

BRAIN

Bio-oriented Technology Research Advancement Institution

TECHNO NEWS

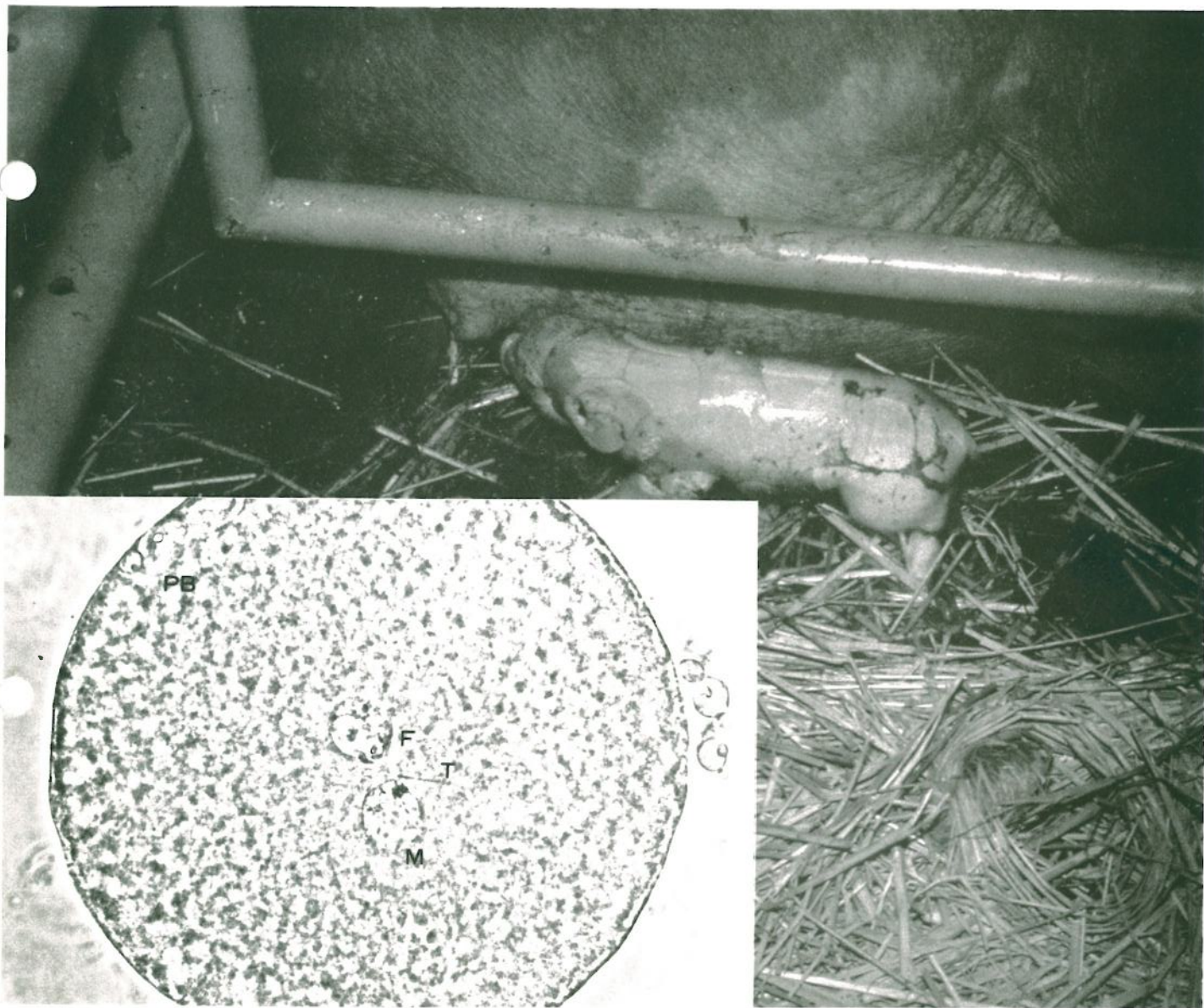
〈生 研 機 構〉

ブレインテクノニュース

第 5 号

特集「畜産」

FEBRUARY 15, 1988



体外受精によって得られた豚の前核期卵(左下)
極体(PB)、雌性前核(F)、雄性前核(M)、精子尾部
(T)がみられる。

体外受精によって生れたばかりの子豚(右上)
(本文 4 ページ参照)

本号の紙面

| | |
|---------|----|
| 国内情報 | 1 |
| 畜産 | |
| 特別情報 | 11 |
| 家畜改良 | |
| 外国特派員便り | 22 |

目 録

国内情報

- 家畜における成長ホルモン分泌の制御
——成長ホルモン放出因子について——…………… 1
- 豚の体外受精について……………4
- 木材・ササ・タケの飼料化技術の開発…………… 7

特別情報

- 座談会「これからの家畜改良」…………… 11
- 繁殖生物学的研究における技術進歩
——産業動物の改良——…………… 18

外国特派員便り

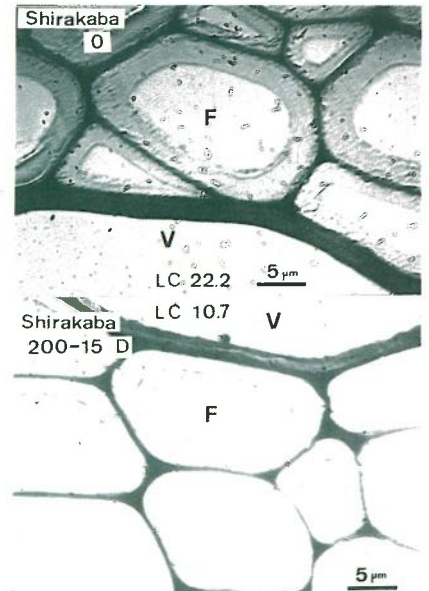
- イギリス家禽研究センター留学記…………… 22

木材・ササ・タケの飼料化技術の開発

(本文7ページ参照)



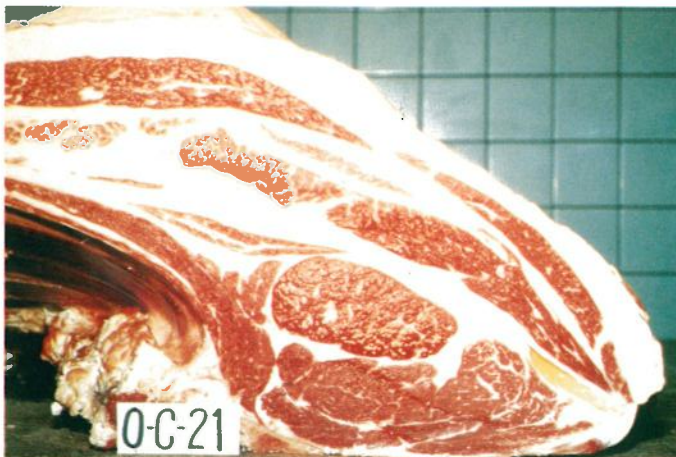
蒸煮したシラカンバ (粗砕したもの)



蒸煮処理したシラカンバの細胞壁
上：無処理
下：蒸煮処理 (10気圧15分)
細胞壁のリグニン層が消化されている



蒸煮木材を食べている牛



粗飼料として乾草を供与して肥育した牛の肉
(東北農試提供)



粗飼料として蒸煮木材を供与して肥育した牛の肉
(東北農試提供)

国内情報

家畜における成長ホルモン分泌の制御

——成長ホルモン放出因子について——

農林水産省畜産試験場

甫立孝一・上家 哲

はじめに

家畜の成長および泌乳は多くのホルモンによって調節される複雑な現象であるが、成長ホルモン（GH）はとりわけ重要で、不可欠とされている¹⁾。事実、GHが欠損すると動物の発育は停止する。また、通常のマウスより2倍も大きくなるスーパーマウスは、人工的にGHの分泌が著しく高くなるように遺伝子操作されたものである。さらに、泌乳牛にGHを投与すると乳量が著しく増加することが知られている²⁾。

牛や豚のGHは下垂体前葉の好酸性細胞から分泌されるアミノ酸191個、分子量約22,000の蛋白質ホルモンである。GHの分泌は視床下部の成長ホルモン放出因子（GRF）と成長ホルモン抑制因子（GIF；別名ソマトスタチン）によって調節されるが、その実態が明らかになってきたのは比較的最近のことである。

ソマトスタチン（アミノ酸14個）は1973年に羊の視床下部から単離・精製されたが³⁾、その構造は人、牛、ラットとも共通と考えられている。GRFの精製は極めて困難であったが、1982年に末端巨大症の人膵臓腫瘍から初めて単離・精製され、一次構造も解明された⁴⁾。その後、人視床下部由来のGRFとまったく同じ構造であることが確認された（図1）。続いて牛、豚、緬山羊、ラットの視床下部GRFの一次構造も明らかにされた。人、牛、豚のGRFはいずれもアミノ酸44個で構成されているが、人GRFに比べて牛では5個、豚では3個のC-端側のアミノ酸配列が違っている。また、ラットのGRFはアミノ酸43個でその配列は人に比べて約30%も異なる。

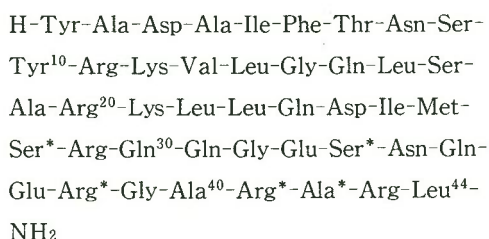
しかし、このような構造の違いにもかかわらず人GRFは *in vitro* および *in vivo* ともにラットや牛のGH分泌を特異的に促進することがわかってきた^{5,6)}。

筆者らの研究室では、工業技術院の繊維高分子材料研究所との共同研究により、家畜のGH分泌に対するGRFの作用、GRFの構造と活性との関係、ならびにこれらの作用に及ぼす各種要因の影響等について研究を行っている。

ここでは、人GRF-44の類縁化合物（アナログ）が子牛のGH放出に及ぼす影響、および人GRF-44と甲状腺刺激ホルモン放出ホルモン（TRH）の同時投与が子牛のGH放出に及ぼす影響について紹介する。

1. 人GRF-44のアナログが牛GH放出に及ぼす影響

1982年の人GRFの単離・精製後、GRFの構造と活性との関係を解明するために、人GRF-44の各種アナログが合成され、そのGH放出に対する活性が主としてラットを用いて検討されてきた。人GRF-44のC-端側のアミノ酸15個を欠くアナログ、すなわち人GRF(1-29)は、*in vitro*において本来の人GRFと同じラットGH放出活性を示し、



(*印は牛GRFとアミノ酸が異なる)

図1 人成長ホルモン放出因子の一次構造

また、このアナログの2番目のアミノ酸のアラニン(Ala)をD-異性体で置き換えた〔D-Ala²〕-人GRF(1-29)は、*in vivo*において人GRF(1-29)よりも約50倍も高いラットGH分泌促進効果を示すといわれている。しかしながら、これらのアナログが家畜においてもラットと類似のGH放出効果を示すかどうかは不明であった。

そこで、筆者らは人GRF(1-29)および〔D-Ala²〕-人GRF(1-29)が牛GH放出に及ぼす影響を検討し、それぞれ人GRF-44と同等または有意に大きい放出効果を示すことを初めて明らかにした⁷⁾。

実験には12カ月齢のホルスタイン種雌子牛8頭を用い、これらを2群に分けて試験区の4頭には生理食塩水に溶解した体重kg当り0.25 μ gの人GRF-44、人GRF(1-29)および〔D-Ala²〕-人GRF(1-29)を、対照区の4頭には生理食塩水をそれぞれ静脈注射してGH放出反応を比較した。

図2に示したように、人GRF(1-29)注射によって血漿GH濃度は上昇し、人GRF-44投与後のGHと極めて類似した反応曲線を示した。〔D-Ala²〕-人GRF(1-29)注射後のGH濃度も上昇し、60~150分のGH濃度はそれぞれ対応する人GRF-44注射後のGH濃度より有意に高い水準であった。また、こ

の時放出されたGHの総分泌量は人GRF-44および人GRF(1-29)の分泌量に比べてそれぞれ2.5倍および2倍も大きくなった。血漿GH濃度の有意な上昇が得られた試験区に対して、対照区の子牛ではGH濃度の上昇はみられなかった。

これらの成績は、1)人GRFが牛においてその生物活性を発揮するためにはアミノ酸44個が全部必要でなく、N-端から29個のアミノ酸残基があれば人GRF-44と同等の活性を示すこと、2)人GRF(1-29)の第2位のアミノ酸をD-異性体で置き換えると、その牛GH放出効果は、投与量を基礎にした場合、人GRF-44より有意に大きくなることを示している。

一般的にアミノ酸の数の少ないペプチドほど合成し易く、合成人GRF-44はその化学合成の煩雑さなどから供給量に制約があり、家畜における実験は必ずしも容易ではない。しかし、本実験から人GRF-44よりアミノ酸残基が少なくても効力の大きいアナログを利用できる可能性が示された。

2. 人GRF-44とTRHの同時投与が牛GH放出に及ぼす影響

TRHは本来甲状腺刺激ホルモン(TSH)の分泌を促進する視床下部ホルモンとして分離されたが、牛ではTSHだけでなくプロラクチンおよびGHの放出も促進することが知られている^{8,9)}。このTRHとGRFを同時に投与したとき、牛GH放出にどのような影響を及ぼすか興味を持たれた。

そこで、筆者らは人GRF-44およびTRHの単独投与あるいは同時投与(人GRF-44+TRH)が牛GH放出に及ぼす影響を検討し、これら放出因子を同時に投与すると牛GH放出に対して相乗的に作用することを初めて明らかにした¹⁰⁾。

12カ月齢のホルスタイン種雌子牛4頭を実験動物として用い、生理食塩水で溶解した体重kg当り0.25 μ gの人GRF-44および1.0 μ gのTRHをそれぞれ単独あるいは同時に静脈注射し、さらに、対照として生理食塩水を注射してこれらの各処置に対するGH放出反応

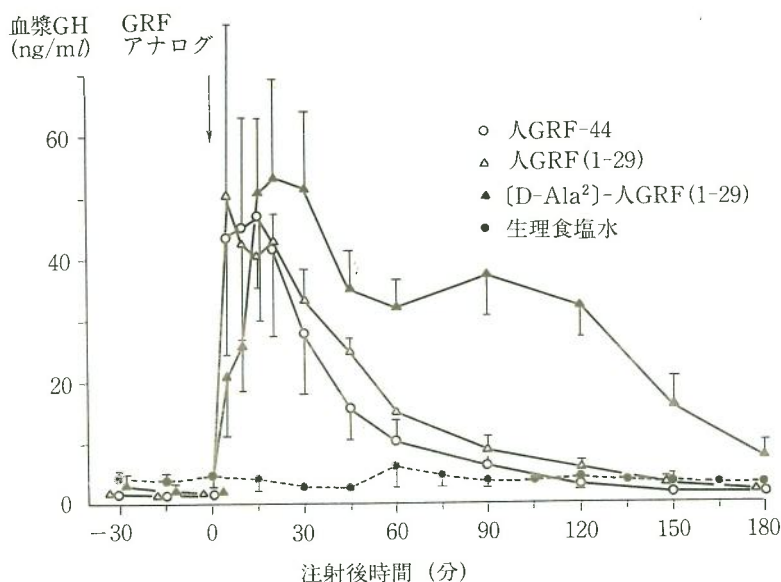


図2 牛GH放出に及ぼす人GRF-44およびそのアナログの影響
(各点は4例の平均値±標準誤差)

を比較した。

図3に示すように、対照として生理食塩水を投与した場合の血漿GH濃度の上昇はまったく認められなかったが、人GRF-44+TRHの注射によって血漿GH濃度は急激に上昇して15分後に頂値に達した。この頂値はTRHおよび人GRF-44の単独投与後の頂値のそれぞれ6.1倍および3.1倍も高かった。さらに、これら単独投与後の頂値を加算した値より2倍も高い水準であった。また、この同時注射に対して放出されたGHの総量もそれぞれの単独投与後に得られた放出量の総和より2.5倍も大きかった。

以上の成績から、1) 人GRF-44およびTRHを同時投与すると牛GH放出に対して相乗的に作用すること、2) 人GRF-44はTRHよりも強力な牛GH放出促進物質であることが明らかとなった。

人GRF-44とTRHの同時投与によって相乗的な牛GH放出が得られるメカニズムは不明であるが、一つの可能性として、TRHが下垂体と同時に視床下部にも作用し、内因性の牛GRFの放出を促進するか、あるいはソマトスタチンの分泌を抑制するのかもしれない。ともあれ、筆者らが本実験で得たこのような知見は、おそらく、牛では最初の報告とおもわれる。

おわりに

これらの一連の研究で、人GRFとそのアナログが牛その他の家畜において強力なGH分泌促進作用のあることが確立された。しかしながら、家畜の成長や泌乳に対するGRF投与の効果の検討は、主としてGRF供給量の制限のため、まだ緒についたばかりで、今後の研究の発展が期待される。

最近、GHが成長ばかりでなく乳牛の泌乳

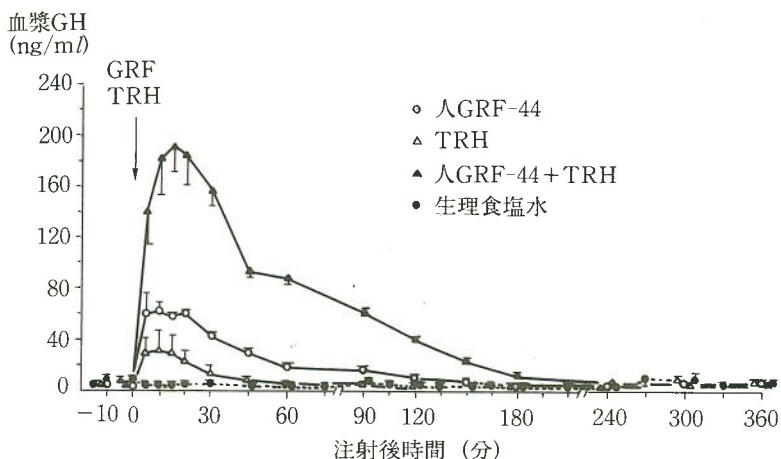


図3 人GRF-44およびTRHの単独投与または同時投与が牛GH放出に及ぼす影響 (各点は4例の平均値±標準誤差)

においても主要な制限因子であることが明らかになってきたが、その調節機構はほとんどわかっていない。また、GHが乳腺に対して直接作用するのか、あるいは二次的な仲介物質、例えばインスリン様成長因子を介するのかも不明で、今後の多くの研究が必要である。

文献

- 1) 上家 哲(1985) 畜産の研究 39 : 1299, 1463
- 2) Bauman, D. E. et al. (1985) *J. Dairy Sci.* 68 : 1352
- 3) Brazeau, P. et al. (1973) *Science* 179 : 77
- 4) Guillemin, R. et al. (1982) *Science* 218 : 585
- 5) Hodate, K. et al. (1984) *Jpn. J. Zootech. Sci.* 55 : 66
- 6) Gelato, M. C. and G. R. Merriam (1986) *Ann. Rev. Physiol.*, 48 : 569
- 7) Hodate, K. et al. (1986) *Endocrinol. Japon* 33 : 519
- 8) Convey, E. M. et al. (1973) *Endocrinology* 92 : 471
- 9) Johke, T. (1978) *Endocrinol. Japon* 25 : 19
- 10) Hodate, K. et al. (1985) *Endocrinol. Japon* 32 : 375

国内情報

豚の体外受精について

農林水産省畜産試験場
永井 卓

このところ、体外受精による子牛の誕生が新聞紙面を賑わしている。その記事を見てみると、どの報告も未成熟卵胞卵を体外で培養および受精することによって子牛を得た花田らの方法を基礎にしており、牛では比較的簡単に体外受精によって正常受精卵が得られることを裏付けている。ところが、最近、体外受精が困難とされていた豚においても体外受精による子豚が得られるようになった。また体外受精卵の移植に不可欠な胚移植技術がSPF豚作成に際して改良されたこととあいまって、豚の体外受精の研究が新しい局面を迎えつつある。そこで本稿では、豚の体外受精の利点、これまでの経緯および今後解決すべき問題点について簡単に紹介することにする。

一般的に考えられる豚の体外受精の利点としては、1)受精のタイミングを分刻みにコントロールできるので、発生段階のそろった受精初期卵が多数得られ、かつ発生を顕微鏡下で観察できる。これは受精初期卵を体外で操作することを前提としている外来遺伝子の導入やクローン豚の作出等の研究に都合がよい。2)精子の受精能をある程度判定できる。3)疾病の制御ができる（一般には生殖細胞の段階では母体から感染しないとされている）。4)受精のメカニズムを明らかにするのに役立つ。5)屠場採取の卵巣から得られる未熟卵胞卵の有効利用への道が開ける、等があげられる。さらに、4)に関連して、豚とヒトの透明帯に共通抗原が存在することや、精子の受精能獲得にも透明帯に共通な糖蛋白成分が関与していることを考えると、抗原抗体反応を利用した受精阻害すなわちヒトの避妊の研究に役立つ。

1. 体外受精研究のこれまでの経緯

体外受精によって産子を得るには、まづ精子と卵子を体外で掛け合わせて正常受精卵を作らなければならない。しかし、哺乳動物の精子は生体から取り出したままでは卵子に侵入できず、雌性生殖器道内あるいは培地内で受精能を獲得しなければならない。そのため体外受精の研究は精子の受精能獲得誘起方法の検討からはじまった。以下に、これまでに開発された方法を紹介する。

1) 経産豚の摘出子宮および卵管内での前培養

1978年に Iritani ら¹⁾が、豚における世界初の体外受精成功例として発表した方法である。射出および精巣上体精子を発情期の経産豚の摘出子宮および卵管に注入後、4.5~5時間37°Cの生理食塩水につけて、前培養する。その後、精子を回収し、50~100万/mlの精子濃度でK.R.B液中の体外成熟卵胞卵に加えて媒精する。その結果、10~26.4%の精子侵入率が得られた。さらに、Nagai ら²⁾はこの方法を改良し、未經産豚の摘出子宮と精巣上体精子を用いて、75.6%の高い精子侵入率を得た。

2) 高精子濃度での合成培地内前培養

Iritani ら¹⁾は、上述の論文で、子宮内培養以外に合成培地K.R.B液中で前培養した精巣上体精子が、媒精した卵胞卵30個のうち1個に侵入したことから、合成培地内での受精能獲得の可能性を示唆した。余談になるが、この時点で豚の体外受精の研究を引き継いだ著者は、1年以上いろいろな合成培地を用いて精子の受精能獲得誘起方法を検討したが、全く精子侵入卵を得ることができなかった。

ところが、摘出子宮内で精巢上体精子を前培養した時、偶然、余った精子浮游液が入った試験管が water bath に放置してあったので、その精子の運動性を調べてみた。すると、子宮回収精子と同様の運動性が観察された。この精子で30個の体外成熟卵胞卵に媒精したところ、10個の精子侵入卵が得られた。それから、いったい何が精子の受精能獲得に有効なのかを調べ、2~16億/mlの高精子濃度での前培養(K.R.B液中37°Cで4時間CO₂インキュベーター内)が効果があることをつきとめた³⁾。しかし、射出精子はこの方法で前培養しても卵子に侵入できなかつた。一方、浜野ら⁴⁾は、前培養時の精子濃度を40億/mlにして、射出精子でも精子侵入卵を得ている。

1), 2)の方法によって体外成熟卵胞卵への精子侵入が可能であることが判明したが、これらの方法では多精子侵入率が高く、かつ体外成熟卵胞卵を用いているため、受精卵のその後の発生が期待できなかつた。そうこうしているうちに、英国で比較的多精子侵入率が低くかつ高い精子侵入率が得られる方法が開発され、体外受精子豚が誕生した。以下にその方法について簡単に説明した。

3) 修正TCM-199液(高Caイオン濃度、pH 7.8)内での前培養

1981年にPavlok⁵⁾は、豚射出精子を修正TCM-199液内で前培養することによって、透明帯を除去したハムスターおよび豚卵子への精子侵入を確認した。1983年にChengら⁶⁾は、この修正TCM-199液のpHを7.8にした培地内で射出精子を4~5時間前培養後、体内成熟卵子(排卵あるいは排卵直前の卵胞卵)に加えて媒精し、世界初の体外受精子豚を得た。この方法についての詳細は日本養豚研究会誌24巻4号p.33(1987)を参照願いたい。日本では、吉田博士が同様の方法⁷⁾(TCM-199液のpHの調節方法が異なる)で1986年に産子を得た。

著者らは、この方法で受精能を獲得させた射出精子を用いて、体外成熟卵胞卵(屠場で採取した未成熟卵胞卵を体外培養によって成熟させたもの)から体外受精子豚を得るための実験を重ねてきた。しかし、これまでの方

法では、季節ごと、射出精子ごとに受精率がばらつくため、安定した受精率が得られず実験が先に進まない。この問題を解決するには、精子を凍結し、常に同じ性質を示す精子を体外受精に供するしかないと考え、凍結精子の受精能獲得方法を検討した。(実際、牛の体外受精には凍結した射出および精巢上体精子が使用されている)

まず精巢上体および射出精子をペレット法で凍結し、凍結精子を融解後、Chengらの方法で処理し、体外成熟卵に加えて媒精した。その結果、精巢上体精子において精子侵入卵が得られた。つぎに排卵卵子から子豚を取る目的で、排卵卵子に体外受精を試みた。その結果、2細胞期胚が得られたので開腹手術によってレシピエントに移植した。幸運にも初めての移植試験でレシピエントが妊娠し、113日後に1頭の雄子豚が誕生した。

上述の方法以外にイオノホアA 23187を用いた方法(豊田ら⁸⁾)、精子を1日15°Cに放置後、修正TCM-199液で処理する方法(高橋ら⁹⁾)等がある。

2. 体外受精用の体内成熟卵子の採取方法

8~10カ月齢の未経産豚(L.W, L.W.D etc)を用い、発情サイクルが回っている場合は、day 15~16、サイクルが回っていない場合は随時に、PMSGを1,000~1,500単位、72~84時間後にhCG 500単位を筋肉内注射。hCG注射後39~44時間に開腹手術を行い、卵管あるいは卵巣より卵子を採取するという方法が一般的である。

3. 豚の体外受精における問題点

これまでに体内成熟卵子から10腹30頭の体外受精子豚が誕生したとはいえ、受胎率は40%と低く、妊娠した場合でも子豚になるのは移植胚のうち20~30%だけである。この低出産率の原因は単精子侵入率が低く(30~60%)、受精後の発生率が低いこと(50~80%)および着床率が低いことにあると思われる。出産率を上げるには、まず単精子侵入率が高い体外受精系を確立して、多くの正常受精卵を得なければならない。そのためには、新鮮射出

精子を使う場合は、受精率が高くしかも単精子侵入率が高い種雄豚を捜す。その精子に適した前培養時間、媒精時の精子濃度および媒精時間（媒精培地から受精卵を継続培地へ移し換えるまでの時間）を検討する。凍結精巢上体精子の場合は、融解後の前培養によって運動性が著しく低下するので、その精子に適した前培養時間を検討する必要がある。

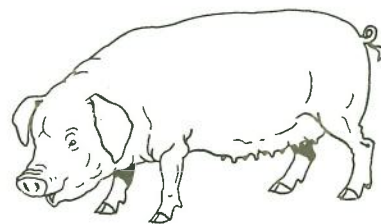
最終的に出産率を上げるには、移植技術の改良も含めて、受精卵の体外培養液等を検討する必要がある。

今後の体外受精の課題としては、体外成熟卵胞卵から産子を取ることが第一に考えられる。著者らは、未成熟な未経産豚卵胞卵を10%のFCSを添加したTCM-199液で33～35時間培養して成熟させた（60～80%が第二減数分裂中期へと成熟する）卵子を未経産豚の卵管内で体内受精することにより、少数ではあるがコンパクションを起こした胚を得た。さらに、最近、未成熟卵胞卵をLHおよびE₂を添加した豚羊水中で45～47時間成熟培養後に、上記の方法で体内受精したところ、胚盤胞期胚が得られ、これらの胚を未経産豚に移

植し、妊娠を確認した。しかし、同じ方法で体外成熟させた卵子を体外受精に供しても、多精子侵入が多くかつ雄性前核形成率が低いため受精卵の発生が進まない。未成熟卵胞卵から正常受精卵を得るには、まず体外成熟方法とくに成熟培地の検討が必要であり、つぎに媒精用培地を再検討すべきである。

引用文献

- 1) Iritani, A., K. Niwa and H. Imai (1978) *J. Reprod. Fert.* 54 : 379
- 2) Nagai, T., K. Niwa, A. Iritani and W. Leidl (1983) *Jap. J. Fert. Ster.* 28 : 313
- 3) Nagai, T., K. Nika and A. Iritani (1984) *J. Reprod. Fert.* 70 : 271
- 4) 浜野晴三・豊田 裕(1986) 家畜繁殖誌 32 : 177
- 5) Pavlok, A. (1981) *Int. J. Fertil.* 26 : 101
- 6) Cheng, W.T.K. and C. Polge (1983) *AFRC Meeting at Nottingham Abst.*
- 7) Yoshida, M. (1987) *Jpn. J. Vet. Sci.* 49 : 711
- 8) 豊田ら(1981) 日畜学会第72回大会講演要旨
- 9) 高橋敏方・永井 卓(1987) 家畜繁殖学会第72回大会講演要旨



国内情報

木材・ササ・タケの飼料化技術の開発

農林水産省畜産試験場

滝川明宏

はじめに

従来、薪炭林として利用されていた里山広葉樹林は、現在、大部分が利用度の低いまま放置されており、戦後、大量に、植林された針葉樹が、間伐期を迎えているが、間伐材の用途が少ないため、その需要拡大が林業サイドより強く要望されている。また、タケノコ生産のため、竹材を間伐する必要があるが、その用途が減っており、処理に困っている状態である。一方、家畜の飼料は、大部分が輸入に頼っており、最近、粗飼料の輸入量も著しく増加している。木材が飼料に利用できれば、量が多いだけにその効果は非常に大きいものと期待される。

1. 木材の成分と構造

木材の主な成分は、セルロース(50~60%)、ヘミセルロース(20~25%)およびリグニン(20~30%)で、蛋白質やミネラルは非常に少ない。広葉樹は針葉樹に比べて、セルロースの含量はあまり差がないが、ヘミセルロースが多く、リグニンが少ない。木材の成分は部位によって著しく異なり、木材部はセルロースが多いが、樹皮部はリグニン含量が多く、セルロースは木材部の半分くらいである。

2. 蒸煮・爆砕処理の原理

木材は、未処理のままでは、反芻家畜によってほとんど消化されない。これは、反芻胃内の微生物の酵素が難分解性のリグニンに妨げられてセルロースやヘミセルロースと接触できず、また、セルロースの強固な結晶構造を壊すことができないためである。消化性を向上させるには、これらの構造をなんらかの

形で破壊する必要がある。

木材の消化性を向上させるため、今までに、酸・アルカリ・アンモニア処理などの化学的処理、粉碎やγ線照射などの物理的処理、サイレージ化、発酵処理、キノコ処理などの生物的処理など、いろいろな方法が検討されてきたが、いずれも消化性が上がらない、処理のためのコストがかかる、処理時間が長すぎる、などいろいろな理由で実用化されていない。しかし、農林水産省の大型プロジェクト研究「バイオマス変換計画」の中で、木材のチップを高温高压の飽和蒸気で蒸煮することによって、消化性が著しく向上することが明らかとなった(図1)^{1,2)}。

蒸煮処理は、木材チップを150~200℃、10~20kg/cm²Gの高温・高压の飽和水蒸気で10~30分間処理するもので、チップの形状は変わらず、褐変する。蒸煮処理チップをリファイナーにより解繊し、綿状にしたものが蒸煮・解繊処理木材である。このほか、蒸煮処理チップをカッターミルで粗砕した製品や、圧扁したものが作られている。爆砕法は、210℃、20kg/cm²G以上の飽和水蒸気で、1~5分間処理した後、急速に大気中に放出し、爆砕す

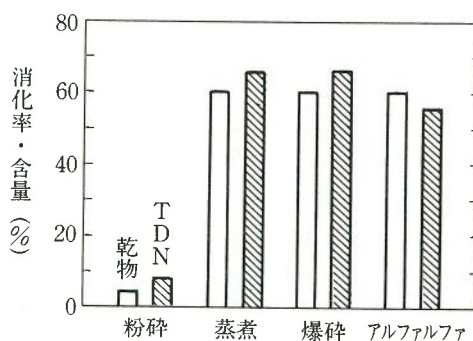


図1 蒸煮・爆砕処理によるシラカンバの消化率向上¹⁾

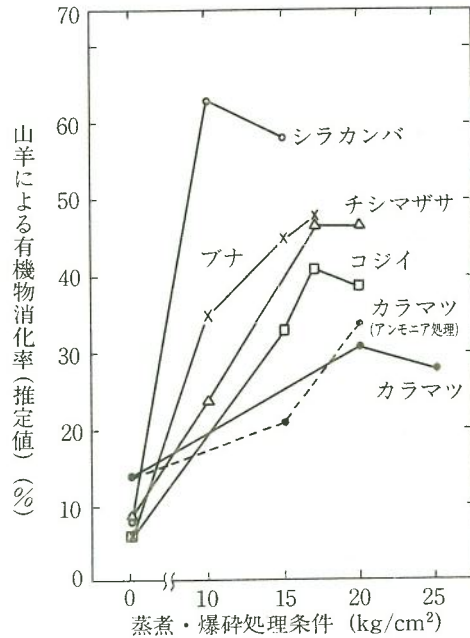


図2 蒸煮・爆砕処理条件と有機物消化率⁴⁾

る(ポップコーンの原理)ものである。

いずれの方法によっても、広葉樹ではヘミセルロースが加水分解され、低分子化し、水に可溶となる(キシロースが生成する)。セルロースは酵素分解され易くなり、リグニンは部分分解して、一部が有機溶媒や希アルカリに可溶となる。このような変化は、高温・高圧、熱水の気化の際の物理的破壊、およびヘミセルロース中に含まれるアセチル基が遊離して酢酸を生じ、化学的な破壊が行われるため、と考えられる。

表1 蒸煮木材と主な粗飼料の栄養価³⁾

| 木 材 等 (処理条件) | 栄養価 (乾物中) | |
|------------------------|---------------|---------------|
| | 可消化粗蛋白質 (DCP) | 可消化養分総量 (TDN) |
| シラカンバ (蒸煮10気圧15分) | 0% | 66% |
| コナラ (" 15気圧10分) | 0 | 53 |
| ブナ (" 17気圧15分) | 0 | 47 |
| コジイ (" ") | 0 | 44 |
| チシマザサ (" ") | 0 | 44 |
| カラマツ (" 15気圧10分) * | 0 | 15 |
| モウソウチク (" ") | 0 | 35 |
| イタリアンライグラス (サイレージ・出穂期) | 9 | 65 |
| スーダングラス (乾草・再生草・出穂期) | 1 | 52 |
| 野草 (山地) | 4 | 48 |
| 稲ワラ | 1 | 43 |

* 塩化アンモニウム液浸漬後に蒸煮
粗飼料は日本標準飼料成分表1987年版より

3. 蒸煮・爆砕処理木材等の飼料価値

蒸煮・爆砕処理を行ったものは、消化性が著しく異なり、シラカンバ、コナラ、ブナ等の落葉広葉樹では、消化性が上がり易いものが多く、コジイ、スダジイ等の常緑広葉樹は消化性の上がりにくいものが多い。また、針葉樹は著しく消化性が低い。ササ・タケは広葉樹と針葉樹の中間の値である。図2に示したように、蒸煮処理条件によっても消化性がかなり異なる。蒸煮木材等の栄養価は表1に示したようである^{3,4)}。

蒸煮木材の飼料価値評価のための試験が全国各地で行われている。その概要は次の通りである。

1) 広葉樹

シラカンバは、図1に示したように山羊による消化試験で、TDN(可消化養分総量)が60~65%と、良質牧乾草に匹敵するエネルギー価をもつことが明らかとなった¹⁾。また、乳用種去勢子牛に、10カ月間、最高60%(乾物比)の蒸煮シラカンバを給与したところ、1日当たり増体量は1.3kg以上となり、乾草給与区と同様の発育を示した⁵⁾。

最高乳量35kg程度の泌乳牛を用いて、3年間の飼養試験を行ったところ、TDN摂取量の30~40%を蒸煮シラカンバで代替でき、1日当たり6kg(乾物)摂取した。乳量・乳質とも乾草を給与した場合に比べて、遜色がなく、生理的な悪影響は認められなかった⁶⁾。肉牛では、黒毛和種を用いて472日間の肥育試験を行ったところ、蒸煮シラカンバの採食性はきわめて良好で、TDN摂取量の40%をシラカンバで代替でき、1日当たり増体量は0.8kgとほぼ標準的な発育を示した⁷⁾。肉質についても詳細な検討を行ったが、乾草給与区に比べて遜色がなかった⁸⁾。また、日本短角種による蒸煮シラカンバ飽食試験を436~499日間にわたり行った。蒸煮シラカンバはサイレージに比べて摂取量が多く、1日平均7.5kg(乾物)を採食し、乾物の70%、TDNの65%をシラカンバで代替できた。1日当たりの増体量は、0.8kg以上となり、サイレージを飽食した牛と同様の増体量を示した。

その他の落葉広葉樹については、蓄積量の多いコナラ・ブナを中心に検討が行われた。

コナラ・ブナはシラカンバに比べると栄養価はやや低いが、蛋白質やミネラルを補給すれば、その栄養価に見合う増体成績を示すことがほぼ明らかとなった⁹⁾。また、蒸煮したコナラ・ブナ・シラカンバを混合し、日本短角種による肥育試験が行われている。そのほか、道立新得畜試ではダケカンバ・ミズナラ・シナノキなど北海道産の広葉樹についてめん羊を用いて消化試験が行われている。

常緑広葉樹では、西南暖地に多く、成長が早く、蓄積量が多いコジイを中心に検討された。九州農試では蒸煮コジイを繁殖雌牛に給与し、3年間飼養して、その繁殖性や産児の発育、栄養価、採食性を調べており、1日当たり平均4kg(乾物)摂取した。繁殖性等についても、特に問題は生じていない。

2) 針葉樹

針葉樹はリグニン含量が広葉樹に比べて多く、組織も異なるため、蒸煮・爆砕処理による消化性向上は困難である。塩化アンモニウムや過酢酸などによる処理を併用し、消化性の向上を図ったが今のところ消化性の顕著な向上は認められず、処理コストが高くなるため、実用的とはいえない。したがって、エネルギー飼料としては、あまり期待できず、粗飼料因子の給源として、ワラなどと同様に、肥育牛等に10~20%(乾物比)給与する方法が現状では最も適切な利用法と考えられる。

3) ササ・タケ

チマサザは稈が木質化しやすいため、そのままでは、牛等による消化性は低いので、蒸煮処理等により消化性を向上させる必要がある。17kg/cmfGで15分間処理したものは、TDN含量は45%程度となった²⁾。

モウソウチクによる褐毛和種の肥育試験が熊本県畜試で3年間にわたり行われている。また、徳島県肉畜試では乳用種去勢牛に対して稲ワラの代替として、モウソウチクを給与し、264日間の肥育試験を行ったところ、1日当たり増体量は1.19kgとまずまずの成績であった。

4) 樹皮

樹皮は抽出成分の含量が多いため、未処理のものでは、有機物消化率が10~15%と、木質部に比べて消化性がやや高い。しかし、リグニン含量が40~60%と非常に高いため、蒸煮効果は少なく、蒸煮した樹皮の有機物消化率は20~30%と、木質部に比べてかなり低い²⁾。

4. 貯蔵

蒸煮木材は蒸煮の際に多量の酢酸が生成されるため、pHが低く蒸煮シラカンバではpH 3.5前後となるため、乳酸発酵によるサイレージ調製は不要である。密封すれば保存性はよいことが明らかになった¹⁰⁾。

5. 生理的影響

蒸煮爆砕木材等を牛に給与した場合の牛体内における代謝や生理的影響等についていろいろな角度から研究が進められている^{11,12)}。

6. 超短伐期密植栽培

バイオマス用資源の確保のため、シラカンバ、ポプラ、クワ、モリシマアカシアなど初期成長が早く、萌芽更新の可能な樹種について密植し、5~6年で伐採し、バイオマス用木材として利用する方法が研究されている。

7. 蒸煮装置と生産コスト

蒸煮装置は農林水産省と日立造船の共同研究によりバッチ式と連続式のものが開発された。処理コストは大規模になるほど低下するが、一方、原料の集収および製品の輸送のためのコストが上昇するので、地域により適正規模の検討が必要である。

8. 飼養マニュアル

農林水産省では、1987年8月に「蒸煮シラカンバによる乳牛および肉用牛の飼養マニュアル」を公表した⁴⁾。これは「バイオマス変換計画」における成果を基にした乳牛(泌乳牛・育成牛)および肉牛(肥育牛・繁殖雌牛・育成牛)の蒸煮シラカンバ飼料の給与マニュアルで、給与適量や給与上限、標準的な飼

料のメニューが掲載されている。このほか、名称・品質表示法、貯蔵・輸送、木材の成分、蒸煮処理の必要性、処理条件と消化性、粗飼料効果などについても触れている。

9. 木質系飼料の実用化をめぐる動き

生物系特定産業技術研究推進機構（略称生研機構）の出資により、岩手バイオマス研究センターが1987年4月に発足した。同センターでは、木材飼料等を実用化するために、1987年12月より操業を開始した。また、北海道の風連町（名寄市郊外）では、町の事業として、林・草・牛を結ぶ地域生産利用システムの確立をめざし、1987年11月より蒸煮シラカンバによる乳牛および肉牛の飼養試験が一般農家で開始された。

おわりに

木質系資源は、樹種や処理条件によってその飼料価値は多種多様で、エネルギー飼料として利用できるものや、粗飼料効果のみを考えざるを得ないものがあり、地域的な樹種の分布や牛の飼養形態等を勘案して、その利用法を考える必要がある。木質系資源はかさ高

のものが多く、遠距離輸送を行う場合、輸送費がかさむため、地域に密着した生産利用システムを確立することが望ましい。

参考文献

- 1) 寺田文典ら(1986) 畜産試験場研究報告44: 55-59
- 2) Shimizu, K. et al. (1983) *Mokuzai Gakkaishi* 29: 428-438
- 3) 滝川明宏(1985) 研究ジャーナル 8(8): 17-21
- 4) 農林水産省(1987) 蒸煮シラカンバによる乳牛および肉用牛の飼養マニュアル
- 5) 梶川 博ら(1987) 日本畜産学会報 58: 101-106
- 6) 宮本 進(1986) 日本畜産学会第78回講演要旨 p.60
- 7) 滝本勇治ら(1986) 日本畜産学会東北支部会報(講演要旨) 36(2): 70
- 8) 常石英作ら(1986) 日本畜産学会東北支部会報(講演要旨) 36(2): 70
- 9) 石田元彦ら(1986) 日本畜産学会第78回講演要旨 p.61
- 10) 原慎一郎ら(1987) 日草誌(別号): 242-243
- 11) 生雲晴久ら(1985) 日本畜産学会第77回講演要旨 p. 2
- 12) 久馬 忠ら(1987) 日本畜産学会第79回講演要旨 p.100



特別情報

座談会 『これからの家畜改良』

と き：昭和62年5月27日(木)

15：10～17：40

ところ：生研機構東京事務所 大会議室

出席者

(話し手)

- ・浅野九郎治氏 農林水産省畜産局 家畜生産課長
- ・石浜 克夫氏 畜産振興事業団 企画室長
- ・四宮 義雄氏 雪印乳業(株)酪農部 酪農課長
- ・長岡 正二氏 (社)家畜改良事業団 理事
- ・並河 澄氏 京都大学農学部 教授
- ・村松 晋氏 農林水産省畜産試験場 育種部長
- ・山口 三郎氏 日本ハム(株) 生産飼料部長

(聞き手)

岸 國平氏 生研機構 理事

岸：今日の座談会では、1. 家畜改良についてのレビュー 2. 今後の家畜改良の方向 3. 生研機構の機能の活用、この三つの事項について話し合っていきたいと思う。まず最初に、牛を対象として家畜改良についてのレビューということで浅野課長にお願いしたい。生産性向上の面では最近、非常にめざましいものがありますが、これをもたらしした大きな要因、特に技術政策の面からお話をいただければありがたい。

I. 家禽改良のこれまでの

牽引力は…

浅野：家畜改良増殖のレビューというので、これまでの家畜改良を巡る情勢の経緯と生産性向上の要因となった改良における周辺技術の向上、安定対策について紹介したい。まず乳牛についていえば、特に遺伝的能力の向上は、飼養管理技術の改善とあいまって、生産性の向上の基礎となる重要な分野である。この家畜の改良増殖については、改良が長期間

を要し、しかもリスクを伴い、あるいは公益性を必要とするという特性がある。先進国でもほぼ同じであるが、我が国では「家畜改良増殖法」の定めるところにより、おおむね5年を越えない期間ごとに10年先の家畜改良増殖目標を定めて、それに即して国や県、民間が進めて来ている。こうして、30、40年代の生乳の需要の拡大期には、1頭当りの乳量の向上はもとより飼養頭数の拡大で、また50年代に入って今日に至る生乳需要の伸びの鈍化期には、生産構造の質的改善で対処するというように、酪農を取り巻く情勢の変化に対応しながら家畜改良増殖対策が推進されてきている。

□ここ10年の単位乳量の伸び率は、世界に類のない高さ

ちなみに、乳牛の61年の飼養頭数は210万頭、1戸当り飼養規模は27頭であり、これはEC水準にほぼ近く、酪農の経営規模は国際的水準に達している。

乳牛の改良手法は、雄側と雌側の両方の改

表1 バイオテクノロジーを活用した我が国の畜産新技術の実用化

| 技術名 | 技術の概要 | 期待される効果 | 到達段階 |
|----------------|---|--|--|
| 受精卵移植 | ・1頭の雌牛から1度に多数の受精卵を回収し他の雌牛(借腹牛)に移植 | ・優良雌牛の増殖による改良のスピードアップ(1頭の雌牛の生涯産子数の飛躍的な増加が可能 10頭→100頭以上) | 昭和39年、畜産試験場で成功 昭和54年、畜産試験場、日高種畜牧場で基本的な技術体系が確立 昭和61年現在、全国106カ所で実施 |
| 受精卵の凍結 | ・液体窒素を用いて受精卵を凍結保存 | ・受精卵の長期保存により、随時移植及び広域流通が可能 | 昭和54年、畜産試験場で成功 昭和59年、福島種畜牧場で直接移植法開発 昭和61年現在、全国58カ所で成功 |
| 双子生産 | ・1頭の雌牛に2個の受精卵を移植することにより、1分娩で2頭の子牛を生産 | ・子牛の生産効率が高まり、肉用牛資源の増殖が期待 | 昭和52年、畜産試験場、岩手種畜牧場で複数卵移植による双子生産に成功 昭和59年、福島種畜牧場で凍結卵の直接移植法による双子生産に成功 昭和60年度には、全国で47組94頭の双子を生産 |
| 卵分割 (実験段階) | ・1個の受精卵を2つに分割し培養後、それぞれを移植 | ・優良受精卵の取得数の倍増 ・遺伝子構成が同じ子牛(1卵性双子)の人為的生産 | 昭和58年、雪印乳業㈱、単子生産に成功 昭和59年、日高種畜牧場、分割卵による1卵性双子生産に成功 昭和60年、福島種畜牧場、凍結卵分割による子牛の生産に成功(単子) |
| 性判別 (実験段階) | ・受精卵の一部を切り取り、染色体検査により受精卵の性を判別後、移植 ・特殊な抗体を用いて受精卵の性を判別後、移植 | ・雄、雌の人為的産み分けが可能となり、生産効率が飛躍的に向上 | 昭和60年、雪印乳業㈱、牛の性判別に成功(12月) 昭和61年、千葉県畜産センター、牛の性判別に成功(4月) |
| 体外受精 (実験段階) | ・未受精卵を採取し、受精・培養後、移植 | ・優良受精卵取得数の飛躍的増大 | 昭和60年、福島種畜牧場(8月死産)、畜産試験場(12月)分娩に成功 昭和61年、福島種畜牧場、凍結体外受精卵による双子生産に成功(4月) |

- (注) (1) 受精卵移植技術は高度の複合技術であることから、現在のところ受胎率が必ずしも高くない。(新鮮受精卵移植で30%程度、凍結受精卵移植で20%程度)
- (2) 当面、受胎率向上のために、国、都道府県間の連携を密にして、技術者の養成・確保と技術の高位平準化を図るとともに、全国的な情報収集体制の整備を図っていくことが必要。

良を通じてその改善が図られている。これまでの経緯は、表1に示すとおりである。こうした改良の成果と、飼養管理技術の改善により、1頭当りの乳量が急激に向上し、40年代は年率0.4%程度であったものが50年代には2.2%となり、世界的にも類例のない伸び率となっている。

そして60年には1頭当り5,640kg/年にまで伸び、現在ではこの乳量はアメリカに次ぐ世界第2位に達し、トップレベルとなっている。また乳量、乳脂率、無脂固形分も飛躍的に向上している。

一方、肉用牛の改良増殖の経緯については、

能力の維持を黒毛和種の例でみると、1日当りの増体重は41年は0.71kgであったが、61年には0.81kgになっており、又、脂肪交雑は同じく2.1から3.1になっている。

肉用牛の改良は、現在、種雄牛を交配や選抜で改良し、これが全国的規模で県・団体への普及が行なわれており、凍結精液の普及率についても乳牛とほぼ同じレベルに達してきている。肉牛の能力の検定の方法は、後代検定により雄の子牛の産肉性により検定しているが、乳牛より時間がかかる。今後、受精卵移植技術の応用によって、今までになく改良が進むことが期待される。

ただ、肉用牛の場合は乳用牛と異なり、年々需要が拡大しているが生産量が少ないという事情があり、輸入と乳牛からの転用牛肉（供給量の7割）でまかなっており、肉専用種の資源の拡大が今後の課題である。農水省でも肉用牛の改良と平行して増殖にも力を入れている。水田再編対策、あるいはまた未利用資源の有効利用、地域農業の活性化のためにも、肉用牛の改良・増殖に新しい技術を導入していくことが必要である。

□精液凍結技術と後代検定とが大きく寄与岸：家畜の登録制度が牛の改良に重要な役割を果たしてきたように思うが、これはどのように考えられるか。

長岡：家畜の改良を進めるということは、次代を生産する雄雌を正確に選抜し交配を行うことが基本であって、その指標となる血統能力、体型を記録する登録事業は、家畜改良推進上の基盤事業である。乳牛についていえば、古くからホルスタイン登録協会によって、この事業が推進されてきた。

この登録事業の基盤の上に立って、国は乳牛改良施策を講じてきた。25年に先ず郡・市を単位とする人工授精組織整備に着手し、次いで30年に県営メインセンターを整備し、県を一つの単位とする人工授精組織の整備へと発展していった。その後、30年代後半に至り凍結精液技術の急速な進歩に対応して、優良種雄牛凍結精液の広域利用の中核機関として40年に家畜改良事業団が設立された。40年代に入り、凍結精液技術はいよいよ実用化の段階に入ってきた。そこで、国は44年度に種畜牧場生産種雄牛の後代検定に着手し、46年度より酪農家生産種雄牛の後代検定に着手した。併せて、これらの後代検定によって得られた検定済種雄牛の効率利用を図るため、県単位のメインセンターに代わり、県域を越えた広域利用推進の拠点として、家畜改良事業団が全都道府県の出資と国等の助成によって、盛岡、前橋、岡山、熊本に広域種雄牛センターを設置し、その機能を果たすこととなり、今ではその生産配布精液は殆ど検定済種雄牛の凍結精液である。さらに49年度より、乳用雌

牛の泌乳能力検定を主たる内容とする乳用牛群改良推進事業に着手した。50年代には牛群検定及び検定済種雄牛の供用の成果もあって、乳用牛の能力は著しく向上した。59年度より、この牛群検定の場を用いて後代検定を拡充することとして乳用牛群総合改良推進事業が開始された。

検定済種雄牛の利用と牛群検定の普及が、乳用牛の能力向上に果たした役割は極めて大きいと考えられるが、これらの事業推進の背景には正確な血統登録事業が地道に推進されていることを忘れてはならない。牛群検定の普及率は30%余りであって、普及率は必ずしも高くない。アメリカ等資源の多い国では40～70%余りの普及をみ、効率的な酪農生産の強固な基盤を形成していることを考えると、資源の少ないことと照らし合わせ、我が国の牛群検定の普及は未だ異常に低いのではないかと思う。

受精卵移植技術に代表される新しいバイオク時代を迎えて優良雄牛、雌牛の改良上果す役割はいよいよ大きくなってきた。その正確な選抜と効率的な利用推進のための組織充実が急がれる。このためにも牛群検定の普及率を高め、登録データと一体となって、乳用牛改良上、効率の高いデータベースの構築が急がれる。

岸：種畜牧場の役割も大きいと思うがこれについては。

浅野：家畜の改良は、長い年月を要し、リスクを伴い、普及性が求められる。そのため、国・県レベルでの改良が多い。種畜牧場は14本場、3支場で育種改良、優良牛選抜、大規模実験経営モデル事業、飼料作物種子の確保などを行っている。農家、県では出来ないような手法を用いて新しいものを作り出すということでやっている。その他、集団育種事業、豚、鶏の系統選抜も行なっている。種畜牧場の有する土地は1万2千ha、職員1万1千余で、先端的な技術の実験、研究を行い、現在いろいろとトライアルしている。その代表が牛の受精卵移植技術であり、畜産試験場での研究を実用化レベルで担っている。肉用牛の分野では、改良と同時に増殖を行ってお

表2 米国における畜産関連新技術の開発の展望

| 分野 | 内容 |
|-----------------------|---|
| 1. 遺伝子工学 (1)組換えDNA | <ul style="list-style-type: none"> ・組換えDNAにより、インシュリン、成長ホルモン、プロラクチン、酵素、毒素、インターフェロン、インターロイキン、診断薬等が製造可能となる。 ・牛の成長ホルモンについては、モンサント社やイーライリリー社が製造。1988年には、FDAの承認の見込み。乳牛1頭に1日44mg注射し、乳量が10~40%増加。(Kalterら, 1984) |
| (2)モノクローナル抗体 | <ul style="list-style-type: none"> ・モノクローナル抗体の利用分野としては、①組換えDNAで作られたタンパクの精製、②子牛の下痢症に対する不活化ワクチン、③食品中の毒素の検出、④受精卵の性別判別、⑤妊娠診断や避妊薬、⑥抗ガン剤、⑦ホルモンの検出、⑧臓器移植に対する拒否反応の防止などがある。 |
| (3)受精卵移植 | <ul style="list-style-type: none"> ・現在の米国における受精卵移植の普及率は、1%以下であるが、コストが下がってくるにつれて急速に普及する。ジェネティック・エンジニアリング社は、受精卵の国内及び海外への販売及び性別判別のサービスを開始。受精卵移植関連技術としては、凍結、分割、性別判別、受精卵の融合(キメラの作出)、遺伝子注入がある。 ・遺伝子注入については、抗病性や増体性のような遺伝子を受精卵の前核に注入し、後代にその形質を遺伝させる技術として注目されている。1983年にペンシルベニア大学とワシントン大学の研究者がマウスの受精卵にヒトの成長ホルモン遺伝子を注入し、スーパーマウス作出に成功。1985年にオハイオ大学は、マウスの受精卵にウサギの遺伝子を注入し、2.5倍のマウスの作出に成功。USDAベルツビル研究所とペンシルベニア大学は、緬羊と豚の受精卵にヒトの成長ホルモン遺伝子を注入する実験を開始。これに対し、米国の2団体(Foundation of Economic TrendsとHuman Society of the United State)から実験の中止を求める訴訟がなされている。遺伝子注入するものとしては、成長ホルモン、プロラクチン、消化酵素、インターフェロン等が考えられる。 |
| 2. 家畜繁殖技術 | <ul style="list-style-type: none"> ・2000年までに受精卵移植が人工授精に取ってかわろう。 ・精子のX、Y分離や、免疫法による受精卵の性別判別により、肉用種には雄の受精卵を、乳用種には雌の受精卵を移植するようになろう。 ・このためには、①発情周期の同期化技術、②過排卵、採卵、移植及び性別判別技術、③移植後の受精卵の死滅を少なくする技術及び受胎率向上技術の開発が必要。 ・2000年までには、多産性や発育性、泌乳性、抗病性等の遺伝子を注入した受精卵が販売されるようになろう。 |

り、乳牛の腹を借りて肉用牛の産出を行っている。また遺伝資源についても、家畜、家禽の保存を行っている。

岸：ジーンバンクの役割は、精液・受精卵の保存が考えられるが、動物そのままの保存でなく、凍結の形で保存するのか。

浅野：生体と受精卵・精液の二つがある。61年度から受精卵のバンク機能を持たせるために体制整備を行っている。

□家畜の遺伝子プールは広く、改良の可能性は大きい

岸：稲の場合、我が国には超多収米の遺伝資源が少なく育種上の一つの問題であるが、家畜では遺伝子のプールは広いとみて良いの

か。

並河：遺伝子プールは家畜の場合、非常に広いとみてよい。家畜は自然条件により変化し、また用途によって様々な能力が求められている。世界に12億いる牛のうちまだ6割は役用である。日本の場合は、かなり絞りこまれたものになっているが、1品種と言われていても、バリエーションの幅がかなり広い。したがって、選抜していく余地はまだある。日本でバリエーションが狭くなり過ぎたときは、多くの場合、一つ前の段階に戻れば良いという可能性を持っている。ただし、和牛が問題。これは、日本独特の価値感がある。日本の市場が求める肉質が外国にあるかという点必ずしもそうとは限らないし、

日本固有に生きている種類のプールを国として考える必要がある。

岸：和牛について日本人が良いと言っているものは、外国でも良いと言われているのか。

並河：外国人に食べさせるとうまいと言うが、食べる回数、外国人と日本人との食生活の中の食肉の位置づけ、価値観が異なるようだ。日本の牛肉を毎日食べるには too heavy と言われている。

岸：日本の良い肉を最高の目標とするのか。

並河：生産性（可食肉率、肥育期間等）に問題がある。牛肉生産という単一目的に絞れば、やはりいかに短期間で生産するかが大きな課題である。価格、供給量の面から問題があり、必ずしもトップの肉とは言い切れない。

Ⅱ. これからの家畜改良の 方向は…

岸：乳牛の改良が進んできたが、乳牛の改良の目標は、乳量、乳脂率、無脂固形分率の三つに着目すれば良いのか。

四宮：それで良いと思うが、牛乳は牛から搾られてすぐの状態が良いと言われている。今までは、衛生管理の面で、細菌数等が言われてきたが、これからはこれに加えて価格とうまい牛乳への改良である。今、うまい牛乳作りに取り組んでいるが、様々な因子が絡んでいるために簡単には出来ない。乳脂率、無脂固形分率が高いほうが良いかと言うとそうとは限らない。高泌乳牛の牛乳がうまいとも限らない。どの辺が良いか研究が待たれる。

□ヘテロシス発現機構やDNAの解析などの基礎研究も

岸：牛に限ってということで、国の研究の立場からみて今後の改良の方向は。

村松：家畜の育種・改良は、先程浅野課長がいわれたように国の家畜改良増殖目標（現在は昭和65年を目標としている）に沿って国、県、民間ですすめられており、国としては従来より、事業としての育種は種畜牧場で、家畜の育種・改良の基礎になる理論や方法に関する試験研究は畜産試験場で、それぞれ分担

して推進してきた。この分担・協力関係は、今後も保ちながら目標に向かって家畜の改良が進められるでしょう。

牛に関する育種研究の中で、育種理論や育種法に関係するものとしては、乳牛、肉牛に共通する問題として、1. フィールドデータを活用した総合的な種畜の能力評価システムの開発（BULP法も含む）、2. 胚移植（ET）に適した牛群の作出とET関連技術を活用した育種法の確立、乳牛に関するものとしては、3. 乳量・乳質の改良、乳房の型や体型・搾乳速度に斉一性のある牛群（機械化作業に適した高能力牛群）への改良、肉牛に関するものとしては、4. 安定した肉質、精肉歩留りの高い枝肉生産をする牛群への改良、5. 増体速度、抗病性等の改良などの重要問題があり、それらを中心とする方向に研究はすすめられていくであろう。一方、遺伝学的な面からは、6. 遺伝障害の除去、7. ヘテロシスの発現機構、8. 細胞質遺伝、9. 有用遺伝子の構造・機能ならびに染色体地図、10. DNA多型など分子遺伝学的指標による選抜法、11. 遺伝資源の長期保存（生殖細胞・胚の凍結を含む）、12. 性判別、核移植、体外授精、外来遺伝子の注入、遺伝資源の保存など新技術を利用した育種素材作出という重要問題があり、それらの方向に研究は発展するであろう。さらに、これらの基礎的な研究の成果をどのように育種・改良手法の中に取り入れて、より効率のよい育種戦略に発展させていくかが今後に残された重要な問題となる。

岸：外来の有用遺伝子の導入による家畜の改良の可能性などについては。

村松：遺伝子組換え技術を利用して目的とする遺伝子をクローニングして、受精卵の雄性前核（精子由来の）に注入した後、一連のET操作によって導入した形質が発現している個体を作り出す手法が近年開発されている。この操作によって作出された動物を、形質転換動物（Transgenic animals）と呼んでいるが、交配によらない遺伝子の導入法として注目されている。

従来の家畜改良においては、交配と選抜を繰り返すことによって長い年月をかけて必要

とする形質を導入してきたので、形質転換家畜を作り出し、それを育種素材化することは家畜の育種・改良にとって画期的な方法として検討されてきている。しかし、家畜の遺伝子地図の作成、導入遺伝子の染色体挿入部位や生殖細胞経由の遺伝性の調節など形質転換家畜を作出するには基礎的な研究を必要とする部分が多く、それらも含めて今後の研究開発に大きな期待が寄せられている。

形質転換家畜の利用法として、育種素材の有用物質生産工場という考えがある。現在のバイオテクノロジーでは、ホルモンなど有用な生理活性をもつ物質を遺伝子組換えにより大腸菌に生産させている。高等動物の遺伝子は、大腸菌よりも受精卵に組み込み発現させるほうが問題も少ないし、家畜の乳腺で特異的に発現するプロモーターをつけておけば、形質転換家畜をホルモンなどの生理活性物質生産工場として利用する途がひらけてくるでしょう。

□食肉もライフスタイルの変化に応じた需要が

岸：さて、今度は改良の方向を需要の面からみてみたいと思う。消費が多様化しているが、それに対して家畜の側からの改良により対応することについてどのように考えるのか。

石浜：我々のところでは、海外からもっと牛肉を買えと言われている。それに対し、日本人は、牛肉を欧米人ほど食べないと説明している。日本の牛肉の消費の仕方は、アメリカと異なっている。日本の牛肉の伝統的な食べ方は、スキヤキであり、これに使用する肉は、肉の間に脂肪が入っているものが好まれる。最近では欧米と同じく焼くことが多いが、欧米のような単一的な食べ方ではなく、焼肉やステーキ、ハンバーグといったように幅が広い。

10年前は7割が家庭の利用であったが、今は5割であり、加工が15%で、この間外食が増え、消費が多様化しており、これはライフスタイルの変化に対応している。輸入牛肉は外食産業向けの比重が高い。牛肉については、日本は未だ需要が伸びているのに対して、ア

メリカは停滞か減少気味である。その理由は、食生活の多様化にあるようだ。具体的には牛肉の脂肪が健康に悪いと言われていること、ブロイラーの品質価格面の激しい追い上げ、婦人就業率の上昇などのライフスタイルの変化(ビーフのEasy cooking)など牛肉が、消費者ニーズに十分に対応していないことなどが考えられる。そこで、最近では牛肉が消費者ニーズに対応するためにあらかじめカットして脂肪分を少なくして、使いやすい形にするということもやっているようである。消費の多様化というのは、ある意味では、個別食品間の競争といえなくもなく、世界的趨勢といえる。改良という面では、やはり競争力の基盤ともいえる効率向上に焦点をおくべきではないか。

岸：ますます海外からの輸出の圧力が強くなりそうだが。

石浜：伝統的に食生活においてはアメリカの肉は、日本の米に相当するものであり、これからも多様化に対応する類似商品との競合化が予想される。嗜好は、徐々に変わっていくものであり、外国も急激な変化を期待するのではなく、あわてないで欲しいと思っている。

岸：では牛乳での多様化の方向は。

四宮：乳は子供を育てるものであり、成分をそれほど変えられるものではない。牛乳となってからの加工により多様化に対応すべきである。これまでは供給が少なかったため、加工の必要性が少なかったが、これからは加工する必要がある。

岸：豚を含めたハム、精肉等についての需要の面はどうか。

山口：従来は食肉加工品の原料として、輸入肉のマトン、馬肉が多量に使われていた。しかし、嗜好の変化により、豚肉を原料とした加工肉の伸びがめざましく、現在では7～8割の原料肉が豚肉である。この豚肉は輸入肉も使用されているが、絶対量としては国産のものが多く使われている。一般的にはこうした食肉加工品の現状を考えた場合、肉質が良いものはもちろんだが、肉の斉一性が非常に要求される。例えば、100kgの到達日齢を

180日とすると、速いもので150日、遅いもので210日という差がある。この変動幅をいかに小さくするかにより、メーカーが使う時の肉質が随分とそろってくる。外国から輸入されるハイブリッドは斉一性が良いものが多い。農水省の資料の中にある豚の改良目標についてはおおむね結構と思うが、遺伝的な面では産子数は遺伝率が小さいので、飼料要求率等の改良にウェイトをかけた方が、よろしいのではないだろうか。また、赤肉量の多いことも必要である。

□梅山豚の肉質は日本人の舌にもよくマッチ

浅野：これまでは、肉質にこだわらず低コストを問題にしてきた。しかし現在は需要が多様化してきている。例えば摂取カロリーからみると15～20歳がピークであるため、チキンナゲットが爆発的に売れているように消費者の要求が年齢によってもまた多様化している。今後の需要の多様化に合わせた品種改良、飼養管理技術の改良が必要である。豚肉の場合、現在、日本に入って来るブリードはほとんどがウエスタン・ブリードでヨーロッパやアメリカで開発・改良されたものであるが、その主目的は加工用に作られたものである。外国では消費の7割が加工であるが、日本はその逆で7割が生食である。これを日本でテーブルミートとして食べさせるのは、消費者に対して失礼とも言える。これまでは安くで良質なタンパクを得るための肉を作ってきたが、今後は日本人の味覚に合うようなテーブルミート用の肉を、改良していくべきである。例えば中国の梅山豚は産子率が高く、繁殖能力が抜群に良い。しかも、肉質が非常に良く、筋繊維が細くて、脂肪の質が高い、ということは日本人の舌に最もマッチした、そういう遺伝子を肉質面で持っている。

岸：実際に梅山豚を食べられたのですか。

浅野：食べてはみたが、日本人の舌は非常にデリケートであり、やはりまだそれにマッチした品種改良が必要である。そういう意味では豚肉はもう過剰といってもまだまだやることはある。鶏も同じで、消費の多様化がま

すます進み、年齢階層の多様化、ライフスタイルの変化に合わせた改良が必良である。

Ⅲ. 生研機構への期待は……

岸：さて最後の項目ですが、生研機構の持っている機能の活用について、現段階では畜産関係の活用はそれほど多くない。今後、企業が畜産の分野のどこに取り組むがいいのか、また生研機構はどのようなことで対応していけばいいのかという点で発言をお願いしたい。

□技術情報の提供を、そしてもっと我が国に適した畜産機器などの開発研究も

四宮：やはり我々がお願いしたいのは技術情報の提供である。国際受精卵移植学会に加わっているが、国内での技術の方向性が把握しきれない。

山口：先ほど皆さんの話の中で資質が良いものを持っていても、飼養管理が悪かったり、疾病があればそれは全然意味をなさないという意見には私も全く同感である。育種はもちろん重要ではあるが、それにマッチした飼養環境も非常に重要な意味を持っている。豚舎を例にとると、床をスノコにして、1頭当りの床面積が0.7㎡で非常に狭い集約した形でやっている場合、それにマッチした飼養環境でないと病気になる。デンマークでは公の機関で、自国の生産環境条件に適した畜産の機械・器具をかなり開発したり、機能テストをしている。

日本の畜産の機械・器具メーカーでも販売しているが、それはデンマーク等、海外のまね物も多い。日本ではその辺の開発が遅れている。我が国の畜産にふさわしい機械・器具を用いた企業的な畜産をしないと外国に負けてしまう。そのために畜産機器の開発及び情報を提供して欲しい。

岸：当機構の研究第3部では、主に牛を対象にした施設・機械の研究開発を行なっている。豚の飼養設備についても我が国独自の発想で開発していく必要がある。

並河：多様化したニーズにすべて生産側で対応するのは困難である。やはり生産は効率

を求めるべきである。例えば肉の柔らかさについては、柔らかい肉を得るために、年とった肉を柔らかく感じさせることも必要である。現在、日本では堅い肉に通電して柔らかくする技術が研究されている。鶏でもメカニカルデボーディングが行なわれ、均質な肉にしている。食肉加工の段階で製品を操作し柔らかくすることは、ハンバーガー等にも結びつく。これまで加工は、豚が中心であったが、牛も家庭で加工する時代から、加工されたものを家庭で利用する時代になってきた。つまり機械によるニーズに対応することが必要である。

肉の品質の判定について、現在は人間の六感で判定しているが、純客観的に計器測定をして、最も良いものを数値に表現していくこ

とが必要である。数値を用いることにより、家畜を直接改良するのではなく、後の加工で対応することも必要ではないかと思われる。

岸：生研機構は、資料にもあるように、複数の企業などで新しい研究会社を作っていくことも出来る。畜産分野でも今お話にあったような、例えば食肉加工メーカーと機械メーカーというような異業種の集まりで新しい技術の開発をやっていくというようなことをどんどん進めていく必要がある。そうした機能もまた活用していったらえればと思う。短い時間ではありましたが、予定時間も過ぎましたのでこれで閉会にします。有難うございました。

特別情報

繁殖生物学的研究における技術進歩 Technology Advances in Reproductive Biological Research

産業動物の改良

Improvement of Animal in Agriculture

英国医学研究院発生部門実験動物センター

D. G. ウィットングハム博士

Dr. D. G. Whittingham

この特別情報は、昨年7月開催した国際テクノロジーフォーラム「家畜の改良・増殖におけるバイオテクノロジーの利用」の中で、英国医学研究院発生部門実験動物センター所長 D.G. ウィットングハム博士が講演されたものです。講演要旨の翻訳は北海道大学の金川弘司教授にいただきました。

近年の繁殖生物学的研究の方向に影響を与えた二つの大きな目標がある。第一は、食糧供給量を増すために産業的に重要な家畜の繁殖活動を増加させることであり、第二は、人口過密化に伴う食糧不足を緩和するために人口増加をコントロールすることである。先進国においてこれらの目標はかなり達成されつつあるが、世界人口の大半をしめる人々(60%)は、なおも飢餓や栄養失調の状態にある。そして後者の途上国においては、人口調節の試

みはほとんど、もしくはまるっきり功を奏していない。今日、全ての人々に利益をもたらす進歩したバイオテクノロジーの開発の機会をもとに、手遅れとなる前に行動をおこすことが急務であると考え、今回は新しいバイオテクノロジーの産業動物に対する適用について講演をしたい。

1. 既に良く適用されている技術 (Techniques Successfully Applied)

1) 人工授精 (Artificial Insemination, AI)*

家畜、とくに乳牛の改良に最も大きな影響を与えたのは、40年以上前にさかのぼる人工授精の導入であった。この技術により比較的数量の少ない優秀な雄牛の遺伝子を全体の遺伝

子プールに導入することが可能になり、牛乳生産量に劇的な増量をもたらされた。1950年代初期における精子の凍結保存技術の開発と導入により、精液の世界的な配給体制が促進された。牛乳以外の他家畜におけるAIと精子保存においてもいろいろな段階ではあるが成功がみられており、それらの家畜が経済的に重要である国、例えばブタ（オランダ）およびヒツジ（ソ連）などから、次々と改良方策が報告されている。

（訳者註）：※遺伝子（Gene）とは、遺伝情報を決定する基本単位で、本体はDNAであり、非常に長い2重らせん構造を有している。遺伝子の情報はDNA鎖の塩基の配列順序によって決定されている。

2) 受精卵(胚)移植 (Embryo Transfer)

AI発展の20数年後における受精卵(胚)移植技術の導入は、優れた母牛（エリート・カウ）と後代検定済種雄牛とのゲノム*の結合により生まれる子牛頭数を増やすことによって、遺伝的改良に更に拍車をかけることが可能となった。遺伝的に優れた受精卵(胚)を、特に選別されていない受卵牛群に移植することにより、開発途上国の間では、牛群の品質改良に要する時間を短縮することが可能である。それは精子の場合とは異なり、新しい個体の完成されたゲノムが次々と導入されるからである。過剰排卵牛からの受精卵(胚)の回収および発情同期化をした受卵牛への受精卵(胚)の移植が非外科的に行われることが、受精卵(胚)移植技術の産業への適用に非常に大きな貢献要因となったことは事実である。加えて、受精卵(胚)移植は、現在まさに家畜の改良に適用されつつある受精卵(胚)の体外における新しい顕微操作技術を採り入れるようになってきた。

（訳者註）：※ゲノム(Genome)とは、生物が生命を維持する上で不可欠な染色体の最少単位をいう。動物の染色体は2倍体(2n)であるから、この場合ゲノムは、2組染色体のうち半数染色体の1組をいう(1n)。

3) 受精卵(胚)の保存 (Embryo Storage)

AIのように受精卵(胚)移植は、低温保

存法の開発によって著しく容易になってきた。受精卵(胚)の保存できることの利点には、地域間輸送の簡便化、受卵牛への移植、例えば選抜された優秀な雄牛や将来経済上重要になると思われる優れた品種からの受精卵(胚)の移植の時期的なコントロールなどが上げられる。ブタ以外の全ての家畜において受精卵(胚)の凍結保存が成功しているが、着床前のいかなる段階においてもブタの受精卵(胚)に限り、15°C以下の冷却はできないことが知られている。

2. 将来の可能性を有するより新しい技術 (Newer Techniques with Potential Application)

新しい技術の総ては、生殖器外(体外)における配偶子と受精卵(胚)の顕微操作に関するものである。受精卵(胚)の活性を維持するためには、着床前期の栄養要求を知ることが重要である。マウスやウサギを別にして、家畜の受精卵(胚)を最適の発育状態で、着床前に体外で継続的に培養することは、いまだに不可能であり、受精卵(胚)の活性を維持するために卵管内で与えられると考えられる重要な物質については未知の部分が多い。ウシとヒツジの受精卵(胚)の体外培養に代わるものは、子宮への移植の前に行うウサギとヒツジの卵管内培養である。経済的にはこれらの技術は高価であり、また時間もかかることになる。受精卵(胚)の操作法は、家畜の改良に寄与する知識や受精卵(胚)の早期死滅の原因に対する知見を与えるだけでなく、家畜の発生学の発展に対する基礎的な研究としても有効であろう。

1) 卵子の成熟 (Oocyte Maturation)

体外で成熟し、受精した小卵胞から得られた卵子から健康なヒツジが生まれている。もし同様の技術がウシの卵子にも行われるとすれば、屠場から得られる卵巣が材料として使われる可能性がある。

2) 体外受精 (In vitro Fertilization)

この技術はごく最近、ウシ、ブタおよびヒツジで成功している。体外受精により生まれた個体の数はまだ少なく、全体的な成功率は

変動が非常に大きい。屠場から得られた未熟卵胞を組み合わせたこの技術は、ほんの少しの遺伝的改良ですら役立つと考えられる国々では、移植のための受精卵（胚）を貴重な資源として提供することになる可能性がある。

3) 胚の分離 (Embryo Splitting)

2～8細胞期の個々の割球が全期を通じて1個体に発育する可能性は、マウスよりも家畜（ウシ、ウマ、ブタおよびヒツジ）の方がいくらか大きいと考えられる。それは細胞数が部分的に回復できる着床前に受精卵（胚）が着床しないで浮遊している時間が長いからである。桑実胚や胚盤胞期の胚を2分することは、ウシやヒツジでは成功しており、すでに商業的利用が行われている。この技術は、遺伝的に同一の動物（1卵性双子）の数を増大する手段となっており、仮に受精卵（胚）が優秀な遺伝子同志の結合によって生じたものであれば、非常に有益なものとなる。個々の割球の生存能力は、より進んだ発育ステージの割球と共に、それらを集合することにより、生存性を向上させることが可能であり、より発育の進んだステージの割球の方は胎膜部分となる傾向がある。単為生殖由来の割球をこの目的に使用することができるかも知れないし、このような操作は子孫に何んの悪影響も与えないと考えられている。

4) キメラ (Chimeras)*

キメラ動物は、初期の分裂時に透明帯を除去した後の受精卵（胚）を集合させる方法、または胞胚腔の中に受精卵（胚）の細胞を注入する方法によって作出できる。家畜でのキメラ作出の商業的可能性は明瞭でない。しかし、受精卵（胚）細胞系から、ある動物種間でのキメラの作出を行うことが可能であるならば、特に絶滅に瀕した動物種を増殖させるようなことで重要な意味を持つてくることになる。珍しい品種についても、また応用が可能となる。遺伝子の導入されている子孫を得るためには、調整された外因性の遺伝子を導入した受精卵（胚）細胞系を作らなければならない。遺伝子系のキメラを作出する必要があらう（以下の記述を参照の事）。

(訳者註)：※キメラとは2個以上の受精卵（胚）からできた単一動物、従って1個体内で二つの異なる遺伝形質が混っている。語源はギリシャ神話の仮想の動物キメラ（ライオンの頭、ヤギの体およびヘビの尾をもつ）に由来する。

5) 核移植 (Nuclear Transfer)*

同一の子孫の数を増大させる方法は、脱核された1細胞卵への核の移植により理論的には可能である。しかしながら、哺乳動物においては、受精卵（胚）の核の発育能力は、新しい受精卵（胚）のゲノムが示され始めた後には制限されて現われる。例えば、マウスでは完全な個体に発生する能力が2細胞期以降においては失われる。しかし、ヒツジでは、16細胞期を過ぎても核の全能性が発現していると考えられる。完全に1個体に発達する能力は、もし、より遅い受精卵（胚）のステージの核が、例えばカエルの受精卵（胚）で観察されるように連続した1細胞卵を通じて連続的に移動して行くのであれば、より遅い受精卵（胚）のステージから抜き取った核と一緒にすることによって実現できると考えられるが、多くの基礎的な研究がこの領域においては、未だに完全には行われていないのが現状である。

(訳者註)：※核移植とはある細胞から核を抜き取り、それを他の細胞に移すことで、核を受け取る側の細胞はあらかじめ核を除去しておくことが多い。核移入ともいう。

6) 遺伝子移植 (Gene Transfer)*¹

外因性因子で表現される遺伝子導入マウスの繁殖は、1細胞期での雄性前核に遺伝子を組み入れることにより、また、受精卵（胚）細胞期の後期にレトロウィルス・ベクター*²により遺伝子を導入するか、あるいは受精卵（胚）細胞系の中に導入することにより遂行することが可能である。受精卵（胚）の細胞系に遺伝子を導入することの利点は、組み込みが地図化できること、更に胚盤胞に細胞を組み入れる前の細胞系によって生殖細胞系の区分を識別することが可能で、キメラの作出を前もって確認し得ることである。

遺伝子の導入されているウサギ、ヒツジお

よびブタは、前核段階で組み込まれた遺伝子からのヒトの成長ホルモンを発現させたが、組み込みと発現の頻度はマウスよりも低かった。家畜の品種改良のためのこのようなゲノム修正（操作）の実用性と疾病に対する抵抗力を強化する前に明らかに解決すべき多くの基礎的な問題が残されている。また、外因性因子の組み込みおよびその発現の技術的問題については、マウスにおいて可なり確認されているが、家畜の品種については、成長、生体構成および性成熟などの生理的規制における品種間の違いがあるため、更に多くの研究が必要である。

(訳者註)：※1：遺伝子移植とは遺伝子の遺伝情報を有するDNAを細胞から取り出し、酵素などを用いて組換えDNAを作り、それを生細胞や受精卵(胚)などに入れて、新しい遺伝情報を有する細胞や受精卵(胚)を作る技術を含む。

※2：レトロウイルス(Retrovirus)とは、RNAを遺伝子とし、RNAを鋳型として、DNAを合成する酵素(逆転写酵素)を持ったガン・ウィルスである。増殖の過程でDNAを合成し、これが宿主の染色体に組みこまれる。

ベクター(Vector)とは、遺伝子操作において目的のDNA断片を他の微生物に運び込ませるための運搬体のDNAのことである。

7) 遺伝子地図の作成(Gene Mapping)*¹

人類の遺伝学において、制限酵素*²によって切断された分画の多形性の同定と地図作成は遺伝病の確実な診断と決定にとって大いに貢献している。この分野の研究は、家畜の繁殖分野においては無視されてきたが、経済上重要な表現形の標識の選別による家畜の改良のためには大変な可能性を有している。加えて、その技術は秀れた品種やさまざまな家畜の遺伝子座の消失と維持の記録のために有効に用いられる可能性がある。この分野の研究をすることによって、家畜の繁殖産業界に対して大きな貢献が期待されている。

(訳者註)：※1：遺伝子地図とは、遺伝子内の突然変異点などの位置的関係を示したもので、染色体上にある遺伝子の位置を表わしている。同義語に遺伝地図(Genetic Map)および染色体地図(Chromosome Map)がある。

※2：制限酵素(Restriction Enzyme)とは、特定

の配列の塩基対が存在するときだけ、そこでDNAの2重らせんを切断する酵素をいう。

8) 性別判定(Sexing)

XとYを持つ精子の分離成功に対する疑問は、現在も文献上見うけられる。しかも、経済的に実行できるような性比を変える技術はほとんど行われていない。しかしながら、分子レベルでの実験がより洗練されたものとなってきたので何年か後にはすばらしい技術が発達する可能性はきわめて高い。精子と受精卵(胚)から切り取った細胞に対して、Y染色体上にみられるくり返し頻度の高いDNAの塩基配列を調べる方法が、試験的にYを有する精子と雄の受精卵(胚)を同定することに使われており、さまざまな動物種の受精卵(胚)でもバイオプシー(一部分切除法)された受精卵(胚)細胞の核型分析(染色体検査)によって、性別判定が行われてきた。X染色体上に遺伝子座を有する、例えば、HPR TやG 6 P Dの酵素活性のレベルを測定することにより、より迅速に、より害を少なく受精卵(胚)の性別を決定することができる可能性もある。雄特有の抗原性によって受精卵(胚)を選別しようとする試みはしばしば成功をみたが、繁殖能力の低下が主たる問題点となっている。障害のない性別判定の技術を確認するためによりいっそうの研究が必要であろうし、例えば、短期間培養に用いる培養液中の生成物などを調べる必要性があろう。

受精卵(胚)のバイオプシー技術の向上もまた染色体の異常を検出する助けとなるであろう。家畜の早期胚の死滅率の原因はあまり広範囲にわたって調査されていないし、この早い時期での損失は、以前に考えられていたよりもかなり大きいものなのかも知れない。

3. 結論

繁殖生物学と分子遺伝学の最近の進歩は、家畜に最大限の繁殖能力を引き出すような基礎的知見を与えるのみならず、遺伝子工学として食糧生産の効果および疾病に対する抵抗性の増進をもたらすことになろう。

外国特派員便り

イギリス家禽研究センター留学記

農林水産省畜産試験場
内藤 充

私は昭和61年9月から1年間、科学技術庁長期在外研究員として、スコットランドのエジンバラ郊外にある家禽研究センター(Poultry Research Centre)に留学する機会を得た。この研究所は農業食糧研究機構(AFRIC)に属する一機関であり、家禽についての総合的な研究を行なっている。しかし、私が留学する少し前に機構改革が行なわれ、他の動物関係の二つの研究所と合併し、正式名称は動物生理遺伝学研究所エジンバラ研究センター(Institute of Animal Physiology and Genetics Research, Edinburgh Research Station)と改称された。新研究所は、生態部、生産遺伝部、繁殖成長生理部、分子生理遺伝部の4研究部よりなり、私は分子生理遺伝部の遺伝子発現研究グループに所属し、鶏に外来遺伝子を導入し、形質転換鶏を作出するための一連の研究を行なっているDr. Perryのもとで1年間の研究生活を送った。

鶏をはじめとする鳥類の卵は、胚が多量の卵黄を含んでおり、そのまわりを卵白、卵殻膜、卵殻に取り囲まれ、この構造を壊すと孵化させることはできなくなる。このことが鳥類胚の操作がこれまで困難であった大きな理由の一つである。一方、鶏胚へ外来遺伝子を導入するためには、受精後、雌雄の前核が合体する前に前核に遺伝子を注入する方法が最も可能性が高いと考えられる。しかし、鶏の胚は哺乳動物と異なり前核をみることができなため、注入操作は今のところ細胞質までが限度である。受精が完了する前の接合体のステージは濃厚卵白の形成時にあたるため、胚は卵黄を含み、そのまわりを未完成の濃厚卵白に包まれた構造をしており、この状態のままでは通常の方法では孵化させることはで

きない。孵化までこの胚を発生させるには卵管に戻す方法があるが、卵殻の付いていない軟卵として産卵されてしまうことが多く、実用化は困難である。したがって数を多く処理できる *in vitro* の培養方法が確立できれば、鶏における胚操作の道が大きく開かれることになる。そこで1年間の滞在中に、鶏胚への外来遺伝子の微量注入法の技術を修得するとともに、*in vitro* における鶏胚の培養方法を確立することに力を注いだ。

鶏胚にRSV-CATというウィルスの遺伝子を注入した結果、遺伝子そのものの導入には成功したが、4～7日間の培養で約10～20%のみ検出されるという結果になってしまった。注入を細胞質に行なわざるを得ない段階では、適当なベクターを開発し、注入した遺伝子を染色体に組み込ませるようにならなければならない。そのためレトロウィルスがベクターとして適当であるかどうかの検討をはじめたところである。鶏胚の培養に関しては、成功率は低いものの、接合体のステージからの *in vitro* の培養で孵化させることが可能であることがわかった。今後は安定した孵化率が得られるよう培養方法を改良することが必要である。

一方、遺伝資源の保存の立場から鶏胚の長期保存を考えた場合、保存処理に耐えうるステージとして大きく二つ考えることができる。一つは産卵後のステージであり、このステージであれば通常的环境下でも1週間程度であれば十分保存することができるし、取り扱い易いことを考えると、このステージで凍結保存できることが最も望ましいわけである。しかし、このステージでの細胞数は約6万となっており、凍結処理するにはやや細胞分裂が

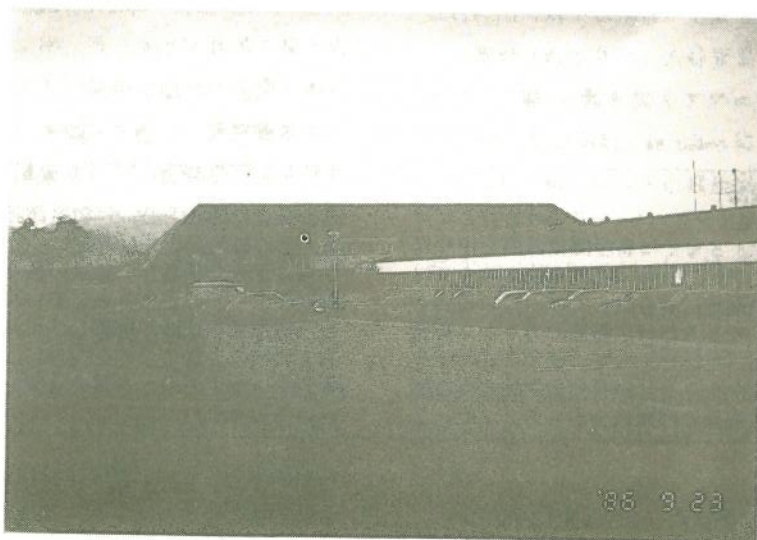
進みすぎている感がある。そこでもう少し前の細胞分裂の初期のステージも凍結保存の有望なステージであると考えられる。いずれにしても、凍結保存は卵殻を除いた状態での処理となるので、ここでも鶏胚の培養技術は応用できることになる。他にも応用面は考えられるが、鶏胚の操作において培養技術は基本となるものである。

以上のように、外来遺伝子の胚への注入とその後の *in vitro* の培養から孵化までに必要な手法を修得するとともに、その手法の改良のために実験を行なってきた。形質転換鶏の作出までには適当なベクターの開発や培養成績の向上など解決すべき問題が多い。鶏は家禽としてそれ自体重要な動物であるのみならず、実験動物としても非常に重要である。形質転換動物 (Transgenic animal) の利用は、家畜・家禽の遺伝的能力の飛躍的向上のみならず、最近注目されている形質転換動物を利用した高価な医薬品の生産があげられる。乳牛ではすでに牛乳中に特定の蛋白質を分泌させることに成功し実用化されているが、鶏の場合、卵の中に高価な蛋白質等の物質を生産させ、これを抽出して利用する日が来ることが予想される。そのような観点からも形質転換鶏の誕生は重要な意味をもつものである。

私の所属していた遺伝子発現研究グループは、上級研究員5名と Post Doctoral の研究者、アシスタント、大学院生をあわせ20数名よりなるグループである。セミナーは活発で、

文献紹介や各自の仕事の紹介など週1~2回必ず行なわれ、遺伝学に関する広範な分野の情報を得ることができた。また近くにあるエジンバラ大学の遺伝学部や動物学部などで行なわれるセミナーの情報が常に入ってきており、自由に出席することができた。大学でのセミナーはイギリス国内のみならず世界各国の研究者が講演者となるような実に国際的なものであった。このように常に最新の情報、最先端の情報が身近に得られることは、研究の深化、活性化に少なからず影響していることはまちがいないようである。

エジンバラは北緯56度に位置し、夏でも冷たい風の吹くところである。暖流の影響で暖いとはいえ、日本の季節の感覚からすれば9月から6月までは冬で、7月と8月が早春から晩秋に移り変わる程度であり、気候的には実に厳しいところである。夏でも外出の時には防寒具が必要であり、暑いと思える日はほんの数日あったぐらいである。天気は変わりやすく、曇っていて時々雨が降るといいう日が多い。1日中晴天が続くというのは1年間住んでいて数えるほどしかなかったような気がする。イギリス人の気質としてとっつきにくさをよく言われるが、これはどうもこの国の気候と関係しているようだ。外で何かをして楽しむには寒すぎるために家の中にこもりがちになり、常に何かに耐えているかのような印象を受ける。そのせいだろうか、彼らの仕事の進め方をみていると実に忍耐力を感じ



家禽研究センター

させてくれる。一つの事柄を明らかにするために必要なテクニックを開発する場合にも、少々の失敗では諦めようとしな。何度も何度も挑戦し、失敗し、そして最後にはなんとかやり遂げてしまうのである。私ならばとうに諦めてしまうと思うのに、彼らの粘り強さにはつくづく感心させられた。

イギリスにおいてもバイオテクノロジーに対する期待は大きいものがある。実際の家畜・家禽の改良という応用面についてはまだまだ解決しなければならない問題が多く、もう少し先のことになりそうだが、今のところは遺伝子の発現機構を解明する有力な手法として用いられることが多い。家畜・家禽の実用

形質のほとんどはポリジーンに支配されるため、外来遺伝子の導入ということだけでは遺伝的改良ができないことは多くの研究者の認めるところである。総合的な能力で評価される実用家畜・家禽の育種には、従来からの育種法に加える形でバイオテクノロジーを位置づけるべきで、バイオテクノロジーに目を向ける一方、育種の基本となる選抜育種の研究がおろそかにされることがあってはならないと思う。

1年間の留学は私にとっては何ものにもかえがたい貴重な経験であった。この貴重な留学の機会を与えられたことに感謝するしだいで。

編集後記

BRAINテクノニュース 5号をおとどけします。5号では畜産関係課題を中心に取りあげましたが、本誌の編集に当っては課題の選定に最も気をくばっているところで、できるだけ広範囲の方々から御意見を伺いたいと思っています。このような趣旨から、1月14日には筑波研究機関の企連室長との懇談会をもち、また、2

月17日には購読会員、外国文献抄訳者の方々との懇談会をもつ予定にしています。さらに水産関係者とも懇談の機会を作りたいと思っています。そこでいただきました御意見を誌面に反映し、より多くの方々に期待されるような内容にしたいと考えていますので、今後とも宣しく願います。(大畑)

ブレイン テクノニュース (第5号)

昭和63年2月15日発行

発行者 渡邊 五郎

発行所 生物系特定産業技術研究推進機構

東京都新宿区新宿6丁目24-16 日本生命新宿6丁目ビル3F
TEL. 03-205-6565 FAX. 03-205-6566

編集 農林水産技術情報協会

東京都中央区日本橋兜町15-6 製粉会館6F
TEL. 03-667-8931 FAX. 03-667-8933

© Bio-oriented Technology Research Advancement Institution, 1988