



Title	直接蒸気吹込みによる予備加温屎尿消化とその得失について
Author(s)	野田, 甕六; 桑原, 麟児; 神山, 桂一 他
Citation	衛生工学, 4, 32-42
Issue Date	1960-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/36144
Type	departmental bulletin paper
File Information	4_32-42.pdf



直接蒸気吹込みによる予備加温

屎尿消化とその得失について

野 田 旺 六、桑 原 麟 児、神 山 桂 一
島 貫 光治郎、上 野 豊

Human Excrement Digestion by the Preheating Method
using Steam Blow.

Sōroku Noda, Rinji Kuwahara, Keichi Kōyama,
Kōjiro Shimanuki, YutaKa Ueno.

A new method of digestion of human excrements was proposed. In this method, excrements were heated in a separat tank prior to throwing into main digester. Most of coli-form groups and eggs of parasites in the raw excrements were killed during the heating at 40~60°C, and the period of digestion was able to shorten as 15~20 days. The required heat and construction cost of this method were nearly same to that of the standard digester.

The steam blowing into the digester was harmless for anaerobic digestion.

1. 予備加温消化法

既発表の研究⁽¹⁾によれば、短時日間であつても屎尿を比較的高温度(30~60°C)に保てば、病原菌および大腸菌群を死滅せしめることができる。この現象を尿

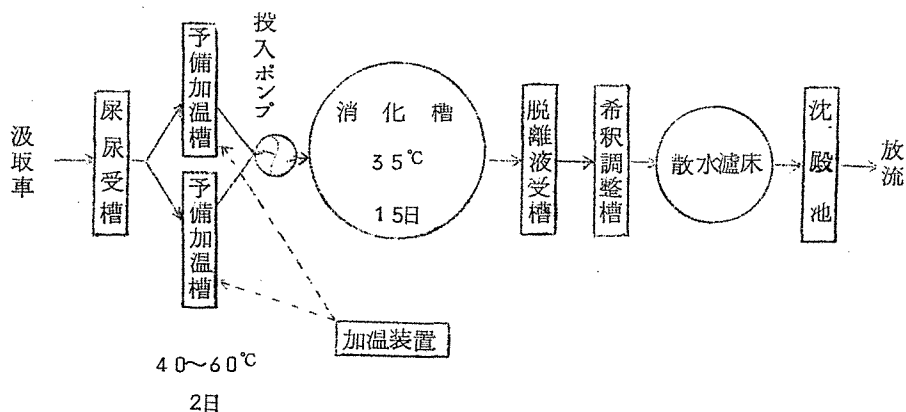
*1 教授(才二講座)、*2 教授(才三講座)

** 助教授(才二講座)、*** 助手(才三講座)

**** 医学部公衆衛生学教室講師

尿消化槽に応用して、図一 1 に示すような系統をもつ処理場を計画した。こ

図一 1. 予備加温尿尿消化法系統図



の処理場の機能を説明すれば、まず投入した尿尿を一方の予備加温槽に入れ、 $40 \sim 60^{\circ}\text{C}$ に加温し、これを約2日間貯留して、ここで大部分の大腸菌群を死滅せしめる。しかる後に、消化温度まで冷却して消化槽へ送る。今一つの予備加温槽と交互にこの操作を繰り返すことによつて、消化槽へ投入する尿尿中の大腸菌群数をすでに放流許容限度以下とすることができる。また 60°C にまで加温すれば、回虫卵もほぼ死滅せしめることができるといわれているので、この点からも加温の効果が期待できる。

消化槽では、槽内の脱離液を1日分の投入尿尿量と同量だけ予め排出しておき、その後に加温されている尿尿を加えて充分攪拌し、消化過程に移る。脱離液の排出前には沈殿時間が充分長くなるように、攪拌機の運転時間を調節する。運転方法の一例をあげると、まず毎日朝9時頃から予備加温槽の加温した尿尿を消化槽へ移すとすれば、前夜8時頃から攪拌機を停止しておく。朝8時頃から静置しておいた脱離液を脱離液受槽へ排出し、それが終われば予備加温槽の尿尿をポンプ圧送し、攪拌機の運転も始める。消化槽へ移し終つて空になつた予備加温槽へは、その日に運び込まれた尿尿を入れて加温を開始する。翌日はこの加温槽はそのまま加温を続け、その間に他の予備加温槽を同様な操作で空にしてこちらへ投入尿尿を満す。一方、脱離液受槽へ排出された1日分の脱離液は一定量ずつ稀釈、計量しながら散水濾床へ、ついで最終沈殿池へと流下させる。

以上のような操作によつて、消化槽より排出される脱離液は一般構造の 1 槽式消化槽よりも投入直後の未消化尿尿が混入する割合が少く、しかも沈澱分離すべきものの混入する機会も少い。従つて消化日数を若干短縮しても一般の消化槽とほぼ同程度の成績をあげうるのではなからうか。また衛生学的な安全性については従来 of 消化槽 よりはるかにすぐれていると思われる。

2. 問 題 点

前述のごとき予備加温の操作を付加することによつて、種々の利点が期待されるが、以下のような未知の問題も生じた。

(a)、消化日数の短縮が可能であるとしても、加温に要する熱量ならびに熱損失については検討の要がある。

(b)、余分の構造物（例えば予備加温槽など）の建設費が消化槽の容積の減少により節減された額と比較して有利か否か。

それらの建設上の問題に加えてより根本的なこととして、

(c)、40～60℃ に一度加温することによつて、尿尿の消化が妨げられることはないであろうか。図一 1 に示した計画では、消化槽内を常に消化温度（30℃ または 35℃）に保つために、予備加温槽で高温にした尿尿を消化温度近くまで冷却して消化槽へ移すことにしているが、加温中に尿尿内の細菌が減少し、あるいは高温性細菌の繁殖によつて、以後の消化過程で何らかの影響を示すのではないかという疑問が残る。そして最後に、近時再び盛んになつてきた蒸気吹込みによる加温法をここでも利用するとすれば、経費は安価となるが、

(d)、高圧高温の蒸気を吹込むことにより、消化に悪影響を与えることはないか。たとえ前記(c)の問題が解決されても、吹込蒸気管の近辺では尿尿は 60℃ 以上 100℃ 近くになることは予想される。従つてこのような状態が長時間続けば、従来考えられていた嫌気性分解が期待できなくなるのではないかという疑問が残っている。

以上の 4 点について検討を加えるため、(c)、(d)については次節に述べるような実験を行い、消化成績からその影響を判定し、また(a)、(b)の 2 点については理論的に考察を進めることが困難であつたので、実際に 4 万人用の尿尿

消化槽を設計して経費の比較を行つてみた。

3. 予備加温消化実験

蒸気吹込みによる予備加温消化の成績を知るために、消化温度および予備加温の温度を表一1に示すような3段階に分けて、9組の条件を設けた。実験は2立ポリエチレン瓶を消化槽になぞらえて、これに尿尿1,500mlと消化汚泥100mlを入れて、各条件に設定した恒温水槽(20℃)および孵卵器(37℃、30℃)に入れた。

予備加温の方法としては、0℃で貯蔵しておいた尿尿(特に大きい固形物は除去した)に100~105℃の蒸気を吹込み、40℃および60℃に加温した。毎日ポリエチレン瓶から上澄液100ml(内容量の $\frac{1}{16}$)を取出しその後それぞれの温度に予備加温して消化温度まで冷した新しい尿尿を加え、この操作を約1ヶ月間継続した。

表一1 消化実験の条件と検体番号

検 体 番 号 消化温度		予備加温 温度	A	B	C
			0℃	40℃	60℃
I	37℃		A-I	B-I	C-I
II	30℃		A-II	B-II	C-II
III	20℃		A-III	B-III	C-III

実験開始後14日目、21日目、28日目の3回に取出した上澄液につき表一2に示す各項目の試験を行い、消化の進行状況を調べた。なお、毎日入替えに必要な600mlの尿尿を、実験のような方法で加温するのに要した時間、および蒸気の凝結による水分の増加量は表一3に示す通りで、約10%の増量を示している。また原尿尿に蒸気吹込み加温を行うことによつて、どのように変化したかの1例を表一4に示した。

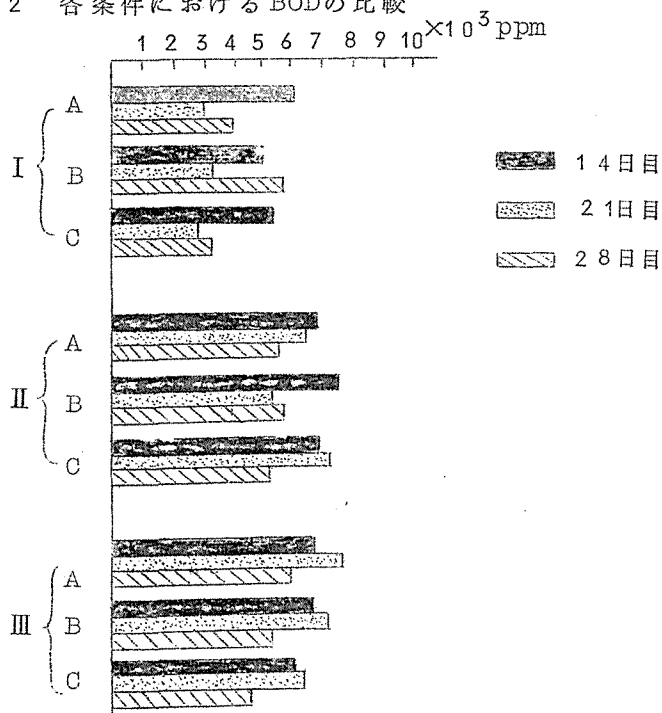
BOD、CODの減少は表一3に示したような水分の増加による希釈作用

表-2 予備加温消化脱離液試験成績

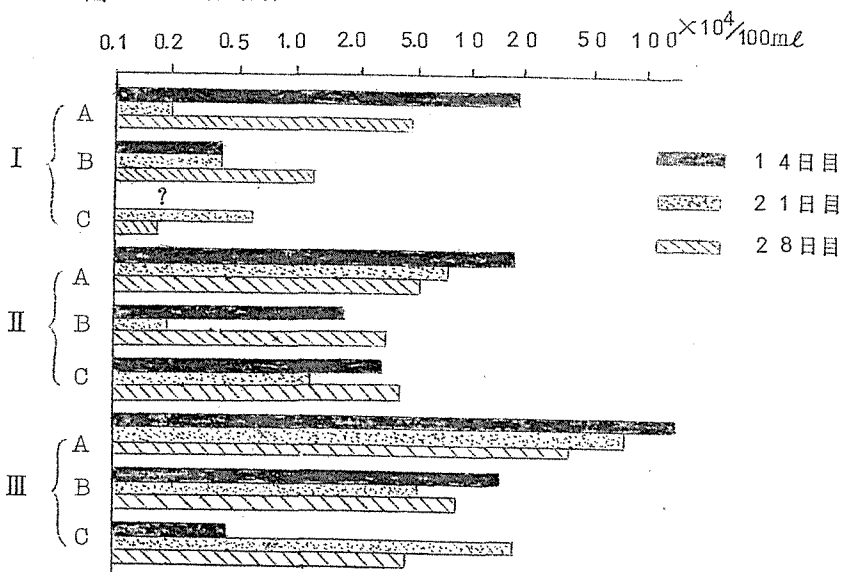
検体番号	B O D	C O D	一般細菌	大腸菌群	塩素イオン	蒸発残渣	熱灼減量
	(ppm)	(ppm)	($\times 10^5/1\text{ml}$)	($\times 10^4/100\text{ml}$)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
原尿尿	14,500	3,300	325	2,000	6,230	40,000	26,000
	10,500	3,320	—	—	5,270	28,200	24,000
	7,940	6,800	—	17,000	3,230	23,800	4,890
A-I	6,160	1,290	20.5	20	5,900	19,100	13,700
	3,040	1,280	32.0	0.2	5,140	20,000	19,800
	4,070	1,050	30.5	4.9	4,650	16,000	2,350
A-II	> 6,850	1,030	12.2	20	5,380	18,700	9,200
	6,660	1,200	23.0	7.9	6,270	19,000	17,300
	5,540	760	18.0	6.8	4,450	14,800	7,440
A-III	> 6,930	1,110	36.4	170	5,550	18,700	9,300
	7,960	1,230	2030	92.0	4,850	14,600	12,700
	6,130	790	56.0	40.0	4,430	14,300	8,780
B-I	5,120	1,170	16.5	0.4	4,340	19,000	14,700
	3,660	1,280	2,900	0.4	4,830	19,000	17,100
	5,720	1,180	24.0	1.3	4,260	16,100	8,260
B-II	> 7,650	1,050	20.0	2.0	5,410	18,100	9,200
	5,300	1,220	754	0.2	4,910	18,400	16,800
	5,710	660	21.0	3.3	4,260	14,300	7,770
B-III	> 6,780	1,020	27.7	17	5,480	17,100	8,200
	7,300	1,090	3,886	4.0	4,710	13,700	12,100
	5,310	1,150	27.4	9.2	4,430	13,300	8,600
C-I	5,370	880	19.0	?	5,030	17,800	10,300
	2,820	1,260	1,364	0.6	4,800	18,200	13,100
	3,320	1,200	30.0	0.17	4,770	15,300	7,810
C-II	> 6,980	1,060	12.1	3.3	4,890	16,500	7,800
	7,360	1,120	986	1.3	4,690	12,900	11,100
	5,280	610	12.0	4.5	3,920	12,500	8,150
C-III	6,270	1,310	12.8	0.45	5,550	16,700	7,800
	6,480	1,110	277	21	4,520	13,500	11,700
	4,780	770	14.5	4.9	3,990	12,500	8,460

(註) 各欄3ケの数字は上から14日、21日、28日目の成績、横棒は試験を行わず。

図一 2 各条件におけるBODの比較



図一 3 各条件における大腸菌群数の比較



によるものと思われる。40℃、60℃に加温するのみで、短時間に尿尿中の大腸菌群が殆どなくなり、また一般細菌も著るしく減少していることがわかる。

表一 3 加温に要した時間と増量

(原尿尿 600ml に対して)

測 定 番 号	1	2	3	4	5
所要時間 (0°→40°C)	7 分	9 分	8 分	7 分	10 分
所要時間 (40°→60°C)	2 分	5 分	2 分	3 分	5 分
増 量 (ml)	60	50	60	50	60

表一 4 蒸気吹込みによる原尿尿の変化

加 温 度 (°C)	B O D (ppm)	C O D (ppm)	一般細菌 ($\times 10^5/1\text{ml}$)	大腸菌群 ($\times 10^4/100\text{ml}$)	蒸発残渣 (ppm)	塩素イオン (ppm)	pH
0	13,900	6,850	159	26,500	26,500	5,060	8.2
40	12,300	4,240	42	0.2	30,500	4,540	8.2
60	11,900	4,250	34	0	26,400	4,370	8.2

脱離液の性質から消化の程度を知るために、表一 2 にその試験成績を示したが、特に B O D および大腸菌群最確数の成績を各消化条件ごとにまとめて図一 2、図一 3 に示した。図一 2 からわかるように、当然のことながら消化温度が高いもの程 (I、II、III の比較) B O D 値は低くなっている。問題となつた予備加温温度の影響をみると、B O D に関しては (A、B、C の比較) 特に著るしい変化はないことがわかつた。むしろ逆に、無加温のものより幾分少いようにも思われるが、これは前述の凝結水による希釈の影響とみた方が妥当であろう。大腸菌群数については図一 3 に見られるとおり、消化温度 57°C のものでは他の消化温度のものに比べて著るしく大腸菌群数が減少していることがわかる。その他、予備加温温度が高いものと無加温のものとを比較すれば、明らかに予備加温の効果を認めることができる。

以上の実験結果から、蒸気吹込みによる予備加温消化法が特に消化に悪影響をおよぼさないということが判明した。

4. 所要熱量および建設費の比較

つぎに予備加温法の場合と標準法による消化の場合との所要熱量の比較を

行うために、実際に4万人用の消化槽を設計して、加温用熱量および槽壁より外部へ逃げる損失熱量を計算により求めてみた。算出にあたり温度条件としては、投入尿尿を 0°C 、外気温を -5°C 、地中温度 -1°C （ほぼ札幌冬季の温度）とし、消化期間は標準法では30日、予備加温法ではまず 40°C に加温し、 35°C で15日間消化を行うものとした。また消化槽壁の熱貫流係数を一率に $2.0 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{hr}^{\circ}\text{C}$ と仮定した。この場合の加温に要する熱量および損失熱量を表-5に示したが、合計したところ僅かに予備加温法の方が所要熱量が大きいことになった。しかしその差はほとんど無視してもよい程度である。

前記の計算で熱貫流係数を $2.0 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{hr}^{\circ}\text{C}$ と仮定したが、この値についてH.A.Thomas, Jr.⁽²⁾は乾燥した土中に槽深の $\frac{3}{4}$ が入っている有蓋コンクリート槽では1.0、温潤土中の場合は2.0～3.5と述べており、また三浦大助氏⁽³⁾は消費燃料の熱量から逆算して約1.0としている。いずれにしても覆土の含水状態や地下水の流動の遅速、保温コンクリートの良否、上部に設ける各種機器の取付孔の密閉度などが大きく影響するため、この値は槽の各部分によつて相当大きく変動すると思われる。従つてここに示した熱損失は単なる試算にすぎず、実際にどの程度の値になるかは今後の測定に待つ他ない。

表-5 所要熱量比較

摘 要	標 準 法	予 備 加 温 法	
消 化 日 数	30日	15日	+2日(予備加温)
予 備 加 温 温 度			40°C
消 化 温 度	30°C	35°C	
槽の有効容積	$1,600 \text{ m}^3$	800 m^3	80 m^3
槽の総容積	$1,770 \text{ m}^3$	901 m^3	128 m^3
直 径	15.5 m	12.4 m	一辺4 m、2槽
総 高	9.3 m	7.4 m	4 m
周 壁 総 面 積	453 m^2	288 m^2	$50.4 \text{ m}^2 \times 2$
槽底および天井スラブ面積	各 190 m^2	各 122 m^2	$16 \text{ m}^2 \times 2$

摘 要	標 準 法	予 備 加 温 法	
熱 貫 流 率	$2.0 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C}$		
平 均 外 気 温	-5°C		
地 中 温 度	-1°C		
原 尿 尿 温 度	0°C		
原 尿 尿 加 温 用	$1,200,000 \text{ kcal/日}$	kcal/日	$1,600,000 \text{ kcal/日}$
損 失 熱 量			
予 備 加 温 槽			208,000 "
消 化 槽	$1,297,000$ "	932,000	
その他 (5 0 %)	648,000	466,000	
合 計	3,145,000	3,206,000	

建設費については前記の計算に用いた4万人用の尿尿消化槽の設計図にもとずき、共通の施設は除外して土木工事費を算出して両法の比較を行つてみた。算出の基準としては、北海道庁の補助対象事業費算定基準に示された主要資材単価表および標準歩掛表を用いた。その結果を表一6に示したが、予備加温法による場合が約12%の節減となつた。ただしこの計算において機械装置（ポンプ、加温装置、攪拌機など）は含まれていない。また全施設に対する節減の割合については計算を省略した。

表一6 土木工事費比較（単位千円）

	標 準 法	予 備 加 温 法
予 備 加 温 槽 2 槽	0	552
消 化 槽 1 槽	9,475	7,358
脱 離 液 受 槽	0	326
合 計	9,475	8,236

5. 結 語

尿尿消化処理の一変法として、原尿尿を予め消化温度以上に加温して細菌

学的な、あるいは寄生虫卵に対する安全をはかつたうえで消化槽に投入して、比較的短期間に消化を終る方法を提案した。この方法によれば、消化槽自体を加温する必要があるとしても、その際の所要熱量は消化槽よりの損失熱量のみとなり、全体としては消化槽容積が小さくなつただけ所要熱量が節減できる。本文で述べた実験の範囲では、脱離液の性質はあまり優秀とはいえないが、消化日数をいま少し長くすることにより改善できると思われる。この方法は既設の消化槽の処理量が増加した場合の対策としても利用できる。即ち予備加温槽と脱離液受槽を新設し、消化槽の脱離排出弁を幾らか改造すれば、或程度の消化日数の短縮をカバーできることになる。

予備加温の温度として、 $40 \sim 60^{\circ}\text{C}$ としても消化を妨げることはなく、細菌学的な安全度は飛躍的に増大する。また加温方法として直接蒸気を吹込む方法をとつても、以後の消化に対しては悪影響はあたえないことがわかった。ただし水分の増加が約10%におよぶから消化槽の容積の算出にあつては予め注意が必要である。

建設費を比較した場合に、4万人程度の尿尿を対象とした消化槽では標準法と大差はなく、また所要熱量に対しても、はじめに心配したような燃料費の増大もないことが予想される。

以上の研究結果にもとづいて、現在北海道内U市において予備加温法を用いた尿尿消化槽を建設中である。これが完成し運転を開始したら、実際にどのような成績をあげるかについて調査研究を続けてゆく所存である。

終りにあたり、本研究の実験に終始協力していただいた亀岡聖善君に感謝の意を表する。

〔参 考 文 献〕

- (1) 上野 豊；寒冷積雪地における尿尿消化槽設計上の諸問題に関する研究、日本公衆衛生雑誌、才6巻11号、677頁（34年11月）
- (2) H.A.Thomas, Jr.; Sewage Treatment in Low-temperature Areas. Sewage and Industrial Wastes, Vol.23, No.1, p.23 (Jan., 1951)
- (3) 三浦大助；尿尿処理施設の建設と運営について、才九回し尿処理対策全国協議会資料（34年10月）