

# 連載 Mhyo 概論

## 第8話 “Mhyoの清浄化を考えてみましょう”

(株)エコアニマルヘルスジャパン  
石垣 克至

前回は Mhyo を制御する二つの方法のうち、Mhyo とともに取り進める「コントロール」について取り上げました。今回は農場の Mhyo を排除し、全頭 Mhyo 陰性化させる「清浄化」について学んでいきます。

### <さまざまな清浄化の取り組み>

図1は、Mhyo の制御方法をその要素

条件で取り組み方法を区分した決定木 (Decision Tree) です。前回の Mhyo を農場内で安定化 = 「コントロール」するということは、GDU (Gilt Developer Unit : 未経産豚馴致ユニット) で、排菌が確認された最長 240 日間のリスクに対して十分な馴致をし、Mhyo 陽性でも病原体は排泄しない「制御下」にあることが重要です。「安定化 (コントロール)」では、まったく Mhyo の被害がないわけではありませんが、感染豚は僅かで、被害も限定的な状態を目指します。馴致期間が長いため、それなりの広さを確保するために GDU は当該農場の外部に施設を用意するのが一般的とされています。この GDU は「馴致ユニット」と訳させて頂きましたが、繁殖母豚群にすぐ組み入れることができるように、導入候補豚を施設で「慣れさせる (Development)」ことを目的としたものです。

清浄化にはさまざまな方法があり、その全体を理解するために、AASV で 2015 年発表された「繁殖 - 離乳農場からの Mycoplasma hyopneumoniae 清浄化: 豚群閉鎖 (農場閉鎖) と投薬に重点を置いた現在のプロトコルのレビュー」の紹

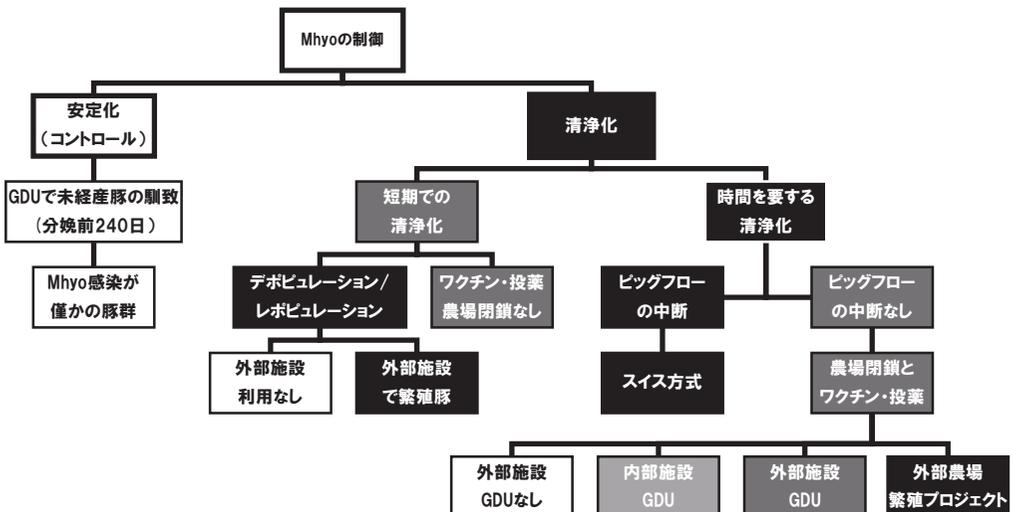


図1 Mhyo の制御オプションの決定木 (出典: “Mycoplasmas in Swine” (2020))

介を中心に説明していきます。

出典: Holst S, Yeske P, Pieters M. "Elimination of *Mycoplasma hyopneumoniae* from breed-co-wean farms: A review of current protocols with emphasis on herd closure and medication." J Swine Health Prod. 2015;23(6):321- 330

## <概要>

北米では、繁殖農場から Mhyo を清浄化するために、豚群閉鎖と投薬プロトコルが広く使用されるようになりました。成功するための重要な原則として、これらのプロトコルは、①少なくとも 8 カ月間は新しい動物を導入しないこと②繁殖母豚群全体へのワクチン接種③繁殖母豚群と子豚への投薬に依存します。

## < Mhyo 清浄化プロトコル >

清浄化では、農場内の全頭「Mhyo 陰性」が最終目的です。陽性豚をどうアウト（排除）していくのかも大切です。①肉豚はどうするのか？ ②繁殖豚はどうするのか？ さまざまな取り組みがなされてきました。

肉豚は陽性豚を出荷した時点で、以降のバッチの出生豚が陰性である対応をします。排菌陰性の母豚から生まれて、陰

性の飼育環境であれば陰性のまま推移できるはずですが。そのためにワクチネーションと抗生物質の投与が必須の対応策です。もちろん、早期離乳や一般的なバイオセキュリティなども含まれます。

一方、母豚側の対応は簡単ではありません。最終的には陰性確認した未経産豚を含めた陰性繁殖母豚のみの導入に移行します。①デポピュレーションとリポピュレーション②部分的デポピュレーション③豚群閉鎖と投薬および④豚群閉鎖を伴わない豚群全体の投薬といった様々なプロトコル（表 1）が存在します。

①デポピュレーション／レポピュレーション：陰性豚に「全とっかえ」する、今いる陽性母豚を排除（デポピュレーション）をして、陰性母豚だけを導入して繁殖豚の立て直し（レポピュレーション）していくのは、成功率が高く、短期対応可能ながら【莫大な経費】がかかります。

②部分的デポピュレーション（スイス方式）：1990 年代にスイスで Mhyo と APP を撲滅するための国家プログラムを実施したものです。以下の項目は、スイス方式のフレームワークです。

- 1) 生後 10 カ月未満のすべての動物を豚群から排除
- 2) 少なくとも 2 週間は分娩をストップ

表 1 米国で最も一般的に用いる Mhyo 清浄化のキーポイント

清浄化プロトコル	連続生産のロス	清浄化前・中に必要更新陰性未経産豚	全頭ワクチン	母豚投薬		子豚投薬	動物の導入	他病原体陰性の可能性
				飼料添加または飲水投与	注射			
デポピュレーション／リポピュレーション	Yes	Yes	No	No	No	No	NA	Yes
部分的デポピュレーション (Swiss Method)	Yes	No	No	Yes	No	No	NA	No
豚群閉鎖と投薬	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	正常化中は停止	Yes
全頭投薬*	No	Yes	No	No	Yes	Yes	通常と同じ	Yes

\* 豚群閉鎖なし NA= 未適用

3) 非分娩期間中に、残りの動物に Mhyo に効果のある抗菌剤を投与

③豚群閉鎖と投薬プロトコル：スイス方式の応用編です。生産損失を最小限に抑えるための全頭ワクチン・投薬により、投薬期間中も分娩を継続することができます。豚群閉鎖と投薬のアプローチには、以下の重要原則があります。

- 1) 更新用の繁殖豚を含むすべての母豚を Mhyo に曝露・馴致
- 2) 少なくとも 8 カ月間の豚群閉鎖
- 3) 全頭ワクチン接種
- 4) Mhyo 陰性更新用母豚を導入する前に、母豚群と子豚全体に投薬

豚群閉鎖を開始する前に、すべての更新用母豚を Mhyo に曝露・馴致し、Mhyo コロニーを形成させ、免疫を賦与することが重要です。

少なくとも 8 カ月の豚群閉鎖は、豚が感染後 214 日以上 Mhyo を排菌し続けることを示す研究発表に基づいています。長期の豚群閉鎖により農場内の感染源である母豚群からの排菌がなければ、以降の感染は陰性母豚のみの更新により、かつ Mhyo を持ち込まない限り、陰性状態が続くはずです。

④豚群閉鎖プロトコルのない全頭投薬：最新の Mhyo 清浄化プロトコルでは、豚群全体（未経産豚、母豚、繁殖雄豚、子豚）に、Mhyo に対する抗菌活性を持つ抗菌剤（通常は注射で投与）を投与します。豚群全体は、清浄化プロジェクトの 1 日目とその 2 週間後に抗菌剤注射によって治療されます。さらに、最初の全豚群注射の 4 週間後に生まれた子豚に、出生時と 14 日齢の投薬をします。更新用の未経産豚は通常の農場プロトコルに従って維持され、農場は新しい動物の導入に対してオープンであり、Mhyo 陰性の供給源からのみであるというルールが

あります。豚群閉鎖がない場合の全豚群への投薬の利点は、成功した場合、豚群が Mhyo 陰性状態に早く戻れることです。ただし、このプロトコルは、豚群閉鎖と投薬プロトコルと比べ、Mhyo を排除するのに効果的ではありませんでした。

## <豚群閉鎖と PRRS >

豚群閉鎖とロールオーバー（更新用陰性豚調達）は、母豚群から豚繁殖・呼吸障害症候群ウイルス（PRRSV）を清浄化するため、Torremorell 先生ら（2000）による疾病撲滅戦術として最初に説明されました。豚群閉鎖の技術を使用した PRRSV の根絶に成功した後、米国の獣医師は、Mhyo 清浄化プロジェクトでの利用に PRRSV 清浄化方式を適応させました。

推奨される豚群閉鎖期間は、少なくとも 8 カ月です。従って、これまでの出荷頭数生産計画とのギャップを回避するために、8 カ月間の母豚の供給が必要になります。

さらに、動物がより早い年齢で Mhyo に曝露・馴致されたと仮定して、動物が感染しない可能性を高めるために、陰性の更新豚が導入された際、成豚全体が 10 カ月齢以上であることが推奨されます。

潜在的なリスクとなりえる点は、すべての繁殖農場が農場内（オンサイト）の隔離豚舎または GDU 施設を自由に使えるわけではないということです。この場合、代替案として農場外（オフサイト）の繁殖プロジェクトを検討することができます。外部繁殖プロジェクトでは、母豚を農場とは別の場所で繁殖させ、分娩時に母豚群に戻すことができます。母豚

は毎週のバッチシステムで交配し、最初の母豚のバッチが豚群閉鎖の期間終了した直後に分娩完了するように、繁殖のタイミングを合わせる必要があります。これにより、交配と分娩の目標計画を達成し、豚群閉鎖が解除された後、ピッグフローを可能な限り、継続して維持することができます。

## <ワクチネーションと馴致>

市販 Mhyo ワクチンは、世界中の養豚生産に広く使用されています。しかし、生後最初の数週間で Mhyo が菌定着して感染が成立する可能性があります。ワクチン接種には生産能力の向上に関与していくつかの利点がありますが、Mhyo コロニー形成そのものの感染を防ぐことはできません。しかし、気道内の菌数の減少および豚群内の感染レベル低下に関連していることが示されています。

肉豚に加えて、母豚のワクチン接種は、病原体の母子感染を減らし、乳汁伝達を介して子豚に免疫を与えるために利用されてきました。Mhyo 清浄化プロジェクト中の母豚ワクチン接種は、豚群の免疫力を強化することを目的としており、四半期ごとに、豚群全体の抗菌薬の投与前、または分娩前のスケジュールで実施されています。Yeske 先生 (2007) は、農場

表 2 Mhyo 清浄化の豚群閉鎖と投薬のアクションプラン

<b>Week 1</b>	農場内 (オンサイト) の隔離豚舎または未経産豚馴致ユニット (GDU) への在庫と未経産豚の余剰供給を確保する。
	少なくとも 240 日間の豚群閉鎖に十分な母豚が必要
	未経産豚は、少なくとも生後 2 カ月以上の様々な年齢である必要がある。
	Mhyo ワクチンで未経産豚に接種する。
	飼育時に未経産豚が Mhyo 陰性である場合は、自然感染を促進するために、最近感染した母豚グループに曝露させる。
<b>Week3</b>	Mhyo ワクチンを未経産豚に 2 回目接種する。
<b>Week4</b>	母豚群への未経産豚の導入を開始します (通常の順応プロトコルの履行を保留中)
	毎週の繁殖グループのニーズを満たすために、必要に応じて母豚群に未経産豚を組み入れます。
<b>Week6</b>	Mhyo ワクチンで繁殖母豚群全体にワクチン接種する (四半期ごとのワクチン接種スケジュール)
<b>Week 19</b>	Mhyo ワクチンで繁殖母豚群全体にワクチン接種する (四半期ごとのワクチン接種スケジュール)
<b>Weeks 27-31</b>	予備の未経産豚がすべて農場に入り、Mhyo 感受性または陰性の更新用未経産豚を隔離豚舎または GDU を洗浄および消毒した後、ストック確保する (繁殖母豚群とは別の空間で隔離または GDU がある場合のみ)
<b>Weeks 28, 29</b>	Mhyo ワクチンで繁殖母豚群全体にワクチン接種する (投薬前のワクチン接種スケジュール)
<b>Weeks 31, 32</b>	Mhyo ワクチンで繁殖母豚群全体にワクチン接種する (投薬前のワクチン接種スケジュール)
<b>Week 32</b>	Mhyo ワクチンで繁殖母豚群全体にワクチン接種する (四半期ごとのワクチン接種スケジュール)
<b>Week 33</b>	繁殖用および分娩豚舎を洗浄および消毒 (洗浄および消毒したときにストールが空になるように、母豚を 1 列ずつシャッフルする。)
<b>Weeks 33, 34</b>	Mhyo に効果のある承認済み抗菌剤を飲水または飼料添加で投与し、繁殖母豚群に投薬を開始する。
	選択した抗菌剤に応じて、2~4 週間繁殖母豚群に投薬する。
	農場の子豚を、出生時 (または最初の治療時) に Mhyo に効果のある承認済み注射剤の投薬を開始し、選択した抗菌剤に応じて再度投薬を開始する。
<b>Week 35</b>	Mhyo 未感染または陰性の更新用母豚が繁殖母豚群に導入を始めることができる。
<b>Weeks 36, 37</b>	繁殖母豚群の投薬を完了
<b>Weeks 37-41</b>	子豚の投薬の完了
<b>Weeks 38-42</b>	Mhyo テストを開始して、清浄化プログラムの成功を確認 (子豚の投薬の完了後)

内 (オンサイト) 隔離施設または GDU 施設への入場後 1 週間および 3 週間で母豚にワクチン接種し、豚群閉鎖が開始された後、四半期ごとに繁殖豚群全体にワクチン接種することを説明しています。さらに、自然感染を促進するために、予備の母豚が Mhyo に対して陰性である場合、GDU に入る前に、できるだけ早く予備の母豚を最近感染した母豚グループに曝露・馴致することを Yeske 先生は推奨しています。

Schneider 先生 (2006) は、抗菌剤プロトコルを開始する 5 週間前と 2 週間前

に、繁殖豚群にワクチン接種することを発表しました。さらに、清浄化確認のための Mhyo テストが完了するまで、分娩の2週間前に母豚にワクチン接種することを説明しました。農場の再感染リスクが中程度から高度の場合、この分娩前のワクチンプロトコルを無期限に継続することを推奨しています。

この他、ワクチン接種の回数と頻度が異なる、いくつもの異なるワクチン接種プロトコルが発表されていることに注意することが重要です。

Mhyo 清浄化プロジェクト中の母豚と未経産豚のワクチン接種に加えて、定期的な農場固有の未経産豚馴致プロトコル（他のワクチン接種、馴致、発情誘導と同期、駆虫薬投与、疾病監視など）を継続することが、生産の中断や他の病気の侵入感染を避けるため重要です。

## <投薬>

Mhyo に対して抗菌活性を示す様々な抗菌剤とそのプログラムが、Mhyo 清浄化プロジェクトで活用されています。

豚群閉鎖と投薬による清浄化プロトコルに関連する行動項目のタイムラインの1例として表2に示し、母豚群と農場外（オフサイト）繁殖プロジェクトで実行された並行活動を図2に示されています。通常の未経産豚馴致手順を清浄化プロトコルのフレームワークに組み込む必要があることに注意することが重要です。

## <ディスカッション>

豚群からの病気の除去に関する議論は、1960年代と1970年代に、SPF（特定病原体除去）技術の実装から始まりました。SPF プログラムは期待に応えら

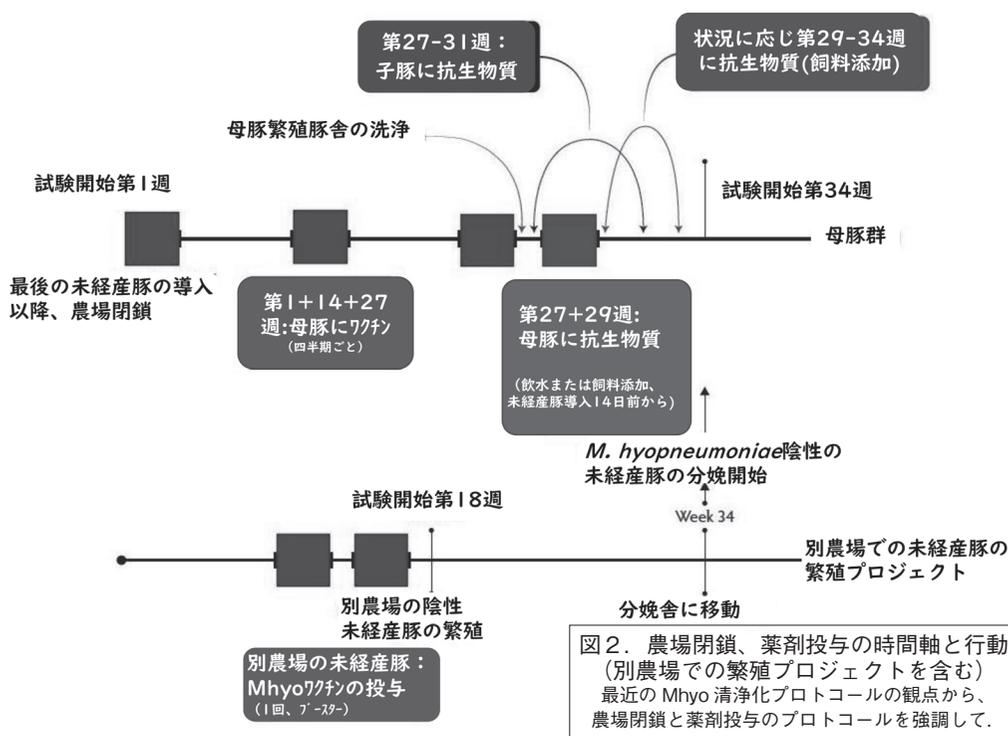


図2. 農場閉鎖、薬剤投与の時間軸と行動（別農場での繁殖プロジェクトを含む）最近の Mhyo 清浄化プロトコルの観点から、農場閉鎖と薬剤投与のプロトコルを強調して。

れませんでした。基礎を築き、獣医師や生産者に特定の病気の撲滅を奨励しました。疾病撲滅プロジェクトに費やされたすべての時間、努力およびリソースが、動物福祉の改善、生産の増加、生産コストの削減、予防的または治療的な抗菌剤の使用および改善された関係者のモラルにおいて重要だとまとめられた。

Mhyo は、養豚生産者の経済的損失の重要な原因です。Mhyo に関連する経済的損失は、飼料効率の低下、1日平均増加量の減少および投薬コストの増加に関連しています。さらに、Mhyo は、他の呼吸器病原体との相互作用による豚呼吸器病症候群において重要な役割を果たすと考えられています。

2012年、Haden先生らは、4年間にわたって、米国の大規模生産システムに対するインフルエンザウイルス(SIV)、PRRSV および Mhyo の経済的影響を定量化しました。単独感染の被害コストは、仕上げ肥育豚1頭当たりそれぞれ Mhyo0.63ドル、PRRS5.57ドルであると決定されました。残念ながら、豚の呼吸器疾患は通常、一つだけの病原体に限定されるのではなく、さまざまなウイルスおよび細菌の混合感染によるものです。

PRRSV と Mhyo の混合感染では、1頭当たり9.69ドルの損失をもたらしました。これらの損失計算は特定の生産システムに固有のものでありますが、他の米国の養豚生産者でも同様の損失が発生する可能性があります。Holtkamp先生らが実施した2005年と2006年の調査では、米国における主要な豚の健康問題の影響を推定しようとしました。調査の参加者は、年間15万頭以上の豚を生産している企業養豚で構成されており、これは米国で年間生産されている豚の総数の

約50%を占めています。調査の結果は、PRRSV、SIV および Mhyo が、仕上げ肥育豚群が経験した上位三つの健康上の課題であることを示しました。

幸いなことに、養豚生産者と獣医師は、この解説で説明されているプロトコル、原則、および技術を使用して、Mhyo を清浄化することに成功しています。2003年から2014年の間に Mhyo 清浄化プロジェクトを受けた46豚群の遡及的分析で、豚群閉鎖と投薬(33群)および閉鎖プロトコルなしの豚群全体の投薬(13群)による、Mhyo 清浄化成功率は、それぞれ81%と58%でした。1年以上にわたって Mhyo 清浄化に成功した農場の割合は、豚群閉鎖と投薬プロトコルで97%、豚群閉鎖を使用しない豚群全体投薬で67%でした。さらに、豚群が清浄化後に Mhyo 陰性のままであった平均期間は、豚群閉鎖および投薬農場で49カ月、閉鎖農場のない豚群全体投薬で37カ月でした。

この解説は、Mhyo 清浄化プロトコルの実装に関連するコストについて説明しなければ完成しません。Yeske先生(2010)は、四半期ごとの母豚ワクチン接種、繁殖群を治療するための飲水中の2週間および4週間のリンコマイシン投与、出生時および生後14日の子豚へのツラスロマイシン注射を利用した豚群閉鎖および投薬プロトコルの費用として、母豚1頭当たり15.90ドルと見積もっています。

さらに、Yeske先生は、清浄化プロジェクトへの財政的投資を回収するには、2,500頭の母豚が1頭当たり年間25頭の豚を生産するのに約4.5カ月かかると見積もっています。

## <モニタリング>

「おとり豚」としても機能する Mhyo 陰性更新用母豚の血清学的スクリーニングは、清浄化後検査の実用的な選択肢のように思われます。Mhyo 清浄化達成農場の一部では、更新用母豚をワクチン未接種のままにすることを選択しました。これにより、血清学的結果を簡単に「陽性＝感染」と解釈できます。ただし、再感染または新規感染が発生した場合、Mhyo 関連疾患の重症度が高まるリスクは高くなります。

清浄化後に農場に入る下流のピッグフローと更新用母豚の臨床徴候（咳）の評価も、清浄化後の試験体制に含める必要があります。さらに、これらの集団の死亡した豚からの Mhyo PCR 検査のための肺組織のサンプル採材と提供は、清浄化後検査のための多面的なアプローチを完成させます（モニタリングについては別の機会で説明します）。

この解説での著者の目標は、特定の Mhyo 清浄化プロトコルを推奨することではなく、基本原則を確認し、獣医師が利用する特定のプロトコルを説明し、Mhyo 清浄化プロジェクトを実施するメリットについて議論することでした。

特定の農場またはシステムに最適な清浄化プロトコルは、施設、ピッグフロー、未經産豚の入手可能性、場所、生産タイプ、および農場またはシステムに固有のその他の側面に依存します。前述の Mhyo 陰性の生産の利点を考慮し、農場またはシステムが清浄化プロトコルで定められた特定のガイドラインに対応することが可能である場合にはじめて、Mhyo 清浄化プロジェクトの実施に着手する必要があります。

実績のある技術を利用することへの関心はかつてないほど高まっています。現在および将来、養豚産業が直面する健康上の課題と闘うためには、病気を撲滅するための革新的な方法と戦略の開発に継続的な関心と焦点を当てる必要があります。

## <まとめ>

- ・ Mhyo は、豚生産者の経済的損失の重大な原因であり、生産システムからの排除に成功すると、動物福祉の向上、生産の増加、生産コストの削減、抗菌薬の使用量の削減につながる。
- ・ 説明され、正常に実行された多数の清浄化プロトコルは、該当する農場またはシステムとそれらの目標に関連する固有の側面に合うように調整できます。
- ・ 将来の健康問題と闘うためには、新しい病気の撲滅技術と戦略の開発に焦点を当て、努力を継続することが不可欠です。

Mhyo の清浄化は日本では不可能だと言われてきました。しかし、北米ではその被害コストと得られるメリットが明らかになり、何より清浄化可能な方法が論議され「清浄化すべき問題」として位置付けられました。検討するためには、まず敵を知り、農場の状況を知ることが必要だと思います。SDGs の継続可能な養豚を考えた場合、病原体を一つでも排除してワンランク上の衛生状態が一つのゴールだと考えます。

皆様のご参考になれば幸いです。