

4-11 農業イノベーションと情報化

東京大学大学院農学生命科学研究科 大政 謙次

はじめに

世界の人口が2011年に70億人に達したことは記憶に新しい。国連の世界人口推計2010年版によると、今後、出生率中位の推計で2050年に93億人、21世紀末までには100億人以上になるとされる。また、出生率高位の推計では、2050年に106億人、21世紀末までに150億人になる。この世界の人口増加は、2050年まではアジア・アフリカが、その後はアフリカが牽引する。人口推計をどのように見るか、また、食生活の変化をどのように見るかによっても異なるが、世界の人口増加を上回る食料増産が今後必要となる。さらに、食料だけでなく、農作物の飼料や衣料、エネルギーなどの供給源としての利用の拡大も予想される。このため、食料問題は、人口増加が著しい開発途上国だけでなく、先進国においても重要な問題である。とくに、わが国の食料自給率は、熱量換算で40%、穀物で26%と世界の主要先進国のなかで最低レベルであり、食料安全保障の問題として、自給率の向上が求められている。

このように、世界的に見ても、わが国においても、食料問題は重要な問題であるが、グローバルな視点で見ると、増産のための生産場の拡大が、森林破壊や砂漠化、湖や沿岸域の富栄養化や汚染の問題を引き起こしている。また、都市の肥大化は、農村の人口減少と疲弊をもたらす。とくに、わが国においては、農村における人口減少と高齢化による後継者不足が深刻な問題になっている。また、食料の安全性や消費者ニーズへの対応も重要な問題である。そこで、本稿では、このような問題に対処していくためのわが国における農

業イノベーションについて、情報化の視点で考えてみる。

人口と食料と環境のトリレンマ

図1は、人口と食料と環境問題の相互関係を図示したものである。世界人口の増加や生活の質の向上は、食料需要を増加させる。このため、食料増産が必要となるが、過度の生産は、土壌や水質などの環境劣化を引き起こし、また、砂漠化や地球温暖化、湖沼や海洋の汚染などの問題を生じさせる。このような環境の変化や劣化は、食料の生産性を低下させ、食料の需給関係にアンバランスを生じさせる。

図2は、世界全体と途上国における人口と穀物生産の2000年比の増加率予測を示したものである。人口に比べて穀物生産の増加が大きく、この図からは、食料問題が顕在化するようには見えない。この増産の原因は、耕地面積の拡大に加えて、生産性の向上に依存するところが大きい。小麦や米、トウモロコシなどでは、耕地面積の拡大以上に、生産性の向上が期待されている。

ところで、国連食料農業機関 (FAO) の統計データなどを見ると、各国の人口1人当たりの摂取熱量は所得に依存して増加する。しかし、穀物消費量は飢餓に瀕している場合を除けば所得には依存しない。最貧国では、動物性の摂取熱量はほとんどないが、所得が増加するに従って、動物性に依存する割合が大きくなり、先進国では、動物性のものが、植物性の3分の1程度にまで達している。熱量換算で、最貧国では1日1人当たり1,500～2,000カロリー、また、米国などの富裕国では

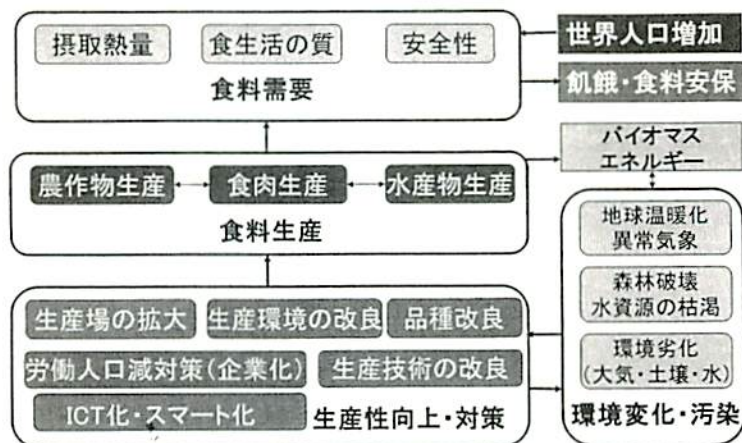


図1 人口と食料と環境問題の相互関係

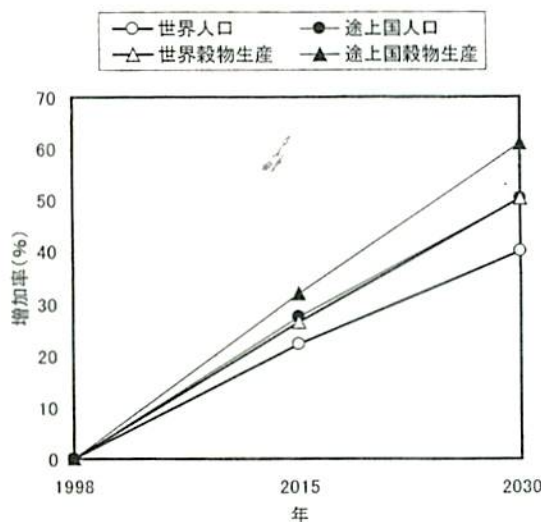


図2 世界全体と途上国における人口と穀物生産の2000年比の増加率予測⁴⁾

3,500カロリーを超える熱量を摂取している。所得の増加に伴う動物性の摂取熱量の増加は、脂肪やタンパク質の摂取量の増加をもたらす。このため、これらの摂取量も最貧国と富裕国では数倍程度の差がある。

表1に、肉類生産のための必要穀物重量比と土地生産性を示す。牛肉を生産するのに、トウモロコシ重量比で11倍、豚肉では7倍、鳥肉でも4倍、鶏卵で3倍の飼料が必要になる。このことは、世界の開発途上国の人々が、より豊かな生活を求めるようになると、図2で述べた穀物ベースでの需給関係が崩れることを意味する。耕地の生産力を超えた過剰な生産は、土壌劣化による砂

表1 肉類生産のための必要穀物重量比と土地生産性

種類	トウモロコシ重量比	土地生産性
牛肉	11倍	25.6m ² /kg
豚肉	7	16.3
鳥肉	4	9.3
鶏卵	3	7.0

*) 農林水産省HPの数字より換算
実際の数値は飼育方法により変わる

漠化や森林消失による温暖化の問題を引き起こす。たとえば、中央アジアでの灌漑によるアラル海の干上がりや塩類集積の問題は、不可逆的とも言える生産性の低下をもたらしている。また、アメリカでも、灌漑のための地下水の過剰な汲み上げが深刻な問題になっている。長江を堰き止めた三峡ダムは、水資源の確保のためではあるが、ダムへの土砂の堆積など将来に問題を残している。半乾燥地における過放牧や薪炭材伐採の問題、熱帯林などの焼き畑の問題なども深刻である。不可逆的な生産性の低下は、需給のバランスを将来大きく崩す可能性を秘めている。

表2 先進各国の熱量換算と穀物の自給率の変化

国名	熱量換算自給率(%)			穀物自給率(%)
	1970	1990	2009	2009
オーストラリア	206	233	187	241
カナダ	109	187	223	180
フランス	104	142	121	174
アメリカ	112	129	130	125
ドイツ	68	93	93	124
スウェーデン	81	113	79	120
イギリス	46	75	65	101
イタリア	79	72	59	68
オランダ	65	78	65	20
韓国	80	63	50	33
日本	60	48	40	26

*農水省HPより

表2は、先進各国の熱量換算と穀物の自給率の変化を示す。欧米先進国は、概して1970年から1990年にかけて食料を増産し、熱量換算の自給率を増大させた。しかし、その後は、カナダを除いて一定か、低下している。イギリスは、1970年にはわが国よりも遥かに自給率が低かったが、現在はその値が逆転している。ドイツはわが国と同じ程度であったが、現在はほぼ食料を自給している。フランスは、小麦などの輸出国である。なお、世界の小麦やトウモロコシなどの穀物の輸出国は、アメリカやカナダ、オーストラリアなどの一部の国に限られている。わが国や韓国は、1970年以降、一貫して自給率が低下しているが、これは欧米先進国に比べて、食料安全保障への危機意識が少なく、また、食生活の変化に対応した食料増産への積極的政策がとられなかったことによるものである。なお、わが国の自給率は熱量換算自給率で40%、穀物自給率で26%と、先進各国で最低レベルである。

長年、わが国の食料の自給政策は、米を中心に行われてきた。このため、米の自給は確保されているが、他の食料の自給率は年々減少している。小麦や大豆の自給率は10%程度であり、牛肉や果実で40%程度、魚介類で50%程度である。なお、飼料自給率は30%弱である。近年、野菜なども近隣諸国からの輸入が増加している。今後、開発途上国の食生活の質が向上し、また、環境問題などにより生産適地の拡大が減少すると、先に述べたように絶対量の不足が生じる可能性がある。このため、他の先進各国と同様に、将来における自給率の確保が必要となる。それと同時に、食生活の質の変化や安全性に対する対応も必要である。

一方、日本では、国立社会保障・人口問題研究所の推計によると、2010年に約1億2,800万人であった人口が50年後の2060年には約3分の2に減少し、生産年齢人口(15～64歳)は約8,200万人から約46%減の4,400万人になり、高齢化が急速に進む。今後の人口政策にもよるが、農村地域では、これまで以上に、人口減少と高齢化が急速に加速し、限界集落、さらには廃村を余儀なくされるところが増える。この生産年齢人口の減少は、とくに、農業を担う後継者不足として、深刻な問題になっており、わが国の食料生産にも重大な影響を及ぼしている。このため、政策的に、意欲的な農業経営者への農地の集約と経営規模拡大が喫緊の課題になっている。また、都市が拡大し、優良農地が縮小してきたこれまでと異なり、人口減少による都市の空洞化・スラム化を防ぐためにも、都市の円滑な縮小と高効率・高機能化、および農業生産地域の円滑な拡大が求められる。さらに、農業の産業としての再構築と都市と農村との有機的な結合が必要となる。

新しい農業システムの構築

上述の人口(世界人口の増加とわが国における生産年齢人口の減少)と食料(食料安保、食生活の質、安全性)と環境(環境変化や汚染)のトリレンマ問題に対応するためには、イノベーションが必要である。イノベーションの概念は、経済学者であるシュンペーターによって提唱されたが、わが国では、技術革新という意味で用いられることが多い。しかし、本来の意味は、生産技術の革新だけでなく、新商品の導入、新市場、新資源の開拓、新しい経営実施、社会構造の改革などを含む概念であることから、農業のイノベーションを考える場合にも、当然のことながらこれらを含めたイノベーションを考える必要がある。

農業、とくに、土地利用型の農業は、その生産性の低さから先進国においては補助金の助けなくしてはなかなか成り立たない。わが国の農業は今まで、補助金に加えて、兼業による所得と土地の資産価値によって支えられてきたところがあった。農業の工業化により打開をはかろうという考え方があるが、為替などにより賃金が国際比較で高くなると工業においても同じ問題が起こっている。政府が推進している6次産業化や農工商連携は、その生産性の低さを、加工や流通、末端の消費と一体化して考えることにより、付加価値を高

め、効率化・高収益化しようとするものである。図3は、この考え方を農業のイノベーションに当てはめたときの概念図である。現在、農業における就業者の高年齢化と後継者不足により、従来の相続による就業形態を変えるべき状況にきている。図3では、生産と流通と消費を一体的に捉え、法人化により農業のフード&グリーンサプライチェーンとしての産業の再構築を図る。これは、農業のイノベーションを、継続性のある法人を中心に推進していく必要性を示している。法人の形態はさまざまであろうが、生産と流通、消費に関する情報の収集と発信、新製品や新市場の開発、新しい生産・流通システムの構築、人材のトレーニングと情報通信技術(ICT)化・スマート化など、イノベーションの中核たる役割を担っている。

先に述べたように、わが国における食料問題は、食料の絶対量の確保、即ち自給率の向上とともに、食品の安全性や消費者ニーズへの対応が重要である。最近話題になっている安全性の問題には、食品における残留農薬、遺伝子組換え作物、ウイルス・細菌汚染などがある。残留農薬の問題は、中国などからの輸入農産物に高濃度の残留農薬が検出されたことから問題になったが、わが国でも、比較的高濃度の残留農薬が検出されることもある。また、最近、加工過程での故意の農薬混入の問題が発生している。遺伝子組換え技術は、食料や飼料の増産のための有力な方法として期待されているが、わが国ではまだ安全性について国民的

なコンセンサスがとれておらず、食品としてのアレルギーがある。ウイルス・細菌汚染にはさまざまなものがあり、日常的に起こり得るものである。これらの問題に対しては、現状で考えられる対策を講じても、将来、問題が起こる可能性を完全に否定することはできないところに、食品の安全性管理の難しさがある。このため、生産から消費までのトレーサビリティを確保し、問題が発生した場合に迅速に対応できる体制をとることが重要であるが、コスト的な問題が重要となる。消費者ニーズの観点から見ると、機能的食品やレトルト食品、嗜好性食品などの開発、さらに、医薬品開発などは、生産物の付加価値を高める。また、消費者の年齢層を考慮した食品の開発が必要であり、独身層や高齢層の増加に対応させることが重要となる。このためには、消費者ニーズを、常時、的確にサーチし、対応していく体制の整備と、ニーズそのものを作り出すことや、ブランド化なども必要となる。

わが国の中山間地における過疎化・高齢化は、生産活動の低下だけでなく、農林地の荒廃を引き起こし、集落の存続維持さえ困難にしている。このため、耕作地の大規模化や生産委託、法人化などによる対策が必要とされるだけでなく、エコツーリズムや古里としての観光・レクリエーション資源としての活用も重要である。地球温暖化対策のための温室効果ガスの削減や排出権取引などの問題に関連して、森林や農耕地管理の重要性が高まっており、また、そこで生産されるバイ

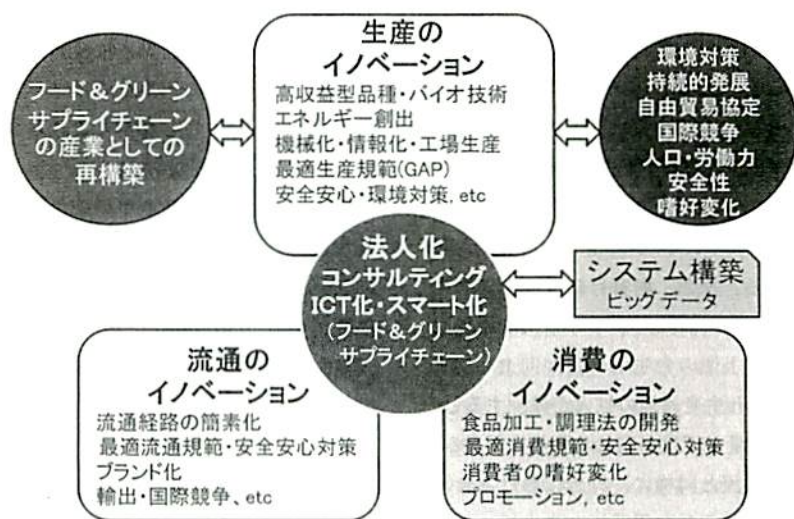
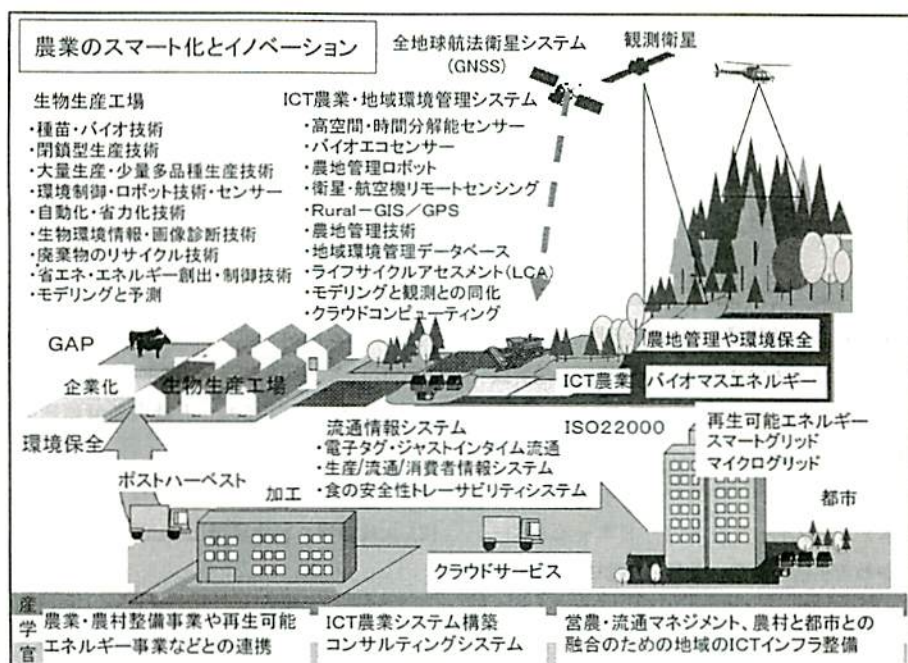


図3 農業のフード&グリーンサプライチェーンとしての産業の再構築の概念図 (文献7改変)



(大改 動け日本2003 改変)

図4 農業のスマート化とイノベーションの概念図 (文献7改変)

オマスのリサイクルやエネルギー利用を促進していく必要がある。また、太陽光や風力、水力、地熱などといった再生可能エネルギーなども含めて、補助金に加えて、優遇税制や市場取引制度などによる地域社会への還元が、過疎地域の維持のためには重要であろう。

図4は、農業のスマート化とイノベーションの概念図である。従来は個別に行われていた生産、流通、消費段階までを一体化して考える新しいフード&グリーンサプライチェーンシステムを構築することで、環境保全や食の安全に考慮しつつ、農山漁村の活性化、食料生産の効率化を図ろうとするものである。すなわち、バイオテクノロジー、リサイクル、ICT、ロボット、リモートセンシングといった技術を集結し、消費者ニーズへの対応、流通の簡素化、企業的な経営、ビジネスとしての効率化、工場化、環境保全と食の安全性の確保などをシステムとして実現しようとするものである。今後、官公庁予算による農業農村の整備事業やICTインフラ整備、また、民間も含めた特区事業などの動きと併せて、産学官の連携によるモデル事業の推進が望まれる。とくに、人間の生活空間のなかに情報ネットワークが張り巡らされ、センサーなどで機械が状況を感知し、人間が意識しないでIT機器を使える将来のア

ンビエント (ambient) 社会に向けて、センサーやシステムの情報化、知能化により、農業の規模拡大、自動化、品質管理、そして環境・エネルギー対策などを行うことが必要である。また、生産、流通、消費に加えて、地域社会の活性化、知能化 (スマートビレッジ) や環境・エネルギー対策、医食農連携などの情報を双方向、循環型で連携させることが望まれる。さらに、フード&グリーンサプライチェーンシステムに加えて、医食農連携やスマートビレッジ、ライフサイクルアセスメント (LCA)、エネルギー利用の最適化などにおいて、知能センサーとクラウドコンピューティングによるビッグデータの収集と情報利用が推進されることが望まれる。

おわりに

本稿では、人口と食料と環境のトリレンマ問題とわが国における農業のイノベーション、すなわち新しいフード&グリーンサプライチェーンシステムの考え方について述べた。わが国では、自給率の向上や生産コストの問題とともに、就労者の高齢化や過疎化、消費者ニーズ、食の安全性、流通の簡素化、生産場の環境問題などに対する対策が必要となる。このために、生産と流通と消費を一体化して捉えた第1次産業の6次 (1+2+

3) 次産業化と、このイノベーションを推進していくための法人の育成が重要である。そして、地域の活性化とアンビエント社会の実現のために、今後、ICTインフラの整備と民間も含めた特区事業など、産官学の連携によるモデル事業の推進が望まれる。

【参考文献】

- 1) 東京大学農学部編：人口と食料，朝倉書店，1998.
- 2) 西岡秀三編：新しい地球環境学，古今書院，2000.
- 3) 湯川英明監修：バイオマスエネルギー利用の最新技術，シーエムシー出版，2001.
- 4) FAO, 2002: World agriculture: towards 2015/2030. Summary report, 2002.
- 5) 動け！日本タスクフォース編：動け！日本—イノベーションでかわる生活・産業・地域，日経BP社，2002.
- 6) 大政謙次ほか編：地球温暖化—世界の動向から対策技術まで—，生物の科学遺伝 別冊No.17, 2003.
- 7) 大政謙次：Eco-Engineering, 16: 9-13, 2004.
- 8) 熊谷進ほか編：プリオン病—BSE (牛海綿状脳症) のなぞ，近代出版，2006.
- 9) 大政謙次編：農業・環境分野における先端的画像情報利用，農業電化協会，2007.
- 10) Alexandratos N and Bruinsma J : World agriculture towards 2030/2050, the 2012 revision. ESA Working paper No.12-03. FAO, 2012.
- 11) 東京大学アンビエント社会基盤研究会・農林環境WG編：アンビエント農業—ICTで未来の農業を創る，同研究会・農林環境WG, 1-121, 2012.
- 12) 大政謙次：植物環境工学, 26: 89-97, 2014.