

## 高専教育におけるアグリエンジニアリング教育の検討

高橋明宏・佐藤浅次・白岩寛之・高木夏樹・濱田英介・豊廣利信・野地英樹

野口大輔・杉本弘文・小塚和人・山元直行・森 寛

Development Study on Agri-Engineering Education in National Institute of Technology

Akihiro TAKAHASHI, Asaji SATO, Hiroyuki SHIRAIWA, Natsuki TAKAGI,  
Eisuke HAMADA, Toshinobu TOYOHIRO, Hideki NOJI, Daisuke NOGUCHI,  
Hirofumi SUGIMOTO, Kazuhito KOZUKA, Naoyuki YAMAMOTO and Hiroshi MORI

(Accepted September 30, 2016)

**Abstract** Support of the engineering is necessary to solve agriculture problems such as a decreasing number of farmers, a lack of successors, the TPP, spreading areas of abandoned farmland, state of agricultural affairs, the food situation and so on. The discussion on upbringing of the engineer who has knowledge of agriculture was carried out among Oita, Kagoshima and Miyakonojo colleges, who are members of NIT (National Institute of Technology) partnership cooperation in the previous year. Development of a pilot curriculum for agri-engineering is conducted based on previous study in the partnership program. This report shows a textbook with the agricultural literacy education, a vegetable production system for a plant factory and thermal control experiment for an experiment class in advanced course of NIT, Miyakonojo College. In addition, various opinions by the advanced course students are introduced, and the problems that the agri-engineering education faces are described.

**Keywords** [Agri-engineering education, NIT partnership program, Experimental textbook, Experimental materials]

### 1 はじめに

今日、我が国の農林水産業（以下、農業）は、働き手の高齢化と後継者不足のために極めて厳しい状況にある。平成 27 年度農林水産省の調査<sup>1)</sup>によれば、我が国の農業就業人口は 210 万人となっている。平成 26 年度と同調査は 227 万人<sup>1)</sup>であった。この減数はくしくも都城市の総人口とおおよそ同数である。このように、年々国内の農業者が減り続けている。このままでは耕作地の放棄とそれに伴う農業生産が大幅に減少し、食料生産とともに農村地域の保全にも影響を及ぼすと考えられる。農山漁村における人口減少・高齢化が都市部よりも進行する

要因は様々であるが、経済社会の構造変化等が挙げられている<sup>2)</sup>。

このような状況の下、平成 27 年 3 月、日本政府は食料・農業・農村基本計画を閣議決定<sup>1)</sup>し、農業を取り巻く社会問題に歯止めをかけるべく、今後の 5 年間における農業改革と農業や食品の成長産業化の推進、そして関連政策の改革や国民全体による取り組みの加速のための指針として 32 項の重点目標を示した。若者を中心とした田園回帰、100 ヘクタールを超える大規模農業経営の出現、6 次産業化への挑戦、TPP 交渉等のグローバル化の動向など、国内外の農業構造をめぐる展開が注目を集めている。このような中で、農業の機械化や ICT 農業に代表される農業技術

に期待が高まっている。この技術は、農作物の生産性や効率性のために大変重要な要素を含んでいる。上述した食料・農業・農村基本計画の32の重点目標に現れる「技術」と「システム」という用語は、それぞれ18回と11回を数えた。農業技術を向上させ、収益力と生産基盤の強化を図ることで、海外輸出拡大やロボットなどの周辺技術の新たな価値創出等への横展開も考えられる。現在、こうした農業機械に関連する技術的な課題解決に向けて、現場での即応的に対応できる技術者やサポート人材<sup>3),4)</sup>の存在が大変重要となっており、その需要は今後高まっていくと予想される。全国高専では、「全国KOSEN ICT 農業研究ネットワーク」<sup>5)</sup>が設立され、現在、情報入力・通信環境機能を備えた低価格センサーシステムの全国圃場への導入<sup>6)</sup>を主目的として活動を続けている。図1および図2は学校での土壌教育の啓発<sup>7)</sup>や植物工場を使った教育事例<sup>8)</sup>を取り上げた新聞記事である。全国規模で積極的な農業教育の気運が高まっていることがわかる。



図1 土壌教育に関する新聞記事



図2 中学校での農業教育に関する新聞記事

一方、都城高専における農業関連の取り組みは継

続的に積み重ねられており、一般社団法人霧島工業クラブ<sup>9)</sup>とともに活発に実施されてきた。近年の主な取り組みとして、文部科学省事業「都市エリア産学官連携促進事業（バイオマス高度徹底活用による環境調和型産業の創出）<sup>10),11)</sup>（平成16～18年度）、九州経済産業局事業「都城高専等による農工商連携をプロモートする技術者育成事業<sup>12)</sup>（平成18～20年度）、宮崎県事業「みやざき産学連携研究会事業（農工商連携技術研究会<sup>13)</sup>（平成21～23年度）、総務省事業「定住自立圏構想（農地の遠隔管理技術の開発と実証）<sup>14)</sup>（平成24年度）があり、切れ目のない活動を続けている。更に、平成26年度には高専機構が公募した「今後の産業構造の変化等を踏まえた高専における課題整理に関する事業」について、大分高専、鹿児島高専、都城高専が連携した「3高専の連携を視野にした九州高専モデル」<sup>15)-17)</sup>が採択された。この事業で本校が担当した活動内容を前報<sup>18)</sup>にて紹介した。また平成27年度は「教育改革推進本部プロジェクト」に採択され、再び大分、鹿児島、都城の3高専連携事業（事業名：アグリエンジニアリング教育の継続的調査と具体化への取組）を実施した。

本論は、平成27年度に採択された3高専連携事業について紹介するとともに、本校専攻科（機械電気工学専攻）におけるアグリエンジニアリング教育の検討とそれに基づく教育内容について報告するものである。次の第二章では、平成27年度の3高専連携事業活動の大筋と検討課題について述べ、第三章では本校で実施するアグリエンジニアリング教育の概要と教育基盤となった調査研究を報告する。また第四章にて本校で実施するアグリエンジニアリング教育の実験指導書を紹介し、第五章に現在までの課題整理と今後の展開について述べる。

## 2 平成27年度3高専連携事業活動の大筋と検討課題

高専機構は、平成27年度教育改革推進本部プロジェクト（事業テーマ：今後の産業構造の変化等を踏まえた高専における課題整理と課題検証）に関する公募を実施した。これは、産業界や地域と高専との連携促進を図るとともに、社会・産業・地域ニーズ等を踏まえた新分野への展開を図ることを目的としたものであり、平成26年度からの継続事業と捉えることができる。平成27年度当初より、大分高専、鹿児島高専と本校が連携した形で応募し、「アグリエンジニアリング教育の継続的調査と具体化への取組」というテーマで採択を受けた。そして、「我が国の農業の将来は高専教育が支える」のスローガンの下、

農業教育の導入、教科書開発、工学技術を生かす新規実習カリキュラムの具体的検討、農工技術が融合した実例が見える見学地開拓などを共通の検討課題とし、昨年度の調査研究主体の成果から、より一歩進んだアグリエンジニアリング教育の具体化を目指して実施された。

当連携事業の牽引的な役割を担ったのは、昨年度に引き続き大分高専である。実働的な連携事業期間は平成27年度後期（10月から翌年の3月まで）であった。その間、大分高専での会議が3回、TV会議は計4回行われ、昨年度と同様、短期間で効率的な会議運営を行うことができた。

本校では平成27年9月の地域連携テクノセンター運営委員会にて当連携事業について議論し、当委員会メンバー（プロジェクトリーダー：高橋明宏准教授）と総務課企画係が事務担当になることが決まった。さらに教職員の有志をもってワーキンググループ（WG）が形成された。このWGが本校における今回の事業の主体的役割を果たし、実験指導書作成、教材開発、出張活動に積極的に参加してもらった。不定期ではあったが、当連携事業に関連するWGの会合は計3回を数えた。

### 3 本校におけるアグリエンジニアリング教育の骨子

#### 3.1 アグリエンジニアリング教育導入の検討と概要

前報<sup>17)</sup>にて報告した調査研究の成果に基づいて、本校では①実験の基本（安全の心得、レポートおよび実験値のデータ処理）、②農業リテラシー実習、③複合環境制御実験、④温熱環境実験を骨子とするカリキュラムを策定し、高専専攻科の実験授業で導入することに至った<sup>14)</sup>。高専本科では専門学科の学芸を深く教授することが最大の目的であり、次いで本科教育カリキュラムに農業関連の授業・実験を入れ込む余地が見当たらないのが現状である。一方、本校専攻科は、創造性豊かな人材の育成を目的にしている。従って、これまで取り扱ってこなかった農業を主体にした教育カリキュラムによって、専攻科生の応用力、現場対応力、創造力涵養の深化と加速が期待できるのではないかと考えた<sup>15,16)</sup>。

以上の検討結果から、平成28年度本校専攻科・機械電気工学専攻にて実施している「特別実験」という科目にアグリエンジニアリング教育を取り入れた。この科目の開講時期は、専攻科1年生後期（2単位）、2年生前期（2単位）である。担当は、機械工学科と電気情報工学科の教員7名、そして複数の

技術職員で分担している。今回の導入に関し、機械工学科教員3名が担当している力学、制御、熱関連の実験の一部をアグリエンジニアリング教育に関連する実験テーマとし、平成28年4月から開始した。そのために、機械工学科と電気情報工学科の実験担当時期を一部交替するなどの調整を行った。

#### 3.2 アグリエンジニアリング教育の基盤となった調査研究

次に平成28年度から実施している特別農業実験の実験指導書に掲載される各実験テーマについて触れたい。以下にそれらの基盤になった背景や根拠等について述べる。

##### 3.2.1 「実験の基本」に関する調査研究（調査研究担当：高橋明宏教員）

実験授業を遂行する上で第一に優先されなければならないのは安全の確保であり、これはアグリエンジニアリング教育に限ったことではなく普遍的なことである<sup>18),19)</sup>。今回策定した特別農業実験では農器具、土壌、試薬を取り扱うため、それらの性質をよく理解した上で危険無く実習を行わなければならない。そこで「安全の心得」に重点を置き、使用する機器等に関する情報と適切な使用方法、実験者自身による危険予知の訓練と判断を要した内容を組み込んだ。我が国の農業事故について、農作業安全作業センターによると、農業は最も死亡事故発生率が高い産業であると云う<sup>20)</sup>。こういった事実を踏まえて、実習前のオリエンテーションでは、農業事故の特徴を知ると同時に安全技術の開発も急務であることを説明する。また、教える側が慣れていない農器具や農業機械は、今回の特別農業実験で取り扱わないことにした。例えば、草刈り用刈払機を原因とする傷害事故は、各種農業機械の中で事故件数が最も高く19.2%（平成14年度）<sup>21)</sup>であったと報告されている。

次に実験で得た成果をレポートとして作成する点について述べる。この作業は、将来技術者となって報告書あるいは論文を作成するための訓練になる。とくに工学系の実験レポートであるがゆえに、レポートは与えられた課題を適切に実施し実験の意図を理解したことを評価者に示すために課せられるため、自分のメモやノートであってはならない。レポートには論理的で定量的な記載がなされ、再現性のある実験事実を述べる必要があり、SI単位、接頭語、データ処理知識を再認識できる内容とした。

##### 3.2.2 「農業リテラシー実習」に関する調査研究（調査研究担当：高橋明宏教員、濱田英介教員）

平成26年度の調査研究から、アグリエンジニアリング教育のために、まずは農業を知ってもらうことが必要であり、作物を育てるリテラシー教育によって農業を体感し理解してもらうことが重要という結論に至った。いきものを育てるのは簡単ではないことも理解できよう。そこで著者のひとり、平成27年4月からサツマイモの栽培を行い、実験指導書に掲載する写真等の準備を行ってきた。また並行して、本校敷地内にサツマイモの栽培実習が可能な5m×30mほどの耕作地を確保した。

また都城市内に圃場を構える株式会社都城ワイナリーファームの協力を得て、ブドウ畑内の土壌分析に関する特別農業実験のための予備調査を実施した。カベルネ・ソービニオン（山葡萄交配種16年もの）圃場の土壌pHとブドウ樹木の幹周りの関係を調査し、その結果、ブロック①：12.8±2.2cm、②：14.5±2.0cm、③13.9±2.9cm、④14.5±3.5cmであった。土壌pHがブドウ育成に適するpH6.5～7.0<sup>22)</sup>に近いほど幹が太く生長している結果を得た（図3および表1）。この成果などを土壌の化学計測実験として採用することにした。

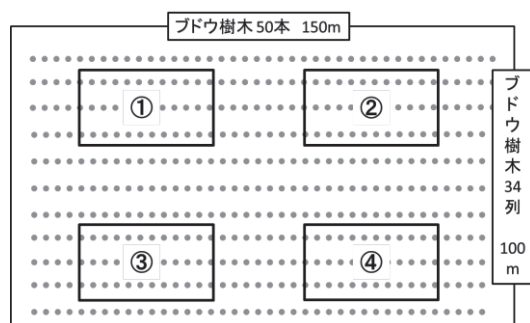


図3 土壌の採取を行った圃場ブロック

表1 各圃場ブロックの土壌 pH

ブロック	pH
①	6.1
②	6.3
③	6.2
④	6.3

### 3. 2. 3 「複合環境制御実験」に関する調査研究（調査研究担当：高木夏樹教員）

平成26年度に開催された日本生物環境工学会主催のSHITAシンポジウム<sup>23)</sup>に参加し、植物育成に必要な要素は、光、温度、湿度、二酸化炭素、風であることの知見を得て、平成27年度に図4の複合環境制御実験装置を製作した。図5はその装置を用いて加速栽培した葉物野菜と屋外で栽培した

それとの比較結果（平成26年9月8日～10月2日）である。栽培状況の有意差は一目瞭然である。この装置は、各種センサを用いて複合環境を作り出す植物工場を模擬した高度で実践的な装置であり、各学習レベルと目的に応じた内容で実験が可能である。

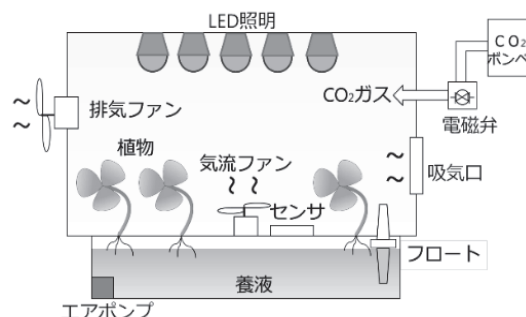


図4 複合環境制御実験装置の簡略図

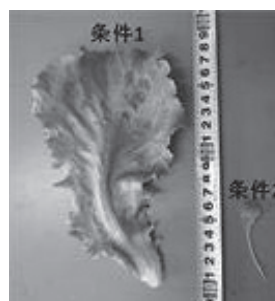


図5 葉物野菜の栽培実験結果（条件1は図4装置使用、条件2は屋外環境下）

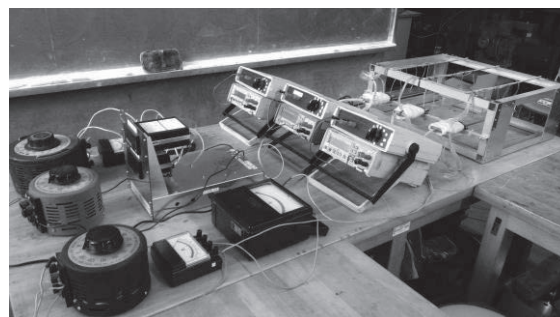


図6 温熱環境実験装置の外観

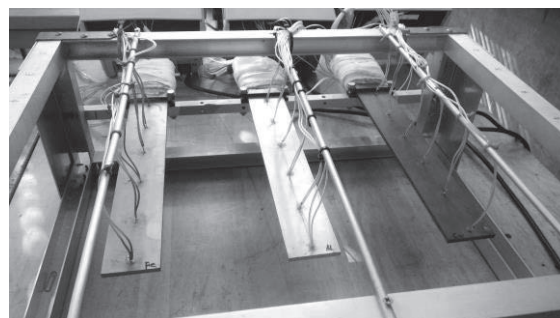


図7 温熱環境実験装置内に配置された金属フィン（左から銅、アルミニウム、銅）

### 3. 2. 4 「温熱環境実験」に関する調査研究(調査研究担当: 白岩寛之教員)

平成 27 年 11 月に国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構が主催した農林水産省委託プロジェクト研究「施設園芸における熱エネルギーの効率的利用技術の開発」<sup>24)</sup>に参加し、農業における温熱環境技術の現状や今後の方向性に関する情報収集を行った結果、施設園芸ハウス等で一般に用いられている重油暖房機による暖房コストや環境負荷の低減を目指したヒートポンプの熱源技術と局所加熱技術に関する研究が盛んであることがわかった。現在機械工学科本科では、ヒートポンプに関する座学と実験を実施している。しかしながら、局所加熱に代表される温湿度管理技術の総合的な理解には本科での実験のみに依存することは困難であるため、新たな実験装置の必要性が出てきた。そこで、図 6 および図 7 に示す金属製の放熱フィンによる温熱環境実験装置を製作した。フィン温度の分布を実験・解析することで熱伝達要因(材料の熱特性、周辺状況)を知ることができ、これらを外気、園芸ハウス断熱材、ハウス内部の三層モデルに見立て、理論を基礎とした実現象の体験的な理解が期待できる。

## 4 本校で実施するアグリエンジニアリング教育の実験指導書の紹介

前章で述べた調査研究の成果を踏まえ、30 ページにわたるアグリエンジニア教育の実験指導書を作成した。それに基づき、平成 28 年度 4 月から特別農業実験を開始した。図 8 から図 11 は、実験指導書を抜粋して示したものである。

また平成 28 年 5 月に本校機械電気工学専攻 2 年生 13 名に対し①実験の基本、②農業リテラシー実習を経験してどう思ったかを自由記述形式にて募った。その結果、次のような意見および感想等があった。

■今回初めて畝を作るところから行ったが、くわで掘り起こすのにとっても苦労した。農業の大変さが分かるとともに、農耕機械の便利さが身にしみて理解できた。器具の使い方やどのような用途で用いるのか説明があると作業効率の面で良いと思う。私達が普段口にしてる米や野菜がどれほど手間がかかっているか理解をすることが出来た。そのことに感謝をするとともに、農家の方がより簡単に、手軽に使えるような機械の開発が進んでいくことを願い、これからも後輩たちがこの特別農業実験を通して、農業に興味を持ってもらえたらと思う。

■全体を通して、農作業というのは、作物を育て始める前から手がかかるものであり、また常に作物のことを気にかける必要があるなど、大変だなと思った。だから、農耕機を使うなどすれば良いのだろうが、農耕機は非常に高価であり、本格的に農業を始める人は、初期投資が非常に大きくなると聞いた。私達技術者は、現場を知り、より便利な農業用の機械を開発することも大事だが、それに伴い、機械の低価格化も実現していくことが大事だと思った。

■農作業をする中でいくつか問題がありました。1 つ目は工具の使用方法です。どの工具をどのような状況下で用いるかがわからないので、しっかり指導するべきだと思います。2 つ目は農業実験をする場所についてです。場所が遠すぎるというのと、鍵が必要というのが気軽に様子を見に行く気になれません。3 つ目は服装です。長靴だけでも準備していただけないでしょうか。

■今回最も苦労したのは、荒れ地から畝を作り上げることでした。地道な農作業 1 つ 1 つに意味があることを知りました。枝豆を植えた後、芽吹きや鳥獣対策の網を設けるなど手をかける部分があり、このことから、生き物はバイク整備と同じだと感じました。自分自身で畑の野菜に手をかけることで愛着がわき、収穫する頃には大きく成長してほしいと思えるようになりました。最後に、今回の実習では農業機械を使わず、全て手作業で行ったため、改めて農家の方々にとって農業機械が重要であることを体感することができ、とても良い経験ができました。

■この実習では畑の整備から栽培までを行ったが、これに携わることが出来て良かった。また、小学生以来の農作業を楽しむことも出来た。収穫等は祖父母宅で経験したが、畝作りなどの整備に関しては経験がなかったため、想像していた以上に体力を使い、コツも必要だとわかった。一方実習を通し道具の不足が目立った。補充が必要ではないだろうか。今後、農業初心者への配慮を十二分に行ってほしい。また就職や進学活動に力を入れる学年に作業への積極性があまりなくなっても仕方がないことかもしれない。

■一番体力を使ったのは初日の耕す作業で、これだけ狭い範囲でも苦労するのだから、現在の日本の平野に多数存在する広大な田畑は、先人達の想像を絶する努力により生み出されたものだと痛感した。また耕耘機など農業用機械が農家の負担軽減にいかに関与しているかを実感した。今回の実習は、畑を耕し苗を植えるという初歩的なものであるが、農業を経験していない学生も多いと思うので、学校で行う授業としては十分効果的であると感じた。

■今回の特別農業実験では畝づくりから体験した

が、予想以上に大変な作業であった。実際に売り物とし生計を立てるためには、この何十倍の面積の整備作業が必要であり、人の力だけで行うことは極めて問題があると感じた。そこで私たちが学んでいる工学の力で様々な道具が作り出され、作業を行いやすいようにする力が非常に重要だと痛感した。これからのものづくりを行う上で必要なことは、人が作業する工程の中で何が一番大変なのか、その作業の手助けになるためにはどんな助けが必要になるのかを考え、正確に提供することだと感じた。農業をされている方は経験的に学び、いい作物を作ってきたことを考えると、私たち工学に携わる者がその手助けとなるために必要なことは、農家の方に共に作業工程を共通して理解した上で、さらなる問題点や改善策を共に話し合いながら解決することではないかと思った。

■畑作業を行うのは中学生以来で、普段使わない筋肉を使ったため、翌日からは筋肉痛が続いた。農具ですが、限りがあったため効率の良い作業が行えず、状況に合わせた農具の充実を希望いたします。今回の取り組みの中で、農業に従事することの大変さや農業と工業の結びつきの必要性を十分に感じた。全体を通して、生産・整備・流通の兼ね合いが大切になる中で、農・工・商の連携、それらの知識を学ぶことによって互いの分野を支え、互いの発展に寄与できることを学ぶことができた。

■農業特別実験を通して、改めて農業の大変さを実感できた。筋肉痛になり、手にマメが出来た。安全作業を意識したおかげで幸いケガがなく実習を終えることができた。栽培する作物によって土壌、水やりの仕方等の違いがたくさんあることも知ることができた。サツマイモの栽培は初めてで、収穫が楽しみである。畝以外にサツマイモを植えてみたが、それが育つかどうか興味がある。結果が楽しみである。

■今回、初の農業実験をするということで、機械以外のものに触れることができた。普段しない経験だったので、大いに楽しんで作業できた。何も手入れのない土地を耕すことから始まったが、かなり苦労した。枝豆は順調に育つと思いきや、鳥にやられてほぼ全滅してしまった。簡易的な対策も実らず、効果が低かった。最終的に網を張ったが、最初からやっておくべきであった。後輩にも積極的に特別農業実験に取り組んでもらいたい。

■今回の特別農業実験は高専入学後初めての農業実習であった。普段の実験や実習では生き物を扱うことはなく、体を大きく動かすことがないが、今回の実習は大きな労力を必要とした。特に畝づくり

はとにかく大変でした。実習前に安全作業について学んだため、適切な道具の使い方を考えて扱い、また露出の少ない服装を着用し、幸いケガをすることはなかった。畝をつくる段階で土中のpHを測り、石灰で中和させたが、今まで土中の酸性濃度など考えたこともなかった。また作物の植え方によって成長が変わるなど知らないことがたくさんあった。サツマイモは最初に水を与えるだけで勝手に育つそうだが、来年はもう少し手間のかかる作物が良いのではないのでしょうか。枝豆は鳥がいたずらをすると思っていたが、半分は残るだろうと思っていたが、全滅であった。動物や昆虫に対する対策は難しく、非常に重要であると痛感した。今回の実習を通して、農業というものを理解でき、農業は身近なものになった。将来、工業系の仕事に就くと思うが、自給自足の問題などから農業との関わりも増えてくると思う。農業への関心が高まった。

■高専で農業体験ができて貴重な経験になった。家庭でイチゴや水菜などプランターで育てるような簡単な栽培を行ったことはあったが、畑を耕すところからしたのは初めてだった。耕す際も、ショベルやくわで掘りやすさが異なり、用途に応じた扱い方を理解できた。土を触るのも小学生以来で、久しぶりに触ると懐かしさがあり、新鮮であった。普段何気なく食べている食糧はこんなにも手間暇かかっているのだなと実感した。特別農業実験を体験できてよかった。

■特別農業実験でサツマイモと枝豆の栽培実習を行った。実習にあたって、畝づくりから植え付け、除草、土寄せなど、サツマイモの栽培過程を実践して学び深めることが出来た。くわやショベルなどの多くの農器具を使用した。事前に安全に対する意識の改善、安全対策の検討に取り組むことを行ったので、農作業だけでなく安全に対する意識を見つめ直す良い機会になった。また鳥類に枝豆を荒らされてしまい、最初から植えなおすことになってしまった。周囲や環境に気を配り、あらゆる自体への想定が必要になることを学んだ。畝づくりは非常に大きな労力を必要とし、作業を終えたあとは疲労感と達成感を味わった。農作業に必要な労力と近年の日本農業の高齢化や後継者不足を考えると、今後の農業の存続そして多様化のためには、機械化や自動化のための工学自体のあり方が問われてくるのではないかと感じた。この農業特別実験を通して、作物栽培の基本を学ぶことができ、害虫対策の必要性なども学ぶことが出来た。作物栽培の難しさと苦労を知り、加えて安全対策の重要さも学び、大変有意義なものであった。

# 1 実験の基本

## 【第1章のポイント】

特別農業実験では、土壌や野菜の一部、あるいはそれらを対象として構造の成り立ちや特性を知るために、危険物を含む様々な薬品および実験機器を用いる。ケガを隠すことや招くことが無いよう、安全に実習・実験を行わなければならない。そのために、自分自身が取り組む内容について十分な自己学習を行うことが大切である。また自分自身による危険予知の判断も重要である。

もう一つ重要なのは実習・実験レポートである。実習・実験のレポートは実施したことの記録であるため、実験結果を正しく示さなければならない。ここでは、実験目的、実験方法、結果、考察、結論、参考文献をきちんと明記すること。

## 1. 安全の心得

### (1) 実験と安全

特別農業実験では、各種農具、動力機械、電気機器、試薬類、工具などが使用される。その取扱いを一步誤ると、人為的障害や災害などの事故を引き起こす危険がある。したがって安全に留意し、教職員の指示やマニュアルに従って問題のない行動を行う必要がある。

### (2) 安全の基本

危険を100%回避することはできないが、危険なところを予知し、行動前の心の準備や対応策を立てることで、かなりの部分の危険を回避できる。無理のない計画を立案し、着実に実験を進めることが重要である。災害・事故が起こる可能性のある実験は、実験ではない。

52

## 2. レポートおよび実験値のデータ処理

### (1) レポート（報告書）とは何か

工学系のレポートは、与えられた実験を適切に実施し、実験の意図を理解したことを指導教員に示すために課せられる。自分のノートではなく、読者に読んでもらうことを考えて、誠実に丁寧な記述が求められる。また報告書が論理的に定量的に記載されており、実験実施手順がわかりやすく、実験で得られた情報データと公知の事実を積算・比較した考察が形成されていることも大切である。

企業では、報告書を会社に送付した際、学校のように書き直しはなく受け取られる。しかしデータの信頼性、誤字脱字、図表の乱雑さ、全体的に誠意拙劣な報告書であった場合、作成した技術者個人ではなく会社自体の質を問われることになる。よく覚えておくこと。

### (2) 留意点

- ①提出期限厳守。
- ②実験目的と結論（まとめ）が明確で、互いに整合性を持っていること。
- ③延々と無意味な記述を続けない。主張を明示できていること。
- ④実験結果は事実を積み上げて、「思う」ではなく「考える」。
- ⑤客観的で定量的な表現を用いること。「驚くべき大きな値になった」という主張は必要ない。こういったことは実験データのところでよく見られる。
- ⑥理解しやすく簡潔な文章で。日本語でない文章が多々ある。
- ⑦主語を明示する。ただし「私が苗に水を与えた」ではなく、「苗に水を与えた」とする。
- ⑧図表と数式、有効数字は特に気をつけながら記述すること。
- ⑨参考文献の引用がないことはない。先人達の知恵と知識を十分勉強すること。論理観を損ねないようにすること。
- ⑩一度作成できたら、必ず何度も見直ししておくこと。

これらの項目以外に、時制に気をつけること。一般に「実験方法」は実際に自分が活動・操作した内容を示すものであり、「実験結果」もそれらによって直接得られたデータであるため、一般的に「過去形」で記述する。「考察」は「実験結果」に基づいて推論を展開しているため「現在形」で記述する。

また、付録①～③に示すデータの統計的なまとめ方、有効数字そしてSI単位について参照すること。

### (3) 演習問題

- [1] 実験レポートと推理小説の違いをグループでよく話し合い、レポートにまとめよ。

54

### (a) 基本的な考え方

- [1] 不安全行為、不安全行動を起こさない。
- [2] 実験を行う環境は、常に整理・整頓・清掃・清潔・しつけ（5S）を遵守する。
- [3] 事故やケガがあった場合は、遅滞なく指導員に連絡する。

### (b) 服装

- [1] 農作業や試薬を用いた実験であるため、作業しやすく、露出の少ない服装で実験に臨む。（スカートやサンダル等は禁止）

### (c) 事故防止のために

- [1] 危険予知訓練を行うこと。
- [2] 巻き込まれ、はさまれ、スカタン、死角不良、ヒヤリハットなどについて知ること。

### (3) 演習問題

- [1] チューンソーの使用を想定しなさい。使用の際にどういったことに留意しなければならないかを話し合っ、レポートにまとめよ。
- [2] 薬品類の使用を想定しなさい。使用の際にどういったことに留意しなければならないかを話し合っ、レポートにまとめよ。
- [3] 肌の露出の多い服装を禁止したのはどういった理由であろうか。話し合っ、レポートにまとめよ。

53

<付録①：データの統計的なまとめ方>

生き物は多様な性質を示す。何らかの性質の変数を測定するとき、その値にはばらつきが伴う。実際にはこのばらつきを伴う観察値を分析・解析し、何らかの客観的な評価を導出することになる。この評価の客観性を可能にするのが統計学である。十分な数の標本が得られた場合に統計的手法を適用することで、実験条件を変えることによって意味のある違い（有意差）を生じたかどうかを統計的に説明することができる。

人間において、背丈、眼球サイズ、鼻孔など、一定の範囲内ではあるが個体事に違いがあり、すべて同じサイズの人間ばかりではない。同じものを観察した場合、観察値に一定の範囲内に違いがある「ばらつき」は、生き物に常につきまとう普遍的なものである。実験では観察値を得てヒストグラムをよく作成する。ヒストグラムによって分布の状態を視覚的に理解し、且つ観察値の集団としての特徴を数値によって要約できる方法を示す。観察値の要約には、観察値がどの値を中心に分布しているかを数値で示す方法や、観察値がどのくらいの範囲に広がっているかを数値で示す方法などが用いられる。前者を代表値、後者を散布度という。

<例題：ヒマワリの種子50個の長さの統計的なまとめよ。>

準備物：ノギス、ヒマワリ種子

測定結果例を以下に示す。

14.90	15.90	14.20	14.60	16.30	14.65	14.40	14.80	15.20	14.45
18.10	16.80	14.70	15.00	13.95	11.25	14.90	16.75	15.85	12.00
19.25	14.45	16.60	15.10	14.55	16.10	14.45	15.70	15.85	13.80
14.35	13.20	15.60	15.90	14.75	12.90	13.30	13.80	13.60	13.05
13.10	13.15	14.25	14.10	11.55	16.85	14.90	14.60	13.40	16.45

それぞれの観察値の最大値、最小値、その差をとって範囲Rを求めたところ、以下のようになった。

最大値：19.25mm、最小値：11.25mm

範囲Rは、19.25-11.25=8.00mm

ここで観察値の標本数nが50であり、次の式(1)のスタージェスの公式によって、適切な階級数kを7とできる。

$$k = 1 + \log_2 n = 1 + 3.32 \times \log_{10} n \quad (1)$$

ここでn=50であるので、 $k = 1 + \log_2(50) = 1 + 5.64$ となり目安として7段階の階級数となる。したがって適切な区間（級の幅）hは、 $h = R/k = 8.00/7 = 1.14$ となる。区間は後の計算を考慮して1、2、5、10などの値を選ぶことをよく行う。この場合、区間h=1.2とした。

55

図8 特別農業実験で用いる実験指導書の抜粋（①実験の基本）

## 2 農業リテラシー実習

### 【第2章のポイント】

この章では、自分で作物を栽培することで農業を知ることが目的としている。生き物を育てるおもしろさと難しさを理解し、特別農業実験の意義を体得する。  
 土壌内で栽培される穀物、すなわち土の中で育てる農作物を根菜類という。本実験では、様々な根菜類の栽培などを通じ、それらの性質を知ること目標とする。また様々な根菜類の生育段階に応じた管理作業・内容の手順や理由を知り、そのために必要な工学情報のセンシング原理を理解する。この章ではサツマイモの栽培実習、土壌の断面観察実験と土壌 pH (酸度) および EC (導電率) 計測について述べる。

### 1. 根菜類栽培実習

#### (1) 実習目的

根菜類の代表的な作物としてサツマイモを選択し、サツマイモの栽培実習を行う。この栽培実習を通して、畑の整備、切り苗の準備・植え付けから収穫までの栽培過程を体験しつつ、サツマイモの品種や育て方などを学び、農業の意義を体得し理解する。

#### (2) サツマイモ栽培実習

(a) 栽培計画 (表中の①～⑥は次頁の写真①～⑥に対応)

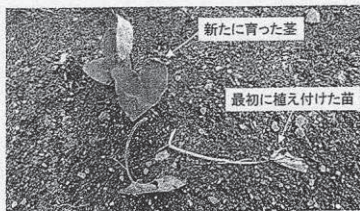
月	4	5	6	7	8	9	10	11
栽培課程	① ②	③		④		⑤	⑥	片付け
作業項目	畑整備と植え付け	除草・土寄せ・水やり・病害虫防除・ツル返し*						収穫

\*伸びすぎたツルは、裏返す(ツル返し)。伸びすぎたツルを切ってしまうと構わない。

58

#### (d) 親茎の除去 (除茎)

植え付けが完了して、二週間後の苗の写真を下図に示す。最初に植えた苗(親茎)が枯れているように見える。一方で左の方では、新たな芽が伸びて育っている。次の作業として、この親茎を削除する。削除することで、苗全体が親茎から離れたと自覚して、土中のサツマイモを大きく育てようとする。



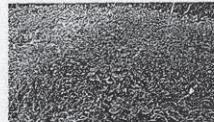
写真② 植え付けして二週間後の親茎と新芽

#### (e) 除草、土寄せ、ツル返し

除草と土寄せを月に一度程度行う。ツルが地表を覆い、畝間まで伸びていたらツル返しを行う。写真③(10月末)のように茎色が紫になってきたら収穫時期であることを示す。



写真③ 植え付け後一ヶ月の様子



写真④ 植え付け後三ヶ月の様子

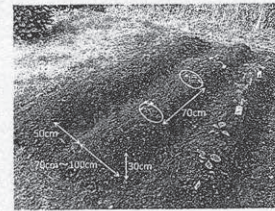


写真⑤ 植え付け後四ヶ月の様子(収穫時期)

60

#### (b) 畝(うね)作り

丸シヨベルでしっかり土を掘り起こす。完熟堆肥を混合させる(肥料は必要ない)。空気を含ませ、水ハケの良いふっくらとした畝を作る。畝幅 70cm~100cm、畝高さ 30cm、畝間 50cm の高畝とする(畝の間が狭いと通気が悪くなる)。マルチを張って栽培しても良い。



写真① サツマイモ栽培のための畝(うね)の形状と寸

#### (c) 植え付け

ホームセンターで購入したサツマイモの切り苗(10本で¥100程度、指海帯の品種はスイートシルク)を植え付ける。南九州では4月の中旬から切り苗が販売される。切り苗を購入する際には根が出ているものは選ばない。図1に示すように、植え付けは水平植えか船底植えにして、50cm~70cmの等間隔で植え付ける。葉は必ず土の上に出しておく。一週間すると少しずつ苗が黄色く変色して縮んでくる(一見、枯れているように見える)

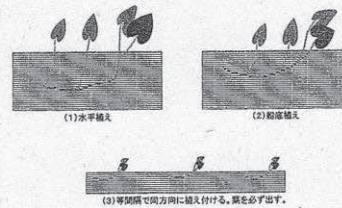


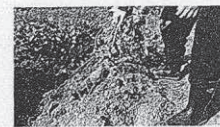
図1 サツマイモ切り苗の植え付け方

#### (f) 収穫

10月の後半以降(霜が降りる迄の間に)、備中くわ、あるいは丸形シヨベルを用いて土を掘り返し、サツマイモを収穫する。収穫は晴天を選ぶ。雨天は土がぬかるみ、サツマイモが濡れるためにその後の保存性が悪化する。収穫後は一週間ほど置いてから調理した方が甘みが増す。



写真⑥ 畝間から入れたシヨベル



写真⑦ サツマイモの収穫の様子



写真⑧ 収穫された大小様々なサツマイモ(スイートシルク)

#### (3) 実験結果および考察

- [1] 各班で作った畝の各部寸法を示せ。
- [2] 収穫できたサツマイモの大きさ(長さと同径)と重量を測定し、統計データを示せ。

#### (4) 演習問題

- [1] サツマイモとじゃがいもが日本農業に果たした役割について述べよ。
- [2] サツマイモに関する病害虫と農業について調査せよ。

59

61



# 3 複合環境制御実験

## 【第3章のポイント】

この章では、植物工場を模した簡単な実験装置を用いた植物栽培実験を通して、次世代施設園芸に必要な植物の生育技術およびメカトロニクス技術の実証的理解につなげることを主な目的としている。

本実験に用いる複合環境制御実験装置は、植物の光合成反応に影響する複数の環境条件を人工的に制御し、野菜の播種から収穫までの生長過程を定量的に測定することが可能であり、次世代施設園芸に用いられる基礎的技術を実践的に経験させることができる。具体的には、植物の生育原理および栽培方法を学習させた後、それらの知識に従って実験装置の各種制御項目を設定し、実施に栽培実験を行うことで、植物の生育に及ぼす環境条件について考察させる。また、使用したセンサや制御手法についての原理を学習させ、実際の環境条件の測定結果および制御結果より、理論的整合性やそれらの技術的特徴についても考察を通して理解させる。

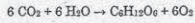
### 1. 実験目的

現在、植物工場が注目を集めている。植物工場とは、「高度に環境制御した条件下で栽培することにより、栽培環境や生育のモニタリングと生育予測を実施して、計画的・安定的に作物を生産する施設」と定義され、次世代の施設園芸（ビニールハウスのような閉鎖環境下での野菜・樹果類の栽培）に分類される。主な特徴は、気候変動等の外的環境要因に左右されず、また特定の環境条件化での植物栽培が可能なことである。これにより、無農薬、無洗浄、防疫を容易に実現する他、周年栽培による収穫増加、収穫の歩留まり向上、野菜の耐久性向上、栄養価制御が可能となる。このため、農業従事者の減少の中で、6次産業化や農業のグローバル化への対応に向けた農業経営の大規模化などが進む現状において、生産性向上および高付加価値商品の供給を達成する手段としての期待が高まっている。

このような植物工場を実現するためには、植物の生長原理に基づいた各環境要素（光、温度、湿度、CO<sub>2</sub>濃度など）の複合的な制御技術が必要である。本実験では、人工光型植物工場を模した小型の簡易実験装置を用いて、複数の環境条件を人工的に制御し、野菜

### 3.1 光

光は植物が成長するために最も重要な要因である。植物は成長するために光合成を行う。光合成とは、光エネルギーを使用し、空気中の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)と根から吸収した水(H<sub>2</sub>O)を用いて炭水化物(C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>)を生産する作用であり、一般に次式で表される<sup>2)</sup>。



光合成反応は、光の強弱によって制限される。弱い光の下では光合成速度(CO<sub>2</sub>吸収速度)は低く、強い光の下では光合成速度は高くなる。光の強さが増加すると、光合成速度は比例して増加していくが、ある一定値で飽和する。この値のことを光飽和点と呼ぶ。これ以降は、光合成速度は増加しなくなる。この段階の光合成速度は、光の強さよりも空気中のCO<sub>2</sub>濃度や温度が制限要因になる。

一般に、植物の成長に影響を及ぼす光波長域は300nm~800nmである。植物が光合成に利用できる波長域は400nm~700nmであり、光合成有効放射と呼ぶ。光合成の光化学反応量は、この波長域の光子数に比例するため、光合成に有効な光量の指標は光合成有効光子束密度(PPFD: photosynthetic photon flux density)で表され、単位はμmol・m<sup>-2</sup>・s<sup>-1</sup>である。この波長域の光は、光合成反応だけでなく、発芽、茎の伸長、葉のつくり、花芽の分化と形成、開花などの光形態形成反応も引き起こす<sup>3)</sup>。

植物は、葉肉組織にあるクロロフィルと呼ばれる色素(葉緑体)によって光エネルギーを受け取り、光合成に利用している。クロロフィルは、一般の植物ではaならびにbの2種類が存在しており、aは赤色光(600nm~700nm)、bは青色光(400nm~500nm)の光を主に吸収している<sup>2)</sup>。図2にクロロフィルの光吸収分布を示す。

植物工場では、照明時間は1日15~16時間が一般的である。16時間以上照らさない理由としては、明期時間を長くした際には正味光合成量の増加は少なくなるとされている。

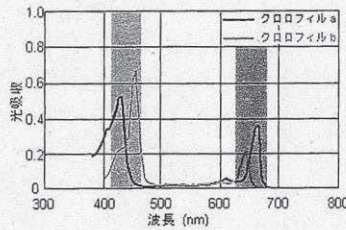


図2 クロロフィルの光吸収分布<sup>2)</sup>

の播種から収穫までの生長過程を定量的に測定する。これによって、植物の生育に及ぼす環境条件について理解するとともに、センサやアクチュエータ、マイコン、制御手法といったメカトロニクス要素の構成や利用方法、特徴について実践的に理解し、メカトロニクス技術の応用力を養うことを目的とする。

### 2. 人工光型植物工場

人工光型植物工場とは、人工光のみを用い、密閉度が高い断熱壁により閉鎖された清浄な空間において、植物の栽培環境を最適に制御できる施設のことである<sup>2)</sup>。さらに、周年的に同一品質の農作物を生産することができる生産施設である。建築物としては、窓のないビル、大型貯蔵庫、大型冷凍庫に似ているが、住居空間や作業空間と異なり、植物の光合成のために強光の照明を必要とする。主に播種・育苗室、栽培室、収穫物処理室で構成される。ここで、栽培室は、植物工場施設の中心的な役割を担っている。栽培室の構成要素は建物、栽培棚、養液栽培、照明、空調である。図1に人工光型植物工場の栽培室の構成要素を示す。

### 3. 植物栽培の基本要素

植物工場では、光、温度、湿度、CO<sub>2</sub>ガス、風(気流)の5環境要因および養液栽培が植物の成長に大きく関わっている。その中でも、植物の光合成に注目すれば、光とCO<sub>2</sub>ガスは最も重要な要素といえる。

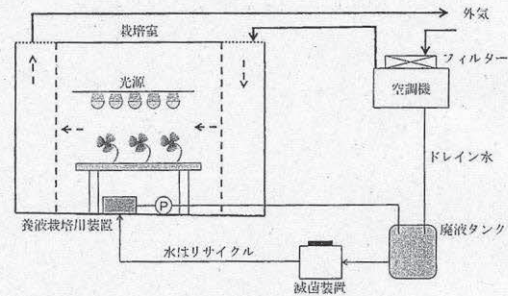


図1 人工光型植物工場の栽培室の構成要素<sup>1)</sup>

### 3.2 二酸化炭素

現在の地球大気中のCO<sub>2</sub>濃度は約0.04%である。多くの植物の光合成速度は、光および養水分が十分であれば、CO<sub>2</sub>濃度が大気中の2倍に高まると30~60%増加する。このことより大気中のCO<sub>2</sub>濃度は、植物にとっては低いといえる<sup>4)</sup>。

図3は、室内温度を一定にし、2段階の光の強さのもとで、CO<sub>2</sub>濃度を変化させたときの光合成速度を示したものである。図3より、CO<sub>2</sub>濃度が低い場合は、光の強さによって光合成速度はほとんど変わらないが、CO<sub>2</sub>濃度に比例して増加していることがわかる。また、CO<sub>2</sub>濃度が高まると、光の強さによって光合成速度に差が生じる。弱い光では、すぐに増加が止まり、一定速度になる。強い光では、0.1%を超える速度が減少し、0.2%で光合成速度は飽和する。このことより、人工光型植物工場のCO<sub>2</sub>濃度は、0.1%以上を目安に、0.2%までの範囲内に制御することで、光合成を十分に促進できる<sup>2)</sup>。

### 3.3 温度

温度は植物の光合成・呼吸・蒸散などの成長にかかわる生理作用および休眠・発芽・花芽分化など発育にかかわる生理作用の両方に関係し、植物の生育のあらゆる場面に影響をおよぼしている<sup>2)</sup>。

種子の発芽適温は、作物の種類のみならず、品種や休眠の程度によっても異なる。多くの作物にとって20~30℃が適温といわれているが、低温性作物では15~20℃、高温性作物では25~30℃が発芽適温である。一般に、発芽適温は、給水後の代謝における酵素反応が関与しており、生育適温より2~5℃程度高い<sup>4)</sup>。

植物工場の温度管理は、気温よりも葉温の管理が重要視されている。気温および葉温は、明らかな差が出る場合がある。葉温を適温に保つことは、光合成速度を高く維持することになる<sup>2)</sup>。

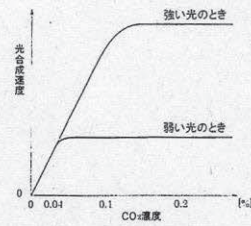


図3 CO<sub>2</sub>濃度と光の強さ<sup>2)</sup>

図10 特別農業実験で用いる実験指導書の抜粋 (③複合環境制御実験)

# 4 温熱環境実験

## 【第4章のポイント】

この章では、目に見えない熱の流れを、実現象を通して体験的に理解できる実験テーマを設けることにより、農業における温熱環境の管理技術の理解につなげることを主な目的としている。

本実験に用いる放熱フィンの伝熱現象は、身の回りに起こる様々な伝熱現象に見られる代表的な事例であるため、理論を基礎とした実現象の体験的な理解につながる。具体的には、フィンの伝熱理論の概略を学ばせた上で、実際の放熱フィンを用い、その材質や温熱環境の違いがフィンの伝熱性能に及ぼす影響について実験により確認し、理論との整合性等を考察させる。

### 1. 実験目的

各種熱機器や電子機器の冷却、および熱交換器の性能向上を図るために、工業上多くのフィン (fin, ひれ) が使用されている (資料1)。フィンは伝熱面積を拡大して放熱面とすることにより、対流熱伝達抵抗を減少させ、熱通過特性を向上させるものである。フィンにおける伝熱現象は、身の回りに起こる様々な伝熱現象に見られる代表的な事例であるため、理論を基礎としてその実現象を体験的に理解できる本実験は、身の回りに起こる様々な伝熱現象の理解にも役立つ。

ここで日本の農業に目を転じると、近年、農家就業者の減少および高齢化は深刻であり、今後も継続して我が国における農業を維持するために様々な取り組みが行われてきており、農業を取り巻く環境は大きく変化している。特に、農業経営の大規模化、6次産業化の推進や TPP 等の農業のグローバル化への対応等、地方創成も見据えた地方における農業活性化の取り組みが国策として推進されており、その中で施設園芸 (ビニールハウスや植物工場等における野菜、果樹等の栽培) の高度化の取り組みが積極的に行われている。このような背景から、機械技術者も農業における新たな技術開発の一端を担うことが期待されている。とりわけ植物工場に代表される施設園芸では、植物の育成促進や栽培の省人化等のために、ビニールハウス等の建屋内 (特に植物周辺) の様々なパラメータ (温度、湿度、二酸化炭素濃度、風速等) の管理、制御が不可欠で、中でも温湿度の管理が非常に重要で

フィン表面上の熱伝達率  $h$  を一様とすると、フィン効率の定義式から次式が導かれる。

$$\eta = \frac{\int_0^L h(T_s - T_\infty) S dx}{h(T_s - T_\infty) SL} = \frac{1}{T_s - T_\infty} \int_0^L T dx - T_\infty L = \frac{T_m - T_\infty}{T_s - T_\infty} \quad (2)$$

ここで、 $L$  はフィンの全長、 $T$  はフィンの表面温度、 $T_\infty$  は周囲環境温度、 $T_s$  はフィンの根元温度、 $S$  はフィンの周長、 $T_m$  はフィン全表面の平均温度である。

厚さの異なる長方形フィン全表面の平均温度  $T_m$  は、図1に示されるフィンの微小部分  $dx$  について、一次元定常熱伝導状態における熱の釣り合いを考え、得られた微分方程式を解くことにより、式(3)で与えられる。式(3)の温度分布の理論式の導出の詳細 (フィン先端からの放熱は無視) については、資料2 (E.R.G. Eckert and Robert M. Drake, Jr., Heat and Mass Transfer, 2nd Edition (1985), pp.30-31, pp.38-45, McGraw-Hill Book Company, Inc.) を参照のこと。式(3)の  $T_m$  を式(2)に代入することにより、フィン効率  $\eta$  が求められる。

$$T_m = \frac{1}{L} \int_0^L T dx = T_\infty + (T_s - T_\infty) \frac{\tanh mL}{mL} \quad (3)$$

ここで、 $m$  は次式で表される。

$$m = \sqrt{\frac{hS}{\lambda A}} = \sqrt{\frac{2h}{\lambda b}} \quad (\because \text{フィンの奥行き} \gg \text{フィンの厚さ}) \quad (4)$$

ここで、 $\lambda$  はフィン材質の熱伝導率、 $A$  はフィンの断面積、 $b$  はフィンの厚さである。実験に用いる放熱フィンの寸法および物性値は後述する。

### 3. 実験装置

放熱フィンの材質は銅、アルミニウム、鋼の3種類とし、フィン表面温度  $T$  は熱電対を用いて測定する。熱電対には種々のものがあるが、本実験では使用温度範囲が広く、工業用として最も普及しているクロメル-アルメル線 (K型) を使用する。本実験に使用する実験装置の主な構成機器を以下に示す。

- (1) 放熱フィン: 銅 ( $\lambda=370\text{W/mK}$ ), アルミニウム ( $\lambda=200\text{W/mK}$ ), 鋼 ( $\lambda=45\text{W/mK}$ ) の3種類、寸法および温度測定位置は図2に示す通りである。

あり、温湿度管理技術には各種の伝熱現象を理解することが必須である。そのために、身の回りに起こる様々な伝熱現象の理解につながる本実験は有用であるといえる。

本実験では、材質の異なる厚さの異なる放熱フィンを用いて、自然対流および強制対流の場合についてフィン効率を求め、フィン材質および温熱環境 (本実験では自然対流と強制対流) の違いによるフィン特性への影響を調べる。

### 2. フィン効率

フィン全表面の温度が、フィン根元温度  $T_s$  に等しい場合、伝熱面の拡大効果は100%となる。しかし実際には、フィン内部にフィン先端に向かう温度降下が生じるため、次式によってフィン効率  $\eta$  が定義される。

$$\eta = \frac{\text{フィンによって実際に放散される全熱量}}{\text{フィンの全表面がフィン根元温度に等しいと仮定したときに放散される熱量}} \quad (1)$$

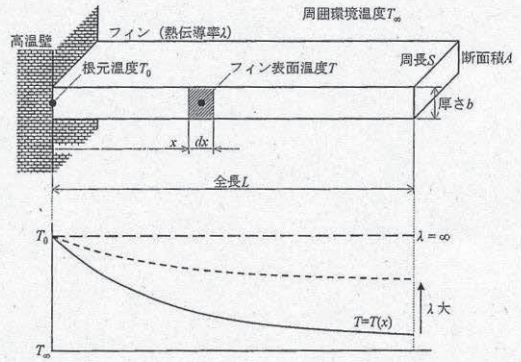


図1 長方形フィンと温度分布

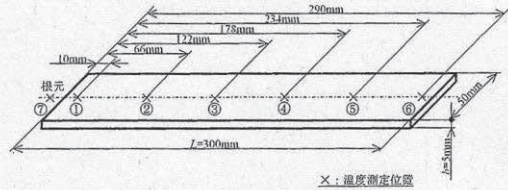


図2 放熱フィンの寸法および温度測定位置

- (2) 熱電対: K型熱電対 (クロメル-アルメル)
- (3) デジタル温度計
- (4) 加熱用電気ヒータ
- (5) スライダック
- (6) 電圧計
- (7) 電流計
- (8) 冷却ファン

### 4. 実験方法

自然対流および強制対流の場合について、フィン表面温度等の測定を行う。

- (1) フィン根元の温度  $T_s$  が、3種類 (銅、アルミニウム、鋼) に対して概ね同一となるように、加熱用電気ヒータを表1に示す電圧にスライダックと電圧計により調整、定常状態まで1時間ごとに各部温度測定を行う。

材質\冷却方法	自然対流	強制対流
銅	40V	50V
アルミニウム	50V	50V
鋼	50V	50V

- (2) 温度が安定した時点 (定常状態) で、フィン表面温度  $T$  (各フィンにおいて6点)、フ

図11 特別農業実験で用いる実験指導書の抜粋 (④温熱環境実験)

以上が寄せられた感想、意見、要望である。前報での調査と同様、土壌を取り扱った農業リテラシー実習に対して、おおむね肯定的な意見および感想が多く寄せられた。中には、農器具の充足や使用方法の説明を求む声が多く、今後の運営の参考になった。

## 5 アグリエンジニアリング教育の課題整理と今後の展開

平成 26 年度から農業を高専で教えるという命題を取り上げて以来、アグリエンジニアリング教育の抱える課題は次のように整理できてきた。①何をどこまで教えるのか、②どう実施するのか、③評価・アセスメント、④大学農学部、農業試験場等の公設試、農家等との連携を求めるのか、⑤高専間連携、などである。この中で大学、公設試、農家等との連携が叶えば、農業を知るための講師確保や実験を実施する農場の確保の可能性が高まるため大変重要であると考えられる。更に、①、②、③についても農業専門家の観点からの意見・アドバイスは貴重である。⑤の高専間連携であるが、本校物質工学科の濱田英介特任教授が中心メンバーとなっている教科書開発がこの高専間連携から生まれた取り組みであり、近刊の予定である。今後の実験授業での採用や実験指導書改訂の際に大きな役割を果たすと考えられる。従って、これからの展開として、学外機関あるいは高専間での連携を充実・強化させることが第一となり、それをきっかけとしてアグリエンジニアリング教育上のノウハウやカリキュラム開発などの情報共有がなされ、より良い高専教育への転換が図れるものと考えられる。

## 6 おわりに

現代の農業機械技術をより良く変化させ、農業を取り巻く社会問題を少しでも克服するには、工学技術の支援・アプローチは必須であると云える。それに従事する人材を育成することは、より一層重大視される。山積する課題に対し前報の調査研究の結果から見えてきたのは、農業関係者からは高専教育に農業等を積極的に導入したカリキュラムを実現してほしいといった要望であった。そこで都城高専では、全国高専のトップをきって高専専攻科・機械電気工学専攻の実験授業に「特別農業実験」と称して、平成 28 年度からアグリエンジニアリング教育を実施した。そして、大分、鹿児島、都城高専の 3 高専が連携した平成 27 年度教育改革推進事業本部プロジェクトでの本校の成果に基づいて検討した。これ

らの内容は、地域連携テクノセンター運営委員会を中心に図 12 に示す冊子<sup>25)</sup>として纏めた。

今後、更に通信・情報技術を含む ICT 農業を考慮した実験教育など、実効性が高く持続性のある農業教育カリキュラムについて引き続き国内外の農工連携事情および専攻科生を対象にした授業アンケートを考慮して構築したい。また高専間連携によるスケールメリットを活かしたカリキュラムの検討を視野に入れ、継続して目指すべき技術者像を模索したいと考えている。



図 12 平成 27 年度教育改革推進事業本部プロジェクト報告書(本校地域連携テクノセンター作成)

## 謝辞

3 高専連携事業にご協力いただきました企業および研究機関の担当者の皆様に厚く御礼申し上げます。最後に、当事業を進めるにあたり本校教職員に大変ご迷惑をおかけいたしました。深甚なる感謝の意を申し上げます。

## 参考文献

- 1) 農林水産省: <http://www.maff.go.jp/j/tokei/>
- 2) 八木宏典: 農業のすべてがわかる本, ナツメ社, 2012
- 3) 天野英二郎: スマート農業の推進 - ICT・ロボット等を活用した農業の取組 -, 立法と調査, No. 359, pp.44-57, 2014
- 4) 金間大介, 野村稔: 産業をめぐる IT 化の動き - データ収集、処理、クラウドサービスの適用事例を中心に -, 科学技術動向, pp.13-18, 2014
- 5) 国立高等専門学校機構: <http://www.kosen-k.go.jp/>
- 6) 村上幸一, 神田和也, 千葉慎二, 白石和章, 吉田晋, 石井忠司: 低価格な高専版農業用センサの開発と全国圃場での実証実験, 高専シンポジウム in

- 香川, 2016
- 7) 朝日新聞, 平成 27 年 (2015 年) 6 月 11 日
- 8) 日本経済新聞, 平成 28 年 (2016 年) 3 月 25 日
- 9) 霧島工業クラブ: <http://www.bonchi.jp/kic/>
- 10) 高橋明宏, 濱田英介, 野地英樹, 白岩寛之, 朝倉脩二: 都城高専による農商工連携促進のための技術者育成事業, 論文集「高専教育」第 37 号, pp.377-382, 2014
- 11) 白岩寛之, 細川力, 河野行雄: サーモサイホンによるビニルハウス暖房機の廃熱利用, 空気調和・衛生工学会論文集, No.161, pp. 29-34, 2010
- 12) 一般社団法人宮崎県工業会: 機関誌「こうぎょう」, Vol.57, p.4, 2011
- 13) 総務省: <http://www.soumu.go.jp/>
- 14) 都城高専地域連携テクノセンター: 農工連携に向けた先進的取組事例-九州圏域を中心とした調査報告-, 都城高専, 2015
- 15) 濱田英介, 高橋明宏, 佐藤浅次, 杉本弘文: 地域の産業に貢献する農商工連携と農業工学カリキュラムの試行, 平成 27 年度全国高専フォーラム, 2015
- 16) 高橋明宏, 濱田英介, 佐藤浅次: 我が国の農業の将来を高専での工学教育で支えるー農工連携に向けた先進的取組事例と高専教育への導入検討ー, 公益社団法人日本教育工学協会平成 27 年度第 63 回年次大会工学教育研究講演会講演論文集, pp.294-295, 2015
- 17) 高橋明宏, 濱田英介, 佐藤浅次, 野地英樹, 野口大輔, 杉本弘文, 若生潤一, 豊廣利信, 白岩寛之, 高木夏樹, 永松幸一, 山元直行: 農工連携の先進的取組事例と高専教育への農業教育導入の検討, 都城工業高等専門学校研究報告, 第 50 号, pp.55-61, 2016
- 18) 谷川恭雄: やさしい構造材料実験, 森北出版, 2010
- 19) 標準生物学実験編修委員会: フローチャート標準生物学実験, 実教出版, 2014
- 20) 農作業安全作業センター:  
<http://www.naro.affrc.go.jp/org/brain/anzenweb/>
- 21) 松森一浩, 千田敏行:刈払機使用におけるケガ・ヒアリハット体験事例調査, 農作業研究, Vol.46, pp.95-105, 2011
- 22) 一般財団法人日本土壌協会編: 有機栽培技術の手引 (果樹・茶編), p.225, 2012
- 23) 日本生物環境工学会, <http://www.shita.jp/>
- 24) 農林水産省委託プロジェクト「施設園芸における熱エネルギーの効率的利用技術開発」, [https://www.s.affrc.go.jp/docs/project/seika/pdf/the\\_rmal\\_energy-0.pdf](https://www.s.affrc.go.jp/docs/project/seika/pdf/the_rmal_energy-0.pdf)
- 25) 都城高専地域連携テクノセンター: 高専教育における農業工学カリキュラムの具体的検討-都城高専での試行的な実験教材開発-, 都城工業高等専門学校, 2016