

畜産システム論入門

1 はじめに

複雑な問題に対して、われわれが一般的に取ってきた方法は、問題をできる限り単純化し、構成成分に分解して解決しようとする分析的な手法であった。このような分析的手法によって、これまで多くの成功がもたらされ、さまざまな生物に関わる生命現象が解明されてきたのは事実である。生物学の分野で最も広く用いられている実験的手法は、まさに分析的手法の一種と考えることができ、遺伝子レベルから個体以上のマクロなレベルまで幅広く、さまざまな問題が実験的手法によって明らかにされてきた。しかしながら、このような手法を適用できるための条件は、各構成成分間の相互作用が存在せず、そのふるまいが直線的である場合のみで、この条件が満たされない場合には、厳密には、このような分析的手法は適用できないこととなる。

一方、このような複雑な問題に対して、多くの細分化した知識や情報を統合してモデルを構築し、シミュレーションによって問題解決の方策を探るシステム分析の手法が、1970年代から畜産の分野においても用いられるようになってきた。筆者の知る限り、システム分析の手法を最初に取り入れたのは、草地生態学の分野であったが、家畜栄養学の研究者もかなり早期にシステム分析の手法を用い始めている。筆者らのグループも1985年に肥育牛の飼料摂取から枝肉組成を予測するモデルを開発し、それ以降、肉用牛を中心にさまざまなシステム分析を行ってきた。

2 畜産におけるシステム分析

図1は、生物現象を解明するために用いるシステム分析と実験的手法の関係を示したものである。実験的手法では、一般に現象を解明する目的で実験が組み立てられ、データが得られる。畜産分野ではまれであるが、農家調査等によってデータが得られることもある。他方、システム分析におけるモデルの構築（モデル化）は、実験的手法によって得られたデータを回帰分析などの統計手法を用いて関係式を導き数学モデルとするのが一般的である。モデル化には、物理学のように理論的な関係から式を導くこともあるが、畜産分野ではこの種のモデルは少ない。構築されたモデルは数学式なので、容易にコンピュータプログラミングができ、シミュレーションによる分析が可能となる。シミュレーションの結果とモデル化で使っていないデータを比較して、モデルの振る舞いが現実をよくあらわしているのであれば、そのモデルは妥当であると判断できる。また、さまざまな条件でシミュレーションを行い、その振る舞いを見ることで、対象の現象の理解が深まることになる。

図2は、黒毛和種雌牛の生時から12ヵ月齢までの1ヵ月ごとの体重(W_t)をプロットしたもので、この期間の成長は直線式で表せると仮定すれば、得られる直線式は、

$$W_t = 18.724t + 35.255 \quad (1)$$

となり、この式は、月齢と体重の関係を表す数学モデルと見なすことができる。このような数学モデルの作成は、現象を正確・簡潔に表すことを可能にし、多くのデータを少ないパラメータ（ここでは、係数と切片の18.724と35.255）で表現できる。また、係数の18.724は、式(1)を微分すると

$$\frac{dW_t}{dt} = 18.724$$

となるので，1ヵ月当たりの増体量〔成長速度〕を表し，1ヵ月を30.4日とすると1日当たりの増体量を0.616と求めることができる．さらに，4.5ヵ月齢の体重を求めたければ，式(1)の t に4.5を代入すれば，その時の体重は119.5 kgと計算できる．

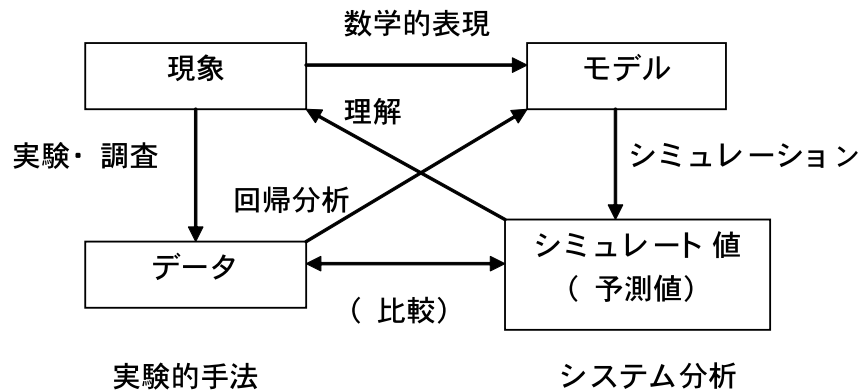


図1 実験的手法とシステム分析の関係

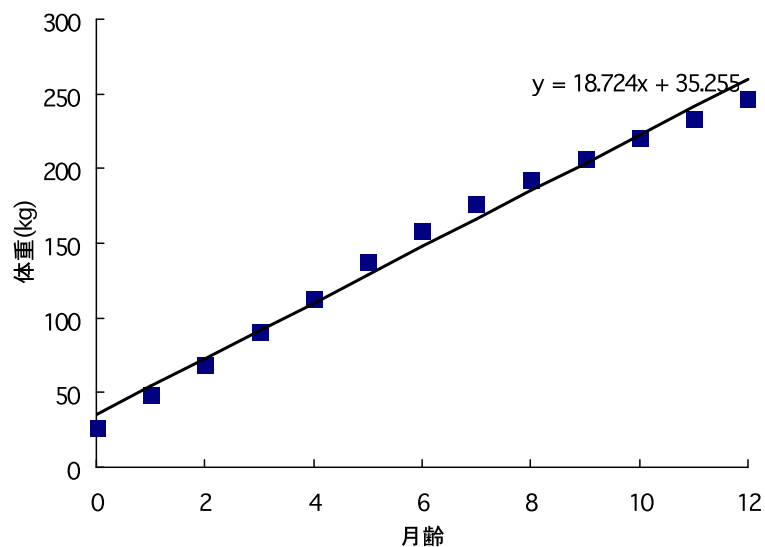


図2. 黒毛和種雌牛の生時から12ヶ月齢までの体重の例と直線式への当てはめ

システム分析のモデルは，遺伝子のネットワークを対象とする遺伝子レベルのモデルから地球規模の問題を対象とする世界レベルのモデルまでさまざまなレベルで構築することが可能である（図3）．畜産学分野では，一般に個体レベルやルーメンなどの器官レベルのモデルが，数多く開発されている．また，最近では，筆者らのグループは，耕畜連携を対象とした農家レベルのモデルやライフサイクルアセスメントのような地域や地球レベルのモデルの開発を行っている．

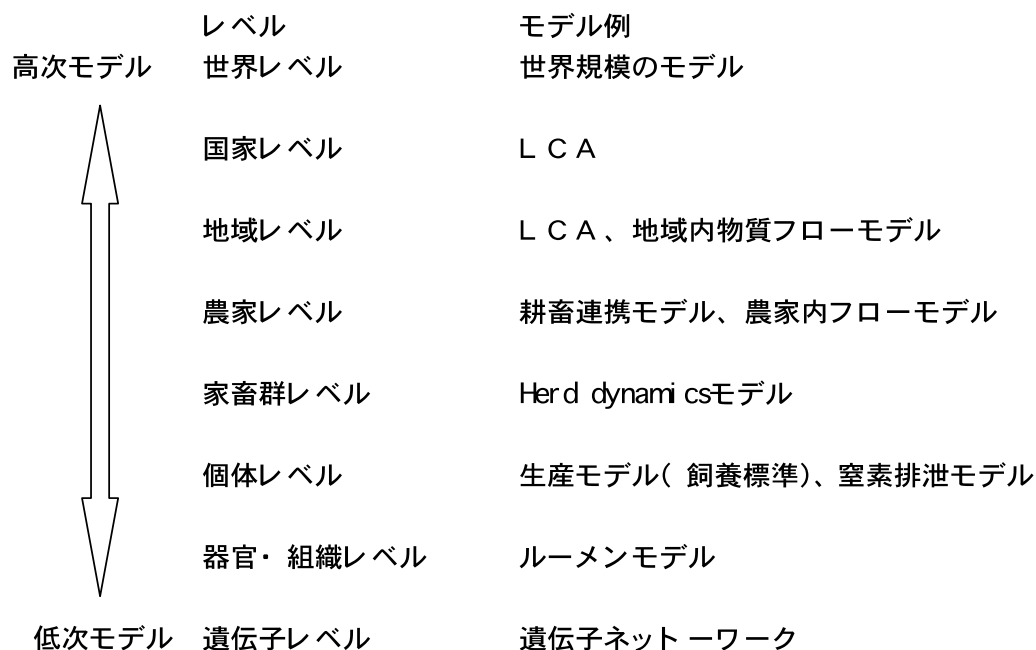


図3 システム分析における対象となるシステムのレベルとモデル例

3 日本の畜産システム

わが国では、明治時代以前は肉食禁忌の慣習があり、家畜は主として使役や採ふん目的で飼養されていた。明治時代に入って、文明開花とともに肉食が一般に行なわれるようになり、大正時代から昭和初期には、零細な副業的畜産が全国の農村に普及した。その後、昭和30年代以降の高度経済成長とともに、畜産経営の規模拡大と専門化が促進され、集約的商業的畜産経営が増加してきて、現在にいたっている。現在、わが国の国民生産に占める農業のシェアはわずか1.3%にまで低下しているものの、2000年現在、農業総生産に占める畜産のシェアは、26.3%で、米の25.4%に匹敵するほどになっている。

本節ではまず、わが国の畜産の現状を概説し、次に肉用牛の生産を例として、そのライフサイクルと価格形成について言及する。

1) 畜産物の生産量

1975年から1995年までの畜産物の生産量の推移を見ると、牛肉が1.76倍、豚肉が1.37倍、鶏肉が1.65倍、乳生産が約1.4倍となっている。表1は、1971年から2000年までの家畜の飼養戸数と飼養頭数を示したものである。いずれの畜種についても、飼養戸数は急速に減少し、それに伴って1戸当たりの飼養頭数が増加していることが分かる。これらの数値から、近年におけるわが国の畜産農家の規模拡大と専門化が読み取れる。

表1 乳用牛、肉用牛および豚の飼養農家戸数、飼養頭数

年次	乳用牛			肉用牛			豚		
	戸数	頭数	頭/戸	戸数	頭数	頭/戸	戸数	頭数	頭/戸
1971	279300	1856000	6.6	797300	1759000	2.2	398300	6904000	17.3
1980	115400	2091000	18.1	364000	2157000	5.9	141300	9998000	70.8
1985	82400	2111000	25.6	298000	2587000	8.7	83100	10718000	129.0
1990	63300	2058000	32.5	232200	2702000	11.6	43400	11817000	272.3
1995	44300	1951000	44.0	169700	2965000	17.5	18800	10250000	545.2
2000	33600	1764000	52.5	116500	2823000	24.2	11700	9806000	838.1

畜産統計，畜産物流通統計より

2) 畜産物の消費量

表 2 は，畜産物の消費量の推移を示したものである．1961 年には，一人当たりの年間食肉の消費量の合計が 8.1kg であったものが，1995 年には 47.9kg となり約 5.9 倍となっている．品目別に見ると，特に牛肉の伸びが高く，約 7.5 倍となっている．しかしながら，欧米と比べた場合，年間一人当たりの食肉の消費量は，米国では 121.9kg，デンマークでは 104.3kg で，まだまだわが国の畜産物の消費量は低いと言える．

表 2 畜産物の消費量(年間 1 人当たり :kg)

	食肉合計	牛肉	豚肉	鶏肉	その他	牛乳・乳製品
1961	8.1	1.5	2.1	1.4	3.1	18.1
1970	18.9	2.9	7.1	4.7	4.2	44.8
1980	32.8	4.9	13.4	10.0	4.5	56.1
1990	41.3	8.4	15.2	13.5	4.2	65.4
1995	47.9	11.2	17.9	14.8	4.0	68.9

3) 畜産物の自給率

この 30 年間の自給率の推移を見ると，鶏卵を除くいずれの品目に関しても大幅に低下している．1970 年と 2000 年の統計を比較すると，牛肉は 89% から 33% へ，豚肉は 98% から 57% へ，鶏肉は 98% から 64% へ，乳製品は 85% から 68% へ低下している．特に牛肉の自給率の低下は著しく，これは 1980 年代以降，米国の圧力によって市場が開放されてきたためと考えられる．他方，鶏卵は，1970 年の 98% から 2000 年の 96% に僅かに低下したにすぎず，これは，鶏卵が新鮮さを要求される商品であるため，その特殊性によるものと考えられる．輸入先としては，牛肉は米国，オーストラリア，豚肉は米国，デンマーク，カナダ，鶏肉は中国，タイ，ブラジルであった．

4) 牛肉の生産

ここからは，肉牛に焦点を絞って述べて行くことにする．わが国で生産されている国産牛のうち，半数以上が乳用種であるホルスタイン種の雄子牛を去勢して肥育したものと乳生産を終えた老廃雌牛からの肉で，その他がわが国在来肉用種(和牛)からの肉である．和牛には 4 品種がいるが，その大半が黒毛和種からのものと言える．また最近，外国肉用

種の肥育も少数ながら行なわれている（たとえば、アンガス種由来の肉が黒毛牛の肉として販売されている）。和牛を取り扱っている農家は、大別して、繁殖用の雌牛を所有し、子牛を生産してその子牛を子牛市場へ出荷して販売している繁殖農家（子取り農家とも呼ぶ）とその子牛を購入し、肥育して仕上げる肥育農家に分けられる。また、最近では、繁殖から肥育までを一貫して行なっている一貫経営農家も出てきている。

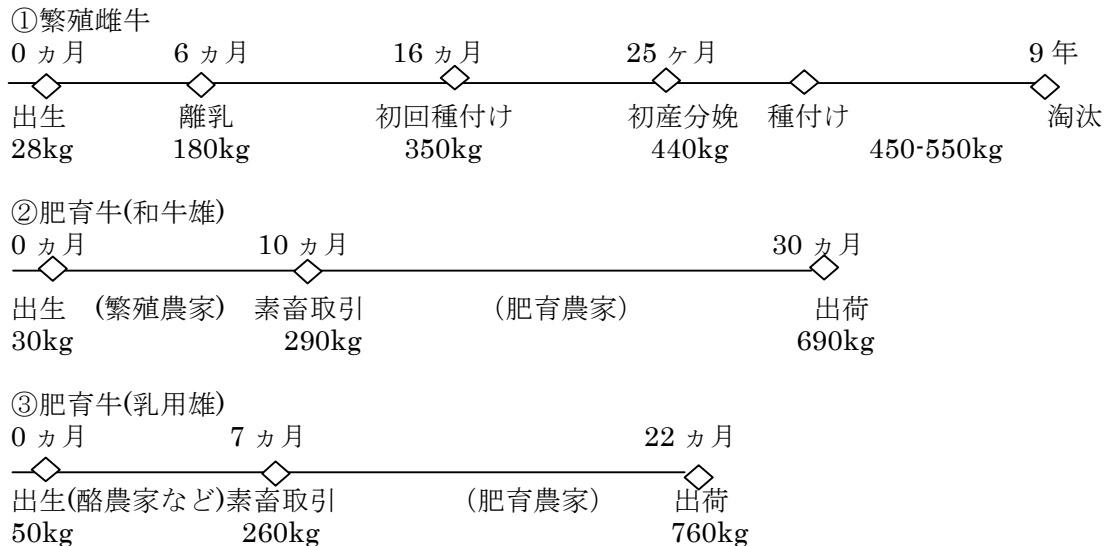


図4 肉用牛のライフサイクル(畜産経営の動向より)

図4は肉牛のライフサイクルを示したものである。この図には、乳用種からの肥育牛も含まれている。繁殖農家では、繁殖用雌牛に対して生後 16 ヲ月程度で初回種付けを行ない、約 9 ヲ月の妊娠期間を経た後に、25 ヲ月程度で初回分娩をさせ、平均、7 産まで子牛生産を行ない、平均 9 歳齢で淘汰している。もっとも、農家によってはペット同様の扱いをして、受胎しなくなるまで飼育するところもある。生産された雌子牛は次代の繁殖用として自己保留するか子牛市場に出荷され、雄子牛は 2～3 ヲ月齢で去勢し、肥育用の素牛として子牛市場に出荷される。一方、肥育農家は、和牛（黒毛和種）に関しては、10 ヲ月齢、290kg 程度の素牛を子牛市場で購入し、20 ヲ月程度肥育した後、約 30 ヲ月齢、690kg で出荷する。乳用雄牛の場合は、黒毛和種と比べて、増体能力が高いため、肥育期間は短く、したがって出荷月齢は若い。一般に肥育時の飼料は穀物が中心であるが、特に、黒毛和種の肥育においては、高級牛肉の生産をめざして、穀物を大量に混ぜた飼料を給与している。

5) 牛肉の価格

枝肉市場に出荷された牛肉は、日本食肉格付協会の格付員によって、格付けられ、その格付にもとづいて価格が決まる。格付けは、部分肉歩留の度合いによって決まる歩留等級と脂肪交雑、肉の色沢、肉のきめ・締り、脂肪の色沢と質にもとづく肉質等級との組み合わせによって総合的に決定される。しかし、われわれの分析の結果、わが国の市場においては、枝肉の価格の約 70～80%が、BMS (Beef Marbling Standards) ナンバーによって決定されていることが明らかになった。BMS ナンバーとは、枝肉の第 6 肋骨と第 7 肋骨

の切開面中央のロース芯内における網目上の筋間脂肪（脂肪交雑）の入り具合を表す尺度である．BMS ナンバーは脂肪交雑がほとんど入っていないナンバー1 から最高のナンバー12 まで12 段階に区分けされる．

表3 は、熊本県 K 地区から1999 年4 月から2001 年8 月まで（BSE 騒動が起こる以前）に出荷されたホルスタイン種、黒毛和種、褐毛和種および F1 種（黒毛和種とホルスタイン種の交雑種）の BMS ナンバー別の頭数と枝肉単価（枝肉 1kg 当たりの価格）を示したものである．この表から、いずれの品種も BMS ナンバーが高いほど枝肉単価が高いことが分かる．また、黒毛和種は、一般に広範な BMS ナンバーに分布し、他の品種と比べて、BMS ナンバーの高い値に分布していることがうかがえる．一方、ホルスタイン種や褐毛和種は、BMS ナンバーが 10 を越えている個体はおらず、BMS ナンバーの低いところに数多く分布していることが分かる．F1 種は、ホルスタイン種と黒毛和種のほぼ中間に位置し、このことから、ホルスタイン種に黒毛和種を交雑することで、肉質の向上が見込めることが示唆される．さらに興味深い点として、同じ BMS ナンバーであっても、品種によって価格が異なり、黒毛和種が最も高く、ホルスタイン種が最も低い．この差は、品種のもつブランド効果であろうと推察される．

表3 品種別BMSナンバー別の枝肉単価(円/kg)

BMS	ホルスタイン種			F1 種			黒毛和種			褐毛和種		
	頭数	%	価格	頭数	%	価格	頭数	%	価格	頭数	%	価格
1	114	1.4	384	8	0.0	453	—	—	—	4	0.1	468
2	5262	62.6	719	2349	15.1	844	293	3.3	1014	1736	43.8	983
3	2595	30.9	783	7001	44.8	1016	1684	18.7	1261	1374	34.8	1204
4	418	5.0	828	3580	22.9	1191	2065	22.9	1457	541	13.7	1415
5	24	0.0	933	1593	10.2	1431	1472	16.3	1674	189	4.8	1559
6	—	—	—	713	4.6	1536	1352	15.0	1782	63	1.6	1731
7	—	—	—	233	1.5	1619	876	9.7	1873	30	0.7	1766
8	—	—	—	106	0.7	1809	715	7.9	2111	9	0.2	1907
9	—	—	—	25	0.2	1907	379	4.2	2283	2	0.1	2100
10	—	—	—	2	0.0	2000	128	1.4	2518	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—	42	0.5	2804	—	—	—
12	—	—	—	2	0.0	3200	12	0.1	4077	—	—	—

4 世界の畜産システム

家畜からの畜産物の生産は、さまざまな自然環境条件、社会的・経済的条件と結びついて、多種多様な形態で営まれている．伝統的には本来、家畜は、人間によって利用できないバイオマスを人間のための食料（乳、肉、卵）に変換する役割を果たしている．開発途上国では、今でも牛や水牛が農耕や運搬用に利用されている地域も多い．また、富の象徴として、あるいは蓄財として利用される場合もある．このことは、英語で家畜が livestock（生きた蓄財）と表現されていることからもうかがえる．しかしながら、近代に入って、急速な人口増加とそれに伴う食糧不足を解消するために、生産の中心が、家畜生産から太

陽エネルギーの変換効率が高い作物や穀物生産に移行してきた。それゆえ、世界的に見て家畜の放牧地域は減少し、作物や穀物生産地域が増加している。

しかし、その一方で、欧米を始めとする先進国では今なお、乳や肉に対する需要は大きく、また急速な経済発展を遂げている開発途上国では、畜産物に対する需要もまた急速に高まっている。その結果、穀物を利用した、集約的で商業的な大規模畜産システムが各地で構築されてきている。本節では、伝統的畜産システムから商業的畜産システムにいたるまでの多様な畜産システムを概観することにする。

1) 世界の畜産システム

本節では、世界の家畜生産システムを2つの軸で分類することを試みる。まず、第1の軸は、飼育されている形態による分類で、草地畜産と耕地畜産の2つを考えた。第2の軸は、家畜の重要性にもとづく分類軸で、家畜が主要な生産源である家畜主体、作物と家畜を組み合わせた家畜・作物混合、および作物部門と比べて家畜の役割は小さく、補完的である作物主体システムの3つを想定した。その2つの軸をもとに世界の畜産システムを分類した結果が、表4である。

表4 世界の家畜生産システムの類型			
	家畜主体	作物・家畜混合	作物主体
草地畜産	遊牧型システム 定住放牧型システム	移牧型システム	副業的システム (プランテーション)
耕地畜産	集約的商業的システム	耕畜複合的システム	副業的システム

2) 草地畜産

草地飼養で、家畜主体のシステムとして、遊牧型と定住放牧型がある。遊牧型のシステムは、アフリカ、中近東、中央アジアの乾草地域に分布し、牛、羊、山羊、馬、ラクダなどの反芻家畜が飼養されている。乳、肉、毛、皮などは、衣食住に使われ、ふんは燃料に使われている。特に乳は、重要な食糧源となっている。定住放牧型システムは、定住しながら牛や羊などを草地に放牧するシステムで、米国、オセアニア、南米に分布している。このシステムにおいては、大農場で主として肉を生産する粗放放牧型システムと中小農場で乳肉の両方を生産する集約的放牧システムの2つの副タイプがある。

家畜・作物混合型のシステムとして移牧型システムがある。このシステムには、①雨季には放牧地で放牧を行ない、乾季には農耕地でミレットやソルガムの刈跡で放牧を行なうアフリカの遊牧民のシステム、②家畜を冬と春には平地の穀物の刈跡や休閑地、林内草地などに放牧し、夏には山地の自然草地に放牧する地中海沿岸のシステム、③季節と気温変化によって、冬には低地、夏には高地と垂直に移牧を行なうスイス・アルプス地域のシステムなどがある。

作物主体のシステムとしては、プランテーション作物と組み合わせたシステムがある。東南アジアやアフリカの熱帯雨林地域にはココナッツや油ヤシ、ゴムやサイザル麻などの

プランテーションが広がっているが、そのようなプランテーションに牛や羊、山羊などの反芻家畜を放牧し、その下草を飼料として利用するものである。このシステムにおいては、家畜は、副業的な目的で飼養されており、プランテーション作物の価格が不安定な時には、経営のリスクを分散する役割を果たすこともある。

3) 耕地畜産

耕地飼養のシステムとして、家畜主体の集約的商業的畜産システム、作物との混合の耕畜複合的畜産システムおよび作物主体の副業的畜産システムがある。ここでは、話の便宜上、逆の順に述べて行くことにする。

作物主体の副業的畜産システムにおいては、大型反芻家畜は役用、肥料生産用ならびに蓄財として使われ、アフリカ、アジア、南米ではこのシステムが主流である。このシステムには、①小農によって営まれ、通常、食用作物を主体として生産し、家畜は裏庭で、少量の自家消費食料（乳や卵）を得るためのみに利用されているシステムや②特殊な商用作物（コーヒーやさとうきびなど）の生産を主体として、その作物残渣や副産物を飼料として家畜を飼養しているシステムなどがある。これらのシステムでは、牛や水牛は作物のための耕作用や肥料の供給源として利用され、豚や鶏、アヒルなどは家屋の周辺で飼育されている。わが国の伝統的な牛の飼養はこのシステムに属し、たとえば、中山間地の和牛飼養においては、米を食用作物として生産し、その水田からの稲わらや水田の回りに茂っている野草を飼料として牛に給与している。また、沖縄などの亜熱帯地域では商用作物としてのさとうきびの副産物を利用して和牛の飼養が行なわれている。

作物と家畜の混合システムとしては、耕畜複合システムがある。前述の副業的畜産システムにおいて、家畜の飼養規模が大きくなり、畜産からの生産も一つの経営基盤となったものがこのシステムである。このシステムでは作物と畜産が有機的に結びついており、欧米の伝統的農業、アジア、アフリカ、南米における副業的農業から発展した農業がこのシステムに属する。わが国では、中規模の和牛生産農家などがこのシステムに属すると考えられる。

最後に、さらに家畜の飼養規模が拡大し、家畜が主体となったタイプが、集約的商業的畜産システムである。このシステムでは、通常、経営は畜産専業で、飼料は経営外から購入し、経営の効率化をめざして、大量の畜産物の生産が行なわれている。米国の肉牛のフィードロットや乳牛、肉豚、ブロイラー、採卵鶏の専業経営がこのシステムに属する。特に、ブロイラーや採卵鶏の生産は、土地とは切り放され、加工業的な生産、いわゆる動物工場のような生産が行なわれている。わが国の畜産も他の先進国と同様に、伝統的な畜産システムからこの集約的商業的生産システムへの移行が進んでいる。その結果、次の節で述べる畜産環境公害問題が生じている。

4) ケーススタディー：シリア乾燥地における牧畜

世界の乾燥地の多くの地域では、家畜を飼養することによって生活を成り立たせる牧畜が主に発達している。シリアの年間降水量が約 300mm 以下の地域では、アラブ系牧畜民が羊と山羊を主に飼養し、牧野の野生植物を放牧により利用し、大麦を家畜飼養のために栽培している（右写真）。現在のシリア内陸乾燥地における放牧形態は、1) 夏の大麦収穫跡

地放牧，2)秋から冬にかけての牧野と穀物収穫跡地での組合せ放牧，および，3)冬から春にかけての牧野放牧，に主に要約することができる．秋から冬にかけては，自らが栽培した大麦の穀実とワラの補助飼料を家畜に給与している．このように，牧野と農耕地における両飼料資源の年間を通した利用は家畜管理にとって不可欠なシステムとなっている．



写真提供：平田昌弘（帯広畜産大学）

5) ケーススタディー：マレーシアにおけるプランテーションと肉牛の統合システム

マレーシアでは，1980年代に起きた油ヤシの国際価格の暴落を契機に，油ヤシやゴムのプランテーションに肉牛を放牧し，そのプランテーション内に繁茂する下草を飼料として利用するシステムが注目を浴びるようになってきた（右写真）．このシステムにおいては，牧野を新規に造成する必要もなく，プランテーション内の下草を利用する限りにおいては投資は不要で，経済的なメリットは大きい．また，導入された肉牛の下草の摂取は，プランテーション作物生産の側から見れば，雑草の防除を意味し，家畜のふん尿は肥料となっている．さらに，家畜生産の側から見れば，プランテーション作物の大きな葉は，太陽光線の遮断に役立ち，家畜に対する暑熱の影響を和らげることができる．



6) ケーススタディー：バングラデシュ農村における牛の飼養

図5はバングラデシュの農村における牛を利用した生産システムの模式図を示したものである．農家は，田畑や牛に対して，労働や管理という形で働きかけ，田畑からは食料を手に入れ，また牛からは乳や肉を得ている．田畑の副産物や残渣，野草などは牛の飼料となり，牛からのふん尿は肥料となる．牛はさらに，使役という形で田畑の耕作に利用されている．このシステムにおいては，牛の役割は未分化で，乳用，肉用，役用などさまざまな用途に利用されている．また，このシステムで余剰となった食料があれば，市場に持って行き，僅かな金銭に換金される．このような牛の利用は，経済的に評価した場合，経営という体をなしていないかもしれないが，システム内の生物循環を最大限に活用し，牛がいかに農村の生態系の中で効率的に利用されているかが理解できるであろう．



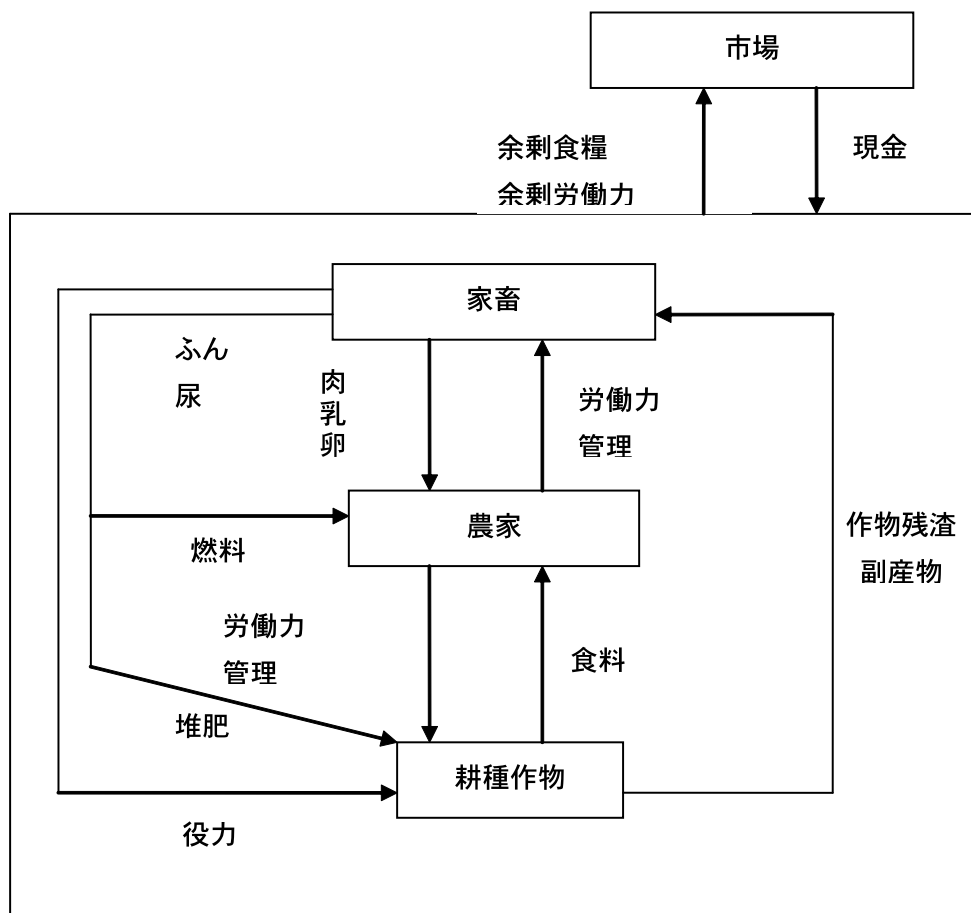


図 5 バングラデシュにおける伝統的有畜生産システム

5 これからの畜産システム

図 6 は、先進国で主流となっている農業システムを模式的に示したものである。家畜生産と耕種作物生産が異なる農家（農場）で独立に営まれ、家畜生産からのふん尿や耕種作物生産からの残渣は、廃棄物としてシステム外に放出され、それらが環境汚染源となって深刻な環境問題を引き起こしている。一方、家畜生産農家も耕種作物農家も原料や化石エネルギーはシステムの外から購入している。要するに、このような農業システムにおいては、システム内で生物循環はほとんど存在しておらず、生産物を加工しているだけと言える。近年の深刻な家畜ふん尿問題の解決には、家畜生産と耕種作物生産の間で廃棄物の最循環を構築することが急務である。その上で、環境負荷物質として大きな問題となっている窒素やリンの排泄を抑制する適切な飼料設計を行ない、また、家畜ふん尿を積極的に利用する農業技術の開発、過剰な家畜ふん尿の発生を防止するための頭数制限、堆肥の広域流通などの施策が早急に検討されるべきであろう。また、このような問題点を踏まえれば、前節で紹介した生物循環を重視した伝統的な生産システム（図 5 を参照）を再評価すべき時期にきているのかもしれない。

今後の畜産を考える場合、生産性を最優先させるのではなく、家畜飼養のさまざまな価値を最発見する必要があると考えられる。たとえば、牛の飼養は本来人間が利用できない草資源を肉や乳に変換する点に価値があり、また、ふん尿は堆肥として利用することで、土地に還元し、土壤の地力を高めることができた。このような家畜飼養の本来的な価値を再評価し、生産性一辺倒の飼養システムを見直すことが、今後重要となってくるのではないかと考えられる。また、これまであまり検討されてこなかった視点であるが、中山間地における和牛の飼育は、農村における老人の福祉対策になっていることなども、今後検討すべき重要な視点である。たとえば、現在でも中山間地域の和牛繁殖農家は、1～2頭の繁殖雌牛を所有し、毎年、子牛を生産することが飼育している高齢者の生きがいとなっている。朝の散歩から始まり、就寝前の見回りまでの牛の世話は、一種のリクレーションで、それが元気の源になっている点などは決して経済性では測りきれない価値を生み出していると言える。生物学や経済学的な視点を越えた、農村社会的・福祉的視点も今後畜産学の分野には取り入れてゆくことが必要であろう。

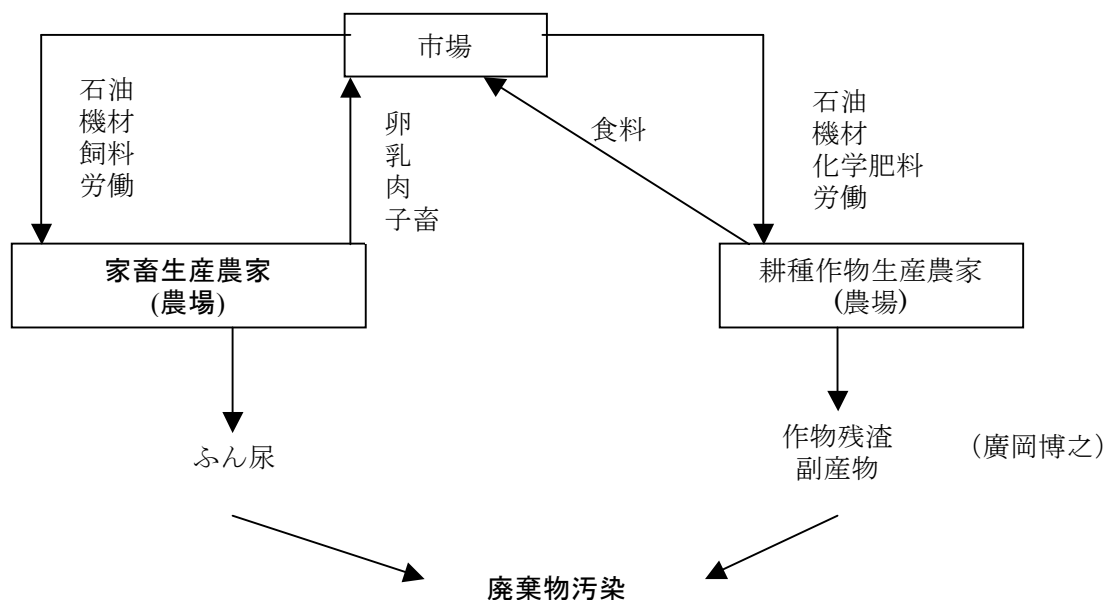


図6 現代先進国における大規模農業システム

【参考図書】

- 広岡博之. 1989. 畜産におけるシステム研究の必要性. 畜産の研究, 43:1343-1351.
 広岡博之. 1994. システム分析を利用した牛肉生産の可能性. 畜産の研究, 48:177-183.
 広岡博之. 2012. 新しい耕畜連携システムの構築と今後の展望. 畜産の研究 66:157-166.
 Hirooka, H. 2010. Systems approaches to beef cattle production systems using modeling and simulation. Animal Science Journal. 81:411-424.
 佐々木義之(編)：新編 畜産学概論，養賢堂，東京，2000.

(廣岡博之)