総　説

日本の養豚におけるウイルス病対策

津　田　知　幸（日本豚病研究会会長）

Tsuda, T. (2017). Countermeasures against the viral diseases in Japanese pig farming.
Proc. Jpn. Pig Vet. Soc. 69, 1-6.

キーワード：清浄化、制御、予防、発生制御

家畜の感染症には口蹄疫のように国内の産業や社会活動に壊滅的な打撃を与えるものから、豚繁殖・呼吸障害症候群（PRRS）のように農場生産性に大きな影響を及ぼすものまで様々な病気が含まれる。国際貿易に影響するような伝染病に対しては、国としての清浄性を維持するための防疫措置が法律によって定められている一方で、地域や農場の生産性を高く維持するためには、個々の単位で防疫や衛生対策が実施される。感染症対策は畜産業の発展や安全な畜産物の安定供給に不可欠で、感染症の特性や現場の状況に応じた戦略が必要である。特にウイルス感染症はウイルスの宿主域や感染部位、感染様式、伝播経路などが多様で対策も一様ではない。ここでは、近年問題となっている豚ウイルス病について、防疫戦略と衛生対策の要点について考察する。

はじめに

畜産の発展と安全な畜産物の安定供給を図るうえで、生産性の向上とともに重要なのは家畜を疾病から守り健康に育てることである。畜産振興にとって家畜感染症対策は大きなウエイトを占めており、日本で畜産業が開始された当初から急性感染症に対する防疫が積極的に実施されてきた。家畜感染症の防疫は、当初は個々の家畜を対象とした個体管理であったが、飼養規模が拡大するにしたがって集団としての家畜を対象とした群管理がより重視されるようになっている。豚においてはこの傾向が特に顕著で、畜産統計によれば国内の豚の総飼養頭数は昭和35年の約192万頭が昭和55年に約1000万頭に達したあとは約900万頭を超える数字で現在まで推移している。しかし、豚飼養戸数は昭和35年の約80万戸が、昭和55年には約14万戸となり、平成12年には約1.2万戸、平成28年には4,830戸と大幅に減少している。そのため、一戸当たりの飼養頭数は昭和55年の70.8頭が平成28年には約27倍の1928.2頭と飛躍的に増加した。

大規模化に伴って糞尿処理や環境問題に加えて、疾病による被害も増大するリスクが強まっており、衛生管理や疾病対策は養豚経営上も重要な位置を占めるようになった。近年ではこれまであまり注目されてこなかった病原体による疾病の顕在化や、新たなウイルス感染症の出現、複合感染症の発生等、感染症対策はますます重要になっている。

1．豚のウイルス感染症と防疫のメリット

豚のウイルス感染症は表1に示すように、急性の全身感染症から、繁殖障害、下痢、肺炎および脳炎など様々な症状を示すものが数多く存在する。国内での発生が少なく、発生しても散発的にとどまるようなものを除いて、多くの感染症は家畜伝染病予防法によって家畜伝染病（法定伝染病）あるいは届出伝染病として、監視伝染病に指定されている。法定伝染病とは、その病性、発生状況、予防・治療法の有無、畜産情勢等を勘案し、発生による蔓延を防止するため、殺処分等の強力な措置を講ずる必要があるものとされており、①侵入または発生した場合の経済的損失が非常に大きい、②伝播力が非常に強い、③予防・治療法がない、④人への影響が大きい、などが要件として挙げられている。一方、届出伝染病は、法定伝染病のように強力な措置を講じる必要はないものの、法定伝染病との鑑別上問題となりやすい疾病や、行政機関が早期に疾病の発生を把握し、その被害を防止することが必要な法定伝染病に準じる重要な伝染性疾病がこれに指定されている。伝染病とは感染症の中で特に重要と考えられるものを法律によって指定したものであり、現在は家畜伝染病予防法でのみ伝染病という用語が用いられている。

監視伝染病に指定された豚のウイルス感染症の中には、国内に存在しないものの一旦発生すれば国内畜産業や国際貿易に重大な損害をもたらすような口蹄疫や

表 1 豚の主なウイルス感染症

疾病	症状	ワクチン（海外）	家伝法*
日本脳炎	繁殖障害	○	法定
豚パルボウイルス病	繁殖障害	○	
豚ゲタウイルス感染症	繁殖障害、急性死	○	
豚伝染性胃腸炎	下痢	○	届出
豚流行性下痢	下痢	○	届出
オーエスキー病	呼吸器、繁殖障害、神経症状	○	届出
豚繁殖・呼吸障害症候群	呼吸器、繁殖障害、複合感染	○	届出
豚インフルエンザ	呼吸器	○	
ブタサーコウイルス感染症	複合感染	○	
豚エンテロウイルス性脳脊髄炎	神経症状	×	届出
豚血球凝集性脳脊髄炎	神経症状	×	
豚レオウイルス病	呼吸器	×	
豚の脳心筋炎	急性死	×	
豚コレラ	急性死、全身感染、消化器	（○）	法定
アフリカ豚コレラ	急性死、全身感染	×	法定
口蹄疫	水胞性疾病	（○）	法定
豚水胞病	水疱性疾病	×	法定
豚水胞疹	水疱性疾病	×	届出
ニパウイルス感染症	呼吸器、神経症状	×	届出

＊：家畜伝染病予防法による監視伝染病の分類　法定：家畜伝染病　届出：届出伝染病

アフリカ豚コレラ等の海外悪性伝染病と呼ばれるものがある。一方で、国内に存在し急性あるいは慢性の疾患を引き起こし、蔓延すれば地域や農場の家畜の損耗や経済的な被害をもたらすようなものもある。感染症を防ぐことは、国レベルではWTO/SPS協定に基づく貿易上の国際競争力の維持や、清浄化による国としての疾病リスクの低減と公的衛生経費の削減などのメリットが考えられる。また、地域や農場レベルのメリットとしては衛生経費の低減と生産性の向上が考えられ、具体的には清浄化によるワクチンの中止、治療費の減少、事故率の低下などが想定される。

2．ウイルス感染症の特徴と防疫方針

ウイルス感染症に対する防疫方針（戦略）はその達成目標によって清浄化（Eradication）、制御（Control）そして予防（Prevention）の3つに大別され、国や地域あるいは農場レベルで行う防疫でもそれぞれの感染症に応じて選択される。清浄化とは特定範囲から弱毒株も含めて病原体を完全に排除することであり、動物のみならず環境中においても不在であることを証明する必要がある。口蹄疫防疫に伴う清浄性確認検査で抗体の存在がないことを調べるのもこの不在証明のためである。制御とは病原体の感染と伝播を制御し封じ込めることであり、野外病原体の存続場所の縮小を目指すことから清浄化の前段階ともいえる。日本の豚コレラ防疫で行われたワクチンによる野外ウイルスの制御はその後の清浄化に結びついた好例である。予防とは清浄化あるいは制御がともに困難な感染症に対して、感染や発症を防ぐことで被害を最小限に抑えることを目的とする。吸血昆虫によって媒介される日本脳炎のような感染症に対しては、移動制限や隔離といった一般的な伝播防止の効果は期待できず、被害が予想される妊娠豚へのワクチン接種によって死流産を予防することが最も効果的である。

防疫方針の決定にあたっては、国や農場の状況に加えて感染症の特徴、対策にかかる手間と経費およびその効果を総合的に考慮する必要がある。特にウイルス感染症の場合は表2に示すような疫学、病気の性質、感染形態、宿主域、病原体の性質、伝播経路、診断法、免疫および病気の経済的側面を総合的に考慮する必要がある。日本の養豚業が大規模化していることは前述のとおりであるが、繁殖から肥育までの一貫経営が多いのも国内養豚業の特徴である。国内に存在する急性

表 2 防疫方針決定で考慮すべき感染症の特徴

疫学（外来性、内因性）
病気の性質（感染率、発病率、致死率、不顕性感染の有無）
感染形態（一過性感染、再感染、持続感染、潜伏感染、病原体排泄量）
宿主域（動物種、種類、家畜、野生動物、鳥類、節足動物）
病原体の性質（環境中の生存性、変異、抗原型、消毒効果）
伝播経路（直接、間接、垂直、空気、媒介昆虫）
診断法（臨床、検査精度、感染動物の摘発精度）
免疫（ワクチンの有無、感染防御、発病防止）
経済性（被害の大きさ、費用対効果）

あるいは慢性のウイルス感染症は、哺乳期から離乳期、育成期、肥育期さらに繁殖までの全日齢の豚に感染して被害をもたらすものから、日齢によって被害の程度が異なるものまで様々である。こうしたウイルス感染症による損耗を低減させ生産性の向上を図るためには、農場単位での群管理が必要となることから、対象とする感染症によって養豚経営とも結びついたより効果的かつ効率的な防疫方針を考える必要がある。

3．ウイルス感染症の成立要因と防疫対策

ウイルス感染症は感染源、伝播経路および宿主の三つの要因により成立することから、その要因を排除することで防疫が可能となる。感染源をすべて無くして伝播経路を完全に遮断することができれば清浄化が可能となり、伝播経路を遮断するか宿主に感染防御免疫を与えることができれば病原体の制御が可能となる。また、感染機会を減少させるか発病を抑制する予防ができれば損耗を防止あるいは軽減することができる。

1）感染源対策

ウイルス感染症における感染源は感染動物とその随伴物に加えて環境や媒介物等と幅広いものがこれにあたる。感染動物の病変部あるいは分泌・排泄物には大量のウイルスが含まれ、これに汚染された畜舎、設備、車両、器具等も感染源となる。発病中の動物はもちろん潜伏期や回復期の動物もウイルスを排出し感染源となることに加えて、感染症によっては持続感染や潜伏感染を起こして、耐過後の一見健康な動物であっても感染源となることもある。国としての清浄性維持を目指した防疫において感染源対策が最も徹底している豚の伝染病が口蹄疫、アフリカ豚コレラ、豚コレラ等の法定伝染病であり、これらの伝染病では患畜に加えて病原体に触れた疑いがあるため患畜となるおそれがある家畜を疑似患畜として処分するように定められている。

2）伝播防止対策

ウイルス感染症の伝播経路も多岐にわたり、感染動物から感受性動物への直接あるいは間接的な接触伝播に加えて、空気中に浮遊するエアロゾルや飲料水、飼料による伝播も起こる。蚊やヌカカ、ダニなどの節足動物やネズミなどの動物を媒介者（ベクター）とした伝播では、ウイルスがベクターに付着して機械的に運ばれる場合（機械的ベクター）と、ベクター体内でウイルス増殖・維持される場合（生物学的ベクター）がある。ウイルスによっては胎子感染による垂直伝播も起こることを考慮する必要がある。伝播経路の遮断は感染源対策と並んで防疫の基本であり、防疫指針では接触伝播を防止するために移動制限や家畜集合施設の開催等の制限が具体的に定められている。

3）宿主対策

ウイルスはそれぞれが特定の宿主域を持っているが、感受性動物の種類は防疫にも影響を及ぼす。複数の異なる家畜種や野生動物に感染するようなウイルス感染症の場合には、その清浄化はかなり困難になる。豚のウイルス感染症では日齢や健康状態によっても感受性と発病率が異なることがあり、一貫経営農場で幅広い日齢の豚が多数飼養されている場合には対策が複雑になる。母豚が免疫を持っていればその子豚は哺乳中には初乳を介した移行抗体によって感染を免れることができるが、離乳後に移行抗体が消失した後はウイルスに対して感受性となる。また、集団としての免疫状態も感染症の広がりに影響を与える。

動物にあらかじめ免疫を付与することができるワクチンはウイルス感染症に対してきわめて有効な宿主対策である。しかし、ワクチンは万能ではなくその効果は感染症によって異なり、感染防御効果を持つものから発症の抑制あるいは軽減にとどまるものまで様々で、防疫目標に合わせた使用が望まれる。日本で開発された豚コレラワクチンは接種豚に感染防御免疫を与える効果があり、そのおかげで日本は摘発淘汰手法をとらずに豚コレラの清浄化を果たすことができた。ワクチンによって野外ウイルスの蔓延を制御し駆逐した後でワクチン接種を全面的に中止して、完全な清浄化を達成した例は世界的に少なく、これまで成功した例は天然痘と牛疫のみである。一般的に全身感染を起こすウイルスに対するワクチンは感染防御効果を持つことが多く、豚の日本脳炎、豚パルボウイルス病および豚ゲタウイルス感染症に対するワクチンは母豚の死流産の予防に用いられている。一方、呼吸器や消化器などの局所感染に対してはワクチンによる感染防御効果はほとんど期待できず、PRRS、豚インフルエンザ、伝染性胃腸炎（TGE）、豚流行性下痢（PED）などに対するワクチンはいずれも発症抑制と症状の軽減を目的としたものである。オーエスキー病（AD）ウイルスは豚で潜伏感染を起こし、感染から耐過した豚は生涯ウイルスを保持して新たな感染源となる。AD 対策に使用されている遺伝子欠損生ウイルスワクチンは、野外

ウイルスの感染を抑制して蔓延を抑えると同時に、ワクチン抗体と感染抗体との識別を可能にしたもので、野外ウイルスに感染した潜伏感染豚を摘発して清浄化につなげることを目的としている。この方法によるAD清浄化はすでに欧州や米国で達成されており、国内の清浄化達成が待たれる。

4）消毒

消毒はウイルス感染症に対する有効な手段で、感染源対策や伝播防止対策にとって消毒薬は必要不可欠な防疫資材であるが、ウイルスの性状によって消毒薬の有効性が左右されるため、目的に応じて有効な消毒薬を選択する必要がある。また、有効な消毒薬であっても糞尿が大量に存在する畜舎や器具等に対しては効果が落ちることも考慮しなければならない。消毒には日常的に行うものと伝染病発生時に防疫措置の一環として行うものがあり、それぞれの目的に応じてより有効で効果的な消毒薬と方法が選択される。日常的な消毒は病原体の侵入と拡散を防ぐ目的で実施され、対象となる病原体も多種類に及ぶため、有効微生物の範囲が広い消毒薬を選択する必要がある。同時に、消毒効果を上げるためには清掃を組み合わせて実施することや、適切な濃度で頻繁に交換するなどの注意が必要である。防疫現場で行われる消毒は対象とする病原体を迅速に確実に不活化することが求められ、一度に大量に使用するという特徴があることから、すぐに大量に入手可能でかつ安価な消石灰等が防疫資材として畜舎や土壌の消毒に用いられる。

4．慢性・複合感染症の現状と防疫

急性感染症の発生が少なくなった一方で、近年は複合感染症や離乳後呼吸器症候群の多発に加えて、投薬やワクチンの効果が十分に発揮されないなどの生産性を阻害する衛生問題が起こっている。豚呼吸器複合病（PRDC）はPRRSウイルスが関与するとされており、離乳後多臓器性発育不良症候群（PMWS）や豚皮膚炎腎症症候群（PDNS）等のPCV2感染に関連するPCV2関連疾病（PCVAD）も問題となっている。また、最近のPEDのような､過去には見られなかった全国的な大発生も起こっている。

PRRSやPCV2に対するワクチンも利用されているものの、複合感染症に対する効果的な防疫手法は具体化されていない。PRRSはPRRSウイルスによる感染症で流、死産を特徴とするが、子豚が感染した場合には離乳期から肥育期にかけての肺炎を引き起こし、多くの場合は他の細菌等の病原体との混合感染によって大きな被害をもたらす。ADは国としての撲滅対策が進められているものの、未だに一部地域では農場に常在し複合感染症の一要因となっている。複合感染症対策をより効果的に行うためには、農場内での発症要因となるウイルスの動きを調べて感染源や伝播様式を特定する必要がある。そこで、著者らが過去に行った養豚農場におけるPRRSとPCV2およびADの3つのウイルス感染の実態調査を紹介する。この調査では一貫経営農場で生育ステージごとにウイルスとそれに対する抗体の保有状況を調査した。各ステージ約5頭から採血しADウイルス中和抗体、PRRSウイルスELISA抗体およびPCV2に対するIFA抗体を測定した。ADウイルス抗体はELISAキットを用いてワクチン抗体と感染抗体との識別も行った。また、PRRSとPCV2についてはRT-PCRによるウイルス遺伝子の検出を行った。

図1～3に1農場の結果を示した。この農場は母豚100頭を飼育する一貫経営農場で、25日齢で離乳し30日齢で離乳舎へ移動、その後70～80日齢で子豚舎へ、130～140日齢で肉豚舎への移動を行っている。採血は繁殖育成豚、繁殖母豚、離乳豚は分娩舎と離乳舎のそれぞれ40、65および80日齢豚、子豚舎の120日齢豚、および出荷1か月前の肉豚で行った。この農場ではADおよびPRRSについてはワクチンが使用されていることもあり、ADウイルスに対する抗体は繁殖母豚、特に経産豚で抗体価が高くなる傾向があったが、PCV2とPRRSでは抗体価にばらつきがみられた。ADウイルスに対する抗体価は離乳直後の豚で高く、その後徐々に低下して80日齢にはほとんど消失していた。離乳豚のADウイルスに対する抗体は感染抗体が多かったのに対し、子豚と肉豚のものはワクチン抗体であり、ADに関しては子豚舎や肉豚舎での野外ウイルスの感染はなかったと考えられた。PRRSとPCV2では離乳豚の抗体の動きはADのようには明確ではなかった。後期離乳豚から肥育豚にかけてのPRRSとPCV2の抗体価の動きは似ており、日齢が進むにしたがって抗体価と保有割合が上昇していた。PRRSとPCV2のウイルス遺伝子は離乳から肥育期の豚で検出された。

ここで示した成績から農場内でのウイルスの動向は次のように考えられた。まず、ADでは母豚のワクチン接種によってすべての豚が一様に高い抗体価を維持している場合には、潜伏感染豚からもウイルスの再排

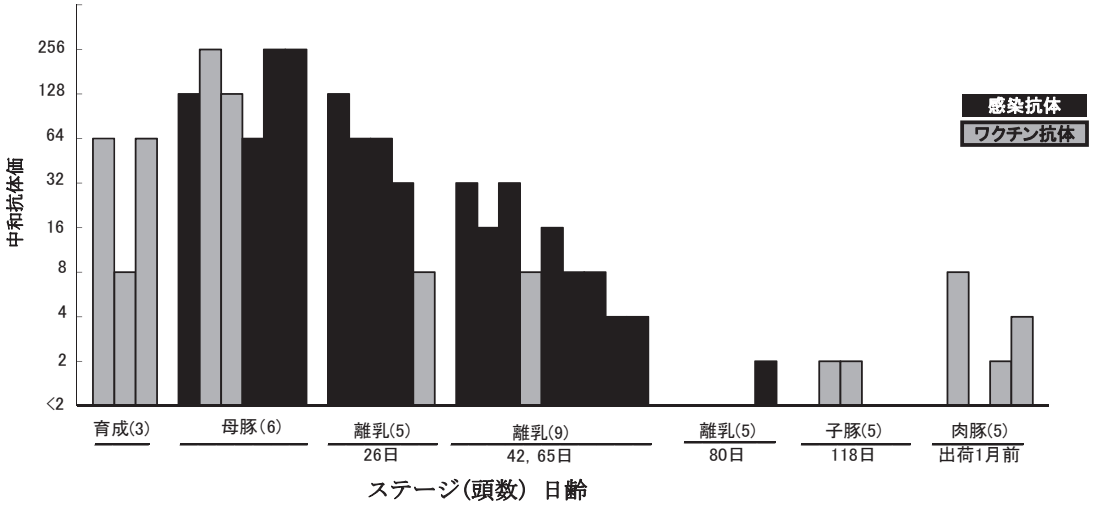

図１．生育ステージ毎のAD抗体

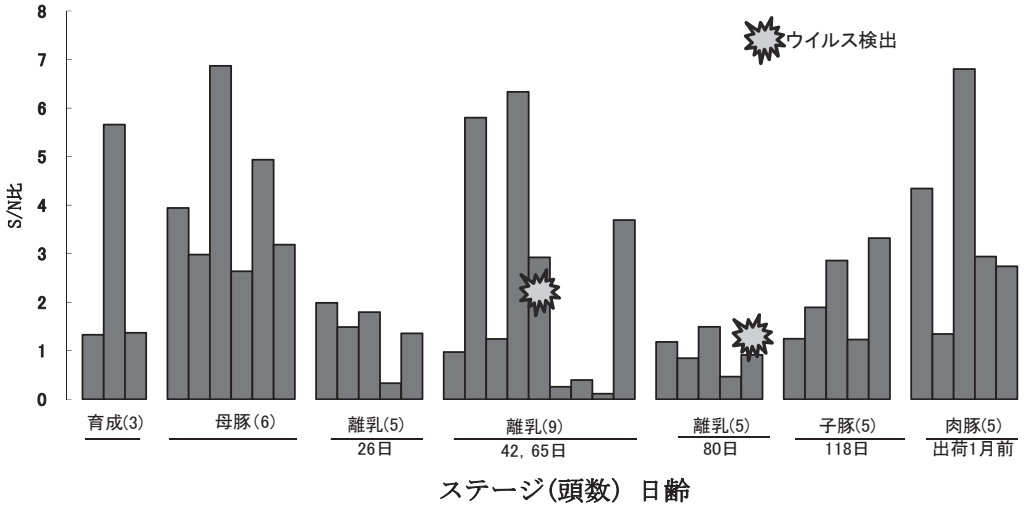

図2．生育ステージ毎のPRRS抗体とウイルス遺伝子

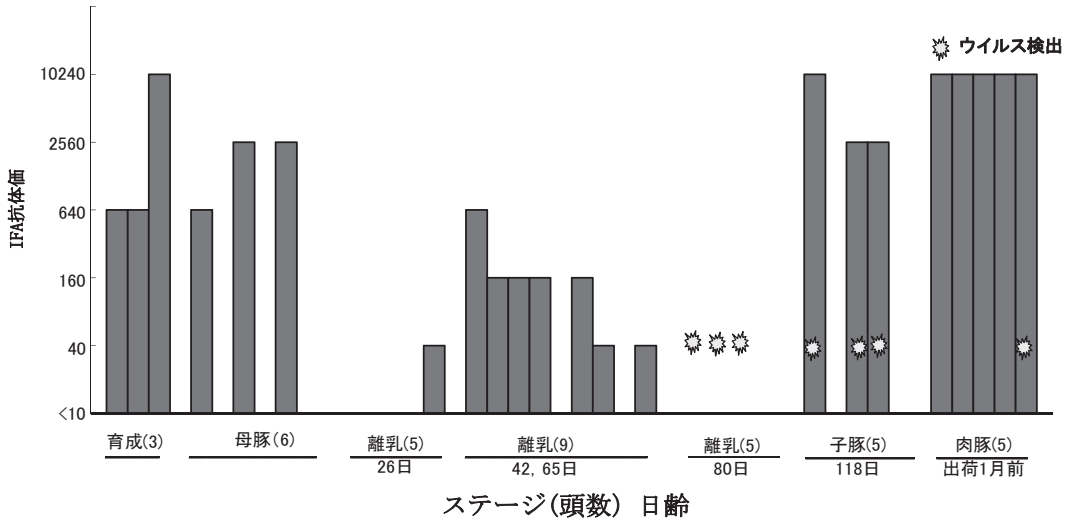

図3．生育ステージ毎のPCV2抗体とウイルス遺伝子

泄が抑制されていると思われた。子豚は母豚からの移行抗体で感染を免れており、離乳後期のワクチン接種によって野外ウイルスは排除されていると考えられた。一方で、PRRS および PCV2 では繁殖母豚の抗体価にばらつきがあり、母豚の免疫状態が群としても安定していないうえ、中には抗体を保有していないものもみられた。離乳豚の抗体保有にもばらつきがあり、抗体価も離乳前期から後期にかけて低下するというような移行抗体にみられる動きは認められなかった。調査した他の農場でも離乳後期から肥育前期にかけての一部の豚から PRRS と PCV2 ウイルス遺伝子が検出されていること、および子豚期から肥育期にかけて抗体の保有割合と抗体価が上昇していることから、この時期に離乳舎、子豚舎そして肥育舎でウイルス伝播が起こっていると考えられた。

以上の結果から、PRRS や PCV2 のウイルス感染はまず分娩舎で起こり、免疫のない母豚から生まれた抗体を持たない子豚、あるいは移行抗体が消失・低下して感受性となった豚に伝播すると考えられる。おそらくこの時の感染源は母豚あるいは分娩柵等の汚染された設備であり、直接あるいは間接的に感染が起こっていると思われる。分娩舎で感染した豚が感染源となって起こると考えられるのが離乳舎での感染である。移行抗体が消失する離乳期は病原体に対する感受性が最も高い時期であり、そこに感染豚が導入されることで感受性豚に感染が拡大すると思われる。特に母豚群の免疫状態が不均一で、離乳舎に導入される一群の腹数が多い場合には感染リスクが高くなることが予想される。育成豚や肥育豚での感染拡大は群編成に伴う豚から豚への直接伝播と豚舎の汚染物が感染源と推定されるが、日齢が進んで免疫を獲得した豚では感染率や伝播速度が異なる可能性もある。

一貫経営農場ではウイルス感染は哺乳期から肥育期までの各生育ステージの豚の一部を感染源として起こり、群編成をきっかけにして直接あるいは間接的に伝播していると考えられる。そこで、感染を阻止するためには、まず母豚群の中に感染豚がいない状態を作り出し、離乳舎での群編成は腹数を抑えて感染リスクを下げ、以後の群編成でも一群の日齢をそろえる等の感染源対策が有効と思われる。同時に、適切なワクチン接種によって病原体に対する感受性の高い豚をなくしていくといった宿主対策も大事である。また、豚舎の清掃と消毒が不十分な場合には豚舎や設備が感染源となることにも注意が必要である。現在問題となっているウイルスは、これを養豚農場から完全に排除することは不可能に近く、感染源となるリスクを減らすと同時に伝播をできるだけ遮断する対策が最も効果的で経済的であろう。すなわち、養豚農場での感染症対策には一般衛生管理に加えて豚舎の清掃と消毒の徹底による環境中のウイルス量の低減、オールインオールアウトの徹底による伝播機会の遮断、日齢中心で適正サイズの群編成などの管理が有効と考えられる。PED については、PED による被害のほとんどは 2 週齢以下の哺乳豚であり、感染源をここに近づけないことで感染爆発を避けることができ、被害を最小にとどめることが最も現実的である。養豚農場で問題になっているウイルス感染症に対しては病原体を完全に排除することはできないが、大きな損耗につながる蔓延や流行による発生を制御するという考えが必要であろう。防疫の３つの戦略は前記したとおりであるが、大規模化した一貫経営農場におけるウイルス感染症に対しては農場のマルチサイト化に加えて、オールインオールアウトあるいはパーシャルデポピュレーション等の感染豚の排除を徹底しない限り清浄化は困難である。農場の生産システムの大幅変更を伴わない感染症対策では、不顕性感染の存在を認識したうえで、これが大きな損耗につながる感染拡大を起こさないような対策目標、すなわち清浄化と制御の中間的な捉え方である Outbreak Control（発生制御）を加えたほうがいいのかもしれない。

おわりに

長年にわたって養豚産業に被害を与えてきた豚コレラ等の急性伝染病が制圧されるとともに、国内養豚産業は急激な規模拡大を遂げてきた。しかし、大規模化はまた伝染病による被害リスクの増大と慢性感染症の常在化という側面も持ち合わせている。一貫経営を特徴とする養豚業では農場内に感受性の異なる様々な日齢の豚を多数飼育することから、外部からの侵入防止とともに内部での伝播防止に配慮した防疫・衛生対策が必要で、生産システムと一体となった衛生管理を行う必要があり、対象となる感染症の特性に応じた防疫目標と手法を明確にすることが重要である。また、豚のウイルス感染症は国際的な伝播が極めて速いという傾向もみられていることから、豚疾病の流行状況と養豚現場の変化を常に把握して、国、地域に加えて農場段階でも常に迅速な対策がとれるように備えておくことが望まれる。