HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	札幌市郊外におけるゴミ焼却熱利用温室団地建設のための基礎研究
Author(s)	堀口, 郁夫; 干場, 信司; 谷, 宏
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 14(1), 11-25
Issue Date	1983-12-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/12001
Type	departmental bulletin paper
File Information	14(1)_p11-25.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

札幌市郊外におけるゴミ焼却熱利用温室団地建設のための基礎研究

堀口郁夫・干場信司・谷　宏
(北海道大学農学部農業物理教室)

(昭和58年4月21日)

Study for the Design of Greenhouses which use Residual Heat from a Waste Disposal Plant in the Suburb of Sapporo

Ikuo HORIGUCHI, Shinji HOSHIBA
and Hiroshi TANI
(Laboratory of Agricultural Physics, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo, Japan)

I. まえがき

オイルショック以来の世界的エネルギー価格の高騰のため，エネルギーの有効利用がさけばれ，温室の加温についても種々のエネルギーの利用が考えられる様になってきた[3),5)]。都市ゴミ焼却のとき出る大量の排熱エネルギーを温室に利用することも，その1方法である。温室栽培は都市近郊農業の1形態であり，またゴミ焼却工場は都市を離れた郊外に建設する場合が多く，エネルギー有効利用の観点から両者の結びつきが考えられるのは当然の成行である。横浜・豊橋・長岡の各都市において，ゴミ焼却エネルギーを温室加温に利用することが計画され，豊橋市においてはすでに温室団地にエネルギー供給が始まっている。

札幌市においても，ゴミ焼却の第三工場の建設が北部の泥炭地上にきまり，その排熱を温室団地に利用することが検討された。温室団地は郊外であるため，札幌市とは気象条件が異なり，したがって温室からの熱の損失量も異なることが予想される。また，北海道では一般的でない厳寒期にも利用するために，この間の熱損失量の問題，さらにゴミ埋設地上に建設されるために有害ガスの発生など多くの問題がある。実施に先だちこれらの問題を解決する必要があり，昭和54・55・56年の3年間に調査・研究を行った。

なお，この研究は文部省科学研究費補助金(一般B)を受けて行ったものである。

II. 札幌市における温室団地の計画

ゴミ焼却工場は，札幌市の北区篠路町福移に昭和53年度から建設され，昭和56年1月から運転を開始している。その規模は，1日のゴミ焼却量約600 ton，1時間当たり25 tonになり，そのために発生する熱エネルギーは約42 Gcal/hourにのぼり，そのうち約14 Gcal/hourを温室団地に利用しようというものである。

温室計画は，総面積約10 haで，ゴミ焼却工場が建設される以前に，ゴミ埋設地として利用されていた所で，ゴミの厚さ約6.0 m，その上に1.5 mの盛土をし，温室を建設するものである。温室は，10 m×75 mのもの43棟で，総温室面積は32,250 m^{2}である。温室の建設は，昭和56・57年の2年間で行う予定で，56年度建設は22棟，16,500 m^{2}である。なお，温室の仕様をTable 1に示す。

III. 研究概要

研究は，①温室設計のための温室内外の気象観測，②冬期間の暖房エネルギーの消費量，③温室団地建設予定地の地盤沈下，有害ガスの発生，の3点について行った。

これら研究は，③の地盤調査を除いて，温室団地建設予定地近くに札幌市が建設した実験用温室2棟を使用して行った。実験用温室の概要をTable 2に示してある。実験用温室には，それぞれ重油暖房器が設置されており，その仕様はつぎのとうりである。

◎ 暖房器：定格出力　70,000 kcal/hour

Table 1. Designs of greenhouse used residual heat from the waste disposal plant

Size and area	10.0 m×75.0 m=750 m²	
Number of greenhouses	43 houses	
Covered materials	roof	polyester (sixlite) 0.175 mm
	wall	pvc 0.15 mm
Surface areas	roof	822.5 m²
	wall	379.5 m²
Top ventilator	automatic system	
Side ventilator	manual system	

Table 2. Experimented greenhouses

		A-house	B-house
Floor areas		10.0×18.0=180.0 m²	10.0×18.0=180.0 m²
Covered materials			
	roof	polyester 0.175 mm	glass 3.0 mm
	wall	pvc 0.1 mm	glass 3.0 mm
Surface areas			
	roof	194.4 m²	208.8 m²
	wall	158.0 m²	138.0 m²
Top ventilator		manual	automatic
Side ventilaor		manual	window

◎循環ポンプ： 定格容量 250 ℓ/min

IV. 温室設計のための温室内外の気象観測

1) 概　　要

温室団地建設予定地は，札幌市中心部より約12 km北東に位置し，原野の中のゴミ埋設地跡に建設される予定である。したがって，札幌市の気象と異なった状態を示し，石狩湾からの風が強い所である。そのため，温室設計に使用される気温，風向，風速，日射の各要素について測定を行った。これらの気象要素の内，気温と風速については，54年2月1日から暫定的測定器を使用して測定を開始し，54年5月15日からは全要素について正規の測定器で行った。また，温室内の気象観測としては，暖房負荷量計算のための温室内気温と，栽培のための温室内日射量，照度の測定を行った。

2) 測定法および測定結果

測定は1時間ごとに行い，すべてコンピュータ処理出来る様にフロッピーデスク，または紙テープに収録し，実験室にもちかえって計算した。

i) 気　　温

気温については，地上1.5 mの気温を通風温度計（Pt抵抗温度計）で測定し，平均気温，最高気温，最低気温などについて解析を行った。

a) 平均気温

Table 3に月平均気温を示す。表によると札幌市（北大）と温室建設予定地（以下篠路）の気温差は0.5～2.8°Cの範囲にあり，篠路の方が低い。測定期間中，最も両地点の気温差があったのは昭和56年1月で，2.8°Cの差が現われている。また，気温差が少なかったのは，昭和54年5月，55年7月，56年8月の0.5°Cである。一般的に冬期に差が大きく現われ，夏期に小さい傾向がみられ

Table 3. Comparisons of monthly mean temperature between Shinoro and Sapporo

Month	1979			1980			1981			Mean		
	Shin. (°C)	Sapp. (°C)	Diff. (°C)	Shin. (°C)	Sapp. (°C)	Diff. (°C)	Shin. (°C)	Sapp. (°C)	Diff. (°C)	Shin. (°C)	Sapp. (°C)	Diff. (°C)
Jan.	—	—	—	−5.1	−4.0	−1.1	−8.0	−5.2	−2.8	*−6.6	*−4.0	−2.0
Feb.	−3.4	−2.5	−0.9	−7.9	−5.5	−2.4	−6.1	−3.4	−2.7	−5.8	3.8	−2.0
Mar.	−1.5	−0.7	−0.8	−1.7	−0.1	−1.6	−2.6	−0.6	−2.0	−1.9	−0.5	−1.4
Apr.	3.9	4.6	−0.7	3.1	4.6	−1.5	—	6.3	—	*3.5	*4.6	−1.1
May.	10.0	10.5	−0.5	10.9	12.0	−1.1	—	10.1	—	*10.4	*11.3	−0.9
Jun.	16.8	17.5	−0.8	16.0	17.1	−1.1	—	14.5	—	*16.4	*17.4	−1.0
Jul.	19.0	19.8	−0.8	18.4	18.9	−0.5	—	20.2	—	*18.7	*19.6	−0.9
Aug.	20.5	21.5	−1.0	17.9	18.6	−0.7	19.8	20.3	−0.5	19.4	20.1	−0.7
Sep.	15.4	16.4	−1.0	15.1	16.3	−1.2	—	15.3	—	*15.2	*16.4	−1.2
Oct.	11.4	12.1	−0.7	9.4	10.3	−0.9	—	10.2	—	*10.4	*11.2	−0.8
Nov.	3.5	4.5	−0.9	3.9	4.7	−0.8	0.6	1.6	−1.6	2.7	3.6	−0.9
Dec.	−0.5	0.9	−1.4	−2.2	−0.3	−1.9	−1.2	−0.3	−0.9	−1.3	0.1	−1.4

* Mean for two years.

Shin.; Shinoro, Sapp.; Diff.; Difference.

Table 4. Comparisons of monthly mean minimum temperature between Shinoro and Sapporo

Month	1979			1980			1981			Mean		
	Shin. (°C)	Sapp. (°C)	Diff. (°C)	Shin. (°C)	Sapp. (°C)	Diff. (°C)	Shin. (°C)	Sapp. (°C)	Diff. (°C)	Shin. (°C)	Sapp. (°C)	Diff. (°C)
Jan.	—	—	—	−9.7	−7.3	−2.4	−13.4	−10.1	−3.3	*−11.6	*−8.7	−2.9
Feb.	−8.7	−6.1	−2.6	−14.0	−10.3	−3.7	−13.3	−8.2	−5.1	−12.0	−8.2	−3.8
Mar.	−6.1	−4.0	−2.1	−6.2	−4.2	−2.0	—	—	—	*−6.2	*−4.1	−2.1
Apr.	−0.7	0.9	−1.6	−0.8	1.6	−2.4	—	—	—	*−0.8	*1.3	−2.1
May.	4.2	5.5	−1.3	5.6	7.3	−1.7	4.3	6.2	−1.9	4.7	6.3	−1.6
Jun.	12.0	13.0	−1.0	12.1	13.1	−1.0	10.4	11.1	−0.7	11.5	12.4	−0.9
Jul.	14.4	15.5	−1.1	—	—	—	16.5	16.6	−0.1	*15.5	*16.1	−0.6
Aug.	15.7	16.4	−0.7	—	—	—	16.5	17.2	−0.7	*16.1	*16.8	−0.7
Sep.	9.9	10.8	−0.9	10.2	11.0	−0.8	9.4	9.7	−0.3	9.8	10.5	−0.7
Oct.	5.9	6.6	−0.7	4.3	5.6	−1.3	3.8	4.2	−0.4	4.7	5.5	−0.8
Nov.	−1.0	−0.3	−0.7	−1.6	−1.0	−0.6	−2.8	−1.9	−0.9	−1.8	−1.1	−0.7
Dec.	−4.3	−2.1	−2.2	−7.0	−3.8	−3.2	−6.2	−4.2	−2.0	−5.8	−3.4	−2.4

Shin.; Shinoro, Sapp.; Sapporo, Diff.; Difference.

* Mean for two years.

た。さらに詳細に気温差を調べるため日平均気温についてみると，夏期は篠路と札幌で日平均気温差が2.0°C以上になる日がほとんどないのに対して，冬期はしばしば2.0°C以上の日が現われ，最大6.3°Cに達した日も存在した。夏期に両地点の日平均気温差が大きくなるのは，南東の風が2.0～5.0 m/sec吹いている日で，勇払・石狩

平野を吹いて来た冷たい風が[2]，篠路地区を吹き抜ける時である。これに対して，冬期は風の弱い日で風速が約1.5 m/sec 以下で，寒気が入って来た時である。

b) 平均最低気温

Table 4 に月平均最低気温を示す。最低気温は，温室の暖房設計に使用される重要な気象数値である。篠路と札幌で最低気温差が大きくなるのは Table 4 から明らかなように冬期間である。年間を通じて 0.3～5.1°C の範囲にあり，最高の差は 56 年 2 月の 5.1°C であった。詳しく最低気温を調べると，特に強い寒波が入ってきて最低気温が下った時に，両地点の差が大きくなる傾向にあり，55 年 2 月 22 日には，篠路 −21.5°C，札幌 −12.0°C を記録し，両地点の差 9.5°C にも達した。

Table 5 に月平均最高気温を示す。表によると篠路と札幌の平均最高気温の差は，一般的に冬期間に大きく特に 1 月が最も温度差があった。しかし，平均最低気温の差と比較すると大きくなく，0.0～2.4°C の範囲である。

Table 5. Comparisons of monthly mean maximum temperature between Shinoro and Sapporo

Month	1979			1980			1981			Mean		
	Shin. (°C)	Sapp. (°C)	Diff. (°C)	Shin. (°C)	Sapp. (°C)	Diff. (C°)	Shin. (°C)	Sapp. (°C)	Diff. (°C)	Shin. (°C)	Sapp. (°C)	Diff. (°C)
Jan.	—	—	—	−1.4	−0.7	−0.7	−3.4	−1.0	−2.4	*−2.4	*−0.9	−1.5
Feb.	0.6	0.7	−0.1	−3.4	−1.9	−1.5	−1.8	0.2	−2.0	−1.5	−0.3	−1.2
Mar.	2.2	2.5	−0.3	1.6	3.5	−1.9	1.3	2.5	−1.2	1.7	2.8	−1.1
Apr.	8.8	8.6	0.2	6.6	8.5	−1.9	—	—	—	*7.7	*8.6	−0.9
May.	15.4	15.9	−0.5	16.0	17.7	−1.7	14.5	14.8	−0.3	15.3	16.1	−0.8
Jun.	22.3	23.1	−0.8	21.3	22.2	−0.9	19.3	19.8	−0.5	21.0	21.7	−0.7
Jul.	23.5	24.6	−1.1	—	—	—	24.7	25.1	−0.4	*24.1	*24.9	−0.8
Aug.	25.6	27.1	−1.5	—	—	—	24.1	24.2	−0.1	*24.9	*25.7	−0.8
Sep.	20.8	21.8	−1.0	21.0	21.6	−0.6	20.8	20.8	0.0	20.9	21.4	−0.5
Oct.	16.5	17.1	−0.6	14.9	15.3	−0.4	15.7	15.8	−0.1	15.7	16.1	−0.4
Nov.	7.7	7.9	−0.2	8.9	9.5	−0.6	4.5	4.7	−0.2	7.0	7.4	−0.4
Dec.	3.0	3.7	−0.7	1.5	3.2	−1.7	2.4	3.5	−1.1	2.3	3.5	−1.2

Shin.; Shinoro, Sapp.; Diff.; Difference.

* Mean for two years.

ii) 風向・風速

Table 6 に各月の最多風向を示す。表によると，篠路と札幌の風向に大きな相違はなく，年間を通じての最多風向は，NW，SE である。測定期間中両地点の風向がやや異なったのは 54 年 6・9・11 月で 6 月は篠路の最多風向が SSE なのに対して，札幌は SSE・SE・NNW の風が同じ程度に卓越していた。また，11 月は篠路が最多風向が W であったのに対して，札幌は SSE・NW の風が多かった。これらの相違は当然，地形や地物の影響によるものである。また，54 年 10 月～12 月の風向は，篠路が札幌に比較してバラツキが多い。

Table 7 に平均風速および最大風速を示す。篠路の風速計の設置は，測定値を温室の熱損失に利用する必要上，約 4 m の温室の高さに合わせて設置しているため，札幌 (10 m) より風速が低く出る傾向にある。そのため正確な比較が出来ないが，平均風速は Table 7 の数値で比較するかぎり両地点間に大きな差はない。一方，最大風速は，篠路の方が大きい月が多く，強風時には周囲に障害物のない篠路は札幌に比較して風が強いことを示している。

iii) 日　　射

日射は作物生産に影響する重要な気象要素で霧の発生などで地域的に日射がさえぎられる所は農業生産に大きく影響する。Table 8 に各月の平均日射量を示す。Table 8 によるとほとんどの月が篠路の方が札幌に比較して日射量が多い。これは札幌市内の大気汚染の影響によるものと考えられ，篠路はそれだけ空気が清浄であることを示している[1]。しかし，その値を見ると一般的に 5 月～

Table 6. Comparisons of most frequent wind direction between Shinoro and Sapporo

Month	1979		1980		1981	
	Shin.	Sapp.	Shin.	Sapp.	Shin.	Sapp.
Jan.	—	—	NW	NW	—	NNW
Feb.	—	—	WNW	NW	—	NNW
Mar.	—	—	NW	NW	—	N
Apr.	—	—	NW	NNW	—	N
May.	NW	NW	SSE	SE	—	N
Jun.	SSE	SE	SSE	SE	—	N
Jul.	SE	SE	SSE	SE	—	N
Aug.	SSE	SE	SSE	N	SSE	—
Sep.	SSE	SE, SSE, NEW	—	N, S	—	SSE
Oct.	SSE	SSE	—	N	—	SSE
Nov.	W	NW	—	N, NNW	—	—
Dec.	E ,NW	NW	—	NNW	N, NW	—

Shin.; Shinoro, Sapp.; Sapporo.

Table 7 a. Comparisons of monthly mean wind speed between Shinoro and Sapporo

Month	1979			1980			1981			Mean		
	Shin. (m/s)	Sapp. (m/s)	Diff. (m/s)	Shin. (m/s)	Sapp. (m/s)	Diff. (m/s)	Shin. (m/s)	Sapp. (m/s)	Diff. (m/s)	Shin. (m/s)	Sapp. (m/s)	Diff. (m/s)
Jan.	—	—	—	2.7	2.7	0.0	2.0	1.9	0.1	*2.4	*2.3	0.1
Feb.	2.5	2.1	0.4	2.5	2.2	0.3	2.3	2.1	0.2	2.4	2.1	0.3
Mar.	1.9	2.4	−0.5	3.5	3.2	0.3	3.1	3.0	0.1	2.8	2.9	−0.1
Apr.	—	2.5	—	3.2	3.5	−0.3	—	3.1	—	—	*3.0	—
May.	3.1	3.4	−0.3	3.8	3.3	0.5	—	3.9	—	*3.5	*3.4	0.1
Jun.	3.3	2.9	0.4	3.3	2.9	0.4	—	3.0	—	*3.3	*2.9	0.4
Jul.	2.8	2.8	0.0	2.5	—	—	—	2.4	—	*2.7	*2.6	0.1
Aug.	2.4	2.5	−0.1	2.0	2.3	−0.3	2.2	2.6	−0.4	2.2	2.5	−0.3
Sep.	1.8	2.1	−0.3	2.3	2.2	0.1	—	2.3	—	*2.1	*2.2	−0.1
Oct.	2.5	2.2	0.3	2.1	2.2	−0.1	—	2.7	—	*2.3	*2.2	0.1
Nov.	2.7	2.6	0.1	2.6	2.3	0.3	2.8	2.3	0.5	2.7	2.4	0.3
Dec.	2.1	2.2	−0.1	2.2	2.2	0.0	2.5	—	—	*2.2	*2.2	0.0

* Mean for two years.

8月は両者の差は小さく，篠路は札幌の日射量の0.95～1.00倍である。これに対して，太陽高度が低くなる9月以降は，1.11～1.37倍も篠路の方が多い。この原因は，気温が低くなり札幌市上空の大気汚染の拡散が抑制され，地表面付近に汚染物質が停滞するためと，太陽高度が低くなり測定誤差が大きくなるためと思われる。

iv) ま と め

篠路と札幌市の気象の比較の結果明らかになった点を要約すると，次のようである。

○温室建設予定値の篠路と札幌の気温を比較すると，

Table 7 b. Comparisons of monthly maximum wind speed between Shinoro and Sapporo

Month	1979			1980			1981		
	Shin. (m/s)	Sapp. (m/s)	Diff. (m/s)	Shin. (m/s)	Sapp. (m/s)	Diff. (m/s)	Shin. (m/s)	Sapp. (m/s)	Diff. (m/s)
Jan.	—	—	—	—	—	—	8.0	6*	2.0
Feb.	—	—	—	10.1	11.9	−1.8	8.7	6*	2.7
Mar.	—	—	—	13.6	15.7	−2.1	12.7	10*	2.4
Apr.	—	—	—	15.4	13.3	1.9	10.6	8*	2.6
May.	14.9	12.6	2.3	11.4	11.3	0.1	17.9	12*	5.9
Jun.	10.9	9.5	1.4	11.5	9.6	0.7	11.4	11*	0.4
Jul.	9.4	9.3	0.1	—	—	—	10.3	8*	2.3
Aug.	10.1	9.9	0.2	—	—	—	12.3	10*	2.3
Sep.	9.1	8.4	0.7	9.6	—	0.6	8.6	7*	1.6
Oct.	10.9	18.5	−7.6	10.7	10.2	0.5	10.6	9*	1.6
Nov.	—	—	—	9.1	9.5	−0.4	—	8*	—
Dec.	—	—	—	12.2	—	2.2	—	—	—

* Data from Sapporo Meteorological Station.

Table 8. Comparisons of solar radiation between Shinoro and Sapporo

Month	1979			1980			1981		
	Shin. (ly)	Sapp. (ly)	Ratio	Shin. (ly)	Sapp. (ly)	Ratio	Shin. (ly)	Sapp. (ly)	Rotio
Jan.	—	—	—	157	128	1.23	160	146	1.10
Feb.	—	—	—	246	180	1.37	243	193	1.26
Mar.	—	—	—	369	286	1.29	364	272	1.34
Apr.	—	—	—	347	284	1.22	—	342	—
May.	437	412	1.06	420	405	1.04	421	382	1.10
Jun.	433	425	1.02	458	464	0.99	—	426	—
Jul.	485	468	1.04	444	437	1.02	—	448	—
Aug.	431	426	1.01	340	358	0.95	327	332	0.98
Sep.	331	299	1.11	—	320	—	—	339	—
Oct.	220	197	1.12	211	206	1.02	—	235	—
Nov.	140	121	1.15	161	132	1.22	151	138	1.09
Dec.	126	93	1.35	119	113	1.05	126	107	1.18

月平均気温，月平均最低気温，月平均最高気温とも篠路が低温で，その傾向は冬期に著しい。

○冬期最低気温の差が篠路と札幌で大きくなるのは，強い低温が入って来て，最低気温が下がった時である。

○篠路と札幌の風向には大きな差がなく，最多風向はNW・SEである。

○篠路と札幌の平均風速にも大きな差がなかったが，最大風速は一般的に篠路の方が大きい。

○日射は篠路の方が大きい場合が多い。その傾向は9月から4月までが5月から8月までに比較して大きい。

V. 冬期間の暖房エネルギーの消費量

1) 概　　要

北海道における冬期の温室栽培は，加温費が厖大のた

め使用されないのが一般的である。札幌市周辺における温室・ハウス蔬菜栽培の一般的形態は，春4月初旬から始まり，11月下旬で終わるのが普通である。しかし，ゴミ焼却の排熱を利用する温室は，周年利用が可能であり，厳寒期の12月から3月の間も栽培に使用される。この厳寒期の暖房エネルギーの消費量については，まだ測定した例がなく，温室設計にはその量の確立が必要である。そのため実験用温室で冬期間の暖房エネルギーの消費量の測定を行った。

2) 計算法および測定法

暖房エネルギーの消費量は，温水の往きと戻りの温度差(ΔT)に温水の流量(Q)を乗じて求めることが出来る。

$$H = \Sigma(Q \times \Delta T) \quad \cdots\cdots(1)$$

ただし，Hは1時間当たりの暖房エネルギー消費量(kcal/hour)。また，流量Qを一定と仮定すると(1)式は，

$$H = Q \times \Sigma(\Delta T) \quad \cdots\cdots(2)$$

となり，1時間当たりの温水温度差の和と流量の積で温室の熱エネルギー消費量が計算出来る。(2)式は温水ポンプが温度調節器などによって on-off を繰り返えして，流量の変動がはげしい時は，過大に計算されるが，連続的に運転している時は正確に計算出来る。

測定は，温水温度差を$C-C$(銅—コンスタンタン)熱電対で測定し，積算計に接続して一時間の積算値をコンピュータのフロッピーデスクに収録した。温水ポンプの流量は，Bハウス(ガラスハウス)では250 ℓ/minの定格流量を使用し，(2)式で熱エネルギー消費量を計算した。Aハウス(プラスチックハウス)では，56年以降は流量計を設置して，(1)式で熱エネルギー消費量を計算したが，54・55年はBハウスと同様にQ=250 ℓ/minとして，(1)式で計算した。温室の暖房エネルギー消費量を計算するためには，温室面積1 m²当たりの毎時の放熱量(暖房負荷係数(U))が必要である。この計算は次式で行った。

$$U = \frac{H}{A_g(T_{in} - T_{out})} \quad \cdots\cdots(3)$$

ただし，A_gは温室表面積，T_{in}温室内気温，T_{out}外気温。

なお，測定結果の計算は，すべて1時間単位で計算した。

3) 測定結果

測定結果の検討は，測定誤差が少ない54年2・3・12月と55年1・2月のデータを使用して，暖房エネルギー消費量と暖房負荷係数を計算して行った。冬期間の温室の暖房設計には，暖房の最大負荷が必要である。そのため測定期間中の時間当たり最大負荷をAハウス(プラスチックハウス)を基準にして求め，さらにその中から月の最大負荷を抽出した。その結果を Table 9 に示す。

Table 9 よりAハウス最大暖房負荷は，60,000～70,000 kcal/hour であることが明らかである。また，暖房負荷係数では5.8～6.0となり，この値はビニールハウスの2重被覆の一般値である3.5と比較するとかなり大きな値である。一方，Bハウス(ガラスハウス)は，最大暖房負荷が34,000～57,000 kcal/hourの範囲で暖房負荷係数は3.3～5.1の範囲である。

Table 9. Monthly maximum heatihg load

Day and time	Outside air temp. (°C)	Wind speed (m/s)	House air temp. (°C)	Maximum heating load (kcal/hr)	Heating load coeffi.
Feb. 24, 1979	−10.7	1.3	18.4	48800	4.8
2 : 00 am			19.5	34400	3.3
Mar. 19, 979	−8.2	0.9	22.7	57700	5.3
4 : 00 am			21.7	38000	3.7
Dec. 24, 1979	−13.1	0.3	16.6	60400	5.8
3 : 00 am			(5.3)	(43800)	(6.9)
Jan. 26, 1980	−13.5	0.3	16.5	62400	5.9
12 : 00 pm			19.0	56900	5.1
Feb. 10, 1980	−19.2	0.4	14.1	71000	6.0
5 : 00 pm			15.9	41000	3.4

* First value is for A-house; 2nd value is for B-house.
* Heater of B-house in Dec. 24, 19879 was not operated.

今，測定期間中最大の暖房熱エネルギー消費量を示した昭和55年2月10日の1時から7時までの消費量を示すとTable 10のごとくなり，Aハウスの方がかなり多い熱エネルギー消費量を示している。また，外気温が最低を記録した昭和55年2月22日の2時から7時までの熱エネルギーの消費量を見ると，約55,000～65,000 kcal/hourで，4.6～5.6の暖房負荷係数を示している (Table 11)。

これらのことからAハウスの最大暖房負荷は，60,000～70,000 kcal/hourであることが推定出来る。

Table 10. Heat consumption in Feb. 10, 1980

Time	Outside air temp. (°C)	A-house			B-house		
		House air temp. (°C)	Heating load (kcal/hr)	HLC	House air temp. (°C)	Heating load (kcal/hr)	HLC
1:00	−14.7	15.5	66600	6.3	14.7	29300	2.9
2:00	−15.0	15.3	65800	6.2	16.9	36000	3.3
3:00	−16.0	14.7	68800	6.4	16.8	37400	3.3
4:00	−16.0	14.8	68100	6.3	16.6	35000	3.1
5:00	−16.0	14.3	69600	6.5	16.1	37200	3.3
6:00	−18.0	13.9	69700	6.2	15.9	36100	3.1
7:00	−19.2	14.1	71000	6.0	15.9	41000	3.4

* HLC is heating load coefficient.

Table 11. Heat consumption in Feb. 22, 1980

Time	Outside air temp. (°C)	A-house			B-house		
		House air temp. (°C)	Heating load (kcal/hr)	HLC	House air temp. (°C)	Heating load (kcal/hr)	HLC
2:00	−14.0	16.8	52600	4.8	19.1	—	—
3:00	−16.8	15.5	52600	4.6	17.7	—	—
4:00	−19.2	15.1	59700	4.9	17.1	—	—
5:00	−19.2	14.2	63400	5.3	16.4	—	—
6:00	−21.2	13.9	63500	5.1	15.7	—	—
7:00	−19.5	15.3	64500	5.3	17.4	—	—

* HLC is heating load coefficient.

4) 暖房エネルギー消費量の推定

温室暖房熱エネルギー消費量の設計を行う場合，測定した暖房負荷量から計算する方法（簡易法）と，熱収支項を検討して計算する方法の2通りがある。この両方で温室団地の暖房熱エネルギー消費量の推定を行った。

i) 簡易法による暖房熱エネルギー消費量の推定

昭和55年2月は，一般的に気温が低く −10°C以下の日がしばしば現われた。したがって，この2月について3) の測定結果の数値から暖房負荷量を推定した。

今，最大負荷を60,000 kcal/hourに設定すると，55年2月はこれより消費量が超過する時間数は50時間以上もあり，設計値としては過少すぎ実際的でない。70,000 kcal/hourではわずか4時間で過大であるため，65,000 kcal/hourにすると，10時間がこれ以上の熱エネルギー消費量を示し，設計値として妥当と考えられる。したがって，Aハウスの表面積1 m² 当たりの消費量に換算すると，184.4 kcal/m²·hourとなる。温室団地の温室の表面積は，1,202 m² であるから1棟当たりの暖房エネルギーの消費量は222,000 kcal/hourとなる。

ii) 熱収支法による暖房熱エネルギー消費量の推定

熱収支法による暖房熱エネルギー消費量の計算は，次式で表わされる[4]。

$$H = \left\{A_g(H_t + H_{ven}) + A_{SO}H_{SO}\right\} \cdots\cdots (4)$$

ただし，H は暖房負荷量，A_g 温室表面積，A_{so} 温室床面積，H_t 貫流熱量，H_{ven} 換気伝熱量，H_{so} 地中伝熱量。また，H_t, H_{ven} は次式で表わすことが出来る。

$$H_t = h_t(T_{in} - T_{out}) \quad \cdots\cdots(5)$$

$$H_{ven} = h_{ven}(T_{in} - T_{out}) \quad \cdots\cdots(6)$$

ただし，h_t は熱貫流率，h_{ven} 換気伝熱係数，T_{in} 温室内気温，T_{out} 外気温。

これらの項目について測定をし検討を行った。

a) 設計外気温 (T_{out})

設計外気温は，設計者によって種々の値を使用しているが，一般的傾向として温室を使用する月の平均最低気温を使用する場合が多い。年間を通して使用する時は，最寒月の平均最低気温を使用している。しかし，アメリカ・カナダでは，最寒月の毎時の気温の発生頻度から，低温側の2.5% の発生頻度の気温を求めその値を使用している。この求め方が合理的であるため，札幌市における1968年から1970年までの1月の毎時の気温から2.5% の発生頻度の気温を求めると −11.5°C であった。すなわち，札幌市における最寒月の平均最低気温 (−9.5°C) より2.0°C 低温であった。

設計温度を設定するためには，さらに篠路と札幌市の気温差を考えなければならない。IV温室設計のための温室内外の気象観測に記すごとく，篠路と札幌の気温差は低温時に大きく表われる傾向にあり，特に最低気温の差が大きい。54年2月から56年12月までの冬期 (1月・2月・12月) の篠路と札幌の最低気温差は，Table 12 に示すごとく平均3.0°C である。したがって，篠路における設計外気温は，−11.5°C に −3.0°C を加えた −14.5°C になる。

Table 12. Comparisons of mean minimum temperature between Shinoro and Sapporo

	1979			1980			1981			Mean		
	Shin. (°C)	Sapp. (°C)	Diff. (°C)	Shin. (°C)	Sapp. (°C)	Diff. (°C)	Shin. (°C)	Sapp. (°C)	Diff. (°C)	Shin. (°C)	Sapp. (°C)	Diff. (°C)
Jan.	—	—	—	−9.7	−7.3	−2.4	−13.4	−10.1	−3.3	−11.6	−8.7	−2.9
Feb.	−8.7	−6.1	−2.6	−14.0	−10.3	−3.7	−13.3	−8.2	−5.1	−12.0	−8.2	−3.8
Dec.	−4.3	−2.1	−2.2	−7.0	−3.8	−3.2	−6.2	−4.2	−2.0	−5.8	−3.4	−2.4

* Shin.: Shinoro, Sapp.: Sapporo, Diff: Difference.

b) 温室内気温 (T_{in})

温室内気温の設計値は，最寒月に栽培される作物に依存している。しかし，その他に考慮すべき要素として，a) 温室の気密性，b) 温室の大きさ，c) 温度調節器の精度および設置場所，d) 外気温，e) 栽培者の技術的レベル，などがある。

温室の気密性については，気密性のよい温室は温度分布が比較的均一であるため，設計温度を作物の生理的限界に近い値まで下げることが出来るが，気密性の悪い温室は安全性のため高めに設定すべきである。

温室の大きさが小さい場合，高めに設定すべきである。

温度調節器については，精度の悪いものは高めに設計温度を設定する必要がある。一般的には温度調節器の精度は ±1〜±2°C である。また，設置場所については，作物になるべく近い位置にすべきであるが，一般には1.00〜1.50 m の高さに設置しているため，温度調節器の作動温は1°C 前後低温である。

外気温については，北海道は本州より低温であるため温室内の温度むらが大きいことが予想出来，したがって設計温度を本州より高めに設定すべきである。

栽培者の技術的レベルについては，当然温室栽培に充分慣れている人であるなら，ある程度温室気温が低下しても，それに対する対応をとることが出来るが，そうでない場合は設計温度を高めにすべきである。

以上のことを考慮すると，篠路の温室団地の設計温度は本州で用いている値より若干高めにすべきであると思われる。例えば，トマトの場合設計温度を省エネルギーの見地から最近6〜8°C にする傾向が本州であるが，北海道の場合少なくとも10°C 程度にすべきである。

c) 地中伝熱量 (H_{so})

地中伝熱量は，暖房負荷に与える影響は一般的に小さい。夜間は日中，地中に蓄えられた熱が温室内に出てくるため，この項を無視しても暖房負荷の点からは安全側の誤差になる。しかし，寒冷地などで地表面温度が温室温度より低い場合は，温室内の熱が地中に奪いとられ，その分だけ暖房負荷が大きくなり危険側の誤差となる。

そのため実験用温室（Aハウス）で地中伝熱量を測定した。

測定の結果，55年1月にしばしば地表面温度が温室温度より低く，夜間に温室から地中に熱が流れる現象がみられた。特に，日中日射が少なく，1日中暖房器が運転しているような日の夜間から翌朝にかけて，この現象がみられた。また，日中日射があっても，翌朝7～8時頃になると，温室内の熱が地中へ流れる現象が，1月から2月初め頃まで見られた。Table 13 に観測期間中の負の最大地中伝熱量（温室内の熱が地中へ流れた場合）を示した。

また，1月25日～28日までの夜間の平均地中伝熱量は約 −10.0 kcal/hour·m² であった。したがって，地中伝熱量は，−10.0 kcal/hour·m² 以下にすべきでない。測定結果から −30 kcal/hour·m² のような大きな値をとることはまれで，−10 kcal/hour·m²～−20 kcal/hour·m² の範囲にすべきで，後にのべるごとく −10 kcal/hour·m² にしても現実的に問題はないものと思われる。

Table 13. Maximum heat flux into the soil during the night

Day and time	Heat flux (kcal/hr)	Heat flux desity (kcal/hr·m²)	outside temp. (°C)	House temp. (°C)
Jan. 4, 1980 9:00 pm	−2200	−11.5	4.4	20.8
Jan. 8, 1980 6:00 am	−1100	−5.7	−9.7	19.0
Jan. 26, 1980 7:00 am	−3700	−19.3	−3.8	14.2
Jan. 27, 1980 7:00 am	−6500	−33.9	−8.8	18.9
Jan. 28, 1980 7:00 am	−4800	−25.0	1.9	23.1

d) 換気伝熱量 (H_{ven})

換気伝熱量については，今回の測定では特に行わなかったため，一般的設計基準について記述する。

換気伝熱量は，(6)式で表わされ換気伝熱係数に内外温度差および表面積を乗じて求められる。換気伝熱係数は，風速と温室のすき間に関係しており，すき間量の指数として，温室表面積あたりの空気交換量をとり，一般的に風速の関数として換気伝熱係数を表わす。実験用温室（Aハウス）の容積は，約 664 m³，表面積は 352.4 m² であるから比は，

$$V_g/A_g \fallingdotseq 1.8$$

ただし，V_g は温室の容積，A_g は温室の表面積。

したがって，計算によると換気回数が 0.5 の時，$h_{ven} \fallingdotseq 0.3$，換気回数が1回の時は $h_{ven} \fallingdotseq 0.6$，2回の時は $h_{ven} \fallingdotseq 1.1$ となる。換気回数は，一般に 0.5～5 回で普通は 0.5～1.0 回と推定されるので，$h_{ven}=0.3$～0.6 程度と推定される。

e) 貫流熱量 (H_t)

貫流熱量は，(5)式で表わされる。今，換気伝熱係数を最大の 0.6 と仮定し，Table 9 に示した最大負荷の日について熱貫流率を計算すると，Table 14 の様になる。

表によると，一般的設計基準の 3.5～4.0 (2重被覆) に比較すると，かなり高い値を示している。この原因を推定するため，Bハウス（ガラス）との比較を行った。

昭和54年12月中旬から55年1月下旬までは，日中の日射量が極端に少なく，日中でも暖房が運転していた時期で，地中からの伝熱量は少なく，夜間は温室内の熱が地中に流れる現象がしばしば観測された時である。また，この時期の内外温度差も非常に大きく，しばしば 30°C 以上になっている。このような時のAハウス（プラスチック）とBハウス（ガラス）の暖房熱エネルギー消費量の比は，ほぼ 1.10 以下で一般的設計基準の比と一致している。しかし，日中ある程度日射があり，しかも内外気温差が大きい時は，明らかにAハウスはBハウスに比較して大きな暖房負荷係数を示し，その比はしばしば 1.40 以上になる (Table 15 参照)。

以上の結果から，プラスチックハウスの熱貫流率の設計値は一般的設計基準 (3.5) の約 1.4 倍前後にすべきであると考えられる (5.0 前後)。

iii) 暖房設計熱エネルギー消費量の試算

今，温室団地に建設予定の温室を想定し，温室表面積 1,202 m²，床面積 750 m²，外気温 −15.0°C として種々の

Table 14. Calculations of overall heat coefficient in the time of the maximum heating load

Day and time	Maximum heating load (kcal/hr)	Heat flux into soil (kcal/hr)	HLC	overall heat coeff.
Feb. 24, 1979 2:00 am	48800	—	4.8	—
Mar. 19, 1979 4:00 am	57700	—	5.3	—
Dec. 24, 1980 3:00 am	60400	6000	5.8	4.6
Jan. 26, 1980 12:00 pm	62400	−2300	5.9	5.5
Feb. 10, 1980 7:00 am	71000	4100	6.0	5.1

HLC is Heating load coefficient.

Table 15. Comparisons of heat consumption between A-house and B-house

Day and time	A-houre		B-house		A-house / B-house
	Maximum heat load (kcal/hr)	HLC	Maximum heat load (kcal/hr)	HLC	
Feb. 24, 1979 2:00 am	48800	4.8	34400	3.3	1.45
Mar. 19, 1979 4:00 am	57700	5.3	38800	3.7	1.43
Dec. 24, 1979 3:00 am	60400	5.8	43800	6.9	(0.84)
Jan. 26, 1980 12:00 pm	62400	5.9	56900	5.1	1.16
Feb. 10, 1980 5:00 pm	71000	6.0	41000	3.4	1.76
Mean					1.45 (1.32)

* Heater of B-house in Dec. 24, 1979 was not operated.
HLC is Heating load coefficient.

場合について暖房熱エネルギー消費量の試算を行った。

a) 温室温度を変化させた場合

（ただし，換気伝熱係数 0.5，地中伝熱量 −20.0，熱貫流率 5.0）

温室設計温度 (℃)	6.0	8.0	10.0	12.0
暖房消費量 (kcal/hour)	153000	167000	180000	193000

b) 熱貫流率を変化させた場合

（ただし，換気伝熱係数 0.5，地中伝熱量 −20.0，温室設計温度 10℃）

熱貫流率	4	4.5	5.0	5.5
暖房消費量 (kcal/hour)	150000	165000	180000	195000

c) 地中伝熱量を変化させた場合

（ただし，換気伝熱係数 0.5，温室設計温度 10℃，熱貫流率 5.0）

地中伝熱量	−10	−15	−20	−25	−30
暖房消費量 (kcal/hour)	173000	177000	180000	184000	188000

d) 換気伝熱係数を変化させた場合

（ただし，地中伝熱量 −20.0，熱貫流率 5.0，温室設計温度 10°C）

換気伝熱係数	0.3	0.4	0.5	0.6
暖房消費量 (kcal/hour)	174000	177000	180000	183000

以上の計算例でも明らかなように，熱貫流率，温室設計温度が暖房熱エネルギー消費量に大きな影響を与え，換気伝熱係数の影響は少ないことがわかる。

先にも記したごとく，熱貫流率は5.0 kcal/hour·m_2·°C 前後にすべきと考えられ，また地中伝熱量は −10.0 kcal/hour·m^2 としても現実に問題はないものと考えられるため，気密性があり温室設計温度を 10.0°C と仮定すると，温室の暖房熱エネルギー消費量は 170,000～180,000 kcal/hour にすべきと考えられる。180,000 kcal/hour にすると測定結果より計算した 222,000 kcal/hour の 81% である。

測定値の解析を行った結果，熱貫流率と地中伝熱量は今までの設計基準より大きな値を示した。北海道の厳寒期に暖房熱エネルギー消費量の測定例は他にみられないため，他との比較は行えないが，本州の設計基準をそのまま用いたのでは温室温度の維持が出来ない可能性がある。

VI. 温室団地建設予定地の地盤沈下・有害ガスの発生

1) 温室団地建設予定地の地盤沈下量の測定

温室団地建設予定地は，泥炭層（約 5 m 厚）の上に都市ゴミを約 6.0 m 堆積し，さらに約 1.0 m の川土と 0.5 m の表土を盛土した所である。したがって，徐々に沈下して行くことが予想され，温室の建設前の昭和 54 年から 56 年にかけて 2 回沈下量を測定した。

i) 第 1 回 測 定

測定は Fig. 1 に示すような長さ 60 cm の沈下標を作製し，図に示す位置に埋設した。埋設間隔は，50 m 間隔

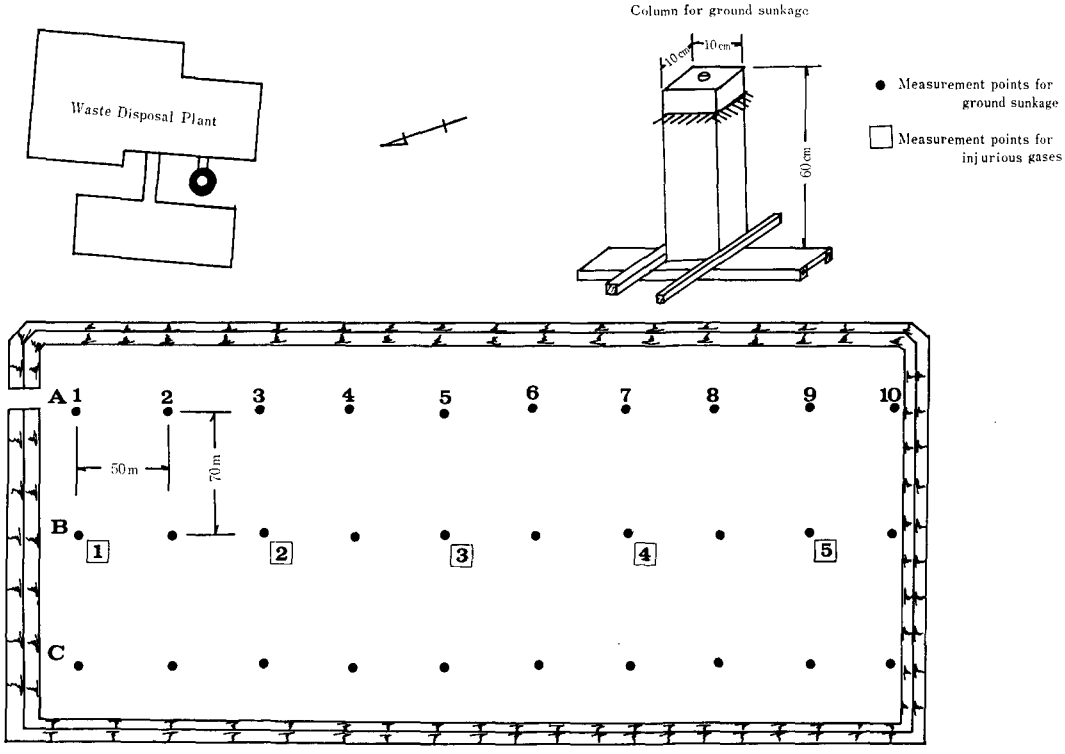

Fig. 1. Measurement points for ground Sunkage and injurious gases (Jun. 4, 1980).

とし，南北方向に3列，各列10本とした。測定は仮BMの高さを10.000 mとして，各沈下標の頭および地盤高を測定した。測定日は次のとうりである。

昭和54年12月8日　基準高の測定

昭和55年6月4日　沈下量の測定

約6ヵ月間の地盤の沈下量を Table 16 に示す。

地盤全体の平均沈下量は23.2 cmであり，最大沈下量はC-10の46 cm，最小沈下量はC-3の6 cmであった。また，一般的に北側の地盤の沈下量が少なく，南側の沈下量が多い。A・B・Cの列では，中央部のB列が沈下量が多く，両端のA・C列は少ない。しかし，A・C列を比較すると，Cの方が沈下量が少なくなっている。

ii) 第2回測定

55年度に第1回測定を行った地盤上にさらに盛土を行ったため，Fig. 2 に示す位置に新たに55年10月27日に沈下標を埋設して，約1カ月後の11月29日に沈下量の測定を行った。測定結果を Table 17 に示す。

全体の沈下量の平均は3.2 cmで，第1回測定のような場所による大きな沈下量の変動はない。第2回測定は，第1回測定の面積の約1/3で，第1回測定場所のほぼ中央部に位置し，地盤沈下量があまりなかった所である。

Table 16. Measurements of ground sunkage (Jun. 4, 1980)

No.	Sunkage (cm)	No.	Sunkage (cm)	No.	Sunkage (cm)	Mean (cm)
A-1	14	B-1	14	C-1	9	12.3
A-2	19	B-2	21	C-2	10	16.7
A-3	19	B-3	24	C-3	6	16.3
A-4	28	B-4	30	C-4	13	23.7
A-5	12	B-5	25	C-5	11	16.0
A-6	32	B-6	33	C-6	16	27.0
A-7	30	B-7	31	C-7	13	24.7
A-8	35	B-8	37	C-8	8	26.7
A-9	31	B-9	33	C-9	26	30.0
A-10	24	B-10	45	C-10	46	38.3
Mean	24.4	Mean	29.3	Mean	15.8	23.2

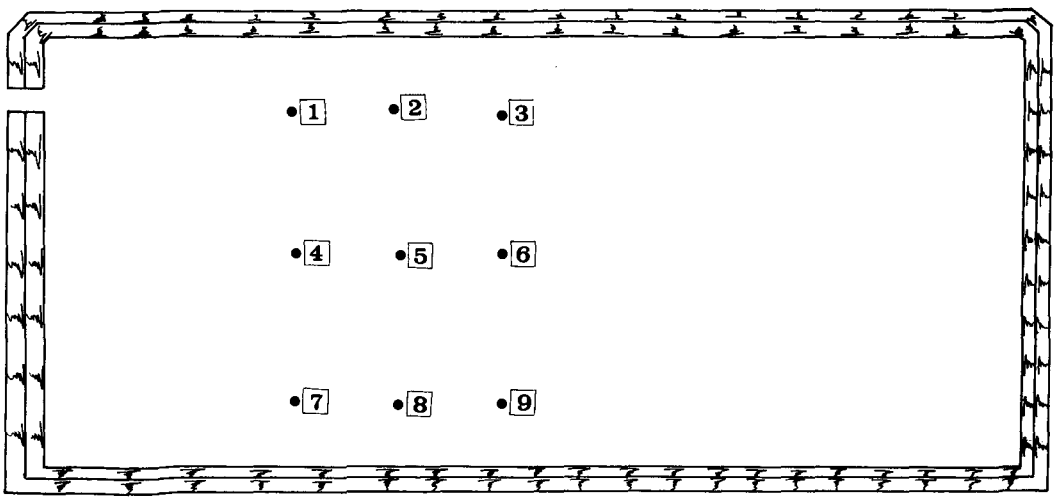

Fig. 2. Measurement points for ground sunkage and injurious gases (Nov. 29, 1980).

Table 17. Measurements of ground sunkage (Nov. 29, 1980)

No.	Sunkage (cm)	No.	Sunkage (cm)	No.	Sunkage (cm)	
1	2.0	4	3.3	7	4.3	
2	3.5	5	3.9	8	3.5	
3	3.5	6	2.3	9	2.4	Mean 3.2 cm

2) 温室団地建設予定地からの有害ガスの発生調査

温室団地建設予定地は，ゴミ埋設地上に盛土した所であるため，ゴミの中に含まれる有機物の腐敗によって，有害ガスの噴出が予想され，それが温室栽培に悪影響をおよぼすことが考えられる。したがって，建設予定地地盤からの有害ガスの調査を行った。

調査は54・55年度の2年間に4回行い，ガスクロで分析を行った。54年度調査は，5棟の簡易ビニールハウスを建設予定地に建設し，ハウス内の空気を11月24日と12月8日に採集して分析した。55年度は，ビニールトンネルを9ケ作り，内部空気を11月9日と12月10日に採集して分析を行った。測定結果をTable 18に示す。

Table 18. Air analysis in houses or tunnels

No.	Nov. 24, 1979				Dec 08, 1979			
	CH_4 (%)	O_2 (%)	N_2 (%)	CO_2 (%)	CH_4 (%)	O_2 (%)	N_2 (%)	CO_2 (%)
1	0.0009	21.05	78.75	0.074	0.0001	20.84	78.91	0.105
2	0.0026	21.09	78.10	0.054	0.0033	20.93	78.01	0.059
3	0.0032	21.14	78.60	0.076	0.0069	20.94	77.95	0.261
4	0.0048	20.75	78.04	0.061	0.0319	20.78	77.35	0.179
5	0.0870	20.56	77.98	0.244	0.1280	20.77	78.45	0.434
No.	Nov. 19, 1980				Dec 10, 1980			
	CH_4 (%)	O_2 (%)	N_2 (%)	CO_2 (%)	CH_4 (%)	O_2 (%)	N_2 (%)	CO_2 (%)
1	—	21.93	77.90	0.161	—	21.80	79.09	0.104
2	—	21.93	78.01	0.060	—	21.83	78.11	0.060
3	—	21.94	78.00	0.052	—	21.97	77.99	0.040
4	—	21.87	78.06	0.062	—	21.89	78.08	0.029
5	—	21.89	78.03	0.066	—	21.87	78.07	0.058
6	—	21.96	78.00	0.031	—	21.83	78.13	0.038
7	—	21.85	78.03	0.112	—	21.80	78.11	0.082
8	—	21.84	78.07	0.085	—	21.76	78.18	0.056
9	—	21.93	78.01	0.054	—	21.84	78.09	0.062

54年12月8日のNo. 4, No. 5の測定点において，CO_2とCH_4が異常に高い値を示している。特にCH_4は，大気中の1,000倍以上もあり，作物に対する影響が心配される。55年度測定はO_2とN_2は大気中の平均的組成と大きな変化はないが，CO_2は約1～4倍の値であった。なお，CH_4は微量でガスクロに検知されなかった。また，今回の測定範囲外の所からガスの噴出がみられたため，12月10日に採取して分析を行った結果，多量のCO_2 (7.532%) とCH_4 (2.433%) が検出された。

VII. あ と が き

54・55・56年と3年間にわたった研究もほぼ当初の目的どうり進行し，札幌市内と篠路地区の気象の違い，冬期間の暖房消費熱，温室建設予定地の地盤の沈下など種々の問題の解決が出来た。札幌市における温室団地建設は，工事が57年12月で終り，43棟の温室が出来上り現在作物の栽培が始まった。今後は実験温室で得られた結果が，実際の温室に適合するかどうか観測して行くつもりである。

3年間をふりかえってみて，実験温室は我々の実験の他に栽培試験も行っており，実験上の種々の制約もあった。しかし，いろいろの問題点が浮び上り，実際の使用について参考となった。

最後に，本研究を行うに当たり，物心両面で援助をいただいた札幌市実験農場の職員および関係各位にこの紙面を借りてお礼を申し上げると共に，実験を手伝ってもらった学生諸君に感謝の意を表します。

引 用 文 献

1. 羽生寿郎： 大都市と周辺農地の放射環境に関する調査研究，昭和54年度科学研究成果報告書，p. 1–14, 1979
2. 堀口郁夫・松村伸二・谷　宏： 海洋性冷気流の農業地帯への影響—勇払・石狩平野の風向と気象の特徴—，農業気象，38：287–293. 1982
3. McCULLAGH, J. C.: The Solar Greenhouse Book, Rodale Press, 1978
4. 日本農業気象学会： 施設園芸環境制御基準資料，農業気象，33：33-41. 1977
5. フジ・テクノシステム編： 施設農業への新エネルギー利用，1980

Summary

A new waste disposal plant was built in the suburb of Sapporo (Shinoro), and it was made a plan to use its residual heat for heating of the greenhouses. The study was performed for determining the design values of greenhouses which use the residual heat, and for solving the problem of greenhouse construction. The main items of measurements are: 1) to measure the meteorological factors for the greenhouse design, 2) to confirm the heat consumption for heating in winter, 3) to measure the injurious gases and ground sunkage of dump ground for greenhouse construction. These measurements were preformed in the experimental greenhouses which was made near the waste disposal plant except the measurements of injurious gases and ground sunkage.

The comparisons of meteorological factors between Shinoro and Sapporo (University Campus) are shown in Tables 3 to 8. The results for the meteorological factors are summarized as follows:

1) monthly mean temperature, mean minimum temperature and mean maximum temperature in Shinoro were lower than those in Sapporo and its tendancy was serious in winter,

2) the large difference of mean minimum temparature between Shinoro and Sapporo appeared while temparature dropped down severely in winter,

3) the most frequent wind directions were NE and SE and there were no difference between Shinoro and Sapporo,

4) the solar radiation in Shinoro was larger than that in Sapporo and its tendancy was larger in September to April than in May to August.

The large amounts of heat consumption were measured about the experimental greenhouse in midwinter. It was comfirmed that the maximum heating load was 60,000–70,000 kcal/hour by using the value in Tables 9 to 11. The calculated heat consumption for greenhousese using residual heat (the house size and area are shown in Table 1) was 170,000–180,000 kcal/hour.

The ground for greenhouses construction is peat land and waste disposal dump ground, and the ground sunkage is problem. The measurements of ground sunkage were performed in Jun. 4, 1980 and Nov. 29, 1980. The results are shown in Tables 16 and 17.

The injurious gases is also problem because of dump ground. The result of measurement is shown in Table 18. CO_2 and CH_4 were abnormal high density at No. 4 and No. 5 points in Dec. 8, 1979.