

## 8 m 主鏡材輸送記

アメリカ・ニューヨーク州のコーニング社で製作中だった「すばる」の8 mの主鏡材が完成し、1994年8月、ペンシルベニア州ピッツバーグのコントラベス社ワンパン研磨工場へ輸送された。

筆者は、鏡材の完成検査（検収）と鏡材輸送に同行したので、その様子を書きつづってみる。

### 1. 主鏡材の完成と検収

1993年11月一体化接合された鏡材（1993年8月号安藤氏の記事参照）は、裏面および表面の研削の後、再び炉に入れられ、1994年5月にはサグダウン（凸型の鑄型にそってメニスカス形状にする）が行なわれた。7月には、コーニング社と三菱電機によって外径寸法、厚み、曲率半径、泡、

残留応力などの検査が終了した。

筆者は、8月1日、コーニング社カントン工場に到着し、測定結果書類の検査、鏡材の目視検査、ポラリメータを使ってのヘックス（六角部分鏡材）接合面付近での残留応力の測定などを行い、すべての検査項目に問題ないことを確認した。（写真1）。

翌日は、小平台長も到着し鏡材を細かく視察し

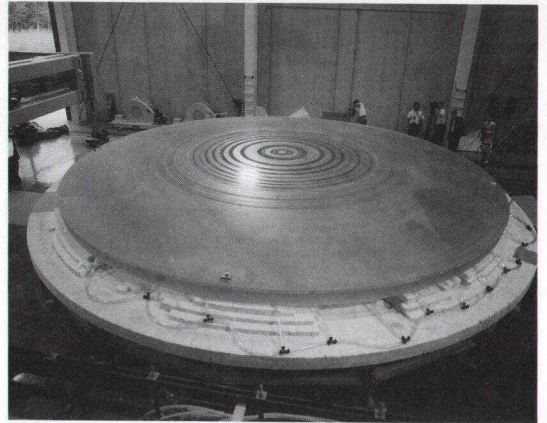


写真1 「すばる」の8m主鏡材はメニスカス形状に整形（サグダウン）され完成した。



図1 主鏡材の輸送経路

た。すばる望遠鏡の成否の鍵を握る8mの一枚鏡のために永年に亘って心血を注いできた小平さんは、感慨ひとしおの様子だった。コーニングの人達は皆、世界最大の一枚鏡材を作り上げた自信と満足感に満ちていた。

## 2. シッピングコンテナへ

8月2日、検収作業が行われている間に、8角形で差し渡し10mの SHIPPING コンテナを載せた13軸、長さおよそ40mのトレーラーが工場の搬入口から入り、鏡材を吊り込むための準備作業をすでに行っていた。検収終了後、鏡材を吊り上げ、コンテナに納める作業を開始したが、コンテナに一部不具合が発見されたため、一旦回転炉上に戻された。この時点でコーニング工場からのトレーラー出発を1日延期し、8月5日早朝に変更された。修復作業は徹夜で行われた。8月3日、鏡材はロードセルの値をモニターしながらバランス良く支えられた外周の8箇所と、中心付近の4カ所に取り付けられた真空吸着盤によって吊り上げられ、コンテナ上まで水平移動、そしてゆっくりと降ろされてコンテナに収められた(写真2)。

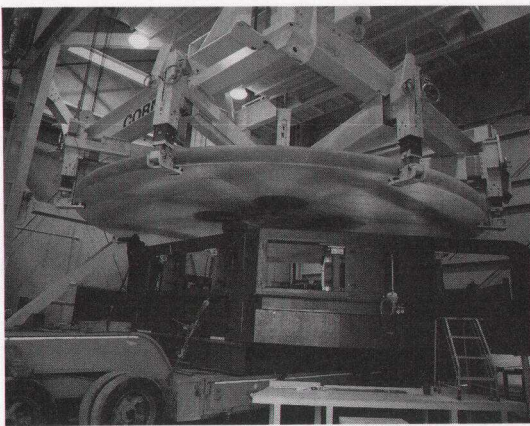


写真2 コーニング社からコントラベス社への輸送のため、トレーラー上のコンテナに収められた主鏡材。

8カ所の支持点にそれぞれ人が配置され、監督の大声の指示のもと、作業手順書の一つづつチェックしながら作業は整然と行われていた。マウナケアの山頂でのアルミ蒸着の時には、これと同様の緊張した作業を我々自身で行なうことになるのかと思いながら見た。とても参考になった。

メニスカスの凸面を上にした鏡材は、下の鏡面側をエアバッグで支えられ、横方向は16カ所の硬質ゴムパッドで支持された。輸送中の振動を測定するため、鏡材の上面外周の3カ所に加速度センサーが取り付けられた(写真3)。

## 3. 輸送計画

コーニング社カントン工場からコントラベス社への輸送は主契約社三菱がコントラベスと契約し、輸送作業の実務を担当したのは、デイリー・エクスプレスという輸送会社である。輸送経路は、まずコーニング工場からセントローレンス川に面したオグデンスバーグ港までトレーラーで陸送する。ここで大型バージにトレーラーごと載せる。タグボートに押されて川を遡り、オンタリオ湖を縦断、ナイアガラ滝の西のカナダ内ウィーランド運河を通過した後、エリー湖を横断し、エリー市でトレーラーを陸揚げする。再び陸路でピッツバーグを経由して、新たにすばる用として郊外の石灰岩層に作られたコントラベス社のワンパン大型ミラー研磨工場に到着する。この間約一週間を予

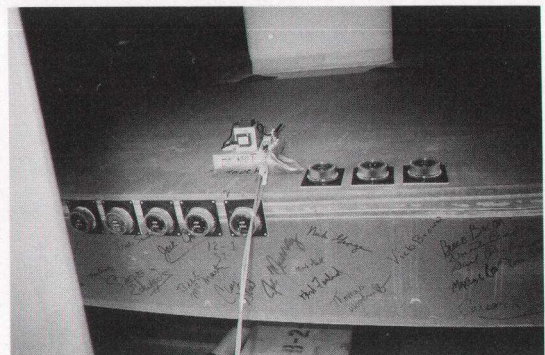


写真3 輸送中の振動を測定するため、主鏡材に取り付けられた加速度計と衝撃センサー。

定していた。悪天候などにより多少の遅れは予想していたものの、結果は、悪天候のほかに予期しなかったいくつかのハプニングがあり3週間を費やすことになる。

8月3日、鏡材が SHIPPING コンテナに収まり一安心していたその夜、オグデンスバーグ港へバージを押して回航途中のタグボートが故障し、デトロイトで立ち往生したという情報が入ってきた。翌4日、代わりのタグボートがスペリオル湖で見つかったが、オグデンスバーグ到着は早くても8日になるという。鏡材の工場出荷を11日に延期すること決めた。

バージ到着までの間、小平台長はワンパン研磨工場を視察して帰国。わたしはバンクーバーまで往復して、ドーム上部構造の検収を済ませることにした。

#### 4. 陸路オグデンスバーグへ

8月10日夜バンクーバーからカントンに戻った。日付が変わって11日午前3時、コーニング社カントン工場に輸送関係者、警察、報道陣などが次々と集まってきた。まだ明けやらぬ午前4時、パトカーに先導されトレーラーが出発した。後ろには、障害物を取り除いたりするための工作車、鏡材に取り付けた加速時計からのデータを無線で受けるコントラベスのバン、報道関係の車などが続く。わたしもコントラベス社のダギンス氏の車に乗って後に続いた。対向車線までいっぱいに使うため、交通局から許可された時間は4時から8時までである。平均時速は15マイルのゆっくりした速度でオグデンスバーグに向かう。

天気は快晴。5時半、夜が明けてきた。先週はトラブル続きでしょげていたダギンス氏も上機嫌だ。6時、ラジオでこの輸送の実況中継が始まった。オグデンスバーグ港に近い市街地に入ると道の両側に見物人も増えてきた。両側の街路樹の枝がコンテナに触れる。前もって邪魔な枝を切った跡も見られる。工場内ではそれほど感じなかつ

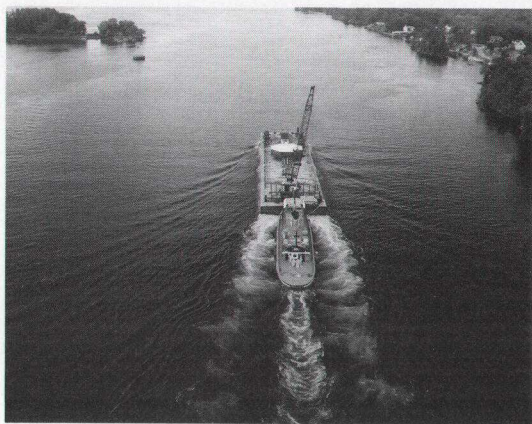


写真4 タグボートに押されてセントローレンス川を遡り、オンタリオ湖に向かう主鏡材を載せたバージ

たが、道路にでてみるととにかく巨大な箱だ。6時半、オグデンスバーグ港に無事到着。岸壁にはバージ、タグボートが待機している。見物人も大勢集まりだした。

#### 5. 川を遡りオンタリオ湖へ

バージの甲板と岸壁のレベルを合わせるため、バージのバラスタタンクに水を注入する。バージを岸壁に対して垂直に向け、後方からタグが押し続ける。クレーンでバージと陸の間に鉄板を敷く。

正午、バージの甲板上にトレーラーがゆっくりと後ろ向きで乗り込む。公募で選ばれたというトレーラーの運転手の腕は確かだった。

夕刻まで、トレーラー、クレーンなどを鎖で固定する作業が続いた。セントローレンス川の上流、オンタリオ湖の入り口付近にはたくさんの島があり、夜間の航行は危険である。出航は、翌朝7時と決められた。夜間、鏡材には安全を期すためアームド・ガードが警備に付いた。この夜だけでなく、輸送中、街中での夜の停泊中は警備がついた。

8月12日朝7時、バージはタグボートに押されてオグデンスバーグ港の岸壁を離れた。コーニングの関係者も大勢きて名残惜しそうに見送ってい

た。ヘックスの最適配置のために線膨張係数を根気よく測定したマリー・エドワーズさんは、同じくコーニングに勤める夫の運転する自分のモーターボートでいつまでもバージの横を伴走していった。

バージには、鏡材・コンテナを監視し振動データを取るため、コントラベス社のパパス氏が乗り込んだ。

わたしは、ダギンス氏、三菱の斉藤氏と共に、車で川添いの道を廻り、オンタリオ湖への出口付近、サウザンド・アイランド大橋の上でバージを待った。午前11時予定の時刻に通過。パパス氏が手を振っている。バージの真上からビデオ、写真の撮影をする。岩波映画のチームも橋上の少し離れた所で撮影している。マウナケア山頂で馴染みの監督、カメラマンなど4人のチームだ。かれらは先週、思いがけず空いた1週間に全行程をロケハンをして良い撮影場所を知り尽くしている..

ダギンス氏が携帯電話でタグボートと連絡を取り合いながら、我々はナイアガラ・シティに向かった。バージはオンタリオ湖を順調に航行しているようだ。目指すは、ナイアガラの滝の西側、カナダ内にあるウィーランド運河の入り口である。

この夜の我々の宿ナイアガラでは、ライトアップされた滝の向こう側で観光客へのサービスの火花が上がっていた。

## 6. ウィーランド運河の通過

バージは8月13日早朝5時、運河入り口の第1水門前に到着した。通過する船を検査するインスペクターが現れる。立てていたクレーンブーム先端が、運河を横切る道の跳ね橋にわずかに引っかかるらしい。近在のクレーンオペレーターを呼んで水平に倒す。長髪を後で束ねた格好いい若者で、岩波映画の監督が「ウーン、絵になるなあ」としきりに頷いていた。運河通過の準備も終了し、正午、バージは第1水門に入った。どんよりした曇空。低気圧が西から近づいているという。

この運河は全長約40kmで、オンタリオ湖より約100m高い水面のエリー湖との間に8個の水門（ロックという）が設けられている。船が第1ロックを通過するとそのロックが閉じられ、第2ロックとの間にできたプールに水が注入される。船が浮き上がると、第2ロックが開放され、2つ目のプールに船は進む。大きなプールだが、水の貯まっていく早さは想像以上に速く、みるみるうちにバージが上昇してくる。

第3ロックには、観光客のためのレストラン、みやげ物店などのほか、高いところから見おろすことのできる展望台があり、写真撮影には絶好の場所だ(写真5)。観光客もたくさん来ていて大型船が通るたびに歓声をあげていた。

この頃から、雨が強く降りだし風も出てきた。明日のエリー湖横断が心配だ。

第6ロックでの注水中に、バージがプールのコンクリート壁に寄っていき舳先がゆっくりとぶつかった。「ゴーン」かなり大きな音だ。だれかが悲鳴をあげる。ダギンス氏がバージのパパス氏に電話「今のは何Gだ」「0.2G」。0.5G以下なら全く問題なくホッとす。最終第8ロックを通過したのは午後9時を回っていた。この辺は緯度が高いのと夏時間で1時間繰り上がっているのでもまだ明



写真5 ウィーランド運河を通過中のバージ。主鏡材はトレーラー上の白い8角形のコンテナに収められている。

るい。しかし、この夜の宿泊予定だったエリー市まで行くのはもう無理だ。運河の出口、ポート・コルボーン市でようやく宿を探す。夜も更けて行くのにどこかの競馬中継をテレビで見ながら数十人が現金で賭をしている飲み屋とディスコの2階だった。シーツは清潔だったが、シャワーもトイレもない部屋の古ぼけた家具が階下のロックのけたたましい音に合わせてビーン、ビーンと振動していた。それでも数分で眠りに落ちた。

## 7. エリー湖を渡る

翌日、我々はエリー市に移動してバージのエリー港への到着を待った。低気圧は通過して快晴になったものの風が強い。港の外の湖畔に出てみる。対岸が全く見えない大きな湖の沖合いでは波の高さが6フィート位あるらしい。出航できる目処は2フィート程度という。この日、波はなかなかおさまらずタグボートの船長は出航を見合わせた。

風はなかなか収まらなかったが、2日後の16日朝8時半、ようやくポート・コルボーンを出航し、沖で波を確認してエリー港に向かったという連絡をタグボートから受けた。到着は午後1時半の予定だが、昼前から関係者が港に集まりだした。予

備のトレーラトラック、クレーン、ここの岸壁が低いのでバラストタンクに水を追加注入するための消防車なども用意された。皆、今か今かとバージを待つ。一般立ち入り禁止の外には大勢の見物人が集まりだす。連日のように世界一の鏡材の輸送が「どこまで来た」「また遅れた」などと新聞、テレビの報道があり市民の関心は高い。波がまだ残っていたのか、予定より2時間ほど遅れてバージがエリー港に入った。夕刻、準備が整いゆっくりと動き出したトレーラーは無事に上陸した(写真6)。見物に集まっていたモータボートが一斉に祝いの汽笛を鳴らした。

## 8. ワンパン研磨工場へ

予定していた翌17日から2日かけての、エリー市から研磨工場への陸送は、天候による遅れなどの影響で決められた期限内に州の交通関係の許可が取れなかった。交通を遮断しての輸送は金土日月は許可されないため、翌週の23日(火)まで出発を延期することになった。

翌日、ピッツバーグ郊外のワンパンにあるコントラベス社の研磨工場を見学した。石灰岩の廃坑を拡張して作られた研磨工場では研磨機の調整が

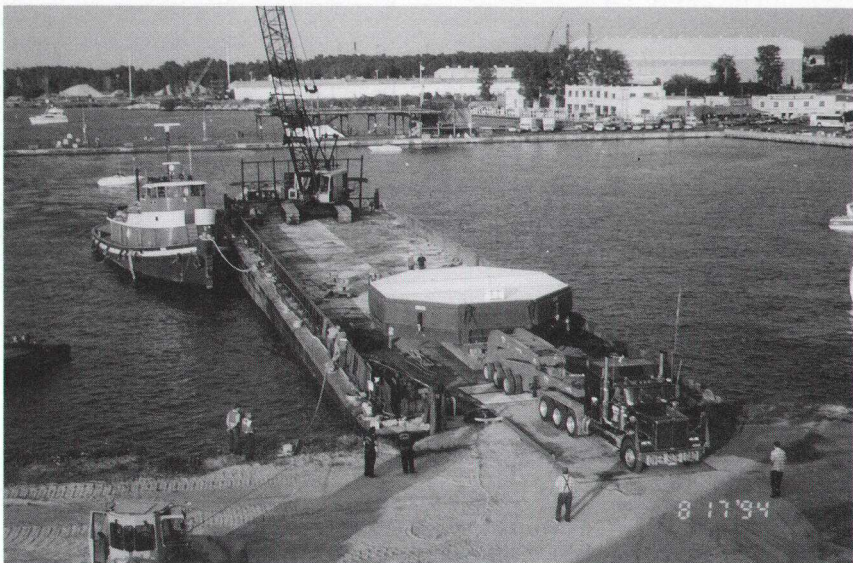


写真6 エリー港で陸に上がるトレーラー



写真7 エリーからピッツバーグへの高速道路をゆっくりと進む主鏡材トレーラー

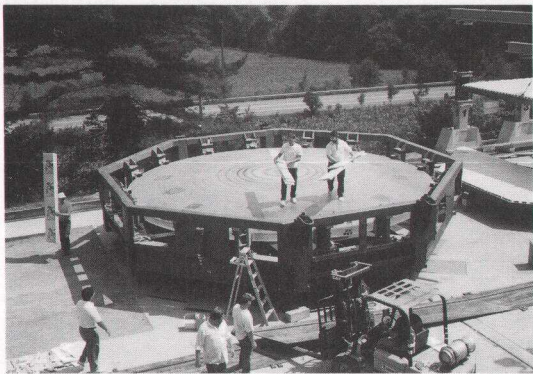


写真8 コントラベス社のワンパン研磨工場に到着し、受け入れ検査が行なわれた。

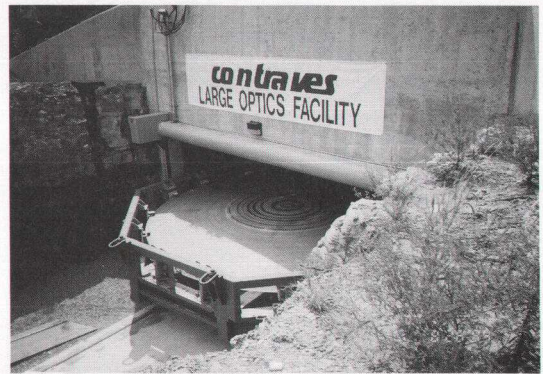


写真9 移動台車に載せられ、地下研磨工場に入る主鏡材。

行なわれていて、鏡材が到着するのを待ち受けていた。

筆者は、翌週のマウナケア山頂での仕事の日程の都合でハワイに帰らなければならなくなった。

その後、「8月23日予定通りエリーを出発し高速道路を走り(写真7)、途中一泊した後、ピッツバーグを経てワンパンに無事到着(写真8)し、研磨工場に入った(写真9)」という知らせをハワイで受け取った。

すばる主鏡の製作は、鏡材の製作と輸送が無事終了し、第2段階の研削、研磨に入った。鏡材は、

今後約3年をかけて裏面研削、アクチュエータを取り付けるための2百数十個の穴開け、鏡面研磨が行なわれる。1997年秋、主鏡はミシシッピー川を下り、パナマ運河を通過して、ハワイまで輸送される。その時、山頂ではドーム、望遠鏡、制御系など全ての装置が据え付けられ主鏡の到着を待っているはずである。

宮下暁彦(国立天文台)