



化学遺産の第8回認定 2

認定化学遺産 第040号

日本の酸素工業の 発祥と発展を示す資料

100年前、木材が低温の酸素製造装置を守る最適材料だった

新井和孝 Kazufaka ARAI

100年前、明治も終わる頃、重工業化の基幹ガスである酸素の製造競争が日本で繰り広げられたことはあまり知られていない。世界の競争に遅れること10年未満であり、世界水準に追い付こうと近代化を急ぐ日本を象徴するような事実である。実用化学技術の雄、リンデとクロードは、それぞれ自分の会社、リンデ社とエア・リキード社を創り、ヨーロッパの酸素製造事業で競っていた。その技術競争が日本に持ち込まれていたのである。

19世紀の低温技術の進歩¹⁾

19世紀の化学は、電池や電気分解などを取り入れ、水の電気分解による水素と酸素、食塩水の電気分解による塩素と水素など、新たな気体が単離しやすくなり、また反応実験しやすくなった(表1)。それらの気体の中には、加圧だけで液化する塩素ガスや二酸化硫黄ガスなどがあつた。そして研究者の課題になったのは、加圧のみでは液化できない気体「永久気体」の存在であつた。

1834年、ティロリエ(仏)により、加圧した液化二酸化炭素を放出させると、さらに温度が下がり固化(ドライアイス化)することが発見された。1852年には、ガスを密閉・加圧した高压状態から低压へと圧解放したときの降温現象、ジュール・トムソン効果が発見された。さらに、内と外の圧力の差が一定圧を超えると開く弁(ジュール・トムソン弁、以下J・T弁と略す)を巧みに使って、気体を液化する装置がいろいろ考案され、1870年頃には「永久気体」は、酸素、窒素、水素、ヘリウムの4種類だけとなつた。

加圧によってガスを液化させさらに放出冷却して沸点以下の液(寒剤)とし、より低い沸点の気体を液化

させ、これを順次繰り返す方法で、1877年カイユテ(仏)はシリンジの針先に極微量の酸素、窒素による曇り(液化)を認め、空気的主要な2成分の液化が初めて実現した。この方法はその後さらに改良され、1883年には実験室で確実に少量の液体酸素と液体窒素が得られるようになった。

1892年にJ.デュワー(英)によりデュワー瓶が発明された。液化した低温の液が長期間貯められるこの低温技術によって、液化ガスは実用の時代に移行した。

なお、1898年にJ.デュワーが水素の液化、次いで1908年にK.オネス(蘭)がヘリウムの液化に成功し「永久気体」はこの世に存在しなくなった。

酸素製造技術競争：酸素工業の発祥

本化学遺産の酸素製造関係では、1895年にC.リンデ(独)が三重蛇管の熱交換器とJ・T弁の活用による空気の液化法を開発・特許化した。同年に、独立に、同じ原理の装置の特許化したW.ハンブソン(英)と合せて「リンデ・ハンブソン型空気液化装置」と呼ばれる。その後、1902年にリンデはさらに液体空気を精密分留して窒素と酸素を得ることに成功した。奇しくも同年、G.クロード(仏)は(断熱)膨張機を利用する空気液化法を発明した。ドイツのハイランド社がこれをさらに改良した「クロード・ハイランド型空気液化装置」と呼ばれるものである。そして工業的酸素製造法で、この2方式が激しく競争した。1902年は実用的酸素製造が一気に本格化した年であった。

日本では、1907年に、エア・リキード社(仏、クロードが創業)が大阪鉄工所(現日立造船)内でクロ-

あらい・かずたか

化学遺産委員、量研機構放射線医学総合研究所
〔略歴〕1976年東京大学大学院理学研究科化学専攻修了。理学博士。76~78年相模中央化学研究所
博士研究員。78~2011年日産化学工業(株)研究、
研究開発、研究推進。12~17年放射線医学総合研
究所技術員。〔専門〕物理有機化学、有機合成、不
斉合成、新材料開発、化学史、化学遺産、MRI造
影剤開発。〔趣味〕水泳、街歩き。
〔連絡先〕E-mail: arai-k@cilas.net (自宅)



表 1 19 世紀の低温技術の進歩¹⁾

西暦	和暦	低温技術の歴史	
1823-1834	天保 5	各種気体の液化 (加圧)	(M. ファラデー, 英)
1834	寛永 5	液体 CO ₂ の放出ドライアイス化	(C. ティロリエ, 仏)
1852	寛永 5	ジュール・トムソン効果発見	(兩人とも, 英)
1877	明治 10	加圧と放出による酸素, 窒素の液化 極微量	(L. P. カイユテ, 仏)
同年		寒剤順次低温化で酸素, 窒素の液化 少量	(R. ビクテ, スイス)
1883	16	順次低温化 (寒剤選び) の改良 少量 (より安定的に)	(クラコフ大学チーム, ポーランド)
1892	25	デュワー瓶の発明	(J. デュワー, 英)
同年		リンデが製氷機のリンデ社 (独) を起こす	
1895	28	リンデの空気液化装置発明	(C. リンデ, 独)
同年		独立にほぼ同方式発明	(ハンブソン, 英)
			→リンデ・ハンブソン型空気液化装置
1902	35	リンデの酸素分離装置発明	→工業的酸素製造法
同年		クロードの空気液化装置発明	(G. クロード, 仏)
同年		ハイランド社 (独) 改良	→クロード・ハイランド型空気液化装置
同年		クロードの酸素分離装置発明	→工業的酸素製造法
同年		クロードがエア・リキード社 (仏) を起こす	



写真1 酸素製造装置 (テイサン記念館展示時) 手前が膨張機

表 2 日本の酸素工業史 (主な 2 社で辿る)^{2~4)}

西暦	和暦	酸素製造の発祥・発展 (記念館史)	会社名の変化など
1907	明治 40	エア・リキード社, 大阪鉄工所 (現日立造船, 此花区) で酸素製造開始 (機械輸入)	エア・リキード社日本進出
1911	44	日本酸素 (現大陽日酸), 東京・品川にて酸素製造開始 (機械輸入)	
		第一次世界大戦 (1914-1918)	
1930	昭和 5	1907 年と同方式, 規模の装置を輸入し酸素製造 (函館工場では '56 年まで) (機械輸入)	帝国酸素 (株) 設立 (神戸)
1935	10	日本酸素蒲田工場で空気分離国産装置完成	日本酸素社が日本理化学工業 (株) と改称 (1937)
		第二次世界大戦 (1939-1945)	
1954	29	日本理化学工業 (現大陽日酸) 製作の国産初の液体酸素製造装置, 函館酸素 (現大陽日酸) 稼働 (国産機械)	
1955	30		日本酸素 (株) と再改称
1965	40	日本酸素記念館開館 (品川)	
1980	55	テイサン記念館開館 (2013 年末閉館)	
1981	56		テイサン (株) と改称
1998	平成 10		日本エア・リキード (株) と改称
1999	11	日本酸素記念館移転 (品川→山梨県北杜市)	
2004	16		大陽日酸 (株) (大陽東洋酸素と)



写真2 酸素製造装置の酸素分離機 (日本酸素記念館蔵)

ド・ハイランド型空気液化装置による酸素製造を開始し, 一方, 1911 年に日本酸素合資会社 (現大陽日酸 (株)) が東京・品川でリンデ・ハンブソン型空気液化装置を導入して酸素製造を開始した。世界に遅れること 10 年以内に日本の酸素工業が誕生し, この 2 方式が競争していた (表 2)。

低温の酸素製造装置を木の板が守る

今回, 化学遺産認定されたのは, この 2 方式の最初と同じ規模・方式の装置および最初の装置で, とともに日本に遺っていた。写真 1 は 1907 年の操業開始とほぼ同じ規模・方式の酸素製造装置 (テイサン記念館 (兵

庫県加古川郡播磨町。2013 年閉館) であり, 現在日本エア・リキード (株) の尼崎の工場で保管されている。写真

2 は 1911 年の酸素製造装置 (山梨県北杜市, 日本酸素記念館所蔵) の心臓部である。前者は木製の八角箱 2 段積で, 後者は木製の樽で, それぞれ保温カバーされており, 両社とともに木の板が装置を守っていた。なお, 写真 3 は煉瓦建物の日本酸素記念館の建屋内部で, 日本初の酸素工場をそのまま保存している。この建屋も化学遺産認定された。



写真3 日本酸素記念館建屋内部 中央奥に酸素分離機

日本の酸素工業の発展

冒頭で酸素は重工業化の基幹ガスであると述べたが、アセチレンと酸素の混合ガスがアセチレン炎バーナーで発生させる1500℃以上の高熱を利用して金属(鉄)を溶接・切断する技術は1900年代初頭のヨーロッパで開発された(図1)。



図1 ハンガリー 1995年発行

日本でもアセチレン炎バーナーは重工業の黎明期から、鋼材の切断・溶接に使われ始め、工場建設や鉄道・造船などに不可欠であった。当初は、バーナーとともに、酸素入り1500ℓボンベを輸入して販売したが、酸素の容器は輸送コストがかかるため、アセチレン炎バーナーの普及とともに、酸素製造自体を日本で行うことが軍艦建造や重工業発展のために必要だったのである。

明治末期に発祥した酸素工業は、第一次世界大戦による輸入途絶(価格高騰)対策や、軍備強化の国策などの影響を受けて需要と製造が大きく拡大した。酸素ボンベは重く、特に陸運の輸送コストが極めて大きいため、地域ごとや大消費地近くに製造拠点が次々にできた。

第一次世界大戦が終わり、酸素製造装置の輸入も自由にできるようになると、全国40ヵ所以上の酸素工場(1933年)で製造するほどに伸張した。帝国酸素(株)9工場と日本酸素(株)6工場が大手であった。製造方法は水を電気分解する電解法もあったが、ほとんどは空気液化法であった^{2,5)}。

しかし、やがて生産過剰となり酸素の価格が下落、乱立した企業の整理統合が進んだ。

次の酸素工業の発展期は、第二次世界大戦後の「液酸



写真4 国産初の液体酸素製造装置①
熱交換器(左)と精留塔の凝縮器(右)

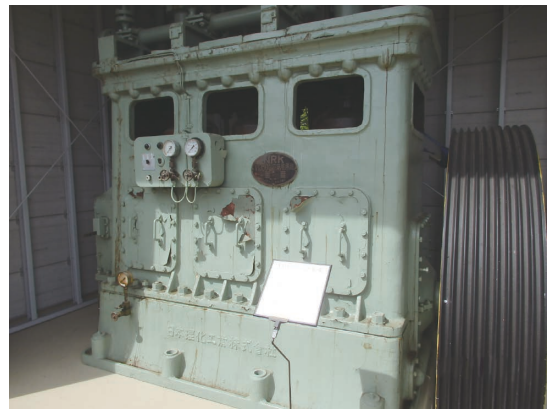


写真5 国産初の液体酸素製造装置② 空気膨張機

化の波」*の頃にあった。戦後復興需要の1953年以降、1964年末までに、液体酸素製造装置が全国で43基設置された。中でも帝国酸素(株)9工場と日本酸素(株)10工場がこのときも特に多かった⁵⁾。過剰投資ではないかとも囁かれたが、これらの工場が高度成長期の日本をフル稼働で支えた⁵⁾。

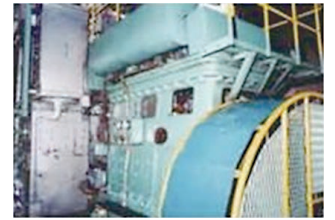


写真6 稼働中の同膨張機

この発展・酸素量産化の流れの中で、酸素ガスボンベの大型化だけでなく、タンクローリーで液体酸素を9~10t運ぶ時代に変化していった。かつて競争していた低温技術は特許も切れ、膨張機もJ・T弁も必要なら使えるようになった。1954年には日本理化学工業(株)(後の日本酸素(株)、現大陽日酸)が初めて国産の液体酸素製造装置(空気分離装置)を完成させた。その主要部も日本酸素記念館に保存・展示されており、今回化学遺産認定された。写真4、写真5はその一部である。写真6はかつて函館酸素社(現大陽日酸)で稼働中の膨張機の雄姿である。2001年まで47年間稼働し続けた。

日本には先達を大事にする文化がある。長期間運転され続けた歴史的な装置や工場建屋などが各地で大事にされ遺されていた。本化学遺産は酸素製造の分野にもこの文化があることを教えてくれた。

* 酸素製造能力増強のため、従来の高圧酸素でなく液体酸素を製造する大変化

- 1) 藤田紀夫ホームページ「FNの高校物理」低温技術, http://fnorio.com/0104history_of_freezing_&_cooling_technology1/history_of_freezing_&_cooling_technology1.htm
- 2) 沢井 実, 「1910・20年代の日本酸素工業」大阪大学経済学, 2014, 64, 1-17.
- 3) 大陽日酸株式会社ホームページ(会社沿革).
- 4) 日本エア・リキード株式会社ホームページ(会社沿革).
- 5) 酸素協会広報委員会編集, 『酸素産業史』, 酸素協会, 1998.