

肥料の来た道、帰る道

9. 戦争と肥料の奇妙な関係

京 都 大 学
名誉教授 高橋 英一

今世紀も残りわずかになったが、世紀末になると来るべき世紀に対する夢とともにいろいろな不安が語られるものである。

18世紀の末にはかのマルサスが有名な人口論を著わし（初版は1798年）、幾何級数的増加を示す人口と算術級数的にしか増加しない農業生産とのギャップを危惧した。幸いこれは杞憂に終わったが、それは一つには19世紀にアメリカがヨーロッパから大量の移民を受け入れ、それによって進められた西部開拓がヨーロッパへの食糧供給に貢献したことと、いま一つはすでに述べたように地下から肥料になる鉱物資源がもたらされるという予期せぬことがおこったためであった。しかし19世紀の末にはヨーロッパの人口は4億を越え、18世紀末の人口1億9000万の2倍以上に増加し、再び来るべき世紀における食糧供給に危惧がもたれるようになった。そのような折、1898年9月にブリistolで開かれたイギリス学術協会で、会長のウィリアム・クルツクスはつぎのような主旨の演説を行ない大きな感銘を与えた。

「世界のコムギ栽培地の地力は消耗しつつあり、耕地面積の拡大にも限度があるのでこのままでは近い将来コムギは不足するだろう。これを回避するためには窒素肥料を増施してコムギの収量を上げる必要があるが、現在採掘しているチリ硝石は有限であり掘りつくされる日も遠くはないだろう。このようなときわれわれがもっとも注目すべきは無限にある空中の遊離窒素である。この窒素を植物が吸収できる形態にかえて肥料にすることは、われわれ科学者の双肩にかかる重大かつ緊急の課題である」この演説に触発されて、ヨーロッパでは空中窒素の工業的固定の研究が急速に進展した。

まず1905年にはカルシウムカーバイドに窒素ガ

スを高温で通し、カルシウムシアナミドという窒素化合物に変化させた（即ち窒素を固定した）石灰窒素がドイツで製造された。ついで1907年には電弧法による硝酸肥料がノルウエーでつくられた。これは空気中の窒素ガスが放電によって酸素と結合して硝酸になる自然現象（稲妻やオーロラなど）にヒントを得たもので、高電圧アークによって酸素と窒素を直接化合させ、生成した二酸化窒素を水に吸収させて硝酸にするものである。そしてさらにこれを濃縮して、粉碎した石灰岩と反応させ、硝酸石灰として販売された。いわゆる「ノルウエー硝石」であるが、これは多量の電力を消費するのでその後経済的になりたちにくくなり、すたれていった。そしてこれら2つにつぐ第3の空中窒素固定法として登場したのが、空気から分離した窒素ガスに水素ガスを直接化合させる「合成アンモニア法」であった。

1909年ドイツのハーバーは実験室的規模のアンモニア合成に成功し、ついで有力な化学会社であったBASFのボツシュとミタッシュによってその工業化が推進され、1913年9月にはライン河畔のルードウィヒスハーフェン郊外のオパウに、年産7500トンの世界最初のアンモニア合成工場が完成した。第1次世界大戦のはじまる丁度1年前であった。アンモニア合成は高温高圧の下に、触媒反応という新しい方法を用いて行なわれるものであり、またこのような反応を行なう装置をつくるために高品質鋼が必要であった。これらを可能にしたのは、当時のヨーロッパで最高水準にあったドイツの科学技術であった。前にも述べたように火薬をつくるには硝酸が必要であるが、もしも自由にアンモニアを合成することが可能ならば、それを硝酸に酸化すれば、硝石の資源の有無にも早束縛されることはない。この点においてもアンモニア合成の成功の意義は大きかった。それはドイツに開戦を決意させた原因の一つになったともいわれ、また戦争を長びかせるのに貢献したのであった。

当時ドイツは窒素肥料の生産量はヨーロッパでもっとも多かったが、その一方で大量のチリ硝石を輸入していた。戦争になれば肥料のほかに火薬用硝石の消費量も莫大なものになるので、強力な

イギリス海軍の海上封鎖によってチリ硝石の輸入がとだえれば、火薬の不足と肥料不足による食糧難のために、戦争は短期間でドイツの敗戦に終るだろうと予想されていた。ところが開戦後しばらくして、ドイツはアンモニアの合成に成功したとの噂がひろがり、連合軍もこの研究に力を入れるようになった。その結果1917年にはフランスに、1920年イタリア、1923年イギリス、1929年アメリカとつぎつぎにアンモニア合成工場が誕生するにいたった。日本も1931年に東工試法が開発され、1932年昭和肥料（のちの昭和電工）によって工業化された。このように空中窒素固定工業は短期間に長足の進歩をとげ、その結果肥料窒素の消費量は第1次大戦中に2倍、その後第2次大戦のはじまるまでの20年間にさらにその3倍に増加した。（第6表参照）

第6表 1906年—1939年間の世界の窒素肥料消費量の変化

	N
1906年	37万トン
1916年	77万トン
1926年	118万トン
1936年	197万トン
1939年	267万トン

1985年の消費量は1939年の26倍の7,000万トンにのぼっている。

ハーバー、ボツシュらによる空中窒素の工業的固定の成功は、2つの点で大きな意義があった。第1はこれによって作物生産にもっとも重要な窒素に関しては資源の局在性、有限性の束縛から脱することができたことである。この方法は各国が肥料および工業用アンモニアの自給体制を取ることが可能にし、クルツクスの提起した課題を解決したのであった。第2は20世紀を特徴づける化学工業の時代の推進者になったことである。硫酸工業に先行した過リン酸石灰工業は技術的には単純で、小資本で経営が可能であった。これに対して高圧合成技術をはじめて工業的に利用したハーバー・ボツシュ法は著しく技術および資本集約的である。この方法を取り入れた硫酸工業は、電力業、石炭業とコンビナートを形成して巨大化し、また硫酸生産に附随した硫酸、硝酸、硝酸アンモニアなどの生産を通じて軍需ともむすびつくようになった。一方硫酸生産の基盤を支える電力業や

石炭業もあらゆる化学工業と深いつながりがあることから、硫酸工業は単に肥料工業にとどまらず、重化学工業の中核としてその推進に大きな役割を演ずることになったのである。

一口メモ

ハーバーとボツシュ

フリッツ・ハーバーは1868年ドイツのプレスラウに生れた。ベルリン工科大学を卒業後、カールスルーエ大学で研究をはじめ、ここでアンモニア合成法の基礎をつくった。1911年カイザーウイヘルム研究所に招かれ、1933年まで所長を務めた。1914年第1次大戦が勃発するや、彼は政府に協力して、火薬原料の硝酸供給のために合成アンモニア増産の努力をするとともに、化学戦委員会の長を勤め、1915年4月22日のイープルにおける毒ガス攻撃に参画した。これは毒ガスの使用禁止をきめたハーグ国際協定違反であり、ハーバー夫人は化学戦をやめるように夫を説得したが、きき入れられなかったため自殺するにいたった。戦後連合軍作成の戦争犯罪人名簿の中にはハーバーの名前もあり、1918年ノーベル化学賞を受けたときには連合軍側の科学者から不満の声があがったという。1924年ハーバーは世界周遊の途中来日し2ヶ月を過ごし、大きな関心を日本に抱いた。その結果日独相互の文化交流を図るために、1930年ベルリンと東京に日本研究所を設立した。1932年ナチスの反ユダヤ政策のため、ユダヤ系ドイツ人であったハーバーは職を辞し、ケンブリッジ大学の招きに応じてイギリスに渡った。そしてその2年後の1934年1月イタリアへ向う途中、スイスのバーゼルで心臓発作のために亡くなった。

カール・ボツシュは1874年ケルンに生れた。有機化学の研究で1898年学位を取得後BASFに入り、ハーバーの実験室規模のアンモニア合成を工業的規模にすることに成功した。1931年高圧化学の利用に関する業績によりノーベル化学賞をうけた。1919年BASFの後身のIG（イーゲー）の社長となり、1935年理事長、1940年ハイデルベルグで没した。