



## 化学遺産の第4回認定 4

### 認定化学遺産 第021号

# 日本の近代化学工業創出の原点 国産技術によるアンモニア合成 (東工試法) の開発と企業化

亀山哲也 Tetsuya KAMEYAMA

第1次世界大戦後の国際的な経済競争に対処するためには近代の大化学工業を振興させる必要があるとの観点から、政府は1918(大正7)年に臨時窒素研究所を設立し、高压法アンモニア合成技術の開発を我が国初の大型プロジェクト方式で行った。ドイツのハーバーの論文や特許を参考にし、苦勞の末開発した安くて高活性のアンモニア合成触媒を用いて、1927(昭和2)年、アンモニア合成に成功した。これは東工試法アンモニア合成技術として世界的に認められている。1931(昭和6)年、昭和肥料は東工試法アンモニア合成技術を活用してアンモニア及び硫酸の企業化に成功した。生産規模は国内最大であった。産業技術総合研究所と昭和電工(株)で保存されている水素製造装置、アンモニア合成触媒、アンモニア合成管、高压ガス圧縮機等は我が国の近代化学工業創出の原点を物語る貴重な資料である。

### はじめに

20世紀の初頭、日本は欧米の技術を導入するとともに国産技術を開発し、先進諸国の仲間入りを果たした。日本が現在の技術力を獲得した原点は20世紀の初頭、国立の臨時窒素研究所(後に東京工業試験所に吸収)が我が国初の大型プロジェクト方式でアンモニア高压合成技術を開発し、昭和肥料(株)で企業化されたことにある。

臨時窒素研究所が開発したアンモニア高压合成技術及び昭和肥料(株)による企業化の意義を保存されている装置類にも触れながら概説する。

### 臨時窒素研究所によるアンモニア高压合成技術の開発<sup>1,2)</sup>

#### 臨時窒素研究所の設立

20世紀の初頭、ヨーロッパでは産業革命後の人口急増に伴う食糧増産のため、空中窒素固定法によるアンモニアの合成及び硫酸の製造が最大の関心事であった。ドイツのハーバーらが1913年、高压法アンモニア合成技術を開発し、この課題に応えた。アンモニアは肥料のみならず、爆薬、染料、医薬品の原料として極めて重要であった。

かめやま・てつや

産業技術総合研究所 名誉リサーチャー・日本化学会化学遺産委員会 委員

〔経歴〕1975年名古屋大学大学院応用化学博士課程修了(工学博士)。同年通産省東京工業試験所入所。87年通産省化学技術研究所エネルギー化学部第1課長。2002年産業技術総合研究所セラミックス研究部門長。05年同所中部センター所長代理。09年定年退職。



日本も第1次世界大戦後に予想される国際的な経済競争に打ち勝つためには化学工業を振興させる必要があるとの観点から、国策としてのハーバー法によるアンモニア合成及びオストワルト法による硝酸合成技術の開発を目的として臨時窒素研究所を1918(大正7)年に設立した。

最初は学術的小規模実験から始めて日本特有の方法を見いだすことを目標に、工業所有権戦時法により専用が許されたハーバーらの特許の内容に関する研究を実施し、その後は中規模実験に移り、アンモニアは月産0.5t(その後、日産0.5tに増大)、硝酸は月産2t製造され、その成果の企業化を検討することとした。

このプロジェクトは国防にも関するものであり、民間には任せず、陸海軍と協力しながら国家として実施した。

#### 研究の展開

大正8年から本格的に基礎研究及び小規模実験を開始した。ハーバー法の研究は横山武一、触媒の研究は柴田勝太郎が中心となって行った。高压装置の研究は陸軍の後藤尚が担当した。高压用化学機械の製造技術は日本では未発達であり、かつ国防にも関することから民間からの参加はなかった。また、研究の推進に関する意見等を聞くため、東北帝大の片山正夫、本多光太郎、東京帝大の加茂正雄、亀山直人等の教授陣を招聘している。我が国初の大型プロジェクトは官学軍体制で実施された。

小規模実験ではハーバーの学術論文や特許を参考に町工場で実験室レベルの高压合成管を試作し、大正13年ころには研究途上の純鉄触媒を用いて、200気圧、

580℃で1日当たり  
やっと2 kgのアン  
モニアが連続して合  
成できるまでになっ  
た。

中規模実験では工  
業化用高压合成装置  
の整備並びにアンモ  
ニア合成用工業触媒  
の開発が課題であっ  
た。当時、水素、窒  
素等の原料製造装  
置、ガス圧縮機等は  
まだ国内では製造す  
る技術が育っておら  
ず、横山らが中心と  
なって大正11年か  
ら13年にかけて、欧  
米から導入した。

窒素製造装置は大  
正11年にドイツの  
リンデ社から輸入した。純度99.5%の窒素を1時間当  
たり40 m<sup>3</sup>製造することができた(写真1)。

合成アンモニアの価格に占める原料ガスの割合が約  
6割を占め、しかもその大部分を水素ガスが占めるこ  
とから、水素をいかに廉価に製造するかが重要な課題  
であった。当時、余剰電力の利用、高純度の水素が得  
られるなどの利点からアメリカのエレクトロラボ社の  
電解水素発生装置(写真2)を輸入した。一槽当たり  
0.1 m<sup>3</sup>/h、100槽全体では11 m<sup>3</sup>/hの水素が製造できた。

唯一の国産品は(株)日本製鋼所のアンモニア合成管  
であった。合成管は長さ3 m、  
2 m、1 mの各1本で、外径  
38 cm、内径24 cmの同一径、  
材質はニッケル・クロム鋼製  
で300気圧、500℃までの高  
温高压下で使用することが  
できた(写真3)。

中規模実験での最大の課題  
は優秀な触媒の開発にあっ  
た。柴田らはほとんど廃物に



写真1 リンデ式空気液化分留器



写真2 電解水素発生装置



写真3 アンモニア合成管

等しい製鉄所のスケール(空气中で熱した鉄の表面に  
できるFeO, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の酸化物)を原料に、促  
進剤の種類、量、酸化鉄の酸化度の程度など製造の諸  
条件を異にする多数の触媒を作り、強力で耐久性に優  
れたアンモニア合成用工業触媒の開発に成功した。こ  
の触媒の開発こそが、日本の化学工業史において「東  
工試法」アンモニア合成技術として高く評価される  
ゆえん<sup>3,4)</sup> 所以である。

実際に使用された触媒は官  
営八幡製鉄所のスケール(Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)  
にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(4-5%), K<sub>2</sub>O(0-4%)  
を混ぜて熔融し、細かく砕い  
てふるいわけしたもの(5-8  
mm)であった(写真4)。昭  
和2年、この触媒を中規模実  
験用アンモニア合成管(長さ  
3 m)の触媒充填室に入れ、  
500℃、200気圧、空間速度  
30,000/hの条件で合成管出口  
アンモニア濃度13%を実現し、アンモニアを30 kg/h  
合成することに成功した。いわゆる「日産0.5 t計画」  
を見事に達成した。



写真4 アンモニア合成触媒

#### 昭和肥料(株)による東工試法アンモニア合成の企業化<sup>3,4)</sup>

昭和肥料(株)(昭和3年設立、昭和14年、日本電氣  
工業(株)と合併し昭和電工(株)となる)は、昭和4年  
4月、臨時窒素研究所(昭和3年5月、東京工業試験  
所に吸収)が開発した「東工試法」アンモニア合成法  
を企業化することを決定した。

昭和4年6月、東京工業試験所はアンモニア合成に  
関する研究業績並びに6件の特許の使用を無料で昭和  
肥料(株)に許可した。その上、9月には企業化を円滑  
に実施するために横山武一と中村健次郎が同社に入社  
した。

「国産の技術でアンモニアができたなら首をやる」と  
いう他社の批判のなかにあって、昭和肥料(株)は臨時  
窒素研究所の技術を用いて120 t/dのアンモニアの製  
造に着手した。高压機械装置類のうち、外国製のもの  
はリンデ式窒素製造装置のみであり、その他の装置は  
いずれも日本製であった。臨時窒素研究所が使用した  
中規模実験用の輸入装置を参考にしてわずか10年で



写真5 水電解槽



写真6 合成ガス循環機



写真7 アンモニア合成管

民間が化学機械を製造できるまでに成長したのである。水素製造用の電解槽は(株)日立製作所で製作された(写真5)。一槽当たり4 m<sup>3</sup>/h、2,500槽全体で10,000 m<sup>3</sup>/hの水素が製造できた。合成ガス循環機は(株)東京石川島造船所(写真6)から購入した。300気圧、18,000 m<sup>3</sup>/hの能力であった。(株)神戸製鋼所からも購入した。

昭和6年4月、アンモニア合成触媒1,900 kgを高さ7 m、外径1 mの合成管(写真7)に充填し、温度500℃、圧力300気圧、空間速度22,600/hの条件で10%濃度のアンモニアの合成に成功した。昭和6年10月には120 t/d(1基当たり20 t、6基)のアンモニアが製造できるようになった。当時、各社が競って外国技術を導入し、外国技術の博覧会的様相を呈していた状況(表1)にあって、昭和肥料が東工試法による国産技術でアンモニア合成を実現し、しかもその規模が最大(硫安年産15万t)であったことは、日本の近

表1 アンモニア合成方式の分類と国産化

	方式	圧力 (atm)	温度 (℃)	合成管 出口 NH <sub>3</sub> 濃度 (%)	会社名		工場 所在地	生産 開始 年月	硫安 (万 t/年)
					設立時	現在			
低圧法	モンスニ・ウーデ法(ドイツ)	90～150	400～500	8～12	失作工業	東亜合成化学	愛知県名古屋	1933.12	4
中圧法	ハーバー・ボッシュ法(ドイツ)	200～350	500	10～15	日本タール	三菱化学	福岡県黒崎	1937.9	8
	NEC法(アメリカ)	250～350	500	10～15	住友肥料	住友化学	愛媛県新居浜	1931.4	3
	東工試法(日本)	200～300	500	10～15	昭和肥料	昭和電工	神奈川県川崎	1931.4	15
	ファウザー法(イタリア)	200～300	500	10～16	大日本人造肥料	日産化学	富山県速星	1928.3	3
高圧法	カザレー法(イタリア)	600～800	500	20	日本窒素肥料	旭化成	宮崎県延岡	1923.10	1
	クロード法(フランス)	900～1000	500～650	25	クロード窒素	三井化学	山口県彦島	1924.10	1

代化学技術の外国からの自立を示すものとして極めて意義深いものであった。

### おわりに

外国技術の導入が主流であった20世紀初頭の日本にあって、東京工業試験所が開発した「東工試法」アンモニア合成の企業化は我が国の近代化学技術の外国からの離脱とともに国産技術に対する自信を与え、その後のメタノール、尿素、人造石油、ポリエチレン等の近代化学工業の創出・発展を主導したものであるとして高い評価が与えられている。

産業技術総合研究所(東京工業試験所等の統合)及び昭和電工(株)に保存されている、当時活躍した装置類(写真1～7)はその自信のほどを物語っている。

- 1) 亀山哲也, 鎌谷親善, 「臨時窒素研究所の10年」『化学工業資料』1979, 8, 13.
- 2) 亀山哲也, 江崎正直, 「アンモニア合成技術の歴史」『20世紀の日本の化学技術』, ティー.アイ.シー 2004, 6.
- 3) 昭和電工『昭和電工五十年史』, ダイヤモンド社 1977, 37.
- 4) 河瀬文太郎編『扇町さくら-アンモニア製造八十年の物語-』, 昭和電工 2011.