

表9.1.1-1 要因分析表

発生事象	想定事象	要因1	要因2	要因3	確認方法	確認結果	No.		
吊り荷重急減	IVTM 落下	巻上機構異常	ワイヤー破断			ロードセル荷重 ワイヤーロープ現場調査	× ・8月26日の荷重チャートにてロードセル荷重がゼロでは無いことを確認した ・現場分解調査により、ワイヤーロープに破断がおきていないことを確認した	1	
			ロードセル取付ナット分離			ロードセル荷重 ロードセル現場調査	× ・8月26日の荷重チャートにて、グリッパ単体の荷重が前回作業と同等の重量を示していることから、ロードセル取付ナットは分離していない ・現場分解調査により、ロードセル取付ナットが取付られていることを確認した	2	
			ECモータ故障			ストローク指示値	× ・モータが故障すればワイヤーが送り出されるためストロークも下限となるはずであるが、ストローク16.99mで停止しているため異常はない	3	
		AHMグリッパ異常	爪が閉じた	爪開閉ロッドの誤動作			つかみLSの確認	× ・工場調査にてLSの動作確認を実施し、異常が無いことから、LS異常によるロッドの誤動作では無いことを確認した	4
				爪開閉ロッドの磨耗、へこみ			爪位置の外観調査	× ・現場分解調査の結果、爪開閉ロッドの位置は正常なつかみ位置にあるため誤動作ではないことを確認した	5
			爪が外れた	爪開閉ロッドの磨耗、へこみ			分解調査による確認	× ・工場調査にて寸法を測定した結果、爪がH/H内径寸法よりも小さくなるような爪開閉ロッドの磨耗、へこみは観察されなかった	6
				爪旋回軸のピン(接続ピン)が破断			爪の外観調査	× ・現場分解調査により、爪および接続ピンの外観確認を実施し、接続ピンが破損していない事を確認した	7
				爪旋回軸のピン(接続ピン)の抜け			爪の外観調査	× ・現場分解調査により、爪および接続ピンの外観を確認し、接続ピンが抜けていないことを確認した	8
			爪が壊れた	爪が内側に曲がった			爪の外観調査	× ・現場分解調査により、爪の外観を確認し、爪が曲がっていないことを確認した ・工場調査により、爪の寸法に異常が無いことを確認した	9
				爪先端引っ掛かり部破損・磨耗			爪の外観調査	× ・外観点検により、爪先端引っ掛かり部に爪が壊れるような大きな損傷のないことを確認した ・ただし、270°側 爪先端引っ掛かり部の上面に擦り傷があり、同角部にメクラが発生していることを確認した	10
	グリッパ爪つかみ不完全 (爪先端引っ掛かり部に乗り上げ、爪が開ききっていない)	つかみ位置 LS位置不良	爪の開閉寸法確認 (調整記録確認含む)			爪の開閉寸法確認 (調整記録確認含む)	× ・平成15年6月のパワーシリンダ交換時の爪開閉記録は正規の開閉寸法となっており問題無いことを確認した ・平成20年1月の点検時の爪開閉記録は正規の開閉寸法となっており問題無いことを確認した	11	
			LSの経年劣化			分解調査による確認	× ・工場調査で分解時にLS動作確認を行い、異常が無いことを確認した	12	
			LS設定位置不良			分解調査による確認	× ・工場調査によりパワーシリンダ単体でLS設定位置を確認し異常がないことを確認した	13	
			LS取付ねじの緩み			分解調査による確認	× ・工場調査により、LS取付ねじがエポキシで固定され、緩みがないことを確認した	14	
			LS取付けロッドの変形			分解調査による確認	× ・工場調査により、LS取付ロッドが変形していないことを確認した	15	
		つかみ位置ランプ誤点灯			つかみ判定LSロジック確認 (ECWD確認)	× ・LS信号のA接点の単純なANDロジックのため、LS動作しない限り、リレーに電圧印加されず、ランプ誤点灯や他信号誤成立はないことを確認した	16		
		パワーシリンダの接続ピン破損			分解調査による確認	× ・現場分解調査により、パワーシリンダ接続ピンの外観を確認し、ピンが破損していないことを確認した	17		
		爪開閉ロッドの回転	U字金具の緩み			分解調査による確認 パワーシリンダ点検記録確認	△ ・爪開閉ロッドの回転がIVTM落下を生じた要因である可能性があるため、表9.1.1-2で爪開閉ロッド回転に着目した要因分析を参照	18	
		つかみ時の芯ずれ				各部の図面寸法確認	× ・つかみ具の芯ずれは最大で2mm程度であり、爪が正規寸法に開いていた場合、爪がつかみ不完全の状態になることが無いことを確認した	19	
		上記以外の原因で爪が十分開いていなかった (爪開閉ロッドの磨耗、へこみ)	爪開閉ロッドの磨耗、へこみ			分解調査による確認 爪開閉点検記録の確認	× ・工場調査にて寸法を測定した結果、爪がH/H内径寸法よりも小さくなるような爪開閉ロッドの磨耗、へこみは観察されなかった	20	
	IVTM ハンドリングヘッド(H/H)異常	爪先端引っ掛かり部破損				IVTM 上部外観調査	× ・ファイバースコープによる上面の観察では、特に異常は確認されていない ・H/H上部をベリスコブにて確認し、異常が無かった	21	
		H/H取り付けボルト部 分離				IVTM 上部外観調査 (グリッパ部へのH/H残存確認)	× ・8月28日の点検にて、グリッパ部へH/H部品が残存していないことを確認した	22	
	グリッパ爪「はなし」信号誤出力	モータ誤動作	制御装置除外モードにしていた(除外モードの場合、運転中でも爪開閉作業は可能になる)			PB誤操作/ブレーキ誤動作除く、下記2要因(リレー誤動作、制御装置故障)発生有無	× ・モータ駆動用コンタクト動作が必要で、単体誤動作はない。 PB誤操作/ブレーキ誤動作除く、以下2つの要因(リレー誤動作、制御装置故障)に帰着する。 ・現場分解調査により爪開閉ロッドが所定の上下位置にあることを確認した	23	
						作業者のヒヤリング 制御装置選択COS選択状態	× ・制御装置(使用)にしていなくて、吊り不吊り判定もしないので、チャートで判定を行っていることから「使用」で運転していたことは間違いないことを確認	24	
		リレー誤動作			リレー接点使用方法 つかみランプ点灯状態	× ・グリッパ爪開閉に係るリレーロジックはA接点構成の正論理であり、リレー単体の誤動作結果とは考えられない。 尚、「つかみ」ランプが点灯維持のため、はなし誤信号の後、再度つかみ誤信号発生は考えられない。 ・現場分解調査により爪開閉ロッドが所定の上下位置にあることを確認した	25		
		ブレーキ誤動作			ブレーキ動作状態(励磁、無励磁)	× ・ブレーキコイル励磁でブレーキ解除につき、爪開閉モータ駆動用コンタクト動作が必要のため、単体での誤動作はない。 ・現場分解調査により爪開閉ロッドが所定の上下位置にあることを確認した	26		
		制御装置故障				つかみランプ点灯状態	× ・「つかみ」ランプが点灯維持のため、はなし誤信号の後、再度つかみ誤信号発生は考えられない。 ・現場分解調査により爪開閉ロッドが所定の上下位置にあることを確認した	27	
ロードセル異常				A/Bロードセルの確認	× ・8月26日の荷重チャートにて、グリッパ単体の荷重が前回作業と同等の重量を示していることからロードセルの異常は無いことを確認した	28			

【確認結果の分類】

- : 要因である
- △: 可能性は否定できない
- ×: 要因ではない

表9.1.1-2 爪開閉ロッドの回転に関する要因分析表

発生事象	要因1	要因2	確認方法	No.	確認結果	
爪開閉ロッドの回転	パワースリンダリ字金具のねじが緩んだ	メーカ標準仕様書の認識不足	元請メーカ仕様及びパワースリンダメーカ取扱説明書の確認	18-1-1	メーカへの購入仕様では特別なワッシャ締込み管理は要求していない(メーカ標準で実施)	
		購入品メーカでの組立時の締込み不足	購入品メーカでの組立プロセス確認(ヒヤリング)	18-1-2	購入品メーカでは組立プロセスを管理していることを確認した	
		現地組立時の取付不良	現地組立時の取付方法の確認	18-1-3	通常使用では爪開閉ロッドは爪等に拘束され回転しないため現場組立で確認の必要性はない ・保守点検時重量大型キヤスクの点検 原子炉機器輸送ケーシング点検にも応用はない。	
		ワッシャの経年劣化	外観、寸法、硬さの確認(ワッシャ材質:ニトリルゴム(NBR))	18-2	工場調査の結果、ワッシャが硬くなり、かつ変形が確認された(約7%の減厚減少及び、上面下面の穴)	
		左右の爪のアンバランス接触による緩み発生	爪開閉ロッド接触直状態確認 分解調査での寸法検査	18-3	爪開閉ロッドの90円面に接触痕は対角にあるため、アンバランスな接触状態は確認できなかった ・ワッシャの硬さ、爪の寸法は設計寸法どおりで異質が無いことを確認した ・爪開閉ロッドの詳細測定に基づき重心位置を確認する	
		移送時などの振動により緩み発生	分解調査(寸法、緩み確認) 昇降・移送・起立等の履歴調査	18-4	現地分解調査の結果、リ字金具のねじが緩んでいた ・AHMクランプ昇降時の乗上げ装置からの震動伝達やAHM構造物の移送、起立、撤去に伴う振動等が加振源として考えられる。	
		疲労	分解調査(破面観察)	18-5	現地調査により、リ字金具のねじが破断していることを確認した。従って、疲労によるねじの破断は無い	
		過荷重	分解調査(破面観察)	18-6	現地調査により、リ字金具のねじが破断していることを確認した。従って、過荷重によるねじの破断は無い	
		腐食	分解調査(外観調査)	18-7	現地調査の外観調査により、リ字金具のねじが破断していることを確認した。従って、腐食によるねじの破断は無い	
		接続ピンが破損した	分解調査(割リピンの破損)	18-8	現地分解調査により、割リピンは健全であり、接続ピンは抜けていない事を確認した。	
			疲労	分解調査(破面観察)	18-9	現地調査により、接続ピンが破断していないことを確認した。従って、疲労によるねじの破断は無い。
			過荷重	分解調査(破面観察)	18-10	現地調査により、接続ピンが破断していることを確認した。従って、過荷重によるねじの破断は無い。
			腐食	分解調査(外観調査)	18-11	現地調査の外観調査により、接続ピンが破断していないことを確認した。従って、腐食によるねじの破断は無い
			パワースリンダロッドの上端廻り止めが機能しなかった	分解調査(パワースリンダ分解後に実施)	18-12	工場調査の外観調査、パワースリンダ分解調査により、ロッド上端廻り止めの実施されていることを確認した
			パワースリンダロッドの下端廻り止めが機能しなかった	分解調査(パワースリンダ分解後に実施)	18-13	工場調査の外観調査、パワースリンダ分解調査により、ロッド下端廻り止めの実施されていることを確認した
	パワースリンダに内蔵されたスライドナットの廻り止めが機能しなかった	分解調査(パワースリンダ分解後に実施)	18-14	工場調査の外観調査、パワースリンダ分解調査により、スライドナットの廻り止めの実施されていることを確認した		
	爪開閉ロッドのパワースリンダとの接続部破損	分解調査	18-15	工場調査の外観調査により、爪開閉ロッドの先端(リ字金具との接続部)が破損していない事を確認した		

【確認結果の分類】

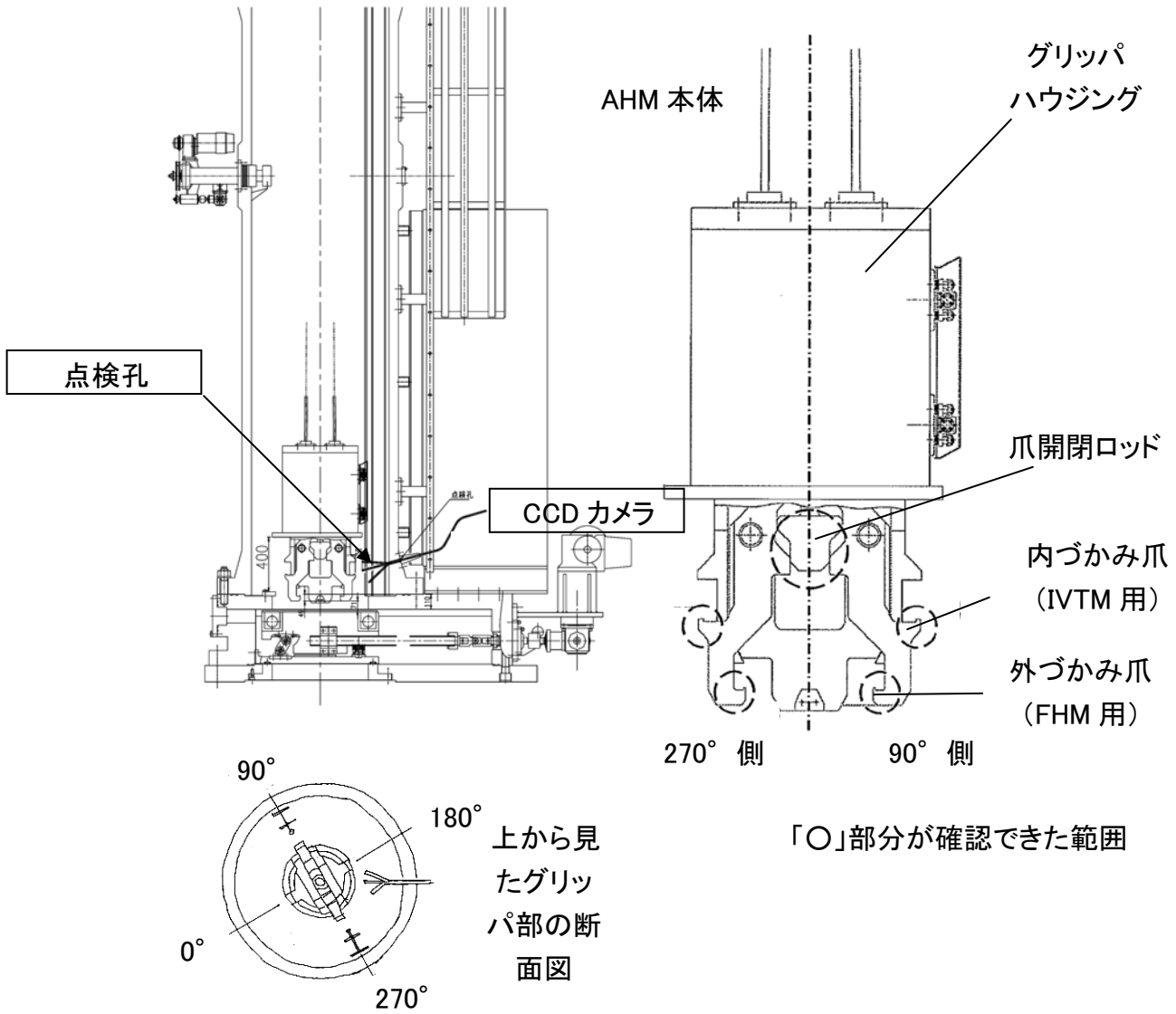
- ： 要因である
- △： 可能性は否定できない
- ×： 要因ではない

表 9.1.2-1 調査項目一覧

設備	実施項目	調査場所	調査目的	内容・備考
グリッパ	外観調査	現地	・AHM内部各構成部品の状態確認	AHM点検孔よりCCDカメラを挿入して確認する。
			・グリッパの状態確認	AHMをM/Bに移動後にグリッパの外観調査を行う。
	分解調査	工場	・グリッパ構成部品の状態確認 ・寸法計測	上記外観調査終了後にグリッパを分解して状態を確認する
	ゴムフツジャの調査		・グリッパ構成部品の状態確認 ・グリッパの詳細寸法計測	3次元計測等により、構成部品の正確な寸法を把握する。 寸法・目視確認他
AHM グリッパの昇降荷重データトレンド評価	現地	・フツジャの経年劣化確認 ・吊り荷重急減の状況及び原因の調査	今回と平成21年昇降荷重データの比較分析	
購入品メーカーのプロセス確認(ヒアリング)	—	当該品購入時のU字金具の締め込み不足の有無確認	パワーシリンダメーカーのヒアリングを行い、当該品購入時のU字金具の締め込み不足の有無を確認する。	
IVTM	外観調査	現地	・破損状況の確認 ・着座位置の確認 ・各部の状態確認	炉内観察用フランジの点検窓から目視、カメラ(ズーム)、ファイバースコープによる確認。
			・ハンドリングヘッド付近の詳細な状態確認	ペリスコープタイプ CCD カメラを準備・製作し、ハンドリングヘッド付近の詳細な状態を確認する。
	レーザー距離計による計測		・着座位置の確認 ・破損状況の確認	プラバグ設置、炉内観察用フランジのプラグ孔からファイバースコープを挿入して近接観察する。
			・着座位置、着座状態の確認	点検窓(アクリル)からIVTMまでの距離計測を行い、着座位置及び着座状態(水平度)を確認する。
回転ラック駆動軸接続確認		・着座位置の確認	IVTM本体と回転ラック駆動軸の接続操作を行い、IVTMが正規の位置に着座していることを確認する。	

表 9.1.2-2 AHM グリッパ昇降荷重変動調査工程

項目・設備	平成22年9月							平成22年8月													
	26(水)	27(金)	28(土)	28(日)	30(月)	31(火)	1(水)	2(木)	3(金)	4(土)	5(日)	6(月)	7(火)	8(水)	9(木)	10(金)	11(土)	12(日)	13(月)	14(火)	
グリッパ調査項目	グリッパ調査項目																				
	CCDによる内部確認 AHM取外し AHM M/B移送 グリッパ外観調査 グリッパ分解調査 グリッパ分解調査 グリッパ分解調査 レーザ距離計による位置確認 回転フック駆動軸接続確認 レーザ距離計による計測 ペリスコープタイプQDカメラによる観察																				
IVTM調査項目	IVTM調査項目																				
	上部点検窓設置 目視確認・CCDによる外観調査 レーザ距離計による位置確認 グリッパ工場寸法測定 コムフッシャ調査 購入品メーカーのプロセス確認																				



AHMグリッパ外観確認方法

AHMグリッパ外観調査箇所

図 9.2.1-1 AHMグリッパ外観確認方法と調査箇所

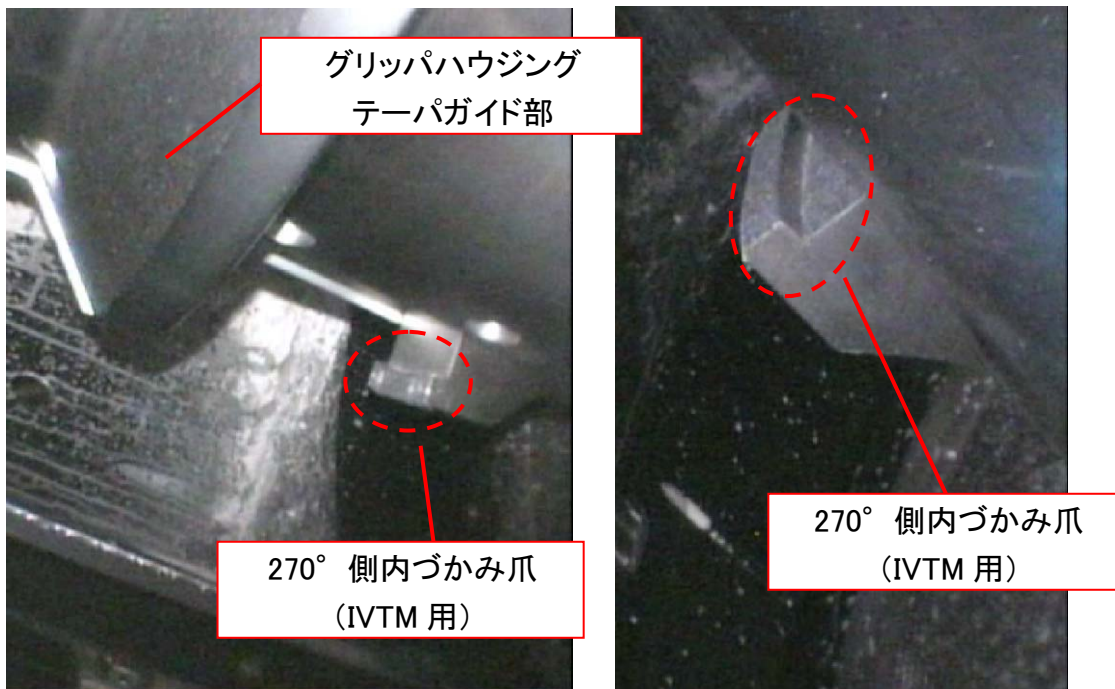
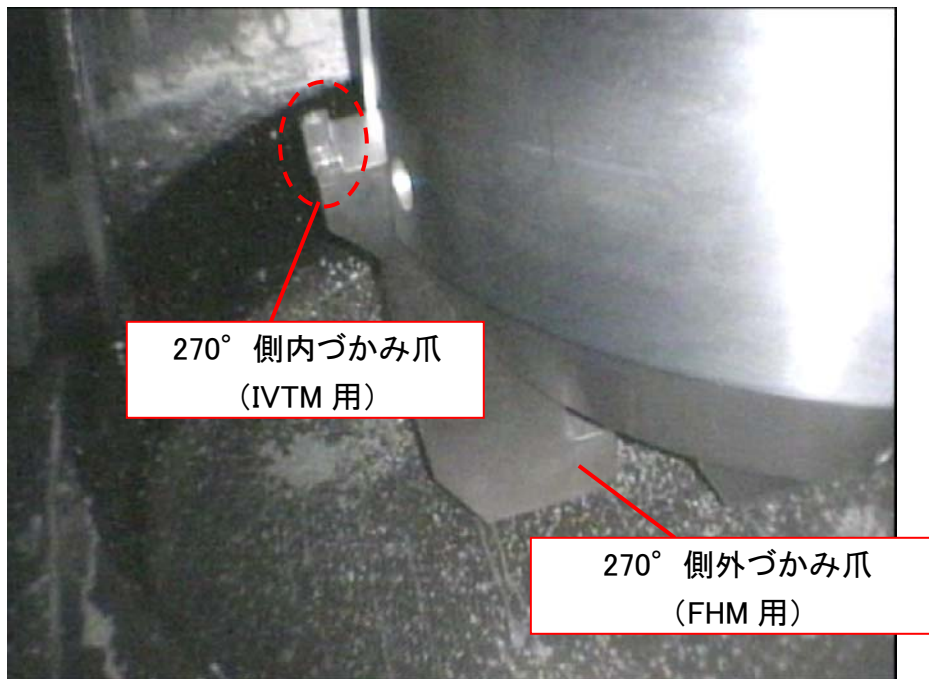


図 9.2.1-2 AHMグリッパ外観調査結果(1)



270° 側グリッパ爪
の内部の引っ張り

90° 側グリッパ爪
の内部の引っ張り

爪開閉ロッド

図 9.2.1-3 AHMグリッパ外観調査結果(2)

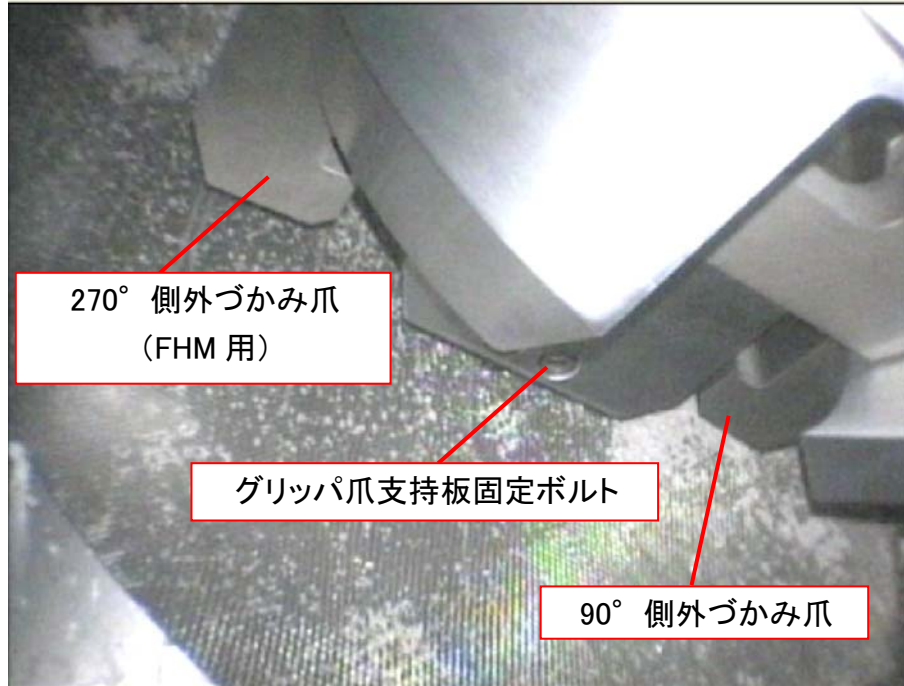
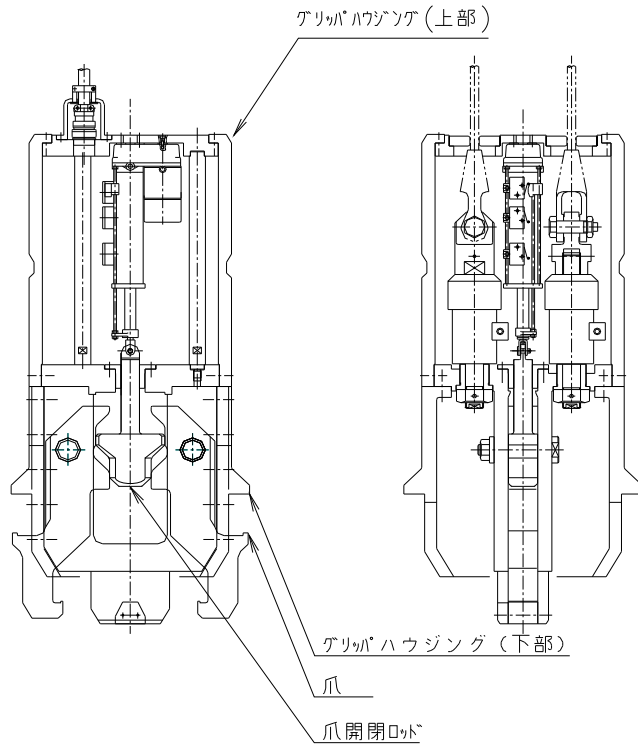


図 9.2.1-4 AHM グリッパ外観調査結果(3)

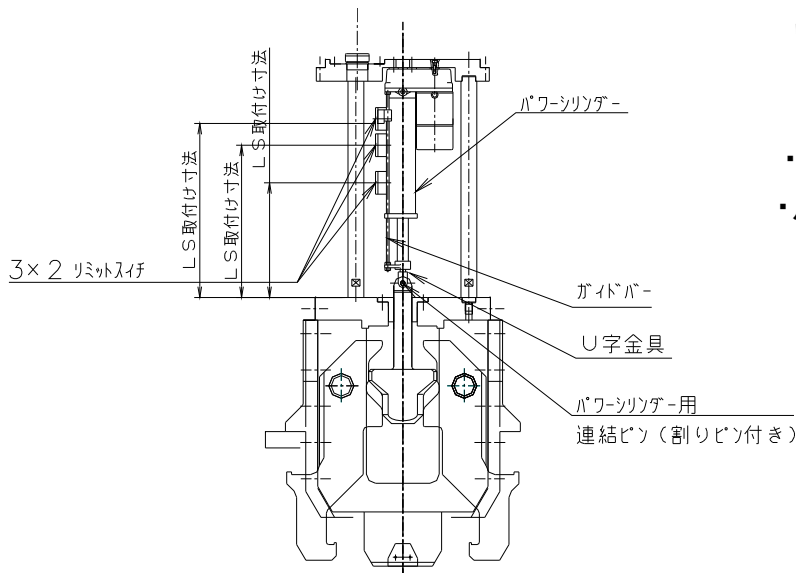


AHMをM/B内機器試験ピットに据付け、ドアバルブを開放して、手動にてグリッパをストローク位置約17mまで下降させた状態

- ・爪開閉ロッドの外観調査
- ・爪の外観調査
- ・爪開閉ロッドの回転角度
- ・爪内づかみ状態の爪幅及び支持板下端～爪開閉ロッド下端寸法
- ・グリッパ本体の傾き量

図 9.2.2(2)-1 グリッパ分解前

分解調査①の状態より、グリッパハウジング(上部)を取り外した状態



- ・グリッパハウジングの外観調査
- ・爪支持板先端と爪との隙間測定
- ・パワーシリンダの調査

図 9.2.2(2)-2 グリッパハウジング上部取外し



図 9.2.2(3)-1 AHMグリッパ構成部品

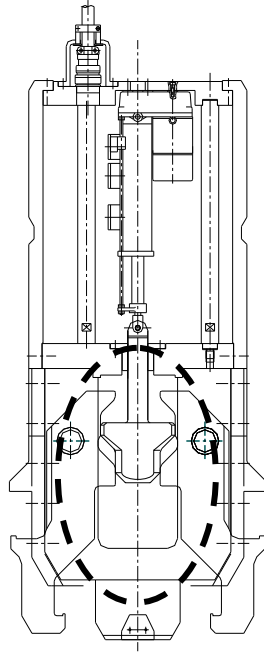


図 9.2.2(3)-2 爪開閉ロッドの外観調査箇所



図 9.2.2(3)-3 爪開閉ロッド外観

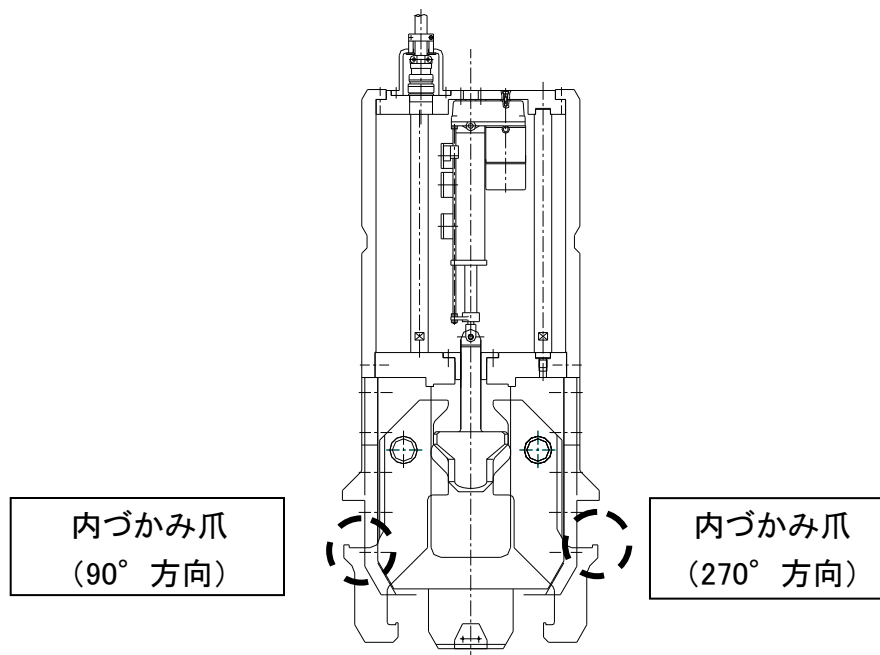


図 9.2.2(3)-4 内づかみ爪の外観調査箇所



図 9.2.2(3)-5 内づかみ爪(90° 方向)外観

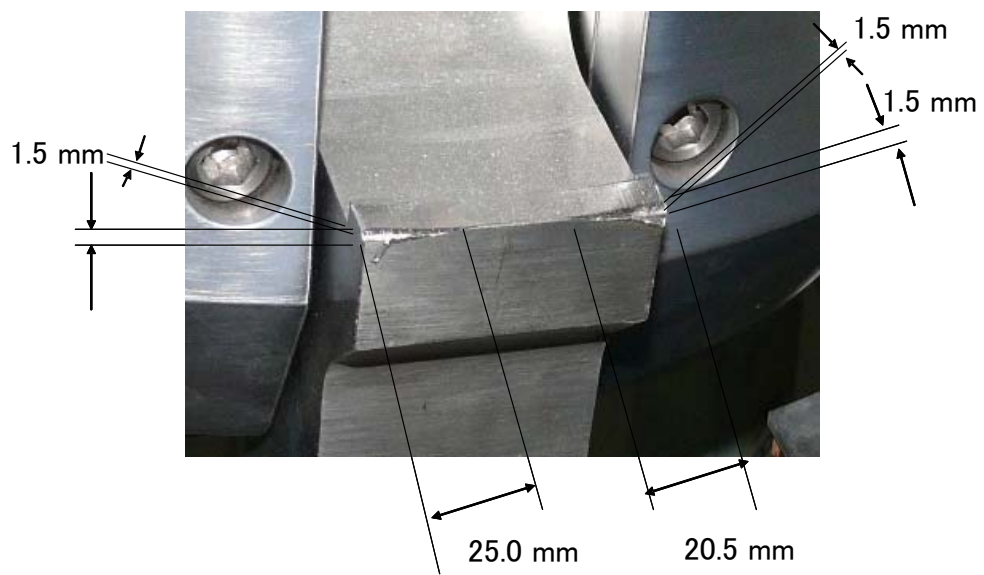
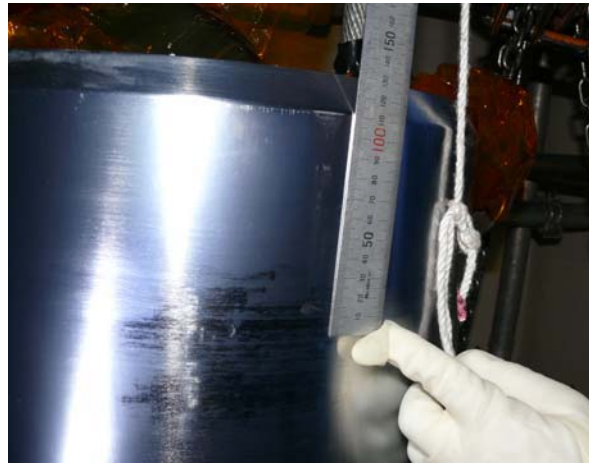
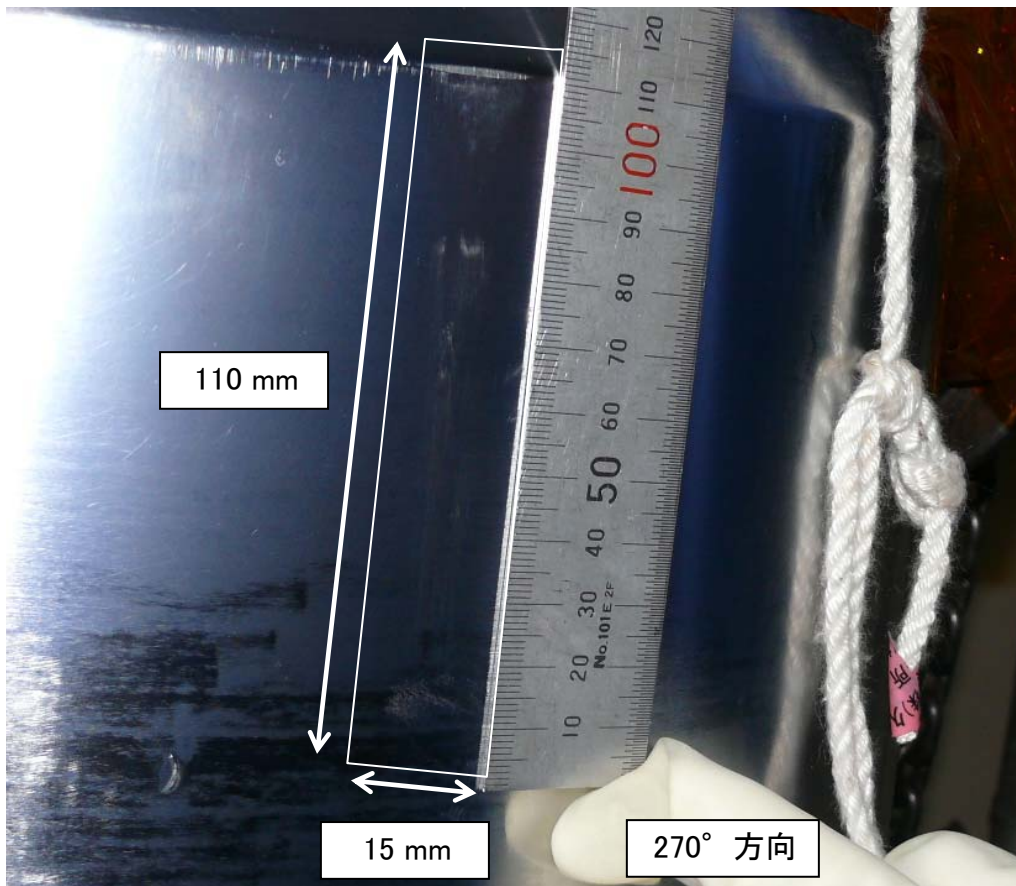


図 9.2.2(3)-6 内づかみ爪(270° 方向)外観



(a) 全体画像



(b) 拡大画

図 9.2.2(3)-7 グリップハウジングの外観調査状況

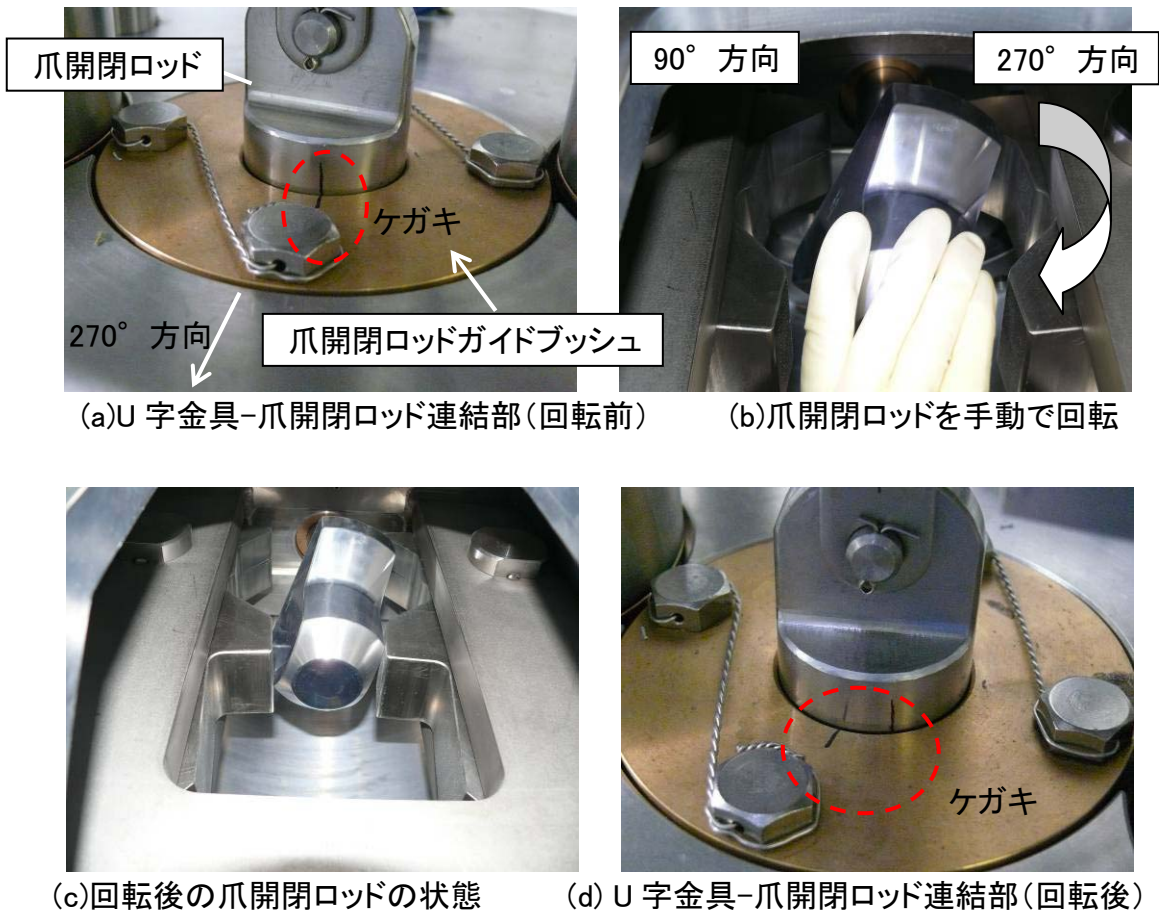


図 9.2.2(3)-8 爪開閉ロッドの回転角度の確認

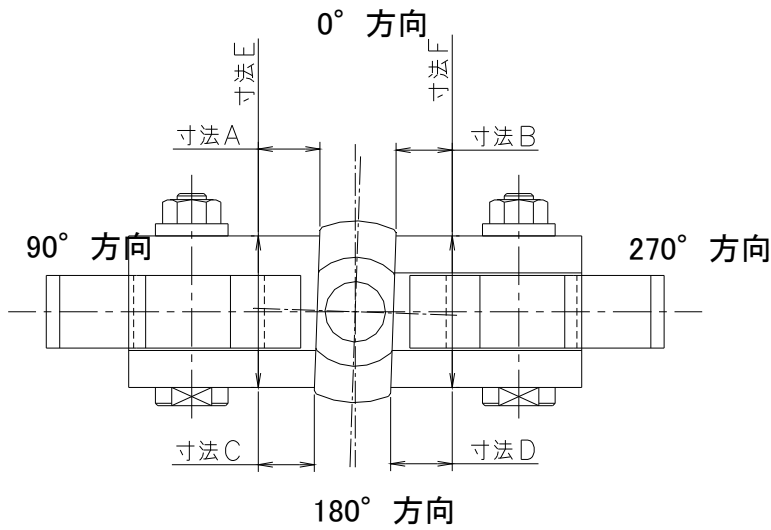


表 9.2.2(3)-1 寸法測定結果
(爪開閉ロッドの回転角度)

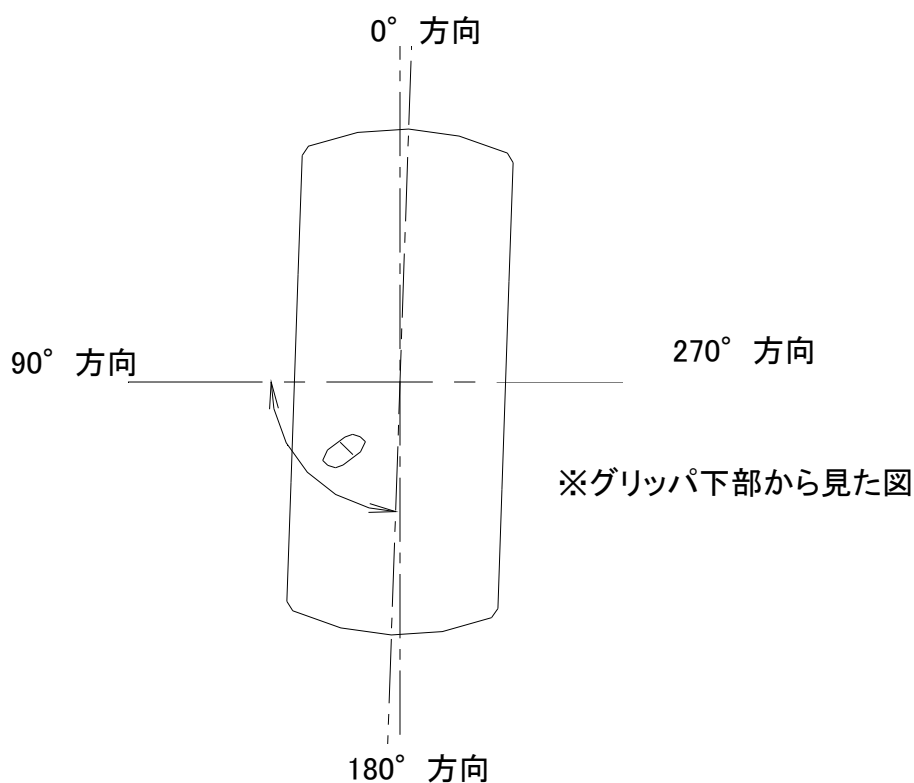
測定箇所	測定値 [mm]
A	51
B	49
C	47
D	52
E	125.18
F	125.21

図 9.2.2(3)-9 寸法測定箇所
(グリッパ爪開閉ロッドの回転角度同定)

注) E、F はノギスで計測



図 9.2.2(3)-10 寸法測定の様子(爪開閉ロッドの回転角度)



$$\begin{aligned} \text{爪開閉ロッド回転角度 } \theta_1 &= \arctan\left(\frac{125}{51-47}\right) \\ &= 88.2^\circ \\ &\approx 90^\circ \end{aligned}$$

※爪開閉ロッド回転角度 θ_1 は、寸法 A、C から算出した。
 ※グリッパ爪支持板間距離は、図面寸法から 125mm とした。

$$\begin{aligned} \text{爪開閉ロッド回転角度 } \theta_2 &= \arctan\left(\frac{125}{52-49}\right) \\ &= 88.6^\circ \\ &\approx 90^\circ \end{aligned}$$

※爪開閉ロッド回転角度 θ_2 は、寸法 B、D から算出した。
 ※グリッパ爪支持板間距離は、図面寸法から 125mm とした。

図 9.2.2(3)-11 爪開閉ロッド回転角度