

光応用による植物の診断と制御に関する研究とその普及

山本晴彦

山口大学農学部 (現 山口大学大学院創成科学研究科)

Research and popularization of plant diagnosis and control by optical application

Haruhiko YAMAMOTO

Faculty of Agriculture, Yamaguchi University

(Present affiliation: Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University)

1. はじめに

このたび、伝統と栄誉のある日本農業気象学会賞（普及賞）を賜り、大変光栄に存じます。大学を卒業後、30年間にわたり、農業の現場を中心に研究調査を進めてきた研究者・教育者として、大変ありがたく思うと共に、身の引き締まる思いであります。本賞にご推薦を下されました真木太一名誉会員、北野雅治九州支部長、また学会賞審査委員会の委員長・委員の皆様方をはじめ、学会関係者の方々に厚く感謝の意を申し上げます。ここでは、母校の山口大学での農業気象学との出会いから現在の研究まで、どのような過程を経て研究を展開してきたかを、振り返りながら紹介をさせて頂くことにします。

2. 農業気象学との出会い（～1985年）

私が「農業気象学」と出会ったのは、山口大学農学部農学科（生産環境学コース）の2年生であったと記憶している。前年まで教授をされていた佐藤正一先生（九州農業試験場の農業気象研究室初代室長）が退官されて、非常勤講師として大学の授業を担当されていた時のことである。助教授には、鈴木義則先生（教授に昇任、九州大学名誉教授）が居られ、気象観測棟をはじめ多くの気象観測機器があり、小野茶園での凍霜害の観測など、大変魅力ある研究室であったことから、「農業環境学」研究室で卒論を行うこととなった。私が6回目の学生と若々しい研究室で、翌年には青木正敏先生（東京農工大学前教授）が助教授として赴任され、植物の分光反射特性に関する研究を開始された。私は茶樹の凍霜害に関する研究を卒論としていたが、同期の洲崎吉郎君（紀本電子工業(株)）はセイタカアワダチソウの模擬群落を作成して分光反射の測定を行っていた。これが、後に九州農業試験場で実施する博士論文のテーマになるとは思ってもみなかった。3年生の夏に受けた国家公務員中級試験に合格し、農林水産省の行政職員になろうと思っていたが、4年生になり兵庫県庁、国家公務員上級試験に合格し、運良く農林水産省の研究機関に研究職として就職する機会を得ることとなった。

3. 九州農業試験場での研究（1985年～1994年）

1985年3月31日夜、山口から赴任先の鹿児島本線羽犬

塚駅に到着した。駅構内は大変な賑わいで、何と活気のある町と思いながら、寮にたどり着いた。翌日の新聞を見ると、JR矢部線が廃線となるため、最後の日で羽犬塚駅がごった返していたとのことであった。4月から半年間の研修を行い、10月から中国農業試験場（福山）で麦栽培の研究室に配属の辞令を頂いた。夏頃、研修途中から希望の研究室に居候できるとのことで、環境第一部の農業気象研究室で残りの研修をすることとなった。室長は小林一雄氏、主任研究官は清野豁博士（農業環境技術研究所に戻られ、後に東北農業研究センター所長）であった。研修も残すところ1ヶ月の頃、清野博士を通じて農環研の内嶋善兵衛気象管理科長（お茶の水大学教授を経て、宮崎公立大学学長）より、農業気象研究室に残ってはどうかとのご助言をいただいた。当時、私と入れ替わりで女性の研究者が赴任されるとのことで、試験場の方々は大変期待されていたようであったが、その期待を裏切り私が引き続き研究員として居座ることとなった。このようにして、私の九州農業試験場での農業気象研究がスタートした。とは言え、学卒の素人に近い研究者であり、多くの苦労も経験した。ただ、九州農試の置かれていた本部の羽犬塚は、作物第一部（水田・麦作の育種・栽培・雑草等）、環境第一部（病害・虫害・線虫と農業気象）、畑地利用部（畑地の栽培体系や農業機械等）などのヘテロな研究分野があり、研究室の垣根もなく自由に圃場や研究機器の貸し借りが可能なアットホームな雰囲気の中で、農業気象学の分野を超えた農業生産の基礎から応用研究までを現場を交えて、のびのびと吸収することができた。

1988年10月、組織改編により環境第一部の農業気象研究室は土壌系の3研究室と改称された気象特性研究室で生産環境部を構成することとなった。またプロジェクトチームが発足し、第一チーム長に執行盛行氏が就かれた。私がダイズやイネの圃場試験をしていた光景を見られ、分光反射計を用いて葉面積や乾物重量の非破壊解析をしてはどうかとのコメントを頂き、分光反射計をどこからか借りてきてくださった。これは今でも学生実験で使っている阿部設計製のフィルター方式の分光器で、ここから「光応用による植物の診断」がスタートし、暖地主要農作物のイネ、ダイズ等を対象に、葉面積指数やバイオマス¹⁵、水分状態の推定^{4,12}（佐賀大学の小島孝之先生との共同研究）⁹、さらに九州の表層土壌水分の推定²や雲仙普賢岳（1990年11月17日に約200年ぶりに噴火を開始）の火山灰堆積量⁶・大気汚染物質被害など^{13,16}を、非接触・非破壊により光学的

<http://agrmet.jp/wordpress/wp-content/uploads/2017-F-3.pdf>

2017年1月10日掲載

Copyright 2017, The Society of Agricultural Meteorology of Japan

に診断・推定する手法の開発を進めることとなった。また、二条大麦の研究室にお世話となり、多くの供試品種を用いて太陽利用効率¹⁴⁻¹⁵や転換効率¹⁵を評価することができた。

農業気象研究室の圃場は、虫害研究室の圃場と隣り合わせであり、害虫第一研究室の樋口博也研究員（現在は龍谷大学農学部教授）、第三研究室の渡邊朋也研究員（現在は中央農業総合研究センター 情報利用研究領域長）とは、イネ害虫（ウンカ、コブノメイガ）^{3,7,17}、ダイズ害虫（ハスモンヨトウ）⁸の被害程度を分光反射特性により推定する研究も行った。また、フィコエリトリンを利用した簡易積算管型日射計の試作¹⁸も行うことができた。羽犬塚では6年間の勤務ではあったが、主任研究官の清野豁博士が転出され、果樹試験場から本條均博士（宇都宮大学名誉教授）が入替わりで赴任され、研究に対する多くのアドバイス、とくに、気象観測や生体情報の計測手法についてのご教授を頂いた。

1991年4月には九州農業試験場の本部機能が西合志（熊本県西合志町）に移転することとなり、研究室も移転に控えて準備を開始したが、本條均博士は果樹試験場にすでに戻られており、小林室長と私の2名体制となった。移転準備の最中であつたが、母校の山口大学農学部の鈴木教授の研究室に短期研修に出かけ、研修明けには移転先の西合志に異動することとなった。このため、退職間近の小林室長には研究室の引越して大変な思いをさせ、今でも申し訳なく思っている。西合志では大型の風洞施設が整備され、気象災害に関する研究もさらに進めることとなった。室長には中国農業試験場から岸田恭允博士（元九州共立大学教授）が10月に赴任され、私と2名の体制で西合志での研究がスタートした。1993年4月には小規模の組織改編が行われ、都城の畑地利用部から資源評価研究室が農村計画部に移り、10月には生産環境部に異動して生産環境部は土壌系の3研究室と農業気象系の2研究室の体制となった。資源評価研究室は、大場和彦博士（現在は長崎総合科学大学教授）が室長として赴任され、農業気象学に関する二つの研究室が並んで配置されることとなった。とくに、岸田室長には自由に研究をさせて頂き大変感謝すると共に、多くの研究に関するアドバイスを頂いた。

そろそろ学位をまとめてはどうかとのご助言を山口大学から九州大学農学部へ異動された鈴木教授より頂き、1993年12月から翌1994年3月までの6ヶ月間にわたり伝統ある九大農業気象の教授室内に席を設けて頂きながら、博士論文「光学的計測法による作物の生育診断に関する研究」を纏め上げることができた。本論文は、『九州農業試験場報告、34号、p.1-80（1998年2月）』¹⁹として刊行していただき、九州農業試験場の情報資料課の方々には改めて感謝する次第である。西合志でも多くの業務科職員の協力を頂いて調査研究を実施し、イネ病害（いもち病）を熱赤外面像より早期診断する新しい試み¹¹も試みることができた。また、1991年9月の台風19号（通称「りんご台風」）、1993年の冷夏なども経験し、これ以降は気象災害研究と二つの研究テーマを進めることとなった。

4. 山口大学農学部での研究・教育（1994年～現在）

1994年4月からは、山口大学農学部助手として異動

（辞令には「出向」と記されていた）し、早川誠而教授の下で教育・研究を行うこととなった。農水省の研究員時代は研究だけをしていたらOKであつたが、大学では研究はもちろんのこと、教育を担当しなければならず、当初は測量学、測量学実習、施設園芸学などを担当することとなった。当時、植物群落内への透過光を利用して葉面積指数を推定するプラントキャノピーアナライザー（通称「PCA」）がLI-COR社によって開発され、わが国でも群落調査等への利用が始められていた。そこで、PCAを用いてイネ、ダイズ^{10,20-21}をはじめ常緑果樹のカンキツ（当時の山口県農業試験場や農業者大学校との共同研究）にも適用を試みた。さらに、PCAが高額であることから普及組織での活用に制約があり、安価で購入できるデジタルカメラ（Cool Pix P5000, Nikon）に魚眼レンズ（フィット製魚眼コンバージョンレンズ、UWC-0195）を装着して得られる透過画像から、カンキツ（近畿中国四国農業研究センターとの共同研究）およびブドウ（施設デラウェア、島根県農業技術センターとの共同研究）²²の樹冠葉面積や総葉面積の推定を実施することとなった。特に、カンキツでは測定・解析マニュアルを作成し、近中四農研センターを通じて公表され、主要なカンキツ産地の試験研究機関、普及センターでの技術普及にも利用されている²³⁻²⁴。また、近赤外分光法により、カンキツの水分ストレスの非破壊推定も実施した²⁵。

わが国の主要穀物であるイネについては、植被面を上部からデジタル画像を取得（Cool Pix 900, Nikon）し、植被率や収穫適期の推定を試みる研究も実施し、広域な農地上空から計測できる気球空撮システムを開発して植被画像を修得し、作物の植被率やクロロフィル量、収穫適期の診断を行う研究も行った²⁶⁻²⁷。本研究については、当時、研究室の学生・院生（修士・博士）であつた岩谷潔博士（現在は、後述する（株）アグリライト研究所・取締役）の力を借りることで、研究が大きく加速・展開することとなった。また、イネの太陽利用効率や転換効率を既存・多収品種を用いて比較試験を行い、RUE（Radiation Use Efficiency 日射乾物変換効率）がほぼ同値であることを明らかにした²⁸。

以上のように、可視域から熱赤外域までの広域な波長帯を利用して、反射光、透過光、透過画像、植被画像などから農作物の診断を実施しており、その成果は公設試や普及機関での利活用も行われ、研究が技術普及まで展開されている事例となった。これらの隔測技術は、山東省林業科学院からの留学生の王 斐氏（現在は情報研究室長（博士））が農作物だけでなく街路樹を対象とし、台風により潮風害を受けたイチヨウ等の樹木の診断等にも適用された²⁹⁻³²。また、2004年に世界遺産に登録された「紀伊山地の霊場と参詣道」では観光客が急増し、林床参道のコケ類植生が踏圧により劣化する被害が生じていた。研究室では、コケ類植生をNDVI（正規化植生指数）画像を用いて評価し、修復に役立つ試みも進めた³³⁻³⁴。最近では都市のヒートアイランド現象の緩和を目的とした屋上・壁面緑化が進んでおり、緑化物がもたらす日傘効果や熱負荷軽減量の算出のための葉面積推定にも活用する研究を、学術研究員として在籍した高山成博士（現在は大阪工業大学工学部准教授）と進めることができた³⁵。

山口大学農学部には附属農場が隣接しており、街路灯な

どの夜間照明の漏れ光が水田や野菜畑に当たると、作物の収量や品質に影響を及ぼす「光害（ひかりがい）」が水田圃場でも発生していることを見出した。女子学生が農学部でも増加し、農場に隣接する学内道路でも真夜中に通行する学生が多くなったことに対し、夜間でも安全・安心な光環境の形成を目的に街路灯が設置されたものである。このイネの光害を解決するため、平成20年度から科学技術振興機構（JST）の独創的シーズ展開事業大学発ベンチャー創出推進で「短日性農作物の光害を回避するLED屋外照明装置の開発」に採択され、最終的には約20台に上る人工気象器を設けて、波長や周波数を制御してイネの出穂遅延（3日以内）や減収・品質低下を軽減できるLED照明技術の開発を進めることとなった。とくに、光害によりイネの開花遅延に関与する開花誘導遺伝子「*Hd3a*」に着目し、屋外実験では出穂遅延を目視により光害の影響を判定していたものが、リアルタイムPCR法により出芽後35日の段階での遺伝子解析により判定する手法を開発し、多数の人工気象室を用いた繰り返し実験も合わせて、膨大なデータを蓄積することができた³⁶。さらに、JST社会技術研究開発事業で「農作物の光害を防止できる通学路照明の社会実装」も実施し、青、緑、黄緑のLEDに発光制御を行い、約5 lxの漏れ光が照射されても光害を発生させない防犯灯の技術開発に世界で初めて成功し、本照明を用いた実証試験を実施した³⁶⁻³⁷。その研究成果は光害照明実用化を目指し、照明学会誌に投稿し掲載され³⁶⁻⁴¹、2014年度末にはイネ光害阻止照明が大手照明メーカーから販売されるに至っている。また、2013年にはその成果を記した「農作物の光害－光害の現状と新しいLED照明による防止対策－」⁴²を出版し、社会における農作物の光害の啓発にも努めている。これらの一連の研究を社会に展開することを目的に、山口大学発ベンチャー企業「株式会社アグリライト研究所」を園山芳充氏（山口大学学術研究員を兼務）が設立し、山本が研究顧問に就任している。なお、これらの光害研究は、学術研究員の岩谷潔氏（前後述）・原田陽子氏（後述、現在は農林水産総合技術支援センター主任）の力なくしては達成できなかったものであり、ここに改めて感謝の意を表する次第である。

近年、農林水産省や経済産業省が推進し、人工照明を備えた完全人工光型植物工場が各地に建設され、野菜等の生産が進められてきた。そこで、学内に農林水産省の補助金と山口大学からの支援により植物工場を整備し、赤と青の混色比率や生育ステージにおける照射スペクトルの可変、その他の波長の利用、間欠照明等の技術開発を進めており、その成果の一部は学会誌等へ掲載され始めている⁴³。また、地方経済で疲弊する建設業や製造業に対して、平成21～22年度は経済産業省等の産業技術人材育成支援事業「農商工連携による植物工場管理技術者育成プロジェクト」を、平成23年度は全国中小企業団体中央会の農商工連携等人材育成事業「農商工連携による植物工場を活かした高品質な農産物生産と商品開発・マーケティング研修」を実施し、社会人66名に対して人材養成を推し進めた。以上のように、西日本を中心とした異業種からの植物工場参入企業への人材育成を展開すると共に、2013年には「植物工場－現状と課題－」⁴⁴を出版し普及活動にも大きく貢献してい

る。なお、植物工場の人材育成事業や試験研究では、学術研究員の吉越恆博士（現在は西日本農業研究センター主任研究員）には大変お世話になり、この場を通じて感謝の意を表する次第である。

山口大学農学部には異動してからは、教育と人材育成の視点から研究計画の立案、論文作成の指導を行い、修士課程の大学院生でも筆頭著者として論文執筆・投稿を行わせている。この結果、指導した修士課程修了者は毎年学長表彰（農学研究科の成績最優秀者が対象）を授与されており、日本農業気象学会 ISAM2013・2014 や照明学会全国大会（2012年）等で数多くの優秀ポスター賞を受賞している。また、博士課程の主指導（課程修了者のみ）は5名、副指導は10名を超え、岩谷潔氏（平成18年3月学位授与）は山口大学発ベンチャー企業「(株)アグリライト研究所」の取締役役に就いて、技術開発の担当を担っており、原田陽子氏（平成25年9月学位授与）は照明学会研究奨励賞を受賞している。両名をはじめ、研究室に在籍した多くの学生・院生、さらには学術研究員や技術補佐員の献身的な協力なくしては実現し得なかったものであり、附属農場での圃場管理を担当頂いた技術職員を含め、ここに改めて心から感謝の意を表する次第である。

5. おわりに

平成24年度にJSTのA-STEP（ハイリスク挑戦タイプ）に採択され、「農作物に光害（ひかりがい）が発生しない高光束道路照明の研究開発」（大学研究者）を、平成25年度には農林水産省の農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業では「都市近郊野菜に光害（ひかりがい）が発生しない夜間照明技術の開発」（研究代表者）にも採択され、前者では照明の高輝度化、後者では長日農作物への展開を東京都農林総合研究センターと共同で行った。これらの競争的研究資金の獲得により、研究環境はさらに改善が進み、多くの研究業績も生まれている。

私が農業気象学の門戸をたたいた山口大学農学部の農業環境学研究室は、初代・佐藤正一先生（昭和32年・学会賞、元農林省九州農業試験場農業気象研究室長）、2代・鈴木義則先生（昭和58年・学術賞、九州大学名誉教授）、3代・早川誠而先生（2005年・普及賞、山口大学名誉教授）と、歴代教授が日本農業気象学会賞（学術賞・普及賞）を授与されており、研究室の流れをくむ4代教授としては感激もあるが、ほっとした気持ちが正直な心境である。現在は、教授・荊木康臣博士（現副学部長）、准教授・鈴木賢士博士、助教・佐合悠紀博士と私の4名まで農業気象学系の教員が拡充し、緊密な連携を取りながら研究・教育を協力して盛り立てており、所属する生物資源環境科学科内では大きな存在を示している。

本年度（2014年度）の7月に科学技術振興機構（JST）から「平成26年度ひらめき☆ときめきサイエンス推進賞」、9月には日本自然災害学会から「平成26年度日本自然災害学会賞（学術賞）」を受賞することができ、この度の日本農業気象学会賞（普及賞）と合せて「気象災害」と「植物の診断・制御」という二つの異なるテーマをゆっくりではあるが地道に進めてきたことが評価されたと思っています。最後になりましたが、母校で農業気象学の道筋をご教

授いただき、学位論文の指導、さらには研究者としての生きるべき姿を与えて頂いた名誉会員・九州大学名誉教授の鈴木義則先生に厚くお礼を申し上げます。

関連する主要な論文・著書・特許

- 1) 山本晴彦・本條 均, 1990: 分光反射特性を利用した暖地ダイズの葉面積指数およびバイオマスの推定. 農業気象 **46(1)**, 19-22.
- 2) 山本晴彦・本條 均・脇山恭行, 1991: 分光反射特性による九州の表層土壌水分の推定. 農業気象 **46(4)**, 223-227.
- 3) 山本晴彦・寒川一成・渡邊朋也・樋口博也, 1991: 分光反射特性を用いた食葉性害虫による被害葉面積率の推定. 農業気象 **47(1)**, 15-20.
- 4) 山本晴彦, 1992: 携帯用分光光度計によるイネの穂の含水率の推定. 農業気象 **48(2)**, 165-169.
- 5) Yamamoto H, Honjo H, 1993: Evaluation of the leaf area index and the biomass for crop canopies by spectral reflectivity. *Journal of Agricultural Meteorology* **48(5)**, 871-874.
- 6) 山本晴彦・鈴木義則・早川誠而, 1993: 分光反射特性による火山灰の葉面堆積量の推定. 日本リモートセンシング学会誌 **13(1)**, 23-31.
- 7) 渡邊朋也・山本晴彦・寒川一成, 1994: 長距離移動性イネウンカ類の被害解析 II. 分光反射率を利用したセジロウンカ飛来成虫による水稲初期被害の回復過程の測定. 日本応用動物昆虫学会誌 **38(3)**, 169-175.
- 8) 樋口博也・山本晴彦・鈴木義則, 1994: ハスモンヨトウによるダイズの被害解析 II. 分光反射特性を利用した若齢幼虫の加害量の隔測評価. 日本応用動物昆虫学会誌 **38(4)**, 297-300.
- 9) 山本晴彦・鈴木義則・小島孝之・早川誠而・井上康・田中宗浩, 1994: 近赤外域の分光反射特性による葉水分量の推定. 日本リモートセンシング学会誌 **14(1)**, 25-33.
- 10) 山本晴彦・鈴木義則・早川誠而, 1995: プラントキャノピーアナライザーを用いた作物個体群の葉面積指数の推定. 日作紀 **64(2)**, 333-335.
- 11) 山本晴彦・鈴木義則・早川誠而, 1995: 熱赤外面像によるイネ葉いもち病の発生箇所の隔測検出. 日作紀 **64(3)**, 467-474.
- 12) 山本晴彦・鈴木義則・早川誠而, 1995: 植物葉の重なり, 厚さ, 水分量が分光反射特性に及ぼす影響. 日本リモートセンシング学会誌 **15(5)**, 463-470.
- 13) ^{註1} 李 寧・早川誠而・山本晴彦・顧 衛, 1996: 中国通化市を対象とした分光反射特性による樹木におけるSO₂含有量の判別分析. 日本リモートセンシング学会誌 **16(1)**, 14-22.
- 14) 山本晴彦・河田尚之・本條 均・早川誠而・鈴木義則, 1996: 暖地二条オオムギの太陽エネルギー利用率の品種間差異. 日作紀 **65(2)**, 198-206.
- 15) 山本晴彦・本條 均・早川誠而・鈴木義則・河田尚之, 1996: 暖地二条オオムギの太陽エネルギー利用率および転換効率の季節的变化. 日作紀 **65(2)**, 207-213.
- 16) ^{註1} 李 寧・早川誠而・顧 衛・神近牧男・谷 宏・山本晴彦, 1996: 大気粉じんによる汚染された積雪面の分光反射特性. 日本リモートセンシング学会誌 **16(3)**, 248-257.
- 17) 山本晴彦・本田善之・早川誠而・大方保祐, 1997: コブノメイガに食害を受けたイネ葉身の光合成・呼吸特性. 日本応用動物昆虫学会誌 **41(3)**, 115-119.
- 18) 山本晴彦・本條 均・鴨田福也・鈴木義久・早川誠而, 1998: フィコエリトリンを利用した簡易積算管型日射計の試作と作物個体群の日射透過量の測定. 日作紀 **67(3)**, 401-406.
- 19) 山本晴彦, 1998: 光学的計測法による作物の生育診断に関する研究. 九州農業試験場報告 **34**, pp. 80.
- 20) 山本晴彦, 2001: 耕地環境の計測・制御-役立つ新しい解説書-, 養賢堂. (第2章 2.2節 作物の光環境の評価, 88-92; 第3章 3.2節 非接触・非破壊による生体情報の計測・評価, 128-140; 第4章 4.3節 気象情報の利用, 159-170).
- 21) 山本晴彦・鈴木義則・早川誠而, 2004: 透過光による作物の葉面積指数診断. 稲作大百科, 農文協 **5**, 632-638.
- 22) ^{註3} 立石欣也・山本晴彦・岩谷 潔・土谷安司・倉橋孝夫・門脇稔・金子奈々恵, 2012: ハウス栽培におけるブドウ「デラウェア」のデジタルカメラを利用した葉面積指数の推定. 園芸学研究 **11(2)**, 251-255.
- 23) 山本晴彦・岩谷 潔・土谷安司, 2007: 樹体生産能力を評価する方法, 樹体生産能力を評価するための撮像装置及び樹体生産能力を評価するためのプログラム. WO2007/069736 (国際公開日: 2007年6月21日), 国立大学法人山口大学.
- 24) 山本晴彦・岩谷 潔, 2008: 第6章 光学的手法によるカンキツ樹の総葉面積計測法, カンキツ連年安定生産のための技術マニュアル. http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/rennen-manual06-youmenseki.pdf
- 25) ^{註2} 原田陽子・山本晴彦・岩谷 潔・高山 成, 2009: 近赤外分光法を用いたウンシュウミカンの葉内水分ポテンシャルの非破壊推定. 照明学会誌 **93(5)**, 278-283.
- 26) ^{註2} 岩谷 潔・山本晴彦・早川誠而, 2004: デジタルカメラによる水稲個体群の植被率の推定. 日本農業教育学会誌 **35(1)**, 1-7.
- 27) ^{註2} Iwaya K, Yamamoto H, 2005: The diagnosis of optimal harvesting time of rice using digital imaging. *Journal of Agricultural Meteorology* **60(5)**, 981-984.
- 28) Yamamoto H, Iwaya K, Takasu Y, 2003: Comparisons of efficiency of solar energy utilization and efficiency of solar energy conversion in high yielding rice canopies. *Journal of Agricultural Meteorology* **59(1)**, 1-11.
- 29) ^{註2} Wang F, Yamamoto H, Ibaraki Y, Iwaya K, Takayama N, 2009: Evaluating ginkgo leaf necrosis and asymmetric grown discoloration induced by the Typhoon 0613 with RGB image analysis. *Journal of Agricultural Meteorology*

- 65(1), 27-37.
- 30) ^{注2} Wang F, Yamamoto H, Ibaraki Y, 2009: Responses of some landscape trees to the drought and high temperature events during 2006 and 2007 in Yamaguchi, Japan. *Journal of Forestry Research* **20(3)**, 254-260.
- 31) ^{注2} Wang F, Yamamoto H, 2009: Transpiration surface reduction of Kousa Dogwood trees during serious water imbalance. *Journal of Forestry Research* **20(4)**, 337-342.
- 32) ^{注2} Wang F, Yamamoto H, Ibaraki Y, Iwaya K, Yoshikoshi H, Takayama N, 2010: Detecting leaf necrosis and branch dieback of transplantation-shocked kousa dogwood trees by thermography. *Journal of Agricultural Meteorology* **66(2)**, 81-90.
- 33) ^{注3} 森 博隆・吉越 恆・山本晴彦・岩谷 潔・高山成・原田陽子・山北敦子・山崎俊成, 2016: 熊野参詣道における NDVI を用いたコケ類植生のモニタリング手法の開発. *ランドスケープ研究* **73(5)**, 569-572.
- 34) 山本晴彦 (編著), 2016: 風水害と観光客の増大による世界遺産の劣化と保全－紀伊山地の霊場と参詣道を事例として－. 農林統計出版(株), pp. 252.
- 35) ^{注4} 高山 成・吉越 恆・山本晴彦・岩谷 潔・原田陽子・山崎俊成・立石欣也, 2011: 蔓植物を使った夏季の壁面緑化による日傘効果とガラス窓日射熱負荷軽減量の算定. *日本建築学会環境系論文集* **76(661)**, 247-254.
- 36) ^{注2} 原田陽子・山本晴彦・岩谷 潔・金子奈々恵・園山芳充, 2012: LED の波長・発光制御を変化させた夜間照射がイネ開花誘導遺伝子 *Hd3a* の発現に及ぼす影響. *照明学会誌* **96(11)**, 733-738.
- 37) ^{注3} 金子奈々恵・山本晴彦・岩谷 潔・原田陽子・園山芳充, 2013: 白色 LED 照明の暗期照射がイネ品種「コシヒカリ」の開花誘導遺伝子 *Hd3a* 発現に及ぼす影響. *照明学会誌* **97(5)**, 263-268.
- 38) ^{注2} 原田陽子・山本晴彦・岩谷 潔・金子奈々恵, 2013: イネ光害回避型照明の視認性評価. *照明学会誌* **97(8A)**, 436-441.
- 39) ^{注2} 原田陽子・山本晴彦・岩谷 潔・金子奈々恵・園山芳充, 2016: 発光制御を行った混合 LED 夜間照射がイネ出穂に及ぼす影響. *照明学会誌* **97(8A)**, 442-446.
- 40) ^{注2} 原田陽子・金子奈々恵・山本晴彦・岩谷 潔・園山芳充, 2014: LED 照明の夜間照射がイネ品種「ヒノヒカリ」の出穂および収量に及ぼす影響. *照明学会誌* **98(2)**, 74-78.
- 41) ^{注2} 原田陽子・山本晴彦・岩谷 潔・山北敦子・野村和輝, 2013: イネ発育予測モデルを利用した光害発生時の出穂期予測. *照明学会誌* **100(6)**, 229-233.
- 42) 山本晴彦 (編著), 2013: 農作物の光害－光害の現状と新しい LED 照明による防止対策－. 農林統計出版(株), pp. 134.
- 43) ^{注4} 吉越 恆・山本晴彦, 2014: 植物工場における光制御による生育促進. *照明学会誌* **98(9)**, 503-507.
- 44) 山本晴彦 (編著), 2013: 植物工場－現状と課題－. 農林統計出版(株), pp. 208.

注 1) 鳥取大学大学院連合農学研究科 (博士課程) の副指導教員
 注 2) 鳥取大学大学院連合農学研究科 (博士課程) の主指導教員
 注 3) 山口大学大学院農学研究科 (修士課程) の主査教員
 注 4) 山口大学学術研究員としての研究業績