

総説

岐阜県における豚熱ワクチン免疫状況の解析と現状

桑田 桂 輔¹⁾、迫田 義 博²⁾

(1)岐阜県中央家畜保健衛生所、2)北海道大学大学院獣医学研究院微生物学教室)

Kuwata, K. and Sakoda, Y (2023). Analysis and Current Status of Vaccination against Classical Swine Fever in Gifu Prefecture.

Proc. Jpn. Pig Vet. Soc. 81, 8-15.

キーワード：豚熱、ワクチン、抗体検査、移行抗体、ウイルス疾病対策

1. はじめに：岐阜県が初発県となった26年ぶりのCSF 発生

豚熱 (Classical Swine Fever: CSF、旧：豚コレラ) はフラビウイルス科ペスチウイルス属ペスチウイルス C に分類される豚熱ウイルス (CSFV) によって引き起こされる豚及びイノシシの疾病であり²⁹⁾、伝播力の強さと被害の大きさから家畜伝染病に定められている。かつての日本における CSF は、明治以降に継続的に発生が確認されたが、弱毒生ワクチン (GPE⁻ワクチン) が開発され²⁶⁾、国を挙げての撲滅事業により1992年の発生を最後に国内での撲滅を達成し¹⁾、国際獣疫事務局 (WOAH) により2015年に CSF 清浄国と認められた^{27,28)}。しかし、2018年9月に岐阜県で国内26年ぶりの CSF 発生が確認された^{18,21,28)}。さらに、初発報告直後より、野生イノシシからの CSFV 感染も報告され、野生イノシシでの伝播が CSF 発生に関与していることが示唆された^{5,21)}。2018年の再発以降、国、県、関係団体及び生産者により発生予防のため飼養衛生管理基準の遵守徹底等の対策に努めたが、発生は継続した。そのような状況の中、岐阜県での初発から約1年経過後の2019年9月、国内でのワクチン接種が決定した。イノシシでの感染が認められた地域である岐阜県と近隣8県がワクチン接種推奨地域に設定され、GPE⁻ワクチンを用いた養豚場での予防接種が開始された¹²⁾。その後ワクチン接種推奨地域は2022年9月時点で東北、関東、四国を含む39県に拡大した¹²⁾。このワクチン接種開始以降、発生リスクは減少したが³⁰⁾、イノシシでの感染拡大に伴い2022年9月現在、17県84事例の CSF 発生が報告されており、未だ日本における CSF 終息の兆しは見えていない¹¹⁾。

2. CSF ワクチンの特性と目的

現在、日本で製造販売・使用されている CSF 生ワクチンは CSFV GPE⁻株を用いたワクチンである。この株はモルモット初代腎培養細胞で継代されて作出された弱毒株で、接種によりワクチン接種後3日で細胞性免疫による防御が発現する、接種後10~14日で中和抗体が産生される、1回の接種で中和抗体は2年以上持続するなどの性状を示し³²⁾、非常に有効なワクチンである。また、接種豚で臨床症状を示さず、同居感染や病原性復帰が起きないことから、安全性は非常に高いことが確認されている²⁷⁾。

このワクチンの効果は絶大だが、有効に使用するためには接種時の移行抗体の高さに留意する必要がある。ワクチンに対する移行抗体の影響としては、高い移行抗体が残った子豚に接種した場合、ワクチン株が移行抗体により排除され、ワクチンブレイクすることが知られている²⁷⁾。逆に、ワクチン接種前の子豚では、移行抗体による CSF の防御には抗体が一定量以上必要であり、それを下回ると防御できない^{2,3)}。以上より、防御可能な移行抗体が残りつつ、ワクチンテイクする適切な時期に接種することが望ましい²⁾。

そして CSF ワクチン接種による集団免疫率の目標は80%^{10,27)}とされている。一般にワクチン接種の目的は、個体レベルでの免疫獲得による「感染予防」だけでなく、集団レベルでの免疫率による「流行の終息」があり、集団の免疫率がある閾値を超えることで、流行を阻止する。CSF の場合、肥育豚の豚房感染による実行再生産数 (R_0) は⁴⁸⁾、ワクチンの1回接種で100%免疫と仮定して ϕ は1、これらをもとに以下の式による必要な免疫率 (p_c)³³⁾を計算すると、75%の免疫率により撲滅が可能とされ、さらに汚染度が高い地域を想定して80%を免疫率の目標として設定された。

$$p_c = \frac{1}{\phi} \left(1 - \frac{1}{R_0}\right) \dots\dots (式)$$

実際に、CSF ワクチンを全頭に接種したとしても、ごく一部、免疫反応しない個体が存在し、豚群100%の免疫を目指すことは不可能で²⁷⁾、かつての撲滅も、集団免疫による「流行の終息」を目的として活用され、効果を発揮した。

2019年にワクチン接種が開始されて以降、ワクチン接種地域では特定家畜伝染病防疫指針に基づき、豚群の免疫状況を確認する検査が開始された。この指針では、ワクチン接種推奨地域に設定された地域のすべての豚に初回のワクチン接種を行う。その後、生まれたばかりの子豚は移行抗体の影響を考慮して生後1～2カ月でワクチンを接種、繁殖豚は初回接種から6カ月後、その後は毎年補強接種し、生涯で最大4回接種することとなっている。

3. CSF ワクチン効果の確認のための抗体検査

CSF 抗体の測定法は、無血清培養細胞株 CPK-NS を用いた中和試験^{22,23)}と、スクリーニングのための酵素結合免疫吸着法 (ELISA: Classical Swine Fever ELISA kit II、株式会社ニッポンジーン、東京、日本) が用いられている。ELISA では、検体/陽性比 (S/P 値) を算出して結果を判定し²⁴⁾、S/P 値<0.05を陰性、0.05≤

S/P 値<0.10を疑似陽性、S/P 値≥0.1を陽性と判定する。なお、これらの検査により豚群の抗体陽性率から免疫率を判定するが、中和試験で抗体陽性と判定される中和抗体価1～16倍程度の場合でも ELISA では陰性又は疑似陽性と判定される場合があるため、注意が必要である^{16,17)}。

4. ワクチンブレイクの懸念と抗体検査の特性

以前から懸念されていたこととして、ワクチンは移行抗体の影響を考慮して1～2カ月齢で接種することとされているが、2019年の初回一斉接種を受けた母豚(いわゆる第1世代)は移行抗体を持たない状態で接種されることで、強い免疫反応から抗体価の高止まりが発生し、そして第1世代から生まれた子豚(第2世代)は、初乳を通じて高い移行抗体を得ることで、ワクチンブレイクする可能性があった²⁵⁾。かつて長期的にワクチン接種が行われていた1999年の報告²³⁾では、移行抗体の存在下での接種により、分布は中央値128倍程度となっていたが、2019年の母豚群の抗体価を中和試験により測定すると中央値は512倍となり、母豚の抗体価の高止まりを確認した(図1)。

2019年10月にワクチン接種が開始されてから、その1カ月後と、その半年後に検査を行ったところ、1カ月後の検査では母豚の ELISA 陽性率94.9%、子豚

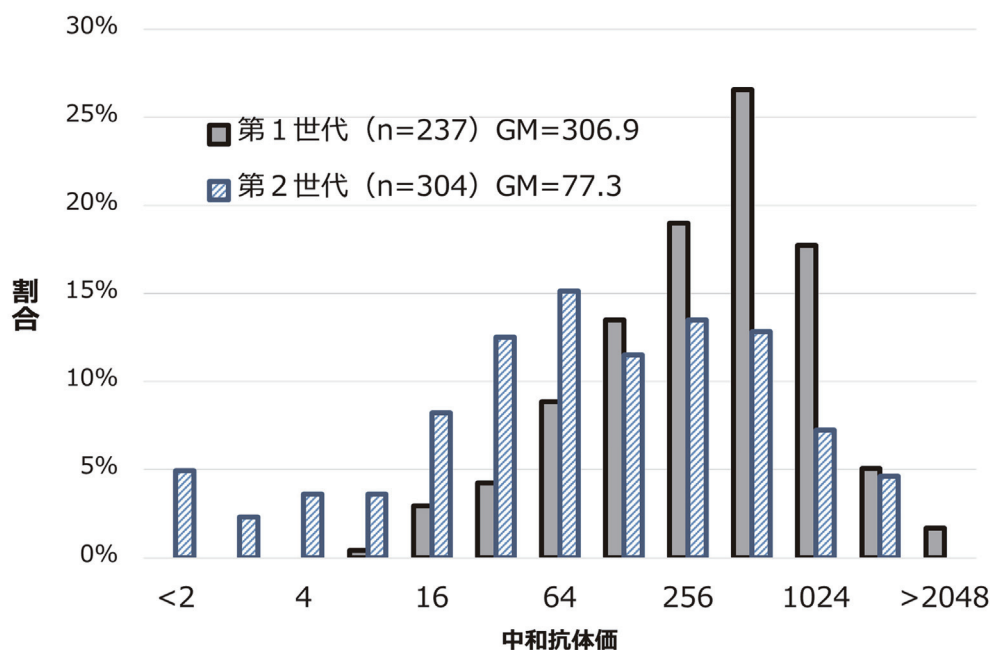


図1 世代別の母豚の抗体分布

令和3年度の母豚抗体分布を第1世代と第2世代に分けると、抗体分布が異なることを確認した。第1世代は高めの一峰性、第2世代はなだらかなばらつきが大きい分布となっており、令和2年度から3年度にかけて第1世代と第2世代が混在する状況となった。

表 1 ELISA 陰性、疑陽性検体の中和抗体価

ELISA 結果	中和抗体価	検体数	割合 (%)
陰性	1 倍以上 (抗体あり)	288	72.9 (288/395)
(S/P 値<0.05)	1 倍未満 (抗体なし)	107	27.1 (107/395)
疑陽性	1 倍以上 (抗体あり)	64	97.0 (64/ 66)
(0.05≤S/P 値<0.1)	1 倍未満 (抗体なし)	2	3.0 (2/ 66)

99.0%であったのに対し、その半年後の検査では母猪 99.1%、子豚73.2%と子豚の陽性率低下を確認し、このような80%を下回る事例が全国のワクチン接種地域で相次いだ¹³⁾。ただし、当時の国の方針としては、初回接種後概ね 4 週間以上経過した後、抗体検査 (ELISA 検査) を実施することとなっていた¹³⁾。

これは前述のとおり低めの中和抗体価の場合、ELISA では陰性又は疑陽性と判定される場合があるため、抗体を有する豚を陰性として判定している可能性があった。実際に ELISA 陰性～疑陽性であった血清を用いて中和抗体価を測定したところ、抗体を有している豚が多数確認された (表 1)。ここから、ELISA だけでは実際の免疫付与率を判定することはできず、「正確に」判定するためには ELISA 陰性、疑陽性のもは中和試験を併用し、抗体の有無を確認する必要があると考えられた。

5. と畜場での出荷豚採血によるワクチンテイク率の確認

実際にワクチンブレイクがどの程度起きているのか正確に判定する必要があるが、ELISA だけでは判定できないことに加えて、免疫付与率を判定するためには、「移行抗体の消長」を考慮する必要がある。出生後十分な日齢が経過していない子豚を検査する場合、ELISA 及び中和試験いずれの検査法でも移行抗体を検出してしまふ可能性があり、正確な免疫付与率を判定できず、

確実に判定するためには十分な日齢が経過した豚のみを検査する必要がある。移行抗体の半減期は11日程度³¹⁾であることから、高抗体価 (512～1024倍) の母猪から生まれた子豚で移行抗体が切れていると想定される日齢は120日齢以上と計算できるため、これらの豚を採血し、ELISA と中和試験により抗体測定することでより確実な免疫付与率を判定することが可能である。そこで、岐阜県では半年ごとに県内出荷農場の出荷肥育豚 (概ね180日齢以上) を採血、ELISA を実施し、さらに ELISA で陰性であった検体を中和試験で 1 倍以上の抗体を有しているものをテイクとして判定することで、免疫付与率の判定を行っている。2020年から 2 年間の計 4 回延べ60農場の検査を実施した結果、80%免疫を下回った農場は 2 農場 (免疫付与率は 78.6%及び76.2%) のみで、大幅なワクチンブレイクによる免疫付与率の低下は起きていないこと、そして計算上の必要な集団免疫率は75%であることから、ワクチンブレイクを原因とした極めて危険な状況にはなっていないことを確認した (表 2)。また、ELISA での判定は疑陽性を抗体有りに含めてもよい¹⁵⁾とされているが、それでも ELISA だけの陽性率では80%に達せず、中和試験を併用して 1 倍以上の抗体の有無を確認して判定する必要があると考えられた。80%を下回った 2 農場は、いずれも第 1 世代が大部分を占める当時としては早めの30～40日齢接種を行っていたことから、適切な接種時期の検討は重要であると考えられた。

表 2 と畜場採血による出荷肥育豚の抗体検査結果

時期	平均	平均 ELISA 陽性率 (%)		平均免疫付与率 (%)	80%免疫
	接種日齢	偽陽性除く	疑陽性含む	※ELISA+中和試験	農場数
2020 年下半期	41.0	71.2	77.8	90.2	13/14
2021 年上半期	47.2	71.3	77.5	96.3	15/16
2021 年下半期	42.5	58.8	68.1	92.7	14/14
2022 年上半期	41.9	66.0	73.7	92.9	16/16

6. ワクチン接種開始以降の全国での発生と接種適齢期

前述のとおり、大幅なワクチンブレイクが起きていないことを確認したが、全国ではワクチン接種地域での発生が継続している¹¹⁾。この原因として考えられることは、ワクチン接種までの間の移行抗体が消失した期間（免疫空白）である。実際に、他県での発生事例の日齢は、ワクチン接種日齢である30～60日齢程度での発生ばかり³⁴⁾で、肥育後期での発生は報告されていない（出荷直前のワクチン未接種事例を除く）。

岐阜県では、これらの状況を踏まえ、農場ごとで接種適齢期を設定する取り組みを2020年末から開始した。接種適齢期の設定は、中和抗体価の半減期から算出することが基本^{19,31)}だが、中和試験は時間と労力が必要で、さらに実施できる施設は家畜保健衛生所の中でも病性鑑定施設のみであった。そこで、E2蛋白質を抗原としたELISAキットのS/P値と中和試験による抗体価は相関関係があること¹⁷⁾、ELISAは全国の家畜保健衛生所で実施可能で、迅速に多検体処理できる手法であることから、岐阜県では子豚の移行抗体の消長、移行抗体とワクチンテイクの関係を実際の農場で調査し、ELISAから推定できる数理モデルを構築した。このモデルを用いて半年ごとに県内全農場の接種適齢期の検討を行っており、2022年9月時点で15県256農場にて活用された。さらに、このモデルを肥育豚の出生から出荷までの免疫状況を確認できるモデルに改変し、2022年下半期の岐阜県の母豚抗体分布からその産子の出生から出荷までの免疫状況を推定すると、ワクチン接種日齢前後で大きな免疫空白が発生している結果となり、全国での発生日齢と一致する結果となった（図2）。このようなことから、「適切な時期のワクチン

接種」は重要で、農場ごとや豚群ごとにきめ細かい免疫状況の把握などの対応が推奨される。

7. 母豚の抗体分布の変化

前述のとおり、初回一斉接種を受けて高値となった抗体分布の第1世代とそこから生まれた第2世代は、抗体分布が異なる可能性があるため、実際にワクチン接種が開始されてから半年ごとに母豚の抗体分布を確認した。県内全体の母豚抗体分布は、2020から2021年にかけて4回検査したところ、GM値=590.5、393.2、213.0、102.2と変化し、接種開始後1年間は512倍をピークとした高めの分布であったが、2021年には低めのなだらかな分布に変化し、母豚抗体分布のバラツキが徐々に増大していた。2021年度の第1世代と第2世代を分けて分布を確認すると、全く異なる分布となっていることを確認した（図1）。抗体分布が揃っている状況であれば接種適齢期を設定しやすいが、現在はバラツキが大きい分布状況となり、80%テイクする接種日齢では多くの子豚の移行抗体が防御できない抗体価まで下がってしまうような、接種日齢の設定が難しい状況となっている。また、高い抗体価の第1世代をできる限り早く更新し、第1世代と第2世代の分布の混在を解消することが課題であったが、東北等のワクチン未接種地域からの母豚が導入される農場では、自家産が第2世代に移行する一方、継続して第1世代の母豚が導入され、バラツキが大きい状況が継続していた。なお、2021年6月に青森県、岩手県が接種推奨地域に設定されたことで東北全県がワクチン接種地域となり¹²⁾、現在では、東北からの導入豚も第2世代に移行しつつある。

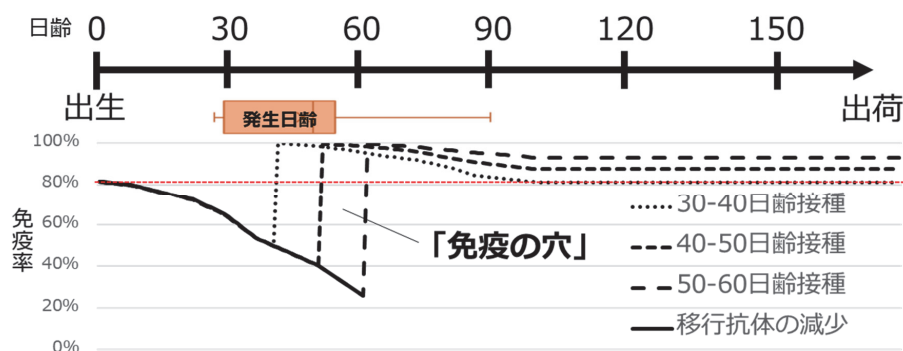


図2 全国の発生事例の摘発日齢と肥育豚の出生から出荷までの免疫状況の比較

2022年下半期の岐阜県の母豚抗体データを用いて、50～60日齢接種を行った場合の産子の出生から出荷までの免疫状況を数理モデルにより推定したところ、ワクチン接種までの間に大きな免疫の穴が起きていると考えられ、全国の摘発日齢と一致した。

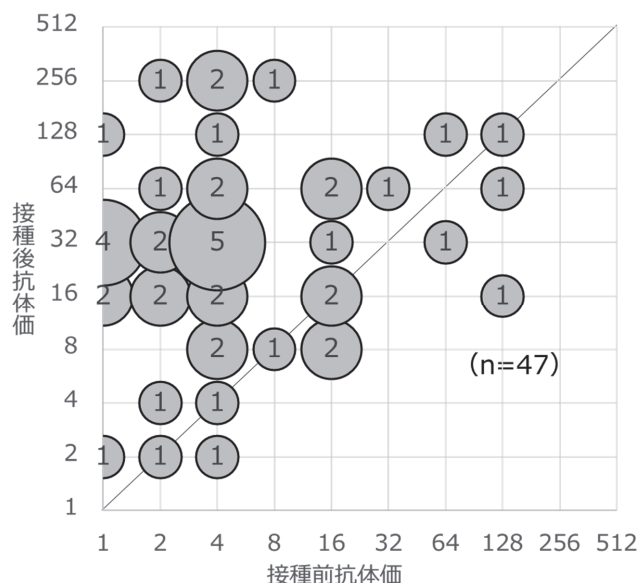


図3 低抗体価母豚への追加接種による効果

16倍以下の母豚群に追加接種した場合、追加接種後は32倍をピークとした分布に変化した。

8. 追加接種によるブースター効果

母豚群の抗体分布のバラツキが大きいと、肥育豚の接種日齢の設定が難しい状況となる。低抗体価または高抗体価の母豚の二極化が起きてしまうことが接種適齢期の設定を難しくしている要因で、この点を改善することで母豚の抗体価を揃え、接種適齢期を設定しやすい母豚群にできないか検討する必要があった。その手法の一つとして、低抗体価の母豚への追加接種が考えられた。ワクチン用法による追加接種の本来の目的は、ワクチンブレイクした母豚に抗体を付与することによる「豚群の免疫率の底上げ」であるが²⁷⁾、低抗体価の母豚（中和抗体価2～16倍）に複数回ワクチン接種することでブースター効果により、ある程度高めの抗体価に変化させることができないか調査を行った。結果としては、16倍以下の母豚に接種した場合は若干の抗体価の上昇は認められたが、急激な上昇ではなく32倍を中央値とした分布に変化した（図3）。母豚抗体価が2～16倍程度ではその産子は出生時点からすでに防御できない状態だが、32倍以上あれば、少なくとも出生から数日間の防御率を上げることは可能であると考えられる。しかしながら、現在の母豚抗体分布を揃え、接種日齢を決めやすくなるほどの劇的な改善となるわけではない。したがって、母豚へのワクチン用法の追加接種は、ある程度の母豚抗体分布の平準化に効果はあると考えられるが、抗体分布のバラツキの問題はこれだけで解決できるものではなく、さらに有効な手法の検討が必要であると考えられた。

9. 平成時代と令和の違い、これからのワクチン接種

図1のとおりの第2世代の分布は、1999年の報告²³⁾にあった平成時代の128倍を中央値とした分布に近い。この平成時代の分布に適した接種日齢として、一律30～40日齢接種を基準とする用法が設定された。したがって、現在の第1世代がほとんど淘汰される頃には、一律30～40日齢接種を基本とした状況に近づくと考えられた。第1世代が全て第2世代に置き換わる時期はおおよそワクチン接種開始以降2～3年を要すると考えられ⁹⁾、実際に2022年春には県内の母豚の約80%が第2世代に置き換わっていることを確認した。しかしながら、ワクチン開発者の清水悠紀臣先生によると、接種プログラムの策定時、20～30日齢接種で80%程度が免疫付与されると計算されることから、20～30日齢が接種適齢期であることを主張したが、若齢豚への接種の事故リスクなどの要因により30～40日齢接種となった経緯があった²⁰⁾。実際に平成時代の分布を用いて中和抗体価の半減期から接種適齢期を推定すると、20日齢以降の接種で80%テイクが見込めるとともに、10日齢以降で移行抗体の消失による免疫空白が起きている計算となり、清水先生の主張と一致する結果となった（図4）。したがって、もし今後、平成時代のように抗体分布が安定化した状況で30～40日齢接種を継続した場合、常に免疫空白が起きてから接種することになる。現在と平成時代で異なることは、野生イノシシでウイルスが拡大していることで、平成時代

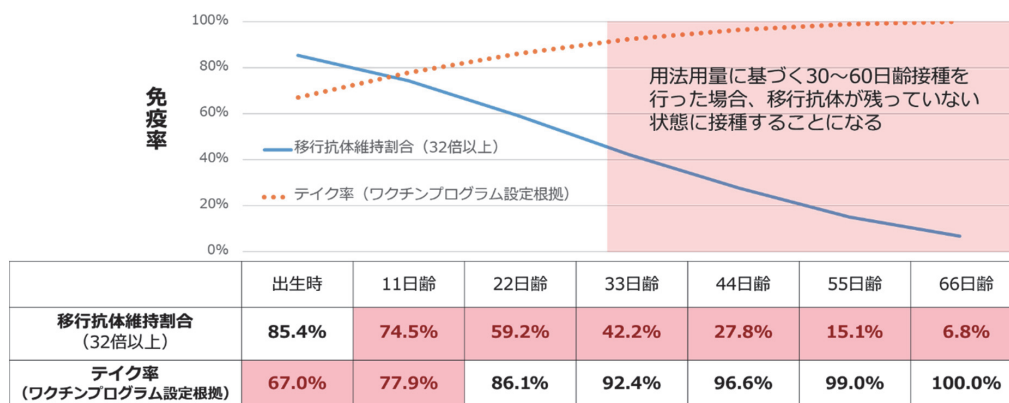


図4 平成時代の抗体分布から推定した接種適齢期

ワクチンの用法用量の30～60日齢接種が設定された根拠である平成時代の分布（中央値128倍）から接種適齢期を推定したところ、20～30日齢接種で80%テイクが見込める結果となった。

にはこのような接種日齢で大きな問題はなかったが、現在も同じような接種日齢では、常に接種時に免疫空白が起きてから接種することになり、大きなリスクが残る状況が続くことになると考えられた。

2022年7月、牛豚等疾病小委員会にて、30日齢以前の接種は可能であることが示された¹⁶⁾。CSF ワクチンの添付文書に記載された1～2カ月齢の接種日齢は、参考事項として標準的な接種日齢を記載したもので、用法として承認された事項に該当せず、用法外使用とはならない。岐阜県では、2022年から農場ごとの抗体分布によっては30日齢以前の接種を開始し、少しでも発生するリスクを低減できるように努めている。

10. おわりに：長期的に発生リスクは残り、有効な対策が必要

このように難しい状況となっていることから、養豚農場では特に以下の3つの対策を強く推進する必要がある。

(1) バイオセキュリティの重要性の再認識

まずワクチンは豚群の免疫率100%を期待するものではなく、一部の豚はワクチンブレイクしてしまうこと、さらに現状の母豚抗体分布では、子豚にワクチン接種を行う前に免疫空白が起きてしまう状況から、ワクチンだけでリスクをゼロにすることはできず、飼養衛生管理基準の遵守（バイオセキュリティ）は不可欠である。特にワクチン接種前の離乳豚では、移行抗体消失により免疫空白が起きている可能性があり、分娩舎及び離乳舎での作業時並びにワクチン接種時にウイルスを持ち込まないよう細心の注意を払う必要がある。

(2) ワクチン免疫状況と接種適齢期の把握

CSF ワクチンは、かつてのCSFを撲滅した実績だけでなく、岐阜県では初発から毎月のように発生した状況（2018年9月から2019年9月までに他県の疫学関連1事例を含め23事例発生）¹¹⁾が接種開始以降は発生ゼロであることから、非常に有効な発生予防ツールであるといえる。しかしながら、できる限り有効に使用するためには移行抗体の影響を考慮して使用する必要があり、農場ごとに母豚抗体分布の把握に努め、状況にあわせてワクチン日齢を調整することが重要である。

さらに、現在は豚繁殖・呼吸障害症候群（PRRS）ウイルスやサーコウイルス2型（PCV2）等の新興感染症により、CSF ワクチン効果が減弱するなどの影響も懸念されており^{7,30)}、移行抗体以外の影響要因の解析が課題である。

(3) 野生イノシシ感染状況の監視と拡大防止対策の長期的な継続

農場の近隣で野生イノシシの陽性事例がある場合、ウイルス侵入のリスクが極めて高い状況となるため^{5,6)}、野生イノシシのサーベイランスにより野外ウイルス拡散状況を監視し続ける必要がある。日本としては野生イノシシでの感染を終息させることが最大の課題で、経口ワクチン散布による拡散防止対策が講じられている。しかしながら、日本はEUとは地形が異なるなどの状況から、経口ワクチン散布の効果は低い状況¹⁴⁾である。

このような状況から、野生イノシシでの感染は長期的に継続すると考えられるが、現状のCSF対策は家畜保健衛生所の従前の業務にさらに上乗せされた業務であり大きな負担となっている。一部の県では、細かい

間隔でのワクチン接種、農場の抗体検査による免疫状況の把握などの対応が十分にできない場合もあり、今後長期的に運用可能な体制の整備も求められる。

現状、農場での CSF 発生をゼロにすることは難しいかもしれないが、国、県、管理獣医師等が団結して農場をサポートし、前述の対策を総合的に行うことで発生を最小限に食い止めるとともに、大学等の研究機関を含めたワンチームで、新技術の開発及び有効な施策を検討し、少しずつ現在の厳しい状況を変えていくことが求められる。

謝辞

稿を終えるにあたり、CSF ワクチン開発当時の貴重な情報を提供いただいた北海道大学名誉教授の清水悠紀臣先生、中和試験実施体制の構築にご協力いただいた日本獣医生命科学大学の青木博史教授、疫学解析に関するアドバイスをいただいた蒔田浩平教授に深くお礼申し上げます。

利益相反開示について

著者は開示すべき利益相反はない。

参考文献

- 1) 青木博史 (2008) 日本における豚コレラの撲滅達成と今後. 獣疫学雑誌, 12: 120-124.
- 2) 動物用ワクチン・バイオ医薬品研究会 (2011) 動物用ワクチンその理論と実際 第1版, p120-121, 文永堂出版, 東京.
- 3) 福所秋雄 (2004) 豚コレラの撲滅と今後の対策. https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/235118/niah.naro.affrc.go.jp/sat/sishocho/Fukusho/tonko_bokumetu.htm (2022年11月2日閲覧)
- 4) Francis MJ, et al. (1984) Effect of the sow vaccination regimen on the decay rate of maternally derived foot-and-mouth disease antibodies in piglets. Res Vet Sci, 37: 72-76.
- 5) Hayama Y, et al. (2020) Estimation of infection risk on pig farms in infected wild boar areas-Epidemiological analysis for the reemergence of classical swine fever in Japan in 2018. Prev Vet Med, 175: 104873.
- 6) Hayama Y, et al. (2022) Pig farm vaccination against classical swine fever reduces the risk of transmission from wild boar. Prev Vet Med, 198: 105554.
- 7) Hua L, et al. (2003) Infection of porcine reproductive and respiratory syndrome virus suppresses the antibody response to classical swine fever virus vaccination. Vet Microbiol, 95: 295-301.
- 8) Klinkenberg D, et al. (2002) Within- and between-pen transmission of classical swine fever virus: a new method to estimate the basic reproduction ratio from transmission experiments. Epid Inf, 128: 293-299.
- 9) 呉克昌 (2022) 豚熱 (CSF) 発生事例64、65、67 例目に関する JASV による検証とこれ以上養豚場で豚熱を発生させないための提言. 豚病会報, 79: 26-29.
- 10) 農林水産省 (2021) 豚熱に関する特定家畜伝染病防疫指針 (2020年7月1日 農林水産大臣公表) https://www.maff.go.jp/j/syouan/douei/katiku_yobo/k_bousi/attach/pdf/index-41.pdf (2022年11月2日閲覧)
- 11) 農林水産省 (2022) 豚熱の防疫措置対応 (概要) (2022年9月27日). <https://www.maff.go.jp/j/syouan/douei/csf/attach/pdf/domestic-20.pdf> (2022年11月2日閲覧)
- 12) 農林水産省 (2022) 豚熱の発生状況・飼養豚等のワクチン接種状況 (2022年9月30日). <https://www.maff.go.jp/j/syouan/douei/csf/attach/pdf/domestic-37.pdf> (2022年11月2日閲覧)
- 13) 農林水産省食料・農業・農村政策審議会家畜衛生部会 (2020) 第60回牛豚等疾病小委員会 (2020年8月31日) 参考資料2. https://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/eisei/usibuta_sippe/60/attach/pdf/index-12.pdf (2022年11月7日閲覧)
- 14) 農林水産省食料・農業・農村政策審議会家畜衛生部会 (2021) 第72回牛豚等疾病小委員会・第7回豚熱経口ワクチン対策検討会 (2021年3月10日) 参考資料3-1. https://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/eisei/usibuta_sippe/72/attach/pdf/index-20.pdf (2022年11月2日閲覧)
- 15) 農林水産省食料・農業・農村政策審議会家畜衛生部会 (2021) 第78回牛豚等疾病小委員会 (2021年6月30日) 資料5. <https://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/eisei/>

- usibuta_sippe/78/attach/pdf/index-7.pdf (2022年11月2日閲覧)
- 16) 農林水産省食料・農業・農村政策審議会家畜衛生部会 (2022) 第88回牛豚等疾病小委員会 (2022年7月11日) 資料1-1.
https://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/eisei/usibuta_sippe/88/attach/pdf/220712-1.pdf (2022年11月2日閲覧)
- 17) 中根崇ら (2002) 新たに開発された ELISA キットと中和試験による豚コレラウイルス抗体検出の比較. 日獣会誌, 55: 783-788.
- 18) Nishi T, et al. (2019) Genome sequence of a classical swine fever virus of subgenotype 2.1, isolated from a pig in Japan in 2018. Microbiol Resour Announc, 8: e01362-18.
- 19) 小河孝ら (1984) わが国における豚コレラウイルス抗体分布の解析 農林水産省家畜衛生試験場研究報告. 86: 1-7.
- 20) Pig Journal 編集部・清水悠紀臣 (監修) (2021) いつ打つ? どう打つ? 豚熱ワクチン. 月刊 Pig Journal, 24: p12-18, アニマル・メディア社, 東京.
- 21) Postel A, et al. (2019) Reemergence of classical swine fever, Japan, 2018. Emerg Infect Dis, 25: 1228-31.
- 22) Sakoda Y, et al. (1998) Establishment of a serum-free culture cell line, CPK-NS, which is useful for assays of classical swine fever virus. J Virol Methods, 75: 59-68.
- 23) Sakoda Y. (1999) Development of novel diagnostic methods of classical swine fever.
<https://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/bitstream/2115/32737/1/5508.pdf> (2022年11月2日閲覧)
- 24) Sakoda Y, et al. (2012) Development and evaluation of indirect enzyme-linked immunosorbent assay for a screening test to detect antibodies against classical swine fever virus. Jpn J Vet Res, 60: 85-94.
- 25) 迫田義博 (2020) 豚熱 (Classical Swine Fever: CSF) のすべて. 北獣会誌, 64: 285-293.
- 26) Shimizu Y, et al. (1970) A mutant of hog cholera virus inducing interference in swine testicle cell cultures. Am J Vet Res, 31: 1787-1794.
- 27) 清水悠紀臣 (2013) 日本における豚コレラの撲滅. 動衛研研究報告, 119: 1-9.
- 28) Shimizu Y, et al. (2020) Epidemiology of classical swine fever in Japan-A descriptive analysis of the outbreaks in 2018-2019. Front Vet Sci, 7: 573480.
- 29) Smith DB, et al. (2017) Proposed revision to the taxonomy of the genus Pestivirus, family Flaviviridae. J Gen Virol, 98: 2106-2112.
- 30) Suradhat S, et al. (2006) Negative impact of porcine reproductive and respiratory syndrome virus infection on the efficacy of classical swine fever vaccine. Vaccine, 24: 2634-2642.
- 31) 社団法人北里研究所 (1974) 動物のワクチン, 社団法人北里研究所編 第1版, p88-89, 養賢堂, 東京.
- 32) 豚コレラ防疫史編集委員会 (2009) 豚コレラ防疫史. p100, 全国家畜畜産物衛生指導協会・畜産技術協会, 東京.
- 33) Woolhouse MEJ, et al. (1997) The design of veterinary vaccination programmes. Vet J, 153: 41-47.
- 34) 山本健久 (2022) 疫学調査から読み解く今般の豚熱発生状況. 豚病会報, 79: 1-7.