



アンモニア合成管

# 草創期のケミカルエンジニア

SCE・Net 中尾 眞

R-47

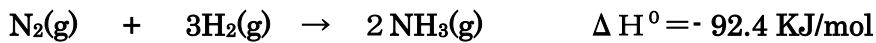
発行日 2016 年  
9 月 1 日

祖父中尾新六のことを書きたい。祖父は 1891 年に生まれて、京都帝国大学工業化学科を卒業後、鈴木商店、住友肥料に勤務し、戦後は日本プラント協会等でコンサルティング業務なども行い、1971 年に亡くなった。祖父が現役エンジニアであった昭和初期は近代化学工業の勃興期であり、新たに出現したアンモニア合成技術の導入に各社が鎬を削っていた時代でもあった。祖父が「化学工業評論」昭和 27 年第 2 巻 6－8 号に投稿した“回想録”を見つけたので、これに沿って草創期のケミカルエンジニアの姿を伝えたい。

## 1. 昭和初期の化学工業とアンモニア合成技術

### 1) ハーバーボッシュ法の出現

アンモニア合成技術は独カールスルーエ大学のハーバーが 1909 年に窒素と水素からアンモニアを合成したことに始まる。ハーバーは実験室規模でオスミウム触媒を用いて、175 気圧、500℃の条件で毎時 80 グラムのアンモニアを合成することに成功した。反応は減容反応であり、圧力を高めるほど平衡が生成系に動くので、高圧反応が有利となる。



BASF 社はハーバーの成果に着目し、全面的に協力して工業化を進めた。当時の技術レベルでは 100 気圧を超える反応は未知の領域であり、反応器の材料問題が最大の課題となった。高温・高圧の水素下では鉄鋼中の炭素が水素と反応し脆化破壊する問題があった。BASF 社は金属の専門家であるボッシュをハーバーの下に送り込み、二重管構造の反応装置を採用することで材料問題を解決し、世界に先駆け 1 トン/日の試験工場を稼働させた。原料水素はコークスから水性ガス化反応で製造し、窒素は空気から深冷分離した。触媒には高価なオスミウムの代わりに、磁性酸化鉄に 2-6% のアルミナと 0.2-0.6% の酸化カリウムを加えた高活性な多元触媒を開発した。プロセスフローを図 1 に示す。

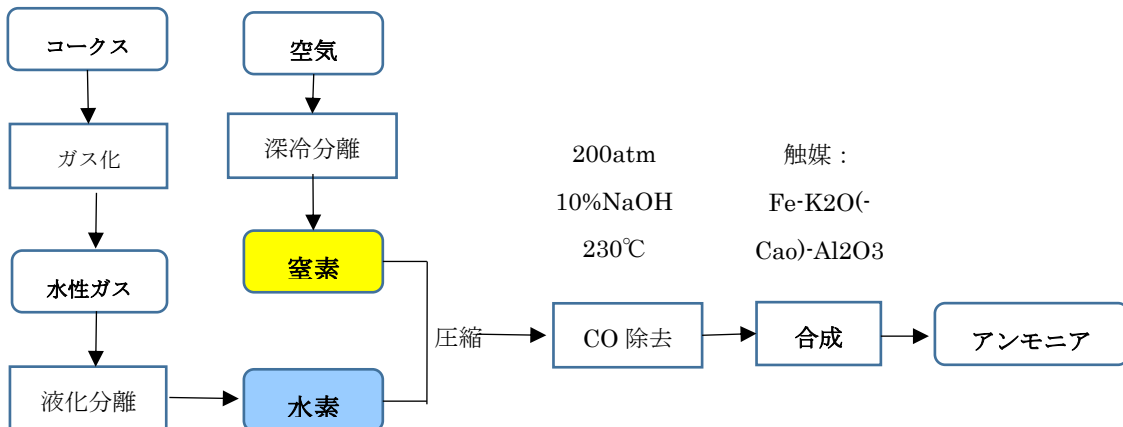


図 1 アンモニア合成法フローシート

## 2) 後発のアンモニア合成技術

第1次世界大戦まで BASF の独占が続いたが、1919 年大戦終戦後敗戦国ドイツに対し技術を公開させたことを契機として、1920 年代には数種のアンモニア合成法が生まれた。代表的な製造法を表 1 に示す。(資料は「肥料製造技術の系統化」牧野 功著から引用)

表 1

製造法	成立時期	1929 年	圧力	温度	出口 NH <sub>3</sub>	触媒
		生産量			濃度	
		千 t/y	atm	℃	%	
ハーバー	1910	712	200-350	500	10-15	酸化鉄+K <sub>2</sub> O 他
カザレー	1922	106	600-800	500	20	活性炭
ファウザー	1923	42	200-300	500	10-16	活性炭
クロード	1919	47	900-1000	500-650	25	活性炭
モンスニ	1927	31	90-150	400-450	8-12	Fe,Al のシアン錯塩
NEC	1928	15	200-350	500	10-15	酸化鉄+K <sub>2</sub> O 他

## 3) 国内へのアンモニア合成技術の導入

国内では日本窒素が宮崎県延岡にカザレー法工場を、鈴木商店が山口県彦島にクロード法の中規模工業試験設備を建設した。この二つの技術はハーバー法を除いては世界で 2 番目に工業化されたもので、何れも小規模実験を終えたばかりの技術であった。その後、ファウザー法、ウーデ法、東工試法、NEC 法などの技術が導入された。経過を図 2 に示す。

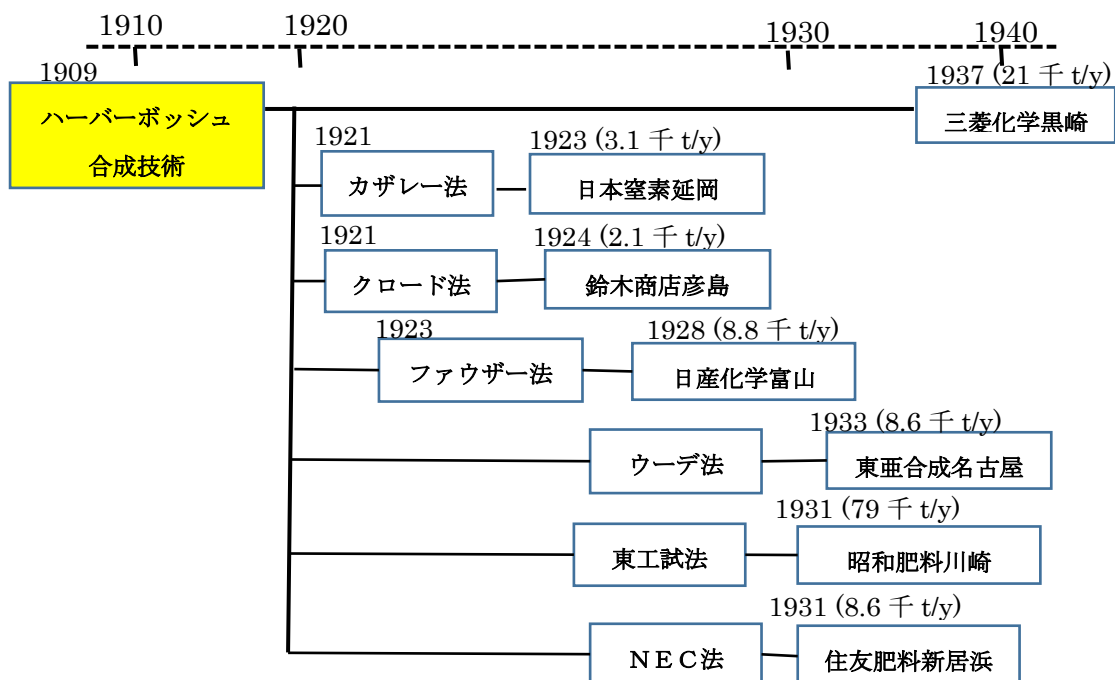


図 2 国内へのアンモニア合成技術導入経過

## 2. 祖父の歩んだアンモニア合成技術の道

### (1) クロード式窒素彦島工場での工務課長時代

クロード法合成技術は鈴木商店がクロード式窒素から実施権を得たもので、1923年彦島工場に我が国最初の中間試験プラント（5t/d）を建設した。クロード法の特長は合成圧力が1,000気圧とハーバー法より数倍高いので、アンモニア合成率が高いことである。小規模でも採算が取れることが利点であったが、原料水素を製造するには複雑な精製工程を必要としていたので、工業化の段階では様々な課題があった。

祖父は鈴木商店で蓄電池部門を経験した後、35歳でクロード式窒素工業（株）彦島工場の工務課長として赴任した。赴任時の高揚した心境にも拘わらず、工場の実態は期待したものではなかった。鈴木商店の経営危機が迫る中、工場管理と技術開発の両面での責任を一人で背負っていた。以下、“回想録”から引用する。引用箇所は[引]で表示する。

#### i) 工場への赴任

\*赴任時には最新技術に触れる化学技術者としての高揚した心境があった。

[引] 私が鈴木商店店員として旧任の鳥羽電機製作所から彦島の第一窒素工務課長へ転勤命令を受けたのは、大正13年の暮であったと思う。当時近代化学工業の最先端をゆく当工場への勤務は、一般化学技術者の羨望的であった。その上私にとっては7年振の化学技術者としての復帰でもあり、人一倍の感激を以って何とか工場の完成を果たすべく心秘かに誓いつつ赴任したのであった。――

#### ii) 厳しい現実

\*しかし待ち受けていたのは、厳しい現実であった。

工場長は最近迄ツンドラ事業に没頭していた農学士で化学工業は何も知らなく、前任工務課長は仏国へ実習に旅立って不在、工場創設者は病氣印籠中という状態であった。

また、生産状態は酷いものであった。

[引] 工場の現状はどうかというと、能力日産5屯とはいうものの、3屯出るとは極めて稀で、1か月60屯の生産記録は殆どなかったといってもよかった。瓦斯工場の不調で原料瓦斯の不足に時日を費し、今日は水素分離機、明日はハイパー圧縮機のパッキングの取換えと実に大きな時間を割いたのである。偶々アンモニアが順調に出来だすと硫安工場がへたばって動かなくなるという始末であった。――

#### iii) 交替勤務現場での技術習得

\*新米の工務課長に工場管理と技術開発の責任が集中した。そこで祖父は決断する。

[引] かかる現状では新米の工務課長が如何に努めても全工場を知り、一々改善、検討の暇がない。こんな存在甲斐のないのなら事実無用になってやれと思って一切の営繕改良工事を工作係長に任せ放し、専務の許可を得てガス係の交替勤務に入れて貰ったのである。（中略）ここでの6か月は私を一人前の化学技術者に仕立ててくれた。アンモニア合成に関する数百冊の洋書と取り組み、3-4割は読破した。――

#### iv) 鈴木商店の経営危機と退社

祖父は彦島工場では3年間、鈴木商店の経営危機が迫る中、不完全な導入技術をなんとか使いこなすことに苦闘しながら、独力でプラント運転や設計技術を習得した。しかし1928年(昭和3年)、鈴木商店の経営破綻が顕在化し、工場は三井合名に引き継がれ、後に三池窒素、東洋高压へと転じていった。彦島工場では工業用水に限度があり、アンモニア工場の規模拡大には適した立地条件ではないと判断した祖父は、彦島に留まるよりもより大きな可能性のある道を選ぶことにし、鈴木商店を退社した。

## (2) 住友肥料新居浜での新工場建設

鈴木商店退社後、程なくして工場時代に付き合いのあった住友肥料に入社した。住友肥料は大正六年の創業で、別子鉱業所から排出されるイオウを元に作られる硫酸を原料として、過磷酸肥料を製造していた。別子鉱業所は鉱山から排出される大量のイオウの処理に困っており、年々多額の煙害賠償金を地方へ払っていた。そこで、昭和初期に排煙の全てを硫酸にする計画が実施され、年10万屯の硫酸が生産されていた。しかし、硫酸の消費は伸びず大きな経営上の負担となっていた。このような背景から、大口の硫酸消費製品として硫酸の製造を検討していた。距離的にも近い彦島工場の祖父の下にも、硫酸を持ち込んで硫酸の試作が行われ、信頼関係が築かれていった。そんな中で、住友肥料が大規模なアンモニア合成工場を建設する計画があることを知った祖父は工場建設に必要な設備等の情報を提供し、積極的にサポートしていた。

### i) 住友肥料への入社

\*住友肥料に入社した時の様子は、劇画風のやり取りである。

**[引]** 翌日住友ビルにH常務を訪問した。彦島辞職鈴木商店退社の報告と、住友肥料その後の硫酸計画の進展模様を聴くためであった。四方山話をしている中に庶務係員が紙切れを持って来た。みれば出勤簿用紙である。『ここへ一寸印を頂けませんか』と云う。躊躇していると『話は後で判だけつけてください』と云う。暫くして大広間に案内され、住友のお歴々から硫酸工業について質問を受け、引き続いて医務室に連れて行かれて体格検査を受けた。ここでこれは強制入社だと諦めた。—

### ii) 導入技術の選定作業

\*入社後の最初の仕事は、導入技術として着目している NEC 技術の評価であった。

NEC はアメリカの設計会社で、ハーバーボッシュ法技術をベースにしていた。

**[引]** 採用翌日から毎日出社して在紐育(New York) A君の報告書を一々精読調査に取りかかった。NEC(Nitrogen Engineering Corporation)なるものの正体、それが住友と繋がりを持った経緯等が明らかになり、且技術程度も先ず信頼できるものとの見込はついた。即ち、世界第一次大戦後連合国の独逸アンモニア工場調査の結果、英国ではブランチモンドを根幹とするインペリアルケミカル会社を創めて、大々的アンモニア工業に乗り出し、米国では政府主導でアラバマ州に世界一を誇る大工場の建設に取り掛かった。建設に4,5年を費やしさらに両3年試運転と改造に没頭したが、結局アンモニア

は全く出来ず工場閉鎖、従業員分散に終わった。その残党の技術者数名は合同して紐育五番街に合成アンモニア工場専門の設計事務所を開いた。これが NEC である。—

### iii) 経済性の事前検討と企業目論見書

\*経済性の検討に当たっては、水素の製造方法の選択が議論となった。NEC は電解水素を原料とする方が操業は安全且円滑だと主張するのに対し、祖父らはコスト面から水性瓦斯変性法が有利と主張した訳である。検討した結果、石炭の入手価格が 1 屯 10 円に対し電力 1 キロワット時 5 厘以下でないと、石炭法の方が有利であるという結論になり、水性瓦斯法を採用することにした。(現在通貨では約 600 倍)

\*予算については、NEC の見積もりと祖父の試算で開きがあったが、NEC の見積もりを信用して、住友本社へは総額 480 万円の正式企業目論見書に収支予算を添付して提出した。

[引] 暫くすると水性瓦斯法による年産 3 万屯の硫安工場の所用原料費・使用料その他の概算表に設計料 1 8 万弗(現在に換算して 2 億 1600 万円)を申し受ける旨云ってきた。向うの資料を基本として硫安値段を計算すると確かに 1 屯 90 円以下となる。当時の市価は 160 円前後であったと思う。問題は建設費の 200 万弗と云う先方を見積もりが、而も主要機器は一単位常時運転、一単位予備と云う贅沢なものである。私の最初の見込では二基運転、一基予備として 650 万円としたのであるが、当時の円弗為替は大体平価で一弗 2 円というところだからあまり安いのに驚いた。—

### iv) NEC との現地折衝

\*調査のために 3 名が米国に渡り、NEC 社が建設した工場の実態調査に当たった。

しかし、見学に適したアンモニア製造工場は殆どなく、硫安工場もなかった。

[引] 米国でこの連中の建てた二工場のアンモニアは全部アイスクリームその他に液安の儘販売され、誰も硫安工場建設の経験はないと云うのである。(中略)アラバマ失敗の所以を聞いたら、あの失敗は合成部門の失敗で、瓦斯は立派に出たがアンモニアには少しもならなかったのだ、今自分等に任せられたら難なくアンモニアは造ってやるが、遺憾ながら米国では肥料としてのアンモニアは現在殆ど不要で、あんな大工場を動かしても生産物の用途はない。あの工場を見せるにも中身は殆ど解体され売却されて今は何もないとの事であった。(中略)とに角、彼らが建設したナイヤガラのカザレ式工場とイリノイ州の工場を回った。装置は思ったよりも簡単で運転も殆ど無人操縦の如き観があり、整然として円滑に動いている。合成工場建設技術については 100%の信頼はできる。—

### v) 中間試験工場の是非

\*NEC との交渉で最大の争点は中間試験工場を実施するかであった。

大阪本社は試験工場の設置を要望したが、NEC は 3 万屯の本格工場建設を主張した。

[引] 先方曰く『そんなに我々の技術がご心配なら NEC の自己資金で住友の指定地へ 3 万屯の工場を建設しよう。但し若し立派に運転生産出来ても、当方の保証条件に少し

でも合わなかったら全工場無償で住友へ進上するが、完全に合致したら建設費の倍額で買取る約束をしてもらわねばならぬ。その方が住友としては直ぐ全生産には入れるのだから、建設費を倍額払っても結局において中間試験工場をつくっているよりも遥かに利益になる筈だし、私の方としても素晴らしい儲けになる』—

\*上記交渉の後帰国し、本社での最終検討会があり、最終的には以下の合意に至った。

NECの責任範囲から硫安工場は除外する事となり、

- (1) 主なる設備は大体欧州で購入する
- (2) 購入仕様書は一切NECの指示に従う
- (3) 住友の起業の為の設計事務所を巴里に開く

#### vi) 巴里での機器購入

\*NECとの本契約がまとまり、巴里に向け出発したのは昭和3年11月下旬であった。

[引] NECの設計といっても一般市場に出来合品の無いものだけで、市場在来の汽缶・瓦斯発生炉・圧縮機・循環機等については只仕様書のみであり、英・独・仏のメーカーから見積を徴集してその特徴美点と、値段の比較表を作製して呉れる。そして吾々がその何れを選ぶかを尋ねるのであって、そのサービス振りは至れり尽くせりではあるが、結局話の最後は『よかろう、高かろう』ということになり『NECが全責任を持つのだからNECに選択をまかせよう』という結論になった。最上級品とはいえないが、特に割安だからこれにして置こうというのはボルジッヒの主圧縮機だけで、他は大体最良最高値のものを選定した。—

#### vii) 新居浜工場の立ち上げ

\*新居浜硫安工場は昭和5年に完成し、汽缶、瓦斯変性、圧縮と次々極めて順調に始動して行ったが、用水不足から炭酸瓦斯洗浄塔が稼働せず、全工場運転不能になった。

[引] 工場用水に関しては、NECの毎時800屯?の仕様書に従って、窒素工場内に毎時200屯確実と別子土木課で試験済みの井戸5本を掘り、これなら大丈夫と待ち構えていたのであったが、洗浄塔用水毎時700屯を連続的に注水したら、数時間で井戸全部が干上がった。別子の土木課に『どうして呉れる』と青筋を立てて談じ込んだ。毎時1000屯の水を今更引くとなると、1-2年の歳月と2-3百万円の金要る。

(中略) 炭酸瓦斯の含有量、洗浄用の空気量等衆知を集めて計出し、1個の木製脱却塔を設計した。NECに見せたら『呉々も私は責任が持てない』とばかりで、寸法については何もいわない。如何にも相談に乗るのが恐ろしそう。何でもよい、とに角何かやらねば工場は動かないのだから昼夜兼行で建設し終わった。これに一月を空費したと思う。(中略) 新設の脱却塔は見事立派に稼働し、新水は殆ど補給を要しないという優秀ぶりであった。それから両三日して硫安工場に最初のアンモニアが送達された。—

#### viii) ドイツ製硫安乱売の影響

\*工場が稼働する頃、独逸硫安の乱売が本格化し価格が低迷した。工場建設当初、100円程度だったが、三池、川崎、富山、新居浜と動いた頃には50円を下回った。

[引] 建設費 800 万円を費やしてデッチ上げた工場が、年百数十万円の赤字では、如何に住友の事業でも数年を待たずにつぶれることは誰が見ても必定である。—

#### ix) 増産による打開策

\*事業が存続できないと理解した祖父は打開策として増産によるコストダウンを進言し、住友のトップを説得した。結局、副総理事の理解を得て増産が決定された。

[引] 『更に 250 万円投資して戴けるなら年 10 万屯は出せるつもり。然らば工場原価は 64 円見当になら収まります。独逸硫安の乱売がいつ迄続くか分からぬが、これでは日本全国の硫安は皆つぶれましょう。然らば農林省はとも角軍部が黙っておりますまい。何はとも角日本最安価の硫安を作っておれば間違いなく、他社の硫安は全部電解水素故 10 万屯作ったら新居浜が最低価格となりましょう』

[引] 更に恵まれたのは、独逸硫安の乱売は既に底を突き、市価は徐々に上昇をたどり、第 2 期工事完成の頃は 90 円の水準迄復帰し、製造原価は 60 数円に落ち着いた。

#### x) 硫安工場の完成

\*昭和 7 年拡張工事を行い、完全な硫安製造工場が出来上がった。

[引] 企業費総計 2000 万円、硫安年産 10 万屯といえ決して割高の工場ではない。然も原価 60 何円といえ恐らく当時の最安値であつたろう。住友化学の安値を知り得たか、その後は宇部窒素始め殆ど水性瓦斯法のみとなり、富山も川崎も電解水素に水性瓦斯の併用となった。

### あとがき

祖父が亡くなったのは、私が大学で化学工学科に進学して間もなくのことだった。子供の頃は殆ど話す機会が無かったので、祖父については住友化学の技術者であった程度のことしか知らなかった。議論好きでオープンな性格であつたので、親戚の集まりでは誰に対してもズケズケとものを言っていた。技術屋というのは正直な人間なんだという印象が残っている。葬儀の後、遺品を整理していると、細かい数字がびっしり書き込まれた手帳が見つかった。水素や窒素、アンモニアの圧力と組成が書かれたもので、アンモニア合成での平衡計算の数字であつたと思われる。

時代が人を作るという言葉があるが、祖父にはこの言葉が当てはまる。昭和の激動期、経営危機にあつた会社で将来に不安を抱えながら、最先端の導入技術に触れ、短期間で技術を習得した後、夢を求めて転社した。新工場の建設に取り組み、米国のエンジニアリング会社との交渉、設備の買い付け、工場の稼働、収支打開など様々な局面で命がけで取り組んだ。アンモニア合成技術に初めて触れて、僅か数年の間でこれらの困難な仕事を成し遂げた。個人の能力に負う部分もあるが、明治生まれの人が共通に持つ底知れないエネルギーがそうさせたようにも思う。改めて、敬意を以って手を合わせたい。

以上