

塗料技術発展の系統化調査

Systematic Survey of the Development of Paint Technologies

大沼 清利 Kiyotoshi Onuma

■ 要旨

塗料はモノの保存、祭祀の装飾など、人の本源的な欲求から出発し、やがて「保護・美観創造や機能の付与などの役割を果たす表面加工材」として発展した。「塗料」は「塗装」という工程を経て「塗膜」となり、初めてその機能を発揮する。

塗料は基本的には、バインダー（素材表面に膜を形成する成分）、顔料、添加剤、流動性を与えるための有機溶剤、水などで構成されている。なかでもバインダーは塗料の基本的な性格を決定づける重要な構成要素となっている。そして今日では殆どの原材料は化学製品である。

本調査研究は、塗料が基盤技術の発展と共にどのように進化し、諸産業・社会に貢献してきたかについて、バインダーを中心にして時系列的に纏め、系統化を試みたものである。

バインダーは19世紀まで、天然素材を主体としていた。西洋ではオリーブ油などが古くから使用され、またノアの箱船の伝記にみられるように、紀元前3000年頃には天然アスファルトが防水に用いられていた。そして紀元前1000年頃になって、亜麻仁油に化石樹脂を溶かしたワニスが登場した。日本では資源的に恵まれていた漆が古くから用いられ、紀元前5000年頃の漆塗りの櫓が発見されている。また7世紀以降、仏教伝来と共に多くの壮麗な社寺が建立されたが、これらには膠を主とする塗料が使われた。湿度が高く樹木が多い日本では木造建築が一般的で、これらには油よりも透湿性のある膠の方が適していた。そのため油性塗料はあまり発達しなかった。

錬金術は化学に進化して多くの人工顔料を生み出したが、バインダーとしては19世紀に至るまであまり大きな革新はなかった。

18世紀に入ると産業革命がおこり、従来の自然素材に加えて鉄という人工素材を生み出し、やがて鉄鋼構造物が作り出された。鉄素材には油性塗料の方が有利であった。明治維新を迎え西洋文明が普及しはじめると、塗料も西洋から輸入した油性塗料が主流となる時代に変化した。日本では漆の独自技術による錆止め塗料（日本特許第1号）による船舶などへの適用が試みられたが、普及には至らなかった。1881年（明治14年）、光明社（現日本ペイント）が設立され、以後洋式塗料の国産化が進展した。この間に欧米では化学が目覚ましい進歩を遂げていた。

19世紀の中頃になってニトロセルロースが開発され、はじめて塗料/バインダーの革新がおこった。乾燥の速いニトロセルロースラッカーの登場によって、米国で自動車の大量生産が可能となり、工業塗装の道を開いた。日本でも1926年（大正15年）に市場に登場した【第1の技術革新】。

19世紀後半になると欧米で有機合成化学が飛躍的な進歩をみせ、合成樹脂化学の時代を迎える。塗料にあっては20世紀初めに、油変成アルキド樹脂が登場し（米国1927年）、油変成アルキド樹脂から焼付け型アミノアルキド樹脂塗料が誕生した（日本1948年）【第2の技術革新】。そして静電塗装法、塗装前処理技術の発展を促し、日本でも工業塗装が本格化した。

20世紀中頃になると、高分子化学、石油化学の発展により多くの合成樹脂が生まれ、汎用化されるようになる。そしてこれらを塗料にとり入れた多様な合成樹脂塗料が誕生した。塗膜性能は飛躍的に向上し、【第3の技術革新】の時代を迎えた。高分子化学の発展は、多様な素材や用途のニーズに応える多くの種類の塗料を生みだし、工業塗装、重防食塗装、船舶塗装、建築塗装、補修塗装など、それぞれの産業に対応した塗料を創出した。

次の大きな革新として、塗料・塗装を高度にシステム化した【第4の技術革新】が登場する。電着塗装がその代表である。やがて粉体塗装、紫外線硬化塗装、コイルコーティング、水性リサイクル塗装システムなどが誕生する。そしてこれら第4の革新技術は、環境問題対応としても優れた技術となって発展した。

以上がマクロ的にみた塗料技術革新の流れである。被塗物別にミクロに考察すれば、さらに多くの革新事例をみることができる。これらは自動車、船舶、家電製品などのように日本が世界的に強い産業分野や、工業化住宅など日本独自の産業分野にみられる。

工業塗装による塗膜の高品質化、塗装効率化は、施工現場塗装を工業塗装化し、多くの産業の生産方式の変革を誘導した。また大型構造物では十分な品質管理が行われるブロック化、ヤード塗装へと転換が進み、効率的な大型構造物の建造や高層化を可能とした。このように塗料・塗装の技術革新の成果は、近代社会構築に大変重要な役割を果たしてきたのである。

■ Abstract

Paints are composed of ingredients such as binders, pigments, additives and solvents (organic solvents or water). Almost all of the raw materials today are chemical products. Of these materials, the component that determines the basic properties of the paint is the binder.

In this research survey, I seek to provide a chronologically-organized study of the development of the basic technologies of paints, with a focus on binders.

Until the 19th century, binders were mainly natural materials. Oil-based paints, Japanese lacquer and gelatinous glue have long been used in the West and in Japan, respectively.

In the 19th century, nitrocellulose was developed. The introduction of quick-drying **nitrocellulose** opened the path to industrial paints. This marked the **first technological innovation**.

The latter half of the 19th century saw breakthroughs in synthetic organic chemistry in America and Europe, and heralded the era of synthetic resin chemistry. **Oil-modified alkyd resins** were introduced in the beginning of the 20th century and gave rise to baking-type **amino alkyd resin paints**. This marked the **second technological innovation**. These advancements led to the development of electrostatic coating method and pretreatment processing technologies. The coatings for industrial use got into gear.

In the mid-20th century, many synthetic resins were created by the remarkable progress in polymer and petroleum chemistry. **A variety of synthetic resin paints** were created by incorporating resins. The performance of these paints improved dramatically, ushering in the era of the **third technological innovation**. The development of polymer chemistry gave birth to many kinds of paints that use a variety of materials and meet the needs of a wide range of purposes. These paints include industrial paints, heavy-duty coating paints, construction paints, and repair paints for different industries.

The next major innovation was the advanced systemization of paints and coating systems, which marked the **fourth technological innovation**. **Electro-deposition painting** is a representative example. Before long, powder coating, coil coating, and water-based recycling paint systems were created. These fourth technological innovations were further developed to be outstanding technologies in response to the environment.

This summary gives a macro picture of the march of innovations in paint technologies. Continuous progress in paint technologies has greatly contributed to the development of different industries and to the realization of an affluent society.

■ Profile

大沼 清利 *Kiyotoshi Onuma*

国立科学博物館産業技術史資料情報センター 主任調査員

昭和33年	3月	東京教育大学(現 筑波大学)理学部化学科卒業
昭和33年	4月	日本ペイント株式会社入社
平成 3年	6月	同社工業用塗料事業部長(取締役)
平成 7年	6月	同社取締役退任顧問
平成 8年	5月	(社)日本塗料工業会専務理事
平成12年	5月	(社)日本塗料工業会専務理事退任常勤顧問
平成12年	9月	(社)日本塗料工業会常勤顧問退任
平成21年	4月	国立科学博物館産業技術史資料情報センター主任調査員

■ Contents

1. はじめに	3
2. 塗料概説	4
3. 塗料の歴史 (I) 原始時代から大正時代まで	12
4. 塗料の歴史 (II) 昭和時代以降	25
5. 塗料・塗装の代表的な分野別技術革新事例	42
6. まとめ 塗料技術の系統化	68
謝辞	73
付表 明治以降の主な塗料の歴史 登録候補一覧	74

高炉技術の系統化

Historical Development of Blast Furnace Technologies

彼島 秀雄 Hideo Kanoshima

■ 要旨

わが国の製鉄業は安政4年（1857）に大島高任が釜石大橋地区で洋式高炉を創設して以来150年を迎える。当時は、古来の「たたら法」で製造される砂鉄銑で製造した大砲の砲身強度が不十分であったことから、高温炉で精錬される均質な銑鉄を大量に製造することを目的として、釜石の塊銑石を原料として自ら翻訳したヒュゲニン著「大砲鑄造法」（日本での略称）の知識を頼りに独自の洋式高炉を創設したものであった。

明治政府の富国強兵、殖産興業政策による民間需要や日清日露戦争の勃発による軍機需要の増加に対応して、官営釜石銑山ではイギリス技術による近代製鉄法（日産25t高炉）が導入され、官営八幡製鉄所第1高炉においてもドイツ技術による銑鋼一貫製鉄法（日産160t高炉）が各々外人技師の指導で実施されたが成功しなかった。両製鉄所の導入設備は最新の性能を有するものであったが、我が国の石炭性状に対する知識や認識が甘く、高炉の大きさに相応しい強度のコークスを製造することができず安定な操業ができなかったことが原因であった。当時のわが国の石炭には強粘結炭がなく、高炉の内容積に相応しい潰裂強度を有するコークスを日本人自らの知恵で創り出す必要があった。

第2章では大島高任の洋式高炉法、釜石銑山での近代製鉄法の導入とコークス高炉法の誕生に至る推移について述べ、第3章では八幡製鉄所の創立計画の変遷と外国技術の直訳的導入に対する我が国自らの技術適応（最適化）について述べる。

第1次世界大戦後は、旺盛な鉄鋼需要の進展に刺激されて官営製鉄所と民間製鉄所が併進する体制となる。ここではわが国の銑鉄自給率の拡大と外国銑に対する価格競争力が経営課題となり、高炉の生産能力の拡大と労働集約的な作業の合理化を図るための設備投資が積極的に実施され、投融資環境も整備された。

第4章は第1次世界大戦から第2次世界大戦に至る動乱期における鉄鋼業の編成と第2次世界大戦前に於ける高炉技術の到達点について述べる。

戦後の高炉技術の発展は、戦後復興期に於ける米ソ対立、経済の高度成長戦略やエネルギーや鉄鉱資源の動向に大きく支配された。

第5章では戦後復興、高度成長期における臨海新立地での大型化と効率化の推進と地域環境対策、第6章では石油危機に端を発した量から質への転換期における脱石油・省エネ技術の展開、第7章ではプラザ合意による円高に対応した製造拠点の集約化と労働生産性の向上、21世紀における途上国の成長に伴う鉄鋼需要の世界的拡大への技術対応について述べた。

戦後の高炉の発展は多くの外国技術の積極的導入によって進められたが、高炉の大型化は設備や操業トラブルが発生した場合に極めて大きな生産リスクを伴う。設備故障を回避し信頼性を高めるために設備の完成度を高め、安定操業を確立するためには技術を標準化し付加価値を高める活動が不可欠であり、わが国独自の革新技術も生まれた。企業間の切磋琢磨による競争と協調、共通課題に対する産学官による共同研究の実施など、我が国独特のもの作り文化によってわが国の鉄鋼技術は世界最先端の水準に至った。

■ Abstract

Japan's iron industry recently celebrated its 150th anniversary. The industry began in 1857 (the 4th year of the Ansei era) when Takato Oshima built a Western-style blast furnace in the Ohashi district of Kamaishi, Iwate Prefecture. At that time, because cannon barrels constructed from sand pig iron using the traditional Tataro process lacked sufficient strength, Oshima sought to produce large volume of pig iron of uniform quality refined in blast furnaces. He built his own Western-style blast furnace using Kamaishi's lump ore and knowledge from Huguenin Ulrich's The Casting Processes at the National Iron Cannon Foundry in Luik (written in 1826), which he translated himself.

To meet the increase in demand by the military as a result of the Meiji government's policies of "Enrich the country, strengthen the military" and "Increase production, promote industry," English early-modern steel production techniques were introduced at the government-run Kamaishi mine (with a blast furnace of 25t daily output). Integrated steel production (using a 160t daily output blast furnace) was also implemented using German technology at the government-run Yawata iron and steel mill's No.1 blast furnace. Both steel mills were built under the assistance of foreign engineers, however, they were unsuccessful. While the steel mills possessed the newest facilities and capabilities, They lacked sufficient knowledge about the performance of coal. Thus coke strong enough for the size of the furnaces was not produced and the furnace could not be stably operated. Japanese needed to develop their own knowledge. At that time, strongly caking coals were not available with Japanese coals.

The greatest technological challenge was to establish production methods for coke that has strength against breaking appropriate to the inner volume of blast furnaces.

After world war I, stimulated by growth in the demand for steel, Government-controlled and private-sector steel mills grew in tandem. The increase of Japan's self-sufficiency rate in steel and the price war against foreign steel became industry challenges. Investment in facility was actively pursued to rationalize the expansion in the production capability of blast furnaces and in labor-intensive tasks. An environment of investment and loan was also established.

After World War II, the development of blast furnace technology was greatly influenced by the advanced economic growth strategy, and trends in energy and iron ore resources. Large-sized integrated iron and steel works were constructed on bay sites.

In response to the strong yen set by the Plaza Accord, and the rise in the global demand of steel in the 21st century by the growth of developing countries, the intensification of production sites and improvements in labor productivity have been accelerated.

The development of blast furnaces after the Second World War has proceeded with the active introduction of foreign technologies, but this has also brought major production risks when facility and operation problems occur as blast furnaces become larger.

Work is essential to raise the completeness of the facilities to prevent incidents and improve reliability. Also needed is standardizing technology and increasing added value to establish stable operations.

These efforts have given birth to Japan's own innovative technologies. Japan's steel technologies have attained the most advanced level in the world thanks to honing by competition and cooperation among companies, research collaboration by government, industry, and academia to solve common challenges, and the country's unique artisanal culture.

■ Profile

彼島 秀雄

Hideo Kanoshima

国立科学博物館 産業技術史資料情報センター・主任調査員
日本鉄鋼協会 正会員

昭和36年 3月	京都大学工学部 冶金学科卒業
昭和36年 4月	八幡製鉄株式会社入社(現新日本製鉄株式会社)
昭和62年 7月	新日本製鉄大分製鐵所 製鉄部長
平成 3年11月	本社 製鉄技術部長
平成 4年12月	参与(製鉄技術部長委嘱)
平成 6年 7月	株式会社「鉄原」常務取締役
平成14年 6月	退任
平成21年 4月	国立科学博物館産業技術史資料情報センター主任調査員

■ Contents

1. はじめに	81
2. 高炉製鉄法の特徴	83
3. 高炉製鉄法の萌芽と近代製鉄法の導入と発展	87
4. 官営八幡製鉄所での鉄鋼一貫製鉄所の建設	96
5. 戦前の官民並立態勢での高炉技術の自主的発展	105
6. 戦後復興と鉄鋼合理化計画の推進	114
7. 高度成長の終焉と量から質への転換	133
8. 産業構造の再構築と世界的再編	144
9. まとめ	156

圧力計技術の発展の系統化調査

Historical Development of Pressure gauges Technologies

清水 明雄

Akio Shimizu

■ 要旨

世界で初めてつくられた圧力計は、イタリアのトリチェリが17世紀に発明した「水銀気圧計」である。これは、現在、水銀液柱形圧力計、あるいは、マノメータと呼ばれ、『液柱形圧力計』に分類される。その後、18世紀から19世紀にかけて、ピストンと重錘でシリンダに圧力を発生させる『重錘形圧力計』がドイツで、現在の『アネロイド形圧力計』（JIS圧力計規格で「ブルドン管、ベローズ、チャンバ、ダイヤフラムなどの弾性素子を圧力計の受圧部にもつもの」）に分類される、金属の弾性を利用した「アネロイド形気圧計」と「ブルドン管圧力計」がフランスで、ピストンとばねを用いた記録式圧力計『エンジンインジケータ』の原型がイギリスで、各々発明された。

気圧計から始まった圧力計の歴史の中で特に重要なのは、構造原理の異なるこれら、『液柱形圧力計』『重錘形圧力計』『アネロイド形圧力計』『エンジンインジケータ』の4つの圧力計である。

『液柱形圧力計』はトリチェリが発明した気圧計から発展し、後に、血圧計や高度計などへ応用された。わが国では、1920年のブルドン管圧力計の検定開始とともに、検定に用いる「基準液柱形圧力計」として規定され、以降、特に産業分野における低圧の圧力計の校正や検査に広く用いられている。

『重錘形圧力計』はブルドン管圧力計の検定に使用する「基準重錘形圧力計」として、液柱形圧力計と同時に規定された。第二次大戦後の産業界では、圧力の高精度化、高圧化に伴い、さまざまな「重錘形圧力計」が開発され、現在は、低圧から超高圧まで、ブルドン管圧力計をはじめとした圧力計測機器の校正や検査に幅広く使用されている。

『アネロイド形圧力計』は受圧部に弾性素子を用いた圧力計である。この内、弾性素子にブルドン管以外を用いたものは「アネロイド形気圧計」から発展した微圧用で、一方、ブルドン管を用いたものは、用途への適応性に優れ、低圧から超高圧までを網羅する。発明と同時にまたたく間に工業先進国に広まったブルドン管圧力計は、それまで用いられていた『液柱形圧力計』から次々と置き換わり、イギリスから始まった世界の近代工業化の発展に大いに貢献した。

『エンジンインジケータ』は世界初の記録式圧力計である。用途が限定的で、一般にはあまり知られていないが、イギリスの産業革命で蒸気機関の実用化に果たした功績は非常に大きい。現在、機械式インジケータは、世界では日本の圧力計メーカー1社のみによる製造とされ、用途も特殊で生産量も少ないが、その技術史的価値は高い。

わが国で初めてブルドン管圧力計の研究開発を行ったのは、1896（明治29）年に和田計器製作所を創業した和田嘉衛である。富国強兵と工業化による近代国家を目指し、軽工業から重工業への移行を強力に推進した明治政府の下、ヨーロッパから大量に輸入された蒸気機関車などの蒸気機械に、圧力計が装着されていた。和田は独力でそれらの国産化に成功した。

大正時代に入ると、わが国の工業化は、軍勢力増強、植民地化による海外進出を伴って隆盛し、進展した。その後、関東大震災という未曾有の危機に見舞われるが、第二次世界大戦直前まで産業機械の生産は拡大の一途をたどった。国産のブルドン管圧力計の需要の伸びも著しく、わが国の圧力計メーカー数は当初の数社から、1930年代には100社にまで達したとされ、ブルドン管圧力計は工業化の振興と経済発展を支えた。

第二次世界大戦でわが国の工業は壊滅的な状況に陥ったが、戦後は朝鮮動乱特需で息を吹き返した。そして、高度経済成長期には新たな産業が勃興し、圧力計のニーズも多様化、高度化し、新技術による製品が次々に開発された。戦後、誕生した「電気式圧力計（アナログ指示）」は、ブルドン管を用いて圧力を電気量に変換する圧力計である。しかし、コンピュータ時代の到来により、圧力指示を不要とするコンピュータ制御が主流になり、「電子式圧力計（デジタル表示）」や「圧力発信器」が開発されると、「電気式圧力計」は使用されなくなった。

その後、バブル崩壊を経て、平成時代になると、日本の圧力計メーカーが最新の半導体技術を用いて、長年、研究開発を重ねてきた「工業用圧力センサ」が急激に普及した。「工業用圧力センサ」は、日本がかつて圧力計を輸入していた工業先進国に逆輸出され、着実にその市場を拡大している。「工業用圧力センサ」は圧力計測技術の結晶であり、わが国の強みである。

しかし、戦後、さまざまな圧力計が誕生する中、国家検定が開始された1920（大正9）年の1万4千個から、2007（平成19）年の約900万個へと生産量を大きく伸ばし、現在の産業界でもっとも広く使用されているのは、圧力計の中でもっとも古い歴史をもつブルドン管圧力計である。震災や戦争を乗り越え、高度経済成長期以降の電子化にも揺らぐことなく、ブルドン管圧力計は、今なお、世界最高水準の超高圧ブルドン管圧力計が開発されるなど、技術を発展させながら、産業界に多大な貢献を続けている。

■ Abstract

The first pressure gauge in the world was a mercury barometer invented by the Italian Evangelista Torricelli in the 17th century. This device, which today is called a “mercury liquid-column manometer” or simply “manometer,” is classified as a “liquid column manometer.” Later, in the 18th and 19th centuries, the “dead-weight tester” that generates pressure in a cylinder using a piston and weight was invented in Germany, the “aneroid barometer” and “Bourdon tube gauge,” which exploit the elasticity of metal and are today classified as an “aneroid gauge” (which, according to JIS pressure gauge standards, has an elastic element like a Bourdon tube, bellows, chamber, or diaphragm in the pressure receiver of the gauge) were invented in France, and a model of a recording pressure gauge (engine indicator) using a piston and spring was invented in Great Britain.

In the history of pressure gauges beginning with the barometer, of particular importance are these four types of pressure gauges—liquid column manometer, dead-weight tester, aneroid gauge, and engine indicator—having different structural principles.

The liquid column manometer has progressed since the barometer invented by Torricelli, and today, it is used in blood pressure gauges, altimeters, and other devices. In Japan, a “standard liquid column manometer” was prescribed in 1920 for testing purposes in conjunction with the launch of a national certification system for Bourdon tube gauges. It has since come to be widely used for calibrating and inspecting low-pressure gauges in industry.

A “standard dead-weight tester” was also prescribed at the same time as the standard liquid column manometer for use in testing Bourdon tube gauges. After World War II, various types of dead-weight testers were developed as the demand for highly precise pressures and higher pressures increased, and today, dead-weight testers are being widely used in low-pressure to high-pressure applications and in the calibration and inspection of Bourdon tube gauges and other pressure measuring devices.

The aneroid gauge uses an elastic element in the pressure receiver. Gauges of this type that use other than Bourdon tubes for the elastic element have come to be used for micro-pressure applications, but those that use Bourdon tubes are quite adaptive covering the range from low-pressure to ultra-high-pressure applications. The aneroid gauge spread quickly to industrially advanced countries after its invention and came to replace many liquid column manometers that had been used up to that time. The aneroid gauge went on to make great contributions to the development of modern industry, which had started with Great Britain, throughout the world.

The engine indicator was the world’s first recording pressure gauge. Being limited in application, it is not well known, but its role in developing practical steam engines during the industrial revolution in Great Britain is immense. It is said that this type of pressure gauge is today made by only one company in the world: a Japanese pressure gauge manufacturer. Although it is used for only special applications and produced in limited quantities, its historical value is high.

In Japan, the first person to research and develop Bourdon tube gauges was Yoshihira Wada, who founded Wada Keiki Seisakusho in 1896. At that time, the Meiji government was actively promoting a transition from light to heavy industry to make Japan into a modern nation through prosperity, military strength, and industrialization. As part of this policy, steam locomotives and other types of steam engines equipped with pressure gauges were being imported from Europe in great numbers. By his own effort, Yoshihira Wada succeeded in domestically producing these pressure gauges.

On entering the Taisho era (1912 – 1926), the industrialization of Japan flourished and progressed in conjunction with a military buildup and overseas expansion through colonization. Then, despite the unprecedented disaster of the Great Kanto Earthquake of 1923, the production of industrial machinery continued to expand right up to the Second World War. The demand for domestically produced Bourdon tube gauges increased dramatically, and the number of pressure gauge makers in Japan grew from just a few to more than a hundred by the 1930s. The Bourdon tube gauge promoted the industrialization and economic development of Japan.

During the Second World War, much of Japan’s industrial base was destroyed, but after the war, special procurements associated with the Korean conflict breathed new life into the industrial sector. The high economic growth period that followed also gave rise to new industries resulting in more diverse and advanced needs for pressure gauges, which stimulated the development of products using new technologies. Electrical pressure gauges (analog indicators) that appeared after the war converted pressure to electrical quantities using Bourdon tubes. With the coming of the computer era, however, computer control in which pressure indication is unnecessary became mainstream and products like electronic pressure gauges (digital displays) and pressure transmitters came to be developed. Electrical pressure gauges fell out of use as a result.

Then, as Japan entered the Heisei era following the bursting of the bubble economy, “industrial pressure sensors” began to spread rapidly. These industrial sensors were the result of long-term R&D efforts by leading pressure gauge makers in Japan using new semiconductor technologies. They have come to be exported to industrially advanced countries from which Japan once imported pressure gauges, and the international market for them is expanding steadily. Industrial pressure sensors are the fruit of pressure measuring technologies and a strong point of Japanese industry.

Nevertheless, while a variety of pressure gauges have appeared in the post-war period, the Bourdon tube gauge, whose production volume has grown from 14,000 units in 1920 when the national certification system was launched to about 9-million units in 2007 and whose history is one of the oldest among pressure gauges, is now the most widely used pressure gauge in Japanese industry. The Bourdon tube gauge, which has survived earthquakes and wars and the trend toward digital devices following Japan’s high economic growth period, is still evolving technologically as reflected by the development of an ultra-high-pressure Bourdon tube gauge meeting the world’s highest standards. We can expect the Bourdon tube gauge to continue to make significant contributions to industry.

■ Profile

清水 明雄 Akio Shimizu

国立科学博物館産業技術史資料情報センター主任調査員

昭和33年 3月 東京都立工業短期大学機械科卒業
昭和33年 5月 富士通信機製造株式会社入社
昭和33年10月 同社退社
昭和33年11月 株式会社長野計器製作所(現、長野計器株式会社)
入社東京研究所配属、
本社工場(上田市、後に上田工場に名称変更)
生産技術部次長兼量産試作課長、技術部次長兼
標準器室長
工作部長など担当(主に、ブルドン管の研究、圧
力計をはじめ、圧力計測機器、試験器、装置、自動
化等の開発、設計、製造に従事)
昭和63年 1月 同社退社(転出、以降も圧力計製造等に従事)
昭和63年 1月 株式会社長野汎用計器製作所 代表取締役
平成11年 9月 ゼットエイ株式会社 代表取締役
平成13年 6月 同社退社
平成15年 3月 株式会社長野汎用計器製作所退社
平成 8年 7月 日本圧力計温度計工業会技術委員会委員
～平成14年 7月
平成10年 5月 日本圧力計温度計工業会常務理事
～平成15年 5月
平成10年 7月 ブルドン管圧力計JISB7505(1999)改正原案作成
～平成11年11月 圧力計専門委員会委員
平成11年 7月 通商産業省計量行政審議会専門委員
～平成13年 7月
平成20年 4月 国立科学博物館産業技術史資料情報センター
主任調査員

■ Contents

1. はじめに	163
2. 圧力の概要	166
3. 圧力計の構造原理	180
4. ブルドン管圧力計	191
5. 圧力計の開発製品	218
6. まとめと考察	226

日本の工業化住宅（プレハブ住宅）の産業と技術の変遷

Transition of the Industrialized Housing-Prefab Housing-in Japan, its Industry and Engineering

東郷 武

Takeshi Togo

■ 要旨

第二次世界大戦後どの国も復興のために膨大な住宅建設を必要とした。工場量産住宅（プレハブ住宅）の研究が活発になり、試行され、企業化もされるようになった。しかし、殆どの国においてこの工法が住宅の主要な工法として成功し発展するまでには至らなかった。

世界の中で日本のみがこの工法が主として低層住宅の分野で定着し、経営的にも成功してプレハブ住宅産業として大きな企業グループを形成するようになった。日本人の主要な生活様式が欧州諸国と比べると都市でも低層戸建てが中心であり、市場がアメリカのように散在してなく比較的狭い地域に集約されるという条件に恵まれていたことが基本的な要因であった。しかし、この業界や関係者がこの工法を単に量産の手法として捉えるだけでなく、性能や機能を重視する近代的な工業化住宅として推進してきたことも重要な要因である。また一般の在来工法にも、プレハブ的手法の導入や、先進的部品の共用など大きな影響を与えて、日本の住宅産業全体の質的向上に大きく寄与してきた。

第1章では、幼稚な平屋の小住宅として生まれたプレハブ住宅が、経済状況や社会制度の大きな変化の影響を受けながら成長し、企画提案型住宅や性能重視の工業化住宅として変遷しながら我が国の住宅産業のリーダー的役割を果たすようになって行く様子を産業史的視点から概観し記述した。

第2章では、我が国独特の、企業毎に異なるクローズドなシステムを、鉄骨系、コンクリート系、木質系別に紹介し、どこが異なるポイントか、何故異なるようになったかということを理解できるように説明した。

第3章では、工業化住宅の性能認定以降の性能基準やそれによる仕様の伸展を平易に説明した。

第4章では、近年の業界の共同研究の実施例や、技術開発の今日的課題を紹介した。

第5章では、工業化住宅と車の両輪の如く共存してきた住宅部品の認定制度や主要な部品の発展の様子を簡単に紹介した。

■ Abstract

With the economy boom after the Second World War, there was the need for a great quantity of housing for every country involved in the war. Mass production housing (prefabricated housing) was achieved, tested and commercialized.

However, for most countries, this method did not attain complete success and development as the primary new way of building houses. Of all the countries in the world, only in Japan has this method become the primary new method for building low-rise detached houses. Prefab housing manufacturers became commercially successful and formed a major group of industries. The primary factors for their success was the fact that the Japanese compared to Europeans tend to live in low rise, detached houses, even in the metropolitan areas. The market in Japan is also blessed with a comparatively concentrated geography, contrary to being wide dispersed, as is the case in the USA. However, those involved in the prefab field did not simply view this method as only system for industrialized mass production method. A critical reason of their success is also the fact they have viewed this method as the system that values performance and quality.

The prefab systems have also played a major influence in the new way of living and the high performance for living to the Japanese traditional housing industry by sharing advanced, modern industrialized components. These influences have raised the overall quality of the Japanese housing industry.

Chapter 1 takes a historical look at the birth of prefab housing as a rather simple, small single-storied housing, its growth as a result of major changes in economic and social conditions, and its eventual role as a leader in the Japanese housing industry as it undergoes transition to the industry that values high performance.

In Chapter 2, we examine Japan's distinct, closed systems that belong to different companies by their construction materials : steel-based, concrete-based, and wood-based. We explain the points where the systems differ from, and how these differences came about.

Chapter 3 explains the performance standards of an industrialized house after the certification and the extension of specifications based on these standards.

In Chapter 4, we introduce examples of recent collaborative research by the industry and the challenges being tackled by R&D today

In Chapter 5, we provide a simple introduction to the certification of housing components, which co-exist with industrialized housing like the wheels in a car. We also describe how specifications of major components develop.

■ Profile

東郷 武

Takeshi Togo

国立科学博物館産業技術史資料情報センター 主任調査員

昭和35年	京都大学工学部建築学科卒業
	文部省入省 文部技官
昭和36年	大和ハウス工業㈱入社
昭和42年	工学博士(大阪大学)
昭和47年	大和ハウス工業㈱取締役技術担当
平成4年	副社長 技術本部長
平成11年	社長
平成14年	会長、研究所所長等を経て退任
平成16年	顧問 現在に至る

■ Contents

まえがき	231
1. 産業の変遷	233
2. 構法	256
3. プレハブ住宅の性能基準の変遷	278
4. 近年の技術開発	301
5. 住宅部品産業の技術開発と発展	310
あとがき	313

汎用中小型ガスタービンの技術系統化調査

Systematic Technological Review of General-Purpose Small to Mid-sized Gas Turbines

星野 昭史 Akifumi Hoshino

■ 要旨

本調査は 1970 年代後半頃から国内において急速に需要を拡大した防災用途の発電装置用をルーツとし、その後各種の非常用発電装置やコージェネレーションシステム等の駆動源として市場を広げてきた国産の小容量陸船用ガスタービンを対象に実施したものである。

国内の陸船用ガスタービン生産の現状は、容量ベースで言えば全体需要の 85% は事業用を中心とする“大型常用発電用途”が占めており、一方台数ベースで見ると全需要の 70% が“中小型の非常発電用途”となっている。即ち、国内の陸船用ガスタービンの生産統計を見ると、それらの用途は上述した二つに大きく二極化されている事が判る。

昨年度調査報告された「産業用大型ガスタービン」はこの二極化した一方の“大型常用発電用途”を対象としたもので、本年はもう一方の“中小型非常発電用途”を中心とした「汎用中小型ガスタービン」について調査報告するものである。

ガスタービンは第二次世界大戦後、航空用として大きく発展しその成果が陸船用にも波及して地上用途の拡大をもたらした。わが国では敗戦後直ちに施行された「航空禁止令」により航空用エンジンについては 7 年間の完全空白期間が生じた結果、開発／設計等の先端分野では先進諸国に対して決定的な遅れをとる事となった。一方、陸船用の場合も戦後暫くは低迷時期が続いたが、1970 年代に入ると日本経済の成長と共に事業用のガスタービン発電所等の新規需要が活発化して大型部門の市場が徐々に拡大していった。また小型陸船用ガスタービンについて、1960 年代後半頃から世界的な流れを受けて車両用ガスタービンの研究開発が自動車メーカを中心に活発に行われたほか、航空用ガスタービンの地上用途転用等輸入エンジンによる小型ガスタービンの陸船用途開拓が国内の各方面で盛んに試みられていた。

このようななか、1974 年に実施された消防法の大改正によりビルや大型店舗等に対する防災用発電設備の設置義務が強化され、これを契機にして小型ガスタービンを駆動源とする非常用発電装置の評価が急速に高まりその需要が拡大していった。即ち、従来この市場はディーゼルエンジンがほぼ独占していたが、これに対してガスタービンは圧倒的に小型軽量で振動騒音が少なく、しかも冷却設備が不要等の特長を持っており、据付工事及び保守の容易さ等が高く評価されて非常用途に適した新しいタイプの原動機として急速に市場へ浸透していった。

此处で非常用発電市場に新しく登場した小容量のガスタービンは当初純国産品は少なく多くは輸入エンジンであったが、市場が拡大するに連れて品揃えや価格面等で輸入品の限界が目立つようになり、その対策として国産中小型ガスタービンの開発が各所で活発に行われた。

国産化の動きにはガスタービンメーカのみならず、従来この市場を独占していたディーゼルエンジンメーカも積極的に参加した。これらのディーゼルメーカは元々過給機とは馴染みが深く、構造上これと共通点が多い中小型の非常用ガスタービン開発に取り組み易い環境にあった事から多くのメーカが挙って国産化を推進した。この結果、1970 年代後半頃から国内での陸船用中小型ガスタービンの生産台数が一気に増加した。

更に 1980 年代の後半に入ると省エネルギー／環境問題等への対応から、小規模なガスタービンコージェネレーションシステムが注目されるようになり、これに伴って関連する中小型ガスタービンの更なる高効率化／低公害化／信頼性向上等が求められ、各社が競って高性能機の開発に取り組んだ。また、ガスタービン本体の高性能化と並行してコージェネレーションシステム全体についても、熱電比可変形をはじめ様々なシステムが新たに開発されて、小規模ガスタービンコージェネレーションシステムの熱効率の向上と低公害化の推進に大いに寄与した。

本編で採り上げた非常用をルーツとする中小型のガスタービンは当初、数百 kW 級の小型機が中心であったが、近年になって非常用／常用共に容量が徐々に大型化する傾向が見られ、その反動で小型機種は市場競争力を失いつつある。これは元来、ガスタービンは“大出力に適した原動機”であると言う本質に起因した部分も含まれているが、一方では特に非常用の場合は安易に大型化に流されて小型機種の競争力強化を怠った結果とも云え、今一度原点に戻って小型ガスタービンのあり方を見直す時期にあるように思える。

■ Abstract

This study examines small-capacity gas turbines for land and marine applications manufactured in Japan. Demand for the gas turbines as a power generation tool for disaster mitigation purposes grew rapidly in latter half of the 1970s. Afterwards, the market for gas turbines for emergency power generation and for co-generation systems continued to grow.

If we look at the current state of the domestic manufacture of gas turbines for land and marine use, we find that, by capacity base, 85 percent of overall demand is made up of large-scale turbines for continuous power generation. On the other hand, by number of units manufactured, 70 percent of overall demand is for small and mid-sized turbines for emergency power generation. In other words, the manufacturing numbers for domestic land and marine gas turbines show a major bipolarization based on the purpose of use.

Our study of "Industrial Large-scale Gas Turbines," published last year, examined one pole in the manufacture of gas turbines. This year, our study of "General-Purpose Small-Scale Gas Turbines" focuses on the other pole of the manufacture of gas turbines.

Gas turbines developed significantly for aircraft use after the Second World War, and as a result, their use expanded to land and marine applications. Immediately after the war, Japan was forbidden by the terms of its surrender from producing airplanes. As a result, there was complete inactivity for seven years in the field of aircraft engines, and Japan decisively fell behind advanced nations in the areas requiring sophistication, such as development and design. Turbines for land and marine applications were also sluggish after the war, but the market for large-scale turbines grew gradually in the 1970s as the growth of the Japanese economy spurred new demand for industrial gas turbine power generation facilities. As for small-scale land and marine gas turbines, R&D of gas turbines for automobiles had been vigorously pursued by auto manufacturers since the latter half of the 1960s due to the influence of worldwide trends. As well as, pioneering the use of small land and marine gas turbines had been actively pursued by Japan through the import and conversion of aircraft gas turbines.

In the midst of these developments, major revisions to the Fire Service Act in 1974 strengthened requirements for disaster mitigation power generation facilities in buildings and large shops. As a result, evaluation of small gas turbines as the drive source for emergency electrical generators grew rapidly and their demand increased as well. Previously, this market had been dominated by diesel engines. However, because gas turbines were overwhelmingly more compact and quieter, and furthermore, did not require cooling equipment and were easier to mount and maintain, they drew praises as a new type of prime-mover for emergency use and rapidly penetrated the market.

Initially, the small-capacity gas turbines introduced in the emergency power generation market were not 100 percent domestically manufactured products, and many were imported engines. However, as the market grew, imported products hit limitations in terms of selection and price, and in response, development of domestically produced small and mid-sized gas turbines were energized around the country.

The domestication of manufacturing drew participation from not only gas turbine manufacturers but also manufacturers of diesel engines, which had previously dominated this market. Diesel manufacturers had deep familiarity with force induction, and this area shared in the construction of gas turbines allowed them to easily participate in efforts to build small and mid-sized emergency gas turbines. The efforts of many manufacturers advanced the domestication of manufacturing, and as result, the number of units of small and mid-sized land and marine gas turbines produced in Japan grew in a single leap from the latter half of the 1970s.

Furthermore, in the latter half of the 1980s, attention was drawn to small-scale gas turbine co-generation systems in response to growing energy and environmental concerns. Demand grew for small and mid-sized gas turbines that were even more efficient, less harmful to the environment, and had greater reliability, drawing efforts from competing companies in the development of more advanced features. Besides advancements in the gas turbines themselves, new features were also introduced to co-generation systems, such as variable heat-to-power ratio configuration, contributing greatly to improvements in the thermal efficiency and environmental friendliness of small-scale gas turbine co-generation systems.

The small and mid-sized gas turbines used as emergency solutions discussed in this study were initially centered on small units that produced power in the several hundred kW range. In recent years, however, a gradually growing trend can be seen in increased capacity for both emergency and continuous power use. As a consequence, small-scale models have been steadily losing competitiveness in the market-place. A component of the trend may be that originally, gas turbines were considered to be "power drives suitable for high outputs". Also, as they are used only for emergencies, they can be made larger relatively easier, and as a result, manufacturers neglected to strengthen the competitiveness of smaller-scale models. The current situation calls for a review of the origin and competitiveness of small gas turbines.

■ Profile

星野 昭史 *Akifumi Hoshino*

国立科学博物館産業技術史資料情報センター主任調査員

1961年	3月	九州大学工学部航空工学科卒業
1961年	4月	川崎重工業株式会社入社
		以降、同社明石工場にて主として汎用ガスタービンの開発、設計業務に従事
1996年	6月	同社汎用ガスタービン事業部長
2000年	6月	同社ガスタービン開発センター長
2001年	6月	同社退職
同年	同月	川重明石エンジニアリング入社
2002年	6月	同社退職
2009年	4月	国立科学博物館産業技術史資料情報センター主任調査員
その他		日本ガスタービン学会会員

■ Contents

1. はじめに	319
2. 国内ガスタービン産業の現状	320
3. 汎用中小型ガスタービンについて	324
4. 黎明期（1945年～1970年代半ば頃）	
：汎用中小型ガスタービンの夜明け前	327
5. 急成長期（1970年代半ば～1990年頃）	
：国産化の推進	337
6. 成熟期（1990年～現在）	
：高性能化への取り組み	348
7. 今後の展望	375
8. おわりに	377
謝辞	377
登録候補一覧	378
技術の系統図	379

自動車車体技術発展の系統化調査

A Systematic Survey of Technical Development of Vehicle Bodies

山口 節治 Setsuji Yamaguchi

■ 要旨

我国に自動車が導入されたほぼ同時期から自動車車体生産は始まっており、各時代の要望、社会、技術に合わせて各種車体が生産されてきた。乗用車および小型のバン、ワゴン車、トラックは自動車メーカ又は系列のメーカで生産されているが、中大型のトラックやバン、冷蔵・冷凍車、ダンプ、タンクローリ、ミキサ、検診車、救急車等は各車体専門の車体メーカで生産されている。

我国の自動車事情は明治末時代の導入期から徐々にその数が増え、バスや三輪車を含むトラック分野ではダンプ、タンク等の専用車体や消防車等も生産されるようになり、昭和年代に入って一定量の普及は見られたものの、昭和 20 年の第二次大戦終了前は欧米諸外国に比べると使用状況は限られていた。戦後の復興期から占領軍に倣った車体の生産も加わり、昭和 30 年代に至ってモータリゼーションの時代を迎えた我国の自動車需要は急速に拡大し、車体の生産も種類・量とも大幅に増加した。

顧客の要望や使用状況に応じて開発、生産されてきた車体メーカによる各車体の構造、形状、材質および生産量は、各時代の産業・社会上の変化に影響を受けて変わってきた。

車体メーカの担当する範囲は、トラックシャシやバス、乗用車等を利用した冷凍品、土砂、液体等専用輸送に対応したり、重量物の上げ下ろし作業や消防、救急等緊急用として使用される荷台、作業装置、乗用部分であり、積載対象の多様性や広範囲の用途に応じるため車体の種類は多い。反面、生産数量は少数に限られており、バン、冷凍車、ダンプといったある程度数の出る機種でも年間の生産量は数万台程度に留まっているうえ、これらの機種を含め殆どの車体は 1 台ごとに仕様が定められ生産される。

車体の流通形態も乗用車と異なっており、登録上の扱いも車型、状況により違うが、多くは個別の審査もしくは届出が必要とされている。

自動車の普及とともに歩んできた車体生産は、時代的に黎明期、種の拡大期、量の拡大期、現代に分けられ、各時代の要求に応じた取組みがなされてきた。黎明期には量的に限られているものの現代も使用されている各車体が当時既に車体の先駆的なメーカによって開発されており、種の拡大期、量の拡大期には新たに参入したメーカを含め改良、開発が進められ、信頼性や耐久性の向上が図られて現在に至っている。

自動車はその普及とともに事故等の「負の局面」も見られるようになり、法規の強化、改正等に伴い車体も都度対応してきており、現在に至って使用済み車体の適正処理の取組みが必要とされるようになってきた。

昭和 20 ～ 30 年代にかけバンをはじめ各種車体の生産量は急速に増加している。特に戦後復興に伴う建設需要に応えたダンプ、ミキサ、クレーンに代表される特装车体の生産量は急速な増加を示したが、現在は減少局面を迎えるに至った。しかし自動車車体は自動車の普及とともに発展してきたことは論を待たないが、脱着車、消防車や高所作業車等車体の機能開発、機能付加により存在理由を有するものもある。今後も各種物流の合理化改善に寄与したり、新規建造・建設から維持メンテナンス型に移行する社会に応じた各種車体を提供すること等必要とされる課題は多い。これに応えていくことによって今後の車体産業の維持並びに発展が期待できる。

■ Abstract

Japan began manufacture of vehicle bodies about the same time automobiles were introduced in the country. A variety of bodies has been manufactured that combines the demands of each era and the technologies available. For passenger cars and small vans, wagons and commercial vehicles, their bodies are produced by auto manufacturer themselves or by affiliated manufacturers. On the other hand, for vehicles such as medium duty and heavy duty motor trucks and vans, refrigerated vehicles, dump trucks, tank lorries, truck mixers, medical checkup vehicles, and ambulance cars, their bodies are manufactured by specialized body builders.

The number of cars in Japan has been increasing steadily since their introduction at the end of the Meiji era. As Japan entered the Showa era, a constant growth in the number of automobiles could be seen, and manufacture of motor trucks, including buses and three-wheeled vehicles, and specialized vehicles such as dump trucks and firefighting vehicles began. However, the use of cars was limited compared to America and Europe prior to 1945 (Showa 20), just before the end of the Second World War. The period of post-war reconstruction until 1950 ushered in the age of motorization. Japan's demand for automobiles grew significantly, and the manufacture of vehicle bodies grew dramatically in both types and quantity produced. The construction, configuration, materials, and quantities of vehicle bodies produced by vehicle body manufacturers have changed in response to the demands of customers and the state of use and as a result of industrial and social changes in each era.

Vehicle body manufacturers are responsible for cargo beds, special equipment, and compartments used by motor trucks, buses, and passenger cars for purposes such as specialized delivery of items including refrigerated goods, dirt and sand, and liquid; for loading and unloading goods; for firefighting; and for medical rescue. There are many types of vehicle bodies in response to the diversity of loaded items and the wide range of purposes. On the other hand, the number of vehicle produced is limited to a small quantity. Because the number of vehicles such as vans, refrigerated vehicles, and dump trucks manufactured each year are limited to the hundred thousand units range, there is an almost one-to-one correspondence between the specification and manufacture of the vehicle bodies and the vehicles, including for these models.

Circulation of vehicle bodies also differs from that of passenger cars. Their system of registration differs depending on the vehicle type and condition, and numerous individual inspections and documentation are necessary.

The manufacture of vehicle bodies, which grew alongside the proliferation of automobiles, can be divided chronologically into the early period, the period of growth in types, the period of growth in capacity, and the modern period. Manufacturers carried out efforts to meet the demands of each period. The early period was limited by quantity manufactured, but pioneering builders created vehicle bodies that are still used today. The periods of growth in types and capacity saw progress in development and improvements that included those of new manufacturers. Manufacturers have worked on increased reliability and durability up to the present date.

As automobiles proliferated, their negative aspects were seen in automobile accidents. Strengthening and revising regulations also applied to vehicle bodies as the need arose, and currently measures for the appropriate disposal of used vehicle bodies are also considered necessary.

During the period of 1945 – 55 (Showa 20 – 30), the production of vehicle bodies grew rapidly, including those of vans. Demand of construction during the post-war recovery led to a rapid rise in the number of special-purpose trucks/specially equipped vehicles manufactured, as represented by dump trucks, mixers, and truck cranes. However, production is currently decreasing. While it is a matter of course that the proliferation of automobiles has led to the development of automotive vehicle bodies, vehicle bodies for detachable container systems, firefighting vehicles, and aerial work platforms show that the development of vehicle bodies also has an independent existence to provide needed functions. There are numerous future challenges that require contribution by vehicle bodies, such as improvements in the rationalization of goods distribution and the shift from a society of construction to a society of maintenance. The sustenance and growth of the vehicle body industry hold promise to meet these demands of the future.

■ Profile

山口 節治 Setsuji Yamaguchi

国立科学博物館産業技術史資料情報センター主任調査員

昭和44年	3月	慶應義塾大学工学部機械工学科卒業
昭和44年	4月	新明和工業株式会社入社
以降		同社川西モーターサービス部(後特装車事業部に改称)にて各種特装車、特装車用油圧機器の設計、開発、製造、企画および自動車車体の環境対応策定等に従事
平成17年	6月	同社退職
平成17年	7月	同社嘱託
		(社)日本自動車車体工業会へ出向
		自動車車体および製造時の環境対応に従事
現在		国立科学博物館産業技術史資料情報センター主任調査員

■ Contents

1. はじめに	383
2. 自動車車体	384
3. 車体生産の変遷	389
4. 特装車	411
5. まとめ	452
6. 謝辞	458
7. 登録候補一覧	458