



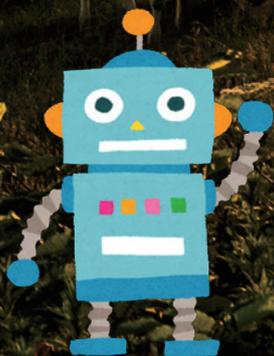
日本中央競馬会
特別振興資金助成事業

先進技術立脚型酪農経営支援事業

搾乳ロボットの基礎

～繁殖編～

乳用牛群検定全国協議会



搾乳ロボットにおける繁殖管理

酪農業において搾乳ロボットは大きな注目を受けている技術であり、今後益々普及していくものと考えられています。前回「搾乳ロボットの基礎」を発刊したところ大きな反響を頂きました。そこで、今回は続編としまして繁殖編を発刊しました。

酪農経営において繁殖のポイントは大きく3項目をあげることができます。

- (1) 発情発見率の向上
- (2) 受胎率の向上
- (3) 分娩後初回授精の早期化

この3つのポイントは、酪農全般での繁殖管理と共通するところで、搾乳ロボット特有のことはありません。しかし、その繁殖改善の実施にあたっては、搾乳ロボットという新技術ならではのことを加味していく必要があります。今回はこのような点を中心に解説していきたいと思います。

本分野の第一人者である酪農学園大学家畜管理・行動学研究室の森田茂教授および鹿児島大学農学部獣医学科臨床獣医学窪田力教授のご指導を賜り、編纂しました。搾乳ロボットを利用されている酪農家はもちろん、これから導入しようと検討している酪農家や関係者各位に広く利用して頂きたいと思います。

平成30年3月発行 東京都江東区冬木11-17イシマビル

乳用牛群検定全国協議会

チェックしてみよう!

	あなたの牛群	目標値 (経営指針により異なります。)
ロボット1台当たり 搾乳量 搾乳回数 稼働時間		2,000kg/日以上 150~160回/日程度 20時間/日以上
搾乳牛1頭当たり 搾乳回数 通過回数 訪問回数 乳量		3回程度 ^(※) 1~2回 4~5回 40kg以上
ロボット内濃厚飼料 1回当たり給与量 1日当たり給与量		2kg程度 6.5kg程度
牛群検定成績 平均産次 初産牛比率 平均泌乳日数 平均分娩間隔 305日乳量		2.5産以上 30%程度 160日程度 400日未満 10,000kg以上

(※)乳質に留意して搾乳間隔6時間以上または1回あたり搾乳量8kg以上となるように設定してください。

1

自動搾乳システムの位置づけ



POINT

- ・搾乳ロボットは、搾乳装置が24時間連続稼働するという点でパーラ方式とは決定的に異なります。
- ・自動搾乳システム導入の目的には、①省力化、②大規模化、③高泌乳化への対応があり、これらの目的ごとに、採用する搾乳ロボット、牛舎構造や飼料給与方法は異なっています。

搾乳ロボット（自動搾乳機）は、わが国において1997年に初めて導入され、現在、国内導入農家数350戸、560台程度が稼働しています。酪農場における搾乳方式を「人・ユニットが動く」のか、「牛が動く」のかで区分すると、それぞれの特徴がよく判ります（図1）。さらに搾乳システムの稼働時間の特徴により、酪農場における他の飼養管理（繁殖管理、栄養管理など）との関係も見えてきます。図に示した形式のうち「牛もユニットも動くシステム」は、未来型で、期待される技術です。

搾乳ロボットを使用した酪農場での乳牛の飼養管理は、牛が動き搾乳施設へ向かうという点ではパーラ方式と同一ですが、搾乳装置が24時間連続稼働するという点で決定的に異なります。したがって、現在導入が進むパーラ搾乳方式での装着自動化の技術とは「稼働時間」に関して異なります。また、今後導入される繋ぎ飼い牛舎用のロボット搾乳とは「牛が動く」点で異なります。

もちろん、現在の自動搾乳システム導入の目的には、①省力化、②大規模化、③高泌乳化への対応があり、これらの目的ごとに、採用する搾乳ロボット、牛舎構造や飼料給与方法は異なっています。これと同様、多くの搾乳方式からどれを選ぶのかは、どういった飼養管理を組み立てるかという酪農家の意図に関わっています。

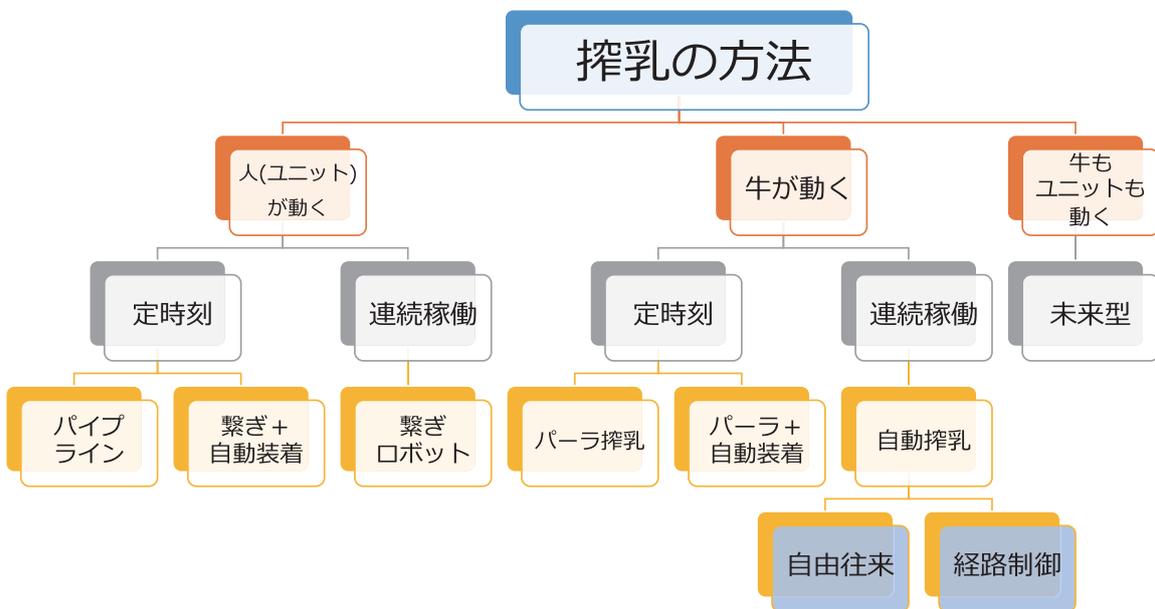


図1. 搾乳方法の可能性はさまざまです。自動搾乳は「牛が動く、連続稼働」システムと捉えるとわかりやすく、飼養管理の工夫が見えやすくなります。

2 発情発見率の向上



POINT

・発情発見率の向上のためには、活動量センサーやゲートの通過回数等の情報から、発情を効率良く発見しましょう。

これまでの群飼養でパーラ方式搾乳（定時搾乳）と同様に、自動搾乳システムでも発情発見のためには観察対象とする家畜の絞り込みや、観察頻度の増加が重要です。また、歩数計などを活用した発情発見のための補助具（センサー）の活用や、様々な情報をわかりやすく表示する道具が必要になります。

牛が牛舎内を自由に動き、搾乳施設を24時間連続稼働している自動搾乳システムでは、基本的に、乳牛が1か所に集まることはありません。すなわち乳牛行動の同調性は低下します。こうした自動搾乳システムにおいては、センサーの活用とその情報の統合は、これまで以上に重要になります。発情発見のための活動量センサーは、歩数計として肢に装着されることがあります。これに対し自動搾乳システムでは、搾乳時に個体識別が必要で、識別のための装置は首輪に装着され、活動量計はこれに組み込むのが一般的です（写真1）。また、活動量だけではなく、姿勢変化や採食・反芻時間といった生体情報の計測も行われます。これらの情報を組み合わせて、発情発見率を上昇させることも可能でしょう。もちろん、活動量変化を知るためには、搾乳ロボットや牛舎内ゲートを通る回数や日内のタイミングも有効です。

発情発見に関わらず畜産分野におけるセンサーの評価は、精度と感度で行われます。判断する上での他の情報（肉眼観察や、前の発情からの日数、乳量変化）との兼ね合いが、センサーに求める能力を決めることになります。たとえば多頭数を飼育する場合に、センサーを発情牛絞り込みの目的で利用するとすれば、発情とされた牛群の中に非発情牛が含まれていても、発情とされた牛群以外に発情牛が含まれているよりも利用価値が高いといえます。

また活動量ではなく、搾乳した牛乳中の黄体ホルモン（プロゲステロン）濃度から繁殖管理を行うシステムも実用化され、これを装備した自動搾乳システムもあり、成果をあげています。



（写真1）首輪に装備した個体識別タグ、および活動量計を組み込んだセンサー。

（図2） 発情発見率の良いロボット農家の検定成績表

移動 13ヵ月 成績 検定年月日	授 精 状 況				管 理 状 況										
	授精 回数	授精回数 平均	初回授精 3回以上	初回授精 受胎率	授精 開始 日	授精 開始 月齢	経産 JMR	妊娠 日	平均 日数	59 以下	60 ~	85 ~	115 ~	145 以上	
29.02.13	12	8	3.1	50	0	72	36	37	141		8	30	19	43	
29.03.13	12	8	3.1	42	50	92	48	35	142		6	34	26	34	
29.04.10	13	8	1.7	23	25	96	45	35	149		9	23	29	40	
29.05.15	21	14	1.7	24	57	91	39	36	159		8	19	28	44	
29.06.12	20	20	2.6	35	17	97	37	36	166		8	25	22	44	
29.07.10	15	33	3.0	60	67	79	42	34	160		18	24	18	41	
29.08.16	12	17	2.9	50	100	67	46	37	151		24	22	16	38	
29.09.11	13	46	2.8	46	67	112	46	44	150		25	20	14	41	
29.10.11	11	9	3.5	73	50	91	44	44	158	2	23	16	14	45	
29.11.13	16	0	3.8	69	50	106	45	42	158	2	24	17	14	43	
29.12.11	15	7	3.9	60	0	84	53	43	150	2	28	19	12	40	
30.01.15	15	0	3.5	47		84	53	42	147	2	31	19	10	38	
30.02.12							53	39	167	3	23	18	10	46	
平均・計	175	14	2.9	18	45	91	45	39	153	1	18	22	18	41	
前年成績	164	5	2.2	18	35	82	29	43	141	3	21	21	16	39	

簡易発情発見率

$$= \text{平均授精回数} \div ((\text{平均空胎日数} - \text{平均初回授精開始}) \div 21 + 1)$$

$$= 2.9 \div ((153 - 91) \div 21 + 1) = 73.4\%$$

3

受胎率の向上



POINT

人工授精技術による直接的な受胎率向上は、獣医師または人工授精師に委ねられます。農家はPMR^(※)により飼料給与を適正化し、牛を健康で受胎しやすい状態とすることが大切です。

(1) 人工授精技術

確実に発情を発見して、適した時期に、適した方法で授精をすることが、繁殖成績向上に役立ちます。実際の酪農場での授精は、獣医師あるいは人工授精師により行われています。したがって、適した方法の選択は人工授精を行うこれらの人たちの判断によるところが大きいのが現実です。管理者が発情を見定め、授精を行うと判断して、連絡することで授精してもらいますので、適期かどうかの判断も獣医師あるいは人工授精師の都合によって決められています。しかし、前述したセンサーの利用で、活動量変化を連続的あるいは短い間隔でとらえることができれば、その情報を有効に活用することで、受胎率の向上に役立ちます。

受胎率は発情ピークと授精するタイミングにより変化することが知られています。こうした知識は教科書的には知っているものの、自らの酪農場での結果をそれに当てはめて改善するのは、なかなかできないものです。たとえば、人工授精を行った際に日付のみの入力ではなく時刻を合わせて入力すれば、センサーで記録された活動量変化と授精の時間差をコンピュータに計算させ、受胎率のより高い授精タイミングを見出すことができるかもしれません。こうした判断は人工知能的であり、多くのデータを蓄積することで、近い将来、自分の酪農場に適した効果的な授精管理が可能となるかもしれません。

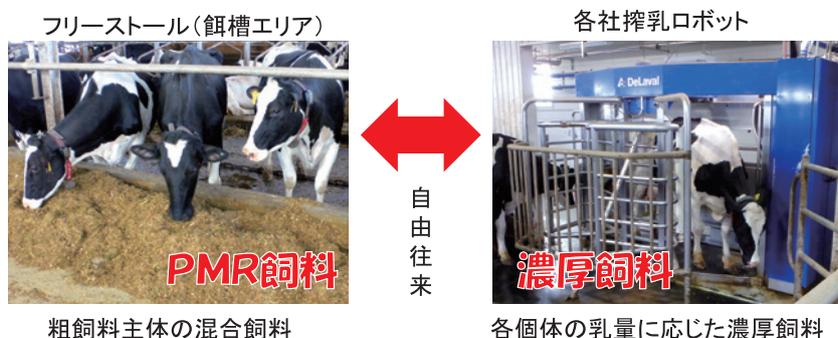
(2) 飼料給与

自動搾乳システムでは個体ごとの濃厚飼料給与量の調整が可能であるとしても、濃厚飼料の多給は、ルーメン発酵の異常や、乳牛の健康に悪影響を及ぼします。特に、蹄の疾患に関連した牛舎内移動性が低下すれば、自動搾乳システムに適さない牛として淘汰の対象になってしまいます。つまり搾乳1回当たりの給与量には上限があり、多量の配合飼料を短時間内で給与するわけにはいきません。一般的に、1回2kgが濃厚飼料給与量の限界であるとも言われています。1日の搾乳回数を多くとも3回程度とすれば、6kg/日程度が濃厚飼料給与量の限界となります。

したがって、高泌乳牛や分娩直後の時期に、いかに粗飼料主体の混合飼料（PMR）をいかに食い込ませるかが、乳量増加、繁殖成績の向上、乳牛健康の向上のいずれにも共通した飼料給与計画上の鍵になります。そのためには、十分量の飼料給与（残飼が5%以上）や、採食可能範囲への飼料保持のための自動餌寄せ機の活用、嗜好性が高く採食量が確保される良質粗飼料の利用が大切です。特に、繁殖成績で問題となる分娩直後の乳牛では、エネルギー的に負となる時期であっても、乾物摂取量を十分に確保するよう、乾乳期からの飼養管理や採食活動モニタリング（反芻活動、ボディコンディションスコア）が必要です。

(図3)

PMRとは？



(※)PMR

パトリー ミックスド レーション TMRは濃厚飼料まで完全混合し栄養が充足するように設計するのに対し、搾乳ロボットにおいては、フリーストールでの餌槽では粗飼料主体のPMRを給与し、搾乳ロボット内で濃厚飼料を給与します。搾乳ロボット内では個体の乳量に応じた濃厚飼料給与量の設定が出来るので、個体毎の適正な飼料設計による健康管理が可能となります。

適正な飼料設計による健康管理

4

分娩後初回授精の早期化



POINT

・初回授精の遅れは、単純な発情見逃しではなく、繁殖障害により発情が回帰しないことが原因となることもあります。自動搾乳システムでは、センサーの情報から、発情があつて見逃したのか、そもそも発情が来ていないのか、見極めることが可能となります。

乳牛は分娩した後に一定の空胎期間（授精待機期間（VWP））を経て、初回の繁殖に供されます。推奨される分娩後80日程度での初回授精のためには、70日程度のVWP設定が必要となるでしょう。さらに発情発見には、それより以前から注意を払う必要があります。もちろん、目標を立てたとしても不適切な飼養管理から、発情がうまく回帰しない場合がよくあります。

もともと分娩直後は、乳量の増加に採食量の増加が追い付かないことから、エネルギーバランスが負となり、消瘦を伴い、発情回帰の遅れが発生しやすい時期です。この時期の頻回搾乳は、乳量増加と養分要求量の増加により、この傾向を強くします。

自動搾乳システムでは、個体ごとに配合飼料給与量の設定が可能となっています。通常は分娩後日数と乳量により、給与量を調節しています。つまり自動搾乳システムでは、理論的には、個体ごとの飼料給与管理と繁殖管理が可能となります。

前述の活動量計により繁殖行動を把握することで、卵巢静止や卵胞嚢腫などの繁殖障害を検出（推測）できる可能性があり、VWPにおける活動量計の活用も有効な手段です。また、一部自動搾乳システムについては、乳中の黄体ホルモン値を自動計測するシステムを併用することが可能です。黄体ホルモンを自動測定するプログラムにより、発情の検出、推定妊娠牛の検出、繁殖障害疑いの検出が可能となります。

近年、ボディコンディションスコアの自動測定や反芻時間を自動記録できるシステムも開発されており、このような情報を組み合わせ、個体管理を高めることで繁殖成績の向上が大いに期待されます。

（図4） 分娩後初回授精の状況を検定成績表でチェック

		良好					課題						
授精報告		未経産		0頭		0%		未経産		15頭		88%	
授精報告		経産		45頭		78%		経産		39頭		70%	
頭分	数布	頭数	分娩後日数					頭数	分娩後日数				
			59日以下	60~79日	80~99日	100~119日	120日以上		59日以下	60~79日	80~99日	100~119日	120日以上
今月の未授精牛		12	8	2	2		17	9	3	1	1	3	
初回授精	前月	3	2	1			7			3	1	3	
	(%)		67	33						43	14	43	
	3ヵ月	13	7	2	3	1	15	1	3	3	3	5	
	(%)		54	15	23	8		7	20	20	20	33	
過去1年		41	14	5	9	8	35	1	7	5	9	13	
	(%)		34	12	22	20	12	3	20	14	26	37	
繁殖に供さない牛		2頭					頭						

授精の遅れている牛は、ここ最近存在しない

死産、難産などの分娩事故、胎盤停滞、低カル、ケトーシス等も、良い発情が回帰しない原因となる

5

優良事例 熊本県 金子牧場

移動経路制御型（粗飼料先配置タイプ）の牛舎で45頭程度の乳牛を、1台の搾乳ロボット（デラバル社、VMS スーブラ）で、搾乳管理しています。乳牛の移動経路上では、1回の搾乳当たり2回のセレクションゲート（SSG）通過を伴う（粗飼料エリア→SSG→待機場・搾乳ロボット→粗飼料エリア→SSG→休息エリア）ので、見かけ上、セレクションゲート利用回数が多くなります。基礎混合飼料（PMR）は1日1回自家混合して給与し、1日12回自動餌寄せ機を稼働させています。基礎混合飼料（PMR）は、泌乳量28kgの設定で設計しており、搾乳ロボット内で平均4.1kg/日（1.1～8.6kg/日、搾乳1回当たり平均1.5kg）の配合飼料を給与しています。

<自給飼料生産と地域貢献>

上述のとおりPMRを十分に食い込ませることが自動搾乳システムにおける健康管理の大きなポイントとなります。そのためには、粗飼料の生産基盤を確保し、高品質な粗飼料生産が大切となります。金子さんは、平成9年4月に設立されたJA菊地泗水コントラクター利用組合（構成52名）に所属し、平成25,26年には副組合長を務め、自牧場の自給飼料のみならず、地域としての自給飼料生産の発展に努めています。搾乳ロボットの導入により搾乳作業が無くなることで、このような自給飼料生産や地域貢献に力をそそげることも、搾乳ロボットの効果のひとつです。

ロボット1台当たり

搾乳量 1,432 kg/日
 搾乳回数 117回/日

搾乳牛1頭当たり

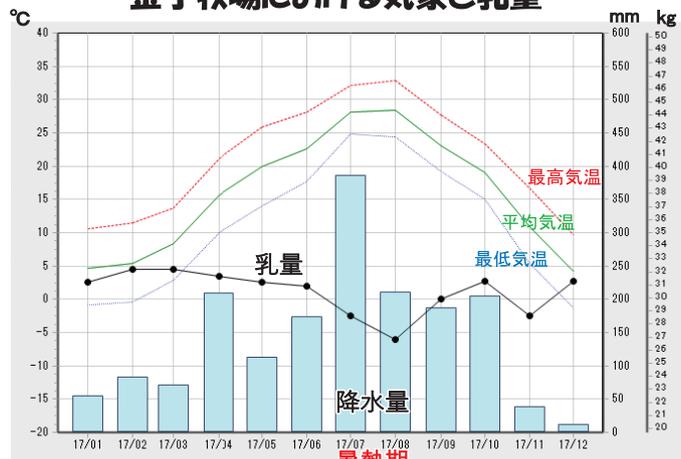
搾乳回数 2.6回/日
 セレクションゲート通過回数 6.5回/日
 乳量 32.4 kg/日
 1日当たりロボット内濃厚飼料給与量 4.1 kg/日

搾乳1回あたり

1回当たり平均搾乳量 12.2 kg/回
 1回当たりロボット内濃厚飼料給与量 1.5 kg/回
 8kg未満の搾乳割合 15.8%
 間隔時間が6時間未満での搾乳割合 12.7%
 待機場での平均待ち時間 11.7分



金子牧場における気象と乳量



牛群検定気象情報カウダスから

牛群検定成績

平均産次 1.5産
 初産牛比率 57%
 平均搾乳日数 189日
 平均分娩間隔 418日
 待機場での平均待ち時間 11.7分

気象との関係を左図に示しましたが、搾乳ロボットであっても、やはり暑熱期の生産量の減少が認められます。このような環境下において、分娩間隔を418日と良好な繁殖成績を保っています。

6

繁殖改善のための遺伝的改良

ここまで自動搾乳システムが、これまでと異なる新しい部分として、活動量センサーやPMRを用いた繁殖改善を紹介してきました。ここでは、更に牛群検定に加入することで行うことのできる繁殖関連の遺伝的改良を紹介します。

下図に示したように、牛群検定では牛群改良情報として「個体情報」「ゲノミック評価情報」の2つの遺伝的改良の情報があります。個体情報は、牛群検定に加入し、血統登録等を取得すれば、原則全頭に示される遺伝情報です。ゲノミック評価情報は、毛根を採取しSNP検査を受けることで示される遺伝情報となります。

(図6) 牛群検定で提供する繁殖性の遺伝的能力

受胎率と疾病繁殖成分: 数値が大きいほど遺伝的に有利
 空胎日数: 数値が小さいほど遺伝的に有利

繁殖関連の遺伝情報として示されるのは、受胎率(個体情報のみ表示)、空胎日数と、疾病繁殖成分になります。図の値を見るとわかりますが、個体により値にバラツキがあり、遺伝的に有利な牛と不利な牛がいることが分かります。

牛群改良情報(個体情報) (2017-8月)

①牛群内評価	②牛コード	名 号			⑦総合指数	⑧産乳成分			⑨繁殖(遺伝的能力)		
		個体識別番号	父牛略号	母牛登録番号		パーセント順位(%)	パーセント順位(%)	パーセント順位(%)	空胎日数		
6	0277	デンサン 0277 ゴウ			+1032	+935	+47	+50	125		
		33333 7178 8	99H 9999	9999999999	32	27	77	39	62	44	40
	0339	デンサン 0339 ゴウ			+1089	+933	+195	-39	152		
		33333 7386 0	JP9H99999	9999999999	29	27	46	72	51	33	33
	0332	デンサン 0332 ゴウ			+1437	+906	+439	+92	143		
33333 7373 0		9H99999	9999999999	16	28	8	25	59	37	36	
5142	デンサン 5142 ゴウ			+1399	+894	+437	+68	138			
	33333 7412 3	9H99999	9999999999	17	29	9	33	56	36	32	
0314	デンサン 0314 ゴウ			+1158	+846	+296	+16	141			

牛群改良情報(ゲノミック評価情報)

①牛群内評価	牛コード	名 号			生年月日	⑦総合指数	⑧産乳成分				⑨繁殖(遺伝的能力)			⑩体細胞数	⑪繁殖空胎日数
		個体識別番号	父牛略号	母牛登録番号			%順位	%順位	%順位	%順位	%順位	%順位	%順位		
9	0341	デンサン 0341 ゴウ			27.01.19	2430	2101	297	32	863	45	45	1.99	148	
		33333 7392 0	9H99999	9999999999	2	2	26	46	10	7	1	2.28			
8	0337	デンサン 0337 ゴウ			26.07.20	2158	1733	295	130	581	49	32	1.45	144	
		33333 5873 4	9H99999	9999999999	4	5	26	15	23	5	7	1.47			
	5179	デンサン 5179 ゴウ			29.01.01	2150	1784	286	80	1189	34	40	2.02	137	
		33333 7507 0	99999999999999	9999999999	4	4	28	29	3	16	3	1.91			
	5175	デンサン 5175 ゴウ			28.08.10	2143	1985	107	51	1658	46	41	1.96	140	
33333 7482 2	9H99999	9999999999	4	3	65	39	1	6	2	0.77					
5172	デンサン 5172 ゴウ			28.10.16	2132	1746	284	102	1726	36	38	1.66	145		
	33333 7495 1	9H99999	9999999999	4	5	28	22	1	14	3	2.14				

牛群検定を行える機種一覧



レリー社 アストロノートA4 取扱:株式会社コーンズ・エージ



デラバル社 VMS 取扱:デラバル株式会社



GEA社 Mlone 取扱:オリオン機械(株)



SAC社 フューチャーラインエリート 取扱:(株)本多製作所



サンブラー レリー社



サンブラー デラバル社



サンブラー GEA社