

# “슬러리”의 유효이용에 대해서

김 용 속 譯

## 1. 서 론

「가축분뇨는 저금통이다。」라고 하는 농가가 있다. 또 쌓아놓은 퇴비에서 흘러나오는 물을 아깝다고 탄식하는 농가가 있다. 한편에서는 「돈을 지불해도 좋으니까 분뇨를 가져갔으면 좋겠다。」라는 농가도 있다. 또 우사주변이 분뇨 투성인채로 습지나 강으로 흘러가는 것을 「그다지 신경쓰지 않는다。」라는 농가도 있다. 어느쪽이 올바른 대답인가를 감지하는데에 그다지 긴 세월이 필요하지 않을 것이다.

낙농을 계속하는 한 분뇨는 항상 생산된다. 이것을 어떻게 능숙한 방법으로 활용할 수 있는가가 21세기 낙농전략의 한가지이다. 분뇨처리, 이용기술은 아직도 충분히 확립되어 있지 않지만, 여기에서는 당면한 슬러리의 이용기술에 대해서 서술하고자 한다. 즉 슬러리는 똥과 오줌의 혼합물인 액상분뇨인 것이다.

## 2. 슬러리의 생산량

체중이 500~600kg인 착유우가 하루에 배설되는 똥은 40kg, 오줌은 20kg이라고 한다. 또 체중이 400~600kg인 성우는 하루에 똥 27.5kg, 오줌 13.5kg를 배설한다고 한다. (표1) 그러나 최근 고능력화에 따라 젓소는 대형화되고 착유우의 평균체중은 650kg에 달하고 있다. 따라서 젓소의 분뇨생산량은 더욱 늘어날 가능성이 크다. 10여년 전에 농업개발보급소가 조사

표1 젓소의 분뇨배설량(생중량)

구분	체 중	일 1두당			1년간 1두당		
		분량	노량	분노합계	분량	노량	분노합계
	kg	kg	kg	kg	t	t	t
착유우	500~600(550)	30~50(40.0)	15~25(20.0)	45~75(60.0)	14.6	7.3	21.9
성 우	400~600(500)	20~35(27.5)	10~17(13.5)	30~52(41.0)	10.6	4.9	15.5
육성우	200~300(250)	10~20(15.0)	5~10( 7.5)	15~30(22.5)	5.5	2.7	8.2
송아지	100~200(150)	3~ 7( 5.0)	2~ 5( 3.5)	5~12( 8.5)	1.8	1.3	3.1

주) ( )안에는 평균적인 수치를 나타낸다.

한 바에 따르면, 경산우 1두당 슬러리 생산량은 연간 약 20톤이었다.

이상의 것을 감안하면 경산우 1두당 하루 60kg의 슬러리를 생산한다고 생각해도 무방하다. 이 경우 1년간의 생산량은 21.9톤이다.

1978년부터 1984년에 걸쳐서 초지낙농지대의 낙농가로부터 채취한 슬러리 97가지에 대한 성분조성을 표2에 나타냈다.

이 표에 의하면 슬러리의 질소(N) 함유율은 0.37%, 인산(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 함유율은 0.13%, 칼리(K<sub>2</sub>O) 함유율은 0.45%로 변동폭은 작았다. 더구나 이들 수치는 발농사 낙농지대에서 생산된 슬러리와 비교해서 성분조성 및 그 변동 폭 모두 큰 차이를 보이지 않았다.

표1과 표2에서 초지낙농지대의 경산우 1두당 1년간에 생산하는 슬러리속의 비료성분량은 질소(N)가

표2 유우 슬러리의 성분조성 (원물중)

	pH	중발산유 물(RE) (%)	간속성량 (L) (%)	T-C (%)	T-N (%)	C/N 비	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	CaO (%)	MgO (%)
평균치	7.2	8.5	6.8	3.25	0.37	8.8	0.13	0.45	0.18	0.07
최대치	8.0	11.3	9.4	4.46	0.52	13.3	0.18	0.69	0.25	0.12
최소치	6.5	3.8	3.0	1.45	0.23	5.0	0.07	0.23	0.07	0.05
표준편차	0.34	1.60	1.43	0.67	0.06	1.68	0.02	0.09	0.03	0.01
변동계수	4.26	18.83	20.89	20.64	15.52	19.19	16.15	19.62	19.05	15.75

80kg, 인산(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)이 30kg, 칼리(K<sub>2</sub>O)가 100kg이다. 현재 1kg당 비료가격을 N이 125엔, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>가 225엔, K<sub>2</sub>O이 70엔으로 가정하면 경산우 1두당 1년간에 생산하는 슬러리의 비료 환산가격은 질소 : 10,000엔, 인산 : 6,750엔, 칼리 : 7,000엔, 합계 약 24,000엔이 된다.

그러나 이 성분이 100% 비료성분으로 유효하게 사용할 수 없기 때문에 화학비료 대체율(현행 N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 40%, K<sub>2</sub>O 90%)을 고려한다면, N : 4,000엔, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : 2,700엔, K<sub>2</sub>O : 6,300엔 합계 약 13,000엔이 된다.

그러나 슬러리는 잘 운용한다면 비료 효과는 더욱 높아질 수 있기 때문에 비료적 가치는 한층 높아진다. (표3) 또 이것은 질소, 인산, 칼리만을 평가한 것으로 슬러리에는 이것외에 CaO, MgO, 미량요소등이 함유되어 있다. 게다가, 미생물성, 물리성의 개선효과 등도 가미한다면 슬러리의 이용가치는 한층 높아진다.

정말로 슬러리는 저금통인 것이다.

표3 경산우 두당 년간의 비료성분생산량과 그 가격평가

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	비 고
슬러리-중의 비료성분량	80	30	100	(kg/두·년)
비료가격	125 (유안)	225 (과석)	70 (갈가)	(엔/kg)
슬러리-성분의 비료환산 가격	A 10,000 B 4,000 C 8,000	6,750 2,700 5,400	7,000 6,300 6,300	(엔/두·년) 로 평가

주) A: 전량평가, B: 현행의 대체율(N, P40%, K90%)로 평가

C: 연속사용조건·건에서 대체율(N, P80%, K90%)로 예측할 경우)로의 평가

### 3. 언제 사용(施用)하면 효율적인가?

티모시혼과초지(조성 4년째)를 이용해서 표4에 나타난 여섯 시기에 슬러리를 4t/10a 사용했다. 대조되

표4 슬러리의 사용시기의 처리

처리구	시용년월일	목초의상태등
9월 상순	82. 9. 10	2번초 수확후
10월 상순	82. 10. 28	월동체제이행기
12월 중순	82. 12. 14	월동중, 토양동결후
5월 중순	83. 5. 18	맹아후기
5월 하순	83. 5. 27	유수형성기
7월 중순	83. 7. 18	1번초 수확후

주) 7월중순시용구의 1번초때는 무시비때이다. 이외에 관행 시비구, 무시비 지역을 만들었다.

는 관행 시비때에는 이른봄(5월 상순)에 高度化成「122」를 40kg/10a, 1번초 벤 후에 高度化成「456」30kg/10a, 연간 합계로써 N, P, K를 8.2, 9.5, 15.8kg을 10a에 사용했다. 이 때 연간 합계 건물수량(乾物)은 그림1에 표시한 바와 같이 9월 상순과, 10월 하순은 관행 시비구와 거의 같고, 이어서 5월 중순, 12월 중순, 5월 하순은 현저하게 낮은 수확이었다. 슬러리의 성분은 시용시기에 따라 달라졌는데, 특히 5월 중순, 12월 중순에 시비한 것은 9월 상순보다 상당히 낮았다. 그래서 사용된 N, P, K 각 성분에 대한 시비효과(각 처리 시기의 수량과 무시비때의 수량차를 시용 성분량으로 나눈 수치)를 그림2에 표시했다.

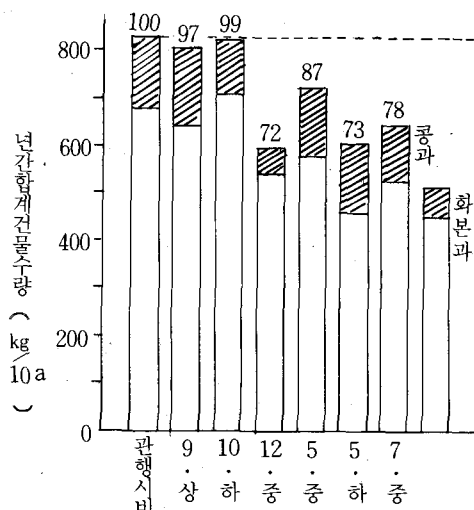


그림1 슬러리의 시용시기별효과

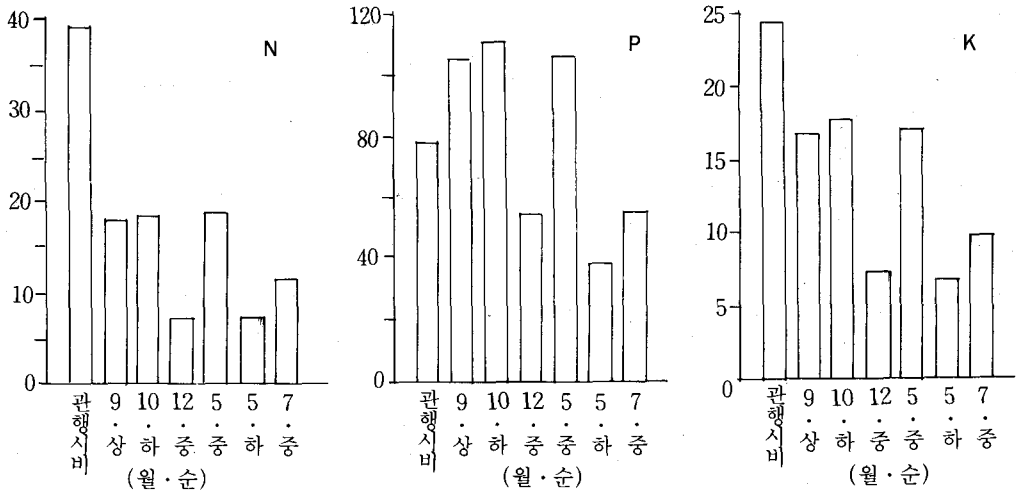


그림2 슬러리에서 성분 1kg당 증수량(비효율\*)

\*시비효율 =

$$\frac{\text{각처리구의 수량} - \text{무시비구의 수량(kg/10a)}}{\text{시용 성분량 (kg/10a)}}$$

이것에 의하면 모든 성분에 대해서도 9월 상순, 10월 하순, 5월 중순때의 슬러리 시비효과는 거의 똑같이 높았고, 12월 중순, 5월 하순, 7월 중순의 것은 낮았다. 12월 중순에 수확이 낮았던 것은 시용된 각 성분이 충분히 흡수되지 않았기 때문이다. 양분이 토양에 존재하고 있는 경우는 없었다. 아울러 토양이 동결하기 시작하는 12월 이후의 시용에서는 양분이 유실되어서 목초에 흡수 이용되지 않기 때문에 시비효과가 저하된다. 따라서 가을 슬러리 사용시기는 9월 상순~10월 하순까지 2개월간을 시용 해야만 된다. 또 5월 상순이 수확이 낮았던 것은 1번초의 생산을 높여주는 시비시기로서는 너무 늦었기 때문이다.

1번초의 수량을 높이기 위해서는 이삭형성기 전까지 질소를 충분히 공급해서 1번초 수량을 많게 하는 이삭 주기수를 확보하는 것이 중요하다. 5월 상순은 티모시의 이삭형성기에 해당되기 때문에 이 시기에 시용하더라도 이삭줄기의 증대로는 연결되지 않을 것이라고 생각한다. 따라서 봄의 슬러리의 사용시기는 5월 상순~중순으로 해야만 한다. 그리고 7월 중순이

수확이 떨어졌던 것은 최고로 높은 수확이 되는 1번초에 무시비했기 때문이다. 덧붙여서 2번초만을 보면, 관행시비때와 같은 수량을 나타내고 있다. 이것은 첫 번째 수확 후의 추비로서 슬러리를 사용하더라도 그만큼의 효과를 나타내지만, 같은 양을 사용한다면 전술한 가을이나 봄에 사용하는 편이 증수효과가 높다는 것이다. 요약하면 1번초에 효과가 있도록 해야 된다는 것이다.

#### 4. 어느만큼 사용해야 되는가?

89년부터 초지의 시비표준이 개선되어서, 두과비율에 의한 질소시비량을 변화시킨 것이 지도되고 있다. 두과비율이 다른 초지에 슬러리 사용량과 화학비료에 의한 시비방법은 다음과 같이 한다.

예를 들면, 티모시 위주초지인 유형(티모시가 50% 이상, 두과비율이 30~50%)에는 연간 N-P-K=4-10-22kg/10a가 필요하다. 이 초지에 슬러리를 2t/10a 사용하면 화학비료로 환산해서 N-P-K=4-1-8kg/10a가 공급되는 것이기 때문에 부족분인

P-K=9-14kg/10a를 화학비료로 보충하면 좋다. 구체적으로는 이른봄에 P-K=6-7kg/10a, 첫번째 수확후에 P-K=3-7kg/10a를 사용하는 것이 이상적이다. 그러나 초지의 두과비율에 따른 슬러리의 사용량과 화학비료의 보충량을 세분화하는 것은 너무 번거롭다. 그래서 두과식물을 혼파한 초지(시비표준 유형 1~2초지, 두과비율 15~50%)에는 슬러리를 2~3t/10a 사용하고, 부족분인 P-K=8-12kg/10a 정도를 화학비료로 보충하도록 했다. 또 대부분의 화분과 초지(유형 3~4초지, 두과비율 15%미만)에는 슬러리를 5~6t/10a 사용하고, 부족분인 P-K=3-5kg/10a 정도를 화학비료로 보충하도록 했다.

이 경우 슬러리는 전술한 가을 또는 봄에 사용한다. 단 슬러리를 1년에 4t/10a 이상 사용할 경우에는 가을이나 봄에 한 번 사용하는 것보다도, 가을과 봄에 나누어서 사용하는 편이 보다 효율적이다. 특히 미숙화(未熟火), 산성토(山性土)와 같이 거친 알맹이로 부식함량이 적고 투수성(透水性)이 양호한 위에 전기 전도도가 적고, 양분보지력이 약한 토양에서는 특히 주의를 해야만 한다. 게다가 슬러리의 연간 사용한계량은 6t/10a 정도로 해야만 한다. 슬러리 1t당 K<sub>2</sub>O 평가량은 4kg이므로, 6t/10a 사용하면 24kg이 되어서, 시비표준인 K<sub>2</sub>O 사용량 22kg/10a를 초과해 버리기 때문이다.

화학비료의 보충량에 대해서는 슬러리 사용에 의한 비료절감량을 1t당 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=2-0.5-4kg으로 가정했을 경우이다.(표5)

슬러리의 비료효과는 땅과 오줌의 중간적이기 때문에 가을 또는 봄에 사용하면 2번초에 대해서도 비료

효과가 지속된다고 생각할 수 있다. 따라서 화학비료의 보충시기는 실제적으로는 이른 봄에 한번으로 좋다고 생각한다. 또 슬러리의 비료효과는 외관상 연속 사용에 의해서 높아지는 것이 예상된다. 그림3은 티모시 위주초지(유형 3~4초지)에 슬러리를 가을과 봄에 각각 1, 2, 4, 6t/10a씩을 연속사용한 경우의 수량변화이다. 이것을 보면 슬러리 4t/10a이상을 연속 사용하면 해가 갈수록 증수경향을 볼 수 있다는 점과, 슬러리만의 사용으로 건물(乾物) 800kg/10a(관행 시비때와 같이) 정도의 수량을 안정되게 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다. 즉 슬러리의 연속사용에 의해서 화학비료의 보충량을 해마다 감소시킬 수 있다는 것이 가능하다. 이와 같이 슬러리시스템 도입 농가에서는 슬러리 위주의 시비에 따라서 대폭적인 화학비료의 절감을 실현할 수 있는 것이다.

표5 자급비료원물 1t당 비료절감 가능량 (kg)

자급비료	성분	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
급히취헌 비료		1.5	1.0	3.0
슬러리		2.0	0.5	4.0
원뇨		5.0	0	11.0

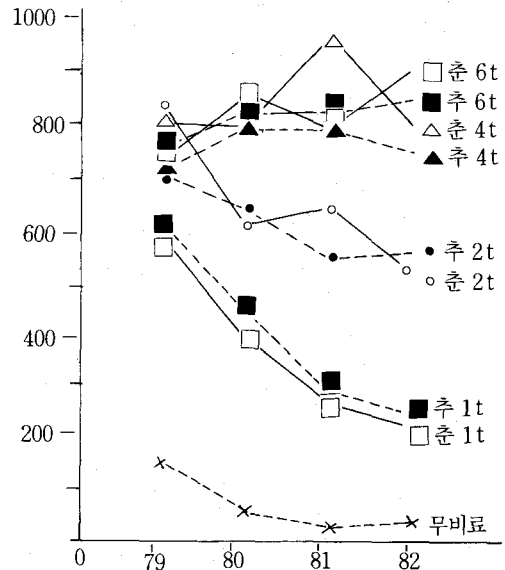


그림3 슬러리의 연속사용에 의한 목초수량 연도변화

## 5. 슬러리 속의 질소함유율 간이추정법

슬러리를 유효하게 이용하기 위해서는 슬러리 속의 성분조성(특히 질소)을 알아둘 필요가 있다. 슬러리 속의 질소함유율의 부착율은 오줌투성이 속의 오줌부착율과(0.05~0.8%)에 비하면 적다. 그러나 根掘지방의 슬러리속의 질소함유율의 실태(표2)에서는 0.23~0.52%의 폭이 었기 때문에 슬러리의 비료효과를 보다 정당하게 평가하기 위해서 질소함유율을 간단하게 추정하는 방법이 있다면 편리하다.

그래서 다음과 같이 슬러리속의 질소함유율을 추정할 것을 제안하고 있다.

- ① PH의 측정 : 슬러리 원액속에 유리전극을 넣고 PH를 측정한다.
- ② 전기전도도(EC)의 측정 : 원액속에 EC 메타의 모타를 기포가 들어가지 않도록 해서 MS(미리지멘스)/cm의 단위로 측정한다.
- ③ 증발잔류물(RE)의 측정 : 슬러리를 105°C에서 증발시켜 단단하게 된 잔류물에 대한 비율(%)을 산출한다. 이들 수치를 이용해서 여러번 분석한다. 그 결과 다음 식에 의해서, 실

용상 거의 지장이 없는 정도(精度)로 슬러리속의 질소함유율을 추정할 수 있다.

질소함유율의 추정치 =  $(-1.106 + 1.021 \times PH - 0.$

$$341 \times RE + 0.111 \times EC) \times \frac{RE}{100}$$

더우기 간편한 추정방법으로는 슬러리를 물과 1:1(용적비)로 희석해서 EC를 측정하는 것도 보고되었다.(그림4)

이들 수치를 참고로 보면서 적정량의 시용이 되도록 신경쓰도록 한다.

## 6. 끝맺는 말

가축분뇨는 귀중한 자급비료이다. 이제까지 서술한 바와 같이 비료적 효과도 높다. 우사에서 분뇨를 전량 회수해서 초지에 전량 사용하는 시스템으로 슬러리 방식은 유리한 면이 있다.

그러나 낮은 가격으로 합리적인 시설 및 슬러리 시용에 의한 잡초전파의 문제, 악취대책의 문제 등 이것들을 해결해야 될 과제도 많다. 환경문제와 연관해서 분뇨의 유효이용은 금후 낙농의 커다란 흐름이다. 분뇨의 악취제거 기술의 연구에도 착수하고 있는 중이다.

여러가지 문제를 안고 있는 지금도 슬러리를 활용해서 화학비료를 대폭적으로 절감하고 있는 농가도 등장했다. 분뇨처리 이용의 흐름이 유연하게 진행되지 않으면 낙농은 문자 그대로 똥에 막힌다. 행정, 연구기관, 지도기관, 농가가 일체가 되어서 합리적인 분뇨처리 이용시스템을 구체화할 시기에 와있다.

끝으로 다시 한 번 말한다. 「슬러리는 역시 저금통이다.」 저금통 속에서 어떤 방법으로 돈을 빼내는가는 낙농가 자신들의 수단에 달려 있는 것이다.

※ 본 내용은 일본의 목초와 원예 '92년 8월호에서 번역한 것임.

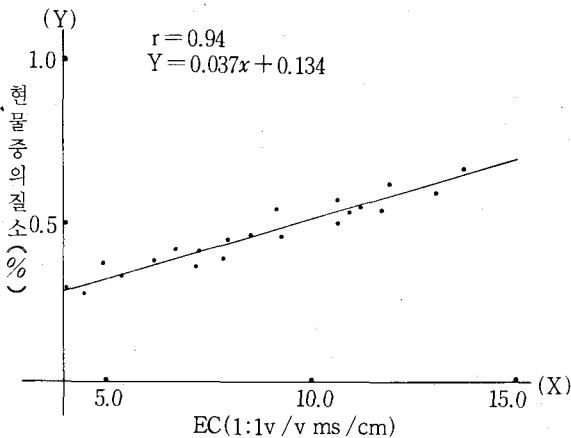


그림4 EC와 슬러리중 N 함량과의 상관관계  
(1977년, 방목현농사)