

国産農産物の品質評価をめぐる課題と展望

—等級を中心に—

川崎 賢太郎¹

Quality of Agricultural Products: Rationale, Impact, and Policy Issues of Crop Grading

Kentaro KAWASAKI (Policy Research Institute, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries)

Grade is one of the key aspects of crop quality. In this article, I summarize basic issues and review some findings from empirical and theoretical research on grading. To begin with, I discuss how to measure quality by comparing three indices: individual attributes, grade, and price. Then I explain why grade is necessary. The underlying rationale is found in market failure caused by information asymmetry. Next, taking the impact of global warming on rice as an example, I demonstrate the importance of grade in farm economy. Empirical evidence indicates that higher temperature decreases farm revenue by deteriorating quality rather than quantity. Finally, I turn to the policy question of how to improve grade. Specifically, I focus on quality payment, which sets different subsidy rates by grades. Theoretical analysis shows that, under plausible assumptions, quality payment improves both grade and yield in a more cost effective manner than other types of payments such as quantity payments, area payments or decoupled payments.

Key words : quality, grade, global warming, agricultural policy

1. はじめに

農業・食料をめぐるあらゆる局面で品質が重要であることに異論を持つ者はいないはずである。川上に目を向ければ、農家の収入は生産物の品質によって大きく左右される。品質は価格に反映されるからである。川中では品質面でいかに差別化を図るかが食品産業における企業の生き残りの鍵であるし、川下においては、飽食の時代を迎え、消費者の関心は量から質へと変化している。国家としても、国際競争力の向上や地球温暖化対策を考えれば、品質の向上は重要な政策課題である。

本報告では、特に川上における重要な品質の指標である「等級」に焦点を当て、論点整理と分析結果の紹介を行う。まず次節では、品質を表すいくつかの指標

を比較して等級の位置づけを整理した上で、第3節で「なぜ等級が必要か」という問題を考える。鍵となるのは情報の非対称性である。

第4節では「等級は農家経済にとってどれほど重要か」という問題を、温暖化の影響を例に明らかにする。温暖化をめぐる従来の研究では単収の予測に重点が置かれ、品質は十分に分析されてこなかった。しかし両者を比較すると、温暖化は量ではなく質（等級）の悪化を通じて農家収入を引き下げることが示される。

こうした結果を受け、第5節では「いかに等級を上げるか」という問題を考える。技術的には遅植え、水管理や高温耐性品種の導入等が推奨されているが、本稿では農家の品質向上インセンティブを高めるための方策を検討する。なかでも上位等級ほど補助金の単価が上昇する仕組み、「品質支払」に着目し、理論分析を行う。いくつかの現実的な仮定の下で、品質支払は数量支払や固定支払よりも効果的に品質と単収を向上させることが示される。

¹農林水産政策研究所
kenkawa@affrc.go.jp

2. どのように品質を測るか

これまでの農業経済学分野の研究は、質ではなく量に偏っていたように思われる。生産関数分析などはその典型である。その背景には数値化の問題がある。量を数値化するには単に重さを測ればよい、しかし農産物の品質は外観や成分など多様な特性によって構成され、その一部は数値化さえも困難である。この点が品質に関するデータの蓄積と研究の進展を妨げてきたように思われる。そこで、まず品質の数値化の方法を整理しておこう。

第1表に示すように、品質の指標は個々の特性、等級、価格という3種類に分けられる。第1の「個々の特性」は、例えば蛋白含有量や粒の大きさなど、品質を構成する個々の特性に焦点を当て、それを数値化する方法である。個々の特性は、「品質」の最も細分化された単位であり、客観的な数値と言え、1つの指標が扱えるのは1つの特性だけである。例えば蛋白含有量と粒の大きさに関心があるならば、2つの指標が必要となる。政策立案者の関心が1つの品質特性にある場合、個々の特性はもちろん政策目標になりうる。例えば放射性物質という特性に関心があるならば、放射性物質の値に基づいて出荷制限を行う等の措置をとればよい。しかし、より総合的な品質向上を目指す場合、つまり目標を定めるべき特性が多数ある場合には、政策体系は複雑にならざるをえない。N個の独立した政策目標を実現するためには、N個の独立した政策手段が必要なのである(ティンバーゲンの定理)。こうした場合には、以下で述べる等級のように、複数の特性を1つの指標に集計し、その集計された指標をターゲットとして政策を実施することが望ましい場合もあるだろう。なお、個々の品質特性の決定要因を探る研究は、作物学分野で多くの蓄積がある。例えば施肥量が蛋白含有量に与える影響など、圃場実験を通じて多くの研究が行われている。

次に「等級」は、複数の品質特性を基に1等、2等とランク付けするものである。分類の基準となるのは、外観、水分割合、被害粒の割合など農産物が満たすべき基礎的な特性である。一方で、食味や成分等、反映されない特性も少なくない(註1)。また等級は生産者と卸売業者間の取引では重視されるが、最終消費者が普段意識することはあまりない。しかし、これらのことを以って等級が重要でないと考えるのは正しくな

第1表 品質の3つの指標

	反映する特性	政策目標になりうる?	先行研究
個々の特性	1つ	Yes or No	多い (作物学)
等級	複数 (基礎的特性)	Yes	少ない
価格	全て	No	多い (食の安全)

い。等級はほぼ全ての人にとって評価の方向が一致する基本的な特性を基に分類される。一方、食味や成分等は人によって評価が分かれるものである(註2)。車に例えれば、ドアに鍵が付いている、エアコンが付いているといった基本的な性能は、全ての人にとって望ましい特性であり、評価の方向は一致する。しかし車の色や大きさなどは人によって評価が分かれる。ある人は赤い車を欲するかもしれないし、またある人は青い車を欲するかもしれない。もしも基準となる特性がこのように人によって評価が分かれるものであれば、等級による優劣は意味をなさなくなってしまう。等級は万人の評価が一致する特性のみを対象とすべきであって、この意味で等級は最も基礎的な品質特性を表したものと言える。また消費者が普段意識しないのは、重要でないためではなく、意識せずに済んでいるため、と言うべきだろう。等級の低下要因となる被害粒や異物は、精米業者によって分離・除去されるため、最終消費の段階では目立たぬようになっている。もし多くの異物が混入した農産物が店頭に並ぶとすれば、ある意味で最も深刻な事態である。

なお、等級は政策目標になりうる。実際、我が国では長い間政策目標として用いられており、第5節で紹介する品質支払がその典型例である。ただし等級に関する経済学分野の先行研究は多くない。国内ではほとんどなく、海外でも数えるほどしかない(註3)。

最後に「価格」は、全ての品質特性に対する消費者の評価を総合的に反映した指標である。長所はその総合性とデータの得やすさにあり、実証分析も数多い。特に食の安全分野を中心に消費者の個々の品質特性に対する金銭評価を計測する試みが行われている(竹下2009, Grunert 2005)。ただし品質向上を目的とする政策を行う場合、そのターゲットとして価格を用いるべきではない。なぜなら価格は品質だけでなく、供給

(註1) 小麦では近年、蛋白や灰分といった成分に基づくランク区分も別途導入されている。

(註2) 前者は垂直的差別化、後者は水平的差別化とも呼ばれる。

量にも左右されるからである。品質は変わらなくとも、供給量が少ない年には価格は上昇する。したがって、価格をターゲットとして品質向上策を行うことは困難と言えよう。

以上のように、3つの指標にはそれぞれ一長一短あるが、本稿では研究が手薄、かつ政策目標として採用しやすい等級を対象に、考察を深めることとする。

3. なぜ等級が必要か：情報の非対称性

等級が必要とされる根拠は、情報の非対称性にある(註4)。仮に買い手が商品を購入する際に、品質を全く知ることができないものとしよう(註5)。市場には品質の高いものから低いものまで様々な品質の商品が売られているが、買い手には見分けがつかないため、どの商品も同じ価格で売買されることになる。つまり売り手にとっては、高いコストをかけて高品質な商品を作っても、手間をかけずに低品質な商品を作っても、受け取る価格は同一である。そのため、高品質な商品は割が合わず、市場には低品質な商品ばかりが溢れることとなる。Akerlof (1970) が指摘した「逆選択」と呼ばれる現象である。

この問題を回避するためには、品質をパッケージに記載して売り手と買い手間の情報の非対称性を埋めればよい。とは言え、農産物の品質は、外観、水分割合、被害粒割合、成分など多岐にわたる。これら全ての特性の値を調べて商品に記載すれば、検査・表示の費用もかさむし買い手も混乱する。そこで第三者機関が農産物の品質を検査し、例えば3つの等級に分類し、その結果をパッケージに表示するものとしよう。すると市場では等級ごとに3つの価格が形成されるようになる。したがって売り手にとっては、コストをかけて1等の商品を生産すれば高い価格で販売できるため、市場には高品質な商品も並ぶようになる。

ただし情報の非対称性が完全に解消されたわけではない。買い手が知ることができるのは、あくまで1等～3等の違いだけで、さらに細かく品質の違いを知るこ

とはできない。したがって、等級ごとに見れば逆選択が発生しうる。例えば同じ1等でも、品質の極めて高い1等から、さほど高くない1等までばらつきがあるだろう。しかし買い手は違いを識別できないから、1等の商品はどれも一律の価格で売買される。したがって売り手にとっては、コストをかけて非常に品質の高い1等を作るよりも、必要最低限の努力で1等規格をクリアする方が得である。つまり1等規格の設置は、1等をクリアするインセンティブを与えることはできるが、それ以上に品質を向上させるインセンティブを与えることはできない。もしこうした問題を解消したいのであれば、より細かく品質を買い手に知らせる必要がある。つまり1等をさらにいくつかの等級に細分化すればよい。しかしどこまでも細分化していけばよいというものでもない。等級数を増やすほど情報の非対称性を減らすことができるが、一方で検査費用も増大するかもしれないし、各等級の違いが僅差になるほど検査・格付けのミスも増えるだろう。等級数の増加は、便益だけでなく費用も伴うものであり、両者のバランスを勘案しながら決定されるべきであろう。

4. 等級は農家経済にとってどれほど重要か： 温暖化の影響を例に

そもそも等級は農家経済にとってどれほど重要な存在なのだろうか。本節では温暖化が米の質と量に与える影響を比較することで、この点を明らかにする。

現在の農産物検査制度の下では、米(水稲うるち玄米)は1等、2等、3等、規格外の4つに分類される。基準となるのは、整粒(被害粒等を除いた割合)、品質(粒形や光沢等の外観)、水分、被害粒、死米、着色粒、異種穀粒、異物の混入程度である(第2表)。近年の全国平均は、1等が約8割、2等が2割弱、3等と規格外が数%ずつという状況である。価格は、1等が60kgあたり1万数千円で売れるのに対して、2等はこれよりも約600円、3等は約1,600円、規格外は約4,000円、価格が下がる(集荷業者への聞き取りに

(註3) 我が国の検査制度の史的展開を扱ったものとして玉(2013)がある。理論研究例として、経済厚生への影響を整理したBockstael(1987)、生産と流通の資源配分を扱ったHennessy(1995)、検査を受けるかどうかの意思決定を扱ったHollander et al.(1999)、実証研究例としては、等級の決定要因を探る研究(Balagtas et al. 2007, Belasco et al. 2010, Kawasaki et al. 2014a, Lusk et al. 2003)、農業生産額を最大化するような等級の定義を探るもの(Lyford et al. 2000)、等級の格付けミスをテーマにした研究(Chalfant et al. 1999, 2002, Hueth et al. 2007)などがある。

(註4) 今ひとつの根拠として、全国統一的な規格によって現物の確認を要しない円滑な取引を可能にする点も挙げられる。

(註5) 等級の基準となる外観品質は、その名の通り、ある程度は見た目で見分けできるものの、正確な品質を知るためには熟練した検査員による農産物検査が不可欠である。

第2表 水稲うるち玄米の検査規格（平成25年産）

	最低限度		最高限度							
	整粒 (%)	形質	水分 (%)	被害粒, 死米, 着色粒, 異種穀粒および異物						
				計 (%)	死米 (%)	着色粒 (%)	異種穀粒			異物 (%)
もみ (%)	麦 (%)	もみおよび麦を除いたもの (%)								
1等	70	1等標準品	15.0	15	7	0.1	0.3	0.1	0.3	0.2
2等	60	2等標準品	15.0	20	10	0.3	0.5	0.3	0.5	0.4
3等	45	3等標準品	15.0	30	20	0.7	1.0	0.7	1.0	0.6

規格外：1等から3等までのそれぞれの品位に適合しない玄米であって、異種穀粒および異物を50%以上混入していないもの。

よる)。

米の等級を引き下げる原因として近年問題となっているのが、高温障害である。稲作では一般に5月が田植期、8月が出穂期、9月から10月ごろが収穫期となる。出穂から1カ月程度の間は登熟期と呼ばれ、稲の生育にとって極めて重要な期間である。この間の気温が高すぎると、白未熟粒、充実不足、胴割粒、カメムシ被害等が発生し、等級の低下要因になる。特に記録的な猛暑だった2010年には、北日本を除いて1等比率は3~5割にまで大幅に低下した。

登熟期の気温と米の生育の関係については、すでに作物学分野で多くの研究蓄積がある。若松ら(2007)は、出穂後20日間の平均気温27度以上で白未熟粒(等級の規定要因)が多発するが、それ以下の温度ではほとんど発生しないこと、千粒重(単収の規定要因)は、登熟期の平均気温24度程度をピークとし、それより低温でも高温でも低下することを明らかにした。つまり品質は高温に弱い、単収は低温にも高温にも弱いのである。同様の結果は他でも得られている(森田2005; Tashiro et al. 1991)。

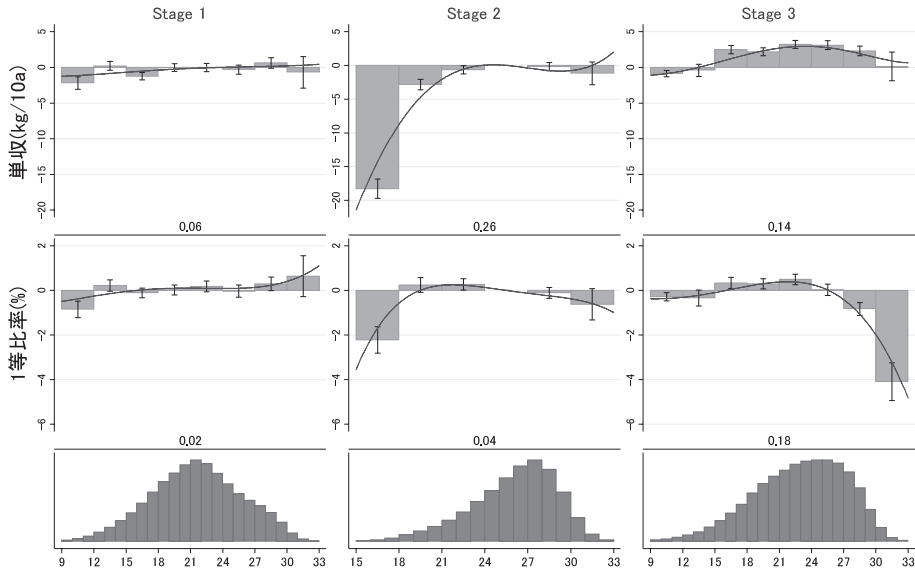
一方、温暖化の影響予測としてIizumi et al (2011)は、北海道では2090年代のコメの単収が30%近く増加するが、他の地域では微増に留まることを示している。同様に横沢ら(2009)は、3度の気温上昇までは、全国平均の米収量は現在と同程度かあるいはやや増加すると結論付けている。九州を対象としたOkada et al. (2011)は、1等米比率は現行の約60%の水準から、今世紀末には約20%にまで低下すると予測している。

これら先行研究はいずれも貴重な知見を与えるものだが、単収、白未熟粒、1等比率といった個別の要素への影響が明らかになっても、結局どれが最も農家経済にとって問題か、という点は未だ明らかになってい

ない。量と質を同時に考慮し、気温上昇の影響を金銭的に評価する必要がある。また上記の研究の多くは実験に基づくものだが、同様の結論が現実のデータからも観察されるかどうかは不明である。さらに等級比率を回帰分析で扱う場合、方法論上の問題に注意せねばならない。まず上述の研究成果が示唆するように、等級はある気温を超えると急激に低下するが、それ以下の気温からはほとんど影響を受けない可能性がある。つまり単純な一次関数や二次関数による回帰分析では不十分であり、非線形性を明示的に扱う必要がある。第2に、検査の自主性に起因したセレクションバイアスの問題がある。米の受検率(生産量に占める検査を受けた米の割合)は、年によっても異なるが、概ね50~70%である。仮に品質が悪ければ検査に出さない等の行動があれば、観察された等級比率のデータはランダムサンプリングとは言えず、OLS推計は一致性を持たない。

そこで筆者らは上記の問題を解決すべく、気温と単収・品質の関係を分析した(Kawasaki et al. 2014b)。まず非線形性に対処するためにStep functionを用いた。すなわち3度間隔で気温帯を分け、日平均気温を基にそれぞれの日数をカウントする(例えば12~15度の日数、15~18度の日数、...)。そしてこれらを説明変数として用いることで、気温帯別に係数を推計した。さらにセレクションバイアスを解消するためにサンプルセレクションモデルを用い、農家収入への影響を推計可能にするために単収と各等級比率を同時推計した。

データは1976~2010年の県レベルデータである。ただし、気象データは全国約1,300地点の気候観測所の日別データを基にしている。まず各市町村の役所所在地から最も近い気候観測所のデータを代入すること



第1図 気温が米の単収と1等比率に与える影響

で市町村レベルの気象データを作成し、これを市町村別の米作付面積で加重平均して県レベルデータに集計した。さらに気候の影響は生育ステージごとに異なるため、3つのステージごとに気候データを作成した。Stage 1は田植から出穂前3週間まで（栄養生長期）、Stage 2は出穂前3週間から出穂まで（生殖生長期）、Stage 3は出穂から刈取期まで（登熟期）である。Stage 2の期間は、2～5週間の中で最もフィットのよい値を選んだ。作期は、作物統計に記載された田植、出穂、刈取日の最盛期（県別・年別）を利用した。気温以外の説明変数は、日照時間、降雨量、最大風速15m以上の日数、およびこれらの2次項、県ダミー、地域別のタイムトレンドなどである。

気温の影響を第1図に整理した。下段のヒストグラムは、ステージごとの日平均気温の日数分布であり（作付面積をウェイトとした全国平均）、上段と中段は気温が単収と1等比率に与える限界効果である。Step functionの推計値はグレーのバー、推計値の90%信頼区間は垂直のラインで示されている。また頑健性のチェックのため、4次のPolynomial functionによる推計値も付記されている（曲線）。

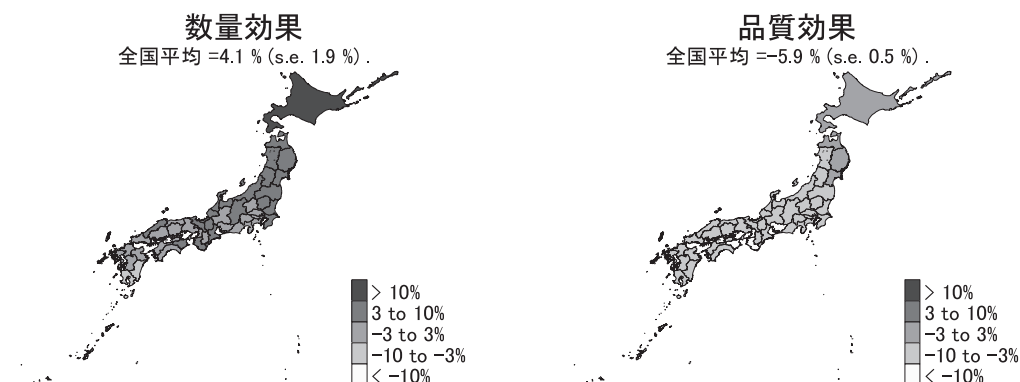
単収から見ていくと、まずStage 1の気温はあまり影響しないことがわかる。いずれの気温帯も推計値はほとんど有意でないし（垂直線がゼロと重なっている）、絶対値も小さい。一方、Stage 2で低温に直面すると単収は大きく下がる。21度以上の日に比べ、18度未満の日が1日増すごとに単収は約18 kg/10 a

（4%弱）も低下する。一方でStage 3では低温による単収の低下がさほど顕著でない。冷害が特に問題となるのは出穂前と言える。出穂前3週間ごろから出穂までの間は生殖生長期と呼ばれ、穂の元となる幼穂が形成される重要な時期である。この間の平均気温が20度を下回ると不稔（実にならない）モミが発生し始めると言われており（下野2012, p.35）、本稿の結果はこれを裏付けるものである。

一方、Stage 3の気温の影響は上に凸な二次関数状である。最も望ましい気温は20度台であり、15度を下回ったり30度を超えると単収の低下が目立つ。

グラフ内の数値は、単収の変動のうち各ステージの気温によって説明される割合を表しており、Stage 1, 2, 3の気温で単収変動の6%, 26%, 14%を説明できることがわかる。なお、Stage 1, 2, 3の長さは約9週間、3週間、約7週間である。期間の長さを考慮してもStage 2の説明力は群を抜いている。

次に1等比率は、単収同様、Stage 1の気温からはほとんど影響を受けない。Stage 2では低温に反応する傾向が見られるが、これは不稔に伴う登熟歩合の低下や外観の悪化などを反映しているのだろう（西山1985）。しかし、等級に最も影響を与えるのはStage 3である。Stage 3の気温は1等比率の変動の18%を説明しており、特にこの時期に30度以上の真夏日が1日増えると、1等比率は4ポイントも低下する。対照的に、低温による被害は観察されない。先行研究も指摘するように、等級は低温より高温に弱いのである。



第2図 数量効果と品質効果

以上の結果を基に気温上昇が農家収入に与える影響を試算する。想定するのは、平均気温が現在（1990～2010年平均値）よりも3度上昇する状態である。気温以外の気象条件（降雨量や日射量）の変化は考慮しない。また各等級の価格も不変とする。単収はほとんど変化しないため（+4%）、この仮定は概ね妥当であろう。なお気温が上昇すれば、一般に作付から出穂や収穫までの期間が短縮されるため、本稿では累積気温に基づいて作期の変化を予測した。

気温の上昇が単収変化を通じて収入に及ぼす影響（数量効果）と、等級シェアの変化を通じて収入に及ぼす影響（品質効果）とに分けて、結果を示した（第2図）。図から、数量効果は北日本でプラス、品質効果は西日本でマイナスという傾向が読み取れる。このように量と質とで影響が異なる原因は、気温に対する反応の非対称性にある。単収は低温に、品質は高温に弱い。したがって北日本では冷害が減って単収が増加する一方、温暖な地域では高温障害によって1等比率が低下するのである。全国平均では、数量効果は+4.1%、品質効果は-5.9%である。「気温上昇の悪影響は量よりも質に表れる」と言える。

この結論は他の推計方法でも変わらない。出穂前を他の週数（2～5週間）で区切った場合、作期ではなく月単位で生育ステージを定義した場合（5～9月ないし5～7月と8～9月）、Step functionではなく、Polynomial functionや平均気温の二次関数で推計した場合など、様々なパターンを試したが、数量効果は有意でないか正であるのに対し、品質効果は負に有意であり、その大きさも-2～-6%と安定的であった。

5. いかに等級を引き上げるか：品質支払の効果

このように、温暖化によって米の品質悪化が予想さ

れる以上、何らかの対策が必要である。また第3節でも述べたように、情報の非対称性に伴う品質向上努力の低下を阻止することも重要な政策課題である。本節では、等級を引き上げるための方策を経済学的な視点から考える。

まず作物学者の高温障害に対する処方箋は、遅植えや晩生品種の採用（出穂期をずらし夏場の高温を避ける）、施肥管理（食味向上のために施肥量を落とすすぎると、高温障害を受けやすい）、水管理（かけ流し・深水栽培・落水時期の延長）、土壌管理（地力向上・深耕）、高温耐性品種の導入（九州では徐々に普及し始めており、2010年の猛暑では高い効果が認められた）などである（森田2011、農林水産省2011）。いずれも「技術」で品質を高めようとする試みである。

他方、経済学者の処方箋は「インセンティブ」を高めることを目指している。品質向上には技術だけでなく、生産者の意欲と努力が不可欠と考えるのである。そうした仕組みとして第一に考えられるのが、例えば1等なら1,000円/kg、2等なら500円/kgなどと、上位等級ほど高い補助金を支給する仕組みである。本稿ではこれを「品質支払」と呼ぶ。等級間の価格差が品質を高めることについては、小麦農家を対象としたシミュレーション分析（Takahashi et al. 2013）や計量分析（Kawasaki et al. 2014a）で確認されている。

等級の数や規格も、等級ごとの市場価格に影響を与え、収入を左右する（Lyford et al. 2000）。需要の高い区分の生産量が少なくなるように等級を定義すれば、価格を吊り上げることができるためであり、いわば独占の理論に類似した考え方と言える。

また、品質が一定基準に満たない商品を市場に流通させない仕組み（Minimum quality standard）によっても、生産者の努力を誘発することが可能である

(Leland 1979). さらにこうした仕組みは、生産調整よりも効率的な場合がある (Saitone et al. 2010). 一律に生産調整を課すのではなく、低品質な商品を市場から締め出すことによって、生産調整よりも効率的に価格を維持することができるというわけである。

このほか、品質が悪化した場合のセーフティネットとして、これまで主流だった単収の低下をカバーする作物保険ではなく、価格・収入の低下にも対応しうる収入保険を普及させることも有効であろう。ただし保険は、品質改善の取り組みが失敗した場合のリスクを緩和することで、生産者に積極的に品質改善に取り組ませる効果を持つ一方で (Insurance effect), 収入が下支えされるがゆえに、品質悪化を回避する努力を阻害してしまう効果 (Moral hazard) もあるため、品質に与える影響は定かでない。

このようにいくつかの処方箋が考えられるが、本稿ではこのうち品質支払に着目して議論を深めてみたい。品質支払は我が国で既に長い歴史を持っており、小麦、大豆、てん菜、でん粉原料用ばれいしょ等の畑作物では、等級やその他の品質によって異なる助成単価が設定されている (註6)。しかし、その理論的な特性は全く解明されていない。数量支払 (生産量に応じた支払、1 kg あたり〇〇円)、固定支払 (当該年の生産とはデカップルされた支払、一戸あたり〇〇円)、面積支払 (作付面積に応じた支払、10 a あたり〇〇円) と比べ、品質支払が生産者に与える影響にはどのような特徴があるのだろうか。

この点を分析した Kawasaki (2014) は、農家の努力量 (農業・肥料・労働などを含む) が品質と単収の両方を引き上げる場合、品質支払は数量支払よりも効果的であることを示した。ここで効果的というのは、補助金の支出1円あたりの努力量の増分が高い、という意味である。品質と単収は努力量が増えれば上昇すると仮定されているため、言い換えれば、補助金の支出1円あたりの品質と単収の増分が高い、ともいえる。なお、固定支払や面積支払は、農家所得や作付面積を増やす働きはあるが、(限界生産性に影響しないため) 直接的には努力水準に影響しない。したがって、品質や単収にも影響しない (註7)。

等級が2つだけの場合を例に、これを証明しよう。まず農家の利潤は次の式で与えられる。

$$\pi = \sum_{g=1}^2 \left[(p_g + L_g) s_g(x) \right] y(x) + Ny(x) - c(x)$$

ただし π は面積あたり利潤、 p_g は等級 g の市場価格、 s_g は等級 g のシェア、 y は単収、 c は生産費である。また x は努力量を表し、肥料投入や労働時間等を総合的に反映した指標である。 L_g は等級 g に対する品質支払の単価、 N は数量支払の単価である。等級は2つのみで、 $g=1$ は高品質 (1等)、 $g=2$ は低品質 (2等) を表す。品質支払の目的を考えれば、下位等級に補助金を支給することは不合理なため $L_2=0$ とする。また $s'_1 \geq 0$, $y' \geq 0$, $c' \geq 0$ と仮定する。これは努力量を増やすと1等比率、単収、生産費が増加することを意味する。利潤最大化の一階の条件と二階の条件は、

$$\begin{aligned} \pi_x &\equiv \sum_{g=1}^2 \left[(p_g + L_g) s'_g \right] y + \sum_{g=1}^2 \left[(p_g + L_g) s_g \right] y' \\ &\quad + Ny' - c' = 0 \\ \pi_{xx} &\equiv \frac{\partial \pi_x}{\partial x} < 0 \end{aligned}$$

である。一階の条件を全微分すれば、 $\pi_{xx} dx + (s'_{1y} + s_{1y}') dL_1 + y' dN = 0$ だから、変形して、

$$\frac{dx}{dL_1} \Big|_{dN=0} = - \frac{s_{1y}' + s'_{1y}}{\pi_{xx}} \quad \text{および} \quad \frac{dx}{dN} \Big|_{dL_1=0} = - \frac{y'}{\pi_{xx}}$$

が導ける。仮定より $s'_1 \geq 0$, $y' \geq 0$, また二階の条件から $\pi_{xx} < 0$ だから、二式の符号は正である。したがって品質支払や数量支払の単価を上げれば、努力量が増加することが示された。

次に補助金の費用対効果を計算する。政府の補助金支出額は $T \equiv L_1 s_{1y} + Ny$ と書ける。初期時点において品質支払と数量支払の単価をゼロとすると (計算の単純化のため、ゼロでなくとも品質支払が効果的という結論に影響はない)、品質支払と数量支払を導入した場合の政府支出の変化は、それぞれ以下の通り近似できる。

$$\begin{aligned} \frac{dT}{dL_1} \Big|_{dN=L=N=0} &= s_{1y} + \left(L_{1y} \frac{\partial s_1}{\partial x} + L_1 s_1 \frac{\partial y}{\partial x} + N \frac{\partial y}{\partial x} \right) \frac{\partial x}{\partial L_1} \\ &= s_{1y} \\ \frac{dT}{dN} \Big|_{dL_1=L=N=0} &= y + \left(L_{1y} \frac{\partial s_1}{\partial x} + L_1 s_1 \frac{\partial y}{\partial x} + N \frac{\partial y}{\partial x} \right) \frac{\partial x}{\partial N} \\ &= y \end{aligned}$$

したがって、品質支払と数量支払の費用対効果 (政府支出1円あたりの努力量の増分) は、

(註6) 近年の単価は農林水産省 (2006, 2012, 2013) を参照。また『食糧管理統計年報』を遡ると、1960年産の段階で既に等級別に買入価格が設定されていたことがわかる。

(註7) 固定支払や面積支払は、本来であれば市場から退出していたであろう生産性の低い農家や土地を農業に留ませる可能性がある (Bhaskar et al. 2009 : p. 144)。

$$CE_L \equiv \frac{dx}{dL_1} \Big/ \frac{dT}{dL_1} = -\frac{1}{\pi_{xx}} \left[\frac{y'}{y} + \frac{s_1'}{s_1} \right]$$

$$CE_N \equiv \frac{dx}{dN} \Big/ \frac{dT}{dN} = -\frac{1}{\pi_{xx}} \left[\frac{y'}{y} \right]$$

となる。\$s_1'/s_1 \ge 0\$ だから、品質支払の費用対効果 (\$CE_L\$) は、数量支払のそれ (\$CE_N\$) よりも小さくないことが証明された。

このように品質支払の方が効果的となるのは、品質支払が等級と単収の両方を改善するインセンティブを農家に与えるのに対して、数量支払は単収改善のインセンティブしか与えないためである。品質支払の受領額は \$L_1 s_1 y\$ であるから、\$s_1\$ ないし \$y\$ を増やせば受領額が増えるのに対し、数量支払の受領額は \$N y\$ であるから、受領額を増やすためには \$y\$ を増やすしかない。

等級数が3つ以上の場合には証明が複雑になるため、結果のみ紹介する。等級数を \$G\$ とし、1等から \$H\$ 等までを品質支払の対象とする。\$H\$ は1から \$G-1\$ までの任意の値である。品質支払の目的を考え、上位等級ほど補助金の単価は高いと仮定する。また \$y' \ge 0\$、\$s_1' \ge 0\$ に加え、努力量 \$x\$ を増やすと、1等から \$g\$ 等までのシェアの合計が増加すると仮定する (\$g=1, 2, \dots, G-1\$)。これは等級数が2つの場合に用いた仮定 (\$s_1' \ge 0\$) の単純な拡張であり、現実的な仮定である。なぜなら等級を1等から \$g\$ 等までの上位等級と、\$g+1\$ 等から \$G\$ 等までの下位等級とに分割すれば、この仮定は \$x\$ を増やすと上位等級のシェアが増加し、下位等級のシェアが減少する、と述べているにすぎないからである。この場合、以下の命題が成立する。

命題1: 品質支払は数量支払よりも効果的に努力量を向上させる。

上述の通り、固定支払や面積支払は努力量には直接影響しないから、様々なタイプの補助金の中で、費用対効果の観点から見れば、品質支払が最も有効と言える。

なおこの命題は、農産物検査法が定義する「等級」でなくとも成立する。例えば、糖分が \$\Delta\Delta\%\$ 以上であれば1等、それ以下なら2等というように、独自の「等級」を定義してもよい。単に全ての生産物に一律

に数量支払を行うのではなく、一定の基準を基に「品質」を定義し、その品質が高いほど単価を高く設定することによって、努力量を効率的に向上させ、結果的に品質と単収を向上させることができるのである。

なお、上記の分析では投入物は努力量 (\$x\$) の1つのみで、また努力量は単収と上位等級の両方を増やすと仮定されていた。もし投入物が複数あり、その一部に品質を低下させるような働きがある場合には、命題1は必ずしも成立しない。例えば、残留農薬値に基づいて等級を決めるとすれば、農薬は単収を増やすが等級を低下させることになる。この場合、上記の命題は必ずしも成立せず、極端なケースでは品質支払を行うことによって、むしろ努力量が低下する可能性がある(註8)。しかし実際には、等級の基準(被害粒、死米、異種穀粒、異物の混入程度)は、その多くが単収と正の相関をしていると考えられるため、単収を上げるが等級を下げるような投入物は想定しにくい。したがって、命題1が成立する可能性が高いと言える。

次に、品質支払の最適単価を検討する。数量支払では単価を1つだけ決めればよいのに対し、品質支払では等級ごとに単価を設定せねばならず、制度設計はより複雑である。この問いに答えるためには、より明示的に等級の決定メカニズムを定式化する必要がある。その際には、等級のシェアが Ordered (各等級の間には明確な序列関係がある) かつ Fractional (等級シェアは0~1の値で計測される) という特徴を持つことを考慮せねばならない。本稿ではそうした特徴を明示的に定式化した、Kawasaki et al. (2014a) の Ordered Fractional モデルを採用する(註9)。このモデルを仮定すると、以下の命題が成立する。

命題2: 品質支払の対象となる等級のうち最も低い等級 (\$H\$) の単価を下げるほど、費用対効果は高まる。

例えば等級数が5つで、品質支払の対象を1等から4等までとしよう。このとき命題2は、(1~3等の単価は固定した状態で) 最も下位の4等の単価を下げれば費用対効果を改善できることを示している。したがって、最適な4等の単価はゼロとなる。つまり4等まで

(註8) 品質支払を導入すると、農家はまず品質を上げるために努力量を増やし、農薬を減らそうとする。しかし農薬が減ると努力量の限界生産性も低下すると仮定した場合、極端なケースでは、最適な努力量水準が品質支払前よりも低下しうる。

(註9) 潜在的な品質水準は、努力量と正規分布を含む特定の分布に従う誤差項の和で決まり、等級は、この潜在的な品質水準の値によって規定されると仮定したモデル。品質に対するショックを様々な生産物で平均したものが誤差項であることを考えれば、中心極限定理が示唆するように正規性が成立するはずである (Just et al. 1999)。もしくはフロンティア分析で想定されるような、正規分布と負値のみをとる切断正規分布の和であってもよい。

を支払い対象とするよりも、3等までを対象とした方が望ましい。できるだけ上位等級に限定する方が望ましいのである。しかし3等までが支払い対象ならば、今度は最も下位の等級は3等となる。したがって、再び上記の命題を適用すれば、最適な3等の単価はゼロとなる。これを繰り返していくと以下の命題が導ける。

命題2：最も費用対効果の高い品質支払は、1等のみに補助金を支払うものである。

では、1等の単価はどのように設定すればよいのか。それについては、以下の命題が利用できる。

命題3：1等のみに品質支払を行う場合 ($H=1$)、費用対効果は単価によらず一定である。2つ以上の等級を対象に品質支払を行う場合 ($H \geq 2$)、1等と2等の単価の格差を広げるほど、品質支払の費用対効果は高まる。

1等のみに補助金を支払う場合、費用対効果は単価によらず一定である。つまり単価を1単位上げたときの努力量の増分は常に一定である。一方、1等のみを対象とすることが政治的な理由等によって難しく、上位いくつかの等級に補助金を支払わざるを得ないのであれば、1等と2等の単価の差をできるだけ上げた方が費用対効果の観点からは望ましい。ただし、中位等級の単価格差(2等と3等など)を広げたときに費用対効果が高まるかどうかは、理論的には確定できない。

なお本稿では、品質支払が等級の向上に効果的であることを示したが、消費者の効用を分析に含めることはできなかった。第2節でも述べたとおり、食味、成分、残留農薬など等級には反映されない品質特性は多数ある。例えば等級を上げるために生産者が農薬を多投するようになれば、品質支払が消費者の効用を下げる可能性もある。こうした需要サイドのモデル化は今後の課題としたい。

6. おわりに

本稿では、品質の中でも特に等級に焦点を当て、いくつかの基礎的な知見を明らかにした。得られた第1のメッセージは、「等級は農家経済にとって大きな影響を持つ」というものである。第4節の計量分析は、温暖化は単収よりもむしろ等級の悪化を通じて農家収入に悪影響を及ぼすことを示唆していた。品質向上策は我が国の農業にとって重要な課題と言える。

しかし、一体どのような政策手段が望ましいのだろうか。2007年の品目横断的経営安定対策以降、生産刺激的な「黄の政策」は約7割削減され、代わりにデカップルされた「緑の政策」が導入されている。理論的には、緑の政策は市場を歪めず、最も効率的に農家

所得を増大させることができるが、品質や単収の向上には寄与しない。それは「生産を刺激しない」という緑の政策の定義からも明らかである。したがって品質や単収の向上を目指すならば、緑ではなく、黄の政策を活用するほかない。

しかし、黄の政策にも様々なタイプがある。特に2007年以降、黄の政策の予算が大幅に削減されたことを考えれば、残された限りある予算をできるだけ効率的な方法で活用していくことが不可欠である。そうした観点から言えば、品質支払は非常に有力な候補である。第5節で紹介した理論分析からは、いくつかの現実的な仮定の下で、数量支払や面積支払と比べて、品質支払が最も効果的に等級と単収を改善することが示された。特にその効果を高めるためには、支払対象を上位等級に限定し(できれば1等のみ)、また1等と2等の単価の格差をできるだけ広げることが有効である。

品質をめぐる研究課題は未だ山積している。実態、実証、理論、いずれもまだまだ手薄である。特に等級や品質支払に関する研究は海外でも少なく、世界をリードできる可能性がある。我が国の農業経済学会の「分析力」が試されるときである。

[付記] 本稿は筆者の個人的な見解を示したものであり、筆者の属する機関のものではない。また第4節と第5節の分析結果は暫定的なものであり、今後変更される。

引用文献

- Akerlof, G. A. (1970) The Market for "Lemons": Quality Uncertainty and the Market Mechanism, *The Quarterly Journal of Economics*, 84(3), 488-500.
- Balagtas, J. V., Smith, A. and Sumner, D. A. (2007) Effects of Milk Marketing Order Regulation on the Share of Fluid-Grade Milk in the United States, *American Journal of Agricultural Economics*, 89(4), 839-851.
- Belasco, E. J., Schroeder, T. C. and Goodwin, B. K. (2010) Quality Risk and Profitability in Cattle Production: A Multivariate Approach, *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 35(3), 385-405.
- Bhaskar, A. and Beghin, J. C. (2009) How Coupled are Decoupled Farm Payments? A Review of the Evidence, *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 34(1), 130-153.
- Bockstael, N. E. (1987) Economic Efficiency Issues of Grading and Minimum Quality Standards, Kilmer, R. L. and Armbruster, W. J. (eds), *Economic Efficiency in Agricultural and Food Marketing*, Iowa State University Press, Chapter 12, 231-250.
- Chalfant, J. A., James, J. S., Lavoie, N. and Sexton, R. J.

- (1999) Asymmetric Grading Error and Adverse Selection: Lemons in the California Prune Industry, *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 24(1), 57-79.
- Chalfant, J. A. and Sexton, R. J. (2002) Marketing Orders, Grading Errors, and Price Discrimination, *American Journal of Agricultural Economics*, 84(1), 53-66.
- Grunert, K. G. (2005) Food Quality and Safety: Consumer Perception and Demand, *European Review of Agricultural Economics*, 32(3), 369-391.
- Hennessey, D. A. (1995) Microeconomics of Agricultural Grading: Impacts on the Marketing Channel, *American Journal of Agricultural Economics*, 77(4), 980-989.
- Hollander, A., Monier-Dilhan, S. and Ossard, H. (1999) Pleasures of Cockaigne: Quality Gaps, Market Structure, and the Amount of Grading, *American Journal of Agricultural Economics*, 81(3), 501-511.
- Hueth, B., Marcoul, P. and Lawrence, J. (2007) Grader Bias in Cattle Markets? Evidence from Iowa, *American Journal of Agricultural Economics*, 89(4), 890-903.
- Iizumi, T., Yokozawa, M. and Nishimori, M. (2011) Probabilistic Evaluation of Climate Change Impacts on Paddy Rice Productivity in Japan, *Climatic Change*, 107(3-4), 391-415.
- Just, R. E. and Weninger, Q. (1999) Are Crop Yields Normally Distributed? *American Journal of Agricultural Economics*, 81(2), 287-304.
- Kawasaki, K. (2014) Economics of Quality Payment, mimeo.
- Kawasaki, K. and Lichtenberg, E. (2014a) Econometric Analysis of Grading Standards: The Ordered Fractional Approach, *American Journal of Agricultural Economics*, 96(1), 345-365.
- Kawasaki, K. and Uchida, S. (2014b) Nonlinear and Asymmetric Temperature Effects on Crop Yields and Quality: Case of Japanese Rice, mimeo.
- Leland, H. (1979) Quacks, Lemons, and Licensing: A Theory of Minimum Quality Standards, *Journal of Political Economy*, 87(6), 1328-1346.
- Lusk, J. L., Little, R., Williams, A., Anderson, J. and McKinley, B. (2003) Utilizing Ultrasound Technology to Improve Livestock Marketing Decisions, *Applied Economic Perspectives and Policy*, 25(1), 203-217.
- Lyford, C. P. and Starbird, S. A. (2000) Optimal Grade Definitions for Multiple Quality Characteristics, American Agricultural Economics Association, Annual Meeting.
- 森田敏 (2005) 「稲の登熟期の高温によって発生する白未熟粒, 充実不足および粒重低下」『農業技術』, 60(10), 442-446.
- 森田敏 (2011) 「イネの高温障害と対策—登熟不良の仕組みと防ぎ方」農山漁村文化協会.
- 西山岩男 (1985) 「イネの冷害生理学」, 北海道大学図書刊行会.
- 農林水産省 (2006) 『経営所得安定対策等実施要綱』.
- 農林水産省 (2011) 『平成 22 年度 高温適応技術レポート』.
- 農林水産省 (2012) 『平成 24 年度版 農業者戸別所得補償制度の概要』.
- 農林水産省 (2013) 『平成 25 年度 経営所得安定対策の概要』.
- Okada, M., Iizumi, T., Hayashi, Y. and Yokozawa, M. (2011) Projecting Climate Change Impacts both on Rice Quality and Yield in Japan, *Journal of Agricultural Meteorology*, 67, 285-295.
- Saitone, T. L. and Sexton, R. J. (2010) Impacts of Minimum Quality Standards Imposed Through Marketing Orders or Related Producer Organizations, *American Journal of Agricultural Economics*, 92(1), 164-180.
- 下野裕之 (2012) 『地球温暖化でも冷害はなくなる: そのメカニズムと対策』農山漁村文化協会.
- Takahashi, T., Okada, K., Suzuki, N. and Maeda, K. (2013) Bonus without a Reason: The Minimum Level of Price Premium Required to Shift Wheat Producers' Behaviour, *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 58(1), 191-193.
- 竹下広宣 (2009) 「食料消費と食の安全」生源寺眞一編著『改革時代の農業政策—最近の政策研究レビュー—』農林統計出版, 第 5 章, 67-87.
- 玉真之介 (2013) 『近現代日本の米穀市場と食糧政策: 食糧管理制度の歴史的 성격』, 筑波書房.
- Tashiro, T. and Wardlaw, I. F. (1991) The Effect of High Temperature on Kernel Dimensions and the Type and Occurrence of Kernel Damage in Rice, *Australian Journal of Agricultural Research*, 42(3), 485-496.
- 若松謙一・佐々木修・田中明男 (2007) 「暖地水稲における高温登熟条件下の日射量および湿度が玄米品質に及ぼす影響」『日本作物学會紀事』, 78(4), 476-482.
- 横沢正幸・飯泉仁之直・岡田将誌 (2009) 「気候変化がわが国におけるコメ収量変動に及ぼす影響の広域評価」『地球環境』, 14(2), 199-206.

要旨: 本報告では品質の重要な指標の 1 つである等級に焦点を当てて, 論点整理と分析結果の紹介を行う。はじめに品質を表すいくつかの指標を比較して等級の位置付けを整理した上で, 等級が必要となる根拠を情報の非対称性という観点から考える。次に温暖化が稲作に与える影響を例に, 農家経済における等級の重要性を明らかにする。計量分析の結果, 気温の上昇は量ではなく質の悪化を通じて収入を低下させることが示される。最後に等級の改善策として, 上位等級ほど補助金の単価が上昇する仕組み, 品質支払に着目し, 理論分析を行う。現実的な仮定の下, 品質支払は数量支払や固定支払よりも費用効果的に品質と単収を向上させることが示される。

キーワード: 品質, 等級, 地球温暖化, 農業政策