

軽量主鏡には軽量セルが良く似合う

「すばる」の薄メニスカス ULE 主鏡の厚さと口径の比は 1/40、薄くすることで軽量化を図った。この 8 m 主鏡を支えるのは 261 本のアクチュエータと 3 個の固定点。望遠鏡に主鏡を装着するためには、これらアクチュエータと固定点を理想的に支える主鏡セルが必要となる。高精度追尾を達成し、主鏡を吊るクレーン作業ではセルに装着した状態で安全性を図りたい……。高剛性で軽量の主鏡セル造り物語の始まりであった。

それは、材料選びから始まった

主鏡セルの基本材料は鋼板と抜きパイプである。軽量化への第一歩は、鋼板厚を 12 mm から 8.5 mm にすることから始まった。主鏡が約 24 トンなので、それに見合ったセルの重量を考えると 3 mm の差は非常に重要な意味を持つ。直径 9 m を超すセルの材料となると、幅 4.5 m を 2 枚合わせても少し足りない。しかも、板厚公差 +0.5 -0 mm。これまでの常識を超えた平坦度の要求だ。この要求に応じて、過去のデータを参考に圧延の機械の極限的な調整に挑戦して頂き、見事な圧延鋼板ができあがった。

もう一つの材料である抜きパイプは上下 2 枚の穴あき基板を接合する部品。このため、真円度と太さが精度を決めるキーポイント、アクチュエータの数だけ同じ物を整える必要があった。後日、担当の方の苦勞話に、大工が柱を選ぶ話は聞くが「鍛冶屋（製缶物を造っている）がパイプを選ぶなんて」と伺って、その情熱に感激した。

溶接品質を支えるもの、それは名人芸

我々素人は 9 mm 厚の鋼板が簡単に歪むものか？と思いがちであるが、長さ 9.2 m、幅 4.5 m ともなると話が変わる。基板の接合と熔断には補強を含めて相当神経を使う。溶接は歪みとの戦いである。

製缶物の精度は 3 mm が常識のようで、今回はアクチュエータの取付精度からの要求で 0.2 mm

と厳しかった。6 穴の部分モデルで溶接の影響と加工性を調べた結果、ダイアフラムでパイプを補強し、8 リングあるアクチュエータ取付パイプを 2 リングおきに継ぎ、可能な限り機械加工することで、スタートのめどをつけたと伺った。6 穴モデルは溶接の品質評価を行うため、溶接箇所を切断して、申し分ないでき映えが確認されている。

大きくて沢山の溶接箇所は、伸縮を極力少なくするように心がけた溶接名人達のチームワークで次々にできあがっていった。また、完成後の剛性は十分にしても溶接半ばでの反転では撓みを生じる。部品の 3 倍もの鋼材で補強したそうである。

高精度万能工作機械、その名はターンミラー

直径 9 m を超える主鏡セルの基板の穴あけ加工には、同時 4 軸制御、門幅 9 m を超えるターンミラーと呼ばれている工作機械が使われた。2 枚の基板は回転台の上に重ねて置かれ、特別に工夫を施した治具で穴の周りを固定し、次々に切削された。

ターンミラーは最小読取り値 1 μm 、加工時の温度変化を回避するため、基準物差しを定温管理して、温度変化に起因した伸縮を補正しながらの加工であった。その結果、当初設定の誤差 200 μm を凌ぎ数 10 μm という高い精度で仕上がっている。

焼鈍、巨大製缶物の内部歪みをとる

製缶物には必ず内部に応力歪みが残っている。溶接を終え、仕上げ前の 9 m を超える製缶物へ焼鈍が施こされた。この際も、徐冷には異例に時間をかけたとのこと。

いよいよ仕上げ、再びターンミラーはフル活動。下塗り後、アクチュエータを取付るための穴など大小 6,000 を超えた穴あけが行われたようだ。

化粧を整え、旅立つ軽量主鏡セル

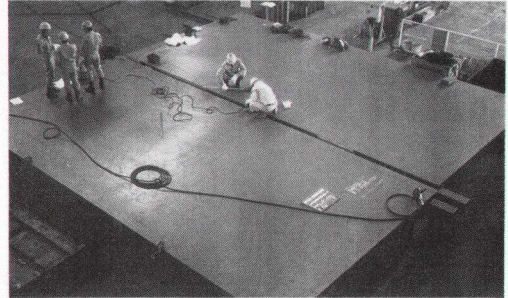
鉄冷えの時期だからこそ、世界一の「すばる」に技術の粋を注ぎたい。最初に伺ったこの言葉が今でも思い出される。24 トンの軽量主鏡セルは国内の仮組試験を経て遙かピッツバーグへ、そして再び主鏡と共にマウナケア山頂へ戻る日が楽しみである。

野口 猛 (国立天文台)

「すばる」の軽量主鏡セルのできるまで



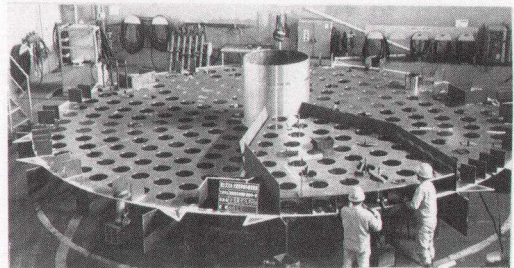
①6穴の部分モデル，溶接後の伸縮の影響と加工性を調べ，製作開始のめどを得た



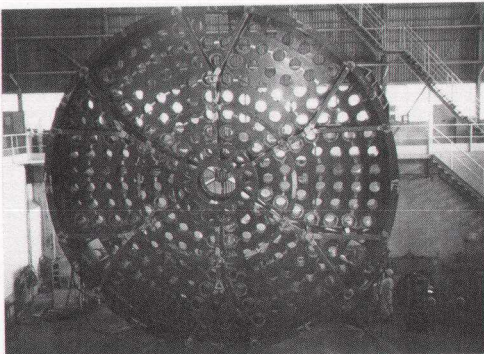
②基板の製作，厚さ8.5mm，幅4.5m，長さ9.2mの特別圧延製の鋼板2枚を慎重に溶接する



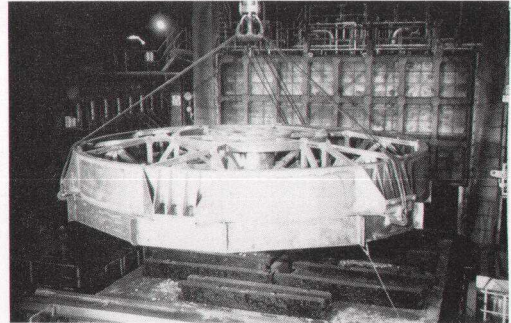
③ターンミラーによる穴あけ，直径9.2m，特別治具で2枚重ねの基板を押さえ，加工精度は数10 μ m



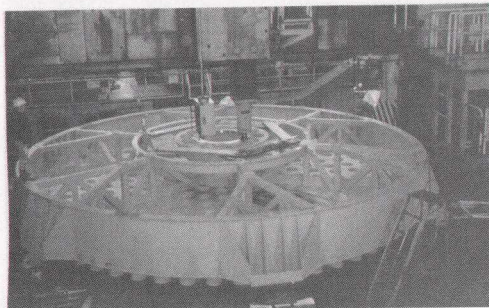
④組立用鋼材で補強されて，上下基板とリブの接合，中央にカセグレン穴の円筒部が見える



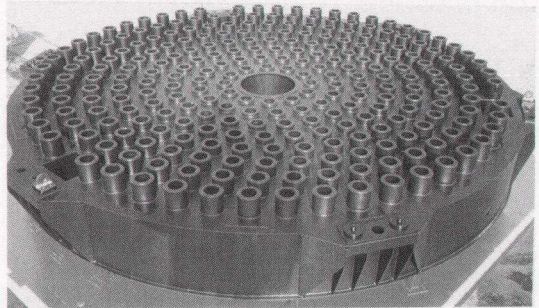
⑤作業工程上の手順により反転中の未完成の主鏡セル枠体，部品の3倍もの鋼材で補強



⑥焼鈍後吊り出される主鏡セルの製缶物，これで機械加工の前に内部応力歪みを解放できた



⑦再びターンミラーによる仕上げ加工，焼鈍後プレスされ，プライマー塗装が施された主鏡セル



⑧最終加工後，上塗り化粧も整い，国内仮組試験を行う工場への船出を待つ「すばる」の軽量主鏡セル