

東北の農業気象

Agricultural Meteorology in Tohoku

Vol. 57

Mar. 2013

報 文

気象観測データにもとづくリンゴ園表層の土壤水分張力の簡易な推定

伊藤大雄・石田祐宣・遠藤 明 1

支部大会研究発表要旨

冬期湛水水田の融雪後の水温推移 横山克至・土門 清 7

飼料用米品種「みなみゆたか」における乾田直播栽培の播種晩限 木村利行 9

MIROC 5による冷害リスク判定の試み 神田英司・菅野洋光・渡部雅浩 11

高温・土壤乾燥がダイズの生育に及ぼす影響 熊谷悦史 13

低温が飼料米の生育に及ぼす影響 伴野博希・日吉慧介・皆川秀夫・田中勝千 15

水耕栽培ニンニクにおけるイモグサレセンチュウの根部侵入の観察

皆川秀夫・宮下 翼・久保田洋光・西川友隆・田中勝千 17

もみ殻培地を利用した夏どりイチゴの栽培システム

岡田益己・町田 創・神保実紗子・岡田小百合・松島卯月・庄野浩資 19

インゲンマメの微量濃度塩ストレス応答に関する研究

武氣壮平・庄野浩資・松島卯月・岡田益己 21

キュウリホモプシス根腐病が葉の生育状態に及ぼす影響

安藤康一郎・庄野浩資・山口貴之・松島卯月・岡田益己 23

小 講 座

古代国家における『コメ作りの実態』 ト蔵建治 25

支 部 だ よ り

2012 年度支部大会報告 31

支 部 会 案 内

会則・規程 34

投稿規程 40

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（2013・2014年度）

支 部 長	皆川 秀夫	北里大学
理 事	菅野 洋光	東北農業研究センター
永年功労会員 表彰審査委員	菅野 洋光	東北農業研究センター
本部評議員	岡田 益己	岩手大学
	伊藤 大雄	弘前大学
評 議 員	臼井 智彦	岩手県農業研究センター
	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
	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	岩手県農業研究センター
	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
	菅野 洋光	東北農業研究センター（事務局担当）
	川方 俊和	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）

日本農業気象学会東北支部編集委員会（2013・2014年度）

伊藤 大雄 菅野 洋光 横山 克至

報 文

気象観測データにもとづくリンゴ園表層の土壌水分張力の簡易な推定

伊藤大雄*・石田祐宣**・遠藤 明***

* 弘前大学農学生命科学部附属生物共生教育研究センター

**弘前大学大学院理工学研究科

***弘前大学農学生命科学部

Simplified estimation for the soil surface water potential of an apple orchard based on the meteorological data

Daiyu ITO, Sachinobu ISHIDA and Akira ENDO

* Teaching and Research Center for Bio-coexistence, Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University, Fujisaki, 038-3802

** Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University, Hirosaki, 036-8561

*** Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University, Hirosaki, 036-8561

リンゴ園土壌表層の pF を気象観測データから動的に推定する簡単なモデルを考案し、モデルの適合性を観測により検証した。考案したモデルは、消雪直後あるいは十分な降水の翌日を計算初日とし、①基準蒸発散量の計算、②表層蒸発散量の計算、③水分増加量の計算、④含水率の計算、⑤含水率から pF への換算、という 5 つの手順を 1 日ごとに繰り返すものである。日別気象データとしてステップ①において日射量、最高・最低気温、平均相対湿度および平均風速が、ステップ③において降水量が必要となる。ステップ⑤では土壌水分-pF 曲線を必要とする。2008、2009、2011、2012 年について 11 月 30 日まで pF を推定したところ、日々の推定値は pF1.5~2.7 の範囲において RMSE=0.18 の精度でテンシオメータでの観測値と一致した。

キーワード：果樹園、基準蒸発散量、動的推定、pF、水ストレス

Keywords: Dynamic model, Fruit orchard, pF, Standard evapotranspiration, Water stress

1. はじめに

土壌水分の多寡は、リンゴにおいても樹体の生長や果実の肥大・品質に大きく影響する(加藤; 1985)。そして、土壌水分の重要な決定要因の一つが日々の蒸発散量 (ET) である。現在、 ET は FAO-ペンマン・モンティース蒸発散位 (基準蒸発散量; ET_0) に作物係数 (Kc) を乗じて推定されるのが一般的である (Allen *et al.*, 1998)。すなわち、

$$ET = ET_0 \times Kc \quad (1)$$

著者らは、リンゴ園土壌水分の広域的・気象学的な予測を最終的な目標として、熱収支ボーエン比法と渦相関法によってリンゴ園の ET の観測を続けており、初期的な解析を行って得た実蒸発散量を ET_0 で除することによって Kc を求め、 Kc がどのような季節変動を示すのか明らかにしつつある (伊藤ら; 2007、伊藤; 2010)。しかし、 ET をより高精度に推定するには水ストレスによる抑制も考慮する必要がある (Allen *et al.*, 1998)。すなわち、

$$ET = ET_0 \times K_c \times K_s \quad (2)$$

ここで K_s は水ストレス係数と呼ばれ、一般には土の体積含水率 (VWC) に応じて 0 から 1 の間を変動する関数として定義される。つまり、土壌水分の把握を目指して ET を予測するのに、これを高精度で予測しようとするとう壤水分情報が必要になるというジレンマが生じる。この問題を解決するには、ある日の ET を予測して VWC を求め、求めた VWC を利用して翌日の ET を予測する、という動的な手法が必要である。また著者らは、蓄積しつつある観測データを解析して蒸発散速度や土壌呼吸速度の決定機構を気象学的に追究したいと考えている。その際、土壌水分張力 (pF) の欠測を補完する必要性が想定され、予め相応の精度で pF を推定できる手段を構築しておく必要がある。

本報では、本格的な動的予測モデルへのアプローチとして、また、簡単な土壌水分の予測手段として、リンゴ園表層だけを考え、その pF と VWC を日々求める簡易な動的推定モデルを考案した。そして、pF の計算値と実測値と比較してモデルの妥当性や推定精度を検討した。

2. 材料および方法

2.1 観測場所と観測概要

観測は本学農学生命科学部藤崎農場内のリンゴ園において 2008、2009、2011、2012 年の 4 ~ 11 月に実施した。 ET_0 の計算に必要な日射量、気温、相対湿度ならびに風速は、リンゴ園内に設置された高さ 9 m の微気象観測タワーにおいて、それぞれ 4 成分放射計 (MR-50, 英弘精機)、温度湿度計 (HMP45A または HMP155, Vaisala) ならびに 3 杯式風速計 (AF750, 牧野応用測器) を使用して観測した。なお、放射計および温度湿度計の設置高度は 9.0 m、風速計の設置高度は 4.5 m であった。降水量は、上記リンゴ園に隣接する気象観測露場で、転倒マス雨量計により観測した。欠測の場合は、青森地方気象台の日射量や相対湿度、弘前アメダスの気温や降水量や風速、微気象観測タワーの他高度の風速などを、必要に応じて補正の上使用した。また pF は、テンシオメータ 2 個 (DIK-3023, 大起理化) をリンゴ園内の深さ 0.3 m に埋設して測定した。

2.2 土壌水分特性の測定

2011 年に、微気象観測タワーから約 300 m 離れた藤崎農場内のリンゴ園において、深さ 0.1、0.3 および 0.5 m より 100 mL の土壌サンプルをそれぞれ 3 点、合計 9 点採取し、加圧板法によって排水過程における pF=0.0、1.0、1.7、2.0、2.3、2.6、2.8、2.9、3.0、3.1 および 3.2 に対応する VWC を測定した。

2.3 pF 推定モデル

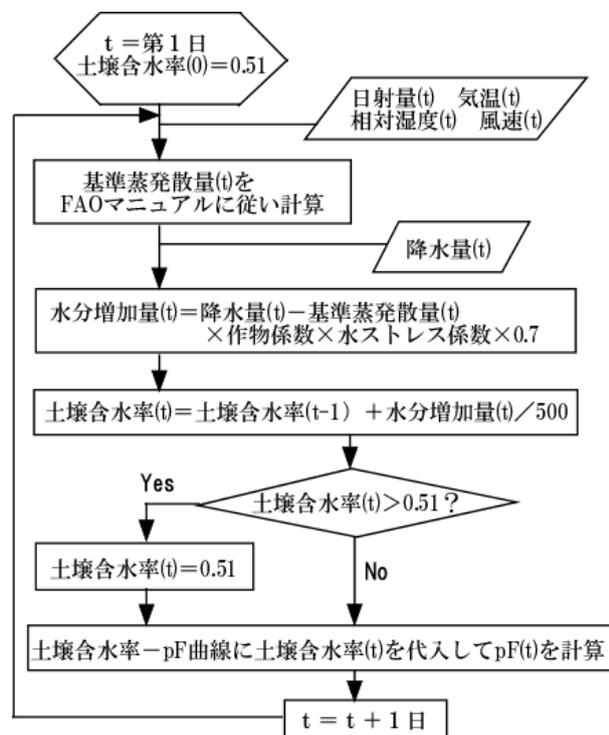


図1 推定モデルの計算過程の概要

考案したモデルは、VWCを1日毎に逐次的に計算し、これを後述するVWC-pF曲線に基づいてpFに換算するものである。計算手順のフローチャートを図1に示した。ここで、 $t-1$ 日の土壤表層（本研究では深さ0~0.5mとする）のVWCが既知であるとして、 t 日のVWCを計算する手順について以下に述べる。

① 基準蒸発散量の計算

FAOのマニュアル（Allen *et al.*, 1998）に従って、 t 日の積算日射量、最高・最低気温、平均相対湿度、平均風速から、 t 日の基準蒸発散量 $ET_0(t)$ (mm)を計算する。

② 土壤表層の蒸発散量の計算

(2)式に準じて、 t 日の土壤表層からの蒸発散量 $ET_s(t)$ (mm)を得る。すなわち、

$$ET_s(t) = ET_0(t) \times K_c(t) \times K_s(t-1) \times R_s \tag{3}$$

$K_c(t)$ は t 日の作物係数で、季節の進行とともに0.85から1.25まで上昇するように設定した(表1の1列目)。値の設定に際しては、観測された実蒸発散量を ET_0 で除して得た K_c (表1の2列目。水ストレスを考慮すればこれより大きくなる)を参考にした。次に、 $K_s(t-1)$ は $t-1$ 日の水ストレス係数であり、VWCに応じて図2に示すように変動するものとした。すなわち水ストレス係数 K_s は、VWCが永久萎凋点(pF=4.2)に相当するa点以下なら0であるが、a点からb点まではVWCとともに直線的に増大し、b点を超えて圃場容水量(本研究ではpF=1.5)に相当するc点に達するまでは常に1であると定めた。b点は生育障害水分点と呼ばれ、一般にpF=3.0相当とされている(大槻:2009)が、晴天日にはpF=2.5程度で蒸散が抑制されることもある(Connor *et al.*: 2011)。さらに、伊藤ら(2006)はニホンナシにおいて主根群域のpFが2.4でも明瞭な蒸発散の抑制を認めているほか、果樹では2.5を下回る低いpFを灌水開始の指標とする事例が多い(金原ら; 2011、葉師寺; 1997)。そのため本研究では、b点としてpF=2.2相当のVWCを採用した。a点、b点およびc点におけるVWCの具体的な数値については後述する。 R_s は蒸発散全体に占める土壤表層の寄与を示す係数で、本研究では0.7に固定した。

③ 土壤表層の水分増加量の計算

土壤表層と下層の間の毛管水の流入・流出は無視し、単に t 日の降水量 $Pr(t)$ (mm)と表層の蒸発散量 $ET_s(t)$ (mm)の差し引きによって、 t 日の表層の土壤水分増加量 $\Delta W(t)$ (mm)を得る。すなわ

表1 推定モデルで採用した作物係数と過去の観測値

	推定モデル 採用値	観測値 ⁽¹⁾
4月	0.85	0.85 ± 0.10
5月	0.85	0.83 ± 0.10
6月	1.05	0.81 ± 0.07
7月	1.05	0.93 ± 0.06
8月	1.15	1.07 ± 0.07
9月	1.25	1.07 ± 0.11
10月	1.25	1.17 ± 0.05
11月	1.25	1.14 ± 0.03

(1)渦相関法と熱収支ボーエン比法で2007~2009年に観測し、観測蒸発散量を基準蒸発散量で除して算出(伊藤:2010)

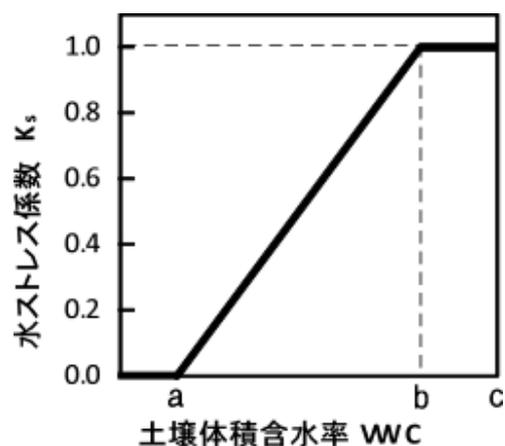


図2 推定モデルで採用した土壤含水率と水ストレス係数の関係

a、b、cはそれぞれ永久萎凋点(pF=4.2)、pF=2.2、圃場容水量(pF=1.5)に相当する土壤含水率を示す

ち、

$$\Delta W(t) = Pr(t) - ETs(t) \tag{4}$$

④ 土壌表層の VWC の計算

$t-1$ 日の VWC に $\Delta W(t)/500$ を加えて t 日の VWC を得る。すなわち、

$$VWC(t) = VWC(t-1) + \Delta W(t)/500 \tag{5}$$

500 は、表層の厚さ (mm) である。但し、 $VWC(t)$ が $0.51 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ を超えるときは $0.51 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ とした。後述するように、これは圃場容水量に相当する VWC である。すなわち本モデルでは、圃場容水量を超える水は重力水として直ちに下層へ流去するものとした。

第 1 日目の計算は、消雪日の数日後、あるいは十分な降水の翌日に $VWC(0) = 0.51 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ と仮定して開始した。

3. 結果と考察

3.1 VWC-pF 曲線

2. 2 に記した各 pF ごとに、加圧板法で求めた 9 サンプルの VWC を平均し、平均 VWC と pF の関係を図 3 に示した。図中の曲線は、pF が 1.0 から 3.2 の範囲を最小二乗法によって 3 次曲線で近似し、これを永久萎凋点まで外挿したものである。この曲線によれば、圃場容水量および永久萎凋点での VWC はおよそ $0.51 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ および $0.34 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ と考えられた。また、図 2 の b 点に対応する $pF=2.2$ での VWC はおよそ $0.47 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ と考えられた。

3.2 pF 推定モデルの適合性

観測期間中の pF の計算値と実測値の季節変化を年次別に図 4 に示した。実測値の欠落は、欠測や保守不良による異常値を除去したためである。また、モデルの構造上計算値が 1.5 を下回らないことを考慮し、実測値が 1.5 を下回る場合は 1.5 の所に表示した。推定モデルが大胆に簡略化されたものであるにもかかわらず、その計算値は年次や季節にかかわらず

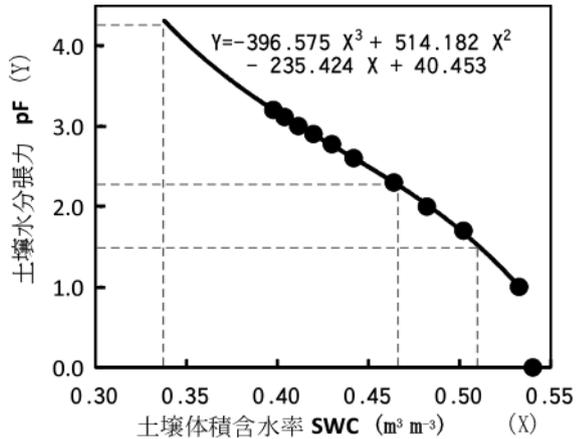


図 3 供試したリンゴ園の VWC-pF 曲線

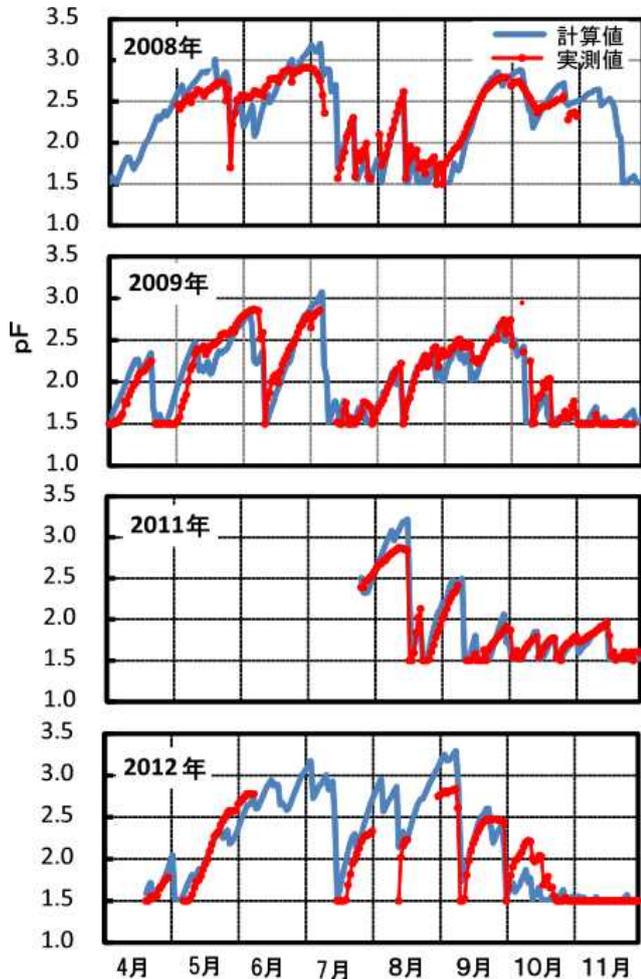


図 4 pF の推定値と実測値の季節変化

表 2 季節による pF の推定精度の差異

RMSE ⁽¹⁾		RMSE ⁽¹⁾	
4月	0.15	8月	0.18
5月	0.23	9月	0.17
6月	0.27	10月	0.20
7月	0.18	11月	0.06

(1)二乗平均平方根誤差

ず実測値と相応の一致を示した。なお、テンシオメータは pF が 2.9 を超えると空気が侵入して正確に計測できない (村上 ; 1988)。土壤乾燥時に実測値が頭打ちになっているのはそのためと考えられる。本モデルを利用すれば、テンシオメータで測定できない土壤乾燥時にも pF を推定できる可能性が、また pF の観測が行われていない場合でも、気象観測データと VWC-pF 曲線があれば pF を推定できる可能性が示唆された。

図 5 に、年次や季節を超えた全ての pF 推定値について実測値との一致を検討した。推定値は、pF が 1.5 から 2.7 の範囲において実測値とよく一致した。この範囲での二乗平均平方根誤差 (RMSE) は 0.18 であった。季節による推定精度の差異を検討するため、上述の範囲での RMSE を月別に求めて比較したところ、最も湿潤な 4 月と 11 月の推定精度が高く、7~10 月がこれに次ぎ、5~6 月の推定精度はやや劣っていた (表 2)。

本研究の推定モデルにおいて使用した月別の K_c (表 1) や K_s と VWC の関係 (図 2) は、あくまで暫定的なものである。今後、蓄積しつつある観測データを解析してリンゴ園の蒸発散の実態を詳しく解明し、研究成果をもとにして本推定モデルを改訂すれば、さらに推定精度が高まることも期待できる。一方、推定モデルで使用した VWC-pF 曲線は室内実験に基づくもので信ぴょう性が高いが、この曲線は圃場ごとに、あるいは土壤深度ごとに異なるのが通例である。本推定モデルの広域的な活用を図る際には、適用園地に応じた複数の VWC-pF 曲線を用意する必要があると考えられる。

謝辞

本研究成果の一部は科学研究費補助金 (課題番号 19580291 および 23380145) により実施した。

引用文献

- 1) Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M., 1998: *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirement, Irrig. And Drain. Paper 56*, FAO, Rome, 300p. (<http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm> より全文閲覧可能)
- 2) Connor, D. J., Loomis, R., S. and Cassman, K., G., 2011: "Crop Ecology", Cambridge Univ. Press, 562p.
- 3) 伊藤大雄, 2010: リンゴ園における蒸発散量・土壤水分量の統合的推定手法の開発, 科研費

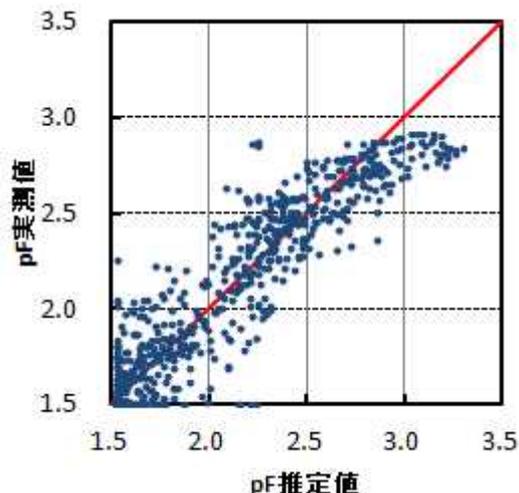


図 5 pF 推定値の実測値との適合性

研究成果報告書（課題番号 19580291）.

- 4) 伊藤大雄・杉浦俊彦・黒田治之, 2006: ニホンナシ園における蒸発散速度の解明と日蒸発散量の推定. 農業気象, 62, 23-32.
- 5) 伊藤大雄・竹内貴広・石田祐宣, 2007: リンゴ園における傾度法とボーエン比法による蒸発散量の長期観測, 農業環境工学関連学会 2007 年合同大会講演要旨集, H42.
- 6) 金原啓一・岸 祐子・須藤貴子・八巻良和, 2011: ブドウ‘巨峰’の盛土式根域制限栽培における吸水量測定と日射量に基づく灌水管理法, 園芸学研究, 10, 21-32.
- 7) 加藤 正・成田春蔵・岩谷 斉・相馬盛雄, 1985: かん水がリンゴの収量品質に及ぼす影響, 青森りんご試報, 22, 1-20.
- 8) 村上律雄, 1988: 降水量・積雪・蒸発・土壌水分・降ひょうの測定, 日本農業気象学会関東支部編「農業気象の測器と測定法」, pp99-114, 農業技術協会.
- 9) 大槻恭一, 2009: 降水の配分と蒸発散, 浦野慎一・蔵田憲次編「生物環境気象学」, pp68-84, 文永堂.
- 10) 薬師寺博, 1997: 果樹にはどの程度の水が必要か, 果実日本, 57 (4), 61-63.

講演要旨

冬期湛水水田の融雪後の水温推移

○横山克至・土門 清

山形県農業総合研究センター

1. はじめに

冬期湛水水田は全国的に環境保全型農業の管理法として増加しており、農林水産省の環境保全型農業直接支援対策の対象ともなっている。冬期間に水田を湛水状態とすることにより、湿地性鳥類や水生生物の保護、農薬・化学肥料の削減効果などの利点があるとされている。一方で、積雪寒冷地では、湛水した水田が積雪期間に雪の中に埋まった状態となり、冬期間の積雪が少ない地域とは異なった状況となる。そこで、ここでは冬期湛水水田の融雪期から融雪後にかけての地際部分の温度（水温）を調査し、積雪寒冷地における冬期湛水水田の生物等に対する影響の可能性について検討した。

2. 方法

2012年に山形県農業総合研究センター内圃場（山形市みのりが丘）において、①冬期湛水区、②融雪水湛水区、③対照区を設置し、①および②の3月中旬（融雪前）から融雪後落水までの地際部の水温を測定した。なお、①冬期湛水区は水尻を閉鎖し秋に約20cm灌水し、4月16日に落水、②融雪水湛水区は水尻を閉鎖後融雪水を湛水し、4月16日に落水、③対照区は水尻は開けたままとし、随時排水する管理とした。水温は自記温度計（おんどとり Jr.）を用い、1時間毎測定した。また、②と③のユスリカ類幼虫密度について、コドラート（20cm×50cm）を用い、たも網による水中すくい取り調査を行った（4/12、5/24、6/6、6/15、6/25、2ヶ所/区）。

3. 結果及び考察

冬期湛水区および融雪水湛水区では、積雪期間中の地際部温度は安定して0℃で推移し、融雪期頃から水温の上昇がみられた。融雪後は、気温よりも水温が高く推移した。また、融雪水湛水区では、ユスリカ類幼虫の発生盛期が6月6日頃であったのに対し、対照区では6月15日頃となり、融雪水湛水区の発生がやや早かった。

積雪寒冷地では、積雪期間中の地際部温度は安定して0℃で推移しており、水田表面は極端な低温にはならないとともに、ほとんどの生物の活動に必要な温度には達しないと考えられる。一方、融雪後の冬期湛水水田では、慣行の水田と比較して、水があることと温度が高いことから生物活動を促進する可能性が考えられた。本調査ではユスリカ類幼虫の発生時期が早まる傾向がみられ、早い時期からの湛水とそれに伴う温度の上昇が要因と考えられたが、詳細については不明である。また、水田の生物相全体への影響についても不明である。今後、積雪寒冷地での冬期湛水処理が生物多様性保全に与える影響についてさらに検討する必要がある。

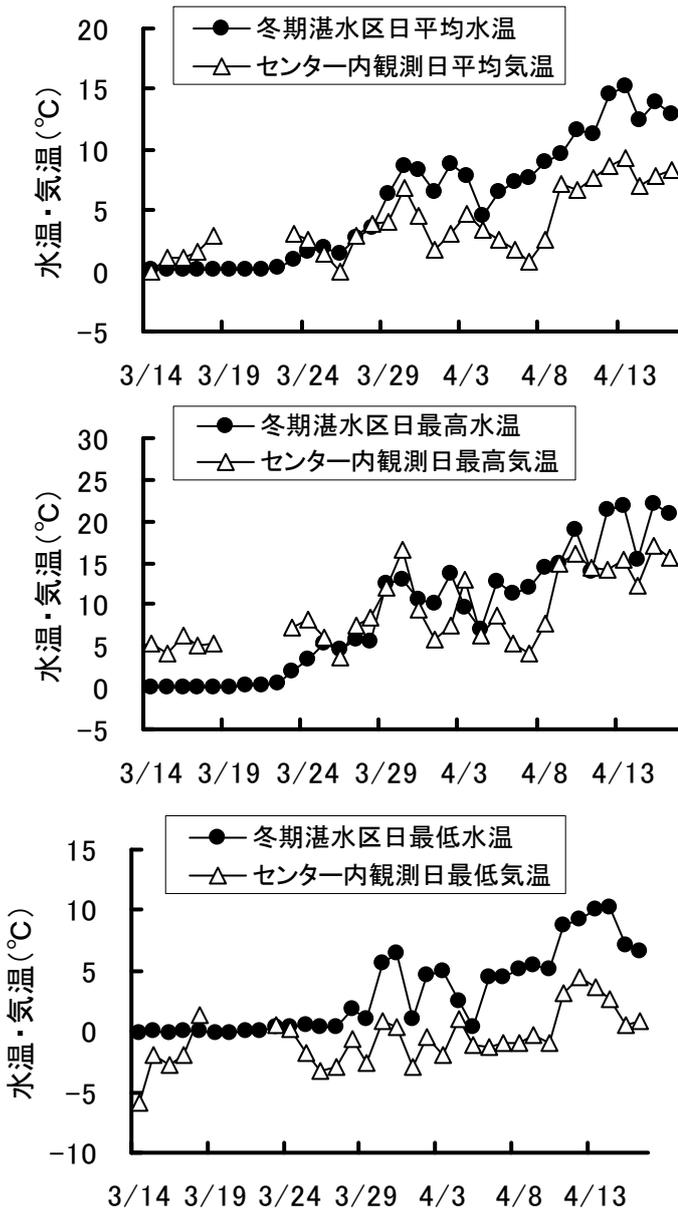


図1 冬期湛水区における水温と気温の推移
(山形農総研セ、2012年)

注)3/19~22の気温は欠測

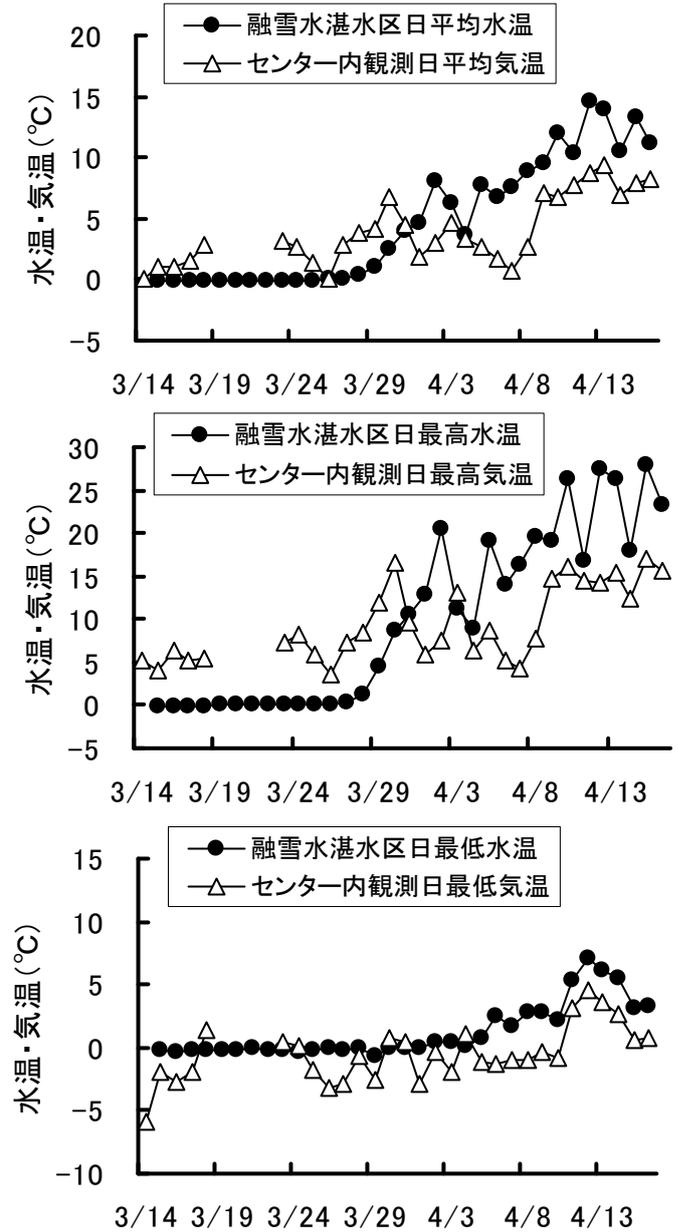


図2 融雪水湛水区における水温と気温の推移
(山形農総研セ、2012年)

注)3/19~22の気温は欠測

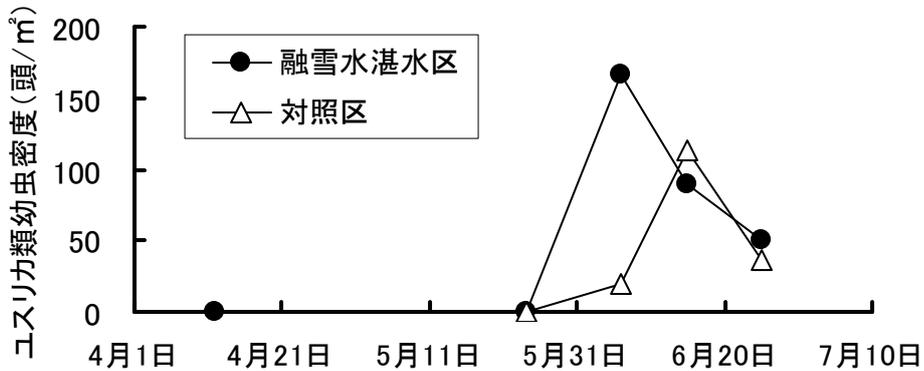


図3 融雪水湛水区におけるユスリカ類幼虫の推移 (山形農総研セ、2012年)

飼料用米品種「みなゆたか」における乾田直播栽培の播種晩限

木村利行

青森県産業技術センター 農林総合研究所

1 目的

乾田直播栽培は、稲作の低コスト化、稲作農家の担い手不足等の点から期待が高まっており、青森県における栽培面積も増加傾向にある。また、近年の飼料用米の需要に応えるため、同県では「みなゆたか」を育成し、普及を図っているが、生産コストと生産物の流通価格の差は依然として大きく、より一層の収量向上と生産コスト低減が求められている。

このことから、「みなゆたか」を乾田直播栽培で安定生産するため、日平均気温で動作する水稻生育予測式を作成し、良好な登熟が確保できる播種晩限について検討した。

2 方法

1) 飼料用米品種「みなゆたか」を供試し、平成22年は4月30日、平成23年は4月21日、4月28日、5月12日、5月23日、平成24年は4月26日、5月2日、5月10日、5月21日にV溝播種機で播種した。種子は浸種籾及び乾籾（平成23年度のみ）を用いた。調査項目は出芽揃期、幼穂形成期、出穂期とした。

2) 青森県内で浸種籾及び催芽籾を用いた現地試験27事例のデータから、播種日から出芽揃期までに要する有効積算気温（下限温度11.5℃）を算出した。1)で得られた試験事例を用いて、「対話型ノンパラメトリックDVR法プログラム（竹澤、P第7672-1）」、「多項式・関数式DVRの計算表示プログラム（川方、機構-L02）」より、出芽揃期から幼穂形成期及び幼穂形成期から出穂期を推定するDVRを作成した。

3) 平成23年及び平成24年試験の各作期について、 m^2 当たり籾数で3万粒以上を確保したものを対象に出穂日別のシンク充填率（=粗玄米重/（ m^2 当たり籾数×精玄米（篩目1.9mm以上）の千粒重）を算出した。各1km四方メッシュについてシンク充填率80%及び90%を確保する播種晩限を算出した。

3 結果及び考察

1) 浸種籾及び催芽籾を用いた現地圃場における播種日から出芽揃期までに要する有効積算気温は約 $50^\circ\text{C}\cdot\text{日}$ であった（表1）。

2) 2種のプログラムでDVRを作成した結果、出芽揃期から幼穂形成期は「対話型ノンパラメトリックDVR法プログラム」の予測精度がわずかに高く、幼穂形成期から出穂期は「多項式・関数式DVRの計算表示プログラム」の予測精度が高かった。なお、予測誤差は3日程度で、実用可能な範囲であった。（図1、表2）

3) シンク充填率は、下限温度を 13°C とする出穂後の有効積算気温が約 $340^\circ\text{C}\cdot\text{日}$ のとき80%、同 $400^\circ\text{C}\cdot\text{日}$ のとき90%となった（図2）。

4) 1km四方メッシュの日平均気温を用いて、シンク充填率が80%となる播種晩限を算出したところ、西海岸地域が5月25～30日、津軽平野が5月10日～20日、三戸周辺が5月5～10日で、その他の地域では条件を満たす播種日が設定されなかった。また、シンク充填率が90%となる播種晩限は、西海岸地域が5月15日～20日となったが、その他のほとんどの地域で条件を満たす播種日が設定されなかった。（図3）

4 まとめ

乾田直播栽培での「みなゆたか」の生育予測式及び良好な登熟を得るための指標を作成し、青森県内の気象条件に応じた播種晩限を策定した。ただし、十分な登熟が得られない地域が多く見られたことから、乾田直播栽培で飼料用米を安定して生産するためには、より熟期の早い品種を導入する必要があると考えられた。

表1 播種日から出芽揃期までの有効積算気温

種子処理	有効積算気温 (標準偏差)	点数
催芽粉 浸種粉	49.4 °C・日 (15.1)	26

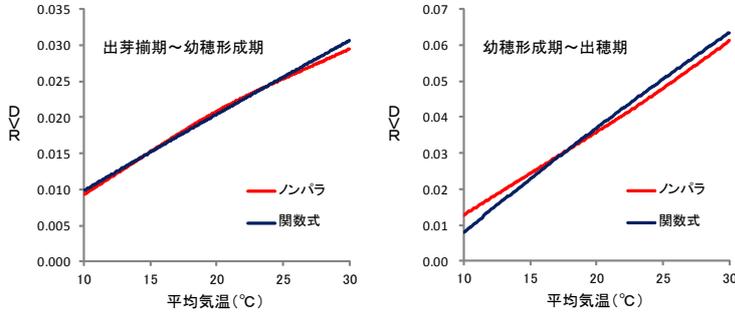


図1 「みなゆたか」のDVR

注) 凡例のノンパラは「対話型ノンパラメトリックDVR法プログラム」、関数式は「多項式・関数式DVRの計算表示プログラム」で作成したDVRを示す (以下同じ)

表2 各DVRの予測誤差

	出芽揃期→幼形期	幼形期→出穂期
ノンパラ	3.1日	2.9日
関数式	3.3日	2.0日

注) n=6

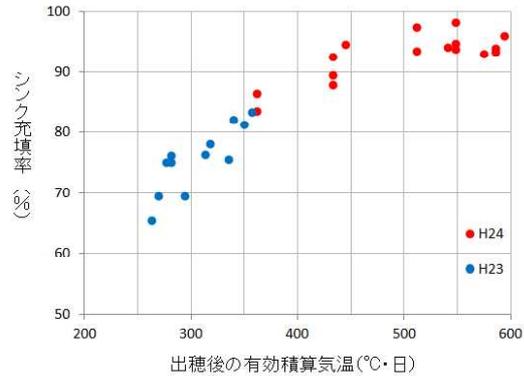


図2 シンク充填率と出穂後の有効積算気温

注) 下限温度は13°C。㎡当たり籾は3.0～4.0万粒の範囲 (平均3.4万粒)

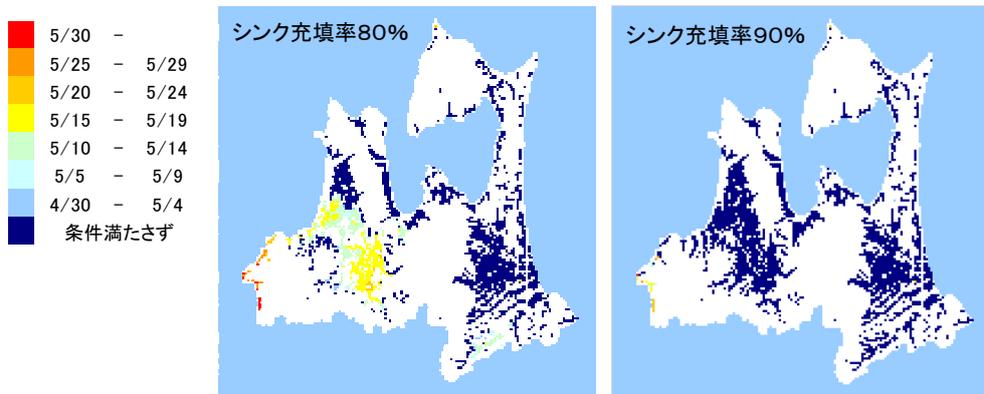


図3 シンク充填率80%及び90%を確保する播種晩限

5 その他

本研究課題は、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「北東北地域向け非主食用多用途稲の直播品種及び直播栽培等関連技術の開発 (課題番号22087)」で実施した。

講演要旨

MIROC5 による冷害リスク判定の試み

○神田英司*・菅野洋光*・渡部雅浩**

*東北農業研究センター, **東京大学大気海洋研究所

はじめに 寒冷地である東北地方においては夏季気温の上昇傾向は他の季節と比較し明瞭でなく、夏作物の生産はこれまで以上に温暖化に伴う年次および季節内の天候変動による影響を受け不安定化することが想定される。このような気候下で水稻の安定生産を確立するため、気候シナリオ、中長期予報データを活用し、気象災害の早期警戒やリスクマネジメントを行うことが強く求められる。

今回は、CMIP5 用の気候シナリオモデル MIROC5 に基づき、発育モデルと冷害推定モデルを利用し、青森県八戸および冷害リスクの異なる複数地点の温暖化による水稻冷害リスクの推移を検討した結果を報告する。

解析データと方法

(1) 解析地点

- ・作柄表示地帯と冷害危険度地帯区分 (神田ら 1995) を考慮し、東北地方の 31 のアメダス地点を選じた(表 1)。
- ・冷害危険度地帯は G6, G8 > G4 > G1 > G7 > G2 > G3 > G5 の順で冷害危険度が高い。

(2) 気温のバイアス補正

- ・各地点が含まれる格子点について 1980-2005 年における日別値を平均し、9 年移動平均を 3 回かけてモデル平年値とする。
- ・2006 年以降の各年について、モデル平年値からの偏差を求め、各アメダス地点の平年値(1981-2010 年)にそれらを加算してバイアス補正済み気温データとした。

(3) 冷害リスクの判定

- ・発育予測モデルで出穂期および冷害危険期を推定し、八戸アメダスで八戸における過去の冷害年に特徴的な指標を作成する。
- ・花粉ができる前後の低温により出穂しても受粉・受精が行われない「障害型冷害」の指標について、出穂前日数および発育時期による重み付きの冷却量を用いて検討を行う。
- ・低温により出穂期が大幅に遅れたり、その後の長期間の低温により成熟する籾数が減少する「遅延型冷害」については、生育モデルおよび積算気温による成熟期への到達可能頻度、出穂後 40 日の平均気温に基づき検討を行う。

結果と考察

1) 1981~2010 年までの 30 年間について、青森県奨励品種「まっしぐら」の生育について八戸アメダス、MIROC5 を用いて発育モデルで推定した結果について比較すると幼穂形成期~出穂期まで 1~2 日の差であり、冷害危険期の時期に差はみられない。

2) 八戸アメダスの気温データを用い、神田ら(2007)を改変した幼穂形成期~出穂期までの発育時期による重み付きの冷却量を用いると、障害型冷害の発生年をほぼ判定できた。遅延型冷害については、出穂後 40 日間の平均気温 19℃以下で判定できた。

3) 以上の基準で 1981~2010 年までの 30 年間に何回冷害とみなせるかで冷害リスク判定を行うと、八戸アメダスで障害型冷害リスク (以下障害型) 6 回、遅延型冷害リスク (以下遅延型) 5 回となり、MIROC5 で障害型 6 回、遅延型 2 回となった(図 1)。つまり、MIROC5 は、障害型を正しく判定できた。ただし遅延型については登熟期間の気温のばらつきが小さく、寡少判定となっていると考えられる。

4) さらに 2010 年以降についても同様に 30 年ごとに冷害リスク判定を行った(図 1)。2041~2070 年では、MIROC5 で障害型 4 回となり、現在と冷害リスクはあまり変わらない。2071~2100 年では、MIROC5 で障害型 2 回となり、冷害リスクは減少しはじめる。このように、MIROC5 によると八戸においては気温の上昇とともに徐々に冷害頻度は低下していくものの、一定期間冷害リスクは残ると推察される。

5) 冷害リスクには、出穂期の前進による影響もあるので、晩生品種の導入により冷害を回避できる可能性がある(図 2)。

表1 解析地点の一覧

県	作柄表示地帯	市町村	アメダス地点名	冷害危険度地帯	県	作柄表示地帯	市町村	アメダス地点名	冷害危険度地帯
青森県	青森	青森市	青森アメダス	G4	宮城県	南部	白石市	白石アメダス	G1
青森県	津軽	五所川原市	五所川原アメダス	G2	宮城県	中部	仙台市	仙台アメダス	G2
青森県	南部・下北	十和田市	十和田アメダス	G4	宮城県	中部	亶理町	亶理アメダス	G1
青森県	南部・下北	八戸市	八戸アメダス	G4	宮城県	北部	登米市	米山アメダス	G7
青森県	南部・下北	東通村	小田野沢アメダス	G8	宮城県	東部	石巻市	石巻アメダス	G7
秋田県	県北	大館市	大館アメダス	G3	山形県	村山	山形市	山形アメダス	G5
秋田県	県中央	大瀧村	大瀧アメダス	G3	山形県	最上	新庄市	新庄アメダス	G3
秋田県	県中央	秋田市	秋田アメダス	G3	山形県	置賜	米沢市	米沢アメダス	G3
秋田県	県南	横手市	横手アメダス	G5	山形県	庄内	酒田市	酒田アメダス	G5
岩手県	北上川上流	八幡平市	岩手松尾アメダス	G1	山形県	庄内	鶴岡市	鶴岡アメダス	G5
岩手県	北上川上流	盛岡市	盛岡アメダス	G2	福島県	中通り(北部)	福島市	福島アメダス	G1
岩手県	北上川下流	北上市	北上アメダス	G7	福島県	中通り(南部)	郡山市	郡山アメダス	G7
岩手県	東部(東南部)	遠野市	遠野アメダス	G1	福島県	浜通り	相馬市	相馬アメダス	G1
岩手県	北部	久慈市	久慈アメダス	G8	福島県	浜通り	川内村	川内アメダス	G6
岩手県	北部	軽米町	軽米アメダス	G6	福島県	会津	喜多方市	喜多方アメダス	G5
					福島県	会津	会津若松市	若松アメダス	G5

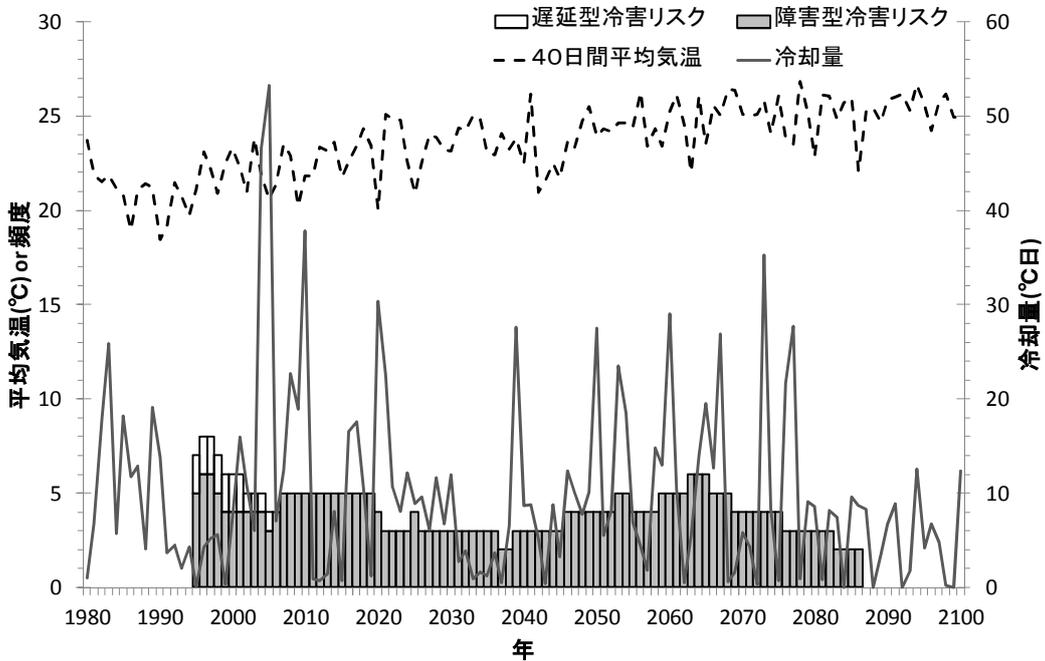


図1 八戸における冷害リスクの推移
冷害リスクは前15年、後14年を含む30年間の値

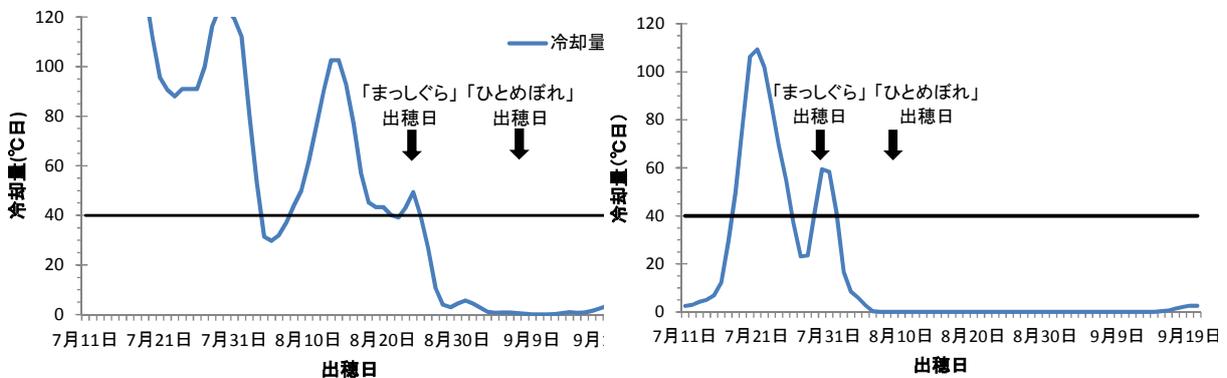


図2 八戸における出穂日ごとの冷却量の推移
2030年以前の例(左)と2070年以降の例

講演要旨

高温・土壌乾燥がダイズの生育に及ぼす影響

熊谷悦史

農研機構・東北農業研究センター

はじめに

近年、高温・干ばつが原因と考えられるダイズの減収および品質低下が全国的に報告されている。演者らは、気候変動下でのダイズ生産予測と適応技術開発の基礎として、ダイズの温度・土壌水分応答の解析を進めている。これまでに、温度上昇（生育期間平均気温：19→24.5℃）は、莢実数、葉面積、個葉光合成速度の増加を介して子実重を増加させるが、一方で、着莢期の短期的な土壌乾燥は、子実重を減少させることを報告した（熊谷・鮫島、2011）。しかしながら、ダイズ生育への温度上昇と土壌乾燥との交互作用についての報告は少なく、不明な点が多い。そこで、異なる温度・土壌水分条件で栽培した際のダイズの生育応答について調査した。

材料および方法

品種エンレイを2012年6月11日にセルトレイに播種し、東北農研の温度勾配チャンバーの低温区と高温区に配置した。播種後14日目に、予め組合化成（N:P₂O₅:K₂O=3:10:10）10g、苦土石灰5gを施肥した黒ボク土4kgを充填した5Lポットに1本立てで移植した。低温区、高温区に土壌湿潤区と乾燥区を設け、乾燥処理は、8月7日（開花盛）から10月17日（収穫）まで実施した。ポット内（深さ9cm）の体積含水率をECHOセンサー（EC-5, Decagon, USA）で計測した。湿潤区では、ポットの底面から十分に給水し、乾燥区では、体積含水率が0.17（ポット内蒸散利用可能水の割合（FTSW）が約0.5に相当）以下になるとポット上面から点滴灌水し、0.18を上回ると停止するように、データロガーシステム（CR10X, Campbell, USA）で制御した。開花・結実期間中、日中の葉の気孔伝導度（SC-1, Decagon, USA）、光合成速度（LI-6400, LICOR, USA）を測定した。開花以降の発育ステージを調査し、収穫後に収量関連形質を調査した。

結果および考察

- 1) 生育平均気温は、低温区および高温区でそれぞれ22.7および25.2℃であった（図1）。土壌水分処理期間の平均体積含水率は高温湿潤区、低温湿潤区、高温乾燥区および低温乾燥区でそれぞれ0.442、0.462、0.197および0.189となった。
- 2) 土壌水分制御開始後、葉の気孔伝導度は、乾燥区で常に低い値を示し、乾燥による気孔閉鎖が認められたが、温度区による違いは見られなかった（図2）。光合成速度は、処理開始前には、低温区より高温区で高くなったが、その後、温度影響は認められなくなり、乾燥区で低い値を示した。
- 3) 温度上昇により開花・着莢始（R1,3）は早まったが、子実肥大開始以降（R5,7,8）はむしろ遅延した（表1）。一方、乾燥により子実肥大開始以降（R5,7,8）は早まった。低温乾燥区で最も成熟が早まった。
- 4) 湿潤区では、温度上昇による総節数、莢実数の増加、一粒重の減少が見られた。最終的な子実重および収穫指数は増加した。乾燥によって全パラメータが低下し、高温による子実重・収穫指数の増加は見られなくなった。気候変動・温暖化に適応する為には、地下や畦間灌漑等の乾燥対策の重要性が示された。

本研究は農林水産省委託プロジェクト研究「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のための技術開発」の一環として実施した。

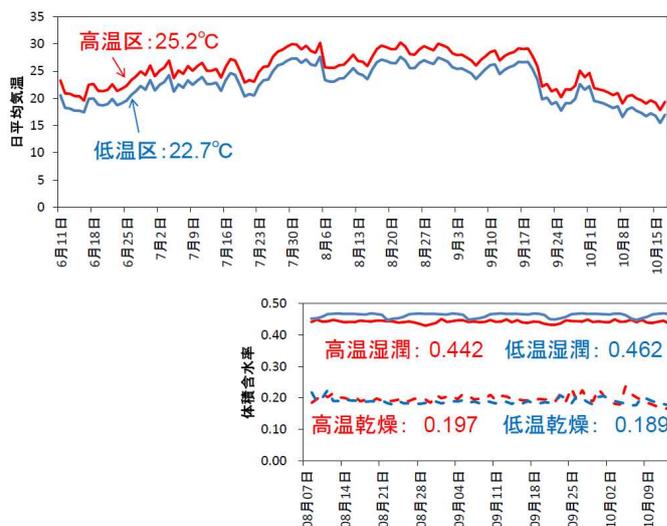


図 1. 各処理区における気温と体積含水率の経時変化.

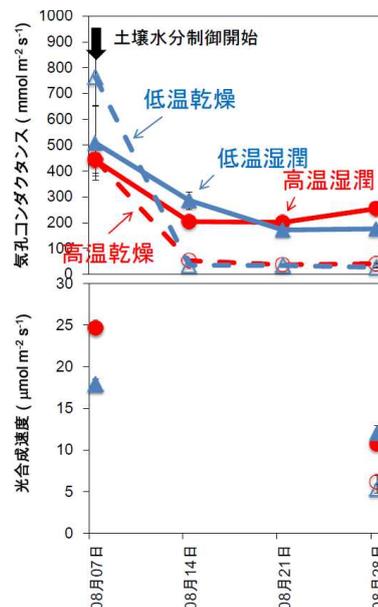


図 2. 開花・結実期間における各処理区の気孔伝導度および光合成速度の変化. 数値は平均値±標準誤差 (n=12 もしくは 4)

表 1. 高温・土壌乾燥が開花後発育に及ぼす影響. R1, 開花始期; R3, 着莢始期、R5; 子実肥大始期、R7, 成熟始期; R8, 成熟期. 数値は 4 個体の平均値.

	R1	R3	R5	R7	R8
高温湿潤	7/28	8/14	8/29	10/4	10/15
低温湿潤	7/31	8/15	8/25	9/29	10/10
高温乾燥	7/29	8/14	8/24	9/30	10/10
低温乾燥	7/31	8/16	8/23	9/27	10/7

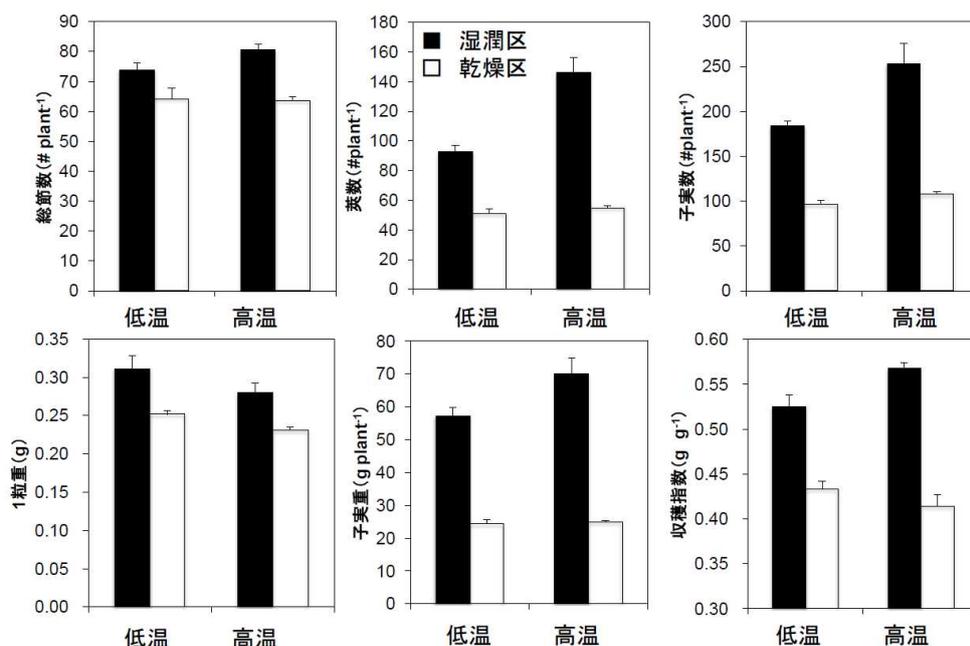


図 3. 高温・土壌乾燥が収量関連形質に及ぼす影響. 数値は平均値±標準誤差 (n=4)

低温が飼料米の生育に及ぼす影響

伴野博希・日吉慧介・皆川秀夫・田中勝千

北里大学獣医学部

Effects of Low Temperature on the Growth of Paddy Rice Used for Animal Feed

Hiroki Ban-No・Keisuke Hiyoshi・Hideo Minagawa・Katsuyuki Tanaka

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

[背景および目的]

近年、青森県でも飼料米は家畜の飼料として使われ普及してきており、休耕田に作付けし畜産農家に供給すれば、主食用米の生産調整対策にもなると期待されているが、その多収性を強化するため、インディカ種の遺伝子が組み込まれており、低温時での反応特性は不明な点が多い。本研究では、飼料米を通常環境(屋外で育てる)と低温環境(特定期間、インキュベーターで育てる)とに分け、飼料米の低温回復生育限界を明らかにすることを目的とした。

[材料及び方法]

1) 材料

供試土は大学林地内の黒ボク土を 200L 採取して、腐植物質を取り除くため、4.75mm 篩で篩い分けをし、1/5000a(約 3.8L)のポットの中に 2.8L ずつ加えた。供試稲は耐冷性が普通の「うしゆたか」(青森県産業技術センター 農林総合研究所藤坂稲作研究部)とした。施肥は N:P:K=0.14:0.245:0.14(g/2.8L)とし、そのうちの 70%を基肥、残りの 30%を追肥とした。ポット数は 20 ポットとし、その中の 14 ポットを 2011 年 8 月 4 日(木)~8 月 15 日(月)までインキュベーターに入れた。

環境設定は、通常環境(日中平均気温:24.2℃・湿度:83.7%・期間平均照度:2800lux)、低温環境(日中温度:16℃・湿度:80%・照度:3000lux/夜間温度:14℃・湿度:80%・照度:0lux)とした。そして、低温環境に入れる期間を 3・6・8・9・10・12 日間とし、それぞれ 2,3 ポットずつで生育を図り、通常環境の 6 ポットで生育したものとの比較を行った。

2) 生育調査

草丈(cm)・茎径(mm)は各稲 1 ポットずつの平均を測定値として用いた。SPAD 値は SPAD 計で測定し、1 ポット 4 株植えたうちの全てから一葉ずつ適当なものを選抜し、この平均を測定値として用いる手法をとった。クロロフィル蛍光は光合成蒸散測定装置(Li-Cor, Li-6400)を用い、葉緑素計測と同様に葉を選抜し、その蛍光収率から得られる光合成指標を測定することとし、低温期間中は 3 日に一度の頻度で計測を行った。

[結果・考察]

1) 草丈・SPAD 値・茎径

草丈・SPAD 値は低温環境 8 日間までは回復したが、それ以降は回復の見込みがなく、通常環境・低温環境(3・6 日間)と低温環境(8・9・10・12 日間)の 2 つのグループに分かれ、約 3~5 倍の差がみられた(図 1,2)。しかし、茎径は幅が低温環境 8 日間以降、低温

に対する2つのグループ化ははっきりと見られなかった。特に、茎径の相対値が-(マイナス)になったのは低温環境の急激なストレスであり、通常環境ではクロロフィル蛍光や低温環境にさらした影響による(図3)。

2) クロロフィル蛍光(Fv/Fm)

Fv/Fm は低温環境9日間では通常環境に戻した段階から上昇した後、通常環境・低温環境(3・6・8・9日間)と低温環境(10・12日間)の2つのグループに分かれ、約10%の差がみられた(図4)。

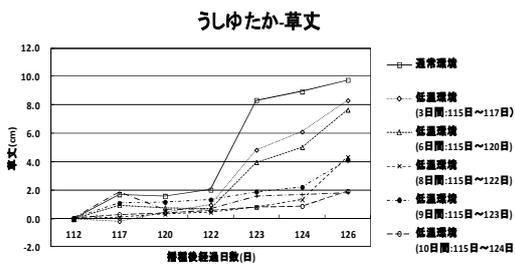


図1. 草丈の変化

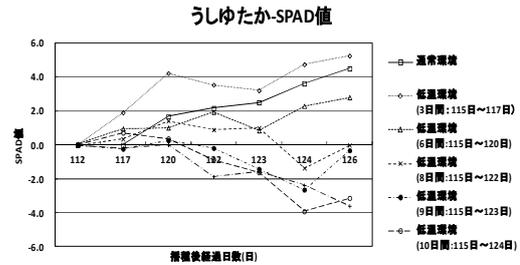


図2. SPAD値の変化

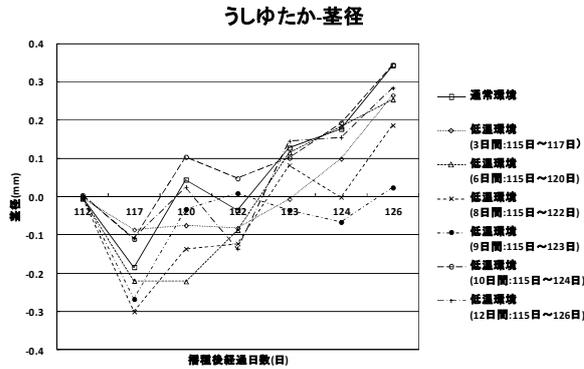


図3. 茎径の変化

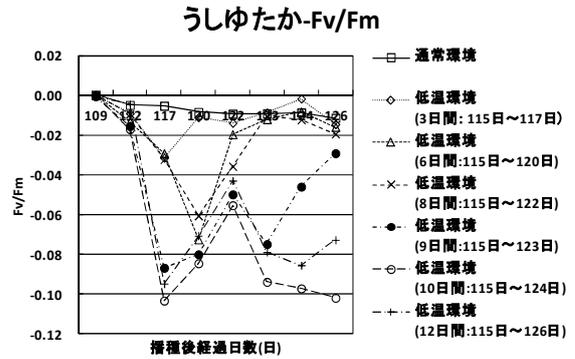


図4. Fv/Fmの変化

[まとめ]

草丈・SPAD値およびFv/Fmにおいて、低温の影響は、低温環境8日間以降に置かれた飼料米で顕著に現れた。しかし、茎径は草丈・SPAD値・Fv/Fmと比較して、低温の影響の差ははっきり認められなかった。なぜなら、それは茎径の幅が支えることが主であり、支える強度が小さくなってしまうと折れたりする可能性があるため、致命的な障害防止のための生理反応と考えた。

[参考文献]

- 1) 真木太一、2005:新 農業気象・環境学、長野敏英・大政謙次(編)、朝倉書店 p.91-93.
- 2) 種生物学会 編[責任編集:村岡裕由・可知直毅]、2003:光と水の植物のかたち 植物生理生態学入門、文一総合出版、 p.245-258.
- 3) 園池公毅、2003:パルス変調とクロロフィル蛍光を用いた光合成の測定-理論編-、p.1-15、<http://www.photosynthesis.jp/fluol.html>.
- 4) 米田高雄、2003:寒冷地なるほどイネづくり、誠幸園印刷指導所(青森県十和田市)、 p.75-81.

講演要旨

水耕栽培ニンニクにおけるイモグサレセンチュウの根部侵入の観察

○皆川秀夫・宮下 翼・久保田洋充・西川友隆・田中勝千
北里大学獣医学部

Visualization of Invasion of Potato Dry Rot Nematodes, *Ditylenchus destructor*, into Garlic Roots Cultivated in Aquaculture

[背景・目的]

青森県ではニンニクの栽培が盛んである。しかし近年、ニンニクの根茎部に寄生するイモグサレセンチュウ (*Ditylenchus destructor*, 以後センチュウ) による被害が増加している。現在の防除対策は、薬剤を塗布した種子ニンニクの播種や、収穫したニンニクの乾燥時の目視によるセンチュウ被害の識別が主なものとなっている。しかし、センチュウの被害が発見されて初めて対策が採られるため被害を完全になくすことは困難である。このため、より有効な防除対策が求められている。本研究では防除対策の基本はセンチュウの根茎部侵入の可視化にあると考え、根を容易に目視できる水耕栽培を用いることによってセンチュウのニンニクへの侵入方法の観察を行い、防除対策の一助となることを目指した。

[方法]

1) 水耕栽培実験 1: 縦 30cm 横 50cm 高さ 15cm のプラスチックのカゴの中に種子を入れ、日光遮断用の土を被せた。カゴを桶の上に置き根だけが水に触れるようにした。

2) 改良型水耕栽培実験 2 (図 1): 縦 25cm 横 40cm 高さ 30cm のプラスチックの水槽を用い、水槽内の酸素が不足しないようにエアープンプを使用し水中に空気を送り続けた。

3) センチュウの侵入経路の確認実験 1: 無菌寒天培地のシャーレを用いてセンチュウの根への侵入を確認した。①寒天粉末を純粹で溶かし、オートクレーブの中に入れ高温殺菌、シャーレ注入、無菌状態にした。②寒天培地に水耕栽培で採取した根を切って入れセンチュウを 2 匹ずつ入れた。④シャーレを常温とインキュベーター内 (22℃) の 2 つに分け 3 週間様子を観察した。

4) センチュウの侵入経路の確認実験 2 (図 2): 遠沈管を用いてセンチュウの根への侵入を目視で確認した。①水耕栽培実験 2 で栽培したニンニクの鱗片 10 個をそれぞれ遠沈管に入れた。次に遠沈管の中に純水を入れセンチュウを各 5 匹ずつ計 50 匹入れた。そして 30 日間様子を観察した。②鱗片 8 個(A~H)のニンニクの根を 10cm に切り分け上中下部域 (5mm×12 本ずつ) に分けそれぞれセンチュウの数を確認した。

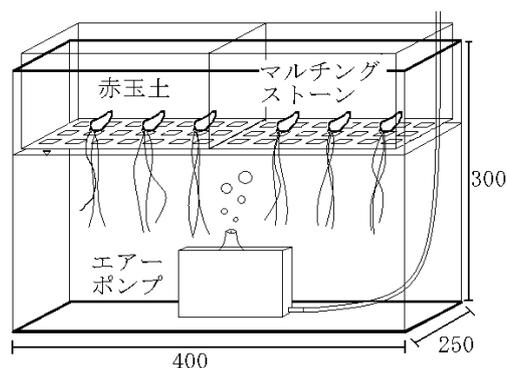


図1. 改良型水耕栽培2の実験装置

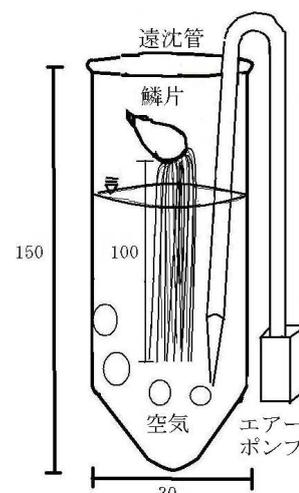


図2. 遠沈管内におけるセンチュウの侵入の確認実験

[結果・考察]

1) 水耕栽培実験 1 (図 3)

15 日目に 11cm に成長したがその後はそれ以上成長することなく腐ってしまった。この原因は水内の酸素不足が考えられる。

2) 改良型水耕栽培実験 2 (図 3)

1 ヶ月目 31 cm に成長していた。水耕栽培実験 1 と比べると成長速度に大きな差がみられ根も太く短期間で長く成長していた。この方法を使うことによりセンチュウの侵入経路の確認実験で使う根を効率よく採取することが可能となった。

3) センチュウの侵入経路の確認実験 1 (図 4)

1 週間目では何も変化がなく 3 週間目で根に赤い斑点が多数存在しささくれ状になった。これは実際にセンチュウが根を食べたものと判断した。また顕微鏡でシャーレ内を見ると常温はおよそ 30 匹センチュウが生息しておりインキュベーター内は多数のセンチュウがいた。これにより土の温度に近いほどセンチュウが活発になることがわかった。

4) センチュウの侵入経路の確認実験 2 (表 1,2)

表 1 から 10cm あたりのニンニクの根部におけるセンチュウのおよその個体数は約 570 匹であると仮定される。最初 5 匹入れたセンチュウが 30 日間ほどで 114 倍ほど増殖していることがわかり繁殖能力が高いことを確認した。表 2 から上中下部域における平均と標準偏差に有異な差はなかった。このことからセンチュウは根において特に好む部位はなく全体に広がるように繁殖していることがわかった。また、遠沈管内の水、及び鱗片内部にもセンチュウはほとんどおらず根部に集中的に生息していると考えられる。よって、ニンニクのセンチュウによる腐敗は、センチュウが根部に侵入して繁殖し、根部の生長を妨げることが原因と推定される。

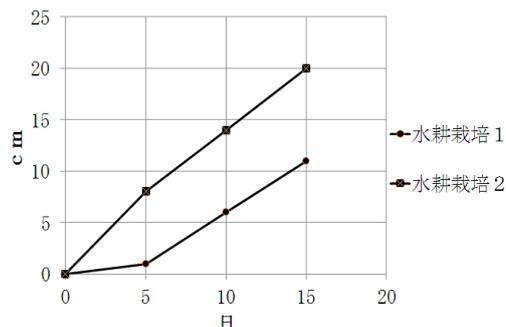


図 3 水耕栽培 1 と 2 における根長の平均値の比較

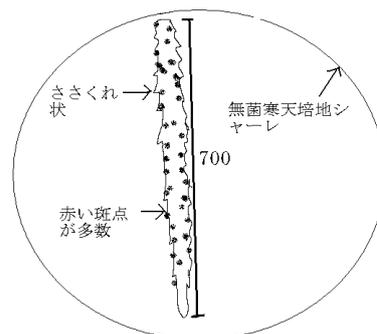


図 4. センチュウの侵入経路確認実験

表 1. ニンニクの鱗片 8 個の根 10cm あたりにおけるセンチュウの個体数

	A	B	C	D	E	F	G	H	合計	平均
個体数	1413	160	766	306	673	573	560	106	4557	570

表 2. ニンニクの鱗片 8 個の各部位域 (5mm) におけるセンチュウの数の平均と標準偏差

	A	B	C	D	E	F	G	H	合計	平均	標準偏差
下部域	46	6	71	11	21	14	56	3	228	29	26
中部域	60	2	7	31	7	43	23	9	182	23	21
上部域	106	16	37	4	73	29	5	4	274	34	37

[まとめ] ニンニクの水耕栽培では安定した酸素の供給が根を早く生長させることがわかった。センチュウの侵入経路の観察ではニンニクの根全体に広がり 30 日間で 114 倍に増殖した。

講演要旨

もみ殻培地を利用した夏どりイチゴの栽培システム

岡田益己・町田 創・神保実紗子・岡田小百合・松嶋卯月・庄野浩資
岩手大学

1. はじめに

東日本大震災で津波被害を受けた沿岸地域では、被災した農地で展開できる産業の振興が強く求められている。ここでは夏期冷涼な三陸沿岸に適した夏どりイチゴの高設栽培をそのモデルとして、未経験者でも取り組める栽培システムの開発を試みた。その骨子は、1) 花成誘導処理が不要な四季成り性品種の利用、2) 養液管理が不要な灌水だけで栽培する仕組み、3) その仕組みに適した培地と管理法である。

2. 材料と方法

高設栽培装置には「いちごステーション」((株)誠和)を利用した。この装置は一季成り品種の冬～春収穫用に開発されたもので、プラスチックコンテナ(長さ97cm、内容積14L)にバーク培地と肥料を充填し、灌水だけでイチゴを栽培する。

2011年の実験では、指定のバーク培地の代わりに、材料の入手が容易で誰でも調整できるもみ殻培地(Ozawaら, 1992)の利用を検討した。もみ殻培地は、容積比でもみ殻75%と赤土25%を混合し、この全量に対して顆粒状の炭を3%、肥効調節型肥料(エコロング424 140日タイプ)を1リットル当たり7g混合して製作した。もみ殻培地とバーク培地のコンテナを各6台用意した。そのうちの3台のコンテナの底にステンレスフレキシブルパイプを埋設し、約19℃の冷水を常時通水した(以下、冷水区)。培地温(深さ約8cm)とハウス内気温を白金抵抗温度計で計測した。

イチゴ品種には、生食用のなつあかりと業務用のデコルージュを用い、6月9日に1台のコンテナに各4個体を定植した。培地上に灌水チューブ(灌水量:約100ml/m min)を配し、タイマーを用いて1回3分の灌水を1日に6~10回繰り返した。コンテナからの排水量を計測し、灌水量との差から蒸発散量を推定した。初回の収穫日(7月10日)以降、11月24日まで収穫を続け、収穫果実数、果実重を計測した。また11月24日に個体をサンプリングして、生体重、乾物重などを計測した。

2012年の実験では、コンテナの代わりに不織布(ラブシート #20704)を利用し、不織布表面からの気化冷却による地温の低下作用を計測した。培地にはすべてもみ殻培地を利用し、エコロング70日タイプと180日タイプを培地1リットル当たり各5g混合し、培地充填後に株当たり窒素量が2.6gになるよう追加施肥量を調整した。品種や栽培管理は2011年に準ずるが、根域冷却装置は設置しなかった。

3. 結果と考察

2011年は9月19日まで日平均気温が20℃を超える高温が続き、以降は急激に気温が低下した。気温低下に伴って収穫量も大きく減少したため、7月10日から9月19日までを盛夏期、以降を冷涼期に分けて解析した。ここでは盛夏期のなつあかりについて結果を考察する。なお冷水区の培地温は対照(無冷却)区に比べて約3℃低く、両区ともに培地間

の差はなかった。

コンテナ当たりの収穫量はバーク対照区で減少したが、他の処理では差が認められなかった。バーク対照区では高温過湿による枯死個体が多く、また個体当たり収穫量も小さかった(図1)。これに対してもみ殻培地では、高温条件でも安定した収量が得られた。生育終了後に根を観察したところ、バーク対照区で根の発達が著しく劣った。他の3処理では、大きな違いが認められなかった。このことから、もみ殻培地は根域の高温影響を受けにくく、高温下でも根を発達させる作用があることが判明した。一方、バークでは夏期の高温影響が現れやすく、根域冷却が有効だと言える。日別の蒸発散量は全天日射量と高い相関があり、この関係から適切な灌水量を算定できることが分かった。

2012年は、高設栽培ベッドを不織布で製作し、蒸発冷却の地温低下効果と終了・生育への影響を調査した。ここでは地温低下効果について報告する。不織布の冷却効果は、最高地温に顕著に現れ、最低地温では大きな差がなかった(図3)。最高地温の差は晴天日ほど大きく、最大で6~7℃程度となった。期間全体の平均では、平均地温で1.8℃、最高地温で2.7℃、最低地温で0.6℃であった。このように不織布のベッドは、とくに晴天時の極端な高温を軽減するのに有効である。

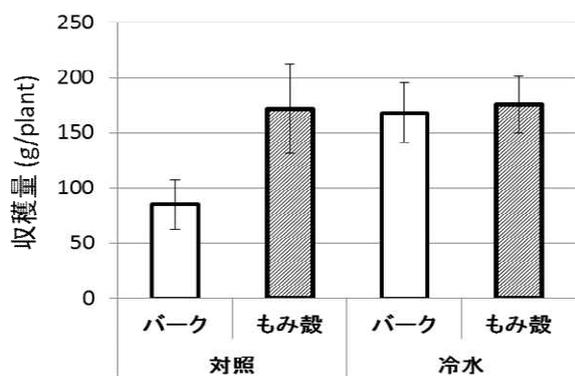


図1. なつあかりの収穫量(盛夏期)

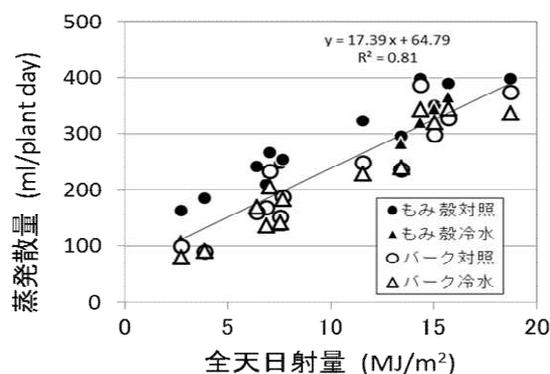


図2. 全天日射量と蒸発散量の関係

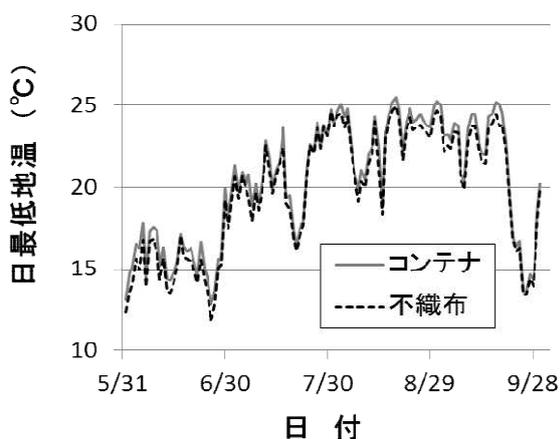
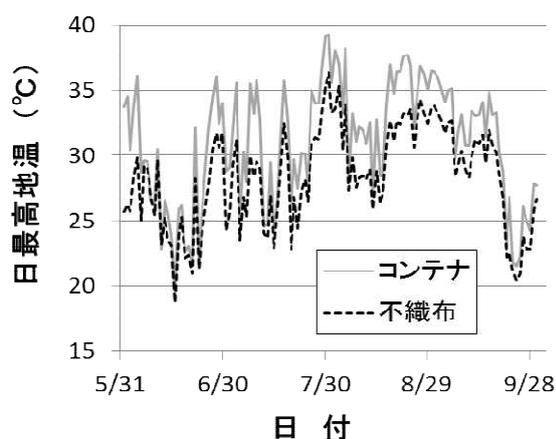


図3. 日最高地温(左)と日最低地温(右)における不織布ベッドとコンテナの比較

[謝辞] 栽培装置を提供していただいた(株)誠和に感謝します。

[参考文献] Ozawa et al. (1992), Acta Hort. 319: 407-412.

講演要旨

インゲンマメの微量濃度塩ストレス応答に関する研究

○武氣壯平*・庄野浩資**・松嶋卯月**・岡田益己**

*岩手大院農, **岩手大農

1. はじめに

震災による津波で沿岸部の多くの農地が塩水をかぶった。これらの塩害農地では除塩が行われる必要があるが、除塩後にも微量濃度塩が残留する事態は十分に考えられる。微量濃度塩の早期検出はコスト的に容易でなく、また植物の生育にどのような影響を与えるのかも不明である。本研究の最終目的は、微量濃度塩を植物を用いた生物検定により検出する技術の開発である。そこで今回は、微量濃度塩が塩感受性植物に与える生理的な影響の解析を通じ、①指標作物としての適性の検討、②有効な生育調査項目の策定を行った。

2. 材料および方法

(1) 供試材料

NaCl 感受性植物の代表種であるインゲンマメ (*Phaseolus vulgaris* L. ‘モロッコ’) を用い、これが微量濃度塩 (NaCl) の指標作物となり得るか、またその際の調査項目として何が適切かを策定した。

(2) 栽培ならびに処理方法

培地にはサカタのタネ(株)製の育苗用培土ジフィーセブンをを用いた。まず種子を各培地に 2 粒ずつ播種し、人工気象室で発芽させた後ガラス温室に移動、さらに試料の生育程度が各培地間で一定となるよう 1 株を選抜し残りを間引きした。

この後本葉が展開した直後から濃度を数段階に調整した NaCl 水の注入を開始した。この際、各培地で乾き具合がなるべく一定になるように十分に注意した。

NaCl 濃度は、0M (対照区)、0.01M、0.03M、0.05M、0.1M の 5 段階を設定し、各濃度 5 株の計 25 株で行った。本研究では 0.01M、0.03M 区を微量濃度区とする。

10 月 7 日に播種、10 月 14 日に塩水処理を開始し、10 月 27 日まで各測定を行った。

(3) 測定項目

葉幅と葉長(両者を掛けた値を葉面積指標値とする)、SPAD 値(葉緑素量)、気孔コンダクタンス、Fv/Fm (光合成活性)を生育と共に測定し、クロロフィル含量、Na⁺ および K⁺濃度を最終日に測定した。

3. 結果と考察

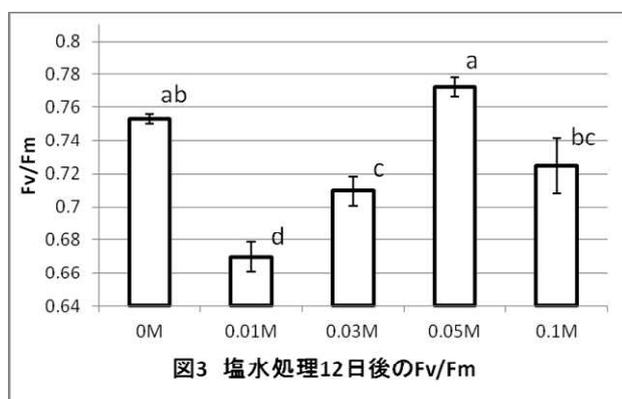
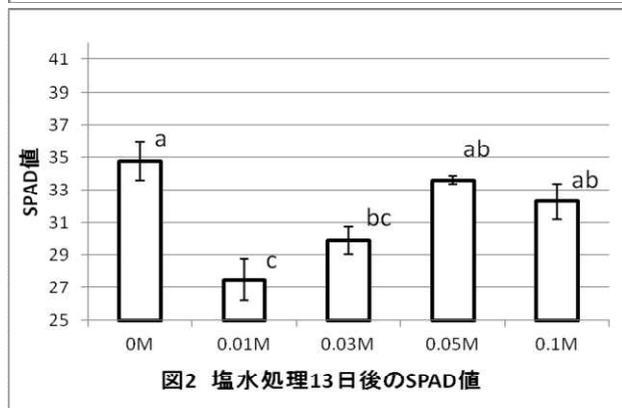
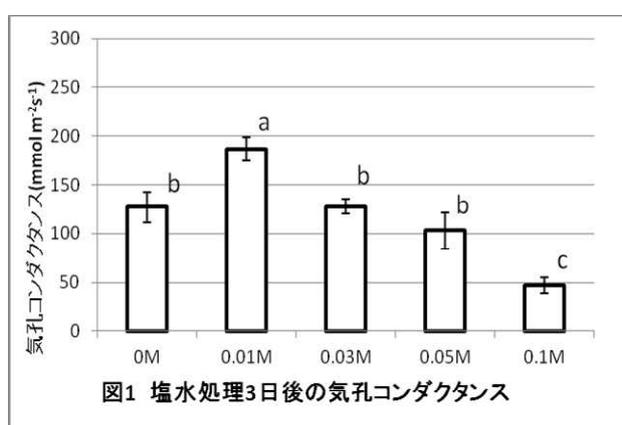
次に結果と考察を述べる。葉面積指標値は、生育が進むにつれて高濃度区ほど値が

小さくなったが、測定最終日の10月27日においても、対照区、微量濃度区間には有意差は見られなかった(有意差検定には5%有意水準におけるTukey-KramerのHSD検定を用いた)。

気孔コンダクタンスは生育が進むにつれて高濃度区ほど値が小さくなったが、塩水処理3日後の測定初日のみ0.01M区で値が対照区を有意に上回った(図1)。

SPAD値では、0.05M、0.1Mの高濃度区では生育に伴う値の減少が小さく、最終日も対照区と有意差がないのに対し、0.01M、0.03Mの微量濃度区では値が大きく減少し、特に0.01M区では塩水処理開始7日後の時点から対照区を有意に下回った(図2)。

Fv/Fmでは、SPAD値と同様の傾向を示し、0.01M区において塩水処理開始10日後から対照区を有意に下回った(図3)。



ここで、気孔コンダクタンスには水ストレス、SPAD値ならびにFv/Fmには塩ストレスによる光合成系への影響がそれぞれ反映されると考えられる。したがって、高濃度区では気孔コンダクタンスが低く浸透ストレスによる吸水障害が伺えるが、逆に、微量濃度区では気孔コンダクタンスが比較的高く塩水をより多く吸水していることが伺える。この結果、生育が続くほど微量濃度区の植物体内で塩が蓄積して光合成系を破壊し、その結果が塩ストレスの度合いとしてSPAD値、Fv/Fmに現れたと考えられる。

今回、0.01M、0.03Mの微量濃度区では、塩水処理開始から2~3日に気孔コンダクタンスが対照区より有意に上昇した。また同様に、塩水処理開始から10日~14日ではSPAD値、Fv/Fm値が対照区より有意に下降した。これらの結果から、インゲンマメは微量濃度塩の影響を顕著に受け、その指標作物となり得ると考えられる。また、生育調査項目としては、気孔コンダクタンス、SPAD値、Fv/Fmが有効と考えられる。

講演要旨

キュウリホモプシス根腐病が葉の生育状態に及ぼす影響

○安藤康一郎*・庄野浩資**・山口貴之***・松嶋卯月**・岡田益己**
*岩手大院農，**岩手大農，***岩手県農研セ

1. はじめに

キュウリホモプシス根腐病は糸状菌による土壌伝染病害である。近年特に東北地方のキュウリ産地に被害が多発しており、その範囲は年々拡大している。現在、同病に対する有効な防除方法は未確立であるが、発症早期であれば整枝などの栽培管理を工夫することで被害をある程度抑えることができる。しかし、早期発見のためには同病が地上部の葉の生育状態にいつどの様な影響を与えるかを知る必要があり、これまでその報告例は少ない。そこで本研究では、葉の光合成機能に関わる各種生育状態に注目し、これらに同病が及ぼす影響を時系列的に解析した。本研究の成果が、同病の早期発見や感染拡大の防止に役立つことを期待する。

2. 材料および方法

供試材料には岩手県の露地栽培における代表的な品種であるキュウリ‘夏ばやし’を用い、同病原体の接種株6個体（接種区）、無接種株6個体（無接種区）の計12個体を準備した。播種日は4月27日であり、接種日は6月7日である。尚、本材料は岩手県農業研究センターより提供された。6月9日に岩手大学農学部内の人工気象室に移設し、これ以降、栽培はすべて同室内で行った。環境条件は、日長12時間、気温25℃（昼）・15℃（夜）、湿度70~80%、PPFD 約200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ である。

主な測定項目は、草丈、葉長、葉幅、葉の厚み、SPAD値（葉緑素量の指標）、気孔コンダクタンス、 F_v/F_m （光合成の最大量子収率＝光合成活性）である。草丈の測定は原則として隔日、それ以外の項目は約1週間おきに測定した。SPAD値はSPAD-502 plus（コニカミノルタ、東京）を、気孔コンダクタンスはリーフポロメーターSC-1（DECAGON DEVICES、米国）を、さらに F_v/F_m はFP-100（PSI、チェコ）をそれぞれ用いて測定した。

測定は、人工気象室への移設時に最大展開葉であった第5葉から始め、以降展開する葉も測定可能な大きさに展開した後、測定対象に含めた。接種区に最終的な萎凋症状の発現後、栽培を終了し、以下の要領でクロロフィル含量と含水率を測定した。各葉から採取したリーフディスク（1cm²）を溶剤DMF（N,N-ジメチルホルムアミド）に浸し、得られた抽出液を分光分析計による定量分析に供して単位面積当たりのクロロフィル含量を測定した。さらにリーフディスクを取り出した後の葉から生体重と乾物重を求め、含水率を求めた。

3. 結果および考察

まず株全体の草丈に関しては、図1のように測定開始直後では接種区、無接種株とも同程度であったが、徐々に接種株の伸長が弱まり接種後25日目まで有

意差（5%水準の t 検定による、以下同様）が出た。

次に、第6葉の生育状況に関する結果と考察を述べる。葉長×葉幅は接種後8日目から有意な差が出たが、17日目に有意差が無くなり、31日目に再度有意差が出た。葉長×葉幅は測定初日から有意ではないが一定程度の差があったのでその影響があると思われる。SPAD値は、**図2**に示す様に測定を開始した接種後3日目から測定終了の28日目までの全てで有意差があった。**図3**には気孔コンダクタンスの結果を示す。気孔コンダクタンスは測定を開始した8日目では有意差は無かった。しかし、18日目で接種区側の方が一旦有意に高くなった後、減少し、30日目で逆転した。30日目の値には有意差はなかった。**図4**にFv/Fmの結果を示す。Fv/Fmは測定を開始した9日目では接種区の方が高い値を示したが有意差はなかった。その後22日目で逆転し、29日目で接種区が有意に低くなった。

各測定項目の中で最も早く各区間で有意差が現れたのはSPAD値であり、接種後3日後であった。SPAD値の測定装置は比較的安価であるため、早期発見の測定装置として実用性が高い。しかし、両区の初期生育の偏りなど、同病以外の要因がこの結果に影響している可能性があるため、今後、再実験による確認が必要である。

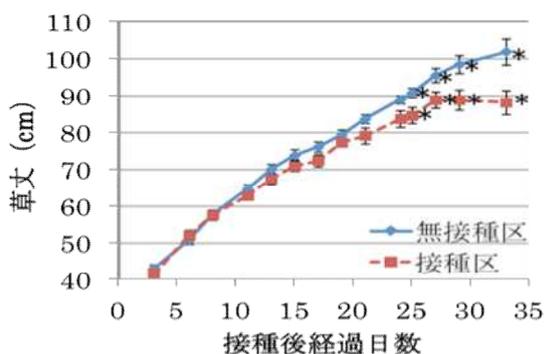


図1 草丈

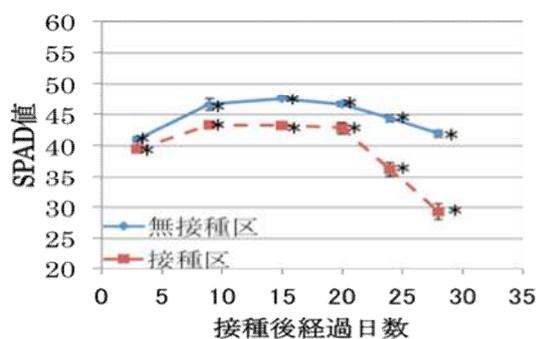


図2 SPAD値 (第6葉)

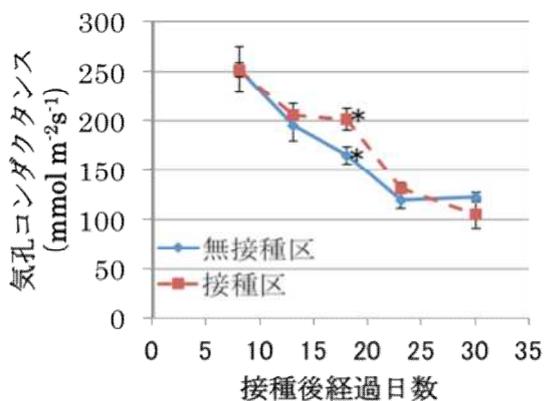


図3 気孔コンダクタンス (第6葉)

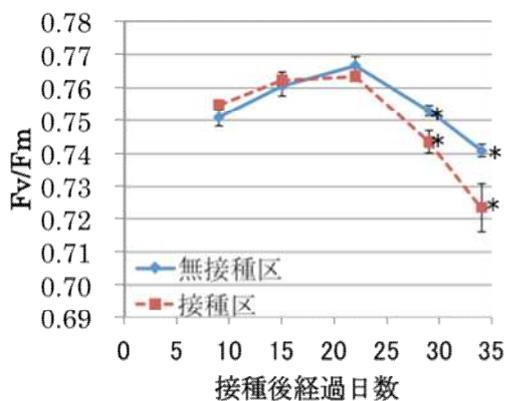


図4 Fv/Fm (第6葉)

* … 5%有意差あり、エラーバーは標準誤差

古代国家における『コメ作りの実態』

ト蔵 建治

名誉会員 弘前大学名誉教授 (現在 埼玉県北足立郡伊奈町)

1. はじめに

東北地方における冷害の実態や悲惨さについて報告してきた(ト蔵:2001、2005)。江戸時代から度重なる冷害による大惨事の根元は何か?農学の基本である適地適作の原則を超えて、稲作にとって過酷な気候のもとで『コメ作り』が敢行されている原因は何かを理解するために日本国の成立期における『コメ作り』と言う我が国の歴史を学ぶことにした。大和朝廷の成立以後、朝廷は統合した多数の部族が稲作に従事することを義務づけた。ここで検討した古代国家は律令国家が成立した奈良時代で、稲作を普及するために『暦』を取り入れている。この時代は日本書紀、古事記や万葉集が編纂され、これらの書物からも稲作や農民の実態を理解することも可能である(平川:2008、鐘ヶ江:2009)。

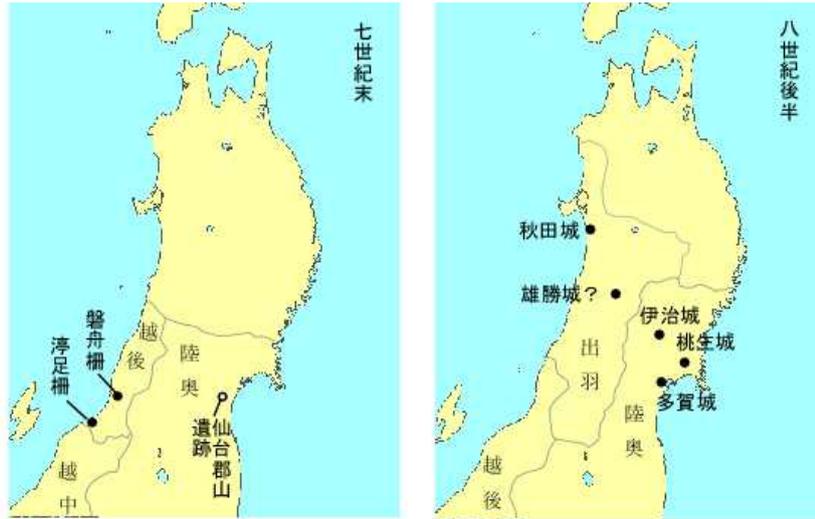
大和朝廷が稲作を国家の基本事業として以来、我が国の食糧事情は緊迫の歴史をたどってきたが、今日では、この国の水田面積の半分近くに稲を作付ただけで国民のコメに対する需要は満たされる。世間は飽食の時代であるだけでなく、稲作は機械化が進み、過去の稲作は顧みられることは少ない。顧みたとところで、その一部を狭義に解釈し「昔は農薬のようなものは無く、農村は豊かな自然に恵まれていた」と語られる。

百年前のコメの収量は今日の 1/3 しかなく、気象災害やそれに匹敵するような病虫害による減収で貧困にあえぎ、過酷な農作業に追われていた。今日急激に『近代化した稲作技術』は国の農業政策や総合的な科学・工業の力に支えられていることを十分に理解しよう。昭和前期から奈良時代にさかのぼっても田植えや稲刈りなどの農作業の形態には大差は無かろう。しかし現代に生まれた人達がこれらの実態を想像できるだろうか。幸い著者は最近の稲作技術と古い稲作技術の両方を知る立場から本稿を書くことが出来たことに感謝している。

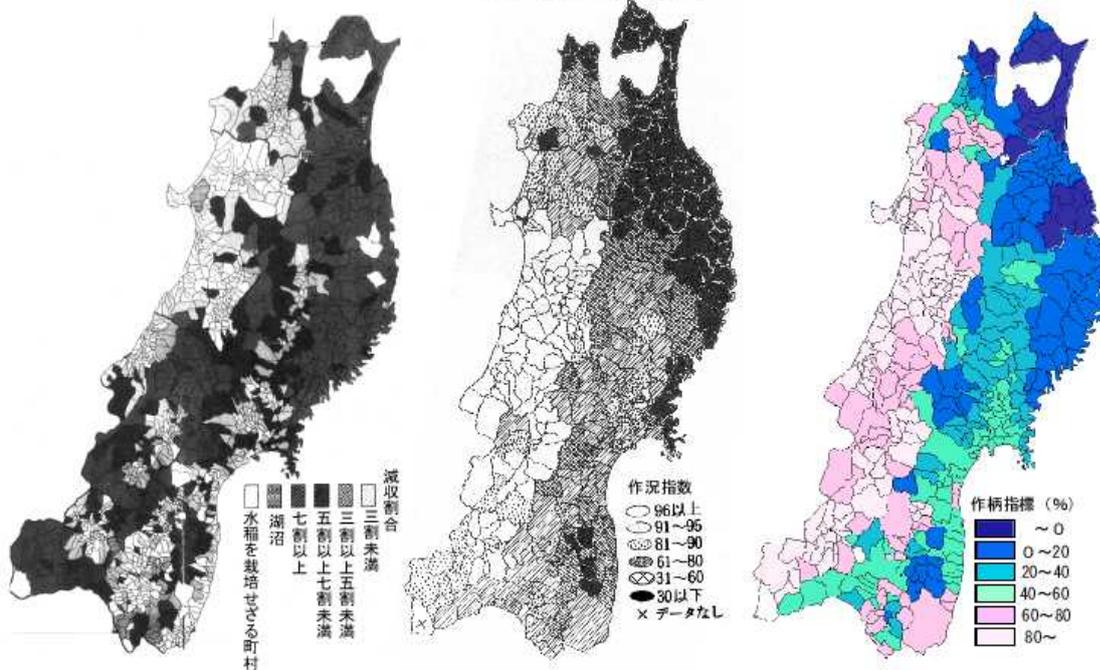
2. 班田収授法

大和朝廷成立以後は個人が農地を所有することは認められず、稲を個人の意志で栽培することは制限された。大化の改新を経た 7 世紀後半には一般人には戸籍があり、人民で 6 歳以上の男子には約 22a、女子にはその 2/3 が与えられた(口分田)。これにより『日本人たる者は稲作に従事すること』と言う概念が形成されたと言えよう。一方、貴族などの五位以上の高貴な人達には 8~80ha の農地が与えられたり、寺院や神社にも永代所有地が与えられている。このことから田圃で生産される『コメ』はその土地を耕作する人の『食糧』と言う単純な物ではなく“権力”・“地位”・“富”を象徴するものであることを示している。

朝廷は班田収授法により国民に農地を与えることで、そこから生産される稲穂から徴税し国家の財源とした。口分田で稔った稲は穂の部分から刈り取られ 1 握りを 1 把とし、20 把を 1 束とした。納税は籾ではなく稲穂が収量の単位であり、1 束と言う単位は物流の基本単位である。これを示す手掛かりとして、8 世紀半ば諸国から東大寺への奴婢の貢進を記載した資料に 24 歳の男



大和朝廷の勢力範囲¹⁾



昭和9年(1934年)²⁾

昭和55年(1980年)²⁾

平成5年(1993年)³⁾

図 1 大和朝廷の勢力範囲と近年の冷害多発地帯

出典または資料提供： 1) 引用文献 4 2) 引用文献 1 3) 東北農業試験場

子は 900 束、19 歳の女子は 1000 束とある。また陸奥国の上級の馬は 600 束で売買されたと言う記録もある。このように『稲』は奈良時代の【物流の基準】であり、国家財政の基礎と位置づけられていた。

しかし 7 世紀における朝廷の勢力範囲は本州全域におよぶことは無く、東北地方南部までに限られていた。8 世紀になると日本海を北上し秋田県にまで勢力を拡大していった(図 1)。朝廷は平定した東北地方に東海、東山、北陸の稲作農民を開発のために送り込んだ。この 8 世紀に朝廷の勢力範囲外にある地域(東北地方北部太平洋側)は 20 世紀になっても冷害により稲作が壊滅状態になった地域と重なる。

東北地方北部に“稲の栽培”が伝播した歴史は水田遺跡の発掘などから関東平野より古いとされているが、7、8世紀に東北地方にコメが『安定した生活の糧』として根付いていなかったと言えよう。朝廷が班田収授法により稲作を進めた地域は概ね関東以西の気候の温暖な地域で、当時の農地は約120万haで、人口は約500万人と言われている。しかし国家が人口増に見合った農地を開発・確保しない限り口分田の収授は行き詰まる。8世紀になり国家財政が緊迫し、巨額な先行投資を必要とする新田開発に限界が見え始めると朝廷は「三世一身法」さらに「墾田永年私財法」を發布した。個人が開発した農地は個人が所有しても良いという法律であり、『農地は国家のもの』と言う概念が崩れ、荘園時代へと進んだ。これは国家が農地、米の生産、農民を直接管理・支配する中央集権体制が崩れ、変わって地方豪族が地方のそれらを支配する地方分権へと進み、『農地は武家が所有するもの』と言った概念が形成され江戸幕府の崩壊まで続いた。

3. 種稻分与の制度

班田収授された農地にどのような稲が栽培されていたらうか。古代の種子札や木簡が大和朝廷の勢力範囲あった出羽国から筑前国に至るまでの広い範囲の遺跡から出土している(表1、図2)。図2に見られる“畔越(あぜこし)”と書かれた種子札は山形県の上高田遺跡から発見された。この品種名は我が国における最古の農書「清良記」(1702~31年頃に伊予国で成立し稲の品種90種以上があげられ、当時の農事が記載されている)にも見られるだけでなく、同名の品種が奈良、和歌山県に現存したことで注目された。農水省がジーンバンク事業の一環として両県で採取された3品種の“あぜこし”について北陸農業試験場地域基盤研究部稲育種素材研究室で栽培試験を行っている(農林水産省:2003)。出穂は田植後105・6日で晩生種に属し、出穂期は1日程度の差で大差ないと言えるが、食味は粳・餅と異なり、籾の外観も穎の色などに違いが見られる、にもかかわらず同一のネーミングとして扱われてきた。同一品種は同一の形質=遺伝

表1 古代における稲の種子札一覧

品種名	出土遺跡名	品種名の掲載文献
1 畦越(あぜこし・あせこし)	山形県上高田遺跡(9~10世紀)	『清良記』(18世紀前半)
2 足張(すくはり)	福島県矢玉遺跡(9世紀前半)	『清良記』
3 長非子(ながひこ)	福島県矢玉遺跡	『夫木和歌抄』(11世紀後半)
4 荒木(あらき)	福島県矢玉遺跡	『三国地誌』(17世紀末~18世紀初め) 『両国本草全』(18世紀前半)
5 白和世(しろわせ)	福島県矢玉遺跡	『八戸彈正知行所産物有物改帳』(17世紀前半)
6 古僧子(こほうしこ)	福島県荒田目条里遺跡(9世紀なかば)	『散木奇歌集』(12世紀前半)・『清良記』
7 白稲(しろいね・しらしね)	福島県荒田目条里遺跡	『清良記』・『八戸彈正知行所産物有物改帳』
8 女和早(めわさ・めわせ)	福島県荒田目条里遺跡	『万葉集』(8世紀後半)
9 地藏子(ちくらこ?)	福島県荒田目条里遺跡	『散木奇歌集』・『清良記』
10 小白	滋賀県柿堂遺跡(8世紀後半~9世紀)	『享保書上』(18世紀前半)
11 はせ	大阪府上清滝遺跡(12世紀後半)	『清良記』
12 和佐(わさ)	福岡県高畑庵寺遺跡(8世紀前半~10世紀)	『万葉集』
13 大根子	石川県上荒屋遺跡(9世紀なかば)	
14 許庭(こば?)	石川県上荒屋遺跡	『清良記』
15 富子(とこ?)	石川県上荒屋遺跡	『清良記』
16 酒流女(するめ)	石川県畝田ナベタ遺跡(9~10世紀)	
17 須流女(するめ)	石川県畝田ナベタ遺跡	
18 吞益(いなます)	石川県畝田ナベタ遺跡	
19 比田知子(ひたちこ)	石川県畝田ナベタ遺跡	
20 須留女(するめ)	石川県西念・南新保遺跡(8世紀後半~9世紀前半)	
21 三国子(みくにこ)	石川県吉田C遺跡	
22 狄帯建(えみしたらしたける)	山形県古志田東遺跡(9世紀後半~10世紀)	
23 和世種(わせ)	奈良県下田東遺跡(9世紀初頭)	
24 小須流女(こするめ)	奈良県下田東遺跡	

出典:『日本の歴史』第2巻 日本の原像(平川 南 著, 2008年1月)P73



図2 遺跡から発掘された種子札の例

引用文献3のP67、P76、P77、P84より著者の許可を得て転載

子型を持つものとしてネーミングがなされると言った現代とは異なり、当時は「畔を越す」ように生長することを期待した人達の願望を込めた稲への呼び名が各地にありネーミングがなされたと言われる。

7～8世紀にわたり続いた大和朝廷の中央集権を象徴する『班田収授と種稻分与』制度はその後の日本における稲の遺伝特性に大きく影響したと考えられる。古墳時代までは長い年月を掛けてアジア各地から渡来した人達により持ち込まれた稲が日本列島には多数あり、遺伝的特性も多様であったと考えられる。しかし朝廷による『種稻分与の制度』は朝廷に『認められた品種』が全国に広まり、そうでない品種は淘汰されていくことになる。その結果、約2世紀の長きに渡り“大和朝廷により選抜された稲品種のもつ遺伝子群”に集約されて行った。大和朝廷により選抜された稲の遺伝的な変異が小さかったり、早、中、晩生種で出穂期が異なるために自然交雑が起こる可能性が少なかったことが、我が国独自のイネ（ジャポニカ型）の形成に少なからぬ影響を与えたと言えよう。我が国で稲の品種間交雑による品種改良が行われるようになったのは明治末期の大冷害を経た以後（1904年）のことである。この時に純系淘汰法と交雑法がほとんど同時に採用されたが、1920年頃までは純系淘汰による選抜が成果を上げており、交雑法による成果が認められるようになるのはそれ以後のことである。

出土した奈良時代の木簡には播種や田植えの月日や動員した農民の数が記されたものもあり、品種の早・晩も理解することが出来る。木簡や種子札が出土した遺跡はその地域の支配者の拠点に近い郡家関連施設であり、地方における郡司達が地方の稲作に深く関与し指導的な役割を果たしていたことを物語っている。郡司関連施設からは縦杵、鋤き、鍬、えぶり、大足などが出土しており、郡司層の稲作への関与の深さを物語っている。朝廷が種稻を管理し農民に分け与える『種稻分与の制度』は古代の稲作が今日考えられる以上に統制・管理され『コメ』の安定生産が追求

されていた。その根底には【稲が国家財政の基盤および物品貨幣】としての位置付けがあったに他ならない。

4. 奈良時代における稲作の実態

朝廷が勢力下に置いた地域では稲の安定生産のため、栽培期間の長さにより早稲・中稲・晩稲と区別して適地適作を図っている。これは年2回（春・夏）行われる『出挙』で、播種日や収穫物の納期などが指定されている木簡の出土から解明された。朝廷が班田収授を遂行するためには人民の年齢を把握して、農地の更新を行うためには『暦』が必要である。一方、都の役人には1ヶ月に5日の休暇を与えるとともに、それぞれの地域で田植えと刈り取りに合わせて中稲を基準として農繁期を給することも決められている。都の置かれていた大和国では、地域により田植えと刈り取りの時期が異なる。

添下郡・平群郡などでは5月に田植え、8月に刈り取り

葛上・葛下・宇智郡などでは6・7月に田植え、9・10月に刈り取り

〔“月”は現代歴に換算した〕

と郡単位で稲作期間を指定している。当時は多くの下級役人が都の周辺に田圃を与えられ稲作にも従事している。そのため、役所の業務に支障が起らないように配慮されていたと言える。こうした狭い範囲で【農繁期に時差の設定】を可能にしているのは早稲・中稲・晩稲などの多様な品種が存在しただけではなく、『暦』が存在してこそ可能になる。

奈良時代の稲作の実態を考察するために表1にある種子札が出土した遺跡の近くの気候データから、稲作の安定性を検討すると関東以西と東北地方に区分される。春の出挙（4月）に種籾が供給されるのは二十四節気の“穀雨”⇐4月20日頃で関東以西の平野では水稻種子の低温発芽限界10℃を十分に超えている（表2）。

表2 各地で平均気温が10℃を超える日
（日本気候表）

都市名	月日
福岡	3月18日
広島	3月29日
松江	4月4日
奈良	4月1日
京都	3月28日
金沢	4月5日
小名浜	4月9日
新潟	4月12日
仙台	4月13日
会津若松	4月17日
米沢	4月20日
酒田	4月17日

奈良の春日大社の文献によれば

潤種から田植え 52 日間その後 99 日後に刈り取り

潤種から田植え 57 日間その後 107 日後に刈り取り

で田植えから刈り取りまでに約10日の差があることから上段が中稲、下段が晩稲であろう。一方、東北地方では春出挙の頃には気温が10℃に達したばかりで、育苗に十分な温度を確保するには不安があるため潤種に多くの時間を掛けている。近世の農書（会津歌農書・上之本：1704年）に、早稲の場合

潤種 30 日、蒔芽 10 日、播種 35 日田植えから刈り取り

まで 75 日

と、潤種から田植えまでに長時間を要しているが、刈り取りまでは75日と短期間である。

当時の田植えは【神聖な行事】とされ集落の大イベントとされた。今では観光行事となっている【お田植え祭り】は春の不順な天候をやっと乗り切って手にした健苗への感謝と、その後の安泰（豊作）をせつに願うものであった。昭和30年代までは『苗半作あるいは苗六分作』と言われ健苗を確保することでその年の作柄の大部分が決まるとさえ言われていた。無事に田植えを終わった稲は水管理、雑草管理、鳥追いなどの農作業を経て刈り取り期をむかえる。これは気候が

稲作にとって順調に経緯したとしてのことである。自然災害に対する十分な備えがあるわけではなく、病原菌の存在なども意識の外であり、不作は全て神仏の祟り（天罰）と考えられていた。

刈り取りの目安は『暦』で“霜降”≒10月20日頃である。関東以北では気温は15℃以下になり冬に向かい寒くなる。その他の関東以西では気温は15℃以上あり稲が光合成を行うには十分な条件にある。しかし、その後の麦作（8世紀末に普及）のことを考慮するとこの頃に稲を刈り取り、麦の播種に向けての準備も必要となる。夏出挙で播種された早稲種も120日以上を経過しているので出穂・結実期をむかえることになる。西南暖地では11月下旬までは日最高気温が15℃以上の日が続くので刈り取りまでの時間は確保される。しかし田植えから刈り取りを迎えるまでには今日では想像もつかない困難があった。その内でも病虫害による減収は気象災害以上であったが、これらの病虫害の発生は気象の影響を直接・間接的に受けているが神のなせる業と考えられてきた。この点について農業気象学の分野の人達はどんな考えを巡らせばよいのかに歴史を探るロマンがある。

引用文献

- 1) ト蔵建治, 2001: 「ヤマセと冷害」, 成山堂.
- 2) ト蔵建治, 2005: 「冷害はなぜ繰り返し起きるのか?」, 農文協.
- 3) 平川南, 2008: 「日本の歴史・第二巻 日本の原像」, 小学館.
- 4) 鐘江宏之, 2009: 「日本の歴史・第三巻 律令国家と万葉人」, 小学館.
- 5) 農林水産省ジーンバンク稲遺伝資源特性調査, 2003: 中央農研研究資料, 3, 55-89.

>>>支 部 だ よ り<<<

1. 2012（平成24）年度支部大会

2012年度支部大会は宮城県農業・園芸総合研究所（宮城県名取市）において、11月1・2日に開催されました。1日の一般研究発表会では10題の発表と宮城県から震災復興に係わる研究課題の話題提供があり、活発な討議が行われました。今号には研究発表の要旨を掲載しました。2日には、東日本大震災の被災農地と再生に向けた大規模園芸施設を視察しました。1日の総会において、支部会費の改正案と会誌「東北の農業気象」投稿規程改正案ならびに編集委員会規程改正案が提案され、了承されました。

2. 会員動静(2012年3月31日)

[入会] 丹治和博

[退会] 伊東秀則、上林儀徳、木村稔、宮本硬一、岩谷文武、小綿寿志

会員数（2012年3月31日）：122

名誉会員：1名

会 員：108名（支部のみ56、本部のみ43、本部（管外）9）

図書館等：13（支部のみ4、支部＋本部2、本部のみ7）

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. 2013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、2013年度の候補者をご推薦ください。締め切りは2013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. 2013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、2013年度の候補者をご推薦ください。締め切りは2013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。

(新会則)

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。

(参考・旧会則)

第16条(会費):本部に所属しない会員の会費は次のとおりとし、前納とする。

支部会員 1,500円
賛助会員については別に定める。

2012年11月1日までに2012年度の会費として1,500円を納入した支部会員は、これを2012年・2013年の2年分の会費として取り扱います。

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」、の他に「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 ワードプロを用いた投稿には、A4サイズの内紙を縦書き、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、結果と考察を簡条書きにする(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「グスコーブドリの伝記」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57号

2013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 019-643-3408
振替口座 02270-7-4882
