－資料－

北海道における家畜敷料の需給予測
－間伐木の敷料としての可能性－

堀江　秀夫

A Prediction of Supply and Demand of the Livestock Litter in Hokkaido
- A Possibility of the Livestock Litter Made from Thinned Tree -

Hideo HORIE

Key words : 家畜敷料，牛糞尿，木質廃棄物，間伐木
livestock litter, cattle manure, waste wood, thinned tree

1. はじめに

畜産業の盛んな北海道では，様々な家畜敷料が用いられている。現在，敷料は不足状態と言われているが，平成11年に「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律（通称，家畜排せつ物管理法）」が施行されたことにより，今後さらに不足することが予測されている。この法律では，平成16年から堆肥化中の家畜糞尿が河川や地下水の汚染源とならないよう，屋根付堆肥舎等の施設内で漏れ出さないように管理することを義務付けている。その場合，生糞尿に十分量の敷料を混合して固形物とする必要があるため現在の倍以上の敷料が必要になると言われ，養牛農家における敷料確保が今後深刻になることが予想されている[1,2]。

現在用いられている木質系敷料には，大きく分けて次の3種類がある。第一はおが粉・バーク・チップダストなどの林産廃棄物である。林産廃棄物にはわずかであるがプレカット工場等からのかんなくずが含まれる。第二は土木工事現場で発生する抜根を粉砕した抜根粉砕チップや，木造住宅解体で発生する木材を粉砕した解体材粉砕チップなどの建設廃棄物である。当然ながら解体材からは防腐処理材は取り除かれる。第三は間伐木等の原木をおが粉製造機によって粉砕した人造おが粉である。

上述のように畜産業においては，敷料の確保が経営上の問題となりつつある。他方，林業・林産業においては，林産廃棄物や建設廃棄物の再資源化用途として，また間伐木の有効利用先として敷料への期待が高まりつつある。そこで今後，敷料の需要量と供給量のバランスがどのように変化し，林業・林産

業がどう対応できるかについて考えてみたい。

本報告では,既往の研究[1,2]にならって家畜敷料の需給予測を行い,北海道における今後の低質間伐木の用途としての敷料の可能性について検討した。なお北海道では家畜糞尿の9割が牛糞尿(乳牛69%,肉牛20%)であるため,ここで対象とする敷料は牛舎用とする。また敷料とは,牛舎の床に敷かれる敷ワラのみではなく,糞尿の固形化により取扱い性を良くするための水分調整材および糞尿の堆肥化を促進させるための水分調整材も含むものである。

2. 敷料の条件

畜産関係の手引書[3]や研究者からの聞き取り調査に基づき,敷料の目的および条件を次のように整理した。

2.1 敷料の目的と条件

敷料の目的は次の3点である。

1)居住性の確保

- 牛の皮膚表面を乾燥させて細菌の繁殖を押さえる
- 緩衝性を持ったものを用いて居住性を良くし,またひずめを保護する
- 保温性を活かして冬期の居住性を良くする
- 滑りにくくしてけがを防止する

2)糞尿の処理

- 泥状の生糞尿を固形化し取扱い性を向上させる
- 悪臭を吸着して低減する

3)堆肥化の促進

- 好気性発酵に適した水分調整と通気性を確保する

糞尿の水分を吸収して飽水状態になった時点で,敷料の牛舎での役目は終わる。多くの乳牛飼育施設では数日以内に交換され,多くの肉牛飼育施設では牛舎内である程度乾燥する夏期は1～2週間ごとに,冬期は数日で交換される。麦稈(ばっかん)を用いた乳牛飼育の場合,1～2kg/頭/日程度が使われている[3]。一年を通じて敷料の需要があるため,養牛農家にとっては安価かつ安定入手できる敷料であることが第一条件である。

乳牛用の敷料には,乳房を傷つける心配のないトゲのない麦稈,不良牧草(雨当たりや収穫遅れで痛んだ牧草および給餌残さ牧草),おが粉が好まれる。これは敷料と環境性乳房炎の関係による。保水性の高い木質系敷料が多量に吸水した場合に,牛の体温や気候により敷料が高温になると,塵(ちり)や糞尿由来の細菌(クレブシーラなど)が敷料中で爆発的に増殖し,乳房の傷等から侵入して炎症を起こす可能性が高まる。しかし,乾いた木質系敷料では心配なく,またトゲっぽい程度で乳房が傷つき乳房炎を引き起こすことはあまりない。乳房炎対策としては,乾いた敷料を使って環境を衛生的に保つことや搾乳作業の衛生保持の方が重要である。

極端に乳房を傷つける形状の木質系敷料でない限り乳牛でも使えるはずだが,乳牛農家にとって乳房炎は大問題であるため,少しでも心配な敷料は敬遠されているのが実態である。しかし,トゲっぽいと言われる抜根・解体材粉砕チップでも,一度堆肥の水分調整材として用いて堆肥化されるとトゲっぽさがなくなるため,堆肥化後に乳牛用敷料として用いられることもある。

肉牛農家は大規模経営が多いため,肉牛用の敷料には安価で大量に手に入りやすく機械作業に適したバーク,おが粉,抜根・解体材粉砕チップが好まれている。

このほかに地場の敷料資源としてはモミ殻・稲ワラ・豆殻,プレカット工場等のかんなくず,古紙粉砕片,クマイザサ粉砕チップ,キノコの廃菌床,砂等の無機物がある。移入品としてはおが粉や古紙粉砕片,輸入品としてはバガスやおが粉やモミ殻などがある。

なお,乳牛と肉牛では糞尿の量と水分含量,飼育方法が異なるため,敷料の使用量も異なる。

2.2 木質系敷料の特徴

水分の吸水性・保水性の良さや糞尿臭を吸収する点では木質系は有利である。麦稈や不良牧草などの草本と比べて木本であるおが粉やバークは耐朽性が高く、このため堆肥化の期間が長くなる点では木質系は不利である。しかし,堆肥化しにくいことから戻し敷料と呼ばれる再利用[3,4]が可能となる有利な面もあり,堆肥化に対しては二面性がある。乾燥している方が日持ちが良いため,木質系の中では解体材粉砕チップが有利である。

養牛農家では敷料経費の節約のため，使用済み敷料を堆肥化による発酵乾燥を経て戻し敷料とする場合がある。おが粉や抜根・解体材粉砕チップを敷料にしている場合には，使用済み敷料→天日干し→床送風装置付き堆肥盤（高温発酵による乾燥）→送風かくはんによる乾燥（水分含量40％程度）という工程を約10日間で行って，冬期以外は戻し敷料を用いる例がある[3]。また，床送風装置付きの堆肥舎により，夏期3週間または冬期4週間をかけて，使用済み敷料を発酵乾燥させて戻し敷料とする例もある[3]。さらに計3回程度再利用された戻し敷料を，木質の分解が進んでいるため短期間の堆肥化後に販売する例が見られる。今後，施設導入による戻し敷料としての再利用と，その後に製造した堆肥の販売を行う農家は益々増加する傾向にある[3]。このように戻し敷料の場合には，木質系敷料の堆肥化しにくいことが長所となっている。

こうした敷料に要求される条件および木質系敷料の特徴から，原料の選定や乾燥工程の導入，粉砕方法の選定，ふるい分けにより，

- 日持ちを良くするためなるべく乾燥していること
- 牛や作業者の呼吸器を痛めないよう粉塵が除去されていること
- 乳房炎の心配がないようトゲのない形状をもつこと
- 使用中の乾燥と堆肥化中の好気性発酵を促進させるため通気性のよい適度な粒度をもつこと

が今後要求されてくる。

3. 敷料の資源量と供給量，糞尿発生量の予測

3.1 敷料資源量

現在道内の養牛農家で使われている敷料の種類についてのアンケート調査[5]から，支庁別に敷料の種類と使用農家戸数の関係をまとめたものを第1表に示す。道南・道央・上川の米作および畑作地域ではモミ殻や稲ワラや麦稈が中心であり，網走・十勝の畑作地域では麦稈が中心である。また，米・畑作地域ではない留萌・宗谷では不良牧草が，根室・釧路では不良牧草と麦稈が中心である。一方，バーク・おが粉は全道で用いられており，少数ではあるが戻し敷料も全道で行われていることが分かる。この結果は，農産廃棄物や林産廃棄物の地場資源が敷料として使われていることを示しており，敷料の資源量は支庁別の農産・林産廃棄物等の発生量に置き換えることが可能である。

敷料の資源量は，一般に現物重量で表されるため，各種の敷料が使用される時の水分含量（現物の水分状態）を第2表のように設定した。なお，以後の敷料供給量等の推定に際しても，この設定水分含量を用いた。表中のその他とは，資源量等の実態が不明の移入品および輸入品（おが粉・古紙粉砕片・バガス・モミ殻），道産品（豆殻・プレカット工場等のかんなくず・古紙粉砕片・クマイザサ粉砕チップ・キノコの廃菌床・砂等）をまとめたものである。

この考えに従って、次に示す統計値や比率を仮定して，平成11年の種類別の敷料資源量（年間廃棄物発生量）を推定したのが第3表である。なお，敷料資源量の単位の前に付いている現物という言葉は，第2表で設定した水分含量での重量・容積・密度を表している

不良牧草は，牧草収穫量[6]に，天候不順地域（宗谷，根室，釧路）は10%，その他の地域は5%の仮定不良率を乗じて算出した。なお，日高支庁の牧草収穫量には多量の軽種馬用が含まれている。農産廃棄物の麦稈は，小麦収穫量[6]と部位比率等（モミと稈（さお）の現物重量比率67%，歩留り80%）から算出した。稲ワラとモミ殻は，統計値[7]を用いた。

林産廃棄物のおが粉・バーク・チップダストは，原木消費量[8]と歩留り（おが粉・バーク10%，チップダスト2%）と現物密度（おが粉・チップダスト：エゾマツ・トドマツ0.51，カラマツ0.61，広葉樹0.76，バーク：エゾマツ・トドマツ0.84，カラマツ0.65，広葉樹0.73t/m^3）から算出した。建設廃棄物の解体材粉砕チップは，木質建築廃棄物の平成12年予測発生量[9]と現物密度0.51t/m^{3}から算出した。抜根粉砕チップは，全支庁の統計値がないため，釧路支庁における平成9年調査結果10,722m^3（5,400現物t）[10]と同量の抜根が全支庁で発生していると仮定した。

3.2 敷料供給量

現状の資源量のうち今後どれだけ敷料に供給されるかを敷料への供給率とし，第4表のように仮定し

第１表　牛舎で使用されている敷料のアンケート結果

Table 1. Results of a investigation into the litter used at cowsheds.

支庁名 District	回答戸数 The number of respondents	使用している敷料別戸数 The number of farmers according to their using litter							戻し敷料使用戸数 The number of farmers using reused litter	敷料不使用戸数 The number of farmers not using litter
		不良牧草ほか Waste grass, and so on	麦　稈 Wheat straw	稲ワラ Rice straw	モミ殻 Chaff	おが粉 Saw dust	バーク Bark	無機質資材 Inorganic matter		
渡　島 Oshima	599	156	62	234	167	148	24	5	12	100
桧　山 Hiyama	299	97	38	130	170	28	13	2	2	41
胆　振 Iburi	828	236	288	224	133	157	29	18	11	142
日　高 Hidaka	1,600	628	576	723	209	139	27	6	55	176
後　志 Shiribeshi	262	76	130	56	90	91	29	0	4	13
石　狩 Ishikari	393	70	219	42	88	102	7	2	9	55
空　知 Sorachi	346	28	180	110	157	57	13	1	5	51
上　川 Kamikawa	959	124	423	85	146	278	51	3	12	220
留　萌 Rumoi	415	200	18	23	31	18	5	1	4	138
宗　谷 Souya	950	611	5	6	2	25	1	5	6	276
網　走 Abashiri	2,407	263	1,696	71	26	612	88	11	21	273
根　室 Nemuro	1,185	317	420	28	3	190	48	18	21	379
釧　路 Kushiro	1,662	805	367	13	0	180	44	7	11	390
十　勝 Tokachi	3,188	338	2,452	26	22	367	259	29	38	417
全　道 Total	15,093	3,949	6,874	1,771	1,244	2,392	638	108	211	2,671

第２表　敷料使用時の設定水分含量

Table 2. The supposed moisture content in use of litter.

敷料の種類 The kind of litter		設定水分含量 Supposed moisture content (%wb)
不良牧草 Waste grass		15
農産廃棄物 Waste farm products	麦　稈 Wheat straw	15
	稲ワラ Rice straw	15
	モミ殻 Chaff	10
林産廃棄物 Waste forest products	おが粉 Saw dust	25
	バーク Bark	45
	チップダスト Pulp chip dust	25
建設廃棄物 Construction work waste	解体材粉砕チップ Demolition wood chip	20
	抜根粉砕チップ Stump chip	25
その他 The others		25
原木 Log	人造おが粉 Artificial saw dust	25

第３表　種類別の敷料資源量（平成11年）

Table 3. The amount of resources of classified litter (1999).

（現物 千t/年）
(×1,000 t/year based on wet matter)

支庁名 District	牧　草 Waste grass	農産廃棄物 Waste farm products			林産廃棄物 Waste forest products			建設廃棄物 Construction work waste	
					製材・チップ工場廃材 Saw mill and pulp chip mill waste				
		麦　稈 Wheat straw	稲ワラ Rice straw	モミ殻 Chaff	おが粉 Saw dust	バーク Bark	チップダスト Pulp chip dust	解体材粉砕チップ Demolition wood chip	抜　根 粉砕チップ Stump chip
渡　島 Oshima	5	0	17	5	5	10	1	21	5
桧　山 Hiyama	2	1	22	5	5	10	1	2	5
胆　振 Iburi	5	5	22	5	15	28	2	23	5
日　高 Hidaka	12	0	12	3	7	15	2	4	5
後　志 Shiribeshi	3	2	26	7	3	7	1	13	5
石　狩 Ishikari	4	11	53	11	2	5	1	125	5
空　知 Sorachi	3	28	309	76	6	17	2	18	5
上　川 Kamikawa	11	17	171	42	33	60	5	26	5
留　萌 Rumoi	10	0	19	5	1	5	1	3	5
宗　谷 Souya	38	0	0	0	2	4	0	5	5
網　走 Abashiri	23	93	12	4	35	61	5	17	5
根　室 Nemuro	82	0	0	0	5	8	1	5	5
釧　路 Kushiro	65	1	0	0	11	22	1	13	5
十　勝 Tokachi	39	202	1	0	34	55	5	21	5
全　道 Total	301	360	664	163	165	306	28	297	76

第４表　敷料資源量に対する今後の敷料への供給率*

Table 4. Supply ratio of litter in the future for resources of litter＊.

敷料の種類 Classified litter	供給率 Supply ratio (%)
不　良　牧　草 Waste grass	100
麦　　稈 Wheat straw	100
稲　ワ　ラ Rice straw	現在の利用率 The present use percentage
モ　ミ　殻 Chaff	現在の利用率 The present use percentage
おが粉・バーク・チップダスト Saw dust,bark,pulp chip dust	100
解体材粉砕チップ Demolition wood chip	50
抜 根 粉砕チップ Stump chip	100

注：＊：今後とは平成16年を想定している。
Note：＊：An assumption of future is 2004.

第５表　今後の糞尿発生量と種類別の敷料供給量＊

Table 5. The amount of cattle manure and supply of classified litter in the future＊.

（現物 千t/年）
（×1,000 t/year based on wet matter）

支庁名 District	糞尿発生量 Cattle manure		不良牧草 Waste Grass	農産廃棄物 Waste farm products			林産廃棄物 Waste forest products			建設廃棄物 Construction work waste		その他 The others	原木 Log
							製材・チップ工場廃材 Saw mill and pulp chip mill waste						
	乳牛 Dairy cattle	肉牛 Beef cattle		麦稈 Wheat straw	稲ワラ Rice straw	モミ殻 Chaff	おが粉 Saw dust	バーク Bark	チップダスト Pulp chip dust	解体材粉砕チップ Demolition wood chip	抜根粉砕チップ Stump chip		人造おが粉（おが粉製造機製品） Artificial saw dust
渡島 Oshima	242	131	5	0	2	3	5	10	1	11	5	5	0
桧山 Hiyama	71	60	2	1	3	2	5	10	1	1	5	5	0
胆振 Iburi	158	175	5	5	2	1	15	28	2	12	5	15	1
日高 Hidaka	174	110	12	0	5	2	7	15	2	2	5	7	0
後志 Shiribeshi	100	56	3	2	1	1	3	7	1	7	5	3	0
石狩 Ishikari	195	36	4	11	4	2	2	5	1	62	5	2	0
空知 Sorachi	108	69	3	28	5	4	6	17	2	9	5	6	0
上川 Kamikawa	474	327	11	17	3	5	33	60	5	13	5	33	2
留萌 Rumoi	372	52	10	0	1	1	1	5	1	1	5	1	0
宗谷 Souya	781	97	38	0	0	0	2	4	0	2	5	2	0
網走 Abashiri	1,470	505	23	93	1	0	35	61	5	8	5	35	9
根室 Nemuro	2,135	187	82	0	0	0	5	8	1	2	5	5	2
釧路 Kushiro	1,548	289	65	1	0	0	11	22	1	6	5	11	14
十勝 Tokachi	2,410	1,379	39	202	0	0	34	55	5	11	5	34	15
全道 Total	10,238	3,474	301	360	26	20	165	306	28	148	76	165	42

注：＊：今後とは平成16年を想定している。
Note：＊：An assumption of future is 2004.

た。なお，現状とは平成11年を，今後とは家畜排せつ物管理法が義務付けられる平成16年を想定している。

現状で資源量の全量近くが敷料として利用されていると思われる不良牧草，麦稈，おが粉・バーク・チップダスト，抜根粉砕チップは供給率100％と仮定した。昔から利用されている稲ワラとモミ殻は今後も現状のまま推移すると予想して現状の敷料としての処理割合[7]で利用されると仮定した。解体材粉砕チップは，現状は数％程度の供給率と思われるが，「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律」により，平成14年からは木造住宅での分別解体と再資源化が義務付けられているために敷料に適した異物の少ない柱・梁等が排出されることから，そのほとんどが敷料に回ると想定して供給率50％と仮定した。

今後の種類別の敷料供給量は，第3表の資源量に第4表の敷料への供給率を乗じて推定した。

一方，資源量等が不明な移入品・輸入品・道産品をまとめたその他は，製材工場からのおが粉と同量供給されると仮定し，これを種類別の敷料供給量に加えた。

さらに人造おが粉は，キノコ培地用を除く人造おが粉の平成12年生産量（容積表示）[11]と同量供給されると仮定し，おが粉の現物密度（エゾマツ・トド

第６表　糞尿を目標水分含量に調整するために必要な種類別の敷料量*

Table 6. The amount of necessary classified litter to adjust cattle manure at the target moisture content*.

（現物 t/頭/年）
（t/head/year based on wet matter）

畜種 kind of cattle	糞尿 Cattle manure 重量 Weight (kg/頭/日) (kg/head/day)	糞尿 Cattle manure 水分含量 Moisture Content (%wb)	目標水分含量 Target moisture content (%wb)	敷料の種類 Classified litter モミ殻 Chaff	不良牧草 麦稈 稲ワラ Waste grass Wheat straw Rice straw	解体材 粉砕チップ Demolition wood chip	おが粉 チップダスト 抜根粉砕チップ Saw dust Pulp chip dust Stump chip	バーク Bark
乳牛 Dairy cattle	55	87	80	1.87	2.16	2.34	2.56	4.02
			73	4.13	4.85	5.30	5.86	10.04
			70	5.25	6.21	6.83	7.58	13.65
肉牛 Beef cattle	23	85	80	0.56	0.65	0.70	0.76	1.20
			73	1.48	1.74	1.90	2.10	3.60
			70	1.94	2.29	2.52	2.80	5.04

注：＊：必要な敷料量＝糞尿重量×（糞尿水分含量－目標水分含量）／（目標水分含量－敷料水分含量）
Note：*：The amount of necessary litter＝Cattle manure weight×(moisture content of cattle manure－target moisture content)／(target moisture content－moisture content of litter)

マツ0.51，カラマツ0.61，広葉樹0.76t/m³）および嵩容積と実容積の比率3.0から重量に変換した上で，これを種類別の敷料供給量に加えた。

このような設定から推定した今後の種類別の敷料供給量を第５表に示す。

3.3 糞尿発生量

今後の糞尿発生量の推定は，今後の牛頭数は平成11年の牛頭数[6]と同数であると仮定して，次に示す既往の事例研究での設定[12]を用いて行った。

乳牛の75%の頭数と肉牛の全頭数は敷料を用いた糞尿固形化処理を行い，乳牛の25%は敷料を用いないスラリー処理を行う。また，固形化処理する乳牛糞尿のうち8割は水分含量80%になる量の敷料を用いて自家牧草地用の堆肥とし，残り2割は水分含量73%になる量の敷料を用いて販売用の堆肥とする。肉牛糞尿は，全量を水分含量70%になる量の敷料を用いて販売用の堆肥とする。糞尿発生量推定の基礎となる頭数は，統計値[6]をもとに，乳牛では成牛頭数と2才未満頭数を0.4倍して成牛換算した頭数の合計頭数，肉牛では成牛頭数と2才未満牛頭数の合計頭数である。生糞尿量の単位重量と水分含量は，牛舎内での水分蒸散を考慮せず，乳牛では55kg/頭/日と87%，肉牛では23kg/頭/日と85%である。

なお，乳牛糞尿における目標水分含量の80%とは，糞尿が液状から固形状となる水分設定で，ショベルやダンプで取り扱うことさえできれば良いという考えである。さらに敷料を加えた73%とは，しっかりした固形状になって取扱い性が向上し，通気性が生じて堆肥化（好気性微生物による発酵）が進むぎりぎりの水分設定で，糞尿臭の発生が抑えられるとともにできた堆肥は特殊肥料として販売が可能となる設定である。

肉牛糞尿における目標水分含量の70%とは，敷料上で肉牛を飼育するときに畜体が不衛生にならない程度の水分設定であるが，結果として通気性が増して堆肥化が促進され，比較的短期間に良質な堆肥の生産・販売が可能となる。

このような設定から推定した今後の糞尿発生量を第５表に示した。

4. 敷料の充足率と不足量の予測

糞尿処理および堆肥化のため，糞尿の水分含量を目標値まで低下させることは多くの敷料を必要として養牛農家の負担となる。この目標水分含量とそれに必要な種類別の敷料量の関係を第６表に示す。

この表から分かるように，畜種，目標水分含量，敷料の種類によって必要な敷料量は異なる。このため第5表に示した糞尿発生量から，まず種類別の敷料

第７表　今後の敷料充足率と不足量*

Table 7. Providing ratio enough litter and lack volume of litter in the future*.

支庁名 District	今後* Future*		参考 Reference	
	敷料充足率 Providing ratio enough litter	原木の実材積に換算した不足敷料容積 Lack volume of litter in log (万m³/年) (×10,000m³/year)	平成11年間伐木出材量 Supply of thinning log (1999) (万m³/年) (×10,000m³/year)	平成13年おが粉製造工場数 The number of artificial saw dust mill (2001)
渡島 Oshima	0.62	5	6	1
桧山 Hiyama	1.17		3	1
胆振 Iburi	1.08		11	2
日高 Hidaka	0.92	1	12	0
後志 Shiribeshi	1.01		4	1
石狩 Ishikari	2.91		4	0
空知 Sorachi	2.48		9	1
上川 Kamikawa	1.01		19	2
留萌 Rumoi	0.41	7	4	0
宗谷 Souya	0.46	13	4	1
網走 Abashiri	0.78	14	32	6
根室 Nemuro	0.37	38	3	4
釧路 Kushiro	0.48	27	17	11
十勝 Tokachi	0.56	61	32	10
全道 Total		165	160	40

注：＊：今後とは平成16年を想定している。
Note：＊：An assumption of future is 2004.

需要量を算出した。これは，もし一種類の敷料で全糞尿を処理しようとしたときに必要な敷料量である。次に，第5表に示した種類別の敷料供給量をこの種類別の敷料需要量で除した値を合計し，この合計を全種類の敷料が供給された場合の敷料充足率とした。また，敷料充足率が1.00未満の敷料が不足している地域に対して，水分含量25％の原木実材積に換算した不足敷料容積を算出した。

このようにして推定した敷料充足率と不足敷料容積を第７表に示す。表中には，参考として，人工林の間伐木出材量160万m³[3,13]に間伐面積比率を乗じて算出した平成11年の間伐木出材量と平成13年のおが粉製造工場数も示した。

第7表の不足敷料容積の推定から，今後の予測として，桧山・胆振・後志・石狩・空知・上川は敷料が充足する地域，渡島・日高・留萌は敷料が不足する地域，宗谷・網走・根室・釧路・十勝は敷料が逼迫する地域に色分けすることができる。このことは，現在用いられている敷料資源（農産・林産・建設廃棄物）からの敷料供給量には限界があり，今後は残る敷料資源として輸入品または間伐木に頼らざるを得ない状況を示している。

こうした敷料の不足量予測から，逼迫地域には既に間伐木等を原料としたおが粉製造工場が数多く立地しているものの，さらに既存おが粉製造工場の増産および新設の可能性は大きいと言える。

5. 今後の敷料経費の軽減策

現在，乳牛の場合には1～2kg/頭/日程度の麦稈が使われている[3]ことから，平均的な敷料使用量を麦稈1.5kg/頭/日とし，これをおが粉に換算すると1.7kg/頭/日（＝0.62t/頭/年）の敷料使用量となる。おが粉の容積単価を2,500円/m^3[3,12]，嵩容積と実容積の比を3.0，現物密度をカラマツ相当の0.61t/m^{3}と仮定すると，おが粉の現物重量単価は12,300円/tとなる。これから，現状の敷料購入費は，0.62×12,300＝7,626　8,000円/頭/年程度となる。これは3戸の実例報告[15]である8,760～12,000円/頭/年に近く，妥当な額と思われる。

これに対して，今後の敷料需要量の推定において用いた設定および第6表から，糞尿固形処理を行う乳牛農家では，糞尿の8割は水分含量80%になる量のおが粉2.56t/頭/年を用いて自家牧草地用堆肥とし，残り2割は水分含量73%になる量のおが粉5.86t/頭/年を用いて販売用堆肥とすると，おが粉の使用量は2.56×8割＋5.86×2割＝3.22t/頭/年となる。これは，現状の敷料使用量0.62t/頭/年の5.2倍である。

つまり，糞尿を適正に処理することが義務付けられる今後は，糞尿固形処理を行う乳牛農家では現状の5倍程度の敷料が必要となり，明らかに経営を圧迫する。このため，敷料経費の軽減策として，木質系敷料が堆肥化しにくい特徴を活かした戻し敷料および堆肥販売の効果について検討した。

5.1 戻し敷料

戻し敷料による敷料経費軽減策は，第1表に示したように既に一部の養牛農家では取り入れられており，おが粉を3回敷料に用いることにより敷料使用量を60%削減した例[16]や半減した例[3]があり，そのための機械開発も進んでいる[17]。家畜排せつ物管理法による堆肥舎は戻し敷料のための乾燥施設ともなることから，二重の負担なく養牛農家は取り組めるものと思われる。

また，3回使用済みのおが粉はある程度微生物分解が進んでいるため，堆肥化の期間を短縮できる面があり，3回使用後は全量堆肥として販売することが可能である。

一方，堆肥化中の発酵熱を利用して乾燥を行うためには，使用済み敷料の水分を70%以下まで低下させる必要があり，第6表から，乳牛においてはおが粉7.58t/頭/年が必要となる。

5.2 堆肥販売

平成11年に公布・施行された「食料・農業・農村基本法」では，自然循環機能の維持増進において「国は，農業の自然循環機能の維持増進を図るため，農薬及び肥料の適正な使用の確保，家畜排せつ物等の有効利用による地力増進その他必要な施策を講ずるものとする」としている。これを受けて同年，「家畜排せつ物管理法」，「改正肥料取締法，持続性の高い農業生産方式の導入の促進に関する法律」のいわゆる農業三法が公布され，家畜糞尿処理施設を整備して糞尿を適正に管理するとともに，肥料としての成分表示を明確にして有機質資源として有効に利用し，環境保全型農業の普及・定着を図ることが期待されている。

こうした背景から，本道では土壌改良材（バーク・おが粉堆肥）の生産量が微増傾向にあり[18]，袋詰めで500円/20kg前後，トラックの荷台にバラ積みで1t当たり2,000円前後，5,000円前後，15,000円前後の3段階の価格帯で販売されている[19]。

一方，本州の試算例[20]では，「野菜作経営における堆肥価格の負担限界額＝野菜作経営において経済合理性をもって利用することのできる堆肥価格の上限額の目安は，収益性の高い施設野菜で1t当たり8～9千円，収益性の低い露地野菜の場合は1～3千円程度であると言えよう」と報告されている。

堆肥の現物密度を0.25t/m^3（＝4.0m^3/t），堆肥舎渡しの現物重量単価を施設野菜用として5,000円/tまたは露地野菜用として2,000円/tと仮定すると，堆肥の現物材積単価は1,250円/m^{3}または500円/m^{3}となる。この露地野菜用の単価は，堆肥の主流である露地栽培作物用と思われる実例報告500円/m^3[3]と一致しており，妥当な仮定と思われる。

また，単純に1m^{3}のおが粉から1m^{3}の堆肥が得られ，おが粉1m^{3}の現物重量をカラマツ相当の0.61tと仮定すると，現物重量単価12,300円/tのおが粉から堆肥の主流である露地野菜用の2,000円/tの販売用堆肥が得られることになる。これは，畜産公害の元となる糞尿堆積物の処理から開放されるとともに，堆肥販売収入により敷料経費が軽減されることを示し

ている。

なお改正肥料取締法では,堆肥は特殊肥料に区分されて成分表示が義務付けられている。堆肥販売により安定した収入を得るためには,完熟かつ肥料成分と水分が安定した良質な堆肥生産が前提となる。

5.3 軽減策の効果

以上の軽減策に基づき,「現状」,糞尿を適正に処理することが義務付けられる「今後」,「軽減策を採用した今後」の3条件について,乳牛農家を例にとっておが粉の敷料経費を試算する。このときの単価は,おが粉12,300円/t, 露地野菜用堆肥2,000円/tである。

「現状」の平均的な敷料経費は,前述のとおり8,000円/頭/年である。

「今後」の敷料経費は,「糞尿のうち8割は水分含量80%になる量のおが粉(2.56×8割=2.05t/頭/年)を用いて自家牧草地用の堆肥とし,残り2割は水分含量73%になる量のおが粉(5.86×2割=1.17t/頭/年)を用いて露地野菜用堆肥として販売する。おが粉使用量は3.22t/頭/年,販売用堆肥生産量は1.17t/頭/年である」という条件から,

敷料経費=おが粉使用量3.22t/頭/年 ×
おが粉単価12,300円/t
− 堆肥生産量1.17t/頭/年
× 堆肥単価2,000円/t
= 39,606円/頭/年 − 2,340円/頭/年
= 37,266円/頭/年
38,000円/頭/年

となる。

「軽減策を採用した今後」の敷料経費は,「糞尿の全量を水分含量70%になる量のおが粉(7.58t/頭/年)を戻し敷料として数回使い,最終的に露地野菜用の堆肥として販売する。現状の敷料使用量(糞尿目標水分含量80%のときの敷料使用量2.56t/頭/年)に対して敷料削減率の実績が0.5程度[3,16]であるため,糞尿目標水分含量70%のときの敷料使用量7.58t/頭/年に対しては敷料削減率を0.2(=2.56×0.5/7.58)と仮定する。おが粉使用量は1.52t/頭/年(=7.58t/頭/年×敷料削減率0.2)である」という条件から,

敷料経費=おが粉使用量1.52t/頭/年
× おが粉単価12,300円/t
− 堆肥生産量1.52t/頭/年
× 堆肥単価2,000円/t
= 18,696円/頭/年 − 3,040円/頭/年
= 15,656円/頭/年
16,000円/頭/年

となる。

このように敷料経費の試算結果は,「現状」8,000円/頭/年程度,「今後」38,000円/頭/年程度,「軽減策を採用した今後」16,000円/頭/年程度となった。すなわち,「軽減策を採用した今後」は現状の2.0倍であり,「今後」の4.8倍と比較すると大きな軽減効果といえる。堆肥を単価の高い施設野菜用に販売できれば,さらに軽減される。なお,この軽減策は肉牛農家も同様である。

このような敷料を用いて糞尿処理・堆肥化を行う場合の敷料経費の軽減策は,一年を通して安価で必要量の木質系敷料が確保できること,良質な堆肥生産のための施設と手間が確保できること,堆肥の販売・流通網が確保できることの3条件が揃う必要があるため,木質系敷料資源が豊富で畑作農家と養牛農家が混在した地域での可能性が高いものと思われる。

6. まとめ

本報告での各種の推定値は,家畜排せつ物管理法が遵守されることを前提に,多くの仮定に基づいて算出したものである。この推定値を目安として今後不足する敷料の安定供給を考えた場合,第7表に示したように,敷料逼迫地域では現在用いられている敷料資源(農産・林産・建設廃棄物)からの敷料供給量には限界があり,残る敷料資源としては輸入品または間伐木に頼らざるを得ない状況が予測された。また,木質系敷料が堆肥化しにくい特徴を活かした戻し敷料と堆肥販売は,今後の敷料経費の軽減策として有効であることを確認した。

このため,今後,パルプチップに代わる低質間伐木用途としての敷料の需要は増大し,林業・林産業側による間伐木等の原木を原料とした人造おが粉供給体制の整備が,本道の養牛経営に影響を及ぼすものと思われる。

7. おわりに

低質な間伐木の用途として敷料を中心に据えることは，敷料を必要とする畜産業（養牛農家），有機肥料を必要とする農業（耕種農家），間伐を必要とする林業（森林所有者）が共存共栄を考えての敷料価格・肥料価格の合意に基づく産業クラスターの形成に結びつき，道内産業の活性化に貢献するものと思われる。

最後に，乳・肉牛の飼育実態と敷料の関係についてのご指導や貴重な資料提供をしていただいた北海道立畜産試験場環境草地部畜産環境科の田村 忠 氏に深謝いたします。

文　　献

1) 田村　忠：“糞尿の堆肥化(固形)処理－敷料確保は大丈夫？（前編）”，農家の友，**53**(5), 48-50 (2001).
2) 田村　忠：“糞尿の堆肥化(固形)処理－敷料確保は大丈夫？（後編）”，農家の友，**53**(6), 80-82 (2001).
3) 北海道立農業・畜産試験場：“家畜糞尿処理・利用の手引き1999”，(社)北海道農業改良普及協会，1999, p.8-20, 42-45, 109-113.
4) 伊吹俊彦ほか3名：“自動切返しと戻し利用を特徴とする牛ふん尿の堆肥化処理”，草地試験場研究報告，第58号，p.38-56 (1999).
5) 北海道農政部酪農畜産課：“平成10年度家畜ふん尿処理状況調査”，未発表資料，1999.
6) 北海道農政部農業企画室編：“平成11年度北海道農業統計表”，北海道，2000, p.46-47, 58-59, 72-75.
7) 北海道農政部：“米に関する資料（生産・価格・需給）平成13年3月”，2001, p.60-61.
8) 北海道水産林務部木材振興課：“木材需給情報”，平成11年6-12月号, 平成12年1-5月号.
9) 寺木英明ほか7名：“建築系廃棄物の再利用技術に関する研究”，平成11年度北海道寒地住宅都市研究所調査研究中間報告書，p.11-13 (2000).
10) 釧路支庁農業振興部耕地課：“平成10年度くしろ・リサイクル材活用検討調査報告書”,1999, p.3.
11) 北海道水産林務部木材振興課：“オガ粉製造機によるオガ粉製造の現状（平成12年度）”，未発表資料，2001.
12) 田村　忠：“畜産農家におけるふん尿処理の現状と敷料資材の必要量”，木質敷料の活用促進に関する情報交換会資料，2000, p.1 - 4.
13) 北海道水産林務部企画調整課編：“平成11年度北海道林業統計”,北海道水産林務部，2000, p.128-129.
14) 北海道水産林務部林業振興課：“地域産材における利用の実態について”，平成12年度林業指導事務所主査会議 事例発表資料，2000，p.21, 31, 38, 42.
15) 植松武泰，大平清喜：“畜舎の木質敷料「ウッド・マット」の開発について”，平成10年度林業技術研究発表論文集，1999, p.236-237.
16) 農林水産省北海道統計情報事務所：“敷料再利用で肉用牛飼育のコスト低減”，農林漁業現地情報，1997年3月号.
17) 農林水産省北海道統計情報事務所：“再生家畜敷料のフィルター装置で特許を取得”，農林漁業現地情報，1999年3月号.
18) 北海道水産林務部木材振興課：“平成11年度木質土壌改良材生産実態調査結果”，2000.
19) 北海道水産林務部木材振興課：“平成8年度木質土壌改良材生産実態調査結果”，1997.
20) 関澤啻朗：“家畜ふん尿処理及び利用経済性”，畜産環境情報，第9号 (2000).

－再生利用科－

（原稿受理：01.2.7）