



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	個別経営間の生産性格差とその要因：北海道酪農の粗飼料生産における技術効率分析
Author(s)	山本, 康貴
Citation	北海道農業経済研究, 5(2), 50-63
Issue Date	1996-05-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/63096
Type	journal article
File Information	KJ00009064966.pdf



[論 文]

個別経営間の生産性格差とその要因

ー北海道酪農の粗飼料生産における技術効率分析ー

山 本 康 貴 *

I. 課題

本稿の課題は、個別経営間の生産性格差（技術効率）を理論的に3つの要因に分割して分析できる生産フロンティアモデルを提示し、北海道酪農の粗飼料生産における個別経営間生産性格差（技術効率）とその要因を計量的に分析することにある。

日本の牛乳生産費で費目割合が最も大きいものが飼料費である。よって、自給粗飼料における生産費の低減は飼料費の節約を通じて、また良質に生産された粗飼料の乳牛への給与は1頭当たり乳量の増加を通じて、牛乳生産費の低減に貢献する。つまり、粗飼料生産の効率を高めることが牛乳生産費の低減をはかる上で重要である。

北海道の粗飼料生産における技術非効率の発生原因として次の3つが指摘できる¹⁾。第1は与えられた要素投入量で生産量が最大化できていない非効率である。具体的には①草地更新の遅れのために牧草単収が低い②刈り取り時期の遅れのために栄養分が損失する③降雨のために牧草の乾物が溶脱する④サイレージの共同作業で処理する順番によっては降雨にあって損失を被る等である。第2は要素投入の過剰性²⁾による非効率である。具

体的には①土壌分析に基づいた施肥計画をたてておらず、窒素の過量施肥により家畜が硝酸塩中毒になる状況もみられる（肥料の過剰投入）②降雨は晴天の場合に比べて多くの労働時間を要し、またサイレージの共同作業で牧草運搬等がスムーズに行かないために待ち時間が生じる（労働時間の過剰投入）③ロールベールが普及し塔型サイロが利用されない（資本の過剰投入）④現有の機械や労働力に比較して土地面積が大きすぎて適期に処理しきれない（土地の過剰投入）等である。第3は最効率な（規模に関して収穫一定になる）規模で生産していないことによる非効率である。具体的には、多様な作業体系が存在し、規模（土地面積）に応じて効率的となる作業体系が異なる（永木〔7〕、玉城〔9〕）状況下で、規模からみて不適切な作業体系を採用している経営の存在等である³⁾。

本稿では、以上のような個別経営間生産性格差を計量するための分析測度として、技術効率が用いられる。技術効率⁴⁾は現実の生産量と生産フロンティア上の生産量との比率と定義される。粗飼料生産の技術効率を分析した既存研究は利用できるデータの制約等からきわめて少ない。日本を含む先進国の従来の研究を検討しても、永木〔7〕の生産関数分析しか見いだすことができなかった。

* 帯広畜産大学

永木〔7〕の研究はダミー変数を含むコブ・ダグラス型生産関数を推定したものである。しかし、コブ・ダグラス型生産関数による分析では技術効率の要因として①肥料等の過剰投入による効率（混雑効率）を分析できない②規模の経済性による効率（規模効率）を個別経営ごとに分析できない等の制約をもつ。本稿における分析の視点は次の4点に注がれる。

①技術非効率はどれだけ存在し、どんな要因に影響を受けているだろうか。

②技術効率は規模と関連しているだろうか。

③過剰投入はどの種類の生産要素に多く生じているだろうか。

④最効率な（規模に関して収穫一定になる）経営は、規模および投入産出からみて、どんな特徴をもつだろうか。

そこで、上記①の点を明らかにするために、技術効率を3つの要因に分解できる生産フロンティアモデルを提示し、効率測度を計測する。②の点を明らかにするために、規模によって効率測度に差があるかどうかを統計的に検定する。そして、個別経営ごとに規模の経済性を分類する。③の点を明らかにするために、どの生産要素が過剰投入の原因となっているかを計測する。④の点を明らかにするために、効率経営と非効率経営の土地面積、要素平均生産性、要素投入比率を比較する。そして、両者の間に差があるかどうかを統計的に検定する。以下、Ⅱ.では、まず図解によって個別経営間比較における生産性格差（技術効率）の要因のとらえ方を考察する。Ⅲ.においては、技術効率計測のための理論モデル、計測方法ならびにデータについて検討する。Ⅳ.では分析結果を示し、考察をくわえる。最後にⅤ.では結論を述べる。

注1) 北海道酪農における粗飼料生産の概要は北海道農務部酪農草地課〔6〕を、粗飼料生産のロス（損

失）は名久井〔8〕を、収穫・貯蔵の機械作業体系は玉城〔9〕を参照。なお、タイムシリーズでみた牧草反収の停滞傾向は、北海道酪農における粗飼料生産の問題点の1つであることはいうまでもないが、本稿では、単年度が分析対象とされており、タイムシリーズでみた収量変動は分析されない。

注2) 神門〔4〕は可変費用最小化行動を仮定し、均衡条件が成立しているかどうかで稲作経営における農機具資本ストックの過剰性を分析している。本稿における要素投入の過剰性は、限界生産物が負となる生産関数の区域Ⅲ（土屋〔11〕, p.54）に類似した概念であり、均衡条件の成立とは独立である。

注3) 本稿で指摘した北海道の粗飼料生産における技術非効率の発生原因は、独立的なものではなく、相互に関連している場合も多いと推察される。例えば、現有の機械や労働力に比較して土地面積が大きすぎて適期に処理しきれない状況は、土地の過剰投入（要素投入の過剰性による非効率）をもたらすだけでなく、刈り取り適期が短期間であることによる収穫作業のピークから、降雨にあたって牧草の乾物が溶脱する可能性（与えられた要素投入量で生産量が最大化できていない非効率）がもっとも高くなる原因にもなり得ると考えられる。

注4) 本稿では、技術効率を分析しているので、技術の定義は、生産経済学に依拠している。具体的には、生産関数の概念を拡張した必要投入量集合を技術としている。必要投入量集合および技術効率の定義と計測方法はFäre, Grosskopf and Lovell〔2〕を参照。なお、費用効率＝配分（価格）効率×技術効率の関係があり、配分効率は要素価格に依存する指標であり、技術効率は要素価格に依存しない指標であるが、本稿では、配分効率は分析されない。

Ⅱ. 経営間生産性格差の図解

1. 生産フロンティアと技術効率の定義

生産フロンティアは、与えられた要素投入量のもとで最も大きい生産量が達成されている経営を結んだ線分上の要素投入量と生産量の組み合わせと定義される。技術効率は、与えられた要素投入量のもとでの現実の生産量と生産フロンティア上の生産量との比率と定義される。

$$\text{技術効率} = \frac{\text{現実の生産量}}{\text{生産フロンティア上の生産量}} \quad (1)$$

ある経営が生産フロンティア上で生産していれば、技術効率は1となり、このとき最も効率が高いと判断される。生産フロンティア上で生産していない場合、技術効率はゼロより大きく1より小さい値をとる。技術効率は値が大きいほど効率が高いと解釈できる。

Farrell [3] がはじめて定義した技術効率は規模に関して収穫一定と強可処分性を仮定した制約的なものである。以下では、これらの仮定を緩めて技術効率を要因分解する方法を図解によって説明する⁵⁾。

2. 可処分性と過剰投入

要素投入の過剰性による非効率を分析可能とするために、可処分性について検討する。強可処分性 (SDI, Strong Disposability of Input) とは、どの要素投入量を増加させても生産量が減少しないことをいう。これに対し、弱可処分性 (WDI, Weak Disposability of Input) とは、すべての要素投入を比例的に増加させても生産量が減少しないことをいう。

WDIの場合、必要投入量集合 ($L(y) := \{\text{少なくとも生産量 } y \text{ を生産できる要素投入量ベクトル}\})$ が、ABCD上あるいはその右上方の領域であらわされる (図1)。SDIの場合、必要投入量集合がEBCDであらわされる。SDIとWDIの違いは、次

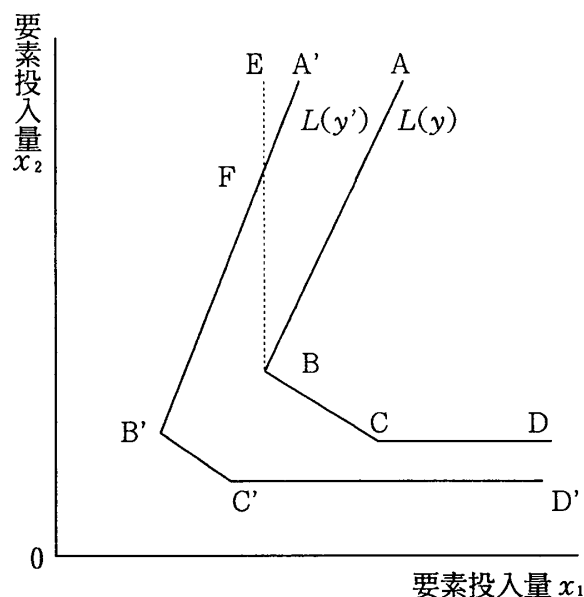


図1 強可処分性と弱可処分性の図解

注1) 生産量は $y' < y$ である。

2) 生産量が y の時、強可処分性 (Strong Disposability of Input) を仮定した必要投入量集合は線分EBCDの右上方の領域であり、弱可処分性 (Weak Disposability of Input) を仮定した必要投入量集合は線分ABCDの右上方の領域である。

のような経済的な意味がある。すなわち、WDIの場合、図のBAでは、反転型の等量線であり、限界生産物が負となる場合を許容できる。これは、 x_1 の投入を一定にしたまま x_2 の投入を減少させれば、生産量を増やすことができることを意味する。例えば、図1で、FからBへ移動すれば、 x_1 の投入量を一定にしたまま、 x_2 の投入量が減少することにかかわらず、生産量を y' から y へ増加させることができる。この現象は、混雑性 (Congestion) と呼ばれ、WDIを許容し得る技術の場合にみられる。具体例として、肥料の過剰投入によって生産量が減少する現象が指摘できる。

3. 混雑非効率が発生していない場合

すべての生産要素に関してSDIを仮定し、混雑非効率が発生していない場合を検討する。直感的な解釈を与えるために、技術効率を1種類の生産要素・1種類の生産物で図解したものが図2である。図2で、縦軸が生産量 y 、横軸が要素投入量

x を表す。また、A、B、C、P、Qは現実の経営の生産点である。

1) 規模に関して収穫一定 (CRS) および強可処分性 (SDI) の条件

規模に関して収穫一定 (CRS) の生産フロンティアから計算される技術効率を全体技術効率と呼び、 K で表すことにする。1種類の生産要素・1種類の生産物でCRSの場合、生産フロンティアは、原点とすべての経営の中で最も平均生産性が高い経営の生産点を結んだ直線となる。図2では、原点とB点を結んだ線分OBDが生産フロンティアとなる。(1)式で生産フロンティア上の生産量は、線分OBD上の生産量になる。B点では、全体技術効率 K が1となる。P点での要素投入量 Ox_P に対する現実の生産量は Oy_P である。また、P点での要素投入量 Ox_P に対する生産フロンティア上の生産量は Oy_P^K である。よって(1)式からP点での全体技術効率 K は Oy_P / Oy_P^K となる。同様にQ点での全体技術効率 K は Oy_Q / Oy_Q^K となる。

2) 規模に関して収穫可変 (VRS) および強可処分性 (SDI) の条件

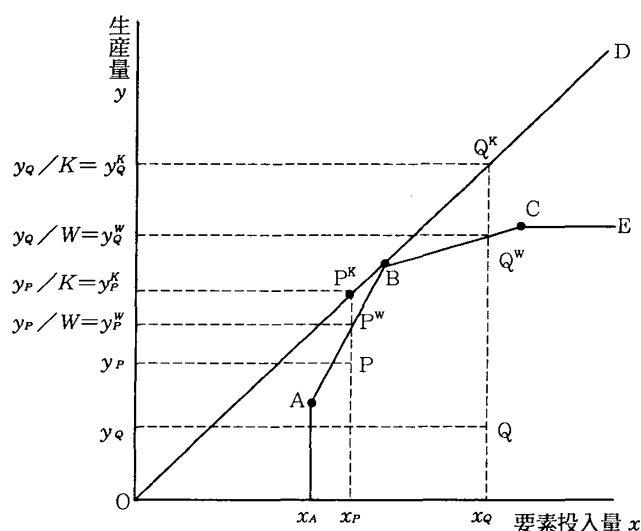


図2 技術効率の図解 (1要素1生産物の場合)

注1) A、B、C、P、Qは各経営の生産点

2) 線分OBDは規模に関して収穫一定を仮定した生産フロンティアを、線分 x_AABCE は規模に関して収穫可変を仮定した生産フロンティアを、線分OBCEは規模に関して収穫非逓増を仮定した生産フロンティアを表す。

規模に関して収穫可変 (VRS) の生産フロンティアから計算される技術効率を弱 (Weak) 技術効率と呼び、 W で表すことにする。VRSの場合、生産フロンティアは各要素投入量ごとに最も平均生産性が高い経営の生産点を通る凹結合の線分となる。図2では線分 x_AABCE が生産フロンティアとなる。(1)式からP点の弱技術効率 W は Oy_P / Oy_P^W となる。同様にQ点の弱技術効率 W は Oy_Q / Oy_Q^W となる。

3) 規模に関して収穫非逓増 (NIRS) および強可処分性 (SDI) の条件

規模に関して収穫非逓増 (NIRS) の生産フロンティアから計算される技術効率を弱星 (Weak Star) 技術効率と呼び、 WA で表すことにする。NIRSの場合、生産フロンティアはCRSとDRSの2つの部分を含む線分となる。図2では、線分OBCEが生産フロンティアとなる。(1)式からP点での全体技術効率 K は Oy_P / Oy_P^K となる。同様にQ点での弱星技術効率 WA は Oy_Q / Oy_Q^W となる。

NIRSの場合を考慮するのは個別経営ごとに規模の経済性を分類するためである。生産フロンティアがVRSの場合、図2のB点はすべての経営の中で最も高い平均生産性を実現しているのでCRSである。B点では全体技術効率 K と弱技術効率 W がともに1で等しい。よって、 $K=W (=1)$ の時にCRSと判断できる。また、このことから $K \neq W$ の時にIRSかDRSと判断できる。図2のB点の左側では、規模 (生産量) と共に平均生産性が逓増しているので、IRSである。B点の左側にあるP点では、 $W (=Oy_P / Oy_P^W)$ と $WA (=Oy_P / Oy_P^K)$ は等しくない。よって、 $W \neq WA$ のとき、IRSと判断できる。同様に、 $W=WA$ のとき、DRSと判断できる。

さらに、規模効率 S は、全体技術効率 K と弱技術効率 W の比率と定義される。

規模効率 $S =$ 全体技術効率 $K \div$ 弱技術効率 W (2)

規模効率 S はすべての経営の中で平均生産性が

最大になる規模（生産量）で生産していないことによる（非）効率を生産フロンティア上で評価した分析測度である。よって、CRSの場合（ $K=W$ ）に限って、規模効率 S は1となる。IRSやDRSの場合、規模効率 S はゼロより大きく1より小さい値となる。(2)式からP点での規模効率 S は Oy^P / Oy^B となり、1より小さい値をとる。同様に、Q点での規模効率 S は Oy^Q / Oy^B である。図2のP^W点からP^K点へ移動できれば、 $Oy^B - Oy^P$ だけ生産量を増加できる。規模効率 S ではこの $Oy^B - Oy^P$ の部分 CRSとなる規模（生産量）で生産していないことによる非効率部分として解釈する。

4. 混雑非効率が発生している場合

SDIの仮定を緩めて、混雑非効率が発生している場合を検討する。規模の経済性はVRSとする。WDIは2種類以上の生産要素が存在するときに定義されるため、図2と違って図3は生産要素を2種類としている。図3で横軸が要素投入量 x_1 を縦軸が要素投入量 x_2 を表す。また、A点は現実の経営の生産点である。

1) 規模に関して収穫可変（VRS）および弱可処分性（WDI）の条件

VRSおよびWDIの生産フロンティアから計算される技術効率を純（Pure）技術効率と呼び、 F で表す。図3でA点の生産量は y である。生産量 y での生産フロンティアは $L(y)$ の境界線である。A点はこの $L(y)$ の境界線の内側にある。よって、A点は生産量 y を生産するのに $L(y)$ の境界線より多くの生産要素が必要なので非効率な生産点といえる。VRSおよびWDIの場合、A点の要素投入量で最大可能な生産量は y^* であり、 $L^W(y^*)$ の境界線が生産フロンティアとなる。(1)式で純技術効率 F を計算する場合の生産フロンティア上の生産量は y^* となる。よって(1)式からA点での純技術効率 F は y/y^* となる。

2) 規模に関して収穫可変（VRS）および強

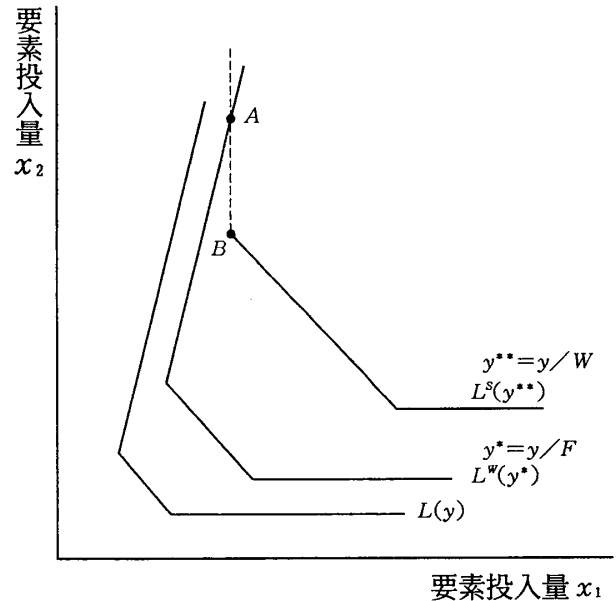


図3 技術効率の図解（2要素1生産物の場合）

注1) A点の生産量は y である。

2) $y < y^* < y^{**}$ である。

3) $L(y)$ は生産量が y の時の必要投入量集合を、 $L^W(y^*)$ はA点において弱可処分性を仮定した必要投入量集合を、 $L^S(y^{**})$ はA点において強可処分性を仮定した必要投入量集合を表す。

可処分性（SDI）の条件

VRSおよびSDIの場合、A点の要素投入量で最大可能な生産量は y^{**} であり、 $L^S(y^{**})$ の境界線が生産フロンティアとなる。(1)式で弱技術効率 W を計算する場合の生産フロンティア上の生産量は y^{**} となる。よって(1)式からA点での純技術効率 F は y/y^* となる。

混雑効率 C は弱技術効率 W と純技術効率 F との比率として定義される。

混雑効率 $C = \text{弱技術効率 } W \div \text{純技術効率 } F$ (3)
混雑効率 C は等量線が反転型であり、限界生産物が負となるような要素投入の過剰性による（非）効率を生産フロンティア上で評価した分析測度である。よって、要素投入の過剰性がないSDIの場合（ $F=W$ ）に、混雑効率 C は1となる。要素投入の過剰性があるWDIの場合、混雑効率 C はゼロより大きく1より小さい値となる。

3) 規模に関して収穫可変（VRS）および一部の生産要素のみが強可処分性（SDI）の条件

VRSおよび一部の生産要素のみにSDIを課した生産フロンティアから計算される技術効率を部分弱技術効率と呼び、 W^p で表す。部分弱技術効率 W^p を考慮するのは、どの生産要素が混雑非効率を発生させているかを明らかにするためである。図3のA点では、等量線が生産要素 x_2 側で反転型となっており、過剰投入が発生している。よって、 x_2 がWDIであり、等量線は $L^W(y^*)$ の境界線となっている。ここで、 x_2 のみにSDIを課せば、等量線は $L^S(Y^{**})$ の境界線となり、反転型とはならない。また、 x_2 のみにSDIを課した部分技術効率 W^p は W に等しい。生産要素が複数ある場合は、複数のSDIの生産要素の組み合わせを考慮することができる。このことから、 $W^p = W$ を満たす最小のSDIの生産要素の組み合わせが、混雑非効率を発生させていると判断される。例えば、生産要素が経常財、土地、労働、資本の4種類とする。ある経営に混雑非効率が発生しており、 $W^p = W$ となる最小のSDIの生産要素の組み合わせは、経常財、土地、資本とする。この場合、経常財、土地、資本が混雑非効率を発生させていると判断される。

5. 技術効率の要因分解

以上から全体技術効率 K は、次のように要因分解できる。

$$K = \begin{matrix} \text{全体技術効率} \\ F \end{matrix} \times \begin{matrix} C \\ \text{混雑効率} \end{matrix} \times \begin{matrix} S \\ \text{規模効率} \end{matrix} \quad (4)$$

純技術効率 F は与えられた要素投入量で生産量が最大化できていない（等量線の内側で生産していることによる）非効率を、混雑効率 C は要素投入の過剰性による（反転型の等量線上で生産していることによる）非効率を、規模効率 S は最効率な（CRSになる）規模で生産していないことによる非効率を表わす。

注5）以下の厳密な数学的展開は、Färe, Grosskopf and Lovell [2] を参照。

III. 分析方法

1. 計測方法

分析の前提として(ア)の仮定をおく。(ア)生産者は所与の要素投入量で粗飼料生産最大化をめざしているが、必ずしも最大化に成功しているわけではない。(ア)の仮定は、北海道の粗飼料生産では気象を原因とする生産変動が大きく、一定の生産量が外生的に決められていると仮定することが困難である状況に対応する。計測方法はノンパラメトリック・プログラミング法が用いられる。計測の基本的な考え方は、線形計画法によって所与の要素投入量で生産量の非効率を最小化する問題を個別経営ごとに解くことにある⁶⁾。ここで制約条件がⅡ.で検討した3種類の可処分性と3種類の規模の経済性に対応する生産構造（必要投入量集合）となる。まず、VRSおよびSDIを満たす線形必要投入量集合 $L^S(y_i)$ は次のように表すことができる。

$$L^S(y_i) = \{x : zM \geq y_i, zN \leq x_i, z \in R^N, \sum z_i = 1\} \quad (5)$$

ここで各記号は以下のとおりである。

$y_i = (y_i) : i$ 経営の生産量ベクトル (1×1)

$x_i = (x_{i1} \cdots x_{in}) : i$ 経営の要素投入量ベクトル ($1 \times n$)

$M = (y_1 \cdots y_i \cdots y_k)^t : \text{生産量行列} (k \times 1)$

$N = (x_1 \cdots x_i \cdots x_k)^t : \text{要素投入量行列} (k \times n)$

$z = (z_1 \cdots z_k) : \text{強度 (Intensity) ベクトル} (1 \times k)$

$t : \text{転置ベクトル (行列)}$

記号 $\sum z_i = 1$ は、規模の経済性の条件に関する制約であり、VRSを意味する。 $L^S(y_i)$ で $\sum z_i = 1$ を $\sum z_i \leq 1$ に替えたものを $L^*(y_i)$ とする。 $\sum z_i \leq 1$ はNIRSを意味する。さらに、 $L^S(y_i)$ で $\sum z_i = 1$ の制約を落としたものを $L^{SK}(y_i)$ とする。 z_i に

関する制約を含まない⁷⁾ことはCRSを意味する。

全体技術効率 K は、以下の(6)式のとおり、 $L^{SK}(y_i)$ の制約を付加し、所与の要素投入量で生産量の非効率を最小化する問題を解くことによって計測される。

$$\begin{aligned} K &= \min \theta \\ \text{s.t.} \\ zM &\geq y_i / \theta \\ zN &\leq x_i \\ z &\in R_+^k, \theta \in R_+ \end{aligned} \quad (6)$$

$zM \geq y_i / \theta$ で、左辺は i 経営が現実使用している要素投入量のもとでの最大可能な生産量水準であり、これがすべて経営の現実の生産量の加重和として決定されることを示している。右辺は i 経営の現実の生産量が全体技術効率 K で割られ、これが最大可能な生産量（左辺）以下の水準に制約されることを意味している。 $zN \leq x_i$ で、左辺は i 経営が現実生産している生産量のもとで効率的な（最小の）要素投入量水準であり、これがすべて経営の現実の要素投入量の加重和として決定されることを示している。右辺は i 経営の現実の要素投入量が効率的な（最小の）要素投入量以上に制約されることを意味している。同様に、弱技術効率 W を計測するには、(6)式の制約に $\sum z = 1$ をくわえるだけでよい。これは弱技術効率 W がVRSである $L^S(y_i)$ の制約のもとで求められるためである。WAの計測も同様に、(6)式の制約 $\sum z = 1$ を $\sum z \leq 1$ に替えるだけでよい。

F の計測ではVRSかつWDIである線形必要投入量集合 $L^W(y_i)$ が制約条件となる。

$$\begin{aligned} L^W(y_i) &= \{x : zM \geq y_i, zN = \delta x_i, z \in R_+^k, \\ &\sum z_i = 1, 0 < \delta \leq 1\} \end{aligned} \quad (7)$$

$L^W(y_i)$ はVRSかつWDIのもとで、所与の生産量を生産できるすべての要素投入量ベクトルの集合を表す。 $zN = \delta x_i$ は現実の要素投入量の凸結合が i 経営の現実の要素投入量の δ 倍に等しいことを意味し、SDIの仮定をWDIに緩めている。

δ を導入することによって、すべての要素投入量を比例的に増加させても生産量が減少しない制約を課し、要素投入の過剰性（混雑効率）の分析を可能としている。純技術効率 F の計測は、 $L^W(y_i)$ の制約のもとで、所与の要素投入量で生産量の非効率を最小化する問題を解けばよい。

$$\begin{aligned} F &= \min \theta \\ \text{s.t.} \\ zM &\geq y_i / \theta \\ zN &= \delta x_i \\ 0 &< \delta \leq 1 \\ \sum z_i &= 1 \\ z &\in R_+^k, \theta \in R_+ \end{aligned} \quad (8)$$

部分弱技術効率 W^P を計測するには、 r 個の生産要素にSDIを課し、 s 個の生産要素にWDIを課した制約条件とすればよい。ただし、 $r+s=n$ （生産要素の種類）である。

$$\begin{aligned} W^P &= \min \theta \\ \text{s.t.} \\ zM &\geq y_i / \theta \\ zN^r &\leq x_i \\ zN^s &= \delta x_i \\ 0 &< \delta \leq 1 \\ \sum z_i &= 1 \\ z &\in R_+^k, \theta \in R_+ \end{aligned} \quad (9)$$

ここで各記号は次のとおりである。

$x_i^r = (x_{i1} \cdots x_{ir})$: SDIを課した i 経営の要素投入量ベクトル ($1 \times r$)

$x_i^s = (x_{i,r+1} \cdots x_{in})$: WDIを課した i 経営の要素投入量ベクトル ($1 \times s$)

$N^r = (x_1^r \cdots x_k^r \cdots x_n^r)^t$: SDIを課した要素投入量行列 ($k \times r$)

$N^s = (x_1^s \cdots x_k^s \cdots x_n^s)^t$: WDIを課した要素投入量行列 ($k \times s$)、ただし、 $r+s=n$

2. データ

計測に用いたデータは、1987年度の北海道畜産会『畜産経営技術高度診断指導事業』の個別診断指導事業（総合診断と特別診断）と『先進事例実態分析調査』における酪農経営の個票である⁸⁾。サンプルの等質性を保つため、青刈りとうもろこしや飼料用の根菜生産を行わず、採草地や放牧地（兼用地も含む）で牧草のみを生産している27戸の経営を分析対象とした⁹⁾。生産量は、乾草、生草、グラスサイレージについてのTDN総量の合計（単位：kg）である¹⁰⁾。要素投入量は、労働、資本、土地、経常財の4種類を対象とした。労働は、自給飼料生産の自家労働時間と自給飼料生産の雇用労働時間の合計（単位：時間）である。ただし、労働時間は男女別に分からないので、男女別能力換算は行なわれていない。資本は、飼料用建物・施設、飼料用機械のそれぞれの償却額（単位：円）の合計である。土地は、採草地の牧草単収を1として換算した、採草地・放牧地・兼用地の合計面積（単位：ha）である。経常財は、おもに購入肥料費からなる上記以外の投入の合計額（単位：円）である¹¹⁾。なお、サンプルは27戸あるので、面積の下位から9戸ずつ3グループに分け、小規模・中規模・大規模とする。

注6) 本稿の計測方法の詳細は Byrnes Färe and Grosskopf [1]、Färe, Grosskopf and Lovell [2] を参照。

注7) ただし、 z が非負である制約は含む。

注8) 1987年度を分析対象とした理由は、入手できたデータの中で最もサンプル数が多い年度であり、特異な豊作年や凶作年でもない（北海道の10アール当たり牧草反収は、農林水産省『作物統計』によれば、1987年度が3420kg、1987年度の過去5年（1983～1987年度）の単純平均が3360kg）こと等である。

注9) 計測データには、守秘のため、経営ごとの地域名

は示されていない。本分析では、牧草のみを生産している経営にサンプルを限定した結果、計測データは、主に北海道東部地域の経営と推察される。また、計測データは、典型的な経営を含んでいると思われるが、無作為抽出されたサンプルではないという限界も有している。その他、計測データの詳細は永木 [7] を参照。

注10) 乾草、生草、グラスサイレージを別個に扱い、多財生産モデルとするにはサンプル数が少ないため、1財生産モデルとする。なお、データ数に比べ、生産量や要素投入量の種類が多いと効率的な経営数が多くなる傾向があるが、このような状況を避ける条件式が、刀根 [10] p.119の(10.1)式である。本稿ではこの条件式は満たされている。

注11) 経常財の中に、自家利用の堆肥も肥料投入として含めたいところだが、データとして得られなかった。また、肥料以外の経常投入は、主に種子・農薬などである。

IV. 分析結果

1. 技術効率の要因分析結果

表1は技術効率の要因分析結果を示したものである。まず全サンプル平均で検討する。全体技術効率 K は0.8417である。よって、現実の生産量は最効率な生産量に比較して16%の非効率が存在している。純技術効率 F は0.9683である。よって、与えられた要素投入量で生産量を最大化できていないことによる生産量の非効率は3%である。混雑効率 C は0.9318である。よって、要素投入の過剰性による生産量の非効率は7%である。規模効率 S は0.9341である。よってCRSになる規模で生産していないことによる生産量の非効率は7%である。以上の分析結果から、全サンプル平均でみると、全体技術効率 K の非効率の要因は混雑非効率と規模非効率が同じ程度に大きいことが確認できる。

表1 技術効率の要因分析結果(1987年) 単位: 無次元

面積 規模	全体技術効率 K	純技術効率 F	混雑効率 C	規模効率 S
小規模 30ha	0.8183 (0.137)	0.9900 (0.030)	0.9145 (0.135)	0.9082 (0.093)
中規模 41ha	0.8590 (0.145)	0.9315 (0.091)	0.9411 (0.109)	0.9806 (0.027)
大規模 63ha	0.8477 (0.170)	0.9835 (0.050)	0.9397 (0.097)	0.9134 (0.091)
全体 45ha	0.8417 (0.147)	0.9683 (0.065)	0.9318 (0.111)	0.9341 (0.080)

注1) () は変動係数。

注2) 27戸を、面積の下位から9戸ずつ3グループに分け、小規模・中規模・大規模とした。面積の階級の範囲、階級の平均は小規模: 18ha~37ha; 平均30ha、中規模: 38ha~47ha; 平均41ha、大規模: 53ha~75ha; 平均63ha、全体: 18ha~75ha; 平均45ha。

次に規模(土地面積)別に検討する。表1より、全体技術効率Kは中規模(0.8590)、大規模(0.8477)、小規模(0.8183)の順に高い。しかし、統計的に有意差があるかどうかは明らかではない。そこで規模別効率値の差を統計的に検定する。ANOVA(分散分析)は各効率の分散を規模間で比較する。MEANS(平均値の差の検定)は各効率の平均値を規模間で比較する。これらの検定は効率値が正規分布することを仮定したものである。各効率値はゼロから1までの値しかとらず、これらが正規分布するかどうかは事前に明らかではない。

Kruskal-Wallis(順位和検定)は効率値の順位和に基づいて、規模間の効率値の分布を比較する。この検定は正規分布の仮定を必要としない¹²⁾。3つの検定の帰無仮説はいずれも規模間で効率値(の分散、平均値、分布)に差がないということである。規模のグループは3つあるので、小規模と中規模間、中規模と大規模間、小規模と大規模間の3通りの組み合わせを検定した。検定結果を示したものが表2~表4である。規模効率Sは小規模と中規模間および中規模と大規模間において、5%の有意水準でANOVAとMEANSの帰無仮説

表2 小規模と中規模間の統計的検定結果

	全体技術効率 K	純技術効率 F	混雑効率 C	規模効率 S
ANOVA	0.531	3.810	0.246	6.043*
F test	(0.4766)	(0.0687)	(0.6268)	(0.0257)
MEANS	-0.729	1.9518	-0.496	-2.458*
t test	(0.4767)	(0.0796)	(0.6270)	(0.0348)
Kruskal-Wallis χ^2 test	0.386 (0.5344)	3.000 (0.0832)	0.002 (0.9637)	4.538* (0.0331)

注1) 上段は各検定統計量、下段()内は有意水準確率を表す。

注2) *は5%、**は1%の有意水準で帰無仮説(規模間で効率値は同一である)が棄却されることを表す。

表3 中規模と大規模間の統計的検定結果

	全体技術効率 K	純技術効率 F	混雑効率 C	規模効率 S
ANOVA	0.032	2.515	0.001	5.345*
F test	(0.8598)	(0.1324)	(0.9767)	(0.0344)
MEANS	0.180	-1.586	0.030	2.312*
t test	(0.8598)	(0.1370)	(0.9797)	(0.0443)
Kruskal-Wallis χ^2 test	0.008 (0.9283)	2.626 (0.1051)	0.002 (0.9637)	1.165 (0.2805)

注1) 上段は各検定統計量、下段()内は有意水準確率を表す。

注2) *は5%、**は1%の有意水準で帰無仮説(規模間で効率値は同一である)が棄却されることを表す。

表4 小規模と大規模間の統計的検定結果

	全体技術効率 K	純技術効率 F	混雑効率 C	規模効率 S
ANOVA	0.233	0.115	0.242	0.018
F test	(0.6362)	(0.7384)	(0.6293)	(0.8958)
MEANS	-0.482	0.340	-0.492	-0.133
t test	(0.6362)	(0.7394)	(0.6299)	(0.8958)
Kruskal-Wallis χ^2 test	0.284 (0.5943)	0.007 (0.9365)	0.019 (0.8898)	0.008 (0.9293)

注1) 上段は各検定統計量、下段()内は有意水準確率を表す。

注2) *は5%、**は1%の有意水準で帰無仮説(規模間で効率値は同一である)が棄却されることを表す。

が棄却される。Kruskal-Wallisの帰無仮説は小規模と中規模間では5%の有意水準で棄却されるが、中規模と大規模間では棄却されない。この結果は、規模効率Sを値そのものではなく、その順位で考えると、小規模と中規模間で規模効率Sの分布に

有意差はあるが、中規模と大規模間で規模効率 S の分布に有意差はないことを意味している。また、規模効率 S 以外の全体技術効率 K 、純技術効率 F 、混雑効率 C は、どの検定でも規模間に有意差がみられない¹³⁾。

2. 規模の経済性の分類の計測結果

表5は規模の経済性を分類した結果である。まず、サンプル全体でみるとIRSの経営が全経営戸数の48.1%を占めて最も多く、半数近くの経営は規模拡大によって効率（全体技術効率 K ）を高める可能性があることが確認できる。一方、DRSの経営は25.9%を占めており、約4分の1の経営は規模縮小によって効率（全体技術効率 K ）を高める可能性があることが確認できる。また、CRSとなる最効率経営は25.9%を占めている。

規模別にみるとIRSの経営は小規模で8戸と最も多く、中規模で4戸、小規模で1戸と規模が大きくなると減少する。逆にIRSの経営は大規模で5戸と最も多く、中規模で2戸、小規模でゼロ戸と規模が大きくなると増加する。CRSの経営は中規模と大規模でともに4戸である。小規模でも1戸の経営がCRSである。以上の分析結果から、CRSとなる最効率経営は小規模から大規模まで広く存在していることが確認できる。この結果は粗飼料生産における多様な生産技術の存在を示唆するものと考えられる。多様な生産技術とは、牧草生産には乾草やサイレージがあり、気象条件、規模等に応じた様々な収穫調製方法が存在することを意味する¹⁴⁾。

3. 混雑非効率の要因分析結果

表6は、どの生産要素が混雑非効率の発生原因となっているかを示したものである。まず、混雑非効率が生じている経営全体でみると、経常財を原因として混雑非効率が生じている経営は全戸数の75.0%を占めて最も多く、次いで労働の62.5%、

表5 規模の経済性の計測結果 単位：戸数、(%)

面積 規模	経営戸数	規模に関して		
		収穫逡増	収穫一定	収穫逡減
小規模 30ha	9 (100.0)	8 (88.9)	1 (11.1)	0 (0.0)
中規模 41ha	9 (100.0)	4 (44.4)	3 (33.3)	2 (22.2)
大規模 63ha	9 (100.0)	1 (11.1)	3 (33.3)	5 (55.6)
全体 45ha	27 (100.0)	13 (48.1)	7 (25.9)	7 (25.9)

注1) 上段は経営戸数(戸)であり、下段()内は構成割合(%)。

注2) 27戸を、面積の下位から9戸ずつ3グループに分け、小規模・中規模・大規模とした。面積の階級の範囲、階級の平均は小規模：18ha～37ha；平均30ha、中規模：38ha～47ha；平均41ha、大規模：53ha～75ha；平均63ha、全体：18ha～75ha；平均45ha。

土地の50.0%、資本の31.3%の順である。規模別にみると、混雑非効率が生じている経営は小規模で5戸、中規模で6戸、大規模で5戸であり、規模間に大きな格差はみられない。すべての規模において、経常財を原因として混雑非効率が生じている経営が最も多い。規模別に混雑非効率の発生原因をみると、大規模で資本を原因として混雑非効率が生じている経営が多いことを除いて、規模間に大きな差はみられない。

混雑非効率の発生原因として、Byrnes, Färe and Grosskopf [1] は、(ア)短期的な要素投入の固定性、(イ)政策や環境条件等の外生的な制約を指摘している¹⁵⁾。北海道における粗飼料生産の場合、(ア)の点に関して、固定生産要素は土地や資本と考えられる。土地や資本は確かに混雑非効率の発生原因となっている。しかし、可変生産要素と考えられる経常財や労働を混雑非効率の発生原因とする経営数は、土地や資本を発生原因とするものより多い。この理由として、(イ)の点を考慮しなければならない。(イ)の具体的な内容として、I.で述べたとおり、牧草刈り取り時期に降雨にあいやすいといった北海道東部の気象条件を指摘できる。

表6 混雑非効率の要因分析結果 単位：戸数、(%)

面積 規模	混雑非効率が 発生した経営戸数	混雑非効率が発生した経営戸数(生産要素別) 経常投入	土地	労働	資本
小規模 30ha	5 (100.0)	4 (80.0)	2 (40.0)	3 (60.0)	1 (20.0)
中規模 41ha	6 (100.0)	4 (66.7)	3 (50.0)	3 (50.0)	1 (16.7)
大規模 63ha	5 (100.0)	4 (80.0)	3 (60.0)	4 (80.0)	3 (60.0)
全体 45ha	16 (100.0)	12 (75.0)	8 (50.0)	10 (62.5)	5 (31.3)

注1) 上段は経営戸数(戸)であり、下段()内は構成割合(%)。なお、1戸の経営で複数の生産要素に混雑非効率が発生する場合もあるので、混雑非効率が発生した経営戸数(生産要素別)の構成割合の和は必ずしも100%にならない。

注2) 27戸を、面積の下位から9戸ずつ3グループに分け、小規模・中規模・大規模とした。面積の階級の範囲、階級の平均は小規模：18ha～37ha；平均30ha、中規模：38ha～47ha；平均41ha、大規模：53ha～75ha；平均63ha、全体：18ha～75ha；平均45ha。

ただし、土壌分析に基づいた施肥計画をたてていないことは、必ずしも外生的とはいえない¹⁶⁾。この点は経営の主體的な取り組みによって解決できる場合も多いと考えられる¹⁷⁾。

4. 効率経営と非効率経営の比較結果

表7はCRSである効率経営とCRSではない非効率経営の規模、要素平均生産性および要素投入比率の平均値と変動係数を示したものである。また、表8は効率経営と非効率経営間で、規模、要素平均生産性および要素投入比率が同一であるかどうかを統計的に検定した結果を示したものである。効率経営の土地面積は非効率経営の1.21倍である。表8のとおり、土地面積は効率経営と非効率経営間で統計的な有意差がない。要素平均生産性は、すべての生産要素において効率経営が非効率経営よりも高い。生産要素の種類別にみると、効率経営の経常財生産性は非効率経営の1.66倍であり、労働生産性で1.57倍、土地生産性で1.23倍、資本

生産性で1.13倍となっている。また、表8のとおり、効率経営と非効率経営間で、経常財生産性、土地生産性、労働生産性は統計的な有意差があり、資本性生産性は有意差がない。

次に要素投入比率を検討する。要素投入比率は土地に対する投入比率で示した。表7から、効率経営の土地に対する経常財の投入比率は、非効率経営の0.73倍であり最も節約的である。労働の投入比率も0.76倍と節約的である。一方、効率経営の土地に対する資本の投入比率は非効率経営の1.06倍であり、むしろ使用的になっている。また、表8のとおり、効率経営と非効率経営間で、土地に対する経常財の投入比率は統計的な有意差があり、土地に対する労働および資本の投入比率は有意差がない。

以上の分析結果から、第1にCRSである効率経営はCRSではない非効率経営に比較して、要素平均生産性の点では経常財生産性、土地生産性、労働生産性が有意に高く、要素投入比率の点では土地に対する経常財の投入比率が有意に小さいこと、第2に土地に対する資本投入と労働投入、および規模(土地面積)は効率経営と非効率経営間で有意差がみられないことが確認できる。第2の結果は、機械・施設への投資や規模拡大が必ずしも効率向上に結びついていないことを示唆するものとも考える¹⁸⁾。

注12) ハエック[5] pp.92～95を参照。

注13) 規模と各効率測度との相関係数は、全体技術効率Kが0.0894、純技術効率Fが0.0495、混雑効率Cが-0.0045、規模効率Sが0.0788である。どの相関係数もゼロと有意差をもたない。

注14) 永木[7]は、生産関数の計測結果が必ずしも高い有意性を示さないことを理由として、生産技術の多様性を指摘している。多様な収穫・貯蔵の機械作業体系の具体的な内容等は玉城[9]を参照。

表7 効率経営と非効率経営の比較結果

	規模	要素平均生産性				要素投入比率		
	土地	TDN生産量	TDN生産量	TDN生産量	TDN生産量	労働	資本	経常財
	面積 (ha)	土地 (kg/ha)	労働 (kg/時間)	資本 (kg/円)	経常財 (kg/円)	土地 (時間/ha)	土地 (円/ha)	土地 (円/ha)
効率経営 (1)	51.42 (0.314)	4054.7 (0.166)	270.58 (0.357)	0.0501 (0.259)	0.1021 (0.186)	17.020 (0.421)	84681.6 (0.261)	40474.8 (0.176)
非効率経営 (2)	42.36 (0.342)	3306.3 (0.166)	172.39 (0.440)	0.0442 (0.261)	0.0616 (0.219)	22.265 (0.371)	79821.6 (0.303)	55238.6 (0.207)
比率(1)/(2)	1.21	1.23	1.57	1.13	1.66	0.76	1.06	0.73
全 体	44.71 (0.339)	3500.3 (0.189)	197.85 (0.460)	0.0457 (0.261)	0.0721 (0.324)	20.905 (0.392)	81801.6 (0.288)	51410.9 (0.239)

注1) ()内は変動係数。

2) 効率経営とは規模に関して収穫一定 (CRS) である経営 (7 戸) であり、非効率経営とはCRSでない経営 (20戸) である。

表8 統計的検定結果：効率経営と非効率経営間

	規模	要素平均生産性				要素投入比率		
	土地	TDN生産量	TDN生産量	TDN生産量	TDN生産量	労働	資本	経常財
	面積 (ha)	土地 (kg/ha)	労働 (kg/時間)	資本 (kg/円)	経常財 (kg/円)	土地 (時間/ha)	土地 (円/ha)	土地 (円/ha)
ANOVA	1.919	8.618**	7.573*	1.253	37.758**	2.224	0.218	10.144**
F test	(0.1782)	(0.0070)	(0.0109)	(0.2736)	(0.0001)	(0.1484)	(0.6445)	(0.0039)
MEANS	1.311	2.647*	2.442*	1.055	5.193**	-1.600	0.489	-3.981**
t test	(0.2205)	(0.0268)	(0.0380)	(0.3175)	(0.0008)	(0.1355)	(0.6344)	(0.0009)
Kruskal-Wallis	1.619	6.478*	5.927*	0.992	13.742**	2.575	0.196	8.927**
χ^2 test	(0.2032)	(0.0109)	(0.0149)	(0.3193)	(0.0002)	(0.1086)	(0.6580)	(0.0028)

注1) 上段は各検定統計量、下段()内は有意水準確率。

2) *は5%、**は1%の有意水準で帰無仮説 (効率経営と非効率経営間で規模、要素平均生産性、または要素投入比率は同一である) が棄却されることを表す。

なお、本稿では利潤最大化を仮定していないので、利潤が最大となる最適規模については分析できない。

注15) Byrnes, Färe and Grosskopf [1]

pp.1041のNote 9を参照。

注16) 農林水産省『畜産統計』(1984年2月1日調査)

によれば、北海道の酪農家 (子畜のみを除く) 16,500戸のうち土壌の分析診断を実施している酪農家は9,140戸である (実施率55%)。

注17) 牧草生産における土壌分析の必要性については、

分析に要する費用との関係から、現実的な対応とは言いきれないとの指摘もあり得るが、Byrnes,

Färe and Grosskopf [1] の (ア) の点を考慮すれば、次のような解釈も可能と思われる。つまり、土壌分析に基づいた施肥計画をたてていないため、経常投入は本来短期的な生産要素であるにもかかわらず、固定的になってしまう。固定となった結果、投入量の過小という問題も発生しうるが、過剰という混雑非効率も発生しうるとの解釈である。いずれにせよ、肥料投入が過剰か過小か自体、厳密に言えば、土壌分析をしてみないと科学的な判断はできない。なお、現実の肥料投入の過剰例としては、窒素が過量に施肥され、硝酸塩中毒の発生などがみられる。経常財の過剰投入に関しては、

草地更新や糞尿の利用との関係が重要であるが、この点のデータは利用できなかった。

また、本稿では、生産調整が粗飼料生産の技術効率に及ぼす影響は明示的に分析されていないが、北海道酪農における生産調整は生乳という生産量への規制であって、肥料など要素投入量への規制ではない。しかしながら、将来の生乳生産量の拡大を見込んで、草地面積や粗飼料生産に関する機械・施設への投資を拡大している酪農家が、生産調整によって事前に意図したように生乳生産量を拡大できなければ、土地および機械・施設の過剰となって、結果的に生産調整が技術効率に影響するという可能性が考えられる。

注18) この点を明確にするには、規模拡大のプロセスを明らかにする必要があるが、山本 [13] は日英牛乳生産費を比較し、名目要素価格格差の中で自給飼料価格格差が最も大きい要因であることを指摘している。

V. 結論

本稿では個別経営間の生産性格差（技術効率）を理論的に3つの要因に分割して分析できる生産フロンティアモデルを提示し、北海道酪農の粗飼料生産における個別経営間生産性格差（技術効率）とその要因を計量的に分析した。分析結果を要約すれば、以下のとおりである。

第1に個別経営間生産性格差（全体技術効率 K ）の形成要因は与えられた要素投入量で生産量が最大化できていない非効率（純技術効率 F ）、要素投入の過剰性による非効率（混雑効率 C ）、最効率（規模に関して収穫一定になる）規模で生産していないことによる非効率（規模効率 S ）の3つの要因に求められる。第2に個別経営間生産性格差（全体技術効率 K ）を上記3つの要因に分割して分析できる生産フロンティアモデルを提示した。

この生産フロンティアモデルは生産関数をコブ・ダグラス型等に特定化する必要がなく、混雑効率を含むきわめて一般的な生産構造を仮定して分析できるメリットを有する。計測方法には線形計画法が利用される。第3に生産フロンティアモデルを用いて北海道酪農の粗飼料生産における個別経営間生産性格差を分析した結果、次の知見が得られた。

①全サンプル平均でみると、全体技術効率 K は0.8417であり、現実の生産量は効率的な生産量に比較して16%の非効率が存在している。また、全体技術効率 K の非効率の要因は混雑効率 C と規模効率 S が同じ程度に大きい。

②規模別にみると、小規模と中規模間および中規模と大規模間で規模効率 S に差があることを除いて、全体技術効率 K 、純技術効率 F 、混雑効率 C 、規模効率 S はどの規模間でも差がみられない。規模の経済性の分類では、規模に関して収穫逓増（IRS）の経営が最も多く、規模に関して収穫一定（CRS）と規模に関して収穫逓減（DRS）の経営が同数である。CRSである効率経営は小規模から大規模まで広範に存在している。

③経常財を原因として混雑非効率が生じている経営が最も多く、次いで労働、土地、資本の順である。大規模で資本を原因として混雑非効率が生じている経営が多いことを除いて、規模間で混雑非効率の発生原因に大きな差はみられない。

④CRSである効率経営はCRSではない非効率経営に比較して、要素平均生産性では経常財生産性、土地生産性、労働生産性が高く、要素投入比率では土地に対する経常財の投入比率が小さい。また、土地に対する資本と労働の投入比率、および規模（土地面積）では差がみられない。

北海道酪農の粗飼料生産は、北海道酪農が都府県酪農に対して比較優位を有する一つの要因とみ

なされてきた¹⁹⁾。本稿の分析結果は、北海道酪農の粗飼料生産にも隘路があることを示唆している²⁰⁾。

以上のように本稿で提示された理論的かつ実証的枠組みは他の農畜産物における個別経営間生産性格差の分析にも役立つものと期待される。また、草地更新、土壌分析、施肥計画、粗飼料の質などに関する詳細なデータが複数年度にわたって利用できれば、粗飼料生産における非効率性の要因をより詳細に分析することが可能となる。

注19) 山本 [12] は、北海道酪農が都府県酪農よりも生産性が高い要因の1つが、北海道の方が都府県よりも自給飼料と購入飼料を合わせた実質飼料投入が小さい点にあることを明らかにしている。

注20) 「隘路」の具体的な内容としては、I. 課題で述べた技術非効率の3つの発生原因を参照。また、本稿における技術効率の分析結果が、北海道酪農の粗飼料生産に特有なものであるかどうかを明らかにするには、都府県の粗飼料生産や他の作目についても、本稿と同様な枠組みで分析を加える必要がある。

引用文献

- [1] Byrnes, P., R. Färe and S. Grosskopf, "The Effect of Unions on Productivity : U.S. Surface Mining of Coal", *"Management Science"*, Vol.34, 1988, pp. 1037~1053.
- [2] Färe, R., S. Grosskopf and C.A.K.Lovell, *The Measurement of Efficiency of Production*, Kluwer-Nijhoff Publishing, Boston, 1985.
- [3] Farrell, M. J., "The Measurement of Productive Efficiency", *"Journal of the Royal Statistical Society"*, Series A, General, Vol.120, 1957, pp.253~281.
- [4] 神門善久「稲作経営における農機具ストックの過剰性に関する経済分析」『農業経済研究』、第59巻、1988、pp.229~236.
- [5] ハエック, J. 著, 丘本正・宮本良雄・古後楠徳訳著『ノンパラメトリック統計学』、日科技連出版社、1974.
- [6] 北海道農務部酪農草地課『北海道における粗飼料生産について』、1988.
- [7] 永木正和「北海道における粗飼料生産の技術効率格差の計測とその要因」『帯広畜産大学学術研究報告第I部』、第17巻、1991、pp.169~183.
- [8] 名久井忠「粗飼料生産におけるロスの発生と対策」『最大利益を追求する - LOSS (ロス) を無くせ -』、デーリイ・ジャパン社、1991、pp.45~70.
- [9] 玉城勝彦「収穫・貯蔵の機械作業体系」(吉田則人・高野信雄監修著『最新サイレージ調製と給与の決め手-』、デーリイマン社、1989、pp.189~198).
- [10] 刀根薫『経営効率性の測定と改善』、日科技連出版社、1993.
- [11] 土屋圭造『農業経済学(四訂版)』、東洋経済新報社、1993.
- [12] 山本康貴「酪農における生産性向上と国際化対応への課題」(黒柳俊雄編著『農業構造政策』、農林統計協会、1991、pp.125~138).
- [13] 山本康貴「国際比較における生産費格差の要因分析 - 日英牛乳生産費を事例として -」『農業経済研究』第65巻、1993、pp.160~170.
- [14] 山本康貴「個別経営間における生産費格差とその要因 - 北海道酪農の費用効率分析 -」『農業経済研究』第66巻、1994、pp.135~143.

(1996年7月5日受理)