

水稻の冷害に関する栽培学的研究

I 冷温処理装置について

天 野 高 久*

Studies on Technical Improvements against Cool Injuries in Rice Cultivation

I. Apparatuses of cooling rice plants in paddy field

Takahisa AMANO*

水稻の冷害研究をおこなうために、圃場で使用しうる簡便な冷温処理装置を考案した。1つは冷水灌漑装置である。これは、地下水と河川水をくみ上げる2台の揚水ポンプ、それらの異なる温度の水を攪拌する大型水槽、その水を水田に灌漑するパイプ、および所定の水深となるよう水田内に設置した木枠からなっている。水槽の水温はレベルスイッチとサーモスイッチによって自動制御される。実験の結果、設定温度が11~16℃の範囲内では、水深27 cm、面積30 m²の木枠内の水を±0.5℃の精度で一定温度に維持することができた。他の1つは、1茎ずつ葉鞘を含む穂部を冷却する装置である。これは空気を所定の温度に冷却する空調装置、葉鞘を含む穂部を覆う円筒型の透明プラスチックジャケット、および送風断熱パイプからなっている。10本のジャケットには5本ずつ2段階の温度の空気を送ることができ、また、車輪がとりつけられてあるので圃場で使用することができる。実験の結果、ジャケット内温度は、外気温が10℃以上日変化する場合でも、2~3℃以内の変動で所定の温度に維持された。これらの装置を使用することによって、圃場で養成した稲に不稔を誘導することができた。

結 言

水稻の障害型冷害の研究をおこなうためには、人為的に冷害を発生させることのできる温度制御装置が不可欠である。近年、大型のファイトロン、あるいは人工気象箱が各所に設置され、冷害の生理学的研究^{1,2,3)}や、耐冷性の検定⁹⁾に有効に利用され、成果を上げている。

しかし、今後、複雑な冷害現象の全貌を解明してゆくためには、そのような装置以外にも、研究目的に応じて、精度の高い各種の温度制御装置を開発し、活用してゆく必要があると考えられる。作物の栽培試験において、実際栽培に即応用し得るような成果を期待する場合、どうしても圃場試験がおこなわれる必要がある。冷害研究を圃場で生育した材料を用いておこな

うとする場合には、既設の人工気象箱やファイトロンでは、当然、用をなさない、かと言って、このような目的のために、新たに大型の人工気象装置を設置するとすると、多額の建設費が必要である。

このような観点から、著者は、最近、比較的簡便な方法で温度制御ができ、圃場で生育した材料を用いて冷害試験ができるような2つの新しい装置を考案した。実際に使用した結果、両装置とも温度制御は良好で、圃場で生育した材料に不稔を誘導することができたので、その概要を報告する。

なお、これらの装置は、1972年から1973年にかけて製作されたものである。製作するについては、大橋ポンプならびに田尻機械工業KKの尽力によるところが大きい。また、前水稻栽培科長砂田喜代志氏(現十勝農試)はじめ水稻栽培科研究員の方々からも多くの助言をいただいたことに対して謝意を表する。

1975年9月20日受理

* 北海道立上川農業試験場 旭川市永山町

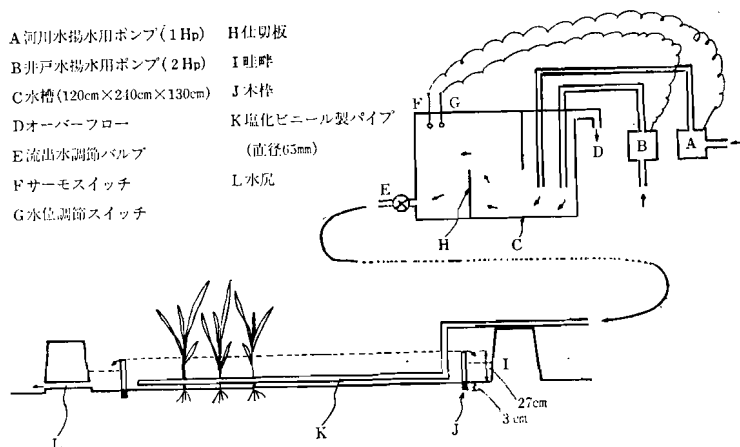


図1 冷水灌漑装置の略図

I 冷水を灌漑する方法

障害型冷害の場合、冷害を感受する部位が穂であることがすでに立証されている^{8,7)}。したがって、不稔が誘導されるためには、何らかの方法で穂部が冷却されればよい。従来、水稻の冷害研究のためにおこなわれた圃場試験の多くは、このような原理にもとづいて必要な冷水を河川あるいは湧水池から導き、多量の水を圃場に灌漑する方法がとられてきた^{5,6)}。しかしながら、このような方法だけでは、必要な時期に、希望する温度の水を、圃場に均一に得ることが困難で、試験に支障をきたす場合もあると思われる。本装置は、できるだけ、ありあわせの材料を利用して、このような欠点が改善されるように工夫されたものである。

装置の構造

本装置は、図1に示すように、地下水ならびに河川水をくみ上げる2台の揚水ポンプ、それら2つの異なる水温の水を混合して一定水温にする大型水槽、その水を水田に灌漑するパイプ、ならびに、水田に設置された木枠の4つの部分によって構成されている。

地下水は、直径55mmのパイプを地下5mに打ち込むことにより、河川水は、至近距離にある用水路からそれぞれポンプアップできるようにした。

当場の地下水は、年間を通じて10～11℃であるが、河川水の温度は、日変化、ならびに季節変化をする。この2つの異なる水温の水を混合して一定水温を得るために、次のような方法を採用した。すなわち、水槽内に水位調節スイッチおよびサーモスイッチをそれぞれ1つずつ取り付け、前者を地下水揚水ポンプに、後

者を河川水揚水ポンプに接続して、流入する両者の水量を調節できるようにした。今、水温を15℃に設定したとすると、まず、10℃の地下水が水槽内に流入するので、水温は設定温度以下に低下する。すると、ただちにサーモスイッチが作動して河川水揚水ポンプが動き、20℃以上のあたたかい水が水槽内に流入する。かくして、2台の揚水ポンプが同時に働いて水槽の水位は急速に上昇する。満水近くになると、水位調節スイッチが作動し、地下水の流入は停止する。このようにして水温が設定温度に達すると、サーモスイッチが切れ、河川水の流入も停止する。そして、水槽中の水位は低下の一途をたどる。一定水位まで水位が下がると、再び、水位調節スイッチが作動し、地下水揚水ポンプが動き出し、上記のことが繰り返される仕組みである。

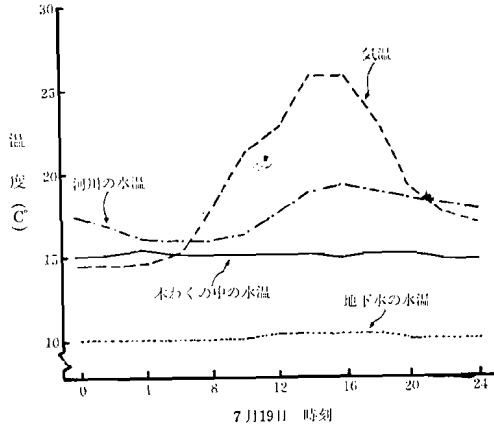
こうして、ほぼ一定水温に調節された水は、水槽の側面にある流水調節バルブを通り、最大323l/minの水が直径65mmの塩化ビニール製パイプを通して水田に送られる。

水田に送られた水は、田面に設置されたパイプの小孔を通して、あらかじめ所定の大きさに組まれた木わくの中に均一に流出する。木わくの中が満水になると四方から均等にオーバーフローし、排水溝から流出してゆく。

使用結果および考察

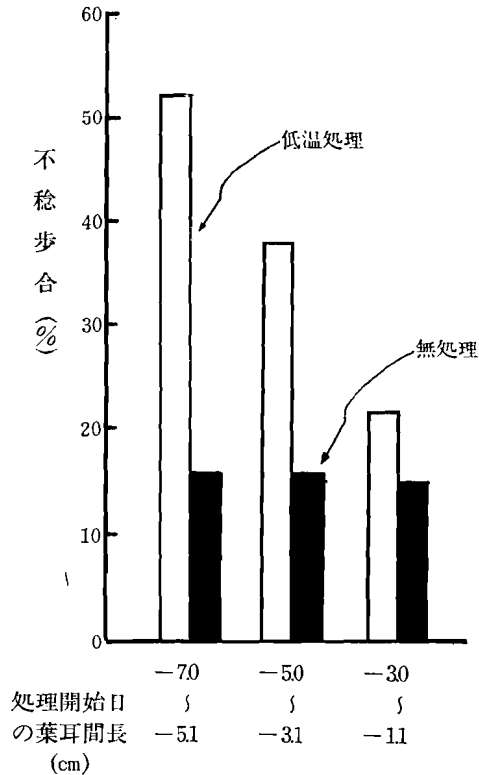
水温を15℃、水深を27cmに設定し、面積26m²の木わくを組んで使用した結果を図2に示した。これによると、木わくの中の水温は、快晴の日でも気温の影響を受けることなく、きわめて正確に制御されてい

る。また、測定位置による温度差も $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 以下の範囲内であることが確められた。穂孕期の稲をこのような条件下に連続5日間おいたところ図3のごとく、不稔が誘導された。以上のように、本装置は、希望する



(Eの流出水量: 323ℓ/min)

図2 灌漑水温の制御事例



品 種: しおかり

低温処理: 15°C 5日間連続

水 深: 27cm

図3 冷水灌漑処理が不稔歩合におよぼす影響

時期にきわめて正確に制御された多量の水を灌漑できること、また、木枠の高さを変えることによって自由に水位が変えられるという点で、河川または湧水池の水を直接灌漑する従来の方法よりも一段と優れていると思われる。さらに、河川水を揚水する際に、ストレーナーで大まかにゴミ等が除去され、これにきれいな地下水が混合されるため、灌漑水はよく澄んでおり、灌漑期間中に稲体の水垢によって汚されることが少ないという利点もある。このようなことから、本装置を使用することによって、より精密に、しかも計画的に圃場で生育した水稻を材料にして、冷害研究がおこなわれ得るものと考えられる。

一方、本装置を使用するについては、その構造上、次のような点に注意しなければならない。

まず、温度制御が円滑におこなわれるためには、冷水灌漑に必要な全水量が少なくとも2台のポンプで揚水されることが必要条件である。できれば、双方のポンプが単独で、それだけの水量を揚水できることが望ましい。経験的には、盛夏の晴天の日に、水深を30cmにして約 30 m^2 の面積の枠中の水温を一定に保つためには、1台のポンプの揚水能力が、それぞれ毎分300ℓ程度必要であると思われる。

次に、制御できる水温の範囲であるが、本装置の場合、地下水の最高温度と河川水の最低温度の範囲内に限られる。当場では、前述のごとく、地下水の水温は常時 $10\sim 11^{\circ}\text{C}$ であるが、河川水の水温は盛夏であっても最低 16°C に低下することがあった。したがって、当地において、7月中旬から下旬にかけての穂孕期に本装置を使用する場合、設定温度の範囲は $11\sim 16^{\circ}\text{C}$ に限られることになる。このように、制御し得る温度の範囲は自然条件にかなり支配される。したがって、設定温度を決めるに当たって、あらかじめ、地下水の水温、あるいは、河川水の水温が何月頃に何度になるかを知っておかなければ、設定温度に制御できなくなる恐れがあるので注意が必要である。

なお、今後、この装置の利用価値を一層高めるために、処理期間の前後に低気温の影響を受け、データが乱されることのないよう、草冠部をビニールまたはガラス等で覆うことのできるような設備を取り付けることが望まれる。また、本装置が、栽培関係の研究のみならず、品種の耐冷性検定のためにも広く利用されることが期待される。

II 稲体の一部分の温度を制御する方法

冷温感受性の器官が穂であるとすれば、穂部の周囲

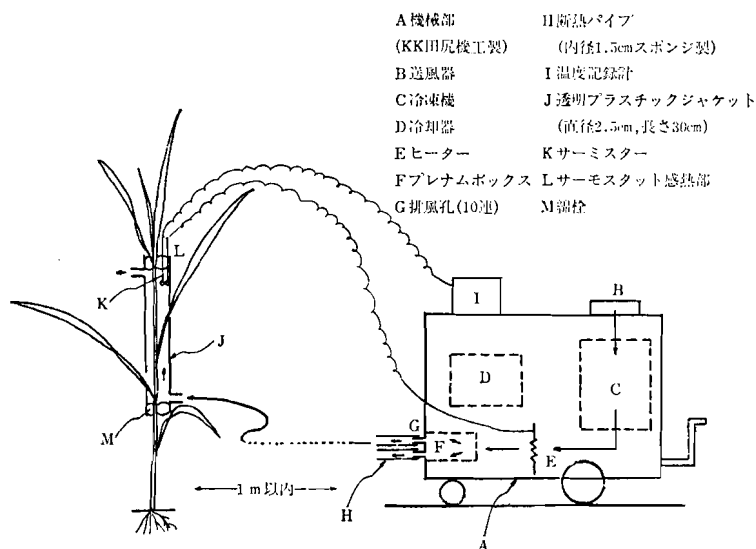


図4 葉鞘を含む穂部を冷却する装置の略図

の温度を1基ずつ何らかの方法で制御できれば、多額の建設費を要する穂体全体を冷却するような装置を用いなくても、圃場で生育した水稻の何基かに不稔が誘導され、冷害研究が可能なはずである。したがって、このような装置を作成し、それに車輪を取り付け移動できるようにすれば、圃場材料でも、また、ポット材料にでも使用可能と考え、次のような装置を試作した。

装置の構造

作物の一部の温度を制御する方法として、目的とする部位に制御された水温の水を直接接触させる方法と、その部位の周囲の空気温度を制御する2つの方式が考えられる。稲の場合、地下部は別として、地上部の場合は、後者の方式が容易である。また、温度制御の方式に循環方式と開放方式とがあるが、後者の方が制作費が安価であった。したがって、本装置には、空調方式、開放型を採用した。

本装置は、図4に示すように、空気の温度を所定の温度に制御する機械部、葉鞘を含む穂部を覆う透明プラスチックジャケット、ならびに、両者を連絡している断熱パイプよりなっている。

まず、外界の空気を送風器によって冷凍器内に通し、気温をいったん $0\sim3^{\circ}\text{C}$ に冷却する。次に、その空気をヒーターによって設定温度にまで加温し、十分攪拌して10本の排風孔から断熱パイプを通してジャケット内に送り込む仕組みである。10本の排風孔は5本ずつ別回路になっているので、温度は10本共同温に、あるいは、5本ずつ異なる温度に制御することができ

る。

なお、本装置は3相、200V、約4kW/hの電力を必要とし、総重量約300kgである。

使用結果および考察

ジャケットにどのようなものを使用すればよいかにについて試行錯誤した結果、幼穂が位置している部分の葉鞘に直径2.5cm、長さ30cmの透明プラスチック製の円筒(幼児用チョコレート菓子入れ)をかぶせ、葉身は円筒にあけた小孔から出すようにした。そして、

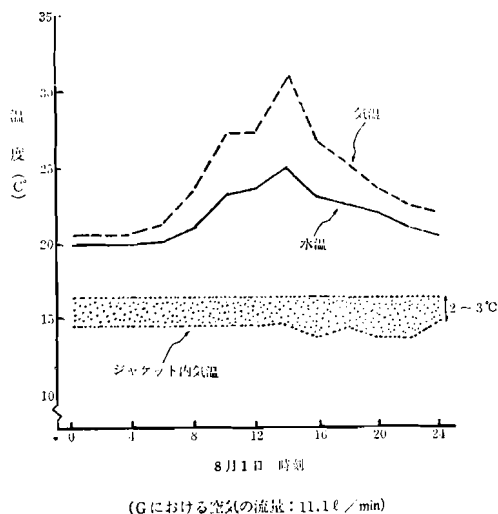
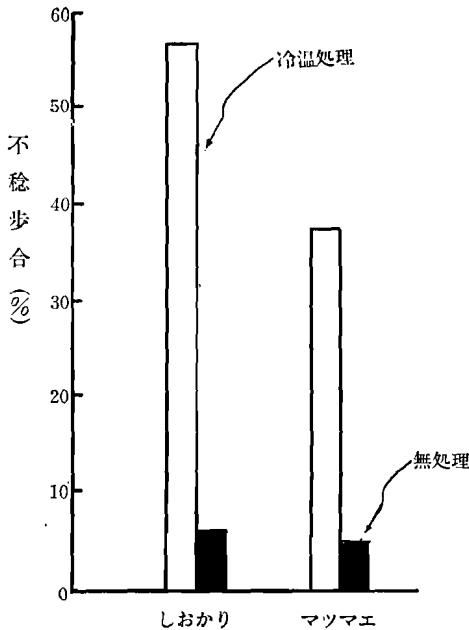


図5 ジャケット内の気温制御事例



処理開始前の葉耳間長(cm) { しおかり：-30~10
マツマエ： 0~40

低温処理：15°C 6日間連続

図 6 葉鞘を含む穂部の低温処理が
不稔歩合におよぼす影響

穂が位置している部分と他の部分との境界を脱脂綿で仕切ることによって好結果を得た。なお、仕切部の脱脂綿を適度に湿らせておくと、円筒内の湿度の低下を防ぐのに効果があった。

実際に使用した結果から一例を示すと図5のようである。これによると、外気温が10°C以上日変化しても10個のジャケット内の気温を同温に、あるいは、5個ずつ別々の温度に2~3°Cの振幅で制御することができた。また、ジャケット間の温度差も僅少であった。穂孕期に達したポット植の稲が、この条件で6日間処理されたところ、図6のごとく不稔が誘導された。

従来、作物の地上部の一部分の温度を制御するために作られた装置として、沢村、相見⁴⁾によって考案されたものを上げることができる。この装置は、コンプレッサーで空気をジャケットに送り、途中の蛇管で冷却あるいは加熱して、ジャケット内部の温度を調節するものである。同氏は、この装置を用いて、一応、目標温度を得ることに成功した。しかし、蛇管の冷却方法が氷または水道水という単純な方法であるため、外気温が変化すると、そのつど、ジャケットと蛇管と

の間の長さを変えたり、あるいは、綿を巻いたりして熱の吸収を調節しなければならない不便がある。また、このような方法では、戸外においてジャケット内部の温度を一定温度に長時間保つことは、きわめて困難であろうと思われる。今回試作された装置は、こうした温度制御機構が全て自動化されているので、上述のような欠点が除去されている。

しかし、本装置を使用しても、なお、ジャケットと機械部との間が1m以上離れると制御能力が急速に低下すること、1m以下の場合でも、ジャケット内部に若干の温度むらができることなど、今後、更に改良されなければならない点が数多くある。したがって、そのような点は、使用の際に十分注意されなければならないが、一応、現状のままでも、本装置を使用することによって、圃場材料ならびにポット材料を用いて、冷害研究がおこなわれ得るものと考えられる。

参考文献

- 1) 佐竹徹夫 1971：障害型冷害におけるイネの雄性不稔 [1], 農業および園芸 46: 1534~1538.
- 2) ——— 1971：——— [2], 農業および園芸 46: 1675~1680.
- 3) ——— 1972：——— [3], 農業および園芸 47: 285~290.
- 4) 沢村浩, 相見靈三 (1959) 作物体の一部分を冷したり温めたりするための簡易な装置, 農業および園芸 34: 687~688.
- 5) 島崎佳郎 (1949) 冷水によるイネ不稔性の細胞学的機作, 日作紀 18: 89~92.
- 6) 田中稔 (1962) 水稻の冷水並びに出穂遅延障害に関する研究, 青森県農試研報 7: 1~107.
- 7) 角田公正 (1964) 水温と稲の生育・収量との関係に関する実験的研究, 農技研報告A 11: 75~174.
- 8) 鳥山国土 (1962) 水稻品種の耐冷性検定方法並びに耐冷性の遺伝に関する研究, 青森県農試研報 7: 108~153.
- 9) 農林水産技術会議事務局 1974：人工気象室利用による水稻の耐冷性に関する研究, 指定試験育種第7号.

Studies on Technical Improvements against Cool Injuries in Rice Cultivation

I. Apparatuses of cooling rice plants in paddy field

Takahisa AMANO*

Summary

Phytotron apparatus or some growth cabinets are generally used for the purpose of studying cooling injuries to rice plants. However, it is also required to develop and utilize specially designed apparatus for controlling the temperature with a high degree of accuracy, depending on materials and methods specified by individual studies. Recently, this writer designed two new apparatus concentrating on experiments with regard to cooling injuries to rice plants grown in an outdoor paddy. One consists in the following method; namely, river water whose temperature fluctuates daily in a range of 16~23°C and subterranean water whose temperature is constantly 10~11°C are pumped into and mixed in a large water tank. A thermostat and a water level regulator installed in the tank work automatically to control the amount of inflow from either of the sources so that the temperature of mixed water is kept constant at a desired temperature within a range of 11~16°C. The water then released into a frame in a paddy; this frame has a predetermined depth and area so that bodies of rice plants are kept at constant low temperature. When young panicles, for instance, are cooled by using such an apparatus at their booting stage, sterility is induced. The other one consists in the following method; namely, air with a temperature controlled within 10~30°C by an air conditioner is blown in the jakets which encase the parts of panicles including leaf sheathes of the stems through adiabatic pipes. Accordingly, only these parts in the jakets are cooled, by which sterility is induced. As wheels are installed on this apparatus it can be hauled to a paddy field. From the results of tests, it was recognized that the temperature was precisely regulated by both of the apparatus and they were useful for a study on cooling injuries to rice plants in the field.

* Hokkaido Prefectural Kamikawa Agricultural Experiment Station, Asahikawa, Hokkaido, 078-02.

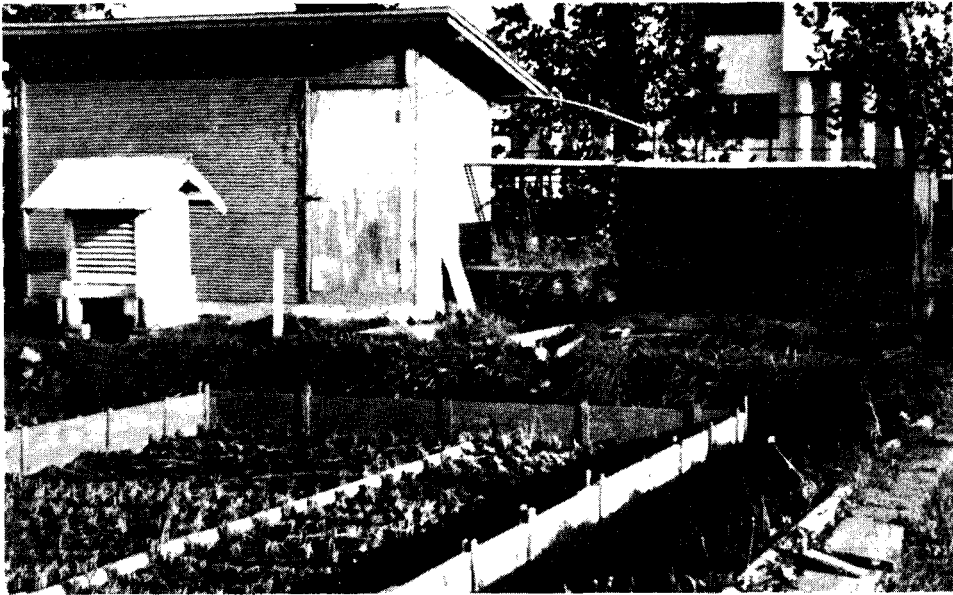


写真 1 冷水灌漑装置

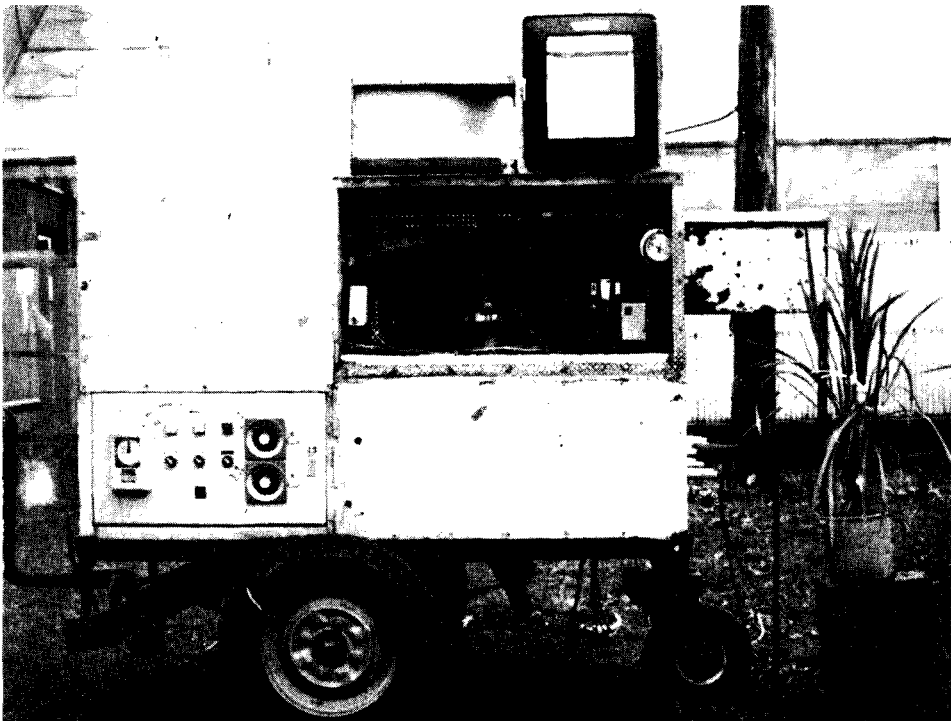


写真 2 葉鞘を含む穂部を冷却する装置