

## ■ 技術報告 ■

## 地域エネルギーの話題から

## Topics of Local Energy

岡 本 覚\*

Satoru Okamoto

## 1. まえがき

我が国のエネルギー情勢は、日増しに高くなるエネルギー需要に対し、供給面においては、国内資源に乏しく大部分を海外に依存するという極めて流動的で不安定な状態である。エネルギーの長期安定供給は、我が国にとって最も重要な課題であり、省エネルギーを推進し石油代替エネルギーとして国内で生産可能なエネルギーを開発し利用することは、大きな意義をもっている。さらには、近年二酸化炭素等による地球温暖化傾向のような環境の悪化が問題視され、これらの解決のためには脱石油化のエネルギー開発が急がれている。また、石油代替エネルギーの開発は、地域の振興開発を図るうえでも極めて重要なことである。

以上の状況を踏まえて、著者は石油代替エネルギー、とりわけ地域エネルギーシステムのプロジェクトフォーメーションに係わってきたが、本報告ではそのうちの2つの事例、すなわち大分県の事例<sup>1)</sup>と鹿児島県の事例<sup>2)</sup>についてそれらの概要を紹介したいと思う。

2. 大分県の事例（豚糞メタン発酵による食肉冷凍保存事業の計画）<sup>1)</sup>

大分県においては、農業が大きな比重を持ち、なかでも調査対象地域とした直入郡荻町地区は畜産が盛んであり、将来においても発展の可能性を有している。また、近年畜産農家周辺の都市化・住宅化現象による畜産経営環境の変化や一部規模拡大による環境汚染の発生が懸念される状況にあり、これらの対策が急務となっている。

以上の状況を背景として、本章ではこれらの地域における畜産廃棄物からのメタンガス回収システムを利用して、地域エネルギーの創出及び環境浄化を図ることにより、地域社会の発展に寄与することを目的とし

て事業化計画について検討した。

一般に畜産廃棄物の処理は、現状では容易なことではないが、その原因として、

- (1)処理方式に決定的なものがなかった。
- (2)小規模経営者が多く、広域処理がやりにくい。
- (3)処理コストが高い。

などがあげられている。

今回行った調査研究ではこれらの点を勘案して、従来の処理方式を一步進めた集中的回収システムとそのエネルギー利用を提案するものである。

## 2.1 対象事業におけるエネルギー需要の検討

事業対象とした当該地域の農場の概況を以下に示す。当該農場は養豚一貫経営の総合農場であり、調査時点では種母豚830頭、仔豚990頭（60日未満）、肥育豚約6,000頭の合計8,000頭前後の規模であった。また、エネルギー需要先としては、ハウス施設の加温（重油）、畜舎の暖房（LPG）、食肉冷凍保存用の電力及び食肉の解体に要する重油等であった。

## 2.2 豚糞メタン発酵による食肉冷凍保存事業の意義と目的

豚糞についてはメタン回収効率が高く、当地区では、乾燥、堆肥化し畑地還元しているものの、農業用ため池の富栄養化や悪臭公害、ハエの発生等の問題が生じており、早急に解決をせまられていた。従って、豚糞をメタン発酵により効果的に処理することは環境浄化に役立ち、また、地域エネルギーとしてメタンガスの生産利用が可能となり、地域への貢献は大きい。さらに、畜産経営は今後ますます大規模化・集約化することが予想され、それに伴い畜産廃棄物処理をメタン発酵という方向から見直す事は、将来の我が国の畜産経営のあり方を考える上でも意義深いといえる。

次に、食肉の冷蔵・冷凍については、豚肥育と組み合わせることにより、出荷時期をコントロールして有利な時期に販売できて高収益へつながり、先駆性もあって、畜産振興にも寄与するものである。

\* 新居浜工業高等専門学校機械工学科助教授  
〒792 愛媛県新居浜市八雲町7-1

また、ガスエンジンから出る排熱をプロイラーの脱毛に有効利用することは、プロイラーの飼育、解体及び冷凍保存という一環したシステムを構築する上で重要であり、また、省エネルギーの面からも意義のある新しい試みである。

以上のように、本計画案は、豚糞公害の低減による環境浄化、食肉冷凍保存による高収益の確保と畜産振興への寄与、ガスエンジンヒートポンプ排熱の有効利用による地域エネルギー利用技術としての新規性等、多くの効果が期待され、また、将来的には糞尿処理規模の拡大、小規模冷蔵庫から長期冷凍保存用冷蔵庫に至る大規模システムへの事業の展開などの可能性があり、食肉流通販売の安定化に大いに貢献するものといえる。

### 2.3 実験による技術的検討

畜産廃棄物エネルギー開発分野の一環として、開発計画に対する実際的な裏付けとして、主として下記の事項に関する技術的検証を得るため、小規模なメタン発酵プラントを使用した実験を実施した。

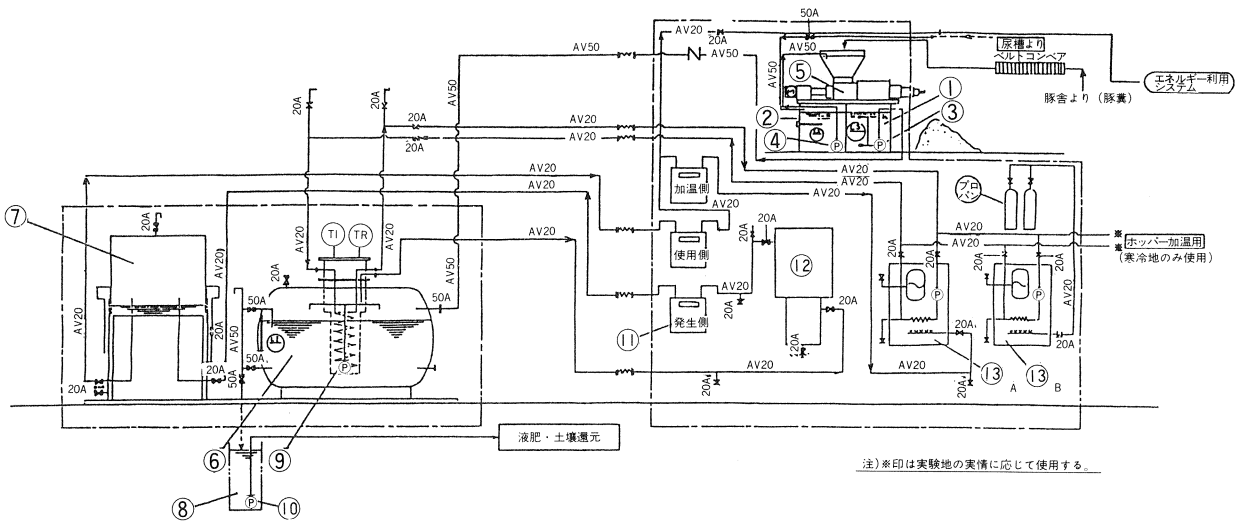
- (1)メタン発酵プラントへ投入する単位畜糞量に対するガス発生量の原単位の確認を行う。
- (2)発酵後の残渣の処理は、メタン発酵の今後の普及を考えると最重要視する項目であるが、原則として肥料としての土壌還元を優先させることを前提とし、残渣の一部、または全量の土壌還元方策を計画するための設計資料を取得する。
- (3)従来からあるメタン発酵方式は、冬季にプラント外部での利用可能なガス量が著しく低下するのが通例であるが、最新のメタン発酵技術を使ったメタン発酵プラントで、冬季でも利用できるに見合う量のガスが発生することを確認する。

### 2.4 実験装置の概要

実験装置の概要を図-1に示す。全装可搬式の無希釈高負荷メタン発酵システムであり、豚250頭規模（糞量は1.5kg/頭・日）のプラントである。

### 2.5 実験結果（図-2）

種汚泥の投入によりガスの発生を確認した。測定値は2月5日で3 m³/日、メタン濃度7%であった。種



項番	機器名称	個数	材料等	備考	項番	機器名称	個数	材料等	備考
1	搾汁液槽	1	鋼板製						
2	尿汚水水槽	1	鋼板製		13A	ガスボイラー	1		発酵ガス用
3	搾汁液投入ポンプ	1		水中汚水汚物ポンプ 0.4kW	13B	ガスボイラー	1		プロパン用
4	尿汚水投入ポンプ	1		水中汚水汚物ポンプ 0.4kW					
5	搾汁機	1		スクリュープレス型 2.2kW					
6	メタン発酵槽	1	F R P	内容積9.42 m³ 発酵液貯留槽 7 m³ F R P、断熱材複合三重構造					
7	ガスホルダー	1	鋼板製	有立式ガスホルダー ガス貯留量 4 m³、ガス圧力200mmAq					
8	発酵廃液槽または排水溝	1	F R P						
9	攪拌ポンプ	1		水中汚物ポンプ 0.2kW					
10	廃液移送ポンプ	1		水中汚物ポンプ 0.4kW					
11	ガスメータ	3							
12	水抜脱硫槽	1	PVまたはFRP						

図-1 豚250頭規模可搬式メタン発酵プラントフローシート

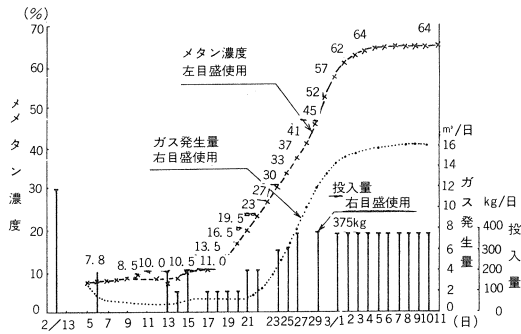


図-2 ガス発生量、メタン濃度曲線

汚泥投入後1週間はガス発生量は漸減現象を呈し、20日間迄は横ばい状態が続いた。この間糞の投入量は、規定値の1/4~1/2程度に抑えた。実験開始後18日目から、まずメタン濃度が立ち上がり、次いで2日後ガス発生量が増加し始めた。メタン濃度は立ち上がり始めると約2週間で63~64%となり安定した。ガス発生量は約10日間で15m³/日程度で安定状態に入った。以後はわずかながら増加し、1週間後に約16m³/日となり安定した。糞の投入量はメタン菌の活動状況をみながら増加させ、3月1日(種汚泥投入後29日)から設計規定量375kg/日を投入した。

2.6 実験結果の検討

本実験設備による豚糞を対象とした場合のガス発生

量は標準値500ℓ/kg・VSSに対して約80%の400ℓ/kg・VSS程度であったが、この原因は投入糞が豚糞だけではなく鶏糞等が混入していたためと思われる(鶏糞については320ℓ/kg・VSS)。すなわち、今回の実験は冬季の気温が最も低い時期に実施したが、発生ガス量に対する利用可能ガス量は約80%を確保できたことになる。

2.7 システムの基本設計

(1) 実験結果による修正

実験結果により、メタンガス発生量は予測値よりも20%位減少していることがわかった。すなわち、予測値のガス発生量を一律に20%ダウンさせた値に修正し、この実験値に基づいた値を使用して、全体システムの設計を行う。

修正したガス発生量の値を使用して、ガス供給側(メタンガス発生装置)とガス需要側(冷蔵庫)とのエネルギーバランス(マッチング)を検討した結果、本計画システムとして最適な組み合わせは、豚4,000頭規模のメタンガス発生装置を用いたシステムであることがわかった。豚4,000頭規模のエネルギーバランスを表1に示す。ここで、冷蔵庫消費ガス量の算定にあたっては、冷凍機の負荷率を考慮して冷却負荷を計算した。

表1 供給メタンガス量と冷蔵庫使用メタンガス量のバランス(豚4,000頭規模)

月	冷 蔵 庫		冷 凍 庫 (注1)		④+⑤ kcal/h	冷凍機 (注3) の負荷 率 %	消 費 量 m³/日	利 用 可 能 量 m³/日 (注4)	残 量 m³/日	ガスエンジン 排熱回 収熱量 (注2) kcal/日	ガスエンジン 排熱に よる温 水量(65℃) t/日
	Mcal/月	②kcal/h	Mcal/月	③kcal/h							
1	1,911.9	2,560	5,832.2	7,840	10,400	52.0	144	186	42	310,000	6.2
2	1,960.9	2,640	5,876.8	7,900	10,540	52.7	146	187	41	315,000	6.3
3	2,196.9	2,950	6,111.5	8,210	11,160	55.8	155	192	37	334,000	6.6
4	2,641.9	3,550	6,556.8	8,810	12,360	61.8	171	200	29	368,000	7.3
5	2,999.7	4,030	6,914.6	9,290	13,320	66.6	184	207	23	396,000	7.9
6	3,314.1	4,450	7,229.0	9,720	14,170	70.9	196	219	23	422,000	8.4
7	3,760.9	4,980	7,621.8	10,240	15,220	76.1	210	230	20	452,000	9.0
8	3,579.3	5,050	7,674.2	10,310	15,360	76.8	213	232	19	459,000	9.1
9	3,445.0	4,630	7,359.9	9,890	14,520	72.6	202	223	21	435,000	8.7
10	2,973.6	4,000	6,888.5	9,260	13,260	66.3	182	207	25	392,000	7.8
11	2,537.1	3,410	6,452.0	8,670	12,080	60.4	166	199	33	357,000	7.1
12	2,118.1	2,250	6,033.0	8,110	10,960	54.8	152	190	38	327,000	6.5
合計	33,565.4 Mcal/年	—	80,550.3 Mcal/年	—	—	—	—	—	—	—	—
平均	2,797.1 Mcal/月	3,758.3	6,712.5 Mcal/月	9,020.8	12,779.2	63.9	176.8	206.0	29.3	380,000	7.5

(注1) 冷凍庫の負荷に凍結庫の負荷も含まれる。

(注2) (ガスエンジン排熱回収熱量) = (メタンガス消費量) × 5,390 × 0.4

(注3) 文献1) 参照

(注4) 設計値の80%とした。

(2)豚糞メタンガスによるガスエンジン冷凍庫のエネルギー・物質収支豚糞メタン発酵による食肉冷凍保存設備のエネルギー・物質収支を図-3に示す。

メタン発酵廃液の処理については、基本的には液肥としての利用を考えて付近の圃場に散布することを計画するが、散布が出来ない場合には、堆肥発酵舎への散布（堆肥の好気性発酵の促進）及び一定用地における地中浸透と自然蒸散とを行わせるシステムを考える。

また、食肉冷凍庫システムについては、既存の冷凍機と並行して設置し、通常の運転にはメタンガスによるガスエンジン駆動により行うが、ガスの供給が停止するなどして事故が発生した時には、従来の買電システムに即座に切り換えて運転するものとする。

既設の冷蔵庫及び冷凍庫は以下のごとくである。

- 冷蔵庫；C級 40㎡×3.5mH；公称25t(6,800Kcal/h)
- 冷凍庫；F級 40㎡×3.5mH；公称50t(8,200Kcal/h)
- 凍結室；能力1t/日(5,000Kcal/h)

### 3. 鹿児島県の事例（金鉱山より湧出する地熱水の有効利用事業化計画）<sup>2)</sup>

鹿児島県菱刈町には、金鉱山から湧出する地熱水を利用して第3セクター「菱刈泉熱開発株式会社」が給湯を行っており、地熱水の供給量は毎分3㎡余りあるが、調査時点では一部を浴用として利用しているだけで利用可能な多量の地熱水が残されていた。この地熱水の多目的で有効な利用方法について調査検討し、施設園芸、養殖、観光など産業の振興や町民の健康増進、福祉の充実など多方面にわたる利用を図ることにより、地域の振興活性化に大きく寄与するものと期待されている。

本章では、菱刈町の川北地区を中心に湯之尾地区の地盤沈下に伴う集団移転の新しい街づくりを踏まえ、施設園芸、老人福祉センター、温水プール、観光旅館、養殖等の多段階的利用システムについて、その可能性と実現にむけ事業計画を策定した。

#### 3.1 対象地区の概要

菱刈町は、鹿児島県の北部にあり、東経130度38分、北緯32度0分に位置し、平均標高175mで、東西9.5km、南北15.25kmの南北に長い地形で、総面積100.57km<sup>2</sup>である。周囲を九州山地の支脈に囲まれた盆地である。東北部一帯と南部は一連の山系を形成し、山林、原野が総面積の約60%を占めている。中央部、西北部一帯

は平野で、沖積層の肥沃な農耕地が開け、東西に川内川が貫流している農山村地帯である。

#### 3.2 エネルギー利用可能量の検討

##### (1)地熱水の配湯経路

金鉱山での泉源及び泉源から配湯センターまでの熱水送湯システムについて簡単に述べる。

坑内から毎分3㎡湧出する約60℃の熱水は一旦100㎡の受水タンク（Aタンク）に貯湯され、2台のポンプにて、200φの鋼管を通して100㎡の中継タンク（Eタンク）まで送湯される。泉源近傍にはその他に配管の掃除用に濁水タンク及びAタンクからの水処理設備が設置されている。送湯パイプは一部の地上露出部分を除いては基本的に地下埋設配管となっており、送湯パイプの内面はアルミ溶射され、外面は保温材で被覆されている。

中継タンク（Eタンク）は電磁バルブにて水位調節が可能な構造となっている。中継タンクからは小枝管（100φ）を通して付近の既契約の需湯家へ毎分300ℓ（調査時点）配湯されている。

熱水はさらに、中継タンク（Eタンク）から配湯タンク（Fタンク）まで自然流下により送湯される。配湯タンク（Fタンク）は100㎡の容量を持ち、Eタンク同様電磁バルブにて水位調節が可能となっている。EタンクからFタンクまでは200φの鋼管製のパイプにより接続されている。

泉源からFタンクまでは、炭酸カルシウムを主成分とするスケール付着防止策として3組のピグランチャーとピグレスーバーが取り付けられており、2～3週間に1回の割合でピグを発射し、パイプ内壁面に付着したスケールの除去を実施している。剥離されたスケールを回収するスケールピット及び放流ピットがFタンクの周辺に設置されている。

湯之尾地区における既契約の需湯家への配湯には配湯タンク、すなわち川内川右岸にはGタンク、左岸にはHタンクを設置して各戸へ配湯している。Gタンク、Hタンクとも35㎡の容量を持ち、FタンクからGタンク、Hタンクへはφ125のパイプを通して自然流下により送湯されている。Gタンク、Hタンクより各戸へはφ50～φ75のパイプ（小枝管）により配湯されている。小枝管におけるスケール除去対策としては、パイプ末端にてポンプによりパイプ内壁面を加圧してスケールを剥離除去する方法を各需湯家が実施している。地熱水の配湯経路図を図-4に示す。

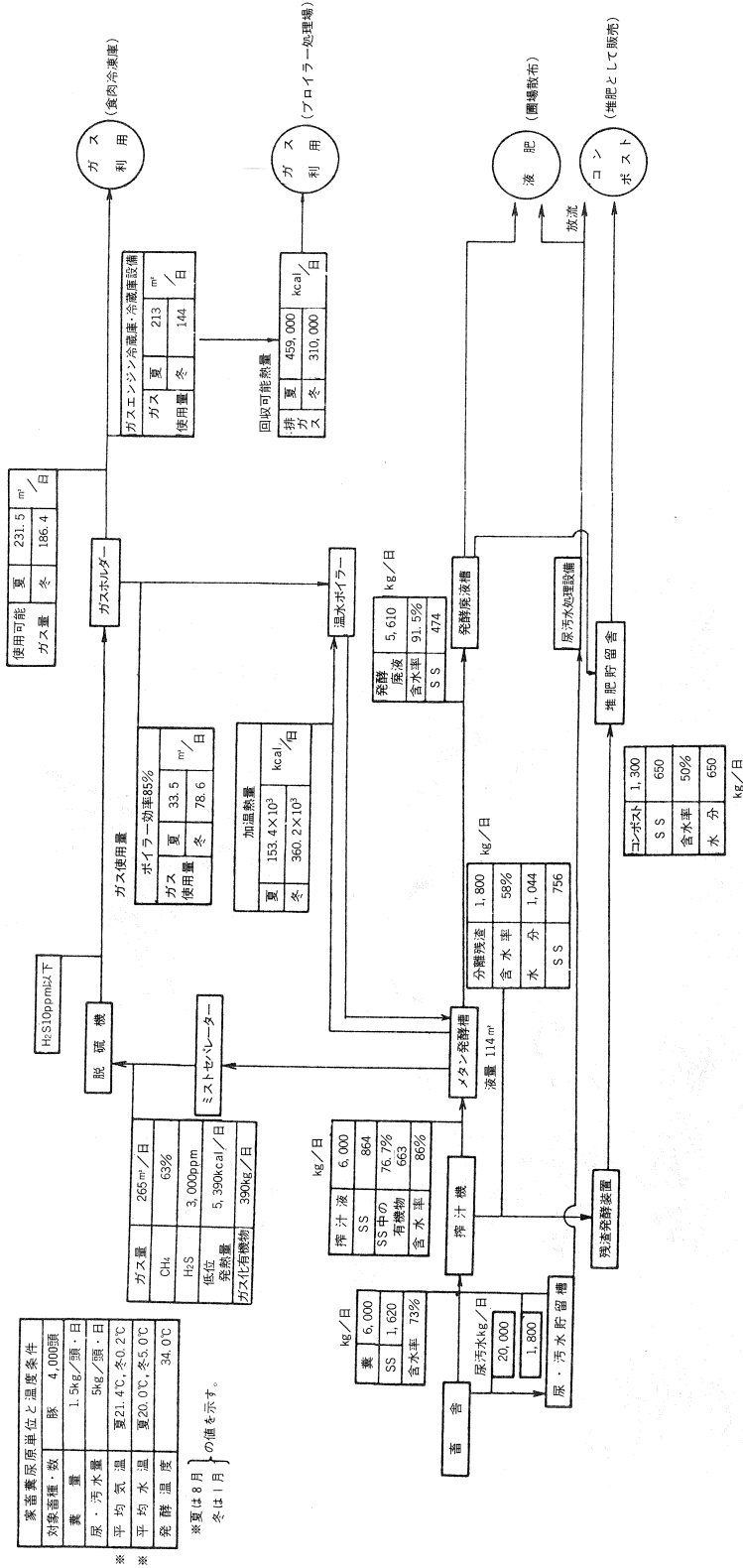


図-3 豚糞メタン発酵による食肉冷凍保存設備エネルギー・物質収支図 (豚4,000頭規模)

(2)利用可能エネルギー量

菱刈鉾山坑内に湧出している60℃前後の地熱水を対象に、地熱エネルギー利用可能量を検討した。地熱水量は約3,000ℓ/分で、引湯過程での熱損失を考慮し熱水利用温度幅を50℃→30℃とした時の熱エネルギーは、 $3.6 \times 10^8 \text{Mcal/hr}$ 、すなわち $31.5 \times 10^6 \text{Mcal/年}$ 利用可能である(1Mcal=1,000Kcal)。これを重油に換算すると、重油発熱量9,900Kcal/ℓ、ボイラー効率を80%として、 $3.98 \times 10^3 \text{kℓ/年}$ に相当し、200ℓドラム缶2万本に相当することになる。

3.3 実施計画の概要

(1)システムの概要

湯之尾温泉街の集団移転地を、川内川沿いの町有地(2.5ha)と想定した場合のシステムである。すなわち、既契約の需湯家には移転後も合計1,000ℓ/分供給し、

移転地を拠点として温水プールや老人福祉センターを計画した。その他に、麓地区の川内川右岸に施設園芸ハウスも計画した。

このシステムは、湯之尾温泉街の集団移転後の姿を想定したシステムであり、地域活性化のねらいを観光(商業)と農業との連携に求めたものである。すなわち、熱水を利用した温水プールや老人福祉センターは地元の人々だけのものではなく、外部から来る観光客にも気楽に利用できるものとし、また、ガラス温室17,000㎡の施設園芸ハウスは米作中心の農業からより付加価値の高い作物栽培農業への転換を促すものとして期待されるため、事業実施の意義は大である。

実施計画のシステムは多目的多段階利用とし、第1次利用は施設園芸ハウス、温水プール、老人福祉センター、老人ホーム及び既契約需湯家を考える。第2次

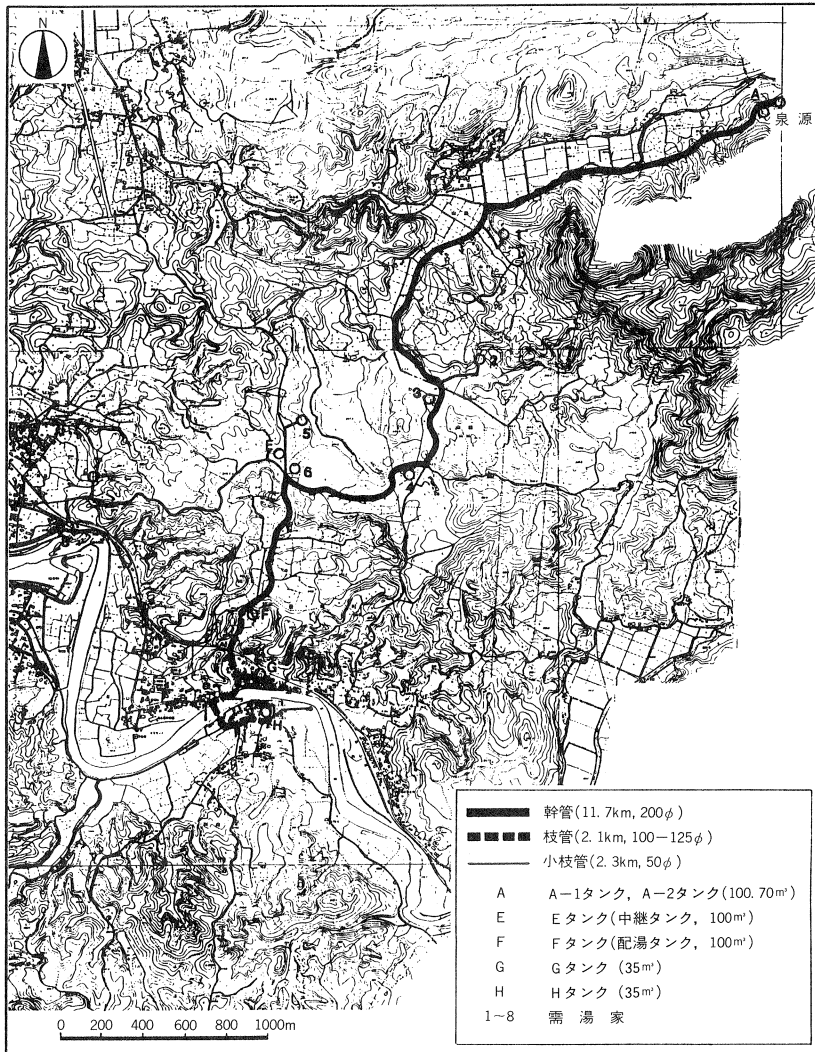


図-4 地熱水配湯経路

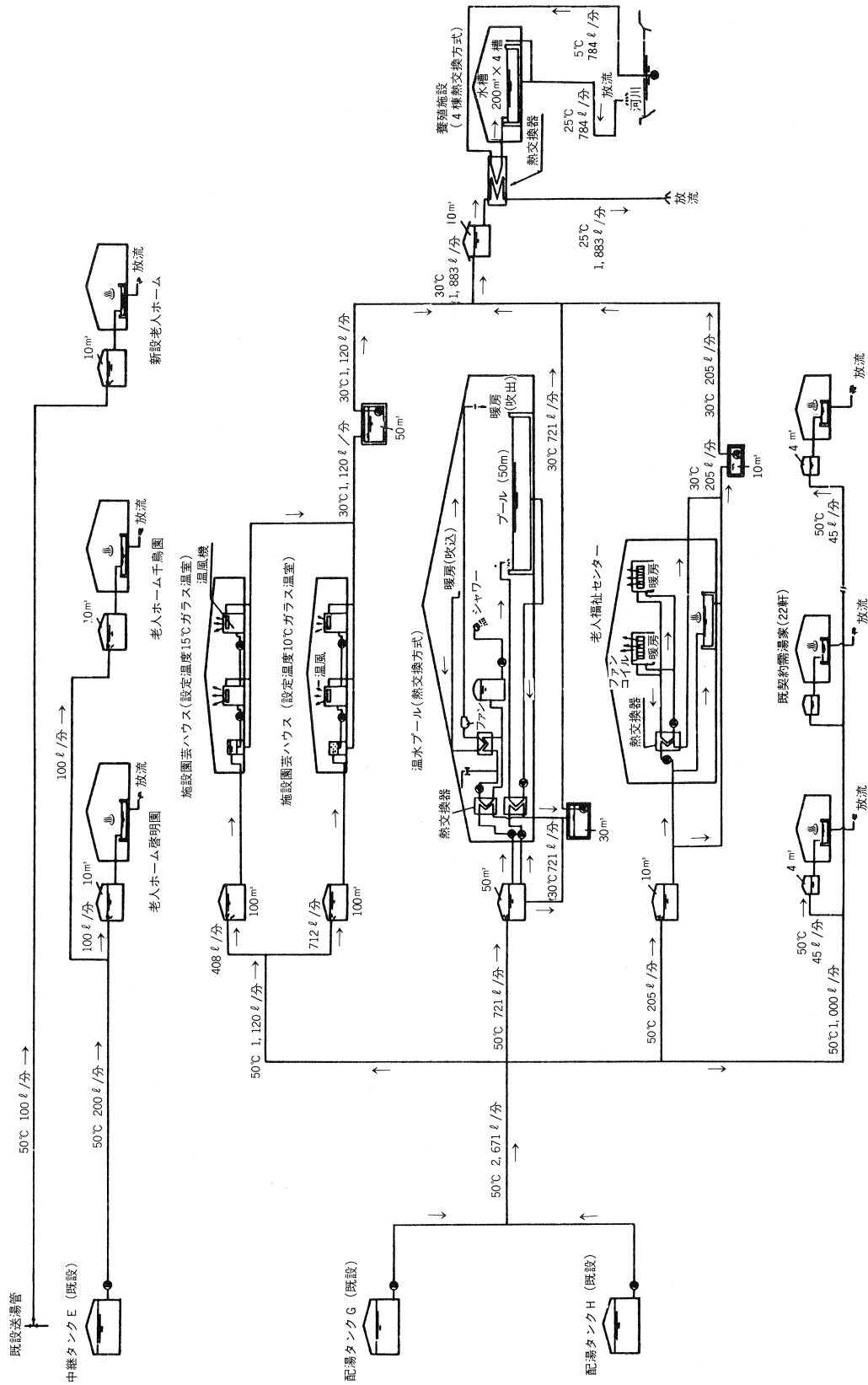


図-5 利用施設全体システム(A)図

表2 システム主要項目

システム	主要項目	備考
熱水供給システム	(A)案 既設のGタンク、Hタンクよりポンプにて各利用施設へ送湯	スケール除去設備として
	(B)案 Fタンクより自然流下にて、新設のタンク(35m <sup>3</sup> )に一旦貯湯し、ポンプにて各利用施設へ送湯	ビッグ方式とパイプ加圧方式を併用
施設園芸ハウスシステム (1次利用)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最低管理温度;10℃</li> <li>・栽培作物;冬春トマト</li> <li>・ガラス温室(500m<sup>2</sup>/棟)、ビニール温室(254m<sup>2</sup>/棟)</li> </ul>	地熱水による温風暖房
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最低管理温度;15℃</li> <li>・栽培作物;メロン、キク、バラ、カーネーション</li> <li>・ガラス温室(500m<sup>2</sup>/棟)</li> </ul>	
温水プールシステム (1次利用)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・総床面積;2,336m<sup>2</sup></li> <li>・2F建、RC構造</li> <li>・50mプール</li> <li>・特A型仕様</li> </ul>	プール水加温方式として熱交換方式と、地熱水直接利用方式を検討
老人福祉センターシステム (1次利用)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・総床面積;776m<sup>2</sup></li> <li>・1F建、RC構造</li> <li>・公式競技仕様</li> </ul>	地熱水による暖房と給湯(浴用)
老人ホームシステム (1次利用)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・件数;3施設(既設2施設、新設1施設)</li> <li>・総床面積;既設(1,676m<sup>2</sup>、2,171m<sup>2</sup>)、新設(111m<sup>2</sup>)</li> </ul>	地熱水直接利用(浴用)
既契約需湯家システム (1次利用)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・旅館等;22軒</li> </ul>	地熱水直接利用(浴用)
養殖施設システム (2次利用)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・養殖池面積;200m<sup>2</sup>槽/棟</li> <li>・ハウス仕様;パイプハウス</li> <li>・ハウス面積;364m<sup>2</sup>/棟(間口14m、長さ26m)</li> <li>・水温;25℃</li> <li>・養殖種;スッポン</li> </ul>	1次利用施設の排湯を利用 ・温水造成システム;熱交換方式、温水直接利用方式

利用としては第1次利用の排湯を使用し、養殖施設への利用を図る。

#### (2)システムの主要項目及びシステムフロー

地域の特性、地元の意向により決定されたシステムの主要項目を表2に示す。システムの主要項目としては、熱水供給システム、施設園芸ハウス、温水プール、老人福祉センター、老人ホーム、既契約需湯家、養殖施設から成り立っている。特に、温水プール及び養殖施設では、設備費を低減させる観点から、熱交換方式の他に温水を直接利用するシステムも検討した。ここで、システム図を図-5に示す。

#### 4. あとがき

一般に石油エネルギーを使用した場合と石油代替エネルギーを使用した場合の経済的な相違は、石油の場合はその取り扱いが簡単であり、設備投資が安い反面、石油の購入価格の変動によってエネルギーコストの経済性が左右される。それに対して石油代替エネルギーの場合は、そのエネルギー源の収集、取り扱いが難しく、設備投資も高い(今後の普及状況にもよるが)反

面、一旦設置されればそのコストが変化することが少なく、建設初期の資本経費(減価償却費や借入金利子)がその経済性を左右することとなる。以上のように、地域エネルギーの経済的課題は、その設備投資の多さが経営を圧迫することであり、極力有利な資金調達を行うことにある。

最後に、今後の普及に最も必要なことは、地域の利用者が自ら地域に最も適したエネルギーの利用を発想し開拓していく姿勢である。地域エネルギーの開発は、一つの方法がどの地域にも当てはまるというものでなく、地域それぞれの特性を十分に把握する必要がある。また、これらの事業を実現するためには国等からの積極的な助成が望まれるが、事業実施にあたっては、県、市町村、農畜産関係団体等の指導が必要であろう。

#### 参考文献

- 1) 大分県、大分県地域エネルギー開発利用事業化可能性調査報告書、昭和59年3月
- 2) 鹿児島県菱刈町、菱刈町地域エネルギー開発利用事業化可能性調査報告書、昭和61年3月