

再び来るかアンモニアの時代

田丸 謙二¹
東京大学名誉教授

We may have a time to depend upon ammonia again!

Kenzi TAMARU

Professor Emeritus, the University of Tokyo

In 1898 Sir William Crookes made a famous speech on the basis of his profound examination as follows: "England and all civilized nations stand in deadly peril of not having enough to eat. The fixation of atmospheric nitrogen is one of the great discoveries awaiting the ingenuity of chemists." Under such circumstances many scientists challenged in vain to synthesize ammonia from its elements. Fritz Haber succeeded in estimating its equilibrium point from the rates of decomposition and synthesis of ammonia, and BASF carried out the industrial formation of ammonia, employing good catalysts. Consequently, as the results of such great contribution, although the population of human being increased as many as four times during the last century, they have had no serious starvation in the world.

In recent years the fossil fuels are going to be exhausted in several centuries, while the nuclear energy is not always safely employed. In the future, accordingly, we may have to depend upon ammonia again, being synthesized from air, water and solar energy for keeping and carrying the necessary energy for us in the future.

Keywords: Fritz Haber, Haber-Bosch, ammonia synthesis, energy carrier

窒素と水素とからのアンモニアの合成反応については前世紀の初めの頃は大変重要な話題になっていたものである。そこでOstwald, Ramsay, Nernst, le Chatelierなど、沢山のノーベル賞級の大家たちをはじめ数多くの化学者たちが必死に研究に励んだ。人類の人口は等比級数的に増えて行くが、食糧作りに肝心の窒素肥料は等差級数的にしか増えなく、当時差し当たり主に頼れたのは遠からず枯渇しつつあるチリ硝石(硝酸ナトリウム)だけであるので、人類の将来には大変な飢餓が待ち受けているということになっていたからである。窒素肥料を得る方法として空気中での放電で酸化窒素を作る方法などもあったが如何にも高価な作り方で、窒素と水素とから直接アンモニアを作ることが出来れば、望ましいと多くの研究者たちがこの問題に取り組んだのである。中でもNernstは初めて窒素と水素の混合気体を高圧にしてアンモニアを作る試みをしたが、生ずるアンモニアが如何

にも少なく(むしろ彼の近似法による理論値に近かった)、1907年のブンゼン学会の集まりで、この方法でアンモニアを作ることは工業的には到底不可能であると結論を下し、聴衆も納得したものである(彼は企業の専門家の意見も尋ねてこの結論を得ている)。一般にこの反応では殊に窒素が如何にも反応し難く、水素とアンモニアの間の平衡定数が何処にあるかが解らなかつた。殊に窒素を反応をさせるようと温度を上げてもアンモニアが出来ないからでもある。

ハーバーは皆が水素と窒素とからアンモニアを作ることと専念をしていた一方で、アンモニアの分解、合成の両方から平衡定数を求め、優れた触媒さえあれば工業的にアンモニア合成が出来る見通しを立て、高圧で合成ガスを循環させながら生成するアンモニアを集めるというアンモニアの合成の見通しを立てた。その陰にはle Rossignol や 我が父、田丸節郎の貢献があったと言われ

る。(ドイツで出版されたAuerの書いた本の中に、ハーバーの成功はタマルの貢献があったためだろう、というNernstによる記述もある。) 田丸は「死ぬほど働いた」とハーバーにいわれ、その後ハーバーがベルリンに新しくKaiser Wilhelm Institut (現Fritz Haber Institut)を作り、アインシュタインなどを集めて世界トップの研究所の所長になったおりにKarlsruheのハーバー研の多数の仲間の中から正式の所員に選ばれて招かれている。その頃の写真が図1.である。

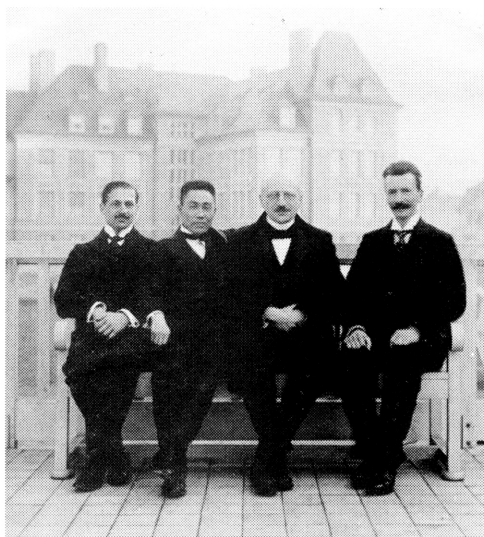


図1. 左端は R. Just, 次は田丸節郎、更にFritz Haber、右端は Dr. Leiser (Karlsruhe 時代のハーバー研究室以来の田丸節郎の僚友) 後ろは当時の研究所の建物 (現在から約百年前)である。Kaiser Wilhelm Institut (現在のFritz Haber Institut)の創設当時の研究員たち)

そのハーバーの研究成果を猛烈な苦心と努力の結果BASFのBoschが工業化に成功していわゆる「ハーバー・ボッシュ法」と言われるアンモニア合成法が実現したのである。ボッシュの陰には優れた触媒探しに努力したMittaschの貢献があったことも書き加えておく。人類の人口は前世紀の百年間にほぼ四倍に増えたが、アンモニア合成の成功のお蔭で、「空気からパンを作った」功績の結果何十億もの人類が飢餓から救われたのである。ハーバーもボッシュもノーベル賞を受けている。

人類の人口が前世紀一世紀の間に四倍に増えても深刻な飢餓に陥らなかったのはハーバーの功績で、如何に偉大な貢献であったかが分かる。人類も科学技術の発展と共に生活も豊かになってきてはいるが、最近でも「原子力発電反対」などの声が大きく叫ばれ、人類が今後いか

に発展して高度な生活を維持できるかが目前の大きな新しい問題になって来た。原子力発電がいかに危険なものであるかが話題になる一方で、何億年もかかって生成された化石燃料をほんの数世紀の内に使い切ってしまう情勢になってきたからである。現在の優雅で高度な生活をエンジョイしている我々に課せられた緊急の義務は我々の子孫の繁栄を末永く支えるに足るエネルギー源を見出すことにある。

このような状況の中ではっきりと提案されている問題は、将来人類は「空気と水と太陽光」でエネルギー問題を克服して生き残るということである。つまり空気中に80%もある窒素と、水と太陽光のエネルギーから作る水素を用いてアンモニアを作る。アンモニアは加圧して液化させて人類の求めるエネルギーの貯蔵、運搬に用いる。空気中に0.04%含まれる炭酸ガスを集めて液体炭化水素、メタノール、ジメチルエーテルなどを作る手もないではないが、余りにも技術的な面倒が必要であり、空気中に80%も含まれる窒素を用いるアンモニアの方が水素担体として、エネルギーの貯蔵、運搬に合理的である。このアイデアによると人類は再びアンモニアのお世話になって生き延びることになる。

アンモニアは図2.のように風力、太陽光などの再生可能エネルギーを利用して水と空気から合成できる。

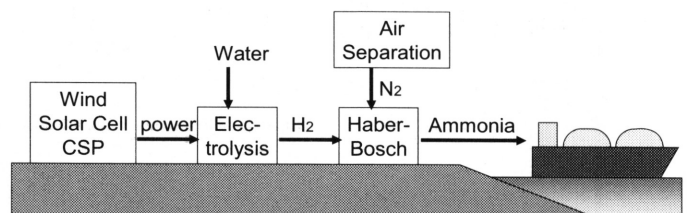


図2. 再生可能エネルギーを利用するアンモニア合成

少なくとも豊富な太陽エネルギーと水から作られる水素の時代は必ず来るであろうが、果たして再びアンモニアの時代が来るかどうか、少なくとも来る必然性は充分にあると言えるのではないだろうか。その意味でハーバーが再び人類の救い手として現われるわけである。

筆者がそのハーバーと実際に会った写真が図3.で、1924年に彼が訪日して鎌倉の我が家に来た時のものである。筆者は母の腕の中に可愛い顔をして抱かれている。関東大震災の翌年1924年のことである。家は大震災の余震に備えてマルタン棒で支えられている。筆者は甲斐性がないままに同じ家に現在も住んでいる。

CSP: Concentrated Solar Power



図3. 鎌倉の自宅を訪問したハーバー夫妻

ハーバーは在日中、彼がドイツで実際にやって見せたように、国を興し栄えさせるためにはその国の科学技術を振興することが必要であると強調した講演を繰り返していて、田丸節郎がその講演集の翻訳を出版し、日本での学術振興に努力を傾けていた。当時欧州に日本から留学した人の75%はドイツに行った。ドイツをそこまで科学的に実際に栄えさせた基礎作りに尽力したハーバーの努力を学び、田丸節郎がわが国でも欧米並みに発展するよう、協力者の助けを得て、科学振興の基礎作りに貢献したのである。

田丸節郎は第一次世界大戦が起こって日独が敵対するまで滞独し、合計6年間ハーバーと一緒に研究を行った。その後アメリカに二年間滞在して高峰譲吉と知り合い、一緒に理研を作るのに奔走した。理研の化学実験室は田丸が主任研究員として全てを企画してわが国に初めて正式の化学実験室を建てて、その直後の関東大震災に会ってもガラス一枚割れなかったと言われる。彼はその後、東工大（初代図書館長を十年務めた）を作り、さらに日本が昭和一桁の経済的に苦しい中で、櫻井錠二先生を担ぎ、大変な努力をして学術振興会を作り、日本が欧米並みに発展する基礎作りに尽力した。一方でそのハーバーの研究所も今年十月に設立百年のお祝いをする。そのお祝いに筆者も是非参加するように旅費まで準備しての招待状が届いたが、それまで元気でいられるかどうか問題でもある。

【参考文献】

- 1) <http://www.asahi-net.or.jp/~pu4i-aok/bibldata/globalheating/globalheating4.htm> (青木一三HP)