

卒業論文

佐渡島におけるトキと農家の関係性についての経済学的考察 ～朱鷺と暮らす郷づくり認証制度と森林保護の観点から～

慶應義塾大学 経済学部

大沼あゆみ研究会 9期

学籍番号 20808543

小林 正行

— 要旨 —

新潟県佐渡市におけるトキと米生産農家の関係性を経済学的に考察する。本論文では、トキの生息に必要な「エサ場としての水田」と「棲み処としての森林」という 2 つの環境要素に焦点を当てて分析を行う。現状としては、「エサ場としての水田」が朱鷺と暮らす郷づくり認証制度の下で順調に作付面積を伸ばしている一方、「棲み処としての森林」には病虫害被害による問題が存在する。認証栽培によって利潤を得ている農家が、トキの「棲み処としての森林」の減少に伴ってどのような影響を受けるのか、またどのような行動をとるのが望ましいのか、農家の利潤や認証栽培面積、トキの生息数に注目してモデル分析を行っていく。

この世に生を受けた人間は、脚が1本であれ2本であれ困難に立ち向かわなければならない。どう生まれたかではなく、どれだけ価値のある者になれるか。たくましくあれ！可能性を高めよ！そのために痛みが伴おうとも、私は不満をこぼす事はないだろう。私の魂は屈する事はない。どんな敵に立ち向かおうとも恐れる事はない。私は自分の可能性を知っているから。

片足のヒーロー アンソニー・ロブルス

目次

序章	4
第1章：佐渡島	5
第2章：トキ	9
2-1 生物的特徴	10
2-2 生息・保全状況	11
2-3 トキに纏わる歴史	12
2-3-1 歴史① ～絶滅に至るまでの道筋～	12
2-3-2 歴史② ～絶滅、野生復帰への軌跡～	13
2-4 トキが生息する環境	15
第3章：朱鷺と暮らす郷づくり認証制度	16
3-1 概要	17
3-2 「朱鷺と暮らす郷づくり認証制度」に取り組む農家	20
3-3 現状	21
第4章：トキが暮らす森林	24
4-1 佐渡島の森林	24
4-2 佐渡の森林が抱える問題	25
4-2-1 マツ枯れ	25
4-2-2 ナラ枯れ	30
第5章：分析	32
5-1 問題意識 ～分析の焦点～	32
5-2 分析の流れ	33

5-3 静学分析	33
5-3-1 モデルの設定	33
5-3-2 現状に関する分析	36
5-3-3 農家による森林整備費用の投入に関する分析	44
5-4 動学分析	47
5-4-1 モデルの設定	47
5-4-2 農家による森林整備費用の投入に関する分析	49
5-5 分析の考察（まとめ）	57
第6章 終わりに	59
参考	60
あとがき	61

序章

現在、新潟県佐渡市（佐渡島）ではトキの野生復帰に向けた取り組みが行われている。1981年に日本で野生絶滅したトキであるが、2008年より計5回の放鳥が実施されるなど、日本の空に再びトキが舞うために様々な努力がなされている。そのような努力の一環として、「朱鷺と暮らす郷づくり認証制度」という制度がある。この制度は、生きもの育む農法や減農薬・減化学肥料に関する基準を満たすお米に対して認証ラベルを貼ることを許可するものである。この認証米の生産には、多大なる費用や労力が必要となるが、その分多くの価格プレミアムが付き、農家は多くの収入を得ることができる。

「朱鷺と暮らす郷づくり認証制度」は農家にメリットを与えるだけではない。生きもの育む農法や減農薬・減化学肥料栽培によって、水田にドジョウやツチガエルなどの水棲生物が多く繁殖し、トキのエサが増えるのである。「朱鷺と暮らす郷づくり認証制度」は、トキの「エサ場としての水田」を整備するという点において重要な役割を担っていると言える。また、「朱鷺と暮らす郷づくり認証制度」は順調に作付面積を伸ばしている。制度を立ち上げた当初（平成20年度）は、400haほどであったが、平成24年度は1400haほどに普及し、全水稻作付面積の2割を超えている。「エサ場としての水田」は着々と整備がなされているのである。

トキの野生復帰は「エサ場としての水田」を増やせば良いわけではない。トキは水田で一日中採餌をしているわけではなく、ねぐらや営巣地として森林に身を潜めている。したがって、トキの生息数を増やすためには「エサ場としての水田」と「棲み処としての森林」という2つの環境を整備する必要がある。

しかし、「エサ場としての水田」は順調に整備が進んでいる一方、「棲み処としての森林」には問題が起こっている。それは「マツ枯れ」と「ナラ枯れ」である。佐渡はアカマツやコナラといった樹種が多く植生しており、トキはこのような樹種を好んで棲み処としているが、近年「マツ枯れ」と「ナラ枯れ」といった病害虫被害によって枯死が進んでいる。対策としては、費用が安い空中散布と莫大な費用がかかる樹幹注入という方法があるが、トキの健康被害を考慮すると樹幹注入しか行えないため、行政は費用の出所を含め対策に苦慮している。

本論文では、このような背景を踏まえ現状を数式化し、経済学的にモデル分析

及びシミュレーション分析を行っていく。本論文の特徴は、トキの生息数が「エサ場としての水田」と「棲み処としての森林」の完全補完的生産関数によって決定する点にある。その下で、慣行栽培と認証栽培の割合を変化させることで、農家の利潤にどのような変化があるかを分析する。また、農家はトキが存在することによって認証米を売ることができ、そこから利潤を得ているという現状を踏まえ、認証米の利潤のうち、価格プレミアム分の何割かを森林整備費用に充てることで、トキの生息数や農家の利潤にどのような変化があるのかについても考察していく。

第 1 章 佐渡島

第 1 章では、本論文の舞台である新潟県佐渡島（佐渡市）の地理や魅力、産業について述べていきたい。

佐渡島は新潟県の北西部に位置する。面積は 855.33 km²¹で、沖縄本島に次ぐ日本全国第 2 位の大きさを誇る島である。北の大佐渡山地と南の小佐渡山地に、穀物地帯である国仲平野が挟まれて位置する地形となっている。夏は本土より涼しく、冬は本土より暖かい気候が佐渡の特徴である。人口は 61,990 人（24,742 世帯）²で、新潟県人口の約 2.6%³が住んでいる。以前は両津市・相川市・佐和田町をはじめとする 10 市町村が存在していたが、2004 年 3 月に合併し、佐渡島全域が佐渡市となった。本土からの交通アクセスとしては、新潟からカーフェリー（2 時間 30 分）、ジェットfoil（65 分）、飛行機（25 分）がある。東京から新幹線と飛行機を乗り継げば最短約 4 時間でアクセス可能⁴である。しかし、天候が荒れる冬の季節になると、カーフェリー等の交通・輸送手段が絶たれることもしば

¹ 佐渡市 HP

<http://www.city.sado.niigata.jp/admin/profile/history/index.shtml> より

² 佐渡市 HP <http://www.city.sado.niigata.jp/index.html> より
（2012 年 12 月 1 日現在）

³ 新潟県 HP <http://www.pref.niigata.lg.jp/tokei/1353362476112.html> より
（2012 年 11 月現在 2,346,661 人）

⁴ 佐渡市 HP

<http://www.city.sado.niigata.jp/admin/profile/access/index.shtml> より

しばある。実際に私が2月に佐渡に行った際は、帰りの船が寒波によって出港できずに1泊多く過ごした。

佐渡の魅力は何と言っても、海と山に囲まれた大自然と伝統文化、そして食にある。周囲を日本海に囲まれ、国立公園に指定されている尖閣湾⁵を有する。海では珊瑚も生息し、南方系の魚も見ることができる。映画「オーシャンズ」にも出演したコブダイの弁慶は、佐渡を代表する魚である。山にはサドアザミやアイカワザサなど、佐渡固有の植物が存在する上に、樹齢300年を超える原生林がある。また、佐渡の文化は北陸や西日本の影響を受けている。これは佐渡が過去に流刑地であったことや、北前船の寄港地であったことに由来すると言われている。事実、佐渡の言葉は関西弁に近い。伝統文化としては、能や鬼太鼓などがある。かの有名な世阿弥が佐渡に流されたことや、佐渡初代奉行の大久保石見守長安が能楽師出身であったために、佐渡では能が盛んで、日本全国に現存する1/3もの能舞台が島内に存在する。鬼太鼓とは、500年も伝え続けられている佐渡の伝統芸能で、集落の豊年を願う舞である。そして食の魅力を忘れてはならない。「いごねり」や「おけさ柿」といった佐渡の名物はもちろんもこと、冬の「寒ブリ」は最高の一言に尽きる。佐渡のご当地グルメとして「佐渡天然ブリカツ丼」が推されるほどに佐渡の鰯は美味である。以下に載せた写真は、夏に佐渡に行った際に撮影したものである。冬は辺り一面の銀世界となるが、夏はこのように晴れ晴れとした風景を望むことができる。

⁵ 世界一の峡尖美として有名なノルウェーのハルダンゲル峡尖にも勝るとも劣らないということから名づけられた。尖閣諸島とは無関係。



図 1-1 白雲台から望む両津湾（著者撮影）

現在、少子化や都市部への人口流出の風潮は日本の至るところで起きているが、この佐渡の地においてもそれは例外ではない。以下に載せた表は佐渡市における人口の推移である。

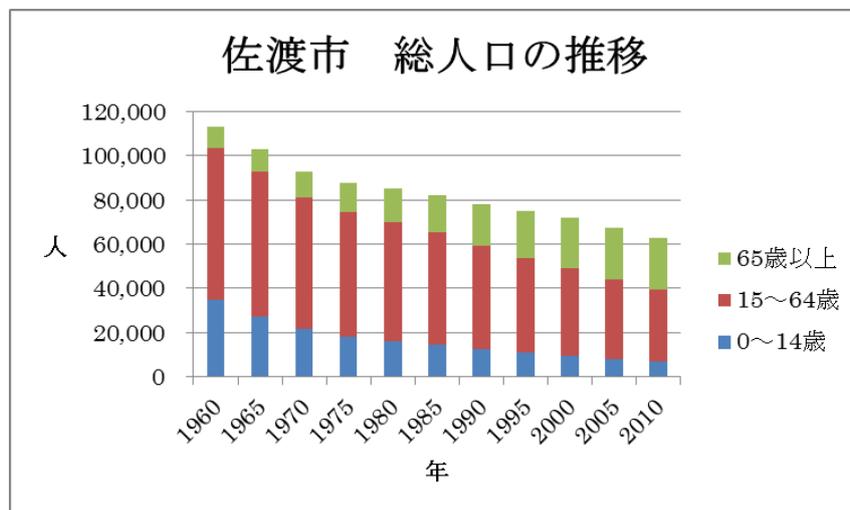


図 1-2 佐渡市総人口の推移（佐渡市ホームページ⁶より作成）

1960年に11万人ほどいた人口も、2010年には6万人ほどに落ち込んでいる。さらに、1960年には65歳以上の割合が8%ほどであったが、2010年には37%ほどに跳ね上がっている。もちろん医療技術の発達といった要因もあるだろうが、

⁶ http://www.city.sado.niigata.jp/admin/stat/m1_kokusei/s_01.shtml

日本全体での 65 歳以上の割合が 2010 年で 23%⁷であることを考慮すると、やはり佐渡にも高齢化の波が押し寄せていると言える。

次に佐渡市における佐渡市における産業の現状について見ていきたい。以下に示したグラフ⁸は佐渡市と全国における産業別就業割合を表したものである。

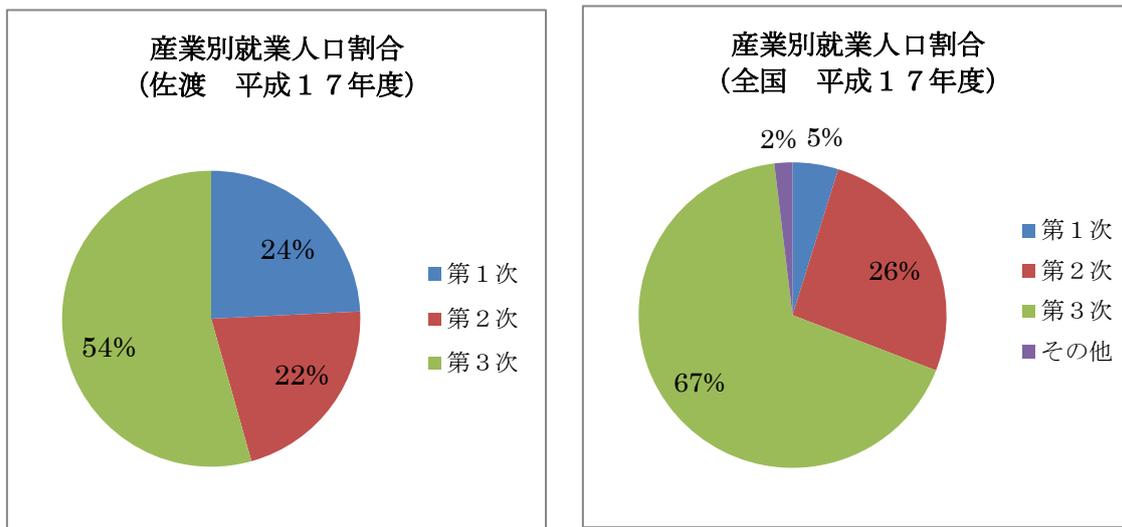


図 1-3 産業別就業人口割合 (佐渡市) 図 1-4 産業別就業人口割合 (全国)
(佐渡市ホームページ⁹、総務省ホームページ¹⁰より作成)

上記のグラフから読み取れる通り、第1次産業割合が全国に比べて非常に高いことがわかる。佐渡島においては、農業をはじめとする第一次産業が重要な産業となっているのである。また佐渡では農業と漁業をともに行う兼業農家が多く、それに対して木材を扱う林業従事者¹¹はほとんどいないとのことである¹²。そのことから、佐渡において農業がいかに重要な産業となっていることは言うまでもない。

このようは背景を持つ佐渡であるが、佐渡の生物多様性の保全と持続可能な利用を具体化する部門戦略として「トキと暮らす島 生物多様性戦略」を 2012 年に策定した。これは、生物多様性条約第 10 回締約国会議 (COP10) に参加し、GIAS (世界農業遺産) の認定を受けたりするなど、自然に対する取り組みを行っ

⁷ 総務省ホームページより算出

⁸ 佐渡市ホームページ、文部科学省ホームページより作成

⁹ http://www.city.sado.niigata.jp/admin/stat/m1_kokusei/s_03.shtml

¹⁰ <http://www.stat.go.jp/data/roudou/longtime/03roudou.htm>

¹¹ 椎茸栽培は行われている

¹² 佐渡市役所へのヒアリングより

てきた佐渡市が、今後のさらなる将来像のために策定したものである。その基本理念は「生物多様性が育む佐渡の豊かな自然と暮らしを保全・再生する」であり、キャッチコピーは「佐渡でふれあういのちのつながり ～人とトキが暮らす島を孫の世代へ～」となっている。キャッチコピーにも入っているように、その主要な取り組みとしてトキの野生復帰が挙げられる。1981年に佐渡の空から姿を消してしまったトキを再び野生に繁殖させるために、2008年から2012年までに計5回の放鳥を行うなど、佐渡市と環境省が主導となって様々な計画が実施されている。また、トキの野生復帰と非常に関係性の高い「朱鷺と暮らす郷づくり認証制度」という制度があるが、これについては第3章で詳述する。

第2章 トキ



図 2-1 順化ゲージ内で羽ばたくトキ（出典：佐渡観光協会 HP¹³）

¹³ <http://www.visitsado.com/>



図 2-2 水田で採餌するトキ(出典:NPO 法人日本エコツーリズムセンターHP¹⁴)

この章では、トキの生態学的な説明から、トキがどのようにして滅びたのか、今現在どのような環境に立たされているのかについて詳しく述べていきたい。

2-1 生物的特徴

トキは、学名を「*Nipponia Nippon*」と言い、コウノトリ目トキ科トキ亜科に属する鳥類である。和名では朱鷺・鶺鴒・ドゥ・ツキと呼ばれる。体長は 70～80cm、翼開長は 120～130cm、体重は 1.4kg～1.8kg 前後になる¹⁵。オスとメスの差がほとんどないため、判別が難しい。トキは鷺(サギ)に似ているが、以下のような特徴とトキでしか確認されていない珍しい習性を持っている。「トキの体型はサギ類に似るが、首は太く、足が短く、全体にずんぐりしている。くちばしは、長く下方に湾曲し、先端が赤黒い。顔には羽毛がなく、赤い皮膚が露出し、若い個体では赤みが少ない。足の色は頭部より薄い朱色である。足指の基部に水かきがあるが泳ぐことはできず、泥に足指がもぐらないようにする機能を持つ。羽色は非繁殖期にはピンクがかかった白色であるが、特に、風切羽や尾羽の羽軸は「鶺鴒色」といわれる美しい朱色である。繁殖期には雌雄ともに頭部と背面が黒灰色の繁殖

¹⁴ http://www.ecotourism-center.jp/article.php/cafe_tk110114

¹⁵ 新潟県佐渡市(2012)『佐渡市環境大全 改訂版』新潟県佐渡市発行 より

羽に変化する。これは、首の周辺の細胞から黒い粉末状の脂質が剥離し、この黒い粉末を水浴びの際に背中にこすりつけるために起きる体色変化であり、他の鳥では確認されていない極めて珍しい習性である（営巣期に外敵からカモフラージュする効果があるといわれている）。¹⁶

また、一般的な鳥類にも言えることではあるが、ふ蹠骨と呼ばれる足の骨が短いために、深い川や湖沼を餌場とすることはできず、水田などの比較的浅い水場を餌場として生息している。このことは第3章で述べる朱鷺と暮らす郷づくり認証制度に深く関わってくる。トキはドジョウやカエル、さらには昆虫などをエサとする肉食の鳥である。余談ではあるが、佐渡にしか生息しない「サドガエル」という固有種が存在する。そのサドガエルが2012年12月11日、国際的な専門誌『ズータクサ』に新種として掲載された¹⁷。見た目は一般的なツチガエルと似ているが、鳴き声が「ギューン」と特徴的である。驚くべきことに、放鳥されたトキがこのサドガエルを好んで採餌するようである。

2-2 生息・保全状況

「*Nipponia Nippon*」という学名から考えると、日本固有の鳥類であるように思ってしまうかもしれない。しかし、それは間違いである。トキは20世紀初頭までは日本をはじめとして、中国、台湾、朝鮮半島、ロシアのウスリー地方といった幅広い地域に分布していた。現在は日本、中国、朝鮮半島でのみ生息が確認されている。意外だと思われるかもしれないが、事実、日本の国鳥はキジである。もちろん佐渡市が規定している市の鳥はトキである上、新潟県が規定している県の鳥もトキである。IUCNのレッドリストでは、保全状況が「絶滅危惧（EN）」となっている。これは中国などに生息するトキを含めた、トキという種の評価となっている。また、1973年よりワシントン条約付属書Iにもトキが記載されている。それに対し、環境省が規定するレッドリストでは、「野生絶滅（EW）」となっている。日本に生息するトキは、2008年に始まった佐渡での野生復帰から、

¹⁶ 新潟県佐渡市（2012）『佐渡市環境大全 改訂版』新潟県佐渡市発行 より

¹⁷ YOMIURI ONLINE 「「ギューンと鳴くサドガエル、新種と認定」『読売新聞』（2012年12月12日）

<http://www.yomiuri.co.jp/kyoiku/news/20121212-OYT8T00315.htm>

2012年の春によく野生下での繁殖に成功した。この成果を考えると、レッドリストのランクを改訂しても良いように思える。しかし環境省の発表では、「IUCN（国際自然保護連合）のレッドリストカテゴリーによれば、「上位のカテゴリーに相当する基準が5年以上にわたって満たされない場合（すなわち下位のカテゴリーの基準を5年以上維持されることとなった場合）には、下位のカテゴリーへと移してよい。」と明記されており、5年以上の状況の継続が必要である。この基準を参考とし、現時点では、絶滅危惧 IA 類（CR）の定量的要件 D（成熟個体数が1～50未満であると推定される個体群である場合）を5年満たしていないことから、前回と同じ野生絶滅（EW）とした。¹⁸」と書かれている。つまり、最低でも5年はレッドリスト上では「野生絶滅（EW）」なのである。

2-3 トキに纏わる歴史

2-3-1 歴史① ～絶滅に至るまでの道筋～

先に述べたように、現在の環境省のレッドリストでは「野生絶滅（EW）」となっている。しかし、古くから絶滅が危惧されていたわけではない。新潟県佐渡市（2012）は江戸時代や明治時代の記録を引き合いに出し、「幕末から明治初期にかけては日本全国に分布していたと考えられる。当時の正確な個体数を推定する資料はないが、広く分布していた普通の鳥であったのであろう。」と述べている。佐渡ではもちろんのこと、現在では考えられないが東京をはじめとする日本全国に生息する「普通」の鳥だったのである。

では、なぜ絶滅してしまったのか。それは、明治時代中期から大正時代に始まる。日本ではこの時期に、一般庶民が銃を使った狩猟ができるようになった。トキをはじめとする中大型野生鳥獣が無制限に乱獲されるようになってしまったのである。農林業に被害を与える害鳥獣の駆除するために、羽毛や毛皮を売買するために、多くの中大型野生鳥獣が乱獲された。前述したようにトキは鶺鴒と呼ばれる美しい羽を持っている。この美しい羽毛が、開国したばかりの日本には重要な輸出品となったのである。絶滅の原因はそれだけではない。まだトキがありふ

¹⁸ 環境省ホームページ <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=15619> より

れた存在であったとき、トキは水田を荒らす害鳥として疎まわれていた。保護するような対象ではなかったのである。しかしトキは肉食であり、稲を直接食い荒らすわけではない。水田に棲む昆虫などを食べるために水田に入り、稲を踏む程度である。稲を食い荒らすその他の害獣による被害とトキを結びつけてしまい、そのイメージが固定化してしまったのである。またトキは薬や食肉として利用されてきた過去がある。産後の肥立ちが悪い母親や冷え性の人に効くと言われ、闇夜鍋の食材として食されたと言われている。

上記の3つの原因により、日本におけるトキの個体数は絶滅を危惧するまでに至った。そのような危機的状況の中、絶滅に追いやった2つの要因がある。それは、戦時中の過度な里山林の利用と、高度成長期の里山放棄である。トキが生息に必要な里山の利用は、昭和初期から太平洋戦争終戦までの時期にピークに達したと言われている。その時期の佐渡島の人口は現在のおよそ2倍の12万5000人¹⁹であったとされる。その莫大な人口の多くが第一次産業に従事しており、大戦中の木材や食料といった物資のために、里山が過剰に利用されていた。そのため、トキが営巣できるような森林が極めて少なくなってしまったのである。その後、高度成長期に起こった環境の変化によりトキが野生から姿を消してしまったのである。佐渡一周道路の開通、大規模な圃場整備、農業の機械化、農業者の高齢化などにより、トキと人間が共生していた里山が放棄され、ほとんどが鬱蒼とした二次林になってしまった。また、大規模な圃場整備に伴い、乾田化や河川の護岸工事、農薬や化学肥料の利用などが進み、トキがエサとしていたドジョウやカエルといった水棲生物が激減してしまったのである。

2-3-2 歴史② ～絶滅、野生復帰への軌跡～

トキの保護に関する取り組みは1908年に狩猟法施行規則改正で保護鳥に加えられたことに始まるが、本論文では1952年にトキが国の特別天然記念物に指定されたことから述べていきたい。しかしながら、この特別天然記念物に指定されたことは、トキの保護にさほど良い影響があったわけではない。もちろん特別天然記念物指定により、地元のトキ愛護会が設立され、トキへの給餌が行われるな

¹⁹ 新潟県佐渡市（2012）『佐渡市環境大全 改訂版』新潟県佐渡市発行

ど、小さいながら保護活動が行われるようにはなった。その後 10 年間ほどで急速に減少していったトキは 1960 年に東京で開催された第 12 回国際鳥類保護会議 (ICBP) で国際保護鳥に指定された。しかし、当時は岩戸景気に始まるオリンピック景気で高度経済成長期の真っただ中であった。自然保護や環境問題に関する社会的な理解は得られず、行政によるトキの保護政策も十分に行われなかった。

そのような社会情勢の中、トキの野生生息数は 5 羽にまで減少してしまった。そして、環境庁は野生下での自然繁殖を諦め、野生生息する 5 羽のトキを全鳥捕獲することを決定した。1981 年、決定に従い全 5 羽の捕獲を行い、野生絶滅に至った。この捕獲に関しては、地元住民に纏わるストーリーがあるのだが、ここでは割愛させて頂く。その後、日中国交正常化に伴い、中国とトキ保護に向けた協力が行われていく中で、1985 年に中国産のトキを借入れることを決定。十数年に渡って、数羽のトキが中国から佐渡に借入されるが、日本産のトキとは繁殖が成功せず、2003 年最後の日本産トキ「キン」が 36 歳で死亡した。これにより、日本産トキの DNA は地球から絶滅してしまったのである。

2000 年度から 2002 年度にかけて、「強制と循環の地域社会づくりモデル事業」が実施された。これを機に、行政や専門家、地元住民がトキの野生復帰に向けて取り組むべき課題が明らかにされ、野生から消えてしまったトキが再び野生に戻るための活動がより一層活発化した。なお、ここで野生復帰させようとしているトキは中国産のトキである。先に述べたように日本産のトキは既に絶滅してしまった。中国産のトキを日本で繁殖させるという点において、疑問に思うところがあるかもしれない。しかし、日本産と中国産のトキは動物分類学上同じ種として分類されているようである。また、環境省が実施した遺伝的系統関係解析調査で、日本産のトキと中国産のトキは遺伝的に同一の種に属していることが判明している。さらに、行政として野生復帰に取り組んでいるのは「トキという種」であって、「日本産のトキ」ではないと公表している²⁰。分類的にも遺伝的にも同一の種である上に、そもそも目的が「日本産のトキの野生復帰」ではないのである。

そして 2008 年に初めてトキの放鳥 (第 1 次試験放鳥²¹) が開始され、野生復帰の第 1 歩を踏み出した。その後 2011 年の 9 月に実施された第 5 次放鳥まで、

²⁰ 佐渡トキ保護センターHP <http://www4.ocn.ne.jp/~ibis/01ibis/faq.html>

²¹ 10 羽 (雄 5 羽と雌 5 羽) が放鳥された。

野生繁殖が成功しなかったが、2012年4月22日、ついに放鳥されたトキによる初めてのヒナが確認され、野生繁殖が1976年以来36年振りに成功した。その後、生まれた8羽のヒナは全て巣立ち、現在生存している放鳥トキ68羽と合わせて、佐渡に野生生息するトキは76羽となった。最近では2012年9月に第7次放鳥が行われている。ここまでの道のりは簡単なものではなかった。順化ゲージと呼ばれるトキの飼育施設内にテン²²が侵入し、トキが9羽も殺されたり、営巣はしてもヒナが孵化しなかったり、困難の連続であった。そのような中で、環境省や佐渡市をはじめとする行政と、農家の方々の絶え間ない努力²³が結果として実ったことは明記しておきたい。

2-4 トキが生息する環境

この章ではこれまで、トキの生態やトキが絶滅に至るまでの歴史、そして現在どのような保全状況なのかということに触れてきた。この節では、本論文で要とする「トキが生息する環境」について論じていきたい。後の第5章では、この要素に焦点を当てて分析を行っていく。

これまでの論述で、トキがどのように生息しているかについて軽く触れてきたが、トキが生息する環境は大きく2つに分けられる。それは、「エサ場としての水田」と「棲み処としての森林」の2つである。

トキは、主に水辺に棲む生物を採餌して生きている²⁴。平場の水田や山地の放棄水田、河川といった場所をエサ場としている。平場の水田は、1年を通してエサ場としての利用が可能であるが、夏場は稲が成長して採餌が難しくなる。逆に稲がない冬場における平場の水田は非常に重要である。そのため夏に行う中干しや冬の水抜きといった湛水方法を考慮しなければならない。ドジョウやツチガエルなどの越冬個体をトキの為に用意することが必要なのである。山地の放棄水田

²² 哺乳綱ネコ目イタチ科テン属の食肉類

²³ 第3章にて詳述する。

²⁴ 林縁や草地で採餌することもあるが、本論文では論点を絞るために捨象する。

は、平場の水田が利用しにくくなる夏場の利用が重要である。エサとされるのは、カエル・サンショウウオ・サワガニ・ゲンゴロウ・ヤゴといった水棲生物である。放棄水田なので稲作が行われておらず、夏場でも採餌が可能となっている。ここは専らビオトープ²⁵としての役割を担っている。河川は、細い溪流や水田の用排水路といった場所である。河川においてはヨシノボリやカジカ、メダカなどの小魚がエサになる。現在このような河川の多くはコンクリートで固められており、トキがエサ場として利用しにくい状況になっているだけでなく、ドジョウなどが遡上しにくい構造になってしまっている。しかし、トキのエサ場の整備のためには、構造だけを整備すれば良いわけではない。先に述べたようにトキの絶滅の背景には、農薬・化学肥料を使ったことによるエサとしての水棲生物の減少がある。トキの生息のためには農薬・化学肥料を使わない、もしくは減らすような対策が求められるのである。

トキは棲み処として森林を利用する。ねぐらや営巣地として樹木に住み着くのである。ねぐらとして利用される森林は、エサ場からそれほど遠くないナラ・アカマツ・クヌギなどで構成される雑木林が主である。間伐がなされている里山であれば問題なくねぐらとしての利用が可能である。それに対して営巣木としての森林は条件が厳しくなる。営巣木として利用される樹種はアカマツ・コナラ・ミズナラ・イヌシデといった大径木であるが、それほど選択に制限があるわけではない。大事なものは、森林内での樹木の配置である。警戒のために見渡せるような木、巣からの飛翔や巣への着地に障害がない木であることが求められる。トキが過去に営巣木としていた木は、エマージェントツリー²⁶で、その中でも枝が横に大きく張り出した木であった。この条件を満たす樹種はアカマツが多いとされている。トキの野生復帰に類似した活動の前例として兵庫県豊岡市におけるコウノトリの野生復帰が挙げられるが、このコウノトリは人工建造物への順応性が高い。森林に限らず比較的背の高い建物ならば、ねぐらや営巣地として利用してしまうのである。それに対しトキは人工建造物への順応性が乏しい。自然に植生する樹木にしか住み着かないのである。そのため、トキにとって森林は非常に大切な場所であると言える。

²⁵ 第3章で詳述

²⁶ 森林内で特に樹高が高い樹木のこと

上記のように、トキは「エサ場としての水田」と「棲み処としての森林」という2つの環境の中で生息している。では、この2つの環境の現状はどのようになっているのだろうか。結論から言うと、「エサ場としての水田」は順調に整備が進んでいる。2012年に36年振りにヒナが生まれたことも、その環境整備の成果と言われている。しかし、「棲み処としての森林」には問題が山積みは上に、対策に貧窮している。第3章と第4章ではそれらの現状と課題について詳述していきたい。

第3章 朱鷺と暮らす郷づくり認証制度

この章では、佐渡市が推進している「朱鷺と暮らす郷づくり認証制度」を詳述していく。この制度はトキがエサ場とすることができるような水田環境を整備しようとするものである。制度がどのようなもので、農家にどのようなメリットや苦勞があり、どのような現状なのか、詳しく触れていきたい。

3-1 概要

「朱鷺と暮らす郷づくり認証制度」が立ち上げられた背景には佐渡産コシヒカリの販売不振があった。もともと佐渡産のコシヒカリは魚沼産のコシヒカリに次ぐ高級なお米であり、環境保全型農業に取り組むインセンティブがなかった。しかし、2004年に起こった台風により、佐渡産米がほとんど全滅してしまった。その後、佐渡産コシヒカリは市場競争力を回復することができず、毎年5,000tずつ売れ残るようになってしまった。

そのような状況の中、佐渡市は2008年に「朱鷺と暮らす郷づくり認証制度」を制定した。この制度は、「トキの餌場確保」と「生物多様性の米づくり」の2つの目的を達成するために立ち上げた環境保全型農業制度である。環境省によって2005年に策定された「環境再生ビジョン」の一環として設立された。この制度を簡潔に述べると、トキがエサ場とする水田を整備し、そこで作られたお米をブランド米として高く売ること、トキが生きる環境を整備するとともに農家の利潤を上げようとするものである。

「朱鷺と暮らす郷づくり認証制度」は以下の 5 つの基準を満たさなければならない。

1. 生きもの育む農法で栽培していること
2. 生きもの調査の実施していること
3. 農薬・化学肥料の削減していること
4. エコファーマーの認証を受けた生産者であること
5. 佐渡で栽培されたお米であること
6. タンパク含有率が 6.0 以下

生きもの育む農法とは、水田・水路での江の設置、ふゆみずたんぼ（冬期湛水）、魚道の設置、ビオトープの設置といった 4 つの技術のことを指す。基準ではこの 4 つのいずれかを実施していることが求められる。いずれもトキがエサとする水棲生物が棲息できるような環境を整備することを目的としている。以下の写真²⁷は、4 つの技術をそれぞれ示したものである。



図 3-1 生きもの育む農法（出典：いずれも佐渡市 HP²⁸）

²⁷ 佐渡市 HP <http://www.city.sado.niigata.jp/eco/info/rice/index.shtml> より

²⁸ <http://www.city.sado.niigata.jp/eco/info/rice/index.shtml>

通常の稲作では、夏場に中干しがされ、湛水が途絶えてしまう。そのためドジョウやツチガエルなどの生物が棲息できなくなってしまうのである。そこで、中干し期にも湛水される江という水場が必要となってくるのである。ふゆみずたんぼは、水棲生物が越冬する場所を提供するとともに、カエルの産卵場所にもなる。おたまじゃくしの棲み処である。さらにふゆみずたんぼは雪が積もりにくいという特徴があり、トキのエサ場として大切な役割を担っている。また冬期に湛水することで、イトミミズやユスリカなどが膨大に繁殖し、これらが有機質を分解することで土壌を肥沃にするというメリットもある。魚道の設置は、ドジョウなどが水田と水路を自由に行き来できるようにすることが目的である。現在、佐渡の圃場のほとんどは生きものが水路と水田を往来できない構造になっている。一度水田から水路に落ちてしまったドジョウが水田に遡上できないのである。この魚道を整備することで水棲生物が増えるのである。ビオトープとは、多様な生きものが棲息する地理的最小空間のことを指す。前述した放棄水田などをビオトープとして再生させることで、稲が大きくなってトキが採餌しにくくなる夏場や冬の降雪時に非常に有効になる。

「朱鷺と暮らす郷づくり認証制度」加入者は、年に2回の生きもの調査を各自で実施しなければならない。農家自身が調査を行うことで、生きものが増えているという実感を直接得ることができ、さらに消費者への情報発信にも繋がる。具体的には田んぼ上空の鳥たちを確認、田んぼの水面や土壌内に棲む生きものを調査、さらにイトミミズやユスリカの数を調べることもある。

「朱鷺と暮らす郷づくり認証米」は、農薬・化学肥料を削減したものでなければならない。具体的には、化学農薬・化学肥料を5割以下²⁹にしたものを指す。細かく分類すると、無農薬・8割減減栽培³⁰・5割減減栽培の3つのカテゴリーに分けられる。また、「有機農産物のJAS規格」「新潟県特別栽培農産物認証制度」「特別栽培農産物に係る表示ガイドライン」のいずれかに準拠して栽培されることが求められる。

エコファーマーの認定は新潟県が行う。「土作り技術」「化学肥料低減技術」「化学農薬削減技術」に取り組む計画を新潟県から認められる必要がある。

²⁹ 佐渡地域慣行栽培基準比

³⁰ 減農薬・減化学肥料の略

5 番目の基準については当然と言えば当然かもしれないが、上記のような栽培でお米を作ったとしても、それが佐渡産でなければならないという、いわば法の網をかいくぐらせないようにしたものであると思われる。

最後のタンパク含有率に関しての条件は 2011 年度より加わった条件である。認証米は慣行栽培米に比べてタンパク含量が高くなりやすい。そのため食味が低くなりやすい。したがって、そのように認証米の味が落ちないように設定されたものである。

上記の基準を満たしているかを佐渡市が現地確認した上で、佐渡市が認定する「朱鷺と暮らす郷づくり認証米」のラベルをお米に貼って売ることができる。

3-2 「朱鷺と暮らす郷づくり認証制度」に取り組む農家

「朱鷺と暮らす郷づくり認証制度」に取り組むということについて、非常に手間や労力と費用がかかるものであることは明白である。米の生産に直結しないビオトープを設置したり、生きもののための魚道を設置したり、農薬を使わないことで生産性を下げたり、利潤を上げる方向性とは真逆の方向に努力が向けられている。そこで佐渡市は「朱鷺と暮らす郷づくり認証制度」に取り組む農家に対して補助金を出している。具体的には、10a あたり 1,000 円の交付がなされており、出荷者に対してはそこに 1 俵あたり 150 円³¹³²が追加で交付される。環境省によると、収入が 1 俵あたり 1000 円ほど向上したとされる。しかしこれらの補助金は魚道設置などの初期投資へのインセンティブにはなっても、継続していく上ではやはり農家の方々の絶え間ない努力が必要不可欠となる。無農薬なら、慣行栽培で使う分の農薬や化学肥料かかる費用は削減できるが、その代償として不耕起用の専用農業機械を導入し、化学肥料に比べて割高な有機栽培用の肥料³³を使用しなければならない。また、機械を使用すれば 30 分で終わる田植え作業も手で行えば 1 日かかってしまう。農薬を撒かない分、除草も人の手でしなければならない

³¹ 最大 8 俵 (1200 円)

³² 環境省ホームページ

<http://www.biodic.go.jp/biodiversity/shiraberu/policy/pes/satotisatoyama/satotisatoyama03.html> より

³³ 米糠ペレットなど

ない。収量も慣行栽培に比べて 2 割ほど少ないという点も、「朱鷺と暮らす郷づくり認米認証制度」導入のインセンティブを下げている要因の一つである。

もちろんそのように手間と労力がかかった「朱鷺と暮らす郷づくり認米」は市場で高く取引されるため、その分の収入は多くなる。佐渡市(2012)によると、慣行栽培の佐渡産コシヒカリ³⁴よりも 5 kgあたり 100～400 円ほど高く販売され、農家に対しても 60 kgあたり 500～600 円ほど高く還元されているとのことである。また、財団法人日本穀物検定協会の食味ランキング³⁵で「特 A」を獲得するなど、とても美味しいお米となっている。佐渡市による平成 23 年度の施策評価で、「朱鷺と暮らす郷づくり認米」が全量完売されたという報告もあり、消費者の人気も非常に高いお米である。全量完売という結果や、消費者の声は農家としての達成感や喜びといった非金銭的便益に繋がっている³⁶³⁷。

3-3 現状

では、「朱鷺と暮らす郷づくり認米制度」ほどの程度普及されているのだろうか。以下の表とグラフは、佐渡市役所から頂いた資料より作成したものである。

朱鷺と暮らす郷づくり認米制度 取組実績							
年度	農家数(人)	栽培体系	合計(ha)	年度	農家数(人)	栽培体系	合計(ha)
H20	256	5割減減	406.431	H23	685	5割減減	1,258.689
		8割減減	12.110			8割減減	34.897
		無無	8.292			無無	14.301
		計	426.833			計	1,307.887
H21	510	5割減減	818.977	H24	694	5割減減	1,353.335
		8割減減	31.101			8割減減	23.872
		無無	12.737			無無	14.853
		計	862.815			計	1,392.060
H22	651	5割減減	1,144.336				
		8割減減	32.399				
		無無	11.630				
		計	1,188.365				

³⁴ 小売末端価格は 2,500 円/5 kg 程度

³⁵ 上から「特 A」「A」「A[^]」「B」「B[^]」というランク

³⁶ 大沼あゆみ、山本雅資(2009)『兵庫県豊岡市におけるコウノトリ野生復帰をめぐる経済分析-コウノトリ育む農法の経済的背景とコウノトリ野生復帰がもたらす地域経済への効果-』三田学会雑誌 102 巻 2 号

³⁷ 佐渡市役所へのヒアリングより

図 3-2 朱鷺と暮らす郷づくり認証制度の取組実績の推移（表）

（出典：佐渡市提供資料より作成）

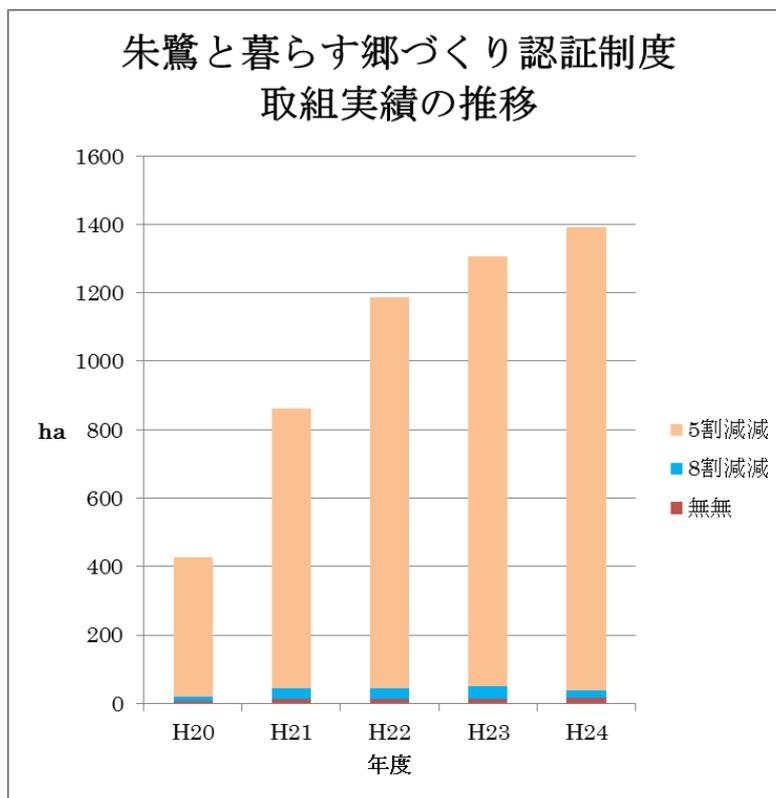


図 3-3 朱鷺と暮らす郷づくり認証制度の取組実績の推移（グラフ）

（出典：佐渡市提供資料より作成）

上記のグラフから、「朱鷺と暮らす郷づくり認証制度」が順調に作付面積を伸ばしていることが読み取れる。平成 24 年度の 1,392ha という面積は、全水稻作付面積の約 23%³⁸である。平成 20 年度では約 7%しか取組がなされていなかったものが、4年で 23%に達し、これからも増えていくことが予想される。

しかし、無農薬無化学肥料・8割減減栽培・5割減減栽培の割合を見ると、ほとんどが 5和英減減栽培を選択していることがわかる。5割減減栽培と 8割減減栽培の間に大きな壁があり、農薬や化学肥料を使わないということが農家にとってどれほど難しい問題か読み取れる。また認証制度ではないが、佐渡市が 5割減減栽培を佐渡島全島で実施しようとしていることも減減栽培自体の後押しとなって、それが最も導入しやすい 5割減減栽培という形で表れているのかもしれない。

³⁸ 全水稻作付面積は 5971.03ha

次に示すのは技術別の取組実施面積の推移である。こちらも佐渡市役所から頂いた資料をもとに作成した。

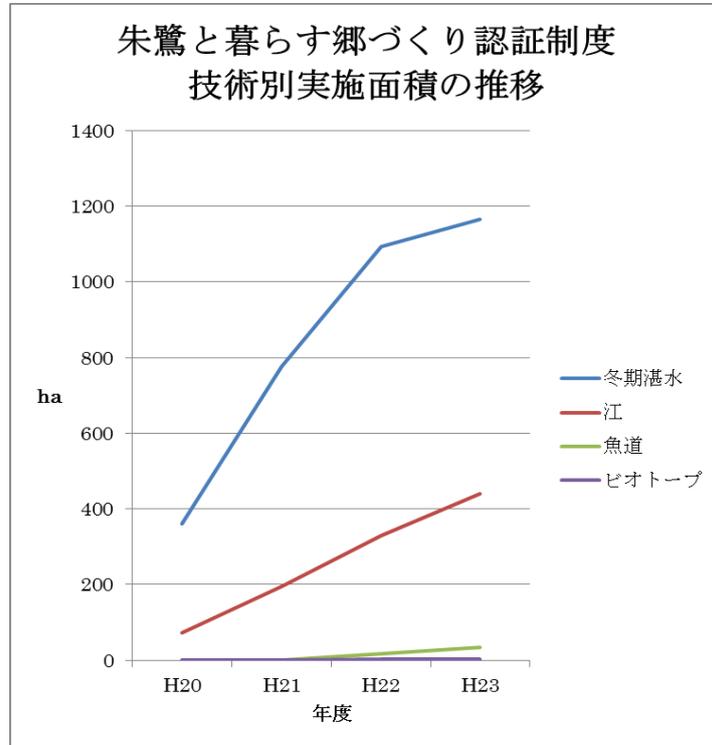


図 3-4 朱鷺と暮らす郷づくり認証制度 技術別実施面積の推移
(出典：佐渡市役所提供資料より作成)

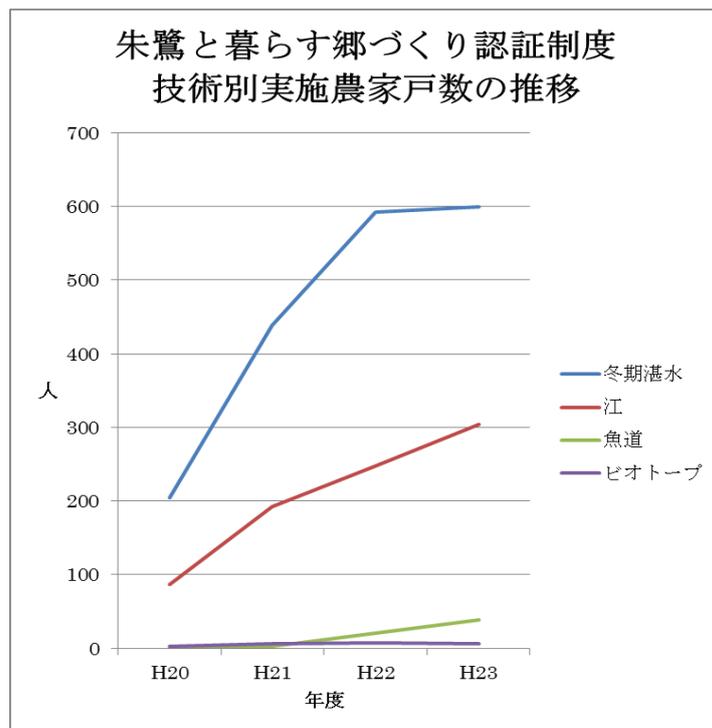


図 3-5 朱鷺と暮らす郷づくり認証制度 技術別実施農家数の推移

(出典：佐渡市役所提供資料より作成)

グラフより、いずれの技術も増加傾向にあることがわかる。特に冬期湛水は初期投資がかからないことが影響してか、割合が非常に多い。農家戸数の推移を見ても、冬期湛水が圧倒的に多いのが現状である。それに対してビオトープは取り組んでいる農家が平成 23 年で 6 戸となっている。この少なさは、やはり導入の難しさにあると考えられる。先に述べたように、ビオトープは耕作放棄地などの余っている土地がないと導入することができない。農家にとってはその点に制約があり、今ある水田を使って取り組める冬期湛水や江といった技術を選択してしまうと考えられる。

しかし、いずれのデータを見ても「朱鷺と暮らす郷づくり認証制度」が全体的に順調に普及していることがわかる。トキの「エサ場としての水田」は着々と面積を増やし、トキのエサを育てている。2012 年に 36 年ぶりにトキのヒナが誕生した背景には、こうした農家の方々の甚大なる努力があったのである。

第 4 章 トキが暮らす森林

トキが「エサ場としての水田」と「棲み処としての森林」という 2 つの環境の中で生息していることは、第 2 章で論じ、第 3 章では「エサ場としての水田」がどのように整備されてきているかについて詳述した。では、一方の「棲み処としての森林」はどのような現状なのだろうか。結論から述べると、「棲み処としての森林」は多くの問題を抱えている。しかも、その問題は解決の手立てが打たれていないままである。この第 4 章では、佐渡における森林の全体像から、「棲み処としての森林」がどのような問題を抱えているかについて、詳しく述べていきたい。

4-1 佐渡島の森林

佐渡島は海と山に囲まれた自然豊かな島である。森林総面積は 62,877ha で、

森林率は 73.6%³⁹にも上る。国有林が 1,808ha、民有林が 61,069ha で、民有林が 97%を占めている。なお、この民有林には県有林や市有林といった公有林、旧市町村単位の入会地、大学演習林などが含まれており、いわば国有林以外の森林を指す。また、54%が人工林で、42%が天然林となっている。残りの 4%ほどは竹林や無立地林である。この天然林には、佐渡が誇る原生林や、利用履歴のある二次林が含まれている。構成樹種は、アカマツ・コナラ・ミズナラ・スギ・カシワ・ブナなどである。

佐渡も、日本各地で行われた拡大造林政策の例に漏れることなく、スギなどの人工林が多く植えられた。しかし、そのような高度経済成長期に植えられた膨大な森林資源は、様々な要因によって手入れ不足となっている。林業従事者の減少、高齢化、安価な外国産木材の流入といった全国で起きている要因に加え、佐渡島特有の離島という条件による輸送コストの問題が大きな要因となっている。人工林の管理問題は、日本各地の現状と同様に佐渡でも起こっている。

4-2 佐渡の森林が抱える問題

しかしながら、現在トキを取り巻く環境の問題として特に問題となっているのは、このような管理や手入れといった問題ではない。本論文で問題として扱うのは、近年起こっている「マツ枯れ」と「ナラ枯れ」といった病虫害問題である。佐渡市（2012）によると、「近年、佐渡島の森林には白骨化したアカマツやミズナラが立ち並び、県内でも有数の景勝を誇った外海府⁴⁰や前浜の海岸林は見る影もなくなっている。」という。以下では、その「マツ枯れ」「ナラ枯れ」がどのような現状で、トキが生息する上でどのように関わってくるのかについて述べる。

4-2-1 マツ枯れ

マツ枯れとは、文字通りマツが枯死してしまう現象である。その原因は、マツノザイセンチュウという線虫がマツの内部で増殖することによるものである。線

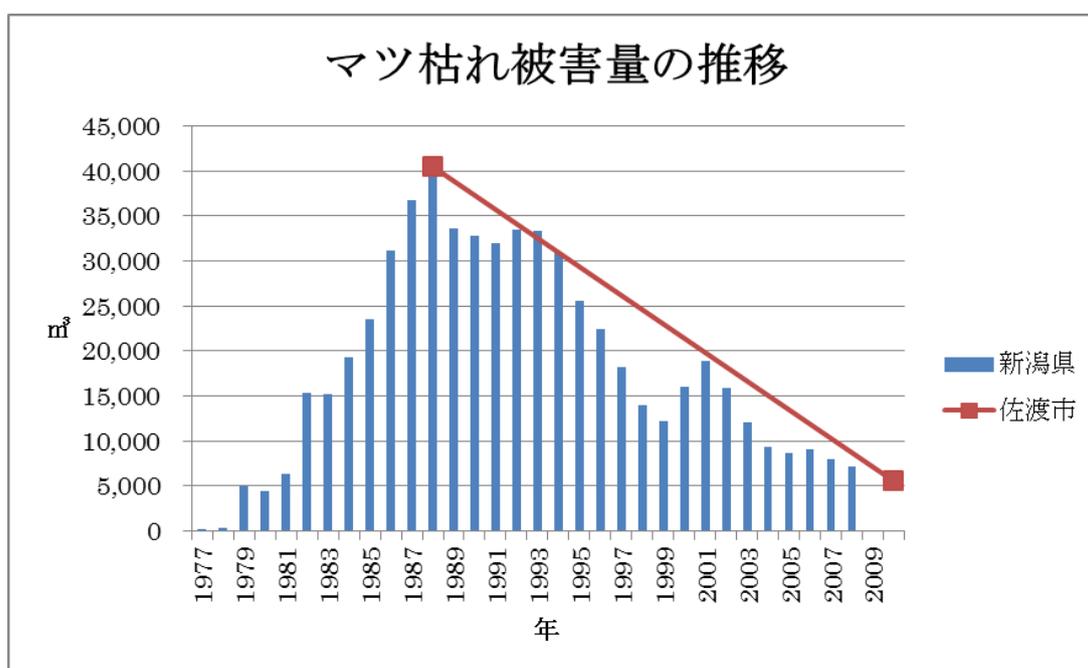
³⁹ 森林率の全国平均は 67%

⁴⁰ 佐渡市北部の海岸で、国の名勝（佐渡海府海岸）にも指定されている。

虫は長さ 1mm ほどであるが、マツの内部で急速に繁殖し、導管内部に目詰まりを起こし、通導阻害によって樹木全体が枯死する。マツノザイセンチュウ自体に移動能力はなく、マツノマダラカミキリという虫が媒体となって木から木へ感染する。

マツノザイセンチュウは、アメリカ原産の外来種である。アメリカの森林がこの線虫によって大量枯死することはないが、抵抗性の弱い日本マツはこれに大きな被害を受けた。アメリカが原産ではあるが、ロシアから流入したという説もある⁴¹。日本全国としては、第 1 次世界大戦期から終戦期にかけて特に山陽・九州地方で拡大したが、産後の GHQ による指導と燃料材需要の一時的な高まりによって一旦は終息した。しかし、高度経済最長期以降の里山の利用放棄によって、マツの生息環境が悪化し、これがマツ枯れ被害を呼び戻したとされる。

佐渡島では、1986 年頃からマツ枯れによる大量枯死が顕著になったとされる。発生当初は小佐渡を中心に被害があったが、その後国中平野から大佐渡へと被害を拡大し、2007 年には佐渡島全域をマツ枯れが覆い尽くした。この 20 年ほどで佐渡島のアカマツは 95% が枯死したとされ、トキが野生に生息していた頃とは森林の生態系が大きく変化しているのである。以下に載せたグラフは、新潟県と佐渡市のマツ枯れ被害の推移を表したものである。



⁴¹ 佐渡市役所ヒアリングより

図 4-1 マツ枯れ被害量の推移（出典：新潟県HP・佐渡市役所ヒアリング）

佐渡市のデータは 1988 年（40,459 m³）と 2010 年（5,580 m³）のものしか得られなかったが、新潟県のデータと比較すると、佐渡市のマツ枯れも新潟県全体のマツ枯れと非常に類似した推移を辿っていることがわかる。佐渡市役所へのヒアリングによると、佐渡市のマツ枯れ被害の推移は新潟県本土の傾向よりも急であるという。

このグラフから読み取れることは、1988 年をピークに被害が収束していつているということである。しかし、その見方は誤りである。この減少は、マツ枯れ被害が食い止められてきていることを表しているわけではなく、マツ枯れを被るマツ自体が無くなってきていることを表している。先にも述べたように、佐渡島のアカマツは全盛期の 95%が枯死しており、残っているアカマツは 5%である。マツ枯れによって、枯れるマツすら激減してしまっているのである。上記のグラフは、そのことを表している。

マツ枯れに対する駆除・防除技術は近年の研究によって成熟してきている。しかし、確実にマツ枯れを防除する技術にはコストがかかりすぎて広域での対策は後手に回っている。具体的な技術としては、伐倒して燻蒸処理を施す方法や、抵抗性マツを植樹する方法など色々な方法があるが、マツ枯れ被害のあるマツを切らずに防除する方法としては「空中散布」と「樹幹注入」がある。

空中散布とは、有人ヘリコプターで薬剤を空から散布する方法である。一度に広範囲に散布できることや、費用が安いことがメリットであるが、トキをはじめとする他の生物への健康被害が懸念されることや、防除の確実性が低いことが課題である。なお、トキへの健康被害に関して実証的なデータはないが、他の鳥類で被害が確認された例があることから、トキにも健康被害があるものとして行政は対策を考えられている。費用は、場所や方法によって異なるが、1ha あたり約 9 万円～16 万円⁴²となっている。

樹幹注入とは、殺線虫剤をマツの木に直接注射する方法である。薬剤を振り撒くわけではないので、トキの健康への影響はない。また防除の確実性が高いこと

⁴² 佐渡市役所提供の資料より

- ・ 無人ヘリ：約 9 万円～10 万円（散布場所により異なる）
- ・ 有人ヘリ（他の実施区域と抱き合わせの場合）：約 11 万円
- ・ 有人ヘリ（佐渡のみで実施する場合）：約 16 万円

もメリットの一つである。しかし、1本ずつ樹幹注入するため非常に手間がかかり、薬剤も非常に高価なものとなっている。費用は1 m³あたり約2万円⁴³となっている。

対策方法それぞれの費用を比較⁴⁴すると、1本あたりでは、樹幹注入は2万円であるのに対して、空中散布が最高で160円となっており、125倍も費用が異なっている。また1haあたりでは空中散布が最高で16万円であるのに対し、樹幹注入では2,000万円もかかってしまう。仮に2010年の佐渡におけるマツ枯れ被害量(5,580 m³)を防除するとなると、空中散布では1785.6万円ですむのに対し、樹幹注入では22億3200万円も必要となってしまう。なお、この比較は全てに空中散布で防除した場合と、全てに樹幹注入で防除した場合を、密度一定の単純な計算で算出した。実際には、重要度の高いマツには樹幹注入が行われ、重要度がそれほど高くない場合には空中散布が行われる。しかし今後トキが生息数を伸ばすことを見込むと、空中散布できる範囲がより狭まり、樹幹注入という費用の高い防除を行う割合が増えてくるであろう。

第2章でも述べたが、トキはアカマツやコナラといった樹種を営巣木とすることが多い。このマツ枯れによるアカマツの大量枯死は、トキの「棲み処としての森林」が減少することを意味している。しかし、問題はそれだけではない。以下に示す文は、新聞記事⁴⁵の要約である。

「2011年春、真野地区⁴⁶のアカマツで構成される防風林にトキが巣を作った。そのためマツ枯れ防除の薬剤散布が行えなかった。トキの健康被害を考慮してのことである。しかしその影響で、16本のアカマツがマツ枯れとなってしまった。専門家の意見では、もしこのまま対策がなされなければ3年以内に防風林のアカマツが全滅する恐れがあると言われている。」

⁴³ 佐渡市役所提供の資料より

⁴⁴ 1本あたり0.05 m³、1haあたり1,000本と仮定して算出した。

(出典：佐渡市役所提供の資料および長野県林業総合センター
HP<http://www.pref.nagano.lg.jp/xrinmu/ringyosen/index.htm>)

⁴⁵ 川崎友水「防風林16本に害虫被害」『朝日新聞』(新潟全県)2011年10月29日 朝刊

⁴⁶ 国中平野の南東部

地元住民を砂や風から守っている防風林にトキが営巣してしまったために、薬剤空中散布が行えず、マツ枯れが起こってしまったのである。行政は、その後マツ枯れ被害に遭った木を伐倒処理し、さらに周辺のマツに対して樹幹注入を行っている。しかし、このように費用が要因で対策が後手に回っていることに対して、防風林の近隣住民は「トキの命か人の命か」という意見も出ている。費用を考慮しなければ、全てのマツに樹幹注入を行い、防風林を守りつつトキにも被害を与えないというのが理想である。しかし、先に示した通り樹幹注入は簡単に行えるような額ではないことは明白である。マツ枯れに対し、空中散布と樹幹注入をどのように併用していくのかという課題もあるが、どのようにして費用を捻出するのかという問題が重要なのではないだろうか。

また、比較のために、トキが生息する地域とマツ枯れ被害が発生している場所の図をそれぞれ載せる。

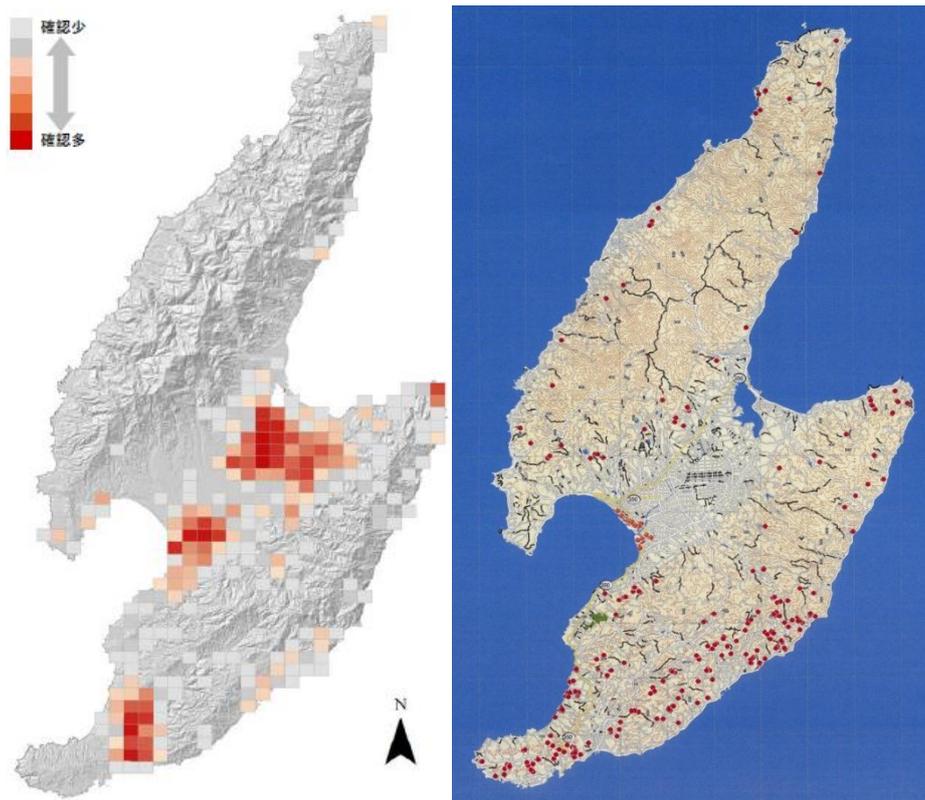


図 4-2 トキの生息確認場所とマツ枯れ被害地の比較

(出典：佐渡市ホームページ⁴⁷ (左)、佐渡市役所提供資料 (右))

⁴⁷http://www.city.sado.niigata.jp/admin/vision/pdf/biodiversity12/biodiversity12_02.pdf

左の図はトキの生息確認状況を表したもので、右の図はマツ枯れが発生した場所を記したものである。最もトキの生息が確認されている国仲平野の北東部には、マツ枯れが起こっていないものの、防風林のある真野地区（国仲平野の南東部）にはトキが多く確認されていると同時にマツ枯れが密集していることが分かる。また、確認が少ないながらもトキが比較的万遍なく生息している小佐渡で、マツ枯れ被害が多発していることが分かる。この2つの図からも、トキとマツ枯れがいかに重要な関係を持っているかということが読み取れるのではないだろうか。

4-2-2 ナラ枯れ

ナラ枯れとは、ナラ菌（*Raffaelea quercivora*）と呼ばれる菌による病気である。カシノナガキクイムシという小型の昆虫がこのナラ菌を持っており、木に穿孔する際に菌が感染する。被害に遭う樹種は、ミズナラ・カシワ・コナラといったナラ類で、ミズナラの場合は感染すると7～9割が死亡する。マツ枯れが外来種であるのに対し、ナラ枯れは日本在来の病気である。古くから西日本を中心に散発的な被害があったが、里山利用が活発になされていた時代は、切られて薪炭材として利用されていたため、さほど問題にはならなかった。そのため、ナラ枯れが日本各地で問題となったのは1980年代からであり、佐渡では2000年頃から問題視されるようになった。以下のグラフは、佐渡におけるナラ枯れ被害の推移を表したものである。

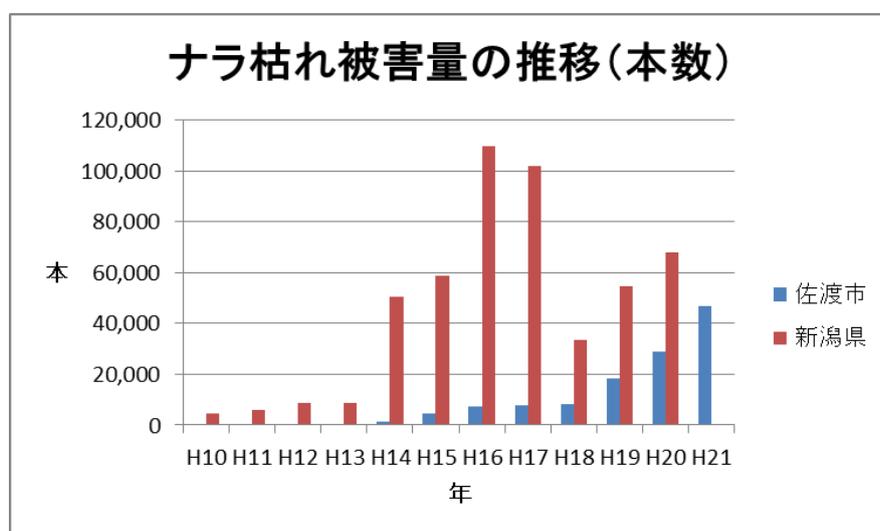


図 4-3 ナラ枯れ被害量の推移（出典：新潟県ホームページ⁴⁸より作成）

新潟県全体としては、急激な増加や減少が見られるが、佐渡市では平成 19 年から徐々に増加しているのが読み取れる。平成 20 年には、新潟県のナラ枯れのおよそ半数を佐渡市が占めている。

対策としては、樹幹注入やプラスチックシートを巻きつけてカシノナガキクイムシの穿孔を防ぐ方法があるが、現在佐渡市では「行われてないに等しい」と言う。こちらもマツ枯れと同様に費用が問題となっているのである。

前節で行ったトキの棲み処との比較をここでも行いたい。以下に載せる図は、トキの生息確認状況を表したものと、ナラ枯れが発生している場所を記したものである。

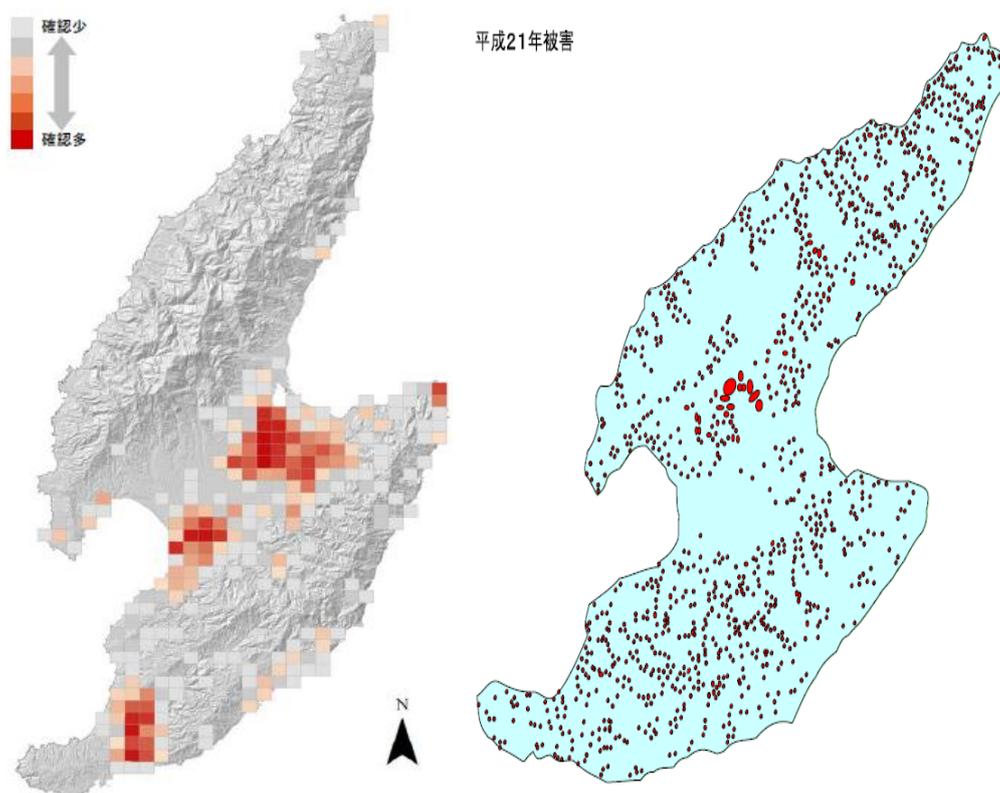


図 4-4 トキの生息確認場所とナラ枯れ被害地の比較

(出典：佐渡市ホームページ⁴⁹ (左)、新潟県ホームページ⁵⁰ (右))

⁴⁸ http://www.pref.niigata.lg.jp/sado_nourinsuisan/1197389734671.html

⁴⁹

http://www.city.sado.niigata.jp/admin/vision/pdf/biodiversity12/biodiversity12_02.pdf

⁵⁰ http://www.pref.niigata.lg.jp/sado_nourinsuisan/1197389734671.html

マツ枯れは主に国仲平野と小佐渡に発生していたが、ナラ枯れは佐渡島全域で被害が確認されている。また、マツ枯れはトキが最も確認されている国仲平野の北東部ではあまり発生していなかったが、ナラ枯れの被害はその地域にも及んでいることが分かる。マツ枯れの場合と同様に、トキの生息環境とナラ枯れは密接に関連しているのである。

第 5 章 分析

第 5 章では、第 4 章までに触れた背景や問題を数式化し、分析することによって解決する道を探っていきたい。

5-1 問題意識 ～分析の焦点～

トキは「エサ場としての水田」と「棲み処としての森林」という 2 つの環境の中で生きている。現状としては、「エサ場としての水田」は順調に整備されつつあるが、「棲み処としての森林」は対策がなされていない。

「エサ場としての水田」をいかに増やしても、「棲み処としての森林」が少なければ、トキは増えない。逆に「棲み処としての森林」を大切に保護しても、「エサ場としての水田」が無ければ、エサ不足によってトキは育たない。本論文ではこのような特徴に焦点を当てて分析を行っていきたい。具体的には、「エサ場としての水田」と「棲み処としての森林」を**完全補完財**として捉え、エサ場の増加や、森林の減少がトキの生息数や農家の利潤にどのような影響を与えるかについて考察する。

また、農家はトキが佐渡に生息することで「朱鷺と暮らす郷づくり認証米」という高付加価値農産物を売って利潤を得ることができる。もしトキが野生生息しないにも関わらず、「朱鷺と暮らす郷づくり認証米」を売ろうとしても、それは売れないであろう。なぜなら消費者はトキが育つような環境で栽培したお米を需要しているからである。つまり、トキが野生生息していることが「朱鷺と暮らす郷づくり認証米」の品質を保証していると言っても過言ではない。経済学的に解釈すると、トキの生息数が消費者の「朱鷺と暮らす郷づくり認証米」に対する支払

い意思額（WTP）に比例し、価格プレミアムを決定すると考えられる。本来ならば、消費者の支払い意思額から「朱鷺と暮らす郷づくり認証米」に対する需要関数を導くが、本論文では簡略化し、価格プレミアムがトキの生息数に比例する関数を用いたい。

また、農家が「朱鷺と暮らす郷づくり認証米」の生産に努力を集中するのではなく、森林整備の費用を一部負担することも考えたい。トキの生息は「エサ場としての水田」と「棲み処としての森林」によって決まる。トキの生息数が増えれば、それによって認証米の価格プレミアムも上昇し、農家の利潤を向上させる。そのためには「エサ場としての水田」のみに努力を注ぐのではなく、「棲み処としての森林」も整備を行う必要がある。したがって、**農家が森林整備費用を負担した場合、農家自身の利潤を向上させることがあり得るのか、あり得るとしたらどのような条件の時にそのような現象が起こるのか、さらに分析をしていきたい。**

5-2 分析の流れ

分析は以下の流れで行う。

- 静学分析 (5-3)
 - ・ モデルの設定 (5-3-1)
 - ・ 現状に関する分析 (5-3-2)
 - ・ 農家による森林整備費用の投入に関する分析 (5-3-3)
- 動学分析 (5-4)
 - ・ モデルの設定 (5-4-1)
 - ・ 農家による森林整備費用の投入に関する分析 (5-4-2)
- 分析の考察（まとめ） (5-5)

5-3 静学分析

この節では、時間的な要素を考慮せずに、経済的な分析を行っていく。

5-3-1 モデルの設定

以下、静学による分析で使用するパラメーターを列挙する。

X : トキの生息数

A : 総水田面積

α : 朱鷺と暮らす郷づくり認証制度に取り組む水田面積割合（認証栽培水田割合）

Q : 森林面積

\bar{Q} : 病虫害被害がない状態の森林面積

ω : 健康な森林の割合

ε : 病虫害対策の防除係数

η : 認証栽培水田に対するトキの生息可能係数

θ : 森林に対するトキの生息可能係数

Π : 農家の総利潤

π_c : 慣行栽培による利潤

π_n : 認証栽培による利潤

p_c : 慣行栽培米価格

p_n : 認証栽培米価格

τ : 認証米に対する価格プレミアム係数

h_c : 慣行栽培収穫係数

h_n : 認証栽培収穫係数 ($h_c > h_n$)

c_c : 慣行栽培費用係数

c_n : 認証栽培費用係数 ($c_c < c_n$)

G : 森林整備に対する費用投入量

上記のパラメーターを用いて、数式モデルの設定を行っていく。なお、前提として農家は代表的 1 主体を想定する。代表的 1 主体の農家が、慣行栽培と認証栽培をどのような比率で行っていくかということである。また、農家は利潤最大化を目的とした合理的な主体であるとする。

総水田面積 A は認証栽培面積 αA と慣行栽培面積 $(1 - \alpha)A$ の合計とする。

$$A = \alpha A + (1 - \alpha)A \quad (0 < \alpha < 1)$$

森林面積 Q は、病虫害被害がない状態の森林面積 \bar{Q} と健康な森林の割合 δ によって表される。

$$Q = \omega \bar{Q} \quad (0 < \omega < 1)$$

したがって病虫害被害のある森林面積は、 $(1 - \delta)\bar{Q}$ となる。

トキの生息数 X は、認証栽培面積 αA と森林面積 Q によって決まる。

$$X = \min\{\eta\alpha A, \theta Q\}$$

「エサ場としての水田」と「棲み処としての森林」は完全補完の関係性があると仮定し、上記のような完全補完的生産関数とする。認証栽培面積 αA をいかに増やしても、森林面積 θQ が少なければトキの生息数は上がらない。反対に森林面積 θQ がいかに多くても、認証栽培面積 αA が少なければトキの生息数は変化しない。このことをグラフに表すと、以下のようなグラフとなる。なお、森林が多く残されている状況では、トキの生息数は $X = \eta\alpha A$ という関数に依存することになる。

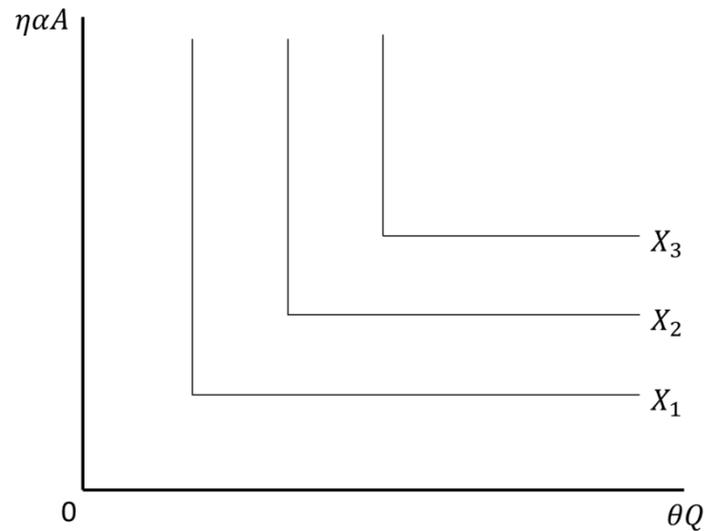


図 5-1 トキの完全補完的生産関数

次に、農家の利潤に関する設定を行う。農家の総利潤 Π は、慣行栽培利潤 π_c と認証栽培利潤 π_n を足し合わせたものとする。

$$\Pi = \pi_c + \pi_n$$

慣行栽培利潤 π_c は、慣行栽培米価格 p_c 、慣行栽培収穫係数 h_c 、慣行栽培費用係数 c_c を用いて以下のように定義する。

$$\pi_c = p_c h_c (1 - \alpha) A - c_c \{h_c (1 - \alpha) A\}^2$$

収入に該当する右辺 1 項目は、収穫量に比例して大きくなる。また、費用に該当する右辺 2 項目も同様に収穫量に応じて大きくなるが、その増え方は逓増する。

認証栽培利潤 π_n は、認証栽培米価格 p_n 、認証栽培収穫係数 h_n 、認証栽培費用係数 c_n を用いて以下のように定義する。

$$\pi_n = p_n h_n \alpha A - c_n (h_n \alpha A)^2$$

式の形は慣行栽培の式と同じである。収入も費用も収穫量に比例して増えていくが、費用の増加量は逡増する。

前節でも述べたが、認証栽培米価格はトキの生息数に比例すると仮定する。

$$p_n = p_c + \tau X \quad (X' \geq X \text{ならば} \tau X \text{は一定})$$

グラフにすると以下のようなになる。トキの生息数 X がある一定の値に達すると、 τX は一定となり、 p_n がそれ以上上昇しなくなる。

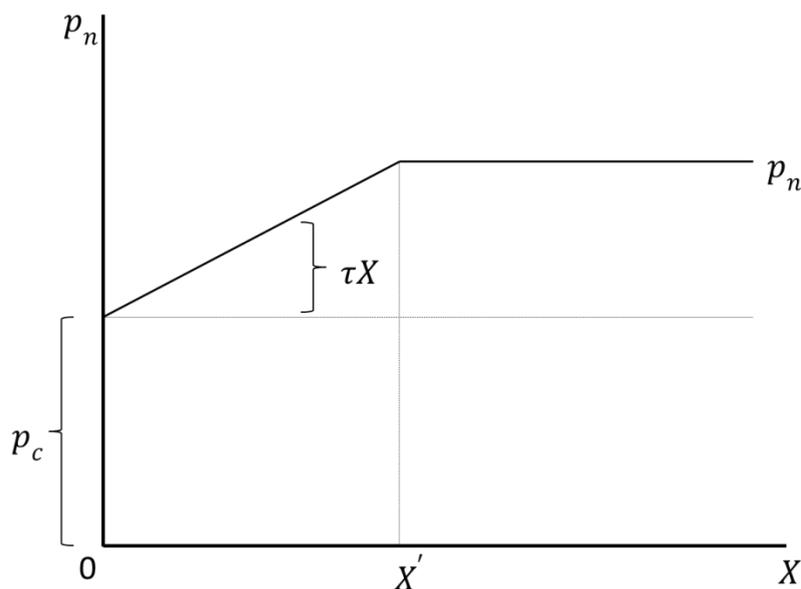


図 5-2 トキの生息数と認証米価格プレミアムの関係性

なお、認証米に関するこの条件 ($X' \geq X$ ならば τX は一定) は、Excel を用いたシミュレーションの際に使用する。

以上の設定を踏まえて、農家の利潤最大化行動を分析していく。

5-3-2 現状に関する分析

始めに、 $X = \min\{\eta\alpha A, \theta Q\}$ に関する場合分けを行う。本来、このような完全補完財の際には、 $\eta\alpha A = \theta Q$ を満たす点において効用や利潤が最大化されるのであるが、今回は農家の利潤最大化を目的としている。トキの生息数を最大にすることが目

的ならば、 $\eta\alpha A = \theta Q$ を満たすことが条件となるが、農家はトキの生息数の最大化を目的としているわけではない。農家自身の利潤を最大化することを目的としている。したがって、トキの生産関数を以下の2つの場合に分けて、分析を行う。

$$\cdot X = \eta\alpha A$$

$$\cdot X = \min\{\eta\alpha A, \theta Q\}$$

$X = \eta\alpha A$ の場合は、森林がまだ多く残っていると仮定した場合⁵¹のトキの生産関数である。全ての水田を認証栽培に移行させても、トキの生息数が森林に依存しない場合を仮定している。この条件の下では、定性的に解き、Excelでのシミュレーション⁵²を行う。

$X = \min\{\eta\alpha A, \theta Q\}$ の場合は、トキの生息数に対する認証栽培への依存度と森林面積への依存度が拮抗している場合のトキの生産関数である。この条件の下では、Excelによるシミュレーションのみを行う。

◇ $X = \eta\alpha A$

まず、 $X = \eta\alpha A$ である時、式(1.1)を用いて、農家は以下の制約の下で利潤最大化行動を行う。なお、認証栽培面積の増大に伴い、トキの繁殖が成功している現状を考慮すると、この1. $\eta\alpha A < \theta Q$ という場合分けは、「今の」佐渡島における現実に即していると考えられる。

$$\text{Maximize } \Pi = \pi_c + \pi_n$$

$$\text{Subject to } X = \eta\alpha A$$

上記の利潤式にそれぞれ代入すると、つぎのような式にまとめられる。

$$\Pi = p_c h_c (1 - \alpha) A - \frac{c_c}{2} \{h_c (1 - \alpha) A\}^2 + (p_c + \tau \eta \alpha A) h_n \alpha A - \frac{c_n}{2} (h_n \alpha A)^2$$

この式の下で、 α について微分し、最大化問題を解く。

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \alpha} = -p_c h_c A + c_c h_c^2 A - c_c \alpha h_c^2 A^2 + p_c h_n A + 2\tau \eta \alpha h_n A^2 - c_n h_n^2 A^2 \alpha = 0$$

⁵¹ 全ての水田で認証栽培を行っても、トキの生息数が認証栽培面積に依存する場合。

⁵² 本論文で行うシミュレーションに用いた数値は、知り得る数値（水田や森林の面積、慣行栽と認証栽培の収穫効率や費用比率）を基に、トキの生息数がより現実に即すように設定した。

上記の式を α について解くと、以下の式が得られる。

$$\alpha^* = \frac{c_c h_c^2 A - p_c (h_c - h_n)}{A(c_c h_c^2 + c_n h_n^2 - 2\tau\eta\alpha h_n)}$$

農家が利潤最大化行動を行う時、式(1.7)を満たす割合 α^* で農業生産を行う。

次に、各パラメーターについて、最適認証面積割合 α^{*53} がどのような反応をするのか、考察していきたい。 $c_c, c_n, h_c, h_n, \tau, \eta, A, p_c$ それぞれについて偏微分をし、各パラメーターが上昇した際に α^* がプラスの反応を示すのか、マイナスの反応を示すのか、以下の表に表す。

	c_c	c_n	h_c	h_n	τ	η	A	p_c
$\partial\alpha^*$	+/-	-	+/-	+/-	+	+	+/-	-

図 5-3 最適な認証栽培面積 α^* に対する各パラメーターの反応

結果としては、当たり障りのない当然の結果が得られた。認証栽培費用係数 c_n が上昇すれば、認証栽培面積割合は減少する。逆に技術の進歩によって、無農薬栽培などの費用が安くなれば、認証栽培の割合は増えることになる。価格プレミアム係数 τ が上昇すると、それに比例して認証栽培の割合も増える。認証米を需要する消費者が、トキの生息数についてより敏感になれば、認証栽培が増えるということである。また、慣行栽培の価格が上がるにつれ、認証栽培の割合は減っていくことがわかった。これは、認証栽培割合に関して、慣行米と認証米の「価格差」が重要なのではなく、慣行米と認証米の「価格比」が重要であるということを表していると考えられる。同じ価格差でも、慣行米の価格が低ければ低いほど、農家は認証栽培の割合を多く選択するということである。

次に、求められた最適認証栽培割合 α^* と $X = \eta\alpha A$ を用いて、最適⁵⁴なトキの生息数 X^* を導出する。

$$X^* = \frac{\eta\{c_c h_c^2 A - p_c (h_c - h_n)\}}{c_c h_c^2 + c_n h_n^2 - 2\tau\eta\alpha h_n}$$

⁵³ α は割合を表すパラメーターであるから、プラスの値をとる。そのためには、 $c_c h_c^2 A > p_c (h_c - h_n)$ と、 $c_c h_c^2 + c_n h_n^2 > 2\tau\eta\alpha h_n$ という不等式を満たさなければならないが、後に行うシミュレーション分析で使用する数値を代入すると、これらが満たされることがわかる。

⁵⁴ 本論文では、農家の利潤を最大化することを目的としているため、最適なトキの生息数が最大のトキの生息数と合致しているとは限らない。

農家が利潤最大化行動をとる時、トキの生息数はこのように表される。こちらも α^* と同様に、各パラメーターについての反応を考察していく。

	c_c	c_n	h_c	h_n	τ	η	A	p_c
∂X^*	+/-	-	+/-	+/-	+	+	+	-

図 5-4 最適な認証栽培面積 α^* の時のトキの生息数に対する各パラメーターの反応

ほとんどが α^* に対する反応と同様の結果となったが、総水田面積 A が拡大すると、それに比例してトキの生息数も増える反応が見られる。これは、総水田面積が増えることで認証栽培面積の母体数が増えるためであると考えられる。なお、この結果は農家の利潤最大化行動を前提としている。利潤最大化を図らない農家が総水田面積を拡大させても、トキが増えるわけではない。

これまでの分析を、実際に数値を代入してシミュレーションを行う。まず、 α と Π の関係をグラフに表すと、以下のようなになる。なお、数値⁵⁵は($c_c = 0.10, c_n = 0.11, h_c = 5, h_n = 4, \tau = 2, \eta = 0.03, A = 6000, p_c = 2500, X' = 100$)を用いた。

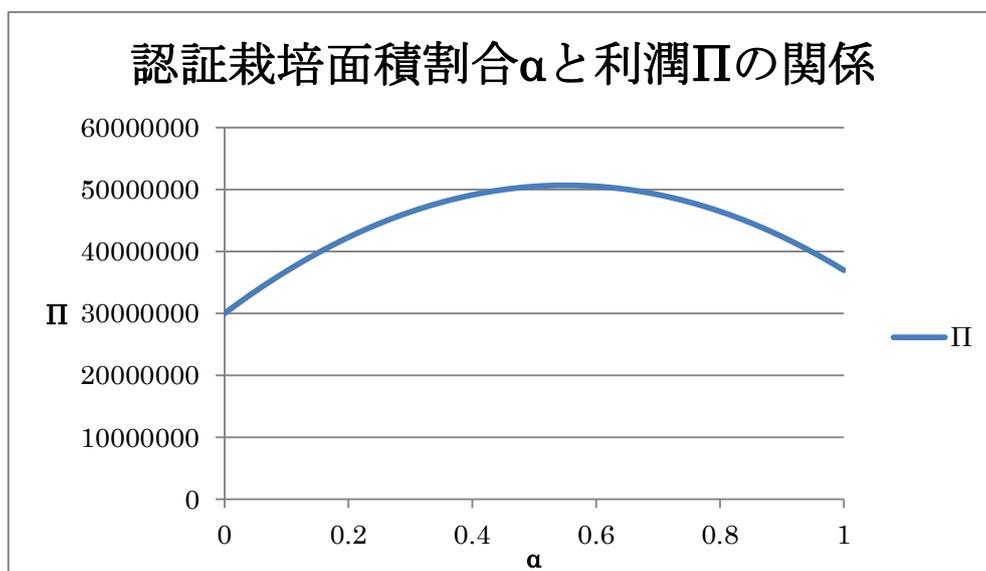


図 5-5 認証栽培面積割合 α と利潤 Π の関係性 ($X = \eta\alpha A$)

農家の利潤が最大となる認証栽培面積割合は、 $\alpha^* = 0.551146379465092$ となった。認証栽培割合が少ない場合は、認証栽培を増やすことで利潤を増加させることができるが、逆に認証栽培を増やしすぎると利潤が徐々に減少していく

⁵⁵ 佐渡市役所提供資料、『佐渡市環境大全 改訂版』およびトキの生息状況を考慮して設定した。

ことがわかる。これは、 α が増えるにつれ費用が逡増していくことと、認証米に対する価格プレミアムの上昇が止まってしまうことに因ると考えられる。この時のトキの生息数は、 $X^* = 99.206348$ となる。 $X' = 100$ と設定してあるため、これ以上認証栽培を増やしても、価格プレミアムが上がらずに費用が増加し続け、利潤が減少してしまうのである。

以下に載せたグラフは、各パラメーターを通常よりも増加させた時に、利潤にどのような変化を与えかをシミュレーションしたものである。

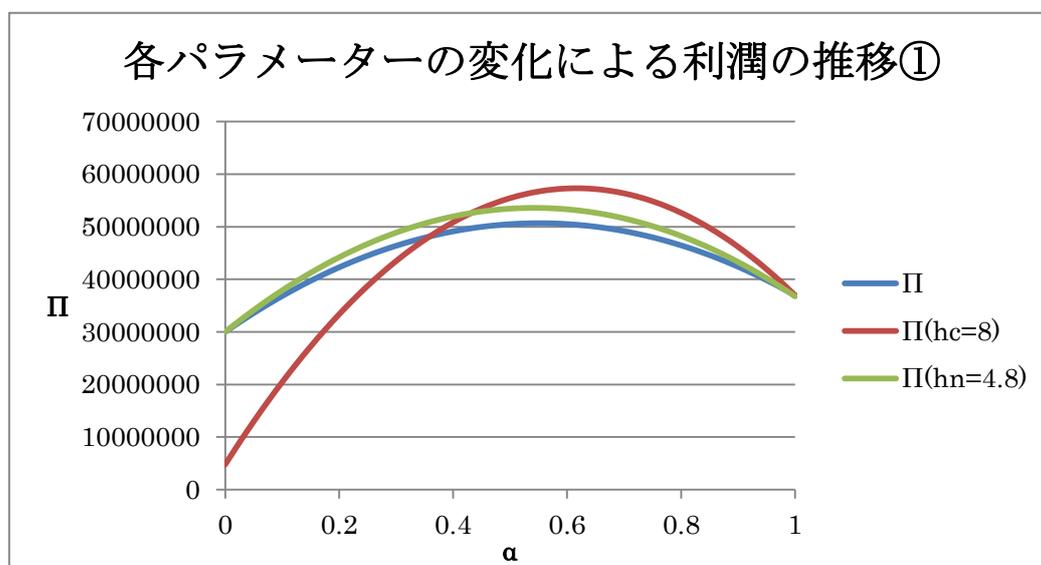


図 5-6 各パラメーターを上昇させた時の利潤の推移① ($X = \eta\alpha A$)

認証栽培収穫係数 h_n が上昇すると、利潤もそれに応じて増加するが、その差は最適な認証栽培面積割合 α^* で最も大きくなる。この解釈は、収穫技術を想定すると容易である。無農薬栽培などの収穫技術が向上すると、認証米の収量が増え、収入が増加するということである。しかし、認証栽培を増やすにつれ、その分収量が増えるため、費用が大きくなってしまい、利潤が減少していく。慣行栽培収穫係数 h_c が上昇するシミュレーションは非常に興味深い。慣行栽培収穫係数 h_c が上がると、最適な認証栽培面積割合 α^* が右にシフトすることがわかった。これは、慣行栽培収穫技術が高すぎることで収量が過大となってしまい、慣行栽培の利潤が増加しにくくなっていることに因ると考えられる。

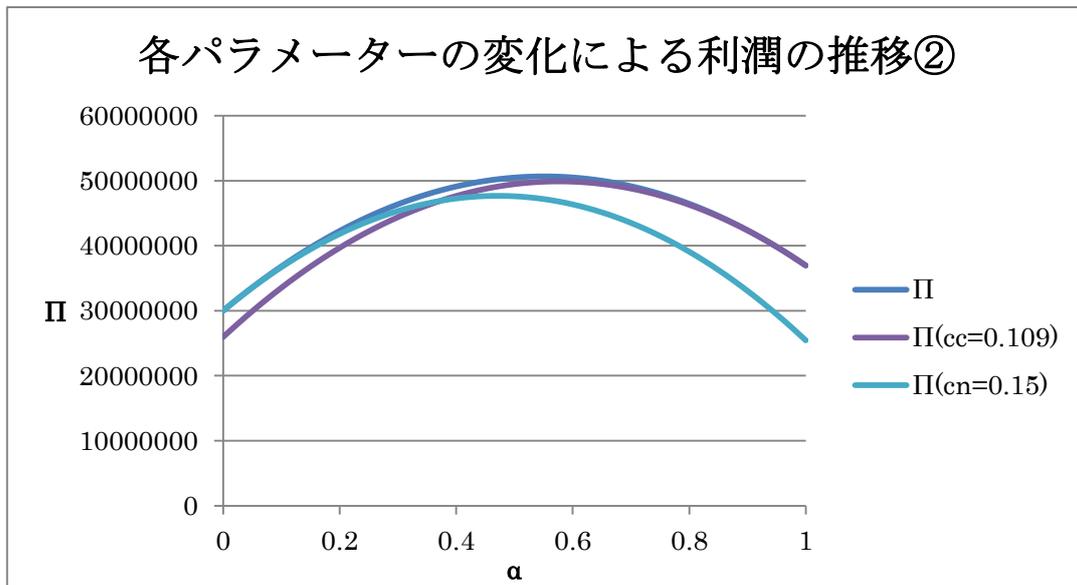


図 5-7 各パラメーターを上昇させた時の利潤の推移② ($X = \eta\alpha A$)

こちらは先ほどとは異なり、費用係数がそれぞれ上昇した場合のシミュレーションである。慣行栽培収穫係数 c_c が上昇すると、最適な認証栽培面積割合 α^* が増加（右方シフト）する。反対に認証栽培収穫係数が上がると、最適な認証栽培面積割合 α^* が減少（左方シフト）する。これらについては特筆すべき点はない。規制がかかるなどして高価な農薬を買わなければならない状況になれば、慣行栽培から認証栽培への移行が誘因される。

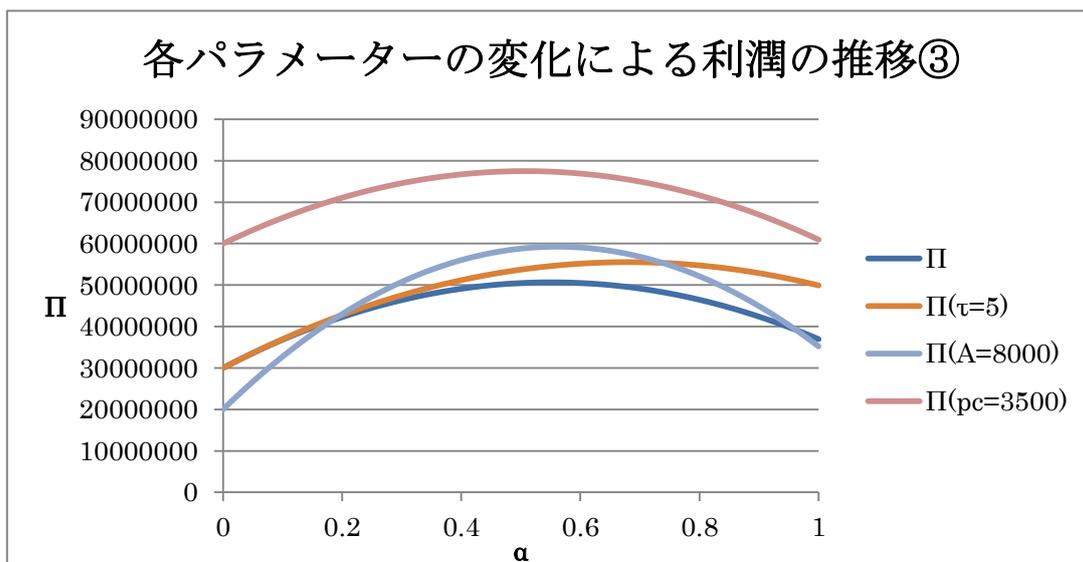


図 5-8 各パラメーターを上昇させた時の利潤の推移③ ($X = \eta\alpha A$)

総水田面積 A に関するシミュレーションが特徴的な結果となった。最適な認証

栽培面積割合 α^* には影響を与えていないが、栽培の比率を変化させた時の利潤の格差が大きくなっている。特に、水田を増やしたにも関わらず、認証栽培に全く取り組まない状況では、利潤が大きく減少している。したがって、農家が水耕面積を拡大させる時、認証栽培の割合を多くした方が、農家の利潤が上昇するということである。この点、農家は慎重に選択をしなければならない。価格プレミアム係数 τ や慣行米価格 p_c に関しては、予想通りの結果となった。

$$\diamond X = \min\{\eta\alpha A, \theta Q\}$$

次に、2. $X = \min\{\eta\alpha A, \theta Q\}$ の場合（認証栽培への依存度と森林への依存度が拮抗している場合）の利潤最大化行動を、Excel を用いたシミュレーションを行って分析をしていく。

農家は、以下の制約の下で自らの利潤を最大化する。

$$\text{Maximize } \Pi = \pi_c + \pi_n$$

$$\text{Subject to } X = \min\{\eta\alpha A, \theta Q\}$$

$Q = \omega\bar{Q}$ を代入し、利潤式を整理すると、以下のようにまとめられる。

$$\Pi = p_c h_c (1 - \alpha) A - \frac{c_c}{2} \{h_c (1 - \alpha) A\}^2 + (p_c + \tau \min\{\eta\alpha A, \theta\omega\bar{Q}\}) h_n \alpha A - \frac{c_n}{2} (h_n \alpha A)^2$$

この利潤式を、Excel を用いてシミュレーションしていく。数値は ($A = 6000, \bar{Q} = 6200, \omega = 0.6, \eta = 0.03, \theta = 0.03, p_c = 2500, \tau = 2, X' = 100, h_c = 5, h_n = 4, c_c = 0.10, c_n = 0.11$)

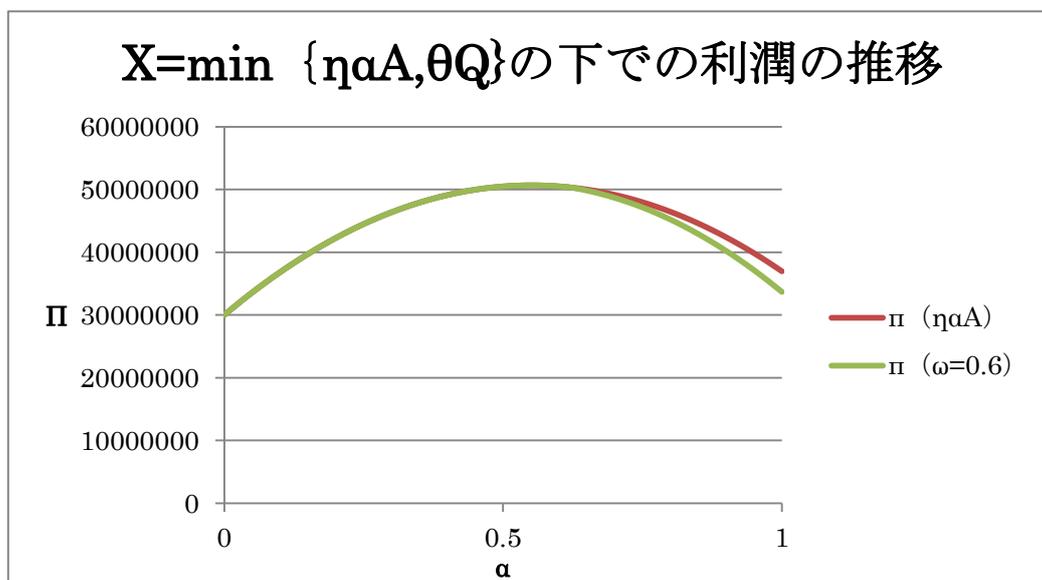


図 5-9 認証栽培面積割合 α と利潤 Π の関係性 ($X = \min\{\eta\alpha A, \theta Q\}$)

上に載せたグラフは、 $X = \min\{\eta\alpha A, \theta Q\}$ と仮定した場合と $X = \eta\alpha A$ を仮定した場合の比較である。どちらも $\alpha = 0.6$ あたりまで、認証栽培割合を増やすにつれ利潤が変化することはない。およそ $\alpha = 0.6$ から、 $X = \min\{\eta\alpha A, \theta Q\}$ と仮定した場合の利潤が下がっていることがわかる。これは、 $X = \eta\alpha A$ を仮定した場合、つまり森林面積が豊富に存在する場合は、認証栽培を増やすにつれトキが増えていくことによって費用の逡増を抑えている。しかし、森林への依存度 (θQ) と認証栽培への依存度 ($\eta\alpha A$) が拮抗している場合は、認証栽培を増やし過ぎると、 $\eta\alpha A$ が θQ を上回ってしまい、トキの繁殖が制限されてしまいますのである。

では、森林の健康度 ω が変化すると、農家の利潤にどのような変化を与えるのだろうか。以下のシミュレーションは、森林の健康度 ω を 1~0 の間で変化させた時の農家の利潤の推移である。

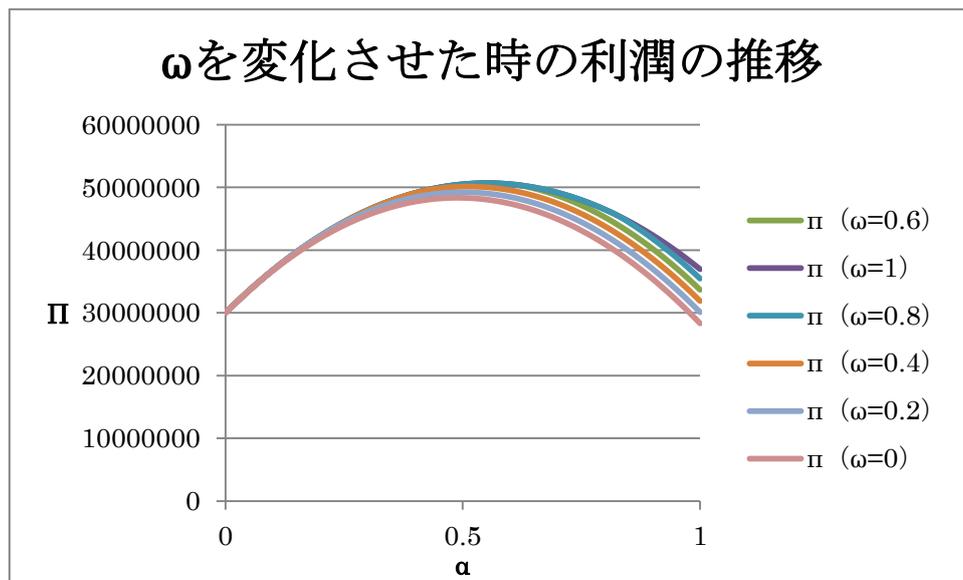


図 5-10 森林の健康度 ω を変化させた時の利潤の推移

α が低いうちは、トキの繁殖に対する認証栽培への依存度が高い ($\eta\alpha A < \theta Q$) ので、森林の健康度 ω が低かろうが高かろうが、利潤への影響はない。認証栽培割合が増加するにつれ、利潤への影響が生じてくる。

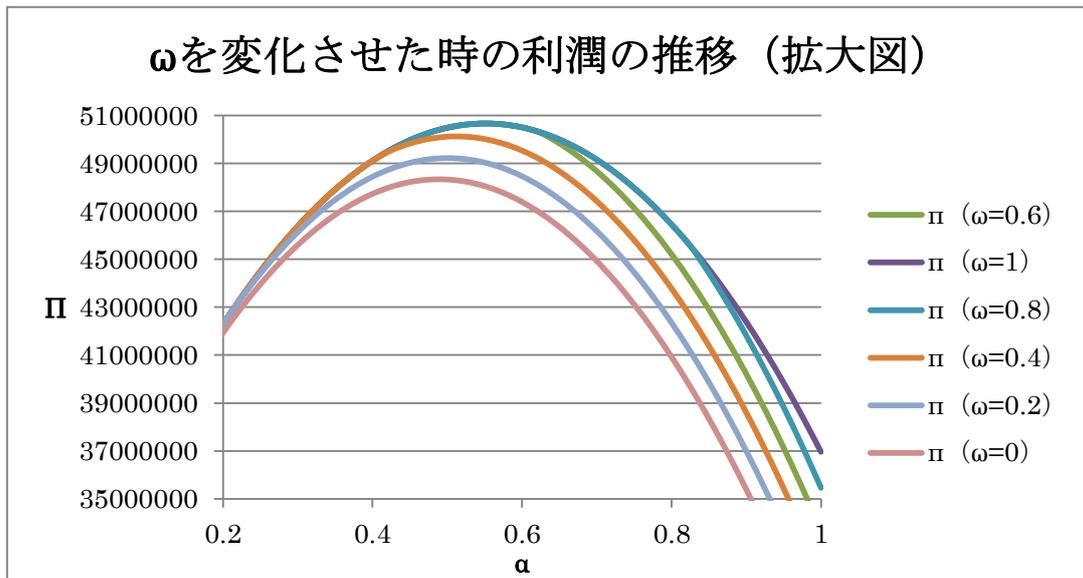


図 5-11 森林の健康度 ω を変化させた時の利潤の推移 (拡大図)

上のグラフは先ほどのグラフを拡大したものである。若干ではあるが、森林の健康度が下がるにつれ、最適な認証栽培面積割合 α^* が減少（左方シフト）し、それと同時に利潤が減少していることがわかる。これは、森林の減少に伴い、トキの生息数が伸びないため、認証米の価格プレミアムが上昇せず、農家が認証栽培に取り組むインセンティブが薄れていることに因ると考えられる。また、 $\omega=1$ と $\omega=0.8$ の時の利潤を比較すると、どのタイミングで $\eta\alpha A$ が θQ を超えたかが分かりやすい。 α が0.8を超えたあたりから、利潤の推移が乖離し始めていることが読み取れる。

5-3-3 農家による森林整備費用の投入に関する分析

次に、農家が森林整備費を負担した場合のシミュレーションを行う。この場合、農家は以下の数式のようにモデルを設定し、農家は最大化行動をとるとする。

$$\text{Maximize } \Pi = \pi_c + \pi_n - G$$

$$\text{Subject to } X = \min\left\{\eta\alpha A, \theta\bar{Q}\left(1 - \frac{1-\omega}{1+\varepsilon G}\right)\right\}$$

農家が支払う森林整備費用を G として、利潤から引いている。仮に $G=0$ とすると、 $X = \min\{\eta\alpha A, \theta\bar{Q}\omega\}$ となる。本来ならば、行政が負担をする森林整備費用をモデルに組み込むべきであるが、今回は捨象し、後の動学モデルによる分析で組み込む

とする。シミュレーションの数値は、 $(A = 6000, \bar{Q} = 6200, \omega = 0.4, \eta = 0.03, \theta = 0.03, p_c = 2500, \tau = 2, X' = 100, h_c = 5, h_n = 4, c_c = 0.10, c_n = 0.11)$ を用いた。

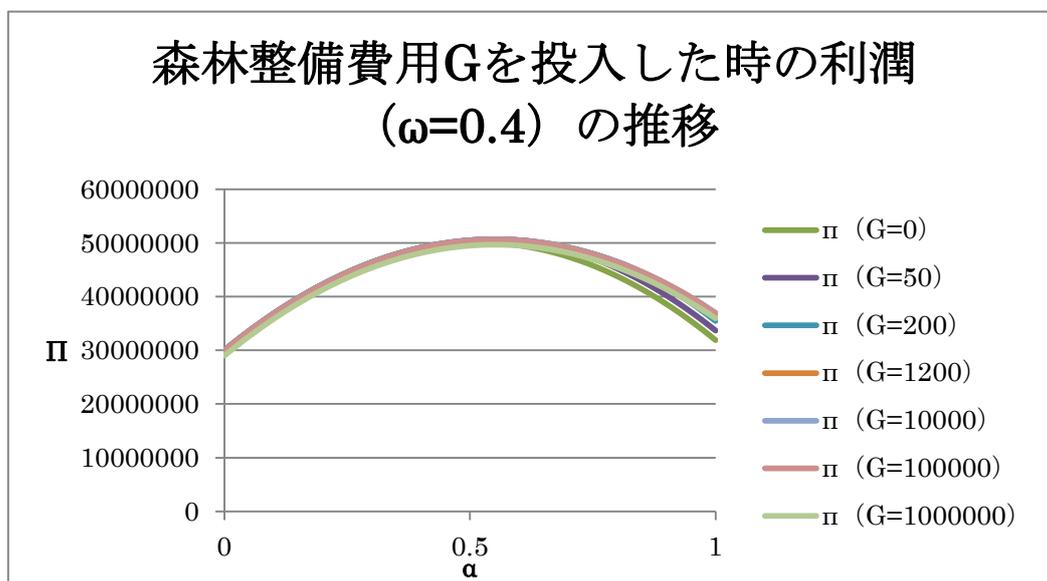


図 5-12 森林整備費用 G を変化した時の利潤の推移 ($\omega = 0.4$)

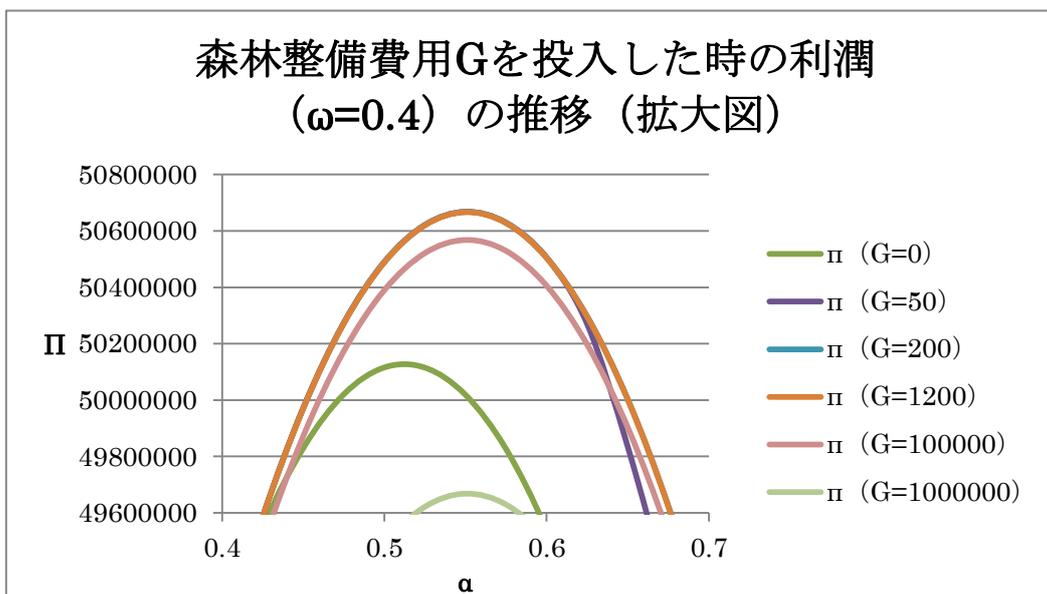


図 5-13 森林整備費用 G を変化した時の利潤の推移 (拡大図)

G	0	50	200	1200	100000	1000000
Π_{max}	50,127,26	50,667,93	50,667,78	50,666,78	50,567,98	49,667,98
	1	9	9	9	9	9

図 5-14 森林整備費用 G を変化した時の最大利潤の比較 ($\omega = 0.4$)

このシミュレーションは森林の健康度 $\omega = 0.4$ の場合のものである。農家が費用

投入を行わない ($G = 0$) 時と、農家が森林整備に費用を投入した時を比較すると、農家が費用投入を行った場合はいずれも最適な認証栽培面積割合 α^* が増加 (右方シフト) していることがわかる。これは、費用投入によって病虫害被害を食い止めることと、認証栽培を増やすことを同時に行うことで、トキの生息数が増え、利潤の増加に繋がったと考えられる。 $\eta\alpha A$ と θQ を同時に増加させることで、その結果 $X = \min\{\eta\alpha A, \theta Q\}$ の増加に繋がり、利潤の増加に結び付いたということである。

表に載せた数値化した利潤の推移を見ていくと、 $G = 0$ の時の利潤よりも $G = 50$ の時の利潤の方が高いことがわかる。しかし、その後は $G = 200$ から森林整備費の投入量を増やしていくにつれ、利潤は減少していつているのが読み取れる。したがって、この 6 つの投入量の比較の中では、 $G = 50$ の時が最も利潤が高くなり、 $G = 1000000$ の時には $G = 50$ の時よりも利潤が少なくなるという結果になった。これは、やはり $X = \min\{\eta\alpha A, \theta Q\}$ というトキの生産関数の構造に因るものであると考えられる。 $\eta\alpha A > \theta Q$ の場合では、森林整備費用を投入することでトキの生息数を増加させ、認証米の価格を上昇させることができるが、費用を投入し過ぎて $\eta\alpha A < \theta Q$ となってしまっている状態でさらに費用を投入しても、トキの生息数を伸ばすことには繋がらず、その結果無駄に利潤を減らしていることになる。

次に森林の健康度 ω を増加させて、同様のシミュレーションを行っていく。病虫害の被害が先ほどよりも軽微なものである時、農家による森林整備費用の投入がどのような効果をもたらすのか、考察していく。

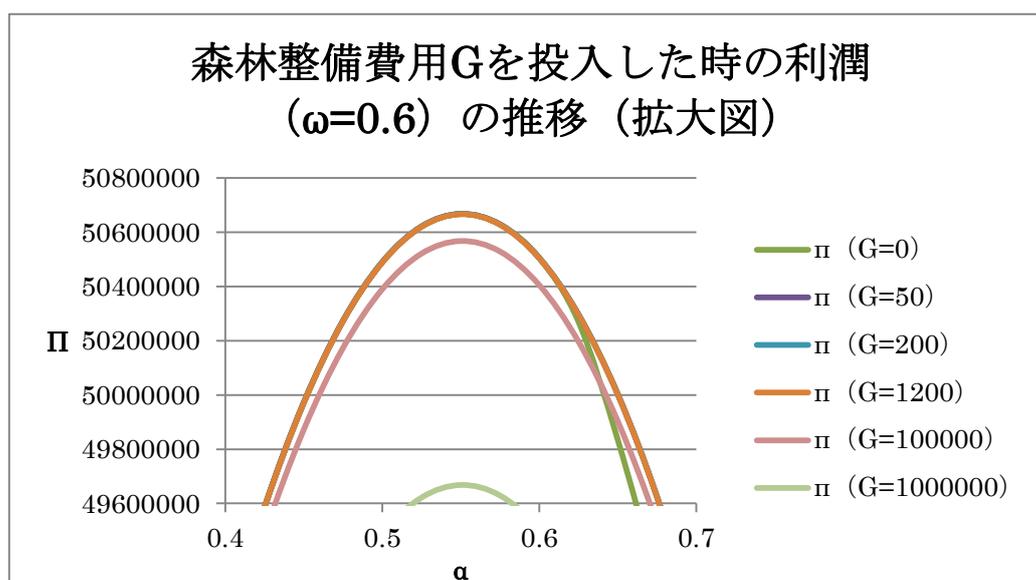


図 5-15 森林整備費用 G を変化させた時の利潤の推移 (拡大図) ($\omega = 0.6$)

G	0	50	200	1200	100000	1000000
Π_{max}	50,667,98	50,667,93	50,667,78	50,666,78	50,567,98	49,667,98
	9	9	9	9	9	9

図 5-16 森林整備費用 G を変化させた時の最大利潤の比較 ($\omega = 0.6$)

$\omega = 0.6$ の時のシミュレーションでは、最適な認証栽培面積割合 α^* は変化しない結果となった。さらに、数値化した利潤を比較しても、 $G = 0$ の 때가最も高く、森林整備に対する費用投入量を増加させるにつれ、農家の利潤は減少していつていくことがわかる。この場合 ($\omega = 0.6$) では、農家が森林整備に費用を投入することは望ましくない。森林が比較的健康的な場合 (病虫害被害が軽微な場合)、農家は森林とは無関係に慣行栽培と認証栽培による生産を行っていた方が、自らにとって望ましいということである。

5-4 動学分析

この節では、これまでの静学分析を動学に拡張し、時間的要素を考慮して経済分析を行っていく。なお、現状分析は行わず、農家が森林整備費用を負担する場合の分析のみを行う。具体的には、農家が t 期に得た利潤のうち、価格プレミアム分の一定の割合を $t+1$ 期に投入することで、農家の利潤や認証栽培面積割合、トキの生息数にどのような影響をもたらすかについて分析及び考察を行っていく。

5-4-1 モデルの設定

以下、動学分析で使用するパラメーターを列挙する。

X_t : t 期のトキの生息数
 A : 総水田面積
 α_t : t 期の認証栽培面積割合
 Q_t : t 期の森林面積
 η : 認証栽培面積に対するトキの生息可能係数
 θ : 森林に対するトキの生息可能係数
 ω : 健康な森林が残る割合
 ε : 病害虫に対する防除係数
 p_c : 慣行米価格
 τ : 認証米に対する価格プレミアム係数
 h_c : 慣行栽培収穫係数
 h_n : 認証栽培収穫係数
 c_c : 慣行栽培費用係数
 c_n : 認証栽培費用係数
 r : トキの内的増殖率
 δ : 割引率
 β : 今期の価格プレミアム分の利潤のから次期の森林整備に投する割合
 X_0 : 初期のトキの生息数
 X' : 認証米価格プレミアムの上昇が止まるトキの生息数
 Q_0 : 初期の森林面積
 \bar{G} : 行政による森林整備投入量（每期一定）

基本的には、静学分析で設定したモデルを踏襲する。時間軸が加わり、変更がある点をこれから述べていく。

まず、トキの生産関数はロジスティック関数を用いて以下のように定義する。

$$X_{t+1} = X_t + rX_t \left(1 - \frac{X_t}{\min\{\eta\alpha_t A, \theta Q_t\}}\right)$$

トキの生息数は前期の生息数に依存する形をとり、環境容量⁵⁶が認証栽培面積と森林面積によって決定する関数を設定した。 $\min\{\eta\alpha_t A, \theta Q_t\}$ に関しては静学分析での解釈と同様に、小さい方の値が選択されるということである。つまり、トキの生息数は前期のトキの生息数と前期の認証栽培面積または前期の森林面積に依存するということである。

⁵⁶ その環境で生息可能な最大数のこと

森林面積は以下の関数を設定する。

$$Q_{t+1} = Q_t \left(1 - \frac{1 - \omega}{1 + \varepsilon G_t}\right)$$

基本的な構造は静学分析のものと変わらないが、前期の森林面積と前期の森林整備に対する費用投入量に依存する関数となっている。なお、 $G_t = 0$ であれば $Q_{t+1} = \omega Q_t$ となる。

森林整備費用に関する式は、以下のように設定する。

$$G_{t+1} = \bar{G} + \beta \left(\frac{\tau X_t}{p_c + \tau X_t}\right) \pi_{n_t}$$

t+1 期に投入する森林整備費用は、t 期に得た認証栽培利潤のうちの価格プレミアム分の利潤に、ある一定の割合 β を掛け、そこに行政による費用投入 \bar{G} （每期一定）を足したものとした。農家が、トキが生息することで得られた追加利潤をトキの将来のために投資するということである。

農家の利潤は、動学分析においては以下のような式をとる。

$$\begin{aligned} \Pi_t &= \pi_{c_t} + \pi_{n_t} - G_{t-1} \\ \pi_{c_t} &= p_c h_c (1 - \alpha_t) A - c_c \{h_c (1 - \alpha_t) A\}^2 \\ \pi_{n_t} &= (p_c + \tau X_t) h_n \alpha_t A - c_n (h_n \alpha_t A)^2 \end{aligned}$$

慣行栽培利潤と認証栽培利潤を足す点は静学分析と同様であるが、動学分析におけるモデルでは、そこから前期の森林整備費用投入量を引いたものとする。

また、動学分析では、割引率を設定する。

$$\rho = \frac{1}{1 + \delta}$$

割引因子 ρ は、割引率 δ が高いほど小さくなる。なお、動学では ρ^t とし、期が進むにつれ割引因子が小さくなる。

以上を踏まえて、動学分析を行っていく。

5-4-2 農家による森林整備費用の投入に関する分析

これより、農家の利潤最大化行動を Excel のソルバーを用いてシミュレーションしていく。

まず、農家は以下の利潤式を制約条件の下で最大化する。

$$\text{Maximize} \quad \Pi = \sum_{t=0}^{\infty} \rho^t \Pi_t$$

$$\text{Subject to} \quad X_{t+1} = X_t + rX_t \left(1 - \frac{X_t}{\min\{\eta\alpha_t A, \theta Q_t\}}\right)$$

$$Q_{t+1} = Q_t \left(1 - \frac{1 - \omega}{1 + \varepsilon G_t}\right)$$

$$G_{t+1} = \bar{G} + \beta \left(\frac{\tau X_t}{p_c + \tau X_t}\right) \pi_{n_t}$$

シミュレーションの数値は、($A = 6000, Q_0 = 6200, X_0 = 1, \bar{G} = 2, r = 0.5, \omega = 0.95, \eta = 0.035, \theta = 0.03, p_c = 2500, \tau = 2, X' = 100, h_c = 5, h_n = 4, c_c = 0.10, c_n = 0.11, \delta = 0.03$) を用いた。静学分析とは、多少異なる点に留意したい。 α_t を変数として、各期⁵⁷の利潤の総計を現在価値に変換したものが最も高くなるように Excel のソルバーで解き、シミュレーションを行った。

まず始めに、前期の価格プレミアムによる利潤を森林整備に充てる割合が $\beta = 0$ の時のシミュレーションを見ていく。農家が森林整備費用を負担しない場合の分析である。

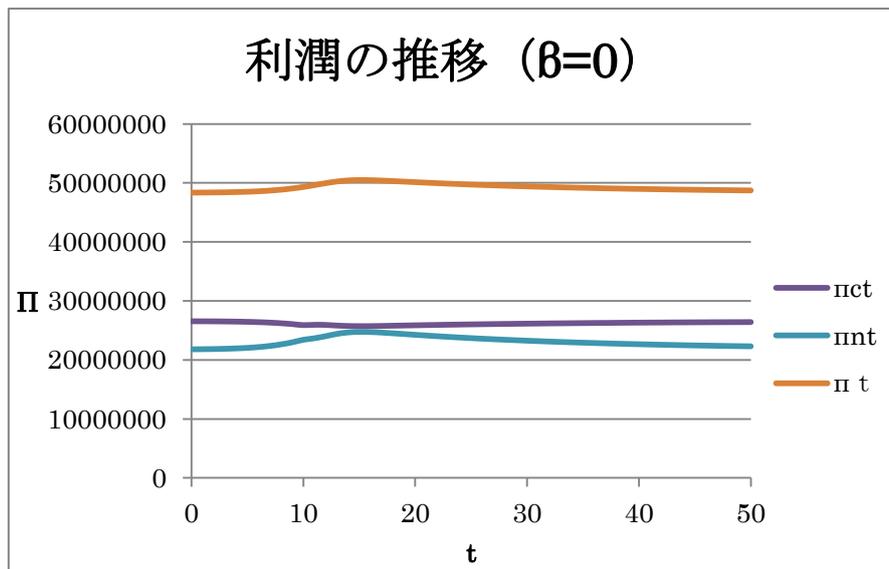


図 5-17 各利潤の推移 ($\beta = 0$)

⁵⁷ 0 期～50 期におけるシミュレーション

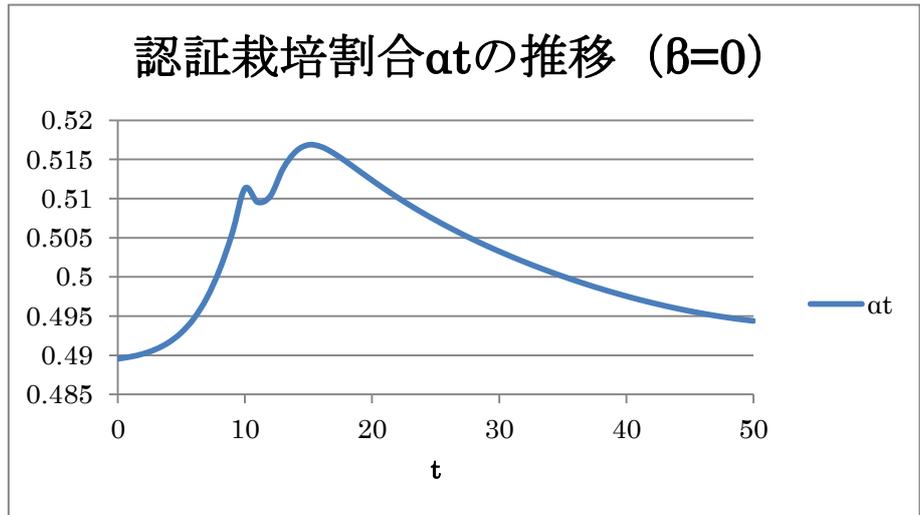


図 5-18 認証栽培面積割合 α_t の推移 ($\beta = 0$)

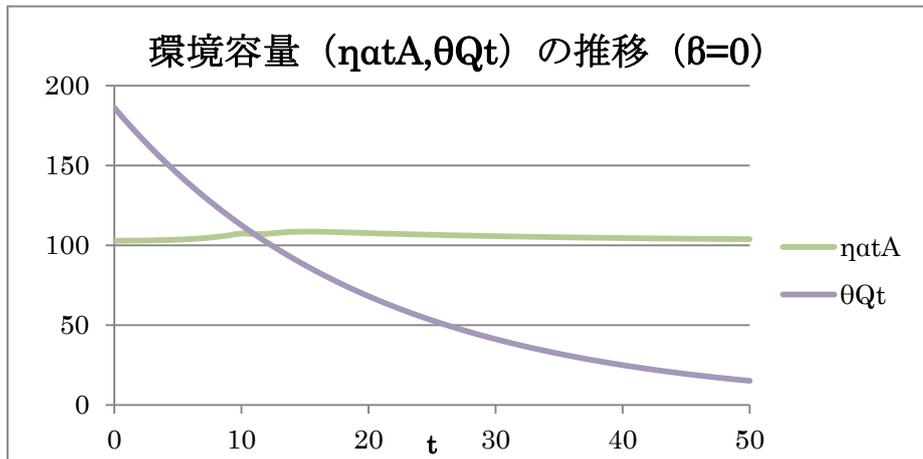


図 5-19 環境容量 ($\eta\alpha_t A, \theta Q_t$) の推移 ($\beta = 0$)

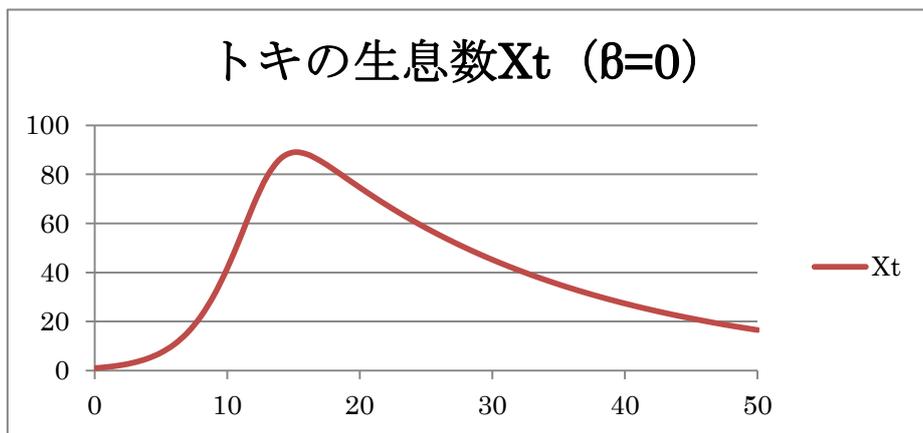


図 5-20 トキの生息数 X_t の推移 ($\beta = 0$)

利潤の推移を見ると、15期の利潤が最も高くなっている。0期では慣行栽培の利潤が認証栽培の利潤を上回っていたが、徐々に接近していき、15期で認証栽培

の利潤及び総利潤が最大となっていることがわかる。これは、15期におけるトキの生息数が最大となっていることに因る。認証栽培を徐々に増やしていくことが価格プレミアムの増加に繋がり、利潤に貢献したと考えられる。

認証栽培面積割合に注目したい。全体としては徐々に増加し、15期を境に減少している。しかし、11期に一度減少していることが読み取れる。これは、トキの環境容量の推移に関係がある。トキの環境容量は $\min\{\eta\alpha_t A, \theta Q_t\}$ という完全補完の式で表されるが、11期において $\eta\alpha_t A$ と θQ_t がおおよそ等しくなっており、11期以前は α_t という変数に依存していたが、それ以降は Q_t に依存するようになってしまった。このことによって、認証栽培割合 α_t は一度下がってしまうが、その後も棲み処としての森林はある程度存在しているため、トキの増殖に伴い、価格プレミアム分の利潤を得ようと農家は認証栽培を増加させる。しかし、棲み処としての森林 Q_t は病害虫によって徐々に減少し続け、15期にとうとう環境容量がトキの生息数を下回ってしまい、トキの生息数が減少、さらに価格プレミアムの減少によって、農家は認証栽培を減らすとともに、総利潤も減少してしまう。

では次に、農家が森林整備費用を負担する場合をシミュレーションする。始めに、割引現在価値に換算した50期の総利潤が最大となる β を算出する。

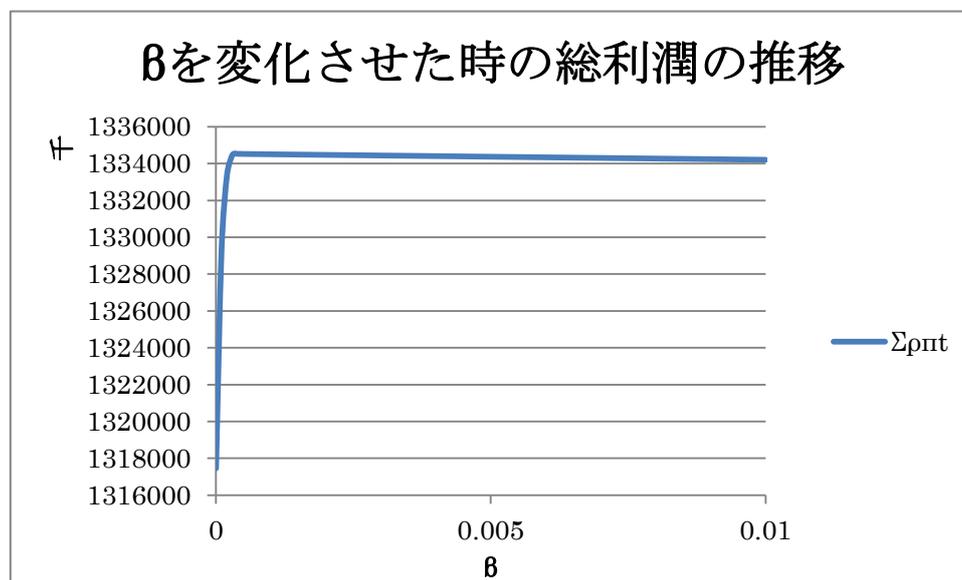


図 5-21 βと総利潤（割引現在価値）の関係性

	$\beta=0$	$\beta=0.0004$
総利潤（割引現在価値）	1,317,452,235	1,334,523,299

図 5-22 β=0 及びβ=0.0004 の時の総利潤（割引現在価値）の比較

前期の価格プレミアム分の利潤のうち、森林整備費用に充てる割合を表す β は、0.0004で総利潤を最大にした。したがって、この値によるシミュレーションでは、農家が森林に対して無関係でいるよりも、**農家自身がトキのために森林整備に加担した方が自らの利潤を上げられることがわかった**。しかし、ある一定の割合水準(この場合では $\beta = 0.0004$)を超えてしまうと、徐々に総利潤が減少してしまう。

では、 $\beta=0.0004$ で農家が利潤最大化を行う時、それぞれの変数がどのように動くのか観察していきたい。

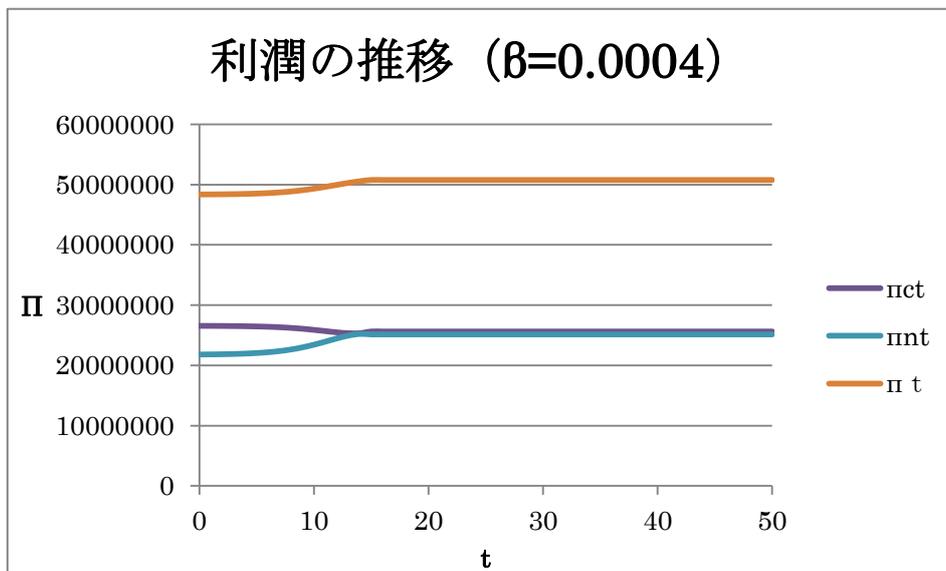


図 5-23 各利潤の推移 ($\beta=0.0004$)

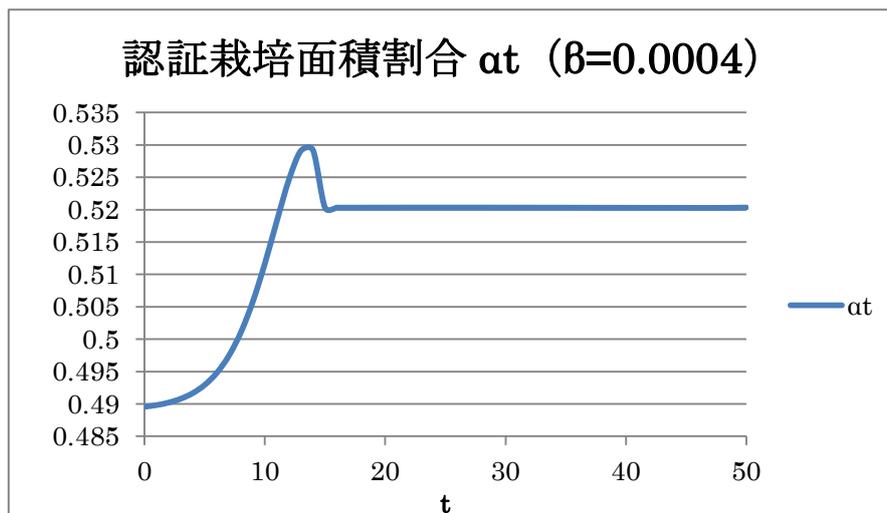


図 5-24 認証栽培面積割合 α_t の推移 ($\beta=0.0004$)

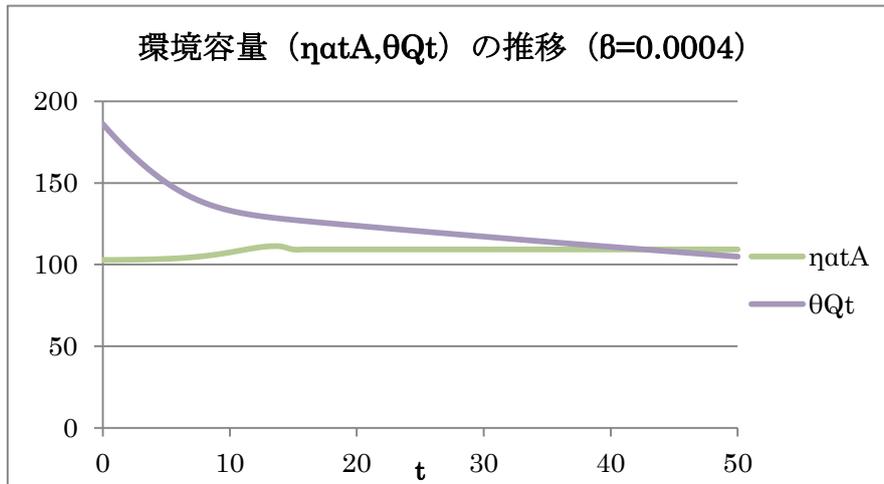


図 5-25 環境容量 ($\eta\alpha_t A, \theta Q_t$) の推移 ($\beta=0.0004$)

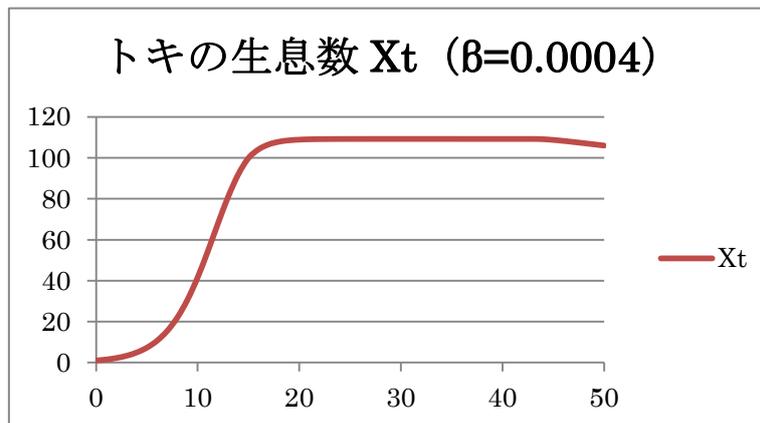


図 5-25 トキの生息数 X_t の推移 ($\beta=0.0004$)

利潤は 15 期で最大となり、その後定常状態となっている。先ほどと同様に、認証栽培の増加に伴ってトキの生息数が増加し、価格プレミアムによる利潤が増えたことが 15 期での利潤最大化に関連していると考えられる。 $\beta=0$ の時よりも総利潤が増加した要因としては、森林整備に費用投入を行うことで、 $\min\{\eta\alpha_t A, \theta Q_t\}$ で表されるトキの環境容量の減少が食い止められたことがあると考えられる。森林整備に加担しない場合 ($\beta=0$) よりも、 θQ_t が $\eta\alpha_t A$ を下回る期が遅くなっている（交叉する点が右にシフトしている）ことが、トキの減少を食い止め、結果として価格プレミアムの維持に繋がったのである。

認証栽培割合の推移を見ると、0 期から順調に割合を伸ばしていたのが、15 期で一旦減少している。これは、認証米の価格プレミアムに関係がある。シミュレーションでは、ある一定のトキの生息数 X' まではトキの生息数に比例して価格プ

レミアムが上昇するように設定している。しかし、トキの生息数が X' （この場合では $X'=100$ ）に達すると、価格プレミアムの上昇が止まってしまうのである。これにより、認証栽培を行うインセンティブが薄れ、認証栽培面積割合 α_t を減少させたと考えられる。トキの生息数が15期から20期にかけて定常状態に移行したことも、その影響である。なお、43期以降、トキの生息数に若干の減少が見られるが、これは、トキの環境容量に要因がある。43期に θQ_t が $\eta\alpha_t A$ を下回ってしまったのである。最適な割合 $\beta=0.0004$ で農家が森林整備費用を負担しても、病虫害被害を食い止めることができなかったということである。

では次に、各パラメーター（ $\omega, \varepsilon, \bar{G}$ ）を変化させて、シミュレーションを行っていく。特に、森林整備費用に充てる割合は常に $\beta>0$ が望ましいのかについて考察していきたい。

まず、健康な森林が次期に残る割合 ω が上昇した場合（ $\omega = 0.99$ ）をシミュレーションする。このケースは、病虫害被害が軽微な状況を想定している。

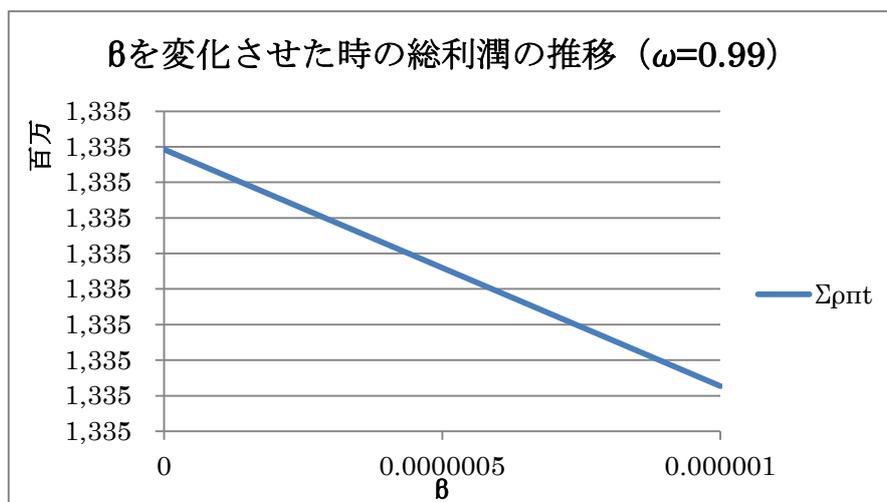


図 5-26 βと総利潤（割引現在価値）の関係性（ $\omega = 0.99$ ）

上記のグラフから、 $\beta=0$ の時の総利潤（割引現在価値）が最も高くなっていることがわかる。つまり、病虫害被害が軽微な場合、農家は森林整備に加担せずに農業生産に努力を集中した方が自らの利潤の向上に繋がるという結果になった。これもトキの環境容量に要因がある。50期でシミュレーションを行っているが、その50期のうちに森林の減少が少なく、トキの環境容量を構成する θQ_t が $\eta\alpha_t A$ を下回らない状況だと、環境容量が常に $\eta\alpha_t A$ となり、トキの生息数が常に認証栽培に依存することになる。このような状況の時は、農家は森林とは無関係に認証裁

培を含めた農業生産を行っていた方が望ましいということである。

次に載せたグラフは、病虫害被害の防除係数 ε が上昇した場合をシミュレーションしたものである。病虫害に対する防除技術が進歩した場合を想定している。

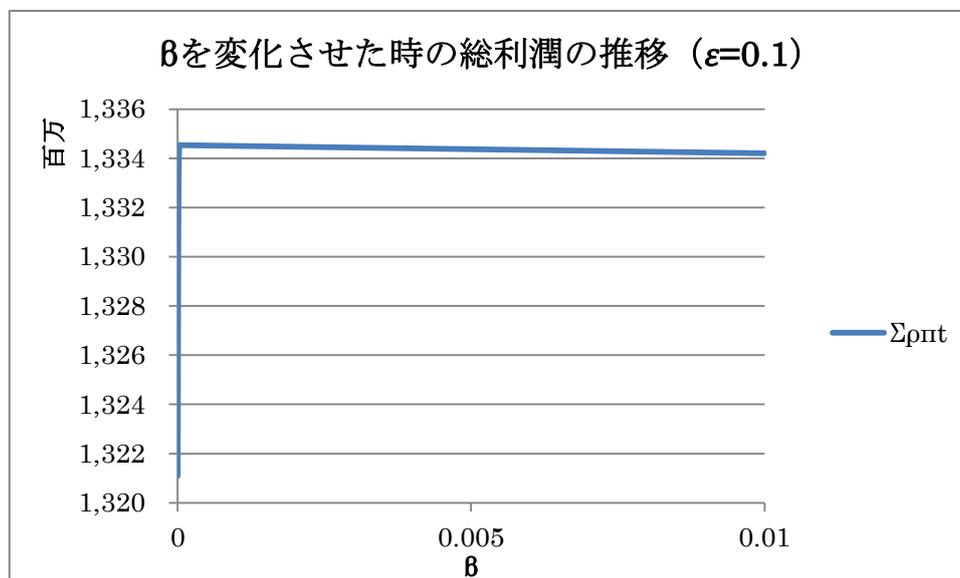


図 5-27 βと総利潤（割引現在価値）の関係性（ε=0.1）

ε=0.1でシミュレーションを行うと、農家の総利潤を最大化するβは0.00003であることが導かれた。ε=0.01におけるシミュレーション結果よりも、βが低くなっていることがわかる。病虫害に対する防除技術が進歩することで、森林整備費用を安く抑えることができるということである。もしこのεを100や1000という値に設定してシミュレーションを行った場合、β=0において農家の総利潤が最大化される可能性はある。しかし、その場合は行政による費用投入のみで病虫害被害を食い止めているということになる。現状として病虫害の進行を阻止できていないことを考慮すると、あまり現実的ではない。

次に示すのは、行政による森林整備費用投入量 \bar{G} を増加させた場合のシミュレーション結果である。なお、 \bar{G} 市や県、国といった行政からの費用投入を想定しているが、民間からの寄付などでも良い。要は、農家以外からの資金援助ということである。

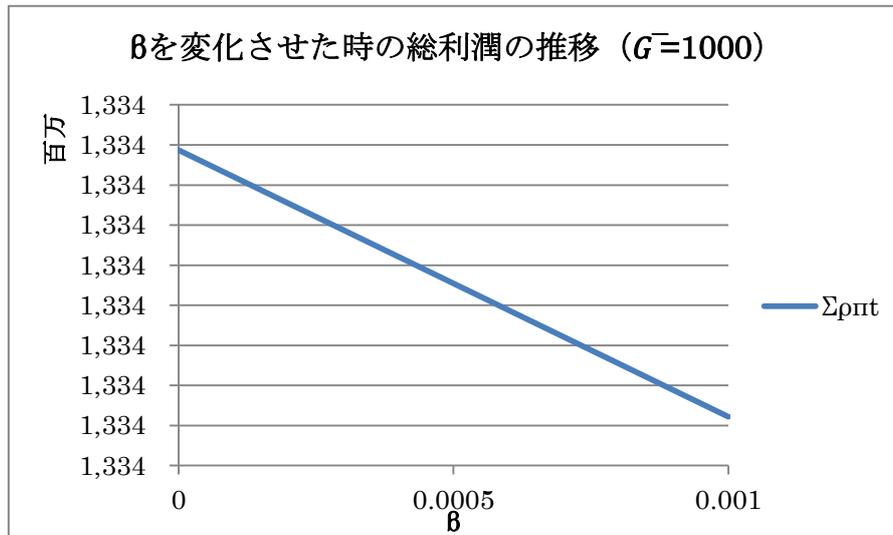


図 5-28 βと総利潤（割引現在価値）の関係性（ $\bar{G}=1000$ ）

$\bar{G}=1000$ と設定したシミュレーション結果は、 $\omega = 0.99$ と設定したシミュレーションとほぼ同様の結果となった。総利潤の値は若干異なるが、 $\beta=0$ において農家の利潤が最大化されることがわかった。行政かによる費用投入が極めて多い場合、農家は森林整備に加担せずに農業生産のみを行っていた方が良いと解釈できる。もちろん行政に限られた話ではない。市民からの寄付や、ボランティア団体による労働力の無償供給などが増えることで、農家が認証栽培を含む農業生産に専念することができるのである。

5-5 分析の考察（まとめ）

これまで、トキを取り囲む問題について静学分析と動学分析を行ってきた。本論文の特徴は、トキに生息にとって完全補完の関係にある「エサ場としての水田」と「棲み処としての森林」に焦点を当てて分析を行った点にある。佐渡にトキが生息することで、認証米に価格プレミアムが付与され、その利潤を得ている農家が、森林の病虫害被害に直面した時にどのような影響を被るのか、またどのような行動をとることが望ましいのかについて着目してきた。

まず始めに行った静学分析では、森林が多く存在している場合を仮定してトキの生息数が認証栽培面積に依存するモデルを用いた。そこで得られた結果は、慣行栽培と認証栽培の割合の決定に重要なのは慣行米と認証米の価格比であるとい

うことである。価格差ではなく、価格比が何よりも重要であり、価格比が大きければ大きいほど、農家は認証栽培の割合を多く選択するということである。また、トキの生息数に関しては、総水田面積が増加すれば、トキの生息数も増加するという結果となった。水田の総面積が増加すれば、それに応じて農家は認証栽培面積を増やし、トキのエサ場整備に繋がるということである。

その後の静学分析では、トキの生息に関して、森林への依存度と認証栽培面積への依存度が拮抗している場合を想定してシミュレーションを行った。この場合、認証栽培面積が増えていくにつれ、トキの生息が森林面積に依存するようになる。森林の健康度を表すパラメーターを変化させてシミュレーションを行ったが、森林の健康度によっては、病害虫による森林の枯死がトキの棲み処を減少させ、生息数を減少させてしまい、その影響で認証米の価格プレミアムも減少し、農家の利潤の減少に繋がるという循環に陥ってしまうことがわかった。

そこで、農家自身が森林整備（病害虫防除）に費用投入を行うことで、農家の利潤を向上させる（もしくは利潤の減少を抑える）ことが可能かについて分析を行った。農家の利潤の一部を森林整備費用に充てるモデルを設定し、シミュレーションを行ったが、病害虫被害が深刻な状況では、その効果が期待できるという結果が得られた。しかし、農家の利潤から森林整備に充てる額は、多ければ多いほど望ましいということではなく、ある一定の値を超えると、逆に農家の利潤を減少させてしまう。また、病害虫被害が軽微な場合では、農家による森林整備費用投入は効果がないことが検証された。この場合、農家が費用投入を行うことは自らの利潤向上に繋がらないということである。

最後に、農家の森林整備費用投入に関して、動学モデルによる分析を行った。ここでは、今期に得られた価格プレミアム分の利潤のうちある一定の割合を次期の森林整備に充てるという設定をした。その設定の下で最初に行ったシミュレーションでは、農家が森林整備に加担した方（今期の利潤の一部を次期の森林整備に充てる方）が、農家の総利潤の増加に繋がるという結果が得られた。農家自身が森林を守ることで、トキの生息数を安定させ、その結果として価格プレミアム分の利潤を維持できるということである。しかしながら、病害虫によって枯死する森林が微々たるものである場合、また行政による森林整備費用投入が多い場合、農家は森林整備に加担しない方が望ましいという結果も得られた。市民からの寄

付や、病害虫に対するボランティア活動が多い場合には、農家は自身の農業生産に努力を集中した方が良いということである。

静学分析での分析結果と同様に、動学における分析でも、同様の結論が導き出された。病害虫による森林の被害が軽微な状況では、農家は認証栽培と慣行栽培による農業に力を注ぎ、トキのエサ場の整備を進めた方が良いが、病害虫による被害が深刻な状況では、農家自身がトキの棲み処の整備に加担することで、トキの生息数を維持しつつ自らの利潤を確保できるという結論に至った。

トキが野生に生息することで、認証米が高く売れ、それによって利潤を獲得している農家は、トキの繁殖状況を考慮して農業生産を行う必要がある。「エサ場としての水田」と「棲み処としての森林」という、トキが生きるための2つの要素を考慮した時、森林がどの程度病害虫に侵されているのか、どの程度行政が対処してくれるのか、また病害虫に対する技術はどの程度進歩しているのか、様々なことに配慮して生産を行うことで、自らの利潤の最大化が確保される。おそらく現状ではトキが必要としている森林はまだ多く残されているだろう。しかし、動学モデルにおいて分析したように、対策を打たないままでは病害虫被害が年々大きくなってしまう。将来のことを見つめた時に、今どのような行動を選択することが望ましいのか、熟慮する必要があるのではないだろうか。

第6章 終わりに

本論文では、佐渡島におけるトキと農家の関係性に注目して論述及び分析を行ってきた。特に、「エサ場としての水田」と「棲み処としての森林」という、トキが生息に必要とする2つの環境要素に注目した点に、この論文の意義があると考えられる。トキの野生復帰を目指す時、「朱鷺と暮らす郷づくり認証制度」によってエサ場を増やすだけでなく、トキが棲み処とする森林にも目を向けなければならない。佐渡の空から再びトキが消えることのないように、そして農家の利潤が減少してしまわないように、「エサ場としての水田」とともに「棲み処としての森林」をどのように守っていくかを考えていかなければならないのである。

しかしながら、分析で用いた数式モデルの設定では背景や問題を抽象化するにあたり、多くの要件を捨象してきた。認証米の価格プレミアム分に関する設定は、

その一つである。本来ならば消費者の支払い意思額から需要関数を導いて導出するのが理想的ではあったが、本論文では簡略化のために省略し、認証米価格プレミアムはトキの生息数には比例する（一定の生息数まで）とした。この点は、本論文における反省である。

また、こちらも分析ではうまく数式に組み込むことができなかったが、トキの野生復帰に関しては農家の方々を筆頭とした地元住民の方々の協力が何よりも大切である。トキがエサ場とする認証栽培が行われている田んぼは、農家の方々の絶え間ない努力がなければ成立し得ない。分析では、文献のデータに基づき、認証栽培の収穫効率や費用は慣行栽培の何割または何倍というように設定したが、農家の方々には数値に表れない努力が数多く存在する。場所によっては機械を使えない分、人の手で多くの時間がかかってしまったり、田んぼに棲息する生きものの調査を行ったり、魚道や江を作ったり、お米の生産自体には反映されないその他様々な努力が影に潜んでいる。そのような地元住民の努力によって、去年トキが野生復帰への一步を踏み出したことをここに明記するとともに、分析における課題としたい。

参考

- ・ 大沼あゆみ、山本雅資（2009）『兵庫県豊岡市におけるコウノトリ野生復帰をめぐる経済分析-コウノトリ育む農法の経済的背景とコウノトリ野生復帰がもたらす地域経済への効果-』三田学会雑誌 102 巻 2 号
- ・ 後藤唯、小堀洋美（2008）『佐渡島のトキ野生復帰活動と持続可能な社会形成』環境情報科学 36-4
- ・ ハル・ヴァリアン（2007）『入門ミクロ経済学』勁草書房
- ・ 新潟県佐渡市（2012）『佐渡市環境教育副読本 指導書 佐渡島環境大全 改訂版』新潟県佐渡市発行
- ・ 新潟県佐渡市農林水産課生物多様性推進室（2012）『トキと暮らす島 生物多様性佐渡戦略』新潟県佐渡市発行
- ・ 新潟県佐渡市農林水産課生物多様性推進室（2012）『トキと暮らす島 生物多

様性佐渡戦略－概要版－ 佐渡でふれあういのちのつながり～人とトキが暮らす島を孫の世代へ～』新潟県佐渡市発行

- ・ Jon M. Conrad (2010) 『RESOURCE ECONOMICS SECOND EDITION』
Cambridge University Press
- ・ 川崎友水「防風林 16 本に害虫被害」『朝日新聞』（新潟県）2011 年 10 月 29 日 朝刊
- ・ 環境省．環境省ホームページ <http://www.env.go.jp/>
- ・ 佐渡観光協会．佐渡観光協会ホームページ <http://www.visitsado.com/>
- ・ 佐渡市．佐渡市ホームページ <http://www.city.sado.niigata.jp/index.html>
- ・ 新潟県．佐渡トキ保護センターホームページ
- ・ 総務省．総務省ホームページ <http://www.soumu.go.jp/>
<http://www4.ocn.ne.jp/~ibis/index.html>
- ・ NPO 法人日本エコツーリズムセンター．NPO 法人日本エコツーリズムセンターホームページ <http://www.ecotourism-center.jp/>
- ・ YOMIURI ONLINE 「「ギューンと鳴くサドガエル、新種と認定」『読売新聞』（2012 年 12 月 12 日）
<http://www.yomiuri.co.jp/kyoiku/news/20121212-OYT8T00315.htm>

あとがき

この卒業論文を執筆するにあたり、題目を選ぶきっかけを与えてくださり、また多くのご指導を頂いた大沼あゆみ先生と澤田英司先生に厚く御礼を申し上げます。そして佐渡を訪問した際にお世話をして頂き、多数の資料をご提供して下さいました藤井隆博様をはじめとする佐渡市役所の方々に感謝したい。

大沼ゼミに在籍した 2 年間は、辛いことも多々ありましたが、それと同時に忘れられない楽しい思い出をたくさん得ることができました。大沼先生、澤田さん、有野さん、同期、先輩、後輩、2 年間お世話になった全ての方に感謝しています。ありがとうございました。