



原子力分野의 로보트開發

原子力發電所에서는 作業員의 방사선피폭선량 저감, 연주운전시간의 연장, 정기점검기간의 단축 등을 목적으로 로보트의 開發, 導入이 활발히 진행되고 있다. 다음은 현재 외국에서 開發中인 原子力發電所用 로보트의 最近動向과 앞으로의 展望을 소개한 것이다.

—最近의 動向과 將來의 展望—

1. 開發動向

현재 실용화되어 있는 로보트는 연료자동교환기, 제어봉구동기구자동교환기 등과 같이 반복작업을 주로하는 專用機가 主體이다. 이에 대해 현재 개발중인 로보트는 다음과 같은 특징을 갖고 있다.

가. 不特定한 作業도 수행

패트롤판과 같은 작업은 작업대상이 변화하기 때문에 반복작업만으로는 對應할 수 없다. 따라서 이와같은 종류의 로보트는 不特定한 작업을 수행할 수 있어야 한다는 필요성때문에 多機能로보트화의 경향이 있다.

나. 知能化

현재의 로보트는 外的條件이 변화했을 경우 그 변화에 對應해서 동작하는것이 곤란하다. 외적조건의 변화에 대응하여 동작하는 適用制御가 可能한 것이 바람직하다. 또한 로보트가入手한 관측데이터를 컴퓨터處理하여 인간을 대신해서 어떤 종류의 判定을 하는 것도 知能화의 일종이라고 할 수 있을 것이다.

다. 人間이 하기 곤란한 작업을 수행

종래에 格納容器內의 패트론과 같은 작업은 그 환경조건때문에 운전중에 행하는 것이 곤

란했는데, 이와같이 어려운 환경하에서도 사용할 수 있는 耐환경성이 우수한 로보트의 개발이 추진되고 있다.

라. 복잡한 반복작업을 수행

작업내용이 반복되는 것이기는 하나 分解, 除染, 點檢 등 복잡하고 또한 광범위한 작업내용을 포함하는 制御棒驅動機構 自動分解點檢裝置 등의 개발이 행해지고 있다.

2. 로보트의 例

다음은 主로 일본의 원자력발전소에서 사용하는 로보트중 현재 개발되고 있는 대표적인 것들이다.

가. 格納容器內自動點檢시스템(床面走行形點檢로보트)

원자력발전소의 가동율을 향상시키기 위해 사람이 통상 접근하기 어려운 격납용기내의 機器나 장치, 예를들면 循環·펌프, 蒸家氣離·밸브, 릴리프 安全밸브 등에 대해서 현재보다 더욱 상세한 정보를 운전원에 제공하고 異常한 事象을 早期에 발견하여 對應이 가능하도록하는 自動點檢시스템이다. 이 개발에는 床面走行形點檢로보트, 空間走行形點檢로보트 및 輕作業

用 manipulator 等이 있다. 本稿에서는 床面走行形點檢로보트에 대해 알아보겠다.

(1) 시스템의概要

이 自動點檢시스템의 概念圖을 그림1에 나타내었다. 格納容器내에서 사용하기 때문에 이 자동점검시스템은 耐環境性이 우수하여야하며 또 좁은 곳을 통과할 수 있게 小形이어야 한다. 이 시스템을 개발하는데 있어서 필요한 조건 및 그主된 對應策은 表1과 같다.

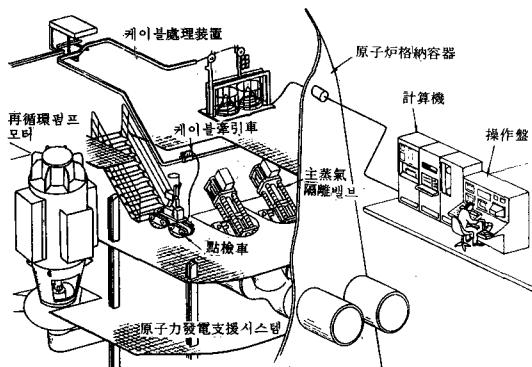
이 시스템은 격납용기내의 바닥面(grating製)이나 계단을 走行할 수 있는 走行車, TV카메라 및 마이크로폰 등 점검용檢出器와 이를 검출기를 각 기기에 접근시키기 위한 manipulator의 일종인 多關節腕形機構, 点檢車에 電源과 制御信號를 공급하는 케이블을 点檢車의 移動과 同調시켜送出시키는 케이블처리장치, 이상의 각 구성요소를 협조시켜 동작시키기 위해 격납용기 밖에 설치되어 있는 操作테이블과 컴퓨터시스템 등으로 구성되어 있다. 点檢車의 구조를 그림 2에 나타내었다.

(2) 시스템의 使用法

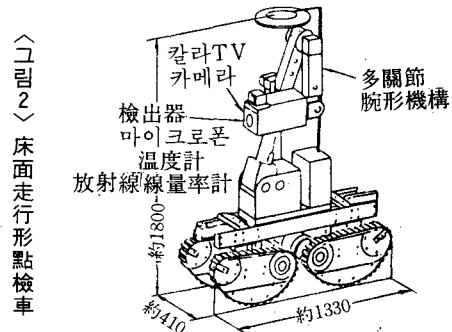
이 시스템은 自動點檢모드와 遠隔手動모드 두 가지 사용법이 있다.

① 自動點檢모드 : 格納容器내의 点檢車는 바닥面에 부설된 誘導線을 따라 정해진 点檢地點까지 自動走行한 후 정지한다. 点檢지점에서는

〈그림 1〉 床面走行形點檢로보트



점검하는 대상기기에 따라 多關節腕形機構를 동작시켜서 관측하여 操作테이블의 화면 등에 TV映像, 소리, 온도, 放射線量率 등의 점검데이터를 표시한다. 이 데이터를 운전원이 보면서 판단하여 다음의 点檢지점으로 이동하든가 다



〈表 1〉 床面走行形點檢로보트시스템 開發條件과 그 對應策

項目	仕 様	主要對應策
點檢機能	形, 音, 温度, 放射線量率의 計測	TV 카메라, 마이크로폰, 温度計, 放射線量率計를 사용한 計測
	點檢作業의 自動化 및 遠隔操作	計算機制御에 의한 自動點檢, 作業스테레오 TV 등에 의한 우수한 遠隔操作性
	點檢機能의 向上	點檢範圍의 擴大(多關節腕形機構의 採用) 視野의 擴大(電動줌렌즈의 採用)
走行	平地走行의 경우 grating床 通路幅 600mm	車載機器의 小形, 輕量化(材料의 選択) 작은 반경으로 높 수 있는 주행차(操舵機構 및 車體를伸縮하는 機構의 採用)
	階段走行의 경우 checker plate 最大 경사角度 45° 最大段差 220mm	制御가 容易 또한 階段을 오르는 走行車(4輪 crawler 機構 및 半月狀 carwler의 採用)
	走行機能의 自動化	誘導線과 計算機制御에 의한 自動走行
	環境條件	主要部品에 對해 電子冷却의 採用 湿度條件 ~100% 積算放射線量 ~10 ⁶ Rad
環境條件	溫度條件 ~70°C	耐放射線性이 優秀한 素子의 選択
	湿度條件 ~100%	耐放射線用レンズ의 開發

시 점검할 수도 있다.

② 遠隔手動點檢모드：운전원이 走行이나 多關節腕形機構의 동작을 車에 실은 TV 카메라의 화면을 보면서 조작한다. 그러나 이 手動點檢 모드에서도 走行車와 케이블처리장치의同期 등은 컴퓨터시스템의 보조를 받아 행하는 등 되도록 운전원의 부담이 적도록 여러가지로 고려되고 있다.

(3) 시스템의 특징

점검기능을 향상시키기 위해 TV 카메라 등의 점검용檢出器를 이동시킬 수 있는 多關節腕形機構를 채택하고 있다. 이 機構는 7自由度이며 점검대상기기의 뒷면까지 점검용검출기를 이동시킬 수 있다. 走行機能을 向上시키고 격납용 기내에서 機動性이 좋은 走行車를 제공하기 위해 네개의 반달형 crawler를 가진 走行車를 채택했다. 이 네개의 crawler에는 각각 전동기가 있어서 4輪獨立으로 구동할 수 있으며 두개의 操舵機構를 走行車의 앞뒤에 가지고 있으므로 操舵性能이 매우 좋고 또한 車體伸縮機構가 있어서 평지에서는 車體를 縮小시킴으로서 작은 반경으로 회전할 수 있는 走行이 가능하며 계단에서는 走行이 안정되도록 車體를 늘여서 走行 한다.

환경조건의 온도조건을 만족시키기 위해 TV 카메라 등 특히 耐溫度性이 낮은 부분에서는 電

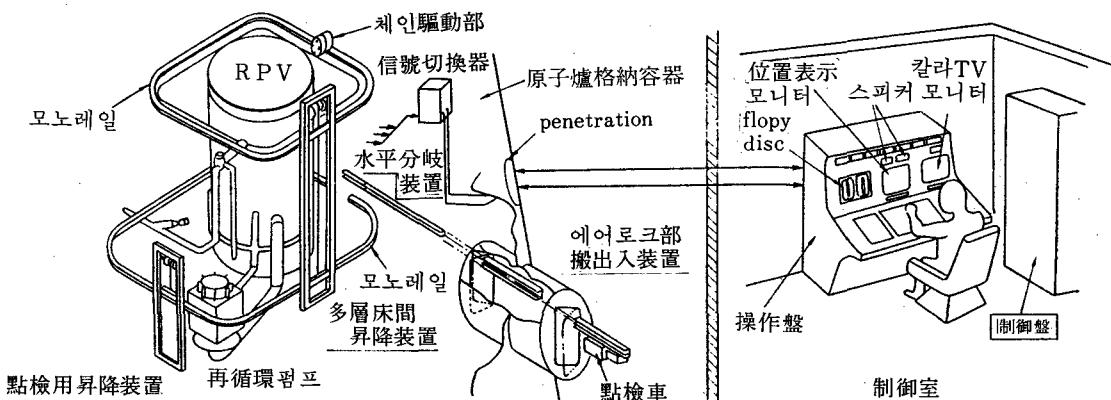
子冷却方法을 채택하고 있으며 放射線에 대해서 특히 문제가 되는 렌즈나 電氣回路 등은 재료나 素子를 선택하여 격납용기내에서 1년동안 사용할 수 있는 것으로 하고 있다. 點檢車에의 電力供給이나 信號傳送에는 높은 신뢰성이 있는 有線方式을 채택하여 制御用信號의 일부에 대해서는 케이블芯數의 輕減을 도모하기 위하여 時分割多重傳送方式을 사용하고 있다. 이를 위해 車塔載用의 小形信號傳送器와 케이블을 처리하는 장치를 개발했다. 특히 前者は 耐放射線性을 고려하여 그 回路를 구성하는 素子를 선택하고 있으며 後자는 일반적인 케이블처리장치와는 달리 슬립링 등의 接點을 사용하지 않는 형식을 고려하여 잡음 등이 케이블처리장치내에서 발생하기 어려운 구성으로 하고 있다.

(4) 시스템채택시의 效果

이 자동점검시스템은 아직 개발중으로서 아직 실용화 된것은 아니나 금년도에 격납용기내의 점검작업을 모의한 기능시험을 실시할 예정이다. 현재 개발중인 原子力發電所用 instruction system과 結合시킴으로서 원자력 발전소내에서 발생하는 고장 등을 현재보다 더욱 빨리 초기에 운전원이 알아내어 이에대한 빠른 對處를 할수가 있을 것이다.

나. 格納容器內체인牽引式 모노레일形點檢裝置(搬出入裝置)

〈그림 3〉 체인牽引式 모노레일形點檢로보트의 適用概念図



原子爐格納容器 内外로 遠隔自動으로 搬入 및搬出이 可能한 시스템을 목적으로 하여 원자로 격납용기내를 점검하는 체인牽引式모노레일형점검장치(이하 로보트라고 略記)를 개발했다.

이 점검로보트의 특징은 모노레일방식에 의해서 이동하는 點檢車에로의 電源供給 및 信號授受를 위한 케이블을 없애고 케이블의 非牽引化를 한 것이다. 이 방식을 채택함으로서 點檢車의 격납용기 内外에로의 搬入, 搬出을 위한 기구를 간소화시킬 수가 있다.

(1) 裝置의 構成과 機能

그림3에 적용개념도를 나타내었다. 各部의 구성, 기능은 다음과 같다.

① 에어로락부搬出入裝置 : 이 장치는 personal air lock, 可動 rail (I), (II), 自走견인차, 水平分歧機構 등으로 구성되어 點檢車는 自走견인차에 의해 personal air lock를 통해서 격납용기내에 부설되어 있는 下部點檢루트까지 搬入 또는 逆으로 격납용기밖으로의 搬出이 원격자동으로 행하여진다.

② 多層床間昇降裝置 : 이 장치는 垂直가이드

레일과 이 레일에 따라서 上下로 이동하는 點檢車載台車 및 電動卷揚器 등으로 구성되어며 下部點檢루트와 上部點檢루트를 직접 연결시키는 것이다. 이 層床間 승강장치를 이용해서 上下的 點檢루트 사이를 점검차가 자유롭게 이동할 수가 있으며 또 점검용승강장치도 같은 구조를 가지고 있다.

③ 電線非牽引시스템 : 이 시스템은 모노레일下面에 설치된 絶緣trolley線과 點檢車 上部에 붙여진 雙接触子로 구성된 接触集電方式에 의한 給電裝置 및 모노레일에 따라서 부설된 漏洩同軸케이블과 點檢車에 실린 안테나로 구성된 密結合無線傳送方式에 의한 信號傳送裝置로 되어 있다.

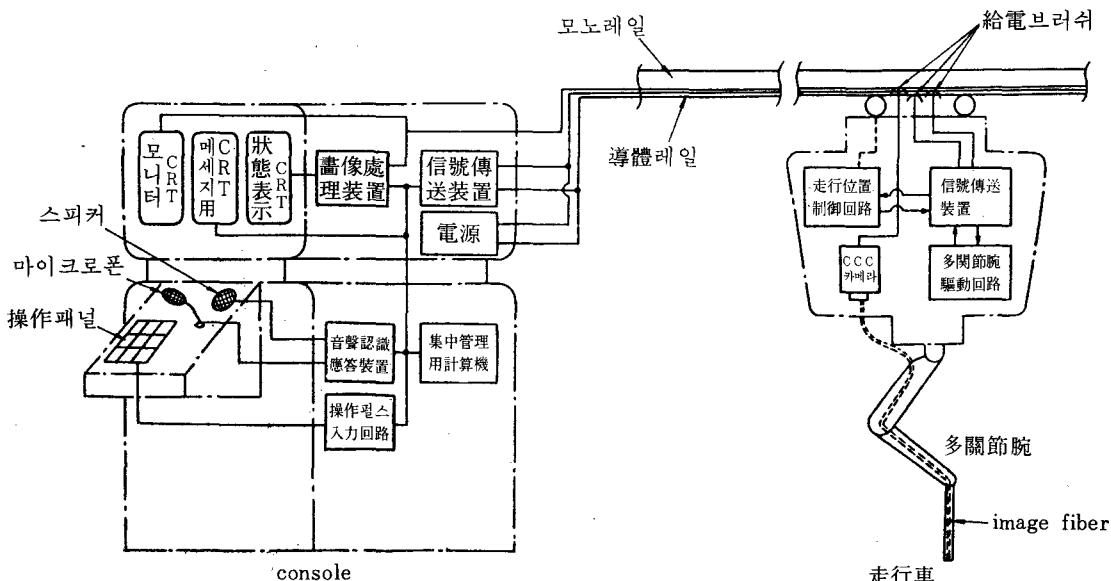
④ 點檢車 : 點檢車는 칼라TV 카메라, 온도계, 방사선검출기, 마이크로폰, 傳送裝置 등을 실고 있다.

(2) 채택시의 效果

이 격납용기내 체인견인식모노레일形點檢로보트를 채택함으로서 다음의 효과가 기대된다.

① 通常時 및 異常時 어느 상태에서도 원자

〈그림 4〉 自走式모노레일形點檢로보트의 構成



로격납용기의 隔離를 유지한채로 點檢車의 保守교환이 가능해진다.

② 필요할때만 필요한 機器를 장비한 點檢車를 搬入할 수 있다.

③ ①, ②의 결과, 點檢로보트全體의 신뢰성이 향상한다.

다. 自走式모노레일形點檢로보트

종래 사람이 하던 원자로건물내 여러시설의 점검작업을 被曝低減 및 點檢監視의 신뢰성향상을 도모하는 것을 목적으로 로보트의 채택이 검토되고 있으며 여러종류의 로보트개발이 행해지고 있다. 이번에 개발된 모노레일形點檢로보트는 自走式으로서 走行車에 TV 카메라를 싣고 軌道上을 이동하면서 點檢을 행하는 로보트인데 다음과 같은 특징을 갖고있다.

① 點檢對象物에의 接近 : image fiber를 내蔵한 多關節arm을 싣고 있으며 점검대상물에 접근한다.

② 知能化 : 畫面處理裝置를 사용해서 점검대상물의 상태인식을 한다.

③ man-machine interface : 音聲指令으로 로보트의 操作을 행한다.

(1) 시스템構成

그림4에 시스템의 구성을 나타내었다. 點檢로보트는 走行車와 console로 구성되며 兩者間의 신호 傳送, 전력공급은 모노레일에 설치된 3本의 trolley와 走行車에 설치된 集電器로 행한다. 점검로보트의 制御는 컴퓨터에 의한 제어로서 分散處理集中管理方式을 채택하고 있으며 집중 관리용컴퓨터가 走行, 점검작업의 흐름을 관리한다. 點檢의 흐름을 그림5에 표시하였다.

(2) 走行車

추행차는 信號傳送裝置, image fiber를 내장한 多關節arm과 그 驅動回路, CCD 카메라, 走行位置制御回路를 싣고 있으며 垂直이나 反轉하는 軌道를 走行할 수 있다. 停止精度는 土1 mm이다. color인 CCD 카메라, 3萬畫素의 image

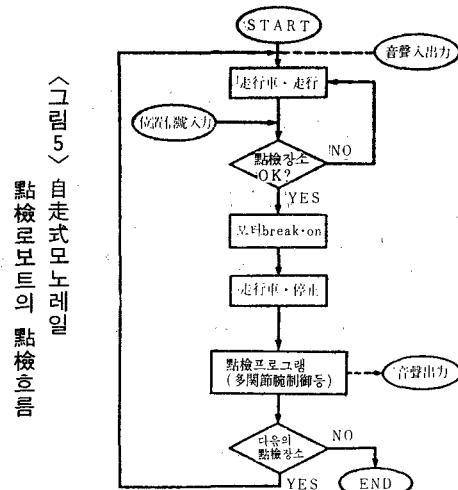
fiber, 5自由度의 多關節arm을 채택하고 있기 때문에 대상물에 접근하여 세밀한 감시를 할 수 있다.

(3) console

console에는 信號傳送장치, 畫像處理裝置, 音聲認識・應答裝置, 操作페널입力回路 등의 장치가 있으며 이들을 집중관리용컴퓨터가 제어하고 있다. 집중관리용컴퓨터는 프로세스用 미니 컴퓨터(TOSBAC-7/10)를 사용하고 있으며, 畫像처리장치 및 음성인식・응답장치에는 마이크로컴퓨터를 사용하고 있다. 畫像처리장치는 image fiber에서 얻은 畫像을 入力시켜 16bit의 마이크로 컴퓨터에 의한 software로 色識別, 移動物體檢出을 행하여 그 결과를 狀能表示 모니터로 出力한다. 처리시간이 약 2秒이고 誤認率이 0.5%정도이다. 操作은 모드선택에 의해서 컴퓨터내에 준비된 프로그램에 따라서 sequential로 走行하며, 점검작업을 하는 모드와 음성인식・응답장치를 사용해서 對話式으로 指令을 보내서 走行・點檢作業을 행하는 모드가 가능하다.

(4) 効果

이 自走式모노레일形 점검로보트는 설치가 간단하면서도 保守를 용이하게 행할 수 있다. 그래서 當面으로는 原子爐建物內의 점검에 사용



할 것을 고려하고 있다. 또한 畫像認識, 音聲入出力 등을 채택하고 있기 때문에 작업원의 부담을 輕減하는 효과를 기대할 수 있고 점검감시의 신뢰성 향상이 크다고 생각된다.

라. 多關節自在點檢로보트

이 로보트는 遠隔保守시스템의 key component의 하나로 개발된 點檢로보트이다. 이 로보트는 8개의 관절과 18의 自由度를 갖고 있어서 복잡한 구조물의 空間을 자유롭게 變形하면서 진행하여 내부점검을 행하는 능력을 갖추고 있다.

(1) 機器概要

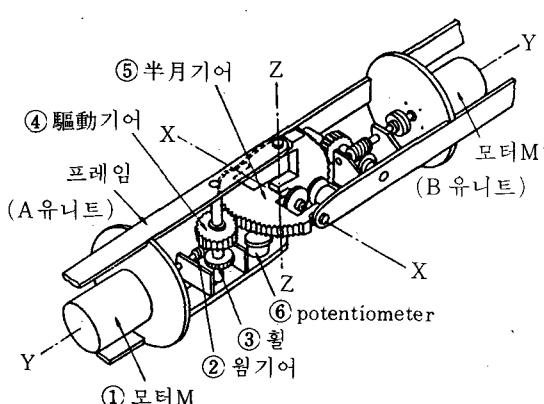
本體는 9개의 單位arm을 8개의 特수관절로 연결한 全長 2.25m의 긴 arm으로서 그 선단에 ITV 카메라를 설치하고 있다. 각 관절은 universal joint와 같은 동작을 하는 2自由度를 가진 관절로서 arm 전체는 16自由度를 가지며 또한 ITV 카메라의 軸돌림回轉과 本體의 前後進을 加해서 合計18自由度를 가진다. 이와같은 多自由度의 로보트동작을 가능하게 하고 있는 것이 각종 senser와 制御시스템이다.

(2) universal joint 形關節

universal joint형 관절은 多自由度의 arm을 실현하기 위해 새로 개발된 特수한 관절구조로서 그 구조를 그림6에 나타내었다. 서로 인접하

〈그림 6〉 多關節自在點檢로보트의

universal joint 관절



는 單位arm은 直交하는 2軸, 즉 X軸과 Z軸을 回轉軸으로 해서 회전한다. 그 결과 각 관절은 頂角 100°의 円錐內의 어느 方向으로도 굽히는 것이 가능하다. 그 외에 arm의 輕量化를 위해 기어系에는 titan合金을 사용하여 60~70 %의 중량경감을 실현시키고 있다.

(3) senser

多自由度의 arm에는 특수한 촉각 senser가 8개 배치되어 있으며 arm cover에 힘이 加해지면 그 外力を 檢知할 수가 있고 또한 8개의 senser 상태에서 arm의 어느부분이 어느방향에서 힘을 받았는가를 아는것도 가능하다.

arm 전체에는 이 촉각senser가 56개(8개×7관절) 内藏되어 있으며 여기에 potentiometer를 17개, 관절의 limit senser를 32개, 카메라 回轉用 limit senser를 2개 加해서 合計 107 개의 senser를 갖는다. 이 多数의 信號케이블 처리를 가능하게하는 것이 각각의 單位arm속에 내장된 multiplexor이다. 이에 의해서 senser出力を 多動化시켜 信號本數를 대폭적으로 줄였기 때문에 케이블의 내장이 가능해졌다.

(4) 制御시스템

18自由度나 되는 多自由度의 制御를 원활히 행하기 위해 SAS(Self Approach System)라고 하는 4種의 制御모드를 비치하고 있는데 이것을 表2에 정리하였다. A모드와 D모드는 점검

〈표 2〉 SAS의 制御모드

A 모드	図面上에서 點檢物에 이르는 경로를 구하고 경로의 좌표를 컴퓨터에 입력시켜서 로보트를 자동운전시킨다.
B 모드	로보트先端에 스테레오카메라를 싣고, 얻어지는 映像에서 로보트 진로의 방향과 전방장애물의 거리를 계측하여 로보트를 자동운전시킨다
C 모드	카메라의 전방과 radial방향의 장애물까지의 거리를 계측하여 로보트를 자동운전시킨다
D 모드	점검대상물과 로보트의 形을 컴퓨터에 기억시켜서兩者를 디스플레이上에 표시하여 디스플레이上에 지시함으로서 수동운전시킨다

대상물의周囲환경이既知일 경우에 유효하고 B모드와 C모드는 주위상황이未知일 경우에도 사용할 수가 있으며 사용 상황에 따라서 각각 사용할 수 있다.

(5) 채택시의 效果

이 장치의 채택에 의해서 종래에는 행할 수가 없었던 좁은공간부분과 장해물이 많은 곳에서의 점검이遠隔으로 행할 수 있게 된다.

마. suppression chamber 洗淨裝置

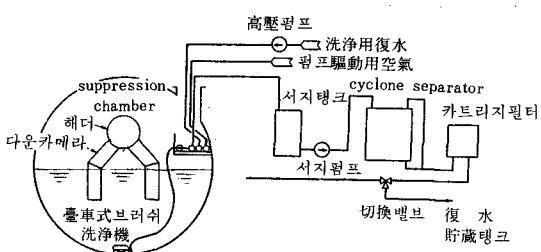
suppression chamber는原子爐(BWR)1次系統을收納하는 drywell과 함께 壓力抑制式原子爐格納容器를 구성하며 原子爐壓力容器內의 蒸氣流出事故時에 壓力上昇을 방지하기 위해 蒸氣를 凝縮시키는 doughnut狀의 容器이다. 이 속에는 항상 물이 들어있는데 原子爐補助系統의 운전시에 配管內의 clad 등이 들어오기 때문에 放射線 線量率이 上승하여 작업원의 被曝이 증가하는 등의 문제가 있다.

이 장치는 이와같은 상황에 대처하기 위해 개발되어 suppression chamber底部에堆積되어 부착해있는 clad를 물을 채운채로洗淨·吸引할 수가 있는 장치이다.

(1) 裝置概要

suppression chamber洗淨裝置의概略構成을 그림7에 나타내었다. suppression chamber底部에 퇴적되어 부착하고 있는 clad는台車式브러쉬洗淨機에 의해遠隔自動으로洗淨·吸引되어 cyclone separator에 의해粒徑 5μ 정도이상의 clad는捕集되어 2次處理後復水저장탱크로 移

〈그림 7〉 Suppression chamber洗淨裝置



送되어 보관된다.

台車式브러쉬洗淨機는 4개의走行車輪, 2개의회전브러쉬, 散水노즐 및 吸込口를 가지며水中底面을遠隔自動으로 자유롭게走行하면서 브러쉬洗淨, 제트洗淨, 真空吸引 등 세가지의洗淨機能에 의해底部堆積附着clad를 제거한다.

(2) 장치채택시의 效果

이 장치에 의해 suppression chamber底部의堆積附着clad를 거의 완전하게 제거할 수 있어서 suppression chamber外表面의線量率을 $1/2 \sim 1/40$ 로低減시킬 수가 있음이 hot test에서 확인되고 있다.

바. 配管溶接部 自動超音波探傷裝置

원자력발전소의定期點檢時에는稼動中檢查(ISI)가 행해지는데原子爐壓力容器나 노즐, 配管等의 주요부분에 대한超音波探傷도 행해진다. 이들의 검사에는 자동장치가 일부 채택되어 있어서 검사시被曝量의低減과省力化에 기여하고 있으나配管의 경우適用可能한 범위는直管一直管等의 단순한 형태의 용접부에 한정되고 있다. 그러나 실제의 발전소에서는曲管一曲管이나直管一曲管의 용접 joint부가 많으며 이들에 대해서는手動으로하고 있는것이현재의 실정이다. 이상과 같은 상황에 대처하기 위해서曲管용접부의自動超音波探傷이 가능한장치의 개발이추진되고있으며그장치의操作性, 探傷性등원자력발전소에로의適用에필요한기능등의實証試驗이행해질예정이다.

다음의 세가지는 일본에서 1981년 11월부터 1986년 3월까지의 예정으로 개발이 추진되고 있는 것이다.

(1) 基本仕様

대상이 되는配管의 종류는 6B에서부터 24B까지로 범위가넓기 때문에 6B~12B를 대상으로하는小口径用와 14B~24B를 대상으로하는大口径用으로 나누어서 장치의 개발을하고 있다. 자동초음파탐상장치는 검사시의被曝量

低減 및 검사의 省力化를 도모하는 것을 목적으로 하고있기 때문에 다음의 조건을 만족시킬 수 있는 장치를 개발하려고 한다.

① 여러가지의 外徑, 曲率의 曲管용접부의 探傷을 할 수 있을 것.

② 手動探傷과 同等한 探傷性을 가지며 또한 操作性이 좋을 것.

③ 取附, 調整, 떼어내는 소요시간을 단축하여 手動探傷検査에 비해 피폭량을 低減시킬 수 있을 것.

④ 필요에 따라 分割한다는 등을 해서 각각의 部分을 輕量化하여 配管에로의 取附, 떼어내기를 용이하게 할 수 있을 것.

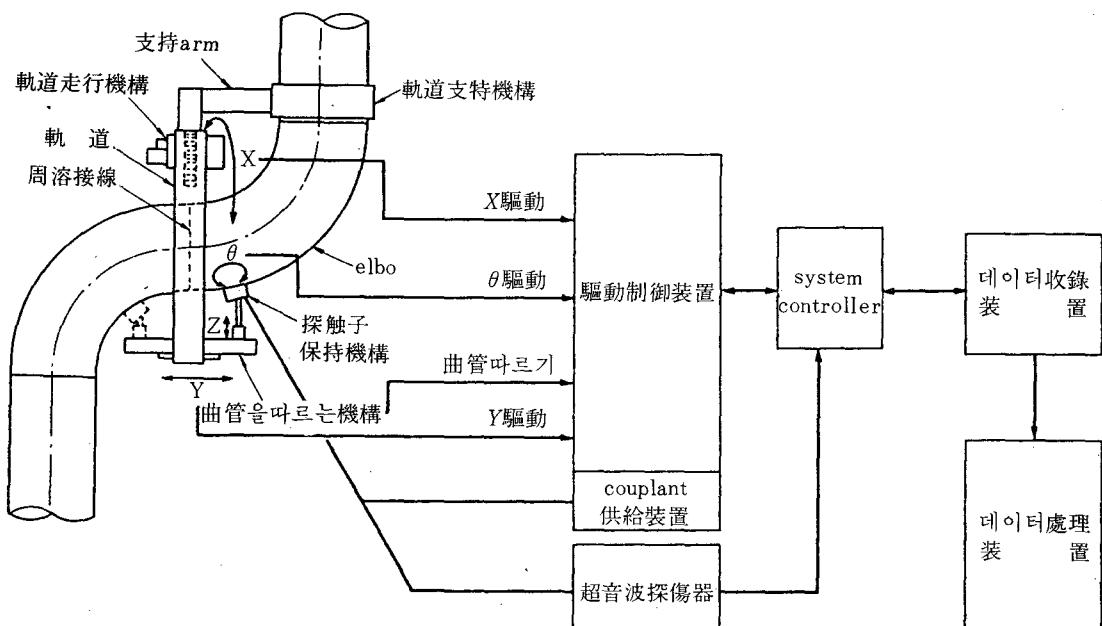
(2) 機器의 概要

그림8에 주요계통 및 구동장치의 개요(小口径用)를 나타내었다. 시스템은 探触子를 용접線上에서 走査하는 구동장치, 구동장치를 制御하는 제어장치, 接触子와 配管表面과의 couplant(接触媒質)의 공급장치, 超音波探傷器, 탐상신호와 制御신호를 조절하는 system controller

로 구성된다. 구동장치는 探触子를 갖고있는 기구, 曲管을 따르는 기구, 軌道走行기구, 케도, 케도지지기구로 되어있다. 케도는 케도지지기구에 의해 용접線을 面上에 지지하여 그 内面을 曲管을 따르는 기구가 軌道走行기구에 의해 회전하도록 되어 있다. 探触子를 走査하는 속도는 현재 실용화되어 있는 자동장치와 같이 50mm／秒이하로 하고 있는데 探触子는 회전할 수 있도록(θ 驅動) 되어 있으며 溶接線에 대해 直角方向과 平行方向에서 音波를 넣어 探傷할 수 있도록 되어 있다.

走査에는 振動子径의 10% 이상이 항상 接触子와 配管과의 음향적結合을 양호하게 하기 위해 couplant로서 물 또는 글리세린을 사용한다. 현장의 배관은 배관지지나 다른 배관이 가까이 있기 때문에 裝置外形의 높이를 配管表面에서 150mm 이하로 하는 것을 목표로 하고 있다. 운반시 및 取附時의 作業性을 고려해서 케도지지기구, 케도 및 케도走行기구는 分割이 가능한 구조로 하며 分割單位重

〈그림 8〉 曲管溶接部自動超音波探傷裝置(小口径用)



量을 20% 이하로 하고 있다.

일본에서는 82년도에 要素試験을 끝마치고 83년도에 実証試験用의 供試體를 제작하여 84년에서 85년까지 시험 및 개량을 할 예정이다.

(3) 채택시의 効果

이 장치의 실용화에 의해 종래의 자동초음파 탐상장치와 함께 발전소의 대부분에 대해 초음파탐상의 자동화가 달성될 수 있을 것이다.

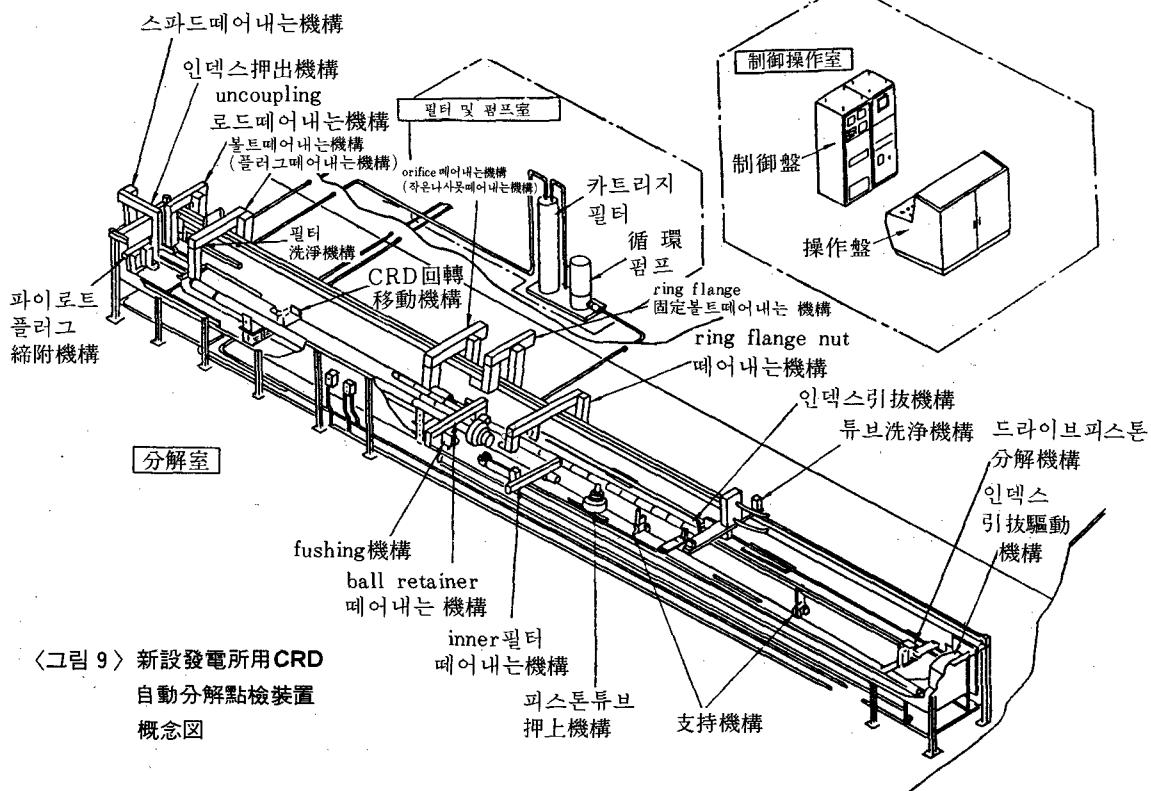
사. CRD自動分解點檢裝置

BWR型원자력발전소에서의 制御棒驅動機構(CRD)는 年1回의 定期検査때마다 据置總本数의 約 25%에 대해 分解點檢, 部品交替가 행해지고 있다. CRD의 분해점검작업은 CRD를 원자로압력용기下부로부터 꺼내서 CRD保修室内에서 分解, 洗淨, 点檢 및 필요에 따라 부품교환을 하여 再組立을 한후 다시 원자로압력용기에 집어넣는 작업이다.

이들 일련의 작업중 CRD의 원자로압력용기 하부로 부터의 꺼내기 및 분해점검후의 재삽입 등은 이미 CRD자동교환기에 의해 원격자동화가 행해져서 被曝線量의 低減 및 검사의 省力化가 도모되고 있다. 그러나 CRD保修室内作業은 일부 반자동의 분해점검장치가 도입되어 있다고는 하나 대부분의 발전소에서는 속련작업자의 手作業으로 행해지고 있다. 이와같은 상황에 대처하기 위해 CRD보수실내에서 작업자가 手作業으로 하고있는 CRD의 분해, 洗淨 및 점검작업을 원격자동으로 조작가능한 장치를 개발하고 있다.

(1) 裝置의 概要

장치는 CRD保修室의 공간면적, 機器配置 및 電氣, 給水, 空氣設備의 制約 등에서 신설되는 발전소용 장치와 既設발전소용 장치로 나누어서 개발하고 있다. 신설발전소용은 分解, 洗淨, 点



겁 및 이에 따르는 搬送作業을 遠隔自動化로 행하는 것을 목표로 하여 개발하고 있다. 既設 발전소용은 CRD보수실의 공간면적 및 다른 機器와의 관계에 따른 문제때문에 완전자동화를 행하는 것은 곤란하며 자동화범위를 선정할 필요가 있다. 여기서는 新設발전소用 장치에 대해서概説하고자 한다.

그림 9에 新設발전소用 CRD자동분해점검 장치의 개념도를 나타내었다. 이 그림에는 CRD를 구성하는 부품(튜브, 볼트, 小形部品 등)을 차례로 분해하는 기구, CRD를 분해하는 과정에서 放射線量이 높은 부분을 洗淨하는 기구, 각 기구의 制御裝置, 필터 및 펌프가 표시되어 있다. CRD에서 분해된 긴 파이프부품이나 小形部品을 취급하는 handling기구 및 handling기구를 積載하여 保修室内를 이동하는 搬送機構는 除染分解水槽의 위에 설치한다. 분해된 부품을 점검하기 위한 遠隔外觀検査(칼라 TV장치 등)機構는 분해실내에 설치한다.

(2) 裝置의 使用方法

원자로압력용기下부로부터 운반cart에 의해 保修室로 운반되어 온 CRD는 일시보관수조로 옮겨진다. 그 후 handling기구에 의해 CRD는 除染分解水槽로 移送되어 洗淨, 분해가 행해진다. 이때의 洗淨은 특히 방사선량이 높은 부분이 대상이다. 분해된 小形部品은 超音波洗淨槽에서 除染된다. 다음에 CRD作業架台에서 검사, 再組立, 리크시험이 차례로 행해지고 CRD 保管rack로 옮겨진다. 원자로압력용기下부에의 운반은 다시 운반cart에 의해 행해진다.

(3) 장치채택시의 效果

이 장치의 실용화에 의해 CRD분해점검작업에 필요한 人員은 대폭적으로 省略되고 작업에서의 피폭도 현저하게 저감하며 작업능률의 향상이 기대된다.

아. 燃料自動檢查裝置

定期検査時には 원자로압력용기로 부터 꺼낸

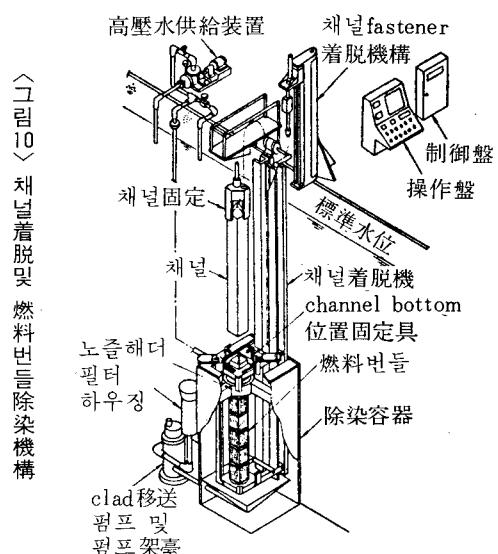
일부 연료번들에 대한 외관검사, 사이즈검사가 행해지고 있는데 이들의 검사는 연료취급工具, 水中TV 카메라 등을 사용해서 숙련자의 手作業에 의해서 행해지고 있다. 이와같은 상황에 대처하기 위해 BWR型원자력발전소의 연료를 대상으로 해서 피폭량이 적고 효율적으로 검사를 할 수 있도록 「채널着脱機構 및 연료번들除染機構」와 「채널 및 연료번들검사기구」를 갖는 자동검사장치를 개발하고 있다. 그 장치의 操作性, 검사능력, 保守點檢의 容易性 등 원자력발전소에의 適用에 필요한 기능 등의 實証試驗이 예정되고 있다.

(1) 機器의 仕様

이 장치는 연료의 채널着脱, 연료번들의 除染 및 채널과 연료번들의 검사를 원격자동화함으로서 검사시의 피폭저감과 省力化를 도모하려는 것이다. 검사의 내용은 水中TV 카메라에 의한 육안검사, 채널의 外徑크기검사와 연료봉 간격검사 등이며 다음의 조건을 만족시킬 수 있는 장치를 개발하고 있다.

① 검사기간의 단축을 도모하고 작업자의 피폭을 低減시킬 수 있을 것.

② 채널 및 연료번들의 크기검사는 임의의 위



치에서 측정할 수 있고 또한 그 신뢰도가 높을 것.

③ 장치는 숙련자가 아니더라도 조작할 수 있는 신뢰성이 높은 구조 및 制御方式일 것.

(2) 機器의 概要

그림10에 채널着脱 및 연료번들 除染機構를 나타내었다. 번들을 위·아래로하는 채널着脱機, 채널fastener 着脱機, 除染容器, 除染用의 물분사를 위한 高壓水공급장치 및 이들의 制御 패널로 구성된다. 작업순서는 ① 연료교환기에 의해 채널着脱機에 설치된 연료는 채널을 잡는器具와 채널fastener 着脱기구에 의해 半自動으로 채널fastener 와 채널을 떼어낸다, ② 다음에 검사에 앞서서 필요에 따라 노즐헤더에서 나오는 高壓水제트사이를 연료번들을 위·아래로하여 연료번들에 부착되어있는 부식생성물을 除染한다. 제염된 부식생성물은 필터에 捕集된다. 除染이 끝난 연료번들과 채널은 채널및 연료번들 檢查機構로 옮겨진다.

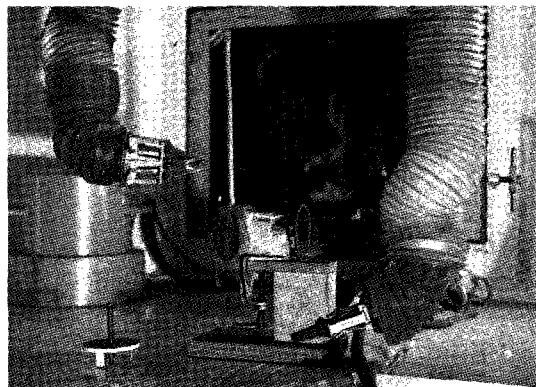
검사기구는 채널사이즈檢知機構, 연료봉간격 검지기구 및 水中카메라가 설치되어 있으며 비틀림(歪)게이지와 差動trans를 사용해서 임의의 위치에 있는 채널의 폭과 연료봉사이의 간격을 측정할 수 있다. 또 水中TV 카메라에 의한 외관검사도 동시에 행할 수가 있다. 84, 85년에 제작, 시험, 개량을 할 예정이다.

(3) 채택시의 效果

이 장치를 채택함으로서 현재 숙련작업자에 의해서 행해지고 있는 연료검사가 자동화되어 被曝低減, 省力化, 신뢰성의 向上을 도모할 수 있다.

3. 앞으로의 展望

원자력시설에서의 작업원 피폭저감, 定檢期間의 단축, 안전성, 신뢰성이 加一層 向上되리라는 面에서 작업의 로보트化는 앞으로 더욱 진행될 것이다. 다음과 같은 분야에서 로보트의 적



용이 기대된다.

(1) 除染作業 : 放射性流體를 内包하는 機器나 容器의 除染作業.

(2) 分解組立作業 : 원자력시설에서 사용되는 펌프, 벨브 등 각종機器의 保守·保全을 위한 분해, 조립작업.

(3) 檢查·計測作業 : ISI 검사용기기나 정상운전중의 프로세스計裝 및 환경계측 등의 작업.

(4) 運搬·輸送作業 : 保温材의 떼어내기와 据置 등의 上記 (2), (3)에 관한 周辺作業에서 방사성폐기물의 搬送에 이르는 작업.

(5) 補修, 交換作業 : 각종機器의 異常時 對應으로서의 補修와 필요한 경우의 교환작업 등 不定形作業一般.

앞에서의 로보트들이 갖출 필요가 있는 기능을 정리해보면 다음과 같다.

(1) 走行·接近機能

- ① 小型이면서도 柔軟(形이 바뀌는) 走行
- ② 不整地나 계단에서의 安定走行
- ③ 方向轉換의 容易性
- ④ 自律走行

(2) 檢出·適應機能

- ① 周辺狀況의 檢출
- ② 주위 상황에 對應한 適應制御
- (3) 操作·判斷機能
 - ① 다루기가 쉬운 man-machine interface
 - ② 패턴認識 등에 의한 情報處理