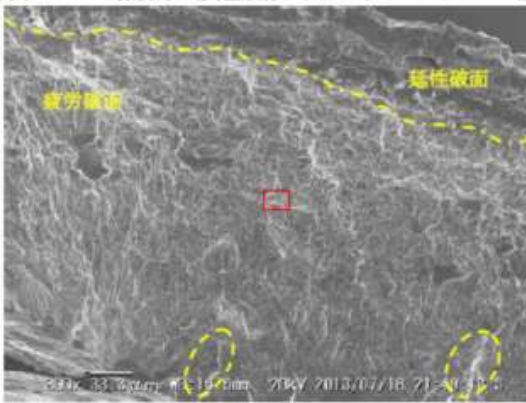


写真-19 SEM像視野1(黄色破線:ラチェットマーク 300倍)

<推定原因>

- ・内面から主となる疲労破壊
- ⇒充填作業(フレキチューブ脱着)で繰り返し曲げによる疲労破壊

図-4(3) 原因(破面観察)

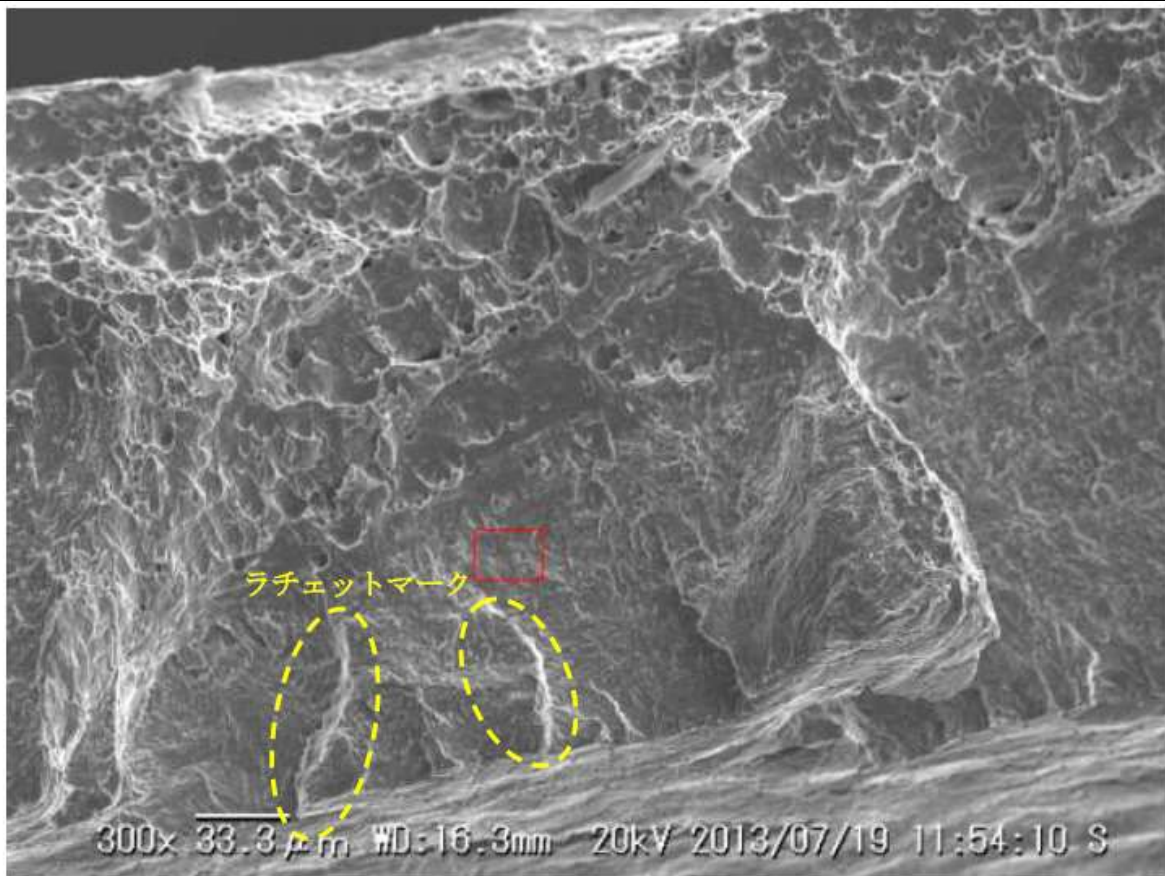


写真-1 内面近傍視野 300 倍

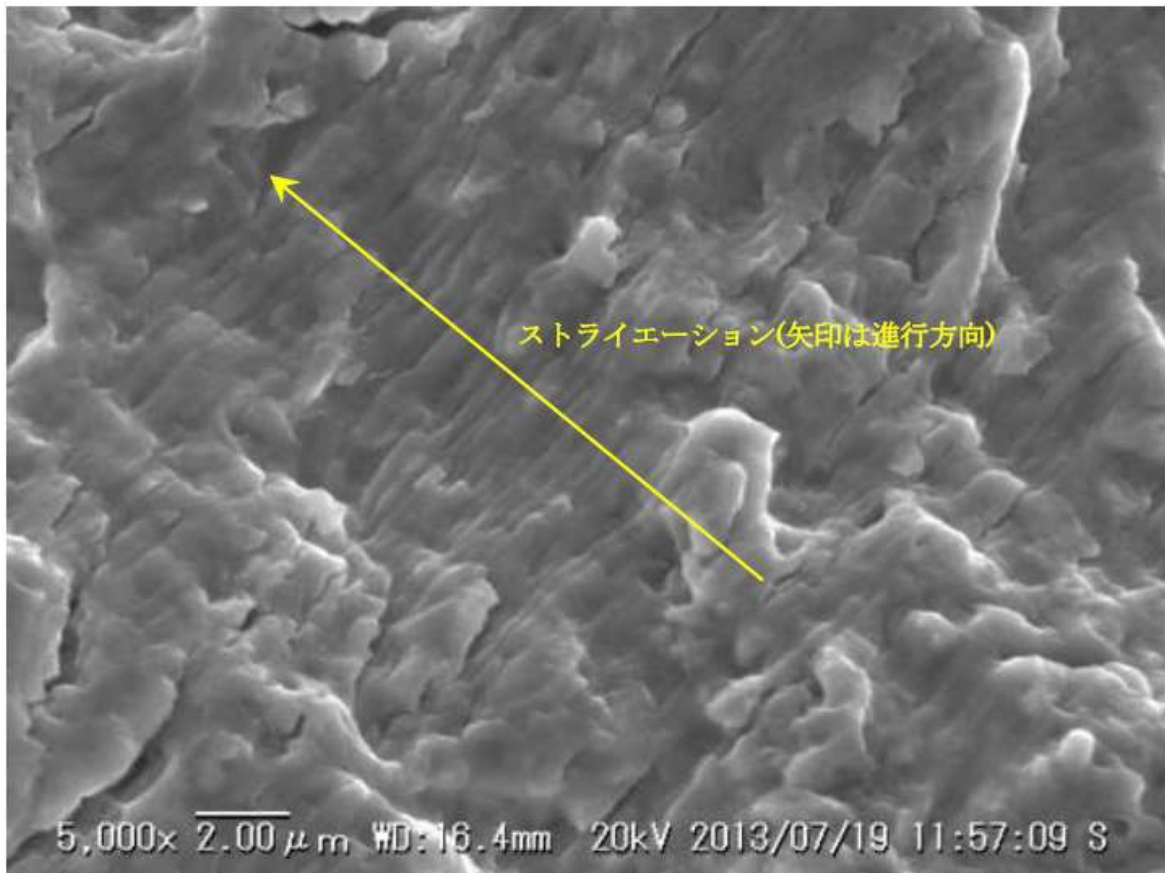


写真-2 内面近傍視野 5000 倍

図-4(4) 原因(別角度からの破面観察)

◇恒久対策(液炭)

①フレキ保管時の形状変更

フレキに無理な荷重がかからないように対策を実施



対策前

対策後

図-5 恒久対策(1)

◇恒久対策(液炭)

②ローリー接続位置の明確化(固定)

(多種ローリーに問わず接続位置を同位置とする)

[標識]



対策前

対策後

図-6 恒久対策(2)

寿命計算	発生応力 σ (N/mm ²)
	$\sigma = \frac{0.75 \cdot E \cdot t \cdot e}{(q/2)^{0.5} \cdot h^{1.5}} + \frac{P \cdot h^2}{2 \cdot t^2 \cdot n}$ $= 1326.381 + 158.006$ $= 1484.387$
計算寿命 Nf(回)	$Nf = \left(\frac{12824}{\sigma - 372.3} \right)^{3.4}$ $= 4077 \text{ 回}$

- ◆ 運転圧力 1.8MPa
- ◆ 曲げ半径 270mm (最小R)
- ◆ ローリー用フレキ使用頻度: 6.7回/日

$$4077 / 6.7 = 608 \text{ 日} (\approx 1.6 \text{ 年})$$

※使用頻度によるが、
約1.5年間で取替えが必要

液炭 ローリー寿命 1.5年とした場合の余裕代

実際使用状態における R:400mm

→計算寿命は8.6年

寿命が1.5年とした場合の R:265mm

使用状態における余裕代

$$1.5 / 8.6 = 0.17 (\text{倍}) \rightarrow \text{寿命の17\%で交換}$$

今後の使用状況も踏まえ、フレキの適正寿命は判断していく

流体	サイズ	設計圧力 P (MPa)	曲げ半径 R (mm)	ヤング率 E (N/mm ²)	ピッチ q (mm)	有効径 dp (mm)	板厚 t	山高 h	層数 n	持続効率 α	EJMA 係数	EJMA 係数	チューブ1山 当りの変位量 e	発生応力 σ	計算寿命 Nf
R=400で、寿命計算 液炭	40A	1.8	400	195000	6.3	42.1	0.4	5.3	1	0.9	12824	372.3	0.332	1053.6	21572 8.57 year
寿命=1.5yearの曲げR 液炭	40A	1.8	265.0	195000	6.3	42.1	0.4	5.3	1	0.9	12824	372.3	0.500	1509.9	3775 1.50 year

寿命計算前提: ローリーの出荷は6.9回/年として計算(過去3年間の平均)

図-7 恒久対策(3)