

繋留式牛舎からフリーストール牛舎への移行が 乳牛の生産性に及ぼす影響

— ミルキングパーラー方式と自動搾乳方式との比較 —

泉 賢一・尾崎 邦嗣・長瀬 隆
平野 敦・松原 久夫・野 英二

The Influence of the Change of Dairy Management System from the Tie Stall Barn to the Free Stall Barn with a Milking Parlour or with an Automatic Milking System on Production Performances

Kenichi IZUMI, Kunitsugu OZAKI, Takashi NAGASE, Atsushi HIRANO, Hisao MATSUBARA and Eiji NO
(June 2003)

緒 論

酪農生産システムの近代化に伴い、フリーストールシステムが数多く導入されてきている。繋留システムからフリーストールシステムへ移行する場合には、単に乳牛の居住空間が変化するとどまらず、飼養環境そのものが大きく変化することになる。前者は乳牛を個体別に管理するのに対して、後者は群として管理するということが最も大きな相違といえよう。フリーストールシステムでは群管理が可能となるので労働単位あたりの牛の飼養頭数が増加し生産性が向上すると考えられるが、そのような成功を導くためにはフリーストールシステムに対して管理者と乳牛の双方が共に順応できていなくてはならない。生産性を向上させるために酪農生産システムを変更したにも関わらず、逆に悪化してしまう事態は絶対に避けなくてはならない。

繋留システムからフリーストールシステムに移行するに伴い、飼料給与形態は分離給与から混合飼料(TMR)へ変更になる場合が多い。搾乳牛を適切に群分けできる場合、TMRを導入することにより細やかな栄養管理が可能となるので、乾物摂取量が増加し乳生産の向上も期待できる。また、フリーストールシステムでは乳牛の行動に束縛が少なくなるため、発情行動の発見も容易になり繁殖成績が向上するとも考えられている。搾乳方式は繋留システムではカウシェード用パイプライン方式が、フリーストールシステムにおいてはミルキングパーラー方式(MP)が一般的である。この他にフリーストールシ

ステムと自動搾乳システム(AMS)の組み合わせも徐々に普及してきている。しかし、AMSの日本における歴史は浅く、乳生産や乳牛の健康に関する研究報告は少ない⁶⁾。

本学附属農場は、2000年11月に繋留システムからフリーストールシステムへ移行した。本学のフリーストールシステムはMPとAMSの2系統からなっている。したがって、繋留システムからフリーストール・MPへ移行した場合とフリーストール・AMSへ移行した場合、それぞれについての利点や欠点を評価するには格好の調査対象であるといえる。そこで本報告では移行前後の成績を整理し、飼養環境の変更に伴う牛群の生産性について検討した。評価の対象として乳生産、飼料効率ならびに繁殖成績を取り上げた。

材料および方法

本学附属農場で飼養するホルスタイン種乳牛群(一部、ジャージー種乳牛を数頭含む)について調査を行った。従来、繋留式牛舎で飼養しカウシェード用パイプライン搾乳を行っていた牛群を、2000年11月にフリーストール・ミルキングパーラー牛舎(MP)と同・自動搾乳システム牛舎(AMS)へ同時に移転した。MP牛群は、分娩直後から泌乳中後期までの搾乳牛で構成した高泌乳牛群と泌乳末期およびジャージー種搾乳牛で構成した低泌乳牛群の2つのサブグループに分割し、栄養水準の異なる飼料を給与した。AMS牛群には牛群検定の関係上、2産次以上の乳牛を導入した。牛舎の移転に伴い、飼料給与

体系も分離給与から TMR 方式へ変更した。各牛群における飼料給与体系の概要を表1に示す。

乳量、乳成分、乳中体細胞数および繁殖成績を調査項目とした。また、乳生産の効率を表す指標として飼料効果と乳飼比を算出した。調査時期は乳生産については1999年10月から2002年3月まで、繁殖成績については例数が少ないこともあり1997年4月から2002年3月までとした。乳量は個体ごとに毎日記録したものを取りまとめた。乳成分、体細胞数および濃厚飼料給与量は、毎月実施している牛群検定成績の値を集計した。なお、ジャージー種乳牛のデータは繁殖成績のみに使用し、その他のデータか

らは除外した。

結果および考察

図1および表2に各牛群の乳生産に関する項目を取りまとめた。図1には、日乳量の推移を示した。なお、AMS牛群は2産次以上で構成されていたことから、繫留牛群についても2産次以上のデータを抜粋し比較材料とした。また、MP牛群における高泌乳牛群と低泌乳牛群のデータはまとめて解析した。

繫留牛群と比べMP牛群では乳量が若干低く推移した。平均乳量では移転前と比べ約1kg低下したが(P<0.01)、これは初産牛の比率が高まったこと

表1 各牛群における飼料給与体系

	繫留牛群	MP ¹	AMS ²
給与方法	分離	TMR	TMR+ 配合飼料
給与回数	粗飼料：4回/日、 濃厚飼料：4～8回/日	1日1回(AMSは搾乳中に 配合飼料給与)	
粗飼料	アルファルファラップサイ レージ、イネ科ラップサイ レージ、コーンサイレージ	アルファルファラップサイ レージ、イネ科バンカーサ イレージ、コーンサイレー ジ	
濃厚飼料	配合飼料、ビートパルプ	配合飼料、ビートパルプ、 大豆粕、綿実	

¹ フリーストール・ミルクパラー搾乳牛群

² フリーストール・自動搾乳牛群

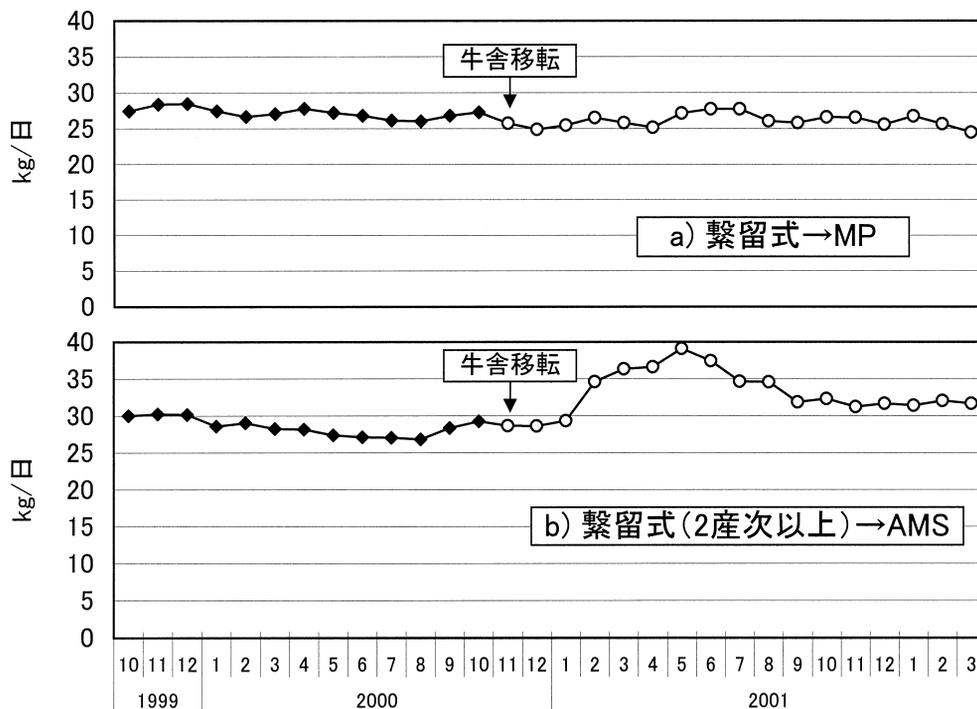


図1 システム変更前後の乳量推移。MP：フリーストール・ミルクパラー搾乳牛群、AMS：フリーストール・自動搾乳牛群

表 2-a 乳量, 乳成分および乳質の比較
(繋留牛群 vs MP¹⁾)

	繋留牛群		MP	
	平均値	SE	平均値	SE
乳量, kg/日	27.3**	0.15	26.1	0.22
乳脂肪率, %	4.00	0.04	4.03	0.10
乳蛋白質率, %	3.31	0.03	3.40**	0.02
無脂固形分率, %	8.84	0.02	8.96**	0.03
体細胞数, ×10 ⁴ /ml	18.0	1.90	25.9	3.62
リニアスコア ¹	3.53	0.15	4.13	0.22
飼養頭数	62.7	0.91	41.2	0.55
初産頭数	19.8	1.19	22.8	0.42
初産頭数割合	0.32	0.02	0.55	0.01

表 2-b 乳量, 乳成分および乳質の比較
(繋留牛群 vs AMS², とともに 2 産次以上)

	繋留牛群		AMS	
	平均値	SE	平均値	SE
乳量, kg/日	28.7	0.24	33.1**	0.75
乳脂肪率, %	3.94	0.04	3.92	0.12
乳蛋白質率, %	3.29	0.03	3.43*	0.03
無脂固形分率, %	8.79	0.03	9.04**	0.04
体細胞数, ×10 ⁴ /ml	16.6	1.63	25.2	5.45
リニアスコア ³	3.74	0.15	3.88	0.27
飼養頭数	41.7	1.43	20.6	0.41

* : P < 0.05, ** : P < 0.01

^{1,2} 表 1 脚注参照³ 0 : 0-1.7×10⁴/ml, 1 : 1.8-3.5, 2 : 3.6-7.0, 3 : 7.1-14.1, 4 : 14.2-28.2, 5 : 28.3-56.5, 6 : 56.6-113.1, 7 : 113.2-226.2, 8 : 226.3-452.5, 9 : 452.6~(北海道乳牛検定協会)

が原因であると考えられた(表 2-a)。一方, AMS では牛舎移転直後から乳量が増加し, 平均で 33.4 kg/日(表 2-b), 最大では 39.1 kg/日に達した(図 1)。これらの結果から, 2 産次以上の比較ではあるが, AMS 牛群の日乳量は繋留牛群と比べ増加することが明らかとなった(P < 0.01)。AMS では 1 日 3 回以上の多回搾乳となり乳生産が増加すると考えられており²⁾, 本報告も同様の結果になったといえる。ただし, 搾乳ロボットには 1 日あたり搾乳可能回数に上限があるので, 期待通りの多回搾乳を行うためには牛群頭数を制限する必要があることに注意しなければならない。例えば, 搾乳ロボットの搾乳可能回数が 180 回/日で, 在籍頭数 60 頭ならば, 3 回搾乳/日/頭が限度となる。本農場の AMS 牛群は牛群サイズが 20 頭前後と小さかったので, 1 日 3 回以上の多回搾乳が常時可能であった。このように, AMS 導入と乳生産との関係を考察する場合には, 搾乳ロボット 1 台あたりの飼養頭数についても留意する必要がある。

表 2 から, 乳脂肪率については飼養方式の違いによって差がないことが示された。乳蛋白質率および

無脂固形分率は繋留牛群と比べフリーストール牛群においてそれぞれ有意に増加した(AMS 牛群の乳蛋白質率のみ P < 0.05, それ以外は P < 0.01)。分離給与から TMR に変更することにより様々な効果が期待されるが, 乳成分の向上もその効果のひとつと考えられる。TMR の設計は日本飼養標準⁷⁾に付属した飼料計算プログラムを用いて行った。分離給与下では給与量, とりわけ粗飼料給与量の把握が困難であるため飼料計算プログラムの利用にも限界がある。一方, 重量計を備えた混合装置で TMR を調製することにより, 飼料計算プログラムで設定したメニュー通りの配合が可能となる。さらに, 毎月の牛群検定の成績やバルク乳の乳成分といった乳生産データ, 牛のボディコンディションや分娩後日数といった牛の状態, あるいは飼料の化学成分といった情報を考慮して, 飼料の配合割合を微調整することもできる。本報告においては, このような TMR の利点が移行後の乳成分率の向上に結びついたと推察された。

体細胞数およびリニアスコアは, 有意ではなかったが MP 牛群および AMS 牛群ともに繋留牛群よりも増加する傾向にあった。一般にミルクパーラーでの搾乳は繋留システムにおけるそれぞれの牛床での搾乳よりも衛生的であると考えられる。本ケースでは搾乳の手順については前絞りから搾乳後のディッピングに至るまで繋留牛群と MP 牛群では何ら変更はなかった。したがって, MP 牛群における体細胞数の増加は搾乳方式よりも飼養環境の変更によるものが大きいと判断された。牛床のサイズ, ネットレールの設定, 敷料の投入量, 通路の除糞あるいは牛舎内の換気といった牛床管理に関する様々な要因が関与していたと考えられる。牛床に乾燥した敷料を豊富に投入可能であるならば大きな問題にならないが, それが不可能な条件下で衛生的乳質を良好に保つためには, 管理する側に高度な観察力が要求されるだろう。

AMS を導入することによって衛生的乳質が悪化することがいくつかの研究で報告されている^{3,8)}。デンマーク, ドイツおよびオランダでそれぞれ 99, 33 および 262 戸の搾乳ロボット導入農場を調査した報告によると, 搾乳ロボットの導入前と比べ導入後に乳中体細胞数が増加する傾向が示された⁸⁾。しかし, いずれの場合においても一定期間の後に導入前のレベルまで低下したことから, 搾乳ロボット導入に対する牛のストレスといったような一過性のものであると判断された。とりわけ, 搾乳ロボットの型式が新しくなるにつれ増加した体細胞数が元の水準に戻

表3 牛乳生産効率の評価

	繋留牛群		MP ¹		AMS ²	
	平均値	SE ⁵	平均値	SE	平均値	SE
購入飼料給与量, kg/頭/日	11.2	0.09	11.7	0.10	14.4**	0.18
飼料効果 ³	2.74**	0.02	2.62	0.04	2.61	0.04
乳飼比 ⁴ , %	26.4	0.21	28.6**	0.50	26.6	0.46

** : P < 0.01

^{1,2} 表1 脚注参照³ 日乳量 (kg)/濃厚飼料給与量 (kg), ビートパルプおよび綿実 は 1/2 として算出⁴ 購入飼料費/乳代, 乳代を70円/kgとして産出⁵ 標準誤差

るまでの期間が短縮することから⁸⁾, ハード面の要因が強く作用していると考えられる。AMS 群の衛生的乳質に関しては, 今後の経過を見守る必要があらう。

表3 では乳生産効率について試算した。また, 図2 に検定日乳量と購入飼料給与量の関係を, 図3 にそのデータより算出した乳代と購入飼料経費との関係を示した。購入飼料の給与量は AMS 牛群が他の

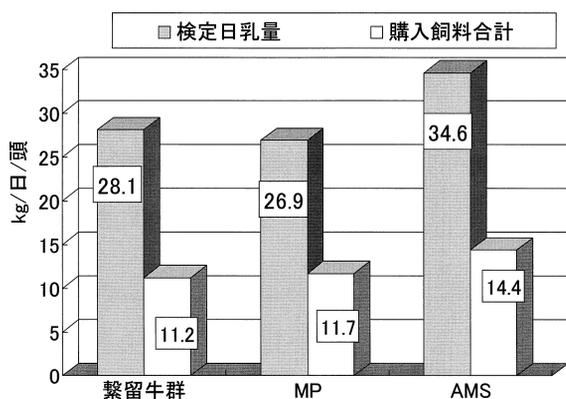


図2 乳量と購入飼料給与量の関係, MP, AMS: 図1 参照

2 群と比べ有意に高い値となった (P < 0.01)。飼料効果については, 繋留牛群が MP 牛群および AMS 牛群よりも高い値となった (P < 0.01)。乳飼比は MP 牛群が他の 2 群よりも有意に高い値を示した (P < 0.01)。乳代から購入飼料経費を差し引いた金額では, AMS 牛群が他の 2 処理よりも高い値になる傾向にあった。MP 牛群および AMS 牛群ともに飼料給与方式が繋留飼養時の分離給与から TMR 給与に変更となった。両群とも飼料効果は有意に減少したが, 乳飼比に関してはそれぞれ異なる結果となった。初産牛は乳生産以外にも自らの増体に対して栄養を必要とすることから⁷⁾, 摂取エネルギーのうち乳生産に利用される割合は低いと考えられる。したがって, MP 牛群における乳飼比の高さは初産牛の割合が高かったことも関係していると考えられた。AMS 牛群においては繋留牛群と比べ飼料効率は悪化したものの, 乳飼比は遜色のない値となり, 1 日 1 頭あたりの収益も高いものであった (図3)。このことは, 現在の日本酪農においては生産効率の低下を牛乳販売収入の増加で補うことが可能であることを示唆している。

表4 に繁殖成績を掲載した。受胎までに要した授

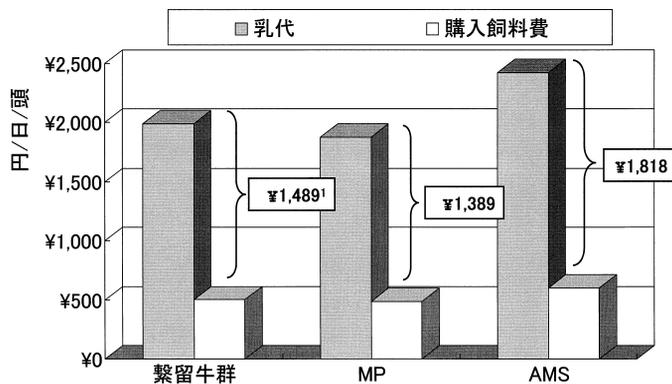


図3 乳代と購入飼料経費の関係, ¹: 乳代 (70 円/kg) - 購入飼料経費 (平均 42.4 円/kg)。MP, AMS: 図1 参照

表 4 繁殖成績の評価

	繋留牛群		MP ¹		AMS ²	
	平均値	SE ⁶	平均値	SE	平均値	SE
延べ頭数	325	—	23	—	12	—
受胎までに要した授精回数	2.14	0.08	2.26	0.25	2.33	0.31
初回授精日数	76.9	2.0	72.7	2.6	72.6	1.7
空胎日数	121.5	3.8	134.9	14.2	128.1	14.1
分娩間隔, 月	13.4	0.1	14.0	0.4	13.6	0.5
発情発見率 ³ , %	78.3	1.5	72.5	5.0	71.0	7.0
受胎率 ⁴ , %	64.6	1.8	60.3	6.9	54.2	8.4
妊娠率 ⁵ , %	51.4	2.5	36.1	9.1	42.4	10.2
初産分娩月齢	26.1	0.6	25.6	0.4	—	—

^{1,2} 表 1 脚注参照

³ 授精回数 / [少数切り上げ {(空胎日数 - 初回授精日数) / 21} + 1] × 100

⁴ (1 / 受胎までに要する授精回数) × 100

⁵ (発情発見率 × 受胎率) × 100

⁶ 標準誤差

精回数, 空胎日数, 分娩間隔, 発情発見率, 受胎率および妊娠率に関して, 繋留牛群よりも MP 牛群および AMS 牛群の成績が悪化する傾向を示した。とりわけ, MP 牛群では空胎日数の延長と妊娠率の低下が, AMS 牛群では発情発見率と受胎率の低下が目立った。繁殖成績の悪化傾向に関して, AMS 牛群では高泌乳期の乳量増加が栄養状態のマイナスバランスをもたらしたためであると推察された。一方, MP 牛群では産乳量が繋留牛群とくらべ減少したことから (表 2-a), 栄養状態のマイナスバランスが原因であったとは考えにくい。伊藤の報告⁵⁾によると, 酪農場において新たな技術を導入してからその効果が出るまでの期間は, 飼料の給与方法や搾乳技術の変更については数週間から数ヶ月といった短期間で効果が現れるが, 繁殖成績や牛群の健康水準といった項目では効果が現れるまでに 1~2 年の長いスパンが必要であると述べられている。このことは牛舎移転から 1 年程度の期間では管理者および乳牛の双方が飼養環境の変化に順応できないことを示唆しており, 今回の調査時点における繁殖成績の悪化傾向は一過性のものであるのかもしれない。なお, 効果が出るまでの期間が長いということは, 失敗した際の回復に要する期間も長いことを意味している。したがって, このような新技術を導入する際には過去の事例を十分に解析し失敗を犯さないことが重要となる。

以上の結果をまとめると, フリーストールシステムであっても MP 方式なのか AMS なのかによって, 導入初期における生産性は異なることが明らかとなった。MP 方式では 1 年程度の期間では生産性

に対して目立った効果が現れなかったが, AMS を導入することにより乳生産に対して効果があることが明らかとなった。

本報告では主に乳生産や繁殖成績の面からシステムの評価を行った。Brand and Chuck¹⁾は, 酪農業における管理項目を 8 通りに分類している。今回検討した乳生産と繁殖以外にも飼料生産, 栄養, 健康管理, 牛群更新, 固定資産・労働力および資金繰りがあげられる。生産者はそれぞれの項目に関して長期, 中期あるいは短期の目標を立案し, 「農場の目標 (立案)→実行→評価」といったサイクルを常に検討しなくてはならない¹⁾。既存の酪農生産システムをこのような観点から評価し最適化するためには, 情報の管理に対する認識を改めて強く持たなくてはならないだろう⁴⁾。これからの酪農経営は「情報」をいかに有益に利用するかが大きな課題となると思われる。

要 約

搾乳牛飼養方式を繋留牛舎・カウシェード用パイプライン搾乳システムからフリーストール・ミルクパーラー搾乳システム (MP) あるいは同・自動搾乳システム (AMS) へ変更することが, 乳牛の生産性に及ぼす影響について解析した。本学附属農場を調査対象とし繋留牛群, MP 牛群および AMS 牛群の 3 群間で乳生産, 繁殖成績および乳生産の効率について比較した。日乳量は繋留牛群と比べ MP 牛群では減少し (P<0.01), AMS 牛群では増加した (P<0.01)。乳成分は乳蛋白質率および無脂固形率において繋留牛群よりも MP 牛群および AMS 牛群でそれぞれ有意に高い値となった (AMS の乳

蛋白質率のみ $P < 0.05$, その他はすべて $P < 0.01$)。購入飼料給与量は AMS 牛群で他の 2 群よりも有意に増加し ($P < 0.01$)、飼料効果は繋留牛群と比べ MP 牛群および AMS 牛群において有意に低下した ($P < 0.01$)。MP 牛群の乳飼比は他の 2 群よりも有意に高い値を示した ($P < 0.01$)。繁殖成績は繋留牛群と比べ MP 牛群および AMS 牛群の成績が悪化する傾向を示した。以上の結果より本学附属農場を例に取った場合、繋留式システムからフリーストールシステムへ移行するにあたって、ミルクングパーラー方式では 1 年程度の期間では生産性に目立った改善効果が現れないことが示唆された。一方、自動搾乳システムを導入することにより乳生産の面で効果が認められた。

参考文献

- 1) Brand, A. and C.L. Guard, 2001. 乳牛のハードヘルスと生産管理. 第 1 章 ハードヘルスと生産管理プログラムの項執筆. (Brand, A., J.P.T. M. Noordhuizen and Y.H. Schukken, eds. 酒井建夫, 大島 慧, 監訳). 1-13. チクサン出版社, 東京.
- 2) Gaja, G., M. Ayadi, C. Conill, M. Ben M'Rad, E. Albanell and X. Such, 2000. Effects of milking frequency on milk yield and milk partitioning in the udder of dairy cows. In Robotic milking: Proceedings of the international symposium on robotic milking (Hogeveen, H. and A. Meijering eds.) Wageningen Pers. Wageningen. The Netherlands. 177-178.
- 3) Hillerton, J.E. and J.M. Dearing, 2002. Herd health before and after installation of an automatic milking system. In proceedings the first North American conference on Robotic milking. VI-1-8.
- 4) Hobler, K.H., M.L. Eastridge, C.S. Hayhow, P.D. Goldsmith and J.R. Staubus, 1991. Use of dairy herd improvement monthly summary data to monitor intervention strategies in a dairy herd experiencing suboptimal reproductive performance and reduced milk production. JAVMA, 198: 1028-1034.
- 5) 伊藤紘一, 1996. フリーストールシステム. 序論の項執筆. (Bickert, W.G., R.E. Graves, 伊藤紘一, 著). 1-38. ウィリアムマイナー農業研究所. 東京.
- 6) 泉 賢一, 森田 茂, 小宮道士, 野 英二, 2002. 自動搾乳システム飼養下の高泌乳牛群における飼料設計と乳生産の関係. 北畜会報, 44: 39-46.
- 7) 農林水産省農林水産技術会議事務局編, 2000. 日本飼養標準・乳牛(1999 年度版), 中央畜産会, 東京.
- 8) Vorst, Y. v. d., and K.d. Koning, 2002. Automatic milking systems and milk quality in three European countries. In proceedings the first North American conference on Robotic milking. V-1-12.

Summary

We investigated the influence of the change of dairy management system from the tie stall barn with a pipe-line milking system to the free stall barn with a milking parlour system (MP) or with an automatic milking system (AMS) on milk production and reproduction performance. Daily milk yield of the MP group was lower than the tie stall group ($P < 0.01$), however that of the AMS group was significant higher than the tie stall group ($P < 0.01$). The content of protein and solids-not-fat in milk both of the free stall groups increased significantly compared with the tie stall group (the protein percent of AMS group: $P < 0.05$; the other contents: $P < 0.01$). The feeding amount of concentrate for the AMS group was significantly higher than the other groups ($P < 0.01$). In both groups in the free stall system, the feed efficiency was lower than the tie stall group ($P < 0.01$). The ratio of milk income to feed cost in the MP group was higher than the other groups ($P < 0.01$). The reproduction performance of the two groups in the free stall system tended to be worth compared with the tie stall system. From this investigation, it was seemed that the changing over from the tie stall system to MP might be less efficiency for only a year. On the other hand, the introducing of AMS was effective about milk production.