

東北の農業気象

Agricultural Meteorology in Tohoku

Vol. 59

Mar. 2015

報 文

原発事故後の大気中の放射性物質の動態 渡邊 明 1

支部大会シンポジウム要旨

岩手三陸における農業振興 岡田益己 7

福島県が実施した農作物に対する放射性物質対策と成果 佐藤睦人 11

支部大会研究発表要旨

福島県内の避難指示区域における営農再開支援の取り組み

鈴木幸雄・野田正浩・根本知明 14

蒸散が水稻によるセシウム吸収に及ぼす影響の予備的検討

藤村恵人・久保堅司 16

トマト果実の日焼けに及ぼす日射と気温の影響

岡田益己・福島美希・庄野浩資・松島卯月・由比 進 17

温度が生体高分子の活性に及ぼす影響

皆川秀夫・田中勝千・鈴木由美子 19

水稻品種「まっしぐら」における疎植栽培の気象条件に対する収量変動

木村利行・石岡将樹・野沢智裕 21

生産力検定試験データを用いた東北地方の過去の気候変動がダイズ生育に及ぼした影響

熊谷悦史 23

支 部 だ よ り

2014 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（2015・2016年度）

支 部 長	皆川 秀夫	北里大学
理 事	庄野 浩資	岩手大学
永年功労会員 表彰審査委員	岡田 益己	岩手大学
本部評議員	小峰 正史	秋田県立大学
	横山 克至	山形県農業総合研究センター
評 議 員	伊藤 大雄	弘前大学
	臼井 智彦	岩手県農業研究センター
	古野 伸典	山形県庄内総合支庁
	斎藤 満保	宮城大学
	日塔 明広	宮城県古川農業試験場
	鈴木 幸雄	福島県農業総合センター
	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
	永山 宏一	福島県農業総合センター
	川方 俊和	東北農業研究センター（庶務担当）
	熊谷 悦史	東北農業研究センター（会計担当）
	伊藤 大雄	弘前大学（編集担当）

原発事故後の大気中の放射性物質の動態

渡邊 明

福島大学共生システム理工学類

A movement of the radioactive substance in the atmosphere

Akira WATANABE

Graduate School of Symbiotic Systems Science, Fukushima University

Kanayagawa, Fukushima, Fukushima, 960-1296

東京電力福島第一原子力発電所事故に伴い、一般環境中に多くの放射性物質が放出された。この事故に伴う大気中の放射性物質濃度や降下量等の計測をこれまで継続して実施している。その結果、2011年3月から12月までの放射性Csの全降下量は、632651Bq/m²であったものが、2012年は7558Bq/m²、2013年6414Bq/m²、2014年2325Bq/m²と減少し、1月をピークとする顕著な季節変動を有していることが分かった。また、放射性Csの年平均大気中濃度は、2011年 1.99×10^{-3} Bq/m³であったのに対して、2012年 5.16×10^{-4} Bq/m³と約1/4に減少した。2013年は 2.10×10^{-4} Bq/m³と前年の2/5に、2014年は 9.26×10^{-5} Bq/m³と前年度の1/2程度に減少していること、放射性Csの大気中濃度と降下量から求めた月平均沈着速度は2012年46cm/sになっていたが、2013年は97cm/s、2014年度は79.6cm/sと大きな値を示すことなどが明らかになった。

キーワード： 放射性物質、大気中濃度、降下量、沈着速度、放射能ゾンデ

Keywords: amount of fallout, atmospheric concentration, deposition velocity, radioactive sonde, radioactive substance

1. はじめに

2011年3月11日の東日本大震災に伴って発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故で多くの放射性物質が環境中に放出された。事故後の2011年5月18日からハイボリュームエアースンプラーを用いて大気中の粒子状放射性物質の濃度変動を計測するとともに、チャコールフィルターを用いて気体状の放射性物質を捕集して、その濃度変動をモニタリングしてきた。事故現場から北西方向に約60kmに位置する福島大学では、2011年9月ごろまでチャコールフィルターで気体状I-131が観測されたが、その後観測されなくなった。大気中Cs-134、Cs-137濃度は季節変動、数十日変動、数日変動を有しながら、減少傾向を示している。しかし、こうした規則的な変動と異なり、時々数十倍以上の高濃度が出現している。こうした大気中の放射性物質の変動特徴を通して大気中の放射性物質の動態を監視することも重要な課題になっている。ここでは、これまでの観測結果を基に大気中の放射性物質濃度の変動を通して放射性物質の動態について検討する。

2. 測定方法

大気中の放射性物質の観測は、福島大学理工学研究棟7階屋上（地上28m）にハイボリュームサンプラー（HV-1000R）を用いて1分間7000の大気を捕集し、2011年5月18日から9月30日

までは 24 時間を単位として毎日観測した。その後は 72 時間を単位として観測を継続している。また、カスケードインパクターを用いたハイボリュームサンプラーによる粒径別放射性物質観測は、2011 年 12 月 7 日から 1 分間 5600ℓの大気を捕集し、約 3 週間を単位として観測を継続してきた。さらに、降水量についても同じ場所に直径 20 cmの雨水サンプラーを設置し、常時開放状態で、1 か月を単位として全降水量を継続して測定している。また、福島大学から北へ 6.7 kmにある福島県原子力センターが日単位で測定しているデータ（福島県；2012）を解析に用いた。なお、放射性物質の計測は、キャンベラ社製ゲルマニウム半導体検出器（GC2010）を用いている。

3. 解析結果

3-1 大気中濃度の変化

図 1 に大気中放射性 Cs 濃度の変動と Cs-134/Cs-137 の比の変動を示す。全体的に減少傾向を示し、2011 年の全 Cs の平均濃度が $1.99 \times 10^{-3} \text{Bq/m}^3$ だったのに対して、2012 年は $5.16 \times 10^{-4} \text{Bq/m}^3$ と

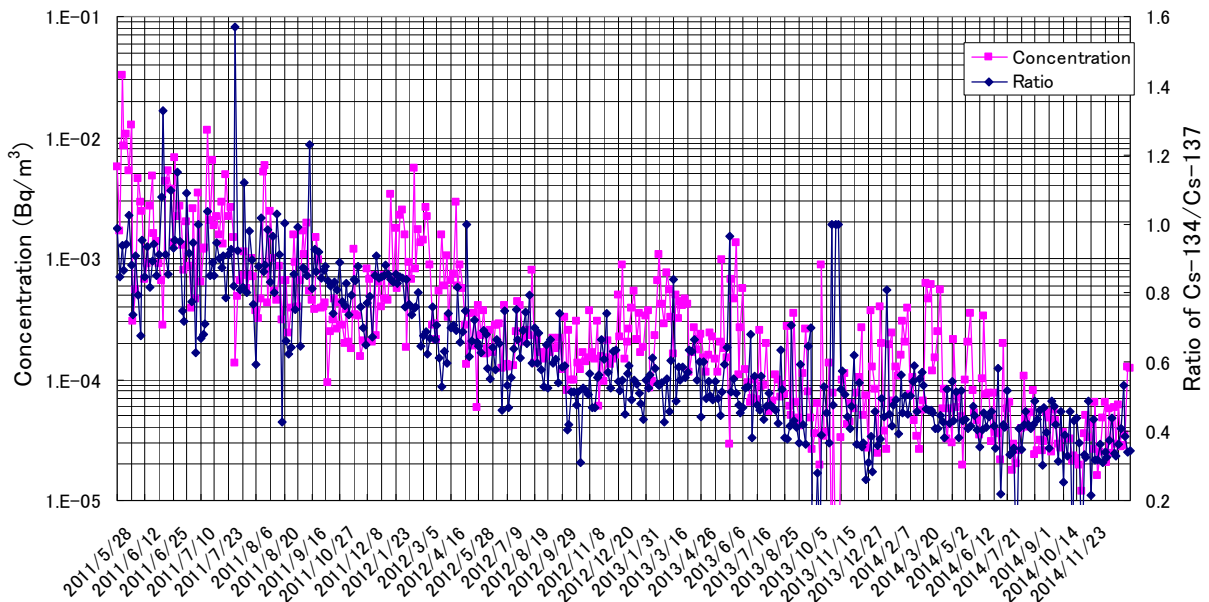


図 1 2011 年 5 月 18 日から 2014 年 12 月 31 日までの全 Cs 濃度の変動と Cs-134/Cs-137 の比の変動

約 1/4 に減少した。しかし、2013 年の平均濃度は $2.10 \times 10^{-4} \text{Bq/m}^3$ と前年の 2/5 にしか減少していない。また、2014 年は $9.26 \times 10^{-5} \text{Bq/m}^3$ と前年度の 1/2 程度の減少であった。さらに、顕著な変動として冬季に高濃度が出現し、夏季から秋季かけて低濃度になる季節変動が顕著に現れている。季節変動についてはすでに渡邊（2014）が日本全国的に確認できることを示している。こうした変動とは別に、連続した大気中の濃度変動を見ると 2013 年 5 月 7 日から 6 月 9 日にかけての相対的な高濃度期間が認められる。この高濃度期間はこれまでの周期的変動からは異常な変動と考えられる。2013 年 7 月 18 日には 3 号機からの湯気の発生が問題となったが、この観測では 5 月上旬から相対的に高濃度を示し、従来と同じ輸送形態を仮定すれば、原発からの放射性物質の放出量が数倍多くなっていたのではないかと考えられる。東京電力(2013)の報告では、モニタリングポストや連続ダストモニタでは有意な変化が無いとしているが、相対的に高温気塊に含まれてい

る放射性物質の放出をモニタリングするには、排出高度が高くなるため、発生源近くの地上で確認することは原理的に困難である。

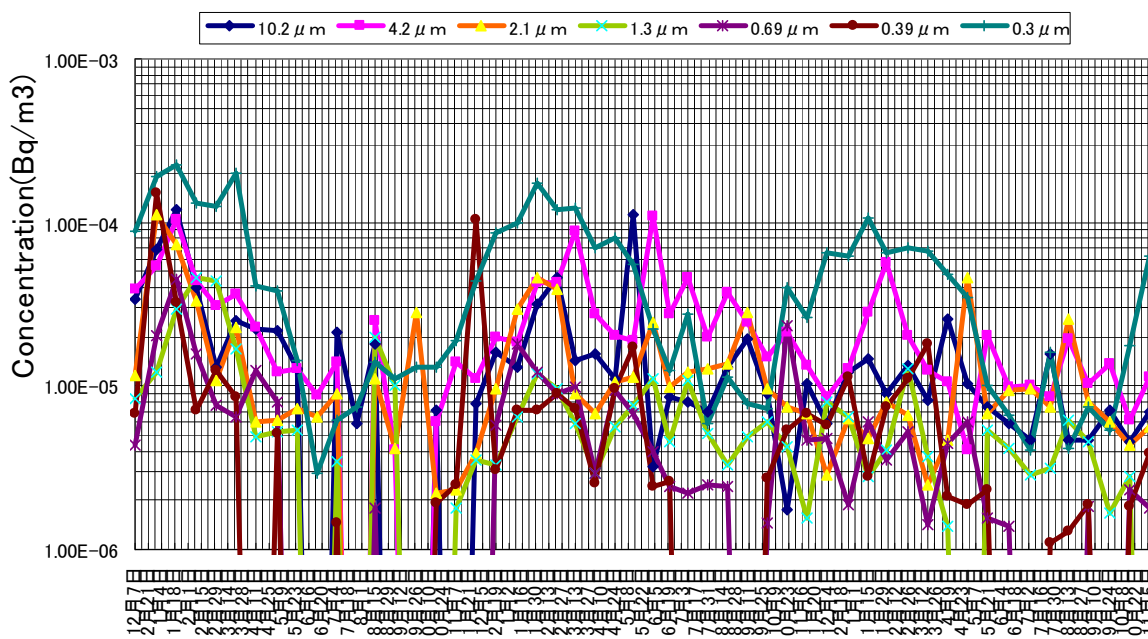


図 2 2011 年 12 月 7 日から 2014 年 12 月 31 日までのカスケードインパクターを用いた粒径別放射性物質濃度の変動

図 2 はカスケードインパクターを用いた粒径別放射性物質の濃度を示したものである。10.2 μm 以上の大きい粒子から 0.3 μm までの粒子を 7 段階で採取し、その放射性物質濃度を示したものである。これも大気中全体の濃度変動と同期し、夏季から秋季にかけて相対的に低濃度になり、冬季から春季にかけて高濃度を示している。また、この季節変動を最も顕著に示している粒径は 0.39 μm ~ 0.3 μm までの最も小さな粒径である。夏季の放射性物質の低濃度期に相対的に高濃度を示す粒径は 2.1 μm 以上の大きい粒径である。これらを総合すると、放射性物質は相対的に微粒子に付着し、比較的飛散しやすい乾燥期に増加し、相対的に雨の多い夏季には雨等によって fall out することで放射性物質の濃度変動が発生していると考えられる。

3-2 降水量と沈着速度

福島県 (2012) が事故後毎日測定している降水量の変動を月ごとに積算し、福島大学で測定している月ごとの降水量と比較して示したのが図 3 である。降水量も大気濃度に対応して冬季に多く、夏季に少なくなる季節変動を顕著に示している。また、降水量が低濃度になってきた 2013 年 6 月以降で大きな差が出現しているが、これは福島県が毎日サンプリングしているのに対して、福島大学は、1 ヶ月毎にサンプリングしているため、1 日ごとでは検出限界を下回って計測不能になっているものが、1 か月単位では積算され計測されるため相対的に多くなるものと考えられる。

放射性物質の降水量については、気象研究所 (1996) が 1957 年から Sr-90、Cs-137 の観測をしており、五十嵐ほか (2013) は、黄砂などの輸送が卓越する春季に相対的に高くなることを指摘している。2012 年 1 年間の降水量は福島大学で 7557.9Bq/($\text{m}^2 \cdot \text{year}$) に対して福島県原子力センタ

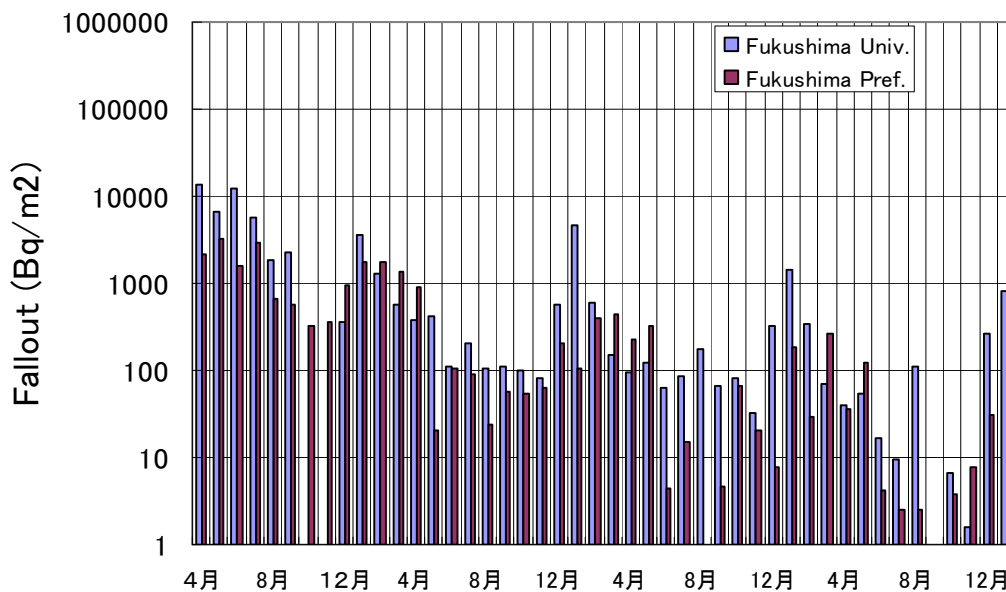


図3 2011年3月から2014年12月までの福島大学と福島県原子力センターでの放射性物質の月別降下量の変動 (Bq/m²・month)

一では 6643.0Bq/(m²・year)となっており、2011年3月の降下量を除くと、2011年の約52%程度になっている。一方、2013年は6414.2Bq/m²と2012年度の12%程度の減少にしかなっていない。さらに、2014年は2325Bq/m²と前年の1/3程度に減少している。文部科学省(2011)の報告によれば、2011年6月末までに計測された初期のCsの沈着量は観測点付近で1~6×10⁵Bq/m²となっている。これと比較すると2012年からの降下量は2.7%から16.3%を示すことが分かった。住居地区や農地など除染が各地で進む中、再飛散、再放出を含めた大気からの降下量は必ずしも無視できる量でないことがわかる。

こうした降下量を大気中濃度で割ることによって沈着速度を求めることが出来る。図4に2011

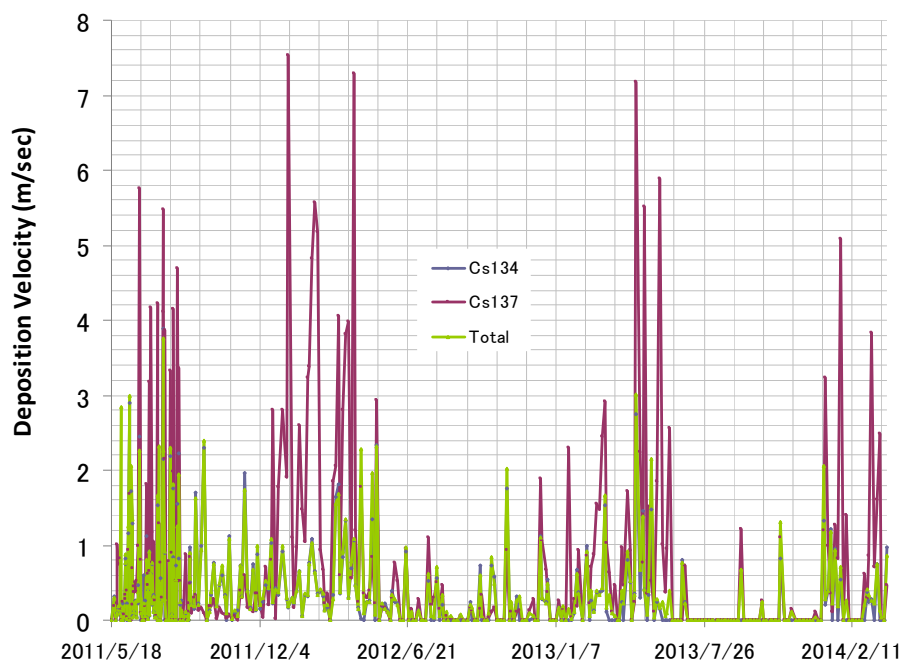


図4 放射性物質の沈着速度の変動 (m/s)

年 5 月 18 日から 2014 年 3 月 30 日までの沈降速度を示す。沈着速度は SPEEDI の拡散輸送モデルでは、乾性沈着速度を 1cm/s から 0.3cm/s の定数が、また、降水を伴う湿性沈着では放射性物質濃度の鉛直積分値を L とすると、U.S.NRC (1977) では $1.2 \times 10^{-4} \cdot I^{0.5} \cdot L$ (m/s) で求めている。ここで I は降水強度 mm/h で表現している。すなわち、湿性沈着は降水強度の平方根に比例しているもののそれほど大きな値にはならない。しかし、観測値では 7m/s とこれまでの沈着過程では考えられない大きさになっている。観測場所は地上 28m と鉄筋コンクリート 7 階の屋上に設置されており、直接地上からの飛散を含むような場所ではないが、周辺森林などからの再飛散がなければ沈着速度の大きさを説明できない。沈着速度の検証を含めて、何故このような大きな値になるのかは今後の検討課題としたい。

3-3 放射能ゾンデ観測

前述のような放射性物質の観測は、福島大学理工棟 7 階の屋上で大気を吸引して計測しているが、実際の大気中のどこに放射性物質が存在して輸送されるのかを理解するために、LIDAR 観測と放射能ゾンデ観測を実施している。放射能ゾンデ観測は事故後の 2011 年 4 月 15 日から 29 日までと 8 月までの月一回の観測を行ってきたが、新たに 2013 年 10 月から季節変動理解をかねて月 1 回の観測を継続してきた。図 5 に 2013 年 10 月末から 2 月までの β 線強度と γ 線強度の鉛直分布を示す。 β 線強度は確かに降下量や大気中濃度が大きくなる 1 月に顕著に地表付近で強化しているのがわかる。また、この強度の相対的に大きいところは、凡そ対流圏界面や大気安定層の下部に対応しており、安定層の下部に粉じんが蓄積し、放射線強度が大きくなっているように推察される。しかし、 γ 線の鉛直強度分布では 1 月が特に他の月に比べて強くなっている様子は観測されなかった。なお、放射能ゾンデ観測については、唯一高層気象台 (2007) が 1959 年から 2006 年まで大気中の核実験の影響を調査するため年数回の γ 線観測を実施している。今回のように高頻度で観測された例はない。また、飛行速度は 150m/min に設定してヘリウムの充填を行っているが、実際の観測上昇速度は凡そ 3m/s から 6m/s 程度になっている。観測範囲は観測時の風況によって異なるが、1 回の飛揚で凡そ 100 km 程度の空間を飛揚しており、時刻や場所を特定しての変動を議論はできない。

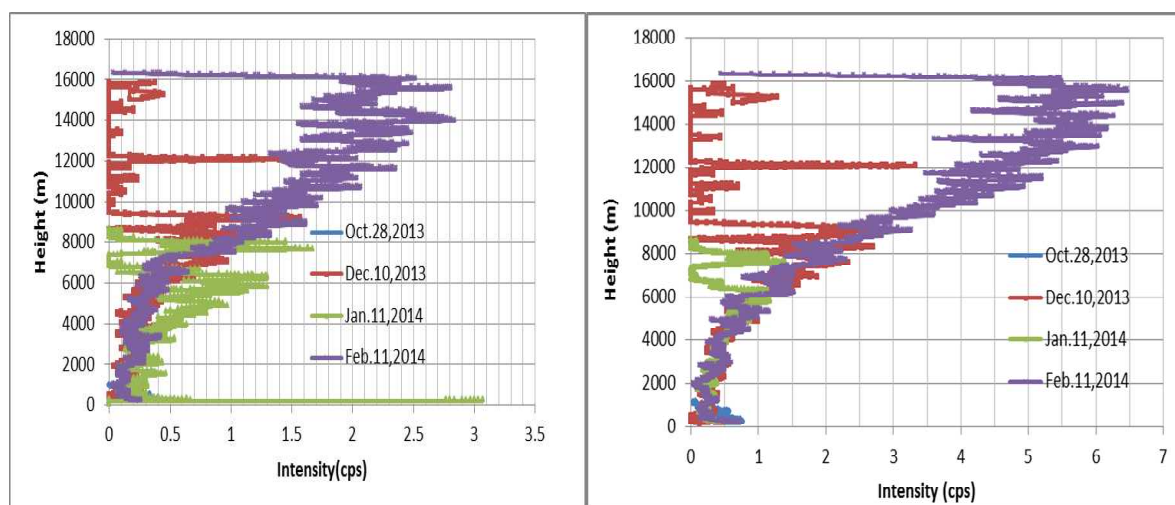


図 5 放射能ゾンデ観測結果 左図 β 線強度、右図 γ 線強度を示す (cps)

4. まとめ

大気における放射性物質の動態を理解するため、大気中放射性物質の濃度変化や粒径別放射性物質濃度、さらには、放射性物質の降下量や放射能ゾンデによる対流圏の放射線強度の観測を実施してきた。その結果、放射性物質の大気中濃度や降下量には冬季に多くなり、夏季に減少する顕著な季節変動を有していることが明らかになった。しかし、降下量と大気中濃度から求められる沈着速度は異常に大きな値が観測され、季節変動で降下量が大きくなる時期に大きくなっていることが明らかになった。大気中濃度の変動よりも、降下量の変動に大きく依存していると考えられる。

また、放射能ゾンデ観測では、大気安定層下部で顕著な放射線強度のスパイク状のピークが認められるものの、 γ 線強度には顕著な季節変動は認められなかった。高層気象台(2007)でも年数回 γ 線のゾンデ観測を実施しているが、高度 15 km 付近を中心に太陽活動に伴うような年変動が認められるものの、季節変動を議論できる時間分解能では観測がされていない。また、大気中の放射線起源核種を同定するため、NaI のシンチレーターをゾンデ用に開発してスペクトルを計測したところ、Cs-137 のエネルギーピーク (662keV、波長分解 5.9keV) が検出された。特に、5km 以下の大気下層の積算値で顕著に確認でき、一定の Cs-137 が放射線強度に影響していることが明らかになった。しかし、Cs-137 の起源が福島原子力発電所事故によるものであるかどうかは判別ができないため、現在、蛍光 X 線分析などを行い、粉じん組成等について調査を続けている。

引用文献

- 1) 福島県, 2012 : 大気降下物モニタリング調査結果, 1-6.
(https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec_file/monitoring/m-5/taikikoukabutu121126.pdf)
- 2) 五十嵐康人・財前祐二・直江寛明・梶野瑞王・青山道夫, 2013 : 放射性降下物の長期変動と再浮遊に関する研究, 第 53 回環境放射能調査研究成果論文抄録集, 3-4.
- 3) 気象研究所, 1996 : 大気・降水中の放射性核種の挙動, 気象研究所技術報告, Vol.36, 15-31.
- 4) 高層気象台, 2007: 高層気象台における放射能ゾンデ観測 48 年の記録, 高層気象台彙報, Vol.67, 121-136.
- 5) 文部科学省, 2011 : 定時降下物のモニタリング.
(http://www.mext.go.jp/a_menu/saigaijohou/syousai/1305495.htm)
- 6) 東京電力, 2013 : 福島第一原子力発電所 3 号機原子炉建屋 5 階中央部近傍 (機器貯蔵プール側) で湯気の確認について(続報 22).
(http://www.tepco.co.jp/cc/press/2013/1230578_5117.html)
- 7) U.S.NRC, 1977: Calculation of annual doses to man from routine releases of reactor effluents for the purpose of evaluating compliance with 10 CFR par 50, Appendix I, Regulatory guide, 1-109.
- 8) 渡邊 明, 2014 : 放射性物質の大気中濃度・降下量などの長期変動, 大気環境学会シンポジウム, 7-8.

岩手三陸における農業振興

岡田 益己 (岩手大学)

1. はじめに

岩手大学は東日本大震災からの復興を目指して、平成23年10月に「三陸復興推進本部」(現、三陸復興推進機構)を立ち上げた。現在、教育支援、生活支援、水産業復興推進、ものづくり産業復興推進、農林畜産業復興推進、地域防災教育研究の6部門が活動している。また釜石にサテライトと水産研究の拠点を、さらに久慈、宮古、大船渡の沿岸3市にエクステンションセンターを設けて、現場のニーズに対応した復興支援活動を展開している。その概要は、当大学ホームページを参照されたい。本稿では、農林畜産業復興推進部門の中で、園芸振興を担うグループの活動を紹介する。

2. 岩手三陸地域の特徴

農林水産省(2012年6月)によれば、岩手県における農林水産業の被害額は約5,000億円で、そのうち水産業が80%を占め、農業の被害は15%程度である。農業被害が全体の40%強を占める宮城県、65%を占める福島県とは状況が大きく異なる。また被災農地の面積も宮城県の15,000ha、福島県の5,900haに対して、岩手県は1,800haである。沿岸に平野が多い2県に比べ、リアス地形の三陸沿岸では狭小な農地が散在し、耕地面積が小さいことが、これらの違いをもたらしている。

しかし三陸沿岸という地域にとって、農業はこれらの数値が示すほど小さな存在ではない。そこには地域に固有の事情がある。三陸沿岸では、一家の生計を複数の業種で支える家庭が少なくない。例えば、主人が水産業、妻が野菜作り、子供が木材加工所勤務という具合である。専業農家はほとんどいないが、農業あるいは農地が生計の一部を支える位置を占めている。また地域としても、同様の複合経営的な産業構造を持っている。一次産業では水産業が大きなウェイトを占めているが、農業を軽視することはできない。一方、農業がこのような補完的な産業であったため、一部の品目を除いて、大きな産地や目立った特産品がない。東日本大震災で被災した農地に見切りを付け、この際、農業をやめる者がいる一方、地域の産業構造の維持あるいは農地・景観の維持を考えて、新たに農業に取り組む者も出てきている。震災を機に三陸の農業は大きな転機を迎えたとも言える。こうした状況で、とくに若い世代が魅力を持って取り組める農業を振興す

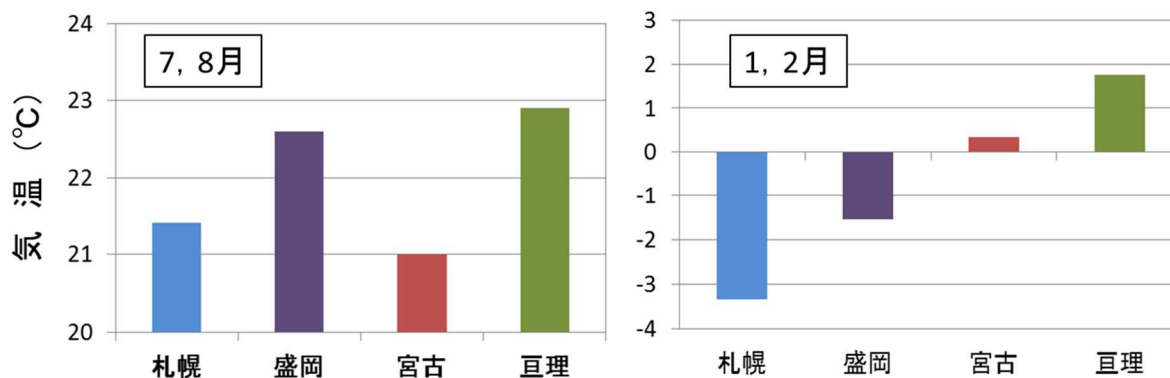


図 1. 岩手三陸沿岸（宮古）と岩手内陸（盛岡）、札幌、宮城沿岸（亶理）における 7, 8 月および 1, 2 月の平均気温の比較

ることが、これからの岩手三陸を発展させるポイントである。そのために園芸振興班では、収益性が高く夏期冷涼な三陸の特性を生かす園芸による復興に取り組んだ。

三陸沿岸は沖を流れる寒流や海風‘やませ’の影響を受け、7、8月の平年気温は札幌並かそれよりも低い。一方、冬は内陸に比べて温暖で、春が早く秋が遅い(図1)。この気候は、暑さを嫌う多くの野菜や花の栽培に適する。このような気候的な長所がある一方で、1)内陸を走る幹線道から遠く、消費地への物流に不利、2)目立った園芸産地・産品がなく、園芸作の経験者が少ないことが大きな短所となる。こうした地理的、社会的立地条件が、同じ被災地であっても、東北最大のイチゴ産地である亘理地区など宮城県平野部の園芸産地とは大きく異なる。そこで、どのような品目とその栽培法が三陸に適するか、どのようにしてそれを園芸の未経験者に普及させるかを念頭に置いて活動を始めた。

3. 見本園の活動

津波浸水域でも栽培でき、また未経験者でも容易に取り組める品目と栽培法を探索・実証するために、現地(陸前高田市)に試験圃場と見本園「がんちゃん三陸野菜畑」(‘がんちゃん’は岩手大学のマスコットキャラクター)を設けた。

この圃場一帯は市街地に近いため、津波によってがれきが流れ込んだ。がれき撤去のために、表面の土(作土)が20cmほど削り取られ、深土がむき出しになった。この深土は、三陸沿岸に多く見られる‘マサ土’と呼ばれる風化花崗岩で、水を含むと軟泥化し、乾くと手で釘を刺せないほど硬化する。この深土の上に沖積質の作土が乗っていたときは、適度に湿ったシルト質のマサ土が、とくに悪い影響を及ぼさなかった。むしろゴボウの栽培にも適するほどの状態であった。ところが復旧工事で重機が走り回り、土を押し固めて下部の砂利層まで目詰まりを起こした。今、このマサ土が、沿岸地域の田畑作に大きな障害となっている。津波直後は各地で塩害が問題となったが、今はその弊害がほとんど見られない。現在の三陸では塩害よりも表面にむき出しになったマサ土対策が課題と言える。

試験初年(2012年)には、このように乾湿で性状を大きく変える土でも、肥料と有機物の施用で、スイートコーンやクッキングトマト、キャベツ、カリフラワーなどの栽培が可能であることを示した(図2)。地元でたくさん廃棄されるシイタケ廃菌床を有機肥料として使う試みも良好であった。これらの結果から、野菜作の経験が浅い者でも取り組めて、かつ長距離輸送に耐え、まだ目立った競合産地がない品目として、クッキングトマトとミニカリフラワーを取り上げた。とくにクッキングトマトは、近年、レストランや野菜ソムリエなどの料理人から高い期待を寄せられる品目である。一方で収穫期が夏の一時期に集中することから、収穫期の拡大や貯蔵・加工技術に強い要望がある。そこで作期と品種を組み合わせ、露地で長期の出荷を図る栽培法を確立した。こうした技術を提供し、まずは露地栽培から園芸作に馴染んでもらうことを試みた。病害や雨による果実の腐敗を考慮すると、雨よけ栽



図2. がんちゃん三陸野菜畑での栽培風景

培を勧めたいが、資金力のない被災者にはパイプハウスでも高いハードルだ。雨よけ栽培は、次のステップと考えている。一方、クッキングトマトの貯蔵法として、新しい乾燥トマト製造技術開発に取り組み、将来の6次産業化につながる活動も展開している。

4. 生産の普及・拡大と販売

通常の産地形成では、県市町村や農協などにより事業が促進され、流通経路もあらかじめ確保される。しかし震災で財産を失い、まとまった農地もない条件で、組織的に大きな動きは進みにくい。まずは資金をかけない小さな試みから始めるべきだろう。新しい品目に農家が目を向けてくれるか、意欲的に取り組みを始めた少数の農家をどう支えていくかなどを、解決する必要がある。とくにクッキングトマトは、都市部のレストランや調理好きには人気があるが、見たことも食べたこともない農家が多い。消費ニーズを理解してもらうために、野菜ソムリエやシェフの応援のもと、現地で見本園見学と調理教室をまた大学祭でのイベントなどを開いた(図3)。こうした活動の結果、陸前高田市で今年度から数軒の農家がクッキングトマトの栽培を始めた。この規模ではとても一般の物流に乗らないので、ネット販売や特定の顧客との販売に頼るしかない。農家側にまだネット販売を仕切る知識と余力がないため、当面はメールリストを使って発注・受注することとした。メールを使い慣れた者には容易と思われたが、この仕組みがなかなか機能しなかった。発注メールに応えない(メールを見ていない)、発注者が大学に生育・収穫状況を尋ねるなど、相互の情報交換がスムーズに進まない。今のところ私たちが仲立ちして何とか機能しているが、発注・受注の双方が自立して、より良い仕組みを作っていくことが、点の動き(シーズ)を面に拡大するためのポイントである。



図3. クッキングトマトの生産シーズと消費ニーズを結ぶ大学でのイベント

5. 初心者向け夏どりイチゴ栽培システム

ハウス栽培の品目としては、夏どりイチゴが有望だと考える。夏秋期のイチゴは需要の大半を輸入に頼り、また品質も著しく劣る。このため菓子業界では、高品質の国産品を望む声が大きく、この時期のイチゴは単価も高い。夏期冷涼な三陸の気候は暑さを嫌うイチゴ栽培に適する。問題は栽培未経験者が容易に取り組めるかである。そこで初心者でも栽培できる仕組みとして、1) 四季成り性イチゴ品種の利用、2) 灌水するだけで栽培



図4. シイタケ菌床栽培の可動棚を利用したイチゴの高設栽培

できる安価な高設栽培装置の開発をポイントとした。15cm間隔で並行に渡した2本のパイプに不織布を張って栽培用の樋とし、そこに籾殻培地を充填するだけの高設栽培装置を作った。籾殻培地にはあらかじめ肥効調節型の肥料を入れてあるので、灌水チューブを設けてタイマーで灌水するだけでイチゴを栽培できる。籾殻培地、栽培ベッドとも簡単に自作できる。広く使われるパークと籾殻培地を比べたところ、夏の高温期にパークでは根腐れが出やすいが、籾殻では出にくいという長所があった。さらに不織布の表面から水が蒸発するため、気化潜熱で培地が冷える。日中でも培地温が30℃を超えることは稀であった。このため高品質だが暑さに弱いとされた品種「なつあかり」でもかなりの収量を上げることができた。

これらの成果を受けて、シイタケのハウス栽培者が今年から新たに取り組みを始めた。シイタケは風評被害で価格暴落したが、ハウスには暖冷房やカーテン設備もあり、将来は冬春どりへの展開も期待できる。高設栽培にシイタケ用の可動棚をそのまま利用できるというメリットもある。気候の長所を活かした新たな夏イチゴの産地作りに向けて、これからの発展を模索しているところである。

6. 今後の課題

2013年と今夏の多雨により、現地土壤の排水不良が浮き彫りになった。前述のように、作土がなくなり、水が抜けにくいマサ土を重機が踏み固めたためと考える。すでに予定の復旧工事を終えたから、心土破碎や暗渠の設置など、公的援助による新たな土木工事は期待できない。当面は高畝栽培や明渠などで対応し、長期的にはソルガムやミレットなど緑肥作物の栽培による耕盤破碎と有機物施用により、数年越しの時間をかけて土壤改良を進める必要がある。

三陸沿岸は夏期冷涼と言われるが、それは平年値の話である。一方でこの地域は、日本で年々の気温変動が最も大きい地帯であり、生産の安定化技術の導入・確立が必須である。とくに露地栽培では、灌排水技術、保温や暑熱対策のための簡易被覆（べたがけ、ネットなど）などの利活用が鍵となるだろう。また複雑なリアス地形による気候の違いも大きく、海辺と台地の上では夏期日中の気温や冬期の最低気温が5℃も異なることがある。現在、私たちは温湿度計を配置して、局地気候の特徴を解析しているところだが、ミクروسケールの適地適作計画や日々の栽培管理に、こうした気象情報を利用すること、とくに生産者が直接、このような情報を扱える仕組みを作ることが重要である。

私たちは毎週のように現地に通っているが、技術支援とともに、その受け皿に課題を感じている。1, 2名のチャレンジングな生産者から、10~20名の生産組織に拡大するためには、リーダーが必要である。ところが農業従事者の数が減り続ける中、リーダー候補を見つけることもままらなくなってきた。これは他の産業にもさらには町作りにも共通の課題である。これまで農業は農協、商工業は商工会というように、同じ地域でも産業ごとに世界が分かれていた。世界を分けることは、人材のパイを小さくするだけでなく、価値観や視野も狭くする。これからは異業種・異分野が協力して、広い視野を持つリーダーを育成することが重要だと痛感する。

本稿に記した活動、クッキングトマト栽培、イチゴの高設栽培装置、籾殻培地などの詳細を、ホームページ「がんちゃん三陸野菜畑」で紹介しているので、参照ねがいたい。

(本稿は、「施設と園芸」167号に掲載された記事のタイトルと本文の一部を修正したものである)

福島県が実施した農作物に対する放射性物質対策と成果

佐藤 睦人

福島県農業総合センター 生産環境部 環境・作物栄養科

1.はじめに

東京電力福島第一原子力発電所(以下、原発と言う)事故によって福島県のみならず、東日本の広い範囲に放射性物質が飛散した。

福島県農業総合センター(以下、センターと言う)では、事後直後から現在まで放射性物質に対する試験研究に取り組んできた。原発事故から4年近く経過し、放射性物質の中で農作物への影響が最も大きい放射性セシウムについて、汚染状況や農作物への吸収実態、吸収抑制対策について様々な知見を得た。また、現地では研究により得られた成果を基に様々な放射性セシウム対策を行っており、農作物の汚染を極めて少なくすることができた。本稿では、センターが実施した研究と成果について、主に農作物栽培に関係する概要を報告する。

2.放射性物質に関する研究テーマ

センターでは専門家のアドバイスを受けながら、7つの柱を設定し研究を進めてきた。

- (1)県内農用地土壌の放射性物質の分布状況把握
- (2)放射性物質の簡易測定法の開発
- (3)各種農作物の放射性物質吸収量の把握
- (4)放射性物質の除去・低減技術開発
- (5)放射性物質吸収抑制技術の開発
- (6)農産物加工における放射性物質の除去技術開発
- (7)農作業等における放射線被ばく低減技術の開発

3.研究によって得られた成果

(1)農地土壌の放射性物質の分布状況

平成23年3月末から同24年1月までに計9回、約2600か所について、農林水産省と(独)農業環境技術研究所の協力を得ながら農地土壌を採取・分析し、放射性セシウムの分布状況を調査した。調査結果は、(独)農業環境技術研究所がマップ化し、農林水産省農林水産技術会議のホームページに「農地土壌の放射性物質濃度分布図」として公表されている。

(2)放射性物質の簡易測定法の開発

原発事故直後、農地の放射性セシウム濃度を測定する分析機器がほとんど無かったため、空間線量率測定用のNaIサーベイメータを用いて土壌中放射性セシウムを簡易測定する手法の開発に着手した。平成23年5月下旬に測定マニュアルを作成し、普及指導員やJA営農指導員等を対象に測定技術について研修を行った。

現在は、鉛遮蔽体を備える測定機器が多数導入されており正確な濃度測定が可能となっているが、事故直後の測定機器がなかった時期において土壌中の放射性セシウム濃度を知る方法として

一定の役割を果たしたと考える。

(3)各種農作物の放射性物質吸収量の把握

原発事故後、土壌から農作物に移行する放射性セシウムの実態を早急に知る必要があった。そこで、センター本部(郡山市) や地域研究所(会津坂下町、相馬市)、果樹研究所(福島市)、畜産研究所(福島市)、県内各地の現地圃場において各種農作物を栽培することで吸収量を調査した。また、規制値を超える放射性セシウムが検出された現地調査を実施し、農作物への吸収について要因を解析した。

その結果、農作物の放射性セシウム吸収は、セシウムと同じ第 1 族元素であるカリウムが大きく関与し、土壌の交換性カリ含有量が多いほど吸収が抑制されることが明らかとなった。また、作物の種類や土壌の性質によって吸収量に差があること等が確認された。

(4)放射性物質の除去・低減技術開発

放射性セシウムは、土壌の粘土鉱物と強く結合し、土壌表層から下方向に移動しにくいことが過去の知見から明らかとなっており、土壌表層を物理的に剥ぎ取ることで農地の放射性セシウムを除去することができる。しかし、事故後に農作物を作付けした圃場では、耕うんしたことで作土層全体に放射性セシウムが分布したため、これらを除去することは難しいと考えられた。原発事故後、ヒマワリ等の植物に放射性物質を吸収させ除去する方法が有効であると様々なところから強く提案され、効果を確認する必要があった。そこで、ヒマワリやアマランサズ等の植物の吸収量を調査したところ、土壌からの吸収量は極めて低く、放射性セシウム除去技術としての実用性が無いことを確認した。

現在、福島県内の高濃度汚染地域で実施されている農地の放射性セシウム除去方法は、ほとんどが表層土壌の削り取りである。なお、汚染度合いが比較的低い地域(土壌の放射性セシウム濃度が概ね 5,000Bq/kg 以下)では、反転耕や深耕が行われている。

(5)放射性物質吸収抑制技術の開発(コメの事例)

カリウムが農作物へのセシウム吸収を抑制することは過去の知見から明らかとなっていた。しかしながら、原発事故直後、センターでは土壌中の放射性セシウム濃度や粘土含量等が農作物への吸収に大きく関わっているという仮説のもと研究を進めていた。また、センター内の表土を集め、放射性セシウム濃度が約 63,000Bq/kg の土壌で栽培したところ、玄米の放射性セシウムは最大で 80Bq/kg であったことや、出荷期に福島県が実施した米の本調査による玄米の放射性セシウム濃度が最大でも 470Bq/kg であったことから、当時の暫定規制値(500Bq/kg)を超えることは極めてまれなケースであると判断した。しかし、その後、福島市旧小国村で生産された玄米から暫定規制値を超える値が検出され、その後も基準値を超える事案があったため、これらの要因を探るための詳細な現地調査を実施した。その結果、土壌と玄米の放射性セシウム濃度との間に相関は認められず、土壌中の交換性カリが一定濃度以下になると、玄米中の放射性セシウム濃度が急激に高くなることが確認された。なお、同時期に(独)農業・食品産業技術総合研究機構を中心とするプロジェクト研究の結果から、収穫後の土壌中の交換性カリ含量が 25mg/100g(乾土)以上あれば、玄米中の放射性セシウム濃度を低くできることが明らかとなった。

農作物の放射性セシウム吸収とカリウムとの関係が明らかになったことから、福島県は土壌中の

交換性カリ濃度を高めるためのカリ施肥を生産者に周知し、県内全域で実施してきた。この取り組みが功を奏し、食品衛生法の基準値（100Bq/kg）を超過した玄米は平成 24 年産が 71 袋、平成 25 年産が 28 袋と年々減少し、平成 26 年産ではついにゼロとなった（平成 27 年 3 月 1 日現在）。

4.謝辞

放射性セシウム対策技術の開発には、農林水産省、(独) 農業・食品産業技術総合研究機構、(独) 農業環境技術研究所および各県の研究機関、学習院大学、東京大学、東北大学をはじめとする研究者から多大なるご支援を頂いたことに心より感謝を申し上げたい。

5.参考資料

農林水産技術会議、「農地土壌の放射性物質濃度分布図」、2012 年

福島県農業総合センター研究報告 放射性物質対策特集号 (2013)

農林水産省・福島県他、「放射性セシウム濃度の高い米が発生する要因とその対策について」、2014 年

講演要旨

福島県内の避難指示区域における営農再開支援の取り組み

○鈴木幸雄・野田正浩・根本知明
福島県農業総合センター福島市駐在

1 はじめに

東日本大震災と東京電力福島第一原子力発電所事故後、福島県農業総合センターは農作物における放射性セシウム対策の試験研究を各研究機関と連携して実施してきた。その試験研究から得られたカリの効果・施用法や農地除染方法などの基幹技術は、福島県における安全・安心な農産物生産に大きく貢献している。他方、除染が進められている避難指示区域における農業者の帰還、営農再開へ向けた支援の重要性が増している。平成 25 年度より福島県は避難指示区域の営農再開を支援するため農業者と現地実証を行う事業を始めた。ここでは、その取り組みについて報告する。

2 材料

(1) 営農再開へ向けた県による実証ほの設置

平成 25 年度より福島県が始めた事業。主に営農再開可能な避難指示解除準備区域における帰還と営農再開を推進するため、福島県が地域の農業者、市町村、関係団体の協力のもと既存研究成果等を活用し現地にて実証栽培を行った。

主な実証内容は、①放射性セシウム吸収抑制対策など開発された技術の現地実証 ②放射性セシウムの影響の少ない作物(野菜・花き)や普及技術の導入に関する現地実証 ③除染後農地の保全管理、地力回復方法の現地実証 などである。

(2) 管理・調査など

平成 25 年度は 9 カ所(8 市町村)、同 26 年度は 12 カ所(10 市町村)で実施した。そのうち 16 カ所の実証ほは、農業者の避難先からの通い耕作にて管理された。土壌と作物等の調査は、福島県農業総合センター福島市駐在が行った。放射性セシウムはゲルマニウム半導体検出器により分析した。

3 結果の概要

(1) 平成 25 年度の実証ほ(表 1)

初年目は、8 市町村 9 カ所取り組んだ。その内訳は野菜 5 カ所、飼料用米 1 カ所、花き 1 カ所、景観・地力増進作物 2 カ所であった。主な結果は下記の通りである。

表土剥ぎ、反転耕、深耕などの除染が行われた実証ほは、作土 15cm 土壌中の放射性セシウム濃度は 1,000Bq/kg 以下となり、除染の効果が高かった。

野菜実証ほ(川俣町、南相馬市原町区、南相馬市小高区、飯舘村、浪江町)では、土壌診断によるカリ施用、土壌改良を行って露地、パイプハウスで各種品目を栽培した結果、収穫物に含まれる放射性セシウムは食品の基準値(100Bq/kg)を大きく下回った。

飼料用米実証ほ(富岡町)では、専用品種(べこあおば、ふくひびき)を用い粗玄米重は概ね 80kg/a 水準の多収となり、カリ施用により放射性セシウム濃度の低い玄米生産を実証した。

花き実証ほ(トルコギキョウ、川内村)では、平成 24 年度県の普及に移す成果の実践を行い日持ちが良く市場評価の高い切り花を生産することにより、村内で高い評価を受け、次年度、近隣町村の花き取り組みにつながる波及効果があった。

各実証ほでは、病害虫の発生は少なく、薬剤防除によって対応できた。現地での野生鳥獣は、イノシシ、キツネ、タヌキ、ハクビシン、アライグマ、キジなどが確認された。電気柵を設置したほ場内へもイノシシの侵入が確認されたが、ハクサイ、ダイコンの食害は無かった。

(2) 平成 26 年度の実証ほ(図 1 データは未検討内容を含むため省略)

前年の 8 市町村に田村市、広野町が加わり、10 市町村 12 カ所取り組んだ。内訳は、露地野菜 2 カ所、花き 4 カ所、資源作物 2 カ所、景観・油糧作物 1 カ所、牧草 2 カ所、斑点米カメムシ対策 1 カ所とした。事業 2 年目となり、避難指示区域等における実証の内容が多様化し、主食以外の新規品目の取り組みが増えた。主な実証ほの内容は下記の通りである。

花きは現地の関心が高く、太平洋に接し秋～冬季が温暖な浜通り地域の気候を活かした品目・作型などを提案し実証栽培に取り組んでいる。内容は、低温開花性の花き等を導入して露地・パイプハウスによる周年出荷体制の実証(広野町、浪江町)、積雪の少ない阿武隈山間地(川内村)でリンドウの露地越冬技術の実証、新規の花き栽培(川俣町、浪江町、広野町)などである。

資源作物(デントコーン、メタン発酵用、南相馬市小高区)では、品種比較・収穫量の確認と収穫時期の立毛乾燥を試みている。他には、畜産再開に向けて除染後農地における牧草の実証栽培(檜葉町、葛尾村)、景観を兼ねた油糧用ヒマワリの実証栽培(檜葉町)などに取り組んでいる。

表 1 福島県農業総合センター福島市駐在による現地実証栽培（平成25年度）

所在地	除染方法	品目	実証内容・成果など	放射性Cs (Bq/kg)	
				作付け前土壌	収穫物
川俣町	表土剥ぎ、客土	ハクサイ、ダイコン	土壌中の交換性カリ含量を高める(目標40mg/100g)ことにより収穫物は食品の基準値を大きく下回った。	60	10>
南相馬市	原町区	加工用パレイショ	〃	2,000	10>
	小高区	ダイコン	〃	730	10>
飯館村	表土剥ぎ、客土	野菜(露地・ハウス)	〃	300	10>
浪江町	反転耕(40cm)	ダイコン、ハクサイ、ホウレンソウ	反転耕により土壌表面の放射線量は半減した。収穫物は食品の基準値を大きく下回った。	190	10>
富岡町	—	飼料用米	施肥後、土壌の交換性カリは35mg/100g乾土。ペコあおば85kg/a、ふくひびき78kg/aの粗玄米収量を得た。	3,200	14~17 (粗玄米)
川内村	表土剥ぎ(ハウス周辺)	トルコギキョウ	基肥窒素1kg/a、高温期に30%遮光により日持ち性の高い切花が得られた。村内、市場の評価が高かった。	—	—
楡葉町	深耕(30cm)	景観形成作物	ヒマワリ、ソバ、ミックスフラワーの花により降霜11月中旬まで景観形成、農地保全管理ができた。	1,000	—
葛尾村	表土剥ぎ、客土	地力増進作物	すき込み後の土壌中N%の増加は、栽培ヒエ、クロタラリア、セソバニアとも同等であった。	350	11~69

注)放射性Csの値はCs-134,Cs-137の合計値。飯館村現地は、キュウリ、ミニトマト、インゲン、キャベツ、ブロッコリーなど10品目。

(3) 今後について

実証ほの担当農家からは、「震災後、初めての農作業に充実感、やりがいを感じた」、「将来に向けて”行動”が必要」などの感想があった。また、実証ほを契機に試験栽培を継続した農家があった。県の実証ほ取り組みは、各市町村から評価を得ている。他方、避難生活が長期化することにより農業者の帰還と営農再開への意欲低下が懸念されている。避難指示区域等の復興・営農再開に向けて、関係機関などによる農業者への継続的な支援が必要であると考えられた。

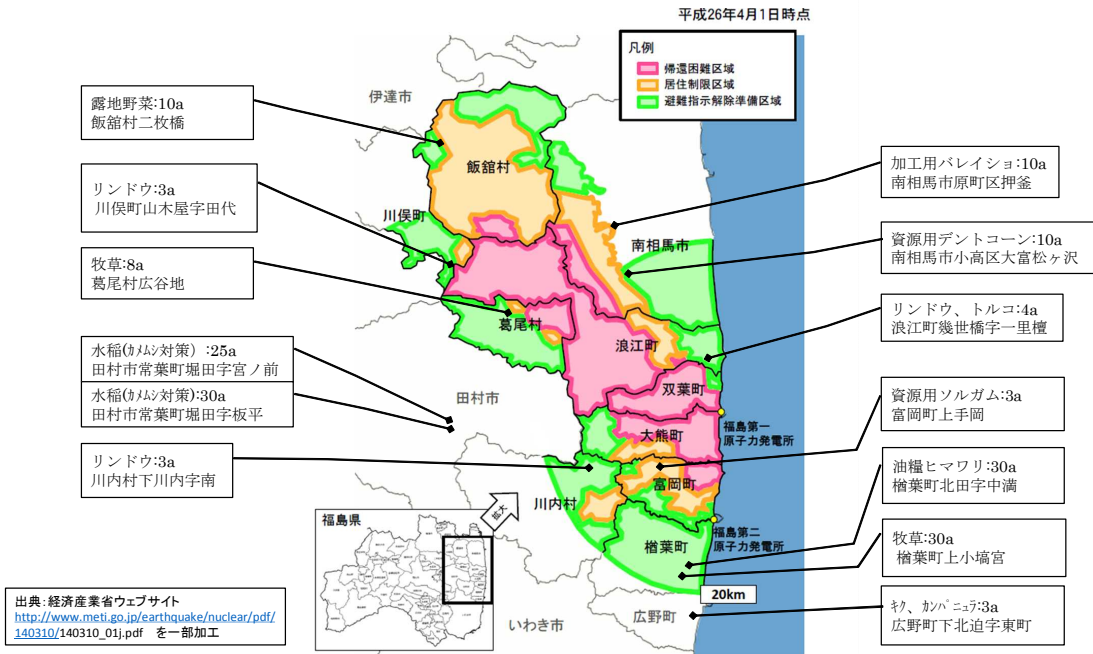


図 1 避難指示区域の概念図と平成 26 年度の実証ほ

蒸散が水稻によるセシウム吸収に及ぼす影響の予備的検討

藤村恵人・久保堅司

農研機構東北農業研究センター

【はじめに】農作物による放射性セシウムの吸収を低減する対策としてカリ増施の有効性が実証されている。一方で、放射性セシウムの農作物への移行に関わるカリ以外の要因については不明な点が多い。根によって吸収された元素は水と共に植物体内を移動するため、土壌からの水の流れ（マスフロー）は根による元素吸収に大きな影響を及ぼす。したがって、マスフローの原動力である蒸散は元素吸収や元素の植物体内での移動に影響を及ぼすと考えられる。畑作物のそばでは、蒸散抑制により放射性セシウムの吸収が低減することを示唆する結果を得た(久保ら 2014, 根の研究 23 (2); 58)。本研究では、イネによる放射性セシウムの吸収と移行に影響する要因として植物の蒸散に着目し、予備的な検討を行った。

【材料および方法】水稻品種「北陸 193 号」を用いた現地水田栽培試験において、1%のワックスを含む蒸散抑制剤（グリーンナー、グリーンナー有限会社）を出穂期の約 20 日前と約 5 日前に散布した（散布区）。散布しない株を対照区とした。各区 5 株を出穂 10 日後および成熟期に採取し、穂および茎葉の ^{137}Cs 濃度を比較した。

【結果および考察】出穂 10 日後の ^{137}Cs 濃度と乾物重は散布区で対照区よりも、有意差は認められなかったが、低い傾向を示した。成熟期の乾物重と ^{137}Cs 濃度には処理間差が認められなかった。水稻による放射性セシウムの吸収は幼穂形成期よりも早い時期に旺盛であることが報告されている。本研究で蒸散抑制剤の散布を行ったのは幼穂形成期頃であったが、栄養成長期等においては、蒸散抑制処理の効果が明確になることも予想される。

今後は畑作物における灌水制限試験や水耕実験等により蒸散がセシウム吸収に及ぼす影響の検討を行う予定である。

第 1 表 穂および茎葉の ^{137}Cs 濃度と乾物重（平均値±SE、n = 5）。

採取時期	処理区	^{137}Cs 濃度 (Bq kg ⁻¹ dw)		乾物重 (g / 株)	
		穂	茎葉	穂	茎葉
出穂 10 日後	対照区	38±4	35±5	9.3±1.5	20.8±1.3
	散布区	33±4	31±3	8.1±0.5	18.6±2.2
成熟期	対照区	23±2	36±4	27.9±2.1	18.3±1.4
	散布区	21±2	35±3	27.7±1.6	18.2±1.0

トマト果実の日焼けに及ぼす日射と気温の影響

岡田益己*・福島美希*・庄野浩資*・松嶋卯月*・由比進**

*岩手大学 **東北農業研究センター

1. はじめに

夏の高温期に果菜類を栽培すると果実に‘日焼け’症状が発生する。トマト果実の日焼けの主な特徴は、果実のへた周辺が黄色～黄緑色に変色した着色不良、果実の硬化であり、果実温度の上昇によるリコペン含量の低下が報告されている (Helves ら、2007、Pék ら、2011)。また鈴木ら (2012) は、直射を遮ることで日焼け症状を軽減できることを示し、日焼け防止対策として不織布による遮光の効果を報告している。しかし植物全体を遮光すれば、光合成を抑制して、生育・収量の低下を招く。一方、花房ごとの遮光は手間および技術の面から非現実的である。

本研究では、不織布による半日遮光や着果方位による自然遮光の効果を検討するとともに、日焼け発生に及ぼす日射と気温の影響を履歴的に解析した。

2. 実験方法

(1) 遮光処理

実験 1 では無遮光区、午前遮光区、午後遮光区、全遮光区の 4 つの処理区を設けた。1 処理区に 6 株 (2 条×3 株) を用意し、南北 2 条植えの条間を高さ 60cm、幅 40cm の不織布 (スーパーラプシート) で遮り、その西側を午前遮光区、東側を午後遮光区とした。全遮光区はアーチ状の支柱に長さ 105cm、幅 40cm の不織布を被覆し、全日果房に直射が当たらないようにした。

実験 2 では、1 ブロックに 8 株 (2 条×4 株) を用意した。最も南側の 2 株 (2 条×1 株) を南区、続く東側の 2 株を東区、西側の 2 株を西区、さらに最も北側の 2 株 (2 条×1 株) を北区とした。それぞれの方位に着果させ葉陰を利用して遮光した。実験 1 および 2 とも 4 反復の試験区を設けた。

(2) 供試材料

実験にはトマト (品種：麗夏) を用いた。2013 年 5 月 16 日にセルトレイ (128 穴) に播種後、6 月 11 日に 9cm ポットに移植した。岩手大学内のハウスで第 1 花房が開花するまで育苗した後、7 月 17 日に東北農業研究センター内の雨よけハウスに定植した。第 1 果実の肥大がほぼ完了した 8 月 10 日に遮光資材を設置した。その後 8 月 28 日から約 1 ヶ月間、第 1 果房の収穫調査を行った。さらに 9 月 12 日から約 1 ヶ月間第 2 果房の収穫調査を行った。

(3) 調査項目

雨よけハウス内で、温湿度センサーを通風式放射除けに入れて気温と湿度を測定した。光量子センサーで果実近傍の光強度を、また熱電対で果実表面温度を測定した。ハウス外の日射量は東北農業研究センターの気象観測データを用いた。果実の日焼け度は、主にへた周辺の着色具合を目視で判定し、0～3 の 4 段階に分類した。0 は被害無しで、数字が大きくなるほど日焼け度が大きい。

3. 結果および考察

図 1、図 2 に各処理区の日焼け度を示した。実験 1 では全遮光区で最も日焼け度が小さく、また実験 2 では南区で最も大きくなった。一方、光強度と果実表面温度ともに、全遮光区で最も低く南区で最も高い傾向にあり、日焼け度と対応した。図 3 には、実験 1 の無遮光区に対する他 3 処理区の日別最高果実表面温度を比較した。午前遮光区が無遮光区と同程度で、午後遮光区や無遮光区よりもやや低く、全遮光区で最も低くなった。この表面温度の結果は、実験 2 でも日焼け度の傾向とほぼ対応した。

果実表面温度が最高となる時間帯（11~13 時）の無遮光区における果実表面温度と気温の差を解析したところ、ハウス外の日射量と高い相関があった。そこで同時間帯の平均果実表面温度と気温の差を求め、日射量の関数として表した。この関係式から個々の果実について収穫前の日中温度を推定し、日焼け度との相関を解析した。収穫日前日から 5 週間前までさかのぼって、期間別に相関係数を求めたところ、2~4 週間前（3 週間）の果実表面温度と日焼け度との相関が最も高くなった。このことから果実着色期前の温度が日焼け症状を引き起こす可能性が高いことが判明した。さらにこの期間の日中の果実表面温度が 30℃を超えると日焼けの程度が大きくなることが分かった（図 4）。

実験 1 の処理方法では、半日遮光による効果が十分に認められず、被覆方法にさらなる工夫が必要である。実験 2 では、南、西、東、北という順で日焼けの程度が大きくなり、夏期では東西畝で栽培し果実を北側に向ける方法が有効であることが分かった。また収穫期前 2~4 週間の日射量と気温の推移から、日焼け度を予測できる可能性を示した。

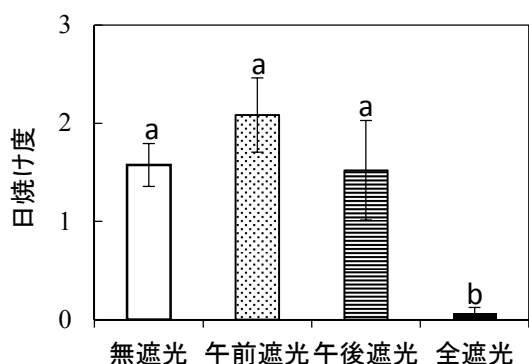


図 1. 不織布遮光区の日焼け度

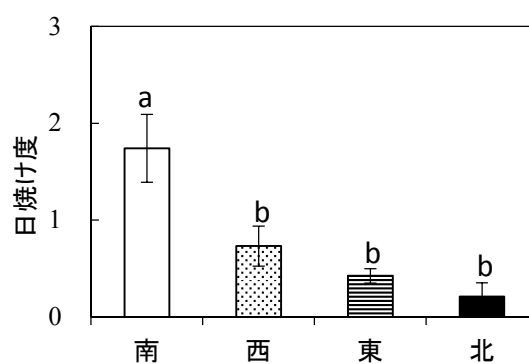


図 2. 着果方位処理区の日焼け度

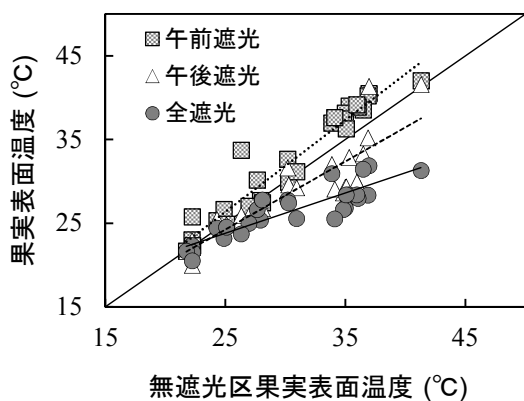


図 3. 無遮光区に対する日別の最高果実表面温度の比較

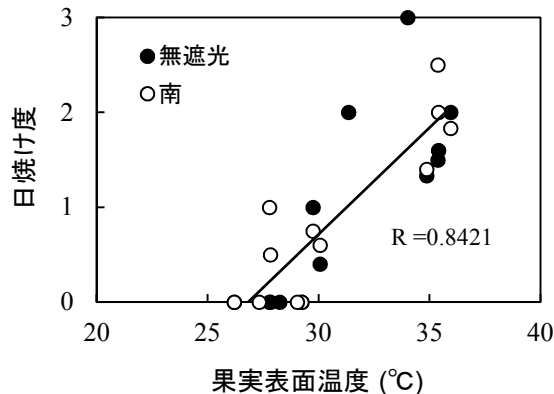


図 4. 収穫前 2~4 週間における日中の果実表面温度と日焼け度の関係

温度が生体高分子の活性に及ぼす影響

Effects of Temperature on Activity of Biopolymers

○皆川秀夫・田中勝千・鈴木由美子
(北里大学獣医学部)

〒034-8628 青森県十和田市東 23-35-1

Hideo MINAGAWA, Katsuyuki TANAKA and Yumiko SUZUKI

(School of Veterinary Medicine, Kitasato University, 23-35-1 Higashi, Towada, Aomori 034-8628, Japan)

1. はじめに

農業気象は植物や動物への気象要素の影響を主な研究対象としてきた。とりわけ温度の影響は重視され、積算気温を基にした DVI (発育指数、Developmental Index) や DVR (発育速度、Developmental Rate) は、水稻の生育段階を予測する数値として広く営農活動に利用されている。また、ハウスや畜舎は、植物や動物に対し、気温をはじめ湿度や風を最適に制御する施設として発展してきた。しかし、タンパク質や光合成色素、DNA などの生体高分子がどのように温度に影響されるのかという観点の研究はほとんどない。農業気象が発展するには生体高分子と温度との関係の把握は極めて重要である。

生命科学は現在、生体の遺伝子情報の解析が一段落するとともに、生体高分子、とりわけタンパク質の構造と機能の解明が主流となってきた。加えて近年、コンピュータの計算速度の向上、化学反応理論の進展、生体高分子データベースの拡充などにより、計算実験で生体高分子の構造や機能を電子や原子核の動きとしてとらえ、理解することが可能となってきた。例えば、タミフルやリレンザといった抗インフルエンザ薬は、ウイルス表面に分布するスパイク状タンパク質の構造解析を基に、このタンパク質の機能を阻害する化学物質として開発され、タンパク質の構造解析に基づく創薬のさきがけとなった。

本研究では、コンピュータ (PC)、ソフト (主として無料)、データベースを用い、生体高分子の 2 大活性反応、すなわちタンパク質を含む光合成色素の「電子移動」やタンパク質の「酵素反応」と「温度」との関係を探ることを目的とした。

2. 使用したコンピュータ (PC) のソフト、ハード、データベース

- | | |
|---|--|
| 1) ソフト (主として無料) | 2) ハード |
| ・分子軌道法 (MO) 関連 : GAMESS, MOPAC, FMO | ・CPU: Intel Core i7-481 (64 bits, 2.8 GHz, 8 コア) |
| ・入出力支援ソフト : Winmostar 4.0, FU (FMO Utility) | ・RAM: 16.0 GB |
| ・OS: Windows 7 (有料), Linux (VMware Player 6.0 +Ubuntu 14.0) | |
| 3) データベース | |
| ・タンパク質 : PDBj (Protein Data Bank Japan, 日本) | |
| ・化学物質 : PubChem (USA) | |

3. 光合成色素の電子移動と温度との関係

植物の光合成の特徴の 1 つは電子移動で、電子が 10 Å を越える長距離を効率的に移動する反応である。一例として図 1 に、紅色光合成細菌のアンテナタンパク質とその反応中心タンパク質における光合成色素の分布を示した。葉緑体のチラコイド膜に存在する PSII と呼ばれるタンパク質複合体の一部、すなわち光合成色素 (図 2) を含む巨大なアンテナタンパク質は、パラボラアンテナのように太陽光を中央に集光する (図 1)。その光エネルギーを受け、反応中心タンパク質のクロロフィル 2 量体は電子を放出する。この放出された電子は、キノンやシトクロムを介して最終的に PSI に移動、これより NADPH や ATP のような有機合成に必要なエネルギー分子が生産される。また、この電子の不足を補うため、反応中心タンパク質の最下部にあるマンガン (Mn)

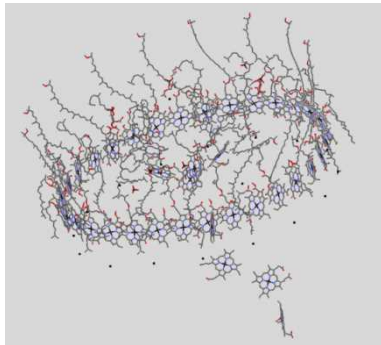


図 1. 紅色光合成細菌のアンテナタンパク質 (環状) とその反応中心タンパク質における光合成色素の分布 (PDBj「3WMM」より FU を用いて作成)

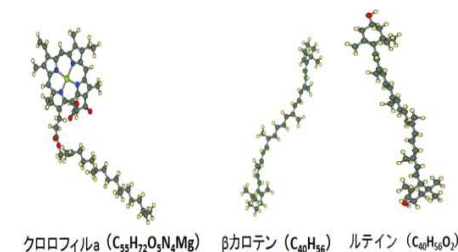


図 2. 主要な光合成色素の分子構造と化学式 (PubChem より Winmostar を用いて作成)

クラスターは、集光エネルギーの一部を使って水を電気分解し、電子のほか水素と酸素とを得る。

さて、このような電子の移動現象と温度との関係について考察すれば、光合成色素の光吸収スペクトルに温度の影響の特徴が現れていると思われる。クロロフィル a の光吸収スペクトルを図 3 に示し

た。これは、半経験的分子軌道法と呼ばれる MOPAC を用い計算した結果で、温度 25°C における原子核の並進・振動・回転を考慮したものである。図 4 にクロロフィル a の実測値を βカロテンやルテインのものとともに示した。クロロフィル a のスペクトルについて、計算値が線状であるのに対し実測値では帯状となった。また、赤色光のピーク値が実測で 680nm に対し、計算値は 610nm と約 70nm 波長が短波長に遷移した。さらに、青色光のピーク値は計算値が 390nm に対し、実測値では 440nm となり、赤色光と同様、計算値は約 50nm 波長がズレ、短波長に遷移した。計算値と実測値とにおける線状・帯状のスペクトル形状差、および計算値のピーク波長の短波長遷移は、いずれも光合成色素が水分子の熱運動の影響を受けることに起因する。水分子の熱運動によりクロロフィル a には振動によるエネルギーロスが生じ、光吸収が長波長域に遷移するものの、より幅広い波長の光

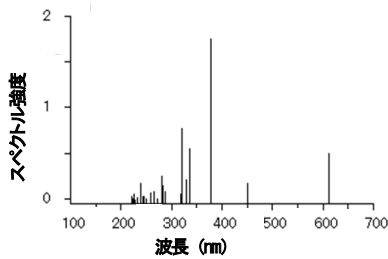


図 3. 分子軌道法 (MOPAC-2012) によるクロロフィル a の光吸収スペクトル (計算値)

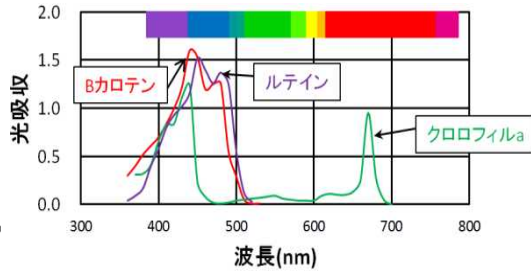


図 4. 光合成色素の光吸収スペクトル (実測値) (三室ら (2011) より作成)

エネルギーを吸収できる。光合成色素の電子移動は温度、すなわち水分子の熱運動を巧みに利用していると考えられる。

4. タンパク質の酵素反応と温度との関係

タンパク質は天然の触媒として化学反応を支えている。牛の膵臓から分泌されたタンパク質分解酵素トリプシンと、その阻害タンパク質 (不活化タンパク質) との結合タンパク質を図 5 に示した。分子量は約 3 万、アミノ残基 462 である。トリプシンは、腸内では阻害タンパク質がとれ活性化し、タンパク質を加水分解してペプトンやポリペプチドにする。図 6 に、トリプシンと阻害タンパク質それぞれのペプチド結合の炭素 Cα をスプライン関数で表示した主鎖骨格と、トリプシンの活性中心にある 3 アミノ酸残基とを示した。主鎖骨格の形状より、トリプシンには空隙が 1 カ所あり、活性中心であることが容易にわかる。活性中心にある 3 アミノ酸残基を拡大して図 7 に示した。活性中心のセリン、ヒスチジン、アスパラギン酸の 3 残基は触媒三角形と呼ばれ、原子核間には 2~3Å と近い位置にある。酵素反応はこの近さが本質的に重要である。例えば、セリンの水素 (H) とヒスチジンの窒素 (N) は近づくことにより N-H 結合が生じ、この結果、セリンの酸素 (O) がイオン化 (O⁻) され、基質 (分解されるタンパク質) に電子を与えやすくなる。酵素反応は、基質は酵素に固定され、電子の通路ができ、電子が流れやすくなることが特徴である。なお、この酵素反応過程は現在、詳細に調べられており、計算実験で容易に確認できる。

このとき、酵素反応に及ぼす温度の影響は、非平衡状態であるため経験則であるが、確率を意味するボルツマン因子を援用したアレニウスの式「 $K=Ae^{(-\Delta G/(R \cdot T))}$ 」で評価できる。ここで K=反応速度、A=定数、ΔG=ギブスの自由エネルギー、R=気体定数、T=温度 (絶対温度) である。ギブスの自由エネルギーは平衡状態のものであるから、非平衡状態のものを活性エネルギーという場合もある。アレニウスの式から、温度が 10°C 上がった場合の反応速度の上昇割合を意味する温度係数 (Q10) が導出される。例えば、一般的な酵素の ΔG=50 kJ/mol を仮定すれば、温度 T₁=298 K (25°C)、T₂=308 K (35°C)、R=8.31 J / (K・mol) より、 $Q10=K_2/K_1= e^{(-\Delta G/(R \cdot T_2))} / e^{(-\Delta G/(R \cdot T_1))}=2.0$ と算出される。これは、1°Cの温度上昇で反応速度は 20%上昇することを意味する。また、0.1°Cの温度精度の計測も要求される。温度はタンパク質の酵素反応に大きな影響を与えることがわかる。

5. おわりに

生体高分子は電子移動、酵素反応ともに温度の影響を強く受けることが計算実験でわかった。農業気象は 0.1°Cの温度を重視し、気象が生体に及ぼす影響をよりミクロなレベルで解析できる時代を迎えているといえる。

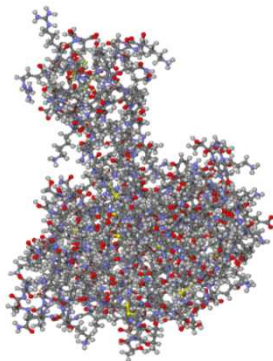


図 5. トリプシン (牛膵臓分泌) に結合する阻害タンパク質 (PDBj 「2PTC」・FU 作成)

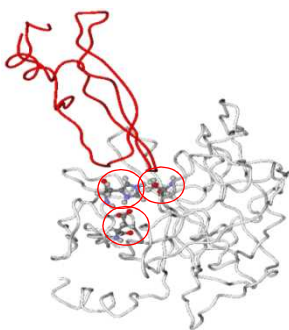


図 6. トリプシンと阻害タンパク質の各主鎖骨格 (赤・白) とトリプシン活性中心にある 3 アミノ酸残基 (赤円環) (PDBj 「2PTC」・FU 作成)

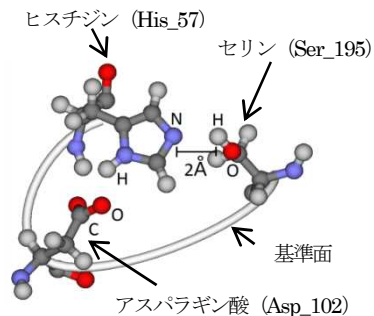


図 7. トリプシン活性中心にある 3 アミノ酸残基の位置関係 (PDBj 「2PTC」・FU 作成、残基番号は全残基の通番)

水稻品種「まっしぐら」における疎植栽培の 気象条件に対する収量変動

○木村利行・石岡将樹・野沢智裕
青森県産業技術センター・農林総合研究所

1 目的

移植時の株間を広くする水稻疎植栽培は、育苗に要する労働時間及び経費が削減できる省力・低コスト技術である。しかし、水稻の生育期間が冷涼な地域では、疎植化により m^2 当たり籾数の不足などで収量が不安定になることが懸念される。このことから、気象要素から疎植栽培の収量を試算する推定式を作成し、青森県の気象条件に対する疎植栽培の収量変動について検討した。

2 方法

1) 試験は青森県産業技術センター農林総合研究所で行った。供試品種は「まっしぐら」とした。試験年次は平成22～26年で、移植は5月上旬から6月上旬に行い、平成22～25年は各年4作期、平成26年は1作期を設けた。移植作業は手植えで行い、移植苗は中苗、1株当たりの植付本数は4本とした。施肥量は a 当たり成分量で窒素0.7kg（基肥0.5+追肥0.2）、りん酸1.0kg、カリ1.0kgとした。栽植株数は坪70株（条間30cm×株間15.7cm）、坪50株（同30cm×22cm）、坪37株（同30cm×30cm）の3水準を設けた。試験は2反復で行った。

2) 収量を試算するため各収量構成要素（ m^2 当たり籾数、登熟歩合、玄米千粒重）の推定式を作成した。 m^2 当たり籾数は、栽植株数毎（坪70、50、37株）に幼穂形成期の生育量（草丈× m^2 当たり茎数）から推定した。登熟歩合及び玄米千粒重は、 m^2 当たり籾数及び登熟前後の気象条件を用いて推定した。

3) 得られた推定式とメッシュ農業気象データ（中央農業研究センター・情報利用研究領域）を用いて、1km四方メッシュ毎の収量を算出した。気象条件は、①平年値、②平均気温が 0.5°C 高く、日照時間が110%、③平均気温が 1.0°C 高く、日照時間が120%と設定した。

3 結果

1) 幼穂形成期の生育量（草丈× m^2 当たり茎数）について、草丈は日平均気温に対する1日当たりの草丈伸長量の関係式（図1）、 m^2 当たり茎数は説明変数を坪当たり株数、活着期（移植後1～10日）及び分けつ期（移植後11日～穂首分化期）の平均気温及び日照時間とする重回帰式を作成した（表1）。また、幼穂形成期の生育量と m^2 当たり籾数の関係から回帰式を作成した（図2）。

2) 登熟気温及び m^2 当たり籾数を説明変数として、登熟歩合を推定する重回帰式を作成した（表2）。

3) 玄米千粒重と幼穂形成期から出穂期までの平均気温の関係から回帰式を作成した（図3）。

4) 1)～3)で得られた推定式より、5月20日に中苗を移植した条件で各栽植株数毎の収量を算出した。坪70株に対する坪50株及び坪37株の収量比は、気象条件で③>②>①の順に高く、坪37株が93～97%程度、坪50株が96～99%程度であった。地域の比較では、津軽地域（日本海側）が県南地域（太平洋側）に比べて数%高かった。（図4）

4 まとめ

気象要素から疎植栽培の収量を推定する方法について検討した。慣行栽培（坪70株）に対する疎植栽培の収量比は気象条件で異なり、水稻生育期間の平均気温が高く、日照時間が多い年次及び地域ほど高いと考えられた。

本研究による結果は、青森県内で水稻疎植栽培を導入する際のリスク評価として活用できる。

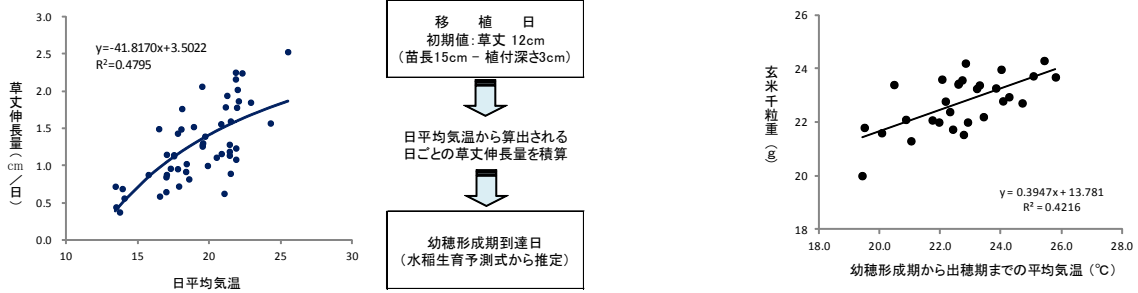


図1 日平均気温と草丈伸長量及び幼穂形成期における草丈の推定方法

図3 幼穂形成期から出穂期の平均気温と玄米千粒重

表1 幼穂形成期の㎡当たり茎数を目的変数とした重回帰分析結果

変数名	偏回帰係数	F値	単相関	偏相関	修正済み重相関係数	修正済み決定係数
栽植株数	5.173	102.6**	0.5416	0.8229	0.9245	0.8547
移植後1～10日の平均気温	21.436	12.5**	0.1430	0.3529		
移植後1～10日の積算日照時間	1.693	17.0**	0.3549	0.4973		
移植後11日～穂首分化期の平均気温	22.935	4.7*	-0.4861	-0.4595		
移植後11日～穂首分化期の積算日照時間	1.875	62.7**	0.5212	0.8199		
定数項	-1001.13	13.7**				

注) 説明変数の**は1%水準で有意、*は5%水準で有意

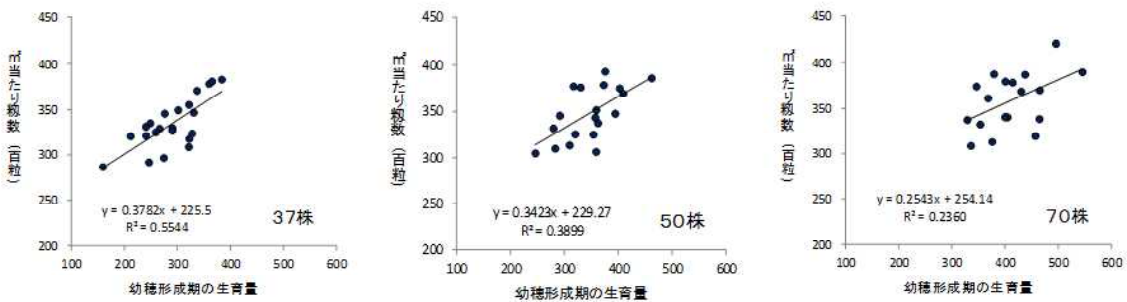


図2 幼穂形成期の生育量と㎡当たり籾数

表2 登熟歩合を目的変数とした重回帰分析結果

変数名	偏回帰係数	F値	単相関	偏相関	修正済み重相関係数	修正済み決定係数
㎡当たり籾数 (百粒)	-0.05758	14.4**	-0.3267	-0.3977	0.6112	0.3736
登熟気温	2.384	19.9**	0.4335	0.9343		
定数項	50.21	16.3**				

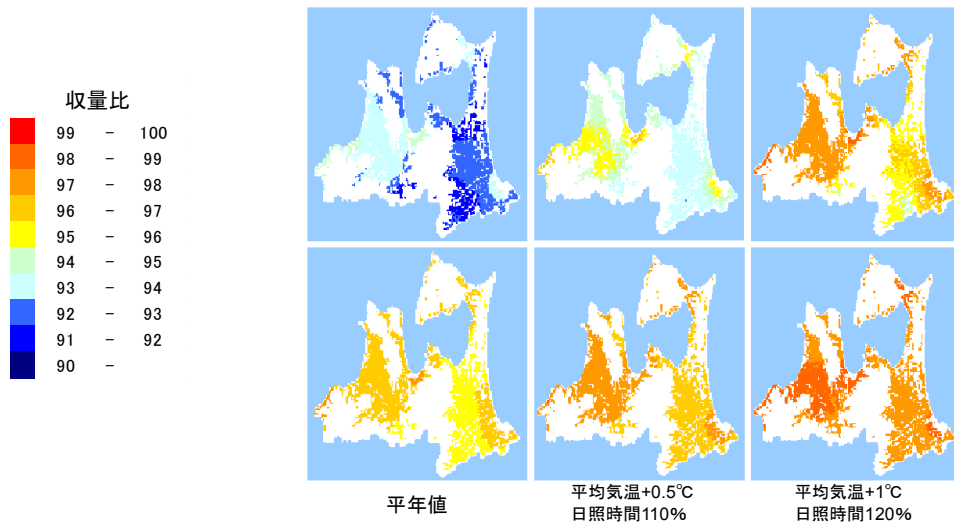


図4 各気象条件に対する坪37株 (上段) 及び坪50株 (下段) の坪70株に対する収量比 (%)

講演要旨

生産力検定試験データを用いた東北地方の過去の
気候変動がダイズ生育に及ぼした影響

熊谷悦史

農研機構東北農業研究センター

はじめに

演者は、チャンバーを使った温暖化栽培実験によって、北日本における温度上昇がダイズの収量を増加させる可能性を示した (Kumagai & Sameshima, 2014)。しかしながら、2010 年に起こった夏季異常高温は、東北地方の多くの栽培試験地においてダイズの減収や品質低下を引き起こした (松波ら 2013)。ダイズの減収の 1 要因として水分ストレスがあり、異常高温時の減収には乾燥ストレスの関与が指摘される。圃場の水収支に関わる重要な気象要素である降水量や蒸発散量とダイズ作況との関係性を明らかにすることが重要であるが、その解析は十分になされていない。また、過去の長期的な気候変動が国内のダイズ作況に及ぼした影響を解析した例は限られる。そこで、長年にわたり継続されている東北農研刈和野キャンパス (秋田県大仙市) の大豆育成品種生産力検定試験の成績と大曲アメダスの気象要素の長期的な変化と各年次の成績と気象要素の関係性について調べた。

材料および方法

- 1) 1980 年から 2012 年に実施された大豆育成品種生産力検定試験 (5 月下旬播種、栽植様式 75cmx16cm、品種「スズカリ」) の成績 (播種日、開花期、成熟期、全重、子実重、百粒重) を収集した。
- 2) 農環研による Meteocrop DB から、大曲アメダスの 1980 年から 2012 年の日平均気温、降水量、ポテンシャル蒸発量 (近藤・除, 1997) の日別値を取得した。
- 3) 2) の気象要素と気候湿潤度 (=降水量/ポテンシャル蒸発量) (近藤・除, 1997) の月別値 (前半、後半) と開花迄日数、結実日数 (開花期~成熟期)、子実重、百粒重の年次に対する回帰係数を計算するとともに、各年次の気象要素の月別値と試験データとの単相関解析を行った。

結果および考察

- 1) 過去 33 年間に於いて、開花迄日数は年次経過に伴い短縮傾向にあるが、有意でなかった。一方、結実日数は年次経過に伴い延長した (図 1)。全重および子実重は年次経過に伴う有意な増加を示したが、変動係数は高かった。過去の百粒重は増加傾向にあるが、有意でなかった。
- 2) 平均気温は 6 月後半、7 月前半、9 月において年次に対して有意な上昇を示した (表 1)。特に 9 月後半の昇温が大きかった。降水量と気候湿潤度は、9 月後半のみにおいて有意に増加し、ポテンシャル蒸発量は、9 月前半のみ有意な増加を示した。
- 3) 7 月前半の平均気温と開花迄日数には有意な負の相関関係が認められ、この時期の平均気温が 1℃ 上昇すると、開花迄日数が約 2 日短縮した (図 2 左)。また、8 月後半の平均気温と子実重および百粒重には有意な負の相関関係が見られた (データ省略)。
- 4) 8 月前半のポテンシャル蒸発量と結実日数、8 月後半のポテンシャル蒸発量と子実重および百粒重の間にはそれぞれ負の相関関係が見られた (図 2 中、右)。8 月後半の気候湿潤度と百粒重の間にも有意な正の相関関係が見られた (データ省略)。
- 5) 以上のように、栄養生長期前半の高温は、開花期を前進させ、開花期や子実肥大初期の高温、少

雨や高蒸発散による土壌乾燥は減収や小粒化を引き起こしていることが示唆された。

謝辞：試験データは東北農研水田作研究領域大豆育種グループの湯本節三氏、加藤信氏に提供頂いた。

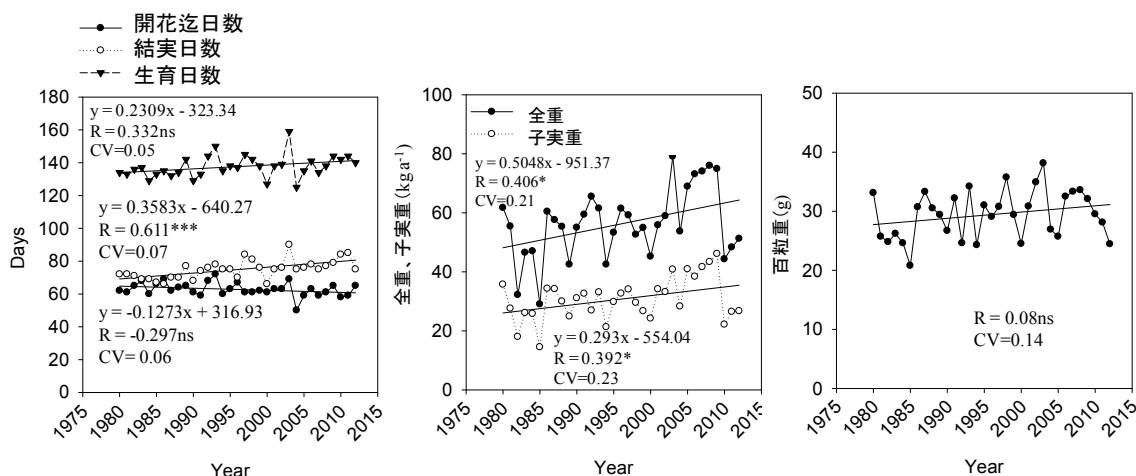


図 1. 過去 33 年の東北農研（刈和野）の大豆育成系統生産力検定試験における発育および収量の年次変動。品種はスズカリ。Rは相関係数。CVは変動係数。*、***は 0.1、5%水準で有意。

表 1. 過去 33 年の大曲アメダスにおける気象要素の年次に対する回帰係数。*、***は 0.1、5%水準で有意。ns は有意差無し。

変化率/10年	6月前半	6月後半	7月前半	7月後半	8月前半	8月後半	9月前半	9月後半
平均気温(°C)	0.24ns	0.69***	0.69***	0.33ns	0.53ns	0.15ns	1.02***	0.66*
降水量(mm)	-4.00ns	6.55ns	6.50ns	-4.67ns	13.50ns	-1.44ns	-10.39ns	19.39*
ポテンシャル蒸発	1.10ns	0.81ns	0.89ns	0.72ns	-1.25ns	-0.68ns	2.92*	0.85ns
気候湿潤度	-0.09ns	0.14ns	0.11ns	-0.17ns	0.30ns	0.06ns	-0.46ns	0.58*

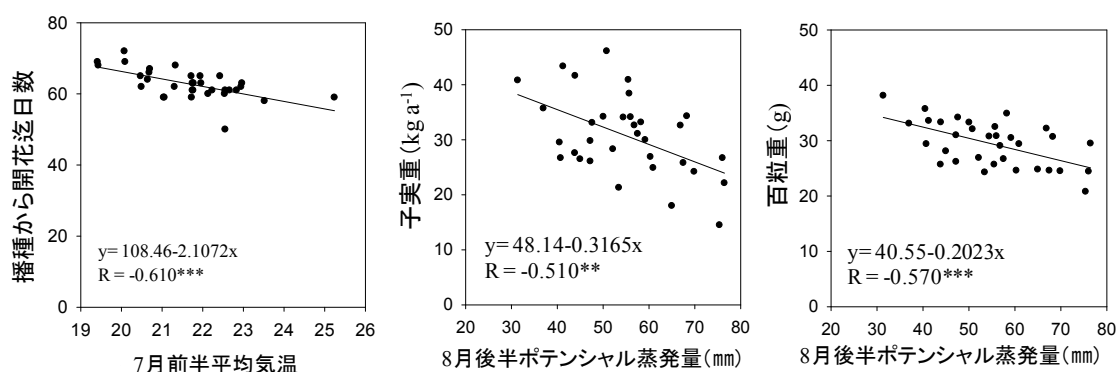


図 3. 7 月前半平均気温と開花迄日数との関係、8 月後半ポテンシャル蒸発量と子実重および百粒重との関係。**、***は 1、0.1%水準で有意。

>>>支 部 だ よ り<<<

1. 2014（平成26）年度支部大会

2014年度支部大会は、郡山市商工会議所2F 会議室（〒963-8004 福島県郡山市中町10-6）において、11月29日に開催されました。シンポジウム「震災からの復興と研究」が開催されました。一般研究発表会では6題の発表があり、活発な討議が行われました。木村利行会員が2014年度奨励賞を受賞しました。今号には研究発表の要旨を掲載しました。

2. 会員動静(2014年3月31日)

[入会] 小森 大輔、紺野 祥平、中嶋 美幸、西田 実

[退会] 岩崎 尚、丹治 和博、土屋 幸男、濱名 光衛

会員数（2014年3月31日）：120名

名誉会員： 1名

会 員：105名（内支部のみ51、本部のみ41、本部（管外）13）

図書館等： 14名（内支部6、本部のみ8）

3. 寄贈図書

日本農業気象学会各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. 2015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、2015年度の候補者をご推薦ください。締め切りは2015年8月15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. 2015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、2015年度の候補者をご推薦ください。締め切りは2015年8月15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。

6. 決算報告および予算

(1) 2013年度決算報告(2013.4.1~2014.3.31)

収 入			支 出		
項 目	予 算	決 算	項 目	予 算	決 算
個人会費	19,500円	15,000円	印刷費	5,000円	0円
支部補助費	29,400	29,400	通信費	30,000	450
雑収入	0	31	事務費	20,000	10,838
大会費 (本部)	0	5,750	大会費	50,000	27,410
繰越金	648,388	648,388	雑 費	5,000	760
			予備費	587,288	0
合 計	697,288円	698,569円	合 計	697,288円	39,458円

余剰金の算出 収 入 698,569円
 支 出 39,458円
 余剰金 659,111円

(2) 2014年度予算(2014.4.1~2015.3.31)

収 入		支 出	
項 目	予 算	項 目	予 算
個人会費	25,500円	印刷費	5,000円
支部補助費	28,700	通信費	20,000
雑収入	0	事務費	20,000
繰越金	659,111	大会費	50,000
		雑 費	5,000
		予備費	613,311
合 計	713,311円	合 計	713,311円

7. 2015年度支部大会のお知らせ

2014年度支部大会は秋田県にて開催予定です。後日案内をお送りしますので、多くの方の研究発表をお願いします。

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 ファイルを閲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 ファイルを閲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。

会誌「東北の農業気象」投稿規程

1. 投稿

1. 1 著者は、投稿の種類(下記)を明記の上、原稿1部を原則として電子ファイルで編集幹事に送付する。
1. 2 投稿原稿は大会の終了日から2月末日まで受付け、受理日は編集幹事が原稿を受理した日とする。

2. 投稿の種類

2. 1 「論文」、「短報」、他に「進む研究」、「講演要旨」などの記事を設ける。
2. 2 「論文」は比較的完成度の高い研究結果を報告するもので、刷上がりを原則として6ページ以内とする。
2. 3 「短報」は有益な研究結果を速報するもので、刷上がりを原則として4ページ以内とする。
2. 4 「論文」、「短報」は、他の雑誌に掲載したもの(投稿中も含む)と同一であってはならない。すでに掲載された内容を一部重複して投稿する場合には、投稿原稿の40%以下に重複内容を圧縮する。
2. 5 「進む研究」は実用に近づきつつある研究成果を紹介するもので、刷上がりを4ページ以内とする。
2. 6 「講演要旨」は当該年度に支部大会で行われた講演の要旨を紹介するもので、刷り上がりを2ページ以内とする。
2. 7 このほか、著者は「資料」「解説」など、投稿内容に相応しいジャンルの設置を、編集幹事に要請できる。

3. 「論文」、「短報」の執筆要領

3. 1 原稿の作成

3. 1. 1 ワープロを用いた投稿には、A4サイズの内紙を縦置き、横書きに使い、34字33行とし、上下左右に30ミリ以上の余白をとって原稿を作成する。原稿左端に通し行番号を記入する。これらの原稿3枚で、刷りあがり2ページになる。文字サイズは12ポイント程度が望ましい。
3. 1. 2 原稿本文の右肩に、1, 2, 3, 4と通し番号を記す。図表は同様に、和文の場合は、図1, 図2, 図3および表1, 表2, 表3と、英文の場合はFig.1, Fig.2, Fig.3, Table1, Table2, Table3とする。

3. 2 表紙

3. 2. 1 表紙は別ページとし、以下の例にしたがって、表題・著者名・所属を和文と英文で書く。表題は内容を的確かつ簡潔に表現するものとし、副題はできるだけ避ける。所属は研究の主たる部分を遂行した場所とし、現在の所属が異なる場合は脚注に現所属を記す。

(例) 水温と地温が水稻の生育に及ぼす影響
佐藤忠士*・工藤敏雄**
*岩手県農業試験場
**岩手大学農学部

Effect of water and soil temperature on paddy rice growth
Tadashi SATOH* and Toshio KUDOH**

*Iwate Agricultural Experiment Station, Takizawa 020-01

**Iwate University, Faculty of Agriculture, Morioka 020

*現在：佐藤農場(株)

*Present address : The Satoh Farm

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説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59号

2015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 019-643-3594
振替口座 02270-7-4882
