

肉牛肥育におけるホルモン剤の利用と問題点

誌名	栄養生理研究会報
ISSN	02864754
著者名	川島,良治
発行元	家畜栄養生理研究会
巻/号	14巻2号
掲載ページ	p. 92-102
発行年月	1970年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



肉牛肥育におけるホルモン剤の利用と問題点

京都大学農学部 川 島 良 治

I 緒 言

ホルモン剤は、従来家畜の繁殖や泌乳など性現象と関係の深い生産面に利用されることが多かった。しかし、近年は家畜の身体の発育(somatic growth)をcontrol するために、ホルモン剤が利用されることも少なくない。この目的のためには、性ホルモン系のもののみでなく、甲状腺機能と関係の深いgoitrogen, thyroprotein, さらにcortisolやgrowth hormoneなど各種のホルモン剤の利用が検討されてきている。このうち、現在実際にもっとも広く用いられているのは、estrogen系の性ホルモン剤と、goitrogenとである。しかもそれらの利用は、肉牛肥育を対象とするものももっとも多い。

そこで、肉牛肥育におけるestrogenとgoitrogenの利用の面から、家畜のsomatic growthに対するホルモンの作用について検討を加えてみたい。

II 肉牛肥育におけるestrogenの利用

1. estrogenの増体および飼料効率に及ぼす影響

肥育に用いられるestrogenは、diethylstilbestrol(DES), hexoestrol (HEX)およびその誘導体、Oestradiol(EST)などの合成発情物質が主である。これらに、progesterone(PRG), testosterone(TES)などが併用されることもある。

estrogenの肥育効果については、1948~1950年に報告されたDinussionら¹⁾、Andrewsら²⁾の研究以来、数多くの試験が行なわれ、その有効なことが立証されている。去勢牛に対して利用した場合の平均的な効果としては、飼料摂取量は約5%増加し、増体量は約15%、飼料要求率は約12%改善される。³⁾ 第1表に京都大学で行なわれたいくつかの試験の成績を示したが、いずれもestrogenの効果認められる。従来成績をみると一般にestrogenの増体促進効果はおす、めす、去勢牛のいずれにもみられるが、去勢牛においてもっとも著しい。また、estrogenの投与方法としては、経口投与、ペレットの埋設、ゾルの注射などがあるが、それぞれの投与適量がほぼ確認された現在では、いずれの投与方法によってもその効果にほとんど差はないようである。ちなみにDESの若令去勢牛に対する投与適量は、経口投与では毎日10mg、ペレット埋設の場合は1回36mgとされている。また、DES, HEX, ESTなどのestrogenの種類によっても、その効果にあまり差はない。estrogenにPRGやTESを併用すると、肉牛

肥育上あまり好ましくない副作用をいくらか抑える傾向があるが、増体効果はestrogen単用の場合に比し、とくに差はないようである。

第1表 estrogenの増体・飼料効率・屠体に及ぼす影響

試験	区	1日当り 増体量	1Kg増体に要した		枝肉 歩留	皮下脂肪の厚さ				脂肪交雑	肉の色沢
			DCP	TDN		き甲	胸軟骨	腰	ばら		
1 ⁴⁾	対照区	0.75 (100) Kg	1.15 Kg	8.45 Kg	63.9%	16 ^{mm}	21 ^{mm}	9 ^{mm}	— ^{mm}	2.3	2.8
	DES区	1.04 (139)	0.79	5.73	62.5	15	24	8	—	2.8	4.0
2 ⁵⁾	対照区	0.66 (100)	1.14	7.66	62.4	11	18	—	14	3.0	3.0
	HEX区	0.79 (120)	0.90	6.10	58.5	10	16	—	8	1.5	3.0
	PRG+EST区	1.02 (155)	0.74	5.01	60.4	10	17	—	11	2.5	3.5
3 ⁶⁾	対照区	0.82 (100)	1.22	8.50	58.5	15	20	10	21	2.0	3.0
	HEX区	1.07 (130)	0.93	6.25	58.7	14	20	4	15	2.5	3.0
	PRG+EST区	1.03 (126)	0.97	6.36	60.3	18	17	4	13	2.3	3.0
4 ⁷⁾	対照区	1.05 (100)	0.99	7.88	58.5	19	26	—	11	1.0	3.0
	DES+HEX区	1.58 (150)	0.51	4.64	58.7	20	35	—	16	1.0	2.0
5 ⁵²⁾ (めす)	対照区	0.74 (100)	0.81	5.63	61.8	11	22	—	—	3.0	4.8
	DES+TES	0.89 (120)	0.77	5.39	62.0	13	21	—	—	3.0	5.0
	対照区	0.62 (100)	1.35	8.41	62.4	10	20	6	—	4.0	4.0
	DES+TES	0.71 (115)	1.15	7.00	63.7	14	23	11	—	3.5	5.0

注) 肉の色沢: 極上=5, 上=3, 中=1

さらに、出納試験の結果からみると、estrogenの投与は窒素と無機物の蓄積を増加する傾向がある。^{8,9)} また、代謝試験の結果では、estrogenは蛋白質の利用効率を高めるが、飼料の代謝エネルギーには影響せず、³⁾ また、飼料カロリーの枝肉カロリーへの転換率にもとくに影響はしない。¹⁰⁾

肉牛に対するestrogenの増体促進効果は、いつも同じように現われるとは限らない。その効果にはかなりの変動があり、全く効果のみられないこともある。変動をもたらす原因については、未だ十分に知られていないが、高蛋白・高カロリー飼料は、低蛋白・低カロリーの場合よりestrogenの効果が著しいこと、¹¹⁾ 夏期の高温ストレスによって増体のよくない時にはestrogenの効果が現われにくいこと¹²⁾ などから、飼料内容や、飼育環境条件は、estrogenの効果に変動をもたらす要因となっていると考えられる。

また、estrogenの投与を続けると、その期間中、効果は一定して現われるものでなく、最初の3～4週間に効果が著しく、以後効果は減ずる傾向がある。estrogenを与えると、血漿尿素含量(PUN)が減少し、これが窒素のretentionと負の関係があるとされているが、このPUNの減少も、estrogen投与後3週間目位が最低値になり、以後増加する傾向がある。^{13,14)} これらのことよりDavisら¹⁴⁾は、estrogenを連続投与すると、家畜の体内で、homeostasisの方向に内分泌系が再編成されるのではないかと推察しているが、これはestrogenの使用にあたって今後考慮すべき問題を示唆している。

2. estrogenの屠体に及ぼす影響

肉牛肥育にestrogenが利用され始めた当初は、estrogenを与えたものは、脂肪の沈着が悪いばかりでなく、肉が水っぽく、肉色も淡いとして悪評が少なくなかった。しかし、これは当時のestrogen使用量が多すぎたためと考えられ、投与適量が確認されて、それに従って使用するようになってからは、枝肉のgradeにたくに影響を認めないのが普通である。第1表に示した試験成績でも、estrogen投与区と無投与区との間に枝肉等級にたくは差はない。ただ枝肉を分析した結果では、estrogenを与えたものは筋肉の割合が増し、脂肪が少なくなる傾向が認められている。¹⁵⁾

用いたestrogenが肉牛に残存するかどうかは重要な問題であるが、通常示された処方に従って使用している限り、肉牛への残存は認められないか、認められるとしてもごくわずかである。^{16,17,18)} しかし、今までestrogenic activityの検出に用いられている子宮重量法では、検出限界に問題があるのではないかという点、さらに農家で使用する場合には、必ずしも処方通りでなく、かなり乱用の傾向があることを考えると、今後この方面の検討は十分になされねばならないであろう。

3. estrogenの内分泌器官に及ぼす影響

第2表は、京都大学や他の試験場での肥育試験牛について石橋¹⁹⁾が測定した結果である。これによると、estrogenを与えたものは、下垂体が重くなっており、他の試験結果をみても、estrogenによって増体促進効果のみられた場合は、必ずといってよい程下垂体は重くなっている。^{5,6,7,9,15,20,21)} また下垂体前葉の各細胞の割合は、estrogenを与えると酸好性細胞が増加し、塩基好性細胞が減少する傾向がある。酸好性細胞は、数が増すだけでなく、形は円形または多角形で、オレンジGに染まる小さな分泌顆粒が中に充満しており、核はクロマチンに富んで大きく、総じて機能の旺盛な像を示す。¹⁹⁾

第2表 estrogenおよびgoitrogenの甲状腺；下垂体に及ぼす影響(石橋¹⁹⁾)

	頭数	甲状腺重量 g	下垂体重量 g	下垂体前葉における各細胞の割合 %		
				酸好性細胞	塩基好性細胞	色素嫌性細胞
対照区	12	16.2	1.3	58.1	17.8	24.1
DES区	7	17.4	1.8	59.2	12.4	28.4
PRG+EST区	4	17.1	1.8	64.3	15.3	20.4
MMI区	5	91.4	2.2	50.3	24.3	25.4

Martin²¹⁾らは、estrogenを与えためん羊では、下垂体中のRNAおよびDNA量が増加するが、DNA含量は減少することから、estrogenは下垂体の細胞数と細胞の大きさを増すとともて、蛋白の放出を促進するものと推察している。またDESを与えた牛では、下垂体のgrowth hormone含量が高いこと、⁸⁾ radio immunoassay法によると血漿中のgrowth hormone含量が高くなる傾向のあること²²⁾より、estrogenは下垂体に作用して、growth hormoneの分泌を促進しているものと考えられる。

甲状腺重量に対するestrogenの影響は、試験により必ずしも一定の傾向は認められていない。しかし、大きさの如何にかかわらず、estrogenを投与したものは、濾胞が小さく、コロイドの蓄積が減少し、部位により上皮細胞が円柱形に肥大して、いく分機能充進の像を示していることが多い。¹⁹⁾しかし、estrogenを投与しても血液中のPBI含量や、下垂体のthyrotropin含量に変化がないという報告がある。^{15, 20)}最近、Trenkleはめん羊を用い、DESを与えると、有意ではないがthyroxineのturnover rateが大きくなり、half-life timeが短縮される傾向のあることから、血液中のthyroxine含量には影響しなくても、estrogenの投与によって甲状腺からのthyroxineの分泌はいくらか促進されているのではないかと推察している。

副腎は、estrogen投与により肥大するという報告が多いが、^{20, 23, 24)}変化しないという報告もある。^{9, 15)}

副腎が肥大した場合、皮質束状帯の細胞が肥大して、活動の様相を呈している。¹⁹⁾ Cleggら²⁰⁾は、estrogenは下垂体からのcorticotropinの分泌を促がし、その結果副腎からのandrogenの分泌が促進されるとしている。しかしこれは、直接androgenの分泌量をもとめたものではなく、androgenに感受性の高い精のう上皮細胞の高さが、DES投与によって高くなることから推察したものである。また、estrogenを与えても系液中のglucocorticoid含量にはとくに影響は認められない。^{23, 25)} Mc Kernsら²⁶⁾は、DESが牛の副腎中

の glucose-6-phosphate dehydrogenase を抑制することを認めているので、estrogen を投与すると副腎での glucocorticoid の生合成が阻害され、それが下垂体からの corticotropin の分泌を促がし、副腎の肥大をもたらすとも考えられる。

4. estrogen の作用機序に対する考察

estrogen の増体促進効果をもたらす機序としては、従来つぎの3つの説がなされてきた。

- a) 甲状腺からの thyroxine の分泌を増すため (Burgess ら¹⁵⁾)
- b) 副腎からの androgen の分泌を増すため (Clegg ら²⁰⁾)
- c) 下垂体からの growth hormone の分泌を増すため (Struempfer ら⁸⁾)

現在のところ、この3つの説がもっとも正しいか、また、他の作用機序が考えられるのかについては、未だ定説はない。

a) については、後述のように肉牛肥育にあたり、estrogen とともに goitrogen を併用することがしばしばあるが、この場合 goitrogen は estrogen の効果をさらに促進する傾向すらみられる。^{27~31)} このことから、estrogen がいくらか thyroxine の分泌を促進するとしても、それが estrogen の増体促進効果と結びつくかどうか幾分疑問である。

また b) については、牛に androgen を投与しても estrogen に匹敵する増体効果はみられないこと、³²⁾ また、雄牛に estrogen を与えると、こう丸の萎縮がおこるにかかわらず、増体促進が認められること²⁴⁾ から、この説で estrogen の増体効果のすべてを説明するのは無理なように思われる。

この点 c) の growth hormone によるとする説がもっとも無理がないようである。最近 Davis^{14,33,34)} らは、牛に estrogen を与えた場合と、growth hormone を与えた場合とでは、血漿中の代謝産物含量に及ぼす影響の点で両者が極めてよく一致することから、estrogen の効果は growth hormone の分泌促進に他ならないとしている。しかし、Trenkle²²⁾ は estrogen を与えると、めん羊の血漿中 insulin 含量が高くなることを認め、growth hormone と共に insulin も estrogen の作用に関係していることを示唆している。insulin は、蛋白質代謝においては anabolic の作用を有するものであり、³⁵⁾ さらに growth hormone は insulin の存在なしには十分な働きをなしえないことも知られている。³⁶⁾

さらに今1つ重要なことは、第3表にみられるごとく、estrogen に対する反応は動物の種類によってかなり異なることである。すなわち、estrogen によって増体促進のみられるのは牛とめん羊であり、鶏は増体にあまり影響なく、ラットでは増体はむしろ悪くなる。

ラットでは、estrogen を与えると下垂体からの growth hormone の分泌が抑制され

るという説が古くからなされている。³⁷⁾しかし、これも必ずしもはっきりしたものではない。またラットではestrogen が視床下部に特別に作用して食欲を低下させ、これが増体を抑制するという考えもある。²²⁾

鶏の場合は、estrogen は下垂体系を通さずに直接血液中の脂肪含量を高める作用がある。³⁸⁾しかし、下垂体を摘出した鶏では脂肪の沈着はおこらない。³⁸⁾そこで鶏ではestrogen によって体脂肪の増加するのは、insulin の増加が関係しているのではなかと推察もなされる。²²⁾牛やめん羊でもestrogen によりinsulin の分泌が増すが、反すう動物の場合は、炭水化物代謝に対するinsulin の反応は弱いので³⁹⁾むしろ蛋白質のanabolic effect が第1義的に現われてくることも考えられる。ただし、これらの点は、血液中のホルモン含量などの資料が未だ極めて不十分なので、極めて推察的な域を出ない。

第3表 DESによる反応の動物の種類による差 (Trenkle²²⁾)

	添 加 量	体重Kg当り摂取量	増体への影響	脂肪蓄積への影響
牛	1日 10mg	25~75 μg	+	0
めん羊	" 2mg	50~100	+	-
鶏	" 1mg	1,000	0	+
豚	" 2mg	25~50	0	0
ラット	飼料1g当り 1.00 μg	100	-	0
	" 0.10 "	10	-	0
	" 0.01 "	1	0	0
マウス	1日 100 μg	5,000	-	
	" 10 μg	500	+	
モルモット	飼料1g当り 1.00 μg	100	-	0
	" 0.10 "	10	0	0
	" 0.01 "	1	+	0

なお、estrogen によって増体促進のみられる牛やめん羊が反すう動物であることから、消化生理の面から検討した研究も少なくない。しかし、estrogen を投与しても飼料の消化率には影響しないという報告が多く、⁴⁰⁾また第1胃内の微生物活性にも影響しないようである。⁴¹⁾ただ、estrogen を与えると、第1胃内のprotozoa 数が増加することが認められており、^{42, 43)}これが増体その他とどのように関係しているかは興味ある問題である。

Ⅲ 肉牛肥育における goitrogen の利用

1. goitrogen の増体および飼料効率に及ぼす影響

1940年 Andrews⁴⁴⁾ は、去勢牛の甲状腺を部分的に剔出すると、肥育が促進されることを認めたと、これに続いて、甲状腺機能を抑制することが知られている各種 goitrogen を、肥育に応用しようとする研究がはじめられた。しかし、1950年頃までに行なわれた試験結果はいずれも失敗であった。すなわち、甲状腺の肥大は認められるが、増体の促進や飼料効率の改善は認められず、goitrogen の投与量が多いと食欲が抑えられ、増体量は低下するという結果であった。^{45,46)} これは、当時使用された goitrogen が thiourea, thiouracil, propyl-thiouracil であり、これらは甲状腺機能を抑制する以外にかなり強い毒性を有していたためと考えられる。その後1958年に至り、Burroughsら⁴⁷⁾ は毒性の少ない新しい goitrogen である methimazole (MMI) を去勢牛に用いて好成績をえ、増体量は1%促進され、飼料効率は7%改善された。

第4表 goitrogen およびそれと estrogen の併用が増体・飼料効率・屠体に及ぼす影響

試験	区	1日当り 増体量	1Kg増体に要した		肉 歩留	皮下脂肪の厚さ			肉の 色 沢	脂肪色
			DCP	TDN		き甲	胸軟骨	ばら		
1 ²⁹⁾	対 照 区	0.68 (100)	0.91 ^{Kg}	7.54 ^{Kg}	58.3%	-mm	-mm	-mm	4.0	5.0
	MTU区	0.99 (146)	0.63	5.07	60.8	-	-	-	3.0	5.0
	MTU+DES区	0.96 (141)	0.67	5.31	61.5	-	-	-	4.0	4.0
2 ³⁰⁾	対 照 区	1.07 (100)	0.88	5.93	60.6	31	22	27	4.0	4.0
	MTU区	1.45 (136)	0.67	4.47	60.5	20	13	31	4.0	3.0
	MTU+DES区	1.75 (164)	0.58	3.88	61.9	25	24	38	3.5	4.0
3 ³¹⁾	対 照 区	0.53 (100)	1.78	12.15	61.8	23	19	20	3.0	3.0
	MMI区	0.49 (92)	1.99	13.68	63.5	30	17	26	3.0	3.0
	MMI+DES区	0.89 (168)	1.08	7.44	63.2	21	18	20	3.0	3.0
4 ⁷⁾	対 照 区	1.05 (100)	0.99	7.88	58.5	19	26	11	3.0	3.0
	DES+HEX区	1.58 (150)	0.51	4.64	58.7	20	35	16	2.0	3.0
	DES+HEX+MTU区	1.78 (170)	0.55	4.71	60.2	27	21	17	3.0	3.0

注) 肉の色沢、脂肪色：極上=5, 上=3, 中=1

本邦では、森本ら⁴⁸⁾がmethyl-thiouracil(MIU)を豚に与えて良好な成績をえたことから、肉牛に対しても、最初からMTUの利用が試みられた。その結果、MTUの投与は食欲を低下させることはなく、増体の促進と飼料効率の改善が認められた。京都大学で行なわれた成績を示すと第4表のごとくである。その後MMIについても試験されたが、その効果はMTUとほぼ同程度である。またgoitrogenをestrogenと併用して与えると、それぞれを単独で与えるとき以上の効果が期待できるようであった。第4表にはそれらの成績も同時に示されている。

若令去勢牛に対する投与適量は、MTUは1日3g、MMIは1日600mg程度である。なお、goitrogenの使用期間は、肥育末期の60日間程が適当である。それ以上長期間使用すると食欲が低下し、増体が悪くなる傾向が認められる。

2. goitrogenの屠体に及ぼす影響

第4表の結果をみるとgoitrogenを与えても枝肉の性状にはとくに影響を及ぼさないようである。また、鶏や豚ではgoitrogenを与えると、体脂肪の蓄積が増加するが、⁴⁸⁾肉牛の場合にはあまりそのようなことは認められない。⁴⁹⁾

なお、goitrogenの肉牛への残存については、MMIを1日200~800mg、79日間連続して与えても、肉や臓器中にgoitrogenic activityはほとんど認められないという報告がある。⁵⁰⁾ただgoitrogenの場合は、estrogen程残存問題に関する研究が多くないのが問題である。

3. goitrogenの内分泌器官に及ぼす影響

goitrogenを与えると甲状腺は著しく肥大する。¹⁹⁾(第2表) また甲状腺の組織は腺腫の様相を呈する。

また、goitrogenは下垂体重量を重くする傾向がある。^{19, 51)}第2表によれば、goitrogenにより下垂体前葉の酸好性細胞が減少し、塩基好性細胞が増加する。とくに腺体の前腹側では、空胞あるいは液胞変性をおこし、甲状腺剝出時と類似した細胞が多数出現する。¹⁹⁾またRaunら⁵¹⁾は、MMIを与えた牛の下垂体前葉には、thyrotropinとgrowth hormoneとがより多く含まれることを認めている。

4. goitrogenの作用機序に対する考察

goitrogenが肥育を促進する機序として、甲状腺機能を抑えることによって、身体の代謝が抑えられ、脂肪が蓄積するとともに増体の促進がみられると考えられていた。しかしRaunら⁵¹⁾がめん羊を用いて呼吸試験を行なった結果では、goitrogenがmetabolic rateを抑えることは認められなかった。しかも、goitrogenによって増体が促進され、その屠体の脂肪蓄積は決して多くないところから、goitrogenが甲状腺機能を抑制するというだけで

goitrogen の作用を説明するのは不適當のように思われる。むしろ、Raunら⁵¹⁾の結果からみると、goitrogen が甲状腺に作用しても、下垂体がこれに対応して thyrotropin の分泌を促がし、甲状腺機能は、metabolic rate を抑える程には低下していないと考えられる。

さらに、下垂体前葉中に growth hormone 量の多いことからみて、thyrotropin の分泌を促がそうとする下垂体への刺激が同時に growth hormone の分泌を促進し、これが増体促進効果として現われるものと考えられる。ただし、goitrogen の投与が一定期間以上続けられると、下垂体の対応が十分にできなくなり、甲状腺機能が著しく低下し、そのため食欲が低下すると推察される。

なお、goitrogen の場合も、その反応は動物の種類によってかなり異なる。goitrogen によって増体促進のみられるのは肉牛と豚とである。

鶏では増体効果はほとんどみられず、脂肪が著しく蓄積される。このような差を生ずる原因の一つとして、牛と豚の甲状腺は正常時でも比較的 hyper の状態にあり、そのため goitrogen を与えてもある期間は metabolic rate の低下をきたさずに保てるのに対し、鶏の甲状腺は通常 hypo の状態にあり、goitrogen を投与すると直ちに metabolic rate の低下をもたらすという考え方が可能ではないかと思われる。

文 献

- 1) Dinnuson, W. E., F. N. Andrews and W. M. Beeson (1948) *J. Anim. Sci.*, 7:523
- 2) Andrews, F. N., W. M. Beeson and F. D. Johnson (1950) *J. Anim. Sci.*, 9:677
- 3) Adeyanju, S. A., M. A. Fowler and W. Burroughs (1969) *J. Anim. Sci.*, 29:967
- 4) 上坂章次、並河澄、徳重学、若松繁、塩尻泰一、井手田紀男 (1964) 京大畜産学研究室業績, 186
- 5) 上坂章次、並河澄、徳重学、石橋武彦 (1961) 同上, 151
- 6) 上坂章次、並河澄、徳重学、若松繁 (1962) 同上, 165
- 7) 上坂章次、並河澄、徳重学 (1962) 同上, 167
- 8) Struempfer, A. and W. Burroughs (1959) *J. Anim. Sci.*, 18:427
- 9) Shroder, T. D. and S. L. Hansard (1958) *ibid.*, 17:343
- 10) Fowler, M. A., S. A. Adeyanju, W. Burroughs and E. A. Kline (1970) *ibid.*, 30:291
- 11) Preston, R. L. and W. Burroughs (1958) *ibid.*, 17:140
- 12) Ray, D. E., W. H. Hale and J. A. Marchello (1969) *ibid.*, 29:490
- 13) Preston, R. L. (1968) *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 129:250
- 14) Davis, S. L., U. S. Garrigus and F. C. Hinds (1970) *J. Anim. Sci.*, 30:241
- 15) Burgess, T. D. and G. E. Lamming (1960) *Anim. Prod.*, 2:93
- 16) Turner, C. W. (1956) *J. Anim. Sci.*, 15:13
- 17) 土屋平四郎、野附敏、石原盛衛 (1957) 中国農試報告, 3:6
- 18) 上坂章次、川島良治、並河澄、若松繁、塩尻泰一、山平紀男、松山隆次、和田宏、湯原正高 (1969) 京大畜産学研究室業績, 262
- 19) 石橋武彦 (1961) ホルモン肥育研究会報, 4:10
- 20) Clegg, M. T. and F. D. Carroll (1956) *J. Anim. Sci.*, 15:37
- 21) Martin, E. M. and G. E. Lamming (1958) *Proc. Nutr. Soc.*, 17:68
- 22) Trenkle, A. H. (1969) The use of drugs in animal feeds, National Academy of Science

- 23) 道後泰治、川島良治、上坂章次、佐々木義之 (1970) 日畜学会関西支部報, 58 輯
- 24) Cahill, V.R., L.E.Kunkle, E.W.Klosterman, F.E.Deatherage and E.Wierbicki (1956) J.Anim.Sci., 15:701
- 25) Lindner, H.R. (1964) J.Endocrinol.28:301
- 26) Mckerns, K.W. (1963) Biochim.Biophys.Acta, 71:710
- 27) 石原盛衛、土屋平四郎、出口博信、野附巖 (1957) 中国農試報告, 3:465
- 28) Burroughs, W., A.Raun, E.Cheng and E.K.Kline (1958) Iowa State College, AH Leaflet 240
- 29) 上坂章次、犬塚澄雄、齊田二郎 (1957) 京大畜産学研究室業績, 115
- 30) 上坂章次、犬塚澄雄、齊田二郎、入谷明 (1958) 同上, 125
- 31) 上坂章次、犬塚澄雄、並河澄、齊田二郎 (1960) 同上, 133
- 32) Burris, M.J., R.Bogart and A.W.Oliver (1953) J.Anim.Sci., 12:740
- 33) Davis, S.L., U.S.Garrigus and F.C.Hinds (1970) *ibid.*, 30:229
- 34) Davis, S.L., U.S.Garrigus and F.C.Hinds (1970) *ibid.*, 30:236
- 35) Manchester, K.L.and F.G.Young(1961) Vitamins and Hormones,19:9
- 36) Lukens, F.D.and S.M.Mc Cann (1955) Hypophyseal Growth Hormone, p225
- 37) Richards, R.K.and K.Kueter (1941) Endocrinol., 29:990
- 38) Baum, G.J.and R.K.Meyer (1956) Endocrinol., 58:338
- 39) Lindsay, D.B.(1961) Digestive physiology and nutrition of ruminant, p235
- 40) Bell, M.C., J.R.Taylor and R.C.Murphree (1957) J.Anim.Sci., 16:821
- 41) 上坂章次、川島良治、善林明治、鈴岡正博 (1964) 日畜会報 35:特別号, 147
- 42) Christiansen, W.C., W.Woods and W.Burroughs (1964) J.Anim Sci., 23:984
- 43) Ibarahim, E.A., J.R.Ingalls and N.E.Sanger (1970) Can.J. Anim.Sci., 50:101
- 44) Andrews, F.N.and J.R.Bullard (1940) Proc.Amer.Soc.Anim.Prod., 112
- 45) Andrews, F.N., W.M.Beeson and E.R.Barrick (1947) J.Anim.Sci., 6:1
- 46) Barrick, E.R., W.M.Beeson, F.N.Andrews and C.Harper (1949) *ibid.*, 8:243
- 47) Burroughs, W., A.Raun, and E.Cheng. (1958) Science, 128:147
- 48) 森本宏、高橋明、星井博 (1955) 農技研報告, G10:27
- 49) Trenkle, A.and W.Burroughs (1959) J.Anim.Sci., 18:1545
- 50) Raun, N.S., Burroughs, S.Balloun and P.Homeyer (1962) *ibid.*, 21:98
- 51) Raun, A.P., E.W.Cheng and W.Burroughs (1960) *ibid.*, 19:678
- 52) 上坂章次他 11 名。(1964) 京大畜産学研究室業績 180.