

喷咀的构造根据所用地点及用途，可有多种。喷水圈也分为整园、部分园、正方形、椭圆形等等。这些都是用在庭园，设置园艺或小规模的苗圃等的灌水，由于制作容易，最近由多数厂家随意开发。

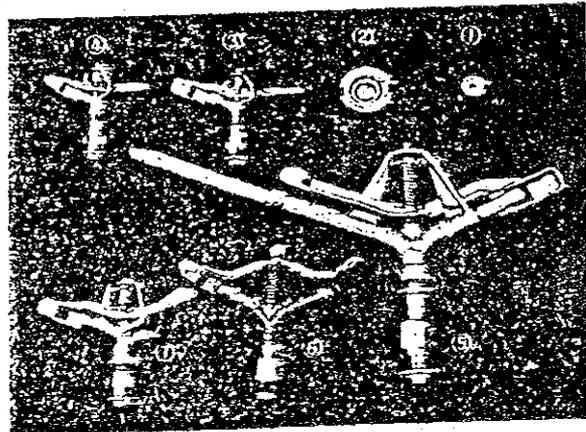
喷水器有固定式（不转动的）和缓慢转动的。现在缓慢转动式喷水器占有绝大部分，喷灌设施的设计，多数是以缓慢转动喷水器为前提而发展起来的。但是，对于

对于受地形、土质或地块区划影响的地区使用多孔管

（或蛇形管），勿论从用水效率中或经费上看多数是有利的。

灌溉用的喷头有小型单孔低压的，也有双孔或多孔（喷咀在3个以上的）高压用的大型喷水器等各种型式。一般受风影响很强的地方，应缩小喷水器的间距，而且还应降低灌溉强度，所以单孔小容量的广被采用，但此时最好考虑省工，而设置固定设施为好。

各种喷水器各有其优秀



图一2 喷水器

- ①②：草坪喷灌头，庭园喷灌头。有整园、正方形、矩形、椭圆形喷晒。
- ③④：主要用于果园的地下灌溉。
- ⑤：用于果园的树上或大规模草坪灌溉。
- ⑥：是我们最熟悉的形式，几年前广受利用的。最近已改制成⑦的型式，故⑥型已停止制作。

续表

区分	压力范围	特 性	用 法
E 巨 大 型	5.6	<ol style="list-style-type: none"> 1. 喷水直径为 60~120m 2. 在布置适当时, 灌溉强度达到 10mm/小时。 3. 风静稳时喷水图型稍好 4. 在喷水开始和停喷时, 有土壤流失现象。 	<p>适用于大规模草地的灌溉。</p> <p>喷水器和支管(或软管)的布管劳力可以节省。正方形布置时的以喷水直径 60~70% 的间距为适当。</p> <p>使用此法时应充分考虑劳力、设备费用的同时, 适应分析对土质、作物的影响。</p>
F 树 下 式	低压	<ol style="list-style-type: none"> 1. 射流的轨迹低 2. 喷水直径不太大 3. 喷水分布相当好 4. 喷水器按梅花形布置时, 可弥补树阴部分少不足。 5. 按隔 1 例布设支管时可使全面喷水分布均匀。 	<p>适用于所有果园灌溉。尤其对于接触水流会损伤果实的灌溉更适用。</p> <p>可倾斜度在 15% 以上的果园或树上灌溉, 因受风力影响而降低喷水效率的情况下也适用, 但最好用固定式。</p>
	普通压力, 高压	<ol style="list-style-type: none"> 1. 喷水直径为 21~36m 2. 灌溉强度的范围广 3. 水滴的破碎状况好 4. 喷水分布好, 但树叶茂密时, 水滴有集中于一条线上的倾向。 	<p>由水的冲击容易损伤, 能用于所有果树。</p> <p>适用于防除病虫害和冻霜的灌溉。</p>

续表

区分	压力范围	特 性	用 法
H 悬 垂 式	kg/cm ²	1. 逆转动杆式的吊起型	适用于塑料大棚、温室内的 葡萄、梨的灌溉。易于机械 作业，也用于玻璃室的冷却。
	低压	2. 喷水范围小 3. 喷水分布好	

此外，喷水器的使用方法从压力和移动方式的组合情况整理如下：

① 人力移动式：在具有自由连续接头的压道上，布设低、中间压型喷灌机，将喷水完了的管道切割成4~5 m，按照轮灌计划把它用人力转移到下一条喷水管上去。当使用高压喷水器时，用人力将台车、软管到下一个喷水地点去。虽然每10 a的设备费用是最便宜，但转移时费劳力。

② 埋置固定式：将所有喷水用管道埋设于地下固定，对于不太引进大型机械的地块，这是一种最省工的类型，但设备费最贵。

③ 地面固定式：在翻地、整地、播种等作业完成之后，使用耐压软管，聚乙烯管、塑料管等廉价喷水设备（配套）固定于地面，在收割期将它撤掉，就可进行机械作业。在轮作作物之中，即使在灌溉频率较高的作物栽培地块设置，其省工程度也是大的，是经济的型式。

④ 自行式：将喷水管线由动力自行或牵引到下一个喷水管进行转移，在较为平坦而又加以整平的地块（如北海道）使用时，是省工的，而且在经济上也是有利的。

(2) 喷水器的流量特性

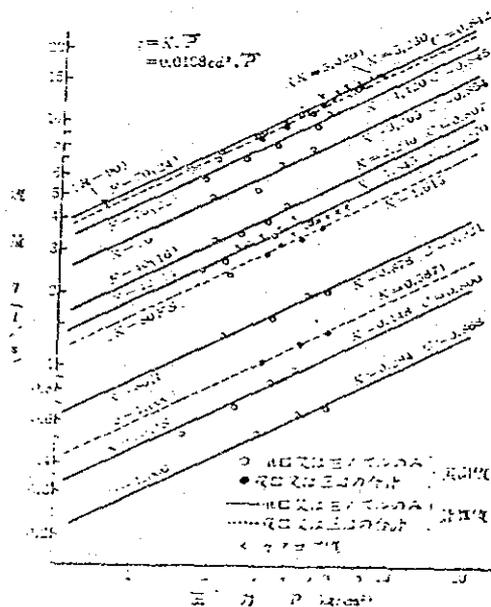
我们所进行的大型喷水器（7种）实验认为：压力与流量的关系，

基本上按孔口出流公式， $Q = C \cdot A \sqrt{2g \cdot H}$ 表达。式中： Q ：射流流量 (m^3/Sec)， A ：喷嘴断面 (m^2)， C ：喷射系数， g ：重力加速度 $9.8 (m/Sec^2)$ ， H ：压力水头与速度水头之和 (m)。

设计良好的喷嘴流量系数 C 值，约在 0.95-0.98 之间，但我们所得的实验结果多半在 0.9 以下。当设计为多巨能利用的喷嘴时，还需要进一步改善。图一5就是压力与喷嘴射流的关系实验结果。

(3) 喷出水滴的冲击强度

从喷嘴射出的水滴是由截流器或涡轮叶片加以破碎，其中一部分进一步在空中细分化后降落地面。降落下来的水滴大小，是由喷水器种类、所用压力、喷嘴出来的距离等的不同而具有各种不同特性，在同一地点降落的水滴总重中的水滴群构成比例都不一样。这也与由于开始降落的高度的关系，一般来说，大水滴所具有的能量要比小水滴大，因此，在与地面或作物体发生的冲突时所做的功也就要大。由水滴降落的物理作用而带来的影响，例如，对于地面会产生波纹皮，对于作物的茎叶会受到机械损伤或受精障碍等等。当然，除了这些每个水滴所具有的能量大小之外，需要从喷水器的选择、



图一5 压力与喷嘴射流的关系

射流量、压力、喷水面积等性能一并加入考虑后，定出水滴特性的方案。

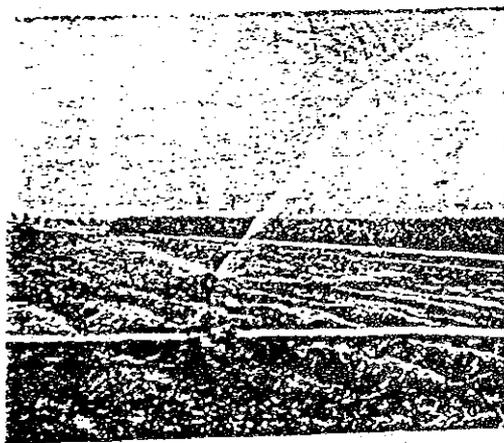
将水滴在受到破碎时所需压力与喷嘴口径之间的关系，整理在表一4之中。

表一4 喷嘴口径与压力

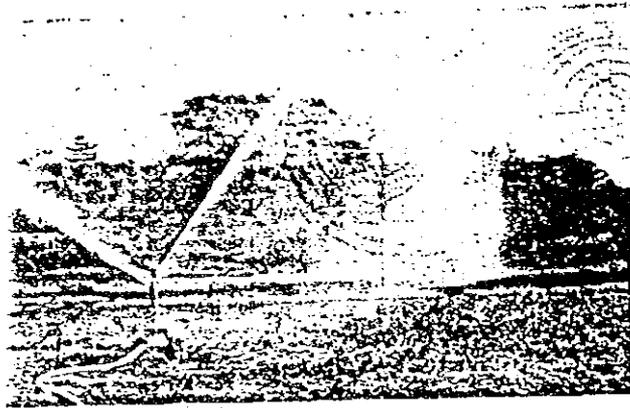
喷嘴口径 mm	水滴破碎时所需的压力 (kg/cm ²)	适用压力 (kg/cm ²)
3.1~4.3	2.1 以上	2.8~3.5
4.7~5.9	2.8 以上	3.5~4.2
6.3~9.4	3.5 以上	4.2~4.9

(4) 斜坡地上的喷口方向与水滴运动

水滴到达地面的距离，除了与所用压力及水滴大小有关之外，在斜坡地上还受喷口立管的竖法（方向）和高度而变（见图一5）

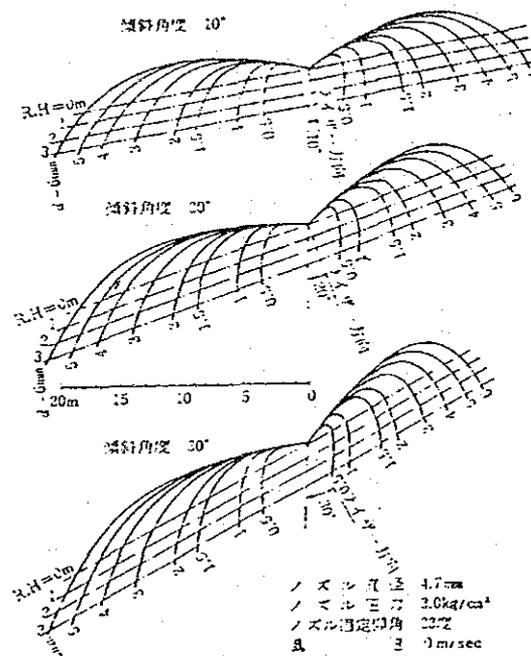


图一3 使用大型喷水器（德国造）灌溉甘蔗的情景
（台湾）——幼苗期——



图一4 用带车轮的大型喷水器灌溉牧草地

即，喷水立管垂直设置时，在斜坡地上喷水到达地面的距离比平坦地会产生上、下坡方向的差异。例如，水滴直径6mm，压力 3kg/cm^2 时，在 10° 的斜坡地的上方减少20%，而在下方则增加15%。 20° 时上方减40%，下方增33%， 30° 时，上方减70%，下方增55%。当喷水管与斜坡面成直角，坡度为 10° 时，上



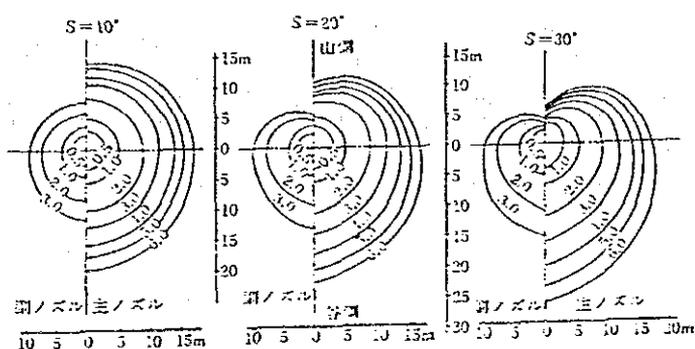
图一6 喷水立管与坡面成直角布设时的射流轨迹

方減 6%，下方增 7%，20°时，上方減 12%，下方增 15%，而 30°时，上方減 18%，下方增 27%（主管高度均为 1 m 时），与垂直建立的相比，增减量的幅度大为缩小。喷水立管按直角设置时，从水滴运动和喷水分布均匀度看是一种有效手段，但实际上喷灌机的旋转不匀而招致不均匀旋转摩擦使旋转部位的水密性变坏等不利因素，为避免这种弊病，使喷水分布转好，应对喷灌机本身的机构和以改善是很重要的。

(5) 喷水量的分布
对于喷水器，随着喷咀口径的大小而有适用的压力范围，在此范围内，喷水器是用标准散布图表示，但在此范围外的压力，是得不到满意的喷水分布的。即：

压力过低，水滴就大，在离喷口稍远的位置上呈轮状降落，在最大压力时，有微小的水滴聚集于喷水器周围，且受风力而易于受到扰动。

致于喷水分布的均匀性，受风力而扰乱的同时，在斜坡地上由于喷口方向的关系，在喷水的平面图型上产生较大的差异。即，喷水立管垂直时，坡面上的喷水图型在喷灌机的上方就呈短圆形，而下方则呈心脏形，但与坡面呈直角设置时，坡度不论怎么陡，各相距之处不会产生太大的差异。因此，喷水图型略呈正圆形。（见图 7）



图一7 水滴降落时的平面图型 ($P=3\text{kg/cm}^2$)
(图中数字表示为水滴直径 d)

以上是关于在旱田地上洒水器的多目的利用方面，将已有的资料加以整理一下，但灌溉设备一旦用于病虫害防止、施肥、防霜害等多目的使用时，用水的平面分布效率及其立体性分布就成为研究课题。因此，今后应该开创出高性能喷灌机和建立利用技术。

引用文献

- (1)农地局：1971，土地改良规划设计标准——旱田灌溉——
- (2)椎名乾治：1966，关于合理的旱田灌水方式研究，农土试报告3号
- (3)长谷部次郎：1971，在斜坡地散水灌溉时，有关改善散水分布均匀性的研究，东近农试研报№. 21
- (4)水之江、长谷部、河野：关于各种洒水器的特性及用法的研究，旱灌研究集IX。

IV. 旱作用水多目標利用與自動化

水之江政輝

1974年6月

1. 濕潤多雨地帶的旱作灌溉特性與區分

像台灣或者日本這種濕潤多雨地帶（年雨量1,000 mm以上）的旱作灌溉，是具有「對損失之保險」性格的補給灌溉，而「二級性之經營集約化機能」重於「初級性之增產和良質安定化機能」，是以應該把重點放在前者。其效果的發現，在短期內也是不太大，但在長期性而言，因為獲得經營結構之連鎖性變化，而很明顯的表現出來。

於是旱作灌溉不僅是從乾旱觀點保護旱作物，而很容易引進有利作物，提高土地和勞動生產力，促使經營豐裕而集約的一種手段。

因此，假定降雨之分佈順利；而不需要利用人工灌溉之年份，其灌溉設施，亦不致於浪費多餘。因為有了永恆性灌溉設施，而獲得計劃性生產基盤，可配合灌溉設施建立合理之新生產技術。圖1說明多雨地帶旱作灌溉之意義和經濟性。

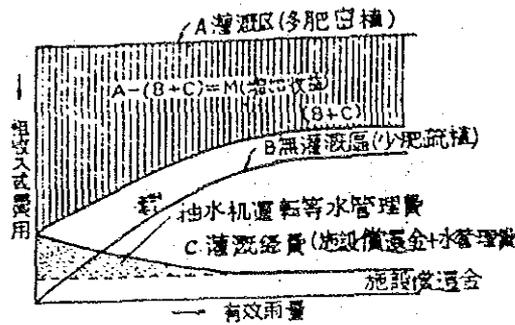


圖1 畑地灌溉之意義與經濟性

圖註) ① A 灌溉區係與降雨分佈無關，可採用多肥密植型栽培之高目標產量，並可獲得品質優良而安定之計劃生產。如收穫物之價格一定，農家之粗收益以降雨分佈順利，而不需使用設備時為最高。

② B 無灌溉區，因須預期常遇乾旱致不得不採用少肥疏植型栽培之低目標產量。收穫量即依有效雨量之多寡而增減，頗不安定。

③ 線條部份，係因設有灌溉設備而增加之收益部份。

日本的旱作灌溉，依據土地利用和農業經營型態，而大致可區分為表 1 所列。除普通旱作地帶外，雖然具備容易提高設備利用效果之條件，但為了更加提高這些效果和投資效率，就應該考慮儘量利用於施肥、病蟲害防治等多種用途。

表 1 農業經營型態與灌溉設施之關係

區 分	特 性
集約性蔬 菜園藝地 帶	1. 省工 地表固定式 (多孔管或小噴頭) 灌溉 地表固定式自動灌溉 2. 個別經營—作物種類繁多 3. 個別用水管理—需要考慮具有自由度之寬彈性 灌溉設施 4. 土地之集約利用 5. 灌溉設施之多目標利用
施設性園 藝	1. 省工灌溉—以自動化為前提之規格化設備。 2. 按作物種類區分灌溉方法。 3. 栽培管理極為集約。 4. 設施之多目標利用—病蟲害防治、施肥、灌水。
大區劃田 區	1. 省工灌溉—採用移動式大型噴灌設備。 2. 作物種植方式之統一—形成作物專業區及輪作 體系。 3. 灌溉作業之共同化—輪流灌溉 4. 多目標利用—灌水、施肥
山坡樹園 地	1. 省工灌溉—埋設固定式噴灑灌溉設備。 2. 自然壓力之有效利用—採用中間壓—高壓噴灑 設備。

	<p>3 多目標利用—灌溉、施肥、病蟲害防治、霜害防止等。</p> <p>4 安全對策—包括裝有壓力調節設備之配水系統</p>
普通旱作地帶	<p>1 作物種類繁多—用水管理複雜</p> <p>2 經營粗放—作物之選擇至關重要</p> <p>3 農民之意向低落</p> <p>4 投資效率低</p>

2 多目標利用

在旱作之水利用，可以大分為：①對田地直接灌水為目的之乾早期水分補給，或者促進施肥效果之灌水。②病蟲害防治、施肥（施用液肥）、除草、土壤改良等管理作業上的水利用，③起因於季節風、塩風害等異常蒸散防止，凍霜害防止等氣象災害的防止用水。

2.1. 多目標利用之用水計劃

旱作用水是期以多目標利用為手段，而發揮最大效果，因此，和以往祇以旱作物灌溉為對象之事業比較，不但在社會上、經濟上的基礎相異，而且在技術上多種場合亦必須和以往之計劃基準採取不同的想法。

(1) 播種（種植）期灌水

為了促進發芽或者生活，在播種（種植）後上

— 3 日，施行全面穩澆水，應澆土層深度，以 10 公分就夠。一般而言，一次澆水深大致在 10—15mm。但是底層水分若是祇於毛管連絡切斷含水量（PF 2.7~3.0 水分量）時，這種程度之灌溉，應該注意在灌溉後連經過 2~3 日連續旱天，就需要再度澆水。如果一次澆水深 10~15mm，而在 3 日以內需要澆完全面穩時，其單位用水量即為 3~5 mm/日。

(2) 機械作業效率促進用水

有些土壤因為乾燥而用機耕翻耕後，仍然堅硬而難予破碎或者乾燥堅硬而難予翻耕，遇到這種情形時，加以澆水使土壤膨軟後，可以提高機械作業之效率。再如表土乾燥之砂土，耕耘機往往滑行空轉，而妨礙作業進行，這種情形亦可用澆水加以防止，其用水量，依據機械作業計劃，尤其是每天作業面積而有很大之差異。一次澆水深大約在 20mm 左右，假定計劃作業日數為 4~7 日時，單位用水量即在 3~4 mm/日。

(3) 肥效促進用水

促進肥效的土壤適當水分，在於能夠成為液狀而自由移動之毛管水範圍，以 PF 值表示大約在 2.0~2.7，就是將 PF 2.7 以上之乾燥土壤水分，回復到 PF 2.0~2.5 程度即夠。其對象土層就是普通施肥深度，如果對象

土層深度為 20cm 時，一次灌水即為 15~40mm，（包括施肥計劃）若是全面積以 10 天完成，單位用水量即在 1.5~4mm/日。

(4) 風蝕防止用水

一次灌水量大約在 10mm 為度即夠，但是需要把全面積在 1~2 天之內完成，於是單位用水量即在 5~10mm/日。然而由於風所引起之蒸發飛散損失亦相當可觀，是以粗用水量就高達 8~15mm/日。因此遇到這種目標用水時，將對象面積之中，先就預測被害較嚴重區域施灌，以延長灌水時間，或者從氣象條件先預測風害之發生，而於事前數天先予灌水，以延長灌水時間，減輕尖峰用水量。如此施行計劃性灌水，單位用水量估計為 2~5mm/日 即夠。

(5) 夏季之水分補給

這種用水量，雖然和原來的旱作灌溉之想法相同，但不需要拘泥於乾燥地帶之設計理論，在一次灌水就完全回復到田間消耗水量之總量。到目前為止的種種調查試驗，除了特殊作物或土壤外，單位用水量估計 5mm/日 就夠用。若受水源水量或者設施費等條件限制，以 3mm/日 左右就能充分發揮灌溉效果。

(6) 病蟲害防治用水

防治用水量，若依照原來之農藥使用量，在普通旱作為 $200 \sim 500 l / 10 a$ ，樹園地為 $500 \sim 800 / 10 a$ 單位用水量即 $0.2 \sim 0.8 mm / 日$ 。

(7) 液肥灌溉

依照液體肥料栽培試驗結果，通常和水分補給灌溉合併施行，而還不到一次灌水量之前，就能夠散佈需要的肥料成分。因此，單位用水量為普通灌溉之 $1/5$ 以下，最大亦不致超過補給水分量。

(8) 糞尿灌溉

酪農經營之家畜糞尿處理本身，就成為經營問題之一。將這種糞尿作合理之處理，而藉著灌溉系統，以有機質肥料還元於牧草或飼料作物田地，不但能提高用水利用效果，而且可以提高田地生產力，更能解決多數飼育上糞尿處理問題，因此可以說非常高明的技術，依照現在施行之實例；一次施灌糞尿處理液，大約在 $20 \sim 30 mm$ ，全區所需日數在 $5 \sim 10$ 日，而通常水分佔糞尿處理液之 $1/5$ ，是以單位用水量約在 $0.4 \sim 1.2 mm / 日$ 。

(9) 塩害及異常蒸散防止用水

這種防止用水，應於事情發生後立即開始灌水，最長亦必須在 1 日之內完成全部被害地域之灌水。一次灌水量以完全濕潤樹葉為度，約需 $3 \sim 5 mm$ 就夠。然而

如果全區域需要在 6 小時內灌完，其單位用水量為各種利用目標內之最大者。因此，應以儘量減少被害面積為考慮之重點，在田間佈置上加以配合，至關重要。

(C) 凍霜害防止用水

這種用水量約在每小時 2 ~ 3 mm，而必須均勻噴灑於全面積，亦即 5 ~ 6 小時一齊施灑於全園，因此，單位用水量 (10 ~ 18 mm / 日) 系統容量均相當之大，在大面積之計劃，往往伴隨經濟上之困難。是以應在田間區劃整理時調查氣流停滯地區，在計劃上能得集中灌溉這一部分面積。

(參考)

① 經濟用水量

灌溉農業的經濟用水問題，在水資源愈少水價愈高，或者，灌溉地區之規模愈大時，這種問題就顯得愈重要。一般而言，經濟用水量低於最適用水量 (為獲得最高產量之最適當用水量)，從「水—收量曲線」也可以了解這一點。尤其是用水量愈近最適用水量，其產量 (或者收益) 增加率愈緩慢的作物為然。在這種作物，為了獲得最大收益，而灌溉某一界限以上的水量時，其水價和各種灌溉費用往往超過其產益。因此超過其界限以上之灌溉，

反而不經濟，這種界限點，依照該地區之勞動費、水價、生產作物價格，以及「水—收量」曲線形態而異。

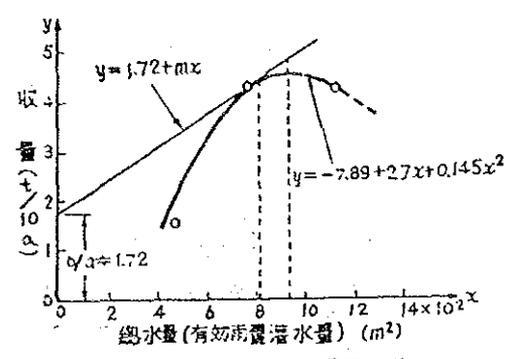


圖 2 柑桔之水—收量曲線
 a: 農家出售價格 32 千圓/t
 b: 設定 10 年後之技術體系所求者
 初級生產費(成園費+折舊費)=55.24 丹
 用廣島縣農試場柑桔支場資料編製

筆者等，在日本廣島縣賴戶田地區灌溉計劃（1965年）為對象，曾經對經濟用水量加以檢討。柑桔之「水—收量」曲線是根據廣島縣農業試驗場柑桔支場資料編製（圖 2）。

在 在這種情形，灌溉水量（ $x \dots \dots 10^3 m^3 / 10a$ ）與收量（ $y \dots \dots t / 10a$ ）之關係，依下式而得。

$$y = a + b x + c x^2$$

$$= -7.89 + 2.7x - 0.145x^2 \dots \dots (1)$$

另一方面，水價以外之單位面積經營費用（ b ）與單位收量作物價格（ a ）之比 b/a ，在 $x = 0$ 時仍然不變，是以做為常數，而接觸(1)式之直線，可用次式表示：

$$y = b/a + mx, \quad b/a = 1.72$$
$$= 1.72 + mx$$

因爲在接觸點之兩式數值相等，所以從(2)式減去(1)式加以整理，即經濟用水量 $y = 1.72 + 0.34x$ 直線接觸

(1)式之點 x 而求得，在 $b/a = 1.72$ 之最經濟用水量爲 $813mm$ 。至於爲獲得最高產量的灌溉用水量即求(1)式之導關係，代入 0 求 x 而得 $935mm$ 。在這種情形的經濟用水量相當於獲得最高產量的水量之 87% 。

②設施內（如塑膠溫室等）栽培用水量

在圖 3 每日灌水區（①②③）之產量。高於隔日灌水區（④⑤⑥），每日灌水區之尖峰產量，大約相當於澆水量 $600mm$ ，而隔日灌水區之產量 $400mm$ 附近就開始呈現緩慢之趨勢。

此外，每日灌水 $5mm$ 區②和隔日灌水 $10mm$ 區總灌水量雖然相等，但每日 $5mm$ 區之產量約高出 30% 。從這種情形就可意味到在設施內的蔬菜栽培，以低 PF 水準實施水管理，較能提高水消耗效率（生產效率）

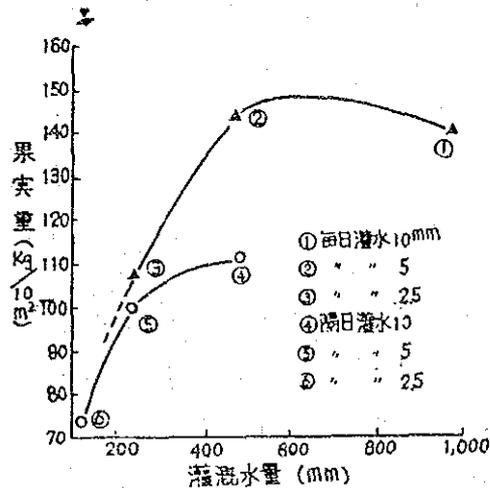


圖-3 蕃茄(半促成栽培)之水-收穫曲線

2.2. 多目標利用範圍與方法

2.2.1. 灌溉方法(水分補給)

旱作灌溉事業的最終目標，在於經營的近代化，是以灌溉設施或者配水系統，對於使用目的不但必須高效率，省工而更應為高經濟性。

灌溉方法，即受土地坡度、土壤種類、作物種類、栽培方式、水源位置、水量之多少等多種因子之影響，尤其是土壤保水力、滲透性、地形(坡度)等之關係最為密切。

表一 2 將樹園地廣被採用(包括特殊方法)之各種灌溉方法，依其內容整理比較者。在坡地柑桔園這種土壤保

水力低，而且地形複雜地區，為設施利用上之省工起見，希望採用埋設固定式噴灑方法，較為適宜。

表一 2 樹園地等灌溉方法之比較

區 分	地表灌溉	軟管灌溉	土中注入式灌溉	環狀灌溉 (用軟管或硬管)	噴 灑 灌 溉	
					樹 上 式	樹 下 式
土壤、地形等立地條件	限制嚴格	不受限制	在此土壤之適用困難	不受限制	不受限制	不受限制
水土保持	在流量操作上需要注意	安 全	安 全	安 全	全	需要注意噴灑強度
灌溉效率	一般低	良 好	良 好	良 好	良 好	良 好
用水量	多	少	最 少	少	中等	稍多
灌溉勞力	要求度大	相當大	相當大	(固定設施) 極小	(固定設施) 極小	(固定設施) 極小
多目標利用	僅施肥可用	僅施肥可用	僅施肥可用	僅施肥可用	可	可
自動化	一般困難	不 可	不 可	可	可	可
整 地	必 要	不 要	不 要	不 要	不 要	不 要

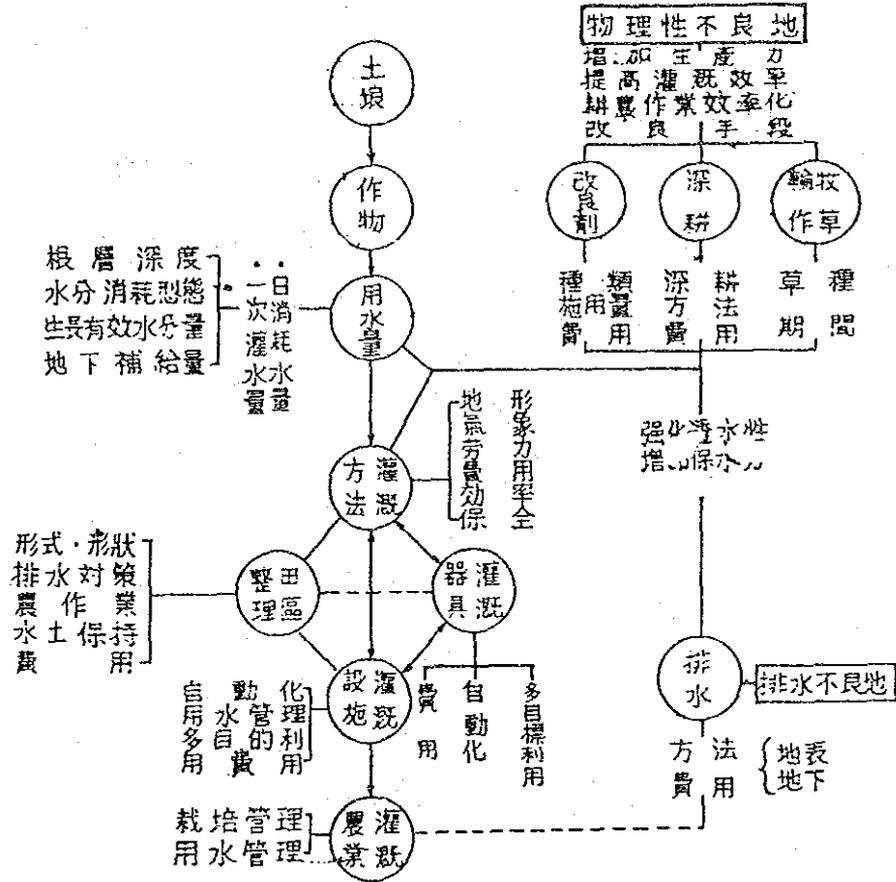


圖-4 灌溉方法與其他條件之關係

2.2.2 利用噴灌防治病蟲害

柑桔栽培之防治作業極為苛酷，而且其勞動力佔年總勞動力之一成強（每10公畝約33小時）

日本農林省，為求防治技術之建立進行檢討。

原來，噴灌設備兼防治，由於使用壓力（ $15\sim 20\text{ kg/cm}^2$ ）與（ $2\sim 5\text{ kg/cm}^2$ ），流量 $0.1\sim 1.0\text{ l/s/ha}$ 相差太大，而且因為管內流速之差異引起藥液之沈澱等問題，而被認為很難處理。但從昭和40年（民國54年）開始做多項實驗結果，認為有充分之效果以來，成為先進農家營農技術之一，而發揮很大之成果。

茲將利用噴灌提高防治效果之技術指針，加以摘要如下：

(1) 儘量採用低角度噴頭，若使用普通角度之噴頭時，其高度應設在平均樹高附近，佈置間隔應較通常灌溉稍短為宜。

(2) 噴藥量應在 $1,000\text{ l}/10$ 公畝以下，施用濃度為標準濃度之 $1/1.5$ 以內，藥液噴灑後，避免一般之噴灌。

(3) 噴頭下和噴頭外緣部份，以及防風林蔽蔭處之防治效果往往稍差，需要特別注意病蟲害發生狀況，以期防治之徹底。

(4)噴藥時刻應避免容易發生藥害之時間，並且儘量避免風之影響，而選定滯早時間。若難予避免風之影響時，應考慮這種情況來設計管路佈置。

(5)由於噴藥勞力可以減低很多，所以不同種類之藥品的混合應該儘量避免，而使用單一藥品爲宜。

(6)配合病蟲害發生預測，勵行適期防治，而且爲提高防治效果，徹底實施大面積之同時防治。

2.2.3. 利用噴灌之施肥

茲將利用噴灌施用液肥之效果，摘要於次：

- (一) 肥料費用低廉，符合經濟性。
- (二) 提高品質，增加產量。
- (三) 施肥作業輕鬆，符合省工。
- (四) 防止土壤之酸性化。
- (五) 肥效快，施肥管理容易。
- (六) 容易引進自動化作業。

(1)液肥施用方法

有①和灌溉水同時施用方法，②施用原液或者濃厚液方法，③葉面施肥方法等，但利用噴灌時，通常使用①方法。

(2)液肥濃度

應考慮作物種類、生長成度、栽培型態等條件

而定表一 3 爲一般之標準。

表一 3 液肥葉面噴澆許可濃度

作物	許可倍數	作物	許可倍數
水稻	50 倍以上	蕃茄、花瓜	200 倍以上
水稻秧苗	100 倍以上	草蓀	200 "
柑桔、果樹	夏季 300 倍 秋冬季 200 倍	花卉類	200 "
草皮	50 倍以上	西瓜、胡瓜類	200 "
牧草	100 倍以上	觀觀葉植物	800 "
茶	新芽 100 倍 古葉 50 倍	葉菜類	20 "
香瓜	200 倍以上	鳳梨	10 "

(4)液肥施用量：

舉柑桔園之一例如下表。

表一4、利用噴灌之每10公畝施肥設計

施用期間	液肥名	保證成本	施用量 (kg)	成分量 (kg)			每10a肥料費(日圓)	
				N	P	K	液肥	慣行
1月上旬	液肥2號	10-4-8	50	5.0	2.0	4.0	1,875	
2月上旬	"	"	60	6.0	2.4	4.8	2,250	
4月下旬	"	"	60	6.0	2.4	4.8	2,250	4,004
7月上旬	"	"	50	5.0	2.0	4.0	1,875	3,640
8月上旬	燐安液肥	7-20-0	30	2.1	6.0	-	1,374	1,480
9月下旬	"	"	30	2.1	6.0	-	1,374	8,008
年間計	6回		280	26.1	21.8	17.6	10,998	17,132

利用噴灌防治及施肥的經濟性之一例如表一5

表一5 慣行方法及利用噴灌防治及施肥之經濟比較

(10公畝)

	防 除				施 肥				合 計	對 比
	農藥費 日圓	勞 動 日數 日	勞力費 日圓	計 日圓	肥料費 日圓	勞 動 日數 日	勞力費 日圓	計 日圓	日圓	
慣 行	8,000	3.88	5,886	13,886	19,000	3.75	5,689	24,689	38,575	148
施設利用	11,622	0.48	1,296	12,918	11,937	0.48	1,200	13,137	26,055	100

(註)小島地區噴灌多目標利用組合，有田普及所調查
 勞動費通常以1:2,700圓，危險農藥1:3.00圓計算。

2.2.4 利用噴灌（結冰法）之凍霜害防止

現行的霜害防止有如下列之方法：

① 覆蓋法：用草套、寒冷紗布等覆蓋之方法，一般適用於蔬菜、花、茶、稚蚕用之桑樹等小面積，溫度上昇效果在 $1 \sim 2^{\circ}\text{C}$ 。

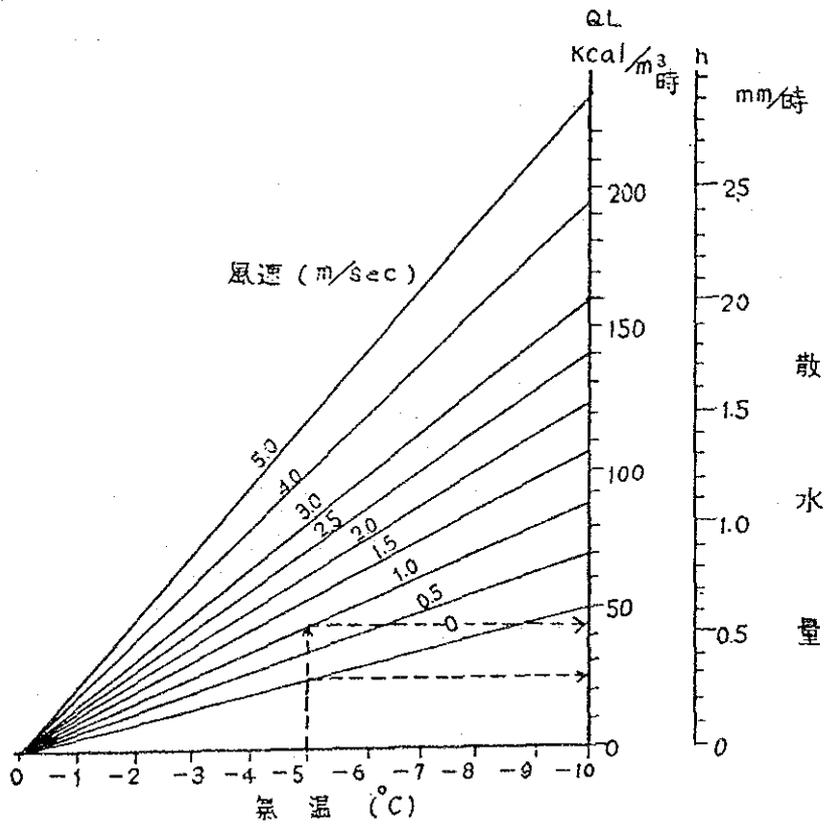
② 燃燒法：用燃燒器，或石油桶，燃燒重油，以溫暖田地或果園空氣的方法，通常使用於較廣之場所。燃燒器設於熱源距離 $8 \sim 10 \text{ m}$ 以內，每公頃需要設置 $200 \sim 500$ 個。設各爐熱源有 $1,000 \text{ kcal} / \text{小時}$ ，每公頃設備 500 個計算，其溫度上昇效果約為 3°C 。

③ 燻煙法：用人工發生雲、霧而吸收還元地面及作物體發散的放散熱之方法。如果用煙吸收放射熱的一半，該煙層至少要有 20 m 以上之厚度，霧層就需要 $2 \sim 3 \text{ m}$ 厚，這些效果不能期望太高。

④ 送風法：利用送風機（ 100 馬力，螺旋槳直徑 4 m ， $1,000$ 轉/分），將停滯於地面附近之空氣加以攪亂，以期提高保溫效果之方法。設地上 10 m 與 1 m 之氣溫差有 5°C 時，每 40 公畝舉高 1°C 需要 10 馬力。

⑤ 結冰法：用噴灌器噴水，而利用這些水結冰時的潛熱，將作物體常時保溫在 0°C 左右。配合降霜時之氣象條件，以增減噴灌水量，對於相當低溫也可以防止。

圖-6 由蒸發損失之熱損失與風速、溫度、濕度之關係 (Niemann)



表一 6 發熱量與失熱量收支表

風 速 (m/s)		0		1		4	
氣 溫 (°C)		-5	-10	-5	-10	-5	-10
失	Q _s	60	60	60	60	60	60
	Q _L	26	52	45	38	99	197
	Q _v	20	29	34	48	69	105
熱	Q (計)	106	141	139	196	228	362
發	L ₂ (2mm)	160	160	160	160	160	160
	L ₄ (4mm)	320	320	320	320	320	320
收	L ₂ - Q	+54	+19	+21	-36	-68	-202
	L ₄ - Q	+214	+179	+161	+124	+92	-42

(單位：Kcal/m² 小時，濕度：90%)

一般而言；發生凍霜害之氣象條件為：空中相對濕度 70% 以上，風速 1 m/s 以下，氣溫 -3 °C 以上，損失總熱量大約在 70~140 Kcal/m² 小時之間。而補給這些熱量所需之水量為 0.9~1.8 mm/小時，換言之；需要這些水量附著於植物體。

然而，在一般情形，噴灑水量無法全部附著於作物體，通常僅其中之一部份而已，今以附著水量佔總噴灑之比，稱為：作物水滴攔截率，以 α 表示，為補給總損失熱量所需之實際噴灑水量為 0.2~0.4，如果假定 $\alpha = 0.2$ 即

實際噴灑水量為 $4.5 \sim 9.0 \text{ mm/小時}$ ，若 $\alpha = 0.4$ 即在 $2.3 \sim 4.5 \text{ mm/小時}$ 。到目前為止之試驗結果顯示，以 $4 \sim 5 \text{ mm/小時}$ 之噴灑水量，就可防止霜害。

(2) 噴灑開始時間

初春晚冬之葉溫，通常比田間內最低氣溫低 $1 \sim 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ，而比百葉箱氣溫低 $2.5 \sim 4.5 \text{ }^\circ\text{C}$ ，因此；噴灑開始時間，應設定在高於田間最低溫度 $2 \text{ }^\circ\text{C}$ 之處。

(3) 噴灑之間斷和停止時間

結冰法就是對作物體繼續噴灑，而造成冰膜。因此，一旦開始噴灑，必到危險溫度（通常在日出時分）消失才能停止。

噴水方法，由於利用噴頭，是以噴頭回轉而斷水之時間，和防止效果有很大之關係，就是儘量縮短水滴附著於作物體之間隔，其限度通常在 2 分以內。因此；選定噴頭時，亦應考慮及此，一般以迴轉速度 $40 \sim 60$ 秒較為理想。生成冰膜之作物體，若是斷掉熱量補給，其濕度較無噴灑之作物為低（因為冰之熱傳導率為水之 $1,000$ 倍，而遠較空氣為高），而被害更大。

2.2.5. 其他

3. 水利用設施之自動化

灌溉設施之自動化，為促進農業現代化之重要條件，隨水利用之多面化，而更增加其重要性。這種自動化與農業經營之關係愈深，愈需要討論，應該將那一部份自動化，而其剩餘之勞力，應作如何利用等等，必須從經營上加以充分之檢討。

自動化方式，自應用資料處理技術之集中管理技術，以至末端噴灌系統之自動操作，包括很多部門而範圍亦非常廣泛。現在灌溉設計，因在使用水壩、支線配水系統等，大都受某一程度之限制，是以自動化設施，亦在該限制範圍內作流量、壓力、噴灌操作等控制。因此，可區分為：抽水機操作自動化，灌區（輪區）分水自動化、末端噴灌系統自動化（圖7）。

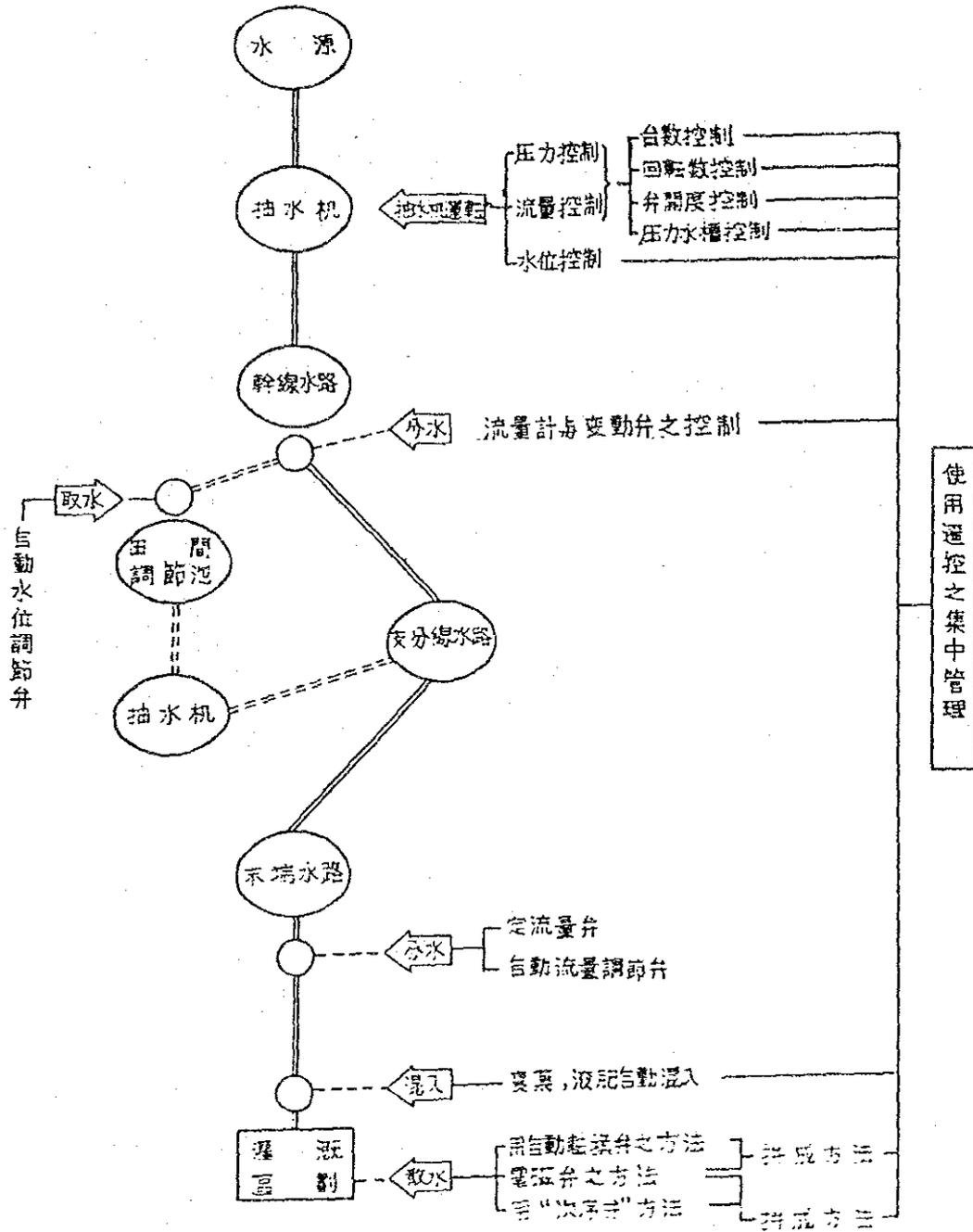
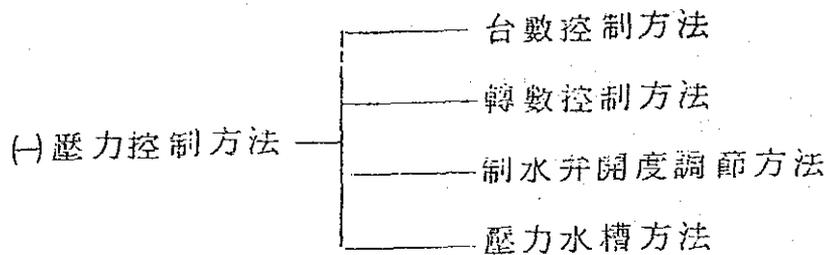


圖-7 配水系統自動化模式圖

3-1 抽水機操作自動化

若末端水利用之自動控制技術發展，水利用本身就隨之高度化，而設備利用次數也增加，使用水量亦大幅變動。在這情形時，就必須保障抽水機之高效率操作。

抽水機操作之自動化，大約區分如下：



(二) 水位控制方法

3-2 灌區（或輪區）分水量之控制

配合灌區（或輪區）內之使用水量之變化，而需要合理控制分水量之裝製。控制方法可大別如下列三種：

(一) 用流量計與電動機控制之方法

(二) 用定流量弁控制之方法

(三) 用自動流量調節弁控制之方法

3-3 末端噴灌自動化方法

在固定噴灌系統之末端容量範圍內，以每數套順序自動操作，其方法已被開發如下：

- (一) 自動轉換弁之方法
 - (二) 連動自動弁方法
 - (三) 順次開動弁方法
 - (四) 電磁弁方法
- } 兩者併合方法

圖-8 用自動轉換弁之方法

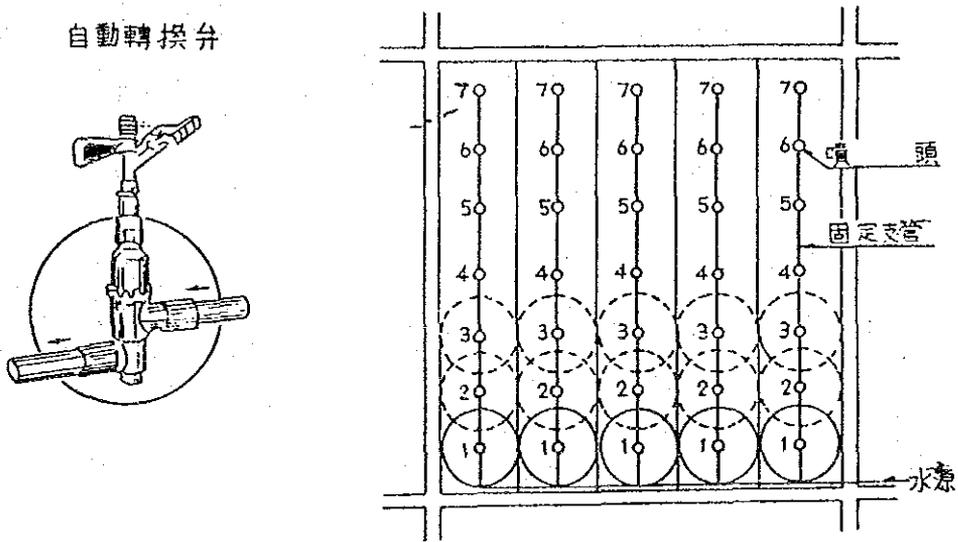


圖-9 次序弁方法

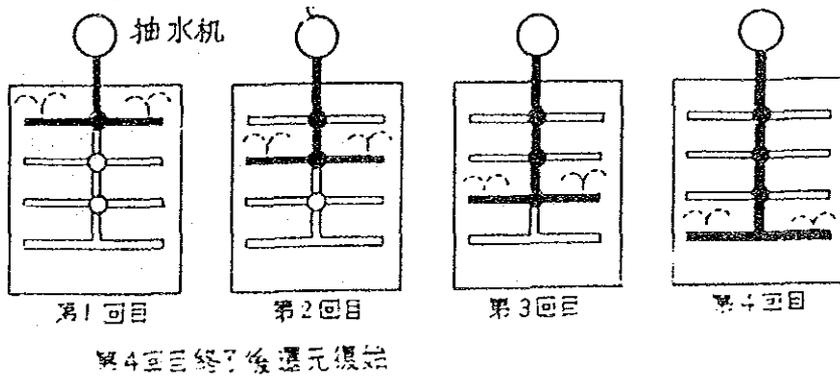
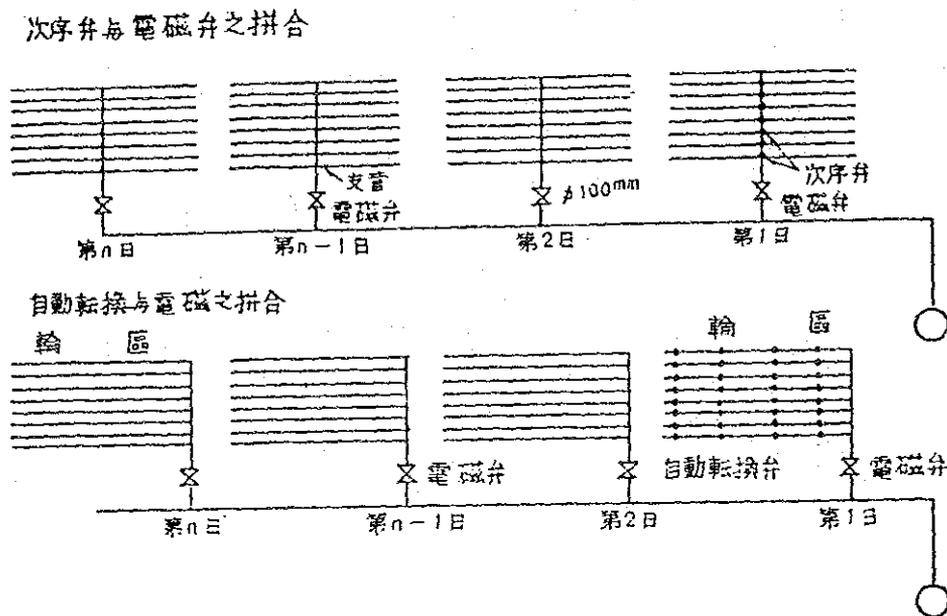


圖10 用電磁弁方法



3. 4. One point irrigation system

為蔬菜園之多目標自動化設施而開發者，即用以色列開發之定流量自動停止弁和緩動自動弁，設置如圖一11 祇利用流水能，能自動而正確地，將噴灌支管轉換，依序噴灌各輪區者。茲將其特徵摘要如下：

- ①、利用流水能之自動轉換方式。
- ②、因使用小容量之特殊噴頭，是以管線僅需 $3/4$ 英寸（約 20 mm），30 公畝之系統容量為 $6.1 \text{ l/min} \times 28 \text{ 個} = 170.8 \text{ l/min}$ ，約為普通系統容量之 $1/3$ 。
- ③、噴灑強度小（ $3 \sim 4 \text{ mm/小時}$ ），適用於農藥之噴射。
- ④、因系統容量小，設備費用低廉。
- ⑤、適於多目標利用。

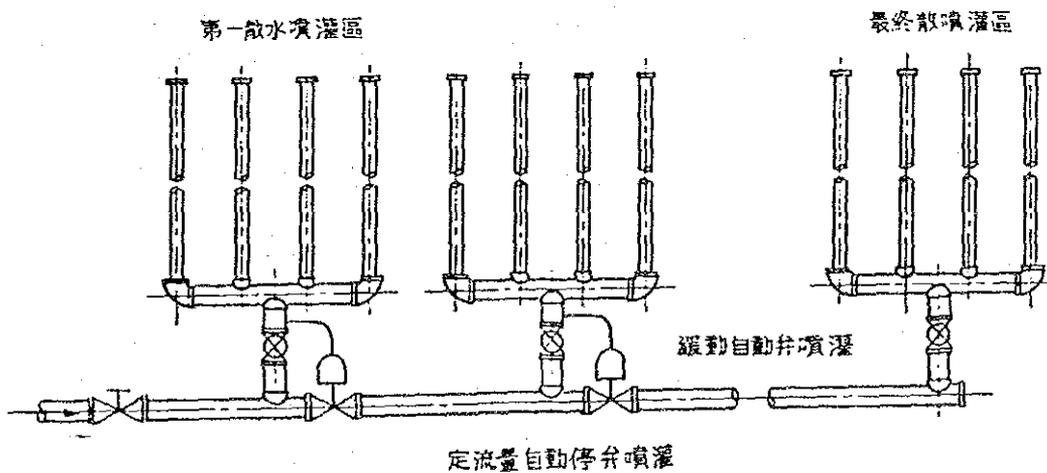


圖-11 One point irrigation system 配管略圖

3.5 設施栽培（如塑膠溫室）水利用設備之裝置化（自動化）

作物栽培之最終目標，在於利用太陽能為中心之種種能源，以最大可能固定於作物，而獲得收穫物為目的。

在原來的栽培技術之下，單位面積所投入之太陽能固定率，約在1~2%。固定率之理論值，或者實行可能之數值是在10%以上，這些數值顯示，現況之栽培方法，實有改革之必要。

能源固定方法之內，除栽植密度、受光型態、碳酸瓦斯、施肥、加溫外，為促進代謝作用之賀爾蒙噴射或施肥等，需要檢討的事項雖然很多，但是主要的關鍵，在於能否任意控制作物生育之條件，生產手段（為生產手段之水利用設施）之裝置化，亦需要從這一點出發 ——（琉球大學比嘉助教授）——。

設施栽培，就是用人工控制環境條件為基本之想法。因此，水利用設施應配合作物生育階段，適當控制土壤水分、溫度、濕度、受光量等環境條件。為了提高作物產量及品質，應在灌水同時注意剩餘水的排除，以改善根系之生活環境。

設施栽培與水利用之關連示意如圖一 12。至於水利用設施，僅以灌水為對象時，與兼用防治、施肥、除塩、土壤消毒等多目標利用時，其設施內容當有相異之差異。

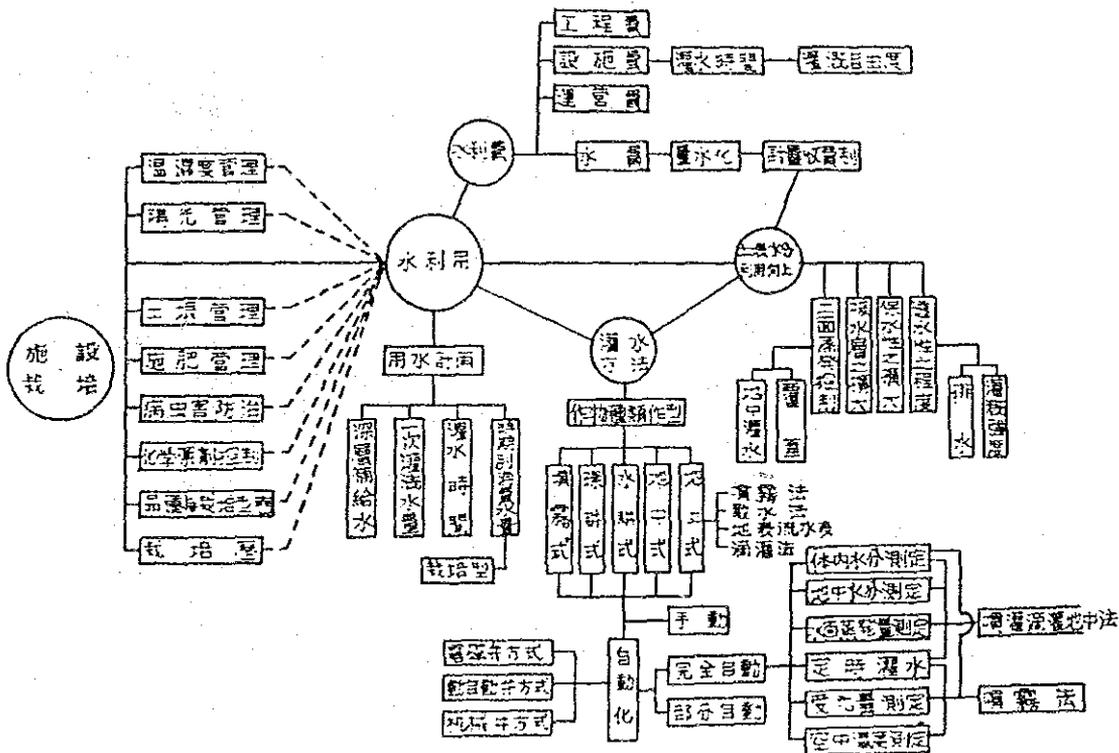


圖-12 設施栽培與水利用之關連

3、6 藥液（農藥、液肥）混合方法與回收方法

混合方法有如下列之方式

- ①、在主抽水機之吸水口混合之方法。

7. 设备园艺中用水及其装备化

水之江 政辉

农林省企图靠引进高效率且又省工的环境控制技术做到设备规模大型化，以确保与其他行业人员相同的收入而培养设备园艺自立经营农户为目的，自1971年开展了设备园艺集中管理典型园地建立事业。该典型园地，每1团地的设备实际面积约为30,000m²（3垧）以上，依靠10个左右的设备园艺农户的合作组织进行经营，取暖，灌水、施肥等靠自动控制采用集中管理方式，关于换气、病虫害防治，收获物的搬运等管理作业多数也采用自动化，以飞跃性的省工方式促使生产力的提高。

1. 设备栽培的水分管理

塑料大棚或玻璃房，根系的分佈比露天浅，加以土壤容易干燥，天然降雨又被遮断，为此水分的补给只好依赖于人工灌水。由此土壤的水分管理，因与培植地、大棚结构、作物种类、耕作型式等有关，故应慎重考虑。

关于灌水开始时期（灌水时点）和灌水量，已有静冈，爱知两县的调查实例⁽²⁾⁽³⁾。据此，西红柿的PF值为1.5—2.0，黄瓜的PF值为2.0，西洋瓜由于水分控制情况对质量有微妙的影响，为此在匍伏期的PF值为2.0，在此以后用PF 2.7~2.9开始灌水，加以提高质量（尤其是糖份）（静冈县袋井市）。另一方面，在爱知县渥美地区，在开花授粉期按PF 2.5灌水，其他时期保持在PF 1.0~2.0。

一般，设备内的作物最适土壤水份（张力），多数保持在 P F 1.5 ~ 2.3 范围之内，换言之，以接近于田间 水量或者是靠近于低的 P F 区域（多水份状态）来进行水份管理的。

据静冈县农试海岸砂地分场的实验结果得知，在予知设备栽培方面的水份管理法与作物生产之间的关系之后是有益的。所以先来介绍它的概况。（一部分是在农业及园艺 V o 1 4 7, No. 1 1 上发表过的）

这是在黄瓜的塑料大棚的栽培情况，当改变灌水起始时点和 1 次灌水量时，对黄瓜的生产会带来什么样影响的试验。图一 1 是将灌水区划与产量的关系整理出来的。

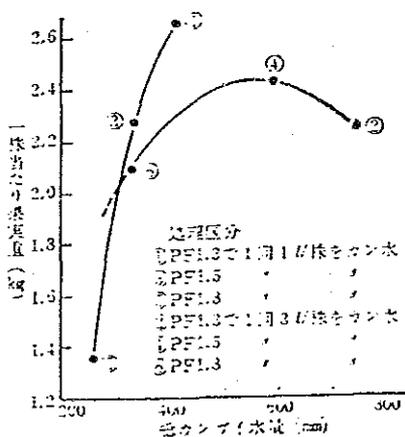


图 1 灌水区划と果實収量の関係 (静岡県農試海岸砂地分場)

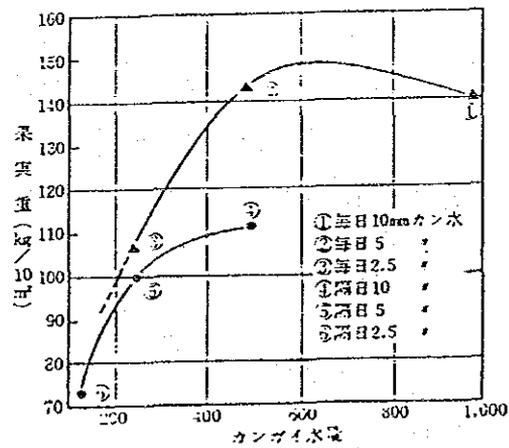


图 2 トマト（半促成栽培）の水-収量曲線 (100)

图中的①③⑤是按 1 次灌水量为 1 升/株，②④⑥是按 3 升/株，灌水起始时点各为 P F 1.3, 1.5, 1.8。对于 1 次灌水量为 3 升/

株时的果实产量，在灌水起始时点的 P F 1.5 为最佳，其次是 1.3，再次是 1.8 这样的顺序，但在灌水量为 1⁶ / 株则不同，即 P F 1.3 > 1.5 > 1.8 并表示出 P F 值越低产量越高的倾向。（见图—1）

川西⁵）的实验结果也略为相似。图—2 中的每天灌水区（①②③）比隔天灌水区（④⑤⑥）的产量高，每天灌水区的峰值产量相当于在灌水深度 600 mm 处，而隔天灌水区则从灌水量 400 mm 开始向横向引伸的倾向。每天 5 mm 区②与隔天 10 mm 区④的总灌溉水量虽然相同，但在产量方面，每天 5 mm 区要多 30%。这对于设备内的蔬菜栽培来说，意味着用低水平的 P F 值进行用水管理时水的消耗效率（生产效率）高，这与上述倾向是相一致的。

汤村·中岛田等⁶），7）根据实地调查和分析性实验结果认为：灌溉起始时点的 P F 值是在低张力一侧为理由，作了以下的考察。①在有效水份范围内水本身具有有效性的差异；②依靠多水份来缓和土壤溶液的浓度；③并与设备栽培时的根域深度有关等问题。

按以往实例，灌水设备整备之后，多数场合是容易采取超量灌溉的。对于超量灌溉的坏处，不单是水量损失，还会促使养份的溶脱。换言之，水份过多状态是意味着土壤中的含气量过少，这对作物根的生活环境是不利，还会减弱根的活性。

在这种状态下培育成的作物，一旦受到早春时的强烈日晒，尽管在土壤中具有充分的水份，也会产生一时性的茎叶凋萎现象。这是由于强烈的日射和气温的上升使得从作物体旺盛而激烈的向外蒸散，加之六期内的换气频繁，使根的吸水速度与土壤表层及作物体失水速度

· 3 ·

之间失掉平衡而引起的。

为恢复这种一时性的凋萎而进行的灌水，结果是所得其反，过迟的害处，也就是助长了土壤中的缺氧，加之由于闭塞系统的关系，以及由2次性发生的有害气体对作物带来的影响，造成根的吸水功能恶化的结果。这种现象，容易在高温时或在生长旺盛时发生，因此，对这种时候的用水管理尤应细心注意。

2. 设备栽培的用水量

(1) 灌溉用水量

这种用水量受作物种类、栽培型式、设备结构及大小、设备内的环境、土壤、地形、地下水位等占地条件多因素的影响而变化复杂。图-4是表示设备内外的水份迁移一例加以模式化了的。表-1是表示各种作物的蒸发散量与气象因素之间的相关关系。



图-3 大内的黄瓜一时性凋萎

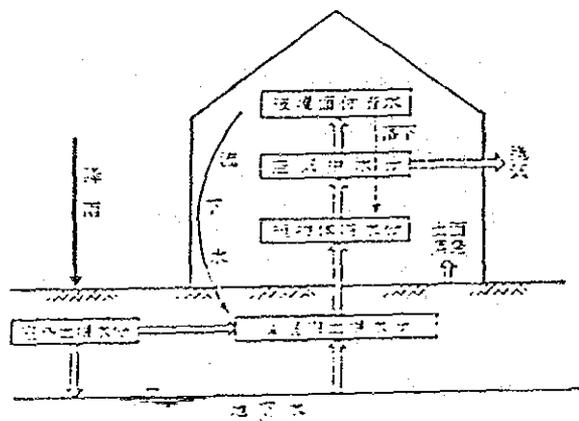


图-4 设备内外的水份迁移模式

(东大、奈良原图)

表一 1 蒸发散量与气象因素之间的相关系数 (鸭田等)⁸⁾

作物名称	期间	蒸发量	日射量	气温	饱和差
西红柿	12~6	0.67	0.66	0.84	0.93
"	12~2	0.71	-0.02	0.73	0.64
黄瓜	10~12	0.97	—	0.86	0.93
西洋瓜	7~9	0.88	0.65	0.11	0.61
"	7~9	0.98	0.94	0.53	0.50
"	(蒸发)	0.71~0.83	0.77~0.98	0.17~0.19	0.75~0.90
芹菜	9	0.92	—	0.48	0.47
茵 苳	11~5	0.99	—	0.94	0.90
"	11~1	0.99	—	0.69	0.43

(2) 施肥用水量

单用作追肥用的液化肥来计算其用水量时，就是对于速裁西红柿那样追肥次数多的 (约为 10 次) 施肥用水量，每 10 a 18 m²，不会用的过多的。只是 1 次施肥用水量接近于 1 次灌水量而已，因此液化肥的施用水量，尽量与用水量一并考虑。

(3) 防病虫害用水量

防治次数与作物种类和栽培型式有关，至少也得 3 次，最多可达 27 次之多。稀播倍率与药剂种类和作物名称而不同，约有 600 ~ 1000 倍 的差异，但其 1 次散布量为 200 ~ 250 l (手工散布

在外)。因此对于在1次栽培期间中所用农药散布水量为每10a仅
仅 $0.6 \sim 0.8 \text{ m}^3$ 。为此在用水量的施工计划上，可以忽略不计。

(4) 洗碱用水量

对于农户常规，每年要向田间进1次20~30天的淹田，以驱
除烂根线虫或洗碱。这种用水量根据地块种类而变化，但多的时候每
天可达 $30 \text{ m}^3 / 10 \text{ a}$ 以上的用水量，与仅为灌溉为目的的设备容量
的10倍。在这种时候，由于设备利用效果与设备经费有关，须加以
充分研究。

只靠淹灌田间来驱除线虫，更有问题，这种差值可按土壤洗碱来
考虑。原于防止因施肥而续聚盐分的对策，可采取1次 $100 \sim 150$
 mm （即每10a $100 \sim 150 \text{ m}^3$ ）的水量作土层流去洗涤，将盐
分排除于地区外的简便方法可收到相应效果。

3. 灌水方式的种类与特性

当前，在设备栽培方面所用的灌水方式大致可分为：插条育苗，
以繁殖为对象的空气湿度调节和以蔬菜、花卉为对象的地下水份控制，
进一步还可分为散水法和地下灌水法（包括地下灌水）。

用于这方面的灌水装置和器具，种类较多，但其中也有在水份分
布和使用上不太适应的。因此，在选择、灌水装置和器具时须注意以
下几点：

① 在考虑栽培作物的种类和栽培方式之后，能均匀灌水和用于
液化肥料。

② 不产生病株、聚群、陡长等障碍。

• 6 •

- ③ 设备费用便宜又安全。
- ④ 在管理、耕作上不产生故障，简便操作。
- ⑤ 能在施肥（病虫害防治）等方面适用。
- ⑥ 容易实行自动化。

各种方法的特性如下：

(1) 多孔软管法

本法对于平坦田间成垄间能均匀灌水，在栽培后根系伸长少或浅根性时，在复盖丝网的情况下也能做到较为均匀带水时，可用 0.5 Kg/cm^2 的低水压进行灌水，因此广泛应用于果菜类的灌水。

开孔方法根据厂家而定，一般在线型长管上开设 2 mm 的多数小孔和在“<”型上开孔的。在宽度为 $19 \sim 120 \text{ cm}$ 的平坦田块上设置 $2 \sim 3$ 根就可灌的相当均匀，但地块高低不平时就有漏灌部分，因此，应使地块尽量整平。

(2) 多孔压力钢管法

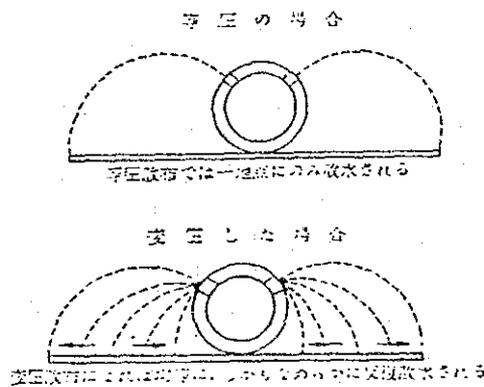
此法有固定压力型和变压型（烟雨）2种。定压型适用于西红柿、黄瓜及其他果菜类苗床或丝网下的灌水。

在口径 $25 \sim 40 \text{ mm}$ 薄壁聚乙烯管上开设孔径 $0.6 \sim 1.0 \text{ mm}$ 每 $15 \sim 20 \text{ cm}$ 开1孔设2列或梅花形，这些小孔能自己凿开，故用途较为普遍。

铺设方法，有直接设于苗床上和架在 $50 \sim 100 \text{ cm}$ 高处的2种，不论哪种都在苗床两端的多数直立管具有流量过少的缺点。然而，所灌下的水能均匀湿润到地下，故在实际栽培上并无太大的障碍。

· 7 ·

变压型能使水流压力能在 $0 \sim 0.15 \text{ Kgs/cm}^2$ 范围内自动交换，因此水滴运动以管中心为轴做往复运动，故在苗床横向均匀散水，（见图—5）。因此最适合于像石竹，电照菊那样栽植于与苗床成直角方向条栽的情况。



图—5 压力管灌水的散水飞踪

(3) 利用小喷嘴法

此法的特点是能使微水水滴主要以水平方向喷射。为此，须将喷射管道设于高处，由上往下向茎叶上面喷水，也可布设在地表附近，对株根部喷水。需从叶面上喷水的有赏叶植物，洋兰类、杜鹃花等盆栽植物，也用于蔬菜的育苗，盆花的单棵培育等，株根喷水的有副花类或蔬菜中的果菜类。

喷嘴分为全园型和半园型2种，全园型设在 $90 \sim 120 \text{ cm}$ 的平坦苗床中部，半园型各相对设在苗床两侧或用梅花形而设，这种布法比全园型的散水效果好。

置和方法如图-9及图-10所示。由于使用本法能使移植及生育期的水份保持良好条件，故成活较好，以后的生育也顺利，可取得良好收成。如果在灌水时掺入液化肥料一起施用时，由于能直接补充养分，其效果会更好。

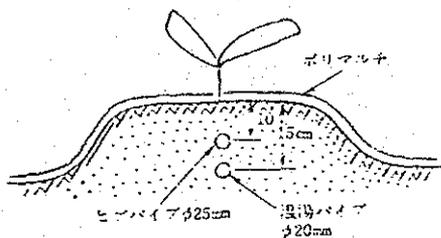


图-9 地下灌水管道的埋设状况

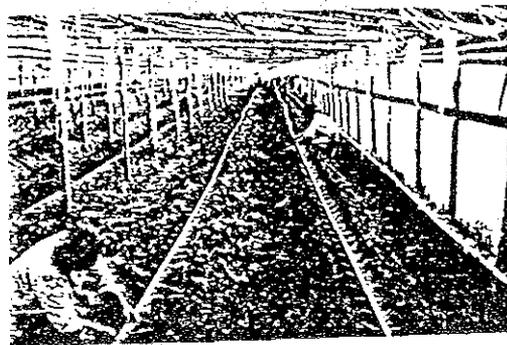


图-10 带滤管的灌水管道埋设状况为均匀供水，应尽量埋设得水平一些

(6) 砾耕法

此法的特点是管理极为省工，使用本法1个人可管理 825m^2 (250坪)~ 1650m^2 (500坪)。此外还可节省苗床更新费，肥料费等生产费用，由于厌地现象不会发生，能连续种植质量好，价格有利的作物。

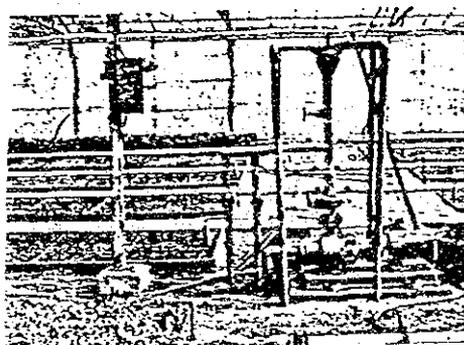
在久留米市官之阵地区，从1964~65年，由5个人安装了 3234m^2 (980坪)的砾耕设备，一年之中种了4次西洋瓜，将来计划到1人 1650m^2 的规模。

(7) 喷雾式水耕法

此法是将根系的一半浸于培养液中，其余一半暴露于空气中，每隔一定时间将养水份以雾状喷出。对于本法，培养液的深度不可过深，喷雾时间用计时器进行调节，还应对排水口结构应精心布设。

(8) 烟雨法

烟雨法广泛用于培育插条、繁殖工作。本法具有插多省工，能取得质量齐全的苗木等优点。问题是设备类和苗圃用泥碳费用较高（久留米市草野地区每 3.3 m^2 的设备费为4800日元——1965年市价）。



图—11 用砾耕法催芽栽培

用于烟雨的喷咀条件，用水量少且能喷出雾状，散布范围又广，不结水珠，不堵塞，能以低水压操作，又是廉价等等。偏转喷咀几乎都具备烟雨用的条件。

烟雨装置按操作方式分为定时型、定温型和定光量型3种。定时型就是按所定时间，作规定时间的烟雨设备，多数是带有闹钟操作。

该种型式，所用经费较少，作少量的多种类插条时，更适用于城市近郊转手快的小规模经营。但是，经营人员的技术水平低时，往往带来失败，故应引起注意。

定温型是经常保持在某一范围的湿度来喷雾，有各种操作方法，现在多数是用电子叶，或齿式自控烟雾喷咀。电子叶是在两个电极之

(4) 滴灌法

滴灌法，适用于担心引起烂茎、菌核、白衣等致命性病害的作物或果菜类灌水。

一般是以 $0.2 \sim 0.5 \text{ Kg/cm}^2$ 的低压水流，从装在水管上的滴水喷咀慢慢滴下灌水，盆栽时，可用很细的乙烯水管按照盆的需要布设由此慢慢滴水灌溉。（见图-6）。

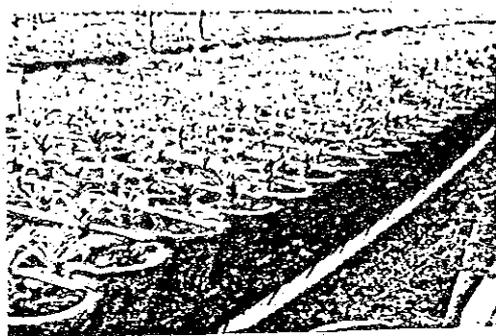
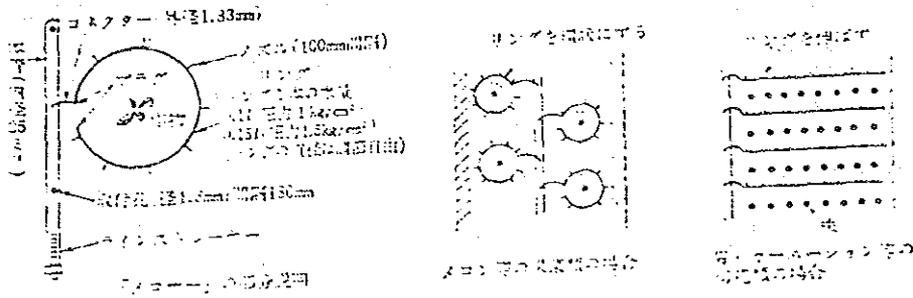
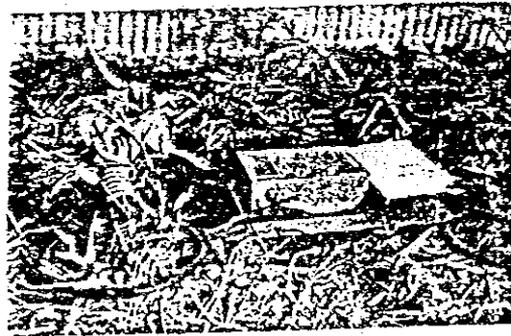


图-6 由齿式喷水管对百合进行自动灌水——2万盆同时灌水——（奈良县广陵 花卉出荷）

最近新开发的环式喷水圈（见图-7），磨法水管、齿式喷水管等。为提高环式喷水圈的滴灌效率，在送水管上安放连接用插塞，在这上面插上带有喷水圈的环式喷咀。（见图-8）。在口径 25 mm 的送水管上每 180 cm 安插1个喷水圈，这样在 50 m 长的压力管线段上，能使灌水分布控制在 90% 以上。



图—7 环式喷水圈的法况况图



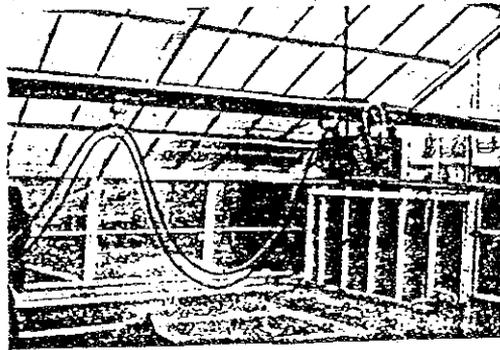
图—8 利用环式喷水圈对西红柿进行齿式自控滴灌的情景

设备园艺中用水及其装备化（续）

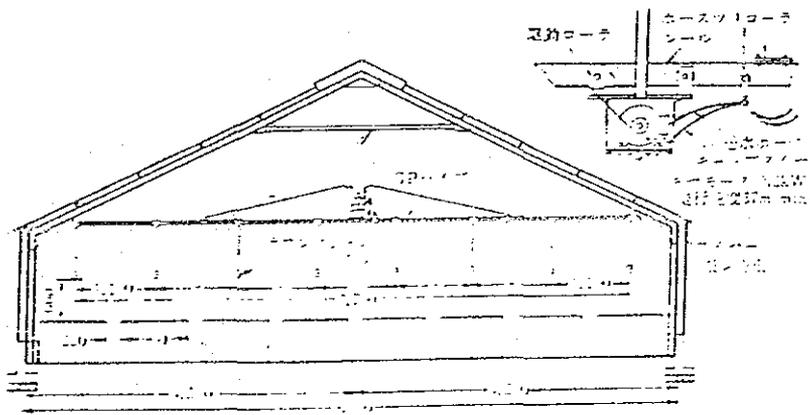
(5) 地下灌水法

本法是将软管等灌水管道埋于地下，对根系部直接灌水。埋设位

间用水接通，在两极之间通电，如果水一断流，电流就中止，按照电子叶的干湿状态，电磁阀启闭，射出适当水量进行喷雾。齿状自控雾喷嘴是用尼龙网替代电子叶进行喷雾，按其干湿状况变换音量操纵开(O N)，关(O F F)旋钮，启动电磁阀，比电子叶便宜得多。



图—12 自走式灌水防治装置的热雨部分驱动状况
(兵库县三田农业改良普及所)



图—13 自走式灌水防治装置(〇社提供)

定光量型，利用光电池接受一定光量以上的光，烟雾就开始工作，高级一些的有按光的强度来操纵的。

图-1.2及图-1.3是由O社最近开创出的烟雾繁殖器装置中的自走式灌水防治装置。该装置的特征是：①在地上不设计降用的固定设备，管理简便。②易于通用防治。③规模越大成本越可降低。

4. 用水设施的装备化

关于装备化，琉球大学的比嘉助教授做了如下的建议：

「作物栽培的目的，是将太阳为中心的各种能量最大限度地固定于作物体内，以取得产物。以往的栽培技术，只能将太阳能量的1~2%固定下来。按照固定率的理论值，或实际可能达的数值应在10%以上，从这一数值来看，对现有的栽培技术大有改革的必要。

作为能量固定方法，需要考虑栽植密度，受光态势，二氧化碳，施肥，加温等之外，还应考虑为促进代谢作用的激素散布，施肥等，很多项目，但主要是对作物生育过程，能否做到任意自控条件的问题。生产手段（水利设施）的装备化，也必须从这点起步。」

在设备栽培装备化之中，水利设施是按照设备（塑料大棚及玻璃房）的大小，结构形式，栽培作物的种类，耕作方式等而不同，但大体上可分为如下几种：

① 个别大棚（包括玻璃房）为对象的水利设施。

② 集群大棚用的水利设施。

近来，根据蚕丝园艺局的指导，开始建设以大型塑料棚为前段的设备园艺园地。这是对现行自立经营的设备园艺农户的收入额以1977

年为起点提高到与其他产业人员同一水平为目标而实施的。即每户的生产经营规模以3000m²为目标。

为此，尽量将更多的作业过程由装备化来节省劳力为前提，但这里，主要对水利设施的装备化为焦点做如下说明。

(1) 在单座大棚内的用水设施

对于设备栽培，其基本设想是用人为的办法来控制环境条件。因此，用水设施，应按照作物生育阶段，首先是对土壤水份，其次是设备内的湿度、温度，感光量等环境条件能够适当控制。为提高设备内的作物产量和质量，应在灌水的同时注意排水和改善根的生活环境。

关于大棚内的环境之中水份条件的自控问题是待土壤水份的变动直接（或间接）检测到的因素与灌水回路（或排水回路）联接之后进行自动化管理，以提高既已实用化的省工实效。对于灌水完全自动化，还有将栽培作物的种类、耕作型式等有关的水面蒸发共同工作的（最近农试式自动灌水装置，见图-14）以及与检测到的饱和差、气温、日射量、作物体内水份等共同工作的等等。

图-15表示设备园艺与用水设施的关系模式图。

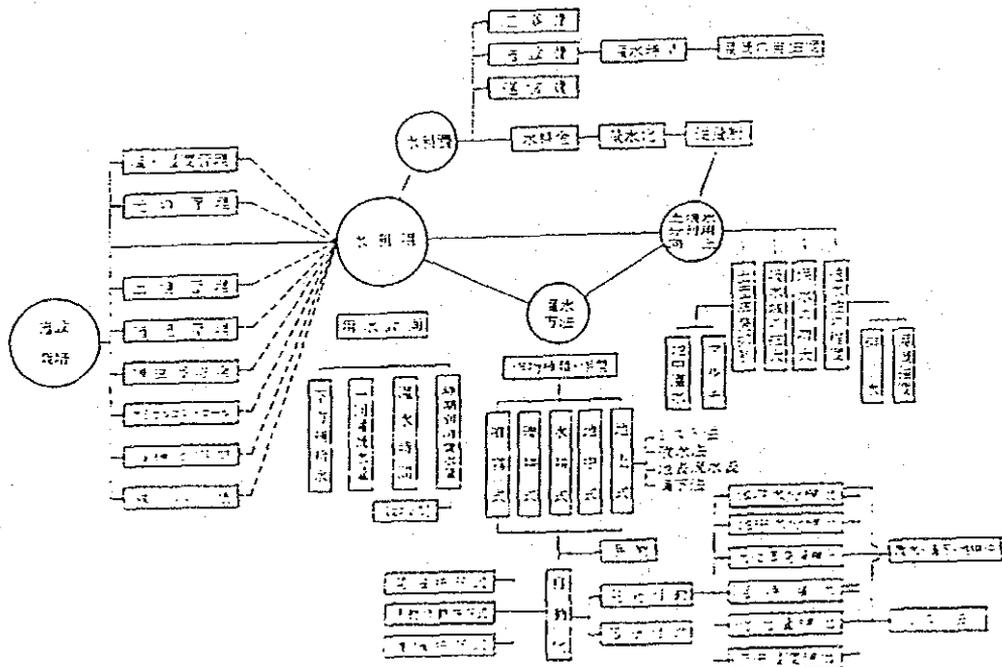
用水实施，可以按单为灌溉用水和为防治病虫害，施肥、洗碱，消毒土壤等多目的利用，按其内容，设备也各不相同。其中与防治病虫害共同时，有从作物上部（叶上），或由装在空熏杆上



图-14 东海近儿农试式自动灌水装置进行的花木自动灌水（也能用于大棚内）（名古屋市又德团地-15 建）

的喷嘴向大树内作物行间进行往复喷水(带管法)等。前面所述的自走式灌水装置也属于此类。

叶上式灌水,由于提高穴内的温度,病虫害的发生率就高,因此难以实现高产,因此,在我国一般是除了用于观赏植物或热带地区之外,不作他用。



图一 1 5 设备栽培与用水设施的关系

将不同灌水方式的器材及用于设备计划所需的各种数值整理成表一 2 列出,其各自的配管组织如图一 1 6 所示。

区 分	灌 水 器 材	管 径 (mm)	喷 咀 间 距 (cm)	压 力 (m)	流 量 L / 分		每 10 a 经 费 (工程费在外)	备 考
					单 个	10m 长		
喷 水 式	喷 咀	23	80	10	12	15.0	日元	③④
	多 孔 软 管	25	100	10	20	19.8	126000	③④
	多 孔 管 道	25	20	0.25	0.26	13.0		①
滴 灌 式	环 状 喷 水 圈	25	20	0.25	0.14	7.0		②
	魔 化 管 咀	25	20	1.0	0.03	1.5	75000	②
	梳 齿 式 压 力 水 管	25	20	0.40	0.05	2.5	59000	②
	管 管	25	20	0.40	0.04	2.0	90000	①
地 下 灌 水 式	装 管	25	20	0.40	0.04	2.0	90000	①

注：0 内数字相当于图-18中的号码。

* 每 10 a 的经验是指工程费在外的概算额。

(2) 设备群体(大棚群)的用水设施

大棚群中的包括用水管理的各种控制机构,最好是采用集中管理方式。在这种情况下做计划时,应注意三点,整理如下:

①究竟同时灌水时计划多少面积键?——尤其在考虑用水的自由度来提高经营效果方面。

②1天灌水的时间究竟安排多少合适?——为使设备容量流小,最好尽量延长灌水时间,但根据不同作物,灌水时间(白天或夜间)对生育、产量、品质都有较大的影响,因此必须考虑这些关系之后,决定适当时间。

③怎么考虑自动化设备?有土壤水份检测,与水面并发量的共同工作,湿度、温度、

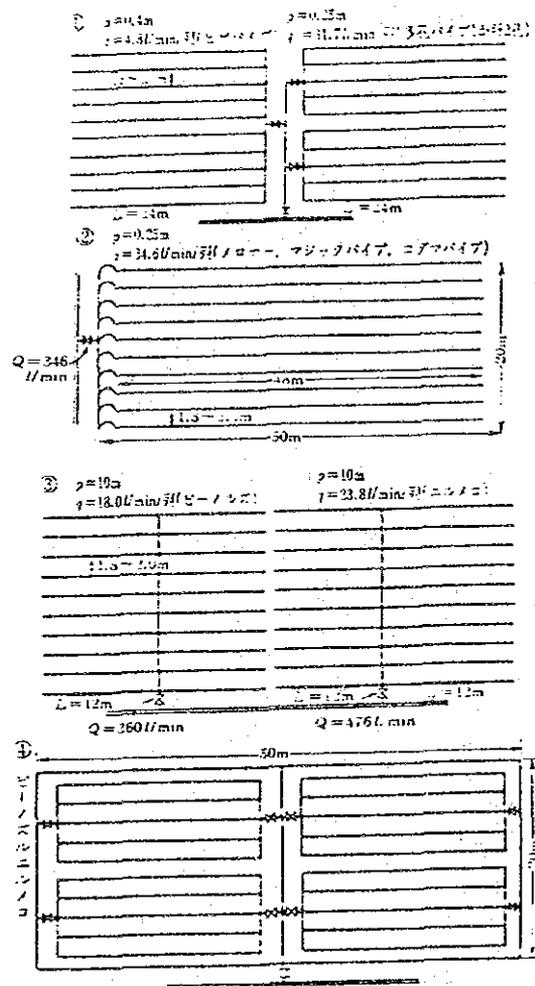


图-16 不同灌水器材的配管组织一例(面积1000m²)

光量的检测等，根据耕作型式，作物种类而不同。

此外，自动化方式有靠电磁阀的，有靠联动自动阀的，也有靠机械阀的，种类较多。整个设备的规模和将来的维修管理以及设备经费等方面做充分的分析。

④液肥（或农药）加入后怎么办？——混拌装置用什么单位，安装在何处，选择什么型式等等，也应从设备利用和效果、经费方面作分析。

⑤用水中的垃圾怎么处理？——在设备栽培中，由于采用滴灌等特殊灌溉方法，对垃圾的处理极为重要。为此应按安全确实的处理要求来充分研究处理设备。

从水利设施以及用水方面看设备团地的规模，是受到水源种类、水量多少、设备利用的范围（如与施肥共用）的制约。

在以一般河水为水源时，除了水质、垃圾问题之外，在水量方面的制约很少，但在设备栽培的1天灌溉时间限定为3小时时，就需要修建一座每1垧面积容纳35m³水的农用调节水池（蓄水池），在农用水池的下游采用压力管道送水。此外，在与液肥施用、病虫害防治共用时，混拌装置的位置和设备大小，应对设备内容和用水方面，留有余地。

四. 地热在农业（特别是设施园艺）上的利用

日本地热利用的现状和问题

永之江政辉篇

地热在农业(特别是设施园艺)上的利用

日本地热利用的现状和问题

水之江政辉·著

一、地热利用现状

地热在农业上的利用,目前除用于水稻和园艺作物的育苗、栽培和繁育外,还用饲养鲨鱼、甲鱼等爬虫类、养鸡和饲养鳊鱼、鲤鱼、尼罗文非鱼虾、莹乌贼和丘引。农产品加工利用地热制造酱油、酱油以及加工砂糖、糕点和山茶等各方面。

农林水产省1979年起拨出10亿日元予算,开展“设施蔬菜节能示范基地工作,作为设施园艺节能措施的一部分。并选出综合环境调节型、地热交换型、辐射热断型、城市垃圾利用型、稻壳利用型、火山性地热利用型等六种温室供各地根据具体情况选择使用。农林水产省对这项工作给予资助。

关于地热在设施园艺上的利用,已于1978年在北海道泷川地区31户农民共建筑170栋温室。在3.65万 m^2 乙烯大棚设施面积上,冬季主要种植叶菜类,春种(半促成)黄瓜,秋种西红柿,均获得良好的结果。此外,鹿儿岛县指宿市1978年2月用3.15 m 专业费组成蔬菜公司指宿生产组合(8名成员),共建成2948 m^2 (368.5 m^2 ×8栋)玻璃温室,58栋4026.8 m^2 乙烯大棚,利用地热水主要栽培观叶植物(椰子类、橡皮、卡德翠纳、莫龙白刺等盆栽植物)。上述温室所需的热水量,泷川地区由75口60-120米深的生产井,向每个温室供应30-90℃温度的地热水,指宿生产组合在距设施基地大约1.3公里的地区,打一口300米深,71℃2001/分的地热水井,并与邻近的地热水汇集成蓄水池,热水量为15001/分,然后用水泵经基内的水管将地热水供给各温室。详见表1地热在农业中的利用。

二、有效利用地热计划。

据1979年公布的“长期能源供需预测草案”估计,1990年对石油的依赖程度将由现在的75%降至50%,使用能源的供给量决定增加3倍以上。

代替石油能源中地热能利用技术已达到实用阶段,并将进一步积极开发利用。同时决定将目前6处共15.7万KW的地热发电,扩大到1985年100万KW(按石油换算为220万K1,下同),1990年达350万KW(730万K1),1995年一跃为700万KW(1420万K1)。地热发电是将地下深处的地热贮留层的蒸气的热水提取到地面上后,将蒸气和热水分离,用蒸气通

过涡轮机进行发电。随之带出大量的热水。由于考虑到环境问题现在将地热水全部通过还原井流回地下。只有一部分通过热交换发展多种利用。

伴随地热发电而产生的大量热水在还回地下之前，作为热源来发展地区社会和产业等多种利用的可能性调查，由地方自治团体和国家作出计划，并且编写出北海道泷川地区、大滩林地区、秋田县南地区、岩手县涌之上地区、岐阜县上室村地区、大分县地区、熊本县小国地区、鹿儿岛县山川地区等综合有效利用调查报告。

2.1 大分县 地区的地热水有新利用调查。地区产业计划利用野矢地区生产井（地热发电）的 100°C 、 $1200\text{m}^3/\text{hr}$ 的地热水。

(1) 利用计划。计划将 100°C 、 $1200\text{m}^3/\text{hr}$ 的地热水和 8°C 、 $300\text{m}^3/\text{hr}$ 的平家川的清水引进用泡沫材料保温的Re结构的混合热水贮水槽（ 600m^3 ）内，混合热水达到 80°C 、 $1500\text{m}^3/\text{hr}$ 。然后主要用泵将混合热水输送到野矢示范基地。地热水输送设备由供热和供热后热水的回收两系统组成。野矢地区附近共34.7公顷的温室的热水全部回流到还原井。此外，4月和10月 $130\text{m}^3/\text{hr}$ 的地热水干燥香菇，日量达5000kg。（详见图1、图2）

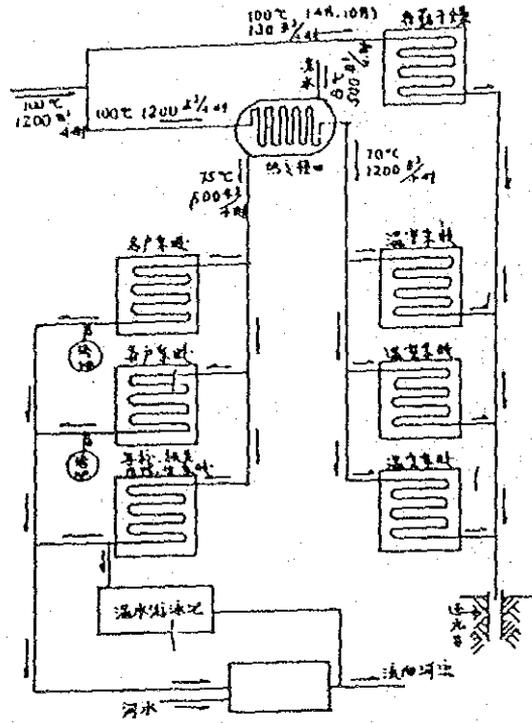


图-1 野文原地热水利用系统图(大分县)

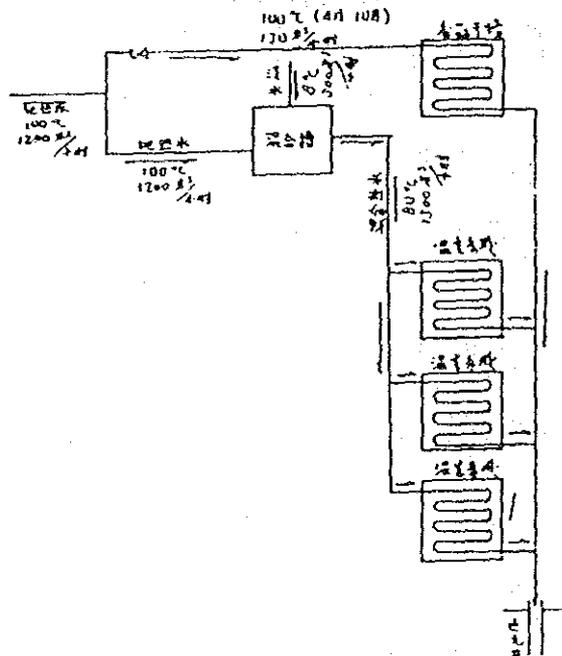


图-2 野文原地热水利用系统图(大分县)

表1表

地热在农业上的利用

名称	单位	泉源	项目	经营内容
北海道促成农业 业财团砾耕农场	北海道第9郡 鹿部村	86°C, 1230l 8吋, 400米 ^{41m} 利用发动机	园艺	张挂、乙烯聚碳酸酯、骨架、钢管架 温室13栋, 合计1080m ² , 黄瓜、 西红柿、美奴瓜、菊、砾耕栽培 (现在停止)
伊豆庭园	静冈县贺花郡 伊豆町		"	钢管架玻璃温室990m ² ×2, 塑料温 室165m ² ×1, 木瓜、香蕉、巴豆。
南丰园	"	3吋, 11+P 发动机	"	乙烯温室495m ² , 仅种植铁炮 百合
正园	"	93°C, 100l 25吋, 50m ^{41m}	"	玻璃温室495m ² , 乙烯大棚100m ² 美奴瓜、西红柿、黄瓜、木瓜、百 合、菊。
吉田农园	"		"	玻璃温室, 乙烯大棚1650m ² , 美 奴、兰花、巴豆、橡树。
山田农园	"		"	塑料大棚5栋, 合计590m ² 以慈 桃为主, 其他为多种植物。
加烟农园	"	83°C, 220l 76.2min ^{41m} 130m, 2HP	"	半钢管架乙烯大棚, 合计393m ² , 西红柿、黄瓜、小苍兰、菊、花卉 为主。
安部(佐一) 农园	大分县别府 市上野口	70°C, 100l min	"	玻璃温室220m ² , 乙烯大棚1000m ² 小苍兰、菊、石竹花、铁炮百合、透 明百合
安部(大太郎) 农园	大分县别府 市百济口	70°C, 100l min	"	玻璃温室100m ² ×1, 50m ² ×2, 共300m ² , 兰(半坡区、登多区、 卡特动区), 自经营兰花

名称	单位	泉源	项目	经营内容
麻生农园 (葛麻兴业株式会社)	大分县别府市 南元石	86°C, 1250 $\frac{l}{min}$ (2处), 喷气	园艺(观光及温泉用水)	过去以供应温泉用水为主, 部分用于温室。现在观光和营业玻璃温室共1000 m^2 , 兰花(占60%)及植物(占40%)
吉祥养鸡场	静冈县贺茂郡 伊豆町	125°C(坑底) 300 $\frac{l}{min}$, 76.2min, 173m	养鸡 (肉用)	132 m^2 ×4, 合计528 m^2 , 50.8mm管道床下加温, 旁达种, 共8000只, 饲养60日出舍
中林养鸡场	大分县别府市 市上田	98°C	养鸡	平饲养雏1600只, 床下加温, 笼饲养成鸡舍4000只(无加温), 鸡粪干燥室(床下加温)!
南意园	静冈县贺茂郡 南伊豆町	100°C, 270 $\frac{l}{min}$, 76.2min, 100m	观光	玻璃温室6栋, 共1056 m^2 , 观叶植物、热带植物、兰、其他盆栽植物。观光用、附设餐厅
铃木农园	"	70°C, 200 $\frac{l}{min}$, 76.2min, 100m 1HP	"	乙种大棚3栋, 总计554 m^2 , 美奴瓜、西红柿、黄瓜、百合。
伊豆急下贺茂种苗所	"		"	玻璃温室99 m^2 ×2, 合计198 m^2 , 观叶植物及购入樱桃苗进行盆栽, 在本所出售。
热川香蕉巴豆园	"	105°C, 200 $\frac{l}{min}$, 270m及29 $\frac{l}{min}$ 均为自喷, 其他一机	"	玻璃温室3000 m^2 , 香蕉、木瓜、兰、其他观叶植物、植物园。附设餐厅, 观光用。
原省卫生试验所伊豆药用植物栽培实验场	"	95°C, 140 180 $\frac{l}{min}$, 2叶, 27.3m	研究	玻璃温室、建筑物共663 m^2 , 栽培研究热带及亚热带作物以及品种改良, 保存并育成600种作物。
京大农学部附属园艺研究所	"	100°C, 150 $\frac{l}{min}$, 75.2min, 149m	"	玻璃温室236.5 m^2 , 筛选果树的育种, 选种材料试验后引进外国种试验, 保存育成250种亚热带作物

名称	单位	泉源	项目	经营内容
北海道水产 孵化场温水增殖 实验所	北海道筑 部郡鹿部 林	75C.70l/min 20-40°C, 100l/min抽水 及4-12°C,720l 河水混用 min	研究 (水产 养殖)	拱型池21个, 762㎡ 养殖和研究 鳟鱼, 其他2个因型池33㎡, 粪池 8个119㎡, 正方形池4个13㎡, 养殖鲤鱼(现在北海道养鳟株式会 社养殖鳟鱼)
大分县温水热 利用农业研究 所	大分县别 府市铁轮	120°C, 喷气100m 4吋	研究	研究用玻璃温室100㎡×5, 观赏温室 355㎡, 温泉热利用农业的研究, 主 要用于花卉育种、插条繁育。

建设费用、维修费、热水源价及燃料对比评见表2、3。

表2 热水的原价 (图1及图2的热水原价)

项 目	图 1			图 2		
	设施园艺	香菇干燥	热水供应	设施园艺	香菇干燥	
全年经费(千日元)	29045	1980	299034	53376	1822	
使用量 m ² /年	热水		2273076			
	混合热水			3365009		
	地热水	2691000	90720		90720	
单 价	日元 m ²	10.8	21.8	132	16	20
	日元 1000kcal	0.27	0.73	5.28	0.67	0.32

表3 燃料对比 (丙烷气、煤油、A重油的单位热量比)

	燃料	① 发热量 (Kcal/Kg)	② 发热率 (%)	③=①×② 利用热量 (Kcal/Kg)	④ 价 格	单 价
供热机 供水	丙烷	12000	80	9600	165日元/Kg	17.2日元/1000Kcal
	煤油	9430	75	7050	43日元/l	6.1日元/1000Kcal
设施园艺	A重油	9500	70	6650	37日元/l	5.6日元/1000Kcal
香菇	A重油	*	*	*	*	*

2. 2 北海道大滝林、壮瞥町地区热水有新效用调查。

1. 利用计划

热水供应装置由热交换设备、热水加热设备、输送设备、供热设备等四部分组成。热水是由河中的清水与地热水交换而成。利用泵和落差由输送管道和供热管道输送到各需要的地方。

图3. 4是各地区供热示意图。表4是热水供给设备建设费以及热水原价比较表。

图3. 丹山地区热水供给示意图 (北海道)

图4 景地区热水供应示意图 (北海道)

壮瞥町1977年掘挖一口调查井，利用该井77^l/min, 45.5℃的温泉水。于1979年建设二栋495m²的铝结构玻璃温室，利用低温水进行设施栽培。

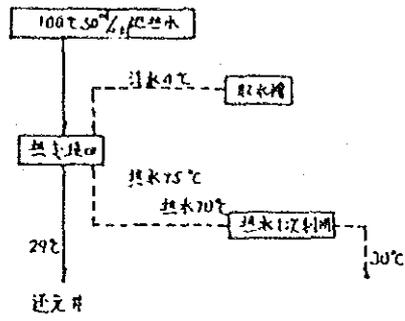


图-3 山区热水供给系统图(共海县)

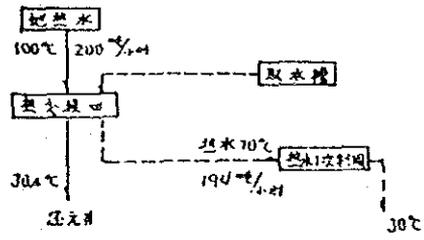


图-4 沿海热水供给系统图(共海县)

表 4: 向广泛区域及个别地区供应热水的设备建设费及热水原价比较表

(北海道)

	计划安装 设备的地区	大范围计划 千日元	丹山地区计划 千日元	并架地区计划 千日元	备 注
建 设 费	热交换水提取 装置	89101	11403	59765	堰堤、沉砂池、泵等
	热水加热装置	89255	13209	87239	热交换器管
	输送装置	1254872	116572	367411	(配管 广泛管) (300—200A 24, 1 km) (丹山地区) 地区 (125A 4 km) (200—125A 61 km)
	供热装置	623340	914	16689	(150—50A 30.6 km) (90A—) (65—40A 3, 3 km)
	合 计	2056, 563	142, 158	531, 104	
总 水 价	折旧费	197, 173	13, 894	53, 492	定额法, 无残存率价 利息7%。折旧年数 10年, 20年, 30年。
	电力费	20143	521	8189	基本费用 855日元/kw 月电费 8, 24日元/ kw·h
	维修费	3170	429	1593	建设费×0.3%
	工资	9000	3000	6000	300万日元/1人一年
	合 计	232, 486	17, 842	69, 274	
	全年使用热水 量(吨/年)	1454, 760	79, 960	554, 640	
	每吨价格 (日元/t)	159.8	223	124.9	热水温度范围70° —30℃
	每千 kcal (日元/10 ³ kcal)	4.0	5.6	3.1	

3. 设施园艺利用实例 (以大分县为主)

1929年温泉流过秧田栽培水稻,应用于设施园艺是在1904年种植黄瓜、茄子,收成良好。正规利用地热始于1922年别府市引进温度高的温泉水,大约建筑 495 m^2 的玻璃温室栽培蔬菜。

大约在同一时期,建造了床生农园,在 1480 m^2 的温室引进经过热交换的热水进行黄瓜、辣椒、茄、莢奴瓜等促进栽培。

1947年成立县温泉热利用农业研究所,以推广利用地热。

1955年后普及到农户。

3.1 地热加温法

温泉种类虽是热水,但因喷气影响有所不同。

(1) 直热式法

a. 利用热水。温度特别低时必须采用该方法。热水流经管道时泉水水质成分复杂,若酸性强易腐蚀管道,相反如碱性强易生污垢,附着在管道内热效率下降。(有的2-3年全部堵塞)。

b. 喷气(水蒸气)利用

仅喷出喷气的温泉可以将其温泉原封不动地诱导到总水管管道内,汽水混合时一次分离诱导到总水管内。喷气时含有若干气体,如碳酸气与硫化氢混合,凝结水的PH为6.5-7.5左右,多近于中性。因此,喷出在地上的凝结中水锈竹着等,腐蚀程度也小。

2. 热交换方式。

根据泉质无论热水或喷气都是温泉,不同于普通水,经过长时间以后,会有附着水锈和腐蚀。在这种情况下可通过热交换来解决。

热交换不同于直热方式,必须用交热水($60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上)。根据计算,热效率仅有80%左右。

此外,热交换时必须保证有大量的水。利用泉源或热交换水时,使用单位应高致

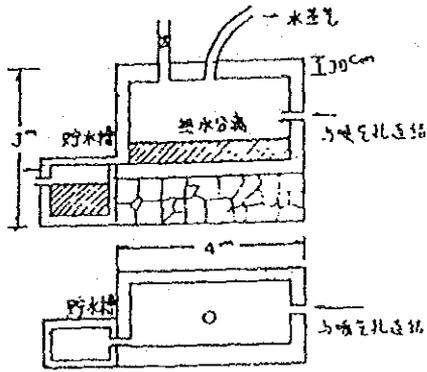


图-5 高压热水分离器剖面图

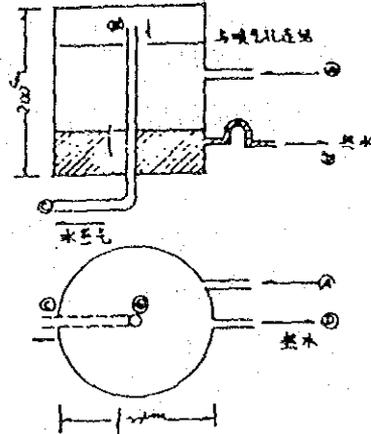


图-6 水分离器剖面图

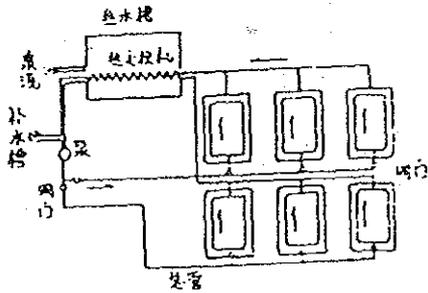


图-7 热水热交换器图

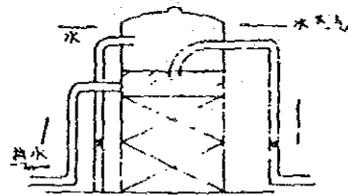


图-8 高压的热水热交换器

近，可以用强制循环，减少喷阻。

a. 通过热水进行热交换。

该方法是酸性强或易附着水锈的热水采用的方法。热交换的方法有两种：

(1)热水槽中安装热交换机提高普通水的水温。

(2)在普通水的水槽中安装热交换机，吸进热后提高水槽的水温，并联结放热管。

1)方法交换机的外壁易附着水锈和易腐蚀；2)方法内部易附着和腐蚀，各有长短，两者设计时必须注意便于除锈。

b. 喷气的热交换方法

喷气中含有含干的气体，对热水有益的气体不多。水蒸气比热含有高热值(卡)，故是热交换的有利条件。方法大体如下：

(1)喷气直接插入水中进行热交换。更简便的方法见图8所示。调节水量的喷气量可以将水温提高很多(70—75℃)。

喷气虽然也依靠后力，但运输到距离远的地方是有困难的。但一次热交换可以运输远地区。

(2)利用热交换机的方法。该方法与上述的热水方法一样，利用交换机将喷气收入水中。

1)方法与直接将喷气吹进水中不同，取热管完全不会腐蚀，也无水锈附着，管道寿命延长，是一种理想的方法。(温水可以达到80℃以上)。

3.2 利用地热温室的配管

配管的效益，不仅因栽培作物而不同，并因土地的气象条件而有很大的差异。别府市的标准温室型式多为宽7.2米长18米以上的玻璃温室。一般一年中有一天室外气温最低可达 -5°C 。设室内外最高温差为 15°C ，在这情况下安装口径50毫米的管子8—10根。

(1) 喷气管道配置

利用喷气时配管单向通管，喷气从主管道流入散热管，再并同排水管与处理管道连结。通过各温室的蒸气和排水管如图9所示汇集到一处放出去。为避免弄脏玻璃，最近把过去设在各温室的放出口集中到一处。

由天窗的自动开关来调节温度。

(2) 热水管道配置

热水自流时如图10所示。从总管道流向支管至少通过一个温室，甚至通过二个温室后汇流于回流管道。由于热水自然下流，各温室可建成部分梯状。与放热管距离远时，使用合成树脂管道减少热损失。合成树脂管以使用伸缩性小的管子为宜。

图-11为1980年建成的大分县地热水有效利用试验地热水利用系统模式图。

(a) 配管实例

温泉热利用农业研究所(大分县别府市)133米²温室为例。

占地面积A	: 133米 ²	外表面积A	: 249.9米 ²
跨度	: 7.2米	地基面积	: 20.2米 ²
长度	: 18米	假定温度T ₁	: 15 $^{\circ}\text{C}$
檐高	: 2.1米	设室外温度T ₂	: -5 $^{\circ}\text{C}$
脊高	: 4.0米	T ₁ -T ₂	= 20 $^{\circ}$
实际容积	: 395.3米 ³		

采暖计算用惯用公式

$$Q = A_w \times q_w \times (T_1 - T_2) \quad (\text{大卡/小时})$$

A : 外表面积 q_w : 采暖负荷系数

T₁ - T₂ = 最大温度差

采暖负荷系数如表5所示，由覆盖材料不同而异。单层玻璃为5.0，单层聚乙烯型

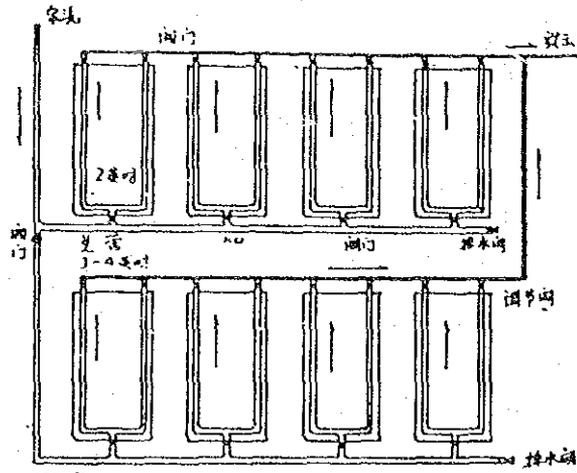


图-9 暖气配管

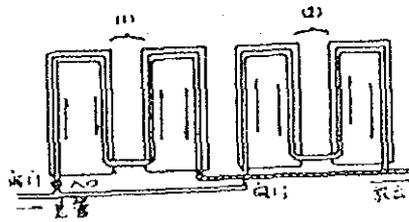


图-10 热水系统配管

热 水 利 用 系 统

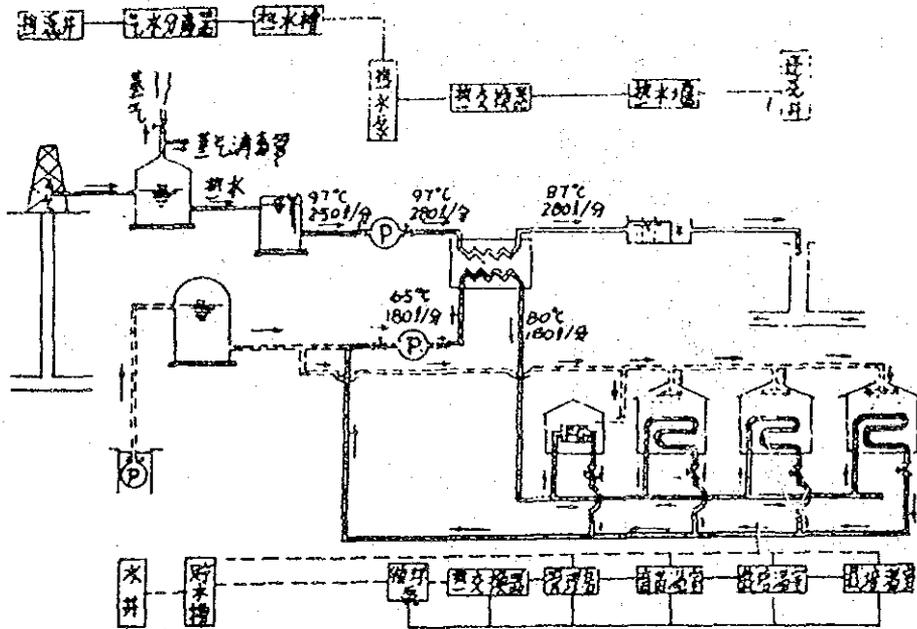


图 11. 热水利用系统模式图
(热水利用试验地)

料为0.3。此表以关东以南的温暖地带为准，所以在冬季室外土壤冻结的寒冷地带及季节风很强的地区要高5-10%。

表5. 采暖负荷系数 - 9 π

外壁种类	q _π (大卡/小时·度)	备注
单层玻璃	5.0	
双层玻璃	3.0	格子夹中间双层
玻璃+聚脂塑料	3.0	
单层聚苯乙烯	5.3~5.5	双层玻璃的5~10%
聚苯乙烯+聚脂塑料带	3.3	单层聚苯乙烯的65%
大棚内小棚	3.2	向大棚内散热
单层聚乙烯	5.8	单层玻璃的15%
基础		
压 15 厘米	2.6	
混凝土 15 厘米厚	2.7	
混凝土 20 厘米厚	2.4	

$$Q = (20.2 \times 2.4 + 245.9 \times 5.03) \times 20$$

$$= 25,559 \text{ 大卡/小时 —— 必需热量}$$

这样规模的温室需用口径50毫米铁管的长度由下式求得：

$$Q = A_p \times q_p (T_p - T_i) \quad A_p = \frac{Q}{q_p \times (T_p - T_i)}$$

q_p: 热系数 T_p: 管温 T_i: 假定温度

A_p 需要管长 L 由下列式求得

$$D = \frac{A_p}{\pi \cdot D} \quad D: \text{散热管径}$$

132米²的温室，为计算如下：

T_i: 15℃, 管内径50毫米, 外径60毫米, 使用蒸气入口温度100℃, 出口温度

90℃, 50毫米铁管 q_p 为 13 千大卡/米²·度·小时。

$$A_p = 25,550 \div (13 \times (95.0 - 15)) = 24.6 \text{ 米}^2$$

$$L = \frac{24.6}{3.14 \times 0.06} = 130.0 \text{ 米}$$

即 132米²的玻璃温室内为保持15℃以上的温度, 用50毫米管加热, 至少需要

130米。因温室长18米，需要7根以上管子。

表6是保护地生产不同作物的理想假定温度，尤其夜间临界温度决定铺设管数。

表6 保护地生产不同作物保温指标

温度	气		温	备 注
	白 天	夜 间	地 温	
高温	24-30	18-20	21-25	冬瓜、西瓜、茄子、柿子椒、夏黄瓜、日本南瓜、茭笋。
中温	18-26	13-18	18-23	西红柿、春黄瓜、洋南瓜、菜豆、毛豆、蕃薯、笋。
低温	15-22	8-15	13-18	菠菜、豌豆、芸豆、百合、小葱、韭菜、郁金香、石竹、迎春花、芍药。

4. 不同加温方式经费对比，以北海道为例：见表7

表7 不同加温方式的费用(每1000米，塑料大棚)(千丹)

项 目	加 温 方 式	石 油 加 温			温 泉 热 加 温			
		设备费	使用年限	年间费用	设备费	使用年限	年间费用	
固 定 费	热风机一式	996	5	199	—	—	—	
	加温锅炉	297	5	59	—	—	—	
	温泉挖掘费	—	—	—	2580	10	258	
	空气压缩机	—	—	—	200	5	40	
	配管(内部)	31	5	6	40	1	40	
	配管(外部)	—	—	—	15	5	3	
	利率(6.5%)	—	—	35	—	—	184	
	小 计	—	—	349	—	—	525	
	变 动 费	修繕费	—	—	26	—	—	34
		动力费	—	—	23	—	—	66
燃料费		—	19K1×76	1,442	—	—	—	
小 计		—	—	1,493	—	—	100	
合计①+②		—	—	1,842	—	—	625	

注：大棚建设费及收入，入牢袋，肥料等条件相同，设备费全部借入并计利率。

5. 利用中的问题

考虑地热发电所这样大规模利用地热水时，必需同时研究个别的小型农业上的利用和发展地区生产及改善生活的综合利用计划。地热利用中存在的问题：

1) 关于泉质

① 地热蒸汽和热水含有二氧化碳，硫化氢等气体，二氧化硅和碳酸钙等矿物质，造成金属和其他材料的付蚀、孔蚀、疲劳，产生水垢等现象。

② 除去地区热水中的有毒物质，特别是砷(AS)，该物质与其他金属离子不同，只调整PH是除不净的。

九州电力正在研究电解聚砷法，电解还原法等除砷技术。现在大岳地热发电所内正在实验容量150米³/小时的脱砷装置，已取得相当好的效果。

③ 泉质在低PH酸性时，从泉源到分离器之间必须使用耐付蚀的金属，又因高热、高压和细砂等磨损使管道损坏，所以研究新的材料是很必要。

④ 与此相反呈碱性时，虽没有付蚀的问题，但水垢却成了问题，因此研究不易产生水垢的材料和除去水垢的方法是课题。

2) 关于设施、机械

① 泉质较好但温度低时，泉水直接从生产井或先到贮水槽利用自然落差流入大口径的管道，在这情况水垢处理措施是很必要。需要研制出廉价耐用的散热材料。

② 泉质低劣，有毒物质含量大时，淡水热交换是必要的，必需研究出高效率而又经济的热交换器。

③ 研究散热效率高，不易形成水垢的管材。

3) 有关作物栽培

① 改进保护地栽培大棚的覆盖材料和覆盖方法提高保温性和密封性，减少采暖负荷。

② 研究栽培作物及栽培形式

③ 由于温差管理困难，所以进行适作物生育状态的温度管理是较困难的。

④ 往往由于管道破损而漏水时，因盐类导致使作物枯死。

保护地生产采暖必需的热源并非一定得高温，地下加温也可利用低温热源。重要的是根据不同目的将地热水分段有效利用。表B为综合利用地热水各温度范围汇总表。

