

封面格式

行政院所屬各機關報告書  
(出國類別：考察)

考察日本神戶地震後瓦斯供應  
安全與地震防範做法

服務機關：中國石油股份有限公司

出國人職稱：副處長、工安師

姓名：胡經武、洪俊銘

出國地區：日本

出國期間：民國九十年四月十五日至四月二十一日

報告日期：民國九十年五月三十一日

# 出國報告目錄

	頁數
第一章考察目的.....	5
第二章考察行程.....	6
第三章考察內容.....	7
一、阪神大地震之瓦斯設備受損情況.....	8
二、瓦斯設備耐震措施.....	13
三、瓦斯之緊急應變措施.....	14
四、本公司遭遇九二一瓦斯損害及地震後輸氣導管緊急應變處理措施.....	17
五、瓦斯管線診斷方式.....	18
六、地震發生時之資訊收集功能—大規模的都市瓦斯設備之遙控監視系統.....	19
七、地區整壓站相關防震措施系統.....	21
八、地震災害之天然氣管線預防措施.....	23
九、日石公司煉油廠防震措施.....	24
十、結論與建議.....	25
附件：相關照片集錦.....	26
附件：日石公司石油煉油設施之基礎耐震設計相關資料	

# 第一章考察目的

台灣與日本同處於「環太平洋地震帶」上，地震的成因主要在於不同地質板塊的交會處，地層活動比較頻繁，加上板塊間的作用力量又在附近扯裂或擠壓出更多中小型斷層，形成斷層密佈的區域，一旦其中有些斷層所受的力量累積到某種程度，藉由地震的形式，將能量釋放出來。日本政府及民間單位長久以來致力於地震防災研究，為降低地震所引起的災害，建立相當完備的防災行政體系，制訂許多防災法令，尤其在維生線地震工程與地震防災對策方面，已有多年的研究成果，值得國內借鏡學習。

一九九五年一月十七日凌晨 5 點 46 分(日本平成七年)日本兵庫縣南部淡路島北方發生芮氏規模 7.2 之大地震(死亡六千三百零八人、財務損失約日幣十兆元，瓦斯業損失約日幣 1900 億元)，其地震水平最大加速度達 833Gal，由於震源鄰近人口稠密之都會區，造成大阪、神戶地區重大災害，各種維生線系統受損嚴重，影響日本經濟及救災工作進行。地震過後日本各界體認到都市維生線防災之重要性，立即針對現行之地震對策、防災體系及耐震設計全面檢討修正，進一步規劃新的地震工程研究工作。

為防範台灣本島發生類似日本神戶地震所帶來的浩劫，造成台灣工業及民生瓦斯供應中斷，以確保本公司天然氣儲槽、配管及長途高壓管線輸氣安全。因此派員赴日考察主要目地瞭解大阪瓦斯公司經歷神戶地震後相關瓦斯供應安全與防範地震災害措施。

## 第二章考察行程

一、 考察日期：

民國九十年四月十五日至四月二十一日計七天。

二、 考察人員：

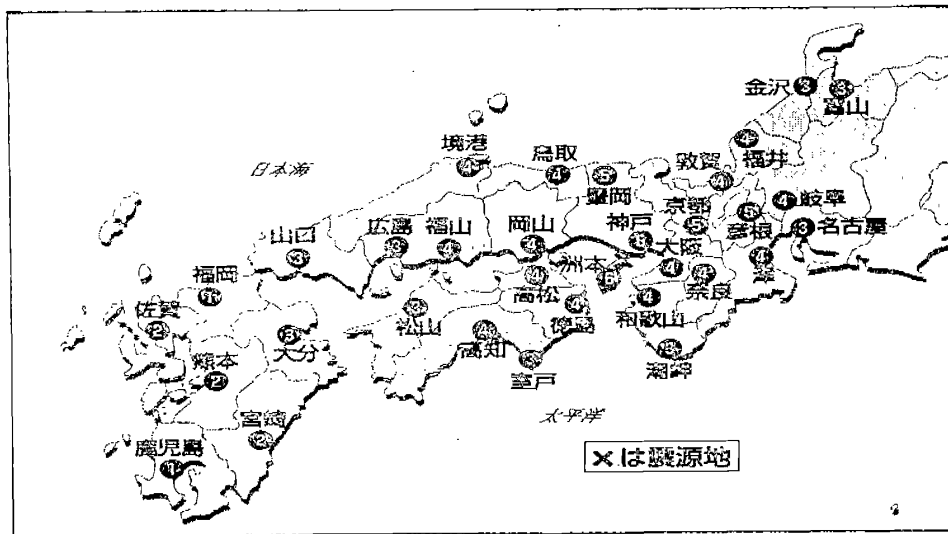
1. 中國石油股份有限公司：胡經武副處長。
2. 中國石油股份有限公司：洪俊銘工安師。

三、 考察行程表：

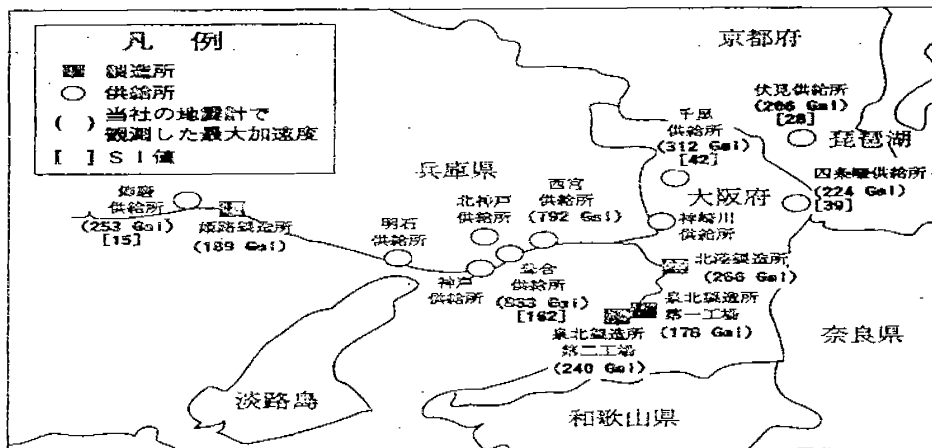
考察日期	考察行程	考察工作內容
90.04.15	台北→大阪	
90.04.16→04.17	大阪	一、拜訪大阪瓦斯公司，收集神戶地震前之瓦斯供應安全設計【包括儲槽(含LNG槽)、管線、基礎之地震係數】與防震措施及考量；地震期間之緊急應變與損害情形等資料；地震後之檢討改進項目與安全設計，並概估增加之費用等資料。  二、考察神戶地震災區復原，整壓站輸氣安全與地震防範措施。
90.04.18	大阪→橫濱	考察大阪瓦斯公司LNG儲槽地震防範措施。
90.04.19→04.20	橫濱	拜訪日石菱油工程公司及現場勘查煉油廠地震防範措施
90.04.21	橫濱→成田機場→台北	

### 第三章 考察內容

阪神大地震時，日本氣象廳發布各地地震度及由大阪瓦斯公司的地震計觀測的數據，在阪神間各地點皆觀測到大搖動，隨著做設備之點檢，製造所及高壓設備，供給所的主要設備可確認沒發生損害。但一部份中壓導管及低壓導管網有發生損害。在這次的震災，製造所的設備十分耐震，距震源相當遠的地方，主要設備無損害，可繼續操作。



圖一 一月十七日日本氣象廳發表各地之震度



圖二 地震發生時之最大加速度 SI 值

### 一、阪神大地震之瓦斯設備受損情況

於 1995 年兵庫縣阪神大地震大阪瓦斯公司，瓦斯受損方面以低壓導管之損壞較為嚴重，大部分屬螺絲接頭及印籠型接頭之破損；而供氣區域內之球型儲氣設施、高壓/中壓等主要輸氣幹線之受害均輕微，中壓導管之受害種類及受害位置，管路在既存活斷層線周邊複雜地形及發生土壤液化地區之受害情況較顯著，發生災害均發生於河川、水路、水池旁、地形境界及活斷層附近，故地盤條件為災害之主要原因，瓦斯災情之調查結果(如表一)。

表一 瓦斯設備受損情況(大阪瓦斯 1995)

設備	災害狀況	備註
製造設備	無災害	
貯存設備	無災害	
高壓幹線 (10kg/cm <sup>2</sup> )	無災害	
中壓導管 (1~10kg/cm <sup>2</sup> )	漏洩(106 處)	開關閥接頭鬆脫，鋼管焊接部位之龜裂。
低壓導管 (1kg/cm <sup>2</sup> 以下)	漏洩(2 萬 6000 處)	災害集中於螺絲接合處及印籠型接頭。

日本大阪瓦斯公司在阪神地震之後，徹底檢討全公司之管線、設備以及供應系統：

#### (一) 管線方面：

針對中壓管線之洩漏，不惜耗鉅資與 NKK 機械公司技術合作共同開發管線內磨光、補焊及檢查遙控機器，檢查並修補 4,000 公里長之中壓管線。

1、1995 年地震後即發現中壓管線焊接口，常有不足情形，(如圖三)乃與 NKK 公司合作歷二年之技術開發完

成管線內 grinding, welding and inspection 之遙控機器 (robot), 目前 Osaka Gas 公司共製造了 6 組、每組造價約為日幣 1.5 億元, 管徑 300mm  $\phi$ ×1, 及 400mm  $\phi$ , 500mm $\phi$ 、600mm  $\phi$ ×5, 其中後者 5 組可共用, 而 300mm  $\phi$  則為專用。

2、該項設備自 1997 年使用至今, 已完成 2,400 個焊點, 尚有 300 公里須檢測, 由於使用此項設備做管線維修檢測工作, 不需開挖、切管、焊接、回填等工作, 且一次可檢修 300 公尺之距離, 據估計可減少 30~50% 的維修成本。

3、此機器在管線內之工作流程如下：

出發→TV 監看→確認位置→grinding→welding→檢查(以 laser beam)→前進至下一個接合處(如圖四)

(二)設備方面：

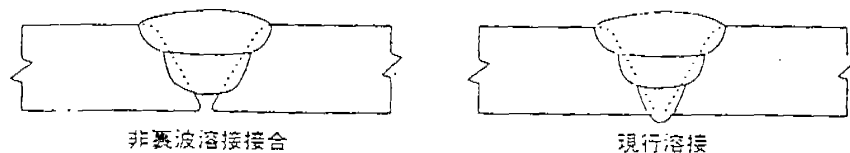
- 1.增設地震計, 由地震前的 34 處增加至 224 處, 以便收集更廣泛的地震數據。
- 2.增設地震感應自動關斷系統於中壓 B 整壓器約 3,000 處, 以即時關斷天然氣管線, 減少管線洩漏造成火災。
- 3.低壓管線改以 PE 管, 其接合處以電熱融著接合方式以提高耐震能力(如圖五)。

(三)供應系統方面：

- 1.於總部成立大阪瓦斯公司中央指揮中心, 將所有生產

(泉北製造所及姬路製造所)、輸送壓力及流量、銷售、地震針測值、地震感應自動關斷系統等資料，全部集中送至指揮中心，再由指揮中心判斷，以遙控方式關斷中壓 A 及 B 管線之供應。

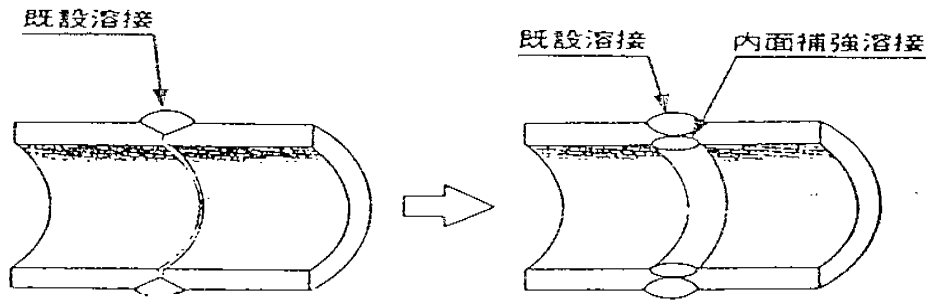
2. 中央指揮中心耗資 20 億日元，有基礎防震與建物防震裝置(如圖六)，同時自備天然氣發電，以確保地震時仍能穩固。
3. 此指揮中心平時即擔負生產銷售調度指揮監控，人員計七名，五名在總部，另二名在京都副指揮中心，連線作業，若大阪地震造成總部指揮中心無法使用時，能立即將指揮權全部轉移京都指揮，而京都的指揮功能與總部完全相當。
4. 整個供應系統從高壓( $10\text{kg}/\text{cm}^2$  以上)天然氣控制為中壓( $1\sim 10\text{kg}/\text{cm}^2$ )天然氣管線後，在主幹管上即有緊急關斷閥(由控制中心遙控)，在中壓 A 管線上尚有 300 處可做遙控關斷，由中壓 A 到中壓 B 管線之整壓器均加裝有地震感應自動關斷系統，至低壓( $1\text{kg}/\text{cm}^2$  以下)管線送至每戶家用前之計量計亦具有地震感應到 200gal 以上時自動關斷功能(詳如圖七)，由此供應系統可看出大阪瓦斯公司在防震措施上，已相當完備，安全防護措施有好幾道，以確保地震時洩漏量降至最低。



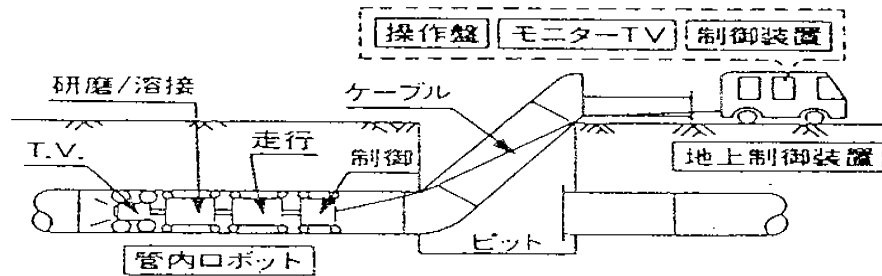
圖三 中壓導管溶接部被害狀況之分析



全自動MAG溶接法



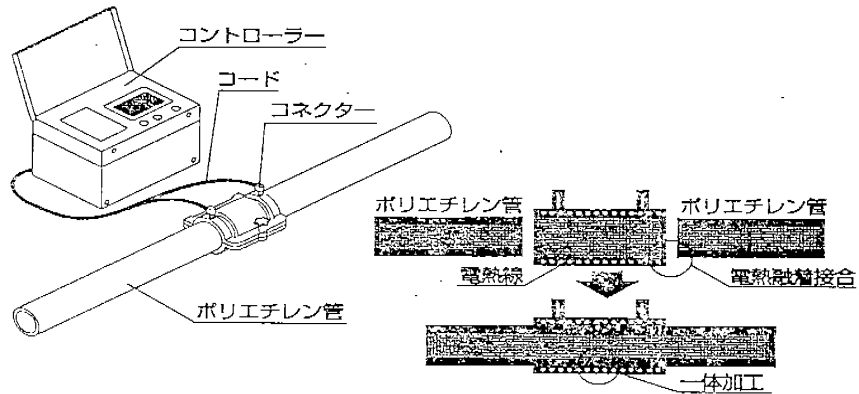
<内面補強方法>



最大走行延長150m (ピット間隔300m)

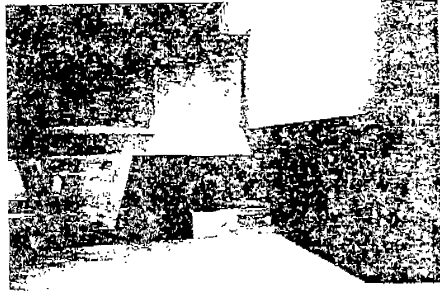
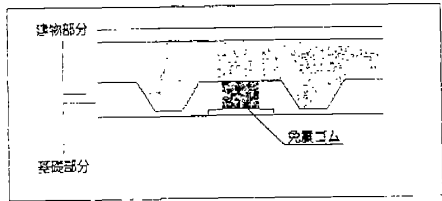
圖四管線內部表面自動焊補模式

・融着接合の方法



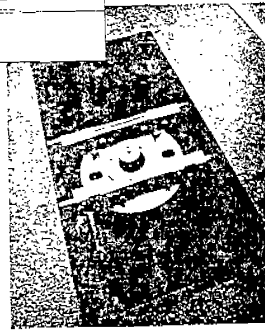
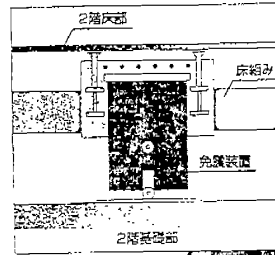
圖五 PE 管，接合處以電熱融着接合方式

圖六 水平免震裝置



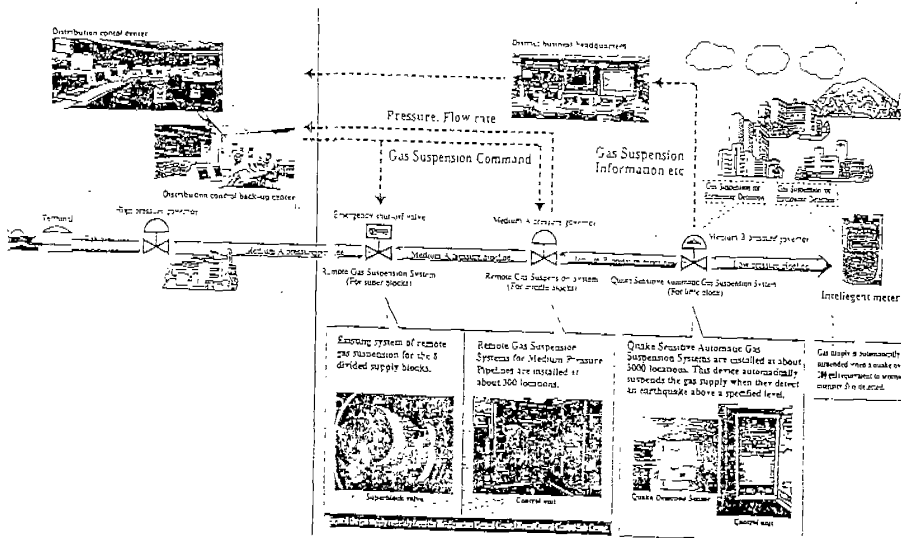
水平免震装置 (地階部分)

圖七 上下床免震装置



上下床免震装置 (2階部分)

圖六 大阪瓦斯公司中央指揮中心基礎防震與建物防震裝置



圖七 大阪瓦斯公司中央指揮中心瓦斯監控供應系統圖

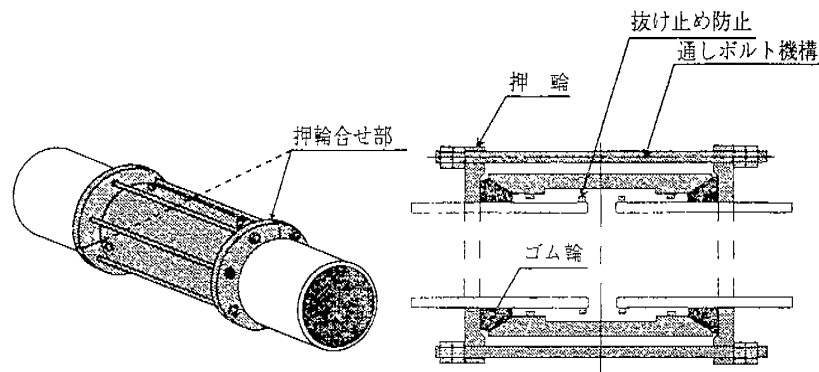
## 二、瓦斯設備耐震措施：

瓦斯設備之地上管線會因地震之表面地震波而拉裂，或因地上建築物之位移造成之變位超過容許變位值時，管線支撐力不足而斷裂，因此瓦斯設備都會考量遭遇地震時破壞影響，採取適當的防震設計及措施，例如以地上管線為整壓設備時大多採用焊接法蘭接頭。

而地下瓦斯管線受到破壞之因素很多，但主要起因為地震引起之地表震動、斷層滑動、土壤液化等影響因素，因此新設管線宜採用防震性高之高強度、延展性高之鋼管或PE管；又既設管線抽換不易，必須耗費相當大之人力、物力、財力及時間，唯有以補強措施增加耐震性，例如增設遙控ESV、低壓管網區塊化等措施。

故於震後經檢討大阪瓦斯公司提出五年防震計畫內容(如表二)。

(一)設備防震措施方面	
中壓輸送管	於液化區、斷層區等 地質異常區域使用 熔接式接頭 更換為dresser接頭 (如圖八)
	置換較強之管材、增 加結構耐震能力、以 軟體遙控控制
低壓輸送管	採用防壓性高之PE管以塑膠環作為接頭
(二)緊急應變措施方面	
供給停止對策	區域區塊化，並將原區域劃分為更小之區 塊 遠端遙控阻斷系統 感震自動阻斷系統
情報搜集對策	增設地震計；地震災害預估系統之設置 ；遮斷閥遠端監視系統
(三)復舊對策方面	
復舊組織之設定、人機材之整備 通訊功能與廣報活動之強化 臨時供應措施	



圖八 dresser 接頭構造

### 三、瓦斯之緊急應變措施

阪神大地震，大阪瓦斯公司在其供氣區域內設有 34 處可遙控式地震計，在地震發生後可立即獲取地震加速度資料。利用該項資訊及日本氣象廳觀測所得之 SI 值等高線。透過行政機關、媒體、顧客(用戶)通報及各管轄分公司之無線電通報災情，總部可立即掌握導管災害狀況。此次地震屬大都市直下型地震，修復速度因下列原因造成修復不易：

- (1) 基於瓦斯供氣系統之特性上，一旦停止供氣，則恢復供氣極為費時。
- (2) 水和土砂大量灌進低壓導管，清理耗時。
- (3) 房屋倒塌等地區障礙及交通情況之惡化均阻礙搶修作業之效率。

#### (一)、緊急應變措施

瓦斯易引起重大災害，在震後短時間內(五至數十分鐘之內)即應迅速應變，於達停止供氣標準時，即應採停止供氣措施。本階段於發生地震時，每一規劃區塊內所設置之 SI 感應

器(通常設於整壓站內)所測得之 SI(spectrum Intensity)值達 30 kine 以上時(日本瓦斯學會)，視地盤地質條件、管線或整壓站即刻實施瓦斯製造設備及供應設備等的安全檢查，以進一步確認其災損狀況，若無法確認其安全性時，則必須針對中壓以上之瓦斯輸送導管進行立即停止供應瓦斯之措施。唯各瓦斯業者得依據各營業狀況設定瓦斯停止供應之判斷基準。

### (二)、停止供應瓦斯之判斷基準

於停止供應瓦斯之判斷基準方面，一般地震計獲得的強度指標有地震震度、地表加速度、地表速度或 SI 值等。但導致導管受害的相關預測指數方面，依據日本阪神地震後之調查研究，以 SI 值作為預估瓦斯導管之損壞率方面較其他地震強度指標為準確。

而一般地區整壓站之 SI 值設定在 30~40Kine 之範圍。30kine 以內的 SI 值區域，則可判斷為十分可能發生瓦斯導管受害的情況，但不一定必須實施供應停止的措施。同時也必須依據其他各項情報，確切地進行判斷。SI 值在 30kine 以上的地區，必須立即確認該區的安全性，迅速進行停止供應等因應措施的判斷。而確認安全性的輔助情報亦可參考以下項目：

1. 地震前後的瓦斯輸出量、壓力變化的情報。
2. 製造設備、供應設備的情報。
3. 巡迴檢查獲得的瓦斯外洩或道路、建物受害等情報。
4. 瓦斯外洩通報之地點、件數。
5. 客戶通報情形。
6. 設備損壞情形檢查結果。
7. 難持續供應情況。
8. 地震災害綜合研判情形。

### (三)、動員基準與方法

為確保地震後能立即動員救災人力，迅速成立復舊小組，實施緊急搶救措施，避免因震後通訊中斷聯絡不到相關人員，應以地震之規模大小作為緊急動員基準，由各成員自行研判震度發令動員。一般判斷震度的方法，主要依據電視、收音機等

發布之地震情報為準；必要時也可參考各成員對於周圍狀況的判斷自行發令動員，其原則如下：

1. 由電視、收音機的氣象情報，得知瓦斯供應區域在震度五級以上時。
2. 以上述的情報為判斷原則，但因故無法獲得情報時，各成員觀察周圍狀況，判斷為震度五級以上時。
3. 具體確定瓦斯設施受損時。

#### (四)、動員地點

緊急動員令發佈後，各動員人員應依事先編訂之動員地點等辦理報到，動員地點通常為上班場所，或是有特別緊急應變措施的場所。動員時應考量當地道路狀況，決定動員之交通工具。若有交通管制，無法由趕赴動員地點時，可選擇離居住地最近的營業處作為動員地點。

#### (五)、動員時的情報蒐集

在出動途中，動員成員應蒐集沿路之受害狀況、交通狀況及其他相關災害情報，依據此有效的蒐集情報，立即實施緊急應變措施。其主要執行內容如下：

1. 事先製定動員基準、調查項目、連絡體制等，在到達災害地點後，能有效地依據蒐集的情報(如道路、橋樑、建物等受害情況)，立即實施緊急應變措施。
2. 蒐集瓦斯設備損害情報方面，應由平常從事相關業務的成員，於出動前確切掌握相關災損位置，蒐集相關情報。
3. 事前應決定動員途徑、編製相關地區的區域圖及緊急動員的調查資料等，並由各成員妥善保管。
4. 途中發現瓦斯設備故障，可能造成二次災害的情況時，應立即與相關單位如瓦斯業者、救災中心、警察、消防單位等進行連絡，以採取適當的因應措施。
5. 為確認瓦斯設備狀況，應儘可能沿主要瓦斯幹管路線配置動員途徑。

#### (六)、設置緊急應變小組

地震發生時，為防止發生二次災害，應設置得以迅速且確實實施緊急應變措施的緊急應變小組，故在地震發生時至實施緊急應變措施完成為止，應制定緊急應變小組的設置基準、組織、各成員職務、相關企業的協力體制及緊急應變小組的設備、配備等。緊急應變小組於震後成為災害對策活動的據點，為能有效發揮機能，必須於事前決定總部位置，且平時即應具備相關配備。

如下表(三)緊急應變小組相關配備一覽表。

☑ 緊急通訊設備(無線電設備、災害時的優先電話等)	☑ 電話
☑ 用戶名冊(重建區域、名稱、住所、瓦斯錶代號等)	☑ 傳真機(具同時傳輸功能)
☑ 住宅詳細地圖	☑ 影印機
☑ 製造設備相關圖表(設備概要圖、全區域瓦斯系統圖)	☑ 緊急照明、緊急電源
☑ 導管圖(導管分佈圖、1/2500導管管理設圖)	☑ 錄放影機
☑ 各種資料(整壓器、瓦斯栓、特別用戶一覽表等)	☑ 事務用品
	☑ 重建計畫書(事先編製)
	☑ 宣導用文宣、停止供氣傳單等
	☑ 衛生醫療用品(急救用品、攜帶型火爐等)
	☑ 其它

#### 四、本公司遭遇九二一瓦斯損害及地震後輸氣導管緊急應變處理措施

地震發生時，造成現象如地盤不均勻沈陷、泥土滑動、土壤液化、大地傾移、土石崩流等。經統計本島全省分布有五十一條活斷層，本島九二一集集大地震，因斷層線經過烏溪橋南端引道，致本公司台中西屯至南投草屯八吋、四吋天然氣管遭擠壓、扭曲變成『Z』形、各受損 12 公尺，管線位移，損害經費約新台幣五萬元，而各瓦斯公司之設施損害亦頗可觀。損失金額約新台幣七億九千萬元。

為防範類似九二一集集大震災，目前本公司地震後輸氣管線緊急應變處理之防範措施如下：

- (一) 當地震強度 $\geq$ 四級(25gal)時，發出警報，立即檢查輸氣管線壓力、流量以及緊急關斷系統作動情況，

並派員加強巡管。

- (二) 若有輸氣管線壓力遽降、流量異常、緊急關斷系統發出警報或緊急關斷現象，立即洽詢相關站查明原因，並通報監控中心及相關主管。
- (三) 當地震強度 $\geq$ 六級（約 250gal）時，輸氣幹線系統運作得由相關主管視實際情況立即判斷是否做降壓或關斷氣源之處理並決定關斷區域範圍，再通知輸供氣單位及用戶配合緊急應變。
- (四) 當地震發生時，經確認輸氣管線發生災害時，立即關斷相關閥門，並動員成立緊急應變處理小組，通報相關單位。
- (五) 現場處理步驟：
  - (1) 瞭解事故現場狀況、範圍、損害情形，並與有關單位報告聯繫。
  - (2) 隔離現場，設置警告標示及交通管制。
  - (3) 設法熄滅附近可能引燃之各種火源。
  - (4) 採取必要警戒措施，佈置滅火器。
  - (5) 測定管線位置，研判管線受損地點。
  - (6) 辦理搶修及復氣作業。
- (六) 為避免二次災害，設備檢測及測漏維修作業需特別嚴謹處理，確認完備無誤後，才能進行復氣作業。
- (七) 復氣後優先供應家庭用氣，如係輸氣幹線受損，則由調度中心統籌調度。
- (八) 地震災害處理後應加強巡管作業，觀察地形地物變化。

## 五、瓦斯管線診斷方式

一般未關閉遮斷閥之區塊，主要係藉由民眾之通報以瓦斯偵測器進行瓦斯之漏氣檢查，而已進行緊急遮斷閥之



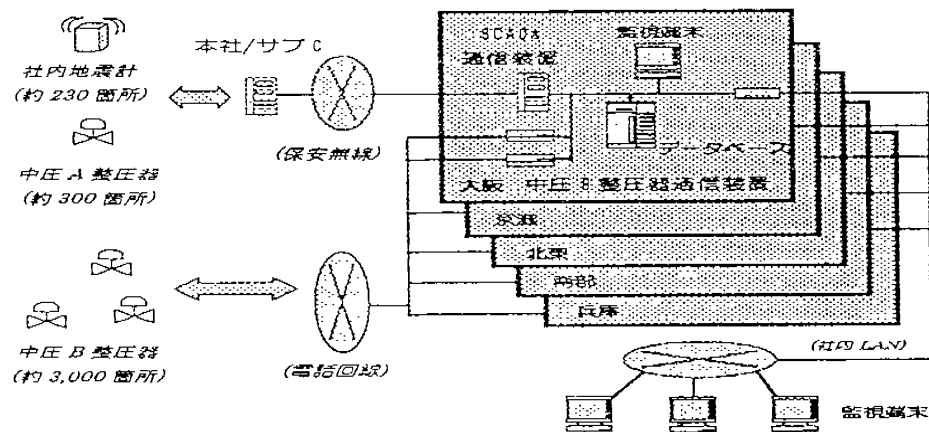
區塊，則藉由人孔與人孔之間，逐段(約 100~150M)以瓦斯偵測器或灌入一氧化碳(CO)，由其壓力變化瞭解其有無漏氣情況與查明其漏氣位置，因查漏耗時(約每 100M 需 4 小時)並耗費人力財力，故區塊之遮斷不輕易為之，而漏氣之處則切除並以接頭進行兩端接續修復。於查明整體區塊狀況後，始整體區塊開放供氣。同時配合透地雷達以快速查明管路位置或利用 CCTV 觀看導管內部災害狀況。

#### 六、地震發生時之資訊收集功能—大規模的都市瓦斯設備之遙控監視系統

(一) 大阪瓦斯公司在阪神大地震中所得之教訓，而衍生地震發生時之對策之一，瓦斯供給區域要細分化，(小區域，低壓導管網分割成 120 區域)而且停供區域要限制於最小地區。同時為因應地震的大小程度，要順序的設置中壓 B 整壓器之自動遮斷設備，如此在地震發生時，中壓 B 整壓器之遮斷狀況以及在地震後能迅速確實之掌握其運轉狀況。利用電話回線在地震發生時，引進整壓器之運轉狀況之自動收集系統。另外，亦可活用本系統之瓦斯供應設備之管理業務，迄今實際上皆在監視設備中加入中壓 B 導管網，統一的將含有新之中壓 B 整壓器設備遙控監視。希望在工安水準上能更向上提升。

(二) 其系統之組成如下：

由每個所屬的供給設備之管理業務，將五個地區區域數據送事業部收集，利用警報接受中心裝置，引進無線及有線(電話回線)，在公司 LAN 上提供資訊給各個所屬的監視末端(如圖九)。



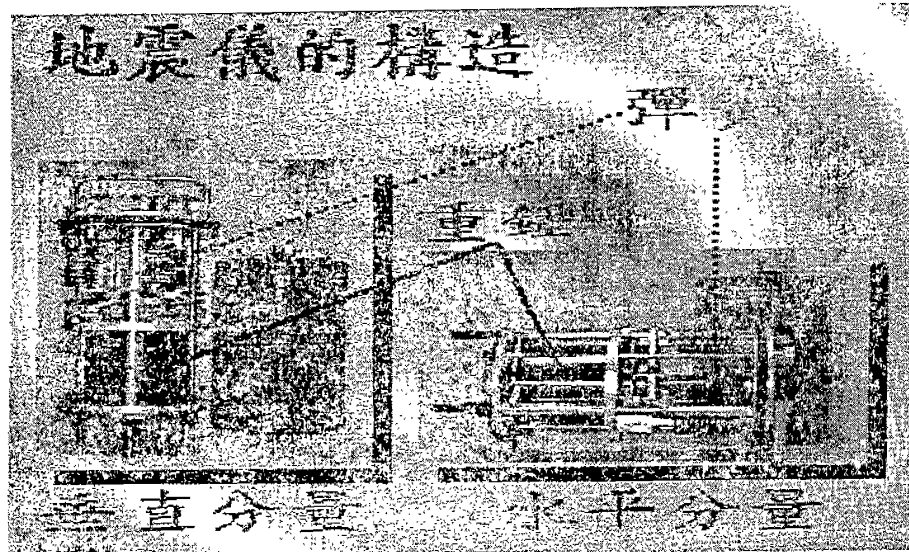
圖九 都市瓦斯設備之遙控監視系統構成

在所設之 SCADA 通信裝置的地震計，中壓 B 整壓器等之資訊每隔幾分鐘就更新，因此通常在中心裝置即可取得資訊。另外在電話回線所連接之中壓 B 整壓器向發生警報之中心裝置發出訊息，依中心裝置作收集操作並取得資訊。但在地震發生時，想把握原來整壓器之運轉狀況向現場發送數據因有下述理由無法有效率的收集資訊。

- (1) 有幾處就有幾處之警報發報，但因中心裝置的電話回線受限，因此需時間等收集數據，何時可收集好資訊無法判定。
  - (2) 地震時的對應是全公司要共有橫的資訊，以一次元做收集資訊較有效率。
  - (3) 通訊不良時(如回線切斷、現場裝置故障等)，在中心的裝置完全無法掌握。
- (三) 地震時情報收集統計表示：各事業本部的監視端末之區塊單位，中壓整壓器、中壓 B 整壓器之動作狀況(遮斷、瓦斯漏洩、停電、壓力等)皆可透過遙控監視影幕顯示，並利用(GIS)點選受損單位相關資料。

## 七、地區整壓站相關防震措施系統

為即早偵測地震發生，採取防震措施，於適當地點裝置地震儀以紀錄地震波級數的儀器，而地震儀（如圖十）的重錘由於慣性與地動有相對運動關係，經過適當處理，可用來記錄地震波振動情形。另重錘擺動方向之不同可記錄水平方向、Y 軸及垂直方向之地動。



圖十 地震儀的構造圖

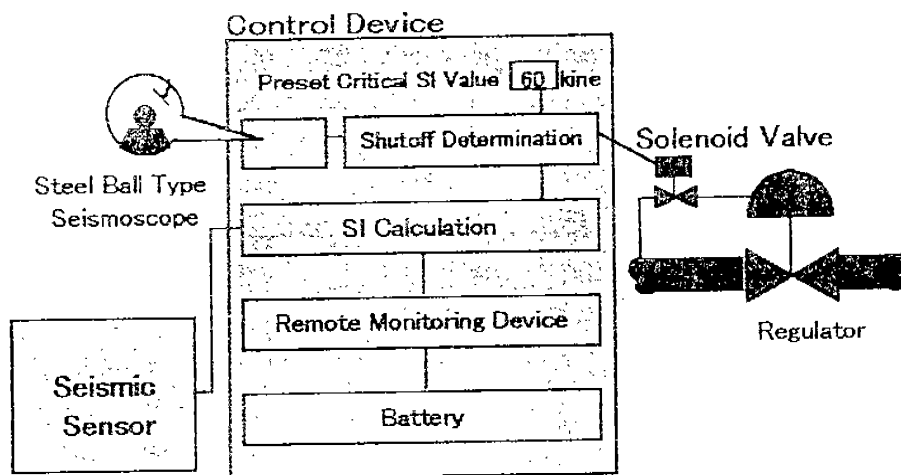
地震儀種類中之強震儀(此類地震儀設計大多用於記錄地動加速度歷時)，而強震儀所記錄到的信號為地震所造成地盤振動的加速度值，由於振動加速度可以直接反應出當地地盤振動的受力程度，故能迅速提供救災單位搶救方案重要參考依據，同時加速度值也是工程界耐震設計規範最為重要的參數之一，因此加速度型地震儀所收錄到記錄在地震防災及工程方面應用為一極為重要的資料來源。震度值即為強震儀所記錄加速度值計算出來。

地區整壓站地震計斷路器系統簡介如下：

該系統由電容器型式及控制元件所組成地震計偵測器，來決定地震範圍，當地震發生，地震計輸出加速度值及

由控制元件計算 SI 值後，最後輸出命令判斷斷路器開關信號於電磁閥開關。

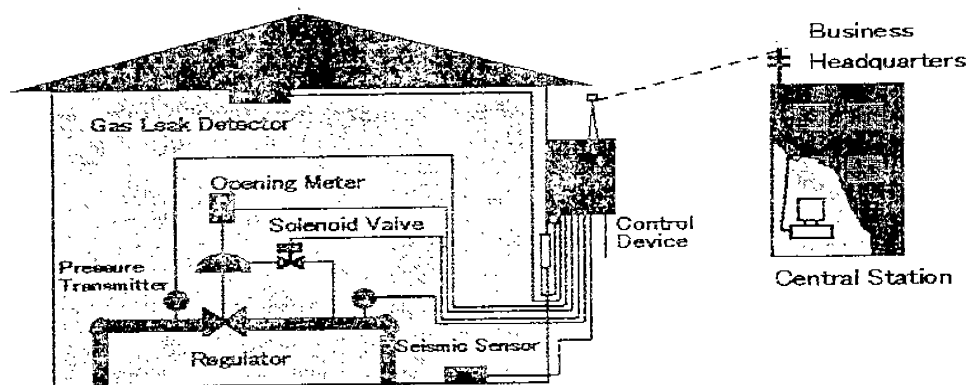
其示意圖如下：



The remote governor observation system

其次遙控監視系統整壓站系統簡介如下：

該系統是由五個單元所組成：壓力資料傳輸系統單元量測主要及次要整壓站壓力，開關閥度單元、氣體洩漏偵測單元、地震計偵測單元及遇防外人進入門之偵測器並由大阪保安指揮部遙控依據最大 SI 值來控制電磁閥閥門開度其示意圖如下：



## 八、地震災害之天然氣管線預防措施：

### (一)直接災害：

1. 主要管線系統，應避開斷層帶敷設。如無法避開，應於適當點裝設地震感應之緊急遮斷閥。
2. 儲氣槽不能設於斷層上。
3. 設計、施工標準應依政府規定建立制度化之永久性耐震標準。
4. 設置緊急措施之相關設備（地震偵測儀、感應器、緊急遮斷閥）

### (二)管線材質耐震：高壓管採高張力鋼管、無縫鋼管，低壓管可採PE管，鋼管，接頭採焊接。

目前本公司天然氣輸氣幹線系統防震措施如下：

- (一) 各開關站、隔離站、配氣站均設有低壓自動關斷閥，遇管線壓降超過預設值時會自動關斷氣源。
- (二) 過河段設有低壓自動關斷閥，遇管線斷裂壓降超過預設值時會自動關斷氣源。
- (三) 主要閥門均可遙控操作。
- (四) 輸氣幹線系統設置有監控系統（SCADA，Supervisory Control and Data Acquisition），可將各站相關設備之壓力、流量、溫度、洩漏訊息傳至監控中心加以管理應用，以防範緊急情況。

為防範大地震，所帶來之二次災害愈嚴重，天然氣輸氣幹線系統於九十年二月完成安裝六組地震儀（GSR-18強震儀）及地震震度數位警報器（SCE001）。分別裝設於內湖、中平、台中、新營、鳳山地區輸配氣監控中心及永安廠。即早偵測，防震應變。

## 九、日石公司煉油廠防震措施

(一)於全廠區內設置 11 組地震自動停機系統，分別設置於製程區、公用區及油槽區內重要位置。

每組地震自動停機系統包含三個地震計，當三個地震計中有兩個測值超過其設定值時，系統立即動作自動停機。其設定值為：

製程區與油槽區 150gal & 30 Kine or 200 gal

公用區(發電機) 200gal & 35 Kine or 250 gal

(二)依據 1997 年日本修訂之高壓氣體設備耐震設計指針，對於公眾有重大損害之虞者，追加高階地震設計為原來的一倍，最高可達 600 gal，相當於 6 級地震(詳如附件一)

(三)因應停電措施

1. 根岸煉油廠(Negishi Refinery)已接近 100%自給自足電力供應。

2. DCS 另有緊急電力供應設施。

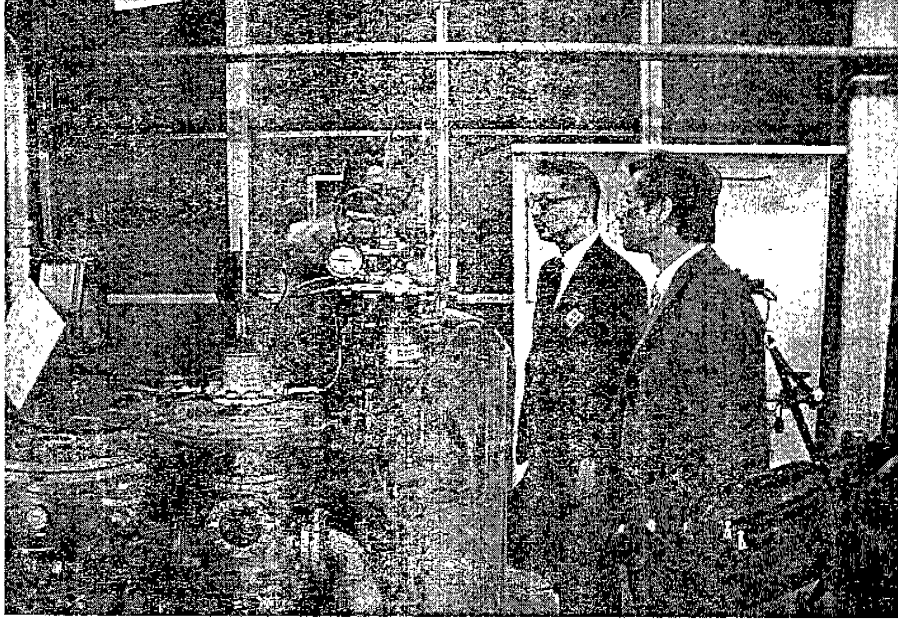
(四)準備充足之緊急搶修器材。

## 十、結論與建議

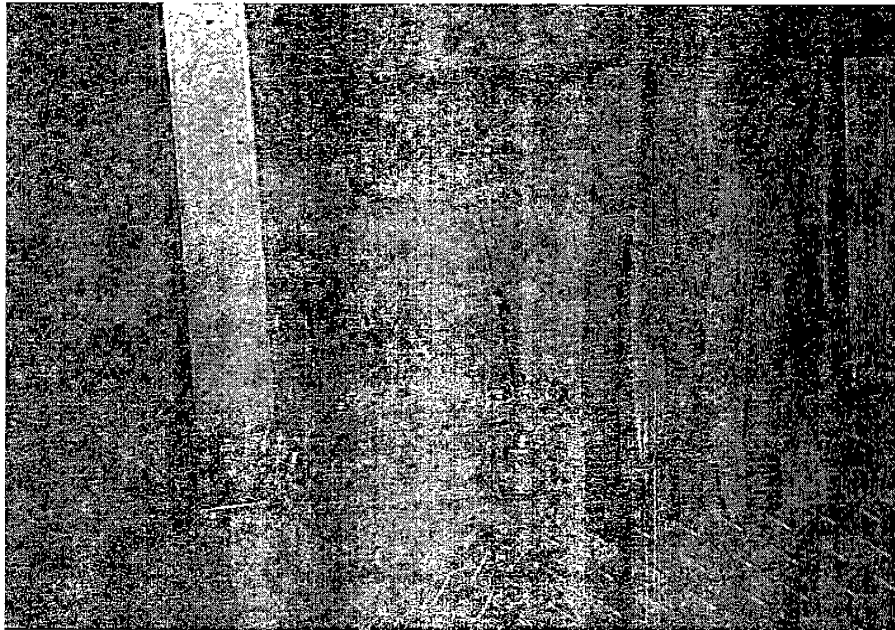
本次赴日考察對於地震災害預防及緊急應變獲益匪淺，因此，針對本公司油氣防震對策提出以下幾點建議，供天然氣輸、儲、供事業單位參考。

- 一、日本大阪瓦斯公司在阪神地震之後，徹底檢討全公司之管線、設備以及中央控制供應系統，經過五年耗資 30 億日元，提昇其設備耐震與緊急應變能力。
- 二、長途管線維修與檢測是防災的第一要務，OGC 與 NKK 公司合作開發之 Automatic Inner Surface Reinforcement Welding Robot 從磨光、焊接到檢測完全在管線內進行，確具功效，值得本公司借鏡。
- 三、大阪瓦斯公司中央指標中心設於總部，將所有生產，輸送、銷售、地震計測值、地震感應自動關斷系統等資料，集中調控，具備全盤指揮支援之緊急應變能力。
- 四、地震的發生尚無法預測，防震對策只能在硬體設施方面提高耐震度（六級以上）為基準，設置監測、警報系統、建立良好維護檢查制度等並落實執行。軟體方面為提高每個人的警覺性，加強團隊每個人的緊急應變能力。整合各管線事業單位之防災組織體系。
- 五、地震頻繁、容易液化地區及斷層帶邊緣之管線採用耐震管材。
- 六、強化天然氣 SCADA 功能設備，規劃管線系統區域分割。
- 七、供應系統分區於適當地點分設緊急關斷閥。（震度六為設定關斷值）
- 八、居安思危，他山之石，可以攻錯，吸取日本阪神大震災及九二一集集大震災之應變對策；立即成立指揮中心，事先編組有效的組織，災害發生時才能發揮效率。
- 九、強化建立無線電通訊系統。（長遠考慮應規劃衛星通訊系統）。
- 十、重要的監控設備，必須備有容量足夠之柴油發電機，當停電時，即能啟動。

## 相關照片集錦

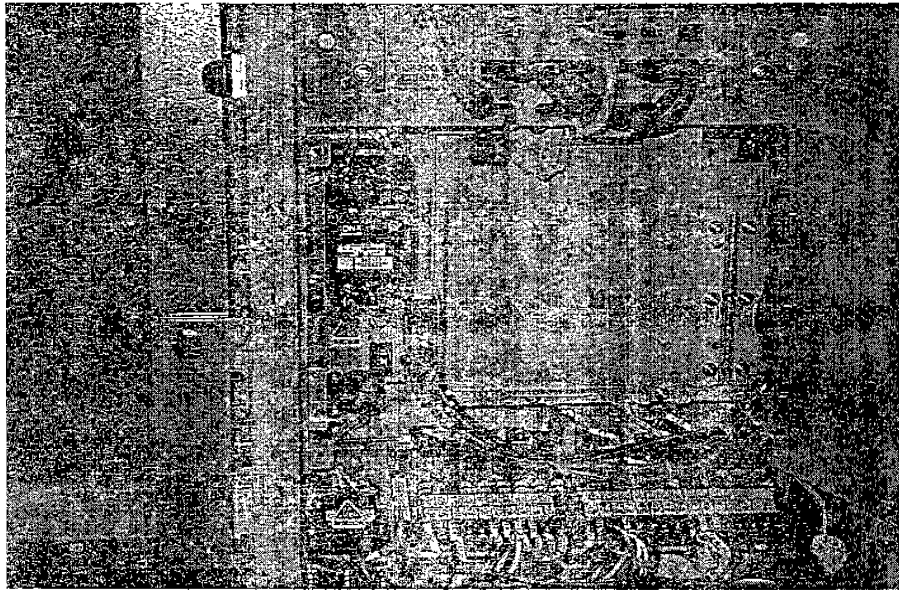


照片一：大阪瓦斯公司人員講解整壓器系統

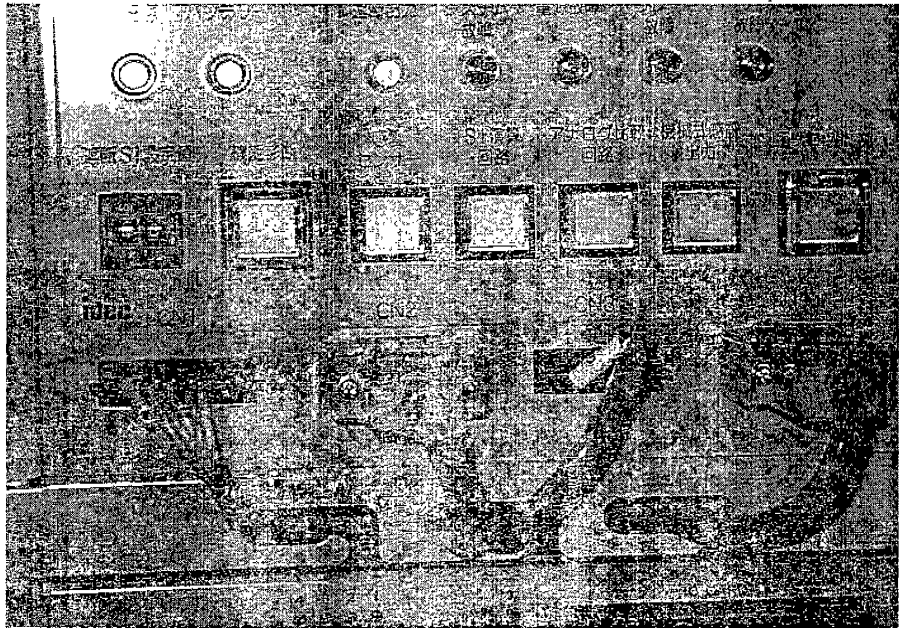


照片二：整壓器裝置地震計

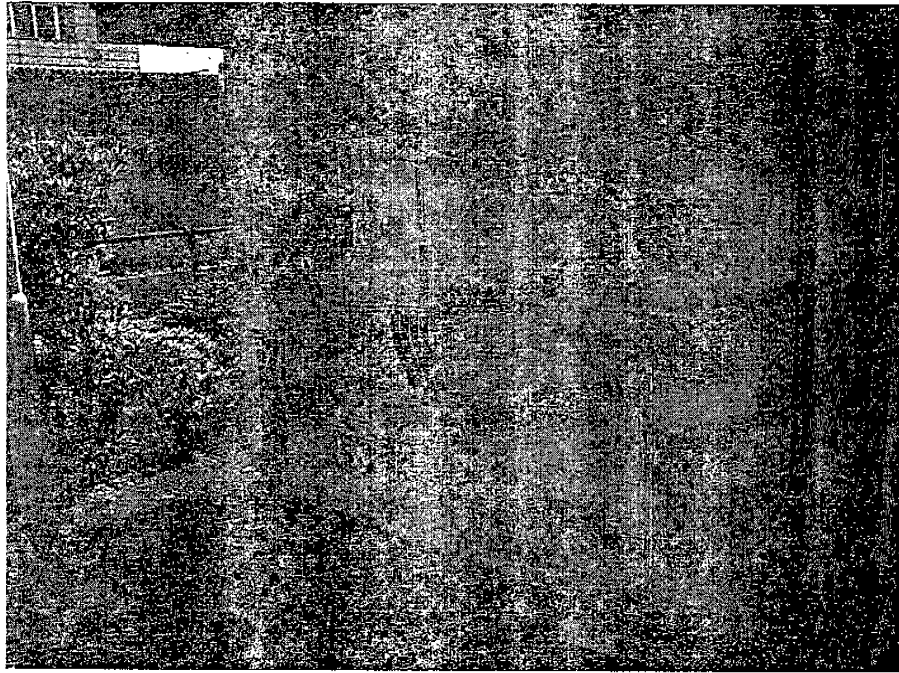




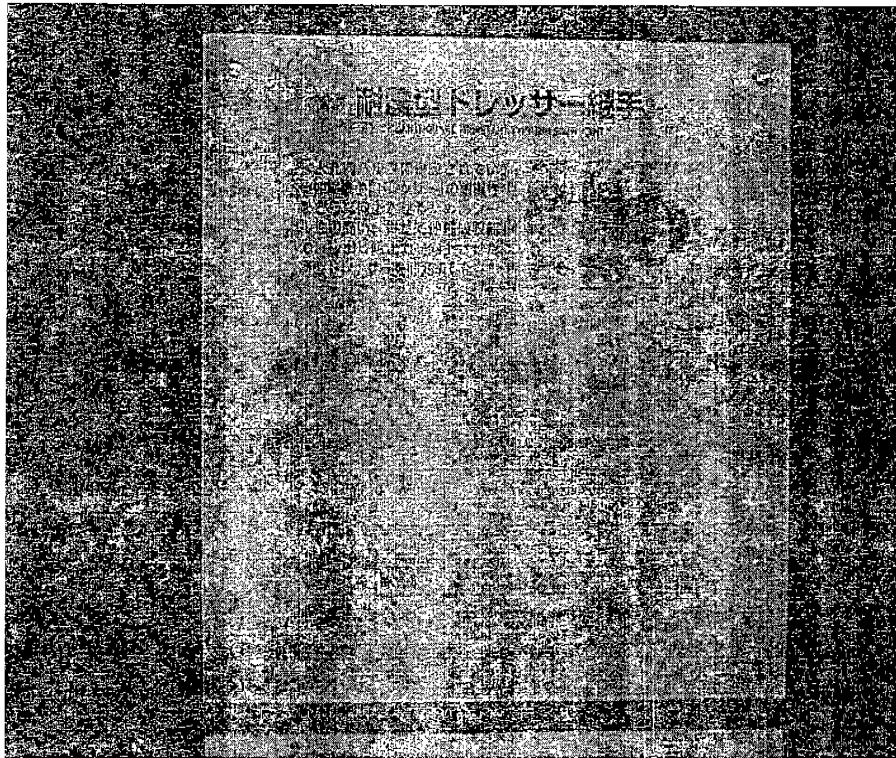
照片三：整壓器控制元件



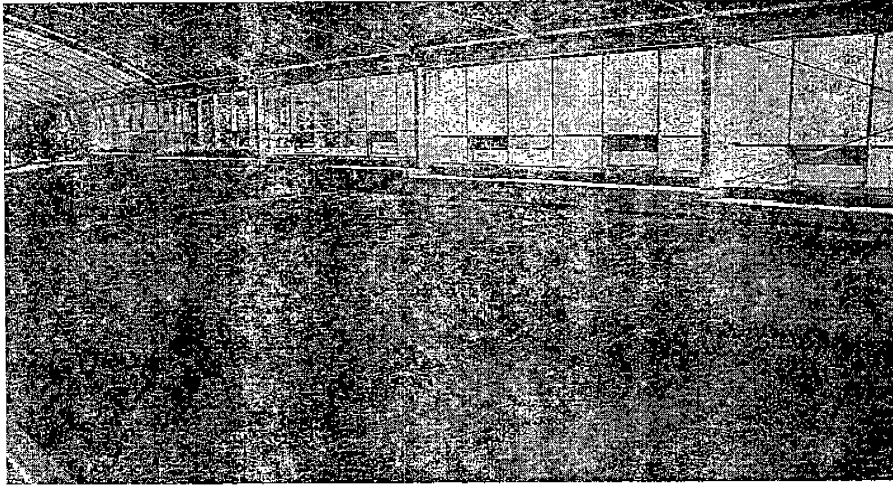
照片四：整壓器控制面盤指令單元



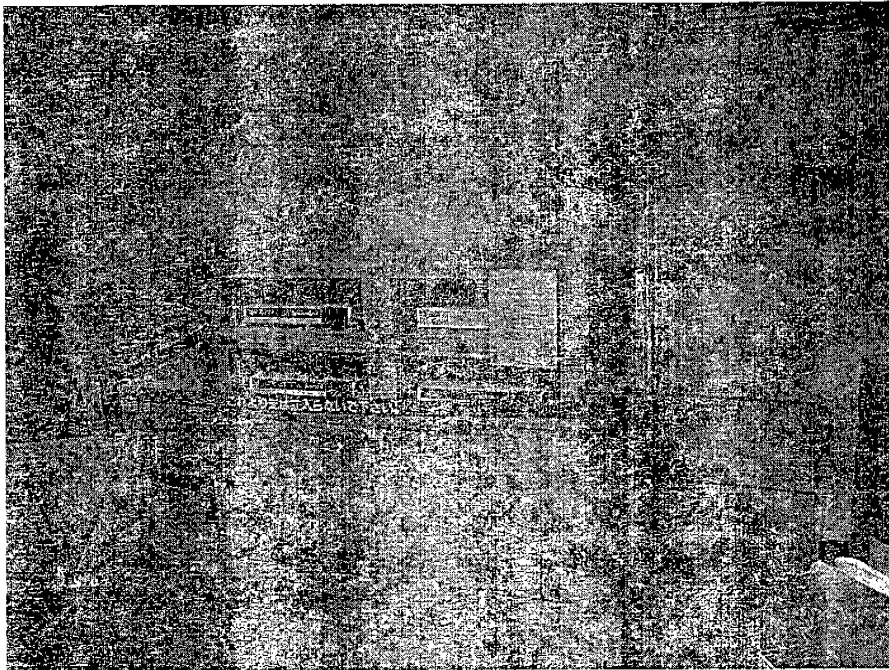
照片五：整壓站控制元件及地震計裝置面



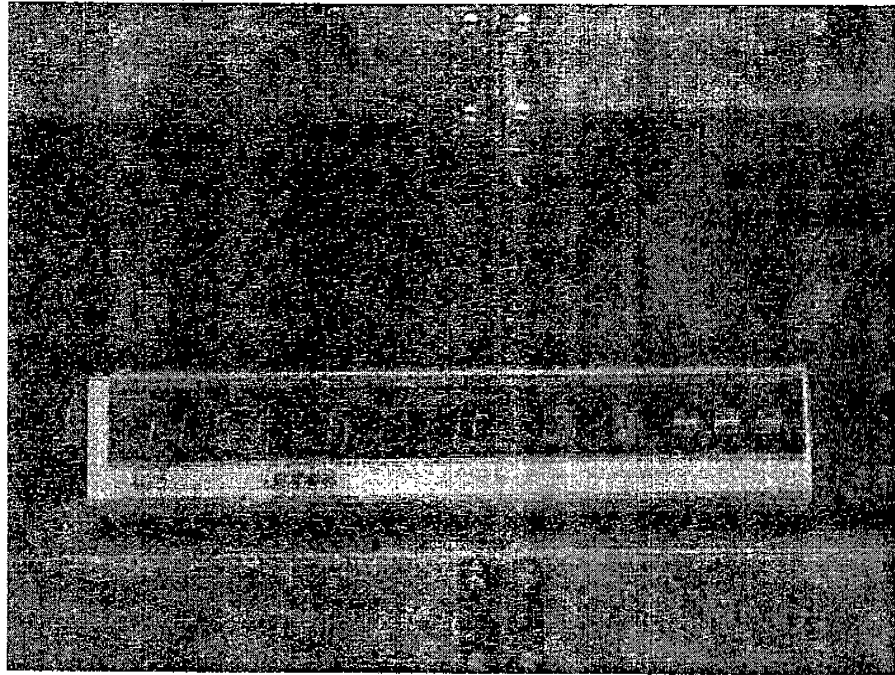
照片六：耐震型法蘭接頭



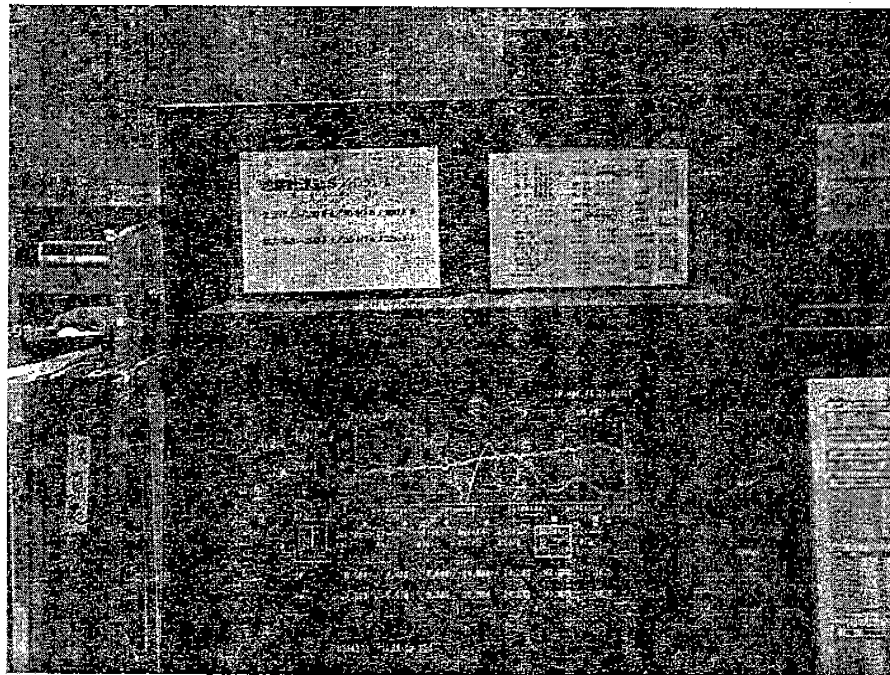
照片七：阪神大地震淡路島震源地



照片八：根岸煉油廠潤滑工場裝置地震計



照片九：地震計顯示器



照片十：地震計連動系統

(附件一)

4/20/2001

NISSEKI RYOYU ENGINEERING  
AND CONSTRUCTION CO.,LTD.

高本

『石油精製裝置基礎耐震設計』

歷史

~1973

建築基準法、準用

1974~

化学工場保安・防災技術指針

1983~

高压瓦斯設備等耐震設計指針、制定

1995

兵庫縣南部地震

1997~

高压瓦斯設備等耐震設計指針、改正

設計思想

規準	建築基準法	高压瓦斯設備等耐震設計指針
設計思想	地震時建築物內人命保証 建築物…地震時損害大	設備地震破損時、第三者災害波及程度考慮 分類設計、合理的耐震性能付保

重要点：重要度分類概念導入…原子力発電所耐震設計(1970)踏襲

I a	事業所外広範囲公衆、公共財産、環境→壊滅的損害発生可能性有
I	事業所外広範囲公衆、公共財産、環境→損害発生可能性有
II	事業所外人命→損傷可能性有
III	通常耐震性必要

1997.改正点

耐震設計対象、配管追加

高階級地震動設定追加

耐震設計方法~静的震度法紹介~

弾性設計：算定応力 ≤ 耐振設計用許容応力

外力：(水平方向慣性力 F) = (重量 W) × (基礎設計静的水平震度 KH')

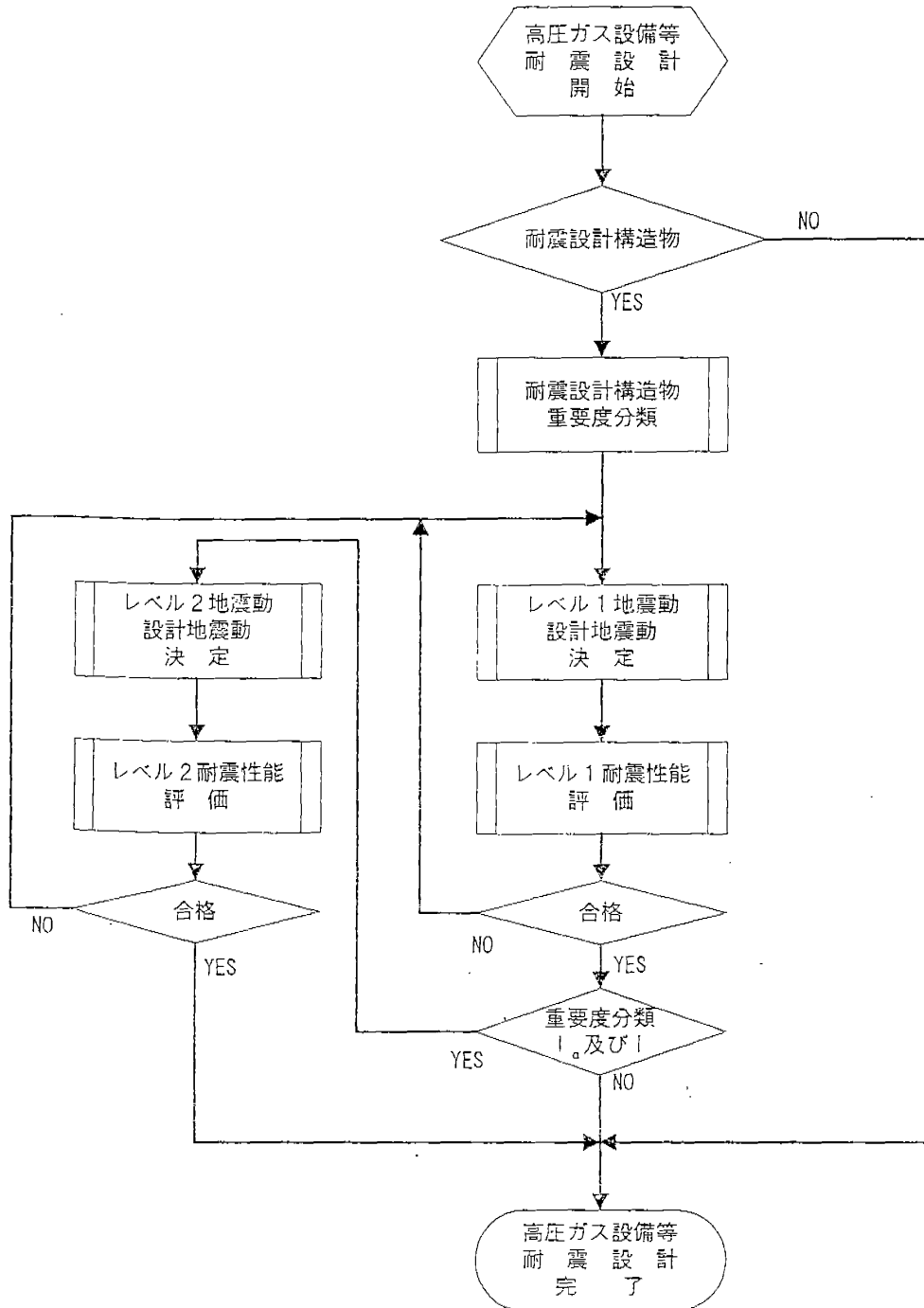
$$KH' = \beta_4' \times \lambda \times KH$$

$$\text{地表面設計水平震度 } KH = 0.150 \times \mu_k \times \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \quad (\beta_1 \cdot \beta_2 \geq 0.33)$$

鉛直方向地震力、不考慮

## 1.2 耐震設計の手順

告示による耐震設計の手順を（図 1.1）に示す。



(図 1.1) 耐震設計の手順

杭本体地震力、不載荷

基礎底版上土量：鉛直荷重考慮、水平荷重不考慮

浮力、負摩擦力取扱注意

**各種係数**

$\mu_k$  :

地震動階級	$\mu_k$
階級 1	1.0
階級 2	2.0

$\beta_1$  : 重要度係数…瓦斯種類、敷地境界距離、瓦斯貯藏能力 (重量)

重要度	I a	I	II	III
$\beta_1$	1.00	0.80	0.65	0.50

$\beta_2$  : 地域係数…所在地

地域区分	特 A	A	B	C
階級 1	1.0	0.8	0.6	0.4
階級 2	1.0	0.8	0.6	0.7

$\beta_3$  : 表層地盤増幅係数…土層構成

地盤種別		$\beta_3$
第 1 種地盤	第三紀以前地盤 = 岩盤	1.4
第 2 種地盤	洪積層地盤	2.0
第 3 種地盤	1,2,4 以外	2.0
第 4 種地盤	埋土 OR 沖積層厚 25m 以上	2.0

$\beta_4'$  : 基礎応答倍率

位置	地表面深度 HF	$\beta_4'$
地上部分	(3m 未満)	2.0
地下部分	5m 以下	2.0 - 0.2HF
	5m 越	1.0

$\lambda$  : 基礎根入深度 Df

Df	$0 \leq Df < 0.5$	$0.5 \leq Df < 1.5$	$1.5 \leq Df$
$\lambda$	0.5	0.4	0.25

**地震動**

階級 1 : KH=0.07~0.3 約 70gal~300gal

階級 2 : KH=0.14~0.6 約 140gal~600gal

**地表面設計静的水平震度計算例**

LEVEL → レベル I 地震動 重要度 II 第 4 種地盤  
 根岸製油所 KH=0.15×1.0×0.65×1.0×2.0=0.195  
 室蘭製油所 KH=0.15×1.0×0.65×0.6×2.0=0.117

### 地盤評価：液状化判定

液状化可能性有地盤判定…要素：地盤 N 値 & 粒度分布

GL-20m

細粒分含有率  $FC \leq 35\%$  OR  $FC > 35\%$ 、塑性指数  $IP \leq 15$

平均粒径  $D_{50} \leq 10\text{mm}$  AND  $D_{10} \leq 1\text{mm}$

$FL \leq 1.0$

$FL = (\text{動的剪断強度比}) / (\text{地震時剪断応力比})$

### 液状化

液状化可能性有→設計時地盤土質定数低減

=地盤反力係数、地盤反力度上限値、最大集面摩擦力度、低減設計

液状化：振動作用、土粒子骨格結合力消失 = 地盤支持力消失

水中内土粒子浮遊状態

以上



## Earthquake-resistant Design of Static Equipment

NISSEKI RYOYU ENGINEERING AND CONSTRUCTION CO., LTD.  
MECHANICAL DESIGN GROUP

### 1. Regulation and Standard of Earthquake-resistant

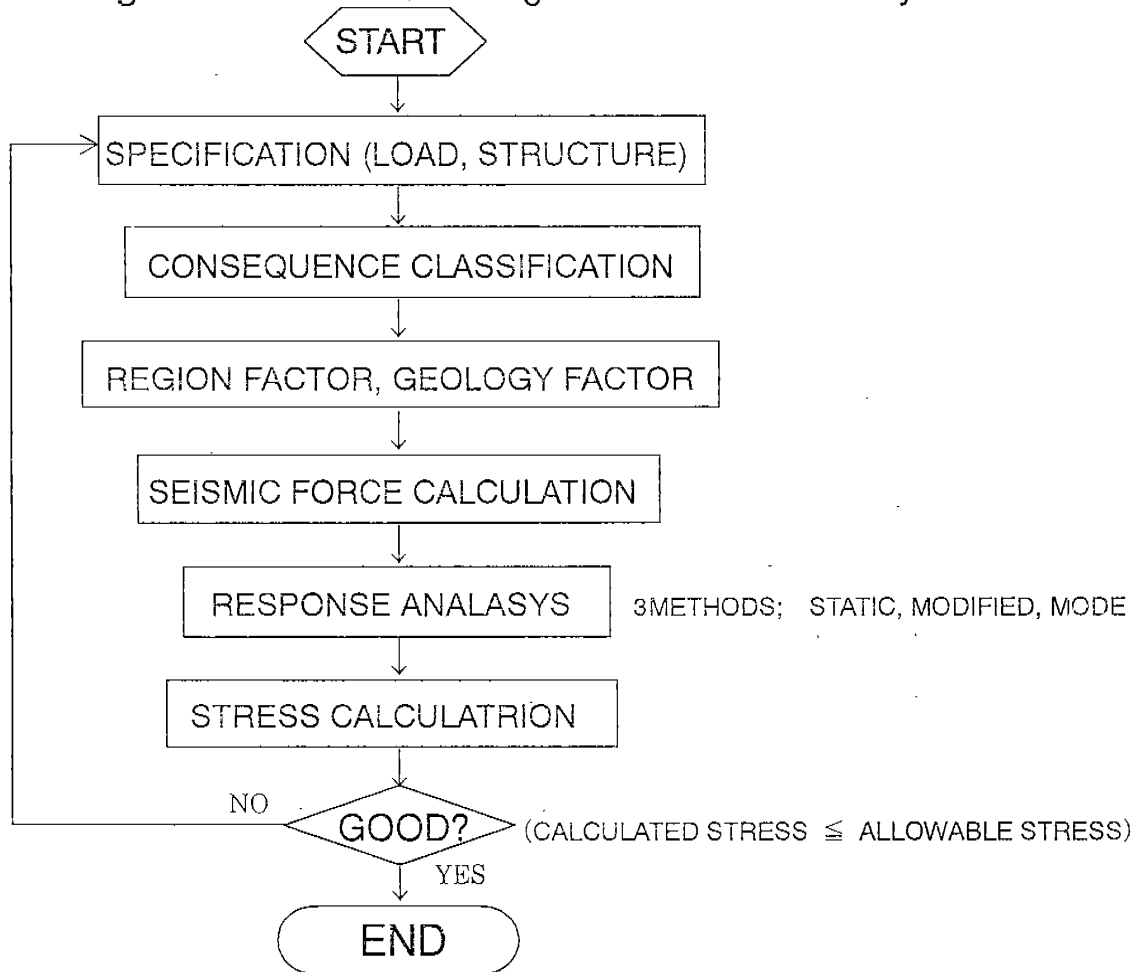
#### (1) Regulation

- The High Pressure Gas Safety Law
- The Fire Fighting Law
- The Architectural Standard Law

#### (2) Company Standard

- Design Standard 'Earthquake-resistant Design'  
Standard A, Standard B

### 2. Design Flow Chart (The High Pressure Gas Safety Law)



### 3. Design Process

#### 3.1 Seismic Force

- Level 1 Seismic Intensity : high frequency (weak)
- Level 2 Seismic Intensity : directly, French (strong)

$$\boxed{\text{Design Horizontal Seismic Factor}} \quad K_H = 0.150 \mu_k \beta_1 \beta_2 \beta_3$$

$$\boxed{\text{Design Vertical Seismic Factor}} \quad K_V = 0.075 \mu_k \beta_1 \beta_2 \beta_3$$

(1) Seismic Intensity Factor ( $\mu_k$ )

Level 1 Seismic Intensity  $\mu_k = 1.0$

Level 2 Seismic Intensity  $\mu_k = 2.0$

(2) Consequence Classification ( $\beta_1$ )

See Attachment Fig.1

(3) Region Factor ( $\beta_2$ )

See Attachment Fig.2

(4) Geology Factor ( $\beta_3$ )

Type1 (bedrock, hard gravel)  $\beta_3 = 1.4$

Type2 (gravel, hard clay)  $\beta_3 = 2.0$

Type3 (except Type1,2,4)  $\beta_3 = 2.0$

Type4 (corrosive soil, mud)  $\beta_3 = 2.0$

#### 3.2 Response Analysis

There are three response analysis methods.

We usually calculate seismic force on each parts of equipment by using computer.

- (1) Static Seismic Method
- (2) Modified Seismic Method
- (3) Mode Analysis Method

### 3.3 Stress Calculation

#### (1) Load

seismic force, internal pressure, equipment weight, contents, etc. (excluding wind force)

#### (2) Stress Calculation

Calculating stress on each parts of equipment under the severest condition. (tensile stress, bending stress, compressive stress, shear stress)

#### (3) Allowable Stress for Earthquake-resistant

Stress	Allowable Stress for Earthquake-resistant
Tensile	S
Bending	S
Compressive	S or S' (either smaller)
Shear	0.6S

S: Allowable Stress of the Material

(either smaller 60% of tensile strength or 90% of yield strength)

### 3.4 Evaluation of Earthquake-resistant Performance

Check as follows for each items

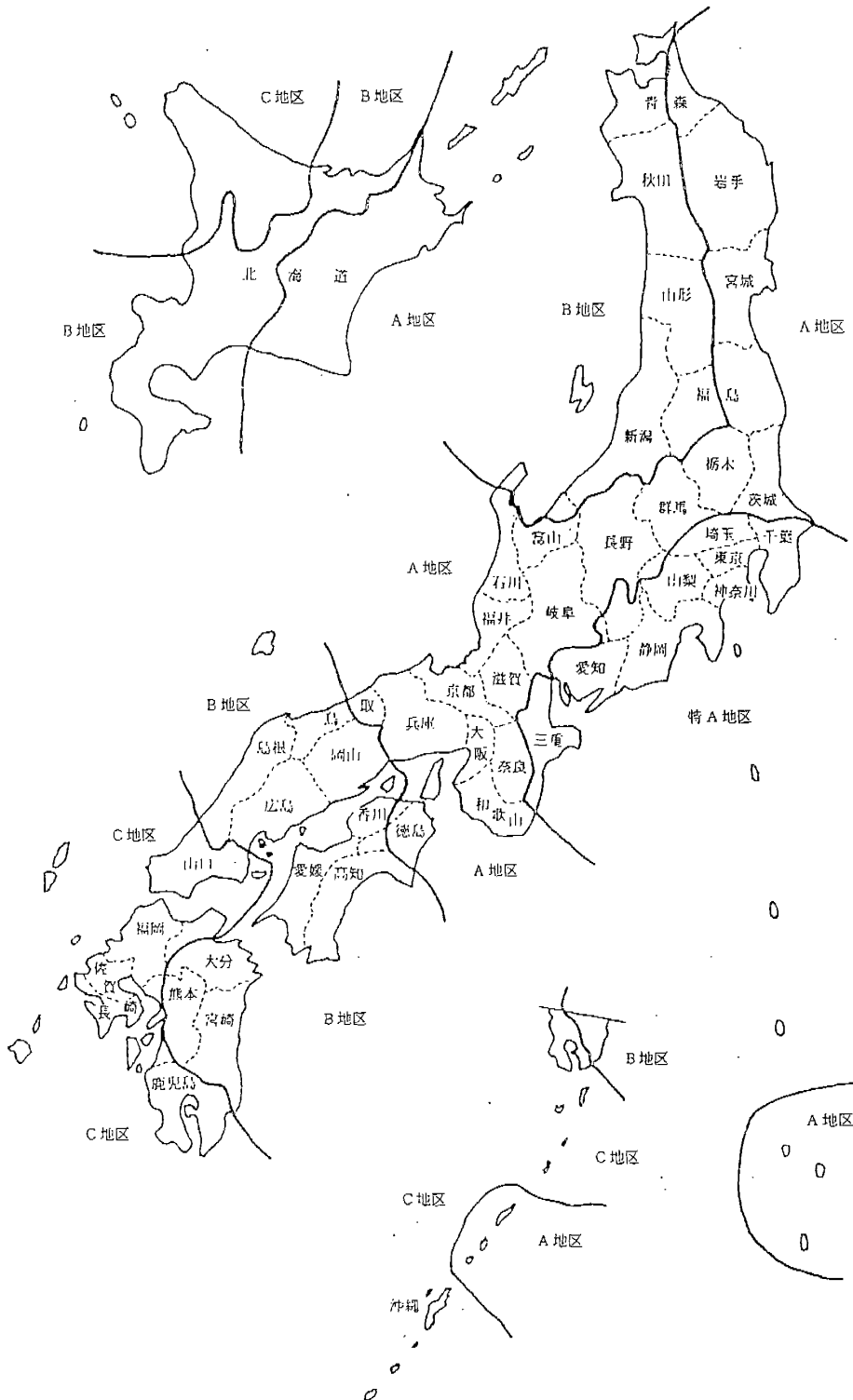
Calculated Stress  $\leq$  Allowable Stress for Earthquake-resistant  $\rightarrow$  *GOOD*

*NG*  $\rightarrow$  Change the specification  $\rightarrow$  reexamination  
(until obtaining *GOOD* result)

# Seismic Area Classification

添付一

(地震地域区分)



[表 3.5] 地域係数  $\beta_2$  の値

地域区分	特 A	A	B	C
レベル 1 地震動	1.0	0.8	0.6	0.4
レベル 2 地震動	1.0	0.8	0.7	0.7

# Consequence Coefficient

添付二

## (重要度分類)

(表 3.3) 重要度分類 (特定)

ガスの種類	貯蔵能力 $W$ (t) 距離 $X$ (m)	5 未満	5 以上 20 未満	20 以上 30 未満	30 以上 100 未満	100 以上 500 未満	500 以上
		第1種 毒性ガス <i>TOXIC GAS</i>	100 未満	I	I	I	I <sub>a</sub>
100 以上 200 未満	II		I	I	I <sub>a</sub>	I <sub>a</sub>	I <sub>a</sub>
200 以上 500 未満	III		II	I	I <sub>a</sub>	I <sub>a</sub>	I <sub>a</sub>
500 以上 1,000 未満	III		III	II	I	I <sub>a</sub>	I <sub>a</sub>
1,000 以上	III		III	III	II	I	I <sub>a</sub>
第2種 毒性ガス	50 未満	I	I	I	I <sub>a</sub>	I <sub>a</sub>	I <sub>a</sub>
	50 以上 200 未満	II	I	I	I <sub>a</sub>	I <sub>a</sub>	I <sub>a</sub>
	200 以上 500 未満	III	II	I	I <sub>a</sub>	I <sub>a</sub>	I <sub>a</sub>
	500 以上 1,000 未満	III	III	II	I	I <sub>a</sub>	I <sub>a</sub>
	1,000 以上	III	III	III	II	I	I <sub>a</sub>

(表 3.4) 重要度分類 (特定)

ガスの種類	貯蔵能力 $W$ (t) 距離 $X$ (m)	10 未満	10 以上 100 未満	100 以上 1,000 未満	1,000 以上 10,000 未満	10,000 以上
		第3種 可燃性ガス <i>FLAMMABLE GAS</i>	20 未満	I	I	I <sub>a</sub>
20 以上 40 未満	II		I	I <sub>a</sub>	I <sub>a</sub>	I <sub>a</sub>
40 以上 90 未満	II		II	I <sub>a</sub>	I <sub>a</sub>	I <sub>a</sub>
90 以上 200 未満	III		II	I	I <sub>a</sub>	I <sub>a</sub>
200 以上 400 未満	III		III	I	I	I <sub>a</sub>
400 以上 900 未満	III		III	II	I	I
900 以上 2,000 未満	III		III	II	II	I
2,000 以上	III		III	II	II	II
その他のガスは貯蔵能力、距離に関係なく常に重要度はIIIとする。						

備考 (表 3.3) 及び (表 3.4) は、コンビナート等保安規則の適用を受ける特定製造事業所内に設置する耐震設計構造物に適用する分類表であって、[表 3.1] の備考に基づき (表 3.1) 及び (表 3.2) のうち該当する区分に対して一つ上位へ変更したものである。

[表 3.1] 重要度係数  $\beta_1$  の値

重要度	I <sub>a</sub>	I	II	III
$\beta_1$	1.00	0.80	0.65	0.50