日本農業気象学会関東支部

2016 年度例会

一般講演要旨集

第 13 号

2016 年 11 月 18 日（金）
千葉県福祉ふれあいプラザ ふれあいホール
（〒270-1151 千葉県我孫子市本町 3-1-2 けやきプラザ内 2F）

主催： 日本農業気象学会関東支部
共催： 生態工学会
協賛： 日本農業気象学会リモートセンシング・GIS 研究部会
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

日本農業気象学会関東支部 2016 年度例会　一般講演要旨集

目　次

例会案内 1

プログラム 1

一般講演要旨 3

① コンダクタンス計算を基にした水田におけるエネルギーインバランスの考察 3
高橋壮太、岩田拓記（信州大）、小野圭介（農環研）

② 諏訪湖における大気－湖間の熱交換と水温プロファイルのシミュレーション 4
小林大曙、岩田拓記、杉野元哉（信州大）

③ 真瀬水田フラックスサイトにおける蒸発散の長期データ解析 5
伊川浩樹、小野圭介（農環研）、間野正美（千葉大）、小林健史（農環研）、
滝本貴弘（茨城大）、桑形恒男、宮田　明（農環研）

④ アカマツ林生態系における樹冠と林床からの水蒸気・CO_2フラックスへの寄与 6
山田遼太、岩田拓記(信州大)、高梨　聡、深山貴文（森林総研）

⑤ トウモロコシ畑の湿球温度と葉温の鉛直分布 7
北野晶子、鈴木　純（信州大）

⑥ 千葉県北部における強風時の風塵発生と表層土壌熱慣性値との関係 8
松島　大（千葉工大）、松岡延浩（千葉大）

⑦ 1967 年からの黄砂の地域別観測日数の変化 9
真木太一（九州大名誉教授・北海道大）

⑧ RGB 独立制御型 LED 光源を用いた省エネ型植物工場 10
岡崎聖一（キーストーンテクノロジー・横浜国立大）

⑨ 光質は、アントシアニン蓄積葉式が異なる葉の分光特性に影響するか？ 11
早津誠宏、関川清広、宇佐見仁英、布施政好、渡邊博之（玉川大）

日本農業気象学会関東支部 2016 年度例会

日程: 2016 年 11 月 18 日(金)
会場: 千葉県福祉ふれあいプラザ ふれあいホール
(〒270-1151 千葉県我孫子市本町 3-1-2 けやきプラザ内 2F)

プログラム

9:10～11:00　一般講演発表会(発表 10 分、質疑 2 分)

1. 9:10～9:12　コンダクタンス計算を基にした水田におけるエネルギーインバランスの考察
○高橋壮太、岩田拓記(信州大)、小野圭介(農環研)
2. 9:13～9:25　諏訪湖における大気－湖間の熱交換と水温プロファイルのシミュレーション
○小林大曙、岩田拓記、杉野元哉(信州大)
3. 9:26～9:38　真瀬水田フラックスサイトにおける蒸発散の長期データ解析
○伊川浩樹、小野圭介(農環研)、間野正美(千葉大)、小林健史(農環研)、滝本貴弘(茨城大)、桑形恒男、宮田 明(農環研)
4. 9:39～9:51　アカマツ林生態系における樹冠と林床からの水蒸気・CO_2フラックスへの寄与
○山田遼太、岩田拓記(信州大)、高梨 聡、深山貴文(森林総研)
5. 9:52～10:04　トウモロコシ畑の湿球温度と葉温の鉛直分布
○北野晶子、鈴木 純(信州大)
6. 10:05～10:17　千葉県北部における強風時の風塵発生と表層土壌熱慣性値との関係
○松島 大(千葉工大)、松岡延浩(千葉大)
7. 10:18～10:30　1967 年からの黄砂の地域別観測日数の変化
○真木太一(九州大名誉教授・北海道大)
8. 10:31～10:43　RGB 独立制御型 LED 光源を用いた省エネ型植物工場
○岡崎聖一(キーストーンテクノロジー・横浜国立大)
9. 10:44～10:56　光質は、アントシアニン蓄積葉式が異なる葉の分光特性に影響するか？
○早津誠宏、関川清広、宇佐見仁英、布施政好、渡邊博之(玉川大)

11:10～12:50　生態工学会との合同シンポジウム

テーマ: 大都市気候から有人宇宙活動までテクノロジーで支える・測る未来

① 守りの防災から攻めの防災へ －農業分野への波及をめざして－
横山 仁(防災科学技術研究所)

② 日本の有人宇宙活動のための環境制御・生命維持システム(ECLSS)技術
桜井誠人(宇宙航空研究開発機構)

12:50～13:40　昼休み(関東支部 評議員会)

13:40～14:25	関東支部　総会
14:35	我孫子北口バス停集合（バスで視察先に移動）
15:00～16:30	電力中央研究所我孫子地区設備見学会
16:30～17:00	バスで我孫子駅に移動
夕刻より	懇親会（懇親会費は 4,000 円程度を予定）

コンダクタンス計算を用いた水田におけるエネルギーインバランスの考察

○高橋壮太（信州大学理学部）、岩田拓記（信州大学理学部）、小野圭介（農業環境変動研究センター）

はじめに

現在，世界中の様々な地表面において渦相関法を用いた地表面フラックスの測定が行われている．その結果において，地表面エネルギーバランスが閉じない現状がある．そこで本研究では，夏季の水田において，地表面フラックスから計算したコンダクタンスを用いて，エネルギーインバランスの原因となっているフラックスを特定することを目的とした．

解析方法と観測データ

本研究では，4 つのエネルギーインバランスのシナリオを基に，フラックスから群落コンダクタンスを算出し，その日変化の様子からシナリオの正しさを評価した．4 つのシナリオは①顕熱フラックスが過小評価，②潜熱フラックスが過小評価，③顕熱・潜熱フラックス両方が過小評価，④利用可能エネルギーが過大評価である．算出した群落コンダクタンスは独立して得られた気孔コンダクタンスと比較し，シナリオの正しさを評価した．

使用したデータは，茨城県つくば市真瀬の水田において 2014 年の 7，8 月に観測されたものである．渦相関法を用いて顕熱フラックス，潜熱フラックスが 30 分毎に計測され，同時に気象・群落・土壌環境の計測が行われた．これらのデータから，水稲群落と水面をソースとした two-source model を用いて，晴天日における群落コンダクタンスを算出した．また，気孔コンダクタンスは植物光合成総合解析システム LI6400 を用いて 7 月，8 月の晴天日 5 日間に計測された．

結果・考察

利用可能エネルギーの算出において水，大気，植物内，土壌表面それぞれにおける貯熱量変化と光合成に使われるエネルギーを考慮することでエネルギーインバランスは 6:00～17:00 における平均が約 34%から約 24%へと改善された．時間帯別にみると 6:00～15:00 で平均約 18．4%であったが，15:30～17:00 では平均約 48%へと上昇した．

個葉から計測した気孔コンダクタンスは，9:00～11:00 に広いピークを持っていた．一方，フラックスから算出した群落コンダクタンスも全てのシナリオにおいて午前中にピークがあったが，13:00 以降には再び上昇するシナリオも見られた．（図１） シナリオ別にみると，最も鋭いピークがあったのはシナリオ②で，広いピークを持っていたのはシナリオ①であった．シナリオ③とシナリオ④は同様の変化を示したが，シナリオ③が 9:00 にピークがあったのに対し，シナリオ④は 9:00 に減少していた．群落コンダクタンスの日変化は気孔コンダクタンスのそれと完全には一致しておらず，シナリオの設定については今後，検討する必要がある．

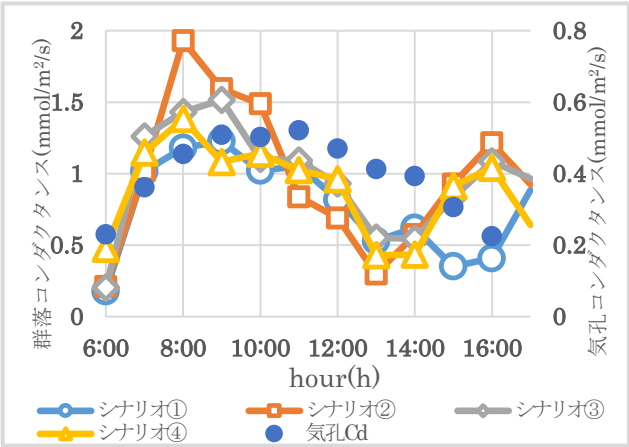

図１　各シナリオにより算出した群落コンダクタンスと気孔コンダクタンスの日変化

諏訪湖における大気－湖間の熱交換と水温プロファイルのシミュレーション

○小林 大曙，岩田 拓記，杉野 元哉（信州大学理学部）

1．はじめに

湖と陸では大気との熱交換が異なることが知られている．数値気象予測モデル中で湖―大気間の熱交換を考慮すると気温の予測誤差が小さくなったとの報告もあり(Balsamo et al., 2012)，湖における大気との熱交換を予測することは，湖周辺の大気状態を理解・予測するうえで重要である．本研究では， Stepanenko et al．(2013)で開発されたLAKEモデルを利用し，諏訪湖における大気－湖間の熱交換，そして湖内の水温プロファイルを再現することを目的とした．

2．モデルと観測データ

LAKEモデルは， 30 分平均の風速，比湿，気温，気圧，降水量，下向きの短波放射・長波放射の気象データ，湖外への湖水流出量をインプットとして，湖内の混合と熱拡散，そして湖表面の乱流フラックスを計算する鉛直一次元の流体力学モデルである．また，顕熱・潜熱フラックスは， Businger － Dyer の式から求めた輸送係数を用いたバルク式によって計算している．

前述のモデルを諏訪湖に適用するために諏訪湖沿岸の桟橋上で測定した気象データをモデルに入力した．また，測定した水温をモデルの初期値としてのみ与えた．湖水の吸光係数は観測平均値の$2.8m^{-1}$とした．モデルのアウトプットである顕熱・潜熱フラックスと水温をそれぞれ渦相関法によって測定した湖風時の顕熱・潜熱フラックスと実測の水温と比較してモデルの整合性を検討した．

3．結果

2016 年 6 月 20 日から 7 月 3 日の 2 週間でモデルを動かすと、モデル水温は観測した表層水温（水深0.20m）を良く再現した．一方で，湖底水温（水深1.45m）は観測値よりも高い値を推移し，日変化も小さかった．ここで，運動量フラックスの交換係数を観測データから求め， 3.4×10^{-3}の一定値としてモデルに組み込むと，モデルの水温プロファイルは実際に観測したものに近づいた（図１）． この時の水深0.20mと1.45mにおけるモデル水温のバイアスはそれぞれ0.37℃，0.97℃， RMSE は1.15℃，1.40℃となり，水深が浅いところの水温ほど再現性が良かった．モデルの顕熱・潜熱フラックスの値は実測に近い変化を示したが（図２）， 実測値と比較するとそれぞれ27%，11%の過大評価で， RMSE の値が 15.6W/m^2， 65.5W/m^2 となった．

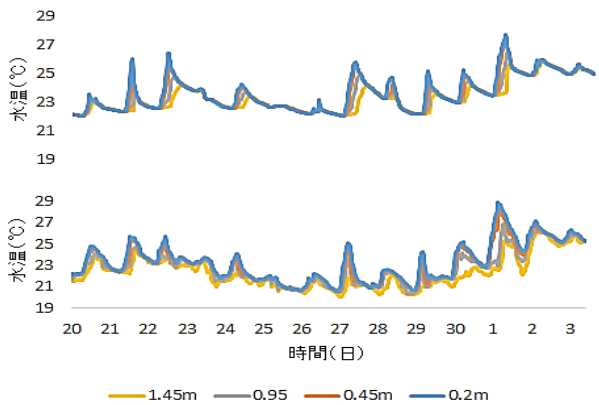

図1 モデル計算値（上）と観測値（下）の水温プロファイルの比較

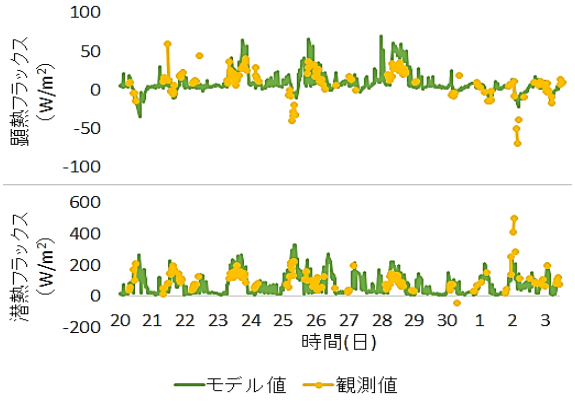

図2 モデル計算値と観測値の顕熱（上）と潜熱（下）フラックスの比較

真瀬水田フラックスサイトにおける蒸発散の長期データ解析

○伊川浩樹(農環研)、小野圭介(農環研)、間野正美(千葉大)、小林健史(農環研)、滝本貴弘(茨城大)、桑形恒男(農環研)、宮田明(農環研)

1. はじめに

我が国での水田における蒸発散の研究は半世紀以上の歴史がある。多大な知見の集積に関わらず、水田環境の蒸発散と熱収支に関してその年変動を十数年に渡り調べた研究は極めて少ない。本研究では茨城県つくば市に位置する真瀬水田フラックス観測サイト(36° 03'N, 140°01'E, 11.2 m a.s.l.)で長期的に測定された蒸発散のデータを解析した。解析にあたっては、生育期間の ET および異なる生育ステージ毎の ET の年次変動がどの程度、その場の気象条件(in situ meteorological condition)で説明されるのかを調べる為、可能蒸発量(E_P)との比較をおこなった。

2. 研究方法

解析には 2002 – 2014 年の間、渦相関法により測定された蒸発散(ET)データを用いた。E_P の計算には Kondo & Xu (1997)の方法を用いた。なお生育期全体は田植日後、120 日間とした。

3. 結果と考察

生育年毎の ET は平均して 420mm(3.5mm/日)程度であった。生育期全体の ET の年次変動は Coefficient of variation (CV)で表すと CV=10.7%であり、ET/E_P の CV=4.6%はであった。よって生育期の ET の年次変動の半分以上は E_P で表されることがわかった。平均的 ET/E_P=0.89 で ET を推定した場合、高温年(2010)、低温年(2003)の誤差は小さかったが(5%未満)、多雨が観測された 2008 年と生育が不良であった 2012 年において誤差は 10%前後と比較的高かった。また ET と ET/E_P 共に生育ステージ内での変化は様々であり、特に生育後期において ET/E_P のばらつきが顕著であった。

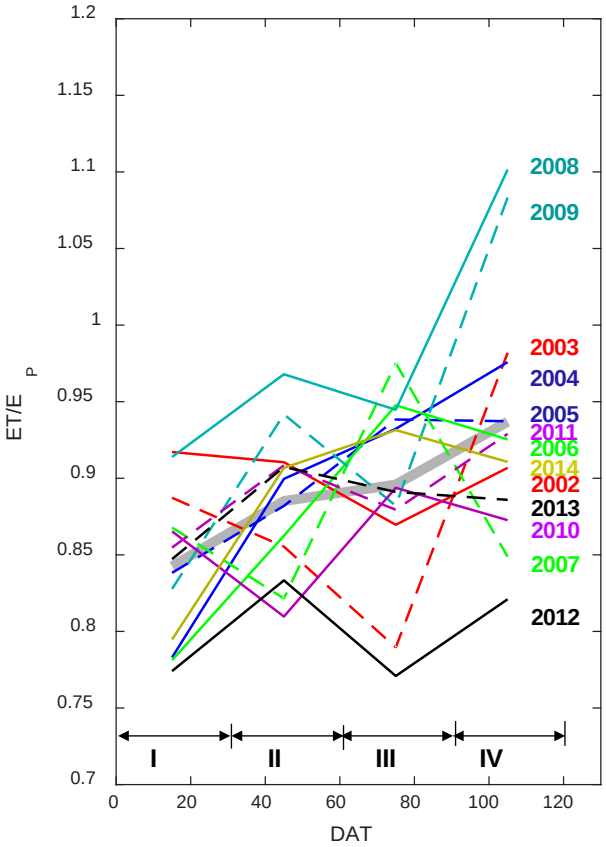

図 1 .2002-2013 年の真瀬水田フラックスサイトで水稲の生育期間に観測された蒸発散 ET と可能蒸発 E_P の比。I-IV はそれぞれ初期・後期栄養成長期、生殖成長期、登熟期を指す。

<引用文献> Kondo & Xu (1997) Tenki.

アカマツ林生態系における樹冠と林床からの水蒸気・CO_2フラックスへの寄与

○山田遼太(信州大学理学部)，岩田拓記(信州大学理学部)，高梨　聡(森林総合研究所)，深山貴文(森林総合研究所)

はじめに

森林生態系は主に樹冠部の植生や林床の土壌から構成されており，それぞれが森林生態系―大気間の物質交換が寄与している．その物質交換において，樹冠部や土壌の環境応答性は異なっており森林生態系―大気間の物質交換を正確に理解するためには，樹冠部や林床の役割を個別に明らかにすることが必要である．本研究では，温帯林において樹冠上と林床でフラックス観測を行い,物質交換における環境応答性の違いとその寄与を明らかにすることを目的とする．

観測サイト・方法

観測サイトは山梨県富士吉田市のアカマツが優占する温帯常緑針葉樹林で，樹冠下層には常緑広葉樹のソヨゴ，落葉広葉樹のコナラが見られる．樹冠上と林床において渦相関法を用いた水蒸気，二酸化炭素(CO_2)フラックス測定と気象観測を行った．解析対象期間は 2015 年 12 月 17 日から 2016 年 9 月 30 日までである．フラックスデータは摩擦速度による選別を行った．樹冠上で測定されたフラックスに対しての林床で測定されたフラックスの割合を求めることで林床からの寄与率を計算した．CO_2フラックスに関しては，測定高度以下の貯留を考慮した．温度と夜間の呼吸量の関係から昼間の呼吸量を推定し，測定した CO_2フラックスと推定した呼吸量から光合成量を推定した．その際に，呼吸の温度依存性 Q_{10}，10℃の時の呼吸量 R_{10} といったパラメータの決定をした．

正味放射量は，樹冠上では，冬から夏にかけ徐々に上昇し，その後秋になるにつれて減少する傾向を示した．一方，林床では，4 月下旬に最大となり 5 月上旬以降減少傾向を示した．5 月上旬に広葉樹の展葉によって林床への日射が妨げられ，林床の正味放射量の減少が引き起こされたと考えられる．

潜熱フラックスは，樹冠上では，12 月～7 月まで上昇傾向を示した．林床では，4 月まで上昇傾向を示し 5 月以降は減少傾向を示した．また，4 月から 7 月の林床での正味放射と潜熱フラックスの日平均値の間には，正の相関が見られた．このことから，林床での 5 月以降の潜熱フラックスの減少は広葉樹の展葉に伴う林床の正味放射量の減少によるものであると考えられる．結果として潜熱フラックスの林床からの寄与は，冬の 8 割程度から夏の 2 割以下まで低下した．

呼吸量は，樹冠上，林床ともに 12 月から 8 月まで上昇した．Q_{10}は樹冠上，林床ともに大きな季節変化は見られなかった．一方，R_{10} は樹冠上では植物量の増加に伴い大きな増加を示し，林床では大きな季節変化は見られなかった．このことから樹冠上では植物量の増加や温度上昇による代謝速度の増加，林床では温度上昇による微生物の活性が増大したことにより呼吸量が増加したと考えられる．林床からの寄与は，３割～５割程度でほぼ一定であった．光合成量は，樹冠上では日射量や植物量の増加に伴い増加傾向を示し，林床では夏季において林床植生の増加に伴い光合成が確認された．

トウモロコシ畑の湿球温度と葉温の鉛直分布

○北野晶子 (信州大学大学院)、　鈴木　純 (信州大学農学部)

1.　はじめに

トウモロコシ畑の作物係数 Crop Coefficient(α)、すなわち実蒸発散と蒸発散位の比は 1.2 であることが知られている．著者らはトウモロコシ群落の多層モデルによってこれの評価を試みている．その際、群落の葉温プロフィルが必要であるが、代表性のある葉温を連続して得ることは困難である．そこで、トウモロコシ群落で連続して観測している湿球温度から葉温の予測を試みたので報告する．

2.　方法

観測は、信州大学農学部附属 AFC 構内ステーション農場の青刈りトウモロコシ畑で行った．青刈りトウモロコシの栽培面積は 40m×120m で、主風向に 60m 程度のフェッチを確保して気象観測機器を設置した．気象観測項目は、通風乾湿球温度、正味放射（4 成分）、風速風向などである．データは、温度系は CR3000X で 30 秒ごと、放射、風速などは CR23X で 10 秒ごとに測定して、10 分平均値を記録した．葉温は、午前 7 時から午後 7 時までの 1 時間ごとに、群落内の高さ 0.5m ごとの 8 方位に、放射温度計を水平に向けて層別に測定した．トウモロコシの生長は、2 週間ごとに葉面積、草高を把握した．また適宜、正味放射計素子を、高さ 1.0m と 2.0m に設置して群落内の正味放射を測定した．

計算過程は次のとおりである．まず式(1)で透過日射を求めた．吸光係数は 0.46、LAI は 5.8 を用いた．式(2)、(3)で下向き、上向き長波放射 $L_{\downarrow}$、$L_{\uparrow}$ を求め、式(4)で正味放射のプロフィルを得た．湿球温度 t_w と葉温 t_s の差は、放射により形成されると考え、この温度差をトウモロコシの比熱で除した式(5)でこれを予測した．ここで、式(1)～(5)において、S(z)は高さ z における短波放射、S は群落上の短波放射、LAI は群落上端から積算した葉面積密度 LAD、a は各層の LAD、σ はステファン・ボルツマン係数 ($=5.67\times10^{-8}$)、ε は射出率(=0.98)、Rn(z)は高さ z における正味放射、C_pW は、W(g) のトウモロコシの熱容量である．

$$S_{(z)} = S \cdot \exp(-k \cdot LAI) \quad (1)$$

$$\frac{dL\downarrow}{dz} = aL\downarrow - a\sigma\varepsilon t_s{}^4{}_{(z)} \quad (2)$$

$$\frac{dL\uparrow}{dz} = -aL\uparrow + a\sigma\varepsilon t_s{}^4{}_{(z)} \quad (3)$$

$$Rn_{(z)} = S_{(z)} + L_{(z)}\downarrow - L_{(z)}\uparrow \quad (4)$$

$$\Delta t = \frac{\Delta Rn(z)}{CpW} \quad (5)$$

3.　結果と考察

正味放射のプロフィルを表した Fig.1 によれば、高さ 1.0m の予測値と実測値の差は 8.0W/m² であるが、高さ 2.0m では 132.8W/m²となった．湿球温度 t_w、葉温 t_s の実測値と、葉温の予測値すなわち（$\Delta t+t_w$）の鉛直分布を表した Fig.2 によれば、実際の葉温と 0.6℃の差で予測することができた．今後、群落内の正味放射の予測精度を向上させて、湿球温度による葉温予測につなげたい．

参考 Kitano and Suzuki.，ISAM 2016，181.

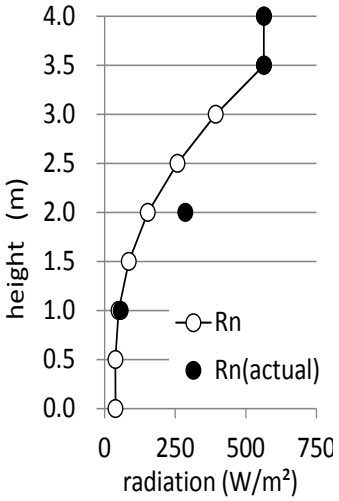

Fig.1 正味放射のプロフィル

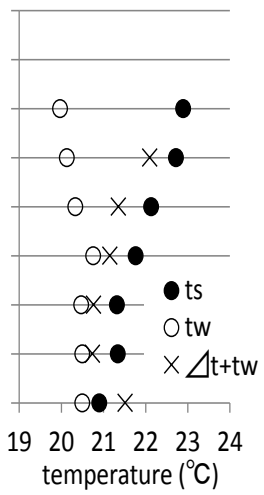

Fig.2　湿球温度と葉温のプロフィル

千葉県北部における強風時の風塵発生と表層土壌熱慣性値との関係

○松島　大（千葉工大）、松岡延浩（千葉大・園芸）

１．はじめに

強風によって農地から土砂が飛散し、土壌が失われる、砂塵により農作業が困難になる、周囲の道路や住宅地に堆積する等の被害を及ぼすことがある。近年では大型機械導入や圃場の大区画化のために防風林を撤去することによって風食が発生しやすくなる傾向もある（有森ほか 2009）。飛散した土砂は風塵として拡散し、視程悪化による航空機等への交通障害を引き起こすこともある。特に乾燥・強風の条件が重なりやすい春季にその頻度が例年高い。本研究では、農地が多く占める成田空港周辺における表層土壌水分条件を熱慣性値によって評価し、これに対して成田空港における風塵の観測データを比較した。なお、熱慣性は土壌がある程度乾燥していれば体積含水率の増加に対してほぼ線型で増加する傾向を示す(Lu et al. 2009)。

２．方法

表層土壌熱慣性値の推定には Matsushima et al. (2012)の方法を用いた。これは強制復元法を適用して時間発展形にした地表面熱収支式について、MODIS の地表面温度プロダクトによって熱慣性を含むパラメータを最適化する方法である。風塵発生の判定は、WMO による現在天気分類で 07（高い風塵）及び 30～35（砂塵嵐）のいずれかが成田航空地方気象台において観測された場合とした。解析対象期間は 2010～2015 年の各年について 1～5 月であり、このうち風塵が発生し、かつ有効な熱慣性値を得られた 18 日分を解析対象とした。

３．結果

図は熱慣性値と風塵が観測された時間内の風速を比較したものである。熱慣性値は成田空港の西方における約 9 km 四方（北緯 35.70～35.79°、東経 140.30～140.39°）の平均値とその標準偏差、風速は成田空港における 10 分平均風速の平均値と最大値から最小値の範囲を示す。土壌水分条件を示す熱慣性値が増加するほど風塵が発生する風速の下限（臨界風速）が大きくなっていることが見て取れる。臨界風速 U_t の包絡線は概ね図に示す直線の式で表された。これはモンゴルの砂質で草の少ない草原において地上における飛散ダスト観測データに基づいて求めた式（$U_t = 0.0028P + 5.61$, (松島ほか, 2012)）に比べて弱い風速で土砂飛散が生じていた。この相違の理由について、土壌組成の相違、植生の多少等が考えられるがまだ明確ではない。

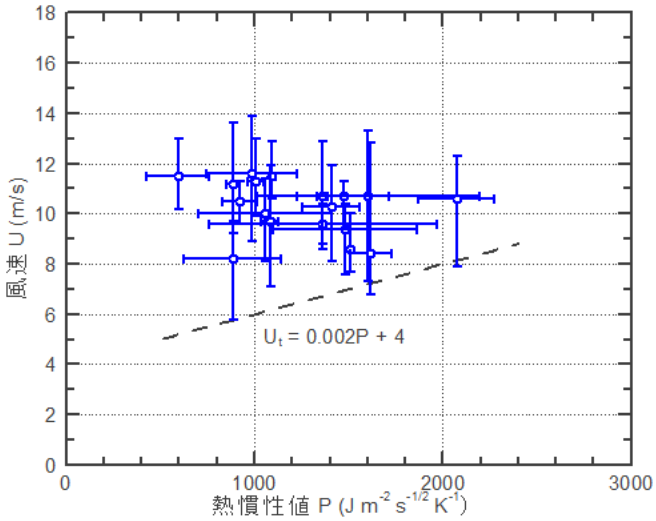

図 1 風塵発生時の熱慣性値と風速の比較

引用文献

有森ほか 2009: 農業農村工学会論文集, 260, 23-30.

Lu et al. 2009: Agric. For. Meteorol., 149, 1693-1698.

Matsushima et al. 2012: J. Hydrometeorol., 13, 638-648.

松島ほか 2012: 土木学会論文集, 68, I_1789-I_1794.

1967 年からの黄砂の地域別観測日数の変化

真木太一（九州大学名誉教授・北海道大学農学研究院）

１．はじめに

黄砂観測の気象庁データによると、最近では全国 60 点での観測数である。黄砂の地域別区分：9 地域、60 地点、6～8 地点に区分した。これには地形、気候、地点数のバランス等を考慮した。

北海道：稚内、網走、旭川、札幌、釧路、帯広、室蘭、函館、東北：青森、秋田、盛岡、仙台、山形、福島、関東：宇都宮、前橋、水戸、熊谷、つくば、銚子、東京、横浜、中部（甲信・東海）：長野、甲府、岐阜、名古屋、静岡、津、日本海（北陸・山陰）：新潟、富山、金沢、福井、鳥取、松江、下関、近畿：彦根、京都、大阪、奈良、神戸、和歌山、中四国（山陽・四国）：岡山、広島、高松、徳島、松山、高知、九州：福岡、佐賀、大分、熊本、長崎、宮崎、鹿児島、沖縄（奄美・沖縄・小笠原）：名瀬、那覇、南大東、宮古島、石垣島、父島である。

なお、黄砂観測点数は以前より減少している。日本海（山陰）側では黄砂が多く観測されるはずであるが、山口県の下関から島根県の松江まで約 250km の極めて大きい距離・間隔となっている。

２．まとめ

⑴1967～2015 年の 49 年間の黄砂観測日数と黄砂観測のべ日数には増加傾向があり、1967～2010 年での両者の増加傾向は高くなり、相関係数はそれぞれ 0.476、0.524 である。2011～2015 年は減少している。

⑵5 年毎の黄砂観測日数は九州、中四国、近畿、日本海、沖縄、中部、東北、関東、北海道の順であり、増加傾向が認められる。2001～2005 年に中四国、近畿、日本海、九州、北海道および全国で顕著なピークが認められるが、沖縄、東北、中部では 2006～2010 年にピークが見られる。

⑶5 年毎の黄砂観測のべ日数は九州、中四国、近畿、日本海、沖縄、中部、東北、関東、北海道の順である。北海道、日本海、近畿では概して増加傾向が認められるが、沖縄では減少傾向が認められる。ピークの発生期間は各地域でまちまちであり、凹凸が激しい。

⑷10 年毎の黄砂観測のべ日数は、九州、中四国、近畿、日本海、沖縄、中部、東北、関東、北海道の順であり、全般的に増加傾向が認められる。1996～2005 年にピークが中四国、近畿、九州、日本海、沖縄で、また北海道でも認められる。東北、関東では 2006～2015 年にピークが認められる。関東では距離、地形等との関係から少ない。

⑸10 年毎の黄砂観測のべ日数比率は、九州、中四国、近畿、日本海、沖縄、中部、東北、北海道の順である。1967～1975 年に九州では最も高い 29%であるが、その後は 22%程度で安定している。日本海、北海道、近畿、中四国では増加傾向が、逆に沖縄では減少傾向が認められる。

⑹12 年毎の黄砂観測のべ日数は九州、中四国、近畿、日本海、沖縄、中部、東北、関東、北海道の順である。ピークが 1992～2003 年に中四国、九州、近畿、日本海で認められ、沖縄、中部、東北、関東、北海道では 2004～2015 年にある。中部、北海道、沖縄では段階的に増加しており、全国的には前半から後半に増加している。

⑺25 年毎の黄砂観測のべ日数は九州、中四国、近畿、日本海、沖縄、中部、東北、関東、北海道の順である。後期には全地域で増加し、特に中四国、九州、日本海、近畿の西日本で顕著であり、中部、沖縄、北海道、東北でも多い。中四国は 2.5 倍の増加率、北海道は 4.9 倍の増加率である。

⑻25 年毎の黄砂観測のべ日数比率は九州、中四国、近畿、日本海、沖縄、中部、東北、関東、北海道の順であり、西日本で高い。前・後期間の増減は、中四国、日本海、北海道（2.6 倍）で増加、沖縄、中部、九州、東北、関東で減少している。

RGB 独立制御型 LED 光源を用いた省エネ型植物工場

○岡﨑　聖一　（株式会社キーストーンテクノロジー、横浜国立大学大学院）

1.はじめに

完全人工光型植物工場で利用可能な栽培用光源にはさまざまな選択肢があるが，栽培における光エネルギー利用効率が収益に直接影響する．　白色蛍光ランプの場合，紫外放射に変換される割合は約 60%と高いが，蛍光体により可視光に変換する際のエネルギー損失があり約 25%のエネルギーが可視光として利用され，残りの 75%は熱エネルギーとして閉鎖空間に放出され，空調コスト高止まりを招く．近年栽培光源に LED を使用するケースが多くなってきているが，LED はこれまでに実用化されてきた光源とは大きく異なる特徴を持つため，その特徴を十分に理解して製品化すべきである．

2.植物栽培用 LED 光源に必須の放熱技術

長寿命と言われる LED の最大の弱点は熱である．電気エネルギー⇒光エネルギー変換効率 100%というものは存在しないため，光に変換されなかったエネルギーは熱エネルギーになる（熱力学第一法則）ため，放熱設計が稚拙であれば長寿命どころか短命になってしまう．LED は他の半導体製品と同様に温度依存性を持っており，半導体の接合部（ジャンクション）温度は，特性の変化や信頼性に影響する．ジャンクション温度によって寿命が予測できる．熱はエネルギーであるため，その移動速度に着目すべきである．

3.植物栽培用 LED 光源の配光技術

LED 素子から発せられた光子を万遍なく植物に照射するため，反射光を有効利用する配光設計も重要な要素である．栽培棚から漏れた光が栽培施設の床，壁，天井などを照らしている光景が散見されるが，それはカネを浪費しているようなものである．光源から発した光子が何処かの葉緑体に吸収されれば光合成反応のエネルギー源となり，バイオマス生産に寄与するが，外部に漏れた光は利用されないばかりか，室温の上昇にも繋がるのである．室温が上昇すれば空調で消費される電力は増加し，収益は改善されない．

4.省エネ型植物工場に求められる条件

完全人工光型植物工場で植物を生産する場合，栽培照明，空調機器，養液ポンプなどで電力が消費される．生産した野菜はサラダ等新鮮な状態で消費することが前提なので，光量子密度（PFD）変換効率は次式で定義できる．

PFD 変換効率＝収穫時新鮮重（g）／投入電力量（Wh）（単位面積当たり）

投入電力量は栽培期間，栽培照明点灯積算時間および栽培空間に基づいた空調エネルギーコストに依存する．同じ電力消費量であれば，より多くの収穫時可食部（商品）の収量増加が収益を改善する有効な手段となる．　LED の特徴を前提に演者は，水冷式熱交換装置を備えた LED 照明モジュールの開発，製品化に成功した．実際に演者が開発した省エネ型 LED 植物工場運営の実例を紹介しながら ，省エネ植物工場の可能性について報告する．

光質は、アントシアニン蓄積葉式が異なる葉の分光特性に影響するか？

○早津 誠宏[1]，関川 清広[2]，宇佐見 仁英[3]．布施 政好[3]，渡邊 博之[2]
（[1]玉川大学大学院，[2]玉川大学農学部，[3]玉川大学学術研究所）

はじめに

アントシアニンは紫外線や緑色光の波長帯に吸収特性をもつため，アントシアニン蓄積葉は，紫外線による酸化ストレスを軽減する性質をもつ．アントシアニン蓄積葉内への入射光特性は未蓄積葉とは異なることが知られている．しかし，光質が葉の光吸収特性に対しどのような影響をもつかは十分に明らかにされていない．シソにはアントシアニン蓄積様式の異なるタイプがあり，上記の現象を追跡するうえで，好適なモデル植物である．そこで本研究では，アントシアニン蓄積様式が異なる 3 タイプのシソを蛍光灯下および 2 種類の単色 LED 光下で生育させ，葉身形質（分光特性，色素含量，葉身構造）と葉の光利用特性に対し，生育時の光質条件がどのように影響するかを明らかにすることを目的とした．

材料および方法

供試植物には，アオシソ（向軸側/背軸側=G/G（Green/Green）），アカシソ（向軸側/背軸側=R/R（Red/Red））および，葉身背軸側にアントシアニンが局在するカタメンジソ（向軸側/背軸側=G/R（Green/Red））を用いた．播種後に蛍光灯下で育苗を行い，第 2 節の成葉が展開終了後に，3 種類の光源（蛍光灯，赤色 LED，青色 LED）下に移動し，20 日間栽培した（光質処理）．光質処理開始後に出葉した第 4 節の葉を用いて，自作した積分球による分光特性（透過率，反射率），クロロフィルおよびアントシアニン含量，葉身内部形態（横断面構造として，葉厚，表皮細胞，柵状組織，海綿状組織）を評価した．

結果

可視光域における向軸側の分光測定から，アオシソでは 550nm 付近に，アカシソでは 640nm 付近に，それぞれ透過率および反射率に小ピークが見られたが，カタメンジソでは 640nm 付近の透過率と 550nm 付近の反射率にそれぞれ小ピークが見られた．背軸側の分光測定から，アオシソとアカシソの透過率と反射率，およびカタメンジソの透過率は向軸側と同様の傾向を示したが，カタメンジソの反射率には 550nm 付近にピークは検出されず，640nm 付近に極小ピークが見られた．

クロロフィル含量（$\mu g\ cm^{-2}$）は，アオシソとアカシソでは試験区間に差は認められなかったが，カタメンジソでは赤色 LED 区の結果のみ多かった．葉身内部の組織厚は，アオシソでは青色 LED 区において厚い傾向を示し，アカシソとカタメンジソでは赤色 LED 区において厚い傾向が見られた．

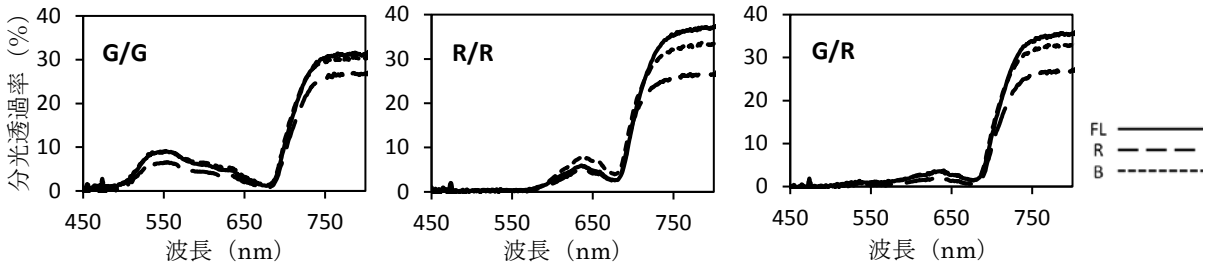

図　アントシアニン蓄積様式が異なるシソ 3 種の，各光質条件下における分光透過