

変わらない「技術」, 変わっていく製品 ～住友重機械 訪問記～

1 はじめに

夏も終わり、涼しくなつてすごしやすい今日このごろ、のんびり昼寝でもといった心地の中、住友重機械工業(株)(住友重機械)の工場を訪問した。まさに重機械といった感じの横須賀製造所と、がらりと雰囲気の違う田無製造所、さらに大崎にある本社まで、ぜひ沢にも3箇所も見学させていただいた。横須賀製造所では船を、田無製造所では精密機器を中心に見学し、本社では会社概要と新事業について伺った。

住友重機械の造船部門の創業は1897(明治30)年、当時の農商務大臣であった榎本武揚などが、徳川幕府浦賀造船所跡地に浦賀船渠(きよ)創業を主唱したことに始まる。そして、高度成長期の1957～1959年ごろ、造船の売上は世界一となり、主要船舶の需要は大型船から超大型船へと移行していく。今回伺った横須賀製造所は、それまでの製造所の中心であった浦賀から、より広くかつ今後の大型造船時代を見越して1971年に設立された。また、田無製造所は1939年の創業で、「はやぶさ」を造っていた中島飛行機が起り、戦後、中島飛行機は富士重工業(株)へ移り変わった中で中島飛行機の鋳鍛部門を預かる工場として日特金属工業(株)がスタートし、1982年に住友重機械と合併した。時代の流れの中で、鍛造、精密鋳造、特機を中心に製造していたが、最近では、クライオユニット、XYステージなどの精密機器にも力をいれている。

最初に伺ったのは、横須賀製造所。船が見たいという希望から始まった今回の訪問記、横須賀製造所の見学はまさに希望どおりの見学である。しかし

今回は、2日もかけて二つの製造所と本社を見学する運びとなった。取材前にいただいた「世界の製造業が変わっているように住友重機械も変わっている。そのことを学生さんにも伝えたい」という言葉に、興奮を隠せずにはいらなかった。

2 造船も人の勤?

京浜急行の追浜駅から車で約15分行った海岸沿いに横須賀製造所はある。敷地面積が16.6万坪、東京ドーム何個分?ととらえずとんでもなく広い。

まず初めに、横須賀製造所の営業内容、造船業の現状について伺った。年間、10万5000tクラスのアフラマックス(AFRAMAX:輸送できる積荷の量とそれにかかる税金を考えた時に商売上いちばん有利なサイズ)を主力に8隻程度製造している。ちなみに、「10万tの船」というのは「荷物が10万t積める」ということだそう。横須賀製造所での船舶部門の労働者は約1100名、うち下請けなどの人が約600名。ここで、造船業に限らず、現在、日本の製造業のかかえる問題は、人件費がかかり過ぎて売上が伸びないこと。働いている方は実感がなさそうだが、日本の賃金は世界一だそう。世界に目を移すと、アメリカやイギリスは日本の80%、フランスが50～60%、韓国が40%で、中国にいたっては3%とのこと。単純に、日本と中国が同じ技術をもっているとすると、同じモノを造るのに日本の労働者は中国人33人分の仕事を1人でしなければならないことになる。このことは大変深刻な問題で、工場を中国に移せばコストが抑えられるが、日本人の仕事がなくなってしまうためそうもいえない、と難しい顔で話していたことを思

い出す。このような現実の中、現在の戦略は汎用船もやりつつ特殊船、言い換えると高技術船や高付加価値船をメインに製造し、単価を上げる工夫をしているそう。具体的には、氷海船、RCC(冷凍・カー・キャリア:行きは車を載せ、帰りはオレンジなどのフルーツを載せる)などを造っている。

説明後、待ちに待った工場見学である。船を造るため、当然、工場自体が大きく見学にはバスでの移動となった。製造所内部の造船の流れは、まず材料置き場、材料の切断、加工の過程で部品を造り、その後、中小組立工場、大組立工場、建造ドックと徐々に大きなブロックへと組み立てていく。このような工法をブロック建造法というそう。それまでは、ほとんどの組立をドック内で行っていたため作業効率が悪く、1隻の製造期間は2年以上かかっていた。しかし、今の工法を採用することにより、製造期間は設計から引渡しまで約1年、ドック内は2箇月という短期間となったそう。

製造所の第一印象は、クレーンが多くそのスケールの大きさにびっくりしたことだった。少し離れた所では、10mはある材料を人が切断していた。造船も自動化が進み、直線部についてはCADデータからNC工作機を使うようになったが、船の前後部(カーブしている部分)については複雑な形状が多く、鋼板を複雑な三次元の形状に曲げる仕事はまだ人の手による部分がほとんどだそう。さらに、同じ部品を造ることが少ないことも自動化を難しくしているとのこと。

そんなに自動化は難しいのだろうか?ちょうど大組立工場を見学していた時、平行にスリットの開いた鉄板に他の櫛型の鉄板を差し込むような作業中で、各スリットと鉄板とのすき間が2mmしかないため、滑らかには入ら

ないようで、とんかちでたたきながら少しずつ差し込んでいた。また、よく目にした溶接についても、平行部などのシンプルな部分では溶接用ロボットによって自動化しているところもあるが、カーブや複雑な形状のところは、やはり人の手作業になっている。この「2mm」は、船の全長からすればすごい精度である。これだけの精度はまだ、機械の緻密さと人間の勘が融合しないと生まれないのだろう。

ここでは、最大300tくらいの塊を作ると同時に、一部の配管や配線、塗装、小物の取付けなどを行っていた。これは、人間が下向きの作業が最も効率が良いためもあるが、安全性や衛生面でも改善を図っているためで、同じ作業をするにも後の工程に延ばせば延ばすほど作業効率が落ちるため、すべての作業を可能な限り前工程で行うようにしているそうだ。

さてさて、次にバスが向うのはお目当ての建造ドック。見学時にはAFRAMAXを造っているところだった(図1)。とにかくでかい。ぼかんと口を開けて見上げてしまった。視界には溶接作業をしている高所作業車が見える。船体を溶接する際に、以前は足場を組んでいたが、今では高所作業車(電線工事などで使っている作業車)でやっているとのこと。ここでも安全性と作業効率の向上についての工夫を感じた。歩くこと約200m、やっと船の尾に到着。動力であるプロペラが

見える。5mの羽が4枚ついている。船全体に比べて非常に小さく、これで進むのかと思える大きさで印象深い。

パンフレットにも載っていたが、眺める船はダブルハルタンカーという2重構造(ダブルハル)により、座礁しても、積荷の石油が漏れ出さないような造りになっている。ダブルハルの1重目と2重目の間には海水を入れ、全体のバランスをとっているそうだ。船体自体の重さは1万6000t、これを海水に入れると、深さ2mくらいの海水に浮いてしまう。そこで、進水するときにはダブルハルに海水をたくさん入れ、積荷がない場合にはエンジンなどにより後部が沈み前部が浮いてしまうので前部のダブルハルにのみ海水を入れて調整する。考えてみれば分かることもかもしれないが、目の前の鉄の塊がこんなにも緻密な造りをしていることに驚く。

見たかったものが見られ、これで満足といった取材班一行であったが、これで終わりではなかった。組立が終わりに、船の内装工事をしている船も見せてくれるとのこと、顔が緩んでしまう。またまたバスに乗り、降りた先には原油運搬用のAFRAMAXがドカンと海に浮いていた。われわれは、エレベータに乗って一気に甲板へ。甲板は海面から15m以上にもなり、見晴らしが良かった。ちなみに、近くは横須賀基地、遠くには海ほたるも見えた。船は内装、配線、甲板の塗装中で多くの人

がいたるところで作業中だった。船の内部には甲板から2~3階降りたところにエンジンがあり、これもプロペラ同様、思ったより小さかった。甲板より高いところには、積荷の積載制御盤、船の制御盤、船長室などが並んでおり、しばらくは乗組員の気分であった。階段はとても急で上り下りは大変だった。船自体は全くゆれていなかったが、見慣れない景色だったせいか、地に足がついていない不安定な感じがし、船に乗っていることを改めて実感させられた。

材料を切り出してから船が起きるまでどれくらいの労力がかかるのか? 見学後の質問である。1隻当たり、23万時間。1日8時間労働として、のべ3万人が携わっているとのこと。ちなみに、造船の仕事には大きく三つの仕事がある。一つは、船の入れ物を造る「船殻」、もう一つは、エンジンやポンプ、配管、配線など、船を動かすための中身を取り付ける「艤装」、さらに、外側を仕上げる「塗装」、これら三つの仕事に携わる人が3万人である。最初に伺った人件費の問題が深刻であることがよくわかる。

また、今後の課題としては、造っていくハード面より、どう造るかという情報やソフト面などの生産システムについて改善していきたいそうだ。船はあまりにも大きすぎるので、すべての設計が終わってから製造を始めるのでは遅く、部分的な設計と平行して部分



図1 建造ドック内で組立中のAFRAMAX

的に造り始め、設計が変更になったときには製造も柔軟に変更していかななくてはならない。その辺の情報伝達の効率化なども課題であるそうだ。

最後に学生へのアドバイスをいただいた。「その時代で元気の良い会社や分野に目が向きがちだが、目先のことに捕われず、自分はどのような技術を極めたいのかということを考え、見定めて欲しい。専門性が重要。人間を磨くために広い知識をもって欲しい。」耳が痛い。

3

重機械？田無製造所

西武池袋線の「ひばりが丘」駅から車で10分程行ったところに田無製造所はある。横須賀製造所とはがらりと変わって、こちらは緑が多く落ち着いた。なんとたぬきも住んでいるそう。ここでは、古くからの事業として鍛造、精密鑄造、特機。一方、新しい事業は、クライオユニット、XYステージ、精密のほか、プラント事業として集じん機などの設計をしている。住友重機械の総売上が3000億円くらい。XYステージはその1%、クライオユニットは2%を占めている。これからの事業なので売上は小さく、まだまだ造船のほうが大きな位置を占めているそう。双方とも住友重機械を代表する製品とは言いがたいが、そこを見てほしいとのこと。早くも胸躍る。

まず、半導体や液晶などの精密機器

の生産に欠かすことのできない機械であるXYステージの一例として、大型サーフェイスXYステージと超精密XYステージを拝見した(図2)。どちらも上から見ると「H」の形に並んだ三つのリニアモータで構成されており、ベースに取り付けられた2本の縦軸上を横軸が移動し(Y軸)、さらにその上をステージが移動(X軸)できるようになっている。構造の特長としては天然石のベースと静圧ガイド(エアパッド)、低重心化による高い走り精度、静圧ガイドおよびリニアモータの完全非接触駆動によるメンテナンスフリーなどが挙げられる。リニアモータは自社開発であり、メンテナンスの容易な磁石を両側から挟み込むダブルサイド型を採用している。ベースを触らせていただいたが、確かに滑らかではあったが表面はツルツルというよりサラサラしていた。これは、物体と触れる面積を小さくし静摩擦を小さくするために、表面に微細な凹凸があるためではないかと推測する。一方、制御面での特長としては外乱オブザーバによる高い追従性、Y軸の二つのリニアモータによるアクティブYaw(XY平面での姿勢角)制御が挙げられ、どちらも特許出願中の住友重機械独自の制御法だそう。これだけ精密な構造と外乱に強い制御をもって、高精度な位置決めができないはずがない。大型サーフェイスXYステージでは、1m×1mのストロークにも関わらず位置偏

差1.5 μ m!、速度偏差0.1%を実現し、ヘリウムイオンレーザを装備して冗長位置決めを行っているストローク370mm×370mmの超精密XYステージでは、XYに10nm、Yawに0.1秒という精度。原子レベル(0.1nm)の位置決めも、そう遠い将来ではないかもしれない。ただし、忘れてはならないのは、これらの精度はすべてスケール(長さを測る定規)の精度に依存していることである。しかも、スケールの分解能を上げることで精度は向上するが、データ読取り速度に限界があるためその移動速度にも限界がある。つまり、精度と速度はトレードオフの関係にあるのである。現在、精度と速度を同時に向上させるために新たな機構やデータ読取り方式が開発されている。しかし、実際にはステージに載せるものや用途(レーザや半導体生産など)との兼ね合いが重要であるため、他事業や研究所との連携により総合システムとして高速・高精度な製品を製造している。総合メーカーの強みともいえるが、実用的な技術はこうして生まれるのだと痛感した。

住友重機械は1962年に国産初のヘリウム液化装置を開発して以来、極低温技術のパイオニアとして現在も同分野のトップシェアを誇っている。主力商品である4KGM冷凍機(図3)の4Kとは4ケルビンのことで、-269℃まで冷却できるそう。このような温度を想像できるだろうか？

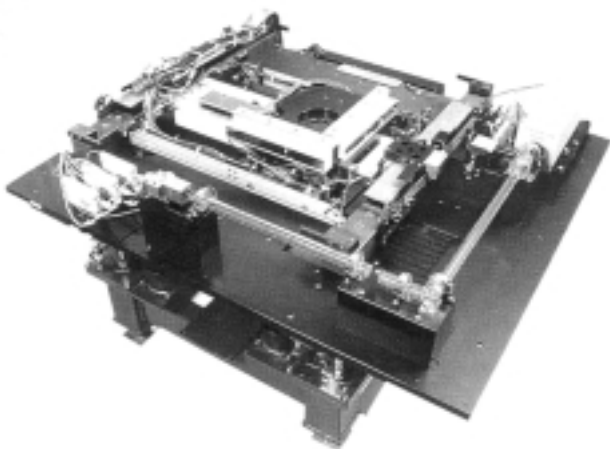


図2 半導体用XYステージ



図3 4KGM冷凍機



図4 左から，岡嶋さん，宮脇さん，取材班3人と丹野さん（横須賀製造所にて）

一般的に77K（-200℃）以下の温度領域を極低温という（273K=0℃）。つまり，この4KGM冷凍機は極低温を作り出すことができるわけである。なぜこのような極低温が作れるかというと，冷凍機内の高圧ヘリウムを連続して断熱膨張させることによって冷却させることができるのである（くわしくは熱力学を勉強しましょう）。これらの用途は，MRI（医療用核磁気共鳴診断装置）用超伝導マグネット冷却のほか，超伝導磁石の冷却，極低温物性測定装置などである。今後，さまざまな分野に応用されることであろう。このほかにも，冷凍機部門にはスターリング冷凍機などを扱っており，これも同様に極低温を容易につくりだすことができる。これら冷凍機の最大の特徴は，冷媒にヘリウムという自然冷媒を用いているので環境に影響を与えないというメリットを持つことであろう。スターリング冷凍機は年間1000台。大量生産ではないが，ラインを作り効率向上に努めている。

4 事業を展開する「技術」

「造船に精密機器，これらの技術はどこから来たのか？」。見学後の感想だ

が，その答えは，本社で伺った新事業の話の中にあった。「重機械という会社名からも分かるとおり，今までは造船や製鐵，クレーン事業などが中心となっていたが，時代の流れとともに新しい事業を展開していく。」本社でお話をいただいた小保方さんの言葉である。「技術というのは突然生まれるものではない。ベースの技術や得意な技術から他分野へと進出していった結果生まれるものである。」その新事業での最新技術として，今いちばん新しい技術は，光通信。特にデバイスであるそう。具体的な新事業の話の最後に，次の一言。「数年後に会社のパンフレットを見ると，展開している事業ががらりと変わっているかもしれない。しかし，やはり基礎となる技術は，昔からずっと受け継がれて来ているもの」。小保方さんも，実は造船の技術屋だったが今は光デバイスのことなどをやっているそう。他分野であっても水面の波と光では同じ物理法則から出発している共通性があり，研究開発の面では対応できる人材は多いとのこと。

事業についてこれからは，得意な分野について選択と集中を行っていき，技術については，いろいろな分野と関

連していく総合化を重視しているそうだ。技術や分野が古くなったとしても，会社というものはその技術を基に発展していくものであり，技術は転用が効き，めぐりめぐって，いつ，どんな場面でも活用できる。学生の認識不足だと思うが，ある会社といえはその分野は一意なものに決め付けてしまっていないか？そのときには，いろいろな事業を見せられると「なぜ？」となってしまう。しかし，「技術」というものを考えると，すべてがつながり，会社経営もしくは技術開発としては自然な流れだったということに気付くだろう。

5 さいごに

ご多忙にも係わらずすべての取材をご案内いただいた住友重機械の岡嶋さん，そして，技術の素晴らしさを教えて下さった横須賀製造所，田無製造所，本社のみなさまに，心より感謝いたします。

参考文献

- (1) 住友重機械工業株式会社ホームページ <http://www.shi.co.jp>

〔文責〕メカライフ学生委員
古川 勉，関谷 洋，小山 猛〕