HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	農畜林業バイオマスを基礎とした食料・エネルギー自給ポテンシャル解析 : 北海道富良野市を事例として
Author(s)	佐藤, 寿樹; 辻, 宣行; 田中, 教幸; 大崎, 満
Citation	システム農学, 26(1), 17-25
Issue Date	2010
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/44287
Type	article
Note	研究論文
File Information	system_26.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

研究論文

農畜林業バイオマスを基礎とした食料・エネルギー自給ポテンシャル解析（北海道富良野市を事例として）

北海道大学サステイナビリティ学教育研究センター* 佐藤寿樹
北海道大学サステイナビリティ学教育研究センター* 辻 宣行
北海道大学サステイナビリティ学教育研究センター* 田中教幸
北海道大学サステイナビリティ学教育研究センター* 大崎 満

要旨

本論文では、北海道富良野市を事例として、地域内の耕畜林産業と地域住民を主体とした食料・エネルギー自給モデルを作成し、食料自給やエネルギー自給についての可能性を解析した。まず、富良野市における耕畜林業の主要生産物と住民(家庭)における物質の産出投入量を整理した。主要生産物は、水稲、小麦、牧草、デントコーン、タマネギ、スイートコーン、ニンジン、乳牛、ヤナギ、森林とした。次に、食料、エネルギー、飼料、肥料に関する供給・消費原単位をまとめ、バイオマスエネルギーによる地域内エネルギー自給率を最大化するような、主要作物や家畜頭数・飼料畑などの耕地面積や頭数の配分問題を線形計画法により計算した。また、同時に肥料自給や飼料自給および農業所得も考慮することにより、複合的な地域自給の評価を加えた。この解析から、富良野市のバイオマスによるエネルギー自給率は、現状の 0%から 20-48%程度まで向上する可能性をもつことが示された。しかし、肥料自給率の数値設定により食料自給率およびエネルギー自給率の数値は大きく変化することも同時に示された。

キーワード:食料・エネルギー自給、線形計画法、土地利用配分、バイオマス

1. はじめに

2008 年 7 月、北海道において洞爺湖サミットが開催され、G8 などの首脳が集まりポスト京都議定書の内容についての議論が行われた。そこでは、環境・気候変動について、2050 年までに世界全体の温室効果ガス排出量の少なくとも 50%の削減を達成するという目標を、国連気候変動枠組条約(UNFCCC)のすべての締約国と共有し、採択を求めるということで意見の一致をみた。このような低炭素社会へ向けた取組みは、気候変動と共にオイルピークの議論も加わり、ますます加速されている。

低炭素社会への1つの方法論として、耕畜林水産業を主体とするバイオマスエネルギー利用があるが、その持続的利用には耕畜林水産業の物質循環など生物生産システムの相互作用を考慮することが重要である。また、バイオマス利用には食料生産を含めた包括的な検討が必要である。

日本の現在の食料自給率は 40%(カロリーベース)を割り込んでおり、エネルギー自給率は 18%程度(原子力発電を含む、2005 年実績)である[注 1]。これは、先進国の中でも極めて低い値である。その日本の中でも北海道は、大規模な耕畜林水産業により食料自給率約 200%と日本の食料基地としての存在となっている。また、耕畜林水産業から出る副産物や廃棄物などのバイオマスも非常に多く存在することから、バイオマスエネルギーの供給も期待できる[注 2]。

しかし、このような状況は、化石燃料を始め、肥料や飼料を道外に依存した耕畜林水産業構造の下で成り立っているものである。先に見た低炭素社会への追及は、社会全体の物質生産量・移動性を弱め、系外からのエネルギー・物質の移入が制限されることが考えられる。このような状況の下、持続的社会を構築するためには、地域内食料・エネルギー自給構造を模索していかなければならないと考える。齋藤(2009)は、持続的北方生物生産システムとして「地域の特性を生かしつつ、可能な産業モジュールを組み合わせた複合的システム」を提唱しており、行政機関などが中心となった地域産業間のガバナンスによるコンパクトな地域設計がシステムを安定化させると述べている。また、大崎(2008)は、耕畜林水産業の各モジュールを設定し、「再生可能エネルギーの生産系を組み込

*〒060-0809 北海道札幌市北区北 9 条西 8 丁目
(Correspondence:toshikisato@census.hokudai.ac.jp)

んだ持続的複合的生物生産システム」を提唱している。これら両者が提唱する複合的生物生産システムは、地域の食料・エネルギー自給の鍵であり、物質循環を基礎とした総合的耕畜林水産業と地方都市との空間結合が検討されなければならない。

本論は北海道における地方都市として富良野市を例とし、その耕畜林産業と住民を対象に、複合的生物生産システムによる食料・エネルギー自給モデルを考えた。富良野市の耕畜林産業をコンパートメント化し、コンパートメントごとの物質・エネルギー投入産出量をまとめ、耕地面積当たりや飼養頭数当たりの原単位量の整理を行った。そして、線形計画法により、エネルギー自給率を最大化する耕地面積・牛飼養頭数配分を解析した。

2. 複合的生物生産システムの考え方

地域のエネルギー・食料自給を検討するに際し、重要となる複合的生物生産システムの概念を述べる。

図1に、本論で考えている複合的生物生産システムの概念図を示す。図1では、コンパートメントとして、①水稲・畑作・飼料作、②畜産[注3]、③森林、④住民を考え描いており、複合的生物生産システムは、これらコンパートメント間の物質・エネルギーの相互作用が重要な要素となる。例えば、水稲・畑作・飼料作のコンパートメントからは、住民の食料を供給すると共に、稲わら・牧草などの飼料と稲わら・麦わらなどのバイオマス燃料を住民や畜産のコンパートメントへ供給することができる。逆に、畜産や住民のコンパートメントからは、肥料(N)を水稲・畑作・飼料作のコンパートメントへ供給することができる。このように、各コンパートメント間の相互作用により、物質循環とエネルギーフローが成立し、複合的生物生産システムの自立性が保たれることとなる。

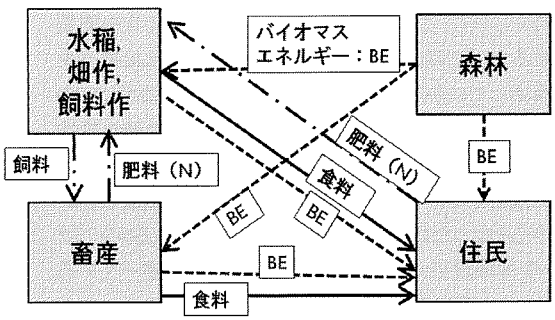

図1 複合的生物生産システム

本論の解析では、食料・エネルギーと共に、物質循環を考慮した飼料と肥料の自給性にも着目し、地域内食料・エネルギー自給を考えた点に特徴がある。

3. 富良野市農畜林業における物質・エネルギー産出投入量

3.1 富良野市の主要耕畜林業

本論の解析は、食料およびバイオマスエネルギー供給源として重要な役割を担う稲畑作に注目し、北海道の稲畑作地帯である上川地域の富良野市を対象とした。

富良野市は、人口約25,000人、総面積約600km^2、森林面積419km^{2}である。また、平成18年度の耕畜産業の産出額は、18,840百万円となっており(富良野市経済部農林課編(2008))、その内訳はタマネギ、ニンジン、スイカ、メロン、スイートコーンを中心とした野菜類が約70%、畜産が約11%、麦類が約6%、水稲が約4%と、野菜類が高い収入源となっている。主な農産物の作付面積を表1に示す。小麦、タマネギ、牧草地の面積割合が高くなっている。

3.2 物質・エネルギー投入産出量

富良野市の主要な耕畜林業における物質・エネルギーの産出投入量を図2示す。主要な農産物としては、水稲、小麦、飼料作物(牧草、デントコーン)、野菜(タマネギ、スイートコーン、ニンジン)、酪農を選出した。これら農産物作付面積6069haは富良野市の全作付面積10397ha(上川農業改良普及センター富良野支所編(2007))の約6割を占める。また、耕畜林産

表1 富良野市の主要作物作付面積

	作付面積 (ha)[a]	割合(%)
水稲	776	7
秋まき小麦	1,600	15
タマネギ	1,358	13
スイートコーン	375	4
ニンジン	364	4
デントコーン	269	2
牧草地	1,327	13
計	6,069	58
全作付面積	10,397	

[a] 上川農業改良普及センター富良野支所編(2007)より作成

業に関わる産出投入の項目としては、燃料・電気、肥料(窒素:N)、飼料(可消化養分総量:TDN)、農産物、副産物、廃棄物を挙げ、さらに農業所得の情報も入れている。

ここで、農畜林業からのバイオマスエネルギー源として、水稲栽培と小麦栽培からは稲わら、籾殻、麦わらの副産物を考え、酪農や住民からはそれらの糞尿と生ごみを考えた。また、森林の林地残材とエネルギー作物としてヤナギの栽培を考慮に入れた。

まず、図2に示した図は、平成18年の富良野市における農畜林業および住民の物質・エネルギー産出投入量を整理したものであり、まだバイオマス資源をエネルギー利用していない状況を示している。次に、図3に示した図は、水稲、小麦、酪農、住民、森林およびヤナギ栽培からのバイオマス資源をエネルギー利用することを考えた時を示している[注 4]。ここで、稲わら、籾殻、麦わらの副産物は燃焼させる時の熱エネルギーを考え、酪農の糞尿や住民からの生ごみはバイオガス化したときメタンガス燃焼の熱エネルギーを考えた[注 5]。また、北欧などでエネルギー作物として多く利用され、国内でも利用研究が進められているヤナギの導入を考え、チップ・ペレット燃料化を念頭に置いた燃焼エネルギーを考えた。

このような農産物の範疇における富良野市の食料自給率とバイオマスエネルギーによるエネルギー自給率は、以下のように示された。

現状:食料自給率356%、エネルギー自給率0%。

バイオマス資源のエネルギー化を考えた場合:食料自給率356%、エネルギー自給率12%。

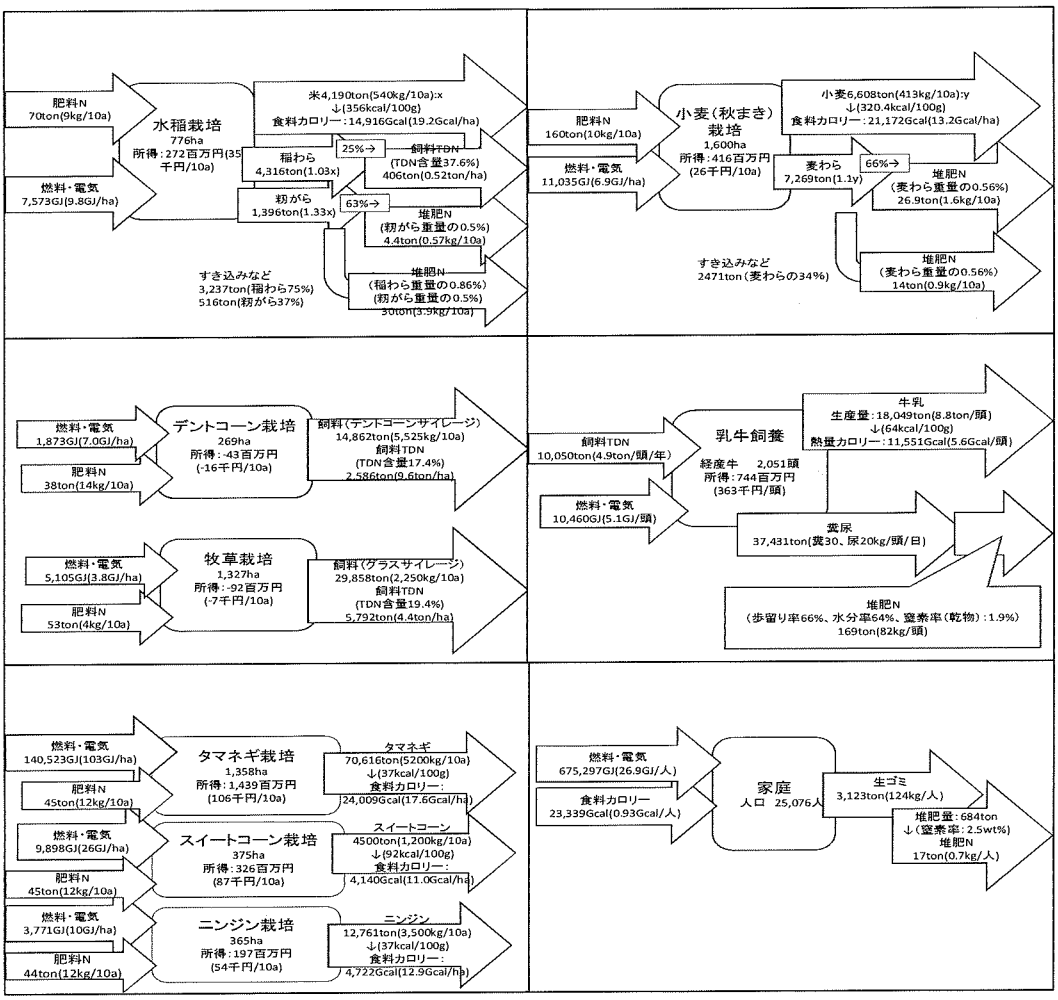

図2　主要農畜林産物と家庭部門での投入産出量(現状)

4. 富良野市農畜林業の土地利用配分による食料・エネルギーの自給化解析

図 3 より整理した原単位表の数値を表 2 に示す。表 2 の数値を利用し、エネルギー自給率を最大化する富良野市農業の土地利用配分問題を線形計画法[注 6]で解析した。

4.1 目的関数と制約関数

ベクトル式を以下に示す。

まず、土地面積、乳牛頭数、住民人数に関するベクトルXを式(1)のように定義する(ベクトルは大文字・太字で表現する)。

$$\mathbf{X}=(x_1, x_2, x_3, \cdots, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}) \qquad (1)$$

式(1)において、x_1:水稲栽培面積、x_2:小麦栽培面積、x_3:牧草地面積、x_8:ヤナギ栽培面積、x_9:乳牛頭数、x_{10}:住民人数、x_{11}:森林面積を示している。その他の X ベクトル要素は、表 2 の各項目につけた番号と対応している。また、表 2 のように食料、エネルギー、飼料、肥料、所得に関する原単位ベクトルをそれぞれ C、E、F、N、Y ベクトルと定義し、生産に関するベクトルにはs、消費に関するベクトルにはcの符号をそれぞれつけた(E に関しては、b(バイオマス生産)とf(化石燃料・電気消費)の符号をつけた)。これらのベクトル要素は、表 2 に示す数値となる。

目的関数を式(2)に示す。

$$\text{Maximize}\left(\mathbf{E}_b - \mathbf{E}_f, \mathbf{X}\right) \qquad (2)$$

制約関数を式(3)～(10)に示す。

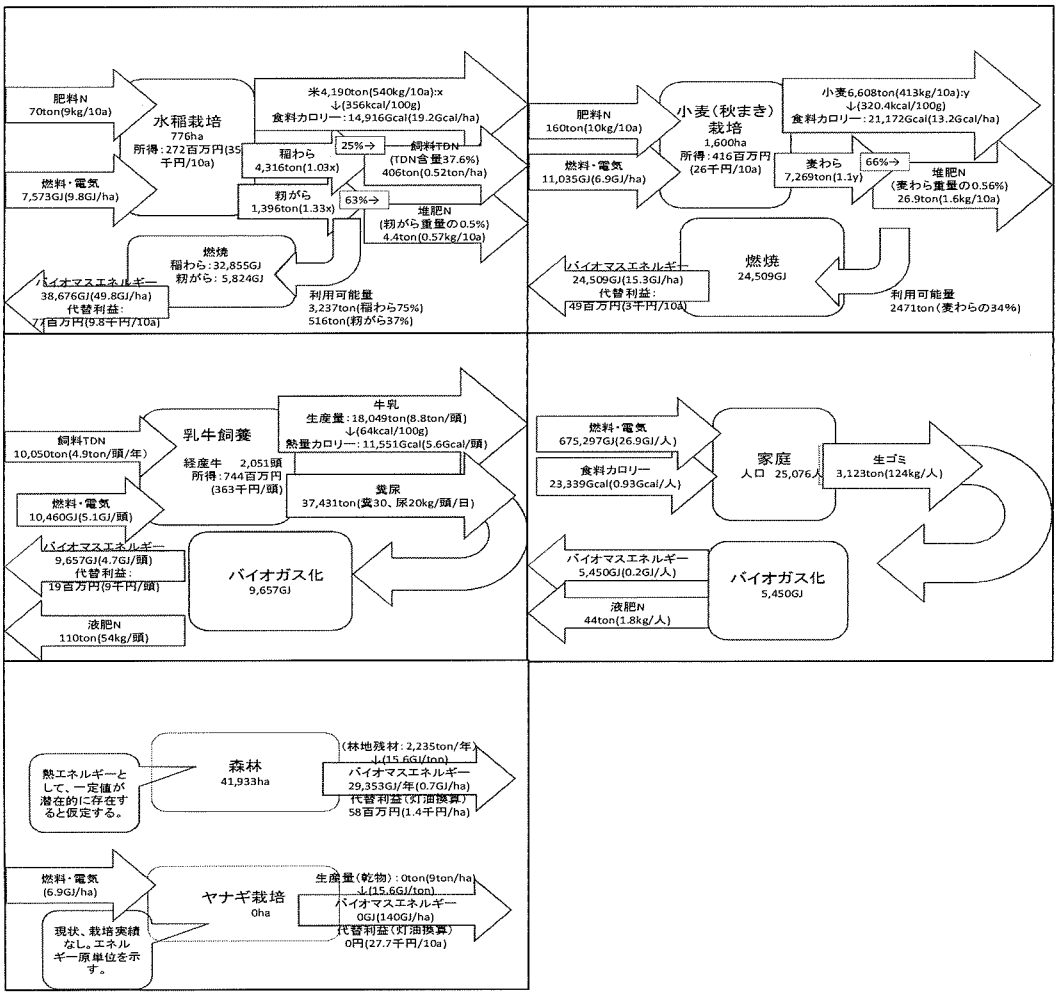

図 3 主要農畜林産物と家庭部門での投入産出量(バイオマスエネルギー変換した場合)

$$x_1 \leq 776 \quad (3)$$

$$\sum_{i=2}^{8} x_i = 5294 \quad (4)$$

$$(\mathbf{C_s}, \mathbf{X}) \geq (\mathbf{C_c}, \mathbf{X}) \quad (5)$$

$$(\mathbf{F_s}, \mathbf{X}) \geq (\mathbf{F_c}, \mathbf{X}) \quad (6)$$

$$(\mathbf{N_s}, \mathbf{X}) \geq (\mathbf{N_c}, \mathbf{X}) \quad (7)$$

$$(\mathbf{Y}+\mathbf{Y_e}, \mathbf{X}) \geq 3259 \times 10^6 \quad (8)$$

$$x_{10} = 25076 \quad (9)$$

$$x_{11} = 41933 \quad (10)$$

式(2)、(5)～(8)において、(A,B)はAとBの内積を表している。

目的関数を食料自給率の最大化(式(2))とし、その時の制約として、食料自給率100%以上(式(5))、飼料自給率100%以上(式(6))、肥料(N)自給率100%以上(式(7))、現状の農業所得[注7]を維持(式(8))すること、水稲面積は現状以上広げられない(式(3))こと、および他トータルの耕地面積は広げられない(式(4))ことを条件とした。また、人口と森林面積は現状と同じ(式(9)、(10))条件とした。

4.2 計算結果

結果を図4, 5に示す。各自給率の算出式は、次のように定義した。

$$\text{食料自給率 } Cr = \frac{((\mathbf{C_s}, \mathbf{X}), \mathbf{FR})}{(\mathbf{C_c}, \mathbf{X})} \times 100 \quad (11)$$

ここで、

$$\mathbf{FR} = (1,1,1,1,1,1,1,1, Fr, 1,1) \quad [注8] \quad (12)$$

$$\text{エネルギー自給率 } Er = \frac{(\mathbf{E_b}, \mathbf{X})}{(\mathbf{E_f}, \mathbf{X})} \times 100 \quad (13)$$

$$\text{飼料自給率 } Fr = \frac{(\mathbf{F_s}, \mathbf{X})}{(\mathbf{F_c}, \mathbf{X})} \times 100 \quad (14)$$

$$\text{肥料(N)自給率 } Nr = \frac{(\mathbf{N_s}, \mathbf{X})}{(\mathbf{N_c}, \mathbf{X})} \times 100 \quad (15)$$

計算の結果、すべての制約条件を満たす解は見つからず、肥料(N)自給率の制約条件のみを緩める形で結果を表示する。図4は肥料(N)自給率の変化に対する各農作物の面積を表している。まず、肥料

表2 原単位

	水稲：1	小麦：2	牧草：3	デントコーン：4	タマネギ：5	スイートコーン：6	ニンジン：7	ヤナギ：8	乳牛：9	住民(家庭)：10	森林：11
食料生産(Gcal/単位):C_s	19	13	0	0	18	11	13	0	6	0	0
食料消費(Gcal/単位):C_c	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0
バイオマスエネルギー生産(GJ/単位):E_b	50	15	0	0	0	0	0	140	5	0.2	0.7
化石燃料・電気エネルギー消費(GJ/単位):E_f	10	7	4	7	103	26	10	7	5	27	0
飼料生産(TDNton/単位)[a]:F_s	0.5	0	4.4	9.6	0	0	0	0	0	0	0
飼料消費(TDNton/単位)[a]:F_c	0	0	0	0	0	0	0	0	4.9	0	0
肥料N生産(kg/単位)[b]:N_s	6	16	0	0	0	0	0	0	54	2	0
肥料N消費(kg/単位)[b]:N_c	90	100	40	140	120	120	120	0	0	0	0
農業所得(千円/単位):Y	350	260	−70	−160	1060	870	540	0	363	0	0
バイオマスエネルギー利用による代替利益(千円/単位)[c]:Y_e	98	30	0	0	0	0	0	277	9	0	1
単位	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	頭	人	ha
現状面積、頭数、人数	776	1,600	1,327	269	1,358	375	365	0	2,051	25,076	41,933

[a]TDN：可消化養分総量　　[b]N：窒素　　[c]灯油換算。37.3MJ/L、74円/Lで計算した。

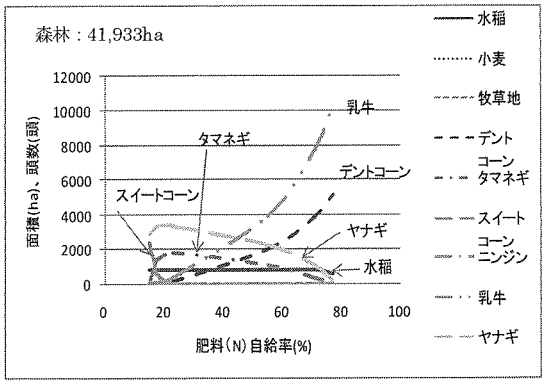

図 4 肥料自給率と土地利用配分

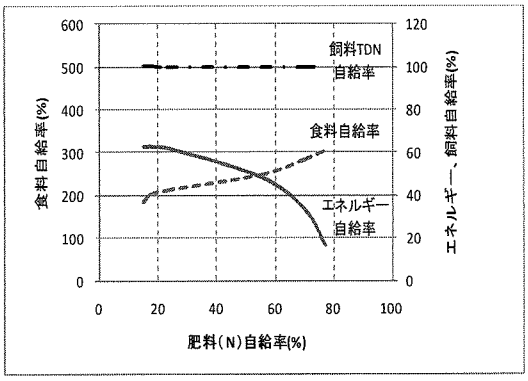

図 5 各自給率計算結果

(N) 自給率が 20%台でもよいという条件のもとでは、窒素供給源である牛糞の量が不要となるため、乳牛頭数とそれに飼料を供給する飼料作物(デントコーン)面積を少なくすることができる。その代りにバイオマスエネルギー供給に有利なエネルギー作物であるヤナギの栽培面積を拡大することがエネルギー自給率向上のために有利となる。また、農業所得を確保するために、農業所得原単位の大きなタマネギを栽培する選択が行われていると解釈できる。次に、肥料(N) 自給率を引き上げる制約条件のもとでは、その糞尿からの窒素供給源である乳牛の頭数を増やさなければならない。そのため、飼料自給 100%の制約から、全体の耕地面積において飼料作物(デントコーン)の占める面積を増やす必要がある。つまり、バイオマスエネルギー供給に有利なヤナギの栽培面積を確保することが難しくなる。農業所得の制約条件はタマネギの代わりに酪農で補うこととなる。ただし、水稲栽培は肥料(N) 自給率の変化に関わらず、常に現状の面積を確保することが示されている。このように、肥料(N) 自給率の制約条件変化により、エネルギー自給率を最大化する土地利用配分は大きく変化することが示された。図 5 は、図 4 の結果に対応した食料自給率、エネルギー自給率、飼料自給率を表している。肥料(N) 自給率の向上により、食料自給率も向上するが、エネルギー自給率は低下することが示された。

各自給率についてまとめた数値を表 3 に示す。現状富良野市においては、バイオマスエネルギーによるエネルギー自給率は 0%と評価されるが、現状農地配分を条件としたバイオマス資源のエネルギー化により 12%まで向上すると試算された。また、耕地利用を水稲、タマネギ、デントコーン、乳牛、ヤナギという 5 種類の耕種農業・畜産部門で構成することにより、エネルギー自給率はさらに向上(17%:肥料(N) 自給率 77%のとき、48%:肥料(N) 自給率 55%のとき)する可能性をもつ。

5. まとめ

今回、化石燃料に依存しない持続的な社会構造の 1 つとして、耕畜林産業の食料生産とバイオマスエネルギー供給による食料・エネルギー自給モデルを考えた。その結果から、肥料自給や飼料自給を考慮にいれた耕地の作物種配分をどのように考えるかが、食料・エネルギー自給の構造に大きく影響することが示された。富良野市レベルの人口(約 2 万 5 千人)に対して、食料自給率 100%以上を維持し、エネルギー自給率も大きく向上(0→48%)すると共に肥料自給率も向上させるモデルは、水稲、タマネギ、デントコーン、乳牛、ヤナギという 5 種類の耕種農業・畜産部門による耕地利用と部門間での物質循環構造となった。耕地 6069ha に対する利用配分は、水稲 13%、タマネギ 18%、デントコーン 32%、ヤナギ 37%、(乳牛 3,949 頭)となり、飼料作物とエネルギー作物が主体となる。

この結果は、現実的な耕地利用として極端であるが、食料・エネルギーや肥料・飼料の自給構造を将来的にどのように考えるかにより耕地の使用目的が極端に異なることとなり、現在の農業社会構造が大きく変化せざるを得ないことを示唆している。今後の低炭素社会の農業構造は、肥料成分(N,P,K) や飼料(TDN)などの物質循環を考慮にいれた複合的な生物生産システムとして構築していかなくてはならない。

今後の課題として、窒素供給源としてマメ科作物のモデルへの導入や肥料成分の 1 つであるリン(P) の項目を考慮し解析を進める必要があると考える。

表 3　ポテンシャル解析結果

	現状	BE[a] 利用	畑地分配問題 1	畑地分配問題 2
食料自給率(%)	349	349	303	248
エネルギー自給率(%)	0	12	17	48
飼料(TDN)自給率(%)	88	88	100	100
肥料(N)自給率(%)	46	32	77	55
農業所得比[注 7]	基準	1.0	1.0	1.0
	3,259 百万円			

[a] BE：バイオマスエネルギー

謝辞

本研究は、日本環境省の地球環境研究総合推進費(Hc-084)「都市・農村の地域連携を基礎とした低炭素社会のエコデザイン」および科学技術振興調整費(戦略的拠点育成)の事業、北海道大学担当分である「持続的生物生産圏の構築と地域ガバナンス」の支援により実施された。また、データ提供に協力いただいた富良野市および上川農業改良普及センター富良野支所に感謝の意を表する。

注釈

[注 1]『エネルギー白書 2008』(経済産業省資源エネルギー庁(2008))によると、2005 年の原子力発電を含まないエネルギー自給率は、4%程度と示されており、その内訳は水力 33%、地熱・太陽光 18%、廃棄物等 31%、石炭 0%、原油 4%、天然ガス 14%となっている。

[注 2] 佐藤ほか(2009)は、北海道におけるバイオマスエネルギー賦存量を推計し、355 百万 GJ/年と試算している。これは、北海道の家庭部門の消費エネルギーに対して 31%のエネルギー自給率を見込めると示されている。

[注 3] ここでの畜産には、牧草などの飼料作は含まず、家畜飼養のみと定義する。

[注 4] 図 2、3 に示した数値の出典は次表による。

コンパートメント	項目	出典	備考
水稲、小麦、デントコーン、牧草、タマネギ、スイートコーン、ニンジン	燃料・電気	上川農業改良普及センター富良野支所(2008)	10a 当たりの使用量を採用。
	肥料	北海道農政部編(2002)	10a 当たりの施肥量を採用
	農産物	上川農業改良普及センター富良野支所(2008)	10a 当たりの収穫量を採用。
	カロリー	農林水産省(2009)	100g 当たりの熱量を採用。
水稲、小麦	稲わら	農林水産省農林水産技術会議事務局 農林水産バイオリサイクル研究システム化サブチームで開発したツール「バイオマス資源循環利活用診断モデル」Ver.2	ツール内データベースより米重量に対する発生率 1.03 を採用。
	籾殻		ツール内データベースより米重量に対する発生率 1.33 を採用。
	麦わら		ツール内データベースより小麦重量に対する発生率 1.1 を採用。
水稲、デントコーン、牧草	飼料 TDN		ツール内データベースより TDN 含量を採用。
水稲、小麦	堆肥 N	農林水産省バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」編(2006)	窒素率を採用。
水稲、小麦	利用可能量	新エネルギー・産業技術総合開発機構(2009)	
水稲、小麦、乳牛、家庭、森林、ヤナギ	バイオマスエネルギー	新エネルギー・産業技術総合開発機構(2009)	稲わら、籾がら、林地残材、ヤナギ：燃焼時の発熱量を採用。 牛糞尿、生ごみ：バイオガス化しメタンガス燃焼時の発熱量を採用。
水稲、小麦、乳牛、森林、ヤナギ	代替利益	日本エネルギー学会編(2002)	バイオマスエネルギーを灯油換算。37.3MJ/L、74 円/L(H18 年)で計算。
乳牛	堆肥 N	有機質資源化推進会議編(1997) 農林水産省バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」編(2006)	堆肥の重量歩留り 66%を採用。 牛・オガクズの窒素率を採用。
	飼料 TDN	畜産大事典編集委員会(1996)	要求飼料 TDN 量。 [注 9]
	糞尿	有機質資源化推進会議編(1997)	1 日、1 頭当たりの糞、尿量を採用。
	燃料・電気	農林水産省大臣官房統計部編(2008)	牛乳生産費「光熱水料及び動力費」北海道平均18,012円から、水道代、電気代、燃料代を 1/3 ずつと仮定し、燃料・電気のエネルギーを計算した。
	牛乳	上川農業改良普及センター富良野支所(2008)	1 頭当たりの乳量を採用。
	カロリー	農林水産省(2009)	
	液肥 N		鹿追町バイオガスプラントの実績データ 0.294%を採用した。
家庭	燃料・電気	新エネルギー・産業技術総合開発機構(2009)	富良野市の値。
	生ごみ・堆肥量	富良野市総務部市民環境課(2008)	平成 19 年度生ごみ総搬入量 3,123ton。 平成 19 年度有機堆肥生産量 684ton。
	食料カロリー	農林水産省(2009)	2,550kcal/日/人。
	堆肥 N	—	富良野地区環境衛生センターの堆肥成分分析実績値 2.5%を採用した。

[注5] バイオマスエネルギーポテンシャルの考え方は、NEDOが示している定義に従った(新エネルギー・産業技術総合開発機構(2009))。

[注6] 計算ツールとして Mathematica Ver.6 を使用した。

[注7] 今回の解析で取り上げた部門の現状の所得合計は、3,259 百万円である。この値を基準値とした。

[注8] 食料自給率を求める際に、酪農の食料生産に関して飼料自給率を考慮している。酪農の食料生産に飼料自給率をかけるために追加したベクトル FR である。

[注9] 成雌牛の維持に要する養分量TDN4.14kg/日/頭(体重 650kg の場合)および産乳に要する養分量 TDN0.31kg/乳量 kg(乳脂率 3.5%)を採用した。ここでは、簡易化のため、経産牛のみを対象とした。

引用文献

畜産大事典編集委員会, 1996, 日本飼養標準. 畜産大事典, 養賢堂, 東京.

富良野市経済部農林課編, 2008, 平成 20 年度富良野農業の概要, 富良野市役所, 富良野.

富良野市総務部市民環境課, 2008, 廃棄物処理及びリサイクル事業概要, 富良野.

北海道農政部編, 2002, 北海道施肥ガイド, 北海道農業改良普及協会, 札幌.

上川農業改良普及センター富良野支所編, 2007, 平成 18 年度富良野農業データブック, 富良野地区営農推進協議会, 富良野.

上川農業改良普及センター富良野支所編, 2008, 新富良野地域農業生産技術体系 Ver2007.

経済産業省資源エネルギー庁, 2008, エネルギー白書 2008, In *http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/2008/index.htm.*

日本エネルギー学会編, 2002, バイオマスハンドブック, オーム社, 東京.

農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」, 2006, バイオマス利活用システムの設計と評価, 茨城.

農林水産省, 2009, 平成 18 年度食料需給表, In *http://www.maff.go.jp/j/zyukyu/index.html.*

農林水産省大臣官房統計部編, 2008, 平成 18 年度畜産物生産費, 農林統計協会, 東京.

大崎満, 2008, 食料自給率回復への鍵. 北から南から, No. 331, pp. 16-20.

齋藤裕, 2009, 持続的北方生物生産システムの展望. エネルギー・資源, Vol. 30, No. 2, pp. 39-43.

佐藤寿樹・辻宣行・田中教幸・大崎満, 2009, 北海道における地域の農畜林水産業を考慮したバイオマスエネルギー賦存量と自給ポテンシャル分析. 外務省「平成 20 年度日中研究交流支援事業」・「調和(和諧)社会総合モデル」構築に関する日中共同研究報告書, pp. 63-70.

新エネルギー・産業技術総合開発機構, 2009, バイオマス賦存量・利用可能量の推計, In *http://app1.infoc.nedo.go.jp.*

有機質資源化推進会議編, 1997, 有機廃棄物資源化大事典, 農山漁村文化協会, 東京.

Contributed paper

An analysis of food and energy self-sufficiency potential based on biomass of agriculture, livestock and forestry
A case study of Furano city, Hokkaido, Japan

Toshiki SATO*, Nobuyuki TSUJI*, Noriyuki TANAKA* and Mitsuru OSAKI*
Center for Sustainability Science, Hokkaido University *

(Received 4 June 2009; in final form 27 October 2009)

Summary

In this paper, the food and energy self-sufficiency potential of Furano city, a region in central Hokkaido, Japan, was analyzed as a case study. First of all, Input-Output data was compiled for the main compartments of agriculture, dairy products, forestry, and citizenry in Furano city. Compartments were paddy rice, wheat, pasture, dent corn, onion, sweet corn, carrot, dairy cows, willow, forest, and citizenry. Secondly, supply and consumption per unit of land, per head of cattle, per capita related to food, energy, feed, nitrogen fertilizer were listed. Finally, by utilizing the specific figures, we analyzed the optimum land use model for energy self-sufficiency in Furano city using a linear programming analysis. As a result, we derived that the utilization of agricultural, livestock, and forestry biomass as energy results in an energy self-sufficiency potential of 20-48% influenced by nitrogen self-sufficiency

Key Words: Biomass, Food and energy self-sufficiency, Land use reassignment, Linear programming

*Kita9, Nishi8, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido 060-0809, Japan
(Correspondence:toshikisato@census.hokudai.ac.jp)