

都市ごみ焼却施設と地域環境の創造～札幌市における事例

札幌市清掃部篠路清掃工場 石倉 長治郎 川野 忠良

はじめに
昭和48年の石油危機に端を発した資源、エネルギーの枯渇に対する不安は、今まで衛生的処理という方面にのみ多くの目向けられていたごみに「資源・エネルギー」としての価値を再認識させる重要な契機となった。
特に我国のようにエネルギー総需要の約72%を石油に依存し、かつ99%までを輸入に頼っている国は世界で日本だけという現実を見ると、数少ない自国資源「ごみ」をローカルなエネルギー源と見るのはごく自然な発想といえる。このことから、札幌市では長期総合計画に基づき建設してきたごみ焼却炉にはいずれも廃熱利用に重点を置き、これまでに自家発電、温水プール、ロードヒーティング、地域集中暖冷房、施設園芸団地など地域特性を生かした多目的な利用を試みてきた。以下その事例を述べるものである。

／、地勢および市勢
本市は、石狩平野の南西部に位置し、東は低地帯、西および南は山地、北は日本海に接する砂丘地に囲まれた全国屈指の広大な面積を有した都市である。その位置は、東経141°、北緯43°、海拔169 mである。また総面積は1,118 km²（全国3位）あり、その東西の距離は42.3 km、南北は45.4 kmである。
気候は裏日本型に属し、大陸の気候に左右されることが多く、夏の平均気温は約21℃で一般に過ごしやすい。冬は11月初旬の初雪に始まり、シベリア大陸の高気圧が発達して周期的に寒さと雪をもたらす。厳寒期の1月の平均気温は-4.9℃で時には-20℃近くまで冷え込む。最深積雪は約1 m、累積降雪量は約5 mに達し、4月までの約5ヶ月に渡って経済活動や市民生活は少なからぬ影響を受ける。
本市は、明治2年建設に着手されてから110年余、北海道開拓の中心都市として発展を続け、今や北海道における政治、経済、文化の中核を担っている。昭和45年の国勢調査では人口は100万人を突破し、更に本年前期には50万人を越える見通しであるが、5月には京都市に代わり全国5番目の都市となっている。
また、産業別構造を見ると、第1次産業0.2%、第2次産業11.9%、第3次産業87.9%となっており、第3次産業に極端に傾斜しているのを特色としている。

2、ごみ排出量の推移
本市の計画収集ごみ（家庭ごみ）の排出量は昭和42年当時108,200 t/年であったが、昭和52年には341,600 t/年にも達し、この10年間で3倍と急激な上昇カーブを示しており、更に昭和57年度では376,405 t/年の収集を行っている。これは市民1人当たりの排出量に換算すると、706 g/人となり、他政令都市と比較すると、大阪1,705 g/人、東京1,481 g/人、川崎887 g/人、横浜721 g/人に次ぐ5番目に多くのごみが排出される都市となっている。（表-1参照）

表-1

項目	年度	53	54	55	56	57
世帯	全市世帯	469,739	488,959	508,238	523,404	539,352
世帯	作業対象世帯	468,303	487,455	506,729	521,970	537,442
人口	全市人口(人)	1,333,713	1,367,124	1,401,257	1,433,355	1,465,000
人口	作業対象人口(人)	1,329,513	1,362,224	1,397,557	1,429,155	1,460,800
実施率	(%)	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7
処理量	合計(t)	341,574	350,996	349,811	361,338	376,405
処理量	日量(t)	1,102	1,132	1,128	1,166	1,214
処理量	市収集外量(t)	456,494	524,225	477,050	589,672	575,491
処理量	合計(t)	298,068	875,271	828,861	942,010	951,896
処理量	1人/日排出量(g)	202	204	206	203	206
処理量	1世帯/日排出量(g)	1,639	1,754	1,620	1,801	1,780
処理率	焼却率(%)	34.3	30.1	39.7	45.1	47.3
区分	埋立率(%)	65.7	69.9	60.3	54.9	52.7

これらの多量に排出されるごみに対応して、減量対策の推進、焼却および埋立処分^{ハツツム}の効率的運用、公害防止対策面から分別収集を昭和44年から実施すると同時に、町内会単位でごみとして出す前に再資源化出来る有価物の回収を積極的に進めている。

3、清掃工場建設の経緯

ごみ処理の本来の目的は、ごみの安全化、安定化、減量化にあり、本市では従来大部分を埋立により処分してきたが、年々市街化地域の拡大に伴う衛生上の問題、用地の取得難、搬送の遠距離化等の諸問題から早急に計画的な処理体制の整備を計る必要に迫られた。そこで近代的装備を施した清掃工場を中央、東、西、南、北の5ヶ所に建設を計画し、可燃性ごみの100%焼却処理を目指してきた。その第1段階として、昭和46年に最初のごみ焼却施設を中央地区に計画し都市中心部の集中暖房はごみの焼却による余熱を利用する構想で設計を進めた。しかし清掃工場に対するそれまでのイメージが悪く、都市計画の決定が得られず、結局西地区の発寒鉄工団地内に建設することになった。

第1号炉として建設された発寒^{ハツツム}清掃工場は、これまでの単にごみを焼却するだけのバツク炉ではなく、積雪寒冷地における最初の廃熱ボイラーを有する150名×2基の連続機械式焼却炉で臭気、騒音、ばい煙防止等公害対策も十分配慮した近代的な清掃工場^{ハツツム}で、設備においても発電、ロードヒーティング、温水プール等余熱利用を多目的に試みた。その後約2年間のうね曲折のなかで幾多の難問題と取り組みながら経験を重ね、またこの間多数の関係者、地元住民をはじめ他都市からの見学者が来訪した。

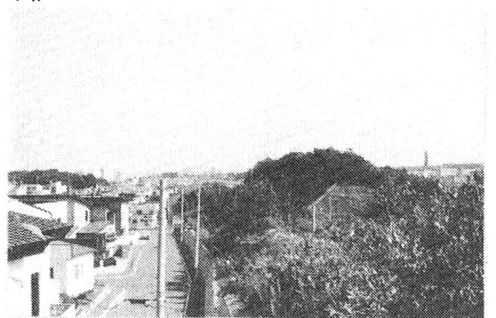
これらにより、年々清掃工場に対する理解と認識が得られるようになり、各地区から余熱利用施設の建設、周辺道路の拡張及び舗装等の地域環境の向上を期待して、清掃工場の誘致運動がもち上ってきた。

第2号炉の建設計画と時期を同じくして、札幌市の中心から約12kmに位置する東地区に厚別副都心^{アツベツ}に団地、270戸の大規模ニュータウンが計画され、この地区の集合住宅、店舗、学校、温水プール等の各施設へ給湯、暖房等の熱供給を集中的に行うことが計画された。これら大気汚染防止、生活環境の向上を目標に計画された地域暖房プラントは発寒^{ハツツム}清掃工場における余熱利用の実績から、清掃工場と隣接して建設されることになったのは当然の成り行きといえるだろう。

この厚別副都心では、国鉄新札幌駅を中心に都市が形成され、また道立自然公園や数多くの学校がある文教地区が隣接していることなどから、地域の環境にマッチした清掃工場の建設が考慮され、自然風致景観を著しく損ねる従来の工場煙突に見られる、けげげばしい航空障害塗装は航空局の許可を得て、全体を白にして細い横3本のストライプの入った塗装を施した。また清掃工場用と地域暖房プラント用の煙突を1本にまとめ共同使用することとし、建物においても清掃工場用蒸気コンデンサー室の地積を地暖プラントに提供し、その屋上にコンデンサーを設置することで敷地を最大限に利用すること、また給熱距離を短縮して、熱損出を減少することも考慮した。

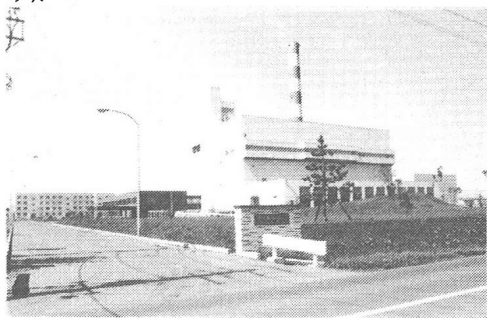
第3号炉は市の中心から北へ約12kmに農家60戸の点在する篠路^{シノロ}地区よりの強い誘致運動があり、また北地区のごみ搬入計画等も考慮して、300名×2基の篠路^{シノロ}清掃工場として建設された。

写真-1



厚別清掃工場と周辺の状況
右端の塔は道立自然公園内の開道100年記念塔

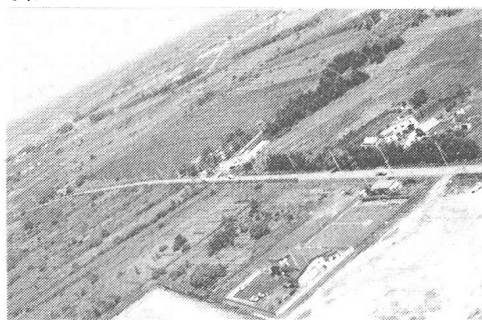
写真-2



篠路清掃工場の全景

清掃工場を誘致した地元の背景として、1)篠路地区は比較的に市の中心部に近いが泥炭地であるため都市開発は遅れ、郵便物も速達配達区域外の扱いである。2)各農家は米の生産調整による畑作転換、及び農業後継者の問題等から耕作面積が少なく、ほとんど転職して専業農家も少ない。3)道路も一車線の砂利道で冬期間は交通量が少ないため除雪体制が完備しておらず、吹雪の日などは陸の孤島となる。

写真-3



屋上より見た工場周辺の状況

一方本市としては、これら地元の状況を十二分に受け止め、解決出来る方向に努力すると同時に、清掃工場の余熱利用については地元農家の参加によって冬期間をはじめとする端境期における地場野菜の安定供給化を目指し、これからの都市型施設園芸として計画され、実現したものである。

また現在、南地区に第4号炉を昭和60年11月の竣工を目指して建設しているが、ここでは地域暖房プラントへの熱供給と清掃工場に隣接して建設される老人福祉施設の給湯暖房が計画されている。

本市では今後建設される清掃工場においても、地域特性を生かし、地元住民に密着した清掃行政を行うことによって、より良い地域環境の向上が得られるものと確信している。

4-(1) 清掃工場とごみ処理計画

現在我国のごみ処理の主流である連続機械式焼却炉は、欧州、特に西ドイツにおいて開発されたもので、我国に導入されてからまだ20年程である。しかし我国の研究熱心な国民性から、今日では純国産の焼却炉も開発され、運転管理技術の面でも世界の最先進国となっている。

本市においても、昭和46年に^{ハッザ}寒^{アッパツ}清掃工場(300 ㌦)が第1号炉として稼動し、続いて厚別清掃工場(600 ㌦)、篠路清掃工場(600 ㌦)と建設を進め、これらの3工場の稼動で昭和57年における焼却能力は1日当り1,500㌦、(年間焼却量は1,500㌦×300日稼動=450,000㌦)となり、表-2に示されるように量的には自己搬入ごみを含めた全排出量に対して、焼却処理は47

表-2 長期ごみ処理計画

年 度	総人口 (千人)	ごみ排 出 量 (千t)				処 理 量 (千t)				備 考
		計画収集		自己搬入	計 ()は可燃物	焼却処理		埋立処分		
		一般 収集	分別 収集			量	率 ()内は可燃物に 対する割合	量	率 %	
54	1,367.1	312	39	524	(594) 875	263	(84.3) 30.0	612	70.0	
55	1,401.8	311	39	479	(570) 829	329	(57.8) 39.7	500	60.3	
56	1,433.4	318	43	581	(630) 942	425	(57.5) 45.1	517	54.9	第4号炉工事 (600t/a)着工
57	1,444.5	334	45	576	(645) 955	450	(69.7) 47.3	505	52.7	
58	1,496.2	344	46	660	(697) 1,050	450	(64.6) 42.9	606	57.1	
59	1,538	368	43	721	(750) 1,122	450	(60.0) 39.8	682	60.2	
60	1,570	379	45	757	(780) 1,181	450	(57.7) 38.1	731	61.9	第4号炉工事 竣工
61	1,596	389	46	795	(810) 1,230	630	(77.8) 51.2	600	48.8	
62	1,622	400	47	835	(841) 1,282	630	(74.9) 49.1	652	52.9	
63	1,648	409	49	877	(872) 1,335	630	(72.2) 47.2	705	52.8	第5号炉工事 (600t/a)着工

%、又全排出量の可燃ごみに対しては約70%になる。そして第2次5ヶ年計画において、可燃ごみの100%焼却

を目標として第5工場まで建設を予定している。

なお、ごみ処理としての焼却処理はあくまでも中間処理であり、焼却ごみ量の約20%（重量）が焼却灰として排出され、現在はこれを埋立処分ごみの覆土用として利用しているが、この量が年間108000t（昭和57年実績）にもなるため、これら焼却灰の有効利用を将来の布石として検討しなければならず、そのため本市においては舗装道路の骨材としての利用、またその成分にはケイ素が多いことからこれを溶融してグラスウール状の繊維とし保温材として利用する等の研究を積極的に進めている。

4-(2) ごみ焼却と廃熱利用

昭和48年の石油ショック以来、総合エネルギー政策の一環として省エネルギーの重要性は益々強く認識され、特にごみの焼却処理に伴う廃熱利用では、①比較的高温の廃熱が得られる。②熱回収が技術的に容易である。③ごみ焼却施設の処理容量が大規模化している。などから近年、発電、地域暖房といった形でのごみ焼却による廃熱の積極的利用の機運が高まっている。先に述べたように本市の清掃工場では、いずれも廃熱利用に重点が置かれているが、表-3に示すように発寒清掃工場では鉄工団地センターの研修施設、厚別清掃工場では地域集中暖房、そして篠路清掃工場では施設園芸団地への熱供給を行っている。

昭和57年度の運転実績では、全発生蒸気熱量に対し、発寒清掃工場では36.1%、厚別清掃工場では62.3%、篠路清掃工場では44.2%が有効利用されているが、篠路清掃工場については将来、穀物の乾燥施設、低温倉庫等農業関連施設への熱利用が話題になっている。

表-3 廃熱利用内訳

(単位:Gcal=100万kcal)

項目	発寒清掃工場	厚別清掃工場	篠路清掃工場
運転能力、定格圧力、発生熱量	300t/日 14.96MW 121,625 Gcal	600t/日 20.91MW 308,023 Gcal	600t/日 21.91MW 326,432 Gcal
所内動力	3,618 (IDF運転)	-	-
自家発電	1,215	10,221	29,310
所内機器	30,714	77,023	78,762
給湯暖房・ロヒテイル	3,854 (2,600MW)	7,005 (5,900MW)	15,210 (11,000MW)
小計	39,451 Gcal	94,249 Gcal	123,262 Gcal
外鉄工センター	579	-	-
地域暖房	-	97,573 (6,200°F)	-
温水プール	3,818 (水循環4000m ³)	-	-
施設園芸団地	-	-	21,030 (750m ² ×43棟)
小計	4,397 Gcal	97,573 Gcal	21,030 Gcal
合計	43,848 Gcal (36.1%)	191,822 Gcal (62.3%)	144,292 Gcal (44.2%)

注) 1. 発生熱量と使用量の差はコネンタ放熱

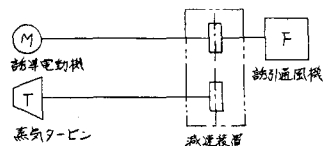
2. 上記数字は、57年度の余熱利用状況を示す。

4-(3) ごみ焼却と発電

本市における最初の本格的なごみ焼却施設である発寒清掃工場が運転を開始した昭和46年当時のごみ質は水分が多く、不燃物も20~30%と多いことから、その発熱量も極めて低く、補助燃料として重油をごみ質により頻繁に使用する状態であった。このため余熱利用の範囲も限定されたものであった。

これらのことから、昭和49年からは焼却効率の向上を目的として、一般家庭において不燃物、燃焼不適物、大型ごみ、再生可能ごみを計画収集ごみから分別して収集する体制を確立した。これによって計画収集ごみ中の不燃分、水分が減少して年々ごみ発熱量が上昇し、ボイラーからの発生蒸気量の増大、安定化が計れる状態となって、種々の余熱利用計画が可能となった。従って昭和53年から蒸気タービンによる誘引通風機の運転を試み、更に昭和54年にはボイラー伝熱面積の増大により、発生蒸気量も増加することから、タービンの出力を高め、図-1に示すように通風機を駆動すると同時に110KWの駆動用誘動電動機をタービンと減速装置により、逆に110KWの誘動発電機として機能させ、発電を行って所内で使用している。

図-1 誘導電動機による発電システム



また厚別清掃工場は副都心団地の中心地区に位置するという地域性から、最大出力1,400KWの背圧タービンによる発電を行うほか、 $18\text{kg}/\text{cm}^2$ のタービン排気を更に地域暖房へ送気し、排気熱量も利用する熱併給発電方式により熱利用の効率化を計った。

以上のような種々の試みを基に、^{スリム}緑路清掃工場ではさらに広範囲な余熱の利用を計り、目的によって蒸気条件をコントロールさせるために抽気背圧タービンを採用した。これは高い圧力を必要とするタービンには高压蒸気($18\text{kg}/\text{cm}^2$)をほぼ全量送気して安定な発電を行い、単に熱量のみを必要とする給湯、暖房、ロードヒーティングや外部に送気する施設園芸団地等にはタービンの途中の段落から必要量に応じ $5\text{kg}/\text{cm}^2$ の蒸気を抽気し、それ以外は $0.3\text{kg}/\text{cm}^2$ まで膨張させ、最大4800KWの発電を行っている。

表-4に3清掃工場の発電実績を示すが、昭和57年度の発電量は36244110Kwh、発電依存率は 86.3% に達している。

表-4 清掃工場 発電実績

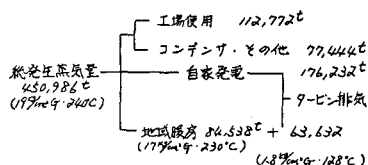
項目 年度	発電量 (Kwh)	買電量 (Kwh)	工場消費 発電量 (Kwh)	発電 依存率 (%)	送電 電力 (Kwh)	摘要
53	8,475,200	3,148,650	12,401,250	58.5	1,022,600	
54	8,947,915	4,284,290	11,956,905	64.2	1,275,200	発電工場 発電開始
55	15,848,040	5,492,940	17,634,970	68.9	3,706,010	緑路工場 竣工
56	35,121,000	4,756,480	25,602,400	81.4	14,275,080	
57	36,244,110	3,655,120	26,711,660	86.3	13,187,570	

4-(4) 地域集中暖房への熱供給

本市では、現在6地域で集中暖房が実施されているが、使用燃料は主に石炭、灯油、重油等であって、^{スリム}厚別副都心地区において初めて清掃工場の余熱利用が実現したものである。

熱供給地域は、もみじ台団地(242haのうち供給地域は98ha)および^{スリム}厚別副都心団地(32ha)の集合住宅を主にした約6200戸(暖房延べ面積30000 m^2)と商業、業務施設46件(暖房延べ面積10000 m^2)の給湯、暖房の熱供給を行っている。なお商業、業務施設には店舗、学校(3校)、病院(9施設)、および温水プール、体育館等の公共施設が含まれている。清掃工場で発生した蒸気のうち、地域暖房には高压蒸気($17\text{kg}/\text{cm}^2$ 、 230°C)と自家発電用タービンに使用された後の低压蒸気($18\text{kg}/\text{cm}^2$ 、 128°C)が供給されており、余熱利用の配分は図-2に示すとおりである。

図-2 余熱利用の配分



注)数値は57年度実績値

。しかし清掃工場が定期整備等で休止した場合や熱不足の場合には自社の重油ボイラー(34.4Gcal)で対応している。

57年度は総熱量10210Gcalを供給するに至り、このうち清掃工場からは84394 Gcalの熱供給を行って、その余熱利用率は 84.2% となっている。これは年間8440klの重油が節約されたことになる。(表-5参照)

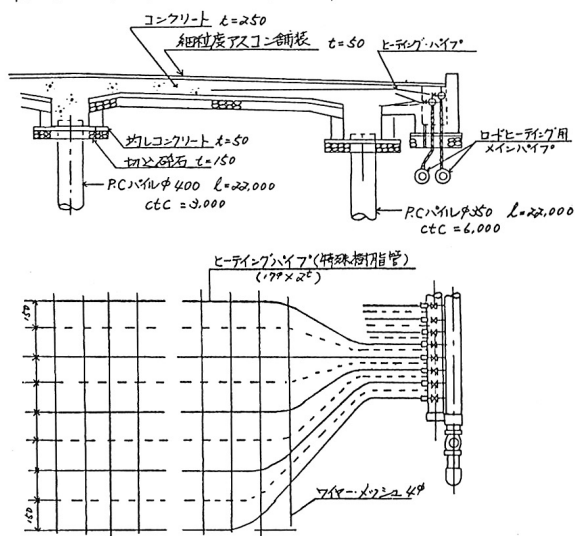
清掃工場に隣接する地域暖房会社では、工場から送られてくる高压および低压蒸気をそれぞれの熱交換器(能力12Gcal/h, 10Gcal/h)で熱水に変え、パラレル連結後 150°C で住宅団地付近のサブステーションへ送る。ステーションでは 95°C の温水に調節して各家庭に供給している

表-5 熱供給実績

年度	地域暖房 側の 熱需要量 Gcal	北區暖房側の熱供給量		余熱利用率 %	需要対象 戸数 戸
		清掃工場の 余熱利用量 Gcal	重油 kg		
53	88,166	68,440	2,920	77.6	4,774
54	90,340	72,129	2,385	79.8	5,342
55	96,541	72,045	3,150	74.6	5,692
56	100,023	78,283	2,575	78.3	5,857
57	100,210	84,394	1,756	84.2	6,284

4-(5) ロードヒーティング

図-3 ロードヒーティング施工図(篠路清掃工場の場合)

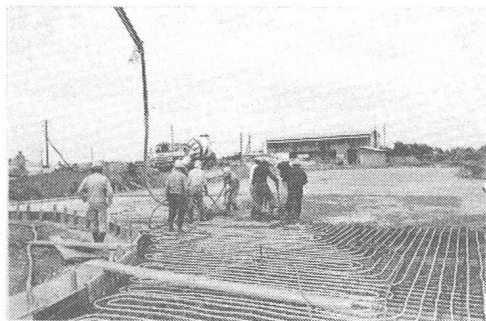


以上述べたように温水管は従来、鋼管を使用していたが、コンクリート内への浸水等により使用後3～5年間で腐食による漏水事故が発生したため、篠路工場からはこれをナイロンパイプに変更しており、結果は良好で現在までのところ事故は発生していない。(写真-4参照)

清掃工場敷地内のごみ搬入路、灰出場などの主要道路には、路面下160～100mmに鋼管またはナイロンパイプを敷設している。これに熱交換器による70℃の温水(エチレングリコール入りの不凍液)を通しポンプで循環することにより、冬の融雪を行っている。温水温度は調節弁により自動的に制御される。なお施工面積は、発寒清掃工場2600㎡、厚別清掃工場5900㎡、篠路清掃工場は11,000㎡である。

施工方法は、路盤上に厚さ25mmのスタイロフォームを敷き、切込碎石150mm、その上に25mm又は17mmのナイロンパイプを敷設してコンクリートを流し込み、最上部は厚さ40mmのトベカで仕上げる。(図-3参照)

写真-4



構内道路のロードヒーティング施工状況

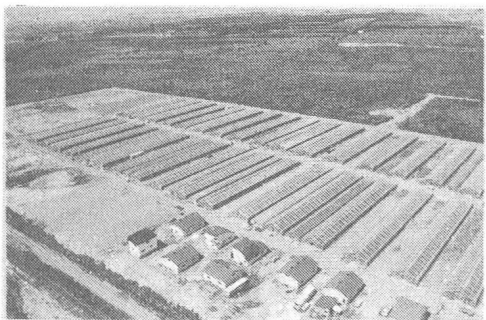
4-(6) 施設園芸団地への熱供給

積雪寒冷地である本市の冬期における生鮮野菜の供給は本州の温暖な地方のものが大部分でこれに頼っていたが、これら野菜の自給率を高めるとともに、省エネルギー対策と都市ごみの資源活用という新しい都市型農業を作るべく施設園芸団地が篠路清掃工場に隣接して建設された。

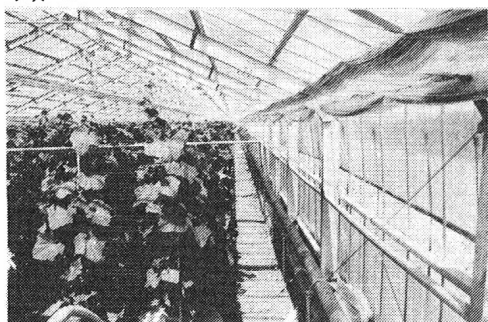
この団地は189haの面積を有しており、200㎡(10m×20m)のハウス40棟からなっているが、このうち2棟は育苗用として、他の41棟は栽培用として使用されている。

(写真-5参照)

写真-5



施設園芸団地のハウス群



ハウス内の様子
ラジエーターは気温用に使用されているもの

熱供給は、清掃工場の蒸気タービンより抽気された5%
(158°C)の蒸気により行い、団地側の主及び副熱交換器
(6490kWh)により80°Cの温水を作ってハウスに供給し、
65°Cで再び熱交換器に戻す循環方式である。

この温水は、気温用、地温用および冬期間のハウスの融雪用として使用される。(写真-6参照)

昭和57年における熱供給は21,030kcalであり、団地における需要の全てを賄っている。

栽培は、キュウリ、トマト、軟弱野菜などのうも作方式で、昭和57年は次に示すような収穫があった。

キュウリ	4月上旬〜7月中旬	197,933kg
トマト	9月上旬〜12月下旬	13,0660kg
休菜	1月中旬〜3月下旬	1,6050kg

団地運営は参加農家2世帯による組合組織で行なうが、隣接地にある本市実験農場センターが指導を行っている。

建設地は市のゴミ埋立跡地で、約5〜6mのゴミを積み上げてブルトーザにより転圧しながら埋立を行い、30cm程度の覆土を行ったもので、跡地利用面からも注目される場所である。また延長200mの蒸気送気管については、ドレン返送管と一体となった二重管構造のものを使用し、送気管中に溜まるドレンを排出するために取付けられるドレントラップは使用せず、配管に勾配をとることにより、ドレンを団地側にスムーズに流す等の新しい試みを行っている。

おわりに

ごみ処理は市民生活に深いつながりを持つ環境衛生上の基本的な問題である。特に近年は人口の都市集中、生活水準の向上に伴い、ごみ量の増大、ごみ質の多様化といった面からの困難性も増大してきている。

ごみ処理の基本は、排出されたごみを出来る限り資源化し、再利用を行った後衛生的な状態で処理処分することである。処理処分にあたっては、一般的に埋立地の確保が困難であることを考えれば、可能な限り減容化することが必要である。

現在のごみ処理の主流である焼却処理は、各種の処理方法のなかで最も確立され、減容化と同時に腐敗性有機物の安定化も達成している。また廃熱エネルギー利用として本市では、積雪寒冷地という特殊性を考慮して、発電を行う一方、内部においては給湯、暖房、ロードヒーティング、温室加温、外部に対しては地域暖冷房、温水プール、農業園芸施設などに熱供給を行い、地域性を勘案したごみ焼却熱エネルギーの利用を進め、これらを市民に還元している。また余熱利用以外においても周辺環境整備事業として、修景緑化、道路整備、上水道、下水道、河川等の整備を併せて行い、清掃工場建設に理解と協力を得てきている。

今後とも熱エネルギーの利用を積極的に行うためには、積雪寒冷地として解決しなければならない課題としてごみ排出量と熱需要のバランスがある。家庭系ごみは年間平均した量が排出されるが、事業系ごみは建築土木事業活動がさかんな夏期に多く、冬期間はほとんど排出されない。

これに対して各清掃工場は、約40日間の定期整備を作業性の関係と熱利用にあまり支障をきたさないという面からごみの排出量が多い夏期に行い、ごみ量が少ない冬期間は全工場が完全整備のフル運転可能な体制となるなど衛生処理と熱利用ということから、ちぐはぐな面が生じる。

また積雪寒冷地の特色として、余熱利用の需要も冬期間に集中し、夏期間はほとんど発電のみの利用である。
これらのことから、夏期に排出される多量のごみを、いかにして長期間貯留して熱需要の多い冬期間に燃料として使用するかが、これからの積雪寒冷地における課題である。