

初産分娩後 1000 日間の乳量を最大にするための分娩間隔と初回授精開始時期

按田将利¹・近藤野の花¹・山口 諭²・阿部隼人²・中川智史²・萩谷功一¹

¹ 帯広畜産大学, 帯広市 080-8555

² 北海道酪農検定検査協会, 札幌市中央区 060-0004

(2017. 3. 3 受付, 2017. 9. 27 受理)

要 約 ホルスタイン種の初産分娩後 1000 日間の乳量 (1000dMY) を最大にする分娩間隔と授精開始時期について調査した。データは、北海道内において 2007 年に初産分娩した初産次から 3 産次までの 24,476 頭の牛群検定記録である。毎月 1 度の検定日乳量に対し、泌乳曲線を使用して 1000dMY を推定した。初産分娩後 1000 日以内に 2 産分娩および 3 産分娩の記録をもつ個体の記録のみを分析対象とした。分娩間隔の中央値は、初産-2 産間 385 日、2 産-3 産間 396 日、1000dMY の平均乳量は 24,588kg であった。1000dMY は、初産-2 産間および 2 産-3 産間の分娩間隔について、いずれも 357 日から 440 日で高く、それ以上になると徐々に低下した。妊娠期間を 280 日程度と仮定すると、初産および 2 産分娩後 80 日を目安として人工授精を開始することで 1000dMY が高くなると推察した。

日本畜産学会報 89 (1) , 61-66, 2018

北海道内のホルスタイン種において、雌牛の繁殖能力に関する遺伝的趨勢が低下傾向にあることが報告されている(河原ら 2010)。さらに、彼らは、その現象が乳量の遺伝的改良にともなう相関反応に起因する可能性を示唆した。その後も産次当たりの乳量は増加傾向にあり、それにとまなう分娩間隔(以降、CI とする)の長期化が懸念されている(相原 2014)。相原(2013)によると、牛群検定開始以降一貫して乳用牛の分娩サイクルは 380 日が望ましいとされる。しかしながら、平均 CI は 1980 年の 399 日から 2015 年の 433 日まで長期化した(家畜改良事業団 2015)。

萩谷ら(2012)は、乳期全体の乳量とともに泌乳後期の乳量の遺伝的能力が向上したことを報告した。このことは、泌乳後期において 1 日あたりの乳量が増加していることを意味する。こうした泌乳後期の乳量の変化は、経済的に最適な CI に変化をもたらす可能性がある。分娩後、早期の受胎は搾乳期間を短くし、遅い受胎は搾乳期間を長くする。そのため、生涯乳量を最大にする CI が明らかになれば、経済的に最適な初回授精開始時期の目安のひとつになりうる。武田(2016)は、育成期間を含めた平均日乳量に注目し、最適な CI が雌牛の供用産次数に応じて変化することを指摘した。しかしながら、現在までに乳量を増加させることを目的とした CI に言及した報告は少ない。

本研究の目的は、ホルスタイン種雌牛における初産から 3 産までの記録を含む一定期間(初産分娩後 1000 日間)の総乳量を最大とするような CI を調査し、分娩後の最適な人工授精開始時期について調査することである。

材料および方法

データは、北海道酪農検定検査協会が集積した牛群検定記録のうち、北海道内において 2007 年に初産分娩記録をもつ初産次、2 産次および 3 産次の分娩後 6 日から 365 日までの記録である。Hagiya ら(2017)は、日本の気象条件下において暑熱ストレスが受胎率に顕著に影響することを指摘した。そのことより、特に気温が高かった 2010 年(農林水産省生産局農産部農業環境対策課 2011)の人工授精による分娩データは、受胎率の低下および暑熱時の人工授精を避けるなど、CI に対する暑熱ストレスの影響が大きいと判断した。本研究は、初産分娩後 1000 日間の記録を分析対象としたが、2007 年に初産分娩した個体のみを対象としたことにより、2010 年夏季の暑熱ストレスの影響を回避した。データは、初産分娩後 1000 日以内に 2 産分娩および 3 産分娩の記録をもつこと、初産分娩月齢が 18 から 35 ヶ月齢の範囲であることを条件とした。CI について、牛群検定において分娩記録として認められる最短の在胎日数である 180 日に対し、分娩後に黄体が形成されはじめる 18 日(De Vries と Veerkamp 2000)を加えた 198 日以上を基準とした。すなわち、初産-2 産間および 2 産-3 産間のいずれかの CI が 198 日未満の場合、その個体のすべての記録を削除した。初産分娩後 1000 日間の総乳量(以降、1000dMY とする)は、初産次、2 産次および 3 産次の乳量の合計とした(図 1)。編集後のデータは 24,476 個体の記録であった。

分娩後 365 日間の毎月 1 度の検定日乳量に対し、以下

連絡者: 萩谷功一 (fax : 0155-49-5414, e-mail : hagiya@obihiro.ac.jp)

に示した Wilmink 関数 (Wilmink 1987) を応用した泌乳曲線から毎日の乳量を推定した。

$$y = b_1 + b_2 t + b_3 e^{-0.05t}$$

ここで、 y は検定日乳量、 t は搾乳日数、 e は自然対数の底である。 b_1 、 b_2 および b_3 は泌乳曲線の形状に関するパラメーターである。各パラメーターの推定には、多形質予測法 (萩谷ら 2004) を応用した。本研究に使用したデータは 366 日以降の牛群検定記録を含まなかったことから、365 日を超えて搾乳を続けた場合、365 日と同量の乳量を維持したと仮定した。乾乳期間は、日本飼養標準乳牛 2006 (農業・食品産業技術総合研究機構, 2007) において最適な乾乳期間とされている 60 日間と仮定した。

1000dMY に対する CI の効果を推定するために使用した数学モデルを以下に示した。

$$y_{ijkl} = A_i + M_j + 1stCI_k + 2ndCI_l + e_{ijkl}$$

ここで、 y_{ijkl} は 1000dMY に関する推定値、 A_i は初産分娩月齢グループ i (20 ヶ月齢以下, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 および 30 ヶ月齢以上の合計 11 区分) に関する母数効果、 M_j は初産分娩月 j (12 区分) に関する

母数効果、 $1stCI_k$ は初産-2産間の CI k の母数効果、 $2ndCI_l$ は 2産-3産間の CI l (CI はいずれも、294 日未満, 294-314, 315-335, 336-356, 357-377, 378-398, 399-419, 420-440, 441-461, 462-482, 483-503, 504-524, 525-545, 546-566, 567-587 および 588 日以上合計 16 区分) に関する母数効果、 e_{ijkl} は残差に関する変量効果である。なお、予備分析において各 CI 間に相関関係が存在しないことを確認した。分析には、R (R Core Team 2017) の GLM プロシジャーを使用した。

本研究では主に 1000dMY を分析対象としたが、日乳量は分娩後の搾乳日数に応じて変化することから、打ち切りのタイミングの違いの影響を確認するため、初産分娩後 900 日間の総乳量 (以降、900dMY とする) に対する CI の効果も同様に推定した。

結果および考察

平均乳量は、初産次 8,456kg、2産次 9,999kg および 3産次 6,134kg であった。3産次の乳量が初産次および 2産次との比較において少ない (表 1) が、このことは 3産

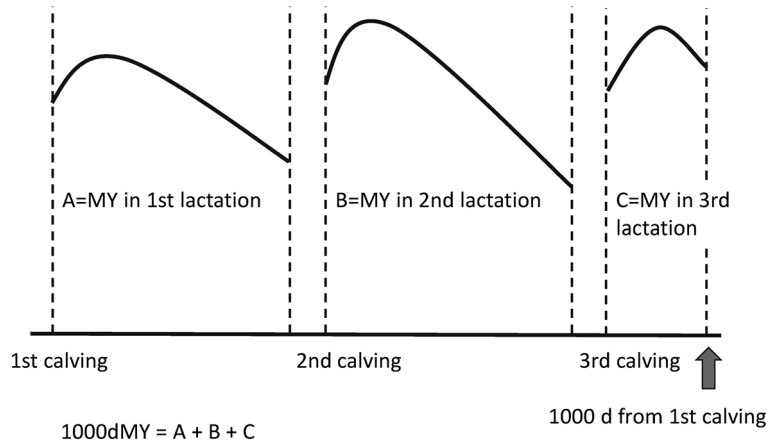


Figure 1 Total milk yield (MY) in 1000 days from first calving (1000dMY).

Table 1 Means (s.d. in parentheses), median, minimum and maximum for milk yield (MY) and calving interval (CI) ($n = 24,476$)

Trait	Mean (s.d.)	Median	Min.	Max.
MY in first lactation (kg)	8,456 (2,201)	8,214	939	21,199
MY in second lactation (kg)	9,999 (2,606)	9,737	239	28,458
MY in third lactation (kg)	6,134 (2,913)	6,308	14	17,236
CI between first and second calving (d)	393 (66)	385	199	783
CI between second and third calving (d)	409 (67)	396	200	762
Total MY in 1000 d from first calving (kg)	24,588 (4,462)	24,465	4,745	47,172

次の記録の多くが乳期中中までであったことによる。平均 1000dMY は 24,588kg であった。CI の平均値は、初産-2 産間 393 日および 2 産-3 産間 409 日であった。CI に関する中央値はそれらの平均値と若干異なり、それぞれ、385 および 396 日であった。このことより、生産者は、相原 (2013) が指摘した 380 日程度の CI を目安として人工授精していると推察した。

本研究において、初産および 2 産次の記録をもつ 24,476 個体のうち、初産次の 27% (6,639 記録)、2 産次 35% (8,510 記録) が分娩後 366 日以降も泌乳を継続していた。本研究で使用したデータは分娩後 365 日までの記録であったことから、365 日を越えて搾乳を続けた場合、365 日と同量の乳量を維持したと仮定したが、その仮定は正確とはいえない。特に、CI が長期間に及ぶ場合、1000dMY が過大推定された可能性がある。日本国内の検定日泌乳記録に対する泌乳曲線の予測に関する過去の報告の多くが分娩後 305 日あるいは 365 日までの記録を対象としていた (Pereira ら 2001 ; 山口ら 2007, 2010 など)。本研究において、1000dMY に占める 366 日以降の乳量は 2.8% であった。今後、より精度の高い生涯生産記録を推定するためには、長期間にわたる泌乳記録を適切に説明できる泌乳曲線が必要である。また、適切な CI あるいは泌乳期間の長さについてより詳細な検討を進めるためには、366 日以降の泌乳曲線の予測方法の開発を含めて更なる検討が望まれる。

1000dMY に対する CI の最小二乗平均値より、初産-2 産間の CI が 357 日から 440 日の範囲であるときに 1000dMY が最大であり、440 日を越えると低下した (図

2)。同様に、2 産-3 産間の CI でも 357 日から 440 日の範囲で 1000dMY が最大であり、CI の長期化にともなうて徐々に低下した (図 3)。武田 (2016) は、雌牛の供用できる産次数を 5 産または 6 産と仮定したとき、最適な CI が初産-2 産間 379 日から 424 日、経産 430 日から 450 日であると述べた。本研究の結果は、初産-2 産間について彼の結果と一致し、2 産-3 産間について最適な CI 範囲の上限が彼の結果より 10 日短かった。このような差異が生じた主要因は、本研究における経産記録が 2 産-3 産間に限定されるのに対し、武田 (2016) の研究が 5 産あるいは 6 産までの CI を含むこと、さらに、本研究において採用した 1000dMY は 3 産次泌乳期間中までの打ち切り記録を対象としたが、武田 (2016) が乳期中終了までを考慮した点であると推察した。すなわち、より後の産次間における最適な CI が 2 産-3 産間の CI より長い可能性がある。1000dMY に含まれた 3 産次の最終搾乳日数の分布 (図 4) より、3 産次の記録には泌乳中後期までの記録が多く含まれた。900dMY を仮定した場合、初産分娩後 900 日目に相当する記録数のピークは図 4 との比較において 100 日程度早まる。初産分娩後 900 日までの間に 3 産の分娩記録をもつ 19,463 個体について、900dMY に対する初産-2 産間および 2 産-3 産間の CI の最小二乗平均値 (図 5 および図 6) のピークは不明瞭になった。しかしながら、1000dMY に対するそれら (図 2 および図 3) との比較において、乳量が最大を示す範囲は、CI が若干短い方向へと変化した可能性がある。本研究では、初産分娩後 1000 日間の生産量を目安としたが、生産記録を最大にすることを目的とした最適な CI に関する研究を実施す

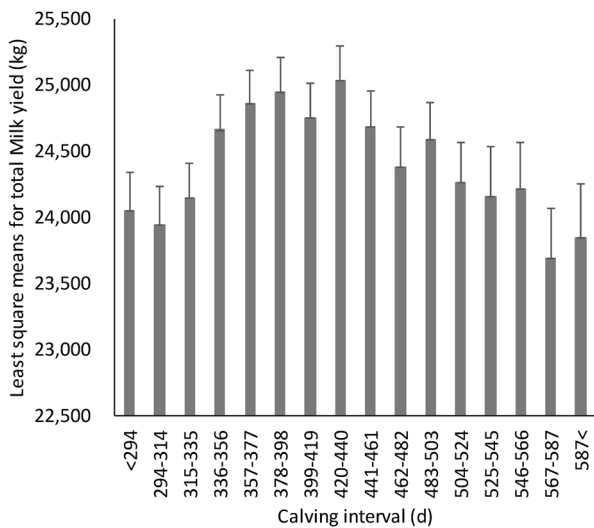


Figure 2 Least square means (s.e.) on calving interval between first and second lactation for 1000dMY¹.

¹Total milk yield from first calving to 1,000 d after first calving.

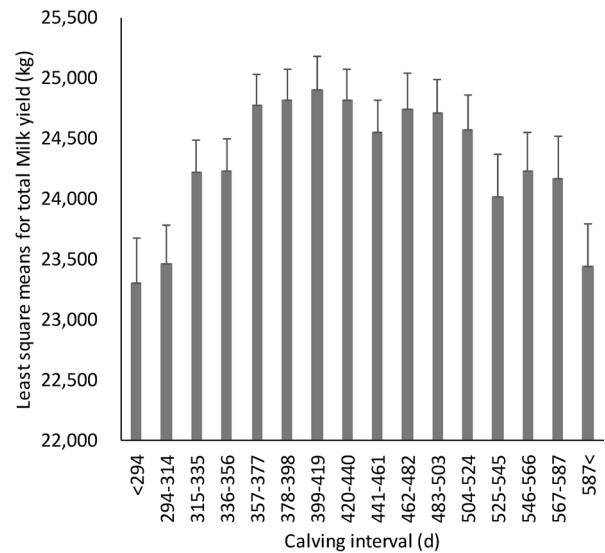


Figure 3 Least square means (s.e.) on calving interval between second and third lactation for 1000dMY¹.

¹Total milk yield from first calving to 1,000 d after first calving.

る際、生産記録を打ち切るまでの日数について検討する必要がある。また、本研究において乾乳期間を60日と仮定したが、中村ら(2013)は、2産以降の産次で乾乳期間を短縮できる可能性を示唆した。将来において、60日より短い乾乳期間が推奨される場合、乾乳期間の違いを考慮した検討が必要である。

乳量と分娩間隔間に表型相関が存在する場合、個体ごとの乳量の差が本研究の結果を偏らせる可能性がある。Abeら(2009)は、北海道内のホルスタイン種において、乳量と空胎期間の間の表型相関を報告した。空胎期間はCIから妊娠期間を減じた値であるため、乳量とCI間にも同

様の相関関係が期待される。彼らが報告した表型相関の推定値(0.07から0.17)は、一般に無相関に分類される範囲であったことから、本研究において個体の乳量差による分析結果への影響はきわめて小さいと推察した。

本研究の結果は、妊娠期間を280日程度と仮定したとき、初産または2産分娩後80日を目処に人工授精を開始し、分娩後160日までに受胎させることで最大の1000dMYを期待できることを示唆した。

WeigelとRekaya(2000)は、分娩後40日から140日までの人工授精による受胎率が他の期間より高いことを指摘した。河原ら(2010)は、分娩から人工授精までの期間が60日未満のとき、受胎率が顕著に低いことを報告した。岡田(2016)は、十勝管内6農協のフィールド記録を使用した分析を実施し、受胎率から推察した最適な人工授精開始時期が分娩後80日から100の間であると示唆されたが、このことは受胎率から最適な人工授精開始時期を推察した岡田(2016)の報告と一致した。また、彼は、牛群のピーク乳量水準の違いにより、最適な授精開始時期が異なる可能性を指摘した。牛群間の乳量水準の違いを考慮するためには、牛群あるいは牛群の乳量水準を母数効果として含めた数学モデルを応用する必要がある。さらに、年次に関する母数効果によってある程度暑熱ストレスの影響を補正できる可能性、あるいは個体の育種価を考慮した精密な数学モデルについて検討する余地がある。本研究は、初産分娩後1000日間を目安としたため、調査対象が初産から3産までの生産量および初産-2産間と2産

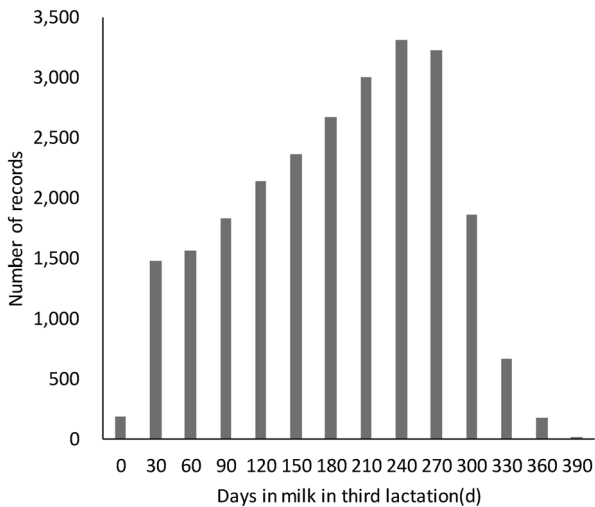


Figure 4 Distribution on the 1,000th day after first calving.

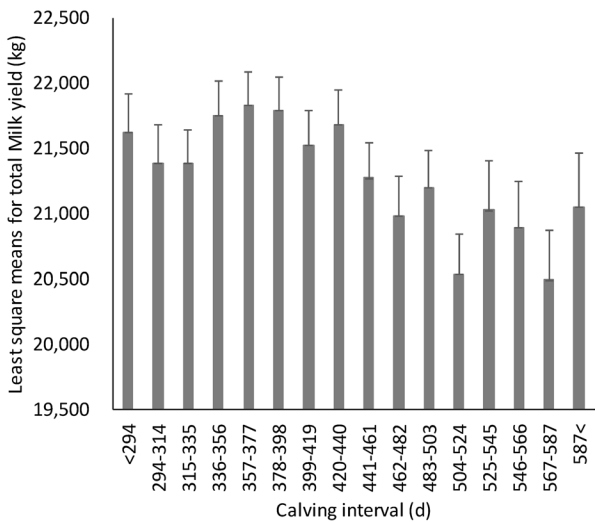


Figure 5 Least square means (s.e.) on calving interval between 1st and 2nd lactation for 900dMY¹.
¹Total milk yield from first calving to 900 d after first calving.

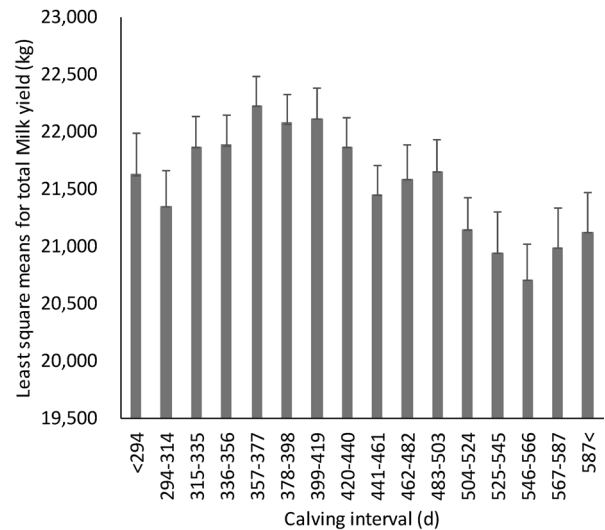


Figure 6 Least square means (s.e.) on calving interval between 2nd and 3rd lactation for 900dMY¹.
¹Total milk yield from first calving to 900 d after first calving.

-3産間のCIに限定された。今後、365日以降の乳量を正確に推定する方法を明らかにするとともに、より長期間にわたる生産量とCIに関する詳細な調査を行う必要がある。

本研究は、国内ホルスタイン種を生産量を向上させるため、1000dMYを最大にするCIおよび人工授精開始時期について調査した。初産分娩後1000日間の生産性を向上させるためには、分娩後80日を目安として人工授精を開始し、分娩後160日までに受胎することが望ましい。

謝 辞

本研究の遂行に当たり、豊頃農業協同組合の岡田博史氏ならびに帯広畜産大学の和田大輔講師に有益なご助言をいただきました。心より感謝の意を表します。

文 献

相原光夫. 2013. 今日も明日も牛群検定が約束するあなたの酪農経営!. デーリィ・ジャパン社, 東京.

相原光夫. 2014. 新しい牛群検定成績表について(その31) - 分娩間隔と空胎日数 -. *LIAJ News* **145**, 24-27.

Abe H, Masuda Y, Suzuki M. 2009. Relationships between reproductive traits of heifers and cows and yield traits for Holsteins in Japan. *Journal of Dairy Science* **92**, 4055-4062.

De Vries MJ, Veerkamp RF. 2000. Energy balance of dairy cattle in relation to milk production variables and fertility. *Journal of Dairy Science* **83**, 62-69.

Hagiya K, Hayasaka K, Yamazaki T, Shirai T, Osawa T, Terawaki Y, Nagamine Y, Masuda Y, Suzuki M. 2017. Effect of heat stress on production, somatic cell score and conception rate in Holsteins. *Animal Science Journal* **88**, 3-10.

萩谷功一, 安宅 倭, 河原孝吉, 後藤裕作, 鈴木三義, 白井達夫, 渥美 正. 2004. ホルスタイン雌牛の検定日記録から乳期生産量を予測する3種の方法的比較. *日本畜産学会報* **75**, 345-351.

萩谷功一, 大澤剛史, 増田 豊, 鈴木三義, 山崎武志, 長嶺慶隆, 富樫研治. 2012. ホルスタイン種における在群期間と泌乳・体型形質間の遺伝相関の年代的な変化. *日本畜産学会報* **83**, 9-19.

家畜改良事業団. 2015 乳用牛群能力検定成績のまとめ. 家畜改

良事業団, 東京. [cited 9 May 2017]. Available from URL <http://liaj.lin.gr.jp/japanese/newmilkset.html>

河原孝吉, 後藤裕作, 増田 豊, 山口 諭, 鈴木三義. 2010. ホルスタインにおける縦断2値データを使用した雌牛の受胎率に影響する遺伝的および環境的要因. *日本畜産学会報* **81**, 121-132.

中村正斗, 中島恵一, 高橋雄治, 塩野浩紀. 2013. 乾乳期間短縮が次乳期の乳量・乳成分に及ぼす影響. *日本畜産学会報* **84**, 349-359.

農業・食品産業技術総合研究機構編. 2007. 日本飼養標準乳牛(2006年版). p. 50. 中央畜産会, 東京.

農林水産省生産局農産部農業環境対策課. 2011. 平成22年度高温適応技術レポート概要. 農林水産省, 東京. [cited 7 April 2017]. Available from URL http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/ondanka/pdf/h22_tekiyo_gijyutu_gaiyo.pdf

岡田博史. 2016. ピーク乳量に応じた授精開始適期の検討. *家畜人工授精* **289**, 38-39.

Pereira JAC, Suzuki M, Hagiya K. 2001. Prediction of 305 days milk production from early records in dairy cattle using an empirical Bayes method. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* **14**, 1511-1515.

R Core Team. 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria; [cited 23 February 2017]. Available from URL <https://www.R-project.org/>

武田尚人. 2016. 生涯平均日乳量を増やす効率的な搾乳日数.In: 寺脇良悟(監修), 乳牛改良で生産性向上. pp.80-88. デーリィマン社, 東京.

Weigel KA, Rekaya R. 2000. Genetic parameters for reproductive traits of Holstein cattle in California and Minnesota. *Journal of Dairy Science* **83**, 1072-1080.

Wilmink JBM. 1987. Adjustment of test-day milk, fat, and protein yield for age, season and stage of lactation. *Livestock Production Science* **16**, 335-348.

山口 諭, 河原孝吉, 後藤裕作, 増田 豊, 鈴木三義. 2007. ホルスタイン集団における最適な泌乳曲線モデルの検討. *日本畜産学会報* **78**, 415-425.

山口 諭, 河原孝吉, 後藤裕作, 中川智史, 増田 豊, 鈴木三義. 2010. 多形質予測法による乳期中経過記録からの305日乳生産量の予測. *日本畜産学会報* **81**, 401-412.

Calving interval and timing of first artificial insemination with higher milk yield in 1000 days from first calving in Holstein cows

Masatoshi ANDA¹, Nonoka KONDO¹, Satoshi YAMAGUCHI²,
Hayato ABE², Satoshi NAKAGAWA² and Koichi HAGIYA¹

¹ Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro 080-8555, Japan

² Hokkaido Dairy Milk Recording and Testing Association, Chuo, Sapporo 060-0004, Japan

Corresponding : Koichi HAGIYA (fax : +81 (0) 155-49-5414, e-mail : hagiya@obihiro.ac.jp)

We investigated calving interval (CI) and timing of first artificial insemination (AI) with higher milk yield (MY) in 1000 d from first calving (1000dMY). Data were test-day record of 24,476 Holstein cows from first to third lactation collected in Hokkaido, Japan. The lactation curves were adapted to test-day records to estimate 1000dMY. Data contained only cows with first to third calving. Median of CI were 385 d between first and second calving and 396 d between second and third calving. Higher 1000dMY were obtained when both CIs were ranging from 357 d to 440 d. When CI were longer than 440 d, 1000dMY were gradually decreased. Because of gestation period were about 280 d, higher 1000dMY would be produced when first AI were started after 80 d from calving.

Nihon Chikusan Gakkaiho 89 (1), 61-66, 2018

Key words : calving interval, first artificial insemination, Holstein cows.