

人間総合研究センター主催

「人間科学研究交流会—Current Topics in Human Science—」記録

第
17
回

話題提供者：人間環境科学科助教 福井 眞

演 題：持続可能なオイコス研究

～地球という変動するシステムの中での生き方を模索する人間科学～

開催日時：2016年4月13日, 18:00～19:00

開催場所：100号館第1会議室

1. 変動環境下での適応

気候変動の影響が顕在化している昨今、農林水産業に代表される再生可能資源の獲得について、従来通りの資源管理法では資源獲得の維持が困難になってきている。日本における農業、特に水稻生産を例に挙げれば、気温上昇に起因する登熟過程の異常あるいは外来害虫の食害により、品質の低下が生じ、営農者の利益低下を引き起こしている。我々人間および人間社会は気候変動などの変化する環境にいかにして適応すればよいのであろうか。

報告者のこれまでの研究は生態学の諸課題、とりわけ進化に関する問題を数理的手法によって仮説検証するものと、農業気象分野においての課題である、将来気候下での作物生産予測であった。自然生態系での生物の環境適応を引き合いに、人間社会の変動環境適応を考察してみる。進化生物学では、親個体の戦略あるいは形質に変異が生じて次世代に伝えられ、その中で適応度が高いものが選ばれて集団に広がるという、自然選択による進化のロジックで適応過程を説明する。また、変動環境下では個体群がある一箇所に留まって大きな環境変動の影響を受けると全滅する可能性があるため、様々な場所に子孫を振り分けてリスクを分散し、絶滅を回避することが有利になることが個体群生態学の知見により示されている。すなわち、生物の適応は各時点での繁殖や生存に注目する。

ここで、人間社会の環境適応に焦点を当て、報告者が扱った研究課題の中で営農者の意思決定を解析した例から、人間社会と自然生態系の個体群との違いを明確にしたい。その研究課題は、温暖化によって生息分布域を広げつつある侵入外来害虫の防除と、近年問題視される耕作放棄地の増加に関連があるとらみ、営農者の耕作自体が害虫防除の協力行動となっている数理モデルの解析がある。このモデルでは営農者が耕作することに害虫防除作業が含まれるのに対し、耕作放棄した場所には防除にコストを払わないとして、放棄地が害虫のリフュージ（避難場所）になると仮定した。そのため、放棄地から飛来する害虫が耕作地の作

物の収量や品質の低下を招く。つまり、近隣営農者は耕作をすることで暗に害虫防除の協力行動をとる。ここで、営農者の利益を最大にする行動を考えるのだが、営農者が耕作を将来にわたって維持するか意思決定を解析する際に、経済学の知見を借用して、耕作を続けることで将来的に得られる利益に対し、時間が経過した分の割引を考慮に入れるという、割引効用理論を適用する。つまり、人間社会の適応は将来を見越した上で何をすべきかが決まるという点で自然生態系における生物の環境適応と性質が異なる。

人間社会における気候変動の下での資源獲得に関して農業を対象を絞る。作物生産のリスク分散というと、限られた農地に単一の作物を栽培するのではなく、複数の作物あるいは複数の品種を栽培することが考えられる。しかし行動経済学的な見方から農業の持続性を考える上では、それだけでは十分とは言えない。現状での耕作地における潜在的な収量予測を行うという作物生産農学からの知見に加え、将来的にそれらから得られる利益を考慮して耕作の意思決定をすることとなる。この将来的に得られる利益推定の可能性についてここで検討する。

2. 水稻生産における品種ごとの気候変動影響

ここでは水稻生産の将来予測にとって重要な情報である、品種ごとの気候変動影響について紹介する。作物生産予測にとって気温の変化は収量や品質の変化に重大な影響を及ぼす。植物である作物は光合成によってCO₂を固定し、植物体の総重量（バイオマス）を増やすが、光合成は温度・CO₂濃度・光強度に依存している。また、植物は呼吸によってCO₂を排出するため、日射のない夜間に気温が高いと呼吸量が増してバイオマスひいては収量の低下につながる。これらの気温変化影響はどの品種、どの作物にも当てはまる。他方で、作物は栽培場所の気温と日長によってフェノロジー（生物季節）が決まっている。穀物の場合、植物が開花・結実するというイベントを経なければ収穫につながらない。植物は開花について日長による制御を受けており、

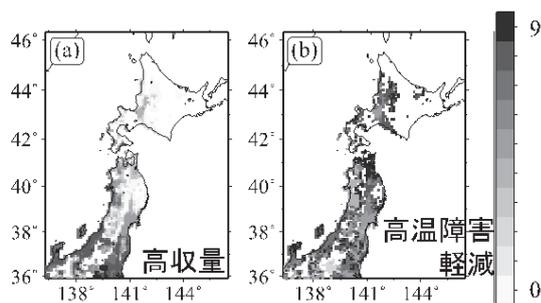


図1 GCMの一つMIROC5 (RCP4.5) に基づく将来気候 (2081~2099年) で現行品種より好条件となる品種数の分布 (Yoshida et al. (2015) を一部改変)。

日が短くなることで開花が促される短日植物と、長くなることで促される長日植物がある。イネは短日植物であり、品種によって気温と日長のどちらにより強く成長が促されているのかが決まっている。緯度が高い地域で栽培される品種は、栽培期間の平均気温が低く、日長よりも気温による制御がされ、緯度が低い地域の品種は気温よりも日長の変化に敏感に反応する。Fukui et al. (2015) はこの品種ごとの日長・温度感受性を日本の主要な食用米10品種について推定した。これらの品種特性と栽培場所の緯度、気温をもとに水稲の栽培期間が計算可能となり、栽培期間にわたってのCO₂固定量、ひいては潜在的な収量が計算できる。この潜在収量に、登熟期間での高温による品質低下リスクや、開花期の高温及び低温での稔実率低下を加味することで品質・収量の予測が可能になる。将来気候についてはGCMと呼ばれる、全球レベルでの物理・化学・生物過程を大まかに定式化して大気と海洋間での熱・水・炭素の循環を再現し、将来のCO₂排出シナリオに沿って今後の気候がどのような気象値となるかを計算したデータが世界各国の研究機関や研究所から提供されている。このデータを収量予測の対象地域に当てはめ、将来的にどの品種が最大収量となるのか、あるいはいつ田植えをすれば品質低下を最小限にできるかが計算できる。図1はその一例で、Fukui et al. (2015) で推定された10品種のなかで、北海道・東北地域で2000年現在栽培されている品種よりも将来気候で (a) 高収量になる品種 (b) 高温障害による不稔を軽減できる品種の数を推定したものである。気候変動によって収量や品質に影響が生じるとしても、生物季節特性が明確な品種であれば、その影響は推定が可能である。

3. 将来気候条件下での水稲生産と経済影響

ここでは営農者が農地の所有者であると仮定する。日本において農地は原則的に農地法によって耕作利用することに制限されている。もちろん、農地転用許可などの手続きをとれば利用目的が異なる土地利用が可能となるが、ここでは耕作地として利用し続けるものと仮定する。すると、

表1 東北地方の品種・等級別 平成19年産平均コメ集荷価格

品種	1等	2等	3等
コシヒカリ	10350	9200	8200
あきたこまち	9438	8533	7533
ひとめぼれ	9760	8725	7600
ササニシキ	9888	8900	7733
まつしぐら	9500	8900	7900
はえぬき	9350	7700	6700
その他うるち米	8233	7433	6433
もち米	8450	6933	5933
酒米	10300	8300	6150

(JA米60kgあたりの概算金単価、単位：円)

農業を続けるか否かは、収穫によってどれだけの利益を得られるか、という問題になる。水稲生産に限れば、生産地や品種、さらには品質の等級によって価格が異なるため、品種の選定は得られる利益を予測する上で重要な要因となる。表1は東北地域の品種・品質別の集荷価格の例である。品種による価格差もさることながら、品質を表す等級が下がることによる価格差も大きい。将来気候条件下で現在生産されている品種の収量・品質の低下が予測されれば、例えば品質低下による損益回避を主目的に品種変更などが検討できる。さらに、食用米のみに目を向けるのではなく、輸入に依存する飼料の高騰を念頭に、たとえば飼料用米の生産向上を掲げる政策からその生産の助成金が収入に上乗せできる可能性もある。すると、食用米の場合は品質管理にかかるコストが大きいのに対し、単価の低い飼料用米ではそのコストが抑えられるため、トータルでの収益は飼料用米の生産が食用米に勝るかもしれない。あるいは短期的な労働力の集中を避け、食用米と飼料用米の両方を田植えの時期をずらして栽培するのが良いかもしれない。これらの収益予測は、耕作を維持するかどうかの判断材料となるだろう。

4. 研究成果として期待されること

以上のように、将来気候データから農作物の収量や品質を予測し、さらにそれらの収益予測を統合することによって、農業を営む上の意思決定を支援するためのデータを提供できる。水稲生産の場合、離農によって耕作放棄が生じると、時間の経過に伴って再生利用が困難になる。この点では一度絶滅という現象が起きるとその後個体群が回復できないという生物の変動環境適応と類似する。水稲生産によって持続的に収益が獲得されるという予測が立てば、離農を回避し、変動する環境に適応した営農を行うシナリオを提言できる可能性がある。さらに農業生態系は営農者の収益をもたらずだけでなく、生物多様性の維持システムと

「人間科学研究交流会」報告

いう側面もある。人間社会は金銭面での経済性だけでなく、環境経済面での豊かさの重要性が指摘されており、持続的な営農によって環境保全に貢献することも期待される。

5. 引用論文

Fukui S, Ishigooka Y, Kuwagata T, Hasegawa T. (2015) A methodology for estimating phenological parameters for rice cultivars utilizing data from common variety trials. *Journal of Agricultural Mete-*

orology, 71, 77-89.

Yoshida R, Fukui S, Shimada T, Ishigooka Y, Takayabu I, Iwasaki T. (2015) Adaptation of rice to climate change through a cultivar-based simulation: a possible cultivar shift in eastern Japan. *Climate Research*, 64, 275-290.

米穀データバンク集荷価格一覧 (2016/4/13参照) http://www.japan-rice.com/cargo_booking_price.html