

ローカルエネルギーとしての廃棄物利用（第1報）

—鹿児島県の昭和59年度し尿処理について—

松村博久
(受理 昭和61年5月31日)

WASTE THINGS FOR ENERGY CONSERVATION TO LOCAL ENERGY (Report 1) — On the Excrements conducted from April 1, 1984 through March 31, 1985 in Kagoshima Prefecture —

Hirohisa MATSUMURA

Local energy is a small scale and decentralized energy, but may be utilized effectively in the near future. There are many local energies such as solar, wind power, geothermal energy, ocean energy, and biomass. Human excrement can also be used as a local source of energy.

In this report, the usefulness of excrement as an energy source is considered on the basis of data collected from April 1, 1984 through March 31, 1985 in Kagoshima prefecture.

1. 緒言

ローカルエネルギーは、小規模で地域分散型であると同時に、季節的、時間的、地形的などの不安定要素を有しているが、従来の大規模集中型供給エネルギーを補完する意味も含めて、石油代替エネルギーとしての開発推進が期待されている。

人間の排せつ物であるし尿は、メタン発酵処理により消化ガスを発生するので、廃棄物エネルギーに区分されているローカルエネルギーである。一般にメタン発酵処理によりし尿1klあたり消化ガス約8m³を発生する。消化ガスの組成は、メタン系炭化水素63から75%、二酸化炭素23から30%、硫化物0.5から1%となっており、消化ガスの発熱量は約6000kcal/m³である。

し尿処理について、下水道の整備された都市部においては下水処理が実施されてきているし、町村の一部では海洋投棄や農地還元などによって処理されているが、大部分は環境インパクトの小さいメタン発酵処理である。し尿処理により発生した消化ガスは、消化槽加温用の熱源のほか、中小規模処理施設では当該施設あるいは隣接施設の浴用や炊事用、または残さ焼却用の燃料に利用されている。最新新設の大規模処理施設

では発電にも利用されるようになってきた。しかしながら、大部分の処理施設では廃棄物エネルギーの利用がまだまだ十分に行われていない状態である。

廃棄物エネルギー源であるし尿は、公的機関で処理されている部分が多いので、鹿児島県内における現状も把握するとともに、ローカルエネルギーの利用推進の資料にするためにし尿処理状況の調査を行った。

ここではこれらの調査結果を解析検討し、し尿処理過程において発生する消化ガスが、ローカルエネルギーとして有効利用できることを考察している。また、昭和54年度にも同様な調査^{1,2)}を実施したので、両者の調査結果の比較検討も行っている。

なお10年程前の石油危機当時は、石油価格が1バレルあたり約34ドルに高騰し、石油代替エネルギーが重要課題になった。現在は石油価格が1バレルあたり約15ドルへ接近してきているので、代替エネルギー政策は幾分後退するかもしれない。しかし、エネルギー資源の少ないわが国では、眼前のことだけにとらわれず、将来を見通した長期展望にあたって、かねてより研究実績を積み上げておく必要がある。

2. 調査内容および結果

鹿児島県における市町村数は14市73町9村であり、

このうちの14市59町にし尿処理の公的機関による26施設がある。これらの施設に対して、昭和59年度（参考資料として昭和58年度も含む）のし尿処理状況等の調査を実施した。

調査内容は、し尿処理施設名称、管理機関名称、運転開始年月、処理方式（形式）、処理能力、収集人口、収集処理量、発生消化ガスの発生量と使用量、消化ガ

スの発酵温度と利用状況、補助燃料の種類と使用量、最終汚泥の処理方法、などである。これらの中の収集処理量、発生消化ガスの発生量と使用量、補助燃料使用量については月別の調査も行った。

鹿児島県下のし尿処理施設別利用区分を図1に、昭和59年度のし尿処理状況等一覧を表1に、昭和59年度の月別し尿処理状況例を表2に示している。図1の施

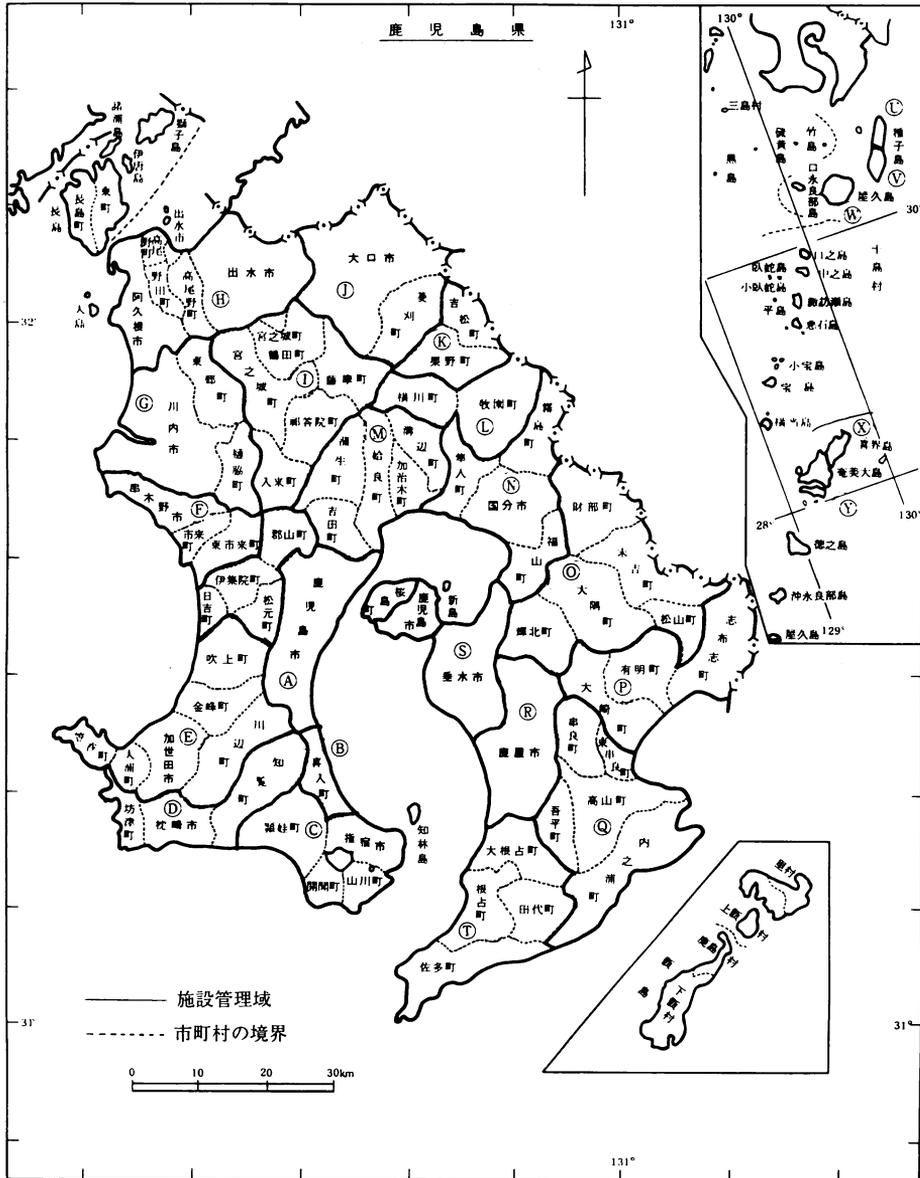


図1 し尿処理施設別利用区分

表1 昭和59年度のし尿処理状況等一覧（その3）

記号	市町村名	推計人口 (人)	期待排出 量(kℓ)	処 方 式	処理能 力 (kℓ/日)	期待処理 量(kℓ)	収集人口 (人)	収集処理 量(kℓ)	消化ガス使 用量(m ³)	重油使用 量(ℓ)	重油使用 比(ℓ/kℓ)	消化ガス可 採量(m ³)	消化ガス 使用率	充足率	備 考
R	鹿屋市	75,587	35,904	消 活	45	27,740	75,045	32,928	134,155	40,977	1.24	263,424	0.51	0.77	40年設 46年増 41年設 54年増
S	垂水市	23,534	11,179	消 活	20	11,680	24,154	8,250	15,430	43,342	5.25	66,000	0.23	1.04	41年設 52年増
T	大根占町	8,945													
	田代町	4,056	12,565	消 活	30	8,760	34,600	8,339	-	26,769	3.21	66,712	-	0.70	49年設
	根占町	8,244													
	佐多町	5,207													
	里村	1,927	915											0	
	上飯村	2,596	1,233											0	
	鹿島村	1,027	488											0	
	下飯村	3,558	1,690											0	
U	西之表市	22,698	10,782	低 希 釈	40	11,680	23,189	8,810	0	113,710	12.91	70,480	0	1.08	57年設
V	中種子町	11,452	9,209	消 活	30	8,760	19,853	4,644	23,449	29,526	6.36	37,152	0.63	0.95	50年設
	南種子町	7,935													
	上屋久町	8,040	7,177	消 活	20	5,840	15,081	4,880	25,736	31,706	6.50	39,040	0.66	0.81	52年設
W	屋久町	7,070													
X	名瀬市	49,766	23,639	酸 化	40	17,520	50,141	15,481	0	252,412	16.30	123,848	0	0.74	41年設 51年増
	笠利町	8,721	4,142											0	
	龍郷町	6,148	2,920											0	
	大和村	2,365	1,123											0	
	住用村	1,971	936											0	
	宇検村	2,568	1,220											0	
Y	瀬戸内町	13,318	6,326	消 活	15	4,380	14,116	4,353	24,371	23,162	5.32	34,824	0.70	0.69	50年設
	喜界町	10,549	5,011											0	
	徳之島町	15,114	7,179											0	
	天城町	8,368	3,975											0	
	伊仙町	9,520	4,522											0	
	和泊町	8,665	4,156											0	
	知名町	8,171	3,881											0	
	与論町	7,074	3,360											0	
	三島村	569	270											0	
	十島村	844	401											0	
	合 計	1,808,778	859,170		1,735	506,620	1,246,096	474,451	1,976,664	1,715,295	3.62	3,795,608	0.52	0.59	

表2 昭和59年度の月別し尿処理状況例

記号	種別	昭和59年												昭和60年			計	備考
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月					
A	処理量 (kℓ)	6,767	6,749	6,202	6,232	5,921	5,692	6,373	5,879	6,204	6,289	5,438	6,218	73,964	「消活」 370kℓ/日			
	消化ガス使用量 (m³)	50,640	48,930	39,240	36,660	34,380	23,150	54,960	49,970	55,340	42,820	53,820	54,270	544,180				
	重油使用量 (ℓ)	5,112	1,791	748	1,221	1,571	7,422	4,148	6,285	13,302	22,138	13,190	11,675	88,603				
	重油使用比 (ℓ/kℓ)	0.76	0.27	0.12	0.20	0.27	1.30	0.65	1.07	2.14	3.52	2.43	1.88	1.20				
G	処理量 (kℓ)	3,221	3,266	3,163	3,262	3,036	3,085	2,853	3,065	3,620	2,568	2,997	3,855	37,991	「消活」120kℓ/日			
	消化ガス使用量 (m³)	16,184	12,913	4,933	9,538	8,001	9,213	12,546	14,687	22,873	17,943	18,684	18,684	167,213				
	重油使用量 (ℓ)	2,843	2,612	1,262	2,307	2,327	2,496	2,362	2,469	2,575	2,594	2,862	2,867	29,076				
	重油使用比 (ℓ/kℓ)	0.88	0.80	0.40	0.71	0.77	0.81	0.83	0.81	0.71	1.01	0.95	0.74	0.77				
W	処理量 (kℓ)	418	376	441	398	416	371	410	347	475	387	347	493	4,880	「消活」 20kℓ/日			
	消化ガス使用量 (m³)	2,742	1,864	1,724	671	718	1,305	2,636	2,367	3,216	2,899	2,613	2,982	25,736				
	重油使用量 (ℓ)	2,944	2,202	1,366	615	655	1,128	1,633	3,323	4,385	5,075	4,178	4,202	31,706				
	重油使用比 (ℓ/kℓ)	7.04	5.86	3.10	1.55	1.57	3.04	3.98	9.58	9.23	13.1	12.0	8.52	6.50				
C	処理量 (kℓ)	560	617	623	644	563	513	585	551	756	500	614	670	7,196	「消活」 36kℓ/日			
	消化ガス使用量 (m³)	4,711	5,085	4,133	2,714	2,472	3,010	(154)	3,507	5,564	4,468	2,966	5,758	47,542	() ガスタック塗			
	重油使用量 (ℓ)	870	0	0	0	0	0	2,445	915	1,215	1,505	1,460	1,105	9,515	装のため大気放出有			
	重油使用比 (ℓ/kℓ)	1.55	0	0	0	0	0	4.18	1.66	1.61	3.01	2.38	1.65	1.32				
E	処理量 (kℓ)	2,323	2,342	2,504	2,141	2,470	1,993	2,311	2,147	2,594	2,010	2,316	2,527	27,679	「酸化」 116kℓ/日			
	消化ガス使用量 (m³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	重油使用量 (ℓ)	3,223	3,348	3,158	1,808	2,567	2,721	3,068	2,919	3,255	2,210	3,215	3,036	34,528				
	重油使用比 (ℓ/kℓ)	1.39	1.43	1.26	0.84	1.04	1.37	1.33	1.36	1.25	1.10	1.39	1.20	1.25				
X	処理量 (kℓ)	1,207	1,245	1,487	1,399	1,195	1,220	1,309	1,218	1,587	1,150	1,143	1,322	15,481	「酸化」 60kℓ/日			
	消化ガス使用量 (m³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	重油使用量 (ℓ)	29,700	27,000	23,000	18,100	18,220	12,012	20,300	21,580	23,800	15,400	21,300	22,000	252,412				
	重油使用比 (ℓ/kℓ)	24.6	21.7	15.5	12.9	15.2	9.85	15.5	17.7	15.0	13.4	18.6	16.6	16.3				
P	処理量 (kℓ)	1,617	1,630	1,619	1,524	1,716	1,419	1,706	1,404	2,065	1,394	1,407	1,863	19,364	「低希釈二活」 80kℓ/日			
	消化ガス使用量 (m³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	重油使用量 (ℓ)	19,575	19,958	15,690	16,615	15,428	11,882	12,346	12,274	18,261	17,536	15,550	15,286	190,401				
	重油使用比 (ℓ/kℓ)	12.1	12.2	9.69	10.9	8.99	8.37	7.24	8.74	8.84	12.6	11.1	8.21	9.83				
B	処理量 (kℓ)	523	573	484	490	532	478	502	475	644	369	452	515	6,038	「低希釈二活」 30kℓ/日			
	消化ガス使用量 (m³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	重油使用量 (ℓ)	6,768	7,645	8,107	8,321	8,255	6,298	6,668	7,441	8,381	6,675	7,419	9,293	91,271				
	重油使用比 (ℓ/kℓ)	12.9	13.3	16.8	17.0	15.5	13.2	13.3	15.7	13.0	18.1	16.4	18.0	15.1				

設別利用区分を表わす記号は、表1および表2の記号と同じものである。

表1において、推計人口³⁾は昭和59年10月1日現在の各市町村人口の推計である。期待排出量は1人1日あたりのし尿排出量を1.31⁴⁾とし、推計人口に乗じて年間の排出量を算出している。処理方式の「消活」は消化活性汚泥処理法、「消化」は加温式消化処理法、「酸化」は酸化処理法、「低希釈」は低希釈二段活性汚泥処理法である。期待処理量は、処理施設の可動率を80%と仮定した1年間の可動日数を292日とし、処理能力から算定した値を表わす。収集処理量は市町村または委託業者が収集して処理した量である。消化ガス使用量は、し尿処理過程のメタン発酵槽で発生した消化ガスの使用量である。()の付いているのは消化ガス発生量を意味する。重油使用量はし尿処理の際に処理施設で使用した重油燃料の量である。なお燃料はDとTがB重油、Hが一部B重油を使用している以外はすべてA重油である。重油使用比は重油使用量(l)を収集処理量(kl)で除した値である。消化ガス可採量は収集処理量1klあたり消化ガス発生量を8m³として算出している。消化ガス使用率は消化ガス使用量を消化ガス可採量で除した値である。充足率は期待処理量を期待排出量で除した値である。備考にはし尿処理施設の設置年(設)および増設年(増)を記してある。

表3は各処理施設における消化ガス発酵のための消

表3 消化ガス発酵温度

温 度 (°C)	施 設 数
36 ~ 42	1
35 ~ 38	12
33 ~ 37	5
30 ~ 34	2
該 当 なし	5
不 明	1

表4 最終汚泥処理方法

処 理 方 法	施 設 数
農 地 還 元	20
埋 立	5
焼 却 処 分	3
肥 料 製 造 業 へ	1
海 洋 投 棄	1

化槽温度について表わしているが、いずれもメタン発酵処理はいわゆる中温発酵(32~38°C)である。

表4は最終汚泥処理方法について、表5は発生消化ガスの利用法について示している。施設数は一部重複しているものがある。ほとんどのし尿処理施設では、最終汚泥処理は農地還元であり、発生消化ガス利用は消化槽加温用である。しかし発生消化ガスは部分利用であり、残余分は無駄に焼却し、未利用のまま大気放出している。

3. 考 察

鹿児島県全体のし尿処理施設の充足率は、表1に示してあるように59%とあまり良好でない。充足率の低い市町村では、海洋投棄、農地還元あるいは埋立などでし尿を処理している。A(鹿児島市)の充足率が低いのは下水道終末処理場の整備による水洗化処理が行われているからである。昭和58年10月現在の鹿児島市の水洗化率は66.8%となっている。

処理方式と重油使用比についてまとめたのが表6である。「低希釈」は重油使用比が大きいし、消化ガス発生がないので、エネルギー利用面からは考慮せねばならない。「消活」の重油使用比が小さいとはいえ、処理施設ごとには0.77~6.87l/klと広い範囲にわたっている。重油使用比を小さくするような検討が必要である。

表5 発生消化ガスの利用法

利 用 法	施 設 数
消化槽加温用	18
汚泥・し 渣焼却用	5
浴 用	2
暖 房 用	1
該 当 なし	5
未 利 用	2

表6 処理方式と重油使用比

処理方式	重油使用比 (l/kl)
消 活	0.77~6.87 (2.63)
消 化	(1.32)
酸 化	1.25~16.3 (6.65)
低 希 釈	9.83~15.1 (11.6)

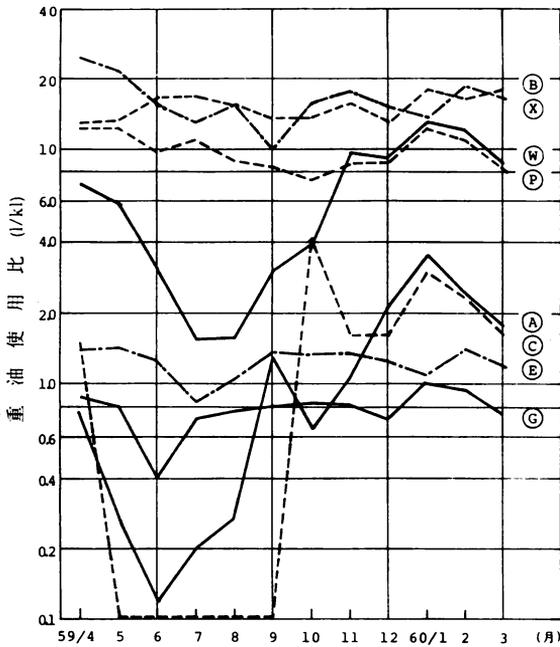


図2 昭和59年度月別重油使用比の例

昭和59年度月別重油使用比について、処理方式および処理能力の異なる例を図2に示している。また昭和59年度月別消化ガス使用量の例については図3に示している。「消活」と「消化」は夏に重油使用比も消化ガス使用量も小さく、冬に大きくなっており、「酸化」と「低希釈」は年間を通して大きな変化はみられない。発消化ガス使用率の低い処理施設は、重油使用比が大きくなっている傾向にあり、発消化ガスのない処理施設では、重油使用比が極度に大きくなっている。とくに図3におけるCの昭和59年10月に消化ガス使用量の急激な減少を示しているのは、ガスタンク塗装のために起因したものである。したがって図2におけるCの昭和59年10月に重油使用比が急増している。

発生した消化ガスおよび重油を使用してし尿処理を行っているが、し尿1klを処理するのにどれだけのエネルギーを消費しているかを各施設ごとに比較してあるのが図4である。ただし、消化ガスの発熱量を6000 kcal/m³、重油の発熱量を9200 kcal/lとしてある。エネルギー消費割合は各処理施設ごとにみると、低い値の11.5×10³ kcal/klから高い値の150×10³ kcal/klまであり、平均は58.3×10³ kcal/klである。エネルギー消費割合の大きな処理施設は低希釈二段活性汚泥処理法によっており、小さい処理施設は消化活性汚泥処理

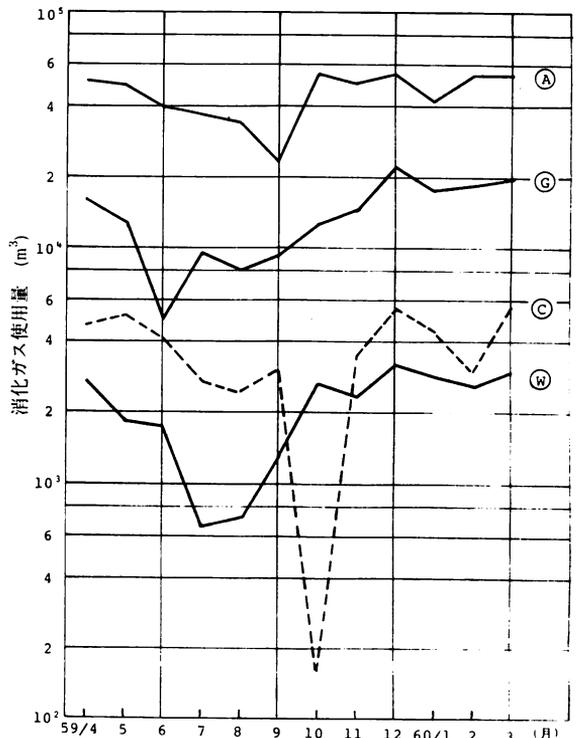


図3 昭和59年度月別消化ガス使用量の例

法によっている。

5年前の昭和54年度にも同様の調査^{1,2)}を実施したので、昭和59年度の調査結果の比較から次のことがわかった。

- ①推計人口は45482人(2.6%)の増加となっているので、期待排出量も21581kl増えている。
- ②し尿処理方式の変化は表7であり、処理能力は17kl/日(約1%)の減少になっている。
- ③収集人口は362181人(約22%)の大幅減少であるが、収集処理量は29456kl(6.6%)の増加である。これは水洗化が進んだことと、し尿の海洋投棄や埋立を減

表7 し尿処理方式の変化

処理方式	昭和54年度の施設数	昭和59年度の施設数
消 活	22	20
消 化	3	1
酸 化	3	2
低 希 釈	0	3
計	28	26

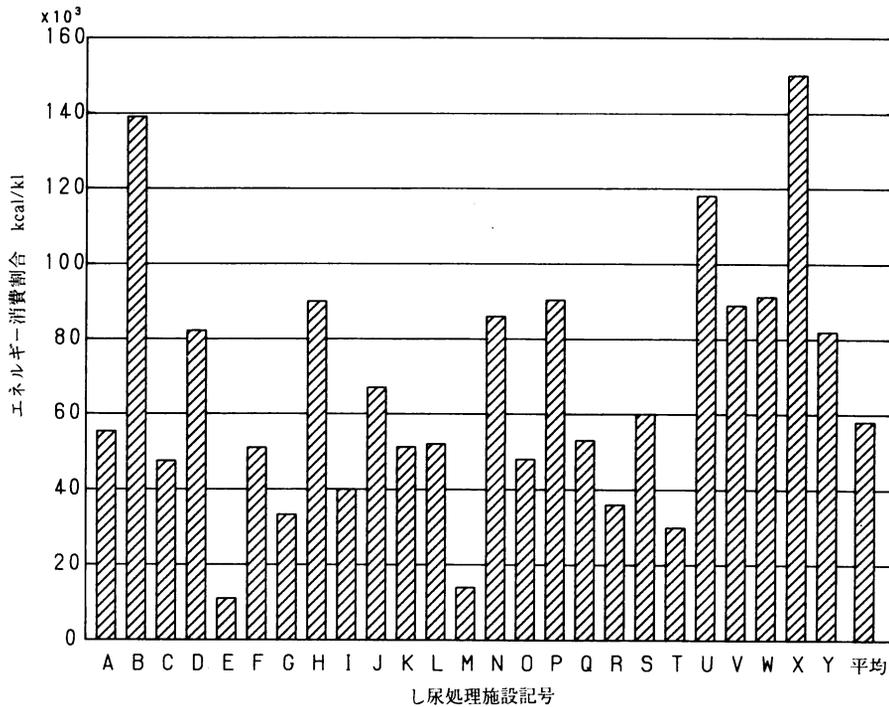


図4 し尿処理施設別のエネルギー消費割合

じてきたからである。したがって、収集処理率は大きくアップしている。

④消化ガス使用量は 331115 m^3 (14%) の減少に対して、重油使用量は 40.6 kl (2.4%) の増加となっており、エネルギー利用の面からマイナスとなっている。本来なら消化ガス使用量が増加して、重油使用量が減少するのがよいのである。

⑤重油使用比は 3.8 l/kl から 3.6 l/kl に好転しているが、消化ガス使用率は 0.65 から 0.52 へ悪化している。

⑥エネルギー消費割合は、最高値が $235 \times 10^3 \text{ kcal/kl}$ から $150 \times 10^3 \text{ kcal/kl}$ へ大幅に減少し、平均が $65.7 \times 10^3 \text{ kcal/kl}$ から $58.3 \times 10^3 \text{ kcal/kl}$ の 11.3% も改善されている。

⑦消化ガス可採量は収集処理量の増加に伴って 235648 m^3 (6.6%) の増加である。

⑧充足率は県全体でみると、 0.53 から 0.59 とわずかながら充実にきている。

し尿処理施設全般において、発生した消化ガスを貯蔵するのに十分なガスタンクを所持していないので、消化ガス使用率の低い処理施設では、小さいガスタンクが消化ガスで満されると、残余の消化ガスは大気で

燃焼放出している。消化ガスの効果的利用を行なう必要がある。

4. 結 言

鹿児島県下のし尿処理施設における廃棄物エネルギーは、十分な利用が行われていない。それぞれの処理施設では、消化ガスの発生量を増すとともに、消化ガス使用率を上げることである。そして補助燃料の重油を効果的に使用し、重油使用比を下げる工夫が必要である。

県全体において、昭和59年度の消化ガス使用率が 52% とかなり低い。すなわち、利用できるエネルギーの半分程を無駄にすてているのである。消化ガス使用率が 100% の仮定をするならば、利用可能な消化ガス量は約 $1.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ 増加する。これは重油に換算すると約 $1.2 \times 10^6 \text{ l}$ (200 l 入ドラム缶約6000本分) となり、重油使用量の約 70% に相当する。

したがって、し尿処理施設におけるローカルエネルギーの有効利用と石油代替エネルギー推進の役割が期待できる。

終りに、本調査の実施にあたってご協力いただいた鹿児島県企画部開発調整課川野信男課長、資源エネルギー係森山四男係長ならびに同係中俣宏二郎技師に謝意を表します。

参考文献

- 1) 松村博久, 他2名; ローカルエネルギーとしての廃棄物利用への一考察, 日本機械学会講演論文集, No. 810-9, pp. 41-44 (1981-8).
- 2) 松村博久, 他2名; ローカルエネルギーとしての廃棄物利用への一考察 (鹿児島県の昭和54年度し尿及びごみ処理状況), 鹿児島大学工学部研究報告, 23号, pp. 55-70 (1981-9).
- 3) 鹿児島県統計調査課 資料.
- 4) 武藤暢夫; し尿処理技術の動向と課題, 日本機械学会誌, 82巻, 730号, pp. 66-72 (1979-9).