

# 第1章 消費者不安をともなう食品関連新技術導入による農産物需給への影響分析 —乳牛の乳量増加ホルモン剤（rbST）の事例—

木下 順子

鈴木 宣弘（九州大学大学院）

## 1. はじめに

Cochrane(1959)が treadmill（踏み車）に例えて指摘したように、農業生産における新技術の導入は、通常、短期的には生産費低下による生産者所得の上昇をもたらすが、当該技術の普及に伴って生産量が増加し、生産物価格が低下するため、長期的には生産者所得は増えない可能性がある。さらに、遺伝子組み替え技術等の最先端バイオ技術導入のケースでは、当該技術が用いられた農産物や食品の人体への安全性等に関する消費者の不安を払拭できず需要が大幅に減退する場合もあり、一層急激な価格下落が引き起こされる可能性を考慮する必要がある。しかし、農業経済分野における国内の既存研究では、価格を所与とした個別経営レベルでの分析が多く、生産者の利益が過大に評価される問題があった。

この問題を指摘し、日本の生乳市場を対象に、需給に応じた価格変化の影響を組み込んだ分析モデルの一例を示した研究として、鈴木(1991)がある。しかし、同モデルでは、全国一様な経営体が仮定され、経営規模別の影響や生産構造変化の中身を把握できなかった点が不十分であった。そこで、本稿ではこの点を改良するため、飼養頭数規模階層別の取り扱いをモデルに組み込む。また、モデルの特徴を具体的に示すため、仮に日本で乳牛の乳量増加ホルモン剤 rbST (recombinant bovine Somatotropin) が認可された場合の生乳需給、酪農所得、および生産構造への影響に関するシミュレーション事例を示す。さらに、日本の酪農経営にとっての rbST 使用の収益率および rbST 普及率についても、本モデルを使ってある程度予測可能であることを示す。

rbST とは、1980 年代半ばより米国<sup>(1)</sup>で開発・実用化されるようになった乳牛用の成長ホルモン剤である。搾乳中の牛に定期的に投与すると、泌乳期間の延長等により大きな乳量増加効果を發揮する。牛体内で自然に生成する成長ホルモンの一種 (bST) と同等の効果をもつが、大量生産のため、牛の体外で遺伝子組み換え技術によって作られるのが rbST である。現在、米国、ロシア、韓国など 20 カ国以上で生乳生産に使用されているが、EU とその周辺諸国、カナダ、オーストラリア等では使用禁止措置の継続が近年決定されている。rbST 使用乳を摂取することの人体への影響については、いずれの国も公式には無害であると認めているが、禁止措置が解除されない理由は、乳牛の健康への悪影響や、食の安全性に関する国民の懸念に配慮する政治的必要性のためである。

一方、日本では、rbST はまだ認可申請が出されたことがなく、未認可であるため、使用することはできない。しかし、今後も関税削減等が進む中で、牛乳関連製品の輸入が増加し、国内生乳市場への圧迫が強まれば、rbST をめぐる何らかの議論が日本でも俎上に

のぼる可能性は否めない。こうした情勢を踏まえると、rbST をめぐる基礎情報の収集や影響分析手法等の研究を事前に行うことは有用である。しかし、rbST に関する経済的・社会学的研究を行った国内の分析は、先述の鈴木(1991)のモデル分析の他には、米国における多数の文献資料等により米国の rbST 認可の影響を総合的に考察した鈴木(1994)、米国の酪農家・消費者・小売業者等へのインタビュー調査により rbST 認可の影響の実態を分析した鈴木(1995)、日本の酪農家への意向調査により rbST 普及の技術的・経済的要因を分析した高橋(1995)等があるのみで、ごく最近のものは見あたらない。

## 2. 分析モデル

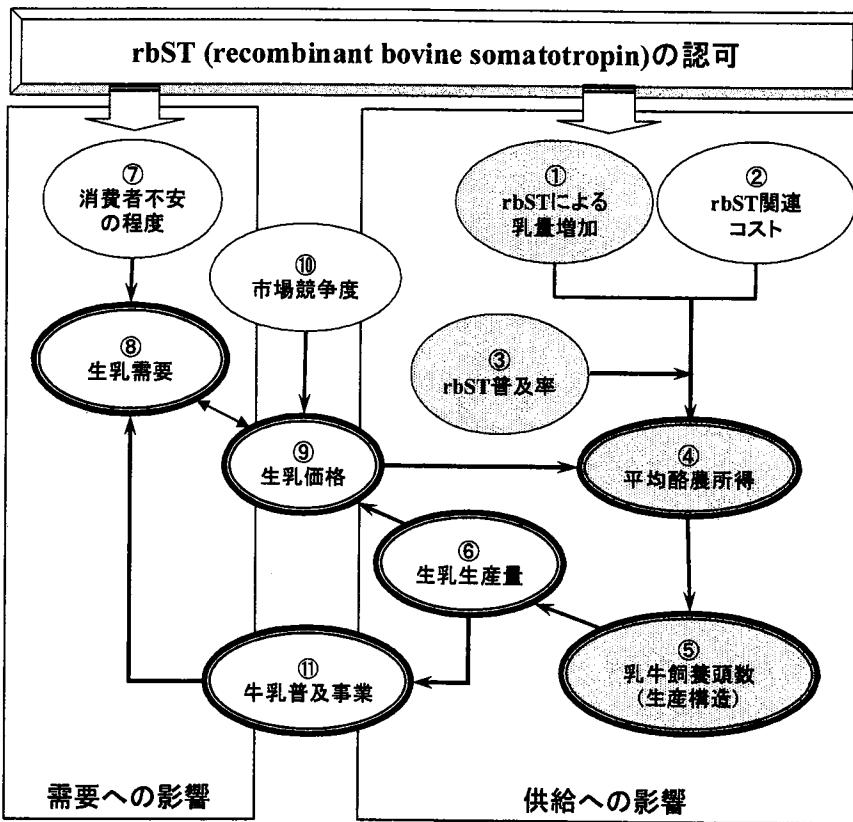
rbST のように、消費者が健康への安全性等に不安をもつ可能性がある新技術が導入される場合、新技術の普及による供給増加に加えて、需要減退の影響により、生産物価格が急激に低下する可能性がある。本稿のモデルでは、生乳市場における需給双方からの影響波及関係について、第 1 図のような構成となっている。

まず供給面から見てみると、rbST を使用した酪農家の所得は「① rbST による乳量増加」および「② rbST 関連コスト」に応じて変化するが、rbST を使用しない酪農家も含めた全酪農家の「④平均酪農所得」は、①、②、および「③ rbST 普及率」（飼養頭数に占める rbST 投与牛の割合）の程度に応じて変化する。所得変化は次期の「⑤乳牛飼養頭数」を変化させ、「⑥生乳生産量」を変化させる。ここで、rbST による乳量増加（①）と rbST 普及率（③）については、大規模経営層ほど大きな値を仮定する<sup>(2)</sup>。すると、所得機会において大規模経営層が一層有利になり、平均酪農所得（④）の経営規模間格差が拡大し、乳牛飼養頭数構造（⑤）が変化する。

つぎに需要面を見てみると、rbST に対する「⑦消費者の不安」により「⑧生乳需要」が減退した場合、「⑨生乳価格」が低下する。その影響は、酪農所得（④）→乳牛飼養頭数（⑤）→生乳生産量（⑥）→生乳価格（⑨）へと循環して、生乳需要の変化要因としてフィードバックする。

なお、本モデルには、日本の生乳需給に大きな影響を与えると考えられる「⑩市場競争度」と「⑪牛乳普及事業」の効果を組み込んでいる。市場競争度（⑩）の影響は、飲用乳と加工原料乳の間で価格差別を行使しうる酪農協の市場支配力を示すパラメーター（conjectural variation）を用いて組み込む。conjectural variation の考え方や実証分析への適用に関する詳しい説明は、鈴木(1991)に譲る。牛乳普及事業（⑪）の投入量として用いる変数は、全国牛乳普及協会によるノンブランド牛乳普及事業費を用いた。同事業費は、政府補助金および生産者等からの拠出金によって賄われており、拠出金は生乳生産量に比例して課されている。

モデル型および推計に用いたデータ等の詳細については補論を参照のこと。



第1図. rbST認可の影響フロー

注: 細い枠の枠は外生、太い枠の枠は内生の変数またはパラメーター、網掛けした枠は飼養頭数規模別に値が異なることを意味する。

### 3. シミュレーション分析

#### (1) シナリオ設定

rbST 認可後の外生的影響要因の大きさをどの程度と見込むかによって、シミュレーション結果はかなり違ってくるはずである。そこで、特にインパクトが大きいと考えられる「需要減退率（消費者不安の程度）」「rbST 普及率」「市場競争度」の 3 つのパラメーターの仮定値を換えるとシミュレーション結果がどのように変わるかを調べるために、つぎの 6 つのシナリオを設定した（第 1 表参照）。

##### シナリオ 1

- ・ 需要減退率 0%。
- ・ rbST 普及率は、認可初年（2001 年）に小規模層 0 %、中規模層 10 %、大規模層 50 %、2002 年以降は中規模層と大規模層では年 1 ポイントずつ増加する<sup>(3)</sup>。
- ・ 市場競争度は 2000 年水準で不变。

##### シナリオ 2

- ・ 需要減退率は、飲用乳-5 %、加工原料乳-2.5 %。Kaiser(2000)の計測による米国の rbST 認可後 5 年間の需要減退率 3.6 %に近い値を適用した。遺伝子組換え食品等への消費

者の拒否的反応は加工段階が高いほど薄れる傾向があることが一般に指摘されているため、加工原料乳の需要減退率は飲用乳のそれの半分に設定した。

- ・需要減退率以外の仮定はシナリオ 1 と同じ。

#### シナリオ 3

- ・需要減退率は、飲用乳-10 %、加工原料乳-5 %。最近の BSE 問題や乳飲料の食中毒事故等で示されたように、日本の消費者は極端な購買拒否行動をとる場合があるため、米国の経験よりも大きな需要減退が生じるケースも設定した。
- ・需要減退率以外の仮定はシナリオ 1 と同じ。

#### シナリオ 4

- ・rbST 普及率が全規模階層で等しく、認可初年（2001 年）に 50 %、2002 年以降は年 1 ポイントずつ増加する。小規模経営層が rbST を使用した場合、小規模経営層への影響がどう変化するかを検討するためのシナリオである。
- ・rbST 普及率以外の仮定はシナリオ 1 と同じ。

#### シナリオ 5

- ・市場競争度が 2000 年水準よりも年々競争的になり、用途別乳価格差が縮小する。
- ・市場競争度以外の仮定はシナリオ 1 と同じ。

#### シナリオ 6

- ・市場競争度が 2000 年水準よりも年々非競争的になり、用途別乳価格差が拡大する。現実には、日本の生乳市場の競争性は近年高まってきており、今後も輸入増加等によって引き続き競争性は高まると見込む方が自然である。しかし、市場の競争度は政策の影響を極めて受けやすく将来予測が難しいため、実際の傾向とは異なるケースも設定した。
- ・市場競争度以外の仮定はシナリオ 1 と同じ。

第1表. シナリオ設定

シナリオ番号	シナリオによって異なるパラメターの仮定値		
	需要減退率 <sup>(1)</sup>	rbST普及率 <sup>(2)</sup>	市場競争度 <sup>(4)</sup>
1 (ベースライン・シナリオ)	0%, 0%.	0%, 10% <sup>(3)</sup> , 50% <sup>(3)</sup> .	不变.
2 (小さな需要減退が発生)	5%, 2.5%.	同上	同上
3 (大きな需要減退が発生)	10%, 5%.	同上	同上
4 (rbST普及率が規模中立)	同上	50% <sup>(3)</sup> , 50% <sup>(3)</sup> , 50% <sup>(3)</sup> . 同上	同上
5 (市場競争度上昇)	同上	同上	$\theta$ の値が低下.
6 (市場競争度低下)	同上	同上	$\theta$ の値が上昇.

(1)左から順に、飲用乳、加工原料乳の需要減退率。(2)左から順に、小規模層、中規模層、大規模層の rbST 普及率。(3)2002 年以降、年 1 ポイントずつ上昇する。(4)2000 年水準との比較。

以上のシナリオ 1 ~ 6 に共通する仮定はつきのとおり設定した。

#### rbST 投与牛の乳量増加率

rbST の乳量増加効果は、乳牛本来の泌乳能力や飼養管理技術水準によって大きく異なると言われている。米国で発表された既存の経済分析では様々な仮定値が用いられており、

たとえば Marion and Wills(1990)は、比例的に増加するケースとして投与前乳量の 9%, 12%, 15%，固定量で増加するケースとして投与前乳量プラス 815.4kg/年，比例型と固定型を併せたケースとして投与前乳量の 6%プラス 407.7kg/年が用いられている。また、米国政府が最終認可にあたってとりまとめた USDA Office of Management and Budget(1994)では、米国で発表された多数の試験研究結果を総合すると、rbST による標準的な乳量増加は年間 1,800 ポンド (816.5kg) になると説明されており、これは 1 頭当たり平均乳量 (1993 年当時) の約 12 % に相当する。ここで、比例型の仮定値は、高泌乳牛ほど効果が高いことを意味し、固定型の仮定値は、逆に低泌乳牛ほど効果が高いことを意味することになるため、本稿では比例型の乳量増加を仮定して、小規模層 9 %，中規模層 12 %，大規模層 15 % と設定した。

#### rbST 関連コスト

米国における平均的事例として Hertnell(1995)が示した金額を 1 ドル 120 円で換算し、rbST 購入費用を 13,464 円（年間 1 頭当たり）<sup>(4)</sup>，乳量増加によって飼料要求率が高まることによる追加的飼料費を 26.5 円（乳量増加 1kg 当たり）と仮定した。なお、乳量増加に伴って生乳運搬費や労働費等も増加するが、飼料費増加に比べれば僅少である。また、乳量が増加すると乳牛の乳房炎や四肢障害等の発生率が高まると言われており、衛生管理費、獣医代金、乳牛の耐用年数低下等のコスト増加は大きいと考えられるが、rbST 投与とこれらのコストとの関係を示す一般的検証例がまだないため、本分析では考慮していない。

以上の他の外生変数については、（総人口データおよび若年人口比率データに総務省「日本統計年鑑」の傾向予測値を用いた以外は）すべて 2000 年水準で一定と仮定した。

#### **(2) 2010年のシミュレーション結果**

日本における rbST 認可年を 2001 年とした場合の 2010 年までのシミュレーションを行った。飼養頭数規模階層は、データの制約に従って、搾乳牛頭数で「小規模層（0-29 頭）」「中規模層（30-49 頭）」「大規模層（50 頭以上）」の 3 階層とした。

第 2 表は、各シナリオの 2010 年のシミュレーション値を、rbST が認可されない場合の 2010 年シミュレーション値（傾向予測値）を 100 とする指標で示したものである。なお、2001～2009 年の各年の結果は割愛し、ここでは 2010 年の結果のみ検討する。

まず、シナリオ 1 の結果をみると、（傾向予測値と比較して）総飼養頭数は減少 (-1.6 %) しているにもかかわらず、rbST の大きな乳量増加効果によって、生乳の国内供給量は増加 (+5.2 %) している。そのため生産者乳価が下落 (-3.8 %) し、総酪農所得は減少 (-3.3 %) している。しかし、経営規模別にみると、大規模層のみ所得が増加 (+6.2 %) し、飼養頭数も増加 (+3.5 %) している。傾向予測における大規模層の頭数シェアは 0.65 (表には示していない) であったが、シナリオ 1 では 0.69 に上昇し、大規模化への生産構造変化が加速化されている。

以上のシナリオ 1 の結果は、消費者不安による需要減退が生じない場合である。もし需

第2表. シミュレーション結果(2010年)

	シナリオ 1	シナリオ 2	シナリオ 3	シナリオ 4	シナリオ 5	シナリオ 6
<b>搾乳牛飼養頭数</b>						
小規模階層	79.5	73.9	68.8	86.9	75.0	84.2
(%)	(0.06)	(0.06)	(0.06)	(0.07)	(0.06)	(0.07)
中規模階層	91.3	88.7	86.3	96.5	88.4	94.2
(%)	(0.25)	(0.25)	(0.25)	(0.26)	(0.25)	(0.25)
大規模階層	103.5	98.8	94.4	99.6	101.0	106.3
(%)	(0.69)	(0.69)	(0.68)	(0.67)	(0.69)	(0.69)
合計	98.4	94.1	90.2	97.8	95.6	101.3
<b>1頭当たり平均酪農所得</b>						
小規模階層	87.2	86.5	85.8	92.9	84.0	90.7
中規模階層	91.1	90.3	89.6	96.8	87.8	94.6
大規模階層	102.6	101.7	100.9	100.6	98.7	106.8
全体平均	98.3	97.5	96.7	98.9	94.7	102.3
<b>総酪農所得</b>						
小規模階層	69.3	63.9	59.1	80.7	63.0	76.4
中規模階層	83.1	80.1	77.4	93.4	77.7	89.1
大規模階層	106.2	100.5	95.2	100.2	99.7	113.5
合計	96.7	91.7	87.3	96.7	90.5	103.6
<b>生乳数量</b>						
生乳国内供給量	105.2	100.6	96.4	105.9	102.2	108.3
加工原料乳国内生産量	111.2	107.1	103.2	112.8	103.0	119.9
飲用乳需要量	100.7	95.8	91.3	100.8	101.6	99.8
<b>生乳価格</b>						
飲用乳価	97.1	96.8	96.6	96.7	93.2	101.5
加工原料乳価	97.1	96.8	96.6	96.7	99.2	95.0
生産者乳価(プール乳価)	96.2	95.9	95.7	95.7	95.2	97.2

注: 2010年における傾向予測値(rbSTが認可されなかった場合)を100とする指標。ただし、括弧内の数値は搾乳牛総飼養頭に占める規模階層別飼養頭数の割合。

要減退が生じた場合には、シナリオ 2 および 3 の結果が示しているように、大幅な乳価下落によって、酪農所得の減少率が一層高まる。まず、比較的小さな需要減退が仮定されたシナリオ 2 では、生乳国内供給量は傾向予測値とほぼ同じ (+0.6 %) だが、生産者乳価の低下 (-4.1 %) により、総酪農所得はシナリオ 1 の場合よりも大幅に減少 (-8.3 %) している。乳価の下落が大きいため、大規模層の飼養頭数も減少 (-1.2 %) している。さらに大きな需要減退が仮定されたシナリオ 3 では、大規模層の飼養頭数がより大幅に減少 (-5.6 %) するため、生乳国内供給量は減少 (-3.6 %) へと転じている<sup>(5)</sup>。

もし小規模層が rbST を使用すれば、小規模層が深刻な所得減少を被る事態は緩和されるのだろうか。全階層に同じ rbST 普及率が仮定されたシナリオ 4 の結果をみると、小規模層の 1 頭当たり酪農所得の減少率は -19 % であり、シナリオ 1 における -31 % よりも大幅に緩和されている。ただし、シナリオ 4 の場合も、小規模層の所得が減少することに変わりはない。小規模層の所得水準は、rbST が認可されない傾向予測において最も高い。

シナリオ 5 および 6 の結果は、市場競争度の仮定値を変化させると、シミュレーション値が著しく変化することを例証している。まず、競争性が年々高まるシナリオ 5 では、乳価の下落幅が拡大する (-4.8 %) ため、総酪農所得の減少率がシナリオ 1 の場合よりも増幅 (-37.0 %) されている。しかし、競争性が年々低下する（独占性または協調性が高まる）シナリオ 6 では、飲用乳価が高く維持されることによって生産者乳価の下落が緩和

(-2.8 %) され、総酪農所得が増加 (+3.6 %) に転じて、総飼養頭数も増加 (+1.3 %) に転じている。また、小規模層の頭数減少率 (-23.6 %) がシナリオ 1 の場合よりも小さくなり、大規模化への生産構造変化の加速化がやや緩和されている。このように、市場の競争度が将来どのように変化すると見込むかによって、シミュレーション値が異なってくるため、とりわけ生乳市場のように酪農協のマーケティング・パワーの影響が大きいケースや、市場の競争構造が趨勢的に変化しているケースでは、市場競争度の影響を考慮し得る本稿のようなモデルを使うことによって、より実践的な分析が可能となる。なお、シナリオ 6 の結果は、もし酪農協（指定生乳生産者団体）が現在よりも大きな市場支配力を持つことができれば、rbST 認可後の酪農所得低下を緩和する有効な対策となる可能性を示唆している。

### (3) rbST 使用の収益率とrbST普及率の試算

2010 年の乳価水準の下で、rbST を使用した場合の採算性（rbST 関連コストに対する酪農所得増分の比率として計算され、ここでは rbST 使用の収益率と呼ぶ）を計算し、第 3 表に示している。この値が 1 を上回る場合は、rbST 使用のコスト増加分を上回る所得増加が得られており、rbST 投与牛をもっと増やせば、さらなる所得増加を実現できることを意味している。表を見ると、大規模層と中規模層では、全てのシナリオでこの値が 1 を上回っているが、小規模層では、シナリオ 6 以外はすべて収益率が 1 を下回っている。つまり、小規模層は、rbST を使用するとコスト増加分を回収できず、逆に所得が低下してしまう。

ここで、もし中規模層と大規模層の酪農家が rbST 使用をもっと増やすと、生乳生産量が増加して乳価が下がり、rbST 使用の収益率も低下していく。経済合理的な酪農家であれば、収益率の値がちょうど 1 になるまで rbST 使用を増やすだろう。つまり、rbST 普及率の「最適な（上限の）」水準は、収益率の値がちょうど 1 になる水準である。

そこで、中規模層と大規模層の rbST 普及率が、先のシミュレーションの仮定値（2010 年に小規模層 0 %、中規模層 20 %、大規模層 60 %）よりも上昇した場合の乳価を、本稿のモデルを使ったシミュレーションにより求め、rbST 使用の収益率を計算し、この値が 1 を下回るのは普及率がどの程度上昇した場合かを見てみた。

結果は、第 4 表に示したとおり、たとえば中規模層および大規模層の rbST 普及率がそれぞれ 25 %、65 % に上昇すると、中規模層の収益率が 1 を下回り、大規模層ではまだ 1 を上回っている。さらに rbST 普及率がそれぞれ 30 %、70 % に上昇すると、大規模層の収益率も 1 を下回り、この時点で rbST 普及率がこれ以上高まる経済合理性はなくなる。

第3表. rbST使用の収益率(2010年)

	シナリオ 1	シナリオ 2	シナリオ 3	シナリオ 4	シナリオ 5	シナリオ 6
小規模層	0.991	0.939	0.894	0.878	0.773	1.225
中規模層	1.337	1.292	1.253	1.239	1.148	1.540
大規模層	1.577	1.538	1.503	1.491	1.411	1.756

注：rbST関連コストに対する、2010年傾向予測と比較した酪農所得増分の比率。

つまり、採算に応じて rbST 普及率が高まる可能性を考慮するならば、大規模層の rbST 普及率は、本稿のシミュレーションの仮定値よりもかなり高い 70 %程度になる可能性がある。また、rbST 普及率が高まるにつれて、中規模層の収益率も 1 を下回ったことから、rbST 使用は大規模層に集中していくことも予想される。

第4表. rbST普及率の上昇と収益率の変化

rbST普及率の仮定値 (小規模層, 中規模層, 大規模層)	rbST使用の収益率		
	小規模層	中規模層	大規模層
0%, 20%, 60%	0.991	1.337	1.577
0%, 25%, 65%	0.547	0.952	1.238
0%, 30%, 70%	0.151	0.609	0.936

注: rbST普及率以外の仮定値はすべてシナリオ1の2010年値で不変と仮定した。

#### 4. おわりに

本稿では、消費者不安をともなう新技術導入の影響分析モデルの一例として、生乳市場を対象に構築された鈴木(1991)の需給モデルを改良し、生産構造への影響も分析可能なモデルへと発展させた。また、モデル試算のため、日本において rbST が認可された場合を想定したシミュレーションにより、rbST 認可に伴う生乳需給、酪農所得、および生産構造（乳牛飼養頭数構造）への影響を検討した。その結果、日本における rbST 認可は、一般に低コスト経営が多い大規模経営層の所得機会をより有利にし、大規模化への生産構造変化を加速化することが示された。さらに、消費者の健康等への安全性への不安によって深刻な需要減退が生じた場合には、小規模層はもとより、大規模層も所得低下に見舞われ、生乳生産基盤が縮小する可能性が示された。

実際に米国においては、USDA『Milk Production』等のデータから推察されるように、特に南西部酪農地帯の大規模経営と、小規模層が多い伝統的経営（ウィスコンシン、バーモント州等）の間の所得格差拡大化の傾向が、rbST 認可以來、一層強まっているようである。しかし、乳価の方は、生産急増にもかかわらず、近年ほとんど変化していない（USDA『Agricultural Prices』）。その主な要因は、増加した生乳生産量の多くを輸出拡大によって消化できたためと考えられる。

米国のように大きな輸出市場をもたない日本では、生乳増産は大幅な乳価下落を引き起こす。また、日本の酪農経営は米国よりもはるかに小規模だが、全般に飼養管理技術水準が高く、技術的な面では rbST 導入のインセンティブは非常に高い可能性がある。1995 年に来日したモンサント社スタッフは、数件の酪農家を視察した後の感想として、日本の平均的経営の飼養管理技術水準は米国の 200 頭経営のそれに匹敵すると見なせる、とも述べている（鈴木、1995）。したがって、日本で rbST が認可されれば急速に普及し、大きな乳量増加効果を發揮するだろう。さらに、日本の消費者は、BSE（いわゆる狂牛病）等の経験が示すように、食の安全性に対して非常に敏感になる場合もあり、潜在的に大きな乳価下落要因が揃っている。

〔補論〕シミュレーション・モデル

- (1) 
$$H_1 = -22.232 + 0.905 H_1(-1) + 0.111 I_1(-1) / \underline{CPI}(-1)$$
  

$$(-1.66) \quad (18.03) \quad (1.21)$$
  

$$\text{AR2} = 0.99, \quad \text{DW} = 1.41, \quad N = 13 \quad (1988-2000)$$
- (2) 
$$H_2 = 0.817 H_2(-1) + 0.275 I_2(-1) / \underline{CPI}(-1) - 0.021 \underline{PMEAT} / \underline{WPIF}$$
  

$$(12.40) \quad (2.53) \quad (-1.06)$$
  

$$\text{AR2} = 0.95, \quad \text{DW} = 1.19, \quad N = 13 \quad (1988-2000)$$
- (3) 
$$H_3 = 1.029 H_3(-1) + 0.311 I_3(-1) / \underline{CPI}(-1) - 0.090 \underline{PMEAT} / \underline{WPIF}$$
  

$$(65.69) \quad (5.75) \quad (-4.64)$$
  

$$\text{AR2} = 0.99, \quad \text{DW} = 1.17, \quad N = 13 \quad (1988-2000)$$
- (4) 
$$I_i = P \underline{Y_i} (1 + \underline{IRYi} \underline{ARI}) - (\underline{CI} + \underline{ICi} \underline{ARI}),$$
- (5) 
$$\underline{ICi} = \underline{ICF} + \underline{ICV} \underline{Yi} \underline{IRYi},$$
- (6) 
$$S = \sum_i H_i \underline{Yi} (1 + \underline{IRYi} \underline{ARI}) - \underline{U},$$
- (7) 
$$\ln(DM / \underline{N}) = 7.967 - 1.848 \ln(PS / \underline{CPI}) + 0.564 \ln(\underline{EXPEN} / \underline{CPI})$$
  

$$(1.44) \quad (-5.45) \quad (0.81)$$
  

$$- 0.003 \underline{PCHEE} / \underline{CPI} - 0.082 \underline{DY8700} - 0.121 \underline{DY9000} - \ln(1 + \underline{DDM})$$
  

$$(-1.35) \quad (-1.50) \quad (-1.82)$$
  

$$\text{Adjusted R-squared} = 0.93, \quad \text{DW} = 1.62, \quad N = 20 \quad (1981-2000)$$
- (8) 
$$\ln(DF / \underline{N}) = -5.088 - 0.210 \ln(PF / \underline{PGREEN}) + 1.107 \ln(\underline{EXPEN} / \underline{CPI})$$
  

$$(-2.00) \quad (-1.29) \quad (3.10)$$
  

$$+ 0.014 \underline{TEMP} + 1.825 \underline{NR14} - 0.081 \underline{DY8700}$$
  

$$(1.51) \quad (2.02) \quad (-3.96)$$
  

$$+ 0.069 \ln(AD(-1) / \underline{N}(-1) / \underline{CPI}(-1)) - \ln(1 + \underline{DDF})$$
  

$$(2.17)$$
  

$$\text{Adjusted R-squared} = 0.91, \quad \text{DW} = 1.83, \quad N = 20 \quad (1981-2000)$$
- (9) 
$$AD = 2 \underline{CORM} \underline{SM}(-1) + (2 + \underline{COVER}) \underline{CORE} \underline{DF}(-1) + \underline{GOV},$$
- (10) 
$$IMPT = DM - \underline{SM} - \underline{STOK}(-1) + \underline{STOK} + \underline{EXPT} \quad \text{until the year 2000 or}$$
  

$$DM = \underline{IMPT} + \underline{SM} + \underline{STOK}(-1) - \underline{STOK} - \underline{EXPT} \quad \text{from the year 2001,}$$
- (11) 
$$SM = S - DF,$$
- (12) 
$$PS = PF \left( 1 + \frac{\theta}{\eta} \right),$$
- (13) 
$$P = \frac{PF \underline{DF} + (\underline{PS} + \underline{DIFF}) \underline{MQ} + PS (\underline{SM} - \underline{MQ})}{S},$$
- (14) 
$$I = I_1 H_1 + I_2 H_2 + I_3 H_3,$$
- (15) 
$$H = H_1 + H_2 + H_3,$$

表記法	定義	単位	データ・ソース
<i>AD</i>	ノンブランド牛乳普及事業費総額	円 年度	全国牛乳普及協会資料
<i>ARI</i>	rbST普及率(搾乳牛頭数に占めるrbST投与牛の割合)	total=1	(2000年まで0, 2001年以降適用)
<i>Ci</i>	rbST投与前の1頭当たり現金支出費用	円/頭 年度	畜産物生産費調査報告, 農水省
<i>CORF</i>	飲用乳1kg当たり賦課金率	円/kg 年度	全国牛乳普及協会資料
<i>CORM</i>	加工原料乳1kg当たり賦課金率	円/kg 年度	全国牛乳普及協会資料
<i>COVER</i>	小売段階で賦課金が徴収された飲用牛乳数量の割合	total=1 年度	Equation (9) より推計
<i>CPI</i>	消費者物価指数(総合)	1995=100 暦年	消費者物価指数, 日本銀行
<i>DDF</i>	rbSTによる飲用乳の需要減退率	total=1	(2000年まで0, 2001年以降適用)
<i>DDM</i>	rbSTによる加工原料乳の需要減退率	total=1	(2000年まで0, 2001年以降適用)
<i>DF</i>	飲用乳需要量(=飲用乳国内供給量)	kg 年度	食料需給表, 農水省
<i>DIFF</i>	限度数量内の加工原料乳への政府補給金単価	円/kg 年度	牛乳乳製品統計, 農水省
<i>DM</i>	加工原料乳需要量	kg 年度	食料需給表, 農水省
<i>DY8700</i>	1987年の基準牛脂率変更を示す指標変数	1 or 0 年度	(1986年まで0, 1987年以降1)
<i>DY9000</i>	1990年代以降の乳製品消費構造変化を示す指標変数	1 or 0 年度	(1989年まで0, 1990年以降1)
<i>EXPEN</i>	国民1人当たり平均食料消費支出	1,000 円 暦年	家計調査年報, 総務省
<i>EXPT</i>	乳製品輸出量(生乳換算)	kg 年度	食料需給表, 農水省
<i>GOV</i>	ノンブランド牛乳普及事業への政府補助額	円 年度	全国牛乳普及協会資料
<i>H</i>	総搾乳牛頭数	head 2月1日	Equation (15) より算出
<i>Hi</i>	飼養頭数階層内の総搾乳牛頭数	head 2月1日	畜産統計, 農水省
$\eta$	飲用乳需要の自己価格弾力性		Equation (8) より推計
<i>I</i>	総酪農所得	円 年度	Equation (14) より算出
<i>Ji</i>	搾乳牛1頭当たり酪農所得	円/頭 年度	農村物価賃金統計, 農水省
<i>ICi</i>	rbST投与に係る1頭当たり現金支出費用	円/頭	(2000年まで0, 2001年以降適用)
<i>ICF</i>	1頭当たりrbST購入費用	円/頭	(2000年まで0, 2001年以降適用)
<i>ICV</i>	bST投与による乳量増加1kg当たり飼料費	円/kg	(2000年まで0, 2001年以降適用)
<i>IMPT</i>	乳製品輸入量(生乳換算)	kg 年度	食料需給表, 農水省
<i>IRYi</i>	rbST投与による1頭当たり乳量増加率	total=1	(2000年まで0, 2001年以降適用)
<i>MQ</i>	限度数量(1978年度までは認定数量)	kg 年度	牛乳乳製品統計, 農水省
<i>N</i>	総人口	人 10月1日	日本統計年鑑, 総務省
<i>NR14</i>	14歳以下の若年人口比率	total=1 10月1日	日本統計年鑑, 総務省
<i>P</i>	生産者乳価	円/kg 年度	農村物価賃金統計, 農水省
<i>PCHEE</i>	輸入ナチュラルチーズ(生乳換算)関税込みCIF価格 (=税抜CIF価格×関税率/生乳換算係数13.4)	円/kg 暦年	貿易統計, 財務省
<i>PF</i>	飲用乳価(=飲用乳のメーカー支払価格)	円/kg 年度	Equation (13) より算出
<i>PGREEN</i>	緑茶価格	円/liter 暦年	家計調査年報, 総務省
<i>PMEAT</i>	乳用めず牛枝肉価格(食肉中央卸売市場全規格平均)	円/kg 暦年	畜産物流通統計, 農水省
<i>PS</i>	基準取引価格(=加工原料乳のメーカー支払価格)	円/kg 年度	牛乳乳製品統計, 農水省
$\theta$	市場の不完全競争度指標	0≤θ≤1	Equation (12) より算出
<i>S</i>	生乳国内供給量	kg 年度	食料需給表, 農水省
<i>SM</i>	加工原料乳国内供給量	kg 年度	食料需給表, 農水省
<i>STOK</i>	乳製品期末在庫量(生乳換算)	kg 年度	食料需給表, 農水省
<i>TEMP</i>	東京の平均気温	℃ 暦年	気象庁調べ
<i>U</i>	農家自家消費等生乳数量	kg 年度	食料需給表, 農水省
<i>WPIF</i>	国内卸売物価指数(食料用農畜水産物)	1995=100 暦年	卸売物価指数, 日本銀行
<i>Yi</i>	rbST投与前の1頭当たり乳量	kg/頭 年度	畜産物生産費調査報告, 農水省

ただし、モデル内のアンダーライン付き変数およびパラメターは外生、(-1)は1期前のラグ変数、添字1, 2, および3は、それぞれ小規模層(1-29頭), 中規模層(30-49頭), および大規模層(50頭以上)であることを表す。

関数(1), (2), (3), (7), (8)はOLSにより推計した。各係数の下の括弧内はt値, AR2は自由度調整済み決定係数, DWはダービン・ワトソン統計量, Nは観測数を表す。

(1)式は、前年の搾乳牛飼養頭数をベースとして、1頭当たり酪農所得の変化に応じて頭数調整が行われる関係を示す。*PMEAT*は、小規模層では有意に計測されなかつたため除外したが、これは、高い(低い)枝肉価格がと畜頭数を増加(減少)させ、飼養頭数を

減少（増加）させる経営判断の重要性が、小規模層では低いためと考えられる。

(2)式は、生乳販売収入  $PY_i(1+IRY_iAR_i)$  から現金支出費用  $Ci + ICiAR_i$  を差し引いた1頭当たり酪農所得の定義式である。

(3)式は、rbST使用に伴う現金支出費用の増加額であり、rbST購入代金（1頭当たり定額）プラス飼料費增加分（乳量増加に比例）で近似される。労働費、生乳運搬費、衛生管理費等の他の追加的費用は比較的僅少であるため省略している。

(4)式は、生乳国内供給量（＝農家自家消費等を除く出荷量）の定義式である。

(5)式は、飲用乳の需要関数である。シミュレーション期間は、rbSTへの消費者不安による飲用乳需要減少率（ $DDF$ ）によって需要量が割り引かれる。近年、競合飲料と比較した相対価格が飲用乳需要に大きく影響していることがKinoshita *et al.*(2002)等の分析により示されたため、競合飲料の価格データとして唯一得られた緑茶価格（ $PGREEN$ ）を飲用乳価格のデフレーターとして用いた。DY8700 は、1987年に乳価算定等に用いる基準乳脂率が3.2%から3.5%に引き上げられたため、基準乳脂率に換算された乳量データへの影響を調整する指標変数である。全国牛乳普及協会のノンブランド牛乳普及事業費総額（ $AD$ ）の効果は、1期前の事業効果について統計的に有意な正の効果が計測された。当期効果が有意でなかったのは、同事業費が毎年下半期に集中して投入されているためと考えられる。飲用乳需要の普及事業費弾力性は0.069（普及事業費を1%増加させると翌年の飲用乳需要が0.069%増加する）となった。この推計値はSuzuki *et al.*(1994)の月別モデルによって計測された0.058と近い値である。

(6)式は、加工原料乳の需要関数である。シミュレーション期間は、rbSTへの消費者不安による加工原料乳需要減少率（ $DDM$ ）によって需要量が割り引かれる。国内生産された加工原料乳に対する乳業メーカー支払価格として基準取引価格（ $PS$ ）、輸入乳製品価格データとして輸入ナチュラルチーズの関税込み生乳換算価格（ $PCHEE$ ）を組み込んだ。近年の乳製品輸入量は国内消費量（生乳換算）の約半分である。 $PS$  は、2000 年までは政府決定価格であったため外生変数とし、シミュレーション期間（2001 年以降）には市場決定価格となるため内生変数として取り扱う。また、 $PS$  が外生変数のときは加工原料乳の需給定義式(8)は上段の式を用いて、 $IMPT$ （乳製品輸入量）を内生変数として取り扱う。 $PS$  が内生変数のときは(8)式の下段の式を用いて、 $IMPT$  を外生変数として取り扱う。DY9000 は、1990 年代以降観察される乳製品需要の構造変化（細野、1999）を示す指標変数である。

以上の用途別需要関数により、自己価格弾力性は、飲用乳-0.210、加工原料乳-1.848、所得弾力性は、飲用乳1.107、加工原料乳0.564と推計された。これらの弾力性値はSuzuki *et al.*(1993)、Suzuki *et al.*(1994)等の計測例に近く、妥当な水準である。

(7)式のノンブランド牛乳広告事業費総額（ $AD$ ）は、生産者・乳業メーカー・販売店の3者から徴収される拠出金および政府補助金（ $GOV$ ）で構成されている。拠出金率は、2000年までは生産者・乳業メーカー・牛乳販売店の3者に対して飲用乳1kg当たり0.24円、生産者・乳業メーカーの2者に対して加工原料乳1kg当たり0.10円であったが、2001年より

25%引き下げられ、飲用乳0.18円、加工原料乳0.075円となった。加工原料乳からの拠出金総額は、拠出金率×加工原料乳供給量×2（生産者と乳業メーカーの2段階）により計算できる。飲用乳からの拠出金総額は、牛乳販売店段階からの徴収率をCOVERとして、拠出金率×飲用乳供給量×(2+COVER)により計算できる。2000年度のCOVERの値は、(7)式の逆算により、2.368であった。

(9)式は、加工原料乳の国内供給量の定義式である。

(10)式は、酪農協による生乳の売上高最大化のための飲用乳市場および加工原料乳市場への最適配分の必要条件である。 $\theta$ （市場競争度指標）は、完全競争（=0）および独占（=1）を両極として、市場の競争の程度を表現するパラメターである。もし市場が完全競争的（ $\theta=0$ ）であれば、 $PF=PM$ となり、用途間の乳価差はゼロとなる。もし独占または完全協調的（ $\theta=1$ ）であれば、 $PF(1-1/\eta)=PM$ となり、用途別乳価格差が最大となる。実際の市場は寡占的である（ $\theta$ の値がゼロから1の間にとる）可能性が高い。 $\theta$ の考え方や実証分析への適用について、より詳しい説明は鈴木(1991)に譲る。

(11)式は、飲用乳および加工原料乳の加重平均価格である生乳1kg当たり生産者乳価（プール乳価）の計算式である。限度数量内（ $MQ$ ）の加工原料乳には政府補給金（ $DIFF$ ）が支払われている。

(12)式は、総酪農所得の定義式である。

(13)式は、総搾乳牛頭数の定義式である。

以上の推計モデル全体の現状再現力を検討するため、推計に用いた1988～2000年観測値による内挿テストを行った。ただし、 $\theta$ の各年の値は(10)式により逆算して求めた。システム内のすべての内生変数の値についてガウス＝ザイデル法により解き、推計値と観測値との乖離度を示す平均絶対誤差率（mean absolute percent errors）を計算した結果、IMPT（13.04%）およびSM（7.98%）を除くすべての絶対平均誤差率が5%を下回っていた。IMPTおよびSMは、式(8)および(9)によって残差として算出されるため、誤差が大きくなりやすいと考えられる。以上により、本モデルは高い現状再現力をもち、シミュレーション分析に耐えうる適合性をもつと判断した。

- 
- (1) 米国を本拠地とする巨大多国籍農業バイオ企業であるモンサント社により開発された。
  - (2) 米国においても実際に大規模経営層ほどrbSTの使用に積極的な傾向が見られるが、その主な理由は、rbSTの乳量増加効果が高能力牛（大規模経営層に多い）ほど高いことや、草地酪農や放牧、専門的作業分担を行っていない家族経営等（小規模経営層に多い）では、技術的な面でrbST導入が難しいためだと言われている。
  - (3) 大規模経営層が多いニューヨーク州の調査では、rbSTを使用した経営は1994年に42%，2000年に53%であり、300頭以上の大規模層のみの調査では2000年に84%に達している(Knoblauch et al. 2001; Karszes et al., 2001)。一方、小規模経営層が多いウィスコンシン州の調査では、初年度にrbSTを使用した経営は約10%，2002年には17%であった(Barham, 1996; Barham et al., 2002)。なお、モンサント社の米国内での販売成績(Monsanto, 2002)から推計すると、認可初年度の1994年には米国の総搾乳牛の約10%にrbSTが投与され、2002年には約

35 %に増加している。

- (4) rbST 販売メーカーは現在世界で 4 社に限られており（米国ではモンサント社が独占），その寡占性によって今，後の rbST 販売価格は不透明な面もある（Marion and Wills, 1990; 高橋, 1995）。
- (5) シナリオ 2 および 3において、大規模層の 1 頭当たり所得が増加しているのに飼養頭数が減少しているのは一見矛盾した結果だが、2001～2009 年のシミュレーション値の推移（表には示していない）を見ると理解できる。すなわち、rbST 認可直後の乳価急落のため、酪農所得が大幅に低下し、大規模層の飼養頭数が急激に減少する。このため生乳生産が縮小し、乳価および所得は 2010 年までに回復していくが、飼養頭数の回復は所得回復より後れる。

### 〔引用文献〕

- Cochrane, W.W. (1959) *Farm Prices: Myth and Reality*, University of Minnesota Press.
- Hertnett, G.F. (1995) "Bovine Somatotropin: Production, Management, and United States Experience," in M.Ivan (ed.), *Animal Science Research and Development: Moving Toward a New Century*, Canada: Centre for Food and Animal Research, Agriculture and Agri-Food. pp189-203.
- 細野ひろみ (1999) 「牛乳普及事業の効果計測」『1999 年度日本農業経済学会論文集』 pp.263-265。
- Jackson, L.A. and M.T. Villinski (2002) "Reaping What We Sow: Emerging Issues and Policy Implications of Agricultural Biotechnology," *Review of Agricultural Economics*, 24(1), pp.3-14.
- Kaiser, H.M. (2000) "Impact of Generic Fluid Milk and Cheese Advertising on Dairy Markets 1984-99," *Report on National Institute for Commodity Promotion Research & Evaluation*, Cornell University, NY, USA.
- Kinoshita, J., N. Suzuki, and H.M. Kaiser. (2002) "Explaining Pricing Conduct in a Product-Differentiated Oligopolistic Market: An Empirical Application of a Price Conjectural Variation Model," *Agribusiness: An International Journal*, 18, pp.427-36.
- Marion, B.W. and R.L. Wills (1990) A Prospective Assessment of the Impacts of Bovine Somatotropin: A Case Study of Wisconsin," *American Journal of Agricultural Economics*, 72, pp.326-36.
- 鈴木宣弘 (1991) 「乳量増加新技術の急速な普及が我が国酪農に与える影響」農業総合研究所『農総研季報』10, pp.1-22。
- Suzuki, N., J.E. Lenz and O.D. Forker (1993) "A Conjectural Variations Model of Reduced Japanese Milk Price Supports," *American Journal of Agricultural Economics*, 75, pp.210-18.
- 鈴木宣弘 (1994) 『世界に目を向ける米国酪農』酪農総合研究所。
- Suzuki, N., H.M. Kaiser, J.E. Lenz, K. Kobayashi, and O.D. Forker (1994) "Evaluating Generic Milk Promotion Effectiveness with an Imperfect Competition Model," *American Journal of Agricultural Economics*, 76, pp.296-302.

鈴木宣弘 (1995) 「米国における bST 使用の酪農経営・生乳需給への影響」 農業総合研究所『農総研季報』 28, pp.1-20。

高橋広樹 (1995) 「酪農における新技術「rbST (組換えウシ成長ホルモン)」の導入に関する経済学的事前研究－酪農家意向調査に基づくインパクト分析－」 筑波大学大学院修士論文。

USDA Office of Management and Budget (1994) *Use of Bovine Somatotropin (bST) in the United States: Its Potential Effects*, USA.

#### 〔成果の発表〕

- Junko Kinoshita, Nobuhiro Suzuki, and Harry M. Kaiser, "Agricultural Impacts of Biotechnology and Consumer Health Concerns on Farm Markets and Structure; A Pre-Approval Evaluation of rbST in Japan," 農業バイオ技術国際研究会 (ICABR) 第7回大会個別報告, 2003年7月1日。
- 木下順子「乳牛の乳量増加ホルモン剤 (rbST) の生乳需給への影響」, 第1944回定例研究会報告, 2003年12月9日。
- 木下順子・鈴木宣弘「酪農における乳量増加ホルモン剤 (rbST) の生乳需給への影響」 農畜産業振興事業団『畜産の情報(国内編)』 pp.15-21, 2004年1月。
- Junko Kinoshita, Nobuhiro Suzuki, and Harry M. Kaiser, "An Economic Evaluation of rbST Approval in Japan," *Journal of Dairy Science*, American Dairy Science Association, 87: 1565-1577, 2004, May.