

# 東北の農業気象

Agricultural Meteorology in Tohoku

Vol.66

Mar.2022

## 報 文

2016年6月15日の早池峰山の局地気象特性 真木太一.....1

### 支部大会特別講演会要旨

作物-土壌-微生物のマルチオミクス解析を用いた  
農業環境エンジニアリングシステムについて 二瓶直登.....10

### 支部大会研究発表要旨

北国における加温ハウス栽培普及への疑問 岡田益己・松嶋卯月.....13

盛岡における薬用作物トウキの収穫適期推定 井上 聡.....15

リンゴ園における土壌窒素収支の経年変化と高温高環境による影響  
伊藤大雄・HassanR・青山正和.....17

流木資源化・利用システムの開発 小森大輔・松下潤 他.....19

Assessing the temporal and spatial response of the wet crop to  
agricultural drought in West Java, Indonesia.  
Amalia Nafisah Rahmani IRAWAN・Daisuke KOMORI・Vempi Sartiya Adi HENDRAWAN...21

Evaluation of CMIP6 global climate models for projection of precipitation  
and temperature in Afghanistan  
MohammadNaser SEDIQI・DaisukeKOMORI...23

### 支部だより

2021年度支部大会報告.....25

### 支部会案内

会則・規則.....27

投稿規定.....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（2021・2022年度）

支 部 長	伊藤 大雄	弘前大学
理 事	長谷川利拡	東北農業研究センター（現・農業環境研究部門）
永年功労会員		
表彰審査委員	伊藤 大雄	弘前大学
本部評議員	小森 大輔	東北大学
	下野 裕之	岩手大学
評 議 員	木村 利行	青森県産業技術センター農林総合研究所
	町田 創	青森県産業技術センター野菜研究所
	小峰 正史	秋田県立大学
	松嶋 卯月	岩手大学
	菅野 博英	宮城県古川農業試験場
	横山 克至	山形県農業総合研究センター
	鈴木 幸雄	福島県農林水産部農業振興課
	吉田 龍平	福島大学
	渡邊 明	福島大学
会計監査	松嶋 卯月	岩手大学
	町田 創	青森県産業技術センター野菜研究所
幹事（庶務）	中嶋 美幸	東北農業研究センター
幹事（会計）	屋比久貴之	東北農業研究センター
幹事（編集）	石川大太郎	福島大学

2016年6月15日の早池峰山の局地気象特性

Characteristics of local climate at Mt. Hayachine on 15 June in 2016

真木太一

九州大学名誉教授、日本学術会議連携会員、北海道大学農学研究院研究員

Taichi MAKI

Prof. Emeritus of Kyushu University, Fukuoka 812-8582, Science Council of Japan, Tokyo 106-8555, Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060-8589

東北地方の日本百名山・早池峰山に登山した時の局地気象を地上気象のアメダス・高層気象データ等から推定するために高山の気象を解析した結果、相当の精度で評価できることが分かった。2016年6月15日における早池峰山の霧・曇天の気象特性を推定・評価した結果を報告する。

キーワード：鉛直分布、気象推定、局地気象、高山気象、霧

Keywords: Fog, Local climate, Meteorological estimation, Mountainous climate, Vertical profile

## 1. はじめに

2016年6月15日に早池峰山に登った(真木、2019a)。15日つくばー盛岡ー早池峰神社ー河原坊から霧雨の中を出発したが西コースは土砂崩れの通行止めで迂回して小田越ー賽ノ河原ー御田植場ー早池峰山(1917m)ー小田越ー河原坊ー盛岡ーつくばの日帰り登山であった。

近年、登山人口が増え、予報が難しい高山の局地気象的解析・情報の必要性が増加している。ここでは日本百名山・早池峰山(図1)の局地気象特性を解析・評価した結果を報告する。複雑地形での気象推定およびアメダス・高層気象データからの高山気象推測法への応用や遭難事故軽減に繋がる事を期待している。なお、高山気象と局地気象との関連の記述に吉野(1986)がある。

日本百名山(深田久弥選定)と日本百高山(国土地理院標高順認定)の単独登山達成(真木、2019a)では、天候悪化で危険な状況が数度あり、天候・局地気象の推測が不可欠であると実感している。2015年7月13~14日の木曾駒ヶ岳ー空木岳間での暴風雨(真木、2019b)、2015年9月18日の早池峰山での暴風雨(真木、2021a)、2017年7月23~24日の間ノ岳ー農鳥岳での暴風雨および2017年8月25日の北岳での暴風などの事例がある。一方、気象的に特徴的な2015年9月16日の八甲田山での早い降霜(真木、2021a)、2015年10月25~26日三国山脈でのハイドロリックジャンプ現象(局地風)、関東地方の空っ風、草津白根山・四阿山での樹氷(真木、2021b)や2018年8月18日の北アルプス・黒部源流での真夏の降霜(真木、2021c)など、興味深い事例がある。これらの解析結果は気象関係者等、多くの人々に有益な情報を提供できると判断される。ここでは東北地方のヤマセ影響下の曇雨天日における風の弱い夏期の高山における局地気象特性の解析結果を報告する。

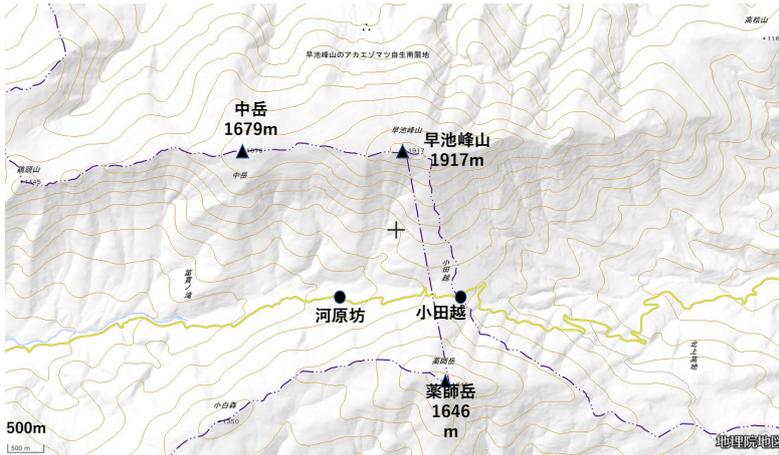


図 1. 早池峰山の登山地図

## 2. 解析方法

天気概況は天気図（図 2）で把握する。岩手県早池峰山付近のアメダスデータ（風向・風速・気温・降水量）41 地点（青森県：青森・酸ヶ湯・八戸・休屋、岩手県：山形・荒屋・奥山中・葛巻・岩手松尾・好摩・岩泉・藪川・雫石・盛岡・区界・宮古・川井・沢内・紫波・大迫・遠野・湯田・北上・江刺・若柳・住田・大船渡、秋田県：大館・鷹巣・鹿角・湯瀬・阿仁合・八幡平・秋田・石見三内・田沢湖・角館・大曲・横手・湯沢・湯の岱）および相対湿度では青森、八戸、盛岡、宮古、大船渡、秋田、石巻、仙台の計 8 地点で解析する。地上気象は毎時と日極値のアメダスデータを収集し、地形状況と合わせて風速・気温等を解析する。そして気象庁の秋田・札幌・館野高層気象（風向・風速・気温・湿度）データを利用する。なお、秋田は早池峰山の西方 120km、札幌は北方 400km、館野は南方 400km に位置する。

これらの気象データより、高山の風向・風速・気温・相対湿度を推定・考察した。すなわち、早池峰山の相当高度の気象を推定するとともに登山地図を用いた地形や植生の変化等を考慮して風向・風速（ビューフォート風力階級表）を求め（吉野、1986；真木、2019b）、解析に利用した。

東北地方では高山の気象データは得られず、また低平地の気象からの気象予測・推定は難しいが、ここでは気象変化過程を評価するとともに、特に高山における風向・風速・気温・相対湿度・降水量の推定を目的に解析した。

## 3. 結果および考察

### 3.1 天気概況

2016 年 6 月 14 日 9 時の地上天気図（図 2 上）から太平洋上には東西に梅雨前線があり、東北の太平洋に 992hPa の低気圧、北海道西方に 1004hPa の低気圧、東シナ海と日本海に 1006hPa の高気圧があり、それらの狭間で、東北地方は 1020hPa のオホーツク海の高気圧の南東末端の影響でヤマセ風が吹き曇雨天、宮古では朝夜は雨、日中は曇天、風向は北北東～北東であり、盛岡では朝夜は曇雨天、日中は曇天、風向は、朝は北寄り、日中は南、夜は南南東であった。

15 日 9 時は太平洋上には東西に梅雨前線があり、東北地方は 1020hPa のオホーツク高気圧の最南端で基本的には晴天であったが、宮古は早朝雨天その他曇天、風向は南西－北東－南東であり、盛岡は早朝雨天その他曇天、風向は南寄りであった。広域では北北東～南（東寄り）のヤマセ風が吹き低地では曇雨天であり、約 2000m の早池峰山頂までは霧が掛かったが上空では雲はな

いと推測された。すなわち秋田の高層気象では 500~1500m に 80~92%の高湿層があるが 2300~4900m では湿度 10~40%で雲はなく乾燥していることによる。また、850hPa の高層気象天気図 (図 2 下) から同様の気象条件が読み取れる。

図 3 には梅雨期のヤマセによる霧・雲にかすむ早池峰山およびヤマセによる低温の気候条件によって早池峰山頂付近に 6 月中旬でも雪の残る写真を示す。気象解析日の天候や高山の低温の状況が判断できる。

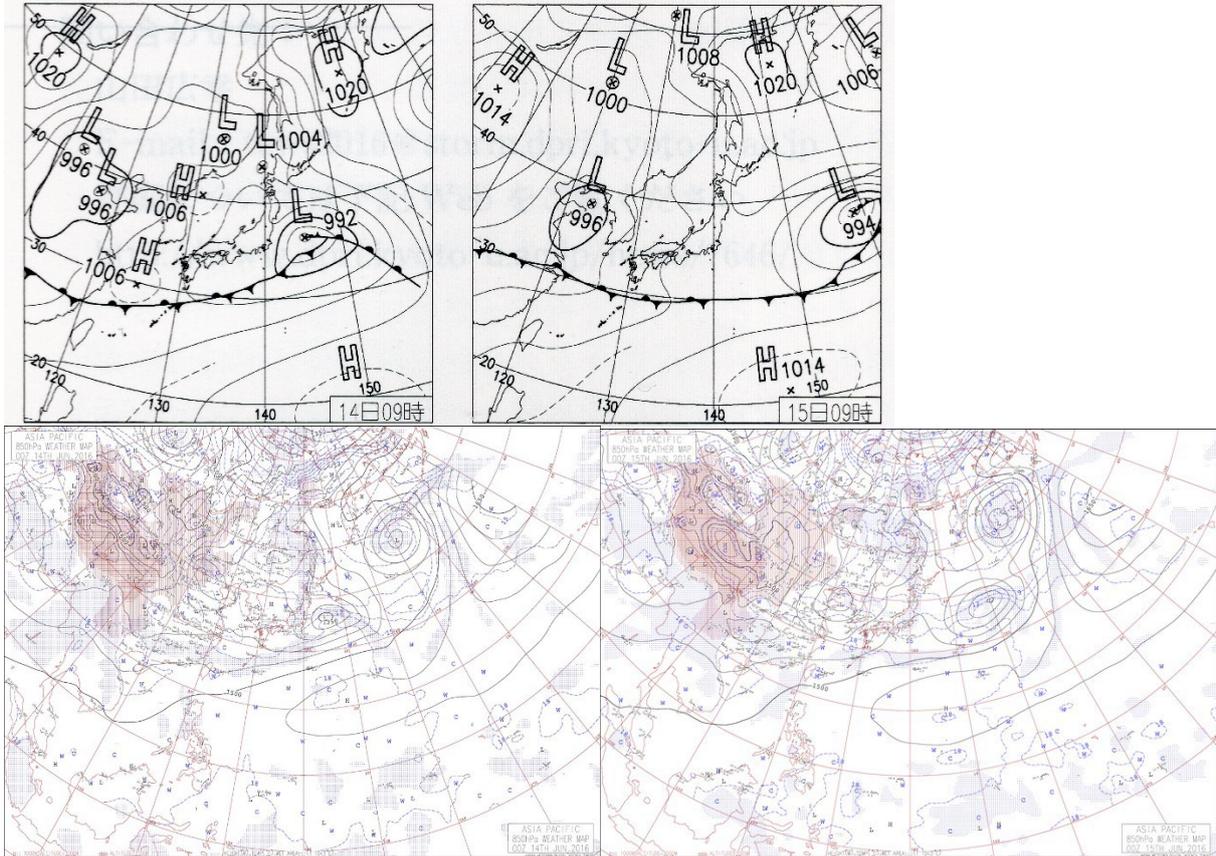


図 2. 2016 年 6 月 14~15 日 9:00 の地上天気図および 850hPa 高層気象天気図 (気象庁)



図 3. 左：早池峰山の眺望、右：早池峰山頂近くに残る雪渓

### 3.2 気温と標高の関係

2016 年 6 月 15 日のアメダスデータの日最低・最高気温(x : °C)と標高(y : m)の関係は図 4 の通りである。

$$y = -119.6x + 2011.4, R^2 = 0.7722, r = -0.879$$

$$y = -38.536x + 1043.7, R^2 = 0.3217, r = -0.567$$

最低気温の相関は高いが、最高気温の相関は高くはない。上式からの早池峰山相当高度の最低・最高気温の算定値は 0.79°C、-22.66°Cで逆転しており不合理である。

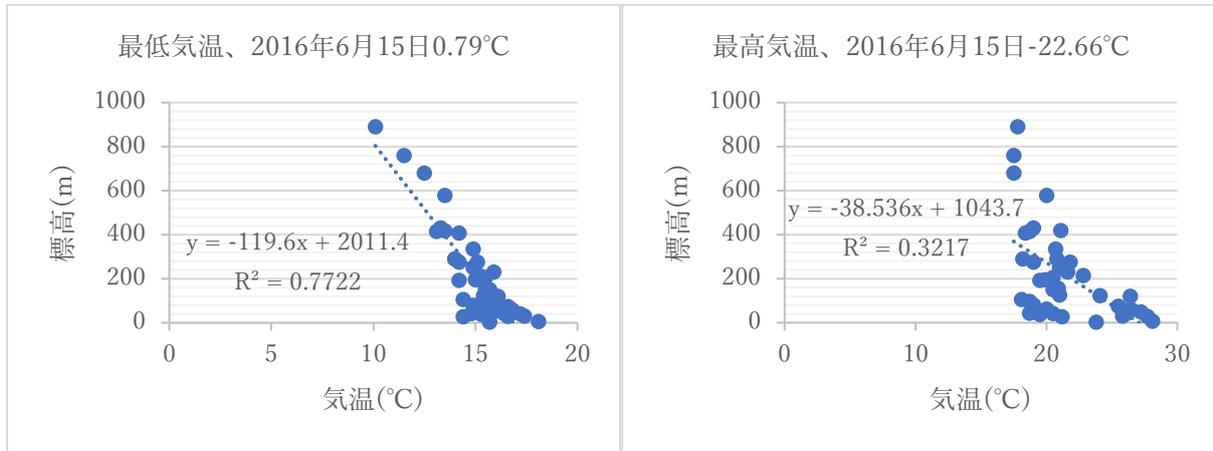


図4. 2016年6月15日の最低・最高気温と標高の関係

そこで、気温あるいは標高に条件を付けて解析した。最低気温では相関係数が-0.9程度で高いが、最高気温ではかなり低い。この理由としては、ヤマセの影響によって、海岸から内陸に入るに連れて一般的に霧が減少し日射が多くなり気温は上昇しやすい一方、風速では地形性（谷地での局地風など）があり、単なる標高や海岸からの距離だけには依存しないなどのため、例えば標高20m程度では最高気温が18~28°Cと大きい気温差である。なお、6月15日の午後は、現地では一時日射があったように、高山の最高気温が相対的に高くなる傾向があった。このため20°C付近以下では標高に対して変化の小さい直線的な関係が見られる。

さて、相関係数に注目し300m以上の高標高に限定して低地のデータを削除すると相関は高くなるが地点数が少なくなるため、ここでは下層地域よりも低温の高山（早池峰山など2000m程度の山）を対象とすることで、気温だけに限定して評価した。特に最終目的である早池峰山の気温推定と矛盾しないように算定すると次のようになった。

6月15日の最低気温は15°C以下、最高気温は20°C以下の条件下では図5上の通りである。

$$y = -169.35x + 2680.4, R^2 = 0.7951, r = -0.892$$

$$y = -257.09x + 5116.7, R^2 = 0.4731, r = -0.688$$

従って、早池峰山(1917m)高度での最低気温は4.51°C、最高気温は12.45°Cと推定された。なお、最低気温の分布では高度500m付近で傾向が幾分変わるように見える。これは、高度1000m近くの上層では霧が薄くなり、標高に従って相対的に湿度が低く乾燥して、いわゆる乾燥断熱減率に近づくためと推測される。ただし、最高気温では相当ばらつき明確でない。

もう少し絞ると、最低気温14°C以下、最高気温19°C未満にすると図5下の通りである。最低気温3.72°C、最高気温15.06°Cと推定された。日較差は11.34°Cとなった。

$$y = -152.41x + 2483.7, R^2 = 0.8593, r = -0.927$$

$$y = -482.78x + 9185.4, R^2 = 0.5887, r = -0.767$$

ヤマセの霧の掛かる条件下での最低気温、および午後には日照もある中での最高気温を考慮すると、高山は気温日較差が大きいため、この日の最低・最高気温が概ね妥当と判断され、早池峰山の気温が夏季のヤマセの影響がある中でも相当程度、推測できることが分かった。なお、札幌・秋田・館野の高層気象との比較は後述する。

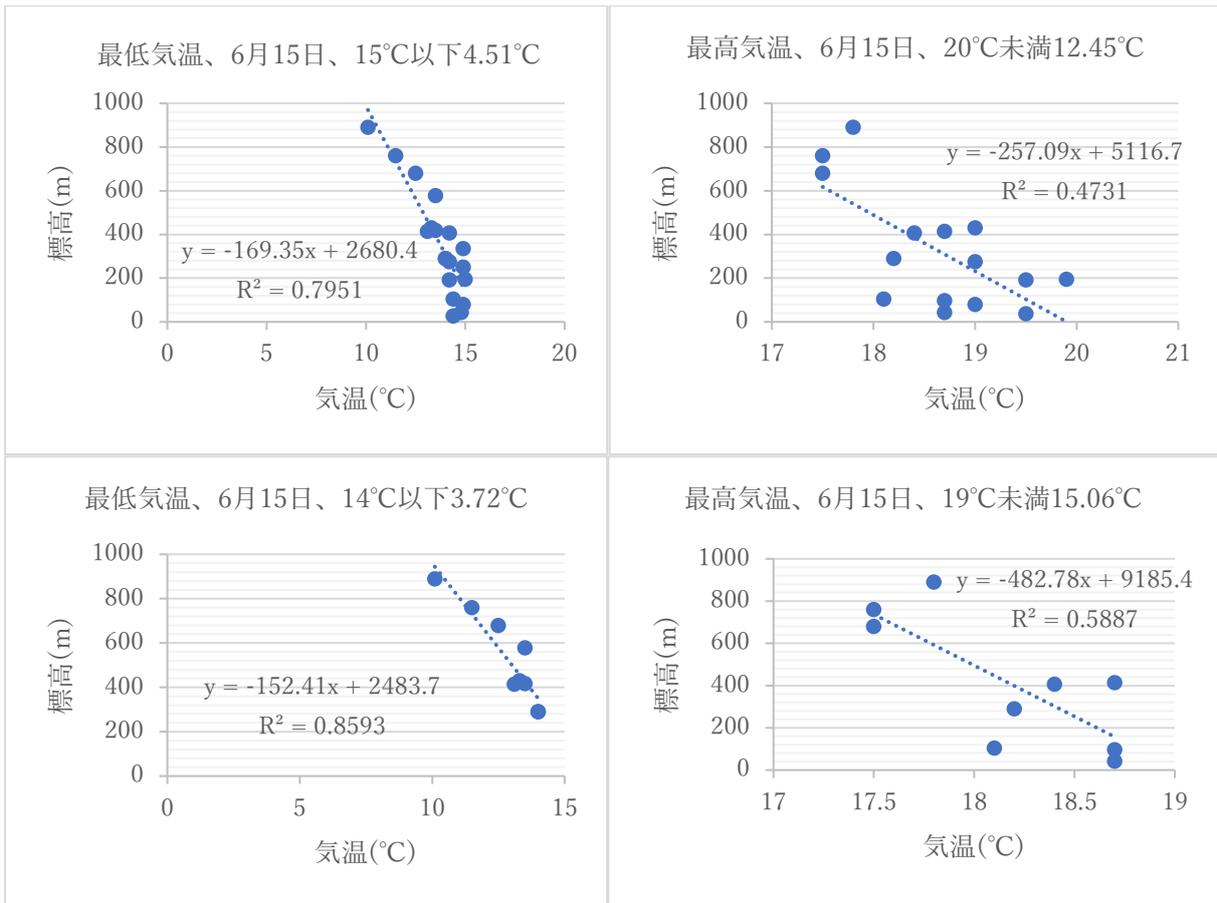


図 5. 2016 年 6 月 15 日の気温に条件を付けた場合の最低・最高気温と標高の関係

### 3.3 風速・風向と標高の関係

○風速： 6 月 15 日の日最大風速・日最大瞬間風速と標高の関係は図 6 の通りである。

$$y = -58.361x + 468.41, R^2 = 0.2176, r = -0.466$$

$$y = -28.185x + 437.65, R^2 = 0.0924, r = -0.304$$

相関は高くないが、標高が上がるにつれて風速が小さくなる逆関係、すなわち東北地方でのヤマセ気象の特徴が出ていて興味深い。ここで、標高を 50m、100m 以上に条件を付けると相関は却って悪くなり無条件とした。

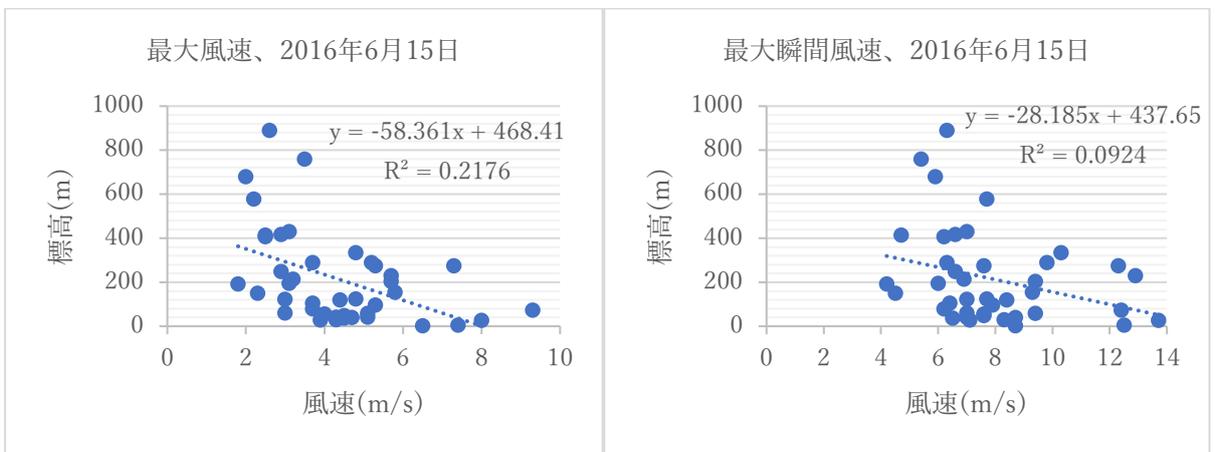


図 6. 最大風速・最大瞬間風速と標高の関係

○風向： 6 月 15 日の最大風速は東-南東と南の南東寄り、最大瞬間風速は東-東北東と南-

南南西で、合わせて東寄りと南寄りである。

標高を①0~100m、②101~300m、③301~900m に区分すると、最大風速では①東南東、南で南東寄り、②東南東、南で東寄りと南寄り、③東北東の東寄りである。最大瞬間風速では①東北東、東・南で南東寄り、②東、南南東・南南西で南東寄り、③東である。

以上のように、6月15日においてはヤマセの特徴は顕著ではないが、それなりに東北地方の気象特性を表していると考えられる。

### 3.4 降水量・相対湿度と標高の関係

6月15日は多数点で降雨があり、岩手県内23地点のアメダスの20地点で87%、周辺41地点で78%であり、降水量0.5~4.5mmとヤマセによる雨で、量が多くないためか、標高との関係では相関は低かった。

$$y = -27.671x + 246.31, R^2 = 0.0265, r = -0.163$$

なお、秋田の高層気象では概して晴天であるが、後述のように500~1500mに80~92%の高湿層があり、2300~4900mでは10~40%で乾燥し、6500~9000m付近には80~90%の高湿層がある変化の大きい鉛直分布で、高湿層では夜に降雨があった。

6月15日の日最小相対湿度と標高の関係は観測点(盛岡・宮古・大船渡・秋田・八戸・青森)が少なく、次の通りで相関は低い。

$$y = 1.7702x - 71.701, R^2 = 0.1284, r = 0.358$$

一方、盛岡だけは海岸以外の内陸であり、気象特性が異なるとして除外すると、相関は高くなった。なお、昼間の2000m程度以上の高山では乾燥傾向が見られ、1000m付近にピークがある鉛直分布を示す(後述の秋田の高層気象データ参照、図8上図)。

$$y = 1.1784x - 53.946, R^2 = 0.6928, r = 0.832$$

また、地域を拡大し仙台と石巻を加えて点数を多くして関係を求めると次の通りである。

$$y = 1.6254x - 65.282, R^2 = 0.1146, r = 0.339$$

盛岡を除外すると相関は高くなった(図7)。

$$y = 1.3086x - 59.535, R^2 = 0.679, r = 0.824$$

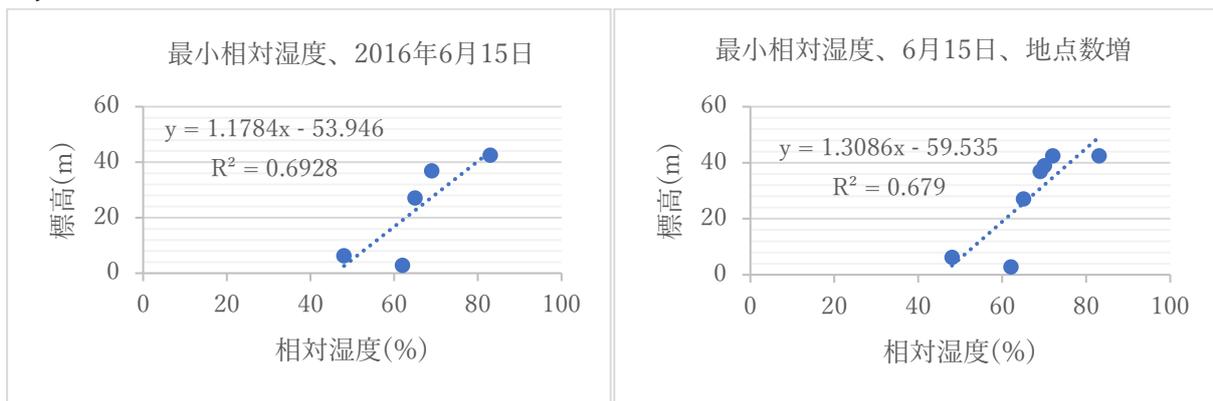


図7. 日最小相対湿度と標高の関係

### 3.5 高層気象と標高の関係

秋田高層気象台の各観測日の代表的または日平均の気象とも考えられる2016年6月15日9時の気温・相対湿度・風速・風向の鉛直分布を図8に示す。ただし、標高と各気象要素の関係は、x軸の標高(x:m)に対してy軸は気温・湿度・風速・風向である。

気温の鉛直分布では地表~10kmはほぼ直線分布を示す。9時の気温分布は次の通りである。

$y = -161.03x + 3554.9$ 、 $R^2 = 0.9957$ 、 $r = -0.998$  で相関係数は非常に高い。

風速の鉛直分布では次の通りである。

$y = 412.5x - 224.14$ 、 $R^2 = 0.9141$ 、 $r = 0.956$  であり、他の気象分布は変化が大きい。

上 2 式から求めた高山としての早池峰山の気温は  $10.17^{\circ}\text{C}$ 、風速は  $5.19\text{m/s}$  と算定される。

ここで早池峰山相当の直近 2 点間の鉛直分布から比例配分で求めた気温、相対湿度、風向、風速は  $10.29^{\circ}\text{C}$ 、 $46.44\%$ 、 $277.5^{\circ}$  西、 $2.62\text{m/s}$  である。2 点間の気温の方が幾分高い。なお、風速は  $2033\text{m}$  で  $2\text{m/s}$  と小さいため 2 点間推定値は小さいが、全体の相関式からの推定  $5.19\text{m/s}$  がより妥当であろう。

次に秋田の  $10\text{km}$  までの鉛直分布全体あるいは相関の高い直近多数点からの鉛直分布の気象（気温、湿度、風向、風速）はそれぞれ  $10.17^{\circ}\text{C}$ 、 $53.37\%$ 、 $277.5^{\circ}$  西、 $2.62\text{m/s}$  と推定された。

高山気象として、秋田の  $10\text{km}$  までの鉛直分布全体または直近の多数点の気象と直近 2 点間の気象 ( $10.29$ 、 $10.17^{\circ}\text{C}$  ;  $46.44$ 、 $53.37\%$  ;  $277.5$ 、 $277.5^{\circ}$  ;  $5.19$ 、 $2.62\text{m/s}$ ) の平均は、それぞれ 6 月 15 日 9 時  $10.23^{\circ}\text{C}$ 、 $49.91\%$ 、西、 $3.91\text{m/s}$  と推定された。ただし、相対湿度については、秋田はヤマセ風に対しては風下のフェーン風の昇温・乾燥が関与するが、気温は風速が弱い余り昇温しないとしても晴天であり乾燥には影響していると判断されるため、秋田からの早池峰山の湿度は小さ過ぎると推測される。湿度以外は、高山の 6 月 15 日での平均・代表的な気象を概ね表していると考えられる。高山の気象として下層の弱風・霧雨、中層  $3000\sim 5000\text{m}$  のやや弱風・乾燥の天候の特徴を表していると推測される。

鉛直分布を詳しく見ると、15 日 9 時の湿度は地上の  $70\%$  から  $1000\text{m}$  で  $92\%$  の高湿になるが、変動しながら減少して  $4000\text{m}$  で  $9\%$ 、 $2500\sim 5000\text{m}$  の  $10\sim 30\%$  は特徴的であり、それ以上の高度（以高）で増減して  $6500\sim 9000\text{m}$  で  $80\sim 91\%$  の高湿があり  $10\text{km}$  では  $60\%$  である。風速は地上から  $4600\text{m}$  までは  $10\text{m/s}$  以下であり、以高次第に増加して  $11\text{km}$  では  $30\text{m/s}$  の強風の偏西風である。風向は地上の南東寄りから  $1300\text{m}$  で南、 $2000\text{m}$  で北西もあるが  $10\text{km}$  まで西寄りの偏西風である。

6 月 15 日 21 時の鉛直分布は図 8 の通りである。気温と標高の関係は次の通り直線分布であり、早池峰山では  $9.89^{\circ}\text{C}$  である。

$y = -163.18x + 3530.1$ 、 $R^2 = 0.9967$

直近 2 点間の数値より求めた早池峰山の気温、相対湿度、風速、風向は  $10.12^{\circ}\text{C}$ 、 $70.21\%$ （館野  $94.1\%$ ）、 $6.65\text{m/s}$ 、 $233.8^{\circ}$  南西である。気温は全体の関係式の推定とほぼ同じである。

次に鉛直分布を詳しく見ると、地表～ $10\text{km}$  の気温分布は直線関係で表される通りである。相対湿度は地表の  $67\%$  から増減して  $1551\text{m}$  で  $89\%$ 、 $1879\text{m}$  で  $69\%$  など  $70\sim 85\%$  であるが  $2800\sim 6300\text{m}$  で  $91\sim 99\%$  の多湿層があり、 $10\text{km}$  では  $70\sim 80\%$  である。風速は地表の  $6.2\text{m/s}$  から急増して  $300\sim 500\text{m}$  で南東の  $13\sim 14\text{m/s}$  の特徴的な強風となり、 $1000\sim 2700\text{m}$  に  $6\sim 7\text{m/s}$  の弱風域があり、以高次第に増加し  $5200\text{m}$  で  $15\text{m/s}$ 、 $6600\text{m}$  で  $20\text{m/s}$ 、 $9000\text{m}$  で  $30\text{m/s}$ 、 $10\text{km}$  で  $50\text{m/s}$  となり、 $12\text{km}$  では  $80\text{m/s}$  のジェット気流（9 時との風速差が顕著、札幌・館野では小さい）となっている。風向は地表～ $1700\text{m}$  の南東、 $1000\text{m}$  で南、 $1700\text{m}$  で南西、 $2000\sim 5000\text{m}$  で西南西～南西と変化し、 $5500\text{m}$  で西南西、 $8600\text{m}\sim 12\text{km}$  で西の偏西風である。

ここで 15 日 9 時の札幌・秋田・館野の高層気象を比較すると、気温の地表と早池峰山相当高度は札幌  $18.2^{\circ}\text{C}$ 、 $7.7^{\circ}\text{C}$ 、秋田は  $22.4^{\circ}\text{C}$ 、 $10.3^{\circ}\text{C}$ 、館野  $17.4^{\circ}\text{C}$ 、 $10.6^{\circ}\text{C}$  で、札幌の北地としての低温、

秋田の風下のフェーン的昇温、館野の雨天での低温が目立つ。相対湿度では札幌 63%、51.7%、秋田 70%、46.4%、館野 95%、92.6%で、札幌・秋田のヤマセの内陸風下側での乾燥化に対して館野の海岸にやや近い曇雨天の特徴が出ている。風速では札幌 9.0m/s、3.4m/s、秋田 3.6m/s、2.6m/s、館野 1.9m/s、6.7m/s で、札幌の地表の強風に対して山頂での弱風と館野の地表での弱風に対する山頂での強風化が目立つ。風向の札幌南南東、西、秋田南南東、西、館野北東、西南西で、札幌・秋田のヤマセの風下側の影響、館野の曇雨天・ヤマセの北東～東北東風の影響がある一方、3地点とも既に早池峰山高度で偏西風の影響が出ていて興味深い。

次に9時の早池峰山の高層気象から登頂時14時(最高気温出現時)の気象を推測すると、気温は15°C(3平均9.5°C+気温較差11.34°Cの中央値5.7°C)、湿度は93%(ヤマセの影響が強い曇雨天の館野の湿度)、風速は4m/s(3平均)、風向は西寄り(3平均)と推測される。

なお、鉛直分布で、より上層までの気象の概況を見ると、気温は直線分布で、札幌は地表18.2°C、高度9.4km-40°C、秋田は地表22.4°C、9.7km-40°C、館野は地表17.4°C、9.9km-40°Cである。

札幌の湿度は下層域80%以下で、4500~6000mは10%程度で乾燥している。秋田は下層域に90%程度の湿潤域があり、3000~4500mは10~20%程度で乾燥している。館野は地上~3000mは90~100%で湿潤であり4500~7000mは20~40%で乾燥している。従って早池峰山付近では下層2000mでは90%以上で湿潤、上層3000~5000mでは20%程度で乾燥している。

札幌の風速は最下層域に10m/s程度の強風域、4500mまでは弱風域、秋田・館野は地表~4200mは2~8m/sの弱風域がある。

札幌の風向の下層は南寄り1800mから西寄り、秋田の下層は南東寄り1900mから西寄り、館野の下層は東寄り1700mから西寄りである。

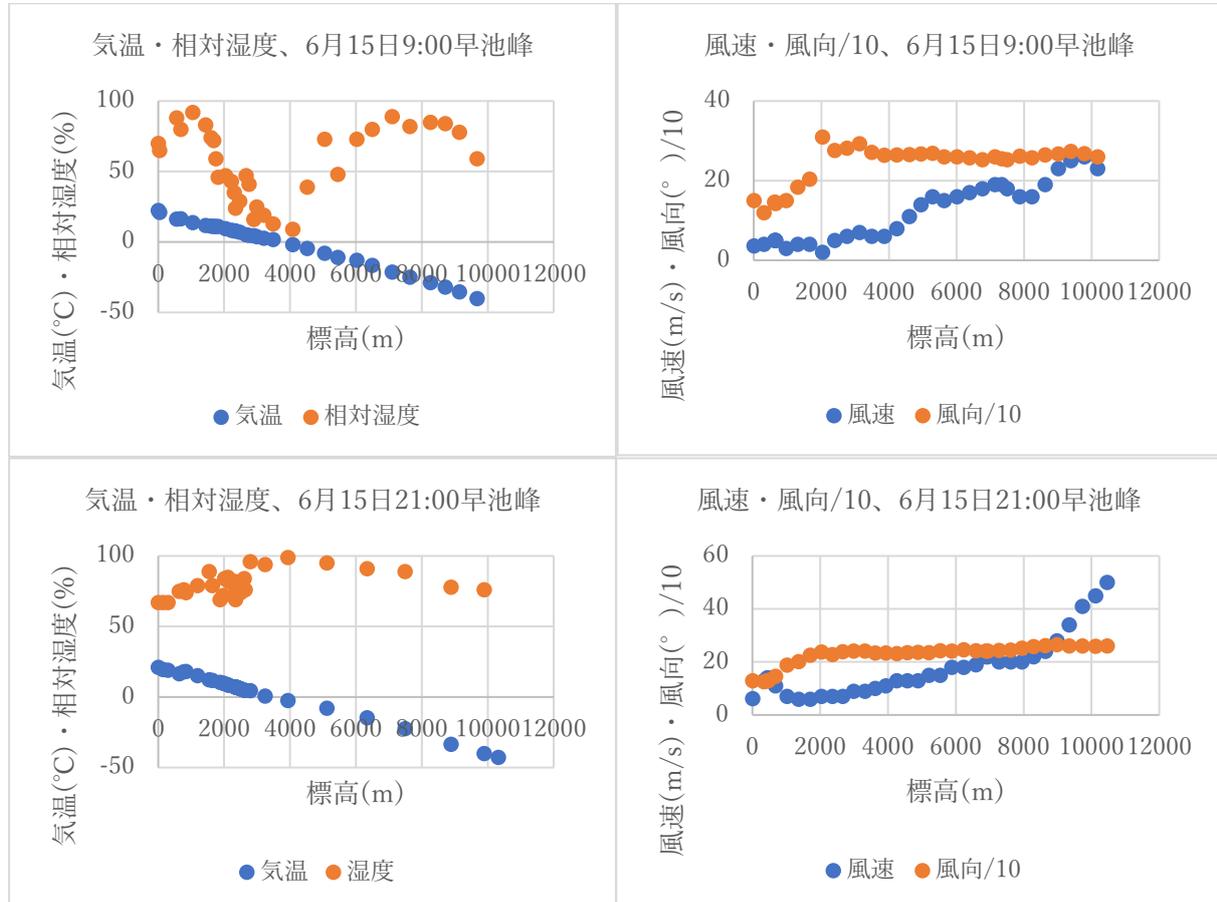


図8. 2016年6月15日9時・21時の秋田の高層気象と標高の関係

#### 4. まとめ

東北地方の2016年6月15日の天気概況は2000m以下の下層はヤマセ風で霧・高湿、中層は晴天で乾燥、6500m～10kmの上層はかなりの高湿であった。

アメダスデータの日最低・最高気温と標高に相関はあるが高山の気温推定は難しい。高山の気温推定のため気温に条件を付けて低温データに限定するとヤマセ風の吹く霧雨の早池峰山(1917m)の最低気温は3.73℃、薄日の射す早池峰山の最高気温は15.06℃、日較差11.33℃と推測された。

日最大風速・日最大瞬間風速と標高の関係は逆相関で相関係数は高くはないが、ヤマセ風による下層域の相対的な強風が特徴的であった。

日最大風速観測時の主風向は南東寄り、最大瞬間風速の主風向は東寄りと南寄りであった。

標高①0～100m、②～300m、③～900mの最大風速観測時の風向は①南東寄り、②東・南寄り、③東寄り、最大瞬間風速の風向は①南東寄り、②南東寄り、③東であった。

降水量と標高には相関はなく、日最小相対湿度と標高の関係は変化が大きく相関はないが、ヤマセ風吹走時の条件下では正相関が認められた。

9時(平均的・代表的な気象)の秋田高層気象から早池峰山の気温は10.2℃、風向は西、風速は3.9m/s、館野高層気象からは相対湿度は92.6%と推定された。また札幌・秋田・館野高層気象から早池峰山登頂14時(最高気温出現時)では気温15℃、湿度93%、風向西寄り、風速4m/sと推定された。

上述のように、低標高のアメダスデータや秋田高層気象データ等からの気象推定法は、夏季のヤマセの吹く不安定な気象条件下でも、早池峰山等の複雑地形の高山の気象推定に、ある程度の精度で利用可能と考えられる。

#### 引用文献

- 真木太一, 2019a: 『75歳・心臓身障者の日本百名山・百高山単独行』, 海風社, pp.165.
- 真木太一, 2019b: 日本海低気圧による中央アルプスにおける暴風雨の局地気象的推測, 北海道の農業気象, 71, 19-26.
- 真木太一, 2021a: 2015年9月16～18日の八甲田山・岩手山・早池峰山の局地気象の特徴, 東北の農業気象, 1-12.
- 真木太一, 2021b: 草津白根山・四阿山における高山気象の推定とボラ局地風の特徴－2015年10月25～26日の事例－, 生物と気象, 21, 26-35.
- 真木太一, 2021c: 北アルプス高山での2018年8月盛夏期の異常低温の局地気象的解明, 北海道の農業気象, 73, 21-27.
- 吉野正敏, 1986: 『新編 小気候』, 地人書館, 東京, pp.308.

**特別講演会要旨****作物-土壌-微生物のマルチオミクス解析を用いた農業環境エンジニアリングシステムについて**

福島大学 二瓶直登

**1 緒言**

人類は緑の革命により人口増加を支える食糧供給を実現した一方、農地への過剰な施肥により農業由来窒素による環境汚染や土壌の劣化など、大量生産・大量消費・大量廃棄型社会の弊害が表出している。持続可能な成長社会の実現や国連が掲げる「持続可能な開発目標 (SDGs)」の達成に向け、資源循環プロセスの中で如何に土壌の豊かさを維持しつつ新たな原料や食料となるバイオマスを持続的に生産していくかは重要な課題である。

農業を取り巻く環境は、植物-微生物-土壌の複雑な相互作用で成り立っている。特に土壌微生物は植物残渣や堆肥等を分解し植物が利用可能な形態に変化させるなど作物の生産には欠かせない役割を担うが、作物生育を阻害する種類もあり、微生物叢のバランスが重要である。このように農業環境は植物-微生物-土壌の各階層が絡み合う生態系の上に成り立っているが、土壌の無機成分や培養可能な微生物を評価するこれまでの各階層での単独解析のみでは農業環境の実態を部分的にしか解明できず、農業環境を生態系として理解するには技術的に困難であった。この問題解決には、近年の解析技術の進展により可能となった微生物や代謝物の一斉解析を活用した圃場レベルでの植物-微生物-土壌に関するマルチオミクス解析が利用できる<sup>1)</sup>。

本稿では、マルチオミクス解析の概要と農業生態系のデジタル化に関する研究事例を紹介し、筆者らが取り組んでいる研究開発を説明しながら、データ駆動による次世代型の農業イノベーションを実現する未来ビジョンを共有したい。

**2 マルチオミクス解析による農業生態系のデジタル化**

植物-微生物-土壌の各階層の構成要素を網羅的に解析する技術の一つにオミクス解析がある。オミクス解析には、微生物叢を対象としたマイクロバイーム解析、発現遺伝子を対象としたトランスクリプトーム解析、代謝物を対象としたメタボローム解析等があり、解析対象に応じて異なる分析技術や計測機器が用いられている。農業現場では微生物や発現遺伝子、代謝物などの各構成要素が複雑に絡み合い、極めて複雑な生態系を形成しており、全容を解き明かすためには複数のオミクス解析によって得られた情報や各構成要素同士の相互関係などを統合的に解析する必要がある (図 1)。このような解析アプローチはマルチオミクス解析と呼ばれており、農業生態系内で生じている現象を包括的に調べることができる。ここでは我々が行ったマルチオミクス解析を用いた研究事例として、有機農法の一つである土壌の太陽熱処理を対象とした研究<sup>2)</sup>を紹介する。

我々は太陽熱処理後圃場における生育促進効果を解明すべく、作物収量に加え、作物の糖度、酸度、硝酸濃度、SPAD 値、タンパク質含量、イオン組成、および一次代謝物、土壌における pH、C/N、イオン組成の他、主要な代謝物のメタボローム解析、非根圏および根圏土壌に存在する全細菌のマイク

ロバイオーム解析により合計 395 測定項目について複数の農法を評価した。その結果、農業生態系は作物が示す特定の形質、すなわち収量や品質等と特定の微生物種や土壌成分で構成されたモジュールが複数組み合わせられたネットワークを形成していることを世界で初めて明らかにした (図 2)。明らかにしたネットワークの情報から、作物の収量を含むモジュール (測定項目の集合) にアミノ酸などの有機態窒素や根圏細菌が含まれており、特に土壌中の有機態窒素がハブノード (他の測定項目と多く関係性をもつ測定項目) として検出された。このことから、解析対象とした太陽熱処理により植物根圏に特徴的な細菌叢が形成され、土壌中に蓄積する有機態窒素が作物の生育促進に関与していることが判明した。さらに無菌培養系と同位体ラベルを用いた試験により、同定した土壌有機態窒素のうちアラニンとコリンが窒素源および生理活性物質として作物生育を促進することを証明した<sup>3)</sup>。マルチオミクス解析を用いたデジタル化技術により農業生態系をトータルで評価することで、有限な鉱物資源を原料とした化学肥料に頼らず、有機態窒素や植物共生微生物を活用して持続可能な食料生産が可能であることが示唆された。今後、環境共存型の持続的な作物生産の実現に向け、無機態、有機態成分および土壌微生物との相互作用も含めた農業生態系全体での養分動態の理解がますます重要になるであろう。

### 3 農業環境エンジニアリングシステムの開発

これまでの知見を合わせて、内閣府・生物系特定産業技術研究支援センターの SIP 戦略的イノベーション創造プログラム (2018~2020 年度、代表：市橋泰範 (理研))、・ムーンショット型農林水産研究開発事業 (2020 年度~、代表：竹山春子 (早稲田大学)) にて、今まで全くのブラックボックスであった土の中を可視化し、デジタル情報を活用してサイバー空間で農業をシミュレーションする「農業環境エンジニアリングシステム」の開発を目指している<sup>4)</sup>。本システムを用いることで、農業生産者にとって所有する農地を科学的に評価し個別の経営方針に沿った作物生産の計画を実行に移すことが可能になり、農作物の高付加価値化や地域の自然環境等を活かした農産物のブランディング等に利用できるだろう。またメーカー企業にとって、科学的エビデンスに基づいて精密かつ効率よく農業技術を開発することができるため、農業関連以外の企業でも比較的容易に農業セクターへ参入することが可能となるだろう。さらに農業政策にとって、農地毎のメタ情報として取得すべき測定項目を特定することができ、農地が潜在的に持つ地力を正確に定量化することにより、持続可能な地域資源利用を国策として実行することができるだろう。以上のように、農業環境エンジニアリングシステムに基づいた新しい農業活動へのシフトは、環境共存型の持続的な作物生産の実現に大きく貢献が期待され、世界のバイオエコノミーで通用する日本イノベーションが生まれると信じている。

#### 引用文献

- 1) 市橋泰範・二瓶直登 2020 マルチオミクス解析で拓く次世代農業, アグリバイオ 8 : 18-22.
- 2) Ichihashi Y, et al. 2020 Multi-omics analysis on an agroecosystem reveals the significant role of organic nitrogen to increase agricultural crop yield. PNAS 117(25): 14552-14560
- 3) 二瓶直登・市橋泰範 2020 農業生態系のデジタル化に成功し、土壌有機態窒素の重要性を解明. 作物生産と土づくり 52 : 52-57.
- 4) 市橋泰範・二瓶直登・篠崎聡 2021 農業生態系のデジタル化について 中部社圏調査レポート 216, 56-67

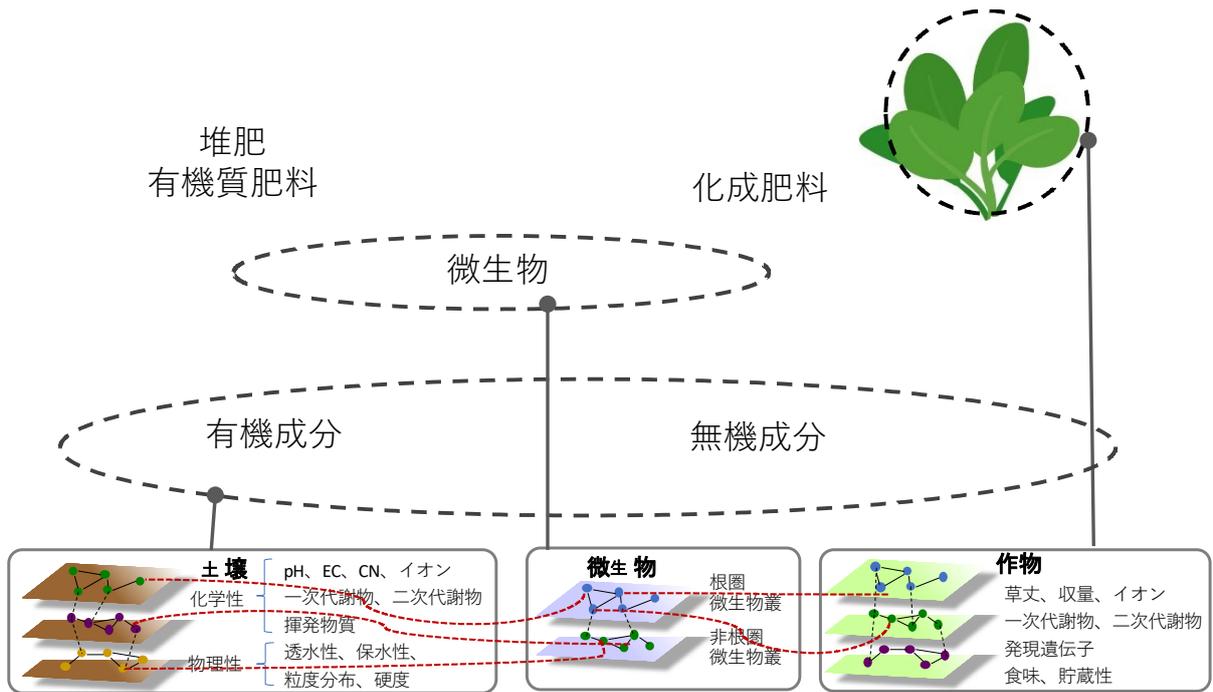


図1 複雑な農業生態系とマルチオミクスの適応

農業生態系は植物-微生物-土壌の各階層が絡みあい成立している。それぞれの階層を網羅的に解析するためにオミクス解析が行われる。

A 同一圃場内に異なる農法

B マルチオミクス解析によるデジタル化

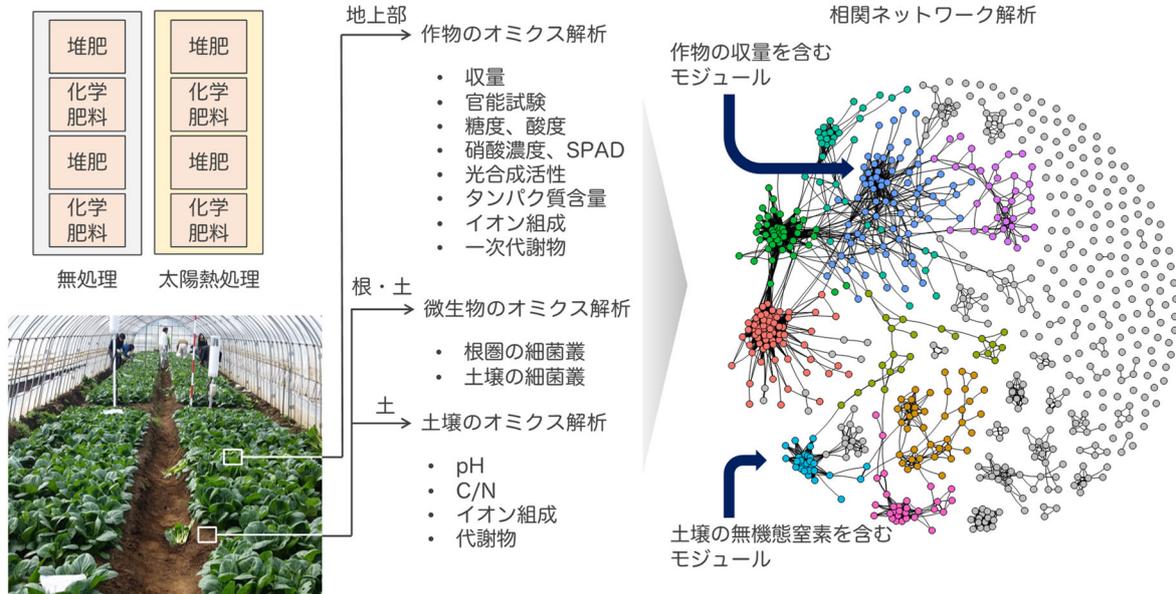


図2 マルチオミクス解析を用いた研究事例

A)異なる農法によりコマツナを栽培した試験圃場 B) 試験区ごとに作物および土壌をサンプリング後、作物、微生物、土壌のマルチオミクス解析を実施。取得した全データを統合したデータ行列を用いて相関ネットワーク解析を行うことにより、農業生態系をデジタル化することに成功<sup>2)</sup>。

講演要旨

北国における加温ハウス栽培普及への疑問

岡田益己・松嶋卯月（岩手大学）

1. はじめに

日本国内でハウスを利用した施設園芸栽培の面積は、1995年前後をピークにその後減少が続く。この傾向はかつて施設園芸先進地と言われた東海から四国にかけて顕著である。一方、北海道では面積が増加、東北や北陸では減少割合が小さい。施設を利用する農家戸数は全国的に大幅に減少しており、その結果、1戸当たりの施設栽培面積が拡大し、拡大傾向は北海道や東北など北国でとくに著しい。

国内の野菜消費量や生産量は1980年代以降、長期にわたって減少が続く。施設栽培では経営の効率化を図るために、小規模なハウスが整理されて大規模化と施設の周年利用が進んでいるが、暖地では夏期の暑熱対策が課題となる。一方で北国では夏の涼しさを活用した夏秋野菜のハウス栽培が広がっている。こうした状況が上の数字の背景にある。しかし近年、北国でも冬期に加温ハウスの栽培が増えつつあることを筆者らは懸念する。

2. 北国における加温ハウスの課題

1) 暖房コストから見た課題

農林水産省の「営農類型別経営統計(H30)」によると、施設野菜作では粗収益のおおよそ2/3を農業経営費が占める。さらにその経営費の15~25%を光熱動力費が占め、生育適温の高い作物ほどその割合が大きい。これらは全国の平均値とされるが、関東以西の経営体が大多数を占める統計に基づくため、それらの地域を代表する値と言える。

施設栽培では光熱動力費の大半がハウスの暖房費である。そこで三原(1978)が提案した式を用いて、全国5地点について暖房費の目安となる暖房デGREEアワーを求めた(図1)。暖地の熊本に比べて、年間の暖房デGREEアワーは仙台で2~3倍、八戸で3~5倍、札幌で4~7倍となることが分かる。先の統計値で施設トマト栽培では、10a当たりの粗収益が約300万円、経営費が約200万円、そのうち光熱動力費が約30万円となる。光熱動力費が数倍になれば、経営が難しいことが容易に推測できる。近年は石油価格が高騰しているため、暖地のハウスでも十分な保温対策を講じている。したがって寒冷地用にハウスの保温性をさらに高める手段は限られる。また寒冷地では日中も外気温が暖房設定気温を下回る期間が長い、日中は光を取り込むために保温カーテンを開かざるを得ない。このため実際の暖房必要熱量はデGREEアワーで予測される数値よりも大きくなる可能性がある。

さらに北国では冬期の日射量が著しく少ないので、収量や品質に影響を及ぼす。図2は岩手県八幡平市における実験結果である。根域冷却による高糖度トマトの栽培だが、12月から2月までは日射不足のため収量、糖度ともに低く、2月後半からそれらの増加が認められる。厳冬期に加温して収穫を続けても収量や品質の面で大きなメリットが得られない。

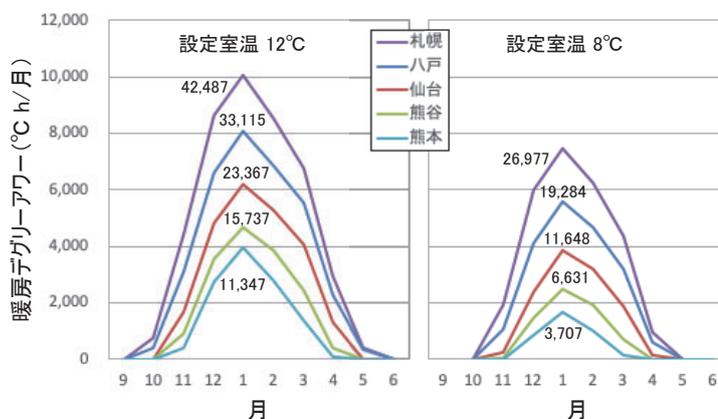


図1. 各地の月別暖房デGREEアワーの比較。  
図中の数字は年間の合計値

2) 温暖化防止の観点から見た課題

冬期に生鮮野菜が不足する北国ではハウスで生産した地元野菜を有利に販売できる。仮にこの有利さで加温ハウス栽培が経営的に成り立つとしても、これからは温暖化対策のための温室効果ガス削減を考慮しなければならない。農林水産省はいわゆる植物工場などの次世代施設園芸の拠点整備を北海道や東北を含む全国に展開している。その計画では木質バイオマスや地熱などの地域エネルギーの利用が謳われているが、その実現は容易でない。

石油暖房機に比べて5倍以上という木質バイオマス暖房機の価格が、導入時の大きな負担となる。これに対して木質チップやペレットは重油や灯油に比べてエネルギー単価が安いので、その差額で設備費を償却できるという試算があるが、バイオマス発電の増加などで需要が高まっていて、木質バイオマスの価格や安定供給の見通しは不透明である。地熱も利用可能な地域が限定されるため、広く利用できる手段とはなり得ない。

3. 新しい寒冷地型施設園芸作の確立

暖地の何倍にも達する暖房熱量や温室効果ガスの抑制を考えると、北国での加温ハウス栽培は農家の経営上も環境負荷の面でも適切ではない。一方、暖地ではハウスを周年利用するために夜間冷房など経営にも環境にも負荷の大きい管理を導入しているところがある。かつては温暖地と寒冷地のそれぞれが気候に適した作型を基本としていた。例えば図3は1990年代の神奈川県と青森のバラ切花農家の収穫本数の月別割合である。バラの主要産地である神奈川県では秋から春に収穫量を高く維持し、夏には無理に収穫せずに株を休ませる。青森では主要産地から出荷が減る夏に収穫のピークを設け、価格が高い年末まで収穫を続けた後に株を休眠させる。厳寒期には暖房を止めて暖房経費を節減していた。

筆者らが関わる三陸沿岸のハウス野菜農家では、春から秋は主力である夏秋キュウリや夏秋トマトの栽培を軸とし、それらの収穫を終えた後にレタスやホウレンソウなどの葉菜類を無加温で冬期に複数回栽培する体系を導入している。同じような作型は東北で無加温ハウス栽培を長く続ける農家でしばしば見られる。複数品目を組み合わせた作付け体系は、塩類集積や連作障害の軽減にも有効である。冬作がホウレンソウやコマツナの場合、寒締め菜っ葉として有利な販売も可能である。

北国においてもハウス利用は、作期拡大、増収、品質向上に有効である。しかし大規模加温施設による単一品目の周年栽培という方向を目指すのではなく、地域の需要にも対応した複数作栽培を軸として冬期の加温をできる限り避ける体系を確立すべきである。

引用文献：三原義秋（1978）日照を考慮した温室暖房デグリアワーの算定式. 農業気象 34(2)：83-85.

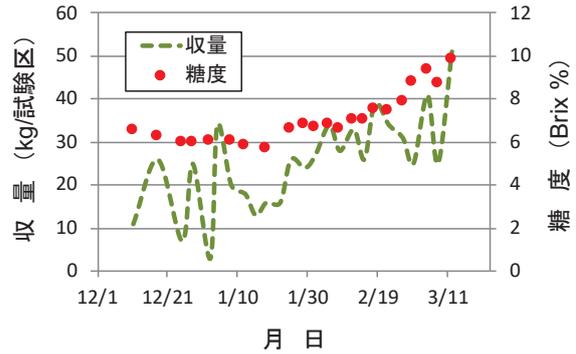


図2. 冬期の高糖度トマト栽培における収量と糖度の変化.

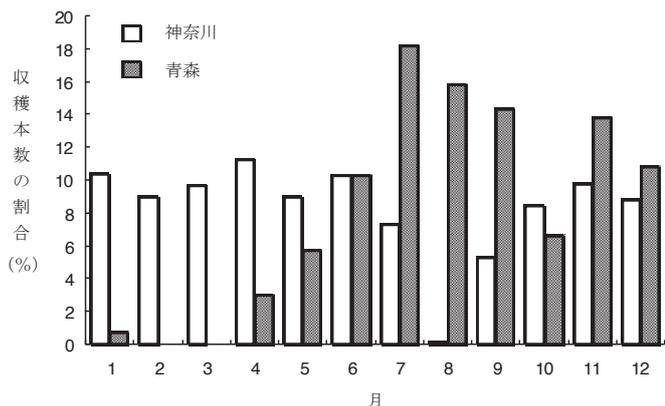


図3. 1990年代の神奈川県と青森県におけるバラ切花農家の月別収穫本数の割合

講演要旨

盛岡における薬用作物トウキの収穫適期推定

井上 聡（農研機構東北農業研究センター）

1 はじめに

漢方薬原料である薬用作物は、国民健康を守るため国内栽培による安価かつ安定した生産が極めて重要である。しかし、栽培方法は地域の習慣や生産者の経験に依存することが多く、新規の生産者には栽培が難しい。薬用作物トウキ (*Angelica acutiloba* (Siebold & Zucc.) Kitag.) は、セリ科の多年生植物であり、根が生薬「当帰（トウキ）」の原料として利用され、重要な医薬品原料である。このトウキ導入のため生育モデル（井上ら，2021）を開発した。これを用いて、未検討であった盛岡における栽培シミュレーションを行った。

2 方法

農研機構メッシュ農業気象データの2001年から2020年までの日平均気温データを入力とし「薬用作物トウキ収穫適期推定プログラム（農研機構職務作成 K-18）」によってシミュレーションを行った（図1）。場所を盛岡市厨川、定植日を4月1日、目標収量（根乾燥重量）を80g/株とした。

3 結果及び考察

盛岡での収穫適期は、10月13日から11月29日の間で平均10月31日であった。関東以西で深刻であった夏季の高温による生育停滞は、年によっては現れたが限定的であり、収穫適期が大きく後ろにずれ込むことはなかった。

積雪期間との兼ね合いを見ると、年によって長短はあるが季節積雪地であり、3月中にも積雪が見られ、定植日を4月1日より早めるのは難しいと考えられた。一方、冬の長期積雪開始は11月下旬以降となっており、収穫適期前に長期積雪（いわゆる根雪）が始まることはなかった。4月1日前後に苗を定植すれば積雪期間を回避して10月中旬以降11月下旬までに収穫適期を迎えることができ、トウキ栽培が成立することが試算された。

引用文献

井上聡ら，2021．薬用作物トウキの収穫適期推定プログラムの開発．生物と気象 21:21-25

大野宏之ら, 2016. 実況値と数値予報, 平年値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成. 生物と気象 16:71-79.

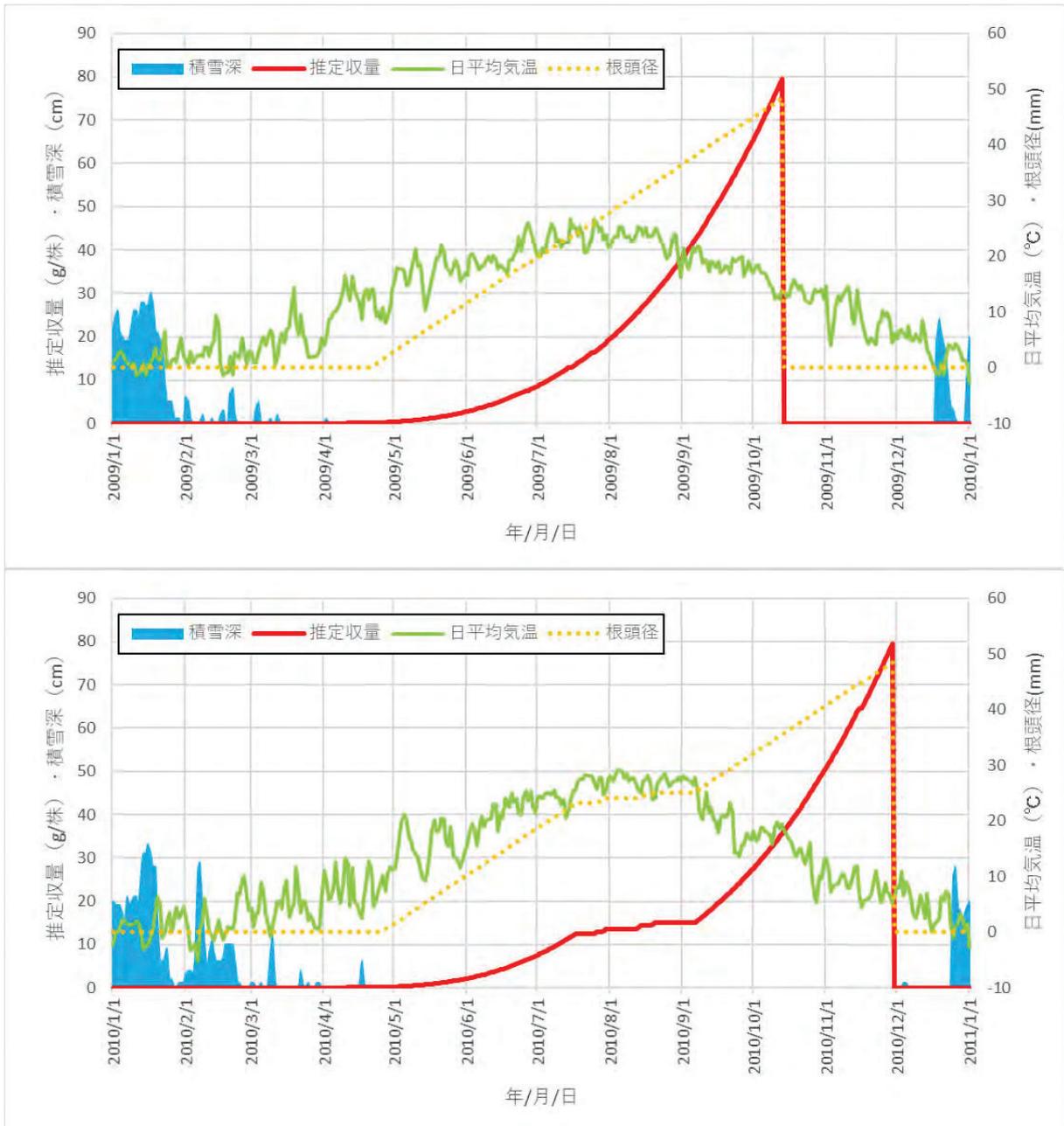


図1 薬用作物トウキ収穫適期シミュレーションプログラム画面  
 盛岡厨川地区 (37.71367278, 140.3866313)  
 定植日 4月1日、目標収量 80g/株の場合。  
 上図：低温年 2009年の例：収穫適期 10月13日  
 下図：高温年 2010年の例：収穫適期 11月29日

## 講演要旨

リンゴ園における土壌窒素収支の経年変化と高温高 CO<sub>2</sub>環境による影響

○伊藤大雄<sup>1</sup>・Hassan, R.<sup>2</sup>・青山正和<sup>3</sup>  
 (1弘前大農生・2岩手連大院・3元弘前大農生)

演者らは、リンゴ園の気候変動影響を実証的に解明するため、3棟のビニールハウスを建設し長期気候改変実験を実施している。本講演では、土壌表面に有機物として供給される窒素量と、土壌から持ち出される窒素量について、実験開始前を含めて経年的に解析するとともに、高温あるいは高温高 CO<sub>2</sub>環境が土壌窒素収支に及ぼす影響について、実験開始後2年間の結果を報告する。

## 【材料および方法】

2015年4月に市販のリンゴ苗木を2列(列間3m)×8樹(樹間2m)×3反復で植え付けて育成し、2018年10月に各反復を内包するように3棟のビニールハウス(A~C棟)を建設した。2019年より、A棟は屋外と同じ気温・CO<sub>2</sub>濃度に保持される一方、B棟は3月15日から12月5日まで屋外より3°C高く制御されている。またC棟は前述の期間中、屋外より気温が3°C、CO<sub>2</sub>濃度が200ppm高く制御されている。各ハウスは中央部で年間降水量の80%を灌水する標準灌水区(A1、B1、C1区)と120%を灌水する多灌水区(A2、B2、C2区)に2分されている。土壌面管理は雑草草生栽培とし、年間6回の草刈りを実施している。本実験地は、植え付けの半年前に10a当たり5tの堆肥を投入して地力の確保に留意した。現在の土壌表層(0~15cm)の窒素量は300g m<sup>-2</sup>程度と考えられる(データ省略)。化成肥料は、2015年と2016年に各樹の周囲約1m<sup>2</sup>に僅少量(窒素成分で約10g)施用したが、2017年以降は施用していない。

土壌から吸収されリターとして土壌表面に戻される窒素量は、リターの乾物重をその都度測定し、これに窒素含有率を乗じて算出した。但し2016年と2017年の一部のリター乾物重は欠測したため推定した。リターの窒素含有率は2019~20年にCNコーダを用いて測定し、それ以前の分は2019~20年のA棟の測定値を適用した。収穫果実や冬季剪定枝としてリンゴ園外に移動する窒素量も同様にして算出した。土壌からリンゴの樹体に移動する窒素量は、幹と側枝の現存乾物量の増加を毎年非破壊で推定し(伊藤ら、2020、東北の農業気象65号)、これに冬季剪定枝の窒素含有率を乗じて計算した。

## 【結果および考察】

リター等の窒素含有率はリンゴより刈草で高かった(表1)。リンゴリターでも由来する器官によって大差があり、葉>枝>収穫果実の順に高かった。一般に高CO<sub>2</sub>環境下では窒素含有率が低下するとされており、本実験のC棟における窒素含有率も概ねその傾向にあったが、収穫果実と冬季剪定枝の窒素含有率はA、B棟より高く、今後も調査を継続して確認する必要がある。

下草によって吸収され、刈草として土壌表面に戻された窒素量を図1に示した。刈草中の窒素量は2016年には40~50g m<sup>-2</sup>に達していたが、2020年には15g m<sup>-2</sup>前後まで減少した。リンゴ樹の成長に伴って下草が被陰され、刈草量が経年的に減少したためである。また、気候改変実験を開始した2019年にはC棟>B棟>A棟であったが、2020年にはA棟>B棟>C棟と順位が逆転した。2019年は高温による生育期間延長効果や高CO<sub>2</sub>による光合成促進効果が現れたため、2020年はB、C棟のリンゴ樹が急激に成長したため被陰が激しくなり、前述の効果が相殺されたためと考えられる。次に、リンゴ樹によって吸収され、様々な形態のリターとして土壌表面に戻された窒素量を図2に示した。リンゴリター中の窒素量はリンゴ樹の成長とともに増大し、2020年には6~8g m<sup>-2</sup>に達した。また気候改変実験開始後はリター量の違いを反映してC棟>B棟>A棟となった。図1と図2より土壌表面に戻された総窒素量を計算すると(図3)、総窒素量は刈草の寄与が大きいため経年的に減少し、2020年は20~25g m<sup>-2</sup>程度となったが、高温や高CO<sub>2</sub>の影響は明瞭ではなかった。

一方、土壌から持ち出される窒素は、収穫果実や冬季剪定枝としてリンゴ園外に持ち去られるものと、リンゴ樹の主幹や側枝として園内に残るものに大別できる。これらを一括して図4に示した。園外持ち出し量も園内残存量も経年的に増加したが、気候改変実験開始後は棟間に顕著な差が生じ、B、C棟は平均してA棟の1.6、2.6倍に達した。このことから、将来高温高CO<sub>2</sub>環境下で窒素施用量を増やす必要性が示唆されるが、今後も調査を継続して確認する必要がある。

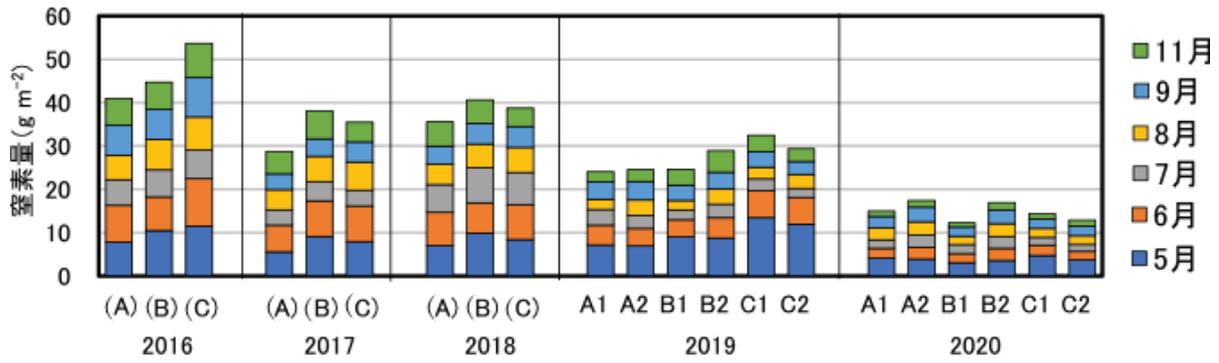


図1 刈草として土壌表面に供給された窒素量  
2016年5、6月と2017年5月は推定値。2018年以前のデータはビニールハウスの予定地別に示す。

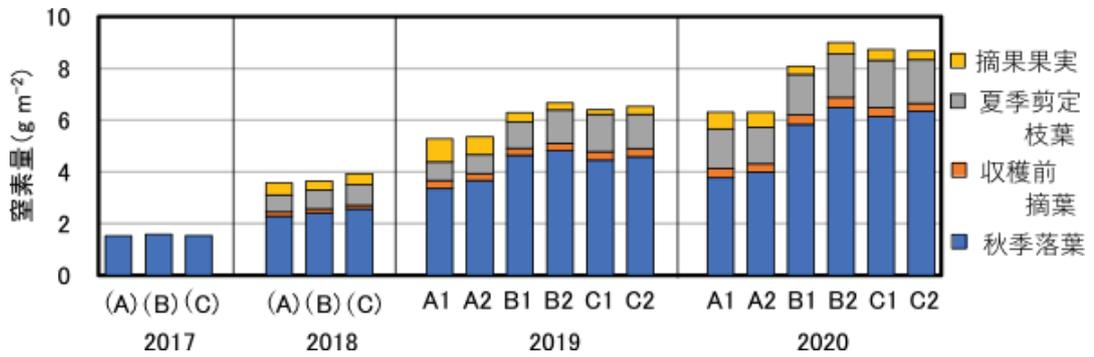


図2 リンゴ樹のリターとして土壌表面に供給された窒素量  
2017年は夏季剪定を実施せず、摘果と収穫前摘葉は実施したが微量につき欠調。

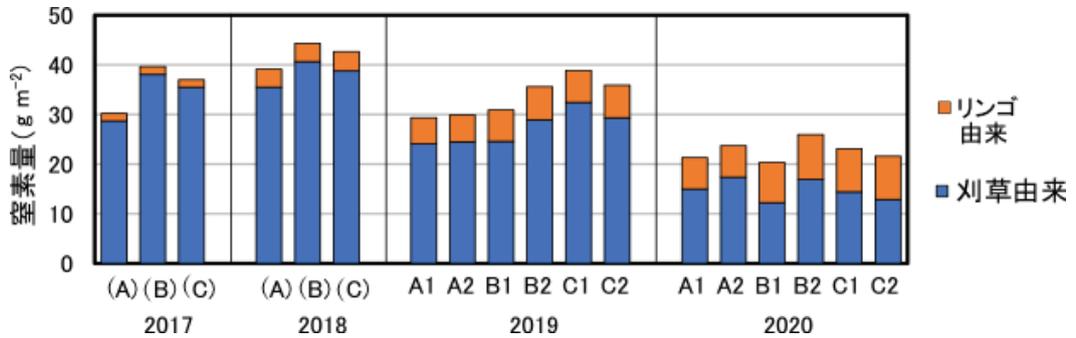


図3 リンゴ園の土壌表面に供給された総窒素量

表1 ハウス別、器官・部位別窒素含有率 (2020年)

	窒素含有率(%)		
	A	B	C
刈草	2.85	2.95	2.62
夏季剪定枝	0.81	0.90	0.74
夏季剪定葉	2.17	2.01	1.94
摘果果実	1.63	1.01	1.04
収穫果実	0.20	0.28	0.29
秋季落葉	1.56	1.53	1.36
冬季剪定枝	0.68	0.85	1.19

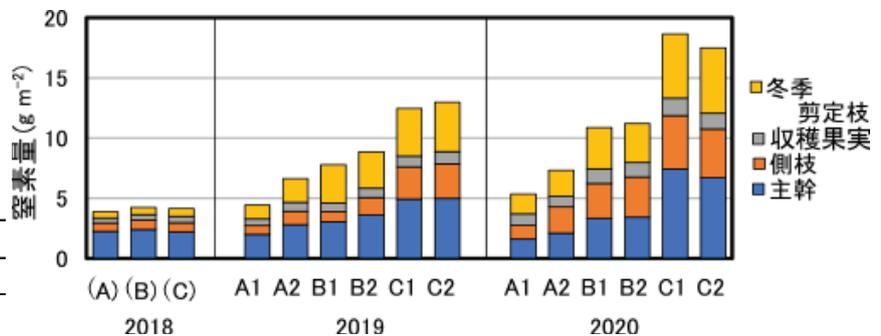


図4 リンゴ園土壌から持ち出された窒素量  
「冬季剪定枝」「収穫果実」はリンゴ園外に移動、「側枝」「主幹」はリンゴ樹の当該部位に移動してリンゴ園に残存。

**講演要旨**

**流木資源化・利用システムの開発**

東北大学大学院工学研究科 正 会 員                      ○小森 大輔  
 中央大学理工学研究所 非 会 員                      松下 潤, 他 15 名

**1. はじめに**

近年、地球温暖化に伴う異常豪雨の頻発に伴い、大規模な流木流出を伴う複合災害が全国的な問題となっている。さらに、この流出した流木群の処理費用は、流域管理上、全国的に無視できないものとなっている。そこで本研究は、北上川水系（直轄6ダム）を対象として、亜臨界水技術を用いた流木の資源化・利用の用途を開発し、低コストで自律的な流木管理モデルの構築を検討した。

**2.1 研究方法**

バイオマスを熱化学的に高速加水分解する「亜臨界水技術」を活用した実証試験を行い、流木の出口の確保の可能性を明らかにする。流木を山腹崩壊に伴う立木類の良質材と林地残材などの不良質材に区分するために、最近20年間の流出流木量の解析より、洪水年平均約900m<sup>3</sup>（500トン）の流木を良質材（原木に近い丸太）、通年平均約4,100m<sup>3</sup>（2,200トン）の流木を不良質材（林地残材）の二種類に区分した。そして、良質な流木解繊材の肥育牛向けの木質飼料としての利用と不良質な流木解繊材の農林業資材向けの腐植物質（フルボ酸液肥）農林業資材向けとしての利用の二タイプの用途を想定して、専門機関の協力を得て実証試験を行うとともに、各々の地域ニーズや市場性等に関する分析を行った。本研究に係る以上の研究方法を、研究フロー図として図-1に示す。

**2.2 亜臨界水解繊試料の製造**

（株）エースクリーンが北海道北見市に所有する木質飼料製造プラントの亜臨界水反応装置（G-8 International Trading（株）；図-2）を借用し、解繊試料を製造した。原料は、対象流域から流木を輸送することが困難であったことから、プラント近傍の河川敷から採取された広葉樹のヤナギ材を模擬流木として使用した。装置運転条件は、シラカバ材など広葉樹からの木質飼料製造条件に準拠し、190℃・13気圧で20分処理とした。ま

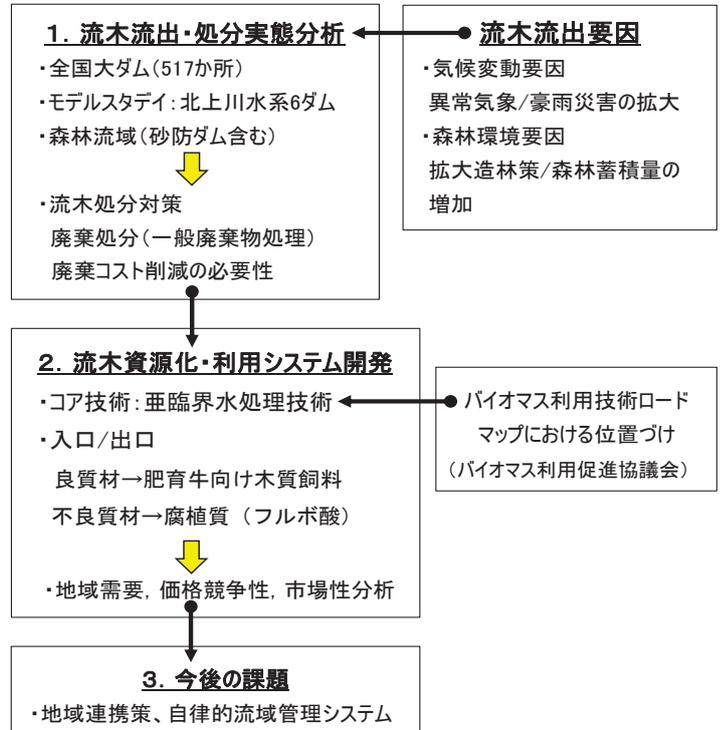


図-1 研究方法（研究フロー図）



図-2 （株）エースクリーンが所有する亜臨界水反応装置（G-8 International Trading（株））。亜臨界水技術とは水の臨界点（374℃・218気圧）以下の亜臨界水領域の高温・高圧の飽和水蒸気の強力な加水分解力を利用する技術で、本装置は実用的な100-200℃・10-20気圧で多様なバイオマス（廃棄物）を処理、堆肥や肥料、アミノ酸・フルボ酸などに展開しうる汎用的な小型のバッチ式装置として開発された。

た、亜臨界水解繊維材からのフルボ酸試料抽出では、190°C・13気圧で60分処理し、フルボ酸液を抽出した。

### 3. 亜臨界水解繊維木質試料による肥育牛飼養試験

亜臨界水解繊維材（良質材）による黒毛和種肥育牛に対する木質飼料飼養試験においては、令和2年山形県内産牛枝肉共進会のチャンピオン賞を受賞するなどの肥育牛の良好な枝肉格付成績の結果を踏まえ、地元の畜産農家から木質資料の良質性が認められれば、もしくは価格次第で、繊維木質飼料の地域ニーズは十分期待でき、技術面からは出口確保が可能であることが示された。一方で、需要量に対して流木（良質材）量が不足するため、安定供給に課題があることが推察された。

亜臨界水解繊維材（不良質材）から抽出できるフルボ酸施用による栽培試験においては、技術面からはバラ科作物で出口確保の可能性が示された。また、バラ科作物の繊維フルボ酸液肥の需要量に対し42%供給でき、流木（不良質材）量により安定供給できる可能性が示された。バラでの病虫害抑止効果の再現性、バラ科作物頭への展開が今後の課題である。

### 4. まとめ

亜臨界水解繊維材が有すると考えられる諸効果のさらなる試験研究が必要であるものの、亜臨界水技術をコアとし流木繊維材を農林畜産資材として活用するための出口確保の見通しを大略得ることができたと考える。一方で、特に良質材において需要量に対して流木量が不足するため安定供給が課題であり、防災投資の視点において、例えば流木発生の根源である森林管理・積極的利用など包括的な流域管理の取り組みが、将来の災害抑止と農林畜産振興の両者を牽引する鍵になると考える。

最後に、亜臨界水技術を活用した資源循環産業の育成と地域活性化に関して記述する。中山間地における主たる基幹産業は農林業であるが、農業の生産性も林業と同様低位に置かれてきた。例えば「日本農業改造計画」（自民党前農林部 会長・小泉進次郎）によれば、この20年間に70兆円もの予算が使われたものの、農業生産額は11兆円台から8兆円台に落ち込み、基幹的農業従事者数も263万人から100万人近く減っている<sup>2)</sup>。これに対して、循環資源収支（窒素ベース）を見ると、①投入量は1,657千トン/年（輸入食飼料由来1,170千トン/年と化学肥料由来487千トン/年の合計）に対し、②投出量は24千トン/年（農作物輸出由来）に過ぎず、過剰な窒素蓄積構造にある<sup>3)</sup>。以上の問題を俯瞰的に捉えれば、地域に賦存するバイオマス資源ベースの農林畜産業連携、具体的には、a) 国産飼料増産による輸入飼料削減や、b) 腐植質（フルボ酸液）活用による化学肥料削減等が課題となる。筆者らは、機能的な亜臨界水技術を活用することで道筋が拓けると思料する<sup>4)</sup>。

**謝辞** 本研究は、国土交通省委託研究「流木災害対策に資する流木資源化・利用システム開発（研究代表者：松下潤）」および（一財）砂防フロンティア整備推進機構の奨学寄付金による助成・支援により実施された。ここに謝意を表す。最後に、この研究の中心になって取り組まれていた松下先生は病魔に侵され亡くなられました。研究メンバー一同、今までの研究結果を一層発展させて、流木の資源化・利用システムの実用化を実現する所存です。安らかにお休みください。

#### 参考文献

- 1) 農林水産省：バイオマス利用技術とロードマップについて、2018。
- 2) 小泉進次郎・奥野長衛：日本農業改造計画，文藝春秋，2016.11号，94-105，2016。
- 3) (財)日本農業土木総合研究所：国内農業・食品産業系の窒素収支，2000。
- 4) 松下潤・松井三郎・宮代知直・吉村和就：地域における複合的な抗堪性強化策（試論）～亜臨界水技術が支える資源循環産業の育成と地域活性化，防衛施設学会論文集第19号，37-48，2017。

**キーワード**： 流木資源化(Recycling large wood debris)，亜臨界水技術(Subcritical water technology)，木質飼料(Woody feed)，フルボ酸液(Fulvic acid solution)

## 講演要旨

## Assessing the temporal and spatial response of the wet crop to agricultural drought in West Java, Indonesia.

Amalia Nafisah Rahmani IRAWAN<sup>1</sup>, Daisuke KOMORI<sup>2</sup> & Vempi Satriya Adi HENDRAWAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, Miyagi 980-8577, Japan.

<sup>2</sup>Department of Civil and Environmental Engineering, Tohoku University, Miyagi 980-8577, Japan.

\*E-mail: [amalia.nafisah.rahmani.irawan.q3@dc.tohoku.ac.jp](mailto:amalia.nafisah.rahmani.irawan.q3@dc.tohoku.ac.jp)

### Abstract

Wet crop (e.g., paddy) is one of the primary food sources in the world. Located in the tropical-humid region, paddy is the main agricultural production in Indonesia and is divided into the wet cropping season and the dry cropping season. The crop productivity is relatively higher in the dry cropping period due to the availability of sunlight and less clouds which support the crop growth. But there is a high risk of drought that could affect the crop production because the water supply often relies on precipitation especially during the rainy season. Many methods have been developed for drought assessment, one of them is the Standardized Precipitation Index (SPI) found by McKee et al., in 1993 which only requires long term precipitation data for the input. The SPI analysis was conducted using GSMaP which has a high spatial resolution. According to the correlation analysis between SPI index and drought affected areas on city-scale, SPI-3 in August is the most suitable to assess the agricultural drought in Indonesia. Based on the correlation analysis between SPI-3 and crop yield, the agricultural drought assessment is more suitable to be conducted on a grid-scale because of many local characteristics on fragmented agricultural areas which contribute to the response of wet crops to drought. For the spatial response, the lower crop yield loss is found in the area below the threshold value ( $r$ -value  $\leq 0.6$ ) or the region where drought is not the main driver of crop yield loss, even in the area that was hit by drought the hardest because there is the existence of irrigation system. But still in the region which has a high correlation with drought ( $r$ -value  $> 0.6$ ), the existence of irrigation systems cannot withstand the drought event resulting in higher crop yield loss when hit by more severe drought.

**Keywords:** Agricultural Drought; SPI; Wet Crop; Dry Cropping Season; Temporal Scale; Spatial Scale.

### 1. Introduction

Agricultural drought started from the lack of precipitation (meteorological drought) that damaged the agriculture area and affected the crop production. Standardized Precipitation Index (SPI) was found by McKee et al., in 1993 that it can be used for drought assessment and only needs the long-term precipitation data (minimum 20-30 years). By using the probability density function and normalization, the SPI can assess the wet and dry conditions over any regions (drought occurred where  $SPI \leq -1$ ). Another benefit of SPI is the temporal versatility so it can be calculated for various timescale according to user's interest (WMO, 2012).

Many researchers have also used SPI for agricultural drought assessment, but there is no general agreement reached to determine the most appropriate timescale to be utilized. For example, Ali (2001) and Ji and Peters (2003) found that SPI-3 is suitable in Turkey and U.S. Great Plains respectively. Meanwhile Iglesias and Quiroga (2017) use SPI-12 as a climate indicator for measuring the climatic risk to cereal production. Moreover, there is still less discussion related to the agricultural drought on wet crops (e.g., paddy). Located in the tropical-humid region, paddy is the main agricultural production in Indonesia. The crop productivity is relatively higher in the dry cropping period due to the availability of sunlight and less clouds which support the crop growth. But there is a high risk of drought that could affect the crop production because the water supply often relies on precipitation especially during the rainy season.

In this research, the objectives are i) to determine the most suitable SPI index to be utilized for agricultural application in the tropical-humid region, ii) examine the spatial response of wet crop to agricultural drought on city-scale and grid-scale. The focus on this study is the wet crop during the dry cropping period.

This research was conducted in West Java as one of the provinces in Indonesia with the rainy season from October - March and the dry season from April - September. According to the World Bank in 2016, 31.46% of the land is agricultural land, dominated by paddy fields, which is very vulnerable to drought events. The results of this study will be helpful to get a better understanding about agricultural drought impact on wet crops.

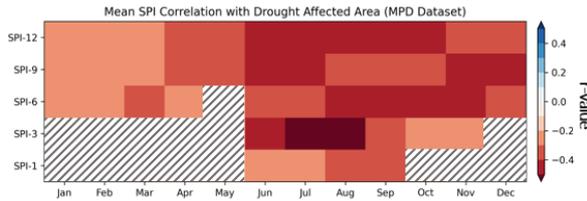
### 2. Materials and methods

The precipitation data collected from Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) provides near real-time rainfall data on their product called Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP). The daily precipitation data are available from March 2000 - present date and were retrieved across West Java with  $0.1^\circ \times 0.1^\circ$  resolution. The agricultural statistical dataset in this study, drought-affected areas during the dry season and the crop yield (annually and monthly), were obtained from the Ministry of Agriculture and the Agricultural Agency of West Java respectively.

SPI was calculated based on the GSMaP precipitation dataset for various timescale (SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-9, and SPI-12) with different month reference from January - December which is associated with the dry cropping season. To determine the most suitable SPI index, Pearson correlation analysis was

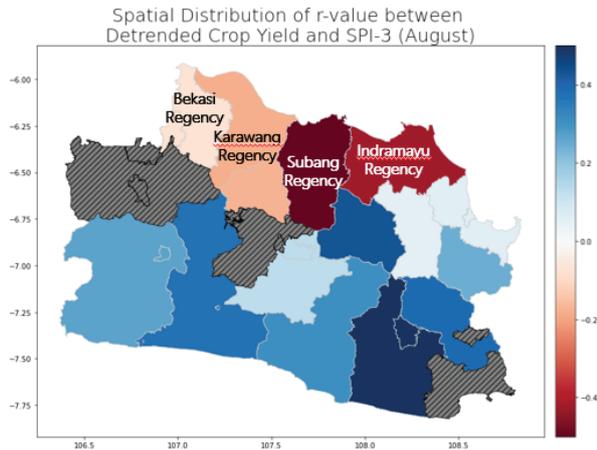
assessed between various SPI index and drought-affected areas. For the grid-scale analysis, crop yield estimation model was generated using stepwise multilinear regression model from the vegetation indices or the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) obtained from MODIS/TERRA with 250-m resolutions. Then, the correlation analysis was conducted between SPI-3 and detrended crop yield.

**3. Results and Discussion**



**Fig. 1. Heatmap of Mean of Correlation Value between SPI Index and Drought-Affected Areas**

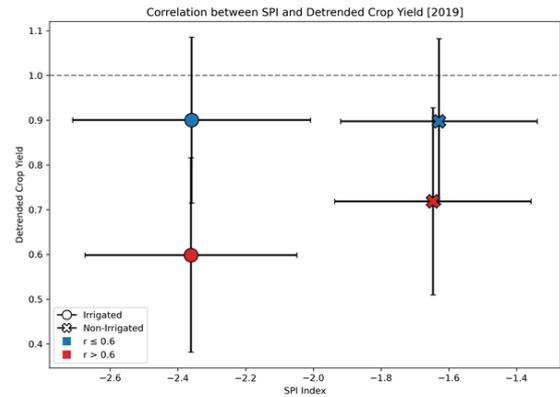
Figure 1 showed the heatmap of average correlation value where vertical axis indicated the SPI aggregation timescale and horizontal axis indicated the month reference. The shaded area on the heatmap involved only a wet season which is not a target period of this study, so the result is not included. Based on the heatmap, the correlation resulted in negative values, indicated by the red color, meaning that the decrease of SPI index, or a dry condition, is associated with the increase of drought-affected areas in the agriculture area. In addition, the highest correlation was produced during the SPI-3 in August thus in this study SPI-3 was selected as the most suitable index to be utilized. Moreover, this also coincided with the peak of the dry season which is very significant to the crop production during the dry cropping period.



**Fig. 2. Spatial Distribution of r-Value between Detrended Crop Yield and SPI-3 on City-Scale**

After the most suitable SPI index was determined, the correlation between crop yield and SPI-3 was assessed on city scale. The result did not produce a high significant correlation caused by the spatial scale of the assessment and the uncertainty in the subround dataset. But there is a different response in the northern area (irrigated by dam) and southern area (irrigated by river or wells) which indicates the importance of an

advanced irrigation system. In the northern part, severe drought events did not result in a high crop yield loss because there is still water supply for agricultural activity.



**Fig. 3. Correlation between Detrended Crop Yield and SPI-3 in 2019 on Grid-Scale**

For the grid-scale analysis, 2019 was selected to be the focus period because this is the most extreme drought year. On Figure 3 it can be seen that the irrigation system was installed in the area which was hit by drought the hardest (circle shaped marker). The threshold value for  $r$  is set at 0.6 because the grid is located in an area with a value of  $r > 0.6$ , almost all of them experience crop yield loss with various SPI index values indicating the drought event as the main driver of crop yield loss. This was proven by the red circle marker, the high crop yield loss occurred in the irrigated area when hit by the hardest drought meaning that there might be failure in delivering an adequate amount of water. Meanwhile the region which is still irrigated by local water resources (cross shaped marker), even though it is not located in the extreme dry region, the water availability is still very dependent with precipitation that might be dangerous in the future because of climate change impact.

**4. Conclusions**

This study was conducted to assess the spatial and temporal response of the wet crop to the agriculture drought during the dry cropping season. SPI-3 in August is the most suitable index to be utilized and the assessment is recommended to be conducted on grid-scale because there are many local characteristics in fragmented agriculture areas. Based on the correlation between SPI-3 and crop yield, for the region which has a high correlation ( $r$ -value  $> 0.6$ ), the existence of irrigation systems cannot withstand the drought event resulting in higher crop yield loss when hit by more severe drought. Meanwhile, for the area with  $r$ -value  $\leq 0.6$ , the low crop yield loss was observed both in irrigated and non-irrigated agricultural areas.

**Reference**

World Meteorological Organization, 2012: Standardized Precipitation Index User Guide (M. Svoboda, M. Hayes and D. Wood). (WMO-No. 1090), Geneva.

# Evaluation of CMIP6 global climate models for projection of precipitation and temperature in Afghanistan

Mohammad Naser Sediqi<sup>1</sup>, Daisuke Komori<sup>1,2</sup>

1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, Sendai, Japan
2. Graduate School of Engineering, Tohoku University, Sendai, Japan

## Abstract

Performance assessment of Global Climate models (GCMs) is vital for the reliable estimation of important climate variables for the Effective management and planning of water resource. In this study a statistical performance indicator called, Kling Gupta efficiency (KGE) was considered to assess the performance of 19 different GCMs from Climate Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) dataset at the common 1° spatial resolution for the period of 1990-2014 considering Afghanistan as the study area. Rating Metric (RM) was used for final ranking the models based on their ability to replicate historical monthly precipitation, maximum and minimum temperature. The performance of GCMs was assessed using gridded climate data obtained from Climate Research Unit (CRU). The study revealed that MPI-ESM1-2-LR, ACCESS-CM2 and FIO-ESM-2-0 are the best models for simulating the all three variables. Mean ensemble of selected GCMs revealed an increase in maximum temperature, minimum temperature and average precipitation change under SSP1-2.6, SSP2-4.5 and SSP5-8.5 scenarios, during far future (2075-2099).

**Keywords:** Climate projections, global climate model, CMIP6, Afghanistan

## 1. Introduction

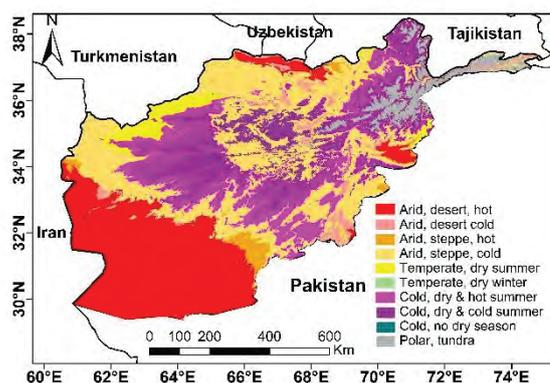
Global Climate Models (GCMs) can be used to predict future climate information. The GCMs project future climate based on different assumptions of future changes of greenhouse gas (GHG) emissions, land use and socio-economy (Taylor et al., 2011; Chen et al., 2014). The change in global GHG releases and socioeconomic is related to the political strategies at national, regional and global levels.

The objective of the present study is to assess the historical performance different global climate models in local study and to project future climate of Afghanistan under different scenarios. Nineteen GCMs based on their availability for the study area are used for this purpose. The capability of the models was assessed in simulating the spatial and temporal variability of climate for annual scale.

## 2. Study Area and Data

Afghanistan considered as a study area in this paper. It is located between latitude 29° - 39°N and longitude 60° - 75°E with an area of around 512000 km<sup>2</sup>. Afghanistan according to Koppen-Geiger climate classification has divided to different climate zones (figure 1), from arid desert in the southwest to polar tundra in the northeast of the country. Pular tundra region receive high annual rainfall (>1000 mm) and the arid desert has the least annual rainfall of (100 to 150 mm).

CRU gridded dataset from the University of East Anglia Climatic Research Unit, was used for assessing GCM's performance in simulating monthly rainfall, Tmax, and Tmin. with resolution of 1.0 × 1.0.



**Figure.2:** Study area and different climate zones

Nineteen CMIP6 GCM's were used to assess the future climate projection for three different future scenarios over Afghanistan. The GCMs were selected based on availability of projections of three main climate variables rainfall, Tmax and Tmin, and their availability of future projection for SSP 1-2.6, SSP 2-4.5 and SSP 5-8.5.

## 3. Methodology

In this study, the CMIP6 GCMs replicate the historical annual rainfall, Tmax and Tmin over Afghanistan. CRU gridded dataset was used as a reference to represent the historical climate of the study area, all the GCM simulations were gridded to a common resolution of 1.0°×1.0°. The methods used for the comparison of GCMs are elaborated below.

The Kling-Gupta efficiency (KGE) (Kling et al., 2009) metric was used to evaluate the association between gridded dataset (CRU) and GCMs and to select an

ensemble of GCMs based on their past performance. KGE assesses bias, correlation, and variability together and provides an integrated metric in a range of 1 to  $-\infty$ , where 1 indicating a perfect match and its equation is shown below.

$$KGE = 1 - \sqrt{(r - 1)^2 + \left(\frac{\mu_{GCM}}{\mu_{ref}} - 1\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{GCM}/\mu_{ref}}{\sigma_{ref}/\mu_{ref}} - 1\right)^2}$$

where  $\mu_{GCM}$  and  $\mu_{ref}$  are the mean, and  $\sigma_{GCM}$  and  $\sigma_{ref}$  are the standard deviation for GCM and CRU data, respectively.

The rating metric (RM) used to find the final rank by the combination the rank of all variables

$$MR = 1 - \frac{1}{nm} \sum_{i=1}^n rank_i$$

where  $i$  is the rank of GCM in the  $i$ th variables and  $n$  and  $m$  are the number of variables and GCM respectively.

After the selection of high ranked GCMs, the ensemble of CMIP6 GCM rainfall and temperature projections for SSP scenarios, for three main periods (2020-2044), (2045-2069) and (2075-2099) were compared to that of their reference period (1990-2015) to assess the changes in Afghanistan future climate. The maps were prepared to show the difference in the spatial distribution of rainfall and temperature projections by CMIP6 GCMs.

#### 4. Results

##### 4.1. GCM selections

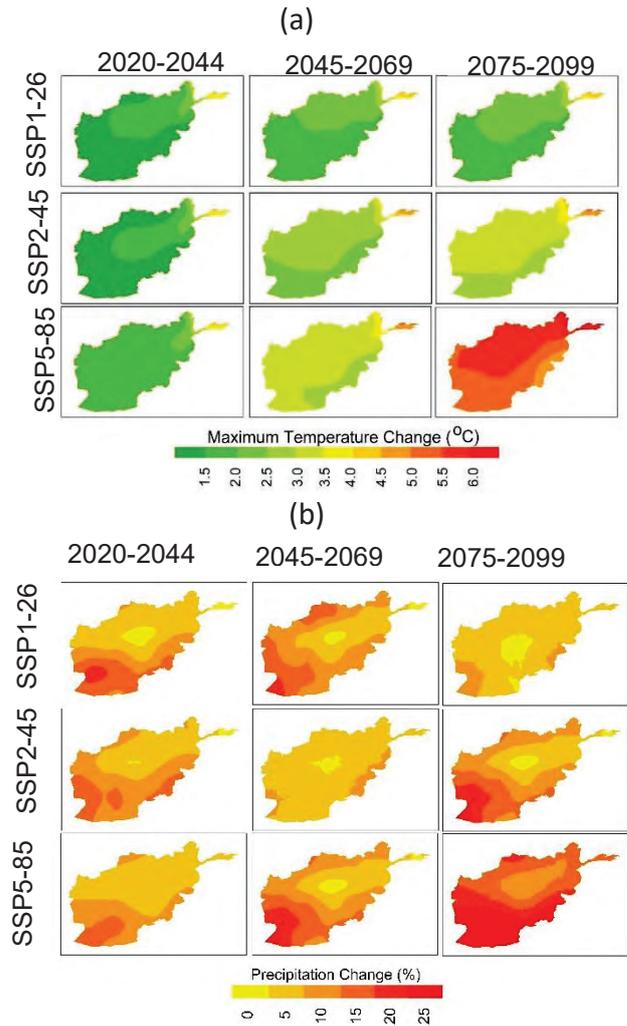
The performances of CMIP6 GCMs in reproducing the annual rainfall, Tmax and Tmin based on KGE metric. The results revealed that FIO-ESM-2-0, ACCESS-CM2 and MPI-ESM1-2-HR has higher KGEs for models for all three variables. The spatial distribution of bias in Tmax, Tmin and Rainfall in high ranked models are less specially in dry areas (south and southeast) compare to other models

##### 4.2. Projected change in future rainfall, Tmax and Tmin

A multi-model mean ensemble (MME) was formed from the three models with highest KGE. Using the MME, the change in rainfall and temperatures were calculated and presented spatially for three futures (near future 2020-2044, mid future 2045-2067 and far future 2075-2099), compared to the base period (1990 - 2014) for the SSP1-2.6, SSP2-4.5 and SSP5-8.5 emission scenarios.

Figure 2 shows the projected change in (a) Tmax and (b) Precipitation change. The highest change in Tmax is projected in SSP5-8.5, far future and northeast of Afghanistan.

On the other hand, the annual rainfall was projected to have a positive in the range of (2 to 30 %) and the maximum changes is projected to the southwest of Afghanistan.



**Figure.2:** Spatial patterns of changes in (a) Tmax (°C) and Precipitation (%) over Afghanistan using MME of CMIP6 for three futures periods and three scenarios.

#### 5. Conclusion

The statistical metric has been conducted in this study to evaluate the performance of CMIP6 GCMs in simulating historical climate. Besides, the MMEs were used to project the future climate for different scenarios. The study revealed a higher increase in rainfall and a significantly large rise in temperature for SSP scenarios.

#### Reference:

1. Taylor KE, Balaji V, Hankin S, Juckes M, Lawrence B, Pascoe S. 2011. CMIP5 data reference syntax (DRS) and controlled vocabularies. San Francisco Bay Area, CA, USA.
2. Chen H, Sun J, Chen X. 2014. Projection and uncertainty analysis of global precipitation-related extremes using CMIP5 models.
3. H.V. Gupta, H. Kling, K.K. Yilmaz, G.F. Martinez. 2009. Decomposition of the mean squared error and NSE performance criteria: implications for improving hydrological modelling.

## >>>支 部 だ よ り<<<

### 1. 2021（令和3）年度支部大会

2021年度支部大会は、新型コロナウイルス感染拡大防止のため、zoomを用いたオンライン開催（実行担当：福島県）の形式で8月23日に開催されました。特別講演「作物－土壌－微生物のマルチオミクス解析を用いた農業環境エンジニアリングシステムについて」および6題の一般研究発表があり、活発な討議が行われました。今号には特別講演および一般研究発表の要旨を掲載しました。

### 2. 会員動静(2020年4月1日～2021年3月31日)

[入会] 井上聡、小林隆、星典宏

[退会] 大江栄悦、島津裕雄、高山真幸、沼田芳宏、熊谷悦史、佐藤郁子、長谷川利拡、安田延壽、眞崎良光

会員数（2021年5月23日）：113名

名誉会員：1名

会 員：101名（内支部のみ38名、本部52名、本部（管外）13名）

図書館等：11名（内支部6名、本部のみ5名）

### 3. 寄贈図書

日本農業気象学会北海道支部から講演論文集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. 2022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、2022年度の候補者をご推薦ください。締め切り日および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. 2022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、2022年度の候補者をご推薦ください。締め切り日および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) 2020決算報告 (2020. 4. 1～2021. 3. 31)

収入			支出		
項目	予算	決算	項目	予算	決算
個人会費	21,000	42,000	印刷費	5,000	326
支部補助費	36,400	36,400	通信費	20,000	21,375
雑収	0	4	事務費	20,000	5,184
大会費(本部)	0	0	大会費	150,000	2,200
			雑費	5,000	4,664
繰越金	825,310	825,310	予備費	682,710	0
合 計	882,710	903,714	合 計	882,710	33,749

余剰金の算出	収 入	903,714 円
	支 出	33,749 円
	余剰金	869,965 円

### (2) 2021 年度予算 (2021. 4. 1～2022. 3. 31)

収入		支出	
項目	予算	項目	予算
個人会費	19,000	印刷費	5,000
支部補助費	35,000	通信費	20,000
雑収	0	事務費	20,000
大会費(本部)	0	大会費	150,000
繰越金	869,965	雑費	5,000
		予備費	723,465
合 計	923,465	合 計	923,465

## 7. 2022年度支部大会のお知らせ

2022年度支部大会は新型コロナウイルス感染拡大の状況を鑑み、オンライン開催も視野に入れて協議中です。詳細決まり次第改めて会員の皆さまへご連絡いたしますのでどうぞご理解を賜りますようお願い申し上げます。

## 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）：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター水田輪作研究領域内におく。

### 第2章 事 業

第4条（事業）：本会は第2条の目的を達成するために次の事業を行う。

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

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

### 第3章 会 員

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

- (1) 支部会員は本会の趣旨に賛同し、入会した者。

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

#### 第4章 役員

第7条（役員）：本会に次の役員をおく。

支部長 1名 評議員 若干名 監査 2名 幹事 若干名

第8条（任務）：

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

第9条（選出）：

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

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

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

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

第10条（任期）：役員任期は2年とし、重任を妨げない。

第11条（解任）：役員または顧問が東北地方を離れた場合には自然解任となる。

#### 第5章 顧問

第12条（顧問）：本会に顧問をおくことができる。顧問は支部長が委嘱する。

#### 第6章 会議

第13条（会議）：本会には総会と評議員会をおく。

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

#### 第7章 会計

第14条（会計年度）：本会の会計年度は事業年度と同じである。

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

員の会費および寄付金などによる。

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

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

賛助会員については別に定める。

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

第18条 その他は本部会則に従う。

第19条（会則の改正）：この会則の改正は総会の決議により行う。

（付則）本会則は平成22年度から適用する。

## 日本農業気象学会東北支部功労賞規程

平成2年4月1日 制定

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

## 日本農業気象学会東北支部奨励賞規程

平成15年4月1日 制定

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

## 日本農業気象学会東北支部編集委員会規程

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

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

最終改正：平成24年11月1日

## 日本農業気象学会東北支部 Web ジャーナル 「東北の農業気象」利用規程

平成21年4月1日制定

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



### 3.3 本文

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

3.3.2 本文は原則として以下の順に構成する。

#### 要約

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

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

キーワード：浄化、水耕栽培、セルリ、豚尿

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

#### はじめに(緒言、まえがき)

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

#### 材料および方法

実験や測定に使った作物や機材、処理方法・測定方法や分析方法を説明する。

#### 結果

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

#### 考察

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

#### まとめ(摘要)

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

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

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

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

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

(4) これらのことから、粒厚の低下により食味が低下することが明らかになった。しかし、同じ粒厚でも、1993年産が1992年産の食味より劣ったことから、凶作だった1993年産米の食味の悪さは、粒の小ささだけでは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な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66号

2022年3月発行

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

---

---