

施設園藝에 있어서 물관리 自動化 시스템 開發

金景洙 · 李基名* · 章益株*

韓國農機具工業協同組合 · 慶北大學校 農科大學 農業機械工學科*

Development of an Automatic Irrigation Control System in Protected Horticulture

Kim, Kyung-Soo · Lee, Ki-Myung* and Jang, Ik-Joo*

Korea Farm Machinery · Tool IND. Cooperative, Seoul 140-170

*Dept. of Agr. Machinery, Kyunpuk Nat'l Univ., Taegu 702-701

Summary

This study is performed to develop an automatic irrigation control system for effective water management in greenhouse. The automatic irrigation control system is composed of an IR-RED optical sensor in tensiometer and an One-chip micro controller.

The following results are obtained :

1. A practical IR-RED optical sensor in tensiometer, which shows the starting point of irrigation, was developed.
2. The automatic irrigation system with the optical sensor and One-chip micro controller was developed and also designed to be able to combine with the control system for temperature, curtain opening, etc
3. A multiple irrigation control system for several greenhouses were suggested.
4. The results of the system test with the driving program for automatic water management were excellent.

키 워 드 : 시설원예, 물관리자동화, 원칩마이크로컴퓨터

Key words : protected horticulture, automatic irrigation control, one-chip micro computer

緒 論

기술, 자본집약형태의 농업으로서 施設園藝는 작물의 생육에 필요한 環境을 人爲的으로 最適狀態로 조성함으로써 농산물의 高品質과 多收穫이 가능토록 하여 주며 또한 環境制御에 의해 농산물의 재배 시기를 조절하여 計劃 生産 및 安定的인 供給이 가능토록 하여준다.

특히, 90년대 들어 고조되기 시작한 U.R협상 진전으로 인한 對外開放의 趨勢와 國際 競爭力이 있는 산업으로서 農業을 發展시키기 위하여 심화되는 勞

動力 不足을 극복하고 單位 生産性を 제고시키는 영농 형태로서 제시된 것이 施設園藝이며 單位別, 혹은 綜合的으로 環境要素들을 自動制御하여 가족 단위 중심의 노동력으로 경영이 가능하도록 栽培管理의 自動化가 절실히 요구되고 있다.

施設園藝에 있어서 環境制御 및 栽培管理의 自動化는 李¹⁾에 의해 제시된 표준화 모델에 따른 制御 環境要素를 결정하고, 自動化하는 방안을 강구하였는데 그 중 본 연구에서는 環境의 개선을 가져올 수 있는 물관리 自動化 시스템의 開發에 그 목적을 두었다.

물을 공급하는 관개방식의 자동화 문제는 灌溉開始點을 결정하는 방식에 따라 Feed Forward 방식과 Feed Back 방식이 있다.

본 연구에서는 하우스 내의 日射量에 따른 蒸發散量을 측정하여 정해진 양을 관수하는 방식을 지양하고 土壤水分 計測에 많이 이용되고 있는 텐쇼미터(Tensiometer)에 光센서를 부착, 디지털 신호로서 관개개시점을 결정토록 하는 Feed Back 방식을 채택하였다.

또한 자동화 시스템의 구성은 One-chip micro controller 를 이용하여 텐쇼미터에 부착된 광센서에서 입력된 단순 디지털 신호에 의하여 관개개시점을 결정하고 양수장치가 驅動되도록 제어되는 장치를 개발하였으며 또한 개발된 One-chip micro controller는 온도관리, 커튼 개폐장치 등 他 環境制御에도 적용이 가능토록 汎用性 있게 제작되었으며, 기존의 마이크로 컴퓨터 등과 비교하여 부품을 單純化하여 가격면에서 實用性이 높은 것으로 나타났다.

實驗裝置 및 方法

1. 施設園藝의 自動化 시스템의 構成

시설원예에 있어서 자동화 시스템의 구성은 機種別管理 시스템, 棟別 管理 시스템1, 多數棟 綜合管理시스템의 3단계로 구분, 구성할 수 있으며 多數의 棟을 종합관리하는 시스템의 구성을 Fig.1과 같이 퍼스널 컴퓨터 (80286)와 One-chip micro controller를 이용하여 구성한다고 가정하고 여기서 One-chip micro controller로서 하우스 1개棟을 專門 管理하도록 하고 컴퓨터와의 씨리얼 전송에 의하여 확장하는 것으로 하여 300평 온실 5-10개棟을 감시하여 종합관리할 수 있는 시스템으로 제작하는 것으로 하였다.

2. 棟別 管理시스템의 構成

본 실험장치는 시설원예 하우스 1개동의 관리를 목적으로 개발한 시스템으로 One-chip micro controller는 8095BH를 사용하였고 Keyboard/Display 전용 IC인 8279, Keyboard, Display, Rom 과 Ram 의 메모리, 入出力 인터페이스인 8255A 로 Fig.2와 같다.

1) One-chip micro controller

자동차엔진 콘트롤이나 사무자동화기기 등에 널리 사용되고 있는 One-chip micro controller는 미국, 일본 등지의 회사에서 여러가지가 개발 제작, 보급되고 있는데 그 중 주류를 이루는 것은 인텔사의 8

비트인 8051계열, 16비트 모드인 8096계열이 있고 모토롤러사의 6809, 자이로그사의 8비트인 Z80A, 16비트 모드인 Z280등이 있으나 본 연구에서는 고성능, 고집적이며 실시간 처리가 가능한 인텔사의 16비트인 8095BH를 사용하였다.

Fig.3은 8095BH의 内部構成과 그 핀배치를 나타낸 것으로 기본적으로 16비트의 CPU와 최소한 232바이트의 RAM, Accumulator의 한계를 극복해 주는 Register to register 아키텍처, 외부 아날로그 입력을 디지털로 변환해 주는 10비트 4채널의 A/D컨버터, 외부 입출력을 빠르게 처리해 주는 고속 입출력 시스템, 디지털 신호를 아날로그 신호로 쉽게 변환시켜 주는 펄스폭 변조회로 출력기능(PWM), 외부와의 직렬통신을 가능케하는 Full Duplex Serial Port, 최소한 2개의 타이머 등 實時間 處理 및 高性能 高集積을 요구하는 기능을 모두 갖추고 있어 시설원예에 있어서 각종 自動制御 및 遠隔制御에 적합하다고 판단되어 본 실험에 도입하였다.

2) 入出力 裝置 Fig.4는 디지털 입출력 인터페이스인 8255A 의 핀 배치를 나타낸 것으로 24비트의 入出力 素子を 가진 평범한 I/O용 IC이며 소프트웨어로서 制御信號를 보내므로서 각 포트에서 入力狀態 혹은 出力狀態로 相互變換이 가능하여 PPI (Programmable Pertpheral Interface) 라고 부르기도 하며 데이터용 8개핀, 포트 데이터용 24개핀, 제어용 4개핀, 어드레스용 2개핀, 전원공급용 2개핀으로 구성되어 있으며 Fig.5는 8비트의 데이터를 각 단자에 접속하였을때의 그 基本技能과 接續概念圖를 나타낸 것으로 A1, A0, Chip-selector, Read, Write에 High Level 또는 Low Level로 임의로 선택되어 접속되어 졌을 때 각 포트 A, B, C의 기본기능을 보여준 것이다.

Keyboard/Display Interface IC인 8279는 前述한 8255A 와 동일한 개념의 IC로서 Read, Write, Chip-selector, AO, RESET 등이 CPU 로 제어될 수 있고 이러한 制御信號에 의해 키보드로 데이터를 입력시킬 수도 있고 데이터를 디스플레이에 출력시킬 수도 있는 IC 로 Fig.6은 이러한 8279의 내부구성과 그 핀 배치를 나타낸 것이다.

데이터 입력은 Main Board 상의 8255A 및 8279 IC를 통해 20개의 키보드를 사용 制御내용을 프로그램할 수 있게 하고, 大容量의 컴퓨터 사용시는 메인보드에 내장되어 있는 씨리얼 Port에 의하여 메인 컴퓨터에서 콘트롤 할 수 있도록 하였다. 또한 각종 제어내용 및 결과는 FND Display 장치를 사용, 수시로 변하는 制御項目을 확인할 수 있도록 하였는데 4자리수 FND 3개중 1개는 시간을 셋트하고 현재의 시간과 제어를 수행한 과거의 시간 및 미래의

제어시간을 임의로 표시할 수 있도록 하였다. 다른 2개의 FND는 제어항목을 선택, 표시하는 2자리수 FND의 설정모드에 따라서 온도, 물관리, 커넨개폐 등의 제어 및 계측에 필요한 설정치 및 계측치를 표시하도록 하였다.

3. 물管理 自動化 시스템의 構成

물관리 자동화 시스템의 구성은 前述한 棟別管理 시스템의 One-chip micro controller (8095BH)를 이용하여 土壤水分 變化에 따라 灌溉開始點을 결정하는 土壤水分 計測부와 컴퓨터의 명령에 의하여 灌溉裝置를 驅動시키도록 하는 驅動回路로 구성하였는데 이의 구성은 Fig.7과 같다.

1) 土壤水分 計測部

土壤水分 計測器는 발관개에 많이 사용하는 텐쇼미터의 水柱(투명유리관)에 광센서를 부착한 것으로 灌溉後 토양수분이 감소함에 따라 텐쇼미터의 수주가 降下하여 관개개시점 위치에 설치한 광센서를, 水柱의 水面이 통과할 때 수면의 表面張力 때문에 생기는 곡면의 수면이 광을 散亂시켜 受光器측에 빛이 차단되는 원리를 이용한 것이다. 이것은 이미 개발된 센서중 수분이 많을 때의 계측 성능이 우수한 석고블럭이나, 텐쇼미터에 高價의 장비를 사용하는 負壓 센서에 비해 별도의 增幅機 등이 필요 없는 점과, 부품을 단순화하고 低價로 구성할 수 있다는 점에서 실용성 있는 센서라고 생각된다.

Fig.8은 개발된 광센서의 投受光器 회로도도를 나타낸 것으로 태양광의 영향을 최대한 줄이기 위해 1.2 kHz의 赤外光을 투과시켜 受光器측에서는 送信 周波數만 픽업 되도록 하여 관개개시점 신호가 컴퓨터에 입력되도록 하였다.

2) 灌溉裝置 構成

함수비 변화에 따른 텐쇼미터 水柱의 水位變化와 광센서가 설치된 곳을 수면이 통과할 때 광이 차단되어 관수장치를 구동하는 신호를 보내 제어가 정확히 수행되는가를 확인하기 위해 10mm 아크릴관을 사용, 56×56×72cm의 직사각형 土壤槽를 제작하였고 배수성을 양호하게 하여 실험 토양의 함수비 변화속도를 빠르게 하기 위해 하층 20cm에 굵은 모래를 채우고, 그 위에 공시토양인 사질양토로 채웠다.

제작한 텐쇼미터를 토양내 20cm 깊이에 埋設하여 시간이 경과함에 따라 含水量이 감소되어 水柱의 수면이 변화하도록 하였다. 관개개시점 위치에 설치한 광센서에서는 투명유리관에 물이 充滿되어 있거나 물이 없이 공기가 있을 때는 投光器의 광이 통과하여

受光器에 감지되나, 수면이 광센서 설치위치를 통과할 때는 수면이 표면장력에 의하여 곡면인 관계로 光이 산란되어 수광기에는 光이 차단된다. 이것을 신호로 驅動회로가 작동, 양수기가 On 되고 관개요구에 의하여 산정한 양수기 가동시간이 경과되면 양수기가 Off 되도록 시스템을 구성하였다.

Fig.9는 물管理 自動化 시스템의 灌溉裝置 驅動回路를 나타낸 것으로 自動과 手動으로 조장이 가능하도록 하였으며, 여기서 自動부분의 단자가 컴퓨터에 연결되어 관개개시점을 결정하는 센서의 신호에 의하여 컴퓨터 명령으로 양수기 또는 전자밸브를 구동하여 스프링클러, 유공호스 등에 압력수가 송수되도록 하였다.

특히 誤動作을 防止하기 위하여 하드웨어적으로 RS-Flip Flop를 사용하여 ON과 OFF동작이 順次的으로 작동되도록 하고 반도체 스위칭 소자인 트라이액을 사용하여 無接點 릴레이 회로로 구성하였다.

結果 및 考察

1. 물管理 自動化 프로그램 開發

본 물관리 자동화 시스템은 Fig.10의 Flow chart와 같은 알고리즘으로 Assembler언어를 사용하여 작성하였다.

Flow chart에서 먼저 프로그램이 시작되면 작물과 토양에 따른 1회 灌溉水量과 灌溉開始點등의 初期值를 설정하고 컴퓨터내의 시간을 셋트하며, 시간을 호출하고 灌溉開始點 信號에 의하여 양수기 또는 전자밸브가 驅動되어 관개가 시작된다.

설정된 1회 관개수량에 해당하는 관개시간이 경과하면 양수기 또는 전자밸브를 Off하여 관개를 종료하고 다시 관개개시 신호가 오기를 기다리며, 별도 시스템의 종료를 알리는 신호가 없는 한 이것을 반복하는 알고리즘으로 되어 있다.

본 연구에서는 1조의 광센서를 사용하였으므로 텐쇼미터 水柱의 水位가 내려갈 때 관개개시점 위치에서 관개장치가 구동되어 관개가 실시되면, 토양수분이 증가하여 텐쇼미터 수위가 상승하여 다시 광센서에 수면이 통과하므로써 광이 차단되어 신호가 발생한다. 따라서 컴퓨터에서는 광센서의 신호가 2회 입력되면 灌溉開始點으로 결정되도록 하였다. 또한 컴퓨터내에서는 프로그램의 복잡성을 피하기 위하여 가로채기 프로그램을 이용하지 않고 종합제어 프로그램내에서 1분 간격으로 관개 프로그램이 작동되

도록 하였다. 이는 광센서에서 렌즈를 사용하였으므로 수주의 수면이 광센서를 통과하는데 걸리는 시간은 기초실험결과 최소한 1시간 이상이었으며 광센서 회로에서도 래치(Latch)회로가 내장되어 있어 컴퓨터의 입력시간에는 충분하고 또한 하우스내의 시스템이 복잡하게 되더라도 30분까지 지연되어도 가능하다고 판단되기 때문이었다.

2. 制御性能

작물이 필요로 하는 적당한 량의 수분을 공급하는 것은 대단히 중요하면서도 어려운 일이다. 특히, 기술자본집약 농업인 施設園藝에 있어서는 勞動力代替 효과가 크고 作業環境의 改善을 가져올 수 있는 물 관리 자동화시스템 개발의 필요성이 인정되어 많은 연구와 실용품이 보급되고 있다. 그러나 이들 대부분은 관개개시점 센서의 문제로 많은 어려움을 받고 있다.

最適의 土壤水分 條件은 작목, 생육상태, 토성 등에 따라 다르지만 정해진 작물 및 작형에 국한하여 보면 그 생육상태에 따른 最適 土壤水分 條件의 패턴이 있고, 따라서 수분관리를 이러한 토양수분 패턴에 따라 행하면 양호한 작물생육을 기대할 수 있으며, 그러기 위하여는 여러가지 토양에 대하여 가능한 자연에 가까운 상태에서 보편적인 값의 토양수분 조건을 파악하는 것이 필요하다고 생각된다.

물관리는 경험에 의하여 눈짐작으로 할 수 있지만 과학적인 방법으로는 土壤水分張力에 의한 灌水時期 결정과 증발산량에 따라 灌水量이 결정되어야 된다고 본다.

토양중에 포함되어 있는 물의 형태는 토양입자에 흡착되어 있는 힘에 따라 다르며, 흡착력의 強弱에 따라 化合수, 흡착수, 모관수, 중력수 등으로 대별된다. 이 중 식물이 주로 이용하고 있는 것은 중력수와 모관수이다. 토양내의 수분정도를 알 수 있는 含水比는 토양의 종류 및 작물의 종류에 따라서 그 반응이 다르므로 작물이 이용하는 수분의 표시로는 부적당하다고 생각된다.

식물이 실제로 토양중의 수분을 흡수하려고 하는 경우에는 토양입자가 흡착하고 있는 張力 이상의 힘이 작용하지 않으면 안된다. 이 때 작용하는 장력은 그 식물의 水分要求度를 나타내는 것이라고 보아, 토양입자가 수분을 흡착하고 있는 장력을 측정하여 이것을 수분관리에 응용할 수가 있고 또한 측정된

장력은 토양의 종류에 지배되지 않게 되어 토양수분 관리에 적합하다고 생각된다.

본 연구에 사용된 텐쇼미터는 이러한 土壤水分張力을 측정하는 것으로 현재까지 土壤水分 計測에는 텐쇼미터의 水柱에 負壓計를 부착하여 수위 증감에 따른 負壓의 변화를 電壓으로 검출하는 방법으로 토양수분을 측정하여 관개개시점을 결정하였으나, 본 연구에서는 토양수분의 연속측정보다 물관리 자동화를 위한 관개개시점만을 결정하는데 그 목적을 두고 高價의 부압계 대신 단순한 디지털 신호를 주는 광센서를 사용하였다.

Fig.11은 이의 적용성을 검토하기 위하여 텐쇼미터의 負壓과 水柱의 水位와의 相關關係를 파악하기 위해 제작한 장치로서 직경 12mm, 길이 120mm의 텐쇼미터의 투명유리관 윗부분에 부압계를 부착하고, 유리관에는 1mm 눈금자를 부착하여 수위를 읽을 수 있도록 하였다. 텐쇼미터 플러스컵에는 綿布로 감아 수분증발에 의한 水柱의 降下와 負壓計의 압력변화와의 관계를 비교하였다. 여기서 다공질 세라믹으로 되어 있는 플러스컵을 綿布로 감아서 실험한 이유는 수주의 수위와 부압의 상관관계를 파악하기 위한 것이기 때문에 대기중에서 자연 증발시킴으로써 실험기간을 단축시키기 위해서 였다.

텐쇼미터의 유리관에 물을 채울 때 상부의 공기누이가 측정압력의 크기나 압력변화에 영향을 미칠 것으로 생각되어 본 연구에서는 일정 높이(150mm)로 하여 실시하였다. 또한, 용존기체에 의한 측정오차를 줄이기 위하여 텐쇼미터에 물을 채울 때 텐쇼미터 유리관 상단의 고무마개를 제거한 상태에서 다공질 세라믹을 통하여 물을 흡수시켰다. 실험결과는 Fig.12와 같이 부압과 수위는 직선관계가 있음을 알 수 있었다.

土壤槽 실험에서는 시간이 경과하여 토양이 건조됨에 따라 수분이 감소되고 이에 따라 텐쇼미터의 수위가 降下하여 관개개시점 위치에 설치한 광센서의 투광 포인트를 수면이 통과할 때 광센서가 이를 感知, 양수기 구동회로가 작동되고 설정한 관개수량을 기준으로 算定한 시간 경과후 양수기가 정지되는 정확한 制御例를 보였다.

이 때 양수기를 구동하는 관개시간 算定의 시간 단위는 秒단위로서 양수량의 오차는 秒當 流量으로서 일반적으로 용수량에 의한 관개수량 산정과 비교하면 충분한 정확도가 있다고 생각된다.

結 論

기술, 자본집약형태의 농업으로서 施設園藝는 작물의 생육에 필요한 環境을 人爲적으로 最適狀態로 조성함으로써 농산물의 高品質과 多收穫이 가능토록 하여 주며 또한 環境 制御에 의해 농산물의 재배 시기를 조절하여 計劃生産 및 安定的인 供給이 가능하도록 해준다.

특히, 90년대 들어 고조되기 시작한 U.R협상 진전으로 인한 對外開放의 趨勢와 對內外的으로 國際競爭力이 있는 산업으로서 農業을 發展시키기 위하여 심화되는 勞動力 不足을 극복하고 單位 生産性を 제고시키는 영농형태로써 제시된 것이 시설원예이며 單位別, 혹은 綜合的으로 環境要素들을 自動制御하여 가족단위 중심의 노동력으로 경영이 가능하도록 栽培管理 작업의 自動化가 절실히 요구되고 있다.

이에 본 연구에서는 노동력 대체효과가 크고 작업환경의 개선을 가져올 수 있는 물관리 자동화 시스템의 개발을 시도한 바 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 텐쇼미터의 水柱에 광센서를 설치한 실용성 있는 灌溉開始點 센서를 개발하였다.

2. 개발한 灌溉開始點 센서와 One-chip micro controller를 이용하여 물관리 自動化 시스템을 개발하고 溫度, 커튼開閉 등 複合的인 制御시스템으로의 擴張이 가능하도록 설계하였으며 多數個의 棟을 관리할 경우 綜合管理할 수 있는 시스템의 구성을 제시하였다.

3. 본 물管理 自動化 시스템을 위한 프로그램을 작성하여 시스템을 驅動한 결과 우수한 制御例를 보였다.

4. 施設園藝에 있어서 最適의 環境制御를 위한 自動化 시스템의 구성은 個別 制御要素를 統合的으로 운영하는 綜合管理 시스템이 필요하며 향후 이에 대한 綜合的인 檢討가 이루어져야 할 것으로 생각 된다.

引用文獻

1. 小野盾男, 1989. 施設內無人防除に關する研究(第2報)-靜電氣を利用しに散布法-. Bull. Shizuoka Agr. Exp. Stn 34 : 65-72
2. 山下 淳外4人, 1991. 施設園藝用無人運搬車 of 試作とその實用性能. 農業機械學會誌 53(5) :

75-84

3. 津賀幸之介外2人, 1988. 施設園藝における靜電散布法の研究(第1報)-藥劑の帶電方式とその特性-. 農業機械學會誌 50(1) : 61-68
4. 津賀幸之介外2人, 1988. 施設園藝における靜電散布法 研究(第2報)-外部電界方式 特性の帶電付着の特徵-. 農業機械學會誌 50(2) : 27-35
5. 津賀幸之介外2人, 1988. 施設園藝における靜電散布法の研究(第3報)-ハウス内における付着分布と防除效果-. 農業機械學會誌 50(3) : 77-84
6. 倉田 勇, 1984. 溫室內の作物可動式栽培裝置に關する研究(第1報)-設計要因の考察-. 農業機械學會誌 46(1) : 639-644
7. 倉田 勇, 1984. 溫室內の作物可動式栽培裝置に關する研究(第2報)-栽培裝置の試作と運轉特性試驗-. 農業機械學會誌 46(2) : 205-210
8. 倉田 勇, 1984. 溫室內の作物可動式栽培裝置に關する研究(第3報)-全自動 作業裝置の局部的冷房裝置の開發-. 農業機械學會誌 46(3) : 297-302
9. 倉田 勇, 1985. 溫室內の作物可動式栽培裝置に關する研究(第4報)-栽培裝置の利用試驗の經濟性の檢討-. 農業機械學會誌 46(4) : 443-450
10. 村田利男, 1983. 施設園藝用農藥少量散布機にする散布藥液の粒徑分布の施設内環境. 農業機械學會誌 45(2) : 199-205
11. 李基明外1人, 1986. 施設園藝에 있어서 栽培管理의 自動化시스템에 關한 研究(I)-물管理 自動化-. 韓國農業機械學會誌 11(1) : 31-36
12. 李基明外2人, 1987. 施設園藝에 있어서 栽培管理의 自動化시스템에 關한 研究(II)-農藥의 稀釋 및 撒布 自動化-. 慶北大農科技研報 4 : 103-112
13. 宣喆鎬, 1991. 水耕栽培의 養液管理 自動化에 關한 研究. 慶北大學校 大學院
14. 章益柱, 1990. 윈칩 마이크로 컴퓨터(MCS-51)를 利用한 스피드 스프레이어의 遠隔操

縱變速裝置 開發, 慶北大學校 農技研 學會誌
8 別刷

15. 李基明. 1991. 施設園藝用 溫室의 規格化 및 自動化 方向. 韓國農業機械學會. 農畜産物 生産 加工의 施設化 및 自動化 세미나
16. 李基明. 1990. 施設園藝에 있어서 構造의 標準化 및 環境制御 栽培管理의 自動化. 韓國

科學財團. 第52回 學.研.産 研究交流會

17. 尹學基. 1989. 밭 作物의 最適灌溉水準과 計劃用水量 算定. 慶北大學校 大學院
18. 李昌基. 1991. 施設農業의 環境制御 技術現況과 實用化 方案. 農業機械化 研究所. 施設農業 機械化現況과 發展方向: 23-38

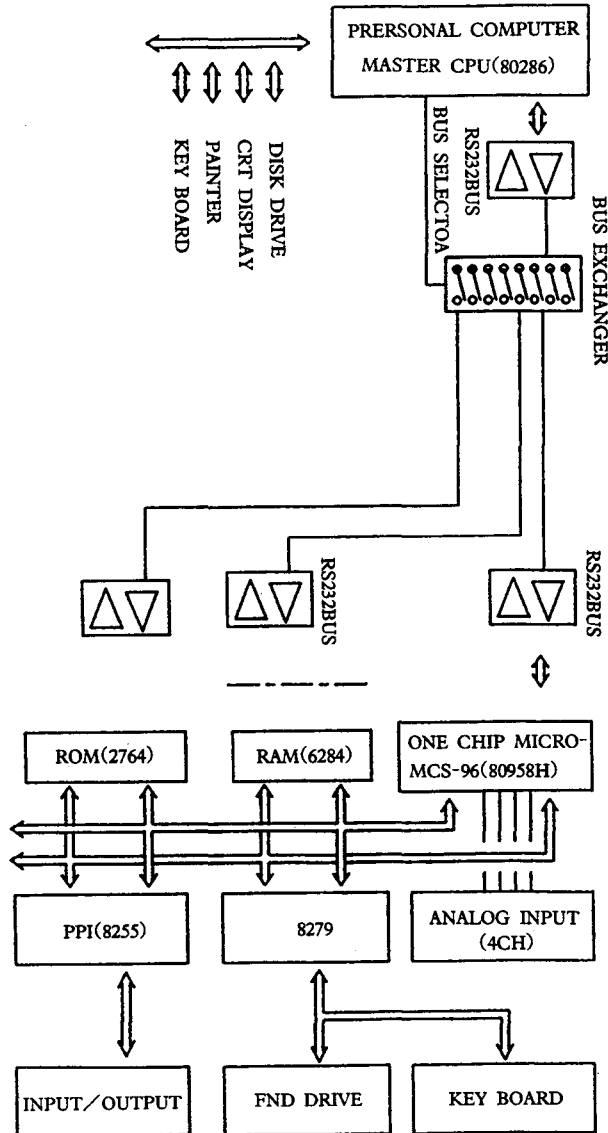


Fig.1. Block diagram of the integrated control system for several greenhouses

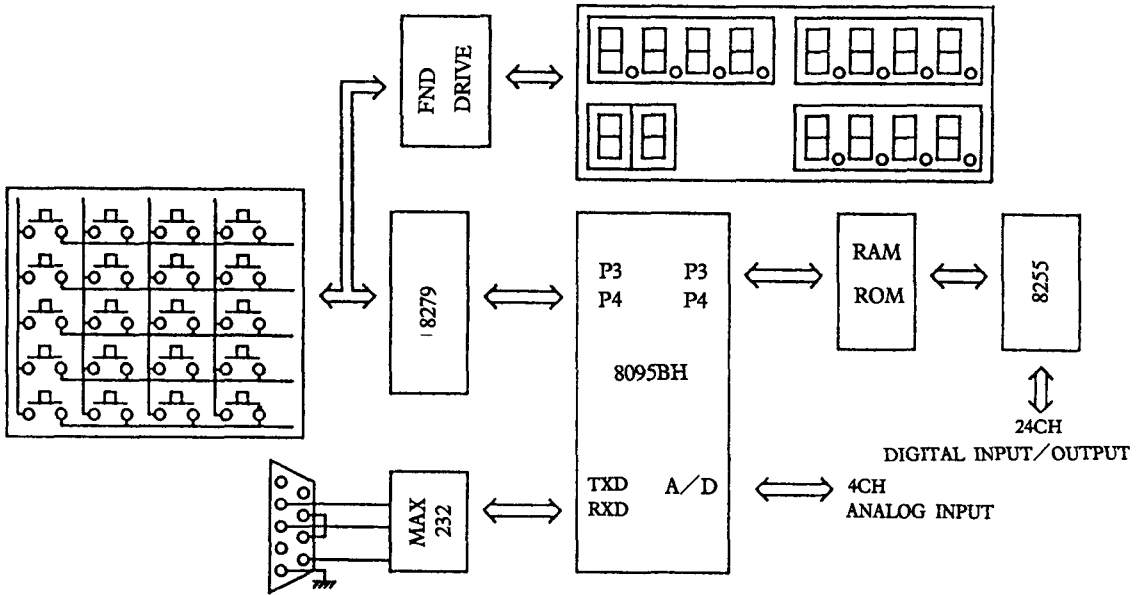


Fig.2. Block diagram of the control system for one greenhouse

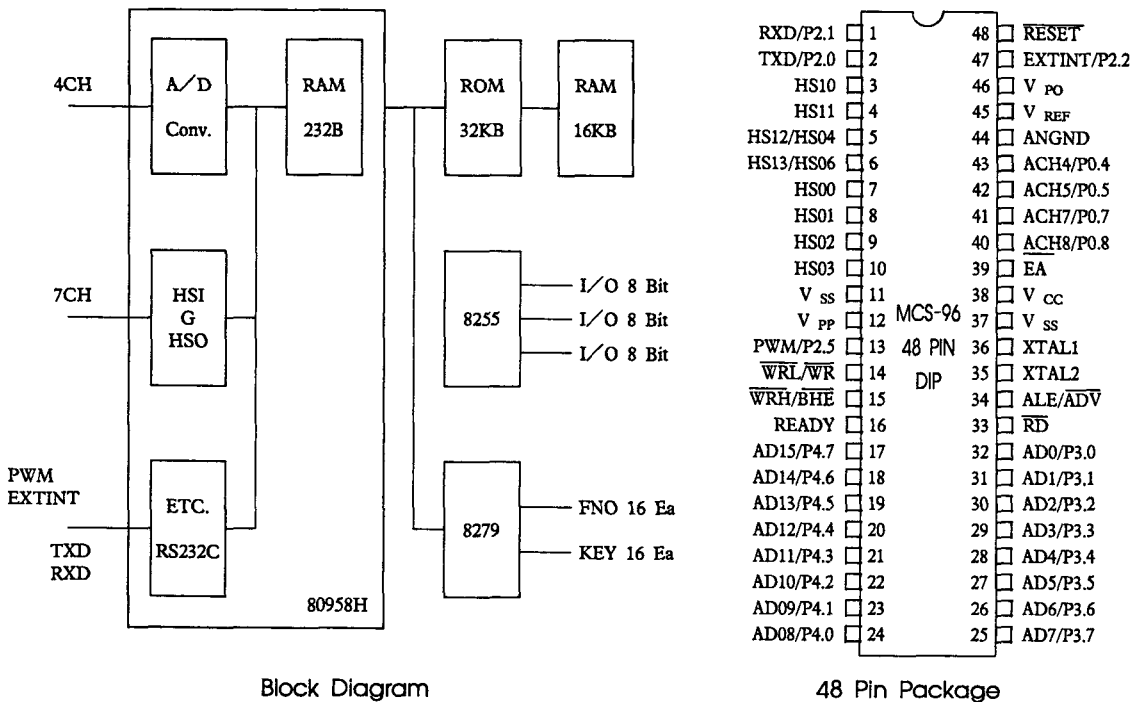


Fig.3. Block diagram & pin configuration of 8095BH

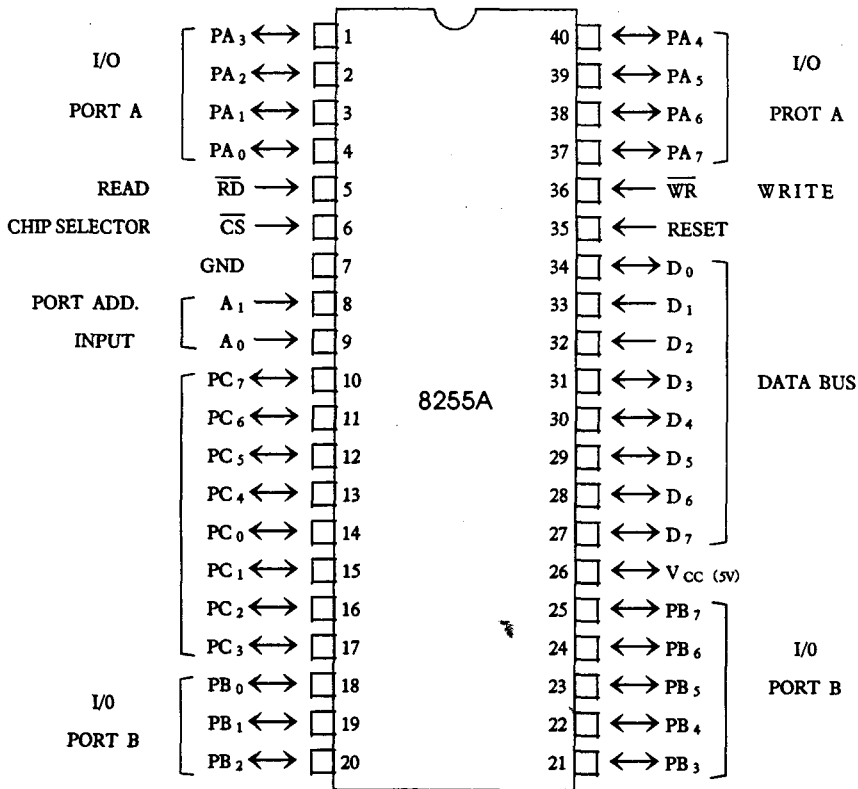
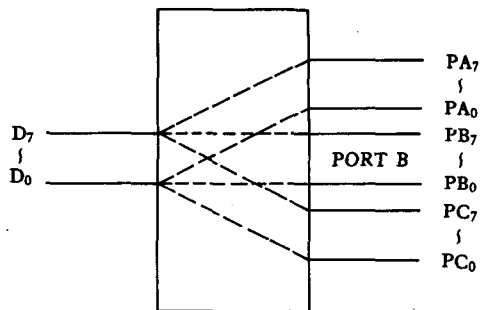


Fig.4. Pin configuration of 8255A

| A | A | CS | RD | WR | FUNCTION |
|---|---|----|----|----|---------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | PORT A-DATA.BUS |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | PORT B-DATA.BUS |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | PORT C-DATA.BUS |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | DATA.BUS-PORT A |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | DATA.BUS-PORT B |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | DATA.BUS-PORT C |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | DATA.BUS-CONTROLMREGISTER |
| X | X | 1 | X | X | DATA.BUS=HIGH IMPEDANCE |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | FORBID |

(A) BASIC FUNCTION



(B) DATA.BUS AND CONNECTION IDEA

Fig.5. Basic function and connection idea of 8255A

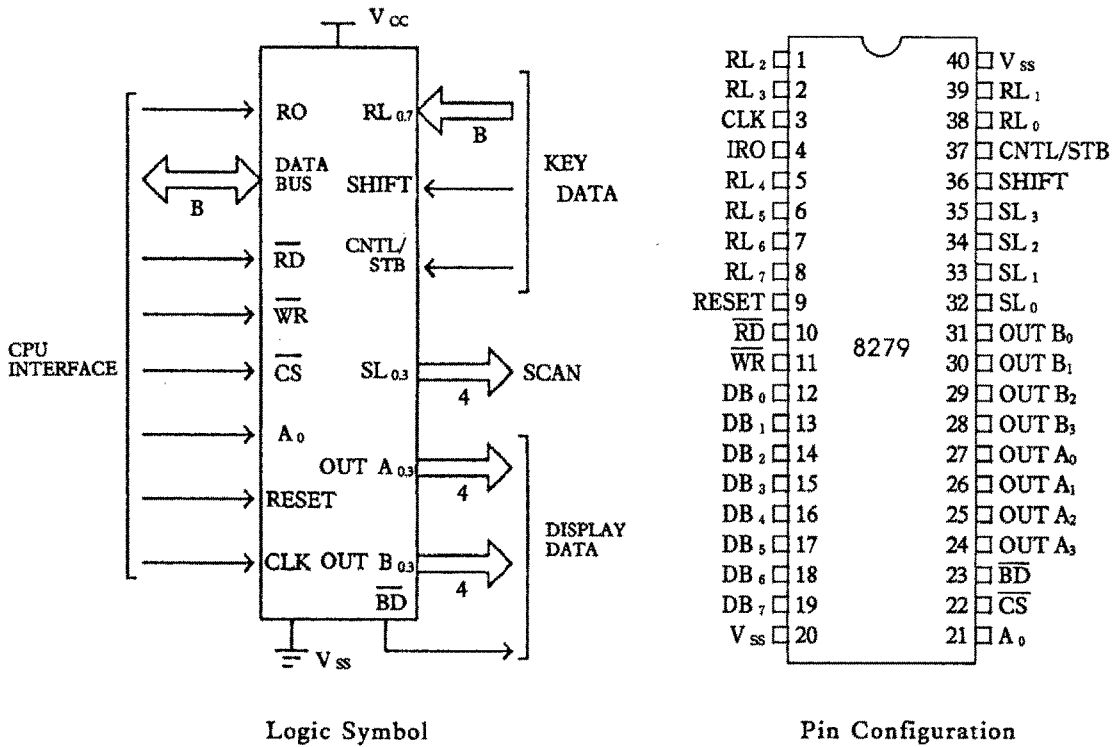


Fig.6. Logic symbol & pin configuration of 8279

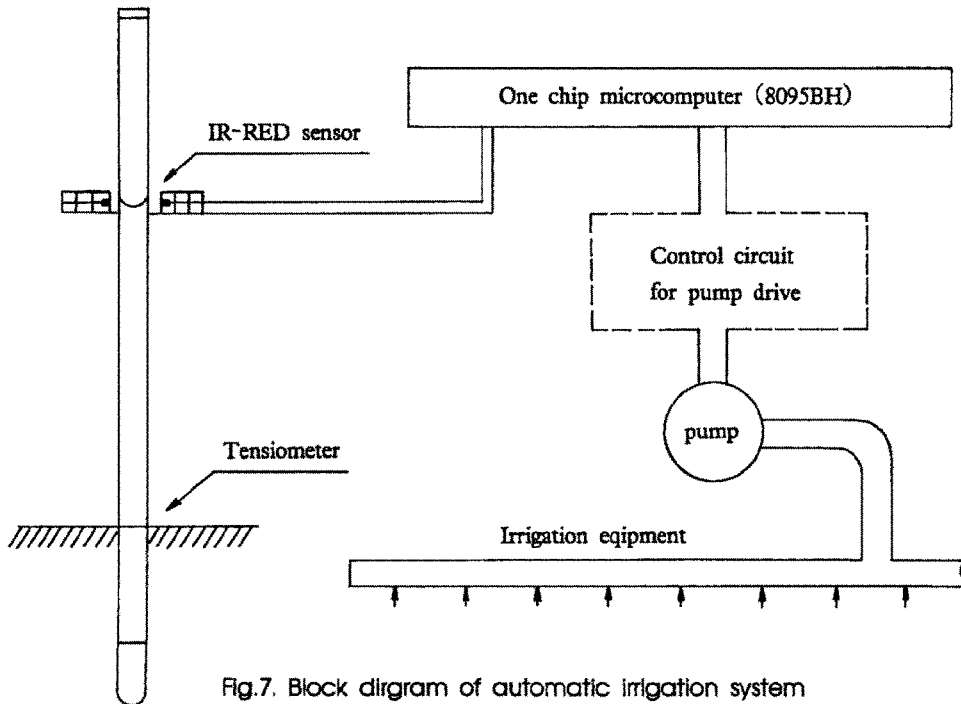


Fig.7. Block diagram of automatic irrigation system

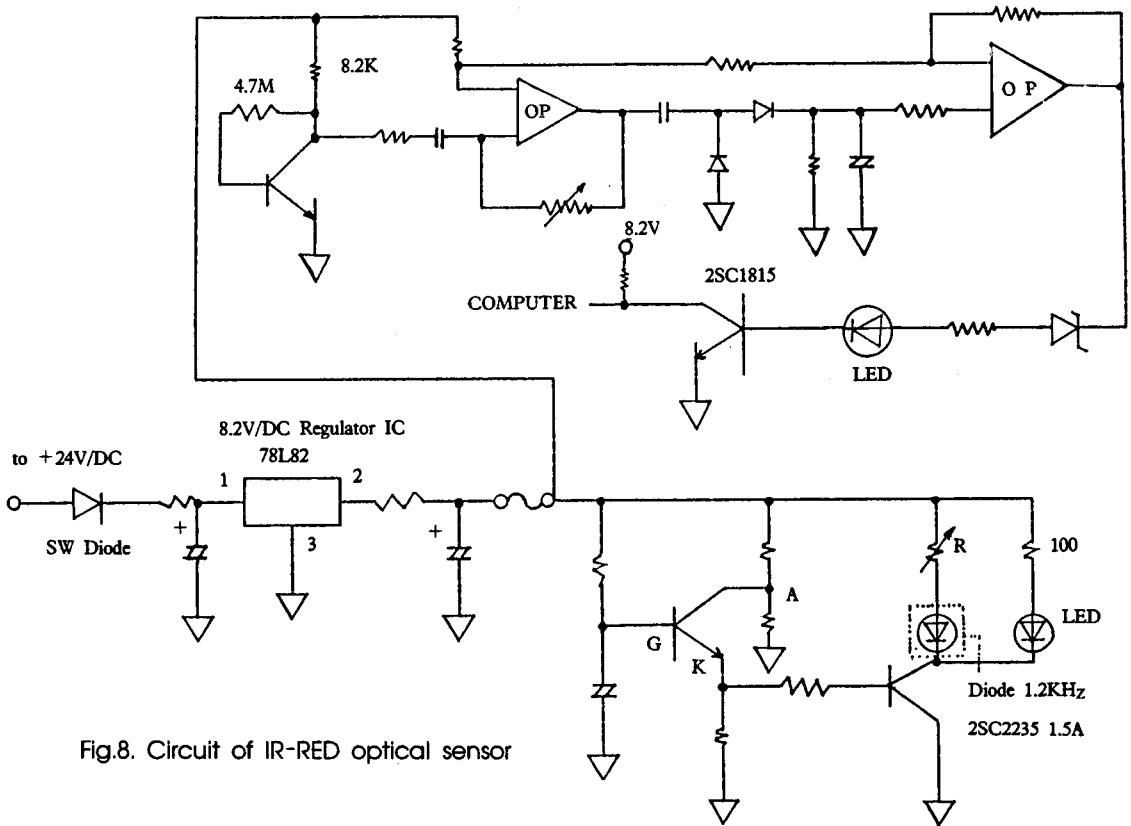


Fig.8. Circuit of IR-RED optical sensor

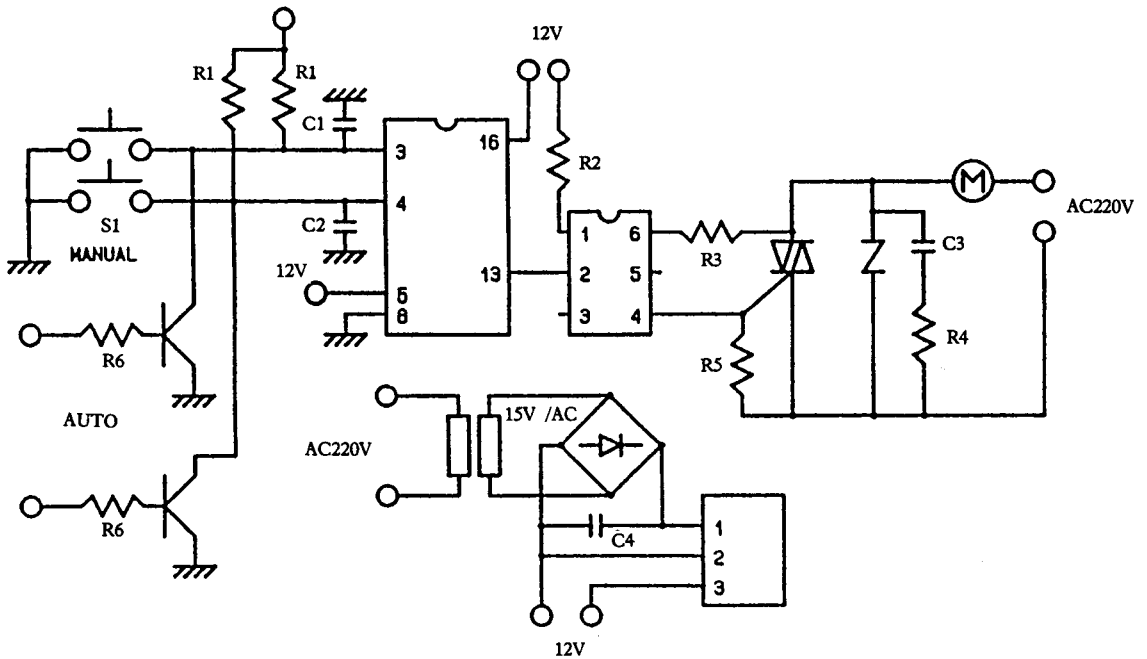


Fig.9. Circuit of irrigation operating system

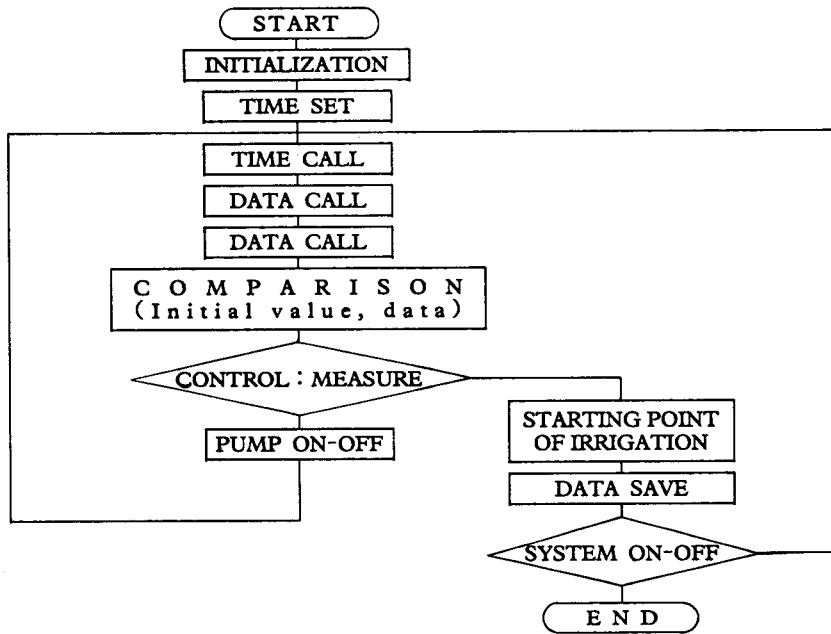


Fig.10. Flow chart of automatic irrigation system

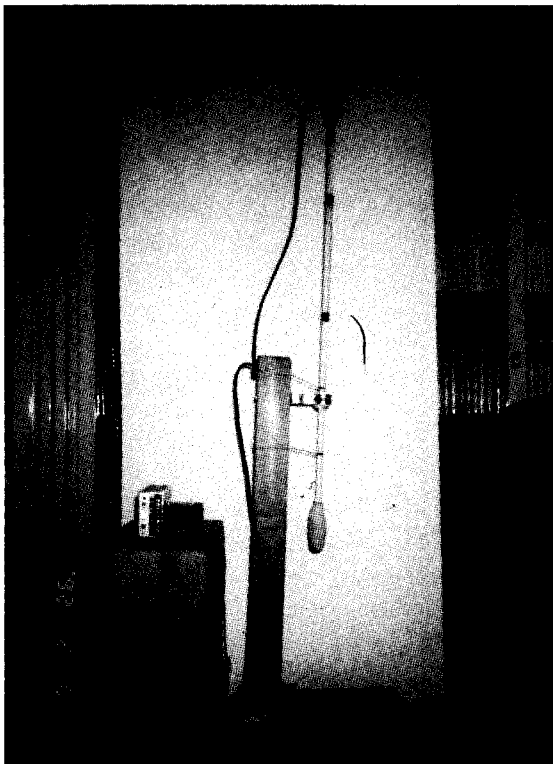


Fig. 11 Measurement of pressure by the negative pressure gauge

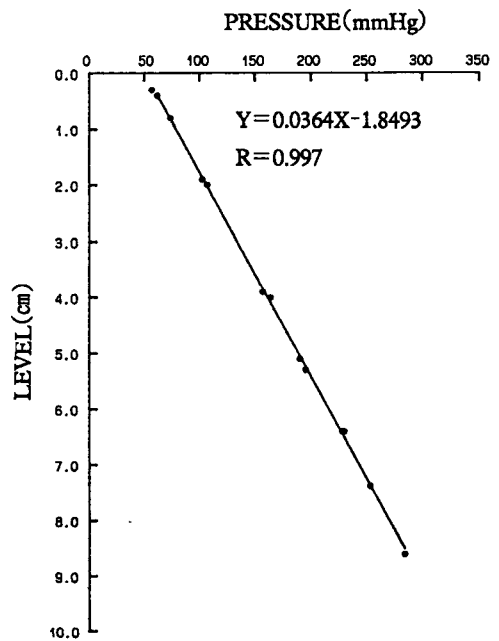


Fig.12. Relationship between the negative pressure and water level of tensiometer