

学 位 論 文 題 名

わが国における乳牛集団の育種計画に関する研究

学位論文内容の要旨

わが国乳牛の遺伝的改良は米国およびカナダからの種畜（主として若雄牛）の導入によるところが大きい。昭和49年から牛群検定事業が開始され、現在約40%の乳牛が検定を受けている。この検定記録を利用して種雄牛の遺伝的能力評価値が平成2年度以来公表され、酪農家が種雄牛を選択するときの資料に利用されている。また、雌牛についても能力評価値が公表されようとしている。血統登録事業、凍結精液と人工授精のほぼ100%の普及に加えて、牛群検定事業とその記録収録によって、わが国乳牛改良の体制が整備されつつある。本研究では、gene flow 法ならびに本法の不備を自ら改善した演算法を用いたコンピュータシミュレーションによって、育種計画の根幹を構成する種畜の供用年数、後代検定のための調整交配割合ならびに外国集団からの種畜導入が長期ないし短期の遺伝的改良量に及ぼす効果を明かにし、最適な育種計画を検討した。

1. 遺伝的改良量への各選抜径路の寄与

父、母牛から雄、雌子牛（若雄、雌牛）への遺伝子伝達径路毎にその伝達量と実現可能な選抜強度に基づいて、50年後までの遺伝的改良量を予測し、径路間の相対的重要性を検討した。母牛の選抜効果は最も早期に発現するが、選抜強度が弱いので改良効果は小さい。10年後では一般種雄牛（検定群父牛）の選抜効果が最も大きくなる。種雄父母牛の効果発現は前者より更に遅れる。種雄父牛は最も強い選抜が可能なることから、50年後では遺伝的改良量への寄与が最も大きくなる。このように、選抜による長期、短期の遺伝的改良効果の発現様相は径路間で大きく変わる。最も強い選抜が可能なる種雄父牛の選抜効果発現を早めるために早期選抜の方策が今後の課題である。

2. 種雄牛の最適な供用年数

種畜の供用年数が長いことは毎年の更新頭数が少ないことによる強い選抜と、産次記録や血縁個体数の増加に伴いより正確な選抜によって世代当りの改良量が大きくなる。その反面、世代間隔が長くなり年当りの改良量は必ずしも高まらない。供用年数を1から10年と変えたときの50年後までの改良量を予測し最適な供用年数について検討した。種雄父牛の選抜効果は短期（25年後）では3年、長期（50年）では5年のときに最も大きくなるが、それぞれ3から5年、5から7年の供用年数の間で大きな差は認められなかった。検定群父牛については、長期、短期の改良量ともに5から10年の供用年数の間で殆ど差がなかった。これらに対して、牛群検定事業に参加していない乳牛群に交配される種雄牛（非検定群父牛）の選抜効果は長期、短期の改良量共に供用年数が長くなる程大きくなる。選抜効果発現の遅れ1年に6%の割引率を課した改良量で比較したとき、最適な供用年数はいずれの径路とも若干短くなる傾向が認められるが割引率の影響は大きくなかった。また、互いに他の径路の供用年数の影響を受けることが認められ、3径路の種雄牛の供

用年数5年のとき総期待改良量が最も大きくなった。しかし、3から7年の間に大きな差はなかった。また、6%の割引率を想定しても供用年数5年のとき最も大きくなった。

3. 後代検定材料牛生産のための調整交配割合

若雄牛の遺伝的能力は娘牛成績に基づく後代検定で評価されている。そのための交配を調整交配と呼び、現在わが国では、検定牛の約10%を占めている。この交配割合を高めることにより、検定若雄牛頭数の増加による強い選抜ないしは若雄牛当りの娘牛頭数の増加による選抜の正確度の高まりによって、遺伝的能力のより高い種雄牛の選抜が可能になる。その反面、能力の未確認な若雄牛の遺伝子もまた集団中に広まる危険を伴っている。検定牛および非検定牛を合わせた全乳牛の平均遺伝的改良量は、一般に調整交配割合が20ないし70%と高まるにつれて大きくなった。しかし、種雄牛の供用年数が長くなるに伴い低い調整交配割合でプラトーに達し、さらに長期(50年)の改良量は更に低い割合でプラトーないしは逆に減少傾向を示した。種雄牛の供用年数5年のとき、50%以上の調整交配割合では殆ど差がなく改良量も大きかった。これを検定牛群と非検定牛群とに別々に改良量を予測してみると、両群の様相に大きな差が認められた。即ち、検定牛群では30-40%で最も大きくなり、それ以上の割合に高めると改良量の減少が認められた。これに対して、非検定牛群では調整交配割合が高まるにつれて改良量が増加した。種雄牛の後代検定の負担をすべて検定牛群農家が担っていることを配慮すれば、最適な調整交配割合は30%であり現状の割合を更に高める努力が必要である。

4. 外国集団からの種畜の導入による改良効果

これまで閉鎖集団を想定したときの最適な育種計画を検討してきた。現実には若雄牛の大半が米国から導入されている。また、わが国乳牛集団とこれらの外国集団との間には乳量で約600kgの差があると推測されている。この様な差が存在する限り外国からの導入は今後とも続くと考えられるが、その効果を正しく把握し適切な導入割合を検討しておく必要がある。初期の遺伝的能力差を400、600、800kgと外国集団の年当り改良量(遺伝的趨勢)を60、80kgを想定して、導入割合0、25、75、100%のときの集団の改良量を他の径路選抜も含めて予測し検討した。初期遺伝的差の遺伝的改良量への効果は比較的早期に現れ、導入元集団の遺伝的趨勢は徐々に現れてくる。最終的には集団平均値は導入元集団と平行に推移する。導入割合が大きいほど導入元集団の水準により近づく。導入元集団との間に400-800kgの差があるときに、集団の遺伝的改良に対して導入割合は供用年数、調整交配割合よりも重要であった。また、導入元集団の遺伝的趨勢が80kg以上のとき、国内産の若雄牛が種雄牛として選抜されなかった。

わが国現行の育種計画では米国の乳牛集団の水準に追いつくことは困難であることが明らかにされた。今後の育種計画の改善策として、MOET(過剰排卵処理と胚移植技術)ならびにMAS(標識遺伝子を利用した選抜)を応用し、種雄牛の早期選抜と選抜強度を高め、更に調整交配割合を現状の10%から30%程度にまで高める育種計画の策定が必要である。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 清 水 弘
副 査 教 授 朝 日 田 康 司
副 査 助 教 授 上 田 純 治

学 位 論 文 題 名

わが国における乳牛集団の育種計画に関する研究

本論文は、図34、表16、引用文献86を含み5章で構成した和文論文である。

わが国の牛群検定事業は昭和49年度に開始され、検定場方式に替わって検定記録を利用した種雄牛能力評価が平成2年度以来公表されている。更に、雌牛についても全国的規模での能力評価が実施されようとしており、遺伝的改良の体制が整備されつつある。乳牛集団は世代が重複した複雑な交配構造をしているために、育種計画全般の検討は十分になされていない。本論文では、種畜の供用期間、種雄牛能力評価のための交配ならびに外国集団からの種畜導入を中心に、従来の手法の不備に改善を加えたシュミレーションによってそれらの最適化について検討した。その内容は次のように要約される。

1. 親から子への遺伝子の伝達に基づく選抜径路について、50年後までの遺伝子の伝達量と親畜の選抜強度から、集団の改良量に及ぼす各径路の相対的寄与を明らかにした。母牛の選抜効果は最も早期に発現するが、選抜強度が制限され改良効果は小さい。10年後では一般種雄牛（検定群父牛）の選抜効果が最も大きくなる。種雄父母牛の選抜効果は前者より更に遅れるが、強い選抜が可能なることから、長期的な（30-50年後）改良量への寄与が最も大きくなった。
2. 種畜の供用年数は選抜強度ならびに選抜の正確度と世代間隔に互いに逆の効果とを及ぼし、これらの要因を介して年当り改良量に影響を及ぼす。そこで、50年後までの改良量について種雄牛の最適な供用年数を明らかにした。種雄父牛の選抜効果は短期的（25年）には供用年数3年、長期（50年）では5年のとき最も大きい。それぞれ3-5年、5-7年の間で大きな差はなかった。検定群父牛は長期、短期とも5-10年の供用年数の間で殆ど差がなかった。これに対して、非検定牛群に交配される種雄牛の選抜効果は50年後まで供用年数が長くなるほど大きかった。選抜効果発現の遅れ1年に6%の割引率を課した改良量と比較しても、最適な供用年数はいずれの径路とも若干短くなる傾向が認められるが割引率の影響は大きくなかった。また、互いに他の径路の供用年数の影響を受けることが認められ、3径路の種雄牛の供用年数5年のとき総期待改良量が最も大きくなった。しかし、3-7年の間に大きな差はなく、現状に近い5年が種雄牛の最適な供用年数と結論した。

3. 若雄牛の遺伝的能力は娘牛成績に基づいて評価され、そのための組織的交配を調整交配と呼んでいる。この割合を高めると、検定若雄牛頭数ないしは若雄牛当り娘牛頭数が増加し、遺伝的能力のより高い種雄牛の選抜が可能になる。その反面、能力の未知な若雄牛の遺伝子もまた集団中に広まる危険を伴う。検定牛群および非検定牛群を合わせた平均遺伝的改良量は、一般に調整交配割合が高まるにつれて大きくなる。しかし、種雄牛の供用年数が長くなると低い交配割合でプラトーに達する傾向を示した。種雄牛の供用年数5年のとき、50%以上の交配割合では殆ど差がなく改良量も大きかった。これを検定牛群と非検定牛群とに別々に改良量を予測してみると、両群の様相に大きな差が認められた。即ち、検定牛群では30-40%で最も大きく、それ以上に高めると改良量の減少が認められた。しかし、非検定牛群では調整交配割合が高まるにつれて改良量が増加した。種雄牛の後代検定の負担をすべて検定牛群農家が担っていることを考慮すれば、最適な調整交配割合は30%であり現状の3倍の割合であった。

4. 現在、若雄牛の大半が米国から導入されている。また、わが国乳牛集団とこれらの導入元集団との間には乳量で約600kgの差があると推測されている。この様な差が存在する限り外国からの導入は今後とも続くと考えられる。導入元集団の遺伝的趨勢とわが国集団との能力差、ならびに導入割合が乳牛改良に及ぼす効果を明らかにした。初期遺伝的差の効果は比較的早期に現れ、遺伝的趨勢の効果は徐々に現れる。やがて集団平均値は導入元集団と平行に推移し、導入割合が大きいほどより近づく。導入元集団との間に400-800kgの差があるとき、遺伝的改良に対して導入割合は供用年数、調整交配割合よりも重要であった。

わが国現行の育種計画では米国の乳牛集団の水準に追いつくことは困難であることを明らかにしている。今後、MOET（過剰排卵処理と胚移植技術）ならびに標識遺伝子を利用した選抜を応用して、種雄牛の選抜年齢を早め、選抜強度を高め、更に調整交配割合を現状の10%から30%程度に高める育種計画の構築が必要であると結論している。

以上の研究成果は、わが国乳牛集団の遺伝的改良を一層早めるための最適な育種計画策定に有用な知見を提供している。

よって審査員一同は、別に行った学力確認試験の結果と合わせて、本論文の提出者 寺脇良悟 は博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格があるものと認定した。