

15

発酵処理による家畜糞尿の
Recyclingに関する実験的研究

押 田 敏 雄

発酵処理による家畜糞尿の
Recyclingに関する実験的研究

押 田 敏 雄

目 次

第1章	諸 言	1
第2章	家畜糞尿の発酵処理に関する農業工 学的研究	3
2.1.	発酵処理装置に関する研究	
2.1.1.	装置の仕様	
2.1.1.1.	本 体	
2.1.1.2.	附属品	4
2.1.2.	発酵の条件	5
2.1.2.1.	材 料	
2.1.2.2.	適正曝気量	6
2.1.2.2.1.	材料および実験方法	
2.1.2.2.2.	結 果	7
2.1.2.3.	適正混合比	8
2.1.2.3.1.	材料および実験方法	
2.1.2.3.2.	結 果	
2.1.3.	発酵処理物の理化学的性状の変 化	9
2.1.3.1.	材 料	
2.1.3.2.	分析方法	10

2.1.3.2.1.	試料の調製法	10
2.1.3.2.2.	試料の分析法	11
2.1.3.3.	結果と考察	20
2.1.4.	小 括	31
2.2.	発酵の定義・意義およびその指 標	39
2.2.1.	発酵の定義	
2.2.2.	発酵の意義	41
2.2.3.	発酵の指標	43
2.2.4.	小 括	44
2.3.	発酵の微生物学的研究	46
2.3.1.	総 説	
2.3.2.	液状発酵処理物の発熱発酵に伴 なう細菌の動態	50
2.3.2.1.	材 料	
2.3.2.2.	実験方法	
2.3.2.3.	結 果	51
2.3.2.4.	考 察	52
2.3.3.	小 括	54

第3章	発酵処理物の安全性(特に病原微生物 と寄生虫)に関する研究	55
3.1.	安全性(飼料としての)についての 総説	
3.2.	病原微生物に関する研究	60
3.2.1.	発熱発酵に伴なう細菌の動態	
3.2.1.1.	材 料	61
3.2.1.2.	検査方法	
3.2.1.3.	結 果	
3.2.2.	糞尿混合液中の細菌の動態、特 に液温と時間との関係	62
3.2.2.1.	材 料	63
3.2.2.2.	実験方法	
3.2.2.3.	結 果	64
3.3.	寄生虫学的な考察	
3.3.1	物理的条件	65
3.3.2	物理的以外の条件	67
3.4.	小 括	

第4章	発酵処理物による豚の飼養試験	69
4.1.	飼料成分	
4.1.1.	材 料	
4.1.2	分析方法	
4.1.3	結 果 と 考 察	73
4.2.	飼養試験	77
4.2.1.	材 料	
4.2.1.1.	実験供試飼料	
4.2.1.2.	実験供試豚	
4.2.2.	消化試験	
4.2.2.1.	材 料	78
4.2.2.2.	実験方法	
4.2.2.3.	結 果	79
4.2.3.	嗜好試験	
4.2.3.1.	材 料	
4.2.3.2.	実験方法	80
4.2.3.3.	結 果	
4.2.4.	肥育試験	81
4.2.4.1.	材 料	82

4.2.4.2.	実験方法	82
4.2.4.3.	結果	
4.2.5.	と殺試験	83
4.2.5.1.	材料	84
4.2.5.2.	枝肉成績	
4.2.5.2.1.	材料	
4.2.5.2.2.	実験方法	
4.2.5.2.3.	結果	86
4.2.5.3.	肉質成績	88
4.2.5.3.1.	材料	
4.2.5.3.2.	実験方法	
4.2.5.3.3.	結果	90
4.2.6.	栄養状態の推移	93
4.2.6.1.	材料	
4.2.6.2.	検査方法	94
4.2.6.3.	結果	95
4.2.6.4.	考察	98
4.2.7.	小括	100

第5章	発酵処理物の肥効試験	104
5.1.	堆厩肥についての総説	
5.2.	発酵処理物の肥料成分	108
5.2.1.	材 料	
5.2.2.	分析方法	
5.2.2.1.	試料の調製法	
5.2.2.2.	試料の分析法	
5.2.3.	結 果	109
5.3.	肥効試験	110
5.3.1.	方 法	
5.3.1.1.	試験期間および試験場所	111
5.3.1.2.	使用肥料	
5.3.1.3.	試験区の設定と施肥量	
5.3.1.4.	播種品種および播種量	112
5.3.1.5.	試験月日および調査項目	
5.3.2.	結果および考察	113
5.4.	小 括	119

第6章 考察及び總括

122

第7章 結 論

142

謝 辭

参考文献

図・表

第1章 緒言

家畜糞尿を資源として再利用“Recycling”しようといった動きは、肥料としてのみ利用されていた糞尿を飼料としても利用しようとする試みに他ならない。このような発想はヒトが直接利用できない未利用資源である糞尿を動物を介して利用する事であり、食物連鎖を短縮しただけのものである。我が国よりも資源が豊富で国土の広大なアメリカで、糞尿の栄養価が検討され、応用研究が始まり、すでに10年を経過している。一方、我が国では食生活水準の向上により畜産物の利用が増え、農村の都市化が進むにつれて、家畜飼養に起因する公害、つまり畜産公害などといった問題が生じてから10年以上を過ぎている。この間、畜産公害に対処するために各種の処理方法(図1)が考案、実用化されているが、それらのほとんどは浄化を目的としたものであり、装置の負荷を軽減するため糞と尿とを別々の方法で処理するために、その費用、手間も相

当なものとなってしまふ。

著者は、これらの問題を一挙に解決する方法として、糞尿混合液を一元的に処理する方法に興味を持ち、高水分液状の糞尿を高温で発熱発酵させる装置・家畜糞尿混合液液状発酵処理装置を試作し、その技術を確立した。

さらに、この装置を用いて処理した豚糞尿による“糞尿”の飼料化および、牛糞尿による肥料化について検討を行ない、いくつかの知見を得たので、ここに報告する。

第2章 家畜糞尿の発酵処理に関する農業工学的研究

家畜糞尿を発酵処理する方法として現在行なわれているものを図2に示す。著者は、このうち糞尿混合で高水分となったものに注目した。従来、高水分での糞尿の発酵は嫌気的条件下で行なわれていたために種々の問題を生じていた。そこで、高水分で発酵させる事を目的とした処理装置(家畜糞尿混合液液状発酵処理装置、以下、単に装置と略記する)を試作した。

2.1 発酵処理装置に関する研究

2.1.1 装置の仕様

発酵装置は図3、4、5に示したもので、次の各部より構成されている。

2.1.1.1. 本体

- 1) 発酵槽：鋼板(厚さ1.5mm)製、内径300mm、高さ500mmの円筒型
- 2) 発酵槽格納箱：耐水ベニヤ(厚さ10mm)製、700mm X 700mm X 700mmの立方体で、本体部

分とフタ部分とからなる

3) 攪拌機支持台：L型鋼アングル(30 mm × 30 mm × 3 mm)製、400 mm × 700 mm × 450 mmの支持台で、攪拌機支持部を有する

4) 発酵槽用フタ：鋼板(厚さ 5 mm)製、390 × 195 mmのものが2枚で一組

5) 攪拌機：サタケ可搬攪拌機(200 W, 50 Hz, 300 rpm)および全長1000 mmのシャフトを有する三枚羽根のスクリュー型インペラーとからなる

6) 曝気ノズル：ガラスボールフィルター(30 mm中)を鋼製パイプで保護したもの

7) 断熱部：グラスウールと発泡スチロールを断熱材として用いた。

2.1.1.2. 附属品

1) 温度計：熱電対を検知部とし、発酵槽の底部 5 cm, 25 cm, 40 cm の位置になるように保護を兼ねて鋼製パイプ内に収容したもの

2) 曝気用ポンプ：オリオンドライポンプ KM41

3) 流量計：OMEGA (1 ~ 10 L/min 用)

4) 流量調節弁：ホフマン型ピンチコックを
代用

5) 送入空気乾燥びん：2500 ml ホリびんにシ
リカゲル、硫酸銅を乾燥剤として使用

2.1.2. 発酵の条件

2.1.2.1. 材 料

豚は埼玉県大宮市で残飯養豚の典型と思われ
るM養豚で残飯(給食センター、レストラン
の残飯、食鳥処理場のアウなどが主)と若干の
配合飼料で肥育していたLandrace種、Hamp-
shire種およびLandrace-Hampshire種から排
泄される新鮮糞、尿(尿溜に尿と水洗水が貯留
されているものを代用)を用いた。他に神奈川県
相模原市の麻布獣医科大学家畜衛生学研究
室附属豚舎で配合飼料(くみあい配合飼料・前
期および後期)のみで肥育していたLandrace-
Hampshire種から排泄される新鮮糞、尿(浄化
槽流入前のロータリースクリーン⁽¹⁰⁷⁾沖液を代用)
を用いた。

牛は埼玉県上尾市で近郊酪農の典型と思われ
ゆるS牧場で、青草と濃厚飼料とで飼養されて
いたHolstein種から排泄される新鮮糞、尿
(砂浴床の上澄み液を代用)を用いた。

2.1.2.2. 適正曝気量

2.1.2.2.1. 材料および実験方法

豚は2.1.2.1.の残飯養豚から排泄された糞
10 kg、尿10 kg、糞尿比1:1の豚糞尿混合液(P
ig Waste Liquor 以下、PWLと略記する)を
処理装置に仕込んだ。

牛は2.1.2.1.のものから排泄された糞16 kg、
尿8 kg、糞尿比2:1の牛糞尿混合液(Cow Waste
Liquor 以下、CWLと略記する)を処理装置に
仕込んだ。

豚、牛ともに糞1 kg当りの曝気量を0~0.30
l/minの範囲内で増減し、適当な曝気量を求め
た。

なお、糞尿混合液(Waste Liquor 以下、WL
と略記する)の発酵の一応の指標として液温の
変化を熱電対式自動温度記録計(Yokogawa製・

以下、温度記録計と略記する)によって調べ、液温を指標として用いた。

2.1.2.2.2. 結果

牛での適正曝気量を求めるのに当り、あらかじめ糞15kg、尿15kg、糞尿比1:1のCWLおよび、糞16kg、尿8kg、糞尿比2:1のCWLを処理装置に仕込み、無曝気にて運転を行なった。この結果、糞尿比1:1のCWLの最高液温は32.0℃(この時の気温は7.0℃)、糞尿比2:1のCWLの最高液温は45.0℃(この時の気温は11.0℃)といった結果を得た。この事により、牛での適正曝気量を求める場合の糞尿比は2:1のCWLで行う事とした。

牛での最高液温は糞1kg当り0.188 l/min の曝気を行なった時に58.0℃(この時の気温は1.0℃)を記録した場合が最高で、これを前後すると最高液温は次第に低くなっていく傾向にあった。(図6)

豚での最高液温は糞1kg当り0.25 l/min の曝気を行なった時に69.0℃(この時の気温は9.0

℃)を記録した場合が最高で、これを前後すると最高液温は次第に低くなっていく傾向にあった。(図6)

2.1.2.3. 適正混合比

2.1.2.3.1. 材料および実験方法

牛は2.1.2.1.のものから排泄された糞10kg、尿10kg(糞尿比1:1)、糞20kg、尿10kg(糞尿比2:1)、糞15kg、尿10kg(糞尿比3:1)、糞16kg、尿4kg(糞尿比4:1)のそれぞれのCWLを発酵装置に仕込み、適正曝気量である糞1kg当り0.188 L/min の曝気を行ない適当な混合比を求めた。

なお、WLの発酵の一応の指標として液温の変化を温度記録計によって調べ、液温を指標とした。

2.1.2.3.2. 結果

豚の場合の糞尿比を1:1と仮定して、⁽⁸²⁾適正曝気量を求める実験を行なったが、牛の場合の糞尿比を4:1と仮定した⁽⁸²⁾場合には糞尿の混合比についても考慮しなければならない。

この結果、牛での最高液温は糞尿比2:1の

CWLが高く、 53.5°C (この時の気温 10.0°C)を記録した場合が最高で、これを前後すると最高液温は若干低くなった。(図7)

2.1.3. 発酵処理物の理化学的性状の変化

2.1.3.1 材料

豚は神奈川県相模原市のH養豚で自家配合飼料により飼養されていたLandrace種、Hampshire種の雌繁殖豚から排泄される新鮮糞12kg、尿(神奈川県畜産試験場方式畜舎汚水処理施設⁽⁵⁹⁾の沈砂池に若干の水洗水と尿の混合させたものを代用)12kgを発酵装置に仕込み、糞1kg当り $0.25\text{l}/\text{min}$ で曝気したPWLを材料とした。

牛は同じく神奈川県相模原市で、近郊酪農の典型と思われるK牧場で青草と、濃厚飼料とで飼養されていたHolstein種から排泄される新鮮糞16kg、尿(浄化槽流入前のロータリースクリーン滲液を代用)8kgを発酵装置に仕込み、糞1kg当り $0.188\text{l}/\text{min}$ で曝気したCWLを材料とした。

装置は連続6日間運転し、運転初日(処理前ともいう)を0日、以後1, 2, 3, 4, 5日とした。サンプルは毎日定時に原則として50~100 ml程度を発酵槽の中心部より採取し、速やかに分析に供した。

2. 1. 3. 2. 分析方法

2. 1. 3. 2. 1. 試験の調製法

分析に用いた試薬は、特に断りのない場合は全て和光純薬の一級品を、水はイオン交換して得た純水(以下、単に水という)を用いた。

試料はpH、水分、有機物、乾物、粘度、剥離度、電気伝導度、粒径分布については原液を用いた。灰分は105~110℃電気乾燥器(以下、特に断りのない場合は単に乾燥器と略記する)にて乾物を作成し、試料とした。生物化学的酸素要求量(Biochemical Oxygen Demand 以下、BODと略記する)、化学的酸素要求量(Chemical Oxygen Demand 以下、CODと略記する)、浮遊物(Suspended Solids 以下、SSと略記する)、総窒素については水にて10倍に希釈したものの

を検水として用いた。沈殿粒形分離率は10倍液を、更に水にて10倍に希釈した100倍液を検水として用いた。全リン酸(Total phosphate 以下、 $T-P_2O_5$ と表示する)、全カリウム(Total kalium 以下、 $T-K_2O$ と表示する)は乾物を灰化した物を塩酸にて抽出した抽出液を用いた。なお、C/N比は計算より、理論値として求めた。

2.1.3.2.2. 試料の分析方法

1) 液温：熱電対式自動温度記録計(横河電機製作所)・ $-20^{\circ}C \sim +100^{\circ}C$ 用にて記録

2) pH：日立-堀場pH X-ター(M5)を用いて測定した。

3) 水分：試料適量を、あらかじめ恒量を求めておいたガラス製秤量ビンにとり、乾燥器で24時間乾燥し、恒量を求め、減量をもって水分量とし、この量の供試量に対する百分率を求め、これを水分含量とする。

4) 灰分：乾物試料(水分を求めた時の乾物)1gを、あらかじめマッフ炉($500 \sim 600^{\circ}C$)で

2時間灰化し、恒量を求めておいた磁製ルツボにとり、2時間灰化し、恒量を求め、この重量からルツボの重量を減じたものを粗灰分含量とする。

5)有機物：次式によつて有機物を求める。

$$\text{有機物}(\%) = 100 - (\text{水分} + \text{灰分})$$

6)乾物：次式によつて乾物を求める。

$$\text{乾物}(\%) = 100 - \text{水分}$$

7)粘度：リオン株式会社製ビスコテスター Viscotester VT-02型(高粘度用)(図8)を用いて測定した。なお、シリコンオイル(商品名・信越シリコーン)の1万CSおよび3万CSで校正を行なった。

8)剥離度：剥離箱(10cm X 10cmのブリキ板の周囲を1cmのブリキ板で縁どりしたもので箱型をしている)(図9)に試料約20mlを均一に流し込み、乾燥器で12時間乾燥(通風させない)し、放冷後に剥離部と非剥離部の重量を秤量し。

$$\text{剥離度}(\%) = \frac{\text{剥離部の重量}}{\text{乾燥物の全重量}} \times 100$$

上記の式によって求める。

9)電気伝導度：東亜電波製 T O A conduct mater (Model CM-3M) を用いて測定した。

10)粒径分布：コンクリート骨材篩 JIS style (円筒型・径 20cm) の 4 mesh, 9 mesh, 20 mesh, 35 mesh, 60 mesh, 150 mesh, 200 mesh を用い、試料を 8 分画に分けた。試料は 1 g を用い、重量既知の mesh に流し込み、同量の水で、ていねいに 2 回洗淨した。自然乾燥を 12 時間行なった後にそれぞれの mesh の重量を量り、それぞれの粒径の分布を全体重量に対する百分率をもって表わした。

11) B O D：検水を補強希釈水で 1000 倍(原液からは 10000 倍)、あるいは 2000 倍(原液からは 20000 倍)に間接希釈し、容量 200 ml の酸素ビンに一つの希釈につき 2 本ずつ静かに注入する。次に希釈検水を調製して 15 分後の溶存酸素(Dissolved Oxygen Demand 以下、D O と略記する)をウィンクラアジ化ナトリウム変法(31)によって求める。他の一本の酸素ビンは $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ の

恒温器に保存し、5日後に既述の方法でDOを求める。15分後のDOをDO₁、5日後のDOをDO₂として次式によってBODを求める。

$$BOD(\text{ppm}) = (DO_1 - DO_2) \times \text{希釈倍率}$$

12) COD: 検水0.5mlあるいは1.0mlを三角フラスコ(200ml容)にとり、水を加えて100mlとし、これに水酸化ナトリウム溶液(5N)1mlを加える。更に $\frac{1}{40}$ N過マンガン酸カリウム溶液10mlを正しく加えて、沸騰水中に三角フラスコを入れ、30分間加熱する。次に、ただちに希硫酸10mlを加えて酸性としたのち、 $\frac{1}{40}$ Nシュウ酸ナトリウム溶液10mlを正しく加え60~80°Cに保ちながら、 $\frac{1}{40}$ N過マンガン酸カリウム溶液を用いて微紅色を呈するまで滴定する。別に、水100mlについても空試験を行なう。そして、次式によってCODを求める。

$$COD(\text{ppm}) = (a - b) F \times \frac{1000}{\text{検水ml}} \times 0.2 \times 10^*$$

a・検体の滴定に要した過マンガン酸カリウムのml数

b・空試験の滴定に要した過マンガン酸カリウムのml数

F・ $\frac{1}{40}$ N過マンガン酸カリウムのfactor

*・あらかじめ原液を10倍にしているため

13) SS : 検水 50 ml を沈殿管にとり、2000 r.p.m., 20分間遠心分離したのち、上澄液をていどいに捨て去り、沈殿物に水 10 ml を加えてガラス棒を用いて良く攪拌混合し、再び遠心分離して上澄液を捨てる。次に、あらかじめ重量既知の蒸発皿に沈殿物を水で洗浄しながら流し込み、乾燥器で24時間乾燥し、恒量を得る。前後の蒸発皿の重さ (W) mg を求め、次式によって SS の ppm を算定する。

$$SS(\text{ppm}) = a \times \frac{1000}{\text{検水ml}} \times 10^*$$

*・あらかじめ10倍に希釈しているため

14) 総窒素 : ケルダール Kjeldahl 法によって定量する。次の方法により試料を分解・蒸留・滴定する。

試料の分解・検水 20 ml を 200 ml 容ケルダール分解ビンにとり、分解促進剤として銅カリ末約 1 g と濃硫酸約 30 ml を静かに加えて混合する。これをドラフト内で、はじめ徐々に加熱し、次第に強く熱して内容液が透明になったならば、更に2時間して分解を終了する。

分解ビンを放置冷却後、約30mlの水を少しづつ注入し、混合する。放冷後、分解ビンの全量を蒸留に用いる。

分解液の蒸留・蒸留はKjeldahl窒素蒸留装置(塩入法)(図10)を用いて、次のように行なう。まず、ガスバーナーを点火し、蒸気発生用フラスコの水を十分に沸騰させ、圧力を高くしておく。次に分解ビン、受器(10N硫酸20ml)をセットし、中和用カセイソーダを分解ビンの中の分解液に重層するように静かに注入する。そして、蒸留を続け、留出液をおよそ30ml程度受ける。

留出液の滴定・指示薬としてコンゴーレッドを用い、10N水酸化ナトリウム溶液で滴定する。

なお、検水と同量の水についても以上の全操作にわたって空試験を行なう。次式によって全窒素量を求める

$$TN(\text{ppm}) = (a - b)F \times \frac{1000}{\text{検水ml}} \times 1.40$$

a. 検水の滴定に要した $\%N$ 水酸化ナトリウム溶液の ml 数

b. 空試験の滴定に要した $\%N$ 水酸化ナトリウム溶液の ml 数

F. $\%N$ 水酸化ナトリウム溶液の factor

15) 沈殿粒形分離率：検水 25 ml 程度を沈殿管にとり、3000 rpm で 10 分間遠心分離したのち、駒込のペーパーを用い沈殿物質と浮遊物質とに分離する。これを重量既知の蒸発皿に別々に入れ、乾燥器で 24 時間乾燥し、おのおの恒量を求める。そして、次式によって求める。

$$\text{沈殿粒形分離率}(\%) = \frac{\text{沈殿物質}}{\text{沈殿物質} + \text{浮遊物質}} \times 100$$

16) T-P₂O₅ および T-K₂O：次の方法によって行なう。

検液の調製・試料は完全に灰化したものを使用する。定量に使用する検液は灰を 1g 正確に秤量し、100 ml のビーカーに入れ、希塩酸(10%) 10 ml を加えて、重湯煎上で 1 へ 2 時間加温し、三角つうスコに濾紙を用いて濾過し、残渣には希塩酸 10 ml を加えて前同様に加温、

沖過し、更に残渣に水20mlを加えて30分加熱して、沖過し、前液に混じて全量を100mlとしてT-P₂O₅およびT-K₂Oの定量用の検体とする。

T-P₂O₅の定量・バナドモリブデン酸法(比色法^[170]によって定量する。検液10mlを100mlXスフラスコにとり、発色試薬^[170]20mlを加え、標線まで水を加えて振とうし、30分放置後波長420nmの分光光度計(HITA(HI Model 101)で吸光度を測定する。別に基準液^[170]を作成し、吸光度から検量線により実量を求め、次式により計算する。

$$T-P_2O_5(\%) = \frac{A(\%)}{100} \times \text{実量}(g) \times 100$$

T-K₂Oの定量・亜硝酸コバルト法(重量法^[56]によって定量する。検液10mlを50mlのビーカーにとり、次にN-HNO₃を加え、更に沈殿剤としてコバルト亜硝酸ナトリウム溶液(コバルト亜硝酸ナトリウム1gを水5mlに溶解し、沖過した沖過)5mlを加えて攪拌後2時間放置する。生成した沈殿を重量既知のガラスフイ

フィルター(1G-4)に0.01N-HNO₃を用いて移し、ビーカーに付着する沈殿を希硝酸で数回洗浄し、アルコール少量でフィルターを洗浄し、乾燥器で乾燥して恒量を求める。この沈殿は次式をもつて表ゆさる。



従つて、計算は次式による。

$$T-K_2O(\%) = \frac{\text{百分}(\%)}{100} \times \text{沈殿量}(g) \times 10 \times 100$$

17) C/N比(炭素率)：有機物中の炭素量を50%とし、次式によつて算出する。⁽¹⁰³⁾

$$C/N \text{ 比} = \frac{\text{(有機物\%)}}{\text{2(全窒素\%)}} \times 100$$

2.1.3.3. 結果と考察

1) 液温: 結果を図11に示す。液温は豚、牛ともに気温の変化には、あまり影響されず、装置の運転開始後24~48時間前後までは、時間の経過にほぼ比例し、直線的に上昇した。そして、最高液温を示した後は、気温の下降に伴なって液温も次第に下降した。従って、ある程度まで液温が上昇すれば、最高液温を示すまでは、ほとんど気温の変化には影響されずに高温が持続する事が解った。

また、液温の上昇速度と高温保持時間は豚では、上昇速度は比較的遅い(45.0℃になるまで72時間程度)が、高温は長時間(60.0℃以上が24時間以上持続)保持され、牛では、上昇速度は速い(45.0℃になるまで48時間程度)が、高温は短時間(50.0℃以上が24時間以上持続)しか保持されない。

更に、別の試験では最高液温は豚で糞尿比^[118] 1:1のW/Lが冬期で69.0℃(この時の気温9.0℃)に達し、夏期で71.5℃(この時の気温22.0℃)

に達した。また、牛で糞尿比2:1のWLが冬期で 58.0°C (この時の気温 1.0°C)に達し、夏期で 65.0°C (この時の気温 20.0°C)に達した。これは、豚、牛ともに気温よりも 50°C 近くも液温を上昇させる事が、理論的には年間を通じて可能だという結果になる。

2) pH: 結果を図12に示す。pHは牛で糞尿比2:1のWLの開始時に8.50前後のものが序々に上昇し、4日目に9.80とピークに達した後には下降した。豚のWLのpHは、牛のそれよりも低く、開始時に7.70前後のものが序々に上昇する場合と、一旦pHが2日目頃にかけて4.85と極端に酸性側へ傾いたのを、急激に上昇し9.00以上となる場合がある。

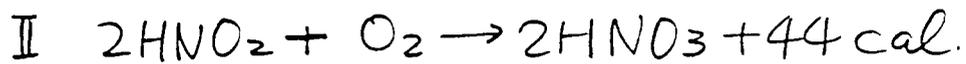
豚のWLのpHの変化過程に2つのタイプがあるが、糞尿の攪拌・混合状態や通気性が良好な場合と、そうでない場合とがあるのと考えられる。前者の場合は牛のWLと同傾向のpHの変化をするが、後者の場合はpWLが嫌気的な状態となってくるために、

嫌気性の微生物フローラの代謝産物のために pH は下降するが、次第に攪拌混合状態が良好となり、通気性が回復するに従い、pH は上昇するものと推定される。

3) 水分：結果を図13に示す。水分は豚の WL が開始時に86.81%が、終了時に87.77%に、牛の WL が開始時に89.03%が、終了時に89.63%と大きな変化はなかったが、いずれも水分含量は多くなっている。

固型堆肥など低水分の発酵では、発酵過程が進むに従い、全体重量は少なくなり、水分含量も低下する事は知られて^[126]いるが、著者の実験では、発酵過程が進むに従い、全体重量は少なくなりますが、水分含量はほとんど変化しないか、逆に増加する様な結果を得た。この理由として、WL は十分に攪拌曝気されるために、好気的条件下での微生物の作用により、アンモニアを例にとれば次の様な発熱が反応式より考えられる。





WL を水と同じ比熱とすれば、液温を 0°C から 60°C まで上昇させるには 60 cal. の熱量が必要としないが、 0°C の水を蒸発させるには 595 cal. の熱量が必要とされている。この事から、WL の分解により若干の水が増えるが、発生熱量は、水を蒸発させるには及ばずそのために、結果として水分含量が増えるものと考えられる。

4) 灰分：結果を図14に示す。灰分は豚のWL が開始時に 1.97% が終る時に 2.57% になった。牛では開始時に 1.77% が、終る時に 2.17% と、それぞれほぼ直線的に増加した。

5) 有機物：結果を図15に示す。有機物は豚では開始時に 12.93% が終る時に 9.84% になった。牛では開始時に 10.38% が、終る時に 8.53% と、それぞれ減少した。これは、水分の変化も考慮しなければならぬが、灰分の変化と反比例する。有機物は微生物によって分解され、次第に減少し、無機物、つまり灰分に

変化していく。

6) 乾物：結果を図16に示す。乾物は豚のWLが開始時に13.19%が、終了時に12.23%に、牛のWLが開始時に10.97%が、終了時に10.37%と、それぞれ水分と同様に大きな変化はなかったが、いずれも乾物量は減少している。

7) 粘度：結果を図17に示す。粘度は豚のWLが開始時に250 centi-poise(以下、cpと略記する)が終了時に50cpになり、粘性は $\frac{1}{5}$ に下がった。また、牛のWLは開始時に3600cpが終了時に350cpになり、粘性は $\frac{1}{10}$ 以下に下がった。

一般に糞尿(牛の場合)は粘度計のローターのトルク値で見ると、水<生糞尿(糞：尿=1：2)<生糞尿(糞：水=1：1)<生糞尿(糞：水=2：1)^[4]<腐熟糞<生糞の順に高い値となるといわれる。水分が増えるほど、あるいは液化が進むほど粘性は低下するものである。これは豚についても、同様な事がいえるものと思われる。つまり、発酵処理を加えない糞尿、希釈率の低い糞尿は非ニュートン流体の特性を

示すが、発酵処理を行なった糞尿、希釈率の
高い糞尿ほど、水分や含水比の増加に伴、
ニュートン流体的となっていく。

8)剥離度：結果を図18に示す。剥離度は豚
のWLが開始時に33%が終る時に100%にな
り、牛では、開始時に0%が終る時に90%と
それぞれ、剥離の率が高くなってきた。

発酵処理しているWLの物性、液質が変化
し、その乾燥物が乾燥皿から剥離する事を数
表化する事は美育津^[24,25]によって行なわれた。こ
れはステンレス製の板を剥離板として、剥離
度を求めたが、試料が多かったり、水分が高
すぎる時などは不都合が生じるので、著者は、
とりあえぬブリキを箱形にした剥離箱を試作
し、使用したが、その結果は良好であったの
で材質を変えた剥離箱を試作し、それぞれに
ついて検討する事も必要と思われた。

9)電気伝導度^[20]：結果を図19に示す。電気伝
導度(Electric conductivity以下、ECと略記する)
は豚のWLが開始時に4.0 m Ω (m \cdot mho/cm)が、1

日目に上昇し7.5m π となったが、その後、下降し5日目には2.3m π となった。牛のWLは開始時に8.0m π が、3日目に18.0m π と高くなったが、その後、下降した。

E.C.を測定する意義として、WLの発酵過程で塩類濃度が増化し、高くなった場合は作物に対して生育障害を招来させる事もあるので必要である。また、ビニールハウスの土壌浸出液についてはECと硝酸態窒素濃度との相関が高いことから、EC値で窒素量を推定しようとする試みもあるが、著者の実験では窒素量とEC値との関係については明確な結果は得られなかった。

10)粒径分布：結果を表1に示す。粒径分布は豚のWLが開始時に35mesh以上のものが48.5%だったのが終る時に42.5%に、また開始時に200mesh以下のものが43.5%だったのが終る時に50.5%となった。一方、牛のWLは開始時に35mesh以上のものが64.0%だったのが終る時に48.5%に、また開始時に200mesh

以下のものが25.0%だったのが終る時に37.5%となった。この事から、発酵状態と経過が進むに従い、その粒径分布は粒の小さなものが多くなる事が解った。

11) BOD: 結果を図20に示す。BODは豚のWLが開始時に38300 ppmが、次第に減少し、途中、一過性の上昇をみたものの、終る時に20200 ppmとなった(除去率47.26%)。一方、牛のWLは開始時に20200 ppmが、ほぼ直線的に減少し、終る時に7000 ppmとなった(除去率65.35%)。

PWLのBODが一過性に上昇した理由として、液温の上昇に伴う発酵成分が何んらかの形で影響したものと考えられた。

12) COD: 結果を図21に示す。CODは豚のWLが開始時に17900 ppmが、2日目までは減調に減少したが、以後は横ばいの状態となり、終る時に15600 ppm(除去率12.85%)となったにすぎない。一方、牛のWLは開始時に17600 ppmが、次第に減少し、途中、一過性の上昇をみたが、終る時に14700 ppm(除去率16.48%)とな

ったにすぎなかった。CWLが、一過性に上昇したのは液温の上昇に伴なう発泡成分が何んらかの形で影響したものと考えられる。

CODの除去率は、豚、牛とともに大変に低い。岡らは、豚糞の腐熟化の目安としてCODをとりあげ、CODが安定した時期が完熟の目安だとしている。著者の実験では、PWLで2日目に15500ppm、3日目に15900ppm、4日目に15800ppm、5日目に15600ppmと安定しているので、他の項目などとの関係もあるが、岡らの実験結果と同傾向の結果を得た事になる。一方、牛の場合は現在まで、CODを腐熟化の目安とするほどの結果は得られなかった。なお、CODが腐熟の程度を示す目安となる裏づけとしては、CODの被酸化物質としては有機物が主要なものであり、細菌などが消費する有機物の総量と $KMnO_4$ が消費する有機物の総量は等しいか、正比例(相関)している事があげられる。

13) SS : 結果を図22に示す。SSは豚のWLが開始時に8460ppmが、急激に減少し、終了時に4940ppmとなった(除去率41.61%)。一方、牛のWLは開始時に6070ppmが、次第に減少したが、終了時に4750ppmとなった(除去率21.75%)にすぎなかった。

14) 総窒素 : 結果を図23に示す。総窒素(Total nitrogen 以下 T-N と略記する)は豚のWLは開始時に5743ppmが2日目に於けて4000ppm以下になったが、その後、増え終了時には4972ppm(除去率13.43%)となったにすぎなかった。一方、牛のWLは開始時に4377ppmが、3日目まではあまり変化をみなかったが、4,5日目に於けて急激に減少し、終了時1786ppm(除去率59.20%)となった。

15) 沈殿粒形分離率 : 結果を図24に示す。沈殿粒形分離率(Sediment grain separation ratio 以下, SR と略記する)は豚のWLは開始時に76%が、直線的に減少し、終了時に48%となった。一方、牛のWLは開始時に70%が、PWLと同

様に減少し、終了時に58%となった。

発酵処理する事によって、粒形が小さくなったり、剥離性が高くなる事は既に述べたが、^(67.69)美青津は、糞尿混合液を静置沈殿により分別した沈渣物の乾物総重量に対する割合は、実験開始時より次第に減少すると報告している。著者は、方法を若干変えS.R.を測った。その結果は美青津のものと同様な傾向であった。

16) T- P_2O_5 およびT- K_2O ：結果を、それぞれ図25、図26に示す。豚のWLのT- P_2O_5 は開始時に0.17%が、終了時に0.22%に、また、T- K_2O は開始時に0.05%が終了時に0.11%と若干の増加があった。一方、牛のWLのT- P_2O_5 は開始時に0.08%が終了時に0.09%に、また、T- K_2O は開始時に0.12%が終了時に0.16%と若干の増加があった。

豚、牛ともにT- P_2O_5 、T- K_2O が増加したのは、灰分の増加に伴なう見かけ上の増加に過ぎないものと思われた。

17) C/N比：結果を図27に示す。WL, C
WL とともに開始時はC/N比は、ほぼ同じ(PWL
Lが11.3, CWLが11.8)であったが、牛はも
とも窒素が低い事、除去率の高い事によ
ってC/N比は高くなり、終了時には23.7であり、
豚では9.8と、両者とも一旦は下降の後、上昇
してしまった。

2.1.4 小 括

家畜糞尿を発酵処理する研究のうち、好気⁽⁵⁾性⁽⁶⁾発酵⁽¹²⁴⁾に関する研究はBell⁽⁶⁶⁾, Bell^(46, 47)ら, Pos⁽⁷⁷⁾ら, Pos^(67, 68)ら, 三浦⁽¹²⁷⁾ら, 伊沢⁽⁶⁶⁾ら, 森本⁽⁷⁷⁾ら, 美斉⁽⁶⁷⁾津⁽⁶⁸⁾, Riemann
らによって近年、種々の方法によって行なわ
れた。従来より、家畜糞尿を発酵させるには^(37, 166)水分調整し、⁽¹⁶⁷⁾低水分とし、水分60%台を理想
としている。そのために水分を減少させる方
法として糞尿を分離し、更にオガ屑、モミ殻
などを水分吸収材(物性調整材)として用いる方
法が原則的なものとされている。が、しかし⁽²³⁾
糞尿処理の立場から物性調整材の確保といっ
た問題が生じてくる。これらを解決する一つ

の方法として糞と尿を同時に、^[67, 68] ^[144, 145] しかも物性調
整材を用いず処理する方法が、美齊津、高畑、
^[108, 113, 114, 119, 120, 121, 122]
著者らによって行なわれている。

著者は技術的に困難とされている液体培養法を糞尿処理に応用し、水分80~90%程度での高水分液状発酵処理するための装置(家畜糞尿混合液液状発酵処理装置)を試作した。そして、装置の運転条件を設定するために、次の様な実験を行なった。

(1) 適正曝気量

液状発酵で昇温の要となる好気性高温菌の発育を良好なものとするために、曝気量の決定はきわめて重要な事である。^[66] ^[5] 三浦ら、Bell, ^[6] Bellらの実験結果から大まかな見当をつけ、空気量を増減し、適当な曝気量を求めた。なお、空気量は有機物、つまり糞の重量を基準にして設定した。その結果、糞1kg当りの曝気量は牛で0.188 l/min 、豚で0.25 l/min が適正と思われた。

(2) 適正混合比

糞と尿の比率、こゝでは糞尿混合液の水方にも及ぶが、通常の排糞尿量(1日当り、牛で糞24kg、尿6kgで糞尿比^[82]4:1、豚で糞3kg、尿3kgで糞尿比1:1)を考慮すれば、牛では糞尿混合比についての検討が必要と思われれる。そこで、適正曝気量のもとで混合比を変え、適正混合比を求めた。その結果、糞尿混合比は牛では糞尿比2:1が適正と思われれた。また、糞尿混合比は、畜舎の雑用水^[4]などを含むので、将来的にはその性状により水分を推定するべきである。

(3) 発泡現象

装置の運転条件を設定するために以上の様な実験を行なったが、良発酵の途中で、液温が上昇する際、特に40℃台から50℃台になる近辺で、ほとんどの場合、多少なりとも発泡現象(図28)を呈した。泡に保温効果がある事^[60]は一般に知られ、発泡と保温との間には一定の関係があるものと思われれる。また、仕込み後、

しばらくは硫化水素臭、次いでアンモニア臭を感ずるが発泡と共に臭気は減少するので、発生した泡に臭気を包み込むような作用もあるかとも思われる。いずれにしても泡の発生量は相当なものであり、大型プラント化した場合、泡の処理、つまり除泡(消泡)は大きな問題となる。そこで醸造工業で用いられている装置⁽⁵⁵⁾よりヒントを得て図28のような泡切り機(Foam breaker)を試作し、攪拌機のシャフトに装着し、インペラーと同軸回転させた。この結果、除泡という物理的な目的は達し得たが、内容液のピーク温度が若干低下した。著者⁽⁵⁹⁾津 Riemann⁽¹²⁷⁾らも除泡(消泡)に著者と同様な方法を用い、効果をあげているという。また油脂に界面活性剤としての発泡抑制作用もあるので、可食性の油脂をあらかじめ糞尿混合液に添加する方法も考えられる。いずれにしても、発泡現象については更なる検討が必要と思われた。

適正曝気量、適正混合比で装置を運転した

場合のWLの理化学的性状^(121,122)の変化を経日的に検討し、次の様な結果を得た。

(1) 液温・pH

液温はPWL、CWLとも気温にはあまり影響されず、装置の運転開始後24~48時間までは、時間の経過に伴ない、ほぼ直線的に上昇した。液温の上昇速度と高温保持時間はPWLでは上昇速度は比較的遅く、高温は長時間保持され、CWLでは上昇速度は速く、高温は短時間しか保持されない。また、PWLもCWLも気温より50°C以上昇温させる事が通年可能であった。

pHはPWLでは通気性の良い場合は、序々にアルカリ性に傾き、悪い場合は、一旦は酸性に傾き、その後アルカリ性に傾く2つのタイプがあった。CWLでは序々にアルカリ性に傾く。

(2) 水分・乾物

水分はPWL、CWLとも大きな変化は認めないが、若干、水分含量は増えた。

乾物は100から水分を減じたものだから水分と同様に変化は少なく、PWL、CWLとも若干、減少したに過ぎなかった。

(3) 粘度・剥離度・粒径分布・SR

粘度はPWLでは $\frac{1}{5}$ に、CWLでは $\frac{1}{10}$ に低下した。

剥離度はPWLでは33%が100%に、CWLでは0%が90%と良好となった。

粒径分布はPWLでは35 mesh以上が48.5%が42.5%に、200 mesh以下が43.5%が50.5%となった。CWLでは35 mesh以上が64.0%が48.5%に、200 mesh以下が25.0%が37.5%となった。

SRはPWLでは76%が48%に、CWLでは70%が58%となった。

(4) BOD, COD, SS, T-N

BODは減少し、除去率はPWLで47%、CWLで65%であった。

CODは減少し、除去率はPWLで13%、CWLで16%であった。

SSは減少し、除去率はPWLで42%、CWLで22%であった。

T-Nは減少し、除去率はPWLで13%、CWLで59%であった。

装置を汚水処理を目的としたものとするれば、その除去率は低いが、理化学的に安定するもので、高級処理の予備処理としては可能と考える。

(5)有機物・灰分・T- P_2O_5 およびT- K_2O

有機物はPWLでは3%、CWLでは2%減少した。

灰分は100から水分、有機物を減じたもだから有機物と逆の傾向、つまり増加し、PWLでは0.6%、CWLでは0.4%増加した。

T- P_2O_5 、T- K_2O は、PWL、CWLともに変化しないが、無機物である灰分が増加した分だけ実量で増加した。

(6)EC

ECはPWL、CWLともに一旦は高くなつたが、その後低くなつた。

(7) C/N 比

C/N 比は牛の方が高く、豚の方が低かった。また、その変化の傾向は同様なものであった。

糞尿混合液の理化学的性状の変化を以上 18 の項目について検討を行なった。その他に、参考として臭気を北川式ガス検知管にてアンモニア、硫化水素、メチルメチルカプトンについて調べた。PWL、CWL とともにアンモニアが若干(10~30 ppm 程度)、運転開始直後に検出される場合があった他は trace 程度で、臭気については特に問題はないと思われる。また、色調は色差計で測定し、マンセル記号で表示する方法があるが、肉眼的には PWL、CWL とともに原色から次第に、明度、彩度が低下し、PWL は茶褐色 coffee brown に、CWL は黒褐色 dark brown になった(図 29)

2.2. 発酵の定義・意義およびその指標

2.2.1. 発酵の定義

発酵 fermentation の語源はラテン語の「ゆき
たつ」fervere に由来するといふ。一般に人間
と微生物、家畜と微生物を扱う微生物学、家
畜微生物学のカテゴリーで用いられている発
酵とは、およそ次のように定義されている。
酸素を必要としない呼吸形式であり、炭水化
物、蛋白質、脂肪などを各んだ基質が代謝過
程で有機酸、アルコールなどのような有機化
合物を最終産物とする微生物の代謝形式を発
酵という。つまり、嫌気性の酸化反応の事であ
る。

しかしながら、この定義では著者が意図し
ているものとは若干異なる。人間と食品・微
生物を扱う公衆衛生学、食品微生物学、食品
衛生学、食品工学、応用微生物学、発酵工学
などのカテゴリーで用いられている発酵とは、
次のように定義されている。発酵とは人間の
側からの評価であり、人間がその生産物を得

るために意図的に微生物を作用させ、蛋白質、脂肪を分解し、同時に主として炭水化物を分解し、その生産物が人類の生活に有効な用途を提供する場合を腐敗といわず、発酵という。つまり、人類にとって有効な微生物の反応を発酵といっている。

家畜糞尿の発酵(処理)も、結果的には人類に貢献する事なので後者の意味での発酵のカテゴリーに含まれるものとして、本論文のための種々の実験を行なった。

渡辺⁽¹⁶⁷⁾、橋元⁽³⁶⁾によれば、家畜糞尿の発酵とは、糞尿などの有機物材料を微生物の作用で材料自身の一部を分解、腐熟させ、炭素を炭酸ガスとして空気中に放散させる事としている。また、家畜糞尿領域での発酵(処理)という言葉は比較的新しく、堆肥(化)という言葉が古くから用いられ、その定義は発酵とほぼ同様である。Finstein⁽²⁴⁾によれば「Composting(堆肥化)とは好氣的呼吸による発熱過程を経て、非水溶液系の固型有機物を微生物分解し、安定な産

物である compost (堆肥) をうる事である」といっている。また、Toth^[160]らは「Compostingとは適当な水分と送風条件下で高温菌 thermophilic bacteria によつて有機性廃物 lignoprotein complex (腐植質) に変える処理法である。この処理では CO₂ が放出されて堆積物の温度は 68~80°C に達する」といっている。著者の行なつた実験でも Toth^[160]らのいっている温度に近い温度を記録した。いずかにしても発酵に伴なつて発熱するので、植村、青木^[132]らは、このように発熱を伴なう発酵を発熱発酵と呼んでいる。

2.2.2. 発酵の意義

家畜糞尿を発酵処理する意義、効果として数多くの事が、現在まで知られてきた。こゝらを整理してあげる。

(1) 肥料として

雑草種子の破壊：発酵熱により種子を破壊し、発芽能力を奪う

ガスによる影響の低減：新鮮糞尿は強裂なガスを発生し、農作物の初期生育に悪影響(発

芽障害など)を及ぼすが、発酵処理したものは
その量が低減される。

窒素飢餓の防止：発酵処理によりセルロースなどを無機化し、炭素率を低下させる。

“見ば”の向上：発酵処理により内容が均一になるので散布後の“見ば”が良い。

(2)飼料として

風味の向上：悪臭が消え、サイレージ様の芳香臭を発生する。

アミノ酸・ビタミンの生産：さだか⁽³⁵⁾ではないがHarmonは糞尿混合液を発酵するとアミノ酸、ビタミンが生産されるといふ。

(3)共通して

病原微生物(大腸菌、サルモネラ)、寄生虫卵の死滅、殺滅：発酵熱、pHの影響により病原微生物や寄生虫卵が駆逐される。

臭気の減少、消失：有機物の分解により悪臭成分も分解される。

物理性の向上：糞尿混合液は発酵処理により、内容が均質化し、液肥として散布したり、

内容が均質化し、液肥として散布したり、液飼として飼料に添加する事が容易となる

2.2.3 発酵の指標

家畜糞尿を発酵処理し、発酵の程度、ひいては発酵終了、完熟(完全に発酵・熟成)の程度を表わす表示方法、指標が今日まで確立されていない。宮尾らは、有機質、EC、アンモニア態窒素、 C/N 比、可溶性腐植の減少は、ある程度、腐熟化の指標になる得るといっている。また Martion^[62] は pH が 8~9 に安定すれば完熟に近づくと報告している。更に、Wilson^[168] は一旦 pH が上昇し、下降した時期を完熟期といっている。岡らは COD が安定した時期が完熟の目安としていっている。更に植材は発酵経過、pH の変化、炭素の減少、 C/N 比の減少、生物テストによって熟度を判定している。

著者は、理化学的性状の変化のうち液温、pH、COD、粘度に注目した。液温および pH は P WL、C WL とともに次第に上昇して、

その後、次第に下降していく。COD は PWSL で、液温が最高を示したあたりで、安定したが CWL はこの限りではなかった。粘度は PWSL で液温が最高を示したあたりで安定し、CWL でも液温が最高を示したあたりで安定した。その他に計算により求めた C/N 比の理論値は PWSL で液温が最高を示したあたりでほぼ安定した。

2.2.4 小 括

発酵、特に家畜糞尿を高水分で好氣的に発酵処理する場合の定義、意義および指標についてはほとんど研究されていない。従って、その多くは固型堆厩肥の場合と同様に扱われているのが現象である。著者は自身の実験、多くの先人の研究などを総括して、次のようにまとめた。

(1) 発酵の定義

家畜糞尿の発酵とは好氣的分解で、有機物材料を微生物の作用で分解、腐熟させる事で発熱を伴うので発熱発酵という。

(2) 発酵の意義

家畜糞尿を発酵処理する効果として、肥料としては雑草種子の破壊、C/N比の低下、^{〔71〕}「見ば」の向上があげられ、飼料としては風味の向上、嗜好性の向上があげられる。更に肥料・飼料に共通な事として、大腸菌・サルモネラ、寄生虫^{〔70〕}の駆逐、臭気の減少、ハンドリングの向上などがあげられる。なお、発酵処理した場合の悪影響、弊害に関する報告は、現在まで見あたらない。

(3) 発酵の指標

家畜糞尿を発酵処理した場合の熟度の表示方法が、今日まで確立されていない。^{〔72〕}宮尾ら、^{〔62〕}Martion、^{〔100〕}岡ら、^{〔163〕}植村および著者の実験結果を総括すれば、温度、pH、COD、粘度、C/N比が発酵程度の指標となりうる。

2.3. 発酵の微生物学的研究

2.3.1. 総説

発酵処理により、家畜糞尿は基質として、その一部を微生物によつて分解せし、種々の代謝産物を産生し、それにあわせて、ほとんどの場合、発熱現象を生じることになる。

従来までは熱効率などの点で、発酵に有利な水分は60%前後が良いとされて、このためにオガ屑、ワラなどの農業資材を水分調整材として用いていた。これは、本当は水分調整を目的としたものではなく、水分を調整する事により、空気の流通を良好にするなどの物理性を改善するものなので、水分調整材とは呼ばず物性調整材⁽²³⁾と呼ぶべきである。事実、著者が行なった実験では水分80~90%程度の高水分状態でも、攪拌・混合・曝気などを行ない物理性を改善し、発酵条件を整えれば、団型堆肥などと同等か、場合によっては、それ以上の発熱を期待する事も可能だといふ事が解った。

著者が行なった液状発酵の発酵初期における温度の上昇は、固型堆肥の場合とほぼ同じであり、液温の上昇から下降までの日数はPWLで5日、CWLで4日程度である。また、液状発酵が固型堆肥と著しく異なる点は、固型堆肥は嫌氣的部分が比率やすく、切りかえしをする事によって好氣的部分を増やし、再び好氣性高温菌の作用により温度の上昇を期待し、その操作を何回か行う事により堆肥中の微生物は可分解性の物質を分解し終える。そのため経過日は堆肥の素材によって異なるが、長いもので100日、普通でも30日程度かかるといわれ、そのために高速・短期間で堆肥化する研究がBell⁽⁶⁾、三浦⁽⁶⁶⁾ら、伊沢^(46,47)らによって行なわれた。これに対して液状発酵の場合には断えず、攪拌・曝氣を行なっているので、固型堆肥に比べれば、その内容が均一になりやすく、ほとんど好氣的になり、熱の伝達も速く、平均化される事が解った。

家畜糞尿の発酵に関与する微生物は青木⁽¹²⁹⁾

(126)

Raymond らによつて堆肥について報告されて
いるが、ほぼ、それと同様なものが、液状堆
厩肥についても考えられる。それによればカ
ビFungi, 放線菌Actinomycetes, 細菌Bacteria
があげられる。このうちFungiは堆肥中の一箇
的水分含量(50~70%)では、生育には不利であ
り、高温下では消失するし、好熱性、耐熱性
のFungiも、堆肥中の適温化ではあまり増殖
しない事が確認されている。また65°C以上で
はFungiはほとんどみられなくなるという。Acti-
nomycetesのなかにはThermospora curvate(セ
ルロース分解菌)などの代表的な線維素発酵菌
が含まれているが、堆肥発酵過程における放
線菌叢の動態についてはほとんど研究がなさ
れていない。BacteriaはFungiやActinomycetes
と異なり、堆肥化Compostingの全過程を通じて
生存していると思われろ。

細菌は、その発育限界温度により次の3群
に大別される。
(96.74)

低温菌 Psychrophilic bacteria

発育限界温度 12~25°C

発育至適温度 12~18°C

発光菌、土壌菌など

中温菌 Mesophilic bacteria

発育限界温度 25~55°C

発育至適温度 30~45°C

一般病原菌、腐敗菌など

高温菌 Thermophilic bacteria

発育限界温度 40~75°C

発育至適温度 50~60°C

温泉、堆肥中に生存する菌

これらの細菌は自然界をはじめ、動物体内にも、動物の種類、環境温度に影響され、様々な割合で存在している。

堆肥発酵初期の菌叢として *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Bacillus* などの低温菌、中温菌のグループに含まれるものが見られ、発酵の進行とともに菌叢が単純となり *Bacillus* が主となる。^[126] 発酵が最も

盛んな時期となると高温菌 Thermophilic bacteria ^{〔43〕}が増え、発熱現象を招来する。Raymond の報告では高温菌として Bacillus stearothermophilus のみをあげている。

2.3.2. 液状発酵処理物の発熱発酵に伴なう細菌の動態

液状発酵処理物の発熱発酵に伴なう微生物(特に細菌)の動態を知るために次の実験を行なった。

2.3.2.1 材料

豚、牛とともに2.1.3.1で使用した家畜のもので、発酵槽より可及的、無菌的にガラス管を用いてPWL、CWLを採取し、試料とした。試料は図30に示す温度域で採取した。

2.3.2.2 実験方法

1) 培地：普通寒天培地・栄研(Lot E-MC 01)を用いた。

2) 菌液の調製：次の順序により行なった。

① 原液を水で10倍に希釈

② ガラス棒で攪拌

③アルコール滅菌したホモジナイザーの
カップに入れる

④ホモジナイザーで5分間⁽¹³⁰⁾homogenization
して、菌液とする。菌液はリン酸塩希釈⁽³¹⁾水を用いて10段階希釈した。

3)菌液の接種：菌液0.1mlをプレート中央に
滴下し、滅菌コーンラージ棒で塗抹拡散

4)培養：中温菌用は $37.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ 、高温菌用
は $55.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ のインキュベーターで18~24時
間培養

2.3.2.3 結果

結果を表2に示す。37°Cで培養したプレート(以下、中温菌プレートと略記する)では、PWLは開始時のサンプルで 285×10^5 から次第に減少し、CWLは30°Cのサンプルで 855×10^5 と最も多いcolonyを数えた。また55°Cで培養したプレート(以下、高温菌プレートと略記する)では、PWLは55°Cのサンプルが 265×10^5 、CWLは55°C、終了時のサンプルで多くのcolonyを数えた。また、豚、牛ともに高温

菌つしーとで、55°Cのサンプルを培養すると形態的に同じようなcolonyが比較的多くみられるが、これは同定の結果、*Bacillus stearothermophilus*である事が確認された。

2.3.2.4. 考 察

著者の実験結果から、発熱発酵の発熱現象に直接的に原因するのは*Bacillus stearothermophilus*が考えられる。Bergy's Manual(第8版)にDonkによつて*Bacillus stearothermophilus*の記載があるが、^[10]これによると、その至適温度は下限30~45°C、上限65~75°Cであるが、pHの限界については記載されていない。しかし、高度好熱菌の一般的性質としてpHはかなり高くても生育は可能であるが、^[9]pH9.5以上になると生育できないとなっている。

発酵経過により、温度の上昇、pHの上昇が見られるが、中温菌が減り、高温菌が次第に増える理由として、高温菌は中温菌に比べ高温に対する順応性、抵抗力が高く、一般にpHも中温菌より高くても生育できるためと

も考えらる。また、⁽⁴¹⁾今堀によれば「高温菌には消極性と積極性の2つのタイプがあり、積極性高温菌により、温度を更に高くする事が可能だ」という事により、この作用がますます助長されるとも考えらる。更に、別の理由として糞尿中には *Bacillus* のグループとして *Bacillus stearothermophilus* の他に、それよりも生育温度、pH が若干低い *Bacillus subtilis* (以下、*B. subtilis* と略記する) が存在するが、⁽¹⁰⁴⁾これが各種細菌に対して抗生的であると太田はいつている。成書によれば *B. subtilis* からバシトラシン *Bacitracin* を抽出する事は既成の事実である。従って、*B. subtilis* が何んらかの作用で、発酵経過においてバシトラシンを合成する事も考えらる、青木も鶏フン堆肥の研究中に、このような抗生物質様物質が産生される可能性があるといつている。更に著者も、高温菌の典型的な colony を普通寒天のプレート中心において、周囲に糞尿混合液を塗抹した場合に、高温菌の周囲に阻止帯ができる事

を実験的に知ったが、定性的であったので詳細については述べない。かくして、中温菌が減り、*B. subtilis*も高温になるに従い減少し、発酵に関与する菌として *B. stearoothermophilus* がその中心となっていく。

2.3.3. 小 括

家畜糞尿を堆肥化 Composting、あるいはその他の方法によって発酵処理した場合の微生物の動態に関する研究はアメリカでは盛んで、それに関する専門雑誌 (Composting Science, Solid Waste Composting Advance in Applied Microbiology) があるほどである。液状発酵処理に関しても我が国では、ほとんど行なわれていない。^[26] Raymondらの報告によれば発酵の主体をなすのは *Bacillus stearoothermophilus* といっているが、この他にも *Bacillus subtilis* もある時期において増え、病原性を有する中温菌が、高温、pH、抗生物質様物質などの共同作用で次第に駆逐されていくものと考えられた。なお、病原菌については改めて述べる。

第3章 発酵処理物の安全性(特に病原微生物と寄生虫)に関する研究

3.1 安全性(飼料としての)についての総説

家畜糞尿を飼料や肥料として再利用(Recycling)する研究はアメリカでは10年ほど前から行なわれてきた。^[88]当初は糞尿の処理方法、土地還元などの検討を中心になされていたが、次第に糞尿を飼料として再利用(Refeeding)するための研究が、飼料価値、加工方法などの検討を中心に行なわれるようになってきた。そして1974年6月6日カリフォルニア州^[87]では糞尿を飼料として用いる事を認可した。これに続いてミズissippi州でも1975年7月7日^[169]から州法により認可された。その他バーツニア州・アラバマ州も許可の方向で検討している。更にアメリカ国内全てを対象とする場合は、これらの問題の当該監督局である連邦食品医薬品局(FDA)^[88]も許可の方向で検討を行なっているという。ヨーロッパにおいてはイギリスは飼料として糞尿を用いる場合の特別な規制

はないが、何んらかの規制を設けようという動きはある。また、ベルギーでは飼料として利用できるものの範囲が決まっています。糞尿を飼料としては利用できない。また、西ドイツもベルギーと同様である。デンマークでは前向きの方角で検討している。

これらが、なぜ飼料として認可されないかであるが、感情的な面も当然の事ながら、安全性についての不安が残るためである。カリフォルニア州で糞尿が Processed Animal Waste Product (PAWP) の名称のもとに認可された法律には、安全性について「薬剤残留物、害虫駆除剤残留物、もしくは動物に有害なもの、また、家畜の組織や副産物に残留する有害物などの有害_{有害}、有害な物質を含んではならない」としている。

さて、日本についてであるが、農林大臣の咨問を受け、農業資材審議会飼料部会が、骨子を作成し、昭和51年7月24日に飼料の安全性の確保及び品種の改善に関する法律(略称、

飼料安全法⁽⁵²⁾が施行された。これには有害畜産物が生産され、又は家畜などに被害が生ずることにより畜産物の生産が阻害される事を防止する見地から飼料や飼料添加物の成分についても規格を定める事ができるとなっている。更に、有害な物質や病原微生物により汚染され、又はその疑いのあるものを飼料の原材料にしたり、飼料に用いてはならないとしている。また、この法律の解説⁽⁵³⁾には有害な物質としてカビ毒、農薬、カドミウムなどの重金属PCBその他有害化学物質を、病原微生物としてサルモネラなどの病原菌、ビールス、原虫類、カビ類、その他人体又は家畜などに有害な微生物をあげている。福原⁽⁵²⁾・野辺⁽⁵⁴⁾田によれば、現段階において通常、農家において生産される、牧草、飼料作物、発酵飼料(家畜糞尿を含む)なども安全法でいう飼料に該当するが、これに加工などが施される場合、それが流通する場合以外は安全法の規制の対象外とはなるものの、飼料添加物、飼料などと同じ

ように安全性を評価する方法を確立し、これに基づいた試験成績を裏付けとして効果・安全性を確認する必要があるものと判断される。

著者の考え方としては、家畜糞尿を飼料として用いる場合は、由来が明確で抗生物質や抗菌物質などを含まない飼料によって飼養された健康家畜の糞尿を原材料として処理加工し、幼令・老令以外の健康家畜に供与する事が望ましいと考える。

家畜糞尿を飼料とした場合の安全性については、その重要性は強調されてはいるものの我が国での報告は少なく、田崎^[154]らは乾燥牛糞(70~80℃)中に Bacillus を見たが、それらは全て非病原性であったといっている。また田名^[155]部は鶏糞を150~350℃で乾燥した中には病原微生物は存在しなかつたといっている。その他としては、著者^[117]は豚糞尿液状発酵飼料(発酵温度60~65℃)にはサルモネラ・大腸菌群および回虫卵は検出されなかつたとい報告した。いずれにしても、これまでの報告は病原微生物

や回虫卵に関するものばかりで、重金属や抗生物質についての報告はほとんどされていない。

アメリカにおいては、この種の研究も盛んであり、細菌に関しては Caswell⁽¹³⁾らはサイロ詰したブロイラー廃棄物を発酵処理した時の細菌数(総菌数, 大腸菌群, サルモネラ, 赤痢菌プロテウス)について報告し、寄生虫に関しては Harmon⁽¹⁵⁾は酸化溝のODML中の豚回虫卵について、Day⁽¹⁷⁾らは酸化溝のODML中の豚回虫やレプトスピラについて報告している。また Waste Recycling Teamの報告書⁽¹⁶⁾には、寄生虫や病原菌については嫌気状態の方が、死滅効果は高いが、好気状態でもかなり効果があるとか、ウェストレーズ Waste la ge (コーンサイレーズ15%, コーン45%, 牛フン40%)を含むは処理後3~4日でサルモネラは死滅し、それを肥育牛に与えた場合、Cd, P, Zn, Cu, Fe, Mnは筋肉への蓄積はなかったといっている。また、残留薬品については、乾燥鶏糞を

去勢牛に与えた場合。対照区と比べ、肝臓、背脂肪などに残留する殺虫剤の量に差はなかったといっている。

新沢^四は安全性を考える上で、重金属として総水銀、砒素、鉛、クローム、カドミウムを上げ、病原菌として、サルモネラ群のものとクロストリヅウム属のものをあげている。

いずれにしても安全性そのものの定義や評価の方法がいまだ完全には確立されておらず、国家レベルで、飼料添加物や、飼料に関する安全性の評価方法や基準が作成されつつある。

3.2 病原微生物に関する研究

液状発酵処理物の発熱発酵に伴なう病原微生物の動態を知るために次の実験を行な、た。

3.2.1 発熱発酵に伴なう細菌の動態

汚染指標菌として意義があり、検索が極めて容易な大腸菌²¹⁵⁰³群、および家畜に疾病を引き起こす機会が多く、熱に対する抵抗力が比較的強いサルモネラ属について注目した。

3.2.1.1. 材 料

豚、牛ともに2.1.3.1で使用した家畜のもので、発酵槽より可及的に無菌的にガラス管を用いてPWL、CWLを採取し、試料とした。試料は図30に示す温度域で採取した。

3.2.1.2 検査方法

1) 培地: Desoxycholate agar (以下 DA と略記する)・栄研 (lot E-MB00) および DHL agar・栄研 (lot E-MA11) を用いた。

2) 菌液の調製: 2.3.2.2と同様に行なう。

3) 菌液の接種: DA には菌液 1 ml を混雑培養を、DHL には菌液 0.1 ml をプレート中央に滴下し、滅菌コーンラーツ棒で塗抹拡散

4) 培養: $37.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ で 18 ~ 24 時間培養した。

3.2.1.3. 結 果

結果を表3に示す。豚のPWLは開始時のサンプルでDAのColony countは 204×10^5 から次第に減少し55℃のサンプルで 2×10^5 となり終了時には検出されなかった。またDHLのColony countも同傾向であった。牛のCW

Lは開始時のサンプルでDAのColony countは 49×10^3 と豚に比べて少なく、 30°C のサンプルで 75×10^3 と若干増えたが、 37°C のサンプルで減少し、 55°C のサンプルでは検出されなかった。またDHLのColony countも同傾向であった。

サルモネラについては図31に示す術式で定性的に検討をした。その結果、豚のPWL、牛のCWLとともに開始時にはクリグラー-寒天培地(以下KEと略す)、SEM培地、ブドウ糖リン酸塩ペプトン培地(以下MRVPと略記する)のそれぞれの培地の培養所見でサルモネラ陽性であった場合も、終了時に再び定性試験を行なった場合、全て陰性となった。

以上からして、発熱発酵の経過に伴って大腸菌群、サルモネラ属は死滅する。

3.2.2. 糞尿混合液中の細菌の動態、特に液温と時間の関係

2.2.1により大腸菌群、サルモネラ属が死滅する事が解るが、実際に病原菌が温度と

時間の影響でどのように死滅するかについて熱死滅時間を求めるための実験を行なった。

3.2.2.1 材 料

豚は1.1.3.1のものから排泄された新鮮糞および新鮮尿(糞は排泄直後のものを、尿は排泄中のものを)をビーカーに糞尿比2:1で入れ良く攪拌したものを材料とした。

3.2.2.2 実験方法

1) 感作温度、感作方法および感作時間: 感作温度は豚についてはPWLの処理装置における冬期の最高液温55℃および夏期の最高液温60℃を仮定し、牛についてはCWLの処理装置における冬期の最高液温45℃および夏期の最高液温50℃を仮定し、それぞれこの温度で感作させた。感作方法は20 mlの試験管に材料を入れ、青梅綿で蓋をしたものを恒温水槽に入れ、水を循環しながら感作した。感作時間は0, 3, 6, 12, 24, 48時間とした。

2) 培地：普通寒天培地(以下 NA と略記する) 栄研 (Lot E-MC01) および DA・栄研 (Lot E-MB00) を用いた。

3) 菌液の調製：2.3, 2.2. と同様に行なつた。

4) 菌液の接種：2.3, 2.2. および 3.2, 1.2 と同様に行なつた。

5) 培養：2.3, 2.2. と同様に行なつた。

3.2.2.3. 結果

結果を表4.5に示す。PWLは55℃, 60℃で感作した場合3時間以内で大腸菌群は検出されなかった。CWLは45℃で感作した場合は24時間で Colony count は 1×10^3 , 48時間では検出されなかった。また50℃で感作した場合は12時間で検出されなかった。

3.3 寄生虫学的な考察

現在までに、家畜に寄生する寄生虫は多種知られている。寄生虫の抵抗力を考へる場合一般に回虫卵があげられる。回虫卵は種々の自然条件あるいは薬物に対して強い抵抗力をもつ事が知られているので、寄生虫の予防対

策上重要且つ基本的な知見となり得るものである。
ある。

著者は寄生虫に関しては回虫卵を指標として発酵処理を考えるのが適当と考える。今回寄生虫に関してはPWLの処理前・処理後のサンプルを浮遊法によって虫卵を調べたが、処理前に豚回虫を認められた場合でも、処理後には豚回虫を認めなかった。しかし、寄生虫学的な実験はEPGなどについて考慮しなければならず、特にそのような実験を行なわなかったのので、先人たちの報告に基づいて考察を行なうものである。

抵抗力とは、一定の条件下における卵の生存力または発育能の事で、抵抗力に関する観察、実験においては、卵の生存または死滅の判定が必要である。

3.3.1 物理的条件

物理的条件として、温度、乾燥、光線、放射線などがあげられる。このうち液状発酵処理を行なう上で温度、特に高温に対する影響

を考へればよい事になる。小泉^[95]は回虫卵は70℃以上の熱湯中で1秒間に発育能力を失い、同様の結果を得るには60℃ならば5秒、55℃ならば50秒、50℃ならば45分の接触を要するといっている。三戸部^[65]は試験方法によつても異なるが、60℃では3分間、70℃では1分間、80~100℃では30秒で卵が死滅するといっている。また村上^[81]は各温度の100%死滅に達する時間は40℃で79時間、44℃で15時間、50℃で52分、54℃で6分、56℃で2分、58℃で36秒、60℃で16秒かかるといっている。更に、岩井^[48]らは、村上のデータを解析し、回虫卵の温度により死滅していく状況は原則として直線的であつて、指数関数が減じていく事、さらにある時間まで直線であるが、一定時間を経るとその死滅率が急に拡大するという2特性があり、回虫卵においても細菌におけるChickの法則が成立するといっている。

著者の実験では既のPWLの場合、液温は夏期で65℃以上に、冬期で55℃以上がそれぞれ

れ24時間以上も持続するので、これらの報告からして、回虫卵は殺滅されるものと思われた。

3.3.2. 物理的以外の条件

物理的条件以外の殺卵性物質として各種の化学物質を殺卵剤として回虫卵の抵抗性⁰⁴⁹³についても数多くの研究がなされた。竹山は人尿中のアンモニア窒素2 mg/cc内外のものに殺卵力があるといっている。もし、事実だとするならば、著者が以前LFFのアンモニア窒素を定量したら2100 ppm.つまり2.1 mg/ccであったので殺卵効果が、この程度でも発揮されるとも思える。しかし長野は8 mg/cc含有のものでもなお卵は良く発育する⁰⁸³⁷という報告もあるので、さだかではない。

3.4. 小 括

安全性に関する評価や、その基準は大変に難しい。現在、飼料安全法の細則として、有害物質、病原微生物の定義、許容量などについての基準作成のために農業資材審議会飼

料部会が検討を行なっている。

著者は病原微生物について主として大腸菌群を指標として発熱発酵時の動態について調べた。この結果、著者の処理方法で糞尿を処理した場合、液温が55℃を示した場合の後のPWL、CWLともに大腸菌群、サルモネラ属を検出する事は出来なかった。また、PWLを55℃、60℃で感作した場合は3時間で、CWLを45℃で感作した場合は45時間で、50℃で感作した場合は12時間で大腸菌は検出されなくなった。

寄生虫については回虫卵の殺滅を指標として、先人が多くの報告をした。著者の実験ではPWLは冬期でさえ55℃以上が24時間以上が24時間以上も持続するので回虫卵は殺滅されるものと思われる。

第4章 発酵処理物による豚の飼養試験

家畜糞尿を何れかの形で飼料に転換させよ
(2, 14, 16, 17, 53, 54, 61, 89, 105, 110, 117, 128, 136, 140, 141, 152, 155,
うとらう報告は近年, 数多く見られるように
151, 154, 171.)
なった。安全については前章に譲り, ここでは飼料としての価値の検討を中心に述べる。

4.1. 飼料成分

4.1.1. 材料

材料のうち, 豚は2.1.2.1.のものを処理装置に仕込み, 糞1kg当り0.25 l/minの空気を送入し, 完熟したもの (Pig Liquid Fermented Feed 以下, P-LFF と略記する) を材料とした。

牛は2.1.2.1.のものを処理装置に仕込み, 糞1kg当り0.188 l/minの空気を送入し, 完熟したもの (Cow Liquid Fermented Feed 以下, C-LFF と略記する) を材料とした。

4.1.2. 分析方法

分析にあたり, P-LFFおよびC-LFFは乾燥器で1~2時間乾燥させ, 放冷後, 粉碎し, 1日間室温に放置し, 風乾状態とし

てから分析に供した。試料の量は1~3gを用いた。

1) 水分：試料2gをあらかじめ恒量を求めておいたガラス製秤量ビンにとり、乾燥器で2時間乾燥し、恒量を求めて、減量をもって水分量とし、この量の供試量に対する百分率を求め、これを水分含量とする。

2)：粗蛋白質：ケルダール Kjeldahl 法によって総窒素を定量し、これに6.25を乗じて粗蛋白量とする。

試料2gを用い、以下の方法は2.1.3.2.2.の総窒素の分析方法と同様に行なった。

3) 粗脂肪：ソックスレー Soxhlet 脂肪抽出装置を用い、エーテルで24時間抽出する事により定量されたものを粗脂肪とする。

脂肪定量ビンは、あらかじめ恒量を求めておく。試料2~3gを脱脂、乾燥済の内筒濾紙(東洋濾紙No.84, 径2.2cm)にとり、その上に脱脂綿を少量ずつ数回に分けて軽くおさえるようにして栓をする。そして、ソックスレー

一 脂肪抽出装置にセットし、エーテルで24時間抽出する。抽出後のエーテルを回収し、残りのエーテルは発散させる。脂肪定量びんを 100°C で3時間乾燥し、放冷後秤量する。抽出前後の定量びんの重量の差を粗脂肪とし、供試量に対する百分率を求め、これを粗脂肪含量とする。

4) 粗繊維：試料を1.25%硫酸および1.25%水酸化ナトリウム液ならびにアルコール、エーテルで処理した残渣から、その灰分量を減じたものを粗繊維とする。

試料2~3gを500ml容トルビーカーにとり、1.25%硫酸溶液200mlを加え、液面に沿って正確に標線を付記し、沸騰後、正確に30分間激しく煮沸する。なおこの間、液面を標線に保ち、硫酸の濃度を変えないうえに絶えず熱水をもって補った。また内容物が容器壁に付着しないように注意する。煮沸後、約300mlの水を加え静置し、上澄液を吸引管を用いて排除する。そして再び水を加えて静置

上澄液を排除することとを pH が中性を呈するまで繰り返す。次に吸引後、5% 水酸化ナトリウム溶液 50 ml を加え、更に水を加えて 200 ml (水酸化ナトリウムの濃度は 1.25% になる) とし、30 分間煮沸する。以下の操作は硫酸で処理した場合と同様に pH が中性を呈するまで繰り返す。このようにして得た残渣を予め秤量ビンに入れ、 $135 \pm 2^\circ\text{C}$ で 2 時間乾燥、秤量した定量用濾紙 (東洋濾紙 No. 5A) で濾過し、水、95% アルコール、エーテルの順にそれぞれ 2~3 回洗浄する。3~4 時間風乾の後、残渣を濾紙とともに元の秤量ビンに移し $135 \pm 2^\circ\text{C}$ で 2 時間乾燥、放冷後秤量して前後の差をもつて残渣の量とする。更にこれを予め秤量しておいたルツボに移し、マッフル炉で 2 時間灰化し、放冷後秤量する。残渣の量から灰分量を減じ、供試量に対する百分率を求め、これを粗繊維含量とする。

5) 粗灰分 : 試料 1 ~ 3 を マ ッ プ ル 炉 で 2 時間 灰 化 し た も の を 粗 灰 分 含 量 と す る 。 以 下 の 方 法 は 2.1.3.2.2. の 灰 分 の 分 析 方 法 と 同 様 に 行 な っ た 。

6) 可 溶 無 窒 素 物 : 100 % か ら 水 分 , 粗 蛋 白 質 , 粗 脂 肪 , 粗 纖 維 , 粗 灰 分 の 各 成 分 量 の 合 計 を 減 じ た も の を 可 溶 無 窒 素 物 含 量 と す る 。

4.1.3. 結 果 と 考 察

P - L F F (配 合) , P - L F F (残 渣)
C - L F F の 飼 料 6 成 分 を 乾 燥 物 換 算 し た も の を (表 6) に 示 す 。 現 物 で の 水 分 含 量 は C - L F F 90.04 ± 0.47 % , P - L F F (残 飯) 87.68 ± 2.52 % , P - L F F (配 合) 86.73 ± 1.94 % の 順 に 高 い 。 ま ず , 粗 蛋 白 質 に つ い て 注 目 し て み る と P - L F F で は 配 合 の も の よ り 残 飯 の も の が 多 ^[93] い の は 給 与 飼 料 の 蛋 白 含 量 の 差 異 に よ る も の と 思 わ れ る 。 L F F は 糞 と 尿 を 混 合 し て 作 ら れ る か , 窒 素 の 糞 お よ び 尿 中 の 分 布 で 蛋 白 含 量 も 変 わ る 。 Smith ^[140] に よ れ ば 豚 糞 尿 中 の 窒 素 の 分 布 割 合 は 糞 : 尿 = 33 : 67 と

と¹¹つて¹¹る。著者が以前行なつた実験では乾燥物換算で粗蛋白質21.13%の糞に同量の尿を加えて良く攪拌したものの粗蛋白質を定量すると22.9%と若干なかつたの含量が増えた。これは尿由来による窒素によるものと考へられる。また、牛では肉牛、乳牛ともに糞尿中の窒素の分布割合はほぼ同量と¹¹つて¹¹る。⁽¹⁴⁰⁾また、家畜糞尿を飼料として用¹¹る場合、アミノ酸の組成につ¹¹ても考慮しなればならぬ。我国には、この種の報告はほとんどないが、アメリカでは比較的多く報告されて¹¹る。現在までに報告されて¹¹る代表的な数値を表クに示す。これは全て乾物にて表示されて¹¹る。アミノ酸の組成の各成分は豚糞が各アミノ酸ともに比較的多い事が表か¹¹読みとれる。次に発酵処理を行なう事によつて糞尿混合液の飼料としての組成がどの様に変化するかを考へてみる。Day⁽¹⁶⁾は家畜の糞尿には、未消化、未吸収の飼料成分が含まれて¹¹て、量的には減少するが、糞尿中の栄養成分は飼

料中の栄養成分と同じものであり、その他に代謝産物、組織片、微生物細胞、敷料、水、土などが含まれており、^[35]また、Harmonは酸化溝法で処理したODML (Oxidation Ditch Mixed Lignor)では、アミノ酸とビタミンが生産され、ミネラル類は循環される^[112]。著者が行なった実験では、豚、牛とともに糞尿を同量発酵装置に投入し、無曝気で攪拌混合した場合、大きな変化があり、たのは、豚、牛とともに粗灰分が現物中で1.0~1.5%増加した事が目立つ程度であった。また、飼料由来の重金属についてはその残留性などが、その安全性が問題となるが、家畜糞尿を処理加工し、飼料とした場合の処理物の中に重金属がどの程度含まれていてまたそれがどんな影響も家畜に与えるかと行ったような報告は現在までになされたものは比較的少なく、それも乾燥鶏糞^[3]についてのものがほとんどである。新沢は乾燥鶏糞に含まれる重金属について分析し、水分6.8%のもので総

水銀 0.03 PPM, 砒素 1.7 PPM, 鉛 1.5 PPM, クロ
ム 13.6 PPM, カドミウム 1.1 PPM であり, 外
国のものもこれと大同小異であり, これぐ
うではほとんど問題にならないうとされて
ようだ”と”して”る。

重金属が家畜に及ぼす影響として, 一次的
なものや二次的なものやが考えられる。一次
的なものとしては, 重金属を多量に含んだ飼
料, 蓄積作用によって家畜がそれぞれの中毒
に陥る場合であり, 二次的なものとしては,
重金属が蓄積され, 食肉, 牛乳, 鶏卵などの
畜産物に移行し, ひいては人類にとって影響
を及ぼす場合とである。当然のことながら,
家畜糞尿を飼料として考える場合, 二次的な
影響についても検討しなくてはならない。

現在までに農業資材審議会飼料部会が飼料
添加物, 尿素飼料などについてその許容量を
設定したが, 配合飼料などについては現在検
討中であり, 糞尿を飼料化する場合の基準に
ついては更に遅れるものと思われ。

4. 2. 飼養試験

実際に発酵飼料を肥育豚に与えた場合に、どのような影響を及ぼすか、あるいは将来的に飼料としての可能性があるかどうかについて、いくつかの実験を行って検討した。

なお、消化試験や殺試験は出納試験の範ちゅうに入るが、ここでは便宜上、これらも広義の意味での飼養試験として扱う事とする。

4. 2. 1. 材 料

4. 2. 1. 1. 実験供試飼料

実験に用いた飼料は嗜好試験を除き、試験区に重量比で P-LFF 30%、配合飼料（くみあり配合飼料、大型後期）70% を混合したものを (図32) 対照区に上記配合飼料を用いた。飼料成分は表 8 に示した。

4. 2. 1. 2. 実験供試豚

実験に用いた 1976 年 3 月 13 日に Landrace-Hampshire の F₁ として出産した同腹の仔豚 10 頭（雄 4 頭、雌 6 頭）を同年 5 月 27 日に購入し、神奈川県相模原市の麻布獣医科大学畜

衛生学研究室附属豚舎にて飼養中のものを用いた。給飼はセルフフィダーによる制限的不断給飼，給水はウォーターカップによる不断給水であった。なお，6月11日に体重測定を行なう試験区（T区），対照区（C区）各々5頭ずつとした。分配方法，体重は表9である。

4. 2. 2. 消化試験

消化率は家畜栄養学の領域では，飼料の栄養価の判定，飼養試験における家畜家禽の吸収養分量の測定，さらには家畜家禽の消化能力の判定など各種の目的で測定され，次式で定義される。

$$\text{みかけの消化率 (\%)} = \frac{\text{摂取栄養素量} - \text{糞中栄養素量}}{\text{摂取栄養素量}} \times 100$$

4. 2. 2. 1. 材料

実験に用いた飼料は，4. 2. 1. 1. のものを，供試豚は，4. 2. 1. 2. のものを用いた。

4. 2. 2. 2. 実験方法

平飼い・群飼のため，豚を24時間連続待機

観察し、新鮮糞をその都度ビニール袋に集める全糞採取法によった。糞の処理は全量の糞を藁匙やガラス棒で良く混ぜ均一とし、その少量を60~70℃の通風乾燥器内で12時間乾燥し、以下4.1.2.の方法に準じた。なお、糞は試験開始後19.31.36.44.57.64.71.78日目のものを採取した。
4.2.2.3. 結果

実験に使用した飼料の消化率、可消化養分含有率、可消化養分総量(TDN)、可消化エネルギー(DE)を表10に示す。

4.2.3. 嗜好試験

家畜家禽は飼料に対する好みがあって、それも種や個体によっても差があるといわれる。この家畜家禽の飼料の好みの程度を知るために行なう試験を嗜好試験という。

4.2.3.1. 材料

実験に用いた飼料のうち供試飼料としてP-LFFを、基礎飼料として配合飼料(くみあり配合飼料)を供試豚は4.2.1.2.のものを用いた。

4. 2. 3. 2. 実験方法

供試飼料と基礎飼料との重量割合を前者を徐々に増加させ、後者を徐々に減少させた飼料を生後94日目にあたる6月15日から30日までの間に他の試験を行なう前に行なった。

4. 2. 3. 3. 結果

嗜好試験の結果を表IIに示す。LFFを段階的に増量した結果90%まで残飼は認められなかった。以前、著者が曝気操作を加えな¹¹いで発酵処理した時のLFFの嗜好性80%まで残飼を認めな^[11]かったからかなりの高水分の飼料でも嗜好性を有して^[64]いるものと考えられる。松下は、家畜の飼料を考⁶⁴えよう⁶⁴えでもCP (Crude Protein) やTDN (Total Digestible Nutrients) の他に嗜好性について無頓着であってはならないと¹¹いて¹¹いる。豚は嗅覚が鋭く、味覚も発達して¹¹るので「香氣」、¹¹「軟らかさ」、¹¹「細かさ」などの要件が必要である。

家畜に飼料を与える場合、マッシュ状の飼料に水を加える事は古くから行なわれて¹¹りて

その加え方も種々である。加える水の量が適当であれば嗜好性を良くし、飼料効率を高めるとかできるが、豚が生理的に必要として^[43.44]いる以上の水を加えると効果が減じるといわれている。

LFFを配合飼料に混合する事も、考え方としては加水の場合と同様に考えられる。今回、著者は肥育試験を行なうにあたり、杉本^[143]、Diggins^[19]の試験を参考とし、更にLFFの製造能力を考慮して配合飼料にLFFを30%混合したものを給与する事とした。

4.2.4. 肥育試験

肥育試験とは、肥育用飼料の実用効力を調べるための試験方法であり、肉量の増加を体重により、また肉質をこの体の性状によって判定するものである。この体については次項に譲り、ここでは増体量の推移、飼料の利用性について述べる。

4. 2. 4. 1. 材 料

実験に用いた飼料は4. 2. 1. 1. のものを用いた。実験に用いた豚は4. 2. 1. 2. のもので嗜好試験終了後4日間余裕をあげ、生後114日目にあたる7月5日から肥育試験を開始した。開始時の体重は実験区 49.48 ± 3.20 kg, 対照区 48.86 ± 5.16 kgであった。肥育試験の期間中の給飼量は表2に示した。体重測定に用いた豚衡器は富士平工業(豚衡機FK32-8成豚用)のものを用了。

4. 2. 4. 2. 実験方法

体重測定は原則として毎週一回(月曜日)、空腹時に定期的に行なった。生後114日令を試験開始日とし、つまり試験開始後0日とし、体重測定の後給飼を行なった。なお、肥育試験は9月24日までの81日間行なった。

4. 2. 4. 3. 結 果

体重の推移を図33に発育と飼料の利用性を表3に示す。体重は開始時に試験区 49.5 ± 3.20 kg, 対照区 48.9 ± 5.16 kgが終了時には、試験区

95.6 ± 3.61 kg, 対照区 114.6 ± 3.68 kg と な っ た。
一 日 当 り 増 体 重 は 試 験 区 577 ± 41.1 g, 対 照
区 823 ± 44.9 g で あ っ た。な お, 90 kg 到 達 日
令 は 試 験 区 184 日 令, 対 照 区 163 日 令 で あ
っ た。

飼 料 の 利 用 性 で, 試 験 区 は L F F を 除 け て
計 算 す る と 飼 料 要 求 率 (Feed Efficiency 以
下 F E と 略 記) 3.36, 飼 料 効 率 (Feed Con-
version 以 下 F C と 略 記) 0.30 で あ り, 対 照
区 の F E 3.42, F C 0.29 と 飼 料 の 利 用 性 を 数
字 の 上 で 見 る 限 り 試 験 区 の 方 が 良 好 で あ っ た。
[11.90.148.157]

4.2.5. と 殺 試 験

と 殺 試 験 と は, 家 畜 を 肥 育 し, そ の 肥 育 効
果 を 家 畜 を と 殺 し, 肉 眼 的 に あ る い は 理 化 学
的 に 枝 肉 に つ い て, あ る い は 内 臓 に つ い て 調
べ, そ の 数 表 化 す る 試 験 方 法 で あ る。こ こ
で は 枝 肉 成 績, 肉 質 成 績 に つ い て そ の 説 明
を 行 う。

4. 2. 5. 1. 材 料

と殺試験には4. 2. 4. の肥育試験を終了したものをを用いた。と殺は生後195日令(試験開始後81日目)にあたる9月24日にと殺前24時間を絶食させ、神奈川県相模原市上溝と場へ搬入し、行なった。と殺の方法と手順は図34によった。

4. 2. 5. 2. 枝肉成績

4. 2. 5. 2. 1. 材 料

と殺解体処理後24時間冷却保存したものを枝肉成績の材料とした。

4. 2. 5. 2. 2. 実験方法

1) と殺体重：と殺場搬入直前の体重をと殺体重とした。

2) 冷と体重：温と体を24時間冷蔵庫内で冷却した後の体重を冷と体重とした。

3) 枝肉歩留り：冷と体重のと殺体重に対する割合で次式によつて求めらる。

$$\text{枝肉歩留り (\%)} = \frac{\text{冷と体重 (kg)}}{\text{と殺体重 (kg)}} \times 100$$

4) 3分体比率：左半丸之体を所定の位置で前軀（カタ）、中軀（ロース、バラ）、後軀（ハム）に切断して秤量して、それぞれの枝肉重量に対する百分率を算出する（図35）。

5) と体長。背腰長(I)、背腰長(II)：右半丸之体を所定の位置でその長さを測定する（図36）。

6) ロース長：丸割肉片のロースにおける前軀切断面から後軀切断面までの椎骨の中央による長さを測定する。

7) ロース断面積：左半丸之体の前軀（カタ）の断面における胸最長筋の面積をプラスチックフィルムに写しとり、プラニメーター Planimeter で測定する。

8) ロース容積：ロース長にロース断面積を乗じたものをロース容積とする。

9) 背脂肪：右半丸之体の背脂肪層における次の3部位の測定値を平均した値であるとする。なお、測定にはノギスを用いる。

肩…前軀の最も脂肪の厚い部位の厚さ
背…中軀の最も脂肪の薄い部位の厚さ

1 腓...後軀の最も脂肪の厚い部位の厚さ

16) 組織分割比率：左半丸の第6～第8胸椎間の中軀（ロース，バラ）の組織を簡易分割法により分離して秤量し，その中の中軀重量に対する百分率を算出する。

4. 2. 5. 2. 3. 結果

枝肉成績の結果を表14および表15に示す。

1) 冷と体重・枝肉歩留り：冷と体重は試験区 66.0 ± 2.37 kg，対照区 81.2 ± 2.41 kg であり，歩留りは試験区 69.1 ± 0.30 %，対照区 70.8 ± 1.07 % と対照区の方が優位であった。著者⁽²⁶⁾が以前行なった実験でも歩留りは対照区の方が試験区に比べ 0.4 % 優位であったに過ぎない。歩留りについて大きな差異は認められなかった。

2) 3分体比率：3分体比率のうち後軀はと体の総筋肉量と最も高い相関⁽¹⁷⁵⁾があり，価値の高い肉が多⁽¹⁵⁷⁾く生産される⁽¹⁷⁾ので注目しなくてはならない。後軀の割合は試験区は対照区に比べ 1.0 % 程度多⁽¹⁷⁾かった。

3) 之体重・背腰長：之体長，背腰長 I，背腰長 II とともに対照区が試験区比べ 2.0 cm 程度短かかった。

4) ロース断面積：ロース断面積も対照区が試験区に比べ 4.4 cm 程度小さかった。

5) 背脂肪平均：背脂肪の厚さは，之体の大きさ，給与飼料の粗蛋白質の多少によって決定されるが，試験区は対照区に比べて之体重は少なく，給与飼料の粗蛋白質も少なかつたので全頭にかたって背脂肪は薄く，平均で 3.1 ± 0.36 cm と対照区よりも 0.6 cm 程度薄かった。

これは野口⁽⁸⁹⁾の実験と同様な結果であつた。
[30.99.176.174]

6) 組織分割比率：組織分割比率は試験区では脂肪が対照区に比べ 5.0% 程度多く，赤肉は対照区に比べ 5.0% 程度少ない。骨の割合はほぼ同じである事かゝる，赤肉と脂肪の割合についで注目しなければならぬ。

普通，動物体の成長は，体細胞の増殖と増大によつておこるものである。その増大する速度は体各部が全て一定ではな⁽⁷⁵⁾い。Hammond⁽⁹⁴⁾

Ca^[12] || ow, 和島^[165]の実験結果を総括するとおよそ次のような事かりえ。すなわち、骨の割合は初めは大き^いがその後は低下する。また、成長中、体重の増加に伴って赤肉は増加する。これらから判断すると、試験区は肥育を続行したならば対照区と同様か、あるいはそれに近づくものと思われた。

4. 2. 5. 3. 肉質成績^[135]

4. 2. 5. 3. 1. 材 料

宮川^[71]によれば第8胸椎から第4腰椎間の胸最長筋が質および量的に安定であるとしているが著者はと殺解体処理後24時間冷却保存したものの第6～第8胸椎間の胸最長筋中心部を材料とした。なお、体脂肪の融点は第6～第8胸椎上の皮下背外脂肪を用いた。

4. 2. 5. 3. 2. 実験方法

1) pH: 2. 1. 3. 2. 2. と同様の pH X - 9 - による。

2) 水分: 試料を千ヨツパーを用いて3回ていねいに挽肉にし(以下の粗蛋白質, 粗脂肪

粗灰分も同様) , 2g を 105 ~ 110 °C 乾燥器に入れて 24 時間乾燥し , 減量より求めた。

3) 粗蛋白質 : 試料 2g を薬包紙に包んでケルダール法で分解し , 以下の方法は 4. 1. 2. と同様に行なった。

4) 粗脂肪 : 試料 5g を同筒 3 紙内に脱脂綿と交互に分割重層し , ソックスレー脂肪抽出装置にセットし , 以下の方法は 4. 1. 2. と同様に行なった。

5) 粗灰分 : 試料 5g をルツボに取り , 以下の方法は 4. 1. 2. と同様に行なった。

6) 肉色 : 肉色は農林省畜産試験場方式の Pork Colour Standard により判定した。

7) 体脂肪融点 : 脂肪の融点測定装置 (図 37) を用いた。長さ 4 cm , 直径 1 mm で両端開きになっているガラス毛细管の一端に溶解した試料を吸上げ , 冷蔵庫に 24 時間放置する。ゴム輪などを用いて温度計 (0.1 °C 目盛) に付着させたものを融点測定管に取付け , 水を充したのち , 20 °C までは普通に加熱し , 以後 0.5 °C /

1 minの温度上昇により試料が透明になつた温度を融点とする。

4. 2. 5. 3. 3. 結果

肉質成績の結果を表16に示す。

1) pH: pHは試験区 5.92 ± 0.07 , 対照区 5.75 ± 0.05 であつた。一般にpHは死後強直に伴なつて序々に酸性を示すようになつてくる。最近, 問題になつてゐる P S E (Pale, Soft, Exudative) ^[8] 加語源, Briskey ^[40] の定義を Briskey の成績をも参考にして星野が決めpH範囲によればpH 6.0以上を正常豚, pH 5.9 ~ 5.5を軽症, pH 5.4 ~ 5.0を中症, pH 4.9以下を重症P S E豚としてゐる。この基準から判定すれば, 試験区はほぼ正常, 対症区は軽症といふことにならぬが, この程度もほぼ正常と判定しても差しつかえはないものと思われぬ。

2) 水分, 粗脂肪: 一般に水分の少ないものは脂肪が多く, 水分の多いものは脂肪は少ないといわれるが, 著者の結果も同様であつた。すなわち, 試験区は水分 $69.7 \pm 2.36\%$, 粗脂肪

肪 $6.0 \pm 0.91\%$, 対照区は水分 $67.9 \pm 2.73\%$,
粗脂肪 $7.8 \pm 1.59\%$ であり、仔豚に ⁽¹⁴⁷⁾ ついて高橋 ⁽⁸⁰⁾
らも同様な結果を得てゐる。また、Moulton
は各種家畜において一定の年令に達すれば、
筋肉の脂肪を除いたあとの成分の割合は一定
となり、脂肪の含有割合だけが品種や飼料な
どによって大きく変化するという報告から、
試験区と対照区との差が表わされたものと思わ
れる。

3) 粗蛋白質：粗蛋白質は試験区 19.0 ± 0.64
% , 対照区 $19.5 \pm 0.81\%$ と 0.5% 程度対照区の
方が高い。古橋 ⁽³⁰⁾ らは、月令や体重が増加する
のに伴って一定範囲内での水分の低下、蛋白
質の増加が認められ、これが肉のしまり、味
に関与するとしてゐる。

食物の味が、蛋白質量やその構成アミノ酸
によって大きく左右されるのは周知のごとく
であり、同一畜種の食肉でのこれらの変動は
少なく、特にアミノ酸組成については非常に
安定的であると Price ⁽¹²⁵⁾ らが述べてゐる事から

試験区，対照区ともに味覚には差異はないものと思われろ。

4) 粗灰分：粗灰分は両区とも全く同じで $11 \pm 0.06\%$ であり，文献とほぼ同様である。

5) 肉色：従来より肉色は UCS (Uniform Chromaticity Scale) による Lab 方式での表示により宮川^[71]，渋谷^[138]によって報告されているが，著者は特別の道具，熟練を必要としない方法である Pork Colour Standard により肉色を判定した。これによると豚肉として最も好ましい色沢は淡灰紅色 (ポークカラースタンダード No. 3 ~ No. 4) で光沢があり，鮮明なものが良い^[157]とされている。著者の結果では，試験区 3.0 ± 1.04 ，対照区 2.5 ± 0.50 と試験区の方が良好であった。

6) 体脂肪融点：体脂肪の融点は体の部位によって異なり，各部の値に一定傾向がみられ，皮下背脂肪外層 < 皮下背脂肪内層 < 腹側皮下脂肪 < 腹腔(腎)脂肪の順で，融点が高まる事が普通^[29]である。著者は融点か最も高い背外層に

ついで調べた。この結果、融点は試験区 $41.2 \pm 1.89^\circ\text{C}$ 、対照区 $40.3 \pm 3.96^\circ\text{C}$ で試験区の方が若干高かった。

脂肪の融点の高低は、食肉を調理する場合に影響を与える。あまり融点が低いと調理が終らないうちに脂肪が融け、風味などが半減するし、融点が高いと口の中に含んだ時にマイルドではない。

4.2.6. 栄養状態の推移

P-LFF を含んだ飼料を豚に与えた場合の生体での栄養状態の良否を判定する方法として比較的簡易な方法として血液所見によるものがある。著者は血液検査所見を通して家畜(豚)の栄養状態の推移を検討した。

4.2.6.1. 材料

供試血液は原則として毎週一回(月曜日)、空腹時に体重測定の後、豚衡器を秤場として採血を行なった。生後114日令にあたる7月5日を試験開始日とし、つまり試験開始後0日とし、と殺を行なう9月24日(試験開始

後81日)まで採血した。採血方法は通常は耳静脈から行ない、と殺時のみは放血血液によった。なお、血液は速やかに検査に供した。

4.2.6.2. 検査方法

- 1) 赤血球数：⁽²⁴⁾ノイバウエル法
- 2) 赤血球容積 (Ht)：⁽⁵¹⁾毛細管 11,000 rpm 5分法
- 3) 血色素量 (Ht)：⁽⁵⁰⁾Shal i-小宮法
- 4) 平均赤血球血色素濃度 (MCHC)⁽⁵⁷⁾：個々の赤血球の容積に対する血色素量の比を百分率で現わしたもので次式により算出される。
$$MCHC(\%) = \frac{Hb(g/dl)}{Ht(\%)} \times 100$$
- 5) 血清蛋白量：屈折蛋白計 (FHK) を用いた。
- 6) A/G比：電気泳動法による。
- 7) 血清蛋白分画：^[98.153]セルロースアセテート膜電気泳動法による。

4. 2. 6. 3. 結 果

1) 赤血球数: 赤血球数の推移を図38に示す。赤血球数は試験開始時に試験区 580 ± 210 ヶ/mm^3 , 対照区 670 ± 130 万 ヶ/mm^3 であり, 毎回対照区の方が少ない時で $10 \sim 20$ 万 ヶ/mm^3 , 多い時でも $40 \sim 70$ 万 ヶ/mm^3 程度の差で試験区よりも多いが成長に伴う赤血球数の増加傾向はほぼ同様のものといえる。なお, 試験終了時は試験区 760 ± 80 万 ヶ/mm^3 , 対照区 730 ± 80 万 ヶ/mm^3 であった。

2) 赤血球容積(Hematocrit値, 以下Htと略記する): Htの変化を図39に示す。Htは試験開始時に試験区 $44.3 \pm 3.0\%$, 対照区 $44.0 \pm 4.6\%$ であり, 毎回, 対照区の方が 4.0% 内外多く, 成長に伴うHtの増加傾向は, ほぼ同様のものといえる。なお, 試験終了時は試験区 $45.0 \pm 3.6\%$, 対照区 $49.0 \pm 2.8\%$ であった。

3) 血色素量(Hemoglobin量, 以下Hbと略記する): Hbの変化を図40に示す。Hbは試験開始時に試験区 $12.9 \pm 0.7 \text{ g/dl}$, 対照区 $13.0 \pm 1.5 \text{ g/dl}$ で

あり、毎回、対照区の方が $0.5 \sim 1.0 \text{ g/dl}$ 程度多かったが、成長に伴なう Hb の変化は両区とを特別見あたらなかつた。なお、試験終了時は試験区 $12.7 \pm 2.5 \text{ g/dl}$ 、対照区 $13.5 \pm 2.1 \text{ g/dl}$ であつた。

4) 平均赤血球血色素濃度 (Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration, 以下 MCHC と略記する) : MCHC の変化を図 41 に示す。MCHC は試験開始時に試験区 $29.0 \pm 1.2 \%$ 、対照区 $29.7 \pm 1.1 \%$ であり、毎回対照区の方が $1.5 \sim 2.0 \%$ 程度高かつたが、成長に伴なう MCHC の変化は両区ともに特別見あたらなかつた。なお、試験終了時は試験区 $30.5 \pm 1.8 \%$ 、対照区 $30.2 \pm 0.6 \%$ であつた。

5) 血清総蛋白質量 (Total Serum Protein 以下 TP と略記する) : TP の変化を図 42 に示す。TP は試験開始時に試験区 $8.8 \pm 1.0 \text{ g/dl}$ 、対照区 $8.5 \pm 1.0 \text{ g/dl}$ であり、その後両区ともに若干の増減を繰り返したか、両区 of 増減傾向は同様であり、成長に伴なう TP の変化もほとんど

になかった。なお、試験終了時は試験区 6.4 ± 0.3 g/dl, 対照区 6.6 ± 0.2 g/dl であった。

b) アルブミン・グロブリン比 (A/G 比) :

A/G 比の変化を図 43 に示す。A/G 比は試験開始時に試験区 1.12 ± 0.13 , 対照区 1.04 ± 0.29 であり、その後両区ともに生理的と思われうる範囲内での増減を繰り返したが、成長に伴なう A/G 比の変化はほとんどなかった。なお、試験終了時は試験区 1.51 ± 0.19 , 対照区 1.38 ± 0.05 であった。

7) 血清蛋白分画 (以下単に蛋白分画と略記する) : 蛋白分画の変化を表 17 に示す。蛋白分画は試験開始時に試験区の α_1 52.7 ± 2.94 %, α_2 23.1 ± 3.36 %, β 14.7 ± 2.04 %, γ 9.3 ± 0.52 %, 対照区の α_1 48.1 ± 7.92 %, α_2 24.9 ± 7.71 %, β 17.5 ± 7.72 %, γ 9.3 ± 1.62 % であり、両区とも分画比に大差はなく、成長に伴なう分画比の変化は両区とも若干 α_2 が減少した事が見える程度である。なお、試験終了時の試

験区の α 1b 59.9 ± 3.14 % , α - β 1ob 17.8 ± 2.02 %
 β - β 1ob 13.5 ± 1.03 % , γ - β 1ob 8.6 ± 1.39 % , 対
照区の α 1b 57.9 ± 0.92 % , α - β 1ob 18.4 ± 1.05
% , β - β 1ob 14.2 ± 1.89 % , γ - β 1ob 9.3 ± 1.81 % で
あった。

4. 2. b. 4. 考 察

栄養状態のバロメーターとして、家畜が貧血あるいは貧血傾向に陥っていかないかを血液検査を通して検討した。発育と貧血との関係は古くから経験的にも指摘されてきたが、この関係を明らかにしようとした試みは少なく、ゆづか^[33]に Hamilton^[15] と、 Craft^[25.26.27.28] と、古郡^[117.123] の報告があるにすぎない。また、飼料と血液成分についての報告も少なく、発酵飼料に関しては皆無に等しく、著者^[117.123] の報告があるにすぎない。

肉豚を肥育するには肉豚の健康状態に留意し、特に栄養状態の推移に気を払わなければならぬ。今回の試験結果をまとめてみると試験区の一回当りの給飼量が対照区に比べ重

量的に少なり事が影響したか、体重90kg到達日令で、試験区は対照区に比べ約20日ほど遅れた。また、110kg到達日令は推定で15~20日ほど遅れりものと思われた。

しかしながら、血液検査の結果から、試験区に貧血傾向はなく、また蛋白成分の所見、剖検所見などにも異常は認められなかった。

4.2.7 小 括

豚糞尿混合液発酵飼料(P-LFF)を肥育豚に与えた場合の影響を把握し、将来的に飼料として利用できる可能性の可否について検討した。実験には LH の同腹子豚 10 頭を用い、それぞれの実験に供した。実験に用いた飼料は嗜好試験を除き、試験区に P-LFF 30% 含有配合飼料を、対照区に配合飼料を給与した。飼養試験を行なうに当り、予め LFF の割合を変えた嗜好試験を行ない、その後、各種の実験を行なった。

(1) 嗜好試験

P-LFF に対する嗜好性は極めて高く、80~90% 程度を配合飼料に置き変えても残飼は認められなかった。なお、嗜好試験以外の試験は発酵装置の能力、杉本・Diggs⁽¹⁴³⁾らの実験を考慮し LFF を 30% 配合飼料に混合したものを給与する事とした。

(2) 消化試験

全糞採取法により行なった。試験区の消化

率は対照区と比べて低い。また、試験区の DCP は 5%、TDN は 52.8%、栄養率は 10.0 DE は 2.3 Mcal/kg (いすれと DM) であつた。

(3) 肥育試験

体重の変化は、試験区、対照区とも同傾向に増加したか、一日当り増体重で試験区は、250g 程度、対照区より劣つた。なお、90kg 到達日令は試験区 184 日令、対照区 163 日令であつた。また、飼料の利用性は、試験区は、LFF を除けば FE は 3.36、FC は 0.30 であつた。

(4) 枝肉成績

歩留りは、試験区は 1.7% ほど対照区より劣つたにすぎなかつた。

背脂肪は、試験区は 0.6 cm ほど対照区より薄かつた。

組織分割比率は、試験区は脂肪が 50% 程度対照区より多く、赤肉は 5.0% 程度、対照区より少なかつた。

(5) 肉質試験

PH は試験区、対照区に大差はなく、若干酸

性の度合が強いがPSEの範囲からは、はきれていた。

水分・粗脂肪とともに試験区、対照区間に大差は認められなかった。

肉色はPork Colour Standardにて判定すると試験区の方が良かった。

体脂肪融点は試験区の方が若干、高かった。

(6) 栄養状態の推移

赤血球数は、試験区、対照区とも同様の増加傾向を示したが、若干、対照区の方が多かった。

Htは、試験区、対照区とも同様の増加傾向を示したが、対照区の方が40%内外多かった。

Hbは、試験区、対照区とも同様の経過を示したが、対照区の方が0.5~1.0%程度多かった。

MCHCは、試験区、対照区とも同様の経過を示したが、対照区の方が1.5~2.0%程度多かった。

TPは、試験区、対照区とも同様の経過を示し、両区に大差はなかった。

A/G比は、試験区、対照区ととも同様の経過を示し、両区に大差はなかった。

血清蛋白分画は、試験区、対照区ととも同様の経過を示し、両区に大差はなかった。

第5章 発酵処理物の肥効試験

家畜糞尿は従来から有機質肥料として使用されていたが、圃場の縮小、都市化などのために一ヶ所少量に施用される傾向となってきた。ここでは、発酵処理物を肥料として考えその価値の検討と、少量施用などの問題について述べる。

5.1. 堆厩肥についての総説

まず、堆肥と厩肥の相違、定義について述べ、その性質、肥効、発酵処理させる事の意義についても言及する。

堆肥と厩肥は両者をまとめて堆厩肥と呼ぶ事がある。堆肥は野草・ワラなどを主原料とし、厩肥は糞尿セワラなどを主原料とし、それぞれ発酵処理したもので、前者を単に堆肥 Farmyard manure, 後者を“うませごえ”あるいは厩肥 Stable manure と呼んでいるが、両者を総括して堆厩肥、あるいは広義に堆肥 Manure と呼んでいる。

現在までに多く行なわれてきた家畜糞尿の

耕地・圃場の還元方法は大別すると、糞尿を別々に処理する場合と混合して処理する場合との二つの方法によった。糞尿を別々に処理する場合は、オガクズセワラなどと糞を混ぜた厩肥は主として元肥に、尿は追肥として利用されてきた。糞尿を混合したものは、従来の方法では嫌気的な発酵経過をたどるために、臭気の飛散、物理性の悪さ、発酵速度の緩慢さなどのために、施肥などハンドリングの面で作業能率の低下^[42.43]を招き、結果的には糞尿の土壌還元を立ち遅らせた。そこで、臭気が少なく、物理性の良い液状および固形状の堆肥処理に関する研究が^[116.100.70.164.159]多くなってきた。

一般に堆肥材料は窒素に乏しく、炭水化物としてのセルロールなどを多く含んでいるために炭素率は大きく、そのまま施すと作物は窒素飢餓となる。従って発酵をさせ、炭素率を小さくする事が行なわれるが、過度の腐熟発酵は有機物を消耗し、土に対する物理性改

善の効果を減少させてしまうので適度の発酵処理を行なったものを用いなければならぬ。十分に腐熟・発酵した糞尿の窒素、リン酸、カリは化成肥料に比べ遅効性だが、残留性は高い。また、その肥効は牛を例にとれば、化学肥料の利用率を100とするならば、窒素70、リン酸90、カリウム100程度と見られている。

堆厩肥の肥効をあげれば次のようなものである。

堆厩肥の肥効をあげれば次のようなものである。

- 1) 三要素肥効
- 2) 土の物理的性質の改善
- 3) 土の反応を正しくする。
- 4) 塩基置換容量と緩衝能の増大
- 5) ケイ酸の補給
- 6) リン酸の肥効増進
- 7) 土壌微生物の活動促進
- 8) 水田の脱窒作用の軽減

また、発酵(特に液状での)処理する事の意義

としては次のようなものが挙げられる。

1) 炭素率の低下：未処理の糞尿では炭素率は20以上あるが、15より大きいと窒素飢餓となる。発酵処理により、セルロース、ヘミセルロースを分解し、大部分を無機化させるので炭素率は低下する。

2) 肥料成分の損失を低減させる。

3) 雑草種子の破壊

4) 病原菌の死滅

6) いエの発生の減少

7) 肥効が早い：液状厩肥は含有窒素の半分以上がアンモニア態窒素なので通常の厩肥より肥効が早く現われる。

8) 悪臭の減少：好気性発酵なので臭気が早く分解される。

9) ハンドリングの改善：好気性液状発酵では、その物理性が早期に改善され、施肥が容易となる。

10) 見ばの向上：耕地、特に都市近郊の圃場へ施肥する場合、液状ならば一均に広がりがやす

く、すみやかにマット層を形成する。

1) 赤焼の防止：未処理の糞尿を夏期、多量に施肥した場合は比較的短時間のうちにに倒伏してしまいが、処理したものではその様な心配はない。

5.2 発酵処理物の肥料成分

5.2.1. 材 料

牛は2.1.2.1で述べたものの糞15kg、尿15kg(糞尿比1:1)を豚は埼玉県羽生市の金子農機実験養豚場(糞尿分離スノコ式豚舎)で配合飼料で肥育されていたLandrace種から排泄される新鮮糞15kg、新鮮尿15kg(糞尿比1:1)をそれぞれ処理装置に仕込んだ。そして、攪拌操作のみを10日間行なったものを用いた。

5.2.2. 分析方法

5.2.2.1. 試料の調製法

2.1.3.2.1に準じて行なった。

5.2.2.2. 試料の分析方法

水分、pH、電気伝導度、乾物、灰分、有機物、T-N、T-P₂O₅、T-K₂O、C/N比について

は 2. 1. 3. 2. 2 と同様に行なつた。

なお腐植度は次の方法によつた。

腐植度：乾燥試料 3g を 500ml 容ビーカーに入れ 2% アンモニア水 300ml を加えて 30 分間煮沸して濾紙(東洋濾紙 No. 7) にて濾過し、更に熱水とアルコールで洗い、エーテルで脱水する。これを重量既知のろつぽに移し 105~110℃ で 24 時間乾燥させ恒量を得る。次にこれを灰化させ灰分を定量する。次式によつて腐植度を求める。

$$\text{腐植度}(\%) = \frac{\text{全有機物}^{\text{①}} - \text{アンモニア不水溶有機物}^{\text{②}}}{\text{全有機物}} \times 100$$

①：乾燥試料 - 灰分

②：アンモニア処理した乾燥物 - アンモニア処理した乾燥物の灰分

5. 2. 3. 結 果

結果を表 18 に示す。発酵経過に伴なう糞尿混合液の理化学的性状の変化は 2. 1. 3. で既に述べたが、ここで同傾向の変化を経て液状発酵

肥料 (Liquid Fermented Manure 以下 LFM と略記する) が作成された。これによると肥料成分の T-N, T-P₂O₅, T-K₂O はいずれも豚糞尿液状発酵肥料 (Pig Liquid Fermented Manure 以下 P-LFM と略記する) の方が含有率が高い。PH, EC は牛糞尿液状発酵肥料 (Cow Liquid Fermented Manure 以下 C-LFM と略記する) の方が高かった。一般に作用を栽培する上で、肥料として注意を払わなければならない事とし、施肥した土壌が PH 8.0 以下, C/N 比 20 以下 EC 1.0 ~ 1.5 mV/cm 以下とならなければならない。若干 C-LFM の PH, EC が高いが施肥後の土壌では、これらの注意しなければならない項目は、その値以下になる事が肥効試験の際に確認された。

5.3 肥効試験 ^(15.10)

LFM の肥効性を確認し、施肥量の限界を知るために C-LFM を用いて次により肥効試験を行なった。

5.3.1 方法

5.3.1.1. 試験期間および試験場所

試験は昭和50年11月21日～昭和51年6月28日の間に、埼玉県大宮市の農業機械化研究所特殊実験圃場にて行なつた。

5.3.1.2. 使用肥料

試験に使用した肥料はC-LFMおよびスラリー-Slurry(糞15kg, 尿15kg, 糞尿比1:1のものを60ℓポリバケツに投入し, 良く攪拌混合し, 10日間経過したものの成分は表19に示す。なお, 使用した化成肥料(Chemical Manure以下CMと略記する)は市販のものでNPK比は13:13:13であつた。

5.3.1.3. 試験区の設定と施肥量

試験は圃場試験のコンパクト版であるといわれる^[156] ^[101] 試験(図44, 45)によつた。ワケの一区画の大きさは $0.5\text{m} \times 0.5\text{m} = 0.25\text{m}^2$, つまり $\frac{1}{400\text{a}}$ であり, ^[156] ^[101] Wagnerポットの5倍の大きさである。著者は以前, Wagnerポットを用いてRhodes ^[116, 115] grassによつて肥効試験を行なつて, 収量, 含有窒素量などを定量したが, 一区ニ連だつ

た事、途中糞りをしなかった事などの問題があつた。そこで、今回はワクワ試験を一区三連で行なつた。施肥量と施肥後の土壌のpHおよびECは表20に示す。なお、施肥量の設定に当つては全窒素量を考慮し、大量施肥区(以下L区とする)、中量施肥区(以下M区とする)、小量施肥区(以下S区とする)を設けた。施肥は表面散布の後、表面のマット層が落ちついた後に地表から15~20cm掘り返し、肥料と土壌を良く混合した。

5.3.1.4. 播種品種および播種量

試験に用いた品種は越年性の牧草 *Itarian ryegrass* (オオバヒカリ) で、播種量は10a 当り 5.0 kg ^[139] なので、ワクワ一区画当り 1.25 g ^[156] を播種板を用いて播種した。

5.3.1.5. 試験月日および調査項目

調査は次の月日に行なつた。

S 50.11.17.	肥料散布
11.20	土壌調査
51.4.26	一畝草収穫

5.31 二番草収穫

6.28 三番草収穫

調査項目は次の通りであつた。

- 1) 生育状況
- 2) 生産量
- 3) 一般飼料成分
- 4) 含有窒素量

5.3.2 結果および考察

1) 生育状況：生育状況を表2に示す。各区とも、土壌調査(pHおよびEC)の後の昭和50年11月21日に播種を行ない、12月5日までの間に全区とも発芽した。草丈の測定は1mのスケールで、土の表面から草丈の一番長いものをもつて草丈とした。そして、それぞれの区の平均をもつて示した。今回の試験では生育状況の他に、各収穫ステージの成分を知るために、収穫は3番草まで行なつた。草丈は12月5日から1週間おきに測定したが2月9日までの間、降雪、寒波、異常乾燥の為、株によっては枯死したり、成長の全く認められな

稈を図46に、収穫量の合計を表22に示す。牧草は昭和50年11月21日に播種後、埼玉県下で一般に行なわれている収穫日⁽¹³³⁾を参考にして一番草を昭和51年4月26日(播種後157日)、二番草を5月31日(播種後192日、一番草収穫から35日)、三番草を6月28日(播種後220日、二番草収穫から28日)に、それぞれ一斉に収穫した。なお、収穫は全て晴天の日であった。

生産量の合計はSlurry区、LFM単独区、CM併用区の順に多し、それぞれ施肥量に比例して増減した。各収穫ステージごとの生産量はほとんどの区において、一番草、二番草、三番草の順に多かった。これは、草丈とは全く反対の傾向である事から、成長が進むにつれて、株は細くなり、草丈だけが高くなっていく事を意味している。

3) 一般飼料成分：成分の分析は生産量を計量⁽¹⁵⁸⁾後、風乾・粉碎し、乾物を検体とし、常法により行なった。一般飼料成分の分析結果を表23に示す。なお、三番草は出穂期にあたり、

また、空らんは収量の関係上、分析不能であった。

これによると一般成分に顕著な傾向は認められなかったが、粗蛋白質は概して1、2番草では施肥量の多い区ほど多く、粗繊維は概して2、3番草では施肥量の多い区ほど多い傾向を示した。各収穫ステージごとの成分組成の変化を解りやすくするために表23から図表化したものを表24に示す。各成分のうち比較的同一傾向を示すものとして、有機物が1、2、3番草と漸次増える場合55.6%、水分が1、2番草と漸次増え、3番草で減じる場合70.0%、粗灰分が1、2、3番草と漸次減じる場合55.6%、粗蛋白質が1、2番草と漸次増え、3番草で減る場合55.6%、粗繊維が1、2、3番草と漸次増える場合66.7%、粗脂肪が2番草を谷として、1、2番草が多い場合100.0%、NFEが2番草を谷として、1、3番草が多い場合75.0%であった。これらの結果は、ほぼ森本⁽⁷⁶⁾、日本飼養標準⁽⁷⁷⁾に記載され

ているものと同傾向を示した。

4) 含有窒素量：硝酸塩中毒を予防するため
に、その一手段としてLFMの施肥量の限界
を知るため上坂らの方法によつて硝酸態窒素
を定量した。この結果を表25に示す。空欄は
収量の関係上、分析不能であつた。これによ
れば、硝酸態窒素は施肥量に比例して増加す
る傾向にある。また、1、2、3番草の順に
つまり成熟するに従つて減少した。この結果
は篠崎^[139]の報告と同様な結果であつた。一方総
窒素は、生育期が進むにつれて減少する傾向
にある。従つて、硝酸態窒素の総窒素に対す
る割合は、大きな変動はなく、その割合は少
なく、多いものでも3%以下であつた。Adam-
s^[140]によれば乾物中の硝酸塩は0.1%以下ならば
中毒に陥る心配はないといつてゐる。

我が国における牧草や飼料作物の NO_3 塩含
量については、宮崎^[173]ら、上坂^[162]らの報告があり
宮崎^[173]らは KNO_3 の含量はマメ科0.18~3.60%
(平均0.61%)、イネ科0.02~4.11% (平均0.61%)

青刈エンバクム 29%, 青刈デントコーン 0.9%, 青刈大豆 0.5% であつたと報告している。イネ科のうちイタリアンライグラスでは KNO_3 の含有量は極めて高いといつてゐる。イタリアンライグラスは穫り取りが数回でき、刈収で耐寒性、拮抗性が強いため国内の各地で利用されている。著者が実験にイタリアンライグラスを用いた理由は、これらに基づいてゐる。吉野^[73]、吉田^[72]らによれば、 NO_3-N 量は植物の生育ステーツ、天候に左右され、同一植物でも部位によつて含有量が異なるといつてゐる。

硝酸塩中毒を防止するための手段として、松中^[63]は糞尿を刈量施肥した草地への放牧は2番草以後にしたら良いといつており、宮崎^[73]らはサイレーツにすれば NO_3-N は減少するのでサイレーツにして与えるべきだと言つてゐる。また、吉野^[73]は晴天時に収穫すれば、植物体内の硝酸還元酵素の活性が高くなるので硝酸の蓄積は低くなるといつてゐる。

施肥量は植物体に与える影響を主として決め、更に施肥手段も考えなければならぬ。常識的には収量は施肥量に比例する事になっているが、過度の施肥は硝酸塩中毒を招来したり、時としては土壤微生物の生物活性に悪影響を与える事もある。草地試では作物の生育収量からみた生ふんの施用限界量をイネ科では30 ton/10a/年としている。

従って著者の実験でLFM単独L区は40 ton/10aを一度に大量に施肥したが、牧草中の硝酸塩含量は少なく、最高でも0.075%であつたので、硝酸塩中毒に陥る心配はないものと考えられる。

5.4 小 括

LFMの肥効性と施肥量の限界を肥効試験によつて確認した。使用した牧草は硝酸態窒素が最も蓄積しやすく、刈収穫で、全国で栽培されているイタリアンライグラスを用いた。

1) 生育状況

LFM、スラリーなどに保温効果があり、

冬期の低温に対しては有利と思われた。

各成長ステージにおいてはLFM, スラリー, 化成肥料+LFMの順に成長速度は速い。

2) 生産量

生産量の合計は, スラリー, LFM, 化成肥料+LFMの順に多かった。

3) 一般飼料成分

LFMはスラリーも総窒素量には, ほとんど差異はなく(LFM 0.28%, スラリー 0.29%) 牧草に含まれる総窒素量もほとんど差異はなかった。しかし, 牧草に含まれる硝酸態窒素はLFM, スラリーの同量施用区を比較すると1番草, 2番草, 3番草ともに1例を除いて, スラリー区の方が多かった。

この事から, LFM中の硝酸態窒素は定量しなかったものの, 家畜糞尿を液状発酵する事によって, $T-N$, $T-P_2O_5$, $T-K_2O$ の肥料成分は変化せず, 作物の粗蛋白量もスラリーなどと同様であったが, 作物の硝酸態窒素の含有量がスラリーを施用した場合よりも少なく

なる事が解つた。これは家畜糞尿を牧野などに散布する場合の液肥を作成する上で大変有利な事となる。

第6章 考察及び総括

家畜糞尿を発酵処理する研究の多くは engineer の手によってなされている。堆肥化に関しては固型物の composting に係るものが主である。^[6.46.66.168]従来より家畜糞尿を発酵させるには水分を40~60%台に下げる事を理想^[167.168]としている。そのために水分を減少させる方法として糞尿を分離し、更にオガ屑、モミ殻などの農業資材を水分吸収材として用いる方法がオーソドックスなものとされている。この場合のオガ屑、モミ殻などは糞の水分を低減させる事が本来の目的であるかのように思われがちであるが、実は、糞の物理性を改善し、^[168]通気が十分になされ、微生物に都合の良い条件を与えるものの他ならない。そのため、著者はオガ屑、モミ殻などは水分吸収材とは呼ばず、物性調整材⁽²³⁾と呼ぶのが妥当と考える。固型物を堆肥化 composting する上で最も重要なのは水分調整であり、そのために糞尿をあらかじめ分離し、糞のみを堆肥化に用い、尿は

別のsystemで考えなければならぬ。更に
オガ屑、モミ屑などの確保といった問題も生
じてくる。これらの問題を同時に解決する方
法として液状堆厩肥化に関する研究が美音津^(67, 68)
[144, 145] [108, 113, 114, 119, 120, 121, 122]
高畑、著者らによって行なわれている。この
うち美音津の方法は攪拌+曝気+ポンプの発
生熱によるものと説明され、現在も研究が続
行されているが、基礎実験の段階では結果が
良好とされても、フラント化した場合はポン
プの発生熱は問題にならないほど少ない。ま
た、工学的にもポンプは熱エネルギー発生装
置ではないので、この熱を期待するなどとい
った、考え方は必ずしも正しいとはいえない。
高畑はスウェーデンでALFA LAVAL社のLICOM
(Liquid composting)を見て、その原理(攪拌+曝気)
を応用して基礎実験を1976年から始めたと聞
くが、著者の手許には詳しい資料はない。ま
た、国内では長瀬産業がALFA LAVAL社より
LICOMを技術導入しているが、その実態につ
いては明らかでない。

著者も液状堆厩肥化に興味を持ち、水分80〜90%程度での高水分液状発酵処理をするための装置・家畜糞尿混合液液状発酵処理装置を試作し、装置の運転条件を設定した。これによると：適正曝気量は豚で糞1kg当り0.25 l/min 、牛で糞1kg当り0.188 l/min とした。また、牛での糞尿混合比は糞尿比1:1を適正混合比とした。

適正条件下で装置を運転すると、ほとんどの場合、液温が40℃台から50℃台になる近辺で発泡現象を呈した。泡の本体は明らかでないが、⁽¹³¹⁾ 脊本は恐らくその頃の液温になると、泡を発生させやすい物質が産生されるからだといっている。いずれにしても泡の処理は大型フランク化した場合に大きな問題となる。著者は泡切り機⁽¹¹⁹⁾を試作し、攪拌機のシャフトと同軸回転させた。その結果ある程度の効果はあった。泡を化学薬品によって処理する事も考えられるが不経済である事が証明されている。⁽¹²⁷⁾ また、ここで大型フランク化した場合の

熱効率について考えてみる。一般に熱効率を
考える上で次のような式が成立する。

$$Q = K A (t_1 - t_0)$$

Q : 伝熱量

ただし、 K : 熱伝達係数(熱貫流係数)

A : 表面積

$t_1 - t_0$: 異なる2点間の温度

断熱材料、温度差を同じとして、仮に発酵
槽の容積を3倍としたら、表面積は2倍とな
る。伝熱量は上記の式から表面積に比例する
から、容量を大きくしても、表面積は容量と
同じ割合では増えないから、装置を大型化す
れば熱効率が悪くなり、昇温に関しては有利
となるはぶである。なお、この場合、高温菌
の高温域における温度の限界も考慮すれば、
昇温の限界は、せいぜい70~75℃の範囲内と
思われる。

次に、適正条件下で装置を運転した場合の
菌液混合液の理化学的性状の経日的変化を液
温、pH、水分、乾物、粘度、剝離度、粒径
分布、沈殿粒形分離率、BOD、COD、SS、

総窒素量、有機物、灰分、 $T-P_2O_5$ 、 $T-K_2O$ 、 EC 、 C/N 比の18項目にわたって調べた。

液温：豚、牛とも気温にはあまり影響されず、運転開始後24～48時間までは時間の経過に比例するかのよう直線的な上昇をみた。液温の上昇速度と高温保持時間は豚では上昇速度は比較的遅く(45℃に到達するのに72時間程度)、高温は長時間(60℃以上が24時間以上)保持される。牛では上昇速度は比較的速く(45℃に到達するのに48時間程度)、高温は短時間(50℃以上が24時間程度)しか保持されない。これは、豚糞には牛糞に比べ易分解性有機物を多く含んではいすが、水分が低いため、装置の運転開始直後は攪拌、曝気が良好でなく、中温菌から高温菌への世代交代が遅延すると思われる。また、牛糞では豚糞に比べ易分解性有機物は少ないが、水分が高く、曝気が比較的容易なので、中温菌から高温菌への世代交代が順調にいくと思われる。また、豚、牛ともに液温を気温よりも50℃以上昇温させ

る事が通年可能であった。

pH：豚では通気性の良い場合は序々にアルカリ性に傾き、悪い場合は、一旦は酸性に傾き、その後、通気性の回復に伴ない序々にアルカリ性に傾くものとの二つのタイプがあった。後者のタイプは通気性の悪い場合の発酵パターンで、固型堆肥を作る時には、この様なパターンをとる。⁽¹⁰⁰⁾ また、美青津の水中ポンプ併用の液状厩肥も同様なパターンをとって⁽⁶⁷⁾ いる事から、攪拌、曝気が十分でない事もうかがえる。一方、牛では序々にアルカリ性に傾くもののみであった。

水分・乾物：大きな変化はなかった。固型堆肥などの低水分発酵では、水分含量が低下する事は知られて⁽¹²⁶⁾ いるが、著者の実験で、水分含量が低下しなかった理由として、W/Lが微生物の作用で分解し、若干の水が産生され、発熱が起こるが、その発熱量では水分を蒸発させる熱量の^約ほとんどなので水分含量には変化を来たさないか、増えるものである。乾物も

全く、これと同様な変化をしますので、水分含量の変化を反映した範囲内で、若干減少する程度である。

粘度・剥離度・粒径分布・沈殿粒形分離率：
これらは全て、繊維物質の細分化、均質化をうかがわせる項目である。⁽⁶⁹⁾粘度はPWLでは常に、CWLでは%に低下した。剥離度はPWLでは30%が100%に、CWLでは0%が90%と良好となった。粒径分布はPWLでは35 mesh以上が48.5%が42.5%に、200 mesh以下が43.5%が50.5%となった。CWLでは35 mesh以上が64.0%が48.5%に、200 mesh以下が25.0%が32.5%となった。沈殿粒形分離率はPWLでは76%が48%に、CWLでは70%が58%となった。以上から、発酵の経過に伴ってLW中の繊維物質は細分化、均質化されていく事が解った。

BOD・COD・SS・TN：これらは本来なら水質の汚染程度を示す指標として用いられているが、LWを汚水として考える場合の汚染

程度、ついでには除去率を示す指標として用いた。除去率で示せば BOD は P W L で 47%、C W L で 65%、CO₂ は P W L で 13%、C W L で 16%、SS は P W L で 42%、C W L で 22%、TN は P W L で 13%、C W L で 59% であった。この事から装置を汚水処理を目的とするならば、除去率は低いが、性状が比較的早く安定するので、高級処理の予備処理用には用いゝ事が可能と考える。

有機物・灰分・ $T-P_2O_5$ および $T-K_2O$: 有機物は P W L で 3%、C W L で 2% 減じた。灰分はこれを反映して P W L で 0.6%、C W L で 0.4% 増加した。 $T-P_2O_5$ 、 $T-K_2O$ は P W L、C W L とともに変化はないが、無機物が増加した範囲内の実量だけ増加した。

電気伝導度 : P W L、C W L とともに一旦は高くなつたが、その後低くなつた。

スル比 : 計算によつて理論値として求めた。開始時は P W L、C W L とともにほぼ同じ (11.5 前後) だつたものが、P W L では有機物の減少に

比が、T-Nの除去率から解きように窒素が減少するののでC/N比は高くなる。

その他、臭気は次第に低減した。また色調はPWL、CWLとも黒色の度合いを増していった。

次に発酵の指標について考察する。発酵(程度)の指標については、今日までに確立された表示方法はないが、著者の実験から、きめられた変化のあった項目として液温、pH、COD、粘度などがあげられる。液温は、細菌の世代交代に伴って、菌数と菌叢も代わり、上昇しつつ、WL中の有機物を消費分解していく。現に、PWLもCWLも最高液温を示す処理後3〜4日頃からの有機物の減少の程度は、ほぼ横ばいとなった事から、この事が説明される。⁽⁶²⁾pHについてはMartionはpHが8〜9に安定した時期を、Willsonは一旦pHが上昇し、下降した時期をそれぞれ完熟としている。著者の実験では、CWLについては、この事がいえただ、PWLについては不明であった

が、更に長時間の処理を続けるならば pH は下降するものと考えられる。COD_[100] については岡らが豚糞を堆肥化した場合、COD の値が安定した時を完熟の目安としているが、著者の実験でも、PWL の COD は最高液温を示したあたりで安定してきた。C/N 比_[78] については宮尾は腐熟化の指標となり得るといっているが、著者の実験でも PWL が処理後 4 日目、CWL が 3 日目で最低を示したが、CWL では総窒素の減少が大なるため、再び C/N 比が大きくなってしまった。粘度については、PWL で処理後 3 日目ごろに、CWL 4 日目ごろにそれぞれ安定した。これは有機物の減少が横ばいになった時期と一致している。以上の事から、液温、pH、COD、粘度は発酵の程度あるいは完熟の指標となりうると思われる。

次に発酵に関与する微生物(特に細菌)と病原微生物(大腸菌群、サルモネラ菌群)の動態について考察する。発酵の経過に伴って、低温

菌から中温菌へと世代交代がなされ、液温が上昇するに従い、高温菌が増え、中温菌は減少する。また、発酵の経過に伴ない、菌叢は単純となり *Bacillus* が主となる事が知られて⁽¹²⁶⁾いる。著者は P W L、C W L とともに 55°C のサンプルを普通寒天培地で 24 時間培養し、培養所見で colony が形態的に同一と思われる優勢なものについて同定した結果、好気性高温菌である *Bacillus stearothermophilus* を確認した。

また、病原微生物は汚染指標菌⁽¹⁵⁰⁾として意義があり、検索は極めて容易な大腸菌群、および家畜に疾病を引き起こす機会が多く、熱に対しての抵抗力が比較的強いサルモネラ菌群について注目した。大腸菌群は Desoxycholate agar を用い検索したが、P W L で 55°C を経過したサンプル、C W L で 55°C のサンプルでは検出されなかった。また、サルモネラ菌群はクリグラー-寒天培地、S I M 培地、ブドウ糖リン酸塩ペプトン培地のそれぞれ別の培地を用い定性試験を行なった結果、P W L、C W L と

もに開始時に陽性だったものも、終了時には全て陰性となった。次に、大腸菌群を指標として、熱死滅時間を求めた。PWLの冬期の最高液温 55°C 、夏期の最高液温 60°C と、それぞれ仮定し、サンプルを感作させた。その結果、 55°C 、 60°C とともに3時間後には大腸菌群は検出されなかった。また、CWLについては冬期の最高液温 45°C 、夏期の最高液温 50°C と、それぞれ仮定し、サンプルを感作させた。その結果、 45°C 、 50°C とともに感作時間が長くなるに従いcolonyは減少し、 45°C で48時間、 50°C で12時間経過したものについては大腸菌群は検出されなかった。

発熱発酵の経過で高温菌が死滅せずに、選択的に病原性中温菌が死滅する理由として、いくつかの事柄があげられる。第1に温度の影響であるが、高温菌の酵素蛋白は、他の細菌の酵素が変性するような高温(50°C 以上)にも良く耐え(消極性高温菌⁽⁴⁾)、むしろ高温のうち(積極性高温菌⁽⁴⁾)が酵素活性の高い特徴をそとで

る事から、細菌が死滅するのは菌体蛋白が凝固するためとされている。更に、乾熱より湿熱の方が殺滅効果は強大である事は周知の事実である。第2にpHの影響であるが、一般の細菌はpH 6.5~7.5を最適pHとし、最高でもpHは8.0~8.5とされている。これに対し高温菌の一般的性質としてpHはかなり高くても生育は可能である。従って、発酵の経過で温度の上昇に伴うかのようにpHも上昇し、DWLでpH 9.0前後まで、CWLでpH 9.75前後まで上昇する。第3にBacillusのグループに比較的高温に強いものとしてBacillus subtilisがあるが、これからBacitracinの様な抗生物質、あるいは、それに類似した物質を産生し、病原性中温菌にアタックする可能性があると認められる。⁽¹⁰⁴⁾ 太田・齊木も同様的事をいっている。⁽¹³¹⁾ いずれにしても液状発酵処理したものについては炭疽などの病原性芽胞を含まないものは殺滅される。なお、嫌気性菌については、今回検索を試みなかったが、糞尿混合液が、好

気性菌の生育にふさわしい培地と思えるし、
高温に与るので、嫌気性菌と駆逐されるもの
と推定される。

次に、寄生虫、特に回虫卵についてである
が、詳しい実験は行なわなかったが、著者の
方法で糞尿を処理した場合、虫卵は十分に殺
滅しえるものと思われ。

さて、次に豚糞尿混合液発酵飼料(P-LFF)を
肥育豚に与えた場合の影響を把握し、将来的
に飼料として利用できる可能性の可否につい
て検討した。

糞尿を飼料として利用する場合、第一に考
えなければならぬのは安全性についてであ
る。病原微生物、寄生虫の存在、抗菌・抗生
物質、重金属蓄積残留などが問題とされるが
著者は、これらについては、まず、由来の明
確な飼料を健康豚に与え、得られた新鮮な糞
を用いる事が肝要であると考える。従って、
この様な糞ならば、病原微生物・寄生虫・薬
剤などの問題にも対処し得るものと推定さ

れる。

実験には、LHの同腹仔豚10頭を用い、試験区に5頭、対照区に5頭をあてた。試験は嗜好試験、消化試験、肥育試験、枝肉試験、肉質試験、栄養状態の推移について行なうた。実験に用いた飼料は嗜好試験を除き、試験区にはP-LFF 30%含有配合飼料、対照区には100%配合飼料を与えた。その結果次のような結果を得た。

(1) 嗜好性：発酵処理物(P-LFF)に対する嗜好性は極めて高かった。

(2) 消化率：乾物消化率は対照区よりも20~30%程度低かった。

(3) 肥育試験：体重は試験区、対照区ともに同傾向に増加したが90kg到達日今は試験区184日今(試験開始後70日)、対照区163日今(試験開始後49日)であった。また、飼料の利用性は試験区はLFFを除けば飼料要求率3.36、飼料効率0.30と対照区よりも良好であった。

(4) 枝肉成績：歩留りは、試験区は対照区と

比べ、1%程度、たにすぎず。組織分割比率では試験区は対照区に比べ脂肪が5.0%多く、赤肉は5.0%程度少ないが、た。

(5) 肉質試験：PH、水分、粗脂肪は両区間に大差はなかつた。肉色はPork Colour Standard^[85]で判定すると試験区の方が良かった。体脂肪の融点は試験区の方が若干高かった。

(6) 栄養状態の推移：P-LFFを含む飼料が肥育豚に及ぼす影響^[1,2,3]のうち、栄養状態を生体で推定する方法として比較的簡易な検査法である血液検査を行ない、その所見によって栄養状態の推移を検討した。項目としては、赤血球数・ヘマトクリット・ヘモグロビン・平均赤血球血色素濃度・血清蛋白量・A/G比・血清蛋白分画をあけた。これらの成長に伴うそれぞれの数値は、試験区については特に貧血傾向を認めず、蛋白成分、剖見所見などから、肝臓・リンパ節にも特に障害はなかつたと判断される。

各種の飼養試験の結果を総括すれば、肥育

の速度は試験区は対照区に比べて遅延した。
この理由として、体重あたりの給飼量は試験
区、対照区と重量では同じだが、乾物量と
しては試験区の方が少なかった事が考えら
れるが著者が以前、同様の実験⁽¹¹¹⁾を行なった結果
は、むしろ試験区の方が成績が良好だった場
合もあった。また、肥育期間は90kgを目標と
した場合、試験区は対照区に比べて約20日間
遅れたが、その後の20日の飼料代を計算する
と試験区の方が若干安価となる。また仕上げ
飼い、あるいは飼い直しをすれば試験区にか
りりの増体重を見込まれるものとも考えられ
た。なお、このように糞尿由来の飼料を与え
て肥育された食肉の嗜好性に関する報告は見
あたらないが、著者が行なった官能検査⁽¹¹²⁾では
不完全ながらも、対照区と食肉との差を見い
出せなかった事から、味については差は、な
いものと思われた。

さて、最後に牛糞混合液発酵肥料(C-LFM)の
肥効性を確認し、施肥量の限界を知るために

硝酸態窒素が最も蓄積しやすく、多収穫で各地で栽培されている牧草イタリアンライグラスを用いて、肥効試験を行った。

試験は圃場試験のコンパクト版であるワク^(150.101)試験によって行ない、C-LFMの他にスラリー・化成肥料 + LFMの3区を、それぞれ一区三連制で行なった。施肥量はLFM、スラリーとも大量区(10a 当り 40 ton)、中量区(10a 当り 10 ton)、小量区(10a 当り 3 ton)の各区を設けた他、それぞれこの量の $\frac{1}{2}$ 量をLFM、残りを窒素量で補った区、すなわち化成肥料 + LFMの小量区、中量区、大量区も設けた。その結果次のような結果を得た。

(1) 肥効： LFMはスラリーと比べて大差はなく、施肥量に応じて生育状況は良好で、生産量も施肥量に比例した。また、飼料成分はスラリー施用の場合とほぼ同様であった。

(2) 含有窒素量： LFMとスラリーとも大量区でさえ、牧草中の硝酸態窒素はAdamsの報告している中毒に陥る危険性の0.1%⁽¹⁾(乾物中)より

も少なくて、最も多い場合でも、スラリーで一番草の大量区で0.087%、LFMで一番草の大量区で0.075%であつた事から/a当り40ton散布しても硝酸塩中毒に陥る危険性は極めて低かつた。

また、LFMもスラリーも同一の糞尿を用いて作成したものであつて、総窒素量はほとんど差はなくて(LFM 0.28%、スラリー 0.29%)。それを施肥して得られた牧草中に含まれる総窒素量にもほとんど差はなかつた。が、しかし牧草に含まれる硝酸態窒素は、同量の施肥量であれば、一番草、二番草、三番草の順に多く、一例を除いて(全18例)スラリー区の方が多かつた。この事から、LFM中の硝酸態窒素は定量しなかつたものの、家畜糞尿を液状発酵処理する場合のメリットとして、従来から堆肥発酵の場合に知られている事柄の他に、作物への硝酸態窒素の含有量がスラリーを施用した場合よりも少なくなる事が解かつた。

以上、家畜糞尿を有効利用させるための一

この手段として発酵処理により、糞尿の性状を変え、より利用しやすい形状にさせるための条件を検討した。そして、その処理物を豚では飼料として、牛では肥料として考えそのための応用試験として飼養試験および肥効試験を実施した。その結果、飼料として利用するには幾多の問題を残すものの、近い将来には必ず飼料として糞尿を利用する日が、我が国にも訪れるものと確信している。また、肥料としては、スラリーと比べると、あらゆる面で好気性発酵させたものが有利であるので、貴重な有機質肥料として利用するに値するものと思われる。今後は、家畜糞尿を Recycling させる為の手段として、処理方法の確立、についてはフロントとした場合の問題点を採り、応用面であらゆる可能性、危険性、安全性などについて、基礎的な実験、研究を重ねる必要がある。

第7章 結 論

著者は、家畜糞尿を有効に利用するための一手段として、高水分状態での糞尿を発酵処理する事に注目をした。そして、そのための処理装置・“家畜糞尿混合液液状発酵処理装置”を試作し、発酵の条件を設定した。更に、発酵処理を施した糞尿を飼料あるいは肥料に応用すべく、実験的な研究を行なった。そして次の様な知見を得た。

1. 家畜糞尿は水分80～90%程度の高水分状態でも条件さえ整えれば発熱発酵が可能である。

2. 家畜糞尿を高水分で液状発酵する場合の適正曝気量は豚で糞尿比1:1の時、糞1kg当り0.25 l/min 、牛で糞尿比2:1の時、糞1kg当り0.188 l/min であった。

3. 牛の場合、糞尿を液状発酵する場合の適正混合比は2:1であった。

4. 家畜糞尿混合液を処理した時の液温の上昇速度と高温保持時間は豚では上昇速度は比

較的遅い反面、高温は長時間保持される。豚では上昇速度が速い反面、高温は短時間しか保持されない。

5. 家畜糞尿混合液を処理した場合、特に豚ではpHは、直ちにアルカリ側へ傾くものと、酸性側へ傾いた後に、アルカリ側へ転じるものの2つのタイプがあった。

6. 家畜糞尿混合液の発酵熟度の指標として、液温、pH、COD、粘度、C/N比が適当と考えられる

7. 家畜糞尿混合液を発酵処理する場合、高温域で中心となる細菌は *Bacillus stearothermophilus* であった。

8. 家畜糞尿混合液を発酵処理する場合、温度の上昇過程で豚、牛ともに55℃のときのサンプルの中温菌(37℃で培養)の生菌数が最も少なくなる。

9. 家畜糞尿混合液を発酵処理した場合、液温が55℃を越えたものについては豚、牛ともに大腸菌群、サルモネラ菌群は検出されないが

った。

10. 発酵処理物(P-LFF)を豚の飼料として考える場合、その嗜好性は高い。

11. 肥育試験で、体重の変化は試験区は対照区と同傾向であるが、90kg到達日令は対照区に比べ21日遅れた

12. 枝肉成績、肉質成績ともに試験区は対照区と比べ大差は認められなかった。

13. 栄養状態の推移は、血液検査の結果から試験区は対照区と比べ大差は認められなかった。

14. 発酵処理物(C-LFM)を肥料として考える場合、スラリーと同様な肥効をイタリアンライグラス(以下IRと略記する)において発揮した。

15. C-LFMは10a当りに換算して40ton施肥した区においても、IR中の硝酸態窒素の含有量は少なく、硝酸塩中毒に陥いる可能性は極めて低かった。

16.発酵処理したC-LFMの総窒素量はスラリーと、ほぼ同じだが、同量を施肥した場合にIRに含まれる総窒素量に差異がないにもかかわらず、硝酸態窒素はスラリー区の方が多かった。

以上、家畜糞尿の有効利用を図る上で、高水分状態でも発酵発酵が可能であり、飼料として考える上で、飼料の給与方法などにも問題はあるが、飼料としての可能性を示唆する結果を得た。また、肥料としても極めて有利な有機質肥料と思考する。これらの事は、今後の家畜糞尿の有効利用を考える上で、何んらかの手掛りを与えるものと確信する。

謝 辞

稿を終わるにあたり、本論文の研究のために全般的な御指導を賜りました麻布獣医科大学家畜衛生学研究室・田中享一教授、実験を行なう上で御指導を賜りました本庄利男講師、青木貞治講師に深謝いたします。また、各々の研究のために次の方々の御指導を賜りました。

I. 家畜糞尿混合液液状発酵処理装置の作成および基礎実験：農業機械化研究所理事・渡辺鉄四郎、同研究所研究第三部(現第四部)長・小川浄寿、同研究部家畜飼養管理用機械研究室研究員諸氏、同研究所試作工場職員諸氏

II. 発酵に関与する菌の同定、検索：東京大学農学部農芸化学科発酵学研究室・青木隆博士

III. と殺豚の病理解剖的検査：神奈川県食肉衛生検査所相模原出張所長・川戸欣之助技師

IV. と殺豚の枝肉検査：神奈川県畜産試験場養豚科長・古橋圭介、同科菅原幸技師

V. 肥効試験：埼玉県農業試験場化学部・山口幹周技師

更に、全般的な考え方として、帯広畜産大学畜産学部農業工学科畜産機械学研究室・高畑英彦博士、京都大学農学部畜産学科家畜栄養学研究室・宮崎昭博士の suggestion を受けた。なお、終始協力を惜しまなかつた麻布獣医科大学家畜衛生学研究室室員一同に深謝致します。

参 考 文 献

- (1) Adams, R.S., and Guss, S.B., (1965). Silo gas and nitrate problems. *Feedstuffs.*, 37(49), 32-44.
- (2) Anthony, W.B. (1971). Cattle manure as feed for cattle, *International symposium on livestock waste.*, 293.
- (3) 新沢信男 (1974). 家畜家禽のふんを飼料として再生する. *機械化農業*, 12, 20-22.
- (4) 新井澄男・塩谷哲夫・今泉七郎 (1976). 家畜ふん尿の機械処理技術の開発改良に関する研究. 1. 乳牛ふん尿の物理的性状 (コンシステンシー, 流体としての性質・性状) とそれによる区分. *草地試研報*, 9, 90-101.
- (5) Bell, R.G. (1970). The influence of aeration on the composting of poultry manure-ground corcob mixtures. *J. Agric. Eng. Res.*, 15(1), 11-16.
- (6) Bell, R.G., and Pos, J. (1971). Winter high rate composting of broiler manure. *Can. Agric. Eng.*, 13(2), 60-64.
- (7) Bowman, G.H., Whatley, J.A., and Walters, L.E., (1962). Physical indices of leanness in swine. *J. Anim. Sci.*, 21, 955.
- (8) Brisky, E.J., and Wismer-Pedersen, J., (1961). Biochemistry of pork muscle structure. II. Preliminary observations of biopsy samples versus ultimate muscle structure. *J. Food Sci.*, 26, 306-313.
- (9) Buchanan, R.E., and Gibbons, N.E., (1974). *Bergey's manual of determinative bacteriology*, 8th edition, 284.
- (10) Buchanan, R.E., and Gibbons, N.E., (1974). *Bergey's manual of determinative bacteriology*, 8th edition, 539-540.

- (11) 豚産肉能力検定実務書 (1975). 日本種豚登録協会, 17-36
- (12) Callow, E.H. (1948). Comparative Studies of meat. II. The changes in the carcass during growth and fattening, and their relation to the chemical composition of the fatty and muscular tissues. *J. Agr. Sci.*, 38, 174-199.
- (13) Caswell, L.F., Fontenot, J.P., and Webb, E., (1974). Fermentation of ensiled broiler litter. Virginia Polytechnic Institute Livestock Research Report., 100.
- (14) Couch, J.R. (1974). Evaluation of poultry manure as a feed ingredient. *Feedstuffs.*, 46(12), 39-40.
- (15) Craft, W.A., and Moe, L.H., (1932). Statistical observation involving weight, hemoglobin and the proportion of white blood cell in pigs. *J.A.V.M.A.*, 81, 405-407.
- (16) Day, D.L., and Harmon, B.G., (1972). Properties related to utilization. Presented paper at the animal waste conference.
- (17) Day, D.L., and Harmon, B.G., (1974). Nutritive value of aerobically treated livestock and municipal waste (Mainly swine). Presented paper at the conference on use of wastewater in the production of food and fiber.
- (18) Day, D.L., Hatfield, E.E., and Newman, A.L., (1975). Waste recycling team report. Waste Recycling U.S. Feed Grains Council., 86-101.
- (19) Diggs, B.G., Bryan Baker, J.R., and Frank, G. James (1965). Value of pig feces in swine finishing rations. *J. Anim. Sci.*, 24, 291.
- (20) 土壌養分測定法委員会 (1970). 土壌養分分析法. 養賢堂, 45-52.

- (21) Finstein, M.S., and Morris, M.L., (1976). Microbiology of municipal solid waste compositing. *Adv. in Appl. Microbiol.*, 19, 133-151.
- (22) 福原 進 (1976). 飼料安全法の施行について. 家畜衛生研究会第5回研究発表会講演要旨, 7-8.
- (23) 福森 功 (1977). 私信
- (24) 福武勝博・高橋 進 (1965). 臨床検査技術講座. 第1輯, 金原出版, 42.
- (25) 古郡 浩・石井忠雄・戸原三郎 (1968). 子豚の発育時の赤血球および血液比重の変化について. 畜試研報, 16, 51-60.
- (26) 古郡 浩・石井忠雄・戸原三郎 (1969). 育成豚の赤血球および血液水分含有量の推移について. 畜試研報, 19, 69-79.
- (27) 古郡 浩・戸原三郎 (1969). 子豚の鉄代謝と貧血症に関する研究. I. 発育と貧血の関係について. 畜試研報, 21, 35-52.
- (28) 古郡 浩 (1976). 子豚の鉄代謝と貧血. 化学と生物, 14, 8, 511-513.
- (29) 古橋圭介・萩原達也・佐藤安弘・山口秀雄・鈴木 昭・篠島敏明 (1971). 残飯飼料給与豚の肉質改善に関する研究. II 残飯飼料給与豚の肉質に関する実態調査. 神奈川畜試試験報告, 54, 11-15.
- (30) 古橋圭介・倉田直亮・片寄正歳・尾崎晴美・佐藤安弘 (1974). 豚の肉質に関する調査. 日豚研誌, 11, 1, 12-17.
- (31) 下水試験方法 (1974). 日本下水道協会. 84-85. 242.
- (32) 浜野 孝・上野 悟・浅尾常久・猪八重悟 (1974). 畜舎の悪臭とその測定方法. 畜研, 28, 3, 396-400.
- (33) Hamilton, T.S., Hunt, G.E., and Carrol, W.E., (1953). The prevention of anemia in sucking pigs, with observations on the blood picture. *J. Agr. Res.*, 47, 543-563.
- (34) Hammond, J. (1932). Pigs for pork and pigs for bacon. *J. Roy. Agr. Soc.*, 93, 131-145.
- (35) Harmon, B.G. (1974). Potential for recycling swine waste. *Feedstuffs.*, 46(9), 40-42.

- (36) 橋元秀教・松崎敏英 (1976). 有機物の利用. 農文協, 13, 15, 26-27.
- (37) 檜垣繁光 (1976). 家畜ふん尿の土壌還元のための処理について. 家畜ふん尿有効利用に関する調査検討事業報告書, 中央畜産会, 13-24.
- (38) 檜垣繁光 (1976). 家畜ふん尿処理技術の今後の研究報告について. 家畜ふん尿処理利用に関する成果発表会講演要旨, 農林省農林水産技術会議事務局, 農林省畜産試験場・農林省草地試験場, 116-118.
- (39) 堀 慧 (1968). 飼養衛生. 家畜衛生学, 越智勇一監修, 文永堂, 165-218.
- (40) 星野忠彦 (1976). PSE豚の発生について. 日豚研誌, 13, 1, 59-61.
- (41) 今堀和友 (1974). 好熱性と熱安定性の機構を求めて. 蛋白質・核酸・酵素, 20, 3, 213-225.
- (42) 今泉七郎・新井澄男・塩谷哲夫 (1974). 家畜ふん尿処理におけるバークリーナー利用の実態と問題点. I. 畜研, 28, 1, 35-38.
- (43) 今泉七郎・新井澄男・塩谷哲夫 (1974). 家畜ふん尿処理におけるバークリーナー利用の実態と問題点. II. 畜研, 28, 1, 297-300.
- (44) 今泉七郎・新井澄男・糸川信弘 (1976). 液状きゅう肥の取扱いと施用法. 畜研, 30, 1, 211-216.
- (45) 井上 登・香川義男 (1973). パニカム類の栽培法確立に関する試験. 第3報化学肥料並びに牛ふん施用量の差が生育収量および成分組成におよぼす影響. 神奈川畜試研報, 62, 75-84.
- (46) 伊沢敏彦・三浦 保・森本国夫 (1975). 家畜糞の堆肥化 (好気性発酵処理) について. 農機学会第34回総会講演要旨, 88.
- (47) 伊沢敏彦・三浦 保・森本国夫 (1976). 家畜糞の堆肥化 (好気性発酵処理) における諸要因の影響. 農機学会第35回総会講演要旨, 154.
- (48) 岩井重光・中堀和英 (1954). 糞尿温熱処理法の研究. (4) 蛔虫卵の温熱抵抗力についての考察. 国民衛生, 23, 3, 156-161.
- (49) 岩崎好陽 (1976). 悪臭公害の問題点. 現代化学, 12, 19-23.
- (50) 金井 泉・金井正光編 (1971). 臨床検査法提要. 金原出版, IV-17-19.

- (51) 金井 泉・金井正光編 (1971). 臨床検査法提要. 金原出版, Ⅳ-23.
- (52) 官報・号外 (1976). 官報号外, 第62号.
- (53) 片寄正歳・古橋圭介・加藤 進・佐藤安弘 (1969). 発酵飼料に関する試験調査. I. 消化試験および豚糞尿の理化学的性状調査. 神奈川畜試試験報, 42, 41-50.
- (54) 片寄正歳・古橋圭介・佐藤安弘・山口秀雄・奥 保男・巽島利明 (1969). 発酵試験に関する試験調査. II 発酵飼料現地試験. 神奈川畜試試験報, 42, 53-58.
- (55) 勝目 英 (1937). 醸造機械学. 丸善, 284-285.
- (56) 川口桂三郎・小島 懋 (1975). 無機化学実験法. 農芸化学実験書第1巻, 京都大学農学部農芸化学教室編, 産業図書, 126-127
- (57) 小林好作 (1973). 血液検査法. 家畜の臨床検査, 高橋 貞・板垣博編, 医歯薬出版, 69-70.
- (58) Kornegay, E.T., and Wander Noot, G.W., (1968). Performance digestibility of diet constituents and N-retention of swine fed diets with added water. J. Anim. Sci., 27, 1307-1312.
- (59) 隈元啓佑・山口甚三郎・甲斐省三・桜井哲雄・本多勝男・矢島 潤 (1970). 畜舎污水处理施設実証化試験成績書. 神奈川畜試.
- (60) 倉田 勇・市川友彦 (1976). 施設園芸における熱の効率的利用に関する研究—発泡被覆方式に関する研究—. 昭和50年度事業報告 IAM, 165-166.
- (61) 前川紀久雄・田名部雄一・磯貝岩弘・重野嘉吉 (1976). 鶏糞の飼料化に関する研究. I. 卵用鶏の育成期、産卵期における給与実験. 日本家禽学会誌, 13, 4, 153-158.
- (62) Martion, J.H., Decker, M., and Das, K.C., (1972). Windrow composting of swine waste. Waste management research, proceeding of the 1972. Cornell Agricultural Waste Management Conference., 159.
- (63) 松中照夫 (1975). 私信

- (64) 松下道夫 (1970). 豚の肥育. 日本獣医師会, 31-33.
- (65) 三戸部亀夫 (1954). 回虫の感染予防に関する研究. (1) 回虫卵の高低温と乾燥に対する抵抗性. 東医事新誌, 71, 10, 25-27.
- (66) 三浦 保・伊沢敏彦・森本国夫 (1976). 堆肥製造の機械化に関する研究. 昭和50年度農機研報, 193-196.
- (67) 美斎津康民 (1975). ふん尿の急速腐熟化. 好気性処理における急速腐熟化. 昭和49年度別枠研究, 農林漁業における環境保全的技術に関する総合研究推進会議資料, 農林水産技術会議事務局, 181-196.
- (68) 美斎津康民 (1976). ふん尿の急速腐熟化. 好気性処理における急速腐熟化. 昭和50年度別枠研究, 農林漁業における環境保全的技術に関する総合研究推進会議資料, 農林水産技術会議事務局, 175-187.
- (69) 美斎津康民 (1976). 液状ふん尿の急速腐熟化と濃縮利用. 家畜ふん尿処理利用に関する成果発表会講演要旨, 農林水産技術会議・畜試・草地試, 9-11.
- (70) 三谷喜代春・中森悦夫・橋谷芳治・入江明夫 (1976). 牛ふんの処理試験 (発酵処理). 鳥取畜試研報, 11, 54-58.
- (71) 宮川浩輝・池田敏雄・安藤四郎・斎藤不二男 (1970). 豚の背最長筋の部位による形状と肉質の差異について. 日豚研誌, 7, 1, 9-13.
- (72) 宮尾幸男・星野鉄男・及川清四郎・阿部儀昭 (1975). 家畜ふんの合理的堆肥化技術 (第3報). 新潟畜試年報, 昭和50年度, 113-125.
- (73) 宮崎 昭・上坂章二・津田栄三 (1967). 本邦産牧草、青刈飼料作物、サイレージの硝酸塩含量について. 日畜会報, 38, 86-95.
- (74) 宮崎利夫 (1976). 新微生物学. 広川書店, 70.
- (75) 森本 宏 (1969). 家畜栄養学. 養賢堂, 319-320.
- (76) 森本 宏 (1975). 飼料学. 養賢堂, 612.
- (77) 森本国夫・三浦 保・伊沢敏彦 (1976). 余剰汚泥の堆肥化について. 昭和51年度農機学会関東支部会講演要旨, 9.
- (78) 森野一高 (1975). 土地還元を前提としたふん尿の処理施設と畜舎構造. 第4回農業機械化シンポジウム資料-日本における家畜糞尿取扱いの方向, 農業機械学会, 54-58.
- (79) 森下 薫 (1964). 回虫卵の抵抗性. 日本における寄生虫学の研究, 4, 104.

- (80) Moulton, C.R. (1923). Age and chemical development in mammals. J. Biol. Chem., 57, 79-97.
- (81) 村山三郎 (1954). 糞尿温熱処理法の研究. (3) 糞尿中寄生虫卵及び病原菌の温熱抵抗. 国民衛生, 23, 3, 142-155.
- (82) 長畑寿賀雄ら (1969). 家畜糞尿処理の知識とその実際, 中央畜産会, 44.
- (83) 長野寛治・長野豊幸 (1952). 蛔虫の撲滅に関する研究. 糞尿中における蛔虫卵の死滅因子. 日本医事新誌, 1488, 3679-3680.
- (84) 野辺田清 (1976). 施行の運びとなった飼料安全法. 畜産コンサルタント, 142, 10, 12-17
- (85) 中井博康・斎藤不二男・池田敏雄・安藤四郎・小松明德 (1975). 豚標準肉色模型の作製. 畜試研報, 29, 69-74.
- (86) 中西武雄・藤巻正生・安藤則季・佐藤 泰・中村 良 (1972). 畜産物利用学. 朝倉書店, 112.
- (87) 那須伸寿 (1975). リサイクリング. アメリカ飼料穀物協会, 1-4.
- (88) 那須伸寿 (1975). リサイクリング、米国でのふん尿処理の一つの考え方. 養豚界, 2, 27-43.
- (89) 野口博道 (1975). 豚ふん発酵飼料使ってみてどうだったか. 現代農業, 11, 228-231.
- (90) 豚肉の肉質改善に関する研究実施要領 (1972). 農林省畜試第2研究室.
- (91) 農林省畜産局流通飼料課法制研究会編 (1975). 飼料安全法の解説. 大成出版社.
- (92) 農林省農林水産技術会議事務局編 (1974). 日本飼養標準・乳牛. 中央畜産会, 56.
- (93) 農林省農林水産技術会議事務局 (1975). 日本飼養標準・豚. 中央畜産会, 50.
- (94) 国公立農業関係試験研究機関における家畜ふん尿処理利用に関する試験研究課題一覧 (1976). 農林省畜産試験場・農林省草地試験場.
- (95) 小泉誠治 (1924). 余の回虫卵撲滅法に就て. 温度に対する抵抗力試験. 大阪医会誌, 23, 9, 969-996.
- (96) 尾形 学・坂崎利一・柴田重孝 (1970). 家畜微生物学. 朝倉書店, 30.

- (97) 小川益男 (1976)。家畜のふん尿処理。化学と生物, 14, 9, 585 - 586.
- (98) 小川恕人・阿部正和・北村元仕・小酒井 望・島尾和男・富田 仁・平井秀松・門間和夫 (1966)。セルローズアセテート電気泳動法による血清蛋白分画定量法の標準操作法について。生物物理化学, 11, 351-356.
- (99) 小原薩雄・尾形貞二・吉岡 勝・和島昭一郎・松崎 格 (1967)。豚の屠体における筋肉・脂肪・骨の割合 (III)。日豚研誌, 4, 2, 82-87.
- (100) 岡 義美・上野 悟・浅尾常久 (1976)。装置化による家畜ふんの堆肥化試験。第2報 送風による豚ふんの発酵堆肥化について。兵庫畜試研報, 13, 114-118.
- (101) 奥田 東・堀 四郎 (1974)。植物栄養実験法。農芸化学実験書・第3巻, 京都大学農学部農芸化学教室編, 産業図書, 1039-1056.
- (102) 奥田 東 (1975)。肥料学概論, 養賢堂, 379.
- (103) 奥田 東・山口益郎 (1975)。肥料学実験法。農芸化学実験書第1巻, 京都大学農学部農芸化学教室編, 産業図書, 310.
- (104) 太田幸愛 (1960)。狂犬病固定毒に対する *Bacillus Subtilis* 培養液の殺病毒性に関する研究。麻獣大研報, 7, 45-56.
- (105) Orr, D.E. (1973)。Swine waste as a nutrient source for finishing pigs. Michigan Research Report., 232, 8I.
- (106) 押田敏雄 (1971)。畜産公害と糞尿の処理とその利用。近代酪農, 24, 1, 38-40.
- (107) 押田敏雄・本庄利男・田中享一 (1975)。畜舎消毒薬が活性汚泥法による汚水浄化作用に及ぼす影響について。用水と排水, 17, 3, 61-74.
- (108) 押田敏雄 (1975)。家畜糞尿処理に関する研究 - 濃厚汚水の簡易処理に関する研究。昭和49年度事業報告, 農機研, 175-176.
- (109) 押田敏雄 (1975)。家畜糞尿の飼料としての分析 (組成の経時的変化) 未発表データ (1)
- (110) 押田敏雄・本庄利男・田中享一・小川浄寿 (1976)。発酵処理による豚糞の肥育豚への給与試験。第65回日畜学会講演要旨集, 52.

- (111) 押田敏雄・本庄利男・田中享一 (1976). 高水分豚糞発酵飼料の肉豚への給与. 畜研, 30, 1, 71-73.
- (112) 押田敏雄 (1976). 発酵装置の改良による LFM, LFF の性状. 未発表データ (2)
- (113) 押田敏雄 (1976). 家畜糞尿処理に関する研究—濃厚汚水の簡易処理に関する研究. 昭和50年度事業報告, 農業機械化研究所, 135-136.
- (114) 押田敏雄・本庄利男・田中享一・小川浄寿・福森 功・道宗直昭 (1976). 家畜フン尿の液状発酵処理に関する研究. 昭和51年度農業機械学会関東支部講演会講演要旨, 8.
- (115) 押田敏雄・本庄利男・田中享一・小川浄寿 (1976). 液状発酵肥料 (LFM) の施肥が牧草に及ぼす影響. (1) ローズグラスへの利用. 日草誌, 22, 別号-1, 第31回発表会講演要旨集, 19-20.
- (116) 押田敏雄・四宮充晋・千葉英明・本庄利男・田中享一・小川浄寿・福森 功・道宗直昭 (1976). 家畜糞尿処理利用の一方法 (予報). 家畜衛生研究会報, 4, 1-11.
- (117) 押田敏雄・本庄利男・田中享一 (1976). 発酵処理済豚糞尿を含んだ飼料の肥育豚への影響について—予報—. 第36回麻布学会講演抄録, 17.
- (118) 押田敏雄 (1976). 糞尿混合液の発酵速度に及ぼす季節の影響. 未発表データ (3)
- (119) 押田敏雄・本庄利男・田中享一・小川浄寿 (1976). リサイクリングの為の家畜糞尿の高水分好氣的発酵処理と発酵処理物の利用について (予報). 家畜の管理, 12, 1, 12-14.
- (120) 押田敏雄 (1977). 家畜糞尿処理に関する研究—濃厚汚水の簡易処理に関する研究. 適正曝気量・適正混合比および発泡現象の抑制について. 昭和51年度事業報告, 農機研, 121-122.
- (121) 押田敏雄 (1977). 家畜糞尿処理に関する研究—濃厚汚水の簡易処理に関する研究. 理化学的性状の変化について. 昭和51年度事業報告, 農機研, 123-124.
- (122) 押田敏雄・本庄利男・田中享一・小川浄寿・福森 功・道宗直昭 (1977). 家畜糞尿の液状発酵処理に関する研究 第2報糞尿混合液の理化学的性状の経日的変化. 農機学会, 第36回総会講演要旨 (投稿中).

- (123) 押田敏雄・本庄利男・田中享一 (1977). 液状発酵飼料 (LFF) の肉豚への影響. I. 血液学的所見について. 日豚研誌, 投稿中.
- (124) Pos, J., Bell, R.G., and Robinson, J.B., (1976). Aerobic treatment of liquid solid poultry manure. Liverstock Waste Management., 220-224.
- (125) Price, J.F., and Schwigert, B.S., (1971). The science of meat and meat products. American Meat Institute Foundation, III-III4.
- (126) Raymond, P.P. (1974). A scientific examination of the principles and practice of composting. Compost. Sci., 15(3), 24-31.
- (127) Riemann, U. (1972). Aerobic treatment of swine waste by aerator-agritators. Waste management research, proceeding of the 1972 cornell agricultural waste management conference., 537.
- (128) 砂川泰夫・古平嘉雄・荒井森三 (1976). 乾燥鶏糞を用いた肥育豚の飼養. 鶏糞の飼料化に関する研究 (第1報) 肥育豚の飼養試験. 畜研, 30, 7, 873-876.
- (129) 齊木 隆 (1976). 堆肥と好熱菌と農業. 東京大学有馬研究室雑誌会プリント, No. 754.
- (130) 齊木 隆 (1976). 堆肥の微生物に関する研究. 未発表データ.
- (131) 齊木 隆 (1977). 私信
- (132) 齊木 隆・伊沢敏彦・森本国夫・美齊津康民・檜垣繁光・別府 輝有馬 啓 (1977) 堆肥および液状厩肥発熱発酵に関する微生物叢の動態. 日本農芸化学学会昭和 52 年度大会講演要旨 (投稿中)
- (133) 埼玉県農林部 (1965). 飼料作物を作りましょう. (稲作転換飼料作物栽培の手引き).
- (134) 斎藤昌蔵 (1973). 肉. 畜産大事典, 佐々木清綱監修, 養賢堂, 1051.
- (135) 斎藤不二男 (1965). 肉質の検査法について. 日豚研誌, 2, 1, 1-10.
- (136) 笹崎竜雄 (1967). 鶏糞と豚糞の発酵飼料による肉豚の肥育. 畜研, 21, 9, 1191-1196.

- (137) 佐藤 俊 (1976). きゅう堆肥の生産利用からみた木質物類 (おがくず・樹皮) の特性, 畜研, 30, 1, 227-230.
- (138) 渋谷立人・石井泰明・梶田勇也・松本尚式 (1970). 豚肉の色彩に関する調査 (第1報). 日豚研誌, 7, 108-113.
- (139) 篠崎謙一 (1975). 乳牛の硝酸塩・亜硝酸塩による中毒 (1). 畜研, 29, 2, 295-298.
- (140) Smith, L.W. (1973). Recycling animal waste as protein source. Alternative source of protein for animal production. ISBN0-309-2114-6, I46-I53.
- (141) Smith, L.W. (1973). Nutritive evaluation of animal manure symposium. Processing agricultural and municipal waste, 55.
- (142) Speer, V.C. (1969). Liquid feeding pigs, Feedstuffs., 41 (8), 30-32.
- (143) 杉本宣夫 (1975). 発酵飼料による肉豚肥育について. 養豚の友, 1, 30-37.
- (144) 高畑英彦 (1973). 私信 (1)
- (145) 高畑英彦 (1976). 私信 (2)
- (146) 高橋 明・吉岡 勝・松崎 格 (1964). 豚の屠体における筋肉・脂肪・骨の割合 (I). 日豚研誌, 1, 2, 77-82.
- (147) 高橋正也・池田敏雄・森本 宏 (1968). 子豚の枝肉食用部位の生産量と成分. 畜試研報, 16, 25-29.
- (148) 高橋正也 (1971). 豚・肉牛などの屠殺試験法. 動物栄養試験法, 養賢堂, 251-257.
- (149) 竹山 治 (1952). 人糞の蛔虫卵発育に及ぼす影響 (第3報). 阪大医学誌, 5, 2, 211-221.
- (150) 滝田聖親 (1976). 食品衛生における大腸菌の意義とその検査法について. New Food Industry, 18, 7, 35-42.
- (151) 田名部雄一 (1972). 鶏ふんの飼料的利用と飼料的価値. 畜研, 26, 3, 444-448.

- (152) 田名部雄一 (1973). 家禽ふん尿の飼料化と再利用. 畜研, 27, 1, 158-160.
- (153) 田中享一 (1973). 血液化学検査法. 家畜の臨床検査, 高橋 勇・板垣 博編, 医歯薬出版, 107-112.
- (154) 田崎道弘・安田三郎・田之上悠石・田原孝二・内山正二・宮内泰千代・平田 斎 (1976). 牛糞の再利用に関する試験 (肥育牛に対する飼料価値). 鹿児島畜試研報, 9, 38-50.
- (155) 田代恵広・大川原寛・渡近克男・渡辺 実 (1968). 豚糞発酵飼料による肉豚の肥育試験. 福島畜試, 昭和43年度試報.
- (156) 東京大学農芸化学教室 (1971). 植物栄養試験法. 実験農芸化学・上巻, 養賢堂, 96-111.
- (157) 登録委員必携 (1976). 日本種豚登録協会, 72-110.
- (158) 土志田武彦 (1970). 飼料の簡易検査法, 日本獣医師会.
- (159) 十島茂義 (1974). 斜面利用による豚ふんの発酵乾燥処理. 畜研, 28, 12, 1425-1428.
- (160) Toth, S.J., and Gold, B., (1971). Agricultural waste, principles and guidelines for practical solution. Cornell Univ. Conference on Agricultural Waste Management., II5-I20.
- (161) 上坂章次・宮崎 昭 (1963). 牧草類および青刈飼料作物の硝酸塩含量について. 日草試, 9, 1, 41-47.
- (162) 上坂章次・宮崎 昭 (1965). 異なる刈取期のイネ科およびマメ科牧草の硝酸塩含量とくに品種による差異について. 日畜会報, 36, 81-86.
- (163) 植村誠次 (1976). 木質廃材の堆肥化、樹皮、廃材の発酵. 関東農政局生産流通部農産普及課
- (164) 上野 悟・岡 義美・浅尾常久 (1976). 乳牛ふん尿のばっ気攪拌処理について. 兵庫畜試研報, 13, 98-101.
- (165) 和島昭一郎 (1975). 肉豚の出荷適期とその枝肉形質の良否 (I). 畜研, 29, 5, 629-633.
- (166) 渡辺鉄四郎 (1976). 家畜ふん尿の乾燥と発酵 (1). 畜研, 30, 1, 137-142.

- (167) 渡辺鉄四郎 (1977). 家畜糞尿の処理と利用の設備機具 (2). 畜研, 31, 2, 307-310.
- (168) Willson, G.B. (1976). Composting dairy cow waste. Livestock waste management., I63-I65.
- (169) 八木満寿雄 (1976). 家畜排せ物の飼料的再利用についての研究動向 (1). 畜研, 30, 1, 115-118.
- (170) 山添文雄 (1969). 肥料分析法. 養賢堂, 77-85.
- (171) 吉田條二・中村亮八郎・末光恵三 (1976). 発酵豚糞飼料の飼料価値について. 第65回日畜学会講演要旨集, 31.
- (172) 吉田則人・管井聖二 (1975). 家畜糞尿の撒布が牧草地へ及ぼす影響について (第1報). 畜産技術, 7, 7-15.
- (173) 吉野 実 (1973). 牧草における硝酸集積の実態と家畜の硝酸中毒. 畜研, 27, 4, 496-500.
- (174) 吉岡 勝・尾形真二・高橋 明・和島昭一郎・松崎 格 (1967). 豚の屍体における筋肉・脂肪・骨の割合 (II). 日豚研誌, 4, 2, 74-81.
- (175) Zobrisky, S.E., Brady, D.E., Lasley, J.F., and Weaver, L.A. (1959). Significant relationships in pork carcass evaluation. J. Anim. Sci., 18, 420-426.

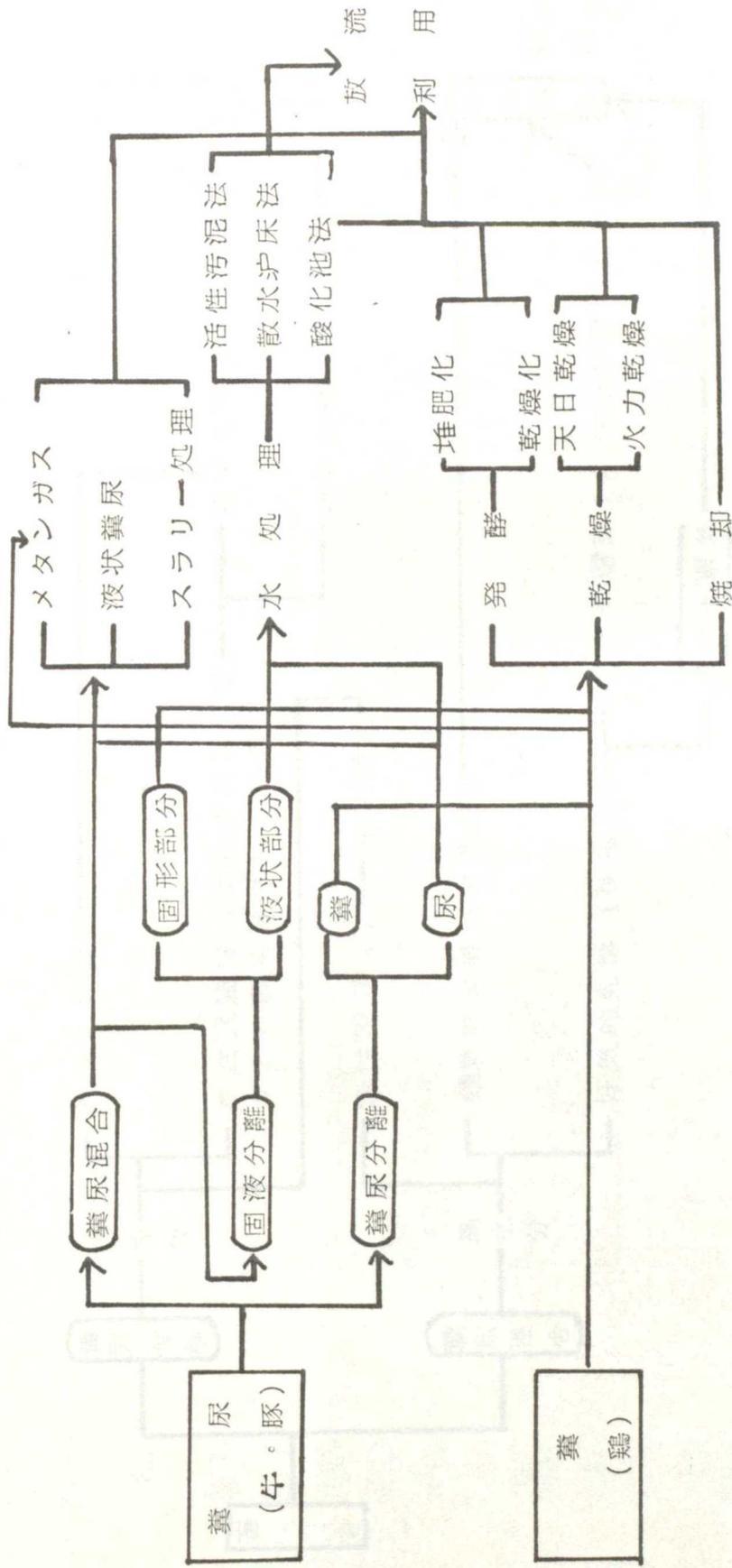


図1 家畜糞尿の処理方法

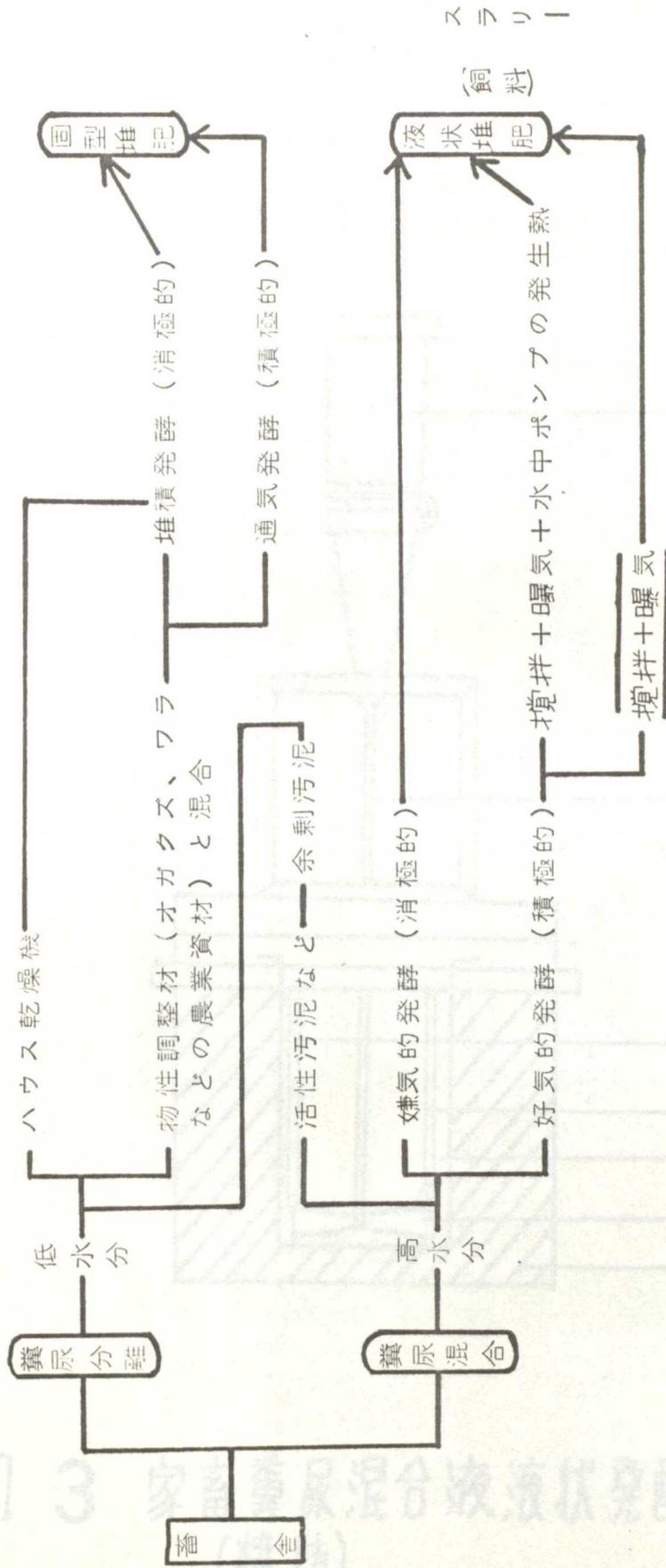


図2 家畜糞尿の発酵処理方法

図3 家畜糞尿混合液液状発酵処理装置

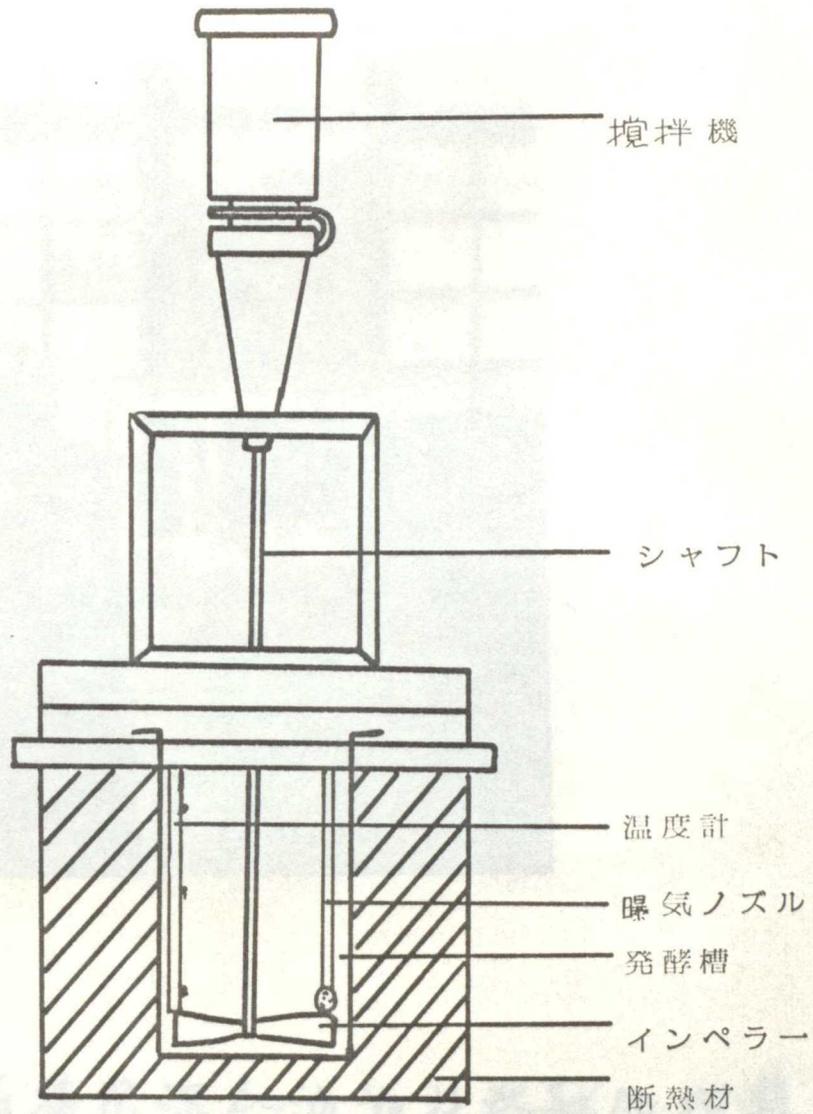
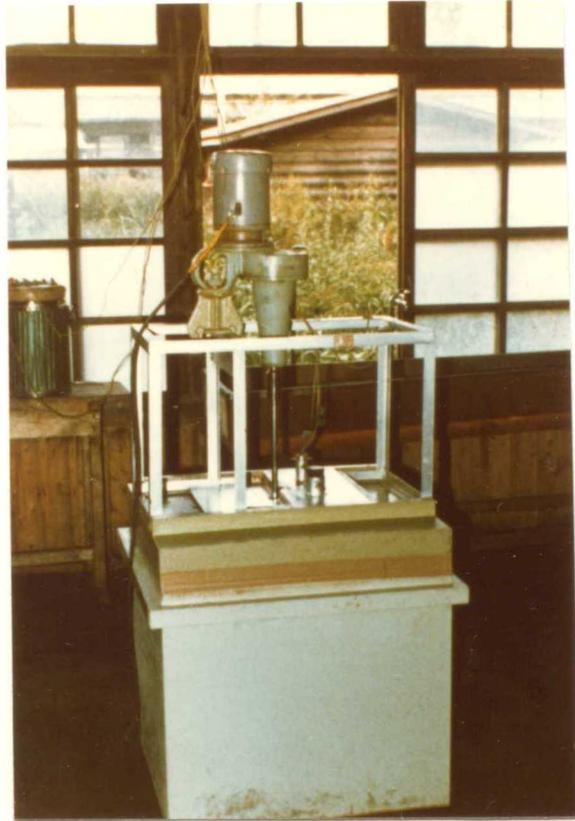
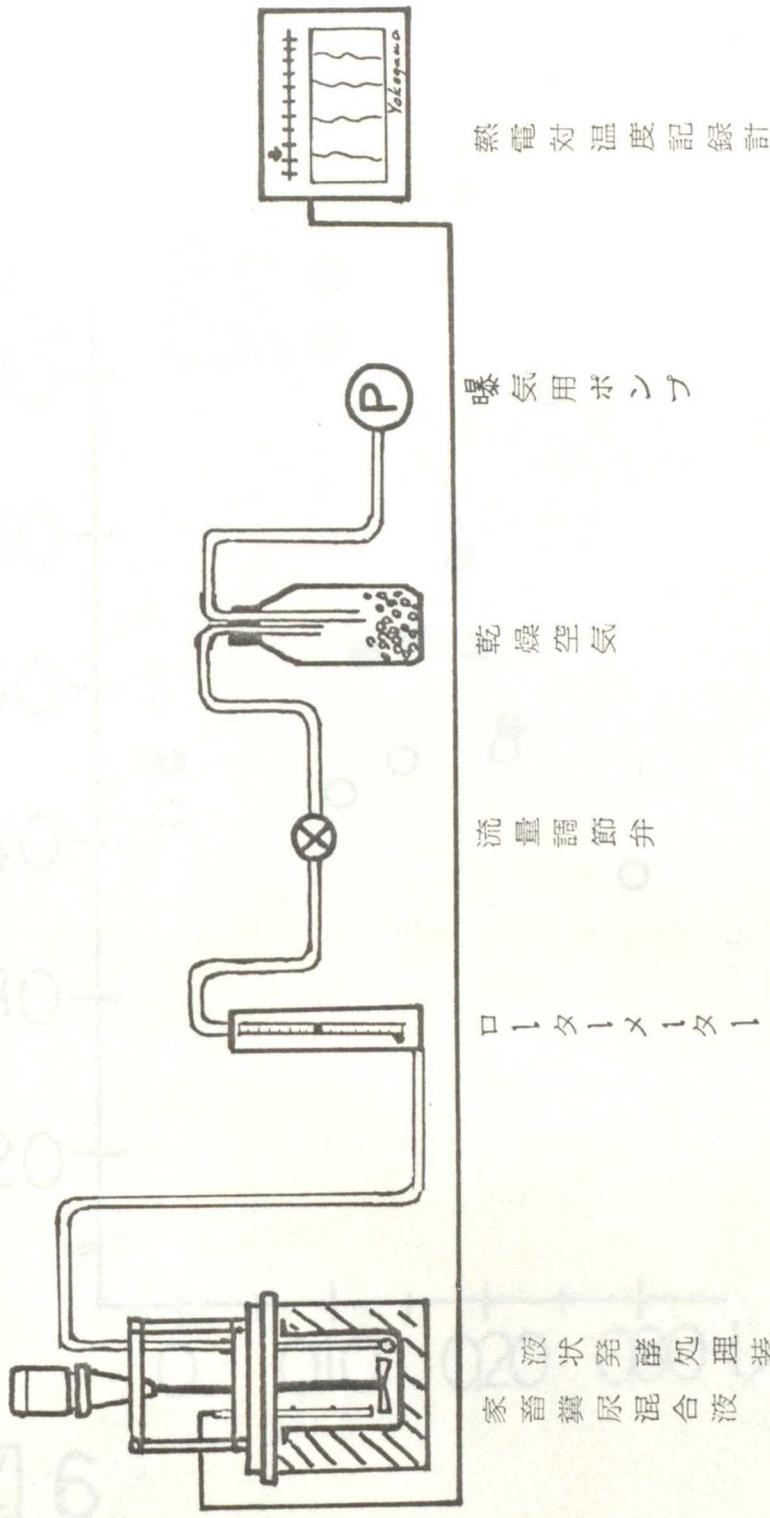


図 3 家畜糞尿混合液液状発酵処理装置
(構造)



四 4 家畜糞尿混合液液状発酵処理装置
(全景)

図5 家畜糞尿発酵処理実験概要



熱電対温度記録計

曝気用ポンプ

乾燥空気

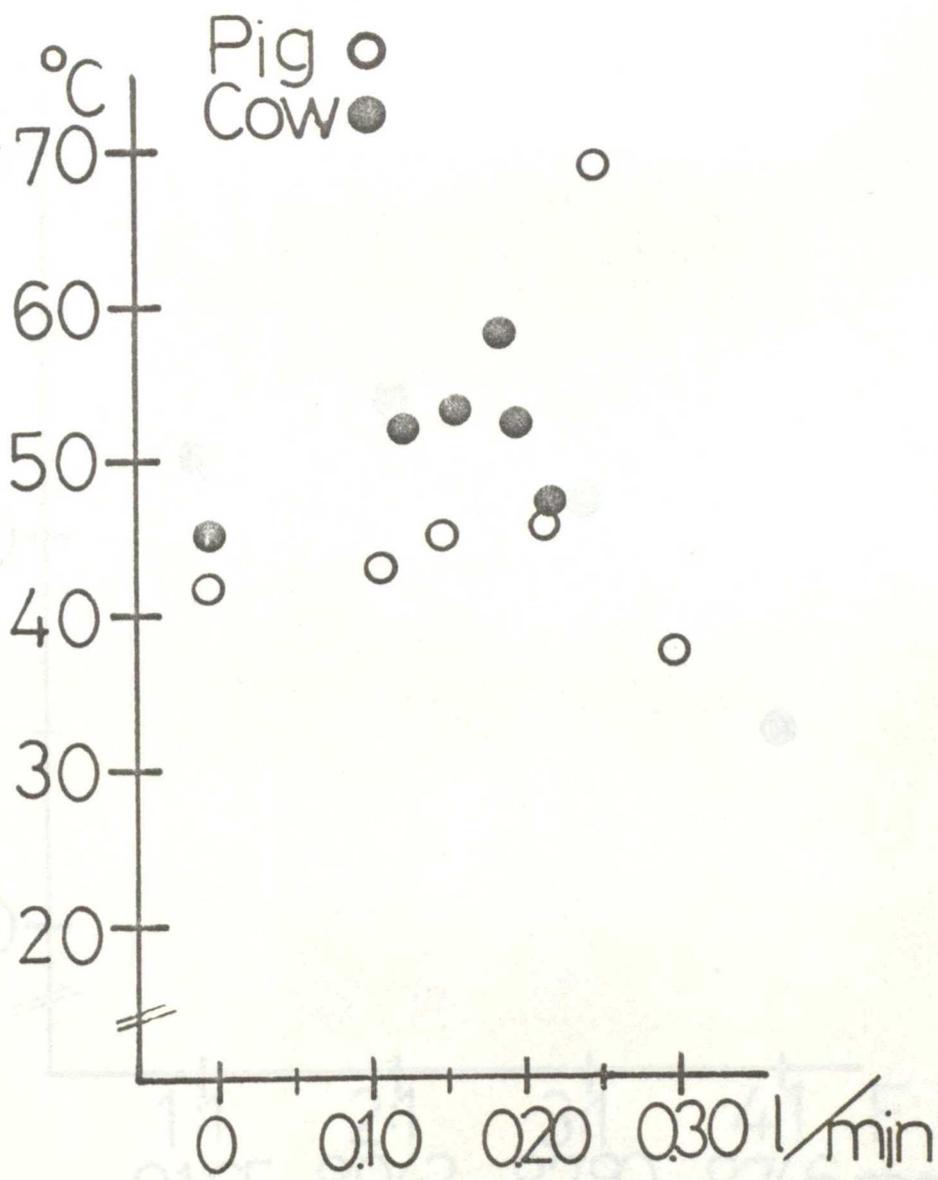
流量調節弁

ロータメータ

液状発酵処理装置
家畜糞尿混合液

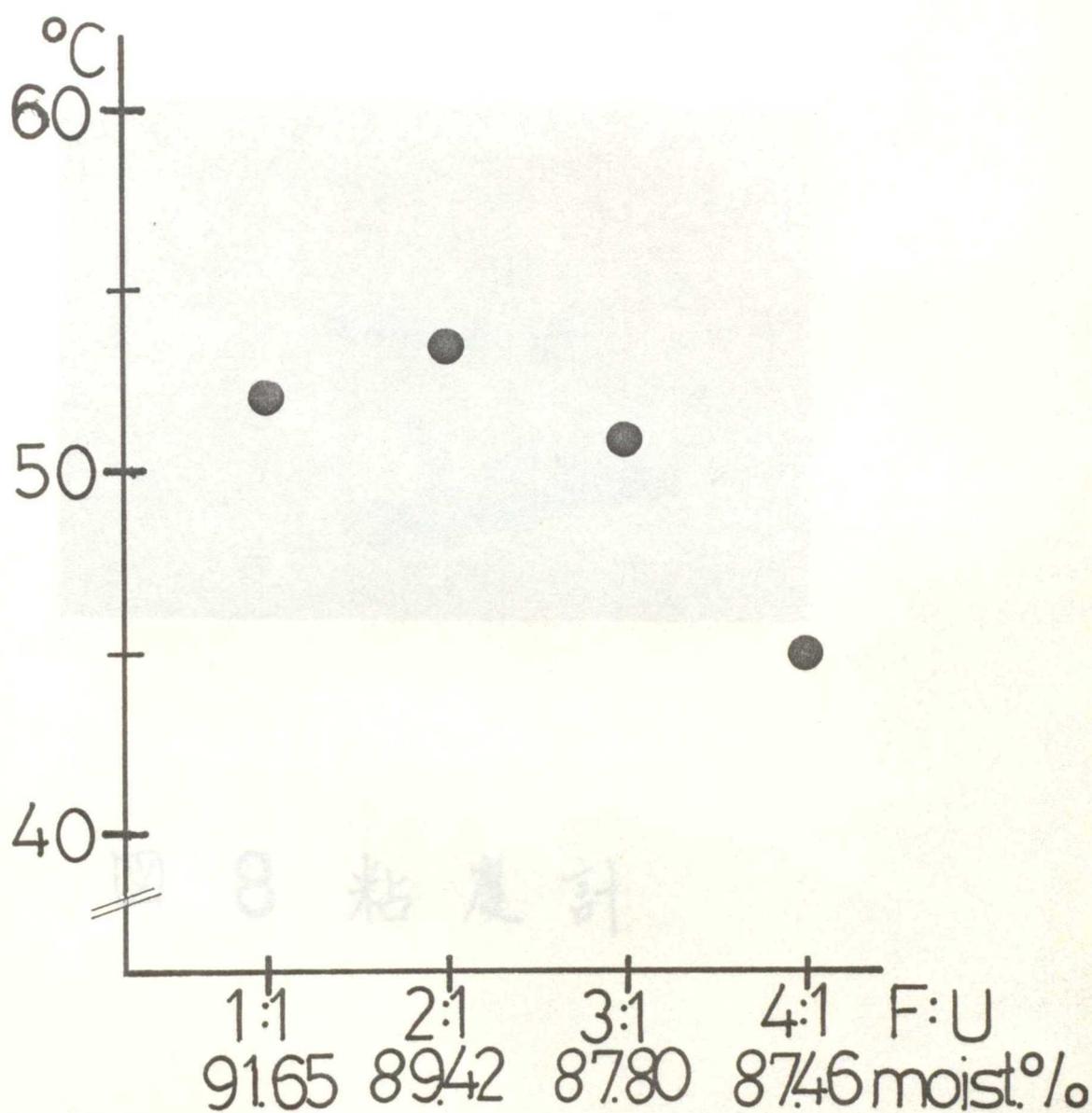
図6

Proper aeration volume



☒ 6

Proper aeration volume




7
 Proper mixed ratio(Cow)



四 8 粘 度 計



四 9 剝離箱

圖 10 Kielder 及 其 他 各 種 人 員

隨 人 附

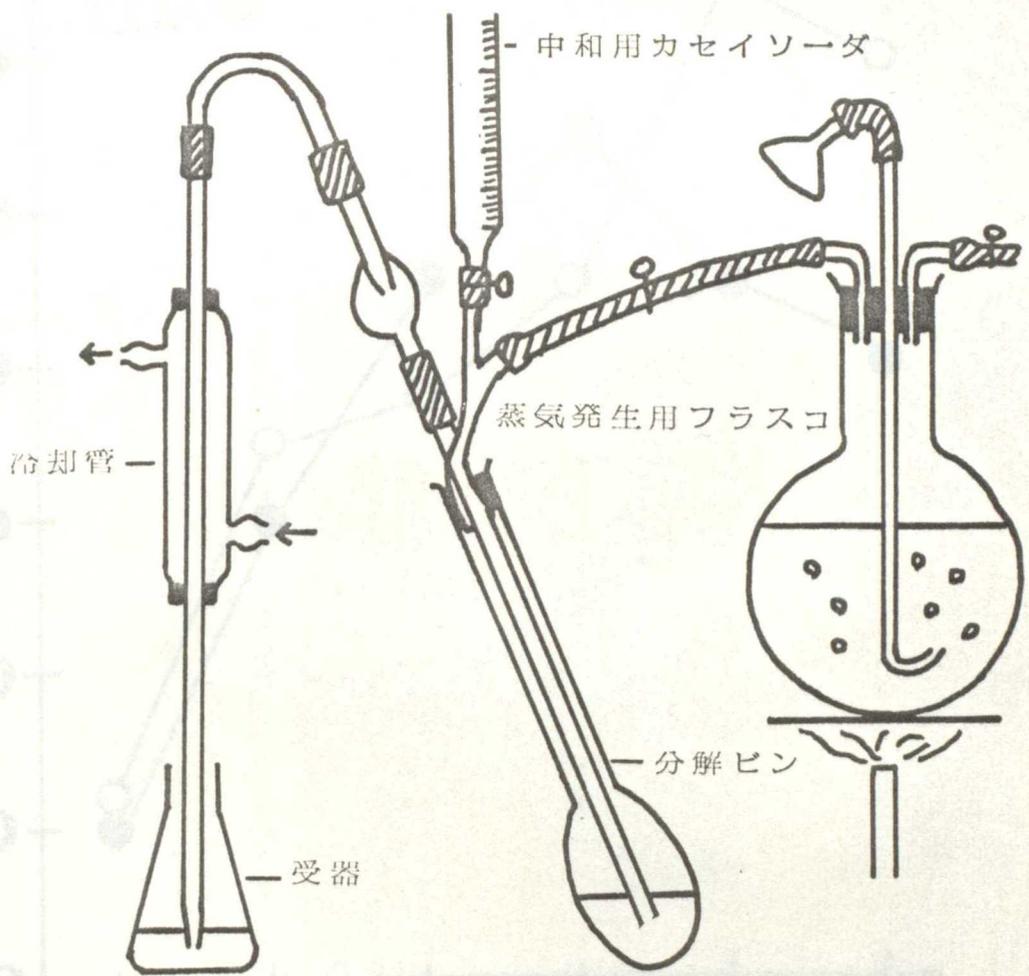


図10 Kjeldahl窒素蒸留装置
(塩入法)

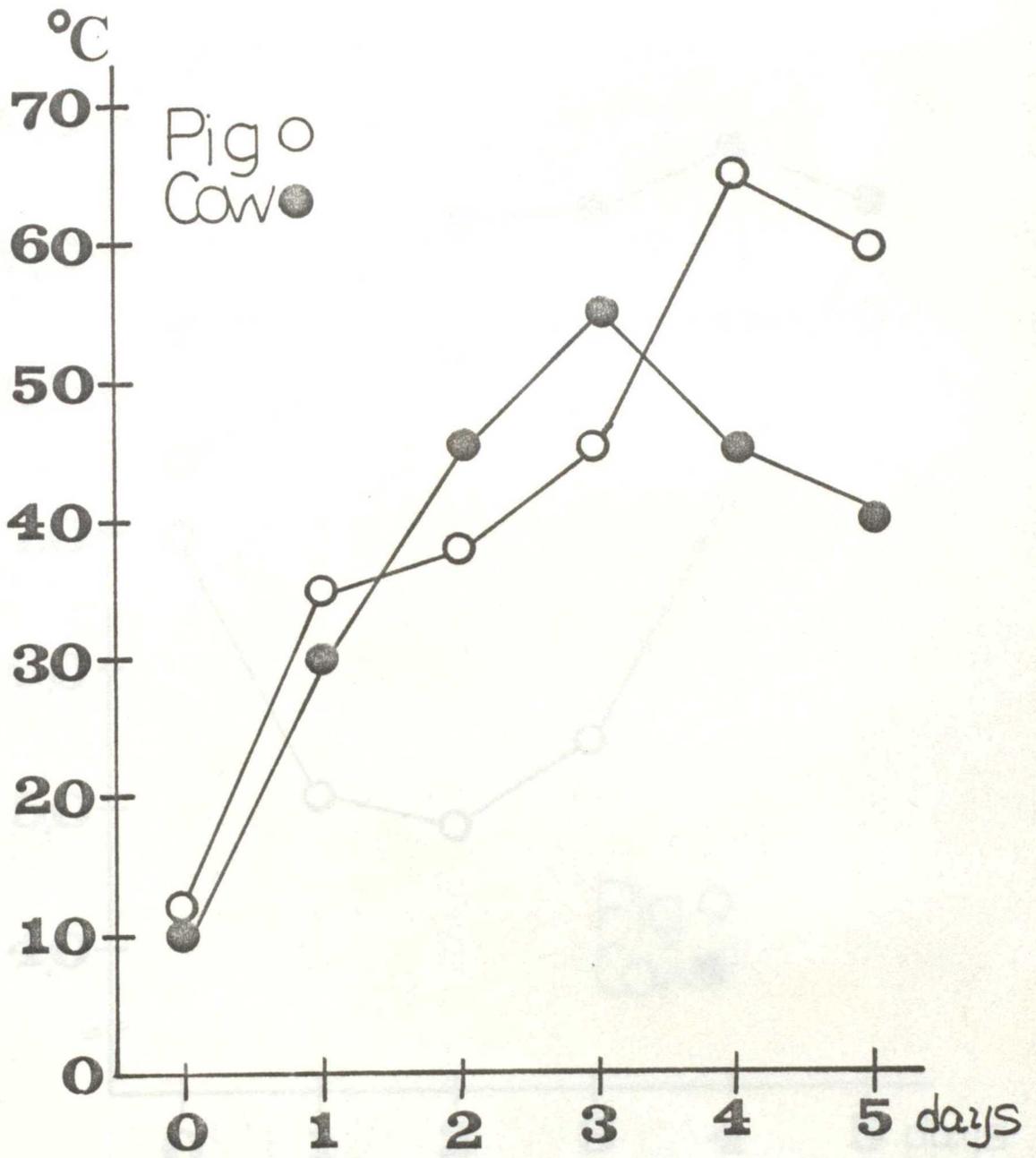


図11 液温の変化

図12 pHの変化

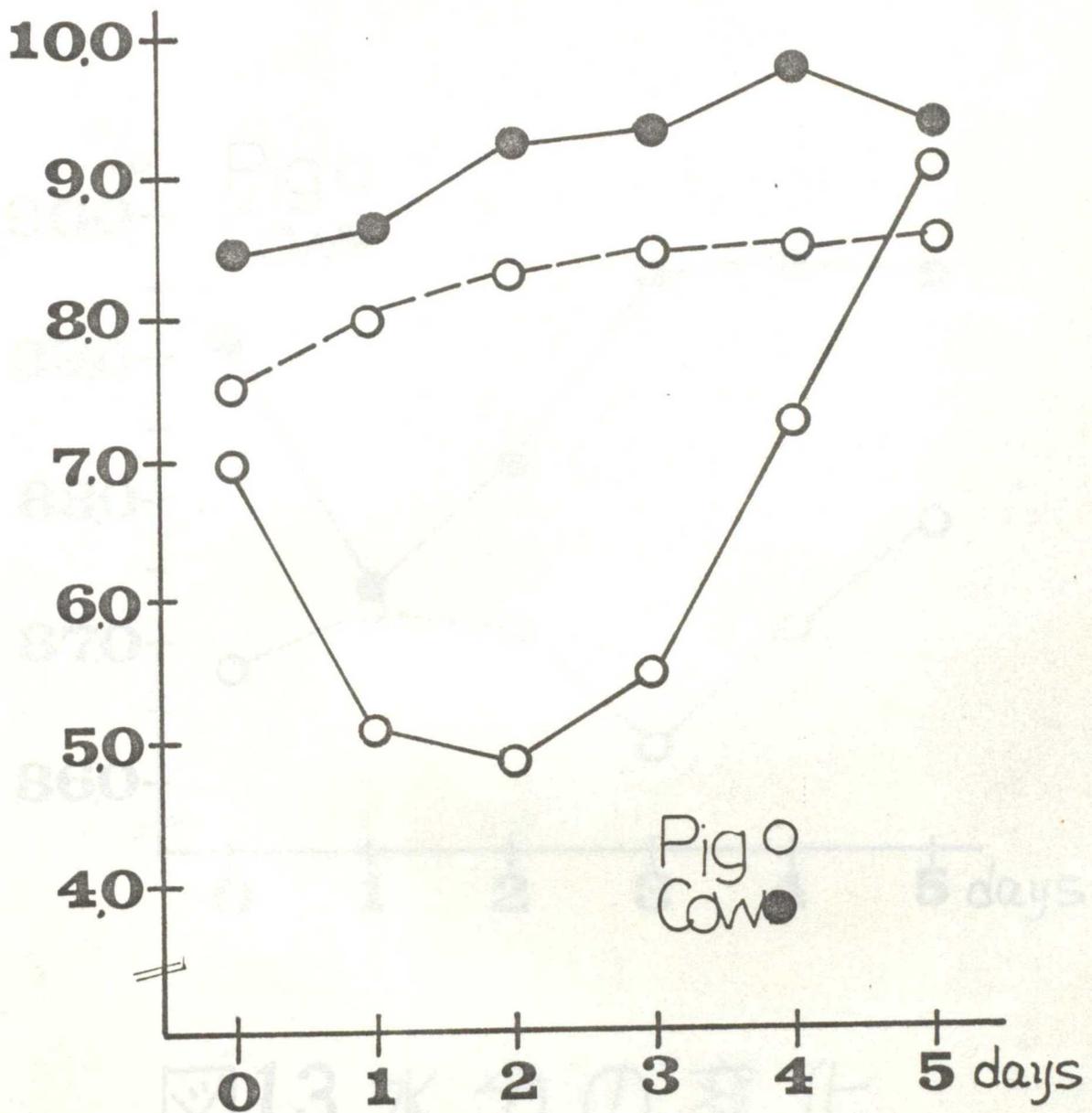


図12 pHの変化

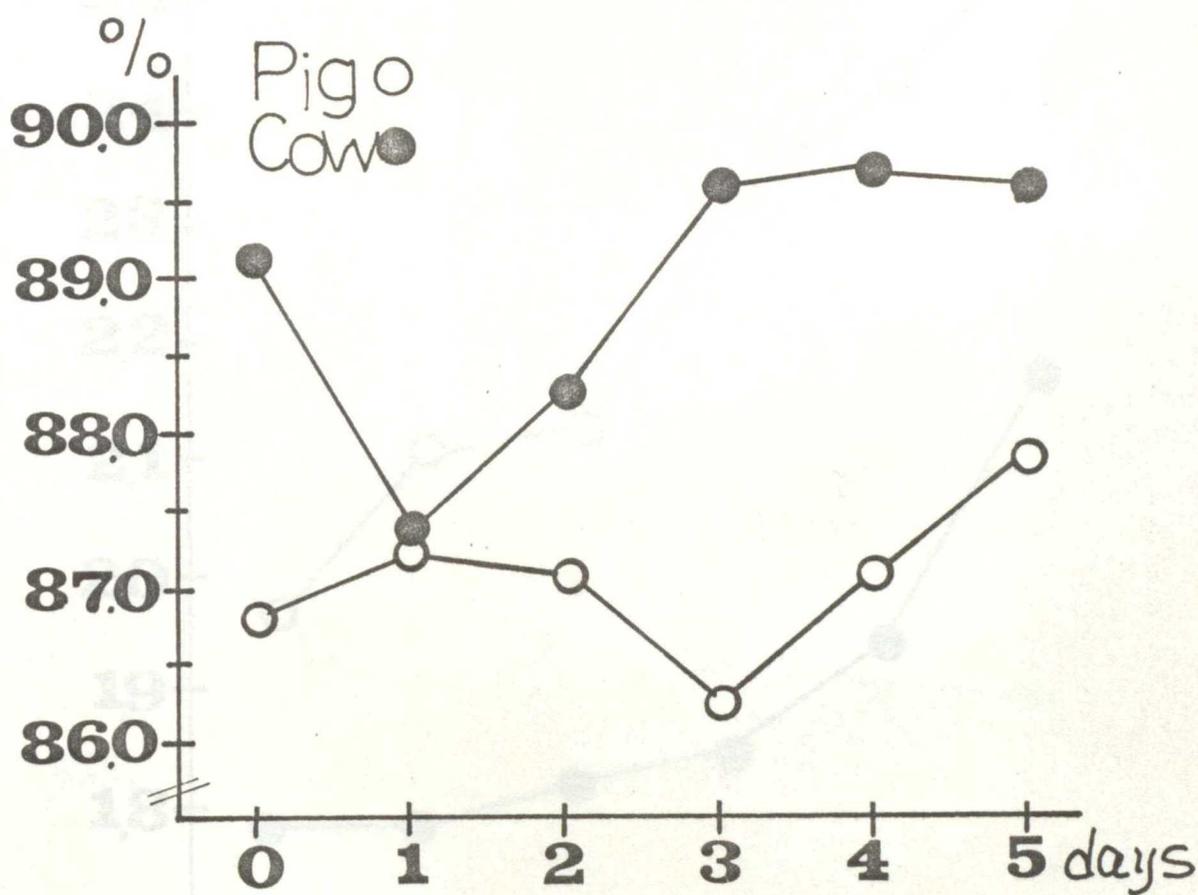


図13 水分の変化

図14 灰分の変化

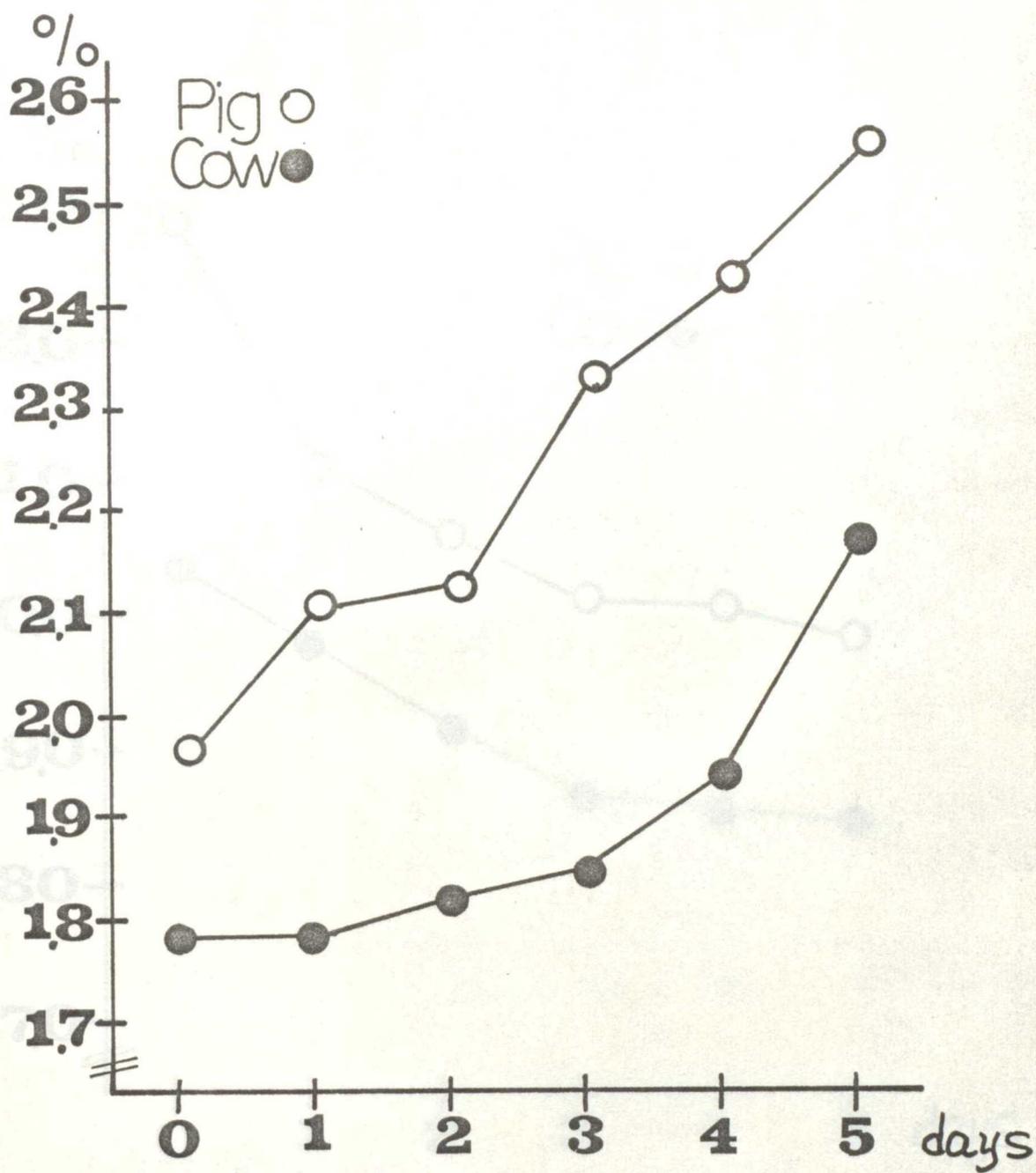


図14 灰分の変化

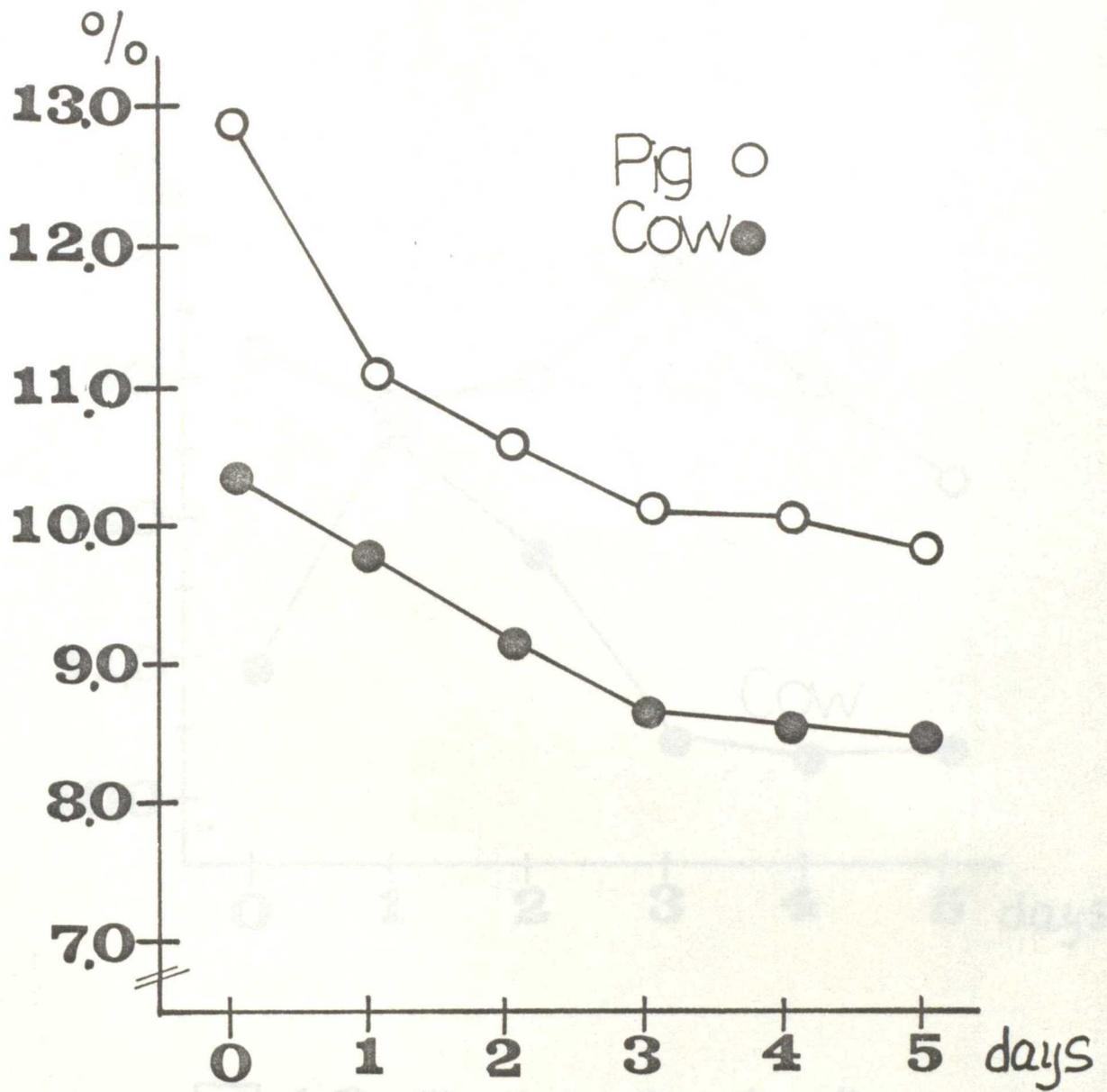


図15 有機物の変化

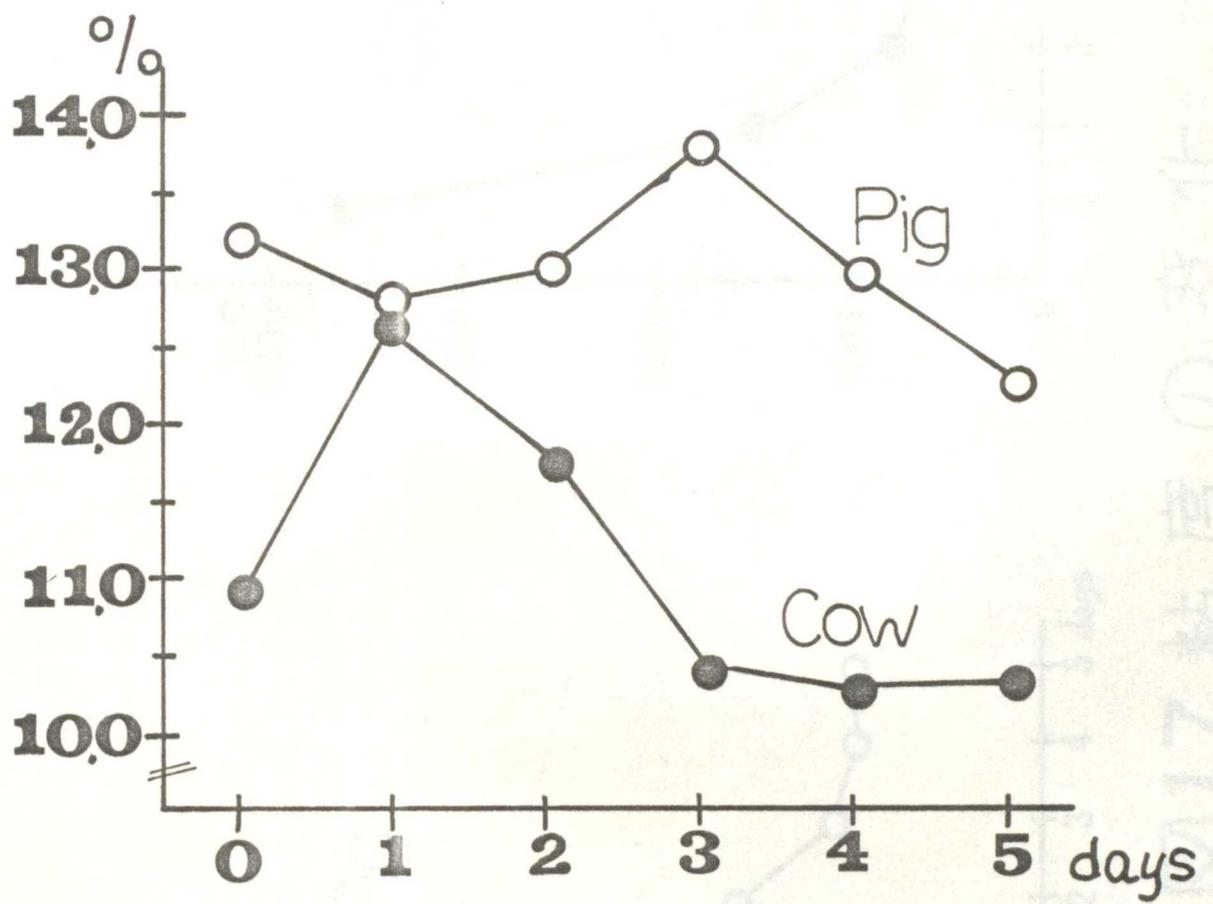


図16 D.M.の変化

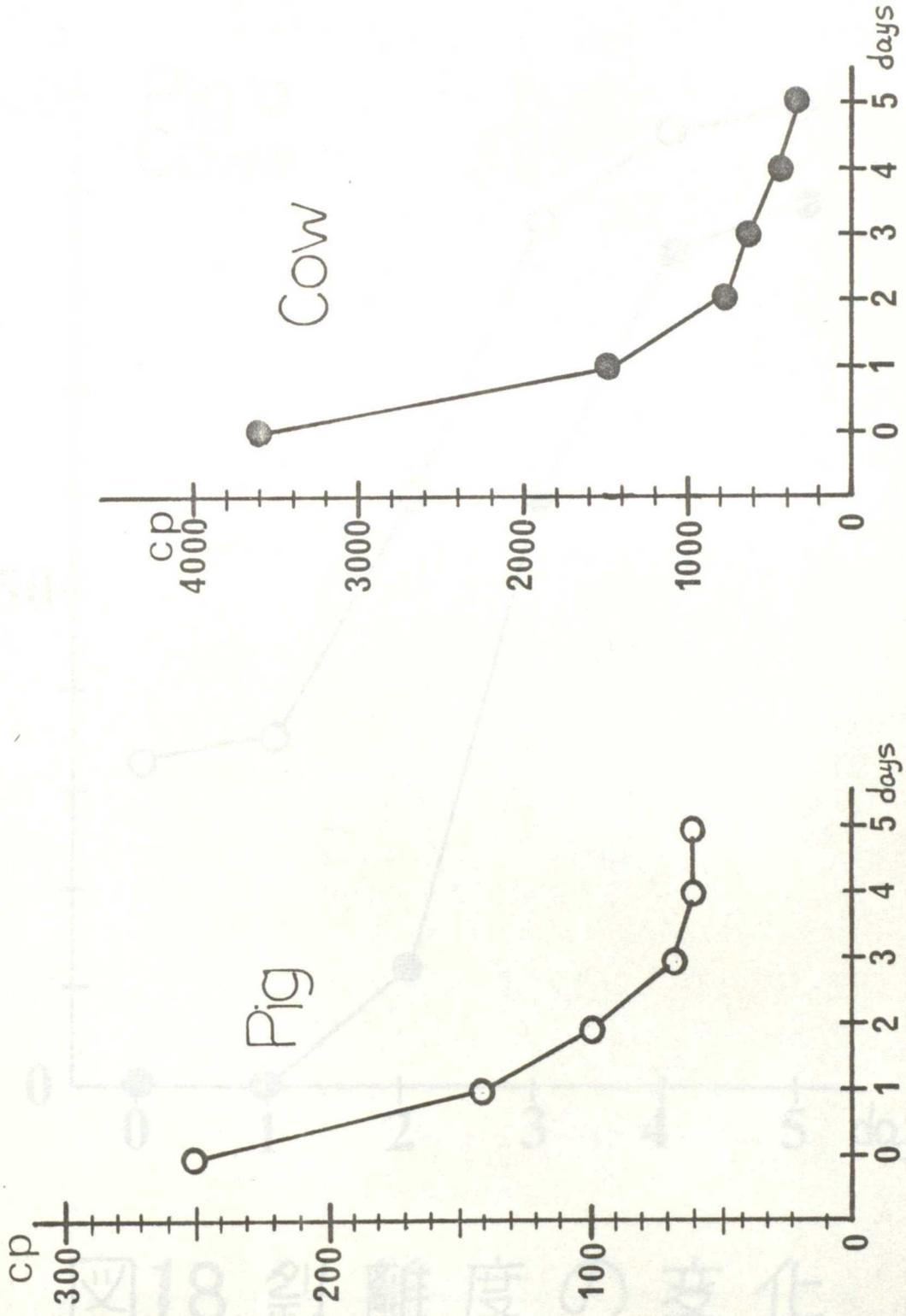


図17 粘度の变化

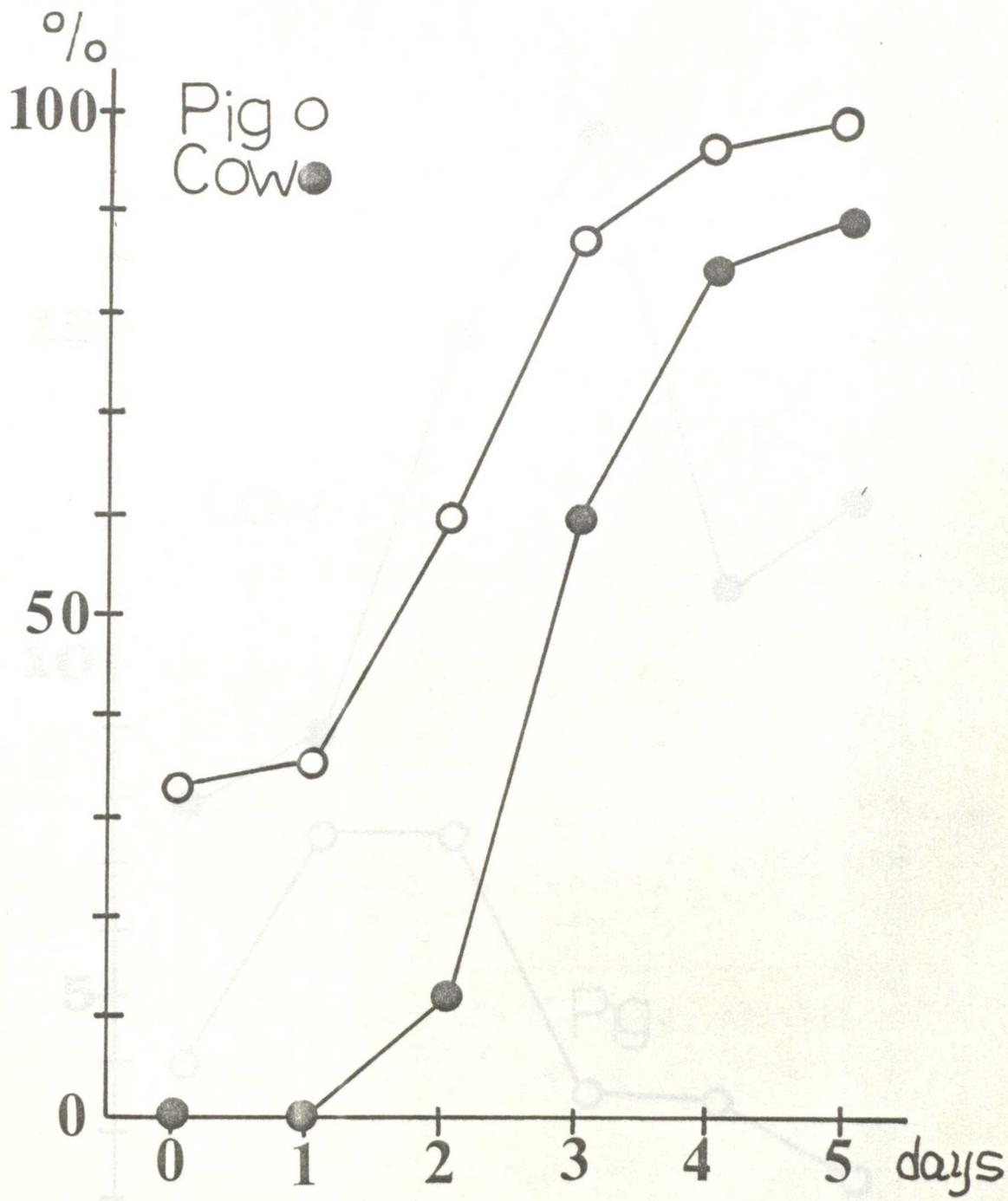


図18 剝離度の変化

図19 E.C.の変化

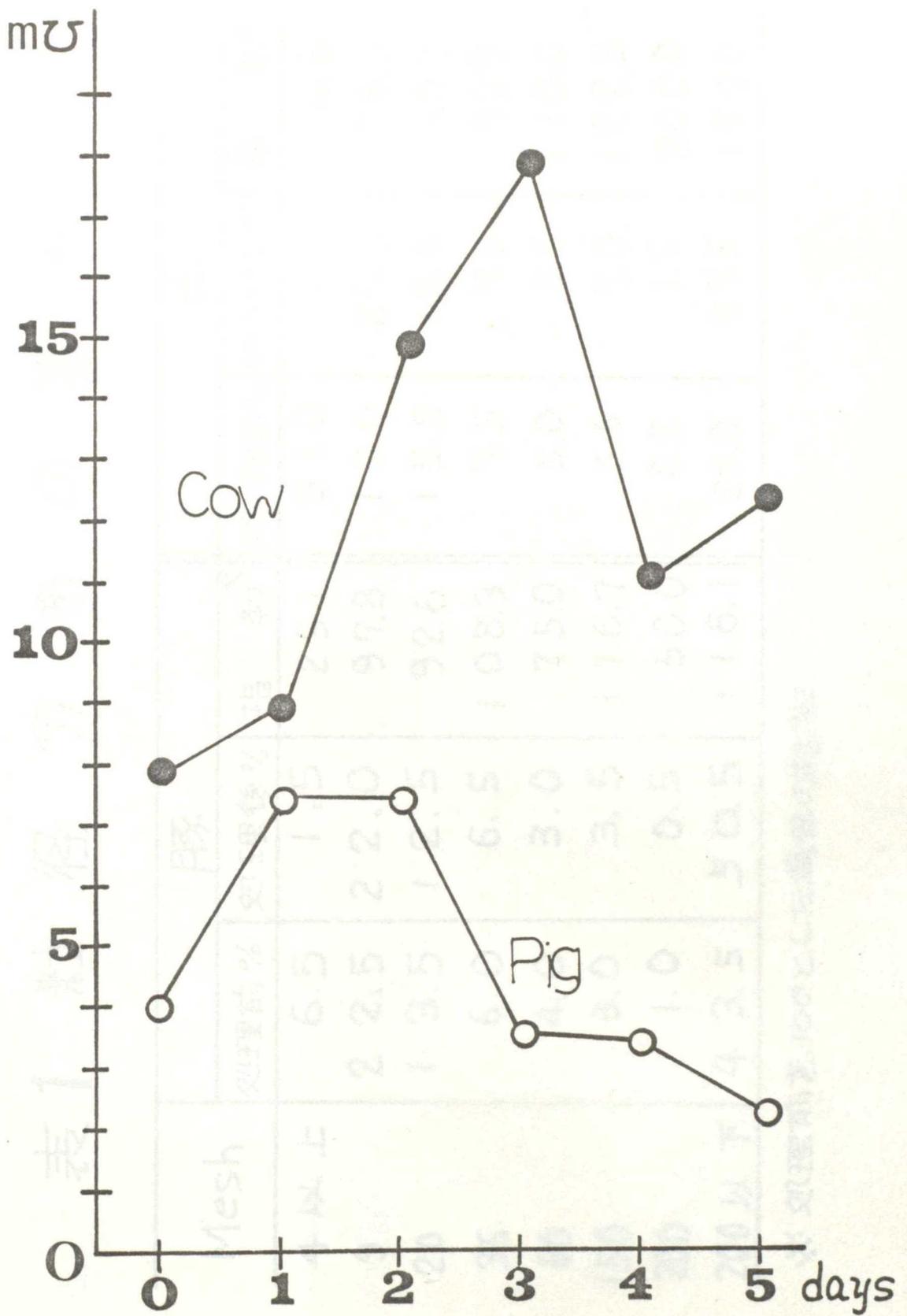


図19 E.C. の変化

表1 粒径分布の変化

Mesh	豚			牛		
	処理前%	処理後%	指数*	処理前%	処理後%	指数*
4以上	6.5	1.5	23.1	31.0	1.5	4.8
9	22.5	22.0	97.8	10.0	27.5	275.0
20	13.5	12.5	92.6	15.5	12.5	80.7
35	6.0	6.5	108.3	7.5	7.0	93.3
60	4.0	3.0	75.0	5.0	5.5	110.0
150	3.0	3.5	116.7	5.5	7.0	127.3
200	1.0	0.5	50.0	0.5	1.5	300.0
200以下	43.5	50.5	116.1	25.0	37.5	150.0

* 処理前を100とした場合の指数

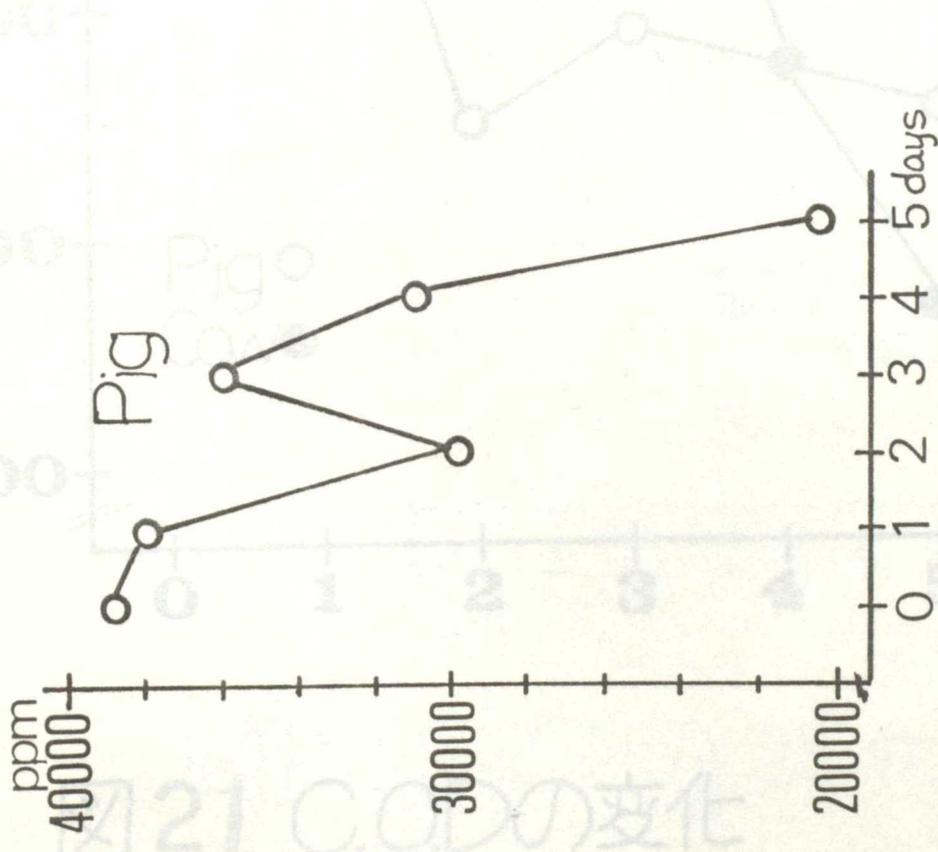
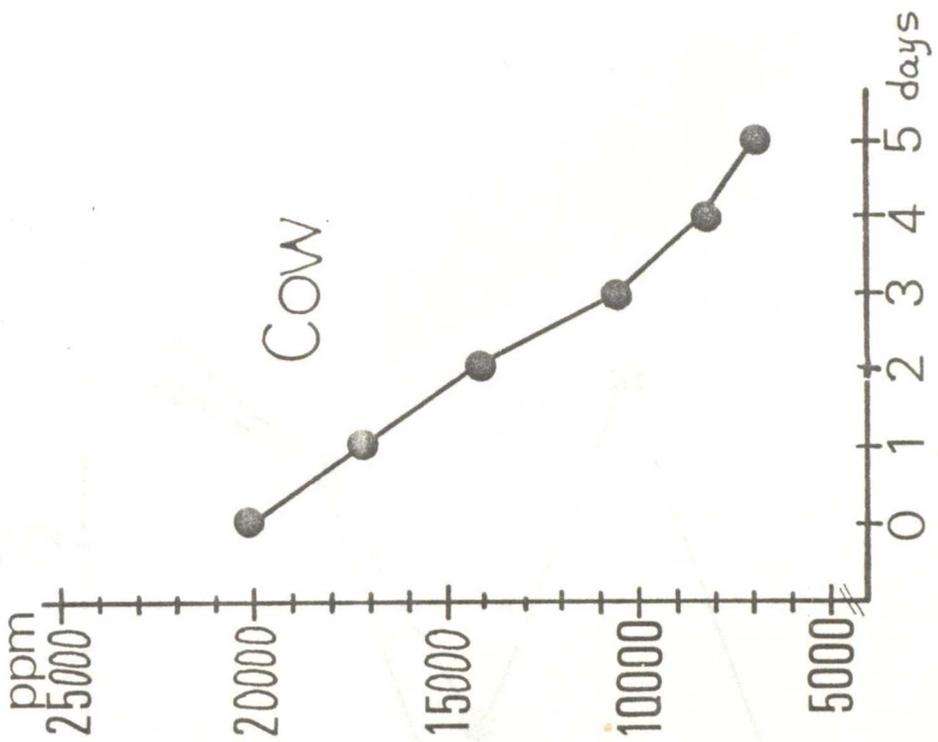


図20 B.O.D.の変化

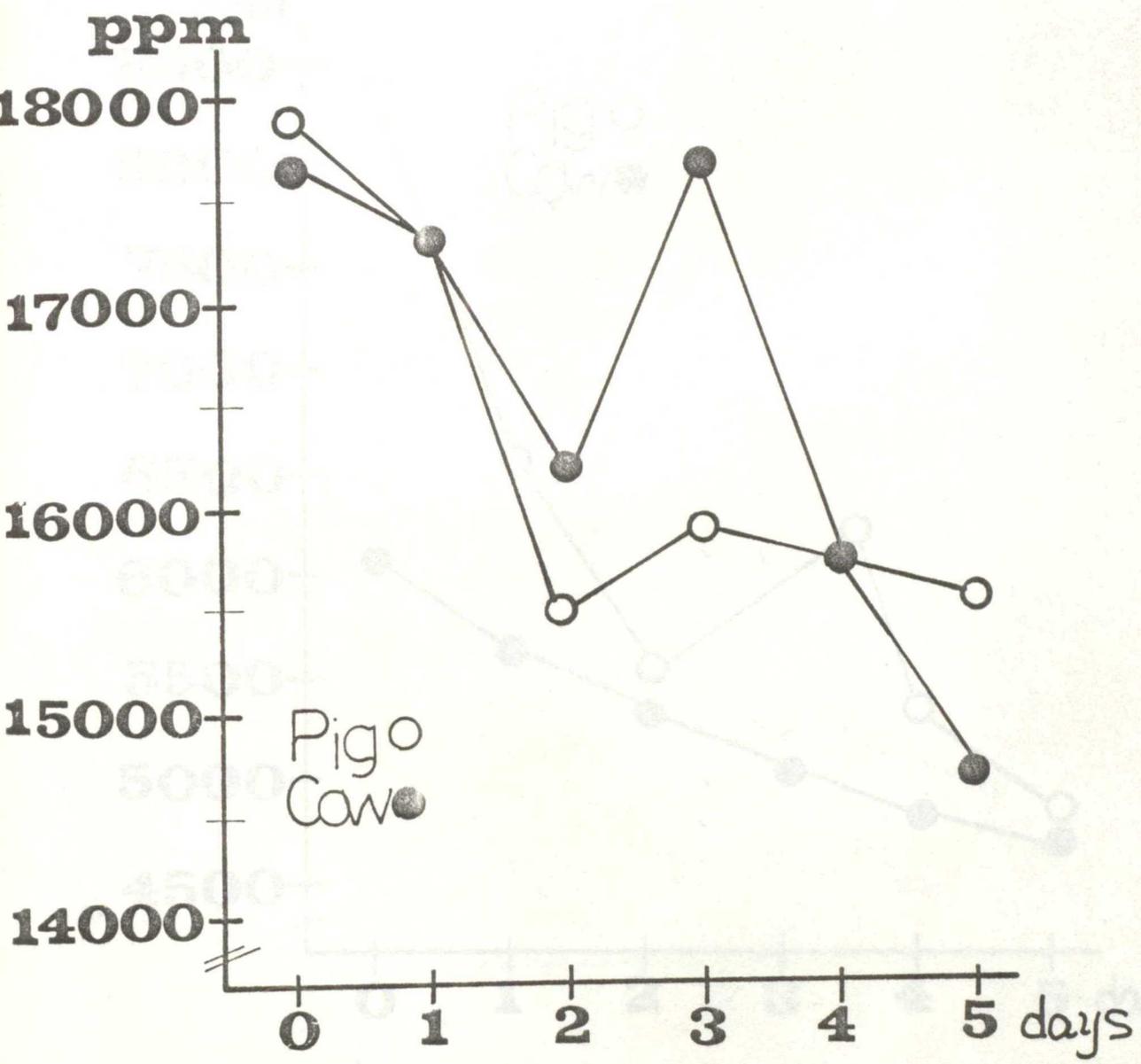


図21 C.O.D.の変化

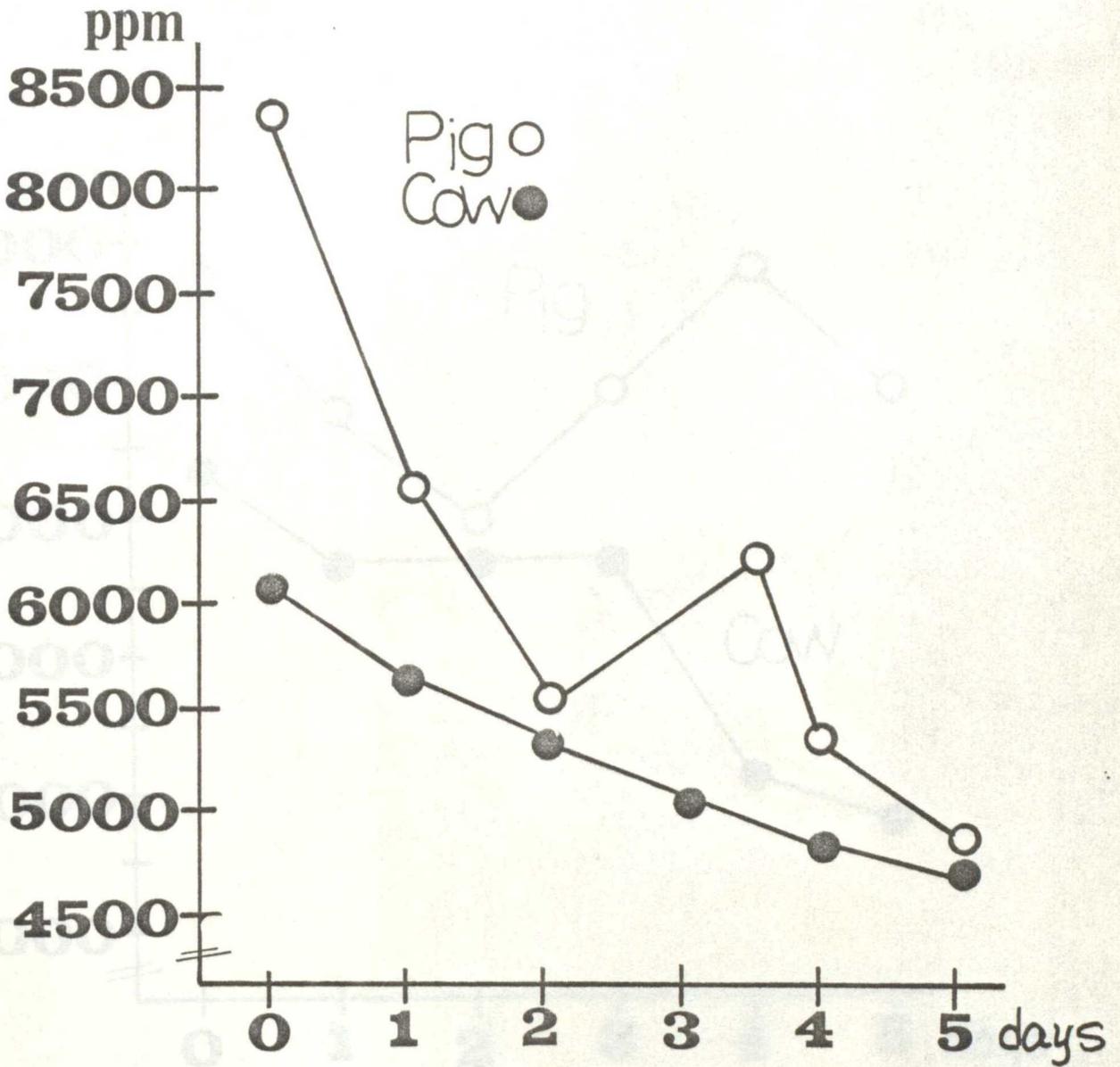


図22 S.S. の変化

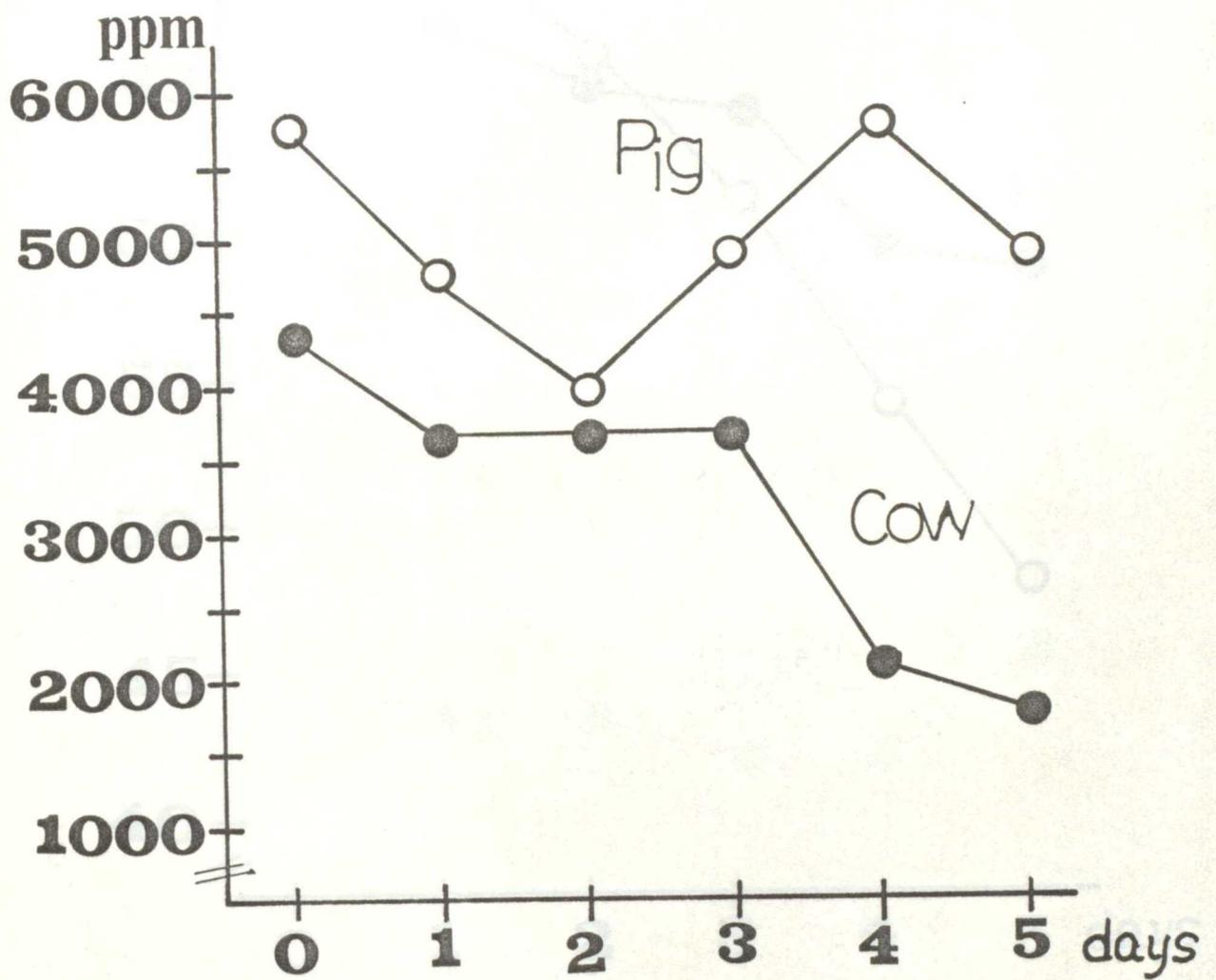


図23 T.N.の変化

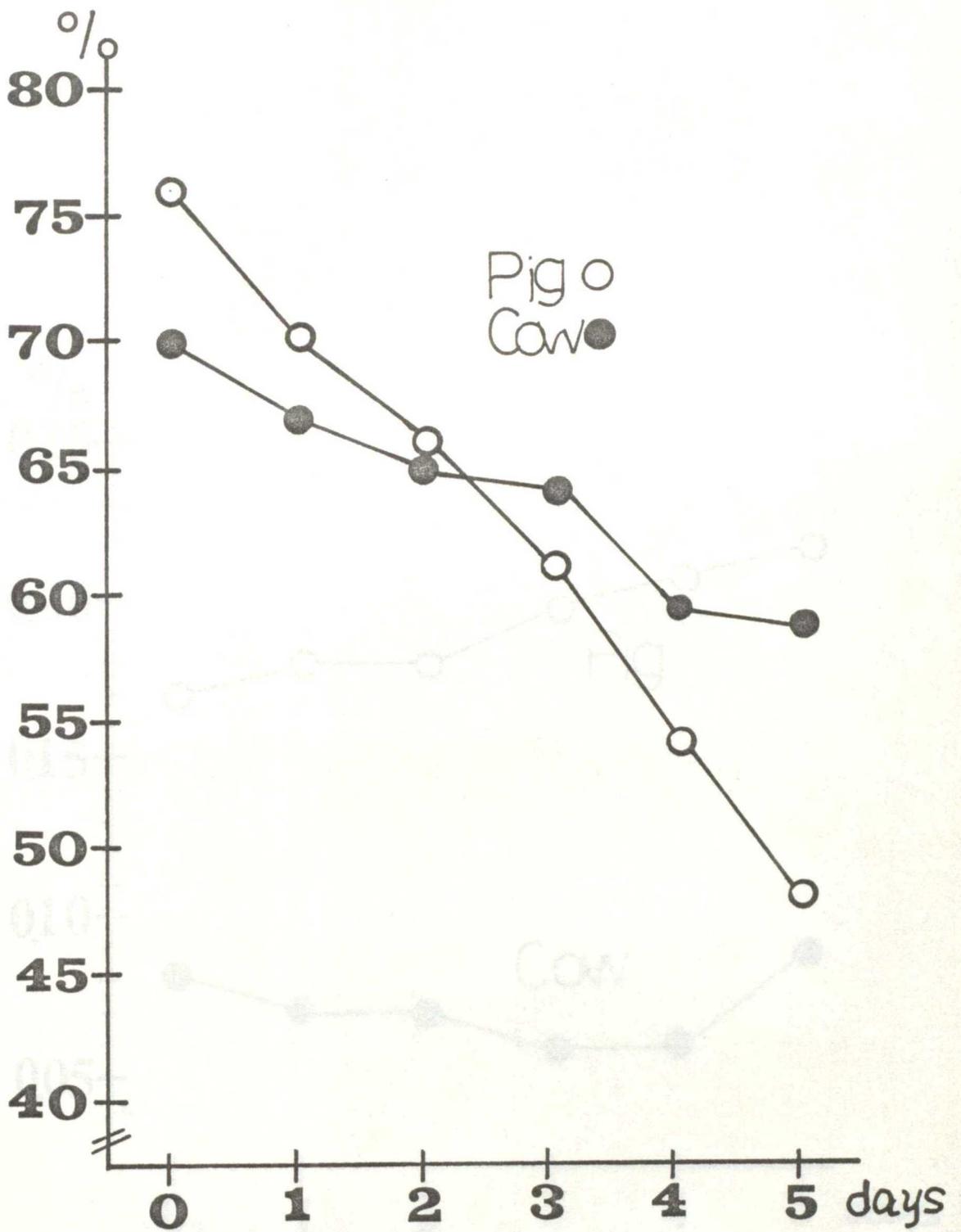


図24 次殿粒形分離率の変化

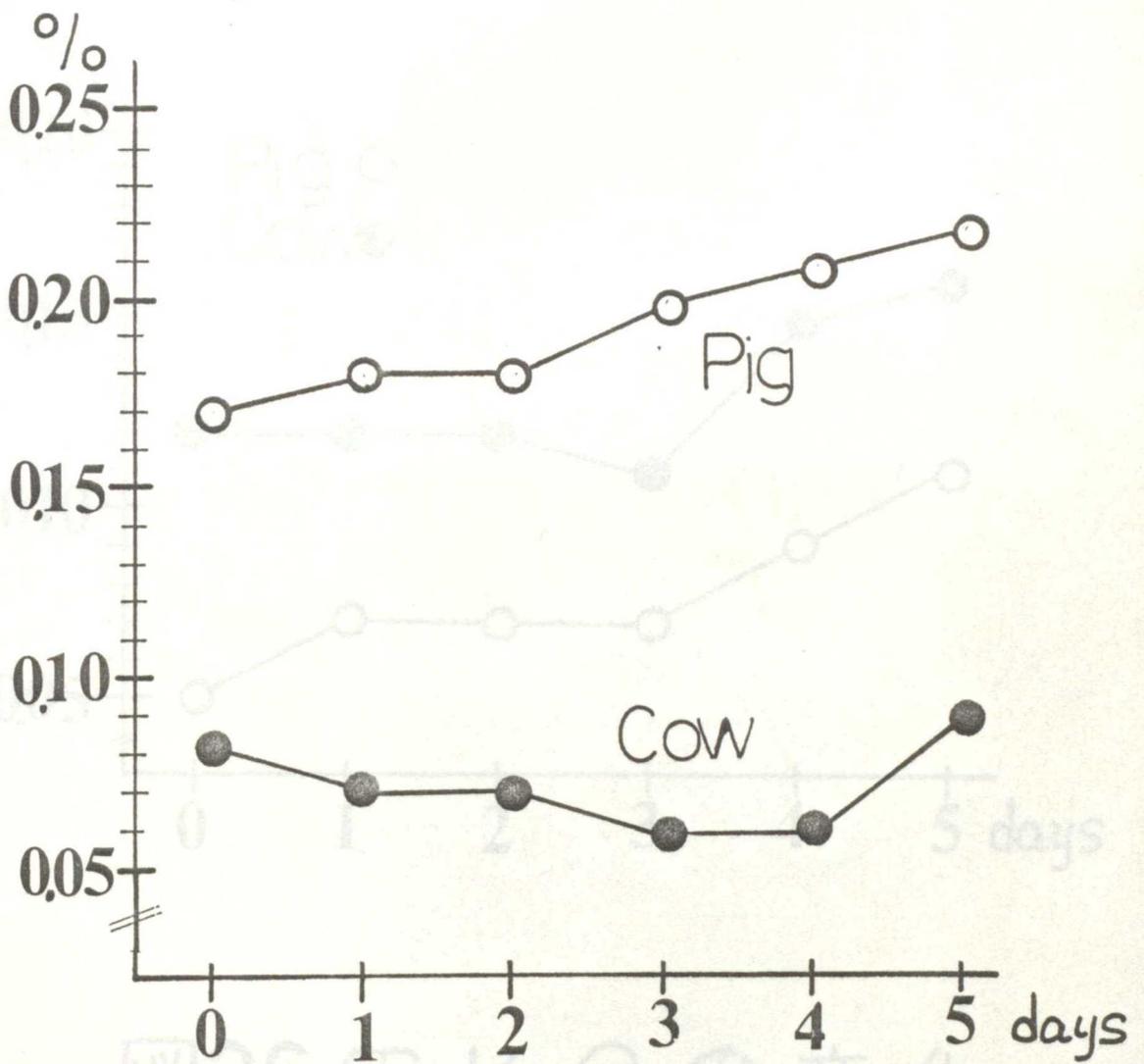


図25 T-P₂O₅ の変化

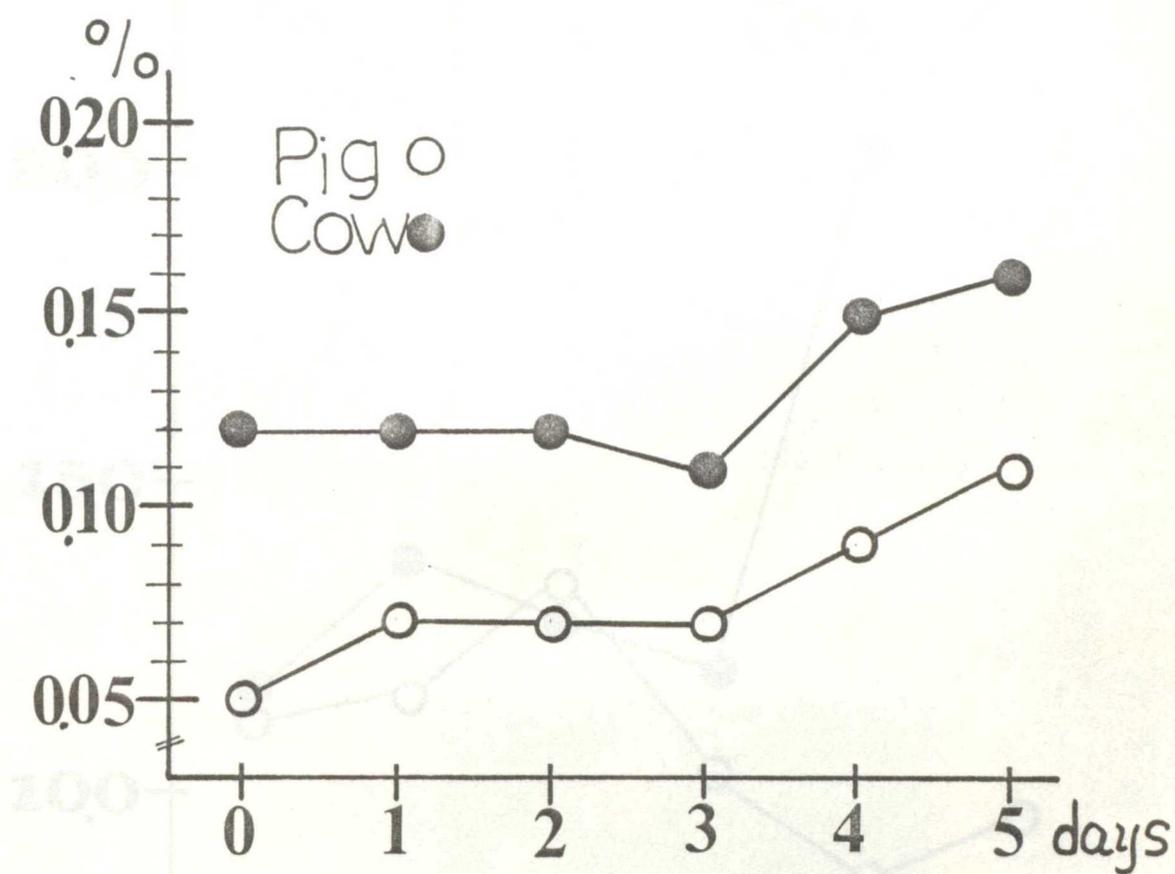


図26 T-K₂O の変化

図27 C/N 比 の変化

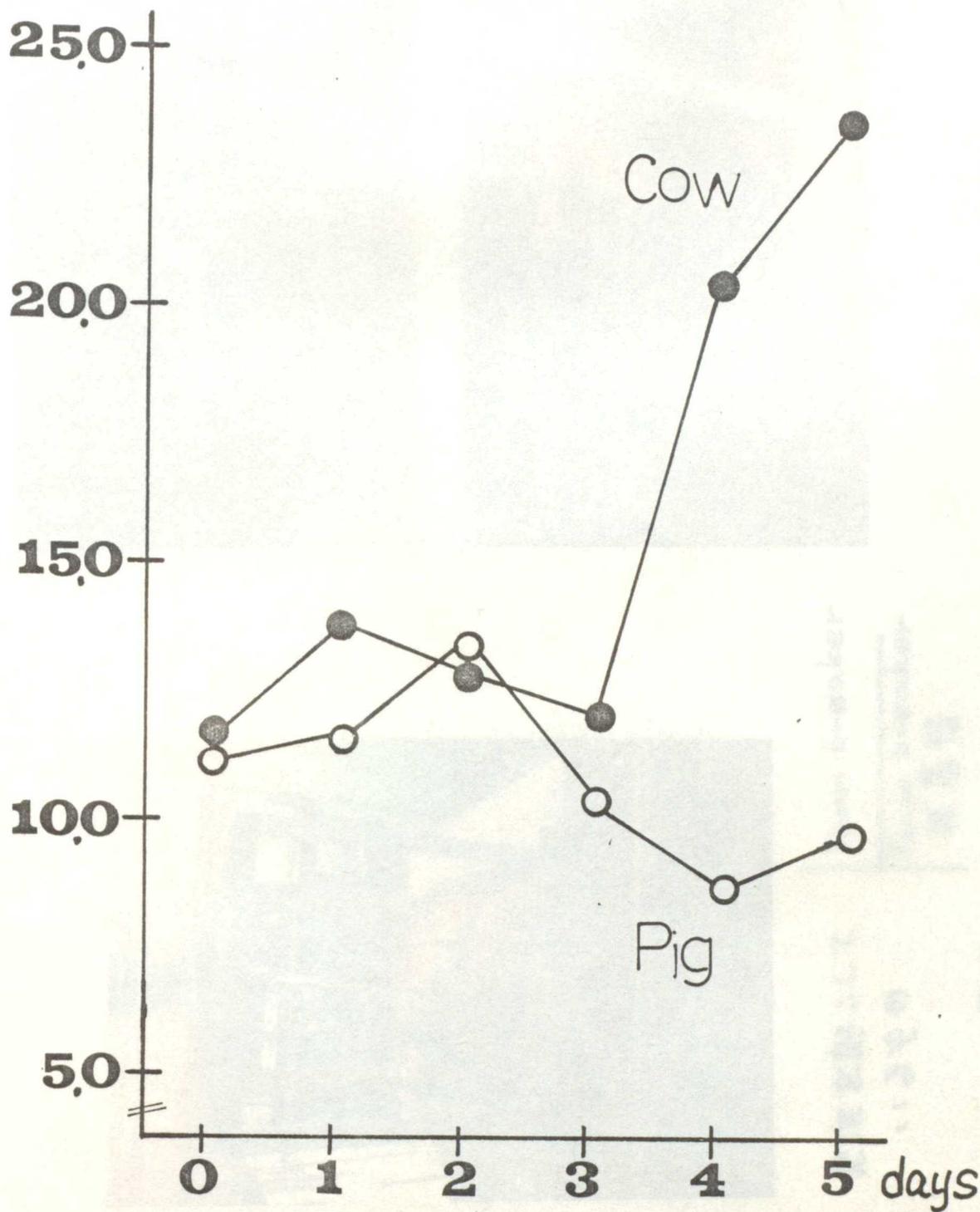
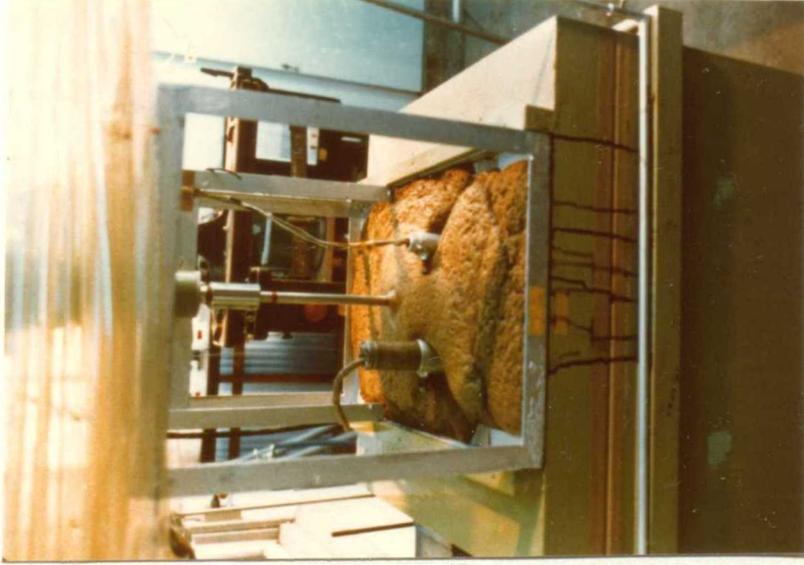


図27 C/N比の変化



Form breaker
 Form breaker
 装着後

発泡を起こして
 いるもの

図28発泡現象と対策



Pig



Cow

図 29 色調の変化

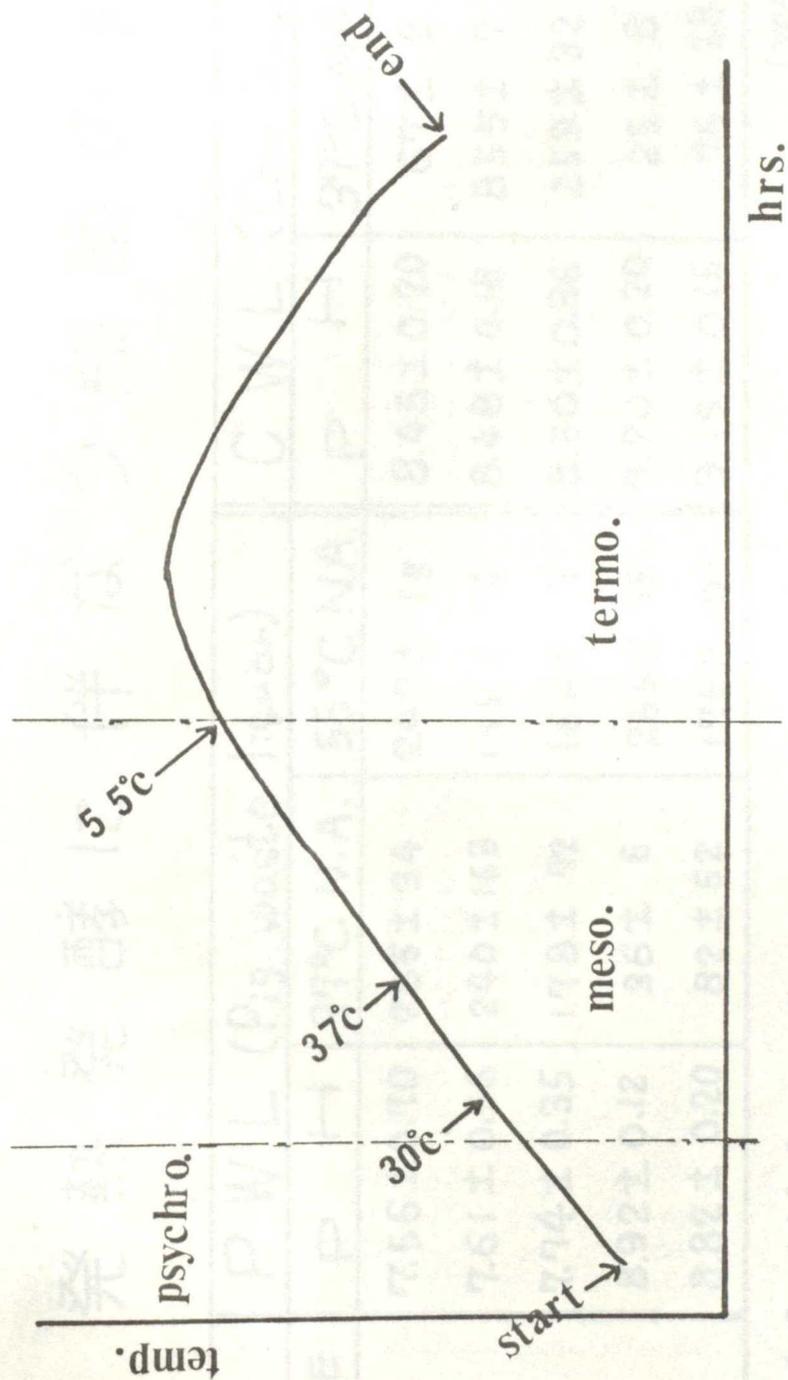


図30 細菌検査用試料の採取

表2 発熱発酵に伴なう細菌の動態

SAMPLE	P W L (Pig waste liquor)			C W L (Cow waste liquor)		
	P	H	37°C N.A.	P	H	37°C N.A.
START	7.56 ± 0.70		285 ± 34	242 ± 18	8.46 ± 0.20	67 ± 2
30°C	7.61 ± 0.56		240 ± 163	159 ± 74	8.48 ± 0.18	855 ± 7
37°C	7.74 ± 0.35		178 ± 72	166 ± 7	8.50 ± 0.36	259 ± 32
55°C	8.92 ± 0.12		36 ± 6	265 ± 35	9.20 ± 0.20	25 ± 8
E N D	8.82 ± 0.20		82 ± 52	176 ± 101	9.15 ± 0.15	76 ± 28

(mean ± SD)

* N.A. : Nutrient agar

* Order of Colony count : P W L 37°C N.A, 55°C N.A × 10⁵
 C W L 37°C N.A × 10⁵, 55°C N.A × 10⁴

表3 発熱発酵に伴う細菌の動態(大腸菌群)

SAMPLE	P W L (Pig waste liquor)			C W L (Cow waste liquor)		
	P	H	D H L agar	P	H	Desoxycholate agar D H L agar
START	7.56 ± 0.70	204 ± 18	194 ± 14	8.46 ± 0.20	49 ± 8	39 ± 3
30°C	7.61 ± 0.56	197 ± 48	188 ± 11	8.48 ± 0.18	75 ± 21	21 ± 5
37°C	7.74 ± 0.35	179 ± 13	177 ± 11	8.50 ± 0.36	62 ± 30	49 ± 30
55°C	8.92 ± 0.12	2 ± 1	1 ± 1	9.20 ± 0.20	0	0
E N D	8.82 ± 0.20	0	0	9.15 ± 0.15	0	0

(mean ± SD)

※ Order of Colony count: PWL × 10⁵

CWL DA × 10³, DHL × 10⁴

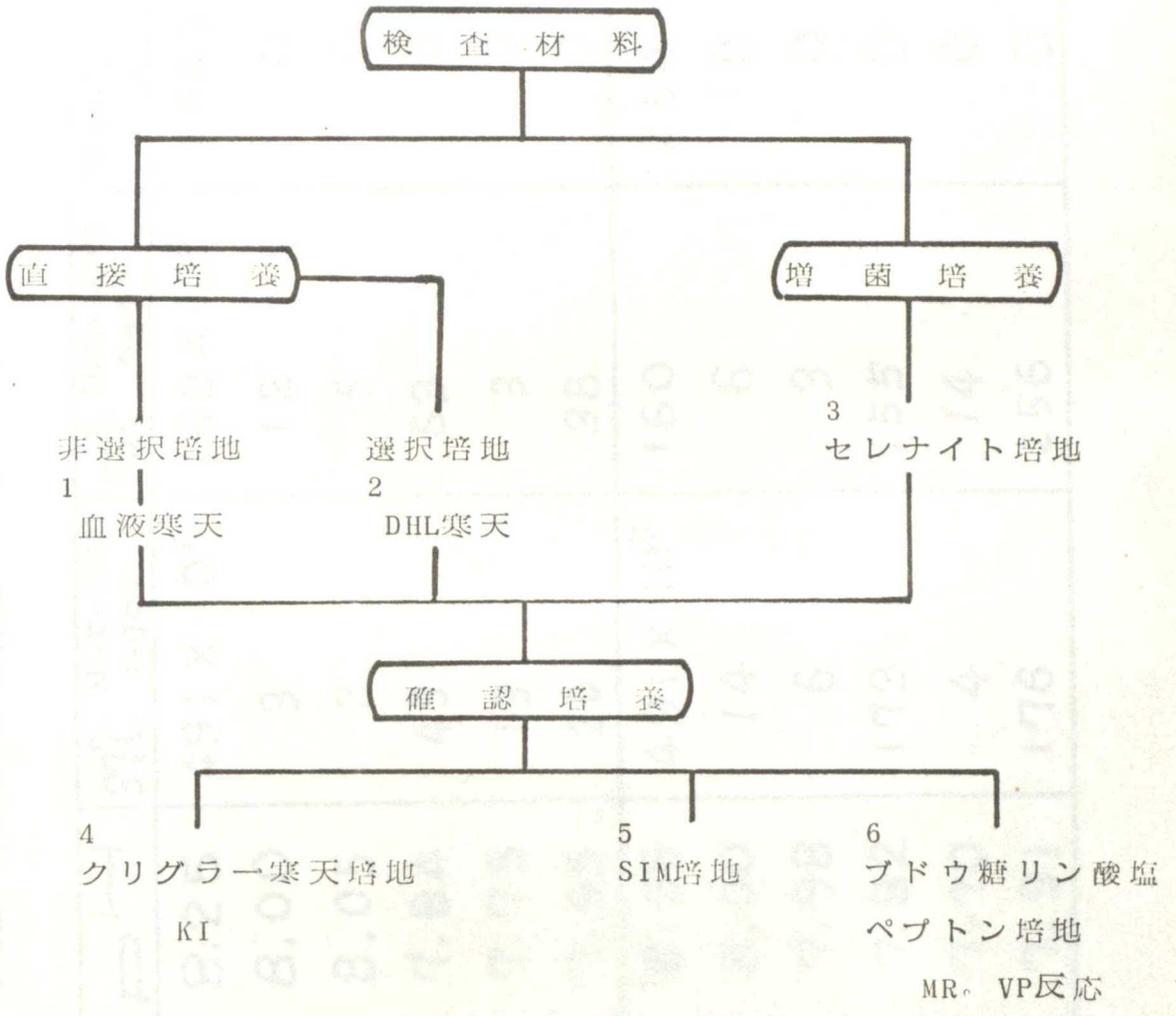


図31 サルモネラ検査の術式

表4 PWL中の細菌の熱死滅時間

Sensitization Temp.	Hrs.	pH	37°C Nutrient agar		55°C Nutrient agar		Desoxycholate agar
			CFU	$\times 10^5$	CFU	$\times 10^5$	
55°C	0	8.25	491	10^5	160	10^5	254 $\times 10^5$
	3	8.00	3		12		0
	6	8.05	2		5		0
	12	7.84	49		63		0
	24	7.75	13		3		0
	48	7.95	20		38		0
60°C	0	8.25	491	10^5	160	10^5	254 $\times 10^5$
	3	8.00	14		6		0
	6	7.98	6		3		0
	12	7.82	173		155		0
	24	7.70	4		14		0
	48	7.91	176		256		0

表5 CWL中の細菌の熱死滅時間

Sensitization Temp.	Sensitization Hrs.	pH	37°C Nutrient agar		55°C Nutrient agar		Desoxycholate agar
			Count	Survival	Count	Survival	
45°C	0	8.90	80 X 10 ⁵	1 X 10 ⁴	100 X 10 ³		
	3	8.91	86	5	300		
	6	8.81	110	264	6		
	12	8.50	1	292	2		
	24	8.83	196	17	1		
	48	8.48	595	124 X 10 ⁵	0		
50°C	0	8.90	800 X 10 ⁴	10 X 10 ³	100 X 10 ³		
	3	8.93	193	2	100		
	6	8.75	326	306 X 10 ⁴	1		
	12	8.48	10	122 X 10 ⁵	0		
	24	8.58	7	95 X 10 ⁴	0		
	48	8.33	306 X 10 ⁵	61 X 10 ⁵	0		

表7 家畜糞尿中における成分
 表6 液状発酵飼料(Liquid Fermented Feed)の飼料組成(%)

FEED	Dry matter	Moisture	Crude ash	Crude prot.	Crude fib.	Crude fat.	N, F, E
Pig-LFF ¹⁾ (Formula Feed)	93.53±0.47	6.47±0.47	20.29±0.69	10.18±2.69	7.20±1.46	12.92±0.34	42.95±2.74
Pig-LFF ²⁾ (Garbage)	96.15±2.56	2.83±0.60	19.51±1.64	18.34±2.69	10.46±2.64	15.74±4.57	35.55±3.94
Cow-LFF ³⁾	90.54±1.13	7.01±2.17	16.07±2.07	10.30±1.65	22.11±1.55	3.09±1.25	44.45±2.57

1) 2)-8 2)-13 (mean±SD)

Moisture of Wet Sample 1) 86.73±1.94%
 2) 87.68±2.52%
 3) 90.04±0.47%

表7 家畜糞尿中におけるアミノ酸組成 (乾燥物%)

	Chicken litter ¹⁾	Cattle feces ²⁾	Pig feces ³⁾	ODML ⁴⁾
Phenylalanine	0.34	—	0.87	1.48
Tryptophan	—	—	—	0.28
Lysin	0.56	0.47	1.11	1.42
Methionine	0.11	0.09	0.58	0.77
Leucine	0.56	0.62	1.57	2.79
Isoleucine	0.36	0.21	1.03	1.49
Threonine	—	0.29	0.80	1.96
Valine	0.48	0.38	1.04	2.06
Arginine	0.36	0.18	0.67	1.28

1) DAY D.L. and HARMON B.G., Properties related to utilization (1972)

2) ANTHONY W.B., Cattle manure as feed for cattle (1971)

3) ORR D.E., Swine waste as a nutrient source for finishing pigs (1973)

4) HARMON B.G., Potential for recycling swine waste (1974)



圖 32 LFF 30% 含有飼料

表8 飼養試験に用いた飼料 (%)

GROUP	Dry matter	Moisture	Crude ash	Crude prot.	Crude f.b.	Crude fat	N. F. E.
TRIAL	¹⁾ WM	66.64 ± 2.33	3.34 ± 0.37	8.34 ± 0.98	2.04 ± 0.54	2.01 ± 0.28	50.92 ± 2.25
	²⁾ DM	94.94 ± 2.08	5.06 ± 2.08	11.86 ± 1.29	2.91 ± 0.81	2.87 ± 0.38	72.55 ± 2.71
CONTROL	¹⁾ WM	86.23 ± 0.76	3.82 ± 0.41	9.91 ± 1.23	2.53 ± 0.62	2.59 ± 0.55	67.39 ± 1.73
	²⁾ DM	95.74 ± 2.29	4.26 ± 2.29	4.24 ± 0.49	10.99 ± 1.30	2.88 ± 0.64	74.83 ± 2.84

(mean ± SD)

1) Wet matter 2) Dry matter

TRIAL: Pig-Liquid Fermented Feed 30% add Composed Feed 70%

CONTROL: Composed Feed (Kumia; Large type for after stage)

表 9 飼養試驗供試豚

GROUP	NO.	SEX	BODY WEIGH kg.	BW Mean \pm S.D. kg.
TRIAL	1	♀	38.7	37.1 \pm 3.2
	2	♂	32.7	
	3	♀	39.1	
	4	♀	34.8	
	5	♂	40.2	
CONTROL	1	♀	38.6	37.2 \pm 3.5
	2	♀	37.2	
	3	♂	42.0	
	4	♀	35.5	
	5	♂	32.5	

表10 飼養試験供試飼料の消化率・可消化養分(% DM)

	Crude ash	Crude prot.	Crude fib.	Crude fat	N F E	T D N	N R ¹⁾	DE ²⁾ (Kcal/g)
3) TRIAL DC	23.4 ± 11.9	60.5 ± 8.8	47.9 ± 19.6	30.9 ± 17.9	89.3 ± 1.4			
CONTROL	65.6 ± 5.2	82.6 ± 3.9	78.4 ± 10.8	60.9 ± 9.9	95.3 ± 0.9			
4) TRIAL DN	0.8 ± 0.4	4.8 ± 1.7	1.2 ± 0.4	0.6 ± 0.3	45.5 ± 2.0	52.8	10.0	2.3
CONTROL	2.5 ± 0.4	8.2 ± 1.2	2.0 ± 0.6	1.6 ± 0.6	64.2 ± 1.9	78.1	8.6	3.4

(mean ± SD)

1) nutritive ratio 2) digestible energy → T D N = 4400 kcal.

③ 乾物の DC

3) digestion coefficient 4) digestible nutrient

TRIAL 48.0 ± 7.9%
CONTROL 70.3 ± 5.3%

表10 (附) 消化率算出の基準とした糞の成分割合 (%)

	Crude ash	Crude prot.	Crude fib.	Crude fat	N F E	feces weight (kg) / day
Wet Matter TRIAL	5.05 ± 0.63	6.35 ± 0.42	1.98 ± 0.48	3.22 ± 0.30	10.90 ± 0.89	5.05 ± 0.84 kg
Dry Matter TRIAL	17.51 ± 2.04	22.00 ± 1.21	6.84 ± 1.64	11.19 ± 1.12	37.76 ± 2.68	
Wet Matter CONTROL	4.44 ± 0.49	5.61 ± 0.26	1.71 ± 0.58	3.91 ± 0.33	10.56 ± 0.72	4.37 ± 0.67 kg
Dry Matter CONTROL	16.54 ± 1.83	20.88 ± 0.99	6.34 ± 2.11	12.34 ± 1.38	39.29 ± 2.20	

(mean ± SD)

表11 P-LFF含有飼料の嗜好性

供試飼料 (LFF) %	基礎飼量 %	給飼量 $\frac{kg}{group}$	残飼量 kg	残飼率 %
0	100	8.5	0	0
10	90	9.5	0	0
20	80	9.5	0	0
30	70	9.5	0	0
40	60	9.5	0	0
50	50	9.5	0	0
60	40	9.5	0	0
70	30	9.5	0	0
80	20	9.5	0	0
90	10	9.5	0	0
100	0	11.0	743 \pm 0.6	67.5 \pm 5.5

(mean \pm SD)

残飼率 = $1 - \frac{\text{給飼量} - \text{残飼量}}{\text{給飼量}} \times 100 (\%)$

。一々の供試飼料について2回づつ実施

表12 肥育試験の給飼量

Body weight kg	Trial group		Control group
	com. Feed [*]	L F F ²	
45 ~ 50	7.7 [*] kg	3.3 [*] kg	1 1.0 [*] kg
50 ~ 60	8.4	3.6	1 2.0
60 ~ 70	9.1	3.9	1 3.0
70 ~ 80	9.8	4.2	1 4.0
80 ~ 90	10.5	4.5	1 5.0
90 ~	10.85	4.65	1 5.5

*: Per day per group

1 Formula feed

2 Liquid Fermented Feed

表13 発育と飼料の利用性

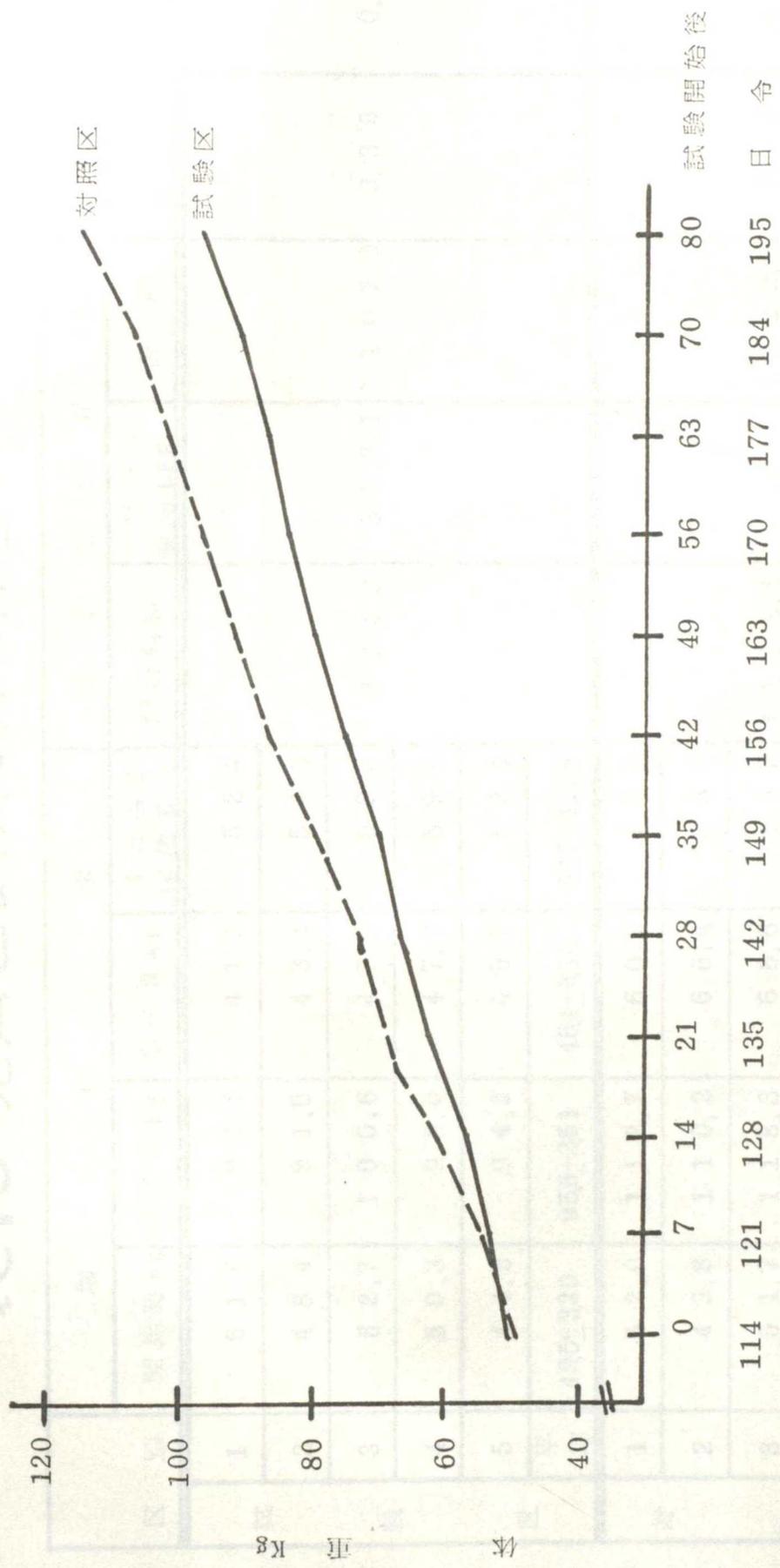


図33 体重の推移

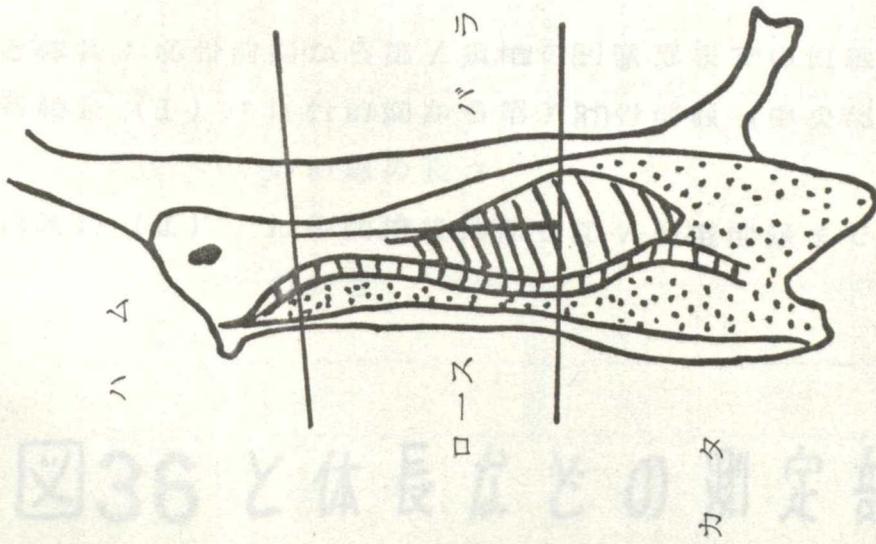
表13 発育と飼料の利用性

区別	増 体 重				合 計		給 飼 量 (Kg)		飼 料 の 利 用 性	
	開始時Kg	終了時Kg	増体重kg	1日当り増体重g	配合飼料	生状発酵飼料	合計	要求率 F/C	効 率 F/E	
試 験 区	1	5 1.5	9 3.4	4 1.9	5 2.4					
	2	4 8.4	9 1.8	4 3.4	5 4.3					
	3	5 2.7	1 0 0.6	4 7.9	5 9.9	7 7 4.9	3 3 2.1	1 1 0 7.0	3.36	0.30
	4	5 0.3	9 8.0	4 7.7	5 9.6					
	5	4 4.5	9 4.2	4 9.7	6 2.1					
平均	495±320	956±361	461±330	577±4106						
対 照 区	1	5 2.0	1 1 2.7	6 0.7	7 5.9					
	2	4 3.8	1 1 0.2	6 6.4	8 3.0					
	3	5 1.7	1 1 8.3	6 6.6	8 3.3	1 1 2 3.5	1 1 2 3.5	1 1 2 3.5	3.42	0.29
	4	4 2.8	1 1 3.4	7 0.6	8 8.3					
	5	5 4.0	1 1 8.6	6 4.6	8 0.8					
平均	489±516	1146±368	658±359	823±4491						

電撃と殺 ⇒
 放水 ⇒ 洗血 ⇒
 内臓抽出 ⇒
 頭部前後端切断 ⇒
 皮をはぎ ⇒
 背の毛(筋肉の分割) ⇒
 冷却

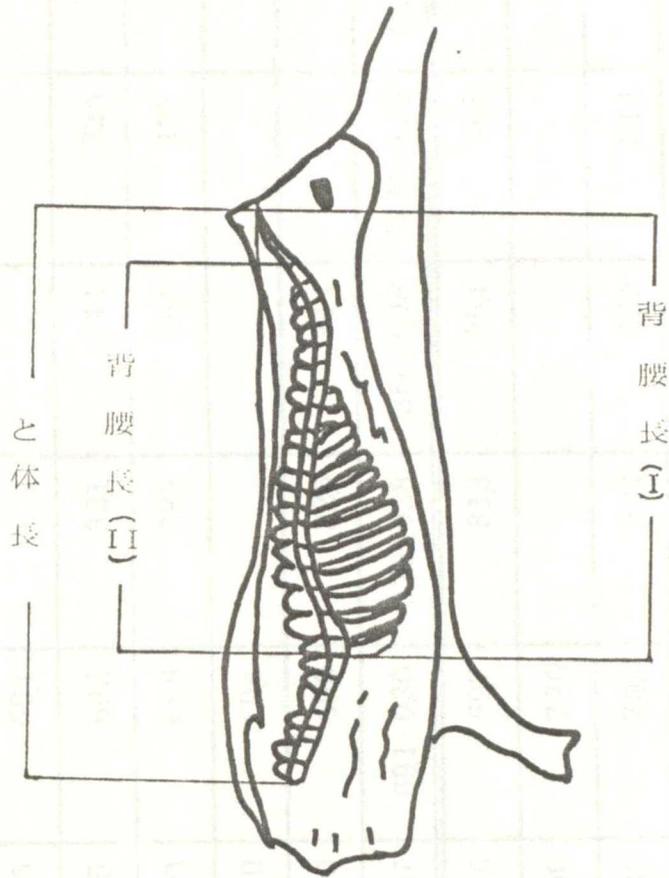
図34と殺解体の手順

図35枝肉の分割方法



- 前 軀(穴タ)
 第5胸椎と第6胸椎との間で背線に
 直角に切断する
- 中 軀(ロース・バラ)
 内腰部の筋(大腰筋)の外側から5
 Cmのところを背線に平行に切断する
- 後 軀(ハム)
 最後腰椎1節をももにつけてほほ
 背線に直角に切断する

図35 枝肉の分割方法



と体長：恥骨前端から第1頸椎の凹窩部までの直線の長さ

背腰長 (I)：恥骨前端から第1肋骨前縁（中央部）までの直線の長さ

背腰長 (II)：最後腰椎後端から第1胸椎前縁までの直線の長さ

図36 と体長などの測定部位

表14 枝肉成績 (I)

区別	之殺體重 Kg	冷と体重 Kg	枝肉歩留り %	3 分 体 比 率 %			之 体 長 Cm	
				前	中	後		
試 験 区	1	934	645	691			970	
	2	918	635	692	331	344	325	970
	3	1006	690	686	332	361	307	970
	4	980	680	694				955
	5	942	650	690	325	344	331	940
平均	956±360	660±237	691±030	329±038	350±098	321±125	961±134	
対 照 区	1	1127	785	697	313	384	303	965
	2	1102	800	726				965
	3	1183	835	706	324	362	314	990
	4	1134	800	705				980
	5	1186	840	708	330	353	317	1010
平均	1146±368	812±241	708±107	322±086	366±159	311±074	982±189	

表15 枝肉成績(II)

区別	背腰長 C _m		ロース長 C _m	ロース断面積 C _m ²	ロース容積 C _m ³	背脂肪平均 C _m	組織分割比率 %		
	I	II					肉	脂肪	ロツ骨
試験区	1	810	710			25			
	2	790	710	508	7620	31	245	131	
	3	800	700	510	8670	35	256	107	
	4	790	700			32			
	5	780	675	496	10515	30	189	118	
平均	794±114	699±143	505±075	177±316	8935 ±14656	31±036	230±359	119±120	
対照区	1	800	690	544	10662	34	200	104	
	2	800	720			40			
	3	845	750	537	12244	36	173	115	
	4	810	700			40			
	5	835	740	544	13002	33	174	115	
平均	818±208	720±255	542±040	221±223	11969 ±11939	37±033	182±153	111±064	

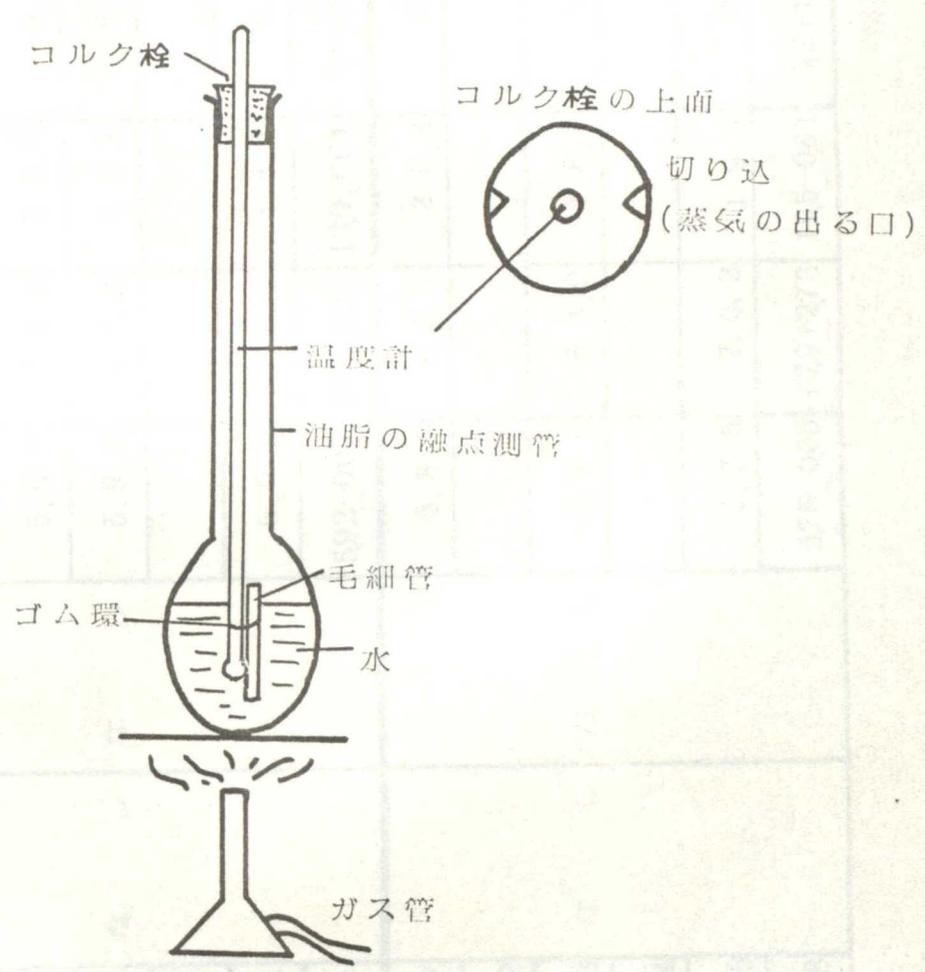


図37 脂肪の融点測定装置

表16 肉質算成績

區別	之體重 Kg	特記すべき 病理一般所見		P	水分 %	粗蛋白 %	粗脂肪 %	粗灰分 %	肉色 ※	体脂肪 融点 °C
		肉部	内臓部							
試 験 区	1	93,4								
	2	91,8		5,85	71,9	18,5	5,0	1,1	2,0	39,0
	3	100,6	な	5,90	67,2	19,7	6,8	1,0	4,0	42,0
	4	98,0	し							
	5	94,2			6,00	70,0	18,7	6,1	1,1	2,5
平均	95,6±3,60			5,92±0,07	69,7±2,36	19,0±0,64	6,0±0,91	1,1±0,06	3,0±1,04	41,2±1,89
対 照 区	1	112,7								
	2	110,2		5,80	68,7	20,4	6,0	1,0	2,5	42,5
	3	118,3	な	5,70	64,9	18,8	8,4	1,1	3,0	42,6
	4	113,4	し							
	5	118,6			5,75	70,2	19,4	9,0	1,1	2,0
平均	114,6±3,68			5,75±0,05	67,9±2,73	19,5±0,81	7,8±1,59	1,1±0,06	2,5±0,50	40,3±3,96

※ Pork Colour Standard

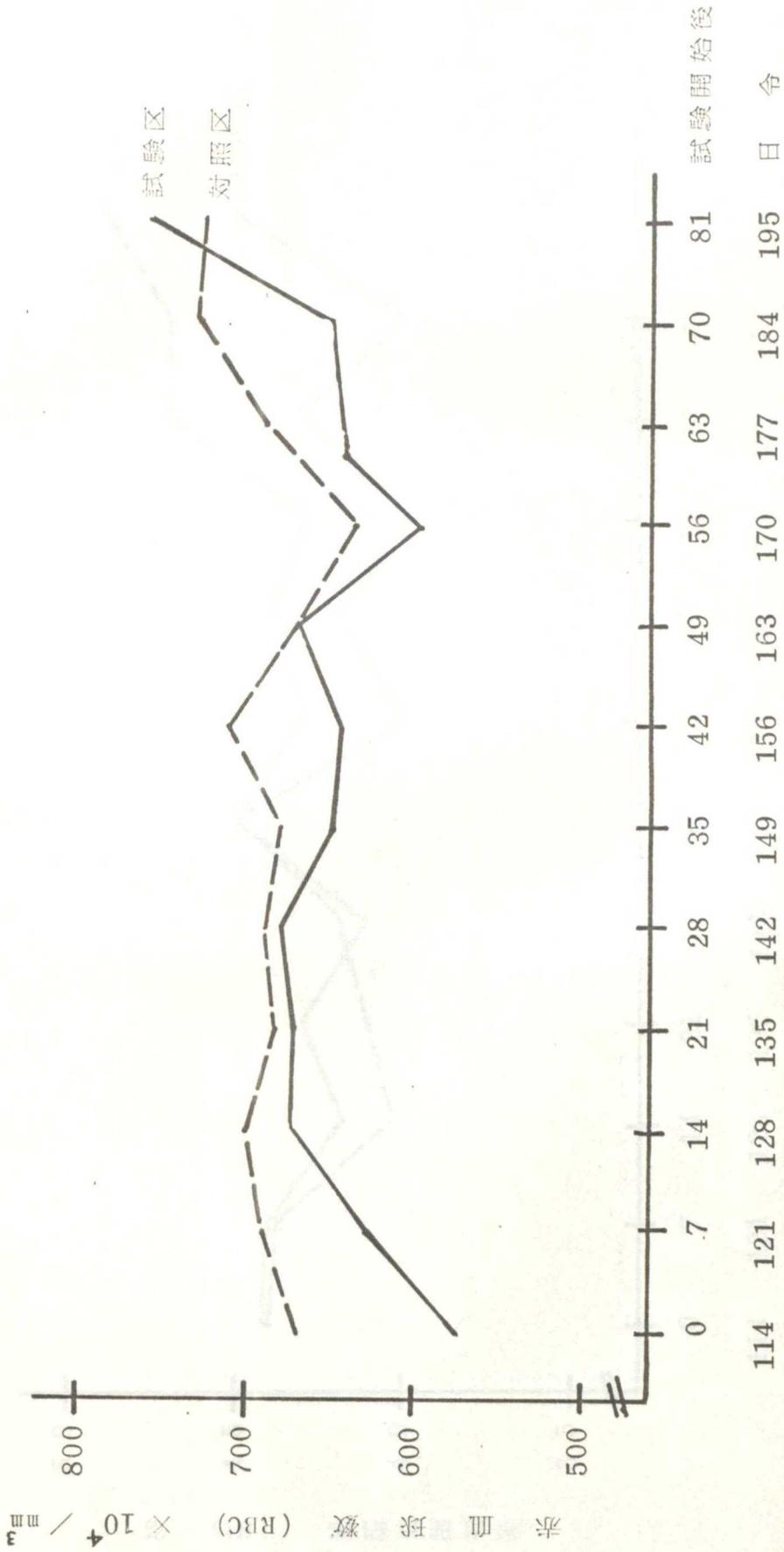


図38 赤血球数の推移

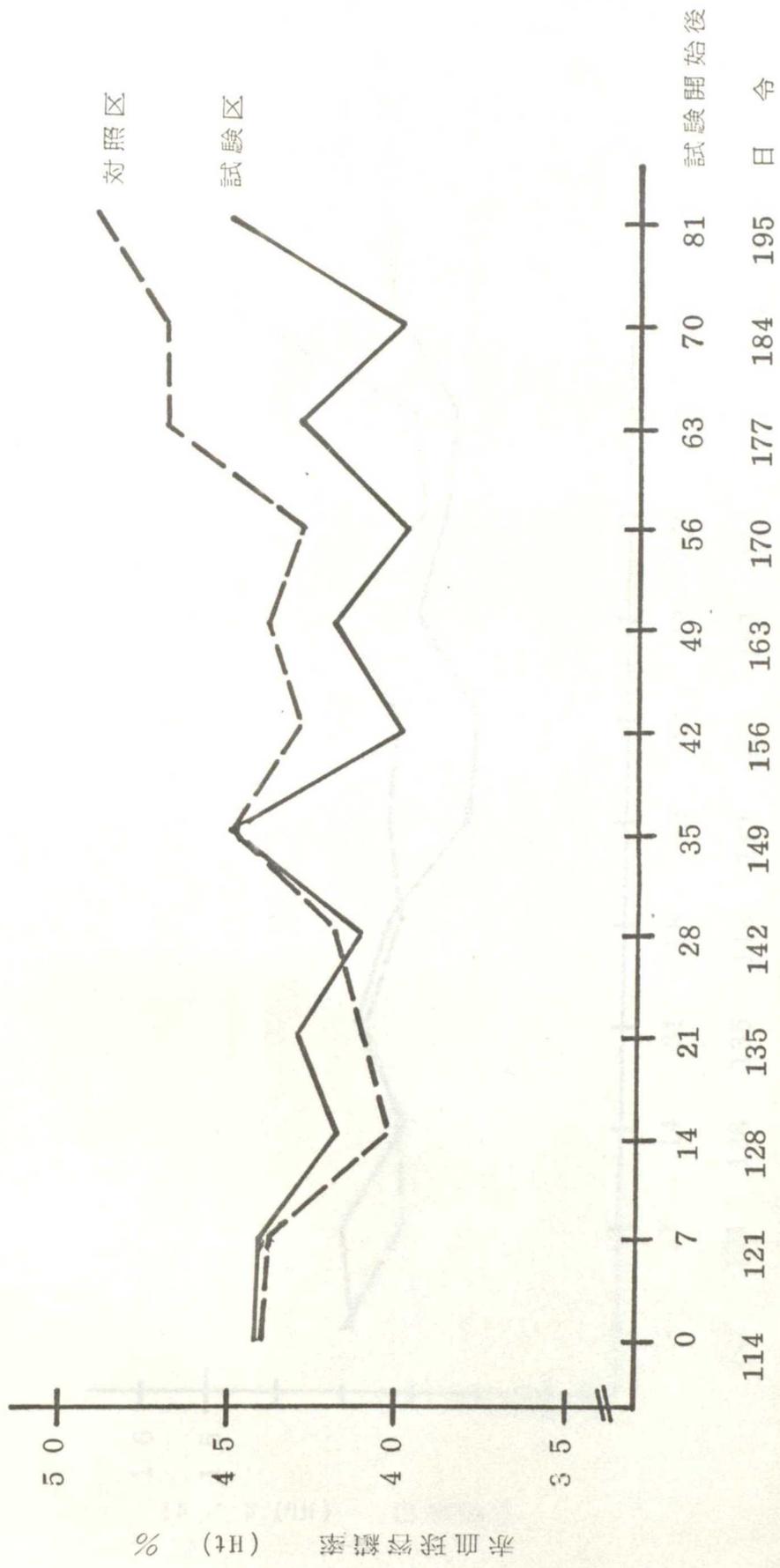


図39 赤血球容積率の推移

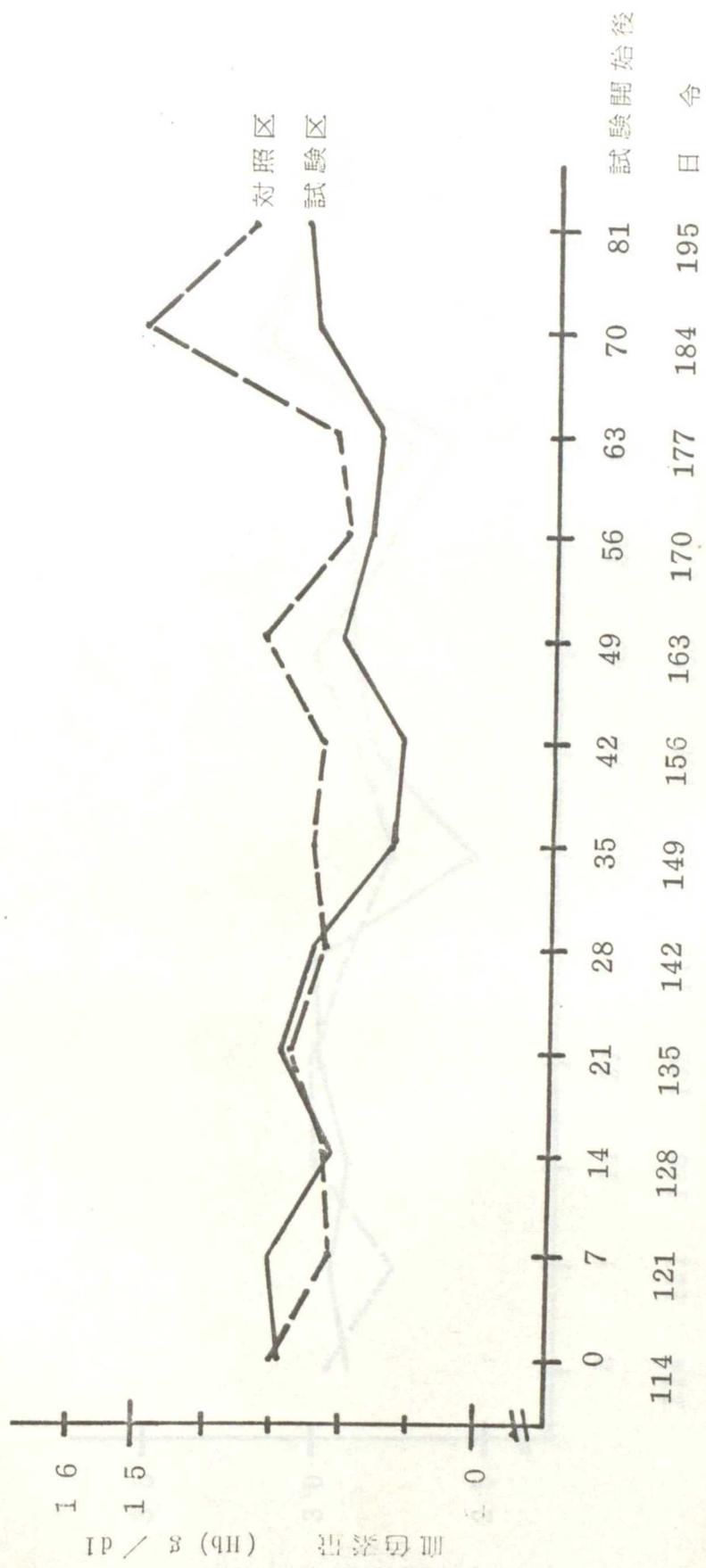


図40 血色素量の推移

試験開始後

日 令

平均赤血球色素濃度 % (MCHM)

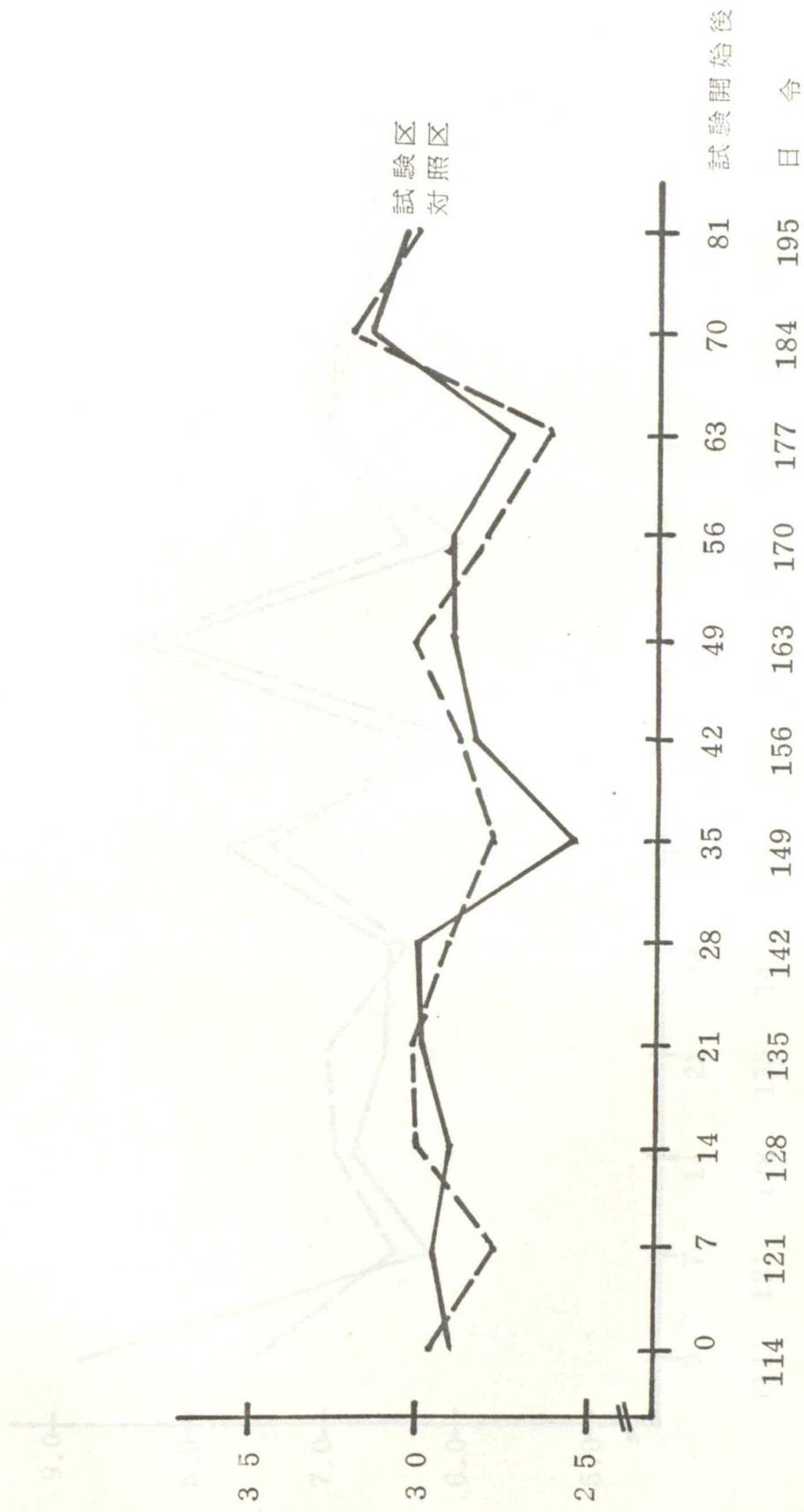


図41 平均赤血球色素濃度の推移

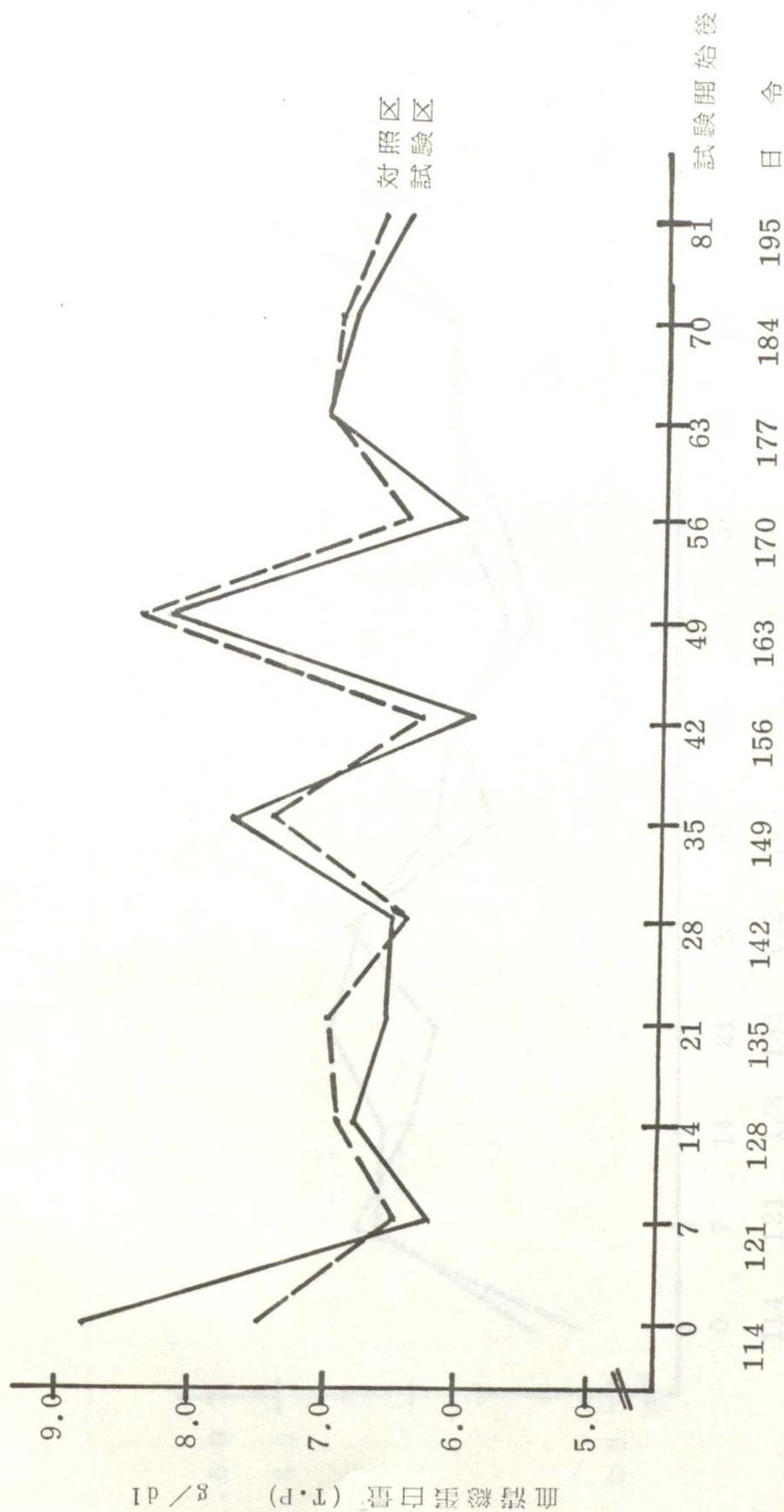


図42血清総蛋白量の推移

表17 血清蛋白質の推移

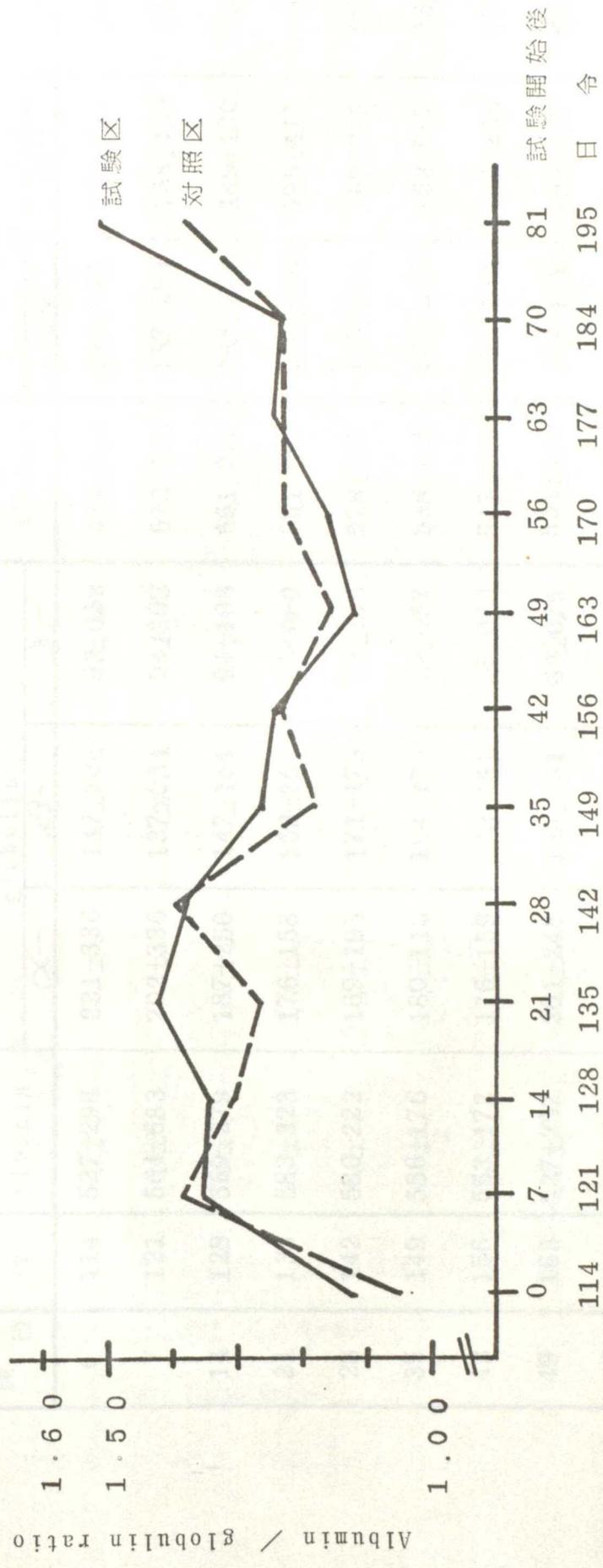


図43 A/G 比の推移

表17 血清蛋白分画の推移

試験開始後	日令	試験区			対照区				
		albumin	globulin		albumin	globulin			
			α -	β -		γ -	α -	β -	γ -
0	114	527±294	231±336	147±204	93±052	481±792	249±771	175±772	93±162
7	121	564±683	202±336	137±254	94±202	573±525	187±259	158±139	84±254
14	128	569±279	187±250	147±154	94±103	561±377	184±173	149±100	103±328
21	135	583±323	176±158	153±201	85±080	551±503	176±085	195±417	76±280
28	142	580±222	169±103	171±173	78±145	578±307	165±034	169±348	85±155
35	149	556±176	180±113	184±175	78±057	538±445	178±217	163±847	85±128
42	156	553±172	176±159	203±151	66±073	547±399	170±169	205±255	75±164
49	163	527±257	201±248	188±131	82±075	534±448	184±191	199±327	82±152
56	170	537±146	185±124	202±128	75±078	549±355	173±151	201±244	75±163
63	177	551±304	206±186	161±163	81±152	549±222	176±142	189±233	83±148
70	184	550±204	215±314	148±220	85±069	547±348	199±199	162±081	88±229
81	195	599±314	178±202	135±103	86±139	579±092	184±105	142±189	93±181

表18 LFMの肥料分析結果

		Cow-LFM	Pig-LFM
P	H	8.70	6.75
C	N	11.67	6.25
E	C ¹ mV	12.8	3.5
H	D ²	17.84	22.60
Moisture	%	90.63	85.53
D	M ³ %	9.36	14.47
Ash	%	1.67	4.60
O	M ⁴ %	7.70	9.87
T-N	%	0.33	0.79
T-P ₂ O ₅	%	0.17	0.32
T-K ₂ O	%	0.07	0.13

1 Electric conductivity

2 Humus degree

3 Dry matter

4 Organic matter

肥効試験に用いた
表19 LFM・スラリーの肥料成分

		Cow-L F M	SLURRY
P	H	8.25	6.88
C	N	14.10	14.76
E	C ¹	12.0	11.8
H	D ²	23.06	24.59
Moisture		91.96	91.33
D	M ³	8.04	8.67
A s	h	1.89	1.39
O	M ⁴	98.11	98.61
T	- N	0.28	0.29
T	- P ₂ O ₅	0.08	0.06
T	- K ₂ O	0.04	0.07

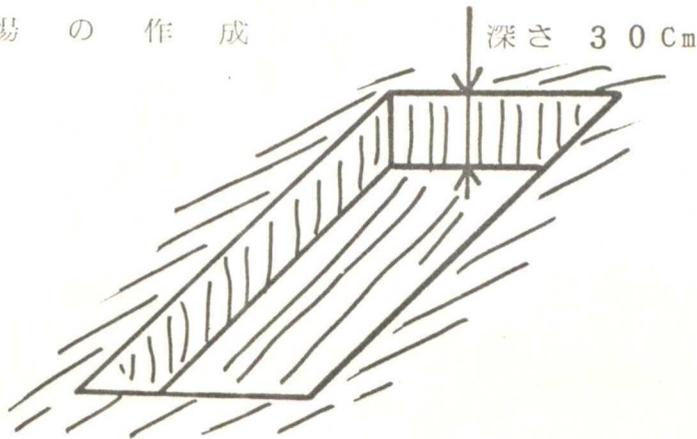
1 Electric conductivity

2 Humus degree

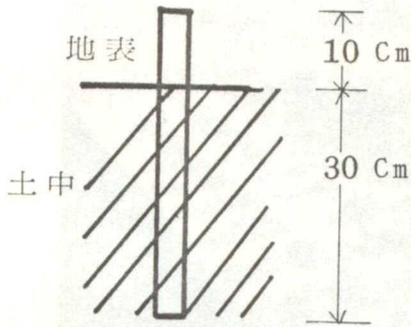
3 Dry matter

4 Organic matter

圃場の作成



- 1) 30 cm の深さに起耕する
- 2) ワクを入れ込む
- 3) 土を元にもどす
- 4) 大宮表土を重ねる



ワク試験のワクの配列



7	4	13	1	10	6	12	8	3	11	2	5	9
5	8	12	9	3	4	2	10	1	7	13	11	6
10	3	11	7	1	9	6	5	4	8	12	2	13

0.5 × 3 = 1.5 m

$$0.5 \times 13 = 6.5 \text{ m}$$

ワク一つ (一小区画) の大きさ

$$0.5 \times 0.5 = 0.25 \text{ m} = \frac{1}{400} \text{ a}$$

これは Wagner pot ($\frac{1}{2000} \text{ a}$) の 5 倍の大きさとなる

図44 ワク試験の圃場



図 45 ワク試験の全景

表20 試験区の設定. 施肥量・土壌

	CHEMICAL MANURE		L	F	M	SLURRY		SOIL	
	per 10a	Per $\frac{1}{400}a$				per 10a	Per $\frac{1}{400}a$	P H	E C
CMHEM L	430.76kg	107.69g	20.0 ton	5000g		7.24	0.33		
	107.68	26.92	5.0	1250		6.81	0.19		
	32.32	8.08	1.0	375		6.62	0.10		
LFM L			40.0	10000		7.44	0.83		
			10.0	2500		7.00	0.19		
			3.0	750		6.92	0.15		
SLURRY L			40.0 ton	10000g		7.30	0.62		
			10.0	2500		7.01	0.25		
			3.0	750		6.88	0.15		
Non Manure						7.08	0.08		
Non seed LFM			20.0	5000		7.10	0.26		
Non seed SLURRY			20.0	5000		6.85	0.35		

表21 Italian ryegrass の生育状況

1st. crop

Date	2/23	3/1	8	15	22	29	4/5	12	19	26
Non-Manure	5.2	5.5	5.7	5.7	5.7	6.3	6.3	6.7	8.7	13.8
CM+LFM L	6.5	9.2	13.0	15.7	21.2	24.0	30.6	36.2	48.5	61.3
M	5.3	5.7	8.0	9.8	12.2	13.8	17.7	22.2	29.2	38.7
S	5.5	5.7	6.0	7.5	9.2	10.8	12.8	15.7	20.5	26.2
L F M L	7.2	8.2	11.0	14.8	20.0	23.3	29.0	38.0	53.2	71.2
M	5.5	7.2	9.2	12.8	15.7	19.2	22.2	28.7	39.8	52.3
S	5.2	5.5	6.3	7.8	9.3	11.0	13.7	16.0	21.8	28.8
SLURRY L	7.3	9.5	11.7	15.3	19.5	22.5	29.2	36.2	50.8	70.5
M	6.3	6.8	9.0	11.2	13.2	17.8	21.5	26.3	37.8	49.3
S	4.8	5.0	6.5	8.2	9.3	10.0	11.3	13.8	19.2	28.2

2nd. crop

5/3	10	17	24	31
8.0	16.2	20.2	24.5	33.8
17.2	28.5	37.0	50.5	67.2
14.8	26.3	36.2	44.5	65.0
12.8	20.8	28.2	34.5	46.5
19.3	32.2	41.8	53.0	73.8
16.7	28.0	36.8	43.8	55.3
14.5	24.7	31.2	38.7	50.7
20.7	34.7	44.0	59.2	80.3
17.8	29.3	37.7	44.7	61.2
14.2	22.0	31.3	37.0	49.7

*Unit: CM.

3rd. crop

6/7	14	21	28
14.2	25.8	34.3	47.8
27.3	45.7	54.2	68.8
23.5	39.7	53.2	66.7
20.0	31.0	38.0	52.3
31.0	54.8	69.0	81.5
25.3	42.5	51.8	66.8
22.5	39.2	49.8	66.7
30.7	58.5	66.5	78.8
24.3	38.5	49.7	66.5
21.0	36.7	45.0	62.7

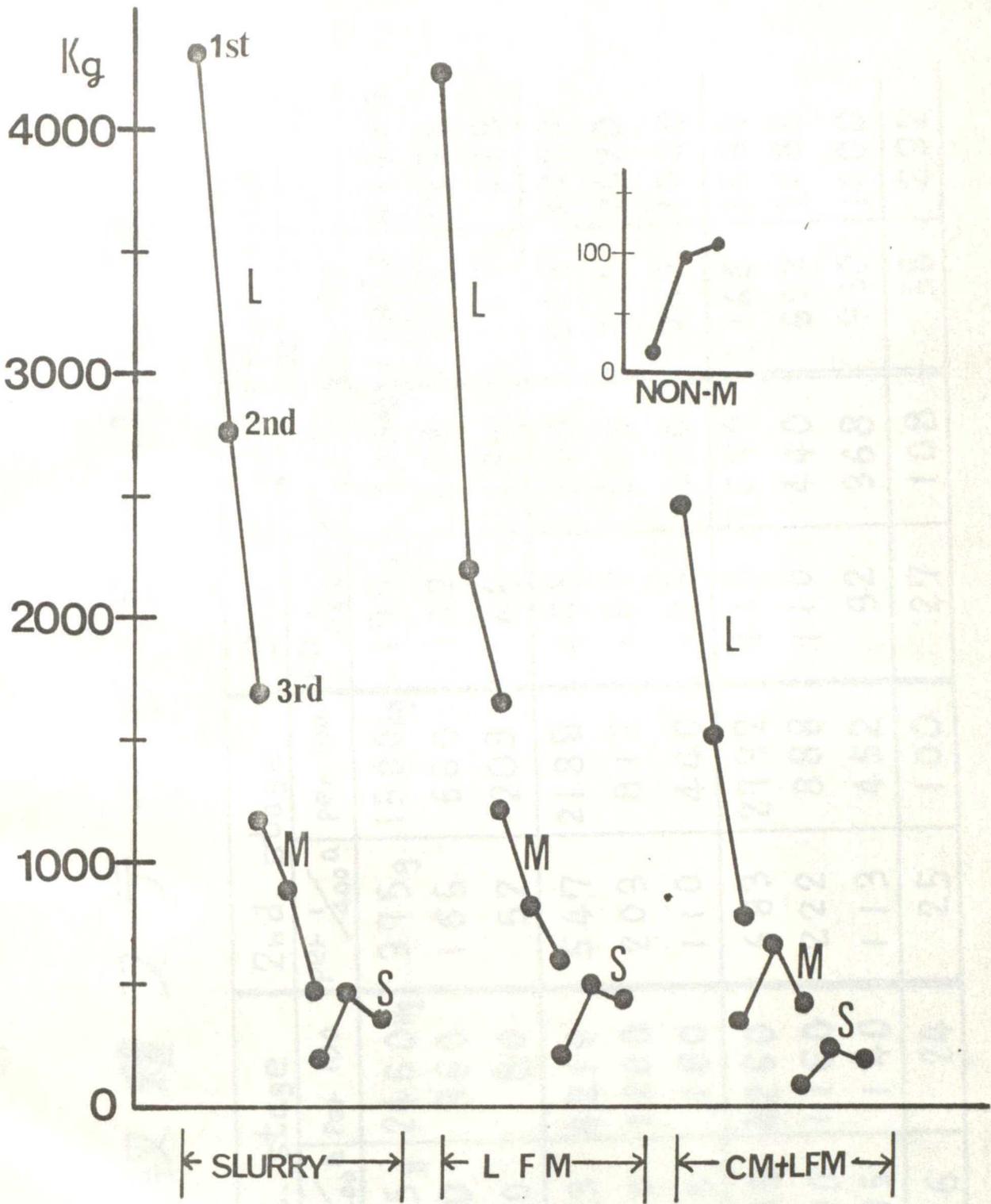


図46 各収穫ステージごとの収量の推移

表22 各収種ステージごとの収量

Stage	1st. stage		2nd. stage		3rd. stage		Yield total	
	per 1/400a	Per 10a	per 1/400a	per 10a	per 1/400a	per 10a	per 1/400a	per 10a
CM+LFM L	615g	2460kg	375g	1500kg	197g	788kg	1187g	4748kg
M	90	360	165	660	102	408	357	1428
S	20	80	52	208	45	180	117	468
L F M L	1053	4212	547	2188	405	1620	2005	8020
M	300	1200	203	812	152	608	655	2620
S	45	180	110	440	105	420	260	1040
SLURRY L	1065	4260	683	2732	418	1672	2166	8664
M	290	1160	222	888	110	440	622	2488
S	35	140	113	452	92	368	350	1400
Non Manure	6	24	25	100	27	108	58	232

表23 一般飼料成分の組成成分(%DM)

		O	M	Ash	Pro.	Fib.	Fat.	Moist.	N.F.E.
Non-Manure	I							12.09	
	II						4.18	10.09	
	III			1.82	9.64	23.27	2.63	8.91	42.50
CM+LFM	L	88.18		1.72	9.45	24.68			
	II	88.28		1.08	15.53	20.77	4.53	8.96	38.49
	III	88.92		1.51	18.49	26.35	2.85	12.35	28.94
M	I	89.49		1.79	8.39	24.84	3.31	1.59	41.37
	II	88.21		1.98	15.27	17.53	5.08	9.93	40.41
	III	90.02		1.32	17.50	24.44	3.32	2.60	32.16
S	I	89.68		1.94	9.32	4.89	3.60	9.51	42.30
	II	92.02		1.55	15.40	17.56	3.69	8.13	
	III	89.95		1.94	17.66	23.85	2.25	9.26	44.24
LFM	L	87.03		1.97	20.59	20.66	4.33	10.24	31.21
	II	89.23		1.77	12.44	24.18	2.75	15.24	34.65
	III	90.61		1.39	19.80	23.55	3.11	17.51	36.65
M	I	88.61		1.58	17.53	19.83	4.83	9.32	41.88
	II	89.42		1.58	17.98	23.74	3.17	1.77	32.79
	III	90.40		1.60	19.03	24.64	3.27	10.54	43.13
S	I	90.38		1.62	16.51	16.64	5.06	10.85	43.88
	II	91.24		1.76	10.03	23.12	3.19	1.91	42.88
	III	91.51		1.49	10.05	23.91	3.79	10.39	43.38
Slurry	L	86.13		1.87	18.11	20.49	3.90	10.89	34.77
	II	89.30		1.70	21.18	25.47	2.90	12.88	38.67
	III	90.32		1.68	19.76	23.25	3.60	12.66	40.67
M	I	88.82		1.18	15.52	17.92	4.43	9.40	41.55
	II	91.07		1.34	16.26	23.26	3.01	2.79	35.74
	III	87.66		1.33	19.33	25.39	3.79	9.54	39.62
S	I	90.77		1.23	19.64	28.42	4.88	10.17	41.26
	II	91.65		1.35	11.32	22.58	3.22	11.17	43.03
III	88.83		1.17	10.72	24.05	4.42	9.19	44.63	

I: 1st. Crop II: 2nd. Crop III: 3rd. Crop OM: Organic Matter

表24 一般飼料成分のステージごとの変動傾向

	Organic Matter	Ash	Pro.	Fib.	Fat	Moist.	N, F, E
Non-Manure							
CM+LFM, L							
M							
S							
LFM, L							
M							
S							
SLURRY L							
M							
S							

I: 1st. crop II: 2nd. crop III: 3rd. crop

