

平成26年度
海外技術調査報告



平成27年3月

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
生物系特定産業技術研究支援センター
農業機械化研究所

ま え が き

生物系特定産業技術研究支援センター(略称 生研センター)では、農業機械化促進業務と研究資金業務を実施している。

そのうち、農業機械化促進業務では、①農作業の更なる省力化に資する農業機械・装置の開発、②環境負荷の低減及び農業生産資材の効率利用に資する農業機械の開発及び評価試験の高度化、③農作業の安全に資する農業機械の開発及び評価試験の高度化、④新たな農業生産システムの構築に資する IT・ロボット技術等の基盤的技術の開発の4つの柱を中心に研究を進めている。

これら革新的技術の開発に当たり、先進的な農業技術情報を広く収集する目的で職員を海外に派遣している。

本報告は、平成26年度に実施した海外技術調査等の結果を主体に、平成25年度調査結果(未報告分)とを合わせ取りまとめたものである。

関係各位の参考になることを願っている。

平成27年3月

生物系特定産業技術研究支援センター
農 業 機 械 化 研 究 所

目 次

I. 農林業用トラクタ公式試験のための OECD 標準テストコードに関する 各国指定機関代表者年次会議	1
評価試験部	藤井桃子 皆川啓子
II. 生育計測技術に関する調査およびオランダスタディーツアー参加	9
園芸工学研究部	林 茂彦 坪田将吾
III. 国際学会および大学での講演と中国における接ぎ木の現状調査	15
基礎技術研究部	吉永慶太
IV. 第9回日韓研究交流セミナー	21
評価試験部	八谷 満 藤井桃子 塚本茂善 山崎裕文
基礎技術研究部	積 栄
V. 欧州植物病理学会への参加ならびに欧州における穀物の種子消毒技術の調査	29
生産システム研究部	野田崇啓
VI. [在外研究] 農産物の品質向上を目指した 3D モデリングによる外観品質評価手法の研究	35
園芸工学研究部	山本聡史
VII. 農業機械バイオマス工学国際シンポジウム ISMAB2014 への参加	42
特別研究チーム (エネルギー)	藤井幸人
基礎技術研究部	臼井善彦

I. 農林業用トラクタ公式試験のための OECD標準テストコードに関する各国指定機関代表者年次会議

評価試験部 原動機1室 室長 藤井桃子
評価試験部 安全試験室 研究員 皆川啓子

1. 目的

農林業用トラクタ公式試験のためのOECD標準テストコード（以下、OECDコード）に関する各国指定機関代表者年次会議（以下、年次会議）に出席し、OECDコードにかかる課題等について討議し、必要な決定を行う。

2. 調査日程

平成26年2月24日～3月1日（6日間）

日数	月日	都市名	時間	交通	摘要
1	2/24	成田発 パリ着（CDG空港）	11:00 15:45	JL405	[パリ泊]
2	2/25	パリ		徒歩等	OECD訪問、会議準備 [パリ泊]
3	2/26	パリ		徒歩等	OECD年次会議 [パリ泊]
4	2/27	パリ		徒歩等	OECD年次会議 [パリ泊]
5	2/28	パリ発	13:40	JL5054	
6	3/1	成田着	09:25		

3. 主な訪問先と対応者

訪問先	対応者	住所
OECD Conference Centre	OECDトラクターコー ド・スキーム事務局	2 rue Andre Pascal 75016 Paris, France

4. 調査結果の概要

1) 年次会議

(1) 期間

平成25年2月26日～2月27日（2日間）

(2) 場所

OECDコンファレンスセンター第4会議室（パリ市、図1～4）

(3) 出席者内訳

17か国＋2カ国（オブザーバー参加）＋4組織（EC、ISO、CEMA、UNESCAP）

(4) 年次会議の概要

OECD（経済協力開発機構、本部パリ）では、各国間での生産物の輸出入を促進するため、加盟国間で結果が互換性を有するような共通の試験方法（標準コード）を定めている。OECDコードはその1つであり、現状では9コードから構成されている（表）。

年次会議は、コードの改正、新設および廃止並びにOECDコード・スキーム事務局（以下、

事務局)の活動方針等を審議・決定する会議であり、毎年1回開催される。

会議の参集者は、各国の試験機関、認証機関等の代表者、関係国際機関、OECD調整センター(以下、調整センター)並びに事務局である。このうち、調整センターはOECDコードで実施した試験成績の承認に関する実務を行う機関であり、現在はイタリアのCENAMAがこれを務めている。



図1 OECD本部入り口外観



図2 OECD建物内部



図3 OECDコンファレンスセンター第4会議室



図4 会議場案内看板

表 OECDコード一覧

コード名	内 容
コード2	トラクタ性能試験
コード3	トラクタ用安全キャブ・フレーム (ROPS) 動的試験
コード4	トラクタ用ROPS静的試験
コード5	騒音試験
コード6	狭輪距トラクタ用前部装着ROPS試験
コード7	狭輪距トラクタ用後部装着ROPS試験
コード8	履带式トラクタ用ROPS試験
コード9	テレハンドラ用ROPS/FOPS試験
コード10	トラクタ用落下物防護構造 (FOPS) 試験

(5) 議事要旨

①開会挨拶

事務局長による開会宣言が行われた。また、年次会議の議長は昨年引き続きシレッリ氏（トルコ）であり、同議長より挨拶がなされた。

②役員を紹介

役員が紹介され、議長にトルコのDr. ハサン・シレッリ、前期副議長に伊のDr. サンドロ・リベラトリ、後期副議長に仏・ティエリー・ラングル氏が確定した。運営は、議長1名、副議長2名、事務局、調整センターならびに作業技術部会の議長から構成される。

③日程案「TAD/CA/T/A(2014) 1」の採決

二日間の会議の日程案は、多少の変更を加えた上で了承された。事務局より、検討を要する重要議案については予定を前倒しにして時間を増やして討議し、その他の採決が決まっているようなものについては後回しにするなどの変更を行ったことの報告があった。

④事務局会議の最新情報

2013年2月27日に行われた事務局会議の最新情報についての報告がなされた。ここでは、事務局の重要な戦略として加盟国を増やすことについての会議が行われていることが紹介された。また、次期副議長の選出や作業技術部会の日程、テストエンジニア会議の候補国についての現状と検討依頼があった。

⑤2013年の各会議の要約と採決

2013年に開催された各会議における要約の紹介と採決があった。

⑥テストエンジニア会議の紹介

2013年11月に伊のCENEMAが主催したテストエンジニア会議についての紹介（4カ所の試験場所でのOECD一部テストコードのデモの様子ほか）があり、さらに同エンジニア会議において収録されたOECDテストコードのPVを視聴した。事務局からは、このようなPVの重要性について補足説明があった。

⑦事務局の活動報告

- ・2013～2014年の活動および会計報告
- ・2014～2015年の活動方針および予算案

以上について報告が行われた。

⑧新オブザーバー参加国と申請国の紹介

今回初オブザーバー参加のメキシコとスロバキアへの歓迎の挨拶があった。ウクライナからは政情不安による参加見送りに対する謝罪があった。スロバキアはかつての加盟国であり、一度脱退はしたが再加盟を考えている旨の発言があった。

⑨OECDテストコード2014年版の修正点

事務局より、OECDテストコード2014年版の修正点について説明があり、2014年7月1日に新テストコードをリリースしたことが報告された。修正点は以下の通り：

コード2

- ・コード5の騒音データをコード2のテストレポートに記載すること
- ・けん引試験時の燃費のオプションテストについて

コード4

- ・縦方向負荷、垂直基準面の明確化
- ・新しい図

コード10

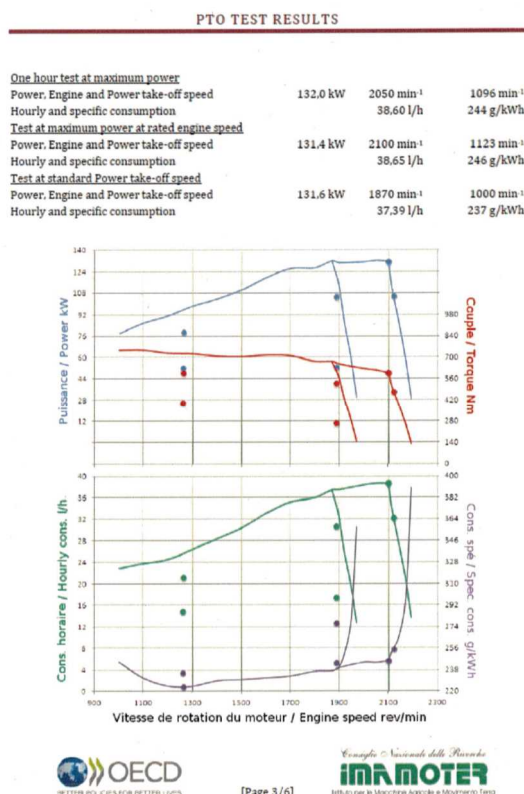
- ・わずかな修正

ROPSコード

- ・シートベルトアンカー試験方法明確化
- ・新しい（寸法）公差

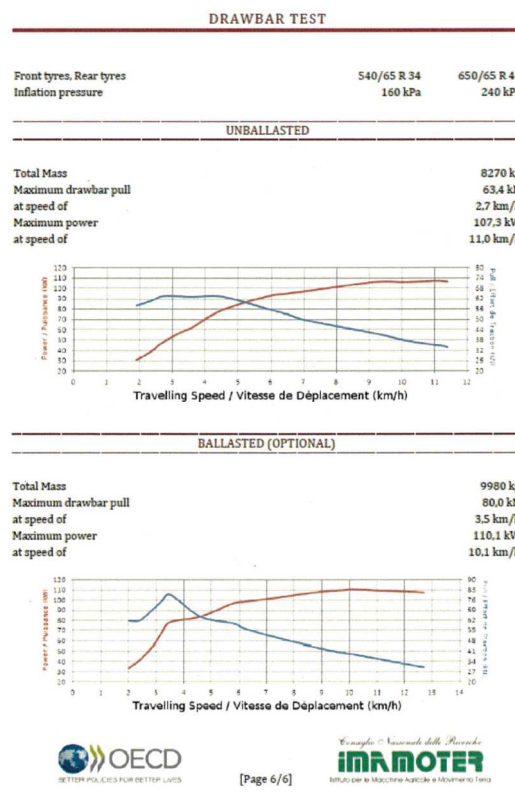
⑩コード2のテストレポートの新様式について

- ・エンドユーザーへの更なる情報提供を目的としたグラフとデータの追加（必須試験のみ）
- ・フィルター再生中の燃料消費と尿素消費の情報を含める（米国より異議あり、討議の未決定）



[Page 3/6]

図5 PTO性能曲線図



[Page 6/6]

図6 けん引性能曲線図

⑪環境保全・省エネアンケート

OECDトラクタコード加盟各国へ配布され、昨年9月30日を回答期限とした、各国の環境保全や省エネに関する考え方及び取り組みを問うたアンケートの結果の概要が公表された。各国とも環境保全や省エネの重要性を認識しており、殆どの国では排出ガスの値を計測し、排ガスに関する規則があるが、公的にトラクタにもエネルギー効率に関する規則を設けて実施しているのは中国、韓国とスペインのみであった。殆どの国では重要性を認識しつつも明確な測定方法や基準を設けていない。米国からは自動車業界で一度省エネ制度の設立を試みたが、各社の競争の結果、全く現実を投影しない散々な結果に終わったとの報告があった（米国のトラクタへの適用を疑問視する姿勢を表すものである）。各国は、より詳細な省エネに関する報告を2014年4月中旬までにOECDに返送するように求められた（その内容は、2014年11月の作業技術部会にて討議される予定である）。

⑫コード5の更新

仏から、現在のコード5によるオペレータの耳元騒音測定はトラクタキャブのフィルタリングシステムやエアコンをオフに行っていることについて提案があった。即ち、これらの装置がオンの状態では耳元騒音は格段に大きくなると推測され、オペレータはフィルタリングシステムを使うことをやめてしまう可能性がある。そこで、このことについて2年間分科会を設け、調査研究の後加盟国に討議してもらうことの提案があり承認された。分科会は伊、トルコ、独、オーストリア、仏、調整センター・事務局をメンバーとする。

⑬FOPSに温度変化が与える影響

デンマークより、温度変化がFOPSに与える影響に関する実験の結果報告があった。FOPSに使われるプラスチック素材と、試験前のFOPSの冷却時間について様々な討議があったが、結果として本実験は今後も続行し、6月の分科会で結果を公表することとなった。

⑭コード8の適用範囲の明確化

コード8を適用する履帯の定義について、仏より、コード8に「無限軌道により自走・方向転換する」の一文をつけるよう提案があり、承認された。

⑮コード7の適用範囲に履帯車を設けること

仏より、コード7の適用範囲を最新のものにし、さらに車輪の代わりにゴム履帯を装備することについて記載してあるコード4との整合性をとることについて提案があった。これについて、CEMAからも同意と、さらにコード6についても同様に最新のものにすべきであるとの提案があった。これらは全て承認された。

⑯折りたたみROPSに関する提案について

仏より、コード6の折りたたみROPSにオプションテストを含めることに関する提案があった。キーポイントは「適用範囲」、「コード6の適用範囲におけるトラクタに装着する前部折りたたみROPSのデザイン」、「立っているオペレータにより上下できること」、「人

力もしくは自動でロックできること」、「装着方法」、「コード6に含めるオプションテスト」、「人間工学的考察」であった。

EC（欧州委員会）代表部は、OECDによる実験や調査に感謝しつつ、本件はOECDにとってはオプションテストであっても、EUレベルでは強制試験となることを説明した。これに対しCEMA（欧州委員会農機メーカー組合）からは、OECDコードとEU規則はできる限り整合性がとれているものであるべきとの発言があった。独からは、ブドウ園で問題が発生していることは認識しつつもROPSが展開されている時の問題は単純でなく、もしオペレータが正しい位置になくROPSを正しく取り扱わない場合、オペレータが致命傷を負いかねず、それゆえ承認前にもう少し検討の時間が欲しいとの依頼があった。米国からは、負荷限界と「耐久性」という言葉の定義について異論があった。

独、仏、伊、米国、調整センター及び事務局は揃って本件の作業技術部会のメンバーであり、これまで幾度も討議を重ね、メールをやりとりし、承認を前提とした報告書を共に作成して来たため、仏と伊は、独と米国の年次会議における突然の変心に驚愕していた。

長い討議の結果、米国は言葉の定義を微修正することで仏・伊と合意に至った。CEMAは、物事には常に改良・改善の余地があるが、本件に関し、EUレベルでは全加盟国がOECDで提唱された人間工学的アプローチに従うことを既に承認している、との「念押し」があった。またCEMAは独に対しても、本件は独国運輸省が既に納得し、OECDコードとEU規則の整合性を取ることを承認していることを示唆した。それゆえ、独代表はECや自国運輸省と討議をすることとなった。独は、現段階では「限定された条件のもとで承認する」とし、本件は独が自国の状態と考えを説明した報告書を用意し加盟各国に配布の上、次回年次会議でもまた討論されることとなった。

結果として、本会議で提出された折りたたみROPSに関する提案は、米国、仏および伊からの微修正を加えた上でいったんは承認されることとした。ただし、独からの要請により、次回2015年次会議でも、以下のことが討議される：

- ・ 範囲
- ・ オプションテスト
- ・ 他の国際組織との共同作業について
- ・ 可能な限りの技術的改良

⑰ラベリングに関する提案

事務局は、OECDラベリング（OECDマーク）について、以下の要件を条件とした：

- ・ OECDラベルはオプションであり、少なくとも以下の情報を記載してあること
- ・ OECDに関する記述
- ・ OECD承認番号
- ・ ラベルは耐久性があり、保護構造物の読みやすい位置に永久的に貼付してあること

⑱OECDテストコード研究センター

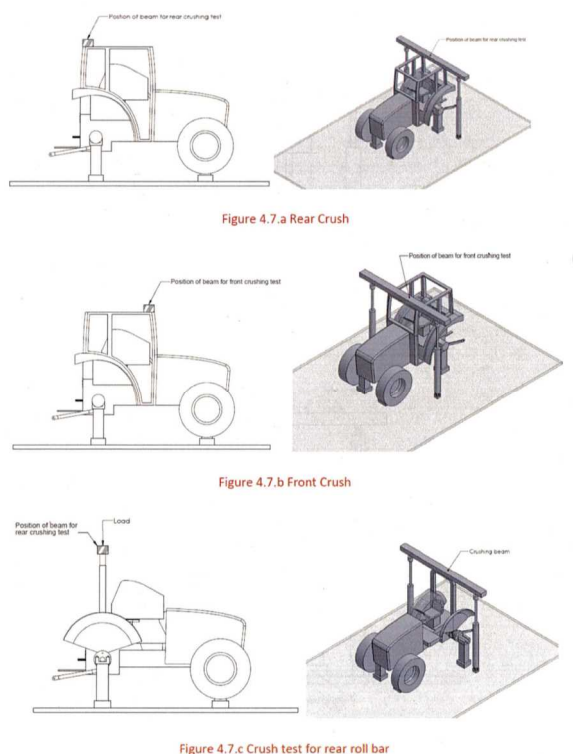
資料はないが、議長より本件について演説があった。即ち、これまでOECDテストコードに問題提議があった場合、「ボランティアで」いくつかの国を技術部会メンバーとし、そ

れをもって各種試験・実験を行ってもらい、その結果をテストコードに反映させてきた。このシステムは現在までは何とかうまく通ってきたが、高度な研究を継続し続けるにはそもそも十分な予算が必要な話であり、従って一つの可能性として専門の研究センターを立ち上げ、そちらで技術部会や年次会議で提議された問題と取り組むのはどうか、というものである。これに対し、米国から、研究センターの具体的な設立場所について、一カ所に決めるのは困難であり、また分散させるのもよくない、ということ、OECDは現在のシステムで既に十二分にその役割を果たしている（従って新たな組織は必要ない）ということなどから反対の声、伊からは別の方法を探した方がよいのではないかと、という声があがった。

これに対し、独からは、予算獲得が必要であれば、可能性の一つとして「ホライズン2020」（欧州議会が昨年末に採択した、研究開発・イノベーション促進のための新たな基本計画）があるのではないかと提案があった。しかし伊からは「ホライズン2020は、食料安全や環境に関しては予算を組むが、「オペレータ安全」にはあまり金を出さないだろう、ホライズン2020から得られる予算は微々たるものであろうとの発言があった。

議長は、これまでオペレータの安全が軽視されてきたことに言及し、今後オペレータ安全にも予算が出るよう、依頼を続けることと、これまでの試験や技術部会は、各試験センターの「個々人の力」に依るところが大であることのマイナス点について言及した。即ち、これまでの試験や実験、OECD活動は、活発でやる気のある個人に依存するところが大きく、当人が退職もしくは辞職した場合、活動はそこで止まってしまうがちなことである。従って、組織として技術やノウハウを継続していける必要があると述べた。韓国は、東アジアの国々は、議事の重要性は認識しているが、ヨーロッパでの会議への出席には距離的・予算的に限界があるので、考慮を求める旨発言があった。本件は、引き続き議論を続けることとし、議長と事務局が提案書（仮）を5月初旬に加盟各国に配布し、6月の技術部会で引き続き討議されることとなった。

⑬コード4の図（ROPS）の修正



トルコ・米国より、最近のトラクタや試験手順を反映したコード4の新しいROPSの図について提案があり、承認された。

図7 (上) 後部圧壊試験
(中) 前部圧壊試験
(下) 2柱式ROPSの圧壊試験

⑳振動テストに関する報告

調整センターより、トラクタに新たな振動試験を加えることについて、伊・トレヴィーリオでの予備試験結果を交えて報告があった。本件は米国から強い反対意見があり、英・独からも一部疑問視する声があがったため、引き続き調整センターとトレヴィーリオセンターが実験を行い、6月の作業技術部会で報告することとなった。

㉑調整センター報告

調整センターから活動報告があった。加盟国からは374件の承認依頼があり、コード2、コード4、コード10が最も多かった（それぞれ全体の17.4%、48.9%、17.1%）。最も活発なのは伊国で、全体のレポートの40.3%を占めた。次に米国・中国がそれぞれ15.9%、14.8%の割合で提出している。その他、他団体会合への出席や交わしたメールの件数等2013年の活動について報告があった。

㉒認証試験に関する国家的動きについて

特に報告はなかった。

㉓新たなメディアの導入について（ビデオ、カタログ、チラシ等）

事務局より、OECDの業務とトラクタテストコード業務を視覚的に分かり易いものにする必要性から、新たにビデオやカタログ・チラシを作成した旨の報告があった（PVは前日視聴済み）。ビデオは、各国言語による吹き替えが少しずつ行われている。

㉔国際協力

事務局より他団体（CEMA、UNESCAP、FAO、EC、ISO、メーカー、農業者団体）との協力関係について説明と謝辞があった。

㉕2014～2015年の会議スケジュール

- ・ TWG会議は2014年6月4日～6日にトルコ・アンカラ、11月11日～12日に伊・ボローニャで開催される予定
- ・ 次回の年次会議は2015年2月26日～27日に、OECD本部で開催される予定

㉖その他

OECDテストコード2015年版の早期出版について、ECから要請があり、7月1日にリリースすることとなった。また、第18回テストエンジニア隔年会議は、2015年に米国・ネブラスカで開催される予定となった。

㉗議事案の採択

事務局より、本年次会議の議事について提案があり、異議なく承認された。

5. 収集資料等

- ・ 2014年年次会議議案書
- ・ 2014年版OECDコード（冊子）

Ⅱ. 生育計測技術に関する調査およびオランダスタディツアー参加

園芸工学研究部 (現 農研機構本部) 林 茂彦
園芸工学研究部 施設園芸生産工学研究単位 坪田将吾

1. 目的

現在担当課題において、RGB カメラやキネクトセンサ、TOF カメラを用いてイチゴ果実の計数、群落の形状測定の開発を進めている。本技術に関連して、ワーゲニンゲン大学が世界をリードしている、花数計数や葉の傾きなどの形質計測(Phenotyping)、苗などの三次元形状計測、光合成機能診断計測技術など、最先端の研究開発状況を調査する。また、フランスの大規模イチゴ生産者 (Martailac、20ha) において生育・生産情報の利用について調査する。

2. 調査日程

平成 26 年 3 月 4 日 (火) ~ 3 月 11 日 (火) (8 日間)

日数	月日	都市名	調査先・調査内容	摘要
1	3/4 (火)	Narita Amsterdam	移動	航空機 バス、鉄道 Wageningen 泊
2	3/5 (水)	Wageningen	計測技術調査	移動 (鉄道)、Delft 泊
3	3/6 (木)	Bleiswilk	スタディツアー (要請)	Hague 泊
4	3/7 (金)	Wageningen	スタディツアー (要請)	Hague 泊
5	3/8 (土)	Hague Casteljaloux	移動 Amsterdam (蘭) →Bordeaux (仏)	鉄道、航空機 Casteljaloux 泊
6	3/9 (日)	Casteljaloux	イチゴ施設調査	Casteljaloux 泊
7	3/10 (月)	Casteljaloux	移動 Bordeaux (仏) →Amsterdam (蘭) →Narita	航空機
8	3/11 (火)	Narita	移動	航空機

3. 主な訪問先と対応者

訪問先	対応者	住所
Wageningen UR (Wageningen)	Dr. Jan Bontsema	6708 PB Wageningen
Wageningen UR (Bleiswilk)	Dr. Silke Hemming	2665 ZG Bleiswilk
GreenQ	Arcro van der Hout	Violierenweg 3 NL 2665 MV Bleiswilk
Martailac	Jacques BERTRAND	Lacarrere - 47430 SAINTE - MARTHE - France

4. 調査結果の概要

1) ワーゲニンゲン大学 (Wageningen)

スキポール空港の南東に位置するワーゲニンゲン大学 (図 1) を訪れ、①植物のクロロフィル蛍光反応を利用した生育診断技術 (Dr. Henk. Jalink)、②鶏卵の自動収集ロボット (MSc. Bastiaan Voregindewij)、③CROPS プロジェクト (Dr. Jochen Hemming) の研究紹介を受けた。また、生研センター施設研の研究課題のうち、定置型イチゴ収穫ロボットおよび生育情報診断技術についてのプレゼンテーションを行い、カラー情報と距離情報の重ね合わせ方法や距離情報の取得方法等について意見交換を行った。



図 1 ワーゲニンゲン大学

①の生育診断技術 (図 2) は、LED 照射前と照射後のクロロフィル蛍光強度の差を画像処理によって診断することで、目視やカラー画像のみでは判断が難しい兆候を検出する技術であり、研究例が数多くある葉の初期の病気やストレス診断だけでなく、収穫後の果実の鮮度、種子の発芽状況等を診断する研究が行われている。実際のフィールドで診断する際に問題になるであろう太陽光の影響について質したところ、太陽光の 5 倍の強さの LED 光を照射して計測するため問題にならないとのことであった。

近年のオランダの養鶏施設では、1%の鶏卵がコンベヤで自動収集できず地面に残る。残った鶏卵を人手で収集するための労働時間は、35,000羽の飼育を行っている場合で1日2時間である。②の鶏卵収集ロボット (図 3) は、GPS によって自己位置を把握し、レーザー検出によって障害物を避けて施設内を自律走行する車両型ロボットで、画像処理によって鶏卵の検出を行う。鶏卵を拾い上げる機構は開発中である。



図 2 クロロフィル蛍光反応計測装置

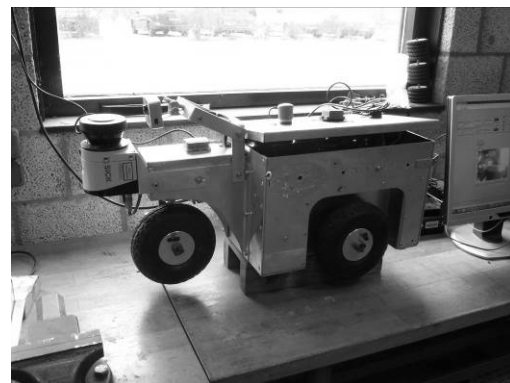


図 3 鶏卵収集ロボット

CROPS プロジェクトは、欧州委員会の第 7 次枠組みプロジェクトのうちの一つで、パプリカの自動収穫ロボットを中心に研究が進められている。10 カ国 14 機関が参加しており、研究開発期間は 2010~2014 年、予算は 1,020 万€である。開発中のロボットは、図 4 のような外観で、収穫動作の実演が行われた。収穫対象果実までのマニピュレーション経路の決定に、カラーカメラと TOF 距離画像センサを組み合わせ使用されていることが特徴的であった。また、関連する最新

の研究事例として、パプリカ栽培で使用しているサポートワイヤと収穫ロボットの接触を回避する手法が紹介され、画像処理によるサポートワイヤの検出精度は、太陽光が強い時 (330–880W/m²) で 74%、弱い時 (140–330W/m²) で 94%程度であった。なお、パプリカ収穫ロボットは、マニピュレータを交換することでリンゴやブドウ収穫機としても使用できるよう開発が進められている。

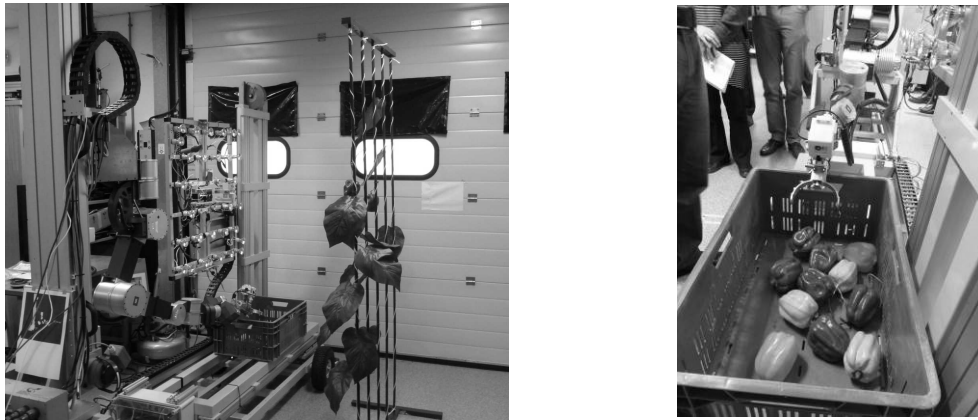


図4 パプリカ収穫ロボット

その他、株間識別除草機やブロッコリーの選択収穫等のマシンビジョンを用いた研究や、温室の環境制御モデルについての研究紹介があった。環境制御モデルの研究では、熟練した生産者とモデルによる自動制御を比較するなど、新しい試みが行われていた。

2) ワーゲニンゲン大学 (Bleiswijk)

Bleiswijk のワーゲニンゲン大学施設園芸部門において、Dr. Silke Hemming および Jan. Janse 氏から大学の概要と施設園芸部門の研究内容について説明を受け、栽培試験を実施している施設を見学した。Bleiswijk 拠点では、主に栽培を伴う実践的な研究を行っており、労務管理、省エネルギー環境制御、水の有効利用、生産性の向上および持続可能な生産等を研究の柱にしている。特に、生産性向上技術について、オランダでは、「光量が1%減ると収量も1%低下する」と言われており、光に関する研究が目立った。温室内に侵入する直射光を散乱光に変換する温室資材のコーティングや、LED を用いた群落内補光栽培 (図5) が、最新の実証栽培試験事例である。ともに吊り下げ式栽培の下段の葉に代表される光の届きにくい群落内の光合成を促進する。収量向上や早期生産に効果が見込まれ、近い将来に生産者への普及が進むことが期待されている。また、LED 光を用いた他の研究例として、トマトの果房部分のみを照射することによってビタミンC等の機能性向上を図る研究も見られた (図6)。その他、果菜類以外にも、レタスの養液栽培 (floating system) の実証が行われている。オランダのレタス生産量は低下傾向にあるが、土耕栽培が多くを占めているため、今後養液栽培の導入が進むことによる生産量の増加が期待されている。



図5 トマトおよびイチゴの群落内補光



図6 果房へのLED照射

3) 大規模トマト生産施設 (図7)

ワーゲニンゲン大学施設園芸部門訪問後、大規模トマト農家を視察した。この生産施設は、2区画で計26haのトマトを栽培しており、収量は64kg/m²である。作業者は畝間に敷かれたレール上を走る台車に乗って作業を行う。作業時には、畝端に設置された端末で作業者IDや作業名を入力して労務管理が行われている。選別、箱詰め作業も同施設内で行われており、栽培作業同様に労務管理が行われている。また、オランダの温室では、CHPシステムが主流であるが、天然ガスの高騰等に起因して自然エネルギーの利用が進んできている。この施設では、65℃の温泉を利用した地熱発電によって施設内電力を賅っている。



a) 施設内の様子

b) 労務管理用の端末

c) 調製作業

図7 大規模トマト生産施設

4) GreenQ

Bleiswijk のワーゲニンゲン大学園芸部門に隣接したGreenQ (図8) を訪問し、コンサルタントのAcro van der Hout氏に会社の概要について説明を受けた。オランダの施設園芸は、生産者が補助金に依存しない産業として成り立っており、その最大の要因と考えられるのが、ゴールドントライアングルと呼ばれている産学官連携がスムーズに回る仕組みである。GreenQは、実証試験施設(110,000m²、improvement centre)を持つ栽培コンサルティング会社であり、最新の研究を用いた実証試験の場を生産者グループや民間企業に提供することで、オランダの園芸業界における産学官連携に重要な役割を果たしている。また、参加者のニーズやレベルに合わせた農業研修の実施等も行っている。



図8 GreenQ

5) 大規模イチゴ施設

フランスのボルドーから南東へ100km程度離れたカステルジャルーに宿泊し、Jacques Bertrand氏が経営する大規模イチゴ生産施設(Martailac、図9)を視察した。経営面積は20ha(7ha、8ha、1ha×5棟)で、1,000tを生産している。25年前に高軒高ハウスでトマト養液栽培をはじめ、徐々にイチゴに切り替え2009年からはイチゴ専作となっている。売り上げは10,000€/ha、養液栽培のイチゴ生産ではフランス最大であるという。生産規模を考えるとフランスのおよそ2%を占める会社である。従業員は180名で、時給は税金も含め13€かかっている、このうち8€は作業者の給

与、残りが税金等である。Martailac のメイン品種は、ベルギーやオランダ、英国などの緯度の高い地域の主流品種であるエルサンタではなく、Gariguette というで一季なり品種で出荷の 8 割を占める。他に四季なり品種 Charlotte や Cirafine なども栽培している。栽培方法は吊り下げ式高設栽培（畝間 1.06m、高さ 1.38m 程度）、栽植密度は 11.3～12.5 株/m²で、収量は 5kg/m²、平均の出荷価格は 6.5～7€/kg である。年間の収入は 40€/m²、生産コストは 25€/m²であり、作業者のコストが大きい。作業者の収穫能率は 6～20kg/時（平均 13kg/時）で、エルサンタを栽培するオランダの 20kg/時とくらべると劣る。この違いは品種や栽培方法のほか、出荷形態が 16 種類ほどに分かれている煩雑な出荷方法に起因している。

また、今回の調査の趣旨である生育情報の管理については、経営者が一部の生育情報を目視で確認することで全体を推測する、または、収量情報から生育状態を推測しており、センサの導入や自動計測システムの導入等は見られなかった。



a) 施設の外観



b) 施設内の様子



c) 作業台車



d) 冷蔵庫内に保存されたイチゴ

図 9 イチゴ生産施設 (Martailac)

BERTRAND 氏の紹介で、カステルジャルーの東に位置するアジャンのイチゴ栽培施設（図 10、Earl de pesquie）に訪れた。天窗にソーラーパネルを設置した大型温室で、今作よりイチゴ栽培を始めた会社である（経営者：Tovo Eric）。ハウス規模は 2ha（3 棟：1ha、0.5ha、0.5ha）で、品種 Gariguette のほか Ciflorette を栽培する。建設コストは一般のハウスは約 100 万€/ha であるのに対し、ソーラーパネル付きは約 200 万€/ha と 2 倍である。栽培ベッドの方向は東西ベッドで、これはできるだけ太陽光入射のムラを少なくするためというが、かなりの生育差が生じるように思われる。



図 10 ソーラーパネルを設置したイチゴ施設

5. 収集資料

- 1) Wargeningen UR Greenhouse Horticulture、ワーゲニンゲン大学パンフレット
- 2) Greenport Westland-Oostland: an essential choice

Ⅲ. 国際学会および大学での講演と中国における接ぎ木の現状調査

基礎技術研究部 バイオエンジニアリング研究
主任研究員 吉永 慶太

1. 目的

ISHS (International Symposium on Vegetable Grafting) に参加し、日本における接ぎ木ロボットへの要望についてポスター発表するとともに中国における接ぎ木の現状調査を行う。また、Northwest A&F University にて日本の接ぎ木事情について講演する。

2. 調査日程

平成 26 年 3 月 17 日～25 日 (9 日間)

日数	日付	都市名	摘要
1	3/17 (月)	成田発→上海経由→武漢着	移動日(飛行機利用)[武漢泊]
2	3/18 (火)	武漢	ISHS International Symposium on Vegetable Grafting [武漢泊]
3	3/19 (水)	武漢	ISHS International Symposium on Vegetable Grafting [武漢泊]
4	3/20 (木)	武漢	ISHS International Symposium on Vegetable Grafting [武漢泊]
5	3/21 (金)	武漢	ISHS International Symposium on Vegetable Grafting [武漢泊]
6	3/22 (土)	武漢発→西安着	移動日(飛行機利用)[西安泊]
7	3/23 (日)	資料整理	移動日 [楊凌泊]
8	3/24 (月)		Northwest A&F University 講演および調査 [西安泊]
9	3/25 (火)	西安発→上海経由→成田着	移動日(飛行機利用)

3. 主な訪問先と対応者

訪問先	対応者	住所・連絡先
College of Horticulture & Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University	Prof. /Dr. Zhilong Bie	No. 1, Shizishan Street · Hongshan District · Wuhan · Hubei Province · 430070 · P. R. China Tel: (008627) 87281181 Fax: (008627) 87396057
Northwest A&F University	Prof. /Dr. Cui Yongjie	Yangling, Shaanxi, China 712100 TEL&FAX: 0086-29-87081557



図 1 中国訪問先行程

4. 調査結果の概要

1) ISHS International Symposium on Vegetable Grafting

平成 26 年 3 月 17 日～21 日に中国武漢にて開催された第 1 回 ISHS 野菜接ぎ木国際シンポジウムに参加した(図 2)。口頭 39、ポスター 82 課題の発表があり、著者も「日本における接ぎ木ロボットへの要望」についてポスター発表を行った(図 3)。多くの質問は現在のウリ科野菜用接ぎ木ロボットの利用方法や価格であった。また、接ぎ木ロボットに求

める要件はオートメーション化することによる労働力の削減ではなく、労働人数を確保しつつ能率を向上させることであるとの意見もあった。特にこれから需要が増大する日本、韓国以外の地域で普及を考えた場合、低価格化はもちろんであるが、作業員一人一人が利用できて(失業させることなく)生産能力を向上させる機械の開発が望まれるとの意見を頂いた。同じ会場には韓国製の半自動接ぎ木ロボットが展示されていた(図 4)。以前から販売されている半自動タイプのものであったが、以前より部品等が洗練されている印象を受けた。シンポジウムで講演された口頭およびポスター発表の 121 課題のうち、特に中国における接ぎ木の近況を以下にとりまとめて紹介する。

(1) 中国の野菜生産の状況

中国では野菜の消費が年々増加しており 2009 年において 1 人あたり 300kg/年(900g/日)にも及ぶ。日本では、1 人あたり 90kg/年(266g/日、2011 年)であり、3 倍以上もの消費量がある。さらに国として 2020 年には 1 人あたり 400kg/年を目標としており、野菜の需要は今後さらに増加すると思われる。中でも接ぎ木栽培技術は連作障害、低温耐性、塩害への耐性、収量向上の手段として近年増加の一途をたどっている。



図 2 オープニングセレモニー



図 3 ポスター発表



図 4 韓国製半自動接ぎ木ロボット

(2) 中国の接ぎ木の歴史と近況

中国の接ぎ木は歴史が深く、最初に記載があるのは紀元前 1046 年～771 年の西周王朝時代の柑橘の接ぎ木とされている。その後、野菜接ぎ木苗の研究や商用利用は 1970 年代から始まり、野菜栽培の普及拡大につながっている。現在中国では野菜接ぎ木苗は 160 億本利用しているとされている。しかし、その割合はスイカ 40%、メロン 20%、キュウリ 30%、トマト 1%、なす 15%、ピーマン 1%程度で有り、今後ますます普及することが確実視されている。下表に中国でも最も野菜生産の盛んな山東省の接ぎ木の状況を示す。山東省には 360 あまりの苗生産業者があり、年間 70 億本の接ぎ木苗の生産能力がある (2012)。

表 山東省の接ぎ木苗利用状況 (%)

作物	接ぎ木 (施設)	接ぎ木 (露地)	苗生産 (業者)	苗生産 (農家)
スイカ	95	90	50	50
メロン	20	5	90	10
キュウリ	95	60	90	10
トマト	5	1	85	15
ナス	80	25	80	20
ピーマン	5	1	80	20

中国全体では 3,000 の苗生産業者がいるとされているが、年間の野菜苗の需要は 4 千億本であり、接ぎ木苗の供給は全く追いついていない状況である。一方、接ぎ木苗生産は労働集約的であり、近年急速に労働コストが増大している。そのため、労働生産性を高め、接ぎ木に関連した施設・設備の開発普及する方法と労働コストを低下させる方法は近い将来の大きな問題となる。

(3) 武漢市内の苗生産業者

テクニカルツアーとして武漢市内の Wuhan Weierfu Biological Technology Co., Ltd を訪問した (図 5)。Wuhan Weierfu Biological Technology Co., Ltd. は Wuhan institute of agricultural science と Wuhan Duobeiti Biological Technology が共同出資した農業科学技術企業である。野菜や花、あらゆるグレードの鉢花の生産等と温室の設計・製作や庭園の資材販売を行っている。



図 5 Weierfu Biological Technology Co., Ltd



図 6 韓国製半自動接ぎ木装置を用いた接ぎ木風景

この企業の接ぎ木生産設備は Wuhan Agricultural Ecological Park にあり、120 エーカー (49ha) の敷地面積であり、40,000m² の環境制御された温室と 4,000m² の組織培養温室、4,000 m² の育苗温室から構成されている。年間 20 億本の苗生産をしており、うち 50 万本が花の鉢植えである。なお、接ぎ木は年間 1 億本生産しているとのことであった。土詰め、灌水、鎮圧、覆土を自動で行う装置、韓国製の半自動接ぎ木装置も所有していた (図 6)。半自動接ぎ木装置については実演していたが、1 分に 3 本程度の能率であり、使いこなしているとは言えない状況であった。基本的には人手で刺し接ぎを行っているようであった (図 7)。スイカの手接ぎでは穂木をスプラウトのように育苗し、台木の茎頂部を残して挿し接ぎを行い (図 8)、残った茎頂部は活着後に掻き取っていた。この方式を用いることによって 1 本あたりの接ぎ木時間を大幅に短縮しているとのことであった。ただし、活着した接ぎ木苗の品質は日本の基準には合格しないような不均一なものであった。



図 7 手接ぎの様子

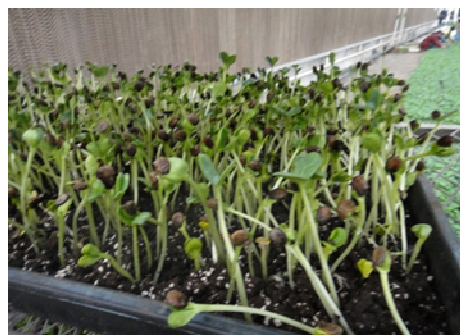


図 8 穂木の様子

2) Northwest A&F University 講演

Northwest A&F University において、「日本の接ぎ木ロボット事情」について講演を行った。質疑応答は、装置の価格や利用条件等の基本的なものから、装置開発のポイント、育苗技術、日本の接ぎ木状況に対する質問など多岐にわたった。



図 9 講演の様子

5. 収集資料等

- 1) 1st ISHS International Symposium on Vegetable Grafting program and abstracts
- 2) Wuhan Weierfu Biological Technology 資料
- 3) Huazhong agricultural university 資料
- 4) Auto seedling system & grafting robot (helper robotech 社)資料

IV. 第 9 回日韓研究交流セミナー

評価試験部	次 長	八谷 満
	原動機第 1 試験室 室 長	藤井桃子
	安全試験室 室 長	塚本茂善
	作業機第 2 試験室 研究員	山崎裕文
基礎技術研究部	安全人間工学研究 主任研究員	積 栄

1. 目 的

日韓研究交流セミナーは平成 22 年 6 月に生物系特定産業技術研究支援センター（以下、生研センター）と大韓民国農村振興庁農業科学院農業工学部との間で締結した「農作業安全・事故防止に関する研究協定」に基づいて実施されたものであり、農業機械の安全性向上のための研究を共同で推進することを目的として開催された。

2. 調査日程

平成 26 年 5 月 26 日～30 日（5 日間）

月 日	都 市 名	時 間	交 通	摘 要
5/26(月)	東京（羽田）発 ソウル（金浦）着 （水原市泊）	12:20 14:35	JL5235	移動 研究交流セミナー打合せ
5/27(火)	水原市滞在 （水原市泊）			研究交流セミナー
5/28(水)	水原市→華城市郊外 →水原市 （水原市泊）		車	共同研究打合せ会議 現地農家（果樹作等）及び農 機ディーラー訪問
5/29(木)	水原市→ソウル （ソウル泊）		車	KOEX(Advanced Auto Tech Korea 2014) 視察（→主催者側 の開催延期により視察中止）
5/30(金)	ソウル（金浦）発 東京（羽田）着	12:05 14:15	JL092	移動日

3. 主な訪問先と対応者

月 日	訪 問 先	対 応 者	住 所
5/26, 27, 28	農業科学院農業工学部	Mr. Byounggap Kim	京畿道水原市勸善区水仁路 150
5/28	華城市郊外の果樹農家及 び農機ディーラー	Mr. Byounggap Kim	京畿道華城市
5/29	KOEX(Advanced Auto Tech Korea 2014)	Mr. Byounggap Kim	ソウル特別市江南区三成洞 159

4. 調査結果の概要

1) 日韓交流セミナー

農業工学部 2 階の第 9 セミナー室にて開催された。参加者は、韓国側が農業工学部、農業技術実用化財団から十数名、日本側が八谷評価試験部次長ほか 4 名であった。セミナーの開催にあたり、農業工学部の李部長より挨拶があり、八谷次長からはセウォル号に関し追悼の意を表した上で、農作業の安全性、共同セミナーの有用性、セミナー開催のお礼などについて発言があった。今回のセミナーでは日本側より 3 課題、韓国側より 2 課題についてそれぞれ報告を行い、質疑応答を行った。概要は以下の通りである。

(1) 農業機械等による事故の詳細調査・分析手法の研究

(生研センター 積 栄)

まず、先に行った「乗用トラクタおよび刈払機事故の詳細調査・分析手法の研究」(2011)において、各自治体での詳細調査の現状と問題点を把握し、乗用トラクタと刈払機の詳細調査票と詳細分析手法を開発したことについて報告し、その後の取り組みとして行った①本成果を使った詳細調査と詳細分析、②分析結果に対するリスクアセスメント、③過去分を含めた調査結果のデータベース化と集計、④他機種等への展開の可能性、⑤詳細調査・分析にあたっての課題整理について報告した。質疑応答では、日本における死亡・負傷事故のデータ収集状況や詳細分析手法などについて韓国側から質問があり、非常に関心が高かった。



図 1 生研センター 積 栄

(2) 2013 農業機械安全事故の実態調査結果

(国立農業科学院 農業工学部 Byounggap Kim 氏)

事故を軽減するための制度的、機械的、教育的対策の樹立への活用を目的に韓国で行われている農業機械の事故実態調査について報告が行われた。韓国では 2 年周期で調査が行われ、農作業事故については 11 市道 300 自治体への標本調査となっている。また、農作業事故の調査方法は現地面接で、調査対象は調査時点の前年度に人的・物的被害が発生した農業機械の事故となっている。報告では機種別の事故頻度、年齢別の事故発生率、事故の発生場所、事故形態、事故原因などについて説明があった。報告後、韓国における事故原因の分析方法や死亡事故件数がどのくらいであるのかなどについて質疑応答がなされた。



図 2 農業工学部 Kim 氏

(3) 乗用トラクタの片ブレーキ防止装置の開発

(生研センター 塚本茂善)

2011 年～2013 年度にかけて実施した安全緊プロ「乗用トラクタの片ブレーキ防止装置の開発」について報告した。報告では、開発の背景・目的に続き、開発途中で検討を行った右足解除方式、左足解除方式、3ペダル方式、左手解除方式について紹介した。また、その後改良と操作方式の絞り込みを行った最終試作機について説明を行い、2014 年度以降、対応可能な新製品から標準装備される予定であることを紹介した。韓国側からは、新しく装置を搭載する際のコストや安全鑑定基準への影響、特許などについて質問があった。



図 3 生研センター 塚本

(4) トラクタの安全運転教育用シミュレータ

(国立農業科学院 農業工学部 Yu-Yong Kim 氏)

農業機械教育機関で活用できる農用トラクタの安全運転教育のための体験用教育システムを開発することを目的とした「トラクタの安全運転教育用シミュレータ」の研究について、報告が行われた。研究では、まず運転・操作装置の調査として、韓国国内 4 メーカーの 40 馬力級トラクタを対象に各種装置の位置、作動方式、作動状態の表示、操作力などについて調査を行い、システムの構成を検討したことが紹介された。



図 4 農業工学部 Kim 氏



図 5 シミュレータ外観



図 6 シミュレータの内部と体験の様子

開発したシミュレータは図 6 のようなものであり、キャビン内の前方、後方、左右に 4 画面を装備している。運転者は S 字コースや T 字コースといったコースモードや信号のある交差点や農道などで構成される道路走行モードを選択し、運転体験を行うことができる。

(5) 穀物乾燥機の省エネルギー評価試験法

(生研センター 山崎裕文)

穀物乾燥機の省エネルギー性能を型式間で公平に比較可能な評価試験方法について概説した。穀物乾燥機の消費エネルギーに大きく影響を及ぼすと考えられる乾燥開始時の籾水分や雰囲気温湿度は条件を揃え乾燥試験を行うことは困難であることから、乾燥試験で消費されるエネルギーをそのまま型式間の



図 7 生研センター 山崎

比較データとして用いることはできない。本評価試験方法では、乾燥開始時の籾水分の違いには消費エネルギーの評価区間を設定することにより、雰囲気温湿度の違いには基準となる温湿度を設定し、試験時との差に基づいて補正することにより、再現性の高いエネルギー消費量を求めることができる。型式間の比較が可能なエネルギー消費量を算出することにより、ユーザーが購入する際の有益な情報となり、省エネルギー性能の高い穀物乾燥機の普及に繋がるとした。また、本方法が「農業機械の省エネルギー性能認証表示制度」の公式試験方法として採用されたことを紹介した。韓国側からは、米の乾燥作業における CO₂ 発生量や試験結果の処理方法に関して質問があり、より具体的な説明を行った。



図 8 セミナーでの集合写真

2) 共同研究打ち合わせ会議

本会議では、今後の共同研究の方向性としてのテーマ拡大や、今後の研究者交流に関して、日程や対応者等の確認が行われた。また、前日に行われた日韓研究交流セミナーの内容についても意見交換を行った（図 9）。

(1) 農業科学院長表敬訪問

共同研究打ち合わせ会議に先立ち、農業科学院長 Dr. Chun Hyekyung と面会、名刺交換を行った。専門は食品科学という院長からは「5月という、最も過ごしやすく美しい季節の訪韓を歓迎する。韓国は、現在、セウォル号のことで、国家的に大変な危機を迎えている。今後は安全を一つの大きなキーワードとして、農業機械事故に対しても農村振興庁（RDA）を挙げて関心を払い、安全に気を配りたい。従って、今後も『安全』を基軸に日韓交流を進めていきたい。仕事は結局人間がやるもの、人と人とのつきあいが何より大切であり、研究交流は是非続けていき、様々な事象について、対話を続けていきましょう。今回のセミナーは9回目、来年は RDA が訪日する番である。これまでやってきたことの成果は、今後少しずつ現れてくるであろう。それを見ながら、今後の方向性について討議しましょう。」とのお話があった。その後農業科学館（リサーチ



図 9 打ち合わせ会議の様子



図 10 農業科学館見学の様子

ギャラリー) に立ち寄り、RDA で行われている多様な研究とその成果を見学した (図 10)。折から養蚕展や昆虫展も行われており、地元の小学校も見学に訪れていた。

(2) 次回日韓研究交流セミナーについて

次回の第 10 回日韓研究交流セミナーは、2015 年 5 月頃に日本の生研センターにおいて開催することを確認した。発表テーマについては、現在韓国側が予定しているのは「農業機械の危険性評価手法の開発」と「耕耘機の安全運転教育シミュレータの開発」であるとのことであった。開催形式については、今回同様実務者レベルでのセミナー形式とし、質疑応答などの研究内容に関する詳細な議論を中心としたものにすることを確認した。また、現在の研究協定が来年 12 月で終わるので、次回セミナーの時にその後の共同研究のあり方や研究テーマについても検討することとした。

(3) 2014 年度研究者交流計画について

韓国側から本年 10 月に 2 名、生研センターに派遣したいとの提案があった。調査したい内容は、「①農業機械等による事故の詳細分析関連の研究状況」、「②トラクタの片ブレーキ防止装置の見学」、「③トラクタの転倒予防などの安全装置の研究関連動向」、「④農業機械及び施設の騒音、振動、粉塵等の低減研究関連の動向」とのことであった。①②③に関しては対応可能、④に関しては緊プロで開発した低振動刈払機をはじめ他研究所での研究事例の紹介等を含めて対応可能であることを伝え、準備を進めることとした。

3) 植物工場研究棟、現地果樹農家及び農機ディーラーの見学

(1) 植物工場研究棟の見学

韓国農業科学院農業工学部の Gong-In Lee 氏の案内により、農村振興庁内にある植物工場研究棟を見学した (図 11)。植物工場では、種々の葉菜類、中でも需要の多いサンチュや薬草を対象に、密植栽培と光量の調整による多量生産が試みられていた (図 12)。この栽培方法では付加価値が与えられるので、高値で取引できるのではないかとのことであった。



図 11 植物工場について説明する Lee 氏 (左) と植物工場の概略図 (右)



図 12 植物工場内で生産されているサンチュ

(2) 現地果樹農家の見学

華城市郊外（水原市から車で 40 分程度）の街で、2 件の果樹農家を訪問した。はじめに、総面積 1,800 坪の Y 字低木栽培方式を導入しているブドウ農家を訪問した（図 13）。

ブドウ園では丁度パートタイム労働者による袋掛け作業の最中であつた（図 14）。経営者の話では、「Y 字低木栽培にすることで、低い枝にも光が届き、上質で美味しく大粒なブドウが採れる。灌水管理も容易。収穫は 7/15～8/15 の 1 ヶ月間で行う。ただし収穫時は一つ一つ袋を開けて中の果実を確認しながらよいものだけを収穫するようにしている。雇用者は時期によって違うが、現在は袋掛けなので、7 月末まで 6 人、可能な限り背の低いことを条件に雇用している。毎年、同じ人達に声を掛けており皆手慣れた女性ばかりで、概ね一日あたり 3000～4000 袋、1 日で 2 万袋をかける。自分はブドウだけでなく、きゅうり、カボチャ、サンチュ、大葉などを他所でも作っている。一番大変な作業は「袋掛け」と「収穫」で、雇用者はみな首・腰が痛い、肩が凝るといふ人が多い。ブドウ収穫ロボットもいずれは入るかも。後継者はいない」とのことであつた。



図 13 見学したブドウ園



図 14 パートタイム労働者による袋掛け作業の様子

続いて、同じく華城市郊外で先程のブドウ農家の近くにあるリンゴ、総面積 2,500 坪のリンゴ農家を訪問した（図 15）。農家の話：「3 年前までキュウリをやっていたが、近隣で長期工事が始まり、あまりにすごい粉塵で繊細なキュウリがダメになったのでリンゴに替えた。現在は丁度摘

果のシーズンである。支柱のない列にはスピードスプレーヤ（以下 SS）が入るが、支柱のあるところは SS が通れないので、薬剤が行き届かないところは手散布になる。栽培は樹高を 3 m までに抑えた上で、ある密植栽培方法を開発し特許を取得した（特許の内容は秘密ということで教えてもらえなかった）。無農薬栽培などは行っておらず、農薬散布+化成肥料をやっている。収穫時には、SS のタンクを固定している 4 つのネジをはずし、代わりに足つき台を載せて高所作業台車としている（台車は上下しない。）（図 16）とのことであった。



図 15 見学したリンゴ園



図 16 高所作業台車としても使用している SS

最後に、前述二件の農家の近隣にある農機ディーラー、(株)主農の代表理事、徐性完氏を訪ねた（図 17）。(株)主農は、農機一筋 35 年の経験を有し、年商 40 億ウォン（約 4 億円）のワンマン企業である（そのうちの 3 割は輸入代理店としての収入）。取り扱う農業機械はトラクタ、コンバイン、田植機や、ペーラ、モアーなどの畜産機械である。徐氏によれば、従業員は、代表理事の自分の他にエンジニアが 5 名いるだけで、後継者もない。職員が足りず営業には出かけられないので、販売後のアフターサービスや機械修理（図 18）、パーツ交換に重きを置き、価格も抑え目にして（修理費は部品を買ってくれば取らない、通常購入後の保証期間は 5 年だが、ものにより 10~20 年とし、20 年を超えて使っている顧客の修理代は全て無料にするなど）、顧客に良い会社だと認識してもらった上で、先方から機械を店に持ち込んで貰うという方式をとっている、

とのことであった。売り上げの内訳は、製品別で、完成機 1 / 3、部品 1 / 3、作業機 1 / 3 とのことであった。



図 17 見学した(株)主農



図 18 修理中の田植機

5. 収集資料

- 1) 第9回研究交流セミナー講演要旨
- 2) 農村振興庁植物工場研究棟パンフレット

V. 欧州植物病理学会への参加ならびに 欧州における穀物の種子消毒技術の調査

生産システム研究部 乾燥調製システム研究単位

研究員 野田崇啓

1. 目的

ポーランド共和国のクラコウ農業大学で開催される欧州植物病理学会に参加し、研究課題「水稻種子等高能率消毒装置の開発」の学会発表を行う。また、スウェーデンのウプサラ大学等を訪問し、欧州における穀物の種子消毒技術に関する調査を行う。

2. 調査日程および対応者

平成 26 年 9 月 7 日（日）～9 月 19 日（金）（13 日間）

日数	月 日	都市名	時間	交通	摘要
1	9/7（日）	羽田 → フランクフルト → クラコウ	14:05 → 21:05 → 22:35	LH717 LH1370 バス	移動日 [クラコウ泊]
2 ～ 7	9/8（月） ～ 9/13（土）	クラコウ		バス	第 11 回欧州植物病理学会 参加 [クラコウ泊]
8	9/14（日）	クラコウ → フランクフルト → アーランダ → ウプサラ	06:35 → 08:15 → 12:05 → 14:00	LH1371 LH802 電車	資料整理 [ウプサラ泊]
9	9/15（月）	ウプサラ		相手車	スウェーデン農科大学訪 問、ワークショップ講演 [ウプサラ泊]
10	9/16（火）	ウプサラ		バス	インコテック、ラントマ ンネン バイオアグリ社 訪問 [ウプサラ泊]
11	9/17（水）	ウプサラ → コルサ	11:00 → 13:00	電車、バス	資料整理 [コルサ泊]
12 ～ 13	9/18（木） ～ 9/19（金）	コルサ → アーランダ → フランクフルト → 成田	07:00 → 10:00 → 13:55 → 07:50	LH801 LH710 電車	移動日 [9/18 機内泊]

3. 主な訪問先と対応者

訪問先	対応者
第 11 回欧州植物病理学会 (クラコウ)	Dr. Malgorzata Mańka
スウェーデン農科大学 (ウプサラ)	Dr. Margareta Hökeberg Dr. Sebåstian Hakansson Dr. Hanna Friberg
Lantmannen 社、 BioAgri 社、 INCOTEC 社 (ウプサラ)	Dr. Kenneth Alness Dr. Gustaf Forsberg

旅程



4. 調査結果の概要

1) 第 11 回欧州植物病理学会大会 (11th Conference of the European Foundation for Plant Pathology)

欧州植物病理学会大会は、ヨーロッパで開催される先端的な植物病理学研究を対象とした分野横断的な会議である。大会は 2 年毎に開催されており、今回で第 11 回目を迎える。

第 11 回欧州植物病理学会は、ポーランド共和国のクラコウ市内にあるクラコウ農業大学で開催された。延べ 47 の国と地域から 300 名以上の参加者が参加した。日本からの参加者は、当方を含めて 2 名であった。



第 11 回欧州植物病理学会大会の集合写真 (大会 HP より引用)

第 11 回の主要課題は、①新たな病害と病原性の変化、②病原菌の有毒代謝物の特定、③病原菌の特定と管理手法、④遺伝学、プロテオミクス、生物情報学、⑤森林や保養施設の樹木の病害、⑥植物の病害防除法、⑦土壌、空気、水による伝染性病害、⑧植物の病害抵抗性であり、各課題毎に口頭発表とポスター発表が行われた。合計 81 の口頭発表と 178 のポスター発表があった。

表 発表の内訳

セッション名	口頭発表件数	ポスター発表件数
①新たな病害と病原性の変化	6	20
②病原菌の有毒代謝物の特定	8	5
③病原菌の特定と管理手法	13	58
④遺伝学、プロテオミクス、生物情報学	9	12
⑤森林や保養施設の樹木の病害	9	12
⑥植物の病害防除法	18	37
⑦土壌、空気、水による伝染性病害	10	6
⑧植物の病害抵抗性	8	28

筆者は、植物の病害防除法に関するセッションで、研究開発中の種子消毒技術に関する口頭発表を行った。植物の病害防除法に関するセッションは、本大会の中で最も多くの口頭発表とポスター発表が認められた。対象植物は様々であるが、特に、生物農薬を用いた防除法に関する発表が多く認められた。これは、環境に対して先進的な欧州特有の状況と感じられた。また、大会開催中は、欧州の植物病理の研究者と防除法に関して話を交わ

す機会を得た。生物農薬は発展の余地があるものの、コスト面や効果の安定性の面で、まだまだ改善の余地は大きい、とのことであった。

植物の病害防除法に関する口頭発表 18 件のうち、農薬による防除法は 1 件、熱による物理的防除法に関する発表は筆者の 1 件のみであった。口頭発表後に、温湯消毒のアジアでの普及状況や、ヨーロッパで普及しているオランダ INCOTEC 社のサーモシード技術との違い等の質問を受けた。

その他のセッションでは、①新たな病害と病原微生物の発見のセッションにおいて、ヨーロッパで新たに確認された病害について、影響を受ける作物の種類、病害の種類、発病の機構などについての発表があった。特に、病害を特定する PCR によるプライマー開発では、熱心な意見交換が行われていた。

本学会と同時開催されたワークショップは、①根瘤ねこぶ病 (Club root)、②根打ち病 (Blackleg)、③第 5 回種子病理学会 (The 5th Conference on Seed Pathology) の 3 件が開催された。このうち、筆者は第 5 回種子病理学会へ参加した。本ワークショップでは種子の消毒方法に関する発表が多く認められた。ノルウェーの研究者は、麦類の赤カビ病菌が産生するカビ毒であるデオキシレバニノール (DON) の濃度と貯蔵年数、発芽率の関係について、長期間の研究結果を紹介しており、発表後に同研究者と、意見交換を行った。

2) スウェーデン農科大学 BioCenter

スウェーデン農科大学 BioCenter は、2012 年に建設された大学内の研究センターであり、様々な植物病理に関係する研究者が所属し、研究開発を行っている。この中で、農薬を用いず、生物本来の力を利用した病害防除法の研究を行っている「バイオコントロールユニット」という研究グループがあり、筆者は同ユニット長である Margareta 教授を訪問し、研究チームが実施している研究内容についての説明を受けた。Hanna 氏は、北欧での転作による *Fusarium* 防除によるマイトコキシンの削減について、Sebastian 氏は、マラリア蚊を利用した新たな生物農薬の開発などについて研究を行っているとのことであった。

また、筆者はバイオコントロールユニットが開催するワークショップにて、日本の水稻種子消毒の現状、問題点、そして現在開発中の種子消毒技術についてプレゼンテーションを行った。プレゼン後、参加者から「特別栽培の名前の由来」、「細菌病に対する対策」「種子消毒の試験方法」などについて質問を受けた。また、ワークショップ終了後、種子の消毒性能を評価する試験方法や試験内容について参加者と意見交換を行った。



ワークショップの様子

3) Lantmannen 社、BioAgri 社、INCOTEC 社

筆者はウプサラ市内にある Lantmannen 社のグループ企業である BioAgri 社を訪問し、同社の CEO である Kenneth 氏より、スウェーデン農業の概況と Lantmannen 社の概要とをうかがった。

スウェーデンの人口は 950 万人であり、うち専業農家は 1.7 万人、農地は 300 万 ha である。農家の平均耕地面積は、37~41ha であり、日本 (2.3ha) の約 17 倍に及ぶ。300 万 ha の農地のうち、穀物の耕地面積は 100 万 ha であり、年間 500 万トンの穀物生産量がある。

Lantmannen 社は、北欧の農業、農業機械、エネルギー、食品を対象とした北欧で最も大きな組織であり、日本の全農グループに類する組織である。スウェーデンでは 33,000 人の農家が加盟しており、従業員は 8,500 人、現在は世界 20 カ国に支店が存在している。2013 年の粗収益は 330 億スウェーデンクローナ (約 5200 億円) であり、関連会社を含めるとその粗収益は 700 億スウェーデンクローナ (約 1 兆 1000 億円) となる。Lantmannen 社の特徴は 3 つあり、①スウェーデン農家のために活動していること、②研究開発と持続的な農業について戦略的に働いていること、③農地から食卓まで (Field to Fork) までのフードチェーンを構築していること、である。

次に、Lantmannen 社のグループ企業である BioAgri 社の概要説明を受けた。BioAgri 社は、1996 年にスウェーデン農科大学との発案により設立された会社であり、主として生物農薬に関する研究開発と製品の製造販売を行っている。また、INCOTEC 社と共同で高温加湿空気を利用した穀類の種子消毒技術「サーモシード」に関する普及を行っている。

サーモシードや生物農薬は、いずれも農薬を用いない環境保全型の種子消毒技術であり、スウェーデンで使用される穀物種子のうち、1.5 万トンはサーモシードで、3.5 万トンは生物農薬 (品名: Cedamon または Cerall) で処理されている。合計 5 万トンの穀物種子は、スウェーデンで生産される穀物種子の 25% を占める。サーモシードと生物農薬の普及により、10 万リットルの農薬使用が削減された試算となっている。

また、サーモシードは 2012 年に隣国のノルウェーにも大型施設を設立し、ノルウェーで生産される麦種子のうち 50% をサーモシードで消毒する状況であり、今後も世界各国でその普及が見込まれている。

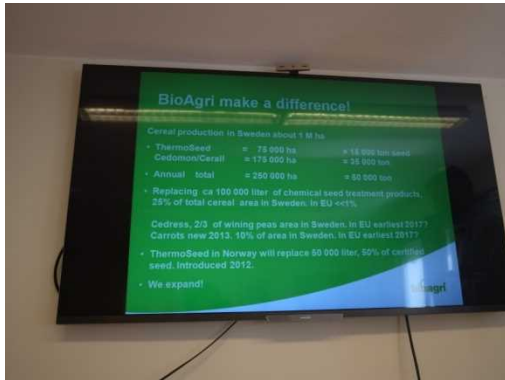
筆者は、BioAgri 社の開発した生物農薬について、その防除作用などについても話を伺い、生物農薬の現状と課題に関して話を伺った。生物農薬は今後も普及が見込まれるが、農薬に比べ速効性が無いなどの難点を持つものもあること、そのため、処理前、処理後の種子の取扱いに関しても非常に重要であるとの話であった。

次に、INCOTEC 社の社員でサーモシードにより博士号を取得した Gustaf 氏より、INCOTEC 社の概要等について話を伺った。

INCOTEC 社は、種子の消毒のみならず、ペレット化やプライミング (発芽促進) 処理など種子全般の加工調製技術を提供する会社であり、本社はオランダにある。サーモシードは高温高湿度空気を用いた熱により穀物種子伝染性の病害防除を行う技術の総称であり、その効果は慣行の農薬と同等の防除効果があること、また環境にも優しい技術である、とのことである。装置は現地で必要となる種子処理量に応じて様々なタイプを有しており、現行機の最大は 1 時間あたり、25 トンの種子を処理できるものである。最近、日本の水稻種子消毒への利用についても全農とサーモシード技術の普及を進める協力契約が結ばれたとのことである。

なお、BioAgri 社と INCOTEC 社はオフィスを共同利用しており、また、前日に訪問したスウェーデン農科大学の道向かいにある。そのため、スウェーデン農科大学のバイオコン

トロールユニットとは非常に密接な関係にあり、現在もプロジェクトなどを共有している、とのことである。前日に訪問した Margareta 教授は、「大きなプロジェクトなどは、一緒にコーヒープレイクをしている雑談中に思いつく」といった発言が非常に印象的であった。



Lantmannen BioAgri 社、INCOTEC 社の説明資料

5. 収集資料等

- 1) 第 11 回欧州植物病理学会大会講演要旨 (USB 媒体)
- 2) INCOTEC 社 サーマシードカタログ (英語版、日本語版)

VI. 〔在外研究〕

農産物の品質向上を目指した3Dモデリングによる外観品質評価手法の研究

園芸工学研究部 園芸調製貯蔵工学研究 主任研究員 山本聡史

1. 目的

農産物の「見た目」は消費者の購買意欲に直結する重要な評価基準のひとつである。これまで農産物の表面の色や形状を測定する技術が実用化されているが、総合的な「見た目」と比較して精度が不足しているため、最終的に作業者が目視でチェックしている場合が多い。そこで、本物に忠実な3Dモデルをパソコンに構築した上で、「見た目」と相関の高い外的品質評価手法を考案することにより、熟練者と同レベルの自動選別を実現し、農産物の品質向上を目指す。一方、2010年11月にマイクロソフト社から販売開始された「キネクトセンサ」は距離情報とカラー画像を同時に取得できるが、販売価格が250ドルと既存の3Dセンサに比べて格段に低価格であるため、世界中でキネクトセンサを用いた研究開発が急激に増加している。本研究では、この革新的なキネクトセンサを用いて、農産物の表面形状を三次元点群（ポイントクラウド）として取得し、各点に色情報を付加することにより、3Dモデルを構築する。

なお、在外研究先であるワシントン州立大学のカーキー博士はポイントクラウドの解析手法に精通し、3Dセンサを用いたセン定作業の自動化に関する研究成果が著名な国際学会誌（Computers and Electronics in Agriculture）に掲載されている。現在、リンゴやサクランボといった果樹生産の省力化を目指し、果樹の3Dモデリングを行う研究を精力的に実施している。

2. 日程

日数	月日	都市名	調査先・調査内容
1	6/1（日）	発 成田 經由 仁川 經由 シアトル 着 プロッサー	移動 成田→シアトル（大韓航空） シアトル→プロッサー（自動車、プロッサー泊）
208	6/2（月）～ 12/25（木）	プロッサー	ワシントン州立大学かんがい農業研究センター、在外研究課題
2	12/26（金）～ 12/28（日）	発 プロッサー 經由 シアトル 經由 仁川 着 成田	移動 26日プロッサー→シアトル（自動車、シアトル泊）、27日シアトル→28日成田（大韓航空）

3. 在外研究課題実施の概要

1) 受入機関における3Dモデリングに関する研究の調査

ワシントン州立大学かんがい農業研究センターにある精密自動農業システムセンタ

ー (Center of Precision and Automated Agricultural System、以下CPAAS (シーパス)) は、シアトルからカスケード山脈を越えて内陸に320km入ったプロッセーにあり、ITやRTを用いて果樹生産の省力化技術の研究を行っている。中国出身の張教授を筆頭とし、機械分野では在外研究中に自分を指導したネパール出身のカーキー博士以下、途中入れ替わりもあったが、客員研究員、ポスドク、博士課程の学生で計11名、スタッフ3名という構成であった。ワシントン州では全米の58%のリンゴを生産しているため、CPAASではリンゴを対象とした研究が多く行われている。例えば、カーキー博士はリンゴのせん定作業の自動化技術を研究してきた。日本ではせん定作業は高いスキルを必要とするが、ワシントン州では脚立や高所作業台車を用いた摘果などの管理作業や収穫作業を効率化するため、樹形をなるべく平面状に近づけ、太い枝が通路に飛び出さないようにしている。せん定ルールも比較的単純であり、枝同士の距離を一定距離以上近づかないように維持することを心がけている。そこで、直射日光下でも使用可能な3Dセンサとチルト機構を用いてリンゴの樹木全体を撮影し、得られたポイントクラウドを細線化し、樹木の3Dモデルを構築した後、枝同士の間隔を計算することにより、せん定すべき枝を検出する手法を確立している。また、果樹の生育情報モニタリングや収穫量の予測を実現するため、果樹をまたぐようなゲート型の撮影用プラットフォームを試作し、カラーカメラと3Dセンサを併用した果実計数技術に取り組んでいる。さらに、自動収穫も視野に入れ、リンゴの三次元形状とテクスチャ情報から果実の方向を推定することを試みている。

カーキー博士の研究グループでは8月14日から12月18日まで毎週木曜日の14時から2時間程度グループミーティングを開催し、6名の博士課程の学生やポスドクが研究の進捗状況を報告した。カーキー博士が不在の場合と11月27日の感謝祭などの休日と重なった場合は中止となったが、滞在中に計12回行われ、果実の三次元データの解析方法やマシンラーニングを用いたサクランボの枝の検出手法などについて先端的な情報が得られた。筆者も毎回出席し、ウェブセミナーの準備などで多忙な時期は口頭のみでの報告となったが、パワーポイントを用いた10分程度の報告を10回行い、質疑応答やアドバイスを受け、在外研究に反映することができた。また、CPAAS全体のセミナーでは発表30分、質疑30分程度のプレゼンが毎回1~2名の持ち回りで開催され、筆者は10月22日に発表し、在外研究の推進に有益なアドバイスが得られた。

2) 3Dモデリング手法の構築

最初に果実の三次元情報の取得方法についてカーキー博士と打ち合わせ、選果ラインにおけるキネクトセンサの配置について検討した結果、2台の向かい合うキネクトセンサ間を通過することにより、果実表面のほぼ全体をカバー可能と考えられた。実験室のスペースが限られていたことから、1台のキネクトセンサの前にリニアスライダを設置し、1回目の通過後、果実の方向を180°反転することにより、2台のキネクトセンサを使用するシステムと同様のデータを取得できると考えた。果実の方向を反転させるため、回転台をリニアスライダ上に設置した(図1)。しかし、取得した果実表面の三次元データを重ねあわせた結果、通過中に多くの画像枚数を取得しても果実側面はカバーできないことが判明した。次に、側面のデータを取得するため、鏡を設

置した。鏡に映ったデータを活用することにより果実のほぼ全面をカバーするデータを取得できる見込みが得られたものの、鏡を通過する際の情報劣化が著しいことが分かった（図2）。使用した鏡は1枚1ドルの安価なものであり、表面の微妙な凹凸が観察されたため、1枚70ドル程度の高価な鏡に交換したが、それほど良い結果は得られなかった。鏡によるレーザーの多重反射を防いで測定しても結局ノイズ低減は難しかった。こうした試行錯誤は在外研究を開始した6月から8月中旬まで2ヶ月半続いたが、カーキー博士のグループミーティングでの検討の結果、まず3Dモデルを構築する技術を確立してから、次の研究ステップで選果ラインを想定した効率的なデータの取得方法に取り組むことになった。そこで、回転台の果実を360°回転させながら撮影し、撮影できなかった部分を撮影するため果実を置き直し、再度回転台を360°回転させてデータを取得した。この方法は効率が悪く、選果ラインに適用するには複雑な機構が必要と考えられたが、確実に果実全体のデータを取得できた。

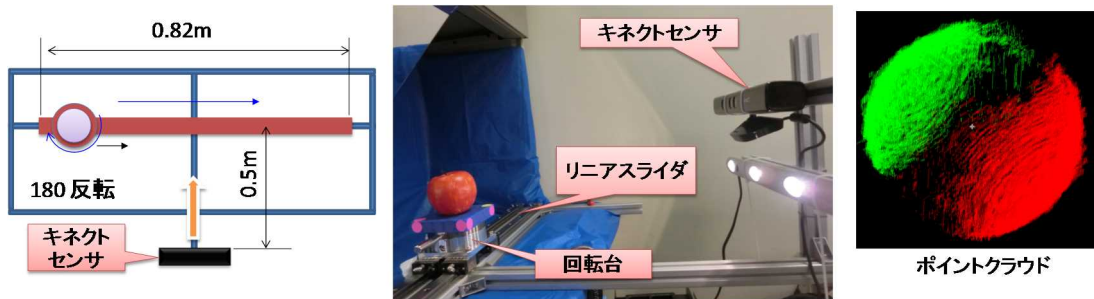


図1 リニアスライダと回転台からなる測定装置とリンゴの三次元データ

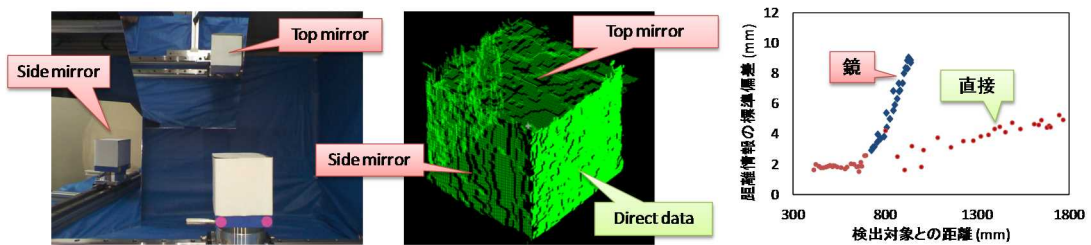


図2 鏡を追加した測定装置、三次元データ及び鏡を通過した距離情報のノイズ

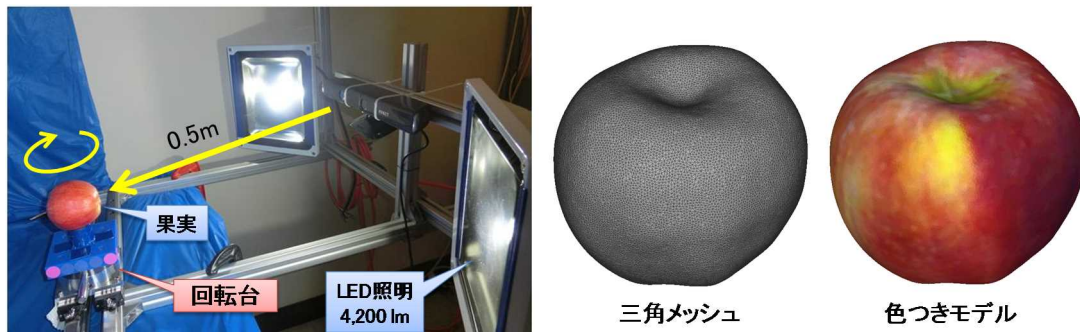


図3 回転台のみの撮影装置と生成したリンゴの3Dモデル

測定装置はキネクトセンサ、LED照明2台、回転台から構成された（図3）。回転台

は手動により30°刻みで位置合わせでき、1回転で12セットの距離画像とカラー画像を取得した。その後、1回転目で撮影できなかった部分を撮影するため、果実の赤道部で上下方向に位置した部分を人手により左右方向を向くように置き換えて、再び回転台を回転しながら12セットの画像を取得し、果実全面を撮影した。1果につき24セットの画像を取得したが、今後最適な測定回数を求める必要があると考えられた。

3Dモデルの生成の流れは、まず画像を読み込み、12セットの画像からなる2グループにおいて果実の距離情報を抽出して組み合わせ、2つのポイントクラウドを生成した後、3Dマッチングにより統合した。統合したポイントクラウドをカラー画像から抽出した果実領域に投影し、境界線と比較しながらポイントクラウドの形状を修正した。3Dモデルの体積は、3Dモデル表面の三角形と3Dモデル中心との4



図4 果菜類・果実の3Dモデル

頂点からなる四面体の体積を積算して推測した。また、3Dモデルのくぼみの位置から果実方向を求めて果実の姿勢を補正し、果実方向に垂直な平面に投影した領域から赤道部における最大径を推測するアルゴリズムを開発した。オフラインでの3Dモデル生成に要する時間は約20s/果であった。今後、選果ラインへの適用を想定し、アルゴリズムを改良して高速化を図る予定である。なお、リンゴ以外の果実・果菜類への適用性を検討した結果、ほとんどの果実・果菜類で大きくパラメータを変更することなく容易に作成できた(図4)。さらに3Dプリンタで出力することも考慮し、3Dモデルのデータ保存フォーマットを、カラー情報を含むバイナリSTLファイル形式にした。一般的なCADソフトで開いた場合、カラー情報が失われることが多いが、無料でダウンロード可能な3Dデータ解析ソフトMeshLabを用いてカラー情報を含む3Dモデルを手軽に観察することができた。

3) リンゴの3Dモデルの精度評価

9月22日に大学のピックアップトラックを運転して大学と契約しているリンゴ生産者の果樹園を訪問した。111果のリンゴ(品種「Gala」、質量:148.0~284.1g)を収穫し、測定装置により撮影後、開発したアルゴリズムによりオフラインでカラー3Dモデルを生成し、

体積と赤道部付近の最大径を推測した。3Dモデルの精度を評価するため、目視により実物とモデルの形状や色分布などの外観特徴を比較するとともに、体積と最大径について実測値と比較した。なお、実際の体積は水道水を用いた液体置換法により簡易に測定した。

体積の推定誤差は、実測値に対するRMS誤差率が2%程度であり、文献で調査したリンゴ、ナシ、イチゴ、タマネギ等の研究事例とほぼ同等の精度であった(図5)。最大径の推定誤差は、RMSが0.9mmであった。3Dモデルの外観は、前述のMeshLabを用いてチェックした結果、実物の形状と色の分布の特徴をとらえているように観察された。

4) 研究の成果と今後の展開

本研究により、革新的な3Dセンサを用いて比較の実物に近い3Dモデルを構築する手法を確立できたことから、12月に開催されたワシントン州園芸協会(Washington State Horticultural Association)の年次大会にてポスター発表を行った。帰国後、本在外研究の成果をカーキー博士と共著で英文誌に投稿するため、2人で原稿の修正を進めている。当初計画では外観品質の客観的な評価を行う手法も検討する予定であったが、研究開始から2ヶ月間の試行錯誤が最後まで響き、7ヶ月という限られた期間では到達できなかった。今後、科研費により表面の色分布を数値化し、熟練作業者の選別結果と相関が高い特徴を明らかにする。また、カーキー博士から、本研究成果の適用先として、選果施設だけではなく、育種関係の研究者からのニーズを把握すると面白いのではないかというアドバイスも受けている。

5) その他の研究活動

(1) 生研センターの紹介

CPAASで生研センターの研究について紹介してほしいという依頼があり、滞在して約1ヶ月経過した6月26日午前11時から1時間程度のプレゼンを行った。学生を中心に10名以上の参加があった。内容は筆者が2014年3月まで所属した施設園芸生産工学研究単位で開発されたイチゴ収穫ロボット、水平循環式移動栽培システム、イチゴ生育情報モニタリング技術、イチゴパック詰めロボットに加え、車両関係のロボット技術として基礎技術研究部メカトロニクス研究単位からプレゼン資料を提供していただいた。動画を多く含むプレゼン内容であり、日本の最先端のロボット技術ということで、

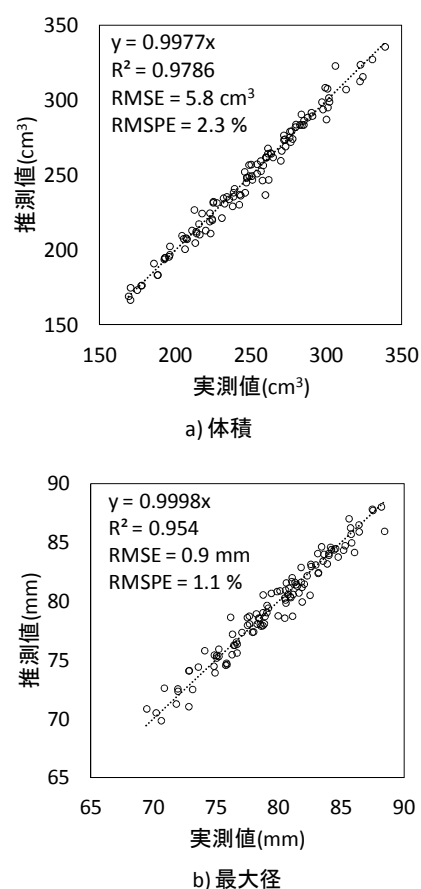


図5 リンゴの体積と最大径の推定精度

筆者の拙い英語にもかかわらず好評であった。

10月にカーネギーメロン大学のProf. Bergermanから彼の主催するウェブセミナー IEEE Robotics & Automation Society Technical Committee on: Agricultural Robotics and Automationでの発表依頼があった。そこで、生研センター特別研究チーム（ロボット）のイチゴ関係の成果とワシントン州立大学での成果に内容を絞って10月29日午前8時から40分程度発表し、10分程度の質疑があった。参加者はオンラインで14名、研究室の学生が5名であった。マイクの向こう側に聴衆がいることを考えながらの発表であり、最初原稿を用意したが、応援に駆けつけてくれた学生があからさまにがっかりした様子だったので、途中から原稿を読まずに話さざるを得なかった。

この他、ほぼ同時期にアイオワ州立大学で在外研究中であった農研機構畜草研の阿部佳之主任研究員にご紹介いただき、アイオワ州立大学のProf. Lie Tang、ジョンディアのIT関連の研究開発グループと個別に意見交換できた。アイオワ州立大学では、H18年度に在外研究を実施した生研センターの林和信主任研究員により当時研究開発していた自律走行車両に関するプロジェクトが大幅に進んだというエピソードを伺った。また、イチゴ苗の自動選別装置を開発している技術者、全米の約30%のイチゴを生産しているDriscoll'sの研究者、Driscoll'sから開発資金を得てイチゴ収穫ロボットの開発を行っている技術者兼起業家との情報交換を通じ、今後の農業ロボットの研究開発に資する貴重な情報を得ることができた。

（２）リンゴの栽培方法の調査

CPAASから少しドライブするとリンゴ、ナシ、サクランボ、ブドウなどの果樹園が広がっている。アパートの最寄りのスーパーマーケットは比較的高価だったため、週末に30km離れた街のウォルマートなどで1週間分を買い込む習慣であったが、ハイウェイではなく下道を走りながら果樹園の近くで停車し、写真を撮影した。日本のわい化リンゴと同様の果樹園もある一方で、若い樹木に多くの果実を实らせ、密植している果樹園も見かけた（図6）。垂直な壁面のような仕立て方法の他、株元から斜めに樹木を傾けつつ交互に植えるV字型や、1本の樹木から2本の太い枝を伸ばすY字型の果樹園もあった。ワシントン州西部は年間300日が晴天という乾燥した気候で、果樹園のかんがい設備が不可欠である反面、果樹の水分制御が容易ということであった。



図 6 多様なリンゴの仕立て方法

（３）サクランボの選果施設調査

サクランボは収穫時期が6月から7月の約2ヶ月間であり、生食用は高値で取引される

ため、果実表面の割れや変形を検出する画像処理装置を備える最新の選果施設が導入されている。カーキー博士と博士課程の学生と3名でWashington Fruits & Produce Co.のサクランボ選果施設を訪問した。施設内は一切撮影禁止であった。選果システムはUnitec社（イタリア製）であり、処理量は20t/hであった。1.5m四方、高さ0.5mの収穫箱で搬入され、水温10℃で洗浄後、水流により搬送される。二股以上のサクランボをディスクカッターで分離し、32レーンの画像処理の選果ラインで選別される。作業者は125名であり、果実の8割が自動選別され、残りの2割は作業者が最終チェックにより選別する。27カ所の出荷ユニットで箱詰めされ、近年、中国への輸出が伸びているということであった。

（4）CPAASのプロジェクトへの情報提供

CPAASで使用している3Dセンサ（PMDセンサ）は太陽光に強いが価格が比較的高価であり、画素数はキネクトセンサよりも少ない。2014年7月にマイクロソフト社から販売されたキネクトセンサのバージョン2は価格が\$199と安く、3DセンサとしてTOF方式を採用していることから直射日光にもある程度強いと考えられた。そこで、直射日光の下、ブドウの樹木を撮影した結果、6万lux程度でも1万luxの条件下の8割程度の距離情報が取得できることをグループミーティングにて報告した。

4 試験研究の遂行に役立った受入機関の設備環境及び運営方法等

リンゴの省力化に係る研究を行っているワシントン州立大学の部署は、CPAASのあるプロッサーだけではなく、プルマン、トライシティ、ウェナチといった町に存在しているので、通常の講義や外部から講演者が来た場合の他、准教授ポストの選抜試験のための公開プレゼンもテレビ会議により行われた。パワーポイントの画面に加え、大型液晶テレビの上にカメラを設置し、講演者や質問者をモニタできるので、広大なアメリカでは大変便利な機能と思った。カーキー博士の研究グループでは太陽光に強い3Dセンサの他、樹脂を積層して任意の形状を作る3Dプリンタを導入していた。また、ワシントン州立大学図書館が運営するオンラインライブラリでは著名な学会誌の論文がダウンロードし放題であり、引用文献の調査を円滑に行うことができた。

5 まとめ

長期在外研究は数年来の希望であったが、40才目前でとうとう念願が叶った。出国前の準備期間はもちろん、滞在中も職場の皆様にサポートしていただき、無事に終えることができた。日本からのメールも最小限に抑えていただき、生研センターに就職して15年間の研究生活で初めてというくらい研究に没頭できた7ヶ月間であった。英語のコミュニケーション能力を向上させるため、かなり背伸びをしてウェブセミナーやCPAASのセミナー、グループミーティングに積極的に参加したが、ショック療法的な効果の他、色々な人と知り合うことができたことも大きな収穫だった。今回の在外研究を通じて得られた様々な人とのつながりを大事にしながら、今後、生研センターの発展に微力ながら貢献できればと思う。また、これから在外研究にチャレンジする方々への情報提供、協力も是非行いたい。最後に、温かくサポート頂きました関係各位に厚く御礼申し上げます。

Ⅶ. 農業機械バイオマス工学国際シンポジウム ISMAB2014 への参加

特別研究チーム（エネルギー） チーム長
兼企画部 機械化情報化課長 藤井幸人
基礎技術研究部 資源環境工学研究
主任研究員 臼井善彦

1. 目的

農業機械バイオマス工学国際シンポジウム（ISMAB2014：International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agricultural and Biosystems Engineering）に参加し研究発表を行うとともに、中華民国（台湾）の稲作概要を調査し、今後の研究の資とする。

2. 調査日程

平成 26 年 5 月 20 日（火）～5 月 24 日（土）（5 日間）

日数	日付	都市名・行先	交通	摘要
1	20 （火）	羽田（Haneda） → 台北松山（Taipei Song Shan）	NH1187	出国 宣蘭泊
2	21 （水）	宜蘭市・国立宜蘭大学		基調講演・講演発表 宣蘭泊
3	22 （木）	宜蘭市・国立宜蘭大学		基調講演・講演発表 宣蘭泊
4	23 （金）	宜蘭市		近郊農業視察 宣蘭泊
5	24 （土）	台北松山（Taipei Song Shan） → 羽田（Haneda）	NH1186	帰国



図 1 中華民国（台湾）の訪問先

3. 主な訪問先と対応者

訪問先	対応者	住所・連絡先等
(venue of ISMAB2014)	National Ilan University Dr. Yi-Chich Chiu (Professor, Department of Biomechatronic Engineering)	1, Sec.1, Shen-Lung Road, I-Lan. 260, TAIWAN TEL +886 3 9357400 E-mail yichiu@niu.edu.tw
	National Taiwan University Dr. Chung-Kee Yeh (Associate Professor)	No.1, Sec.4, Roosevelt Road, Taipei, TAIWAN TEL +886 2 23650312 E-mail ckyeh@ntu.edu.tw
	National Chung Hsing University Dr. Perng-Kwei Lei (Professor)	250 Kuo-Kuang Rd., Taichung 402, TAIWAN TEL +886 4 22850346 E-mail pklei@dragon.nchu.edu.tw

4. 調査結果の概要

1) 第7回農業機械バイオマス工学国際シンポジウム (ISMAB2014: International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agricultural and Biosystems Engineering)

ISMAB2014は、平成26年5月21日～5月23日の間、中華民国（台湾）の宜蘭市で開催された（図1）。宜蘭市は、台湾の東部に位置し、台北から高速バスで1時間の距離にある人口約46万人の農業も盛んな古都である。ISMABは、日本、韓国、台湾の3カ国の農業機械に関する学会（日本は農業食料工学会）によって2002年以降2年毎に各国を持ち回りで合同開催している国際シンポジウムである。今回のシンポジウムは、宜蘭市にある国立宜蘭大学が会場となり、主催国の台湾をはじめ、日本、韓国および東南アジア諸国から総勢約300名の参加があった。

基調講演では、台湾農業機械学会長で国立中興大学教授のChung-Teh Sheng氏より、台湾の農業機械化の歴史についてプレゼンテーションがあった。台湾の農業機械開発の歴史を大まかな年次で区切ると、1953～1960年（導入期）、1961～1970年（普及期）、1971～1978年（規模拡大期）、1979～1991年（一貫体系構築期）、そして1992年～（自動化・電子化期）になるという。台湾領土の返還前は、サトウキビ生産が機械化の中心であり、1916年に最初のトラクタが輸入されている。畜力から機械化の黎明期にあたる1955年には日本から初めて耕うん機が輸入され、1960年の水田再編を機に耕うん機利用拡大の10カ年計画が始まった。また、1971年からは、落花生などの生産も含め穀物増産に向けた大型播種機などが導入されている。また、台湾農業において重要な地位を占める茶の生産についてみると、茶園面積は1950年に4万haであったが、現在は1.4万haに減少している。その理由として、近年の目覚ましい経済発展により人件費が上昇し、茶の輸出において世界市場での競争力を失ったことを挙げている。輸出の8割は紅茶と緑茶が占めているが、内需中心であるため国内生産と消費の9割以上がウーロン茶ということである。さらに畜産関係では、50年前まではアヒルやカモは放牧が中心であったが、水幕設備を擁した畜舎など環境管理の整った近代化が

進んでいる。乳牛の搾乳や給餌管理などの自動化も進んでいる。なお、アヒルの卵を強いアルカリ性の条件で熟成させて製造される皮蛋（ピータン）の非破壊熟度判定機は同国食文化のニーズから生まれた特異なものとして挙げられる。以上の講演概要から、稲作における耕うん、播種、防除管理、収穫、乾燥・調製の各作業と近年の精密農業および食の安全への取り組みも含めて、台湾の農業機械発展系譜と今後の機械化の課題は日本と極めて酷似していると感じた。一方、野菜作については、日本よりも機械化は遅れており、今後の進展が期待されるとの見解であった。

研究発表では、農業動力・機械、情報・電気工学、生物工学、精密農業等の多岐にわたる分科会方式による講演発表（口頭 109 件、ポスター 88 件）があった。生研センターからは、

「BASIC STUDY ON ELECTRIFYING OF AGRICULTURAL VEHICLES（藤井）」と「DEVELOPMENT OF EQUIPMENT TO ELIMINATE SOIL ADHERING TO THE SURFACE OF REAR TRACTOR TIRES（臼井）」の 2 課題について発表を行った。電動化に関する研究発表では、電動化による省エネ効果等について質疑があり、化石燃料と比較して電動化による省エネ効果は認められるが、バッテリーを搭載することによるトラクタの重量バランスや安全面で課題が残っているとの応答がなされた。また、タイヤの除泥に関する研究発表



図 2 研究発表の様子（臼井）

表では、開発した除泥装置とタイヤの適応性についての質疑が出され、ラグ形状については市販されているタイヤにはほぼ対応できるが、タイヤサイズが違う場合は、装置自体をそれに合わせて作る必要があるとの応答を行った（図 2）。この他、各国の大学（院）生からも多数発表がなされ、特に食品工学関連の研究分野に重点が置かれているように感じた。

2) 宜蘭市近郊の農業協同組合

最終日の見学会では、宜蘭市近郊の農業協同組合を視察し、台湾の稲作の概況について説明を受けた。台湾は、モンスーン地帯に属し稲作文化圏であること、島国であり高低差が大きく平地が少ないこと、水利制度・農業研究試験・技術普及制度・農協制度が植民地時代に日本から導入されていること、さらには加工貿易立国であること等、農業は勿論のこと、一般産業も含めて構造的に日本と多くの類似性や共通性を有している。平均耕地面積は約 0.7ha で、第二種兼業農家だけの比率は約 7 割ということであった。また 65 歳以上の高齢農家の比率は 50% 近くあり若干の相異はありながらも、労働人口においても日本と類似した構造にあるといえる。このように台湾農業は日本と同様に、零細小規模の農業経営、高齢化の進展、過大な米生産調整負担等の問題を抱えてきたそうであるが、2002 年の WTO 加盟にともない縮小均衡へと政策を転じてきた。食生活の変化にともなって米消費量が減少し米の生産調整を余儀なくされたことから、食料自給率の低下を招くなど、台湾も日本と同様の共通した問題に直面している。食料自給率は約 30% で、国民一人当たり年間米消費量は約 47kg に低下し、50% を超える米の生産調整が実施されているとのことであった。今回、我々が訪問した宜蘭県という地域は、雪山トンネル（全長 13km）が首都と開通して以降、台北から高速道路を使って 1 時間前後で往復できるようになったことから、台北の富裕層が幹線道路周辺

の農地を購入して建てた別荘が水田地帯に点在している。台湾は二期作が基本的な作付け体系であり、米の栽培面積、生産量とも、1975 年前後をピークとして減少傾向を辿っており、直近ではピーク時に対する割合は栽培面積で約 30%、生産量で約 40%にまで減少しているとのことであった。なお、生産されている米の種類は、ジャポニカ米とインディカ米であるが、ジャポニカ米が全体の約 8 割を占めている。ジャポニカ米は主食用で、インディカ米はビーフン等の加工原料として利用されているとのことである。米流通の形態は、政府米、契約米、一般米の三つに大別されている。政府米は、毎年、生産量の 20%が政府によって買い上げられて備蓄される。契約米はグループ化した生産者と米卸会社とが契約を結び、あらかじめ売買価格と数量、米管理等について決められる。実態的には農協（農会）が生産者をグループ化し、営農指導等を通じて高品質米生産を指導しているものが多いようである。

今回、視察した「五結郷農會」という農業協同組合は、契約米を栽培する生産法人である。上述した国内事情もあって、数年前に日本からコシヒカリの種子を持ち込んでおり、「夢田有機越光米」という名でブランド化して食味において台湾国内において他地域との差別化を図っている（図 3）。5 kg で 3,000 円と台湾国内に一般の米の約 5 倍であり、日本のコシヒカリと大差ない価格で流通している。食味したところ、品質は非常に高いとの印象を持った。将来的には、高品質なコメ輸出国として脅威となりうる可能性もあると感じた。



図 3 コシヒカリの栽培ほ場



図 4 台湾国内で普及している日本製自脱型コンバイン

5. 収集資料等

- 1) Proceedings of 7th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agricultural and Biosystems Engineering (ISMAB2014 編)
- 2) 「夢田有機越光米」リーフレット（五結郷農會 編）

本報告の取扱いについて

本報告の全部又は一部を無断で転載・複製
(コピー)することを禁じます。
転載・複製に当たっては必ず当センターの
許諾を得て下さい。

(お問合せ先：企画部 機械化情報課)

平成 26 年度 海外技術調査報告

頒布価格：本体価格 420 円＋消費税

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
生物系特定産業技術研究支援センター
農 業 機 械 化 研 究 所

〒331-8537 埼玉県さいたま市北区日進町 1-40-2
Tel. 048-654-7000 (代)

印刷・発行 平成 27 年 3 月 31 日