

琉球大学学術リポジトリ

[講演録]夏野菜の施設栽培について

| | |
|-------|---|
| メタデータ | 言語: 出版者: 南方資源利用技術研究会 公開日: 2014-10-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 石橋, 貞人, ISHIBASHI, Sadato メールアドレス: 所属: |
| URL | http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002016510 |

 講演録

夏野菜の施設栽培について

石橋 貞人

(九州大学農学部農業工学科)

昭和59年10月1日受理

Vegetable Cultivation in the Cooled Glass House in Hot Summer

Sadato ISHIBASHI

Department of Agricultural Engineering

Faculty of Agriculture, Kyushu University, Hakozaki, Fukuoka, 812

(Received October 1, 1984)

ご紹介いただきました石橋でございます。たいへんご丁寧なご紹介をいただきまして、恐縮しておりますが、これから1時間ほど、ご期待にそえるかどうかわかりませんが、ご清聴をお願いしたいと思います。

私がいただきましたテーマは夏野菜の施設栽培についてということでございます。お話し申し上げますことは、私が鹿児島大学に在職中に、鹿児島県の山川町で行いました実験の結果です。

私がやりました実験の目的というのは、大きく分けて2つございます。1つは鹿児島というのはご存じだと思いますけれども、たいへん高温多雨の土地でございます。その点に付きましては、あとで触れますけれども、そういう高温多雨であり、しかも日照も十分ありながら野菜の栽培は非常に少ない。特に夏の野菜は、皆無に近い状態です。従いまして、大袈裟に言えば食糧問題の1つの解決策になるか、というようなことで、なんとか夏野菜を鹿児島でも作ってみようではないかと、それならばどうすれば良いだろうか、というのが1つでございます。

いま1つは、ご存じのように化石燃料の枯渇ということで、エネルギー対策というのが今日、大きな問題になっているわけでございます。ですか

ら、夏、たとえ野菜ができたとしても、その施設の管理運営、あるいは栽培に対しまして、膨大なエネルギーがいるということでありまして、これはエネルギー対策として極めてまずいわけです。もともとエネルギー対策には2つの方法があると思われまして。1つはいかに少ないエネルギー消費で賄っていくか、即ちいかに小さな入力で大きな出力を上げるかということと、いま1つは代替エネルギーなり、新しいエネルギー開発を利用することによって、年々少なくなっていく化石燃料を使用しないようにするということだと思っております。そういった意味でのエネルギー対策について、役立つものはできないであろうかということ、この2つが目的だったわけでございます。

第1の目的について少し詳しく述べて見ますと、鹿児島は、北緯31度半くらいの所でございますが、年間の平均気温が17℃、厳密には17.3℃ですから大体17℃だということです。福岡とか佐賀とかは16℃くらいです。琉球は20℃を越していると思っておりますけれども、いずれにしても17℃というのは非常に暖かい土地でございます。又降水量は年間2,300ミリをゆうに越しております。そうすると

* 〒812 福岡県福岡市東区箱崎

我が国の平均降水量は、1,600ミリから1,700ミリとされますので、降水量も十分にあるといえます。降水量が多ければ、日照時間は短いのではないかと考えられますけれども、これも調べてみますと我が国の平均を上回っております。そういうことで、植物の生育に必要な気温も水もそれから日照も十分にあるわけで、北九州、あるいは他の地区から鹿児島を見ますときには、鹿児島というのは、非常に野菜なり、果実なりの生産が豊富なのではないかと考えられます。しかし実際は、先ほど言いましたように、野菜の生産は冬場、あるいは秋場はありますけれども、夏はまったくない。これは中央青果市場に行って調べますと、まことに歴然たるものでございまして、6・7・8・9月はほとんど全部といっても良いと思いますけれども、長野県あたりの高冷地ものがどんどん入ってきているわけです。従いまして値段も高いというような状況です。それでは、一体こういうのはなぜだろうか、先ほど泉先生のご紹介にありましたように、確かに台風の問題、あるいは土壌の問題、なんかもありますでしょうし、また農業を行なう人たちの意識の問題もあるのではないかとされています。ですが、いずれにしても、取れない。私は、まことに素人考えですけれども、どうも気温が高すぎるのではなかろうかと考えたわけでございます。

私は、たまたま冷凍関係の勉強をしておるものですから、研究室にはたくさん冷凍機が余っております。ある年、大学の私の研究室に専攻生が9名ほど一度にきたことがございます。9名もきますと卒論にどういった研究テーマをやったら良いのか、迷うわけです。そこで、ただ今申し上げましたように、研究室に冷凍機が余っていたので冷房栽培でもやってみるかということで、大学の中で畑ではございませでしたけれども、ちょっとした空き地がございましたので、そこにビニールハウスを作りまして、そこで普通皆様がよくご存知の電力駆動型の冷凍機を使いまして、ハウスを暖める代わりに冷やす実験をやったわけです。

太陽が直接当たるところですと、これは冬の日向ぼっこと同じでございまして、空気は無理して冷やすことができません、光りのあたる葉っぱとか茎とか作物自体の温度を下げることはほとん

ど不可能でございます。従いまして冷房といっても昼冷房するということは、まずできません。そこで非常に冒険、私としては冒険だったわけですが、夜だけ冷やしてみよう、すなわち日中は外気温と同じ、鹿児島は30℃を越す日が何日もあるわけですが、それはそのままにしておいて、夜だけ冷やしてみよう、作物の栽培ができないだろうかという実験をまずやってみました。やる前に、園芸の専門の先生に聞きましたら、まず不可能であろうと、そういうことは止めたほうがよろしいということであったのですが、ネギとレタスとセロリとホウレンソウでやってみましたら、みんな非常に良く採れました。量だけでなく品質も虫が全然つかない。これはしめたと思って、私の同期の先生ですけれども、先の園芸の先生に自慢しましたら、それはたまたまできたのだらうと、ではもう一回やってみようということで2年続けてやりまして、これも非常にうまくいったわけです。これで夜冷房するだけで野菜が作れるという自信がついたのですが、以上の実験には初めに申し上げましたように電力駆動の冷凍機を使っております。電気を使いますと作物の単価は、非常に高くつくわけでございまして、とてもそれが経済的にペイするというものはできないわけです。それならばそれに代わるもの、すなわち電気に代わるようなエネルギーはないであろうかということ考えた。そうすると冷凍機というのは、物を冷やすものですが、その原理はすべて、冷媒という液体がありまして、それが気化する時にいわゆる気化熱を周りから奪い、その結果、周りを冷却するわけです。そして気化した冷媒を再び液化して再利用するために圧縮機が使われ、その圧縮機を動かすのに電力などのエネルギーを消費するわけです。そこで電気を使わないで冷媒を液化するものがないかといいますが、吸収型の冷凍機というのがございます。吸収型の冷凍機というのはある温度以上の熱源がありますと、機械圧縮機に代ってこの操作ができるわけです。しかし我々がこの実験を始めた時には、100℃から120℃、できれば130℃以上あることが望ましいというのが、その当時もっばら言われておりました吸収型式の熱源の温度なんです。130℃というのはなかなか取れませんので、実用上大変困ります。それ

でもっと低いものができないだろうかということ
 でいろいろ業界の方と研究実験を繰り返しました
 ところ、大体75℃から80℃くらいの温度があれば
 うまくいきそうだ、うまくいくという意味は、効
 率がある程度高くとれるという意味です。温度は
 低くても圧縮機としての作用はしますが、経済的
 でないということです。ともかく経済的にペイす
 る効率に持っていくためには、75℃から80℃くら
 いで足りるという結論が出たわけです。そうしま
 すと、それくらいの温度ですと太陽熱や各種の産
 業廃熱、あるいは家庭用の焼却熱、我々は毎日焼
 却物を出しますけれども、それを集めて焼却場に
 持って行って燃やしておりますね。鹿児島は人口
 が500万人ですけれども、毎日300トン近い、たい
 へんな量ができて、それが24時間かかっても
 燃やしきれないくらいに、どんどん燃やしている
 わけです。そういう熱でも良いではないかと、あ
 るいは原子力発電所ができた、あるいは火力発電
 所ができますとそこでたくさんの廃熱が出ますか
 ら、そういうものでも良いのではないかというこ
 となので、もちろんそれでもかまわないわけですが、
 鹿児島はたまたま温泉がいたるところに出て
 いますので、これを利用したらどうかと考えたわ
 けです。霧島にも出ておりますし、出水の近くにも
 出ておりますし、桜島には有名な温泉もござい
 ますが、これらの中で一番気温の高いところでや
 ったならば、そこで成功したならば、それより気
 温の低いところでもうまくいく筈だと考えて、鹿
 児島から60kmほど南に下った山川町で実験をした
 わけです。薩摩半島の先端近くに西大山という国
 鉄の駅がございまして、その西大山という駅は国
 鉄で一番南にある駅だそうです。そのへんに作っ
 てみようではないかということで2~30㎡の小さ
 なガラス室を作りまして、そこで実験を行ないま
 した。それで私がいうのはおかしいのですけれど
 も、たいへん良い成績を得たように思うわけです。

図を見ていただきたいと思います。どうい
 う施設をそこで作ったかといいますと、図の1の概
 略説明図でございまして、左上の方にガラスハウ
 スがでております。これが約23㎡です。ハウス自
 体はこれよりも広いのですけれども、一番右端が計
 器室になっておりますからその程度の所が栽培室に

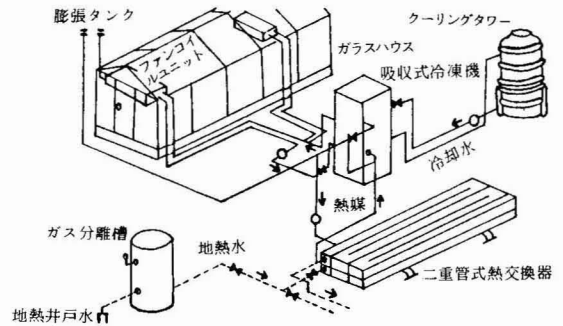


図-1 地熱利用グリーンハウス冷房装置
概略図

なっております。左のほうに地熱井戸水と書いて
 ありますが、ここから出てまいりますのが、110
 ℃前後あります。それをガス分離層と書いており
 ますが、地熱水には、中に飽和蒸気泡がたくさん
 入っておりますので、一応、ここでこの気泡を分
 離するというので、ガス分離層と書いておりま
 すけれども、実際上は、地熱水に含まれている沈
 澱物を除いてしまうということで、地熱水はガス
 泡をたくさん含んだ状態のまま点線の線路を通り
 まして、二重管式の熱交換器に入ります。この間
 が100mくらいありますけれども、そこで熱交換
 を行ないますのは、地熱水をそのままダイレクト
 に冷凍機に入れてやりますと、そこでいろんな障
 害が起こりますので、まず、きれいな水と熱交換
 いたしまして、暖められたきれいな熱水を吸収式
 冷凍機に入れてやるわけです。そこで熱水を入れ
 てやりますと、のちほど簡単にご説明いたしま
 すけれども、冷水が得られるわけです。得られま
 した冷水を、大体これが10℃以下になりますけれ
 ども、それをファンコイルユニットと書いてござ
 いますが、ガラスハウスの左側と右側に四角い枠で
 書いてありますがここに持って行くわけです。そ
 こでファンで空気をこのコイルユニットの中を通
 す。そうしますと空気が冷えてハウスの中を冷や
 してやるというわけです。

この他に、対照区としまして、冷房しない区を
 少し離れた所に13㎡くらいの物を作っております。
 表の1は、これに使いました冷凍機の仕様です。
 もともとは石油を炊きまして冷凍を行なう冷凍機
 ですけれども、地熱水が使えるような形に変更し

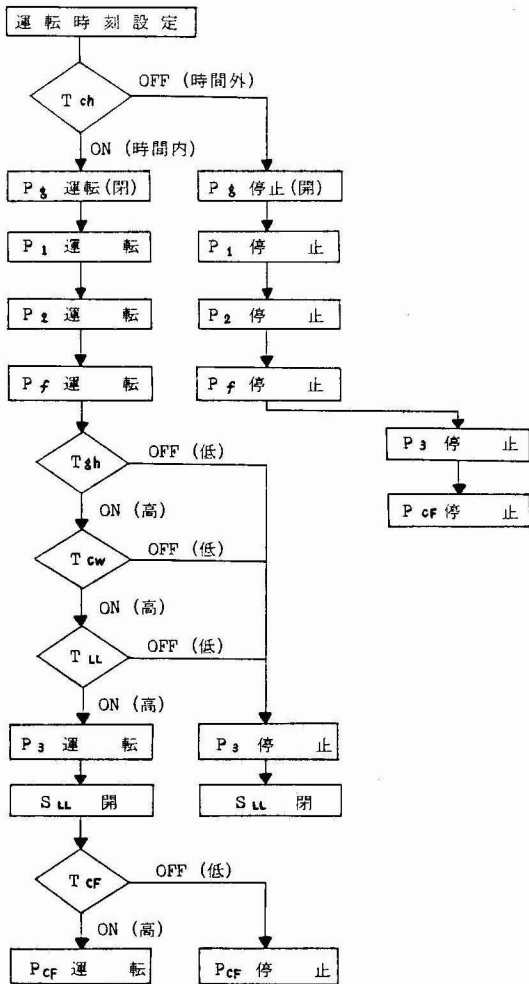
表-1 地熱水利用吸収式冷凍仕様

| 項目 | 形式 | WFC-600 |
|---------------|------------------------|---------------|
| 冷凍能力 | (標準) Kcal/h | 6,000 |
| 冷水出口温度 | (標準) °C | 9 |
| 冷水出入口温度差 | (標準) °C | 5 |
| 最低冷水出口温度 | °C | 8 |
| 冷水循環量 | (標準) l/min | 20 |
| 冷水最大循環量 | l/min | 34 |
| 蒸発器圧力損失 | (標準) mH ₂ O | 2.8 |
| 蒸発器常用最大圧力 | kg/cm ² | 6 |
| 熱媒インプット | (標準) Kcal/h | 10,000 |
| 成績係数 | (標準) | 0.6 |
| 熱媒入口温度 | (標準) °C | 88 |
| 熱媒入口温度範囲 | °C | 75~100 |
| 熱媒出入口温度差 | (標準) °C | 6 |
| 熱媒循環量 | (標準) l/min | 27.8 |
| 再生器圧力損失 | (標準) mH ₂ O | 1 |
| 再生器常用最大圧力 | kg/cm ² | 6 |
| 冷却水放熱量 | (標準) Kcal/h | 16,000 |
| 冷却水入口温度 | (標準) °C | 29.5 |
| 冷却水入口温度範囲 | °C | 20~32 |
| 冷却水出入口温度差 | (標準) °C | 5 |
| 冷却水循環量 | (標準) l/min | 53.4 |
| 冷却水系機内圧力損失 | (標準) mH ₂ O | 2 |
| 冷却水系常用最大圧力 | kg/cm ² | 6 |
| 外形寸法, 幅×奥行×高さ | mm | 530×625×1,750 |
| 重量 | kg | 160 |

ているわけでありませぬ。そして一番上に冷凍能力が6,000 Kcal/hr. と出ておりますが計算上は4,000~4,500 Kcal/hr くらいになります。余裕をみて6,000 Kcal/hr というこゝで設計を行なっております。そして、この表は上中下の3段に分かれておりますけれども、その2段目の上から2番目に成績係数というのが出ておりますが、これが0.6となっております。0.6というのは入力に対する出力の割合ですから、従って効率的には必ずしも良くないのですが、特徴としましては、熱媒入り口温度が88°C、その下に75°Cから100°C

と書いてございますけれども、この範囲で使えるということですから。従来の吸収式冷凍機ですと、大体例外なしに100°Cが最低限でして、130°C以上であることが望ましいというくらいですから、従ってこの冷凍機は、かなり低い温度のものまで使えるということに大きな特徴があるわけですね。

次に、図の2に冷房自動運転フローシートというのがございますが、これは鹿児島大学の農学部は、鹿児島市内にございます。山川町というのは、鹿児島市から60kmくらい離れておりますので、毎日行って実験するというわけにはいきませぬ。従



- P₁ : 冷水ポンプ
- P₂ : 熱媒ポンプ
- P₃ : 冷却水ポンプ
- P_g : 天窓自動開閉機
- P_f : ファンコイルファン
- P_{cf} : クーリングタワーファン
- T_{ch} : 運転時刻設定用タイムスイッチ
- T_{gh} : ハウス内気温 (15℃設定)
- T_{cw} : 冷水温度 (6℃設定)
- T_{ll} : 熱媒温度 (80℃設定)
- T_{cf} : 冷却水温度 (24℃設定)
- S_{ll} : 熱媒電磁弁

図-2 冷房自動運転フローシート

って自動運転をするということでそのフローチャートをここに示しているわけです。一番上が運転時刻設定で7時とか8時とかの設定でして、その

時間にくればスイッチが入る、そしてその下にP運転と書いておりますけれども、これで時間がきますと窓が全部締まります。次にP₁, P₂, P_f運転と書いてありますが、これは各種のポンプ、あるいはファンが動くということです。その下に菱形で書いてありますのは、室内の温度が設定した温度の15℃以下になれば機械が止まるし、以上になれば動くというふうになっております。このほか、室内気温、冷水温度、熱媒温度をそれぞれに設定いたしまして運転し、時間がくれば再びもとにもどるといようなフローチャートでございます。

そういうふうに行ないました実験の一例が、図の3です。これは、横軸に時間を取っております

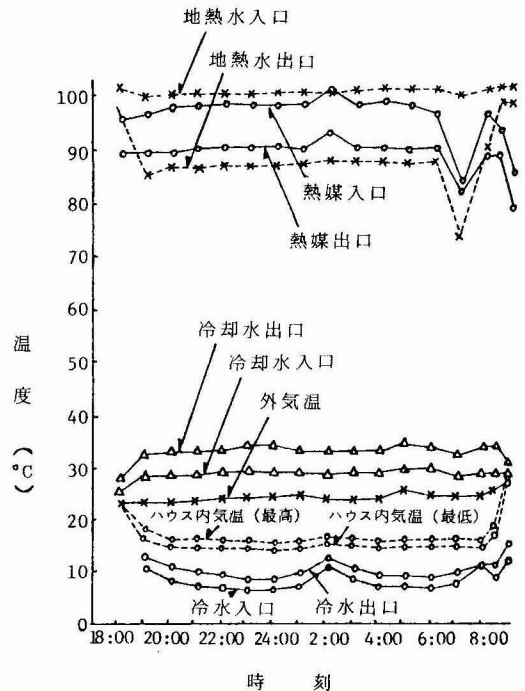


図-3 ハウス冷房性能試験結果 (昭和51年8月28日～29日)

して、縦軸に温度が書かれておるわけですが、横軸の18時のスイッチをONするわけです。そうしますと20時、すなわち午後8時くらいになりますと所定の温度になりまして、そして明け方の8時にスイッチをきるということなんですが、下から3番目と4番目の点線でプロットしておりますけれども、これがハウス内気温の最高と最低です。

これが15, 6℃に落ち着いているということがわかりいただけるかと思ひます。上の方にでおります4本の線は、地熱水がどのくらいの温度になっていたかということで、これでは100℃に一定しております。これは先ほどのガス分離層にバルブがございまして、このバルブをかげんすることによって若干の温度調節ができて、あまり高すぎても困るということから100℃にし

たわけです。先ほどの資料でご覧いただきますように75℃から100℃ということですから、従って100℃になるようにバルブの調整を行なうということなんです。そういうことで熱媒入り口というのは冷凍機に入っていく温度です。これが97.5℃くらいになっております。表の2、表の3、表の4はハウレンソウ、レタス、キヌサヤエンドウを収穫した結果の一例です。表の2のハウレンソウ

表-2 ハウレンソウの収穫結果

| 実験区 | 栽培面積 (㎡) | 草丈 (cm) | 葉数 (枚) | 収穫株数 (株) | | 収穫重量 (g) | | | 1株重 (g/株) 正常 | 単位面積当り収量 (g/㎡) 正常 | 抽苔率 (%) | |
|-----|----------|---------|--------|----------|----|----------|----|-------|--------------|-------------------|---------|----|
| | | | | 正常 | 抽苔 | 正常 | 抽苔 | 合計 | | | 株数 | 重量 |
| 冷房区 | 10.2 | 22.2 | 9.7 | 243 | 0 | 2,450 | 0 | 2,450 | 10.1 | 240 | 0 | 0 |
| 露地区 | 6.4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

表-3 レタスの収穫結果

| 実験区 | 栽培面積 (㎡) | 収穫株数 (株) | | | 収穫重量 (kg) | | | 収穫球重 (kg) 正常 | 平均球重 (g/個) 正常 | 単位面積当り収量 (kg/㎡) 正常球重 | 球の形状 (cm) | | 抽苔率 (%) | |
|-----|----------|----------|----|----|-----------|-----|-----|--------------|---------------|----------------------|-----------|------|---------|-----|
| | | 正常 | 抽苔 | 変形 | 正常 | 抽苔 | 変形 | | | | タテ | ヨコ | 株数 | 重量 |
| 冷房区 | 10.2 | 38 | 5 | 18 | 24.35 | 2 | 8.6 | 16.65 | 438 | 1.63 | 13.8 | 13.9 | 8.2 | 5.7 |
| 露地区 | 6.4 | 0 | 25 | 0 | 0 | 4.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 |

表-4 キヌサヤエンドウの収穫結果

| 実験区 | 栽培面積 (㎡) | 収穫期間 | 莢数 (個) | 重量 (g) | 莢長 (cm) | 10a当りの推定収量 (kg/10a) |
|-----------|----------|-----------|--------|---------|---------|---------------------|
| 冷房区 (15℃) | 10.2 | 8/19~9/26 | 2,019 | 3,831.1 | 7.4 | 372.0 |
| 〃 (18℃) | 9.2 | 8/19~9/26 | 836 | 1,671.1 | 7.0 | 181.6 |
| 対照区 | 12.0 | 8/22~9/26 | 216 | 483.1 | 6.2 | 40.3 |

ウは播種が8月31日で収穫が10月8日というわけですが、私を持ってくるのをミスしたわけで、7月の11日くらいに播種しまして、8月の12日に取ったというのもございます。というのはお盆までにハウレンソウを取ると高く売れるということを知りましたので、そういう実験もやっておるのですが、結果的にはあまり変わりませんので、このままご説明させていただきます。冷房区というのがございまして、これが実験の対象となりました、15℃まで気温を冷やしたところです。露地区といえますのは、先ほど言いましたようにハウスのすぐとなりに対照区を設けておまして、両者の差を較べたわけでございます。ご覧になるとおわかりになりますように、露地区はまったく成長しておりませんし、芽も出さなかったという状態です。それに対して冷房区は、正常なものが243株、収穫重量としても2,450gで結果的には平方メートル当たり240gということで、抽台もまったくないという非常に良い結果が得られたわけです。のちほどスライドで紹介しますが、それには、葦簾をかけたものが出てまいります。すなわちハウスを日射をさえぎることによって、昼間でも温度をある程度下げられるのではないかと、その効果がどうであろうかということでハウスに葦簾をかけたものがありますけれども、最初のうちは非常に良いのです。芽もよくでますし、生育もはようございます。しかしまもなく軟弱野菜になって商品としては、決して好ましくないという状態になっております。従ってその後の実験では、葦簾は使っておりません。

それから表の3はレタスの収穫結果ですが、これを冷房区、露地区を見ていただきますと、レタスは露地区の場合も若干の収穫は得られています。しかし正常結球したものはまったくございまして、抽台とうが立つのも非常に多いわけですが、それで収穫株数はそこに書いておきますように、冷房区では正常なのが38、抽台したものが5、変形したものが18、変形というのはうまく結球しなかったというものです。収穫重量もそこに書いておるとおりです。最終的に収穫単位面積当たりは、平方メートルに直しまして、1.63 kgということになります。抽台が若干ございますけれども

成績的にはかなりよかったのではないかと思います。

表の4にキヌサヤエンドウの収穫結果の例を示しておりますけれども、冷房区を15℃と18℃の2つの冷房区を設けておまして、この3度の温度差がどの程度結果に影響を及ぼすかということを見たわけですが、この実験を始めましたのは、長野県の高冷地では良く採れるのに鹿児島のような暑い所では採れないのは、長野の気温が低いからだろう、それならば良く採れる長野県の気象条件をそのまま鹿児島に持ってくれば良いんじゃないかという発想なわけで、長野県の夏場の気温を調べてみますと、7・8・9の3カ月の平均が18.9℃ということだったので、そこで18℃くらいに設定したらどうであろうということ、18℃にしたわけなんですけれども、結果をご覧くださいますと、大体10a当たりの推定収量といたしまして、冷房区の15℃区が375 kgにたいして18℃はその約50%弱の181.6 kgということになります。さらに対照区の露地区は40.3 kgで15℃冷房区の1割ちょっとという程度になっております。ただ15℃でも18℃でも草丈はあまり変わりません、150 cmくらいですね。しかし実際に採れた収量はかなり差がございまして、ちなみに対照区は伸びたものでも7, 80 cmしかないということで、ほとんどのものが腰下までの高さにとどまっております。

以上の結果から、この実験は一応、成功したというふうに判断いたしまして、鹿児島県では図の4と図の5で示しますような事業化、これを産業ベースでやってみようという計画を建てています。図の4というのはその概念図を示したものです。面積が、施設園芸関係が3,629㎡、1,100坪くらいですね。暖房負荷、冷房負荷を書いてございますが、冬は暖房して小ナスなどを作るといいます。その時は、ダイレクトに地熱水を通してやるわけです。熱交換したものを通してやるというわけです。園芸施設の他に、サツマイモの保存施設というのが枠の中の4番目に書いておられますように、648㎡、200坪足らずのものを作っております。ここに入れようということになります。サツマイモの貯蔵温度は15, 6℃ですから、温度的には施

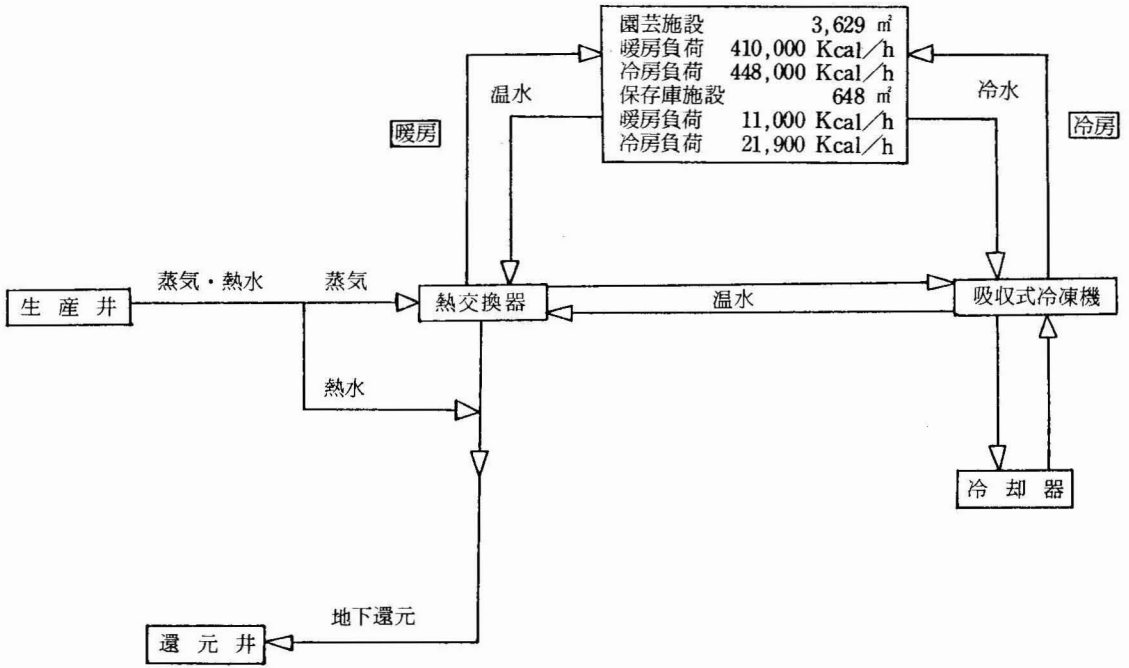


図-4 地熱水利用概念図

設園芸のものと同じなのです。最後の図の5は施設の配置図です。15がサツマイモの貯蔵庫で、あ

とがハウスということになります。
(以下省略)



構造物一覧表

| 記号 | 構造物名称 | 備考 |
|------|----------|----------------|
| 1～14 | 施設園芸団地温室 | |
| 15 | 甘藷保存庫 | |
| 16 | 管理棟 | |
| 17 | 機械室 | |
| 18 | セパレーター | |
| 19 | サイレンサー | |
| 20 | 冷却塔CT-1 | |
| 21 | 〃 CT-2 | |
| 22 | 〃 CT-3 | |
| 23 | 駐車スペース | |
| 24 | 用地 | 床土置場、堆肥置場、倉庫用地 |
| 25 | 貯湯槽 | |

図-5 構造物配置図