

結 論

1 作物生産の投入・産出エネルギー比の変化

農業の本質的な目標は、太陽エネルギーを効率的に作物に固定させて、人間の体温を維持するための食料や、他の産業で使用される素材を作ることにある。しかし、農家は高い収益を得られる経営形態を採用したり、労働を補完するための工業製品を使用するため、必ずしもエネルギー効率の高い農業に従事するとは限らない。特に先進国においては、化学肥料、農薬、農業機械、栽培施設などの工業製品が大量に使用されるようになった（伊藤，2003）。このような工業製品の形態で投入される化石燃料エネルギーによって、現代農業のエコロジカルな効率性は著しく低下している（山本，1994）。

現在農業のエネルギー効率を具体的な数値で提示することは、持続的な農業や環境保全型農業の実践に向けた提言をしていくために重要である。さらに、農業のエネルギー効率が時間的・空間的にいかに変化してきたか、その実態と要因を解明することは、農業地理学の重要な課題である。このような意義をふまえて本研究では、三つの課題を設定した。一つめは、農業のエネルギー効率が変化した度合いを具体的な数値で示すこと、二つめは、農業の地域差を抽出したり、農業地域区分を実施するための総合的な指標として、農業のエネルギー効率を使用すること、三つめは、エネルギー効率から見て特徴的ないくつかの作物産地を対象として、エネルギー効率の変化と産地の維持メカニズムを考察することである。

まず、一つめの課題に関して、農業に投入される化石燃料エネルギーは、農家が購入する工業製品の金額から算定することが可能である。本研究では、作物生産のエネルギー効率を示す指標として、投入される化石燃料エネルギーと産出する食料エネルギーとの比率に注目した。具体的には、産業連関分析と積み上げ法を利用した簡便法により、日本で生産される作物の投入・産出エネ

ギー比を、1970年から2000年まで5年ごとに算定した。その結果、投入・産出エネルギー比が5.8～9.5に達するいも類を「高位効率作物」、1.7～3.9の穀類と豆類を「中位効率作物」、0.3～1.1の果樹と露地野菜を「低位効率作物」、0.03～0.04にすぎない施設作物を「極低位効率作物」と区分できた。

個々の作物の算定値を日本全体のスケールに適用すると、日本における作物生産の投入・産出エネルギー比は、1970年には2.0であったのが、1990年には1.2、さらに2000年には0.9まで減少した。個々の作物のエネルギー効率は算定年ごとに大きな変化はないため、日本における作物生産のエネルギー効率が低下した要因は、栽培作物の変化にあると考えられる。代表的な作物の栽培面積の変化を検討すると、エネルギー効率が低下した要因は、第一に施設作物の増加、第二に水稻の減少にあると推測される。

同様の分析を関東地方のスケールに適用した結果、地域的な作物生産の投入・産出エネルギー比は、1970年の1.8から1990年の1.1に低下した。農業統計の分析によると、関東地方における値の低下もまた、栽培作物の転換に依るところが大きい。具体的には、極めて大量の化石燃料エネルギー（10aあたり12～22GJ）が投入される施設作物が7千ha増加したことと、食料エネルギーを多く産出（10aあたり4～8GJ）する水稻と麦類の栽培面積が27.4万ha減少したことが主な要因である。

また、関東地方の農業に投入されると推定される化石燃料エネルギーの投入量は、1970年の263TJ（ $TJ = 10 \times 10^{12} J$ ）から1990年の319TJへと増加した。一方、産出される食料エネルギーは、1970年の477TJから1990年の336TJに減少した。1人の人間が1日10MJ（約2,400kcal）の食料エネルギーを消費すると仮定した場合、1970年の関東地方の作物生産は1,300万人の食料を1年間供給できたが、1990年には、900万人に減少する。関東地方における農業は、産出食料エネルギーの観点から見て大きく衰退したといえる¹⁾。

以上のように、日本および関東地方における地域的な作物生産の投入・産出エネルギー比は、1970年から1990年にかけて約60%減少した。この値が大きいかどうかを検討するためには、効率性を確定する必要があるほか、他国の事例や他年の算定結果との比較が必要である。しかし、経済の高度成長期を含んだこの期間において、米や麦類などの食料供給型の作物が大幅に減少し、化

石燃料エネルギーの投入に依存した園芸農業が増加した。これらの点を考慮すると、日本におけるエネルギー効率低下の度合いは大きかったと考えられる。

2 エネルギー効率と農業地域区分

作物生産の投入・産出エネルギー比は、作物の種類や栽培に使用される工業製品の種類によって、時間的・空間的に変化するものである。本研究では、投入・産出エネルギー比の値が示す効率性を、水稻を基準とした作物の組み合わせの検討から定義した。その結果、水稻、麦類、いも類の栽培に特徴づけられる「高位効率地域」、水稻、麦類などの中位効率作物の栽培に特徴づけられる「中位効率地域」、水稻、露地野菜、果樹の栽培に特徴づけられる「低位効率地域」、および、水稻、露地野菜、または施設作物の栽培に特徴づけられる「極低位効率地域」の4類型が抽出できた。

この区分をもとに、日本の都道府県スケールで分析した結果、西南日本を中心にエネルギー効率の低下が認められた。また、1970年から1990年にかけてエネルギー効率が大きく低下したことが分かった。具体的には、1970年の分析では、北海道と鹿児島県が高位効率に区分され、東北、北陸、中国地方を中心とする29の府県が中位効率に区分された。一方、関東の西部から、中部の太平洋岸、紀伊半島、四国地方、九州北部にかけての16都府県が低位効率に区分された。次いで1990年の分析では、高位効率はなくなり、北海道、東北、北陸地方を中心とする9県だけが中位効率となった。また、1970年に低位・中位効率だった地域のうち、8府県が極低位効率地域となった。極低位効率に変化した地域は、経済的な農業土地生産性が高い都府県と一致した。

さらに、関東地方の市町村スケールを対象として、エネルギー効率が低下した度合いに基づいた農業地域区分を実施した。1970年から1990年までのエネルギー効率の低下度は、次の5段階に区分できる。レベルⅠは、高位効率が維持されているか、他の効率性から高位効率へ変化した地域、レベルⅡは、中位効率が維持されているか、他の効率性から中位効率に変化した地域、レベルⅢは、中位・高位効率から低位効率へ変化した地域、レベルⅣは、低位効率が維持されている地域、レベルⅤは、極低位効率が維持されているか、他の

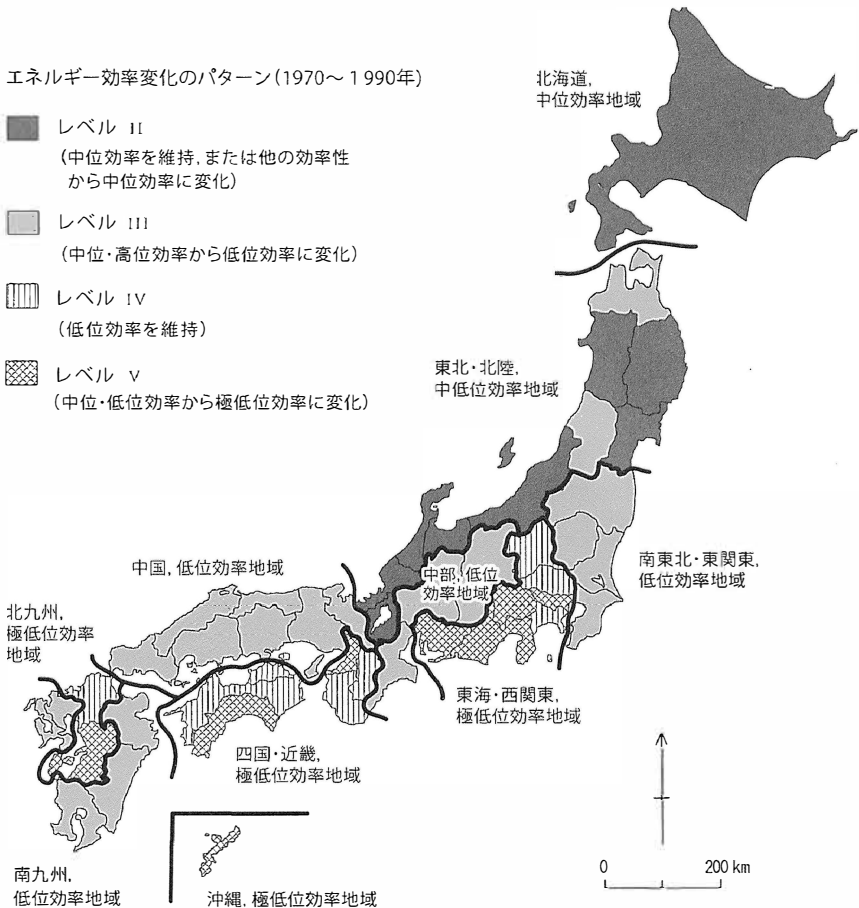
効率性から極低位効率に変化した地域である。この区分に沿った関東地方の農業地域構造は、東西性と同心円構造が明確に見いだされ、従来の農業地理学の結果を裏付ける結果となった。したがって、作物生産のエネルギー効率は、農業地域の時間的・空間的な変化を把握するための指標としても十分に使用できるものと考えられる。

第 51 図は、関東地方と同じ方法により、都道府県スケールのエネルギー効率変化のパターンに注目し、その地域的なまとまりから農業地域区分を実施したものである。その結果、次の 10 の農業地域が抽出された。すなわち、(1) 北海道、中位効率地域、(2) 東北・北陸、中低位効率地域、(3) 南東北・東関東、低位効率地域、(4) 東海・西関東、極低位効率地域、(5) 中部、低位効率地域、(6) 四国・近畿、極低位効率地域、(7) 中国、低位効率地域、(8) 北九州、極低位効率地域、(9) 南九州、低位効率地域、(10) 沖縄、極低位効率地域である。

ここで、この農業地域区分の有効性と各農業地域の特徴を検討するために、従来の研究結果と比較する。まず、北海道、中位効率地域は、田林 (2004)²⁾ による「東北日本、畜産地域」の一部、および仁平 (2006, 2009)³⁾ による「北海道」に一致する。これらの地域は、畜産を首位としながらも多様な作物が広い面積で栽培されていること、農業就業人口の割合が高いものの後継者が少ないことに特徴がある。また、尾留川 (1950)⁴⁾ は、北海道の農業地域を「北海道東部 (えん麦、畜産)」と「北海道西部 (大豆、ばれいしょ)」に分類した。北海道は、日本の食料生産基地としての役目を担ってきたが、その食料生産の水準が今後も維持されるとは限らない。

東北・北陸、中低位効率地域は、尾留川 (1950) による「東北・北陸 (水稻単作)」、および、田林 (2004) による「東北・北陸米地域」とほぼ一致する。この地域には、仙台平野や越後平野をはじめ、全国でも有数の水田地帯がある。この地域の農業は、基本的に水稻単作であり、農家の兼業化も進んでいる (石井, 1979)⁵⁾。借地によって大規模な水稻作を展開する企業的な農家や、退職後に水稻作に従事する高齢専業農家も増加している。

南東北・東関東、低位効率地域は、仁平 (2006, 2009) による「東関東」とほぼ一致する。この地域は、稲作率の高さ、同居農業後継者の多さ、所有耕地面積の少なさ、農業従事者の高齢化に特徴づけられる。この地域では、平野の



第 51 図 作物生産のエネルギー効率から見た日本の農業地域区分

占める面積が広いことが、稲作率の高さの要因となっている。一方、農家 1 戸あたりの耕地面積が少なく、後継者が多いことは、露地野菜や施設野菜などの園芸農業の発展に結びついた。しかし、農業従事者の高齢化は、労働集約的な園芸農業の維持に大きな影響をもたらすと予想される。

東海・西関東、極低位効率地域は、仁平 (2006, 2009) による「東海・南関東」、および田林 (2004) による「関東・東海、野菜地域」とほぼ一致する。これらの地域は、農業生産額の首位が野菜になること、および所有耕地面積の

少なさ、同居農業後継者の多さ、農業就業人口率の高さによって特徴づけられる。東京・名古屋大都市圏を含むこの地域は、農外就労の機会も多く、土地利用の都市化も進展する一方で、残存する農地では集約的な農業が営まれている(山本・田林, 1987a)⁶⁾。

中部、低位効率地域は、仁平(2006, 2009)による「東山」、および松井(1943a, 1943b, 1943c, 1943d)⁷⁾の耕種養蚕地域とほぼ一致する。この地域は、農業就業者の高齢化、耕地面積の少なさ、同居農業後継者の多さに特徴がある。山がちで平地が少ないという地形条件により、かつては養蚕が盛んであった。経済の高度成長期以降は、狭小な耕地面積を活かして生産性を上げる園芸農業が発展した。その代表的な例が、甲府盆地や長野盆地の果樹栽培である。

四国・近畿、極低位効率地域は、田林(2004)による「近畿・四国、野菜・果樹地域」とほぼ一致する。この地域の農業生産額は、野菜または果樹が首位となる。具体的には、みかんを中心とする果樹、なすやきゅうりなどの施設園芸、多品目の露地野菜など、集約的な園芸農業が盛んである。斎藤(1961)⁸⁾によると、農家あたりの耕地面積が少なく、労働集約的であるが、耕地あたりの収益性は低い地域とされた。

中国、低位効率地域は、田林(2004)による「中国、米地域」、および仁平(2006, 2009)による「中国」とほぼ一致する。この地域は、農業就業人口率の高さ、稲作率の高さ、農業就業者の高齢化に特徴づけられる。この地域の農業は、米への依存度が高いものの、なしやぶどうなどの果樹や、露地野菜の産地が点在する。山間部では農業が振るわず、過疎化が進んでいる地域が多いが、蒜山^{ひるぜん}高原の酪農など、観光と結びついた農業が成功した例もある。

北九州、極低位効率地域は、田林(2004)による「北九州、野菜地域」、および仁平(2006, 2009)による「北九州」と一致する。この地域の農業生産額は、野菜を首位としながらも、多様な作物の組み合わせから構成される。また、所有耕地面積の少なさ、稲作率の高さ、農業就業者の高齢化などに特徴づけられる。小規模な農地であっても、野菜、果樹、花き、植木などの園芸農業により高収益を上げている産地が点在する。

南九州、低位効率地域は、田林(2004)による「西南日本、畜産地域」および小笠原(1955)⁹⁾による「外縁地帯、南九州」に相当する。この地域では、

鹿児島県の養豚や宮崎県の養鶏をはじめとする畜産が盛んな一方で、きゅうりやピーマンなどの園芸作物も全国で有数の生産量を誇る。沖縄、極低位効率地域は、仁平（2006, 2009）による「島嶼」に相当する。この地域は、農業就業人口率の高さ、農業就業者の高齢化、同居農業後継者の少なさに特徴づけられる。ここでは、バナナ、パイナップル、マンゴー、さとうきびなどの熱帯作物の生産のほか、花き園芸も盛んである。

このように、エネルギー効率から見た農業地域区分は、従来の研究結果と比較して、栽培作物、労働集約性、農業生産額、および農業に関する総合的な指標を反映したものである。また、東日本と西日本、太平洋側と日本海側、山間部と平野部などの対照性に示されるように、日本の地域性を示すものである。このように、農業のエネルギー効率は、都道府県スケールの農業地域を分析するためにも有効な指標になると考えられる。

3 作物産地の維持とエネルギー効率

作物産地の維持メカニズムとエネルギー効率との関連について、五つの作物産地を事例として分析を実施した（第20表）。栽培作物の違いによって産地のエネルギー効率にも差異が見られるが、施設野菜や果樹などの園芸作物で効率が低く、穀類やいも類の産地で効率が高くなる傾向がある。いずれの産地も、商品としての農作物を供給する体制が確立しているという点で共通する。

作物生産のなかで最もエネルギー効率が低いのが施設園芸である。施設園芸による野菜産地として取り上げた千葉県旭市は、1960年代後半から1970年代にかけて、施設型野菜園芸の産地（施設園芸産地）として確立した。大都市から遠方に位置し、畑地の面積が狭小な旭市では、専業農家を中心に収益性の高い施設園芸が導入された。施設園芸産地として確立した1980年代以降も、栽培品目が多様化したり、新しい技術が次々と導入されることによって産地が維持されてきた。旭市における地域的な作物生産のエネルギー効率は、施設園芸産地の確立に伴って高位効率から極低位効率まで大幅に低下したが、産地として確立した後は極低位効率のままで推移してきた。

施設園芸に次いで単位面積あたりのエネルギー効率が低いのが、露地野菜と

果樹の栽培である。露地野菜の大規模な産地として取り上げた長野県菅平では、高冷地という条件を活かして、レタスを中心とする夏季出荷型の露地野菜栽培が行われている。観光業も盛んな菅平では、専業農家ばかりでなく、民宿を経営する兼業農家によっても露地野菜が栽培されている。菅平の露地野菜栽培は、1980年代後半以降、それまでの多品目栽培からレタスに特化した栽培へと大きく変化した。それに伴って、地域的な作物生産のエネルギー効率は、中位・低位効率から極低効率に低下した。

果樹の大規模な産地である山梨県一宮町は、すでに1950年代と1960年代にかけて、果樹産地として確立した。一宮町では、扇状地という地形・土壌条件と、農家あたり0.6haという狭小な耕地条件が、養蚕から果樹への転換を促進させた。1970年代まではぶどうの割合が高かったが、1990年代以降は、新しい農業機械の開発と普及、自然災害などを契機として、ももの割合が増加している。現在の一宮町の果樹園芸は、高齢化した農業従事者によって維持されており、農作業の省力化をさらに進める必要がある。このように果樹に特化する一宮町における作物生産のエネルギー効率は、1960年代に極低位効率まで低下し、そのまま現在まで継続している。

一方、エネルギー効率が高い産地の事例として取り上げたのが、茨城県ひたちなか市である。ここでは、畑地での加工用かんしょと大麦の栽培、低地での水稻作が盛んである。加工用かんしょ栽培が継続している要因は、農家内で干しいもに加工され販売されるためである。ひたちなか市は都市に近いため兼業農家も多いが、乾燥機の導入による加工部門の省力化などによって、かんしょの産地が維持されてきた。ひたちなか市で栽培される作物は、1960年代後半から1970年代前半にかけて露地野菜が一時的に増加したが、それ以降はかんしょが主な商品作物となっている。地域的な作物生産のエネルギー効率は、1970年に中位効率まで低下したものの、それ以降は高位効率のままで推移している。

エネルギー効率が高い産地のもう一つの事例が、北海道十勝地方に位置する帯広市の畑作である。同市で生産される作物は、1960年代までは豆類に特化していた。1970年代以降、てんさい、小麦、ばれいしょの面積が増加したことにより、畑作4品目が主要作物になった。作物の割合が変化してきたのは、

第 20 表 事例産地における作物生産とエネルギー効率の特徴

事例産地	第 5 章 千葉県旭市 (施設園芸)	第 6 章 長野県真田町菅平 (露地野菜)	第 7 章 山梨県笛吹市--宮町 (果樹)	第 8 章 茨城県ひたちなか市 (加工用かんしょ)	第 9 章 北海道帯広市 (大規模畑作)
現在の主な 栽培作物	施設作物 (きゅうり、トマト、 ミニトマト、いちご、花き類)	露地野菜 (レタス)	果樹 (もも、ぶどう)	かんしょ、大麦、水稻	畑作4品目 (小麦、ばれいしょ、 てんさい、豆類)
栽培作物の変化	(1) 米・麦類・かんしょ → 露地野菜 → 施設作物 (2) 施設作物 (きゅうり、トマト、 いちご) → 施設作物 (きゅうり、トマト、いちご、 ミニトマト、花き類)	露地野菜 (にんじん、レタス、 はくさい、キャベツ) → 露地野菜 (レタス、はくさい)	(1) 桑 → 果樹 (2) 果樹 (ぶどう) → 果樹 (もも、ぶどう)	かんしょの割合の増加、 小麦の減少	豆類 → 畑作4品目 (特に小麦の増加)
地理的基盤	海岸平野 (九十九里平野の北端)、 温暖な気候、都市からの遠隔性	高冷地 (海拔1,300~1,500m)、 盆地、都市からの遠隔性	扇状地、傾斜地、少雨気候、 都市への近接性	洪積台地 (畑) 沖積低地 (水田) 都市への近接性	広い台地、冷涼な気候、 都市からの遠隔性
農 家	2 世代揃った労働力、小規模経営 (施設 0.4 ha、畑 0.1 ha、水田 1 ha)	専業農家と兼業農家 (観光業)、 中規模経営 (平均 1.8 ha)	高齢者による農業、 小規模経営 (平均 0.6 ha)	専業農家と兼業農家、 中規模経営 (平均 2 ha)	充実した農業労働力、 大規模経営 (事例地区の平均 30 ha 以上)、豆稈気、離農プ ーム、借地により拡大)
産地維持の形態	(1) 土地利用の集約化 (露地野菜 → 施設園芸) (2) 栽培作物の多様化 (施設野菜 → 施設野菜・花き) (3) 栽培品種の転換 (4) 栽培技術の転換 (施設、育苗方法など)	(1) 栽培品目の専門化 (2) 大型農業機械の利用 (外国製のトラクターなど) (3) 新しい経営部門の取り込み (減農薬栽培、グリーン ツーリズムなど)	(1) 栽培品目の多様化 (2) 新しい栽培技術の導入 (仕立て方など) (3) 新しい農業機械の導入 (リフトなど)	(1) 商品作物 (かんしょ) への 特化 (2) 農家内加工 (3) 新しい農業機械の導入 (下しいも乾燥機など) (4) 直売の導入 (宅配) など	(1) 栽培作物 (商品・食料作物) の変化 (2) 大型農業機械の利用 (外国製のトラクター、 コンバインなど) (3) 補助金政策 (4) 新しい経営部門の取り込み (園芸、加工、直売など)
現在のエネルギー 効率	極低位	極低位	極低位	高位	高位
エネルギー効率の 変化	高位 → 中位 → 低位 → 極低位	中位 → 低位 → 極低位	低いレベルでの推移	高位 → 中位 → 高位	高いレベルでの推移

食料供給型作物に対する補助金政策や、新しい農業機械の開発・導入に伴う農作業の省力化に依るところが大きい。このような土地利用型の畑作農業は、平均30ha以上を耕作する大規模農家によって維持されている。さらに大規模農家の経営は、充実した農業労働力、外国製の大型の農業機械、新しい経営部門の積極的な採用によって支えられている。このように大規模な畑作が展開する帯広市においては、作物の栽培割合は変化してきたものの、地域的なエネルギー効率は高位効率のままで推移してきた。

このように各産地では、それぞれ異なった地理的基盤（海拔、傾斜、土壌、気候、1戸あたりの耕地面積、都市との近接性など）を活用しつつ、作物生産が維持されてきた。生産の主体となる農家は、農業従事者の数や年齢などの農家内の条件、および、市況、農業政策、自然環境などの外部条件を考慮しながら、経済的な作物を採用してきた。それぞれの産地に共通した維持要因は、農業の機械化・装置化が進んでいること、農薬などの農業資材が大量に使用されていること、革新技術が次々と導入されてきたことにある。また、作物生産のエネルギー効率は作物によって異なるが、革新技術の導入に伴って、化石燃料エネルギーへの依存度が高くなっていることも各産地に共通した事実である。

4 農業とエネルギー効率

先進国で営まれる農業は、農作業の省力化や経済的な効率性を追求し、化石燃料エネルギーへの依存度を高めてきた。現代の産業化した農業は「石油を食べること」とであると形容される（マイヤーズ・ケント、2006）。産業化が進んでいない農業には明確な季節性があった。例えば、トマトやいちごは夏季に収穫されたが、現在では通年あるいは冬季に販売されるようになった。このような自然のコントロールは、ビニールハウスなどの園芸施設の普及によって可能となった。また、化学製品や農業機械の使用により、農業の合理化が進み、作物の単一栽培が拡大した。その結果、人の手をかけた細やかな土地利用がなされなくなった。例えば麦が熟すと豆を蒔くという日本の伝統的な多毛作は、ほとんど見られなくなった（石川、2003）。このように現在農業では、経済的な効率性は高くなったが、エコロジカルな効率性は低下し、農産物の季節性が薄れ

ていった。

化石燃料の投入によって農作物の成長を人工的に促進・抑制させたり、病害虫を化学的にコントロールするという点において、現代の農業は、環境との共生が難しい生産システムである。エコロジカルな視点から見て、現代農業は環境への負荷を高めてきたといえる。特に農薬、化学肥料、動力燃料などの形態で投入される大量の化石燃料エネルギーは、土壌中の微生物を減少させる点において「土壌の死」をもたらす（服部，1972）。そのような農地の生産性を回復させるために、さらに大量の化学物質が圃場に投入される。現代の農業生産活動は、自然環境に負担をかける「負の循環」によって継続しており、それを支えているのが、大量に投入される化石燃料エネルギーである。

現在の日本の社会・経済的な環境の下で農業経営を継続していくためには、水やビタミン類を多く含み、食料エネルギーをさほど含まない作物を選択することが有利かもしれない。実際に、農地の面積が漸減傾向にあるなかで、高度な技術と高額の資本を必要とする施設園芸の割合は近年でも増加している。施設で栽培される主な作物は、**食料**エネルギーよりも、味・鮮度・見栄えが重要な市場価値となる野菜類である。野菜に含まれる**食料**エネルギーは少ないが、施設野菜の栽培は化石燃料エネルギーの投入により生産効率が高められており、単位面積あたりの産出食料エネルギーは穀類と同等以上になる（第2章の第7表を参照）。ビニールハウスやガラスハウスの中で重油を燃やししながら冬に作られる野菜は、エネルギー効率の視点から見て最も高価な作物であるといえる。

野菜や果樹などのエネルギー効率が低い作物には、水が大量に使用されることにも注目できる。例えば、施設できゅうりを栽培した場合、単位面積あたり収穫物の重量は水稲作の20倍以上に達するが、その収穫物の重量の96%は水分である。産業のエネルギー収支を端的に示した例として、1kJのダイエットドリンクを製造するためには、2,200kJのエネルギーが使用されることが挙げられる（Soussan, 1992）。施設のなかで温度を調節しながら栽培される野菜は、さながら自動販売機で販売されるダイエットドリンクのような作物である。

農業のエネルギー効率の低下に対する今後の対策として、(1) 低投入型農業と環境問題への提言、(2) 食料生産と経済のグローバル化への注目が考えられ

る。まず、低投入型農業に向けた提言に関する意見を述べる。化石燃料エネルギーの投入増加に伴うエネルギー効率の低下は、農業の持続性を低減させていると解釈される (Gibbon et al., 1995)。エネルギー効率の視点から見た低投入農法を実践するためには、化石燃料エネルギーを多く使用する農業資材の使用を減らすことが有効である。本研究の算定では、エネルギー集中度が最も高い農業資材は動力燃料であった。これは、暖房機やトラクターなどの機械を運転するために使用される資材である。また、最も化石燃料エネルギーを投入する作物の生産システムが施設園芸であった。1990年の関東地方を対象とした算定では、施設作物の栽培に投入される化石燃料エネルギーは、全作物生産の投入化石燃料エネルギーの47%を占める149TJに達すると推定される。エネルギー効率の視点による低投入農法は、大量の化石燃料エネルギーが投入される施設園芸で考慮される必要があると考えられる¹⁰⁾。

近年では、地球環境問題への関心が社会的に高まっているが、化石燃料エネルギーに依存した農業は、大量の温室効果ガスを発生させている。また、農業という自然を相手にした産業は、地球温暖化などの気候変動の影響を受けやすい (松岡ほか, 2007)。地球温暖化の影響はすでに、みかんやぶどうなどの果樹栽培ばかりでなく、水稻などの穀類栽培にも見られる。さらに、雑草や病害虫のコントロールも、従来の方法では難しくなってきたといわれる。これらの点を考慮すると、今後、化石燃料エネルギーに依存しない生産システムを模索したり、気候変動が原因と推定される農業の変化を把握することが重要である。そのためには、温室効果ガスを発生させない代替エネルギーの開発、法律の整備、環境教育の推進などが必要になると考えられる。

次に、農業のエネルギー効率低下と食料生産というテーマに関する意見を述べる。日本においては経済の高度成長期以降、食料エネルギーの産出量が著しく減少している。化石燃料エネルギーの投入ばかりでなく、食料エネルギーの産出という点においても、日本農業の持続性は低下していると解釈できる。食料需給表によると、日本における食料の自給率(畜産と漁業を含む)は、熱量ベースにして1970年には60%であったのが2000年には40%まで減少した。減少した食料エネルギーの供給を補っているのが、小麦をはじめとする海外からの輸入農産物である。

このように農業のエネルギー効率の変化は、経済のグローバル化と関連している。今日の農業地理学では、外国の農業生産システムとの比較や、国際的な農産物流通に着目した研究が重視されている（高柳, 2006）。農業のエネルギー効率に関しても、農産物の輸出大国であるアメリカ合衆国、莫大な人口を抱える新興国の中国やインド、あるいは、バイオ燃料の利用が進んでいるブラジルなどとの比較が必要である。また、食料の生産・流通・消費を網羅するフードシステムの概念と関連づけて、エネルギー効率を検討する必要がある（Grigg, 1984; 荒木, 2002）。

例えば、アメリカ合衆国から輸入される小麦は、輸送段階において大量の化石燃料エネルギーが消費されることを考慮すると、日本で販売される段階では露地野菜と同程度のエネルギー効率を示す可能性がある。また、第8章で取り上げたひたちなか市の例では、かんしょそのものはエネルギー効率が高い作物であるが、加工段階で大量の化石燃料エネルギーが使用されているため、農家から農作物が出荷される段階では、エネルギー効率が大幅に低下するものと推測される。

農作物の輸入量のほか、化石燃料エネルギーの価格もまた、農業のエネルギー効率に影響を与えるものである。1970年代の石油危機ばかりでなく、近年でも原油価格の高騰によって、農産物と食品の価格が上昇したことがあった。化石燃料エネルギーの価格上昇は、農業機械の動力燃料に加えて、化学肥料や農業資材の価格にも反映される。この点は、特に果樹や嗜好品的な野菜など、商品作物の供給量の減少に結びつくと考えられる。実際に長野県中野市の事例では、ハウスぶどうの栽培面積が急減している（市川ほか, 2009）。

以上のように、農業のエネルギー効率を対象とするテーマは、グローバルスケールで変化を続けている。特に日本のように食料自給率の低い先進国においては、経済性だけでなく、エネルギー効率という視点からも農業と食料生産のあり方を見直す必要がある。

最後に、エネルギー効率に関する農業地理学の課題を述べたい。一つめは、エネルギー効率の算定に関する課題である。本研究の算定では1970年から2000年までを対象としたが、今後はその前後に算定年を拡大する必要がある。特に、農業への工業製品の投入が少なかったと推測される1960年代以前の算

定が重要である。また、2003年以降の作物生産費調査では、野菜類の項目が変化したり、麦類の項目が少なくなるため、以前の算定結果と比較する際には注意が必要である。もう一つの課題は、産地の事例を増やすことである。本研究では、極低位効率から高位効率までの作物の産地を取り上げたが、水稻などの中位効率の事例が少なかった。また、GIS (Geographic Information System : 地理情報システム) などの空間分析ツールを活用すれば、市町村などのよりミクロな地域を単位とした全国スケールの農業地域区分も可能となる。

さらに、農業のエコロジカルな効率性に関する課題としては、近年注目されているフード・マイレージ (Pretty et al., 2005) やエコロジカル・フットプリント (ワケナゲル・リース, 2004) の概念を利用したり、エネルギーに代わって水や窒素を指標にするなど、環境問題とより深くかかわるテーマを用いることが考えられる。また、本研究では、畜産や漁業のエネルギー効率は分析の対象外とした。畜産では、とうもろこしや大豆かすなどの飼料が海外から大量に輸入されているし、漁業では、船舶の運航に莫大な化石燃料エネルギーが使用されている。これらの部門は、農業よりもエネルギー効率が大幅に低下すると予測される。

注

- 1) 食料エネルギーは、作物ばかりでなく、畜産や漁業からも供給されるが、農林水産省の食料需給表によると、日本における食料エネルギーの自給率は1970年の53%から1990年には47%に低下している。
- 2) 田林 (2004) は、農産物生産額構成比に基づいて農業地域区分を実施した。修正ウィーバー法によって部門別生産額の構成比を分析した結果、(1) 東北日本の畜産、(2) 東北・北陸の米、(3) 関東・東海の野菜、(4) 近畿・四国の野菜・果樹、(5) 中国の米、(6) 北九州の野菜、(7) 西南日本の畜産という農業地域が抽出された。
- 3) 仁平 (2006, 2009) は、因子分析とクラスター分析を併用して、全国の市区町村を単位地区とした農業地域区分を実施した。分析の指標としたのは、農家、農業労働力、経営、土地利用、耕地の貸借、稲作請負、農業機械に関する42の項目であり、資料は農林業センサスである。分析の結果、(1) 北海道、(2) 北東東北、(3) 南西東北、(4) 東関東、(5) 東海・南関東、(6) 東山、(7) 北陸、(8) 近畿、(9) 中国、(10) 北九州、(11) 南海・南九州、

(12) 島嶼という農業地域が抽出された。

- 4) 尾留川 (1950) は、農産物の収入比率と農業的土地利用を指標として農業地域区分を実施した。その方法は、まず、農業的土地利用の比率と普通畑の最高作付け作物の分布図を作成し、次に、農家の収入に対する換金作物および畜産の分布図を合成した。その結果、日本の農業地域は、二つの大農区 (畑作地帯、水田地帯)、六つの中農区、21 の小農区に区分された。この分布パターンは、東北日本と西南日本、太平洋側と日本海側という栽培作物の対比が強く出ており、気候条件と高い相関がある。
- 5) 石井 (1979) は、1960 ~ 1975 年の農林業センサスを資料として、兼業化の進行度による農業地域区分を実施した。その結果、最も専門的な北海道、兼業化の遅い東北地方、関東地方、九州地方、および、兼業化の進んだ中部地方から瀬戸内沿岸など、東西性のパターンに特徴づけられる分布が抽出された。この結果は、山本・田林 (1987b) によって地図化された。
- 6) 山本・田林 (1987a) は、現地調査と従来の研究結果をふまえて、就業構造に基づいた農村空間の区分を実施した。その結果、(1) 東京、大阪、名古屋などの大都市を核として都市農村空間が分布すること、(2) それらの周囲に郊外農村空間や都市周辺農村空間、後背農村空間が分布すること、(3) 北海道や南九州などの遠隔地には、農業卓越農村空間や、出稼兼業農村空間が広い面積を占めることが明らかになった。このような日本の農村空間は、大都市を中心とする多核心かつ同心円構造に特徴が認められる。
- 7) 松井 (1943a, 1943b, 1943c, 1943d) は、1938 年に農林省が行った全国農家一斉調査を資料として、農業経営類型の指標から定量的な農業地域区分を実施した。指標とされた農業経営の類型は、耕種 (水稻・畑作)、養蚕、養畜、畜産である。この農業地域の分布パターンは、山間部の養蚕、平野部の耕種、丘陵部の養畜というように、地形条件との相関が高い分布パターンが見てとれる。
- 8) 斎藤 (1961) は、1950 年代半ばから増加してきた兼業農家に着目して、農業労働の集約度と耕地面積の関連から農業地域区分を実施した。その結果、(1) 経営耕地面積に注目すると、大規模な東日本と小規模な西南日本に区分されること、(2) 労働の収益性と集約度に注目すると、労働収益性の高い地域が、東北の北部、関東、中部の山間部、紀伊半島南部、四国、中国の西部、九州に分布することが明らかになった。この経営耕地面積と労働集約度に基づく農業地域区分からは、日本農業の東西性を強調するパターンが見てとれる。
- 9) 小笠原 (1955) は、農業的土地利用と土地開発の歴史に着目して農業地域区分を実施した。地域区分の指標は、(1) 水田と畑地の開発度、(2) 耕地の利用度 (商品作物の割合、耕地の年間利用率、不耕作地率)、(3) 牧場の有無、(4) 放牧地と採草地の有無、(5) 北海道の牧場、放牧地、採草地である。その結果、日本の農業地域は、まず古日本 (本州、四国、九州) と北海道に分けられ、さらに前者は中心地帯と外縁地帯に区分される。こ

の結果には、太平洋ベルトを中心とする日本の圏構造が明確に現れている。

- 10) エネルギー集中度の低い化学肥料や農薬などを指標とした低投入農業を提言するためには、化学物質の組成や成分、あるいは水など、化石燃料エネルギーとは違う要素に注目する必要がある。

文 献

- 荒木一視 (2002): 『フードシステムの地理学的研究』大明堂, 265p.
- 石井泰介 (1979): 日本農業地域構造の統計的分析—兼業進行パターンを指標とする社会地理学的考察—, 明治大学人文科学研究所紀要, 18, 1-26.
- 石川英輔 (2003): 『大江戸エコロジー事情』講談社, 361p.
- 市川康夫・市村卓司・村田 裕・仁平尊明 (2009): 長野県中野市における果樹園芸の地域的特色。地域研究年報, 31, 21-44.
- 伊藤貴啓 (2003): 農業の工業化とフードシステム論の展開—1980年代以降の農業地理学研究の動向から—, 愛知教育大学研究報告, 52, 181-189.
- 小笠原義勝 (1955): 土地利用の区分。地理調査所地図部編『日本の土地利用』古今書院, 233-276p.
- 斎藤光各 (1961): 兼業農家からみたわが国の農業地域。地理学評論, 34, 200-221.
- 高柳長直 (2006): フードシステムの空間構造論: グローバル化の中の農産物産地振興。筑波書房, 247p.
- 田林 明 (2004): 20世紀後半における日本農業の構造変容。歴史と地理, 578, 1-10.
- 仁平尊明 (2006): 農業経営に関する総合的な指標からみた日本の農業地域区分—多変量解析とGISの適用—, 人文地理学研究, 30, 69-98.
- 仁平尊明 (2009): 日本農業の地域差。田林 明・菊地俊夫・松井圭介編『日本農業の維持システム』農林統計出版, 49-71.
- 尾留川正平 (1950): 新基準による日本農業地域区分の体系 (第一報)。大塚地理学会編『田中啓爾先生記念大塚地理学会論文集』目黒書店, 237-244p.
- マイヤーズ, N・ケント, J. 監修, 竹田悦子・藤本知代子・桑平幸子訳 (2006): 『65億人の地球環境』産調出版, 304p.
- 松岡憲知・田中 博・杉田倫明・村山祐司・手塚 章・恩田裕一編 (2007): 『地球環境学—地球環境を調査・分析・診断するための30章—』古今書院, 130p.
- 松井 勇 (1943a): 農業経営組織による郡の分類—昭和13年農家調査の分布解析の1。地理学評論, 19, 1-16.
- 松井 勇 (1943b): 農業経営組織による我が内地地域区分—昭和13年農家調査の分布解析の2(1)。地理学評論, 19, 293-314.
- 松井 勇 (1943c): 農業経営組織による我が内地地域区分—昭和13年農家調査の分布解析の2(2)。地理学評論, 19, 396-414.

- 松井 勇 (1943d): 農業経営組織による我が内地地域区分—昭和 13 年農家調査の分布解析の 2(3). 地理学評論, 19, 451-469.
- 山本正三・田林 明 (1987a): 日本の農村空間。山本正三・北林吉弘・田林 明編『日本の農村空間—変貌する日本農村の地域構造—』古今書院, 16-52.
- 山本正三・田林 明 (1987b): 日本の農村空間区分。人文地理学研究, 11, 197-225.
- 山本健児 (1994): 農業における効率性の問題—エコロジーからの接近—。山本健児著『経済地理学入門』大明堂, 32-43.
- ワケナゲル, M.・リース, W. 著, 池田真里訳 (2004): 『エコロジカル・フットプリント—地球環境持続のための実践プランニング・ツール—』合同出版, 293 p.
- Gibbon D., Lake, A. and Stocking, M. (1995): Sustainable development: a challenge for agriculture. In “People and environment” (edited by Morse, S. and Stocking, M.), London: UCL Press, 31-68.
- Grigg, D. (1984): *An introduction to agricultural geography*. London: Hutchinson, 204 p.
- Pretty, J.N., Ball, A.S., Lang, T., & Morison, J.I.L. (2005): Farm costs and food miles: an assessment of the full cost of the UK weekly food basket. *Food Policy*, 30, 1-20.
- Soussan, J. G. (1992): Sustainable development. In “Environmental issues in the 1990s” (edited by Mannion, A. M. and Bowlby, S. R.), Chichester: John Wiley, 21-36.