

琵琶湖の水質改善を目指した農業環境政策の経済分析

慶應義塾大学 経済学部
大沼あゆみ研究会 8期生
2011年度 インゼミ論文

2011.12.29

水班

秋澤祐輔
市川彩乃
井上理恵
深野雄二

目次

序論	3
I. 琵琶湖	
1.1 概要	5
1.2 琵琶湖の水質	7
1.3 琵琶湖周辺の農業	13
1.3.1 概要	13
1.3.2 農業濁水問題	15
1.3.3 環境こだわり農産物認証制度	18
1.3.4 環境農業直接支払制度	21
II. モデル分析	
2.1 現状整理	23
2.2 仮定の設定	23
2.3 分析	26
2.3.1 モデル	26
2.3.2 環境こだわり農産物認証制度の経済分析	27
2.3.3 環境農業直接支払制度の経済分析	29
2.4 考察	32
2.4.1 補助金支給の仕方を変更した場合	32
2.4.2 $\bar{\theta} = \frac{1}{4}$ に設定した場合	37
2.4.3 $\bar{\theta} = \frac{3}{4}$ に設定した場合	39
結論	41
分析数式付録	42
参考文献	50

序論

一般的に「水質汚染」と呼ばれる現象を引き起こす、窒素・リン等の水質汚濁物質の排出源はおおまかに点源 (point source) と面源 (nonpoint source) とに分類される。点源とは家庭や大規模工場など排出源が特定できるもの、対して面源は降雨による市街地からの汚濁物質の流入、あるいは農業由来のものなど、その発生源の特定が困難なものを指す。本稿で扱う琵琶湖などの湖沼、あるいは東京湾を代表とする内湾といった閉鎖性水域に汚濁物質が流入すると、水質悪化を引き起こし、時には赤潮やアオコといった生態系や経済活動に大きな影響を及ぼす現象が生じる。これを受けて、水質改善を目指し各地で汚濁物質排出に関する規制や条例が定められてきた。しかしこれらの規制はほとんどがその対象を家庭系・工業系、すなわち点源に限定したものであり、今日これらの規制による水質改善の効果は多くの場所で頭打ちの状態にある。そのため、さらなる水質改善を達成するためには、これまでその扱いの難しさから後回しにされてきた面源へのアプローチが必要とされる¹。

面源への対策が重要であるという点で日本最大の湖である琵琶湖も例外でない。琵琶湖では 1977 年に大規模な赤潮が発生して以来、1979 年の「富栄養化防止条例」をはじめとする数々の規制や条例が定められてきたが、そのいずれもが家庭や工場など点源を対象としたものだった。これらの規制により点源負荷はたしかに減少したが、その一方で面源負荷の状態は長きに渡りほぼ横ばい状態にある。結果として、今では琵琶湖における水質汚濁物質の排出源の約半分が面源となっており、もはや面源対策なしには琵琶湖のさらなる水質改善は果たすことは困難だと言える。これを背景に、滋賀県では面源負荷の中でも人間の経済活動である農業由来の汚濁物質流入削減を目指し、全国に先駆けて 2001 年から「環境こだわり農産物認証制度」、2004 年より「環境農業直接支払制度」といった経済的インセンティブの導入を開始した。そして、窒素やリンなどの汚濁物質流入削減に一定の効果をあげている。これらの政策の概要や定量的効果については、いくつかの文献により調査・検討が行われて来た²。しかし、経済学のフレームワークで政策分析を行った研究はほとんど存在しない状況となっている³。

¹ 面源負荷についての包括的な議論は Shortle and Abler (26), Shortle and Horan (27)が詳しい。

² 滋賀県(4), 宋(15)など。

³ 滋賀県における農業環境政策について経済学的分析を行った数少ない研究には吉田(20), 佐々木(2), 藤栄(18)の三つの研究が挙げられる。吉田(20)はコンジョイント分析により、環境こだわり農業による水質改善への住民の WTP を算出している。佐々木(2)は共分散構造モデルにより、環境支払政策に対する県民の意識構造を明らかにした。また、藤栄(18)は環境保全型農業が有する特徴やそれに取り組む農家のリスク態度を織り込んだ農家行動モデルを用いて、農業環境政策が農家行動に及ぼす影響を検討している。しかし、現行の環境農業直接支払制度の「一定水準以上のまとまりをもって取り組まないと支給されない」と

本稿の流れは以下の通りである。まずⅠ.では研究対象である琵琶湖の概要からはじめ、水質状況の変遷、琵琶湖周辺の農業の特徴と水質汚濁物質排出について述べた後、本稿の分析で特に着目する「環境こだわり農産物認証制度」と「環境農業直接支払制度」について概説する。Ⅱ.では、現状整理を行い現行の認証制度・直接支払制度の仕組みを整理した上で、集落行動と農業環境政策の関係に関する経済モデルを構築する。そして、これらの政策がいかに機能し、どのような効果をもたらしているのかを経済学的見地から明らかにし、考察を行う。

いう基準についてはモデルに組み込まれていない。

I. 琵琶湖

本稿の目的は農業由来の水質汚濁物質排出を抑える経済的インセンティブについて検討することであるが、それに先立ち、分析の対象とする琵琶湖について概観する。

1.1 概要



図 1 琵琶湖および周辺地図

出所：Map Fan Web (<http://www.mapfan.com/>)より作成

琵琶湖は本州の中心部である滋賀県に位置し、大津市と守山市を結ぶ琵琶湖大橋を挟んで北を北湖、南を南湖と呼ぶ。日本国内に存在する湖沼の中で最大の面積(表面積 670 km²)を誇り、滋賀県の面積全体の約 1/6 を占める。大小 460 本余りの河川が流れ込み、最大深度は 104m、貯水量 275 億 t を有する⁴。滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県にわたる 1,200 万人にその湖水が供給されており、近畿圏の主要域は琵琶湖からの水の恵みの上

⁴ 和田(20), p.197.

に成り立っていると言っても過言ではない。琵琶湖流域では水田での稲作，そして独特の漁業が長らく行われて来た。また，かつて「近江八景」と呼び琵琶湖の風景を楽しんだことや，今でも近隣住民が親しみを込めて「海」と呼んでいる事実で代表されるように，人々と琵琶湖の関係は歴史的に見ても密接なものとなっている。

琵琶湖は日本でただ一つ，そして世界でも二十ほどしか存在しない「古代湖」に分類される。古代湖とは十万年以上に渡り存在している湖を指し，琵琶湖はおよそ四百数十万年前から存在していた。その形状・状態を長期間に渡って大きく変化させることのない湖であり，それゆえに琵琶湖固有の生物も数多く存在する。郷土料理「ふなずし」の材料となるニゴロブナとゲンゴロウブナを始め，貝類と魚類の固有種は特に数が多く，貝類は 29 種，魚類は 15 種の固有種が生息している。また，ラムサール条約にも登録されており，国際的にも重要な湿地と認識されている。

	魚類	貝類	昆虫類	甲殻類	その他無脊椎動物	水生植物	その他の固有種
絶滅危惧種	ワタカ アブラヒガイ スシマドジョウ大型種* スシマドジョウ小型種*	イケチョウガイ オグラヌマガイ	カラムラナベブタムシ	ピワミシシコ	ピワツボカムリ イカルビル		
絶滅危機 増大種	イトコナマス ホンモロコ イサザ	フトマキカワニナ ナンゴウカワニナ クロカワニナ ナカセコカワニナ オオウラカワニナ タテジカワニナ ホトコテボシガイ		アナンテールヨコエビ ナリタヨコエビ ピワカマカ	ピワオオウズムシ	サンネンモ	
希少種	ピワコオオナマス ピワヒガイ ゲンゴロウブナ ニゴロブナ	ナガタニシ イボカワニナ モリカワニナ タケシマカワニナ ホリマキカワニナ シライシカワニナ メンカラスガイ マルドブガイ セタシジミ					
要注目種	ピワマス スゴモロコ	ヒロクチヒラマキガイ					
分布上重要種	ピワヨシノボリ* ウツセミカシカ	タテヒダカワニナ ハベカワニナ ヤマトカワニナ カゴメカワニナ ピワコミスシタダミ ガドヒラマキガイ オウミガイ タテボシガイ ササノハガイ カラムラマシジミ	ピワコシロカゲロウ ピワコエグトビケラ			ネシシモ	
レッドデータブック で検討対象と しなかった種							ピワクシヨウモ(3変種) スズケイソウ スズケイソウモドキ

表 1 琵琶湖固有種と滋賀県レッドデータブックの指定カテゴリ

出所：『琵琶湖ハンドブック』

1.2 琵琶湖の水質

琵琶湖はかつてその水を手ですくって飲めるほどきれいだったと言われる。しかし1950年代からの経済成長・人口増加に伴い徐々に水質が悪化し、1977年に琵琶湖ではじめて赤潮が、1983年にはアオコが発生し、以来毎年のようにこれら赤潮やアオコが琵琶湖で出現するようになった。これを受け、リンが含まれる合成洗剤の使用を止めて粉石けんを使おうという、「石けん運動」と呼ばれる住民レベルでの琵琶湖の水質改善運動が行われるようになった。また、行政レベルでも水質改善を目指し、1979年には富栄養化防止条例、1981年には環境影響評価要項制定など、各種規制・条例が定められてきた。前述のように琵琶湖は人々の生活に密接に結びついている湖だということもあって、下水道整備などに多額の予算がつけ込まれた。下図2では、滋賀県では下水道整備が急ピッチで進められて来たことが明確に示されている。70年代終わりから数十年に渡り、滋賀県においては「環境保全＝琵琶湖の水質改善」という時代だったと言える。

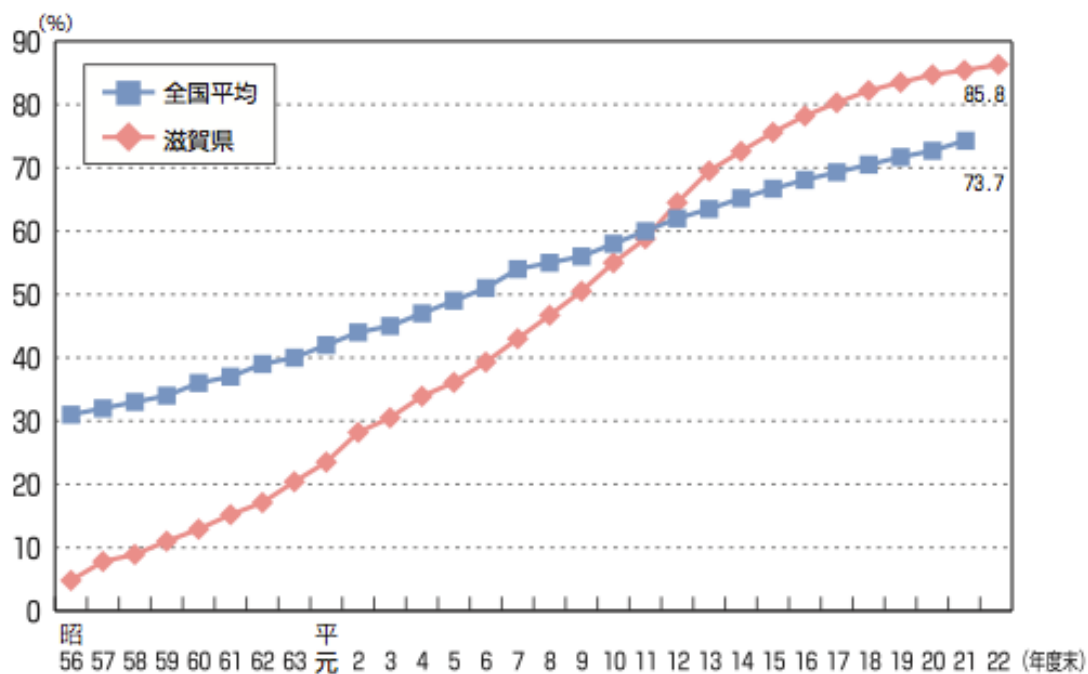


図2 滋賀県と全国の下水道普及率の推移

出所: 『滋賀の環境 2011』

排水規制の強化・下水道の整備といった、これらの取り組みが実際にどのくらい効果があったのかは、滋賀県が毎年発行している『滋賀の環境（滋賀県環境白書）』の水質関連データから読みとることが可能だ。

まず、水質状況を示す代表的な指標である全窒素(T-N ; Total-Nitrogen)、全リン(T-P ; Total-Phosphorus)と COD⁵の1979年(琵琶湖富栄養化防止条例制定年)から現在にかけての推移を見てみる。

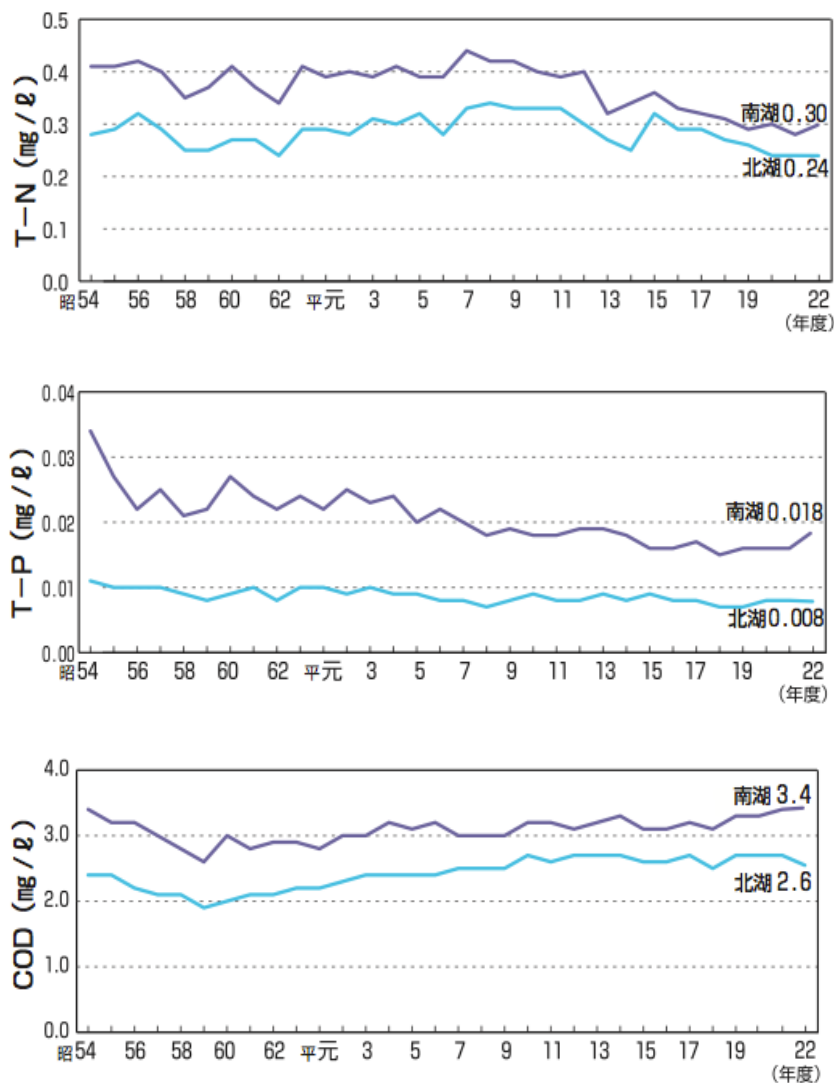


図 3 琵琶湖の全窒素、全リン、CODの推移

出所：『滋賀の環境 2011』

⁵ 化学的酸素要求量 (Chemical Oxygen Demand). 水中の非酸化生物質を酸化するために必要な酸素量を示したもの。代表的な水質指標の一つであり、値が高いほど水中に有機物が多く、水質状態は悪いとされる。

これらの図から、窒素とリンは多少の減少傾向に、そして COD は横ばいあるいは多少の上昇傾向にあることが読み取れる。ならば、これまで住民や行政が行って来た行動や規制は大きな効果が無かったのだろうか。ここで、下図 4 にまとめられているそれぞれの指標を発生源別に分けたグラフを見てみると、更に詳しい実態が分かる。

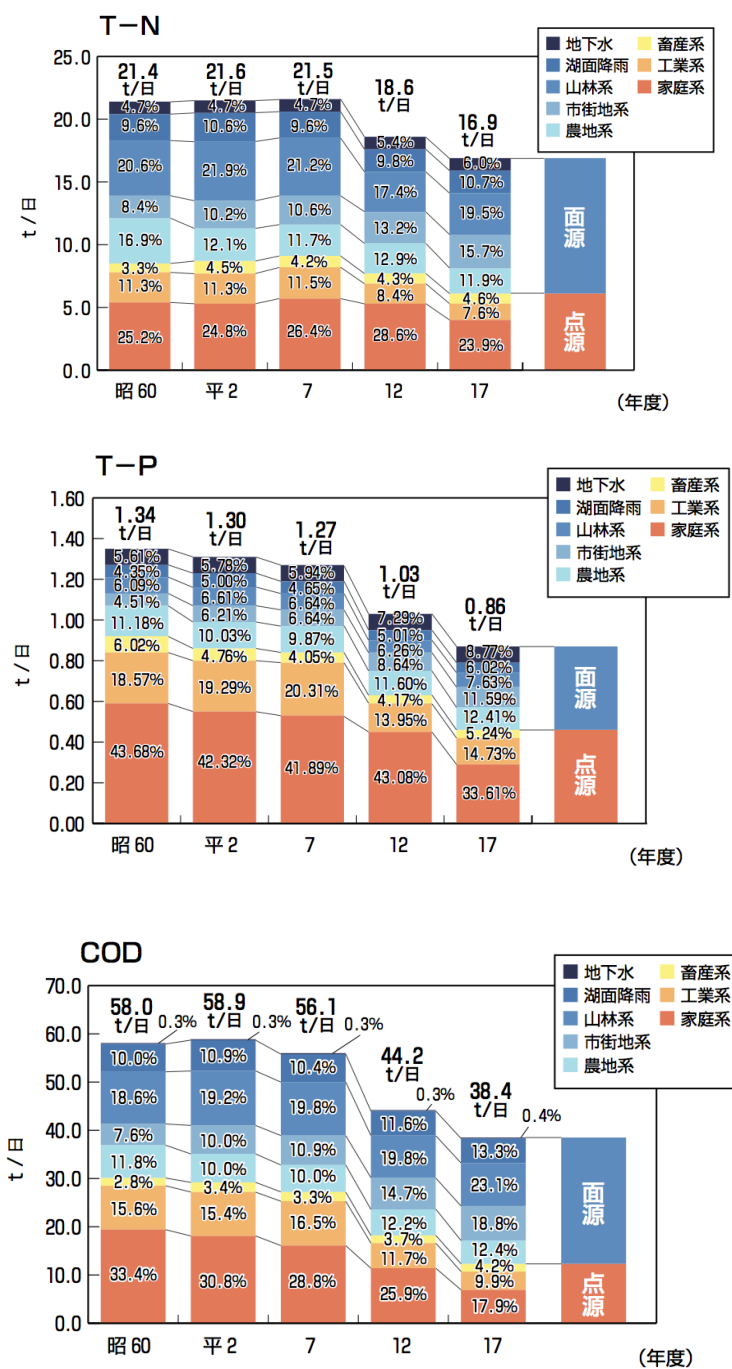


図 4 発生源別全窒素，全リン，COD 負荷量割合

出所：『滋賀県の環境 2011』

汚濁物質の排出源が特定しやすいもの（点源）からの汚染は概して減少傾向にある。特にリンと COD に関しては家庭系、工業系からの排出が大きく削減されているのが明らかだ。これらは住民レベルでの行動の変化、そして行政による各種規制が点源負荷に対して一定の削減効果をあげていることを示している。

それでは琵琶湖の水質は完全に改善されたのかと言えば、そうではない。表 2 にまとめられているように、琵琶湖はほぼ全ての項目においてその環境基準⁶を依然として達成できていない状態にある。

基準値	pH	COD	SS	DO	大腸菌群数
	6.5以上 8.5以下	1mg/ℓ	1mg/ℓ 以下	7.5mg/ℓ 以上	50MPN/ 100mℓ以下
北湖 (4定点)	35/48 (未達成)	2.9 (未達成)	39/48 (未達成)	48/48 (達成)	20/48 (未達成)
南湖 (4定点)	30/48 (未達成)	5.0 (未達成)	8/48 (未達成)	45/48 (未達成)	14/48 (未達成)

基準値	T-N (mg/ℓ)	T-P (mg/ℓ)
	0.2以下	0.01以下
北湖 (3定点)	0.25 (未達成)	0.008 (達成)
南湖 (1定点)	0.28 (未達成)	0.016 (未達成)

表 2 琵琶湖における生活環境の保全に関する環境基準および達成度(2005 年度)

出所：『琵琶湖ハンドブック』

これまで点源対策が長年行われて来たが、琵琶湖のさらなる水質改善に向けてはそれだけでは限界があると言える。ここで再び図 4 の汚濁物質の発生源別割合に目を向けてみると、面源負荷の割合はずっと横ばい傾向にあり、近年は全体のほぼ半分を面源負荷が占めていることが読み取れる。これは、「琵琶湖富栄養化防止条例」をはじめとする規制・条例が点源のみを対象としており、面源については実質ほぼ何の対策もなされてこなかったという事実を表している。

面源の中でも特に人間の経済活動である農業由来のものに関しては全リンと COD においてはむしろ増加傾向にあり、何らかの対策が必要だろう。しかし、3 つの指標全てについて農地由来のものは全体の 12%ほどを占めるにすぎないため、それほど重視す

⁶環境基本法に基づき、人の健康の保護および生活環境の保全の上で維持することか望ましい環境の水準を国が定めたもの。人の健康の保護に関する項目(健康項目)と生活環境の保全に関する項目(生活環境項目)の 2 種類がある。健康項目は、すべての地域で一律の基準値だが、生活環境項目については、対象とする地域の立地条件や将来の利用目的などを考慮した「類型」という区分ごとにそれぞれ基準が設定されている。このため、生活環境項目については、どの類型にあてはめられているかによって、湖沼や河川ごとに基準値が決まる。

る必要があるのかという疑問を持たれるかもしれない。しかし、滋賀県算出のこの数字に関しては、実は実測頻度が十分ではなく、かつ半年に満たない作付け期間しか実測・評価されていないという指摘がある。すなわち、面源負荷の特徴である、①降雨や肥培管理を主とする汚濁負荷の非定常的流出と②流出の通年性に対応した測定がなされていない⁷。これらを踏まえて十分な精度で琵琶湖における農業からの汚濁物質排出状況を研究したものは、いまのところ宗宮(16)しかない。その研究では非作付け期間の流出負荷量は、窒素と COD では年間流出量の約 50%、リンでは 14%が流出することが示されている(表 3)。すなわち、非作付け期間の流出量を見逃したデータは著しく過小評価になっているのである。

また、集水域の発生源別の窒素、リン負荷量の割合を計算したもの(表 4)によれば、水田を主とする農業系からの負荷が窒素 35%、リン 53%を占め、最大の汚染源になっている。もちろん、水田の肥培管理や栽培技術、土壌、土地、気候などの自然条件は地域・年により変化するものなので、1箇所のみで測定されたこのデータを琵琶湖集水域全体に当てはめるのは適当ではない。また、この調査が 2000 年時点でのものであることにも留意する必要はある。しかし、いずれにしても水田からの汚濁物質の流出について精度の高い研究の蓄積が必要であり、それにより図 4 に示された農業の排出割合が実際はさらに大きく、水質改善に向けて力を入れて取り組まなくてはならないカテゴリだということがより明らかとなる可能性は高いと言えるだろう。

⁷ 宗宮(16), p. 43.

成分	灌漑期(4月～9月) (kg/ha)	非灌漑期(10月～3月) (kg/ha)	年間 (kg/ha・y)
窒素(T-N)	22.1	23.6	45.7
リン(T-P)	7.48	1.24	8.72
COD (T-COD)	62	35	98

表 3 水田の汚濁負荷流出量

出所：宗宮(16), p. 43.

		滋賀県		國松試算	
		窒素	リン	窒素	リン
発生量	(t/d)	21.88	1.50	26.66	2.78
内訳 (%)	自然系	40	20	34	11
	家庭系	24	37	19	19
	工業系	14	31	12	18
	農業系	22	12	35	53

表 4 琵琶湖の NP 発生源別発生量

出所：宗宮(16), p. 43.を一部改変

1.3 琵琶湖周辺の農業

前節では今日の琵琶湖の水質改善を考える際、農業由来の汚濁物質流入削減が鍵となることを示した。そのため本節では、琵琶湖流水域における農業、農業濁水流出の様子、そして滋賀県がこの農業濁水問題解決に向け取り組みはじめた「環境こだわり農産物認証制度」と「環境農業直接支払制度」について見ていきたい。

1.3.1 概要

滋賀県はいわゆる「江州米」（近江米）の産地として知られる。滋賀県の全耕地面積は 53,400ha で、県総面積 401,700ha の約 13%を占める。このうちの 49,200ha(92%)が水田であり、富山県に次いで全国 2 位の水田率となっている。農家数は約 36,000 人であるが、滋賀県では兼業農家の割合が非常に高くなっており、農業外収入が農業収入を上回る準主業農家と副業的農家が全体の約 94%を占める。また、農家の経営耕地規模をみると、約 56%が耕地面積 1ha 以下で、1~2ha の層が 31%となっており、農家一戸あたりの平均耕地面積は 1.1ha である。水稻耕作用機械の普及が進んでおり、動力田植機と自脱型コンバインの普及台数は全国都道府県のなかでも第 1 位となっている。これらに加え、滋賀県の農業の特徴として、集落や一定の区の単位で農家が各自の農地を持ち寄り共同で機械や農作業、管理などを行う「集落営農」の割合の高さが挙げられる。集落営農数は年々増加し、2011 年 3 月には 757 もの組織が存在、この数は全国で 1 位となっている⁸。

整理すると、農業以外にも収入のある比較的小規模な農家が、近隣の農家と集落営農の形で機械などをシェアし、互いに協力・管理などを行ないながら水田で米を栽培しているというのが滋賀県の農業の基本的な姿である。これらの水田は特に琵琶湖東岸の平野に多く存在している(図 5 内のオレンジ部分)。

⁸ 農林水産省, 2010, 『2010 年農林業センサス』。

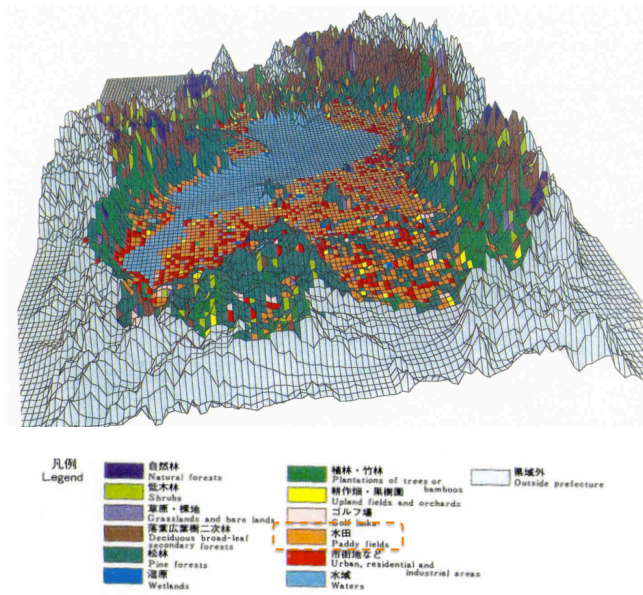


図 5 琵琶湖集水域の土地利用図

出所：滋賀県琵琶湖研究所編『滋賀県地域環境アトラス』

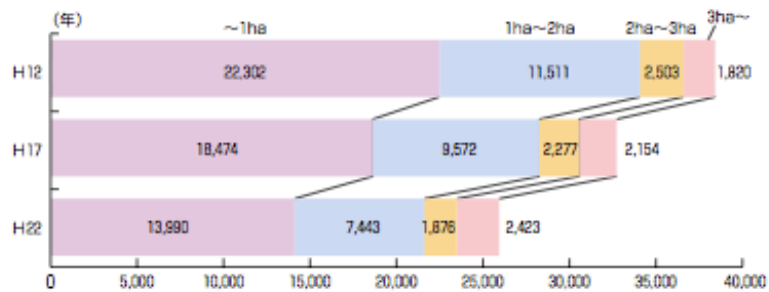


図 6 経営耕地面積規模別（販売農家）数の推移

出所：農林水産省『2010年農林業センサス』

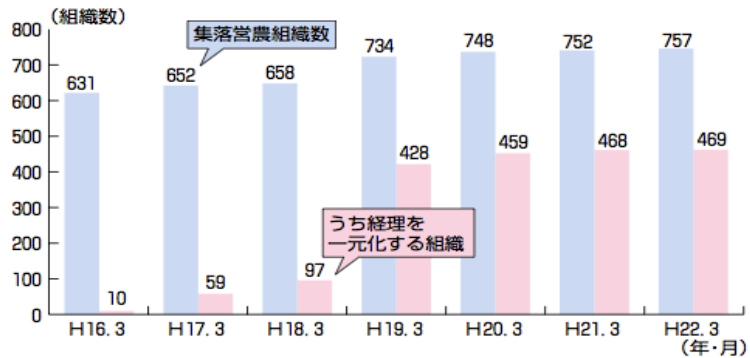


図 7 集落営農数の推移

出所：滋賀県『しがの農林水産業』

1.3.2 農業濁水問題

農業濁水問題は単なる「濁り水」問題ではない。農業濁水中には水田に施用された肥料分である窒素やリンのほか、除草剤などの農薬も含まれている。琵琶湖集水域の水田面積はおよそ 5 万 ha であるが、この水田から相当な量の富栄養化物質と除草剤が濁水とともに琵琶湖に流入している。その意味で、農業濁水問題は琵琶湖集水域の水田農業が琵琶湖に与える環境負荷を象徴する現象なのである。

かつて日本の水田では、用水確保の困難さから高地にある水田の排水を低地の水田で用水として利用していた。この仕組みが 2000 年にほぼ完了した圃場整備、すなわち水田の区画整備により、滋賀県の水田でも用水路と排水路を分離した結果、各農家の排水はそれぞれが排水路へと流れ込み、農業濁水問題が顕著になってきたと言われる。

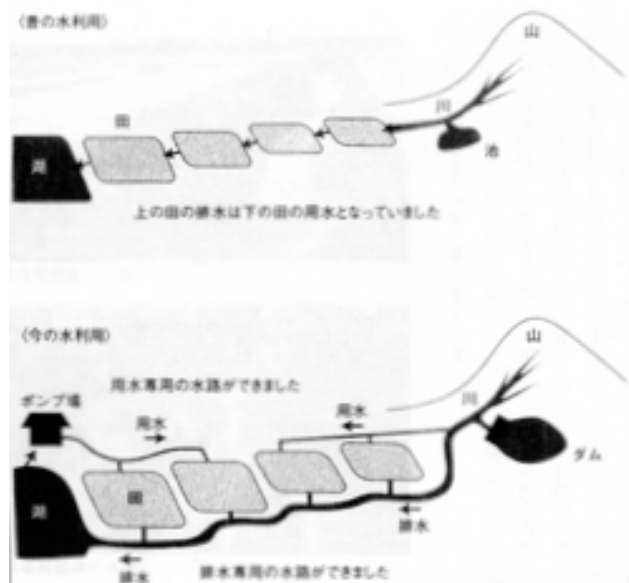


図 8 水利用の変化

出所：滋賀県立琵琶湖博物館編, 2011, 『生命の湖 琵琶湖を探る』, p. 148.



図 9 用水ポンプ

琵琶湖や河川から確保された水源はこのようなポンプにより水田に送られる

2011年10月に滋賀県大津市にて筆者ら撮影

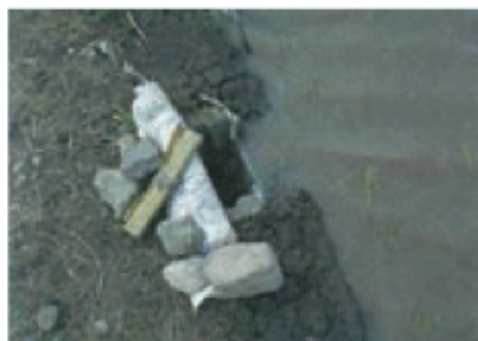


図 10 排水路の様子

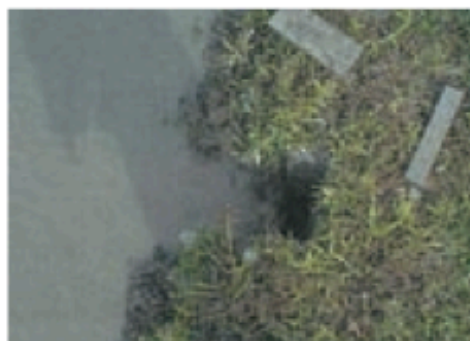
各水田の排水は一定区画で共用している排水路へと流される

2011年10月に滋賀県大津市にて筆者ら撮影

排水路へと濁水が流れ込む経路はいくつか存在するが、特に挙げられるのは主として用水管理に起因する「溢水 (オーバーフロー)」, 主として作業方式に起因する「落水」⁹, 排水口と畦畔の管理に起因する「漏水」があると考えられている。いずれも営農管理に関するものであり、農家の取り組み次第で状況は改善できる。



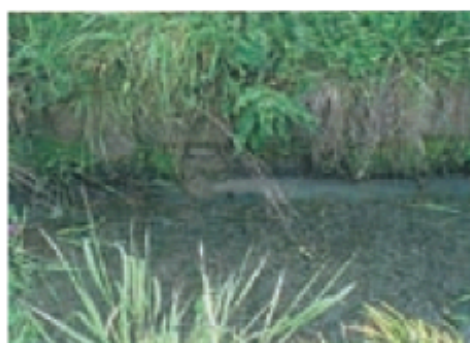
① 用水の入れすぎでオーバーフロー



② 田植え準備のための強制落水



③ 尻水戸からの漏れ



④ 溝畔からの漏れ (横浸透)

図 11 濁水流出の主な原因

出所：滋賀県農政水産部耕地課・農村振興課, 2009, 「農村地域の良好な水循環を目指して —農業排水対策啓発資料集—」, p.4

もちろん、行政や農家もこの問題に対して何も取り組んでこなかったわけではない。滋賀県は 80 年代半ばから農業排水対策として、農業濁水の軽減に取り組んできた。対策は営農対策とハード対策に大別される。営農対策としては、農業濁水を出さない代かき作業や排水を適量だけ出すように排水口 (尻水路) 管理の励行を呼びかける「啓発対策」をはじめ、少量の水で田植えをする「浅水代かき」の指導、必要な肥料を田植えと同時に土中に施す施肥田植機の普及指導等がある。また、ハード対策としてはいった

⁹ 9月になり稲穂が実って収穫が近づくと、水を抜いて水田を乾かし、土を固くして大型の農業機械で収穫出来るようにする。また田植え前には「代かき」と呼ばれる、用水を入れて土塊を砕く作業を行う。代かきが終わると水を抜く。このように農作業の過程で水を抜かなくてはいけない時期があるが、その際排水口を広げ短期間で大量の排水をすることを「強制落水」という。強制落水は地下浸透や少量を段々と排水する「自然落水」に比べ環境負荷が高い。

ん排出された農業濁水を排水路や河川でせき止め、再度農業用水として利用する反復利用施設の設置、農業濁水を再度用水ポンプで圧送して農業用水として利用する循環灌漑などの対策が行なわれて来た。そして、このような啓発活動・技術的対策に加えて滋賀県が経済的インセンティブを農家に与える形の制度として取り組み始めたのが次節で述べる「環境こだわり農産物認証制度」と「環境農業直接支払制度」である。

1.3.3 環境こだわり農産物認証制度

農業濁水問題への対策として、滋賀県は営農対策とハード対策を主として取り組んで来たが、2001年に「しがの農林水産ビジョン」を制定し、化学合成農薬および肥料の削減に向けたさらなる具体的取り組みを始めた。同年、この計画達成に向けて始まったのが「環境こだわり農産物認証制度」である。この制度の細則を規定している「環境こだわり農業推進条例」によると環境こだわり農業は、

「化学的合成農薬および化学肥料の使用量が慣行的使用量を相当程度下回って行なわれる農業であって、堆肥その他の有機質資材を適正に使用し、農業排水を適正に管理し、その他環境との調和に配慮した措置を講じて対象農作物を栽培するものをいう。」¹⁰

と定義されている。このように環境（農業濁水）に配慮して栽培された農作物に対して滋賀県が「環境こだわり農産物」として認証する。この認証にあたっては前述の定義において化学肥料等の使用量が「相当程度」下回って、と記載されていたものが「5割以下の使用量」と具体的に定められている。¹¹ 認証された農作物には県の認証マークが貼付けられ、出荷・販売されることになる。また、環境こだわり農作物を栽培している水田・畑にはそのことを示す看板を掲げ、一般圃場と区別する義務が生じる。



図 12 滋賀県環境こだわり農産物認証マーク

出所：滋賀県農政水産部農業経営課，2011，『環境こだわり農産物認証制度のあらまし』。

¹⁰ 滋賀県，環境こだわり農産物推進条例第1章第2条第1項第2号

¹¹ 滋賀県，環境こだわり農産物推進条例第3章第14条第2項第1号



図 13 環境こだわり農作物認証作物を栽培している水田であることを示す看板
2011年10月に滋賀県守山市にて筆者ら撮影



図 14 実際に販売されている認証米の様子

2011年10月に滋賀県守山市のJA おうみ富士（ファーマーズ・マーケットおうみんち）にて筆者ら撮影

環境こだわり農産物は次節で述べる環境農業直接支払制度の発足もあり、毎年その実施面積を拡大してきた。

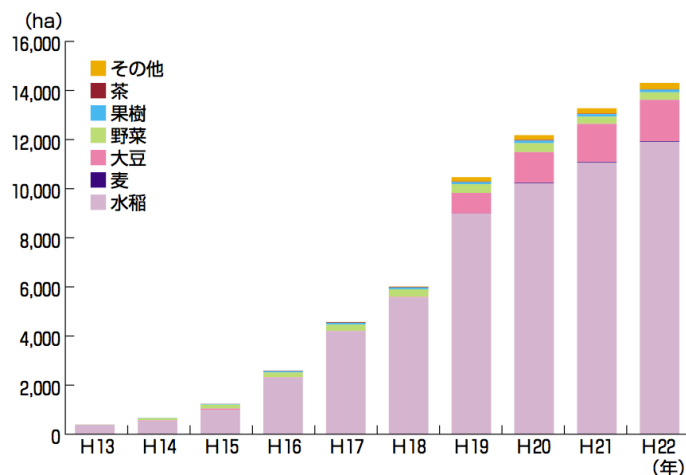


図 15 環境こだわり農産物の栽培面積推移

出所：滋賀県「しがの農林水産業」

環境こだわり農産物は慣行の栽培方法の5割以下の化学肥料使用、そして農業排水の適正管理等を認証の条件として義務づけている。この制度によって窒素やリン等の水質汚濁物質排出状況は実際に改善されているかを検討するために、滋賀県は2005年から2006年に渡り安土町東老蘇地区にて慣行的な栽培を行う水田と環境こだわり農産物を行う水田からの栄養塩類等の発生負荷量を調査した。

作業項目		慣行区		環境こだわり区			
施肥 (施用法)	基肥	化成肥料(被覆複合) ^a (側条施肥)		オール有機肥料 ^c (側条施肥)			
	穂肥	化成肥料 ^b (表層施肥)		ハーフ有機肥料 ^d (表層施肥)			
農薬	育苗	薬剤防除	2005年 3成分	2006年 3成分	温湯消毒	2005年 0成分	2006年 0成分
	除草	除草剤2回	7成分	5成分	除草剤1回	3成分	3成分
	病虫害防除	箱施用	1成分	1成分	—	—	—
		本田防除1回	3成分	3成分	本田防除1回	3成分	3成分
代かき方法	荒代かき、植代かき		浅水代かき				
水管理	通常(田植前・中干し時落水あり)		自然減水(田植前・中干し時落水なし)				
耕起時期	2005年10月20日		2005年11月28日				
土づくり肥料	(水稲非作付期) 標準施用(80kg/10a)		土壤診断に基づき節減				

注：1) 供試水稲品種：秋の詩(県育成の中生品種 滋系54号×コシヒカリ)

2) a：速効性N約60%、緩効性N約40%。b：速効性N約70%、緩効性N約30%。c：Nは全て有機態。d：Nは50%有機態。

3) 施肥量計(N-P-K kg/10a) 慣行：7.6(7.6) - 1.6 - 4.2、環境こだわり：7.0(1.5) - 1.9 - 4.6、()は化学肥料のN成分量。

4) 化学合成農業使用量計(延べ使用成分数) 2005年：慣行14、環境こだわり6。2006年：慣行12、環境こだわり6。

表 5 試験区の構成

出所：滋賀県、環境こだわり農産物環境影響調査事業結果報告

環境こだわり区と慣行の栽培を行なった水田の汚濁物質排出量状況は表 6 にまとめられている。これによると、認証を取得するための環境こだわり農産物を行なった水田では全窒素(T-N)で46%~50%、全リン(T-P)で14~32%、懸濁物質(SS：濁水等)

で 26%～50%、化学的酸素要求量（COD）で 30%～49%削減が達成された。

区分（年度）	試験区	栄養塩類・濁水					農薬		精玄米重 (kg/10a)	玄米窒素 含量 (%)	
		流出負荷量(kg/ha)			差引排出(kg/ha)		本田の 使用成分	施用量 (kg/ha)			流出量 (kg/ha)
		T-N	T-P	SS	T-N	T-P					
精密調査ほ場 (2005)	慣行	6.2	1.67	124	-2.9	1.17	11成分	3.32	0.194	588	1.06
	環境こだわり	3.2	1.44	64	-3.6	1.09	6成分	0.77	0.008	587	1.06
	低減率(%)	48	14	48	-	-	-	77	96	-	-
精密調査ほ場 (2006)	慣行	11.0	1.94	254	-0.3	1.52	9成分	2.40	0.291	612	1.10
	環境こだわり	5.9	1.40	127	-2.1	1.11	6成分	1.10	0.101	665	1.14
	低減率(%)	46	28	50	-	-	-	54	65	-	-
水田群(2006)	慣行	20.2	3.39	625	-1.3	2.56	9成分	2.40	0.597	563(567)	-
	環境こだわり	10.0	2.32	462	-6.6	1.71	6成分	1.10	0.233	572(546)	-
	低減率(%)	50	32	26	-	-	-	54	61	-	-

注：1) 流出負荷量＝地表排出負荷量＋浸透負荷量。流出負荷低減率＝（(慣行区－環境こだわり区)／慣行区）×100。
 2) 差引排出＝流出負荷量(地表排水＋浸透水)－流入負荷量(降水＋用水)。
 3) 農薬施用量は本田で使用された農薬(育苗時使用成分除く)に含まれる成分重量の総和。
 4) 精玄米重：1.8mm網目。水田群は、聞き取り(1.9mm網目の出荷量)による平均収量。水田群の()は2005年の収量。玄米N含量：乾物あたり。

表 6 慣行区と環境こだわり区の汚濁物質排出量比較

出所：滋賀県、環境こだわり農産物環境影響調査事業結果報告

このように環境こだわり農業自体には効果が認められるため、単純に多くの農家が環境こだわり農産物に取り組めば取り組むほど水質汚濁物質排出は減少していくことが予想される。しかし、このような慣行の化学肥料の使用を抑えて家畜のフンといった有機肥料の利用、あるいは排水管理の徹底などは農家にとって費用が増加することに他ならない。そのため、単に条例を制定し農家に参加を呼びかけるだけではこの制度は広まっていけないと滋賀県は考えた。その結果、「環境に配慮した農業を営む農家を応援する」という目的で 2004 年より環境こだわり農産物認証制度と密接な関係を持つ形で新たにスタートしたのが「環境農業直接支払制度」である。

1.3.4 環境農業直接支払制度

環境に配慮した農業を営む農家は排出削減に貢献している一方、排水の適正管理等を行うため労働費用が増加し、認証制度に参加するインセンティブをそれほど持たない。このことを踏まえて滋賀県は 2004 年より全国に先駆けて「環境農業直接支払制度」を導入した。環境直接支払制度に参加する農家は、まず県知事との間で環境こだわり農産物実施協定を結ぶ。主な内容は①化学合成農薬および化学肥料の使用量を慣行の 5 割以下に削減すること、②堆肥・農業排水の適正使用および管理、③協定期間は 5 年間であることなどである。このようにして県に提出した生産計画に定めた方法によって栽培を行うことで、農家は環境こだわり農産物の認証を受けることができるとともに、助成金を受給することができる。

このように環境に配慮した農家を応援する目的で設置された直接支払制度であるが、

図 15 に表されたように環境こだわり農業に取り組む農家の数が順調に増えるに従い次第に滋賀県の財政を圧迫するようになり、設立年の 2004 年には約 1 億 2 千万円だった総交付額が 2006 年には倍以上の約 2 億 6 千万円にまで膨れ上がった。これを背景に、滋賀県は国から補助金支給を援助してもらうために、2007 年に国制度である「農地・水・環境保全向上対策」を「環境農業直接支払制度」に盛り込んだ。この制度では地域の環境保全に向けた先進的な営農活動、農地・水などを守り質を高める効果の高い共同活動を支援することを目的として、これらを行う農家に対し取り組み面積に応じた支払と集落などのまとまりを単位とする支援を行う。助成金を受給するための条件は前述の環境農業直接支払制度とほぼ同じで慣行農法の 5 割以上の化学物質削減、排水の適正管理などであるが、この制度においてあらたに追加されたものとして「地域でまとまりをもった取組であること」が挙げられる。これは環境農業を「面」として広げたいという思惑に基づくもので、現行の制度では作物ごとでみて集落等の生産者の 5 割以上が環境こだわり農業に取り組まない限り補助金は支給されない。補助金の交付単価は米については 10 アールあたり 6000 円と定められているが、さらに具体的な交付額は環境こだわり農産物の作付面積の増加に基づき決定される（表 7）。また、この表 7 からは「環境こだわり農産物」の販売価格は収量の減分を考慮し、粗収益が慣行農産物と同値となるように設定されていることも読み取れる。

・交付単価の算定根拠

基本的な考え方	
①	慣行農法を Good Farming Practice (GFP: 規範) に設定。
②	GFP を基準に、化学合成資材 50% 削減のために必要な費用を算定。
算出例(水稲)	
▽収入	
①収量	環境こだわり農産物 / 慣行栽培 = 95.8% (Δ4.2%)
②販売価格	環境こだわり農産物 / 慣行栽培 = 104.7% (+4.7%)
③粗収益	①×② = 100.3% ≒ 100.0% (±0)
▽生産費(支出)	
肥料差費	5,090円
化学合成農薬費差	Δ3,204円
労働費の差	3,342円
	} 生産費差(補助金単価) +5,228円
交付額 = 交付単価 × 作付け面積 × 作付回数	

表 7 交付単価の算定根拠

出所：滋賀県農政水産部農業経営課、『滋賀の環境農業直接支払制度について』

II. モデル分析

2.1 現状整理

琵琶湖のさらなる水質改善が焦点となっている滋賀県では全国に先駆けて、農業由来の水質汚濁物質削減を目指し「環境こだわり農産物認証制度」、「環境農業直接支払制度」といった経済的インセンティブの導入をはじめた。これらにより化学肥料使用量の削減、排水の適正管理をはじめとする環境に配慮した農業に従事する農家・集落の数が年々増加して来ている。この「環境こだわり農法」は汚染物質排出削減への寄与が認められているため、この農法を選択する農家・集落の増加は、対策の難しい面源負荷に対して効果的であると考えられる。本章ではこれらの経済的インセンティブと農家・集落行動に関する経済モデルを構築し、琵琶湖における農業環境政策の経済分析を行う。

2.2 仮定の設定

モデル分析を行うにあたり、必要な仮定を設定する。

- 簡略化のために合理的な代表的集落がただ1つ社会に存在する経済主体であると仮定し、この集落は財を生産し利潤最大化を行うという生産経済を考える。
- 集落が生産する財は米のみとする。
- 米の栽培方法には、慣行的な化学肥料使用量に基づいて行なわれる慣行農法と、化学肥料使用量を減らし、排水の適正管理なども行って作られる環境こだわり農法が存在する。集落は所与の経営耕地全体のうち、それぞれの農法を行う割合を選択できる。また、二種類の方法によって栽培された米は、現在共に市場で売られているものとする。
- 環境こだわり農法で栽培された米は「環境こだわり農産物」として認証され、価格プレミアムがつく。
- 一定の割合以上の土地を「環境こだわり農業」に割く集落には「環境農業直接支払制度」に基づき、補助金が支給される。また、この一定水準以上になると補助金額はこだわり農法の土地割合に基づき増加していくものと仮定する。
- 当局は集落がこだわり農法を行う土地の割合を直接変化させることはできないが、補助金支給の要件となるこだわり農業の土地割合と、土地一単位あたりの補助金支給額は変更可能であるとする。

これらの仮定に基づき、本稿のモデル分析において使用する記号を以下のように定義する.

p : 慣行農法により生産される米の価格

・ 価格は正 : $p > 0$

q : 化学肥料一単位あたりの価格

・ 価格は正 : $q > 0$

θ : 所与の経営耕地のうち、こだわり農法を行う土地の割合

・ $0 \leq \theta \leq 1$

・ $\theta = 0$ は土地全体を慣行農法に、 $\theta = 1$ は土地全体をこだわり農法にあてることを意味する.

$\bar{\theta}$: 補助金支給の条件となる、こだわり農法の割合

・ 当局は $\bar{\theta}$ を $0 < \bar{\theta} < 1$ の区間に設定する

\bar{a} : 仮に所与の土地全体で慣行農法を行うとき、集落が投入することになる肥料量

・ 投入肥料量は非負 : $\bar{a} \geq 0$

a : 集落が実際に慣行農法に投じる肥料量

・ $a \equiv \bar{a}(1 - \theta)$ として定義し、その値は非負 : $a \geq 0$

λ : 慣行農法への肥料投入量に対するこだわり農法への肥料投入量の比率

・ $0 < \lambda < 1$

$(\bar{a} - a)\lambda$: 集落が実際にこだわり農法に投じる肥料量

・ \bar{a} , a , λ の定義より、土地全体をこだわり農法にあてる時の肥料使用量は :

$(\bar{a} - a)\lambda = \bar{a}\lambda < \bar{a}$ if $a = 0$

$L(\theta) = \theta^2 + k$: 排水管理などの労働費用

- ・ こだわり農法の割合が増えるに従い労働費は増加していき、増加の具合は逓増：
 $L' > 0, L'' > 0, L(0) > 0, k > 0$

$x(\theta, a)$: こだわり農業の生産関数

- ・ こだわり農法により栽培される米の生産量は θ の増加に伴い増加していき、増加の具

合は逓減： $x_\theta \equiv \frac{\partial x(\theta, a)}{\partial \theta} > 0, x_{\theta\theta} \equiv \frac{\partial^2 x(\theta, a)}{\partial \theta^2} < 0$

- ・ こだわり農法により栽培される米の生産量は a の増加に伴い減少していき、減少の具

合は逓増： $x_a \equiv \frac{\partial x(\theta, a)}{\partial a} < 0, x_{aa} \equiv \frac{\partial^2 x(\theta, a)}{\partial a^2} > 0$

$y(\theta, a)$: 慣行農業の生産関数

- ・ 慣行農法により栽培される米の生産量は θ の増加に伴い減少し、減少の具合は逓減：

$y_\theta \equiv \frac{\partial y(\theta, a)}{\partial \theta} < 0, y_{\theta\theta} \equiv \frac{\partial^2 y(\theta, a)}{\partial \theta^2} < 0$

- ・ 慣行農法により栽培される米の生産量は a の増加に伴い増加し、増加の具合は逓減：

$y_a \equiv \frac{\partial y(\theta, a)}{\partial a} > 0, y_{aa} \equiv \frac{\partial^2 y(\theta, a)}{\partial a^2} < 0$

α : 「環境こだわり農産物認証制度」により発生する価格プレミアム

- ・ 価格プレミアムは正： $\alpha > 0$

β : 「環境農業直接支払制度」の交付単価

- ・ 交付単価は正： $\beta > 0$

$A(\theta)$: 「環境農業直接支払制度」により支給される補助金額

- ・ 補助金は当局の定める水準以上の土地をこだわり農法にあてないと支給されず、現
行の $A(\theta)$ を以下のように表す：

$$A(\theta) = \begin{cases} \beta\theta & (\beta > 0) \text{ if } \theta \geq \bar{\theta} \\ 0 & \text{if } \theta < \bar{\theta} \end{cases}$$

- ・ 補助金の支給額はこだわり農法の実施面積の増加と共に増加する： $A' > 0$

2.3 分析

以上の仮定に基づき、琵琶湖の水質改善を目指した農業環境政策の経済分析を行う。はじめに、分析を行っていくにあたって基本となるモデルを設定する (2.3.1)。このモデルを基に、現状分析として滋賀の「環境こだわり農産物認証制度」の経済学的意味を明らかにし (2.3.2)、その後この認証制度に「環境農業直接支払制度」を加えた場合は集落の行動がいかに変化するかを検証する (2.3.3)。

2.3.1 モデル

集落の目的関数 π を下記のように設定する。

$$\pi = (p + \alpha) \cdot x(\theta, a) + py(\theta, a) - \left\{ q((\bar{a} - a)\lambda + a) + L(\theta) \right\} + A(\theta)$$

集落が選択する変数は環境こだわり農業を行う面積 θ と慣行農業への肥料投入量 a である (a の選択によりこだわり農業への肥料投入量も決定される)。

$((\bar{a} - a)\lambda + a)$ は総肥料投入量を表すため、 $q((\bar{a} - a)\lambda + a)$ は総肥料費を表す。

$a \equiv \bar{a}(1 - \theta)$ の定義より、これを $q((\bar{a} - a)\lambda + a)$ に代入すると以下ようになる。

$$q((\bar{a} - \bar{a}(1 - \theta))\lambda + \bar{a}(1 - \theta))$$

さらにこの式を整理して、

$$q(-\bar{a}(1 - \lambda)\theta + \bar{a})$$

という式を得る。

肥料投入量をこのように表す理由は2つある。1つは、肥料投入量 a はこだわり農法を行う土地面積 θ について独立変数ではなく、従属変数として捉えて表現した方が現実と合致するためである。もう1つは、本稿では政策パラメータを $\bar{\theta}$ 、 $A(\theta)$ として、これらの変化に伴い集落がいか環境こだわり農業の面積 θ を変化させていくのかを見ていくが、それにあたり、肥料投入量をこのように表すことで θ を中心とした議論が容易になるためである。 $-\bar{a}(1 - \lambda)\theta + \bar{a}$ は傾きが $-\bar{a}(1 - \lambda)$ 、切片が \bar{a} の一次減少関数であり、 θ が増加するほど総肥料投入量も減少することを意味している。

以上の肥料投入量に関する議論より、集落の目的関数 π は下記のように書き換えられる。

$$\pi = (p + \alpha) \cdot x(\theta, a) + py(\theta, a) - \left\{ q(-\bar{a}(1 - \lambda)\theta + \bar{a}) + L(\theta) \right\} + A(\theta)$$

ここで、集落の収入 R と総費用 C を以下のように定義する。

$$R \equiv (p + \alpha) \cdot x(\theta, a) + py(\theta, a) = -\frac{1}{2} \left(\theta - \frac{1}{2} \right)^2 + l$$

$$C \equiv q \{ -\bar{a}(1 - \lambda)\theta + \bar{a} \} + L(\theta) = q \{ -\bar{a}(1 - \lambda)\theta + \bar{a} \} + \theta^2 + k$$

これより、

$$\pi = R - C + A(\theta)$$

と簡潔な形で書き表せる。

2.3.2 環境こだわり農産物認証制度の経済分析

2.3.1 で定義した農家の目的関数 π を基に、まず「環境こだわり農産物認証制度」のみが単独で行われた場合の経済分析を行う。ここでは集落の利潤最大化問題を考え、認証あり（価格プレミアム α あり）、補助金 $A(\theta)$ なし、という状態を仮定する。

集落の問題は、米の生産による収入から生産にかかる費用を除した利潤を最大化するような θ と a を選択することとして表され、次のように定式化できる。

$$\max \pi = (p + \alpha) \cdot x(\theta, a) + py(\theta, a) - \{ q \{ -\bar{a}(1 - \lambda)\theta + \bar{a} \} + L(\theta) \}$$

あるいは、

$$R \equiv (p + \alpha) \cdot x(\theta, a) + py(\theta, a) = -\frac{1}{2} \left(\theta - \frac{1}{2} \right)^2 + l$$

$$C \equiv q \{ -\bar{a}(1 - \lambda)\theta + \bar{a} \} + L(\theta) = q \{ -\bar{a}(1 - \lambda)\theta + \bar{a} \} + \theta^2 + k$$

の定義より、

$$\max \pi = R - C$$

と簡潔に書き直せる。一階の条件は、

$$R' = C'$$

となり、これを満たす θ を θ_0 とする。これらの関係をグラフに表すと図 16 のようになる。

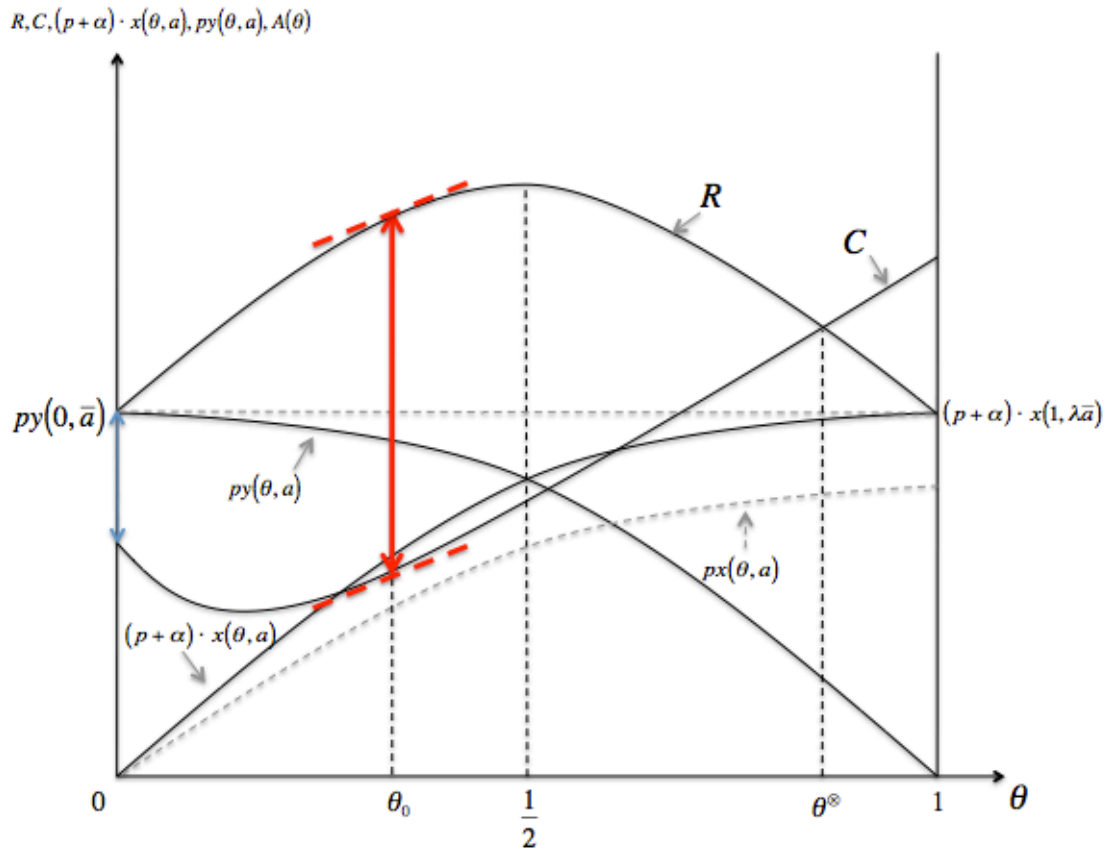


図 16 環境こだわり農産物認証制度の効果

$(p + \alpha) \cdot x(\theta, a)$ がこのような形状をとるのは、認証制度により発生する価格プレミアム α が環境こだわり農法による収量の減分を相殺するような値に設定されているという現状を反映している (p. 22, 表 7 参照)。

すなわち滋賀県においては、 $(p + \alpha) \cdot x(1, \lambda \bar{a}) = py(0, \bar{a})$ となるように α が決められている。このような価格プレミアム α がつくならば、補助金がない状態でも、集落は θ を θ_0 まで増加させる。上図において利潤は矢印の長さで表されており、 θ_0 のときの集落の利潤は $\theta = 0$ のときの利潤よりも大きい。このことは、2004 年の「環境農業直接支払制度」導入前、すなわち 2001 年から 2004 年という、「環境こだわり農産物認証制度」のみであった期間にも環境こだわり農法を行う集落・農家が存在していたという事実 (p. 20, 図 15) を理論的に裏付ける。

価格プレミアム α の効果により、「環境こだわり農産物認証制度」だけでも集落が環境こだわり農業を行う多少のインセンティブは発生するが、利潤最大となる θ_0 よりもその面積を増やすことはない。 θ を大きくしすぎて $\theta^* < \theta \leq 1$ の区間となると、費用も増加しすぎるため集落は赤字となる ($\theta_0 < \frac{1}{2}$ の証明は巻末付録を参照)。

2.3.3 環境農業直接支払制度の経済分析

次に環境農業直接支払制度の分析を行う。ここでは現行の制度に基づき、補助金支給額の要件となる環境こだわり農業の実施面積は $\bar{\theta} = \frac{1}{2}$ として、認証あり（価格プレミアム α あり）、補助金 $A(\theta)$ ありという状態での集落の利潤最大化問題を考える。

$$A(\theta) = \begin{cases} \beta\theta & (\beta > 0) \text{ if } \theta \geq \frac{1}{2} \\ 0 & \text{if } \theta < \frac{1}{2} \end{cases} \quad \text{は「環境農業直接支払制度」に基づいて } \bar{\theta} = \frac{1}{2} \text{ を}$$

境として支給される補助金である。現行の制度では交付単価×面積という基準で支給されているため¹²、このように原点を通る一次増加関数として表せる。また、この関数の傾き β （追加的な補助金の交付単価）について、現行の直接支払制度では環境こだわり農法と慣行農法のそれぞれで発生する費用の差額分を土地面積で割った値として設定されている（p. 22 表 7 参照）。これより、 β の値は土地全てを環境こだわり農法にあてる場合の費用から土地全てを慣行農法にあてる場合の費用を引いたものを、土地全体の面積で割ることで求められる。

すなわち現行の制度における交付単価 β は

$$\beta = \frac{C(1) - C(0)}{1}$$

として表される。 $C \equiv q(-\bar{a}(1-\lambda)\theta + \bar{a}) + \theta^2 + k$ の定義より、

$$\beta = \frac{\{q(-\bar{a}(1-\lambda) \times 1 + \bar{a}) + 1^2 + k\} - \{q(-\bar{a}(1-\lambda) \times 0 + \bar{a}) + 0^2 + k\}}{1}$$

整理して、

$$\beta = 1 - q\bar{a}(1-\lambda)$$

を得る。この式において $L(1) - L(0) = 1$ が労働費の差を、 $q\bar{a}(1-\lambda)$ が肥料費の差をそれぞれ表している。また、 $\beta > 0$ の仮定より $1 > q\bar{a}(1-\lambda)$ という式が導きだせ、「環境農業直接支払制度」に基づく補助金が支給される範囲内では、こだわり農法を行うことによる労働費の増分が、化学肥料投入量を減らすことで生じる化学肥料費の減分を必ず上回るということが言える。

¹² 正確には交付額=交付単価×作付面積×作付回数である。しかし本稿では集落が生産する財は米のみという社会を想定しており、米の作付回数は通常1年間に1回であるため、作付回数は問題としていない。

以上を踏まえた上で集落が直面する問題を示すと、

$$\max \pi = (p + \alpha) \cdot x(\theta, a) + py(\theta, a) - \{q(-\bar{a}(1 - \lambda)\theta + \bar{a}) + L(\theta)\} + A(\theta)$$

あるいは簡略化して、

$$\max \pi = R - C + A(\theta)$$

となる。一階の条件は、

$$R' = C' - A'$$

となり、この式を満たす θ を θ_1 とする。これらを整理してグラフで表すと図 17 のようになる。

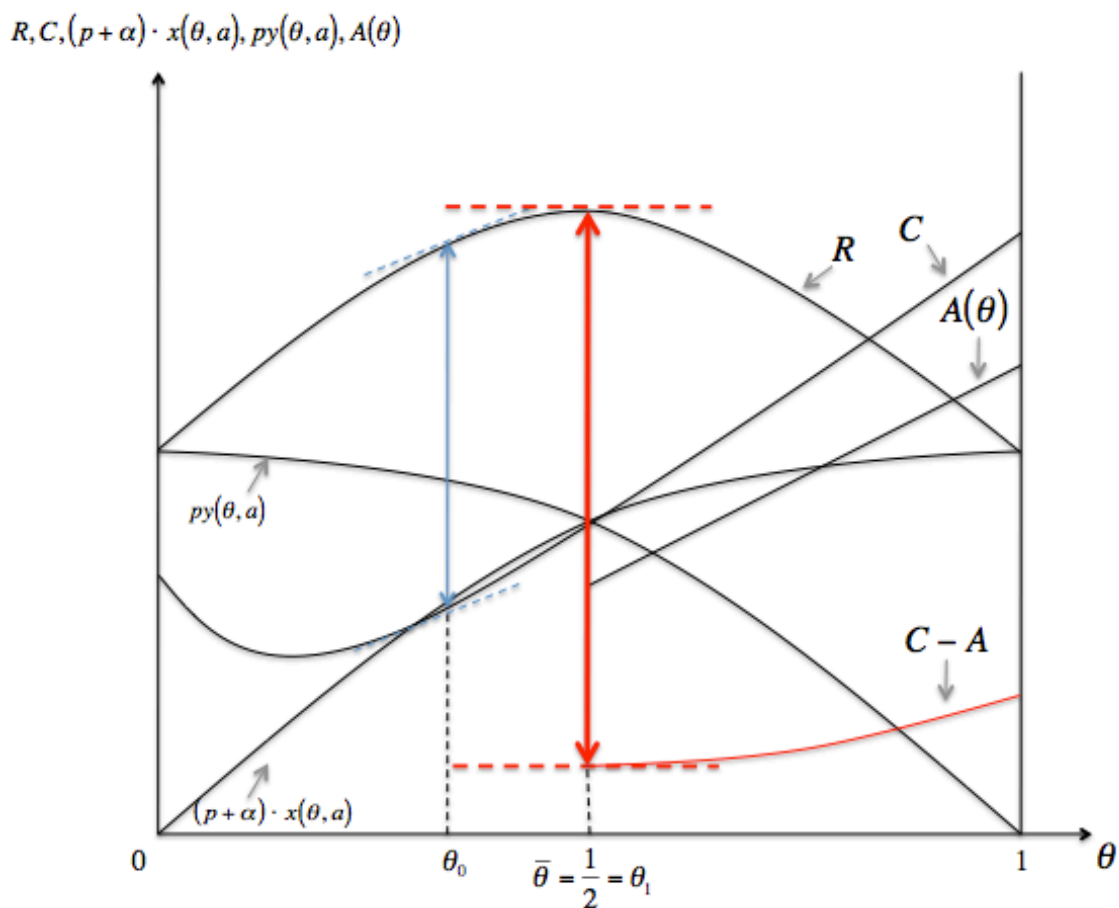


図 17 現行の環境農業直接支払制度の効果

集落の費用関数 C は $\frac{1}{2} \leq \theta \leq 1$ の区間で上図のように $C-A$ という増加関数として新

たに表せる。現行の制度では $\theta_1 = \bar{\theta} = \frac{1}{2}$ となり、このときの利潤は認証制度単独の場合

の利潤 $\pi(\theta_0)$ より大きい ($C - A$ が増加関数となること, $\theta_1 = \bar{\theta} = \frac{1}{2}$ と決定されること, $\pi(\theta_0) < \pi(\theta_1)$ であることの数理的証明は巻末付録を参照). つまり, 現行の「環境農業直接支払制度」に基づく $A(\theta)$ が導入されることにより集落は θ_0 から θ_1 まで環境こだわり農業の面積を増加させることが分かる. 補助金が貰えるならば, 費用のかかる環境こだわり農法を行う面積を増やすという集落の行動は直感とも一致する. しかし, $\theta_1 = \frac{1}{2}$ が合理的な集落が選択する環境こだわり農法の最大の面積であり, すなわち

$$A(\theta) = \begin{cases} \beta\theta & (\beta > 0) \text{ if } \theta \geq \frac{1}{2} \\ 0 & \text{if } \theta < \frac{1}{2} \end{cases} \text{ と決定されている現行制度の限界とも言える.}$$

現行の環境農業政策, すなわち 2 つの経済的インセンティブと集落行動に関する以上の経済分析を踏まえた上で, θ をさらに増やすことが出来るような政策はどのようなものかを考察していく.

2.4 考察

現行の「環境こだわり農産物認証制度」と「環境農業直接支払制度」はそれぞれ環境こだわり農法を行う面積を増やす効果があることを 2.3 の分析で明らかにした。しかし、滋賀県庁で行ったインタビューで、「滋賀県としては環境こだわり農法を行う面積をさらに増やしたいという思いが強い」という話を伺った。そのため、本節では現行制度の限界である $\theta_1 = \frac{1}{2}$ を超えるような θ を集落に選択させるための手段として、 $A(\theta)$ すなわち補助金の支給の仕方、あるいは補助金支給の要件となる環境こだわり農法面積 $\bar{\theta}$ を当局が変える場合を考えていく。

2.4.1 補助金支給の仕方を変更した場合

2.3.3 でも用いたように、現行の環境農業直接支払制度では、

$$A(\theta) = \begin{cases} \beta\theta \quad (\beta > 0) & \text{if } \theta \geq \frac{1}{2} \\ 0 & \text{if } \theta < \frac{1}{2} \end{cases} \text{と補助金支給額が定められているが、これを}$$

$$A(\theta) = \begin{cases} \beta'\theta - h \quad (\beta' > \beta > 0) & \text{if } \theta \geq \frac{1}{2} \\ 0 & \text{if } \theta < \frac{1}{2} \end{cases} \text{と変更した場合を考える。すなわち、補助金}$$

支給の要件となる $\bar{\theta} = \frac{1}{2}$ のときの $A\left(\frac{1}{2}\right)$ は現行制度より低い、その後の追加的補助金支給額が多いというケースである。比較のため、現行制度における $A(\theta)$ を $A_1(\theta)$ 、この新たな制度における $A(\theta)$ を $A_2(\theta)$ と表す。

この条件のもとでも集落の問題の形自体は 2.3.3 と変わらず、

$$\max \quad \pi = R - C + A_2(\theta)$$

であり、一階の条件は、

$$R' = C' - A_2'(\theta)$$

となる。この式を満たす θ を θ_2 とする。この状態をグラフで表すと図 18 のようになる。

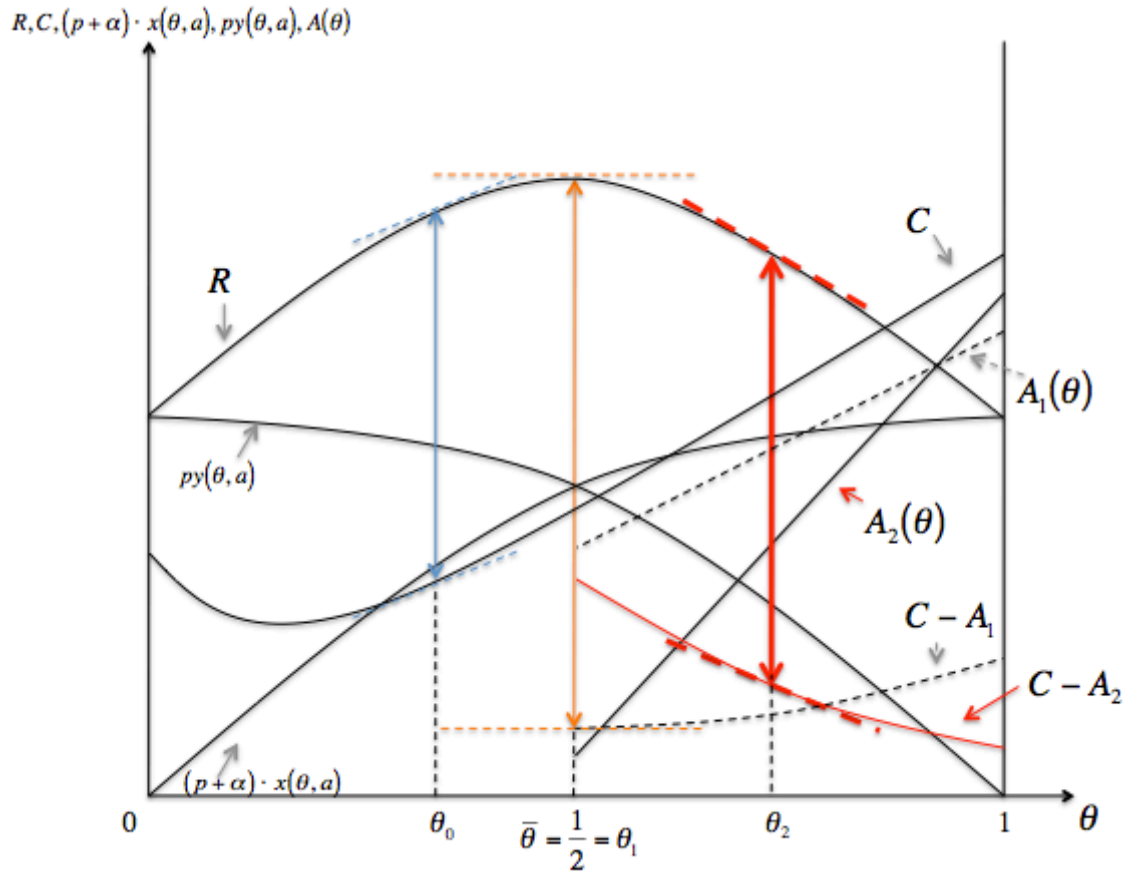


図 18 新たな直接支払制度が θ を増加させる場合

農家の新たな費用関数は $C - A_2$ で表され、これは $\theta = \bar{\theta} = \frac{1}{2}$ の時に $C - A_2 > C - A_1$ であるためこのような位置関係になる。また、 $\theta = 1$ に近づくにつれ $C - A_2$ の値は小さくなっていくため、 $C - A_1$ とは異なり減少関数となる。 $C' - A_2' < C' - A_1' \quad \because \beta' > \beta$ であることより、 $\theta_2 > \theta_1$ となり、補助金支給の仕方を変えることで θ を増やすことが可能であることが示せた ($\theta_2 > \frac{1}{2}$ であることの証明は巻末付録を参照)。

しかし、この新たな制度の下で実際に集落が θ_2 まで環境こだわり農法を行う面積を増やすインセンティブを持つためには条件があり、 $A_2(\theta)$ の傾き β' 、すなわち新たに定める追加的な補助金額が十分に大きくなってはならない。 β' が十分に大きくない場合の $A(\theta)$ を $A_3(\theta)$ とすると、これまでの議論と同様に集落の問題は、

$$\max \quad \pi = R - C + A_3(\theta)$$

であり、これを解いて、

$$R' = C' - A'_3(\theta)$$

を得る. この式を満たす θ を θ_3 とすると, $C' - A'_2 > C' - A'_3$ より $\theta_2 > \theta_3$ となる. これらを整理して, 集落が取る行動を明らかにするためにグラフを描くと図 19 のようになる.

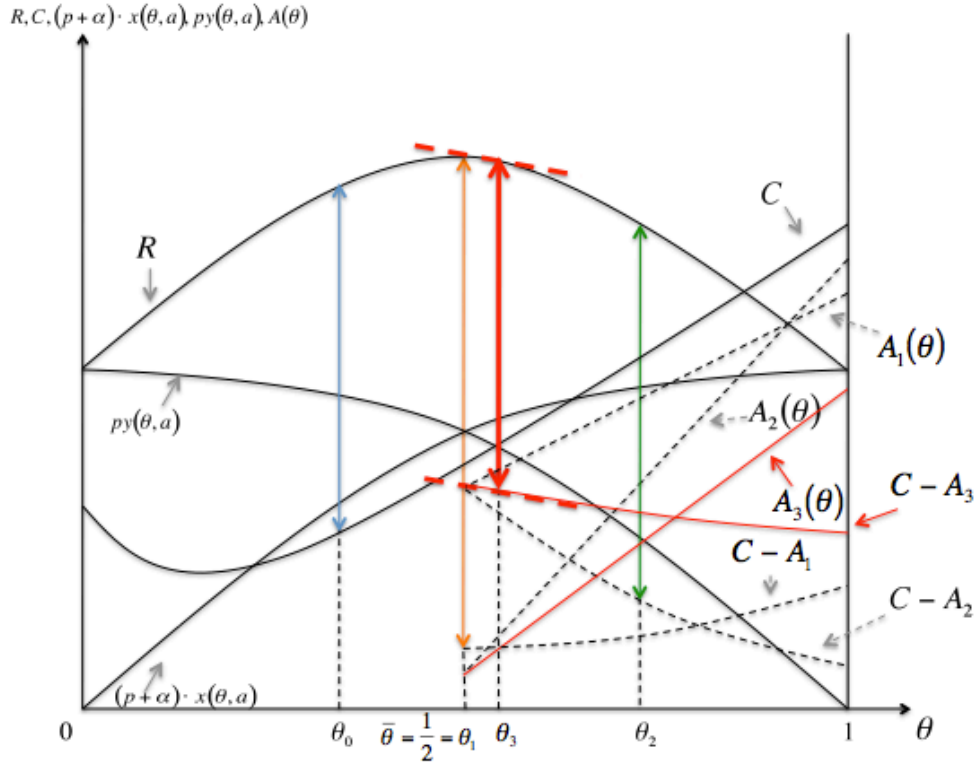


図 19 新たな直接支払制度が効果を持たない場合 (利潤が赤い矢印の時が θ_3)

図 19 では, 新たな $C - A(\theta)$ を $C - A_3$ という赤色の曲線で表記している. $\theta = 1$, すなわち土地全てで環境こだわり農業を行った場合の点を見てみると, β' が小さい時の曲線 $C - A_3$ は $C - A_2$ に比べて上方に位置し, これにより $C - A_3$ はより緩やかな曲線となることが分かる. さらに θ_3 の時の集落の利潤 $\pi(\theta_3)$ と認証制度のみの場合の利潤 $\pi(\theta_0)$ を比較すると, その関係は $\pi(\theta_0) > \pi(\theta_3)$ となっており, 集落は補助金が支給されるにも係らず θ_0 を選択する. すなわち, 我々の提案する新たな環境農業直接支払制度は無条件に θ を増やすとは言い切れず, その効果は追加的な補助金支給額に左右される.

β' が効果を持つためにはその値が「十分に大きくなくてはならない」と前述したが, 具体的にその範囲を求める.

新たな制度において, 当局は集落が $\bar{\theta}$ を超えてこだわり農法を行う場合, $A(\theta) = \beta'\theta - h$ だけ追加的な補助金を支給するが, この補助金支給額について, $C(1) \geq A(1)$ を必ず満たさなくてはならない. これは「環境農業直接支払制度」に限らず

補助金一般に言えることだが、仮に $C(1) < A(1)$ だと当局は費用の増分を上回るほど余計に補助金を支給していることになり、現実と合致しない。これより、追加的な補助金額を定める β' の大きさについての条件が一つ求められる。

$$C \equiv q(-\bar{a}(1-\lambda)\theta + \bar{a}) + \theta^2 + k, \quad A(\theta) = \beta'\theta - h \text{ より } C(1) \geq A(1) \text{ を満たすような } \beta' \text{ は,}$$

$$C(1) \geq A(1)$$

$$\lambda q\bar{a} + 1 + k \geq \beta' - h$$

$$\beta' \leq 1 + k + \lambda q\bar{a} + h$$

となり、 β' はこの値を上限として設定されなくてはならない。

また、当局が行う農業環境政策が環境こだわり農産物認証制度のみのときの集落の問題を、

$$\max \quad \pi = R(\theta) - C(\theta)$$

としていた。そして、この問題を解いた時の θ を θ_0 と定めたので、 θ_0 を π の式に代入したものが $\pi(\theta_0)$ である。すなわち、

$$\pi(\theta_0) = (p + \alpha) \cdot x(\theta, a) + py(\theta, a) - q\{-\bar{a}(1-\lambda)\theta_0 + \bar{a}\} - \theta_0^2 - k$$

と表せる。

一方、環境農業直接支払制度が導入された場合の集落の問題は、

$$\pi(\theta_0) = (p + \alpha) \cdot x(\theta, a) + py(\theta, a) - q\{-\bar{a}(1-\lambda)\theta_0 + \bar{a}\} - \theta_0^2 - k + \beta'\theta - h$$

と表される。そして、これを解いた時の θ が $A(\theta) = \beta'\theta - h$ の β' の値によって、 θ_2 あるいは θ_3 となることを示した。 θ_2 の時の集落の利潤 $\pi(\theta_2)$ は $\pi(\theta_0)$ よりも大きいので集落はこだわり農法の面積を増やすが、 θ_3 ならば利潤 $\pi(\theta_3)$ が $\pi(\theta_0)$ よりも小さくなるため集落は θ_0 を選択する。図 19 ではグラフにより利潤の大小関係を示したが、ここでは環境農業直接支払制度が効果を持つための β' の条件を数学的に明らかにする。

$\pi(\theta_0) < \pi(\theta)$ となるならば集落は θ を増加させるインセンティブを持つ。すなわち、

$$\pi(\theta_0) < \pi(\theta)$$

$$(p + \alpha) \cdot x(\theta_0, a) + py(\theta_0, a) + q\bar{a}(1-\lambda)\theta_0 - q\bar{a} - \theta_0^2 - k$$

$$< (p + \alpha) \cdot x(\theta, a) + py(\theta, a) + q\bar{a}(1-\lambda)\theta - q\bar{a} - \theta^2 - k + \beta'\theta - h$$

を満たすよう β' が設定されている必要がある。これを解いて、

$$\begin{aligned} & (p + \alpha) \cdot x(\theta_0, a) - (p + \alpha) \cdot x(\theta, a) + py(\theta_0, a) - py(\theta, a) \\ & + q\bar{a}(1 - \lambda)\theta_0 - q\bar{a}(1 - \lambda)\theta - q\bar{a} + q\bar{a} - \theta_0^2 - k + \theta^2 + k + h \\ & < \beta' \theta \end{aligned}$$

$$\beta' > \frac{(p + \alpha) \cdot \{x(\theta_0, a) - x(\theta, a)\} + p\{y(\theta_0, a) - y(\theta, a)\} + q\bar{a}(1 - \lambda)\{\theta_0 - \theta\} - (\theta_0^2 - \theta^2) + h}{\theta}$$

β' がこの式を満たすような値をとる場合は、集落は θ_2 までこだわり農法の面積を増やす。そして、

$$\beta' < \frac{(p + \alpha) \cdot \{x(\theta_0, a) - x(\theta, a)\} + p\{y(\theta_0, a) - y(\theta, a)\} + q\bar{a}(1 - \lambda)\{\theta_0 - \theta\} - (\theta_0^2 - \theta^2) + h}{\theta}$$

ならば $\pi(\theta_0) > \pi(\theta)$ となるため集落は θ_3 ではなく θ_0 選択し、環境農業直接支払制度に基づく補助金は θ を増加させる効果を持たないことになる。

また、前頁で $\beta' \leq 1 + k + \lambda q\bar{a} + h$ を満たす必要があることを示したので、以上より新たな直接支払制度が θ を増やす効果を持つ時の β' の範囲が定められる。すなわち、

$$\frac{(p + \alpha) \cdot \{x(\theta_0, a) - x(\theta, a)\} + p\{y(\theta_0, a) - y(\theta, a)\} + q\bar{a}(1 - \lambda)\{\theta_0 - \theta\} - \frac{1}{2}(\theta_0^2 - \theta^2) + h}{\theta} < \beta' \leq 1 + k + \lambda q\bar{a} + h$$

あるいは、

$$(p + \alpha) \cdot \{x(\theta_0, a) - x(\theta, a)\} + p\{y(\theta_0, a) - y(\theta, a)\} + q\bar{a}(1 - \lambda)\{\theta_0 - \theta\} - \frac{1}{2}(\theta_0^2 - \theta^2) < \beta' \theta - h \leq \theta(1 + k + \lambda q\bar{a})$$

という範囲内で当局が追加的な補助金の支給額 β' を設定するのであれば、この制度により現行の環境農業直接支払制度よりも θ を増加させることが可能である。

2.4.2 $\bar{\theta} = \frac{1}{4}$ に設定した場合

現行の $\bar{\theta} = \frac{1}{2}$ という状況では、補助金支給のあり方を変更することでさらに環境こだわり農法の面積を増やすことが出来る可能性があることを前節で示した。本節と次節では θ を変えるための別の手段として、補助金支給の仕方ではなく補助金支給が始まる環境こだわり農法の土地面積 $\bar{\theta}$ を当局が変更した時に、集落が選択する θ がどのように変化するかを検討していく。

現行の制度における $\bar{\theta} = \frac{1}{2}$ を $\bar{\theta} = \frac{1}{4}$ へと変更した場合を考える。これは、当局が補助

金需給の要件を現行制度に比べて緩めた状態を指す。この場合の補助金 $A(\theta)$ は

$$A(\theta) = \begin{cases} \beta\theta & (\beta > 0) \text{ if } \theta \geq \frac{1}{4} \\ 0 & \text{if } \theta < \frac{1}{4} \end{cases} \text{ として表される.}$$

集落が直面する問題はこれまでの議論と変わらず、

$$\max \pi = R - C + A(\theta)$$

である。一階の条件は、

$$R' = C' - A'(\theta)$$

となり、これを満たす θ を θ_4 とする。

$R = -\frac{1}{2}\left(\theta - \frac{1}{2}\right)^2 + l$, $C = q\{-\bar{a}(1-\lambda)\theta + \bar{a}\} + \theta^2 + k$ と定めたので、これをもとに整理すると、

$$-\left(\theta - \frac{1}{2}\right) = -q\bar{a}(1-\lambda) + 2\theta - 1 + q\bar{a}(1-\lambda)$$

$$-\theta + \frac{1}{2} = 2\theta - 1$$

$$-\theta + \frac{1}{2} = 2\theta - 1$$

$$3\theta = \frac{3}{2}$$

$$\theta_4 = \frac{1}{2}$$

このことを図で表すと図 20 のようになる。

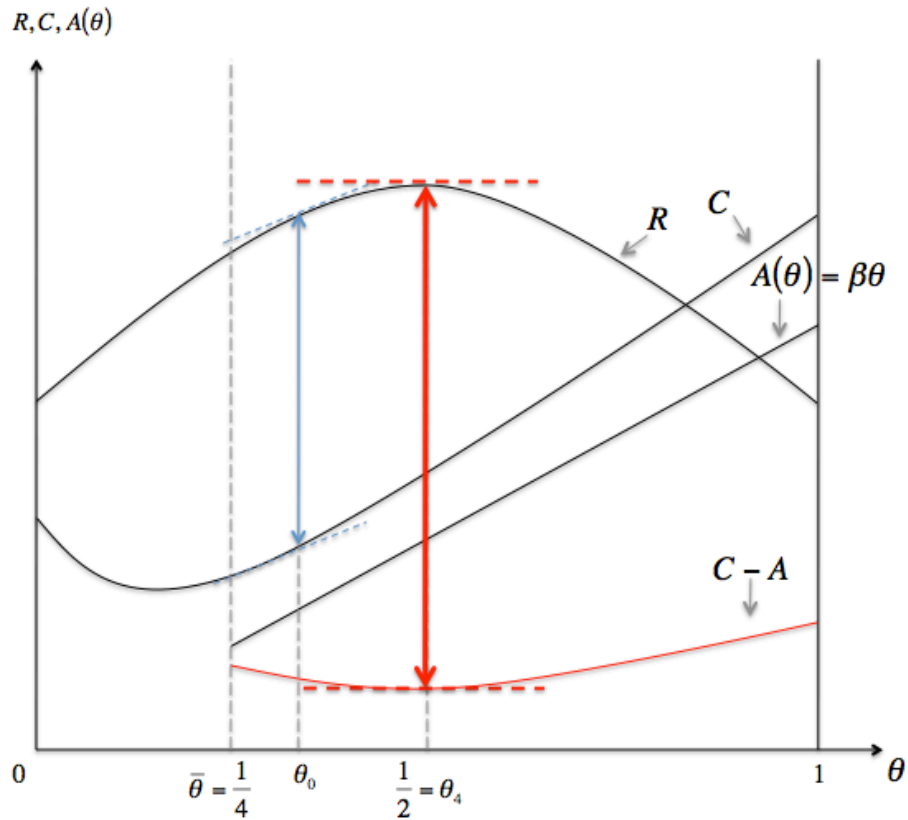


図 20 $\bar{\theta} = 1/4$ と変更した場合

$\theta_4 = \frac{1}{2}$ のときの集落の利潤は現行の直接支払制度での利潤 $\pi(\theta_1)$ と等しいため、このことより $\pi(\theta_4) = \pi(\theta_1) > \pi(\theta_0)$ が成り立つことが分かる ($\pi(\theta_1) > \pi(\theta_0)$ の数学的証明は巻末付録参照)。すなわち、現行の補助金支給の仕方 (交付額 = 交付単価 × 環境こだわり農業実施面積) のままならば、補助金支給の境を $\bar{\theta} = \frac{1}{4}$ へと緩くしたところで効果は変わらない。「現行制度よりも少ない環境こだわり農業実施面積で補助金がもらえるならば、集落にとって費用の面で環境こだわり農業に取り組みはじめるためのハードルが下がるのだから、取り組む集落が増え、全体としての実施面積も増えるだろう」と当局が考えるのは一見理にかなっているように思われる。しかし、その案を実行しても、実際には現行制度よりも環境こだわり農業の面積が増えることは無いという結論が得られた。

2.4.3 $\bar{\theta} = \frac{3}{4}$ に設定した場合

前節では基準を $\bar{\theta} = \frac{1}{4}$ へと緩くした場合を考えたが、次に $\bar{\theta} = \frac{3}{4}$ という風に補助金支給の要件となる面積を厳しくした場合を検討する。

$$\text{ここでの補助金は } A(\theta) = \begin{cases} \beta\theta & (\beta > 0) \text{ if } \theta \geq \frac{3}{4} \\ 0 & \text{if } \theta < \frac{3}{4} \end{cases} \text{ として表される.}$$

これまでの議論と同様に、集落の利潤が最大となるような θ をここでは θ_5 として表すことにする。 θ_5 は図 21 にて示されているように、 $\bar{\theta} = \theta_5 = \frac{3}{4}$ と決定されることになる（導出過程は巻末の分析数式付録を参照）。

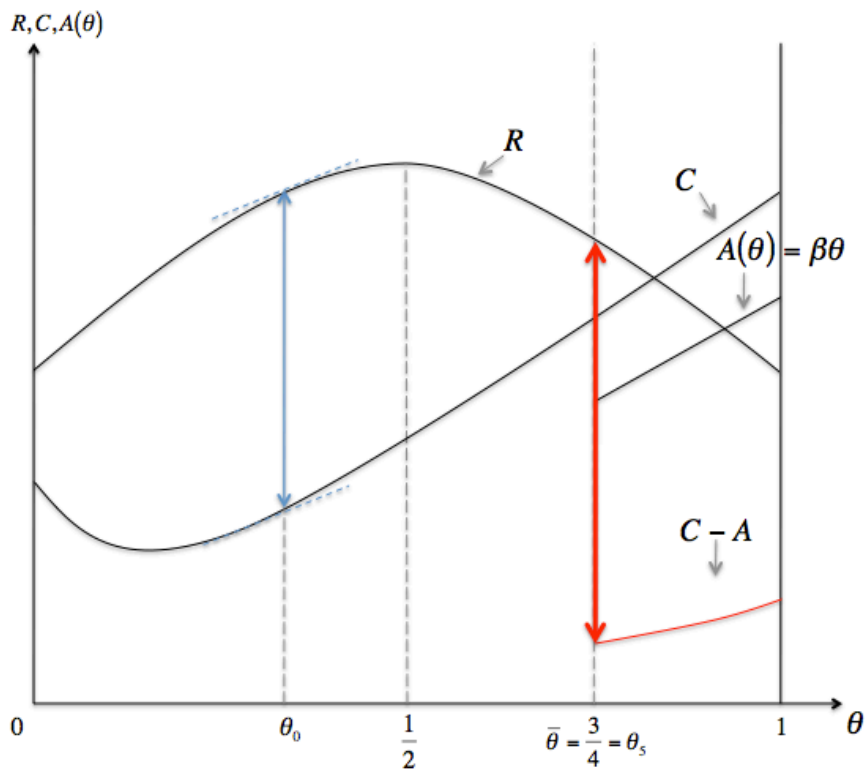


図 21 $\bar{\theta} = \frac{3}{4}$ と変更した場合

$\bar{\theta} = \frac{3}{4}$ と補助金支給要件となる面積を厳しくすると、現行制度で集落が選択する $\theta_1 = \frac{1}{2}$ よりもさらに集落は環境こだわり農業を行う面積を増やす。その点では $\bar{\theta} = \frac{1}{4}$ と定める場合とは異なり、現状を変えることが出来ると言えるだろう。

それでは、2.4.1で検討した「補助金支給の仕方を変更する」という場合と比較してどちらが現実の政策として実行可能性があるのだろうか。 $\bar{\theta} = \frac{3}{4}$ と変更することの最大の問題点は、現行の制度下で補助金が支給されている集落に全く補助金が支給されないという状況が発生することである。現行制度の元では集落は最大で $\theta_1 = \frac{1}{2}$ までしか選択しないため、 $\bar{\theta} = \frac{3}{4}$ という要件を満たす集落は存在しない。そのため、これらの集落は $\bar{\theta} = \frac{3}{4}$ と変更することでこれまで支給されていた補助金が全く支給されないことになり、制度のこのような変更に対しては集落からの反発が容易に予想される。

直接支払制度が全く行われていない場所で、仮に滋賀県の直接支払制度を踏襲した補助金支給を検討する場合に $\bar{\theta} = \frac{3}{4}$ と設定することは全く問題が無く、むしろ $\bar{\theta} = \frac{1}{2}$ と定めるよりも効果的である。しかし、滋賀県のケースでは制度を新設するのではなく、あくまでも現行制度から「移行」しなくてはならない。補助金支給の仕方を変更する場合でも $\bar{\theta} = \frac{1}{2}$ 時点での補助金額は現行制度より少なくはなるが、ゼロではない。多少の反発は起こるだろうが、補助金支給が急にゼロになる場合よりもその反発は小さいと考えられる。加えて、「環境こだわり農業の面積を増加させることに応じて増加していく支給額が現行よりも大きい」という仕組みは農家にとっても理解しやすいだろう。このことより、滋賀県では、実現可能性の見地から考えると2.4.1で検討した「補助金支給の仕方を変更する」という手段の方が農家からの反発も少なく、より現実的であると言える。

結論

本稿では琵琶湖の水質に関する問題として、面源負荷、さらにその中でも人間の経済活動である農業由来の濁水問題を扱い、この問題に対して滋賀県が取り組んでいる「環境こだわり農産物認証制度」と「環境農業直接支払制度」という経済的インセンティブについての経済分析、考察を行った。これらの段階を経て得た結論は以下のようにまとめられる。

- ・ 滋賀県では環境こだわり農産物認証制度により発生する価格プレミアムを、慣行農法による収益と環境こだわり農法による収益が一致するように設定している。そして、このような価格プレミアムがつくならば集落は環境こだわり農法を行うインセンティブを持つ。
- ・ 現行の環境農業直接支払制度に基づく補助金の交付額は慣行農法と環境こだわり農法の費用の差額を基に定められており、この直接支払制度は認証制度が単独で行われる場合よりさらに環境こだわり農法を選択する農家を増加させる方向に作用する。
- ・ 現行の制度よりもさらに環境こだわり農法が行われる面積を増やすための手段として、補助金支給のありかたを変更することが考えられる。そして、この方法を当局が選択するならば、新たに定める追加的な補助金支給額を十分に大きくすることが条件となる。もしもこの条件を満たさない交付単価を設定してしまった場合、新たな直接支払制度は環境こだわり農法が行われる面積を増加させる効果を失い、認証制度が単独で行われる場合の面積を農家は選択することになってしまう。
- ・ 現行の補助金支給のあり方のみでは、支給要件となる面積を緩くしても、現行制度よりも環境こだわり農法の面積が増えることは無い。
- ・ 現行の補助金支給の仕方のみで支給要件となる面積を厳しくすると、環境こだわり農法の面積は増加する。しかし、農家からの反発などを考慮すると、この政策を実行するのは補助金支給の仕方を変更することよりも困難な可能性が高い。

このように、滋賀県の農業環境政策の効果、そして現行の制度を変えることによってさらに大きな効果を持つようになる可能性があることを示した。農業由来の濁水問題への対策を考える際に、本稿が一助となれば幸いである。

*本稿執筆にあたり滋賀県農政水産部農業経営課の小松茂雄様、南重治様から貴重なコメント、アドバイスを頂きました。ここに記して感謝申し上げます。

分析数式付録

本稿の分析はグラフを中心としたものだった。ここでは本文中では行わなかった、これらのグラフがそれぞれ何故そのように描けるかということの数理的証明を行う。

2.3.2 環境こだわり農産物認証制度の経済分析

「環境こだわり農産物認証制度」が単独で行われた時の利潤最大化の面積 θ_0 が $\theta_0 < \frac{1}{2}$

であることを証明する。この時の集落の利潤 $\pi(\theta_0)$ は、

$$\pi(\theta_0) = R(\theta_0) - C(\theta_0)$$

と表される。また、 $R(\theta) = -\frac{1}{2}\left(\theta - \frac{1}{2}\right)^2 + l$ 、 $C(\theta) = q\{-\bar{a}(1-\lambda)\theta + \bar{a}\} + \theta^2 + k$ であるため

これを代入して、

$$\pi(\theta_0) = -\frac{1}{2}\left(\theta_0 - \frac{1}{2}\right)^2 + l - q\{-\bar{a}(1-\lambda)\theta_0 + \bar{a}\} - \theta_0^2 - k$$

を得る。一階の条件は、

$$R' = C'$$

であるので、これより

$$2 \times \left\{ \frac{1}{2} \left(\theta_0 - \frac{1}{2} \right) \right\} = q \{ -\bar{a}(1-\lambda) \} + 2\theta_0$$

$$-\theta_0 + \frac{1}{2} = q \{ -\bar{a}(1-\lambda) \} + 2\theta_0$$

$$3\theta_0 = \frac{1}{2} - q \{ -\bar{a}(1-\lambda) \}$$

$$3\theta_0 = \frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda)$$

$$\theta_0 = \frac{1}{3} \left\{ \frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda) \right\} \dots \textcircled{1}$$

を得る。ここで、p. 29 で現行の補助金交付単価 β を求めた際に得た $\beta = 1 - q\bar{a}(1-\lambda)$ より、

$$1 - q\bar{a}(1-\lambda) > 0 \quad \therefore \beta > 0$$

となることが分かる。これより、

$$1 > q\bar{a}(1-\lambda) \quad \dots \textcircled{2}$$

を得る. ②式の両辺に $\frac{1}{2}$ を加えて,

$$\begin{aligned} 1 + \frac{1}{2} &> \frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda) \\ \Leftrightarrow \frac{3}{2} &> \frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda) \\ \Leftrightarrow \frac{1}{3} \times \frac{3}{2} &> \frac{1}{3} \left\{ \frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda) \right\} \\ \Leftrightarrow \frac{1}{2} &> \frac{1}{3} \left\{ \frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda) \right\} \end{aligned}$$

この式の右辺は①式で求められた θ_0 に他ならない. ゆえに,

$$\frac{1}{2} > \theta_0$$

となる.

Q. E. D.

2.3.3 環境農業直接支払制度の経済分析

まず, 現行の「環境農業直接支払制度」が導入されると $\bar{\theta} = \frac{1}{2} \leq \theta \leq 1$ の範囲で $C - A$ の

曲線が増加関数となることを示す. 現行制度では $A(\theta) = \beta\theta$ if $\theta \geq \frac{1}{2}$ なので,

$$\begin{aligned} C(\theta) - A(\theta) &= q\{-\bar{a}(1-\lambda)\theta + \bar{a}\} + \theta^2 + k - \beta\theta \\ &= -q\bar{a}(1-\lambda)\theta + q\bar{a} + \theta^2 + k - \beta\theta \\ &= \theta^2 - \{q\bar{a}(1-\lambda) + \beta\}\theta + q\bar{a} + k \\ &= \left\{ \theta - \frac{1}{2}(q\bar{a}(1-\lambda) + \beta) \right\}^2 - \frac{1}{4}\{q\bar{a}(1-\lambda) + \beta\}^2 + q\bar{a} + k \quad \dots \textcircled{3} \end{aligned}$$

ここで再び, p. 29 で得た $\beta = 1 - q\bar{a}(1-\lambda)$ より,

$$\beta = 1 - q\bar{a}(1-\lambda) \Leftrightarrow \beta + q\bar{a}(1-\lambda) = 1$$

$$\frac{1}{2}\{q\bar{a}(1-\lambda) + \beta\} = \frac{1}{2} \quad \dots \textcircled{4}$$

となる。この④式を③式に代入すると、 $\theta \geq \frac{1}{2}$ のとき必ず $C(\theta) - A(\theta) > 0$ となることが分かる。

Q. E. D.

「環境こだわり農産物認証制度」に現行の「環境農業直接支払制度」が加わった際、集落が選ぶこだわり農法の面積 θ_1 が $\frac{1}{2}$ となることを証明する。

集落の問題は、

$$\max \pi(\theta) = R(\theta) - C(\theta) + A(\theta)$$

である。ここで、 $R(\theta) = \frac{1}{2}\left(\theta - \frac{1}{2}\right)^2 + l$, $C(\theta) = q\{-\bar{a}(1-\lambda)\theta + \bar{a}\} + \theta^2 + k$, $A(\theta) = \beta\theta$ なのでこれらを代入して、

$$-\frac{1}{2}\left(\theta - \frac{1}{2}\right)^2 + l - q\{-\bar{a}(1-\lambda)\theta + \bar{a}\} - (\theta^2 + k) + \beta\theta$$

となる。一階の条件は、

$$R' = C' - A'$$

なので、

$$2 \times \left\{ -\frac{1}{2}\left(\theta - \frac{1}{2}\right) \right\} = q\{-\bar{a}(1-\lambda)\} + 2\theta - \beta$$

を得る。これを解いて、

$$-\theta + \frac{1}{2} = -q\bar{a}(1-\lambda) + 2\theta - (1 - q\bar{a}(1-\lambda))$$

$$\Leftrightarrow 3\theta = \frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda) + 1 - q\bar{a}(1-\lambda)$$

$$\Leftrightarrow 3\theta = \frac{2}{3}$$

$$\Leftrightarrow \theta = \frac{1}{2}$$

この時の θ を θ_1 と定めたので、 $\theta_1 = \frac{1}{2}$ である。

Q. E. D.

「環境農業直接支払制度」が導入された時の方が「環境こだわり農産物認証制度」単独の時より利潤が大きくなること、すなわち $\pi(\theta_1) > \pi(\theta_0)$ となることを証明する。

$\pi(\theta_1)$ の時は補助金 $A(\theta) = \beta\theta$ if $\theta \geq \frac{1}{2}$ が支給されるので、

$$\pi(\theta_1) = R(\theta_1) - q\{-\bar{a}(1-\lambda)\theta_1 + \bar{a}\} - \theta_1^2 - k + \beta\theta_1$$

である。一方 $\pi(\theta)$ は、

$$\pi(\theta_0) = R(\theta_0) - q\{-\bar{a}(1-\lambda)\theta_0 + \bar{a}\} - \theta_0^2 - k$$

となる。2つの利潤の差を求めると、

$$\begin{aligned} \pi(\theta_0) - \pi(\theta_1) &= R(\theta_0) - q\{-\bar{a}(1-\lambda)\theta_0 + \bar{a}\} - \theta_0^2 - k - R(\theta_1) + q\{-\bar{a}(1-\lambda)\theta_1 + \bar{a}\} + \theta_1^2 + k + \beta\theta_1 \\ &= R(\theta_0) - R(\theta_1) + q\bar{a}(1-\lambda)(\theta_0 - \theta_1) - (\theta_0^2 - \theta_1^2) - \{1 - q\bar{a}(1-\lambda)\}\theta_1 \end{aligned}$$

$\theta_1 = \frac{1}{2}$ より、

$$\begin{aligned} &\pi(\theta_0) - \pi(\theta_1) \\ &= R(\theta_0) - R\left(\frac{1}{2}\right) + q\bar{a}(1-\lambda)\left(\theta_0 - \frac{1}{2}\right) - \left(\theta_0^2 - \frac{1}{4}\right) - \frac{1}{2} + \frac{1}{2}q\bar{a}(1-\lambda) \\ &= -\frac{1}{2}\left(\theta_0^2 - \frac{1}{2}\right)^2 + 1 + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2}\right)^2 - 1 + q\bar{a}(1-\lambda)\theta_0 - \frac{1}{2}q\bar{a}(1-\lambda) - \theta_0^2 + \frac{1}{4} - \frac{1}{2} + \frac{1}{2}q\bar{a}(1-\lambda) \\ &= -\frac{1}{2}\theta_0^2 + \frac{1}{2}\theta_0 - \frac{1}{8} + q\bar{a}(1-\lambda)\theta_0 - \theta_0^2 - \frac{1}{4} \\ &= -\frac{3}{2}\theta_0^2 + \left\{\frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda)\right\}\theta_0 - \frac{3}{8} \\ &= -\frac{3}{2}\theta_0^2 + \left\{\frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda)\right\}\theta_0 - \frac{3}{8} \\ &= -\frac{3}{2}\left\{\theta_0^2 - \frac{2}{3}\left(\frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda)\right)\theta_0\right\} - \frac{3}{8} \\ &= -\frac{3}{2}\left\{\theta_0 - \frac{1}{3}\left(\frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda)\right)\right\} + \frac{1}{6}\left(\frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda)\right)^2 - \frac{3}{8} \end{aligned}$$

p. 39 で $\theta_0 = \frac{1}{3}\left\{\frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda)\right\}$ と求めたので、

$\theta_0 - \frac{1}{3}\left(\frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda)\right) = 0$ となる。これより、

$$\begin{aligned} & \pi(\theta_0) - \pi(\theta_1) \\ &= \frac{1}{6}\left(\frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda)\right)^2 - \frac{3}{8} \dots \textcircled{5} \end{aligned}$$

また、 $1 - q\bar{a}(1-\lambda) > 0 \quad \because \beta > 0$ より、

$$1 > q\bar{a}(1-\lambda)$$

両辺に $\frac{1}{2}$ を加えて、

$$\begin{aligned} 1 + \frac{1}{2} &> \frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda) > \frac{1}{2} \\ \left(\frac{3}{2}\right)^2 &> \left\{\frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda)\right\}^2 \dots \textcircled{6} \end{aligned}$$

⑤式に合わせるために⑥式の両辺に $\frac{1}{6}$ をかけると次式を得る。

$$\frac{1}{6} \times \frac{9}{4} > \frac{1}{6} \left\{\frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda)\right\}^2$$

これを整理して、

$$\begin{aligned} \frac{3}{8} &> \frac{1}{6} \left\{\frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda)\right\}^2 \\ \frac{3}{8} - \frac{3}{8} &> \frac{1}{6} \left\{\frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda)\right\}^2 - \frac{3}{8} \\ 0 &> \frac{1}{6} \left\{\frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda)\right\}^2 - \frac{3}{8} \\ 0 &> \pi(\theta_0) - \pi(\theta_1) \\ \pi(\theta_1) &> \pi(\theta_0) \end{aligned}$$

Q. E. D.

2.4.1 補助金支給の仕方を変更した場合

新たな直接支払制度が効果を持つ時に集落が選択する θ_2 が $\theta_2 > \frac{1}{2}$ であることを証明する。

$$A_2(\theta) = \beta' \theta - h$$

である。また、

$$\beta' > \beta = 1 - q\bar{a}(1 - \lambda) > 0$$

集落の利潤最大化問題を解いて、

$$R' = C' - A'_2$$

$$2 \times \left\{ -\frac{1}{2} \left(\theta - \frac{1}{2} \right) \right\} = q(-\bar{a}(1 - \lambda)) + 2\theta - \beta'$$

$$-\theta + \frac{1}{2} = q(-\bar{a}(1 - \lambda)) + 2\theta - \beta'$$

$$3\theta = \frac{1}{2} + q\bar{a}(1 - \lambda) + \beta'$$

$$\theta_2 = \frac{1}{3} \left\{ \frac{1}{2} + q\bar{a}(1 - \lambda) + \beta' \right\} \dots \textcircled{7}$$

ここで、

$$\beta' > 1 - q\bar{a}(1 - \lambda) \quad (= \beta)$$

$$\beta' + q\bar{a}(1 - \lambda) > 1$$

$$\frac{1}{2} + \beta' + q\bar{a}(1 - \lambda) > 1 + \frac{1}{2}$$

$$\theta_2 = \frac{1}{3} \left\{ \frac{1}{2} + q\bar{a}(1 - \lambda) + \beta' \right\} > \frac{1}{3} \times \frac{3}{2} = \frac{1}{2}$$

ゆえに、

$$\theta_2 > \frac{1}{2}$$

Q. E. D.

2.4.3 $\bar{\theta} = \frac{3}{4}$ に設定した場合

$\bar{\theta} = \frac{3}{4}$ に変更した場合に集落が選択する $\theta_5 = \frac{3}{4}$ となることを示す。

集落の利潤は、

$$\begin{aligned}\pi &= R - C + A \\ &= -\frac{1}{2}\left(\theta - \frac{1}{2}\right)^2 + l - q\{-\bar{a}(1-\lambda)\theta + \bar{a}\} - (\theta^2 + k) + \beta\theta \\ &= -\frac{1}{2}\left(\theta^2 - \theta + \frac{1}{4}\right) + l + q\bar{a}(1-\lambda)\theta - q\bar{a} - \theta^2 - k + \beta\theta \\ &= -\frac{3}{2}\theta^2 + \left(\frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda) + \beta\right)\theta - \frac{1}{8} + l - q\bar{a} - k \\ &= -\frac{3}{2}\left\{\theta^2 - \frac{2}{3}\left(\frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda) + \beta\right)\theta\right\} - \frac{1}{8} + l - q\bar{a} - k\end{aligned}$$

平方完成して、

$$= -\frac{3}{2}\left\{\theta - \frac{1}{3}\left(\frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda) + \beta\right)\right\}^2 + \frac{1}{6}\left(\frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda) + \beta\right) - \frac{1}{8} + l - q\bar{a} - k$$

$\beta = 1 - q\bar{a}(1-\lambda)$ より、

$$\frac{1}{3}\left(\frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda) + 1 - q\bar{a}(1-\lambda)\right)$$

$$\frac{1}{3}\left(\frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda) + \beta\right) = \frac{1}{2}$$

$$\theta_5 = \frac{3}{4}$$

$\frac{3}{4} \leq \theta \leq 1$ の範囲では R は減少関数、 $C - A$ は増加関数となるため、この範囲内で集落

の利潤が最も大きくなるのは明らかに $\theta = \frac{3}{4}$ の時である。よって、認証制度が単独で行

われる場合の $\pi(\theta_0)$ よりも $\pi\left(\frac{3}{4}\right)$ が大きくなるならば、 θ_0 と比べても集落は $\theta_5 = \frac{3}{4}$ を選

択する。

すなわち $A(\theta) = \begin{cases} \beta\theta & (\beta > 0) \text{ if } \theta \geq \frac{3}{4} \\ 0 & \text{if } \theta < \frac{3}{4} \end{cases}$ のもとで $\pi(\theta_0) - \pi\left(\frac{3}{4}\right) < 0$ が成り立てばよい.

$$\begin{aligned} & \pi(\theta_0) - \pi\left(\frac{3}{4}\right) \\ &= -\frac{1}{2}\left(\theta_0 - \frac{1}{2}\right)^2 + l - q\{-\bar{a}(1-\lambda)\theta_0 + \bar{a}\} - (\theta_0^2 + k) + \beta\theta_0 \\ & \quad + \frac{1}{2}\left(\frac{3}{4} - \frac{1}{2}\right)^2 - l + q\{-\bar{a}(1-\lambda)\frac{3}{4} + \bar{a}\} - \left(\frac{3^2}{4} + k\right) + \frac{3}{4}\beta \\ &= -\frac{1}{2}\theta_0^2 - \frac{1}{2}\theta_0 - \frac{1}{8} + q\bar{a}(1-\lambda)\theta_0 - \theta_0^2 + \beta\theta_0 + \frac{1}{32} + \frac{3}{4}q\bar{a}(1-\lambda) - \frac{9}{16} - \frac{3}{4}\beta \\ & \beta = 1 - q\bar{a}(1-\lambda) \text{ より,} \\ &= -\frac{3}{2}\theta_0^2 + \frac{1}{2}\theta_0 + \frac{15}{32} - \frac{3}{4} \\ &= -\frac{3}{2}\left(\theta_0 - \frac{1}{6}\right)^2 - \frac{31}{96} \\ & \theta_0 = \frac{1}{3}\left\{\frac{1}{2} + q\bar{a}(1-\lambda)\right\} \text{ より,} \\ &= -\frac{3}{2}\left(\frac{1}{6} + \frac{1}{3}q\bar{a}(1-\lambda) - \frac{1}{6}\right)^2 - \frac{31}{96} \\ &= -\frac{1}{6}q\bar{a}(1-\lambda) - \frac{31}{96} < 0 \end{aligned}$$

よって、 $\pi(\theta_0) - \pi\left(\frac{3}{4}\right) < 0$ となり、 $A(\theta) = \begin{cases} \beta\theta & (\beta > 0) \text{ if } \theta \geq \frac{3}{4} \\ 0 & \text{if } \theta < \frac{3}{4} \end{cases}$ という補助金が支

給されるとき、集落は認証が単独で行われるときの θ_0 ではなく $\theta_5 = \frac{3}{4}$ を選択する.

Q. E. D.

参考文献

- (1) 国土交通省 都市・地域整備局, 2011, 『平成 22 年度 琵琶湖の総合的な保全のための計画調査業務 報告書』.
- (2) 佐々木宏樹, 2005, 「滋賀県環境農業直接支払い政策における意識構造分析:WTP を含んだ共分散構造モデルの適用」, 『農村計画学会誌』第 23 巻第 4 号, pp.275~284.
- (3) 澤田英司, 2010, 「ピア・プレッシャー環境下の環境被害課税メカニズム」, 『環境経済・政策研究』, Vol. 3, No. 2, pp. 50-59.
- (4) 滋賀県, 2009, 環境こだわり農産物の実施による環境負荷削減効果について (環境こだわり農産物環境影響調査事業結果報告),
<http://www.pref.shiga.jp/g/kodawari/kodawari/honpen.pdf>
- (5) 滋賀県農政水産部耕地課・農村振興課, 2009, 「農村地域の良好な水循環を目指して — 農業排水対策啓発資料集 — 」,
http://www.pref.shiga.jp/g/kochi/mizujyunkan/nohai_taisaku/siryu-syu/siryu-syu.html
- (6) 滋賀県農政水産部農政課, 2011, 『しがの農林水産業』.
- (7) 滋賀県農政水産部農業経営課, 2010, 『滋賀の環境農業直接支払制度について』.
- (8) 滋賀県農政水産部農業経営課, 2011, 『環境こだわり農産物認証制度のあらまし』.
- (9) 滋賀県琵琶湖環境部水政課, 2009, 『琵琶湖ハンドブック』.
- (10) 滋賀県琵琶湖環境部環境政策課, 2011, 『滋賀の環境 2011(平成 23 年版環境白書)』.
- (11) 滋賀県・京都府, 2008, 『琵琶湖に係る湖沼水質保全計画 第 5 期 ~暮らしと琵琶湖 共生の時代に向けて~』.
- (12) 滋賀県立大学環境フィールドワーク研究会, 2007, 『琵琶湖発 環境フィールドワークのすすめ』, 昭和堂.
- (13) 滋賀県立琵琶湖博物館編, 2011, 『生命の湖 琵琶湖を探る』, 文一総合出版.
- (14) 柴原藤善, 2009, 「琵琶湖集水域における環境負荷低減技術の体系化と環境農業直接支払制度の検証」, 『独立行政法人農業環境技術研究所 第 26 回 土・水研究会資料 窒素・リンによる環境負荷の削減に向けた取り組み』, pp. 11-19.
- (15) 宋丹瑛, 2005, 「環境保全型農業の存率条件 — 滋賀県の環境こだわり農業とエコファーマーの比較研究」, 『地域政策研究』(高崎経済大学地域政策学会) 第 7 巻 第 4 号, pp. 83-91.
- (16) 宗宮功, 2000, 『琵琶湖 — その環境と水質形成』, 技報堂出版.
- (17) 西野麻知子編, 2009, 『とりもどせ! 琵琶湖・淀川原風景 水辺の生物多様性保

全に向けて』，サンライズ出版.

- (18) 藤栄剛, 2008, 「農業環境政策の経済分析」, 『彦根論叢』 第 370 号, pp. 65-85.
- (19) 「琵琶湖」編集委員会編, 1983, 『琵琶湖 その自然と社会』, サンブライト出版.
- (20) 吉田謙太郎, 2004, 「環境政策立案のための環境経済分析の役割 — 地方環境税と湖沼水質保全」, 『季刊家計経済研究』 2004 SUMMER No.63, pp. 22-31.
- (21) 和田英太郎監修, 2009, 『流域環境学 — 流域ガバナンスの理論と実践』, 京都大学学術出版会.
- (22) Blank, S. C., 2001, “Producers Get Squeezed Up the Farming Food Chain: A Theory of Crop Portfolio Composition and Land Use,” *Review of Agricultural Economics*, Vol. 23, pp.404-422.
- (23) Dasgupta, S., et al., 2007, “Is Environmentally Friendly Agriculture Less Profitable for Farmers? Evidence on Integrated Pest Management in Bangladesh,” *Review of Agricultural Economics*, Vol. 29 (1), pp. 103-118.
- (24) Roche, M. J. and McQuinn, K., 2004, “Riskier Product Portfolio under Decoupled Payments,” *European Review of Agricultural Economics*, Vol. 31 (2), pp. 111-123.
- (25) Schwabe, A. K., 2001, “Nonpoint Source Pollution, Uniform Control Strategies, and the Neuse River Basin,” *Review of Agricultural Economics*, Vol. 23, pp.352-369.
- (26) Shortle, J. S. and Abler, R. D., 1998, “Research Issues in Nonpoint Pollution Control,” *Environmental and Resource Economics*, Vol. 11, pp. 571-585.
- (27) Shortle, J. S. and Horan, R. D., 2001, “The Economics of Nonpoint Pollution Control,” *Journal of Economic Surveys*, Vol. 15 (3), pp. 255-289.
- (28) Stumborg, E. B., et al., 2001, “Nonpoint Source Pollution and Present Values: A Contingent Valuation Study of Lake Mandota,” *Review of Agricultural Economics*, Vol. 23, pp.120-132.