

動物衛生研究所 NIAH NEWS

2014.1.31 No. 52

特集 動物衛生研究所が開発した ワクチンについて



豚コレラ予防液製造実験室および豚コレラ血清製造実験室（小平時代）

- 2 支所の便り あざ笑う口蹄疫（口蹄疫 2010 えびのサーベイランス）
- 3 特集 動物衛生研究所におけるワクチンの開発について
- 8 研究情報 ベンチマーキングを用いた疫学的な調査・研究
- 10 研究情報 口蹄疫ウイルス感染動物とワクチン接種動物の抗体を識別するキットの評価
- 12 研究情報 小型反芻獣レンチウイルス感染症の国内防疫に関する研究
- 14 海外出張報告 第 18 回世界獣医家禽学会に出席して
- 16 会議報告 第 4 回マッチングフォーラム「畜舎への鳥獣侵入防止と衛生対策」の開催
- 17 これまでの動き
- 17 つくば便り 動物衛生研究所図書室の憂鬱
- 18 「若手農林水産研究者表彰」を受賞



農研機構
NARO 独立行政法人 農林・食品産業技術総合研究機構

動物衛生研究所

支所の便り



あざ笑う口蹄疫 (口蹄疫 2010 えびの サーベイランス)

SAKAMOTO Kenichi

国際重要伝染病研究領域 領域長 坂本 研一

2010年4月27日、口蹄疫の発生が続く宮崎県川南町から約70km離れたえびの市の1農家で口蹄疫の発生が確認されました。疫学的にも発生原因が究明されており、比較的早期に殺処分や埋却などの対応がなされたので、清浄化に向けた動きが一気に持ち上がりました。移動制限の解除は、最終発生の処分終了21日後に実施されます。このため、清浄性の確認には、半径10kmの臨床検査の他、半径3km以内の感受性家畜を統計的手法で抽出して採血と血清分離を行い、21日までに血清学的検査を終了しなくてはなりません。早い時期での採血は、口蹄疫の再発の懸念があることから不可能であり、あまり期日が迫ってからは、検査結果を期限内に出すことができなくなります。このため、清浄性確認にはサーベイランスの計画を立ててから検査実施までにはさほど時間的な猶予は与えられず、この血清検査は非常にタイトなスケジュールで実施しなくてはなりません。

口蹄疫では発生が多極にわたるとその防疫は極めて困難となります。このため我々としても一刻も早くこのえびの地域での口蹄疫を撲滅しておきたい思いでした。皆の願いが通じたのか最初の発生から6日たってこの地域における続発は確認されませんでした。このため、この地域の清浄化に向けたサーベイランスをどのようにすればよいか話し合いが関係者の間で持たれました。その矢先、同地域で2件目の発生が起きました。それも、感染すると牛の1,000倍以上のウイルスを排泄するという豚での発生であり、関係者一同腰が砕けた思いでした。このため、清浄化に向けた計画は頓挫しました。しかし、この豚での発生も不思議なことにその後の発生が認められず、これもこの地域における殺処分と埋却、消毒などの防疫活動が迅速であったためだと考えられました。そして、豚の発生からさらに6日が過ぎました。続発は確認されず、再び清浄化に向けたプログラムの検討が始まりました。しかし、またもや検討を始めた途端に、今度は牛で口蹄疫が発生し、さらに、その2日後にも牛で口蹄疫が発

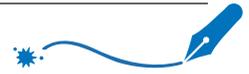
生して、清浄化のための血清サーベイランスのプログラムを論議する気力がみんなから失せていきました。何とかえびのの口蹄疫の火を消したいという一同の思いは無残にも打ち砕かれ、口蹄疫にせせら笑われているような気さえました。また新たな発生があるのではないかと暗く臆病な気持ちになっていきました。清浄化のサーベイランスのことを口に出す者はいなくなり、口蹄疫がまたぼつりぼつりと発生するのではないかと疑心暗鬼になっていました。

そうこうしているうちに時が経ち、サーベイランスの時期に突入して慌てて対応を迫られました。しかし、この地域ではこれ以上口蹄疫は発生しませんでした。このため、直ちに清浄化の血清サーベイランスのためにこの地域の感受性家畜1,500頭以上から血液が採材され、その血清が現地から送られてきました。検査が実施され、異常な個体は一頭もいませんでした。えびの地域の清浄性が確認され、6月4日にこの地域の移動制限は解除されました。後に、分離ウイルスを用いて海外病研究施設で実施された動物感染試験によると、牛における潜伏期間は5～6日、豚では2日程度でした。これは、野外における発生の知見とほぼ一致していました。えびの地域は早期発見と迅速な殺処分と埋却ができれば口蹄疫を封じ込めることができるという一つの事例（モデル）であり、口蹄疫の防疫に一筋の明るい光を照らしました。



口蹄疫の抗体検査風景

特集



動物衛生研究所におけるワクチンの開発について

KOKUHO Takehiro

動物疾病対策センター 生物学的製剤製造グループ 製造科 國保 健浩

明治以来、我が国における家畜伝染病の予防は、獣類伝染病予防規則(1886(明治19)年)、獣疫予防法(1892年)、家畜伝染病予防法(1951年)と時代ごとにその法的な裏付けを変えながらも、一貫して政府の指導、監督のもとに進められてきました。1891年設置の農商務省仮農事試験場獣疫研究室に起源を持つ当動物衛生研究所も、国が所管する研究機関として、古くは軍馬の、また戦後は急速に需要を拡大した産業動物の衛生水準の向上と家畜伝染病の発生阻止のための技術開発に取り組んできました。

今や我が国では、かつて猛威を振るった豚コレラや口蹄疫等の急性家畜伝染病は清浄化され、衛生対策の軸足は海外からの侵入を防ぐ水際対策の強化や万一の事態に備えた早期検知技術の開発等に移りつつあります。我が国の家畜衛生のレベルを高い水準にまで引き上げてきた先人の努力が賞賛に値するものであることは論じるまでもありませんが、それを支えてきた様々な技術—診断法

や予防法—の寄与にも特筆すべきものがあります。そこで本稿ではこれまで当所が担ってきたワクチンの開発、製造に焦点を当ててご紹介したいと思います。

動物用ワクチン開発の黎明

改めて申し上げるまでもなく、「ワクチン」の概念はジェンナー(Edward Jenner, 1749-1823)の「牛痘による天然痘予防法の発見」に始まります(写真1)。しかし、この成果が広く様々な疾病に応用されるまでには、パスツール(Louis Pasteur, 1822-1895)の「家きんコレラ病原体(*Pasteurella multocida*)の弱毒化の発見」(1880年)までさらに80年を要しました(写真2)。この発見に続けてパスツールは「高温培養による炭疽菌の弱毒化(パスツール苗の作製法)」、「連続継代による狂犬病固定株の作出と予防(または発病阻止)への応用」等で次々と成果を挙げ、「ワクチン」の概念の一般化に貢献します。コッホ(Robert Koch, 1843-1910、写真3)や北里柴三郎(1853-1931)に先んじた時代の研究者である彼が、培養技術や光学顕微鏡を駆使して遂に自らは見ることも知ることなかった「ウイルス」のワクチン製造まで手がけていた事実には大変驚かされます(注1)。

注1)「ウイルス」の概念はタバコモザイク病(Iwanovsky, 1892年)や口蹄疫(Loeffler and Frosch, 1898年)の研究を通じて“濾過性の病原体”として確立されました。

パスツールにやや遅れて、我が国でも家畜伝染病に対



写真1. 英国バークシャー州ニューブリーにあった旧ジェンナーワクチン研究所(現在はオックスフォード大学へ移転)



写真2. かつてパスツールが教鞭をとったパリ獣医大学構内の旧大動物診療室

特集 動物衛生研究所におけるワクチンの開発について



写真 3a. コッホ愛用の顕微鏡（ベルリン博物館所蔵）

する予防法開発への取組みが始まります。しかし、ワクチンやウイルスといった概念もまだ不確定だったこの時期には、病原（体）に耐過した動物の血清を治療や予防に用いる「血清療法」が最も有効な手法と見なされていました。そのため、国産初の家畜用製剤としては、まず当時数百から数千頭の規模で被害の見られていた牛疫を対象にした大規模な抗血清製造が開始されました（朝鮮総督府獣疫血清製造所、1911年）。これと前後して当所でも抗血清の製造や予防法の研究（抗血清は予防の目的でしばしば病原体との併用接種（共同注射法）に用いられました）が始まり、牛疫（1897年）、炭疽、ツベルクリン、気腫疽（1899年）、家きんコレラ（1903年）、豚丹毒（1906年）、馬痘（1907年）、豚コレラ（1909年）、破傷風（1912年）、豚疫（豚出血性敗血症、1916年）、馬パラチフス（1944年）等の抗血清が野外利用に供されました。

動物衛生研究所におけるワクチンの開発

当所ではワクチン研究も既に戦前から開始されています。その先鞭をつけたのは馬用の腺疫予防液（1910年）、豚の出血性敗血症不活化ワクチン（1916年）、家きんコレラ弱毒生ワクチン（1922年）等ですが、これら初期のワクチンは「予防効果は見られるものの、高い防御効果は期待できず、また接種後に発症することがある」、「頻回の接種や静脈内投与が必要であり、実用性に乏しい」、「純度が低く、保存性に劣る」等々、現在のワクチンと

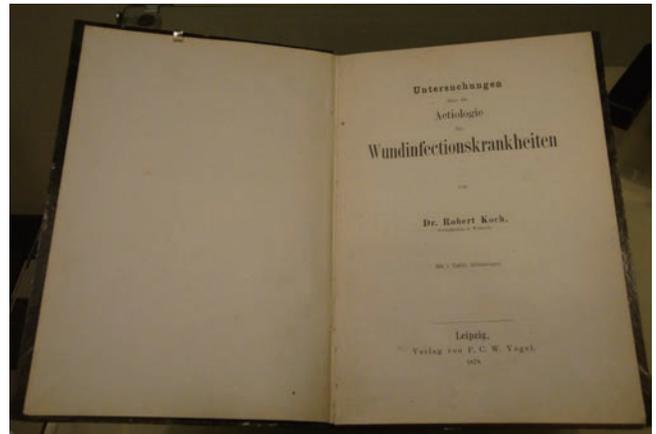


写真 3b. コッホ著「創傷感染疾病原因検査法」（初版、1878年）（ベルリン博物館所蔵）

比較すると難点の多いものでした（これらは主に共同注射法での利用が検討されていたようです）。しかし、その後牛疫血清製造所におけるグリセリン不活化牛疫ワクチン（1918年、蠣崎千晴）や家兎馴化弱毒株牛疫ワクチン（L株、1938年、日獣会誌）が開発されるにつれて、病原体の不活化や弱毒化に関する知識と経験が蓄積され、次第に優れたワクチンが作られるようになっていきます。この牛疫ワクチンについては、その後、中村（中村稔治、1902-1975）らによってさらに弱毒化の進んだ鶏胚馴化ワクチン（LA株、1953年、Amer. J. Vet. Res.）が開発されています。このようなワクチンの開発研究や普及活動が奏功し、1960年代までにはインド、パキスタンを除くアジア地域から牛疫はほぼ根絶されました。中村ワクチンにやや遅れて、英国でも Plowright (Walter Plowright、1923-2010) らによって強毒株（Kabete O株）をもとに牛腎臓細胞培養系を用いて作られた RBOK ワクチン（1962年、Res. Vet. Sci.）が開発され、アフリカや西アジア等で使用が開始されています。1980年代後半にはアフリカ、インド、西アジア等の地域で大規模な牛疫の撲滅事業が展開され、さらに1994年からは OIE（国際獣疫事務局）や FAO（国連食糧農業機関）等の国際機関が中心となって、アフリカミドリザル由来細胞に馴化した改良型 RBOK ワクチン（1990年、Jeffrey Mariner ら、Vet. Microbiol.）を用いた国際的な根絶計画（Global Rinderpest Eradication Programme）が進められるところとなり、ついに2011年5月に本病の撲滅が宣言されました（注2）。

注2) 牛疫は天然痘に次いで人類が地球上からの撲滅に成功した疾病であり、獣医学の金字塔と言える成果です。
http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Media_Center/docs/pdf/RESO_18_EN.pdf

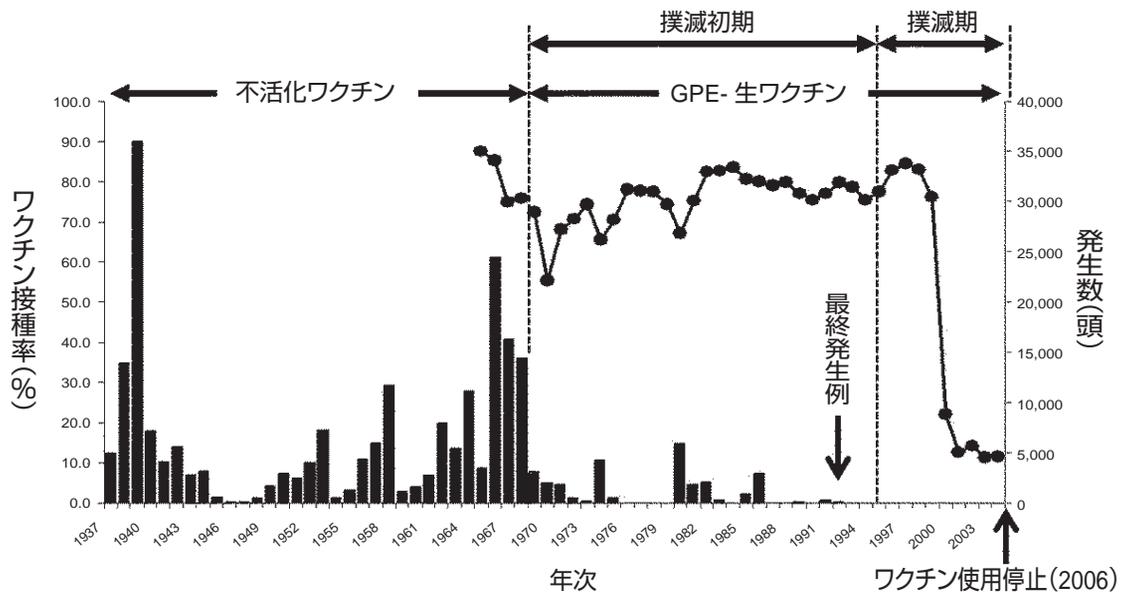


図1. 豚コレラの発生状況とワクチンの接種状況の推移

戦後になると当所でも有効なワクチンが数多く開発されるようになりましたが、その中でも特筆すべきものとして、我が国における豚コレラの撲滅に貢献した弱毒生ワクチンが挙げられます。豚コレラは1800年代末から発生の記録が残る豚の急性伝染病で、既に戦前の段階で年間最大35,000頭超の被害を出しており、フェノール／グリセリンあるいはホルマリンを用いた不活化ワクチンの開発が進められました。戦後になってGHQの指導によりクリスタルバイオレット不活化ワクチンが導入され

ましたが、比較的高い接種率にもかかわらず依然として年間10,000頭規模の発生を繰り返す状況が続いていました(図1)。当時、豚コレラは海外でも猛威を振るっており、米国(Lederle社)では不活化ワクチンより効果の高い家兎馴化弱毒生ワクチン(ROVAC)が開発されています(このROVACワクチンは現在でも海外で使用されています)。

国内でも効果の高い生ワクチンの開発が望まれていましたが、その突破口となったのが熊谷哲夫による“END

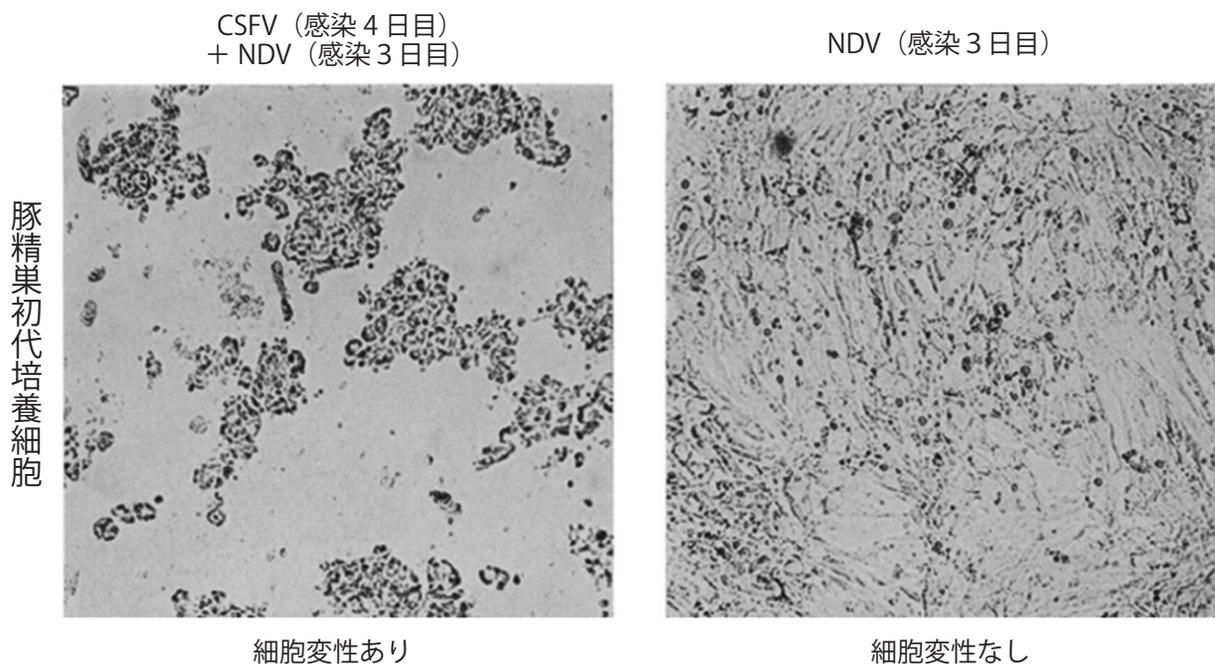


図2. 豚精巢培養細胞における豚コレラウイルスのEND現象

特集 動物衛生研究所におけるワクチンの開発について

表 1. 豚コレラワクチン株開発過程におけるウイルスの病原性の変化

ウイルス株	死亡例	沈鬱	発熱	リンパ球減少	ウイルス血症
ALD (親株:不活化 ワクチン株)	+++	+++	+++	+++	+++
豚精巢継代株	-	+	++	NT	++
牛精巢継代株	-	-	+	+	+
モルモット腎継代株 のうち END陽性株	-	-	-	±	+
モルモット腎継代株 のうち END陰性株(GPE-株)	-	-	-	-	-

現象”の発見（1958年、熊谷ら、Science）です。END現象とは豚コレラウイルス（以下、CSFV）が鶏ニューカッスル病ウイルス（NDV）の増殖を増強する現象（Exaltation of Newcastle Disease virus）の略称で、予めCSFVが感染した豚の精巢培養細胞に対して、単独の感染では細胞変性を誘起しないNDVが著しい細胞障害を誘導するようになることを言います（図2）。このEND現象の発見はCSFVの定量化を可能とするとともに抗体測定技術の開発につながります。当時、国内では複数の研究機関が弱毒生ワクチンの開発を進めており、当所でもクリスタルバイオレット不活化ワクチン製造用の病原性株であるALD株をもとに豚精巢細胞（142代）、牛精巢細胞（36代）、モルモット腎細胞（40代）での培養を経ることでEND現象を示さないウイルス株（GPE-株）の樹立に成功します（1969年）。この株には「モルモット（Guinea Pig）の細胞に馴化して良く増殖する（GP）」、「END現象を示さない（E-）」といったその特徴から呼び名が付けられましたが、さらには低温培養（30℃）でもよく増殖する等、親株や野外株とは異なる性質を持つことからその有用性が認められ、国内統一の弱毒生ワクチン株として使用されることとなります。優れた効果を示すGPE-株（表1）の使用により国内の豚コレラ発生数は漸減し、1992年以降には発生が見られなくなりました。ここに至って豚コレラ弱毒生ワクチンは当初の役割を終え、2006年までの完全なるワクチンの接種中止を経て、国内の清浄化が達成されました（2007年）。なお、豚コレラ弱毒生ワクチンの製造は1990年には既に当所から民間に移管されており、シードロット管理と呼ぶ世界に先駆けた高度な品質管理体制のもとで製造、供給が続けられました。清浄化が達成された現在でも緊急時の備蓄用のワクチンとして製造が継続されています。

新たな疾病をもたらす新しい病原体の検出や同定は長年にわたり当所の業務の中核をなしてきました。そのため不可欠な病原体の分離や培養の技術は業務を遂行する上での基盤となるばかりでなく、診断法や予防法の開発といった応用面でも鍵になります。ワクチン開発においてもこれらの技術を用いて多くの製造用株が樹立され、初期には単味のワクチンの製造に、また後には民間に提供されて混合ワクチンの製造等に用いられるものがあります（表2）。

その好例として、蚊やヌカカ等の昆虫が媒介するアルボウイルス感染症が挙げられます。このうち牛に見られるアカバネ病、チュウザン病、アイノウイルス感染症、牛流行熱等は宿主に発熱や神経麻痺、発育異常、流死産といった多様な症状をもたらして大きな被害を出すため有効なワクチンの開発が望まれていました。病原体が未だ確定していなかった1960年代に、当所はこれらの感染症の調査、研究を精力的に行って媒介昆虫や「おとり牛」と呼ばれる抗体を持たない若齢牛の血液から牛流行熱ウイルス（山口株、1966年）、アカバネウイルス（OBE-1株、1974年）、カスバウイルス（チュウザン病ウイルスK-47株、1985年）等のウイルスの分離に成功するとともにワクチン株を樹立しています。これらの株は現在も市販ワクチン（アカバネ病ほか3種混合不活化ワクチン、牛伝染性鼻気管炎ほか4種混合生ワクチン等）の製造用株として利用されています（注3）。

注3) アカバネ病ワクチン株としてOBE-1株が広く使用されてきましたが、2006年に発生したアカバネ病の罹患子牛から新たに分離されたKN-06株に幅広い交差反応性が認められたことから新たな製造用株として承認を取得し（2012年）、近く市販される予定です。

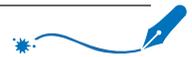


表 2. 動物衛生研究所で分離、樹立されたおもな現行市販ワクチン製造用株

分類	疾病名	ワクチン製造株名
ウイルス	アカバネ病	OBE-1、KN-06
	イバラキ病	No.2、KZ-cp/T
	牛ウイルス性下痢・粘膜病	12-43
	牛伝染性鼻気管炎	758-43
	牛パラインフルエンザ3型	BN-CE
	牛流行熱	YHL
	チュウザン病	K-47
	豚コレラ	GPE-
	ニューカッスル病	石井
	細菌	鶏伝染性気管支炎
パストレラ・ムルトシダ感染症		BP165/B
豚丹毒		小金井65-0.15
鶏大腸菌症		PDI-386

これからのワクチン開発

家畜（牛、馬、豚および鶏）用のワクチン類は1960年代には十数品目しか製造されていませんでしたが、現在、動物用医薬品等データベース（動物医薬品検査所）に登録されている品目は378（単味339品目、混合39品目、海外開発品を含む）を数えるまでになっています（2013年10月現在）。その一方、当所の動物用医薬品製造ではワクチン製剤としては、現在、緊急備蓄用牛疫ワクチン1品目を残すのみとなっています。しかし、これは当所がワクチンの開発研究を軽視していることを意味するものではありません。

バーグ（Paul Berg）による「遺伝子改変技術の確立」（1972年）やマリリス（Kary Mullis）による「PCR法の開発」（1987年）、河岡義裕らによる「リバースジェネティクス法の開発」（1999年）等によって急速な発展を遂げる遺伝子操作の技法は、今や古典的な方法によるこれまでのワクチン開発の様相を一変させつつあります。これまで長らく使用されてきた豚オーエスキー病弱毒生ワクチン株（2.4-N3A株）のような人為的な欠失変異を持つ遺伝子改変型のワクチンに加えて、近年は病原性のない（若しくは低い）細菌やウイルス（“ベクター”と呼ばれます）に異種の病原体に由来する遺伝子等を挿入するといった“積極的な”遺伝子改変が行われるようになり、開発の速度が飛躍的に上がっています。例えば、米国（Meril社）では、哺乳動物に感染はするものの病原性を示さず、かつ複製もしないカナリア痘ウイルスを素材として、そのゲノムに外来の病原（または抗原）遺伝子を挿入した効果的かつ安全なワクチンの開発が進められており、既に日本でも「猫白血病ウイルス由来防御抗原蛋白発現遺

伝子導入カナリア痘ウイルス」が2008年に承認を受けています。また、家畜用のワクチンとしてはニューカッスル病ウイルス由来F蛋白遺伝子を導入したマレック病ウイルス1型が承認（化血研、2009年）を受けています。これらに加えて、ベクターを使用しないタイプの組換え型ワクチンとして米国の豚サーコウイルス2型由来蛋白質ワクチンが国内でも広く利用されていますし、海外では既に遺伝子そのものを接種する、いわゆる“DNAワクチン”等も承認されています。

新たなワクチン研究の流れに参入することは、家畜衛生が今や“One world, One health”と呼ばれるグローバルな社会においては避けて通れないことであり、今後は分子生物学や免疫学のみならず化学や工学といったこれまでワクチン研究とは縁遠かった領域までも巻き込んだ学際的な進展が望まれます。当所でも2012年から民間を含む国内9研究機関とともにコンソーシアムを立ち上げ、農林水産省委託研究事業「優れたワクチン開発のための技術開発（動物ワクチン）」の中で遺伝子組換え技術を応用した次世代型ワクチンの開発研究に着手しています。この実がなるにはまだ時間がかかりますが、海外に負けない優れたワクチンの開発を目指して日々の実験に取り組んでいます。

謝辞

本稿の執筆にあたりましては、動物用ワクチン（文永堂、2011年）、創立三十周年記念誌（動物用生物学的製剤協会、1998年）、家畜衛生試験場研究報告（家畜衛生試験場、1991年）等を参考にしました。謹んで御礼申し上げます。

研究情報

ベンチマーキングを用いた疫学的な調査・研究

YAMANE Itsuro
ウイルス・疫学研究領域 主任研究員 山根 逸郎

ベンチマーキングとは、「製品、サービス、プロセスなどを継続的に測定し、成績の良い競合他社や優良企業の成績と比較すること」です。このベンチマーキングの考え方や手法は、厳しい経営戦略が問われる養豚産業にも応用が可能です。筆者は養豚関連の各団体と共同研究を行い、PigINFO という養豚農家を対象としたベンチマーキングシステムを構築しました。今回、このベンチマーキングシステムを活用して行った調査・研究を紹介します。

PigINFO では、養豚農家から肉豚販売金額、飼料価格などの経営に関わる数値、出荷枝肉重量や離乳後死亡数など肥育成績に関わる数値、分娩回転率や生存産子数など繁殖成績に関わる数値などを、3カ月おきに農家から収集しています。それらのデータを元に、各農家の生産性の指標を算出し、ベンチマーキングを行います（表1）。表1の成績の列には、対象農家の生産成績が記載され、順位の列には、それぞれの生産成績の参加者全体（この例では113戸）の中での順位を示します。この農家は、粗利益、出荷枝肉重量、枝

肉価格がAあるいはB評価で優れており、離乳後死亡率、飼料価格がE評価で劣っていることが読み取れます。臨床獣医師はこれらのデータを活用して、対象とする農家の生産性や経営の向上に各種の支援を与えることが可能になります。さらにこれらのデータを継続的に収集することにより、生産成績の長期的な趨勢の分析が可能になります。

PigINFO では、劣っている飼養衛生管理の改善目標値を提示し、目標値を達成した時に推定される年間増出荷頭数と増収益を算出するプログラムが組み込まれています（図）。例えば、図の離乳後死亡率8.59%の農家において、死亡率を0.75%改善した目標値7.84%（棒グラフ内の短い矢印分）を達成すると、推定される増出荷頭数は47頭/年、増収益は¥831,732/年となります（図右上）。このように数値目標を掲げることにより、各農家の衛生対策に対する意識を向上させ、より効率的に家畜衛生対策の立案・実施が可能になります。

表1. 農家の成績表

項目 ¹⁾	成績	順位	評価 ²⁾	データ数	上位25%	中央値	下位25%
粗利益（/母豚/年）	¥324,049	25	B	110	¥306,086	¥269,363	¥206,624
出荷枝肉重量（/母豚/年）	1,742kg	16	B	108	1,735kg	1,647kg	1,463kg
枝肉価格（/kg）	¥430.0	8	A	108	¥400.7	¥383.7	¥372.4
出荷頭数（/母豚/年）	22.3	53	C	113	23.2	21.8	19.8
離乳後死亡率（%）	8.59%	91	E	113	3.70%	5.15%	6.75%
飼料価格（/kg）	¥49.0	87	E	107	¥42.1	¥44.4	¥47.0
離乳子豚数（/母豚/年）	24.1	42	C	113	25.1	23.6	22.1
離乳子豚数（/腹）	10.33	38	C	113	10.38	10.04	9.42
分娩回転率（/年）	2.33	63	D	113	2.43	2.36	2.27
哺乳中死亡率（%）	8.80%	46	C	113	6.86%	9.42%	11.99%
生存産子数（/腹）	11.40	49	C	113	11.60	10.92	10.41

1) 実際は23項目あるが、誌面の関係により重要な指標のみ掲載している。

2) 評価の区分は、A 上位10%以上、B 上位10%～上位25%、C 上位25%～中央値、D 中央値～下位25%、E 下位25%～下位10%、F 下位10%未満

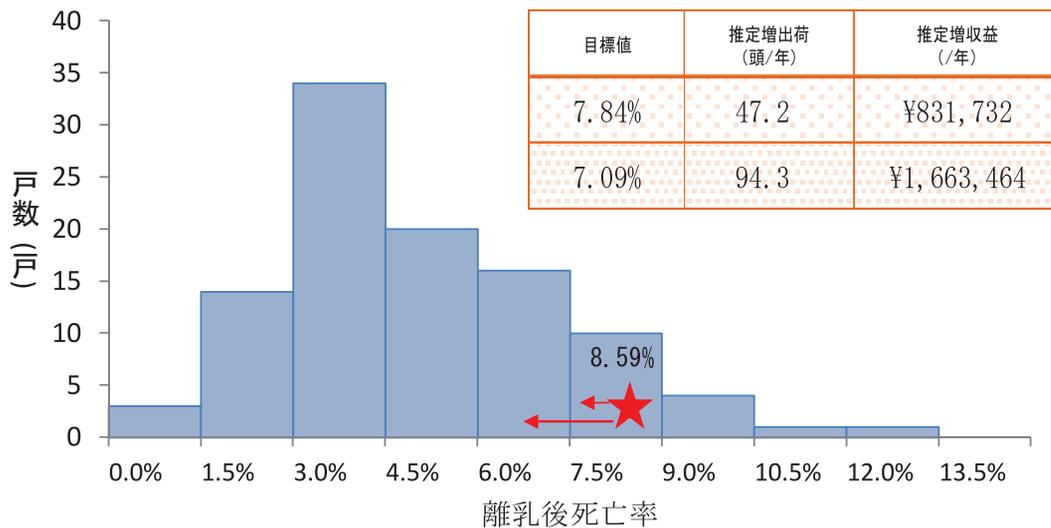


図. 飼養衛生管理目標値と達成時の増収益

ベンチマーキングに参加している農家の疾病の発生情報を収集することにより、飼養管理要因や農家の生産指標と疾病発生との関連を解析することが可能になります。2010年にベンチマーキングに参加した農家のうち、52の農家のPRRS（豚繁殖・呼吸障害症候群）の発生状況を調べました。2010年1月から12月の期間にPRRSウイルス抗原のPCRによる検出が無く、かつELISA抗体価が陰性の農場をPRRS陰性農家（7戸）と定義し、それ以外の農場を陽性農家（45戸）と定義しました。それぞれの農家群の2010年の生産指標の平均をt検定にて比較しました（表2）。その結果、PRRS陰性農家は陽性農家に比較して、離乳後死亡率と飼料要求率が有意に低く、PRRSウイルスの浸潤が離乳後の死亡率に影響を与えるとともに、飼料効率を低下させることがうかがわれました。

今後、ベンチマーキングに参加する農家数を増やし、より広範囲な疫学調査を行います。また、農家に対する飼養管理要因の聞き取り項目も増やし、生産性の阻害に関わる要因についてさらなる調査を行います。これらの研究活動を通して養豚農家の生産阻害要因を改

表 2. PRRS 陽性農家と陰性農家の生産指標の平均値

生産指標	PRRSの状況	
	陰性農家	陽性農家
離乳後死亡率 (%)	3.2**	6.1
哺乳中死亡率 (%)	7.1	7.7
生存産子数 (/腹)	11.18	10.75
分娩回転率	2.37	2.38
分娩率	84.7	86.8
飼料要求率 (枝肉ベース)	4.88*	5.18

* P<0.05, ** P<0.01

善し、我が国の養豚業の生産性の向上に寄与することを目指します。

掲載誌

- 1) Yamane I. et al., J. Vet. Epidemiol. 17(1), 44-50, 2013.
- 2) Yamane I. et al., Proc. 22nd International Pig Veterinary Society,1044, 2012.
- 3) 山根ら, 「pigINFO アナリシス」(職務作成プログラム機構 J02) 2012年2月登録.

この研究内容は農研機構ホームページでもご覧いただけます。
http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/niah/2012/170d3_01_39.html

研究情報

口蹄疫ウイルス感染動物とワクチン接種動物の抗体を識別するキットの評価

FUKAI Katsuhiko

国際重要伝染病研究領域 主任研究員 深井 克彦

一般に、口蹄疫清浄国で本病が発生した場合、その防疫対策として感染動物等の摘発淘汰と移動制限が実施されます。しかし、摘発淘汰される頭数が多数となる場合があるため、近年では限定的なワクチン接種が認められる傾向にあり、2010年の我が国での本病発生時もワクチン接種が実施されました。そのワクチン接種はワクチン接種動物の殺処分を前提としたものでしたが、発生状況、殺処分動物の埋却による環境汚染、動物福祉および希少な遺伝的資源の保全等の観点から、ワクチン接種動物の殺処分を前提としないワクチン使用についても検討しておく必要があります。

現在、国際獣疫事務局（OIE）が定める方法に準じて製造されるワクチンは高度に精製されたもので、ウイルスの非構造蛋白質をほとんど含みません。したがって、この非構造蛋白質に対する抗体を指標にウイルス感染動物とワクチン接種動物を識別することが理論上可能であり、この原理に基づく抗体識別キットが複数販売されています。

一方、OIEが定める陸生動物衛生規約には、ワクチン接種動物の殺処分を実施しない場合の本病清浄国への復帰要件として、前述の非構造蛋白質に対する抗体を指標とした血清サーベイランスの実施を定めています。そこで、我が国で本病が発生した場合の防疫措置として、ワクチン接種動物の殺処分を前提としないワクチン使用が実施される場合を想定し、市販の抗体識別キットの特異性（ウイルス非感染動物を正しく陰性と判定する性能）および感度（ウイルス感染動物を正しく陽性と判定する性能）について検証しました。

まず、我が国への導入が可能であった3種類の抗体識別キットについて、健康動物およびワクチン接種

動物から採取した血清を用いて、現行の抗体検査法である液相競合ELISA（LPBE：ウイルス粒子全体を抗原とした検査法であり、原理上ウイルス感染動物とワクチン接種動物の識別はできません）とともに特異性を検証しました。その結果、LPBEが99.5～100%、抗体識別キットが96.1～100%の特異性を示し、これらのキットはLPBEと同様に高い特異性を有することが明らかとなりました（表1）。

一方、2010年の我が国における本病発生時に野外感染牛および野外感染豚から採取した血清を用いて、LPBEとともに抗体識別キットの感度を検証しました。その結果、LPBEの感度が100%であったのに対して、抗体識別キットの感度は4.0～28.4%であり、これらのキットはLPBEと比べて著しく低い感度を示しました（表2）。

この結果をより詳細に検証するため、今度は実験的にウイルスを感染させた豚から採取した血清を用いて、LPBEと抗体識別キットの感度を比較しました。その結果、抗体識別キットの感度は85.2%と（表2）、LPBEの感度よりも若干低い値を示したものの、野外感染動物において認められた著しく低い値ではありませんでした。この要因を調べるため、同じ血清を用いて、LPBEと抗体識別キットによる抗体の検出状況を経時的に比較しました。その結果、LPBEは抗体識別キットよりも0～4日早く抗体を検出することが可能でした。野外感染動物は、血清採取時のウイルス感染後日数が不明であり、感染後間もない症例では抗体識別キットにより抗体が検出されない場合があります。したがって、このような抗体識別キットによる抗体検出可能日の差が、野外感染動物において感度が低い値を示した要因の一つであると考えられました。

表 1. LPBE と抗体識別キットの健康動物とワクチン接種動物に対する特異性

動物種	検体数	LPBE (%)	抗体識別キット		
			キットA (%)	キットB (%)	キットC (%)
健康牛	203	99.5	99.0	96.1	99.5
ワクチン接種牛	308	NC ^{a)}	99.4	98.4	99.7
健康豚	225	100	100	ND ^{b)}	ND
ワクチン接種豚	415	NC	99.8	ND	ND

a) LPBE は口蹄疫ウイルスの構造蛋白質に対する抗体を検出する検査法であり、ワクチン接種動物においては構造蛋白質に対する抗体が産生されるため未実施

b) キット B および C は豚血清を検査できないため未実施

表 2. LPBE と抗体識別キットのウイルス感染動物に対する感度

動物種	検体数	LPBE (%)	抗体識別キット		
			キットA (%)	キットB (%)	キットC (%)
野外感染牛	102	100	28.4	28.4	21.6
野外感染豚	50	100	4.0	ND ^{a)}	ND
実験感染豚	81	100	85.2	ND	ND

a) キット B および C は豚血清を検査できないため未実施

以上の結果から、ウイルス感染動物とワクチン接種動物の識別方法としてこれらのキットを実際の本病発生時に用いるためには、使用条件等のさらなる検証が必要であると考えられます。また今回は、ワクチン接種後にウイルスに感染した動物については検証していないため、今後それについても検証する必要があると考えています。

掲載誌

Fukai K. et al., J. Vet. Med. Sci. 75(6), 693-699, 2013.

この研究内容は農研機構ホームページでもご覧いただけます。
http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/niah/2012/170a3_01_07.html

研究情報

小型反芻獣レンチウイルス感染症の国内防疫に関する研究

KONISHI Misako

ウイルス・疫学研究領域 主任研究員 小西 美佐子

1. 小型反芻獣レンチウイルス感染症の概要

小型反芻獣レンチウイルス (SRLV) は、山羊関節炎・脳脊髄炎ウイルス (CAEV) とマエディ・ビスナウイルス (MVV) の総称で、めん山羊に終生感染して慢性消耗性疾病を引き起こします。SRLV の標的細胞は単球/マクロファージで、感染個体の乳汁や血液、呼吸器飛沫を介した感染や、胎内感染が起こります。感染から抗体産生までに数カ月、また発症まで数年を要することもあり、感染個体は生涯、血中に抗体とウイルスを保有します。SRLV 感染症は世界各国で報告されており、特にめん山羊産業の盛んな欧米では本病による生産性の低下が問題視され、大規模な清浄化対策が実施されています。予防法や治療法がないため、本病の防疫には感染個体の摘発・淘汰が重要であり、精度の高い診断法を用いた定期検査が必要となります。

2. 我が国における SRLV 感染症研究

(1) 山羊関節炎・脳脊髄炎の診断法開発

山羊関節炎・脳脊髄炎 (CAE) もマエディ・ビスナも我が国の家畜伝染病予防法で届出伝染病に指定されていますが、国内発生がないため海外病と考えられていました。しかし、2002年にCAEを疑う事例が確認され、我々は関節炎や肺炎を呈した山羊から国内で初めてCAEVを分離しました。この事例により、CAEVが国内に侵入していることが明らかとなり、急遽CAEV感染症の国内防疫体制の整備が必要となりました。そこで我々は分離した国内株を利用し、CAEV感染症の診断法として寒天ゲル内沈降試験 (AGID) による抗体検査法、PCRによるウイルス遺伝子検査法など複数の検査法を確立しました。

(2) CAEVの国内浸潤状況と感染リスク調査

CAEVの国内浸潤状況を調べるとともに、我が国におけるCAEV感染のリスク要因を推定するため、2006年に全国的な疫学調査を実施しました。28県の家畜保健衛生所62カ所の協力の下、山羊飼養農家

表. 国内のCAEV感染リスク要因

分類	抗体陽性率	感染リスク要因
農家別	15.0% (17/113)	<ul style="list-style-type: none"> ・飼養頭数10頭以上 ・乳用山羊飼養農家 ・種畜山羊飼養農家
個体別	10.0% (86/857)	<ul style="list-style-type: none"> ・三歳以上の山羊 ・日本ザーネン種 ・種畜用山羊 ・乳用山羊 ・導入山羊

113戸の山羊857頭について抗体検査と聞き取り調査を実施し、①農場に関する情報 (飼養目的、飼養規模、飼養形態など) および②検査個体についての情報 (飼養目的、年齢、品種、導入歴など) を収集しました。抗体検査の結果、農場別抗体陽性率は15%、個体別抗体陽性率は10%であり、CAEVが国内に広く浸潤していることが判明しました。また抗体検査と聞き取り調査の結果からCAEVの感染リスク要因を統計的に解析したところ、農家別項目では飼養頭数および飼養目的が、個体別項目では年齢、品種、飼養目的および導入個体の存在が感染リスク要因であることが示されました (表)。抽出された感染リスク要因は、感染山羊の導入によりCAEVが国内に浸潤した可能性を支持するものであり、外部から山羊を導入する際の陰性確認の重要性が示されました。

(3) 海外のSRLVとCAEV日本株の遺伝子型比較

SRLVは従来、「めん羊のMVV」、「山羊のCAEV」と宿主によって分けられていました。しかし近年、諸外国でSRLVの分子系統樹解析が盛んに行われ、SRLVは新たにA～Eのgenotypeに分類されるようになりました。この分類では、「めん羊のMVV」はgenotype Aに、「山羊のCAEV」はgenotype Bに属すほか、欧州の特定の地域で分離されたSRLVはgenotype C～Eに分かれ、地理的状況や分離年によっ

て遺伝子型が異なることが示唆されています。そこで、2002年～2013年に検出されたCAEV国内株計47株について分子系統樹解析を実施し、日本のCAEVがどのgenotypeに属するかを調べたところ、日本の株は図に示したようにgenotype Bに属するものの、明らかに別のクラスターを形成しており、我が国では独自のタイプのCAEVが浸潤していることが示唆されました。

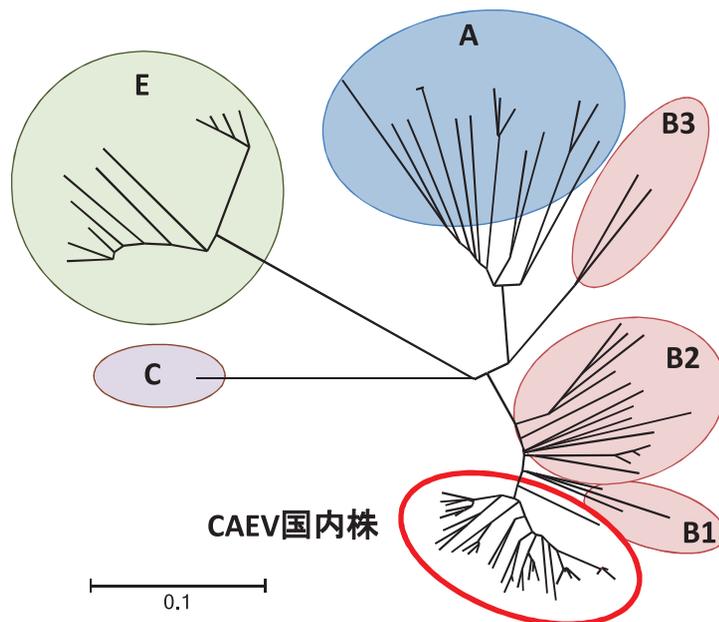


図. 分子系統樹解析によるCAEV国内株の分類
 Genotype A (subgroup 1～5)：海外で報告されたSRLV (MVV型)
 Genotype B (subgroup 1～3)：海外で報告されたSRLV (CAEV型)
 Genotype C：ノルウェーで報告されたSRLV
 Genotype E：イタリアで報告されたSRLV
 国内株：2002-2013年に日本で検出されたCAEV
 ※ Genotype Dは、本解析の対象領域における比較では存在しない。

(4) CAE 清浄化対策法の確立

上述したように、感染個体を確実に検出するには定期的な検査が必要です。またCAEVの多くが経乳感染するため、ウイルスの伝播阻止には子山羊に感染山羊の乳汁を飲ませないことが重要です。我々はこのポイントを押さえた清浄化対策法を確立し、感染率60.8%の高度汚染農場を清浄化させました。その内容は、1) 世代別の隔離飼育、2) 出生直後の親子分離および代用乳飼育、3) AGIDおよびPCRによる定期検査、というものです。同農場では飼養中の山羊の血統を維持する必要がありましたが、この対策法では感染山羊から子供をとることができるため、成績の良い山羊の血統を絶やさずに農場を清浄化させることが可能です。

3. 最後に

2012年には国内でマエディ・ビスナも発生しましたが、本研究の成果により迅速な防疫対応が可能となり、一連の防疫対策がMVV感染症の対策にも活用可能であることが示されました。本研究の成果が、今後もSRLV感染症防疫対策に活用され、我が国のめん

山羊産業の発展に貢献できるよう願っています。

最後に、研究推進にあたって多大なる御協力をいただいた全国家畜保健衛生所の諸先生方、畜主の皆様、ならびにご指導下さった皆様にこの場をお借りして心より御礼申し上げます。

掲載誌

- 1) Konishi M. et al., J. Vet. Med. Sci. 66(8), 2004, 911-917.
- 2) Konishi M. et al., J. Vet. Diagn. Invest. 22(3), 2010, 415-419.
- 3) Konishi M. et al., Small Ruminant Res. 99(1), 2011, 65-71.

本研究は「若手農林水産研究者表彰」を受賞しました。詳しくは本誌18頁をご覧ください。

海外出張報告

第18回世界獣医家禽学会に出席して

出張期間：平成25年8月18日～25日

出張場所：ナント（フランス）

NAKAMURA Kikuyasu

病態研究領域 上席研究員 中村 菊保

2013年8月19～24日に、フランスで第18回世界獣医家禽学会（WVPA2013、ナント）が開催されました。この大会は世界獣医家禽学会（World Veterinary Poultry Association）が主催し、2年おきに各国の支部が司催する、世界中の鶏病研究者が研究成果を発表する場です。私は過去に第12回大会（WVPA2001、カイロ）、第15回（WVPA2007、北京）、第16回（WVPA2009、マラケシ）に参加しました。この学会に参加すると、世界でどのような鶏病が発生し、どのような研究がなされているかがよくわかります。残念ながら前回17回（WVPA2011、カンクン）は参加できませんでしたが、今回は幸いにも出席することができたので、その概要を述べます。

ナント（Nantes）は、フランス西部、ブルターニュ半島南東部のロワール河畔に位置し、大西洋への玄関口となっています。フランスで6番目に大きな市で、人口28万人です。フランスには獣医大学が4つありますが、そのうちの1つが当地にあるナント獣医科大学です。他には、リヨン、アルフォール、ツールーズに獣医科大学があります。学会は、ナントの駅に近い、ロワール河に面したNantes Events Center “La Cité”（写真）で開催されました。ヨーロッパからの参加者が多く、またエジプト、モロッコなどの北アフリカ、イスラエル、ヨルダンなどの中東、アジアでは中国、タイなどからの参加者も目立ちました。日本からの参加者は少なかったようですが、参加者の総数は1,200名に達したとのことです。大会は家禽生産物の安全性、栄養と家禽衛生、細菌性呼吸器病、腫瘍性疾病およびマレック病、マイコプラズマ、家族的な

禽生産、教育と技術移転、疫学、ウイルス性および細菌性腸疾病、ウイルス性呼吸器病1（ニューカッスル病、インフルエンザ）、ウイルス性呼吸器病2（IBV、メタニューモウイルス、その他）、管理と家禽福祉、種々のウイルス性疾病、免疫抑制疾病、寄生虫病、治療と抗生物質耐性などの16のセッションに分かれ、家禽の疾病に関する研究報告がなされました。

私は「PCRによるホルマリン固定パラフィン包埋標本からの鶏アデノウイルスDNA検出とPCR産物のシークエンスによる血清型推定」というタイトルでポスター発表しました。我が国で発生しているブロイラーの鶏アデノウイルス血清型2型による封入体肝炎が他の国でも発生があるかと期待していたところ、いくつかの国から発生報告がありました。スペインでは、2011～2012年に封入体肝炎が8～36日齢のブロイラーやブロイラー種鶏で発生し、分離された鶏アデノウイルスの血清型は8b型および11型だったとのことです。分離ウイルスの5日齢SPF鶏ひなへの筋肉内接種で封入体肝炎、膵炎を引き起こしました。発生日齢は我が国での発生状況に類似していますが、血清型については2型ではありませんでした。モロッコでは、封入体肝炎が22～30日齢のブロイラーで発生し、死亡率は8～14%とのことでした。残念ながら、ウイルス学的検査についての報告がありませんでした。ドイツからは、ブロイラーの筋胃びらんから分離された鶏アデノウイルスが血清型1型であったという報告がありました。また、実験感染では、経口接種後7、10日で最も多くのウイルスDNAが検出され、肉眼病変も重度でした。組織学的には、筋胃の

腺上皮細胞変性、好塩基性核内封入体形成、粘膜固有層、粘膜下組織、筋層での炎症細胞浸潤がみられたとのことです。スウェーデンでは、筋胃びらのプロイラーから鶏アデノウイルスが分離されました。ベルギーでは、2002～2012年に38鶏群のプロイラーで鶏アデノウイルス感染が確認されました。分離された鶏アデノウイルスの血清型は、1型(5株)、2/11型(13株)、3型(1株)、5型(8株)、8a型(4株)、型別不能(7株)でした。死亡率は39%まで増加し、病理学的には、肝炎、腎炎、心筋炎、膝炎、気管炎、腺胃炎が認められました。鶏群の53%から、レオウイルス、伝染性気管支炎ウイルス、トリメタニューモウイルス、伝染性ファブリキウス嚢病ウイルス、鶏貧血ウイルス、大腸菌、エンテロコッカス・セコラム、アイメリアが分離されたとのことです。

他のウイルス関係では、フランスでは2011年以降にプロイラーの腱鞘炎が増加しているとの報告がありました。種鶏にはワクチン接種されていたにもかかわらず発生がみられ、それらの腱や滑液から分離されたレオウイルスは遺伝型1に属するイスラエル株に97.4%近縁の株で、遺伝子型4に属するワクチン株とは異なっていました。ワクチンの更新やプログラムの変更が必要であるとの結論でした。病理学的には、ひ腹腱の腱鞘は若い鶏では水腫性であり、成鶏では関節のブロックを引き起こしていました。時に、腱断裂、出血を起こし、脚の筋肉の出血も伴い、食鳥検査で高い廃棄率を示したとのことです。我が国でもプロイラー種鶏の腱鞘炎が流行している中、興味深い発表でした。オランダの研究者の



写真. 会場の Nantes Events Center “La Cité”

発表では、ヨーロッパ17カ国から送付された1,322サンプルから分離された伝染性気管支炎ウイルスの分布調査では、ヨーロッパではQX株が最も流行している株であるとの結果でした。

今回の大会は、運営も非常にしっかりしていました。若い研究者はどんどんこのような国際学会で発表すればよいかと思いますが、日本からの参加者の少なさは、我が国の鶏病関係の研究者の数がどんどん減少している現状を示しているのかもしれないと感じました。なお、25年前の英国留学時代の研究室の上司であったJane Cook博士にも会うことができ、楽しい時間を過ごせました。今回のナント大会の次の19回大会は、南アフリカのケープタウンで2015年8月19～23日に開催されます。その次の20回大会は、2017年に英国のエジンバラで開催されることが決まっています。

会議報告

第4回マッチングフォーラム 「畜舎への鳥獣侵入防止と衛生対策」の開催

KATSUDA Ken

病態研究領域長補佐

「農場衛生管理システム」プロジェクトリーダー

勝田 賢

中課題「農場衛生管理システム」主催の第4回マッチングフォーラム「畜舎への鳥獣侵入防止と衛生対策」が平成25年6月14日（金）につくばサイエンス・インフォメーションセンター大会議室で開催されました。本中課題では農場での微生物汚染低減化・農場のバイオセキュリティの向上を目指しています。そこで、民間企業、大学、他の研究独法の持つシーズと農研機構研究員のニーズのマッチングを行うことを目的に、(独)農研機構の広報・連携促進費の支援により、マッチングフォーラムを開催しており、今回で4回目となります。今回のフォーラムには農研機構職員の他、民間企業15社、3大学、7研究機関、14都道府県など、これまでで最多の総勢94名の参加がありました。フォーラムでは農林水産省生産局と消費安全局による鳥獣害や家畜疾病の媒介とその対策の概要や行政施策についての報告の後、鳥獣害やその防止対策に関する研究を実施されている研究者の方5名から「鶏舎に出入りする野生

動物)、「鳥インフルエンザの侵入リスクマップと絶滅危惧鳥類に対する感染リスク評価」、「感染実験における野鳥等の鳥インフルエンザウイルス感染性と農場への伝達リスク」、「鳥獣の畜舎侵入防止対策の現状と問題点」、「畜舎への鳥獣侵入防止対策」について講演をしていただきました。今回のフォーラムを通して鳥獣侵入防止対策の重要性を共有できたと考えています。

梅雨の最中で蒸し暑い時期の会議となりましたが、参加者の熱意と空調のおかげで快適な環境の中、有意義なフォーラムとなりました。同日行ったアンケートからも、大変参考になった(37.0%)、参考になった(43.5%)との回答を得ることができました。今後も、農場での微生物汚染低減化・農場のバイオセキュリティの向上に関連するマッチングフォーラムを開催し、産官学連携のもと研究推進を図りたいと考えています。皆様のご支援をお願いします。



これまでの動き

2013年12月～2014年1月

月 日	曜日	名称	開催場所
12月6日	金	シンポジウム 鳥インフルエンザ防疫システムの構築	大手町サンケイプラザ (東京都千代田区)

つくば便り



動物衛生研究所図書室の憂鬱

UETA Tomoaki

企画管理部情報広報課 課長補佐 植田 知明

動物衛生研究所への勤務は約10年ぶり2回目となりますが、前回と同様、東京から通勤しています。以前と異なるのは「つくばエクスプレス (TX)」の開通により、東京―つくば間の移動が容易になった点で、高架を走るTXから筑波山の美しい姿を眺めながらの通勤は距離と時間を考えなければ格別です。研究所内のイチョウ並木も変わることなく、11月下旬には地面が黄色いじゅうたんに覆われている感があります。いつも季節の移ろいを感じつつ業務に勤んでおります。

私の勤務する企画管理部情報広報課ではメディア対応、刊行物の作成などの広報業務の他に図書室の運営も行っています。経費の上から見た動物衛生研究所図書室の特色としては、オンラインを含む洋雑誌の割合が極めて高い点(約70%)にあり、入手が困難なものには論文単位で入手している点にあります。洋雑誌については、動物衛生研究所としてとても重要性が高くコレクションしておく必要性のある一群の雑誌としてコア・ジャーナルを選定しています。

出版社の寡占化に比例し、洋雑誌価格が上昇しているのは毎年のことですが、近年は年間約5～7%高騰しており、今年は円安とも相まって約30%という驚異的な値上がり状況です。このため、当所では学術論文単位での購入の割合が高くなっています。最近ではオープンアクセスの学術論文も増えてきてはいますが、当所に必要な雑誌は有償のものが大半であり、それに関する費用も増えつつあります。

図書室は、研究者の要望を取りまとめ、当該雑誌を所蔵・管理している機関に問い合わせた上で、文献複写依頼を出し、応諾いただいた機関から複写物を入手しています。所蔵していたとしても、必ずしも入手できるわけではなく、謝絶されるところも多く、時間のかかる仕事ではあります。

それでも論文を入手でき、研究者より感謝の言葉をいただいた際には、言い難い感動があり、明日への糧となります。研究所の図書室員として、研究を円滑に進められるよう、情報(文献)の収集はもとより、成果の発信(提供)も常に意識していかなければなりません。雑誌の選定から文献の入手までは大変な労力がかかりますが、動物衛生研究の発展のため、課員一同一生懸命汗を流している次第です。



情報広報課では動物衛生研究所の古い写真も所蔵しています。写真は、昭和22年以前に東京都西ヶ原にあった獣疫調査所時代の建物



動衛研ニュースの記事の一部は、当初WEBサイトでもご覧いただけます。なお、内容は主にPDFファイルでご提供しております。
URL: http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/niah/news/index.html

訂正

動衛研ニュース51号で以下のとおり誤りがありましたので、訂正いたします。
11頁左段下から3行目
(誤) 管理されタリスク国 (正) 無視できるリスク国

「若手農林水産研究者表彰」を受賞

動物衛生研究所ウイルス・疫学研究領域の小西美佐子主任研究員が「平成25年度（第9回）若手農林水産研究者表彰」を受賞し、2013年10月23日（水曜日）東京ビッグサイトにおいて、授賞式が行われました。若手農林水産研究者表彰は、農林水産業および関連産業に関する研究開発の一層の発展および研究開発に従事する若手研究者（40歳未満を対象）の研究意欲の一層の向上を図るため、優れた功績をあげた若手研究者を表彰し、農林水産技術会議会長賞が授与されるものです。

有効なワクチンや治療法がない小型反芻獣レンチウイルス（SRLV）感染症を引き起こすウイルスの一つである山羊関節炎・脳脊髄炎ウイルス（CAEV）を国内で初めて分離し、CAEVを含むSRLV感染個体を幅広く検出する抗体検査法とウイルス検出法を開発した点が高く評価されました（成果については、12～13頁の研究情報をご参照下さい）。（情報広報課）

