

談話室

日本とスコットランドの 100 年に
わたる“きずな”アレクサンダー マクリーン
トロント大学教授

江見 俊彦

川崎製鉄(株)取締役海外鉄鋼事業企画部長 理博

Alexander McLEAN 教授—呼び馴れている Alex の方が似合う親しみ深い友人であるが—は、カナダのトロント大学の Department of Metallurgy & Materials Science の教授であり Ferrous Metallurgy Research Group の Director であると同時に、AISI の Distinguished Professor や Iron & Steel Society-AIME の 1988 年度の Howe Memorial Lecturer にも選ばれている立派な方である。しかしそれにも増して教授が有名なのは、彼の出身であるスコットランドに対する限らない誇り（時としてユーモラスでもある）と、日本に対する多面的な支援を惜しまない言動によってであることは多くの会員がご存知であろう。

1990 年の春頃だったと思うが、Alex と四方山話をしていると、例によって話はスコットランドと日本の関係におよび、実は 100 年前にもこんなことがあったのだよ、と聞かせてくれたのが以下に紹介する物語である。

個人的な彼との関係は別として、Alex のような人の存在は日本にとって大切だと常日頃感じていたことでもあり、多忙な彼をわずらわせてその物語を脱稿して貰ったのが 9 月下旬であった。是非和文誌に掲載され、多数の方々に読んで貰えれば、という Alex の意向なので江見が意識を試みた。私が共著者になる筋合いは無いのだが、彼がスコットランドと日本の共著にしてこそ意味がある、と人柄に相応しく主張されるので、著者名は原文のままとした。ご一読いただければ幸いである。



図 1 往年の Forth 鉄道橋を通過する軍艦

近代技術の驚異とも言える Forth の鉄道橋は、1990 年 3 月 4 日に 100 周年を迎えた。図 1 に示す三つの大きな片持梁のアーチと高架は、その強度、信頼性および技術の優秀さで世界に広く知られている。中央の桁組みは海拔 150 フィートにあり、Forth の河口の水面より遙かに高いので、世界最大級の軍艦もその下をくぐって Rosyth の海軍基地に入港することができる。主片持梁の先端の高さは満潮位より 361 フィート高い。この橋はビクトリア朝時代の技術の素晴らしさを示す良い一例である。

スコットランドの東岸と西岸には、長く広い峡谷や入江がたくさん切れこんでおり、このため南北方向への旅は何世紀にもわたって困難であり、時には危険でさえあった。古来、特に産業革命期にスコットランドから設計・建築技師が輩出し、英国のみならず世界中に橋をかけたのはこのような理由があったからである。たとえば、英国で最も優れた建築技師と目されている Thomas TELFORD は、1757 年にスコットランドの南西部に生まれた。彼は 19 世紀初頭にスコットランド高地に 1200 以上の橋および道路、運河、教会を設計・建設した。エジンバラから 8 マイル離れた Queensferry 峡は昔から渡し場になっている。この名称は、1069 年にノルウェー征服の帰途、乗っていた船が Forth の河口に打ち寄せられた、イングランドのマーガレット女王に由来している。この渡し場は、地域の住民、旅行者のみならず、アレクサンダー一世、ロバート一世、ジェームズ六世、オレンジ公ウィリアムなどの多くの王室の人々や、現在の王族によって使われた。Queensferry 村には、今でもたくさんの興味深い歴史的な建物が残っている。その中には、この橋を作るために働いた技師や職長を泊めるために建てられたビクトリア朝の家が並ぶ二本の街路などもある。この渡し場の車客両用フェリーには近年でもマーガレット女王とかブルースのロバート王などの名がつけられていた。

現在の Forth 橋は、Queensferry 峡で Forth 川をわたる目的で、二度目に架けられたものである。一度目は次の事情で中止されてしまった。すなわち、議会は 1878 年に吊り橋の建設を認可した。この橋は Forth の中央にうまい具合に位置している Inchgarvie 島に高い塔をたて、この塔から吊り下げられる筈であった。しかし、1879 年 12 月 28 日のひどい嵐の最中に、Forth 川の北数マイルの所にある Tay 川にかかっている鉄道橋に悲劇が起こった。エジンバラから Tay 河口にあるダンディーの町に向かう旅客列車がちょうど通りかかった時、竣工後 19 か月しか経っていないこの橋は、列車もろとも凍えるように冷たい河口の水の中に崩れ落ち、79 人が死亡したのである。調査の結果、この事故は橋の材料が不良でかつ設計にも不十分な点があったために起こったことが判明した。Tay の鉄道橋の設計者は

Thomas BOUCH 卿であり、卿は Forth 橋建設の設計者にも指名されていた。したがって Forth 橋の設計は直ちに中止され、その数か月後に卿は逝去した。

それにもかかわらず、Forth 橋への期待は非常に大きかった。Tay 橋の事故後一年も経たぬ間に Forth 橋プロジェクトは再開され、新しい設計が公募された。結局 John FOWLER と Benjamin BAKER が共同で出した提案が採用された。彼らはロンドンの地下鉄システムで先駆的な仕事をしたので著名だった。BAKER は若い技師で Neath Abbey にある有名な South Wales Iron Works で修業し、ロンドンのビクトリア駅の建設に従事していたが、中央の桁組みで結ばれた片持梁を利用して橋脚の間隔が長い橋をかけることに関し数篇の論文を発表していた。Forth 橋のために提案された設計は、ヒマラヤにある 17 世紀の片持梁の橋を基本とし、さらに当時では新しい材料であった鋼を利用するものであった。建設契約はグラスゴーの建設会社である William Arrol and Company が落札し、同社は 1883 年に着工した。この会社はのちにロンドンのタワーブリッジを建設することになる。19 世紀半ばには転炉や平炉による製鋼法が発明されたので、史上初めて鋼が大量に生産できるようになっていた。この新しい材料と革新的な設計理念によってこの世界最大の鋼構造橋が造られたのである。構造用鋼はウェールズとスコットランドの工場で作られ、造船用厚板、棒、型鋼のための海軍規格に合格するかが検査された。潮汐が基礎構造におよぼす力、進行する列車による垂直荷重、突風が引き起こす水平応力、の複合効果を調べるため多数の模型実験が行われた。Tay 橋は 20 lbs/ft^2 以上の風圧には耐えない設計だったが、新設の Forth 橋は悲劇の経験を生かして 56 lbs/ft^2 に耐える設計とした。今日ですら 30 lbs/ft^2 で十分だと考えられており安全係数を大きく見込んだ設計になっている。

橋を構成する三つの片持梁の柱は、ビクトリア女王の 50 年祝典にあたる 1887 年に最上部まで完成した。この年の王立協会における講演で BAKER は、片持梁の原理を説明するため図 2 に示すような想像力に富んだ人間模型を示した。この図はのちに新聞や世界中の専門誌に転載され、次のように解説されている。椅子に坐ってい

る 2 人の人がそれぞれ両手を伸ばし、その両手をそれぞれの椅子に取り付けてある 2 本の棒で支える。図中の 2 人の頭上に略図で示したように、二つの橋脚が完成したことになる。中央の桁組みは 2 人の内側の二つの腕で吊られている棒に相当する。片持梁の他端の橋脚の釣り合い用錘りで構成される係止柱は、積み重ねたレンガに対応する。中央の桁組みに人が坐って荷重がかかると、坐っている人の腕と係止ロープには張力がかかり、一方、2 人の肩から下の体の部分と棒には圧縮力がかかる。二つの椅子は丸い花崗岩の橋脚に対応する。この二つの椅子が $1/3$ マイル離れており、2 人の頭の高さがセントポール寺院の頂きにある十字架くらい高く、2 人の腕が巨大な格子構造の鋼の桁組みで、さらに 2 本の棒が基部で 12 フィートの直径がある、と想像すれば橋の感じがよくわかる。

ここで特筆すべきは、吊り下げられた中央の棒で支えられている人が日本の技師渡辺嘉市氏だということである。渡辺氏は FOWLER, BAKER と工学の原理を学びにスコットランドに派遣されていたのである。この図の中に渡辺氏を出したのは、この片持梁の原理を橋の構築に初めて使った極東の人々（含ヒマラヤ）に対する英国の技師達の敬意の表れであった。

Forth 橋は長さ 1.5 マイル、使われた材料は鋼 54 000 t、リベット 700 万本、セメント 21 000 t、アバディーン産花崗岩 70 万 t、砂利・石材・コンクリート計 6 万 t、建設費は 300 万ポンドであった。労働者はスコットランド、イングランド、ウェールズ、ドイツ、イタリア、フランス、スウェーデン、日本から集まり、約 1 500 人、建設の後期には 5 000 人近くにもなった。建設は 1883 年に始まり、海面下と Inchgarvie の地面に大きな基礎を造るのに 4 年、大きな鋼製上部構造を造るのにさらに 4 年かかり、1890 年に完工した。この間、重大災害で 57 人の命が失われた。このうち何人かは橋の上部から遙か下の河口に転落死したもので、落下物に当たって死んだ人達もいる。商務省の報告によれば、労働者の不注意や配慮の不足により事故が多発している。BAKER によれば Howes Inn —作業地の中心にあり今日でも訪れることができる—で買えるウィスキーの魅力に負けて飲酒したために死んだり負傷した人が多数いた。

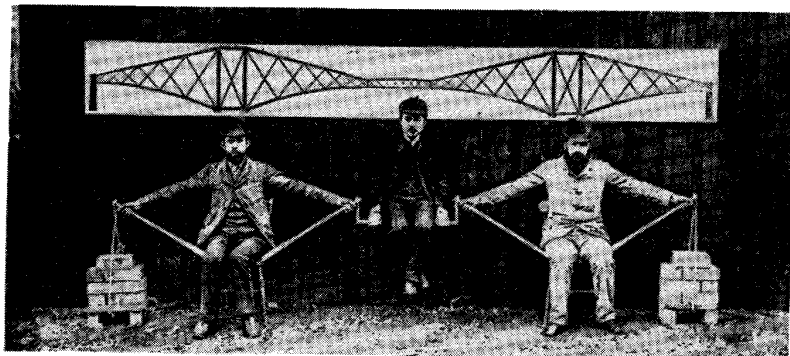


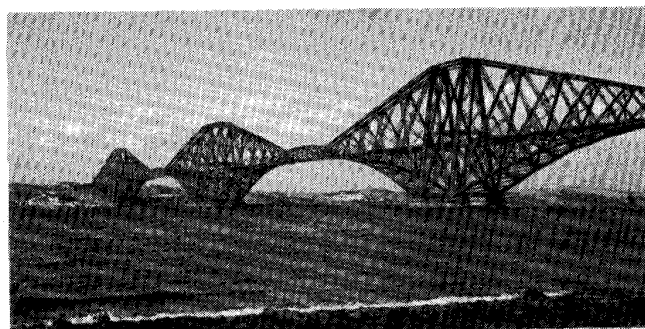
図 2 片持梁構造の人間模型

開通式には 1890 年 3 月 4 日、プリンス・オブ・ウェールズ（後のエドワード七世王）により行われた。式の後の昼食会では Forth 橋とミッドランド鉄道会社社長 William THOMPSON および John FOWLER は准男爵に、一方、Benjamin BAKER と William ARROL は建築に際しての貢献によりナイトに叙せられる旨の発表があった。この橋の銀製の模型がロンドンの科学博物館に寄贈された。

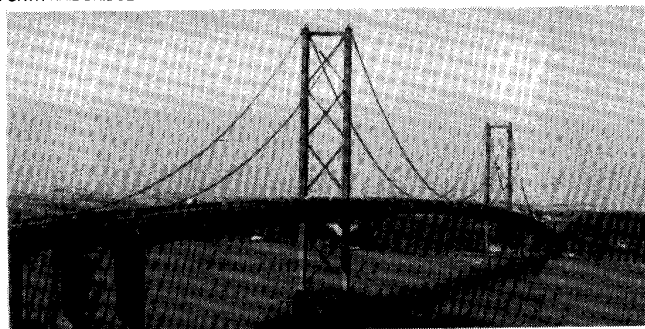
Forth 橋はロンドン、ヨークやエジンバラをスコットランド北東部のアバディーンや Fife 郡に結ぶ鉄道の要衝である。毎日約 200 本の列車が 30~50 mph で橋を渡っている。当初の設計では蒸気機関車の重さを約 73t としていたのが、橋の開通後 16 年のうちにこれが 120t となり、1930 年代半ばには 165t になった。1960 年代半ばには軽量のディーゼル機関車が蒸気機関車にとってかわり、今日では Inter-city express が 125 mph で主要都市の間を結んでいる。これらの列車は橋を通過する時は速度を 50 mph 以下にするよう指導されている。

建設後 4~6 年ごとにこの橋は “Forth bridge oxide of iron brushing paint” を使って防食塗装されている。鋼構造部分の広さは約 145 エーカーと推定されるが、これを塗装するのにほぼ 7000 ガロンの塗料が必要である。この鉄道橋から 1/2 マイル上流に図 3 に示す道路橋があり、これはエリザベス女王が 1964 年 9 月 4 日に開いたものである。この橋は 39000t の鋼材を用い 3~5 年の歳月と 300 人の労働者を投入して成ったものである。長い吊橋で、主橋脚間隔は 3300 フィートあり、高さ 484 フィートの 2 本の高張力鋼製の塔を有する。この橋ができたので車客両用フェリーは廃止されたが、訪問者は “Maid of Forth” と呼ばれる小さな観光船で Forth の鉄道橋の下を通ることができる。

Forth の鉄道橋が開通した 1890 年にエジンバラ博覧会が開かれたが、その目玉の一つは、50 エーカーの会場の中に設けられた日本村であった。その後 100 年を経た今日では西の Clyde 川から東の Forth 川にかけてのスコットランド中央低地に多くの日本企業が操業拠点を築いている。ハイテク企業の多いこの地域はよくスコットランドのシリコンバレー（Silicon glen—glen は谷を表すスコットランド語）と呼ばれている。このように両国の間には、文化面での相互理解とともに工業面での協力という現代の “かけはし” が築かれている。それは、100 年前に確立されたスコットランド人と日本人の技師の間の真心のこもった関係が維持され、21 世



FORTH RAIL BRIDGE



FORTH ROAD BRIDGE

J.V. WITH A.C.D. LTD.

図 3 Forth 河口にかかる橋

紀の新しい情報化社会の時代にさらに深められることを示すものであろう。

本文を書くにあたり参照した以下の論文の著者に謝意を表す。

- S. MACKAY, “Bridge Across the Century,” Moubay House Press, 53 High St, Edinburgh, Scotland (1985)
- J. BIRCH, “An Engineering Triumph,” Scottish Field, Vol. 136 (1990) No. 1054, p. 50
- S. MULLAY, “The Forth Wonder,” The Scots Magazine, New Series, Vol. 132 (1990) No. 5, p. 520
- S. ARCHDALE, “Below the Big Brig,” The Scots Magazine, New Series, Vol. 132 (1990) No. 6, p. 622
- W. FLETCHER, “Great Scottish Feats of Engineering and Building, Richard Drew Publishing Ltd, 6 Clairmont Gardens, Glasgow Scotland (1986) Excellent sources of further information include: Engineering Magazine, Special Issue, February (1890) The Scottish Record Office, Edinburgh, Scotland. Historic Photographs can be obtained from “Old Scotland in Pictures”, Brunswick Street, Edinburgh, Scotland.