

安倍川水系のワサビ保護活動

静岡県立静岡農業高等学校

1. 目的

本校・環境科学科において、「環境との共生」が教育課程実施上の主たるテーマであることから、生徒がふるさとの清流・安倍川の水循環について、環境という視点で考え主体的な行動を喚起する学習指導を推進した。具体的には、平成15年度より安倍川上流・大谷崩での砂防学習（山腹工（再生紙鉢でヤシャブシ500本植栽））など、安倍川から黒潮までの水循環をテーマとした総合教育実践を行っており、その一環として平成17年度より安倍川の水耕文化保護に取り組んだ。

安倍川は大谷嶺（標高1999.7m、静岡市）に源を発し、流路延長51kmの1級河川である。静岡市民は、飲料水や農業・工業用水を安倍川に依存しており、本校生徒にとって最も身近な河川といえる。安倍川水系のワサビ栽培は、清流・安倍川の湧水循環の中で生まれ、江戸時代より良質なワサビが生産されてきた。安倍川水系のワサビ農家は、ワサビ田に温室を設置し、冬季の雪害からワサビを守る独特の栽培を盛んに行っている。しかし、ワサビの生育適温は8～18℃と低く、夏季の温室でのワサビの育苗・収穫は困難（軟腐病発生）とされている。近年、地球温暖化の加速が懸念され、その状況はますます深刻化し、安倍川水系で長年継承されてきたワサビ水耕文化の危機が叫ばれており、安倍川の水文化・水資源を守る新たな農業システムの確立・普及が急務となっている。そこで、本校は地球温暖化による産地の消滅を防ぐべく、安倍川水系の水源を利用した水力発電そして、太陽光・河川水を利用した「光触媒」による新たな施設園芸技術を提案・確立し、地域社会に普及させることにした。さらに、安倍川水系から黒潮までの水循環に関する生徒の教養を深めると共に、水循環に寄与できる人材育成を試みた。日本最古のワサビ栽培文化の地を絶やさない本活動の意義は大きい。

2. 研究経過

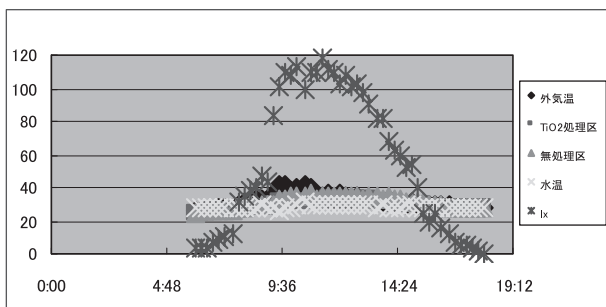
「課題研究」を活用し、環境科学科生徒76名は平成17・18年度、光触媒温室（冷却・セルフクリーニング効果）及びその運用に必要な揚水エネルギー（安倍川流水を動力とした水力発電）を調査・研究し、基礎実験を行った。平成19年度、ワサビ田に光触媒ガラス温室（東京大学先端科学技術研究センター橋本和仁研究室協力）を建設・散水実験し、ワサビ栽培における光触媒の有効性を検討した。その後、安倍川水系のワサビ農家（小澤慶洋氏）とともに、普及型光触媒温室を静岡市葵区俵沢に建設した。両施設はガラス・ビニール表面へ酸化チタンを塗布、夏季散水による内外気温の低下（光誘起超親水化反応（水膜形成）による気化冷却効果）とともに、セルフクリーニング効果（光誘起分解反応）による温室表面の汚れ（コケ等）分解が確認できた。揚水エネルギーとして水力・太陽光発電を活用した。

(1) 光触媒に関する基礎研究 I（平成18年度）

光触媒の基礎研究として、硬質フィルム・エフクリーンを活用し、光触媒フィルム実験装置を製作、酸化チタン処理区及び無処理区を設けた。平成18年9月、両区に散水し、フィルム内側の温度測定・データ解析を実施した（第1図）。散水については、フィルム上部に0.6mmの多数の穴があいた散水ホース（塩ビ管）を設けた。平成18年9月、両区に散水し、約200ml/m・minの割合で行った。酸化チタン処理区は、光誘起超親水化反応により最少量の水で薄い水膜を形成したが、無処理区は疎水性を示し、水をはじいた。データ解析の結果、酸化チタン処理区のフィルム内側温度は、無処理区のそれより下まわることが分かった（第2図）。特に10時から13時にかけ、日射量は100lx以上になり酸化チタン処理区の温度は無処理区より約2.5から2.9℃低くなった。これらの現象は、酸化チタン



第1図 光触媒フィルム実験装置



第2図 親水性の相違がフィルム内側温度に及ぼす影響

処理区は蒸発潜熱でフィルム温度及び周辺大気が冷却されたことによると考えられる。

(2) 光触媒を用いた基礎研究Ⅱ（平成18年度）

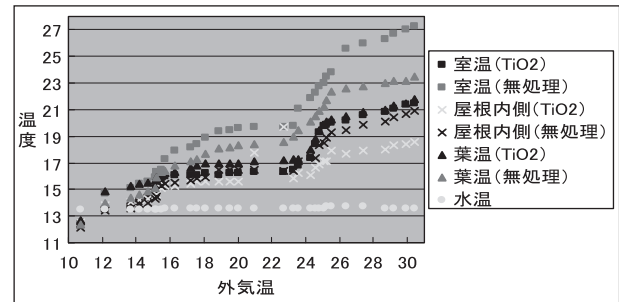
光触媒ガラス温室実験装置（幅70cm、奥行150cm、高さ64cm）を製作した。断熱材（スタイロフォーム）で温室内を2区分し、一方の屋根・側面のみに酸化チタンを塗布し、他方は無処理区とした。素材はアクリル板とし、屋根には散水ホースを取り付けた。散水時、人為的に実験装置を加熱し、屋根内側表面温度、室温、葉温を測定した（第3図、静岡大学教育学部丹沢哲郎研究室協力）。温度計は室温については装置の高さの中央32cm、葉温は安定したデータをとるため、葉の裏側に設置した。測定の結果、外気温10～15℃の酸化チタ



第3図 光触媒ガラス温室実験装置

ン処理区で室温は1.06℃、16～20℃で2.16℃、21～25℃で3.75℃、25～30℃で4.85℃低くなった。屋根内側温度も外気温25℃～30℃で1.91℃、葉温は1.82℃低くなった（第4図）。

以上のことから、高温になるほど、酸化チタン処理区は対照区と差が広がり、夏季には十分な冷却効果が得られることが期待できる。



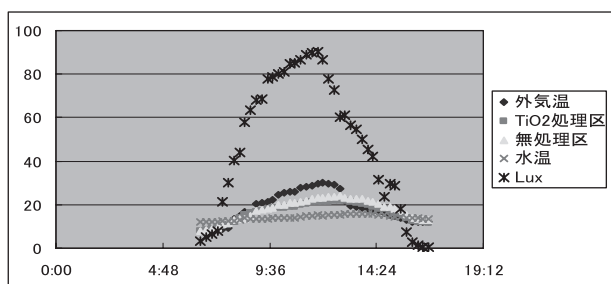
第4図 光触媒ガラス温室実験装置を用いての測定結果

(3) 光触媒に関する応用研究（平成18年度）

光触媒ビニールハウス（幅120cm、奥行182cm、高さ190cm）・2棟の製作に取り掛かった。光触媒ビニールハウスの屋根はポリカーボネートを用い、1棟は酸化チタン処理区とし、他方は無処理区とした。第5図の通り、ビニールハウスが完成した。屋根上部には散水ホースがあり、揚水には水中ポンプを用いた。光触媒ビニールハウスの揚水エネルギー源として、小水力発電機（10V）及び発電力最大60W/hの太陽電池パネルを設置、発電・散水に成功した。なお、太陽電池パネルは最適傾斜角度を調査、最適傾斜15°で固定した。平成18年12月、散水条件下で酸化チタン処理区と無処理区の屋根内側表面温度、室温、葉温を測定、比較・検討した（第6図）。葉温測定は安定したデータを採取するため、葉の裏側とした。



第5図 自然エネルギー活用の光触媒ビニールハウス



第6図 親水性の相違が室内温度に及ぼす影響

ア 屋根内側表面の測定結果

11時から15時にかけて、酸化チタン処理区の温度は対照区よりも2.0～3.0℃低くなり、親水化による冷却効果が認められた。しかし、7時～9時にかけては、酸化チタン処理区の温度は対照区よりも高い温度を示した。

イ 室温の測定結果

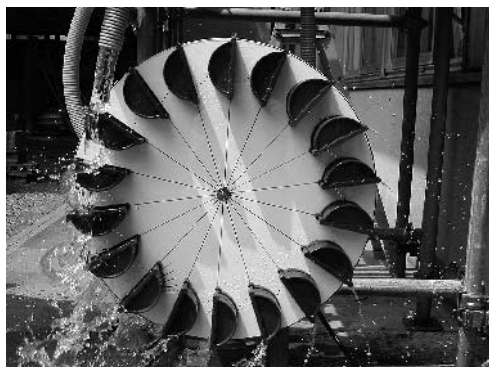
11時から16時にかけて、酸化チタン処理区の温度は対照区よりも1.5～2.0℃低くなった。しかし、6時30分から9時にかけては、酸化チタン処理区の温度は対照区よりも高い温度を示した。これは屋根内側表面温度にも見られた現象で水膜の形成で水温そのものの影響を多分に受けたことが原因と考えられ、秋季・冬季の保温効果も期待できる。

ウ 葉温の測定結果

10時から15時にかけて、酸化チタン処理区の温度は対照区よりも1.5～2.0℃低くなった。本測定は冬季に実施した。夏季にはこれ以上の温度差が生じることが確実で、その有効性が期待できる。

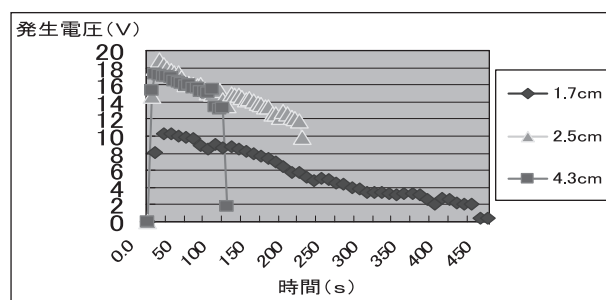
(4) 水力発電に関する研究（平成17・18年度）

基礎研究として水力発電機の調査・設計を行うと共に、水車（材料：プラスチック板、大きさ：直径64cm、幅7.6cm）の回転実験、性能調査を試みた（第7図）。バケット（直径11cmの雨樋を加工）相互のピッチ角（前・後傾0°、10°、20°、30°の8区）及



第7図 水車Ⅳ型の回転実験

び水車直径（43cm、53cm、64cmの3区）、水射出径（1.7cm、2.5cm、4.3cmの3区）を変換、増速装置の有無も含め、発生電圧を調査した。発電機は定格負荷電圧14.3Vとした。水槽（直径58.0cm、高さ89.5cm、容量180l）は3個設置し、実習棟の雨水を蓄えた。以上の調査で、水力発電機は増速装置があり、水射出径2.5cm、流量0.878l/s、水車直径64cm、バケット前傾30°の時に安定した発電力を示すことが分かった（第8図）。本考察を踏まえ、河川からの導水調査・水力発電機の設置を試みた。



第8図 水射出径の相違が発生電圧に及ぼす影響

(5) ワサビ田における実践活動（平成19年度）

(1) から (4) の取組を踏まえ、平成19年3月、静岡市北部のワサビ田で農家の協力を得て、実験・活動を行った。光触媒ガラス温室及び普及型光触媒温室、水力発電機、太陽電池パネルを設置し、光触媒の効果・自然エネルギーの活用を調査・検討した。

ア 光触媒ガラス温室

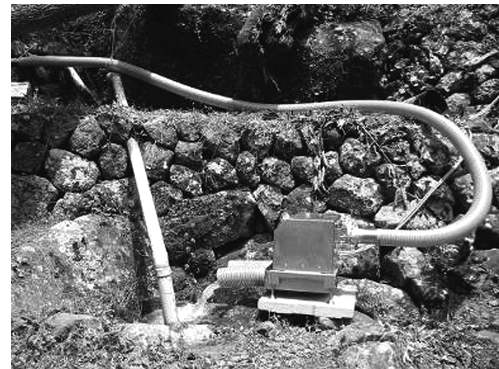
ワサビ田横に光触媒ガラス温室（幅1.92m、奥行4.06m、高さ2.61m）を建設した。建設場所はもともと荒地であったが、生徒の手で土を均し、作土層を作り、温室を建設した。温室は内部で2区分し、屋根に酸化チタンを塗布、処理区及び対照区を設けた（第9・10・11・12図）。平成19年7月、



第9図 建設予定場所の整備



第10図 ガラス温室内部の作土層作り



第13図 沢の水を活用した水力発電機

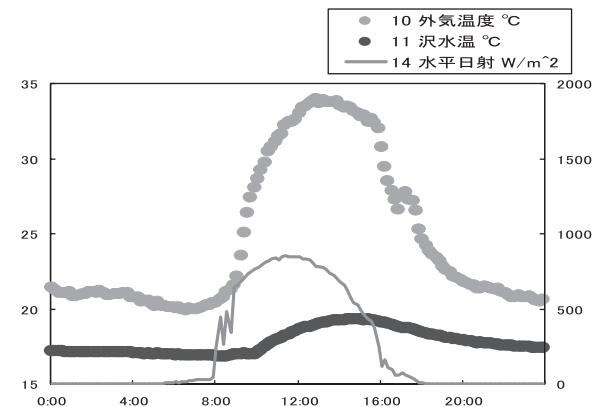


第11図 ガラス温室の組立作業

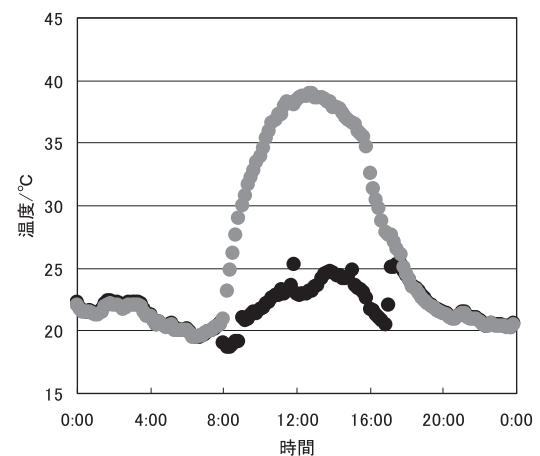


第12図 自然エネルギーを活用したガラス温室

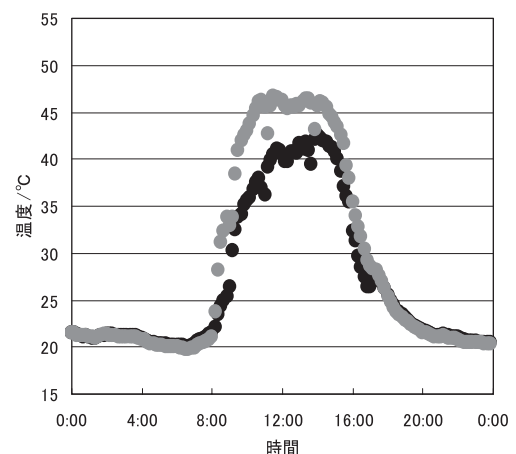
温室屋根に散水、温室内部の温度測定を行った。なお、温室内でワサビ栽培を行うため、温室下部は沢の水が流れる構造とし、揚水エネルギー源として最大出力500Wの水力発電機（大きさ：幅50cm、奥行40cm、高さ51.5cm、動力：沢の水力）及び最大出力125W/hの太陽電池パネル2枚を活用した（第13図）。10～14時（第14図）に光触媒処理区散水あり・無処理区散水なしで、屋根内側表面温度は14.4℃（第15図）、室温については平均6.0℃（第16図）、両区散水で屋根内側表面温度は2.9℃（第17図）、室温については2.4℃（第18図）の差が認められた。また、より低い水温を活用すれば、一層高い冷却効果があることが明らかとなった。



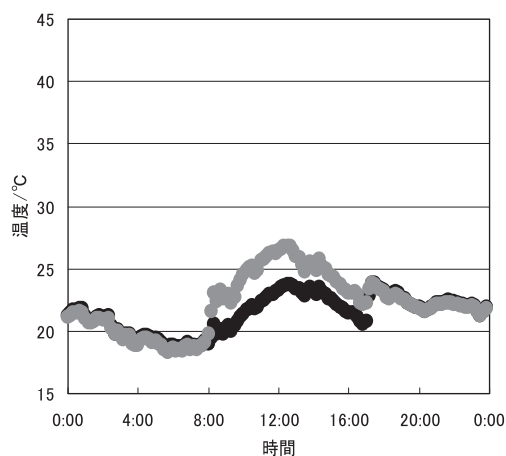
第14図 実験実施時の環境条件



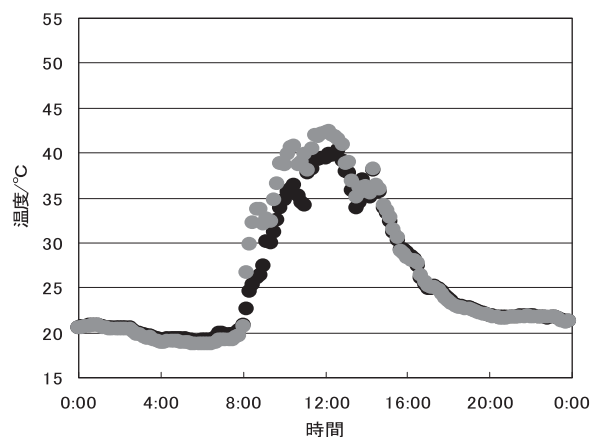
第15図 光触媒ガラス温室・屋根内側温度 I（光触媒処理区散水あり・無処理区散水なし）



第16図 光触媒ガラス温室・室温 I（光触媒処理区散水あり・無処理区散水なし）



第17図 光触媒ガラス温室・屋根内側温度Ⅱ（光触媒処理区散水あり・無処理区散水あり）



第18図 光触媒ガラス温室・室温Ⅱ（光触媒処理区散水あり・無処理区散水あり）

※第15図から第18図とも、黒：光触媒処理区、灰色：無処理区とする。

イ 普及型光触媒温室

エフクリーンを素材とする普及型光触媒温室（幅3.3m、奥行5.4m、高さ2.8m）2棟を建設・実験を行った（第19・20図）。1棟は温室表面に酸化チタンを塗布し、他方は無処理区とした（第21図）。設備は光触媒ガラス温室と同様とし、温室下部は沢の水を流し、温室上部への揚水エネルギー源として水力発電及び太陽光発電を活用した。平成19年10月、光触媒処理区に散水実験を行い、高



第19図 普及型光触媒温室の組立

い冷却効果（4.2℃、第22図）を認めることができた。

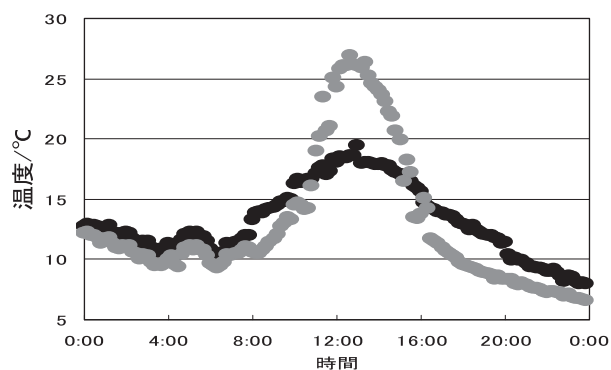
なお、光触媒のもつ光誘起分解反応による温室表面のコケの付着防止を確認できた（第23・24図）。



第20図 建設した普及型光触媒温室



第21図 普及型光触媒温室へのTiO2の塗布

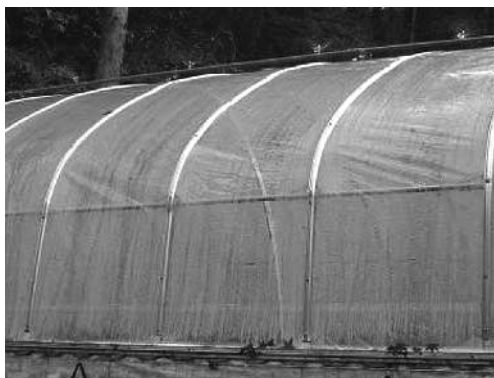


第22図 普及型光触媒温室・室温（光触媒処理区散水あり・無処理区散水なし）

※黒：光触媒処理区、灰色：無処理区とする。



第23図 温室設置後・90日目の様子（無処理区）



第24図 温室設置後・90日目の様子（光触媒処理区）

3. 普及活動（平成18・19年度）

普及活動として、ワサビ田で光触媒ガラス温室及び普及型光触媒温室の2タイプを安倍川水系のワサビ農家（小澤慶洋氏）と共同で建設・実験し、農家が実践できる選択肢の拡大に努めた。平成18・19年度、本校は平成17年度以降の研究・活動成果を安倍山葵業組合・静岡県山葵組合連合会や「移動産学官交流」講演会・交流会（清水商工会議所・しみず新産業開発振興機構主催）での発表、東京大学における発表、静岡市立賤機都市山村交流センターでの取組紹介のパネル展示、実験施

設・圃場を用いての公開実験、農家訪問、農家向けのPR広報紙の発行等を通じ、光触媒を活用した農業施設の普及を目指した。さらに、学校祭での展示や研究発表会といった活動報告の機会を数多く設けた。

また、ワサビ農家が現地を自由に訪れることができるよう、温室周辺の橋の架け替えや整地、枝打ち、除草等の環境整備を行った（第25・26図）。なお、本活動を一層進めるため、東京大学先端科学技術研究センター（橋本和仁研究室）へ訪問し教職員から指導・助言を仰ぐとともに、農業・食品産業技術総合研究機構、ハウス資材メーカー、塗料関連企業等と協力し、産学官の連携を密にした。平成19年度、本校は安倍川水系の水源を利用した水力発電そして、「光触媒」を活用した新たな施設園芸技術を提案・確立し、平成20年度、複数の農家と共同で育苗・中型・大型の普及型光触媒温室を建設する予定である（第27・28図）。本校の安倍川水系から黒潮までの水循環に関する教育実践の効果は高く、将来、水循環に寄与できる人材育成を図ることができたと思われる。



第25図 橋の架け替え作業



第27図 光触媒塗布を検討している中型温室



第26図 環境整備を行った温室群周辺



第28図 光触媒塗布を検討している大型温室

4. 取組の成果

研究の成果として、①光触媒の親水性・蒸発潜熱により、平均6.0℃の冷却効果を検証できた、②光触媒の分解性によるコケの付着防止が検証できた、③産学官と連携しての研究・実践活動をワサビ組合や産学官交流事業、安倍川市民保護団体に報告、農家と意見交換し光触媒温室の実用化が実現した、以上の3点があげられる。本研究を通して農業に学ぶ生徒に先端科学技術や環境保全に関する教育を幅広く実施し、「水循環」に貢献できる人材の育成を図ることができた。

5. 現在の取組・今後の課題

(1) 寒冷紗を併用することも含め、光触媒温室でワサビ苗を栽培し、生育に及ぼす影響を調査する。

普及活動の結果、平成20年6月に伊豆市・中伊豆地区のワサビ農家とワサビ田への育苗型光触媒温室(50坪)の実用化の方向で合意し、現在、現地の測量・設計・製図を行っている。本温室を設置することにより、発芽・育苗期での低温効果・成長程度を検証できる。

(2) 秋季・冬季の保温効果、凍結対策を検討する。

平成20年6月、高冷地における冬場の低温障害を回避するため、水温による保温効果を静岡市梅ヶ島地区のワサビ農家で30坪の光触媒温室を2棟建設、その効果を検証する。

(3) ハウス資材メーカー及び塗料関連企業等と連携し、光触媒を担持した、耐久性に優れた硬質フィルムを開発する。

(4) 継続的に生徒の取組を広報紙にまとめ、ワサビ農家や関連企業に配布・回覧し、光触媒温室の普及に努める。

6. おわりに

光触媒温室は、先端科学技術(太陽光(紫外線)による光触媒効果(光誘起超親水化反応・光誘起分解反応))・水力発電により、地球温暖化から農業を守る画期的な方法である。平成20年度においても、農家対象の研究発表や実験施設・圃場での公開実験、農家訪問、農家向けのPR広報紙の発行、展示といった活動報告の機会をさらに設け、大学や企業、行政、農家と連携を密にし、日本最古のワサビ水耕文化の地の危機を救う策を講じたい。生徒に水循環教育を実施し、ふるさと静岡の母なる川・安倍川の可能性を引き出し、天然の水循環を生かした「河川農業」を農業高校生の手で守り、盛り立てていきたい。

教諭 望月基希