

農山村からリサイクル社会を構想する

酒 井 信 一

Efficient utilization of unused organic resources in rural district.

by Sinich SAKAI

Laboratory of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture,
Shinshu University, Ina, Nagano-Ken, 399-45, Japan.

Summary

Resources do not always exist in a form being easily utilizatable. Whether it may be recognized and be utilized or no not depends on people's sense of value and his enterprizing spirit towards it.

The problems on utilization of the resources in rural district are as follows.

Firstly, it should be recognized that the people should find out the resources by themselves in their own district. The mere proposal of the lists of resources and the assessment of amount of resources may rather be limited the utilization of resources in the district.

Secondly, energy utilization in the future should be accurately estimated based on saving of energy consumption.

Thirdly, scientific investigation and technical development concerning the utilization of resources should relate to a practical use of resources. And it may be needed to promote a joint resarch project between scientific investigation and practical use of the resources.

Fourthly, the people in the district have to well understand the technique, and have to commonly the equipment supplied.

The author carried out scientific and practical investigation on "Efficient utilization of unused organic resources in rural district" for 12 years continuously from the view of above mentioned points.

The description was fragmental, but several suggestions could be provided to efficient utilization of resources in rural district.

This investigation may involve the following 6 fields.

- (1)Organic redidue of all garbage, live dumpings and sludge were made into ripe compost and if it was suitable for the domestic animals to breed, the fermented feed by using high-temperature microorganisms could be used.
- (2)Domestic animals could be bred by fermented feed without using so-call "Complete assorted feed" and all sort of "Chemical additives" and so on.
- (3)The effect of application of the ripe compost on the soil properties.
- (4)Utilization of fermentation heat from the process of ripening stages to produce the compost.
- (5)Purification of waste water by using the soil and reusing its purified water for human life and for various agricultural purposes.

(6)To build the log-cabin for domestic animals and for the farming machines, implements and cars by using wood obtained from thinning of forest trees. And if the wood was not suitable for log-cabin to build, it might be used to supply for hot water or heating fuel for human life and for various kinds of agricultural facilities.

1. はじめに

最近ローカルエネルギー利用が注目され、各方面での調査、研究、開発が進められている。

これらに関する調査・研究報告書のほとんどは、次のような構成になっている。

- 1) その地域に存在するローカルエネルギーの種類とその賦存状況
- 2) その地域のエネルギー需要構造
- 3) その地域のエネルギー需要の将来予測
- 4) ローカルエネルギー利用に関する技術的検討と供給設備計画

ローカルエネルギーの活用については、私も双手をあげて賛成である。しかし、このような調査、研究、開発の進め方には私はどうしてもなじめない。

なぜならば、第一に、エネルギー資源を“あるもの”に限定して出発することである。たとえば、中小水力、風力、地熱、太陽熱、波力、潮力、バイオマス、各種廃棄物などと。

資源は、その地域の住民が自分達で見付けるものではないだろうか。資源というものは私達にとって常に使い易いかたちで存在しているものではない。それを資源とみるか、また、それを利用するかどうかは、その人の価値観と取組みにかかっている。したがって、単なる資源名の羅列とその賦存量の提示は、かえって、その地域における資源利用を限定化し、矮小化させる危険性がある。

第二に、エネルギー需要構造の調査と将来予測であるが、現在の需要構造が果して正常なものであるかどうか、という疑問と反省なしにこの問題に取組み、さらにこれをベースにして将来予測をすることは、どんな意味をもつのだろうか。エネルギー浪費型の需要構造にメスを入れ、将来の省エネルギー型需要構造を思考することが、資源利用を考えるに当たっての出発点になるのではないだろうか。

第三に、技術的な検討と供給設備計画についてであるが、多くの報告書では、各項目毎にその道の権威者が分担している。各分野の専門の研究者は、自分のもっている最高の技術をそこに呈示するのが普通である。そこでは、各項目相互の関連はほとんど顧慮されることなく、資源総合利用の全体の流れの中における位置づけも不明

確なものが多い。そして、それが、他の部分にどのような影響、障害をおよぼすかということには目をつぶり、また、それが、その地域の人々に本当に使いこなせるかどうかということには無関心であるように見える。

私は、このような調査、研究、開発を否定するつもりはないが、報告書を見て、それをそのまま無思想的に受入れる市町村や団体等が出るのを恐れるのである。ローカルエネルギー活用による地域開発どころか、まかり間違えば将来に大きな荷物を背負わされることになること恐れるのである。

しかしながら、いままで述べてきたことは、言うは易いが、その実施は大変難しいことである。多くの専門領域の研究者や実行者の密な連携と協力なしには成しうることはない。この問題について何の素養も見識もない私（専門はダム工学）が、あえてここで、この問題を論じさせていただくことにしたのは、過去十年余にわたって私達が「有機未利用資源の農山漁村への活用」を中心に行ってきたささやかな実践の記録をここに呈示して、今後のタタキ台にさせていただければと考えたからである。

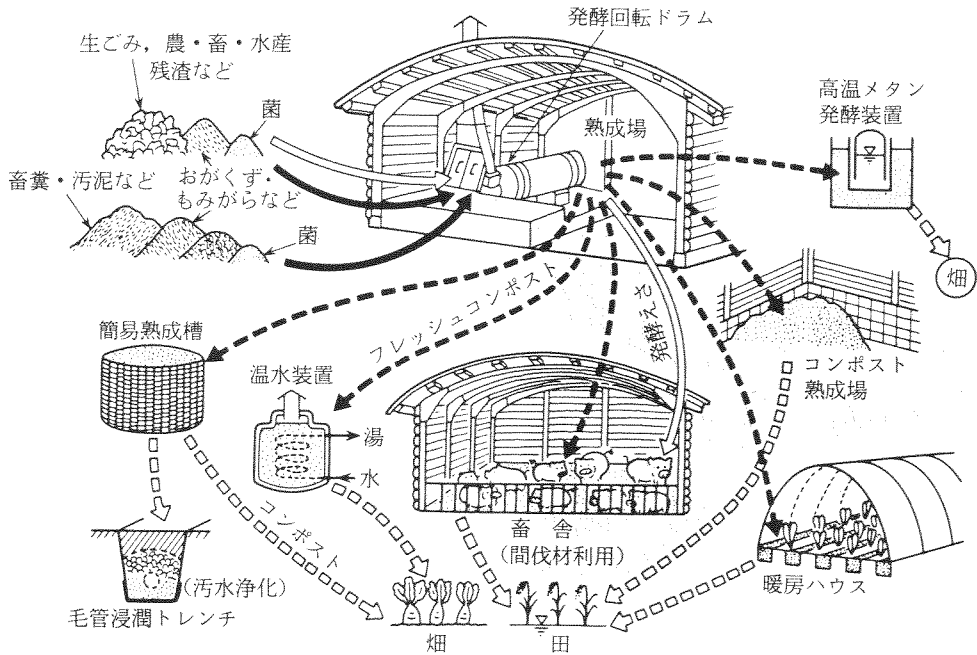
2. 資源利用農法の流れ

私達がいままで行ってきた「資源利用農法」の流れを図示すれば図一1のようである。それぞれの部分は個々独立なものではなく、お互いに有機的な密接な関連をもちながら流れに沿ってリサイクリングを形成している。したがって、これらを分割して論ずるのは適切ではないが、私達のいままでの研究をあえて分ければ次の6つに大別することができる。

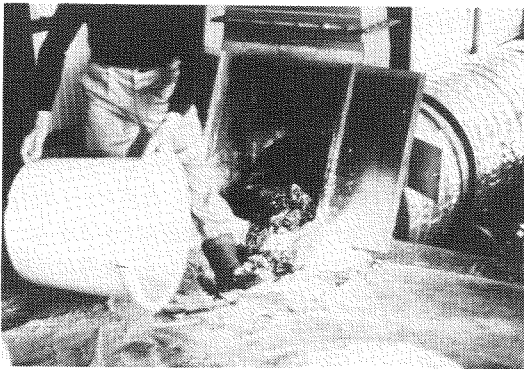
- 1) 各種有機物残渣の発酵飼料化と家畜の飼育
- 2) 各種有機物残渣のコンポスト化と作物栽培
- 3) コンポストの施用が土壌の理化学性、生物活性におよぼす影響
- 4) コンポストの熟成段階に発生する発酵熱の利用
- 5) 土壌による汚水の浄化と浄化した水の再利用
- 6) 森林資源、特に間伐材の活用

図一1において、白抜きの実線は飼料の流れ、黒線（実線および点線）は未熟成のコンポスト（フレッシュコンポスト）の流れ、白抜きの点線は熟成コンポストの流れである。

生ごみ、農・畜・水産物残渣、家畜の糞、各種の汚泥などは、おがくずやもみがらなどで水分・通気調整され



図一 資源利用農法の流れ



写真一 発酵回転ドラムへの投入

たのち、高温・好気性発酵をさせるため、菌とともに発酵回転ドラムに投入される(写真1)。ドラム内で3~4時間攪拌・加温処理したのち取り出された発酵物は、家畜の餌になるものは発酵飼料として豚や鶏などに与え、家畜の餌として適さないものは熟成槽に入れり堆積したりして、熟成過程の発酵熱も利用しながら3~4ヶ月熟成させたのち土壤に還元される。

長年コンポストを連用している私達の無化学肥料・無農薬栽培農場では、地力は年々向上し、作物は健全に生育し、安全で、美味な生産物を消費者に供給している。

また、施用されたコンポストをエサとし、その数と種類を増した土の中の生きもの達は、土の中に流入した汚水をきわめて効率よく浄化する。浄化した水を回収して

各種用水として再利用する試みが全国各地で行われはじめています。

一方、人工林の育成のために欠かせない除・間伐によって出てくる枝葉や除・間伐材は、コンポストの原料として、農業用の各種建物の用材、土木用材として、また燃料として利用される。

3. 有機廃棄物の再資源化

3.1 飼料化とコンポスト化

各種有機物残渣の飼料化およびコンポスト化にあたり、私達は数種の好熱性好気性桿菌群を優占種とする複合菌を使用している。そして、これらの菌の増殖にとって好適な環境条件を与え、高温・好気性発酵を短時間で進行させるために発酵回転ドラムによる処理を行っている。

家庭、食堂、ホテル、食品マーケット、食品工場、屠場、畜舎、農場、し尿処理場などから排出される各種有機物残渣が主原料である。これらは一般に水分過多で通気不良であるので、通気・水分調整のためにオガクズやモミガラ等を加え、さらに米ヌカ等で増量された菌を少量添加して発酵回転ドラムに投入される。そして3~4時間、加温・混合しながら一次発酵させたのち取り出される。

家畜のエサにする場合は更に約1日熟成させ、熟成コンポストにする場合は畜舎の床、暖房ハウス内の発酵溝、高温メタン発酵や温水取水装置の熟成槽あるいは簡易熟

成槽などに投入し、熱利用をしながら3～4か月熟成させる。

3.2 発酵飼料で養豚

平飼式の仕切りのない広い豚舎では、豚達が自由気ままに寝そべったり、床の堆積物を掘り返したり、走りまわったりしている。



写真—2 発酵飼料の投入

発酵エサは豚舎の床全面にスコップで投げ込まれる(写真—2)。わっと集まった豚達の中で鶏ガラやマグロの頭などはガリガリという音と共にたちまち消滅する。豚は実に見事な粉砕機である。発酵処理前にゴミを破碎すれば発酵にとってはたしかに有利であるが、大きな塊でも約1日間の高温発酵によって内部まで十分熱が通っている。豚達にとっても年中粉状の配合飼料ばかり食べさせられていたのではストレスが高じてしまう。

ゴミに混入してくるビニールやナイロンロープ、ナイフやフォークなどは豚は決して食べない(牛の場合は食べてしまうので要注意)。これらは畜舎の床から熟成コンポストを取り出したあとでつまみ出すかフルイでふるえば簡単に取り除くことができる。豚は実に見事な選別機である。

豚舎の床面は全体がエサ場であり、運動場であり、寝床であり、便所である。床面の堆積物は常に高温発酵を続けいつもさらさらしている。堆積物の中の微生物達の栄養分は食べ残しのエサと糞で補給され、高温発酵によって失われてゆく水分は尿で補給され、堆積物は常に55%前後の含水率を維持している。豚は実に見事な栄養・水分補給機である。

床の堆積物は豚達の鼻と足で掘り返される。冬は深く、夏は浅く、そして四季を通じていつも適量の酸素が堆積物の中に補給される。豚は実に見事な切り返し機である。

発酵によりエサの中のタンパク質類が消化吸収されやすくなっているので、糞の中の未消化のタンパク質が腐敗して悪臭を出すことはほとんどない。更に糞尿は直ち

に床面の堆積物と混り合い好気性発酵を続けるので、畜舎内には常に甘ずっぱい香ばしいにおいが立ち込めている。もちろん豚舎からは一滴の汚水も出ない。

エサをたくさん与えれば与えるほどたくさんコンポストができる。格安のエサであるから惜げなくエサを投入する。エサがいつも十分にあれば豚は食べ過ぎることはない。低カロリーのエサを腹八分目食べ、十分運動し、ストレスのない毎日を送っている豚達はきわめて健康である。

また、発酵エサは夏でも4～5日は変質することはない。大量にエサを投入しておけば土曜、日曜はエサを与えなくてもよい。

寒風が吹き込む厳冬の豚舎内では豚達は高温発酵を続ける床の堆積物を掘って腹を暖めている。

かくして、エサ代が安く、ボロ出しや汚水処理が不要、悪臭がほとんどなく、冬の暖房も不要、衛生管理とも無縁、そして週休二日制の養豚が、しかも豚舎の床には熟成コンポストがどんどん蓄積されてゆくという夢のような豚飼いが実現している。

このように、現代養豚がかかえている悩みを一举に解決できる養豚でありながら、その普及は遅々として進まない。その原因は次の二つである。

第一は、体重の増え方である。私達の養豚では15kgぐらゐの子豚が90kgぐらゐになるまでに約6ヶ月を要する。それにくらべて近代養豚では約4ヶ月で90kgに達する。前者が身のしまった健康児であるのに対し、後者はケージの中で運動もままならず、高カロリーのエサを与えられ、薬づけで育てられた肥満児であるから、2ヶ月の差がつくのは当然である。しかしこの差のために私達の養豚のすべてが否定されてしまうことが多い。

第二は、肉質の問題である。専門家は私達の豚肉を最高の肉だと言ってくれる。ところが一般の取引の段階では最低の値段しかつかない。肥満児が正常であるという価値基準の上に立てられている格付の中では、肉が赤く、脂肪が少ない私達の豚肉は、それが美味で、安全で、栄養価が高くても決して上位にランクされることはない。

解決の道は唯ひとつ。消費者がこのような肉を正しく評価し、適正な価格で取引されるようになることである。しかしそれにはなお時間がかかりそうである。

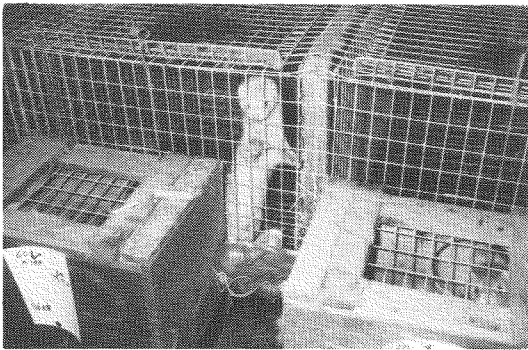
果樹栽培農家のFさんは、果樹園に施す堆肥を「堆肥作りの名人“豚達”」に作ってもらうために、生ゴミを原料とした発酵エサで豚を飼っている。大きい豚の方がよりたくさん、より良い堆肥を作ってくれる。Fさんの豚舎では巨大な豚達が毎日堆肥作りに精を出している。豚肉の価格の変動にやきもきすることはない。

3.3 ミンクに挑戦

豚や鶏の飼育で気を良くした私は、次に非常識にもミンクの飼育に挑戦した。

大学の近くのミンク飼育場のKさんを訪問した。Kさんは言った「そもそもミンクはイタチを家畜化したものである。純肉食性でとても神経質な動物である。生ゴミが原料で、しかもオガクズが半分も入っている発酵エサは食べるはずがない。素人が飼うのは不可能である」と。

忠告にも耳をかさず、ともかく雄一頭と雌三頭をわけてもらって大学構内で飼いはじめた(写真一3)。



写真一3 ミンクに挑戦

悪戦苦闘の10ヶ月ではあったが、ともかく、私達の発酵エサでもミンクが飼えることが実証された。

当初全く否定的だったKさんも徐々に興味をもち、発酵エサによるミンクの飼育に熱心に取り組みはじめた。

東北地方から専用の冷凍車で運んできていたエサに、この発酵エサを混ぜた実験を一部のミンクを対象にして始めた。発酵エサの混入量を徐々に増やしていった。生育もよい。混入量が一割ぐらいになったとき、強烈な糞のおいが少なくなった。

その後、Kさんは発酵回転ドラムを導入して熱心に発酵エサ作りに取り組み、ペレット状の乾燥発酵エサの製造に成功し、県内外の仲間達にもこのエサを供給している。

それまでと比べて、エサ代はまるで安くなり、数百頭のミンクに対し2人がかりでエサ作りと飼育管理をしていたのが、1人でも楽なくらいになり、悪臭は消え、交配率、受胎率、出産率が上がり、健康で成長がよく、すばらしい毛並みの大きな毛皮がとれるようになった。

今Kさんは、発酵エサによるミンクの飼育について中国に技術指導に行ったとき持ち帰ったフィッチ(ミンクの種類)の飼育を中心に更に研究に取り組んでいる。

Kさんの指導を受け、長野県東部のK農協でミンクの飼育をはじめた。二年を経過した頃、組合長からお声がかかった“Kさんに教わった通りにやっているんだけれ

ど、成長、交配率、受胎率、出産率いずれもKさんのところより少々劣っている。なぜでしょうか”と。

明るい立派なミンク舎では数百頭のミンク達がケージの中で元気よく動き回っていた。専属の二人の若い農協職員が村内の農家への委託飼育の早期実現を目指して熱心に試験飼育に取り組んでいた。

私の素人講釈が始まった。「このミンク舎はあまりにも明るすぎます。ミンクはイタチの仲間です。夜行性の動物をこんな明るいところで飼うのは好ましくありません」と。

飼育担当の青年達はとても勉強家である。専門家に教えを請い、文献を読んだ。その結果、よりよいエサ作りをめざしてエサにカルシウムやビタミン類を添加したり、カロリーを高めるために原料配合を工夫したりしたと言う。私は言った、「専門家と私達の発想は根本的に異なっています。両者を中途半端に組み合わせてよりよい結果を得ようとするのは間違いです。いまでも一般の方法をしのぐ成績をあげているのですからそれで十分ではないでしょうか。もう一度原点にかえて考えてみましょう」「野生のイタチは春から秋にかけてたくさんエサを食べ体力をつけます。しかしエサの少ない冬には飢えてやせ細ります。そこで本能的に子孫を残さなければならぬという気持ちになり、交配し、受胎し、子供を産むのではないのでしょうか。この自然の摂理に逆らって、このように年中おいしいエサを十分与えては良い成果を期待できないでしょう」と。

すばらしい高冷地農業を展開しているK農協には、年中全国から多くの見学者が訪れる。もちろんミンク飼育場も見学コースのひとつの目玉である。最後に私は言った。「ミンクはとても神経質な動物です。交配から子育ての3月～6月の間は見学は一切お断りしましょう」と。

K村のご婦人方が自分達の手でミンクを育て、とれた毛皮を防寒着として自分達で着る日もそう遠くはないようである。

3.4 簡易熟成槽でコンポスト作り

イギリスのN社が開発した高密度ポリエチレンネットは、土構築物や地盤の補強、侵食の抑制、排水など、土木関係で広く使われている。私達も、林道の設計、施工に関する共同研究の中で、これを使って盛土斜面の補強工、路面排水工、編み柵工などの実験を行なってきた。(私の専門分野はダム工学である)。

数年前、ぱっと頭にひらめいた。このポリエチレンネットを「コンポストの熟成槽」に利用したらどうかと。

各農家が家畜を飼い、堆肥を作っていた過去の有畜農業の復活が望めないいま、各農家が畑の隅や庭先で容易に堆肥を作る方法はないだろうか、と模索しながら続け

られてきた私達の一連の実験の中にこの実験は組み込まれた。

1983年の秋、冬に向かって最も条件の悪いときを選んで実験を開始した。

生ゴミ、鶏糞、カンナクスに、米ヌカで増量した菌を加えながら発酵回転ドラムに投入し、約3時間加温、混合して発酵試料を作製した。

図-2のような4種のポリエチレンネットの円筒形熟成槽（テンサーZと名付けた）のほかに、底面からも空

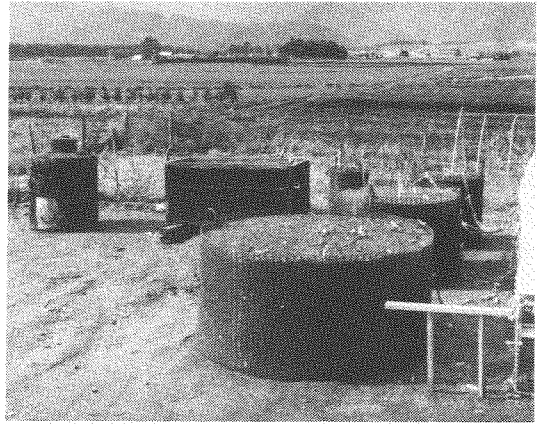


写真-4 堆肥の熟成実験

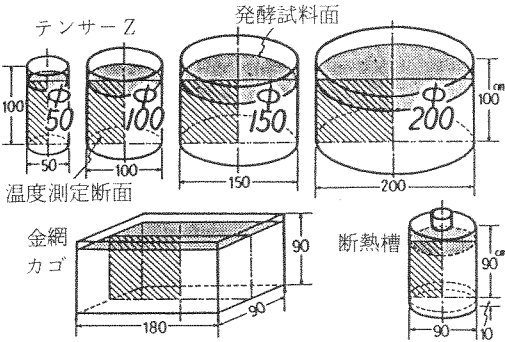


図-2 熟成槽の種類と構造・寸法

表-1 発酵試料原料配合割合 (%)

	体積	重量	含水率
鶏フン	61.0	70.8	65
生ゴミ	13.6	23.0	87
カンナクス	23.7	5.0	9
米ヌカ	1.7	1.2	17

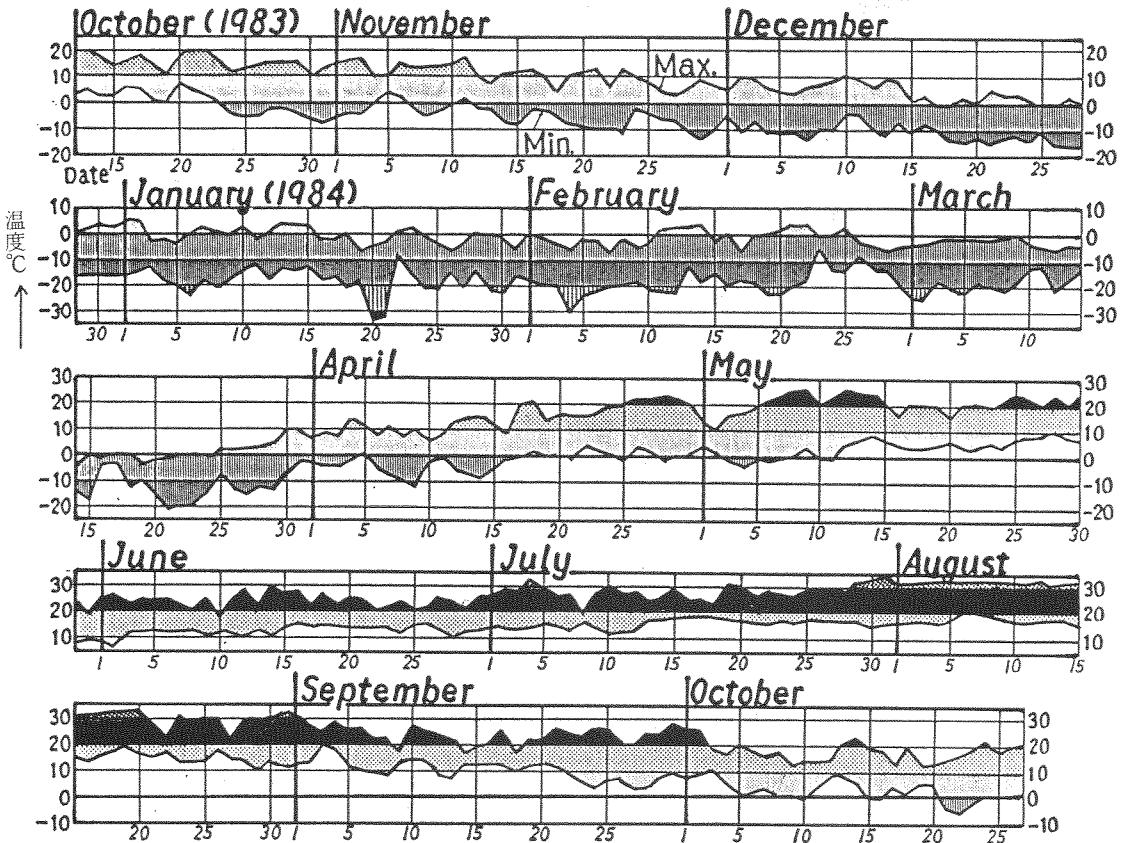


図-3 日最高および日最低気温の経日変化

気が入るようにすき間をあけて設置した金網カゴおよびFRPの円筒の周面に発泡スチロールを3cm厚さに吹きつけた断熱槽も設置した(写真-4)。

ポリエチレンネットは正式にはポリエチレン軸延伸有孔シートといい、グリッドの目合寸法は53×10mm、軽量(単位面積当りの質量870g/m²)で、強度が大(単位幅当りの引張強度は縦方向58,840N/m、横方向12,750N/m、破断点伸度12.3%)で、耐久性に優れ(熱安定範囲-60℃~80℃、色は黒色で、紫外線、酸、アルカリ、バクテリア、菌類に対する耐性が大)、適度な屈曲性をもち、ハサミで簡単に切ることができる。幅1mのネットを所定の長さに切断し、切断部の網目をかみ合わせて鉄筋等を挿し込んで円筒形の熟成槽を作成した。この熟成槽は鉄筋棒を抜き取れば簡単に分解できるので、熟成後に中身を取り出すのに非常に便利である。

熟成槽に投入した発酵試料の原料およびその配合割合は表-1の通りである。鶏フンは、生ゴミを発酵させた発酵飼料で飼育している実験農場の平飼式鶏舎の床面から採取したものである。表-1の材料に菌を1t当り約100gr.混入しながら発酵回転ドラムに投入し、約3時間の回転・混合、加温を行うことによって発酵試料を作成した。取り出し時の発酵試料の温度は約75℃、含水率は約65%であった。

10月下旬、発酵回転ドラムから取り出した発酵試料は直ちに熟成槽内に投入された。熟成槽の試料内部の主要点34ヶ所に温度センサーを埋め込み試料内の温度変化を連続自記記録した。また図-2の温度測定断面に組まれた5~10cmメッシュの交点の温度を10日毎に測定し温度分布図を画くことにした。気温の推移は隣接のビニールハウス(遮光シートを張った)内の風通しの良い日陰の地上60cmに設置した温度センサーにより測定した。

測定は1984年の10月下旬まで1年余に亘って続けられたが、その間の日最高および日最低気温は図-3の通りであった。1984年1月20日には最低気温は-34℃を記録した。

図-4はセンサーZの中央の50cm深さの試料内温度の推移を示したものである。φ200を除いては、発酵試料投入後急速に温度が上昇し2~3日後には60℃を越えた。しかしφ50では通気が良すぎて、それに伴う放熱と水分の放出が激しく、2週間後には50℃を割り発酵は停止した。φ100では約40日、φ150では約80日間50℃以上の温度を持続した。

図-5は温度測定断面における等温線とその推移を示したものである。φ50およびφ100では周辺から急速に冷え、短期間で発酵が停止することがわかる。一方、φ200では周面の網目からの空気の供給が中央部にまで達

しにくいと、当初、中央部の円錐形の部分は酸素欠乏のため発酵が緩慢であるが、日時の経過とともに空気が内部まで達するようになり、高温部は徐々に内部に移動している。1月下旬の厳寒期には試料内の最高温度は外気温の最低値より100℃近い高い値を示している。金網カゴの場合は、底面からも空気の供給があるので初期の発酵は活発であったが、上下面および側面からの放熱がはげしいため、約40日で発酵が停止した。断熱槽では、底面から空気の供給があり、周面が断熱材でおおわれているため、発酵の立ち上りは速く、発酵試料投入後2日目には中央部の温度は70℃を越え、70℃台は約2週間、60℃台は約1ヶ月間持続したが水分の放出とこれとともなる通気過多のためにその後は温度は急激に低下した。

以上の実験からつぎのことがわかった。

①センサーZは安価(現在はイギリスから輸入しているのでかなり高価であるが、近く国内生産が開始される予定である)で、軽量で、組立て分解が容易で扱い易く、特に、縫合部の鉄筋を引抜けば簡単に開口するので熟成試料の取出しがきわめて容易である。さらに強度が大で、耐久性も大きいので繰返し使用することができる。

②高温発酵を長時間持続させ、良好な熟成をさせるためには、熟成槽の容積の正しい選択がきわめて重要である。センサーZの場合、φ50およびφ100では直径が小さすぎて良い熟成は期待できないが、逆に直径が大きすぎると中央部の熟成が緩慢になる。表-1に示したような原料の場合、高温発酵による熟成の必要期間を約2ヶ月と考えれば、図-6および図-7からもわかるようにセンサーZの場合の直径はφ150~φ200が適当であるといえる。

③周面部は放熱と水分放出が激しいので十分な熟成は期待できないが、この部分の試料は断熱材としての役割を果している。この部分の体積割合を少なくし、有効発酵部の割合を増大させるためには、大きな直径のものとするればよいが、あまり大きいと中央部が酸欠となるので、これを改善するには中央部に有孔パイプを立てる等の方策を講ずればよい。

④センサーZは、その構造、形状、寸法を適正にとっ

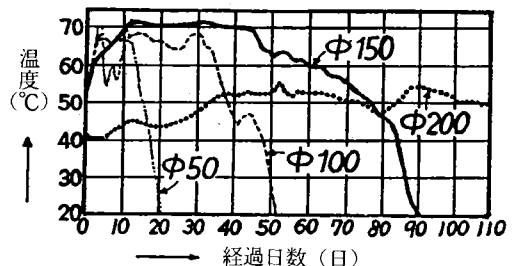


図-4 試料内温度の推移(中央50cm深さ)

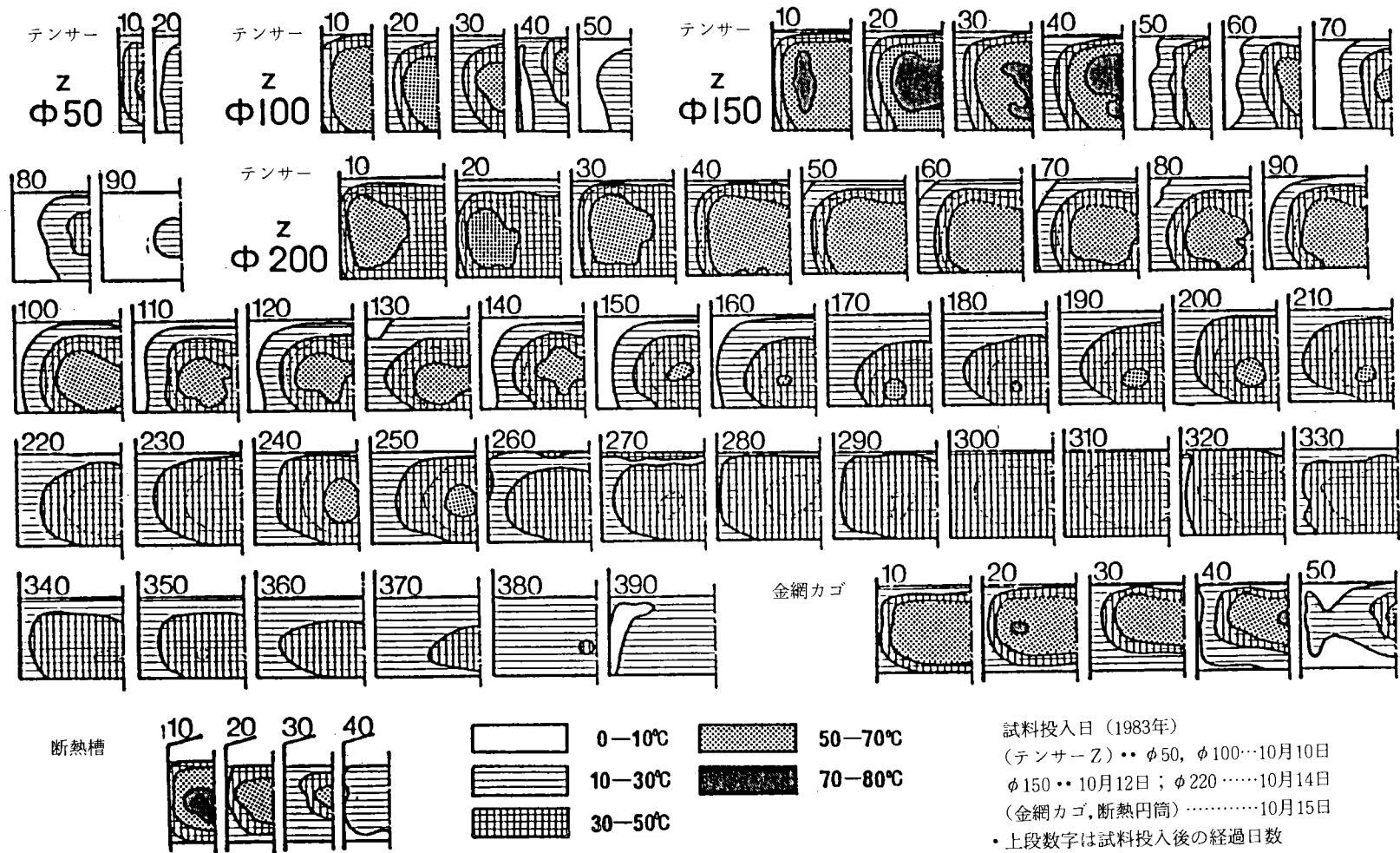
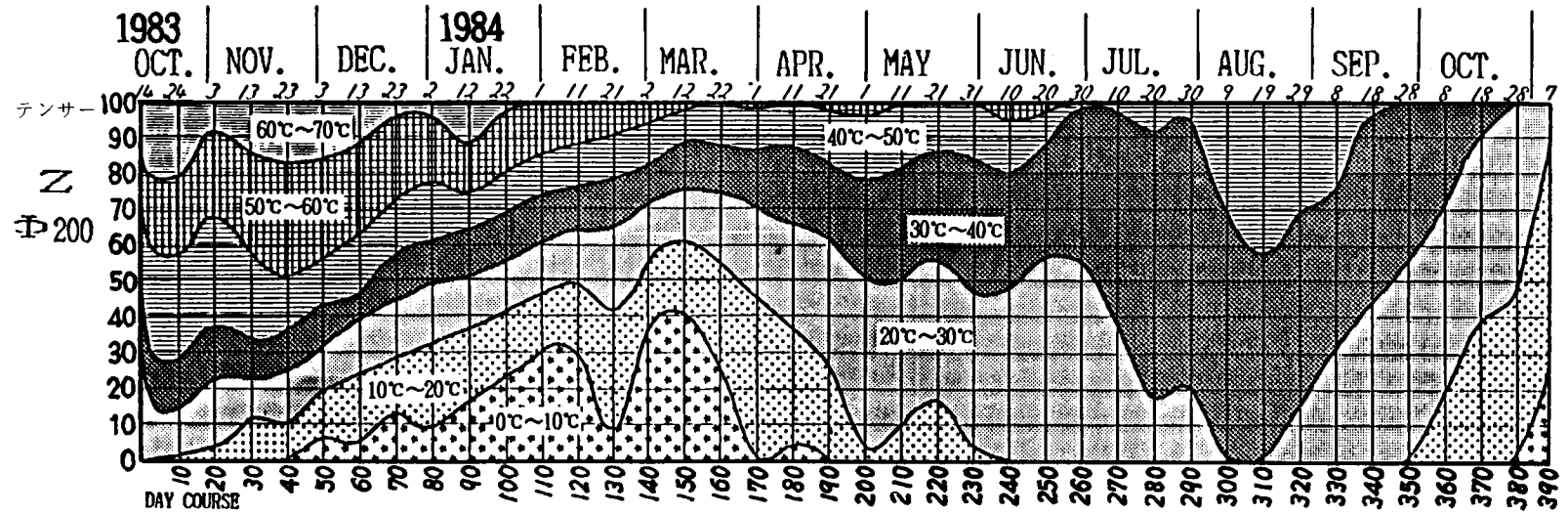
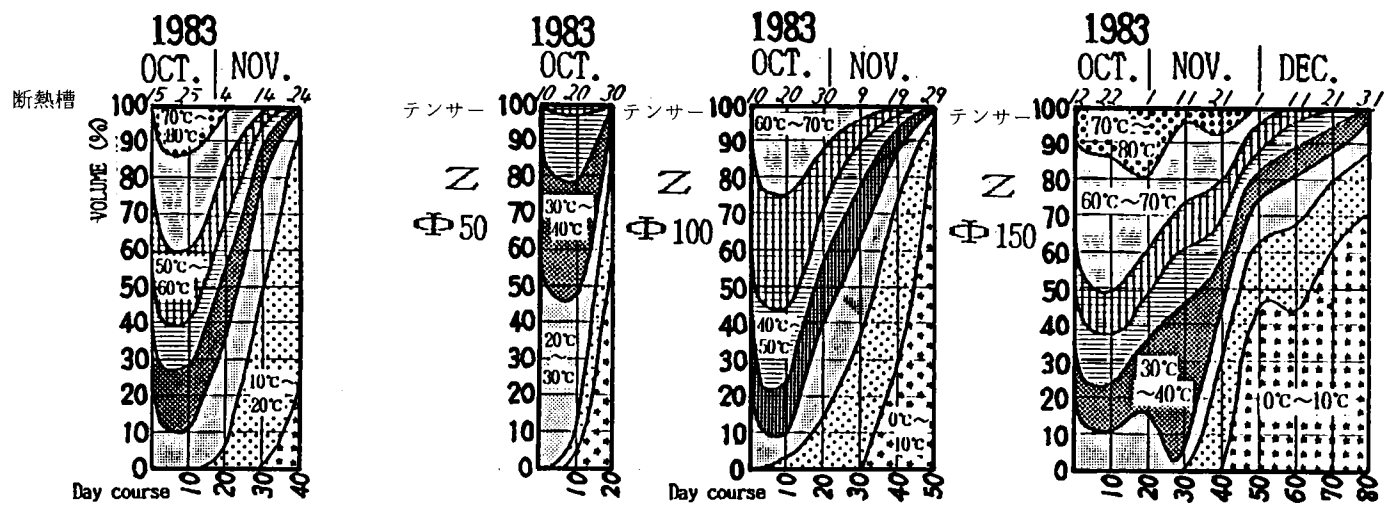
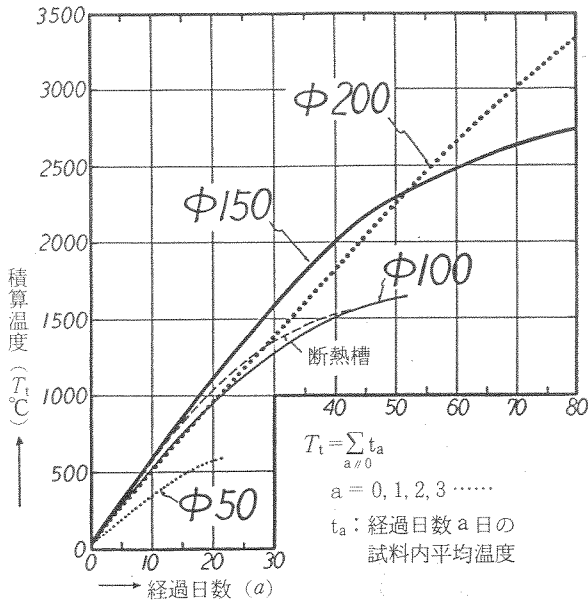


図-5 試料内の温度分布と変化 (測定断面は図-2)



図一6 温度段階別の試料体積割合の経日変化



図一七 試料内の平均温度の積算

てやれば、金網カゴや断熱槽に優る堆肥の熟成槽として実用に供しうるものであることが確認された。

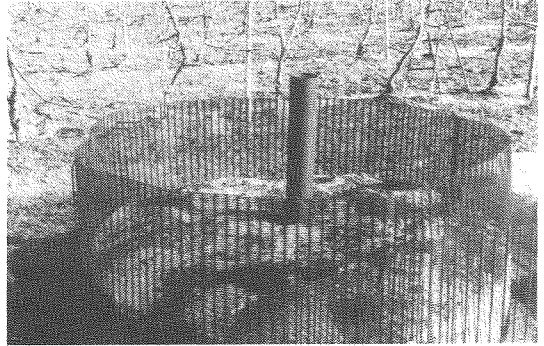
この実験を見学に来られた九州の主婦原田八重さんは、不良品のコンクリートブロック（定価の数分の一で入手することができる）を積み重ねた8～15角形の堆肥槽を考案して、6年間にわたり堆肥作りに取り組んでいる（写真一五）。常に60～70°Cの高温を出し続けている堆肥槽には毎日家庭から出る残飯や会食から持ち帰った食べ残り、庭の落葉や雑草などが放り込まれている。近所の魚屋さんもアラを埋め込んで行ってくれる。順調に高温発酵を持続させ、悪臭を出さないコツは、一日一回、欠かさずゴミ（餌）を与え、かきまぜて（表面のみ）、菌達の快適なすみかをつくってやることであると原田さんは言う。1986年の3月、A新聞の西日本版の家庭欄にこの記事が出てから二年近く経過、この間原田さんのところには見学者がひきも切らず、問合せの手紙も1,500通を



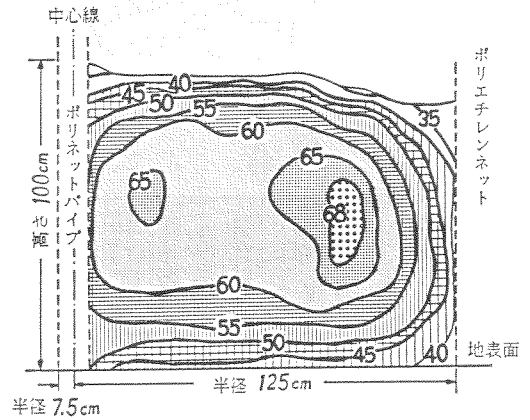
写真一五 原田式堆肥槽

越えている。原田さんは返事書きに嬉しい悲鳴をあげている。

信州大学農学部三年生の小川文昭君は、サンドイッチ方式による手作り堆肥の製造に取り組んでいる。堆肥槽は前述の幅1mのポリエチレンネットを円筒形に組立てた

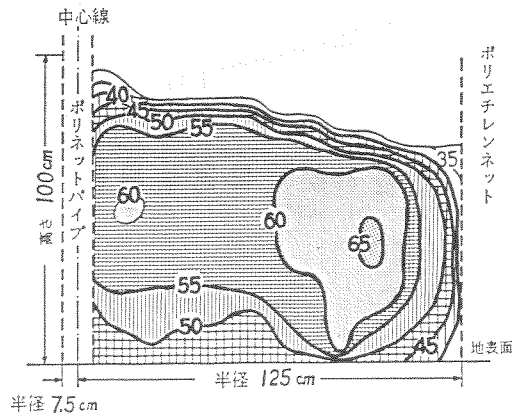


写真一六 小川式堆肥槽



センサー Z.No.5 温度分布 (1987.9.11)

投入期間 7月25日～8月17日



センサー Z.No.6 温度分布 (1987.9.11)

投入開始から24日目 (投入途中)

図一八 堆肥槽の中の温度分布

もので、直径は2.5 mである。中央には直径15cmの暗渠排水用のポリエチレンネットパイプ（市販品）が空気抜きとして立てられている。（写真一六）。

毎日の作業は、約130 lの生ゴミ（近くのゴルフ場と大学食堂から集めてくる）を槽内に敷きならし、その上に、生ゴミが完全にかくれるように約50 lのカナクズとオガクズの混合物（近くの長野県立技術専門校より）、90 lの作成済の熟成堆肥、10 lのコーヒーのだしがら（近くのS乳業の工場より）をかぶせるだけ。切り返しは一切行わない。

カナクズの層から水平に内部に侵入した空気は、中で動いている菌達に必要な酸素を補給しながら、中央のパイプから抜けている。堆肥槽周辺では悪臭はほとんどない。約1ヶ月後には満杯となる。

図一八のように2～3ヶ月間高温発酵を維持し、約4ヶ月後には約4 m³、2.0 tの熟成堆肥ができあがる。原料が生ゴミだけだと熟成過程（この場合は嫌気性菌が優勢となり腐敗するので悪臭が出て、虫も大量に発生する）で生ゴミはほとんど減量してしまい、堆肥はごく僅かしかできない。カナクズやコーヒーカスは、好気性発酵を促すための水分、通気調整材として重要な役割を果たすと同時に、熟成堆肥の量を確保するためにも大きな役目を果たしている。

畑の隅に4つの堆肥槽が立ちならぶ小川君の25アールの畑では、無化学肥料・無農薬で見事に作物が生育している。そして収穫物は、大学生協や消費者に直売されている。

3.5 有機物施用が畑地土壌におよぼす影響

コンポストを施用すると畑の土はどのように変化してゆくのだろうか。私達の研究室では1983年の春からコンポストの連用試験を行っている。

有機物施用が土壌に及ぼす影響については、古くから多くの研究がなされて居り、その代表的なものは一世紀を超えるロザムステッド試験場における厩肥の連用試験である。わが国でも農業試験場などにおいて半世紀を超える試験が続けられて居り、多くの研究者によっていろいろな角度からの科学的究明が行われている。

いうまでもなく、有機物施用の影響は長期にわたって徐々にあらわれてくるものであり、また各種条件、たとえば、有機素材とその熟成度、土壌の状態、気象条件、栽培作物の種類と栽培時期などによってそのあらわれ方も異ってくる。

以下に示す私達の試験は、開始から5年を経たのみであり、しかも、ある条件下における一事例であるにすぎない。したがって、ここからある普遍的な結論をひき出すことはもちろんできない。ここでは、有機物の施用に

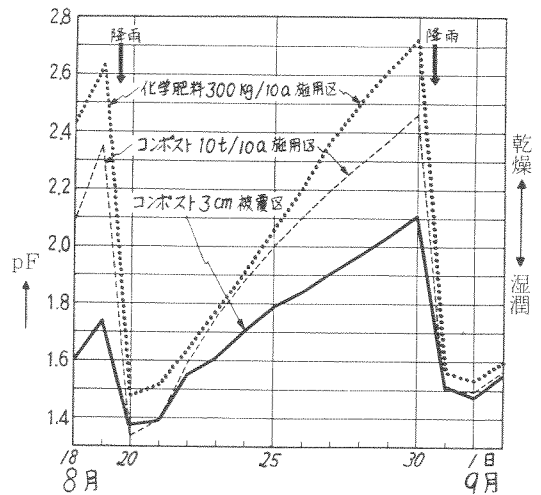
ついて皆で考えてゆくためのタキ台となることを願って、試験の経過といままでの結果を提示することにする。

私達が1～4年目の試験に使用した有機物は家畜の糞尿を主原料とした熟成コンポストである。試験区は図一12に示した7種である。原土壌は砂壤土で、混入の場合は深さ30cmまで、被覆の場合は前年被覆したものを混入したのち被覆している。施肥は毎年1回、6月上旬に行っている。

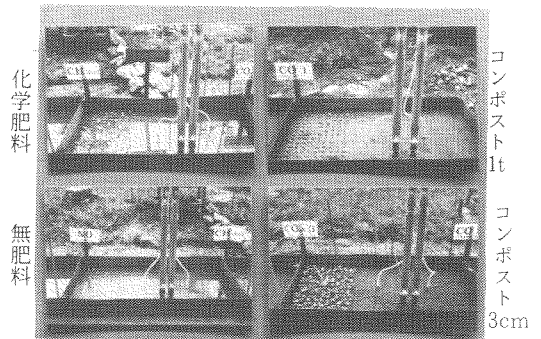
土の中の水分は降雨があると急激に上昇し、無降雨が続くと低下する。図一9は、コンポストの施用、特に被覆が耕土の保水性を大きく向上させることを示している。コンポスト混入区におけるpF値の変化は1年目および2年目では化学肥料区とほとんど差が見られなかったが、3年目から差があらわれはじめた。

一方、耕土の排水性は、コンポスト施用区では初年度から向上することが認められている（写真一七）。

コンポストの施用は地温の変動を安定化させる。図一10に見られるように、特に被覆区では昼夜の地温の変動



図一9 地中15 cm深さの pF 値(1985年)



写真一七 降雨後の水はけ状況

が小さく、夏期には日最高地温の上昇を抑え、春先と秋口には日最低地温は化学肥料区のそれより1~2℃高い値を示している。このことはコンポストを施用すれば作期をより長くとることが可能であることを示している。

図-11に見られるように、耕土の硬さは2年目においてもすでに各区でかなり大きな違いを示している。コンポスト施用区では施用量の増加にともなってコーン支持力は低下し、コンポスト被覆区ではその値は特に小さい。これは被覆層がクッションとなり雨滴の衝撃をやわらげ、耕土が締め固まるのを緩和しているからであろう。

各試験区の一画でミニ白大根の栽培試験を行ってきた。

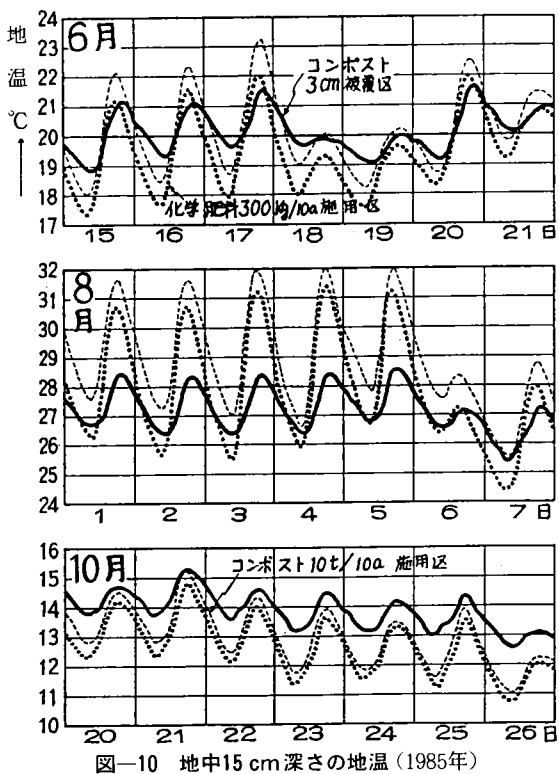


図-10 地中15 cm深さの地温 (1985年)

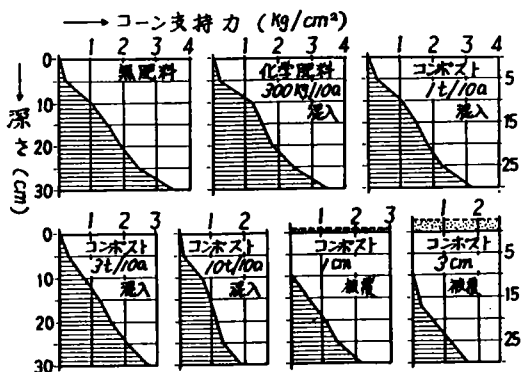


図-11 深さ方向の土壌の硬さ分布 (1984年10月27日)

ミニ白大根の生育は、1年目はコンポスト混入区では不良であったが、図-12に示すように2年目には施用量の増加にともなって収量が增大しており、被覆区では特に良好な生育を示した。しかし、10アール当り10トン施用しても3トンの場合の3倍の収量が得られるわけではないので、経済的な面からは、化学肥料の場合とほぼ同じ収量の10アール当り3トン施用が、この場合のコンポスト施用の適量であるといえる。コンポスト1cm被覆は10アール当り4.25トンの施用量に相当するが、ここでは10トン混入区以上の収量をあげている。これはコンポスト被覆施用の有効性を示している。

しかし、3年目および4年目にはコンポスト混入区における収量は大幅に低下した。これは3年目および4年目に施用したコンポストに問題があったためである。コンポストの作成に際し、よりよい熟成を意図し、熟成槽を大学の中庭のスチーム埋設本管の破損部の蒸気の吹出している上に設置した。図-13のようなポリエチレンネット製の円筒形熟成槽の中で冬期間高温蒸気に曝されたコンポストは自然の高温発酵を経た熟成コンポストとは似て非なるものになっていたのである。4年目には、ミニ白大根はコンポスト混入区では生育初期の段階で葉が黄変した。

以上4年間の試験結果は、有機物施用が土壌の物理性の向上に大きな効果があること、特にコンポスト被覆は

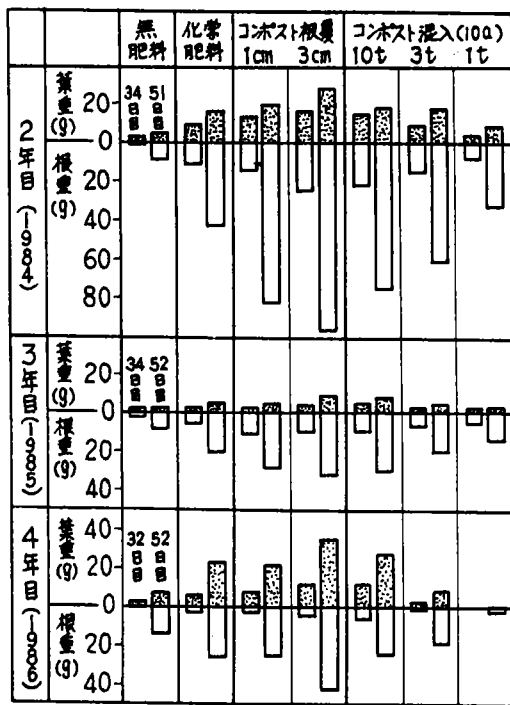


図-12 1株当りの葉重および根重

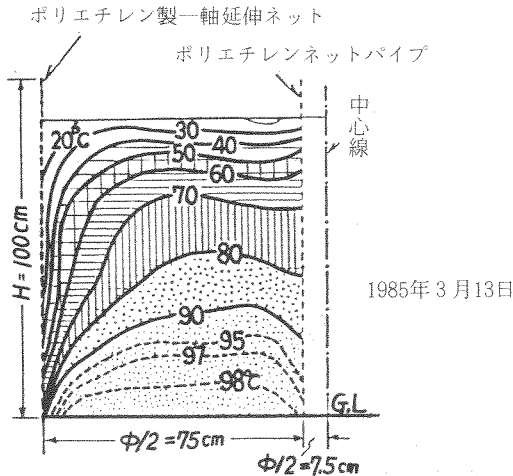


図-13 熟成槽内の温度分布

それがより顕著であることを示している。しかし、同時に4年目の結果は、有機物施用のむずかしさを私達に教えてくれた。

4. 間伐材は貴重な資源

4.1 利用拡大をめざして

人工林の生命を維持していくためには、適切な間伐をしなければならない。しかし現状は、伐っても売れない、売れないから伐らない。第二次大戦後、営々と植林された信州のカラマツ林の多くは、ほとんど手入れがなされていない。過密で瘦せ細った木々は栄養失調状態に落ち入り、根の張りも悪く、強い風が吹けば将棋倒しになり、根こそぎの斜面崩壊も各地で見られるようになった。

伐木・造材、搬出経費は年々高騰している。しかし、木材価格は低迷し、特に、その用途が限定されている間伐材の流通の途はせばめられている。

1960年代にはじまった高度経済成長は、私達の生活を化石エネルギー依存型へと導いた。石油、プロパンガスの使用、それらを原料およびエネルギー源として作られ

た新素材の利用は、確かに私達の生活を豊かにしてきた。しかし、同時に各種公害の発生を招き、また、農山村の過疎化は森林の守り手である林業就業者の数の減少と高齢化を招いている。

このような状況下においても、最近、私達の生活の中での木の良さ ①吸湿性があり、室内の湿度を調節する、②断熱と保温の効果は鉄やアルミニウムの何百倍、プラスチックの2～3倍、③音をある程度まで吸収し、騒音を少なくし、音をやわらかくする、④年輪模様や色彩、光沢や香りなどは、人間、とくに幼児や児童の発育に生理的な面だけでなく、心理的な面で役立つと考えられる、⑤重さに対する強度は鉄やコンクリートよりも強い、などが見直されるようになり、長野県下でも地元産の各種の木材が積極的に使われるようになってきた。

有名な木曽のヒノキの美林をかかえる上松町では、小学校の改築に当りヒノキを使用することになった。防火上の配慮から、鉄筋コンクリート造りで外装・骨組を造り、内部はすべて「ヒノキ」の仕上げで完成した。コンクリート素材の良さを活かし、木質系素材の長所を組み込んで、かつての木造校舎が新しい手法で再現した。

カラマツで有名な佐久地方では、南牧村に二つの「カラマツ学校」が誕生した。地場産の浅間山系と川上山系から伐出された人工林のカラマツを主材に、脱脂・乾燥を十分に行って内装材として使用している。カラマツ材で作られた壁は時間とともに紅色となり美しさを益々増している。

北安曇郡の松川小学校では、村の文化ホールとしての利用も兼ね、カラマツで体育館が造られた。体育館内部を「大ホール」と見なして音響計算を行い、椽甲板とグラスファイバーの吸音材を組合せた見事な天井が作られている。

栗菓子で有名な小布施町では栗の間伐材を活用して、「栗の木ブロック」による遊歩道の舗装が進められている。9cm×9cm、厚さ7.5cmの栗ブロックをコンク



写真-8 大断面集成材の梁 (上田営林署)

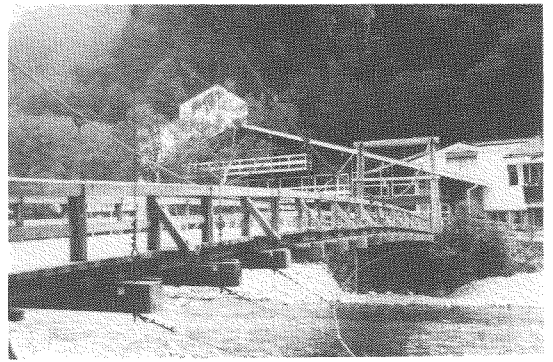
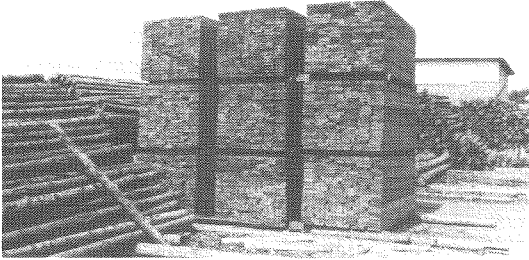


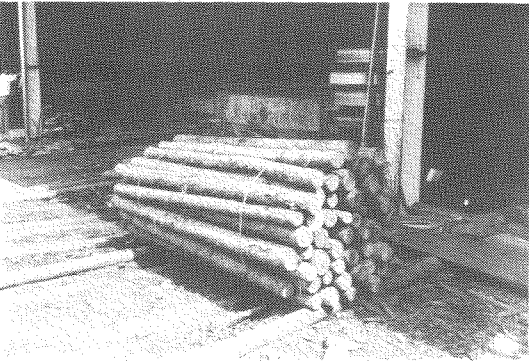
写真-9 カラマツの吊橋 (上高地の河童橋)



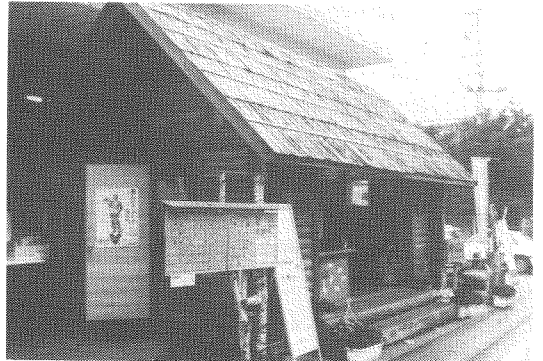
写真一10 カラマツ間伐材を矢板材に



写真一12 ログハウス展示場



写真一11 カラマツ間伐材を杭材に



写真一13 軽井沢郵便局の売店

リート基礎の上に並べたこの歩道は、雨に打たれても強度および耐久性がほとんど低下することがなく、次第に黒ずんだ渋い色に変化してゆく。適当な硬さと弾力性があり、歩行者に靴底から心地よい響きを伝えてくれる。

上田宮林署はカラマツ間伐材の大断面集成材で築造された。大部屋をまたぐ梁は写真一8のように実に見事な立ちあがりを見せている。接着技術の進歩により、要望に応じいろいろな断面形の集成材の作成が可能となり、その用途は急速なひろがりを見せている。

上高地の河童橋も吊材のワイヤーを除いてはすべてカラマツで作られている。写真一9の現在のものは4代目のもので建設後約10年を経過している。北アルプスの山山、清い川の流れとよくマッチした吊橋は上高地を訪れる人々の目を楽しませてくれる。しかし、現在は特殊な場合を除いては木橋を作ることは法で禁じられていると言う。実に残念である。

土木用材としては写真一10および写真一11のような矢板材や杭材として昔から使われていたが、矢板材は鋼矢板に、杭材は鉄筋コンクリート杭や鋼グイに、また足場材はパイプに取って変られ、細々とその命脈を保っている状況である。



写真一14 建設中のログハウス

最近、丸太を使い横積みで組んで、丁度インディアンの住居のような丸太小屋を別荘やクラブハウスに使う例が目立ってきた。このような丸太小屋はログハウスと呼ばれる。

写真一12は齊藤木材のログハウスの展示場の一部である。各材には割れを防ぐためにすべて背割を入れてある。右側のは角材をひし形に積み重ねていくタイプである。

軽井沢の郵便局では、入口の横の写真一13のようなロ



写真-15 手づくりのログハウス



写真-16 自由の森学園でもログハウスに挑戦

ログハウスで切手やみやげものを販売している。これは岩村田営林署が展示・普及用に作成したものであるが、建築確認をとっていないので、近く撤去される運命にあるそうである。熱心なお客さんがいろいろ質問をしていた。しかし坪当たり単価60万円と聞いてあきらめ顔で帰っていた。

写真-14は、北軽井沢で建設中の本格的なログハウスである。カナダ人の大工さんがカナダから米マツを持ち込んで建てていると言う。地元の大工さんが地元の木で作るより安くできると言う。どうも合点がいかぬ。

埼玉県飯能市にある自由の森学園の食堂の Cock さんは米マツを使用して、全く独力で1年がかりで写真-15のような自宅を建設した。

自由の森学園でも、課外活動で中学1年生から高校3年生の有志がログハウスの建設に取り組んでいた。丸太は杉の間伐材。間伐して山にそのまま放置されていたものをもらい受け、生徒達が人力で引き出してきたそうである。写真-16のように、Cock さんの指導のもとに小さな大工さん達は組立てに精を出していた。

さて、ログハウスというと高級な建物で、価格も高いというイメージが定着して居り、現に住居用の建物は坪

当たり単価が40万円位で、軽井沢あたり的高级別荘では坪70万円位が普通で、なかには100万円を越すものもあるようである。

たしかに、ログハウスの普及は大変嬉しいことであるが、あまり高価では、間伐材の用途拡大には仲々結びつかないであろう。

このような現況の中で、私達の研究室では、農家の車庫；農機具置場、農産物の収納庫などを対象に、プレハブ小屋よりも安くを目標に、坪当たり10万円以下で丸太小屋を建てるべく実践的研究を行っている。

そのために次のような前提を設けている。

- ①脱脂・乾燥をしないで、間伐材をなるべく生木に近い状態で使用する。
- ②加工は最小限に抑える。
- ③重機などの使用はなるべく避け、簡単な工具で素人でも容易に建てられる構造とする。
- ④乾燥の過程におけるネジレやヒズミなどの障害を緩和するよう、構造設計にいろいろ工夫をこらす。
- ⑤一本の丸太を無駄なく利用する。たとえば、製材クズは梁のトラスの骨組材や頬杖などに使用し、また端材やモト口・末口の不良部分は木質燃料として活用する。

4.2 手づくり丸太小屋に挑戦

1985年の年の瀬もせまった頃、香川県津田町の吾妻町長が来学した。吾妻町長は30年余に亘り町長をしている日本三大奇人町長の一人である。

町の各家庭から出る生ゴミを有効に利用するために、家畜のエサにしたいので相談に乗ってくれと言う。

寒い研究室で深夜まで話はずんだ。計画中の運動公園の一面に発酵回転ドラムを設置して、生ゴミを原料にして発酵エサを作り、そのそばで子豚やホロホロ鳥を飼ったらどうかということになった。

子供達が集まってくる。母親もついてくる。生ゴミがこんな立派なエサに生れ変わり、家畜が元気に育つのを目のあたりに見れば、役場で号令をかけなくても、お母さん達は心を込めて生ゴミをきちんと分別して出してくれるだろう。10年位たては定着するだろう。奇人町長の構想はさすがに奇想天外であった。

しかし、私達の、発酵エサで豚と鶏を飼っている実験農場の苦しい経営状態を考えると、とてもこれをすすめる気にはなれなかった。

“発想は実にいいが、町でこんなことをやるのはとても無理である。” “いや是非ともやりたい。” 二人の間で押問答が続いた。

翌年の3月、町長から電話がかかってきた。“町議会で500万円承認されました”と。

早速四国にとんだ。建設地は町の粗大ゴミの埋立場の跡地ということになった。

ところが、町長来学折の折私に申し上げた500万円の中には建物の建設費は含まれていなかった。

さてどうしよう。いろいろな案が出された。中古のプレハブ小屋をもらってきてはどうかという案が有力になった。しかし、直径1m、長さ4.3mの発酵回転ドラムがスッポリと入り、しかもその中で作業が容易に出来るような広さと高さで構造をもったプレハブ小屋なんて見付からなかった。そもそも、運動公園の中にプレハブ小屋なんてみっともないということになった。

種々検討の結果、丸太小屋を建てることになった。建物の構造を工夫することにより、発酵回転ドラムの前後の機器、たとえばベルトコンベアーなどを省くことによって建物建設費200万円を捻出することになった。

建物は地形を利用して次のような三段の床面をもつ構造で設計することにした。

- ①生ゴミ運搬用の軽トラックの荷台の高さと前処理場の床面および発酵回転ドラムの投入口下面が同一レベルになるようにした。
- ②そのため、前処理場床面より一段下げて発酵回転ドラムを設置するような構造とすることにした。
- ③できあがった発酵エサを直接軽トラックの荷台におろせるように、搬出路および熟成場のレベルを更に一段下げるようにした。

かくして、基礎および建物の構造設計がはじまった。構造力学の講義および演習を受講済の私達の研究室の大学院生と専攻生と一緒に、智恵を出し合いながらゼミで構造設計が進められた。

建設地の基礎地盤は、20cmぐらい掘ると埋め立てた冷蔵庫や洗濯機が顔を出すようなところであったので、特に基礎工の設計には苦労した。柱の下の基礎工は写真一17のようにコンクリートブロックで囲んだ地下20cm、地上15cmの穴にコンクリートを打設する構造とした。写真の右上に見えるのは発酵回転ドラムの基礎である。

柱は、当初H形鋼を使用するという案が出されたが、これではせっかくの丸太小屋の風情をそぐと言うことで、写真一18のように9×9cmの正角材を直径20cm位の半割丸太で挟んでボルト締にしてH形とすることにした。

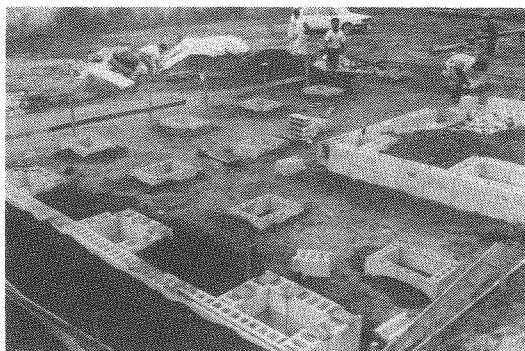
壁材には直径約15cmの間伐材の未乾燥材を用い、二本のH形の柱の溝に落し込んで壁面を作っていくことにした。これは、個々の水平材のネジレによる障害を防ぐためである。落し込まれた間伐丸太の両端は固定されていないので、ネジレによって内部に力が生ずることはない。

作業場の柱の数を少なくするために、スパン6.4mの

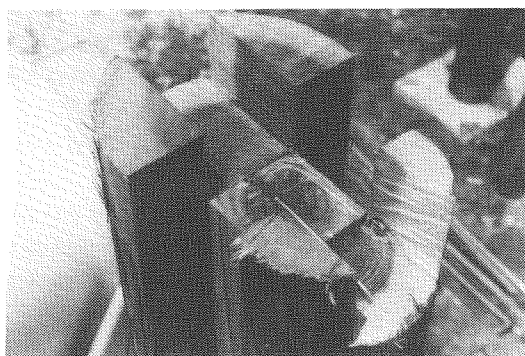
梁には三角形の骨組構造の木製トラスを採用することにした。これは、施工に当っては重機を一切使用しないという方針に沿ったもので、地上で組立てたトラス組のハリを人力で高さ4m近くまで持ち上げる必要があったからである。

1986年の夏休み、女子学生1人を含む学生8名と私は勇躍車2台に分乗して津田町に乗り込んだ。

設計では、カラマツの間伐材の使用を予定していたが、四国ではカラマツ材の入手が困難であることがわかったので、杉の間伐材を使うことになった。高知県領北の大川森林組合から搬入された6トン車2台分の4m材は実に見事なものであった。2人でようやく持ち上げることができる太い丸太であった。丸太の直径は末口(細い側



写真一17 丸太小屋の基礎作り



写真一18 丸太小屋の柱の上端

の切口)の直径と呼ぶということすら知らなかった素人の私は、注文の時、直径15cm位の丸太とお願いしたのである。その上、森林組合ではサービスのつもりで、なるべく太いのを選んでとどけて下さったらしい。このままでは幅2~3mの壁に落し込んで行く作業はとても大変である。

幸にして杉丸太であったため、ネジレによる障害の心配がなかったので、製材所に持ち込み、図一14のように成形してもらいこれを壁材として使用することにした。

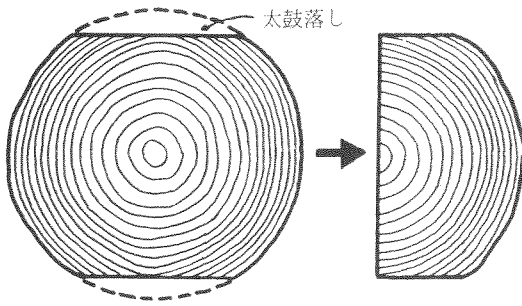


図-14 壁の水平材

基礎工約3日間。打設したコンクリートの硬化を待つ間、丸太材の皮むき、材の寸法取りや切断などを行い、続いて上部の建物の建設にとりかかった。

足場は当初丸太で組立てる予定であったが、組立て要領を教えてもらいに行った工務店で無料でパイプ足場を貸して下さることになった。

信州の涼しさをなつかしむいとまもなく、瀬戸内の炎天下での作業は日曜日もなしで続けられた。

いよいよ棟上げ式。写真-19のように、大工の棟梁である私は神主をも兼ねて祝詞をあげた。真中で上を見あげている頭髪が少々さびしい人が、かの奇人町長である。

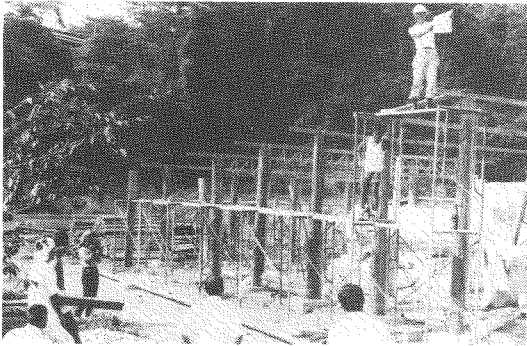


写真-19 棟上げ式

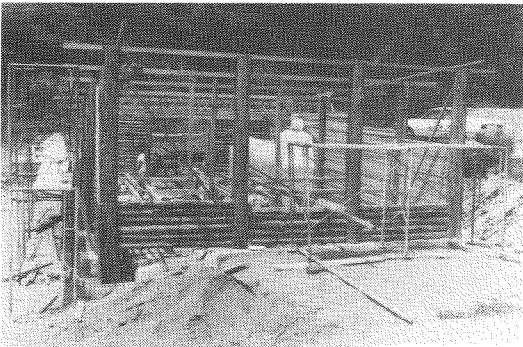


写真-20 壁材の投入

写真-20のように壁材がつつぎと落とし込まれていった。手前に生ゴミ搬入トラックの進入路ができつつある。一番奥の壁面は、学生の一人が考案して試験的に作ったものである。丸太を四つ割にして、これを落して行った。内壁にも丸太の肌が見える立派な壁ができた。製材費が安く、施工も容易である。今後の有力な工法のひとつであろう。

写真-21のように、前処理場の床面と発酵回転ドラムの設置面には約60cmの高低差がつけられている。前処理場の床下は倉庫となる。斜めの頼杖には丸太を太鼓落しにした時の端材が活用されている。

17日間の奮闘の結果、ようやく写真-22のような丸太小屋が完成した。床面積31坪、高さ4mの建物も、丸太が太いので写真で見るとまるで小さく見える。

当初の予算より少々足がでたが、坪当りの単価は約7万円であった。

建設費の内訳は表-2の通りである。もちろん私達は無報酬であったが、腹がへっては戦ができないと、瀬戸内海の海の幸を毎日しっかり食べた食費、飲物代金および宿泊代が人件費の欄には含まれている。計算上、もし労賃を1人1日15,000円と仮定すれば坪当りの単価はちょうど10万円になる。

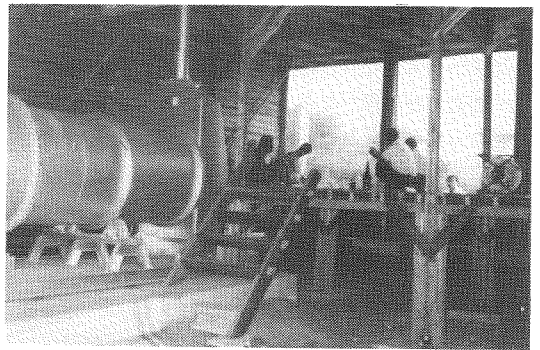


写真-21 丸太小屋内部



写真-22 完成した丸太小屋

表一 2 津田町丸太小屋建設費内訳

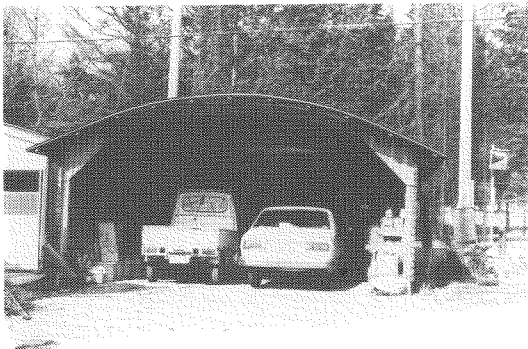
1986年

種 別	数量	単価 (円)	金額 (千円)
杉丸太(生)φ13~18cm, 4m	100本	1,100	110
杉丸太(半割)φ20cm, 4m	20本	1,780	36
丸太運送 (高知県大川村→津田町)			70
材木(製材・加工費を含む)			425
基礎工および土工資材			199
上部工(建物)資材(除木材)			233
大工道具等			102
人件費(宿泊・食事・交通費 を含む)	延 124名	7,900	980
合 計			2,155

(備考) 建物床面積: 101.25 m² (30.7 坪),
高さ: 4~3 m,
工期: 基礎工3日(21人), 上部工14日(103人)
坪当たり単価: 約7万円

さて、丸太小屋を地元で建てる場合を想定して、表一2を見ながら検討して見よう。

- ①丸太の代金は、カラマツの間伐材を使用するならばもっと安くなるであろう。
- ②津田の場合は、約13時間(往復)かけて丸太を輸送しているが、地元の間伐材を使うならば、輸送費はもっと少なくてすむであろう。
- ③表の材木費425,000円のうち100,000円は先にのべた壁材の製材費である。もし丸太をそのまま壁材に使用するならばこれは不要となる。
- ④今回は、大工道具等(電動チェーンソー、電動ノコギリ、電気ドリル、ノミなど)はすべて新品を購入していった。手持ちのものを使うならば、これはもっと安くなるであろう。
- ⑤人件費が建設費の約45%を占めているが、もし地元で、手弁当でやるとすれば、これは大幅に節減されるであろう。(但し、今回の学生達は実によく働いたこ



写真一23 カラマツ間伐材の車庫

とを付記しておこう)。

以上のことを勘察すれば、地元で、自分達の手で、手づくりの丸太小屋を作る場合は、坪5万円以下であるとの感触を得た。

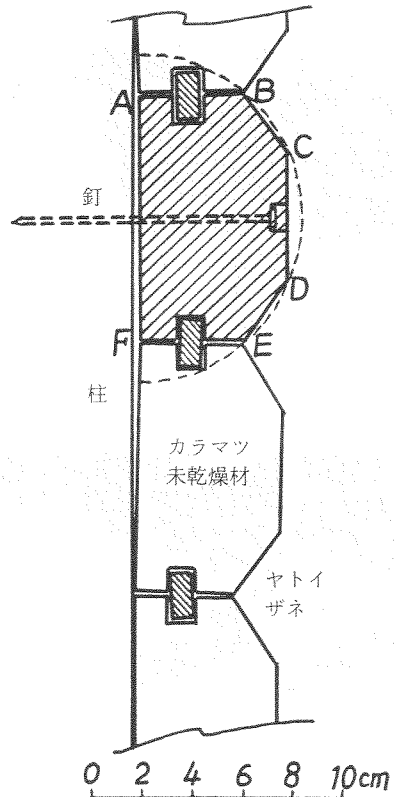
次にカラマツの間伐材で作った車庫の例について見てみよう。

私達は、大学内には是非丸太小屋を作って見たいと思っているが、大学では構内に建てるのにとてもきびしい規制がある。そこで、私の自宅の一隅に実験的にカラマツ間伐材を利用した車庫を作って見るようになった。

写真一23のように、この車庫は、間口、奥行とも5.4m(3間)の正方形で、入口を除いた3面の壁面には、中央部1.9m、両側部1.75mの間隔で柱が建てられている。そして、その柱に図一15のような断面形に成形されたカラマツ間伐材の未乾燥材が釘で打ちつけられている。

断面の成形に当り、当初は外面部は皮むきをして生地の美しさをそのまま外壁に出す予定であったが、BCDEのように製材した方が経費的にはずっと安くなることわかったので鋸引きをすることにした。

釘で打ちつけられた水平材は、単独では乾燥過程のネジレによって大きく変形しばらばらになってしまう。こ



図一15 車庫の壁面

のネジレによって内部に生ずる力（応力）を壁面全体に吸収させ、壁面の破壊を防ぐために、図-15に示すように上下に溝を掘り、そこにゆるくヤトイザネを挿入しながら積み上げていった。完成後、ネジレによってヤトイザネは図の下の二つに見られるように傾斜していった。

建設後1年半を経過し、十分乾燥し、ネジレも完了した現在、ヤトイザネはあちこちに傾いているが、壁には全く隙間ができず、建物のゆがみもない。

車庫内部に柱を立てるのを防ぐために、スパン 5.4 m の梁には、脱脂・乾燥したカラマツ間伐材の小片で作った集成材のアーチフレームを採用した。

このアーチフレームがかなり高価なものになったが、壁面を生木で作ることができたので、建設費は坪当たり約 9 万円となった。

4.3 薪復活作戦

なぜ木材が燃料として使われなくなったのだろうか。その点をふまえて薪復活への条件を考えてみよう。

第一は、現代の生活にマッチすることである。たとえば、燃やすのに手間がかからない、燃焼効率がよく、省エネ的であり、燃焼機器が見掛けが良く、使い易く、堅牢で、しかも安価であるなどであり、第二は、流通ルートを整備・改善して、安く、しかも安定的に燃料が供給されるようになることである。

図-16および写真-24は、これらの条件を考慮して考案された木質燃料ボイラーのひとつである。オールステ

ンレス製で、図のように断熱材で囲まれた水槽の中に入っておりと燃焼室が入っている。

この木質燃料ボイラーの特徴は、

- ① シンプルで、コンパクトで、堅牢である。
- ② 操作がとても簡単である。
- ③ 燃焼室全体が水で囲まれているので、効率よく湯を沸かすことができ、また高温による燃焼室壁面の劣化がほとんどないので長持ちする。
- ④ 貯湯槽の外面が熱くならないので安全である。
- ⑤ 燃焼後も残り火があるので湯がさめにくい。
- ⑥ 燃焼室の焚口の幅が広く、奥行も深いので、太くて長い丸太でもそのまま燃やすことができる。
- ⑦ 焚口の蓋の隙間から空気が供給され、上部から順次

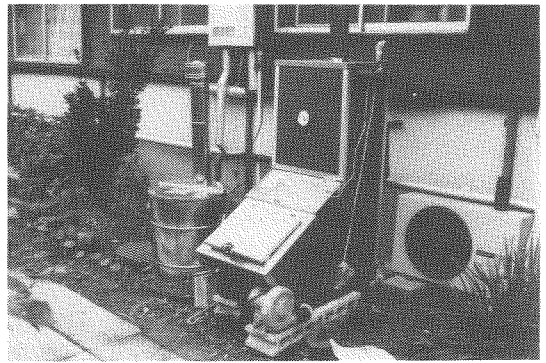


写真-24 木質燃料ボイラー

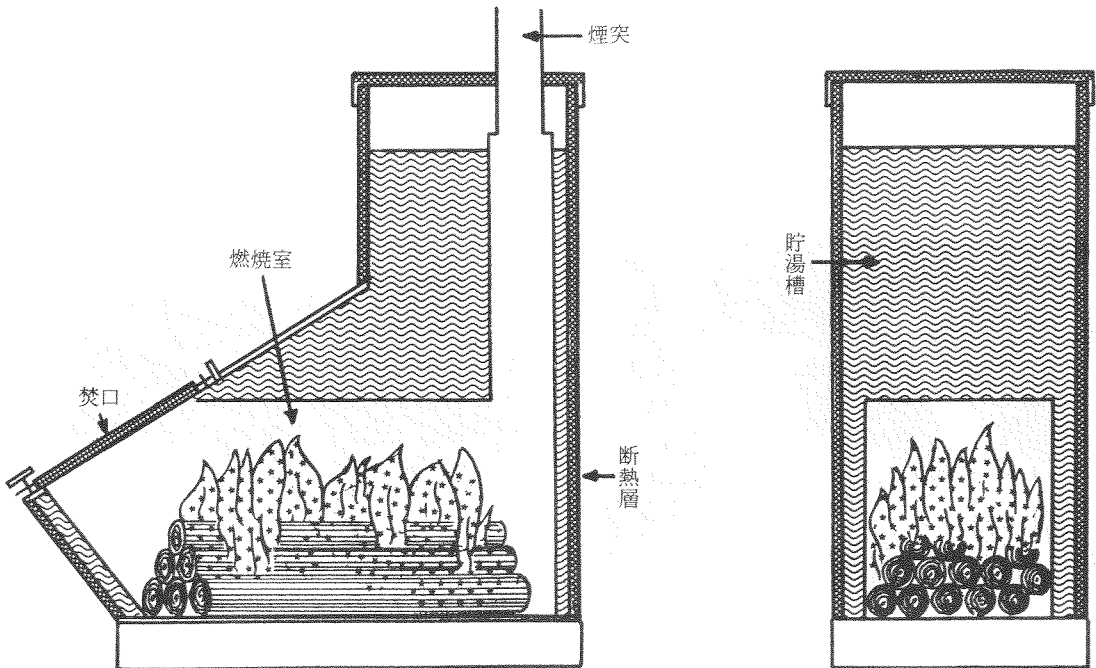


図-16 木質燃料ボイラー構造図

下のものを乾かしながら燃えて行く構造になっているので、火付きがきわめて良く、完全燃焼してゆくので、煙が少なく、残灰も少ない。

⑧補助ブローを使えば、湿ったもの、たとえば厨芥ゴミのようなものでも燃やすことができる。(私の家ではもちろん生ゴミは堆肥化している)

⑨貯湯槽内にはフロートバルブがついて居り、使った水は常に補給されるので空焚きの心配はない。

などである。

電話注文によって森林組合から間伐丸太や端材などが配達される→家庭等から出るすべての燃えるゴミとあわせて燃やされる→住居やハウスの暖房・給湯が行われる⇒給湯や暖房の経費が節減できる⇒自治体等のゴミ焼却場に持ち込まれるゴミの量が少なくなる⇒森林組合の経営にもプラスになる⇒間伐がすすみ、森林が健全になっていく。という流れが各地でひろがりを見せはじめています。

飯田市森林組合では、丸太小屋の建設と木質燃料ボイラーの販売・普及に熱心に取り組んでいる。ここでは、間伐材の良い部分は住居用の丸太小屋の用材として使用し、それに適さない部分は製材くず等と併せて燃料化に向けている。

丸太小屋は、基礎、建物、電気、水道工事一切を含めて、坪当たり28万円位でできるようになった。

木質燃料ボイラーは各家庭はもちろん、野菜や花の栽培ハウス、しいたけ栽培ハウス、蚕室などの暖房、給湯に活躍している。

森林組合の松尾課長の自宅では写真-25の木質燃料ボイラー1台で家庭の暖房(床暖房)と給湯をすべてまかなっている。この写真はテレビ取材の折に、新聞紙1枚でカラマツの生木に火を付ける実演をしているのを撮ったものである。

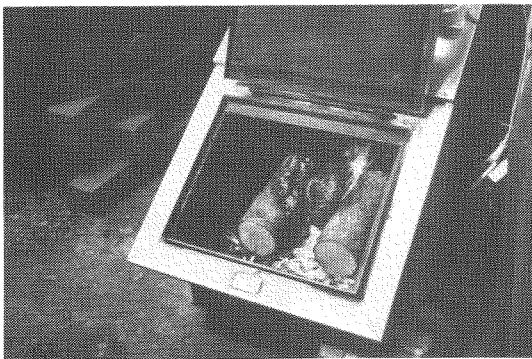


写真-25 生木でも燃える

大学の演習林の治山試験地がある飯田市の上久堅地区では、部落の%の家庭でこのボイラーが使われていると

のこと、煙突の先にユニークな煙突掃除器がついているので、高いところから眺めると設置してある家が一目で判る。

私達の研究室では、大学院生がカラマツ丸太の燃焼実験に取り組んでいる(写真-26)。生木でも燃えるというこの燃焼ボイラーの特性を更に活かすために、含水率別の燃焼効率と燻の効果について測定を行なっている。

写真-27は長野県森林組合連合会の東信支所の横に設けられている東信木材センターのカラマツ材の集積場の全景である。このように佐久地方の山から伐採されたカラマツの間伐材が毎日続々と搬入されてくる。ここでは注文に応じて、丸太の寸法を揃え、また皮むきをし、さらに土木用材としてはクイや矢板に加工し、建築用材として角材や板材に製材して各地に送り出している。ここでは現在は借地で手狭になったので、新しい場所に集積場と各種加工施設を併せた木材センターを建設する計画が進められている。

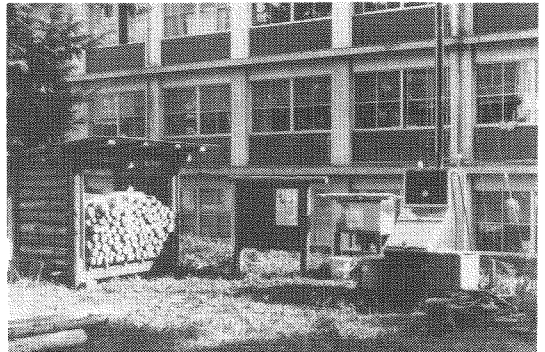


写真-26 カラマツ間伐材の燃焼実験



写真-27 カラマツ材集積所

間伐材の売れ行きを良くし、間伐を促進するには、地域業界の共同・協業による流通経費の縮小、集配所の整備による安定供給体制の確立、情報センターの設置による取引の安定化などが不可欠である。新しい「東信木材センター」に期待すること大である。

5. 汚水の処理と再利用

5.1 襲いくる汚水

いまから4,500年前、インドの古代都市モヘンジョ・ダロに誕生した下水道は、紀元前3世紀の古代ローマでの建設を最後にいったん歴史の舞台から姿を消した。中世のヨーロッパでは10世紀頃から各地に都市が形成されるようになり、都市は農村の過剰人口を吸収し徐々に拡大していった。中世の都市を象徴する城壁は、その中で人口過密を招き、排出されるゴミや人糞尿・家畜の糞尿で極度に汚染されはじめた。このような非衛生的な環境の中で都市は流行病の温床となり、ペスト、天然痘などが繰り返して大発生した。そして、このような状況は近世まで続いた。

19世紀の中ば、下水道は再び歴史の舞台に登場した。ロンドン、パリをはじめ西ヨーロッパの各都市で下水道の建設が進められた。ロンドンでは市内を流れるテムズ川はたしかにきれいになり、都市環境は大幅に改善された。しかし大量の汚物を呑み込んだ下水は、下流の放出口一帯に集中的な被害を与えることになった。この問題を解決するために、いろいろな試みがなされたが、結局放出口に下水の沈澱池と化学処理施設が設置された。これが今日の下水処理場のはじまりである。

一方、わが国では古くから人糞尿や家畜の糞尿は貴重な肥料として農地に還元されていた。し尿が回収され周辺の農地に施されていた江戸の町は、当時、世界でももっとも衛生的な都市であったといわれている。

化学処理に代り20世紀の初当に開発された生物処理法のひとつである活性汚泥法は下水の浄化に大きな効果を発揮することがわかり、下水道の普及に更に拍車がかかった。わが国でも、現在、下水処理場のほとんどはこの方式で下水の浄化を行っている。

わが国において、第二次世界大戦後まで続けられていた有畜農業は、農業の近代化にともなって姿を消していき、それまで農地に還元されていたし尿や畜産汚水は文字通り廃水となった。さらに産業構造や生活様式の変化により、排出される汚水は年々その量を増していった。そして、これらを呑み込んだわが国の川は年々汚濁がすすみ、自浄能力を超える汚染が各地でみられるようになった。

このような事態に対処するため、排水基準の強化や、下水道の建設が国や自治体をあげて推進されてきた。しかし一方では、地方自治体が、今後膨大な建設費・維持管理費の負担に堪えていけるだろうか、また、活性汚泥法を中心とする大規模集中型処理方式が本当に良いのだろうか等の疑問の声も各地で聞かれるようになった。さらに、全国の処理場から排出される汚泥の量は年間1億

m³にも達しようとしているが、この処理も大きな問題となっている。

5.2 処理方式の選定に当たって

水の流れがあまりない淀んだ川では、空気中からの酸素の供給が少ないので、多量の有機汚濁物質が流入すると水中の酸素がどんどん消費されて、無酸素状態となり、川は悪臭を放つドブ川になってしまう。このような川では、排水中の有機物は嫌気分解し、硫化水素が発生して硫化鉄ができるため川は暗褐色を呈するようになる。

ところが、流れのある川では、水面が波立って、空気中から常に酸素が供給されるので、水中の酸素を使って排水中の有機物を分解する好気性細菌類や原生動物などが増殖して水を浄化する。これを“自浄作用”という。

廃水処理施設は、このような自然界における汚水の浄化機能を有効に発揮させるために、表一3のような物理的処理、化学的処理および生物的処理を効率的に組合せた施設である。現在多種多様なものが開発・使用されているが、いずれもそのシステムの中心をなすものは生物処理方式である。生物処理方式には表一4に示すような、活性汚泥法に代表される浮遊生物法、接触曝気法に代表される生物膜法、嫌気性微生物を利用する消化法、特に高濃度の廃水処理の前段階に使用される光合成細菌法や酵母法、魚や水草などを利用する方法などがある。

表一3 廃水処理の単位操作

物理処理	沈殿、濾過、浮上、除塵
化学処理	凝集、吸着、中和、消毒、酸化還元、イオン交換
生物処理	好気性処理、嫌気性処理 特定微生物・動植物利用

表一4 生物処理法

好気性	浮遊生物	活性汚泥、長時間曝気、酸化池、酸化溝など
	生物膜	接触曝気、回転円板など
嫌気性	嫌気性消化、嫌気性ラグーンなど	
特定微生物利用	光合成細菌、酵母など	
自然生態系利用	土壌、水路、池、魚、水草など	

汚水処理方式の選定に当たっては、それぞれの地域の特性に適合した方式を選ばなければならないが、さらにこれに加えて、浄化水および汚泥の再利用についても同時に配慮することが望まれる。特に、農山村地域での生活系廃水の処理に当たっては、都市型廃水処理方式の単なる模倣ではなく、地域空間の特性を活かした小規模・分散型、省エネルギー型、資源循環・再利用型の方式を選定することが必要であろう。

各種処理方式の詳細については他書に譲り、ここでは、

今まで述べてきたことをふまえ、最近注目をあびている
 土壌浄化法、光合成細菌や酵母の利用、嫌氣的消化法を
 とりあげ、さらに町独自の方法で生活雑排水の処理と汚
 泥の堆肥化を行っている長野県穂高町の例、浄化した水
 を農業用水や中水道として活用している岡山県の山手村

の例について見、最後に、農山村地域から排出される各
 種有機物残渣の有効還元利用も含め、今後の方向を探っ
 てみることにする。

5.3 土壌浄化法

土壌浄化法は、ひとことでいえば「土壌生態系がもつ

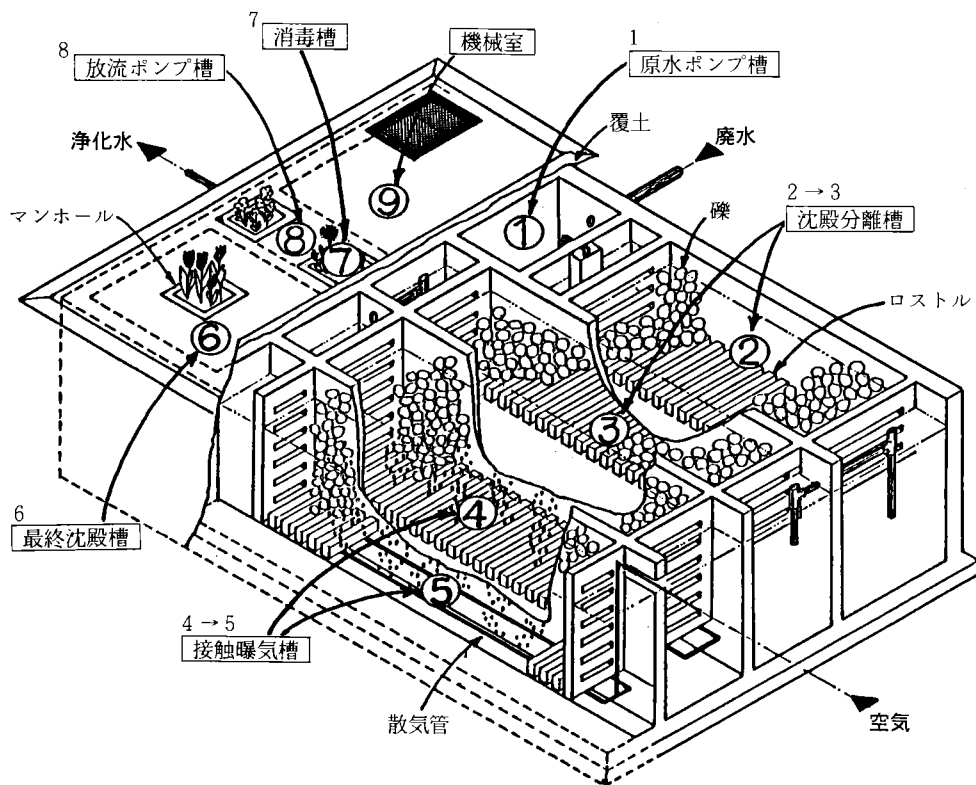


図-17 土壌被覆接触曝気槽

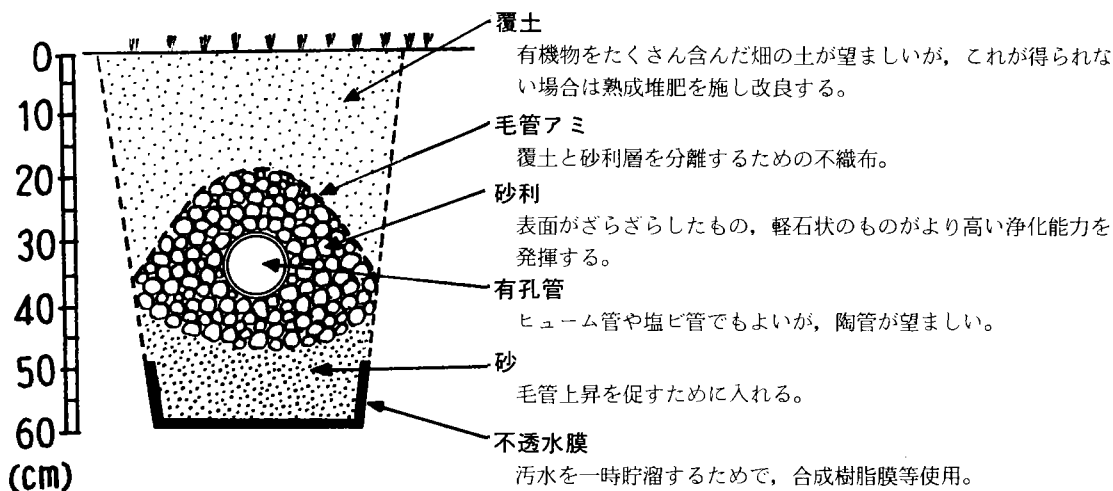


図-18 毛管浸潤トレンチ標準断面図

独特の機能を污水処理システムの中に意識的に適用した工法」ということができる。具体的手段としては現在つぎの二通りのものが開発されている。そのひとつは、現在常用されている接触曝気法の各槽の上部に通気の良い熟畑土壌をのせ、汚水の水面をそれに触れさせる「土壌被覆接触曝気法」であり図-17のような構造の浄化槽である。もうひとつは、沈殿槽や腐敗槽から出た汚水のうわ水を埋設管によって地中の比較的浅い部分に導き、降下浸透を遮断して、汚水が自然に生物浄化のさかんな部分を通して流れるように仕向けた図-18に示すような「毛管浸潤トレンチ」である。

表-5 は処理目標水質をBOD20 ppm以下とする場合

表-5 各処理方式の比較

項 目	長時間曝気法	回転円板法	土壌被覆接触曝気法
各処理方式の工程フローシート	スクリーン ↓ 流量調整槽 ↓ 曝気槽 ← 脱離液 ↑ 返送汚泥 ↓ 汚泥濃縮貯溜槽 ↑ 汚泥 ↓ 沈殿槽 ↓ 消毒槽	スクリーン ↓ 流量調整槽 ↓ 回転板接触槽 ← 脱離液 ↑ 汚泥 ↓ 汚泥濃縮貯溜槽 ↑ 汚泥 ↓ 沈殿槽 ↓ 消毒槽	沈殿分離槽 ↓ 接触曝気槽 ↓ 沈殿槽 ↓ 消毒槽 ↓ 土壌トレンチ
BOD除去率85%以上			
放流水のBOD 20 ppm以下			
処理対象人員 201 ~ 500 人			
	標準活性汚泥法ほどデリケートな管理はいらないが、負荷変動が大きいと微生物に変調を起しやすく、放流水質が悪化する危険性がある。	この方法は、円板に附着した生物膜が回転によって空中に移動したとき酸素を補足するため、曝気が不要であるので比較的省エネ的である。	高度処理が可能で、脱臭、汚泥減量が可能である。放流口に接続して土壌トレンチを設ければさらに高度な浄化を期待することができる。
維持管理	管理の頻度 電力消費量 汚泥返送 空気量の調整 事故回復力	常時 大 調整が必要 必要 1カ月以上	週巡程度 小 不要 必要 1週間以上
環境	悪臭、蚊・蠅の発生 泡・汚水の飛散 騒音の発生 景観対策	あり あり ややあり 必要	なし なし ほとんどなし ほとんど不要
負荷変動に対する弾力性 汚泥の発生量* 窒素処理能力 寒冷地の冬期の性能 建設費 施設の増施または拡大	小さい 約40% 低い 悪化する(対策必要) 小さいものほど割高 繁雑・不経済	大きい 約30% ややある 悪化する(対策必要) 小さいものほど割高 繁雑・不経済	大きい 約20% かなりある ほとんどさがない 規模による差あまりなし 容易・経済的

* 除去BOD量に対して

の中小規模の污水処理によく使われている三つの方式を比較したものである。長時間曝気法は大規模処理に多く使用されている標準活性汚泥法を中小規模の場合に適するように改変されたものであり、汚水中に空気を送り込み好気性菌の活動を促進させ浄化する方式である。回転円板法は主に二次処理の段階で処理されるもので、その前後の装置はさまざまであり、円板の材質・構造も多様である。初沈で分離された汚水中に円板を半分ほど浸漬し、回転させながら、円板に附着した生物膜により汚濁物質を分解する。

写真-28はゴルフ場の建設直後の廃水処理槽の全景である。図-17に示した土壌被覆接触曝気槽はこのように

部分的にマンホールの蓋であるフラワーポットが見える。他は芝で覆われてしまいます。ここでは浄化してBOD 20 ppm以下になった放流水は貯水池に導かれ、芝のカンガイ用水として利用されます。

浄化槽からの放流水は、更に毛管浸潤トレンチに導いて処理すれば更に高度な浄化が期待できる。

以上のことからわかるように、土壌浄化法は特に農山村における廃水処理にはきわめて適した方法であるといえるであろう。この特徴は表-5に示した通りであるが、更にもう一度整理すれば次のようになる。

①負荷変動に対して弾力性を持ち、高度処理が可能である。

規模の大小にかかわらず単純なフローで対応でき、汚水流入量の変動、負荷の大幅な変動に対しても安定した処理能力を維持することができる。土壌被覆接触曝気槽のみでも高度処理ができるが、更に毛管浸潤トレンチを併用すればより高い浄化が可能であるし、河川等への放流も不要となる。

②分散処理に適している。

小型でも高性能であり、維持管理が容易であるため、分散処理に適している。パイプラインで汚水を集めることは不経済であり、また管路の管理にも問題がある。したがって、特に農山村では汚水処理施設を分散して設置して各々で完結処理するようにした方がよい。

③維持管理費が安く、管理も容易である。

他のいずれの方式よりも維持管理費が安く、しかも電気、機械の作動の確認程度で日常管理が行えるので、月一回程度の専門技術者による定期点検で対応できる。

④性能が良く、しかも省エネルギー的である。

他の同規模のものにくらべて浄化能力が大きい。通常の長時間曝気法などでは、処理水中のアンモニア態窒素を除去するためには、硝化槽→脱窒槽→曝気槽→沈殿槽などの追加設置が必要であり、この過程で各種の薬剤などが使用されるため、施設面でも管理面でも多くの経費を要する。これに対して、この方式では処理水中の窒素の多くは硝酸態であるので、放流水を更に毛管浸潤トレンチに入れることにより脱窒が効率よく行なえる。また、土壌中の微生物・小動物の働きや土壌の物理・化学的浄化能力が相乗的に発揮されるので、省エネルギー的で高い性能の浄化力をもつ。

(注意) 覆土および埋戻し土に不良土を使用しないようにしなければならない。微生物や小動物がたくさん住んでいる熟畑の表土を使用することを原則とするが、このような土が得られない場合は熟成コンポスト(堆肥)を十分混入し改良した土を使用しなければならない。



写真-28 土壌被覆接触曝気槽の全景

い。

⑤余剰汚泥の発生量が少ない。

多様な土中の生物群を浄化に役立てることができる方式であるため、他の方式にくらべて余剰汚泥の発生量がきわめて少ない。

⑥寒冷下においても処理効率の低下はほとんどみられない。

覆土による保温効果のため冬期間にもそれほど水温が低下することはない。浄化のために働いている微生物等の活動が阻害されることはない。また、適正な施設設計および施工がなされれば、凍結などによる事故も防止することができる。

(注意) 設計・施工が不適切であると、厳寒期にいろいろトラブルが発生する。したがって、寒冷地における経験を十分積んでいる人が設計・施工するようにしたい。

⑦周辺環境に悪影響を及ぼさない。

各槽および毛管浸潤トレンチとも土壌で被覆され、更に植生で覆われているので景観を害することはない。また、土壌の脱臭機能によって悪臭は除去され、さらに覆土されているため、蚊やハエの発生、汚水の飛散は防止される。

⑧建設費が安い

他のいずれの方式よりも建設費が安い。特に小規模になるほどその割合は大きくなる。

⑨毛管浸潤トレンチは目づまりを起しにくい。

水分とともに土壌に入ったSSは、微生物とミミズなどの大型の土壌動物に直接食べられ、そのうち微生物は小型の動物に、さらに小型の動物は大型の土壌動物に食べられる。このようにしてSSはその形をかえて消失してゆく。したがって毛管浸潤トレンチが正しく施工され、土壌動物が生息できる条件を維持している限り、目づまりを起すことはない。

5.4 光合成細菌の利用

畜産廃水や食品加工廃水などの比較的高濃度（BOD 3,000 mg/l 以上）の汚水の浄化に当っては、最近、光合成細菌の利用が注目をあびている。これは光合成細菌を汚水処理槽の中で曝気・攪拌を行いながら優勢的に増殖させ有機物を分解させる方式で、この特徴は、廃水をすすめることなく処理できるので、設備費が少なくて済み、工事費も維持管理費も安いこと、管理に特別な技術を要しないこと、処理水の搬送、散布が容易で、しかも散布に際して悪臭がないことなどである。さらに、図-19に示すように、副生菌体は魚介類の餌、家畜の飼料、食料蛋白、医薬源へと幅広い利用が可能である。

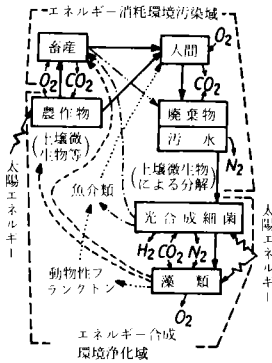


図-19 光合成細菌を中心とする物質循環（小林達治）

図-20は、活性汚泥処理のみの場合とこれに光合成細菌・共生菌処理を併用した場合を比較したものである。これはつぎのような前提のもとで作られている。

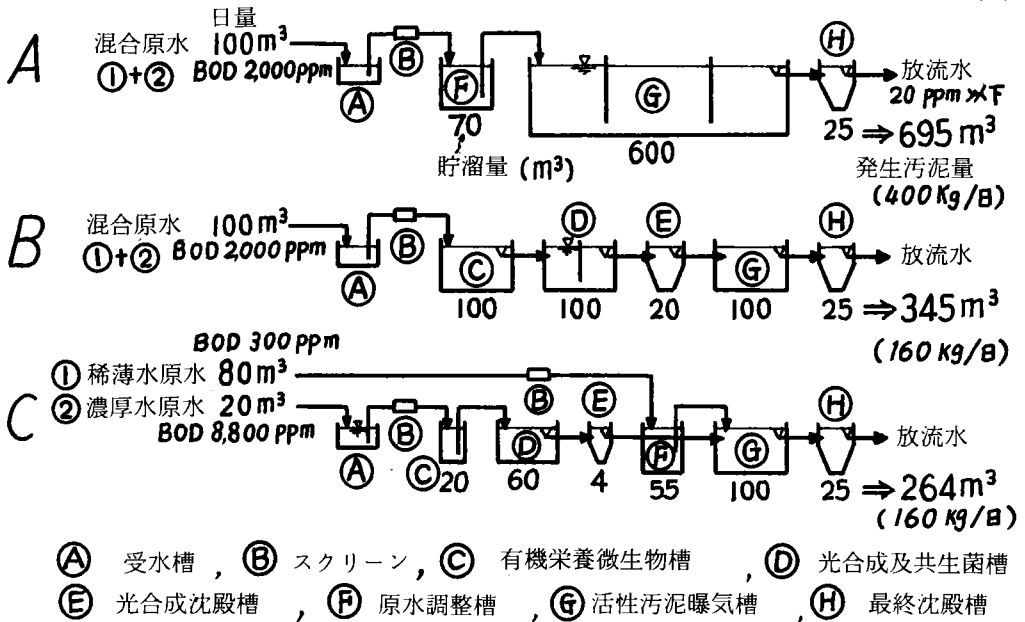


図-20 活性汚泥処理と光合成菌併用処理の比較

① 1日の処理水量および（BOD）は、濃厚廃水20m³（8,800 ppm）、稀薄廃水80m³（300 ppm）であるとする。②したがって負荷量は濃厚廃水176kg、稀薄廃水24kgとなるので混合水のBODは2,000 ppmとなる。③活性汚泥曝気槽の容量負荷量を0.3kgにとれば、活性汚泥曝気槽の必要容積はAの場合600m³、B、Cの場合100m³となる。

図からわかるように、処理槽の容積の合計値は、B、Cの場合はAの場合のそれぞれ大凡1/2および1/3となる。さらに汚泥の発生量もB、Cの場合は大幅に減少する。これは、濃厚廃水は薄めることなくまず光合成細菌処理を行い、次の活性汚泥処理の段階で稀薄廃水と一緒にした方が有利であることを示している。

図のCタイプにおける③④⑤槽の動きは次の通りである。

③有機栄養微生物槽 — 激しく曝気し好気性の有機栄養微生物を繁殖させ、廃水中に含まれている蛋白質、澱粉、脂肪などの高分子物質を低分子物質に変える。

④光合成及共生菌槽 — 光合成細菌（ロドシュードモナスカプラスタ）と共生微生物（酵母、放線菌、乳酸菌）により、BOD成分である有機物の一部は菌体のエサとして取込まれ、また一部はガス体となって空气中に放出される。光合成細菌は種菌槽で培養され併設されている菌体補強槽に送られる。

⑤光合成沈殿槽 — 沈殿した菌体の一部は菌体補強槽に移され酸素を供給して活性化し、種菌とともに光合成及共生菌槽に戻される。残りは引抜かれ、含水率約

85%に脱水される。上ずみは活性汚泥曝気槽に送られるが、この段階ではBODは300 ppm以下となっている。

5.5 酵母の利用

酵母を利用した廃水処理法も光合成細菌利用の場合と同様に高濃度の廃水（BOD 3,000~100,000 ppm）処理に適した方法である。

ハナマルキ味噌長野工場では、1日約45tの味噌の仕込が行われている。ここから排出される廃水は、大豆の煮汁は先づ前段で酵母で処理され、次に後段で、これと雑廃水とあわせて活性汚泥処理が行われている。

原料の処理量、廃水の種別および排出量、原水および酵母処理水のBOD濃度と負荷量は表一六の通りである。

表一六 ハナマルキ味噌工場の廃水

原料	処理量	排水の名称	
大豆	14.0t/day	洗浄水、浸漬水	煮汁
米	8.5t/day	浸漬水	
食塩	5.5t/day	↓	↓
工場洗浄水	→	165 m ³ /day	36 m ³ /day
原水のBOD		1,600 ppm	27,000 ppm
原水のBOD負荷量		Ⓐ260kg/day	Ⓑ970kg/day
酵母処理後のBOD			7,000 ppm
酵母処理後のBOD負荷量			Ⓒ250kg/day

活性汚泥曝気槽のBOD容積負荷を0.6kg-BOD/m³-dayとすれば、活性汚泥曝気槽の必要容積は表一六より

(Aタイプ) 活性汚泥処理のみによる場合

$$(A+B) \div 0.6 \div 2,000 \text{ m}^3$$

(Bタイプ) 酵母処理と活性汚泥処理を併用した場合

$$(A+C) \div 0.6 \div 850 \text{ m}^3$$

となる。したがってハナマルキ長野工場ではBタイプを採用して、図一21のようなフローで廃水処理を行っている。

この酵母利用による廃水処理の特徴は次の通りである。

①前処理段階で高濃度廃水のBODを大幅に低下させるため、二次処理段階の活性汚泥曝気処理設備を大幅に小形化することができる。

②前処理でBOD負荷量を減少させるため、活性汚泥処理設備での発生余剰汚泥の量を大幅に減少させるこ

とができる。

③高濃度廃水を酵母処理するので、BOD負荷変動を抑制でき、負荷の低減の効果とも合わせて処理水の水质の安定に寄与する。

④酵母利用の場合は、活性汚泥に要するような馴養期間が不要なため、廃水の排出と同時に直ちに処理することができる。

⑤酵母消化槽からの排水に含まれる酵母菌体は、活性汚泥曝気槽中で活性汚泥生物により食物連鎖を通じて間接的に捕食されて消滅する。

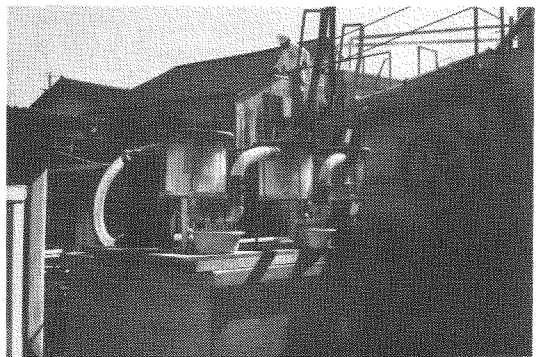
いま、私達の研究室では、ハナマルキ長野工場において次の二つの実験を行っている。

①大豆煮汁のSSの除去に関する実験

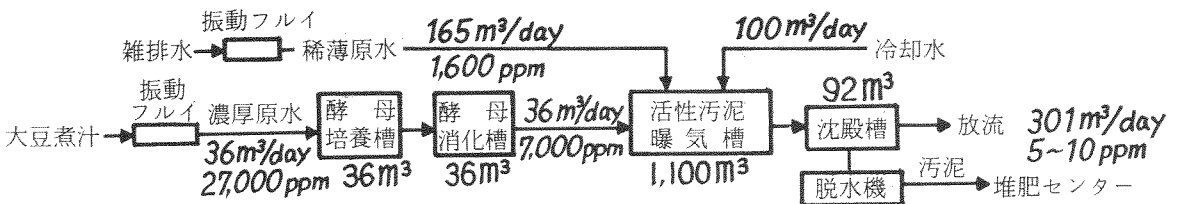
これは畜舎からの廃水中のSSを容易に低コストで除去することを最終目的とした研究の一環に位置付けられるもので、除去したSSは先にのべた家畜のエサ化あるいはコンポスト化技術によって再び資源化するというところに、この研究のポイントがある。実験装置は写真一29のようにメッシュの異なる円筒型除塵機を直列に3基連結したものである。実験機は、現在畑地カンガイ用水中のSS除去等に広く使用されているフィルタークロンを、このような廃水中のSS除去に適するよう改変したものである。

②余剰汚泥のコンポスト化に関する実験

図一21に示した脱水余剰汚泥を用いて、汚泥のコンポスト化の実験を行っている。熟成槽はさきに写真一6に示したような直径2.5m、高さ1.0mのポリエチレ



写真一29 SS除去の実験



図一21 酵母利用による廃水処理（ハナマルキ長野工場）

ン製の円筒槽の中央に直径15cmの通気パイプを立てたものである。水分・通気調整材としてモミガラを使用し、その混入量および混入方法をかえた5基の熟成槽で熟成の過程を観察している。

5.6 嫌氣的消化法

嫌氣的消化法は、家畜し尿や汚泥などの高濃度の有機廃水を、無酸素状態のもとで嫌氣性菌の働きにより加水分解、還元分解してガス化させ浄化处理する方法である。

嫌氣的消化には一般にメタンガスの発生をともなうが、槽内を加温、攪拌すれば、嫌氣性分解の速度は大幅に向上し効率よくメタンガスを得ることができる。

加温に太陽熱を利用した中温メタン発酵を併用した家畜糞尿の処理に関する研究も試験研究機関等で進められ一部実用化している。しかし、さきののべた、コンポストの熟成過程に発生する発酵熱を利用（具体的にはメタン発酵槽を熟成槽の中に設置する）すれば、メタン発酵槽内の温度を常に53℃前後に保つことができるので、きわめて高い効率（中温メタン発酵の場合の2.5倍位）で高温メタン発酵を行うことができる。この場合、メタン発酵槽内の温度が一度あがってしまえばコンポスト熟成槽から過度の熱を奪うことはないので、コンポストの熟成に支障を及ぼすことはない。

図-22に示した高温メタン発酵装置は、長本科学畜産会で開発され実用化されている「畜産糞尿発酵処理熱利

用・メタンガス発生装置を改良したものである。長本式の発酵槽は直方体であり、二つの面から加温を行い、中温発酵を行なわせるものであるのに対し、図示の装置はメタン発酵槽を円筒形にし、全側面から加温して高温発酵をさせようというものである。

さきののべたように、高温発酵法は有機物負荷を高くとることができ反応時間を短縮できる利点をもつが、熱収支の面からは発生ガス量に対し加温熱量が多く、エネルギー回収の点で中温発酵より劣るといわれている。

ある試算によれば、加温（5℃→35℃）を電力で行うと仮定した中温発酵方式の場合、得られるメタンガスが90,000 kcal/日であるのに対し、昇温に必要な熱量と放熱量をあわせた熱量が132,000 kcal/日となるという結果がえられている。

したがって、現在の研究・開発は太陽熱利用やゴミ焼却場の廃熱利用による中温メタン発酵を中心に進められている。しかしこれらの方式も、施設・設備費が高くつくこと、および熱供給が不安定であること等の問題をかかえている。

以上の点から見れば、コンポストの発酵熱を利用する図示の高温メタン発酵装置は「農村型メタン発酵装置」というべきものであり、資源有効利用農業の流れの中でその真価を発揮するものである。

この特徴をあげれば次の通りである。

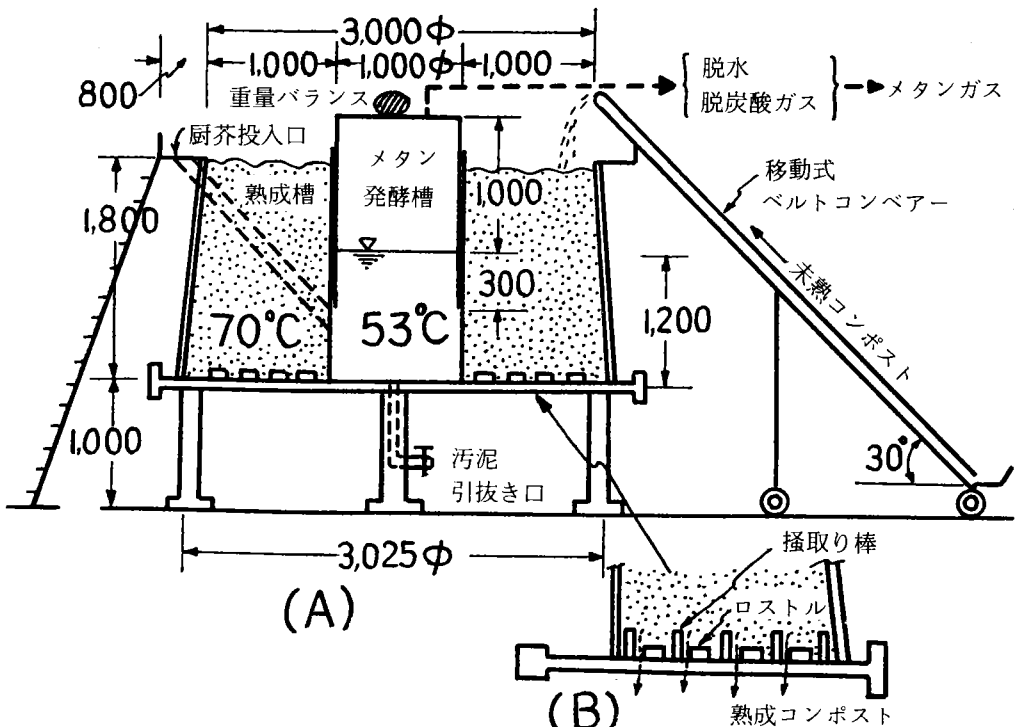


図-22 高温メタン発酵槽

- ①施設・設備費が他のものにくらべてきわめて安い。
- ②シンプルな構造であるので、故障が少なく、取扱いもきわめて容易である。
- ③ランニングコストがきわめて少ない。発酵熟成槽の中で約1ヶ月滞留した発酵物は熟成コンポストとなり農地に還元される（または畜舎の敷料として、コンポスト作成時の水分調整材として、また燃料として利用される）。
- ④メタン発酵槽からの引抜き汚泥は熟成槽内に投入すればよい。

この高温メタン発酵装置の仕様は次の通りである。

(1)メタン発酵槽

形状寸法：図-22の通り、有効容量：0.942 m³
 負荷量：7 kg-有機物/m³・日、必要有機物量 6.6 kg/日、（もし厨芥を原料にすると仮定し、厨芥の含水率を85%，厨芥有機物割合を90%とすれば1日当りの厨芥投入量は $6.6 / (1 - 0.85) \times 0.9 = 50 \text{ kg}$ となる）
 メタンガス発生量：600 Nl/kg-有機物 $\times 6.6 = 3,960 \text{ Nl/日}$
 取出し熱量：6,000 kcal/Nm³ $\times 3.96 \text{ Nm}^3/\text{日} = 24,000 \text{ kcal/日}$

(2)熟成槽

形状寸法：図-2の通り、容量：11.4 m³
 未熟コンポスト投入量：2.85 m³/週-1回
 滞留熟成日数：30日間
 熟成コンポスト取出し量：2.85 $\times 0.8 = 2.28 \text{ m}^3/\text{週}-1 \text{ 回}$

(3)操作方法

- ・厨芥50 kgを毎日1回厨芥投入口より投入する。
- ・未熟成コンポスト（さききのべた発酵回転ドラムで3～4時間処理したもの）を1週間に1回2.85 m³ずつ、移動式ベルトコンベアを使って熟成槽上部より投入する。
- ・熟成コンポストを、図Bの回転かき出し装置を回転させながら、1週間に1回2.28 m³ずつ取出す。
- ・メタン発酵槽内の汚物増加分は、厨芥投入口より水面を見て適宜底部の引抜き口より排出する。

5.7 穂高町における生活雑排水処理の事例

長野県の穂高町は日本アルプスの峰々を見上げる安曇野のほぼ中央に位置する町である。豊富な湧水に恵まれ、ワサビ栽培や虹鱒の養殖が盛んで、多くの観光客が訪れるこの町も、産業の発展と生活様式の変化により、町内を流れる河川や、側溝、用水路の汚染は年々進み、地場産の安曇米やワサビ、鱒などにもその影響があらわれるようになった。

このような自然および生活環境悪化の原因を取り除く

為に、穂高町では、昭和46年度に公害監視員制度を、昭和49年度には排水モニター制度を発足させた。そして、住民の排水に係るアンケート調査、先進地視察等を実施し、続いて町内の全事業所、全家庭の現地調査もを行い、用水路、河川の水質の汚れの変化データ作りをした。

この結果、公共下水道と都市下水路構造の長所を取入れながら、建設費が安く、維持管理が容易な町独自の合流式都市下水処理方式、通称ミニ下水道穂高方式を考案し、条例制定の上昭和50年度より工事に着手した。

ミニ下水道穂高方式の大きな特徴は、当該区域の全戸がこの事業に参加していることである。このために、排水区域毎に2～5ヶ月間の話し合いの場を設け、自分の排出物は自分が責任を持つ衛生意識の高揚を図りながらの受益者協力制度を組織し、全関係者の賛同を得て事業が推進された。

このミニ下水道穂高方式は、先にのべたように都市下水路構造に公共下水道の基準構造を併せた集落下水路で、合流方式であり、町の自然立地条件を十分活用し、自然コウ配に逆らうことがないような配慮がなされた方式である。公共下水道方式と比較しながらその特徴を示せば次の通りである。

- ①主要幹線および枝幹線の管渠埋設に当っては、種々工夫をこらし、公共下水道の場合より埋設深さを大幅に浅くしている。
 - ②支線排水路は管渠とせず、現在一般家庭の排水が放流されている側溝、用水路等の一部又は全部を改良して利用している。
 - ③放流点等にポンプ場又はポンプ室は設置していない。
 - ④町内を流れる一級河川烏川、欠の川、川窪沢川、天満沢川、穂高川を排水路は横断していない。
 - ⑤公共下水道では必ず設置しなければならない終末下水処理場は設けない代りに、全家庭および全事業所に浄化槽を設置し、必ず浄化水を支線水路に排出するように義務付けている。
 - ⑥浄化槽の維持管理の適正化を図るために、専用のバキューム車が巡回し、1ヶ月に1回浄化槽汚水汚泥を引抜き集取している。
 - ⑦引抜き汚泥を処理するために汚泥処理プラント（穂高町汚水汚泥処理場）を設置した。
 - ⑧汚泥処理プラントでは、脱水分離した汚水は回転円板法で浄化して河川に放流し、汚泥ケーキはモミガラと混合し好気性高温発酵をさせて堆肥化している。
- 以上の結果、排水区域内の受益者の負担金額は、公共下水道の場合の1/5～1/10となった。
- 昭和63年1月現在、一戸当りの維持管理費負担額は1ヶ月800円であるが、一戸の脱落者もなく、順調に水路、

河川の浄化が進行している。

5.8 山手村における浄化水再利用の事例

岡山県の山手村は南は倉敷市，東は岡山市，西と北は総社市に接する施設園芸の盛んな村である。一帯は吉備路風土記の丘自然公園に指名され多くの観光客が訪れている。

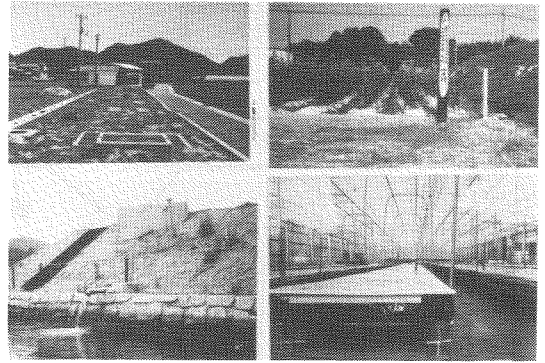
昭和56年度から着手した農村下水道は，全国に先がけて村全域を対象にしたもので，対象地区を二つにわけ，東部地区には農業集落排水事業が，西部地区には公共下水道事業が導入され建設が開始された。全村を対象としているため，事業を円滑に推進するために5戸程度に1人の割合で自主的に「世話人」を選出して，約110人の世話人が村と住民とのパイプ役をしながら事業が推進された。また，住民の自己負担経費の資金準備の手段として，村では，昭和56年度から農協とタイアップして「農村下水道整備事業特別積立定期貯金」制度をとり入れた。

農業集落排水事業で行なった東部地区は三つの集落（計画人口1,385人，計画戸数312戸，計画家畜数乳牛18頭）よりなり，これら三集落の間には川が流れている。したがって，ここでは各集落ごとに処理施設を設け，集落単位ごとの処理区とすることになった。

この地区の汚水処理施設には土壤浄化法が採用された。

集落内の各家庭から排出された汚水（一部畜産汚水も含む）は，自然流下式の下水管路（一部でポンプ圧送）で集落の低位部に位置する処理場に運ばれる。処理場で処理された水は農業利用を図るとともに，下流部への直接放流を避けるために，ポンプ圧送で再び集落の高位部へと移送される。この水は渇水期にはため池に貯留するために，毛管浸潤トレンチを経て流入させる。また，ため池に流入させる必要のない場合は，毛管浸潤トレンチを経て農業用水路へと流入させる。更に農業利用をしない場合でも自然浄化が働くよう集落内を流下させるようにしている。

写真一30は，農業用水への利用の様子を示したものである。左上の写真は土壤被覆接触曝気槽の全景であるが，このように全面に覆土され芝で覆われているので内部を見ることはできない。奥の土蔵のような建物は機械室である。当地が吉備路に沿っているための景観上の配慮である。左下の写真は農業用のため池である。毛管浸潤トレンチを通った水（トレンチの底部には集水膜が設けられている）はこのため池に流入する。上に見える筒は塩素消毒用槽である。トレンチ通過水中の大腸菌数は100以下であるが，更にこれを2以下におとすために塩素消毒をしている。右上の写真はトレンチ通過水（消毒しない）でトウモロコシ畑のうね間カンガイを行なっているところである。右下の写真はトレンチ通過水（オゾン消



写真一30 山手村の農村下水道

毒）を水気耕栽培に利用しているところである。ここではミニトマトが栽培されている。

公共下水道事業で行った西部地区は，市街化区域44haと隣接する集落14haを合わせて，計画人口1,637人をベースに事業が実施された。

この地区の処理方式にはオキシデーションディッチ法が採用された。オキシデーションディッチは酸化溝ともいわれ，トラック状の水路に汚水を導入して，機械式曝気装置で循環水流を与えながら曝気して汚水を浄化する方法である。

当地区で，この方式を選定した理由は次の通りである。

- ①処理水の再利用，すなわち農業用水及び中水道水源として活用できること。
- ②処理水質は，再利用水源として高度の水質が安定して得られること。
- ③農村型の下水道として建設費が廉価で，維持管理が容易であること。
- ④流入汚水量および負荷の変動に対応できること。
- ⑤余剰汚泥の発生量が少ないこと。
- ⑥悪臭の発生が少ないこと。
- ⑦2次処理施設（ここでは毛管浸潤トレンチ）でチッソ除去が可能な処理方式であること。

ここでもトレンチ通過水はオゾン消毒されたのち，村役場や小学校など公共施設の水洗便所用水，洗車用水，せん栽用水などとして利用されている。

このように，浄化水の再利用も全国各地でぼつぼつ行われるようになってきたが，現段階では水道水を使用した方が安い場合が多いので，その普及にはまだ時間がかかりそうである。

5.9 水資源の有効利用をめざして

以上述べてきた汚水処理法に，さらに有機物残渣の再利用を組合わせて，汚水および処理水の循環システムフローを画けば図一23のようになる。図に示したように，稀薄廃水は土壤浄化方式で，畜産廃水・屠場廃水・食品

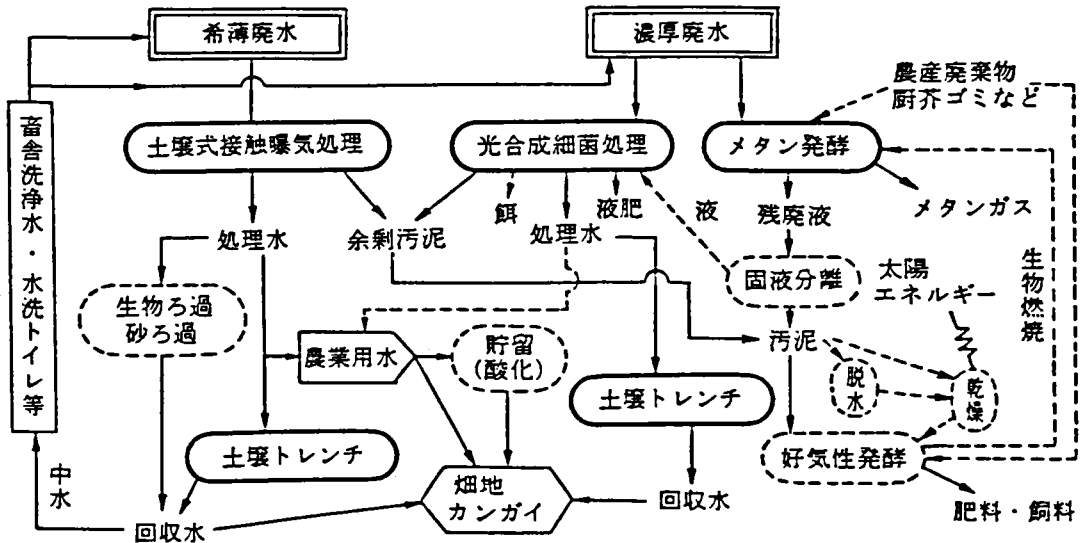


図-23 汚水および処理水の循環利用システム

工業廃水などの濃厚廃水は光合成細菌処理方式や消化方式などで適切な処理を施せば生活用水や農業用水の一部として再利用することができる。

昨年夏の東京都における給水制限に見られたように、わが国では夏の生活用水不足が各地で年中行事のように起っている。浄化した水の再利用、すなわち水洗便所への利用、農業用水としての利用、地下へ還元した浄化水の家庭や工場などの冷房・冷却用水への利用、さらに屋根からの雨水を地中に貯留する雨水トレンチ、側方に水を滲出させる浸透式道路側溝や透水性舗装による地下水涵養など、今後より積極的に考えていきたいものである。

わが国は世界でも最も豊かな降雨に恵まれた国である。しかし、地形が急峻であるため、降った雨は短時間で河や海に流出してしまう。先に述べたように豊かな森林は保水性に富んだ森林土層を育くみ、水資源を涵養している。それはまさに巨大な貯水ダム「緑のダム—森林」である。このような立場からも、私達は森林を見つめ直し、更に一層、豊かな森林を育てていく努力をしていかなければならない。

また、広大な面積の水田も巨大な貯水ダムである。水田は降雨を一時貯留し、徐々に河川に水を放出している。そして河川の流量を平準化し、私達の水利用を容易にしてくれると同時に、洪水を防いでくれている。また地下に浸透した水は地下の巨大な貯水池を満し、きれいな冷たい地下水を私達に供給してくれている。

さらに、冬の積雪は一大貯水池の役割を担い春の芽吹きに少しずつ水を供給している。

わが国は世界一の水資源大国である。しかし私達はこの豊かな水に甘えてはいないだろうか、本当に感謝の念

を含めて大切に涵養し、使っているであろうか。もう一度問い直してみようではないか。

6. おわりに

現代工業社会では、技術革新・合理化により短時間に大量の「物」が作られるようになり、今日の繁栄をもたらした。

しかし、物というものは時間とともに価値が減少して消えてゆく。それに対して「農」では価値の増大が絶えることなく行われる。収穫した種をまくことによって更に大きな収穫がもたらされる。

現代工業社会の中で、私達はいま、地球が誕生いらい営々と蓄えてきた資源を食いつぶしながら生きている。そして農業までもがそれに追従し、資源消費型農業が進行している。

かつての石油ショック、トイレtpーパー不足を思い返してみよう。われわれの「生」に直接かかわる食糧が不足したらどんなパニックがおこるであろうか。食糧自給率が世界一低いと言われるわが国の現状、このままでよいのだろうか。食糧は輸入した方が安上がりだ、だから工業立国の足を引っばるような農業はやめておけといった主張に私は異議をとない。農の「生命と糧を創る」という行為とバランスのとれたかたちで工の「物を作る」ということを考えなければならないといいたい。

土と水と太陽エネルギー、この三つのバランスが実にうまくとれているわが国では、豊かな生物資源が繰返しくり返し生産されている。それは石油のように枯渇してしまうことはない。日本は世界一の資源大国である。

この生物資源の生産と、その有効利用こそが、日本がこれから生きてゆく道であろう。そして21世紀に生きる子孫に私達が残す最大の遺産であろう。