

## 飼養衛生から見た乳牛のサルモネラ症発生要因 に関する一考察

草刈直仁<sup>1)†</sup> 仙名和浩<sup>1)</sup> 及川 学<sup>1)</sup> 平井綱雄<sup>2)</sup>

1) 北海道立総合研究機構畜産試験場 (〒081-0038 上川郡新得町字新得西5線39)

2) 北海道立総合研究機構根釧農業試験場 (〒086-1135 標津郡中標津町旭ヶ丘7)

(2011年11月4日受付・2012年5月15日受理)

### 要 約

道内酪農場169戸を対象に過去8年間のサルモネラ(S)症発生状況と乳牛飼養衛生管理方式との関連を疫学的に解析した。S症は8～10月に多発し、発生農場(n=21)のフリーストール飼養率は非発生農場に比べて有意に高く、飼養頭数も有意に多かった。詳細なデータが得られた11発生事例のうち7事例では泌乳前期の牛が初発であり、発生時の同居経産牛2,447頭の糞便S検査では、他の泌乳ステージに比べ泌乳前期の牛で最も保菌率が高かった。9月の乳成分検査では、乳蛋白質率2.8%未満を示す泌乳初期牛(分娩後31～60日)の割合が、非発生農場に比べ発生農場で有意に高かった。以上の結果は、頭数規模拡大に伴う集約的な飼養形態に加え分娩後に乳蛋白質率が低下するようなルーメン発酵の減退が酪農場でのサルモネラ症発生の一因となっている可能性を示している。

——キーワード：乳牛，飼養頭数，泌乳ステージ，乳蛋白質率，サルモネラ。

----- 日獣会誌 65, 757～761 (2012)

成牛でのサルモネラ症の発生は、1990年代以降、搾乳牛を中心に急激に増加するようになった。搾乳牛におけるサルモネラ症は、発熱、下痢、流早死産などを引き起こし、死産及び乳量減少、抗菌剤投与に伴う生乳廃棄など、発生農場に多大な経済的損失を生じる [1-3]。

サルモネラの感染や菌の排泄を増加させる要因として、これまで多頭数飼養、フリーストールなどを用いた集約的管理、飼槽の表面材質や構造、連続水槽、ルーメンpHの上昇、分娩、健康状態の悪化並びに暑熱環境などが指摘されている [4-7]。しかしながら、サルモネラ症の予防対策に結びつく要因解明については、いまだ十分とは言い難い状況にある。

一方、この十数年の間に、国内外における乳牛の高泌乳化がすすみ、搾乳牛の栄養要求量が増大している。このような乳量の増加に対応し、分娩後に濃厚飼料を多給された牛では潜在性のルーメンアシドーシスを呈し、繊維分解菌の死滅による乾物摂取量の低下から負のエネルギーバランスに陥る牛が多いとされている [8, 9]。

そこで、本研究では、サルモネラ症の予防対策に結び

つく発生要因の解明を目的として、北海道東部の2地域において、過去8年間のサルモネラ症発生状況と農場の飼養衛生管理、並びに牛の乳生産データを疫学的に調査した。

### 材料及び方法

北海道東部に位置する2町169農場について、1999～2006年の8カ年に亘ってサルモネラ症の発生記録を調査した。また、2005年に各農場の飼養形態及び飼養衛生管理について、アンケート形式で調査を実施した。さらに、各農場の乳用牛群能力検定成績(以下、牛群検定成績)及びバルク乳成分データを収集した。

サルモネラ症の発生記録をもとに8カ年の間に1度でも本症の発生がみられた農場を発生農場(n=21)、一度も発生のなかった農場を非発生農場(n=148)として分類した。これらの農場のアンケート調査記録をもとに、飼養形態(つなぎ飼養またはフリーストール飼養)、経産牛飼養頭数規模、放牧実施の有無、飼槽の構造及び清掃頻度、給餌方式(分離・混合)、給水方式(ウォー

† 連絡責任者：草刈直仁(北海道立総合研究機構根釧農業試験場)

〒086-1135 標津郡中標津町旭ヶ丘7 ☎0153-72-2002(直通) FAX 0153-73-5329

E-mail: kusakari-naohito@hro.or.jp

ターカップ・給水槽), 牛舎施設の洗浄・消毒頻度, 長靴用消毒槽設置の有無, 車両消毒用の消石灰散布, 外部からの牛の導入, 並びに野生鳥獣の牛舎内侵入及びその防止対策の有無について, 発生農場と非発生農場との間で比較した。

サルモネラ症発生農場のうち11事例については, 発生時の個体記録をもとに初発牛を特定するとともに, 発生時の同居牛糞便材料及び飼養環境から採取したサンプルのサルモネラ検査データを収集した。この検査データから泌乳ステージごとのサルモネラ保菌率を算定した。

調査農場のうち2005年9月の牛群検定成績が得られた93戸分の個体乳成分検査データを, 2004~2006年にサルモネラ症の発生があった9農場とそれ以外の非発生農場に分けて, 日乳量, 乳脂肪率及び乳蛋白質率の農場平均値を算出した。一方, 泌乳初期の乳蛋白質率とエネルギー摂取量との間には正の相関が認められることから, エネルギーバランスの指標として乳蛋白質率が有用とされている [10, 11]。そこで, 各農場について乳蛋白質率2.8%未満を示す泌乳初期牛(分娩後31~60日)をエネルギーが著しく不足している牛と判定し, その割合を集計した。

各群の平均値についてのデータは, Man-WhitneyのU検定, パーセンテージについては $\chi^2$ 検定またはフィッシャーの直接確率計算法により, 有意差の有無を解析した。

### 成 績

**サルモネラ症発生農場における飼養形態及び管理方式:**サルモネラ症の発生は, 1999~2006年の8年間で25回起こっており, その発生時期は8~10月が92%(23/25)を占めていた。年間の発生率は, 1.9%であった。飼養衛生管理に関するアンケート調査結果をもとに, 発生農場と非発生農場の管理方式を表1に示した。非発生農場に比べ, 発生農場では経産牛飼養頭数が有意に多く(63頭 vs. 138頭,  $P < 0.05$ ), フリーストールの飼養形態をとる割合も高かった(29.1% vs. 57.1%,  $P < 0.05$ )。また, 飼槽の表面構造では, 非発生農場に比べて発生農場でコンクリート製の割合が有意に高く(80% vs. 100%,  $P < 0.05$ ), 樹脂製の24農場ではサルモネラ症の発生はみられなかった。残りの5農場では, タイル, ステンレスまたはアルミニウム製の飼槽が単独または併用で用いられていた。飼養衛生管理面では, 非発生農場よりも発生農場で有意に放牧実施率が低かった(50.3% vs. 15%,  $P < 0.01$ )。飲水器洗浄については回答率が60.9%(103/169)と低かった。

今回の調査農場を経産牛飼養頭数の規模別に区分してサルモネラ症の発生率を比較してみると, 経産牛頭数が多くなるにしたがって発生率が高くなる傾向が認められ

表1 サルモネラ症発生農場と非発生農場における飼養衛生管理状況

	発生農場 <sup>1)</sup>	非発生農場
平均飼養頭数(経産牛)	138 ± 131 <sup>a</sup>	63 ± 33 <sup>b</sup>
フリーストール飼養農場割合(%)	57.1 <sup>a</sup> (12/21)	29.1 <sup>b</sup> (43/148)
放牧利用戸数割合(搾乳牛)(%)	15.0 <sup>A</sup> (3/20)	50.3 <sup>B</sup> (73/145)
飼槽清掃回数(回/日)	1.15 ± 0.54	1.30 ± 0.72
飲水器洗浄回数(回/日)	0.18 ± 0.26	0.32 ± 0.48
コンクリート製の飼槽表面構造(%)	100 <sup>a</sup> (21/21)	80 <sup>b</sup> (116/145)
水平サイロによる飼料調整(%)	90.5 (19/21)	76.8 (109/142)
牛の導入(1年以内)(%)	42.9 (9/21)	30.1 (43/143)
野生鳥獣の牛舎内侵入(%)	76.2 (16/21)	82.4 (117/142)
野生鳥獣侵入防止対策実施(%)	26.3 (5/19)	26.9 (36/134)

1) 発生農場は過去8年間に本症の発生があった農場。数値は, 回答農場における平均値 ± 標準偏差または割合を示す。

A vs. B;  $P < 0.01$  a vs. b;  $P < 0.05$

表2 飼養頭数規模別に見た1農場当たりのサルモネラ症の年平均発生率

	経産牛の飼養頭数区分				P値
	<40	40~79	80~119	120≤	
調査農場数	34	92	23	20	・
発生農場数 <sup>1)</sup>	2	6	7	10	・
年平均発生率(%)	0.74	0.81	3.80	6.25	<0.01

1) 169農場において過去8年間に本症が発生した延べ農場数を示す。

た(表2)。経産牛頭数が80頭以上の農場(n=43)における年間のサルモネラ発生率は, 80頭未満の農場(n=126)のそれよりも有意に高かった(4.94% vs. 0.79%,  $P < 0.01$ )。

**サルモネラ症発生農場における発症及び保菌状況:**サルモネラ症発生農場のうち詳細なデータが得られた11事例(精査発生農場)について, 初発牛の特徴, 初回検査時のサルモネラ検出率を調べたところ, 成牛の発症によって検出されたのは8事例で, そのうち7事例は泌乳前期(分娩後29.6 ± 28.1日)の搾乳牛が初発であり, 他の1事例では同日に泌乳ステージの異なる複数頭での発生であった。残りの3事例は子牛の検査または治療時に発見され, 全頭の菌検査によって農場内の成牛での保菌が確認された事例であった。精査発生農場における起因菌の血清型はいずれもTyphimuriumであり, 同居牛のサルモネラ検出率は全体で6.5%, 終息までに要した期間は平均42.3日であった。また, 精査発生農場において初

表3 サルモネラ症発生農場の同居牛における乳期別の牛糞便中の菌検出率

農場	乳期区分				乾乳期
	泌乳前期 (1~100日) <sup>1)</sup>	泌乳中期 (101~200日)	泌乳後期 (201~300日)	長期泌乳 (301日以上)	
A	21/36 <sup>2)</sup>	10/23	16/44	14/24	3/19
B	3/80	1/69	2/67	0/32	0/41
C	2/29	2/25	3/29	1/21	0/16
D	1/40	0/14	0/29	0/18	0/15
E	5/103	0/105	0/105	0/45	2/73
F	4/30	0/15	1/29	0/21	0/22
G	19/29	12/21	2/10	6/8	4/14
H	2/23	0/20	1/21	0/15	0/15
I	2/11	0/17	0/13	2/23	0/6
J	1/112	0/108	0/117	0/54	0/50
K	11/133	2/121	2/114	0/87	3/86
全農場	71/626	27/538	27/578	23/348	12/357
菌検出率	11.3 <sup>Aa</sup>	5.0 <sup>B</sup>	4.7 <sup>B</sup>	6.6 <sup>bc</sup>	3.4 <sup>Bd</sup>

11農場, 2,447頭のデータを示す。

1) カッコ内は分娩後の泌乳日数。

2) 表中の数字は分母が乳期の全頭数, 分子がサルモネラ検出頭数を示す。

異文字間に有意差あり (A vs. B;  $P < 0.01$   
a vs. b 及び b vs. d;  $P < 0.05$ )

回の菌検査が実施された2,447頭の菌検出率を泌乳ステージ別に分類して比較したところ, 泌乳前期には他の泌乳ステージよりも菌検出率が有意に高かった (11.3% vs. 4.9%,  $P < 0.01$ , 表3)。

サルモネラ症発生農場における泌乳成績の特徴: 乳成分データが入手できた精査発生農場の平均日乳量は, 非発生農場のそれよりも多い傾向にあった (29.1kg/日 vs. 26.5kg/日,  $P = 0.07$ ) が, 乳脂肪率及び乳蛋白質率の平均値には差はなかった。しかしながら, 発生農場において泌乳初期牛 (分娩後31~60日) の乳蛋白質率が2.8%未満を示す牛の割合は44.0%と, 非発生農場の29.3%よりも有意に高かった ( $P < 0.05$ , 図)。

### 考 察

今回の調査において, サルモネラ症発生農場では, 非発生農場に比べてフリーストール飼養農場の割合が高く, 飼養頭数も多いという実態であった。米国の4州129戸の酪農場を調査したFosslerら [6] は, 経産牛を100頭以上飼養する農場は, それ未満の農場よりもサルモネラ保菌牛の検出率が高く, また, Callawayら [12] は搾乳頭数が平均800頭あまりである16農場の保菌牛検出率は56%と, これよりも頭数規模が小さい農場の保菌率 (27~31%) と比べ高かったと報告している。本調査で示された大規模農場でサルモネラ症発生率が高いという現象は, 頭数規模が大きく, フリーストールのような集約的な群管理をしている農場ほどサルモネ

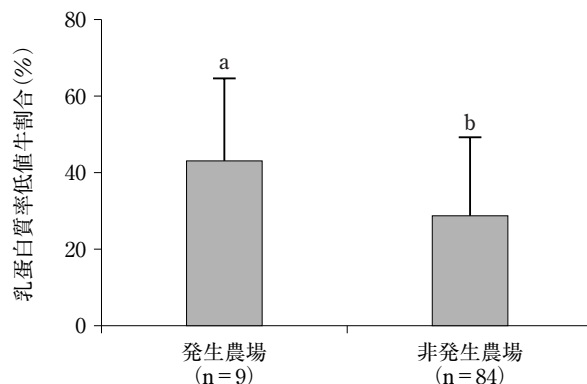


図 サルモネラ症発生農場及び非発生農場における乳蛋白質率低値 (エネルギー不足) を示した泌乳初期牛の割合  
2005年9月の牛群検定個体乳成分成績で比較  
乳蛋白質率低値牛割合 (%)  
= (泌乳初期牛のうち乳蛋白質率が2.8%未満の頭数/泌乳初期牛全頭数) × 100  
泌乳初期牛: 分娩後31~60日  
群間に有意差あり (a vs. b;  $P < 0.05$ )  
エラーバーは標準偏差を示す

ラ保菌牛検出率が高くなるというこれらの報告と類似した成績といえる。Hustonら [4] は, サルモネラ感染が飼養頭数規模の拡大に伴い, 牛房での混雑や牛群間の移動などのストレスが増大することに起因する可能性を指摘している。しかしながら, 牛群規模がサルモネラ感染に及ぼす影響についてはさらなる研究が必要と考えられる。

酪農家を対象に *Salmonella* Typhimurium (ST) による成牛型サルモネラ症の発生に関わる飼養管理要因について検討した山根ら [5] の報告では, 飼槽の表面材質, 給水方式 (連続水槽) 並びに搾乳施設床面の消毒不履行とサルモネラ症発生との間に関連が認められている。本調査において, 発生農場で給水槽を共有することになるフリーストール飼養の割合が高く, コンクリート製の飼槽表面割合が高かったという点ではこれと一致した成績といえる。他方, 感染症対策に一見有効と考えられる消毒槽の設置及び車両消毒用の消石灰散布については, 非発生農場よりも発生農場においてその実施率は高い傾向があった。しかしながら, 一般に頭数規模の大きなフリーストール飼養農場ほど踏み消毒槽の設置率や車両消毒用の消石灰散布実施率が高い傾向にあることから, 今回の成績はこれを反映した結果と考えられた。また, 発生農場で放牧を利用している割合は15.0%と低く, これも頭数規模が拡大するとともに放牧を実施することが管理上難しくなるという実態を反映した結果と考えられた。

米国での調査事例では, 泌乳ステージによる保菌率の違いは明らかでないとする報告が多い [6]。また, Edringtonら [13] は, 糞便へのサルモネラ排菌は泌乳

初期で高い傾向を示す時期もあったが一定せず、さらなる研究が必要と述べている。泌乳前期の牛は保菌率が高く、最初の発症例につながるケースが多いという今回の結果は、今日の酪農生産が高泌乳による負のエネルギーバランス及び群飼育から来るストレスに最も弱い [8, 9, 14] とされる分娩後の乳牛にとって、大きな負荷のかかる生産環境になっていることを示しているのかもしれない。

ルーメンフィステル牛を用いたサルモネラの感染実験では、ルーメン pH の上昇は菌数の増加を招き [7]、他方、ルーメン液の pH が低く、揮発性脂肪酸 (VFA) の産生が多い環境下ではサルモネラの菌数が減少するとされている [15]。ルーメン液の pH は、通常 5.3~7.5 の範囲にあるが、濃厚飼料を過剰に給与するとルーメン液 pH の著しい低下からルーメンアシドーシスの状態を呈し、これに伴い繊維分解菌が死滅することでルーメン発酵の減退を招き、採食量が著しく低下する [16-18]。このような牛では、採食量の低下と繊維分解菌の減少によって VFA の産生が減少してルーメン内 pH が上昇し、サルモネラの増殖を許すことになるものと推察される。

今回の調査結果から、サルモネラ症発生農場では、泌乳初期に乳蛋白質率が 2.8% 未満と著しく低下した牛の割合が非発生農場よりも有意に高いことがわかった。乳蛋白質率は、品種の違い、光周期の変化、泌乳ステージ並びに飼料摂取量などによって変動する。今回は、ホルスタイン種乳牛を飼養する農場間において、同一の季節かつ同じ泌乳ステージで比較しており、摂取飼料以外の影響はほとんどないと考えられる。また、泌乳初期のルーメン内菌体蛋白の合成は、一般にエネルギー摂取量に依存するとされている。可消化養分総量 (TDN) と分娩後の乳蛋白質率との関係を調べた扇ら [10] は、分娩前から泌乳前期にかけて TDN 充足率を 80% に設定した牛では、泌乳初期から乳蛋白質率が 2.8% 未満を示すと報告している。したがって、今回調査した発生農場では分娩前後にエネルギー不足からルーメン発酵能が低下した牛が多かったものと考えられた。今回の発生農場では泌乳初期の牛に乳蛋白質率の低い牛、すなわちルーメン発酵能が低下したものが多く存在し、サルモネラの保菌率も泌乳前期牛で最も高かったことから、サルモネラ症の発生防止にはこの時期のルーメン発酵を損なわない飼養管理を行うことが重要と考えられる。今後、経口的にサルモネラを摂取した場合に最初のバリアとなるルーメンの発酵状態に焦点を当てた研究が必要と考えられた。

結論として、本調査結果は、頭数規模の拡大に伴う集約的な飼養形態に加え、分娩後に乳蛋白質率が低下するようなルーメン発酵の減退が酪農場でのサルモネラ症発生の一因となっている可能性を示している。

稿を終えるにあたり、今回の農場調査並びに農場データ収集

に多大なるご協力をいただいた当該調査地域の家畜伝染病自衛防疫組合並びに関係機関の各位に深謝申し上げる。

## 引用文献

- [1] 阿部成章, 山中偉行, 立花 智, 加藤一典, 武隈俊和: 搾乳牛における *Salmonella* Heidelberg 及び *Salmonella* Infantis の集団感染, 日獣会誌, 49, 164-167 (1996)
- [2] 鮫島俊哉: 牛のサルモネラ症, 獣医感染症カラーアトラス, 見上 彪, 丸山 務編, 177-178, 文永堂出版, 東京 (1999)
- [3] 坪倉 操: 牛のサルモネラ症, 獣医伝染病学, 清水 悠紀臣, 鹿江雅光, 田淵 清, 平棟孝志, 見上 彪編, 第 5 版 122-123, 近代出版, 東京 (1999)
- [4] Huston CL, Wittum TE, Love BC, Keen JE: Prevalence of fecal shedding of *Salmonella* spp. in dairy herds, J Am Vet Med Assoc, 220, 645-649 (2002)
- [5] 山根逸郎, 筒井俊之, 志村亀夫, 濱岡隆文: *Salmonella* Typhimurium 感染による乳用牛の成牛型サルモネラ症の発生要因分析, 日獣会誌, 60, 645-649 (2007)
- [6] Fossler CP, Wells SJ, Kaneene JB, Ruegg PL, Warnick LD, Eberly LE, Godden SM, Halbert LW, Campbell AM, Bolin CA, Zwald AM: Cattle and environmental sample-level factors associated with the presence of *Salmonella* in a multi-state study of conventional and organic dairy farms, Prev Vet Med, 67, 39-53 (2005)
- [7] Bender JB, Sreevatsan S, Robinson RA, Otterby D: Animal by-products contaminated with *Salmonella* in the diets of lactating dairy cows, J Dairy Sci, 80, 3064-3067 (1997)
- [8] Butler WR: Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle, Anim Reprod Sci, 60-61, 449-457 (2000)
- [9] 中尾敏彦: 家畜の飼育管理と繁殖機能, J Reprod Dev, 47, j47-j52 (2001)
- [10] 扇 勉, 上村俊一: 乳牛における分娩前後のエネルギー水準が肝臓の脂肪沈着, 血液成分及び乳蛋白質率に及ぼす影響, 日獣会誌, 44, 992-999 (1991)
- [11] 佐藤 博, 花坂昭吾, 松本光人: 乳牛における血漿成分, 栄養摂取, 牛乳尿素, 乳脂率及び乳蛋白質率の関係, 日畜会報, 63, 1075-1080 (1992)
- [12] Callaway TR, Keen JE, Edrington TS, Baumgard LH, Spicer L, Fonda ES, Griswold KE, Overton TR, VanAmburgh ME, Anderson RC, Genovese KJ, Poole TL, Harvey RB, Nisbet DJ: Fecal prevalence and diversity of *Salmonella* Species in lactating dairy cattle in four states, J Dairy Sci, 88, 3603-3608 (2005)
- [13] Edrington TS, Schultz CL, Genovese KJ, Callaway TR, Loofer ML, Bischoff KM, McReynolds JL, Anderson RC, Nisbet DJ: Examination of heat stress and stage of lactation (early versus late) on fecal shedding of *E. coli* O157: H7 and *Salmonella* in dairy cattle, Foodborne Pathog Dis, 1, 114-119 (2004)
- [14] Grant RJ, Albright JL: Feeding behavior and management factors during the transition period in dairy cattle, J Anim Sci, 73, 2791-2803 (1995)

- [15] Chambers PG, Lysons RJ : The inhibitory effect of bovine rumen fluid on *Salmonella* Typhimurium, Res Vet Sci, 26, 273-276 (1979)
- [16] Russell JB, Wilson DB : Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH?, J Dairy Sci, 79, 1503-1509 (1996)
- [17] 小原嘉昭 : ルーメンの世界と乳生産のルミノロジー, ルミノロジーの基礎と応用—高泌乳牛の栄養生理と疾病対策—, 小原嘉昭編, 25-54, 農山漁村文化協会, 東京 (2006)
- [18] Obara Y, Motoi Y, Kikuchi F : Diurnal changes in rumen fermentation and blood properties in Holstein steers fed a concentrate mixture for fattening and rolled barley, Anim Sci Technol, 65, 217-225 (1994)

---

## Potential Risk Factors for Salmonellosis in Dairy Cows in Terms of Herd Management

Naohito KUSAKARI <sup>\*†</sup>, Kazuhiro SENNA, Manabu OIKAWA and Tsunao HIRAI

*\* Animal Research Center, Hokkaido Research Organization, 5-39 Shintoku-Nishi, Shintoku-cho, Kamikawa-gun, 081-0038, Japan*

### SUMMARY

The objective of the current study was to evaluate associations between herd management practices and the outbreak of salmonellosis in 169 dairy farms in 2 areas of eastern Hokkaido between 1999 and 2006. The majority of the outbreaks occurred between August and October. In 21 farms with a previous history of salmonellosis, free-stall housing was used more frequently and the size of the herd was larger than in those without a history. In 7 of 11 farms where detailed information was available, the first case of each outbreak was a cow within its first 100 days of lactation. *Salmonella* testing of a total of 2,447 lactating cows at outbreaks revealed a higher prevalence in this period during the whole lactation cycle. The percentage of lactating cows between 31 and 60 days postpartum that showed less than 2.8% of milk protein was significantly higher in dairy farms with a history of outbreaks than in those without history. These results indicate that, in addition to integrative herd management due to the expansion of herd size, the causes of decreased milk proteins postpartum or during early lactation, such as decreased ruminal fermentation, may also be a potential factor for the occurrence of increased outbreaks of salmonellosis in dairy cows.

—Key words : dairy cow, herd size, lactation period, milk protein percentage, *Salmonella*.

† Correspondence to : Naohito KUSAKARI (Konsen Agricultural Experiment Station, Hokkaido Research Organization)

7 Asahigaoka, Nakashibetsu-cho, Shibetsu-gun, 086-1135, Japan

TEL 0153-72-2002 FAX 0153-73-5329 E-mail : kusakari-naohito@hro.or.jp

—J. Jpn. Vet. Med. Assoc., 65, 757 ~ 761 (2012)