



## 国民の「食」を守るグローバル 畜産防疫戦略

獣医学博士 末吉 益雄  
Masuo Sueyoshi

### International Strategy of Animal Health for Safe Food Productions

#### 1. はじめに

宮崎大学産業動物防疫リサーチセンターは、産業動物の重要な伝染病に対する疫学、国際防疫および診断・予防法に関する先端的研究を行うこと、加えて発生時の防疫措置の立案、再発防止等の適切な対策を講じることのできる危機管理能力を有した人材を養成し、産業動物防疫に関する教育・研究の拠点として、国内外の畜産基盤の安定化に寄与することを目的として2011年10月1日、国立大学法人宮崎大学附属施設として設置されました。直近では、2013年～2014年にアジア諸国だけでなく、米国およびカナダにまで感染・流行が拡大した豚の伝染病である豚流行性下痢(PED)が日本にも侵入し、輸入豚肉量、国内生産豚肉量の減少から豚価が高騰し、家庭の食卓にまで影響し、また安全な「食」を脅かしました。ここでは、当センターの概要とそのパンデミックとなったPEDについての疫学調査および防疫戦略を概説します。

#### 2. 本センターの概要

本センターには、防疫戦略部門、感染症研究・検査部門、国際連携・教育部門および畜産研究・支援部門の4部門があります。さらに、2013年11月21日には畜産研究・支援部門内に産業動物教育研究センターが新たに増設されました。本センターは31名の教員、技術職員3名、事務員1名から成り、また、農林水産省、(独)動物衛生研究所、(独)国際農林水産業研究センター、内閣府食品安全委員会、国立感染症研究所、東京大学、名古屋大学、大阪大

学、麻布大学、日本大学、京都府立大学、宮崎県、農業共済組合連合会、経済農業協同組合連合会、動物病院、さらには、海外の動物衛生研究所(英国)、カンサス大学(米国)、リージェ大学(ベルギー)、全北大学(韓国)、ハノイ農業大学(ベトナム)、ボゴール農業大学(インドネシア)、チュラロンコーン大学(タイ)の30名の幅広い領域で活躍されている客員研究員(うち客員教授11名)から構成されています。

各部門の活動内容として、まず、防疫戦略部門では、口蹄疫、高病原性鳥インフルエンザ、牛白血病、豚繁殖・呼吸障害症候群(PRRS)など重要家畜伝染病の危機管理(疫学、GIS活用、サーベイランス、モニタリング、リスク分析)、疫学および防疫に関する統計解析手法とその教育(データ管理、統計モデル、ソフトウェア教育)を実施し、また、統計学入門講座、家禽疾病講習会、養豚初任者研修会など企画・実行し、家畜防疫の強化・啓発を実施しています。

感染症研究・検査部門では、家畜感染症の病態、発症機序、診断法、予防法、制御に関する研究、iPS細胞の樹立と分化誘導系に関する研究を実施しています。

国際連携・教育部門では、国際連携体制の強化として、東南アジア諸国との大学間交流の促進、英国パーブライト研究所との交流協定及び共同研究、エジプト・ベンハ大学との連携、ウルグアイ共和国大学との交流などで、情報ネットワークを構築し、感染症制圧国際防疫コンソーシアムの構築に取り組んでいます(図1)。

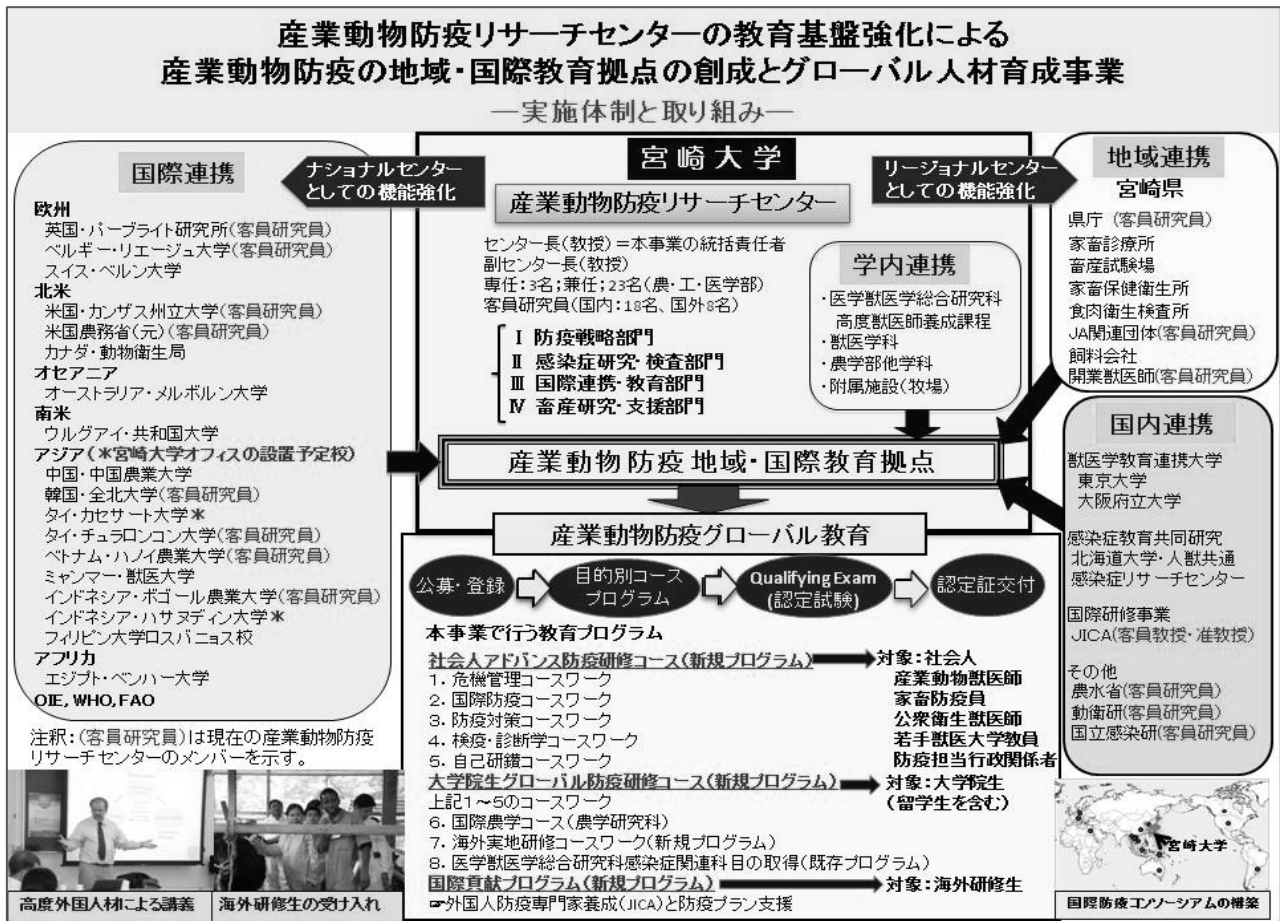


図 1. 産業動物感染症制圧国際防疫コンソーシアム構築

畜産研究・支援部門では、生産効率向上に関する研究、飼育形態の改良と適正化、飼料生産基盤の強化、家畜生産基盤の強化、飼料資源の開発、家畜飼養密度を考慮した畜産経営モデルの検討などを実施し、新設された産業動物教育研究センターでは、牛や豚などの産業動物を対象に短い検査時間で高画質撮影が可能な最新の3テスラ高磁場MRI装置、血管内超音波装置、胸腹部手術が可能な陽圧手術室、大型動物にも対応可能な可動式手術台やP2検査室などを活用した実践研究・教育で高度獣医師・臨床医あるいは研究者を育成しています。

当センターの活動実績例としては、①英国の動物衛生研究所との共同研究で開発した45分間で可能な口蹄疫簡易迅速診断LAMP法[1]は、2011年農林水産研究成果10大トピックスに選出され、現在、口蹄疫常在国に技術伝達しています。②国内外の防疫対策の最前線で取り組んでいる専門家を招き、防疫対策の現況と課題を共有し、世界的な視野からの防疫体制の在り方を検討することを目的として、毎年度家畜伝染病国際シンポジウムを開催していま

す(写真1)。2014年度は平成27年2月6日に東京で開催します。③産業動物従事者向け統計講座を毎月定期的に開催しています。④海外支援の一環として、海外悪性伝染病に対する防疫措置に対して、実践力を併せ持つ専門家(獣医師)を養成するためのJICA研修コース(口蹄疫防疫対策上級専門家育成)を毎年度実施しています(写真2)。2014年度は9月に開講しました。⑤口蹄疫の惨禍を繰り返さないため、その正しい知識と予防、復興対策、畜産新生への理解を得るために産官学共同で「口蹄疫からの復興企画展」を毎年度開催しています(写真3)。2014年度は8月に開講しました。また、同時に「海外渡航上の留意点～口蹄疫ウイルスを持ち込まないために～」と題して市民公開講座を毎年度開催しています。⑥口蹄疫、高病原性鳥インフルエンザあるいは豚流行性下痢など家畜防疫講習会を国内各地で開催しています(写真4,5)。⑦重要家畜感染症の防疫措置に必要な基本技術に関してDVD(動画)マニュアル(畜産一般用、獣医師用)を編集し、希望関係機関に配布しています(写真6)。



写真 1. 家畜伝染病国際シンポジウム



写真5. 牛のハンドリングに関する講習会



写真 2. JICA 研修コース(口蹄疫防疫対策上級専門家育成)



写真6. 家畜防疫 DVD(動画)マニュアル



写真3. 口蹄疫からの復興企画展を産官学共同で実施



写真4. 高病原性鳥インフルエンザ防疫演習としての鶏の採血研修

### 3. 2013～2014年パンデミック拡大した豚流行性下痢(PED)とは

原因はコロナウイルスで、そのウイルス形態は多形性で、表面に長さ18～23nmのスパイクを保有し、ウイルス粒子の直径は95～190nm(平均130nm)です(写真7)。PEDの発生時期は1月から5月の冬季に集中します。下痢あるいは子豚の死亡を伴う発生持続期間は数日間～数ヶ月間と幅があります。2013年の米国の場合、4月に初発があり、その後、30州に流行・拡大しました[2]。PEDは全日齢の豚が発症し、発症率は100%となることもあり、致死率は哺乳豚で約50%です。

#### 1) PEDの臨床症状と病態

全ての日齢で、嘔吐・下痢症がみられます。授乳中の母豚の場合、嘔吐・下痢症に加えて食欲減退、発熱、泌乳量の減少あるいは泌乳停止もしばしば認められます。哺乳豚、とくに10日齢以内の新生子豚が感染すると、しばしば黄色水様性の下痢を呈し、重篤化し、死亡します。母豚の泌乳停止がみられた場合、同腹子豚の致死率は100%に及ぶ場合があります。病変としては小腸の絨毛が萎縮し、栄養・水分の消化吸収不全が起き

ます(写真8)。それらの感染小腸粘膜にはPEDウイルスが検出されます(写真9)。

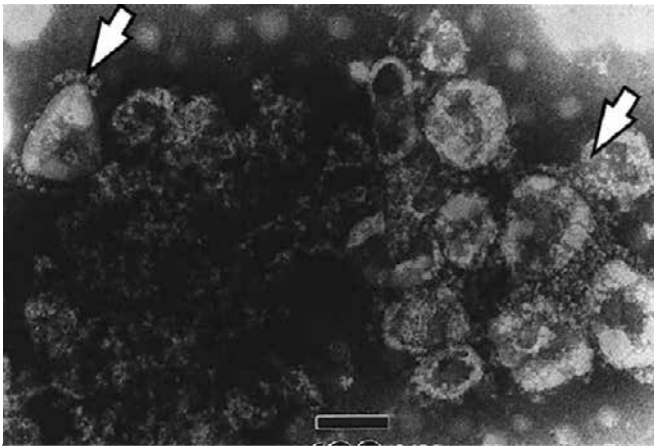


写真7 下痢便の電子顕微鏡。ネガティブ染色。スパイクを保有した直径約130nmの特徴的なコロナウイルス粒子(矢印)が観察される。Bar=100nm

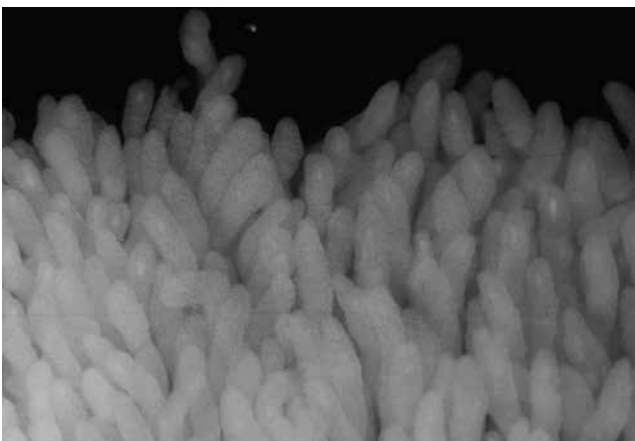


写真8a 正常豚の空腸。絨毛が観察される。実体顕微鏡写真。

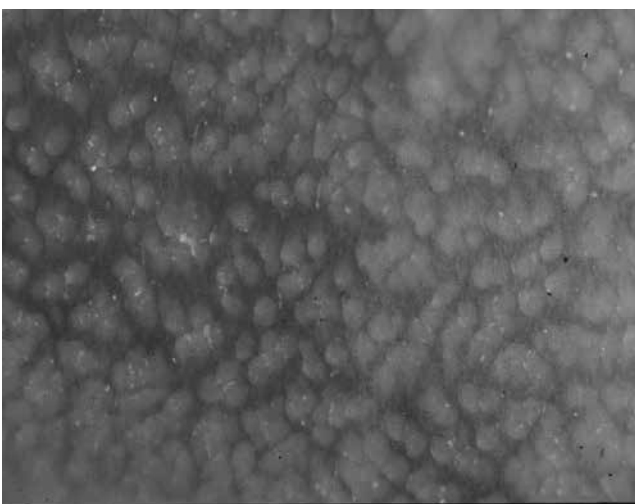


写真8b 感染豚の空腸。絨毛の著明な萎縮で絨毛の基底部分が観察される。実体顕微鏡写真。

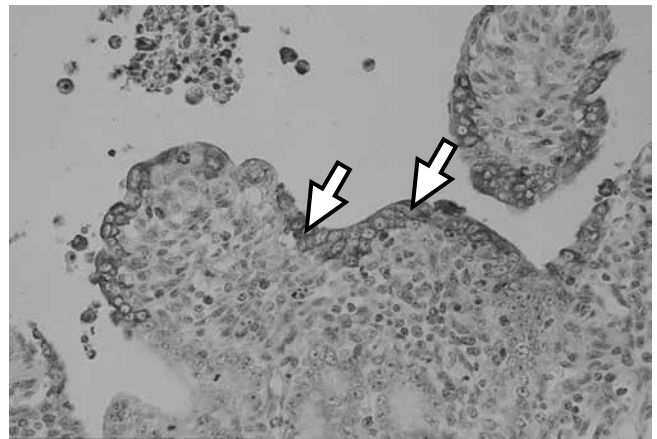


写真9 PEDウイルス抗原が萎縮した絨毛粘膜上皮細胞及び剥離した細胞内に検出(矢印)される。ストレプトアビジン・ビオチン(SAB)染色。

## 2) PEDの疫学

ヨーロッパでは、1971年にイギリスでPEDの初発が報告され、1982年にはベルギー、ドイツ、フランス、オランダ、ブルガリア、スイスおよびイギリスでその抗体が検出されました[3]。1990年代現在まで、ヨーロッパでは、PEDの発生は散発しているものの、母豚および子豚が急性下痢を呈し、子豚が死に至るようなPEDのアウトブレイクはありません。

日本におけるPEDの国内発生としては、1980年代初め、北海道、岩手県など7道県で報告されました。1994年、鹿児島県では数千頭以上の哺乳豚が死亡しました[4]。1996年1～8月には、北海道、岩手県など9道県102戸、発症頭数約8万頭、死亡頭数約4万頭に及びました[5]。そして、今回、2013年9月2日～16日に沖縄県の1件[6]を初発として同年11月、茨城県で2件[7]、と続発し、2014年8月31日現在で、鹿児島県169件や千葉県111件など38道県、817農場、発症頭数1,223,043頭、累計死亡頭数:371,071頭の流行拡大がありました[8](図2)。

アジアと北中南米におけるPEDの疫学としては、韓国では、1987年にPEDの発生が確認され、流行は1990年代から現在まで続発しています。その特徴は日本と同様で、新生子豚の高致死性です。中国では、1973年に発生が確認され、1984年にPEDウイルスの検出がされています。2010年以降、新型のPEDウイルス株の大規模な流行が南部10省以上で100万頭以上の子豚(主に7日齢以下)が死亡しました。

## 豚流行性下痢(PED)発生推移(2013-2014年)

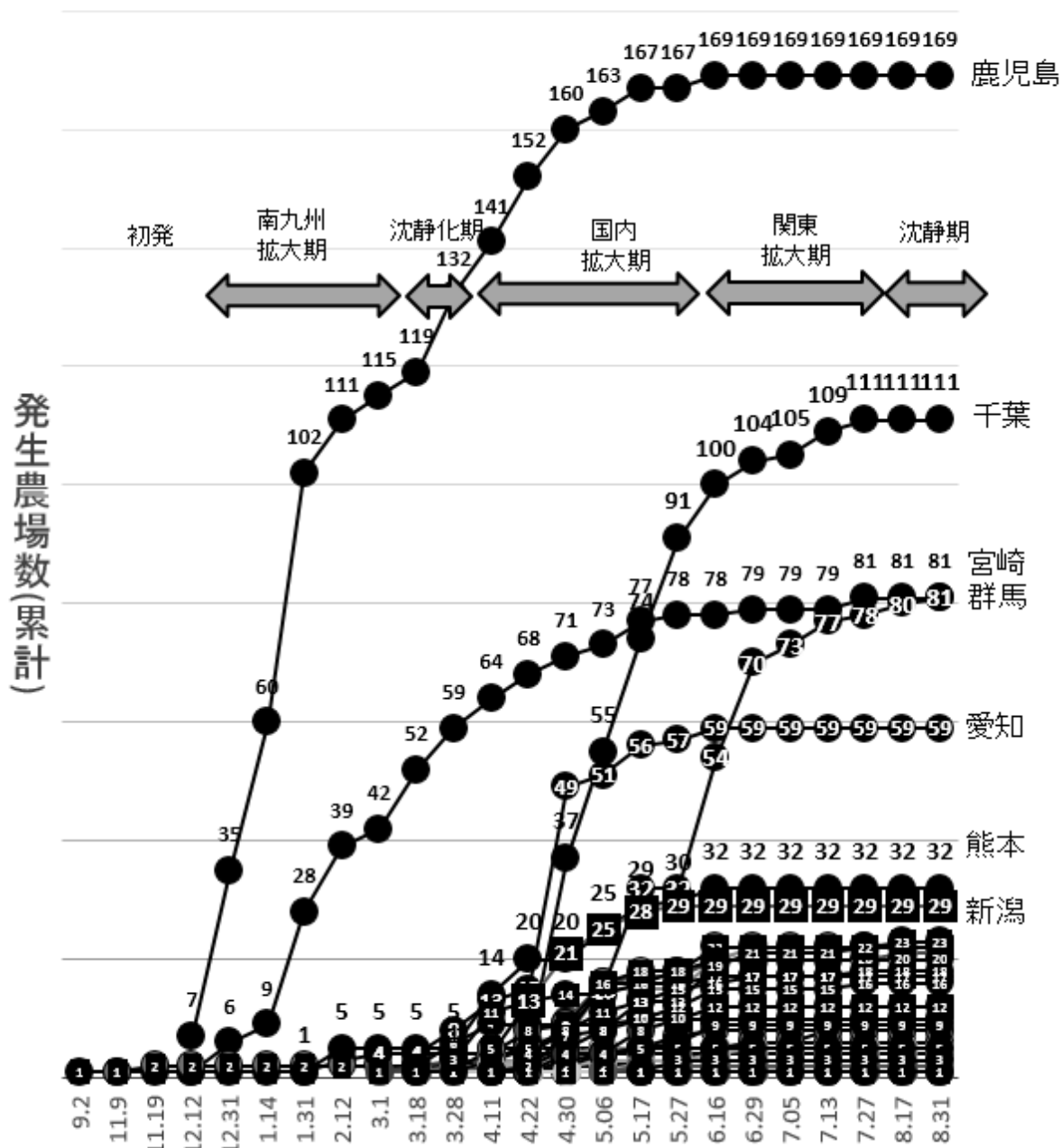


図2. 豚流行性下痢(PED)の発生推移。(2014年8月31日現在、疑いを含む)

台湾では、2014年1月以降、米国株と近縁のPEDウイルス株が発生しています。その他のアジア諸国としては、インド、ベトナム、タイおよびフィリピンでもPEDの流行が確認されています。

米国では、2013年4月に初めてPEDが発生し、その後30州、8,126件の拡大・流行がありました(2014年8月10日現在)。これまでに約600万頭の豚が処分されました。カナダでは、1980年代に、新型のコロナウイル

ス様粒子が豚の下痢症に関連して検出されたが、PEDとしては、2014年1月22日に初発があり2014年7月23日現在、4州、70件の発生が報告されています。また、2014年2月に子豚用の飼料原料として使用された米国産の豚血しょう感染能を有するPEDウイルスが検出されました(カナダ食品検査庁)。しかし、豚血しょうを含むペレット飼料は感染能を有していませんでした。中南米では、メキシコおよびペルーで、PEDの発生が確

認されています。メキシコで検出された株は 2013 年米国株と高い類似性がありました。

### 3) 2013-2014 年 PED の日本への侵入経路と国内拡大経路

沖縄県、茨城県、鹿児島県および宮崎県において検出された PED ウイルスの遺伝子解析から、過去の国内分離株とは異なり、2013～2014 年において米国で流行している PED ウイルス株と近縁であることが分かりました。即ち、今回流行した PED ウイルスは、アジアあるいは米国からの新型 PED ウイルスの侵入と推察されました。2013 年沖縄検出株が国内流通で拡大したのか、あるいは 2014 年 3 月以降、国内パンデミック期のウイルス株について、南九州検出株が拡大したのか、あるいはそれらと異なり、新たに米国から未解明の経路で侵入したのかは未だ不明です。

各地での PED の拡大は、まず、ピンポイントにウイルスの侵入があり、地理的距離あるいは疫学関連の近距離農場に伝播・拡大したと考えられます。よって、その疫学的解析については、ピンポイントへのウイルス侵入が米国など海外からの侵入なのか、国内流行地からの侵入なのか調査する必要があります。一方で、点から面への拡大については、食肉処理場出入りの豚搬送トラックあるいは共同糞尿処理施設の利用時の消毒態勢などについて再点検が必要です。また、発生農場について、エコフィードを利用している点が共通項として挙げられています。さらには、猫などが PED 発症死亡子豚を食している実態が明らかとなっています。現在、解析されつつある各地の PED ウイルスの遺伝子解析により、その関連性が明らかになることが将来の防疫に資する情報になると考えられます。

一方、米国に中国株が侵入したことは、アジアに存在している口蹄疫(牛と豚に親和性株、豚に親和性株)、豚コレラ、新型 PRRS あるいは最近アジアに侵入してきたアフリカ豚コレラなど、脅威となる病原体ウイルスが侵入するリスクがあります。まだ、中国から米国への侵入経路が明らかにされていませんが、今回の PED ウイルスの侵入経路を明らかにしなければ、依然、新たなウイルス侵入のリスクが残されていることとなります。日本は、口蹄疫発生源国であるアジア諸国からの動物検疫等水際防疫を強化していますが、口蹄疫フリーおよび豚コレラフリーの米国からは、豚の生体、生肉、加工肉など

輸入が法的に認められています。今回の新型 PED ウイルス株が中国から米国に侵入し、間接的に日本に侵入したことは、口蹄疫等の海外悪性伝染病についても間接的なリスクが存在していることとなり、無警戒では危険です。

### 4) PED ウイルス抗体の保有状況

国内の PED では、発生状況としては、1980 年代および 1990 年代にアウトブレイクを繰り返し、その後散発状態で、2007 年以降発生がありませんでした。国内の 1992 年 6 月から 1993 年 6 月の PED ウイルス抗体調査では、22/53 農場(41.5%)および 57/487 頭(11.7%)が陽性でした。2005 年から 2007 年における宮崎ら[9]の調査では、527/29,388 頭(1.8%)が陽性でした。2007 年以降、国内での PED の清浄化はされていないものの、抗体保有率の低い、清浄に近い状態であったことは明らかです。PED ウイルスに抵抗性がなくなっていたところに海外から PED ウイルスが侵入し、拡大したと考えられます。このように PED の発生、アウトブレイク、そしてパンデミックには、農場および豚の PED ウイルス抗体保有状況が深く関与していると考えられます。また、ワクチン接種率との関係もあると考えられ、それらの疫学的解析が必要です。

### 5) 養豚場の大規模化

国内の豚の飼養状況は、この半世紀で巨大化しています。1962 年には 1,025,000 戸存在した豚の飼養戸数が、1983 年には約 10 分の 1 の 100,500 戸、2013 年には 5,570 戸と 200 分の 1 近く減少しました[10]。飼養頭数は、1960 年では 2,604,000 頭、1985 年には約 4 倍の 10,718,000 頭、2013 年には 9,628,500 頭と約 1 千万頭を現状維持しています。よって、飼養形態は大きく変化し、1 戸当たりの飼養頭数は 2.9 頭から 1,728.6 頭と 400 倍以上となり、大規模化しています。すなわち、一旦、ウイルスが農場内に侵入した場合、水平伝播で、豚の集団感染が成立し、ウイルス量が莫大に増幅する飼養形態となっています。その上、飼養頭数が多いことから、飼養管理の従事者が多くなり、飼料運搬車や出荷トラックの来場は機会が増えるなど外部からのウイルス侵入リスクが増しています。それらのことから、農場バイオセキュリティについては大規模ほど強化しなくてはなりません。

### 6) PED の防疫戦略と対策

国家防疫として、早急に海外からの侵入経路を疫学的に究明しなければ、リスクが持続したままの状態です。さらには、米国に協力してでも、中国から米国に侵入した経路の究明についても急がなければなりません。なぜなら、アジアでまん延している口蹄疫、豚コレラあるいは新型 PRRS などの悪性伝染病が同じルートで間接的にあるいは直接日本国内に侵入する可能性があるからです。さらには、ワクチンについても症状軽減化ワクチンではなく、もっと有効な発症防止ワクチンの開発を国主導で推進させるべきです。

地域防疫として、流行地域では、地域のウイルス量を減少させる対策をとらなくてはなりません。PED 発生流行地域では、地域のウイルス量が増えていると考えられ、洗浄・消毒箇所の増設が必要です。「消毒」は「滅菌」ではありません。そのことを念頭に、洗浄・消毒の回数を増やすことで病原体を減少させます。農場の出入口、駐車場、畜産車両の通過ポイント、家畜市場、食肉処理場あるいは死亡獣畜取扱場など、「汚染」と「除染」の闘いです。食肉処理場では、出入口での洗浄・消毒はした上で、無症状のキャリアー豚が搬送される場合も想定して、未発生農場からの搬送トラックと交差汚染しないように、時間差出荷態勢を整えます。未発生地域あるいはピンポイント発生地域では、予防的に消石灰など消毒薬を配布します。これは、全国の PED アウトブレイクの脅威を周知させることとしても意義があります。また、流行地域では、徐々に沈静化農場が増加し、やがてそれらの沈静化した農場から無症状豚の移動が始まります。これらの豚はウイルスを保有していることを想定した対応が必要です。よって、地域一帯のブランケットワクチネーションが必要です。

農場防疫としては、隣県、県内、市町内で発生したことによる自農場のバイオセキュリティを順次ギアチェンジします。まずは、ウイルスの自農場侵入防止に努めます。車両、畜舎、人の衣服、靴、手指消毒の実施、野生動物の進入を防止します。敷地内、豚舎通路などには消石灰を十分散布します。PED ウイルスは、逆性石けんでも不活化できますが、前述したとおり、「消毒」は「滅菌」と異なります。大量のウイルスが存在している場合、また、有機物と混在している場合、ウイルスを「ゼロ」に近づけるためには、一度のかつ瞬間的感作では、到底できません。一旦、ウイルスが侵入し、子豚の感染・

発症が起きると爆発的にウイルスが増幅します。そのことは、発生養豚場の環境中の拭き取り調査[11]において、通路、床、壁、ドアノブ、処理前堆肥、汚水の原水、豚舎飲水、長靴、作業着、出荷時使用の前掛け、出荷トラックドアノブ・アクセルペダル、タイヤハウスの拭き取り調査で PED ウイルスが検出されていることから、辺り一面にウイルスが潜んでいることが明らかとなりました。また、分娩舎初発の事例があることから人工乳紙袋飼料の表面消毒を徹底しなければなりません。紙袋飼料運搬用パレットおよびトランスバグの消毒については、飼料メーカーと連携をとる必要があります。バイオセキュリティを高めれば、ウイルスの農場内侵入リスクは低くなります。しかし、今までの態勢では完璧ではないことが、2014年3月中旬以降、公的牧場・試験場、GP農場などをはじめとして PED が発生したことで明らかとなりました。そこで、母豚に対して適切にワクチンを通年接種することで、ウイルスが侵入しても免疫力をつけておく必要があります。また、新生子豚に対して実験的には、鶏卵抗体や牛初乳抗体の給与で予防あるいは症状軽減が報告されています[12, 13]。豚を外部から導入しなければならぬ場合には、不顕性感染であることを想定して、農場隅など隔離豚舎で2~4週間の検疫・観察は必要です。それでも、ウイルスの侵入と発症が起きた場合、可能であれば、分娩計画を変更あるいは中断します。すなわち、分娩誘発で予定を繰り上げ、分娩の継続を止める。早期離乳を実施し、分娩舎の余裕、空舎期間を作ります。ポイントは、ウイルスが爆発的に増える要所である感受性新生子豚が常時生産されているれば、ウイルスが3~4週間増え続けます。よって、この時期を断つことが農場からのウイルス減少化を促進させます。強制馴致については、1996年の PED アウトブレイクの要因の一つが妊娠豚への馴致であり、その中でも新生子豚の殆どが死亡した最悪のケースが分娩1~2週間前の母豚への強制感作であったことの事例については、周知されているようで、そのような事例は、今回のアウトブレイクでは報告されていません。しかし、ワクチンが品薄であることが背景の一つとしてあり、様々な強制馴致がされていることも事実です。当然のことながら、農場サイズ、飼養形態、分娩計画、配置あるいはピッグフローが農場毎に異なり、反応も様々です。強制馴致の欠点は、自農場のウイルス排泄量が増え、その

上、場外にウイルスが拡散するリスクが高くなることです。

#### 4. おわりに

国民に安全な「食」を届ける畜産のこれまでの発展には、育種改良、栄養、繁殖などが大きく貢献してきましたが、近年の畜産形態の大規模化で増頭・増産化が推進されるにつれて、また、人、家畜、物流などのハイスピード化およびグローバル化と共に畜産(animal production)の安定・供給保持には家畜衛生(animal health)が欠かせないものとなっています。本センターでは、今後も畜産フィールドを活用した産官学連携による産業動物防疫の研究テーマに取り組みます。また、海外からの越境性家畜伝染病の侵入防疫に対して、水際防疫と初動防疫による迅速な封じ込めの「守りの防疫」啓発を継続する一方で、口蹄疫等常在国への産業動物防疫技術伝達で、国内への病原体の侵入リスクを軽減化させる「攻めの防疫」のために、産業動物防疫の高度教育システムを構築し、産業動物防疫に関する国際教育・研究拠点の形成を目指します。

#### 参考文献

- 1) Yamazaki W. et al. Development and evaluation of multiplex RT-LAMP assays for rapid and sensitive detection of foot-and-mouth disease virus. *J. Virol. Methods.* 192(1-2):18-24.2013.
- 2) 農林水産省 HP. 豚流行性下痢について. <http://www.maff.go.jp/j/syouan/douei/ped/ped.html>
- 3) Pensaert M. Diseases of swine. 9th. ed. Iowa State Univ. Press, pp. 367-372(2006).
- 4) Sueyoshi, M. et al. An immunohistochemical investigation of porcine epidemic diarrhoea. *J. Comp. Pathol.*, 113:59-67(1995).
- 5) 末吉益雄. 豚流行性下痢(PED)の発生状況と防除対策.家畜診療.399:27-32(1996).
- 6) 沖縄県 HP. <http://www.pref.okinawa.jp/site/norin/kaho-chuo/documents/20130927.pdf>
- 7) 茨城県 HP. <http://www.pref.ibaraki.jp/nourin/chikusan/ped/ped1.pdf>
- 8) 動物衛生研究所 HP. 豚流行性下痢(PED) <http://www.naro.affrc.go.jp/niah/disease/files/ped003.png>
- 9) 宮崎綾子ら、ピッグジャーナル, 4:24-25(2012)
- 10) 農林水産省 HP. 農林水産統計. 畜産統計(平成25年2月1日現在). [http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tikusan/pdf/tikusan\\_13.pdf#search='%E7%95%9C%E7%94%A3%E7%B5%B1%E8%A8%88'](http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tikusan/pdf/tikusan_13.pdf#search='%E7%95%9C%E7%94%A3%E7%B5%B1%E8%A8%88')
- 11) 鹿児島県. 第55回全国家畜保健衛生業績発表会(2014)
- 12) Kweon CH. et al. *J. Vet. Med. Sci.*,62: 961-964(2000)
- 13) Shibata I. et al. *J. Vet. Med. Sci.*, 63: 655-658(2001)