

《特集・食糧はどうか》…その6

# 食糧生産と施肥農業の将来

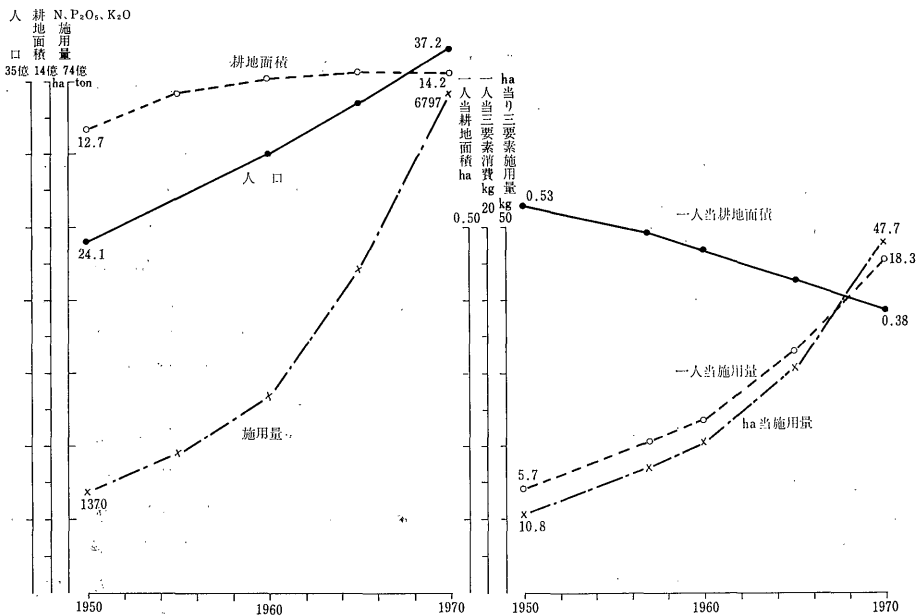
京都大学農学部教授

## 高橋 英一

食糧問題あるいは食糧生産資材としての肥料については、global に考えてゆかねばならぬ時期にきているように思われる。ここでは、これからの世界人口を養ってゆくだけの食糧を生産するために、どれだけの肥料を必要とするか考えてみたい。

図1は、1950年から1970年までの20年間の世界の人口、耕地面積、3要素施用量の変化を示したのである。

図1 世界の耕地面積・人口・施肥量の変化 (1950~1970)



まず人口は年率2.7%で伸びつづけて、過去20年間に1.5倍になっている。耕地面積は1.1倍であるが、最近の10年間はほとんど増加していない。一方、肥料3要素消費量は4.5倍という著しい増加をとげている。

人口増加のみならず、1人当りの食糧(カロリー)消費量も増えているので、食糧は20年前の1.5倍以上を必要としているわけであるが、これを、耕地面積の増加によって行なうことはできなかったのであるから、主として単位面積当りの収量増加でおぎなっていたことにな

る。単位面積当り3要素施用量の飛躍的増大はその反映である。

この20年間に単位面積当りの収量が、実際にどれだけ増加したかを、穀類生産性<sup>1)</sup>についてみると表1のようである。

過去20年間に穀類総収量は1.89倍となり、人口1人当りの穀類供給量も1.27倍に増加している。栽培面積は

1.18倍の増加にとどまっているので、総収量の増加は、主として単位面積当りの収量増ということになるが、実際にそれは1.61倍に達している。

これは品種改良などに負うところもあるが、主として単位面積当りの施肥量の増加によっていると思われる。

キリスト生誕のころの世界の人口は、約2億くらい

と推定されているが、肥沃な土壌が、人口にくらべて豊富にあった時代では、肥料を施用せずとも、地力のみに依存して必要な食糧は得られたであろう。

では1人1年間の食糧を、地力のみに依存して生産するのに、どれほどの耕地が必要であろうか。

Tanner は摂取食糧中のタンパク質含量のデータを検討し、年平均1人当り必要とするタンパク質は55ポンド(Nとして8.8ポンド)で、それぞれ半分を動物質、植物質のタンパク源から摂取するものと仮定した。

1) 穀類栽培面積は現在、世界の耕地面積の半分の7億 ha を占めており、世界人口の摂取カロリーの大部分を供給している

表1 世界における穀類生産の変化

	世界	ヨーロッパ	ソ連	北米	ラテンアメリカ	アジア	中国	アフリカ	大洋州	日本
穀類総面積 (百万ha)										
1948/52	610	75	101	101	28	151	100	48	6	5.0
1971	717	73	116	83	48	202	119	65	12	3.1
比	1.18	0.93	1.15	0.82	1.71	1.34	1.19	1.35	2.00	0.62
穀類総収量 (百万トン)										
1948/52	692	112	76	163	31	155	114	34	7	16.5
1971	1,309	213	173	276	72	285	211	66	15	15.2
比	1.89	1.90	2.28	1.69	2.32	1.84	1.85	1.94	2.14	0.92
人口 (百万人)										
1948/52	2,498	391	184	166	162	848	547	189	12	82.7
1970	3,723	462	243	227	284	1,333	850	305	19	103.5
比	1.49	1.18	1.32	1.37	1.75	1.57	1.55	1.61	1.58	1.25
面積当り穀類収量 (ton/ha)										
1948/52	1.13	1.49	0.76	1.61	1.11	1.03	1.14	0.71	1.17	3.30
1971	1.83	2.92	1.49	3.33	1.50	1.41	1.77	1.02	1.25	4.90
比	1.61	1.96	1.96	2.07	1.35	1.37	1.55	1.44	1.07	1.48
人口1人当り穀類供給量 (kg/1人)										
1948/52	277	286	413	982	192	183	208	180	593	200
1971	352	461	712	1,216	253	214	448	216	789	145
比	1.27	1.61	1.72	1.24	1.32	1.17	1.23	1.20	1.35	0.73

これらのタンパク質に含まれる窒素は、もとは土壤からきたものであるが、彼は土壤の可給態窒素が、植物タンパク質あるいは動物タンパク質に転化する効率として、前者は50%、後者においては15%という値を想定して、これにもとづいて年間1人当り38ポンドの可給態窒素が必要であるとした<sup>2)</sup>。

温帯地域の多くの国では、この程度の窒素は2エーカー(約0.8ヘクタール)程度の耕地があれば供給される。したがって国民1人当りこの程度の耕地がある国では、窒素肥料施用の必要性はあまりないことになる<sup>3)</sup>が、それよりせまい耕地面積しか持たぬ国<sup>4)</sup>では、天然の窒素供給量ではタンパク質を確保できないので、自給しようとすれば窒素肥料を施用して、単位面積当りの生産量を高めねばならない。

さて、これから肥料はどれだけ必要とされるかという問題にうつろう。比較的近い将来として西暦2,000年をめどにして考えてみよう。

まずその時の世界人口が問題である。世界人口は幾何級数的に増加をつづけてきている。1650年には世界人口は5億であった。そして1年に約0.3%の割合で増加していた。それは約250年の倍増期間に対応する。1970年には世界の人口は36億となり、成長率は年間2.1%であった。この成長率での倍増期間は33年である。

このように、世界の人口は幾何級数的に増加しているだけでなく、成長率もまた高まっている。そしてこの傾向をつづけるなら、西暦2,000年には世界の人口は70億に達すると推定される。70億の人口を養うには、現在世

界で生産されている食糧の2倍は必要である。

食糧生産に必要な基本的資源は耕地である。推定によると、地球上の潜在的農業適地は約32億haであるが、現在は14億haが耕地として利用されている。

しかし残された半分の土地は、食糧の生産が可能となるまでに整地、灌漑、施肥などに多額の資本の投下を必要とするので、新しく農耕地を開拓することは、経済的には容易ではない。加うるに人口が増すにつれて住宅、道路、そのほか食糧生産に使用できなくなってしまう土地が増えてくるので、それだけ耕作適地の面積は減少し、場合によっては既耕地の部分も侵蝕される。

したがって、耕地面積を現在より大幅に増加させるということは、あまり期待できない。

耕地面積をそのまま、食糧生産を現在の2倍にする、すなわち、単位面積当りの収量を2倍にすることは可能であろうか。これを、これまでの単位面積当り穀類生産量の伸び率から検討してみよう。

1971年における世界の面積当り穀類収量は、総平均で1.83 ton/haであった。(表1)。

これを2倍にするということは、3.66 ton/haの収量をあげることだが、これはほぼ現在の北米の収量である。また過去20年間にヨーロッパ、北米などの先進地域では、収量はほぼ2倍に増加している。したがって、現在の世界の平均穀類収量が2倍になることは、不可能ではないであろう。しかしそのためには、多量の肥料の投下が必要である。

表2にみられるように、過去20年間に世界の3要素消費量は4.6倍になった。その間の人口増加は1.5倍であり、1人当り消費量の増加は3倍であった。

このことは1人当りの耕地面積が減少すると、生産性を上げるために、肥料施用量は加速度的に増大することを示している。このように考えると、耕地面積が現状よりそれほど増えることなしに、世界人口が70億に達したときには、世界の3要素消費量は、少なくとも6倍以上になるのではないかと推測されるのである<sup>5)</sup>。6倍として約4億トン、1人当り年間55kg、すなわち現在のヨーロッパにおける値に近い。

以上を要するに、世界人口の増大は多量の肥料要素の耕地への投入を余儀なくさせるわけであるが、このためにいくつかの危機が生ずるのである。

その一つは、肥料資源の枯渇の問題である。このうち肥料としての空中窒素の固定は、自然界における窒素の

2)  $\frac{4.4 \text{ポンド}}{0.50} + \frac{4.4 \text{ポンド}}{0.15} \div 38 \text{ポンド}$

3) これ以上の耕地がある国はつぎのとおり。ニュージーランド3ha, カナダ2ha, アメリカ合衆国, アルゼンチン0.9ha

4) 多くの国がそうであるが、もっとも極端な例は日本の0.06ha

表2 世界における化学肥料消費の変化

	世界	ヨーロッパ	ソ連	北米	ラテンアメリカ	アジア	中東	アフリカ	大洋州	日本
肥料消費量(万トン)										
N	1948/52 3,161 1970/71 7.33 比	190 967 5.09 比	28 461 16.46 比	121 748 6.18 比	12 141 11.75 比	71 482 6.75 比	3 299 — 比	3 48 16.00 比	2 16 8.00 比	38.5 86.6 2.25 比
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1948/52 610 1,982 3.25 比	255 782 3.07 比	44 221 5.02 比	207 463 2.24 比	11 95 8.64 比	33 205 6.21 比	— 57 — 比	14 52 3.71 比	47 107 2.28 比	22.5 69.7 3.10 比
K <sub>2</sub> O	1948/52 450 1,654 3.68 比	253 748 2.96 比	42 259 6.17 比	130 399 3.07 比	5 69 13.80 比	17 128 7.53 比	— 8 — 比	3 23 7.67 比	2 20 10.00 比	14.1 60.6 4.30 比
N+P+K	1948/52 1,491 6,797 4.56 比	698 2,497 3.58 比	114 941 8.25 比	458 1,610 3.52 比	28 305 10.89 比	121 815 6.74 比	— 364 — 比	20 123 6.15 比	51 143 2.89 比	75.1 216.9 2.80 比
人口1人当りN+P+K消費量(kg/人)	1948/52 5.97 18.26 3.06 比	17.85 54.05 3.03 比	6.20 38.72 6.25 比	27.59 70.93 2.57 比	1.73 10.74 6.21 比	1.43 6.11 4.27 比	— 4.28 — 比	1.06 4.03 3.80 比	42.50 75.26 1.77 比	9.08 20.96 2.31 比
農業人口(百万人; 総人口に対する%)	1950 1,589 (64%) 1970 1,920 (52%)	128 (33%) 88 (19%)	101 (56%) 77 (32%)	22 (13%) 10 (4%)	87 (54%) 118 (42%)	608 (74%) 806 (63%)	456 (86%) 569 (67%)	173 (79%) 247 (69%)	4 (29%) 4 (18%)	21.3 (21%)

循環量(窒素の生物的固定と脱窒)のごく一部にすぎず、資源である大気中の窒素の量を消耗するものではない。しかし、肥料りん資源であるりん鉱石は、一たびりん酸質肥料として土壌に施用されれば、回収不可能である。地表におけるりん鉱石資源には限度があるから、この場合、資源の枯渇ということが考えられる。

最近 human activity の飛躍的増大により天然資源の消費が加速的に増え、ために資源枯渇の時期到来が近づいていることが、ローマクラブなどによって警告されているが、りん鉱石資源についてはどうであろうか。

試みにりん酸年間肥料消費量の変化を試算してみると(図2参照)、今世紀のはじめで約180万トン(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)であったものが、中頃で900万トンとなり、今世紀の終わりには、6,000~9,000万トンに達するものと推定される。このような年間消費量の加速度的増大は、りん鉱石資源についての見通しを、大幅に変更させるものがある

現在世界のりん鉱石の推定埋蔵量は約700億トン(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>にして約200億トン)ということであるが、今世紀初頭のりん酸消費量で計算するならば、1万年は保証される計算になり、無限といってもよいくらいである。

しかし、今世紀中頃の消費量では約2,000年と歴史的年数となり、さらに今世紀末の推定消費量では、あと250年ほどという一さして遠くない将来において枯渇することになる。通算しても、りん鉱石施用の時代はせいぜい400年程度で終りをつけることになる。もっともそのときには、世界中の耕地はりん酸を施用する必要はなくなっているかもしれない。

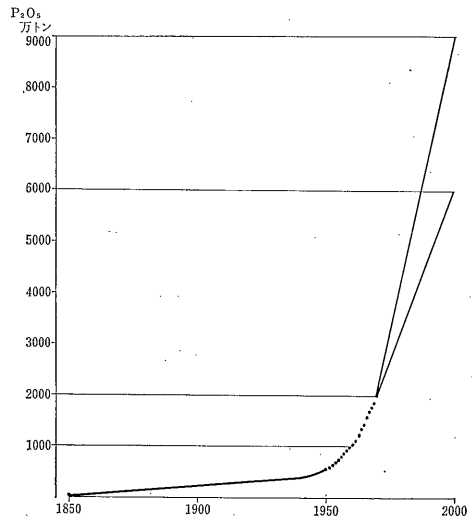
加里も施用されたものの一部は土壌にとどまり、他は土壌溶液→地下水→河川水を経て海へ流れこむが、一たん海へ入ったものを濃縮、再利用することは経済的には困難であるので、加里資源もまた枯渇の方向に進むものと思われるただその年限は、りん酸資源にくらべるとかなり先であろう。

過去においては食糧の供給が、人口の増加にブレーキをかけるはたらきをしてきた。しかし現在では食糧の増産は、技術的により容易になってきている。食糧の増産と人口の増加は一種の vicious circle を形成しているともいえるのであって、どこかでこれを打ち切る必要がある。わが国について考えると、現在の国土面積は100年前の人口3,500万のときの面積とほぼ同じである。しかるに人口は今や1億を突破し、しかも戦後の25年間に、国土の広さはかわらぬまま、3,000万人

の人口増加を遂げている。国家経営上最も重要な要因(生産と分配の両面を支配する要因)としての人口問題に果して、どれだけの考慮がはらわれていたであろうか。

われわれが好適な自然的、社会的条件下において、快的な日常生活をおくり得るためには、わが国の人口規模および人口分布はいかにあるべきか、この問題が十分に論議され、長期的計画が樹立されなければ、どのような新しい技術も、精力的な働きも、結局はしりぬぐいの役割しか果せず、場合によっては新たな公害を生む原因にさえなりかねないように、筆者には思えるのである。

図2 世界におけるりん酸肥料の消費量の変化 (1850~2000)



5) 1人当り消費量が、過去20年間の伸び率実績と同程度として3倍、人口増加が現在の2倍で6倍となる