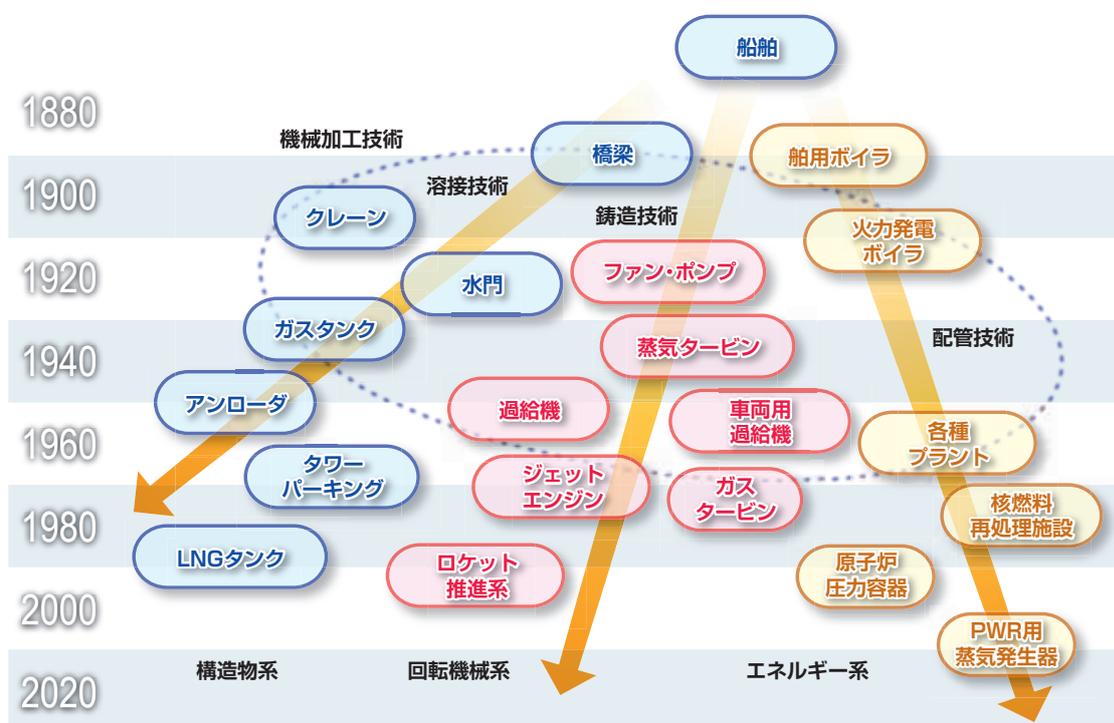


IHI のものづくり系譜

IHI 流ものづくりが目指す 知恵と技能のオーケストラ

ものづくり技術を形成する要素の第一は匠の勘と経験のような明文化できない技能や知識である。第二は生産システムや共有情報のような明文化された知識である。これらの統合と調和が IHI のものづくりを特徴づけている。



IHI のものづくり系譜図

ものづくりとは？

「ものづくり」という言葉には「日本の」、「我が社の」、「伝統的な」などの形容詞がよく似合う。それはまた、伝統工芸品の制作のように歴史と匠の熱い思いが込められているニュアンスを伴う。「日本のものづくり」という表現には文化の薫りさえも感じられる。つまり日本人が指す「もの」は単なる物体ではなく心のこもった「品物」であり、「ものづくり」とは狭い意味の「生産（技術）」にとどまらない豊

かなイメージをもった言葉である。

生産技術は鋳造、機械加工、溶接をはじめ多岐にわたる。IHI 流ものづくりの本質は個々の技術とそれらを組み合わせた生産システムの調和にある。生産技術はリーダーである匠を中心に日々研鑽されているが、個々の技術単独では複雑な製品を完成できない。また、個々の技術を組み合わせた生産システムを構築して生産しようとしても、匠の技なくしてはシステムが機能しない。両者が調和し相まった品質・精度と工期を両立させた生産こそが IHI 流ものづくりといえる。

製品の系譜ともものづくり技術のマトリクス

IHI 製品の多くはその流れを遡^{さかのぼ}って源流を探ると造船にたどりつくといわれている。その生産技術もまた造船から生まれ引き継がれてきたものが多い。船舶建造の中心技術としてスタートした厚板溶接技術はその後のボイラ、原子炉压力容器、橋梁の製造の礎となった。現在では陸上でも活躍している回転機械も船用主機に源流があり、各種クレーンや運搬機械さえも元は船用クレーンなどの機器であり、機械加工技術が基本であった。当初、造船で使われていた配管技術は各種プラントで再び実を結んだ。

単一の生産技術によって製造されているものはほとんどないと言ってよい。幾つかの主要な生産工程が工場の生産ラインに並んでいることが多い。例えば回転機械の製造には casting、機械加工、溶接、熱処理、非破壊検査、組立などの技術が必要である。橋梁の建設では輸送や現地架設など工場外での技術も重要である。幾つかの製品とそれぞれの製造に必要な技術をマトリクスとして捉えると、多くに共通する技術が浮かび上がる。casting、機械加工、孔あけ、仕上げ、溶接、熱処理、非破壊検査、組立（順不同）などは特に多くの製品に共通することが分かる。回転機械とその代表であるジェットエンジンやロケットエンジン用液水ターボポンプに共通点が多いのは当然ともいえるが、圧延機と回転機の生産技術が似ている点や LNG タンクとシー

ルド掘削機の生産技術に類似点が多いことは興味深い。また、ジェットエンジン、LNG 船、回転機械、橋梁は特に多くの要素技術を駆使していることが分かる。

ものづくり技術

IHI グループでは計画的に技能伝承を推進して技能レベルを向上させるため、2007 年に匠制度をスタートさせた。IHI 版マイスターとして 2014 年度現在、48 人の匠が全国の工場で活躍している。認定された技能は 26 種にわたっている。以下にものづくりの構成要素を概観する。

(1) 要素技術

ものづくりの中核は個々の技術であり多岐にわたる。多くの技術を保有していることは多様な製品を生み出せる強みの源泉となっている。

鑄造

金属加工の原点ともいわれ、古くは銅製の仏像製作に遡る。IHI における鑄造の原点は船用蒸気機関の部品製造にある。鑄造は機械加工よりも部品の形状を自由に製作できる利点を活かして、その後過給機の翼車に適用範囲を拡大して成長した。ディーゼルエンジンのシリンダーカバーやクランクシャフト製造も独壇場である。また、ジェットエンジンやガスタービンの翼の精密鑄造は高度な鑄造技術である。

機械加工

機械加工も多くのものづくりに不可欠であり、工



SPB LNG 船

作機械と加工機械によるものに大別される。前者は旋盤やフライス盤のように切削加工する機械であり、旋盤では工作物が回転して刃物は静止しているが、そのほかの工作機械では逆に刃物が回転する。加工機械はプレス機械や圧延機のように工作物を変形させて成形する機械である。機械加工の代表製品である歯車は回転機械の主要な機械要素であり、ホブ盤と呼ばれる特殊な切削機械で作られる。歯車は古くは船用エンジンの減速機用に生産され、現在でもさまざまな回転機械の減速機に供給され続けている。ジェットエンジンの製作におけるシャフトの中心軸を貫く細長い孔の内径加工（例えば長さの5%程度の径）、タービン翼をディスクに固定するために設けられた根元のクリスマスツリー構造のブローチ加工は IHI が自慢できる技術である。さらに、巨大な長大橋の建造においても主塔の鉛直精度（1/10 000）を保証しているのは大型横中ぐり盤という工作機械によるブロック端面切削の精度である。

溶接

溶接もまた IHI の金属加工に欠かせない。船殻の製造がその源流であることは言うまでもないが、原子炉圧力容器、球形タンク、LNG タンク、ボイラなどの缶、橋梁、PWR（Pressurized Water Reactor）用蒸気発生器など、溶接が主役の製品は枚挙にいとまがない。溶接対象の材質、溶接速度・品質の向上、熱処理、自動化、検査法、溶接対象（厚板／薄板）など国内外の溶接技術開発に IHI は寄与してきた。

試みに 1938 年以降 75 年間の技報に占める溶接関連の論文数を概算すると、生産技術に関わる 725 件中 146 件（20%）を占める。この点からも「ものづくり」における溶接の重要性と貢献が理解できる。

鍛造

伝統的な刀剣の製造方法として知られる鍛造は casting と同様に複雑な形状の部品を作りやすく、鍛造よりも欠陥が少なく損傷リスクが低い。シャフト、ローラ、カムシャフト、クランクシャフト、加工機の管板や圧力容器の鏡板、宇宙ロケット用液水ターボポンプのローターなど適用対象は大小多岐にわたる。製品によって、① 鍛造で形を作り出す場合と、② 鍛造で作った材料を機械加工して部品を作る場合がある。

熱処理

加熱・冷却により素材の硬度や強度などの性質を変化させるのが熱処理技術であり、焼き入れ、焼き戻し、焼きなまし、焼きならしなどの種類がある。鍛造や溶接においては凝固時の収縮や加熱・冷却に伴う熱膨張・収縮に起因する残留応力が発生し、ひずみの原因となる。金属組織レベルでの改善から目に見えるスケールのゆがみの修整までさまざまなひずみを解消するためにも熱処理が施される。

塗装

船舶と橋梁に耐環境性を付与して寿命を保証するために塗装は最後の砦^{とりで}であり特に重要である。ジェットエンジンのローター・シャフトの場合は防



第二音戸大橋の一括架設

せい
 鑄と耐熱性向上のための塗装が施されるが、シャフトを貫通する細くて長い孔の内面に均一に塗布する技術は最近まで匠にしかできない技術であった。

組立

組立工程がないものはないほど組立は「当たり前」に重要な工程である。一口に組立と言っても、工場で組み立てたものをいったん分解して現地に輸送して再度組み立てるといった面倒な場合や、大きな工作物を機械加工しやすいように反転（通称：トンボ）する方法など工夫も多く、匠 48 名中 7 名が組立の匠であるほど重要である。

(2) 生産システム

個々の生産技術を有機的に結びつけるいわゆるインテグレーションの役割を担っており、ものづくりにおけるソフトウェアのウェイトが高まっているといわれている近年は生産システムあるいは生産管理の重要性が増している。特に ICT (Information and Communications Technology) を利用したプロセス管理には注目が集まり利用実績も増えつつある。

(3) 検査・計測技術

前述のマトリクスでも明らかのように、ものづくりにおいて検査・計測は品質を保証するために極めて重要である。特に非破壊検査技術は共通性が高く、多くの製品の品質保証に貢献している。

(4) 部材調達

ものづくりに素材は絶対不可欠である。素材や部品の調達は品質やコストを決定づける。日頃から供給メーカーの技量を見定め適切に調達することで製造プロセスの最上流を守る役割を担う。

知識創造プロセスとしてのものづくり

ものづくりの根本は個々の生産技術である。生産に関する知識や技術はまず作業員個人の頭の中や身体に感覚として定着する。経験や勘に基づいたこのような知識や技術は言語・数式・図形など目に見える形で表現することが難しい。したがって、旧来の徒弟制度のような形で伝承されることが多い。チームで共有された経験則や勘による判断方法はいずれ作業手順書などに明文化される。作業中の計測データがグラフや数式にまとめられる場合もある。明文化された複数の知識はやがて大きな知識体系としてまとめられる。多くの作



©JAXA
 H-IIA ロケット 4 号機

業手順書がまとめられたマニュアルのイメージである。

知識の一部は匠によってさらに解釈が深められ、個人に属していた知識と融合・統合してさらに高度で実用性のある知識として昇華する。この知識の高度化の過程を繰り返すたびに知識体系は高度なものになってゆく。匠は技能の高度化のみにとどまらず、体系化された専門知識をも身に付けてさらなる高みを目指す「進化を続ける匠」である。上のプロセスを繰り返すたびに匠はもちろんものづくりもスパイラル・アップ（昇華・進化）してゆくのである。

多くの製品は前述のように複数の要素技術を必要とするので、知識体系全体のイメージは複数のスパイラルが束ねられた形と捉えることができる。ものづくりは匠（個）とチーム（全体）の調和すなわちオーケストラのような形で成長を続けている。

今後個々の要素生産技術のさらなる高度化とともに生産システムの ICT 化やプロセスの最適化を図って、お客さまに満足いただける製品を作り続けてゆく所存である。

（文責：編集事務局）