

日本における農業とエネルギー

- 21世紀の食料事情を考える -

© 2001, Antony F.F. Boys (アントニー F.F. ボーイズ)

この論文の英語版は、2000年12月発行の
『茨城キリスト教大学短期大学部研究紀要』 第40号 (pp. 29-132)
に掲載された。

Food and Energy in Japan

-- How Will Japan Feed Itself in the 21st Century? --

Published in the *Research Journal of Ibaraki Christian Junior College*, Vol. 40, (December 2000) pp. 29-132

English Abstract

Energy will perhaps never be as cheap and abundant in Japan as it is today. However, the era of cheap and abundant energy (primarily oil) is drawing slowly to a close. In twenty to thirty years' time it will probably not be possible to rely as we do today on cheap and abundant energy sources to help grow, transport, process, package and prepare food, or to make fertilizers and other agricultural chemicals, or to make, maintain, repair and fuel agricultural machinery. Japan will have to rethink its agricultural policies, and its eating habits. By looking at agricultural and lifestyle statistics over the last 120 years, and at Japan's natural endowments it should be possible to discern what Japan needs to do to carry out the transition (return) to a sustainable way of life around the middle of the 21st century.

勤務先

〒319-1295
茨城県日立市大みか町 6-11-1
茨城キリスト教大学短期大学部 英語科
TEL: 0294-52-3215 (内線: 322)
e-mail: aboys@icc.ac.jp

自宅

〒319-2144
茨城県那珂郡大宮町泉 1224-3
TEL/FAX: 0295-54-1087
e-mail: aboys@po.net-ibaraki.ne.jp
hp: www.net-ibaraki.ne.jp/aboys/

目次

0 目的	2
第1部：化石燃料とその他のエネルギー源	2
1.1 日本のエネルギー供給	2
1.2 石油の埋蔵量と可採量	3
1.3 世界の石油産出量のピーク	6
1.4 他のエネルギー源は石油にとってかわれるか	11
1.4.1. 再生不可能な（有限）エネルギー資源	11
1.4.2. 再生可能な“新”エネルギー源	17
1.4.3. 実質価値を計るには：eMergy	21
1.4.4. 他の可能性は？	22
第2部：21世紀初頭における日本のエネルギーと食料農業事情	23
2.1 日本のエネルギーと食料の自給	23
2.1.1. エネルギー自給	23
2.1.2. 食料自給	24
2.1.3. 日本の食料輸入	27
2.1.4. 今後の世界人口について	28
2.1.5. 食料（とエネルギー）輸入の価格	30
2.2 日本の人口	31
2.3 日本の農地資源	34
2.4 日本の食料生産	36
2.4.1. 主食：米、大豆、麦類	36
2.4.2. 野菜、果物、食肉、乳製品、水産物	41
2.5 20世紀の日本における食生活の変化	44
2.6 日本における農業人口の変化	48
2.7 食料の生産、輸送、加工、調理におけるエネルギー投入	51
2.7.1. 農業におけるエネルギー投入	51
2.7.2. エネルギーと化学肥料	56
2.7.3. 農薬	60
2.7.4. 収穫後から食卓に上るまでのエネルギー消費	60
2.8 日本の再生可能な資源の長期的展望	63
2.8.1. 土壌と収量	64
2.8.2. 水：日本の水循環と気象	66
2.8.3. 森林：日本の再生可能なエネルギー源	67
2.8.4. 家畜という動力源	69
2.8.5. 人口の適正水準	70
3 まとめ	74
注	76
English Bibliography	81
日本語の参考書	84
付録1	86
付録2	87
付録3	88
付録4	89
略語と単位	90
謝辞	91

日本における農業とエネルギー

- 21世紀の食料事情を考える -

Antony F.F. Boys (アントニーF.F.ボーイズ)

0 目的

私たちが生きている現代というのは「化石燃料時代」と言えるだろう。世界の食料生産の大部分がいわゆる「化石燃料」(石炭、石油、天然ガス)に大きく依存している時代である。しかし、1)化石燃料は有限資源であることと、2)日本は食料とエネルギーの大きな割合を輸入に頼っていることから、21世紀の最初の数十年間に、日本が国民を養うための食料をどのようにして確保するのかはなお不透明である。この論文の目的は、上述の状況に光を当てるべく、現在あるデータと趨勢を吟味することである。

本論文の基本的な方法論は、統計データを通して趨勢を明らかにすることである。また、ただ単に「正確」であるより、むしろおよその物理的な現実(たとえば、鉱物資源の採掘と消費)を議論の根拠にすることが目標である。であるから、数値データの正確さは、現在の物理的な現実を反映していさえすれば、さほど問題にしないこととしたい。上述したように、日本の食料およびエネルギーの供給に今後問題が起きるかどうかが、また、現在の化石燃料・鉱物資源に依存する工業社会システム(ひいては日本の食料とエネルギー確保に関する現行の方法)が当分心配なく続けられるかどうかを検討することが本論文の目的である。統計データの利用はこの問題に関する意義ある結論を導き出すためである。

エネルギーについて一言ことわっておきたい。これまで述べた「食料とエネルギー」とは、やや誤解を招きやすい言い方である。食料とは、人間のエネルギー源(また「栄養」と言えばすべての生命のエネルギー源)であるが、エネルギーとは何だろうか?それは「何らかの活動を行う能力」である^[1]。地球上のすべての活動の原動力は自然におけるエネルギーの流れ、特に太陽からのエネルギーの流れであるので、人間がこの抽象的でやや複雑な事柄に関心を示すのは当然だろう^[2]。しかし本論文で特に取り上げたいのは、エネルギーの非常に限定的な側面、つまり化石燃料、特に石油であり、そして現在の世界でそれらの限定性や私たちの生命を維持してくれるエネルギー(食料)の生産とどのような関係および問題を持っているのかということである。現在の食料生産は安価な化石燃料に頼っているところが非常に多く、それなくしては化学的・工業的な食料生産システムはすぐにとまってしまおうだろう。この意味において日本はユニークではないとしても、非常に脆弱な状況にある。下述で詳細を明らかにするが、日本は膨大な食料とエネルギーを輸入し、同時に国内農業を深刻な凋落状態におとしめている。現在の世界あるいは国内での食料生産をめぐるさまざまな状況から判断して、21世紀前半に飢饉や生態系災害が日本に降りかかるのを避けるためには、近い将来抜本的な対策を講ずることが望ましいと思われる。

第1部：化石燃料とその他のエネルギー源

1.1 日本のエネルギー供給

20世紀末、世界のほとんどの国では「石油時代」とでも言えるような生活をしている。特に、先進工業諸国に住む私たちは、日常生活のあらゆる側面(輸送、冷暖房、発電、工場操業、食料生産など)で石油に依存している。また石油はエネルギー源としてばかりでなく、プラスチック、塗料、薬品、化学肥料、農薬など50万品目にもおよぶ科学工業製品の重要な原材料である^[3]。

世界と日本の一次エネルギー消費量は表 1.1 に示したとおりである。

表1.1: 世界一次エネルギー消費量: 百万トン石油換算 (Million Tons of Oil Equivalent, MTOE) (1997)

	合計	石油	石炭	天然ガス	原子力	水力
世界	8620	3409	2255	1911	624	221
日本	515	272	86.5	54.9	83.1	7.72

出所: 省エネルギーセンター「エネルギー・経済統計要覧(2000年版)」190-196p

エネルギー供給割合の大部分は石油である。表を見ると、世界の一次エネルギー消費のうち石油に依存する割合は36%で、日本の場合は52%である。また、注目しなければならないのは、日本は、1990年の71.5%から、1999年には85.2%へと、中東の石油産出国に石油を依存していることだ^[4]。1997年、日本はアメリカ(855 MTOE)につぐ世界第2の石油消費国であり、中国が3位(194 MTOE)、旧ソ連が4位(191 MTOE)であった^[5]。

いかに石油が重要なものであるか、石油に大部分をとってかわられた石炭と比べてみるとよくわかる^[6]。

- ◇ 石炭より石油の方が単位(重さ)当たりのエネルギー量が多く、燃焼温度が高い。
- ◇ 石油(と天然ガス)は1ジュール当たり、石炭の1.3倍から2.45倍の経済価値を生む。
- ◇ 液体燃料(ガソリン、燃料油その他)は貯蔵と輸送が簡単で安価である。
- ◇ 細かく制御ができ融通が利く液体燃料は、石炭にくらべて大規模でも小規模でも使用が簡易で取扱いがやすく、固形燃料よりも汚染が少ない。
- ◇ 内燃機関に適しているのは液体燃料である。例えば、ディーゼルエンジンの場合、蒸気機関車に比べ、同じ列車を牽くのに必要なエネルギーは五分之一ですんでしまう。

世界の輸送システムの多くが石油を使用している。大量物資輸送が必要となる産業、例えば、食料供給、発電用燃料輸送、また、建設や農業のように野外での動力を必要とする産業は、そういうわけで構造的に石油に依存している。日本は、大規模で効率のよい電化鉄道システムを有しているというのに、日本における輸送用最終エネルギー消費総量中の電力の割合はたった2%である^[7]。

日本国民への食料の供給、経済活動の維持は、とくに中東からの安定した石油供給の上に成り立っている。しかし、化石燃料は有限であり、石油の供給もいずれは最終的にはなくなるだろう。現在の石油事情を分析すれば、日本が将来いつごろまで継続した供給を保証されるかが推測できるはずである。

1.2 石油の埋蔵量と可採量

石油埋蔵量と可採量は、専門用語と多少の議論や混乱によってわかりにくくなっている。しかし、主要な問題は以下のように要約される^[8]。

- ◇ 石油の埋蔵量は一般的には、石油として産出可能であるにかかわらず、地下の埋蔵総量を指すものである。従ってこれは、将来のエネルギー供給への十分な指針ではない。
- ◇ 初期量(initial reserves)とは、当初の採掘で、当時の技術水準と価格での産出が可能と推定される石油の量である。
- ◇ 確認量(proven reserves)とは、一定の技術水準と価格で90%産出できる可能性を持った石油の量のことである。(p90ともいう)
- ◇ 確認量 + 推定量(proven + probable reserves)とは、一定の技術水準と価格で50%産出できる可能性を持った石油の量のことである。(p50ともいう)
- ◇ 確認量 + 推定量 + 予想量(proven + probable + possible reserves)とは、一定の技術水準と価格で10%産出できる可能性を持った石油の量のことである。(p10ともいう)
- ◇ 更に、天然ガス液体(NGL)、その他の非通常石油(non-conventional oil)は埋蔵量として報告

されることもあるが、通常石油(conventional oil)の状態の定義には、現在ではタールサンド、ヘビーオイル(重油)、深海油田、高緯度(北極、南極)石油は含まれない^[9]。

以上のことから、石油埋蔵量は時とともに、技術、経済環境、定義などが変化するたび増減があることが理解できる。

石油産出国の埋蔵量の合計が、根拠のない(不当に多い)総量になってしまうことはほぼ確実である。その主要な原因として、次のことがあげられる。

- ◇ 国ごとに異なって埋蔵量が報告される。詳細な分析や統計上の処理を行うのに必要なデータは、石油会社、またはジュネーブのペトロコンサルタンツ(Petroconsultants)社が保持している。
- ◇ これらのデータは、経済学者、財界人や米国地質調査所(USGS)のデルフィ・エスティメーションのメンバーでさえ簡単には入手できない状態である^[10]。
- ◇ 産油国、石油会社はしばしば経済的あるいは政治的理由によって石油埋蔵量見積りを増減させる。これらの増減はある程度相殺できるが、予測は困難である。

毎年石油の新発見があり、石油埋蔵量の伸びに貢献している。しかしこれらはほかの資源と同様、大量にあって品質がよく採掘に便利な場所にあるものが普通最初に採掘される。それに続いて、より少量で品質の悪いものが採掘される。最後に採掘されるのは、ごく少量で更に品質が悪く最も環境が厳しい所にある資源である。

表 1.2 は石油の発見量が減少していることをあらわしている。

表 1.2: 三つの歴史的な時期における年平均石油発見量

時期	年平均石油発見量 (Gb/yr)
1945年 - 1960年	35
1970年 - 1990年	23
1990年 - 1999年	6

出所: Duffin, section 3.6 Gb/yr = 1年当たりのギガバレル(Giga barrels: 10⁹ barrels)

表 1.3 は世界の石油消費量の増加をあらわしている。

表1.3: 世界石油消費量、1990年～1999年 (Gb/yr)

1990年	1991年	1992年	1993年	1994年
23.9	23.9	24.2	24.0	24.5
1995年	1996年	1997年	1998年	1999年
24.9	25.5	26.1	26.2	26.7

1990年～1999年平均: 25.0

出所: Duffin, Section 3.7,
BP Amoco statistical review of world energy 1999
<http://www.bpamoco.com/worldenergy/oil>

これらの表から以下のことがわかる。

- ◇ 近年発見される石油は年間消費量の25%にも満たない量である。
- ◇ 世界の石油年間発見量は1962年にピークを迎え、当時40 Gbを超えたが、それ以降ゆっくりと減少が続いている^[11]。
- ◇ キャンベル(C.J. Campbell)は、試掘費用1ドル(米ドル)当たりの石油発見量は、1970年代より1990年代の方がはるかに少ないと指摘している^[12]。
- ◇ 石油年間発見量のピークから石油年間産出量のピークまでは、米国大陸48州(アラス

カ州とハワイ州を除いた米国のこと) の場合 35 年間で、旧ソ連の場合は 15 年間であった^[13]。

- ◇ 世界の石油産出量は石油発見の 40 年から 50 年後の 2002 年から 2012 年にピークを迎える^[14]。
- ◇ 現存する 1331 ヶ所の主要な大油田に、94%の既知量(known reserves)がある。(付録 1 参照)^[15]
- ◇ 通常石油の約 75%が、全油田の 1%に過ぎない 370 ヶ所の大油田で産出されている^[16]。
- ◇ 現在の石油産出量の 90%が 20 年以上前に発見された油田で産出されている。しかも、現在の産出量の 70%は 30 年以上前に発見された古い油田からである^[17]。

発見される油田がどんどん小規模となり、厳しい環境にあるということの結果として、次の現象が起こる：

- ◇ 採掘投資費用および輸送費用が高騰する。中東の大油田地帯では、1 バレル当たり 5 ドル以下でないと採算があわない。他方、世界の新油田（深海、高緯度）では 1 バレル当たり 15 ドルから 20 ドルかかる^[18]。
- ◇ エネルギー利益率(エネルギー資源を採掘するために投資したエネルギー 1 単位に対して、取得し利用できるエネルギーの量。燃料に含まれるエネルギー量を、燃料を生み出すために使うエネルギー量で割ったもの。energy profit ratio: EPR) が低下する。アメリカにおける石油とガスのエネルギー利益率は、1920 年には約 27 であったのが、1980 年代の初期には、約 7 へと落ち込んだ^[19]。しかし、エネルギー利益率が 1 になってしまえば(たとえ石油の埋蔵量が残っていても)採掘は当然引き合わない。

ここに対照的な 2 例をあげよう：

- ◇ 中東湾岸地域、サウジアラビア、クエートなどでは、産出コストは極めて安く 1 バレル当たり 2 ドル程度である。その理由は、数十年前に英米の石油会社が投資をおこなったことと(後に無償も同然で国有化された)油田が大きく、噴出圧力が高いために、ポンプを使う必要がなく、圧力によって油田から噴きあがった石油はパイプを通して自然にタンカーへとおさまってしまうことだ^[20]。
- ◇ メキシコ湾の、ユカタン半島沿岸から 100 キロ沖に位置するカンタレル海底油田は、1 日当たり約 1200 万バレル、全メキシコにおける産出量の 3 分の 1 を占めている。ここでは過去 20 年間、天然の巨大なガス気泡が油田の圧力を維持している。究極量(final reservoir recovery)を確保するために、近年弱まりつつある油田のその圧力を、窒素を注入することで補うことが決まった。現存する最大プラントの 10 倍規模の世界最大窒素製造施設が、海沿いの町アタスタ郊外に建設中である。そこで生産される窒素は、海底パイプラインを通して油田に送り込まれる仕組みである。この施設の完成により、世界窒素総生産量は 2 倍になるが、建設費には 10 億ドル、維持費には 12 年間で 90 億ドルもの投資が必要となる^[21]。

1.3 世界の石油産出量のピーク

大油田地帯の産出量が減少するにつれて、採掘費用は上がり、エネルギー利益率は減少する。同時に、1 年あたりに実際に産出され得る石油の絶対量もまた減少する。これは、1950 年代に、故 M.キング・ハバート(M. King Hubbert)が、理論的に証明している。シェール石油の地質学者であったハバートは、図 1 の釣り鐘状の形に示されるように、産出量と発見量とを合わせたロジスティック方程式(logistic equation)に当てはめると、将来の石油産出量を予測することができるとした^[22]。1956 年にハバートは、米国大陸 48 州の石油産出量は 1969 年前後にピークを迎えると予測した。彼の説は当時冷たくあしらわれたが、

後年事実によって正しいことが証明された^[23]。

表 1.4 の大まかな数字を使えば、世界石油産出量曲線を示す典型的なハバート曲線が容易に描ける (図 1 参照)。

表1.4: ハバート・曲線・シミュレーションのパラメーター (Gb)

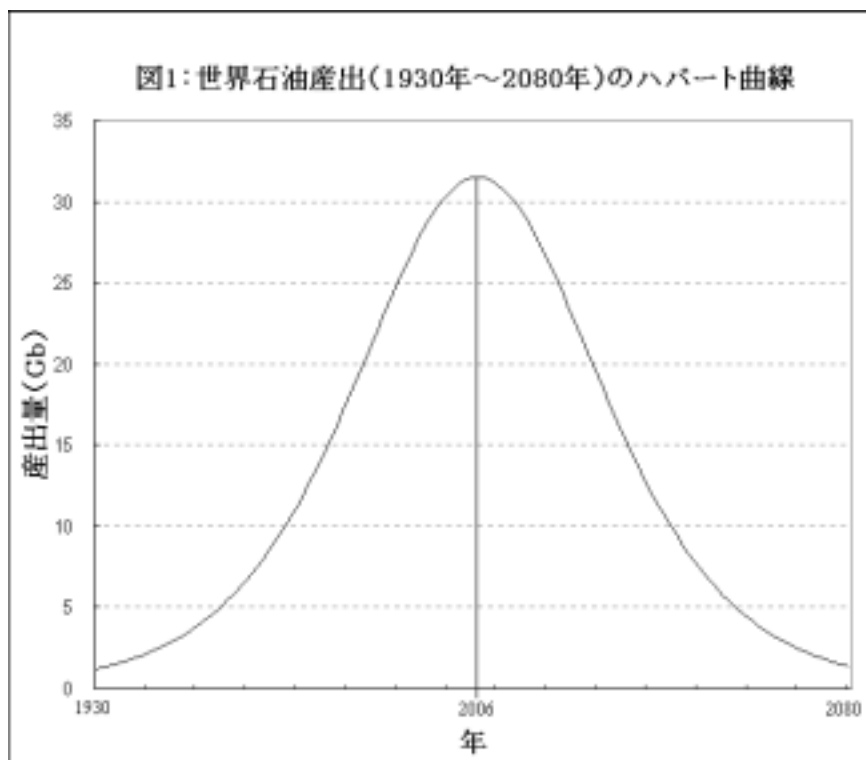
A: 1999年末までの石油総産出量 ^(a)	820
B: 未発見量 ^(b)	180
C: 確認量 ^(c)	1,000
D: 推定究極量(EUR – 曲線下の面積) (A+B+C=D)	2,000
E: ピーク年の産出量 ^(c)	31.5
ハバート・曲線を描くための方程式 ^(d)	$P = \frac{2P_m}{\{1 + \text{COSH}(-b[t-t_m])\}}$
Pはt年の石油産出量. P _m はt _m というピーク年の産出量	
bは定数で、 $b=4P_m/U$. UはEURのこと。	

注：これは予測ではなく、シミュレーションであるため、数値は非常に大まかである。

出所: (a), (b) Campbell, C.J., *Conventional Oil Endowment*

(c) Duncan, R.C., and W. Youngquist, p.2

(d) Laherrère, Jean, 1998



現実社会の経済的・政治的あるいは他の事情によって、実際の産出量は典型的な曲線通りには行かないが、ハバート曲線は現実の産出量の正確なモデルを示している。また、これは産出量のピークの時期、推定究極量 (EUR, Estimated Ultimate Recovery) を計算する有効な手段ともなる^[24]。キャンベルとラヘレール (C.J. Campbell and Jean H. Laherrère, 1998 年) の二人は産出量のピークを 2003 年あたりとした。しかし、ピークが 2006 年から 2007 年前後と予測する者もある^[25]。また、キャンベルは、石油と天然ガスを合わせた産出量ピークは 2010 年から 2015 年に来るとしている^[26]。

世界石油産出量のピーク年を予測するのに非常に重要なのは、産出究極量である。さま

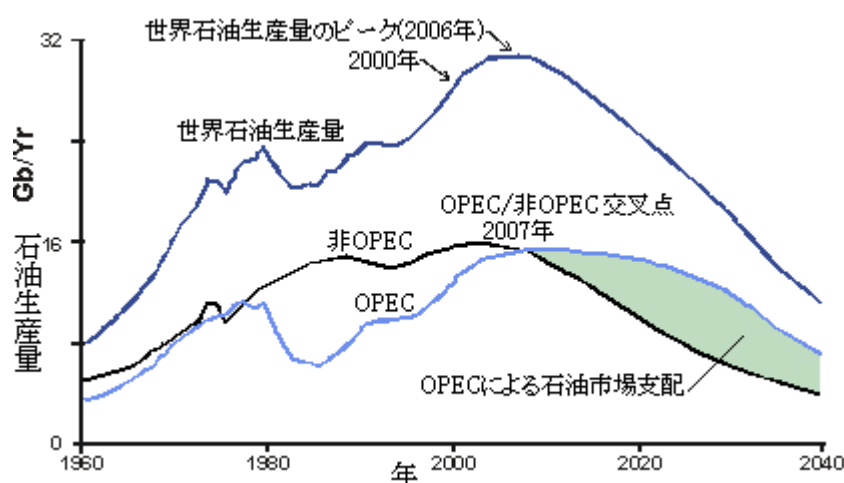
ざまな予測がされているが、その多くは2000 Gb 前後とするものである（付録2 参照）。これは現実的な予測と考えられているが、正しいかどうかは将来まで待たなければわからない。もし、2000 Gb という数字がほぼ正しければ、世界石油産出量のピークは、21 世紀が始まって2005 年から2010 年の間に起こると予測できる。

ハバート曲線上のピークは、理論的には石油資源の50%が採掘された時におこる。多くの理由でこの曲線は、経費のかからない資源とかかる資源の境界線でもある。

- ◇ 需要が毎年増加するとして、1 年間に一定量以上の産出が不可能とすると、当然原油価格は高騰する。
- ◇ 当初の便利で大きな油田は減って行き、環境が厳しい油田は負担が多く、産出費用は高くなる。
- ◇ 石油供給が滞り、高値になると、世界経済は下降に向かい、社会不安と石油資源戦争が起こる可能性がある。このような状況下では石油価格が一気に跳ね上がる恐れがある。

他方、ダンカンとヤンクィスト(R.C.Duncan and W. Youngquist)は、ハバート曲線とは異なる方法を用いて、世界石油産出量は2006 年にピークを迎え、石油生産輸出機構(OPEC)の産出量は2007 年に50%のシェアを超すと予測した（図2）。1973 年の最初のオイルショックの時、中東のシェアは38%であった。1985 年に約18%と一時落ち込みはしたが、2000 年のシェアは約42%になるだろう。OPEC 加盟11 カ国は石油埋蔵量の56%を保有している。中東の保有割合は60%である^[27]。21 世紀最初の10 年間は、OPEC と中東が世界石油市場を支配するだろう。しかし、このことが石油価格の変動にどう反映されるかは不明である。

図2：世界石油産出ピークとOPECの優位



出所: Duncan, R.C. and W. Youngquist, The World Petroleum Life-Cycle, October 1998, www.dieoff.com/page133.pdf

それ以外に世界石油産出量がピークを迎えるという証拠はあるだろうか。

1973 年のオイルショック前には、原油価格は1 バレル当たり約3.5 ドルであった。1979 年の第二次オイルショックまでに、原油価格は10 ドルを超え、一時は40 ドルという最高値をつけた。1980 年代初頭は28 ドルから30 ドル前後で安定したが、1985 年の終わりには急落し、翌年約18 ドルの新基準で安定した。湾岸戦争（1990 年8 月から1991 年2 月）により、原油価格は約30 ドルまであがったが、1992 年には20 ドル以下に戻った^[28]。原油価格はその後6 年間15 ドルから20 ドルの範囲に留まっていたが、1999 年のアジアでの消費量の減少（1997 年のアジア経済危機の影響）、北半球の暖冬、OPEC の増産、国連の石油・食料交換プログラムに基づくイラクの原油輸出増のために、1999 年の2 月には10 ドルという異

常な低価格となった^[29]。1999年3月、OPECは減産を決めたが、同時に、アジア経済は予想より早く回復し、アメリカ経済もまた好景気であった。その結果1999年に世界の石油消費量は、対前年比1.6%増の日量7520万バレルに増えたのである。2000年2月中旬には、原油価格は30ドルを超えた^[30]。4月と6月に開かれたOPEC臨時総会は、産出割り当てを日量約115万バレル増やす決定をした。この時点で原油価格は20ドル前半まで下がったが、夏の終わりには、再び20ドル後半に値を上げた。この段階で、1999年末に急激に落ち込んだ原油の備蓄を回復させると同時に膨れ上がる需要を満たすだけの産出能力がOPECにはないことが、はっきり示された。2000年9月10日、ウィーンにおけるOPEC総会で、日量80万バレルの増産が発表されたにもかかわらず、原油価格は翌週には35ドルを超えた^[31]。

表1.5から、湾岸諸国は現在の世界通常石油の約30%を産出し、埋蔵量の約60%を保有していることがわかる。

表 1.5: 中東・非中東諸国における通常石油産出と可採埋蔵量の比較(1999年)

	産出量 (Mb/d)	世界合計における割合 (%)	可採埋蔵量 [P50] (Gb)	世界合計における割合 (%)
中東諸国	17.387	28.8	486	58.8
非中東諸国	43.025	71.2	341	41.2
世界合計	60.411	100.0	827	100.0

注: 中東諸国は: アラブ首長国連邦、イラン、イラク、クウェート、サウジアラビア

出所: Campbell, C.J., *Conventional Oil Endowment*. (Mb/d = 日量100万バレル)

中東諸国以外の通常石油産出量は2000年か2001年に日量約4500万バレルのピークを迎えると思われる。これは、中東諸国はさらなる原油需要(日量約6200万バレル以上)の増加に対応しなければならないことを意味している。OPEC総会は、油井のバルブをひねりさえすれば石油産出が簡単に増やせるような印象を与えている。これは、自分達の石油市場が奪われることを恐れたOPEC諸国が、天然ガス、非通常石油、再生可能なエネルギー源や省エネへの投資が進まないように長年とり続けた戦略である。しかし、中東およびOPEC諸国の油田には、原油産出を増やす余裕がないというのが本当のところである^[32]。以下にそのいくつかの証拠を示そう。

- ◇ 1986年から1999年の間、原油価格は比較的安かった。工業国にとってこれは好都合であり、安いエネルギーを利用して、自国経済と社会を発展させることができた。原油産出国(先進工業国内の産出国もふくむ)では、産出および開発のための投資を最小限に抑えた時期であった。原油価格の低迷と過剰な供給により、とくに中東諸国では投資が控えられた^[33]。
- ◇ ロンドンで発行されるペトロリアム・エコノミスト誌は2000年5月号に、イラクの原油産出問題調査のために2000年1月に同国を訪れた国連使節団の報告書の要約を掲載している。現在の採掘ペースでは、イラクの油田の多くがかろうじて操業しているといった危機的状況である。イラクの油田に対する維持管理費は年間1バレル当たり0.60ドルであるが、それに対し、中東諸国では一般的に1バレル当たり1.50ドルである。油井の状態が悪く、水の流入が増えてきたため、計画的な減産をイラクは強いられた。現存の油井のくみ上げ量を減らす分、新たな油井の掘削が求められるというのに、近年この作業は満足におこわれておらず、そのツケがいよいよ回ってきた。ほとんどの油田ではこの作業を常時に行う必要があり、古い油田ほどその規模が大きい。正常な状態に戻し、日量250万バレルの輸出を維持するところまで行くには、1年から3年はかかる。油田は水の流入と塩による腐食で次々と閉鎖されている。イラク石油産業がその産出目標を達成するには、年間130億ドル程度の投資が必要となる。ペ

トリウム・エコノミスト誌は、記事を次の文章で締めくくった。「この状況では、事態に変化がない限り、イラク石油産業の死滅は動かしがたい事実となる。」^[34]

- ◇ 2000年7月17日付のオイルアンドガスジャーナル誌の12ページに掲載された投書の中でリニオン・モレルは、「サウジアラビア、イラン、クウェートにこれ以上の原油産出の余力は存在しない。これら大油田の開発に携わった技術者の何人かはまだ存命だ。私たちは何をしたかを覚えている。私たちは、油井を掘り、電気データ記録を眺め、地質構造と等層厚線地図を検討した。私たちはそれらの油井を稼働させ、そして水がガスに突き当たった時には修復作業にあたってきたのだ。現在これらの油田はみな回復不可能なほど衰退している。簡単な話、サウジアラビアでは水位があがってきているし、ペルシャ(イラン)ではガス気泡が膨張している。また、クウェートではブルガン油田(Burqan)が戦争で壊滅的な被害を受けている。中東で産出余力があるのはイラクだけだ。」と述べている^[35]。
- ◇ サウジアラビアでは1990年に新たな油井を約70ヶ所、1998年には320ヶ所と、年ごとに油井を増やしている。産出能力を維持するために、インフィル掘削(既存の油井の間に新たな油井を掘ること)に多大な投資が必要になっている。世界最大規模のガワール油田(Ghawar、初期量1000億バレル、世界原油の5%と推定される。)では、水の流入の問題が深刻化している^[36]。
- ◇ イランでは、老朽化した油田での産出量確保が次第に困難となってきた。イラン、イラクともに戦争で被害を受けたインフラを修復し、過去に積み残した油田開発作業のために多大な投資を必要としている。しかし、この投資は現在米国と国連の制裁措置によって阻まれているのが現状だ^[37]。
- ◇ 2005年の原油産出予想量を実現するために、中東原油産出国は新規産出能力への投資として、日量1バレル当たり8000ドルを必要としている。なかで最も開発費用が安いのはイラクである^[38]。
- ◇ ベネズエラの新規原油産出の多くは古い重油油田のインフィル掘削によって捻出されている。これはかなりの投資と経営努力を必要とする。ベネズエラには休止油井も少ないとみられており、同国の石油産業関係者は、ベネズエラの産出能力の低下は仕方がないことだと話している^[39]。

次のニュースも注目に値する：

- ◇ 2000年6月25日、クウェート最大のミナ・アル・アハマディ石油精製所(日産42.8万バレル)で大規模な爆発がおきた。クウェート・ペトロリアム・コーポレーション(KPO)は、ガスパイプラインの亀裂が爆発の原因であったと報じた。この精製所は国内外用のガソリン、ジェット燃料、ディーゼル燃料を生産している。クウェートの石油アナリストによると、精製所の約8割が爆発によって被害をこうむったという。クウェート石油相シェイク・サウド・ナセル・アル・サバーは、精製所はむこう数カ月間は完全な操業が難しいと語った。精製所の生産能力を半分回復させるだけでも数週間かかる見通しだ^[40]。
- ◇ 2000年8月4日付でAFP通信が報じたところによると、ナイジェリアの原油生産地帯の政情不安により、ロイヤル・ダッチ・シェル・グループは日量25万バレルの原油産出を中止したという。同社の2ヶ所の油井掘削機で働く165人の労働者が、仕事を要求する青年達によって人質にとられたためである。ニジェール川デルタ地帯は、日ごろから政情不安な地域で、そこでの石油産出は暴力と混乱という難題を抱えている。デルタ州のオロニ油田の1ヶ所では、何者かによって重要な装置が壊され持ち去られたために原油の流出が止まらなくなったという^[41]。

今後 2005 年までの石油製品の消費は、年約 1.5%という控えめな成長が予想される。その需要に応えつつ、中東以外の油田の衰退を補うには、中東諸国が約 1000 億ドルの投資をし、日量 1,150 万バレルの新規産出能力を持つ必要がある。(2005 年の世界原油総需要は日量 8250 万バレルとなり、非中東産出量は日量 4000 万バレルと予想されるので、中東の産出量を 1999 年の日量約 3100 万バレルから日量 4250 万バレルにまで引き上げなければならないということである) そのような大規模投資はこれらの国々の財政・技術能力を上回るものである。実現させるには、外国からの援助を取りつける必要があるが、その交渉と実施には相当時間がかかるだろう。しかし、これはまだ始まっていない。その投資が開始されたとしても、新規産出までにはさらに 2 年から 4 年はかかる。(中東諸国の人々は、多国籍石油メジャーが再び彼らの油田に姿をあらわすのを警戒すると同時に、中東以外での石油産出がピークを迎えているという事実気づいていない。それらの理由から、投資の実現は確実ではない) 2000 年の産出能力を上回ることさえ、ようやく 2003 年から 2005 年になる見通しといわれ、日量 4250 万バレルなどとてもおおよびもつかない現状である^[42]。

国際エネルギー機関(IEA)は、2000 年 7 月 11 日付の「月刊石油市場レポート」で、2000 年 10 月から 12 月にかけてガソリンと灯油が不足する恐れがあると警告を発した。生産が需要に追いつかないのは明らかである。これまで見てきたように、この状況は、3、4 年先に回復可能な一時的な現象と考えることもできる。しかし、それからさらに 2、3 年先で状況に何らかの変化がない限り、需要は再び生産を追いこすだろう。通常石油産出量のピークは近づいている。その後、世界原油産出量は年間 2.5%から 4%程度減少していこう^[43]。今後 10 年以内に石油の輸入が困難となった場合、資源に乏しく、食料や化石燃料を輸入に頼る日本などの国などが、国内食料生産をも化石資源に大きく依存するという事は、非常に危険な状況に陥る恐れがある。石油供給が逼迫し、石油価格が高騰する前に、食料供給のための社会の(再)組織化を考える必要がある。その時はもう来ていると言えよう。

1.4 他のエネルギー源は石油にとってかわれるか

他のどんな第一次エネルギーが石油にとってかわれるのか、また、それは現在の経済体制を維持できるのかどうかを検証する必要がある。この現体制が食料生産を左右しているのである。この点から手短かにエネルギー源について論じてみることにしよう。

再生不可能なエネルギー源	
化石資源	非通常石油、天然ガス、石炭
原子力	核分裂、核融合
その他	ガスハイドレート
再生可能な“新”エネルギー源	
水力	ダムなどによる水力発電
水素	燃料電池
地熱エネルギー	
バイオマス、バイオガス、バイオ燃料	メタンガス、メタノール、エタノール、バイオディーゼル
太陽光、風力、海洋エネルギー	

1.4.1. 再生不可能な(有限)エネルギー資源

非通常石油 Non-conventional Oil

通常石油(conventional oil)と非通常石油の定義が広く認められていないため、二者間の線引きにははっきりしないところがある。上記で述べたように、天然ガス液体(NGL)や非通常石油はしばしば埋蔵資源として報じられている。現在では、タールサンド、重原油、深海

および高緯度原油は通常石油の定義に含まれていない。天然ガス液体には、精製の過程で天然ガスから抽出される液体燃料とコンデンセート(天然ガスに含まれる比重の軽い液体)も含まれる^[44]。ラヘールは通常石油を「ある特定の期間、1バレル当たり25ドル以下の価格で生産可能な原油」と定義できるとした^[45]。これは妥当な定義と言える。そこで、キャンベルに従って、以下のものを非通常石油と考えることにしよう^[46]。

- ◇ インフィル掘削による原油
- ◇ 増進採取法 (enhanced oil recovery, EOR) による原油
- ◇ 厳しい環境にある原油 (深海、高緯度など)
- ◇ 極小油田
- ◇ ビチューメン、タールサンド、重油資源から抽出した原油
- ◇ 油母頁岩 (oil shale) から抽出した原油

インフィル掘削 (既存の油井の間に新たな油井を掘ること) 老朽化し産出量の低下した油田での回収率 (recovery factor、油田の原油資源全体 [原始量、採掘前の合計埋蔵量] における回収された石油の割合) の増加には有効である。多くの油田では原始量の約35%しか産出できない。もっとも回収率が高い油田でもせいぜい60%前後である^[47]。インフィル掘削には費用がかかり、エネルギー利益率を低下させる。この過程を経て産出した原油を、現在では通常石油に含めて分類することが多い。

増進採取法 油田の回収率を高め、困難な環境にある油田の産出を容易にするためにとられる様々な技術の総体である。それは主に、以下に説明する4種類の方法である^[48]。

- ◇ **ガスまたは液体の注入** 水、蒸気、天然ガス、窒素、液体二酸化炭素などを油井に注入して圧力を高め、周辺の油井からの原油の噴出を強める。回収率は10%ないし15%高まるが、産出費用は注入をやらなかった場合と比べて1.5倍から2倍かかる。この方法に併せて以下に述べる4次元地震探査を行うため、さらに10%から20%の費用が加算される。
- ◇ **4次元地震探査**(4-D seismic monitoring) 3D探査の改良によって、地層の中で原油とガスが時間の経過とともにどのような動きをするかを直接知ることができるようになった。回収率の10%から15%の増加が見込まれるが、原油と天然ガスが比較的やわらかい地層にある場合しか有効ではない。それでは世界の油田の約半数でしか使えないことになる。
- ◇ **方向変換可能な掘削法** 様々な新しい掘削技術によって、作業中にドリルの向きをかけることができるようになった。先端に錐(きり)を装備した掘管(string)を回転させる代わりに、錐のすぐ後ろに錐だけを回転させるモーターを装備した掘削機が開発されたからである。ドリルの方向はモーターと錐の間にある肘型管で制御する。掘管に取りつけられたセンサーが掘削中の地層の成分を示し、採掘に適した地層の方向を決定するのに貢献している。将来この方法は、例えば、地表に届く前に原油と水を分離するといった「ハイテク油井」(smart well)の開発へと発展するだろう。
- ◇ **深海原油の産出** 深海用海底油井掘削機、遠隔操作のサブマリン・ロボットが建設する海底建造物、衛星やモデムなどで接続した指令センターからの作業指示を可能とする技術、これらの集合体によって深海原油は産出される。しかし、そのようにして得られた原油は「恐ろしいほど高くつく」という。

厳しい環境からの原油 上述したようにこれは深海や高緯度地域などで産出される原油のことである。技術の進歩、原油価格の上昇につれて、以前なら手をつけようとしなかった

場所の原油まで取り出そうとする。この活動自体は、簡単に手に入る資源は先に使われて、その量が減少するとより少量で不便なところの資源が求められるという、資源依存に関する一般的理論があてはまる。厳しい環境での原油産出はエネルギー利益率が低いので、原油の相当量が残存したまま放置されると思われる。

極小油田からの原油 広大な油田の探索の過程で、多くの小規模の油田が見つまっている。ある程度基本投資をして十分な利益が見込まれる油田であれば、最近の技術では採掘が可能である。しかし、これらの油田が採掘される時は、世界原油産出の終わりが見える頃だ^[49]。

ビチューメン、タールサンド、重原油から生産される原油 原油が油田のふちの浅い地層に流れ出たあとに、微生物の作用によって軽い成分が取り除かれて残るものが、ビチューメン、アスファルト、タールといわれる粘り気のある物質である。世界最大の重油油田は、カナダのアタバスカのタールサンド油田（1兆バレル以上）と東ベネズエラ・オリノコ地方の重油油田（推定約2兆バレル）である^[50]。カナダでは、タールサンドは露天掘りで採掘され、粘りのある重油が取り出されて、ナフサ（石油留分の一つ）で液化される。（ジョージ[R.L. George]によるタールサンド精製過程の図式を参照のこと）これによって約3000億バレルが最終的に産出可能となる。しかし、現在の経済条件では生産可能なのは40億バレルである^[51]。カナダの大規模生産のコストは1999年に1バレル当たり約8米ドルであった^[52]。原油価格が引き続き高いと（おそらくそうなるであろう）、タールサンドは利益をあげることができる。しかしながら、2トンのタールサンドから約1バレルの原油を取り出したあとには、有害廃棄物がのこされ、その処理が問題となる。投資費用は高く北アルバタ地方の環境は、とくに冬季に非常に厳しくなる。そのうえ、約3バレルの原油をタールサンドから生産するには、2バレルの石油が必要となり、エネルギー利益率は1.5しかない^[53]。

粘りのある重油を溶媒で液化する代わりに、重油と水のエマルジョンを作ることができる。ベネズエラでは、これをオリマルジョンという。1年間で約500万トンのオリマルジョンが発電所の商業用ボイラーの燃料として使われている。日本では現在少なくとも3ヶ所の発電所でこれを使っている。2700億バレルが可能と推定されるオリマルジョンの生産は、多くのエネルギーを必要とする上、時間がかかる。オリマルジョンは硫黄含有率が高く、これを取り除くために、硫黄化合物除去装置を発電所に取りつけるのだが、それにはある程度の設備投資が必要である^[54]。重原油の世界生産量は2000年には一日あたり約725万バレル、そして2010年には約980万バレルになると推定される^[55]。しかし、これらはないよりはましだが、石油に代わって現在の経済システムを動かすほどにはなりえない。

油母頁岩 (oil shale) 頁岩にはケロゲン(kerogen)という有機物が豊富に含まれている。ケロゲンは原油になる物質である。石炭から原油が抽出できるように、ケロゲンを500℃まで加熱すれば原油を取り出すことができる^[56]。最大の油母頁岩鉱床は、米国のワイオミング、コロラド、ユタ各州にある。採取量の最も多いのが、コロラド州西部ピケインス盆地(Piceance Basin)、ユタ州東部のユインタ盆地(Uinta Basin)で、産出できる原油は合わせて5620億バレルと推定される。1トン当たり、約90リットル（1バレル=159リットル）の生産が可能だという^[57]。生産の過程で大量の水を必要とし、廃棄物には一部有毒物質も含まれ、その処理は深刻な環境問題を伴う。エネルギー利益率は大変低く、原油価格があがると、生産コストもあがるという具合である。フレ - (Fleay, 1995年)とヤンクィストはそれぞれ油母頁岩原油生産プロジェクトの失敗例を示している。ヤンクィストは「油母頁岩原油は未来の燃料で、この先もずっと未来の燃料である。」とコメントし、一方フレは、「油母頁岩原

油は近づけば遠のく蜃気楼のような物である。」と表現した^[58]。

結論として、非通常石油資源は、未来の経済の中で活躍する役割はあるかもしれないが、1980年代以前に発見された油田の役割を代替することはできない。

天然ガス

天然ガスは一般に原油と一緒に生ずる。多くの油田ではガスと原油がともに産出される。油田では、天然ガスは原油の上部のガス気泡(gas cap)として分離している。一般に 80% がメタンで、その他、エタン、プロパン、ブタン、水素を含んでいる。それに、不燃ガス(non-combustible gas)として窒素、二酸化炭素、硫化水素を含んでいる。

世界の天然ガス消費量と、埋蔵量の基本データを表 1.6 に示した。

表1.6: 世界天然ガス状況 (1996年)

	全世界天然ガス量 (Tm ³)	石油換算 (Gboe)
A: 年間消費量	2.23	14.3
B: 生産済み	62.3	400
C: 可採埋蔵量	145.0	870
D: 未発見	81.1	520
E: 残量 (C+D)	226.1	1,390
F: 究極量 (B+E)	288.4	1,790

Tm³ = 兆立方メートル (10¹², trillion m³, T=tera)

Gboe = 10 億バレル石油換算(gigabarrels of oil equivalent, 155,810 m³ = 1 boe)

出所: Campbell C.J., and Jean Laherrère, *Natural Gas Statistics*,

<http://www.oilcrisis.com/gas/>

Campbell, C.J., 1997, p.118

BP Amoco statistical review of world energy 1999, p.26,

<http://www.bpamoco.com/worldenergy/naturalgas>

一般的に天然ガスは、280 兆立方メートルから 340 兆立方メートルの範囲と推定される^[59]。つまり、世界の天然ガスは原油と同程度の量があるということになる。その天然ガス産出量は 2020 年から 2025 年にピークを迎えると推定される^[60]。しかしながら、もし通常石油のピークが 2007 年あたりだとすると、天然ガスの消費量は加速され、ピーク時は早くなると思われる。

天然ガスの既知埋蔵量は主に旧ソ連（世界埋蔵量の 38.8%、うち 85%はロシア領内）と中東（世界埋蔵量の 33.8%、うち 47%はイラン領内）にある^[61]。天然ガスは、貯蔵用圧力タンク、輸送の場合は低温圧力タンカーやトラックまたはパイプラインや設備の整った港が必要で、石油と比べて多くのインフラを必要とし、費用がかさむ。暖房や調理には優れた燃料であるが、車両用燃料として使うには大きな圧力タンクが必要である。トラックの走行距離 1500km 用燃料タンクの場合は、ディーゼルのタンクより 5 倍も重い^[62]。また、天然ガスは、化学工場（窒素化学肥料）で原材料として使われている。しかし化学工業にとって、原油程には原材料としての多様性がない。現在天然ガスを燃料とする飛行機はないということもあげておきたい。

1998 年ノルウェーは、天然ガスの生産量を 2000 年から 2010 年の間に年間 1000 億立方メートルに増加させるという計画を、800 億立方メートルに修正した。理由は、残りの 200 億立方メートルを油井へ注入し原油産出量を維持するために使うからである。つまりこれ

でわかることは、原油が天然ガスより貴重なものだということだ^[63]。天然ガスは用途によってある程度の期間 - せいぜい 10 年か 15 年 - 原油にとってかわることができるだろう。しかし、天然ガスだけでは、原油によって維持されている現在の経済活動の水準を保つには到底及ばない。

日本は天然ガス消費量の 96% を、液化天然ガス(LNG)の形で輸入している。この LNG の 37% をインドネシアから、21% をマレーシアからと、大部分は東南アジアからの輸入である。そしてその多くが、発電所と石油化学工場で消費されている^[64]。

最後に、原油と天然ガスの推定究極量を表 1.7 に示した。

表1.7: 石油および天然ガスの生産の推定究極量

石油、Gb	低位	中位	高位
通常石油	1700	1800	2200
通常天然ガス液体	200	250	400
非通常液体	300	700	1500
液体究極量	2300	2750	4000
天然ガス、Tm ³			
通常ガス	240	280	370
非通常ガス	30	70	230
ガス究極量	300	350	600
天然ガス、Gboe			
通常ガス	1550	1800	2400
非通常ガス	200	450	1500
ガス究極量	1800	2250	3800

注: 四捨五入などでおよその数値を示した。

出所: Perrodon A., J.H. Laherrère and C.J. Campbell, March 1998, p.113

石炭

なぜ石油が石炭より燃料として好まれるのか、その理由は上記の 1.1 で述べた。石炭は石油に比べ経済効率が半分で、国内総生産に対するエネルギー単位あたりの効果を低下させ、しかも、天然ガスや石油よりも環境汚染度が高い。そういうわけで、今さら現代経済活動を石炭で行なうことは考えにくい。石炭は燃焼時に多くの二酸化炭素(CO₂)を排出するので、地球規模の温暖化を考えると石炭の使用はなおさら難しい。表 1.8 に 4 種類の化石燃料の二酸化炭素排出量を示した。

表 1.8: 石油換算単位あたりの炭素排出 (トン)

石炭	1.08	原油	0.837
天然ガス	0.641	ガソリン	0.791

出所: Handbook of Energy and Economic Statistics in Japan 1999, p.259

世界石炭埋蔵量は 9,840 億トン、確認埋蔵量の可採年数 (R/P 率、現在の年間消費量で) は 218 年である^[65]。ギーバー (J. Gever) は、R/P 率 235 年で世界埋蔵量の 26% を有する米国では、2040 年前後にエネルギー利益率が 1 以下に下がると予想され、石炭採掘を放棄せざるを得ないと指摘した^[66]。また、1880 年から 1930 年の 50 年間で石炭利用から石油利用へと世界の産業が大転換を遂げ、まだ十分に埋蔵量を残したままの炭鉱を閉鎖しているのである。石炭は有効な燃料ではあるが、石油の代替として現経済システムを動かすのに不十

分なのは明らかである。

しかし、日本は依然として石炭の大消費国である。

日本は世界最大の石炭輸入国である。それは主に、発電所、紙パルプ、セメント生産に使われる。日本はまた、鉄鋼業の原料炭の世界最大の輸入国でもある。1998年に日本は世界総輸入量の約23%、1億3180万トン消費しているのである。^[67]

もし石油、天然ガス供給が逼迫してきたら、日本の石炭輸入も難しくなるだろう。資源争奪が激しくなれば、価格が高騰し、現在の輸出国は供給を渋り、日本への石炭輸送のエネルギーコストが上がりすぎて採算が取れなくなれば、輸入自体が無意味となるケースも考えられる。

核分裂と核融合

二酸化炭素を排出しないので、地球温暖化防止の有効な政策だという主張があることは認めるが、核分裂と核融合のどちらも、現在のエネルギー水準をまかなう能力を持っているとは思われない。技術そのものがはらんでいる問題がいくつかあるからである。その問題とは：

- ◇ 定期的に排出される低レベル放射性物質による心配
- ◇ 原子力関連施設での災害的事故の憂慮
- ◇ プルトニウム使用と再処理をめぐる懸念
- ◇ プルトニウム輸送に対する国際的市民的不安
- ◇ 核拡散への不安
- ◇ 放射性廃棄物処理の技術的実効性をめぐる疑念
- ◇ 原子力関連施設解体をめぐる経済的不確定さ

これらの問題は、一般市民や投資家の間に、原子力についての根深い不信をもたらしている。

次に、原子力発電所の建設、解体、ウラン鉱石採掘、その処理と濃縮、再処理、更にその原子力燃料や廃棄物の輸送は、大きく石油に依存しており、結局のところ、相当量の二酸化炭素が排出されていることを指摘したい。この二酸化炭素排出はウラン鉱石の質が劣るほど増加する。原子力関連施設の解体や放射性廃棄物の半永久的な管理とで必要なエネルギーは推定しがたく、これらを総合すると二酸化炭素排出削減に原子力発電がどれほど貢献するかはむしろ懐疑的にならざるを得ない^[68]。

三番目に指摘したいことは、世界全体の電力需要を原子力発電によって供給すると、現在の全世界ウラン資源総既知量では50年ももたないということだ^[69]。高速増殖炉(fast breeder reactor, FBR)の使用によってこれを約60倍に延ばすことが可能だというが、しかしながら、1995年に起きた高速増殖炉「もんじゅ」の事故と、世界各国で高速増殖炉技術開発のストップにより、高速増殖炉は商業ベースにのる可能性が一段と低くなった^[70]。

四番目は、核融合技術の持ついくつかの重大な問題である。商業化の実現が可能かどうか危ぶまれていることをさておいても、難問を抱えている。核融合施設は建設費が高く、必要とする用地面積も広い。核融合実験炉は、二倍以上の出力の原発の3.5倍の敷地を必要とするという報告があるほどである。核融合炉の燃料のトリチウムは、半減期12年の放射性物質で、きわめて少量でも人間にとって猛毒である。そのトリチウムはとても漏れやすく、高温になると、金属でもガラスでもプラスチックでもすり抜けてしまう性質を持ち、環境への放出は避けられない。きわめてエネルギーの高い中性子を炉内に大量発生させ、機器を放射化し強い放射能を持たせるようになる。放射化した機器類の寿命は短く、機器

の交換や施設の解体などが大変な問題になる。技術的に困難で危険を伴い、コストがかかりすぎる核融合による商業的な発電は実現しない可能性の方が高いとしか言いようがない。核融合もやはり、油母頁岩原油と同様に「近づけば遠のく屋気楼のような物」なのではないか^[71]。

したがって、食料生産システムを含む現在の経済システムを、核の技術で長期にわたり維持していけるのかは疑問である。電力しか供給できず、輸送業や土木・建設・農作業などのような野外活動には、石油と比べて実用性が低い。また、安価で豊富な石油の供給があってこそ核技術は成り立っているというのに、その石油が不足したら原子力と核融合に頼ればいいのかというのは、あまりにも単純な発想ではないか。

ガスハイドレート (メタンハイドレート、Gas Hydrates)

ガスハイドレートとは、水分子とメタン分子からできて氷のような固体化合物である。これらは一般に高緯度の永久凍土域や深海の海底下に存在する。これらの物質を含むガス資源は 14 兆 (14×10^{12}) 立方メートルから 3 京 4 千兆 (34×10^{15}) 立方メートルあるといわれるが、ガスハイドレートには二つの問題がある^[72]。

- ◇ 厚さ数ミリから数センチの薄片や分散した塊で存在する。
- ◇ 固体中の分子間に固定されているために、メタンガスは一箇所に溜まった状態にならない。それゆえ商業的な量を確保することが困難である。キャンベルはこの理由でガスハイドレート資源を称して「使えない運命」と言った。

日本の南海トラフにはこのガスハイドレート層が存在している^[73]。日本の石油会社と日本資源エネルギー庁はこれらの採掘を進めているが、結局のところもう一つの「遠のく屋気楼」のような資源であると、後になってわかるのではないだろうか。

1.4.2. 再生可能な“新”エネルギー源

「再生可能」とか「資源」とかという言葉は、一般に下記のような技術を指すのに使われている。しかし、中には再生可能でも資源でもないものもある。様々な理由によって、これらは特定の資源が存在する限りでのみ利用できるのであるし、そればかりか上記に述べたように、これからのエネルギー源として有望視されているオイルシェール、核融合(おそらく核分裂も)、ガスハイドレートなどは実際にはエネルギー・シンク (energy sink、つまりエネルギー利益率が 1 以下の燃料) という可能性が高い。これから一つ一つの技術を取り上げながら、再生可能かどうか、本当のエネルギー源なのかどうかについて言及する。

水力発電 水の運動エネルギーを利用して、電気を得ることは 19 世紀以来確立された技術である。川や滝の流れを水力発電に利用し、水の供給や発電用にダムを建設するのがこの技術の基本である。日本のように、降水量が多く山がちな地域は、この技術の恩恵に大いに与れる。小規模の水力発電は環境に優しいが、大規模ダムは費用が高く建設に困難を生じ、環境に重大な影響を与えることもある。また、限定された領域の中に作れる水力発電施設の数には限りがある。現在日本では、総電力の約 1 割 (約 1 億 MWh、出力約 2700 万 kW) を水力発電によって供給している。水力発電をさらに拡大する計画があるが、1 億 4000 万 MWh (出力約 4700 万 kW) 前後が限界であろう^[74]。エネルギー源として水力発電は有効だが、電力を生産するには、発電機の製作、配線システムなどが必要だし、さらにその電気を使用する機械が存在することが前提である。このことが将来(たとえば 2050 年以降)、水力発電が有効性を保つのを妨げるかもしれない。とはいえ、18 世紀の終わり頃までは、世界の一次動力の多くが水車と風車だったことは留意すべき点である。

水素 水素は水からの電気分解、またはメタンガスの改質(reformation)によって得られるので、一次エネルギー源とはいえない。多くの自動車会社が水素燃料自動車を試作しているが、どこでも同じ障害に突き当たっている。それは、水素が提供してくれるエネルギーよりも、水素生産に必要なエネルギーの方が大きいことである。つまり、水素利用のエネルギー利益率は1以下の場合が多く、これではエネルギー源とは言えず、エネルギー・シンクである^[75]。しかしながら、太陽光発電の余剰電力で水素を作り出し、太陽光が不十分なときにその水素を**燃料電池**(fuel cell)の燃料として利用するという方法は考えられる。燃料電池は公害を抑えたい交通機関、停電を極力避けたい病院や銀行などでは有効である。その燃料電池の利点と問題点を明確に示した論文が、サイエンティフィック・アメリカン誌1999年7月号に掲載された^[76]。それによると、燃料電池それ自体がハイテクの塊だという。これでは石油に依存する高度に発達した産業システムなしには作れないではないか。やはり水素も「再生可能」なエネルギー源ではないし、21世紀後半にガソリンに代われる未来の燃料でもないようである。

地熱エネルギー 火山活動のあるところならどこでも地熱発電ができるはずである。蒸気(約180以上の場合)は発電に、また熱湯は地域暖房に利用できる。現在、世界の地熱発電施設の総発電出力は約200万kWである。この数字はある程度拡大可能だが、設置場所が限られるため大きな期待は持てない。有効利用できる場所では、地熱はたとえば冬季のハウス栽培用の暖房、または農業用機械(乾燥機、脱穀機など)の電源として使うことができる^[77]。現在日本には地熱発電所が18ヶ所あり、総発電出力が53万kWある。ほとんどの発電所は北東地方か九州地方だが、八丈島にも一ヶ所ある^[78]。さらに2基、2万3000kWの発電所が計画されている^[79]。こうして生産されたエネルギーは火山地帯では非常に有効であるが、しかしこれが石油のかわりになるとはいえない。厳密には、地殻内の有限の熱を消費するという意味では「再生可能」なエネルギーではないのである。

バイオマス、バイオ燃料、バイオガス これは、燃料用木材のほかに、特別に栽培した穀物(たとえばトウモロコシ)や作物廃棄物(たとえば砂糖屑)、木質植物、家畜屎尿からエタノール、メタノール、バイオディーゼル、メタンガスを生産するといった非常に広い領域を指す。バイオマスは、途上国の一次エネルギー供給の35%をまかなっているが、先進国ではわずか2%である^[80]。16世紀の中ごろイギリスで始まった化石燃料の大量使用以前は、バイオマスは生活におけるほとんど唯一のエネルギー源であった^[81]。つまり、もともとあったいわゆる「再生可能なエネルギー源」である。ゆくゆくは、人間社会はバイオマスの生活様式に戻るだろう。しかし、ここでの私たちの関心事は、**バイオマスの使用が現在の経済システム、特に高度に工業化された食料生産システムにおいて、化石燃料にとってかわれるかということである**。たとえその答えが“No”であっても、バイオマスなどの技術が将来役に立たないということを意味しているわけではない。むしろ大変有効なエネルギー源と言える。しかし、そこまで行けば、もはや私たちの社会は現在とは大分異なった様子になっていることだろう。

バイオマス(薪、木炭など)は現在スカンジナビア諸国、特にスウェーデンで化石燃料に代わって、一次エネルギーとしての利用が進んでいる。そこでは、一次エネルギーの2割程度がバイオマスから供給されている(石油は4割)^[82]。現在のスウェーデン社会が必要とするすべてのエネルギーをバイオマスで供給することはおそらく不可能だろう。エネルギー利用効率の革命が起きれば可能かもしれないが、それでは現在のスウェーデン社会ではなくなる。生活様式を変えずにすべてをバイオマスでやろうとすれば、その結果は森林の荒廃をもたらすだけである。

エタノールは、砂糖作物（たとえばサトウキビ）や澱粉作物（たとえばトウモロコシ）をイースト菌やバクテリアなどで発酵させて得る。また、セルロース（木質作物から）の場合は、酸を使うかあるいは酵素で加水分解したものを発酵させて得る。メタノールは、木材や木質作物をガス化し、圧搾、メタノール合成するという過程で得られる^[83]。エタノールとメタノールはガソリンの代替物として有用で、ガソリンエンジンを多少調整しさえすれば、エタノールまたはメタノール 15%対ガソリン 85%の割合で混合して使うことができる^[84]。エタノール生産のエネルギー利益率はトウモロコシの場合約 1.38 で、セルロースを原材料とした場合は 2.62 程度といわれている^[85]。これらの数値が比較的低いのは、原材料の生産に化学肥料とガソリン（動力用）を使っているからである。化学肥料のいらぬスイッチグラス(switchgrass)などのような C₄ 多年生植物を使用すればエネルギー利益率は改善されるだろう^[86]。

バイオディーゼル燃料は、機械的圧搾か、溶剤を使うかして植物（たとえばナタネ）から油を絞り出し、その後、エステル交換(transesterification)の過程を経て得られる。廃食用油もバイオディーゼル燃料の原料となる^[87]。現在こういったバイオディーゼルの実験が滋賀県愛東町などで小規模ながら行われている^[88]。

将来の経済において、バイオ燃料（メタノール、エタノール）がなぜ石油の代替物にならないかという理由はいくつかある^[89]。

- ◇ バイオ燃料生産のエネルギー利益率は低く、工業化社会が要求する多量で安価なエネルギーの需要をまかなうものとなり得ない。バイオ燃料生産には多くの土地と水が必要で、これは食料生産などと競合することになる。化石燃料が不足する時代に突入すれば、農業生産性が低下し、バイオ燃料の大規模な供給をするほどの農地の余裕はなくなるだろう。バイオ燃料の生産には水が多量に使われるので、バイオ燃料が石油の肩代わりをするためには、米国の場合、現在利用している水の 3 倍を確保する必要があるという研究結果が報告されている。
- ◇ エネルギー利益率が低いので、バイオ燃料の生産は化石燃料の生産と比較して、非常に労働集約的な作業となる。化石燃料が不足すれば、バイオ燃料の生産に過大な労働力投入を強いられることになる。
- ◇ 化石燃料の不足は、化学肥料（特に窒素肥料）の終わりを意味する。作物廃棄物を土に返さず、バイオ燃料に加工するという事は農地の肥沃度を低下させ、侵食を進ませる原因となる。

バイオガス技術は、家畜と人間の屎尿、作物のかす、雑草、農産物加工の廃液などからメタンガスを得る方法である。一般に、ド・ム型の発酵槽で行ない、ガスがドームの頂上にあるバルブから出てくる仕掛けである。一方の投入口から有機物を入れると、嫌気性菌による発酵分解で、ガスが発生し、もう一方の排出口からは液肥が出てくる。こうして得られたガスは調理、冷暖房、発電、動力に使われる。工業製品を使わずに（ガスのバルブとパイプでさえ竹で作れる）建設できる構造で、農地の肥沃度を犠牲にせず燃料と肥料が得られるので、小規模のエネルギー供給源として大変環境に優しい技術である。ガスの最終利用装置はもちろん金属の部品を必要とするのだが^[90]。そういうわけで、バイオガスは再生可能なエネルギー源と言えるが、バイオガスで現在の経済システムを全般的に運営することは不可能である。

太陽光 / 風力 / 海洋エネルギー

これらはよく知られた「再生可能な“新”エネルギー源」である。太陽光エネルギーとは、太陽電池 (photovoltaic cell, PV cell) で発電するか、太陽熱そのもの (solar-thermal) を利用することである。風力エネルギーとは、風の力で羽などを回し発電機を動かす仕組みである。海洋エネルギーとは潮の満ち干きや波の上下運動を利用して発電することである。大規模施設で集中的に作られたエネルギーが使えない地域での口 - カル (分散型の) エネルギー生産にはこれらの技術は有効である。採用されるエネルギー技術はその地域の資源貯蔵度やエネルギーの使用目的によって変わる。現在いくつかの試みがなされているが、これらの技術は一般的に、大規模かつ集中的なエネルギー生産には向かない。というのも、これらの技術のエネルギー生産集約度は比較的 low、つまり有用なエネルギー単位生産当たりの土地面積や水量が膨大で、しかも遠隔地への送電ロスが大きいと思われるからである。

この3つのエネルギー技術の中で、最も進んでいるのが太陽光の分野なので、ここでもう少し詳しく述べたいと思う。他の二つ (風、海洋) は、類似した問題を抱えている (つまり、低い生産集約度、送電ロス、低いエネルギー利益率)。もしこれらの問題が解決されれば、いずれこの3技術は2000年の時点での見込みよりは実用性が高まるだろう。

米国のニューヨーク州トロイ市にあるサステイナブル・エネルギー・システムズ社 (Sustainable Energy Systems) の社長、デビッド・ボストン (David Boston) の計算によると、世界の砂漠地帯 (総面積 15 億 ha) の 1 割程度の 1 億 2 千万 ha を使うだけで世界の総エネルギー供給量に匹敵する電力が作れるという。その仕組みは、長い半筒状の太陽光反射板の中央に走らせたオイルパイプを熱して蒸気を起こし、タービンで発電するというものである (solar trough collector system)。システムの寿命は 25 年程度で、一基作るのに必要なエネルギーの 50 倍の発電能力がある。1 億 2 千万 ha というのは一辺が約 1,100 キロメートル四方の広さである。もちろんこのような施設を世界中に多数分散させることになるが、問題点は世界の人口稠密地帯のほとんどは砂漠の近くにはないということだ^[91]。

一方、三洋電気の桑野幸徳氏は、ソーラーパネルで世界の総エネルギーを供給する案を考えだした。これはジェネシス計画 (GENESIS: Global Network Equipped with Solar cells and International Superconductory grids) と呼ばれ、3つのステップにより実現可能とされている。

1. 多くの家庭や工場などに太陽光発電システムを設置し電力系統に接続していくと、日本全体が太陽光発電による送電線によってネットワーク化される。各国で同じことをすればそれぞれに太陽光発電のネットワークができる。
2. 各国の送電線を接続する。韓国と九州はわずか 200km しか離れていない。各国の送電線を接続すれば多国間のネットワークができる。ヨーロッパや米国ではすでに大陸内の送電網が結合されている。
3. 多国間ネットワークを大きく広げて行けば、グローバルネットワークができる。超伝導ケーブルが実用化されないうちは、高圧直流送電法を用いることも考えられる。やがて、a) 超伝導ケーブルが世界に張りめぐらされ、b) 砂漠地帯の大きな面積が太陽光発電パネルで覆われるということである。

この計画が 2050 年頃実現すれば「人類はエネルギー問題から開放されるであろう」。ただし、3a) についていうと、超伝導金属は高価な合金であり、しかも超伝導状態を維持するためには非常に低温 (-250) で保つ必要がある^[92]。はたしてこれが実現可能だろうか。3b) については、桑野氏の計算によると、2000 年の全世界の一次エネルギー消費量は、システム変換効率 10% で 800 km 四方 (6 千 400 万 ha) の太陽光発電パネルでまかなうことができるという^[93]。この非常に興味深い提案には、主に 3つの大きな問題があると思われる。

その第1は、極めて大規模な超伝導ケーブル網の開発に依存している点である。それなくしては、計画の実現は困難だろう。一般論として、送電というのは、財政面でも、エネルギー利用の面でも非常にコストがかかる仕事である。送電インフラ(高圧電線、鉄塔、変電所など)に使われる金属の量、維持管理に必要な時間と労働力は莫大なものである。ケーブルによる送電は最もコストがかかる長距離エネルギー提供手段で、その次にコストがかかる天然ガスのパイプライン輸送より7倍も高くなるという^[94]。変電所は熱発散によるエネルギー・ロスを伴うが、長距離送電には高圧が効率よいため、欠かすことはできない。(電流を減らし、電圧を高めることによって一定の電力に対する抵抗が減り、熱発散によるエネルギー・ロスが少なくてすむので、相対的に細いケーブルが利用できる。)しかし、電圧を高めるにつれ、強力な絶縁が必要になり、それは雪達磨式に、より高い鉄塔、より多くの金属、より多くの維持管理を必要とすることになる^[95]。

第2点は、日本ばかりではなく、世界中で莫大な数の太陽光発電パネルを製造することになるので、あまりにも巨大な国際プロジェクトになってしまうことである。

第3点は、世界各国の送電網を結合するために、未曾有の国際協力を期待しなければならないことである。送電システムに対する攻撃や悪用(テロリストによる破壊行為や送電システムを乗っ取った国際的な恐喝など)が懸念される。しかし、どの国もお互いに頼りあうという構想には自ずと興味深い利点もあると言えよう。

また別の方法は、ステップ1の段階まで実施することである。晴天日以外の電力は、はずみ車バッテリー(flywheel battery)などの電力貯蔵技術によって蓄えることで、世界の送電網の結合を無用とする^[96]。道路沿いなど、太陽光発電パネルの設置しやすい場所が多く、風力や波力の発電施設が近くにあるとすれば、それらもローカル送電網でつなぎ合わせることができるだろう。こうして生産された電力がその地域内で消費されれば、長距離送電も必要なくなる。しかし、このようなシステムの「問題」は、作られた電力が、中央集権的な重工業施設ではなく、地域内の一般家庭や軽工業施設で使われるであろうことである。最終的な結論はどうであれ、私たちは近未来にかなり大きく生活様式を変化させざるを得ないだろう。それが事実なら、なぜ、生態系からみて異常な今日のライフスタイルとエネルギー消費を前提にして2050年のエネルギーシステムを設計するのだろうか。

さらに、「再生可能なエネルギー源」シナリオの死活問題になるが、必要とされる機器類(水力・風力タービン、太陽光発電パネルなど)は、化石資源が可能にするハイテク産業・工業なくして製造できるものなのだろうか。つまり、水力・風力タービン、太陽光発電パネルが生産する電力で、同じタービンやパネルなどを再生産し、なおも社会的に有効なエネルギーを多量に作り出せるのか。現時点で言えることは、20世紀の石油が提供してくれた「正味」エネルギー(net energy)の規模に匹敵するものを「再生可能なエネルギー源」は提供できないだろうということである。資源エネルギー庁(2000年8月現在)の推計によると、1997年に日本の一次エネルギー消費量の1.2%が再生可能なエネルギー源によって賄われたが、それは2010年には3.1%になるという^[97]。これでは、現在の工業活動を継続させるには程遠い規模である。

1.4.3. 実質価値を計るには：eMergy

任意の活動やプロセスの結果に基づく実質価値の増減を計る、非常に有効かつ広範囲に適用できる測定方法がオダム(Howard T. Odum)によって開発された^[98]。オダムの方法は、すべてのエネルギーと物質の流れを一つの測定基準(エメルギー・eMergy)に変えて、それらのエメルギー(エネルギー・energyではなくエメルギー・eMergy)の流れを計算することによって、正味エメルギー量(エメルギーの増減、エメルギー流入と流出の差)つまり実質価値増減を計算するというものである。この方法は、

「生産活動に必要なエネルギーを実質価値に換算し、測定する科学的な方法」

なのである。

エメルギーは次のように定義される：

「物またはサービスを生み出すために、直接、間接に消費された任意の種類の有効エネルギー。その単位はエムジュール(emjoule)である」^[99]

しかし、様々に異なった種類のエネルギーを同時に計算するには、すべてのエネルギーの単位を統一する必要がある。オダムが使うのは、すべての原材料を生み出すための太陽エネルギーの単位である。

「そうすると、価値というものは、それを生み出すのにソーラーエメルギーをどれだけ使ったかで計られる」^[100]

ソーラーエメルギーの定義は：

「物またはサービスを生み出すために、直接、間接に消費された有効太陽エネルギー。その単位は太陽エムジュール (sej, solar emjoule)」^[101]

「持続可能な」エネルギー・システムとは、1.4.2 で述べたように、将来に何度でも自分そのものを再生するための正味エメルギーを十分に生み出すものをいう。たとえば、ある太陽光発電パネルが作り出すエメルギーには、パネルを再生産してなおかつ利用できる余剰エメルギーがあるのかどうかを、オダムの方法で計ることができる。余剰エメルギーがないとすれば、パネルを作るためにパネルを作っているという無意味な作業になってしまう。オダムは近著の第8章でいくつかの燃料と発電システムの正味エメルギーについて言及している。米国テキサス州オースティン市の太陽光発電施設を分析した結果、そのエメルギー利益率は0.48であった。オダムは「太陽光発電パネルを利用した発電システムを数ヶ所分析したが、エメルギー利益率が1以上になったところはない」と結論づけた^[102]。

オダムのエメルギー分析が示したことは、化石燃料が実質上枯渇すれば、残る実用的なエネルギー源は、バイオマス、火山地帯での地熱発電、そして一部の水力発電と風力発電のみだということである^[103]。頁岩油生産は、エメルギー利益率がわずか0.025なので利用価値がない^[104]。原子力発電所の分析結果は、エメルギー利益率が1.5から3の範囲であった。しかし、原子力発電所はこれまで安価な化石燃料の補助エネルギーによって支えられてきた。化石燃料の価格が上がれば、すべての購入ファクターが高騰するので、発電所は経済性を失うことになる。さらに化石燃料が不足してくれば、原子力発電所への購入ファクターのコストは手が出せないほど高価になるだろう。つまり、表現を変えて言えば、その経済の他分野で有効利用できるはずのエメルギーを原子力発電所は不当に確保しようとして失敗するのである。そうやってまで原子力発電所を運転し続けるのは、全く非合理的な行為と言えよう^[105]。

1.4.4. 他の可能性は？

すべての“新”エネルギー源を合わせて使えば、現在の社会・経済システムを維持し続けるのに足るエネルギーを生産することができるだろうか。上述したことからほぼあきらかだと思うが、エネルギー・エメルギー利益率が低ければ、その答えは“No”だろう。正味エネルギー・エメルギーを生産するのに、あまりにも多くのインフラ（下層構造：建造物、機械、輸送システムなど）土地、原材料、労働力を必要とするので、その他の社会・経済の機能が損なわれることになるだろう。しかしそのことは未来において、再生可能なエネ

ルギー源、省エネ、エネルギー効率向上、コゼネレーション(co-generation)などが、何の役割も果たさないといことを意味するのだろうか。長期展望としては、そのとおりなのである。しかし、中期的展望では、これらの技術は化石燃料の凋落の過渡期においては、現在より低い活動水準で社会の様々な機能を維持するのに役立つし、また真の持続可能な社会への移行を、より快適により滑らかにさせてくれるという役割を担っているかもしれない。つまり、石油がとても高価で手が届かなくなった時代に備えて、現在ある安価な石油を「貯金」という意味で“新”エネルギーの機器類の大量生産に使うのが“新”エネルギーの本当の考え方ではないか^[106]。たとえば、2007年以降、世界の年間石油産出が毎年4%ずつ減るとしよう。穴埋めとして毎年その2%を再生可能なエネルギーで賄い、併せて残りの2%をエネルギー効率向上、省エネなどの導入でカバーするという方法は考えられないだろうか^[107]。また、将来エネルギー投入なしに、古い時代の(つまり現在の)インフラや工業製品を使いまわすことで過渡期をしのぐ手もある。ついには、これら「中間的な」の再生可能なエネルギー源(化石燃料と本当の再生可能なエネルギー源の間にある“新”エネルギー源)例えば、太陽光、風力、海洋エネルギー、地熱、水力発電は、関連機器生産に必要な正味エネルギー(エメルギー)がさらに不足してくれば、しだいに使えなくなるだろう。その後、持続可能な社会への移行が進めば、a)大量のエネルギーを使わずにそれなりの生活ができ、b)大量のエネルギーを消費する機械類がなければ、莫大なエネルギーを作り出す必要(意味)もなくなるというわけである。

第2部：21世紀初頭における日本のエネルギーと食料農業事情

2.1 日本のエネルギーと食料の自給

2.1.1. エネルギー自給

日本の国内主要エネルギー生産は極端に低い。原子力発電からの電力を国内生産分を含めても20.6%、ウランを輸入に依存していることを考慮すればエネルギー自給率は約6.4%にしかない^[108]。(石炭、天然ガスを使っての発電は国内一次エネルギー生産には含まれていない。)もし、国内生産として数えている75兆kcal(3.14EJ)の原子力発電を輸入エネルギーと見なせば、エネルギー供給の輸入エネルギーへの依存度は約93%にのぼる。

表 2.1 日本の一次エネルギー供給、1998年

	10 ¹⁰ kcal	EJ (10 ¹⁸ J)
国内一次エネルギー生産	108,430	4.54
一次エネルギー輸入	436,476	18.28
一次エネルギー輸出	21,651	0.91
一次エネルギー在庫変動	2,185	0.09
一次エネルギー合計	525,441	22.00

出所：省エネルギーセンター「エネルギー・経済統計要覧(2000年版)」p.16-17

表 2.2 は、日本の一次エネルギー輸入量とその費用である。また、総輸入量における割合を示している。

結局日本は、90%以上を国外からのエネルギー源に頼っている。そして、総輸入額のほぼ14%が輸入エネルギーへの支払いである。(これにはウランの代金やヨーロッパでの使用済み燃料処理にかかる費用・輸送料が含まれていないので、それらを合算すると支払額がさらに高くなるはずである。)

表2.2: 日本のエネルギー輸入数量と金額、1998年

	輸入数量*	億円	%
輸入合計		366,536	100.00
石炭 (1000 t)	131,764	8,010	2.19
石油 (1000 kl)	255,225	29,304	7.99
LPG (1000 t)	14,330	3,256	0.89
LNG (1000 t)	49,133	10,160	2.77
合計		50,730	13.84

* 輸入量の単位は左欄に示してある

出所: 総務庁統計局「日本の統計 2000」p.178, 182

2.1.2. 食料自給

1999年現在の公式発表では、1998年の日本の食料自給率はカロリーベースで40%、残り60%が輸入である^[109]。この年初めて、国内食料供給分の中に備蓄米の減少を計算に入れての自給率がはじき出された。以前のままの計算でいくと食料自給率は39%、穀物自給率は26%になるはずである。公式の自給率データを図3と表2.3に、国際比較データを表2.4と表2.5に示した。

表2.3は、1960年の時点なら完全な食料自給を目指すことが簡単にできたにもかかわらず、現在の日本が国際市場にいかに依存し過ぎているかを示している。表2.4は米国と西ヨーロッパ諸国の穀物自給率が100%、カロリーベース食料自給率が75%以上であることを示している。表にある各国の国土面積における耕地などの割合を見てみたい。日本の特徴は、相対的に大きな森林面積と高い人口密度である。したがって、耕地と居住地という比較的平坦な土地に対し極端な圧力がかかっている。もし食料危機になったときには、その圧力が一気に森林に及ぶと予想できる。



出所: 表 2.3 と同じ

表2.3: 日本の食料自給率の推移、1960年 - 1998年(昭和40年度 - 平成10年度) 単位: %

	1960年	1970年	1980年	1990年	1995年	1998年
	熱量・主食・穀物自給率					
供給熱量自給率 1)	79	60	53	47	42	40
主食用穀物自給率 2)	89	74	69	67	64	59
穀物自給率 2)	82	46	33	30	30	27
	品目別自給率 2)					
米	102	106	100	100	103	95
小麦	39	9	10	15	7	9
豆類	44	13	7	8	5	5
大豆	28	4	4	5	2	3
うち食料用	-	-	28	28	15	19
野菜	100	99	97	91	85	84
果実	100	84	81	63	49	49
肉類	93	89	80	70	57	55
鶏卵	101	97	98	98	96	96
牛乳及び乳製品	89	89	82	78	72	71
魚介類	110	108	104	86	75	66
砂糖類 3)	18	22	27	33	35	32
油脂類	42	22	29	28	15	14*

1) (国産供給熱量 ÷ 国内総供給熱量) × 100 [熱量ベース自給率] (カロリーベース食料自給率)

2) (国内生産量 ÷ 国内消費仕向量) × 100 [重量ベース自給率]

3) 沖縄を含む

出所: 農林水産大臣官房調査課「平成8年度食料需給表」p.236-238

農林統計協会「食料・農業・農村白書附属統計表」平成11年度、p.27, 96

* 1997

表2.4: 人口、食料自給率、土地利用の国際比較

	穀物生産量	穀物の国内供給量	食料自給率		土地面積	農用地
	トン (1997年)		穀物	熱量	1000 ha (1994年)	
米国	334,541,826	248,614,269	134.6%	132%	915,912	420,250
フランス	63,388,322	33,232,331	190.7%	139%	55,010	30,029
ドイツ	45,485,770	35,652,338	127.7%	97%	34,927	17,308
イギリス	23,519,000	20,353,609	115.6%	77%	24,160	17,046
日本	9,153,347	37,245,910	24.6%	41%	37,652	5,083
	耕地	森林及び隣地	耕地割合	森林割合	人口 (1998)	人口密度
	1000 ha (1994年)		%	%	1000人	cap/km ²
米国	178,950	295,990	19.54%	32.32%	274,028	30
フランス	18,242	15,105	33.16%	27.46%	58,683	107
ドイツ	11,805	10,700	33.80%	30.64%	82,133	235
イギリス	5,902	2,390	24.43%	9.89%	58,877	244
日本	3,999	25,000	10.62%	66.40%	126,281	335

出所: 農林統計協会「食料・農業・農村白書附属統計表」平成11年度、p.49

表 2.5 は人口 1 億人以上の国の穀物自給率を示している。日本以外の国々の自給率は 80% 以上である。ただし、中には急激な人口増加で今後食料の大量輸入を必要とする国もある。日本の状況はすでにそのような国々をはるかに通り越しているのである。

表2.5: 人口1億人以上の国の穀物自給率、1997年

	穀物自給率 (%)	順位 (/178)
米国	135	8
ロシア	102	31
インド	100	33
中国	96	41
パキスタン	94	45
ナイジェリア	93	49
インドネシア	88	57
バングラデシュ	88	57
ブラジル	84	63
日本	25	130

出所：赤旗新聞、1999年10月20日、p.8

1995年以降、日本が世界貿易機構体制で米の輸入を義務づけられたことが国内外で多くの議論を呼び起こした。表2.6では、未だに安定しない米貿易事情のデータを示している。

表2.6: 日本の米輸入・輸出量、1995年 - 1998年(平成7年 - 10年)

	生産量(トン)	輸入量(トン)	輸出量(トン)
1995年	10,750,000	495,000	581,000
1996年	10,340,000	634,000	6,000
1997年	10,030,000	634,000	201,000
1998年	8,960,000	749,000	876,000

出所：農林統計協会「食料・農業・農村白書附属統計表」平成11年度、p.95

いわゆるバブル経済が1990年代にはじけるまで、日本では長年地価が上昇しつづけてきた。これが、日本全体の物価水準を押し上げ、国際的に見ても食料価格が非常に高くなる原因となった。そこへ価格の安い輸入米がやってきて国内米価が下落しているのが現状である。同時に、国内の米の消費量が年々減少していることで、米作農家の経営状態が圧迫されている。1995年に流通米の価格規制が廃止され、米価が下落した。政府買い入れ米価は1俵(60kg)当たり16500円から16217円に下げられ、1994年以降一般的な銘柄米の価格は平均18%から28%前後下落し、今もその傾向が続いている^[110]。(ここでは、その年の実際の価格だけをみている。その間日本ではインフレーションがほとんどなかったため、価格にインフレ上昇分の計算はしていない)これは、農民の生活と、生産意欲に深刻な影響を与えている。中期的将来に食料不足という事態があり得ると考えられている時期に、米の生産力を高めるところかむしろ弱体化させている。このことは、国の主食を守る政策として正しいとは言えない。

米生産問題のもう一つの側面は「自由貿易」である。国家が、なぜ食料のような基本的な生活必需品の自給をはかるようにしているかということ、絶対に必要なものを国際市場に依存することを避けるためである^[111]。基本的な製品やサービスを自給することは、国の安全、主権、基幹産業の存続を保障する。そのような政策を怠るようでは国の将来が危うくなるばかりである。生命維持に必要な物資の貿易は、国家間の物価水準の違いから一方の

国における（必要物資の）生産に打撃を与えることがあり、危険である。つまり、安価な必要物資を輸入し、国内生産を弱体化させられた方の国民は、過度の海外依存度による不安感を覚える。ここ40年来日本はこの道を歩んできてしまった。しかし、世界の食料供給が逼迫したときには、安価な輸入に頼るといえる考えはますます非現実的なものになるだろう。だからこそ、日本はいざという時のために食料の自給ができるような政策を打ち出す必要があるのではないか。

表2.7: 主要貿易穀物の生産量、貿易量、日本の輸入量に占める各国・地域のシェア
(1996 - 1998年平均)

小麦	1000 トン	シェア (%)		1000 トン	シェア (%)		1000 トン	シェア (%)		1000 トン	シェア (%)
生産	数量		輸出			輸入			日本の輸入相手国		
中国	114620	19.3	米国	28718	29	エジプト	6870	6.9	米国	3262	54.4
EU	99386	16.7	カナダ	17903	18	ブラジル	6710	6.7	カナダ	1545	25.8
米国	66311	11.1	オーストラリア	16605	16.7	日本	6002	6	オーストラリア	1193	19.2
インド	65760	11.1	EU	14378	14.5	アルジェリア	4412	4.4			
その他	248790	41.8	その他	21590	21.8	その他	75558	75.9			
合計	594867	100	合計	99194	100	合計	99552	100	合計	6000	100

トウモロコシ	1000 トン	シェア (%)		1000 トン	シェア (%)		1000 トン	シェア (%)		1000 トン	シェア (%)
生産	数量		輸出			輸入			日本の輸入相手国		
米国	238779	49.2	米国	45442	69.7	日本	16050	25	米国	14852	92.5
中国	118950	20.1	アルゼンチン	9948	15.3	韓国	8034	12.5	アルゼンチン	613	3.8
EU	36928	6.2				中国	5741	8.9			
ブラジル	32075	5.4				エジプト	2858	4.4			
その他	166015	28	その他	9851	15.1	その他	31626	49.2	その他	585	3.6
合計	592747	100	合計	65205	100	合計	64309	100	合計	16050	100

大豆	1000 トン	シェア (%)		1000 トン	シェア (%)		1000 トン	シェア (%)		1000 トン	シェア (%)
生産	数量		輸出			輸入			日本の輸入相手国		
米国	70996	49.2	米国	24240	66.9	EU	13569	39.1	米国	3852	78.7
ブラジル	27105	18.8	ブラジル	7087	19.6	日本	4893	14.1	ブラジル	487	10
アルゼンチン	14060	9.7				中国	4875	14.1			
中国	13961	9.7				メキシコ	3316	9.6			
その他	18284	12.7	その他	4893	13.5	その他	8024	23.1	その他	554	11.3
合計	144406	100	合計	36220	100	合計	34677	100	合計	4893	100

出所：農林統計協会「食料・農業・農村白書附属統計表」平成11年度、p.43

2.1.3. 日本の食料輸入

表2.7は、国際穀物貿易での様々な国のシェアを示している。この表に見られる日本と米国の役割には興味深いものがある。日本は、中東に石油と天然ガスを依存しているのと同様、米国に穀物をほぼ依存している。飼料用穀物の輸入がその大部分なので、表2.8の数字を見ることは重要である。特にこうりゃんは約8割は米国からの輸入であったことをつけ加えておく^[112]。日本は飼料用穀物が容易に自給できた1960年から40年足らずで、海外に50%も依存するということろまで来てしまった。しかしながら、もし動物性たん白

質の摂取を減らせば、飼料用穀物の需要も減るはずである。さらに、飼料作物の栽培のために使われる農地が人間用の食料作物に転用されれば、食料自給率はあがるだろう。一般にいえば、どのような食生活を選ぶかという問題だが、食料が不足すると、家畜を養うより穀物を直接摂取する方を選ぶのが当然だろう。それでも動物性タンパク質は摂取できる。ヤギ、鶏、アヒル、ウサギなど、人間と食料が競合しない家畜を育てれば良いのである。

表2.8: 日本の飼料の輸出入実績 (1997年)

輸入	数量 (1000トン)	価格 (100万円)
小麦 (飼料用)	987	25,477
大麦及び裸麦 (飼料用)	1,413	27,421
トウモロコシ (飼料用)	11,372	207,892
ライ麦 (飼料用)	273	5,075
こうりゃんその他のグレーンソルガム	2,595	44,590
穀物のわら及び殻	456	12,162
大豆油かす	803	31,931
ビートパルプ、バガス類	698	15,990
ペットフード	426	72,276
合計	20,180	500,874
輸出	33	9,819

出所:「ポケット農林水産統計 平成11年 1999」p.302, 303

表 2.9: 飼料需給動向 (1960年、1998年) 単位: 1000トン

	1960年		1998年	
	DRP	TDN	DRP	TDN
需要量	1,347	10,423	4,702	26,173
国内供給	1,073	8,650	2,620	10,323
輸入量	304	1,898	2,082	15,852
飼料自給率	78.1%	83.0%	55.7%	39.4%

出所:農林統計協会「食料・農業・農村白書附属統計表」平成11年度、p.123-124

DRP = 可消化粗たん白質, TDN = 可消化養分総量

「可消化養分総量」とは、家畜が消化できる養分の総量を数値化したもので、算出方法は、次式のとおり。

可消化養分総量 = (粗たん白質率 × その消化率) + (粗脂肪 × その消化率 × 2.25) + (可溶性無窒素物 × その消化率)

2.1.4. 今後の世界人口について

世界穀物貿易が今後どのような動きをするのかは、国連による世界人口予測、各国の人口動向や過去数十年間の一人当り穀物生産高の傾向を見ることで、ある程度見通すことができる。

これからの世界人口を予測する方法として、各国の近年の動向をそのまま延長して計算するのが一般的である。この予測方法は過去においては有効であったが、1990年代に入り、たとえば地域によってその人口が生態的な限界に達し、また、アフリカでのエイズ禍で死亡率が高まったために、国連はその人口予測値を下方修正せざるを得なかった^[113]。表 2.10

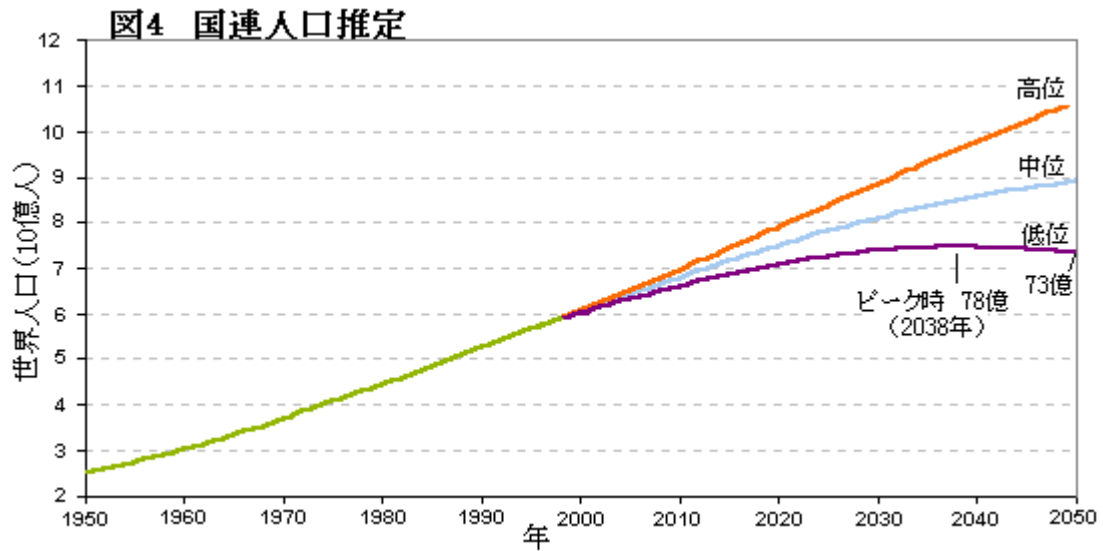
は、現在人口急増国の人口予測を示している。これらの国の人口が2050年に2倍や3倍になるとは考えにくい、近年の動向をそのまま延長して計算するとそういうことになるだろう。未来を正確に知ることはできないので、飢饉、戦争、疫病などの状況による死亡率の上昇は、人口予測の計算に入れることはできない。今後の世界人口動向をある程度知る手段として「妥当」と思われる一つの方法は、1998年の国連世界人口予測改訂版の、低位人口予測を見ることである。これによると、2038年で世界人口が78億人のピークを迎え、2050年までに73億人まで減少するという。(図4)。メディアがしばしばとりあげる中位・高位の予測値、90億人とか100億人とかに達することは考えにくい。いずれにせよ、2040年前後までには世界人口が現在より約25%増加することになるので、中期的には、農地や穀物生産に対する圧力が大変厳しいものとなるだろう。

表 2.10：人口急増国の人口予測、1998年 - 2050年（推定増加率順位）

国名	1998年	2050年	2050年 ÷ 1998年
イエメン	16,887	58,801	3.482
コンゴ民主共和国	49,139	160,360	3.263
ウガンダ	20,554	64,850	3.155
アフガニスタン	21,354	61,004	2.857
エチオピア	59,649	169,446	2.841
ガーナ	19,162	51,802	2.703
サウジアラビア	20,181	54,461	2.699
イラク	21,800	54,916	2.519
タンザニア	32,102	80,584	2.510
パキスタン	148,166	345,484	2.332
ナイジェリア	106,409	244,311	2.296
スーダン	28,292	59,176	2.092
アルジェリア	30,081	57,731	1.919
フィリピン	72,944	130,893	1.794
ケニア	29,008	51,034	1.759
コロンビア	40,803	71,550	1.754
イラン	65,758	114,947	1.748
エジプト	65,978	114,844	1.741
バングラデシュ	124,774	212,495	1.703

出所：United Nations World Population Estimates and Projections, 1998 Revision (www.popin.org/pop1998/)

2、30年先まで世界の穀物貿易が價格的量的に安定するものと、日本が期待するのは無理があることを示す根拠はさらに2つある。図5を見ると、一人当りの世界穀物生産高は過去20年停滞し、一人当たり300kgを前後しており、21世紀の最初の10年で減少に転じる恐れもある。二番目は、20世紀中ごろからの50年間、世界の人口が農業の科学的進歩に支えられてきたことである。それは、化学肥料、農薬、新品種開発、農業の機械化、灌漑、大規模単作など、化石燃料の使用によって実現された。しかし、表2.11にあるように、土地生産性の伸びは鈍化し、穀物生産における顕著な技術革新がない限り、土地生産性は今後数十年先には停滞するだろう。したがって、人口増加に基本食料生産の限界という現実が衝突すると、21世紀初頭の世界穀物貿易は極めて逼迫する可能性がある。以上の2点から、日本が自国の食料を国際穀物貿易に全面的に頼るのは大変危険な賭けであると思われるのである。



出所：表 2.3 と同じ

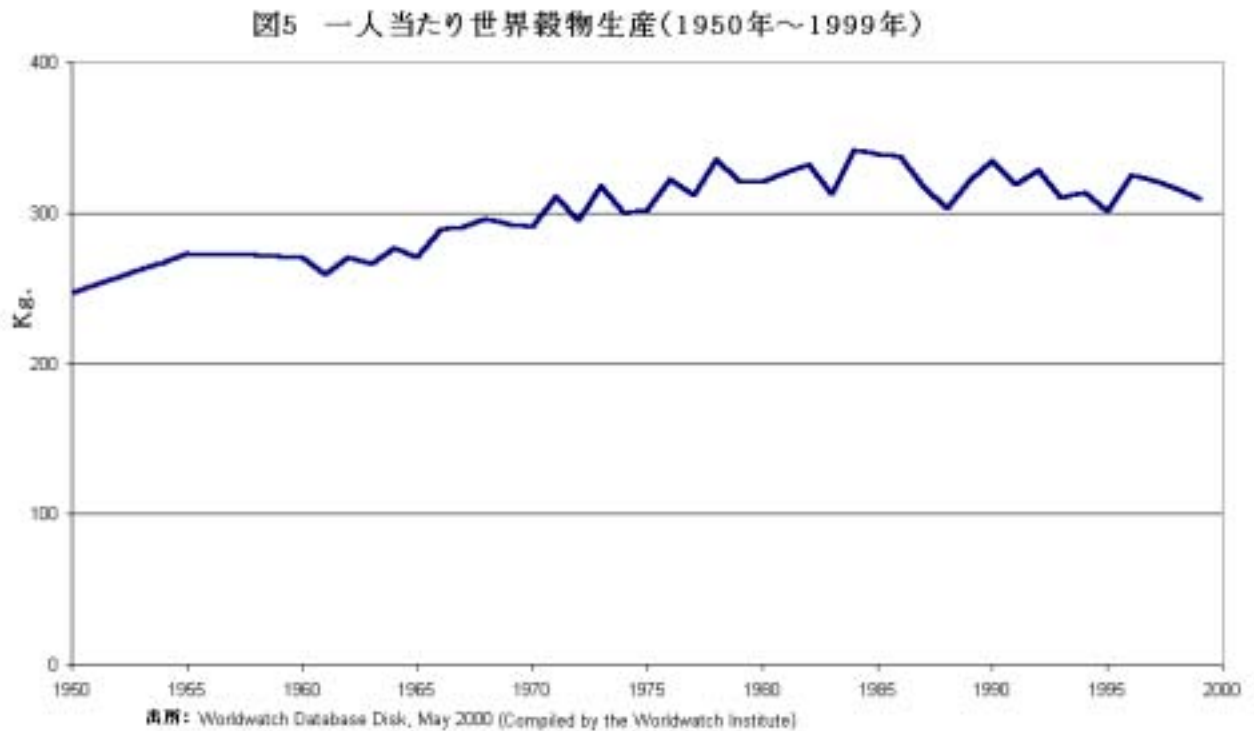


表2.11: 世界の穀物生産の単収の伸び、1960年代 - 1990年代

	1961年 - 1963年	年率 (%)	1971年 - 1973年	年率 (%)	1981年 - 1983年	年率 (%)	1992年 - 1994年
単収 (kg/ha)	1410	3.0	1900	2.0	2310	1.7	2790

出所：三輪昌男監修「ファクトブック'98」JA中全、p.6

2.1.5. 食料（とエネルギー）輸入の価格

2.1.1 でエネルギーに関して見てきたように、日本の輸入の何%が食料輸入で占められているのかを簡単に見てみよう。食料輸入の価格と総輸入量中の割合を表 2.12 に示した。

表2.12: 日本の食料貿易金額、1998年

	億円
A: 食料輸入	54,112
B: 食料輸出	2,606
食料輸入超過(A - B)	51,506
輸入総額	366,536
輸入総額中食料輸入超過の割合	14.05%

出所: 「日本の統計2000」 p.178

食料とエネルギーの価格が二倍に上昇した場合、日本の収支バランスにはどのような影響があるだろうか。

表2.13: 日本の食料及びエネルギー輸入金額1998年、単位: 億円、%

食料及びエネルギー輸入総額	102,236
輸入総額中食料及びエネルギー輸入総額	27.89%
輸出総額	506,450
輸出総額中食料及びエネルギー輸出総額	20.19%
貿易収支	139,914
食料及びエネルギー輸入金額が倍になった場合の貿易収支	37,678

出所: 「日本の統計2000」 p.178, 182

表 2.13 から、日本の食料とエネルギー輸入が輸入支払いの 28%程度を占めていることがわかる。日本は現在貿易収支が健全な状態であるので、食料とエネルギー価格が二倍になったとしても、日本の貿易収支は依然として黒字である。しかし、不安要素が二つある。一つは、食料とエネルギーが非常に基本的な生活必需物資であるがゆえに、これらの価格の変動が経済全体に波及し物価を上下させる要因となることである。したがって、エネルギーと食料の価格上昇があれば、国際貿易における日本の競争力が弱まり、貿易収支が急激に縮小するだろう。二つ目は、基本的な生活必需物資の価格が二倍になることはありえないと考えるかもしれないが、1.3 でみたように 1999 年 2 月から 2000 年 2 月にかけて、原油価格が 3 倍に跳ね上がったという事実である。いざとなると、日本の貿易黒字はあっという間に帳消しになってしまうだろう。もし日本が生活必需物資の大量輸入ができなくなれば、日本経済は底なしの下降スパイラルのわなにはまる可能性が非常に高いのである。

2.2 日本の人口

日本の未来の食料安全保障を議論するには、日本の人口が今後 50 年ないし 100 年の間にどう推移するかという概略を知る必要がある。

1999 年の日本の人口は 1 億 2648 万 6 千人である^[114]。21 世紀の最初の 10 年間に、約 1 億 2700 万人から 1 億 2800 万人の間、約 1 億 2750 万人ほどでピークを迎えるだろう。このピークの数字を日本の人口の最大値として以下の考察で用いることとする。

表 2.14 は、国立社会保障・人口問題研究所 (IPSSR) が、日本の人口を予測するにあたって基礎としている合計特殊出生率 (total fertility rate, TFR、一人の女性が一生の間に産む子供の平均数) に関する想定である。

表2.14: 仮定された合計特殊出生率の推移

年	低位	中位	高位
1995	1.42170	1.42170	1.42170
1999	1.32764	1.38001	1.47012
2000	1.31050	1.37987	1.49919
2005	1.28053	1.42630	1.65537
2010	1.30309	1.49890	1.76345
2015	1.34169	1.55662	1.81862
2020	1.36964	1.59335	1.84480
2025	1.37866	1.60607	1.85208
2030	1.38066	1.60960	1.85367
2050	1.38066	1.60960	1.85367

出所: 国立社会保障・人口問題研究所、www.ipss.go.jp/

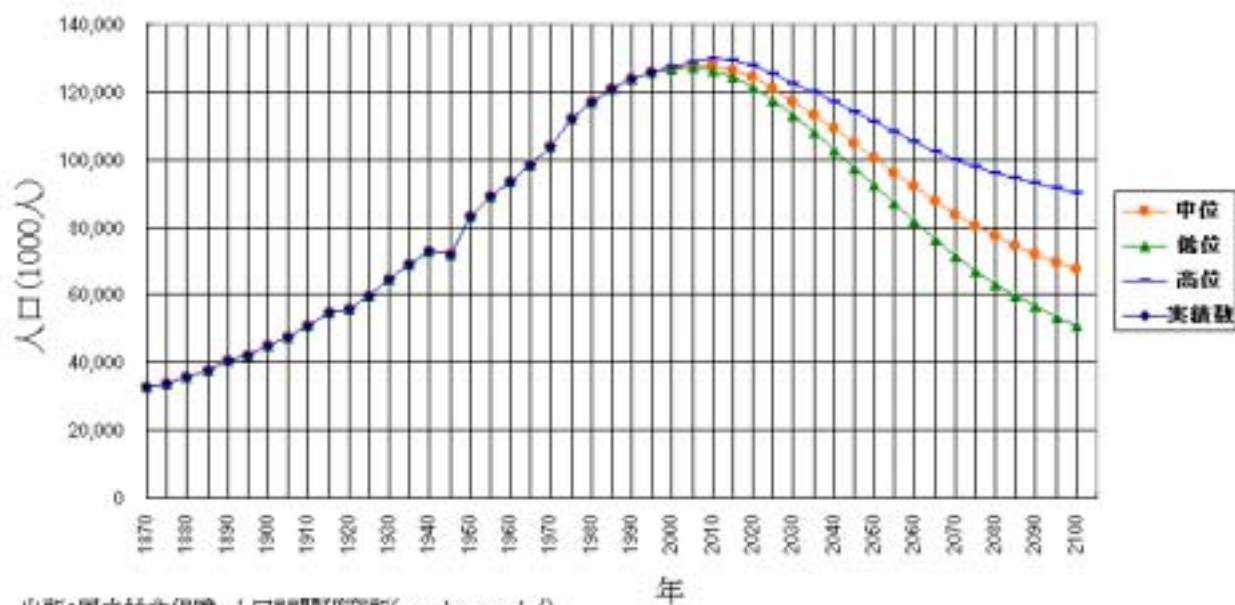
1999年のTFRは実際に1.34であり、表2.14に示された中位と低位の間に当たる^[115]。そうすると、図6、図7、表2.15から、日本の人口のピークは、2005年から2006年あたりで約1億2750万人と予測できる。

表2.15: 日本の人口のピーク (1000人)

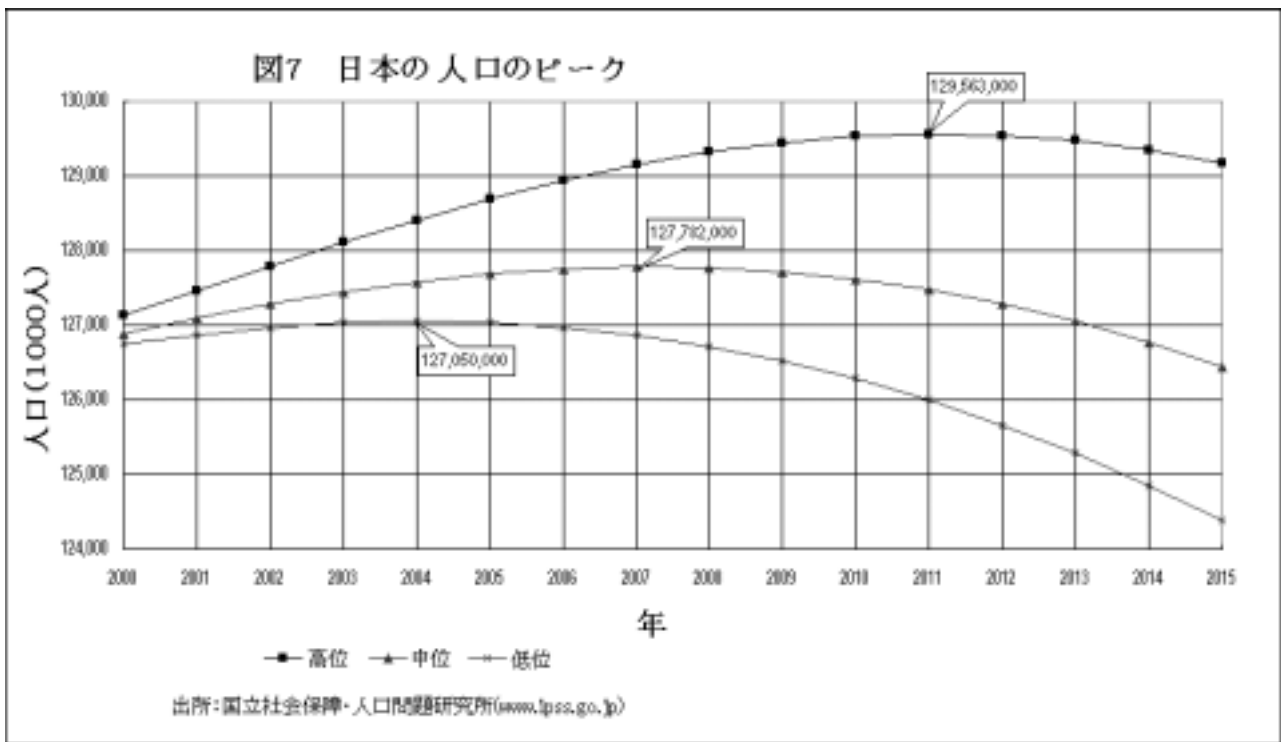
低位	中位	高位
2004年	2007年	2011年
127,050	127,782	129,563

出所: 国立社会保障・人口問題研究所、www.ipss.go.jp/

図6 日本の人口(1870年~2100年)



出所: 国立社会保障・人口問題研究所(www.ipss.go.jp/)



日本の人口の歴史的統計(表 2.16)は、食料輸入開始前の伝統的農業下における日本の人口がどの程度だったかを教えてくれる。日本の人口は江戸時代後期の1720年から明治維新の1868年にかけて、約3千万人で安定していた^[116]。その人口が1868年から130年間で約4.2倍(126,500,000 ÷ 30,000,000)に増えたことがわかる。

IPSSRは、2100年までの日本人口を予測した(表 2.17)。それによると、早くとも2080年、遅くとも22世紀には昭和初期の人口に戻るといふ。この間に予期せぬ変化がないとすればの話だが。

表2.16 : 日本の人口成長、1872年 - 1995年 (1000人)

年(西暦)	元号	人口
1872	明治5年	33,111
1875	明治8年	33,997
1900	明治33年	44,826
1925	大正14年	59,737
1945	昭和20年	71,998
1960	昭和35年	93,419
1970	昭和45年	103,720
1980	昭和55年	117,060
1990	平成2年	123,611
1995	平成7年	125,570
1999	平成11年	126,486

出所: 東洋経済新聞社「明治大正国政総覧」p.634

東洋経済新聞社「昭和国勢総覧」p.23

「日本の統計2000」p.8

表2.17:2000年以降の日本の将来推計人口 (1000人)

年	低位	中位	高位
2000	126,742	126,892	127,140
2010	126,281	127,623	129,531
2020	121,391	124,133	127,608
2030	112,938	117,149	122,473
2040	102,820	108,964	116,868
2050	92,309	100,496	110,962
2060	81,698	91,848	105,007
2070	71,594	83,773	99,850
2080	63,316	77,375	96,104
2090	56,569	72,068	93,015
2100	50,884	67,366	90,085

出所:国立社会保障・人口問題研究所、 www.ipss.go.jp/

2.3 日本の農地資源

日本の農地の食料生産能力の概要を把握するために、主な作物の作付状況を簡単に見てみよう。

表 2.18 は、耕地面積と、作付延べ面積、農地利用率を表している。これら 3 つの関連は：

$$\text{耕地面積} \times \text{農地利用率} = \text{作付延べ面積}$$

$$(\text{作付延べ面積} \div \text{耕地面積}) \times 100 = \text{農地利用率}$$

農地によっては 1 年に 2 回作付ができるので、実際の耕地面積より、作付面積は広くなる。農地を効率よく使えば農地利用率は 100%以上になる。日本の農地利用率は 1956 年には 137%であったが、北日本で冬季に農耕ができないことを考えれば、現実的には 140%程度が限界だと思われる。1956 年の作付延べ面積は史上最も広がった。1961 年の耕地面積もまた史上最も広い。理論上の日本における最大耕地面積は次のように計算できる。

$$6,086,000 \text{ ha} \times 140\% = 8,520,400 \text{ ha}$$

つまり、約 850 万 ha となる。それにしたがって人口ピーク時における一人当りの最大耕地面積を計算すると：

$$8,500,000 \text{ ha} \div 127,500,000 = 0.06745 \text{ ha} \quad (\text{耕地 1ha 当たり 14.8 人})$$

つまりそれは、食料を輸入しない場合に、日本の耕地 1 ha 当たりで 14.8 人の食料を賄うということである。ところが、1998 年現在の耕地面積は 490 万 ha で、利用率にして 94% である。したがって、このままだと人口ピーク時には一人当りの耕地面積は、

$$(4,900,000 \times 94\%) \div 127,500,000 = 0.036 \text{ ha} \quad (\text{耕地 1ha 当たり 27.8 人})$$

これは、後述するように、大変困った状況である。

表2.18: 日本の耕地利用率、1956年-1998年 (1000 ha, %)

	1956年	1961年	1969年	1973年	1985年	1998年
作付延べ面積	8270	8071	6809	5663	5656	4616
うち 稲	3243		3274	2620	2342	1801
麦類	1720		604	176	350	276
豆類	707		339	294	250	183
飼肥料作物	386		698	842	1049	1038
その他	2214		1894	1731	1665	1318
耕地面積	6012	6086	5852	5647	5379	4905
農地利用率 %	137.6	132.6	116.4	100.3	105.1	94.1
うち 稲 %	53.9		55.9	46.4	43.5	36.7
麦類 %	28.6		10.3	3.1	6.5	5.6
豆類 %	11.8		5.8	5.2	4.6	3.7
飼肥料作物 %	6.4		11.9	14.9	19.5	21.2
その他 %	36.8		32.4	30.7	31	26.9

注: 「その他」とは、かんしょう、雑穀、果樹、野菜、工芸作物、桑などである。

出所: 農林統計協会「食料・農業・農村白書附属統計表」平成11年度、p.65

1961: 東洋経済新聞社「完結昭和国勢総覧(1)」p.164, 169

日本が輸入している食料の生産にはどのぐらいの耕地が利用されているのか、大雑把に把握することができる。表2.19のように、農林水産省はその面積を1200万haと試算している。

表2.19: 海外耕地に対する依存度、1996年 (1000 ha)

作物	小麦	トウモロコシ	大豆	その他作物	畜産物*	合計
作付面積	2,420	2,150	1,890	2,940	2,500	12,000
日本国内耕地面積 (1996年)						4,994
日本人の食料全体を生産する耕地面積						16,994
海外耕地に対する依存度						70.6%

* 飼料を生産するのに必要な農地面積で換算

出所: 日本農業新聞「21世紀の農政の基本方向」p.58

そこで、日本の人口ピーク時の耕地面積が表2.19と同程度として、日本人1人当たりの耕地面積を計算すると次のとおりになる:

$$16,994,000 \div 127,500,000 = 0.133 \text{ ha (耕地 1ha 当たり 7.5 人)}$$

この数字は、後述するように、妥当と言えるもので、日本が未来において目指すべき理想的な目標と考えられる。

1962年には日本人一人当りの米の消費量が118kgあったのに、1998年には65kgにまで減少したことによって、1999年現在の農地利用率は90%台に落ち、しかも深刻な生産過剰を避けるために、米の生産調整(いわゆる減反)が導入された。2.1.2で前述したように、日本の場合は生産過剰即輸出というわけにはいかない経済的な理由がある。農林水産省による生産調整の統計は表2.20のとおりだが、耕作されなかった水田面積がどれほどかは不明である。表2.20の「その他」の項には不作付面積が含まれていると推測されるが、定かではない。そこで、平成11年度の食料・農業・農村白書を見てみると、サマリーp.21のグラフに、1995年から1998年までの4年間に平均20万ha程度の水田が不作付だったことが示されている。大量の農産物(米も含む)を輸入する一方で、国内では不作付農地を増やしていることに多くの日本人が怒りを覚えている。その解決には、日本の消費者が意

識を変え、国産米の消費を増やし、日本の伝統食を見直すことが求められる。

表2.20: 米の生産調整面積の実績と転作面積、1990年-1999年 (1000 ha)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
生産調整面積の実績	849	852	751	713	588	663	787	798	954	957
転作面積*	593	583	503	441	349	384	457	455	545	548
その他	256	269	248	272	239	279	330	343	409	409

*「転作」とは、飼料作物、麦、大豆、野菜である。

出所：農林統計協会「食料・農業・農村白書附属統計表」平成11年度、p.98

また表 2.21 をみると、生産調整（減反）に加えて、約 4 万 ha の農地が毎年消失していることがわかる。

表2.21: 田畑別拡張・かい廃面積、1990年 - 1997年 (ha)

かい廃	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	90-97平均
田	22,200	22,100	23,200	21,800	20,200	20,400	21,100	23,100	
畑	28,200	28,200	27,700	28,200	31,300	32,100	29,100	28,000	
合計 (A)	50,400	50,300	50,900	50,000	51,500	52,500	50,200	51,100	50,863
拡張									
田	225	561	684	1,110	2,850	1,250	308	202	
畑	14,900	10,900	10,300	8,680	7,080	6,650	5,470	6,150	
合計 (B)	15,125	11,461	10,984	9,790	9,930	7,900	5,778	6,352	9,665
かい廃超過分 (A B)	35,275	38,839	39,916	40,210	41,570	44,600	44,422	44,748	41,198

出所：瑞穂協会「ポケット米麦データブック 平成10年度 1998」p.11

農地かい廃の理由は表 2.22 に示されている。

表2.22: 耕地のかい廃要因、1997年-1998年 (ha, %)

	耕作放棄など	工場用地	宅地など	道路鉄道用地	農林道など	植林	自然災害	計
ha	21,270	2,036	11,630	3,110	1,112	1,373	2,532	43,063
%	48.4%	3.7%	26%	6.2%	1.6%	2.2%	4.9%	100%

出所：農林統計協会「食料・農業・農村白書附属統計表」平成11年度、p.58

耕作放棄について様々な理由が考えられるが、主として農業者の高齢化や死亡、後継者不在があげられる。耕作放棄の次にかい廃要因となっている宅地などへの転換については、日本の人口が 21 世紀初頭にピークを迎えた後に減少に転じれば、自ずと解消する方向に向かうだろう。

2.4 日本の食料生産

2.4.1. 主食：米、大豆、麦類、

主要食料用作物の歴史的なデータから、農地利用と伝統的食生活に関する情報が読み取れる。ここでは、米、大豆、麦類について見てみよう。

日本における米生産の歴史的統計を表 2.23 にまとめた。そのポイントは：

- * 米の収穫量は 1870 年代には 1ha 当たり 1.5 トンだったが、1990 年代には 5 トンにまで増えた。
- * 1967 年は米生産のピークで、1450 万トン弱であった。
- * 米の延べ作付面積（二期作を含む）は、1880 年代に約 250 万 ha だったが、1960 年に

330万 ha でピークを迎え、1998年現在では、約180万 ha 弱に減っている。

- * 1人当たりの米生産量は、1880年の130kgから1920年の160kg余りに増えた。1945年には81kg(終戦が原因というよりも、異常気象であったため)に減少したが、1967年には145kg弱まで増えた。しかし1998年現在では約70kgにまで減っている。
- * 日本人1人当たりの米消費量は、1935年前後で約135kgというピークに達した。戦後は1962年に約118kgと、再びピークを迎えたが、それ以降減り続け、1998年現在は65kgと減る一方である。

表2.23：日本の米生産、1878年 - 1998年

年 (元号)	年 (西暦)	生産量 トン	作付面積 ha	収量 kg/10a	1人当たりの生産量 kg/人	一人当たりの消費量 kg/人/年
M11	1878	3,792,381	2,469,200	153.59	108.67	
M13	1880	4,715,061	2,548,881	184.99	131.23	
M23	1890	6,455,671	2,725,100	236.90	159.58	
M33	1900	6,219,963	2,805,096	221.74	138.76	
M43	1910	6,995,006	2,925,077	239.14	137.20	
T9	1920	9,481,281	3,100,710	305.78	163.70	
S5	1930	10,031,000	3,212,000	312.30	155.64	
S10	1935	8,619,000	3,178,000	271.21	124.45	
S11	1936	10,101,000	3,180,000	317.64	144.07	135
S15	1940	9,131,000	3,152,000	289.69	124.95	
S20	1945	5,872,000	2,869,000	204.67	81.56	
S25	1950	9,651,000	3,011,000	320.52	116.00	
S30	1955	12,385,000	3,222,000	384.39	138.73	
S35	1960	12,858,000	3,308,000	388.69	137.64	114.9
S37	1962	13,009,000	3,285,000	396.01	136.68	118.3
S40	1965	12,409,000	3,255,000	381.23	126.27	111.7
S42	1967	14,453,000	3,263,000	442.94	144.25	103.4
S45	1970	12,689,000	2,923,000	434.11	122.34	95.1
S50	1975	13,165,000	2,764,000	476.30	117.61	88.0
S55	1980	9,751,000	2,377,000	410.22	83.30	78.9
S60	1985	11,662,000	2,342,000	497.95	96.34	74.6
H2	1990	10,499,000	2,074,000	506.22	84.90	70.0
H5	1993	7,834,000	2,139,000	366.25	62.70	69.2
H7	1995	10,748,000	2,118,000	507.46	85.59	67.8
H8	1996	10,344,000	1,977,000	523.22	82.18	67.3
H10	1998	8,960,000	1,793,000	499.72	70.84	65.1

出所：農林水産省経済局統計情報部「平成8年産作物統計」p.144

1878年の作付面積：東洋経済新聞社「明治大正国勢総覧」p.509

1935年1人当たり消費量：国勢社、日本国勢図会、CD-ROM 1997/98年版

1960年-1996年1人当たり消費量：農林水産大臣官房調査課「平成8年度食料需給表」p.64-68

1998年1人当たり消費量：農林統計協会「食料・農業・農村白書附属統計表」平成11年度、p.17

その他1998年の統計：農林統計協会「農業白書附属統計表」平成10年度、p.60

日本に米の増産能力があるのは明らかだが、食料危機にならない限りその能力は発揮されずに放っておかれるのだろうか。

表2.24: 日本大豆生産、1878年-1998年

1	2	3	4	5	6	7	8	9
年	年	作付面積	生産量	10アール当 たり収量	輸入量	自給率	1人当たりの 生産量	1人当たりの生 産量+輸入量
(元号)	(西暦)	(ha)	(トン)	(kg)	(トン)	(%)	(kg/人/年)	(kg/人/年)
M11	1878	411,200	211,700	51			6.07	
M13	1880	420,200	301,300	72			8.39	
M25	1892	439,800	401,300	91			9.77	
M28	1895	427,700	408,100	95			9.65	
M33	1900	453,900	459,500	101			10.25	
M43	1910	474,200	438,200	92			8.59	
T9	1920	472,000	550,900	117			9.51	
T14	1925	393,800	465,500	118			7.50	
S5	1930	346,700	391,400	113	432,631	47.5	6.07	12.79
S15	1940	324,800	319,900	98	401,983	44.3	4.38	9.88
S20	1945	257,000	170,400	66	371,746	31.4	2.37	7.53
S25	1950	413,100	446,900	108	204,000	68.7	5.37	7.82
S27	1952	409,900	521,500	127	167,000	75.7	6.08	8.02
S30	1955	385,200	507,100	132	808,000	38.6	5.68	14.73
S35	1960	306,900	417,600	136	1,081,000	27.9	4.47	16.04
S40	1965	184,100	229,700	125	1,847,000	11.1	2.34	21.13
S45	1970	95,500	126,000	132	3,244,000	3.7	1.21	32.49
S50	1975	86,900	125,600	145	3,334,000	3.6	1.12	30.91
S55	1980	142,200	173,900	122	4,401,000	3.8	1.49	39.08
S60	1985	133,500	228,300	171	4,910,000	4.4	1.89	42.45
H2	1990	145,900	220,400	151	4,681,000	4.5	1.78	39.64
H7	1995	68,600	119,000	173	4,813,000	2.4	0.95	39.28
H8	1996	81,800	148,100	180	4,870,000	3.0	1.18	39.87
H9	1997	83,200	144,600	174	5,057,000	2.8	1.15	41.23
H10	1998	109,000	158,000	145	4,751,000	3.2	1.25	38.81

出所: 第3, 4, 5列: 農林水産省経済局統計情報部「平成8年産作物統計」p.162

第6列: 農林水産大臣官房調査課「平成8年度食料需給表」p.120, 236

(第7列の数値は、第4, 6列からの計算)

第6列: 東洋経済新聞社「完結昭和国勢総覧(2)」p.164, 166

近年の人口統計: 「日本の統計2000」p. 8

表 2.24 は日本における 1878 年から 1998 年にかけての大豆生産の歴史的統計である。米と大豆は日本人の伝統食に必須のものである。豆腐、しょうゆ、みそ、納豆などは、従来から日本人の大切なタンパク源であった。しかし、現在の家畜飼料としての大豆輸入はこの状況を複雑にしている。表の主なポイントは：

- * 1870 年代に作付面積が 40 万 ha 余りあったが、これがおそらく日本の大豆生産の歴史上の基本水準である。大豆の作付面積は、1910 年代に 47 万 ha 余りのピークを迎えたが、その後減少に転じた。その理由として、1 つは食生活の変化、2 つ目は海外からの輸入が増加したためと思われる。その後作付面積は増減を繰り返し、1995 年には、6 万 9 千 ha 弱という低水準にまで減少した。しかし近年は国産大豆の生産が増加しつつ

ある。その理由は、水田転作作物として大豆の栽培が増えたこと、伝統食としての大豆が見直されたこと、そして遺伝子組み換え大豆の安全性への不安から輸入に対する反発が強まったことである。

- * 大豆の収量は 1870 年代には 1ha 当たり約 0.5 トンだったが、1996 年には最高値 1.8 トンと徐々に増加傾向にある。明治初期から平成までの 120 年ほどの間に大豆の単収は約 2 倍になっている。
- * 大豆の生産量は、1920 年と 1950 年代初めに 50 万トンを超えた。それを基に計算してみると、伝統的な食生活には大豆が年間 1 人当たり 8~10kg 消費されていたことがわかる。
- * 大豆の自給率は 1930 年（輸入量の統計が存在する最初の年）から、しだいに落ちていく。しかし、表 2.3 からわかるように、食用大豆の自給率は 1998 年現在では約 19% である。表 2.24 から国内生産は 1998 年に 1 人当たり 1.25kg だったので、自給率 19% で計算すると、その年の日本人 1 人当たりの食用大豆の消費は 6.5kg 程度であったことがわかる。表 2.24 の第 9 列では、現在の 1 人当たりの大豆消費量が 40kg 前後となっているが、これには食用油（料理用油、加工食品用油など）や飼料として使われる大豆も含まれている。
- * 1980 年代初期から、日本の大豆輸入量は年間 450 万~500 万トン程度にまで増えている。

大豆は日本の伝統食材として重要な作物であるが、国内生産には限界がある。大豆の輸入が可能になって、以前より日本人 1 人当りの大豆消費量は大幅に増えたわけだが、いずれ大豆の輸入が途絶えても、現在の消費の大部分（料理用油、加工食品用油など）を諦めるのは大して問題にならないはずである。しかし、国産大豆に基づく伝統的食生活に戻るとすると、生産量を現在の 5~6 倍に増やさなければならない。1ha 当たりの平均収量が 1.6 トンあるとみなして、人口をピーク時の 1 億 2750 万人、1 人当たりの年間消費量を 8kg と仮定すると、国産大豆の生産に必要な作付面積は：

$$(127,500,000 \text{ 人} \times 0.008 \text{ トン}) \div 1.6 \text{ トン/ha} = 637,500 \text{ ha}$$

である。つまり、これは日本の畑（果樹園と牧草地を除く）のほぼ半分の面積にあたる。過去最高の作付面積を上回る高い数値であるが、必ずしも不可能とは言えない。ただし、その時のそれぞれの作物の作付面積は全体の食料事情などによって決まるだろう。

表 2.25 に見られる 1878 年以降の小麦、大麦の生産量の特徴は：

- * 小麦と大麦の収量は、1870 年代には小麦が約 1ha 当たり 0.7 トン、同様に大麦が約 1 トンだったが、1990 年代には、小麦 3~3.5 トン、大麦 4 トン前後と着実に上昇した。
- * 小麦と大麦の総作付面積は、1880 年代には 140 万 ha であったが、1913 年には 180 万 ha を上回り、1950 年代のはじめ頃に 180 万/ha 弱で戦後のピークを迎えた。それ以降は減少傾向にある。
- * 小麦と大麦の総生産量は、1913 年に 300 万トンに達し、1940 年代後半にかけて 250 万トンから 300 万トンあたりを推移した。そして、1950 年代に 380 万トン余でピークとなったが、1970 年以降 100 万トン前後に落ち込んだ。

1960 年代の小麦と大麦の生産量の落ち込みは、高度経済成長期の開始と表裏一体である。この時代の主な特徴は：

- * 農業の近代化をはかって労働生産性を高め、労働力を農地から工場へと移行させた。
- * 米国は日本を余剰穀物の市場としてねらった。従来から冬が温暖な日本の地域では、小麦と大麦が水田の裏作として栽培されていたのだが（1955年の高い生産量はそれを示している）農村人口が都市へと移動し、米国からの安い輸入穀物が市場に出回るようになって、水田の裏作は不経済で非現実的なやりかたとなった。工業製品の輸出の見返りとして何らかを輸入する必要があり、国内農業生産性の低下は当時の政治的思惑に合致していた。

表 2.25:日本の麦類生産、1878年-1996年（小麦、二条大麦、六条大麦、裸麦）

年 (年号)	年 (西暦)	小麦			二条大麦、六条大麦、裸麦			麦合計		
		作付 面積	収穫量	収量	作付 面積	収穫量	収量	作付 面積	収穫量	収量
		ha	トン(t)	t/ha	ha	トン(t)	t/ha	ha	トン(t)	t/ha
M11	1878	343,900	244,800	0.712	1,010,100	918,200	0.909	1,354,000	1,163,000	0.859
M18	1885	394,700	330,400	0.837	1,128,500	1,162,100	1.030	1,523,200	1,492,500	0.98
M23	1890	454,800	336,700	0.74	1,234,800	983,900	0.797	1,689,600	1,320,600	0.782
M28	1895	444,100	544,600	1.226	1,315,300	1,902,500	1.446	1,759,400	2,447,100	1.391
M33	1900	464,800	582,500	1.253	1,317,400	1,973,600	1.498	1,782,200	2,556,100	1.434
M43	1910	471,500	629,900	1.336	1,285,400	1,942,100	1.511	1,756,900	2,572,000	1.464
T2	1913	479,400	715,400	1.492	1,333,800	2,431,000	1.823	1,813,200	3,146,400	1.735
T4	1915	496,600	716,000	1.442	1,300,200	2,266,000	1.743	1,796,800	2,982,000	1.66
T9	1920	529,500	806,300	1.523	1,208,600	2,052,500	1.698	1,738,100	2,858,800	1.645
T14	1925	464,900	837,900	1.802	998,200	2,039,200	2.043	1,463,100	2,877,100	1.966
S5	1930	487,400	838,300	1.72	856,000	1,615,900	1.888	1,343,400	2,454,200	1.827
S10	1935	658,400	1,322,000	2.008	775,200	1,710,600	2.207	1,433,600	3,032,600	2.115
S15	1940	834,200	1,792,000	2.148	739,500	1,687,200	2.282	1,573,700	3,479,200	2.211
S20	1945	723,600	943,300	1.304	878,300	1,255,700	1.430	1,601,900	2,199,000	1.373
S25	1950	763,500	1,338,000	1.752	1,020,400	1,959,800	1.921	1,783,900	3,297,800	1.849
S30	1955	663,200	1,468,000	2.214	995,500	2,408,000	2.419	1,658,700	3,876,000	2.337
S35	1960	602,300	1,531,000	2.542	837,900	2,301,000	2.746	1,440,200	3,832,000	2.661
S40	1965	475,900	1,287,000	2.704	422,200	1,234,000	2.923	898,100	2,521,000	2.807
S42	1967	366,600	996,900	2.719	352,300	1,032,300	2.930	718,900	2,029,200	2.823
S45	1970	229,200	473,600	2.066	225,800	572,500	2.535	455,000	1,046,100	2.299
S50	1975	89,600	240,700	2.686	78,100	220,900	2.828	167,700	461,600	2.753
S55	1980	191,100	582,800	3.05	122,200	385,300	3.153	313,300	968,100	3.09
S60	1985	234,000	874,200	3.736	112,900	377,600	3.345	346,900	1,251,800	3.609
H2	1990	260,400	951,500	3.654	106,090	345,900	3.260	366,490	1,297,400	3.54
H7	1995	151,300	443,600	2.932	58,870	218,200	3.706	210,170	661,800	3.149
H8	1996	158,500	478,100	3.016	57,070	233,200	4.086	215,570	711,300	3.3

出所：農林水産省経済局統計情報部「平成8年産作物統計」p.150-157

日本が世界の先進工業国に仲間入りした1960年代に、日本の農業は解体された。しかしながら、第1部で見てきたように、今後、石油や天然ガスの不足、地球温暖化、オゾン層の破壊、化学物質による汚染、酸性雨などのような問題がさらに激化し、21世紀の最初の数十年間に現在の政治経済システムは複合危機に見舞われることになるだろう。この数十年間、日本で引き起こされるであろう深刻な食料危機を回避あるいは軽減させるためには、

1950年代から1960年代初期にかけて失われていった日本農業の特質を取り戻す努力をしなければならぬ。たとえ、後述するように容易なことではないにしても。

2.4.2. 野菜、果物、食肉、乳製品、水産物

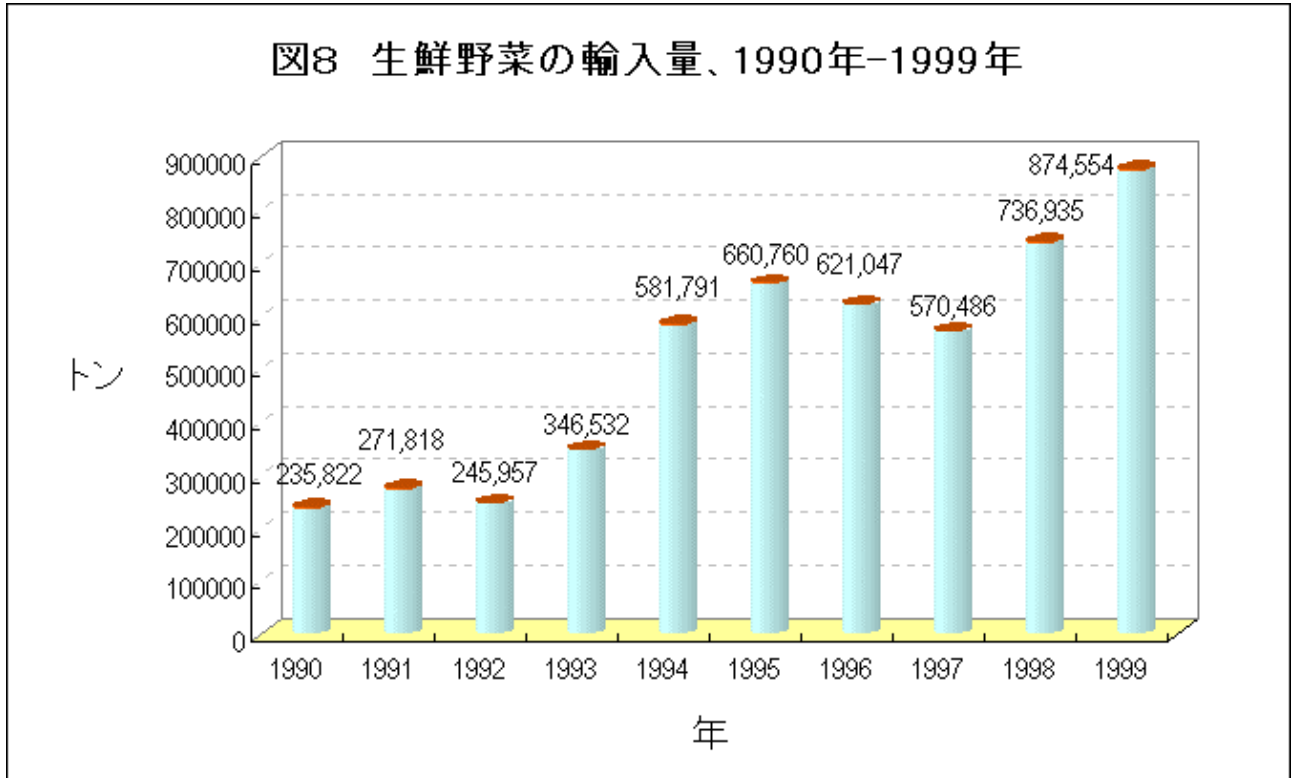
野菜 日本の野菜自給率は依然として80%以上あるが、近年の生鮮野菜の輸入は明らかに価格の下落を引き起こし、国内生産と農民の生活、野菜の自給率に深刻な影響を与えている。表2.26は市場での農産物の取扱量が減っているにもかかわらず、価格が下落したことを示している。

表2.26:日本の野菜価格と輸入、2000年

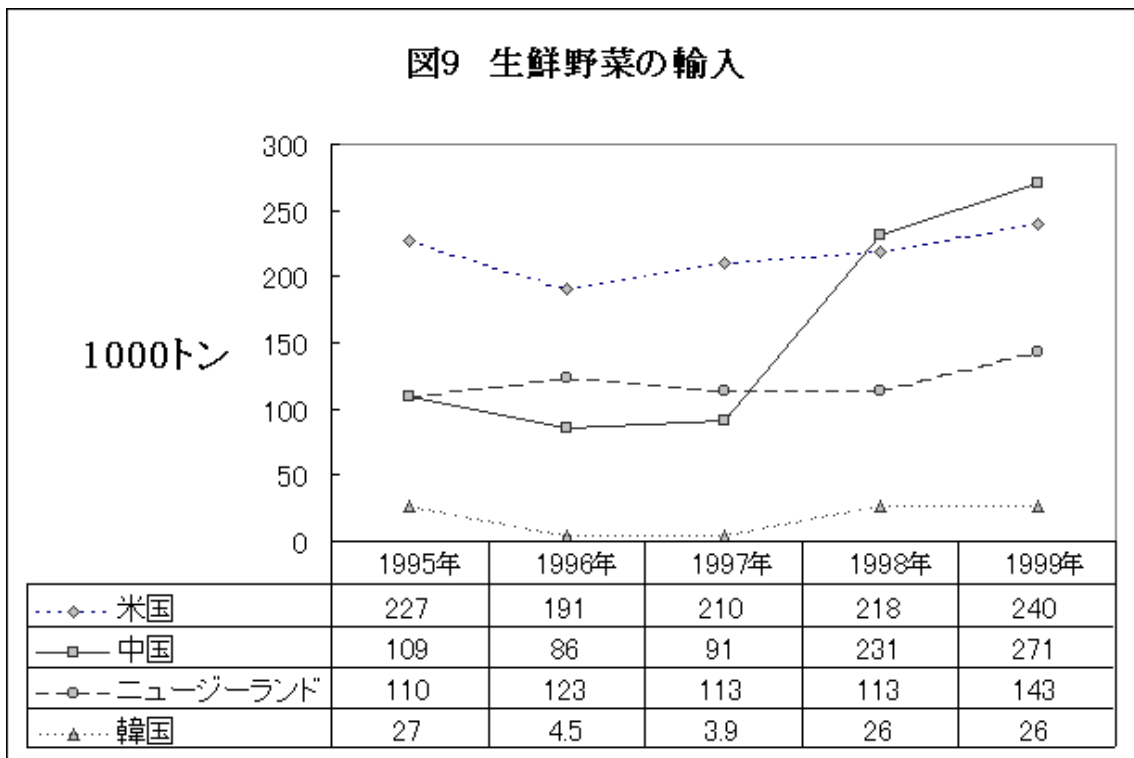
品目	市場取扱(2000年4月)				輸入量(t)		
	数量(t)	単価 円/kg	前年比		2000年 1~4月	前年比 %	99/92 倍
			数量%	単価%			
アスパラガス	132	665	157	77	11394	111	132
ネギ	233	195	98	49	9197	144	526
トマト	603	272	98	83	6482	276	1087
タマネギ	852	77	92	96	116621	201	636

出所:『農民』第458号、2000年7月24-31日、p.3

図8は1990年代の生鮮野菜の輸入量、図9は日本への主な輸出国を示している。このような状況は、極端な自由貿易の理想論と、まだまだこれからも安いエネルギーが自由に使えるのだという世界観によってのみ、正当化できるものである。今やこれらの考え方に対して説得力のある反駁を加える必要がある。



出所:『農民』第458号、2000年7月24-31日、p.3



出所:『農民』第458号、2000年7月24-31日、p.3

果物 果物の自給率は49%である。1998年に390万トンが国内で生産され、410万トンが（うち250万トンは加工食品として）輸入されている。国産と輸入とを合計して、一人当り年間37.6kgの消費量である。おそらく日本人は輸入果物を食べなくても生きていけるだろう^[117]。

食肉 日本の食肉自給率は、1997年に56.3%、1998年に55%であった。表2.27は日本における1997年の食肉供給量である。

表2.27：日本の食肉供給量、1997年（1000トン）

	国内生産量	輸入量	合計供給量	1人1年当たり供給量 (kg)
肉類計	3,055	2,372	5,427	30.7
牛肉	529	941	1,470	8.0
豚肉	1,288	755	2,043	11.3
鶏肉	1,228	588	1,816	11.0

出所：農林水産省統計情報部「ポケット農林水産統計 平成11年 1999」p.291

食肉の輸入がなくても深刻な影響はないと思われる。食肉の減産によって飼料作物の需要が減り、その分穀類などの自給率を高めることができるだろう。

乳製品 日本の1998年の乳製品の自給率は71%であった（表2.3参照）。表2.28は、その前年の乳製品供給の基本統計である。

表2.28：日本の乳製品供給量、1997年（1000トン）

	国内生産量	輸入量	1人1年当たり供給量 (kg)
飲用向け	5,124	0	40.2
乳製品向け	3,396	3,498	52.8

出所：農林水産省統計情報部「ポケット農林水産統計 平成11年 1999」p.292

1996年のチーズの輸入量は約16万8千トンである。20世紀後半の日本の食生活の変化（西欧化）により輸入の伸びが早くなっている。（2.5：日本における食生活変化を参照）

水産物 ここでは、簡素化するために、海産物を扱う。これには、漁業一般と養殖が含まれる。表2.29から、日本が現在よりも少ない消費水準ではあるが、1980年あたりまで自給していたことがわかる。1980年代と1990年代に、日本は減る一方の漁獲高を輸入で補い、一人当りの魚消費量を維持させたばかりか増やしさえした。

表2.29：日本の魚介類：生産高、輸出入量、消費量、1960年 - 1997年（1000トン）

	A	B	C	D	国内消費量	
	国内生産量	輸入量	輸出量	(A/E)×100	合計 E	うち飼料
1960	5,803	100	520	92.8%	5,383	983
1970	8,749	745	908	101.4%	8,631	2,275
1980	10,425	1,689	1,203	97.1%	10,734	3,068
1990	10,278	3,823	1,140	78.9%	13,028	4,230
1995	6,768	6,775	283	56.8%	11,906	2,985
1997	6,728	5,998	415	58.7%	11,452	3,074

「国内生産」とは、海洋漁業と養殖両方を含む

出所：農林水産大臣官房調査課「平成8年度食料需給表」p.164,

農林水産省統計情報部「ポケット農林水産統計 平成11年 1999」p.406

表2.29のD欄は、自給率である。自給率とは国内消費量を国内生産量で割ったものである。飼料は間接的には人間の食料であるから、ここでは飼料も食料自給率に含めて計算している。もし、飼料を除いて計算すると、自給率は現実を反映しない不当に高い値となる。

日本の漁業がどれだけの規模かを知るために、1995年の漁獲高の世界ランキングを見てみよう^[118]

1. 中国 29,240,387 トン
2. ペルー 8,943,623 トン
3. チリ 7,890,253 トン
4. 日本 7,478,018 トン

* 海藻類を含むすべての海産物

日本と中国とで1995年の世界漁獲高の30%以上を占めている^[119]。海洋漁業には船舶、燃料、機械、設備などすべてに化石燃料が必要である。魚や海老などの養殖にはさらに、大量の餌と抗生物質などの化学製品が必要となってくる。

しかしながら、日本は魚介類の主要な輸入国として、世界の海洋漁獲高の30%を消費している^[120]。ワールドウォッチ研究所は、世界の漁業海域の大半が衰退しつつあり、魚類の主な種の60%が「限界に近いか、あるいはすでに限界を超えた乱獲にさらされている」と報告している^[121]。国連食料農業機関(FAO)の推定によると、「世界の200の主要な魚業海域のうち35%で漁獲高が減少しており、既知の魚介類資源の69%が緊急の対策を必要としている」という^[122]。

どちらが先に来るか簡単には言えないが、化石燃料の不足か海洋魚介類資源の減少のどちらかが、現行の漁業を不可能にするだろう。同様に現行の魚の養殖も、様々な環境破壊と社会問題を伴うことが良く知られている^[123]。おそらく、化石資源が不足することによって燃料と化学製品が手に入らなくなると、自然に姿を消すだろう。

これまで日本における食料生産についてみてきたが、それをまとめると、比較的簡単に食料自給ができた状態にあった日本が、人口増加、工業化と経済成長、自由貿易に重点を

おく政策および食生活の変化によってわずか 30 年ないし 40 年間で、食料自給率を回復させるにはあまりに困難な状況に陥ってしまったということである。

2.5 20 世紀の日本における食生活の変化

板倉聖宣は、明治維新直後の日本人の食生活について、興味深い資料を提供してくれている^[124] (表 2.30)。これは江戸時代後期の平均的な日本人の食生活を示していると見てもいいだろう。食生活における穀類の消費割合は 90% 前後である。ここに示された主要食物とともに、季節の生鮮野菜、果物、魚、肉などで栄養を補っていたと思われる。この時期、日本の人口は 3,400 万人弱であったが、後述するように、農業への近代投入財が手に入らなくなった場合に、日本では 3,400 万人しか生活できないという意味では必ずしもない。

表2:30:1874(明治7)年における主要食物の生産量と消費量(1日1人当たり)

	熱量	生産量			全食品			飯用		
	kcal/g	g	kcal	%	g	kcal	%	g	kcal	%
米	3.51	368.8	1294.5	64	318.4	1117.6	67	264.1	927	70
大麦	3.39	49	166.1		35	118.7		29.7	100.7	
裸麦	3.39	42.1	142.7		34.6	117.3		30.7	104.1	
小麦	3.33	23.1	76.9		18.5	51.6		14.4	48	
麦類計		114.2	385.7	19	88.1	297.6	18	74.8	252.8	19
粟	3.07	17.4	53.4		10.9	33.5		8.8	27	
ひえ	3.11	5.5	17.1		3.4	10.6		2.8	8.7	
そば	3	7.1	21.3		4.4	13.2		3.6	10.8	
もろこし	3.36	1.7	5.7		1	3.4		0.8	2.7	
きび	2.99	1.6	4.8		1	3		0.8	2.4	
トウモロコシ	3.5	0.4	1.4		0.2	0.7		0.2	0.7	
雑穀計		33.7	103.7	5	20.9	64.4	4	17	52.3	4
大豆	4.17	23.9	99.7		20.3	84.7		1.5	6.3	
小豆	3.39	5.1	17.3		4.7	15.9		2.2	7.5	
豆類計		29	117	6	25	100.6	6	3.7	13.8	1
さつまいも	1.23	95.3	117.2		73.3	90.2		70.3	86.5	
ジャガイモ	0.77	2.3	1.8		1.4	1.1		1.4	1.1	
いも類計		97.6	119	6	74.7	91.3	5	71.7	87.6	6
合計		643.3	2019.9		527.1	1671.5		431.3	1333.5	

出所:板倉聖宣「日本歴史入門」仮説社、1981年、p.78

注:この表では、食品熱量を表すのにジュールではなく、なじみやすいkcalの数値を使用した。

表 2.31 は、1936 年から 1995 年までの日本人の食生活の変化を示している。そこに現れた増減は過去 70 年以上かかって起きた変化の象徴である。1930 年代の中ごろは、公共交通機関の整備や電話などの情報通信手段の発達により、日本の地方の生活が急激に変化し始めた時期であった^[125]。そしてここ 40 年間は、高度経済成長と工業化社会への発展に伴った日本の変貌が顕著であった。

消費量が増加したもの 乳製品の消費は、1935 年から 1995 年にかけて 28 倍近く増えた(1960 年からは 4 倍)。油脂類消費量の増加は 15 倍(1960 年からは 3 倍)。肉類の消費量は 14 倍(1960 年からは 6 倍)。鶏卵の消費量は 7 倍以上、魚介類と小麦の消費量は 4 倍近い増加(穀類全般の消費量が減少傾向にあるにもかかわらず)。果物の消費量は 2 倍以上の増加。

消費量が減少したもの 小麦を除いて、穀物の消費量は全般に減少した。伝統食のみそやしょうゆの消費量は半減した。

まとめると、現代の日本の食生活は、穀類から動物性タンパク質、つまり様々な問題を伴う西欧化した食生活に移ったということである。穀類の消費量は減少しているように見えるが、実際穀類は家畜に飼料として与えられ、動物性タンパク質の形で人間に供給されているのである。それ自体は、必ずしも非難すべきことではないが、日本の食料自給率を低下させる原因となったことは事実である。このことは、食料自給率を高めるために日本人がどのような食生活をすればよいのかを示している。

表2.31:日本の食生活の変化、1936年-1995年 (kg)

	国民1人・1年当たり供給純食料				食料供給変化(倍率)		
	1936年	1960年	1970年	1995年	1995/1936	1995/1960	1995/1970
穀類	157.61	149.60	128.26	101.76	0.65	0.68	0.79
米	134.98	114.90	95.12	67.63	0.50	0.59	0.71
小麦	8.54	25.80	30.77	32.70	3.83	1.27	1.06
大麦	4.20	3.90	0.73	0.22	0.05	0.06	0.30
その他の穀類	9.89	4.90	1.68	1.20	0.12	0.25	0.72
いも類、でんぷん	40.22	37.00	24.20	36.28	0.90	0.98	1.50
豆類	8.50	10.10	10.11	8.80	1.03	0.87	0.87
野菜	70.04	99.70	114.14	105.05	1.50	1.05	0.92
果実	15.29	22.30	38.07	40.48	2.65	1.82	1.06
肉類	2.23	5.20	13.36	31.24	14.03	6.01	2.34
鶏卵	2.30	6.30	14.53	17.52	7.62	2.78	1.21
牛乳および乳製品	3.29	22.20	50.08	91.03	27.71	4.10	1.82
魚介類	9.64	27.80	31.57	38.11	3.95	1.37	1.21
海藻類	0.62	0.60	0.91	1.39	2.24	2.31	1.52
砂糖類	14.27	15.10	26.94	19.09	1.34	1.26	0.71
油脂類	0.95	4.30	8.94	14.53	15.31	3.38	1.62
みそ	10.62	8.80	7.34	4.49	0.42	0.51	0.61
しょうゆ	13.87	13.70	11.83	8.98	0.65	0.66	0.76

出所:農林水産大臣官房調査課「平成8年度食料需給表」p.64
1936年のデータ:国勢社、日本国勢図会、CD-ROM 1997/98年版

表 2.32 は、1960 年から 1996 年までの日本人への供給カロリーを示している。その大部分は依然として穀物である(1人1日当たり 2600kcal の合計摂取量のうち 1000kcal 程度)。残りは、その他の食料からまんべんなく摂取している。油脂類は1日 370kcal で、そのうち 85%が植物性である。1960 年から 1996 年の 36 年間で摂取熱量の合計は、360kcal 増加した。1960 年の食生活が充分だったと言えるなら、増加した分を取り除いても健康面に深刻な影響を与えることはないだろう。同時に、穀類からの摂取熱量は 36 年間で 1 人 1 日当たり 435kcal 減少した。したがって、動物性食品と油脂類を 1 人 1 日当たり約 800kcal 減らしても、その分の熱量を穀類で補うことができるはずである。

表 2.33 を見れば、タンパク質摂取量についても同様のことが言える。1 人 1 日当たり 79g

という 1960 年の数値が適当だとするならば、その後の 36 年間で 90g まで（主に動物性タンパク質）増加したとはいえ、その増加分を減らすことは理不尽なことではないだろう。

表2.32：国民1人・1日当たり供給熱量、1960年-1996年（kcal）

	1960年	1975年	1990年	1995年	1996年
穀類	1438.7	1191.4	1020.3	1003.3	1003.5
米	1105.5	856.5	683	659.6	656.1
小麦	250.5	316.8	319.9	329.7	332.9
その他の穀類	82.6	18.1	17.3	14.1	14.5
いも類	81.6	39	49.8	49.4	49.9
かんしょ	48.3	14.4	17.2	15.7	15.9
ばれいしょ	33.2	24.6	32.7	33.7	34
でんぷん	59.9	71	152.8	149.8	153.2
豆類	104.4	107.3	107	101.9	110.3
大豆	59.7	67.8	75.5	72.9	78.4
その他の豆類	44.7	39.5	31.5	29	31.9
野菜	84.3	76.7	80.8	79.9	78.8
果実	28.9	57.7	56	61.8	58.6
肉類	27.5	108.4	180.2	198.9	196.1
牛肉	6.4	17.1	42.4	59.2	55
豚肉	10.8	53	84.9	84.4	85.9
鶏肉	3	25.4	49.2	52.4	52.9
その他の肉類	7.3	13	3.7	2.9	2.4
鶏卵	26.9	60.7	73.1	77.7	78.1
牛乳および乳製品	36	87.9	143.6	157	161.1
飲用向け	17.3	46.1	70.4	69.9	70.4
乳製品向け	16.9	40.6	72.7	86.7	90
魚介類	86.8	119.3	133.4	138.5	135.6
生鮮・冷凍		46.5	50.3	64.7	61.1
塩干、くん製、その他		70.4	76.8	68.8	69.1
砂糖類	157.2	262.4	220.4	200.5	198.1
精糖	148.4	258.9	217.8	197.5	195.5
油脂類	105	274.5	359.8	367.6	374.4
植物油脂	77.5	218.1	304.2	315	319
動物油脂	27.5	56.5	55.7	52.6	55.5
みそ	38	33.3	25.7	23.6	23.9
しょうゆ	15.4	17.5	15.2	14.3	14.4
その他食料計		9.9	15.5	13.5	15.2
合計	2290.6	2517	2633.8	2637.7	2651.2

出所：農林水産大臣官房調査課「平成8年度食料需給表」p. 74-78

食料自給の重要なポイントの一つは食生活の変化である。日本人は地元で採れた旬の食材を使うという伝統的な食生活に戻るべきだろう。いずれ燃料が不足すれば、食料の大量輸送、低温流通機構、スーパーマーケット、レストランなどの運営が困難になる可能性が高い。そのときになって多くの人々、特に若者が食生活の変化についていけず、心理的に苦痛を味わうことになるだろう。そういったことを現時点から考えるのは極めて妥当と思

われる。将来、食料自給を達成させるつもりなら、日本独自の食生活へと緩やかに転換していくことがその第一歩となるのではないだろうか。

表2.33: 国民1人・1日当たり供給たんぱく質、1960年-1996年 (g)

	1960年	1975年	1990年	1995年	1996年
穀類	28.8	26.4	23	22.8	22.8
米	19.5	16.4	13	12.6	12.5
小麦	7.1	9.6	9.6	9.9	10
いも類	1.3	0.8	1	1	1
豆類	8	7.5	7.6	7.3	7.9
大豆	5.2	5.3	5.9	5.7	6.2
野菜	4	4	4.1	4.1	4.1
肉類	2.8	9	14.2	15.5	15.3
牛肉	0.6	1.3	3	4.1	3.8
豚肉	0.4	3.4	5.3	5.3	5.4
鶏肉	0.5	2.8	5.5	5.8	5.9
鶏卵	2.2	4.6	5.6	5.9	5.9
牛乳および乳製品	1.8	4.2	6.8	7.5	7.7
飲用向け	0.8	2.2	3.4	3.3	3.4
乳製品向け	0.8	2	3.5	4.1	4.3
魚介類	14.6	17.1	18.8	19.5	19.1
生鮮・冷凍		6.7	7.1	9.1	8.6
塩干、くん製、その他		10.1	10.8	9.7	9.7
海藻類	0.3	0.7	1	1.1	1
みそ	3	2.2	1.7	1.5	1.6
しょうゆ	2.6	2.3	2	1.8	1.9
その他食料計		0.7	1	1	1
合計	69.8	80.2	87.7	90.1	90.2

出所: 農林水産大臣官房調査課「平成8年度食料需給表」p.79-83

21世紀の最初の数十年間に日本の人口が次第に減っていく中で、これまでの食生活から食料自給率を高める食生活へとスムーズに移行するという考え方もある。また、何らかの事情によって（例えば戦争、化石燃料の不足、現在の食料生産国での異変など）一部あるいは全部の食料輸入が突然途絶えてしまうことも考えられる。農林水産省は、食料輸入が途絶えた時のいくつかのシミュレーションを作成している。その最悪のケースが、表2.34に示された完全かつ長期的に輸入ゼロの場合である。

まず、食料が平等に配分されることは期待できないので、1人1日当たり平均1760kcalというエネルギーは、国民の多くにとって飢えを宣告されたようなものである（たとえ食料が平等に分配されても、このような事態は多くの人々を慢性的栄養失調状態に陥らせるだろう）。1人1日当たりのエネルギー摂取量として、国連が推奨しているのは平均2130kcalである^[126]。次に、タンパク質を見てみると、健康的な生活を送るために必要とされる量は1人1日当たり平均60gであると言われるが、表に示された1人1日当たり52gというのは、長期間健康的に生活するにはやや低い数字である。また、油脂類の摂取量は1人1日当たり平均25gが理想とされるが、ここで示される1人年間消費量4kgと言うのは1人1日当たり11g（1995年現在では1人1日当たり40g）のことで、健康な生活を送るにはやや少なめではないだろうか。いも類の供給増に関しては、1haあたりの生産量が比較的多いので、いい方法に見えるが、次のことに注意すべきである。つまり、いも類は米などの穀類に比べ、1グラム当たりの熱量が4分の1ないし3分の1しかなく、タンパク質含有

量も5分の1ないし3分の1しかないという点である^[127]。しかし、さつまいもの収量は一般に1ha当たり約23トン前後と言われ、また、春に植えつける馬鈴薯の場合は1ha当たり約30トンの収量があると言われる。しかも、いも類は輪作に適し、場所によっては裏作にもなるので、表のような数字が出てきたのであろう^[128]。それにしても、この農林水産省のシナリオを見ると、21世紀の日本というよりも、まるで1996年の北朝鮮の状況のようである。また、このようなシナリオが公表されたということは、日本と日本国民が現在おかれている状況がいかに脆弱かというのを農林水産省の職員たちが十分承知している証である^[129]。

この表では、耕地面積を1997年の実際の面積と仮定しているが^[130]、他に、近い将来耕地面積が縮小した場合のケースも考えられている。(しかし実際に食料危機となったら、人々が最初にするのは、食べるものを確保するために耕地を増やすことである。)2000年4月、農林水産省は食料危機マニュアルを公表した^[131]。これにはゴルフ場などの非農地を緊急食料生産に当てる構想も入っている。マニュアルがあるからと言ってそれが必ずしも現実を反映しないのは、1999年9月30日の東海村臨界事故を見れば明らかである^[132]。もし農林水産省が日本の食料自給を真剣に検討しているのなら、この問題にはあらゆる側面の社会的な要素が複雑に絡み合っていることを理解しているはずである。おそらく日本の農業がきちんと機能する食料生産システムとしてかみ合うには相当な年月がかかるだろうということもまた認識すべきである。食料を他国に深く依存している状況をただす地道な努力と、食料とエネルギーという基本的な物資に関して国の自立を取り戻す努力とが求められるときに、単なる危機管理で対処するのはおよそ正しい政策と呼ぶことはできないだろう。

表2.34: 食料の輸入がゼロになった場合の農林水産省食料供給シナリオ

現在の食生活の維持(平成8年度)			国内生産のみによる供給と仮定した場合*		
項目	単位	数値	数値	1996年食生活との比較	食料供給増減
熱量	1人1日当たりkcal	2651	1760	66%	-34%
たん白質	1人1日当たりg	90	52	58%	-42%
米	1人1年当たりkg	67.3	90	134%	+34%
小麦	1人1年当たりkg	33	3	9%	-91%
いも類	1人1年当たりkg	20.8	78	375%	+275%
大豆	1人1年当たりkg	6.7	6	90%	-10%
肉類	1人1年当たりkg	30.8	3	10%	-90%
牛乳・乳製品	1人1年当たりkg	93.3	64	69%	-31%
油脂類	1人1年当たりkg	14.8	4	27%	-73%
魚介類	1人1年当たりkg	37.9	21	55%	-45%

出所：日本農業新聞「21世紀の農政の基本方向」pp.85-88

注：耕地が495万haの場合

* ケース3：構造的でありかつ影響度合いが深刻で、食生活の内容も大きく変わらざるを得ず、しかも、そのような事態が長期的・構造的に継続するような極めて深刻な事態。例：需要の大幅な増大に見合った生産拡大が行えない場合に生じる世界の食料需要の構造的逼迫による継続的かつ大幅な輸入の減少（例えば、全ての食料の輸入がゼロ）

2.6 日本における農業人口の変化

日本の農業人口を見ていくことは、その人々が食料生産にかかわる技術と知識を持っているという点で重要なことである。彼らなしでは我々は文字通り飢えるしかない。農業従事者の生活を保障することは大変重要なことである(すべての国民に関してそう言えるが、

必要不可欠な技能を持っている集団であればなおさらである)。しかも、社会がその人々を必要とする時に、十分な技能を備えた人々が不足することがないよう保障するのも重要なことである。板倉は江戸時代の人口の約 85%が「農民」であったと推定している^[133]。また、1903 年には、全世帯の 64%が農家で、そのうちの 69.6%が専業、30.4%が兼業であった^[134]。

表 2.35 は、1920 年から 1999 年までの日本における労働力の変化と、総人口および労働力人口に占める農業従事者の割合を示している。この表から、1920 年には労働人口の半分、総人口の 4 分の 1 が農業に従事していたことがわかる。そして高度経済成長が始まった 1960 年には、労働人口の約 30%、総人口の 15%に減った。さらに、1990 年代の半ばになると、それぞれ 6%と 3%にまで下がってしまった。

表2.35：総人口および労働力人口における農業労働力の割合（人、%）

行	列	A	B	C	D	E	F	G
	年	全産業	一次産業	農業のみ	総人口	B/A %	C/A %	B/D %
a	1920	27,261,106	14,672,164	13,948,776	55,963,053	53.82	51.17	26.22
b	1930	29,619,640	14,710,820	13,955,316	64,450,005	49.67	47.12	22.83
c	1940	32,482,516	14,392,482	13,557,098	73,075,071	44.31	41.74	19.70
d	1947	33,328,963	17,811,597	16,622,418	78,101,473	53.44	49.87	22.81
e	1950	35,625,790	17,208,447	16,102,359	83,199,637	48.30	45.20	20.68
f	1955	39,261,351	16,111,216	14,890,288	89,275,529	41.04	37.93	18.05
g	1960	43,691,069	14,236,727	13,121,053	93,418,501	32.58	30.03	15.24
h	1965	47,609,694	11,731,172	10,866,693	98,274,961	24.64	22.82	11.94
i	1970	52,235,264	10,074,523	9,334,011	103,720,060	19.29	17.87	9.71
j	1975	53,140,818	7,353,872	6,699,582	111,939,643	13.84	12.61	6.57
k	1980	55,811,309	6,110,987	5,484,339	117,060,396	10.95	9.83	5.22
l	1985	58,217,500	5,418,600	4,845,200	121,048,923	9.31	8.32	4.48
								C/D %
m	1985	58,070,000	-	6,242,000	121,048,923	-	10.75	5.16
n	1990	62,490,000	-	5,653,000	123,611,000	-	9.05	4.57
o	1995	64,570,000	-	4,902,000	123,611,000	-	7.59	3.97
p	1995	64,570,000	-	4,140,000	125,570,000	-	6.41	3.30
q	1999	-	-	3,845,000	126,892,000	-	-	3.03

出所：セルAa-Dl：東洋経済新聞社「明治大正国政総覧（1）」p.389

セルAm-Ap：「日本の統計2000」p31

セルCm-Cq：農林統計協会「食料・農業・農村白書附属統計表」平成11年度、p.52

セルCp, Cq：1995年、1997年の数値は「販売農家」

セルDn-Dq：「日本の統計2000」p.9

セルDa-Dl：東洋経済新聞社「完結昭和国勢総覧（1）」p.23

列E, F, Gの注

E：「B/A %」とは、全産業の労働力における一次産業（農林水産業）労働力の割合（%）

F：「C/A %」とは、全産業の労働力における農業労働力のみ割合（%）

G：「B/D %」とは、総人口における全産業労働力の割合（%）「C/D %」とは、総人口における農業労働力のみ割合（%）

人口のわずか 3%しか農業知識を用いて働いていないのでは、今後その知識が消滅してしまう危険性が高いと思われる。しかし、もっと悪いことには表 2.36 に表れているのは農業人口が少ないばかりでなく、高齢者が非常に多いことである。農業人口における 60 歳以上の割合は 1960 年には 14%だったのが、1995 年に 60%以上となっている。農林水産省は極最近、統計項目の定義を変更している（その意図するものは何だろう、と考えずにはいられない）が、どんな小細工をしようと表の最下段右側の数字は見のがしようがない。つまり、日本の現役農民の 74%が 55 歳以上で、なんと半数が 65 歳を超えている。この数字を基に計算すると、1 億 2 千万の人口を抱えるこの国で、農業に従事する 55 歳以下の人々

はわずか 100 万人足らずなのである。この事実は、食料・エネルギー危機に際して、農業の経験があり、知識と技能を持ち合わせ、肉体労働に慣れて速やかに食料増産を遂行できるような人材が、あまりにも不足するということである。

表 2.36 からわかるように、現在では実際に農業に携わる「就労人口」は農家人口の約 3 割しかない。ということは、実質的に農家世帯は、他の産業に従事する家族の収入に依存しているわけである。日本では主に農業で生計がたてられる農民は「限られた才能の持ち主」だけと言えるかもしれない。1999 年に販売農家戸数は 247 万 5 千（総農家戸数は 323 万 9 千）であった^[135]。表から計算すると、販売農家一戸当たりの 15 歳以上の世帯員は平均 4.45 人であるにもかかわらず、その中の農業従事者はわずか 1.41 人となる。確かに、化石燃料がベースとなる現在の経済状況下ではわざわざ農業をやろうとする者が少なくても当然かもしれない。現在の経済システムは、本当に農業をやりたいと望む人々でさえも、農業経営で自立することを困難にさせている。おそらく日本で現在も農業を続けているのは、先祖伝来の農地を所有し、成人になった段階ですでに農業に従事していて、高度経済成長期でも転職せず農地を手放さず、兼業であっても農業を何とか維持し生計をたててきた人々がほとんどだろう。

表2.36: 日本の農業就労人口および農業就労人口における高齢者の割合 (人、%)

年	総人口	農家人口	農業 就労人口	基幹的農 業従事者	60歳以下の農 業就労人口	60歳以上の農業就労 人口の割合
1960	93,418,501	34,411,000	14,542,000	11,750,000	10,130,000	13.8%
1980	117,060,396	21,366,000	6,973,000	4,128,000	2,980,000	27.8%
1990	123,661,167	17,296,000	5,653,000	3,127,000	1,620,000	48.2%
1995	125,570,000	15,084,000	4,902,000	2,778,000	1,090,000	60.8%
					55-64歳の割合	65歳以上
1995'	125,570,000	12,037,000	4,140,000	2,560,000	26.6%	43.5%
1999	126,486,000	11,011,000	3,485,000	2,336,000	22.8%	51.3%

出所：農林統計協会「食料・農業・農村白書附属統計表」平成 11 年度、pp.52, 53

1995'年、1999 年の数値は「販売農家」

「農家人口」とは、農業就業者が 1 名以上いる世帯の世帯員である。

「農業就労人口」とは、15 歳以上の世帯員で調査期日前 1 年間に「農業だけに従事した者」と、「農業とその他の仕事の両方に従事した者のうち農業が主である者」のことをいう。

「基幹的農業従事者」とは、農業就業人口のうち、調査期日前1年間のふだんの主な状態が「仕事に従事していた者」のことをいう。

表 2.37 は、1960 年と 1997 年の日本の農家数の変遷を示している。1997 年に世帯の 84% は兼業農家で、その 8 割以上が主に農業以外の職種によって収入を得ている第二種兼業農家に分類される。

表2.37：日本の農家数、1960年と1997年 (1000戸)

	総数	専業農家 ¹⁾	兼業農家		
			計	第一種 ²⁾	第二種 ³⁾
1960年	6057	2078	3979	2036	1942
1997年	2568	435	2133	411	1722

出所：農林水産省ホームページ：www.maff.go.jp/

1) 世帯員中に農業以外で収入を得ているものが 1 人もいない農家。

2) 農業所得を主とする農家。

3) 農業所得を従とする農家。

上述したように、化石燃料がベースとなる現在の経済状況下では、職種の選択が容易である分離農する者も多くなり、たとえ就農を希望しても経営が困難であることが現実であ

る。1998年には、販売農家の57%にしか後継者がいないと報じられた^[136]。これだけでも日本の農業が瀕死の状態にあると印象を受けるだろう。家族の中の最後の農業者が死んだら誰が農業を引き継ぐのだろうか。農地法は法人が農地を所有することを許す方向へといずれ修正されるだろう^[137]。これにより、企業の農地所有が認められるが、実際に土地を耕し作物を育てるのは誰なのだろうか、また、どのような農業形態になるのだろうか。何も定かではない。

唯一の明るいニュースは、新規就農者が増えていることである(表2.38)。しかし、1998年の新規就農者11,100人のうち、新卒者はわずか2,200人だった。

表2.38：日本の新規就農者数、1990年-1998年

年	人数	年	人数
1990	4,300	1995	7,600
1991	4,800	1996	8,500
1992	4,900	1997	9,700
1993	6,500	1998	11,100
1994	6,300		

出所：農林統計協会「食料・農業・農村白書附属統計表」平成11年度、p.54

ここ数年来、都市部のサラリーマンが地方に移住して農業を始めることが流行している。一般に彼等は30代から40代で中途退職するか、あるいは60代で定年を迎えるかした男性たちである。彼ら定年退職後の新規就農者は、基本的に自宅を持ち、年金生活をしながら、育てた作物のうち自家消費分をのぞいて、売ったり友人親戚に配ったりしている。食料危機が訪れても何とかしのげる幸運な人たちと言えるかもしれない。しかし、そんな趣味に毛が生えた程度の農業では、いくら新規就農者が増えたといっても日本の食料自給率向上につなげるには程遠いだろう。

2.7 食料の生産、輸送、加工、調理におけるエネルギー投入

2.7.1 農業におけるエネルギー投入

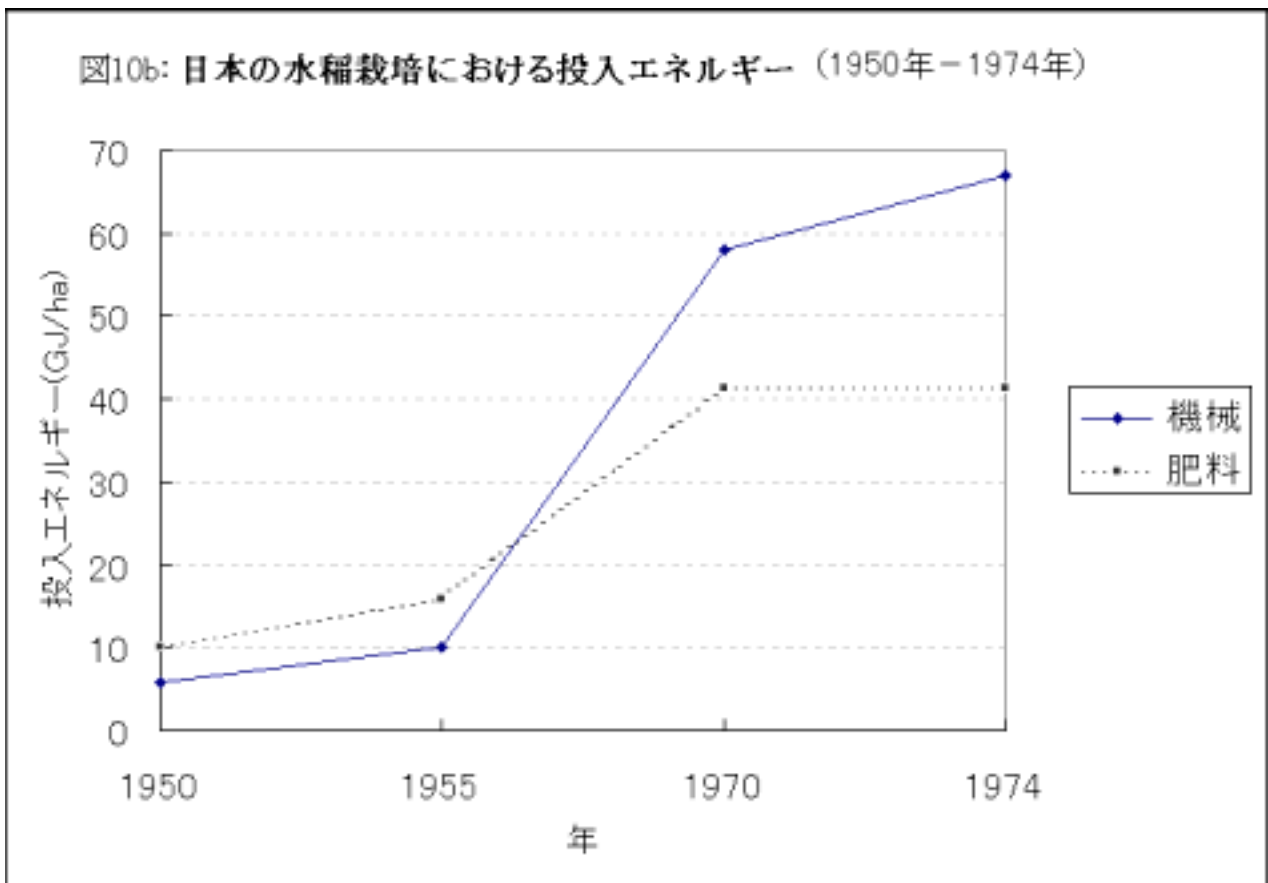
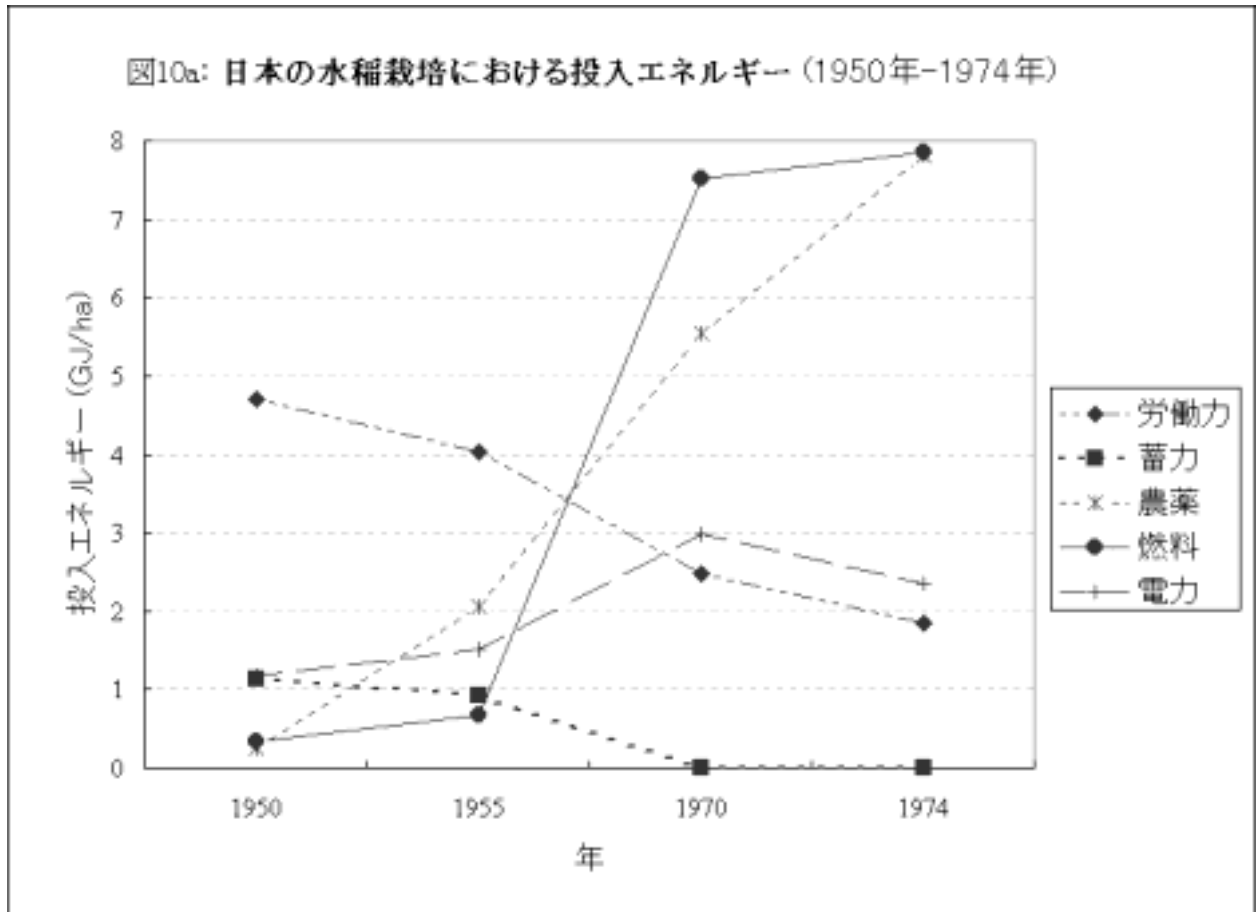
1998年の日本の第一次産業(農業、林業、漁業)におけるエネルギー消費量は、約467PJ(petajoules、 10^{15} J)と推定され、最終エネルギー消費の3.1%にあたる^[138]。しかし、これにはインフラ建設、機械製造などに投入されたエネルギーが計算に入っていないために正確な全体像を表しているとはいえない。宇田川武俊はこれらの要素をすべて考慮に入れて第一次産業における投入エネルギー量を計算し、1976年に発表した。表2.39と図10a、10bは1950年から1974年にかけての日本における稲作の投入エネルギーを示している。

表2.39を見れば、1950年代後半までは産出エネルギー(生産された米の熱量)が投入エネルギーを上回っていたことがわかる。その後、補助エネルギー投入(例えば、機械類、化学肥料など)によって、畜力や労働力の投入を減らすことが可能になった。こうして労働力は農業から離れる条件が整えられ、製造業やサービス産業へと移行し、日本の「経済発展の奇蹟」を起こす原動力となったのである。その間、米の収量も増加したが、労働力投入の削減と1.5倍の収量増加のためには、投入エネルギーを5倍にせざるを得なかった。その結果、稲作の投入エネルギーは毎年1ha当たり200GJ(gigajoules、 10^9 J)にまで跳ね上がってしまった。

表2.39: 水稻栽培における投入エネルギー (GJ/ha)

	1950年	1955年	1970年	1974年	1974年/1950年
投入エネルギー(燃料、肥料、機械類など)	38.39	56.07	155.23	197.44	5.14
産出エネルギー(玄米収量換算)	48.72	62.16	72.66	74.34	1.53
産出/投入比	1.27	1.11	0.47	0.38	0.30

出所：宇田川武俊(1976年)



出所: 宇田川武俊 (1976年)

また、1992年に鳥越洋一が発表した研究によると、1980年代の後半の稲作投入エネルギーは、1ha当たり平均100GJ程度であるという。これは、上述の宇田川の示した数字の半分しかないが、それは投入財（特に建造物関係など）をどこまで含めるか、またそれら（機械類、化学肥料、インフラなど）の投入エネルギー評価の違いによるものである。これで見られることは、投入エネルギーの「正確な」計算は大変困難であり、大まかな数値を提示するので精一杯だということである^[139]。

表2.40はピメンテル夫妻（David and Marcia Pimentel）が発表した農業における投入エネルギーに関する多数の研究の結果を簡単にまとめたものである。

表2.40：ピメンテルの投入エネルギー・データのまとめ

作物（地域）	投入エネルギー (GJ/ha)	産出エネルギー (GJ/ha)	産出 / 投入比
水稲（日本） [1]	34.4	96.2	2.8
水稲（米国、カリフォルニア州） [2]	46.1	99	2.1
トウモロコシ（米国） [3]	44.1	111.5	2.5
小麦（米国、ノースダコタ州） [4]	11	24.4	2.2
大豆（米国） [5]	7.7	31.8	4.2
落花生（米国、ジョージア州） [6]	45.8	64.1	1.4

出所：Pimentel, D. and M. Pimentel (1996年), [1] p.121, [2] p.122-3, [3] p.115, [4] p.118, [5] p.126, [6] p.129

これらの数値は、1980年代、あるいは1970年代（日本の例はおそらく1950年代）のものだろう。日本の稲作における投入エネルギーに関して、鳥越は1968年が1ha当たり平均70GJ、1970年が約75GJであるとし、一方宇田川は1970年が155GJであるとしている。（投入エネルギー計算の主な違いについては付録3参照）

1977年、宇田川はさらに多様な作物における投入エネルギーに関する研究を発表した。表2.41はその簡単なまとめである。

表2.41：いくつかの作物に対する投入エネルギー

作物	投入エネルギー (GJ/ha)	産出 / 投入比
小麦	87.0	0.43
バレイショ	130.6	0.77
きゅうり（露地栽培）	983.7	0.026
きゅうり（ハウス栽培）	4013	0.009
とまと（露地栽培）	1309	0.082
とまと（ハウス栽培）	2789	0.036
にんじん	324.2	0.26
きゃべつ	246.6	0.18
みかん	408.7	0.21
りんご	494.7	0.11

注：

- ◇ 投入エネルギー数値は作物に対する全投入エネルギー合計である。
- ◇ 産出 / 投入比値を計算するのに利用した産出エネルギーの数値は、主産物の生産カロリーをジュールに換算したものである。

出所：宇田川武俊（1977年）数値はすべて日本、1975年である。

表からわかるように、果実と野菜の栽培への投入エネルギーは極めて高い。小麦とバレイシヨにおける投入エネルギーの主なファクターは化学肥料と機械類である。露地栽培野菜の場合の主なファクターは、化学肥料、農薬、機械類、資材（特にきゅうりやトマトの栽培に使われるプラスチックシート、ネット、支柱など）である。ハウス栽培の場合、化学肥料、農薬、資材、機械類の投入エネルギーが高く、なかでもハウス自体が投入エネルギーの約半分を占めている。果実栽培の大きなファクターとしては、化学肥料、農薬、機械類、果樹園管理にかかわるすべての作業がある^[140]。

とりあえず、毎年の日本の耕地に対する投入エネルギーを 1ha 当たり平均 100GJ と推定しよう。すると、日本の耕地約 500 万 ha への投入エネルギーは 500PJ となり、この値は 1998 年の日本の第一次産業におけるエネルギー消費量 467PJ を多少上回る。上で見てきたように、投入エネルギーの計算方法によって差異はあるが、直接第一次産業に使われる最終エネルギー消費量の割合は約 4% になると思われる。この数字は、ギーバーの研究（1991 年）によって裏付けられる。彼によると、1980 年代初頭のアメりカでは「国のエネルギー予算の約 4% が食料生産に使われた」という^[141]。

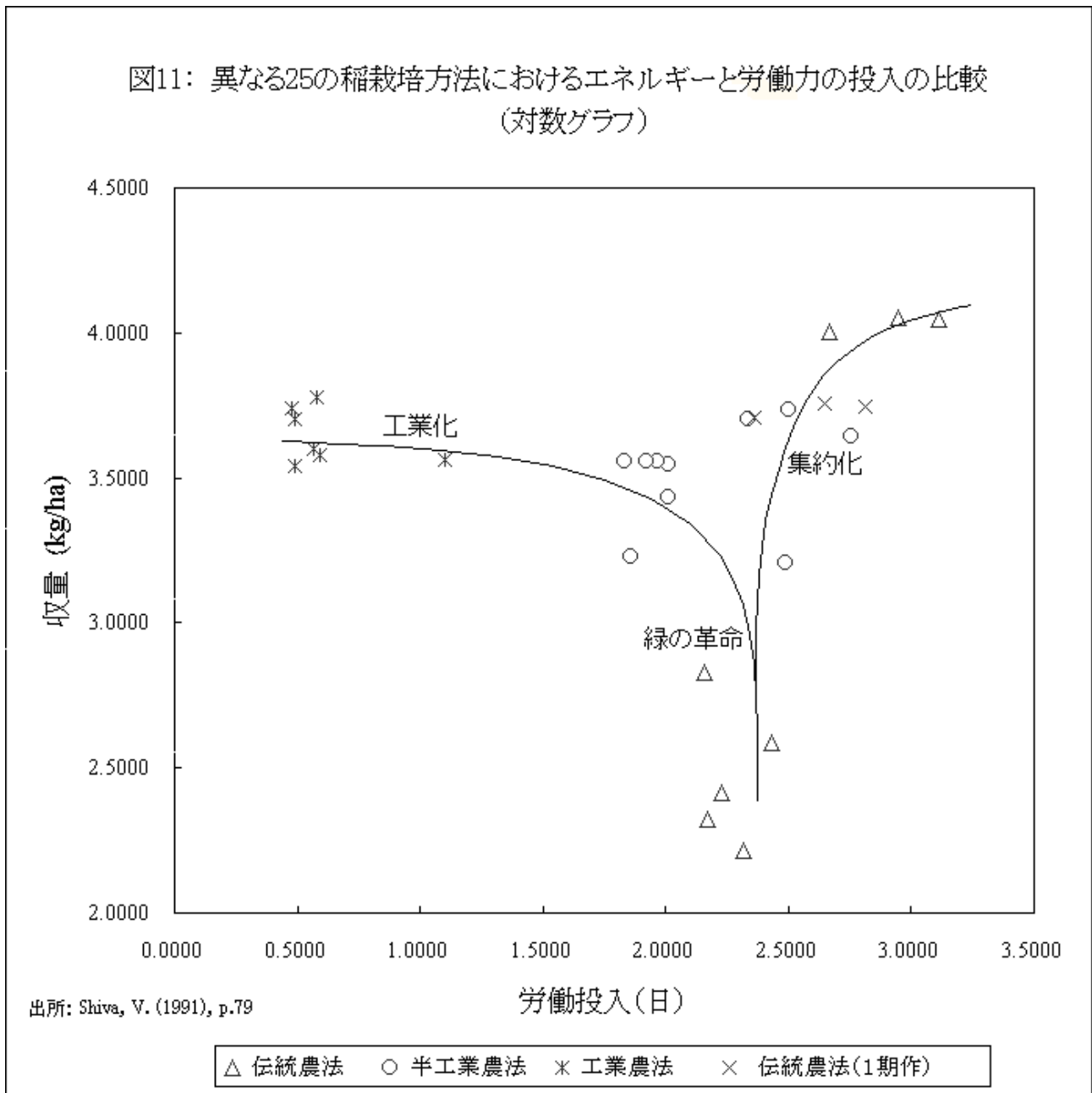
シバ (Vandana Shiva, 1991 年) は異なる 25 の稲栽培方法におけるエネルギーと労働力の投入の比較に関する研究を発表した。これらのデータの計算方法は上述のピメンテルと鳥越の研究と同様の基準に基づくと考えられ、農業における投入エネルギーの推計として比較できるものと考えてよいだろう。表 2.42 が示すものは、化石燃料の投入量が増加するにつれ収量は増えるが、投入エネルギー単位当たりの産出エネルギーはかえって低下するということである。つまり、化石燃料に頼ることができなくなった場合、収量が減ることを意味するはずである。しかし、それは本当だろうか。表の f ~ h で見るように中国雲南省では、極めて労働集約的な稲栽培方法で高い収量をあげている。これらのデータを対数グラフ(数値を 10 の x 乗で表すもので、たとえば $100 = 2^7$ ということ)で表わしたものが図 11 である。稲栽培方法が高い収量をあげる「方向」には二つあることがわかる。つまり一方は、近代化、工業化された「方向」であり、もう一方は、緑の革命の労働集約化、伝統的な有機農法の強化という「方向」である。後者の方をギーツ (Geertz) は "involution" という造語で呼んだが、ここではそれを「集約化」と訳すことにする^[142]。ここで注意しておかなければならないのは、表 2.42 の雲南省の収量が極めて多いことである。これは二期作の合計を示している可能性があるので、f, g, h の収量の数値を 2 で割って、f', g', h' とし、図 11 に x 印で示した。その結果、両者に大きな差異はなく、同様の傾向が見られた。また、インド、日本、香港の j, m, n の位置とほぼ重なる。インド、日本、香港はいずれも、エネルギーと労働力の投入が両方とも比較的高い半工業的な稲栽培方法をとっており、1ha 当たり 4.4 トンから 5.4 トンというまずまずの収量がある。化石エネルギーを投入すれば、労働の節約につながるといわれているが、これらの地域ではそう単純ではないようである。家畜(水牛など)の代わりにトラクターを、糞を堆肥にする代わりに化学肥料を使っているが、水田の管理には依然として多くの時間をかけているのではないだろうか。これはつまり、稲の収量増加が、農民の知識や技能、手入れの良し悪しによって左右されるということを示している。大量の化石エネルギー補助は労働力の大幅節約につながるが、土地生産性は頭打ちになる(図 11 左側 * 印の群を参照)。その結果、労働力が農業を離れて他の産業に流れて行くことになる。工業化された栽培方法に何の問題もなければこのままでよしとするのだが、後述するように、近代農業における一つの要素、つまり化学肥料の抱える問題は極めて深刻である。

表2.42: 異なる25の稲栽培方法におけるエネルギーと労働力の投入の比較

	地域(年)	投入エネルギー (GJ/ha)	産出エネルギー (GJ/ha)	労働投入(日)	投入エネルギーにおける労働力の割合(%)	投入エネルギーにおける化石燃料の割合(%)	産出/投入比	収量 (kg/ha)
伝統的栽培方法								
a	マレーシア、サラワク州 (1951年)	0.30	2.4	208.0	44.0	2	8.00	163.3
b	マレーシア、サラワク州 (1951年)	0.63	5.7	271.0	51.0	2	9.05	387.9
c	マレーシア、サラワク州 (1951年)	0.27	3.1	148.0	36.0	3	11.48	210.9
d	タンザニア(1967年)	0.42	3.8	170.0	39.0	2	9.05	258.6
e	タンザニア(1967年)	1.44	9.9	144.0	35.0	3	6.88	673.6
f	中国雲南省A村(1938年)	8.04	166.9	882.0	70.0	3	20.76	11,356.5
g	中国雲南省B村(1938年)	10.66	163.3	1,293.0	78.0	2	15.32	11,111.6
h	中国雲南省C村(1938年)	5.12	149.3	462.0	53.0	4	29.16	10,159.0
f'	中国雲南省A村(1938年)	8.04	83.5	441.0	70.0	3	10.39	5,681.7
g'	中国雲南省B村(1938年)	10.66	81.6	646.0	78.0	2	7.65	5,552.4
h'	中国雲南省C村(1938年)	5.12	74.6	231.0	53.0	4	14.57	5,076.1
半工業的栽培方法								
i	インド、カルナタカ州 (1955年)	3.33	23.8	309.0	46.0	23	7.15	1,619.4
j	インド、カルナタカ州 (1975年)	16.73	80.0	317.0	16.0	74	4.78	5,443.5
k	フィリピン(1972年)	12.37	39.9	102.0	5.3	86	3.23	2,715.0
l	フィリピン(1972年)	16.01	51.6	102.0	4.1	89	3.22	3,511.1
m	日本(1963年)	30.04	73.7	216.0	5.2	90	2.45	5,014.8
n	香港(1971年)	31.27	64.8	566.0	12.0	83	2.07	4,409.3
o	フィリピン(1965年)	3.61	25.0	72.0	13.0	93	6.93	1,701.1
p	フィリピン(1979年)	5.48	52.9	92.0	16.0	33	9.65	3,599.5
q	フィリピン(1979年)	6.90	52.9	84.0	11.0	80	7.67	3,599.5
r	フィリピン(1979年)	8.72	52.9	68.0	7.0	86	6.07	3,599.5
完全に工業化された栽培方法								
s	スリナム(1972年)	45.90	53.7	12.6	0.20	95	1.17	3,654.0
t	米国(1974年)	70.20	88.2	3.8	0.02	95	1.26	6,001.5
u	米国、カリフォルニア州 (1977年)	45.90	80.5	3.0	0.04	95	1.75	5,477.5
v	米国、アーカンソー州 (1977年)	52.50	58.6	3.7	0.04	95	1.12	3,987.4
w	米国、ルイジアナ州 (1977年)	48.00	50.8	3.1	0.04	95	1.06	3,456.6
x	米国、ミシシピ川河口 (1977年)	53.80	55.4	3.9	0.05	95	1.03	3,769.6
y	米国、テキサス州(1977年)	55.10	74.4	3.1	0.04	95	1.35	5,062.5

出所: Shiva, V. (1991), p.80-81 (米1g = 3.51 kcal, 1kcal = 4187 J)

図11: 異なる25の稲栽培方法におけるエネルギーと労働力の投入の比較
(対数グラフ)



2.7.2. エネルギーと化学肥料

化学肥料は近代農業における化石エネルギー投入の大きな割合を占めているので、ここで基本的なことをおさえておきたい。スマイル (Smil) は農業に関する全世界の化石エネルギー補助を推定している^[143]。主要な化学肥料の窒素、リン、カリウム(NPK)のうち、窒素質肥料は製造過程にもよるが、アンモニアの場合 1kg 当たり 35MJ 以上、尿素の場合 70ないし 110MJ のエネルギーが投入される。近年のアンモニアの製造はハーバーボッシュ法で行なわれ、その際、原材料にも製造プロセス燃料にも天然ガスが使われる。スマイルの推計によると、化学肥料に使われるアンモニアがすべてこの方法で製造されると、1998 年の世界天然ガス生産量の 7% に当たる 150Gm³ 程度が必要になるという^[144]。

次にリンに関して見てみよう。リン鉱石の採掘には 1kg 当たり約 4~5MJ のエネルギー投入が必要である。鉱石がその後、過リン酸 (リン含有率 8~9%) に変えられるときには 1kg 当たり約 15~20MJ、また、第 2 リン酸アンモニウム (リン含有率 23%) に変えられるときには 1kg 当たり 28~33MJ のエネルギー投入が必要となる。3 目目のカリウムに関

して言えば、塩化カリウムの採掘には 1kg 当たり 4~5MJ 程度、また溶解採取によって得る場合 1kg 当たり 15~20MJ のエネルギー投入が必要である。

全世界で年間に使われる窒素質化学肥料 (75Tg of N) を製造するには約 5.5EJ のエネルギー投入が必要である。リンの場合のエネルギー投入は 350PJ 程度、カリウムは 250PJ 程度なので、全世界の化学肥料製造のエネルギー投入は 6.1 EJ 程度になる (世界の年間原油産出量は 27Gb 程度で、これは 162EJ に当たる)。1980 年代半ば、全世界の農薬製造における投入エネルギーは年間約 500PJ であった。

表 2.43 は、作物別の投入エネルギーと農業生産の要素別の投入エネルギーに関するスマイルの推計である。

表 2.43 : 農業における化石エネルギー補助 (全世界)

作物の種類	投入エネルギー (GJ/ha)	全世界エネルギー補助 (EJ)	
畑作穀類	8-15	機械類	5
水稲	40-65	化学肥料	6.1
いも類	40-90	農薬	0.5
野菜	25-100	灌漑	0.3
ハウス栽培野菜	2000 - 4000 程度		
果樹など	50-150	合計	12

注: 「2000 - 4000 程度」については、上記表 2.41 を参照のこと

出所: Smil, (1991), p.236

全世界の農業における化石エネルギー補助が年間 12EJ ということは、耕地 1ha 当たり平均 8GJ になるが、大雑把に分けると、先進国では平均 10.5GJ、途上国では平均 7.5GJ 程度である。しかし、上述したように、農業におけるすべてのエネルギー投入を宇田川のように徹底的に推計すれば、先進国では表 2.40 にある数値の約 2 倍程度に膨らむ (表 2.40 の数値を表 2.39 および表 2.41 と比較)。12EJ というエネルギー投入なら、世界原油産出量が年間 27Gb 水準とすれば、その約 7%にあたる。

日本の農業における化石エネルギー補助の数値は比較的高く、それは主に機械類と化学肥料である。ピメンテルは、1977 年の米国農業の機械類におけるエネルギー投入を 1ha 当たり平均 2.93GJ (1ha 当たり 70 万 kcal) と推計したが、日本の場合、宇田川による 1975 年の調査では、1ha 当たり 88.8GJ (1ha 当たり 2,120 万 kcal) であった。それはおそらく、日本の水田一枚一枚が狭く区切られ、しかも農家一軒当たりの所有面積も狭いことが原因だろう。1997 年に、一般生産者の 81% が所有面積 1ha 未満で、57.3% が 0.5ha 未満であった^[145]。農民は通常その所有面積にかかわらず、自分の農機具一式を揃えるので、米国よりも小型の機械であっても、結果として単位面積あたりの機械類に対する投資が過剰となり、当然稼働率も異常に低いことになる。

1993 年の東北農業試験場の鳥越洋一の調査で、稲作の作付規模 (農家の所有面積) が大きくなるにつれて、単位面積当たりの投入エネルギーが減り、産出 / 投入比が増加することが裏付けられた。0.3ha 未満の小面積では、1ha 当たり投入エネルギーは平均 125GJ だったが、4ha 以上の広さになると 1ha 当たり投入エネルギーは約 95GJ まで削減されている。同様に産出 / 投入比は、0.3ha 未満では 0.7 程度だが、6~7ha では 1.0 前後まで上がっている^[146]。このようなスケールメリットが多少の効果を発揮しているのは、機械類への投資が大きなファクターだということを暗に示している。

同様に化学肥料に関した計算では、米国で 1977 年に化学肥料という形で投入されたエネルギー補助は 1ha 当たり平均 8.8GJ であった。一方、宇田川の計算によると、日本の場

合は 1975 年に 1ha 当たり 27.2GJ であった^[147]。米国と比べて、日本では生産者に支払われる米の価格が高く（1997 年で 7.9 倍）農家に化学肥料をつぎ込む余裕があるからだと思う。ところが、化学肥料の 3 分の 2 までが、農地から地下水、湖沼、河川へと流れ込むのである。その結果、地下水の窒素汚染、ランソウ（藍藻）や赤潮（プランクトン）の異常発生と水面付近の富栄養化を引き起こす^[148]。地球の大気中の窒素年間約 1 億 3,000 万トンは自然の営みによってアンモニアと硝酸化合物に変換され、生態系を循環する。これを窒素循環と呼ぶ。現在の人間の活動は、この自然界の窒素変換に匹敵するほど大規模になった。窒素質化学肥料の製造、化石燃料の燃焼、焼き畑、野焼き、森林放火、湿地の干拓、マメ科植物などの窒素固定作物の栽培によって、少なくとも新たな 1 億 3,000 万トンの窒素が地球全体に固定されている^[149]。この窒素汚染は、生態系の通常の機能に人間の活動がいかに影響を与えるかという一つの例である。

2.1.3. で見たように、日本は食料と飼料の世界最大の輸入国である。輸入される食料や飼料に含まれる、窒素分は 90 万トンと推定されている。それに国内生産分の 70 万トンが加わって、全体では 160 万トンとなる^[150]。1996 年に日本では窒素質化学肥料という形で 85 万トン弱の窒素が耕地に投入された^[151]。1998 年の数字だが、国内の家畜は合計 7,200 万トンの糞尿を排泄した^[152]。さらに、首都圏や京阪神など巨大都市圏の人間の排泄物は多少の処理が行なわれても、結局はリサイクルされずに海に流される。米国の穀倉地帯の豊かな水と土の恵みを日本人の胃袋に収めた後トイレから流し、本来なら還元されなければならない資源が、逆に様々な環境問題を引き起こしている構図を、人々にはわかしてもらいたい。日本は超窒素過剰国と言え、窒素質化学肥料は全く使わなくてもすむほどである。今後使わない方向でやって行けば、窒素汚染の防止、健康的な食料供給、化石エネルギーに依存しない農業の確立を促し、そしておそらくは、産業間の人口の偏りをなくす道歩み出すことができるだろう。

近年日本政府も、この窒素過多の問題に対する解決方法を探らなければならないことに気づいたようである。平成 11 年（1999 年）度版の「食料・農業・農村白書」第 2 章 農業の持続的な発展、第 5 節 農業の自然循環機能の維持増進 には（2）「家畜排せつ物の適切な管理・利用の推進」と題された文章がある（264 ページ）。また、1999 年 7 月 12 日に公布・施行された「食料・農業・農村基本法」第 32 条は「自然循環機能の維持増進」と題されている。さらに、同年 10 月 1 日には「家畜排泄物の管理の適正化および利用の促進に関する法律」が施行された^[153]。遡って平成 10 年（1998 年）度版「農業白書」にも同じような文章が含まれていたが（245 ページ）、さらに前年の平成 9 年（1997 年）度版には、上記のような用語は一切含まれず、第 4 章、第 5 節 環境と農業・農村の項で「環境面に配慮した家畜経営」という表現にとどめ、堆肥化作業の自動化を示す写真が掲載されているだけである（259 ページ）。時代は確かに変わりつつあり、上記の家畜排泄物の管理の法律が功を奏することになれば（具体的な措置とその実施は都道府県に任せられた）、今後 5 年から 10 年の間に日本の農業に大きな変化をもたらすだろう。

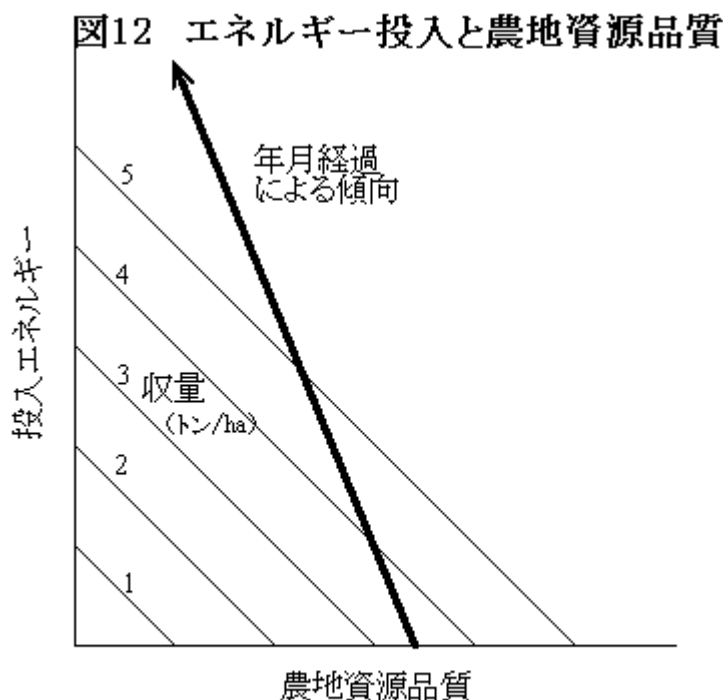
さらに、化学肥料は長期的にみれば土壌の健康に悪影響を及ぼす^[154, 155]。化学肥料によって酸性化した土壌は、肥沃度が低下するとともに植物の養分吸収力をも損なわせる。絶えず化学肥料を施した耕地は、土中の炭素と窒素を耕作前の 50% から 60% 失い、その回復には、自然更新に任せると約 200 年かかる。ただし、有機肥料を施せば 40 年ないし 50 年で回復できる^[156]。図 12 は、化石エネルギー投入と土壌の質の関係を表したものである。化石エネルギー投入を減らしたり中断したりすると、収量はグラフ上垂直に下降する。これは、時間の経過とともに土壌の質が低下して以前ほどの生産性を維持できなくなるという意味である。土壌の肥沃度は絶えず化学肥料を投入することで人工的に高めることができるが、それが中断されると、生産性は以前の半分ないし 3 分の 1 の水準に落ち込む恐れ

がある。これがまさに北朝鮮で起こったことで、石油と天然ガスの輸入が途絶えたために化学肥料と動力の不足が深刻化し、広範な食料危機が引き起こされたのである^[157]。

化学肥料は健康に良くないと言われて久しい。これは、1930年代から1940年代にかけてのアルバート・ハワード (Albert Howard) らの著書で明確に示されている^[158]。この事実が多くの人々の常識にならないよう隠されてきたことは、20世紀後半の大きな問題と言ってもいいだろう。

化学肥料は再生可能どころか有限な資源である。今後の化学肥料生産には下記のような制限があるだろう。

- ◇ **窒素質肥料** アンモニアの合成を必要とし、化石エネルギーなしではこのエネルギー集約的な製造法を用いることはできないだろう。上述したように、天然ガスは世界の化学肥料製造の理想的な原材料であり、燃料でもある。
- ◇ **リン酸質肥料** 全世界のリン鉱石の消費量は年間約1億5000万トン(1995年)で、年に4%ずつ上昇している。世界可採量は340億トンと推定されるが、このまま消費が増え続ければ、リンの世界供給量は2050年で底をつくと思われる。リン鉱石はモロッコ(世界既知量の約半分)、米国、旧ソ連に分布している^[159]。
- ◇ **カリ質肥料** カリ(カリウム)はリンよりも広く世界中に分布しており、通常土壌と食物に含まれ問題になることはまれである。カリの世界既知可採量の半分以上がカナダ、サスカチュワン州にあり、旧ソ連とヨーロッパにも相当な可採量が存在する^[160]。1995年のカリ質肥料の生産量は2,270万トンで、可採量は500億トンと推定されている^[161]。肥料1を製造するのにカリ鉱石5程度が必要で、生産量が年2%ずつ伸び続けると仮定すれば、可採量の5分の1が2050年までに消費されることになるだろう。しかし、化石エネルギーの不足が、2020年ないし2030年代までに、リン鉱石、カリ鉱石の採掘に深刻な影響を及ぼすと考えられる。



Source: Hall, C.A.S., Ed., p.123

2.7.3. 農薬

ここでは農薬による汚染と毒化について簡単に述べるだけにしたい。農薬は地下水、湖沼や河川に流入し、土壌や作物に残留し、大気中に蒸発して、多くの環境や健康の問題を引き起こす^[162]。日本では多種類の農薬が製造され、その産業を簡単に一般化することは難しい（形状が固体や液体であったり、原材料や製造方法が複雑多岐にわたる）。しかし大ざっぱな話として、1995年に日本では46万トン余の農薬が製造され、その内訳は殺虫剤34%、除草剤25%、殺菌剤23.5%、殺虫殺菌剤12%というものであった^[163]。同年、農薬の輸出入は同程度で、それぞれ19,000トン前後であった。1997年には輸入が輸出を9,000トン程度上回った（輸出14,000トン、輸入23,000トン）^[164]。一般的に、農薬は石油化学原料からエネルギー集約的な製造方法によって作られる。通常よく使われる農薬の有効成分を合成するには、1kg当たり100~200MJのエネルギー投入が必要である。また、製造から販売にいたるまでのエネルギー投入分を含めると1kg当たり合計200~300MJ程度が必要になる^[165]。そこで1kg当たり250MJと仮定すれば、45万トンの農薬には112.5PJのエネルギー投入が必要となる。それは1998年の日本の最終エネルギー消費の0.74%に当たる。農薬の製造は工業的製造方法と石油化学に大きく依存しているため、長期的に農薬の供給を保証することは困難だろう。それならば、農薬とは別の、作物を病気や害虫から守る方法を考えることが、化石エネルギー時代終えん後の農業へと移行する中で、優先順位の高い課題なのではないだろうか^[166]。

2.7.4. 収穫後から食卓に上るまでのエネルギー消費

先進国では最終エネルギー消費の3%~4%が直接食料生産に使われていることを見てきた。それでは、収穫から食卓までにはどの程度のエネルギーが消費されるのだろうか。以下、そのプロセスをいくつかの要素に分けて考えてみよう^[167]。

収穫後の保存に必要なエネルギー例：

収穫直後：

乾燥 トウモロコシ 1kgの乾燥には860kJが必要
 貯蔵 サイロなどの建造物や施設を建設し、維持管理するためのエネルギーが必要。

数量化は難しい。

出荷のための保存方法に必要なエネルギー例

薫製 食料1kg当たり約19MJ、木材チップが大部分
 塩漬け 食料1kg当たり約96MJ、塩生産そのものに、1kg当たり377kJかかる
 缶詰 食料1kg当たり約2.5MJ
 冷凍 食料1kg当たり約7.6MJ
 冷凍乾燥 食料1kg当たり約14.8MJ

パッケージの材質には、紙、プラスチック、鉄、アルミ、ガラスなどが使われる。発泡スチロール製トレイ1枚につきわずか900kJでできるか、再利用するミルクびん1本(半ガロン、1,892ml)を製造するには、18.65MJを必要とする。ただしこのエネルギー消費を使用回数で割って1回当たりのエネルギー消費を計算することになる。エネルギー消費の悪い例は355mlのアルミ缶に入った「ダイエット」飲料である。アルミ缶1本を製造するのに6.9MJ、中身を作るのに2.4MJがかかり、わずか4,200J(1kcal)の飲料のために、合計9.3MJものエネルギーを消費するのである。

輸送：フォン・ウイゼッカー (Von Wieszäcker) が、ドイツにおける食料輸送の興味深い例をあげている^[168]。ドイツのシュツツガルト市で製造される小さなガラス容器のヨーグルトに関してだが、そのすべての原材料がヨーグルト工場に届くまでに、3,500km輸送されており、全段階の製造プロセスを遡れば、さらに4,500km輸送されたのだという。国産の材料で作られた食料をわざわざ買う努力をしない限り、食卓に上る料理の中の小麦、大豆、トウモロコシ、そば、そしてコメでさえ、海外から運ばれてきているのである。それはどの程度の輸送距離があったのだろうか。地場産のものと比較した計算は簡単ではないが、日本の輸送業におけるエネルギー消費は、1998年に3.74EJ (97%がガソリンなどの石油製品で、日本では石油製品の41%が輸送部門で消費されている) で、つまり、同年日本の最終エネルギー消費の24.7%に当たる。そのうちの約37%が貨物用だった^[169]。大雑多に見積もって、その貨物用の3分の1に当たる416PJが、食料輸送にかかったエネルギー消費と考えられる。日本の食料の60%が輸入されていることから米国、カナダ、オーストラリア、アルゼンチン、ブラジルなど生産地から港までの長距離輸送と、そこから日本までの海上輸送や空輸にかかるエネルギー消費を計算に入れると、食料輸送に消費されるエネルギーは、国内だけの場合に比べはるかに多いことがわかる。

買い物：家から店までの距離とその手段、または食料が配達されるかどうかによって、エネルギー消費は変わってくる。買い物に使う車の燃費良いがガソリン1リットル当たり15kmで、小売店への往復が10kmとすると、24.2kJのエネルギーを消費する (ガソリン1リットル = 36.29kJ)。さらに車の製造・修理、維持管理にかかるエネルギー消費を加算する。小売店で1kgの食料を買って家に持ち帰るのに消費されるエネルギーは、そのかかったすべてのエネルギーを、買った食料の重量で割り算して導き出す。それは、おそらく食料1kg当たり5kJ程度だろう。

調理：調理には、食材1kg当たり22MJが消費される。米国では、冷蔵と調理に1日1人当たり43MJの化石エネルギーが消費されるという。1998年の日本の家庭厨房での最終エネルギー消費は149 PJであった。また、業務部門 (レストランなど) における同様の統計は136PJであった。しかし、それらの数値には、レストランの光熱費や厨房機器類、レストラン建設、経営管理などに消費されたエネルギーが含まれていないので、低い見積もりであると言える。厨房だけの合計なら、285PJになるが、それは1998年の日本の最終エネルギー消費の2%に当たる^[170]。最後に、日本で1998年に食品加工に消費されたエネルギーは231PJで、最終エネルギー消費の1.5%であったことを付け加えておく^[171]。

ギーバーらは、1980年代の初めの米国における収穫後の食料関係のエネルギー消費は、最終エネルギー消費の10~13%であると推計した^[172]。2000年の日本も同程度と考えられ、食料生産のために直接第一次産業で消費されるエネルギーが、日本の最終エネルギー消費の4%程度であるなら、食料関係全体に消費されるエネルギーは最終エネルギー消費の15~16%と推定してもよいだろう。さらに、日本は海外での食料生産と日本への輸送に消費されるエネルギーの代価を払いながら、食料生産国で消費されているエネルギーであることを理由に、日本のエネルギー収支表には表していない。ここで、国内で消費される食料の60%が海外からの輸入であることから、食料にかかわるエネルギー消費が2倍必要と考えるかもしれないが、輸入食料の大部分は穀物という形の原材料なので、それらが日本で加工されていることと、海外よりも日本における食料生産のエネルギー集約度が高い (2.7.1. 参照) ことから、海外で生産され輸入される食料にかかわる化石エネルギー投入の妥当な推定値は、上記に見積もった日本国内の食料関係エネルギー消費の25%程度といってもよいだろう^[173]。まとめると、日本人が現在消費している食料の生産、パッケージング、輸送、調理

にかかわるエネルギー消費合計は約3EJ程度（表2.44参照）である。

表 2.44：日本の食料供給における投入エネルギー補助の合計

	日本の最終エネルギー消費における割合 (%) (1998年)	
農業用投入エネルギー	4%	606 PJ
農業以外の投入エネルギー	12%	1819 PJ
国内計	16%	2425 PJ
海外での投入エネルギー	~ 4%	600 PJ
合計	20%	3025 PJ
世界一次エネルギー供給における日本の食料用一次エネルギー供給 (%)		
世界一次エネルギー供給 (1997年)	8620 mtoe	100%
日本の一次エネルギー供給 (1997年)	515 mtoe	5.97%
うち日本の食料用一次エネルギー供給	103 mtoe	1.19%

この数値は、約3.025EJだが、これは最終エネルギー消費では68.9%程度の効率しかなく、1次エネルギー供給に換算すると4.4EJ程度になる。これは100mtoe強、つまり石油7億3,500万バレルに相当する。日本の人口は、世界人口の2.1%程度だが、世界の1次エネルギー供給の6%を使い、その内の2割程度を食べるために使っている。ちなみに、米国は1997年に世界1次エネルギー供給の25.1%を使ったが、その人口は世界の4.47%である。畑から食卓までの食料にかかわるエネルギー消費が1次エネルギー供給の16%に当たるとすると、米国人は食べるだけで世界の1次エネルギー供給の4%を必要としたことになる。もし、エネルギーが人口比で分配されるなら、そして先進国で現在と同じような農業を続けるなら、先進国の人々は食べることで精いっぱいを送ることになるだろう。

食料関係に消費されるエネルギーを計算するもう一つの方法は、人々が摂取した食物1kgあたりに含まれるエネルギー（熱量）に、その食料1kgが食卓に上るまでに消費されたエネルギーを掛算することである。（つまり、食物に含まれるエネルギーの計算である。表2.45参照）。

表 2.45：1年間に日本で消費される食料にかかわる投入エネルギー計算

A	日本の人口 (1998年)	126,486,000
B	1日1人当たりの摂取熱量 (2570 kcal)	10.76 MJ
C	日本の年間摂取熱量 (1998年)	496.79 PJ
D	食料1ジュールを生産するのに消費されるエネルギー平均	5.75J
E	1年間に日本で消費される食料にかかわる投入エネルギー合計	2.8565 EJ

出所と注：

A：「日本の統計 2000」p.8

B：東京新聞サンデー版、2000年3月26日

C：A × B × 365

D：Coley, D.A. et al.

E：C × D

表2.45を見ると、1年に日本で消費される食料にかかわる投入エネルギー合計は、約2.86EJだが、表の数値に関するさまざまな変数と推計を考慮すれば、この合計を3EJとみなすことができるだろう。以上の2つの計算方法から仮に結論できることは、日本で消費される食料にかかわるエネルギー投入は2.8~3EJ前後だということである。

1996年に日本で廃棄された食料は1940万トンと言われる^[174]。その半分にあたる約1千万トンが、生活系ごみであった。同年食料輸入合計は8,370万トンで、日本の純食料供給は1億3800万トン程度であった^[175]。すると、食品ロス率は輸入食料の23%程度で、純食料供給の14%になる。このことから、日本の一般消費者が、日本のエネルギーと食料自給率について何かをしようと思えばすぐにでも実行できることが、いろいろ考えられる。以下にくつかの例を挙げてみる。

- ◇ 調理などの工夫によって、食料を無駄にしない
- ◇ 国産品、地場産品をもとにした食生活を心掛ける
- ◇ 自分で作ることを含め、なるべく自分の近くでできたものを食べる
- ◇ 食品の包装容器や調理法に関心を持ち、エネルギー、容器の素材を、食材が節約できる方法を考える
- ◇ 自分の近くの有機農家を支援して、化学肥料、農薬その他の化石エネルギー投入の依存度を軽減する
- ◇ 農家は、状況に合った適切な農機具を手入れして長持ちさせる。機械に対する過剰な投資と低すぎる稼働率を避けるために、農機具類の共有化を検討する
- ◇ 機械化のための農地の区画整理や規模拡大は、エネルギー不足時に蓄力、人力による農作業が難しくなるので、慎重に考える
- ◇ 遺伝子組み換え食品を拒否する。これらは環境に悪影響を及ぼし、健康を害する可能性があり、人間に栄養豊かな食物を供給するというより、大企業の利害が絡むエネルギー集約的工業的農業の延長にすぎない^[176]。

2.8 日本の再生可能な資源の長期的展望

長期的に食料とエネルギーが不足した場合に、日本人が頼ることができる再生可能な資源には何があるだろうか。ほんの少しの化石燃料しかなく、しかも現在と比べて極めて低いレベルの産業しかない日本を想像してみよう。そんな状態では、太陽光発電パネル、半筒状の太陽光反射板、太陽熱温水器、風力発電、海洋エネルギー発電、地熱発電、燃料電池などの「再生可能なエネルギー」のための設備・機器類の量産ができるわけもない。無論、今後数十年の石油と天然ガスの産出量、日本までの輸送の状況によって異なるが、2050年あるいはそれ以前に、日本がこのような状況になると考えてもおかしくはない。

もしそうだとすると、日本や他の先進工業国の国民は、「軟着陸」のシナリオへの道筋の検討を「危機」が現実となった時点にではなく、今から始めるべきではないだろうか。今後数十年（20年？）以内に起こると思われる経済大転落が深刻化する前に（1991年、日本経済のバブルがはじけたのがその前兆だったか？）食料とエネルギーを輸入に依存する体質から、国内の自然の恵みの範囲内で生活する方向へと転換を開始すべきである。その理由は2つある。1) 過渡期は長期にわたると思われるからである。持続可能な循環型農業を実行するために、農地の肥沃度を充分引き上げるのに50年かかる地域もあるだろう。2) まだ化石燃料が使える間なら、将来を見越して次世代の人々に感謝される事業を行なうことができるからである。さらに、「中間的な」の再生可能なエネルギー源（太陽光、風力、海洋エネルギー、地熱など、1.4.4.参照）も使うことで、「新しい社会」への移行が急激で苦痛を伴うものではなく、ゆるやかで人間的なものにすることができるはずである。

無事移行を果たした後の2100年前後の日本は、もはや化石燃料が使えず、“新”エネルギー源もほとんど存在しない世の中かもしれない。そのときの生活は、本当の意味での再生可能な資源にしか頼れないだろう。以下2.8.1.から2.8.5まで、日本の本当の再生可能な資源について考えていきたい。

2.8.1. 土壌と収量

アメリカの農民に化学肥料の使用を断念しろということは、1000万人のアメリカ人を消すことに等しい。それと同時に2億5000万エーカーの新たな耕地を開拓し、2000万人の都市住民を畑での重労働に戻し、現在の生活水準を半分にし、1世紀前の生活にもどることになるのだ。(ホワイト・スティーブンス、1977年)^[177]

いざとなれば、私たちが75年前にしていたような有機農業に戻ることはできる。しかし、その方向に踏み出す前に、現在の国民のうち、飢死する5000万人は誰なのかを決めなければならない。化学品、抗生物質、成長ホルモンの大量の生産・投入なくては、2億5000万人の我が国民を、最低限度のレベルでも養うことはとてもできない。(元米国農務省長官、アール・ブッツ、1991年)^[178]

誰も信じなくなってしまうほど非常にうまく隠されている真実は何なのかということ、有機農業こそが世界を養っていけるカギだということなのだ。^[179]

ドリンクウォーター(Drinkwater)ら^[180]は、マメ科植物(窒素固定し、後に肥料となる)に基づく農法二つと、そして化学肥料を利用する慣行農法一つにおける炭素および窒素バランス(収支)を研究した。マメ科植物に基づくシステムは両方とも「有機的」に管理し、化学肥料と農薬の使用を避けた。そのうちの一つでは、マメ科植物と牧草で牛を飼育し牛糞を圃場に返すという牧場経営を模倣した。その牛糞がトウモロコシ栽培(この実験のすべての圃場の主要な活動)への一次窒素供給となった。結果は、マメ科植物に基づくシステムが、環境面からも(流入した窒素が少ないこと)、農業的にも(特に牛糞の場合のマメ科植物システムでは土壌の肥沃度が改善されたこと)優れていることが分かった。興味深いことは、トウモロコシの収量は牛糞の場合1ha当たり7,140kg、マメ科植物だけの場合7,100kg、そして慣行農法の場合7,170kgとなったことである。これらの収量の数値が10年間の平均であることから、化学肥料なしの農業では収量が低下するという主張は成り立たないことがわかる。重要なのは土壌の肥沃度であって、2.7.2. で述べたように化学肥料ではそれを保障することはできないのである。

水稻の興味深い栽培方法は「アイガモ農法」である。この方法は、田植え直後からアイガモの幼鳥を水田に放し、稲についた虫や苗の間に生えた雑草を食べさせるものである。アイガモは稲の硬い葉は食べない。また、水田に落とされたアイガモの糞は土壌を肥沃にし、稲の成長に必要な栄養を供給する。こうしてアイガモは殺虫剤や除草剤や化学肥料の役割を果たすので、農家は出費を減らすことができ、人の手で除草をしなくてすむことから重労働が軽減される。この稲作システムをアゾラ(窒素を固定する水草・成長が早く、アイガモの餌にもなる)と魚(ドジョウ・アゾラの下にいてアイガモには見つからないので食べられない)とを合わせて行なうこともある。福岡県桂川町の古野夫妻はこの方法を用いて、もみで1ha当たり6,470kgの収量があった。ちなみに、その地域の平均収量は1ha当たり3,830kgである^[181]。古野家では化学肥料も農薬も使わない。隣接する他人の農地では農薬が使われているので、靴底に農薬がついたまま古野家の農地に足を踏み入れないように気をつけているほどである。この農法の例からも、収量のカギは化学肥料ではなく、家畜の糞と土壌の肥沃度との関係であることがわかる。

イギリスのロサムステッド農業研究所(Rothamsted Experimental Station)で150年

以上も前から行われている実験がある。この実験によると、十分な化学肥料 NPK（窒素、リン、カリ）を入れた圃場での小麦の収量が 1ha 当たり平均 3.40 トンなのに対して、牛糞堆肥を入れた圃場は平均 3.45 トンであるとう。土壌中の有機物と窒素量は、堆肥を入れた圃場では 150 年間で約 120% 増えたが、化学肥料を入れた圃場では、約 20% 増に留まっている。この例が示しているのは、有機農業が考えていることは収量の範疇を越え、自然資本の増加や改良までが含まれるということである^[182]。

2000 年 8 月 17 日のネイチャー誌^[183] で、異なる二品種の稲を 2 列ずつ交互に植えることによって、いもち病を 94% 減らし、殺菌剤の使用を不要にした実験結果が報告された。中国雲南省で行なわれたこの実験の興味深い点は、2 年目に 2 県にわたる 10 の町の 3,342ha の全水田で実行されたことである。収量も 18% 増加したので、このシステムの生産性に問題がないことが実証された。この農法の重要なポイントは作物の多様性である。

ピーター・ロセット (Peter Rosset) は、エコロジスト誌に掲載された論文で^[184]、大規模農業はより効果的で生産性が高いと一般に認められてきたことが実際は神話でしかないことを示した。ある特定の作物の収量ではなく、生産全体で計った場合には、小規模で土地集約型の農業の方が生産性が高いというものである。上記の例にもあるように間作や混作は、病気や害虫に対する抵抗性が高く、収量も良いため、小規模の家族経営有機農家で多く取り入れられている。しかし、その場合は機械による収穫はできない。実際、雲南省では、稲は人の手で収穫される^[185]。小規模農家が、牛数頭や、鶏、ヤギを飼ったり、輪作を行なうケースが多いのも、そうすることによって雑草を減らし、病気による損害も少なくすることができるからである。化学品や化石エネルギーも不要で、自然の生態系に近くほど生産性も高くなる。このようにしてとれた作物は、人工的な化学物質を含まず、土壌からの栄養分だけで育っているのだから、健康的な食物と言える。人間を含む動物が、多様な植物と調和をもって生きることが、すなわち土壌の肥沃度の維持であり、バランスのとれたエコロジカルな暮らしである。

ジュールズ・プリティ (Jules Pretty)^[186] は、ブラジル、グアテマラ、ホンジュラス、インド、ケニア、メキシコなどの何十万人の農家が、資源節約技術と農法を採用することによって、収量を 2 倍から 3 倍に増やしたと報告している。面白いことに、これを実行するためのプログラムはすべて 1990 年代に入ってから始まったものである。

現在ヨーロッパや北米で有機農業が急速に広まっている。ヨーロッパで認証を受けた有機農産物は 1985 年から 1998 年までに耕地総面積の 0.2% から 2% 以上に成長した。この成長率が続けば、2005 年までに西ヨーロッパ農業の 1 割が有機農業になるという。イギリスでは、有機農産物需要の伸びは年間 40% になっており^[187]、供給が需要に追いつかない。また、米国には有機農産物消費者が 1,000 万人おり、自然食品店舗 6,000 軒、有機農家 10,000 軒であるという^[188]。日本でも有機農産物への関心は高まってきているが、正確な数は不明である。日本の農家で「環境保全型」農業（必ずしも有機農業ではない）を行っているのは稲作農家と果樹農家のそれぞれ 5% で、その他の農家では 1% と推定される^[189]。日本では、まだ道のりは遠いと言える。

ジョージ・モンビオ (George Monbiot)^[190] は有機農業について次のように主張している。有機農業はそのシェアの大きさの割には政府に存在意義を認めてもらえず、国からの補助金が相対的に少ない。有機農業が強調するのは、多様性、小規模、地域の状況への適応性、農家個人の創意工夫、伝統的な技術と知識であり、否定するのは、化学物質、業者が販売する種子（交配種 [ハイブリッド] 遺伝子組換え品種）、化石エネルギー投入財である。つまり、有機農業はいたって「民主的」な農業経営方法であり、農業資材を売り込んで支配しようとする大企業をにとっては、獲物にならない相手である。だれでも、いつでも、農

地があって、何年でも植物や土とつき合い、自己の技術を高める忍耐力がありさえすれば、有機農業はできるのである。モンビオの主張は、政府が軽視している有機農業こそが世界を養うカギであり、近い将来生き残る唯一の農業形態かもしれないというものである。私たちはそのつもりで有機農業を実践すべきだろう。

2.8.2. 水：日本の水循環と気象

日本の水収支を見てみよう。

表 2.46：日本の水収支

	億 m ³ /年	%
年平均降水総量	6500	100
河川水（直接海に流出）	3310	50.9
蒸発散	2300	35.4
農業用水	590	9.1
生活用水	164	2.5
工業用水	138	2.1

出所：農林統計協会「食料・農業・農村白書」平成 11 年度版、p.162

農業用水は、毎年の国内有効水量の 3 分の 2 である。日本の国土の 65% が森林であるため、山地に降った雨は森の土を通して川を流れ下り海に注ぐ。その雨の 13 ~ 14% が途中で留まり、そのうちの 3 分の 2 が農業用水として使われる。その多くが水田の灌漑システムに集まる。これは水のシステム全体を調整する役目を果たしている。自然な（汚染されていない）生態系では、森の土壌を通った澄んだ水が栄養分（特にミネラル）を海まで運ぶ。この養分が海の生物を育てる。日本の数カ所で、特に北日本の沿岸の人々がこの数十年の漁獲高の減少を経験し、その地方の山々に組織的に植林することで海産物を復活させようと活動を始めた。これは洞察力に優れた賢明な人々の話である^[191]。適量の雨と自然の森（商業的に植林した森林ではない：下述参照）の組み合わせ、適量の有機物のある土壌との組み合わせが日本の農業を潜在的に生産性の高いものにしてきているのである。

南北に細長い日本列島は、北と南では気候が大きく異なり、年に 2 回、6 月と 9 月に雨量が多い。寒冷前線が北上すると夏になり、南下すると秋になる。6 月の雨期は稲作にたいへん重要なだけでなく、現在は都市に水を供給するダムをも満たしている。1990 年代に二度、いつもと違う梅雨が日本にあわやの危機をもたらした。1993 年（平成 5 年）には梅雨期間が通常より 1 ヶ月以上も長引き、1994（平成 6 年）年には一転雨不足となった。1993 年は長雨で夏のない年だったため、1945 年以来最悪の米の生産量となった。米国、タイ、韓国から米を緊急輸入しなければならず、米の国際市場価格上昇の原因を作った。また、GATT（関税貿易一般協定）ウルグアイ・ラウンドの交渉で日本が米輸入を受け入れざるを得ない理由となった^[192]。1994 年の旱魃は西日本に深刻な水不足をもたらし、ダムまでが干上がった^[193]。地球温暖化がこれらの異常気象の原因であるかどうかは定かではないが、科学的あるいは状況証拠的な判断からすると、化石燃料の燃焼による二酸化炭素の排出と、メタンや CFCs（フロンガス）などのガスの排出が原因となる気候変化によるものと思われる^[194]。実際に気候の変化が起こっているとしたら、それを防ぐことはもはや不可能だろう。石油や天然ガスの産出が経済的に引き合わなくなるまで、その使用が断念されることはありそうにないし、石油と天然ガスに代わって石炭の使用が増えるのを阻止できるかどうかも定かではない。

米国では2000年8月に200万ha以上の森林が火災で失われた^[195]。森林火災の原因は単純ではないが、気候変化の前兆と思われる北米大陸における雨不足が要因の一つと考えられている。日本が気候変動によってどのような影響を受けるかは予測が困難だが、もし深刻な旱魃が頻繁に起こることになれば、日本の森林は危険な状態になりかねない。日本が水循環機能を維持するために、森林は必要欠くべからざるものなので、森林に何らかの悪影響があれば、農業の維持が難しくなるだろう。しかし、エコロジーの原則に基づいた優れた森林管理があれば、たとえ旱魃や森林火災が起きても、森林の自然回復力を助け、被害を最小限に食い止めることができるはずである^[196]。

2.8.3 森林：日本の再生可能なエネルギー源

1997年に日本は世界一の木材輸入国であった。米国も輸入量は日本に匹敵するが、それでも日本を下回っている。しかも米国は最大の木材生産国であり、実質的には木材輸出国である。日本もかなりの量の木材を生産しているが、輸出はゼロに近い^[197]。日本は、国土面積37,652,000ha(376,520km²)のうち、森林が24,621,200ha(246,212km²)である^[198, 199]。したがって、国土の約3分の2(65.4%)を森林が占めているということである。

表 2.47：日本の木材輸入（1997年）1000 m³

丸太	22,970
製材品	17,120
木材パルプ・チップ	37,730
合板	8,420
その他	2,100
合計	88,340

出所：農林統計協会「林業白書」平成10年度版 p.97

日本の森林が荒廃することなく持続可能な状態に管理され、毎年木材や他の資源を一定量供給することができるでしょう。（日本の森林は現在手入れが行き届かず、荒れるにまかせているのが大きな問題だが、良心的な管理をすれば状態は改善されるだろう。）島根大学の小池浩一郎助教授によれば、日本の森林の60%、つまり1,500万ha程度を持続可能に管理し資源を得ることが可能だと言う。木材から得られるエネルギー量は次の計算の通りである^[200]。

日本の森林の年平均1ha当たりの成長	13.8 トン
幹の成長（葉と枝の成長を除外するために、全成長を0.4でかける）	5.52 トン
幹の成長 × (1,500万ha) = 日本全体の幹の成長	82.8 × 10 ⁶ トン
日本全体の幹の成長 × (18.84 × 10 ⁹ J/トン) = 年間エネルギー生産	1.56 EJ

1998年の日本の一次エネルギー供給は22EJであったので、この1.56EJは現在の一次エネルギー供給の14分の1になるが、今その持続可能な資源が全く手つかずの状態になっていることを考えると、いざという時には森林は頼れるエネルギー源としての潜在力があると言えよう。しかし、木材は燃料としてのみ使われるだけではない。1億2千万人以上の日本人に、8,280万トンの(幹の)木材収穫量を平等に分けると、年間1人当たり650kgになる。この木材が家屋建設や家具製作に使われるわけである。日本の平均的な家の床面積を100m²とすると、一軒建てるには約20m³の木材が必要となる。日本の森林で育った木材の密度は1cm³当たり平均0.6~0.65gなので、家を建てるには12~13トンの木材が

必要ということになる(ただし将来、家がこの大きさを建てられるという根拠はない)。もし年間1人当たり650kgの木材が分配され、それで家を建てるとすると、一人が家をたてるのには20年かかるということになる^[201](木材の使用目的が家屋建設のみの場合)。家族が4人いれば、割り当ての4分の1だけを使って20年で家を建て替えることができる。家の寿命が30年ないし40年ならば、現在の人口のレベルでも、日本の森林の持続可能な資源で建築用木材が供給できるという計算になる。しかし、これにはいくつかの問題がある。

- ◇ すべての種類の木が建材に向いているわけではない。
- ◇ 森林の地理的分布と森林の成長や管理にかかる年月が、この計算を単なる「理論上」のものとしている。
- ◇ 家の建設に必要な他のすべてのもの(職人、道具など)が広くかつ一般的に存在していることが前提である。

木材の残りの60%(1ha当たり8.28トンの落ち葉や枝)を、堆肥や燃料として利用することはこの計算に入れていないが、もし利用したとしても森林の土壌の肥沃度を維持するために一部を残す必要がある。

これらのバイオマス(木材など)のもう一つの問題は、使用されるところまで運ぶ必要があるという点である。つまり、このバイオマスが利用される場所が森林から遠ければ、運搬のために木材の持つエネルギーよりも多くのエネルギーを消費するわけである。ということは、森の近くに住む人々の方が相対的に木材に恵まれることになる。筆者が住む茨城県は1998年現在で人口300万人弱、森林面積195,200haである^[202, 203]。上記の計算だと、107万8千トンの持続可能な木材の供給能力があることになる。県民1人当たりにして年間360kgの木材と、同程度の落ち葉と枝が得られる。北海道に住む人々はもっと恵まれるが、冬が厳しいので薪を大量に必要とする。一方東京新宿区に住む人々は、木一本も見あたらない場所が多いので、森林の恩恵にあずかることはできないが、当分の間は建物が多く、住まいに困ることはないはずである。

食料不足が起きた場合、森林はどうなるのだろうか。東京新聞の報道によると、北朝鮮(朝鮮民主主義人民共和国)の農村地帯の住人は、食料を生産する畑を作るために森林を開墾しているという。そうやって作られた畑は開墾した農民の所有になる。北朝鮮の北東部、咸鏡北道出身の男性の証言では、村から10km以内の森林はほぼ開墾され、トウモロコシや野菜を栽培しているという。当局は開墾した耕地を個人所有として黙認し、農民は収穫物の一部を税金として納めている。開墾と燃料確保のために山の樹木はほとんど伐採され、それが洪水や土砂崩れの原因になっている^[205]。そういうことでもわかるように、日本ではたとえ燃料や食料のために森林を開墾する必要性に強くせまられても、国土保全の観点から可能な限りの面積の森林をできるだけ良い状態で維持することが不可欠である。Small is Beautifulの著者シューマツハなら^[206]「日本人は、土、森、気候(太陽、雨)の資源から毎年得られる“収入”以内で生活し、自然の“資本”を取り崩す誘惑に負けないような生活様式を身につけなければならない」と言うだろう。

森林伐採後の植林(一般に成長の速い針葉樹)もいい方法とは言えない。日本では、1950年代から1960年代にかけて広範囲に植林が行われた。この植林は周辺に下記のような影響を与えた^[207]。

- * 従来の生態系が破壊され、それより劣るものに変質した
- * 動植物の多様性を破壊した

- * 水資源に悪影響を及ぼした（土壌の保水力が変化して、それまでの沢や泉の様子が変わったこと）
- * 山から流れてくる水のミネラル成分が変わり、谷間の農業に 100 年単位でしか復旧できないダメージを与えた

原生的な天然林は、火災が起きても完全に焼き尽くされることはめったにない。なぜかという、天然林の樹木は樹冠が正常に発達し、森の地表を覆い、保水力を増進し、多くの水分を維管組織に貯える多種の下層植物の成長を促すからである^[208]。

日本人が森林に関してすべきこと（またはすべきではないこと）は明確である。今後数十年にわたって日本人が森林のきちんとした保護と管理ができるかどうかは、日本国民の長期的生存に関してどれほど森林が大きな意義を持っているかを多くの日本人が意識できるかどうかにかかっているだろう。1990 年代のなかばに北朝鮮で起きたように、日本で突然食料とエネルギーの危機が起こったら、森林に対する圧力は耐えがたいものになるだろう。悲惨な生態系災害を防ぐために、今まさに大きな叡智と先見の明が求められている。

2.8.4. 家畜という動力源

動物というものを、生態系の一部として見るか、あるいは、人間にとっての食料や動力として見るか、二つの見方がある。ここでは、化石エネルギーの不足が長期化した場合に家畜が動力の役割を果たすという側面に的を絞りたい。その家畜の中の馬について、スミルは次のように書いている^[209]。

機械力の点で、1985 年の米国におけるトラクターの総動力を馬でまかなうとすると、記録的な頭数があった 1910 年代の 10 倍、少なくとも 2 億 5 千万頭の馬を飼育しなければならない。そのためには米国の耕地の 2 倍の 3 億 ha が必要となる。

日本の場合、それは馬や牛（南方では水牛）ということである。現在の頭数を増やす必要があるとしても、これには相当な年月がかかるだろう（馬、牛、水牛を最近見かけたことがあるだろうか）。結局、再生可能なエネルギー源（と“新”エネルギー源）同様、現在化石エネルギーで供給されている機械力を人間の労働力や畜力でまかなおうと努力しても無理がある。化石エネルギー時代が終焉すれば、今とは違う世界、違う生活様式になるだろう。私たちは 20 世紀に化石エネルギーの恩恵にあずかり、安楽で快適な暮らしを送ったが、それは同時に世界をシステム的な混乱に陥れてしまった。そう簡単には 200 年前の生態系に戻ることはできない。化石エネルギーが私たちの生活に貢献したことは否定しないが、有限資源は文字通り枯渇する運命なので、使える時間は限られている。その後の実用的な代替物がない以上（石油と天然ガスの代替物は依然として見つかっていない）それより前の生活様式に戻るしかないだろう。化石エネルギー時代が過ぎて後に残るものは地球に関する知識の蓄積だが、それが役に立つかどうかは定かではない。そのような状態で、動物の助けなくして新しい時代に突入すれば、人間は耐えがたい苦しみを味わうことになるに違いない。

今日の日本の農村には、農耕の助けとなる家畜はほとんど飼われていない。そのような家畜を増やす 30 年間の計画が 1990 年に始まったなら、2020 年頃には完成したのだろうが、上述したように、家畜の飼料用耕地は人間の食料用耕地と競合するのである。この問題の解決の糸口は、人口が土地と自然の収容力の範囲内の適正水準まで減少することであり、それが次の項の主題である。

2.8.5. 人口の適正水準

日本の自然条件内で養うことができる「適正の」人口水準とはどの程度だろうか。また、どのような過程を経て、いつ頃その状態に到着することができるのだろうか。これらの問いが、将来の食料とエネルギーの問題の核心にある。

まず、最初に、1haの耕地で何人が養えるかというところを考えていかなければならない。18世紀には日本の人口は約3000万人で安定していたと言われる。当時1人当りの耕作面積は0.125ha、つまり1haあたりの耕地で養った人数は8人と推定されている^[210]。現在の日本は約500万haの耕地で食料の40%を供給している(人口の40%を養っている)ということで、1haで10人を養っていることになる。日本人の食料生産の耕地総面積は約1700万ha(表2.19)と推定されているので、これを現在の人口で割ると、

$$1700 \text{ 万 ha} \div 126,486,000 = 0.134 \text{ ha/cap} = \text{約 } 7.5 \text{ cap/ha}$$

ということになる。この数字は18世紀に近いものだが、土地生産性があがっているため18世紀よりはずっと豊かな食生活になっている。

1990年代の中国のもっとも生産性の高い省では、耕地1ha当たりで18人を養うことができた。つまり、1人当たり0.056haとなる^[211]。これが人間の健康的な生活を維持する上での限界値と思われる。ところが、日本国内耕地面積は、21世紀初頭の数年間に約0.035ha(28cap/ha)程度まで落ち込むと予想される。上記(表2.34)で見たように、もし食料輸入が途絶えてしまった場合には、日本は悲惨な状況となる数字である。

ギンター(Günther)は^[212]、リン酸の持続可能な循環に基づいて耕地1haで5~7人(0.14~0.2ha/cap)が養えると推定している。一方ピメンテルは^[213]、すべての人がヨーロッパ並の生活水準で、自然資源を持続可能な方法で使用した場合に、地球の適正人口は20億人で、1人当たりの耕地面積は0.5ha、森林・牧草地1ha、そして再生可能なエネルギー・システムのために1.5ha、合計3haの土地が与えられるという。

江戸時代の日本には、6~10人の家族が完全に自給自足するためのすべての要素が揃った小区画に住む暮らしがあった。屋敷という住空間が藩主から家来に与えられ、自給自足を期待された。これは普通の農民や小作民ではなく、藩の中である程度の地位を持つ家族ということである。日本にはまだそのような屋敷が存在し、訪れることができる。仙台市若林区に1774年から続くこのような屋敷は居久根(いぐね)と呼ばれ、約6,000m²の敷地に、野菜畑(敷地の約半分)、母屋と他の建物(約4分の1)、そして残りの4分の1に樹木が植えられている^[214]。ここには米以外の自給に必要なものが揃っている。米は居久根の近くの水田で栽培される。今日の収量なら、10人家族の米は0.25ha(1haあたり5トンの収量、1人当たり年間消費量を平均120kgとして)の水田があればできるが、18世紀の米の収量は1haあたり1.5トン前後だったため、10人の家族の米を自給するには0.8~1haの水田が必要だった。これは、水田面積と米の量を測る伝統的な日本の度量衡に合致する。大人一人は1年間に平均1石(約140kg)の米を消費する。そこで1町歩(約1ha相当)の水田では10人の大人を養うことになる。それで地方の藩主は、統治下の水田面積を知れば自分の領地の人口(戦闘員数)を知ることができた。実際に江戸時代には政治的・戦闘的な勢力を「石」で表した。

仙台市に残る居久根には、家の周囲に169本の樹木がある。そのうちの半数がスギ、ヒノキ、カキ、ウメ、マツである。それにイチイ、キリ、クリ、ヤナギ、ユズ、サクラ、クルミ、イチジクなどが加わる。竹は成長が早く用途の広い植物であるが、ここでは見られない。これらの樹木の多くは、家の建築、家具や道具の製作、暖房や調理のための燃料として使われる。木々はまた堆肥となる落ち葉を供給し、風や雪を防いでくれる。また、土

壤の保水力を高める役割も果たしている^[215]。

10 人家族に 0.6ha の屋敷と 1ha の水田があるとすると、1 人当たりの自給のための農地は 0.16ha で、言い換えれば 1ha 当たりで約 6 人を養うことになる。これは、上記で述べた 1ha あたり 8 人という数字より幾分余裕がある。

仙台の居久根より広い屋敷が、それより古く 1696年に現在の埼玉県三芳町と所沢市にまたがる地域に作られ、「三留新田」と呼ばれた。これらの屋敷の一部が現在も残されている^[216]。一区画が幅72m奥行675m、総面積約4.85haからなり、一方の端が道路に沿い、母屋は道路に面した0.6haの敷地に樹木に囲まれて建てられている。その奥は約2.7haの畑となっている。道から最も奥には約1.5haの平地林がある。上記の居久根のように、屋敷は基本的に自給できるように計画されているが、三留の異なる点は、領民の自給のみならず、余剰作物を大都市江戸に供給する使命も担っていた点である。さつまいもの生産で有名なこの地方は、江戸時代も、終戦を迎えた1945年の食糧難の時にも、重要な食料生産基地であった。

上記の二例からわかるように、外部からの投入財なしで食料を自給するとはどういうことかが、今も日本人の記憶に残されている。そうでなければ現在でも日常的に新聞や雑誌に取り上げられることはないはずである。ただ、ここに欠けているのは、今いる日本人が人生をまっとうする前、つまり2050年までに、そのような自給自足生活に戻るかも知れないという意識である。しかし、現在の耕地面積に対する人口は、1ha当たり28人と非常に多い。これでは自給自足など無理な話である。そこで、上記で述べたように、1ha当たり約8~10人(0.1~0.125ha/cap)にする必要がある。これは日本人に現在食料を供給している国内外の耕地 1人当たり0.134ha(7.5cap/ha)に相当し、それを今後は国内だけでこのレベルになるように人口と農地の対策を講じていくのが現実的なのではないだろうか。

食料及びエネルギーの自給率を高めるために日本の未来の人口と農業に関して政府や自治体を実施できる政策について考えてみよう。そこで 2100 年あたりまでの人口と耕地に関する大雑把なシナリオを作成してみた。表 2.48 と図 13 がそれである。

このシナリオの前提条件は：

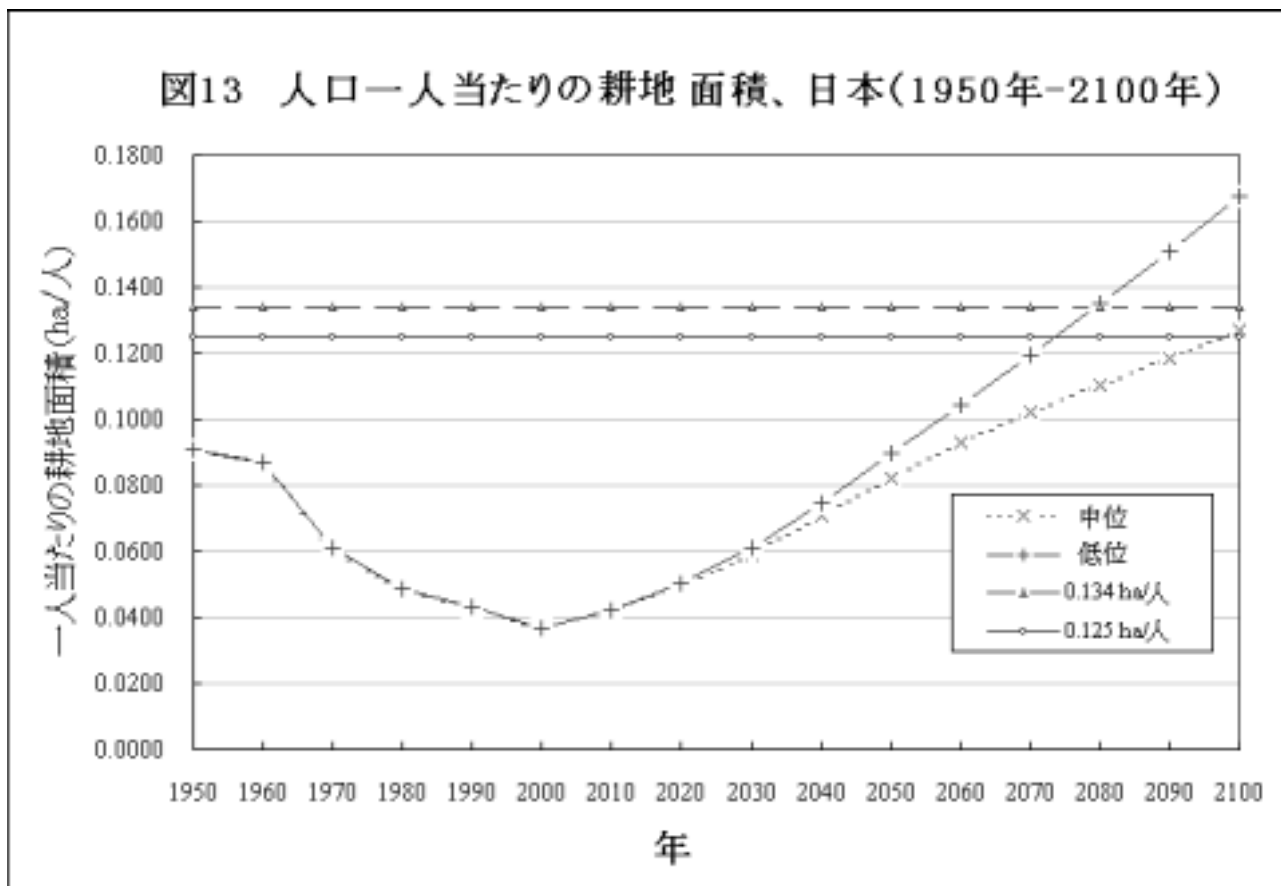
1. 耕地利用率を毎年 1% ずつ 140% になるまで拡大する。(日本の持続可能な最大値)
2. 耕地を毎年 2 万 ha ずつ 6,100 万 ha になるまで拡大する。(日本の歴史上最大値)
3. 人口は現在の予測の低位シナリオまたは中位シナリオに従って減少し続ける。
4. 低レベル投入で持続可能な循環型有機農業へと秩序よく移行する、21 世紀の最初の 20 年ないし 30 年の間に、収量が維持される。
5. 森林は現在の規模を維持する、あるいは少し拡大し、良心的かつ持続可能な状態で管理される。

この間に予測できない危機が起こらなければ、(そうとは限らないが) 人口予想の低位シナリオでは 2073 年頃に 1 人当たり 0.125ha(8 cap/ha) のレベルに、そして 2080 年には 1 人当たり 0.134ha(7.5 cap/ha) のレベルに達することになる。中位シナリオでは、1 人当たり 0.125ha(8 cap/ha) のレベルに 2100 年前後に達することになる。1 億人以上の人々の 1 世紀という年月はこのような簡単なものではないので、この 1 人当たりの耕地面積予測は無意味なものと思われるかもしれない。しかし、今後の課題に関する現実的なイメージを示してはくれる。1950 年代の 1 人当たり約 0.09ha(11 cap/ha) のレベルまで人口が減少し、耕地が拡大するには約 50 年かかる。この 1 人当たりの耕地面積は、快適と言えないまでも、とりあえずの生存は可能だろう。重大な危機(食料とエネルギーの輸入がゼロ)が 20 年後に起こるとして(そうとは限らないが) 日本人はそれから 2050 年までの 30 年間でどのように乗り切れば良いのだろうか。

表2.48 : 日本の人口1人当たりの耕地、1950年 - 2100年 (人口推移の低位と中位のシナリオ)

年 西暦	年 元号	耕地面積 ha	耕地 利用率 %	作付け 延べ面積 ha	人口 (中位) 1000s	1人当たり 耕地 (中位) ha	人口 (低位) 1000s	1人当たり 耕地 (低位) ha
1950	S25	5,048,000	*151.6	7,655,000	84,115	0.0910		0.0910
1960	S35	6,071,000	*133.9	8,129,000	93,419	0.0870		0.0870
1970	S45	5,795,000	108.9	6,311,000	103,720	0.0608		0.0608
1980	S55	5,461,000	103.2	5,706,000	117,060	0.0487		0.0487
1990	H2	5,243,000	102.0	5,349,000	123,611	0.0433		0.0433
2000	H12	4,900,000	95.0	4,655,000	126,892	0.0367	126,742	0.0367
2010	H22	5,100,000	105.0	5,355,000	127,623	0.0420	126,281	0.0424
2020	H32	5,300,000	115.0	6,095,000	124,133	0.0491	121,391	0.0502
2030	H42	5,500,000	125.0	6,875,000	117,149	0.0587	112,938	0.0609
2040	H52	5,700,000	135.0	7,695,000	108,964	0.0706	102,820	0.0748
2050	H62	5,900,000	140.0	8,260,000	100,496	0.0822	92,309	0.0895
2060	H72	6,100,000	140.0	8,540,000	91,848	0.0930	81,698	0.1045
2070	H82	6,100,000	140.0	8,540,000	83,773	0.1019	71,594	0.1193
2080	H92	6,100,000	140.0	8,540,000	77,375	0.1104	63,316	0.1349
2090	H102	6,100,000	140.0	8,540,000	72,068	0.1185	56,569	0.1510
2100	H112	6,100,000	140.0	8,540,000	67,366	0.1268	50,884	0.1678

1990年までは実績 (出所は上述のとおり)。前提条件については、本文参照のこと。*計算による



データは表 2.48 の通り。

筆者が読んだ本の中で最も現実的なシナリオは、江戸時代の経済と生活の研究家・石川

英輔が書いた『2050年は江戸時代』である^[217]。この小説には、2050年の日本人の生活と、どのような経過でそうなったかが（老人の記憶を通して）描写されている。小説にはっきりとは書かれていないが、行間読みをすれば、食料とエネルギーの輸入が2015年から急激に減り、2020年までにはゼロとなったことがわかる。日本経済は2012年頃から少しずつ凋落し、2020年までに大都市は基本的に廃虚となる。その後ひどい飢餓に見舞われて困難な時代が続くが、2050年までには日本の人口が約6,500万人となり、そのうち99%が農村地帯で独立した共同体を営み、農業的生活を送っている。政治的には大きく異なるが、生活様式は実質的に居心地が良い「江戸時代」に回帰している。6,500万人という人口は、1930年の水準で、国立社会保障・人口問題研究所による人口予測の低位シナリオなら2070年から2080年のレベルである。

石川のシナリオは「スローモーション崩壊」と言えるかもしれない。日本経済は次第に凋落していくが、一般人には何が起こっているのか理解できず、政府は迫り来る危機の前に無策であるか、または問題を軽減する努力を特にはしなかったと石川は書いている。このことは小説の中で老人の記憶から明らかになっているし、現実味がある。危機が深まるにつれて、農村につながりのある人々は大都市を脱出し、拡大家族と合流する時期がある。そのように生活できる農村へと移動した幸運な人々（石川の小説で取り上げられた村は、この点で大変豊かである）は比較的スムーズに自分たちの生活を守り、新しい生活様式への移行を遂げる。小説の中ではほとんど直接には触れられていないが、そうではない他の人々は幸運ではなかったようである。表2.17の人口予測の低位シナリオでは、2050年の日本の人口は9,200万人前後と予測されている。石川の小説で2050年に6,500万人になるということは、2020年代に、おそらく2,000万人から3,000万人が消えてしまうという意味であり、穏やかな農村を背景にした石川の小説の裏側には恐ろしい底流があるとしか言いようがない。

今日の日本は、150年間化石エネルギーに依存して主な活動が行われてきた大都市に、過度に人口が集中している。つまり、大多数の人々は、農作業が行われ食料が生産される地域には住んでいないのである。石川が小説で書いたように、人口の大移動は起きるだろうが、いつどこへ行けばいいのか都会の人々は見当もつかないだろう。上述したように、現在日本人のほとんどは農作業の経験も知識も技能もない。日々の肉体労働にも不慣れである。大部分の人が生産性の高い農作業ができるようになるにはかなりの年月がかかるだろう。適切な技能や技術を指導できる人材はさらに不足すると思われる。しかも、機械を動かす燃料もなく、機械の維持管理さえもできるかどうかわからない。そして家畜もいないとなると、状況は悲惨である。きつい仕事を全部人間の労働力でこなすことになるのである。しかし、前もってきちんと備えていれば最悪の状況を避けることはできるはずである。

未来を直接知ることはできないゆえ、未来について大雑把であっても確信がもてる予言をすることさえ難しい。私たちにできることは、現在の状況と時代の趨勢を吟味し、未来に横たわる問題の把握に努め、そしてそれらの問題を軽減するために適切な方策を講じることだろう。同時に、どこが目的地で、どのような社会を築いていきたいのか、どうすれば実現させることができるのかということを実際に検討する必要がある。世界で重大な変化（石油や天然ガスが不足し、高騰するか手に入らなくなるか）が起きるのだと一旦認識したなら、極度の困苦や基本的人権の侵害、飢餓を回避しながら、異なった生活様式と社会のあり方へと整然と秩序よく移行できる方法を考えることが必要である。

下記にこれまでの議論を簡潔にまとめた。その後で、日本政府や市民団体、個人が生存する確率を高めるためと、2050年頃までに持続可能な社会と経済を確立するために、多少の提案をして小論を終わりにしたい。

3 まとめ

第1部で見てきたことをまとめると：

- ◇ 日本は海外からの石油に大きく依存している。
- ◇ 現在石油は日本だけでなく世界のほとんどの国にとって欠かせない重要なエネルギー源である。
- ◇ 原油埋蔵量が現在どの程度かは正確にわからないが、次のことは言える：
 - 石油のほとんどがすでに発見されていることは、ほぼ確かである
 - 石油の可採量の半分近くは既に産出されており、21世紀の最初の10年間に年間石油産出量はピークを迎えるだろう
 - 石油産出ピークが近づいていることを示す現象として、石油産出国が一定の価格を上回らないようにと自由に産出を増加させることが困難になったことがあげられる。これは現実に2000年8月に起こったことである
 - 石油産出ピークは、価格の安い石油と高い石油の明暗界線である
 - 石油価格が高騰一方になった時点から、現在の経済システムは根本的に変質する
- ◇ 現在石油は世界の一次エネルギー供給の約40%を占めている。他のエネルギー源への切り替えには時間がかかるので、石油供給の混乱や中断に対処するためには、石油価格高騰が起きる数年前より徐々に始める必要がある
- ◇ 石油の完全な代替物はない。他のどのエネルギー源も効率が低く、簡便性に欠け、コストが高い（たとえばエネルギー利益率という観点から見て）など欠点がある
- ◇ 有限資源は文字通り枯渇する運命である。天然ガスや石炭を使って2050年まで現在のような経済システムが維持できるとは考えにくい
- ◇ 「再生可能な」あるいは「新」エネルギー源なら、21世紀後半まで使える可能性はあるが、いくつかの難点がある：
 - 石油のようなエネルギー利益率は望めない
 - 一般的に言えば、これらはローカルで分散型のエネルギー供給であり、高密度の中央集中型のエネルギー供給には向かない。現在の産業システムを維持していくことは無理だろう
 - 「再生可能な」エネルギー源の設備（太陽光発電パネル、風力発電のタ - ビンなど）は、現在の工業システムの製造能力がなければ生産できる可能性は低い
- ◇ 現在の工業システムに近い産業構造でなければ、近代的な食料生産システムを維持するための機械類、化学製品や燃料などを供給するのは困難だろう。（これが北朝鮮の食料不足の主な原因である）

今後の化石エネルギー不足は現実であって、錯覚や屋気楼などではないだろう。私たちの生活に予測できない変化をもたらす、石油産出における根本的かつ質的な変化が近づいているのを否定することは、ますます難しくなっている。世界の石油エネルギー供給における重大な変化や混乱に対して備えることが得策だろう。再生可能な「新」エネルギー源は役にたつかもしいないが、石油や天然ガスの代替物にはならない。ただ一つ残された選択は、今とは違って「商業的」エネルギー源の果たす役割がはるかに小さく、主に太陽エネルギーによって営まれる社会への準備に着手することである。

*世界の最後の審判の日はまもなく来るのである。
この日に備えない国は激しい苦しみを覚えることになるだろう^[218]。*

第2部で見てきたことをまとめると：

- ◇ 日本の食料自給率は40%程度である
- ◇ 世界の人口は増えており、少なくとも2040年まで増え続けるだろう
- ◇ 一人当りの食料生産量の点では、世界の人口を養う能力は停滞ぎみで、改善される可能性は低く、21世紀初頭から次第に悪化するだろう
- ◇ 穀類の生産量が落ちる中で、世界市場での競争が原因の価格上昇と、その他の政治・経済のファクターによって、今後日本は希望するだけの食料を輸入することは難しくなるだろう
- ◇ 日本の人口は現在増え続けており、2006年前後にピークを迎えるだろう
- ◇ 同時に、日本の耕地面積は減少している。原因は耕作放棄、あるいは宅地、工場用地、道路などへの転用である
- ◇ 日本の食料自給率は低く、凋落の一途をたどっている。しかも米の消費は、減反せざるを得ないほど落ち込んでいる
- ◇ 日本の食生活は過去70年間にかなり変化しており、これが食料自給率の低さの大きなファクターである。食生活をより適切な方向へ変化させることが、食料自給を達成する第一歩である。
- ◇ 農家人口は減少し高齢化している。食料生産を直接体験したことのない日本人がますます増えている。
- ◇ 日本では、食料の生産、輸送、パッケージング、加工、調理に大量のエネルギーを消費している。輸入エネルギーに頼っている現状で、これは危険なことである。そのエネルギー消費の仕方にも問題がある。例えば：
 - 超窒素過剰国にもかかわらず、化学肥料を使っている
 - 農機具類の投資が過剰な割りに、稼働率が低すぎる
 - 生命維持に関係のない食品のパッケージングへのエネルギー投入が過剰である
- ◇ 日本の食料廃棄量は膨大である。消費者の意識改革により早急に問題を解決すべきである
- ◇ 日本は、豊富な自然環境が提供する再生可能な資源に恵まれているが、それらの適切な利用には社会の再組織化が必要である。それには相当な年月を要するので、今から計画を始めるべきである。幸運にもまだ時間はあると思われる。
- ◇ 日本の本当の再生可能な自然資源とは：
 - 肥沃な土壌。収量を維持するのに化学肥料が必要だという主張は神話である。本当の持続可能な循環型農業に早く移行し、大量の化学肥料投入を止めるべきである
 - 豊富な水。日本における水の循環を維持するためにあらゆる努力がなされるべきである。とくに、森林の保護、持続可能で良心的な森林の管理をすべきである
 - 広大な森林地帯。国土の3分の2は森林で、これが日本の主な再生可能な資源と言える。森林を保護し育成する政策が緊急の課題である
- ◇ 農耕用家畜は国内にほとんど存在しないが、将来必要となるだろう。家畜を育てるには年月がかかるので、すぐにも着手すべきである
- ◇ 日本人は、将来の日本社会のビジョン、その実現化のためにとる行動について、直ちに考え始めるべきである

「軟着陸」シナリオの準備は、少なくとも問題が起きる10年前には考え始めるべきである。準備を延期すればするほど、危機は深まり、痛みはひどいものになる。人々は生活様式の変化に備える（例えば精神的に）必要があることを意識すべきである。今後数10年間において、生存のカギとなるものの一つは、今とは異なる社会や生活様式を想像する能力

であると思う。それによって私たちは、どのような社会を作っていくのかを考えることができ、私たちの生活と社会が危機の波に破壊されることなく、目標に向かって人々と協力していける。それでこそ、自然の恵みに見合った、築き上げようと思う社会に合った食料生産のシステムや、エネルギー生産システムとその使用レベルを作り出すことができる。将来の状況の変化に応じて、私たちはそれまでとは違った方法で物事に対処する必要がある。先見の明と想像力を欠いた従来の行動パターンを、盲目的に繰り返すことは決してしてはならない。例えば、今後十年間に起こる出来事によって私たちはこれまでの生活様式を大幅に見直す必要が出てくるというのに、2050年に向かって電力需要カーブを延長してその時どれだけのエネルギーが必要かと推測したり、そのような未来しかないと錯覚したりするのは、まったく意味がないのである。

北朝鮮のように突然の食料とエネルギー危機が起これば、国内の森林を破壊から守ることはできなくなる恐れがある。もしそうなれば巨大で悲惨な生態系的災害が訪れるだろう。それを防ぐには、今から「中間的」再生可能エネルギー源（太陽光発電、風力、海洋エネルギー、水力発電、地熱発電）と集約的な有機農業を発展させることが重要課題である。食料とエネルギーの危機が長引けば、それが収束するまで、また人口が減少するまで、基本的な食料とエネルギーを供給するよりどころとなるのは、この再生可能なエネルギー源と有機農業だからである。究極的な悲劇となる日本の森林の破壊を防ぐにはこの方法しかないかもしれない。

第1部に示した化石エネルギーの危機が起こりうるという証拠に直面して、政府に期待することは上記の通りである。政府は公表しないだけで、実はひそかに検討しているのかもしれない。このようなことを公然と討議しない事情がいくつかあることは、筆者も十分理解しているつもりである。しかし、食料とエネルギーに関する問題を市民に教育する場合、政情不安を招かない程度に、現在よりは積極的に行なっても差し支えないだろう。一般の組織、市民団体、個人などは当然社会に対して自由に情報を提供したり、生活様式の変化に自由に対応することができる。付録4には個人が実行できるような例をいくつかあげた。徹底したものではないが、未来を憂慮する人同士が知り合って共に活動する程度には役立つかもしれない。

結局、未来は世界の動向によって形づくられるのだろう。しかし、上述したように、人々が集まり未来の社会に関して現実的な考え方を討論すれば、その社会の青写真、つまり討論の基盤となるものが次第に出現するだろう。そのような青写真があれば、世界の動向に流されず、目的地に向かって進むことができるのである。今後の論文のテーマは、この21世紀後半の日本社会の青写真ということになりそうである。

注：

- (1) Smil, V., 1999, p.xii
- (2) Fleay, 1995, p.2
- (3) Austin, George T., *Shreve's Chemical Process Industries* (Fifth Edition) McGraw-Hill Book Company, 1984, Chapter 38, Petrochemicals. See also: *The oil crash and you.*, www.egroups.com/group/RunningOnEmpty, Files section, and <http://etrc33.usl.edu/etrc/projects/osage/acts/made.html>
- (4) 東京新聞、2000年8月2日
- (5) Project Underground, quoted in Wilcox, R.B.
- (6) Gever, J., et. al., *Beyond Oil*, University Press of Colorado, 1991, p.87, Fleay, B.J., *The Decline of the*

- Age of Oil, Pluto Press, 1995, pp. 7-8
- (7) 省エネルギーセンター「エネルギー・経済統計要覧(2000年版)」pp.16-17. 1998年の運輸部門最終エネルギー消費計は91.2 MTOE。そのうち石油製品は89.3 MTOE、電力は1.9 MTOEであった。
 - (8) Duffin, section 2.3
 - (9) Campbell, C.J., *Evolution of Oil Assessments*
 - (10) Laherrère, Jean, *Is USGS 2000 assessment reliable?* 「デルフィ」推計では、データや動向の分析ではなく、主観的、直感的な地質学に関する判断に基づいて究極量などを推定している。
 - (11) Duffin, section 3.6, Fleay, B.J., 1998, section 4.2
 - (12) Campbell, C.J. and Jean H. Laherrère,
 - (13) Laherrère, Jean, *What goes up must come down: when will it peak?*
 - (14) Duffin, section 3.6, Ivanhoe, 1997
 - (15) Ivanhoe, 1995
 - (16) Fleay, 1998, section 4.2
 - (17) Fleay, 1998, section 4.2
 - (18) Campbell, C.J., 1997, p.74
 - (19) Gever, J., et al, p.63
 - (20) Richardson, Charlie, *Re: Oil Exporters and Oil Importers*, www.egroups.com/group/energyresources, 23 July 2000
 - (21) Fleay, 2000, and <http://www.offshore-technology.com/projects/cantarell/index.html>
 - (22) Campbell, C.J. and Jean H. Laherrère, 1998, p.80, Fleay, 1995, p.13
 - (23) Campbell, C.J., 1997, p.87
 - (24) Gever, J., et al, pp. 57-59
 - (25) Duffin, section 3.9, Duncan, R.C. and W. Youngquist, 1998, Duncan, R.C., 1997
 - (26) Campbell, C.J., 1999, Campbell, C.J., 12 September 2000
 - (27) Duncan, R.C. and W. Youngquist, 1998. The 11 OPEC countries are: Iran, Iraq, Kuwait, Qatar, Saudi Arabia, UAE, Algeria, Libya, Nigeria, Indonesia, Venezuela
 - (28) Campbell, C.J., 1997, p.141, 省エネルギーセンター「エネルギー・経済統計要覧(2000年版)」pp. 232-233
 - (29) Fleay, 2000
 - (30) Production cuts boost oil prices to post-Gulf War high, February 14, 2000
<http://www.cnn.com/2000/WORLD/meast/02/14/mideast.oil/index.html>
 - (31) Campbell C.J., *Letter to the Editor of the New York Times*, www.egroups.com/group/energyresources, 16 Jun 2000, and, for example, *Europe protests escalate as fuel price soars*,
<http://www.cnn.com/2000/WORLD/europe/09/15/london.petrol.02/index.html>
 - (32) Fleay, B.J., 2000, Campbell, C.J., *The Myth of Spare Capacity*
 - (33) Fleay, B.J., 2000
 - (34) *ibid.*
 - (35) Hanson, J., *Letter in O&GJ*, www.egroups.com/group/energyresources, 2 Aug 2000
 - (36) Fleay, B.J., 2000, Campbell, C.J., 1997, p.123
 - (37) *ibid.*
 - (38) Fleay, B.J., *Re: Paying the Price in Iraq*, www.egroups.com/group/energyresources, 22 and 24 July 2000
 - (39) Campbell, C.J., *The Myth of Spare Capacity*
 - (40) *How An Explosion in Kuwait Will Rock the Price of Oil*, 27, June 2000, Strategic Forecasts??,
<http://www.stratfor.com/MEAF/commentary/0006270000.htm>, International Energy Agency - Monthly Oil Market Report Market Overview, *What The World Needs Now: More Product*, 11 July 2000,
<http://www.iea.org/pubs/omr/files/high.pdf>
 - (41) Unrest in Nigeria cuts 250,000 bpd of Shell oil production, Agence France-Presse 4 August 2000
<http://denver.petroleumplace.com/egatecom/scream/2000/08/04/ANA/0522-0523-Nigeria-kidnap-output....html>
 - (42) Fleay, B.J., 2000, Riva, J.P.
 - (43) Duffin, M., 2000
 - (44) Fleay, B.J., 1998, p.21, Campbell, C.J., 1997, p.120
 - (45) Campbell, C.J., 1997, p.91
 - (46) Campbell, C.J., 1997, p.121

- (47) Fleay, B.J., 1998, p.11
- (48) Anderson, R.N.
- (49) Campbell, C.J., 1997, p.123
- (50) Campbell, C.J., 1997, p.121, Youngquist, W., pp.215 and 218
- (51) Youngquist, W., p.215
- (52) Kelly, S.J.
- (53) George, R.L., p.85 and Youngquist, W. pp.215-216
- (54) Campbell, C.J., p.122, Youngquist, W., p.218
- (55) Kelly, S.J.
- (56) Fleay, B.J., 1995, p.67, Campbell, C.J., 1997, p.121
- (57) Fleay, B.J., 1995, p.67, Youngquist, W., p.219
- (58) Fleay, B.J., 1995, p.67-68, Youngquist, W., p.219-223
- (59) Campbell, C.J., 1997, p.118
- (60) Fleay, B.J., 1998, p.15
- (61) 省エネルギーセンター「エネルギー・経済統計要覧(2000年版)」pp. 228-229
- (62) Youngquist, W., p.196, Fleay, B.J., 1995, p.70, Smil, V., 1999, p.193
- (63) Banks, H.
- (64) Project Underground, quoted in Wilcox, R.B.
- (65) 省エネルギーセンター「エネルギー・経済統計要覧(2000年版)」p.231
- (66) Gever, et al., p.67
- (67) Project Underground, quoted in Wilcox, R.B., Japanese Statistics, 2000, p. 182
- (68) Gever, J., et al, p223
- (69) Mortimer, Nigel, p.131
- (70) Nuke Info Tokyo, Citizen's Nuclear Information Center, Nakano, Tokyo, No. 51, Jan/Feb 1996 and No. 60, July/August 1997 (cnic-jp@po.ijnet.or.jp)
- (71) 西尾漢、槌田敦、ボーイズ(1997年)
- (72) Campbell, C.J., 1997, p.20, 120, Youngquist, W., p.218, Laherrère, 1999. (Laherrère は、エネルギー源としてガスハイドレートを利用する場合の問題に関する歴史などを詳しく述べている)
- (73) 日本資源エネルギー庁ホームページ: <http://www.enecho.go.jp/lng/pages/page6.html>
- (74) 日本資源エネルギー庁ホームページ: <http://www.enecho.go.jp/suiryoku/pages/page1.html>、省エネルギーセンター「エネルギー・経済統計要覧(2000年版)」p.168-169
- (75) Youngquist, W., pp.257-8.
- (76) Various authors, *The Future of Fuel Cells*, Scientific American, July 1999, pp. 72-93
- (77) Ramage, J., pp.288-289
- (78) Tokyo Shinbun, 24 April 1999, p.12
- (79) 日本資源エネルギー庁ホームページ: <http://www.enecho.go.jp/ground/pages/page3.html>
- (80) Hall, D.O., et al. p.595
- (81) McCabe, P.J., p.2122
- (82) 飯田哲也、p.96
- (83) Lynd, L.R. et al., p.1319, Giampietro, M., et al., p.587
- (84) Giampietro, M., et al., p.587
- (85) Lorenz, D. and David Morris
- (86) Samson, R.A. and Joseph A. Omielan. C₄ とは、植物の光合成の生物化学的な種類を指す。明確な説明は Smil, 2000, p.27 参照。
- (87) Giampietro, M., et al., p.587
- (88) 伊藤章治「菜の花自動車発進へ」東京新聞 1999年5月24日、p.5
- (89) Giampietro, M., et al., p.598, Pimentel, D., et al., p.252
- (90) 桑原衛
- (91) McDaniel, C.N., and J.M. Gowdy, pp. 167, 168, 216
- (92) Ramage, J., p.88
- (93) 高宗昭敏、p.4-6
- (94) Smil, 1999, p.156
- (95) Ramage, J., pp.86-88
- (96) Smeloff, E. and P. Asmus, p.157
- (97) 日本資源エネルギー庁ホームページ: <http://www.enecho.go.jp/shinene/pages/page1.html>

- (98) Odum, H.T.
 (99) Odum, H.T., p.7
 (100) Odum, H.T., p.8
 (101) *ibid.*
 (102) Odum, H.T., p.156-157
 (103) Hanson, J., *renewables? who knows? --director of UC Energy Institute*,
www.egroups.com/group/energyresources, 23 August 2000
 (104) Odum, H.T., p.138
 (105) Odum, H.T., pp.153-155
 (106) See for example Von Weizsäcker, E., A.B. Lovins, L.H. Lovins, 『石油を「貯金」する』というこ
 とは Mark Jones, *Re: the Peaking Curve : shape, time and consequences*,
www.egroups.com/group/energyresources, Tue, 5 Sep 2000
 (107) Duffin, M., 2000
 (108) 省エネルギーセンター「エネルギー・経済統計要覧(2000年版)」pp.16-17
 (109) 赤旗、2000年6月12日
 (110) *Japan Almanac*, 1999, p.140
 (111) Daly, H.
 (112) 財団法人 農林統計協会「農業白書付属統計表」平成10年度、p.120
 (113) UN 1998 Estimates and Projections, www.popin.org/pop1998/, and A. Boys, *World Population*,
www.net-ibaraki.ne.jp/aboys/pfe/pop.htm
 (114) 総務庁統計局「日本の統計2000」大蔵省印刷局、p.8。1999年3月31日の統計は外国籍永住
 者を含む。
 (115) 東京新聞、2000年5月5日
 (116) 板倉聖宣(1986年)p.138
 (117) 財団法人 農林統計協会「食料・農業・農村白書」平成11年度、p.111
 (118) 総務庁統計局「日本の統計2000」大蔵省印刷局、p.108
 (119) 総務庁統計局「世界の統計1999」大蔵省印刷局、pp.119, 120
 (120) MSCI, quoted in Wilcox, R.B.
 (121) *Worldwatch* 20 June 1998, quoted in Wilcox, R.B.
 (122) TRAFFIC, April 2000, quoted in Wilcox, R.B.
 (123) Shiva, V., 2000, pp.46-47
 (124) 板倉聖宣(1986年)p.78
 (125) 例えば、Embree, J.F.
 (126) FAO, 24 July 2000
 (127) 永岡書店「標準食品成分表」1996年、pp. 26, 27, 31, 37, 38, 190, 191,212, 213
 (128) *Abstract of Statistics on Agriculture, Forestry and Fisheries in Japan*, 1997, p.21, Lampkin, p. 430
 (129) 例えば、北朝鮮における食料不足の国連報告書：<http://www.fao.org/>、アントニー・F.F.ボーイズ
 「朝鮮民主主義人民共和国における食糧危機の原因と教訓」
www.net-ibaraki.ne.jp/aboys/pfe/dprkfcj.htm
 (130) 農林水産省経済局統計情報部「ポケット農林水産統計 平成11年 1999」p.103
 (131) 東京新聞、2000年4月28日
 (132) Takagi, J., p.43
 (133) 板倉聖宣(1981年)p.13、板倉聖宣(1986年)p.138
 (134) 「明治大正国勢総覧」東洋経済新報社、Vol.1、p.507
 (135) 財団法人 農林統計協会「食料・農業・農村白書付属統計表」平成11年度、p.51
 (136) 農林水産省経済局統計情報部「ポケット農林水産統計 平成11年 1999」p.133
 (137) 第147回国会(常会)提出「平成12年度において講じようとする食料・農業・農村施策」p.5
 (食料・農業・農村白書平成11年度に含まれている)
 (138) 省エネルギーセンター「エネルギー・経済統計要覧(2000年版)」p.16-17
 (139) 投入エネルギー計算の詳細について、宇田川(1976年、1977年) 鳥越(1992年) Pimentel
 D.(1980年) Pimentel, D., and M. Pimentel (1996年) 参照のこと。
 (140) 宇田川(1977年)
 (141) Gever, J., et. al., p.172

- (142) Shiva (1991), p.77, quoting Geertz in Bayliss-Smith (1984)
- (143) Smil, V., 1991, pp.224-236
- (144) Smil, V., 2000. p.50
- (145) 財団法人 瑞穂協会「ポケット米麦データブック 平成10年度 1998」p.84
- (146) 水田利用部、作業システム研究室「稲作の作付規模エネルギー収支」研究成果情報、平成5年度、東北農業試験研究推進会議、東北農業試験場 p.117, 118
- (147) *Japan Almanac*, 1999, p.141
- (148) Greenpeace and the Soil Association, p.3, Tilman, D.
- (149) McDaniel C.N., and J.M. Gowdy, p.125
- (150) I・R・M研究会(代表:藤本敏夫)『「I・R・M」とは何か』1999年、p.4
- (151) 農林水産省経済局統計情報部「ポケット農林水産統計 平成11年 1999」p.175
- (152) I・R・M研究会(代表:藤本敏夫)『「I・R・M」とは何か』1999年、p.9
- (153) 日本政府、『「持続農業推進関係法」資料』1999年
- (154) Tilman, D.
- (155) Widdowson, R.W., p.12, Lampkin, N., pp.219-220
- (156) Tilman, D.
- (157) アントニー・F.F.ボーイズ(2000年)
- (158) Howard, A., (1972), Chap XII, pp.171-180, Rodale, J.I., Part Three and Part Four, esp. pp.143-149, and quote from Lady Eve Balfour, *The Living Soil*, in Pretty, J., (1998), p.81
- (159) Youngquist, W., p.302, 310
- (160) Youngquist, W., p.302
- (161) 栗原淳、越野正義、p.146、農林水産省経済局統計情報部「ポケット農林水産統計 平成11年 1999」p.171
- (162) For example, see Lampkin, N., pp.214-219, pp.561-565, pp.581-582, Dinham, B., Cadbury, D., Colborn, T., et al., Fagin, D., and M. Lavelle, Wargo, J.
- (163) 「農薬要覧 1996」p.3
- (164) 農林水産省経済局統計情報部「ポケット農林水産統計 平成11年 1999」p.179.
- (165) Smil, V., 1991, p.226
- (166) For example, see Zhu, Yourong, et al.
- (167) Pimentel, D. and M. Pimentel (June 1985), and Pimentel, D. and M. Pimentel (1996), pp.186-198
- (168) von Wiezsäcker, et al., p.117-119
- (169) 省エネルギーセンター「エネルギー・経済統計要覧(2000年版)」p.102
- (170) 省エネルギーセンター「エネルギー・経済統計要覧(2000年版)」pp.66, 86
- (171) 省エネルギーセンター「エネルギー・経済統計要覧(2000年版)」pp.16, 17
- (172) Gever, J., et. al., p.172
- (173) 農業における投入エネルギーの割合は投入エネルギー合計の25%だが、海外での農業生産は日本より投入エネルギーが少ない。海外からの食料輸送における投入エネルギーは輸入食料の投入エネルギー合計の約5%と推定される。
- (174) 東京新聞、2000年3月26日
- (175) *Abstract of Statistics on Agriculture, Forestry and Fisheries in Japan*, 1997, p.80
- (176) アントニー・F.F.ボーイズ「私が遺伝子組み換え食品を食べない理由」(1999年)
www.net-ibaraki.ne.jp/aboys/gejfood.htm
- (177) Smil, V. 1991, pp.233-234
- (178) Pretty, J., 1998, p.90
- (179) Monbiot, G.
- (180) Drinkwater, L.E., et al. *Nature*, Vol. 396 [19 Nov 1998] pp.262-265
- (181) Ho, Mae-Wan, Furuno, T.,
- (182) Tilman, D., Pretty, J., pp.82-87
- (183) Zhu, Youyong
- (184) Rosset, P., December 1999
- (185) Zhu, Youyong, see p.721
- (186) Pretty, J., p.85, 86
- (187) Soil Association, p.2
- (188) BioDemocracy News #26: Action Alert on Organic Standards 17 April 2000, www.purefood.org

- (189) 農林水産省経済局統計情報部「ポケット農林水産統計 平成 11 年 1999」p.141:
- (190) Monbiot, G.
- (191) たとえば、畠山重篤、または伊藤章治「森がはぐくむ豊饒の海」東京新聞、1999 年 1 月 25 日、p.5
- (192) 井土貴司 p.29-32
- (193) Boys, A. (1994)
- (194) 読売新聞、2000 年 5 月 15 日
- (195) Environment News Service, *Fire Management: Cutting the Trees to Save the Forest*, August 24, 2000, <http://ens.lycos.com/ens/aug2000/2000L-08-24-06.html>
- (196) *ibid.*
- (197) 農林統計協会「林業白書」平成 10 年度、p.202, 203。農林水産省経済局統計情報部「ポケット農林水産統計 平成 11 年 1999」p.371, 372
- (198) 農林水産省経済局統計情報部「ポケット農林水産統計 平成 11 年 1999」p.326 (1990 年の統計)
- (199) 農林水産省経済局統計情報部「ポケット農林水産統計 平成 11 年 1999」p.1 (土地面積のみ)
- (200) 松江市島根大学助教授小池公一郎とのインタビュー、松江市、2000 年 2 月 7 日。岸本定吉、pp.31, 32, 59
- (201) 岸本定吉、p.49。20 m³の統計は、茨城県大宮町在住の建築家平田智二氏より。
- (202) 総務庁統計局「日本の統計 2000」p.10
- (203) 農林水産省経済局統計情報部「ポケット農林水産統計 平成 11 年 1999」p.326 (1990 年統計)
- (204) 東京新聞 2000 年 8 月 13 日
- (205) 注 (129) 参照
- (206) Schumacher, E.F., *Small is Beautiful*, Abacus, 1974, pp.11-12
- (207) World Rainforest Movement, *Tree plantations as sinks must be sunk, Asia: Carbon plantations may prove to be problematic*, Bulletin No. 37, August 2000, <http://www.wrm.org.uy/english/bulletin/bull37.htm>。または、秋田県由利郡仁賀保町にて佐藤喜作氏とのインタビュー1999 年 9 月 3 日
- (208) Evans, M., *Forest Fires*, 1 September 2000, <http://prorev.com/fastnews.htm>
- (209) Smil, V., 1991, pp.233-234
- (210) Smil, V., 1991, p.240
- (211) Smil, V., 1991, p.126
- (212) Günther, F., 2000
- (213) Pimentel, 1999
- (214) 結城登美雄。七郷の昨今を記録する会、p.96, 100
- (215) 七郷の昨今を記録する会、p. 97
- (216) 東京新聞、1999 年 3 月 29 日、p.7
- (217) 石川英輔
- (218) Fleay (1995), p.140

参考書

English Bibliography:

- Abstract of Statistics on Agriculture, Forestry and Fisheries in Japan*, Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, 1997
- Anderson, R.N., Oil Production in the 21st Century, *Scientific American*, March 1998
- Austin, George T., *Shreve's Chemical Process Industries* (Fifth Edition) McGraw-Hill Book Company, 1984
- Banks, H., Cheap oil: enjoy it while it lasts, *Forbes Magazine*, 15 June, 1998, <http://www.forbes.com/forbes/98/0615/6112084a.htm>
- Bayliss-Smith, T.B., and Sudhir Wanmali, *The Green Revolution at Micro Scale*, in *Understanding Green*

- Revolutions*, Cambridge University Press, 1984
- Boys, A., *Drought Hits Japan*, Green International, Issue 66, December 1994
- Boys, A., *An Historical and Cultural Perspective on the World Ecological Crisis*,
www.icc.ac.jp/shion/english/tonyb/papers/index.htm (December 1997)
- Boys, A., *Causes and Lessons of the "North Korean Food Crisis"*,
www.net-ibaraki.ne.jp/aboys/pfe/dprkfc.htm (July 2000)
- Cadbury, D., *The Feminization of Nature*, Penguin, 1998
- Campbell, C.J., *The Coming Oil Crisis*, Multi-science, 1997
- Campbell, C.J., *The Imminent Peak of World Oil Production* (Presentation to the UK House of Commons 7 July 1999) <http://www.hubbertpeak.com/campbell/commons.htm>
- Campbell, C.J., *Evolution of Oil Assessments*, March 2000,
<http://www.hubbertpeak.com/campbell/assessments.htm>
- Campbell, C.J., *The Myth of Spare Capacity -- Setting the Stage for Another Oil Shock*, Oil and Gas Journal, March 20, 2000, <http://www.hubbertpeak.com/campbell/mythcap.htm>
- Campbell, C.J., *Conventional Oil Endowment*, www.dieoff.com/campbell.pdf
- Campbell, C.J., *Letter to the Editor of the New York Times*, www.egroups.com/group/energyresources, 16 June 2000
- Campbell, C.J., *A new energy crisis: when will we ever learn?*, 12 September 2000,
<http://www.dieoff.com/page202.htm>
- Campbell, C.J. and Jean H. Laherrère, *The End of Cheap Oil*, Scientific American, March 1998
- Colborn, T., D. Dumanoski, D., Myers, J.P., *Our Stolen Future*, Penguin, 1997
- Coley, D.A., E. Goodliffe and J. Macdiarmid, *The embodied energy of food: the role of diet*, Energy Policy, Vol.26, No.6, 1998, pp.455-459
- Daly, H., *The Perils of Free Trade*, Scientific American, November, 1993, pp.24-29
- Duffin, Murray, *The End of Cheap Oil*, www.egroups.com/group/energyresources, Sun, 16 July 2000
- Dinham, B., *The Pesticide Hazard*, Zed Books, 1993
- Drinkwater, L.E., P. Wagoner, and M. Sarrantonio, *Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses*, Nature, Vol 396, 19 Nov 1998, pp.262-265
- Duncan, R.C., *The World Petroleum Life-Cycle*, 1997
- Duncan, R.C. and W. Youngquist, *The World Petroleum Life-Cycle*, October 1998,
www.dieoff.com/page133.pdf
- Embree, J.F., *A Japanese Village*, Routledge, 1946
- Fagin, D., and Lavelle, M., *Toxic Deception*, Common Courage Press, 1999
- FAO, *Global Information And Early Warning System On Food And Agriculture, World Food Programme Special Report, Fao/Wfp Crop And Food Supply Assessment Mission To The Democratic People's Republic Of Korea*, 24 July 2000,
<http://www.fao.org/WAICENT/faoinfo/economic/gIEWS/english/alertes/2000/SRKOR700.htm>
- Fleay, B.J., *The Decline of the Age of Oil*, Pluto Press, 1995
- Fleay, B.J., *Climaxing Oil: How will Transport Adapt?* November 1998,
www.hubbertpeak.com/fleay/clxoil.pdf
- Fleay, B.J., *Cheap Oil: The Crunch Has Arrived*, 26 April 2000, www.oilcrisis.com/fleay/crunch.htm
- Furuno, T., *The Power of Duck*, Tagari, forthcoming
- George, R.L., *Mining for Oil*. Scientific American, March 1998
- Gever, J., et. al., *Beyond Oil*, University Press of Colorado, 1991
- Giampietro, M., Sergio Ulgiati, and David Pimentel, *Feasibility of Large-Scale Biofuel Production*, Bioscience, Vol. 47 No. 9, October 1997, pp. 587-600
- Greenpeace and the Soil Association, *The True Cost of Food*, June 1999
- Günther, F., *Vulnerability in Agriculture: Energy use, Structure and Energy futures*, June 2000,
http://www.etn.lu.se/~folke_g/jordbruk/INES.pdf
- Hall, C.A.S. (ed.), *Quantifying Sustainable Development*, Academic Press, 2000
- Hall, D.O., Frank Rosillo-Calle, Robert H. Williams, Jeremy Woods, *Biomass for Energy, Supply Prospects*, in Johansson, T.B., et al., Eds., *Renewable Energy -- Sources for Fuels and Electricity*, Island Press, 1993

- Handbook of Energy and Economic Statistics in Japan 1999*, The Energy Data and Modelling Center, The Energy Conservation Center, Japan (English Version)
- Ho, Mae-Wan, *One Bird - Ten Thousand Treasures*, *Ecologist*, Vol 29, no.6, October 1999, p.339-340
- Howard, A., *An Agricultural Testament*, Rodale Press, 1972
- International Energy Agency - Monthly Oil Market Report Market Overview, *What The World Needs Now: More Product*, 11 July 2000, <http://www.iea.org/pubs/omr/files/high.pdf>
- Ivanhoe, L.F., *Future world oil supplies: There IS a finite limit*, *World Oil*, October 1995, <http://users.knsi.com/~tbender/ivanhoe.html>
- Ivanhoe, L.F., *Get Ready for Another Oil Shock!* *The Futurist*, January/February 1997, www.dieoff.com/page90.htm
- Japan Almanac, 1999*, Asahi Shinbun (Bilingual)
- Kelly, S.J., Canadian Crude Production Seen Rebounding Early Next Decade, *Oil and Gas Journal*, 28 June 1999, <http://www.purvingertz.com/sjk062899.html>
- Laherrère, Jean, *What goes up must come down: when will it peak?* *Oil and Gas Journal*, November 1998, www.dieoff.com/page177.htm
- Laherrère, Jean, *Oceanic Hydrates: an elusive resource*, August 1999, www.dieoff.com/page192.htm
- Laherrère, Jean, *Is USGS 2000 assessment reliable?* Published on the cyberconference of the WEC on May 19, 2000, <http://www.hubbertpeak.com/laherrere/usgs2000/>
- Lampkin, Nicolas, *Organic Farming*, Farming Press, 1994
- Lorenz, D., and David Morris, How Much Energy Does It Take to Make a Gallon of Ethanol, Institute for Local Self-Reliance, August 1995, http://www.carbohydrateconomy.org/library/admin/uploadedfiles/How_Much_Energy_Does_it_Take_to_Make_a_Gallon_.html
- Lynd, L.R., Janet H. Cushman, Roberta J. Nichols, Charles E. Wyman, Fuel Ethanol from Cellulosic Biomass, *Science*, Vol. 251, 15 March 1991, pp. 1318-1323
- McCabe, P.J., *Energy Resources -- Cornucopia or Empty Barrel*, *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, V. 82, No. 11 (November 1998), pp.2110-2134
- McDaniel, C.N., and J.M. Gowdy, *Paradise for Sale*, University of California Press, 2000
- Monbiot, G., *Biotech has bamboozled us all - Studies suggest that traditional farming methods are still the best*, *THE GUARDIAN*, Thursday August 24, 2000,
- Mortimer, Nigel, *Nuclear Power and Carbon Dioxide*, *The Ecologist* Vol. 21. No. 3, May/June 1991
- MSCI. (1990s). *A report from the Marine Stewardship Council Initiative*, WWF Website. www.panda.org
- Odum, H.T., *Environmental Accounting*, John Wiley & Sons, 1996
- Perrodon A., J.H. Laherrère and C.J. Campbell, *The world's non-conventional oil and gas*, *Petroleum Economist*, March 1998
- Pimentel, D., (Ed.), *Handbook of Energy Utilization in Agriculture*, CRC Press, 1980
- Pimentel, D. and M. Pimentel, Energy use in food processing for nutrition and development, *The United Nations University Press, Food and Nutrition Bulletin*, Volume 7, Number 2, June 1985, <http://www.unu.edu/unupress/food/8F072e/8F072E06.htm>,
- Pimentel, D., A.F. Warneke, W.S. Teel, K.A. Schwab, N.J. Simcox, D.M. Ebert, K.D. Baenisch, and M.R. Aaron, *Biomass: Food Versus Fuel*, in Pimentel, D., and Marcia Pimentel, *Food, Energy and Society*, University Press of Colorado, 1996, pp.227-259
- Pimentel, D., and M. Pimentel, *Food, Energy and Society* (Revised Edition), University of Colorado Press, 1996
- Pimentel, D., *Will Limits of the Earth's Resources Control Human Numbers?* February 25, 1999, (www.dieoff.com/page174.htm)
- Pretty, J., *The Living Land*, Earthscan, 1998
- Project Underground, USA, *Vital statistics: Japanese consumption and production of minerals, Drillbits & Tailings*, 5 (12), 2000/7/20
- Ramage, J., *Energy - A Guidebook*, Oxford University Press, 1983
- Riva, J.P., *World Oil Production After Year 2000 - Business as Usual or Crisis*, Congressional Briefing, 18 August 1995, <http://www.crie.org/n/e/eng-3.html>
- Rodale, J.I., *Pay Dirt*, Devin-Adair, 1945

- Rosset, P., *Small is Bountiful*, The Ecologist, Vol. 29, No.8, December 1999, pp.452-456
- Samson, R.A. and Joseph A. Omielan, *Switchgrass, A Potential Biomass Energy Crop For Ethanol Production*, R.E.A.P. Canada Research Report,
http://www.reap.ca/Reports/Switchgrass_a_potential_biomass_energy_crop_for_ethanol_production.htm
- Schumacher, E.F., *Small is Beautiful*, Abacus, 1974
- Shiva, V., *The Violence of the Green Revolution*, Zed Books, 1991
- Shiva, V., *Stolen Harvest*, South End Press, 2000
- Smeloff, E., and P. Asmus, *Reinventing Electric Utilities*, Island Press, 1997
- Smil, V., *General Energetics*, John Wiley and Sons, 1991
- Smil, V., *Energies*, Massachusetts Institute of Technology, 1999
- Smil, V., *Feeding the World*, The MIT Press, 2000
- Soil Association, *The Organic Food and Farming Report 1999*, info@soilassociation.org
- Takagi, J., *Criticality Accident at Tokai Mura*, Citizens' Nuclear Information Center, May 2000
- Tilman, D., *The Greening of the Green Revolution*, Nature, Vol 396, 19 November 1998, 211-213
- TRAFFIC, April 2000, *Fisheries, introduction from the sea, and the Eleventh Meeting of the Conference of the Parties to CITES*, TRAFFIC Website, www.traffic.org
- Von Weizsäcker, E., A.B. Lovins, L.H. Lovins, *Factor Four*, Earthscan, 1998
- Wargo, J., *Our Children's Toxic Legacy*, Yale University Press, 1998
- Widdowson, R.W., *Towards Holistic Agriculture*, Pergamon, 1987
- Wilcox, R.B., *Depleting the Biosphere: Japan and Natural Resource Consumption*, August, 2000,
www.net-ibaraki.ne.jp/aboys/jreport.htm
- Statistical Department of the General Affairs Office, *World Statistics*, 1999, Japanese Ministry of Finance, (In Japanese)
- Worldwatch, 20 June 1998, *Hidden forces mask crisis in world fisheries*, Worldwatch Press Release on World Fisheries. www.worldwatch.org
- Youngquist, W., *GeoDestinies*, National Book Company, Portland, Oregon, 1997
- Zhu, Yourong, et al., *Genetic diversity and disease control in rice*, Nature, Vol 406, 17 August 2000. pp.718-722

日本語の参考書：

- アントニー・F.F. ボーイズ「世界生態系危機への歴史・文化的考察」
www.icc.ac.jp/shion/english/tonyb/papers/index.htm (December 1997)
- アントニー・F.F.ボーイズ「朝鮮民主主義人民共和国における食糧危機の原因と教訓」
www.net-ibaraki.ne.jp/aboys/pfe/dprkfcj.htm (July 2000)
- 飯田哲也「北欧のエネルギーデモクラシー」新評論、2000年
- 石川英輔「2050年は江戸時代」講談社文庫、1998年
- 板倉聖宣「日本歴史入門」仮説社、1981年
- 板倉聖宣「歴史の見方考え方」仮説社、1986年
- 井土貴司「大飢餓時代」読売新聞社、1996年
- 宇田川武俊「水稻栽培における投入エネルギーの推定」環境情報科学 5-2 1976
- 宇田川武俊「作物生産における投入補助エネルギー」環境情報科学 6-3 1977
- 東洋経済新報社「完結昭和国勢要覧 第1巻 - 第4巻」
- 岸本定吉「森林エネルギーを考える」創文、昭和56年
- 桑原衛「バイオガス」『世界』1996年9月号
- 栗原淳、越野正義「肥料製造学」養賢堂、昭和61年
- 財団法人 省エネルギーセンター「エネルギー・経済統計要覧(2000年版)」
- 東洋経済新報社「昭和国勢総覧 上下巻」
- 総務庁統計局「世界の統計1999」大蔵省印刷局
- 総務庁統計局「日本の統計2000」大蔵省印刷局

- 高宗昭敏「21世紀・太陽光発電大量普及のシナリオ」『自由』平成11年2月号・3月号
- 槌田敦「核融合発電・その5つの神話」理化学研究所、1976年
- 鳥越洋一「省資源・省農薬生産技術と情報利用」システム農学(J.JASS), 8(2), 1992
- 永岡書店「標準食品成分表」1996年
- 七郷の昨今を記録する会「ふるさと七郷 もう一つの仙台」タス・デザイン室、1993年
- 西尾漠「ITER:国際熱核融合実験炉計画」週刊金曜日、1996年9月20日
- 日本農業新聞「21世紀の農政の基本方向」1998年
- 日本統計協会「日本長期統計総覧」
- 農林水産省農産園芸局植物防疫課監修「農薬要覧1996」日本植物防疫協会発行
- 財団法人 農林統計協会、農林水産省経済局統計情報部「平成8年産作物統計」
- 財団法人 農林統計協会、農林水産省経済局統計情報部「ポケット農林水産統計 平成11年 1999」
- 財団法人 農林統計協会、農林水産大臣官房調査課「平成8年度食料需給表」
- 財団法人 農林統計協会「農業白書」平成9年度
- 財団法人 農林統計協会「農業白書」平成10年度
- 財団法人 農林統計協会「農業白書付属統計表」平成10年度
- 財団法人 農林統計協会「食料・農業・農村白書」平成11年度
- 財団法人 農林統計協会「食料・農業・農村白書付属統計表」平成11年度
- 財団法人 農林統計協会「林業白書」平成10年度
- 畠山重篤「森は海の恋人」北斗出版、1994年
- 古野隆雄「アイガモ水稲同時作」農文協、1997年
- 財団法人 瑞穂協会「ポケット米麦データブック 平成10年度 1998」
- 三輪昌男監修「ファクトブック'98」JA 中全
- 東洋経済新報社「明治大正国勢総覧」
- 結城登美雄『「暮らしの庭」が景色をつくった』「日本のガーデニングのすすめ」現代農業2000年8月増刊、p.40-49

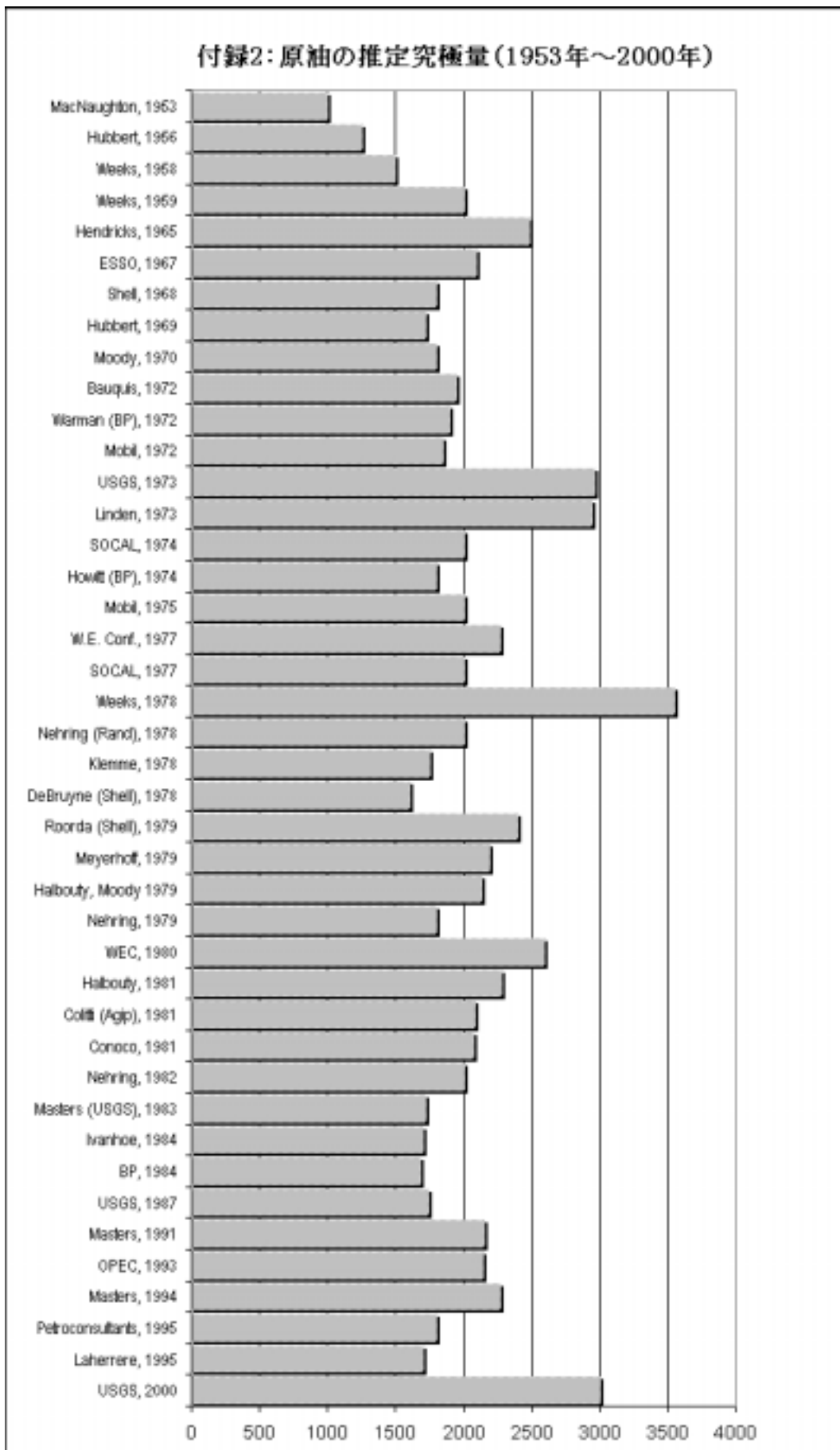
付録 1

世界の油田等級(Field Grade) 規模別ランキング(発見年1859年~1989年)

油田等級	AAAAA	AAAA	AAA	AA		A	B	C	D	E	F	*	
推定究極量(EUR) (百万バレル)	50000-	5000-50000	500-5000	100-500		50-100	25-50	10-25	1-10	0.1-1	0-0.1	#0-0.5	
規模(名称)	Mega-giant	Super-giant	Giant	Major	計	Large	Medium	Small	Very small	Tiny	Insignificant	(Very Tiny)	計
中南米	-	5	40	167	212	101	148	255	596	496	204	-	2012
西欧	-	-	14	86	100	75	100	151	291	231	142	-	1090
アフリカ	-	1	36	144	181	109	158	363	444	155	21	-	1431
中東	2	27	120	105	254	67	56	99	48	9	4	-	537
東アジア	-	-	11	62	73	58	73	207	435	162	75	-	1083
オセアニア	-	-	2	9	11	3	24	13	78	83	45	-	257
東欧	-	-	2	5	7	2	8	15	47	37	6	310	432
旧ソ連	-	4	28	67	99	96	84	96	237	6	-	1046	1664
中国	-	1	17	42	60	23	38	61	54	6	-	92	334
カナダ	-	-	12	34	46	34	64	107	283	131	233	41	939
アラスカ	-	1	2	5	8	2	1	1	1	1	1	-	15
米国48州	-	1	44	235	280	325	355	760	4598	9523	11020	#4500	31370
世界合計	2	40	328	961	1331	895	1109	2218	7112	10849	11751	5989	41164

= 推定 * = データなし、または出版物から

出所: Ivanhoe & Leckie; Oil & Gas Journal, 2/15/1993, p. 87-91.



出所: J. Laherrere, www.dieoff.com/eur.htm

単位: Gb

James MacKenzie, <http://www.wri.org/wri/climate/finitoil/eur-oil.html>

付録3：宇田川とピメンテルによる補助エネルギー産出/投入比（エネルギー収支）調査の比較
宇田川、1977年、p.79

表5：普通作物生産の補助産出エネルギー(10³ kcal/ha) 1975年

労働・蓄力	445
種苗	166
購入肥料	6486
自給肥料	9146
農薬	2465
資材 ¹⁾	4098
水利 ²⁾	5662
賃料料金	2572
建物 ³⁾	2270
農具	21201
計A ⁴⁾	54511
計B ⁵⁾	44754
産出(主) ⁶⁾	17693
産出(主+副) ⁷⁾	33353

注：1) 資材には高熱動力を含む、2) 水利には土地改良を含む、3) 建物には暗渠などの構築物を含む、4) 計Aは全合計を示す、5) 計Bは労働・蓄力、種苗、自給肥料を除いた合計を示す、6) 産出(主)は主産物の生産カロリーを示す、7) 産出(主+副)は主産物と副産物の合計の生産カロリーを示す

ピメンテル (1980年), p.96 (計算方法の詳細に関しては pp. 94, 96 参照のこと)

表5：稲作 1ha 当たりの投入エネルギー、テキサス湾岸、1977年

項目	1ha 当たりの量	1ha 当たりの kcal
投入		
労働力	24.4 hr	-
機械類	37.2 kg	833,304
ガソリン	67.3 l	680,336
ディーゼル燃料	181.5 l	2,071,641
電気	29.7 kwh	85,031
窒素	182.7 kg	2,685,690
リン酸	58.3 kg	174,900
カリ	31.4 kg	50,240
プロパニル	6.2 kg	619,442
モリネート	3.3 kg	285,780
フラダン	1.9 kg	162,070
殺虫剤	1.1 kg	95,601
種子	134.5 kg	538,000
水利	122.0 cm	3,653,409
乾燥	5,602.0 kg	1,120,400
輸送	376.5 kg	96,761
合計		13,152,605
産出		
米収量	5235.0 kg	15,453,720
たんぱく質生産	300.5 kg	
産出/投入比		1.17
産出/労働比		633,349

付録4

今後起こると思われる食料とエネルギーの不足に対して一般市民がすぐに実行できることはなにか

- * 食料、水、エネルギーに関してできることはなんでも始めよう。(生活様式の変化に備えよう)
- * 省エネなどによって、電気や化石エネルギーの依存度を軽減させる努力を始めよう。
- * 国産米、地場産の旬の食物をより多く消費し、有機農産物を優先的に選ぶことによって食生活を変え始めよう。
- * 食品、衣料をいくらかでも自分で作り、家族の自給自足生活の実行について考えてみよう。
- * ローカルの有機農家から農産物を直接買うことによって良心的な農法を支援しよう。
- * 人間の基本的なニーズ(食料、衣料、住居)について、地域の自給自足のレベルを上げたり、環境問題について考え行動している人々とともに、活動に参加しよう。
- * 地域の勉強会やイベントに参加しよう。(例えば、大豆トラストや水田トラストなど)
- * 未来に起こるかもしれない変化について、子供達にわかりやすく教えよう。(残念ながら学校というところは、まだ存在しない社会の価値観は教えないので、あまりあてにできない。PTA 活動も効果的でない場合には、学区を超えて新たな組織作りを目指そう。)
- * 新聞、テレビのニュースやドキュメンタリー番組、本などを参考にしよう。食料やエネルギーの動向について、自分なりの情報源を持とう。
- * 友人と話し合っ、一緒にできることを検討しよう。
- * 自分と家族の環境をよく観察して、自給自足の生活のために役に立つ(あるいは役に立たない)側面を見出すようにしよう。大都市に住んでいる人なら、いざという時どうやって農村へ移り住むのか考えてみよう。

略語		
CFCs	chlorofluorocarbon gases	フロンガス
DPRK	Democratic People's Republic of Korea (North Korea)	朝鮮人民民主主義共和国 (北朝鮮)
DRP	digestable rough protein	可消化粗たん白質
EPR	Energy Profit Ratio	エネルギー利益率
EUR	Estimated Ultimate Recovery	(石油産出の) 究極量
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	国連
FSU	Former Soviet Union	旧ソ連
GATT	General Agreement on Trade and Tariffs	関税貿易一般協定
GE	genetically engineered	遺伝子組み換え
IEA	International Energy Agency	国際エネルギー機関
IPSSR	Japan's National Institute of Population and Social Science Research	国立社会保障・人口問題研究所
LNG	liquid natural gas	液化天然ガス
NGL	natural gas liquids	天然ガス液体
NPK	nitrogen, phosphorus, potassium	窒素、リン酸、カリウム
OPEC	Organization of Petroleum Exporting Countries	石油生産輸出機構
P10	the amount of oil for which there is a 10 percent probability of extraction being achieved at that level of technology and at a certain price	一定の技術水準と価格で 10% 産出できる可能性を持った石油の量のこと。
P50	as P10, but 50 % probability	同上 50% 産出できる可能性
P90	as P10, but 90 % probability	同上 90% 産出できる可能性
PV	photovoltaic	太陽光発電の
R/P ratio	ratio of reserves to production in years	R/P 率 (確認埋蔵量の可採年数)
TDN	total digestible nutrient	可消化養分総量
TFR	Total Fertility Rate	合計特殊出生率
USA	United States of America	米国
USGS	United States Geological Survey	米国地質調査所
単位		
%	percent	パーセント
cm ³	cubic centimeter	立方センチメートル
EJ	exajoules (10 ¹⁸ joules)	10 ¹⁸ (100 京) ジュール
GJ	gigajoules (10 ⁹ joules)	10 ⁹ (10 億) ジュール
GW	gigawatts (10 ⁹ watts)	10 ⁹ (10 億) ワット
Gb	gigabarrels (10 ⁹ barrels)	10 ⁹ (10 億) バレル
J	joule	ジュール
PJ	petajoules (10 ¹⁵ joules)	10 ¹⁵ (千兆) ジュール
m ³	cubic meter	立方メートル
MJ	megajoules (10 ⁶ joules)	100 万ジュール
MTOE	million tons of oil equivalent	100 万トン石油換算
MW	megawatts (10 ⁶ watts)	100 万ワット
Mb	million barrels	100 万バレル
TW	terawatts (10 ¹² watts)	10 ¹² (1 兆) ワット
Tm ³	tera cubic meters (10 ¹² cubic meters)	10 ¹² (1 兆) 立方メートル
acre	1 acre = 0.40468 ha	エーカー
cap	capita, person	1 人
g	gram	グラム
ha	hectare	ヘクタール
kJ	kilojoules (1000 joules)	キロジュール
kcal	kilocalorie = 4187 joules	キロカロリー
kg	kilogram	キログラム
km	kilometer	キロメートル
kWh	kilowatt-hour	キロワット時
log	logarithm	対数
sej	solar emjoule	太陽光エムジュール
tonne (t)	metric ton	メトリックトン

謝辞

この論文を書くにあたって、研究の大半は筆者が所属するシオン短期大学（現在は茨城キリスト教大学短期大学部）から、1999年4月から翌年3月までの1年間の研修期間を与えられて行なったフィールドワークなどに基づいている。この貴重な機会を与えてくれた短期大学に対して感謝の意を表したい。

加えて、私の研究に惜しみない助言と協力をしてくれた日本内外の多くの団体や個人にたいしても心から感謝したい。ここでは一人一人の名前を列挙するには余りに多いので、とりあえず北の宗谷から南の八重山諸島までの皆さん、そして英国とベルギーの協力者の皆さんにお礼を申し上げるとともに、私の拙著をささげたいと思う。

インターネットもフルに活用させてもらった。その中で農業やエネルギーに関するハイレベルな情報を無料で提供している研究者の皆さんにも心から感謝の意を伝えたい。

この日本語版を作るにあたって、茨城県常陸太田市在住の北原寿子さんと妻の千里の協力を得た。それでようやく私の言いたいことを日本人に伝えられる翻訳ができたと思う。二人に心から感謝したい。

書き終えて改めて読んでみれば、とても完成したものとは言えず、自分の未熟さを思い知らされ赤面している。どうかお気づきの点があれば是非教えていただきたい。

ご意見、ご感想をお待ちしております。

アントニーF.F.ボーイズ

2001年3月18日