

平成22年度
海外技術調査報告



平成23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)の業務は、基礎的研究業務、民間研究促進業務と農業機械化促進業務の3つの柱で構成されている。

そのうち、農業機械化促進業務では、①生産性向上による農業構造改革の加速化に寄与する農業機械・装置等の開発、②消費者ニーズに対応した農畜産物の供給に寄与する農業機械・装置等の開発、③環境負荷低減に寄与する農業機械・装置等の開発、④循環型社会の形成に寄与する農業機械・装置等の開発、⑤IT、ロボット技術を活用した革新的な農業機械・装置等の開発、⑥農作業の安全性の向上、軽労化等に寄与する農業機械・装置等および計測評価手法の開発の6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へ取り組むのに当たり、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22年度に実施した海外技術調査等の結果を取りまとめたものであるが、派遣期間が平成21年度の年度末になり、「平成21年度 海外技術調査報告」に掲載できなかった調査結果も併せ本報告に掲載した。関係各位の参考になることを願う。

平成23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. 長時間計測が可能なヒト用動作計測装置と関連研究の調査	1
基礎技術研究部	山下 貴 史
II. 第 5 回日韓研究交流セミナー	6
評価試験部	松 尾 陽 介
III. 欧州諸国における乳牛の飼養管理機器・システムについての 研究開発動向の調査	14
畜産工学研究部	後 藤 裕
IV. ASABE2010 への参加および農業用ロボットに関する技術動向調査	23
園芸工学研究部	山 本 聡 史
V. 第 4 回農業工学の動向に関する国際会議 (TAE2010) への参加 および農作業管理用ロボットに関する調査	30
園芸工学研究部	猪之奥康治
VI. 農業工学に関する国際会議 (AgEng2010) への参加	39
園芸工学研究部	林 茂 彦
VII. 韓国におけるトラクタの安全検定および ROPS 検査に関する調査	43
評価試験部	手 島 司
〃	塚 本 茂 善
〃	原 田 一 郎
VIII. 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会議および SIMA ショーにおける最新農業機械調査	54
評価試験部	富 田 宗 樹
〃	松 尾 陽 介

I. 長時間計測が可能なヒト用動作計測装置と関連研究の調査

基礎技術研究部 メカトロニクス研究単位

研究員 山下貴史

1. 目 的

バイオメカニクスや医工学分野で有名なスイス連邦工科大学ローザンヌ校（EPFL）において研究されているヒト用動作計測装置の、農作業動作計測への適用可能性について調査するとともに、関連する研究課題について情報収集することで、農作業の労働負担解析やアシスト技術の研究に資する知見を得ることを目的とする。

2. 調査日程

平成22年3月10日～平成22年3月15日（6日間）

日数	月 日	都市名	交 通	摘 要
1	3/10(水)	成田発 スイス・チューリヒ空港着 チューリヒ空港駅発 ローザンヌ駅着	スイス国際航空 LX160 便 スイス連邦鉄道 ICN	ローザンヌ泊
2	3/11(木)	EPFL 訪問	都内地下鉄	ローザンヌ泊
3	3/12(金)	EPFL 訪問	都内地下鉄	ローザンヌ泊
4	3/13(土)	EPFL 学内見学 ローザンヌ駅発 チューリヒ中央駅着	都内地下鉄 スイス連邦鉄道 ICN	チューリヒ泊
5	3/14(日)	チューリヒ中央駅発 チューリヒ空港駅着 チューリヒ空港発	スイス連邦鉄道 ICN スイス国際航空 LX160 便	
6	3/15(月)	成田着		

3. 主な訪問先と対応者

日 付	訪問先	対応者	住 所
3/11～3/13	EPFL (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne)	Prof. Kamiar Aminian Mr. Arash Arami Mr. Julian Chardonens Ms. Cyntia Duc Ms. Raluca Lidia Ganea Mr. Benoît Mariani Ms. Anisoara Ionescu 他	CH-1015 Lausanne, Suisse

4. 調査結果の概要

1) 調査先について

調査先であるスイス連邦工科大学ローザンヌ校(図1)の Laboratory of Movement Analysis and Measurement (EPFL-LMAM)は、ヒト動作に関連する生体計測技術を主軸として、ウェアラブル計測デバイスの開発、動作計測による障害者の回復評価技術の研究、長時間連続動作計測によるヒト生活様式の研究、スポーツ訓練技術の研究等のバイオメカニクス分野や医工学分野において広範囲に渡る先進的な研究を行っている。責任者である、Prof. Kamiar Aminian (図2)は、医用生体工学とバイオメカニクスを基礎とする計測技術を専門としており、スイス国内の Centre Hospitalier Universitaire Vaudois (CHUV)等の医療研究機関やEU内の研究機関を始めとして、他国、他分野の研究機関との共同研究を積極的に行っている。特に、ヒト生活様式の研究やスポーツ訓練技術の研究では、過去に数百人規模の一般人に計測機器を長時間装着してもらい、屋内外を問わずさまざまな動作の計測をしていることから、装置の耐久性や計測精度、計測データの解析技術等において極めて高い技術力を持っている。よって、これらの技術から、農作業における作業者の動作を長時間に渡って計測することにより労働負担の解析や作業アシスト技術の研究に質する知見を得ることを目的として調査を行った。調査では、Prof. Aminian と各研究の責任者から研究内容について説明していただき、また、生研センターの研究紹介と農作業計測と作業アシスト技術について説明した後に、ディスカッションを行った。以下に、調査した計測装置と研究テーマのうち農作業の動作計測と関連の強いものの概要を示す。



図1 EPFL 駅から望む EPFL キャンパス

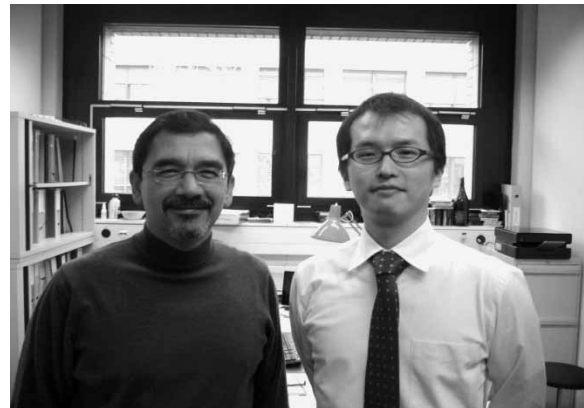


図2 Prof. Kamiar Aminian (左)

2) ヒト動作記録用データロガ “Physilog®”

Physilog (図3) は EPFL-LMAM で長年開発されているデータレコーダで、現在はスイスの BioAGM 社から同名で販売している。調査時点での性能は、大きさ約 $10 \times 6.5 \times 3$ cm、質量 215g (バッテリー含む) で、16ch(16bit, $0 \sim 3$ V)の信号を $0.001 \sim 1,500$ Hz で最大 24 時間記録できる。また、同期信号により、複数の Physilog を同時に使用して多チャンネル記録できる。主にヒトの生活動作を記録することを目的に開発されたため、センサとしてジャイロや加速度センサ、筋電センサ、トリガスイッチ等を取り付けることができ、術後患者の動作回復傾向や障害者の身体能力評価を始めとする医療分野や後述するバイオメカニクス分野の研究での計測に利用されている。調査時ではさらに小型軽量化される新型を

開発中であった。農作業動作計測への適応を考えると防水防塵等の耐環境性が重要であるが、数週間に渡って医療従事者の作業動作を計測し作業負担評価を行った研究事例を紹介され、実作業で利用するための十分な性能があるとのことだった。

3) センシングユニットレコーダ

“ASUR (Autonomous Sensing Unit Recorders)”

ASUR は体・手・足に装着することで被験者の動作機能を記録し、運動機能を解析・評価するために作られた、センサとレコーダが一体化した計測デバイスである（図4）。1つの大きさは約 $6 \times 4.5 \times 2$ cm、質量 50g（バッテリー含む）で、2軸の角速度と2軸の加速度を 16bit、200Hz で最大 14 時間計測することができる。運動機能を計測するときは5つのユニットを同時使用するが、内蔵されるマイコンのプログラムを変更することで数日間に及ぶ長時間計測が可能になり、被験者の生活動作を1つのユニットだけで計測することができる。複数のユニットを同時使用する場合は、充電・同期ユニットにあらかじめ接続することで全てのユニットの同期が取れる。また、Physilog と同様、さらなる小型化に向けて開発中であるとのことだった。

作業動作計測における問題点の1つとして、センサとレコーダ間の信号線が作業動作を妨たりノイズの発生源になることが挙げられるが、このユニットのように一体化したものであればそれらの問題を考慮する必要がないので、実作業者に装着してもらい作業計測を行う場合は、Physilog のようなセンサとレコーダが分離したものよりも有効であると考えられる。また、Physilog よりも耐環境性に優れており、タンザニアとヨーロッパで行われた一般人の生活様式の比較を目的とした大規模な計測プロジェクトで使用された実績があるとのことだった。



図3 Physilog®



図4 ASUR

4) 動作軌跡計測デバイス “S-SENSE”

S-SENSE は ASUR に似ているが、VICON 等のモーションキャプチャシステムで得られるような動作軌跡を求めることを目的とした開発中の計測デバイスである（図5）。調査時の性能は、大きさ約 $6 \times 4 \times 2$ cm で、3軸の角速度と3軸の加速度を 12bit、200Hz で計測することができ、計測データは S-BASE と呼ばれるトランスミッタを接続した PC へ無線で送信される。現在は、モーションキャプチャシステムと同時計測を行うことで、計測データの処理アルゴリズムを検討しているとのことであった。

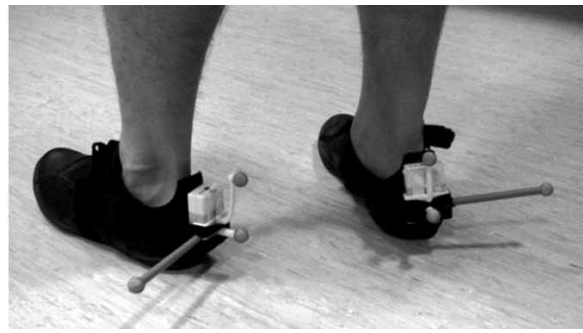
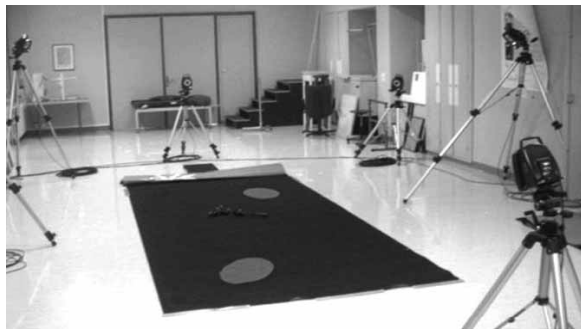


図5 モーションキャプチャシステムと S-SENSE（右図の踵部のボックス）

5) その他の計測装置と適用研究

以上、3つの計測装置の他に、これらをベースにカスタマイズされた計測装置があった。そのうちの1つは、スキージャンプ競技のジャンプ動作の計測・評価に用いられ、実際にスイスナショナルチームの訓練に使用されているとのことであった（図6）。また、ASURは、若年者と高齢者、健常者と障害者等の生活様式の違いを計測・比較する研究など多くのプロジェクトで使われており、解析プログラムによって被験者の利き腕や動作のくせまで分かってしまうとのことであった。これらの計測装置や解析プログラムを農作業負担の自動解析や作業改善へ応用可能か議論したところ、農作業動作の十分なデータがあれば生活動作の自動分類アルゴリズムを応用できることがわかった（図7）。

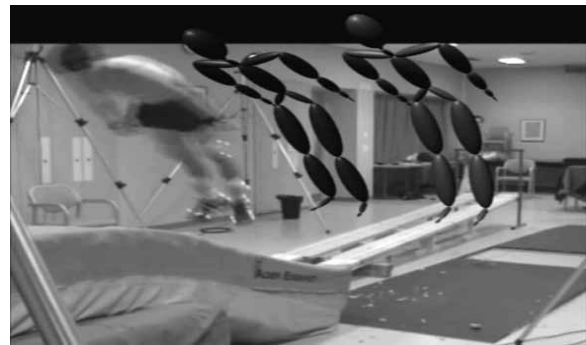


図6 スキージャンプ動作の屋内計測例

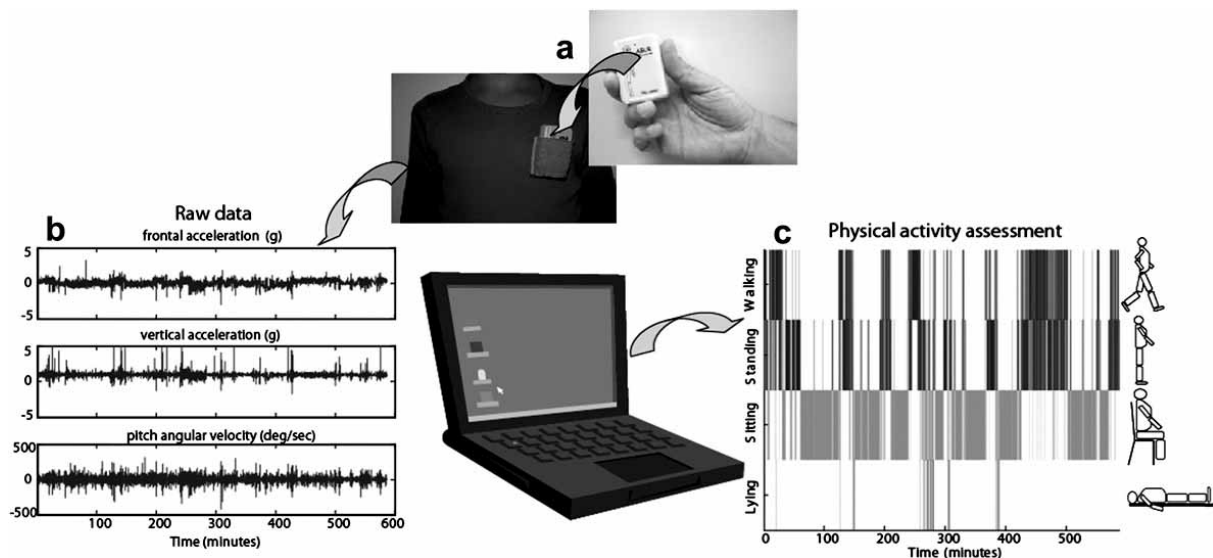


図7 生活動作の計測と自動分類

（ASURの生データから歩く・立つ・座る・寝る動作を自動分類できる）

5. 收集資料等

- 1) Arash Salarian, Ambulatory monitoring of motor functions in patients with Parkinson' s disease using kinematic sensors, EPFL doctoral thesis, 2006
- 2) Hooman Dejnabadi, Analysis of gait and coordination for arthroplasty out come evaluation using body-fixed sensors, EPFL doctoral thesis, 2006
- 3) Brian Coley, Shoulder function and outcome evaluation after surgery using 3Dintertial sensors, EPFL doctoral thesis, 2007
- 4) Julien Favre et.al., Functional calibration procedure for 3D knee joint angle description using inertial sensors, Journal of Biomechanics, 42(14):2330-2335, 2009

Ⅱ．第5回日韓研究交流セミナー

評価試験部

次 長 松 尾 陽 介

参加者一覧（日本側）

所 長 前川泰一郎

特別研究チーム（安全） チーム長 中 村 利 男

評価試験部 次 長 松 尾 陽 介

評価試験部 原動機第2試験室 室 長 清 水 一 史

評価試験部 作業機第2試験室 室 長 富 田 宗 樹

評価試験部 安全試験室 室 長 塚 本 茂 善

評価試験部 作業機第1試験室 研究員 土 師 健

評価試験部 安全試験室 研究員 皆 川 啓 子

1. 目 的

日韓研究交流セミナーは、農研機構と大韓民国農村振興庁との農業科学技術協力の覚え書き（2007/8/9 MOU）の下、生研センターと韓国農村振興庁国立農業科学院農業工学部が合意した「農業機械安全性向上のための共同研究に関する合意」（2009/10/27）に基づいて開催されたものである。農業機械の安全性向上に資する研究の推進を目的に、本セミナーはほぼ1年ごとに日韓で交互に開催され、本年度の第5回セミナーは韓国で開催された。

2. 調査日程

平成22年5月24日～5月28日（5日間）

日数	月 日	場 所（図1）	摘 要
1	5/24（月）	成田空港→仁川空港 →京畿道・水原市	移動 通訳者との講演内容の事前打合せ （水原市泊）
2	5/25（火）	水原市	農業機械の安全性向上のための日韓研究 交流セミナー 1. 農業機械安全性の向上技術研究 2. 農業機械試験評価の技術向上研究 （水原市泊）
3	5/26（水）	水原市 →全羅北道・群山市	共同研究および研究協定書締結に関する 打合せ会議 田植え作業現場，米穀総合処理場見学 （群山市泊）
4	5/27（木）	群山市 →全羅北道・全州市 →ソウル市	セマングム防潮堤見学 移動 （ソウル市泊）
5	5/28（金）	ソウル市→仁川空港 →成田空港	帰国



図 1 訪問・調査先

3. 主な訪問先と対応者

月 日	訪問先	対応者	住 所
5 / 25, 26	農業科学院農業工学部	姜 昌浩, 曹 光換 辛 昇燁 他	京畿道水原市勸善区水仁路 150
5 / 26	ジェヒ米穀総合処理場	ハン ゴンヒ 曹 光換, 李 尚奉	全羅北道群山市臨陂面戊山里 531-1
5 / 27	セマングム防潮堤	辛 昇燁, 李 尚奉	全羅北道群山市・金堤市

4. 調査結果の概要

調査日程に記したとおり、5月25日に日韓研究交流セミナーが水原市の韓国農業工学部で開催された。その翌日26日の午前中には研究担当者間で共同研究打合せ会議を行い、農業機械の安全に関する今後の研究交流についての意見交換や確認を行った。5月26日の午後は全羅北道群山市近郊で田植え作業や米穀の処理加工施設の見学を行い、27日には群山市から金堤市にかけての干拓地の見学を行った。

以下、これらのセミナーや打合せ会議、見学の概要を報告する。

1) 研究交流セミナー

セミナーの参加者は、韓国側が、韓国農業工学部（図2）の関係者のほか農機メーカーや大学等から約50名が参加し、日本側は前川所長、中村安全チーム長および評価試験部の担当者計8名が参加した。

今回のセミナーでは、セッション1として「農業機械安全性の向上技術に関する研究」の報告を、セッション2として「農業機械試験評価の技術向上に関する研究」の報告を日韓それぞれから行い、質疑と意見交換を行った（図3）。

なお、報告はそれぞれの母国語で行われ、日本側の報告は通訳が付く形で行われた。報告の日本側資料には韓国語翻訳版が、韓国側資料には日本語翻訳版がそれぞれ用意された。



図2 国立農業科学院農業工学部の本館
（この4階で研究交流セミナー開催）



図3 研究交流セミナーの総合討議

（1）セッション1：農業機械安全性の向上技術研究

① 歩行型トラクタ転倒時のエンジン緊急停止装置（韓国農業工学部 金 有容 氏）

転倒後の火災や駆動部による2次的事故の防止を目的に、歩行型トラクタの転倒をセンサで検出して、燃料供給をカットすることによりエンジンを停止させるシステムの開発を行っている。そのシステムの構成や転倒の検出試験、エンジンの停止試験について報告がなされた。

② 乗用型農業機械の転倒時運転者防護について（評価試験部安全試験室長 塚本茂善）（図4）

農用運搬車へのTOPS（横転時運転者防護構造物）適用のために行った側方転倒実験や試作フレームの静的強度試験の結果、運搬車へのTOPSの装着・導入に向けたアンケート調査の結果が報告された。また、傾斜の多い茶園で稼働する動力摘採機の転倒防止装置の開発について、転倒の危険を検出して転倒を防ぐ装置の構成や動作原理・条件の説明と、試作装置の動作試験結果の報告がなされた。

③ 農業機械灯火装置の基準および性能（韓国農業工学部 金 亨権 氏）

夜間の道路走行時の事故防止を目的に、トラクタ等農業機械の灯火装置に関する試験方法の確立や安全基準の強化が進められており、灯火装置に関する韓国、日本、EUの安全基準の比較が示された。また、灯火装置の性能試験方法と試験結果や安全基準の改定・強化に向けた検討についての報告がなされた。

④ 高齢者・女性のための農業機械の調査および身体機能測定

（評価試験部作業機第1試験室 土師 健、同安全試験室 皆川啓子）（図5，6）

高齢者・女性が無理なく安全に運転操作できる機械の設計、安全装備・装置の構造・機能の改善を目標に行っている、現状農機の運転席周りの寸法やペダル必要踏力等の調査・

測定および、高齢者・女性の運転操作に係る足上げ高さ、着座時のペダル踏力等の身体機能の調査・測定結果の一部が紹介された。調査・測定の結果は、安全鑑定基準や内規見直しのための基礎データとすることが報告された。



図4 塚本室長の報告



図5 土師研究員の報告



図6 皆川研究員の報告

（２）セッション２：農業機械試験評価の技術向上研究

① 自脱コンバイン用エンジン軸トルク測定装置の開発（評価試験部作業機第２試験室長 富田宗樹）（図７）

農業機械用エンジンの排出ガス試験・評価を前提に、コンバイン実作業時のエンジン負荷を測定する装置について、その構成や開発・改良、開発装置による測定結果などが報告された。開発装置は各種の既存コンバインに装備することが可能で、実働負荷の高精度測定が行える。



図7 富田室長の報告

② 農用トラクタ重心位置測定方法比較（韓国農業技術実用化財団 農機械検定チーム 金 官禹 氏）

静的転倒角を推定するための重心位置測定方法について、日本、米国、ISO(OECD)の各方式を用いた試算・比較結果が報告された。ISOの方式を適用するためのジャッキ型秤を今後開発予定とのことであった。

２）共同研究打合せ会議

農業機械の安全性向上に関する共同研究の研究協定は 2009 年末が期限であったため、韓国側の組織改編および研究範囲の拡大を反映した新たな研究協定を締結することで合意した。また、今後のセミナーや共同研究のテーマ、



図8 共同研究打合せ会議

両国での検査・鑑定や共同研究における研究員の交流（相互参画）等についての意見交換や確認を行った（図8）。

（１）共同研究の協定

共同研究名を「農作業安全・事故防止に関する研究」とする協定書について、日本側の担当課題名を「乗用型農業機械の転倒時運転者防護に関する研究」と「農業機械の安全対策に関する研究－安全鑑定基準の見直し」、韓国側の担当課題名を「農業機械の安全装置および安全基準の改善に関する研究」と「農作業事故原因分析および予防対策に関する研究」とし、それらの研究内容や分担、実施場所などを定めた内容により協定書を交わすことに合意した。

研究協定書の署名、締結については、打合せ会議後に締結のための手続きを行い、2010年6月8日付けで締結を行った。

（２）第6回研究交流セミナーと今後の共同研究

① セミナーの開催時期・場所について

次回の第6回研究交流セミナーは、第5回と同様、5月下旬から6月上旬くらいの間に開催することが適当とされ、2011年の5月下旬から6月上旬までの間に日本で開催することとし、詳細については今後調整を行うこととなった。

② セミナー・共同研究の内容等について（意見交換）

・韓国側から、次回のセミナーでは、農作業事故が発生した場合の処理と対応の方法、農作業安全のための教育や啓発などへの取り組み、保険制度の現状などの農作業安全や事故防止に関わる制度的、行政的な取り組み状況や事故統計について、日韓双方の状況を報告し検討して、それらの改善に資する内容を入れたい、との要望が出された。

日本側は、両国の制度的、行政的な取り組み状況や事故統計について報告し検討することは意義があり、報告する項目を事前に調整、整理したい、と返答した。

・韓国側から、生研センターが行っている高齢者・女性のための農業機械および身体機能の調査、測定の結果やその結果に基づく安全基準の見直しについては、前日のセミナー報告を受けて、このような調査、測定を行うことに関心があり、調査、測定を行うのであれば、国際的な基準の見直しにつなげるところまで進めたいと考える、との意向が示された。

・韓国側から、研究協定書では共同研究の対象は農作業安全や事故防止に関することとなっているが、例えば、エネルギーやポストハーベスト関係の研究なども共同研究の対象とできないか、との提案があった。

日本側からは、研究協定書には「その内容の変更」即ち「研究対象の変更」も可能であるとなっているので、研究対象を広げることは可能と考えられるが、今回参加している日本側メンバーは検査、鑑定や農作業安全の担当なので、エネルギー関係やポストハーベスト関係などの共同研究を今後行うかどうかについては、持ち帰って検討、確認を行いたい、と回答した。

・日本側から、これまで研究交流セミナーを通じて情報交換やお互いの状況認識を行ってきた。これからは、研究者の交流も含め、共同研究で出来ることを更に踏み込んで実施し、農作業安全や事故防止に関する研究の進展とともに実質的な農作業安全の確保や事故の

減少につながる具体的かつ有効な取組みの実現を目指したい。そのことにより、共同研究の可能性を広げて、他のテーマの共同研究のベースにできればと考える、と発言した。

- ・韓国側から、今回の新しい研究協定により 2012 年末までの協定が結ばれることになるが、2013 年からはまた同様に新たな協定を結ぶことになるのか、との質問があった。

これに対して、日本側から、共同研究の期間を長くする、または期限を設けなくて、研究内容や対象は都度検討、協議して設定するという対応も考えられるが、この共同研究は日韓の農水省レベルの「農林水産協力」の下での共同研究という位置付けになっており、3 年間程度のテーマをある程度絞ったものとして実施し、その期間で一定の成果を出す、という対応が適当と考えられる。そのため、2013 年からはまた新たな協定を結ぶことが良いのではないかと、との考えを示した。

（３）2010 年度の研究員の交流について

今年度から、両国の研究者が共同研究に関わる試験や検査・鑑定等に一定期間参加・交流して共同研究を推進することが、前回の共同研究打合せ会議でも提案されており、その具体的実施に向けて予定等の調整、確認が行われた。

- ・日韓両国から、安全キャブ・フレームの検査やトラクタ等の安全鑑定で、1 週間程度、相手国の研究者を受け入れることが提案された。

受入れ時期について、韓国側からは、新しいトラクタの申請時期の関係から 10 月下旬から 11 月上旬の時期に安全キャブ・フレームの検査がほぼ確実に行われるので、その時期に生研センターの研究者を受け入れることが提案された。それに対し日本側は、その時期に、韓国での安全キャブ・フレームの検査に生研センター研究者を参加させる方向で調整したい、と返答した。

- ・韓国側から、安全キャブ・フレームの検査に係る日数や、これから受検メーカーの了解を取るなどが連絡された。

- ・韓国側から生研センターでの検査・鑑定に参加する予定については、韓国側の 2010 年度予算の関係から今年度は実施せず、次年度実施する予定である、と発言があった。

- ・この調整、確認に基づいて、本報告のⅦ．に報告した研究交流が行われた。

３）農業現場や米穀処理加工会社等の見学

（１）田植え作業の見学

農業工学部がある京畿道水原市の南方約 200km（バスで約 3 時間）の全羅北道群山市近郊の農家ほ場において、田植機による田植え作業を見学した。

日本のヤンマー社製 6 条植田植機を使用し、農家のご主人が田植機の運転を、奥さんが苗マットの供給等の補助を行う方法により、日本と同じ田植えが行われていた（図 9）。作業速度は 1 m/s をやや超える程度で、植付け条の曲がりはありませんという印象であ



図 9 群山市近郊の農家ほ場での田植え

った。

（２）米穀処理加工販売会社の総合処理場見学

上記の田植え作業ほ場の近くにある「ジェヒ米穀総合処理場」を見学した（図 10、11）。

この総合処理場は、米の買取り（契約栽培農家から）と乾燥・調製・販売を行っている企業「(有)ジェヒ RPC」の処理加工施設である。近くにある錦江（川）流域の農家 128 戸との 100% 契約栽培の稲は、タニシ農法やぬか農法などの無農薬農法により栽培されたものとのことで、その米は「渡り鳥到来地米」として、全国優秀ブランド米農林部長官賞を 2005～2008 年の 4 年間連続受賞したとのことである。2007 年、このブランド米は韓国から海外への初めての輸出米となり、米国、ロシア、ドバイに輸出されている。

同施設は最新の処理加工機械や装置を導入した施設であり、韓国国内に 300 以上ある RPC（Rice Processing Center）のなかで、韓国農水産食品部による経営評価で 5 年連続の A 級評価を受けたのは、この処理場が初とのことである。



図 10 群山市のジェヒ米穀総合処理場



図 11 総合処理場前での集合写真

（３）セマングム防潮堤の見学

セマングムは韓国南西部の全羅北道群山市の南を流れる錦江と金堤市を流れる東津江の河口一帯に広がる干潟で、そこを淡水湖にし、更に陸化するために作られたのが「セマングム防潮堤」である（図 12、13）。



図 12 セマングムの堤内



図 13 セマングム防潮堤の水門

全長 30km 超の防潮堤は 1991 年に工事が始まり 2010 年秋までの 19 年をかけて作られ、その完成により約 4 万 ha の淡水湖ができることになった。この防潮堤については、日本の諫早湾干拓事業を上回る環境破壊を招く恐れがあるとして、市民団体から工事の中止を求める訴訟も起こされ、工事の一時中断など紆余曲折の末に完成したものである。

今後は、本格的な陸地化、内部開発が進められ、干拓地は大きく農業用地、産業用地、観光用地、生態・環境用地、科学・研究用地、再生可能エネルギー用地、都市用地に区分され開発が進められるという。2020 年までを第 1 段階、2021 年以降を第 2 段階として、第 1 段階では全体面積の 70% 以上が陸地化されるとのことである。

5. 収集資料等

1) 第 5 回研究交流セミナー講演要旨

2) 「ジェヒ RPC」(ジェヒ米穀総合処理場) の資料

Ⅲ. 欧州諸国における乳牛の飼養管理機器・システムについての 研究開発動向の調査

畜産工学研究部 家畜管理工学研究単位
主任研究員 後藤 裕

1. 目 的

欧州諸国（オランダ、デンマーク、ドイツ）において、乳牛の飼養管理機器・システムについての研究開発の現状と今後の方向を調査し、これからの研究開発に資する。

2. 調査日程

平成22年6月19日～7月1日（13日間）

日数	日付	国・都市名	交通	摘要
1	6/19 (土)	【日本】 成田発 【オランダ】 アムステルダム経由 Ede-Wageningen 着	航空機 鉄道	移動日 [Ede 泊]
2	6/20 (日)	【オランダ】 Ede		資料整理 [Ede 泊]
3	6/21 (月)	【オランダ】 Wageningen Zegveld	相手車	Wageningen University 訪問 Dairy Research Farm Zegvel 訪問 [Ede 泊]
4	6/22 (火)	【オランダ】 Lelystad Wageningen	相手車	Livestock Research 訪問 Dairy Research Farm Waiboerhoeve 訪問 Wageningen University 訪問 [Ede 泊]
5	6/23 (水)	【オランダ】 Ede-Wageningen 発 アムステルダム経由 【デンマーク】 コペンハーゲン経由 オーフス着	鉄道 航空機 バス	移動日 [オーフス泊]

6	6 / 24 (木)	【デンマーク】 オーフス Viborg Tjele	鉄道 相手車	University of Aarhus -Faculty of Agricultural Sciences-Research Centre Foulum 訪問 [オーフス泊]
7	6 / 25 (金)	【デンマーク】 オーフス Kolding Horsens オーフス	鉄道 相手車	S.A .Christensen & Co. 訪問 Dairy farm 訪問 Danish Agricultural Advisory Service 訪問 [オーフス泊]
8	6 / 26 (土)	【デンマーク】 オーフス発 コペンハーゲン経由 【ドイツ】 ベルリン経由 ポツダム着	バス 航空機 鉄道	移動日 [ポツダム泊]
9	6 / 27 (日)	【ドイツ】 ポツダム		資料整理 [ポツダム泊]
10	6 / 28 (月)	【ドイツ】 ポツダム	相手車	Leibniz-Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim 訪問 [ポツダム泊]
11	6 / 29 (火)	【ドイツ】 ポツダム	相手車	Leibniz-Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim 訪問 [ポツダム泊]
12	6 / 30 (水)	【ドイツ】 ポツダム着 ベルリン経由 【オランダ】 アムステルダム経由		移動日 [機内泊]
13	7 / 1 (木)	【日本】 成田着		移動日

3. 主な訪問先と対応者

日付	訪問先	対応者	住 所
6/21 (月)	Wageningen UR Wageningen University	Ing. Pieter Hogewerf Ir. Bert Ipema	P.O. Box 397 6700 AJ Wageningen The Netherlands
	Wageningen UR Dairy Research Farm Zegveld	Ir. Bert Ipema	Oude Meije 18 3474 KM Zegveld The Netherlands
6/22 (火)	Wageningen UR Livestock Research	Dr. Kees Lokhorst Ing. Kees de Koning Ir. Bert Ipema	P.O. Box 65 8200 AB Lelystad The Netherlands
	Wageningen UR Dairy Research Farm Waiboerhoeve	Ir. Bert Ipema	Runderweg 8 8219 PK Lelystad The Netherlands
	Wageningen UR Wageningen University	Dr. Hanneke Pompe Ir. Bert Ipema	P.O. Box 17 6700 AA Wageningen he Netherlands
6/24 (木)	University of AarhusFaculty of Agricultural Sciences Research Centre Foulum	Dr. Frank W. Oudshoorn Ms. Elke Burow Dr. Christine Maria Rontved	Blichers Allé 20 P.O. Box 50 DK-8830 Tjele Denmark
	Danish Cattle Research Centre	Dr. Christian Friis Borsting Dr. Frank W. Oudshoorn	Burrehojvej 49 8830 Tjele Denmark
6/25 (金)	S.A .Christensen & Co.	Mr. Christian Stilling Christensen Dr. Frank W. Oudshoorn	Ndr. Havnevej 2 DK 6000 Kolding Denmark
	Danish Agricultural Advisory Service National Centre Danish cattle Federation	Mr. Troels Lind Dr. Frank W. Oudshoorn	Udkaersvej 15, DK-8200 Aarhus N Denmark
6/28 (月)	Leibniz-Institute for Agricultural Engineering	Dr. Reiner Brunsch Dr. Sandra Rose-Meierhofer	Max-Eyth-Allee 100
6/29 (火)	Potsdam-Bornim	Dr. Ulrich Brehme Dr. Martina Jakob	D-14469 Potsdam

4. 調査結果の概要

1) オランダ：ワーゲニンゲン大学

(1) 試験牧場 (Zegveld)

ワーゲニンゲン大学の主要な施設は Wageningen に集中しているが、試験牧場 (Zegveld) は Wageningen から車で東方に約1時間半移動した Zegveld にある。ここでは、移動型搾乳ロボット (Mobile Milking Robot; 図1) の試験運用の様子を見学した。移動型搾乳ロボットは、通常牛舎内に設置されている搾乳ロボットをクローラ車に搭載し、放牧地間を移動させ運用しようと考えられたものである。搾乳牛 55 頭 (昨年は 65 頭) に供試されていた。乳量 27 kg/日・頭、体細胞数 10~20 万で順調に乳生産をしているとのことであった。毎日、作業者は、搾乳ロボットに訪問しない5頭の牛追い、ロボット周辺の清掃作業、ミルクフィルタの交換作業など、通常の設置型搾乳ロボットでも行われることの他に、基地へ本体を戻して燃料・水・配合飼料の補給作業、次の放牧地への搾乳ロボットと乳牛の移動作業等を行わなければならない。アニマルウェルフェアの観点から、放牧地に乳牛と搾乳ロボットを出すという考えが出てきたと推察されるが、搾乳ロボットが次の放牧地に移動しても乳牛が追従しない、コスト高となる等の問題点もあるという研究者からの意見も聞かれた。



図1 移動型搾乳ロボット (Mobile Milking Robot)

移動型搾乳ロボットの他、試験牛舎 (フリーストール) 内には、通路上を自動運動してふん尿をふん尿溝に掻き落とすロボットがあった (図2)。ロボットは前方をセンシングしながら、低速で移動していた。充電場所も牛舎端にあり、自動で帰還した。また、フリーストール牛舎におけるストールの仕切柵 (隔柵) を、通常使用されている鋼管からウレタンゴム製の丸棒に置き換え、乳牛の快適性を向上させようという試験も行われていた (図3)。



図2 除ふんロボット



図3 ストールの仕切柵の改良

（２）家畜研究所（Livestock Research）

家畜研究所は Wageningen から車で北方に約 1 時間移動した Lelystad にある。ここでは、「Farm and Chain Systems」部の部長である Kees de Koning 氏と、精密畜産のプロジェクトリーダーである Kees Lokhorst 氏に会った。Kees de Koning 氏からは、部の概要、搾乳ロボット周辺技術について説明があった。特に搾乳ロボット周辺技術として、乳牛の個体識別と生体情報センシング技術、乳成分分析装置等が開発され、多くのデータが取得できるようになったが、今後これらのデータを有機的に使って農家が判断するための情報を提供することが課題となるとの見解が示された。また、Kees Lokhorst 氏に、オランダにおいてアニマルウェルフェアはどのように考えられているかの質問をしたところ、オランダでは乳牛に関するアニマルウェルフェアの基準は特にないが、①健康に牛を飼って長命化させる、②国民が牛を放牧してほしいと望んでいる、という基本的な考え方があるとの回答であった。

（３）試験牧場（Waiboerhoeve）

試験牧場（Waiboerhoeve）は家畜研究所から車で約 10 分移動したところにあつた。ここには、フリーストール牛舎（図 4）があり、搾乳ロボット 3 台が設置されていた。1 台当たり 60～70 頭の搾乳牛を供試し試験を行っているとのことであつた。牛舎内通路はゴム製のスラット床でふん尿が下に落ちる構造になっていた。通常のコンクリート床に比べ柔らかいため蹄に良く、乳牛の快適性が高まると考えられた。さらに、通路上の除ふん作業を行うロボット（図 5）も稼働しており、牛体もきれいであつた。

Bert Ipema 氏から、乳牛の活動度、起立、横臥、移動の状況を計測するため、後足首（両方）に 3 軸加速度センサ、ID タグ、バッテリーを内蔵した装置（図 6）の取り付け試験をしているとの説明があった。データの送受信回数が多いため、バッテリーが 1 ヶ月程度しかもたない、横臥すると牛体の下に隠れたセンサからのデータが取得できない等、問題点についても示された。



図 4 フリーストール牛舎



図 5 除ふんロボット

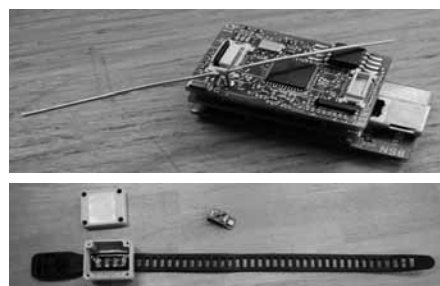


図 6 後足首（両方）に取り付けた乳牛の活動度測定装置

2) デンマーク

(1) オーフス大学農学部－研究センターFoulum

オーフス大学は、デンマーク第2の都市であるオーフスにある。農学部は5つの研究センターを所有しており、研究センターFoulumはその1つである。研究センターFoulumは、オーフスより電車で1時間半移動したViborgが最寄り駅となり、そこからさらに15km離れたTjeleに所在する。

Frank W. Oudshoorn 氏から放牧に関する研究が紹介された。概要は次の通りであった。「デンマークでは近年大規模農家が急増している（2000年：66頭/牧場→2010年：125頭/牧場）。牛舎を新築する場合も多く、その90%が搾乳ロボットを導入して放牧を中止し、乳牛を牛舎内で飼養する農家が増えている。また牛舎と放牧地が離れている、雨天時に牛体が汚れる、放牧地ではアブやハエ等の害虫がいる等の理由もあり、放牧を行う農家が増えていかない。そこで放牧を促進するための研究を行っている。乳牛の首に2軸加速度センサとGPSを、足にも2軸加速度センサをそれぞれ装着し、放牧時間の条件を変えて乳牛の移動軌跡と排せつ場所、採食・起立・横臥時間等の行動調査を行った。平均移動速度と採食速度を考慮して最適な放牧時間を決定した。」

Elke Burow 氏からはアニマルウェルフェアに関する研究が紹介された。概要は次の通りであった。「ウェルフェアの向上をねらいに、乳牛の行動調査や健康管理に関する研究を行っている。デンマークでは蹄病が問題となっているため、通路に消毒槽を設置したり、通路床をスラットタイプとした場合の効果を調査している。ウェルフェア評価はEUのWelfare Quality Projectで開発された評価法を参考にしている。」

(2) デンマーク乳牛研究センター（Danish Cattle Research Centre）試験牧場

乳牛研究センター試験牧場は、Foulumから車で5分移動したところにある。

牧場内にはフリーストール牛舎があり、3台の搾乳ロボット（図7）が稼働していた。1台はジャージ種70頭の搾乳に、2台はホルスタイン種140頭の搾乳に供試されていた。敷料を牛床に自動補給するシステムやウェルフェアによいとされるカウブラシが設置されていた。オランダの試験牧場と同様、通路上の除ふん作業を行うロボットが稼働し、通路はゴム製のスラット床で、牛体はきれいであった。乳牛の足には3軸加速度センサを装着し、起立・横臥・活動度を把握していた。この他に実証試験中であるハードナビゲータ（Herd Navigator、図7、8）が搾乳ロボットに付設されていた。ハードナビゲータは、搾乳時に自動採取したサンプル乳から、プロジェステロン（発情）、LDH（乳房炎）、BHB（ケトーシス）、Urea（エネルギーバランス）



図7 搾乳ロボット（上）とそれに付設されたハードナビゲータ（下）

を測定していた。「測定は測定項目毎に用意された紙スティック（消耗品）の色変化をカメラで計測しており、搾乳終了後 10～15 分後に結果が出る。早期に発情や体調不良等を発見し、早期に対応することで、健康管理を適切に行い、生産効率を上げることをねらいとしている。」とのことであった。

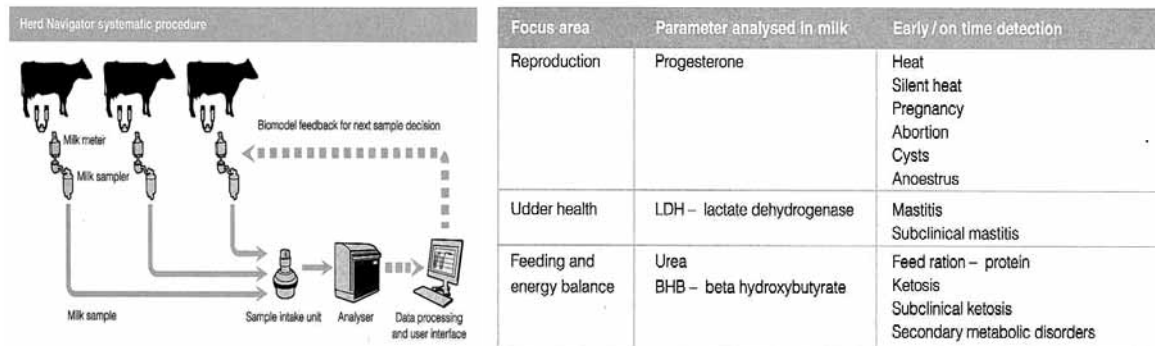


図 8 ハードナビゲータの測定フローと測定項目（製品カタログより）

（３）搾乳機メーカー S.A .Christensen & Co.

Kolding 駅から車で約 15 分のところにある搾乳機メーカーを訪問した。搾乳ユニットの自動離脱装置、それに付加する乳量計、ミルキングパーラー搾乳でのデータ管理システム等について説明があった。前述した通り、近年、飼養規模拡大が急速に進み、搾乳機の更新時には、300 頭以上はミルキングパーラー、それ以下は搾乳ロボットを選択することとであった。また、規模が大きくなると、経営者が搾乳作業をする場合が少なくなるため、それに対応した機器開発が必要となるとの意見もあった。

（４）デンマーク農業指導センター（Danish Agricultural Advisory Service）

訪問した農業指導センターはオーフスにある。この組織では農業者がオーナーであり、ユーザーでもある。職員であるアドバイザーが行う農業サービス活動に対しては農業者が経費を負担する。この組織内に Danish Cattle Federation があり、酪農に関してもデンマーク国内の新しい情報・技術を把握している。また、国全体の牛のデータベースも管理している。Troels Lind 氏からは、農業者や獣医が現場において Pocket PC を使って、インターネット経由でデータベースにアクセスして乳牛個体のデータを参照することができる「EasyCow」システム（図 9）について紹介があった。

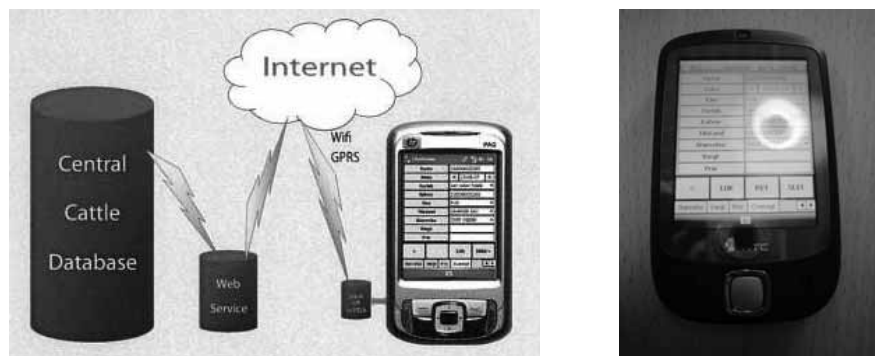


図 9 「EasyCow」システムと Pocket PC

3) ドイツ : Leibniz-Institute for Agricultural Engineering (ATB)

ドイツでは、ベルリン近郊のポツダムに所在する略称 ATB という農業工学研究所を訪問した。最初に Scientific director である Reiner Brunsch 氏から、「この研究所は東西ドイツ統合後の 1992 年に、検査部門が分かれて別組織となり、農業工学の研究施設として新たに設立された研究所である。連邦政府から研究資金を得ている。」など、研究所についての概要説明があった。研究所の組織図を見て生研センターに似た組織である印象を持った。

ここでは、主に家畜管理工学部 (Department of Engineering for Livestock Management) の研究者が研究開発を行った課題を、以下に紹介する。

(1) 新搾乳装置 : Multilactor

この搾乳装置 (図 10) は、大規模酪農家向け、ミルクングパーラー用に開発されたもので、Sandra Rose-Meierhofer 氏から紹介があった。「一番の特徴はミルククローがないことで、4 本それぞれに異なる長さや向きをもった乳頭に合わせてティートカップが装着できるため、搾乳時にかかる乳牛の負担を軽減できる。また 1 頭搾乳する毎にティートカップライナーの洗浄を行う機能も備えている。」と説明があった。

Martina Jakob 氏は、「従来のミルククローのあるティートカップを装着する場合とこの新しい搾乳装置でミルククローのないティートカップを装着する場合について、作業者にマーカーを付けて動作解析をして比較し、人間工学面からの評価をした。結論として、新方式では装着時にミルククローを持たなくてよいため、上半身が前に 20° 以上傾くことなく作業ができるため負担が少ない。」との見解であった。

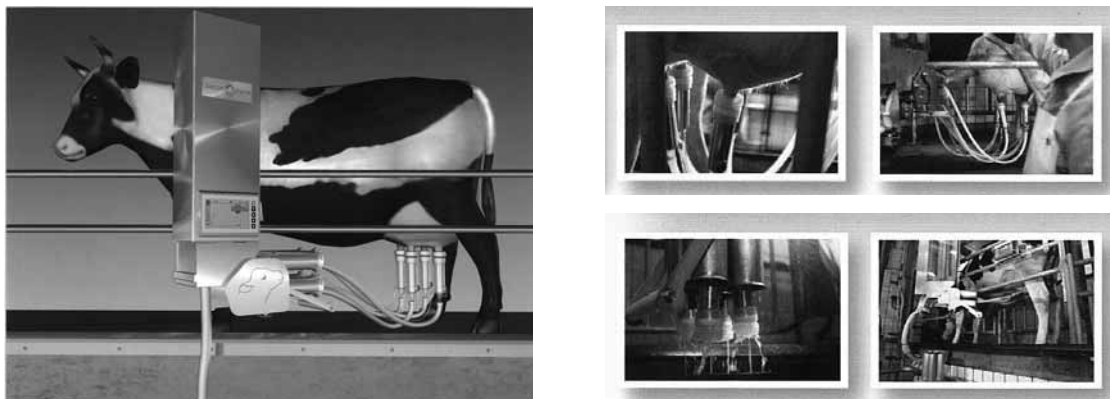


図 10 新搾乳装置 : Multilactor (製品カタログより)

(2) ALT pedometer を使った新しい発情発見システム

この発情発見システムについて Ulrich Brehme 氏から紹介があった。ALT pedometer (図 11) は、微弱な発情を発見し発情発見率を改善するという目的から、牛の足に装着し、活動度 (Activity)、横臥時間 (Lying time)、体温 (Temperature) の 3 項目が測定できるよう Brehme 氏が開発したものである。「本システムによる発情発見の結果は良好であり、活動度と横臥時間の間にも高い相関があることが分かった。但し、通

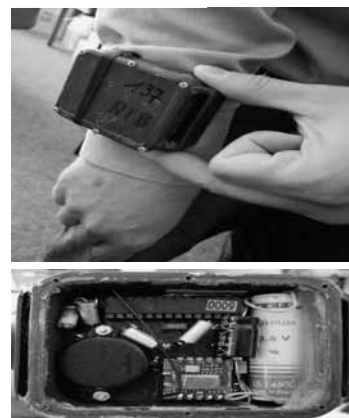


図 11 ALT pedometer

路に横臥する牛の体温データが低くなることもあり、体温の測定方法には課題が残った。」との説明があった。

4) まとめ

欧州諸国（オランダ、デンマーク、ドイツ）では、乳牛に装着したセンサ等による測定をはじめ、搾乳時のインライン測定やサンプリングした乳汁の測定から個体毎の生体情報データを取得しようという技術開発が進められていた。そこには、個体管理が大事であり、病気を発症してから治療するのではなく、未病のうちから早期発見・早期対応をしようという考え方があった。また、アニマルウェルフェアの観点から、乳牛の快適性を向上させ、乳牛を健康に飼養し長生きさせて生産効率を上げるという方向で、今後も研究が進展していくとみられた。

5. 収集資料等

1) Innovative Technology and Sustainable Development of Organic Dairy Farming
Frank W. Oudshoorn, 2009, Denmark

2) S.A .Christensen & Co. の搾乳機器カタログ

3) Herd Navigator カタログ

IV. ASABE2010 への参加および農業用ロボットに関する技術動向調査

園芸工学研究部 施設園芸生産工学研究単位
主任研究員 山本聡史

1. 目 的

米国農業生物工学学会年次大会 ASABE2010 Annual International Meeting (www.asabe.org、開催日：6月20日～23日、開催地：ペンシルベニア州ピッツバーグ) に参加し、「超省力施設園芸生産技術の開発－画像処理を用いたイチゴの自動選別技術の開発」(アシストプロ) により得られた成果について、Sensors and actuators for automation and robotics のセッションで、Development of a strawberry-packing robot with machine vision というテーマで口頭発表する。また、米国で研究開発されている農業ロボットに関する最先端の情報を収集し、今後の研究の資とする。

2. 調査日程

平成 22 年 6 月 19 日～25 日（7 日間）

日数	月 日	都市名	調査先・調査内容	概 要
1	6/19 (土)	成田 ピッツバーグ	移動（ニューヨーク経由）	航空機利用 ピッツバーグ泊
2	6/20 (日)	ピッツバーグ	国際シンポジウム登録・参加	ピッツバーグ泊
3	6/21 (月)	ピッツバーグ	国際シンポジウム参加	ピッツバーグ泊
4	6/22 (火)	ピッツバーグ	国際シンポジウム参加	ピッツバーグ泊
5	6/23 (水)	ピッツバーグ	国際シンポジウム参加	ピッツバーグ泊
6	6/24 (木)	ピッツバーグ	移動（ニューヨーク経由）	航空機利用
7	6/25 (金)	成田	移動	航空機利用



3. 調査結果の概要

1) ASABE2010 への参加

大会はピッツバーグ市の市街地にある David L. Lawrence Convention Center で開催された（図1）。この会場は2009年9月のG20ピッツバーグ・サミットの会場でもあった大変立派で広大な建物である。ピッツバーグはかつて鉄鋼の街として有名であり、2本の川が合流しているオハイオ川の起点に位置しているが、会場も川に面していた（図2）。ホテルは学会事務局から紹介された市街地にあり、会場から徒歩15分の距離であった。ピッツバーグ（図3）に到着したのは土曜日の夜11時であったが、市内の川を挟んだ球場から歓声が聞こえ、MLBの盛り上がりを多少なりとも感じる事ができた。翌日の日曜日は学会のテクニカルツアーに参加したが、市内は予想以上に閑散としていて、商店の半分以上が休業であり、コンビニの24時間サービスに慣れていた分、不便を感じた。しかし、月曜日から街は活気を取り戻し、高層ビルの谷間のちょっとした広場で屋台がホットドッグを売り、近くに並べたテーブルでビジネスマンが昼食を楽しんでいた。日差しは大変強かったが空気が乾燥していたため、日陰は快適であった。米国ではラフな服装という固定観念があったが、スーツにネクタイのビジネスマンがほとんどであった。また、会場内は冷房が過度に効いていて寒いくらいであったが、米国にはクールビズという発想はなさそうであった。



図1 会場



図2 会場からの風景



図3 ピッツバーグの市街地

大会は口頭発表とポスターセッションが主体であるが、学生のスキル向上を目指したロボットコンテスト (<http://abe-research.illinois.edu/ASABERobotics/>) やテクニカルツアーのメニューも豊富にあった。ロボットコンテストは筆者が2009年に訪問したイリノイ大学の Tony Grift 博士が主催していた。学生の就職案内のミーティングもあり、ポスター会場に CNH のコンバインが展示されていた。マルチスペクトラル・ハイパースペクトラルイメージの画像処理技術、バイオマスの収穫・運搬・貯蔵技術等に関する有料の勉強会も散見された。また、中国、インドの情勢を伝えるセッションもあった。中国情勢に関するセッションに立ち寄ったが、講演が中国語で行われ、英語に通訳されていた。大会を通じて中国を中心にアジア系の研究者が非常に目立っていた。

会場では近中四農研の田中氏、京都大学の増田氏に会った。田中氏との会話によりだいぶ気が楽になった。また、北海道大学 OB の木瀬氏、水島氏にも会った。木瀬・水島両氏は野口氏の門下生で、筆者が就職して間もない基礎部メカトロ研時代に頻繁に大宮を訪れていた頃から、約9年ぶりの再会であった。木瀬氏はジョンディア社、水島氏は USDA 所属でミシガン州立大学に在籍している。背が高い両氏は昔と変わらず自信に溢れていた。イチゴの話になり、米国では1kg 当たり3ドル程度で、そんなに不味くはないという感想だった。また、米国のメロンは形が不格好であるが味は非常に良く、購入してから車のトランクに2日程度置いておくと一層甘味が増すとのことであった。筆者が発表する Sensors and actuators for automation and robotics のセッションは木瀬氏が司会をしていて、「彼の動画はクールである」という前置きをつけて紹介してもらった。Development of a strawberry-packing robot with machine vision というテーマで口頭発表した(図4)。部屋の人数は10人強であった。今回、できる限り観客の方を向いて話すことを目標にしたが、途中英語がスムーズに出てこなくて、動揺してしどろもどろになる場面もあった。果重の推定方法および果実損傷の観察結果について質問が出た。

大会を通じて Information & Electrical Technologies の分野を中心に情報収集を行った。トマト収穫ロボットの発表を楽しみにしていたが、講演者は欠席し、講演要旨も入手できず残念であった。専門外であったがマルチスペクトルによるカンキツの病害検出方法等の講演を聴き、プレゼン方法など非常に参考になった。3次元CADによるイラストの利用も多く見られた。



図4 筆者が発表した会場の様子

2) カーネギーメロン大学ロボット学部見学ツアーへの参加

ASABE2010 参加者のために用意されたテクニカルツアーに参加した。日本から京都大学博士課程の椎木氏も参加していた。チャーターバスに乗り込み、市内から約30分高速道路を走行し、ピッツバーグ市郊外の有機栽培リンゴ園（図5）に到着した。米国というと真っ平らの耕地を連想するが、訪問したリンゴ園は傾斜地であり、汗をかきながら中腹まで歩いて登った。日本と比較すると、かなりわい化したリンゴ樹であった。

リンゴ園の中腹でツアー参加者が待機していると自律走行車両が丘の向こうから登場し、樹列間を自動走行し、枕地でUターンして停止した（図6）。ベース車両はドライブバイワイヤの電動車両である。搭載しているGPSは使用せず、航法センサとしてレーザレンジファインダ（Sick）、駆動車輪の回転数、ステアリング方向の情報のみを利用することにより安価なシステムを目指している。樹列間走行中に欠株等により片方の樹木が検知できないような場合でも対応できるソフトウェアを構築している。タイヤのスリップは考慮していない。バンパ下部の距離センサは障害物検知用、横方向の2台の距離センサは樹木検出用である。生産者に使用してもらうためのユーザインターフェースの重要性について強調していた。炎天下の下30分以上質疑応答が続き、車両ロボットへの関心の高さがうかがえた（図7～9）。



図5 有機栽培リンゴ園入口



図6 ロボットを待つ参加者



図7 自律走行車両の実演



図8 ノートPCで制御



図9 駆動用バッテリー

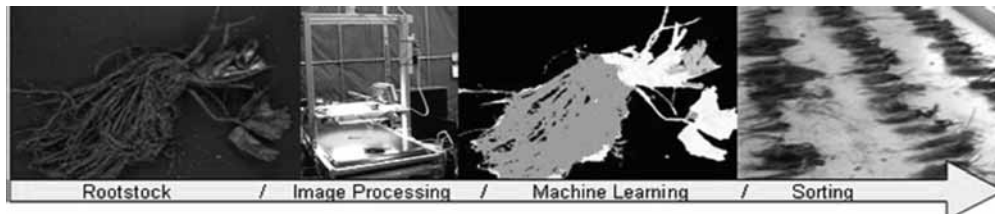
麓の直販所で各自昼食をとり、店内を見て回った。イチゴも販売されており、果柄がついた果実がバラ詰め販売されていた。1パイント(0.473 リットル) 3ドルであった(図10)。なにか買わなければならない雰囲気であったので、オーガニックビール(ノンアルコール)を購入しホテルで飲んだが、非常に甘く、メンソールの香りが強烈な炭酸飲料であった。

直売所で休憩した後、バスで30分くらい走行し、カーネギーメロン大学ロボット学部NREC(www.rec.ri.cmu.edu)に到着した。DARPA(www.darpa.mil)のコンテストの常連でもあり車両ロボットのメッカとも言える組織であるがゆえ、写真撮影禁止の誓約書にサインが必要であった。



図10 直売所のイチゴ

最初にイチゴ苗選別装置を見学した(図11)。米国のイチゴ栽培は露地栽培が一般的で、収穫シーズン後に親株と子株が混在した状態で機械に回収され、屋内の作業場に運ばれて、人手により子株のみ選別される。選別装置ではベルトコンベアで搬送されている苗を画像処理により親株と子株に選別し、親株と不良株を圧縮空気でコンベアから吹き飛ばして除去する。クラウンの大きさを基準にしているように見受けられた。ビデオでは1秒に1株以上処理していた。イチゴの苗生産法人(www.lassencanyonnursery.com)がスポンサーになっている。



The machine vision system learns to distinguish good-quality plants from plants that are the wrong size or are otherwise unsuitable for shipment to customers.

図11 イチゴ苗選別技術

(www.rec.ri.cmu.edu/projects/strawberry/)

次に果樹用ロボットのプロジェクトの説明があった。樹間自律走行、収量予測、精密防除、病害検出についてフロリダ大学、コーネル大学と共同研究している。また、精密農業のために Precision Ag in a Box というコンセプトで蓄積したデータの効果的な利用方法についても研究している。NRBC のホームページには農業の自動化ビジョンが示されており、各種ロボットの他、ロボット用の燃料補給システムも検討している点が興味深く思われた（図 12）。

農業以外でも、市街地での自律走行のための自動車用のステレオビジョンの説明、6 輪車両のデモがあった。6 輪車両は自由度が 20 以上であるが、各アクチュエータを協調制御し、操作性を向上させていた。

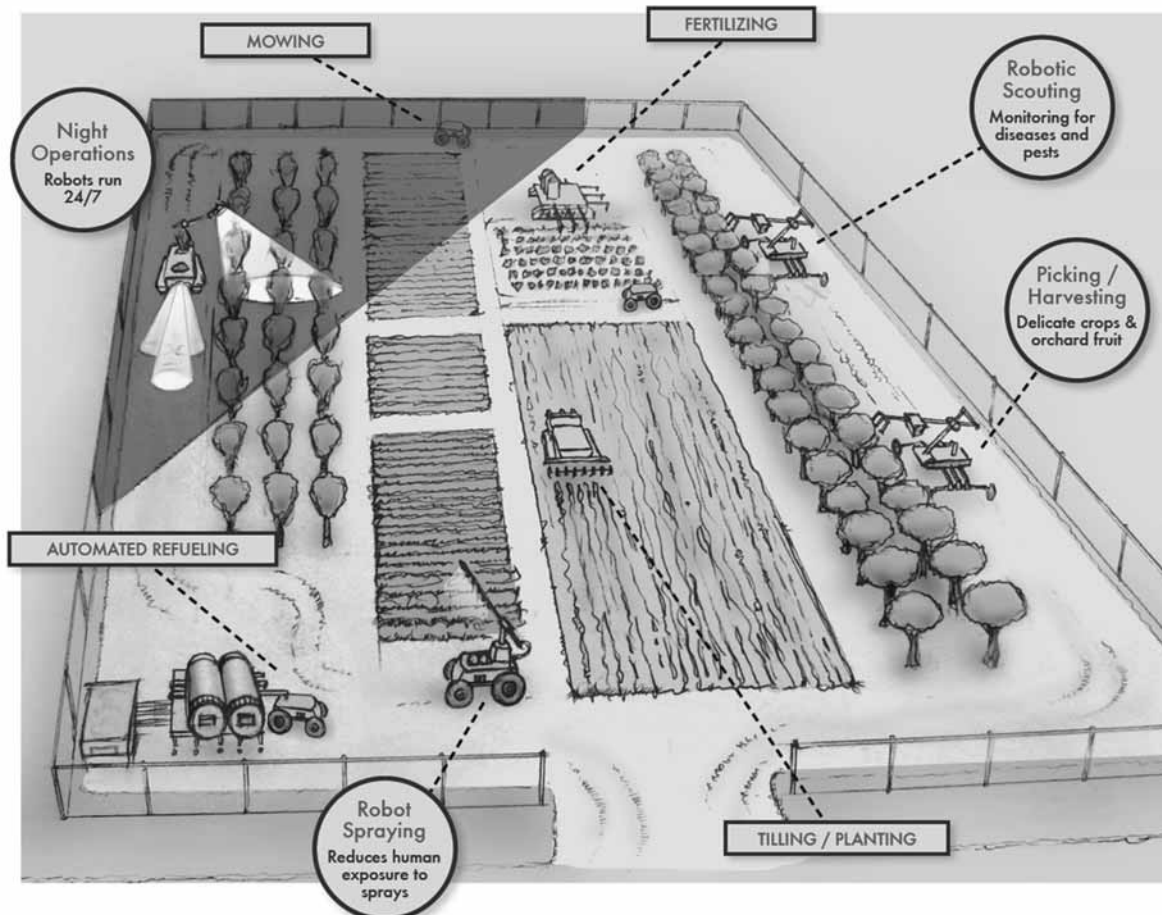


図 12 NREC の農業自動化のビジョン

(www.rec.ri.cmu.edu/markets/farm.pdf)

4. まとめ

学会がピッツバーグで開催されたため、カーネギーメロン大学の最新技術を見学できたことが一番の収穫であった。特に車両系ロボットの試験用地が建物と隣接し、机上の理論に終わることなくロボットを現場に放り込んでいる雰囲気を感じられた。口頭発表ではイチゴのパック詰めという我が国固有のテーマであったためか予想以上に聞いてくれる研究者が少なかったが、プレゼンテーション技術をさらに磨く必要があると考えられた。また、1,000 人以上の参加者がいるはずであったが、会場は閑散としていて、かなりの研究者が発表を聞いて情報を収集するよりもむしろ仲間の研究者と集まって研究予算を獲得するプ

プロジェクトの打合せに精を出しているように思われた。こうした打合せに参加することを目指すべく、強い刺激を受けた海外技術調査であった。なお、生研センター職員は ASABE のサイトから資料のダウンロードが自由であり、時間を見つけて引き続き農業用ロボットに関する技術動向をチェックしていきたい。

5. 収集資料

1) GPS を使用しない果樹用自律走行車両

Libby, J. and Kantor, G. Accurate GPS-free positioning of utility vehicles for specialty agriculture, 2010 ASABE Annual International Meeting, 1008605

Hamner, B., Singh, S. and Bergerman, M. Improving orchard efficiency with autonomous utility vehicles, 2010 ASABE Annual International Meeting, 1009415

2) リンゴのほ場内選果技術

Mizushima, A and Lu, R. Cost benefits analysis of in-field presorting for the apple industry, 2010 ASABE Annual International Meeting, 1008522

3) 果実の損傷検出

Lee, H., Park, S., Kim, H., Kim, S. and Noh, S. Development of band-selective 3 CCD camera to detect surface defect on fruit, 2010 ASABE Annual International Meeting, 1009519

4) イチゴのパック詰めロボットの開発

Yamamoto, S., Takahashi, K., Hayashi, S. and Saito, S. Development of a strawberry-packing robot with machine vision, 2010 ASABE Annual International Meeting, 1009985

V. 第 4 回農業工学の動向に関する国際会議 (TAE2010) への参加 および農作業管理用ロボットに関する調査

園芸工学研究部

主任研究員 猪之奥康治

1. 目 的

第 4 回農業工学の動向に関する国際会議 (4th International Conference on TRENDS ON AGRICULTURAL ENGINEERING (TAE2010)、9 月 7 日～9 日)において、農薬ドリフト低減散布法について口頭発表するとともに、環境/農業用モバイルロボット国際ワークショップ (International Workshop Mobile Robotics for Environment / Agriculture (ROBOTICS2010)、9 月 3 日～4 日)において最新の農作業管理用ロボットの研究情報を調査する。

2. 調査日程

平成 22 年 8 月 31 日～9 月 13 日 (13 日間)

日 数	月 日	都市名	交 通	摘 要
1	8/31 (火)	成田→フランクフルト(ドイツ) →リヨン(フランス)	LH711 LH4176	出発 リヨン泊
2	9/1 (水)	リヨン→クレルモン・フェラン	鉄道	クレルモン・フェラン泊
3	9/2 (木)	クレルモン・フェラン		クレルモン・フェラン泊
4	9/3 (木)	クレルモン・フェラン →モントルドレ-アリエル →クレルモン・フェラン	貸し切 りバス	ROBOTICS 2010 クレルモン・フェラン泊
5	9/4 (木)	クレルモン・フェラン		ROBOTICS 2010 クレルモン・フェラン泊
6	9/5 (木)	クレルモン・フェラン→リヨン →プラハ(チェコ)	鉄道 AF5903	プラハ泊
7	9/6 (木)	プラハ		プラハ泊
8-10	9/7 (木)	プラハ		TAE 2010 プラハ泊
11	9/8 (木)	プラハ		プラハ泊
12	9/9 (木)	プラハ→フランクフルト(ドイツ) →	LH3259 LH710	機内泊
13	9/10 (木)	→成田		帰国

3. 主な訪問先と対応者

月 日	訪問先	対応者	住所・連絡先等
9 / 3	ROBOTICS 2010 Cemagref experimental site	Dr. V. ABT	Site d'expérimentation et de recherché Domaine des Palaquins 03150 Montoldre – France Tel.: 0033 (0)4 70 47 74 10
9 / 4	ROBOTICS 2010 Clermont-Ferrand Cézeaux Campus		Campus universitaire des Cézeaux 24 avenue des Landais 63170 Aubière – France www.univ-bpclermont.fr/article98.html
9 / 7 - 9	TAE 2010 Department of Physics Faculty of Engineering Czech University of Life Sciences in Prague	Dr.Martin Libra	Kamýcká 129 165 21 Prague 6 – Suchdol Czech Republic Tel.: (+420) 224 383 284 Fax: (+420) 224 381 850



○ROBOTICS2010 会場（フランス オーヴェルニュ州 クレルモン-フェラン市）

9 / 3 ロボット車両の実演・ワークショップ：セマグレフ（Cemagref）試験地（Montoldre-Allire）

9 / 4 シンポジウム：クレルモン-フェラン大学（Cézeaux Campus university）

○TAE2010 会場（チェコ プラハ市）

9 / 7 - 9 シンポジウム：チェコ生命科学大学プラハ校 (Czech University of Life Sciences in Prague)

4. 調査結果の概要

1) ROBOTICS2010

このワークショップを運営している3学協会の1つに IARP(International Advanced Robotics Programme (国際高度ロボットプログラム))があるが、このプログラムは1982年のベルサイユ経済サミットでの合意に基づき、16先端分野の国際協力プログラムの1つとして発足しており、これが本ワークショップの主な主催者である。本ワークショップは日本ではあまり知られていないが、先端ロボット技術分野で協調し、国際経済の発展に尽くすことを目的としており、各国のロボットリーダーが一部屋に集まり親密な空気の下で意見を交換するとしている。日本からは1997年～2007年に首都大学東京の谷江教授が代表として参加していた。現在では産業総合研究所が日本を代表して参加しており、今年はフィールドロボティクス研究グループ主任研究員小谷内範穂氏が出席し発表されていた。

本ワークショップには、並行あるいは連動して2つのイベントが開催されている。1つは同時開催の「農業技術のためのエコデザイン手法およびツールに関するワークショップ(Eco-design Methods and Tools for Agricultural Technologies (ECOTECHS 2010))」であり、もう1つは翌週の6～8日に開催された「農業工学に関する国際会議 2010(The International Conference on Agricultural Engineering (AgEng 2010))」である。これら3つのイベントには多くのロボット研究者が集まり、AgEng2010には、当センターから園芸工学研究部林主任研究員が参加された。本ワークショップでは、農業用ロボットの実演会(3日)が50km程離れたセマグレフ(Cemagref (フランス農業・環境工学研究所))の試験地(Montoldre-Allier)で、またシンポジウム(4日)がクレルモン＝フェラン大学(図1)で行われた。両日の参加者は、平均して50～60名であった。



図1 シンポジウム会場入口にて
(クレルモン＝フェラン大学)

(1) 実演会

9台のロボットの実演があった。ミニチュア規模から実用規模まであったが、残念ながら研究途上のものが多いように思えた。特に実用規模の物については、高速移動や安全性について配慮しているようであったが、トラブルが生じたときその場に留まるようにセットされているようで、もし広大な畑地でトラブルがあったときはどう対処するのか興味を持った。

① OpenWHEEL

このロボットは、フレームに関節を持ち、機動性をよくしている。このロボットの2/3程度の高さの障害物なら、蛇のような動きで乗り越える能力を持っている。大きさは、軸距と輪距共に1.2mで高さが0.7m、質量は200kgである(図2)。

② ARTHRON R5-1

1つのモジュールに2輪を持ち、全体として5つの関節を持っている。600m離れた場所からリモートコントロールができ、33cmの障害物を乗り越えられる(図3)。

③ ROMA

両側の履帯と前方に付いているフリッパで、25cmの障害物が乗り越えられる(図4)。



図 2 OpenWHEEL
(TIMS/LaM 開発)

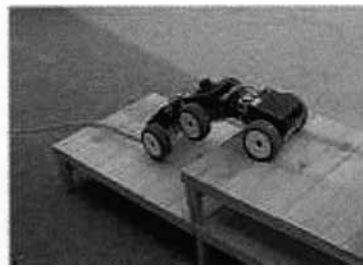


図 3 ARTHRON R5-1
(M-Tecks EA 開発)



図 4 ROMA
(THALES-Effidence-Rob 開発)

④ Cameleon

サーマル・カメラやレーザ、GPS など様々な視覚センサを取り付けることができ、人間が行けないような場所へ行ってサンプリング等ができるロボットである（図 5）。

⑤ AROCO

4WS で不整地走行ができ、知覚・動きが制御できる車両である。質量は 600kg で、18km/h の速度が出せる。けん引もでき、傾斜地でも走行可能である（図 6）。

⑥ RobuFast

質量は 400kg であるが、最高 8m/s の走行速度が出せる。また 4WS で不整地走行もできる。20Hz RTK GPS と IMU を装備しており、レーザやステレオ・ビジョンシステムで周囲の状況を把握しながら走行も可能である（図 7）。



図 5 Cameleon
(Eca 開発)



図 6 AROCO
(TIMS/Cemagref/LASM 開発)



図 7 RobuFast
(TIMS/Cemagref/LASMEA/
LaMI-ISIR-Robosoft 開発)

⑦ Mana

研究をサポートするロボットである。Segway RMP400 を採用しているため、全方向に走行でき、ステレオ・ビジョンや GPS など試験に適したセンサを取り付けて試験に供することができる（図 8）。

⑧ RobuROC 6

3つの部分（pod）から構成されており、両端の部分は中央の部分に対する調整的役割を果たしている。3～4mの測定範囲を持つ超音波センサや両端の部分にバンパセンサを装備している（図 9）。

⑨ ATV

横方向の安定性を重視する不整地走行車両である。マッセイ・ファーガソン MF400H 4 輪バイクを基にしており、操舵角センサやジャイロ、ドップラー・レーダなどを装備している（図 10）。



図 8 Mana
(LAA 開発)



図 9 RobuROC 6
(ISIR-Robosoft 開発)



図 10 ATV
(TMS/Cemagref/LASME 開発)

⑩ Vehicles platooning

この実演は、翌日（9月4日）のシンポジウムの合間で行われた。予め試走を行い、学習したデータを基に、物理的連結をせずに、数台一列に連なって走行できるシステムである。使用された車両は、全長 1.9m で全幅 1.2m のバッテリー駆動車両である。使用されている装備は、魚眼レンズを持ったオン・ボード・カメラや WiFi IEEE802.11g スタンダードなどである（図 11）。



図 11 Vehicles platooning
(TMS/LASMEA 開発)

(2) シンポジウム

16 課題の発表があった。「Ⅰ オフロード移動ロボットの革新的機構」、「Ⅱ オフロード移動ロボットの動作制御」、「Ⅲ オフロード移動ロボットの周囲環境・位置に対する知覚」、「Ⅳ オフロード移動ロボットの安全性と信頼性」の 4 つのセッションに分けられ、各セッション毎に 4 課題の発表があった。産総研の小谷内主任研究員の発表も行われた（図 12）。その内容は、採石したホイールローダとそれを積み込むダンプトラックの連携を、効率よく自動で行うシステムに関するもので、成果は巨大な採石車両等に応用されるとのことであった（図 13）。



図 12 発表中の小谷内氏

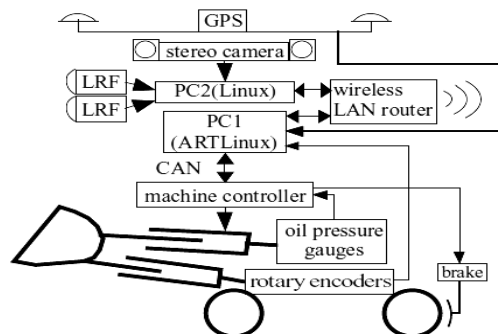


図 13 ホイールローダとダンプトラック
を制御する“やまづみー4”

2) TAE2010

(1) 会議の概要

本国際会議は、CIGR（国際農業工学会）との共同開催で、1994年に初めて開催され、1999年、2007年と過去3回開催されており、今回で4回目である。全てプラハで行われており、毎回100人以上の参加者があるという（図14）。日本からの今回の参加者は、ポスターセッションで発表された秋田県立大学の嶋田浩準教授、山形大学の片平光彦準教授（前秋田農試）と筆者の3名であった。嶋田準教授は2回



図14 会場となったチェコ農業大学の案内板

目の参加とのこと。発表課題数は、招待講演を含め144課題で、その内口頭発表は125課題、ポスター発表は19課題であった。発表は3会場に分かれて行われた。

本会議は、農業工学全分野を対象とし、さらに事務局がチェコ農業大学工学部にあったためか、工学的発表課題も多く見られた。発表課題を大きく14分野に分けると表のようになるが、「物性や資材」に関する課題が最も多く21課題、次いで「栽培・作業機械」の農業生産に関わる分野が19課題であった。ポストハーベットの課題も多く、最近の流れであるエネルギー関連の課題も多かった（表）。

表 発表課題

分類	課題数	分類	課題数
物性・資材	21	機械・生産ライン	9
栽培・作業機械	19	畜産・堆肥化	8
品質・貯蔵・流通	18	評価	7
エネルギー	15	センサー	6
シミュレーション	11	林業	3
農業経済・経営	11	気象	3
土壌・土木	10	教育	3
		合計	144

(2) 主な発表課題

筆者は、2日目（9月9日）の午前中のセッションで「日本の果樹園における農薬ドリフト低減散布法（REDUCTION OF CHEMICALS DRIFT IN FRUIT ORCHARD IN JAPAN）」の課題で口頭発表を行った。防除の発表は他にもあまりなく、質問はなかった。興味は工学的課題のようであった。聴衆は約30名程度であった。

以下に「精密農業用パーソナル・リモートセンシング・システム」と「低柵仕立てホップ用カッターの切断機構の解析」の概要を示す。

① 精密農業用パーソナル・リモートセンシング・システム（PERSONAL REMOTE SENSING SYSTEM FOR PRECISION FARMING）（秋田県立大・嶋田浩、山形大・片平光彦、他3名）

この課題は、日本から来られた秋田県大の嶋田さんと山形大の片平さんの他、秋田県立大の永吉さんと北里大の島さん、田中さんの5名の連名で報告されていた（図15）。

このシステムは、1ha（100m×100m）規模の水田に適したシステムで、ラジコンヘリ、2台のデジカメ、ネットワーク・カメラボード、無線LAN、地上ステーション用ノートPCおよび画像処理ソフトで構成されている。

2台のデジカメの内1台は、1,100nmの近赤外域に反応するように改造されている。

4バンド（NIR、R、G、B）のイメージデータは、これら2台のカメラで収集される。自作の画像処理ソフトで画像の合成やNDVIやG/R比、HSVの計算を行っている。手持ちやヘリで撮った200m上空からの画像が得られ、リアルタイムのリモートセンシングが可能となった。その結果、牧草地のかび病やほ場内のカバリングクロップの状況が分かるようになる。（図16、17）



図15 ポスターセッションで説明している嶋田氏と片平氏

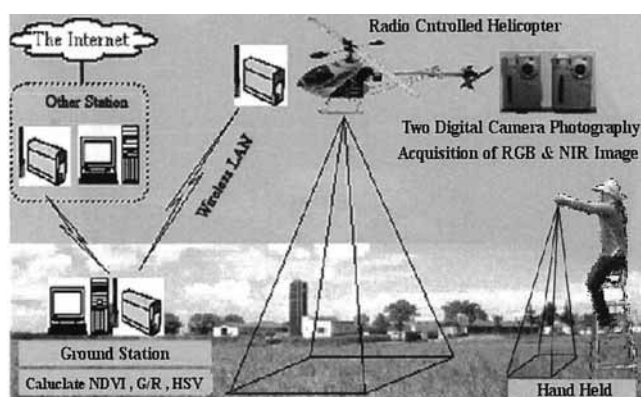


図16 パーソナル・センシング・システムの関係



図17 産業用無人ヘリを用いた空撮システム

② 低柵仕立てホップ用カッターの切断機構の解析（ANALYSIS OF CUTTING MECHANISM ON THE CUTTER USED FOR HOPS GROWN ON LOW TRELLIS）（チェコ農業大学・ペトレ・ヘジュマーネク、アドルフ・リプカ、イヴォ・ホンシーク、ボフスラフ・ヨシュト）

低柵仕立てホップ栽培技術は、1990年代初めからチェコにおいても試みられてきた。しかし、適した品種や機械がなかったため普及しなかった。ホップ栽培に係わる基礎的作業の1つに春に行う切断があるが、適した時期に行う必要がある。しかし、低柵用カッターを製造する企業はなかった。高柵用カッターでは、地上25cm～30cmに下端があるネットの下の作業には向かない。そこで、低柵用カッターの開発を始めた。ホップのつるを切断するディスクカッターの駆動ロータリ設計と機能試験を行った。なお、ローターは油圧モータで駆動される。（図18～20）



図18 低柵仕立てホップ栽培

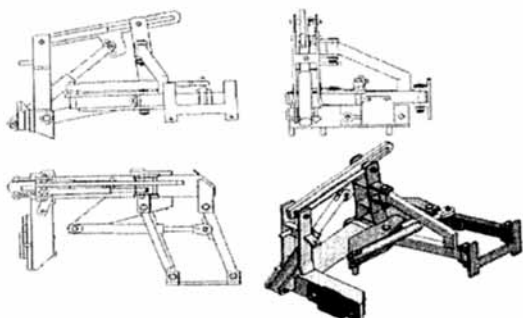


図 19 ディスクカッター支持部



図 20 油圧モータ内部の油圧、流動率の測定

5. その他

出発したのは8月31日で日本では猛暑の中であったが、到着したフランスやチェコは既に秋に入っており、しかし、未だ夏季休暇中で観光の時期という、最高気温 15～25℃、最低気温 5℃以下～10℃前後の頃であった。気温の落差や、観光客の多さ、街並みの美しさに驚き、初めてのヨーロッパを震えながら満喫した。

実際の農業、特にチェコで果樹産業に触れることはできなかったが、名も知らない果物や野菜が多くあり、品質は分からないものの、値段の安さには驚かされた。フランスでは、リヨンからクレルモン＝フェランまでの車中からは牧場ばかりで、さすがフランスは農業国だと感じた。(図 21、22)

参加した2つの学会は、日本ではあまり知られていないが、小さな発表会なりの良さが感じられた。ベルギーから来た若い研究者と休憩時間中に知り合いになれ、アメリカの研究者はわざわざ以前日本に来たことがあるということで挨拶をしてくれた。親しくなるには適当な発表会であったと思われる。また、参加者を見てみると、何回か参加しているらしく、いきなり親しげに話し始め、初めて参加した私には羨ましく思えた。翻って日本での学会を思えば、さもありなんと思え、国内でも国外でも参加は続けることが重要と再認識した。

最後になったが、このような学会に参加する機会を与えていただいた方々に感謝するとともに、多くの若い研究者にも積極的に海外へ出て、多くの研究者と交流されることを願う。



図 21 プラハ(チェコ)で売られていた果物や野菜



図 22 クレルモン-フェラン(フランス)で売られていた果物や野菜

6. 収集資料

Trends in Agricultural Engineering 2010 Conference Proceeding 7-10 September,
2010 Prague, Czech Republic, 700p

Ⅵ. 農業工学に関する国際会議 (AgEng2010) への参加

園芸工学研究部 施設園芸生産工学研究単位
主任研究員 林 茂彦

1. 目 的

農業工学に関する国際会議 (International Conference on Agricultural Engineering ‘Towards Environmental Technologies’ ; AgEng2010、開催日：9月5～8日、開催地：Clermont-Ferrand, France) において、緊プロ事業で開発したイチゴ収穫ロボットおよび移動プラットフォームのハードウェア構成とその性能等について、発表 (Title: Development of a Travelling Platform for a Strawberry-Harvesting Robot) する。また、ヨーロッパを中心に農業ロボットに関する諸外国の先端研究情報を収集する。

2. 調査項目

1) International Conference on Agricultural Engineering : 9月5～8日、クレルモンフェラン、フランス) において、研究成果の発表 (Title: Development of a Travelling Platform for a Strawberry-Harvesting Robot) を行う。

2) 農業ロボットに関する諸外国の先端研究情報を収集する。

3. 調査日程

平成 22 年 9 月 3 日～10 日 (8 日間)

日数	月 日	都市名	調査先・調査内容	摘 要
1	9 / 3 (金)	Narita Clermont-Ferrand	移動 (Paris 経由)	航空機利用 Clermont-Ferrand 泊
2	9 / 4 (土)	Clermont-Ferrand	研究情報調査	Clermont-Ferrand 泊
3	9 / 5 (日)	Clermont-Ferrand	国際会議登録・式典参加	Clermont-Ferrand 泊
4	9 / 6 (月)	Clermont-Ferrand	国際会議参加	Clermont-Ferrand 泊
5	9 / 7 (火)	Clermont-Ferrand	国際会議参加	Clermont-Ferrand 泊
6	9 / 8 (水)	Clermont-Ferrand	国際会議参加	Clermont-Ferrand 泊
7	9 / 9 (木)	Clermont-Ferrand	移動 (Paris 経由)	航空機利用
8	9 / 10 (金)	Narita	移動	航空機利用

4. 主な訪問先と対応者

調査先	対応者	住所および連絡先
AgEng2010		EurAgEng http://www.eurageng.eu/

5. 調査結果の概要

AgEng2010 は EurAgEng（ヨーロッパ農業工学会）が主催する国際会議で、ヨーロッパの他、ブラジル、オーストラリア、インド、台湾、日本など 38 カ国から 439 名の参加があった。フランス Clermont-Ferrand にある PolyDome が今回の会場である（図 1）。発表内容は、口頭発表が 221 課題、ポスター発表が 114 課題であった。開会式後のパネルディスカッションでは、農業資材製造協会 (AXEMA) の業務内容、インド農業の装置化・機械化の現状などが紹介され、環境保全と農業工学との関わりが議論された（図 2、図 3）。



図 1 会場



図 2 開会式



図 3 インド農業に関する講演

Power and Machinery の収穫セッション 1 では、オレンジ果実の振動収穫に関する落下実験（スペイン）、ホップ栽培用のワイヤ締め装置（ドイツ；図 4）、画像処理によるサフランの位置認識（イラン）などの発表があった。ドイツのホップの栽培面積は 18,500ha であり、ワイヤ締め作業は冬季に 7～8m の高さで行われ、非常に危険であることから自動装置の開発を進めている。イランでのサフランの栽培面積は 4,700ha で、170～200t の生産（500～5,000\$/kg）がある。吸引式の摘み取り方法 (Vacuum Snapper) と組み合わせた収穫方法を検討している。報告者は、このセッションのなかでイチゴ収穫ロボットとその移動方法（移動プラットフォームの構造と動作）について口頭発表を行った（図 5）。

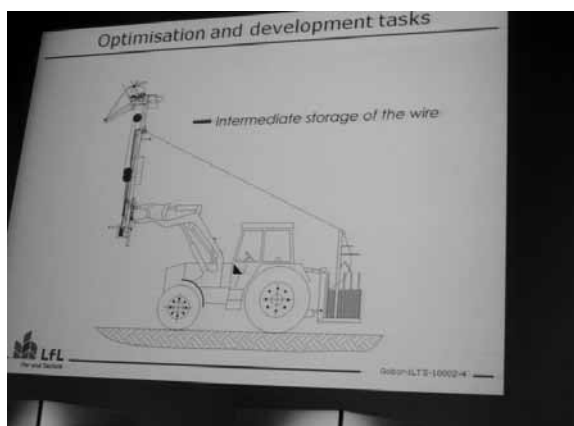


図 4 ホップ栽培用のワイヤ締め装置（ドイツ）



図 5 イチゴ収穫ロボットの発表

発表後に、収穫精度、把持確認センサの役割と動作、収穫失敗の原因、所要動力などについて質問があり議論した。このうち所要動力については未測定であり、収穫ロボット機能が固まった時点で測定の必要があると感じた。

Power and Machinery の収穫セッション2では、コーヒーや松かさの振動収穫に関する研究（ブラジル、スペイン）、シトラスの圃場選別装置の開発（スペイン；図6）、ビートの運搬積載装置の制御ソフト（ドイツ）、モモの摘果機構（スペイン；図7）などの発表があった。収穫技術の共通点は、それに関わるコストが半分程度を占めていることである。ブラジルのコーヒー産地（20°以上の傾斜地）では手持ち式の振動機が利用されている。振動収穫において、収穫適期果と適期前果を選別するための振動数や振幅の解明を試みている。シトラスの圃場選別技術では、1990年代にオレンジ収穫ロボット（1997年に中断）を開発したメンバーのうち、画像処理を担当したスペイン側のメンバーが中心になって行っている。画像処理システムにより収穫果実を3段階に圃場で選別し、仮貯蔵する装置の開発を目指している。機体が大きくならないようにカメラの配置を工夫しており、8果/秒程度の処理能力を有する。果樹の機械化に関してはスペインの技術開発が進んでおり、幅広い果樹作物に対して様々な視点からの研究が行われている。



図6 シトラスの圃場選別装置（スペイン）

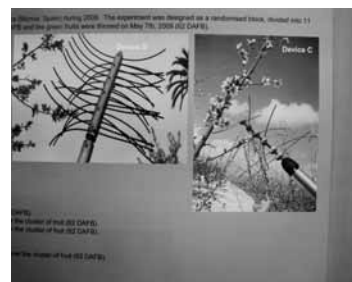
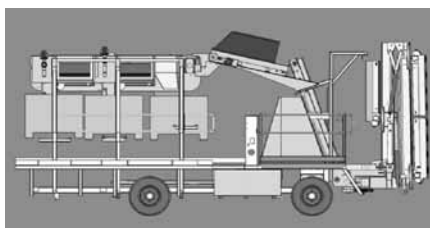


図7 モモの摘果装置（スペイン）

Power and Machinery の robot セッションでは、自律走行ロボットの制御（フランス；図8）、GPSを用いた耕作地の最適利用技術（オランダ）、地形認識による自律走行技術（フランス）の発表があった。オランダの耕作地の利用技術では、環境保全や社会ニーズ、補助金支給を踏まえて、GPSやgoogleを使って地形を認識した後、作物と緑化植物（花など）をどのように植えるべきかをシミュレーションするソフトウェアを開発している。地形認識による自律走行技術ではレーザーレンジセンサを利用して路面の凹凸を検出して航路を決定する。

園芸生産におけるセンシングとデータ統合のセッションでは、移動型土壌水分モニタリング装置（ギリシャ）、環境制御モデル（オランダ）、MRIを用いたリンゴ果実の内部品質測定技術（スペイン；図9）、グリーンハウスにおけるワイヤレスセンサシステム（オランダ）などの発表があった。ワイヤレスセンサは低価格で温湿度を測定でき、設置密度は9～30個/ha程度必要と報告された。

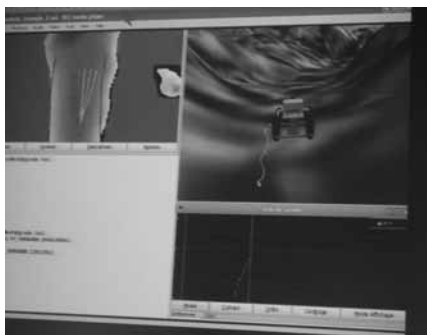


図8 自律走行ロボット
(フランス)

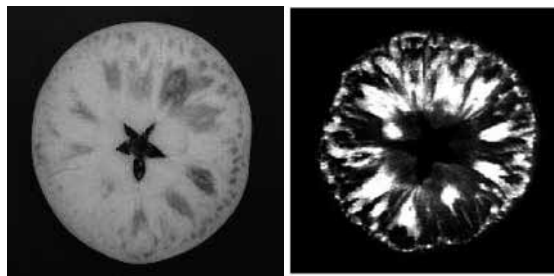


図9 リンゴの内部品質測

ポストハーベストのセッションでは、オリーブオイル生成における酸素モニタリングシステム（ギリシャ）、ポテトの加速度測定ユニット（ドイツ）、トレーサビリティのためのソフト開発（イタリア）などの発表があった。オリーブオイル生成における酸素モニタリングシステムでは、Malaxation（練和、捏揉）過程（40分程度）での酸素の投入時期の解明を行っている。ポテトの加速度測定では、小型のユニットをポテト内に埋め込み、3 kHzで測定できる。ポテトの他、アスパラガスやキュウリ、リンゴへの応用を検討している。ユニットを埋め込んだ後の密度が測定精度に影響することが報告された。

また、ヨーロッパでの収穫ロボットに関する情報収集を行った。オランダのワーゲニンゲン大学の Prof. Van Henten の話によると（図10）、ワーゲニンゲン大学を中心としたグループは、EUの資金（開発期間：4年、申請中）により、収穫ロボットの開発プロジェクトを計画している。これはパプリカ、リンゴ、ブドウなどの作物毎のロボット技術（縦軸）と、作物横断的な共通技術（横軸）から構成され、施設内および屋外で利用できる共通アーキテクチャの開発を目指している。その後、このプロジェクトは Clever Robots for Crops としてスタートし、ホームページも開設されている（図11; <http://www.crops-robots.eu/>）。Wageningen UR Greenhouse Horticulture の Dr. Jan Bontsema がコーディネイターを務めている。



図10 Prof. Van Henten



図11 Crops project の構想図

6. 収集資料

- 1) Book of Abstract of AgEng2010
- 2) Proceeding of AgEng2010 (USB stick)

Ⅶ. 韓国におけるトラクタの安全検定およびROPS検査に関する調査

評価試験部 原動機第1試験室 主任研究員 手島 司
 安全試験室 室 長 塚本茂善
 安全試験室 特別研究員 原田 一郎

1. 目 的

今年度実施された日韓研究交流打ち合わせ会議で合意された内容に基づき、型式検査及び安全鑑定の実施手順や要領を相互に確認することを手始めに、将来的に両国が相互に認証できる体制を確立する。そこで韓国における ROPS 検査および安全検定の準備から実施まで、トラクタの一連の評価試験に参画し、両国における実施手順や計測要領等を確認し、相互承認等を目途とした課題の抽出を行う。

2. 調査日程

平成23年10月17日～10月23日（7日間）

日数	月 日	都 市 名	時 間	交 通	摘 要
1	10/17(日)	東京(羽田)発 ソウル(金浦)着 →水原(車) (水原泊)	9:20 11:40	NH1291	移動日
2	10/18(月)	水原滞在 (水原泊)			NAAS および FACT で、安全検定の調査
3	10/19(火)	水原滞在 (水原泊)			NAAS および FACT で、安全検定の調査とROPS試験の準備
4	10/20(水)	水原滞在(水原泊) 手島：帰国			NAAS および FACT で、ROPS試験の準備と実施
5	10/21(木)	水原滞在 (水原泊)			NAAS および FACT で、ROPS試験の実施
6	10/22(金)	水原→ソウル(車) (ソウル泊)			NAAS および FACT で、ROPS試験のまとめ・片付け
7	10/23(土)	ソウル(金浦)発 東京(羽田)着	12:55 14:55	NH1292	移動日

3. 主な訪問先と対応者

訪 問 先	主な業務	主な対応者	住 所 等
農村振興庁国立 農業科学院 (NAAS) 農業工学部	農業機械の研究 および試験	Mr. Byounggap Kim	150, Suin-ro, Suwon, Gyeonggi-do, Korea TEL:+82 31 290 1933
農業技術実用化財団 (FACT)	農業機械の試験 (実施機関)	Mr. Kwan-Woo Kim	211-2, Seodun-dong, Gwonseon-gu, Suwon, Gyeonggi-do, Korea TEL:+82 31 290 1954

4. 調査結果の概要

1) 乗用型トラクタ等の安全検定について

今回訪れた農業技術実用化財団（FACT）（図1）は、総合検定、安全検定（日本では安全鑑定）、型式承認を行っているが、その中で安全検定制度や検定業務事務処理の流れ、乗用型トラクタの実機確認の方法などについて関連資料の収集や聞き取り調査を行い、特に日本と韓国の検定制度や業務等の差異を中心にとりまとめたので報告する。

（1）安全検定等の対象機械について

FACTでは、総合検定、安全検定、型式承認が行われている。総合検定は乗用型トラクタ、コンバイン、田植機、保護構造物（ROPS）、乾燥機、暖房機など13種類、型式承認は穀物収集車など9種類の農業機械が対象となっている。一方、安全検定は、乗用型トラクタ、コンバイン、田植機をはじめとして、スピードブレーキなど全部で49種類の農業機械が対象となっている（安全鑑定では、31種類の農業機械＋その他機種が対象）。



図1 農業技術実用化財（FACT）

（2）安全検定制度や事務処理について

安全検定は、農村振興庁国立農業科学院（NAAS）が告示する安全検定の実施方法・基準に基づきFACTが実施する。検定の申請は農業機械の製造業者または輸入業者により行われ、申請の受付から合格機の発表までの流れは日本と大きな違いはないが、受付から発表までが30日以内と定められているところが日本と異なる。なお、検定の合否判定はFACTが行っている。

安全検定における実機確認手数料は、ブレーキ試験無しで1型式につき15万ウォン程度、ブレーキ試験有りで30万ウォン程度である。なお、代表機（OEM）による実機確認制度はあるが、代表型式と省略型式で手数料は同額とのことである（安全鑑定では代表型式が19万円程度であるのに対して、省略型式では7万円程度と額に差がある）。また安全検定の際に依頼者に提出を求める書類には、依頼書および規格・性能説明書（安全鑑定における添付資料のようなものと認識）などがある。

また、安全検定合格機の構造変更申請制度については、安全鑑定と同等の制度がある。構造変更申請の際に、同一型式であるか別型式であるかを判定する基準については、日本で用いられている「安全鑑定対象機種の同一型式・別型式の判定例」を基に作成された「農業機械別同一型式・別型式判定基準」があり、トラクタ、コンバイン、田植機など6種類の農業機械に対して判定基準が設けられている（日本では安全鑑定対象31種類から野菜移植機と多目的管理機を除いた29種類）。なお、安全鑑定では判定基準が6つに分類（例：変更箇所の寸法が基準（±10%など）を超える場合は別型式、変更箇所の寸法の「（最大値－最小値）/最大値」が基準を超える場合は別型式、など）されるが、安全検定では4分類

であり、上記例に当たるものが存在しない。また、全長や全幅など判定対象となる項目の種類については安全鑑定とほぼ同等であるが、判定基準は異なる箇所もあり、安全検定独自の基準が設けられている。例えば、タイヤの変更について、安全検定ではタイヤ幅が±30%、直径が±15%を超える場合は同一型式か別型式かの判定を行うとあるが、安全鑑定では特に数値基準は設けられていない。

（３）農業機械の安全装備確認について

安全鑑定では農業機械の安全装備の確認を「安全装備の確認項目」と「安全鑑定基準および解説」の基準等に従って行うが、安全検定でも同冊子を参考に作成した「農業機械検定および安全装備確認細部実施要領」がある。同要領は、前述の同一型式・別型式判定基準のほか、安全検定対象農業機械の種類、安全装備の確認項目、農業機械安全装備の主要規格、農業機械安全装備の構造および性能基準等から成る。

安全装備の確認項目については、安全鑑定の17項目（例：可動部の防護、PTO軸、動力取入軸およびPTO伝動軸の防護、など）に、計器類（機関回転速度計、走行速度計など）や灯火類の確認項目を加えた19項目となっている。

（４）乗用型トラクタの実機確認について

実機確認については、タイヤ空気圧、重量、耳元最大騒音（周回コース（図2）で負荷をかけながら最大騒音を測定）、駐車ブレーキ（図3）、取扱性（実走して確認）、寸法（全幅、全長、軸距、輪距等）（図4）、仕様確認（エンジン、ギヤ、主・副変速段数等）、安全装備（エンジンカバー、排気管防護、ステップ、PTO軸防護、安全標識等）、操作力（レバ



図2 テストコース（耳元騒音測定等）

※周回コースは1周 640m



図3 傾斜路面（駐車ブレーキ確認）



図4 全長等寸法測定時のマーカ一跡

一、ボタン等。プッシュプルゲージで測定）など、安全鑑定における確認項目とほぼ同様の確認や測定がなされているとのことであった。

（５）安全装備の確認項目について

安全装備の確認項目については、特に安全鑑定の参考資料である「安全装備の確認項目、機種別判定事例集」の事例のいくつかについて聞き取りを行った。

まず、クローラトラクタの補助ステップの地上高や間隔について、クローラによる制限のため、基準から外れてしまう場合でも可とする場合がある、とする事例に対して、安全検定ではクローラトラクタでも特例はなく不適合、となる。また、補助ステップの材質や形状について、事例集には適合・不適合の判断基準が記載されているのに対し、安全検定では特に補助ステップの材質や形状についての判断基準はなく、安全検定の基準通り、ステップの幅と奥行きの確認のみ行っているとのことであった。

走行部（タイヤ、クローラ）の防護については、通常運転操作時に運転者が走行部に巻き込まれる心配のない場合（手が届かない又はキャブなど）は、走行部とフェンダーの隙間が基準以上なくても可とする場合がある、との事例に対して、安全検定では、キャブがあっても特例はないとのことであった。

（６）操作表示や安全標識について

乗用型トラクタの操作表示や安全標識について、参考までに現地のトラクタの安全標識等を撮影したので、以下に掲載する（図５、６）。

以上、乗用型トラクタ等の安全検定については、農業技術実用化財団（FACT）を訪れ、安全検定の制度や検定業務の事務処理の流れ、乗用型トラクタの実機確認の方法などについて関連資料の収集や聞き取り調査を行った。収集した「農業機械検定および安全装備確認細部実施要領」には、「同一型式・別型式判定基準」、「安全装備の確認項目」など安全検定の主要な情報が多く含まれるため、両国における計測要領、安全装備確認項目等の差異確認や課題抽出のための資となる。



a) 主変速レバー操作表示

b) ボンネット
操作表示

c) デフロックペダル
操作表示

図５ 操作表示例



【危険】
全身の巻き込まれ
(PTO 드라이브シャ)

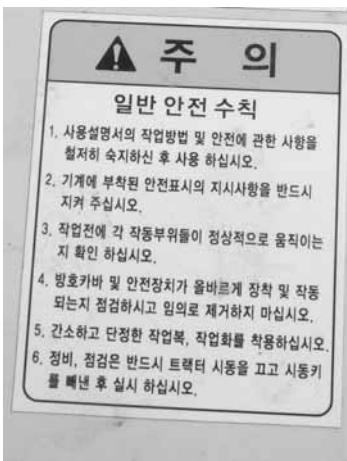
【警告】
[上]有毒な排気ガス又は有毒ガス
[下]高温面（指又は手の火傷）

【注意】
保守又は修理を行う前に、エンジン停止して、キーを取外すこと

a) 図+文字



【警告】
[上]手又は指の切断
(エンジンファン)
[下]指又は手の巻き込まれ
(駆動するチェーン)



【注意】
一般安全規則遵守



【警告】
ラジエータからの高温水
吹き出し

b) 図のみ

c) 文字のみ

d) 日本語等が記載されたもの

図6 安全標識例

2) ROPS (安全キャブ・フレーム) の総合検定について

今回の調査では、LS Mtron (韓国農業機械メーカー) のROPS試験に立ち会った。試験に先立ち、今回の受検内容やスケジュールについてFACT職員から説明を受けた。今回の試験はASAE S478 (Roll-Over Protective Structure for Compact Utility Tractors) による試験で、メーカーからの要望によって行われた。これは我々生研センターで行っている任意鑑定に相当するものである。

(1) 試験装置 (図7～10)

FACTはKOLAS(Korea Laboratory Accreditation Scheme、韓国の試験所認定制度)の認定を受けており、ROPS強度試験に使用するロードセルや変位計などは定期的に校正が行われている。

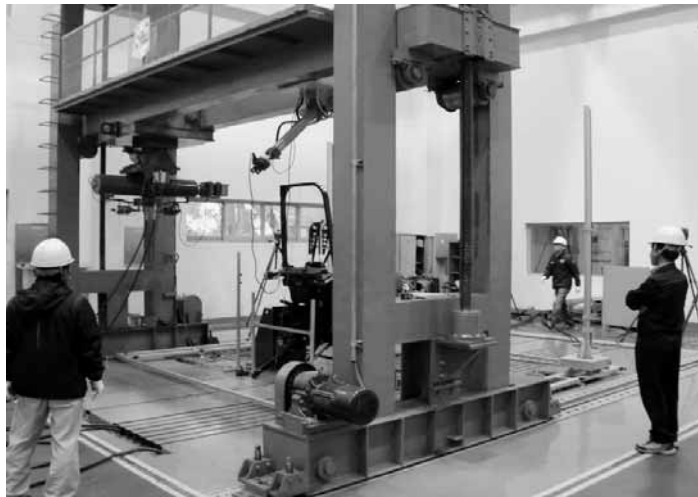


図7 ROPS強度試験装置(全体)



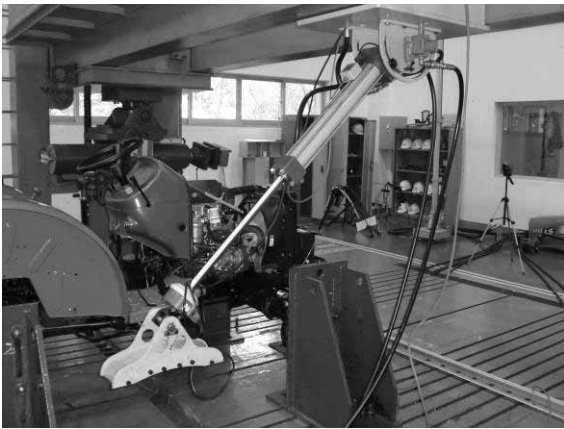
シリンダストローク：1,000mm
 許容負荷：980kN (10tf)
 制御速度：0.1～5 mm/s
 負荷可能範囲：高さ1～4 m、左右4 m
 前後7 m

図8 水平負荷試験装置



シリンダストローク：725mm
 許容負荷：980kN(10tf)、2940kN(30tf)
 制御速度：2 mm/s 以下

図9 垂直負荷試験装置



シリンダストローク：500mm

許容負荷：98kN(1 t)

制御速度：0.1～5 mm/s

図 10 シートベルト引張試験装置

(2) 試験準備

今回の ROPS 試験は ASAE S478 という小型トラクタ用の試験方法で実施された。

試験の概要は以下の通りである。

まず、安全域を設定するための基準点である SIP（座席基準点）の測定が行われた。図 11 の通り、SIP 測定ジグの SIP 位置に棒鋼が差し込んであり、これをフェンダーに当てて SIP 位置をフェンダー上に記録するというやり方で、日本とは異なる方法であった。日本では 3 次元座標測定装置を用いて SIP の座標値を算出している。

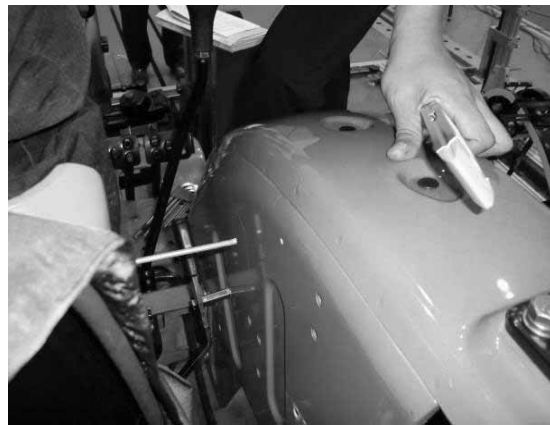


図 11 SIP の取り付け準備

次に、先に測定した SIP 位置に合わせて安全域の設定が行われた。日本では安全域はコンピュータ上で設定をしているが、韓国では座席上に安全域の模型を直接搭載して強度試験を行っている（図 12）。また、180 度転倒時の安全域への地面の侵入を確認するため、上部保護面（フレーム上端と前部支持点を結んだ線）を図 13 のようにロープで再現している。この方法は他の OECD テスト実施機関でも行われているものである。

なお、現在実験的にモーションキャプチャを用いた測定も同時に行われおり、将来コンピュータグラフィックスによる判定を行えるようにしたいとのことであった。



図 12 安全域の模型を直接搭載した強度試験



図 13 ロープで再現した上部保護面

(3) 強度試験

ASAE S478 における試験順序と所要吸収エネルギーおよび所要負荷は以下の通りである。

- ① 後部負荷 1.4m (J)
- ② 後部圧壊 20m (N)
- ③ 側部負荷 1.75m (J)
- ④ 前部圧壊 20m (N)
- ⑤ 前部負荷 1.35m (J)

ここで、mは基準質量 (kg) を示す。

後部負荷・圧壊、側部負荷、前部圧壊強度試験を行った。ただし、今回の ROPS は可倒式でないため、前部負荷試験は免除した。(図 14～17) いずれの試験においても、フレームおよび保護面の安全域への侵入や、フレーム部材等の重大な亀裂や破損は認められなかった。

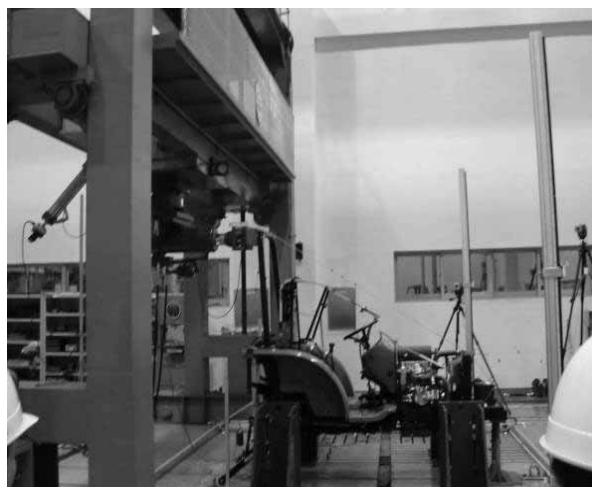


図 14 後部負荷試験

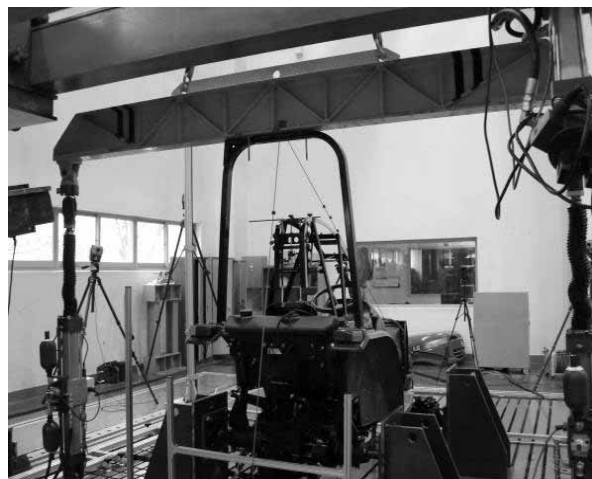


図 15 後部圧壊試験

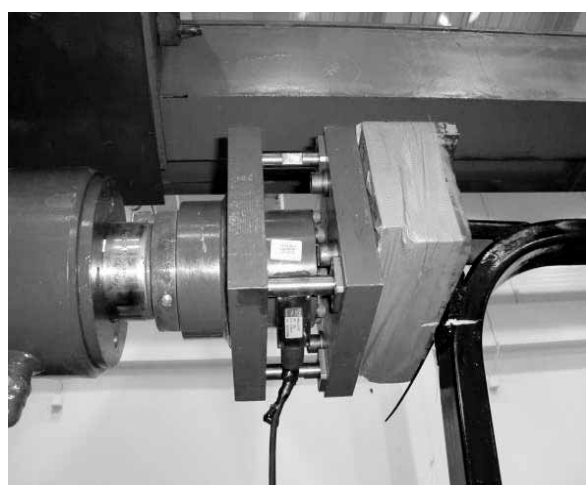


図 16 側部負荷試験

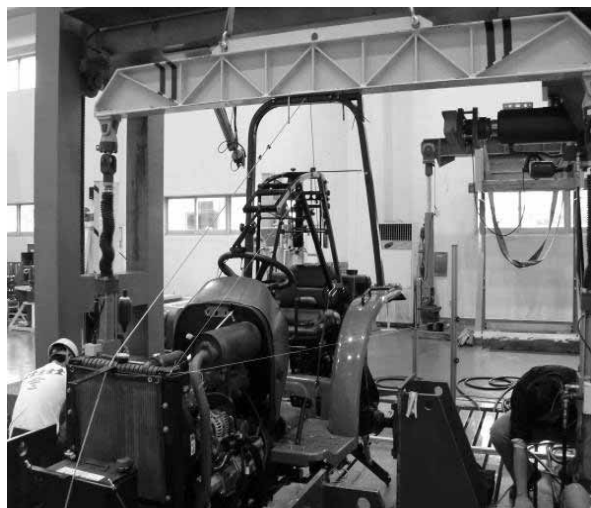


図 17 前部圧壊試験

（４）シートベルトアンカー試験（図 18、19）

シートベルトアンカー試験はシートベルト取付部の強度を確認するための試験で、OECD テストコードにもオプション試験として採用されている。試験順序と所要負荷は以下の通りである。

- ① 前方引張試験（水平面に対し 45 度上方に引っ張る試験） $4,448 + 4(m_s \times 9.81)(N)$
- ② 後方引張試験（水平面に対し 45 度上方に引っ張る試験） $2,224 + 2(m_s \times 9.81)(N)$

ここで、 m_s はシート質量 (kg) を示す。



図 18 前方引張試験

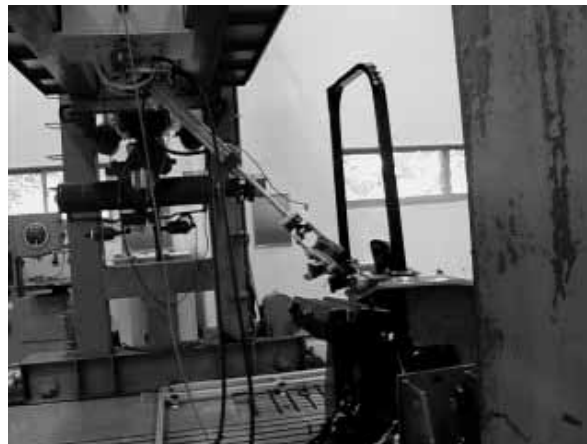


図 19 後方引張試験

この試験も日本において行っている方法と同じで、特段の違いはなかった。

以上、安全域の設定から、強度試験の実施、レポートの作成までを調査し、試験担当者と意見交換を行った。今回の調査で ROPS 試験の実施方法に関しては、日本と韓国とで問題となるような違いは認められなかったが、意見交換の中で、フレーム部材等に発生した亀裂に関する取り扱いで、日本と韓国とでは若干異なることがわかった。今後日韓の相互承認を進めていくためには、この点を詰める必要があると考えられる。

なお、今回のテストレポートについては draft 版を入手した。

３）韓国における検定制度

日本において型式検査、安全鑑定と呼ばれている制度は、韓国では検定と呼ばれ、総合検定、安全検定、型式承認等があり、それぞれに対象となる農業機械がある。この対象機種については、農機メーカーで組織される組合から農業協同組合に対し、政府融資対象として希望する機種の依頼があると、選定審議会（年に 2、3 回開催）を開催し、対象機種およびそれをどの検定対象とするかを決定する。検定に関する依頼から発表までの主な流れは以下の通りである（図 20）。なお、検定の受付から発表までの期間は総合検定で 45 日、安全検定で 30 日以内と決められている。

検定の実施方法および基準の作成に関しては、農村振興庁農業科学院が担当し、検定の受付から合否の決定、さらに合格機の公示や事後検査の実施までを農業技術実用化財団が行っている。

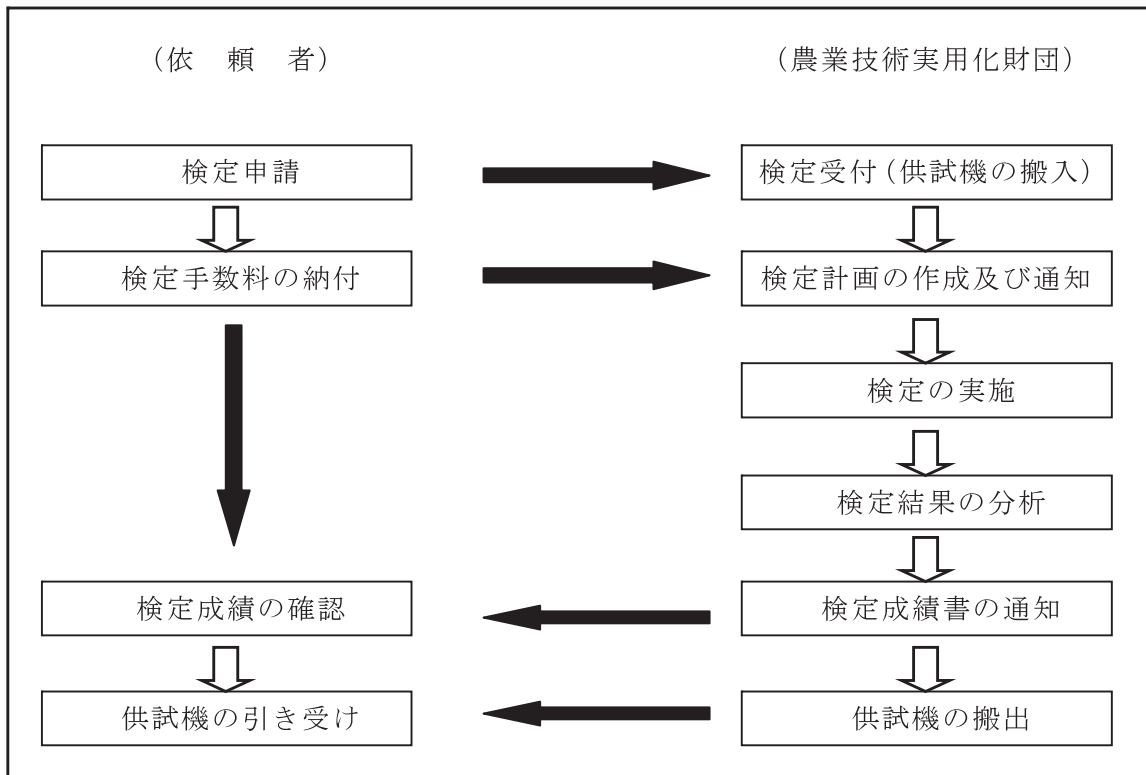


図 20 検定に関する依頼から発表までの主な流れ

5. 収集資料等

- 1) 韓国の農業機械化促進法
- 2) 韓国の検定手数料資料、検定実施方法および基準
- 3) 現在準備中の農業機械管理制度に関する資料
- 4) ROPS 試験のドラフトレポート

Ⅷ. 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会議および SIMA ショーにおける最新農業機械調査

評価試験部 作業機第 2 試験室 室長 富田宗樹
 評価試験部 次 長 松尾陽介

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会議（以下 OECD 年次会議）に出席し、OECD コードに係る課題等について討議し、必要な決定を行う。

また、世界規模の農業機械展示会（SIMA ショー）に参加し、最新の農業機械技術および安全対策等の状況について調査を行う。

2. 調査日程

平成 23 年 2 月 21 日～27 日（7 日間）

日数	月 日	都市名	時 間	交 通	摘 要
1	2 / 21（月）	成田発 パリ（CDG 空港）着	11:05 15:50	JL405	[パリ泊]
2	2 / 22（火）	パリ		RER	SIMA 展調査 [パリ泊]
3	2 / 23（水）	パリ		RER	SIMA 展調査 [パリ泊]
4	2 / 24（木）	パリ		地下鉄	OECD 年次会議 [パリ泊]
5	2 / 25（金）	パリ		地下鉄	OECD 年次会議 [パリ泊]
6	2 / 26（土）	パリ発	18:05	JL406	[機内泊]
7	2 / 27（日）	成田着	14:05		

3. 主な訪問先と対応者

訪問先	対応者	住所等
OECD Conference Centre	OECD トラクタコード・スキーム事務局 Mr. Michael Ryan	2 rue André Pascal 75016 Paris, France
Paris-Nord Exhibition Centre (SIMA ショー会場)	フランス見本市協会 (PROMOSALONS)	Paris-Nord Villepinte Exhibition & Convention Centre 95970 Roissy CDG Cédex, France

4. 調査結果の概要

1) OECD 年次会議

(1) 参加国（人数）

アメリカ：アメリカ合衆国（5）

欧州：イギリス（1）、イタリア（10）、オーストリア（2）、スペイン（2）、セルビア（1）、デンマーク（1）、ドイツ（3）、トルコ（3）、ノルウェー（1）、フィンランド（1）、フランス（3）、ポーランド（1）、ロシア（5）

アジア：韓国（4）、中国（5）、日本（2）

オブザーバー：カザフスタン（1）

国際機関：CEMA（欧州農業機械工業会連合）（1）、CIGR（1（国代表兼務））、ISO（1）、UNIDO（国連工業開発機関）（1）

OECD：OECD 事務局（8）、調整センター（3）

計 65 名

(2) 期 間：2011 年 2 月 24 日～25 日

(3) 場 所：OECD コンファレンスセンター第 6 会議室（フランス共和国パリ市）（図 1、2）



図 1 会議場（OECD コンファレンスセンター）全景



図 2 会議室概観

(4) 会議の概要

OECD（経済開発協力機構、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）。

OECD 年次会議は、コードの改正、新設および廃止並びに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。この会議の議決は、上部組織である農業委員会および理事会の承認を経て施行される。

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、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 ENAMA がこれを務めている。

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（ライアン氏）より開会宣言が行われた後、農業委員会より、OECD での農業分野における近年の取り組みについて挨拶があった。この中で、OECD は生産分野と消費分野との調整に取り組んでおり、各国の協調により、持続可能な農業生産の向上に貢献してほしいとの意向が示された。また、農業知識システム（ATS）による研究情報の公開や農業廃棄物の削減に取り組んでいるとの報告があった。

② 議長団および幹事の選出

事務局より、議長をリベラトリ氏（イタリア）、副議長をホイ氏（アメリカ合衆国）、シレッリ氏（トルコ）とし、アドバイザリグループは上記幹事と事務局、調整センター、ワーキンググループ議長で構成するよう提案があり、異議なく承認された。

③ 議事案の採択

事務局より、本年次大会の議事について提案があり、異議なく採択された。

④ 議事録の採択

事務局より、昨年 の年次大会およびワーキンググループ（以下、WG）会議の議事録が提案され、異議なく採択された。

⑤ 事務局活動報告

事務局より 2010 年の活動について報告があった。この中で、2011 年 2 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。また、将来戦略の検討を行っており、その一環として、加盟国の拡大に取り組んでいることが報告され、具体的には、ブラジル・アルゼンチン・イスラエルとの接触を行ったとのことであった。このうち、特に、ブラジルについては、農業生産上重要な国と認識しており、テストステーション訪問を行うなど、加盟に向けた働きかけを強めていることが紹介された。

⑥ 会計報告

事務局より、上部組織である理事会で承認された、2010 年の会計報告と 2011 年の予算案について報告があった。これによると、2011 年予算の総額は 2010 年比 0.6%増、日本の分担金負担割合は 15.811%とのことであった。

⑦ 2011 年版コード 2

事務局より、2011 年版のコード 2 の改正点について、特に、排出ガス処理デバイス（SCR および DPF）を搭載したトラクタのテスト方法が付随試験としてコード 2 に導入されたこ

とが説明された。これに対して、CEMA および米国より、新技術の効果についてユーザーは知りたがっており、テストレポートに早期に記述できるよう努力するよう要請があった。そこで、これらの新技術に関するサブワーキンググループ（以下、SWG）を発足させることが提案された。

議論の結果、米国、ドイツ・フランス・イタリア・トルコ・調整センター・CEMA により SWG を発足させ、幹事はフランスが行うことが採択された。

⑧ コード 2 ブレーキ試験と EC ブレーキ指令案との比較

コード 2 ではブレーキ試験の方法を定めているが、多くの試験実施機関ではこの試験を実施していない。その一因として、想定しているトラクタの構造が 1970～80 年代のものであり、近年のトラクタおよび牽引作業機の大型化、ABS・4 輪連動ブレーキ（2 輪駆動走行中の制動時に、自動的に 4 輪駆動に切り替えることにより、制動停止距離の短縮を図った技術）等のブレーキ機構の改善に対応していないことが挙げられる。

そこで、試験方法の改正を議論する上での材料として、事務局より、EU の EC ブレーキ指令案（現在審議中）との比較が提示された。これによると、EC 指令案に規定され、OECD が考慮していない事項は下記のとおりである。

- ・ブレーキの構造要件：OECD は試験方法のみ
- ・空走距離の算入
- ・ABS：EC 指令案では最高速度 40km/h 以上の場合は義務、牽引車は推奨
- ・4 WD での 4 輪連動ブレーキ
- ・作業機連動ブレーキ
- ・パワーブレーキの応答時間：EC 指令案では 0.6 秒に制限、ただし、試験方法は未規定
- ・非常ブレーキ（第 2 ブレーキ）：EC 指令案では常用ブレーキの 50%以上の能力
- ・アキュムレータ：EC 指令案ではポンプが故障しても 50%の能力が発揮できること

事務局より、EC 指令案を参考にしながら、さらに農業機械の特性を考慮した改善を加えたものへの改正を検討したい旨、提案があった。これに対して、米国より、欧州特有の事情に立脚している EC 指令案を議論のベースとすることに強い異議が示され、OECD がむしろ先行すべきとの意見が出された。これについて、事務局は、コード 2 の試験方法における技術的前提があまりにも現状とかけ離れており、実用性を失っているため、まず改正することが必要であり、その際には、EC 指令や ISO が 1 つの前提になるとの見解を示した。

議論の結果、この件に関しては、今後 WG で検討を進め、次回年次大会以降に具体的な提案を検討することが採択された。

⑨ コード 4 における上限質量比導入の提案

ROPS 強度試験は、トラクタの基準質量（受験者によって指定された質量、ただし、バラスト非装備状態より大きいことが条件）に基づいて負荷が決定される。一方で、近年では、トラクタの出力増大に伴い、作業機も大型化している。このことにより、基準質量と作業機装備状態の質量の比は、試験コード制定時より大幅に増加している。このことから、作業機装備状態においては、基準質量に基づいて試験されている ROPS の強度が不足する懸念がある。

OECD では、この問題に関し、2007 年に ROPS 科学的検討 SWG を、スペイン・フランス・イタリア・米国・英国により発足させ、この問題の検討を行ってきた。

この SWG において、基準質量とメーカーが指定する作業可能な作業機を装備したときの最大質量（最大許容質量）の比（以下、質量比）について、OECD 承認機および一部市販機における 1980 年以降のトレンドが検討された。その結果、1980 年以降、質量比の平均および分布は増大し続けており、現在では大多数がコード制定時の分布より大きい範囲にあることが示された。また、その影響をコンピュータシミュレーションにより検討した結果、ROPS の強度が不足する危険性が指摘された。

この結果を踏まえ、事務局より、下記のような提案があった。

- a. 基準質量を、質量比が 1.75 未満となるように定めること
- b. 最大許容質量をトラクタの銘板または取扱説明書に記載すること

なお、質量比の上限を 1.75 に定めた根拠は、コード制定時の承認機の最大値であることによる。この提案に対し、ドイツ、米国等から、質量比 1.75 が安全率として十分であるかという点について疑念が示され、今後のさらなる検討が求められた。また、調整センターより、最大許容質量が定められていない国（例えば日本）における現状について、懸念が示された。これらについて、事務局より、今回の提案は、際限のない質量比の増大に歯止めを設ける必要を踏まえた、現時点での暫定的な提案であること、また、制限方法については、今後さらに実車試験を含めた科学的検討を進めることが示された。さらに、フランス他各国よりエクステンションの扱いについても質問があり、これについては、追加試験ありのエクステンションとする方向で検討を進めることとなった。

このような議論の結果、提案は採択され、2012 年コードより改正が行われることとなった。

⑩ コード 4、6 および 7 における SIP を用いた安全域定義の明確化

ROPS 試験コードのうち、コード 4、6 および 7 では、防護されるべき安全域の基準点となる「座席基準点」が、数年前に SRP から SIP に変更された。しかし、コードの中には、SRP を使用していた時期の記述がまだ残っており、わかりにくい部分があった。そこで、ROPS WG 内で、文章の修正に関する検討が行われ、その検討結果を受けて、本大会においてスペインよりコード修正の提案が行われた。具体的な主要変更点は、重複部分の整理と、SIP を決定する際の座席背もたれの角度を、従来の「基準点が最も上方・後方になる設定」から「中間位置」に変更したことである。

これに対して、英国より、「中間位置」では定義が明確でないとの指摘があったが、これについては米国より、中間位置とは垂直と考えてよく、さらに、座席背もたれの傾きは SIP の位置に影響を与えないため、試験実行上はこれまでと同様に行えばよいこと、また、今回の改正は単に文章上の変更であることが指摘された。

このような議論の結果、提案は採択され、2012 年コードより改正が行われることとなった。

⑪ シートベルトアンカー試験および最悪事例シナリオの改定

ROPS 試験コード（コード 4、6、7、8、9）では、付随試験として、シートベルトアンカー試験方法が定められている。この試験において、複数のシートが装着可能な場合には、最厳条件として、最も質量の大きいシートを供試することとなっている。しかし、事務局より、最厳条件の決定にあたっては、シートの構造も考慮すべきとの見解が示され、コードの改訂提案が行われた。

具体的には、下記の 3 点である。

- a. シートベルトアンカーとシャーシの間に、サスペンションが介在する場合には、シートの質量を考慮した追加負荷を加える。
- b. 最厳条件は、上記の追加負荷を加えた全負荷が最も大きい条件とする。すなわち、シートの質量と構造より決定される。
- c. シートベルトアンカーがシートに取り付けられており、シャーシとの間に前後位置調整のためのレールを介する場合、レールのオーバーラップ長さが最も短くなるようにする。通常の場合、シートを最も前方または後方にセットした場合がこれに該当する。

これに対して、イタリアおよび米国より、改定案の文章がわかりにくいため、修正すべきとの意見があり、これに沿う形で事務局が修正案を提出した。

その結果、修正案が採択され、2012 年コードより改正が行われることとなった。

⑫ 狭輪距トラクタ定義の変更

コード 6 対象トラクタの全ておよびコード 7 対象トラクタのうちリバーシブルトラクタでは、基準質量の最大値が 3,000kg に定められている。しかし、近年では、4 輪駆動、低圧タイヤ、キャブ、サスペンション等の装備のため、質量が増加している。そこで、CEMA より最大値の 3,500kg への拡大が要請されていた。これを受けて、新たな最大質量の要件について、事務局より提案があった。

この中で、質量が増加した場合の ROPS の強度についての検討結果が報告された。これによると、コード 4（⑨参照）と同様に、最大許容質量の考え方を導入し、さらに、最大許容質量を現状の最大質量とコード 4 の質量比を用いて $3,000 \times 1.75 = 5,250$ (kg) に制限することで、トラクタ単体の質量が増大した場合の強度の保証が可能とされた。そこで、これに沿って下記のようなコード改正が提案された。

- a. コード 6 対象トラクタおよびコード 7 対象のリバーシブルトラクタについて、基準質量の最大値を 3,500kg に拡大する一方、最大許容質量を 5,250kg に制限
- b. コード 6・7 対象の全てのトラクタについて、質量比を 1.75 未満に制限
- c. 最大許容質量を銘板または取扱説明書に明記

これに対して、コード 4 と同様、質量比 1.75 が安全率として十分であるかについて疑念が示されたが、議論の結果、提案通り採択され、2012 年コードより改正されることとなった。

⑬ 他の農業機械への ROPS 導入に関する提案

現在、OECD コードで ROPS 試験の対象となっている農業機械はトラクタとテレハンドラのみである。しかし、他の自走式機械においても、転落・転倒事故は発生しているため、その対策が必要である。そこで、これらに対する ROPS 導入について、イタリアから提案があった。

この中で、OECD がこれまで実施してきたトラクタ用 ROPS に関する試験方法や基準が、その他の農業機械にも適用可能であることが述べられ、その例として、ISO21299:2009（芝用乗用型機械用 ROPS—試験方法および基準）に OECD コードが引用されていることが挙げられた。一方、問題点としては、トラクタと同じ安全域の確保は困難であり、その大きさを変える必要がある（例示した ISO21299:2009 においても安全域が OECD コードとは異なっている）ことが挙げられ、今後、OECD 内部で検討を進めることが提案された。

これに対し、イタリアから、スピードスプレーヤーやコンバインのような作業機械では基準質量と最大質量の差異がトラクタより大幅に大きいものがあり、基準質量の決定方法を検討する必要があること、また、米国およびフランスより、転倒の危険性がトラクタと他の機械では同じでないことが指摘された。さらに、米国より、ISO、SAE 等におけるトラクタ以外の規格を注意深く検討すべきとの意見があった。一方で、ドイツからは、現にメーカーからの試験依頼があるため試験方法の策定が必要との意見があった。

そこで、事務局より、この問題に関する SWG を発足させる提案があり、ドイツ、スペイン、イタリア、米国をメンバーとする SWG を発足させ、事務局はイタリアが務めることが採択された。

⑭ コード 4 改正提案

OECD では数年前から MOU に基づく ISO との共同作業として、OECD コード 4 と ISO5700 との整合を図る作業を行ってきた。事務局より、この結果を受けて、コード 4 の図の改善に関する提案があった。具体的な内容は、2 柱式フレームで上部に水平な部材（屋根等）がある場合の前方圧壊試験の負荷の位置について、最初は前端・上端に負荷を加え、これに耐えられなかった場合、負荷を移動させることが明確になるよう、図を修正することであった。

これに対しては、特に議論なく、提案通り採択された。

⑮ コード 10 改正提案

コード 10 はトラクタ用 FOPS のテストコードとして制定されたが、テレハンドラ用のコード 9 とは異なり、FOPS 単独のコードである。そのため、コード 4 やコード 9 を参照しないと理解が難しいとの問題点が指摘されていた。

そこで、事務局より、下記のような改正提案があった。

- a. 文章上の改善（語句の明確化等）
- b. 座席基準点の変更に伴う図の改善、改正前の座席基準点（SRP）に関する付録の追加
- c. 安全域の図の追加
- d. タイヤ空気圧およびサスペンション設定の明記
- e. 落下試験片定義の明確化

これに対して、米国、イタリア、CEMA より、現在 SWG において検討されている試験内容に関する改正が来年提案される予定であるため、改正が頻繁になりすぎ、試験機関や受験者が混乱するという異議が示された。

これを受けて、事務局より、今回は試験方法に全く影響がない文章上の改正（上記 a、b）のみの改正とし、その他の点は、今後予定される改正を含め継続検討とするとの修正提案が行われ、採択された。

⑯ 調整センター報告

調整センターより、テストレポートの電子受理システムについて説明があり、使用して改善点を指摘するよう要請があった。

⑰ OECD トラクタ試験コードのデータベース開発に関する覚書

OECD のコード 2 は、国際的に重要なものであるが、ユーザーや消費者に対してその情報や意義が周知されているかは疑問である。そこで、事務局では、コードの存在意義を強化する活動の一環として、データベース化等の検討を行ってきた。

今会議では、事務局より、OECD コードの試験成績のデータベース化および情報の公開について、方針のたたき台が示された。これによると、データベースは開発すべきではあるが、公開する内容（例えば、性能試験（コード 2）関係だけか、騒音・ROPS 強度も含めるか）については、検討する必要があること。また、公開する情報は異なる型式間での比較が可能なものであるべきこととされた。

これに基づいて討議が行われ、下記のような意見が出された

- ・ユーザーは公的に保証されたデータを求めているので、OECD コード試験成績は有用である（米国、トルコ）
- ・求める情報の内容は利用者の属性により、例えばディーラーとユーザーでは、異なるのではないか（米国）
- ・機密情報の扱いや情報の信頼性をどう確保するのか（米国・ドイツ・イタリア・トルコ）
- ・情報をどこで管理するのか（イタリア）
- ・経費はだれが負担するのか（英国）

このような議論を受けて、事務局は、現時点では加盟各国が推進の方向であるのか、反対であるのかを把握し、賛成であれば、今後、より具体的な検討を進めたいとの意向が示された。そこで、議長より、本会議としては検討を進めるべきとの総意であるとの決議を行う提案があり、異議なく採択された。

⑮ 国際協力

UNIDO、CEMA、ISO よりコメントがあった。また、事務局より、今年 8 月末に期限となる OECD と ISO の間の MOU について、同内容での延長は行わず、新たな MOU の案を来年以降の年次大会で提案するとの方針が示され、採択された。なお、MOU の期限終了後も ISO とは非公式の事務レベル接触を継続するとのことであった。

（６）その他

次回年次会議は 2012 年 2 月の最終週に行うことが決定された。また、エンジニア会議（2011 年 9 月 27～29 日 ドイツ グロースウムシュタット）の概要説明があった。

２）SIMA ショーにおける最新農業機械調査

SIMA ショーはフランスで隔年開催されるヨーロッパ最大級の農業機械ショーであり、今回は 2011 年 2 月 20 日～24 日までの日程で、パリ郊外の Paris-Nord Exhibition Centre において開催された（図 3、4）。出展者は約 1300 社で、そのうち約 50%がフランス国外のメーカーである。見学者数は約 21 万人（2009 年実績）であり、その約 25%はフランス国外からのことである。会場の延べ面積は東京ドーム 17 個分に相当するという。

このように、巨大な展示会であり、全てを把握することは困難であるため、今回は、我が国にも輸入・使用される、トラクタ、コンバイン、ビートハーベスタ、ポテトハーベスタおよびこれらの機械の安全装備を中心に調査を行った。

また、筆者（富田）は、2005 年の SIMA ショー（以下、前回）についても調査しているため、前回との比較についても検討した。



図 3 会場全景

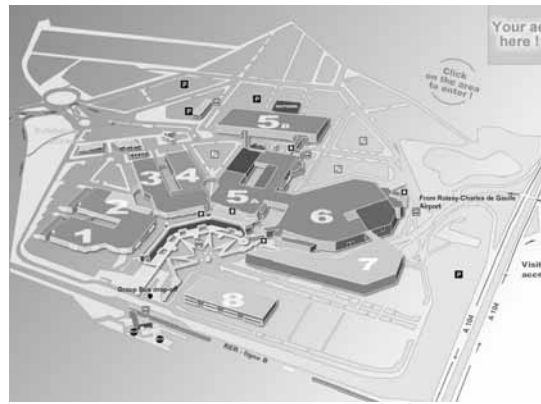


図 4 会場概略図

(1) 全般

欧州においては、農業機械業界の再編が進んでおり、大きく 6 つのグループ (John Deere, Same/ Deutz-Fahr, Claas, Case/New Holland, Massey Ferguson, McCormick) が形成されている。今回主に調査したトラクタ、コンバイン等の多くもこのグループに属する企業のものであった。一方、管理作業機、ハンドリング機械、耕うん・整地作業機は独自の展開をしている企業が多く見られた。日本からの出展企業は数社見られ、小～中型トラクタおよび乗用型は場内運搬車等の展示が行われていた (図 5)。



図 5 日本メーカー (クボタ) の展示

(2) トラクタ

今回は、主として小型トラクタ並びに特殊な構造のトラクタを調査した。

その中では、約 38° の傾斜を走行できる低重心の傾斜地用トラクタ (図 6) およびリバーシブルである上に運転席が移動可能な構造とし、様々な作業機の装着を可能としたトラクタが見られた。また、我が国とは異なる構造のクローラを採用したトラクタ (図 7、図 8) が数グループから展示されていた。一方、今回特に目立ったのは、GPS 等を利用した操作支援装置を搭載したトラクタ (図 9、10) や、CAN バスを利用した作業機制御であり、各グループから展示があった。

一方、トラクタに関連したものとして、今回各グループより、前回ほとんど見られなかった農用運搬車が展示されていた。このことは、トラクタを汎用的に利用するというより、各作業に専用機を用いる傾向があることを反映していると考えられた。



図 6 傾斜地用トラクタ



図 7 クローラトラクタの例

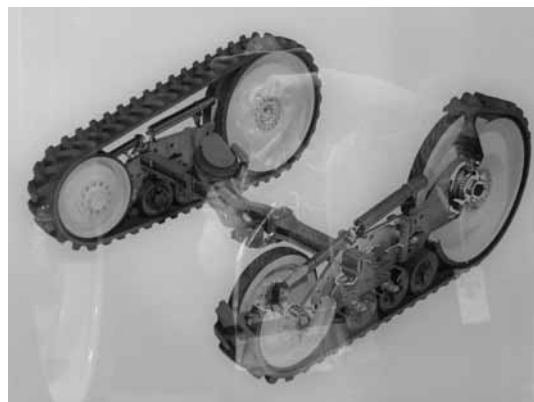


図 8 同駆動部概略図



図 9 GPS による航法支援装置



図 10 カメラによる航法支援装置

(3) コンバイン

コンバインについては、各グループが前回は展示がなかった軸流型コンバインを展示していた（図 11）。また、今回はヘッダ専門メーカーからの展示も多く、その中ではトウモロコシ収穫用のロックロップヘッダ（図 12）が目立った。このことは、近年のトウモロコシ価格の高騰を反映しているものと考えられた。

また、傾斜地作業用のヒルサイドコンバインも前回はなかったが、各グループより展示されていた。その中でも第 1 人者といえるラベルダ社（イタリア、McCormick グループ）は、前車軸部に水平に配置したシリンダで車体の傾斜および車高を制御し、後輪もアクティブに動く先進的な自動水平制御機構を有するコンバイン（図 13）を展示していた。

制御系については、オートパイロット（作物列をセンシングして方向制御を行う機構）

や GPS を用いたマッピング機能、パフォーマンスモニタ等を各社が採用していた。



図 11 軸流型コンバイン



図 12 ロークロップヘッド



図 13 ヒルサイドコンバイン

操作系は、操作スイッチの表示にアイコンを用いることで、レバー上および運転席右側に集中配置し、操作部をコンパクトにしたものが多く見られた（図 14）。一部では、操作部がシートと一体化したものもあった。多くの機械で各種の情報を表示するモニタが装備されていたが、運転操作状態（欧米のコンバインは通常右回りで作業するので、ヘッド左側を見る）では、モニタが見にくいと思われるものもあった。全体に居住性、視認性は良好であった。なお、Massey Ferguson からは、未来のコンバインのコンセプトモデルが展示されていた（図 15）。



図 14 コンバインの操作部



図 15 Massey Ferguson 社のコンセプトモデル

（４）ビートハーベスタ・ポテトハーベスタ

ビートハーベスタの大型化は一段落した感があり、自走型6条が主であった。新機軸としては、アーティキュレート構造の機械が各社から展示されていた（図16）。タッパは日本では見られないスライドセンサ型のみであったが、その中には、各条の堀取部がタッパに連動して独立して上下する構造のものが見られた（図17）。

ポテトハーベスタは大型化が進む反面、トラクタ牽引型の小型機も展示されていた（図18）。乗用型大型機では、選別者が乗車可能で作業位置に操作部を有する構造のものがあったが、その操作性・安全性には若干疑問があった（図19）。



図16 アーティキュレート構造のビートハーベスタ

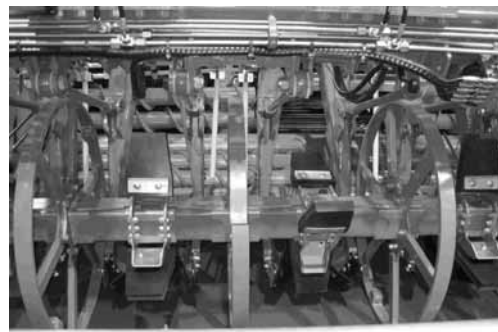


図17 各条が独立して上下する堀取部



図18 小型ポテトハーベスタ



図19 大型自走式ポテトハーベスタ

（５）歩行型機械

歩行型トラクタおよび歩行型草刈機の展示もあった。いずれの機械も主クラッチはデッドマン式であったが、保持力は若干大きいと考えられた（図20）。また、表示をアイコンにすることによって、操作部がコンパクトになっていた（図21）。



図20 歩行型トラクタ



図21 同操作部

（６）安全装備

ここまで述べたように、操作表示ではアイコンが一般的に使用されており、文字による表示はほとんど見られなかった。また、このことが、操作系をコンパクトに集中してまとめることを可能にし、視認性や操作性を向上させる設計の前提となっていると考えられた。現在、日本においても、アイコンを利用した操作表示の視認性向上が検討されているが、単なる表示の置き換えではなく、今回の事例のように、アイコン化によって操作性を向上させる改良の可能性とそのメリットについて検討を行う必要があると考えられた。

可動部の防護については、日本の安鑑基準とは前提の違いがあると考えられた。具体的には、運転者の作業中の防護を主として対象としており、点検・調整・清掃時や補助者との共同作業時において、作業員または補助者が機械周辺に接近した場合の防護については、基本的に考慮されていないと考えられた（図 22）。従って、輸入機の安全装備評価にあたっては、この差異について特に注意する必要がある。

乗降装置については、最下段ステップの高さが非常に高く、乗降が困難な機種が多かった。また、手すりの配置も、持ちたいところがない、片持ち構造であるため剛性が不足し不安定である等、良好とはいえないものが少なからずあった。一方で、最下段ステップを可動式にし、高さを下げる改善を施したものもあった（図 23）。

安全装置については、自己保持型の緊急停止スイッチが多く採用されていたが、着席位置より後方に配置されている、または視認性が悪い等の問題を有するものがあり、必ずしも良好でなかった（図 24）。他方、先進的な安全装備としては、コンバインにおいて、シートに適切に体重を掛けないと、つまり、腰をやや浮かした状態であると、警報音を発生する装置を備えた事例があった。

安全標識は概ねアイコン化されていた（図 25）が、文字との併記や文字のみによるものもあった。アイコン化された安全標識は、視認性は優れているが、必ずしも直感的に理解できないものもある上、各標示項目の重要度がわかりにくいという問題点があると考えられた。



図 22 安鑑基準は認められない
可動部防護の例



図 23 可動式ステップ



図 24 緊急停止ボタンが座席より後方にある例



図 25 アイコンのみによる安全標識

（７）排出ガス対策デバイス

欧州においてもディーゼルエンジンの排出ガス対策は強化されており、現在 StageⅢa から StageⅢb に移行しているところである。

今回、Case/New Holland グループより将来規制である StageⅣに対応したエンジンが展示された（図 26）。このエンジンには、コモンレールをはじめ、大型の DPF および SCR が装着されていた。また、同グループからは、同規制に対応したエンジンを搭載したコンバインも展示されており、その排出ガス対策デバイスの大きさは驚くべきものであった（図 27）。これより、排出ガス対策によるコストや出力・燃費への影響は相当なものであることが想起できた。

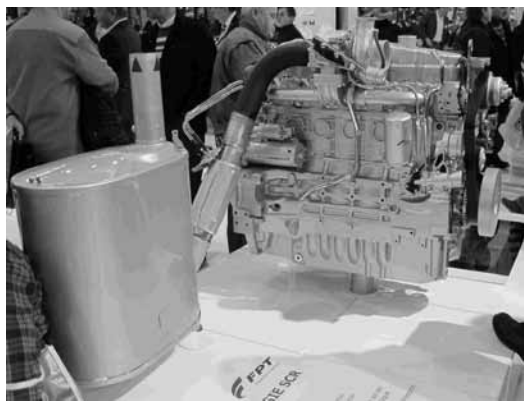


図 26 StageⅣ対応エンジン



図 27 コンバインの排出ガス対策デバイス

（８）まとめ

欧米では、機械の専用機化が進んでおり、単に大型化のみでなく多様化が進んでいることがうかがえた。その中で、一時は各社のカタログからほとんど消えた軸流式脱穀機構が大幅に増加する等、予想外の展開もあった。

また、GPS の利用やガイダンス、操作支援等、当センターで開発中または実用化に向けた段階にある技術が多く展示されていた。しかし、その活用にあたっては、収益性や求められる要件により、時間を要することが予想できた。

一方、懸念されるのは、メーカーの系列化が進んだこともあってか、全体が同じような方向に進み、微細な差異を競う傾向にあることで、この点では、イタリアのメーカーの個性的な技術開発に注目させられた。また、安全装備については、先駆的な部分も多いが、一部で単に規制に追従している傾向も伺え、必ずしも使用者の実態を考慮していないのではないかという危惧を持った。

従って、我が国の農業機械開発においては、欧米の先進技術や専用機化の流れを導入していくことは重要であるが、一方で、我が国の国情による厳しい精度・適応性の要件やユーザーの細かい要望に対応する技術開発を進め、欧米の主流とは別の方向性を示すことで、新たな市場開拓も可能になるのではないかと考えられた。

5. 収集資料等

- 1) 2011 年 OECD 年次会議議案書
- 2) 2011 年版 OECD コード
- 3) 各社カタログ、パンフレット

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 22 年度 海外技術調査報告

頒布価格 353 円 (本体価格 337 円)

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 23 年 3 月 31 日

