産業動物分野における繁殖疫学の手法を用いた生産情報の活用法

佐々木羊介^{1,2)†}

1) 宮崎大学 テニユアトラック推進機構 農学系畜産学分野

2) 同 産業動物防疫リサーチセンター

(2014年9月30日受付・2014年12月18日受理)

要 約 生産現場において生じる問題は、単独ではなく複数の要因が相まって影響していることが多いため、リスク因子を正しく抽出することが非常に困難である。繁殖疫学とは、産業動物の生産現場における問題点を広い視野から明らかにする手法であり、多量の実験情報から有益な知見を得るための手法である。繁殖疫学では、畜種個体だけに限局せず、複数の農場や群を対象とし、生産性を阻害する問題の発生頻度、分布、要因を分析する。近年、飼養頭数の大規模化、集約的な飼養管理への変化に伴い、生産農場では生産記録を電子ファイルとして記録・保持し、大規模なビッグデータを構築するようになった。しかしながら、生産者や管理獣医師などは、これらの生産記録の分析および活用に関する技術および時間がないため、畜産分野において、生産記録の活用はまだまだ未成熟である。しかしながら、今後、更なる飼養形態の変化、国際競争の激化、飼料や資材の高騰が予想される中、生産性向上に結びつく「科学的数値に基づいた飼養管理」を確立することが重要である。本論文では、繁殖疫学の手法を用いて、現場のデータから生産性の改善および向上に結びつく知見を得る手法および活用法に関して、ブタおよびウシにおける研究事例を報告する。

——キーワード：疫学、飼養管理、生産情報、データベース、統計解析

産業動物臨床医誌 5 (増刊号) : 232-237, 2015

日本の畜産は、欧米諸国と比較して、生産性や生産効率が低く、資材や飼料費などのコストが高いという課題がある。さらに、ブタやウシの生産現場では、近年農家数の減少や一農場当たりの飼養頭数の増加が進んでおり、個体管理から群管理へと飼養管理が変化してきた。今後TPPなどの国際貿易協定が締結される可能性があり、低コストかつ生産効率を高めるための科学的知見が必須となる。しかしながら、生産現場において、産業動物における生産効率の低下は、単独ではなく複数の要因が相まって影響していることが多いため、問題点を正しく抽出することが非常に困難である。

産業動物の生産現場における問題点を広い視野から明らかにする手法として、疫学の一つである「繁殖疫学」という手法が挙げられる [1]。疫学とは、個体ではなく集団を対象とし、健康上の問題の発生頻度、分布、要因を分析する学問であり、医学・薬学の分野で主に発展を

遂げてきた。繁殖疫学では、この疫学の手法を畜産の生産性の管理やデータの活用に応用し、農場や群を対象とし、生産性を阻害する問題の発生頻度、分布、要因を分析する手法である。医学・薬学の分野と比較して、産業動物の分野における疫学研究の歴史はまだ浅い [2]。

近年、飼養頭数の大規模化、集約的な飼養管理への変化に伴い、生産農場では生産記録を電子ファイルとして記録・保持し、大規模なビッグデータを構築するようになった。しかしながら、生産者や管理獣医師などは、これらの生産記録の分析および活用に関する技術および時間がないため、畜産分野において、生産記録の活用はまだまだ未成熟である (図1)。そこで本発表では、繁殖疫学の手法を用いた生産情報の活用法に関して、ブタおよびウシにおける研究事例を報告する。

† 連絡責任者：佐々木羊介 (宮崎大学 テニユアトラック推進機構 農学系畜産学分野)
〒889-2192 宮崎県宮崎市学園木花台西 宮崎大学 ☎/FAX 0985-58-7864
E-mail : yskssk@cc.miyazaki-u.ac.jp

図1. 繁殖疫学の概要

1. 養豚生産農場における繁殖母豚の長期生存性と生涯繁殖成績及び淘汰のパターン

日本の養豚生産は、近年の急速な多頭飼育化により、飼養管理が大きく変化してきた。しかし、国内の養豚農家は、生産性が低い、国際競争力が低い、動物福祉への意識が低いという課題を抱えている。その解決策として、現場のデータを収集し、特に急務とされている繁殖生産性の改善や動物福祉の向上のための知見を得ること、そしてその知識を現場に普及することを目的として研究を行った。

調査に使用するデータとして、北海道から鹿児島に所在する全国124研究協力農場を対象として生産記録を収集し、この生産記録を基に養豚データベースを構築した。これらの研究協力農場は、全農場が同じ生産記録ソフトを使用し、母豚の誕生から死亡・廃用出荷までの全成績に関して、10年以上分のデータを蓄積している。本調査では、母豚約10万頭における約100万産次記録を用いた。収集した生産記録は、一定の条件の下に精査し、分析に不適切な生産記録は除外した。統計解析にはSASソフトウェアVersion 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) を用い、一般化線形混合効果モデル、ロジスティック回帰混合効果モデル、生存時間分析、Multilevel混合効果モデルを用いて分析を行った [3-6]。分析に使用した統計モデルは、Variance Inflation FactorやAkaike's Information Criterionを基に最適化を行った。

1) 高生産性農場とその他の農場における廃用までの日数及び繁殖成績の比較

繁殖母豚の廃用までに要する日数や廃用リスクは、農場の生産性と大きく関わっている [7]。そこで、繁殖母豚の廃用日数と廃用リスクの測定、廃用日数および廃用リスクと農場生産性の関連性について調査を行った。本調査より、生産性が高い農場の特徴として、「再交配後に廃用にされた繁殖母豚が少ない [8]」、「廃用日数が短く、交配前に問題のある繁殖母豚を積極的に廃用している [9]」、「農場全体の非生産日数が短く、離乳後7

表中の (a-b) は農場間の有意差を表す ($p<0.05$)

図2. 淘汰産次における、最後の交配から淘汰までの日数。基準値とは、各農場において、交配後に受胎しなかった母豚を淘汰するまでの基準日。実測値は、実際に交配後に受胎しなかった母豚を淘汰するまでに要した日数。農場の生産性に関わらず、実測値は基準値よりも長い、高生産性農場はその他の農場よりも淘汰の判断が早い。

日までに交配した母豚割合が高い [10]」、「母豚の一腹当たり死亡子豚数が少なく [11]、初回交配日数が短い [12]」ことが明らかになった (図2)。

2) 高生涯生産性と長期生存性を有する母豚や一腹当たり産子数の多い母豚の特性

繁殖母豚の生涯繁殖成績と長期生存性は、農場生産性の重要な項目であり、経済性に大きく関連している [13, 14]。そこで、高生涯繁殖成績および長期生存性を有する母豚 (HE-HL母豚) の特徴および関連因子を探索し、生涯繁殖成績と経済性の評価方法を調査した。HE-HL母豚の特徴として、HE-HL母豚は農場内に約20%存在し、初産から最終産次まで成績が良いこと、そしてHE-HL母豚の増加は農場の生産成績を向上させることを明らかにした [15] (図3)。また、HE-HL母豚を増やす指標として、2産次における分娩時総生存産子数が多いこと [16]、初回交配日数が短いことを発見した [17]。加えて、生涯繁殖成績の評価方法として、交配回数と分

図3. 生涯成績で分類した各母豚グループにおける各産次の一腹当たり生存産子数

優良成績母豚は、他の母豚よりも初産から成績が良い

図4. 各産次における分娩後の週別の死亡割合と、分娩後の生存確率の経時的変化。分娩前後において生存確率の低下が認められる

娩成績を考慮した経済性モデル [18] と繁殖生産性の評価方法であるベンチマーキングの手法 [1] を確立した。

3) 繁殖母豚における生存確率と死亡・安楽死の発生パターン及びそのリスク

繁殖母豚および繁殖雄豚の死亡は、農場にとって経済的損失であると共に、動物福祉への危惧を増加させる [19]。そこで、母豚の死亡の発生パターンとその対応策を調査した。母豚の死亡リスクを高くする要因は、初産の母豚および高産次の母豚で、特に分娩前後において死亡リスクが高いことを明らかにした [20] (図4)。その対応として、分娩誘発や分娩前後の介助が重要であるため、分娩日の予測のために妊娠期間について分析を行い、妊娠期間のバラつきは少ないこと、個々の母豚の反復性が高いことを明らかにした [21]。

2. 南九州の養豚生産農場を対象とした繁殖疫学の研究事例

上述した研究手法を駆使し、南九州の養豚生産農場を対象として、生産性や経済性の改善および動物福祉の向上を目的とした研究を繁殖疫学の手法で行ってきた。

1) 口蹄疫発生地域における口蹄疫発生前後の生産性の比較

2010年に発生した口蹄疫の被災地域を調査対象とし

て、口蹄疫発生前後の生産性を比較した。調査対象地域の児湯・川南地域では、口蹄疫清浄化後、地域としてオーエスキー病 (AD) と豚繁殖・呼吸障害症候群 (PRRS) を陰性として維持している。そこで、この特定疾病 (AD/PRRS) フリー地域における口蹄疫発生前後の生産性を調査した。特定疾病フリー地域内における一貫経営農場3農場より、口蹄疫発生前後における繁殖成績・肥育成績の生産記録を収集した。調査を実施した3農場において、一腹当たり生存産子数と離乳子豚数は経営再開前後で差がなかった。離乳時一腹体重は経営再開後のほうが重かった。肥育成績では、肥育中事故率が経営再開後で低かった。また、経営再開後における出荷日齢は再開前と比べて約20日早かった。本調査より、特定疾病フリー地域では経営再開後において良好な成績を示すことが示唆された [22]。

2) 宮崎県内の養豚生産農場を対象とした生産性の調査

上記した特定疾病フリー地域を中心として、特定疾病フリーの利点の定量化および飼養管理と生産性の関連性を明らかにするために、宮崎県内における養豚生産農場を対象とした生産性の調査を実施した。調査対象とする農場や生産成績の収集方法を検討するために、特定疾病フリー地域内の農場を中心とする新生養豚プロジェクト協議会、みやざき養豚生産者協議会、宮崎県経済農業協同組合連合会、宮崎県畜産協会、みやざき農業共済組合、NOSAI連宮崎、開業養豚獣医師と協議を行っている。

3) かごしま黒豚の繁殖成績および生涯成績の調査

かごしま黒豚は鹿児島で主に使用されているパークシャー種であり、著名な銘柄豚の一つであるが、繁殖成績や生涯成績の傾向や定量はほとんど行われていない。そこで、かごしま黒豚の産次別の繁殖成績や生涯成績の調査を実施した。解析結果として、日本で一般的に使用されているF1種と比較して、かごしま黒豚のパークシャー種は総産子数や生存産子数が少なかったが、産次間の傾向は同等であった (図5)。パークシャー種のみならず、純系種の繁殖成績の報告は少なく、繁殖成績向上を目的とした標準値および目標値を設定するために

分娩成績			離乳・交配成績		
項目名	パークシャー	交雑種	項目名	パークシャー	交雑種
妊娠期間	114.8 ± 1.3日	115.1日	授乳期間	31.0 ± 3.2日	24.4日
総産子数/腹	8.9 ± 2.8頭	12.1頭	離乳子豚数/腹	8.0 ± 1.8頭	10.4頭
生存産子数/腹	8.4 ± 2.7頭	11.4頭	哺乳中死亡率	5.0 ± 9.7%	8.8%
死産子豚数/腹	0.5 ± 1.0頭	0.7頭	離乳時子豚体重	7.3 ± 0.7kg	7.8kg
死産子豚割合/腹	5.8 ± 9.9%	5.9%	離乳後初回交配日数	9.6 ± 12日	8.0日
生時子豚体重	1.43 ± 0.1kg	1.44kg	分娩率	82.0 ± 0.4%	87.1%

図5. パークシャー種とF1交雑種の繁殖成績の比較

も、今後多数の農場記録を収集することが重要である [23].

3. 黒毛和牛における死産および難産の発生リスクと関連する要因の探査

農林水産省生産流通消費統計課が行った畜産統計調査によれば、黒毛和種牛の飼養戸数は年々減少する一方で、1農場あたりの飼養頭数は増加傾向にあり、少頭数飼育から多頭経営へと推移してきている。この多頭化と反比例して、黒毛和種牛の繁殖成績は年々低下しており、家畜改良技術研究所の受胎調査成績によれば、ここ20年で黒毛和種牛の受胎率は約10%低下している。さらに、黒毛和種牛繁殖農場は、国際競争力の激化や飼料や資材の高騰などの問題を抱えており、生産現場では繁殖成績を向上させる効率的な飼養形態の確立が求められている [24].

ブタやニワトリと比較して、ウシでは繁殖疫学を用いた研究手法が十分に活用されていない。日本では、2001年に牛海綿状脳症（BSE）が初めて国内で確認されたことを発端に個体識別番号システムが導入され、生産イベントや血統情報などの大規模なデータベースを築き上げている。近年、乳用牛の牛群健康管理の指標と繁殖成績の関連性について、繁殖疫学的手法を用いた研究が報告されているが [25, 26]、黒毛和種牛に対する報告は少ない。そこで、繁殖黒毛和種牛の生産記録を用いて、以下の調査を実施した。

1) 黒毛和牛の繁殖成績の定量化と産次、季節、飼養規模との関連性

産次や季節などの環境要因や飼養規模が繁殖成績に与える影響を定量するため、宮崎市近郊における黒毛和牛の繁殖農家826戸を対象として、2006年4月から2010年3月に宮崎市およびその近郊で分娩した13,186頭における延べ34,763の生産記録を用いて調査を行った（未発表論文のデータ）。記述統計（平均±標準偏差）として、分娩間隔は 403.6 ± 5.92 日、平均産次は 4.9 ± 2.88 産、分娩から初回種付けまでの日数は 80.0 ± 46.21 日、分娩から受胎までの日数は 111.9 ± 76.67 日、初回種付けに対する受胎率は $53.5 \pm 49.86\%$ 、人工授精回数は 1.60 ± 0.95 回であった。初産から6産までの間では、分娩から初回種付けまでの日数は差が見られなかった。一方、初産から3産までの母牛は6産以上の母牛よりも受胎率が高かった。また、冬・春に分娩・種付けをした母牛は夏・秋と比べて、分娩から初回種付けまでの日数が長く、受胎率が低かった。飼養規模の影響として、大規模農家は小規模農家と比較して、分娩から初回種付けまでの日数が短く、受胎率が高かった。受胎率に対する季節の影響は飼養規模によって異なり、小規模および中規模農家では、冬・春に

図6. 黒毛和牛の分娩から初回種付けまでの日数および初回AI受胎率の、農場規模間および季節間の比較

種付けした母牛は夏・秋よりも受胎率が低かったが、大規模農家では季節間による差がみられなかった(図6).

2) 黒毛和牛の死産および難産に関連するリスク因子およびその後の繁殖成績

黒毛和牛における死産および難産に関連するリスク因子を探査するために、上述した生産記録と共に、死産及び難産に関する診療記録を用いて調査を行った。全体の平均として、死産率は2.46%、難産率は8.55%、妊娠期間は289.7日であった。冬および春において、死産・難産のリスクは高くなった。また、初産牛および妊娠日齢が極端に短い(280日以下)または長い(301日以上)ウシにおいても死産・難産のリスクが高くなった。難産の原因別の頻度割合は、胎仔過大が39.7%と最も多く、次いで失位が24.9%と多く見られた。胎仔過大による難産は妊娠日齢が301日を超えた際にリスクが高くなったが、一方失位による難産は妊娠日齢が280日以下の際にリスクが高くなった [27]。また、死産および難産したウシの次産次における繁殖成績について調査を行い、死産および難産したウシは正常産のウシよりも受胎率が約10%低下し、次産次における死産リスクが約1%高くなることを明らかにした [28].

4. まとめ

繁殖疫学的手法は上述したように国内ではまだまだあまり普及していない新しい分野である。しかしながら、この手法は産業動物における生産システムの情報の整理および統合や、現状把握および問題点の発見に役立てることができる。今後、更なる飼養形態の変化、国際競争の激化、飼料や資材の高騰が予想される中、生産性向上に結びつく「科学的数値に基づいた飼養管理」を確立することが重要である。

当研究室では、生産者や臨床獣医師、生産現場に携わる関係団体と共に、生産性や疾病リスクに関与しているリスク因子を特定し、全国のモデルとなる安全・安心で

収益性の高い畜産業を構築するための知見を得ることを目的とし研究を行っている。現在は、養豚、繁殖和牛、乳牛、肉用鶏を対象として、多種多様な解析を実施している。今後も、「大学から生産現場への貢献」を主眼において、現場のデータを収集し、生産性の改善や動物福祉の向上のための知見を得ること、そしてその知識を現場の生産者とその獣医師へ普及することを大きな目的とする。

引用文献

1. Koketsu Y, et al. : Benchmarking in animal agriculture: Concepts and applications, *J Vet Epidemiol*, 14, 105-117 (2010)
2. Koketsu Y : Production epidemiology in animals : Study design, *Bull Fac Agric, Meiji Univ.* 138, 41-64 (2004)
3. Littell RC, et al. : SAS for mixed models, 2nd ed., Cary, NC: SAS Inst. (2006)
4. Littell RC, et al. : Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures, *J Anim Sci*, 76, 1216-1231 (1998)
5. Le Coz Y, et al. : Effect of weaning-to-conception interval and lactation length on subsequent litter size in sows, *Livest Prod Sci*, 51, 1-11 (1997)
6. Singer JD : Using SAS proc mixed to fit multilevel models, hierarchical models, and individual growth models, *J Educ Behav Stat*, 23, 323-355 (1998)
7. Dial GD, et al. : Reproductive failure: differential diagnosis. In: *Diseases of swine*. Leman AD, et al. ed. 7th ed., 88-137, Iowa State University Press (1992)
8. Sasaki Y, Koketsu Y : Reproductive profile and lifetime efficiency of female pigs by culling reason in high-performing commercial breeding herds, *J Swine Health Prod*, 19, 284-291 (2011)
9. Sasaki Y, Koketsu Y : Culling intervals and culling risks in four stages of the reproductive life of first service and reserviced female pigs in commercial herds, *Theriogenology* 73, 587-594 (2010)
10. Koketsu Y, Sasaki Y : By-parity nonproductive female days in commercial swine herds, *J Vet Med Sci*, 71, 263-267 (2009)
11. Hoshino Y, et al. : A high percentage of pigs born dead in litters in high-, intermediate- and low-performing herds, *J Vet Med Sci* 71, 1579-1583 (2009)
12. Saito H, et al. : Associations between age of gilts at first mating and lifetime performance or culling risk in commercial herds, *J Vet Med Sci*, 73, 555-559 (2011)
13. Lucia Jr T, et al. : Estimation of lifetime productivity of female swine. *J Am Vet Med Assoc*, 214, 1056-1059 (1999)
14. Lucia Jr, T, et al. : Lifetime reproductive performance in female pigs having distinct reasons for removal. *Livest Reprod Sci*, 63, 213-222 (2000)
15. Sasaki Y, Koketsu Y : Sows having high lifetime efficiency and high longevity associated with herd productivity in commercial herds, *Livest Sci*, 118, 140-146 (2008)
16. Sasaki Y, et al. : Consecutive reproductive performance after parity 2 and lifetime performance in sows that had reduced pigs born alive from parity 1 to 2 in Japanese commercial herds, *Livest, Sci*, 139, 252-257 (2011)
17. Saito H, et al. : The occurrence of decreased numbers of pigs born alive in parity 2 sows does not negatively affect herd productivity in Japan, *Livest Sci*, 128, 189-192 (2010)
18. Takai Y, et al. : Comparisons in economic returns between double- and triple matings in female pigs in commercial herds, *J Vet Epidemiol*, 14, 47-54 (2010)
19. Deen J, Xue JL : Sow mortality in the US: An industrywide perspective, *Proc AD Leman Swine Conf* 26, 91-94 (1999)
20. Sasaki Y, Koketsu Y : Mortality, death interval, survivals, and herd factors for death in gilts and sows in commercial breeding herds, *J Anim Sci*, 86, 3159-3165 (2008)
21. Sasaki Y, Koketsu Y : Variability and repeatability in gestation length related with litter performances in female pigs on commercial farms, *Theriogenology*, 68, 123-127 (2007)
22. Sasaki Y, et al. : The impact of eradication of AD and PRRS on reproductive and growth performance on Japanese swine commercial farms, *Proceeding of American Society of Animal Science / American Dairy Science Association Midwestern Sectional Meeting* (2013)
23. Sasaki Y, et al. : An assessment of reproductive and lifetime performances of Kagoshima Berkshire gilts and sows, *Anim Sci J*, 85, 213-218 (2014)
24. Osawa T : International perspectives on the impacts of reproductive technologies on food production in Asia. *Adv Exp Med Biol*, 752, 213-228 (2014)
25. Nakada K, et al. : Benchmarks and reports for dairy

- herd health management of grassland farming in northern Japan: the Hamanaka study, J Vet Epidemiol, 16, 17-18 (2011)
26. Nakada K : Shall we start epidemiological study using production data in Japanese dairy farms? J Vet Epidemiol 17, 5-9 (2013)
27. Uematsu M, et al. : Risk factors for stillbirth and dystocia in Japanese Black cattle. Vet J 198, 212-216 (2013)
28. Sasaki Y, et al. : Effects of stillbirth and dystocia on subsequent reproductive performance in Japanese Black cattle, Vet J, 200, 462-463 (2014)

Concepts and applications of reproductive epidemiology in livestock production

Y. Sasaki^{1, 2) †}

- 1) *Organization for Promotion of Tenure Track, and*
 2) *Center for Animal Disease Control, University of Miyazaki*

ABSTRACT In livestock production, it is difficult to quantify possible risk factors affecting productivity, because production-related problems typically involve several interacting factors. Reproductive epidemiology is an essential tool for assessing production problems. It identifies the incidence rate, relative frequency and risk factors related to the problems using a large database obtained through livestock production. Livestock producers are undergoing changes in their standard operation procedures to improve production efficiency and to accommodate an increasing number of animals per farm. These changes include construction of a large database that contains records of animals, animal processing and other production-related events. However, the application of the database to livestock operation remains underutilized, because farmers or advisers have limited knowledge or time to perform epidemiological analysis. In order to identify problem areas and improve productivity, understanding production epidemiology is vital. This review provides the concepts of production epidemiology and explains how we can apply this tool to improve production efficiency using production data acquired from commercial livestock operations.

—**Key Words** : Epidemiology, Herd management, Production data, Database, Biostatistics

† Correspondence to : Yosuke Sasaki, (Organization for Promotion of Tenure Track, University of Miyazaki) 1-1, Gakuen Kibanadai-nishi, Miyazaki 889-2192, Japan
 TEL/FAX 81-985-58-7864 E-mail : yskssk@cc.miyazaki-u.ac.jp

.....Jpn. J. Large Anim. Clin. 5 (supple) : 232-237, 2015