

家畜의 性比調節에 관한 研究 動向

鄭 吉 生

(建國大學校畜產大學)

Studies on the Control of Sex Ratio in Farm Animals

Kil Saeng Chung

College of Animal Husbandry, Kon Kuk University

I. 緒 言

人間이나 家畜에 있어서 後代의 性을 人爲的으로 支配하려는 研究은 오래전부터 試圖되어 왔다. 이러한 試圖은 우선 人間에서부터 시작되었는데 그것은 아들이나 딸을 희망하는 대로 얻어보려는 現實的인 慾望과, 奧妙한 神의 攝理에 挑戰해 보려는 學問的인 探究心에서 유래한 것이었다. 그러나 人間을 대상으로 하는 이 연구는 그 性格上 많은 制約을 받지 않을 수 없었기 때문에, 家兎나 생쥐 혹은 흰쥐 등과 같은 實體動物을 사용하여 여러가지 實驗을 실시하게 되었으며 實驗動物에서 얻은 知見을 人間에게 類推適用한다는 식의 間接的인 方法을 사용하지 않을 수 없었다. 이러한 研究方法上의 隘路는 이 分野에 관한 研究을 遲延시키는 중요한 要因으로 작용하여 왔다.

人間에 있어서의 性支配에 관한 研究가 어느 정도 成果를 거둔 것은 사실이나, 이러한 成果는 새로운 障害要因 내지는 問題點을 提起하였다. 그것은 人間의 性을 人爲的으로 支配한다는 사실이 과연 道德的으로 타당한 것이냐는 점과, 이 研究의 結果가 人間社會의 幸福과 繁榮을 위하여 진실로 寄與할 수 있을 것이냐에 대한 強力한 憂慮였다. 如斯한 憂慮는 이 分野에 관한 研究가 進陞될 수록 심각해져서 이 分野의 研究에 종사하는 사람들에게 強力한 壓迫을 가하고 있다.

人爲的으로 性을 지배한다는 점에 있어서는 다를 바가 없지만, 對象動物이 人間이 아니고 家畜일 때에는 위에서 言及한 社會的 壓力는 훨씬 가벼워진다. 더군다나 人類가 食量問題로 그 將來를 憂慮하지 않을 수 없게 됨에 따라서 家畜의 生産性을 提高시키지 않으면 안될 必要性에 直面하게 되었으므로, 如斯한 週邊條件에 힘입어 家畜에 있어서 産仔의 性을 支配하려는 研究가 점차 活氣를 띠게 되었다. 그리하여 최근에 와서는 性支配에 관한 研究의 대부분은 家畜을 대상으로

하기에 이르렀다.

태어나는 後代의 性을 人爲的으로 支配하려는 人類의 念願은 그 歷史도 오래러니와 수 많은 研究者들에 의하여 多角的인 側面에서 檢討되어 왔다. 그러나 이러한 研究의 대부분은 失敗로서 끝났었다. 다만 失敗는 單純한 失敗로서 끝나든것이 아니고 後續되는 研究의 成功을 위한 밑거름이 되었기 때문에 1960年代 中半期부터는 어느 程度 成功의 光明이 비치기 시작하였으며, 1970年代의 中半을 지난 오늘 날에는 完壁한 成功이 目前에 닥아 왔다고 보아 무방한 상태에까지 進前을 보았다.

本稿에서는 家畜의 性支配에 관한 研究內容과 그 成績을 研究方法別로 구분하여 時代順으로 紹介하면서 이 分野에 관한 將來의 展望을 살펴보기로 한다. 다만 家畜의 性支配에 관한 研究를 이해하는데에 필요한 事項에 한해서는 人間과 實驗動物에 관한 研究도 同時에 紹介하기로 한다.

II. 研究方法의 概要

人間이나 家畜(家禽은 除外)의 性은 精子가 가지고 있는 X-染色體와 Y-染色體에 의하여 決定된다. 즉, 이들 動物의 卵子는 X-染色體만을 가지고 있으므로 卵子쪽에서 後代의 性을 左右할 수는 없다. 그러나 精子는 X-染色體를 갖는 精子和 Y-染色體를 갖는 精子가 있으므로, X-染色體를 갖는 精子和 結合한 卵子는 雌性으로 발달하며, Y-染色體를 갖는 精子和 結合한 卵子는 雄性으로 발달하게 된다. 그러므로 生體內에서나 혹은 生體外에서 X-染色體를 갖는 精子(이하 X-精子로 약함)와 Y-染色體를 갖는 精子(이하 Y-精子라 약함) 중 어느하나를 인위적으로 卵子和 結合시킬 수 있는 方法만 確立된다면 後代의 性을 마음대로 支配할 수 있다는 論理가 成立한다.

性支配를 위하여 最初로 試圖된 實驗方法은 生體內

에 있어서 受精을 支配하려는 것이 있다. 이 방법은 다시 두가지로 大別되는데 첫째는 精子를 生産하는 雄性에게 어떤 處理를 實施하여 X-精子和 Y-精子中 어느 하나를 賦活시키거나 抑制시킴으로써 受精能力이 있는 X-精子和 Y-精자의 比率를 變動시켜 後代의 性을 支配하려는 방법이며 둘째는 雄畜의 精子를 받아들이는 雌性에게 어떤 處理를 實施하여 雌性生殖器官道內의 環境을 變化시킴으로써 X-精子和 Y-精子中 어느 한쪽을 賦活시키거나 혹은 抑制함으로써 X-精子和 Y-精자의 比率를 變動시켜 後代의 性을 支配하려는 方法이다.

生體內에 있어서 受精을 支配함으로써 性比를 調節하려는 試圖는 多角의인 側面에서 集中的으로 檢討되었으며, 상당한 成果도 얻었다. 그러나 決定的인 成功을 얻기에는 이르지 못하였으며, 여러가지 問題點이 露呈되어 보다 새로운 方法이 要請되었다. 이러한 要請에 呼應하여 登場한 方法이 精자의 人工分離法이다.

精자의 人工分離法이란 體外에 射出된 精子를 X-精子和 Y-精자로 分離하여 雄性을 바탈 때에는 Y-精子만을 授精하고 雌性을 원할 때에는 X-精子만을 授精하자는 方法이다.

만약 X-精子和 Y-精자를 完璧하게 分離할 수만 있다면 性支配의 꿈은 達成될 것이다. 그러나 이 方法도 論理는 整然하지만 實際면에서 있어서 많은 어려움이 있다.

Ⅲ. 生體內에 있어서의 受精支配

이 방법은 이미 記述한 바와 같이 雄性이나 雌性에게 어떤 處理를 實施하여 X-精子和 Y-精子중 어느 한쪽을 賦活시키거나 抑制시킴으로써 受精을 支配하려는 方法으로 지금까지 實施된 研究方法과 그 結果를 紹介하면 아래와 같다.

1. 榮養에 의한 支配

動物의 榮養狀態를 變化시킴으로써 性比를 調節하려는 研究의 대부분은 實驗動物을 對象으로하여 이루어졌으며 人間에서는 전혀 報告되어 있지 않고 家畜에서도 少數의 報告가 提出되어 있을 뿐이다.

Schultze(1903)는 榮養의으로 不良한 條件이 생쥐의 性比에 미치는 影響을 檢討하였으나 結論을 내릴만한 結果를 얻지 못하였다. Slonacker & Card(1923)는 흰쥐에게 飼料의 制限實驗을 實施한 結果, 制限區의 産仔의 性比는 非制限區의 그것에 비하여 雌性比率이 높아졌다고 報告하였으나 Parkes(1926)는 Slonacker & Card의 實驗은 例數가 적고 그 結果도 統計적으로

볼 때 有意差가 없다고 批判하고 있다. Parkes & Drummond (1925)는 흰쥐에게 供給하는 飼料中の Vitamin B含量을 減少시킨 結果 雌性이 태어나는 比率이 높아졌다고 報告하였다.

榮養狀態가 仔畜의 性比에 미치는 影響은 Stolkowski (1967)에 의하여 최초로 檢討되었다. 그는 프랑스에서 分娩되는 젓소 송아지의 性比가 地域에 따라 상당한 차이가 있음을 確認하고, 이러한 差異의 原因을 土壤에서 由來하는 牧草의 成分, 특히 Ca과 K의 含量差에 基因하는 것으로 생각하였다. 그는 자신의 생각을 證明하기 위하여 草地에 두어하는 肥料中の Ca과 K의 量을 여러가지로 調節하여 얻어진 牧草로 젓소를 飼養하여 産仔의 性比를 調査한 結果, Ca 含量이 많은 牧草를 供給받은 소는 암송아지를 많이 낳고 K의 含量이 많은 牧草를 供給받은 젓소는 숫송아지를 많이 낳는 傾向이 있음을 確認하였다. 이러한 實驗結果를 基礎로하여 Stolkowski & Emmerich(1971)는 飼料中の 각종 礦物質의 絕對含量과 그들의 相對含量이 産仔의 性比에 미치는 影響을 檢討하기 위하여, 82個牧場에서 917頭의 젓소를 대상으로 대대적인 實驗을 實施하였다. 그 結果 K, Ca 및 Mg의 含量比가 $1 < K/Ca + Mg < 1.5$ 의 範圍內에 있을 때에는 雌雄의 性比는 같아지며 이 수치가 1보다 적을 때에는 암놈이 많이 태어나고 1.5보다 클 때에는 숫놈이 많이 태어난다고 報告하였다.

飼料中에 含有되어 있는 榮養素의 種類와 그들 含量의 相對比에 의하여 産仔의 性比가 어느 程度 影響을 받은 것은 사실인듯 하나, 이 方法만으로 産仔의 性比를 完全하게 支配할 수는 없으며, 榮養이 産仔의 性比에 影響을 미치는 具體의인 機轉도 전혀 모르고 있는 실정이다.

2. 알코올에 의한 支配

알코올(alcohol)을 動物의 皮下에 注射하거나 그 蒸氣를 吸入시킴으로써 産仔의 性比를 支配하려는 研究도 報告되었다. Cole & Davis(1914)는 白色家兔에게 alcohol 蒸氣를 吸入시키면 암놈이 많이 태어난다고 報告하였는데, 이러한 性比의 變化는 alcohol 性분이 Y-精자를 損傷시켜 受精能力을 파괴하는데 그 原因이 있다고 說明하였다. Cole & Davis(1914)의 研究는 Stockard & Papanicolaou(1916)에 의하여 追認되었으나 Pearl(1917) 등은 家畜에게 ethyl alcohol, methylalcohol 및 ethylether 등을 投與해도 孵化된 仔의 性比는 變化하지 않는다고 報告하였다. 또 Bluhm(1925), Danforth(1926) 및 Chaudhuri(1928) 등은 다같이 생쥐에게 alcohol을 投與한 結果 숫놈이

태어나는 比率이 有意($P < 0.05$)하게 增加한다고 報告하여 Cole & Davis(1914)와는 相反되는 見解를 提示하고 있다.

이상과 같이 alcohol이 産仔의 性比에 미치는 影響은 研究者에 따라 見解가 일정하지 않기 때문에 무어라고 結論을 내릴 수는 없으나, alcohol이 X-精子나 혹은 Y-精子에 대하여 어떤 影響을 미친다 해도 alcohol 投與만으로 産仔의 性比를 完全하게 調節할 수는 없는 것 같다.

3. 水素이온 濃度에 의한 調節

雌性生殖器官內의 水素이온濃度(以下 pH라 略稱한)를 變化시킴으로서 産仔의 性을 調節할 수 있다고 最初로 主張한 사람은 獨逸의 Unterberger(1930)教授였다. 그는 일시적인 不妊女性中에 腔分泌物の 酸도가 非正常的으로 높은 사실을 確認하고, 이것을 中和시킬 目的으로 이들 不妊女性들로 하여금 性交直前に 약한 炭酸水素나트륨(NaHCO_3) 溶液으로 腔을 洗滌하거나 혹은 그 男便의 龜頭에 NaHCO_3 粉末을 부착시키도록 指示하였다. 이와 같은 處理를 받은 다음에 태어난 53例 全部가 우연하게도 男子어린이였으므로, Unterberger는 알카리가 男性胎兒의 出生을 支配한다고 추측하고 이 추측을 確認하기 위하여 위에서 언급하는 것과 같은 처리를 實施한 73例中 72例에서 역시 男子어린이가 태어나, 腔內의 pH를 調整함으로써 틀림없이 性比를 調節할 수 있다고 主張하기에 이르렀다. 그는 이러한 結果의 原因을 알카리가 Y-精子에게 活力을 賦與하여 受精의 機會를 높이기 때문이라고 說明하였다.

이상과 같은 實驗結果에 의하여 自信을 얻은 Unterberger & Kirsch(1932)는 炭酸水素나트륨 대신에 乳酸(lactic acid)를 사용하여 酸性이 産仔의 性比에 미치는 影響도 檢討하여, 表 1 과 같은 結果를 얻었다. 表 1 은 家兔를 4群으로 나누어 第 1 群은 無處理로서 對照區로 하고, 第 2 群은 交尾直前に 0.25% NaHCO_3 溶

表 1. 水素이온濃도가 産仔의 性比에 미치는 影響

처 리	산자수	♂	♀	성비 (%)	±표준 편차
대 조	84	28	56	33.33	±5.143**
0.25% NaHCO_3	121	80	41	66.12	±4.303**
NaHCO_3 + 카카오빠다	76	55	21	73.37	±5.129**
乳酸+카카오빠다	21	5	16	23.81	±9.294*

註) * : 5%)水準의 有意差
** : 1%)水準의 有意差

液으로 腔을 洗滌, 第 3 群은 交尾直前に NaHCO_3 를 카카오빠다(Cacao butter)에 섞어 腔內에 挿入, 第 4

群은 乳酸($\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$)을 카카오빠다에 섞어 腔內에 挿入한 다음 交尾시킨 結果이다. 이 表의 結果에 의하여 알 수 있는 바와 같이, 알카리 성은 雌性産仔의 出生을 酸性은 雌性産仔의 出生을 助長하는 傾向이 分明이 認定되는데, 이러한 原因을 알카리성은 Y-精子를 賦活시키고 酸性은 X-精子를 賦活시키기 때문이라고 Unterberger 등은 主張하였다. 이러한 主張은 Taylor & Taylor(1934)와 Warren(1940)등에 의하여 지지를 받았다.

Unterberger의 報告는 世界的으로 크나란 衝擊을 불러 일으켰으며, 그의 實驗方法을 實驗動物이나 家畜에 應用한 報告가 뒤를 이었다. 즉 Roberts(1940)등은 흰쥐에서 Cole et al(1940)은 家兔와 흰쥐에서 實施한 實驗結果로 Unterberger의 說明을 지지하였다. 그러나 Cole & Johansson(1933)은 돼지에 대하여 腔의 알카리 程度가 仔豚의 性比에 미치는 影響을 檢討하였으나 否定的인 結果를 얻었으며 McPhee et al. (1931)과 McPhee & Eaton(1942)등도 적어도 돼지에 있어서는 酸이나 알카리에 의하여 仔豚의 性比는 影響을 받지 않는다고 報告하여 Unterberger의 主張은 돼지에 있어서는 正當하지 못하다고 주장하였다. 이와같이 Unterberger의 學說을 否定하는 主張은 그 후에도 연이어 發表되었다. 즉 Quinlan et al(1941)은 緬羊을 사용한 實驗結果로서, Quisenberry(1941)는 家兔를 사용한 實驗結果로서 酸이나 알카리가 産仔의 性比에 미치는 影響을 不認하였다.

以上에서 重要的 報文을 中心으로 하여 pH가 産仔의 性比에 미치는 影響을 檢討하여 보았다. Unterberger가 人間에 있어서 腔內의 酸도를 調節함으로써 後代의 性을 調節할 수 있다고 發表했을 當時 世界은 크나란 衝擊을 받으면서도 이 사실을 是認하는 듯 하였다. 그러나 그 후 實驗對象이 人間에서 實物動物과 家畜으로 移行함에 따라 Unterberger의 學說에 대한 批判이나 否定的 소리가 날로 높아져 왔으며, 오늘날에 있어서는, 이 方法만으로 性比를 調節할 수 있다고는 아무도 믿지 않게 되어 버렸다. 그러나 우리는 아직도 Unterberger의 實驗結果나 그의 學說을 追認한 많은 報文들을 尙두리체 無視할 수는 없으며 특히 人間에 있어서는 이 方法에 의하여 어느 程度까지는 性比를 調節할 수 있다는 可能性을 완전히 否認할 수 없는 것 같다. 다만 人間에 있어서도 腔內의 pH는 個體에 따라, 같은 個體에서는 發情週期の 段階에 따라 相異하므로 진실로 X-精子나 Y-精子를 賦活시키기에 알맞는 pH 條件을 어떻게 만드느냐는 方法論에 問題가 있다고 思慮된다.

4. 內分泌에 의한 支配

內分泌腺의 機能을 調節함으로써 性比에 影響을 미쳐 보려고 計劃한 研究도 報告되었다. 山脇와 谷奧(1936)는 雄性성취의 甲狀腺을 3/4程度 剔出하여 正常的인 암놈과 交配시켜 産子의 性比를 調査하였는데, 産仔數 348首의 正常雄性性比(對照群)는 48.28 ± 1.8196 이었는데 대하여, 甲狀腺의 部分的剔出後 78日間에 正常雌性과의 사이에 태어난 總産仔 1,857首의 雄性性比는 46.56 ± 0.7824 로서 對照보다 雄性的의 比率이 減少하였으며, 그 差異는 確率誤差의 4.36倍나 되어 분명히 암놈이 많이 태어났다고 報告하였다. 이러한 結果에 대하여 山脇 등은, 甲狀腺剔出은 精巢의 生殖細胞의 減少내지는 退化를 誘起하는데, 이러한 變化過程에서 X-精子는 Y-精子보다 다소 有利한 條件下에 있기 때문에 X-精子의 受胎率이 增加하여 産仔性比가 雌性쪽이 높아진다고 說明하고 있다.

以上과 같은 山脇 등의 報告에 대하여 村井(1937)는 追試를 實施하였는데, 山脇의 主張과는 달리 甲狀腺을 部分的으로 剔出해도 性比는 影響을 받지 않았다고 報告하여, 甲狀腺의 部分的剔出이 性比에 미치는 影響에 대해서는 이렇다할 結論을 내릴 수 없는 실정이다. 더군다나 甲狀腺 以外의 각종 內分泌腺이 産仔의 性比에 미치는 影響에 관해서는 發表된 報告가 없다.

IV. 精子의 人工分離에 의한 性支配

以上에서 紹介한 여러가지 방법은 어느 것이나 生體內에 있어서 X-精子와 Y-精子中 어느 한쪽을 賦活시키거나 혹은 抑制하여 生體內에 있어서 選擇的인 受精을 誘導함으로써 性을 支配하려고 試圖한 方法들이다. 그러나 이러한 方法들은 대개의 경우 失敗로 끝났거나 아니면 그 成績이 좋지 않아 實用性이 없다는 점은 이미 지적한 바와 같다. 따라서 보다 効率的인 方法으로 性을 지배하기 위해서는 위에서 紹介한 여러가지 方法과는 전혀 다른 새로운 方法이 필요하게 되었는데, 이러한 必要性에 따라 登場한 方法이 X-精子와 Y-精子의 人工分離法이다.

精子의 形成過程에서 X-精子와 Y-精子는 同數로 形成되며, 이들 精子에 의하여 性이 決定되므로, 體外에서 X-精子와 Y-精子를 分離할 수만 있다면, 性은 完全히 支配할 수 있을 것이다. 雌性을 원할 때에는 X-精子만을 注入하고 雄性을 원할 때에는 Y-精子만을 注入하면 될 것이기 때문이다.

論理的으로 볼 때에는 지극히 간단한 이 方法도 實際에 있어서는 매우 어려움이 많으며, X-精子와 Y-精

子를 分離하기 위하여 수 많은 研究者들이 각종 方法을 動員하여 연구를 거듭하고 있다. 이하 X-精子와 Y-精子의 人工分離法에 대하여 지금까지 報告된 知見을 간단히 紹介하기로 한다.

1. 論理的 根據

X-精子와 Y-精子를 分離할 수 있다는 論理的 根據로서는 다음과 같은 것을 들고 있다.

첫째 X-染色體는 Y染色體보다 크기 때문에, 큰 X-染色體를 갖는 X精子는 작은 Y-染色體를 갖는 Y-精子보다 클 것이며, 따라서 이 크기의 차이를 이용하면 兩者를 分離할 수 있다.

둘째 큰 X-染色體를 갖는 X-精子는 작은 Y-染色體를 갖는 Y-精子보다 무거우므로, 이 무게의 差異를 이용하여 兩者를 分離할 수 있다.

셋째, 精子는 그 表面에 電氣를 띄고 있는데, 이 帶電性이 X-精子와 Y-精子사이에는 差異가 있으므로, 이러한 電氣의 性質의 差異를 利用하여 兩者를 分離할 수 있다.

넷째, 精子는 引力의 中心을 向하여 移動하는 走地性을 가지고 있는데, 이 走地性的의 強度에 있어서 X-精子와 Y-精子間에는 차이가 있으므로 이 差異를 이용하여 兩者를 分離할 수 있다.

다섯째, X-精子와 Y-精子는 水素이온濃度에 대한 反應이 다르기 때문에 이러한 反應上의 差異를 이용하여 兩者를 分離할 수 있다.

여섯째, X-精子와 Y-精子는 免疫學的 性質이 다르므로, 抗體-抗原反應을 이용하여 兩者를 分離할 수 있다.

以上과 같은 論理에 依據하여 X-精子와 Y-精子를 分離하기 위한 여러가지 方法이 創案되었다. 이하 X-精子와 Y-精子의 分離에 관하여 方法別로 紹介한다.

2. 精子頭部の 크기에 의한 分離

Wodsedalck(1913)가 豚精子의 頭部の 크기를 調査한 것이 哺乳動物에 있어서 精子頭部の 크기를 檢討한 最初의 記錄이다. 그는 成熟한 豚精子의 頭部長을 測定한 結果, 頭長이 긴 精子群과 짧은 精子群으로 나누어졌으며 兩群의 精子數는 同數였다고 報告하여, 頭長이 짧은 精子群이 Y-精子群이라고 主張하였다. Wodsedalck의 研究는 그 후 Zenclly & Foust(1915), Lush(1925) Shettles(1960) 및 柳澤(1960) 등에 의하여 追認되어, 頭部の 크기에 의하여 X-精子와 Y-精子를 分離할 수 있는 기틀이 確立되는 듯 하였다. 그러나 Van-Duijin(1960)은 Shettles의 理論을 批判하여, Shettles가 말하는 頭部の 크기의 差異는 統計的으로 確實하지 못하며, 적어도 光學的 顯微鏡으로서는

X-精자와 Y-精자의 頭部長의 差異를 區別할 수 없다고主張하면서 Shettles의 報告를 신란하게 비판하였다. 그후 Beatty(1961), Glover & Phipps(1962), Iversen(1964) 및 O'Donnell(1969)등도 家兎, 乳牛, 豚 및 人間의 精子를 使用하여 精子의 頭部長을 測定하여 動物種間의 差異는 認定되나 같은 動物種內에 있어서 品種間이나 個體間의 差異는 認定되지 않았다고 報告함으로써 精子頭部の 길이나 幅의 차이를 利用하여 X-精자와 Y-精자를 分離하려는 研究는 그 論理的 根據를 喪失하게 되었다.

光學的 顯微鏡이나 電子顯微鏡에 의하여 X-精자와 Y-精자間의 頭部の 크기를 區別할 수 없다고 하여 兩精자의 頭部の 크기가 꼭 같다는 뜻으로 解釋할 수는 없다. 다만 技術上으로 測定할 수 없다는 것 뿐이지 兩者間에는 역시 差異가 있을 것으로 推測되며, 이러한 推測은 後述하는 逆流沈降法에 의하여 그 正當性이 認定되었다.

3. 重量(比重)에 의한 分離

X-精자와 Y-精자는 重量이 다르기 때문에 이 重量의 差異를 利用하여 兩者를 分離할 수 있다는 發想은 오래전 부터 널리 普及되어 있었다. Anderson(1946)은 牛精자의 比重은 1.0267~1.0392라고 報告하였으며 Lindahl & Thungvist(1965)는 1.21~1.33이라고 報告하여 兩者사이에 상당한 差異가 認定된다.

다음에는 이러한 精子의 比重 내지는 重量을 이용하여 X-精자와 Y-精자를 分離하여 人工受精을 實施함으로써 性을 支配하려고 試圖했던 研究들을 간단히 소개한다.

Bhattacharya et al(1966)은 精子의 分離를 위하여 卵黃과 glycerol로 만든 A液과 牛乳와 glycerol로 만든 B液을 使用하여 牛精液을 稀釋한 다음 1°C까지 冷却하여 精子의 運動性을 抑制한 다음 12時間동안 重力에 의하여 沈降시켜 분리된 精액으로 人工受精을 實施하였다. 比重이 무거운 X-精자가 沈降할 것으로 예상하고 이 沈降精자에서 전부 암송아지가 태어나기를 기대하였으나 沈降分割의 性比는 A液의 경우 숫놈 32두 암놈 31두였으며, B液의 경우는 숫놈 31頭 암놈 13頭로서, 性比를 調節하려던 꿈은 霧散되고 말았다. Schilling(1966)은 脫脂乳, 鹽類 및 卵黃으로 構成된 媒液을 使用하여 60分間 乳牛精자를 沈降시킨 결과 10~12層으로 分離되었으며, 최하층의 精자를 人工受精한 결과 암송아지 60두와 숫송아지 20두를 분산하여 雌性比率는 69.8%로서 1%水準의 有意差가 認定되었다. Krzanowski(1970)도 卵黃과 脫脂分乳를 混合한 媒色을 使用하여 精자를 6層으로 分離시킨다음 最下の

2層層을 人受精하였더니 암송아지가 태어나는 比率이 높아 1%水準의 有意差가 있음을 確認하였다.

Lindahl(1956)은 磷酸緩衝液을 使用하여 牛精液을 遠心分離한 다음 沈澱層을 人工受精한 결과 역시 1%水準의 有意差로 암송아지가 태어나는 比率이 높았다고 報告하였다.

Lindahl은 1940年代부터 X-精자와 Y-精자를 分離할 目的으로 特殊遠心分離器를 開發하였다. 이 遠心分離器는 媒液중에 浮游하고 있는 粒子에 대하여 遠心力과 求心方向으로 흐르는 液體에 의하여 發生하는 힘이 同時에 作用하였끔 設計된 것이다. 이 液體에 의하여 發生하는 힘의 多少는 粒子의 斷面積과 液體의 流速에 의하여 決定된다. 遠心管은 圓錐形이기 때문에 管內의 部位에 따라 流速이 變하게 되어 있다. 그리하여 一定部位에 있어서 遠心力과 液力이 平衡이 이루어지겠끔 回轉速度와 流速을 變化시켜 희망하는 크기와 比重을 가진 粒子만을 分離하겠끔 設計되어 있다. 1940年代부터 1970年代에 걸쳐 Lindahl 一派에 의하여 開發된 이 遠心器는 該精자의 分離를 위하여 매우 有用하게 活用되어 왔다.

이상에서 紹介한 여러 報告는 어느것이나 一定한 媒液에 精液을 加注하여 遠心을 걸거나 아니면 室溫에 靜置함으로써 X-精자와 Y-精자로 分離하려고 試圖한 것들이다. 그런데 이러한 處理에 의하여 精자가 2層층은 數層으로 分離되었다해도 그것이 과연 X-精자나 Y-精자로 어느程度 純화된 精자層인지를 確認할 수 있는 方法이 없어 研究上 많은 隘路가 있었다. 그런데 이러한 隘路는 Zeck(1969)가 F-小體檢定法(F-body test)을 開發함으로써 크게 도움을 받게되었다.

(1) F-小體檢定法

F-小體는 Y-染色素(Y-chromotin)라고도 하는데, Quinacrine이라는 螢光色素에 의하여 人間精자의 Y-染色體의 長腕先端部에서 檢出되는 一種의 特異螢光物質로서, 이 特異螢光物質가 檢出되는 精자는 Y-精자라는 사실이 Zeck(1968)에 의하여 確認되었다. 檢出方法은 研究者에 따라 다소 다르나 人間の 射出精液에 Quinacrine mustard(Q-M)나 Quinacrine hydrochloride(Q-HCl)를 添加하여 室溫에서 一定期間消化시킨 다음 螢光顯微鏡下에서 F-小體를 檢出하는 方法이 취해 지고 있다. Zeck(1969)의 F-體檢出法은 Pearson(1970), Vosa(1970), Diario & Glass(1970), Barlow & Vosa(1970), George(1970, 1971), Sherman & Char(1974), Quinlivan & Sullivan(1974), Sarkar et al(1974)등에 의하여 追認되었다.

表 2는 人間の 精液을 使用하여 Barlow & Vosa

表 2. F-小體가 觀察되는 精子(+)와 觀察되지 않는 精子(-)의 出現頻度

螢光色素	試料	+	-	觀察數
Quinacrine	1	46.5	53.5	200
mustard	2	44.4	55.6	367
	1+2	45.1	54.9	567
Quinacrine	1	38.5	61.5	109
hydrochloride	2	40.6	59.4	404
	1+2	40.2	59.8	513

(1970)가 F-小體를 檢出한 成績인데 F-小體가 檢出되는 精子 즉 Y-精子는 어느 色素를 사용하든지 간에 대체로 38.5%~46.5%의 範圍로서, 이 方法에 의하여 100% Y-精子가 檢出된다고는 볼 수 없다. 이러한 問題點은 染色方法과 螢光顯微鏡下의 觀察方法의 改善에 의하여 克服될 것으로 생각된다. 다만 Pearson et al (1971)에 의하면 이 方法에 의하여 F-小體가 檢出되는 精子는 人間을 포함한 靈長類의 精子만으로서, 그 이외의 精子, 예컨대 소나 돼지등과 같은 家畜精子의 F-小體는 이 方法에 의하여 檢出되지 않기 때문에 그 用途에 스스로 限界가 있다는 難點이 있었다. 그런데 이러한 難點은 다음에 紹介하는 Bhattacharya의 研究에 의하여 克服되었다.

(2) B-小體檢定法

Bhattacharya (1976)는 F-小體가 家畜精子에서 檢出되지 않는 것은 이들 精子의 細胞膜이 Quinacrine 色素를 通過시키지 않기 때문이며, 色素를 通過시키지 않는 것은 人精液의 精漿中에 含有되어 細胞膜을 融解하는 어떤 種類의 蛋白質分解酵素가 家畜精液의 精漿中에는 缺如되어 있기 때문이라는 假說에 立脚하여 우선 家畜精子의 細胞膜을 融解하는 方法을 研究하였다. 그는 精漿을 除去한 牛精子를 人精液의 精漿中에 浮遊시

켜 室溫에서 일정기간 消化시킨 다음에 Quinacrine 色素로 染色을 한結果 비로소 牛精子에서도 F-小體가 檢出되었다. 이結果에 따라 그는 人精漿中에서 細胞膜을

表 3. 人精子에 있어서의 F-小體와 牛, 馬 및 豚精子에 있어서 B-小體가 檢出되는 精子(+)와 檢出되지 않는 精子(-)의 比率

動物種	+	-	觀察數
人間	48	52	1921
牛	49.8	50.2	2132
馬	46.3	53.7	720
豚	50.1	49.9	1300

融解하는 蛋白質分解酵素를 代身하여 papoyaprotase를 牛精液에 添加하여 室溫에서 10分間消化시킨다음 여기에 0.05%의 Quinacrine mustard 色素를 添加하여 10~30分間 染色시킨 다음에 螢光顯微鏡으로 F-小體를 檢出하는 새로운 方法을 開發하여 B-小體檢定法(B-body test)이라고 命名하였다. 이 B-小體檢定法에 의하여 檢定한 家畜의 Y-精子比率는 表 3에서 보는바와 같이 46~50%로서 Zoch의 F-小體檢定法보다 훨씬 더 精確하게 Y-精子를 檢出할 수 있다는 것을 알 수 있다. B-小體檢出法은 보다 精確하게 Y-精子를 檢出할 수 있을 뿐 아니라 人間以外的 모든 家畜에게도 應用이 可能하다는 利點이 있으며, 이 方法이 X-精子와 Y-精精子의 人工分離에 寄與한 정도는 실로 크다고 보아야 할 것이다.

牛精液의 X-精子와 Y-精子의 分離에 關하여 劃企의 業績을 樹立한 사람은 역시 Battacharya(1976)이다. 그는 逆流沈降法(Counter streaming sedimentation)에 의하여 X-精子와 Y-精子를 分離한 다음 자신이 개발한 B-小體檢定法으로 分離의 純度を 測定하여, 人工授精을 實施하였다. Y-精子의 純度を 表 4와 같이 10~80%까지 調節하여 人工授精을 實施하여 얻은

表 4. 分離한 牛精子를 使用한 生物實驗의 結果

群	授精頭數	妊娠率	Y-精子의 比率	觀察된 性			♀%	X ²	P
				♂	♀	計			
1	62	14.5	10~20	0	9	9	0	9.0	<0.01
2	102	21.0	21~30	4	16	20	20.0	7.2	<0.01
3	132	44.7	31~40	21	38	59	35.6	4.9	<0.05
4	610	53.6	41~50	150	177	327	45.9	2.2	<0.02
5	62	64.5	51~60	23	17	40	57.5	0.9	<0.50
6	—	—	61~70	—	—	—	—	—	—
7	18	88.9	71~80	14	2	16	87.5	9.0	<0.01

産仔의 性比는 表 4와 그림 1에서 보는 바와 같다.

表 4와 그림 1에 의하여 알 수 있는 바와 같이 X-精子の 純度가 10~20%일 때, 換言하여 X-精子の 純度가 80~90%일 때 태어나는 송아지는 100% 암송아지로 서, 이 結果는 X-精子和 Y-精子の 純度を 반드시 100%까지 높이지 않아도 産仔의 性比는 100% 調節이 可能하다는 것을 示唆하는 結果로 評價된다.

그림 1에 의하여 알 수 있는 바와 같이 注入하는 精液中에서 Y-精자가 차지하는 比率이 높아짐에 比例하여 숫송아지가 태어나는 比率도 높아진다. 이러한 結果는 Bhattacharya의 逆流沈降法이 X-精子和 Y-精자를 分離하는 方法으로서 正確성이 높다는 事實과 이 方法이 의하여 적어도 젖소에서는 性比의 調節이 可能하다는 것을 示唆함과 동시에 性的 表現型을 精子の 因子型에 의하여 完全히 決定된다는 것을 說明하는 資料로 높이 評價되고 있다.

Bhattacharya(1976)는 X-精子和 Y-精子の 純度を 더욱 높이기 위하여 위에서 언급한 逆流沈降法과 交流電流法(convection galvanization)을 병용하여 92%의 純度로 X-精子和 Y-精자를 分離하는 데 成功하였

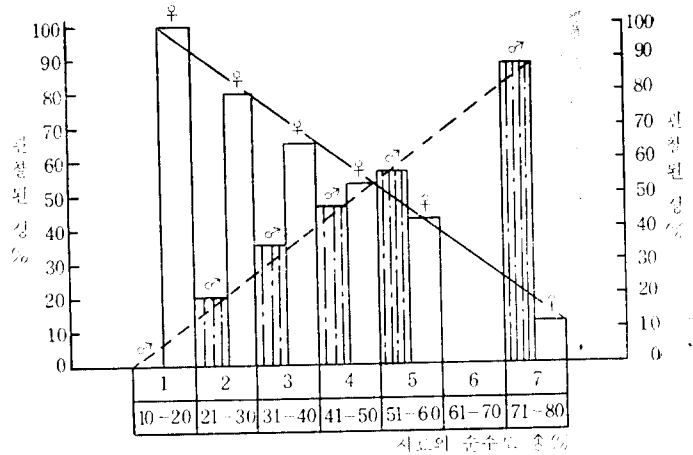


그림 1. 分離한 牛精자를 使用한 生物實驗의 結果

는데, 이렇게 分離한 X-精자를 71頭의 乳牛에 授精하여 81.7%의 受胎率을 얻었으나, 그 産仔의 性比에 關해서는 아직 報告가 없다. 그러나 이제까지의 Bhattacharya의 研究結果가 正確한 것이었다면 100% 암송아지가 태어날 것으로 期待된다.

X-精子和 Y-精자를 分離하여 性比를 調節하려고 試圖한 많은 研究中에서 역시 Bhattacharya의 成績이 가장 좋으며 그 將來가 期待된다. 그러나 Bhattacharya가 採用한 媒液의 種類나 具體的인 實施方法 등은 전혀

表 5. 電氣泳動으로 分離한 精子の 性比

No.	電 極	子數	腹數	一腹子數	雄	雌	性比(%)
I.	陽 極	35	9	3.89	9	26	26*
	陰 極	33	7	4.71	28	5	85*
	計	68	16	4.25			
II.	陽 極	52	8	6.50	16	36	31*
	陰 極	47	7	6.71	23	24	49
	計	99	15	6.60			

* 5%水準의 有意差

發表되지 않아 이곳에서 紹介하지 못한은 遺憾으로 생각한다.

4. 電氣的 性質에 의한 分離

電氣的 性質의 差異를 이용하여 X-精子和 Y-精자를 分離하려는 研究方法에는 電氣泳動法과 走電性的 利用法이 있다. 전자는 精子の 表面이 電氣로 帶電되어 있기 때문에 電極을 향하여 끌려가는 受動的인 移動을 利用하는 方法이고, 후자는 精子自身이 電極을 향하여 能動的으로 移動하는 性質을 利用하는 方法이다

電氣的 性質의 差異를 利用하여 X-精子和 Y-精자를 分離하려는 研究는 Mudd(1929)와 Kaltzoff(1930)에 의하여 최초로 試圖되었다. 그러나 이들의 研究는 注目할만한 成果를 얻지 못하였다. 1932년에 이르러 Shrolder(1932)등은 家兔의 精자를 使用하여 電氣泳動을 實施한 結果, 精자는 陽極과 陰極으로 나누어 移動하는 事實을 確認하였는데, 그는 陽極行은 X-精子이고 陰極行은 Y-精子라고 推定하였다. 그러나 이렇게 分離된 精자에 대한 授精試驗은 報告되지 않았다.

表 6. 水素이온 濃度가 相異한 溶液이 含有되어 있는 毛細管內에 移行한 精子中에서 F-小體가 確認된 精子의 比率

F-小體	新鮮精液	pH6.5	pH7.3	pH7.9	pH8.4
試料數	6	6	15	15	15
平均±標準偏差	42.6±4.2	43.0±6.6	41.9±2.9	42.9±6.2	41.7±3.6

Siljander(1936)도 有似한 實績을 實施하여 陽極으로 移動한 精子와 陰極으로 移動한 精子를 分離하여 授精 試驗까지 實施하였으나 性比에 있어서 有意한 差異는 認定되지 않았다. 이러한 연구는 그 후에도 계속되어 1957年度에는 Gordon이 역시 家兎精液을 사용하여 電氣泳動法에 의하여 陽極으로 移行하는 精子와 陰極으로 移行하는 精子를 分離하여, 授精實驗을 實施한 結果 表 5와 같은 成績을 얻었다.

表 5의 結果만을 보면 陽極移行精子는 암놈이 되고 陰極移行精子는 숫놈이 될 가능성이 높음을 示唆한다. 이에 대하여 Pilz(1952)나 Korlts(1952)등은 電氣泳動法이나 走電性을 利用하여 X-精子와 Y-精子를 分離하는 것은 不可能하다고 報告하였으며, Nevo(1961)등도 正常 pH에서는 모든 精子의 表面膜은 陰性으로 帶電하며 따라서 電氣泳動에 의하여 모두 陽極으로 移動한다고 主張하여 무엇이라고 結論을 내릴 수 없는 實情이다. 다만 이 方法만으로 X-精子와 Y-精子를 완전히 分離한다는 것은 不可能한 것 같다.

5. 水素이온 濃度에 의한 分離

腔內의 酸度를 變化시킴으로써 選擇的 受精을 誘起하려는 研究가 다수 실시 되었음은 이미 紹介한 바와 같다. 그런데 이러한 原理를 體外에 있어서 X-精子와 Y-精子의 人工分離에 利用하려고 試圖한 研究로서 Diasio(1971)와 Manarang(1971)등의 報告를 들 수 있다. 특히 Diasio & Glass(1971)는 人精液을 一定한 試驗管에 保管한 다음이 試驗管에 pH를 6.5에서 8.4까지 調整한 Tyrode溶液이 들어 있는 毛細管을 세워, 이 毛細管內로 移行하는 精子數가 pH에 의하여 어떻게 影響을 받는가를 檢討하였다. 結果는 表 6에 의하여 알 수 있는 바와 같이 毛細管中の pH가 6.5에서 8.4까지 바뀌어도 毛細管內로 移行하는 Y-精子數에는 별 다른 差異가 認定되지 않는다. 만약 알카리 性이 Y-精子를 賦活시켜 그 活力을 높여 준다면, F-小體가 檢出되는 Y-精子는 pH가 높은 毛細管일 수록 多數集結되어야 할 것이다. 그러나 이 實驗의 結果에서는 그러한 傾向이 전혀 認定되지 않는다. 따라서 體外에서 水素이온 濃度에 의하여 X-精子와 Y-精子를 分離한다는 것은 不可能한 것으로 생각된다.

6. 走地性에 의한 分離

精子는 引力의 中心 즉, 地球의 中心을 향하여 移動하는 走地性(geotaxis)이 있다. 그런데 이 走地性의 程度가 X-精子와 Y-精子는 다르다는 原理를 利用하여 兩精子를 分離하려고 試圖한 研究도 다수 報告되어 있다. 여기에서는 그들 보고중 가장 대표적이라고 볼 수 있는 Erickson et al(1973)의 報告를 소개하기로 한다. 採取한 人精液을 Tyrode液으로 2倍稀釋하여 4,000 rpm에서 15分間 遠心을 걸어 精子만을 취한 다음 이것을 다시 Tyrode液에 浮游시킨다. Tyrode液에 25%의 牛血清알부민을 溶液시킨 용액을 Pasteur의 毛細管에 充塡시킨다음 그 위에 精子浮游液을 얹는다. 精子의 濃度는 浮游液 0.5ml中에 精子 50×10^6 個가 포함되도록 調整한다. 1時間후에 上層液의 精子를 下層의 albumin層으로부터 分離한다. 이렇게 分離한 精子를 보다 높은 濃度의 albumin溶液으로 再次 分離를 시도한다. 第1次, 第2次 및 第3次 分離時의 albumin 濃度는 6, 10 및 20%가 일반적이다. 이렇게 하여 分離하면 走地性이 강한 Y-精子가 albumin層으로 移行하고, 走地性이 弱한 X-精子는 浮游液中에 存在하므로 X-精子와 Y-精子를 分離시킬 수 있다. Erickson 등은 이 方法에 의하여 Y-精子를 85%의 純度로 分離하는데에 成功하였다(表 7참조). Erickson 등은 授精實驗까지는 실시 하지 않지만, 이 方法에 의하여 後代의 性支配가 可能하다고 주장 하였다. 다만 이 方法에 따르면 X-精子를 上層에 남게 되는데 活力이 극히 나빠 授精에 利用할 수 없으므로, 雌畜을 所望하는 畜産人의 立場에서 보면 利用하기 어려운 方法이라 하지 않을 수 없다.

表 7. 牛血清 albumin을 사용한 Y-精子의 三段分離

劃分	Y-精子比率	活動精子比率
洗滌精子(對照)	50	63
上層 No. 1	45	20
下層 No. 1(6%BSA)	66	93
上層 No. 2	48	53
下層 No. 2(10%BSA)	76	98
上層 No. 3	—	86
下層 No. 3(20%BSA)	85	98

7. 免疫學의 方法에 依한 分離

體外에서 X-精子和 Y-精자를 分離하는 手段으로 가장 새롭고 目下 研究活動도 제일 활발한 分野가 免疫學的 性質에 의한 分離方法이다.

生物體內에 어떤 異物이 侵入하면 그 生物體內에서는 侵入한 異物(抗原)에 대하여 반응하는 物質(抗體)이 生成된다. 이 抗原과 抗體間的 反應을 抗原-抗體反應 (antigen-antibody reaction)이라 한다.

抗體中에는 抗原을 가진 細胞를 죽이는 소위 細胞毒性(cytotoxicity)을 가진 것이 있다. 이 細胞毒性을 利用하여 X-精子和 Y-精子中 어느 한쪽 精자를 죽이거나 活性을 抑制하면 性支配도 可能할 것이다.

哺乳動物에 있어서 雌性的 性染色體構成은 XX이며 雄性的 것은 XY이므로, Y-染色體를 가진 精자가 雌性 生殖器官內에 注入되었을 때에는 이것이 抗原으로 作用하여 雌性生體內에서 Y-抗原에 對항하는 抗體가 形成되며, 이 抗體가 결국 Y-精자에 대하여 細胞毒性으로 作用하여 Y-精자를 전부 죽일 수 있다. 그러므로 體外에 射出된 精液에 미리 Y-抗原에 對항하는 抗體를 作用시켜 일정한 反應을 유기한 다음 이것을 注入하면, Y-精자를 死滅하고 X-精자만이 生存하여 受精하게 되므로 결국 仔畜은 전부 雌性이 될 것이라는 論理이다.

最近 Lappe(1971), Goldberg(1971), Bennett & Boyse(1973) 등이 이 Y-抗體의 存在와 그것의 細胞毒性 등에 關하여 集中的으로 研究를 하고 있다. 특히 Bennett & Boyse등은 家兎精자를 사용하여 Y-抗體 細胞毒性實驗을 實施하였으나, 抗體의 投與量에 따라 精자의 死滅率이 相異하며 胎兒性比도 제대로 調節되지 않았다. 기타 많은 研究者들이 이 分野의 研究에 精誠을 쏟고 있으나 아직 基礎的인 實驗에 머물고 있으며 이 方法에 의하여 性比를 調節했다는 報告는 提出되어 있지 않으므로, 이곳에서는 言及을 생략하기로 한다.

V. 結 言

以上에서 極히 간단하기는 하나 性支配를 위하여 이제까지 實施되어온 연구의 概略은 研究方法別로, 時代順에 따라 살펴 보았다. 수많은 研究者들의 끈질긴 노력에도 불구하고 Ericson et al(1973)과 Bhattacharya (1976)의 研究以外에는 별로 큰 成果를 얻지 못하였다 그러나 이들 두사람의 成功, 특히 Bhattacharya의 成功은 매우 고무적이며, 이제 이 分野에 關한 研究도 完成段階에 가까워 졌다는 느낌을 가지게 한다.

다만 Bhattacharya도 是認했듯이, 어느 하나의 方法만으로 性을 支配할 수는 없으며, 몇가지 方法을 同時에 活用함으로써 보다 좋은 成功을 얻을 수 있을 것이다.

人類가 解決하지 못한 마지막 關門이라고 생각되어 왔던 性支配도 이제 서서히 그 베일이 벗겨져 가고 있다. 모든 베일이 하나 하나 벗겨지고, 그 實象이 白日下에 드러날 날도 멀지 않을 것이다. 그러나 마음 섭섭한 것은 이 分野에 대한 우리들 自身의 研究가 全無하다는 점이다. 다른 모든 分野와 마찬가지로 이 分野에 있어서도 우리가 世界의 先進諸國과 어깨를 나란히 하며 共存共榮하기 위해서는 이 分野에 關한 研究에도 많은 精誠과 努力을 傾注해야 할 것으로 믿는다.

VI. 引用文獻

- 1) Barlow, P. & C.G. Vosa 1970. Nature, 226 : 961~962.
- 2) Beatty, R.A. 1961. Proc. Roy. Soc. Edinb. Ser B. 68,1 : 72~82.
- 3) Bennett, D. & E.A. Boyse 1973. Nature, 246 : 308~309.
- 4) Bhattacharya, B.C. et al. 1966. Nature, 221 : 863.
- 5) Bhattacharya et al. 1976. Indian Journal of Exp. Biol., 14(5) : 610~611.
- 6) Bhattacharya et al. 1976. Personal Communication.
- 7) Bluhm, A. 1925. Arch. Rass-Gesellschaft-Biol., 16 : 1~28.
- 8) Chaudhuri, A.C. 1928. Brit. J. Exp. Biol., 5 : 185~186.
- 9) Cole, L.J. & C.L. Davis 1914. Sci., N.S., 39 : 476~477.
- 10) Cole, L.J. & I. Johansson 1933. J. Hered., 24 : 265~274.
- 11) Cole, L.J. et al. 1940. ibid., 31 : 501~502.
- 12) Danforth, C.H. 1926. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 23 : 305~308.
- 13) Diasio, R.B. & R.H. Glass 1970. Lancet, 2, 1970, 1318~1319.
- 14) Ericsson, R.J. et al. 1973. Nature, 246 : 421~424.
- 15) George, K.P. 1970. Nature, 226 : 80~81.
- 16) _____ 1971. Stain Technol., 46 : 34~36.

- 17) Glover, F.A. & L.W. Phipps 1962. *J. Reprod. Fert.*, 4 : 189~194.
- 18) Goldberg, E.H. et al. 1971. *Nature*, 232 : 478~480.
- 19) Gordon, M.J. 1957. *Nat. Acad.* 43 : 913~918.
- 20) Iversen, S. 1964. *J.Reprod. Fert.*, 6 : 197~202
- 21) Kordts, E. 1952. *Zschr. Tierzücht. Zuchtbiol.*, 60 : 221~240.
- 22) Krzanowski, M. 1970. *J. Reprod. Fert.*, 23 : 11~20.
- 23) Lindahl, P.E. 1956. *Nature*, 178 : 491~492.
- 24) Lindahl, P.E. & L.D. Thunqvist 1965. *Experim.*, 21 : 94~95.
- 25) Lush, J.L. 1925. *J. Agr. Res.*, 30 : 893~913.
- 26) Manarang-Pangan, S. & S.Srivannaboon 1971. *Fert. Steril.*, 22 : 298~302.
- 27) McPhee, H.C. et al 1931. *J. Hered.*, 22 : 393~403.
- 28) McPhee, H.C. & O.N. Eaton 1942. *ibid.*, 33 : 429~433.
- 29) 村井秀夫 1937. 東京帝國大學農學部卒業論文.
- 30) O'Donnell, J.M. 1969. *J. Reprod. Fert.*, 19 : 207~209.
- 31) Parkes, A.S. & J.C. Drummond 1925. *Proc. Roy. Soc. Lond. Ser. B*, 98 : 147~171.
- 32) Parkes, A.S. 1926. *Biol. Rev.*, 2 : 1~51.
- 33) Pearl, R. 1917. *J. Exp. Zool.*, 22 : 125~164.
- 34) Pilz, A. 1952. *Zschr. Tierzücht. Zuchtbiol.*, 60 : 315~320.
- 35) Quinlan, J. et al. 1941. *Onderstepoort J. Vet. Sci. Anim. Indust.*, 17 : 105~114.
- 36) Quinlivam, W.L. & H. Sullivan 1974. *Fert. Steril.*, 25 : 315~318.
- 37) Quisenberry, J.H. & S.V.Chandiramani 1940. *J. Hered.*, 31 : 503~505.
- 38) Sarkar, S. et al 1974. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 71 : 3512~3516.
- 39) Schröder, V.N. 1934. *Biol. Zbl.*, 3 : 465~476.
- 40) Schultze, O. 1903. *Arch. Mikrosk. Anat.*, 63 : 197~257.
- 41) Sherman, J. K. & F. Char 1974. *Fert. Steril.*, 25 : 311~314.
- 42) Shettles, L.B. 1960. *Obst. Gynecol.*, 16 : 10~14.
- 43) Siljander, A. A. 1936. *Sbornik. Trudov. Zooteck. Kat. S.H. Skol Kirov* : 148~166 (Lindahl, 1960)
- 44) Slonaker, J.R. & T.A. Card 1923. *Am. J. Physiol.*, 64 : 297~310.
- 45) Stockard, C.R. & G. Papanicolaou 1916. *Am. Nath.*, 50 : 65~88.
- 46) Stolkowski, M.J. et E. Emmerich 1971. *Ann. d'endocrinol.*, 32 : 3~15.
- 47) Taylor, H.G. & G.K. Taylor 1934. *Lancet*, Feb. 24, 1934 : 426.
- 48) Unterberger, F.U.W. Kirsch 1932. *Mschr. Geburtshül. Gynecol.*, 91 : 17~22.
- 49) Van-Duijn, C. 1960. *Nature*, 188 : 916~918.
- 50) Warren, C. 1940. *Animal Sex Control. Practical guide for breeders. 1st ed.*, Orange Judd Pub. Co., New York.
- 50) Wodsedalek, J.E. 1913. *Biol. Bull.* 25 : 8~45.
- 51) 山脇圭吉, 谷奥興 1936. *日畜會報*, 8 : 263~304.
- 52) 柳澤嘉一郎 1960. *科學*, 30 : 641~642.
- 53) Zech, L. 1969. *Exp. Cell Res.*, 58 : 463(Abst)
- 54) Zeleny, C. & E.C. Faust 1915. *J. Exp. Zool.*, 18 : 187~240.