

# 命運を賭けたシールドマシンが東京湾の海底を貫く

## 世界初の大口徑全自動セグメント組立てロボット

大口徑トンネル工事といえば、IHIのシールドマシン。

このゆるぎない名声は、東京湾アクアラインで築かれた。

この世界初の全自動セグメント組立てロボットと海底下の高性能シールドマシンに挑んだ、技術者たちの熱いドラマを振り返る。

### 自動化で目指した東京湾アクアライン

東京湾アクアラインは神奈川県川崎市と千葉県木更津市を結ぶ有料道路で、その全長の約3分の2にあたる9.5kmは東京湾の海底の下を走るトンネルだ。直径14mを超える大口徑シールドで1工区2kmを超える長距離を、海底の下の高い水圧を受けながら掘進するという難工事にマシンメーカーは最新鋭の技術で挑んだ。そこには、メーカー技術者たちの意地とプライドを賭けた闘いがあった。

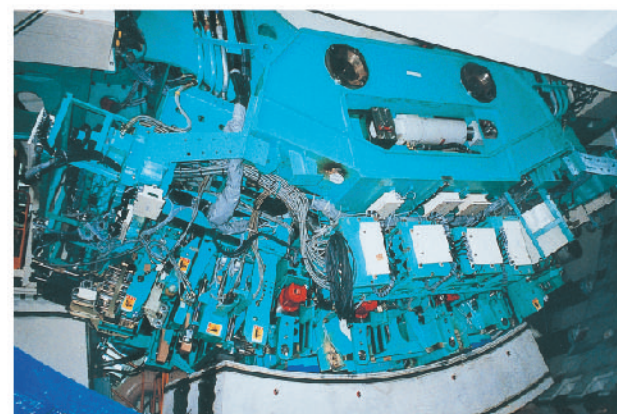
大手ゼネコンがジョイントベンチャー(JV)を組み、東京湾アクアラインのトンネル工事を請け負ったのは1992年。道路トンネル用の大口徑シールドが、浮島(川崎)から海ほたるまで上下線2本、全部で8台のシールドマシンで掘進するビッグプロジェクトである。シールドマシンは、筒状の本体の先端部分に取り付

けたカッタで地中を掘削しながら、セグメントというトンネルの壁を構成するブロックを組立てて推進していく機械だ。セグメントの組立て操作は、従来は人手で行っていたが、直径10mを超える大口徑トンネル内での高所作業は危険性が高く、無人で作業できるシステムが不可欠とされていた。そこでIHIは、いち早く全自動セグメント組立てロボットの開発に着手し実用化に備えていた。1982年から東京電力との共同研究で自動組立て実験を行い、次いで1988年には、実機に世界で初めて自動組立てロボットを搭載し、外直径7.8mのトンネルを完成させた。

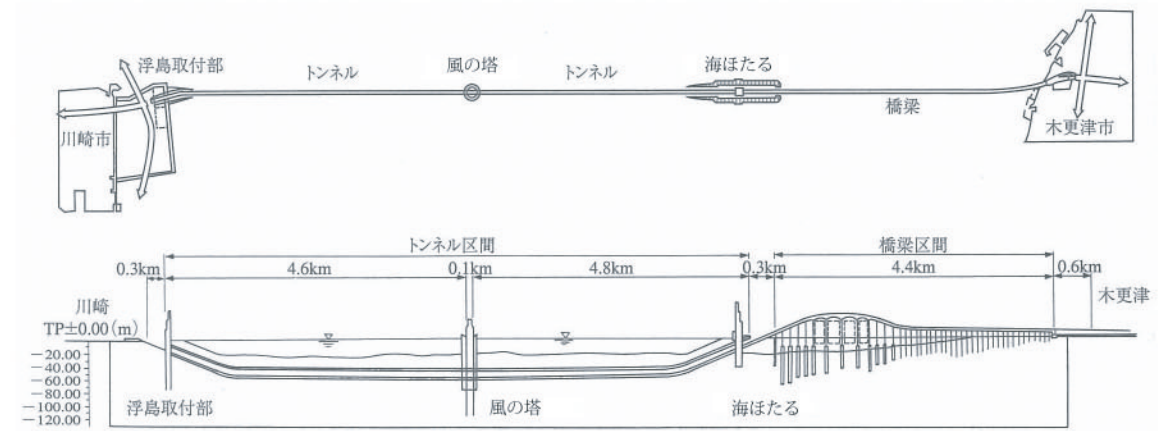
セグメント組立ての自動化で他メーカーより先んじていたIHIは、東京湾アクアラインの建設計画が具体化したとき、当然2、3台のシールドマシンを受注する構えでいた。だが、ふたを開けてみると受注数は8台のうちたった1台のみ。ライバル2社がそれぞれ3台



元機械鉄構事業本部  
藤本 幸男



全自動セグメント組立てロボット



アクアラインルート図

ずつ受注するなか、屈辱的なスタートとなった。

「それは悔しかったですよ。シールドマシンのメーカーとして、メンツ丸つぶれですからね」

技術的に先行しているという自負があっただけに、プロジェクトチームのショックは大きかった。

当時、プロジェクトを統括していた藤本幸男は、こう振り返る。そもそもIHIがセグメント組立ての自動化に取り組んだのは、大口徑マシン、特に東京湾アクアライン用トンネルを見据えてのことだった。

### 屈辱で火がついた開発への闘志

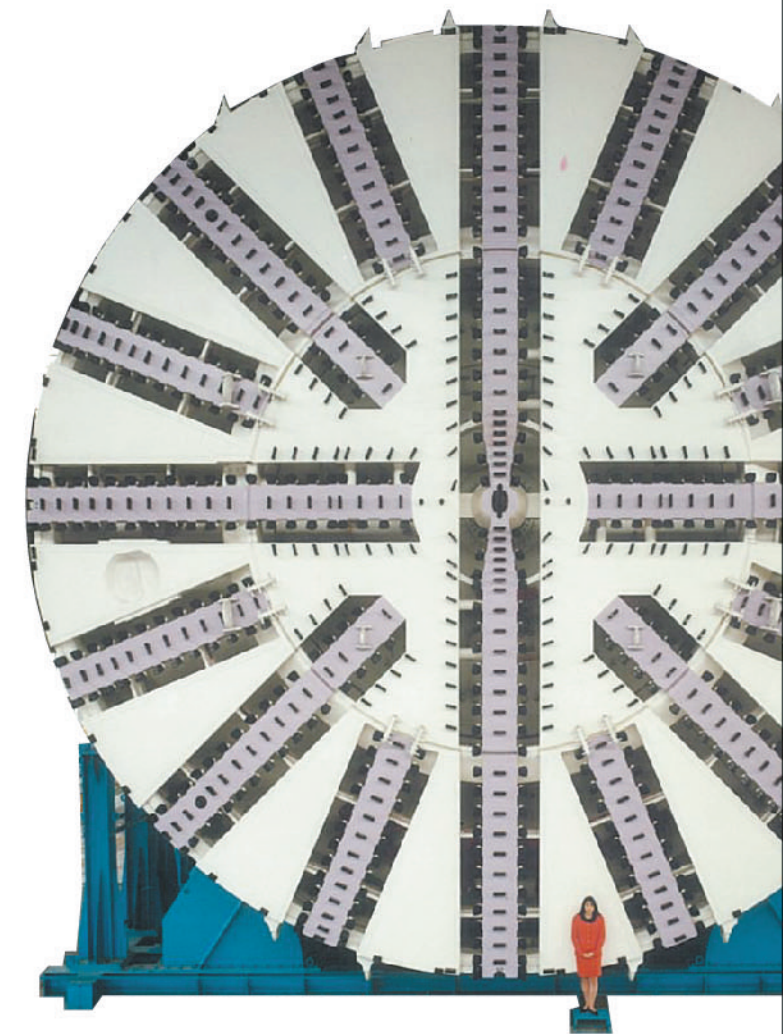
東京湾アクアラインの工事開始は1994年夏と予定されていた。他メーカーも同じ工事を一斉にスタートする。1工区しか担当しないIHIが存在感を示すには、性能で勝負するしかない。今後IHIのシールドマシン事業が生き残っていけるかどうか、東京湾アクアラインの工事はその命運を賭けた闘いとなるのだ。

「絶対に勝たなくては……！」

藤本をはじめ、技術者たちは熱い闘志をたぎらせていた。

### 全自動セグメント組立てロボットへの挑戦

しかし、東京湾アクアライン用シールドマシンに採用する全自動セグメント組立てロボット開発の道は、平坦なものではなかった。IHIがそれまで手が



東京湾アクアライン用シールドマシン前景(カッタ部)

けたロボットは、セグメントを接合するボルトの供給と締結を人手に頼るものだった。藤本は、安全性を求める東京湾アクアラインの工事では、ボルト供給と締結を含む全工程を自動化することにこだわった。とは



いえ、幅1.5m、最大重量10トンもあるセグメントを、すでに固定されているセグメントの隣り合う位置に寸分の狂いもなくはめ込み、ボルトで締め付けるといふ複雑な動作を完全に自動で行うためには、非常に高度な制御技術が必要だった。

セグメント組立てにはスピードアップという課題もあった。工事の発注元である東京湾横断道路(株)は、1リング当たり110分で組み上げるマシンを要求していた。1リングとは、セグメントを環状に組み上げた1列分のことだ。研究開発部門のバックアップを得て、スピードと高度な制御技術を両立させるシステムの構築に全精力を注ぎ込んだ。

1993年半ばには、他社が実験で1リング90分の高記録を出したという情報が伝わってきた。藤本らがロボットの各ユニットの動作調整に時間をとられ、まだ

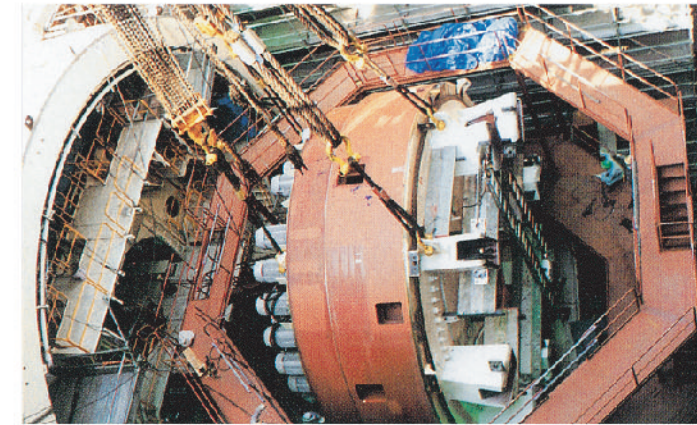
まだ実験どころではなかったころだ。そんな状況を懸念したシールドマシンの発注者でもある施工者のゼネコンJVから、催促の聲が相次いだ。だが、予定より2か月遅れて実験にこぎつけた当日、その懸念は驚嘆へと変わった。

#### 組立て実験成功！ 工場が拍手に包まれた

1993年11月2日、JV立会いの下、IHIの東京湾アクアライン用シールドマシンの作動検査が行われるその日、工場内は異様な緊張感に包まれていた。マシンの作動確認項目の中でも、今回搭載の全自動セグメント組立てロボットによるセグメント組立て実験には大きな関心が集まっており、当日の立会い人数は数十名に及んでいた。大勢の関係者が見守るなか、ロボッ



シールドマシンとセグメント搬送・供給装置



シールドマシン現地組立ての様子



東京湾アクアライン用シールドマシン全景



海ほたるにあるIHIシールドマシンのカッタをモチーフにしたモニュメント

トがセグメントを持ち上げ、粗位置決めから微調整し、正確な位置にはめ込み、セグメント同士をボルトで締結していく。まったく無駄のない動き。そして1リング分の最後のセグメントがすき間にぴったりとはめ込まれると、工場内は大きな拍手と歓声に包まれた。

「お客様の工場の立会い検査で拍手が起こるなんて、初めての経験でした」

藤本らは、喜びに体を震わせた。これまでの努力が報われた瞬間だった。

その後、工事の発注元の立会い検査では1リング70分台という驚くべきスピードを記録した。

1994年8月、ついに東京湾アクアラインのトンネル工事がスタートした。計画時に懸念されていた難工事にも関わらず、掘進は極めて順調。全自動セグメント組立てロボットもその性能を十分に発揮し、他工区からも注目の的となった。反対側から来るマシンと接合

する予定だった当初の地点を通過し、工事区間を延長して掘進するほどであった。1996年3月、工事区間2 853m、1 899リングを組立てて、このシールドマシンの役目は終わった。1リング当たりの組立て時間は平均70分、最速66分。他社の平均が90～110分だったのとは比べ、圧倒的な性能を誇示する結果となった。「大口径シールドマシンといえばIHI」という今日の名前はここで築かれた。

観光スポットでもある海ほたるに藤本がひそかに誇りにしているものがある。

「IHIシールドマシンのカッタをモチーフにしたモニュメントです。あれはIHI製シールドマシンが最も優秀だったと認められた結果なんです」

IHIがメーカーとしての意地とプライドを賭けて挑んだ最新鋭のシールドマシン。男たちの技術者魂のシンボルとして、今日も東京湾で銀色に輝いている。