

서귀포시 축산폐수의 발생특성에 관한 연구

허 목*, 이 용 두*, 이 민 규**

A Study on the Characteristics of Livestock
Wastewater in Sogwipo City

Mock Huh, Yong-Doo Lee* and Min-Kyu Lee***

Abstract

As a part of basic investigation and research the present condition and characteristics of livestock wastewater production in Sogwipo City is accessed.

Based on the current data a trend of the livestock wastewater production for the future is predicted. This is our purpose to facilitate this report as a basic guideline for the future livestock wastewater treatment.

The result of this study are summarized as follows :

1. Breeding households of livestock (swine, beef cattle, chicken) decrease every year, but the number of heads per household are increased each year.
2. BOD-loading per day of beef cattle wastewaters investigated 59.2kg, and pollution loadings are suspected 38.3 BODkg/day at 2001 year.
3. The quantity of swine wastewaters were counted 12.4ℓ/head · day, BOD-loadings were reached 45.6kg and suspected same values at 2001 year

서 론

제주지역에서 사육되는 주 가축은 제주도 중산간의 풍족한 목초자원을 이용한 소, 말,

* 해양과학대학 해양환경공학과 (Dept. of Marine Environ. Eng. College of Ocean Sciences)

** 공과대학 화학공학과 (Dept. of Engineering, Chemical Eng., College of Engineering)

양 등의 초식가축이 대부분이었으며 양돈, 양계 등 농후사료 위주의 가축은 사료자원의 제한으로 인하여 그 사업규모가 부업의 형태를 벗어나지 못한 것이 사실이다.¹⁾

서귀포시는 한라산을 중심으로 하여 제주도의 남부중앙에 위치한 세계적인 관광도시로서 제주도 전체면적의 14.4%인 262.97km²면적을 차지하며 전 도시의 85.6%가 임야, 농경지, 과수원 등으로 이루어져 있다. 특히 목장용지는 1985년의 6.85km²에서 1990년에는 7.86km²로 시 전체면적의 약 3%에 불과하며, 총 초지조성면적도 1,422ha에 불과한 실정이다.²⁾

이와 같은 서귀포시의 도시특성에 따라 과거의 축산형태인 방목에 의한 가축의 사육은 거의 불가능해지고 있으며, 오염원의 효율적 관리, 경영의 합리화, UR에의 대처, 지역경제 특히 1차산업의 육성등을 위해서 기업화 또는 전업화된 목장단지의 조성이 일부 계획되고 있으나 이에 따른 입지에정지역 주변의 지역주민의 민원이 다발되고 있는 실정이다.²⁾

이에 본 연구에서는 「서귀포시 분뇨 및 축산폐수처리 기본계획」을 수립하기 위한 기본조사연구의 일환으로 본 서귀포시 분뇨 및 지역내 축산업의 현황을 파악하고 이에 근거한 장래 축산업의 전망을 예측하고자 하였으며, 축산폐수 처리대책을 수립하기 위한 기초자료로서 축산폐수의 발생특성을 분석하고자 하였다.

연구 방법

1. 조사 연구 범위

본 조사연구의 범위는 제주도 서귀포시 관내로 한정하였으며 각종 가축중 오염부하량의 측면에서 보다 중요한 소, 돼지, 닭에 대하여 조사 분석하고 특히 지역현안 중의 하나인 돼지의 사육실태, 전망 및 양돈폐수 처리실태등에 보다 중점을 두었다.

2. 조사 연구 내용 및 방법

1) 축산 현황 분석

오염부하량이 큰 주요가축(소, 돼지, 닭)의 축산현황 분석을 위해 과거의 축산 통계자료(1981년~1990년)를 이용하였으며, 현지 축산농가의 방문조사도 병행하였다.

2) 축산 전망 예측

축산 현황 분석에서의 결과를 토대로 2001년을 목표년도로 설정하여 목표년도까지의 주요가축(소, 돼지, 닭)의 사육 가구수, 사육 마리수 및 사육 가구당 마리수의 전망을

예측하였다.

3) 축산 폐수 발생 특성 분석

주요 가축(소, 돼지, 닭) 별 단위 분뇨 발생량을 문헌조사와 현장조사를 병행하여 조사분석하였으며 수집된 가축분뇨의 물리화학적 특성을 수질 오염공정 시험법⁴⁾과 Standard Method⁵⁾에 준하여 측정 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 축산 현황분석

제주지역의 기후는 목초성장에 적합하고, 초지조성이 가능한 광활한 중산간 지대가 있으며 지역주민들의 목축에 대한 경험축적 등 목축개발에 유리한 조건들을 구비하고 있어 목장과 초지가 넓은 면적을 차지하고 있다.

제주도 전체 면적중 목장용지는 1990년 현재 163,956km²로 약 9%에 불과하나, 초지면적은 65,697ha로 36%정도에 달하고 있으며 이 중 초지조성 가능면적은 44,428ha이다. 그러나 본 서귀포시의 경우는 목장용지가 7,858km²로 시 전체면적의 약 3%에 불과하며, 총 초지 조성면적도 1,422ha에 불과한 실정이다. 아울러 서귀포시 지역의 대규모 목장 중 전기업 목장의 수는 2개소이며, 관영목장 1개소, 부락공동목장은 7개소에 불과하며, 이들 또한 최근의 부동산 투기의 영향으로 그 지속적 사업성이 불명확하다. 따라서 서귀포시 지역의 목축업은 대부분 소규모의 목축이 주를 이루고 있다.

서귀포시 지역에서 사육되고 있는 가축은 한우를 비롯하여, 젓소, 말, 돼지, 닭, 꿩, 꿀벌 등 20여종에 이르고 있다.

한우 및 육우의 사육 두수는 쇠고기 수입에 따른 가격 불안정 등으로 1985년을 기준으로 점차 감소하는 추세에 있으며 사육 농가도 크게 감소하고 있는 추세이며, 호당 평균 두수도 점차 감소되고 있는 상황이다.

그러나 돼지는 사육 가구수는 점차 급격히 줄어들어 1990년에는 67가구에 불과하나 사육두수는 그 변화가 별로 없어 결국 돼지 사육이 대형화, 전업화되고 있음을 알 수 있다. 이와같은 주요 가축의 사육형태를 보다 자세히 분석해 보기 위해서 조사된 각 축종별 사육 규모의 변화는 Fig.1 및 Fig.2와 같다.

Fig.1에서 육우의 사육규모변화가 가구당 1~2마리 사육형태는 86년 이후 급격히 감소되고 있으나 3~6마리 사육형태는 오히려 점차 증가되고 있으나 대형집단사육은 결코 증가되지 못하고 있다. Fig.2의 돼지 사육규모의 변화추세는 가구당 20마리 이하의 소

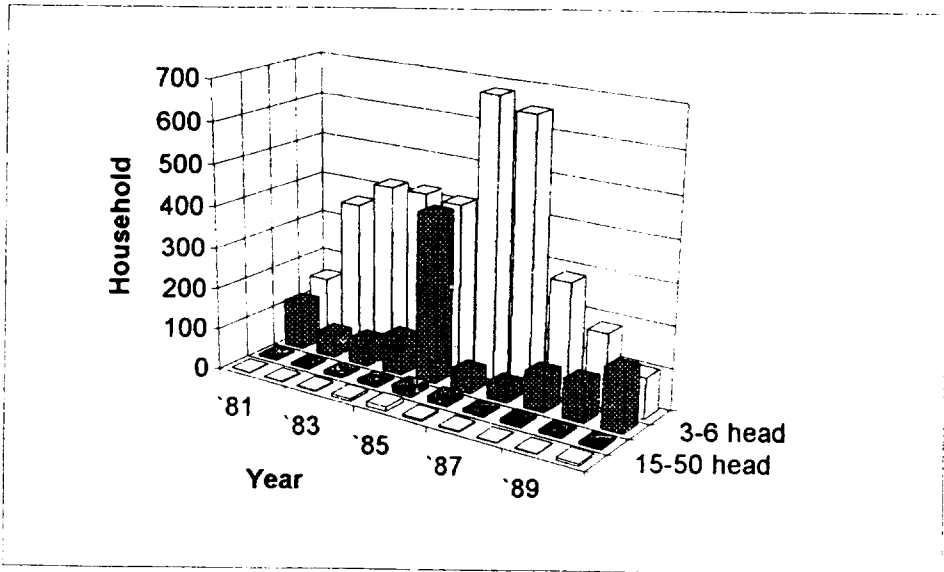


Fig. 1. Variation of Beef Cattle Raising Scale.

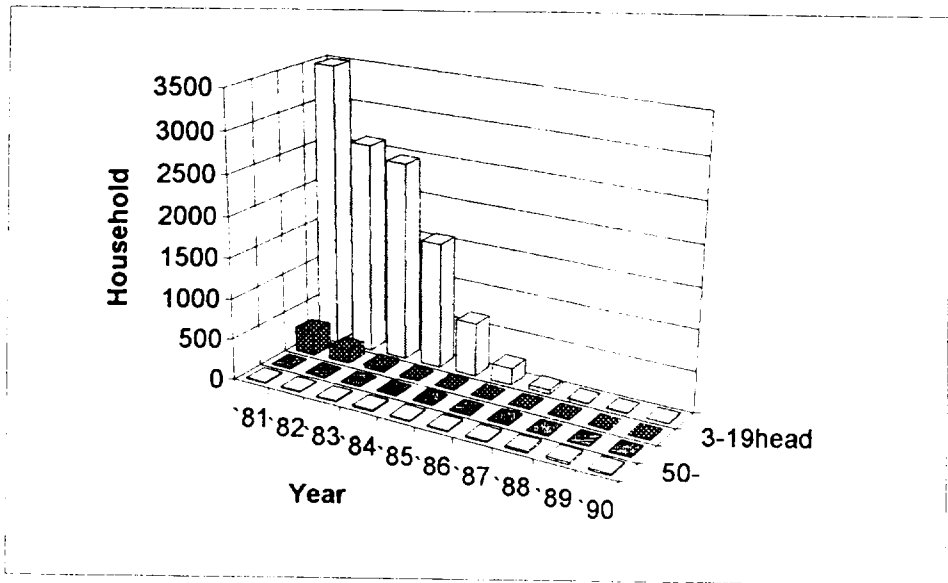


Fig. 2. Variation of Swine Raising Scale.

규모 양돈은 지속적인 감소 추세인데 반해서 50마리 이상의 중·대형 규모의 양돈은 약간씩 증대되고 있다. 아울러, 양돈 사육실태의 지역분포를 조사한 결과 지역별분포가 특히 Fig. 3과 같이 중문동과 예래동지역에 지역적으로 밀집되어 있다는 지역특성을 알 수 있었다. 닭 사육 규모의 용도별 변화 추세는 Fig. 4와 같이 소형 양계는 점차 줄어들

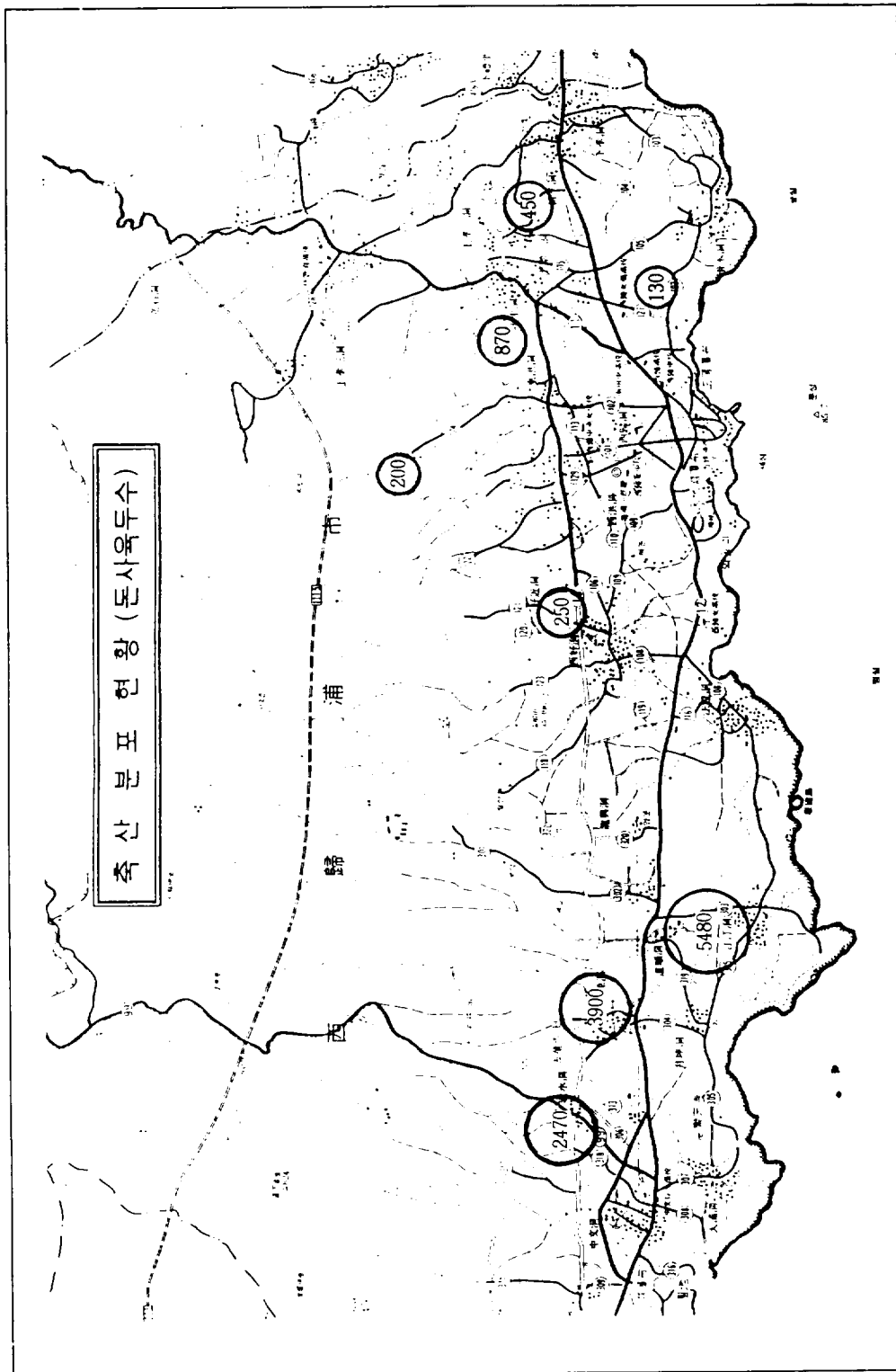


Fig. 3. Local Distribution for Breeding Head Number of Swine in Sogwipo City.

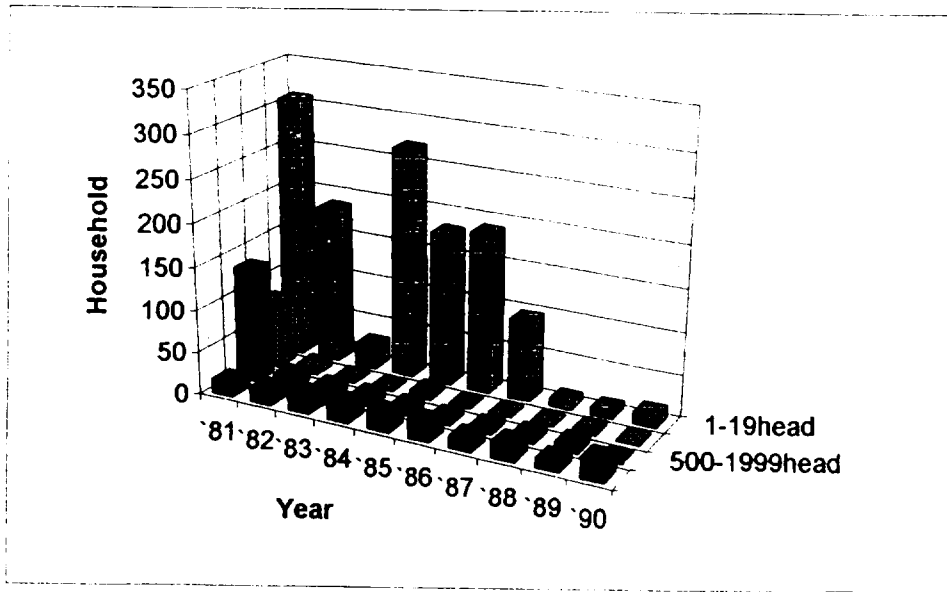


Fig. 4. Variation of Chicken Raising Scale.

고 있음에 반하여 기업형의 대형 양계 (2,000마리 이상)의 형태는 큰 변화가 없음을 알 수 있었다.

2. 축산전망 예측

서귀포시의 제반 입지적인 여건과 과거 10년간의 축산 현황분석을 기초로 하여 향후 10년후의 축산전망을 하여 보았다.

앞 절에서도 전망된 바와 같이 본 시는 관광산업이 증가 되는 국제 해양 관광 도시로의 발전이 기대되므로 초지조성의 급격한 증대나 가축사육의 대폭적인 증가가 결코 전망되지는 않으며 오히려 가축사육의 형태도 관광산업과의 연계발전에 관한 요구가 제시되고 있다. 따라서 소, 말, 돼지, 꿀벌 등의 사육도 일부는 관광목장의 형태로서의 사육 방법으로 발전될 수 있다고 본다.

과거 10년간의 축산 현황 분석에 근거하여 주요 가축에 대한 계획 년도 2001년도까지의 축산 전망을 한 결과 다음 Fig.5, Fig.6, Fig.7 및 Table 1과 같다.

그림에서와 같이 육우의 사육은 서귀포시의 도시화에 따른 토지가의 상승 등으로 그 입지여건상 점차 감소되는 경향은 지속될 것이나 사육가구당 사육규모는 현재의 평균 약 2.4마리 수준보다 다소 향상될 것으로 전망하였다.

돼지사육의 경향은 그 사육 두수는 육우의 사육 경향에서 지적된 바와 같이 제반입지

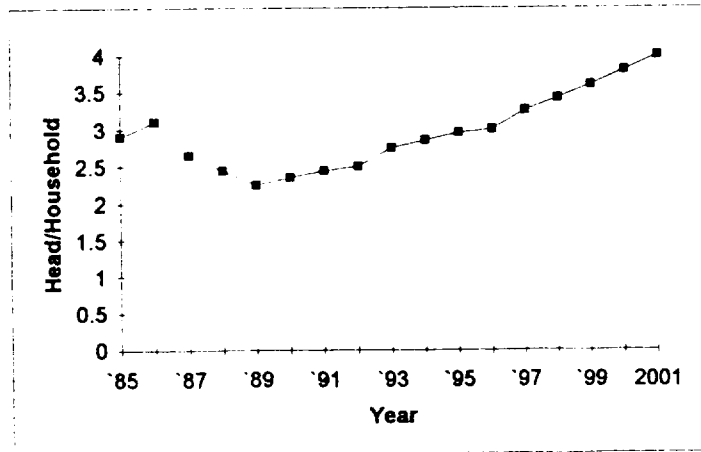
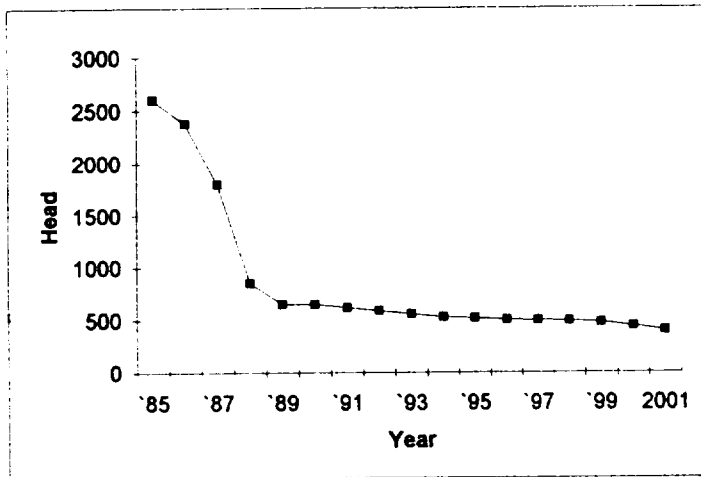
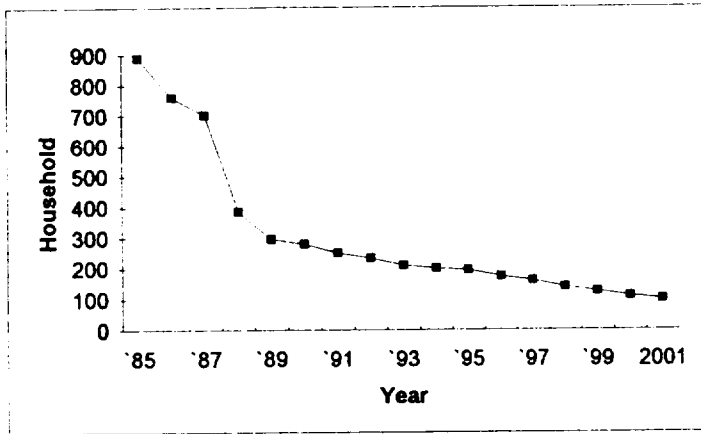


Fig.5. The Present Condition and A View of Beef Cattles

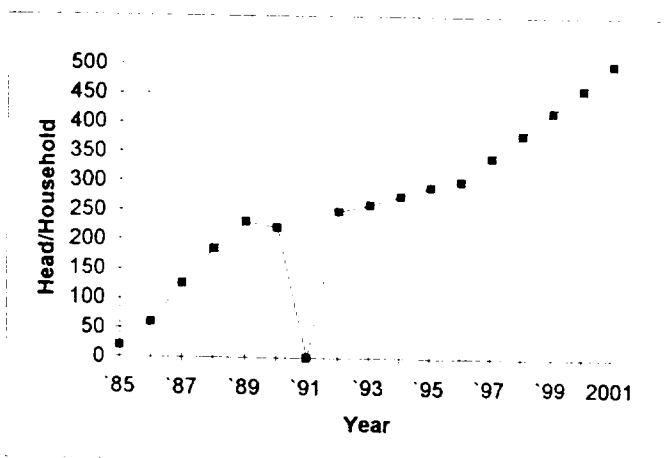
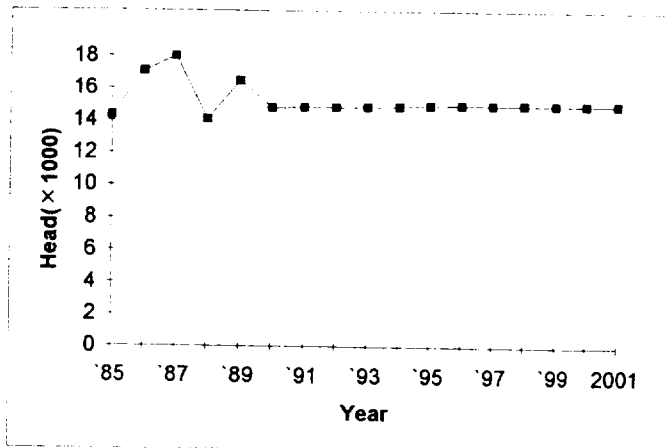
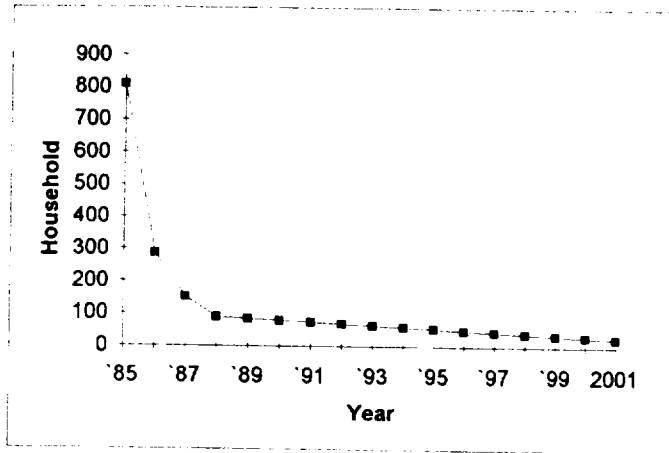


Fig. 6. The Present Condition and A View of Swines

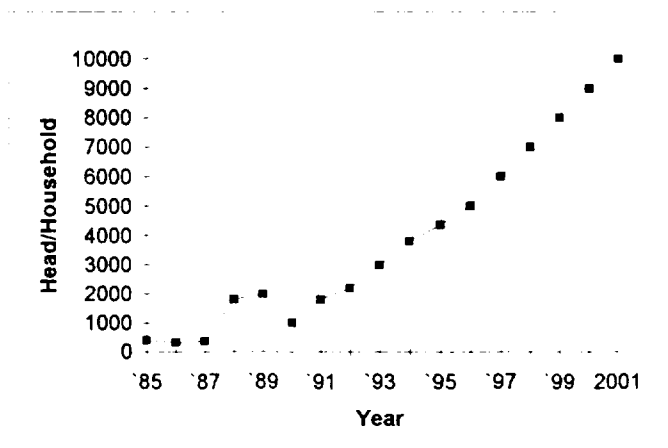
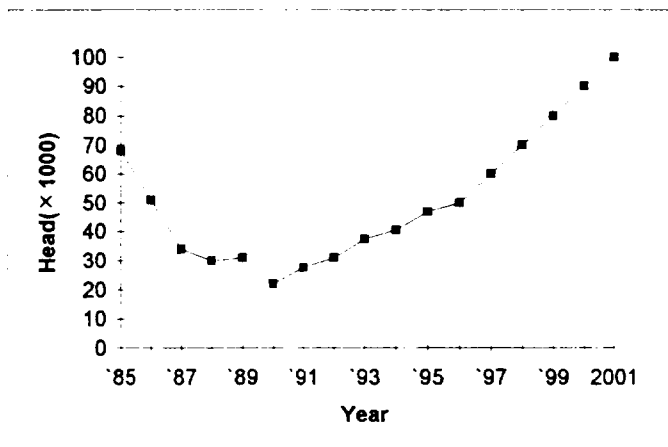
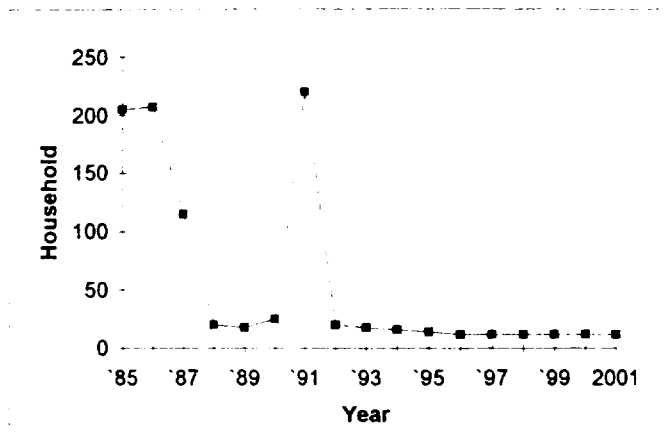


Fig. 7. The Present Condition and A View of Chickens

Table 1. Present of Livestocks in Sogwipo City

(Unit : House, Head)

Year	Beef cattle			Swine			Chicken		
	House -hold	Head	Head /Household	House -hold	Head	Head /Household	House -hold	Head	Head /Household
1996	167	500	3.0	50	15,000	300	10	50,000	5,000
2001	100	400	4.0	30	15,000	500	10	100,000	10,000

여건과 특히 돼지사육에 따라 발생하는 주변지역민과의 민원발생 등에 따른 영향으로 현상태의 수준을 지속적으로 유지할 것을 전망되나, 사육규모의 형태는 차후에 보다 강화될 폐기물 처리 및 배출수 규제강화, 인건비의 상승, 사료가의 상승 등의 각종 경영악화 인자가 많기 때문에 이를 극복하기 위해서는 부득불 대형화하지 않고는 안될 것이다. 아울러 닭의 경우는 돼지 사육의 경우와 마찬가지로 사육규모가 대형화되어 전기업 형태의 사육이 될 것으로 가구당 사육 마리수는 점차 증가될 것으로 전망된다.

3. 축산폐수의 발생특성 분석

축산분뇨의 발생량은 급식 사료의 종류와 양, 급수량, 가축의 체중 등에 따라 발생량이 크게 변화되고, 가축의 체중, 사육규모, 관리방법 등에 따라서도 발생 분뇨의 특성

Table 2. Unit Nightsoil Production of Livestocks⁶⁾

Livestock		Age(month), Weight (kg)	Unit Nightsoil Production(kg/head/day)		
			Feces	Urine	Total
Korean Cattle		Below 6	4.5	1.5	6.0
		6-12	11.5	4.0	15.5
		Above 12	22.0	5.5	27.5
Beef Cattle		Below 6	4.5	1.5	6.0
		6-12	10.5	3.5	14.0
		Above 12	22.5	6.5	29.0
Dairy Cattle	Calf	Below 6	4.5	1.5	6.0
	Heifer	6-12	12.0	3.0	15.0
		12-24	35.4	5.1	19.5
	Cow	Above 12		13.0	48.4
Swine	Piglet	10-21(kg)	1.0	1.0	2.0
	Grouing	22-50(kg)	1.8	1.9	3.7
	Grouing	51-90(kg)	2.5	2.9	5.4
	Sow, Boar	Above(kg)	3.2	4.8	8.0

또한 많은 차이가 있다. 가축에 의해 발생하는 총 분뇨의 발생량을 산정하기 위해 Tabel 2과 같은 각 종류별, 체중별 평균발생량의 자료를 이용하여 축산분뇨의 배출원 단위를 다음 Table 3와 같이 산정하였다. 아울러 축산분뇨의 물리화학적 특성은 Table 4에서와 같이 우분(한우, 젖소, 육우)은 BOD가 20,000~25,000mg/ℓ의 범위에 있고, 돼지분의 경우는 더 높아 약 60,000mg/ℓ 정도이며, 노의 BOD는 종류에 구별없이 대체로 3,500~4,000mg/ℓ 범위로 나타났다. 아울러 축사에서 발생하는 오수의 특성은 축사의 형태, 분리작업, 청소작업 및 사용수량 등에 의해서 크게 변화된다.

Table 3. Unit Nightsoil Production of Essential Livestocks in Sogwipo City

Livestock	Weight (kg)	Daily Unit Nightsoil Production (kg/head/day)			Yearly Unit Nightsoil Production (kg/head/Year)		
		Feces	Urine	Total	Feces	Urine	Total
Swine	60	3	3	6	1,095	1,095	2,190
Dairy Cattle	450	30	10	40	10,950	3,650	14,600
Korean Cattle	340	15	5	20	5,475	1,825	7,300

Table 4. Physico-chemical Characteristics of Livestock Nightsoil

Item (mg/l)	Feces		Urine	
			Pig	Cow
BOD 5	62,749	24,442	5,114	3,998
COD	35,030	19,600	9,297	5,997
SS	223,000	119,000	4,500	5,000
TKN	4,664	9,300	7,780	8,344
Cl ⁻	1,695	2,191	1,344	5,167
Water Conten (%)	78.5	84.2	-	93.2
P ₂ O ₄ (% dry)	1.68	0.44	0.15	0.004
pH	7.0-7.3	7.0	7.6-8.4	8.3

축산폐수의 발생특성은 Table 5와 같다. 특히 돼지 사육 시설에서의 발생폐수의 평균 BOD는 2,510mg/ℓ이고, 평균 COD는 1,680mg/ℓ, 평균 SS가 1,660mg/ℓ 정도이고 단위 폐수 발생량은 돼지 1두당 1일에 평균 12.4ℓ의 폐수가 발생된다. Table 3에서의 분뇨배설량과 Table 5에서의 원폐수발생특성의 자료를 이용해서 추산된 주요 가축에 의한 총 분뇨발생량과 총 폐수발생량, 총 BOD부하량의 발생추이는 다음 Table 6과 같이 추산되었다.

Table 5. Production Characteristics of Raw Wastewater from Livestock Farming

Item	Wastewater Volume (l/head/day)		B O D (Mg/l)		C O D (Mg/l)		S S (mg/l)	
	Mean	Range	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean
Dairy Facility	40	17-60	2.790	2.500 -3.200	2.340	2.000 -3.000	1.270	1.000 -1.700
Bef Cattle Facility	33	30-40	2.900	2.700 -3.000	2.340	2.000 -3.000	1.230	1.000 -1.700
Pig facility	12.4	6-33	2.510	1.290 -5.000	1.680	760 -3.000	1.680	440 -4.000

Table 6. The Overview of Pollution Loading by Esdential Livestock

Class Year		Total Breeding (head)	Unit Nightsoil Production (kg/head/day)	Total Nightsoil Production (ton/day)	Unit Wastewater Production (l/head/day)	Raw Wastewater BOD (g/l)	Total Wastewater Production (m ³ /day)	Total BOD Loading (kg/day)
Beef Cattle	1990	617	20(15)	12.3(9.3)	33	2.9	20.4	59.2
	1996	500		10.0(8.0)			16.5	47.9
	2001	400		8.0(6.0)			13.2	38.3
Swine	1990	14,710	6(3)	88.3(44.2)	12.4	2.5	182.4	456.0
	1996	15,000		90.0(45.0)			186.0	456.0
	2001	15,000		90.0(45.0)			186.0	456.0
Total	1990			100.6(53.5)			202.8	515.2
	1996			100.0(52.5)			202.5	512.9
	2001			98.0			199.2	503.3

(l is feces into Bightsoil

표에서와 같이 1996년과 2001년도에 발생될 1일 총분뇨발생량은 100ton과 98ton이며, 이중 분의 발생량은 52.5ton과 51.0ton으로 추산되었다. 그리고 총체수의 발생량과 총 BOD부하량은 1996년도에 202.5m³/일과 512.9kg/일이며, 2001년도에는 199.2m³/일과 503.3kg/일의 양이 배출될 것으로 추산되었다.

결 론

서귀포시 지역내의 축산업의 현황을 파악하고 이에 근거한 장래 축산업의 전망을 예측 수행한 결과와 발생특성을 조사분석한 주요결과는 다음과 같았다.

1. 돼지 사육규모의 변화 추세는 소규모 양돈은 지속적인 감소추세인데 반해서 중, 대형규모의 양돈은 약간씩 증가하고 있으며, 지역별로는 중문·예래동지역에서 지역적으로 밀집되어 있는 지역적 특성을 알 수가 있었다.
2. 육우의 사육가구수와 사육 마리수는 점차 감소추세로 전망되나 가구당 마리수는 다소 증가될 것이다.
3. 돼지의 사육가구수는 감소되나 가구당 사육 마리수는 2001년도에 가구당 500마리 정도로 증가되어 전체 사육마리수는 현재수준에서 미약하게 증가될 것이다.
4. 닭의 사육가구수는 점차 감소되나 가구당 사육마리수는 2001년도에 가구당 10,000마리 정도리 증가되어 기업화됨에 따라 사육마리수는 현재보다 5배가량 증가될 것이다.
5. 육우의 단위 폐수발생량은 33ℓ/두·일이었으며, 총 20.4m³/일의 육우 사육에 따른 축산폐수가 발생되어 이에 따른 1일 총 BOD부하량은 59.2kg으로 계산되었고 2001년도에는 총 13.2m³/일의 축산폐수와 38.3kgBOD/일의 오염부하가 발생할 것으로 전망되었다.
6. 돼지의 단위 폐수발생량은 12.4ℓ/두·일이었으며, 총 182.4m³/일의 돼지사육에 따른 축산폐수가 발생되어 이에 따른 1일 총 BOD부하량은 456.0kg으로 계산되었고 2001년도에는 총 186.0m³/일의 축산폐수와 456.0kgBOD/일의 오염부하가 발생할 것으로 전망되었다.

참 고 문 헌

- 1) 정창조, 1991, 한라년감, 344~349.
- 2) 한라일보, 1992. 10. 6일자, 「양돈단지 표류 언제까지」
- 3) 제민일보, 1992. 12. 14일자, 「축산폐수 심각하다」
- 4) 환경처, 1991, 수질오염공정시험법(수질, 폐기물 편)
- 5) Standard Methods for Water and Wasterwater, 1985, APHA. AWWA. WPCF
- 6) 한국과학기술원, 1990, 전국축산분뇨 적정관리대책