

東北の農業気象

Agricultural Meteorology in Tohoku

Vol. 62

Mar. 2018

報 文

青森県津軽地域における水稲の移植栽培と直播栽培の登熟気温の経年変動

木村利行 1

支部大会特別講演会要旨

農業における気候変化への適応とイノベーション

小林和彦・藤沢茉莉子 7

支部大会研究発表要旨

単棟ハウスにおける換気方法の違いが換気強度とハウス内温熱環境に及ぼす影響

伊藤大雄・石田祐宣 13

東北地方における晩霜の将来予測

眞崎良光・野尻幸宏 15

水稲の面的出穂期予測の2017年度への適用について

川方俊和 17

放線菌を含む活性水・牛糞堆肥の散布によるニンニクに寄生するイモグサレセンチュウの防除

皆川秀夫・林祐太・田中勝千・庄司勝義 18

三陸復興作物「姫かりふ」の作型と収穫期予測

岡田益己・松嶋卯月 20

近年の温暖化傾向に伴う水稲品種の生育の変化

長谷川利拓 22

植物生理的な不均一地表面が乱流特性に及ぼす影響

坂井七海・小森大輔 23

支 部 だ よ り

2017年度支部大会報告 25

支 部 会 案 内

会則・規程 27

投稿規程 33

日本農業気象学会東北支部

(〒020-0198 盛岡市下厨川赤平4 東北農業研究センター内)

日本農業気象学会東北支部役員名簿（2017・2018年度）

支 部 長	皆川 秀夫	北里大学
理 事	伊藤 大雄	弘前大学
永年功労会員		
表彰審査委員	伊藤 大雄	弘前大学
本部評議員	小峰 正史	秋田県立大学
	下野 裕之	岩手大学
評 議 員	熊谷 悦史	東北農業研究センター
	岡田 益己	岩手大学
	横山 克至	山形県庄内総合支庁
	古野 伸典	山形県庄内総合支庁
	斎藤 満保	宮城大学食産業学部
	小森 大輔	東北大学
	永山 宏一	福島県農業総合センター果樹研究所
	渡邊 明	福島大学
	佐藤 睦人	福島県農業総合センター
会計監査	伊五澤 正光	岩手県農産物改良種苗センター
	庄野 浩資	岩手大学
幹 事	木村 利行	青森県産業技術センター農林総合研究所
	沼田 芳宏	岩手県農林水産部
	高山 真幸	秋田県農林水産技術センター農業試験場
	島津 裕雄	宮城県大河原地方振興事務所
	三浦 信利	山形県庁生産技術課
編集幹事	中嶋 美幸	東北農業研究センター
会計幹事	熊谷 悦史	東北農業研究センター
庶務幹事	川方 俊和	東北農業研究センター

青森県津軽地域における 水稲の移植栽培と直播栽培の登熟気温の経年変動

木村利行

青森県産業技術センター農林総合研究所

Interannual variability of temperature of ripening period in transplanting cultivation and direct seeding cultivation of rice in Aomori Tsugaru area

Toshiyuki KIMURA

Agriculture Research Institute, Aomori Prefectural

Industrial Technology Research Center, Kuroishi 036-0522

水稲の移植栽培と乾田直播栽培について、日平均気温で動作する生育予測式と 1977～2016 年の 40 か年の日平均気温から出穂期と登熟気温を算出し、その経年変動を評価した。対象地点は、青森県津軽地域の黒石市とした。5～7 月と 8～10 月の両期間の平均気温は上昇する傾向がみられ、これにより出穂期が早まり、登熟気温が高まった。40 か年を前半 20 か年と後半 20 か年に分割して、登熟気温が 20℃以上を確保する年次割合をみると、前半 20 年より後半 20 年が両栽培法の各作期で高く、特に移植栽培の 5 月 31 日と 6 月 5 日を移植日とした晩植条件と乾田直播栽培での変動が大きかった。近年の水稲生育期間の昇温傾向は、水稲の熟期の早生化と登熟条件の好適化をもたらし、移植時期の晩植や乾田直播栽培の適応性を向上させていると考えられた。

キーワード：移植栽培、直播栽培、地球温暖化、登熟気温、まっしぐら

keywords : Direct seeding cultivation, Global warming, Masshigura, Temperature of ripening period, Transplanting cultivation

1. はじめに

農業従事者の高齢化やリタイアなどにより、地域の基幹となる農業経営体への農地集積が進み、1 戸当たりの経営面積は拡大傾向にある。乗用田植機が普及した 1970～80 年代頃の移植適期は、青森県内では 5 月 10 日～5 月 25 日の範囲であり、登熟遅延を防ぐために出穂期を出来るだけ早めることが推奨されていた（青森県；1987）。一方、近年の水稲の作付面積が 50ha を超えるような大規模化した農業経営体では、農繁期の適期作業が困難となり、移植栽培の田植え作業が延長されて晩期化するケースがみられている。また、育苗作業の省略により経費と労力を削減できる乾田直播栽培の取り組みも普及拡大している。

移植栽培での晩植や乾田直播栽培では、出穂期が遅れることから、秋季の温度低下が早い

青森県では、登熟不良による収量や玄米品質の低下が懸念される。その一方で、近年は、地球温暖化の影響により出穂期が早まり、登熟気温が確保しやすい年次が多い傾向にある。これまで、青森県を対象にして水稻の栽培法や作期における登熟性の経年変動を検討した研究報告は少ない。本報では、水稻の移植栽培と乾田直播栽培における登熟気温の経年変動について評価し、近年の移植栽培にみられる晩植や乾田直播栽培の生産安定性について議論する。

2. 材料および方法

移植栽培ならびに乾田直播栽培について、日平均気温で動作する生育予測式と過去の気象データから出穂期ならびに登熟気温を算出し、その経年変動を評価した。

対象地点は、水稻乾田直播栽培の適地に含まれる青森県津軽地域の黒石市とした(木村; 2015)。気象データは、黒石アメダスによる日平均気温を用いた。対象年次は、黒石アメダスで日平均気温の観測が開始された 1977 年から 2016 年までの 40 か年とした。品種は、現在の青森県で作付面積が最も多い「まっしぐら」とした。なお、「まっしぐら」は中生の早で、1980~2000 年頃まで県内の主力品種であった「レイメイ」、「アキヒカリ」、「むつほまれ」と同熟期であり、2000~2010 年頃の主力品種であった中生の中の「つがるロマン」より出穂期が 1 日程度早い。水稻の出穂期は、既存の生育予測式(木村; 2012、木村; 2015)で算出した。移植栽培における移植日は、5月16日を起点とし、5日間隔で6月5日までを対象にした。乾田直播栽培における播種日は、4月26日を起点とし、5日間隔で5月16日までを対象にした。登熟の良否については、登熟気温(出穂後1~40日間の平均気温)が20℃以上を好適とし、これ未満を不適とした(阿部ら; 1964)。

3. 結果

3. 1 平均気温の経年変動

年次と各月の平均気温との相関関係について調査した結果、5月では5%水準、9月では1%水準で有意な正の相関関係が認められたが、その他の月は有意でなかった(表1)。次に、出穂前後を目安に5~7月と8~10月で区分して、年次と両期間の平均気温との相関関係を調査した結果、両期間において、年次と平均気温との間に1%水準で有意な正の相関関係

表1 年次と各月ならびに各期間の平均気温の相関係数

5月	6月	7月	8月	9月	10月	5~7月	8~10月
0.37*	0.27 ^{ns}	0.22 ^{ns}	0.25 ^{ns}	0.46**	0.20 ^{ns}	0.41**	0.40*

*, ** はそれぞれ 5%、1%水準で有意であることを示し、ns は有意でないことを示す。年次は 1977~2016 年とした(n=40)。平均気温は黒石アメダスの観測値。

係が認められた。

3. 2 出穂期の経年変動

移植栽培における年次と出穂期との間には、各移植日において、5%水準で有意な負の相関関係が認められた(表2)。同様に、乾田直播栽培では、5月6日播種では5%水準、それ以外の播種日では1%水準で有意な負の相関関係が認められた。1977～2016年の40か年を1977～1997年の前半20か年(以下、前半20年)と1997～2016年の後半20か年(以下、後半20年)で分割し、両期間における出穂期の平均値を比較した結果、出穂期は移植栽培では後半20年の方が3～4日、乾田直播栽培では4～6日早かった(表3)。

表2 移植栽培ならびに乾田直播栽培の各作期における年次と出穂期の相関係数

移植栽培					乾田直播栽培				
5/16	5/21	5/26	5/31	6/5	4/26	5/1	5/6	5/11	5/16
-0.39*	-0.38*	-0.37*	-0.32*	-0.34*	-0.46**	-0.44**	-0.38*	-0.41**	-0.47**

*, ** はそれぞれ5%、1%水準で有意であることを示す。年次は1977～2016年を対象にした(n=40)。

表3 移植栽培ならびに乾田直播栽培の各作期における出穂期

期 間	移植栽培					乾田直播栽培				
	5/16	5/21	5/26	5/31	6/5	4/26	5/1	5/6	5/11	5/16
前半20年(A)	8/4	8/6	8/9	8/11	8/14	8/14	8/16	8/16	8/18	8/19
後半20年(B)	7/31	8/3	8/5	8/8	8/10	8/9	8/10	8/12	8/13	8/14
B-A(日)	-4	-3	-4	-3	-4	-5	-6	-4	-5	-5

前半20年は1977～1996年、後半20年は1997～2016年の平均値を示す。

3. 3 登熟気温の経年変動

年次と登熟気温の間には、移植栽培ならびに乾田直播栽培の各作期において、1%水準で有意な正の相関関係が認められた(表4)。各作期の登熟気温を前半20年と後半20年で比較した結果、登熟気温は、移植栽培では後半20年の方が1.2～1.4℃、乾田直播栽培では1.7～1.8℃高かった(表5)。表6には、前半20年と後半20年において、登熟気温が20℃以上となった年次の割合(以下、登熟好適割合)を示す。両栽培法の各作期において、前半20年より後半20年の登熟好適割合が高く、特に、乾田直播栽培と移植栽培の5月31日ならびに6月5日移植での変動が大きか

った。

表4 移植栽培ならびに乾田直播栽培の各作期における年次と登熟気温の相関係数

移植栽培					乾田直播栽培				
5/16	5/21	5/26	5/31	6/5	4/26	5/1	5/6	5/11	5/16
0.52**	0.52**	0.49**	0.49**	0.50**	0.43**	0.44**	0.45**	0.42**	0.44**

** は1%水準で有意であることを示す。年次は1977～2016年を対象にした(n=40)。

表5 移植栽培ならびに乾田直播栽培の各作期における登熟気温(°C)

期 間	移植栽培					乾田直播栽培				
	5/16	5/21	5/26	5/31	6/5	4/26	5/1	5/6	5/11	5/16
前半20年(A)	21.6	21.4	21.2	20.8	20.3	20.2	19.9	19.8	19.5	19.3
後半20年(B)	22.9	22.6	22.4	22.0	21.7	21.9	21.7	21.5	21.3	21.1
B-A	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.8	1.8	1.7	1.8	1.8

前半20年は1977～1996年、後半20年は1997～2016年の平均値を示す。

表6 移植栽培ならびに乾田直播栽培の各作期における登熟気温が20°C以上となる年次割合(%)

期 間	移植栽培					乾田直播栽培				
	5/16	5/21	5/26	5/31	6/5	4/26	5/1	5/6	5/11	5/16
前半20年(A)	85	85	80	70	55	55	50	45	45	35
後半20年(B)	100	100	90	90	90	85	85	75	75	70
B-A	15	15	10	20	35	30	35	30	30	35

前半20年は1977～1996年、後半20年は1997～2016年で登熟気温が20°C以上となった年次の割合を示す。

4. 考察

青森県黒石市における年次と各月の平均気温との間には、5月と9月のみで有意な正の相関関係が認められた(表1)。ただし、その他の月でも一貫して正の相関関係が示されており、年次と5～7月ならびに8～10月の平均気温との間には、両期間において1%水準で有意な正の相関関係が認められた。このように、水稻の生育期間の平均気温は、全般に上昇する傾向がみられた。

水稻の生育期間における平均気温の上昇により、出穂期は有意に前進し(表2)、前半20年に対する後半20年の出穂期は、移植栽培では3～4日、乾田直播栽培では4～

6日早まった(表3)。青森県における水稲品種の熟期は、早生と中生では3~4日の差(青森県;2017)があることから、この出穂期の前進は品種の熟期を超えた大きな変化といえる。また、登熟気温も上昇傾向にあり(表4、表5)、登熟好適割合は前半20年より後半20年が両栽培法の各作期で高く、特に、移植栽培の5月31日ならびに6月5日の晩植条件と乾田直播栽培での向上が大きかった(表6)。

黒石市は、冬期の降雪量が多い地域であり、消雪日の遅速が播種や圃場の耕起などの春作業に影響する。1977~2016年における年次と消雪日との間には有意な相関関係が認められず($r=-0.18^{ns}$)、春作業が前進する傾向はみられなかった。また、移植栽培における苗の活着には日平均気温で13℃以上が必要であり(青森県;2017)、移植後の低温による活着不良は、代枯れによる生育不良や欠株を引き起こす。このように、同市における稲作の早期化には制限要因が多く、作期の早限は移植栽培が5月10日頃、乾田直播栽培が4月下旬頃となる。従って、作期拡大を図るには、晩期化による対応が必要となる。

1987年における青森県の稲作指導資料(青森県;1987)では、黒石市を含む津軽中央地帯の田植晩限は5月25日とされている。しかし、近年は、水稲作付面積が拡大した大規模経営体などでは、従来の移植適期を超えて6月上旬頃まで田植え作業が行われるケースが見受けられている。また、2003年にわずか5haであった青森県の乾田直播栽培面積は、2017年には750haとなるなど着実に拡大しており、この栽培法は省力・低コスト技術として定着している。これらの背景には、水稲経営面積の拡大や労働力不足、米価の低迷といった農業情勢や直播栽培技術の確立などの影響が大きいと推察するが、近年の平均気温の上昇による水稲の生育促進と登熟条件の良化により、従来までは導入が困難であった移植栽培での晩植や乾田直播栽培の生産性が安定していることも一因として考えられる。

なお、本報では、登熟気温に着目した検討を行ったが、減数分裂期の低温条件による障害不稔の発生(内島;1976)や、出穂後の高温条件による胴割米の発生(長田ら;2004)など、水稲の収量と玄米品質は、様々な気象要因で大きく変動する。乾田直播栽培や移植栽培の晩植条件では、登熟気温の低下による減収リスクは高いが、圃場間の出穂幅の拡大(表4)は、生育障害の危険回避や適期刈り取りによる品質維持対策に寄与する可能性がある。従来は、経営規模の小さな生産者が個々に適期作業を行うことで、気象リスクを回避することが可能であったが、大規模経営を行う農業経営体では気象リスクを分散させながら、より安定した生産性を維持することが必要になると考えられる。今後は、栽培法や作期ごとの収量性や品質の影響をより詳細に評価することが課題であり、そのリスクやメリットを明確にすることで、大規模経営の安定生産を支援する情報が提供できるようになると考える。

引用文献

- 1) 青森県, 1987: 稲作改善指導要領, 1-302.
- 2) 青森県, 2017: 稲作改善指導要領, 1-276.
- 3) 阿部玄三・鳥山国土・東山春紀・小野清治, 1964: 青森県における冷害危険度の推定に関する研究, 農業気象, 19, 133-139.
- 4) 木村利行, 2012: アメダス観測値を補正した日平均気温による水稻生育予測, 東北の農業気象, 56, 1-5.
- 5) 木村利行, 2015: 青森県における水稻品種「まっしぐら」の乾田直播栽培適地, 東北農業研究, 68, 7-8.
- 6) 長田健二・滝田正・吉永悟志・寺島一男・福田あかり, 2004: 登熟初期の気温が米粒の胴割れ発生におよぼす影響, 日作紀, 73, 336-342.
- 7) 内島立郎, 1976: 冷温条件と水稻の不稔発生との関係についての一考察, 農業気象, 31, 199-202.

講演要旨

農業における気候変化への適応とイノベーション

小林和彦（東京大学）・藤沢茉莉子（国連食糧農業機関）

はじめに

人間活動に起因する気候変化の影響に対して、原因物質の放出量削減だけでなく、変化する気候への適応も必要であることが共通認識となってきた。中でも農業は、大気と気候の変化の影響を直接受けるため、適応策の立案と実行が特に重要となる。ところが、それは大変困難な課題でもある。ひとつには、農業が自然に制約されつつ、近代以前からの歴史を持つ地域社会の中で営まれているために、気候変化への適応を考えるためには、自然科学と人文社会科学を統合した接近が必要となる。しかも、日本の地域社会は今後数十年間に大きく変貌し、その結果農業もまた大きく変化するとみられる。数十年後の農業に、気候変化はどんな影響を及ぼすのか、それを避けるために今何をすればよいのか。こうした問いに、すべてを見通した上で答えるのはほぼ不可能である。私たちは、現に生じている気候や社会の変化に農家に対応している実態の中から、今後の適応への糸口を見いだせるのではないかと考え、事例研究を積み重ねてきた。今回は、そのうち日本の長野と秋田、南アフリカのリンゴ農家を対象とした研究結果を紹介し、農家の気候変化への適応について考えを述べたい。

事例研究 1：長野県北部須高地区のリンゴ栽培農家の気候変化認識と適応

長野県の須高地区（須坂市、小布施町、高山村）で、リンゴ栽培農家を対象に調査を行った(Fujisawa and Kobayashi 2011)。農家に面接して、過去 30 年間のリンゴ生産を振り返ってもらい、年々の変動や長期的な変化、それらへの対応を尋ねた。その際、生産者の意識を気候変化へ誘導しないように質問を行った。

対象とした農家は、リンゴの販売ルートにより、主に市場経由で出荷する M タイプと、そうでない D タイプに分かれた。M タイプの農家が、生産物を農協経由であるいは直接持ち込みで市場へ出荷するのに対して、D タイプの農家は宅配で直接顧客へ販売、あるいは小売店や生協を介しての販売が主であった。リンゴ栽培上の長期的変化について、着色不良を M タイプの約半数（46%）が認識していたが、D タイプではわずか 8%であった。一方、D タイプの過半数（62%）が完熟の遅れを認識していたが、M タイプは 15%に止まった。

こうした変化に対して、M タイプはリンゴの玉回し・葉摘みや反射シートの設置といった着色促進作業で対応していたが、D タイプは収穫期を遅らせて完熟を待つ一方で、着色促進対策はあまり行っていなかった（図 1）。

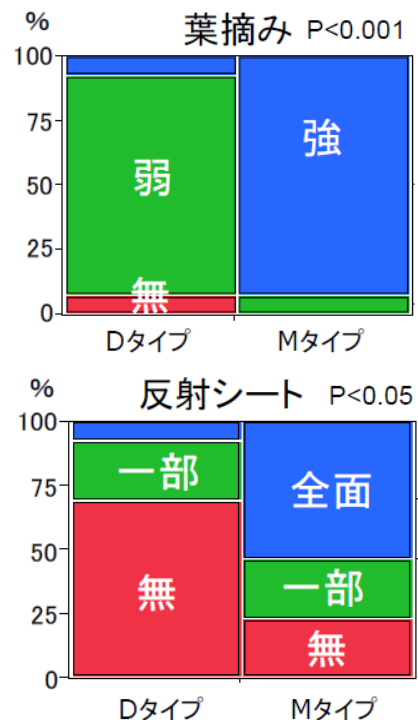


図 1. 長野のリンゴ農家における摘葉（上）と反射シート使用（下）の販売ルートタイプ間比較.

上記の着色不良と完熟の遅れは、いずれも気候変化の影響とみられるが、同じ地区の農家間で、変化の認識と対応が異なったのはなぜか？私たちは、生産者と消費者の関係が二つのタイプで異なることに着目した。M タイプの農家のリンゴは農協や市場で選果され、それが小売りに回る。消費者は購入に当たって、果実の外観、特に色を主な基準とする。そのため、農家も市場も着色に注意が向き、着色促進対策を実施する。そうしないと、着色を待つために出荷を遅らせる必要が生じ、出荷時期の遅い他産地と競合してしまう。しかし D タイプの農家は違う。彼らの顧客は、既に購入を決定済みで、大切なのは次も注文してくれるか否かである。その際の評価は、顧客自身や贈答先が実際に食べた後なので、外観だけでなく味が重要となる。従って、D タイプの農家には、着色促進よりも完熟させることが重要で、そのために出荷を遅らせた。

このように、気候変化への適応は、生産者だけでなく消費者との関係にも依存する。

事例研究 2：秋田県鹿角市のリンゴ栽培農家によるモモ栽培の導入普及

鹿角市は、青森・岩手両県との境に位置するリンゴ産地であるが、1991年の台風19号で甚大な損害を被った。その翌年から、一部の農家が他作目の模索を始め、1994年の干ばつを機にモモを選択した。モモは、その後2001年以降広がり始め、2003年以降「かづの北限のもも®」として出荷するに至っている。2013年現在の栽培面積は57haと小さいが、日本で最も遅い収穫期を生かした産地として成立している。私たちは、リンゴからモモへの作目変更を、気候変化や気象災害への適応事例とみて調査を行った(Fujisawa and Kobayashi 2013)。調査内容は、上記事例1の長野と同様に、回答を気候変化へ誘導しないよう注意しつつ、リンゴに加えてモモについても栽培上の問題点や感じられる変化を尋ね、またモモの栽培を始めた時期とその理由などを聞いた。

調査対象農家は、モモ栽培開始時期で3つに分けた。1992-1993年にモモを鹿角で最初に始めた4戸をグループI、その後2000年までの間に始めた農家をグループII(12戸)、2001年以降始めた農家をグループIII(19戸)とした。グループIとIIは、各時期にモモの栽培を始めた農家全部であるが、グループIIIは一部調査である。グループ間で果樹栽培面積が異なり、グループIの平均3.6haは、グループIIの2倍以上、グループIIIの3倍以上である。リンゴの販売ルートもグループ間で異なり、グループIは宅配などによる個人販売が、グループIIは個人での市場出荷、またグループIIIは農協出荷がそれぞれ主体であった。

モモ栽培開始の理由として(表1)、モモがリンゴよりも高値で販売できること、リンゴの紫紋羽病蔓延の他に、台風によるリンゴの被害やモモが干害に強いことを、グループIの全員とグループIIの過半数が挙げたが、グループIIIで台風や干害をモモ栽培開始の理由に挙げた農家は少なかった。ところが、台風や干ばつによるリンゴの被害自体は、どのグループとも80%以上が認識していた(データ示さず)。つまり、グループIIIの農家は、気象災害をリスクとして認識しつつも、それを理由にモモを採り入れたのではなかった。

では、それらの農家がモモを始めた主な理由は何か？全員が、「近隣農家の成功」と「自治体や農協からの支援」を挙げている(表1)。2000年頃から、鹿角市がモモの苗木購入代金などへの補助を始め、2002年には農協がモモの市場出荷を始めている。翌2003年には、農協は「かづの北限のもも®」が商標登録された。それらがあって初めて、グループIIIの農家はモモ栽培を始めた

表1 鹿角のリンゴ農家がモモ栽培を始めた理由

モモ導入理由	モモ導入時期グループごとの回答割合 (%)			
	I	II	III	P
モモの高価格	100	100	100	-
リンゴ紫紋羽病	75	67	79	0.75
台風害	100	67	26	0.008
干ばつ(夏季高温)	100	58	11	< 0.001
近隣農家の成功	0	100	100	< 0.001
公的な支援	0	0	100	< 0.001

のであった。なお、モモを始めた理由として、グループ II の農家も全員が「近隣農家の成功」を挙げており、グループ I のモモ栽培成功が他の農家へ直接広まったことがうかがえる (表 1)。

私たちは、以上の結果を次のように考えている。宅配による個人顧客を主とするグループ I の農家は、台風や干害でリンゴの収穫量が減って客の注文に応えられず、顧客が離れるリスクに直面して、リンゴ以外の作目を積極的に取り入れる必要があった。彼らの果樹栽培面積は大きいので、新作目を試してみる余裕があった。また長野県の生産者とのつながりを通して、モモの主力品種である「川中島白桃」を入手し、栽培法も習得した。同様に他県のモモ生産者との関わりの中で、出荷時期が最も遅いというニッチにも気づいた。グループ II の農家は、自分たちで新作目を一から試すことはしなかったが、先行する農家グループ I のモモ栽培がうまくいったのを見て採り入れた。一方、グループ III の農家は、公的な支援が無ければモモ栽培を導入しなかったが、彼らが参加したことで初めて鹿角がモモ産地として確立した。以上のような鹿角のリンゴ農家へのモモの広がりには、後に考察するとおり、「イノベーションの普及」(ロジャーズ 2007) でうまく説明できる。

事例研究 3 : 南アフリカのリンゴ生産者の気候温暖化への適応

南アフリカ(南ア)のリンゴ生産量は、2013年時点で91万トンと、日本の74万トンを少し上回る程度であるが、日本では生産量のほぼすべて(2013年は97%)が国内消費なのに対して、南アでは生産量の65%(2013年)が、ヨーロッパなど国外市場へ出荷される(FAOSTAT www.fao.org/faostat/en/#data/QC)。南ア最大のリンゴ生産地であるウェスト・ケープ州のElginでは、約130戸がリンゴを生産しているが、年平均気温の平年値が16.3℃と、鹿角の9.4℃はもとより長野の11.9℃に比べても高く、愛媛県松山市並みである。日本であればリンゴ栽培適地とみなされない気候下であって、冬季の低温が休眠打破に不足するため、休眠覚醒剤の使用が必要である。今までに、0.055℃/年の平均気温上昇が観測されており、近い将来さらに温暖化が進めば、薬剤を使用してもなお休眠打破が不足する年が出てくると予想される。

南アのリンゴ生産は、気候的な生産適地から外れつつあるとみられるが、生産者はナシなど他の果樹への転換は、まだ考えていない(Fujisawa et al. 2015)。国外への輸出ルートが確立して

いるだけに、リンゴを作り続けることが経済合理性に適っているのであろう。温暖化による休眠打破の不足に対して、薬剤の配合変更や、低温要求度のより小さな品種の育成が適応対策となっている。主力品種であるグラニー・スミスは、低温要求度の小さい品種であるが、夏季の日焼け果の発生が多い。それに対して、遮光資材の使用が推奨されているが、生産者は遮光資材のコストを嫌って、むしろ他品種へ移行しつつある (Fujisawa *et al.* 2015)。

考察：イノベーションの普及と気候変化への農家の適応

ロジャーズ (2007) の原書：'Diffusion of Innovations'は、「イノベーションの普及」と日本語訳されている。ここで、「イノベーション」というと、新発明や新技術を思い浮かべるが、ロジャーズ (2007) は、米国でのラップミュージックやエイズ予防キャンペーンなどもイノベーションとして取り上げている。新しいと感じられる考え、行為、あるいは物が、イノベーションなのである。一方「普及」は、専門家や専門機関が情報や技術を非専門家へ広めることと捉えられがちだが、それは'Dissemination'であって、原書の'Diffusion'とは異なる。後者は、イノベーションが自発的に社会の中で広まる現象も含む。なお、ロジャーズ (2007) によれば、技術者はとかく「優れたイノベーションは速やかに普及する」と信じがちだが、そのようなことはまず無い。明らかに優れたイノベーションが社会に受け入れられなかった例は数多く、逆に見込みがないと多くの人に思われたものが広まった例も多い。これは、イノベーションの普及が社会現象だからで、社会がそのイノベーションをどう受け止めるかが、普及にとって決定的に重要なのである。

普及は、時間経過に沿って進む現象でもある。鹿角の例では、最初に少数の比較的大きな農家が新たな作物を模索し始め、モモに行きついた (グループ I)。彼らを、イノベーションの普及では、「イノベータ」と呼ぶが、他よりも大規模であることが多い。失敗する確率の高い新たな試みを始めるには、リスクをカバーできる規模が必要だからである。また、イノベーションが外部との接触 (鹿角では、他県の生産者との交流) の中で生まれることも、しばしばみられる。鹿角では、イノベータが始めたモモ栽培は、彼らを知る近隣の農家に広まった (グループ II)。イノベーションの普及では、彼らを「初期採用者」と呼ぶ。しかし、イノベーションが初期採用者の間に止まっているだけでは、大きくは広がらない。多数採用者 (グループ III) は、初期採用者と同じ理由ではイノベーションを採用しないからだ。2001 年以降に行政や農協が動いた結果、彼らがモモを取り入れることができるようになり、それが産地形成へとつながった。

鹿角のモモでは、農家が自発的に始めたイノベーションが、当初は他の農家に広まった。こうした例を、「分散型普及」という。それとは逆に、関係機関の専門家が中心となって計画的に普及を図る場合もあり、こちらは「集中型普及」と呼ぶ。気候変化への適応の研究では、集中型が想定されているが、自らの圃場については究極の専門家である農家が始める分散型普及が重要な役割を果たした例は日本では数多く、気候変化への適応でも重要である。鹿角で、2001 年以降に集中型普及へ移行したことで産地形成につながったように、両者の適切な組み合わせがあるのではないか。

長野のリンゴの場合に、どのような時間経過で 2 つのタイプの農家の対応が分かれたのか不明だが、D タイプの農家の対応は、自発的な適応だった可能性が高い。その場合、顧客との直接の

やり取りが重要な意味を持ったことは、容易に想像できる。収穫を遅らせるという対応をイノベーションとすると、それはまさに外部との接触で生まれたことになる。

顧客との直接接触が新たな市場開拓につながる例は、農業に限らない。「今治タオル」は、地域産業復興の好例であるが、OEM生産から脱して地域の独自ブランドを立ち上げ、顧客と直接つなげたことが成功の重要な要因になった（佐藤可士和・四国タオル工業組合, 2014）。これも、「外部との接触」がイノベーションを生むことと一致する。

今回取り上げた3事例を比較すると、気温が最も低く温暖化の影響が顕在化していない鹿角で、温暖な気候へ適した作目への変化が生じた一方で、温暖化への適応が現実の課題である南アでは、少し長い目で見れば限界のある対策を続けている。前者が、プロアクティブな適応、つまり問題の事前回避になっているのに対して、後者は後追的な（リアクティブな）適応となっている。長野のMタイプも同様に、リアクティブな適応とみなせる。こうした違いはどこから来るのだろうか？ Fujisawa *et al.* (2015)は、それを生産者主導の「ボトム・アップ適応」と組織主導の「トップ・ダウン適応」の比較で説明している。鹿角や長野の事例で示した「ボトム・アップ」のほうは、少数の生産者の中からイノベティブな適応が時として生まれるが、行政や農協など組織主導の場合には、その時点で最重要の問題に注目しがちで、それ以外は対応すべき課題としての優先度が低い。また、販売ルートへの維持も、組織主導の適応を制約する。既に大規模市場に販売ルートを確保している場合に、別途新たな販売ルートを探し求めることは、経済合理性を欠くとみなされやすい。そうした理由で、組織主導の適応は、現状維持を前提としたリアクティブなものとなりやすいが、長い目で見ると必要な適応を遅らせる結果になる恐れがある。

上記のように、「ボトム・アップ適応」と「トップ・ダウン適応」は対照的であるが、相互排除的でないことは、鹿角のモモ導入の事例が教えてくれている。ボトム・アップで始まり、分散型で普及したイノベーションを、適切なタイミングで集中型普及に乗せてトップ・ダウンで広げることは可能であり、イノベーションの普及には効率的と思われる。その際、誰がどのように二つの対照的な適応をつなげるのかは、今後なお研究すべきテーマである。

農業技術は、工業技術と比較すると、自然とのやりとりが本質的に重要という特徴がある。科学が自然のごく一部しか理解できていないために、農家が経験で「知っている」ことを、農学が「わからない」ことはかなりある。従って、イノベティブな農家の技術の研究が、農学上の新発見を生むことがある。農学者が、組織主導の適応策の開発とその「社会実装」にのみ注力することは、自然科学と人文社会科学を統合した学問としての、農学の発展にとっても望ましくない。

あとがき

今回の講演後、山形大学の程為国先生に案内いただいて、「クラゲ展示」で世界的に有名な鶴岡市立加茂水族館を訪ねることができた。そこで、次の言葉に出会った。「…この時に気がついたのは、人様が笑って相手にしないアイデアこそが大きな価値を秘めている。そして、一見いいかげんに見えるほど柔軟な考えでないと、難局は切り開くことができない…」(村上, 2014)。これが、「イノベーション」である。東北の農業気象研究が、「相手にされないアイデア」や「いい加減に見えるほど柔軟な考え」にも取り組まれるよう期待する。

引用文献

- Fujisawa M., Kobayashi K. (2011). Climate change adaptation practices of apple growers in Nagano, Japan. *Mitigation and Adaptation of Strategies for Global Change* 16, 865-877. doi: 10.1007/s11027-011-9299-5.
- Fujisawa M., Kobayashi K. (2013). Shifting from apple to peach farming in Kazuno, Northern Japan: Perceptions of and responses to climatic and non-climatic impacts. *Regional Environmental Change* 13, 1211-1222. DOI.10.1007/s10113-013-0434-6.
- Fujisawa M., Kobayashi K., Johnston P., New M. (2015). What drives farmers to make top-down or bottom-up adaptation to climate change and fluctuations? A comparative study on 3 cases of apple farming in Japan and South Africa. *PLoS ONE* 10(3): e0120563. DOI:10.1371/journal.pone.0120563.
- 村上龍男 (2014). 加茂水族館ものがたり：無法、掟破りと言われた男の一代記. JA 印刷山形, 鶴岡.
- ロジャーズ エベレット (2007). イノベーションの普及 第5版 (三藤利雄訳). 翔泳社, 東京.
- 佐藤可士和, 四国タオル工業組合 (2014). 今治タオル 奇跡の復活 起死回生のブランド戦略. 朝日新聞出版, 東京.

講演要旨

単棟ハウスにおける換気方法の違いが換気速度とハウス内温熱環境に及ぼす影響

○伊藤大雄（弘前大農生）・石田祐宣（弘前大院理工）

ビニールハウスにおいて、換気装置や天窓・側窓による換気は、温度管理に重要な役割を果たす。しかし、目標とする温度管理に向けて満たすべき換気装置の性能や、窓の開閉が換気に及ぼす定量的な効果については不明な点も多い。本報告では、事例研究として単棟ビニールハウスで熱収支観測を実施し、①密閉時の換気速度（隙間換気）はどの程度か、②換気装置稼働時に装置の公称能力通りの換気速度が得られるか、③窓の開閉は換気速度にどのように影響するか、を解析した。

【材料及び解析手順】

熱収支観測は2016年11月4～25日に、本学藤崎農場内の単棟ビニールハウス（間口5.4m、棟高3.4m、奥行き18.0m、無作物無灌水）で実施した。このハウスの妻面には最大換気速度 $2.0\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ のファン1台が設置され、側面の被覆資材を地上高0.5mから1.2mまで手動で巻き上げて側窓を開放することができる。本研究では、(1)密閉、(2)ファンを運転、(3)ファンを運転して側窓を開放、の3つの換気方法を数日毎に交替で採用した。被覆資材は農業用ポリオレフィンフィルム（一重）である。解析に必要なハウスや被覆資材の諸元は図1に青字で示した。このうち、 A 、 V 、 A_s および r_s は実測値で、 r_L および α は典型的な値を採用した。また伝熱係数 k は長波放射の貫流分を除いた熱貫流係数であり、清水ら（2010）を参考に設定した。

観測した熱収支項目と気象要素は図1に赤字で示した。ただし水蒸気圧 VP および VP_{out} は相対湿度を測定して計算し、短波放射は光合成有効放射を測定して換算した。図1に黒字で示した未知の熱収支項や換気速度 V_V の計算は30分毎に行い、その計算手順は表1に示した。計算に当たっては、地温は気温に比べて強日射時は 5°C 高く夜間は 3°C 低い、被覆資材で遮断された短波放射の半分は長波放射となって貫流する、等の便宜的な仮定を設けた。

ところで、表1の換気速度 V_V の計算式を変形すると、次式が得られる。

$$(H_V + IE_V) = ((c_p \cdot \rho / A) \cdot V_V) \cdot \Delta\theta = (12.4 V_V) \cdot \Delta\theta$$

すなわち、換気熱流出量とハウス内外の乾燥空気換算気温差の間に比例関係が成立し、比例回帰係数を12.4で除したものが換気速度となる。本研究では上記の比例回帰分析により換気方法別の換気速度を決定した。

【結果及び考察】

ハウス内外の気温差は概ね日射量に追従して変化した。日射量が 400 W m^{-2} を超える条件での平均気温差は、密閉下で 14°C 、ファン運転下で 10°C 、ファン運転+側窓開放下で 7°C であった。また、比例回帰分析により得られた換気速度は密閉下で $0.29\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ 、ファン運転下で $1.46\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ 、ファン運転+側窓開放下で $2.09\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ であった(図1)。これより、ファンは側窓開放時には公称通りの換気能力を発揮したが、側窓を閉じると最大能力の73%にとどまったことになる。側窓を閉じた場合、ハウス内がわずかに陽圧になってファンの能力が低下するためではないかと考えられる。なお側窓を開放した場合の換気速度はハウス外の風向によって20%程度異なっていた。また、気温差 10°C 以下に限定して密閉下での隙間換気速度を求めると、非常に低い値($0.09\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$)が得られた。ファン運転下では、気温差が概ね 10°C 以下になることから、隙間換気はほぼ無視できると考えられた。

昼間における各熱収支項の平均値を換気方法別に表2に、また各熱収支項の純放射に対する割合を表3に示した。ファン運転により、伝達流出の割合が41.7%から20%前後に減少する一方、換気流出の割合が41.8%から68%に増大した。また貯留は、換気方法によらず非常に小さな割合であった。本研究では無作物無灌水条件で観測したため、潜熱の割合は顕熱に比べて非常に小さかったが、密閉下の潜熱割合はファン運転下の3倍以上であった。これは、密閉下ではハウス内の気温上昇とともに飽差も増大し、地面からの蒸発が促されたためと考えられた。

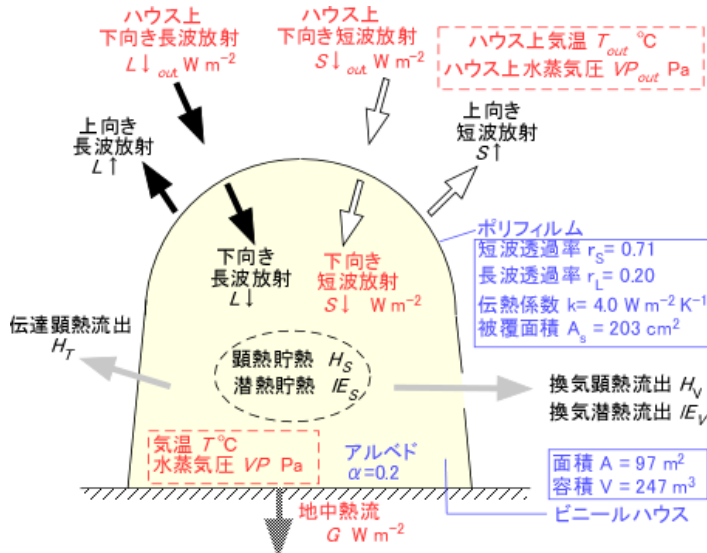


図1 観測および計算した熱収支項の概念図
赤字：観測項目 黒字：計算項目 青字：性能諸元

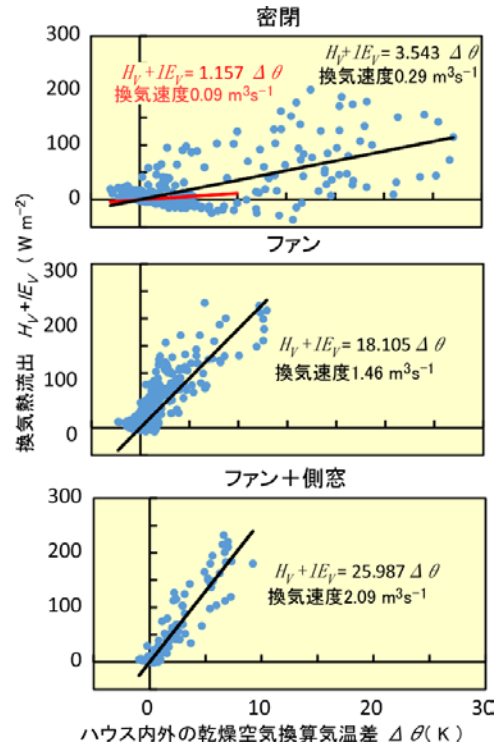


図1 換気熱流出量と気温差の比例回帰分析

表1 未知パラメータの計算手順

計算順	未知パラメータ	計算(推定)式
1	T_{soil}	$T + (0.008 \cdot S \downarrow - 3)$
2	$S \uparrow$	$S \downarrow \cdot \alpha \cdot r_s$
	$L \downarrow$	$L \downarrow_{out} \cdot r_L + (S \downarrow_{out} - S \downarrow) \cdot 0.5$
3	Rn	$S \downarrow - S \uparrow + L \downarrow - L \uparrow$
	H_T	$k \cdot A_s \cdot (T - T_{out}) / A$
4	H_S	$c_p \cdot \rho \cdot (T_i - T) / 1800 \cdot V / A$
	IE_S	$1 \cdot (VP_i - VP) \cdot 100 \cdot V \cdot 0.018 / (8.312 \cdot (273 + T)) / 1800 / A$
5	$H_V + IE_V$	$Rn - G - H_T - H_S - IE_S$
6	$\Delta \theta$	$1 \cdot (VP - VP_{out}) \cdot 100 \cdot 0.018 / (8.312 \cdot (273 + T)) / (c_p \cdot \rho) + (T - T_{out})$
7	V_V	$(H_V + IE_V) \cdot A / (c_p \cdot \rho \cdot \Delta \theta)$
8	H_V	$V_V \cdot c_p \cdot \rho \cdot (T - T_{out}) / A$
	IE_V	$1 \cdot V_V \cdot (VP - VP_{out}) \cdot 100 \cdot 0.018 / (8.312 \cdot (273 + T)) / A$

注: T_{soil} : 地温(°C), Rn : 純放射($W m^{-2}$), T_i : 30分後の気温(°C), VP_i : 30分後の水蒸気圧(Pa), $\Delta \theta$: ハウス内外の乾燥空気換算気温差(K), V_V : 換気速度($m^3 s^{-1}$), c_p : 空気の定圧比熱($1006 J kg^{-1} K^{-1}$), ρ : 空気の密度($1.2 kg m^{-3}$)

表2 換気方法別に比較した昼間の各熱収支項の平均値

換気方法	観測時間 (hr)	昼間の平均フラックス($W m^{-2}$)						
		Rn	G	H_S	IE_S	H_T	H_V	IE_V
密閉	66.5	117.6	19.0	0.3	0.2	49.0	25.3	23.9
ファン	109.0	88.5	7.2	0.1	0.1	18.5	54.0	5.7
ファン+側窓	34.5	124.7	15.3	0.4	-0.2	20.9	76.7	8.4

表3 換気方法別に比較した昼間の各熱収支項の割合

換気方法	純放射(Rn)に対する割合(%)						ボーエン比
	貯留 $H_S + IE_S$	地中流出 G	伝達流出 H_T	換気流出 $H_V + IE_V$	顕熱 $H_S + H_T + H_V$	潜熱 $IE_S + IE_V$	
密閉	0.4	16.2	41.7	41.8	63.4	20.5	3.1
ファン	0.2	8.1	20.9	67.5	82.0	6.6	12.5
ファン+側窓	0.2	12.3	16.8	68.2	78.6	6.6	12.0

東北地方における晩霜の将来予測

眞崎良光, 野尻幸宏 (弘前大学)

1. はじめに

果樹や作物が、霜が降りるような低温環境にさらされたとき、凍霜害を被ることがある。特に、耐寒性の低い新芽や花蕾は、春先の低温による凍霜害のリスクが高い。気候温暖化により、将来、果樹や作物の生育が早まる一方、晩霜のリスクも高まることが懸念されている。そこで本研究では、東北地方における将来気候下での晩霜リスクについて調査した。

2. 解析方法

栽培現場では、晩霜による凍霜害のおそれがある気象条件として、春季に移動性高気圧に覆われ、晴れて風速が弱い夜間に最低気温が数℃以下と見込まれる日、などの経験則が知られている。しかし、この条件は将来気候下での影響評価には使いづらいため、まず凍霜害リスクのある最低気温の閾値を決めることから始めた。凍霜害は、必ずしも霜が降りた日に発生するものではないが、深刻な被害発生がない限り凍霜害発生日の記録が残りづらいことから、気象庁官署で霜を観測した日の最低気温をもとに閾値を推定した。1991年～2010年の全国の官署において、「終霜日」と「閾値を下回る最低気温を最後に観測した日」とのずれが最小となるように閾値を決めた。

つぎに、気象庁「地球温暖化予測情報第8巻(気象庁,2013)」として提供されている現在(1980～2000年)および将来(2016～2036、2076～2096年)のデータを用いて、上記最低気温閾値に基づく終霜日を推定した。なお、将来気候値は、該当するアメダス観測点での観測(1980～2000年)をもとにバイアスを補正したため、本研究ではアメダス地点に該当する格子点を解析対象とした。

生物季節の進行(果樹や作物の生育ステージを含む)を記述するためには、広い意味での有効積算温度(有効積算温度そのものや、DVIのように温度に依存した生長率を考慮した生育ステージ値など)が一般的に用いられる。本研究でも、複数の起算日・ベース温度に基づき、日平均気温データを用いた有効積算温度を計算し、果樹や作物の生育の目安として使用した。

3. 結果と考察

終霜日を規定する最低気温の閾値は、+1.9℃(全官署)、+2.2℃(1日の定時目視観測が4回以上の官署)であり、2℃前後が妥当と考えられる。以後、+2.0℃を閾値として採用する。

この閾値をもとに終霜日を判定すると、1980～2000年に比べ、2076～2096年の平均終霜日は14.6日程度早期化する(図1)。早期化の傾向は東北全域で見られる。

つぎに、ベース温度を0℃および6℃としたときの1月15日から平均終霜日までの有効積算温度とその将来変化を図2に示す。ベース温度0℃のときの有効積算温度は、増加を示した地点が多かった。一方、ベース温度6℃のときの有効積算温度は、東北地方で増加・減少いずれの傾向も

認められた。このことから、低い温度でも生長する果樹や作物では、温暖化により終霜日が早まるも、それ以上に果樹や作物の生育ステージが進むため、現在より生育ステージが進んだ段階での晩霜リスクがあることを示唆する。

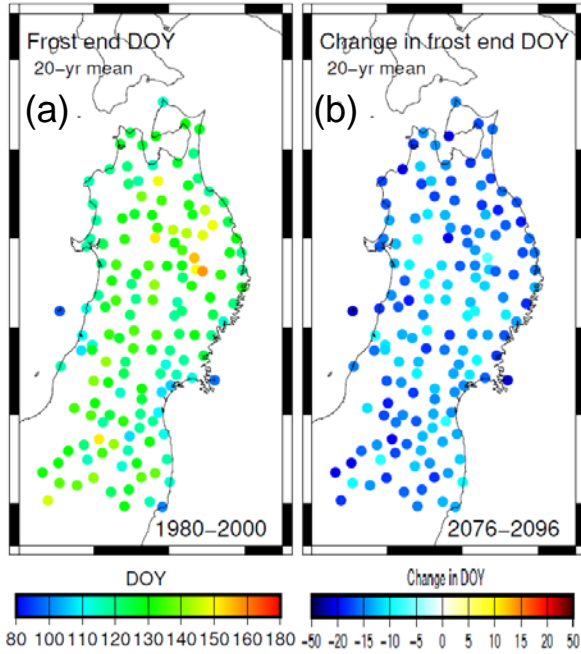


図1 (a) 1980～2000年の平均終霜日(DOY)、(b) (a)に対する 2076～2096年の平均終霜日(DOY)の変化。

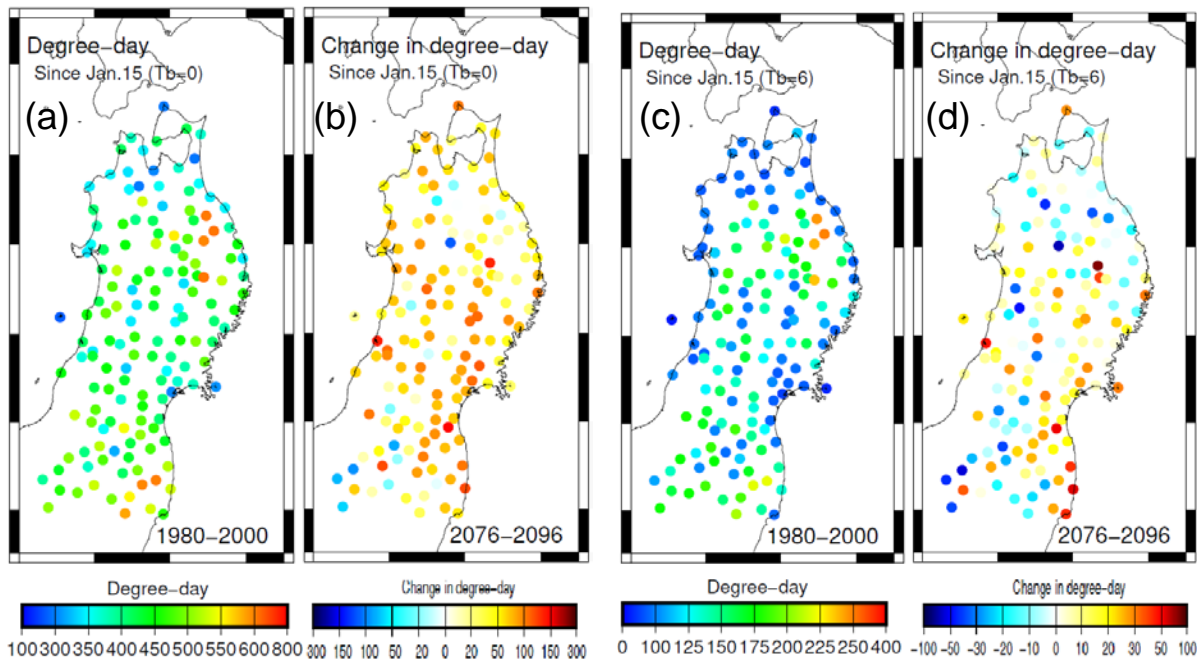


図2 (a) 1980～2000年において、1月15日から平均終霜日までベース温度 0℃としたときの有効積算温度、(b) 2076～2096年において同様に計算した有効積算温度の、(a)に対する変化。(c) 1980～2000年において、1月15日から平均終霜日までベース温度 6℃としたときの有効積算温度、(d) 2076～2096年において同様に計算した有効積算温度の、(c)に対する変化。

謝辞： 本研究は、弘前大学戦略1プロジェクトの支援を受けた。

講演要旨

水稻の面的出穂期予測モデルの2017年度への適用について

○川方俊和（農研機構 東北農研）

1. はじめに

本研究は、気象データから、面的に作物の生育を把握し、予測する数値モデルを開発することである。本モデルが動作すれば、農業気象災害に備えることができる。また、農作業を実施する適切な場所と時期を判断することができるので、省資源型の農業を進めていくことができる。多くの人々が、農作物の生育状況を把握することによって、国内農業の維持、発展を促す可能性がある。これまで、水稻の面的出穂期予測モデルを開発し、自動でWeb上に、この情報を発信する技術を試作した。2017年度3月から実施している、水稻の面的出穂期予測の動作結果について報告する。

2. 方法

1) メッシュ農業気象データ（農研機構 農業環境変動研究センター）の平年日平均気温、本年度の4月1日から10月31日までの、日平均気温の実況値、予測値を、1日1回、Python言語で取得し、保存する。2) この気象データを入力値として、Fortran言語で開発した、水稻の面的出穂期予測モデルを実行し、出穂日の早晚、出穂日の予測データを出力する。3) この予測データから、東北地方の出穂日の早晚、出穂日のメッシュ図を作成する。4) 東北農研のサーバ上に、1日1回、このメッシュ図を、自動で転送する。6) HTMLとCSSとJavaScriptライブラリで、このメッシュ図を公開する。7) 田植期前の4月から出穂期後の8月まで、メッシュ図を保存し、その経過を考察する。

3. 結果と考察

1) 東北農研のWebサーバ上で、1日1回自動で、水稻の面的出穂期予測のメッシュ図が更新されることを確認した。

2) 毎日の出穂日予測のメッシュ図、出穂の平年差のメッシュ図を保存する機能を作成した。ホームページ上から、2017年度の、これらのメッシュ図を呼び出すことができる。4月の田植期の1ヶ月前における、出穂の平年差は、0の値である。5月中旬の田植期から、次第に出穂の平年差は、マイナス値になった。田植後の生育が順調に進んでいることが予想される。6月上中旬には、出穂の平年差は、0近辺に戻る。一部で冷害になることが懸念されていた。6月下旬から、出穂の平年差は、太平洋側ではマイナス値になるが、日本海側では、0値近傍にあり、太平洋側と日本海側では、生育の進み方に差があることが予想される。7月中旬まで、出穂の平年差は、マイナス値が大きくなり、現在に至っている。2017年7月31日時点での、2017年度の出穂日は、東北全体で8月上旬であり、出穂日の平年差（出穂日と30年の平年出穂日との差）は、太平洋側では、マイナス値（早まり）、日本海側では、0値近傍（平年並み）であることが予想される。

3) 近年は、温暖化傾向にあり、1981年～2010年までの30年平均値を基準に計算した、出穂の平年差は、過去5年間の出穂の平年差に比べて、マイナス値に（早く）なる傾向がみられる。ホームページ上に、これらの事項を記入し、閲覧者に、注意を促した。

4) 過去5年間（2012年～2016年）の実況出穂日と本推定出穂日の差の平均を求めたところ、2日以上の値になる作柄表示地帯がみられた。ホームページ上に、これらの事項を記入し、閲覧者に、注意を促した。

5) 出穂日のメッシュ図、出穂の平年差のメッシュ図の背景地図に、国土地理院の淡色地図を加えた。このことにより、メッシュ図の色の違いを判別しやすくなり、出穂日の判断が容易になった。

6) 今後は、30年平均値と5年平均値の違いに留意し、より予測精度が向上する水稻の面的出穂期予測モデルの作成を進める。

講演要旨

放線菌を含む活性水・牛糞堆肥の散布によるニンニクに寄生する
イモグサレセンチュウの防除皆川秀夫・林 祐太・田中勝千（北里大学獣医学部）
庄司勝義（北里大学附属 FSC 八雲牧場）

【背景・目的】

青森県南部地方はニンニクの栽培が盛んである。ニンニクへの深刻な被害の1つとしてイモグサレセンチュウ (*Ditylenchus destructor*, 以後「線虫」) (図1) が指摘される。

当初、線虫の被害はニンニクの連作障害と思われていたが近年、線虫が潜伏する種子ニンニクを介して被害が拡大することが判明した。

本研究では、放線菌を含む活性水・牛糞堆肥の散布によるニンニクに寄生する線虫の防除を試みた。



図1. イモグサレセンチュウ

【材料】

〔供試培地〕0.5%供試培地：粉末寒天 1.5 g を 300 mL の水道水に入れ、滅菌処理し、シャーレに移した物を供試培地とした。また、培地上に約 30 匹の線虫を入れた。

〔供試作物〕ニンニクの鱗片・根：ニンニクは、線虫の寄生が無い物を使い、鱗片はニンニクを薄く縦切りにした物を、根は水耕栽培で栽培した物を使用した。

〔供試試薬〕放線菌を含む活性水 20, 40, 60 μL ：各活性水を 1 mL の純水に溶かし供試培地に散布した。

〔供試土壌・供試堆肥〕放線菌を含む牛糞堆肥 0.5 g：八雲牧場より分譲された牛糞堆肥中に含まれる放線菌（白色部分，以下牛糞堆肥とする。）を供試培地に散布した。一方、菌叢解析ではニンニク栽培で使用した土壌に一方は何も与えず、もう一方には、活性水を 300 倍希釈で 7.5 mL 散水し、25°C で 2 日間保存したものを、また、対照実験として牛糞堆肥中に含まれる放線菌 0.4 g をそれぞれ供試とした。

【実験方法】

1. ニンニクの鱗片・根を与えた条件下での線虫の増減：供試培地上に線虫の餌と成るニンニクの鱗片又は根を入れ、25°C の温度条件で 2 週間培養を行った。
2. 活性水・牛糞堆肥散布後の線虫の増減：供試培地上に放線菌を含む活性水 20, 40, 60 μL 、又は牛糞堆肥 0.5 g を入れ、25°C の温度条件で 2 週間培養した。
3. 線虫の増殖条件下での活性水・牛糞堆肥による線虫の増減：供試培地上に餌と成るニンニクの根を入れ、かつ、活性水 20, 40, 60 μL 、又は牛糞堆肥 0.5 g を入れ、25°C の条件で 2 週間培養した。
4. 活性水散布前後の供試土壌及び牛糞堆肥中のコロニー数：各供試土壌及び牛糞堆肥から DNA の抽出を行うために、FISH 法により菌叢解析を行い、土壌細菌のコロニーを白色、背景と夾雑物を黒色で示し、コロニー数を比較した。
5. 細菌の分類：図 2 に細菌の分類図を示した。全細菌は

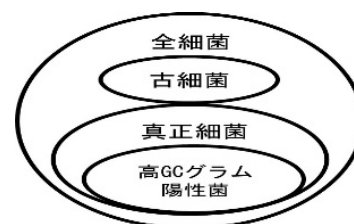


図2. 細菌の分類

真正細菌と古細菌の2種類から構成される。また、真正細菌は一般的に細菌と称されており、高GCグラム陽性菌は真正細菌の中に含まれる。

【実験結果・考察】

1. ニンニクの鱗片・根を与えた条件

表1. ニンニクの鱗片・根を与えた条件下での線虫の増減(匹)

下での線虫の増減：

	0日	3日	7日	10日	14日
ニンニクの鱗片	30	1	12	11	7
ニンニクの根	30	31	86	116	37
空実験	30	35	40	34	26
平均	30	22	46	54	24

表1より、線虫の増減はニンニクの鱗片・根に影響される。ニンニクの根

を与えた供試培地では実験開始7日目で、線虫の数が約3倍となったが、14日目に急激に減少した。これは、供試培地中のニンニクの根が時間の経過と共に腐敗し、線虫が死滅したと考えられる。一方、ニンニクの鱗片を与えた供試培地では、実験開始3日で1/30まで減り、7日目には10倍に増加した。原因として供試培地中に鱗片に含まれる殺菌作用が拡散した事、また培地が変色し、線虫の識別が困難となった事とが考えられる。

2. 活性水・牛糞堆肥散後の線虫の増減：

表2. 活性水・牛糞堆肥散布後の線虫の増減(匹)

表2より、活性水又は牛糞堆肥の散布による線虫の増減数を検証した結果、実験開始7日目にはどの培地でも線虫

	0日	3日	7日	10日	14日
活性水1倍(20μL)	30	19	8	13	8
活性水2倍(40μL)	30	32	12	14	11
活性水3倍(60μL)	30	16	9	11	8
牛糞堆肥(0.5g)	30	6	4	3	3

の数が約10匹にまで減少し、多くの死骸が見られた。これは活性水又は牛糞堆肥に含まれる放線菌が線虫を構成するキチンを分解した事で、その分解物が残った物と考えられる。また、生存している線虫も日数が経過とともに動かなくなり、開始14日目にはどの個体も棒状に変形してしまった。

3. 線虫の増殖条件下での活性水・牛糞堆肥による線虫の増減：

表3. 線虫の増殖条件下での活性水・牛糞堆肥による線虫の増減(匹)

表3より、線虫が増殖しやすい条件下で活性水又は牛糞堆肥を散布した結果、どの培地でも線虫が減少し、開始7日目には約10匹となった。これは放線菌による線虫の分解速度の方が速い事、また、放線菌の存在が線虫の増殖を抑えるのではないかと考えられる。

	0日	3日	7日	10日	14日
活性水1倍(20μL)	30	18	11	10	9
活性水2倍(40μL)	30	22	9	10	9
活性水3倍(60μL)	30	19	10	9	7
牛糞堆肥(0.5g)	30	5	7	4	2

4. 活性水散布前後の供試土壌及び牛糞堆肥中のコロニー数：

図3より、活性水散布前後の供試土壌では、高GCグラム陽性菌及び真正細菌のコロニー数が約2倍となった。一方、牛糞堆肥には活性水の散布はしてないが、供試土壌よりも約1.5倍も両細菌のコロニーが存在した。

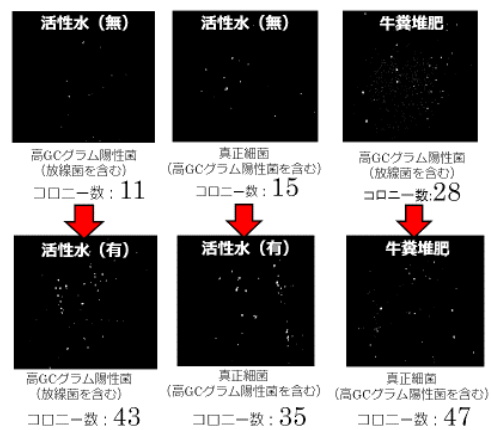


図3. ニンニク栽培後の供試土壌(左、中央)と牛糞堆肥(右)の細菌のコロニー数変化

【まとめ】

放線菌は線虫の防除に効果があり、また、菌叢解析の結果から、活性水散布後の供試土壌及び牛糞堆肥には多量の放線菌が含まれると推定された。

講演要旨

三陸復興作物「姫かりふ」の作型と収穫期予測

○岡田益己・松嶋卯月（岩手大学農学部）

1. はじめに

筆者らは岩手三陸沿岸の東日本大震災被災地における園芸振興の一環として、夏が涼しく冬が比較的温かい気候を活かした早どりカリフラワー生産の普及を進めている。通常 12～15cm で収穫するミニ系品種をさらに小さいサイズ(4～8cm)で収穫すると食感・食味に優れ、とくに冬は寒締め効果によって糖度が上昇する。また市場にカリフラワーがほとんど出回らない夏にも同地域から出荷するなど、付加価値の高い販売ができる。岩手大学は、このサイズのカリフラワーに「姫かりふ®」の商標を登録し、津波被災市町村の生産者は無償で使用を許諾している。一方、同地域は気温の年々変動が国内で最も大きいため、安定的な生産・出荷を可能にする作型の確立が重要である。そこで本研究では、移植から収穫までの期間を予想するモデルを構築し、作期によって収穫期がどのくらい大きく変動するかを、過去の気温経過から予測した。

2. 方法

ミニ系の2品種（オレンジ美星と美星，サカタのタネ）を128セルトレイに播種し、岩手大学内の無加温ハウスで4～6週間育苗した。本葉が約2枚展開したときに、陸前高田市に設けた試験圃場に条間30cm×株間30cmで移植した。2014年に5作期（移植日：6月9日，7月3日，8月21日，9月11日，9月25日），2015年に4作期（移植日：7月9日，8月21日，9月14日，10月13日）の移動試験を行った。温暖期は防虫のために目合い2mmの防風網または防虫ネット，寒冷紗などをトンネル状に被覆し，寒冷期は割繊維不織布を被覆した。1週間に一度，花蕾の大きさと収穫個数を調査し，収穫盛期を決定した。圃場内で測定した気温を用いて，計9作期の移植日から収穫盛期までの期間を推定するための有効積算気温を2品種について求めた。この有効積算気温と三陸沿岸各地と内陸の地点における30年間（1981年6月～2011年5月）の気温観測値を用いて，4月15日～10月1日の移植日に対する収穫日を年ごとに計算した。

3. 結果と考察

オレンジ美星では基準温度が -3.0°C ，有効積算気温が 1210°C日 ，美星では基準温度が -5.5°C ，有効積算気温が 1627°C日 となった。これらの有効積算気温を用いて，9作期の収穫日を推定した結果を図1に示す。推定誤差は日数が増えるほど大きくなる傾向にあるが，RMSEはオレンジ美星で5.3日，美星で9.0日であった。

この有効積算気温を用いて，沿岸の南北2地点（大船渡，久慈）と内陸の雫石における収穫日の変動を比較した（図2）。移植日が9月1日までは，いずれの地点も収穫まで日数が50～70日前後で，また年々偏差（30年間の標準偏差）も数日で推移す

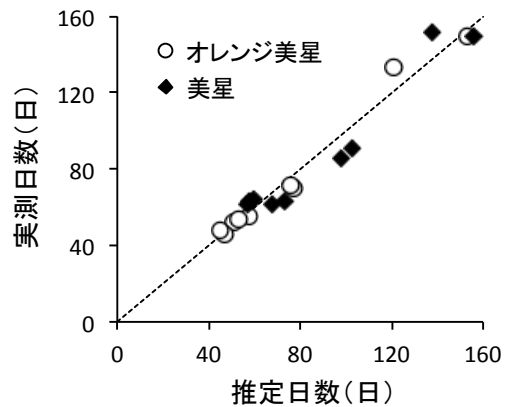


図1. 有効積算気温による移植日から収穫日まで日数の推定

るが、9月15日以降の移植では日数、偏差ともに大幅に増加した。この結果から、年々変動の影響が小さい安定的な作型は、三陸沿岸では移植日が9月上旬までと推定された。

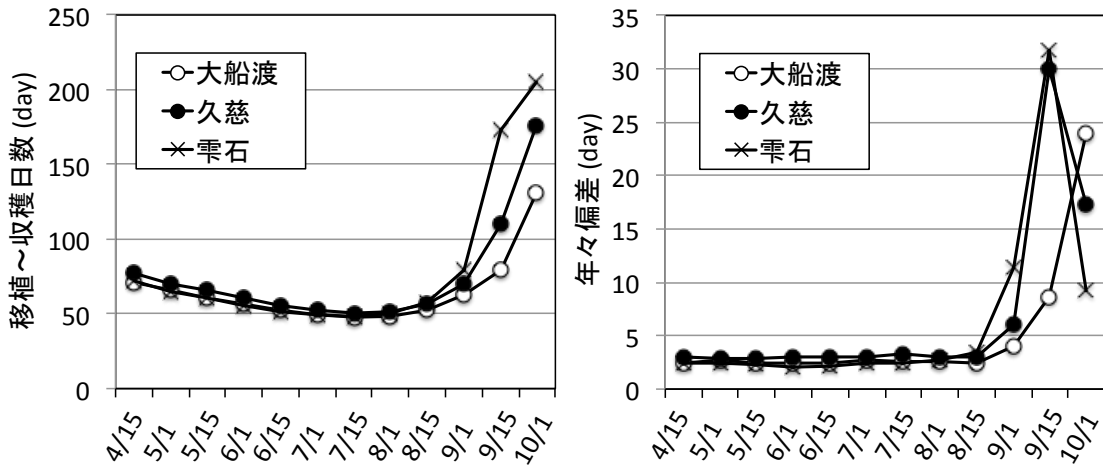


図2. 移植から収穫までの平均日数と年々偏差の比較 (品種: オレンジ美星)

ハウス栽培の利用を想定して、気温が一律に2℃上昇した場合（無加温で窓を開放したハウス）および4℃上昇した場合（無加温で窓を閉め気味に管理したハウス）を計算した。図3は大船渡における計算例である。ハウスの効果は4～8月の期間は小さいが、9月中旬以降で非常に大きくなった。露地栽培では収穫日の年々変動が大きいため、12月上中旬以降の収穫を狙う寒締め栽培が難しいが、ハウス栽培では、秋期のハウス温度管理によって、変動のリスクを下げられることが分かった。

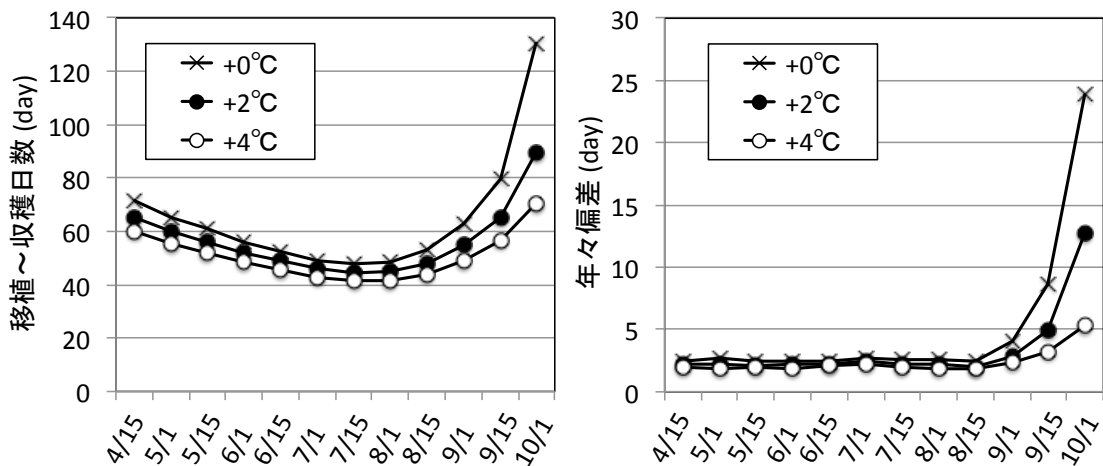


図3. ハウス利用によって気温が2℃、4℃上昇した場合を想定した収穫日の変化 (大船渡, 品種: オレンジ美星)

4. まとめ

以上の結果から、露地栽培では移植日が8月中旬までであれば、年々の気温変動の影響を受けることなく安定的に出荷できることが分かった。一方、寒締めによる高糖度化をねらう9月以降移植の作型は、気温変動の影響を受けやすいので、無加温のハウス利用によって生育を調節し、収穫期の変動を低減する必要がある。

近年の温暖化傾向に伴う水稻品種の生育の変化

長谷川利拓（農研機構・東北農研）

水田を基盤とした省力、省資源、低コスト、環境調和型の作物生産は、今後の寒冷地農業の重要な課題である。また、一戸当たりの経営面積の増大は、今後の農業人口の動向からしても不可避である。温暖化は気候資源からみた作物栽培可能期間の増加などを通じて、経営規模の拡大とそれに伴う作期分散に有利に働く可能性があるが、これまで頻発した冷害や今後懸念される高温障害などが、どのように変化するかは重大な関心事である。そこで、本研究では、1980年代頃からの温暖化傾向に着目し、主に東北地方における水稻主要品種を対象として、発育ステージ、生育、主要ステージの冷却量のトレンドを解析した。

解析には、水稻奨励品種決定基本調査成績データベース（以下、奨決DB、農研機構・作物開発センター）2015年版に収録された東北6県計12試験場でのデータのうち、20年以上栽培された主要6品種（コシヒカリ、ササニシキ、はえぬき、ひとめぼれ、あきたこまち、むつほまれ）の生育・収量データを使用した。また、対応する気象データについては、近隣のアメダス観測地点のデータを、作物気象データベース（MeteoCropDB、<http://meteocrop.dc.affrc.go.jp/>、農研機構・農業環境センター）から収集した。さらに、地域間比較のために、奨決DBから九州で20年以上の栽培実績のあるヒノヒカリとコシヒカリについても解析に加えた。

東北地方の主要品種の移植～成熟日数は、6品種でいずれも有意に短縮した。その程度は、10年で2日～7日（平均4日）で、移植～出穂、出穂～成熟のいずれにも短縮傾向が確認された。一方、九州でヒノヒカリの到穂日数が有意に短縮したものの、その程度は10年で1日程度で、コシヒカリについては有意な変化が認められなかった。

収量については、有意な低下傾向を示す地点、品種は認められなかった。水稻の収量の年々変動を大きく左右する収穫指数（玄米収量/地上部全重）は、出穂前30日間の平均気温と密接な関係にあり、22℃以下では低温によって大きく低下するが、それ以上では高温により漸減する傾向にあった。22℃以上の条件における収穫指数は、稈長の増加とともに低下した。稈長は、節間伸長期に相当する出穂前30日の高温とともに有意に増加したことから、この時期の高温は、寒冷地においても稈の成長を介して収穫指数を低下させる可能性が示唆された。

植物生理的不均一地表面が乱流特性に及ぼす影響

坂井 七海*, 小森 大輔**

* 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻

** 東北大学大学院環境科学研究科先端環境創成学専攻

1. Introduction

近年、地球温暖化に伴う気候変動に関する研究が進められている。人間活動がどのように生態系に影響を与えているかなどの、気候変動の原因を理解するためには、地表面から大気への熱や二酸化炭素の輸送量（フラックス）を把握することが重要である。加えて、植物の光合成による二酸化炭素固定は、グローバルな炭素循環において主要なフローの一つであり、蒸発散量や CO₂ 収支といった観点から、植物が大気に与える影響について研究が進められている。

実際の物質の輸送量を把握するために世界各地でフラックス観測が行われている。フラックス観測は均一 地表面上で行うという制約があるため、多くは水田や 草原などの均一地表面上で観測される。しかし、地球上の多くの地表面は、畑と森林が混在しているなど不均一である。また、不均一地表面がフラックスに与える影響は明らかになっている。Kim et al. (2011) は地表面変異性をパラメータに用いて不均一度を評価できる可能性を示した。

本研究は、土地が多様に使われている不均一地表面上において、植生以外の影響因子を排除し植生のみ の影響を把握するために、2つの異なる高度で観測した フラックスの値を比較、植生の影響を評価した。

2. Methodology

タイのタークを観測地点とし、地上高さ 20m 及び 30m において、10Hz 周期でxyz方向の風速、気温、CO₂ 濃度及び H₂O 濃度を観測した。キャノピー層高さは 7m である。地上高さ 20m 及び 30m でのフラックス観測は同一のフラックス観測タワーで行った。観測期間は 2010 年 6 月 1 日から 2010 年 6 月 30 日の 30 日間である。観測した値は渦相関法を用いて 1 時間毎のフラックス値に変換した。

算出したフラックスがフラックス観測タワー周辺の どの区域から来たものであるかを把握するために、Soegaard et al. (2000) が提案した手法を用いてフットプリント解析を行った。タワーを中心とした半径 x (m) の 地点の地表面の、フラックス値への寄与率を F_x とし、以下の式を用いて F_x を算出した。

$$F_x = V_a \frac{Z_m}{kx^2} e^{-(V_a \frac{Z_m}{kx})} \quad (1)$$

ここで Z_m は測定高さ、 V_a は Z_m での平均風速と摩擦速度の比、 k はカルマン定数である。

20m で観測したフラックス値と 30m で観測したフラックス値を比較するために、鉛直方向の風速分布を考慮した Monin-Obukhov 相似則を、20m 及び 30m の フラックス値に適応させた値、 F_* を算出した。

$$F_* = \frac{F}{\phi_m} \quad (2)$$

ここで F はフラックス値、 ϕ_m は普遍関数である。20m と 30m の F_* の比が 1:1 に近いほど異なる高さで同じフラックス値が観測できたことを意味し、Monin-Obukhov 相似則が成立することになる。

加えて、Kim et al. (2011) が提案したフラックスの不確かさの指標である変動係数 ε を用い、フラックス値の精度評価を行った。

$$\varepsilon = \frac{\sigma_{wz}}{|F|} \quad (3)$$

ここで σ_z は鉛直風速と大気安定度の標準偏差である。本研究ではCO₂フラックスに着目するため、CO₂フラックスの不確かさを ϵ_{CO_2} と定義する。

3. Results and Discussion

30日間の1時間ごとの ϵ_{CO_2} を図1に示す。北を0°とした時の東へ90°から135°は6月の主風向であるため90°から135°時の値のみを使用し、安定大気時のデータはMonin-Obukhov相似則が成立しないため採用していない。日射のある午前8時から午後4時は植物の光合成の影響が卓越した。日中は夜間に比べ ϵ_{CO_2} のばらつきが小さい。光合成は植物間で大きな差はないと言える。また30日間の ϵ_{CO_2} の最小値は20mにおいて0.033、30mにおいて0.077であった。20mと30mそれぞれにフットプリント解析を行い、結果を図2に示す。20mに比べ30mの観測点がカバーする範囲は広く、より広い地表の影響を受けるため、 ϵ_{CO_2} の最小値が大きくなったと言える。

20mと30mの F_* の比と、各高さの ϵ_{CO_2} の関係を図3及び図4に示す。午前8時から午後4時を黄、午後9時から午前3時を青に色分けした。午前8時から午後4時ではMonin-Obukhov相似則が成立している上、 ϵ_{CO_2} の値が小さいものも多く、午後9時から午前3時には、 ϵ_{CO_2} の値は小さいが F_* の比が大きいものが多かった。

4. Conclusions

本研究から、以下の結論を得た。1) 午前8時から午後4時の ϵ_{CO_2} は午後9時から午前3時のものに比べばらつきが小さかった。2) 同じフラックス観測タワーであるにも関わらず、 ϵ_{CO_2} の最小値は地上20m地点において0.033、30m地点において0.077であった。

参考文献

Henrik Soegaard, Claus Nordstroem, Thomas Friberg, Birger U. Hansen, Torben R Christensen, Christian Bay: Trace gas exchange in a high-Arctic valley: 3. Integrating and scaling CO₂ fluxes from canopy to landscape using flux data, footprint modeling, and remote sensing: GLOBAL BIOGEOCHEMICAL CYCLES, VOL. 14, NO. 3, PAGES 725-744, SEPTEMBER 2000

Wonsik Kim, Daisuke Komori, Jaeil Cho: The characteristic of fractional uncertainty on eddy covariance measurement: J. Agric. Meteorol. 67 (3): 163-171, 2011

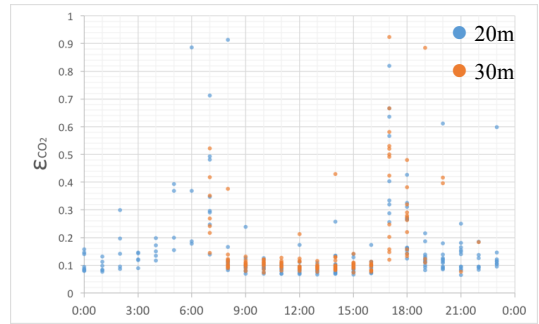


図1: ϵ_{CO_2} の時系列変化

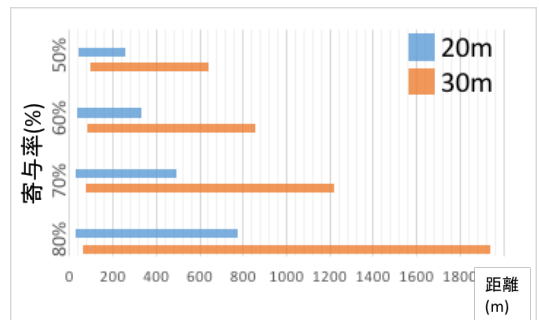


図2: フットプリント解析の結果

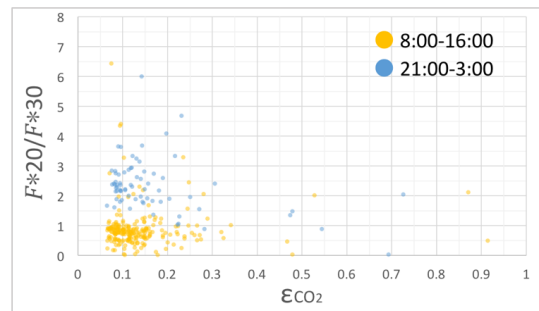


図3: F_{*20}/F_{*30} と ϵ の関係(地上20m)

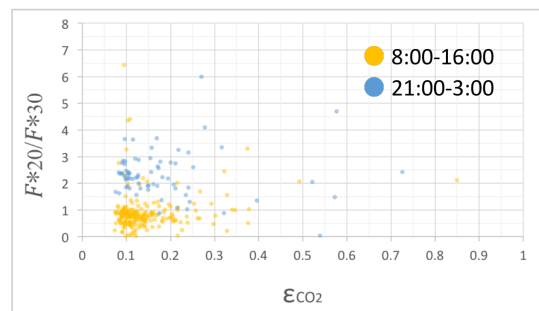


図4: F_{*20}/F_{*30} と ϵ の関係(地上30m)

>>>支 部 だ よ り<<<

1. 2017（平成 29）年度支部大会

2017 年度支部大会は、山形大学農学部（山形県鶴岡市若葉町 1 - 23）において、8月24日に開催されました。特別講演「農業における気候変化への適応とイノベーション」および 8 題の一般研究発表があり、活発な討議が行われました。手代木昌宏会員、宗村洋一会員、渡邊明会員が、2017 年度功労賞を受賞しました。今号には特別講演および一般研究発表の要旨を掲載しました。

2. 会員動静(2017 年 4 月 6 日)

[入会] 石岡将樹、池田裕樹、今田省吾、高田大輔、長谷川利拡、
松嶋卯月、真崎良光

[退会] 斎藤博行、佐藤正弘、武田眞一

会員数（2017 年 4 月 6 日）：120 名

名誉会員： 1 名

会 員：106 名（内支部のみ 45 名、本部 48 名、本部（管外）13 名）

図書館等： 13 名（内支部 6 名、本部のみ 7 名）

3. 寄贈図書

日本農業気象学会近畿支部から会誌の寄贈がありました。ご利用の節は支部事務局までご連絡ください。

4. 2017 年度功労賞受賞候補者推薦のお願い

日本農業気象学会東北支部功労賞規程に基づき、2018 年度の候補者をご推薦ください。締め切りは 2018 年 8 月 28 日です。手続きの詳細については事務局までお問い合わせください。

5. 2017 年度奨励賞受賞候補者推薦のお願い

日本農業気象学会東北支部奨励賞規程に基づき、2017 年度の候補者をご推薦ください。締め切りは 2018 年 8 月 28 日です。手続きの詳細については事務局までお問い合わせください。

日本農業気象学会東北支部会則

昭和30年	4月	1日	実 施
昭和31年	12月	19日	一部改正
昭和35年	12月	22日	同
昭和37年	12月	4日	同
昭和39年	1月	31日	改 正
昭和42年	1月	27日	一部改正
昭和45年	12月	19日	同
昭和49年	9月	13日	同
昭和53年	10月	28日	同
昭和59年	9月	27日	同
平成 2年	8月	28日	同
平成 8年	10月	7日	同
平成12年	7月	27日	同
平成14年	7月	31日	同
平成19年	11月	8日	改 正
平成22年	8月	20日	改 正
平成23年	11月	7日	改 正
平成24年	11月	1日	改 正

第1章 総 則

第1条（名称）：本会は、日本農業気象学会会則（以下、本部会則）第3章第7条に基づき、日本農業気象学会東北支部とする。

第2条（目的）：本会は日本農業気象学会の趣旨に則り、東北における農業気象学の進歩、知識の向上並びに農業気象学を活用した農林水産業の振興と発展をはかることを目的とする。

第3条（事務局）：独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター生産環境研究領域（農業気象グループ）内におく。

第2章 事 業

第4条（事業）：本会は第2条の目的を達成するために次の事業を行う。

- (1) 農業気象についての研究発表会、講演会、談話会などの開催。
- (2) 機関誌「東北の農業気象」の発行。
- (3) その他必要と認める事業。

第5条（事業年度）：本会の事業年度は毎年4月1日に始まり翌年3月31日に終わる。

第3章 会 員

第6条（会員）：本会の会員は、本部会則に基づき東北支部に所属する日本農業気象学会会員（以下、本部会員）ならびに支部会員、賛助会員、名誉会員とする。

- (1) 支部会員は本会の趣旨に賛同し、入会した者。

- (2) 賛助会員は本会の目的に賛同する個人または団体に別に定めるところによる。
- (3) 本会の発展に著しい貢献をした者のうち評議員会が推薦し総会が承認した者を名誉会員とする。

第4章 役員

第7条（役員）：本会に次の役員をおく。

支部長 1名 評議員 若干名 監査 2名 幹事 若干名

第8条（任務）：

- (1) 支部長は支部の会務を総理し支部を代表する。
- (2) 評議員は評議員会を構成し重要な会務を評議決定する。
- (3) 監査は本会の会計を監査する。
- (4) 幹事は支部長の命を受け本会の事務を執行する。

第9条（選出）：

- (1) 支部長は評議員会が選出し、総会に報告する。
- (2) 評議員は本部会員ならびに東北地方在住の支部会員のうちから選挙により各県ごとに決める。東北地方に在住しない支部会員は評議員選挙権および被選挙権を有しない。各県ごとの評議員定数は、選挙年の前年度末における各県の会員数に依り、以下のとおりとする。

- 1) 会員10名未満：定数1
- 2) 会員10名以上20名未満：定数2
- 3) 会員20名以上30名未満：定数3
- 4) 会員30名以上：定数4

選出された評議員のうちから本部会則に基づく本部理事ならびに本部評議員を互選する。

- (3) 監査は支部長が会員の中から2名を委嘱する。
- (4) 幹事は支部長が会員の中から委嘱する。

第10条（任期）：役員任期は2年とし、重任を妨げない。

第11条（解任）：役員または顧問が東北地方を離れた場合には自然解任となる。

第5章 顧問

第12条（顧問）：本会に顧問をおくことができる。顧問は支部長が委嘱する。

第6章 会議

第13条（会議）：本会には総会と評議員会をおく。

- (1)（総会）：年1回開催し支部長が招集する。但し臨時に招集することができる。
- (2)（評議員会）：必要に応じ支部長が招集する。幹事は評議員会に出席し発言することができる。

第7章 会計

第14条（会計年度）：本会の会計年度は事業年度と同じである。

第15条（経費）：本会の経費は支部補助費（本部経費）、支部会員ならびに賛助会

員の会費および寄付金などによる。

第16条（会費）：本部に所属しない会員の年会費は次のとおりとし、役員選出時に2年分を納入する。

支部会員 500円／年（2014年以降、2012年・2013年は750円／年）

賛助会員については別に定める。

第17条（決算）：会計の決算は会計年度終了後速やかに監査を経てその後最初に行われる総会に報告しなければならない。

第18条 その他は本部会則に従う。

第19条（会則の改正）：この会則の改正は総会の決議により行う。

（付則）本会則は平成22年度から適用する。

日本農業気象学会東北支部功労賞規程

平成2年4月1日 制定

1. 会則第2章第4条(3)に基づき本規程を設ける。
2. 功労賞は支部の活動、運営等に永年貢献のあった会員に贈る。
3. 功労賞受賞者には賞状と賞牌を贈る。
4. 功労賞は原則として毎年贈る。
5. 功労賞受賞者を次の手続きで決定する。
 - (1) 功労賞受賞候補者の推薦は会員が行う。推薦者は5名以上の推薦人(役員1名以上を含む)と推薦理由を本会誌閉じ込みの推薦書に記入し、事務局へ届け出る。
 - (2) 推薦書の届けは事業年度内に開催される東北支部会の2ヶ月前までとする。
 - (3) 支部長は受賞候補者を評議員会にはかり受賞者を決定する。
6. 授賞式は総会で行う。
 - (1) 15年以上の会員で、原則として役員を務めた会員。
 - (2) 支部長がとくに功績を認め推薦した会員。(付則) 本規程は平成2年度から適用する。

日本農業気象学会東北支部奨励賞規程

平成15年4月1日 制定

1. 会則第2章第4条(3)に基づき本規程を設ける。
2. 奨励賞は原則として前年度の支部会誌に論文を表し、東北の農業気象研究の進展に功績のあった会員若干名に贈る。
3. 奨励賞受賞者には賞状と金一封を贈る。
4. 奨励賞は原則として毎年贈る。
5. 奨励賞受賞者を次の手続きで決定する。
 - (1) 奨励賞受賞候補者の推薦は評議員および幹事が行う。
 - (2) 支部長は受賞候補者を評議員会にはかり受賞者を決定する。
6. 授与式は総会で行う。
(付則) 本規程は平成15年度から適用する。

日本農業気象学会東北支部編集委員会規程

当編集委員会は、以下の手順で「東北の農業気象」の編集作業にあたる。この作業は、投稿論文の内容を読者に理解しやすくすることを目的とする。

1. 大会で口頭発表されたすべての課題の投稿を依頼する。
2. 編集委員会は、投稿規程に基づいて投稿された原稿のうち、「論文」ならびに「短報」を審査する。
3. 編集幹事は、投稿原稿の内容に応じて編集委員1名に査読を依頼する。
4. 適切な査読者が編集委員にいない場合、編集委員以外に査読を依頼できる。
5. 査読者は、査読結果を編集幹事に報告する。
6. 査読結果を吟味したうえで、編集幹事は投稿者に原稿の修正を依頼することもある。
7. 「進む研究」、「ぐるっと東北」、「研究レビュー」、「トピックス」、「小講座」などの記事を企画し、評議委員会の承諾を得て、編集にあたる。

最終改正：平成24年11月1日

日本農業気象学会東北支部 Web ジャーナル 「東北の農業気象」利用規程

平成21年4月1日制定

1. 日本農業気象学会東北支部会誌「東北の農業気象」はPDFファイルによって刊行する。
 2. 支部会員への配布は、日本農業気象学会東北支部ホームページ上において、各会員が会誌PDFファイルを開覧あるいは保存することを基本とする。但し、ホームページを参照できない会員や、特別に求めのある会員については、会誌PDFファイルの電子メールによる送付、もしくは印刷物の郵送を行うものとする。
 3. 日本農業気象学会東北支部ホームページは一般にも公開し、会誌PDFファイルを開覧および保存可能とする。ファイルの取り扱いについては、次のような権限付与によって、支部会員（本部会員および支部単独会員）と非支部会員とに差を設ける。
 - (1) 支部会員についてはパスワードを配布し、閲覧、保存および印刷可能とする。図表およびテキストのコピーは不可とする。
 - (2) 非支部会員についてはパスワード不要で、ホームページでの閲覧および保存のみ可能とする。印刷、図表およびテキストのコピーは不可とする。
 4. 図書館等は、支部会員と同等の扱いとし、支部会費は徴収しない。図書資料の保存を目的とする場合に限り、刊行物の全部を印刷、または媒体に複写することができる。また利用者の求めに応じ、調査研究のため、刊行物の一部を印刷することができる。他図書館から求めがあった場合、刊行物の一部を印刷して提供することができる。
- (付則) 本規程は平成21年4月1日から施行する。

3.3 本文

3.3.1 本文には数字で見出しをつけて、「1. はじめに」「2. 材料および方法」などとする。これらを細分するには、1. 1, 1. 2を、さらに細分するには1. 1. 1, 1. 1. 2を用いる。ただし、要約、謝辞には見出しはつけない。

3.3.2 本文は原則として以下の順に構成する。

要約

本論の内容を簡潔にわかりやすく、和文か英文で書く。和文は350字以内、英文は150語以内とする。文頭に「要約」とせず、直接書き始める。末尾に改行して和英キーワード5語程度を、それぞれ五十音順、アルファベット順につける（例参照）。

(例) 畜産廃棄物の中でも特に廃棄処理にコストがかかる豚尿を、培養液として利用し、サラダナ、コマツナ、セルリの生育に及ぼす影響を解析した。その結果、サラダナ、コマツナで生育は劣ったものの、セルリの生育に市販の培養液との差は認められなかった。このことから、作物の種類によっては、豚尿を浄化しながら作物生産に利用する水耕栽培システムの開発が可能といえた。

キーワード：浄化、水耕栽培、セルリ、豚尿

Keywords: Celery, Pig-urine, Purify, Solution-culture.

はじめに(緒言、まえがき)

研究の背景(問題の性質・範囲)、これまでの研究の大要との関係、研究を開始した動機、研究の目的・意義などを説明する。特に、著者自身の過去の成果を踏まえて進めた研究の場合、これまでに解明した点と未解明の点を整理した、研究に至った経緯等を説明する。

材料および方法

実験や測定に使った作物や機材、処理方法・測定方法や分析方法を説明する。

結果

実験結果を、主観的判断を交えずに、図表を用いて忠実に表現する。考察の材料となる結果の説明は省かない。逆に、考察材料にならない結果には、特別な理由がないかぎり、ふれない方が望ましい。

考察

実験結果を、引用文献などを用いて、様々な角度から理論的に解析する。また、この最後に「実験結果から何がいえるのか」を結論づける。

まとめ(摘要)

要約で英文を書く場合のみ必要(和文で書く)。研究の背景等を簡単に書き、結果と考察を箇条書きにする(例参照)。

(例) 米の粒厚が食味に及ぼす影響はこれまで明らかにされていない。そこで、収穫1ヶ月後の1992年産と1993年産ササニシキを用いて、粒厚別の食味官能試験を実施した。なお、1992年は豊作、1993年は凶作であった。

(1) 1992年産米の粒厚は平均2.09mm、標準偏差0.14mmであった。また、1993年産米の粒厚は平均1.79mm、標準偏差0.26mmであった。

(2) 1992年産では、粒厚が1.65mm以下に低下すると食味が急激に低下した。一方、1993年産では、粒厚の低下に伴い食味は直接的に低下した。

(3) 1993年産の食味は1992年産に比べて著しく低く、50%以上の人がまずいと感じる米の粒厚は、1992年産で1.52mm以下、1993年産で1.71mm以下であった。

(4) これらのことから、粒厚の低下により食味が低下することが明らかになった。しかし、同じ粒厚でも、1993年産が1992年産の食味より劣ったことから、凶作だった1993年産米の食味の悪さは、粒の小ささだけでは解明できないといえた。

謝辞

必要に応じて書く。

3.3.3 数式の上下には1行づつスペースをとる。

- 3.3.4 文章中の式は、 a/b 、 $\exp(t/r)$ のように書く。
- 3.3.5 単位はSI単位を原則とする。ただし、非SI単位での表現が妥当であることが明らかでない場合はこの限りでない(例:分、時、日、リットル、トン)。
- 3.4 図表
 - 3.4.1 図・表は、要約に合わせて和文か英文にする。写真は図として扱い、図1、Fig.1のように表現する。
 - 3.4.2 図・表のタイトルと説明は、要約に合わせて和文か英文にする。本文中での引用は「図1、表1によれば」あるいは「Fig.1、Table1によれば」とする。
 - 3.4.3 図は本文とは別のA4サイズの紙に1つずつ、タイトルや説明文とともに書き、引用文献の後に添付する。ワープロを用いた投稿では、原稿ファイルに電子化して貼り付ける。その際、不鮮明になるなど品質が低下しないように気をつける。刷上がりの図の幅は8cm程度か16cm程度が望ましい。
 - 3.4.4 表は、本文とは別のA4サイズの紙に1つずつ、タイトルや説明文とともに書き、図の後に添付する。刷上がりの表の幅は8cm程度か16cm程度が望ましい。
 - 3.4.5 迅速に理解できない表は使わない。複雑な表は、簡略化あるいは図形化に努める。例えば、考察に利用しない数値は、その数値自体が特別な意味を持たないかぎり削除する。
 - 3.4.6 本文中の図・表の挿入箇所は原稿の右側余白に赤字で示し、これを赤線で囲む。
- 3.5 引用文献
 - 3.5.1 著者名のABC順に本文の末尾に一括する。
 - 3.5.2 「著者, 年: 題目名, 誌名 (略), 巻, ページ。」の順に従って書く。

(例)

ト蔵建治, 1991: 冷害と宮沢賢治「グスコブドリの伝記」の背景, 農業気象, 35, 35-41.

小林和彦, 1994: 影響評価モデル. 日本農業気象学会編「新しい農業気象・環境の科学」pp190-206. 養賢堂.
 - 3.5.3 本文中での引用は番号でなく、「菅野(1994)によれば」、「これらの報告は多い(井上; 1994)。」などとする。
4. 「進む研究」などの記事の執筆要領
 - 4.1 「論文」と同様、表紙に表題・著者名・所属を和文で書く。投稿を希望するジャンルを選択または記述する。英文で併記してもよい。
 - 4.2 本文の構成は著者の自由とする。内容に適した理解しやすい構成をとること。
 - 4.3 仮名使い、数式の記述、単位、図表の書き方は、「論文」、「短報」の執筆要領に従う。
 - 4.4 「引用文献」と「参考文献」の使い分けを明確にし、書き方は、「論文」、「短報」の執筆要領に従う。
5. 講演要旨
 - 5.1 A4用紙を縦置き横書きに使い、上下左右に25mm程度の余白をとって原稿を作成する。冒頭には演題名を14ポイント程度の文字で書き、続けて著者名・所属を書く。
 - 5.2 本文の構成は著者の自由とする。ただし、原則としてそのまま掲載されるので、体裁や図表の品質に気をつける。文字サイズは10.5ポイントが望ましい。
6. 著者校正
 - 6.1 著者は初稿を校正する。再校以後は事務局で校正する。校正の際の加除筆は原則として認めない。

最終改正：平成24年11月1日

東北の農業気象 第 62 号

2018 年 3 月発行

編集・発行 日本農業気象学会東北支部
〒020-0198 盛岡市下厨川字赤平 4
東北農業研究センター内
電話 019-643-3462
振替口座 02270-7-4882
