

我が国の空気調和の父 柳町政之助氏の偉業

高橋 惇*

Great Achievements by Mr. Yanagimachi Masanosuke; Father of Air Conditioning System in Japan

Atsushi Takahashi

ABSTRACT

I was fortunately given the opportunity of receiving the direct lecture by Mr. Yanagimachi Masanosuke who was the Great father on the Air conditioning System in Japan, at his Meguro Office in Tokyo which was held from April of the first year at the Takasago Thermal Engineering Company to the middle of December. I have obtained many lectures about the history of technologies on this company, his actually experiences and some episodes on some design and construction, related to air conditioning system for buildings and factories. These episodes studied under Mr. Yanagimach were useful for forming my basic flame as an engineer after that. In this report, I will mainly explain about the feature of Takasago-Ebara Type Turbo Centrifugal Refrigerator.

1. はじめに

高砂暖房株式会社（現高砂熱学工業株式会社）と株式会社荏原製作所は、1930年5月に共同して国産第一号となる高砂荏原式電動遠心式冷凍機（以降、高砂荏原式ターボ冷凍機と略す）の試作機を完成させた^{1,2)}。この高砂荏原式ターボ冷凍機は、百貨店・劇場・紡績工場等の空気調和設備に採用され、1931年から1941年までの納入実績は104台、合計18,500日本冷凍トン（以降JRTと略し、説明は文末に記する^[注1)]）と記録されている。

現存する最古の高砂荏原式ターボ冷凍機130JRTは、1937年に製造され六桜社（現 コニカミノルタ株式会社）の日野分工場に納入され、約30年間使用された後、1974年2月に撤去・保存されたもので、我が国の空気調和の発展に寄与した歴史的な機械類として、現在、神奈川県厚木市にある高砂熱学工業の技術研究所の玄関脇に展示・保管されている（Photo 1）。なおこの高砂荏原式ターボ冷凍機は、2010年8月7日の機械の日に、一般社団法人第56回日本伝熱シンポジウム（2019.5.29-31）、I235および「伝熱」会誌/Thermal science and Engineeringにおいて、既発表の内容を加筆修正

* 元高砂熱学工業(株)総合研究所顧問（現 MoBiol（株））

法人日本機械学会から機械遺産 No.42 に認定された³⁾。

本報では、開発当初の技術資料類^{1,2)}に基づき、高砂荏原式ターボ冷凍機の開発の経緯、開発試作機の技術内容、

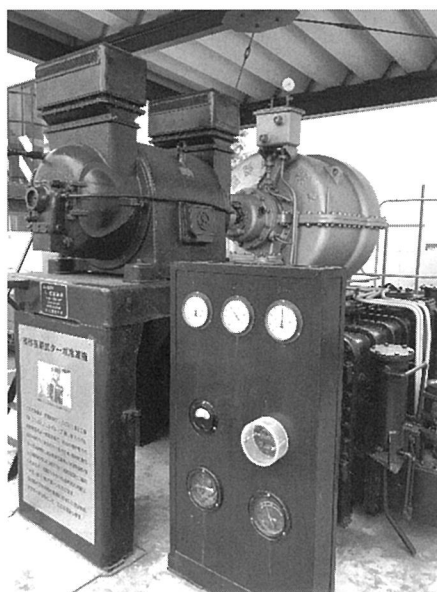


Photo 1 The exist oldest Takasago-Ebara type centrifugal turbo refrigerator (Takasago Thermal Engineering Co. Ltd, R&D center holding)



Photo 2 Masanosuke Yanagimachi, Father of Air Conditioning System in Japan

並びに、開発者であり高砂熱学工業株式会社（以下、高砂熱学）の初代社長であった柳町政之助（以下、柳町）の著書および講演内容から、空気調和設備分野における偉業について紹介する。

柳町（Photo 2）は1892年（明治25年）に生まれ、1913年（大正2年）に当時の東京高等工業学校（現在の東京工業大学）機械科を卒業、卒業後は機械類を扱う大手商社を経て、大正9年（1920年）から高砂工業（当時）に勤務した²⁾。

2. 機械式製氷・冷凍の歴史

1748年にスコットランドの医師であり化学者であったカレン（William Cullen）は、グラスゴー大学でエチルエーテルを容器に入れて減圧し、低温沸騰させることで周囲から気化熱を奪う過程で冷却が起こり、少量の水ができることを公開実験で実証した⁴⁾。これが機械式製氷の始まりとされている。

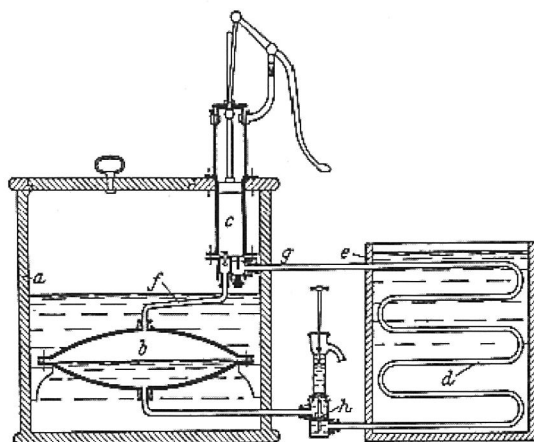


Fig. 1 Jacob Perkins's dynamic water chiller

1834年に米国のJacob Perkinsは、Fig. 1に示すエーテル等を冷媒とした動力駆動の冷凍機を設計し、特許を取得した。

*a*は凍らせる水を入れた断熱された容器、*b*は冷媒の気化器を示す。弁機構を持つポンプ*c*は導管*f*を介して冷媒蒸気を吸引した後に、ポンプの加圧操作で*g*を経由して冷媒蒸気を冷却管*d*に圧送する。加圧操作で加熱された冷媒蒸気は水槽*e*で過冷却され、絞り機構*h*で断熱的に膨張することで冷媒を液化する。液化冷媒は容器*a*の水から蒸発熱を奪い、氷が生成される。これが機械式の冷凍の始まりとされている。

その後にPerkinsは英国に渡り、英国の特許を取得、製氷機を利用した事業を興したが、当時はまだ氷を大量に生産・流通させる社会経済基盤が整っていなかったために、商業的には成功しなかった⁵⁾。

実用的な製氷機は、1859年に仏国のカッレ（Ferdinand Carré）が開発したアンモニア吸収冷凍機が最初とされている^{5,6)}。アンモニアを冷媒、水を吸収液とした吸収冷凍機をFig. 2に示す。

密閉容器内のアンモニア水は、容器の下面から加熱されてアンモニア蒸発になる。CONDENSERで過冷却されたアンモニア蒸気は、EXPANSION VALVEで断熱膨張して液化する。液化アンモニアが冷蔵庫内で気化する際に、庫内のICE TRAYの水から熱を奪い、液化アンモニアは蒸気に、水は氷に相変化する。アンモニア蒸気は、ABSORBER内に散布された水に吸収され、アンモニア水としてポンプで密閉容器に返送される。

吸収冷凍機の基礎となったCarréのアンモニア吸収冷凍機は、1860年には12～100kg/hの製氷能力を持つ連続作動する5種類の生産が開始され、製氷業やビール醸造業で多く採用された。

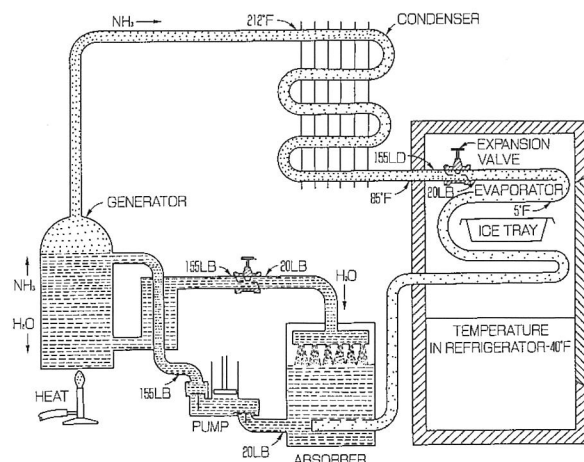


Fig.2 F. Carré's ammonium absorption chiller

1876 年にドイツのリンデ (Karl Paul Gottfried von Linde) は、圧縮式が最も優れているとして、アンモニアを冷媒とした 2 気筒型圧縮機を完成させた。翌 1877 年には、型圧縮機を改良した水平往復動型のアンモニア圧縮機を製造し、大きな成功を収めた^{5,7)}。

同時代には、CO₂ や SO₂ を冷媒とする冷凍機も製造され、19 世紀末までに食肉冷凍分野の冷凍産業を支えた。

日本では 1878 年に、神戸と横浜の外人居留地内の製氷工場にはじめて水平往復動型アンモニア圧縮機が導入され、1882 年には東京築地と大阪河口の製氷工場に設備された。

製氷・冷凍業が発展したのは大正期に入ってからであるが、当時の冷凍機は、米国のヨーク社、ビルター社、フリック社等の輸入機械であった。

1910 年台には国産のアンモニア冷凍機が製造されたが、輸入品より性能・耐久性・外観等で見劣りするものであったようである。特に、アンモニア圧縮機の軸封が不完全で、時々アンモニアの漏洩による悪臭に悩まされていた。

また、水平往復動型圧縮機では、回転数と往復動の容積で単位時間当たりの吐出量が決まるが、回転数を上げるには限界があるため、大容量の冷凍能力を実現するためには大型にならざるを得なかった。

1925 年に森永製菓鶴見工場に設置されたアンモニア冷凍機の水平往復動型圧縮機を Photo 3 に示す。

アンモニア冷凍機の水平往復動型圧縮機は、モリエル線図からシリンダの直径、ピストンの全振幅長と回転数 (アンモニアの循環量) が算定された。その上で凝縮器と蒸発器の伝熱面積等が設計された結果、電動機が 150kW、シリンダの直径が 350mm、ピストンの全振幅長 700mm、平ベルト掛けフライホイールの直径が 4,200mm という、とてつもなく大きな設備であった。これについて、当時、技師長であった柳町は、特に水平往復動型

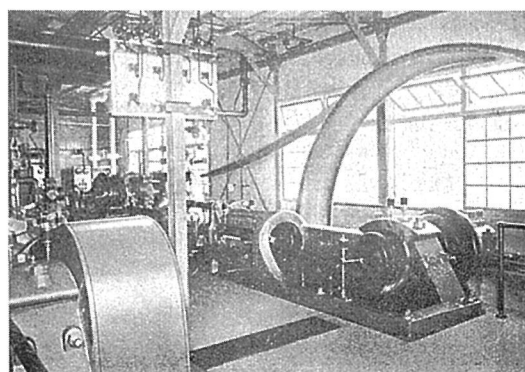


Photo 3 Ammonium Chiller with horizontally piston type compressor installed Morinaga & Co. Ltd.,

アンモニア冷凍機の容積・重量が大きいことおよび圧縮機の往復動で生ずる建物共振点に近い振動の発生により、「事務所建築の冷房用途には不適合である」と感じていた。これが次に述べる回転式のターボ冷凍機の開発のきっかけとなった。

一方、大正期にかけてアンモニアに代わる冷媒として CO₂ を用いた冷凍機が試作されたが、圧縮圧力が非常に高いため、当時の冷凍機用圧縮機類の技術では発展させることが出来なかった。最近では、高圧の冷凍機用圧縮技術の進展と地球温暖化防止の観点から、CO₂ は自然冷媒として復活しているのは周知の通りである。

3. 国産の遠心式冷凍機の開発

以下では、1955 年に冷凍誌第 30 巻第 332 号 (ターボ冷凍機特集号) に記載された柳町の回想記事⁸⁾から、高砂荏原式ターボ冷凍機の開発の経緯を紹介する。その上で、株式会社荏原製作所の山岸社長と大岩順二氏の「ターボ冷凍機に就いて」^{9,10)}から、高砂荏原式ターボ冷凍機の開発機に関する技術内容について述べる。

3.1 高砂荏原式ターボ冷凍機の開発

1915 年頃から柳町は、米国の空気調和の父と呼ばれたキャリア (Willis. H. Carrier ; 以降、キャリア) 博士の報文類を収集し、温度・湿度の調整に係る新技術に関心をもち、絶えず研究をしていた。1923 年に Heating & Ventilation 誌に掲載されたキャリア考案による Centrifugal Refrigerating Machine の記事を読んで、「事務所建物のための冷凍機は遠心式だ」と直感し、キャリアの遠心式冷凍機を輸入しようと計画した。しかし、冷凍機本体の見積価格もさることながら、派遣技術者達の出張費が予想以上に高く、実現できなかった^{1,2)}。

そこで遠心式冷凍機の国産化を目指すことになった。冷媒は、ドイツからジクロロエチレン (C₂H₂Cl₂) を輸入する目途が付いた。他方、回転機についてもパートナーを見つける必要があり、1929 年頃に新興のポンプメーカーであった株式会社荏原製作所が米国のブロー社の多翼送風機に対抗したターボ形送風機の国内生産に着手していたことに着目して、ターボ形送風機的设计担当者であった同社の大岩順二氏を開発担当者として、国産 6 段のターボ型圧縮機の共同開発に取り組んだ^{1,2)}。

1929 年、柳町はこの国産 6 段のターボ型圧縮機を開発を目的として先進の技術を視察すべく渡米した。ロスアンゼルス (Los Angeles) の Biltmore Hotel で宿泊した際に、ホテルの技師長の好意で、運良くホテルの冷房設備であった蒸気駆動のターボ冷凍機 (125JRT) の運転状況を視察すること

ができた²⁾。

帰国後、即座に荏原製作所と打合せを行い、75JRT の電動ターボ冷凍機の試作に取り掛かった。

電動機 75kW で駆動された 75JRT の電動ターボ冷凍機の試作機 (COP=3.86^[注 2)]) は、翌年 1931 年に完成し、大岩氏により「高砂荏原式ターボ冷凍機」と命名された。

Photo 4 に 150JRT の国産第一号となる高砂荏原式ターボ冷凍機を示す¹¹⁾。

試作機の開発期間中の出来事として同記事¹¹⁾には、次のような記述がある。

試作を進める一方で、キャリアが設立したキャリア・エンジニアリング社（以降、キャリア社と略す）から、我が国を対象としてターボ冷凍機の主要部分における広範囲に亘る内容の特許公告が出されていることを知った。キャリア社の我が国に対する特許出願日は、柳町が帰国した日の 1 週間後であった。柳町は、帰国後早々に荏原製作所や共同開発関係者にターボ冷凍機に関する説明を既に行っていたことから、公告に示された広範囲の部分は我が国では既に公知の事実であるとして、キャリア社の特許に対して即座に異議を申立てた。その結果、日本の特許局は柳町の異議を認め、キャリア社から出された我が国に対する特許は不成立となったことで、高砂荏原式ターボ冷凍機に関する我が国の特許が成立した。

なお、特許係争等に絡む検察関係者との臨場感に溢れるやり取りについては「鬼検事と言われた琵琶田検事の取り調べ」で次のような記述がある。

キャリア社の特許に異議を申し立てた数か月後に突然、地方裁判所検事局に出頭を命じられた。渡米した際にロスアンゼルス の Biltmore Hotel でキャリア社の紹介状を偽造し行使したというキャリア社からの刑事上の告訴であることを知らされた。キャリア社は、特許に対する柳

町らの異議申立てを引っ込めれば告訴を取り下げるという交換条件を提示してきた。柳町は、「渡米して 1 週間も立たない間に、しかも満足に会話もできないのにましてや、ニューヨークにあるキャリア社の紹介状を偽造するような器用なまねはできないこと」、「持参したとする書状の証拠はあるのか」を論点として検事に尋ねたところ、「ホテルの技師長は紹介状を持参したから便宜を図ったが、その書状は既に紛失した」とロスアンゼルスにある日本領事館で宣誓しているから間違いないとの返答であった。「証拠の無い単なる宣誓と時間的にも距離的にもキャリア社の紹介状を偽造出来ないことのどちらを重視するのか」という問いに対して、「早く異議を引っ込めよ」との一点張りでかみ合わない議論の繰り返しが続いた。しかし、一流の弁護士を立てることもなく、柳町は一人で戦ったと当時を回顧している。最終的には、地方裁判所も事実無根と判断して告訴は却下された。特許局は結局、柳町の異議の申立てを認め、我が国に対するキャリア社の特許は不成立となったと述べている。これらの更なる詳細は文献⁸⁾を参照されたい。

1931 年に大阪中之島にある朝日ビルディング（延床面積 14,917m²）から、180JRT/台×2 台を受注し、全館冷房、温湿度制御、並びに、遠隔全自動制御の機能を持つ空気調和設備を完成させた¹²⁾。このビルディングは、夏季は冷凍機を並列運転して冷房のための冷水を供給し、冬期は遊休する冷凍機を直列運転して、屋上に約 370m² のスケートリンクのための冷凍設備にするなど、当時の空気調和設備としては最新の技術を集結した、斬新な施設として評価された。渡米した際に視察した設備の中で、我が国において実現すべき空気調和関連設備は積極的に実証研究した後に、顧客の納得を得て設計・施工する、技術者としての好奇心の維持と確かな技術力・実行力には、只々敬服するばかりである。**Photo 5** に朝日ビルディングの全景を示す。

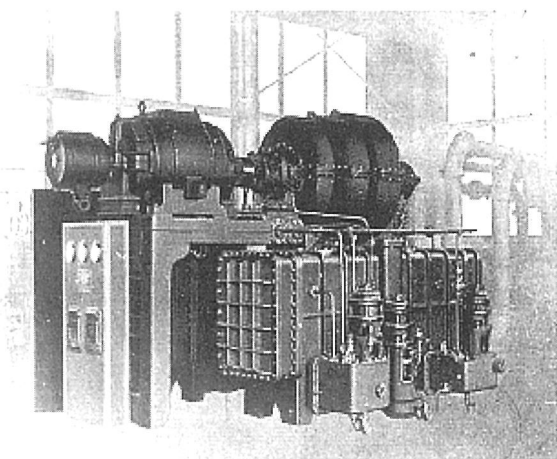


Photo 4 The first Takasago-Ebara type centrifugal turbo refrigerator of 150JRT (brine type cooling device)



Photo 5 Complete view of Asahi Building in Osaka

3.2 開発機の技術内容

高砂荏原式ターボ冷凍機は、国産 6 段の電動圧縮機を採用した冷凍機で、今日の冷凍機の原型となる蒸発器、ターボ型圧縮機、凝縮器の 3 要素で構成された冷凍サイクルからなる。高砂荏原式ターボ冷凍機の構造説明図を **Photo 6** に示す¹¹⁾。

蒸発器には多管のシェル&チューブ熱交換器を採用し、冷媒は蒸発器の片側に設けられた冷媒循環ポンプで吸い上げられてシェル&チューブ熱交換器の外側から噴霧される。ターボ型圧縮機によって蒸発器内の液冷媒は、低温で蒸発する圧力まで減圧され、シェル&チューブ熱交換器に供給した水は冷却される。蒸発した冷媒蒸気は、エリミネータを通過する際に、同伴する液冷媒は振り落とされ、乾き冷媒蒸気としてターボ型圧縮機に吸い込まれる。ターボ型圧縮機は、凝縮できるようにになった冷媒蒸気を凝縮器に送り込む。

凝縮器は、蒸発器と同じシェル&チューブ熱交換器で構成されている。冷媒蒸気は、常温で凝縮できる圧力まで昇圧され、冷却水に凝縮熱を放熱しながら液冷媒として蒸発器に戻る。この液冷媒管には膨張弁はなく、フロート式トラップにより自動的かつ円滑に冷媒が蒸発器に戻る構造になっている。

高砂荏原式ターボ冷凍機では、全操作が真空装置内で行われるように真空ポンプが設備され、凝縮器の上部から脱気する構造になっている。冷媒の選択には、冷凍機に使用される金属に対する腐食性が皆無で、かつ不燃性であること、蒸発温度 5°F (-15°C) と凝縮温度 86°F (30°C) における絶対圧力差が小さい冷媒を選定することで、圧縮機の段数、つまり圧縮機の動力を小さくすることが選定要件であった。この要件を満たす冷媒として、試作段階の冷媒 $C_2H_2Cl_2$ から、実用機の製作段階では CH_2Cl_2 に変更されている^{9,10)}。 (**Table 1**)

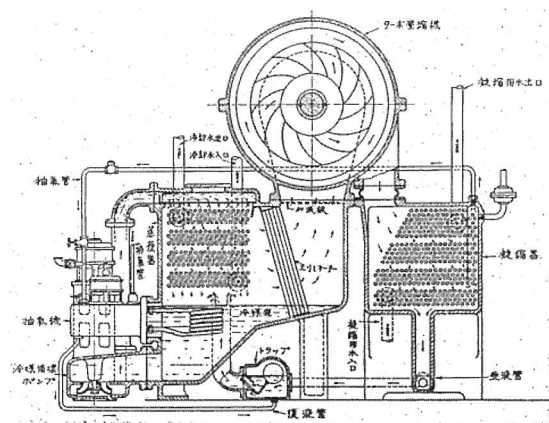


Photo 6 Structure drawing of Takasago-Ebara type centrifugal turbo refrigerator

Table 1 Refrigerant property to bring out the best thermal efficiency

Refrigerant	Critical pressure [MPa]	Critical temperature [°C]	Anti-inflammatory
NH ₃	11.3	133	×
C ₂ H ₂ Cl ₂	5.51	243	△
CH ₂ Cl ₂	10.3	193	○

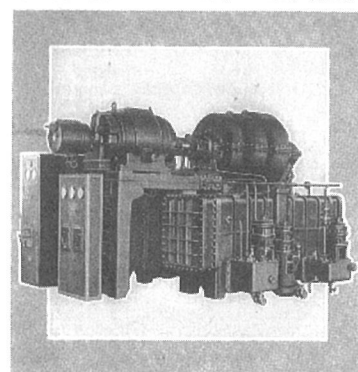
Refrigerant	Molecular weight [g/mol]	Vapor density [kg/m ³]	Absolute pressure difference [kPa]
NH ₃	17.0	0.708	930
C ₂ H ₂ Cl ₂	96.9	4.04	85.5
CH ₂ Cl ₂	84.9	3.54	126

冷媒の熱力学的性質について、柳町は以下のような考察をしている。「冷媒の温度 vs. エントロピー (T-S 線図) に関する考察として、効率を論ずるためには理想的な熱機関であるカルノーサイクルを評価基準として、加熱損失を少なくするために、モリエル線図において液相線がより垂直に立っていること、液相線と気相線の交点である冷媒の限界温度が 400° F (204°C) 以上であることを選定要件として検討したと述べている。

更にターボ冷凍機の冷媒とした $C_2H_2Cl_2$ は、カルノーサイクルを評価基準として比較したときに、「熱効率が低いこと、ターボ冷凍機の冷媒として気体の比重 (分子量) が大きいことから圧縮段数が少なくて済む」ことに言及している⁸⁾。

高砂荏原式ターボ冷凍機の当時の販売拡大用カタログを **Photo 7** に示す。このカタログには、高砂荏原式ターボ冷凍機として以下の特長が明示されている。

劃期的理想の新冷凍機
高砂荏原式ターボ冷凍装置
絶対安全・取扱簡便・経費僅少



高砂荏原工業株式会社

Photo 7 Sales catalog of Takasago-Ebara type centrifugal turbo refrigerator¹³⁾

- ・全装置が真空容器内で作動（絶対安全）
- ・タービン式圧縮機の採用（過剰圧力の皆無）
- ・運転状態（低振動レベル，静寂）
- ・反動作用（基礎工事・据付費僅少）
- ・全自動制御を採用（取扱い簡便，人件費節約）

このカタログは1937年から1938年の間に制作されたものと推察され，昭和初期の1931年から1938年までの納入先の記載がある．記載されている納入先は8年間に42件であったが，それらを用途別の割合で示したのがFig.3である¹²⁾．

特徴的なことは，当時盛んであった朝日新聞社本社の社屋など大型建築物への設置に加えて，繊維工業への導入割合が非常に大きいことである．

繊維への吸水量が室内の温度・湿度に大きく依存するため，当時世界に向けて急激に成長していた紡績産業（とくに人造絹糸（レイヨン）の製造）が空気調和技術が必要としていたことによる．これを「産業空気調和」と呼んでいる²⁾．

キャリア博士が空気調和技術を開発したのも，印刷の精密化によって印刷機周辺の温度・湿度を一定に管理する「産業空気調和」のためであった．更に，キャリアは印刷工たちが印刷機周辺で昼食を食べるようになったのを見て，「居住空気調和」に思い至ったといわれている¹⁴⁾．また，キャリアは空気調和設備が大きな劇場にも有効であることにも気付いていた．当時，夏の劇場・映画館は非常に暑くて不快な場所であったが，キャリアは1925年にマンハッタンのパラマウント社の大きな映画館に，空気調和設備を導入して成功している¹⁴⁾．

柳町のターボ冷凍機も，最初の稼働は東京築地の東京劇場（1931年）であった²⁾ことも，軌を一にしている興味深い．確かに，まだ家庭用エアコンが普及していなかった当時に，夏に映画館や百貨店に行く楽しみの一つは，「涼」を求めることにもあったことが思い出される．

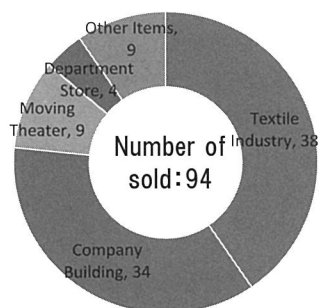


Fig.3 Business type on delivery destination of Takasago-Ebara type centrifugal turbo refrigerator from 1931 to 1938

4. ヒートポンプの開発

熱力学の体系化に貢献したロード W.T.ケルビン（本名は William Thomson）は，熱機関（カルノーサイクル）とヒートポンプ（逆カルノーサイクル）が表裏一体であることを理解していた．1852年に発表した「空気の流れを用いて建物の暖房・冷房を行う経済性について」の中で，ヒートポンプの詳しい作動原理とその原理的な効率を説明している¹⁵⁾．

この原理に基づき，1926年に京都帝国大学の大家要は，「工業の大日本」誌6月号の論文¹⁶⁾の中で「燃料節約の一策として冷凍機を暖房機として流用する議」という表題で，この原理の正当性を体系的に論じている．

柳町はヒートポンプに大いに興味を抱き，1929年の渡米の際にキャリア（Photo 8）との面談において，遠心冷凍機を暖房に用いることの実現可能性について質問している．

キャリアの「有望である」との回答を得て，1930年には高砂荏原ターボ冷凍機の試作時に，ヒートポンプとしての機能・性能に関する試験を実施して実用化への確信を深めた^{8,9)}．

ターボ冷凍機に関する講演会において会場との質疑応答の中で柳町は，「ターボ冷凍機をヒートポンプ機（暖房機）としての使用は可能か」と問われた際に，「この機械なら従来からロード・ケルビンが提唱していた冷凍機を暖房機に使う原理を実現できると考える」と回答している．また，「ヒートポンプは，冷房・暖房の両方を必要とする日本の気候に適合している」，「我が国には豊富な地下水資源があり，地下水の熱利用によりヒートポンプの熱効率は更に高くなるから，消費電力量は少なくなると確信している」，「一日も早くヒートポンプを実現したい」とも述べている．これら技術に対する興味と先駆的な研究開発能力，並びに，実行力には改めて驚かされる．



Photo 8 Willis. H. Carrier, Father of Air Conditioning System in USA

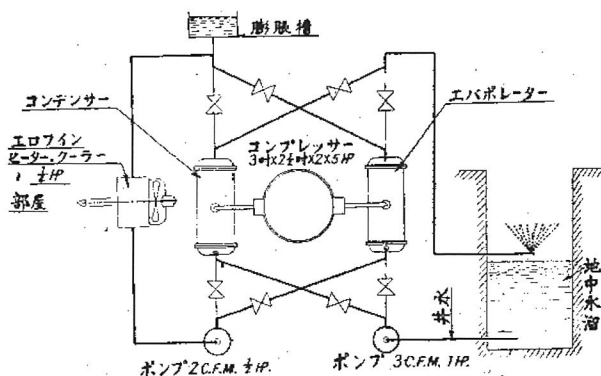


Photo 9 System diagram of the first heat pump type heating installation in Japan

1934年11月期の高砂暖房工事の営業報告書のなかで、「受注先が拡がっているのは（中略）特ニ空気調和装置ノ必要ナルコトカ広く認識セラルルニ至タル結果ナリ（後略：下線は筆者）」（との記述があり、ここで初めて、我が国で「空気調和」の用語が使用されたと考えられている。

4.1 ヒートポンプ方式による暖房設備

我が国で最初のヒートポンプ方式による暖房設備は、1932年に兵庫県御影町にあった村山長拳氏（当時2代目朝日新聞社主）の私邸（木造和風住宅2階建230m²）に設備された。

当初は別設備によって冬期の電気暖房と2階寝室（60m²）の冷房を行う設計であったが、冷凍機を用いた冷暖房一体機能を提言した結果、同氏の了解を得たことで我が国最初のヒートポンプ式暖房が実現した¹²⁾。

Photo 9 に村山長拳邸に設備された我が国で初めてのヒートポンプ式暖房の系統図を示す。

なお、この邸宅は、神戸市御影にあって国の重要文化財に指定され香雪美術館として現在も保存されている朝日新聞社初代社主の村山龍平邸とは異なり、同一の敷地



Photo 10 Complete view of Kyoto Dento's head office building in Kyoto (present Kyoto branch of Kansai

内にあったものの、同社2代目社主の私邸であり、当該の建物は改築のために1965年頃に解体され現存はしていない¹⁷⁾。

4.2 ヒートポンプ方式による冷暖房設備

社史等^{12,15)}には、1937年に京都電燈の本社（現関西電力京都支店）の地下1階/地上8階、延べ床面積10,619m²に高砂荏原式ターボ冷凍機130HP/台（夏期100JRT、冬期80JRT）×2台が設備され、ボイラや電熱ヒータを一切使用せず、世界最初で最大規模の地下水を熱源としたヒートポンプ式全館冷暖房空気調和設備が施工されたと記載されている。

Photo 10 に京都電燈（現関西電力京都支店）の社屋の外観を、Photo 11 には地下の機械室には設備された井水熱源のヒートポンプを示す。

筆者は、Photo 10 に示す関西電力株式会社の京都支店社屋において、冬季の外気からヒートポンプの熱源を得るヒーティングタワー（夏季は冷却塔として同機を使用する）の原型を視察した際に、当時の保温・防音材であった炭化コルク（黒色）が機械室内壁全面に施工されていたことに、特段に感銘を受けた記憶がある。

Photo 12 は京都電燈の本社社屋に納入されたヒートポンプ式冷暖房設備の説明図である¹⁸⁾。

この社屋は全館冷暖房完備であったために、第二次大戦後すぐにGHQ^[注3]に一部接収された時期がある。高度で精緻な全自動で運転制御される冷暖房システムに驚いた米軍の技術者は、本国の空気調和に関する専門誌（現ASHRAE：米国暖房冷凍空調学会）に報告記事を投稿したほどであった。

その後1962年に施行された「建物用地下水の採取の規制に関する法律」により、施設の一部が使用不可能になったが、1970年頃からの我が国の高度経済発展に伴い、直接的に燃料の燃焼に依らない空気熱源ヒートポンプは、再度注目されるようになり、今日の全盛に至っている。

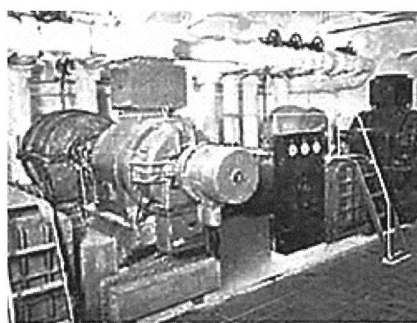
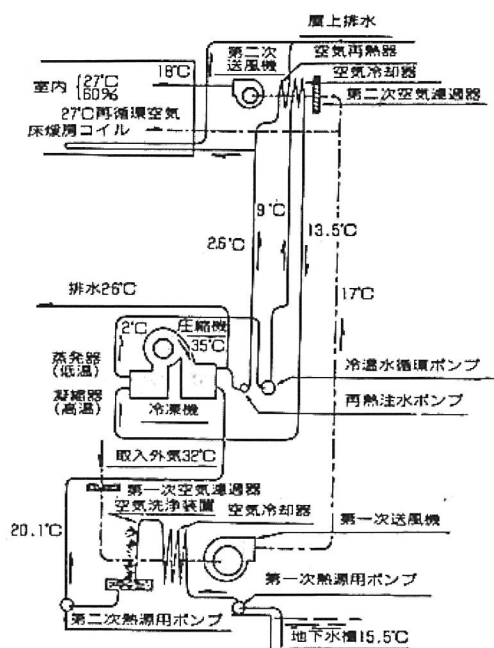
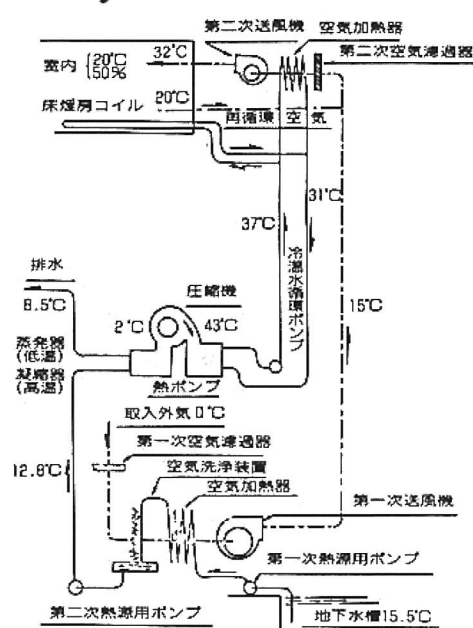


Photo 11 Heat pump installations using well water as heat source in the machine room of Kyoto Dento's head office building in Kyoto



a. 冷房装置として使用の場合



b. 暖房装置として使用の場合

Photo 12 Cooling & heating air-conditioning system using heat pump installed in Kyoto Dento's head office building

5. おわりに

筆者は、入社年の4月から12月中旬までの毎週木曜日に、目黒区にあった柳町（以下、先生と記す）の事務所に伺い、空気調和設備の初歩から技術者としての心構えまで、ご自身の体験や設備設計・施工に係るエピソードをご教示頂く機会を得た。先生からご教示頂いた数々の話のなかから、今でも記憶に残る事柄を以下に記す。

最新の技術の本質を見抜く卓越した洞察力の源は、世界中から有意な技術等を我が国にいち早く紹介し、輸入を手掛けていた大手機械商社のご出身であることが関係しているものと推察している。その上で、「7度自宅を改築しました」とさりげなく話された事実は、自宅に招待されたときに、輻射暖房、ヒートポンプ暖房、蓄熱空調、並びに、太陽熱ヒートポンプを自身で設計し、自宅において実証された設備等を見学させて頂き、先生から性能等の説明を受けた。

経営者であり技術者として、最新の技術の機能・性能・効果を自ら検証され、得られた結果に基づいて実際の設計・施工にその知識・知恵を活用されている。更に、竣工現場では背広姿で機械室や時には天井裏に入り、振動・騒音を床等に耳を付けて検証されている。

このように現場主義を生涯貫かれた先生は、70歳を超

えた年齢で現 NHK 放送会館の設計責任者に任じられ、「施主からは大いに心配されました」と目を細めて懐古されていた姿が今も記憶に新しい。

本報は、機械遺産申請の際に調査・収集した高砂荏原式ターボ冷凍機の開発当初の技術資料に基づき、その開発経緯や開発試作機の技術内容、さらには、これを活用した我が国最初のヒートポンプ空調の開発を紹介したものである。このように、先生の高い識見と空気調和技術に係る数々の輝かしい功績から、「我が国の空気調和の父」と呼ぶにふさわしいと考えている。

この小文が、若い技術者への空気調和設備技術の伝承の一助になれば幸いである。

謝 辞

本報に使用した写真や図は、主として高砂熱学工業株式会社の提供に依ります。また、高砂荏原ターボ冷凍機の開発当初の文献・写真、並びに当時のカタログ等の貴重な技術資料を荏原冷熱システム株式会社からもご提供頂きました。

また、我が国初のヒートポンプが設置された村山長拳邸の現状調査では、香雪美術館の落合治子氏のご協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

[注1] 日本冷凍トン (JRT) ;

日本冷凍トン は, 1 メートルトン (1,000kg) の 0℃ の水を 24 時間で 0℃ の氷にするための熱量である。水凝固の比エンタルピーは 79.68kcal/kg (334kJ/kg) であるから,

$1 \text{ JRT} = 9.68 \text{ kcal/kg} \times 1,000 \text{ kg} \div 24 \text{ h} = 3,320 \text{ kcal/h}$ であり, 単位換算すると, 3.86kW と定義されている。

米国冷凍トン は, 2,000lb (907.2kg) の 0℃ の水を 24 時間で 0℃ の氷にするための熱量である。水の凝固の比エンタルピーは 144BTU/lb であるから

$144 \text{ BTU/lb} \times 2,000 \text{ lb} \div 24 \text{ h} = 12,000 \text{ BTU/h} \rightarrow 3,024 \text{ kcal/h}$ であり, 単位換算すると,

$1 \text{ USRT} = 3,024 \text{ kcal/h}$ (3.52kW) になる。

[注2] COP ; Coefficient of Performance

エアコン、冷凍機などのエネルギー消費効率を表す指標の一つで、消費エネルギーに対する施される冷房、または暖房 の比率として計算される無次元の数値である。

[注3] GHQ ; General Headquarters

第二次世界大戦後に日本の占領政策に当たった連合国軍最高司令官総司令部。

文 献

- 1) 高砂熱学工業 70 年の歩み, 高砂熱学工業株式会社, (1994).
- 2) 高砂熱学工業 50 年の歩み, 高砂熱学工業株式会社, (1973).
- 3) 一般社団法人日本機械学会 HP「機械遺産」
<https://www.jsme.or.jp/kikaiisan>
- 4) ウィリアム・カレン, <https://ja.Wikipedia>
- 5) Handbuch Der Kältetechnik, 83-85(1954).
- 6) 冷凍, 日本空調冷凍学会, **50** (578), 982(1975).
- 7) Luft und Kältetechnik, **28** (2), 55(1992).
- 8) 柳町政之助: 我国に於けるターボ冷凍機の誕生を懐古して, 冷凍誌「ターボ冷凍機特集号」, **30** (332), 218-222(1955).
- 9) 山岸靖一, 大岩順二: ターボ冷凍機に就いて一昭和 6 年 3 月 20 日講演会に於て講演一, 衛生工業協會誌 (現 空気調和・衛生工学会誌), **5** (6), (1931) 397-430.
- 10) 大岩順二: ターボ冷凍機始期の思い出, 冷凍誌「ターボ冷凍機特集号」, **30** (332), 223-224(1955).
- 11) 暖房一冷房一換気, 温湿度調整装置, 高砂暖房工事株式会社, 1-9(1937).
- 12) 空気調和・衛生設備技術史; 空気調和・衛生工学会編, 丸善, 48(1991).
- 13) カタログ「画期的理想の新冷凍機 高砂荏原式ターボ冷凍装置」, 高砂暖房工事株式会社, (1937~1938) .
- 14) Steven Johnson, “How we got to now, Six innovations that made the modern world”, Nutopia, (2014), (訳) 大田直子, 朝日新聞出版 (2016) .
- 15) 日本冷凍史, 日本冷凍空調学会編集, 日本冷凍空調学会, 376(1998).
- 16) 大塚要: 燃料節約の一策として冷凍機を暖房機として流用する議, 工業の大日本, **6**, (1926) .
- 17) 香雪美術館, 調査依頼に対する回答, (2019)
- 18) 柳町政之助: ヒートポンプ式暖房装置に就て, 衛生工業協會誌 (現 空気調和・衛生工学会誌), **12** (6), 477(1938).