

の分離法として用いたので厳密に本実験結果を、自然よりの分離株 *Sacch. cerevisiae* Strain KM-46 及び Strain AM-3 にまで適用する事は出来ない。しかし少なくともこれら自然分離株中には本報告に述べた欠落遺伝子が存在する。

要 約

D-Galactose を唯一の糖として加へた完全培地で2週間培養しても醗酵しない *Saccharomyces* 属の Haploid 株を検索し、それらを交配に依る補足効果の有無から分類した。その結果、我々の研究室保存株から2種類 Carbondale 保存株から1種類が得られた。

これらの株のもつ D-Galactose 非醗酵性型質は4孢子解析に依り夫々1個の遺伝子の欠落又は不活性化に依る事が判つた。そして夫々の欠落遺伝子を各々の原株の記号を用いて、*ga_{AM}*, *ga_{KM}*, 及び *gacA* と区別した。

我々の研究室で見出された2個の欠落遺伝子 *ga_{AM}* と *ga_{KM}* は互に密接な連鎖を示し、Carbondale 保存株中に見出された欠落遺伝子 *gacA* はこれらに連鎖を示さなかつた。

GA_{AM} と *GA_{KM}* が共に Heterozygous で Trans 型の場合、D-Galactose への適応に長期間を要し、一度適応したものは、D-Galactose を含まない培地で約1ヶ月間累代培養を続けても、再び元の長期適応型の株へ還らなかつた。これらの点について、*GA_{AM}* と *GA_{KM}* 両遺伝子の間に疑似対立遺伝子関係の可能性のある事について論じた。

終りに臨み、終始御指導を賜つた照井教授並びに御鞭撻をいただいた近大小田教授に深謝致します。

尚本報告の一部は昭和31年及び32年秋の大阪醸造学会に於て講演した。

文 献

- 1) KALCKER, H.M. : Science, **125**, 105 (1957). de ROBICHON-SZULMAJSTER, H. : Science, **127**, 28(1958).
- 2) MILLER, G.T., SMITH, E.E.B. and LOCHHEAD, A.C. : Biochim. et Biophys. Acta., **25**, 521 (1957).
- 3) DOUGLAS, H.C. and CONDIE, F. : J. Bact., **68**, 662 (1954).
- 4) LEUPOLD, U. and HOTTENGER, H. : Heredity, **8**, 243 (1954).
- 5) HAWTHORNE, D.C. : Compt. rend. trav. Lab. Carlsberg, Sér. physiol., **26**, 149 (1956).
- 6) WINGE, Ö. and ROBERTS, C. : Compt. rend. trav. Lab. Carlsberg, Sér. physiol., **24**, 263 (1948).
- 7) SPIEGELMAN, S., SUSSMAN, R.R. and PINSKA, E. : Proc. Natl. Acad. Sci. U.S., **36**, 591(1950).
- 8) MUNDKUR, B.D. : Genetics, **37**, 484 (1952).
- 9) JAMES, A.P. and LEE-WHITING, B. : Genetics, **40**, 826 (1955).
- 10) 照井, 岡田, 大嶋 : 本誌, **37**, 177 (1959).
- 11) WICKERHAM, L.J. and BURTON, K.A. : J. Bact., **67**, 303 (1954).
- 12) 小田, 若林 : 本誌, **33**, 441 (1955).
- 13) ROMAN, H., HOWTHORNE, D.C. and DOUGLAS, H.C. : Proc. Natl. Acad. Sci. U.S., **37**, 79 (1951).
- 14) WINGE, Ö. and ROBERTS, C. : Heredity, **8**, 295 (1954).
- 15) MARIA, J.S. : J. Bact., **74**, 692 (1957).
- 16) ROMAN, H. : Cold Spring Harbor Symp. on Quant. Biol., **21**, 175 (1956).
- 17) WOODWARD, D.O., PARTRIDGE, C.W.H. and GILES, N.H. : Proc. Natl. Acad. Sci. U.S., **44**, 1237 (1958).

(昭和34. 7. 27 受理)

尿尿の消化処理に関する研究 (報1報)

尿尿の揮発性有機酸とB.O.D.

橋 本 奨 (大阪市立衛生研究所)

緒 言

近年都市の余剰尿尿の処理が環境衛生上、又行政上重大な問題となつている。尿尿処理法としては嫌気性消化法¹⁾、好気性消化法²⁾、化学処理法³⁾、電解処理法⁴⁾、尿尿塵芥の併合高速堆肥化処理法⁵⁾、下水流注による活性汚泥法⁶⁾、その他海洋投棄法⁷⁾、温熱処理法⁸⁾等種々の方法があり、各都市ではその立地条件と経済条件を考慮して、これら処理法の折衷法が採用されているが、未だ各都市のすべての条件を充足する合理的処理法は見当らない。

尿尿は大腸菌、腸球菌、ウェルシュ菌その他多種多様の好気性細菌並びに嫌気性細菌を多量に含む極めて悪臭の強い有機膠質性腐敗物質で、その処理には安全化(チフス菌、赤痢菌等の病原菌或は大腸菌の除去)と安定化

(有機性汚染物即ち B.O.D. の除去)がある。又処理効果の判定には、安全化では大腸菌が、安定化では B.O.D. が指標とされている。然し汚物の B.O.D. 物質は汚物の種類と性質により非常に区々であるため、その処理法も B.O.D. 物質の性質に応じて検討されねばならない。従つて合理的処理法を選定し、且つ確立するには B.O.D. 物質の本体を明らかにする必要がある。

一般に微生物の好気性代謝による有機物分解では CO_2 , H_2O , H_2O_2 等が生成されるが、嫌気性代謝による有機物分解では最終産物として主として醋酸その他の揮発性有機酸或はアルコール等が生成されて、微生物は代謝を終える⁹⁾。又メタン醗酵を利用する嫌気性消化法ではこれら生成有機酸はメタン醗酵菌によりメタンと炭酸ガスに分解される^{10)~12)}。従つてメタン醗酵菌に欠乏し¹³⁾、且つ有機物の嫌気分解の顕著な尿尿中では多量の揮発性有機酸が蓄積されることが予想される。著者は尿尿中の揮発性有機酸量を測定し、且つこれが尿尿 B.O.D. との関係をしらべたのでその概要を報告する。

実験方法並びに実験成績

I. 揮発性有機酸の測定

従来下水処理における汚泥消化槽の運転調整には、消化槽汚泥の揮発酸分析が広く利用され、若干の水蒸気蒸溜による揮発酸測定法¹⁴⁾¹⁵⁾が報告されているが、その測定には長時間を要し且つ操作が複雑であるため、消化槽の運転調整には不便の場合が多い。又「Standard methods of the examination of water and sewage」¹⁶⁾の9版に示されている稀硫酸溶液による直接蒸溜法は、短時間に測定を終了するが、試料中に汚泥や懸濁固形物があるときは蒸溜時に有機物分解が起り、酸生成による誤差が生ずる。そのため蒸溜前に汚泥や懸濁固形物を除去せねばならない¹⁷⁾。近年 FROOK¹⁸⁾はキールダール装置を用いて、消化汚泥や溶液中の揮発酸を98%以上に回収できる直接磷酸蒸溜法を発表したが、本法は測定終了まで僅か2時間で、又有機物分解による測定誤差は生じないという。この方法は極めて簡易且つ迅速に測定できる利点があるため、本法を尿尿の揮発酸測定に適用できるか否かについて若干の検討を行った。

試料：大阪市汲取尿尿並びに尼ヶ崎市尿尿消化槽の消化脱離液と消化汚泥を用いた。測定前、これら試料を35 mesh の金網で濾過して大型浮遊固形物を除き、この濾過液を約30分間静置して沈澱性浮遊物を除去した。更に非沈澱性の浮遊微粒子を除去するためこの上澄液に5%Hy-Flo Super Celを添加し、よく混合後、ブフナー濾斗

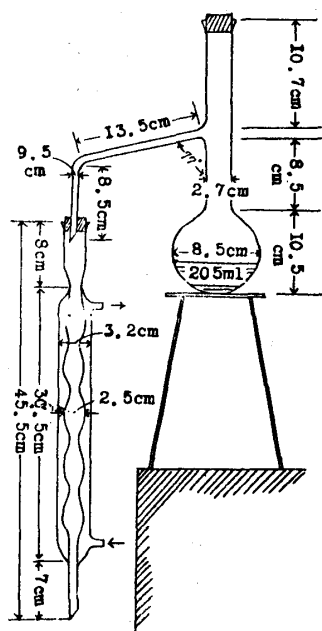


Fig.1 Apparatus for direct phosphoric acid distillation.

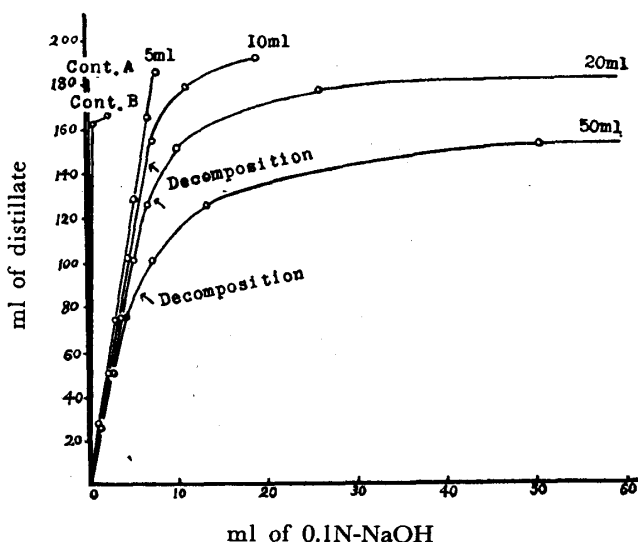


Fig.2 Influence of increasing amounts of 85-percent phosphoric acid on distillation curves.

Distillation sample of cont. A and cont. B was prepared by adding only 5ml and 50ml of 85% phosphoric acid respectively.

で濾過し、その澄明濾液を揮発酸測定を試料とした。

測定方法：FROOKの方法¹⁸⁾に準じた。上記試料25~150mlに85%磷酸5ml、並びに飽和硫酸銀溶液5mlを加え、蒸留水で全量205mlとして、Fig 1に図示した500ml容枝附蒸溜フラスコで直接蒸溜する。溜液の溜出速度は毎分5~6mlとして、溜液160mlについて0.1N NaOH溶液で滴定し、その消費cc数より採取した試料の揮発酸量を醋酸 p.p.m. として算出する。本法の問題点は、蒸溜時に溜液を25mlづつ採取して0.1N NaOH溶液で滴定し、蒸溜曲線を作製することにより検索した。試料中の浮遊物の存在は加水分解による酸生成の原因となるが、5%

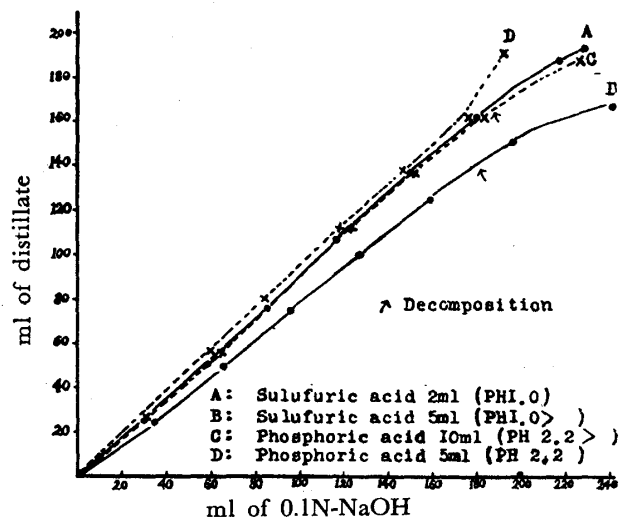


Fig.3 Comparison of phosphoric acid and sulfuric acid distillation curves.

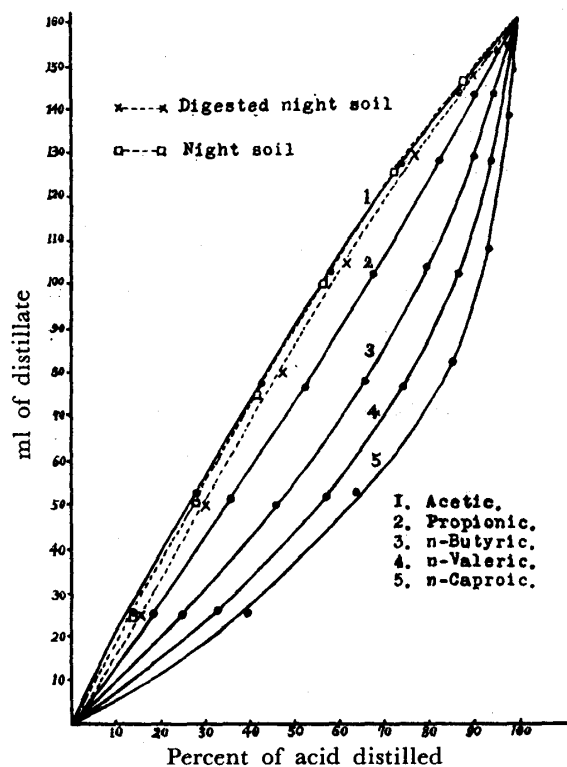


Fig.4 Distillation rate for various standard acids; digested night soil and night soil.

に Hy-Flo Super Cel を添加して得た澄明な濾液、2%にCa(OH)₂を添加して得た澄明な濾液、1%にCaCl₂を添加して得た澄明な濾液並びに FROOKの方法¹⁸⁾に準じて得た澄明な濾液を用いて、それぞれ蒸溜曲線を作製した結果では何れも大差なく、5%に Hy-Flo Super Cel を添加して得た濾液では加水分解による酸生成は殆どないものと判断された。

蒸溜曲線に及ぼす磷酸添加量の影響 (Fig.2) : 85%磷酸の添加量を5ml, 10ml, 20ml, 50mlと順次増量し、前記測定方法に準じて蒸溜曲線を作製し、この蒸溜曲線に及ぼす磷酸添加量の影響を試験した。添加量5mlでは溜液160ml以上でも有機物分解による酸生成は殆ど認められない。然し添加量10mlでは溜液約140ml以上、添加量20mlでは溜液約120ml以上、又添加量50mlでは溜液約90ml以上より各何れも有機物分解による酸生成が顕著に認められる。又85%磷酸50mlを加えた盲験のBでは溜液160ml以上より酸生成が著しくなるが、85%磷酸5mlを加えた盲験のAではBの如く過度の酸生成は認められない。FROOK¹⁸⁾は磷酸添加量を50mlとし、総量205mlで直接蒸溜し、溜液162mlについて揮発酸量を定量しているがこの方法では蒸溜時に有機物分解による酸生成を認めていない。これは勿論蒸溜する試料の性質にも起因すると考えられるが、尿尿の場合は5ml以上過度に磷酸を添加すべきでない。

直接磷酸蒸溜と直接硫酸蒸溜の比較 (Fig.3) : 直接磷酸蒸溜では磷酸添加量を5ml, 10mlとし、又直接硫酸蒸溜では濃硫酸添加量を2ml, 5mlとして、それぞれ前同様蒸溜曲線を作製し、両者を比較した。図示したやうに、濃硫酸5mlの添加では蒸溜初期から著しく有機物分解による酸生成が認められるが、濃硫酸2mlの添加では溜液約160ml以上より僅かに有機物分解による酸生成が認められる。磷酸10mlの添加では溜液約160ml以上より僅かに酸生成は認められるが、この酸生成は濃硫酸の場合よりも著しく緩慢である。特に磷酸5mlの添加では有機物分解による酸生成は殆ど認められない。

純粋揮発酸と尿尿揮発酸の蒸溜率曲線 (Fig.4) :

Table 1 Recovery of volatile acids added to clear filtrate of night soil by direct phosphoric acid distillation.

Kinds of volatile acids	Acid added (mg)	Acid recovered (mg)	Recovery of acids added (%)
Acetic acid	251.7	226.5	90.0
Propionic acid	285.0	274.3	96.3
Butyric acid	289.7	290.2	100.1

Components of distillation sample ; total volume

205ml, saturated AgSO₄ solution 5ml, sample ofclear filtrate 150ml, 85% H₃PO₄ 5ml.

ン酸の両蒸溜率曲線の間に位置する。従つて尿尿揮発酸は主として醋酸で、その他はプロピオン酸等である。特に消化尿尿のプロピオン酸含量は尿尿のそれよりも僅かに高いと推定される。

直接磷酸蒸溜法による揮発酸の回収 (Table 1) : 前同様試料150mlに85%磷酸 5 ml並びに飽和硫酸銀溶液 5 mlを加え、更に、これに揮発酸として醋酸251.7mg, プロピオン酸285mg, 酪酸289.7mg を夫々別個に加えて、各揮発酸を含む蒸溜試料を調製し、直接磷酸蒸溜による添加揮発酸の回収率をしらべた。尚対照として揮発酸無添加の蒸溜試料についても、同様揮発酸量を測定した。

Table 1 のように揮発酸の回収率は醋酸では90.0%, プロピオン酸では96.3%, 酪酸では100.1%を得た。この場合の添加した醋酸, プロピオン酸, 酪酸の各蒸溜率曲線は何れも Fig. 4 の標準蒸溜率曲線に一致し、蒸溜過程における有機物分解による酸生成は殆ど認められなかつた。

Table 2 Volatile acids content of night soil and well-digested night soil.

Sample No.	Night soil (acid, p.p.m.)	Well-digested night soil (acid, p.p.m.)
1	5823	450*
2	5919	800*
3	6079	1150
4	6919	1216
5	7080	1368
6	7199	1424
7	7479	1780
8	7561	1971

* Digested sludge

Ⅱ. 尿尿の揮発性有機酸と B.O.D.

尿尿の揮発酸測定は前同様に操作し、尿尿並びに尿尿分割の B.O.D. 測定、又尿尿揮発酸並びに純粋揮発酸の B.O.D. 測定は何れも稀釈法¹⁹⁾によつた。B.O.D. は5日値を以て表した。尿尿は予め35meshの金網で濾過して、その濾液を尿尿試料とした。

尿尿並びに消化尿尿の揮発酸量 (Table 2) : 大阪市汲取尿尿並びに尼ヶ崎市尿尿消化槽の消化尿尿の各8検体について、その揮発酸量を測定した。即ち尿尿の揮発酸は約5800~7600p.p.m., 消化尿尿のそれは約1200~2000p.p.m. に含まれ、尿尿の揮発酸は嫌気性消化により著しく消化分解される。又消化尿尿の汚泥揮発酸は約450~800p.p.m. に含まれた。

尿尿の B.O.D. と揮発酸の関係 (Table 3) : 大阪市汲取尿尿4検体を用い、各検体毎に次の順序で、①尿尿の全 B.O.D., ②一時間静置沈澱後の上澄尿尿の B.O.D., ③上澄尿尿に5% Hy-Flo Super Cel を添加して後、濾過して得た澄明尿尿(可溶性尿尿)の

B.O.D., ④可溶性尿尿の揮発酸量, ⑤可溶性尿尿の揮発酸の B.O.D. を夫々測定し、尿尿の揮発酸と B.O.D. の関係をしらべた。即ち尿尿の B.O.D. は6447~21080p.p.m. 平均10941p.p.m., 一時間静置で沈澱性固形物を除去した尿尿の B.O.D. は5302~13012p.p.m., 平均8239p.p.m. (全 B.O.D. の75.3%), 可溶性尿尿の B.O.D. は3875~11585p.p.m., 平均6894p.p.m. (全 B.O.D. の63.1%), 尿尿の揮発酸量は4468~7446p.p.m. 平均5816p.p.m. を示した。又この尿尿揮発酸の B.O.D. は3480~6205p.p.m., 平均4626p.p.m. で、全尿尿 B.O.D. の平均42.3%, 可溶性尿尿 B.O.D. の平均67.1%を占める。従つて尿尿 B.O.D. の約63%は可溶性 B.O.D. 物質から成り、又この可溶性 B.O.D. 物質の約67%は揮発酸から成っている。

純粋揮発酸並びに尿尿揮発酸の B.O.D. (Table 4) : 蟻酸, 醋酸, プロピオン酸, 酪酸, バレリン酸, カプロ

蟻酸, 醋酸, プロピオン酸, n-酪酸, n-バレリン酸の各N/20溶液並びにn-カプロン酸のN/40溶液を夫々150mlとり、前同様全量205mlとして Fig. 1 の蒸溜装置を用いて、蒸溜率曲線を作製した。又消化尿尿と尿尿についても同様にその揮発酸の蒸溜率曲線を作製した。一般に揮発酸の蒸溜率は酸の濃度に関係で、酸固有の蒸溜率曲線を有するから、この曲線から含有揮発酸の主成分を推定することができる。図示したように尿尿並びに消化尿尿の揮発酸の蒸溜率曲線は醋酸のそれに類似し、醋酸とプロピオン

Table 3 Relations of 5day's B.O.D. and volatile acids in some fractions of night soil.

Item \ Sample of night soil, No.	1	2	3	4	Average
Total B.O.D. of night soil (p.p.m.)	7070	9168	21080	6447	10941
B.O.D. of supernatant of night soil (p.p.m.)*	5302	8780	13012	5861	8239 (75.3)
B.O.D. of soluble matter in night soil (p.p.m.)** (A)	3875	7020	11585	5096	6894 (63.1)
Volatile acid content in night soil (p.p.m.)	4468	5212	7446	6138	5816
B.O.D. of night soil acid (p.p.m.) (B)	3480	4738	6205	4081	4626 (42.3)
$\frac{[B]}{[A]} \times 100 (\%)$	89.8	67.4	53.9	80.1	67.1

* Sample was prepared by settling the night soil for one hour.

** Sample was prepared by filtrating the night soil to which were added 50g Filter aid, Hy-Flo Super Cel, per liter.

() shows B.O.D. percent of night soil fraction to total B.O.D.

Table 4 5day's B.O.D. of volatile acids

Acid	Theoretical oxygen demand* [A]	Biological oxygen demand (5days)* (B)	Availability coefficient(%) $\frac{[B]}{[A]} \times 100$
Formic	348	107	30.7
Acetic	1066	615	57.7
Propionic	1512	857	56.7
Butyric	1816	979	53.9
Valeric	2037	829	40.7
Caproic	2204	408	18.5
Night soil ⁽¹⁾	—	742~900	—
Well-digested night soil ⁽²⁾	—	585~794	—

* p.p.m. of oxygen per 1000p.p.m. of acid.

(1) used eleven sample.

(2) used five sample.

低分子物質としての揮発酸をメタンと炭酸ガスに分解し且つ同時に液化分解の困難な物質を沈澱、分離することを目的としている。本法は前述の処理目的に合致する良法であるが、元来この方法は嫌気性菌の作用によれるためその分解反応は極めて遅く、且つ膨大な処理施設を要する欠点がある。又近年二、三の都市で実施中の消石灰と硫酸第一鉄を用いる化学処理法或は遠心分離処理法では前記不溶性尿尿(浮遊固形物)に由来する B.O.D. 物質の分離除去は極めて容易であるが、可溶性尿尿特に尿尿揮発酸に由来する B.O.D. 物質の分離除去は困難で、両処理法による浄化率は尿尿の揮発酸と B.O.D. の関係からすれば、何れも約58%以上に期待できないと考えられ

ン酸等の純粋揮発酸並びに尿尿揮発酸の各 1000p.p.m. 当りの占むる 5 日 B.O.D. を測定した。これら B.O.D. の理論酸素要求量(有機酸 1000p.p.m. の完全酸化に要する酸素量 p.p.m.)に対する割合即ち酸素利用率(%)を算出した。即ち揮発酸1000p.p.m. 当りの B.O.D. は蟻酸では107p.p.m., 醋酸では615p.p.m., プロピオン酸では857p.p.m., 酪酸では 979p.p.m., バレリン酸では 829 p.p.m., カプロン酸では408p.p.m., となり, 炭素原子 4 個の酪酸が最も高く, 酪酸を max. として炭素原子数の増減と共に B.O.D. は低下する。尿尿揮発酸では 742~900 p.p.m., 消化尿尿の揮発酸では585~794p.p.m.となり, 後者は前者より僅かに低く, 両揮発酸 B.O.D. は醋酸, プロピオン酸, 酪酸の B.O.D. 間に位置する。尚これら有機酸の酸素利用率は醋酸が57.7%で最も高く, プロピオン酸は56.7%, 酪酸は53.9%, バレリン酸は40.7%, カプロン酸は18.5%と順次分子量の増加と共に減少する。

考 察

尿尿の B.O.D. は約11000p.p.m., 不溶性尿尿(浮遊固形物)のB.O.D.は約4000p.p.m., 可溶性尿尿の B.O.D. は約 7000p.p.m., その中尿尿揮発酸に由来するB.O.D.は約4600 p.p.m. で, 可溶性尿尿 B.O.D. の大半約67%は揮発酸による B.O.D. である。又この揮発酸は醋酸を主とし, その他僅かにプロピオン酸等を含む。

尿尿処理法の目的は, これら尿尿分割の各 B.O.D. 物質を合理的且つ経済的に除去するにあり, ①不溶性尿尿の B.O.D. 物質の分離, 除去, ②可溶性尿尿特に尿尿揮発酸の分解消化に区別される。従来全国的に普及している嫌気性消化法は, 嫌気性細菌により不溶性 B.O.D. 物質を液化, 分解して低分子の B.O.D. 物質に変化させ, この

(430)

(橋本) 尿尿の消化処理に関する研究 (第1報)

る。従つて現在の尿尿処理法の動向の焦点は可溶性尿尿 B.O.D. の大半を占める醋酸を主とする揮発性有機酸の分解、消化にあるといえる。

Table 4 に示したように $C_1 \sim C_6$ の揮発酸中 C_2 の醋酸は最も酸素利用率が高く、微生物により酸化分解をうけ易い。揮発酸の5日 B.O.D. については古くより多数の研究²⁰⁾²¹⁾があり、揮発酸 1000p.p.m. 当り、醋酸では 110~880p.p.m., プロピオン酸では 360~1100p.p.m. と記録され、B.O.D. 測定に用いる揮発酸濃度と接種源により種々変動した値が報告されている。一般に有機酸は微生物により β -酸化を通じて醋酸まで酸化され、この醋酸はアセチル-CoA の如き活性醋酸となつて T.C.A. Cycle に入り、好氣的酸化をうける²²⁾。醋酸は大抵の好気性細菌により容易に炭素源として利用され且つ酸化代謝されるから、有機酸の B.O.D. 並びにその酸素利用率は尿尿処理の今後の動向を示唆するものとして興味深い。

要 約

直接磷酸蒸溜法により尿尿揮発酸量を測定し、尿尿の揮発酸と B.O.D. の関係を明らかにした。

1. 尿尿の揮発酸は約4500~7500p.p.m., 平均6000p.p.m. 程度に含まれ、主として醋酸、その他僅かにプロピオン酸等を含む。

2. 尿尿の B.O.D. は約11000p.p.m., 不溶性尿尿(浮遊固形物)の B.O.D. は約4000p.p.m., 可溶性尿尿の B.O.D. は約7000p.p.m., その中尿尿揮発酸に由来する B.O.D. は約4600p.p.m. で、可溶性尿尿 B.O.D. の大半約67%は揮発酸による。

3. 純粋揮発酸1000p.p.m. の B.O.D. は、蟻酸では107 p.p.m., 醋酸では615p.p.m., プロピオン酸では857 p.p.m., 酪酸では979p.p.m., バレリン酸では829p.p.m., カプロン酸では408p.p.m. で、尿尿揮発酸の B.O.D. は約742~900p.p.m. である。

4. 揮発酸の酸素利用率は醋酸が57.7%で最も高く、分子量の増加と共に減少する。

本研究に当つて御指導、御校閲を賜つた大阪大学照井教授、前京都大学教授三浦運一博士並びに京都大学庄司教授に深謝する。又本研究に御援助と御校閲を賜つた前大阪市立衛生研究所長茶珍博士並びに同環境衛生部主任渡辺博士に感謝する。

本論文の要旨は1958年10月、第13回日本公衆衛生学会の公共用水汚濁防止のシンポジウム並びに1959年4月、第29回日本衛生学会において発表した

文 献

- 1) 全国市長会編：都市におけるし尿消化その研究；全国市長会 (1958).
- 2) 武藤暢夫：日本衛生学雑誌, **13**, 287~309 (1958).
- 3) 本多淳裕：大阪市立衛生研究所報告, **20**, 33~38 (1958).
- 4) 児玉威他 8 名：神奈川県衛生研究所年報, **7**, 1~19 (1957).
- 5) 全国市長会編：都市におけるし尿塵芥処理の現況と対策；全国市長会 (1956).
- 6) 庄司光, 本多淳裕, 橋本奨：衛生工業協会誌, **27**, 11~24 (1952).
- 7) 三浦運一他：国民衛生, **26**, 215~357 (1957).
- 8) 三浦運一他：国民衛生, **23**, 125~305 (1954).
- 9) LAMANNA, C. & MALLETT, M.F. 原著, 甲野礼作訳：基礎細菌学, その生物学的, 化学的背景下；丸善 (1956) P. 416.
- 10) BARKER, H.A. : Ind. Eng. Chem. **48**, 1438-1442 (1956).
- 11) ANDERKOFER, L.A. & HICKEY, R.J. : Industrial Fermentation Vol. II ; New York. Chem. Pub. Co., Inc. (1954) p.518-555.
- 12) SCHULZE, K.L. & NAGA RAJU, B. : Sewage & Industrial Wastes **30**, 164-184 (1958).
- 13) 橋本奨：国民衛生, **23**, 177~199 (1954).
- 14) HEUKELEKIAN, H.J. & KAPLOVSKY, A.J. : Sewage Works J. **21**, 974 (1949).
- 15) KAPLOVSKY, A.J. : Sewage & Industrial Wastes **23**, 713 (1951).
- 16) Standard methods of the Examination of Water and Sewage ; 9th Ed., Amer. Pub. Health Assn., New York. N.Y. (1946).
- 17) BUSWELL, A.M. : Sewage Works J. **20**, 845 (1948).
- 18) FROOK, J.F. : Sewage & Industrial Wastes **29**, 18-23 (1957).
- 19) Standard methods for the Examination of Water and Sewage ; 10th ed., New York. American Public Health Association, Inc. (1955) p.260.
- 20) HEUKELEKIAN, H. & RAND, M.C. : Sewage & Industrial Wastes **27**, 1040-1053 (1955).
- 21) GAFFNEY, P.E. & HEUKELEKIAN, H. : Sewage & Industrial Wastes **30**, 673-679 (1958).
- 22) MCKINNEY, R.E. & JERIS, J.S. : Sewage & Industrial Wastes **27**, 728-735 (1955).

(昭和 34. 7. 27 受理)