

韓牛의 染色體 異常에 관한 研究

I. 韓牛와 交雜種 수소에서의 1/29 Robertson 型 轉座

金昌根 · 鄭英彩 · 李根常* · 金興律 · 李章熙 · 鄭鎮泰

中央大學校 産業大學

Studies on Chromosomal Aberration in Korean Native Cattle

I. 1/29 Robertsonian Translocation of Korean Native and Crossbred Bulls

Kim, C.K., Y.C. Chung, K.S. Lee*, H.R. Kim, C.H. Lee and J.T. Chung

College of Industrial Studies, Chung-Ang University

SUMMARY

The chromosome analyses of blood culture were made of 11 Korean native and 53 crossbred males between the Korean native cattles(K) and Charolais(C), which consisted of K×K, C×K, C×CK, CK×CCK and Charolais synthetic males(CK×CCK or CCK×CK).

1. The diploid(2n=60, XY) Charolais synthetic male has the 29 pairs of acrocentric autosomes, a single large submetacentric X and a small metacentric Y chromosome.
2. The numbers of G-band of karyotype in these males were a few differences in the 8 pairs of autosomes(chromosome 2, 4, 5, 6, 9, 11, 19 and 26) compared to those of purebred Korean native ones. G-banding qualities were not matched in chromosome 16, 19 and 29 with the Korean native males and also in chromosome 14, 20 and 22 with other domestic cattles.
3. The G-banding pattern between chromosome 4-6-7 and 24-25-27 was almost similar together and the possibility of misidentification was greater in the G-banded preparations.
4. 1/29 Robertsonian translocation and other abnormalities were not observed among 11 Korean native and 53 crossbred males. This result is considered in relation to limited data and further investigation based on larger samples may be necessary for definite conclusion.

I. 緒 論

韓牛를 발육과 산육능력이 우수한 肉牛로 개량하기 위한 交雜試驗에서 Charolais와의 교잡종이 다른 肉牛品種과의 교잡종보다 우수한 것으로 입증되었고(崔 등, 1977) 그 결과에 따라 韓牛와 샤로레 교잡에 의한 雜種韓牛(유전자비율 : 5/8샤로레 3/8 한우)의 育種事業이 추진되고 있다(李 등, 1985; 羅 등, 1989).

지금까지의 연구에서 交雜種에서의 不良遺傳形質은

유산과 기형만을 고려해 왔기 때문에 앞으로의 신중한 우의 육종과 증식계획에서는 不良形質과 관련이 있는 染色體 異常도 중요한 조사형질로 강조되고 있다(崔, 1988).

소에서 染色體 異常의 대표적인 例로서 1/29 Robertson 型 染色體 轉座가 여러 지역과 품종에서 보고되었으며(Gustavsson, 1979; Long, 1985; Weber 등, 1989) 種牡牛 選拔에 필수적인 調査形質로 지적되고 있다(Muramatsu, 1981; McWhir 등,

*畜産試驗場(Livestock Experimental Station, RDA)

*이 논문은 1989년도 문교부 지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

1987; Maurer와 Vogt, 1988; Wilson, 1990). 또한 이러한 염색체 이상이 繁殖能力的 저하와 관계가 있음이 수소(Dyrendahl과 Gustavsson, 1979; Franck 등, 1980; Pinheiro와 Lobo, 1984; Langhammer와 Schwerin, 1985)와 암소(Queinac 등, 1974; Refsdal, 1976; Gustavsson, 1979; Swartz와 Vogt, 1983; Pinheiro 등, 1987; Maurer와 Vogt, 1988)에서 각각 보고되었다. 그외의 染色體 異常으로는 異數性(Herzog 등, 1977; Hanada와 Muramatsu, 1980; Swartz와 Vogt, 1983; Pinheiro 등, 1987), Chimeras(Fechheimer, 1973; Pollock, 1974; Ibrahim 등, 1983) 및 mosaics(Stafford, 1972; Dunn 등, 1979; Swartz와 Vogt, 1983; Miyake 등, 1984)가 있으며 이들 개체에서 번식능력이 저하됨이 보고되었다.

최근 韓牛에서도 染色體 分析이 呂(1984, 1987)에 의해 보고되었고, 특히 呂등(1990)은 韓牛 種牡牛에서 染色體 異常이 5.5%이며 대부분이 29번 染色體에서 나타남을 보고하였다.

本 研究은 韓牛와 샤로레 交雜種 수소에서 染色體의 核型과 G-banding pattern을 조사하여 染色體 異常 檢査의 기초자료를 얻으며, 1/29 Robertson型 轉座 個體를 발견한 후 이들 개체의 繁殖能力을 조사코저 시도하였다.

II. 材料 및 方法

1. 供試牛

경기도 강화군 農家에서 88~90년 동안에 생산된 韓牛(K) 및 샤로레(C)와의 交雜種수소로서 1代交雜種(C×K, 1/2C 1/2K), 2回交雜種(C×CK, 3/4C 1/4 K), 3回交雜種(1대교잡종 수소×2회교잡종 암소: CK×CCK, 5/8C 3/8K) 및 4回交雜種(同系交配: CK×CCK 또는 CCK×CK, 5/8C 3/8K)을 공시우로 조사하였다.

供試牛가 생산된 集團에서 人工授精에 이용된 種牡牛 精液은 1대교잡종과 2회교잡종 생산을 위한 샤로레純種牛 22두(78~79년 2두; 80년 6두, 81~82년 11~12 두, 83년 이후 18~22두)였으며 83년도 이후 3회 교잡종 생산을 위한 交雜種 중모우는 1대교잡종 수소(CK)

4두와 新種韓牛 생산을 위한 2회 교잡종 수소(CCK) 6 두였다.

2. 染色體 核型分析 標本製作

염색체 핵형분석을 위한 血液培養과 표본제작은 Moorhead 등(1960)의 방법에 준하였다.

1) 採血

경정맥으로부터 혈액응고제(heparin, 1000unit/ml) 0.1ml가 들어 있는 주사기로서 5~7ml의 血液을 채혈하였다.

2) 血液培養

기본배양액은 Ham's F10이었고 培養液의 조성은 Ham's F10 100ml, 증류수 300ml, NaHCO₃ 6.4 ml, FCS 100ml, antibiotics-antimycotics 2.4ml, mitogen(phytohaemagglutinin amide) 0.15m/배양액 10ml이었다. 배양액 10ml를 Corning tube에 분注하고 血液 8~9滴(0.5ml)을 첨가하여 잘 혼합후 조직배양 flask에 옮겨서 37°C 5%CO₂ incubator에서 72시간 배양하였으며 배양종료전 1~2시간에 colchicine(0.2μg/ml)을 첨가하였다.

3) Slide 標本製作

혈액배양후 常溫에서 800~1000rpm으로 10분간 원심분리하여 상층액을 제거하고 남은 액 0.5ml에 5ml의 0.075M KCl 저장액을 10분간 처리한 후 다시 원심분리 상층액을 제거한 다음 5ml의 固定液(methanol 3: acetic acid 1)으로 10분간 냉장고에서 1次 固定시켰다. 그후 원심분리로 고정액을 제거하고 5ml의 고정액으로 1일간 2次 固定시켰으며 고정된 培養細胞를 slide 위에 떨어뜨려 도말한 후 실온에서 건조시켰다. 標本은 수소 개체당 4개 slide 표본을 만들었다.

4) 染色

Slide 도말표본을 A 액 50ml(同量의 1/15M KH₂PO₄·H₂O와 1/15M Na₂HPO₄·12H₂O)와 B 액 1ml(Giemsa powder 4g, methanol 25ml, glycerine 25ml)를 혼합한 Giemsa 液에서 10분간 염색하였다.

3. G-banding

Seabright(1971)의 방법에 준하여 3일간 건조시킨 도말 slide를 2.5% trypsin으로 1분간 처리한 후 생리식염수로 2회 세척하고 10% Giemsa 液으로 10분간 염색하여 G-banding 標本을 만들었다.

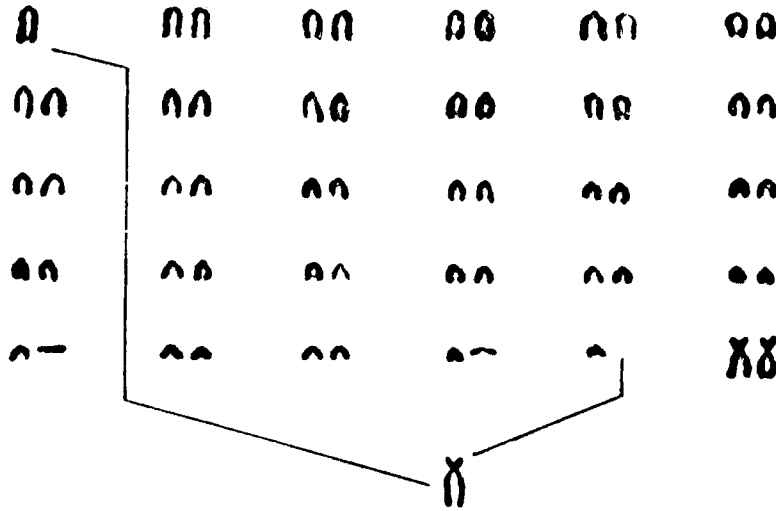


Fig. 1. An unbanding karyotype of a cow (heterozygous for 1/29 centric fission translocation).

4. 核型과 G-banding 分析

한개체당 4개의 slide를 100배 현미경하에서 染色體數와 異常有無를 관찰한 다음 1,000배 현미경하에서 사진촬영하여 核型分析과 G-banding을 조사하였다. 핵형과 G-banding은 Lin 등(1977)과 Ford 등(1980)에 기준하였고, Di Bernardino와 Iannuzzi(1982)의 R-banding을 참고하였으며 1/29 Robertson型 轉座

는 Fig. 1의 Gustavsson과 Rockborn(1964)을 기준하였다.

III. 結果 및 考察

1. 4回交雜種(同系交配種)의 染色體 分析

1) 核 型

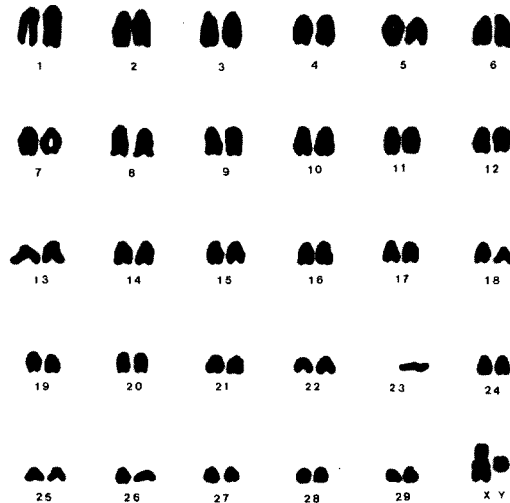


Fig. 2. Karyotype of a crossbred bull(Charolais synthetic breed).

염색체의 크기와 형태에 따라 작성한 相同染色體의 核型은 Fig. 2와 같다.

30쌍(2n=60)의 염색체중에서 29쌍(58개)의 常染色體는 中心粒이 염색체의 끝쪽에 위치한 acrocentric 이었고 性染色體에서 X는 中心粒이 중앙에서 왼쪽에 위치한 submetacentric, Y는 중앙에 위치한 metacentric 이었다. 이러한 核型은 韓牛의 常染色體가 telocentric 이라고 한 呂(1984, 1987)와는 차이가 있었으나 *B. taurus*(Halnan, 1976; Lin 등, 1977), *B. indicus*(Halnan 등, 1981) 및 이들간의 交雜種(Kieffer와 Cartwright, 1968)에서 보고된 것과 같았다.

또한 性染色體의 경우도 呂등(1990) 및 Ford 등(1980)과 같았다. 그러나 Y 染色體에서 Kieffer와 Cartwright(1968), Lin 등(1977)은 *B. taurus*에 기

원한 소는 Y가 submetacentric 이며 특히 Kieffer와 Cartwright(1968)는 *B. taurus*와 *B. indicus* 간 交雜에서, *B. taurus*의 혈액구성이 높을 때는 submetacentric 인 반면에 *B. indicus*의 혈액구성이 높을 때는 acrocentric 으로 보고하였다.

2) G-banding pattern

染色體를 더 명확하게 분석하기 위하여 각 염색체의 크기와 형태 및 banding pattern에 따라 작성한 核型은 Fig. 3과 같으며 각 염색체별 G-banding의 특징은 Table 1과 같다. 각 染色體마다의 고유한 band의 數와 位置 및 遺傳構成의 分布를 개략적으로 판단할 수 있었으며, 染色體 異常의 有無를 이는데 필요한 기초 자료를 얻을 수 있었다. 이러한 banding pattern을 다른 보고와 비교해 볼 때 band 數에서 呂(1984)가 보고한 韓牛와 여러 염색체(2, 4, 5, 6, 9, 11, 19, 26

Table 1. G-band description of Korean native-Charolais crossbred male(Charolais synthetic breed)

Chromosome No.	Identifying features*
1	Four distinct dark bands; 2P and 2D half. Five narrow dark bands; 2P, 1C and 2D.
2	A broad dark band near to centromere. Three distinct dark bands; 2C and 1D. Four narrow faint dark bands; 2D half and 2D.
3	A prominent dark proximal band. Three dark bands of similar intensity equally distributed; 2C and 1D half.
4	Four distinct dark bands; 2P half, 1C and 1D. Three narrow dark bands; P, C and T.
5	Three prominent dark bands; 1P and 2D. At least three distinct dark bands centrally located.
6	A distinct dark band in proximal third. Three distinct dark bands; 2P and 1D.
7	Three distinct dark bands; 1P half and 2D half. Two faint dark bands; 1P and 1C. A narrow dark distal band.
8	Three prominent dark bands; 2P and 1C. Two distinct dark distal bands.
9	Four prominent dark bands; 2P and 2C. Two narrow pale distal bands.
10	Four distinct dark bands; 3P and 1C. Two distinct dark distal bands.
11	A narrow faint dark band near to centromere. Four dark bands of similar intensity equally distributed.
12	Three distinct dark bands; 1P and 2C. Two narrow faint dark bands; 1P and 1D.
13	Three distinct dark bands; 2P and 1C. Narrow dark distal bands.
14	Two broad faint dark proximal bands. Two distinct dark bands; 1C and 1D half.
15	A broad dark proximal band. One distinct dark in distal half and one narrow pale central band.

번)에서 다소 차이가 있었다. 그러나 Lin 등(1977)과는 일치된 결과였다. Band의 分布(位置와 質)에서는 19와 29번 염색체에서 呂(1984)와 차이가 컸으며 14, 20, 22번 染色體는 呂(1984), Lin 등(1977), Ford 등(1980)과 차이가 있었다. 그 이외의 염색체에서는 거의 유사한 경향을 보였다.

呂(1984)는 韓牛를 他品種과 비교할 때 4, 6, 16, 19, 24, 25, 27번 染色體에서 특징이 있음을 보고하였는데 이를 本結果와 비교하여 보면 본 연구에서 4, 6 및 7번 염색체간에 유사하였던 것은 呂(1984) 및 Ford 등(1980)과 같았고 4와 5번간의 차이는 Di Bernardino와 Iannuzzi(1982)의 R-banding 특징과 일치하였다.

16번에서는 呂(1984)보다 中央 band가 하나 더 있었으나 Lin 등(1977)과 일치하였으며 그러나 band 分布

는 Lin 등(1977), Ford 등(1980)과는 차이가 있었다. 19번에서는 呂(1984)와 차이가 있었으나 다른 보고(Lin 등, 1977; Ford 등, 1980)와는 유사하였다. 특히 21과 22번 염색체간의 차이는 R-banding의 결과와 일치됨을 알 수 있었다. 24, 25 및 27번 染色體간에서 모두 유사한 banding pattern을 보인 것은 呂(1984)와 Lin 등(1977)과 같았고 단지 27번만이 Ford 등(1980)과 차이가 있었다. 이들 3개 染色體의 banding이 유사하였던 것은 R-banding(Di Bernardino와 Iannuzzi, 1982; Gustavsson과 Hagelton, 1976)에서 현저한 차이가 있는 것으로 보아 표본제작상에서 오는 부정확의 원인도 무시할 수 없었던 것으로 사료되었다.

性染色體에서 X 염색체는 다른 보고(呂, 1984; Lin 등, 1977; Ford 등, 1980)들과 유사하였으나 Y

Table 1. Continued

Chromosome No.	Identifying features*
16	Two distinct dark proximal bands. Two dark bands in distal half.
17	Two distinct dark central bands. Two broad pale bands: 1P and 1D.
18	Three distinct dark bands: 1P and 2C. Two narrow pale distal bands.
19	A prominent dark band near to centromere followed by three equally spaced faint dark bands.
20	A broad dark central band. Two broad faint dark bands; 1P and 1D.
21	Two dark bands separated by central light band.
22	Two dark bands in P and C region.
23	Three almost equally spaced and stained dark bands.
24	Two distinct dark proximal bands. A broad faint dark distal band.
25	Resembles No. 24 but a broad light distal band.
26	Two distinct dark bands: 1P and 1C.
27	Two distinct dark proximal bands. A pale dark band in distal half.
28	A broad dark proximal band and a pale dark distal band.
29	A distinct dark proximal band. A broad pale dark distal band.
X	Submetacentric chromosome with dark centromeric region. p: Two dark bands; one near to centromere and 1D half. q: One dark near to centromere and one dark distal band.
Y	Metacentric chromosome with dark centromeric region. p: Dark proximal band and a narrow light distal band. q: Dark proximal band, at least one dark distal band.

*P: proximal, C: central, D: distal and T: terminal.

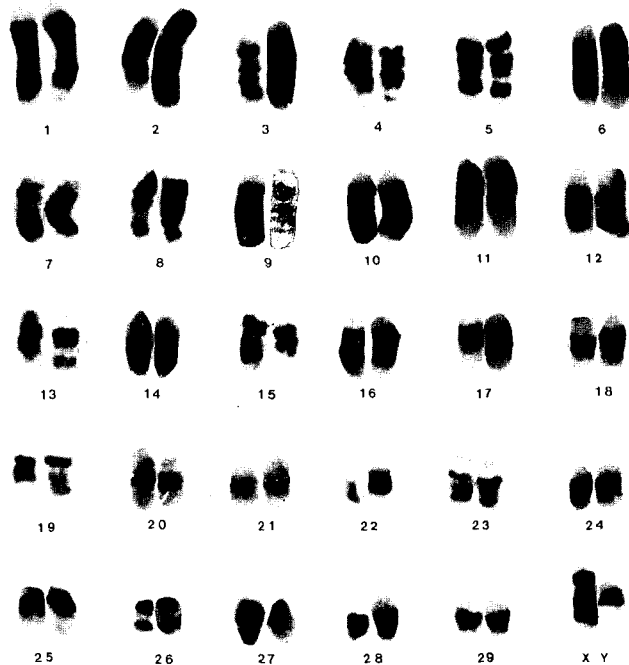


Fig. 3. A representative G-banded karyotype of a crossbred bull (Charolais synthetic breed).

염색체는 Lin 등(1977)과는 같았으나 R-banding 과 비교해 볼 때 차이가 많아 역시 표본제작과 분석에 어려움이 있음을 알 수 있었다.

2. 染色體 異常

1) 1/29 Robertson 型 轉座

非相同인 acrocentric 型的 2個 染色體가 하나의

submetacentric 型으로 융합된 1/29 Robertson 型 轉座를 11두 韓牛와 53두의 交雜種에서 조사한 결과는 Table 2와 같으며, 本 研究에서는 1두의 異常個體도 나타나지 않았다. 轉座個體가 발견되지 않은데에 대한 원인으로 몇 가지 가능성을 예측해 볼 수 있었다.

우선 조사두수가 많지 않은데 원인이 있을 것으로 사료되었는데 그 이유로서 몸등(1990)이 韓牛 種牡牛

Table 2. Result of chromosome analysis in purebred and crossbred males

Generation	Breed group		Investigat- ed	Normal (2n)	No. of males				
	Parent (♂×♀)	Blood			1/29t	Aneuploid (2n-1 or 2n+1)	Chimera (XX/XY)	Mosaics	
Purebred	K×K	K	11	11	—	—	—	—	
F1	C×K	2/1C 1/2K	10	10	—	—	—	—	
F2	C×CK	3/4C 1/4K	4	4	—	—	—	—	
F3	CK×CCK	5/8C 3/8K	15	15	—	—	—	—	
F4	CK×CCK, CCK×CK	5/8C 3/8K	24	24	—	—	—	—	
	Total		64	64	0	0	0	0	

C : Charolais, K : Korean native cattle.

109두중 6두(5.5%)에서 染色體 異常이 있었고 그중 5두가 29번 염색체 이상으로 보고한 바 있고, Masuda 등(1980)은 日本 黑毛和牛 암소 50두에서 50%의 염색체 이상과 그중 5두가 1/29轉座라고 하였다. 또한 조사지역, 보고자간에 차이가 많지만 대체로 Charolais 種에서 1/29轉座의 발생이 높게 나타나 있으며(Queinnec 등, 1974), 유럽계 肉牛에서 보다 높게 발생된 보고(McWhir 등, 1987; Weber 등, 1989)들이 있기 때문이다.

한편 샤로레 交雜種 生産에 쓰인 기초종빈우가 難産의 우려를 피하기 위하여 주로 經産牛가 이용됨에 따라 不良遺傳形質의 出現도 그만큼 감소되었을 가능성이 있으며 특히 新種韓牛 育成의 기초우인 同系交配種은 암소 모두 선발과정을 거친 개체일 수 있기 때문에 역시 그만큼 불량유전자의 出現頻度도 낮을 가능성도 큰 원인으로 사료되었다. 끝으로 交雜種 生産을 위해 도입된 샤로레 種牝牛 精液 자체에 불량 유전자가 포함되지 않았을 가능성도 있다. 이러한 여러 가지 가능성을 추측할 수 있는 근거들이 있다. 1/29 Robertson 型 轉座인 개체에서 繁殖能力의 저하가 수소(Dyrendahl 과 Gustavsson, 1979; Franck 등, 1980; Pinheiro 와 Lobo, 1984; Langhammer 와 Schwerin, 1985)에서 보고되었고, 이들 수소의 娘牛에서도 번식 능력이 저하된 예가 있으며(Refsdel, 1976; Maurer 와 Vogt, 1988) 또한 低受胎牛와 不妊牛의 상당수가 1/29轉座와 관계가 있는 것으로 보고되어 있기 때문이다(Gustavsson, 1971; King 등, 1981; Swartz 와 Vogt, 1983; Pinheiro 등, 1987).

2) 其他 染色體 異常

1/29轉座 이외의 염색체 이상으로서 異數性, 키메라, 모자이크를 조사한 결과, 앞의 Table 2에서 본 바와 같이 異常個體가 발견되지 않았다. 역시 이상개체가 발견되지 않은 原因으로는 이미 앞에서 언급된 바와 같이 상당부분이 샤로레 교잡종 생산의 특수성과 관련이 있는 것으로 추측되었다.

Hanada 와 Muramatsu(1980)는 黑毛和牛에서 異數體가 3.5%로 높게 보고하였으나 일반적으로 소에서 異數性的 빈도는 극히 낮은 것으로 보고되었다(Swartz 와 Vogt, 1983). 키메라는 주로 雙胎였던 수소에서 많은 것으로 보고되었고(Fechheimer, 1973) 인공수정 종모우에서 1~2%로 보고되었다

(Fechheimer, 1973; Pollock, 1974; Ibrahim 등, 1983). 모자이크는 韓牛 수소에서 5.5%로 보고되었다(呂 등, 1990). 이들 染色體 異常을 가진 개체들이 trisomy에서 발정재발이 높았고(Pinheiro 등, 1987), 키메라에 의해 종모우의 도태율이 증가되며(Dunn 등, 1979) 精液性狀과 수태율의 저하가 보고되었고(Staf-ford, 1972) 모자이크에서도 수태율에는 차이가 없으나 精液量의 감소가 보고되었다(Miyake 등, 1984).

이상의 여러 報告들로 보아 新種韓牛 育成計劃에 있어서 染色體 異常의 확산을 막기 위하여 種畜에 대한 染色體 分析은 필수적인 것이며 현재 사용중인 種牝牛 精液에 대해서도 染色體 異常의 유무를 검사할 필요가 있다고 사료된다.

IV. 摘 要

韓牛(K) 11두와 샤로레(C)의 交雜種 53두로부터 血液을 배양하여 染色體를 분석하였으며 供試수소는 K×K, C×K, C×CK, CK×CCK 및 新種韓牛(CK×CCK 또는 CCK×CK)이었다.

1. 二倍體인 정상 新種韓牛 수소의 염색체는 29쌍의 acrocentric 형 常染色體, 한개의 submetacentric 형 X, 한개의 metacentric 형 Y 性染色體였다.
2. 新種韓牛 수소의 G-band 數는 8쌍의 常染色體(2, 4, 5, 6, 9, 11, 19, 26)에서 韓牛와 다소 차이가 있었으며 G-banding의 質(위치와 크기)은 韓牛와는 16, 19, 29에서, 다른 品種과는 14, 20, 22에서 일치하지 않았다.
3. 4-6-7번, 24-25-27번 染色體간에서 서로 G-banding pattern이 유사하였으며 G-band에서 이들간에 잘못 분류의 가능성이 높았다.
4. 11두의 韓牛와 53두의 交雜種 수소에서 1/29 Robertson 型 轉座와 기타 染色體 異常이 관찰되지 않았는데 제한된 資料에 기인된 것으로 생각되며 확실한 결론을 얻기 위해서는 더욱 조사가 필요한 것으로 사료된다.

V. 引用文獻

1. Di Bernardino, D. and L. Iannuzzi, 1982. Detailed description of R-banded bovine

- chromosomes. *J. Hered.*, 73: 434-438.
2. Dunn, H.O., K. McEntee, C.E. Hall, R. H. Johnson, Jr. and W.H. Stone. 1979. Cytogenetic and reproductive studies of bulls co-twin with freemartins. *J. Reprod. Fert.*, 57: 21-30.
 3. Dyrendahl, I. and I. Gustavsson. 1979. Sexual functions, semen characteristics and fertility of bulls carrying the 1/29 chromosome translocation. *Hereditas*, 90: 281-289.
 4. Fechheimer, N.S.A. 1973. A cytogenetic survey of young bulls in the U.S.A. *Vet. Rec.*, 93: 535-536.
 5. Ford, C.E., D.L. Pollock and I. Gustavsson. 1980. Proceedings of the first international conference for the standardisation of banded karyotypes of domestic animals. *Hereditas*, 92: 145-162.
 6. Franck, M., C. Laurent, J. Froget, J.M. Surcin and F. Coursat. 1980. Chromosomal abnormalities and fertility of carriers. The 1/29 Robertsonian translocation. 4th Eur. Colloq. Cytogenet. Domest. Anim., Uppsala, pp.55-62.
 7. Gustavsson, I. 1971. Culling rates in daughters of sires with a translocation of centric fusion type. *Hereditas*, 67: 65-74.
 8. Gustavsson, I. 1979. Distribution and effects of the 1/29 Robertsonian translocation in cattle. *J. Dairy Sci.*, 62: 825-835.
 9. Gustavsson, I. and M. Hageltorn. 1976. Staining technique for definite identification of individual cattle chromosomes in routine analysis. *J. Hered.*, 67: 175-178.
 10. Gustavsson, I. and G. Rockborn. 1964. Chromosome abnormality in three cases of lymphatic leukaemia in cattle. *Nature (London)*, 203: 990.
 11. Halnan, C.R.E. 1976. A cytogenetic survey of 1,101 Australian cattle of 25 different breeds. *Ann. Genet. Sel. Anim.*, 8: 131-139.
 12. Halnan, C.R.E., J.I. Watson and J.J. McKee. 1981. G-band patterns of the karyotype of *Bos indicus*. *Vet. Rec.*, 109: 34-37.
 13. Hanada, H. and S. Muramatsu. 1980. Spontaneous chromosome aberration rate in the peripheral lymphocytes of the Japanese Black cattle. *Jpn. J. Zootech. Sci.*, 51: 803-805.
 14. Herzog, A., H. Hohn and G.W. Rieck. 1977. Survey of recent situation of chromosome pathology in different breeds of German cattle. *Ann. Genet. Sel. Anim.*, 9: 471-479.
 15. Ibrahim, M.A.R., H. Abdel Rahman and A. Kovacs. 1983/1984. Quality, freezability and fertility of the semen of pre-selected A. I. bulls carrying various chromosome aberrations. *Anim. Reprod. Sci.*, 6: 167-175.
 16. Kieffer, N.M. and T.C. Cartwright. 1968. Sex chromosome polymorphism in domestic cattle. *J. Hered.*, 59: 35-36.
 17. King, W.A., T. Linares and I. Gustavsson. 1981. Cytogenetics of preimplantation embryos sired by bulls heterozygous for the 1/29 translocation. *Hereditas*, 94: 219-224.
 18. Langhammer, H. and M. Schwerin. 1985. Die 1/29 Translokation beim Fleishrind und deren Auswirkungen auf die Fruchtbarkeit. *Arch Tierz.*, 28: 511-518.
 19. Lin, C.C., D.R. Newton and R.B. Church. 1977. Identification and nomenclature for G-banded bovine chromosomes. *Can. J. Genet. Cytol.*, 19: 271-282.
 20. Long, S.E. 1985. Centric fusion translocation in cattle. A review. *Vet. Rec.*, 116: 516-518.
 21. Masuda, H., Y. Shioya and R. Fukuhara. 1980. Robertsonian translocation in Japanese Black cattle. *Jpn. J. Zootech. Sci.*, 51: 26-32.

22. Maurer, R.R. and D.W. Vogt. 1988. Decreased fertility in related females heterozygous for the 1/29 chromosome translocation. *Theriogenology*, 30 : 1149-1157.
23. McWhir, J., R.B. Church, G.H. Coulter. et al. 1987. Incidence and inheritance of the 1/29 and 4/20 Robertsonian translocation in Canadian beef cattle. *Genome*, 29 : 504-509.
24. Miyake, Y., L.H. Kanagawa and T. Ishikawa. 1984. Further chromosomal and clinical studies on the XY/XX mosaic bull. *Jpn. J. Vet. Res.*, 39 : 9-21.
25. Moorhead, P.S., P.C. Nowell, W. J. Mellman, D.M. Battips and D.S. Hungerford. 1960. Chromosome preparation of leukocytes cultured from human peripheral blood. *Exp. Cell. Res.*, 20 : 613-616.
26. Muramatsu, S. 1981. Recent progress in cytogenetic study of domestic animals. *Jpn. J. Zootech Sci.*, 52 : 839-849.
27. Pinheiro, L.E.L. and R.B. Lobo. 1984. Influence of chromosome abnormalities on reproductive performance of a crossbred cattle breed. *Proc. 10th Int. Conf. Reprod. Artif. Insem.*, pp. 529-531.
28. Pinheiro, L.E.L., I.L. Almeida, Jr, J.M. Garcia and P.K. Basrur. 1987. Trisomy X and 1/29 translocation in infertile heifers. *Theriogenology*, 28 : 891-897.
29. Pollock, D.I. 1974. Chromosome studies in artificial insemination sires in Great Britain. *Vet. Rec.*, 95 : 266-267.
30. Queinnec, G., R. Darre, H.M. Berland and J.C. Raynaud. 1974. Study of the 1/29 translocation in cattle of southeast France : Zootechnical results. 1st World Cong. Genet. Appl. Livestock Prod., Madrid, 3 : 131-151.
31. Refsdal, A.O. 1976. Low fertility in daughters of bulls with 1/29 translocation. *Acta Vet. Scand.*, 17 : 190-195.
32. Seabright, M.A. 1971. A rapid banding technique for human chromosomes. *Lancet*, 2 : 971-972.
33. Stafford, M.J. 1972. The fertility of bulls born co-twin to heifers. *Vet. Rec.*, 90 : 146-148.
34. Swartz, H.A. and D.W. Vogt. 1983. Chromosome abnormalities as a cause of reproductive inefficiency in heifers. *J. Hered.*, 74 : 320-324.
35. Weber, A.F., L.C. Buoen, B.L. Terhaar, G.R. Ruth and H.W. Momont. 1989. Low fertility related to 1/29 centric fusion anomaly in cattle. *JAVMA*, 195 : 643-646.
36. Wilson, T.D. 1990. Identification of the 1/29 Robertsonian translocation chromosome in British Friesian cattle. *Vet. Rec.*, 126 : 37-39.
37. 나기준, 홍성구, 이근상. 1989. 한우와 Charolais 교잡에 의한 신종한우 육성연구. 5. 사양형태별 한우와 Charolais 합성종 수소의 발육능력 비교. *농지논문집(축산편)*, 31 : 1-6.
38. 여정수. 1984. 한국 재래축종인 한우의 염색체 분석. *한축지*, 26 : 225-230.
39. 여정수. 1987. 한우의 염색체분석에 의한 유전적 조성의 특징에 관한 연구. *한축지*, 29 : 107-111.
40. 여정수, 정일정, 정경진, 정선부, 정연후, 이기복, 설동섭, 오봉국. 1990. 한우의 이상염색체 분석에 관한 연구. *한축지*, 32 : 529-533.
41. 이근상, 나기준, 김희석, 윤철준. 1985. 한우와 샤로레 교잡에 의한 신종한우 육성연구. II. 사양형태별 한우와 샤로레 1대잡종의 발육과 번식능력 비교. *한축지*, 27 : 197-200.
42. 최광수. 1988. 쇠고기 증산 및 한우개량 심포지움 결과. 한우개량사업의 문제점과 발전방안. *농촌진흥청 축산시험장*, pp.78-85.
43. 최광수, 신언익, 설동섭. 1977. 한우와 육우교잡 시험. 제2보. 한우와 샤로레 교잡종의 육성기 발육 비교. *농사시연보(축산편)*, 19 : 13-18.