

日本農業気象学会関東支部

2015 年度例会

講演要旨集

第 12 号

2015 年 11 月 20 日(金)

つくば国際会議場(〒305-0032 茨城県つくば市竹園 2-20-3)

主催：日本農業気象学会関東支部

共催：日本農業気象学会リモートセンシング・GIS 研究部会

協賛：東京大学大学院農学生命科学研究科アグリコクーン 農学における情報利用研究 FG

目 次

例会案内	1
一般講演スケジュール	1
一般講演要旨	3
①水田の気象緩和機能の Wet Bulb Globe Temperature (WBGT)による再評価 伊川浩樹、桑形恒男、石郷岡康史(農業環境技術研究所)	3
②領域気象モデル WRF を用いた関東内陸部の熱環境の解析 ー都市と農耕地における地上気温の比較ー 一澤智宏、丸山篤志、佐々木華織、大野宏之(中央農業総合研究センター)	4
③諏訪湖における熱収支とその制限要因 杉野元哉、岩田拓記(信州大学理学部)	5
④渦相関法を用いて観測した水田におけるメタンフラックスの日変化・季節変化 川添貴広、岩田拓記(信州大学理学部)、間野正美(千葉大学園芸学研究科)、 小野圭介(農業環境技術研究所)、小杉緑子(京都大学農学研究科)	6
⑤温暖化における農作業への先人の教訓 ー戦時中の南洋気候研究から学ぶー 福岡義隆(立正大学名誉教授)	7

日本農業気象学会関東支部 2015 年度例会

日程：2015 年 11 月 20 日(金)

会場：つくば国際会議場 中会議室 202

(〒305-0032 茨城県つくば市竹園 2-20-3)

スケジュール:

10:00～11:15 一般講演発表会

・10:00～10:15 伊川浩樹、桑形恒男、石郷岡康史(農業環境技術研究所)

「水田の気象緩和機能の Wet Bulb Globe Temperature (WBGT)による再評価」

・10:15～10:30 一澤智宏、丸山篤志、佐々木華織、大野宏之(中央農業総合研究センター)

「領域気象モデル WRF を用いた関東内陸部の熱環境の解析 —都市と農耕地における地上気温の比較—」

・10:30～10:45 杉野元哉、岩田拓記(信州大学理学部)

「諏訪湖における熱収支とその制限要因」

・10:45～11:00 川添貴広、岩田拓記(信州大学理学部)、間野正美(千葉大学園芸学研究科)、

小野圭介(農業環境技術研究所)、小杉緑子(京都大学農学研究科)

「渦相関法を用いて観測した、水田におけるメタンフラックスの日変化・季節変化」

・11:00～11:15 福岡義隆(立正大学名誉教授)

「温暖化における農作業への先人の教訓 —戦時中の南洋気候研究から学ぶ—」

11:30～12:30 関東支部 評議員会

12:30～13:00 関東支部 総会

13:00～17:25 第 29 回気象環境研究会(共催:日本農業気象学会関東支部)

<http://www.niaes.affrc.go.jp/sinfo/sympo/h27/20151120.html>

18:00～20:00 懇親会(CASA つくばエポカル店)

※懇親会費は 4,000 円程度を予定しています

- 発表時の使用機器について

会場にはプロジェクターと PowerPoint 2013 がインストールされた Windows PC を用意します。用意する Windows PC をご利用の方は、講演用のファイルを USB メモリー等にてご準備下さい。Macintosh PC でのご発表を希望される方は自身の PC、コネクタをご持参下さい。

- 会場へのアクセス

つくば駅 A3 出口を出て、バスロータリーに沿って右に進み、階段を上り、遊歩道を直進およそ 800m です。

詳細は、つくば国際会議場のホームページ内の交通アクセス (https://www.epochal.or.jp/access/map_shuhen.html) をご参照ください。

水田の気象緩和機能の Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) による再評価

○伊川浩樹、桑形恒男、石郷岡康史（国立研究開発法人農業環境技術研究所）

はじめに

水田では地表面に入射したエネルギーの多くを蒸発散に用いるため、都市と比べて極端な気温上昇・冷却を抑える効果があるが人の熱ストレスは気温のみでなく他の様々な気象環境の影響も受ける。また近年の熱中症問題が日中や夜間といった特定の時間帯の昇温に着目している中、水田の気象緩和機能の時間的変化を調べることは大切だろう。そこで、本研究では人体の熱ストレス環境の指標として気温より有効であると考えられる Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) が水田地帯と市街地でどのように違うのかを研究テーマとし、夏期の高温で有名な埼玉県熊谷市を対象に移動観測をおこなった。

材料と方法

平成 27 年 9 月 6 日に埼玉県熊谷市の市街地と近郊の水田地帯において WBGT、気温、水蒸気圧の移動観測をおこなった。気温・湿度の計測には USB 型の温湿度計 (THMchip, Wako, Japan) を高度 2.1m となるように軽トラックに設置された強制通風筒内に設置した (Fukuoka et al., 2010)。WBGT にあたっての小型黒球温度計は Sakai et al. (2009) に基づいて作成し T 型熱電対からの出力 MIJ-01 (Environmental Measurement Japan) で記録した。水蒸気圧は気温と湿度データから計算した。観測は早朝・昼間・夜間におこない、観測ルートは Kuwagata et al. (2014) の水田気象観測場と市街地に位置する気象台を往復し交通量の影響を無視できるルートを選定した。

結果と考察

水田地帯と市街地に WBGT、気温、水蒸気量の差が認められ、WBGT と気温の差は日中に夜間や明け方よりも大きいことが観測された。水田観測場と気象台付近の気温、水蒸気圧、WBGT の日中の差はそれぞれ -1.6℃, +4.4kPa, -3.0℃ であった。WBGT を気温で平滑化した場合でも水田地帯の方が市街地よりも値が低いことがわかり、水田の気象緩和効果を気温で評価する場合、WBGT で評価した場合と比べて過小評価する可能性が示唆された。

制限要因としては観測が 1 日のみに限られた；また風速計は入手することができず、風速および運転速度が WBGT に与える影響を考慮できていない。運転速度に水田地帯と市街地付近において統計的差はないこと、気温-黒球温度の差と運転速度に明瞭な関係性がみられなかったことから、運転速度が仮に一定であったとしても WBGT の平面分布に関する同様な結果と考察が期待できると推測する。

参考文献: Fukuoka et al. (2010), NIAES Annual Report 2010, Kuwagata et al. (2014) SOLA, Sakai et al. (2009) Tenki.

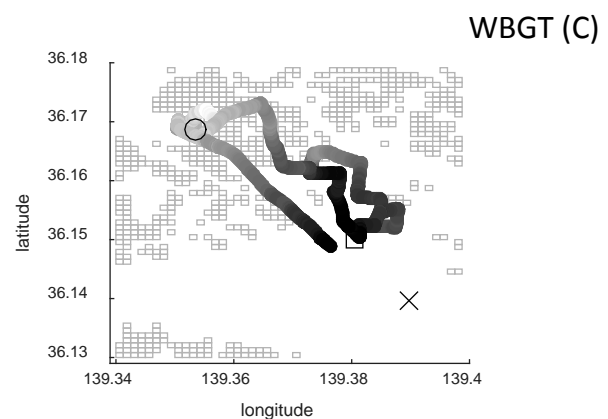


図 1 水田地帯(薄い□; 国土地理院の土地利用データより)と市街地の WBGT に明瞭な差が観察された。○は水田サイト、□は気象台、×は JR 熊谷駅。

領域気象モデル WRF を用いた関東内陸部の熱環境の解析

—都市と農耕地における地上気温の比較—

○一澤智宏、丸山篤志、佐々木華織、大野宏之
(農研機構中央農業総合研究センター)

はじめに 気温は作物の生育を変化させる気象要因の1つとして知られている。関東内陸部では夏季において都市部の気温が高くなり、都市と水田の気温差は大きくなる。特に高温日にその気温差が顕著となることが知られている。この気温差は、都市の気象観測点のデータを用いて農作物の栽培管理を行う場合などで問題となりうる。そこで、この気温差が形成される主な要因を明らかにするために、領域気象モデル WRF を用いて、都市と農耕地における地上気温の再現性を検証した。

実験方法 領域気象モデルは WRF-ARWV3.5.1 を使用し、2014年8月5日を対象とした再現実験を行った。3重ネスティングを行い、解析対象の関東地方を含む第3領域は格子間隔を1kmとした。比較する観測値として気象庁のアメダス観測値および水田で独自観測した地上気温を用いた。土地利用データとして、WRF 標準の米国地質調査所のデータを用いた計算（以下、USGS）と、国土数値情報の土地利用細分メッシュデータを用いた計算（以下、DNLI）を行った。また、陸面過程モデル（LSM）における土壌水分の変化を WRF 標準とした計算（以下、灌漑なし）、水田のみ土壌水分を飽和させる計算（以下、灌漑あり）を実施した。

結果 土地利用データの違いについては、USGS よりも DNLI を用いることで、関東内陸部の日最低気温の相対的な分布が、国内の実際の都市の分布を反映していると見受けられた。また、灌漑の効果については、灌漑により内陸部の農地における日最高気温は低下し、都市と郊外の気温差がより明瞭となった（図1）。また、計算対象日に都市と水田の間で観測された気温差については、土地利用データの変更と水田での灌漑を考慮することで同様の気温差が再現された（表1）。

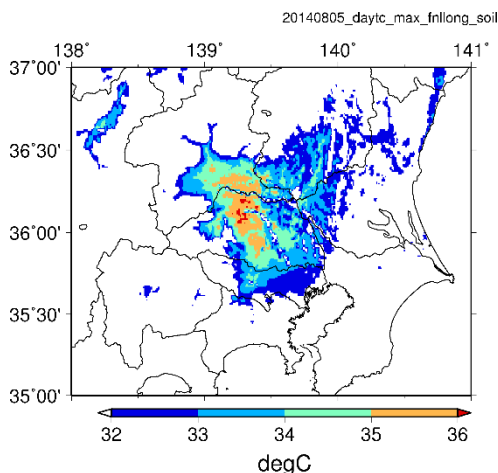


図1 DNLI+灌漑ありにおける2014年8月5日の日最高気温の分布。土地利用データはDNLIを使用した。

表1：観測値と各 WRF の計算から得られた館林のアメダスと水田における日最高・最低気温の差
気温差はアメダスー水田の差を示し、単位は℃である。

	日最高気温の差[℃]	日最低気温の差[℃]
観測値	3.2	1.8
USGS+灌漑なし	-0.4	-1.2
USGS+灌漑あり	-0.4	-0.8
DNLI+灌漑なし	0.8	1.6
DNLI+灌漑あり	2.1	2.3

諏訪湖における熱収支とその制御要因

○杉野元哉（信州大学理学部）、岩田拓記（信州大学理学部）

1. はじめに

湖における熱収支を明らかにすることは、湖周辺の大気環境の形成や水資源の管理、水文サイクルの理解において重要である。大気―湖表面間の顕熱・潜熱フラックスはそれぞれ大気―湖表面間の温度差・水蒸気圧差によって駆動されており、強風時には大気中の拡散が促進されフラックスが大きくなることが知られている。しかしこれまでの観測研究は高緯度の湖に集中しており中緯度帯の湖上でのフラックスの変化が高緯度と同様に説明できるかは明らかでない。本研究では中緯度帯に位置する諏訪湖での熱収支の日変化・季節変化と、その制御要因を明らかにすることを目的とする。

2. 調査地概要及び調査方法・解析方法

調査地は長野県諏訪市と岡谷市にまたがる諏訪湖である。諏訪湖は面積 13.3km²、平均水深 4.7m、周囲周 13.3km の浅い湖である。湖岸の栈橋に観測マストを設置し、オープンパス渦相関法により顕熱・潜熱フラックスを測定した。また、放射、気温、相対湿度、水温（25cm, 50cm, 100cm）の測定も行った。観測は 2015 年 4 月 8 日より開始し、現在も継続中である。湖表面温度は射出率を 0.98 として長波放射から逆算した。湖表面水蒸気圧は湖表面温度での飽和水蒸気圧として計算した。貯熱変化は 3 深度の水温変化から算出した。主風向が湖の方向だけのデータのみを解析に使用し、雨天時のデータは使用しなかった。

3. 結果と考察

4 月から 7 月にかけて、日平均した顕熱フラックス (H) と潜熱フラックス (λE) には明瞭な季節変化が見られなかったが、強風時には λE が大きくなっていた。日変化においては、正味放射 (R_n) は正午に最大を示す釣鐘型の変化を示したのに対し、 λE は R_n のピークよりも遅れて午後から夕方に最大値を示した。 H は 5 月には午前中にピークを持ち、6 月は正午頃にピークをもつ変化を示した。しかし、4 月と 7 月では H は明瞭な日変化をしなかった。貯熱変化 (S) は 7 時頃に正の値となり、 R_n よりも先行してピークを示した後、15 時頃に負に転じ、夕方に最小値をとった。午後から夕方に λE のピークが生じるのは、その時間帯に大気―湖表面間の水蒸気圧差と風速が最大となるからである。5 月の H の午前中のピークもこの時間帯に大気―湖表面間の温度差が最大となることから説明される。風速の大きさをデータに分けて、 H と大気―湖表面間の温度差と λE と大気―湖表面間の水蒸気圧差の関係を見てみると、風速の大きい時に λE が大きくなる傾向が確認された。しかし、 H は必ずしも強風時に大きくなり、5 月には強風時に H が小さくなる傾向が見られた。この原因を明らかにする為に、5 月中の急激な風速増加に対する H と λE の応答を調べた。大気―湖表面間の水蒸気圧差は常に存在する為、強風時には大気の拡散の促進により λE が大きくなっていた。一方で、強風時には湖水の鉛直混合の為に、深層の冷たい湖水と掻き混ぜることで湖表面温度が小さくなり、大気―湖表面間の温度差が小さくなり、顕熱フラックスが小さくなっていた。以上のことから、諏訪湖のような浅い湖では大気―湖表面間の温度差が強風による湖水の鉛直混合の影響を大きく受け、顕熱フラックスの応答が複雑となっていると考えられる。

渦相関法を用いて観測した水田におけるメタンフラックスの日変化・季節変化

○川添貴広（信大理学部）、岩田拓記（信大理学部）、間野正美（千葉大園芸学研究科）、小野圭介（農環研）、小杉緑子（京大農学研究科）

1. はじめに

アジアにおいて、水田は主要な農耕地であり、水田でのメタン交換を理解することはアジアのメタン収支の解明に貢献する。メタン交換を考える際には、土壌中でのメタン生成・酸化に加えて、土壌から大気への放出プロセスの把握が重要となる。渦相関測定は測定環境を乱すことなく、高時間分解能の連続データを取得でき、詳細なメタン交換プロセスの考察を可能とする。本研究では、渦相関法のデータを用いて、水田における稲の構造や環境要因の変化が、水田一大気間のメタン交換にどのように影響するかを明らかにすることを目的とする。

2. 方法

本研究では、茨城県つくば市真瀬の水田において 2012 年に観測されたデータを解析した。渦相関法を用いてメタンフラックスが 3 月から 12 月まで計測された。同時に気温、地温（1cm）、光合成有効放射量、水位などの計測が行われた。水田では 5 月 1 日に田植えが行われ、7 月 30 日に出穂が完了し、9 月 12 日に稲刈りが行われた。

3. 結果と考察

春から夏にかけて、日平均メタンフラックスは地温の増加、稲の生長とともに増加した。日平均メタンフラックスは稲刈り前の落水時（8/28-9/1）に急激に大きくなっていた。これは湛水が無くなることで、メタン拡散が促進され、また土壌表面での酸化がほとんど起こっていないと考えられる（Han et al., 2005）。メタンフラックスは出穂後に日変化が大きくなった。メタンフラックスと地温の関係は、出穂前はばらつきの少ない正の相関を示した。一方で、出穂後はメタンフラックスと地温の関係が午前と午後で異なっていた。

出穂後にメタンフラックスの日変化が大きくなる要因として、convective throughflow の寄与が考えられる。Convective throughflow は光合成有効放射量が大きく、葉温が高い時に強く生じることが知られており（Kim et al., 1998）、ここでは光合成有効放射の値で場合分けをして、メタンフラックスと地温の関係を調べた。出穂前では光合成有効放射量の大きさに関わらずメタンフラックスと地温は 1 つの関係で示されたが、出穂後は光合成有効放射量が大きい時にメタンフラックスが大きくなっていた。このことから、出穂後に convective throughflow の寄与が増加して、メタンフラックスの日変化が大きくなったと考えられる。湿地の葦では初期分けつ後に convective throughflow の寄与が増加する（Kim et al., 1998）と報告されており、convective throughflow の寄与が増加するタイミングは植物によって異なることが考えられる。

稲刈り前の落水以降はメタンフラックスはゼロに近づくが、降雨の数日後にはメタンフラックスの増加が観測された。この時間差は降雨後に土壌が嫌気状態になり、メタンが生成されるまでに時間が掛かることを示している。また、その数日後にはメタンフラックスは減少しており、地面の乾燥とともにメタン生成が減少したと考えられる。降雨後のメタン放出は、地温変化に伴う日変化を示すパターンと 1 日の中で数時間のみ放出しているパターンの 2 つがあり、放出プロセスの違いがあるのかもしれない。

温暖化における農作業への先人の教訓

— 戦時中の南洋気候研究から学ぶ —

福岡義隆

(立正大学名誉教授)

I はじめに

温暖化に伴う農作物の栽培に対する影響に関しては、比較的研究が進んでいるが、農作物を育成させる屋外労働に関する研究はあまり例を見ない。そういう中であって、意外に参考になるのは戦時下の「南洋気候研究」成果の一部であることに注目したい。

本報ではそのような研究成果をまとめた当時の著書の一つである『日本人と熱帯衛生』（小倉清太郎・加藤道雄共著、畝傍書房、1942年）などの文献を紐解いて、「熱帯への移住」を「温暖化」に置き換えて、それに伴う屋外労働への影響について考えてみたい。

II 熱地風土化について

風土化とは

上記書の著者、小倉・加藤両氏によると、「相異なる地に対して、能く自らを調節し得る状態」を風土化と言う。順化とも呼ばれている。さらに彼らによると、風土化には個人的風土化と民族的人種的風土化があるとす。後者の同一人種間には個人的と集団的の別があるとも言う。

民族性と発汗機能

例えば、体温的な面での風土化についてみると、温帯から熱帯への移住に伴い、0.2ないし0.5℃の上昇がみられるという。その最大の原因は、熱帯の高温によるもので、外気温と体温の温度差が小さいために体熱放射が抑制されるためとされている。なお、脈拍と呼吸は増加し、発汗は多くなり、逆に尿量は減る。屋外労働に伴う発汗は殊更に多くなる。

なお、主な人種別の発汗機能は以下のように、

能動汗腺の数によって異なる。

ロシア人	164-214万
日本人	193-276万
半島人	206-300万
比島原住民	264-306万

さらに、日本人が熱帯へ移住した場合に汗腺機能が増進する可能性はないという結果を得ている。

日本民族の南方由来説

血液や肉体には南方諸民族の面影が伝えられており、熱地風土化が白人に比べて容易ならしめるともされる。

日本は温帯に位置するものの、四季寒暖の変化に富み、特に夏の蒸し暑さは熱帯に劣らない。夏季の数か月を熱帯的気候下に過ごすことを余儀なくされている結果、遺伝子の特徴と共に耐熱性をも獲得したともされる。

III 屋外労働について

温帯では、労働によって疲労を感じずるが、熱帯では気候そのものが既に疲労を与えるものであるから、活動後の休養が必須である。

温帯では仕事の合間に休養をとるのに対し、熱帯では休養の間に仕事をし、短時間の仕事の中に全力を傾倒し能率を上げるようにすることが肝要である。

熱帯での日中の執務（労働）は避け、朝8～11時、午後は3～5時までとし、日中及び夜間は努めて休養するべきである。

関連文献

中山英司「日本人の熱帯適応性」（太平洋協会 1943）

福井英一郎「南方圏の気候」（東京堂、1942）