

高気密・長寿命ベルトコンベアローラのご提案



東和工業株式会社



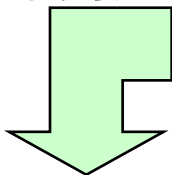
萩尾高圧容器株式会社

開発の経緯

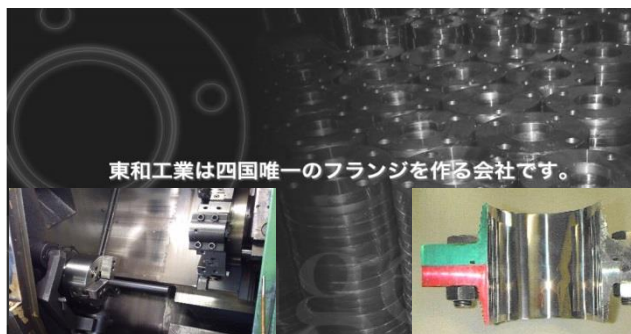
チップ船 海運会社

コンベアローラの寿命が短いので**長寿命**に。
低コスト(従来比30%コストダウン)で。

開発要請



東和工業(株)



- チップ船20隻を所有管理
- 寿命:2~3年

共同
開発

萩尾高压容器(株)



開発ストーリー

開発目標:

- 塩害・粉塵雰囲気でも**長寿命**(3年 ⇒ 6年)なコンベアローラを開発する。
- **コストダウン**(従来比30%ダウン)を達成する。

従来品の課題:

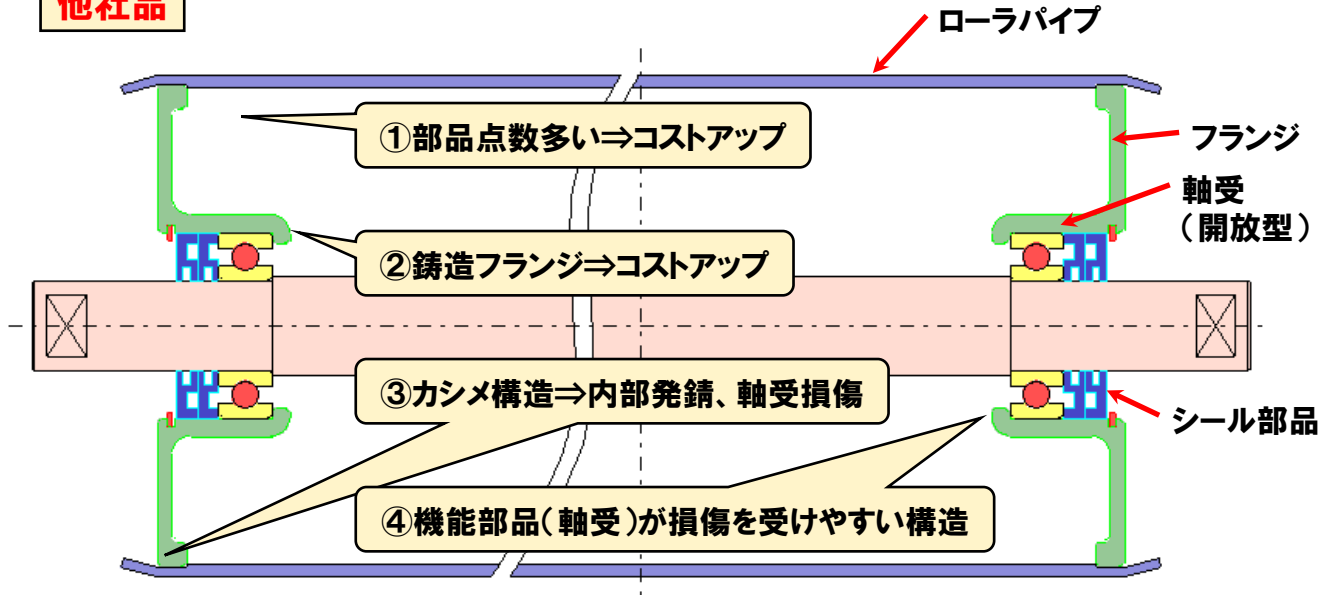
- 厳しい環境(紫外線・塩分・粉塵)のため、樹脂製**シール部品が劣化**。
- 外気浸入によりローラ**内部で発錆**。内部発錆が原因で**軸受損傷**。
- 部品点数が多く、**コストアップ**要因。

解決方法:

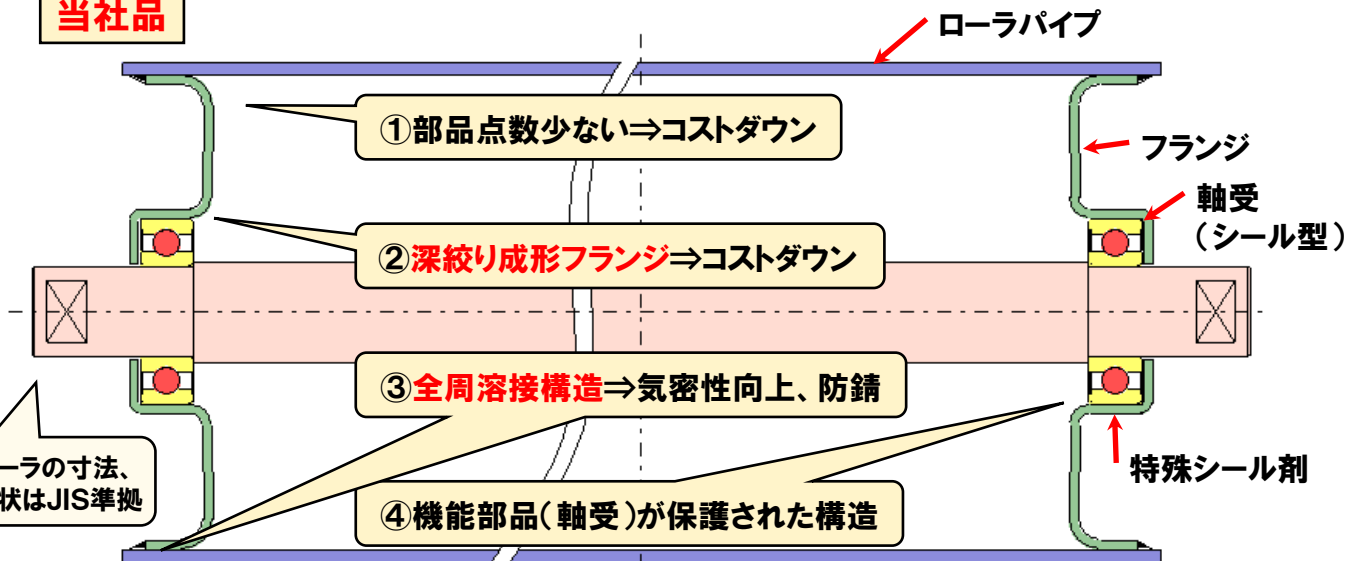
- プレス成形フランジによる**金属カバー**構造。**軸受内蔵**構造で部品点数減少。
- **気密性**の向上による内部防錆。

製品構造

他社品



当社品



フィールドテスト

試作ローラを船舶搭載(10ヶ月) ⇒ 5航海後の状況分析



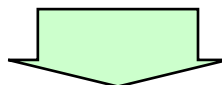
チップ船 航海実績

- 1航海目 ベトナム
- 2航海目 クースペイ(アメリカ)
- 3航海目 ベトナム
- 4航海目 クースペイ
- 5航海目 ベトナム



【海運会社の評価】

- ・ローラ内面の内部発錆がない。
- ・ベアリングシール面からのグリスの漏れ出しなし。
- ・ベアリングの回転は円滑であり、問題ない。
- ・ローラー内部にチップ粉等の混入なし。

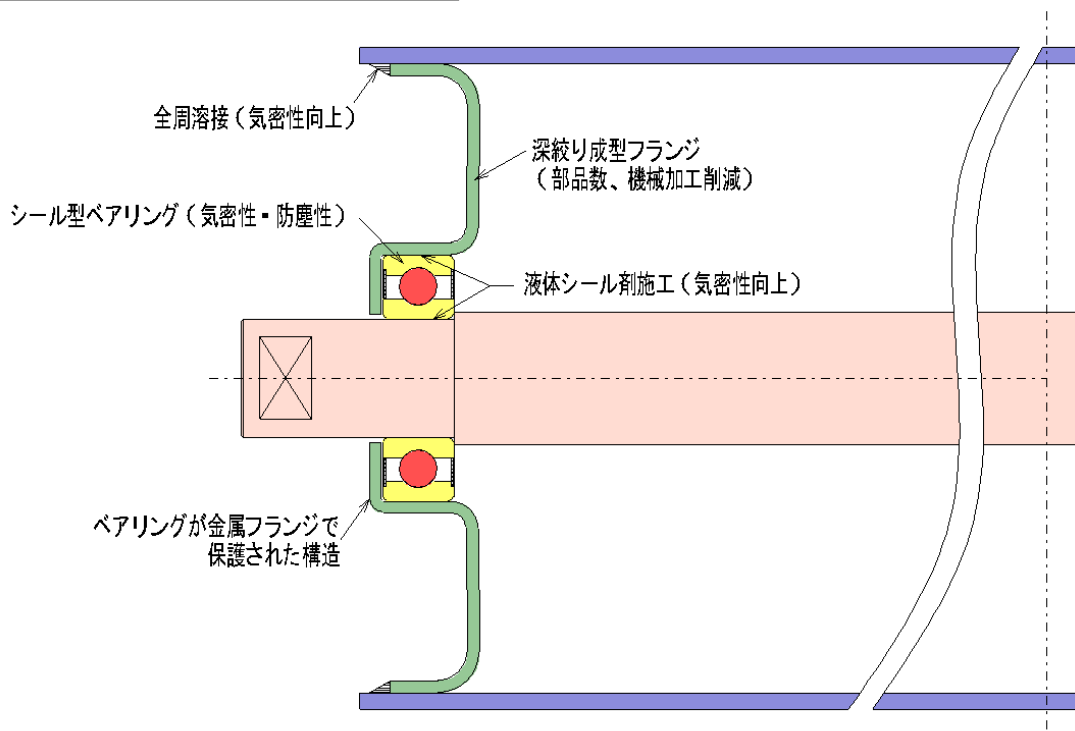


当社製品を標準採用として頂きました。

開発コンセプト

- ① ローラ内部発錆によるBRG損傷を回避するため、**気密性を向上**
- ② **低コスト化**のため、部品点数を削減し、機械加工を可能な限り排除
 - ⇒ BRG埋め込み形とする(紫外線などの外部環境対策の面もあり)
 - ⇒ 高精度プレス成型でBRGはめあい達成
 - ⇒ 高速低熱溶接でBRG,O-ringに熱影響与えない
- ③ **Made in JAPAN** の材料・部品を投入し、信頼性向上

ローラ構造と特徴(ベースタイプ)

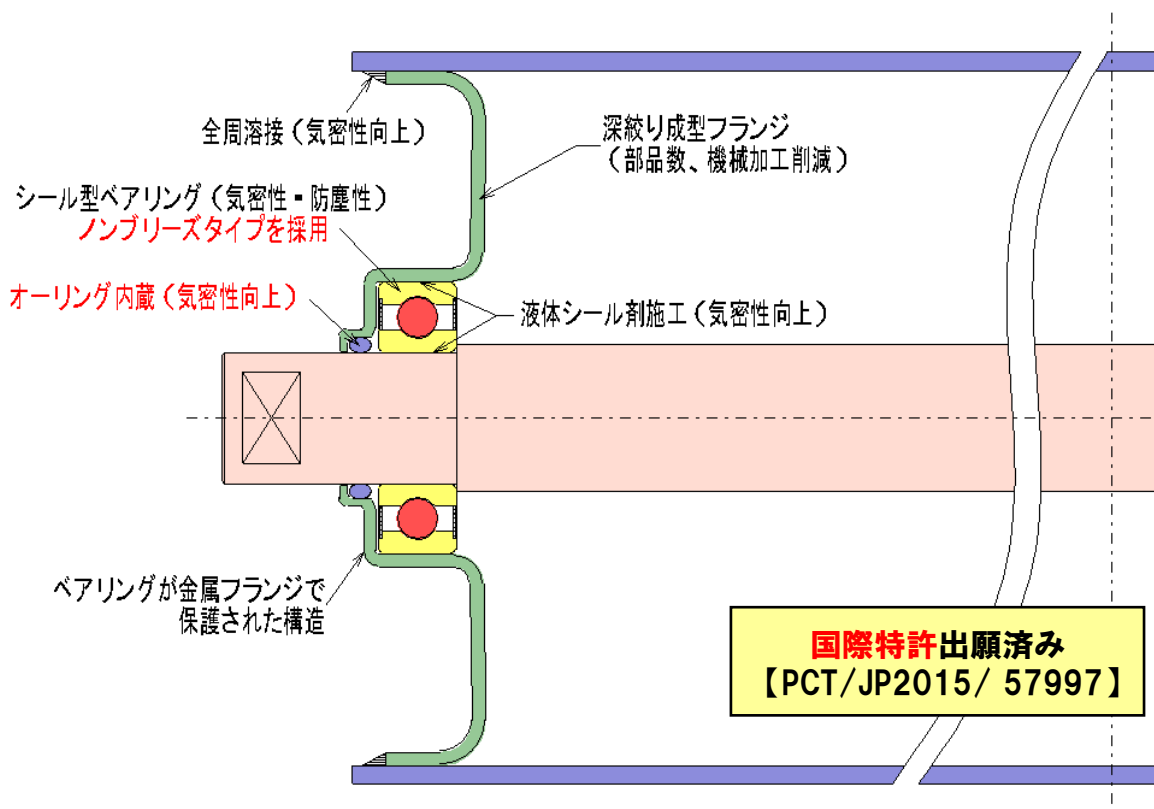


納入実績(ベースタイプ)

2014年12月末現在											
年	向け先	納入回数	ローラ長								
			370L	525L	550L	620L	700L	900L	1530L	1750L	1950L
2011	海運会社	11	55	4	480	250	36		187	111	25
2012		22	108	15	550	266	30	70	235	95	62
2013	合計	32	145	0	350	1,041	50	50	265	95	182
(内訳)	海運会社	(30)	(145)		(350)	(564)	(50)	(50)	(185)	(95)	(122)
	荷役機メーカー	(2)				(477)			(80)		(60)
2014	海運会社	40	112		406	854	81	4	196	100	117
合計			420	19	1,786	2,411	197	124	883	401	386

苦情による交換要求の発生:ゼロ

高気密タイプを追加開発



ノンブリーズシール型ベアリングについて

深溝玉軸受密封型の特長

NACHI

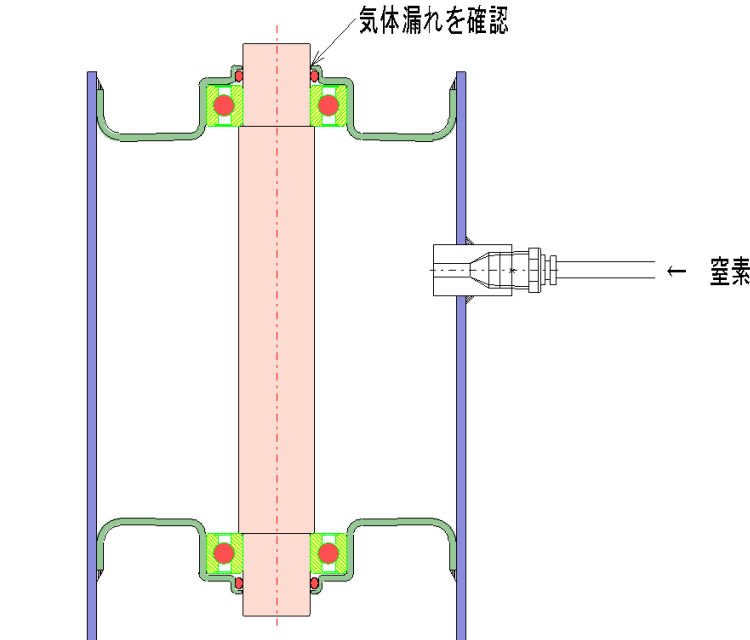
形式	開放型(オープン)	シールド	シール (ブリーザー有)	シール (ブリーザー穴無)
呼び番号(例)	6205	6205ZZE	6205-2NSE	6205-2NSE-NB
図・構造				
特長	—	・鋼板製非接触シールド ・グリース封入済	・シール型の標準仕様 ・軽接触型ゴムシール ・シール外径に「ブリーザー」穴有 (低トルク維持) ・内輪回転に適している ・グリース封入済	・シール型の特殊仕様 ・軽接触型ゴムシール ・シール外径に「ブリーザー」穴無 (耐水性向上仕様) ・外輪回転に適している ・グリース封入済
摩擦トルク	◎	◎	○	○
グリース密封性	×	○	◎	◎
防塵性	×	○	◎	◎
防水性	×	×	○	◎
コスト	◎	○	△	×

シール耐圧性能(高気密タイプ)

試験方法:

ローラ長さ250のサンプル製品を製作し、ローラパイプ部に窒素充てん口を追加施工。
外部よりローラ内部に対して窒素充てんを行い、オーリング部からの気体漏洩を確認する。

- ①徐々に昇圧し、内部圧力0.5MPa、1.0MPaのオーリング部からの気体漏洩の有無を確認。
- ②急激に昇圧し、①との比較を行う。



結論:

オーリングによる気密性は、0.5MPa、1.0MPaで問題なく保持された。

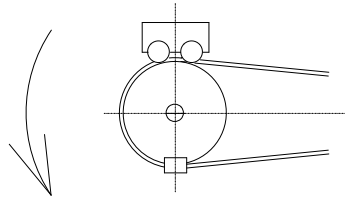
急激な圧力上昇を行っても、1.0MPaでの漏れは無かった。

⇒船上での洗浄水・波浪を考慮しても十分なシール性能が確認された。

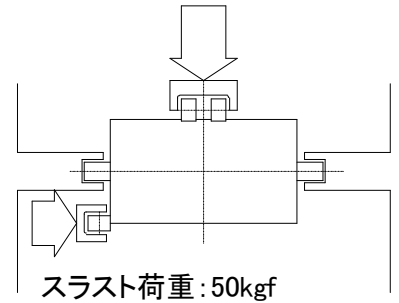
ローラ連続負荷運転試験(高気密タイプ)



ローラ回転数: 410rpm



ラジアル荷重: 200kgf



スラスト荷重: 50kgf

試験目的: 実機同様の運転条件下でのベースタイプと高気密タイプのシール性能の比較を行った。

製品: ベースタイプ: ローラ長さ250mm、オーリングなし
高気密タイプ: ローラ長さ250mm、オーリングあり

試験方法: 以下の条件で運転を行い、累計のローラ回転時間の比較を行った。

運転及び評価方法:

①各製品を連続負荷試験機に設置する。

固定軸にはローラ内部に通じる内部圧力測定用のポートがあり、ローラ内部圧力を常時測定。

②ラジアル荷重200kgf、スラスト荷重50kgfを負荷として掛ける。

③回転数410rpmでローラを回転させる。

④回転開始後5時間後、10分間水道水をローラ軸端部に散水する。(回転は継続)

⑤回転開始後10時間でローラ回転停止する。夜間の14時間は停止。

⑥③～⑤を繰り返す。

運転時はベルト摩擦・ベアリング発熱により内部圧力は上昇する。(概略+30kPa)

散水およびローラ停止により、冷却され内部圧力は下降する。(概略-20kPa)

シール性能が維持されている間は、運転・停止のサイクルに応じてローラ内部圧力が変動する。

シール性能が低下するに従い、ローラ内部圧力の変動幅が減少する。

⑦運転サイクルに応じた内部圧力変動幅が5kPa以下となるまでの累積ローラ回転時間を評価。

試験結果: ベースタイプ: 26hr

高気密タイプ: 260hr以上

(ローラ受圧部の金属変形のため装置干渉して停止。停止時も内部圧力は保持)

高気密タイプは、ベースタイプ品の10倍以上の気密性保持時間を記録した。

オーリング劣化について

オーリング(材質:NBR)の劣化についての、一般的評価と本製品の場合の評価を下表に示す。

劣化要因	温度	紫外線	異物キズ	水分・油膜切れ
一般的な評価	使用温度範囲: -24~100℃ 高温側は変形・変質、低温側はゴム弾性の低下によるシール性低下	紫外線によりゴム材質の劣化、寸法変化を引き起こす	異物侵入によるキズでシール性低下する	油膜切れにより異常摩耗する。
本製品の場合	連続負荷試験(当社実施)でのBRG部最高温度は60℃であった。	最外面は金属フランジで覆われているため影響は最小。	最外面は金属フランジで覆われているため影響は最小。	製品組立時にオーリング及び溝部にグリース塗布施工
評価	◎	○	○	△

寿命予測(ベアリング)

基本定格寿命:

ベアリング: 6205

C(基本動定格荷重): 1430kgf

P(動等価荷重): 120kgfより

$L_{10h}(\text{基本定格寿命}) = 500 \cdot f_h^3$

$L_{10h} = 500 f_h^3$

= 46,960 hr

【6日(144hr)*24航海/年として13.5年】

グリース寿命:

ベアリング: 6205

Cr(基本動定格荷重): 1430kgf

Pr(動等価荷重): 120kgfより

$Cr/Pr = 11.9$

線図より $f_L = 1.0$

$n_0: f_L \times 13,000(\text{rpm}) = 13,000$

$n: 600(\text{rpm})$ より

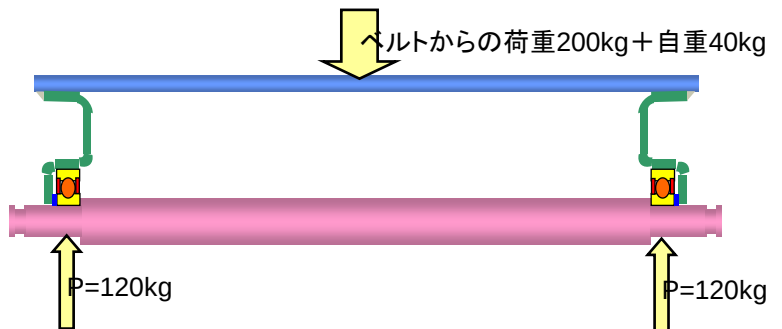
$n_0/n = 21.7$

$d = 25$

$n_0/n = 21.7$ のため

封入グリース寿命 $h = 44,000$ hr

【6日(144hr)×24航海/年として12.7年】



結論:

基本定格寿命、グリース寿命ともに4万時間を超える計算結果。海上での劣悪な環境さえ遮断できれば、速度・荷重の条件は寿命上問題なし。

寿命予測（シェル）

評価方法：

ベースタイプローラ（納品後客先にて使用中のもの）を引き取り、解体および外面腐食評価した。

3年使用後のローラパイプ腐食減肉状況は、内面側減肉は認められず、外面側の腐食減肉が支配的であった。

3年使用後の肉厚から、6年使用後の残存肉厚を推定し、強度的にローラパイプとして機能するか否かを評価した。

【評価品の再塗装状況は不明のため、注意が必要】



製品納品時期：2011年5月

製品評価時期：2014年5月

（納品後3年使用）

ローラパイプ肉厚：製造時 3.5mm ⇒ 3年使用後 3.0mm（3年間で0.5mmの減肉）

使用3年間の減肉量から、ローラ目標寿命6年間の腐食減肉量を1.0mmと仮定し、強度評価した。

①温度変化による圧力上昇に対するシェルの耐圧能力評価

製造時空間：大気圧、0℃とし、使用最大温度：赤道圏、50℃とする。

オーリングによる気密性が保持されているものとして、空間内気体を理想気体とすると、内部圧力は、ボイル・シャルルの法則より、

$P' = P \times T' / T = 1.033 \times [(273+50)/273] = 1.22(\text{kgf/cm}^2\text{-abs})$ より、ゲージ圧 $P' = 1.22 - 1.03 = 0.19\text{kgf/cm}^2$

パイプ形状のシェルの耐圧能力について弱い軸方向断面について応力評価を行う。

$\sigma = PD/2t = (0.19 \times 14)/(2 \times 2.5) = 0.53\text{kgf/mm}^2$ となり STKの許容応力 $\sigma_y = 24\text{kgf/mm}^2$ より問題なし。

②機械部品としての、曲げモーメントを受けるパイプ梁としての応力評価

・ローラパイプ減肉後の $t=2.5\text{mm}$ のパイプ梁として応力評価した。

・荷重条件はベアリング寿命評価と同じく、120kgfの荷重をローラ長2,000mmの両端で支持するものとする。

・断面係数はローラの重力方向上半分で評価する。（半パイプとしての断面評価）

当該断面の断面係数は、 $Z = Z1 - Z2$ として、

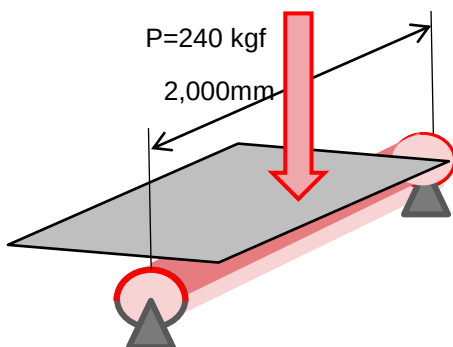
$Z1 = (9\pi^2 - 64)D^3/[192(3\pi - 4)] = 62,642 \text{ mm}^3$

$Z2 = (9\pi^2 - 64)d^3/[192(3\pi - 4)] = 56,077 \text{ mm}^3$ より、 $Z = 62,642 - 56,077 = 6,565 \text{ mm}^3$

パイプ中心部に掛かる曲げモーメントは $M = 1000 \times (240/2) = 120,000 \text{ kgf} \cdot \text{mm}$

従って当該断面の最大応力は、 $\sigma = M/Z = 120,000/6,565 = 18.3\text{kgf/mm}^2$ となり、

STKの許容応力 $\sigma_y = 24\text{kgf/mm}^2$ より問題なし。



結論：

ベースタイプ製品の3年使用後製品のローラパイプの腐食状況から、6年間で1mm程度の減肉が推定されるが、減肉後の板厚でも、ローラパイプの機械的強度は満足する。

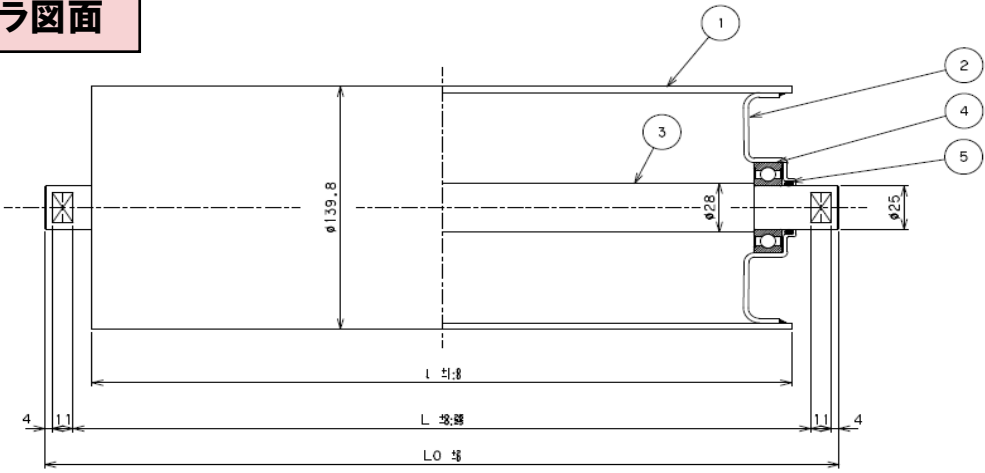
寿命予測に関する結論：

ベアリング・シェルの寿命予測の結果、ローラの目標寿命6年間を満足する結果となった。

納入実績

納入年	ローラ タイプ	5インチローラ									その他 (6インチ 等)	年合計	
		ローラ長さ(mm)											
		370W	525W	550W	620W	700W	900W	1530W	1750W	1950W			
2011	ベース タイプ	55	4	480	250	36	0	187	111	25	0	1,148	
2012		108	15	550	266	30	70	235	95	62	0	1,431	
2013		145	0	350	1,041	50	50	265	95	182	0	2,178	
2014		112	0	406	854	81	4	196	100	117	0	1,870	
2015	高気密 タイプ	23	10	182	210	40	36	93	40	42	0	676	3,073
		87	30	617	1,016	50	0	270	132	195	0	2,397	
2016		296	0	680	2,170	310	45	685	172	304	0	4,662	
2017		154	25	719	1,865	177	50	708	125	490	298	4,611	
2018		430	25	793	2,370	283	80	858	150	566	0	5,555	
2019		260	0	190	2,850	190	0	745	50	640	695	5,620	
2020		135	0	70	2,455	145	0	682	0	564	170	4,221	
合計		1,805	109	5,037	15,347	1,392	335	4,924	1,070	3,187	1,163	34,369	

5インチローラ図面



コ メ ント	ローラ長さ L	ローラ取付寸法 L	ローラ軸長 L0	備 考
370W	370	390	420	
550W	550	570	600	
620W	620	640	670	
700W	700	720	750	
900W	900	920	950	
1530W	1530	1550	1580	
1750W	1750	1770	1800	
1950W	1950	1970	2000	

納入先実績(5インチローラ)

海運 美須賀海運(株)、八馬汽船(株)、三菱鉱石輸送(株)、太洋日本汽船(株)
商船三井テクノトレード(株)、SANDIGAN SHIP SERVICES Inc. 他
陸上 住友化学(株)、住友金属鉱山(株)、大王製紙(株) 他 (敬称略)