

社会の発展を支える 国産鋼材と鋼構造物の原点 犬吠埼燈台霧笛舎

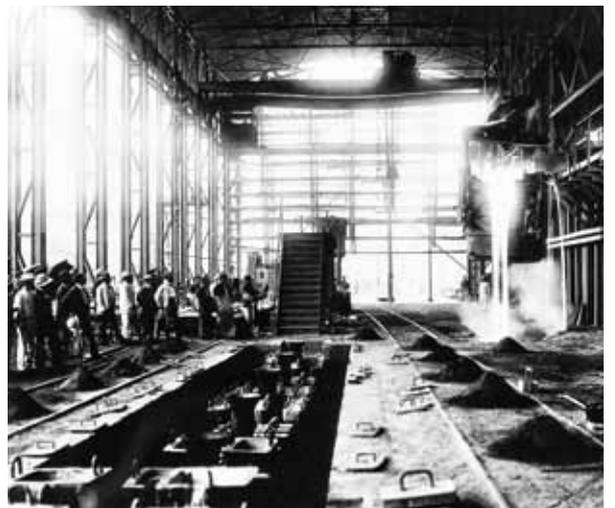
1910(明治43)年竣工の犬吠埼燈台霧笛舎に、官営八幡製鉄所でつくられた鉄が使われ、国産鋼材を使用した建築物として現存最古のものの一つであることが(社)燈光会の委託調査で明らかとなった(※)。この調査で新日鉄と(株)日鉄テクノロジーサーチは鋼材分析を担当し、日本近代建築技術史の解明に貢献した。国産鋼材による鋼構造物の原点であることを証明した犬吠埼燈台霧笛舎の調査を紹介する。



© 野口 毅

近代日本が見えてくる

千葉県犬吠埼沖は暖流の黒潮と寒流の親潮が交わる海域で、6月ごろ最も濃霧が発生しやすい。そのため1910年、犬吠埼燈台と同じ敷地内に霧信号所霧笛舎(写真1)が建てられた。霧信号所は濃霧や吹雪などで燈台の光が海上を航行する船舶に届かないとき、音で燈台の位置を伝える航路標識施設で、空気を振動させて音を発する霧笛を納めた建物が霧笛舎だ。霧信号所は全国各地に設置され、長年燈台とともに船舶の安全航行に貢献してきたが、船舶レーダーやGPSなど航海用計器の発達に伴い順次廃止され、犬吠埼もまた2008年に運用を終了している。犬吠埼燈台霧笛舎の建造物としての歴史的意義について、近代建築史の研究者である東京工業大学の藤岡洋保教授は次のように語る。



1901年 官営八幡製鉄所の平炉(新日鉄八幡製鉄所所蔵)

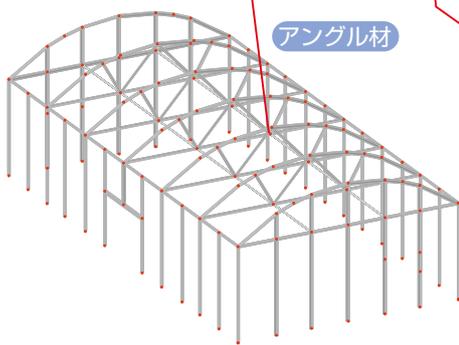
※ 委託調査結果は、日本建築学会計画系論文集2011年12月号に掲載された。



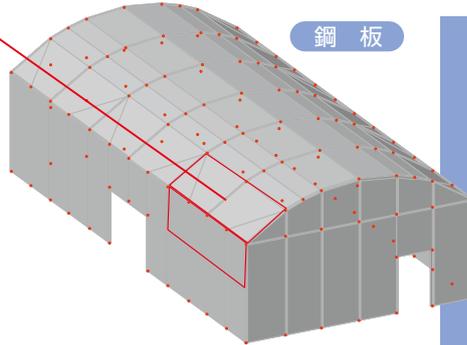
犬吠埼燈台霧笛舎内部



写真1 犬吠埼燈台霧笛舎



アンゲル材



鋼板

図1 犬吠埼燈台霧笛舎の構造

カマボコ形にアーチを描くヴォールト状の屋根を架けた鉄造平屋建。すべての壁と屋根は8×4尺(2.4×1.2メートル)ユニット鋼板をリベットでつなぎ合せたモノコック構造で、壁・屋根ブレースのない鉄骨構造としては他に類を見ない。



東京工業大学大学院
理工学研究科
教授 藤岡 洋保氏

犬吠埼燈台霧笛舎の調査は、所管の海上保安庁第三管区海上保安本部の許可を得た燈光会が、

鋼材分析で技術史の謎に迫る

「明治30～40年代(1897～1912年)、ヴォールト屋根を持つ鉄造の霧笛舎(図1)が各地に建設されましたが、現存するのは犬吠埼だけで、文化的な価値が極めて高いと言えます。また明治期において重要な技術的テーマであった『国産化』という点で一つの到達点を示しています。当時の日本では鉄で建物をつくることは一般的ではありませんでした。鋼材を大量に供給できる体制が整っていなかったため、鉄で建物をつくろうとすると輸入に頼ることになり、発注から竣工までに時間や工費がかかるからです。明治期の霧笛舎所に鉄造建物が複数建てられたことは、日本建築技術史上注目すべきことですが、これまでその鋼材の生産地や基準寸法などについてはまったく知られていませんでした。今回、犬吠埼で使われた鋼材が国産であることがわかったことで、近代日本における国産鋼材と建築のかかわりを知る手がかりが得られ、大変有意義な調査となりました」

犬吠埼燈台霧笛舎の調査は、所管の海上保安庁第三管区海上保安本部の許可を得た燈光会が、鋼材分析で技術史の謎に迫る。鋼材は一体どこで製造されたのか。その謎を解くため、構造調査の一環として現存建物から試験体を採取し鋼材の成分分析を行い(写真3)、鋼材の製造方法(製鋼法)と原材料の産地を推定する試みが行われた。新日鉄は鋼材分析の依頼を受け、インフラ分野の部材設計・開発やソリューション提案に取り組み鉄鋼研究所鋼構造研究開発センターと、鋼材の分析・解析・試験を事業とする日鉄テクノリサーチが分析を行った。新日鉄の鈴木悠介は次のように語る。「海に面しているという厳しい腐食環境下で、鋼構造物が100年間も残っていることに驚

「明治30～40年代(1897～1912年)、ヴォールト屋根を持つ鉄造の霧笛舎(図1)が各地に建設されましたが、現存するのは犬吠埼だけで、文化的な価値が極めて高いと言えます。また明治期において重要な技術的テーマであった『国産化』という点で一つの到達点を示しています。当時の日本では鉄で建物をつくることは一般的ではありませんでした。鋼材を大量に供給できる体制が整っていなかったため、鉄で建物をつくろうとすると輸入に頼ることになり、発注から竣工までに時間や工費がかかるからです。明治期の霧笛舎所に鉄造建物が複数建てられたことは、日本建築技術史上注目すべきことですが、これまでその鋼材の生産地や基準寸法などについてはまったく知られていませんでした。今回、犬吠埼で使われた鋼材が国産であることがわかったことで、近代日本における国産鋼材と建築のかかわりを知る手がかりが得られ、大変有意義な調査となりました」

藤岡教授に委託し、2009年に実施された。現存する唯一の鉄造霧笛舎の建築史的価値を確かめるために、使用鋼材の調査も行われた。歴史調査を主管した千葉工業大学の山崎鯛介准教授は、使用鋼材の謎を次のように解説する。「霧笛舎に使われた鋼材の加工は、通信省航路標識管理所本所の敷地内にあった横浜製作用場で行われました。横浜製作用場には製鋼工場がないことから、鋼材は海外または八幡の官営製鉄所から購入したものと思われませんが、現存する建物の壁や屋根に使われている竣工当時の鋼材(写真2)には刻印がなく、購入記録も残っていないため生産地がわかりません。」

航路標識管理所の資料をさらに紐解くと、犬吠埼での建物の基礎工事は1909年に行われ、霧笛装置の製作は同年11月に着手され1910年3月に終了していることがわかりました。上屋建物の組み立ては記録が残されていませんが、基礎工事終了後でかつ霧笛装置の製作前に着手した可能性が高く、横浜製作用場での加工や仮組み・解体、輸送などの工程を考慮すると、鋼材の製造時期は1909年4月以前であると推定されます」

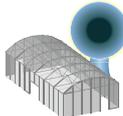
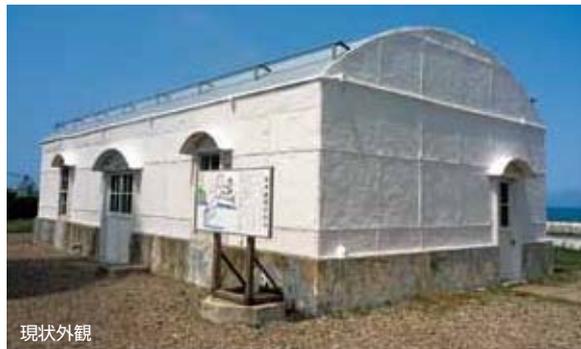


写真3 霧笛舎で使われている鋼材の調査



旧状外観

(仲田博史氏所蔵)



現状外観

写真2 1925年頃の旧状外観と現状外観

建設後に庇の撤去と鋼板補強、腰部のコンクリート補強、ラッパの位置変更など改修が行われていることがわかるが、現存する建物の壁や屋根は当初材。



新日鉄 技術開発本部
鉄鋼研究所 鋼構造研究開発センター
主任研究員 鈴木 悠介



千葉工業大学
工学部 建築都市環境学科
准教授 山崎 鯛介氏

きました。当社が目指すサステナビリテイ(持続可能性)を意識して建造物を考える姿勢の原点を目の当たりにした気がして、先人たちの偉業を知ることの大切さを感じました」

限界を克服した鉄づくりの歴史

新日鉄と日鉄テクノリサーチは、まず採取した部材の化学成分を調べ、製鋼法の特定を図った。

霧笛舎に使われた鋼材が「つくりだされた」と考えられる1909年当時の世界の製鋼法には、「酸性転炉法」と「塩基性転炉法」、塩基性スラッグを活用する「平炉法」があった。酸性転炉法は空気を吹き込むため窒素の含有値が大きく

脱リン能力に限界があるのに対し、塩基性転炉法と平炉法は空気を吹き込まないため窒素の含有値が小さく脱リン能力が良好となる。アメリカではリンの含有率の低い鉄鉱石が産出されたことから平炉法、酸性転炉法、塩基性転炉法がいずれも採用され、ヨーロッパでは鉄鉱石にリンが多く含まれていたためリンの除去が容易な平炉法が塩基性転炉法と併用されていた。

一方、1901年に東田第一高炉で火入れが行われ創業した官営八幡製鉄所では、酸性転炉法で操業を開始したものの生産性で十分な競争力を発揮できず、1908年に平炉法を導入。1909年の八幡はまさに製鋼法の移行期にあり、酸性転炉法と平炉法、両法の合併法の3種類が併用されていた。

調査部材は現代の鋼材に比べてリン・硫黄・銅・窒素などの含有量が高い。そこでこうした製鋼法による鋼材中のリンと窒素の含有量の違いに着目した結果、アングル材は酸性転炉法、鋼板とリベットは平炉法である可能性が高いことがわかった。しかし当時の製鋼法は国内外とも併存期にあつたため、鋼材が国産材か海外材かについて明確な判断は下せなかった。

脈々と受け継がれる技術先進性

日本近代建築技術史の謎は迷宮入りかと思われたが、分析した鋼材に含まれる銅の割合に謎を解く糸口が秘められていた。当時の世界における鉄鉱石事情を見ると、欧米では銅含有量の高い鉄鉱石はあまり使われていなかったが、官営製鉄所では鉄鉱石の多くを朝鮮・中国大陸に依存しており、中でも中国・湖北

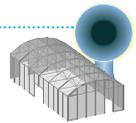
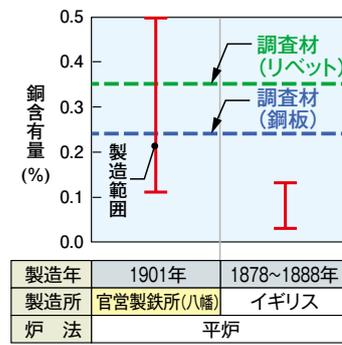
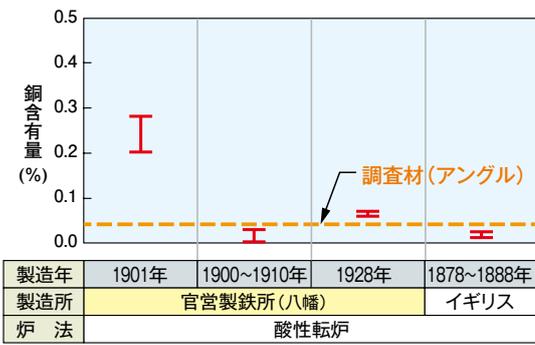


図2 明治期の国産材と海外材における銅の含有量の違い

アングル材は酸性転炉法で製造された鋼材と考えられ、国産材と海外材の双方の可能性が残る（左図）。鋼板とリベットは塩基性平炉法で製造された国産材である可能性が高い（右図）。



省の大冶鉄山から産出される鉄鉱石は銅を多く含んでいるため、鋼材中の銅含有量が高いという特徴があった。

そこで鋼材の銅含有量を見てみると、アングル材は酸性転炉法で製造された鋼材と考えられ、国産材と海外材の双方の可能性が残る（図2左）もの、鋼板とリベットは平炉法で製造された国産材、つまり官営製鉄所製である可能性が高いことがわかった（図2右）。鋼材分析を終え、日鉄テクノリサーチの沖森麻佑巳顧問と新日鉄の菅野良一は次のように語る。

「大阪大学工学部図書館には1911年に八幡で研修した学生の報告書が所蔵されています。創業間もない八幡の製鉄や製鋼の設備や操業状況を把握することができ、鋼材分析結果の裏付けとなりました。こうした資料を関係者が保存し脈々と知見を受け継いでいること、日本の製鋼業の基礎が先人たちによって築かれていること、今も昔もグローバル競争の中で日本の製鋼業が発展してきたことに大きな感銘を受けました。そして日本のものづくりを継承していくことの大切さを感じました」（沖森）。

「1901年に操業を開始した官営製鉄所の最初の工場建築は、ドイツから導入した鋼構造の技術により実現しましたが、その後独自の技術を開花させました。新日鉄の先人がつくりあげた鋼構造技術の基盤が、今日の日本のインフラや建築物の安全・安心に大きな貢献を果たし、現在も絶え間ないイノベーションを通じて新技術を創出しています。」



東京工業大学大学院
理工学研究科
教授 竹内 徹氏



新日鉄 技術開発本部
鉄鋼研究所 鋼構造研究開発センター
所長 菅野 良一



(株)日鉄テクノリサーチ
顧問 沖森 麻佑巳

今回の調査を通じて、優れた鋼材と鋼構造技術を創造して後世に残していく『技術先進性』の追求は新日鉄のDNAであり、そのDNAを受け継いで日本そして世界の持続的成長に貢献していくことが、私たちの使命であることを改めて感じました」（菅野）。

日本のものづくりを語り継ぐ

海上交通の道標として重要な役割を果たした日本の近代文化遺産として、犬吠埼燈台霧笛舎を保存・活用していく運動が現在展開されている。国産鋼材を使用した建築として現存する最古の建造物の一つであることを明らかにし、歴史的建造物としての価値を高めた調査を終え、構造調査を主管した東京工業大学の竹内徹教授は次のように展望を語る。

「明治期の鉄造建築である霧笛舎が100年にわたり暴風や地震の荷重に耐え、潮風に含まれる塩分によってさび朽ちることがなかったのは、かつて霧笛舎に看守が常駐し継続的な管理とメンテナンスを行っていたからです。使用鋼材の降伏強度は、現在一般的に普及している400N/mm²級と同等の性能を維持し、現代の建築基準法に照らしても構造上概ね安全と判断できるレベルであり、きちんと維持管理すれば歴史的建造物として保存・活用していくことは十分可能です。本調査で経験した戦前の鋼構造の安全性に関する検討手法は、1934年に官立大学の関東大震災復興事業として整備された東工大岡山キャンパス本館の耐震診断にも活かされました。今後さまざまな歴史的建造物の保全に役立つものと期待を寄せています」