

食料増産と資源・環境問題としての肥料

Fertilizer as resources for increased food production and its environmental aspect

農業環境技術研究所 物質循環研究領域 新藤純子

Junko Shindo, NIAES

人口・食料・肥料

20 世紀初頭に約 16 億人だった世界の人口は、1961 年には 30.8 億人、2007 年には 66.7 億人まで増加した。人の生存を支える最も重要な食料である穀物の 1900 年の生産量は約 3 億 t であったが、1961 年に 8.8 億 t、2007 年に 23.5 億 t と人口増加を上回る速度で増加した。特に中国、インドを含むアジアでの生産量の増加が顕著で、2007 年の生産量は 1961 年の 3.4 倍となった (人口は 2.3 倍)。これによって世界平均の一人当たり穀物消費量は、285 kg (1961 年) から 349 kg (2007 年) まで上昇した。

この急激な生産拡大は、品種改良などに加えて、大量の化学肥料を使用して単収を増大させることにより実現した。図 1 に窒素肥料とリン酸肥料の世界の消費量の変化を示した。両肥料とも、旧ソ連・東欧の崩壊により 1989 年から大きな落ち込みがみられるが、その後、主としてアジア、特に中国における使用量増大により、世界の使用量は増加を続けている。世界の窒素およびリン酸肥料使用量はこの 47 年間に 9.5 倍と 3.8 倍になった。耕地面積当たりの化学肥料投入量は地域により大きく異なり、窒素肥料に関しては中国が突出している (図 2)。また、日本は、農地面積の減少により肥料の総使用量は減少傾向にあるが、耕地面積あたりでは 1961 年から一貫して 100kg/ha から 150kg/ha 程度の施肥量 (N、P₂O₅ のいずれも) であり、特にリン酸肥料の面積当たり投入量は世界の中で最高水準である。

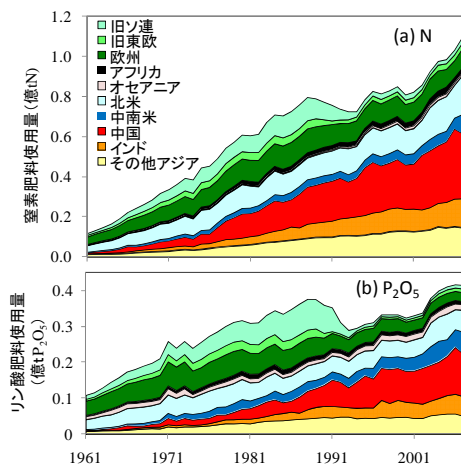


図 1 世界の窒素肥料消費量の変化 (1961 年～2007 年)

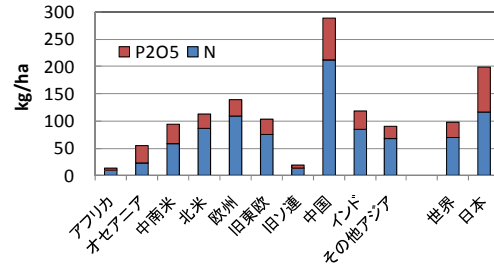


図 2 耕地面積当たりの化学肥料投入量 (2007 年)

窒素とリンの循環

化学肥料の投入は農業生産性向上に不可欠であるが、肥料の急激な増大は陸域の物質循環にどのような影響を与えているであろうか。図 3 に窒素の循環を模式的に示した。化学肥料が登場する以前は、特殊な酵素を持つ微生物が大気中から固定する約 1 億 t/年の窒素が陸域で生物が利用できる窒素のほとんどであった。窒素は有機物、NO₃⁻、NH₄⁺等へ形態を変えながら繰り返し植物や微生物に利用され、最終的に脱窒により大気に戻り、河川や海への流出はわずかであった。1913 年に大気中の窒素を工業的に固定するハーバー・ボッシュ法が発明されて以来、窒素肥料使用が急増し、現在自然の窒素固定とほぼ同じ量の窒素が人工的に固定されている。窒素肥料を大量に使用している地域では、窒素が農地からや、家畜ふん尿、家庭排水などとして環境へ流出し、地下水汚染、河川・湖沼の富栄養化、赤潮などの水質汚染を引き起こしている。肥料や家畜分尿から揮散したアンモニアは広域に拡散・移流して自然生態系の生物地球科学的な循環に影響を及ぼし、また亜酸化窒素が地球温暖化やオゾン層破壊の原因となるなど、様々な環境問題の原因となっている。

一方、リンは気体の形態をとらず、水にも溶けにくい。そのため窒素のようなダイナミックな循環はしない。リン鉱石から製造されたリン酸肥料のうち利用されなかったものは土壌に蓄積し、浸食土壌とともに河川を通して、海洋に運ばれ蓄積するという一方向の動きである。リンは窒素とともに富栄養化の原因となるが、近年、資源問題としても話題に上る。採掘可能なリン鉱石の埋蔵量は 180 億 t といわれ、枯渇までの年数の評価

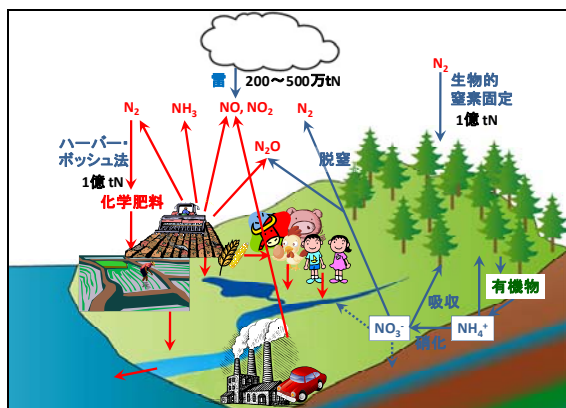


図3 陸域における窒素の循環

や、下水からの回収法について研究も行われている¹⁾。

窒素・リンによる水質汚染

ヨーロッパでは、集約的農業地域、特にオランダ、イギリス南部、チェコ、ポーランド等で水質汚染が深刻化した。EU ではこれに対して、1991年に硝酸指令を公布して対策を強化している²⁾。硝酸指令では、地下水および表流水の硝酸イオン濃度等に基づいて脆弱地域を設定し、肥料や家畜糞尿の投入規制、家畜糞尿の適正な管理等を義務づけている。1990年から93年に肥料(N、P、K)投入量が大幅に削減され、その後もわずかながら減少傾向が続いている³⁾。しかしこの指令に基づいた水質モニタリングの結果によると、水質汚染は依然として深刻である(表1)。我が国の場合、全国の地下水の4~5%が環境基準(44.3mg NO₃/L)を超過している。表流水については全窒素濃度で基準が定められているため硝酸イオン濃度と比較はできないが、全国約6000地点のうち、硝酸イオン50mg/Lに相当する窒素濃度であったのは約0.4%の河川であった。欧州では農地面積率が日本より高いため、耕地面積当たりの投入を削減しても、地域全体としての負荷は依然大きいものと考えられる。

表1 欧州の地下水、表流水のNO₃濃度(2004-2007)

濃度 mg/L	地下水		濃度 mg/L	表流水	
	EU15	EU27		EU15	EU27
>50	17%	15%	>50	4%	3%
40-50	6%	6%	40-50	4%	3%
25-40	15%	13%	2-10	30%	37%
<25	62%	66%	<2	24%	21%

肥料使用量の急増しているアジアに関しては、著しい汚染の存在が報道されるが、測定データの入手が困難であるため、汚染の程度や広がり等、実態は明らかでない。著者らは窒素フローモデルにより農業起源の窒素によるインド以東の東アジアの水質を推定したところ、黄河、長江下流域を中心に水質汚染の地域が拡大しつつあることが推定された⁴⁾。

将来の食料生産増大による環境負荷低減のために

最初に述べた様に1人当たり穀物消費量は平均的には十分な量であるが、地域によって76kg(中央アフリカ)~967kg(北米)と違いが著しい。アフリカ以外にも食料が不足している国、地域はあり、今後の人口の増加に加えて食生活の向上のために食料の増産は不可欠である。このため、化学肥料はますます使われるであろう。現在と同じ施肥効率の場合、著者らのラフな推定によると、2030年における環境への窒素負荷は中国でも現在の1.3~1.4倍に、東南アジアでは約2倍になると予測され、水質の悪化が避けられない。しかし、現在の中国はもちろん、日本も過剰施肥であると指摘されている⁵⁾。実際、欧州では1990年以降、窒素もリン酸肥料も耕地面積当たりの施肥量が減少したが単収はむしろ増加した。ソ連崩壊以降、窒素肥料もリン酸肥料も、使用量はそれ以前と比べて格段に少なくなったが(図1)、穀物生産量の低下は大きくない。それまでの過剰施肥により土壌に養分が多量に蓄積していたためと考えられている⁶⁾。過剰施肥を防ぎ、施肥効率を高めることにより、肥料の損失、環境への流出を最小とする努力が求められる。そのための方策として、Smil⁷⁾は土壌試験、適切な肥料の選択、適切な栄養比率、適切な施肥時期と位置、硝化抑制剤の利用、耕起や水分管理などの営農法の改良などを挙げている。

引用文献

- 1) 高岡昌輝(2010) 再生と利用 34(127), 23-31
- 2) 西尾道徳 環境保全型農業レポート
<http://lib.ruralnet.or.jp/libnews/nishio/>
- 3) European Commission(2010) 硝酸指令第4回報告書
- 4) Shindo et al.(2006) Ecological modeling
- 5) 西尾道徳(2005) 農業と環境汚染. 農文協
- 6) 川島博之(2008) 世界の食糧生産とバイオマスエネルギー. 東京大学出版会
- 7) Smil,V.(2003) 世界を養う. 農文協