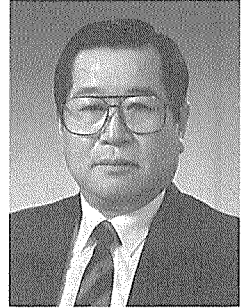


## 非破壞檢査分野의 放射線利用歷史



채 화 목  
한양종합검사(주) 회장

### 非破壞檢査分野의 放射線利用發展史

原子力의 産業的 利用分野를 大別하면 原子力發展과 放射性同位元素의 利用으로 區分할 수 있다.

原子力發電(Nuclear Power)은 在來式發電인 火力, 水力 또는 潮力等과는 달리 原子爐內에서의 核反應에 依한 熱을 利用하여 電氣를 生産하게되며 石炭等 火石燃料資源의 枯竭을 前提로 한 20世紀 에너지源의 寵兒로 登場하였고 더욱이 地球環境의 深刻性이 現代를 살아가는 모든 生命體에 있어서 우선과제가 되어 있는 이때에 原子力發電이야말로 無公害에 가까운 에너지源으로 또한 長期的으로는 經濟性面에서도 이를 代替할만한 余他手段이 現在로서는 없다는 것이다.

原子力發電에 關한 이야기는 이 章에서는 留保하기로하고 放射性同位元素의 利用分野가 엄청나게 많지만 이 中에서도 産業的利用分野 中의 한개분야인 非破壞檢査分野의 放射線利用에 關하여 그 利用의 歷史的背景이라 할까 或은 應用開發史라 할까 아무튼 필자의 短聞과 좁은 所見을 中心으로 이를 略述하고자 한다.

### 放射性同位元素의 産業的利用開發

1895年 獨逸의 Röntgen이 X-線을 發見한 지 100周年이 지난 첫해이다.

X-線이 發見됨으로써 人類의 生命科學에 미친 영향은 실로 크다고 할 수 있다.

醫學的으로 放射線診療의 여러지手段으로 널리 應用되어 醫學的 또는 學問研究에 크게 寄與하여왔다.

그밖에 X-線을 産業的으로도 廣範하게 利用하여왔으며 特히 人體의 X-線 撮影이 普遍化될무렵에 工業的으로 X-線을 應用하기 始作하였으며 이의 利用歷史를 보면 大略다음과 같다.

여기에서 便宜上 X-線과 放射性同位元素에서 發生되는 放射線을 통틀어 放射線이라는 用語로 單一化할 것을 前提로 함을 諒知하여 주셨으면 한다.

#### 放射線을 利用한 非破壞檢査

오늘날 放射線을 利用한 非破壞檢査法은 그 應用歷史가 다른 檢査法에 비해 가장 오랜 세월이 흘렀고 또한 그 利用範圍가 넓으

먼저도 오늘날까지 가장 많이 쓰이고 있는 방법이라할 수 있다.

産業革命以後 歐羅巴一帶에서 特히 英國과 獨逸이 軍需産業에 非破壞檢査를 試圖하기 始作한 것이 非破壞檢査의 産業的利用의 始初가 될 것으로 본다.

이무렵에는 武器의 品質檢査를 爲始하여 各種工業製品의 缺陷有無에 對해 X-線을 利用하여 檢査를 實施하여왔고 世界 第2次大戰의 終結과 더불어 重化學分野의 品質檢査에도 幅넓게 應用되었던 것이다.

그러나 이러한 急速한 産業分野에서의 需要와 더불어 非破壞檢査裝備의 技術的 및 經濟的인 問題가 抬頭되기 始作하였고 至今까지 使用되어온 X-線發生裝置의 取扱上의 不便, 價格의 高價, 壁地 및 與地等 電源으로부터 멀리 떨어져있는 現場에의 利用上의 問題點等으로 어느 程度의 制限을 받게 되었다.

또한 既存裝置의 무거운 重量으로 因하여 檢査者가 携帶할 수 없는 등 一定한 場所에 固定設置하여 使用하는 등의 限界性을 수반하기에 이르렀다.

그러나 終戰以後 原子力의 平和的利用 研究의 一環으로 原子爐가 建造되었고 이의 利用研究와 더불어 放射性同位元素를 生産함으로써 이러한 問題點을 解決할 수 있게 되었다.

即 原子爐에서 生成된 中性子과 放射性同位元素인  $Co^{60}$ ,  $Ir^{192}$  등의  $\gamma$ -線을 利用함으로써 X-線에 代替되는 非破壞檢査法으로서 放射線 透過檢査分野의 劃期的인 發展은 말할것도 없고 利用範圍亦是 크게 伸張되었다.

### 非破壞檢査의 發展過程

世界 第2次大戰以前까지는 非破壞檢査를 主로 X-線透過攝影 即 透過寫眞法에 依해 武器生産의 檢査手段으로 아주 緊要하게 利用

하였다.

獨逸의 경우 第1次 世界大戰 中에 複葉式 航空機의 支柱를 同檢査法으로 點檢했고 大砲의 彈藥 더 仔細하게 말하면 火藥의 允填率 檢査, 輸送荷物 中의 不良品發見을 爲해 X-線 透過攝影檢査法이 쓰여졌으며 이것이 바로 非破壞檢査法이 産業的으로 利用된 始初라고 볼 수 있다.

1912년에는 美國에서 從來의 X-線管球보다 훨씬 높은 電壓을 걸어 줄수 있는 管球가 發明됨으로써 被檢査體에 長期間의 X-線透射가 可能해졌고 이로 因해 透過力이 增加되어 두께가 두꺼운 被檢査體의 檢査가 可能해졌다.

1925년에 들어서는 美國內의 火力發電所에서 高壓熱氣容器에 使用되는 鑄造品全體를 X-線 透過檢査法으로 全量檢査를 實施하게 되었다.

1930년에는 美國의 機械工業協會(ASME)가 壓力容器(Pressure Vessel)의 缶胴을 熔接許可한 最初의 企業體인 I.C.E.社(International Comfustion Engineering, Co)에 對해 熔接部位에 X-線透過檢査를 반드시 實施하라는 條件으로 熔接制作을 許可하였다.

또한 그 이듬해인 1931년의 下半期인 7月에는 ASME보일러 및 압력용제작규정(Boiler and Pressure Vessel Code)에 X-線透過攝影法에 依한 非破壞檢査를 반드시 實施하도록 義務化하였다. 이러한 ASME 規定에 따라 美國內의 모든 보일러나 압력용기 制作會社는 勿論이고 ASME규격과 關聯이 있는 世界各國의 Maker들도 점점 X-線에 依한 非破壞檢査를 實施하기에 이르게 된 것이다.

1933年 8月에 日本의 島津製作所에서 軌道移動用 X-線發生裝置인 SH-200-A라는 熔接檢査裝置로서 出力容量 200KVP, 5mA의 Weld Test를 市販하였다.

그 이듬해인 1934年 獨逸은 容量 300KVP의 据置式工業用X-線發生裝置를 開發하여 自國內에 設置하였다.

또한 1935년부터 1938년사이의 약4年間에는 非破壞檢査法이 産業分野에 本格的으로 그 適用이 活潑하게 實施된 時期에 접어드므로써 工業先進國들이 共히 ASME 關聯製品에 對하여 그 品質管理의 最終手段으로서 X-線을 利用한 非破壞法이 반드시 실시하도록 義務化되었었다.

이무렵 다른 産業分野에서도 非破壞檢査法이 널리 利用됨으로서 鐵道車輛등의 運輸産業을 비롯하여 水, 火力發電設備, 航空機産業, 戰車生産을 爲始한 武器産業 및 余他産業分野에 이르는 모든 分野에까지 利用되기 始作하였다.

그러나 이와같은 높은 需要에도 不拘하고 이무렵의 X-線發生裝置는 技術的 및 經濟的으로 많은 補完이 必要하게되었었다.

말하자면 X-線管(X-ray tube)의 製作이 純全히 手工業的으로 이루어지고 있어 값이 너무 비쌌고 高壓 Cable이 大量으로 必要하는 등 그 設置에 많은 制約이 따랐다.

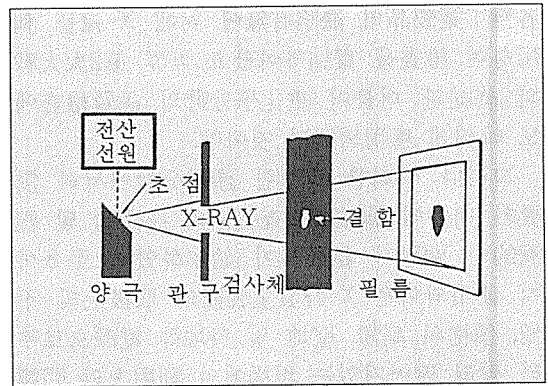
다른 方法의 非破壞檢査法이 先進各國들에 依해 研究, 發展되기 始作한 1934~5年頃은 第2次世界大戰이 激烈하였고 日本의 東京近郊의 軍需工場들에서는 特殊鋼板의 龜裂(Crack)등의 缺陷檢査에 磁紛을 利用한 檢査方法으로 磁紛探傷檢査法(Magnetic Particle Inspection)을 適用하기에 이르렀다.

또한 같은 무렵에 또다른 檢査法들이 속속 開發되었고 英·美·佛·獨等 西方先進國들은 勿論 日本에서도 같은 時期에 工業用으로서 超音波探傷檢査(Ultra-sonic flaw detection), 浸透探傷檢査(hiquied penetrant testing), 漏洩測定(Leak test)등의 檢査法이 開發되어 産業製品의 品質을 높히는데 決定的인 役割을 하기 시작하였다.

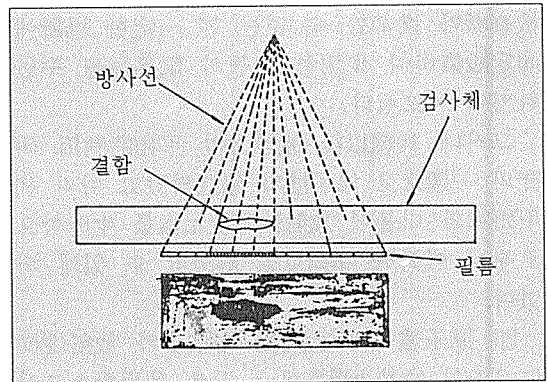
1960年代에는 우리나라에서도 放射性同位元素를 利用한 非破壞檢査法인 RT法이 産業分野에 利用되기 始作하였다.

그 以前부터 國內에서 局所的으로 外國技術陣에 依해 실시된 分野로서 造船工業, 航空産業, 軍事用通信基地, 鐵道車輛등에 實驗室的으로 微微하게 나마 試驗通用해 왔던것도 빼놓을 수 없다.

放射線透過檢査法(RT檢査법)그림-說明



방사선투과검査법(γ-선 및 X-선)



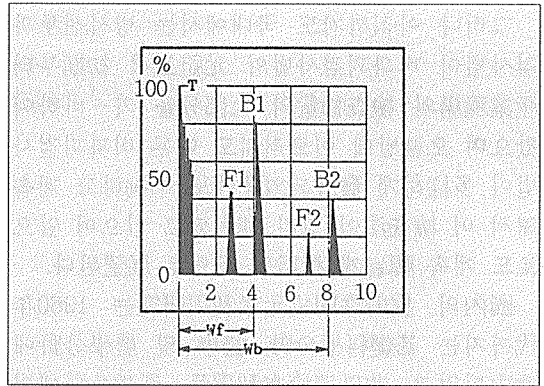
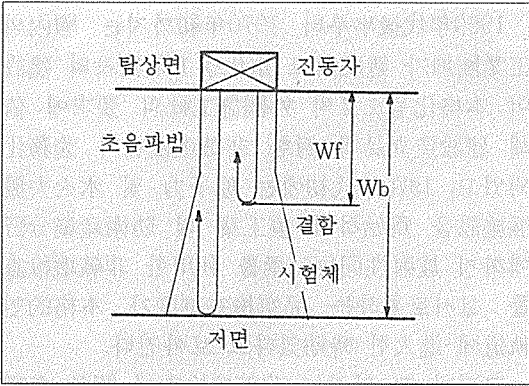
방사선투과검査법(γ-선 및 X-선)

오늘날은 多樣한 非破壞檢査法이 開發되었고 이 技術은 國際會議 및 技術情報交流를 통해 國際的으로 迅速하게 波及되고 있다.

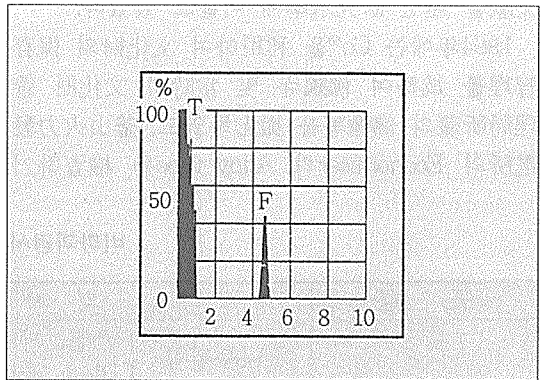
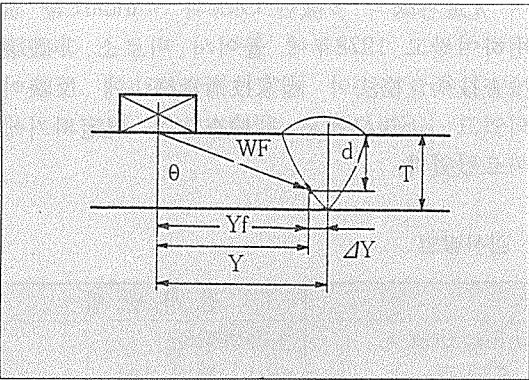
아울러 音響放出檢査(Acoustic emission test), 渦流探傷檢査(eddy current test) 및 病勞測定(Strain measurement)等 非破壞檢査法등이 開發되었으며 이들이 宇宙産業을 비롯

超音波探傷検査法(UT 검사법) 그림 說明

(수직법)

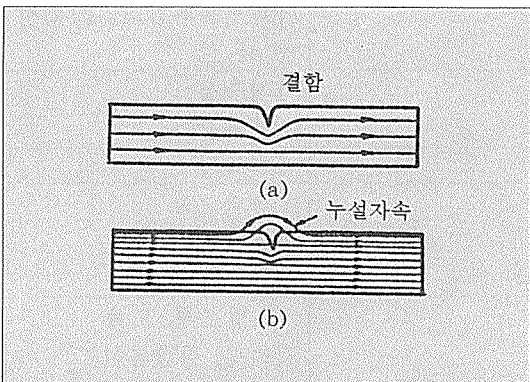


(사각법)

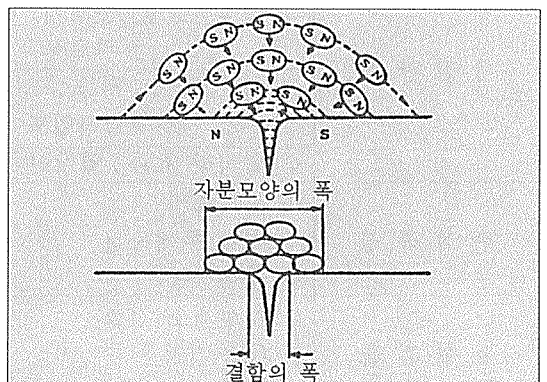


磁粉探傷検査法(UT 검사법) 그림 說明

자분탐상검사법



(결함부위의 누설자속)



(결함부위의 자분 흡착)

한 各種尖端産業分野는 勿論 原子力發展등을 爲始하여 重工業全分野에까지 幅넓게 適用되고 있다.

그러나 아직까지도 국내에서는 방사선투과 검사법이 비파괴검사법의 元祖로서 初期부터 産業現場의 檢査物量の 大部分을 카-바하여 왔으며 오늘날에 이르러서도 다른 비파괴검사법이 多様하게 發展되었음에도 不拘하고 계속해서 이 檢査法이 널리 利用되고 있으며 앞으로 계속 幅넓게 利用될 것으로 展望된다.

國內의 放射性同位元素利用研究는 1960年代까지는 基礎科學分野, 醫學 및 農學分野에 致中되었고 非破壞檢査利用등 産業分野에의 研究는 第 1次經濟開發 5個年計劃期間中에는 文獻을 통한 研究水準에 머물고 있었다.

1964년에는 Co<sup>60</sup>을 利用하여 文化財의 保存管理를 爲하여 佛國寺 및 當時의 文化財 管理局所藏의 佛像等を 撮影하였고, 釜山火力發電所의 Economiser의 Alloy tube를 檢査하기

위하여 긴 낚시대끝에 Co<sup>60</sup>線源을 매달아서 一部檢査를 試圖한것이 産業現場에서의 放射線透過法의 첫 시작이었다고 본다.

1960年代後半부터 1970年初까지는 國內의 工業團地가 造成되고 重化學工業施設의 建設이 本格化됨으로써 外國施工社의 要求에 依해 建設造立品에 對한 非破壞檢査가 義務化되었고, 1970年代初에는 原子力 및 水火力發展施設을 爲始하여 重工業 및 防衛産業分野에까지 放射性同位元素를 利用한 非破壞檢査를 실시토록하는 品質檢査制度가 本格的인 軌道에 進入한 時期였다고 보아진다.

그러나 그 당시는 非破壞檢査에 關한 各種技術資格制度 및 技術 基準이 마련되지 못하여 先進各國의 多樣한 Code와 Standard를 通用하여왔고 1978년에 들어서 비로소 非破壞檢査技術資格法이 國家技術資格法에 反映이 되었고 KS規格에도 同檢査法이 規定되기에 이르렀었다.

비파괴검사 대상별 검사방법

구 분	검 사 대 상	검 사 방 법
결 합 검 출	○ 내부결합 : { 균열, 게재물, Lamination Blow Hole, Slag 혼입	초음파탐상, 방사선투과시험
	○ 표면결합 :	자분탐상, 침투탐상
	○ 표층결합 : 표면하 2-3mm범위 결함	자분탐상시험
재 질 판 정	○ 물리적성질 { 항장력, 항복점 충격치, 경도 피로	자기측정 와류초음파감쇠자기측정 방 사 선
	○ 성분, 입도 : 각종성분 결정입도	자기측정 초음파감쇠
	○ 열처리 효과 : 열처리 깊이	자기측정
부 식 측 정	○ 두께측정 ○ 피막 두께측정 ○ 부식상황	초음파 와류, 형광 X-선 와류, 초음파
누 설 검 출	○ 누설개소 검출 ○ Gas 검지 ○ 액체 검지	R.I, 발포제, 도료 검지관, 질량분석 R.I, 화학반응

검사장비 및 검사구분

분 류	검사장비 및 검사기술구분	검사부위
방 사 선	X-선 발생장치 γ-선 장치(Ir-192, Co-60) 중성자 조사장치(Cf-252, 원자로) 투과 방사선, 후방산란 방사선 형광 X-선 분석 X-선 회절법	결함검사, 이상검출 결함검사, 이상검출 결함검사, 이상검출 두께 두께, 원소분석 피로 잔류응력 결정입도
음향진동	초음파탐상법(Pulse반사법, 투과법, 표면파법, 판파) 초음파 임계각, 초음파 감쇠 AE 측정 음향 검출 진동측정	균열, 게재물, 두께 결정입도, 재질 균열개시의 전위 마모, 노화 이완 마모, 노화 이완
전 자 기	자분탐상법 와류탐상법 누설자속 측정법 자기 특성 전기 저항 측정 전기 저항법 전기신호 검출법	표면결함 표면결함 표면결함 재질, 경도 전기저항, 부식, 균열 외곡, 잔류응력 절연
열	온도 검출법 적외선-ITV법	온도 회전기 발열부 열분포, 로진단, 결함검출
광	육안검사 광학검사법 광탄성 측정	표면결함, 형상 표면결함, 형상 응력
침 투	침투탐상법	표면결함 열분포, 로진단, 결함검출

그後 1980年度에는 韓國非破壞檢學會가 設立됨으로써 各大學 또는 研究機關에서 散發的으로 研究해은 非破壞檢査法에 의한 R & D 活動의 結果가 學會를 통해 相互交換되었고 非破壞檢査業界에서 必要로 하는 技術者의 教育訓練 및 學會自體의 技術認證制度도 開發되고 있다.

國際的으로 世界非破壞檢査大會 및 國際非破壞檢査大會가 每4年마다 開催되고 있으며 亞細亞太平洋地域非破壞檢査大會를 비롯하여 臺灣, 韓國, 日本의 3個國이 每年開催하고 있는 極東非破壞檢査大會가 있어 活潑한 學術交流가 이루어지고 있으며 그밖에 東歐圈國

家들이 開催해왔던 大會나 EC國家들이 開催하고 있는 各種 Symposium等이 있어 非破壞檢査技術의 學術交流와 情報交換도 活潑하게 이루어지고 있다.

產業的으로는 國內에 非破壞檢査業體數도 1995年末基準 約 26個業體에 達하며 技術水準도 世界各國에 比하여 크게 損索이 없다고 보아진다.

그러나 放射線透過檢査法은 放射線安全이라는 懸念문제때문에 先進國에서는 점점 他檢査法으로 代替되고 있으며 우리나라도 例外가 될 수 없이 이 檢査法은 將次産業現場에서 점점 멀어져갈 것으로 展望되고 있다.