

総説

牛伝染性リンパ腫（BLV）感染は国内で蔓延している。BLV 感染乳牛の経済損失について 12 農場のデータを使用し経済疫学研究を行った。BLV 感染による北海道内の年間の経済損失は 787,250,801 円と推定された。

畜産業支援のための経済学導入

中田悟史

合同会社 Raku epi

〒 086-0654 北海道野付郡別海町中春別 180-65

電話・FAX 番号 0153-76-2805 E-mail raku-epi@outlook.jp

【要約】

家畜感染症分野で経済学は普及していない。一方、現在の畜産を取り巻く経済的環境は極めて厳しく、生産者は生産性の向上のみならず、一層の経費の節減を求められている。産業動物臨床獣医師は日々家畜感染症の治療を行い農家経営の直接的損失の減少に取り組んでいる。病原体の伝播様式は、環境や生態系が強く関与しており、疾病の発生を病原体と宿主の免疫応答だけでは説明しきれない（病因多元論）。病因多元論の考え方で感染症をとらえる場合、疫学およびその手法が有効となる。さらに疫学的思考は経済学と親和性が高く、国内でも家畜感染症のもたらす損失について経済的評価は行われている。家畜衛生経済学は「今ある技術をどのように組み合わせることが防疫対策上最も効果的なのか？」を示すことができるため、必要な防疫対策の立案実行について生産者や獣医師、関係協力機関の合意が得られやすい。本稿は感染症の疫学や経済疫学の概要を解説し、国内で家畜感染症を対象に行った経済疫学研究について解説する。

キーワード：牛伝染性リンパ腫、疫学、家畜衛生経済学

はじめに

産業動物臨床の最も大きな目的は農家経営の向上である [8]。現在の畜産を取り巻く環境では、それぞれの畜産農家の経営上の強みを伸ばすより弱点を補ったほうがよい場合が多い（死亡や廃用の個体が減ることは畜産農家の直接的損失も減少し、間接的な損失も減少する）。

産業動物臨床獣医師の立場から、畜産農家の弱点を補強する場合「感染症」がテーマになることが多いと考えられるが、業務の多くは患者

の治療で終わってしまい冒頭で述べた産業動物臨床の目的まで達していない。

今回は畜産業支援のための経済学導入として、感染症による経済損失について紹介したい。

感染症の疫学

畜産業で問題になっている感染症の多くは、「病原体が特定されているにも関わらず病原体と宿主が複雑な相互関係を築きながら伝染する」という現象を示すため [14]、理解が難しい。これは多くの病原体が不顕性感染をし、ある特定の状態の個体のみで発症が認められる。病原体の伝播様式は、環境や生態系が強く関与しており、疾病の発生を病原体と宿主の免疫応答だ

投稿：2022年9月30日

受理：2022年9月30日

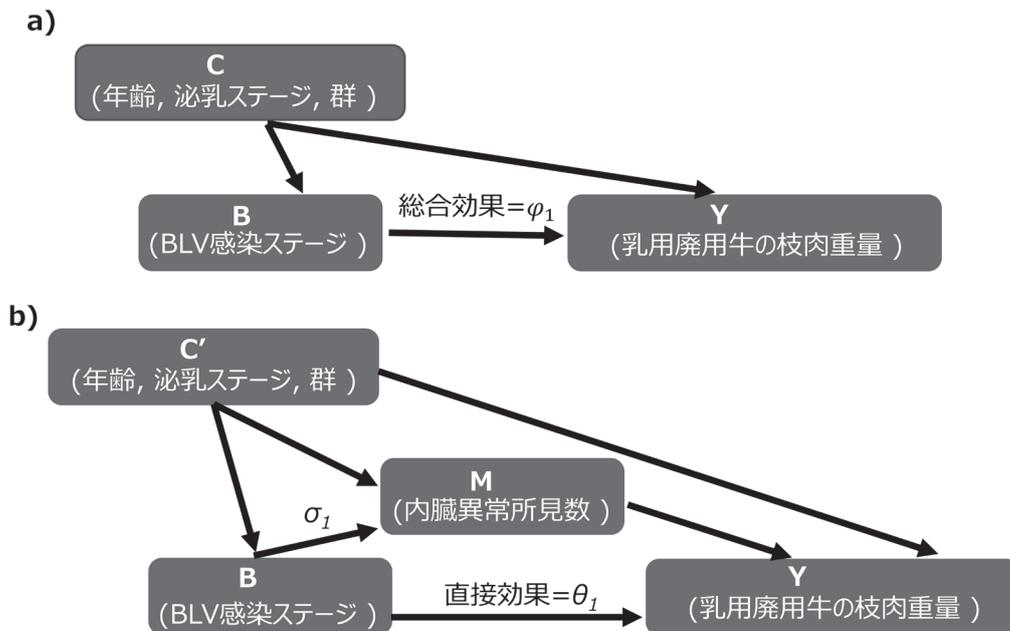


図1 因果関係網

Nakadaら [11] を例に。乳用廃用牛の枝肉重量現象のメカニズムとして、BLV感染ステージ、年齢、泌乳ステージ、牛群を想定しており、BLV感染ステージによる枝肉重量減少は総合効果として評価される (a)。さらに内臓異常所見数の情報を追加することで、BLV感染ステージが内臓異常所見数を増加させ媒介的に枝肉重量減少させる効果と、BLV感染ステージが直接的に枝肉重量減少させる効果が評価できる (b)。注：本図は [11] に掲載されている。

けでは説明しきれない (病因多元論) [16]。病因多元論の考え方で感染症をとらえる場合、疫学およびその手法が有効となる。疫学およびその手法で農家経営の向上取り組んだ研究として Makita らの研究が挙げられるが [9]、同氏が述べているように、疫学研究に必要なのは臨床獣医師の観察力に基づく仮説の設定である [8]。仮説に基づく因果関係網を作成し、それらの因子を定量的に計測することで臨床獣医師が日々向き合っている感染症に対して理解が深まる (図 1)。

経済疫学

畜産業の成功のカギは、家畜に快適な住み家と清潔で適切な栄養が含まれる餌を適量提供することである。同じ農業でも畑作や稲作では、作物に適切な住み家を提供するために土壌改良をし、適切な養分を提供するために土壌診断に基づき施肥が行われる。穀物や青果では疾病対策や経済評価が進んでおり、経済的に合理性をもつ薬剤や資材が市場で流通している。

一方畜産業では疾病については対策よりも治

療法の研究が進んでおり、このため疾病対策による経済評価は普及していない [16]。

家畜疾病のもたらす経済的評価は直接的損失と間接的損失 (表 1)、対策の費用などを用いて決定分析、費用便益分析などを行う [14]。Isoda らは牛伝染性下痢粘膜病対策についてシナリオツリーモデルでワクチン未接種牛、未経産牛の持続感染牛の摘発検査に加えて導入牛の検査も実施することが、費用対効果が大きいことを示し、現在実施されているバルク乳による持続感染牛の摘発も有効であることを示した [4]。このように家畜衛生経済学は「今ある技術をどのように組み合わせることが防疫対策上最も効果的なのか？」を示すことができる。病因多元論の考え方で感染症をとらえる場合、感染対策も複数組み合わせることになり、生産者に新たな作業や経済的負担を強いることになる。生産者が感染対策に費やす労働力や費用を軽減させるためには経済疫学の視点で感染症を見る目を養う必要がある。

表1 家畜疾病によりもたらされる経済的損失

	項目	内容
直接的損失	死亡 廃用	収入、生産性の消失
	生産性の減少	乳量、増体性の低下
	生産物の質の低下	高体細胞、乳成分の低い乳
	繁殖成績の低下	不受胎、流産
間接的損失	家畜そのものの価値の低下	市場価格の低下
	治療や予防にかかるコスト	薬剤やワクチン、診療代
	公衆衛生面	人獣共通感染症
	精神衛生面	法令殺による生産者への精神的苦痛
	輸出入面での影響	豚熱の発生
	遺伝改良への影響	死亡や不妊による遺伝資源の喪失

[14, 16] を一部改変した。

1. 牛伝染性リンパ腫 (BLV) 対策における感染症疫学

牛伝染性リンパ腫 (BLV) はヨーロッパを除き世界中で感染が確認されているが、BLV 感染牛の淘汰に対し国による補償が整備されていないため、防疫対策は進んでいない。日本でも地方病性牛白血病 (EBL) は 1998 年から届け出対象となり、届け出件数は年々増加している。しかし BLV 感染牛の 60～70% は無症状キャリアーであり、約 30% は持続性リンパ球増多症 (PL) を呈するが、臨床的には正常であるとされ、畜産農家や獣医師も BLV 感染による牛の健康被害について理解が進んでいない。さらに BLV は牛の B リンパ球に感染するため、感染牛の血液、乳汁が感染源となるが、吸血昆虫による機械伝播や、感染牛との接触や直腸検査や注射針の使いまわしなどの医療行為による水平伝播、また、胎内感染や経乳感染も成立するため感染対策も複雑となる [1]。日本では、農林水産省は 2015 年に「牛白血病に関する衛生対策ガイドライン」を策定し、BLV 感染牛の摘発と隔離、BLV 感染牛の摘発と感染リスクを下げる管理を推奨している [7]。これらの感染対策に加え、BLV 抵抗性遺伝子を保有する牛の選抜やワクチンの開発も行われている

[3]。牛群内で BLV 感染牛が少ない場合は摘発と淘汰、BLV 感染牛が多い場合は摘発と管理による感染防止対策は、家畜衛生経済学的にも合理的であるとされている [3]。アメリカでは PL 牛と高ウイルス血症 (H-PVL) 牛の隔離もしくは淘汰を進めることで牛群の生産性を維持し BLV 感染率を低下できたと報告している [13]。また防虫ネットの設置による機械伝播の防止対策も有効であり、夏季の BLV 陽転率を低下させたと報告している [5]。しかし BLV 感染牛の摘発と管理による感染防止対策実施には日常の生産活動の変更とそれに伴う費用負担が発生する。これらの対策の普及には、畜産農家や関係機関、及び行政の牛群レベルでの BLV 感染による経済損失についての理解が必須である。

2. 牛伝染性リンパ腫 (BLV) 感染症における経済疫学

2009 から 2011 年に実施された全国規模の BLV サーベイランスでは乳牛の BLV 感染率は 35.2%であった [10]。日本では EBL の届け出件数は 10 年前と比較し 2 倍に増加しており、乳牛の飼養比率の高い北海道でも同様であることから、BLV 感染は拡大していると考えられ

る。H-PVL 牛は EBL 発症リスクが高く [6]、臨床型乳房炎の症状も重症である [15]、肉牛も同様に H-PVL 牛は寿命が短いことが報告されている [2]。これらの先行研究の結果から、我々は BLV 感染症における経済疫学研究を行った。乳牛の場合、乳生産が主要な収益源であるため BLV 感染牛の乳生産性について調査した。

BLV 感染牛の乳生産性に関しては H-PVL 牛の半数は分娩後約 50 日で潜在性乳房炎に罹患しており、H-PVL 牛 1 頭あたり乳生産の関する経済損失は 43,952 円 / 年であることが分かった。一方、低ウイルス血症 (L-PVL) 牛の乳生産性は非感染牛の有意差が確認できなかった [12]。

また国が策定したガイドラインでは、BLV 感染対策として摘発と隔離を推奨しているが、感染牛が多数存在する場合は淘汰も選択肢とな

りうる。乳用廃用牛の枝肉は牛肉生産の約 10% を占めており、主要な牛肉の供給元である。そこで BLV 感染乳用廃用牛の枝肉生産性についても調査した。H-PVL 牛を除籍し乳用廃用牛として出荷した場合 1 頭当たりの経済損失は 17,024 円であった [11]。北海道内の H-PVL 牛の乳生産の関する経済損失は 640,208,633 円 / 年であり表 2 の方法で算出した。

さらに北海道内の H-PVL 牛を乳用廃用牛として出荷した場合の経済損失は 147,042,168 円 / 年であった。BLV 感染症については健康被害や経済損失が明らかになっていないため積極的な対策が行われてこなかったが、健康被害による経済損失が予想以上に大きいことが分かった。

おわりに

現在の畜産業を取り巻く環境は極めて厳し

表2 北海道内の年間の BLV 感染に関連する乳房炎についての経済損失の推定 (95% 信頼区間)

項目	説明	金額
$Loss_{scmas}_{HPVL}$ (i)	北海道内の H-PVL 牛の臨床型乳房炎による損失	636,682,961 (581,523,977 to 697,158,397)
$Loss_{red}_{HPVL}$ (ii)	北海道内の H-PVL 牛の潜在性乳房炎による損失	390,878,348 (368,998,484 to 410,524,098)
$Loss_{HPVL}$ (iii) : (i) + (ii)	北海道内の H-PVL 牛の潜在性と臨床型乳房炎による損失	1,027,561,309 (950,522,461 to 1,107,682,495)
$Base_{cmas}$ (iv)	北海道内の H-PVL 牛の臨床型乳房炎による損失の基準値 (H-PVL 牛以外の牛の臨床型乳房炎による損失)	270,258,805 (184,351,328 to 368,590,374)
$Base_{scmas}$ (v)	北海道内の H-PVL 牛の潜在性乳房炎による損失の基準値 (H-PVL 牛以外の牛の潜在性乳房炎による損失)	117,093,871 (80,067,252 to 159,479,091)
$Base$ (vi) : (iv) + (v)	北海道内の H-PVL 牛の潜在性と臨床型乳房炎による損失の基準値	387,352,676 (264,418,581 to 528,069,465)
$Eloss$ (vii) : (iii) - (vi)	北海道内の BLV 感染関連する潜在性と臨床型乳房炎による損失の増加分	640,208,633 (579,613,029 to 686,103,880)
$Loss_{HPVLcow}$	H-PVL 牛 1 頭あたりの潜在性と臨床型乳房炎による損失	43,952 (31,030 to 62,966)
$Loss_{BLVcow}$	BLV 感染牛 1 頭あたりの潜在性と臨床型乳房炎による損失	21,711 (19,324 to 25,289)
$Loss_{nonHPVLCow}$	非 H-PVL 牛 1 頭あたりの潜在性と臨床型乳房炎による損失の基準値	16,061 (15,845 to 16,299)
$Eloss_{cow}$	BLV 感染牛 1 頭あたりの潜在性と臨床型乳房炎による損失の増加分	27,891 (15,185 to 46,667)

Nakada ら [12] を例に。ここでの経済損失の計算には間接的損失は考慮していない。

注：本表は [12] に掲載されている。

く、生産者は生産性の向上のみならず、一層の経費の節減を求められている。このような環境下では国内で多数存在している BLV 感染牛のうち H-PVL 牛を積極的に除籍することは、農場の生産性の向上のみならず、経費の節減にも寄与すると考えている。

引用文献

- [1] Alessa Kuczewski, Karin Orsel, Herman W Barkema, Steve Mason, Ron Erskine, Frank van der Meer. 2021. Invited review: Bovine leukemia virus-Transmission, control, and eradication. *J Dairy Sci.* 104(6):6358-6375. doi: 10.3168/jds.2020-18925.
- [2] Benitez O.J., Norby B., Bartlett P.C., Maeroff J.E., Grooms D.L. Impact of bovine leukemia virus infection on beef cow longevity. *Prev. Vet. Med.* 2020;181:105055. doi: 10.1016/j.prevetmed.2020.105055.
- [3] EFSA. 2015. Enzootic bovine leukosis. 2015. *EFSA J.* 13(7):4188.
- [4] Isoda, N., A. Asano, M. Ichijo, H. Ohno, K. Sato, H. Okamoto, S. Nakao, H. Kato, K. Saito, N. Ito, A. Usui, H. Takayama, and Y. Sakoda. 2019. Assessment of the cost effectiveness of compulsory testing of introduced animals and bulk tank milk testing for bovine viral diarrhoea in Japan. *J. Vet. Med. Sci.* 81(4):577-585.
- [5] Kohara J., Takeuchi M., Hirano Y., Sakurai Y., Takahashi T. 2018 Vector control efficacy of fly nets on preventing bovine leukemia virus transmission. *J. Vet. Med. Sci.* 80(10): 1524-1527.
- [6] Kobayashi T., Inagaki Y., Ohnuki N., Sato R., Murakami S., Imakawa K. Increasing Bovine Leukemia Virus (BLV) Proviral Load Is a Risk Factor for Progression of Enzootic Bovine Leucosis: A Prospective Study in Japan. *Prev. Vet. Med.* 2020;178:104680. doi: 10.1016/j.prevetmed.2019.04.009.
- [7] 農林水産省 2015 牛白血病に関する衛生対策ガイドライン https://www.maff.go.jp/j/syouan/douci/pdf/eb1_guide.pdf
- [8] 蒔田浩平 2013 疫学によるエビデンスに基づく獣医療 家畜感染症学会誌 2 (3) :117-120
- [9] Makita, K., Tobinaga, T., Kadowaki, H. and Yamamoto, H. 2013. The effects of the types of post milking teat disinfectants on the occurrence and cost of mastitis caused by *Staphylococcus aureus* among dairy herds in Okhotsk, Japan. *J. Vet. Epidemiol.* 17(2)
- [10] Murakami, K., Kobayashi, S., Konishi, M., Kameyama, K., Tsutsui, T., 2013. Nationwide survey of bovine leukemia virus infection among dairy and beef breeding cattle in Japan from 2009-2011. *J. Vet. Med. Sci.* 75, 1123-1126. <https://doi.org/10.1292/jvms.12-0374>.
- [11] Nakada, S., Y. Fujimoto, J. Kohara, Y. Adachi, and K. Makita. 2021. Estimation of economic loss by carcass weight reduction of Japanese dairy cows due to infection with bovine leukemia virus. *Prev. Vet. Med.* 198:105528.
- [12] Nakada, S., Y. Fujimoto, J. Kohara, and K. Makita. 2022 Economic losses associated with mastitis due to bovine leukemia virus infection. *J Dairy Sci.*(in press)
- [13] Ruggiero, V. J., B. Norby, O. J. Benitez, H. Hutchinson, K. R. B. Sporer, C. Droscha, C. L. Swenson, and P. C. Bartlett. 2019. Controlling bovine leukemia virus in dairy herds by identifying and removing cows with the highest proviral load and lymphocyte counts. *J. Dairy Sci.* 102(10):9165-9175.
- [14] 獣医疫学会. 2011. 獣医疫学—基礎から応用まで—〈第二版〉. 近代出版.
- [15] Watanabe A., Murakami H., Kakinuma S., Murao K., Ohmae K., Isobe N., Akamatsu H., Seto T., Hashimura S., Konda K., et al. Association between bovine leukemia virus proviral load and severity of clinical mastitis. *J. Vet. Med. Sci.* 2019;81:1431-1437. doi: 10.1292/jvms.19-0285.
- [16] 山根逸郎 2005 獣医疫学実用ハンドブック チクサン出版社

Bovine leukemia virus (BLV) is endemic on Japanese dairy farms. Economic epidemiological study was conducted to estimate the economic loss BLV infection using data from 12 dairy farms. The annual economic loss in Hokkaido Prefecture due to BLV infection was estimated at 787,250,801yen.

Introduction to Economics for Supporting the Livestock Industry

Satoshi Nakada

LLC Raku epi

180-65 Nakasyunbetsu, Betsukai, Notsukegun, Hokkaido 086-0654, Japan

Tel Fax number +81-153-76-2805 E-mail raku-epi@outlook.jp

[Abstract]

Economics is not widespread in the field of livestock infectious diseases. On the other hand, the current economic environment surrounding livestock farming is extremely severe, and producers are required not only to improve productivity but also to further reduce costs. Livestock clinical veterinarians are working to reduce direct losses to farmers by treating livestock infectious diseases on a daily basis. The route of transmission of pathogens is strongly related to the environment and ecosystem, and disease outbreaks cannot be explained solely by the immune response of the pathogen and host (etiologic pleiotropism). Epidemiology and its methods are effective in understanding infectious diseases from the viewpoint of etiologic pluralism. Furthermore, epidemiological thinking has a high affinity with economics, and economic evaluation of losses caused by livestock infectious diseases has been conducted in Japan. The economics of livestock hygiene can show “how to combine existing technologies for the most effective quarantine measures?” Therefore, it is easy to obtain the agreement of producers, veterinarians, and related cooperative organizations on the planning and implementation of necessary quarantine measures. This paper provides an overview of the epidemiology and economic epidemiology of infectious diseases, and describes the economic epidemiological research conducted on livestock infectious diseases in Japan.

Keywords: Bovine leukemia virus (BLV), Epidemiology, Economics of livestock hygiene