

# 家畜 糞尿 醱酵時 惡臭가스 生成抑制劑 施用 効果에 關한 研究

尹世永\* · 李相奎\*\*

## Effects of Physico-chemical and Microbiological Inhibitors for Odour gas Evolution in the Fermentation of Livestock Feces

Sei-Young Yun\* and Sang-Kyu Lee\*\*

### SUMMARY

A series of laboratory experiment was conducted to find out the effects of physico-chemical, microbiological and commercial inhibitors on the odorous gas evolution in the fermentation of livestock feces. The results obtained were summarized as follows.

1. The rate and amount of evolution of gas were the highest at 7 days after incubation, thereafter gradually decreased until 24 days after incubation.
2. The rate and amount of gases were evolved in order of  $\text{CO}_2$  >  $\text{N}_2\text{O}$  >  $\text{CH}_4$  >  $\text{NH}_3$  >  $\text{H}_2\text{S}$ , respectively.
3. The highest amount of methane gas was evolved from the poultry feces, those of carbon dioxide and nitrous oxide were evolved from the pig feces, and that of hydrogen sulfide was dominantly evolved from the cattle feces.
4. Negative correlation were obtained between the total amounts of  $\text{NH}_3$  and  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  and  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{CH}_4$ , while positive correlations were obtained between the amounts of  $\text{CO}_2$  and  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$  and  $\text{NH}_3$ , and  $\text{NH}_3$  and  $\text{N}_2\text{O}$ , respectively.
5. There was no significantly inhibiting effect obtained that the application of commercial gas inhibitor as VK 88. On the other hand there was significantly inhibiting effect obtained when application of fertile paddy soil and photosynthetic bacteria to the fermentation of livestock feces.

### 緒 言

근래 농경지의 가축사육 농장에서 자연적으로 생성되는 가스로 인한 악취 문제는 농업환경 오염과 함께 사회적 문제로 대두되고 있다. 농경지에서 악취의 주원인은 가축분뇨의 생산, 처리 및 사용 등에 의하며, 이는 농후사료의 사용과 경지면적 당 사양두수의 증가로 더욱 심각해지고 있다. 악취가스의 생

성은 가축분의 저장기간 중 혐기적 발효과정을 통하여 가축분 속의 纖維素와 含窒素 및 含硫黃 有機物質이 분해될 때 생성된다. 따라서 가축분뇨를 저장, 처리 혹은 이용하는 주위에는 사람의 후각에 싫게 느껴지는 냄새가 생성된다. 이로 인하여 신선한 농경지 주위의 민가에까지 영향을 미쳐 惡臭로 인한 분쟁이 생기게 되며, 때로는 곤충류가 번식하여 위생상 좋지 않은 영향을 미친다.

\* College of Agronomy, Sangji University 220-000, Wonju City

\*\* Agricultural Sciences Institute, 440-707, Suwon City

자연 속의 비옥한 농경지 토양은 미분해 유기물이 생성하는 악취를 自然的으로 消滅시켜 주며, 또한 微生物의 分解物質에 의하여 複合粒團構造가 발달하게 된다. 이 결과 강한 강수에도 地表水가 滲透하여지지 않고, 토양중의 물은 깨끗하게 유지되며, 논토양의 관개수는 自然的으로 淨化되어 가스의 발생이 억제되게 된다. 그리고 악취를 발생하는 축사의 排水나 下水에서도 토양에서와 같은 淨化作用이 일어나 악취가 없어지고 水質이 淨化되므로 農業 環境의 自然 淨化의 循環이 되풀이 되어 일어나게 된다.

土壤의 淨化力, 有機物分解力 및 기타 微生物 活性이 增加되면 土壤 自體가 環境 汚染에 대한 耐性을 가지게 되고, 또한 유용한 생물이 많이 繁殖하게 되므로 未分解家畜糞尿를 시용하더라도 土壤 自體의 淨化作用에 의하여 惡臭 가스를 생성하지 않고 分解되어 土壤 微生物의 營養源과 에너지源으로 利用된다.

그러나 때로는 畜舍 내의 排泄物이나 저장 중의 糞尿 또는 농경지에 시용된 분뇨로부터 발생하는 惡臭 가스는 경우에 따라서 人畜에 直接的으로 害를 미치는 경우도 있다. 이와 같이 人畜에 直接的으로 害를 미치는 가스의 종류는 舍室素 有機物로부터 이산화질소, 아민 및 암모니아 가스, 含硫黃 有機物로부터 黃化水素, 머-캅탄, 메칠-숄파이드 등과 揮發性 脂肪酸 類가 同時에 發生된다<sup>1,5)</sup>.

Koyama와 Yamane 등<sup>6)</sup>은 환원상태의 논 土壤에서 유기물의 嫌氣的 分解時 輕時的 가스의 생성과 생성량에 대해서 보고하였으며, Pschorn 등<sup>9)</sup>은 비 재배 기간 중 還元土壤에서 생성되는 메-탄 가스의 생화학적 작용에 대한 연구를 수행하였다. Bethea<sup>3)</sup>와 Jones 등<sup>7)</sup>은 이들 악취 생성량의 측정방법을 경지면적 당 사육 두수로 환산하여 보고한 바 있다.

그러나 家畜을 사양하는 畜舍內, 農耕地 土壤에 家

畜 糞尿 施用時 好氣的 혹은 嫌氣的 分解時 혹은 實驗室 條件에서 輕時的 惡臭 가스의 生成量과 種類에 대한 基礎 研究은 거의 없다.

본 實驗의 목적은 家畜糞尿의 醱酵 과정 중 발생하는 가스의 종류 및 量과 理化學的 혹은 生物學的 抑制 方法에 대한 基礎資料를 얻고자 鷄糞, 牛糞, 豚糞 등의 家畜 糞尿를 이용하여 실험한 결과를 알아 보고자 한다.

材料 및 方法

1) Gas 生成 抑制 物質

본 시험에 사용한 질석은 표 1에서와 같이 pH가 7.6으로 높고, C.E.C.가 19.9me/100g으로 낮은 직경 0.1~0.5mm의 충남 광천산 질석을 사용하였다.

試驗에 使用된 토양은 표 2에서와 같이 pH가 6.1로 높고, 유기물이 2.1%로 우리나라 논 土壤 平均 有機物 含量 보다 낮으며, C.E.C.는 11.5me/100g으로 전국 논토양 평균치와 비슷한 정도의 논 土壤을 사용하였다.

供試材料인 우분, 돈분 및 계분은 축산시험장에서 분양받은 것으로 건조물의 분석치는 표 3과 같으며 가스 生成 抑制 製品으로 販賣되고 있는 VK88은 삼화 질석 주식회사 제품을 사용하였다. 한편 光合成 細菌은 우리나라 논 土壤에서 分離同定한 *Rhodospirillum rubrum*을 사용하였다.

Table 2. Physico-chemical Properties of Soil used

pH (1:5)	OM (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Exch. Cat. (me/100g)				C. E. C. (me/100g)
			K	Ca	Mg	Na	
6.1	2.1	61.4	0.50	7.24	0.23	1.76	11.5

Table 3. Chemical composition of livestock feces\* (Unit: %)

Feces	C/N	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
Cattle	24	0.44	0.38	0.30	0.62	0.25
Pig	11	0.80	1.07	0.25	1.30	0.40
Poultry	7	3.59	4.03	2.18	8.54	1.17

\* Dry matter bases

Table 1. Physico-chemical Properties of Vermiculite used

pH (1:5)	OM (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Exch. Cat. (me/100g)				C. E. C. (me/100g)
			K	Ca	Mg	Na	
7.6	1.1	5.2	0.9	28.8	3.9	2.1	19.9

*rillum photometriam*을 액체 배양하고, 菌體數가  $\times 10^6$  cfu/ml 되게 농축하여 이 용액 10ml를 가하여 발효시켰다.

2) 供試材料의 증진 및 醱酵

250ml들이 가지 달린 가스 포집병에 증류수 100ml를 넣고 공시 생우분, 생돈분 및 생계분을 각각 30g씩 충전하여 증류수 내에 균일하게 풀었다. 그리고 가스 생성 억제제인 질석과 토양 및 光合成 細菌은 증류수량의 10% (W/V)가 되게 첨가하여 가축분뇨와 잘 혼합하였다.

3) 가스 채취 및 분석

각종 가축 분뇨가 처리된 가지 달린 가스 포집병은 실리콘 마개를 하고 가지에는 고무관을 연결 핀치코크를 하여 28°C 항온기 내에서 항온하였다. 그리고 光合成 細菌의 培養은 12시간은 조명상태에서 그리고 12시간은 暗상대로 자동 조절되는 항온기 내에서 항온하였다. 가스 채취는 채취 1시간 전에 콤프레셔를 사용하여 가지 달린 가스포집병에 들어 있는 가스를 1기압 정도로 吸引 抽出하고 다시 1기압 만큼 질소가스를 충전하였다. 질소가스가 충전된 가스 포집병은 28°C 항온기 내에서 1시간 동안 항온한 후 1ml들이 1회용 플라스틱제 주사기를 사용하여 생성된 가스 1ml를 채취하여 분석에 이용하였다.

본 시험에서 사용한 가스 분석용 칼럼의 종류와 충전제는 표 4와 같다.

TCD를 이용한 분석은 injector의 온도를 85°C로, TCD 온도를 90°C 그리고 Filament 온도는 120°C로

조절하여 사용하였고 FID를 이용한 분석은 injector 온도를 85°C, Detector 온도를 65°C로 조절하였다. 칼럼 내 물체의 운반 가스는 헬륨을 사용하였으며流速은 30m/min로 조절하여 사용하였다.

4) 供試材料의 化學分析

공시 가축분뇨, 질석 및 토양의 성분 분석은 농업 기술연구소 토양 및 식물체 분석법<sup>11)</sup>에 준하여 실시하였다.

結果 및 考察

가축 분뇨의 種類別 輕時的 가스 發生은 牛糞, 豚糞, 鷄糞 모두 비슷한 경향을 보였는데 우선 계분을 재료로 하여 발효시 생성량을 보면 그림 1과 같다.

1) 輕時的 가스 發生

二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)의 생성량은 恒溫 7일째 20~30 mg/100g/hr로 가장 높았으며, 그 이후에는 점차 감소하여 恒溫 24일 경에는 5mg/100g/hr 이하로 감소되었다. 한편 처리간에는 무처리구에서 發生량이 가장 낮고 光合成 細菌 접종구에서 가장 높았는데 이 생성량의 차이는 恒溫 24일 까지 계속 유지되었다.

메탄(CH<sub>4</sub>) 가스의 輕時的 發生량은 VK88 및 Vermiculite 첨가구에서 恒溫 1일부터 3일 사이에 높았고, 5일째는 감소되었으나 恒溫 7일 째에 가장 높은 發生량을 보였으며, 그 후 급속히 감소하였으나 다시 서서히 增加되는 傾向을 보였다. 처리간 發生량은 VK88 첨가구에서 가장 높고 다음은 Vermiculite 첨

Table 4. Colum materials and condition for measurement of odour gases

Gases	Method	Packing material	Mesh	Kinds of colum	Length of colum	Colum Temp.	Flow Rate (ml/min)
CO <sub>2</sub>	TCD	Carbosphere	80/100	Stainless Steel	2m	180°C	30
CH <sub>4</sub>	FID	Porapak -Q	60/80	Stainless Steel	2m	45°C	30
N <sub>2</sub> O	TCD	Porapak -T	60/80	Glass Colum	2m	30°C	30
NH <sub>3</sub>	TCD	Chromosorb -104	60/80	Stainless Steel	2ml	75°C	30
H <sub>2</sub> S	TCD	Hayesep -Q	60/80	Stainless Steel	2ml	45°C	30

TCD injector : 85°C, TCD 90°C Filament : 120°C

FID injector : 85°C, Detector : 65°C

Carrier gas : He

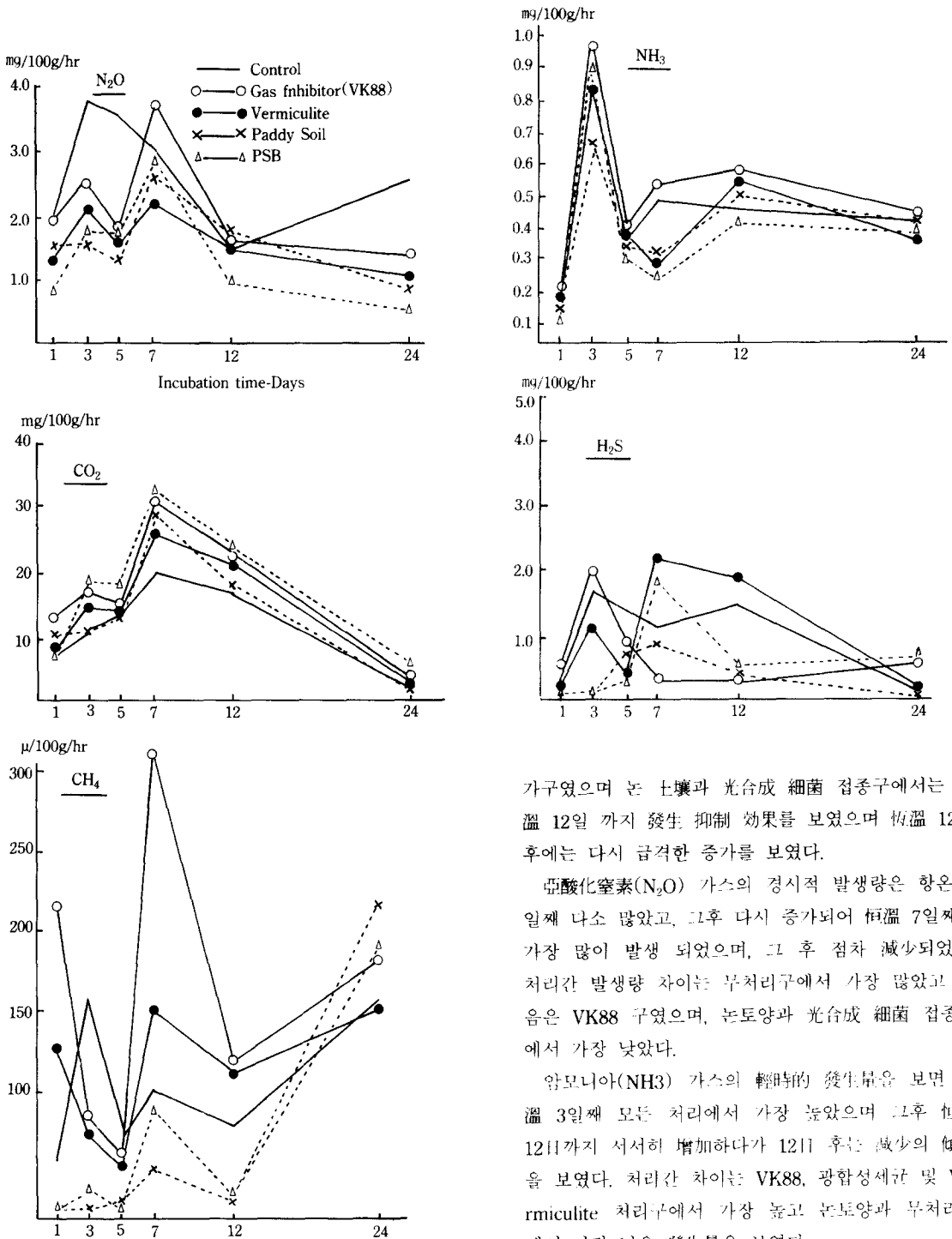


Fig. 1. Rate and amount of pollutant gases evolved in the different treatment during anaerobic fermentation time of poultry feces.

가구였으며 논 토壤과 光合成 細菌 接種구에서는 恒溫 12일 까지 發生 抑制 效果를 보였으며 恆溫 12일 후에는 다시 급격한 증가를 보였다.

亞酸化窒素(N<sub>2</sub>O) 가스의 經時적 발생량은 恒溫 3일째 다소 많았고, 그후 다시 증가되어 恒溫 7일째에 가장 많이 발생 되었으며, 그 후 점차 減少되었다. 처리간 발생량 차이는 부처리구에서 가장 많았고 다음은 VK88 구였으며, 논토양과 光合成 細菌 接種구에서 가장 낮았다.

암모니아(NH<sub>3</sub>) 가스의 輕時的 發生量을 보면 恒溫 3일째 모든 처리에서 가장 높았으며 그후 恒溫 12일까지 서서히 增加하다가 12日 후에는 減少의 傾向을 보였다. 처리간 차이는 VK88, 광합성세균 및 Vermiculite 처리구에서 가장 높고 논토양과 부처리구에서 가장 낮은 發生量을 보였다.

黃化水素(H<sub>2</sub>S) 가스의 發生量은 恒溫 3일째 多少 높았다가 7일까지 감소되었으며 그후 제2차의 높은

발생량을 보였으며 12일 이후는 서서히 감소되었다. VK88 처리구는 향은 3일째 가장 높았으며 그후 감소되어 증가하지 않았고 그외 처리는 모두 2차의 높은 발생량을 보였다. 處理間 發生量 差異를 보면 Vermiculite 와 光合成細菌 添加구에서 가장 높았고 는 토양과 VK88 添加군에서 가장 낮았다.

2) 家畜糞尿의 種類別 發生量 差異

家畜糞尿의 種類別 恒溫期間中 單位時間 平均 가스 發生量을 보면 表 5와 같다.

二酸化炭素의 材料別 平均 發生量은 豚糞을 材料로 하고 Vermiculite를 添加 했을 때 3,170mg/100g/hr으로 가장 많았으며 반대로 계분을 材料로 했을 때 41.4mg/100g/hr으로 가장 낮았다.

메탄 가스의 발생량은 계분을 醱酵材料로 使用했을 때 가장 많았으며 特히 계분에 VK88을 添加했을 때 547.0mg/100/hr으로 가장 많았으며 豚분을 材料로 하고 는 土壤을 添加 했을 때 14.1mg/100g/hr으로 가장 낮았다.

亞酸化窒素(N<sub>2</sub>O)의 發生量을 材料別로 보면 豚糞을 材料로 使用했을 때 가장 많이 發生되었으며 處理別로는 Vermiculite 添加時 가장 많은 發生量을 보였으며 鷄糞을 材料로 했을 때 가장 적었다.

암모니아는 豚糞을 재료로 했을 때 가장 많은 량을 발생시켰으며 鷄糞을 材料로 사용했을 때 가장 낮은 發生量을 보였다. 處理別로는 家畜糞尿의 種類에 따라 相異했는데 豚糞을 재료로 했을 때 는 土壤 添加區에서 가장 많은 量을 發生시킨 반면 鷄糞을 재료로 했을 때 역시 는 土壤 添加區에서 가장 적은 發生量을 보였다.

黃化水素의 發生率은 牛糞과 豚糞을 재료로 사용했을 때 Vermiculite 添加區에서 가장 많은 量을 發生시켰으며 鷄糞을 材料로 했을 때 는 土壤과 光合成細菌 處理時 가장 낮은 발생량을 보였다.

3) 가스 發生量 相互 關係

각종 家畜糞의 발효시 발생되는 가스가 상호간 어떤 영향을 미치는가를 알고자 관계 조사 결과를 보면 그림과 같다.

그림에서와 같이 二酸化炭素와 亞酸化窒素 및 암모니아 가스 그리고 亞酸化窒素와 암모니아 가스는 뚜렷한 正相關關係를 보였다.

農耕地 土壤은 作物 栽培 期間中 土壤 微生物의 好氣 및 嫌氣性 分解作用에 의하여 많은 種類의 炭素, 窒素 및 黃源의 가스가 發生된다. 이 들 가스의 일부는 循環에 의하여 다시 植物 및 微生物의 營養

Table 5. Effects of application of physico-chemical and microbiological inhibitor in the odour gas formation during anaerobical fermentation of cattle and poultry manur

Treatment	Amount and average of gases evolved during incubation time (µg/100g/hr)														
	Methane (CH <sub>4</sub> )			Ammonia (NH <sub>3</sub> )			Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> )			Nitrous oxide (N <sub>2</sub> O)			hydrogen sulfide(H <sub>2</sub> S)		
	CF*	RF*	PoF**	CF	PF	PoF	CF	PF	PoF	CF	PF	PoF	CF	PF	PoF
Control	59.0	19.6	327.5	22.6	43.0	1.54	886	2,524	41	173	554	10	22.4	25.8	3.89
Gas inhibitor (VK88)	62.0	22.8	547.0	26.0	63.2	1.80	1,176	2,626	60	260	458	8	19.6	24.0	3.19
Vermiculite	64.0	16.4	357.3	40.4	64.2	1.48	2,284	3,170	51	278	604	5	33.3	24.9	3.13
Paddy soil	85.8	14.1	316.4	30.2	67.6	1.37	2,066	3,106	50	321	592	6	23.1	22.8	1.09
PSB	63.4	23.9	148.5	25.8	53.2	1.42	1,472	2,238	58	230	586	5	26.0	25.1	1.58

\* Average of 50 days incubation. \*\* Average of 24 days incubation  
 RSB=Photosynthetic bacteria (Rhodospirillum photometricum)  
 CF : Cattle feces, PF : Pig feces, PoF : Poultry feces

源으로 되며 일부는 대기 중으로 방출되어 大氣 汚染源으로 作用하게 된다. 그러나 처리 시설의 미비로 인하여 근래 농경지 단위 면적 당 가축 飼養 頭數의 增加 및 濃厚飼料의 使用 增加로 生成되는 家畜 糞尿는 土壤, 水質 및 大氣汚染의 原因으로써 國內의 적으로 사회적 문제로 대두되고 있다<sup>2,3,4)</sup>.

따라서 家畜 糞尿의 醱酵時 發生되는 암모니아, 黃化水素, 머어갑탄 등의 惡臭가스 發生을 理化學的 或은 微生物學的 方法으로 抑制코자 하는 연구가 進行되고 있다<sup>5,8)</sup>.

각종 家畜 糞尿의 嫌氣的 醱酵에 의한 發生 氣量은 相對的으로 二酸化炭素>亞酸化窒素>메탄>암모

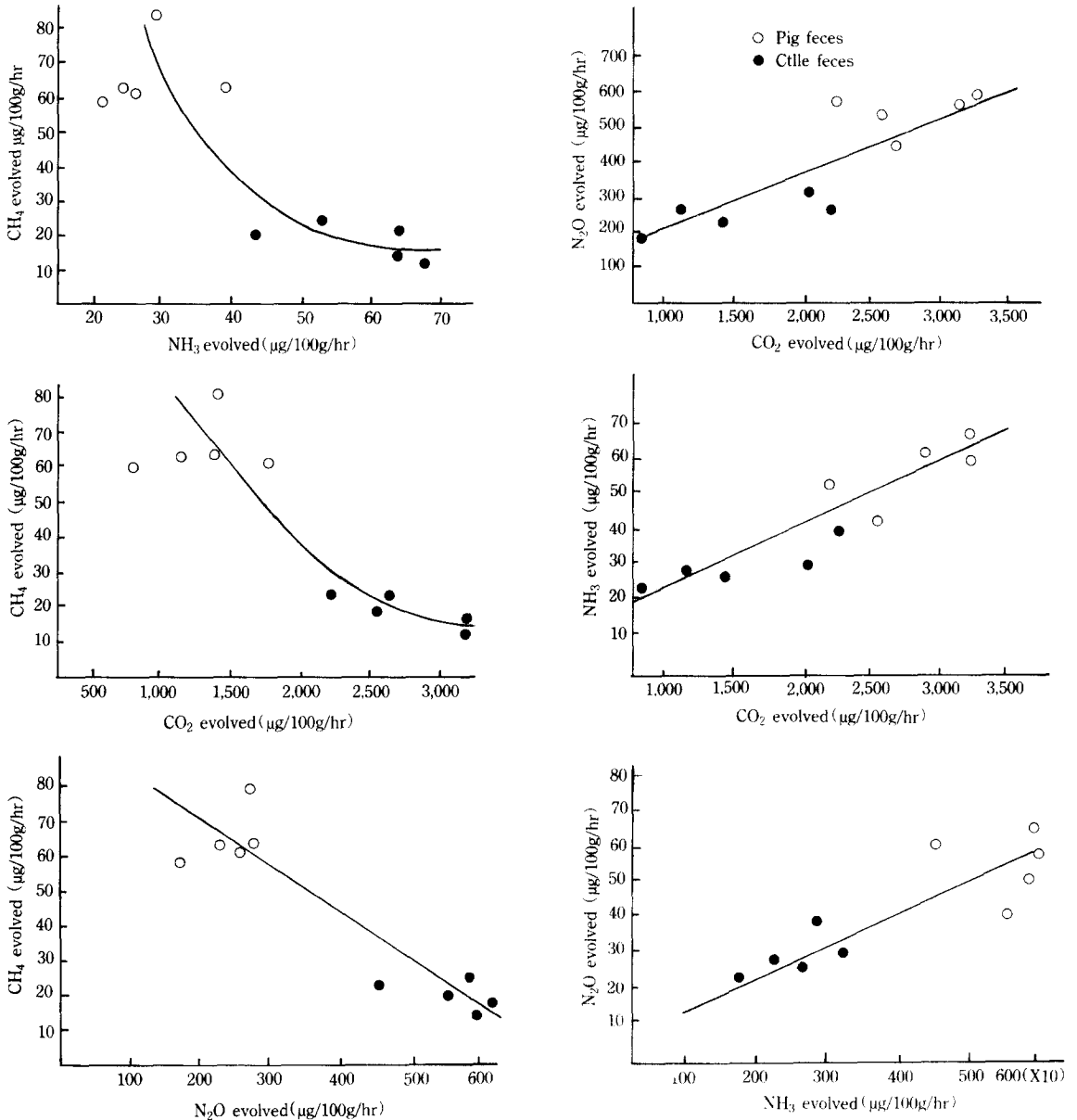


Fig. 2. Relationship between carbon and nitrogen sources of gas evolved during anaerobic fermentation of livestock feces.

니아) 황화수소의 순으로 많았다. 그리고 家畜 糞尿의 種類別 가스 발생량을 보면 메-탄은 계분을, 암모니아, 二酸化炭素 및 亞酸化窒素는 돈분을, 황화수소는 牛糞을 사용했을 때 가장 많은 발생량을 보였다.

한편 惡臭 發生 抑制劑로서 販賣되고 있는 VK88은 우분, 돈분, 계분 등의 가축분에서 생성되는 암모니아 및 유화수소의 생성 억제에 현저한 효과를 보이지 못했다. 그리고 VK88을 계분에 처리했을 때에는 메-탄, 二酸化炭素 및 암모니아의 發生量을 오히려 증가시키는 경향을 보였다. Vermiculite의 處理는 암모니아 및 황화수소의 發生量을 抑制시키는 效果가 多少 있으나 뚜렷하지 못하였다. 논 土壤의 處理는 惡臭源인 암모니아와 황화수소의 抑制에 뚜렷한 效果가 있었으며 특히 牛糞 및 豚糞 使用時 메-탄, 二酸化窒素 및 亞酸化窒素의 發生量을 增加시켰다. 논 土壤이 암모니아 및 황화수소의 發生 抑制 效果가 뚜렷한 것은 논 土壤 중 암모니아 酸化菌에 의하여 窒化作用이 增加되므로써  $N_2$  혹은  $N_2O$ 로써의 발생이 증가된 것으로 생각된다<sup>10)</sup>.

또한 논 土壤의 好氣的 혹은 嫌氣的 微生物은 家畜 糞尿에서 發生되는 황화수소를 황화합물 혹은 還元 物質로 變化시키는 能力을 가진 微生物의 役割이 크기 때문인 것으로 생각된다.

한편 光合成細菌의 處理는 牛糞과 豚糞을 材料로 使用했을 때 암모니아와 황화수소의 發生 抑制 效果는 전혀 없었으나 鷄糞을 材料로 使用했을 때는 뚜렷한 抑制 效果를 보였다. 그 원인은 우분 및 돈분을 醱酵 材料로 使用하여 光合成細菌을 處理했을 때 發生되는 二酸化炭素 및 亞酸化窒素는 암모니아 발생과 正相關關係를 갖는 것으로 보아 이들 微生物 간에 相補的인 관계가 있는 것으로 생각된다.

自然環境에서 微生物의 基質로 利用되는 無機成分의 種類와 數는 대단히 많으며 微生物에 의하여 無機成分이 基質로 利用될때는 同化 및 異化作用에 의한다. 本試驗結果  $CH_4$ 와  $NH_3$ ,  $CH_4$ 와  $CO_2$ ,  $N_2O$ 와  $CH_4$ 의 發生量間에는 서로 負相關關係를 보였는데 微生物의 基質 利用面에서 強한 酸化狀態에서 生成된  $NO_3^-$ -N 및  $NO_2^-$ -N와 같은 窒素原과  $CO_2$ ,  $CH_3COOH$ ,  $CH_3COOH$  등과 같은 炭素物質은 代謝過程에서 同時에 서로 경쟁적으로 利用되기 때문에 負相關關係를 갖는 것으로 생각된다<sup>12)</sup>.

한편  $CO_2$ 와  $N_2O$ ,  $CO_2$ 와  $NH_3$ 의 發生量間에는 正相關關係를 보였는데 이원인은 微生物의 基質 利用面에서 炭水化合物의 量이 많으면 많을수록 同化量이 增加되고 따라서 窒化作用과 脫窒作用이 增加되는데 基因된 것으로 생각된다. 따라서 獨立營養細菌에 의한 窒化作用과 脫窒作用은 細菌의 基質인  $NH_3$  量이 많으면 많을수록 同化產物인  $NO_3^-$ -N 와  $N_2O$ 의 生成量이 比例的으로 增加되기 때문에  $NH_3$ 의 發生量과  $N_2O$  量은 서로 正相關關係를 가지는 것으로 생각된다<sup>12)</sup>.

## 摘 要

鷄糞, 牛糞, 豚糞 등의 家畜糞尿가 醱酵시 發生되는 惡臭가스에 대한 理化學的, 生物學的 抑制效果 및 市販 惡臭抑制劑의 施用效果에 대한 室內試驗結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 恒溫期間中 各種가스의 輕時的 發生量은 恒溫 7 일경 가장높은 發生量을 보였으며 구후는 점차 減少되었다.

2. 嫌氣的醱酵에 의한 가스의 總發生量은 二酸化炭素( $CO_2$ ) > 亞酸化窒素( $N_2O$ ) > 메-탄( $CH_4$ ) > 암모니아( $NH_3$ ) > 황화수소( $H_2S$ )의 順으로 많았다.

3. 家畜糞 種類別 가스 生成량을 보면 鷄糞에서 메-탄, 豚糞에서 二酸化炭素 및 亞酸化窒素, 그리고 牛糞에서 황화수소가스의 發生量이 많았다.

4. 各種가스 發生量間의 相關關係를 보면  $NH_3$  와  $CH_4$ ,  $CO_2$ 와  $CH_4$ ,  $N_2O$ 와  $CH_4$ 는 負相關關係를 보였고  $CO_2$ 와  $N_2O$ ,  $CO_2$ 와  $NH_3$  및  $NH_3$  와  $N_2O$  間에는 正相關關係를 보였다.

5. 農家に 流通되는 惡臭 抑制劑인 VK88은 암모니아의 發生을 오히려 增加시켰으며 황화수소 發生을 抑制시키는 效果가 있었으나 顯著的 效果는 아니었으며 VK88은 Vermiculite와 類似한 結果를 보였다.

6. 自然界的 論土壤과 光合成細菌의 添加는 암모니아, 亞酸化窒素 및 황화수소의 發生抑制 效果가 뚜렷하였다.

## 引 用 文 獻

1. Babich, H. and Stotzky, G. 1978. Influence of pH on inhibition

- of bacteria, fungi, and coliphages by bisulfite and sulfite. *Environ. Research.* 15 : 405~417.
2. Barynin, J.A.M. and Wilson. M.J.G. 1972. Outdoor experiments on smell. *Atmos. Environ.* 6 : 197~207.
3. Bethea, R.M. 1972. Solutions for feedlot odour control problems. *J. Air pollut. Cont. Assoc.* 22 : 765~773.
4. Burnett, R.M. 1972. Solution for feedlot odour control problems. *J. Air Pollut.* 22 : 765~773.
5. Dorling, T.A. 1977. Measurement of odour intensity in farming situations *Agri. & Environ.* 3 : 109~120.
6. Koyama, T. 1964. Recent research in the fields of hydrosphere, atmosphere and nuclear geochemistry. Maruzem, Tokyo 143~177.
7. Jones, K.B.C and Riley, C.T. 1980. Origins and nature of farm wastes. *Proc. Symp. on Farm Wastes.* 10 : 1~5.
8. 北村 博, 森田茂廣, 山下仁平. 1984. 光合成細菌. 學會出版 センタ. 112~128.
9. Pschorn, A.M., Conrad, R. and Seiler, W. 1985. Production oxidation and emission of methane in rice paddies. *Microbiol. Eco.* 34 : 343~351.
10. Schlegel, H.G. 1974. Production, modification and consumption of atmospheric trace gases by microorganism. *Tellus.* 20 : 11~20.
11. 土壤化學 分析法 : 1988 農業技術研究所. 55~109.
12. 柳田友道. 1984. 微生物學 (4卷) 學會出版 センタ. 94~95.