

日本冷凍空調学会(近畿地区事業推進委員会)

シンポジウム 家庭用エアコンは如何にして高性能・快適性を旨すか

基調講演

人類の冷熱利用の歩み 天然氷から機械製氷への転換まで

中西 重康

日本冷凍学会参与(龍谷大学理工学部 元教授)

2013年12月6日 於 大阪市立大学文化交流センター

スイス、ベンニンアルプス、ヴァイスホルン(4505メートル)

初めに

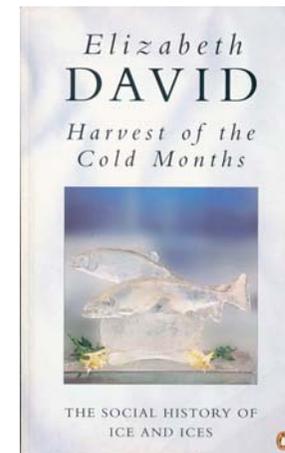
- 人類は自然の大きな脅威、寒さから身を守る術を会得すると逆に自然が与える冷たさ[冷熱; cold(英), froid(仏)]を利用し、生活を快適にするようになったが、さらに進んで人工的に冷熱を発生させるにいたった。それがわれわれの「冷凍」である。しかし、対応する英語の refrigeration がこの意味で使われたのは「オックスフォード英語辞典」で見ると1881年が初出で、それ以前には「冷凍」なる概念がなかったと言える。それではそれ以前の「冷熱」との取り組みがどうであったかここでご紹介したい。

冷凍の歴史を扱った文献

- 日本の通史:
日本冷凍協会: 日本冷凍史 日本冷凍協会(1975)
改訂新版 日本冷凍空調学会(1998)
井上宇市: 冷凍空調史 日本冷凍空調設備工業連
合会(1993)
- 世界の通史:
Roger Thévenot; Essai pour une Histoire du
Froid Artificiel dans le Monde IIF(1978)
(英訳あり; 邦訳進行中)
これに加えASHRAEや各社社史など多くの「冷凍史」
がインターネット上で閲覧できるが、いずれも「冷凍以前」
はほとんど触れられていない。

「冷凍以前」を詳細に扱った唯一の成書:

Elizabeth David (edited by Jill Norman); Harvest
of the Cold Months The Social History of Ice and
Ice Michael Joseph(1994): Penguin Books



エリザベス・デーヴィッド(1913-1992)は偉大な料理研究家で、この著作のジャンルは料理書であるが、「冷凍以前」の冷熱の利用はほとんどが料理・飲食関係のものであり、彼女による「冷凍以前」の冷熱利用の詳しい歴史はわれわれにとり益するところ大である。以下ではこれを基本として「天然氷が機械製氷に転換するまでの歴史」を述べることにする。

天然からの冷熱取得法

- ① 地下水(井水)、冷泉; 河川水(雪融け水)
- ② 降雪、積雪; ②a 万年雪、氷河
- ③ 池・湖沼、河川の自然状態での結氷
- ④ 天然の池・湖沼

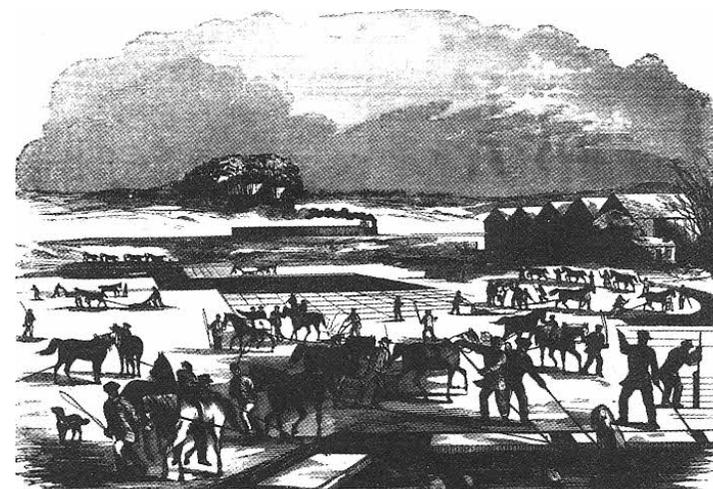
や人工的設備
(圃場、製氷池)
での寒気による
「人工的」天然氷
の大量製造



池から切り出した天然氷の巨大なブロック

Elizabeth David: Harvest of the Cold Months
Penguin Books(1994) 293

天然氷の切り出し風景(スパイ池; 1854年頃)



右後方の建物は氷保存倉庫

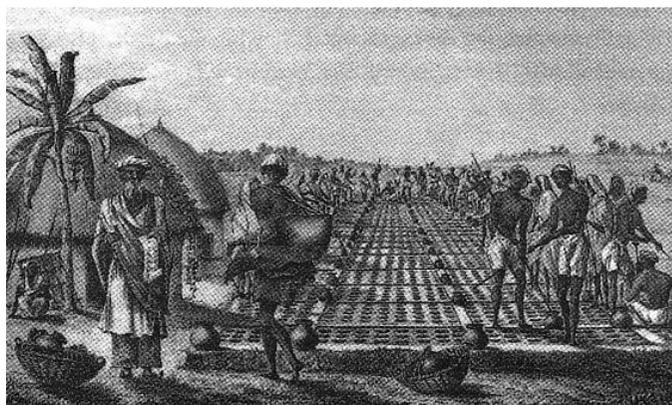
Elizabeth David: Harvest of the Cold Months
Penguin Books(1994) 289

- ⑤ 多孔質面から水の蒸発による水の冷却;
- ⑥ 蒸発冷却による氷の大量製造

インドの蒸発製氷風景(1850年)

小さな素焼きの皿をサトウキビの茎やワラの厚いベッドの上に置き、皿に入れた水がしみだして蒸発する際に奪う潜熱で中の水を凍らせる

この方法で得られる氷は軟氷と呼ばれ、低温の固い氷ではない

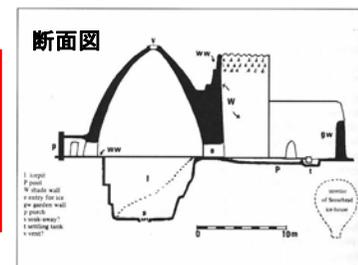
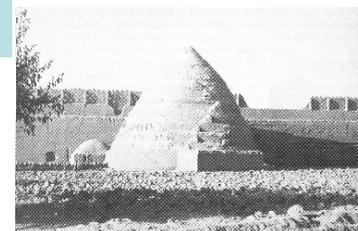


Elizabeth David: Harvest of the Cold Months Penguin Books(1994) 249

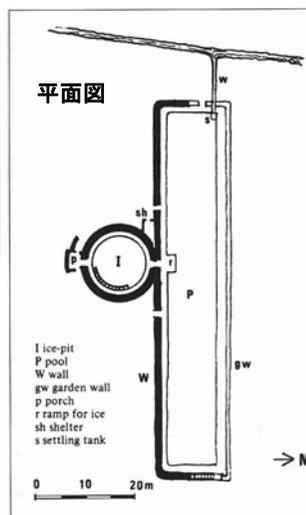
- ⑦ 天空放射による冷却による氷の製造:
かなり低温の氷の大量生産が可能

イラン、イェズドのIce House

- P: 製氷池
- W: 防風、日除壁
- I: 貯氷坑
- W: 導水路

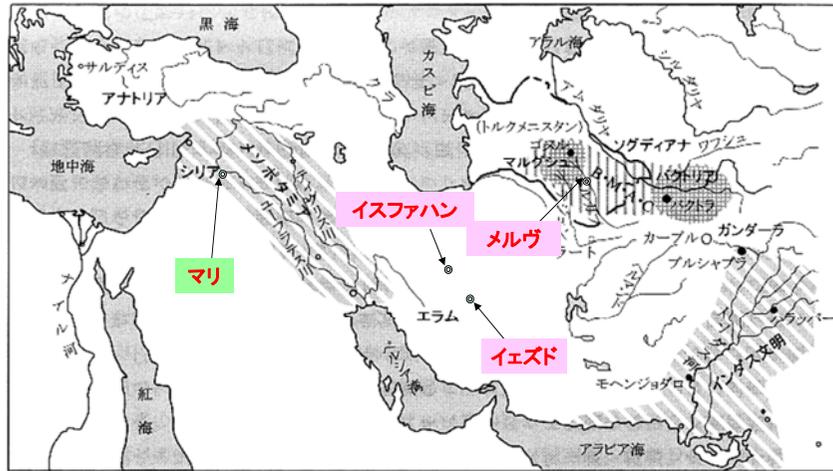


降雨のないイスファハンでは壁の北面直下に深い溝を掘って貯氷し、断熱材(ワラ)で覆うのみ



R.Tapper and K.McLachlan; Technology, Tradition and Survival Frank Cass(2003) 124,127,Pl. 20

古代文明の中心地とIce House遺構



マリ:最古の貯氷庫

メルヴ、イスファハン、イエズド:放射冷却製氷

加藤九幹:シルクロードの古代都市 岩波新書(2013) 39

機械以前の人為的な冷熱の獲得法

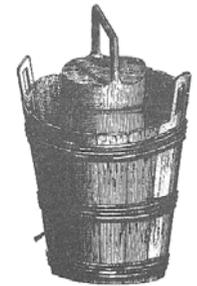
⑧ 硝石(寒剤)を水に溶かして冷水を得る

インドの水汲み専任召使いが硝石で冷やした水のボウルで飲物を入れたボトルを冷やす様子(1790年)



⑨ 雪氷と寒剤(硝石、食塩)の混合により零度以下を低温の達成

氷菓凍結桶 (Gilliers; 1751年)
氷と塩の混合物を入れた桶の中に凍結すべきもの納めた容器を容れて冷却する



Elizabeth David; Harvest of the Cold Months Penguin Books(1994) Pl. 5, 133

雪氷の貯蔵、保存法

- a) 天然の洞窟や岩屋またはそれを模して作られたものに収める; a') 地下室、セラー
- b) 地上に積みあげてそれをワラなどの断熱材で保護、さらに覆い屋をかける事も多い

中国、寧波の平地積み上げ式貯氷庫



Elizabeth David; Harvest of the Cold Months Penguin Books(1994) 237

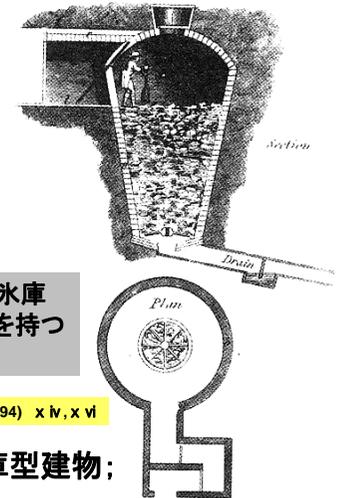
- c) 地面を掘りくぼめて貯蔵する; 形状は長方形、円錐形、溝形など; 内面は何らかの形で断熱、貯蔵物の保護にはワラだけの断熱から屋根覆い、日干しレンガのドームまで様々

Yorkの1980年に改修された貯氷庫外観



逆円錐型に掘り込んだ氷坑型貯氷庫
レンガ内張で底部に融水排出口を持つ
Ice House (1819年)

Elizabeth David; Harvest of the Cold Months Penguin Books(1994) x IV, x VI

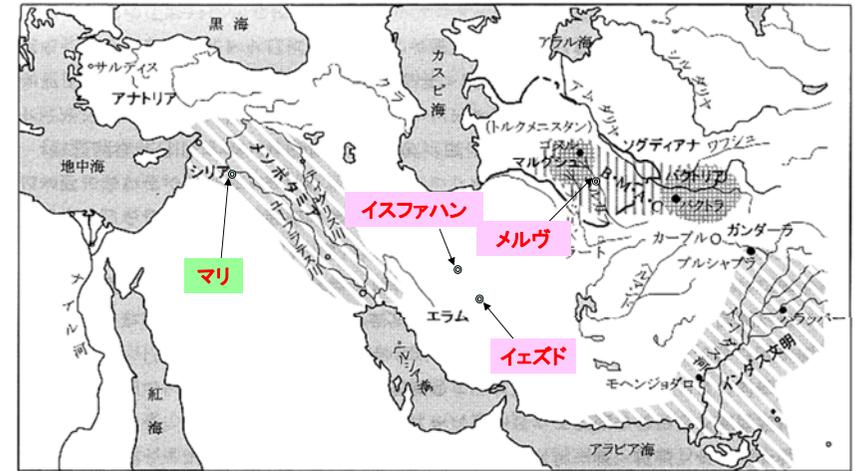


- d) 外壁が断熱を施した二重壁構造の倉庫型建物; 大ブロック天然氷貯蔵用

古代ギリシャローマまで

- 発掘された最古の貯氷庫は約4000年前のメソポタミアのマリ(現在シリア)の深さ4m、長さ12メートルの氷坑: 富裕層の飲み物を冷やすための氷を供給。
- 西暦前3千年紀のエジプトの壁画に水壺を煽いでその表面からの水の蒸発で水を冷やす奴隷が描かれている(冷却のみ)。
- 古代中国ではBC1110年頃成立した詩経国風、幽風(さんぷう)の巻で周族の農事暦を謡った箇所冬に氷を集め、蓄えて春に儀礼のために用いる習わしが歌われる; 以後中国では雪氷の貯蔵、食品の保存・輸送技術は進展するが、凍結技術は生まれず。
- BC5世紀頃のギリシャ人の報告では、ナイルで容器に水を張り夜間の天空放射によって氷を作っていたが規模は小さい。
- **ギリシャではBC5世紀頃から雪がアテネの市場で売られており広く使われ、それはローマにも受け継がれる。**

古代文明の中心地とIce House遺構



マリ:最古の貯氷庫

メルヴ、イスファハン、イエズド:放射冷却製氷

加藤九祥:シルクロードの古代都市 岩波新書(2013) 39

- **ギリシャ、ローマでは雪氷を主に飲み物に混ぜて冷やすのに使う:特にワインが冷たいことを要求、ワイン水で割るのが文明人の作法とされたので雪氷で薄めることは問題なかったが、雪氷の汚れが飲み物に入り込むことは嫌われた。**
- アレクサンダー大王 (356-323 BC)はある包囲戦で雪を貯蔵する坑を30掘らせたとされる。
- **ネロ(37-68)の時代、雪はローマの重要な商品となる:この頃、薄肉のガラス容器に煮沸水を入れ雪で囲んで冷やし、それでワインを割るようになる(ネロの発明の伝説)。**
- **ガレノス (129-c199)、熱病に対し氷を用いること、雪は肉、魚を腐敗から護ることを説く。**
- **レヴァント[東部地中海およびその沿岸諸国]およびペルシアでは熱病における氷または雪の使用は一般的となる:ヨーロッパ世界は西ローマ帝国の滅亡(476年)が影響してか広まらず。**

- **インドでは4世紀には硝石を水に溶かして冷水を作っていたと推定される。**
- 北魏の記録によると5世紀後半から6世紀前半、ペルシアの首都テクシフォンでは夏の暑さ対策に屋敷に雪を蓄えていた。
- 唐朝(618-907AD)では皇帝、廷臣ともに夏には邸宅の冷却と生鮮食品の保存に氷を用いた。氷で飲物、食物を冷やしたが、**直接に雪氷を口にすることはなく、冷菓はあったが氷菓は存在しなかった:楊貴妃がアイスクリームを食べることはない。**
- 日本では、日本書紀、仁徳記の記載から大和の都祁に氷室が6-7世紀には存在していたと推定されているが、わが国では氷雪の利用は明治に至るまで大衆化しなかった。**飲み物を冷やすことが主流とならなかったことが原因の一つであろう。**

ルネッサンス期までの展開

- 10世紀、アラブの医師ラシス (865-925)、健康保持剤として **sherbet-i-kand** を処方: シャーベットの名の起原、ほとんど氷砂糖を溶かした水であるが冷やして飲む。
- 同じくアラブのアヴィセンナ (980-1037)、胃の悩み、肝臓の熱病、心臓の震え、歯痛の患者用の水を雪氷で冷やすことを薦める。
- アラブのイブン・アビ・ウサイビア (1203-1270)、硝石を寒剤であると書く。
- 13、14世紀、エジプトのマムルーク朝 (1250-1517)の王、レバノンからカイロへ雪を船で運ばせる。
- マルコ・ポーロ (1254-1324)が忽必烈汗 (1215-94)の宮廷で氷菓の製造の秘密を学び、ヴェネチアにもたらしたとする伝説は「東方見聞録」に裏付けがなく、イタリアでの氷菓の歴史から見ても全くの誤り。

- ペルシアでは早くから夏でも十分な氷を供給し、キャラバンルートで氷を提供できる体制が整っており、15世紀には大規模な貯氷庫や冷却による放射による大規模な製氷設備が存在していたと推定される: 貯氷の技術が13世紀のモンゴル侵攻の際に中国から伝えられたとの説もあるが可能性は低い。
- **14世紀、フィレンツェで氷で冷やしたワインが好まれ始める。** また、**sherbet-i-kand**が東方世界では元気回復飲料であることがヨーロッパに伝えられる。
- 1553年のピエール・ブロン(1517-64)の旅行記によればトルコには至る所で冬の間に集めた雪氷を貯蔵する特別な建物があり、夏の間 **sorbbet** と呼ぶ飲み物の冷却用に氷を売っていた。
- インドのムガル帝国はアクバル大王 (1542-1605)の時代、首都がアグラあたりのときは硝石の溶解で水を冷やしていたが、1586年、ラホールに移ると山地からの雪氷使用に転換した。

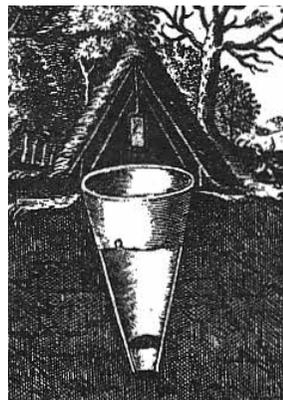
- 西ローマ帝国崩壊後のイタリアにおける氷交易再開のもっとも古い記録は15世紀: 初期は降雪や池から氷を集めて貯蔵したが、後には山地の雪氷を用いる。
- **16世紀の初期、植民開拓時代にインドから硝石、ヨーロッパにもたらされる。**
- 1536年、フランス皇太子フランソワ(1518-36)、急死。飲んだ冷水に毒が入っていたと判断され、以後 **フランス貴族階級は毒の検出しにくい冷水を嫌い、温めた飲物しか取らないようになる**; フランスの氷利用が遅れた一因。
- 1575年ころ、アンリ三世 (1551-89; 在位 1574-89)の宮廷に氷で冷やしたワインが登場、イタリア式食事作法も彼の治世の間にフランス宮廷に導入。
- なお、アンリの母カトリーヌ・ド・メディシス(1519-89)が1533年に後のアンリ二世、オルレアン公 (1519-59)と結婚した際にフランスへイタリア式食事作法を伝え、**sherbet**の製法も教えたとする伝説はこの当時氷菓がイタリアにもまだ存在していなかったことからしてもまったくの誤り。

ルネッサンス期の雪氷利用の普及

- 1550年、スペイン人ブラス・ヴィラフランカによれば、ローマ上流階級は雪か硝石を使ってワイン、水を冷やしていた; 医学界の通説は、雪氷を直接にワイン、水に入れて冷やしたもの、硝石で冷やしたものは健康に有害としていた。
- 1571年、スペインのニコラス・モナルデス(1493-1588)、*Libro de la Nieve*をセビリアで出版し、雪氷とそれによる種々の病気治療、ワインなどの飲み物の冷却を述べる[グラナダ王朝の知識が伝わっている]; 1574年にイタリア語翻訳。
- 1576年、イタリア人医師ピエロ・ナティ、反論、同じような反対論続出; 1702年でもまだ反対する論文があった。
- カステリアでは雪を常用、コンスタンチノーブルでは雪は年中市販、アジア、アフリカの多くの部分、トルコに服属する地域、ドイツ全域、フランドル、ハンガリー、ボヘミアなどでも雪が貯蔵され、またシェラ・ネヴァダからリスボンへ、フランドルからパリへ雪が送られていた。シチリアでは雪の貯蔵・分配の導入により夏の悪性の熱病が緩和され、雪は貧乏人にも必需品化する。**16世紀の末には、イギリスを除く西ヨーロッパ諸国で雪氷の消費が盛んであった。**

- 1571年頃、フィレンツェのフランチェスコ大公(1541-87年;トスカナ大公在位1574-87)がフィレンツェ近郊に夏宮をベルナルド・ブオンタレンティ(c1531-1608)に設計、建設させ、氷坑型貯氷庫を作る; 1580年11月、モンテーニュ(1533-92)が見学している。

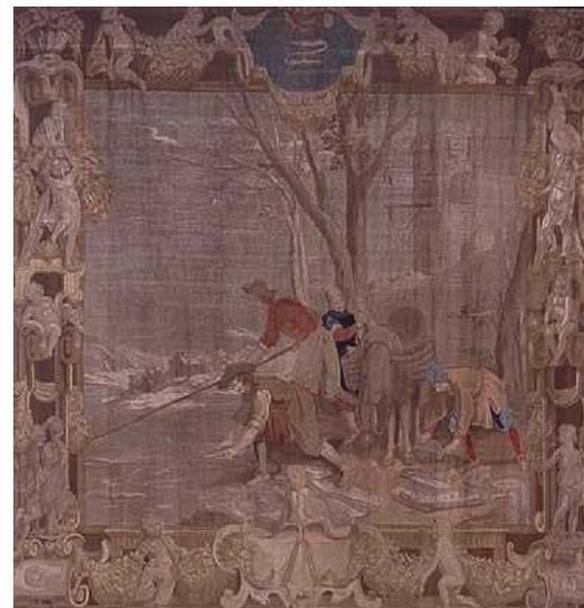
イタリアの氷坑型貯氷庫



Elizabeth David: Harvest of the Cold Months Penguin Books(1994) 3

- 当時、他のヨーロッパ諸国の貯氷はワラか乾燥したイグサの厚い層で覆った雪の野積みsnow stackが一般的。
- この頃からイタリアでは、邸宅内に雪氷の貯蔵庫を作り、寒い季節に雪を貯めて、損失の多い夏の雪氷の運搬をなくし、また盗難対策とした。
- 1603年、大公の氷井を作ったブオンタレンティ、放射冷却を用いた製氷池をヨーロッパで初めて作る。

フィレンツェ、メディチ・リッカルディ宮の綴織「四季」のうち冬



The tapestries were made before 1643 by the weavers Pietro Fevère and Pietro van Asselt

www.palazzo-medici.it/eng

寒剤による凍結の発展

- 1588年8月9日にナポリ人、ジャンバティスタ・デラ・ポルタ(1535?-1615)の *Magia Naturalis* [自然の魔術] 増補版の出版が公式に認可され、1589年出版: この黒魔術的な本で「水で割ったワインの入ったフラスコを雪と硝石ないし salazzo [硝石精製の際の残渣] の粉末の混合物の桶の中で回転させれば氷と同じくらいワインを冷たくでき、また水で割ったワインを半凍結させてシャーベットの祖型と言うべきものが得られたことを述べる: 彼が最初の発見者ではないようである。
- 1607年にラティヌス・タンクレド、硝石と雪の混合物によって水を凍結、氷を作る。



デラ・ポルタは蒸気圧を使った仕掛けで蒸気機関史でも有名

Elizabeth David: Harvest of the Cold Months Penguin Books(1994) 69

- 1620年にフランシス・ベーコン(1561-1626)が、塩が「雪の冷たさに活度」を与えると書いており、この時までに寒剤が硝石でなく不純物として含まれる塩であることが判明していた[塩と氷での到達限界は -21.2°C]。
- 以後、寒剤として塩と雪氷の混合物が一般的になる。
- 1622年の *De Augmentis Scientiarum* でベーコンは最近の人工的凍結の実験と塩の強大な凝結力の発見を述べ、死後出版(1627年)の *Sylva Sylvarum* では自然の探求者は誰もが雪か氷の保存室に頼り、人工氷を作る際に塩を氷に入れるとしている[なお、彼の死因がトリ肉の雪による保存実験に使う雪を集める際に引いた風邪によるとする伝説は誤り]。
- 1660年代、ロバート・ボイル(1627-91)は寒剤を使って卵、リンゴ、レモン、ミルクや動物の屠殺体に対する凍結の効果を実験、フランスでは、ベルチ工師が貯氷所の氷のブロックの間に埋めた壺の中で果物と野菜保存の実験、また新しい寒剤の研究を行った。しかし、いずれも「真理探求」のためのもので実用と無縁。

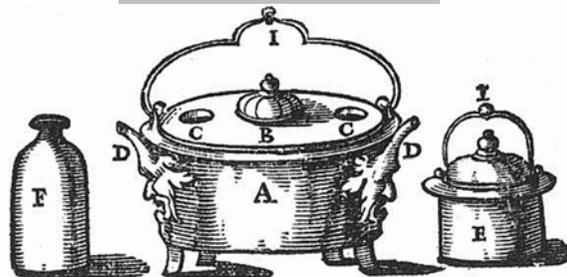
- 17世紀になるとイタリアでは氷販売が事業となる。この世紀初頭二、三十年の間にローマ、フィレンツェ、ナポリの貴族は備蓄容量のある雪井、氷セラーを有し、夏中、氷で冷やした果物、ワインを楽しむ：宴会はテーブルセンターとして氷で凝固させたゼリーがブームになる[それまではパン細工のような物が多かった]。

飲物冷却用器具(1622年)

E: 雪氷を入れる容器でBの蓋を開けてAに入れる

F: 冷却物を入れるボトル:Cに挿す

加熱にも使用可能



Elizabeth David: Harvest of the Cold Months Penguin Books(1994) 23

- 1620年6月にイタリア人、ピエトロ・デラ・ヴァレがイスファハンの放射冷却による製氷装置とその地での氷の使用、およびシャー・アッバース (1571-1629) の宮殿での氷の饗宴をナポリの友人に報告:この時点では氷雪利用についてはペルシアが先進的。
- イングランドで初めてジェームズ I 世(1566-1625)が1619年、1622年にグリニッジ、1625年にハンプトン・コートに煉瓦の内張をした雪坑を作る。
- 1620年、コルネリウス・ドレッベル (1572-1633)がウェストミンスターの大広間を方法不明だが極度の低温にする。
- 1621年にジョン・バークレー (1582-1621)がパリで寓意ロマンスArgenisを出版し、その中で粗製塩と雪の混合物によって氷製の食器、果物を閉じ込めた氷ブロックを作る様を描写。
- 1625年、ローマの宴会で寒剤を使って鋳型で凍らせて氷の山を作りそれから噴水を噴かせる。

- レヴァント地方の *scerbet* の情報がヨーロッパに多く伝えられる: 元気回復飲料で、固体で長期保存し水に溶かし雪氷で冷たくして飲む。
- 1661年、パリにペーストか粉末でレヴァントから *sorbec* が到着、1662年にはロンドンのコーヒーハウスがレヴァントの *sherbet* の提供を広告するがいずれも氷菓ではない。
- 1660年代には鋳型で作った氷の飾り物が夏の正餐会に欠かせない飾り物となる。
- 1661年6月のコジモ三世 (1642-1723) の結婚の際の大祝宴にも氷のゴブレット、氷のフルーツポウル、氷のピラミッド、果物・ゼリーを冷やすための氷と雪の山が見られたが、氷菓に類するものはいまだ登場せず。

氷菓の登場

- 1660年代のフランチェスコ・レーディ (1626-97) が雪を讃えた詩でも氷菓は触れられず、*sorbetto* を医療的に優れたもの飲物として称揚したのみであったが、フィレンツェの Accademia del Cimento での凍結実験をすべて記録したマガロッティ伯爵 (1637-1712) は一種の半ば凍結したカスタードのレシピを残しており、この頃から氷菓作りが始まる。
- 1675年のピエール・バラの本によればヨーロッパの多くの国では一般大衆にもワイン、果物、甘い飲料を氷で冷やすことが根付いていた: イタリア全土で夏に雪が一般販売され、リヨンの大貯氷所では誰でも氷が買えた。デンマークでは海浜に宮廷用の貯氷庫があり、ハンガリーでは農民が自家用に麦ワラ屋根で覆った雪濠を作り、モスクワは夏のために氷を保存、1703年に建都されたサンクトペテルブルグでは当初から冬期にネヴァ川の氷を貯蔵した。

Dictionnaire François (1680) の *glaces* は氷菓の意味がなく、*neige* の項目に; 1686年版、1691年版のフィレンツェの辞書には *sorbetto* なし; John Florio の *World of Words* (1688年改訂版) では *sorbetto* は飲み物、スープの一種、*gelato* は形容詞で、「凍らせた、凝結させた、ゼリー状に固めた」; まだ氷菓に関する用語は確定せず。

- ナポリではすでにレヴァントのシャーベットを出発点とした様々な氷菓が登場して人気を集めていて1680年代にわかりやすい氷菓のレシピを所載した小冊子が出ている。シチリア島でも事情は同じで氷菓が発展、非常に愛好される。
- 16世紀末まで季節を問わず飲み物を温めるのが習慣であったフランスでも変化が起こる: 1680年にL・オディジェがコンデ家の舞踏会で、eau glacée[ウォーターアイス; 水にサトウや果汁、香料、着色料を加えて凍らせた氷菓]を供し、1692年に氷のピラミッドなどの製法とウォーターアイスのレシピを出版。
- 1686年、フランチェスコ・プロコピオ (1651-1727)がパリで新しいタイプのカフェ、Café Procopeを開店、夏に凍らせたsherbetとneigeを提供、17世紀末になってパリでも貧富に関わりなく氷の使用が当然のこととなった; 初期は凍結温度を下げる技術が完成しておらず、濃厚な原料液を使った氷菓は作れず、せいぜいざらざらしたシャーベット状のものであった。
- 1704年8月にルイXIV世(1638-1715)が孫の妻の出産を祝った祝宴で出た氷菓はまだ固くて演出用の飾りに過ぎなかった。
- 1750年からパリでは医療用として通年で氷菓の製造販売が始まり、それ以降、シャーベット、氷菓、クリーム of the 製造と凍結、その仕事に必要な装置と用具に関する著書が続々出版される。

- イングランドへ氷菓はイタリアないしフランスから伝えられるが、1709年段階ではロンドンの雑誌記事によれば氷の塊のような代物以上のものではなかった。
- 1740年代にはロンドンの遊園地ではお祭りの際には氷菓が売られ、1769年にはドメニコ・ネグリがロンドン、パークリー・スクエアでイタリア式アイスを売る店を開業、“Ice Sold Here”を看板にしたパブが登場[Iceの正体不明]。
- 1780年代にロンドンでイギリスでも最も有名な氷菓作りのジェームズ・ガンター(1731-1819)がconfectionerになる; この頃にはロンドンでcream icesが大流行。

アイスクリームを作る智天使 (1768年)



Elizabeth David: Harvest of the Cold Months Penguin Books(1994) 131

飾り用氷菓の鑄型 (Gilliers; 1751年)



氷菓凍結用のIce Caveと意匠を凝らした氷菓 (Marchal; 1857年)



温度計のない時代には適切な塩と雪の比率を求めるのに苦心し、氷菓の製造では凍結すべき対象に合わせてこの比率を調整するのが大きなポイントであった[ダニエル・ファーレンハイト(1686-1736)の水銀温度計が現れるのは1714年]。

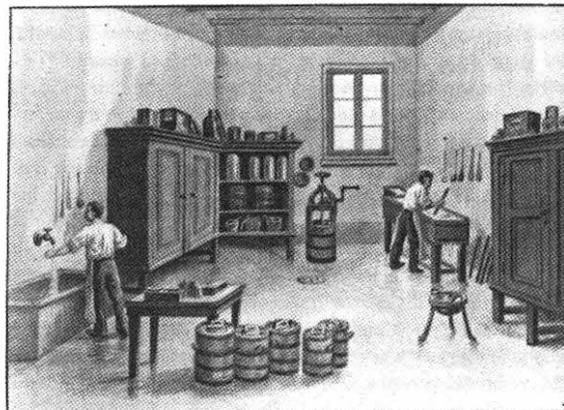
- 1789年にはフレデリック・ナットがComplete Confectionerを出版し、近代の氷菓に通じるレシピを与える。
- 飾り物として食物の形に巧妙に似せた氷菓が提供される宴会もあったが、1820年にはガンターの元にいたグリエルモ・ジャリンが氷菓にとって滑らかなことが一番に好ましいと述べて、氷菓はパリパリしたsorbettoから大いに進化していた。
- 1841年にロシアで氷菓の街頭販売人が見られた。
- 1842年にはロンドンでウィリアム・フラーが「アイスクリームパール」を販売を始め、1843年にはトマス・マスターズが手動の氷菓製造機械で特許を得た。
- 1850年にロンドンで初めて移動アイスクリーム売りが現れる。
- 1851年にアメリカ、ペンシルベニアでジェイコブ・ファッスルが初めてアイスクリームを大規模に製造する。

フラーのアイスクリームフリーザー
(1856年)



左手で寒剤を入れた容器中の凍結すべき液の入ったボウル型容器を回転させ、右手のヘラで掻き落とす

典型的なアイスクリーム製造所(1911年)



中央奥のフリーザーはなお手動である。製品は手前の樽に詰める

Elizabeth David: Harvest of the Cold Months Penguin Books(1994) 173, 356

- 1720年代になっても依然としてレヴァントからはペーストか粉末の形の sorbec がヨーロッパへ輸出され、17世紀末まで氷菓がペルシアの宮廷で食された報告はなかったが、1811年にはペルシア人が *berf*、*neige* と呼ぶ西欧風の甘い氷菓の作り方を知っていることが伝えられ、1824年出版のジェームズ・モーリエの *The Haji Baba of Isfahan* の中にも氷菓が登場する。
- 中国は雪氷を決して口にしない風習であったが、1909年頃にアイスクリームフリーザーが北京に登場するとアイスクリームが大人気となり、1930年代に中国最初のアイスクリーム工場登場、間もなく売り上げは年間1,000トンとなる。中国人がアイスクリームを食べるようになったのは一つの革命とされる[初期の宣伝でアイスクリームを食べると男児が生まれやすいとしたのが成功したとする説がある]。
- ロシア人のアイスクリーム好きは異常なほどで真冬の街頭でも食していた。1920年代にソヴィエト連邦でアナスタス・ミコヤン、アメリカ式アイスクリームを作る工場を設置。以後素晴らしい品質のアイスクリームを供給。

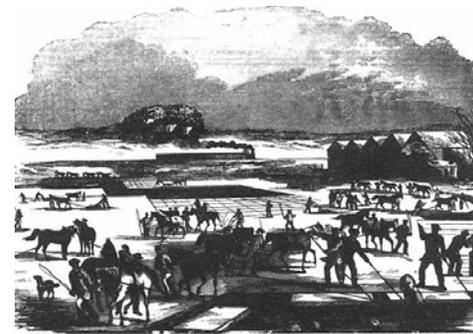
生鮮品の長距離輸送と天然氷の大規模流通

- 1763年にスコットランド人ジョン・ベル、北京でアムール川で取れ、自然寒気で急速冷凍された新鮮なチョウザメを贈られる。中国では腐りやすい食品を冷蔵輸送する技術が確立していた。
- 1769年、黄埔での東インド会社の宴会で氷で冷やしたと思われるワインが出される;この地域には氷を売る店が多く存在。
- 1785年、スコットランド人のジョージ・デンプスター (1732-1818) が中国の漁船が雪氷で漁獲物を保存することを聞き、直ちにスコットランドからロンドンへのニシンの氷詰め輸送を試験して成功。以後ニシンも含め生鮮魚が氷詰めによって寒冷期以外でも季節を問わず遠隔地輸送が可能となり、漁業が盛大に。
- *Edinburgh Review* の1814年4月号は「すべてのサケ漁業者は今や冬場の氷を貯蔵する貯氷庫を備えている」と報じる。
- 1815年にはイギリスでは氷菓製造者、水産業者が使用する氷の量は莫大となるが、それには湖、池、人工の貯水池、湛水した圃場の氷と輸入(主としてノルウェーから)で対応していた。
- アメリカでは1816年にフィラデルフィアで初めて氷により魚を保存。

- 1822年、イギリス大蔵省、自国の漁業用の氷の輸入に対し関税を免除。
- 1825年、ウィリアム・レフトウィッチ、ロンドンのカンバーランド市場に氷井を建設して氷商を始め[1911年まで営業]、イギリスで一般人の氷使用が広まる。
- 1838年、蒸気動力のみにより初めて大西洋横断がなされたこの年にスコットランドからロンドンへ氷詰めサケを運ぶ蒸気船による定期航路が開設される。
- 1842年、ロンドンの魚市場を通したサケは2,500トンに達した(多くは真夏に運ばれた)。この年、アメリカの Gage, Hittinger & Co. がボストンの氷をロンドンに持ち込むが商業的に失敗。
- 1844年、ボストンの Wenham Lake Ice Co. がリヴァプールとロンドンへ氷荷を持って到着;氷を保存するミニチュア貯氷庫 (refrigerator と呼んだ) を積極的に広め、また氷配達システムを確立して、短期間で規模を拡大する。
- 1850年にこの会社が Gage, Hittinger & Co. に買収されてアメリカ国内販売に専念したため新たに会社が設立され、ノルウェーのいくつかの湖を Wenham Lake と命名し、その氷を Wenham Lake Ice と称して販売を続ける。

- **Ice King、フレデリック・チューダー(1783-1864)の登場と発展**: 1805年以降、マルティニクへ天然氷を販売、次いで、西インド諸島に展開。1812年、米英戦争終結後、イギリス政府が彼にジャマイカのキングストンに氷貯蔵所への設置を許可、これがチューダーの熱帯交易点となる: 交易先はハバナ、キューバ、マルティニク、トリニダード、ヴァージン諸島のセント・トマス、ガイアナのデメララ、リオデジャネイロ(1843年)、国内では南部に出荷[アメリカの輸出用天然氷の産地はボストン近傍のスパイ池、フレッシュ池、ウェナム湖]。
- **1825年、チューダー社のナサニエル・ワイエスが天然氷の生産・貯蔵法の大革新を行い生産を飛躍的に向上させる**: 氷の切り出しを馬で行い、断熱壁を持つ貯蔵庫(容量3千から1万トン)を製氷池に近くに建設、氷ブロック輸送システムの合理化するなど: 貯蔵庫は木造で基部から小割板を張り、2重壁として外壁と内壁の間にタン殻かオガ屑が満たす。
- **英領インドでは山地から雪氷を得られない場所では蒸発法で製氷しており、良質の氷は寒剤でこれを再凍結して得ていた**。1835年以前のある時にベンガルにヴァランスの人工氷製造機が登場したらしいが成功しなかったようである。

アメリカにおける天然氷収穫技術

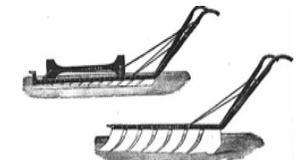


マーカーに従って氷に深い切り目を入れ、人力でブロックを切り離している。

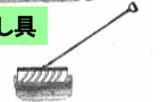
ロシアではすべてが人力作業であった。

チューダーの貯氷庫への氷収納システムのスケッチ

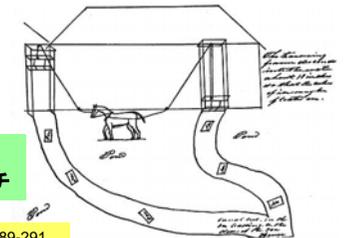
馬による氷面へのマーク入れ具



馬による氷切り出し具



人力による氷切り出し具



Elizabeth David: Harvest of the Cold Months Penguin Books(1994) 289-291

- **1833年、インドの首都カルカッタ[コルカタ]にボストンから氷40トンを選んで最初のアメリカ船が入港。**
- **これを機にカルカッタで弁護士ロングヴィル・クラーク(?-1860?)の主導により貯氷所を建設、取引業者をチューダーに指定してボストンからカルカッタへの氷交易を開始**: 初回の1833年の荷揚げはチューダー側の記録によれば130トン[出荷時は150トン]で貯氷所の容量を超えた。蒸気船の登場までは帆走であったため航海には片道で最長記録で6ヶ月を要した。以後ほとんど50年近く、**難破により途絶えた年もあるが**、アメリカの氷が英領インドに毎年500トンから600トン、ピーク時には1,000トン定期的に輸出される[それ以前、アメリカはインドから輸入のみで、インド行きの船は空荷であったが、氷はバラスタ代わりになり貿易が非常に効率的になる;さらには、**船倉を断熱するオガ屑の中にアメリカ産リンゴの樽を入れ、後にはバター、カキ、ハマグリも氷詰めで輸出**]。
- 1843年、カルカッタに第2の貯氷所建設。

- 1840年代、チューダー、セイロンのガルに氷貯蔵所を建設、旅客船にも氷を販売: やがてラングーン、バタヴィア、シンガポール、香港、そして**横浜(1854年が最初で航海に半年を要した)**に販路を伸ばす。
- **1864年、中川嘉兵衛が横浜元町に貯氷庫建設、1869年に五稜郭で製氷池を経営**、それにならって天然および製氷池の採氷事業盛んになり1886年東京の貯氷庫20ヶ所(8025トン)に達する。
- インドでは蒸発製氷は沿岸地方から天然氷に取って代われ、鉄道輸送の発達とともに内陸に浸透し、英領インドへのアメリカ氷の輸出総額1850年、50,296ドル、1860年は82,550ドルに達した。

機械冷凍の発展と天然氷の終焉

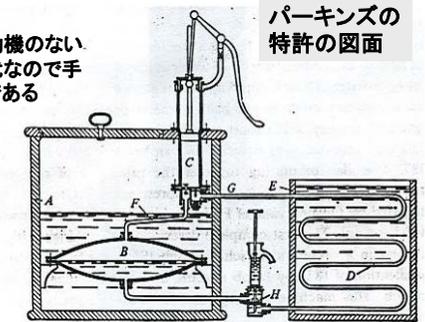
- 寒剤を使って氷菓製造技術: 1842年にウィリアム・フラーは寒剤を用いる手動アイスクリーム製造機「アイスクリームペール」をロンドンで販売(特許は1856年)、1843年にトマス・マスターズが混合寒剤による手動製氷・アイスクリーム凍結機の特許を得、1851年の大博覧会の展示でヴィクトリア女王の注目を引く。長く使われるが純然たる冷凍機ではない。
- 人工的冷熱を最初に実現したのはグラスゴーのウィリアム・カレン(1710-90)で、1755年に真空下での水の蒸発により少量の氷を得る。1777年にジェラルド・ネアルン(1726-1806)がそれを再現、1804年にジョン・レズリー(1766-1832)がさらに改良、それをもとに1824年に醸造家、ジョン・ヴァランス(1800?-88?)がイギリス特許を得て商品化するも成功せず。

- 1805年、アメリカ人オリヴァー・エヴァンズ(1755-1819)がエチルエーテル圧縮冷凍サイクルを着想[エチルエーテルの常圧沸点は34.6℃]、**ジェーコブ・パーキンズ(1766-1849)がエヴァンズの考えを発展させ1830年にテムズ川でエチルエーテル蒸気圧縮式冷凍機のパイオニア的機械の実験に成功した(1834年にイギリス特許)**。しかし、この実演機械があまりに小さく玩具扱いで注目されずに終わる。

1830年にジョン・ヘイグが作製した展示用のパーキンズ冷凍機の模型



電動機のない時代なので手動である



パーキンズの特許の図面

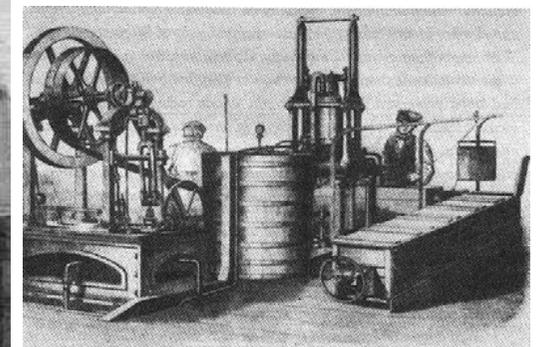
<http://nptel.iitm.ac.in/courses/Webcourse-contents/IIT Kharagpur/>

- 1841年、フロリダ州、アパラチコーラの医師**ジョン・ゴーリー(1803-55)**が空気調和で特許を取得、1844年には最初の**空気冷凍機(開サイクル)**を製作、イギリス(1850年)、イギリスとアメリカ(1861年)で特許。これも全く注目されず。
- 1850年、**アレクサンダー・カトリン・トワイニング(1801-84)**がエチルエーテル圧縮式冷凍機のイギリス特許、1853年**アメリカ特許取得**。クリーブランドに日産900キロの最初の**商業用製氷プラント設置**、天然氷の豊富な地帯のため6年で撤退。
- 1855年、オーストラリアの**ジェームズ・ハリソン(1816-1893)**トワイニングにならいエチルエーテル圧縮機を製作するが技術上の問題に遭遇。ロンドンに渡って改良を重ね、1858年5月にロンドンで日産3000キロ程度の冷凍機の運転を実演。製氷に成功するが氷の透明度の悪さが問題に。そこで**Siebe Brothersと手を結んで問題を解決**し、1861年には1ダースの彼らの機械が稼働し、1862年の万国博覧会にも展示する。

ハリソンの製氷機(1858年)



1862年のロンドン大博覧会に出展したシーブ・ハリソンの製氷機



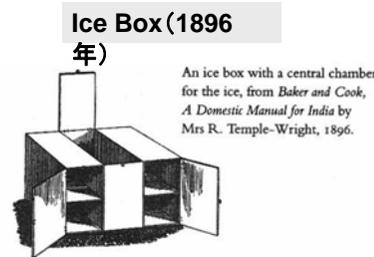
エチルエーテルの採用しているのでこれらの機械は大気圧以下で運転される。動力は蒸気機関。

- **フェルディナン・カレ(1824-1900)**、エチルエーテル圧縮機の改良に携わった後、**1859年に吸収式冷凍機を発明、1860年に1号機を製作。1863年、南北戦争下のアメリカ南部が2台購入。**
- その後の進展: 1863年、シャルル・テリエ(1828-1813)、メチルエーテル圧縮機を製作; 1862年、スコットランドのA・C・カーク(1830-92)、閉サイクル空気冷凍機を開発; 1866年、サディアス・ロウ(1832-1913)、CO₂ 圧縮機; 1873年、デーヴィッド・ボイル、最初のアンモニア圧縮冷凍機; 1874年、ラウール・ピクテ(1846-1929)、SO₂ 圧縮冷凍機の発想を得、翌年に製作。
- **1873年、カルル・リンデ(1842-1934)、ウィーンの国際醸造会議で講演、冷媒としてアンモニアが最も優れていると論証。彼が経験的開発でなく理論に基づいたことが画期的。1876年にアンモニア圧縮機を製作、1879年にLinde社設立。**
- 1870年よりF・ヴィントハウゼン(1829-1904)、産業用水蒸気冷凍機を研究; 1877年、ヘンリー・ベル(1848-1931)、ジョン・ベル(1850-1929)、**ジョゼフ・コールマン(1838-88)のBell-Coleman空気冷凍機がイギリス特許取得[イギリス船に普及];** 1878年、フランスのヴァンサン、塩化メチルを冷媒に採用。
- 1880-84年に本格的冷凍装置製造会社がアメリカに現れる: Fred Wolf/Linde(1880年); De La Vergne(1881年); Frick(1882年); Vilter(1882年); York(1884年)

- インドの最初の製氷工場は1867年にボンベイ[ムンバイ]に建設されたらしい(機械は恐らくハリソンのもの)が、1875年にはボンベイの天然氷倉庫が使われなくなっている。
- イギリスでは1870年にブラックフライアーズ地区にロンドン最初の製氷工場が建設されたが、当初はノルウェーからの氷に圧倒されていた。
- 1875年段階でもなお、毎年50,000トンのボストンの氷がカルカッタ、中国の諸港、バタヴィア、横浜に輸出されていた。
- **日本では1872年に日産5トン程度の製氷工場が大阪、横浜の居留地に外国人経営で建設されているが、1876年にはまだ中川嘉兵衛の天然氷が優勢で、ボストン氷を圧倒、香港にも輸出するほどであった。**
- 1877年、アメリカのインド、極東への氷出荷は平均年間50,000トンに低下し、1880年以後、英領東インド方面への氷輸出は貿易報告に現れない。
- 1898年、それまでの5年間でイギリスがノルウェーから輸入した氷は2,200,000トンに登るが、これが頂点。1900年以降の輸入量の低下は顕著で1911年には実質的には終了。ただ、製氷にアンモニアを使うこと、大量の石炭消費することに対する一般公衆の不信が理由で第1次世界大戦のかなり後まで天然氷は生き残っていたようである。チューダー社の氷取引も蘭領西インド諸島および蘭領ギアナについては1910年まで存続した。
- 中国は1911年時点でも川や池から切り出し保存した氷を大量に使っており、北部で唯一の製氷プラントは北京のアメリカ公使館にしかなかった。
- ロシアは1892年に機械製氷を始めるが、**ソビエト連邦であった1961年でも天然氷の生産はなお20Mtあった。**

機械製氷と機械冷蔵による輸送の時代

- 南北戦争(1861-5年)によってアメリカ南部諸州では製氷のために1863年にカレの吸収式機械を2台取得し、その結果1869年から1889年にかけて機械製氷が急速に発展した。彼の地元フランスでも彼の機械より機械製氷が盛んとなる。
- 天然氷が豊富なシチリアでも1876年にはパレルモで機械製氷が立ち上がる。
- 1887年、工場製の氷がかなり一般的になっていたインドにおいては氷を保存するためのice boxが普及。医者に勝ると述べられている。氷は飲み物を冷やすために使い、**積極的に食物の保存用にはまだ使われていなかった。**



中央の区割に氷を入れて保存

- 日本での機械製氷は1879年の横浜、谷戸坂でのエーテル冷凍機(日産3トン)から始まり、1881年に大阪川口に5トン工場、1883年には日本人資本による最初の機械製氷会社、東京製氷(株)設立、日産5トン(SO₂圧縮機)で翌年より氷販売を開始、1890年に青山製氷所設立(アンモニア冷凍機)される。
- 1900年にはレバノンの氷に頼っていたダマスカスにも製氷工場建設される。
- **イギリスでは最初の人エアイスリンク(40フィート×24フィート)を1876年にチェルシーに作るほどであるが、製氷業が人気を博するのは1902年になってからと遅れた。**
- トマス・ムアが1799年に塩と氷による保管庫のアメリカ特許を取るが、それを**1803年にrefrigeratorと呼んでは「refrigerator」が氷の保管箱(ice box)から食品の保管庫を意味するようになった。**

- **冷蔵倉庫の始まりは1865年にボストンのフルトンマーケットで氷と塩の混合物で冷却したもので、1873年にベルギー、1874年にイギリスで天然氷冷却の冷蔵倉庫が作られている。最初の機械式冷蔵倉庫は1881年のボストンのものである。**しかし、1893年になってもアメリカで氷と塩とで冷却した10000m³の冷蔵倉庫が建設されている。
- 日本では1897年によく東京の魚市場で氷が使用され、最初の冷蔵倉庫は1899年に米子に作られた(Frick社製アンモニア冷凍機)。
- ビール醸造では冷却が重要な問題で1859年にフェルディナン・カレの圧縮式冷凍機(エチルエーテル)がマルセイユの醸造所に、1860年にハリソンの圧縮式冷凍機(エチルエーテル)、メルボルン近くの醸造所に設置された。
- リンデのアンモニア圧縮式冷凍機が登場すると1877年にミュンヘンとトリエステのビール醸造所に設置され、1891年にはその機械750台が445の醸造所に設置される。日本では1887年に札幌の醸造所に冷蔵庫が設置されている。

- アメリカでは家庭用の冷蔵庫が1879年から急速に広まっていたが蒸気機関時代は氷によるものであった。アメリカで家庭用電気冷蔵庫Kelvinatorが出たのは1918年のことである。

氷冷却冷蔵庫



右上に氷のブロックが収まっている。

原 克:白物家電の神話 青土社(2012) 101, 105

外付け製氷機を備えた冷蔵庫 (1912年)



Kelvinatorの広告ちらし (1925年)



<http://www.ebay.com/sch>

むすびに

- 1873年に冷蔵牛肉が天然氷を使ってアメリカからロンドンへ輸送[食肉輸出は新大陸、オーストラリア等にとって重要]。
- **最初の機械冷蔵による冷蔵食肉の輸送は1876-1877年のLe Frigorique号(メチルエーテル冷凍機)によるブエノスアイレス・ルーアン間往復。**
- 最初の冷凍食肉の輸送は1877-1878年のParaguay号(吸収式)によるルーアン・ブエノスアイレス、ブエノスアイレス・ルアーヴル間。
- 1879-1880年にはStrathleven号(空気冷凍機)による最初のオーストラリアからロンドンへの冷凍食肉の輸送、1882年にはDunedin号(空気冷凍機)による冷凍羊肉のニュージーランドからロンドンへ輸送、1898年、ニュージーランド産の殻剥きカキが蒸気船でロンドン到着。
- **1905年に朝鮮・下関間の鮮魚輸送に氷を使用、1907年に大阪藤永田造船所、小型運搬船に冷凍工事を施すも能力不足で失敗;しかし以後サケ、マス事業の隆盛に伴い大型専用船も建造される**
- **1900年時点の世界で冷蔵庫を保有する船舶数356:装備の内訳は空気機械37%、アンモニア37%、CO₂ 25%であった。**

- 19世紀末で天然氷が機械製氷に置き換わるまでの歴史を述べたが、20世紀に入り電気の時代になると氷を経由せずに冷熱を利用するようになって様々な分野に冷凍技術が浸透してきたのであるが、それは人類の歴史から見てごく短期間のことである。同じ熱エネルギーに関わる熱機関に比べて冷凍機は1世紀ほど遅れてわれわれの世界に登場した。冷熱を手軽に扱うのにどれほどの時間が必要とされたかを振り返ってみるのにこの講演がお役に立てれば幸いである。

ご静聴有り難うございました



フランスアルプス、モンブランデュタキュル(4248 m)