下水道設施資產管理手冊
(113 年版)

內政部國土管理署
中華民國 113 年 10 月 30 日

「下水道技術相關手冊編修訂計畫」委託專業服務案項下之「下水道設施資產管理手冊」審查會議紀錄意見回覆表

113 年 8 月 22 日

委員意見	回覆
(一) 胡振中委員	
1. 本手冊名稱為下水道設施資產管理，其內容範圍是否有涵蓋雨水下水道，若有，建議於設施目標年及風險評估處能略加補充。	台灣下水道設施尚未採行有效之資產管理，特先就下水道建設早我國 30～40 年之日本經驗及相關制度編撰，詳序之說明。
2. 手冊相關內容建議可融入公共下水道管渠維護管理要點、公共污水處理廠營運管理手冊及施工綱要規範。	俟未來「本土化下水道設施資產管理手冊」編撰時，再將相關本土化之手冊及規範納入。
3. P.3 之檢查調查流程係以腐蝕為主要的原因，與 P.5 檢查調查之定義會有執行與頻率上的不同，另右下角說明之判斷基準例及判定例建議補充。	同上之說明，另判斷基準例及判定例為另一本書之內容，已於參考文獻中補充。
4. P.4，老化腐蝕對策流程下方之調查、檢討、實施步驟建議簡化。	俟未來「本土化下水道設施資產管理手冊」編撰時，再將相關實施步驟納入。
5. P.17，設施資料庫(資訊管理系統)之構建應屬資產管理的核心，建議內容引述較新的資料，另構建圖例建議從設施生命週期起始屬性開始累積。	俟未來「本土化下水道設施資產管理手冊」編撰時，再將引入較新的本土化設施資料庫(資訊管理系統)資料納入。
6. P.22，表 3-1 滲入水建議改為不明水，表 3-2 軌道下方建議可調整為軌道及重要幹道下方。	為與本署前相關手冊皆用滲入水，故併列。
7. P.24，長期改善方案除風險評估外仍有建全率及預算的因素，且該部分評估少有量化指標，以附錄淡水長期更新改建案例為例，應用上仍以健全率為考量，故資產管理實施流程長期改善是否列於修繕改建訂定流程之後(圖 2.7)。	俟未來「本土化下水道設施資產管理手冊」編撰時，再將相關本土化之流程訂定納入。
8. P.28，基本方針訂定分為一般環境與腐蝕環境，建議將管線異常狀況都列舉進去，另本節所定義檢查與前章節及第 33 頁有異建議可改為巡查。	基本方針訂定為日本原著之內容，引用後及未來「本土化下水道設施資產管理手冊」編撰時，再另案再行檢討合宜之內容；本節之檢查修正為檢點，以與其他相關手冊

委員意見	回覆
	一致。
9. P.29，圖 3.12 檢查調查計畫流程應包含左下 2 個部分，另第 36 頁修繕改建實施計畫內容建議簡化。	P.29 圖 3.12 檢查調查計畫流程及 P.37 修繕改建實施計畫，係日本目前採行之方式；擬俟國內引用後，再另案進行檢討修正。
10.P.30 及 P.31，調查頻率及參考基礎建議引用國內資料。	建議俟國內引用後，再另案辦理本土化之資料編撰。
11.P.38 及 P.39，修繕工法及診斷項目建議引用綱要規範 02536 及 02538。	建議俟國內引用後，再另案辦理本土化之資產管理編撰。
12.P.46，影響度包含功能面、能力面及經費面，在實務引用不易量化，若採建議權重一致時，則長期改建計畫之研擬則取決於設備健全度，故建議實施流程移至修繕改建計畫之後。	建議俟國內引用後，再另案辦理本土化之資產管理編撰。
13.P.66 及 P.67，實施流程圖之維修建議改為「維護」，能與修繕改建計畫流程之「修繕」區分，另請檢視 2 種類型表前表述長期改建計畫之順序。	維修已改成維護；另 P.67，P.68 之圖示係日本目前採行之方式，建議俟國內引用後，再另案併本土化資產管理內容修正。
14.P.67 及 P.68，建議將延壽對策考量在時間計畫維護設備與事後維護設備之內。	建議俟國內引用後，再另案併本土化資產管理內容修正。
(二) 張賢潭委員	
1. 本手冊建議增列「表目錄」及「圖目錄」。	遵照辦理。
2. P.3，1.4 節適用對象，圖 1.2，既存資訊之確認[檢點計畫之訂定]中，第 3 項「一般環境下之檢點」及第 4 項「腐蝕環境下之檢點」，項次建請修正為 2-1 及 2-2，另原第 5 項及第 6 項，項次建請修正為 3.及 4.。	遵照辦理。
3. P.5，1.5 節名詞定義： (1) 第3項維護(維持)中，(1)保養(保守)建議修正為(1)保養(維護)。 (2) 第4項預防維護(予防保全)，考量「予防保全」語意模糊，建議修正為「延壽作為」，以資明確。	本節名詞定義，是中日對照，刮號內為日語名稱。
4. P.6，抽水站、污水處理廠中機電及相關設備之狀態指標，建議增列「妥善率」(抽水站、污水廠主要設備應維持一定之妥善率達 95%以上，汛期期間抽水站	本書是引進日本技術，故暫不變動內容，俟另案辦理本土化之資產管理編撰時再增減。

委員意見	回覆
各項主要設備—撈污機、閘門、抽水機、發電機等設備的妥善率應相對提升)。	
5. P.6，第 4 項預防維護(予防保全)，廠站設備延壽具體策略作業模式，建議抽水站、處理廠預防（測）性維護作業，除累積歷年相關經驗之外，是項維護建議列舉應辦之重要檢測項目及頻率，例如電力—控制盤—熱影像檢測(檢測電流是否平衡)—馬達線圈（檢測「阻質」是否合格)及油品—檢測重金屬含量是否過高，顯示軸承磨耗—震動值等，以提升設備延壽之效益。	本書是引進日本技術，故暫不變動內容，俟另案辦理本土化之資產管理編撰時再增減。
6. P.10，2.1 節概說，2.污水處理廠及抽水站設施長期改建需求狀況檢討②依目標使用年數之改建方案，「……，分別進行改建，如圖 2.5 所示」，誤繕應修正為如圖 2.6 所示。	遵照辦理，已修正。
7. P.10，表 2.1 之資料來源：日本「下水道主要設備功能診斷」下水道新技術推進機構 P.185，2005 年 8 月，資料距今已 19 年，是否有最新之參採案例，建請更新。	目前尚未有更新之資料。本書為第三版，應為最新可用資訊。
8. P.12，圖 2.7 資產管理實施流程案例，部分流程指標(6→7 箭頭位置)，建請修正。	已修正，謝謝指正。
9. P.12，7.修繕、改建計畫制定中，(2)實施計畫的制定「……，就對策範圍(修繕、改建)、長壽化對策設施的設定」，「長壽化」對策建議修正為「延壽化」對策，用詞一致性。	已修正，謝謝指正。
10. P.19，2.8 節對於民眾及相關機關之說明責任中，於 1.風險評估有關目標及風險項目明確化，建議列表說明「風險項目、產生的影響、因應的對策」。另於手冊中表 3.1「管設施的風險表」(P.22)及表 4.1「抽水站、污水處理廠設施的風險」(P.45)，表中均未納	將於後續之本土化資產管理手冊中再將國內之用法納入。

委員意見	回覆
入「因應的對策」。	
11. P.24 及 P.25，3.2 長期性改建工程之方案研擬中，2.設定改建條件『改建期可參考「3.1 風險評估」所述發生頻率而設定之』，及 3.決定最適改建方案『方案係就「改建投資規模」、「3.1 風險評估」，所列舉「目標」之關係』，建議「3.1 風險評估」建議修正為「表 3.1 管線設施的風險表」，另「目標」建議修正為「事故」。	遵照辦理。
12. P.28，表 3.5 之評估符號的意義為何？建請備註說明。本表的資料來源亦請一併備註說明(請全面檢視並補充)。	評估符號已以備註說明，本表資料來源詳本書序之說明。
13. P.29，圖 3.12，部分流程指標「意義」未標註清楚，建請修正，另圖 3.16 亦同。	已補列，謝謝指正。
14. P.39，3.5.2 節，〔診斷項目考量範例〕經調查及檢查結果診斷管線不良的現象，建請於手冊中考量納入分析造成管線不良的成因及因應對策;以利回饋規劃、設計及施工單位參考，避免日後因施工或管理不善，產生不良現象重複發。	診斷項目考量範例，診斷項目已列有 8 項，其造成不良之原因在文中已有說明；於另案本土化資產管理手冊中，再依實際需求詳加編撰。
15. P.54-P.57，圖 4.6、圖 4.7、圖 4.9、圖 4.10、圖 4.12、圖 4.13、圖 4.15 及圖 4.16，圖示不清，請修正(考量以不同顏色表示)。	於本土化資產管理手冊中，將重新以不同顏色繪製修正。
16. P.64，圖 4.23，圖示標示位置偏差，請修正。	已修正，謝謝指正。
17. P.69，表 4.7，判定區分欄位，如何判定？建請補充說明。	該表為直接翻譯，俟另案辦理本土化之資產管理編撰時再補充判斷依據。
18. P.84，表 4.19，方案 3 中「年平均費用之比較」欄位，計算式中缺漏 32(年)。	已修正，謝謝指正。
(三) 陳森淼委員	
1. 國土管理署已訂定「污水下水道管渠	謝謝肯定。

委員意見	回覆
及設施維護管理手冊」、「公共下水道管渠維護管理要點」、「水資源回收中心標準維護程序書」等，地方政府可結合本手冊之運用，達到設施整體最適化的目的。	
2. P.17，資產管理免不了建構設施資料庫，並進而能將該資料充分運用在資產管理。目前各縣市倘尚有未建置下水道營運管理系統，建議儘快建置，除管線 GIS 資料庫建置，包括相關模組建置如設施查詢、檢視維修系統、自接戶之網路申請接管系統、收費系統…。	將提請國土署參採。
3. 管線健全率預測公式，國內部分縣市污水下水道系統使用年限尚短，調查數據不足，建議國土管理署參考日本作法收集全國之資料數據分析，發表健全率計算式供各縣市掌握經過一定之年數，管線必須進行改建之比例參考。	擬請國土署參採。
4. 資產管理主要受限縣市政府經費，檢視、改建有不同做法。除直轄市較有制度，訂定長期計畫系統性進行污水下水道管線檢視、修繕，但編列經費仍有不足之虞，造成檢視越多，修繕經費也越多之狀況，只能依照檢視管線劣化程度，評估修繕優先排序。所以臺北市有民權西路管線損壞路面下陷事件、高雄市也屢有豪大雨天坑事件。至於其他縣市大多採有狀況管線檢視修繕為主。有待各縣市增列管線營管經，並開徵使用費挹注財源。	擬請國土署參採。
5. 雨水下水道部分，近年來中央補助各縣市雨水下水道系統檢討規劃大多系統已辦理管涵縱走或 CCTV 檢視。其中部分系統嚴重淤積並有相當比例之管線嚴重結構損壞鋼筋外露，建議國土管理署督導縣市政府籌措經費分年	擬請國土署參照。

委員意見	回覆
辦理改善。	
6. P.30，日本管線設施檢視頻率為依照重要設施及主要設施增加調查及檢查頻率，惟國土管理署所訂管渠管理要點，管渠管徑(600mm)以下內部至少每 10 年定期檢視及清理管渠淤積 1 次以上。管渠管徑（700mm）以上內部每 20 年定期檢視或清理管渠淤積 1 次以上。檢視頻率規定似與日本作法有差異，建議檢討。	擬請國土署參採。
7. 國土管理署所訂管渠管理要點，道路段人孔外部設施每 3 個月巡檢 1 次以上檢視外部每季 1 次，人孔內部設施每年依計畫巡檢 1 次以上（檢查項目由地方政府另定之)。目前縣市政府人孔內部檢查，大多有依照辦理。但檢查項目可參考考日本人孔內檢視，增加伸縮桿管口攝影機，檢視人孔向管內目視可達的內部範圍，檢查堆積物和污水流動狀況。	擬請國土署參採。
8. P.62，抽水站、水資源回收中心健全度檢查，目前大多由地方政府委託代操作廠商由廠內員工自行檢查評估設備健全度等級，建議地方政府加強督導及抽驗正確性。另水資中心部分設備沒入池槽，平時不易檢查，建議落實代操作廠商之歲修計畫，進行池槽放空等設備停止操作之檢查，以利及早發現潛在設備問題。	擬請國土署參採。
9. 附錄Ⅷ，管線調查篩選技術，地方政府在有限之經費，很難維持固定頻率進行管線內部詳細調查，如能引進透過簡易設備調查，發現重大異常，篩選縮小範圍進行詳細調查，可降低調查成本。	於後續本土化資產管理手冊編撰時，收集可簡易調查之設施，供採用單位參考，謝謝建議。
(四) 魯子裕委員	
1. P.45，表 4.1 中，「事項」建議改為「事	遵照辦理，謝謝指正。

委員意見	回覆
故」。	
2. P.47，4.2 節，「1.設定管理方法」建議改為「1.制定維護方法」。	遵照辦理，謝謝指正。
3. P.62，4.3.1 節中第 3 項「單元」文字內容建議修改如下： 「3.檢查、調查作業的實施對象 檢查作業的實施對象，多以獨立功能的機器為對象，確認設備有無異常。 調查作業的實施對象，多以完整獨立功能的機器或部分零件為對象，確認設備功能有無異常。例如攔污柵、進水泵、鼓風機等；針對零件可進行狀態管理，以更換零件的方式來達到設備延壽目的，可以降低生命週期總成本。」	遵照辦理，謝謝指正。
4. P63，4.3.2 節中第 1 項「目標設施、實施時期」文字內容建議修改如下： 「1.目標設施、實施時期 目標設施為污水處理廠、抽水站全部設備，檢查時期則視設備之特性及執行體制定期實施。調查作業時程可配合預防維護作業時程之安排，如圖4.22，配合風險評估，以決定調查作業順序，使該作業更具效率及效果。」	遵照辦理，謝謝指正。
5. 4.3.2 和 4.5.2 節中請釐清設備改建和設備更新之用字是否適當，請在確認。	已統一為設備改建，謝謝指正。
6. 建議國土管理署修改現有 SMP 範本，以納入本書精華，參考保養設備分類方式及健全度表格配分案例。	擬請國土署參採。
7. 建議國土管理署選擇現有污水處理廠作為資產管理手冊方式之示範場。	擬請國土署參採。
(五) 本署下水道永續營運組	
1. 序，污水下水道普及率、污水下水道總長度、雨水下水道總長度、污水處理廠數量之統計截止日期建議一致更新至 112 年底。	已更新，謝謝指正。
2. P.10，發生頻率(容易發生異常)，建議修改為 P.14，發生頻率(容易發生機	已修正，謝謝指正。

委員意見	回覆
率)。	
3. P.10，表 2.1 目標使用年數設定例第二欄為「標準使用年數」係用「目標」或「標準」應一致，另第五欄「目標/標準」，應為「調查結果/標準」。	表 2.1 目標使用年數已修正為「使用年數」；依文中說明使用年數區分為標準使用年數及目標使用年數，詳 P.6 說明。
4. P.11，解說 5(2)實施計畫的制定，因污水下水道實施計畫在國內已習慣為建設所需提報之計畫，為避免誤解，建議檢討修正如「執行計畫」或「資產管理實施計畫」加以區分。	已修正為「執行計畫」，謝謝指正。
5. P.12，圖 2.7，如涉及判別流程應有「是」或「否」才知走向。如欄位 6，為何有兩條向外的箭頭，其選擇哪一個流程應設定條件，如欄位 9 有四條向外箭頭，其條件為何?應有說明	已修正，謝謝指正。
6. P.13，改建改築通知，建議參考附錄Ⅱ修改為改建通知。	已修正，謝謝指正。
7. P.13，設施資料收集部分及各項資訊，有些應在施工或竣工階段即應建置完成，再移入後續資產管理工作，相關內容建議納入說明。	已納入內容，詳 P.13 之說明。
8. P.14，有關 2.4 檢查、調查、修繕及改建目標(計畫結果及計畫量)，是否與「公共下水道管渠維護管理要點」所訂定的頻率有競合的問題？	擬於本土化資產管理手冊未來編撰時，將與本土相關規定相輔相成，以利國內推廣使用，謝謝指正。
9. P.19，民眾資訊公開之內容，應評估其效益，以及避免造成民眾誤解，相關需審慎評估之內容建議納入說明。	擬於本土化資產管理手冊未來編撰時，再將審慎評估之內容納入。
10. P.37，可參考日本「下水道維持管理指針(實務編)」，建議可標註頁數或章節。	已於參考文獻中納入該書之書名，應有利於資料檢索。
11. P.43，生命週期改善金額請確認 24/(1.04)^80？	$24+24/(1.04)^{1}+\cdots+24/(1.04)^{80}$ =612 千日圓，詳 P.44 說明。
12. 日本「國土技術政策研究所」除了在網頁上提供「健全率預測公式」供大家使用外，另有「管路調查優先度判定系統」，是否有考慮納入本案辦理？	擬於本土化資產管理手冊中再行研商是否納入。

委員意見	回覆
13. 本手冊與下水道廠站營運管理、下水道管渠及設施維護管理及下水道管渠設修繕更新設計及施工等相關手冊，建議應有相關連結，以免各自為政。	擬於未來編撰本土化資產管理手冊時，再整合現有相關手冊，以便各使用手冊間能相至連結。
14. 另本手冊提及「長期性改建計畫」對應本署 112 年編訂的「下水道管渠修繕更新設計及施工」屬於更新的部分，為利不同手冊間可互相參採，請補充說明「改建」與「更新」及「延壽」之關聯。	擬於未來編撰本土化資產管理手冊時，再整合現有相關手冊，以便手冊間能相至連結。
(六) 本署下水道工程分署	
1. 名詞定義： (1) 「改建」所述確保耐用年數與「修繕」所述維持至耐用年數之內，意思類似易於混淆，且改建與修繕根本的差異在，改建後會改變使用年數，而修繕為維持使用功能，故建議以此方向調整定義。	(1)改建之確保耐用年數，修正為「以確保延長使用年數」。
(2) 「改建(1)更新」:既有設施加以〝修繕〞或〝改建〞之稱，本手冊將改建及修繕區分卻在改建定義中使用修繕，且〝改建〞為定義本身不建議使用再解釋中，建議修改，另依據後續章節改建包含更新及置換,卻僅有更新之定義;「改建(2)延壽對策」: 為使既有設施的一部分能持續發揮功能，而做部分的〝更新〞，也就是〝更新〞，那是否有必要區分?故建議修改供參「改建：對既有設施一部分或整體加以更新或置換，使其延長使用年數」，而「延壽對策」部份，重點應為對策而非行為，根據後續章節說明為對象之檢討及必要性之確認，建議重新定義。	(2)已修正，詳 P.5 之說明，謝謝指正。
(3) 修繕〝(修繕)〞，贅字。	(3)已刪除。
(4) 預防維護(〝予〞防保全)，是否為錯	(4)已修正為延壽作為。

委員意見	回覆
字請確認。 (5) 標準耐用年數及目標耐用年數，本手冊內文皆為使用年數，請再確認。	(5)已修正為標準使用年數/目標使用年數，謝謝指正。
2. P.11，風險評估，為設定〝、〞檢查、調查及修繕的優先順序，依據語意應刪除逗點，請確認。	〝、〞已刪除，謝謝指正。
3. P.14，表 2.3 管線階層建議可改為管線系統(LV1)>主、次幹管、分支管網、巷道連接管(LV2)，且是否有雨污之區隔請確認。	表 2.3 係屬 LV1 污水處理廠及管線階層，再細分至主要零件階層(LV5)，表 2.3 尚未分主次幹管至連接管；雨污水管線系統應均適用。
4. 3.2 節及 4.2 節長期性改建工程之方案研擬，所述「為達到長期性修繕、改建計畫量及計畫經費最適化」，敘述包含修繕，而相關內容說明皆著重在改建，另修繕在本手冊定義為老化且異常或損壞的設施辦理修建，表示設施已無正常使用功能，理論上修繕不應再設定條件且屬於短期性的事後維護作業，建議就修繕及改建區分說明，另本節為長期性方案研擬卻在評估跟調查之前，建議調整排序。	1. 3.2 節之修繕已刪除。 2. 4.2 節之修繕亦已刪除。 3. 應仍在評估及調查之後，詳 3.1 之說明。
5. 3.5.2 節及 4.5.2 節實施計畫制定，設定內容包含 1.對策範圍 2.延壽對策之檢討目標設備 3.改建方法 4.實施時期、費用概算，整體內容完整度不足且較無章節性的前因後果說明，理論上實施計畫先是計畫緣由及範圍界定，經過背景調查及相關工法、材料說明，再擬定對策，最後依據對策預估期程及經費，綜上，建議調整為 1.緣起 2.對策範圍 3.背景調查 4.工法及材料(修繕工法、改建工法等)5.延壽對策及檢討目標設備 6.執行方案 7.實施期程、費用概算。	本書係引進日本有關資產管理之經驗，以為台灣引用推廣之參考，許多名詞定義及流程與台灣習用之流程，有所不同。 後續宜進行本土化資產管理手冊之編撰，將相關名詞定義及流程整合成國內可資運用之手冊。
(七) 本署下水道建設組污水下水道建設科	
1. 有關土木、機電設備及管材使用年限，建議補上本署相關手冊訂定之年限資	請同意於本土化資產管理手冊編撰時再編列，以順暢本書研讀之一貫性。

委員意見	回覆
料。	
2. P.10，表 2.1 目標使用年數設定例，其中目標/標準中之「目標」值，係為日本目前調查結果平均值，建議可修正使用文字為「現況」值。	將修正為目標使用年數／標準使用年數，以利說明。
3. P.13，第 9、評估及調整，考量工程計畫，以 5～7 年為期限，依照目前一般水資興建期程多為 2-3 年，本手冊係為綜整各項設施實際情況調整目標值或計畫值，建議將所需期限時程長，相關考量原因納列說明。	已修正內容，詳 P.13 之說明。
4. 有關水資中心資產管理，建議可將國內促參系統就重置計畫執行評估項目併入說明。	擬俟本土化資產管理手冊編撰時再行併入說明。
5. 有關下水道設施資產管理係長期性維護及改建計畫，是否含概政策推動(例如節能減碳、永續經營等)及功能提昇等，建議可納入說明。	擬俟本土化資產管理手冊編撰時再行併入說明。
6. 有關資產管理實施風險評估包括健全(率)度，請評估是否需納入妥善率情形。	擬俟本土化資產管理手冊編撰時再行併入說明。
(八) 本署下水道建設組綜合計畫科	
1. 有關序言部分，建議相關數據(如污水下水道總長度、雨水下水道總長度、污水處理廠座數)可更新至 112 年底；另有關「創設」一詞是否可改為「制定」或「訂定」，較符合我國用語。	已修正，謝謝指正。
2. P.22，(4)簡易調查結果中，提及表 3.4，惟查表 3.4 係最適改建方案之考量，是否有誤，建請釐清。	已刪除，謝謝指正。
3. P.24，「改建期可參考『3.1 風險評估』所述發生頻率而設定之」，建議改為「改建期可參考『3.1 節 4.風險評估』所述發生頻率而設定之」，以避免誤解；P.25，亦有相同問題建議一併修正。	已修正，謝謝指正。
4. P.8、P.9，所提健全率預測公式，是否可參考附錄 V，建議補充說明。	附錄 5 係健全率預測公式之推導範例，應可參考。
5. 本手冊內容附錄順序由附錄Ⅳ、附錄	附錄別已依順序修正為附錄 1～附錄 12。

委員意見	回覆
Ⅱ、附錄Ⅴ、附錄Ⅵ、附錄Ⅷ、附錄Ⅶ、附錄Ⅸ之原因為何？另文中未有附錄Ⅰ、附錄Ⅲ、附錄 IX、附錄 X 及案例之說明，建議於適當位置補充。	
6. 本次會議協會所補充之「科學園區污水處理廠導入下水道設施資產管理案例」，請補充於手冊內。	已納入附錄 12，謝謝指正。

序

依據國土管理署公告之「全國污水下水道用戶接管普及率及整體污水處理率統計表」、「內政部國土管理署下水道資訊入口網」、「台灣地區雨水下水道系統規劃及實施率」及「全國公共污水處理廠營運現況公開報表」之統計資料，截至 112 年 12 月 31 日為止之公共污水下水道普及率已達 42.14%，污水下水道總長度約 16,171 km；雨水下水道總長度約 5,767.6 km；營運中污水處理廠已有 82 廠(統計至 113 年 8 月)。

隨著下水道建設的普及，下水道已漸被國民認定為生活環境中必要的維生系統之一，但各系統的健全度，會隨著建設年代而劣化，甚至因疏於或不正確之維護，常未達使用年數，就已故障損壞。因之維護管理之良窳及設施維護管理之健全，提供安全和安心的國人生活環境，將是未來重大的挑戰。

台灣累計政府歷年投入下水道建設的資金，在雨水下水道已達 1,000 億，污水下水道已達 3059.69 億以上，應已達 1 兆元以上之現值，這麼龐大的投入設施資金，其維護管理、修繕和改建所需之資金，更是未來一大挑戰；應以能達生命週期總支出最低(LCC)為目標，以能發揮其正常功能，並使這些資產能達到世代最佳之運用，為設施資產管理的重點；惟其有效之管理模式，尚待經驗之學習和建立。

日本下水道建設早我國約三、四十年，且因其規模較大，人力充沛，從建設之規劃設施標準、施工技術、設備、維護管理模式等皆已具體建立，值得我國借鏡參考，以縮短學習摸索階段。經查日本為提升其龐大的下水道設施的 LCC，曾於 1965 年制定頒行「下水道長壽化支援制度」，並於 2014 年修正下水道法，制定「下水道維持修繕基準」，以做為整體設施維護管理最適化的推動依據。

本書為日本推動既有下水道資產之管理，由日本國土交通省水環境‧國土保全局下水道部，以及其國土交通省國土技術政策總合研究所下水道研究部，共同編撰之「下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン(2022 年修訂版)」，藉供各地方政府做為策劃龐大下水道設施資產之效率、維護、管理、修繕及更新之基礎，以達下水道設施安全、安心及永續世代之共同目標。現為提供國內下水道工作者之及時參考引用，以提升國內下水道資產管理能力，特將其編譯印行，希望能及早促進我國下水道之整體維護管理能力。

本書之編譯分兩個階段進行，先由歐陽嶠暉教授(第一章至第四章，及附錄 1～3)、陳勳融技師(附錄 4、附錄 12)、林金龍技師(附錄 5～6)、李啟銘技師(附錄 7～8)、廖彥雄技師(附錄 9～10)及李孟謙廠長(附錄 11)完成全書翻譯及案例執筆後，再由許鎮龍理事長主持及邀請全體執筆人、陳永輝理事及國土署葉信宏科長進行審訂，承蒙大家積極參與得以完成，謝謝大家共同付出，特附誌。

本書之印行，除期能與本協會先後印行之下水道設施維護管理相關書籍，成為完整一系列之工具書外，期許對我國下水道設施之營運管理，能有所貢獻，發揮本協會服務社會之使命。

下水道設施資產管理手冊（113 年版）

目錄

第一章　總論 1

1.1 概說 1

1.2 下水道(設施)資產管理之目的 2

1.3 管線設施之檢查、調查、診斷、老化及腐蝕對策 2

1.4 適用對象 3

1.5 名詞定義 5

第二章　營運管理及執行體制 7

2.1 概說 7

2.2 資產管理之基本考量和實施流程 11

2.3 設施資料收集、整理(現況掌握) 13

2.4 風險評估 14

2.5 設施資產管理目標的設定 15

2.6 長期性改建計畫方案設定 17

2.7 設施資料庫的構建及使用 17

2.8 對於民眾及相關機關之說明責任 19

第三章　管線設施 21

3.1 概說 21

3.2 改建工程長期方案之研擬 24

3.3 檢查、調查計畫制定 28

3.3.1 基本方針制定 28

3.3.2 執行計畫制定 33

3.4 檢查、調查之實施 35

3.5 修繕、改建計畫制定 36

3.5.1 基本方針制定 36

3.5.2 執行計畫制定 38

3.6 修繕、改建之實施 44
3.7 評估及檢討 44
第四章 抽水站、污水處理廠設施 45
4.1 概說 45
4.2 長期性改建計畫之方案研擬 47
4.3 檢查、調查計畫制定 58
4.3.1 基本方針制定 58
4.3.2 執行計畫制定 63
4.4 檢查、調查之實施 65
4.5 修繕、改建計畫制定 65
4.5.1 基本方針制定 65
4.5.2 執行計畫制定 75
4.6 修繕、改建之實施 87
4.7 評估及檢討 87
附錄 1○○市下水道設施資產管理基本構想(導入檢討) 89
附錄 2 改建通知(2014 年 5 月 16 日)有關下水道設施之改建 101
附錄 3 改建通知(2015 年 7 月 25 日)有關下水道管渠要以更新工法改建之相關對象運用 103
附錄 4 長期更新改建需求預測示範案例 105
附錄 5 管線健全率預測公式 121
附錄 6 風險評估實施程序(管線設施) 127
附錄 7 風險評估範例(處理廠、抽水站設施) 141
附錄 8 管線調查篩選技術 151
附錄 9 主要設備相關主要零件之判定項目案例 155
附錄 10 土木、建築之檢點、調查項目及診斷案例 161
附錄 11(案例)淡水污水下水道系統管線設施長期更新改建需求預測 165
附錄 12(案例)導入日本下水道設施資產管理概念及精進作為-以科學園區污水處理廠為例 175
參考文獻 191

圖目錄

圖 1.1　下水道設施營運管理和資產管理概念 1
圖 1.2　管線設施檢查、調查、診斷之流程 3
圖 1.3　管線設施老化對策、腐蝕對策之流程 4
圖 2.1　管線設施之年度別建設長度 7
圖 2.2　使用年數(50 年)單純改建案例(每 50 年更新) 8
圖 2.3　健全率降低之管線改建案例 8
圖 2.4　健全率曲線 9
圖 2.5　標準使用年數之改建需求案例 9
圖 2.6　目標使用年數之改建需求案 10
圖 2.7　資產管理實施流程 12
圖 2.8　風險矩陣案例 15
圖 2.9　改建計畫及其他計畫之最適化(平均化)之概念 18
圖 2.10　下水道設施資料庫之構建及應用案例 18
圖 3.1　依矩陣優先順序 23
圖 3.2　改建投資金額(比較對象) 26
圖 3.3　緊急度之變化(比較對象) 26
圖 3.4　改建投資金額(方案 2) 26
圖 3.5　緊急度之變化(方案 2) 26
圖 3.6　改建投資金額(方案 3) 27
圖 3.7　緊急度之變化(方案 3) 27
圖 3.8　改建投資金額(方案 4) 27
圖 3.9　緊急度之變化(方案 4) 27
圖 3.10　改建投資金額(方案 5) 27
圖 3.11　緊急度之變化(方案 5) 27
圖 3.12　管線設施檢查、調查計畫制定及實施流程 29
圖 3.13　一般環境下依使用年數進行管線設施之檢查及調查 30
圖 3.14　優先順序之設定方案 31

圖 3.15　下水道設施特有的硫酸腐蝕混凝土的機制 32
圖 3.16　管線設施修繕、改建計畫制定及流程 36
圖 3.17　修繕、改建及其他計畫分期實施示意圖 37
圖 3.18　修繕工法分類 38
圖 3.19　改建工法分類 40
圖 3.20　管線更新或置換之檢討程序 41
圖 3.21　經費比較示意圖 43
圖 4.1　管理方法之設定流程範例 48
圖 4.2　狀態監視維護設備之改建方式示意圖 49
圖 4.3　時間(定時)計畫維護、事後維護設備之改建方式示意圖 50
圖 4.4　各方案改建時期的示意圖 52
圖 4.5　計畫平均化的示意圖 53
圖 4.6　投資額變化 54
圖 4.7　健全度比例變化 54
圖 4.8　風險變化 54
圖 4.9　投資額變化 55
圖 4.10　健全度變化 55
圖 4.11　風險變化 55
圖 4.12　投資額變化 56
圖 4.13　健全度比例變化 56
圖 4.14　風險變化 56
圖 4.15　投資額變化 57
圖 4.16　健全度比例變化 57
圖 4.17　風險變化 57
圖 4.18　狀態監視維護設備之檢查、調查實施流程範例 59
圖 4.19　時間(定時)計畫維護設備之檢查、調查實施流程範例 60
圖 4.20　事後維護設備之檢查、調查實施流程範例 61
圖 4.21　污水處理廠、抽水站之檢查、調查計畫示意範例 62

圖 4.22　依風險矩陣進行調查時期之設定範例 63
圖 4.23　重要度大之設備其調查時期設定範例 64
圖 4.24　狀態監視維護設備之修繕、改建實施流程範例 66
圖 4.25　時間(定時)計畫維護設備之修繕、改建實施流程範例 67
圖 4.26　事後維護設備之修繕、改建實施流程範例 68
圖 4.27　絕對值振動數據判定基準(JISB 0906，ISO10816-1 規格)..... 70
圖 4.28　劣化預測範例 73
圖 4.29　優先順序之設定範例(其他計畫之調整)..... 74
圖 4.30　優先順序之設定範例(設備群、改建單元之考慮)..... 74
圖 4.31　修繕、改建判定範例 75
圖 4.32　設備群檢討範例 76
圖 4.33　劣化預測之對策範圍、評估期間設定範例 77
圖 4.34　費用比較概念 78
圖 4.35　健全度評估流程範例(延壽對策檢討目標設備之設備單元評估)..... 80
圖 4.36　費用比較概念 82
圖 4.37　同機種、同環境下之設備劣化預測 83
圖 4.38　費用比較概念 86

表目錄

表 2.1　使用年數設定例 10
表 2.2　設施資料之種類案例 13
表 2.3　功能及種類之分類、階層化案例 14
表 2.4　檢查、調查、修繕及改建目標(計畫結果及計畫量)設定案例 16
表 2.5　把握階段性進度之目標設定案例(管線設施之安全確保) 16
表 2.6　把握階段性進度之目標設定案例(處理廠、抽水站(管理水準之確保)) 17
表 3.1　管線設施的風險 22
表 3.2　影響度評估之重點 23
表 3.3　管線設施建設費之費用推估函數(2014 年單價) 24
表 3.4　最適改建方案之綜合檢討 25
表 3.5　決定最適改建方案 28
表 3.6　日本管線設施依重要性設定調查、檢查頻率 30
表 3.7　管線設施之調查方法 34
表 3.8　考慮優先順序之實施時期調整 37
表 3.9　經費比較 42
表 4.1　抽水站、污水處理廠設施的風險 45
表 4.2　影響度評估的項目範例 46
表 4.3　管理方法考量範例 48
表 4.4　方案之檢討項目及內容範例 53
表 4.5　方案之評估範例 58
表 4.6　調查項目範例 63
表 4.7　設備單元健全度範例 69
表 4.8　主要零件單元健全度範例 70
表 4.9　設備目視之判定基準 70
表 4.10　振動診斷(絕對值判定法)判定基準範例(設備目標) 71
表 4.11　健全度判定方法及判定結果範例(調查單元：設備-抽水機) 71
表 4.12　健全度判定方法及判定結果範例(調查單元：主要零件-污泥刮泥機) 72

表 4.13　健全度評估判定結果例(調查單元：主要零件-直流電源盤).....73
表 4.14　費用之比較.....78
表 4.15　同種類、同環境下之主要零件更換履歷對策範圍界定.....80
表 4.16　各方案使用年數之設定.....81
表 4.17　費用比較結果例.....81
表 4.18　更換履歷整理.....83
表 4.19　最適對策時期之檢討.....84
表 4.20　費用比較結果.....85

第一章　總論

1.1 概說

下水道(設施)資產管理(Stock management)之定義，為能充分發揮下水道的功能，以永續實現下水道建設之目的，而訂定明確的目標，在於能掌握整體設施的狀況，並於評估預測設施的長期狀態之同時，對下水道設施做計畫性且具效率的管理。

解說：

下水道(設施)資產管理，乃訂定明確目標之管理水準，以整體下水道設施為對象，對其狀態進行檢查(巡視、檢點)及調查等，以客觀的進行評估、預測設施長期狀態，再經由檢查、調查、修繕及改建等，對整體下水道設施作計畫性且具效率的管理。

另為下水道之永續營運，對於設施作必要的營運管理，需確保健全的執行體制及適當的評估管理。本手冊乃著重於下水道設施資產管理之檢查(巡視、檢點)、調查、修繕及改建為重點。圖 1.1 為下水道設施營運管理和資產管理概念。

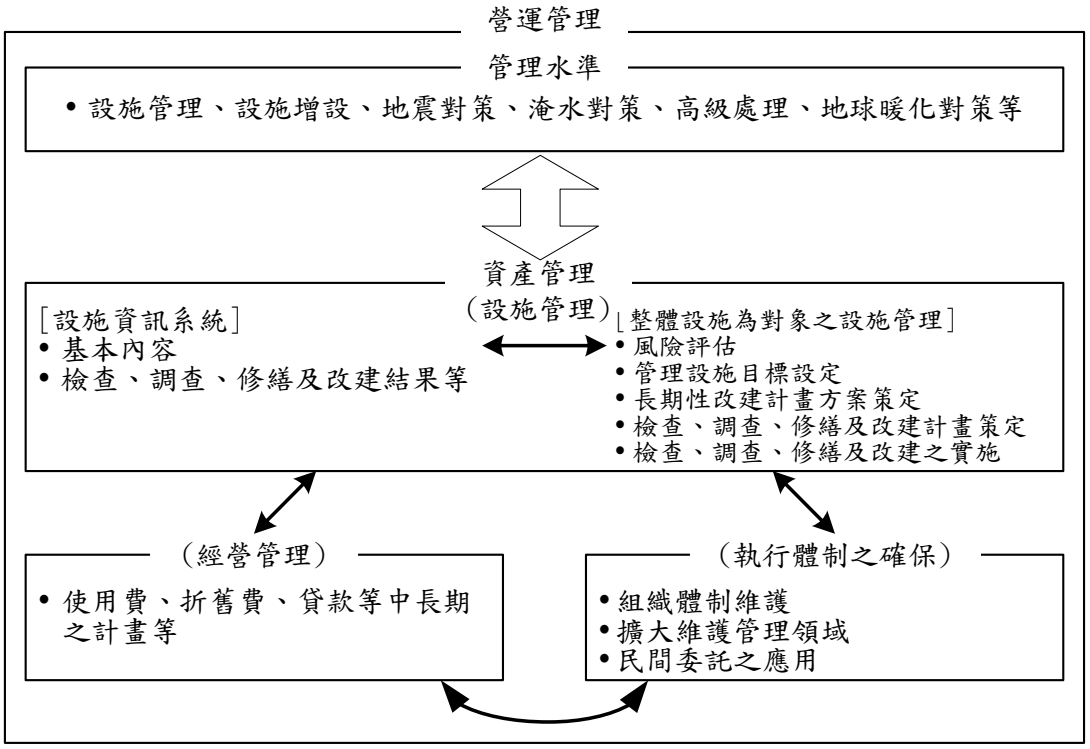


圖 1.1　下水道設施營運管理和資產管理概念

1.2 下水道(設施)資產管理之目的

下水道(設施)資產管理是從長期的觀點，整體考慮下水道未來老化的變化狀況，而從風險評估訂定優先順序，進行設施的檢查(巡視、檢點)、調查、修繕及改建等，使設施整體能維持在最適化狀態為目的。本手冊即導入資產管理的概念，做為實踐的基礎加以彙整而成。

解說：

下水道是由社會資本提供服務民眾、改善生活環境之公共設施，整體設施(資產)要能永續維持健全狀況，始能維持建設之功能。

這樣龐大的資產，在使用過程日趨劣化，使得檢查(巡視、檢點)、調查、修繕及改建等之經費也日趨龐大，其最壞的狀況可能造成管線的破損，導致道路塌陷、污水溢流及污水處理廠停止操作，污染河川水體等風險。為因應下水道資產的有效管理，有待下水道人才的培養及教育訓練，提升能力，並能延攬優秀且有使命感的人才加入本領域。另面臨未來人口減少及生活方式的改變，對於設施要能永續發揮功能是為要務。

為因應上述的問題，如何將已建設的下水道社會資產，經過適當必要的維護管理，變得極為重要。

本手冊即為促進下水道(設施)資產管理為基礎所訂定。

1.3 管線設施之檢查、調查、診斷、老化及腐蝕對策

管線設施的維護管理，以預防維護之維護管理為前提，並從中、長期之目標，作計畫性的維護管理。因此必須以預估風險加以適當評估，設定維護管理計畫的管理目標，持續確保設施的功能，維護居民的需求，並由維護管理專業人員投入實務運作，以 PDCA 循環活化持續改善至為重要。

解說：

計畫性維護管理係透過「檢查(巡視、檢點)」、「調查」、「診斷」等流程的實施發揮效果。制作管線設施之檢查(巡視、檢點)、調查計畫，並依其結果為基礎，做必要性的對策判定，並設定修繕或改建對策方法作為修繕、改建計畫，其實施的相關流程，如圖 1.2 及圖 1.3。

檢查(巡視、檢點)、調查及修繕、改建所獲得資訊，持續納入資料庫累積，並定期分析、評估，藉以訂定並修正適當之檢查頻率，推動具效率之資產管理為目的，例如管線設施在下水道的腐蝕環境下會持續腐蝕，即使經檢查調查判定緊急度低，也有在五年後會激增腐蝕的案例，此種狀況，其檢查頻率就應修正增加。相反的，在上次的檢查結果並無損傷，則不變動其檢查頻率，以提升效率。

這些資訊要全部保存，甚為龐大，建議以資料庫保存為宜，資料庫構建時，對於緊急度的預測、生命週期的計算，需依異常紀錄為基礎累積資訊提供做為更新或改善設施決策之用，才具效果。

1.4 適用對象

本手冊係為實施資產管理為目的，以及其實施、評估及修訂為對象。

解說：

本手冊係為實施資產管理為目的，以及其實施、評估及修訂等對象所編訂，其對象包括下水道設施之管線、抽水站及污水處理廠等。

本手冊的編訂方式,在於提供各地方政府能參考引用,除本手冊所載內容外,各地方政府可依其在地的實際狀況及 PDCA 之實踐為基礎，自行創意訂定之。

未來可再依各地方政府在資產管理的實績和經驗，作為檢討修訂之參考。

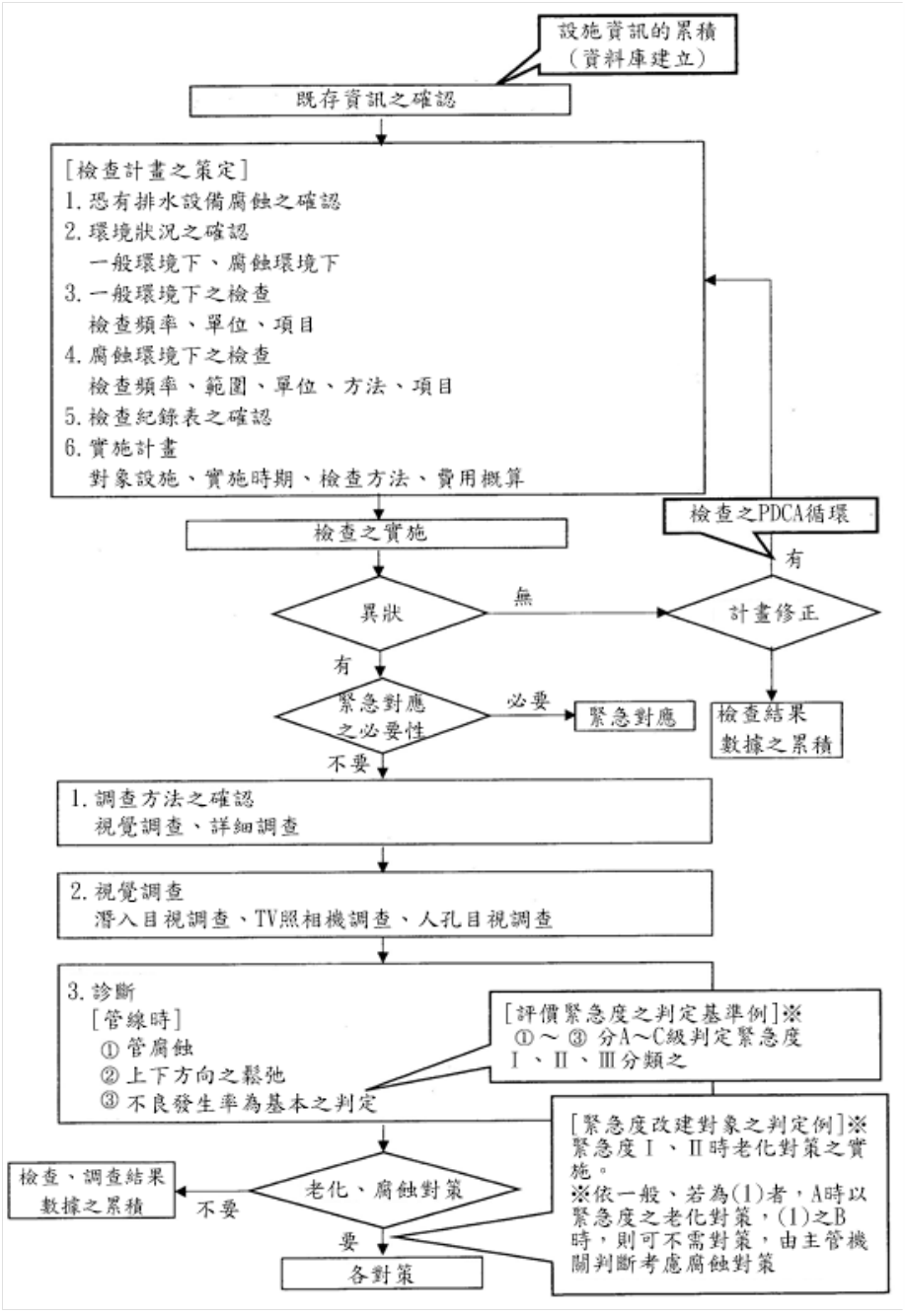


圖 1.2 管線設施檢查、調查、診斷之流程

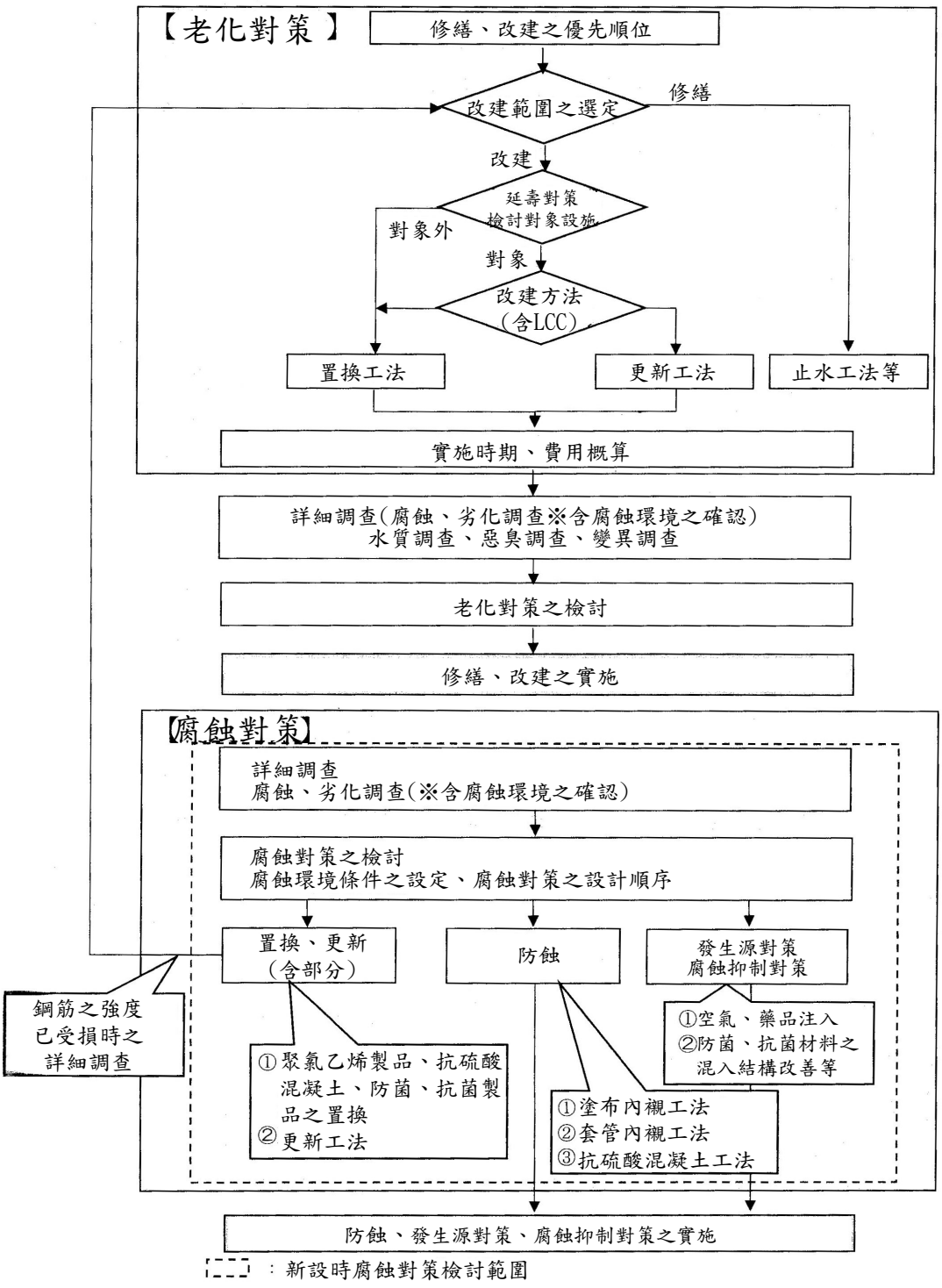
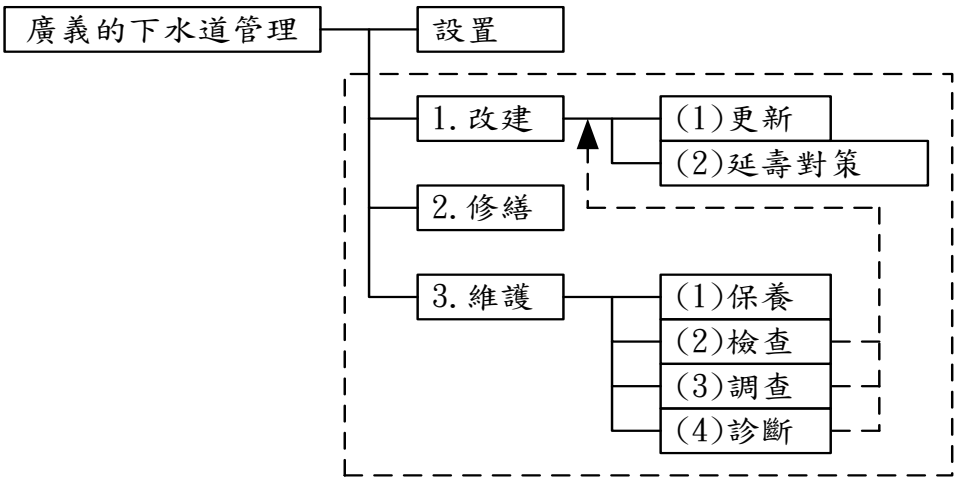


圖 1.3 管線設施老化對策、腐蝕對策之流程

1.5 名詞定義

本手冊名詞定義(中、日對照)如下：



1. 改建(改築)

為設施的更新或延壽的對策，以延長耐用年數。

(1) 更新：既有的設施加以整建或改建之稱。

(2) 延壽對策：為使既有設施的一部分能持續發揮功能之策略。

2. 修繕

老化的設施，部分異常或損壞的設施為對象，使其能維持至原有使用年數以內的修建。

3. 維護(維持)

為了達成高效率改建之目的，需包括執行下水道管線及抽水站、污水處理廠等設施之計畫性保養、檢查、調查及診斷作業，以保持下水道功能為目的之各種作為。

(1) 保養(保守)

期的進行消耗品的確認、補充或更換，發現有異常時，隨時進行輕度的調查、修理、更換等。

(2) 檢查(含巡視、檢點)(点検)

① 巡視:基本上不打開人孔蓋，以下水道管渠的地面狀況、人孔蓋之狀況，進行檢查。

② 檢點:為了解設施狀況，提早發現缺陷所進行之工作，管線設施係打開人孔蓋，從地面上目視人孔內部，或使用鏡子和燈光或由地面上將管口 TV 插入人孔內等方法，以確認人孔及管線內狀況。抽水站、污水處理廠的設施、設備，則為維持其功能做定期的目視或利用量測設備，確認有無異常。

(3) 調查(調查)

為設施或設備之健全率(管線)或健全度(抽水站、污水處理廠)的評估

或預測，進行量化確認其劣化狀態的變化。

管線則由調查人員進入管內，以目視或置入下水道管線用 CCTV 檢視設備等方法，詳細調查其劣化狀況或趨勢等量化確認之同時，檢查其原因。

抽水站、污水處理廠的設施、設備，則藉目視及量測設備，量化確認其劣化狀態和趨勢，同時也檢討其原因。

(4) 診斷(診断)

依據檢查或調查結果，以判定其健全率(管線)或健全度(抽水站、污水處理廠)及緊急度，緊急度適用於管線狀況。

4. 預防維護(延壽作為)

對設施、設備剩餘壽命的預測，在發生異常和故障之前，所實施的管理方法，包括狀態監視維護及時間計畫維護。

(1) 狀態監視維護(状態監視保全)

確認設施或設備的劣化狀況及操作狀況，並依其狀態，進行管理的方法。

(2) 時間計畫維護(時間計画保全)

依設施或設備之特性，預定週期(目標使用年數等)。

5. 事後維護(事後保全)

設施、設備發生異常(功能降低等)及發生故障後之對策的管理方法。

6. 生命週期總支出(Life Cycle Cost, LCC)（ライフサイクルコス）

設施、設備，包括設置、維護、修繕及改建等，在可利用期間之費用統計。

7. 風險(リスク)

對於目的不確定之影響。風險的大小，係依設施及設備「事故異常/故障發生頻率」及「事故異常/故障發生時之損害規模」之綜合評估。

8. 健全率(區分 0~100%)(健全率)

為評估管線設施功能、狀態健全性之指標，並於狀態監視維護時進行診斷，以判定修繕、改建等對策。健全率係以管線全部(總長度)之相對劣化比率表示，健全率與經過年數之關係式稱「健全率預測公式」。

9. 健全度(區分 1~5 等級)(健全度)

為評估抽水站、污水處理廠機電及土木建築設施功能、狀態健全度之指標，並依狀態監視維護時進行診斷，以判定修繕、改建等對策。

10. 緊急度(緊急度)

對管線設施功能及狀態之健全率所設的指標，以判定須採行對策及時間。

11. 標準使用年數(標準使用年数):於改建標準文件所設定的使用年數。

12. 目標使用年數(目標使用年数):改建的實績等為基礎，做為管理機關所設定的使用年數。

第二章　營運管理及執行體制

2.1 概說

在設施資產管理實施基礎上，以下水道永續營運的觀點，掌握其營運管理及執行體制之相關問題，並能整體了解最為重要。在掌握問題上，能將長期改建之需要性納入，才能具效果。

解說：

為使下水道設施能永續營運，應充分掌握其營運管理及執行體制之相關問題，且能完整加以整合，至為重要，並能了解其長期性改建之需要，而有相對應的營運管理和執行體制。

下列為長期改建之需要性分析案例，詳細內容可參考附錄 4，可將所公告的設施項目加以代入，就可簡單計算出改建需求的狀況。

本手冊為在長期的使用期間內，參考以 50～100 年為改建週期，而各地方政府可依據實際狀況，設定適當期間為宜。

1. 管線設施長期性改建需求狀況的檢討

(1) 長期性改建需求檢討所需資訊的整理

① 年度別建設長度的整理(必要時依管徑、管種整理較具有效性)，如圖 2.1。

②依過去的實績及費用係數，加以計算管線設施之改建平均單價。

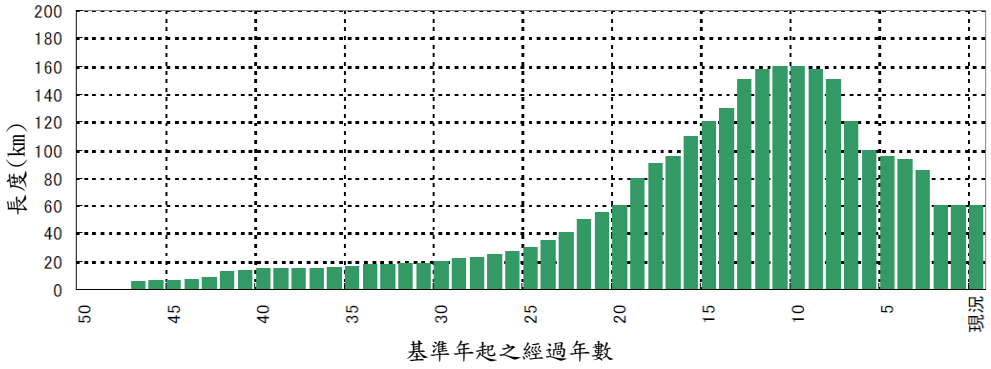


圖 2.1　管線設施之年度別建設長度

(2) 改建需求計畫之製作方法

①依標準使用年數之單純改建

將全部管線設施，皆以達到使用年數時更新為前提進行試算。改建所需工程費以管線長度乘以改建之平均單價求得之，如圖 2.2。

②依健全率降低之管線改建

依據管線健全率預測，掌握健全率已降低的管線長度，進行該管線改建的試算。

改建所需要的工程費，則以改建管線長度乘以過去改建實績的單價求之。

若健全率降低，集中發生在同一期間時，則因應必要的改建數量，盡可能加以平均化為宜。圖 2.3 為健全率降低之管線進行改建案例。

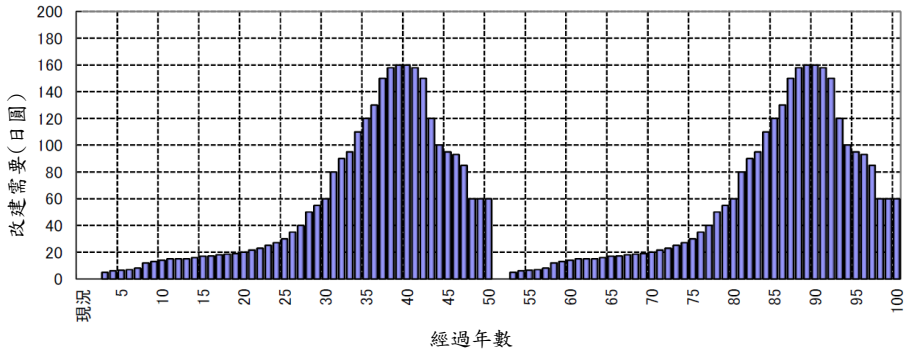


圖 2.2　使用年數(50 年)單純改建案例(每 50 年更新)

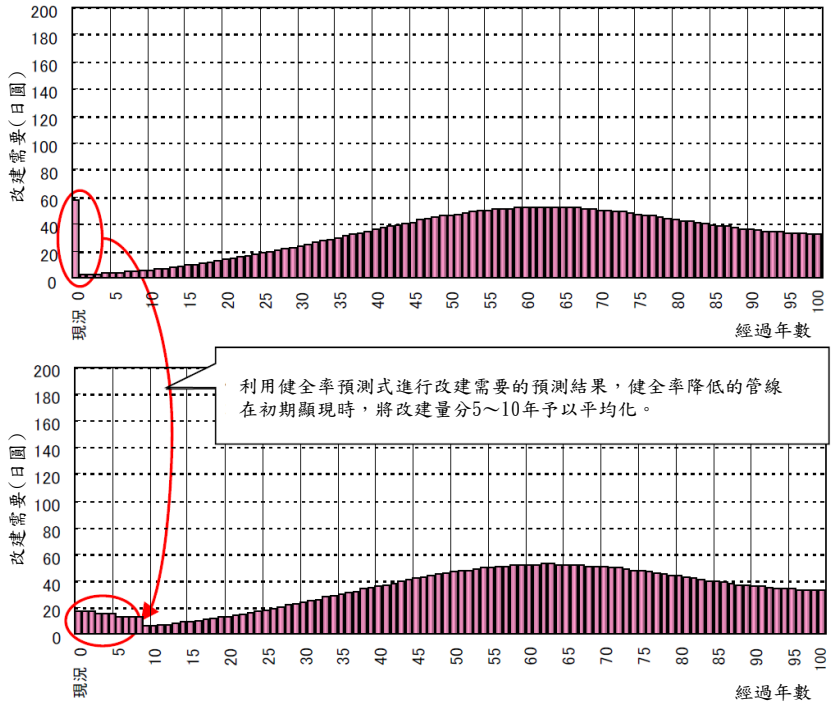


圖 2.3　健全率降低之管線改建案例

健全率預測公式，以日本為例(另詳附錄 5 範例)，可依據「國土技術政策綜合研究所」從全國所收集的調查數據分析結果，發表之計算式加以利用，藉以訂出改建所需要的經費。除此之外，各地方政府也可依其調查結果加以分析，而推定出預測方法；若數據不足，可參考「國土技術政策綜合研究所」公開的 CCTV 數據(管線劣化數據為基礎)，加以引用。

參考：健全率預測公式(請參考附錄 5 之說明)

健全率係以全部管線之相對比率表示，健全率及經過年數之關係式稱「健全率預測公式」。健全率公式為管線全部(總長度)的劣化狀態之表示。另詳附錄 5 範例。

健全率預測公式，為經過一定年數，可掌握全部管線必須進行改建之比率。

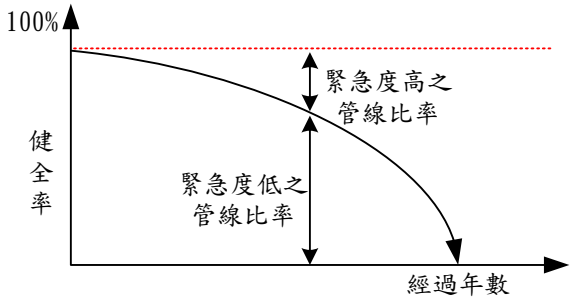


圖 2.4　健全率曲線

2. 污水處理廠及抽水站設施長期改建需求狀況檢討

(1) 長期性改建需求所需資訊之整理檢討

① 依改建類別在設置時之基本資訊整理。

② 若為污水處理廠，則包括處理方式、處理能力、污水處理及污泥處理單元系列數。

③ 若為抽水站，則為抽水量及抽水機台數。

④ 依過去實績及費用試算各分類的設置費。

(2) 改建需求計畫之方法

本手冊就改建需求計畫之案例，以兩種不同方案的檢討案例表示之。

① 依標準使用年數之改建方案

即一項設施或設備的改建工程，分成複數年，達到改建經費的平均化為目的。

本方法係分別就土木及建築設施，機械及電機設備，各依其經過之使用年數，分別進行改建，如圖 2.5 所示，對象設施全部進行未來改建之預測方案。

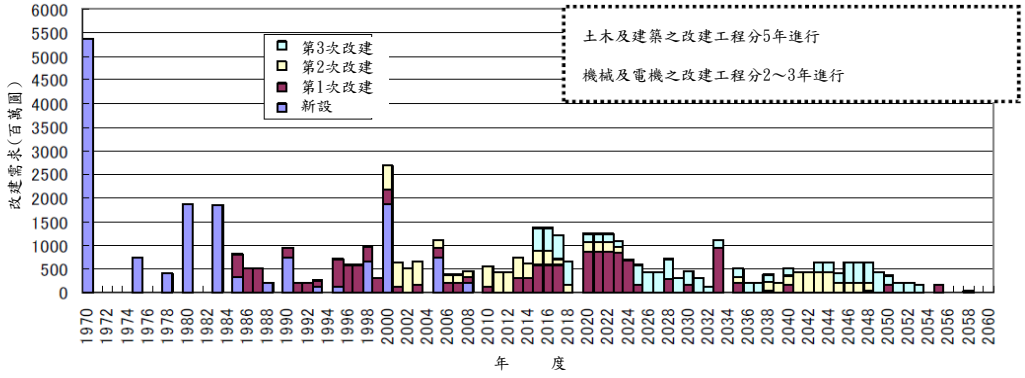


圖 2.5　標準使用年數之改建需求案例

② 依目標使用年數之改建方案

即一項設施或設備的改建工程，分成複數年，達到改建經費的平均化為目的。

本方法係分別就土木及建築設施，機械及電機設備，各依其經過之使用年數，分別進行改建，如圖 2.6 所示，對象設施全部進行未來改建之預測方案。

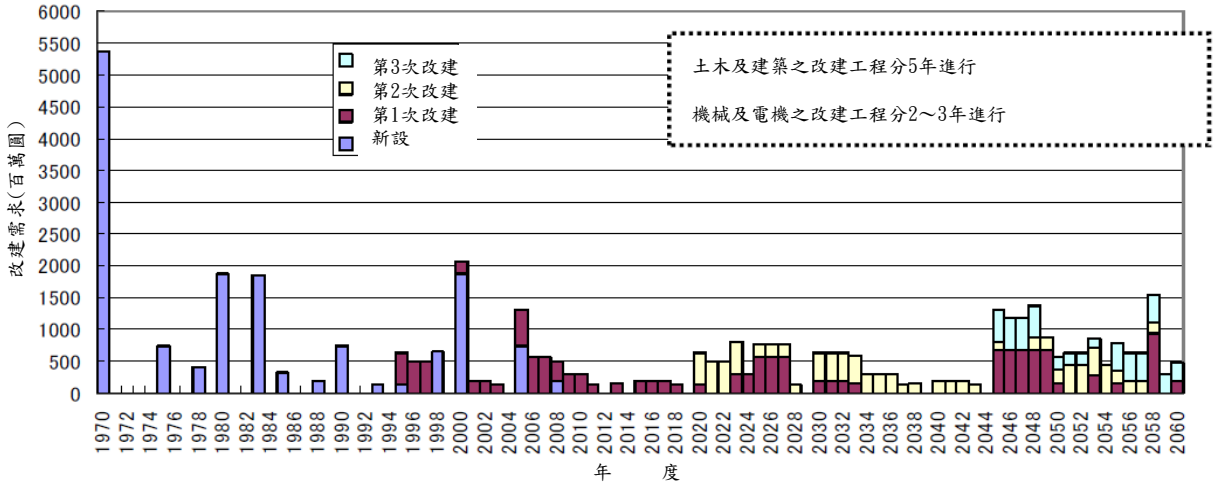


圖 2.6　目標使用年數之改建需求案

③ 目標年數之設定

依其他案例之實際調查結果，其使用年數如表 2.1，其中機械及電機設備為 25 年，土木及建築設施為 75 年。

表 2.1　使用年數設定例

項目	標準使用年數	地方政府使用年數調查結果(年)	地方政府使用年數實績調查結果平均(年)	調查結果/標準	平均倍數
攔污柵	15	15～25	23.5	1.6	1.7
污水泵	15	15～50	30.9	2.1	
雨水泵	20	20～40	31.7	1.6	
鼓風機	20	20～35	29.6	1.5	
散氣設備	10	10～25	21.8	2.2	
脫水機	15	15～25	20.8	1.4	
機械濃縮機	15	15～23	20.6	1.4	
焚化爐	10	10～35	23.3	2.3	

資料來源：日本「下水道主要設備功能診斷」下水道新技術推進機構 P.185，2005 年 8 月。

2.2 資產管理之基本考量和實施流程

從風險評估上，設定明確且具體的設施資產管理目標及長期性改建計畫之方案，制定檢查、調查計畫、修繕及改建計畫，於實施這些計畫時，應經由評估、累積設施資料，以提升資產管理的準確性。

解說：

從風險評估上，明確且具體的訂定設施管理目標及長期改建的方案，制定檢查(巡視/檢點)、調查計畫及修繕改建計畫。當計畫實施時，同時進行評估、修訂，並累積資訊，以提升資產管理的準確性，且進行整合，使整合方向達成共識。

資產管理實施之基本流程，如圖 2.7。

1. 設施資料的收集及整理(掌握現況)

風險評估、設施資產管理目標的設定、長期性改建計畫的設定、檢查、調查、修繕及改建計畫的制定等，所必要資訊的收集及整理。

2. 風險評估

為設定檢查、調查及修繕的優先順序，應特別從風險評估上，就設施的重要性做為依據，評估損害規模(影響度)及發生頻率(容易發生異常)，加以檢討，進行風險評估。

3. 設施資產管理目標的設定

有關各設施的檢查、調查、修繕、改建之計畫結果目標(outcome)及計畫量目標(output)之設定。

4. 長期性改建計畫方案的設定

依據風險評估等管理方法，以設施全體之概要性改建週期、健全(率)度及緊急度為基本，從改建條件、未來計畫所考慮的方案之設定。於方案設定時，對於促進普及至所有相關設施的建設、地震對策及淹水對策等因應功能，提升所增加之計畫數量、計畫經費、實施時期之調整，以及人口減少及節水意識的提升，相對的處理水量減少等反應，對既有設施規模的檢討修正。

5. 檢查、調查計畫的制定

(1) 基本方針的制定

風險評估、設施資產管理的目標，應從長期性改建計畫方案的設定，就檢查及調查之頻率、優先順序、單位及項目，加以彙整。

(2) 執行計畫的制定

檢討計畫的實施時間，以 5～7 年為期限，從基本方針，針對目標設施、實施時期、檢查、調查之方法及概算等，加以彙整。檢查及調查事項，則依維護管理手冊辦理。

6. 檢查、調查的實施

以檢查、調查計畫為依據，進行相關工作。

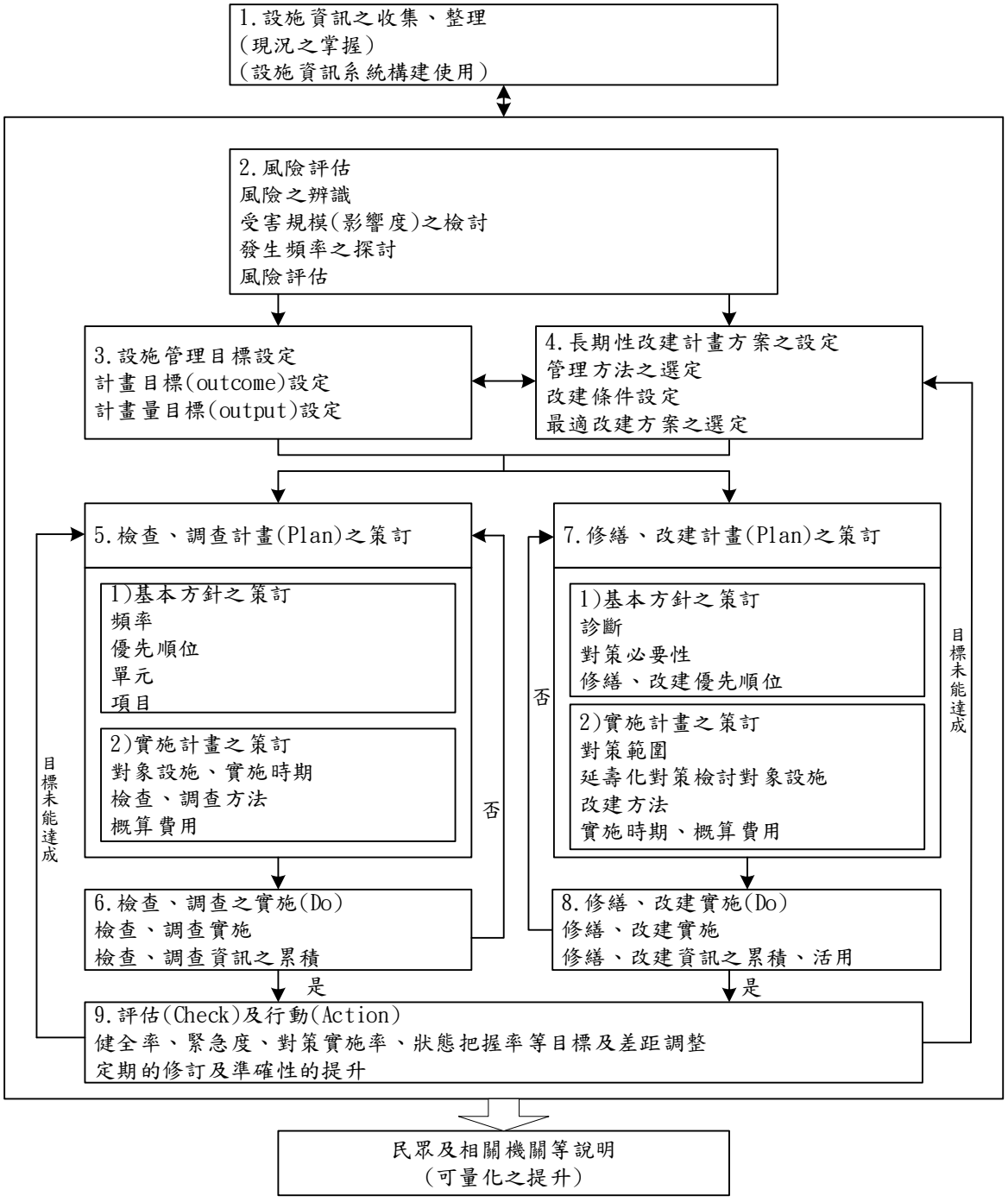


圖 2.7　資產管理實施流程

7. 修繕、改建計畫制定

(1) 基本方針的制定

依據調查結果進行診斷、風險評估、設施資產管理目標及長期性改建計畫方案的設定，整理對策(修繕、改建)的必要性及優先順序。

(2) 執行計畫的制定

檢討計畫的期程，以 5～7 年為期限，依上述的基本方針，就對策範圍(修繕、改建)、長壽化對策設施的設定、改建方法(更新或延壽化對策)、

實施時期及經費的概算等整理。

8. 修繕、改建的實施

以修繕、改建計畫為依據，進行設施修繕、改建。

9. 評估及調整

考量工程計畫，以 5～7 年為期限(含管線及廠站)，就興建及實際使用，較易對設施資產管理之實際情況進行評估，若設施的管理目標無法達成時，應分析其原因，調整目標值或計畫值。

2.3 設施資料收集、整理(現況掌握)

風險評估、設定設施資產管理之目標，設定長期性改建計畫之方案、檢查、調查計畫、修繕及改建計畫的制定等，必要設施資料的收集、整理。

解說：

設施資料種類案例的收集和整理，如表 2.2。

表 2.2　設施資料之種類案例

項目	主要資訊內容
(1)上位計畫相關資訊	地方政府的願景、地區未來計畫、下水道願景
(2)其他計畫相關資訊	整體計畫、下水道計畫、大區域共同計畫、地震對策計畫、淹水對策計畫、地球暖化對策等推動，以相關法令為基礎之地方政府執行計畫
(3)各項相關資訊	名稱、建設年度、建設工程費(費用及重置費的可能性)、位置、構造形式、材質、形狀尺寸(直徑)、容量、能力、長度、覆土等
(4)風險評估相關資訊	檢查、調查結果、地質特性、地震損害預測資料、災害地圖、功能停止時，預測資料、影響度、設施周邊環境條件等
(5)檢查、調查相關資訊	圖面、檢查、調查履歷、事故、故障履歷
(6)修繕、改建相關資訊	經過年數、標準使用年數、診斷履歷、改建費用[或改建單價(m 單價・m^2 單價)]、健全(率)度、營運及水質有關資訊

下水道是由多種龐大的資產所構成，為能將設施資料效率化加以整理，表 2.3 為依功能及種類等分類、階層化，若能分級整理將更具效益，另施工或竣工階段即應完成資料建置，並移入資料庫內以利後續資產管理工作。有關下水道設施改建通知，可參考附錄 2。

表 2.3　功能及種類之分類、階層化案例

LV1	LV2	LV3 （設備）	LV4 （機器、小分類）	LV5 （檢查、修繕主要零件）
污水處理廠	污水處理設施	初沉池	流入閘門 1 號	
			污泥刮泥機 1 號	
	污泥處理設施	污泥濃縮機	污泥濃縮機 1 號	
管線	主次幹管 分支管網 巷道連接管			
	人孔	本體	—	—
		孔蓋	—	—
	陰井		—	—

2.4 風險評估

為能有效率及有效能地實踐資產管理，應從「風險管理」之觀點，進行計畫的制定及實施。

風險評估為檢查、調查、修繕及改建之優先順序等設定而進行，風險評估並不一定要算出精準的數值，而設定實際上較能理解的目標，只要獲得相關單位的同意就可決定。

解說：

下水道設施的資產數量甚為龐大，若要就全部設施同時進行檢查、調查、修繕及改建等，無論人力、時間及費用，皆有其困難，故在受限的條件下，如何能達到有效率的資產管理，藉風險評估優先順序，再考量限制條件(包括預算、組織體制等)，並能配合適當的對策方法，以達全體最適化的組合，進行檢查、調查、修繕及改建計畫的制定並實施，始為合理。

風險為「其現象已發生不適宜的影響」和「其現象何時會發生尚不明確」的情況時，可依 JISQ 31000 風險管理原則及其指針，因應依其現象的狀況，會受到何種影響，其可能性如何而加以評估，並加以控制(檢查、調查、修繕及改建之優先度等利用)。從上述可知，風險的大小，可依「不希望發生事項的損害規模」及「不希望發生事項的發生頻率」計算，或以矩陣方式評估之，如圖 2.8 所示，其檢討例如下：

1. 風險辨識

下水道設施最不希望發生的事項，予以清楚列出，標示其特性。

2. 損害規模檢討

風險的損害規模及影響程度之計算。

3. 發生頻率(容易發生機率)檢討

風險發生頻率(容易發生機率)之計算。

4. 風險評估

風險大小的評估。檢查、調查、修繕及改建計畫之制定及實施檢討事項，可參考本手冊第三章「管線設施」及第四章「抽水站、污水處理廠設施」。

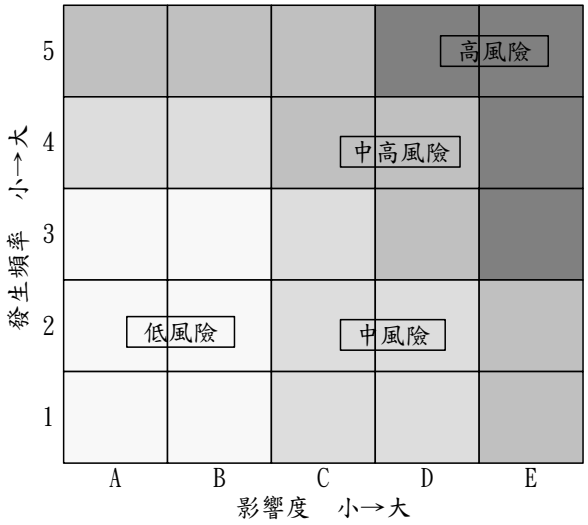


圖 2.8 風險矩陣案例

2.5 設施資產管理目標的設定

藉由風險評估，設定下水道設施的檢查、調查、修繕及改建相關計畫結果目標(outcome)及計畫量目標(output)。 計畫結果目標為下水道設施的檢查、調查、修繕及改建等相關事項實施所獲得的效果，予以量化的目標。 另計畫量目標是指達成計畫結果目標之具體數量。

解說：

設施資產管理有關目標設定意義如下：

1. 依目標的設定，從主管人員至現場技術人員，對於設施資產管理的方向(目的)能共同一致。
2. 依目標達成狀況評估，對於今後設施資產管理的方向，有可能改善之同時，責任的提升及獲民眾相互理解，甚有助益。

設施資產管理有關的目標，站在長期的觀點，所看到的方向及計畫結果目標值(outcome)，以及要實現目標值之具體計畫量目標值(output)，兩者應同時設定。

計畫結果目標值，其對社會的影響，管理水準的維持，於檢討降低計畫費用之同時，計畫制定及階段性的變化狀況評估之需要，設定達成目標期間。

計畫量目標值，是為實現計畫結果目標，下水道主管人員，於設施資產管理時容易利用計畫量目標值。在檢查、調查、修繕及改建計畫，若未加以檢討，目標的訂定有困難時，則可先假設一前提條件，進而從各計畫檢討後，再加驗證，以提升準確性。

又為計畫結果目標的實現，則有適度調整修正計畫量目標值的必要。

表 2.4　檢查、調查、修繕及改建目標(計畫結果及計畫量)設定案例

檢查、調查、修繕及改建目標(計畫結果)				設施種類別計畫量之目標(計畫數量)			
項目		目標值	達成期間	項目		目標值	達成期間
確保安全	重要幹管之道路塌陷事故減少	道路塌陷 0 件/km/年	20 年	管線設施	管渠改建	管渠調查長度 100km/年 改建長度 30 km/年	10 年
	人孔蓋事故減少	年間事故比例 0 件/處理區/年	20 年		人孔蓋改建	檢查數量 5,000 個/年 改建數量 2,000 個/年	10 年
確保服務水準	提供穩定之下水道服務	不明水量減少 15%→10%以下 主要設施之健全度 2 以上 健全度 2 以下的設施比 50%→0%	20 年	管線設施	管線設施改建	管渠調查長度 100km/年 改建長度 30 km/年 陰井、連接管改建 100 處/年	10 年
				設備	主要設備改建	改建設備數 3 件/年	10 年
生命週期總支出降低	目標使用年數之延長	管線 65 年→75 年 狀態監視維護設備之目標使用年數為現在的約 1.2 倍	20 年	管線設施	定期性檢查、調查、劣化、早期發現，早期對應之延壽化	檢查、調查的長度修訂 80km/年→100km/年 不正常預防處理(重症發生前之早期對應)擴充 50km/年→70km/年	10 年
				設備	檢查、調查之重視及劣化之早期發現之延壽化	定期性狀態監視維護設備之調查，進行零件單位之更換 5 件/年→10 件/年	10 年

表 2.5　把握階段性進度之目標設定案例(管線設施之安全確保)

目標種類	項目	短期目標(5 年)					中期目標(10 年)					最終目標(20 年)				
檢查、調查、修繕及改建有關目標(計畫結果)	道路塌陷	0.02 件/km/年以下					0.01 件/km/年以下					0 件/km/年以下				
設施種類別計畫量之目標(計畫數量)	調查長度	5 年間 250km					5 年間 400km					10 年間 1,000km				
		1 年	2 年	3 年	4 年	5 年	6 年	7 年	8 年	9 年	10 年	11 年	•	•	•	20 年
		50 km	40 km	60 km	70 km	30 km	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
		50km/年					80km/年					100km/年				
	改建長度	5 年間 75km					5 年間 120km					10 年間 300km				
		1 年	2 年	3 年	4 年	5 年	6 年	7 年	8 年	9 年	10 年	11 年	•	•	•	20 年
		15 km	12 km	18 km	21 km	9 km	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
		15 km/年					24 km/年					30 km/年				

表 2.6　把握階段性進度之目標設定案例(處理廠、抽水站(管理水準之確保))

<table>
<tr><td>目標種類</td><td>項目</td><td colspan="5">短期目標(5 年)</td><td colspan="5">中期目標(10 年)</td><td colspan="5">最終目標(20 年)</td></tr>
<tr><td>檢查、調查、修繕及改建有關目標（計畫結果）</td><td>健全度 2 以下之設施比例</td><td colspan="5">40%以下</td><td colspan="5">20%以下</td><td colspan="5">0%</td></tr>
<tr><td rowspan="4">設施類別
計畫量之目標
（計畫數量）</td><td rowspan="4">主要設施之改善</td><td colspan="5">5 年間 25 件</td><td colspan="5">5 年間 35 件</td><td colspan="5">10 年間 100 件</td></tr>
<tr><td>1
年</td><td>2
年</td><td>3
年</td><td>4
年</td><td>5
年</td><td>6
年</td><td>7
年</td><td>8
年</td><td>9
年</td><td>10
年</td><td>11
年</td><td>・</td><td>・</td><td>・</td><td>20
年</td></tr>
<tr><td>4
件</td><td>6
件</td><td>8
件</td><td>2
件</td><td>5
件</td><td>・</td><td>・</td><td>・</td><td>・</td><td>・</td><td>・</td><td>・</td><td>・</td><td>・</td><td>・</td></tr>
<tr><td colspan="5">5 件/年</td><td colspan="5">7 件/年</td><td colspan="5">10 件/年</td></tr>
</table>

2.6 長期性改建計畫方案設定

在長期性改建計畫方案之設定上,設定複數改建方案,藉供設定最適方案。

依據最適方案、修繕及改建之基本方針外，為實現最適化修繕、改建之必要，制定具效率、效果的檢查及調查之基本方針。

解說：

為設定長期性改建計畫之方案，就必須依據風險評估等基本管理方法，考慮設施全體改建週期的概況及健全(率)度、緊急度為基本的改建條件等，做為設定複數的方案，進而在複數方案中綜合檢討「經費」、「風險」及「執行體制」，設定最適方案。

另為配合改建之計畫數量及計畫費用的最適化，於促進設施建設的普及、地震對策及淹水對策等功能的提升，對計畫數量、計畫費用、實施期間之調整，隨人口減少及用水意識提升，所反應處理量的減少，而有必要調整既有設施規模。

在最適方案上，修繕、改建的基本方針，及最適化修繕、改建的實現，所必要之有效率、效果的檢查、調查之基本方針的制定，加以活用外，各地方政府應配合其預算的限制條件，藉下水道使用費的修訂等基本資料，加以活用。

本手冊為在長期的時間中，其改建週期雖可參考 50～100 年，但仍由地方政府配合其在地特性，設定期程。改建計畫及其他計畫之最適化(平均化)之概念，如圖 2.9。

2.7 設施資料庫的構建及使用

檢查、調查、修繕及改建等設施資料的收集和累積，並進而能將該資料充分應用在資產管理為宜。

解說：

為使資產管理能有效率、有效果的實施，對於設施檢查、調查、修繕及改建之實施所獲得的資料累積。除紙本的台賬整理外，將來電子數位之資料庫，將更具效益。

設施資料庫(database)的應用，對於健全度的預測及修繕、改建工程費的預

測，將更具效率化。又設施資料的持續累積，也可漸漸的提升預測準確性，對於未來預測結果的應用和發展，將可達到最適化的檢查、調查、修繕及改建計畫的制定，為可能之支援系統，應可期待。下水道設施資料庫之構建及應用案例，如圖 2.10。

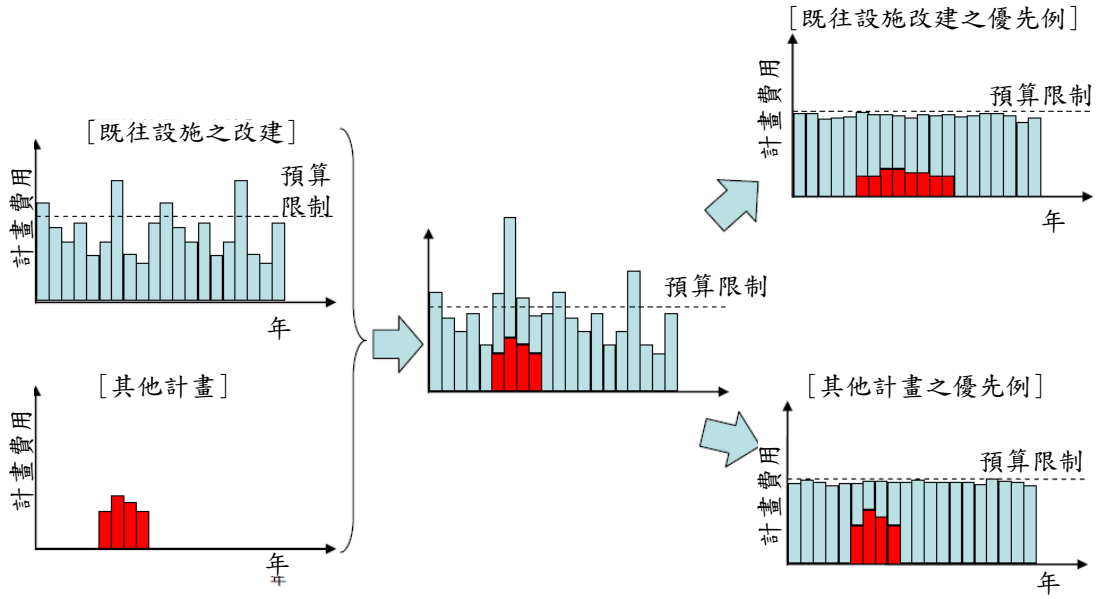


圖 2.9　改建計畫及其他計畫之最適化(平均化)之概念

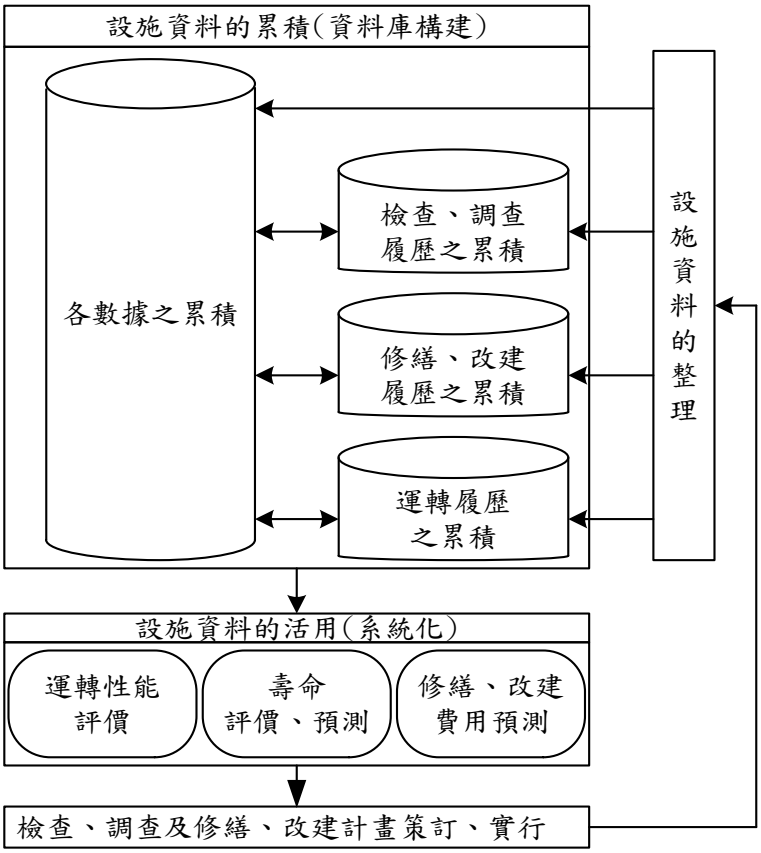


圖 2.10　下水道設施資料庫之構建及應用案例

2.8 對於民眾及相關機關之說明責任

為下水道設施的持續管理營運,對於受益下水道服務之民眾、相關機關等,將設施資產管理的相關資訊進行簡易說明，有利對下水道的認識並獲得支持。

因此於資產管理計畫的制定時，應能聽取民眾的意見，而於制定後，對於計畫的達成度及實施效果，也應定期公告，聽取意見。

解說：

資產管理的導入及實踐，在於：

1. 風險評估有關目標及風險項目的明確化。
2. 藉資產評估，做客觀的檢查、調查、修繕及改建之優先順序，為基本的設施資產管理。
3. 可達長期性計畫的修訂，提高說明責任。

為下水道的推動，對使用民眾及相關機關提供設施資產管理有關的簡易資訊，以求獲得理解和協助，惟對民眾資訊公開之內容需審慎評估，並應考量其效益及避免造成民眾誤解。

例如對於民眾，提供下水道現況、將來的目標及其進展，以及計畫實施成果等整理成手冊，以增進了解。另對財務部門，提出投資的必要性，改建計畫的效果等說明資料的組成，以增進有關下水道的理解和協助。

第三章　管線設施

3.1 概說

為能有效率及有效能地實踐資產管理，藉風險評估以檢討優先順序(重要性)、制定檢查、調查、修繕及更新計畫。風險評估之檢討項目如下：

1. 風險辨識
2. 損害規模(影響度)
3. 發生頻率(容易發生機率)
4. 風險評估

解說：

1. 風險辨識

下水道設施的風險，包括地震、颱風、水災及經濟狀況等被動風險，以及設施劣化所引起的事故及功能降低、停止運轉，造成使用者使用受限或停止、設備錯誤操作造成公共水域水質污染、下水道管理不當而發生之事故等。

下水道管理可能遭遇的事故與風險，如表 3.1 所示。

2. 損害規模(影響度)

於影響度評估時，可考量表 3.2 之評估項目、管徑及集污面積等；各地方政府可依其累積之資訊，檢討並增加其他合適之考量。

(1) 以管徑及集污面積評估影響度。

(2)「功能重要之設施」、「社會影響性大之設施」及「事故應對困難之設施」等設施類別，進行綜合性評估。

3. 發生頻率(容易發生機率)

管線設施(包括管線、人孔蓋、人孔、連接管及陰井等)之事故發生頻率設定，可採用下列方法；惟各地方政府可依其累積之資訊，檢討以設定合適方法。

(1) 依使用年數

依管線設施之使用年數，分析及彙整其異常資訊。

(2) 彙整清疏、檢查及民眾申訴所獲得資訊、具經驗者之判定

藉由清疏、檢查及民眾的申訴結果所獲得資訊，或由具經驗者之判定，彙整容易發生異常的管線設施及其地點。

(3) 使用健全率預測公式

使用健全率預測公式，鎖定容易異常之管線設施，即以全管種及管種別預測公式推定之。詳細內容可參考日本「國土技術政策研究所」的預測公式(附錄 5)，或地方政府自行使用其他方式來推定健全率。

(4) 簡易現地調查

至現場進行實際調查，包括：

①人孔目視調查(使用反射鏡等)

②管口 TV 照相調查

③CCTV 調查(無側視)

④其他新技術(展開式 CCTV、浮游式照相等)

篩選簡易調查結果，或於清疏、檢查等所獲得的相關資訊加以應用，鎖定容易發生異常的設施。資產管理導入之初，依使用年數就可以簡易方式進行預測，俟將來檢查、調查結果等累積後，再進行階段性詳細的檢討，以提升預測結果之代表性。作法不限定何種單一方法，可依需求及預算採用組合的方法以綜合檢討，更具效益。

表 3.1　管線設施的風險

事故	風險(事故發生對環境影響)	
管線設施的破損或龜裂	計畫性維護管理可應對的風險 (功能不全形成的風險)	•道路坍塌造成人身事故，交通阻礙 •下水道使用者受限
不明水		•進廠水量增加而提高處理費
阻塞使污水滯留		•產生臭氣
設施產生的噪音		•人孔內部跌落、段差構造等產生噪音
油脂、水泥砂漿附著及樹根侵入等造成阻塞		•管線設施阻塞 •污水溢流 •下水道使用者受限
人孔蓋劣化		•人孔蓋不平，產生噪音、振動 •人孔蓋腐蝕，造成人身物損事故 •人孔蓋表面打滑，造成交通事故
產生有害氣體		•惡臭物質飛散 •有害氣體(硫化氫)噴出
漏水		•地下水及土壤等環境污染
管線設施內發生異常壓力	計畫性維護管理仍無法應對的風險	•人孔蓋飛散，造成人身事故、交通阻塞
事業廢水偷排,損壞下水道		•道路塌陷，造成人身、財損事故 •下水道使用者受限
有害物質大量流入		•放流公共水域造成環境污染
大規模地震造成土壤液化災害	自然災害造成的風險	•大規模地震造成土壤液化，發生管線下沉、人孔上浮等交通事故阻塞 •下水道使用者受限
暴雨造成淹水		•污水溢流及淹水災害

表 3.2　影響度評估之重點

評估類別	評估項目	評估對象	內容
功能重要之設施	輸水重要管線	幹管、次幹管	確保污水可流至污水處理廠之重要管線
		與污水處理廠直接連接之管線	
	防災重要管線	與污水處理廠及重要據點相連接之管線	受災時，下水道功能可確保的重要管線
社會影響性大之設施	有無橫越軌道	軌道及重要幹道下方之管線設施(若有)	日常或緊急時，要確保交通之重要管線
	有無橫越河川	河川下方之管線設施(若有)	
	緊急輸送道路之下	建設於緊急輸送道路之下/其他	
事故應對困難之設施	瓶頸段	倒虹吸管/其他	發生異常時，難以應對的管線
		發生事故時，下水無法繞流的管線/其他	
		建設深度較深的幹管	
		埋設於重要文化保存區內之管線	

4. 風險評估

以「受害規模」及「發生頻率」為基礎進行評估，將損害規模及發生頻率利用下式相乘得到風險大小。根據所得之風險，透過風險矩陣進行排序。風險大小= 受害規模 × 發生頻率

具體的風險評估範例，可參考附錄 6。

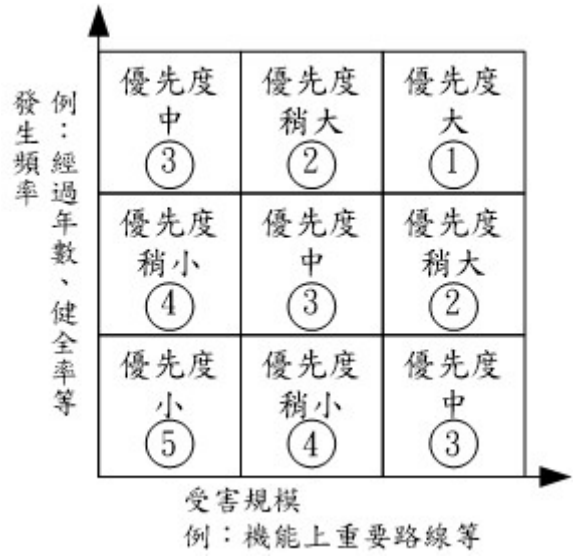


圖 3.1　依矩陣優先順序

3.2 改建工程長期方案之研擬

為達到長期性、改建計畫量及計畫經費之最適化，應考量下列項目以擬定長期性改建工程之方案： 1. 設定管理作法 2. 設定改建條件 3. 決定最適改建方案

解說：

數個改建工程相關之方案中，就「費用」、「風險」及「執行體制」進行綜合評估後，決定最適改建方案。此時依前述風險、執行體制所決定之改建方案，也會符合預算。若因隨著未來人口減少及管線設施劣化，而有其他計畫或方針，宜詳加考量。

1. 設定管理作法

管理作法可區分為預防性維護及事後維護。

預防性維護是管線設施之剩餘壽命，在一定期間發生異常及故障之前，進行對策應對實施的管理作法，又可分為狀態監視維護及時間計畫維護。事後維護是於發生異常或故障之後，才進行管理的作法。

管線劣化狀況是可被掌握的，而狀態監視維護則可加以分類，設施依其種類、功能和性質各有相異，如管線、人孔蓋、人孔、連接管、陰井等其他設施。各地方政府可了解其實際狀況，自行訂定管理作法。

2. 設定改建條件

為檢討管線設施之改建方案，必須設定各設施之改建期及費用。

改建期可參考前述「風險評估」發生頻率而設定之。

各地方政府可依改建紀錄為基礎估算改建費用，若無改建紀錄，則可視地域特性等適用條件，參考其他都市的類似案例來估算。另可參考表 3.3 管線設施建設費之費用推估函數，做為引用參考。惟該表係新設管線設施之費用。

表 3.3　管線設施建設費之費用推估函數(2014 年單價)

適用工法(管徑適用範圍)	費用推估函數
明挖工法 (ϕ150≦X＜ϕ1,200)	$Y=(1.23\times10^{-5}X^2+0.56\times10^{-3}X+9.26)\times(109.9/102.3)$
小口徑管推進工法 (ϕ250≦X＜ϕ700)	$Y=(4.16\times10^{-5}X^2-0.59\times10^{-3}X+25.6)\times(109.9/102.3)$
推進工法 (ϕ800≦X＜ϕ2,000)	$Y=(2.44\times10^{-5}X^2-36.9\times10^{-3}X+67.5)\times(109.9/102.3)$
潛盾工法 (ϕ1,350≦X＜ϕ5,000)	$Y=(1.06\times10^{-5}X^2-16.1\times10^{-3}X+102)\times(109.9/102.3)$

X：管徑(mm)、Y：每 m 建設費(萬日圓/m)

3. 決定最適改建方案

改建期可設定為50～100年，研擬出數個方案，並綜合評估「費用」、「風險」及「執行體制」以決定最適改建方案，以達到投資平均化，而配合其他計畫(地震、淹水)之復原，考慮實施期間及投資金額。

(1) 研擬改建方案

以單純改建方案與預定方案整理成數個方案，以進行方案比較。

單純改建方案，為依標準使用年數等之使用年數進行單純改建。即使管線尚未劣化也進行改建，而在另一次投資高峰來臨前進行，此舉並非具經濟性的做法。

預定方案乃利用健全率預測公式，檢討管線設施之劣化狀態以研擬不同的改建方案。

案例如下：

- 藉改建以變更健全率
- 目前健全率仍需於未來維持
- 平均健全率維持在某一水準以上
- 為控制年間投資金額
- 配合健全率變化之改建形態或投資形態之經年變更的健全率

此處若為管線，上述的健全率也可用緊急度替代。緊急度對應的管線，決定其改建的實施時，可參考日本「下水道維持管理指針(實務編)」P.117。

至於投資金額，則由各地方政府依其財政狀況檢討設定之。

(2) 決定最適改建方案

方案係就「改建投資規模」及表3.1管線設施的風險，所列舉「事故」之關係，依地方政府的狀況，以決定可達到投資平均化的最適改建方案，如表3.4。

表3.4　最適改建方案之綜合檢討

分項	項目	評估對象	內容
①	健全率變化傾向	惡化/不變或改善	不希望將來健全率持續惡化的方案
②	改善效率	單位費用可改善健全率的大小	設定少額費用，就可達到改善效果的方案
③	投資金額到位	跨年度投資金額等	實際可投資之方案的設定

［參考案例　決定最適改建方案］

［方案比較］

方案 1：單純改建(標準使用年數 50 年改建)
方案 2：緊急度Ⅰ及Ⅱ改建
方案 3：緊急度Ⅰ改建
方案 4：一定預算限制下之改建
方案 5：分階段投資金額增加、重要設施緊急度Ⅰ及Ⅱ、一般設施緊急度Ⅰ之改建

［比較對象之檢討］

方案 1：單純改建(標準使用年數 50 年改建)

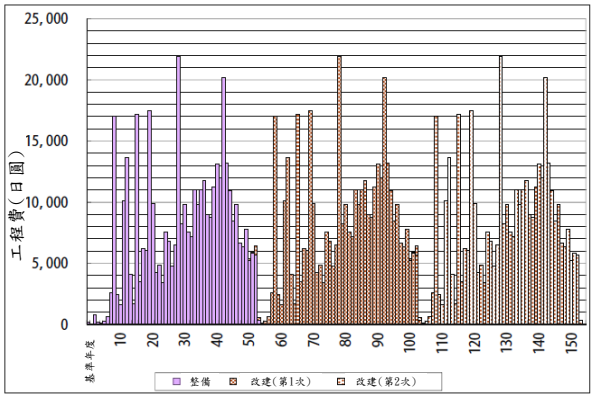


圖 3.2　改建投資金額(比較對象)

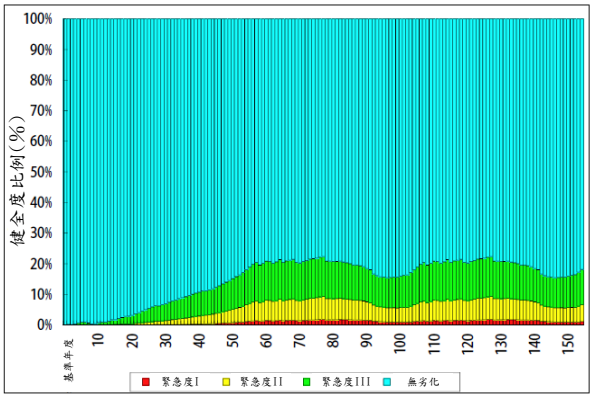


圖 3.3　緊急度之變化(比較對象)

(結果)• 單純改建時，投資金額變動。
• 單純改建時，尚未劣化的管線也有列入改建之現象。

方案 2：緊急度Ⅰ及Ⅱ改建

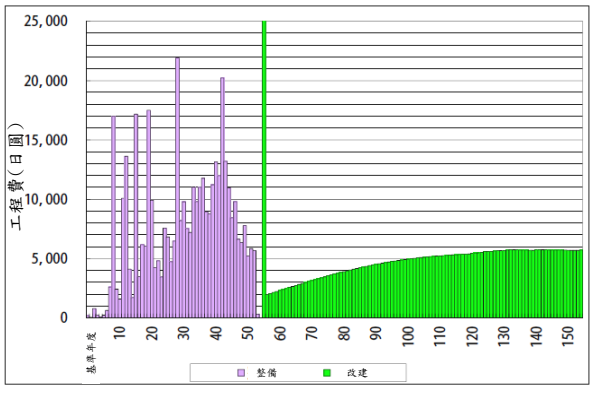


圖 3.4　改建投資金額(方案 2)

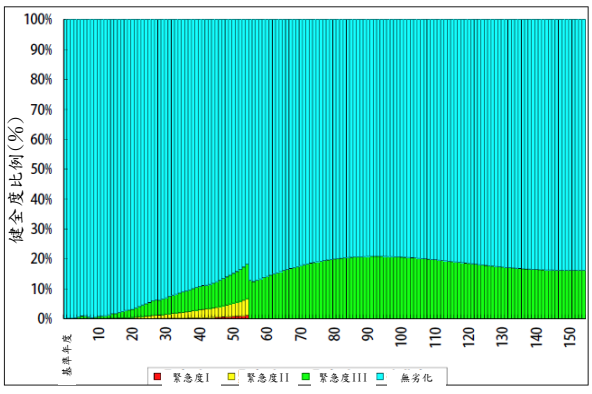


圖 3.5　緊急度之變化(方案 2)

(結果)• 將未來健全率維持在一定程度，比較方案 1 可降低投資金額。

方案 3：緊急度Ⅰ之改建

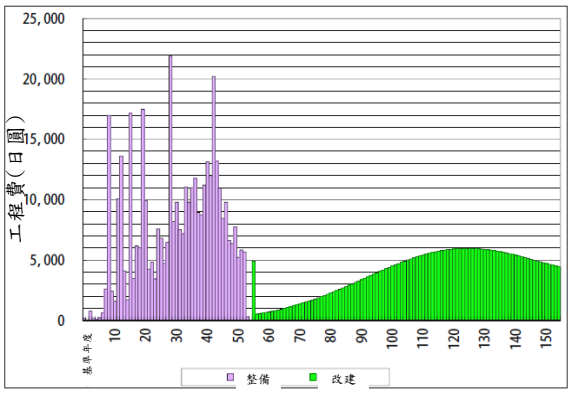


圖 3.6　改建投資金額(方案 3)

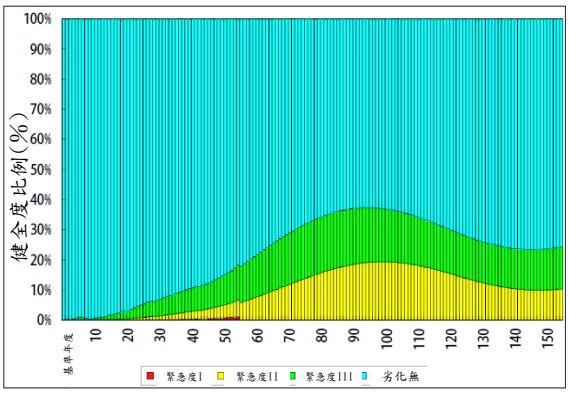


圖 3.7　緊急度之變化(方案 3)

(結果)• 緊急度Ⅰ之改建，將來健全率比例則平緩化。

方案 4：一定預算限制下之改建

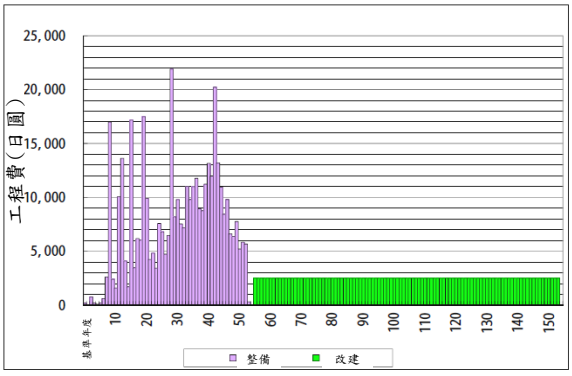


圖 3.8　改建投資金額(方案 4)

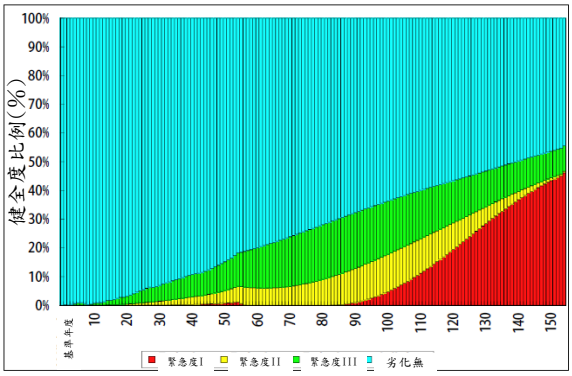


圖 3.9　緊急度之變化(方案 4)

(結果)• 在一定之預算限制下改建時，健全率大幅降低。

方案 5：分階段投資金額增加、重要設施緊急度Ⅰ及Ⅱ、一般設施緊急度Ⅰ之改建

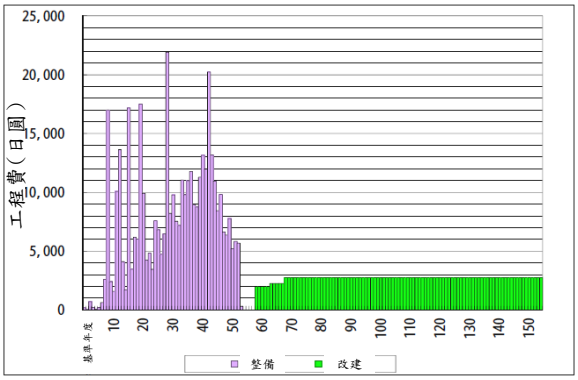


圖 3.10　改建投資金額(方案 5)

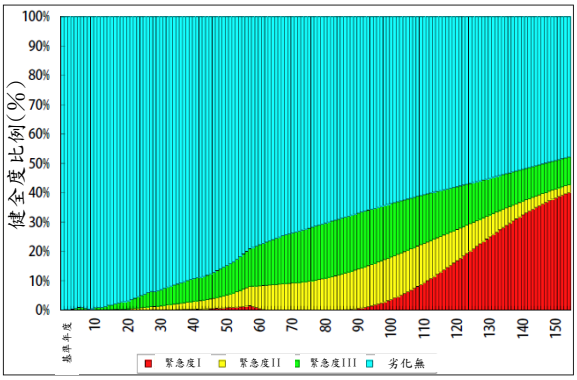


圖 3.11　緊急度之變化(方案 5)

(結果)• 比起方案 4，健全率之比例，稍為提升。

• 改建實施後 30 年，緊急度Ⅰ並未出現，而有進行實施改建的可能。

表 3.5　決定最適改建方案

方案	內容	評估點①（緊急度變化傾向）		評估點②（改善效率）		評估點③（投資金額到位）		綜合評估
		指標值	評估	指標值	評估	指標值	評估	
1	單純改建(標準使用年數 50 年改建)	會增加使用年數	△	低	×	不可能	×	×
2	緊急度Ⅰ及Ⅱ改建	良好	◎	中程度	△	不可能	×	△
3	緊急度Ⅰ進行改建	會增加使用年數	△	中程度	△	改建實施後，一定期間可能	△	○
4	一定預算限制下改建	惡化	×	高	○	改建實施後，一定期間可能	△	○
5	階段性增加投資金額，重要設施以緊急度Ⅰ及Ⅱ，一般設施則以緊急度Ⅰ改建	比方案 4 較有改善	△	高	○	改建實施後，一定期間可能	△	◎
評估方法		緊急度比例，依推估判定		平均健全率/平均投資金額之計算並比較		現實投入可能之計畫費用，可做為判定		

備註：◎：優　○：良　△：尚可　X：不良

3.3 檢查、調查計畫制定

3.3.1 基本方針制定

基本方針為從長期觀點，檢討以下內容。

在定量上之基準為對有腐蝕可能的主要管線設施，應至少每 5 年檢查 1 次，包括材質及具體位置，並針對各位置的檢查方法及頻率，訂定成為計畫應行之義務。

上述分為：Ⅰ.一般環境下、Ⅱ.腐蝕環境下，分別整理之。

1. 頻率
2. 優先順序
3. 單元
4. 項目

解說：

基本方針是依檢查、調查之頻率、優先順序、單元及項目等進行檢討。除管線外，設施依其種類、功能和性質各有相異，管線、人孔蓋、連接管、陰井等設施之不同，各地方政府可就其現況加以了解，設定不同的管理區分。

檢查在於確認管線設施有無異常。

調查則為依檢查所發現有異常，或單獨設定頻率，依其使用年數有計畫地進

行者,但各項調查皆先以目視調查為始,再搭配其他調查以掌握異常並進行判定,作為維護、修繕、改建等所需資訊。

具體的檢查、調查，包括清疏作業等，例如最初的檢查，包括 CCTV 調查、既有資料(施工台帳等)及簡易調查，再以目視調查(CCTV 調查)，清疏時所檢查且經確認有異常，再考量實施進一步調查。

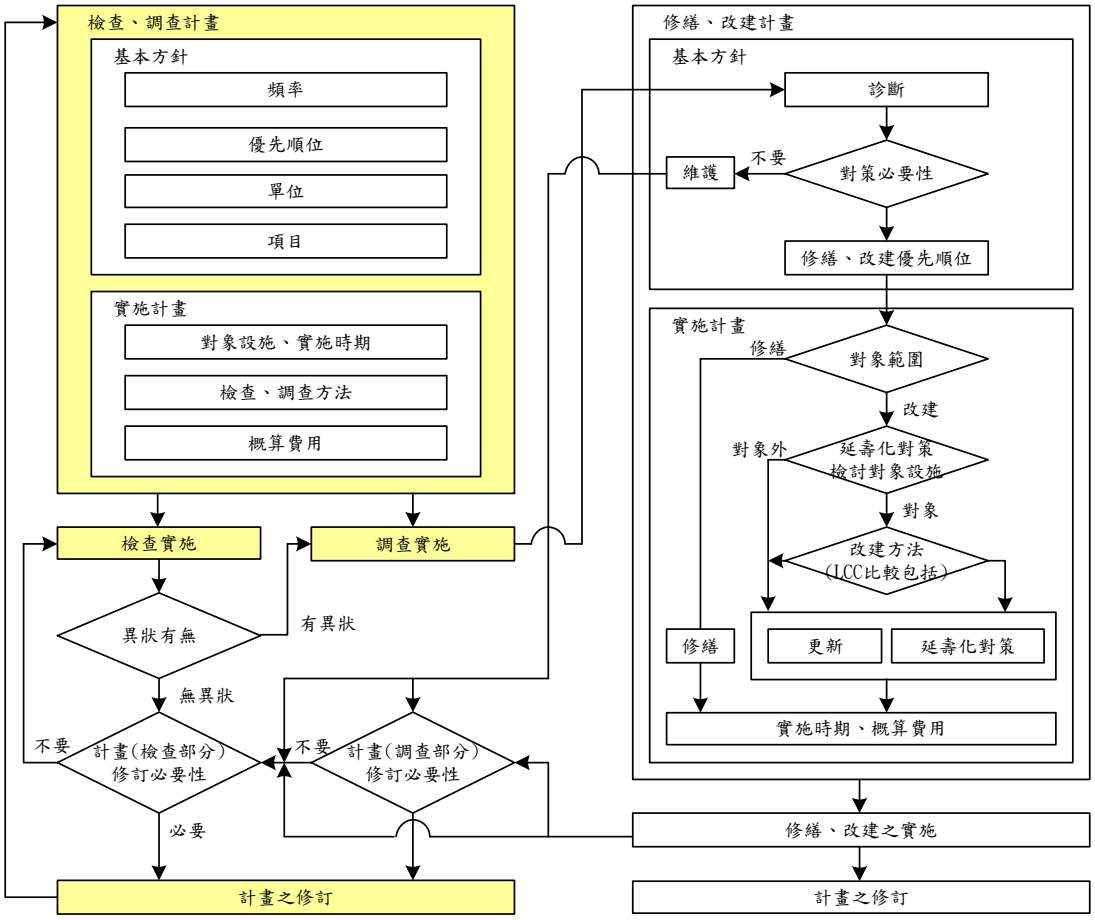


圖 3.12　管線設施檢查、調查計畫制定及實施流程

Ⅰ.一般環境下

1. 頻率

(1) 基本考量

各種管線設施之材質、大小、使用年數、交通載重、流量及水質等，處於不同環境且在下水輸送系統及做為社會的基礎設施，各有其不同的重要性。各劣化狀態(腐蝕、破損、龜裂及磨耗等)的成因不同，各劣化之初期缺陷、經年劣化及突發狀況也不同。

爰檢查及調查設定同一頻率並不合適，應就各設施資訊(材質、形狀等)及過去的檢查、調查結果、修繕紀錄、申訴紀錄等為基礎，將標準(平均)經年劣化之速度、重要性等加以充分檢討，設定合適的頻率為宜。

例如其劣化早期的「腐蝕」，必須在短期內就進行檢查、調查，而其頻率應視其硫化氫濃度狀況而定。另油脂附著、砂土堆積或產生惡臭等，可視經驗或預測，以及配合過去事故(發生頻率)進行設定檢查、調查。又破損、龜裂及接頭脫離等，受地震及管線設施附近其他相關地下管線埋設工程等外在因素，依其狀況進行檢查。

惟在設定檢查、調查頻率所需資訊並未充分整理之地方政府將有困難；因此，在現階段可依健全率預測公式(日本「國土技術政策研究所」)為基礎，設定檢查、調查頻率，進行檢查、調查，以逐步累積資訊。

(2) 頻率設定

檢查為確認管線設施有無異常，發現有異常及單獨設定頻率，可依使用年數進行計畫性調查，再依目視調查了解其異常程度，進行判定後進行後續維護、修繕或改建。

另藉風險評估進行設施重要性評估時，應以可靠度導向維護(Reliability Centered Maintenance, RCM)為基礎，以設施之重要性設定調查頻率之同時，如表 3.6 及圖 3.13 所示，藉調查頻率之進行設定檢查頻率。

國內污水下水道管渠維護管理頻頻率，可參考內政部營建署 2009 年 9 月 6 日公告之「公共污水下水道管渠維護管理要點」。

表 3.6　日本管線設施依重要性設定調查、檢查頻率

不同重要性之管線設施	調查頻率	檢查頻率
重要設施	1 次/10 年	1 次/5 年
主要設施	1 次/15 年	1 次/7～8 年
一般設施	1 次/30 年	1 次/15 年

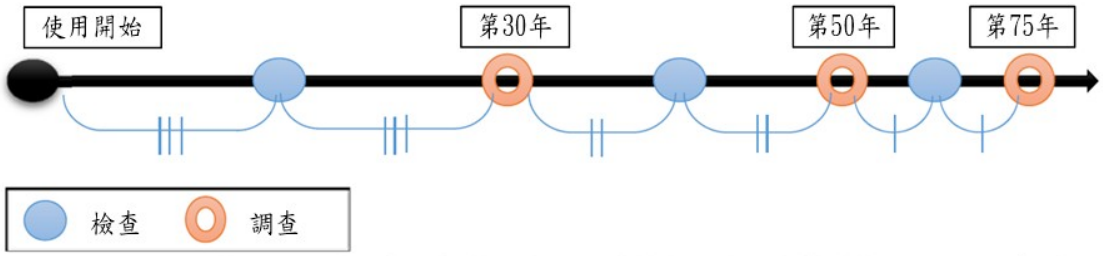
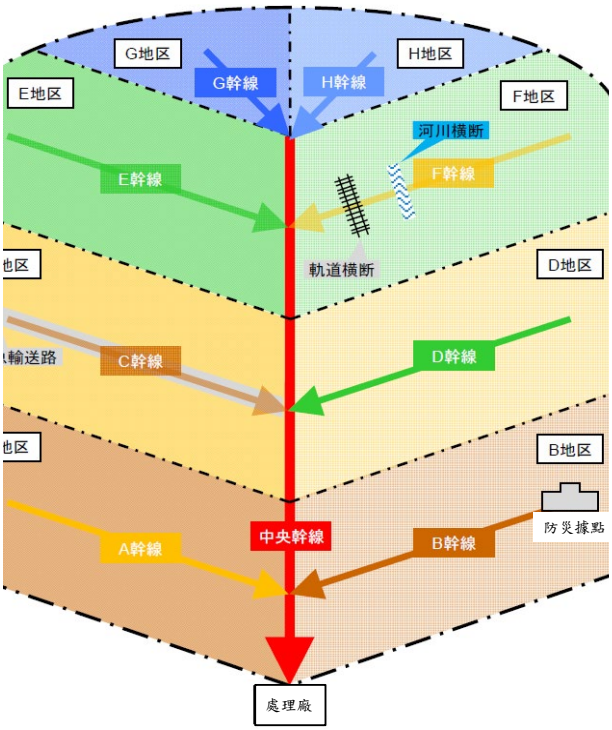


圖 3.13　一般環境下依使用年數進行管線設施之檢查及調查

2. 優先順序

優先順序應以風險評估的結果來設定較有代表性。

管線設施可分為重要設施及一般設施，以其風險評估結果為基礎來設定優先順序，如圖 3.14 所示。



重要設施(幹線)之優先順序

地區名	路線名稱	風險評估	使用年數	優先順序
—	中央幹線	大	20～50 年	①
A 地區	A 幹線	稍大	45～50 年	②
B 地區	B 幹線	稍大	40～45 年	③
C 地區	C 幹線	中	35～40 年	④
D 地區	D 幹線	中	30～35 年	⑤
E 地區	E 幹線	中	25～30 年	⑥
F 地區	F 幹線	稍小	20～25 年	⑦
G 地區	G 幹線	稍小	15～20 年	⑧
H 地區	H 幹線	小	10～15 年	⑨

一般設施(區域整體管線)之優先順序

地區名	路線名稱	風險評估	使用年數	優先順序
A 地區	—	稍大	45～50 年	①
B 地區	—	稍大	40～45 年	②
C 地區	—	中	35～40 年	③
D 地區	—	中	30～35 年	④
E 地區	—	中	25～30 年	⑤
F 地區	—	稍小	20～25 年	⑥
G 地區	—	稍小	15～20 年	⑦
H 地區	—	小	10～15 年	⑧

圖 3.14 優先順序之設定方案

3. 單元

檢查單元為管線、人孔蓋、人孔、連接管、陰井等各項管線設施為宜。

調查單元則為各管線設施之元件(管線每支管為 1 個單元，人孔則以短管、底座等為單元)為宜。

4. 項目

有關管線設施之檢查、調查項目，可參考日本「下水道維持管理指針(實務編)」所訂各設施對應之檢查、調查項目，並視需要調整。

Ⅱ. 腐蝕環境下

1. 基本考量

(1) 容易腐蝕之設施材質及腐蝕類別

在土木工程廣為使用的混凝土構造物，有四種劣化現象，即中性化、鹽害、鹼性離子反應及凍害(凍結溶解作用)。這些經年劣化的演變結果，混凝土發生龜裂，使得鋼筋暴露而導致腐蝕。

下水道管線設施也受到劣化影響，下水釋出的硫化氫而發生硫酸腐蝕現象；一般在下水道所稱的腐蝕，幾乎是指混凝土構造物的硫酸腐蝕，如圖 3.15。

因此，混凝土材質的腐蝕，其腐蝕本質屬於硫酸腐蝕。至於其他材質是否會腐蝕，則需另行確認。

以下為管線腐蝕機制：

① 因污水呈厭氧狀態或污泥中之硫酸鹽還原菌，藉硫酸鹽(SO_4^{2-})之溶解硫化物(H_2S、HS^-、S^{2-})轉化成液相硫化氫(生物作用)。

② 由液相轉化為氣相之硫化氫(H_2S)氣體的散發(物理作用)。

③ 密閉的混凝土構造物之氣相部內面的結霧水中好氧性硫化菌的作用，使硫化氫氣相生成硫酸(生化作用)。

④ 硫酸及混凝土中的成分產生反應，導致混凝土劣化(化學作用、物理作用)。

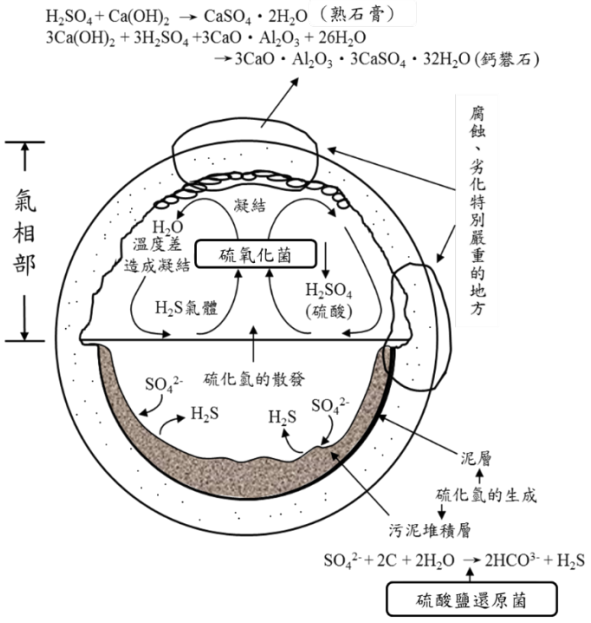


圖 3.15　下水道設施特有的硫酸腐蝕混凝土的機制

(2) 對象位置

依據下水道系統過去腐蝕劣化事故，以及經檢查、調查所掌握的腐蝕環境等結果，設定對象位置。

① 壓力管排放口

② 跌落、段差較大的位置

③ 倒虹吸管的下游部

④ 其他有腐蝕疑慮之位置

又對象為管線及人孔，其他設施的位置(人孔蓋、連接管、陰井)，則可參照前述「一般環境」之考量來設定。

2. 頻率

檢查頻率設定每 5 年進行 1 次以上，並依腐蝕情形進行調整；而調查頻率，則依管線設施的重要性及檢查結果來進行設定，或依「公共下水道管渠維護管理要點」設定之。

3. 優先順序

檢查、調查之優先順序，依檢查、調查結果所掌握的腐蝕狀況，以及修繕、改建之實施所累積的資訊來設定。若腐蝕狀況不明顯，則與前述「一般環境」之優先順序設定。

4. 單元

同前述「一般環境」之單元。

5. 項目

同前述「一般環境」之項目。

3.3.2 執行計畫制定

執行計畫，包括目標設施、時間、如何進行及所需費用，進行檢查、調查之決定。其檢討內容包括Ⅰ.一般環境下、Ⅱ.腐蝕環境下，分別整理之。 1. 目標設施、實施時期 2. 檢查、調查方法 3. 費用概算

解說：

執行計畫係以短期觀點，具體行動之需要，包括目標設施、時間、如何進行及所需費用，進行檢查、調查。

Ⅰ.一般環境下

1. 目標設施、實施時期

目標設施、實施時期可依「3.3.1 基本方針制定，1.一般環境下，2.優先順序」之檢討結果，以優先度高的設施為對象，考量計畫期間，約分成 5～7 年左右的實施期間檢討之。

2. 檢查、調查方法

(1) 檢查方法

檢查係於人孔採用管口目視或管口照相等方法，檢視人孔蓋內外狀況、人孔內面及從人孔向管內目視可達的內部範圍，以及堆積物和污水流動狀態等。

(2) 調查方法

調查係針對管線設施之損傷、劣化之發現，為確認其程度，設定適當的方法。

調查時，將目標設施加以整合(以簡易調查進行過濾)，以與目視調查有所區別。

對策範圍小之調查，包括人孔目視調查(使用反射鏡等)、管口照

相調查、CCTV 調查(無側視)、展開式 CCTV 或浮游式照相等新技術。

至於目視調查，則包括人孔目視調查(使用反射鏡等)、潛入管內目視調查、CCTV 調查(有側視)及其他新技術。

調查分類及其對應之調查方法，整理如表 3.7。展開式 CCTV 等篩選技術，如附錄 8。

表 3.7　管線設施之調查方法

調查分類		調查方法
對策範圍較小 1. 調查前不進行管內清洗 2. 不進行側視	人孔目視調查(使用反射鏡等)	直接或以反射鏡等，從管口或人孔蓋，進入人孔本體進行簡易調查。
	管口以 CCTV 調查	調查人員從地面自人孔置入管口 CCTV，藉管口照相對管內進行簡易調查。
	CCTV 調查(無側視)	調查人員將 CCTV 檢視設備放入人孔內，並使 CCTV 自行走動，於管內進行簡易調查。
	其他新技術等(展開式 CCTV、浮游式照相等)	調查人員將展開式 CCTV 檢視設備放入人孔內，使該照相機自行走動或以浮游方式，於管內進行簡易調查。
目視調查 1. 調查前進行管內清洗 2. 進行側視	人孔目視調查	必要時調查人員進入人孔，直接進行管內(管口)、人孔蓋、人孔本體調查。
	潛入目視調查	調查人員潛入管內，以目視進行管內調查。
	CCTV 調查(有側視)	調查人員將 CCTV 檢視設備放入人孔內，並使 CCTV 自行走動，於管內進行調查。
	其他新技術等(展開式 CCTV、浮游式照相等)	調查人員將 CCTV 檢視設備放入人孔內，並使該照相機自行走動或浮游方式，進行管內調查。

在道路上或管線設施內進行檢查、調查作業有各種危險性，故應進行危害辨識、風險評估、研擬對策因應及遵照職業安全相關規定。有關危害防止、危害辨識及評估等，可參考「下水道管渠及設施維護管理手冊」第十章安全衛生管理。

(3) 調查困難地點的處置

管線內污水流量大，無法止水，或因壓力管經常處於滿管時，造成檢查、調查困難，但該管線因已劣化，仍必須做適當的檢查、調查。

上述地點，除需考量經費和風險外，也應考慮下列應對方式：

- 試用最新的檢查、調查技術。
- 若未有具體的應對措施，則應以時間計畫維護之方式因應。
- 更新管線時，考慮以複線化方式來增設第二條管線。

3. 費用概算

依「1.目標設施、實施時期」及「2.檢查、調查方法」之檢討結果為基礎，考量計畫期間，費用以5～7年進行概算。

Ⅱ.腐蝕環境下

1. 目標設施、實施時期

有關目標設施、實施時期，依「3.3.1基本方針制定，Ⅱ.腐蝕環境下，2.優先順序」的檢討結果為基礎，以優先度高的設施為對象，檢討考量計畫期間約5～7年為宜。

2. 檢查、調查方法

依「1.目標設施、實施時期」就目標設施進行檢查、調查方法之檢討。如「3.3.1基本方針制定，Ⅱ.腐蝕環境下，2.對象位置」所示，擔心腐蝕較大的地點，壓力管出口及跌落、段差大的地點等，因目標設施為人孔及管線，故可於人孔及管口位置，以目視或管口照相機進行基本檢查。

經檢查結果確認有腐蝕者，隨即進行調查，將其劣化狀態以定量化評估之。

調查先以目視進行，必要時應進行詳細調查，目視調查及詳細調查的分類、項目、適用範圍等，可參考「下水道管渠及設施維護管理手冊」第四章管線設施調查與診斷。

在道路上或管線設施內進行檢查、調查作業有各種危險性，故應進行危害辨識、風險評估、研擬對策因應及遵照職業安全相關規定。有關危害防止、危害辨識及評估等，可參考「下水道管渠及設施維護管理手冊」第十章安全衛生管理。

3. 費用概算

依「1.目標設施、實施時期」及「2.檢查、調查方法」之檢討結果為基礎，考量計畫期間，費用以5～7年進行概算。

3.4 檢查、調查之實施

依據檢查、調查計畫來進行檢查與調查工作，透過檢查、調查所獲得的資訊加以整理，持續累積轉化為營管資料庫(database)。

相關項目如下：

1. 檢查、調查的實施
2. 檢查、調查資訊的累積

解說：

1. 檢查、調查的實施

以檢查、調查計畫為依據，進行相關工作。

2. 檢查、調查資訊的累積

於上述檢查、調查的實施，所獲得的資訊，如作業名稱、時期、位置、執行人員、費用、方法結果(含圖面、相片)等。這些資訊乃設施資產管理目標、

檢查、調查、修繕及改建計畫之評估及修訂等目的所必要，且持續累積及結合營管資料庫以活用相關資訊。

3.5 修繕、改建計畫制定

3.5.1 基本方針制定

基本方針為依據調查結果，掌握設施之劣化狀況，並依長期改建之方案設定；考量計畫期間，約以 5～7 年來設定修繕、改建之優先順序。 1. 診斷 2. 對策必要性 3. 修繕、改建優先順序

解說：

修繕、改建計畫係以調查結果為基礎，依第 2.2 節「4.制定修繕、改建的優先順序方案」，其制定與流程如圖 3.16。

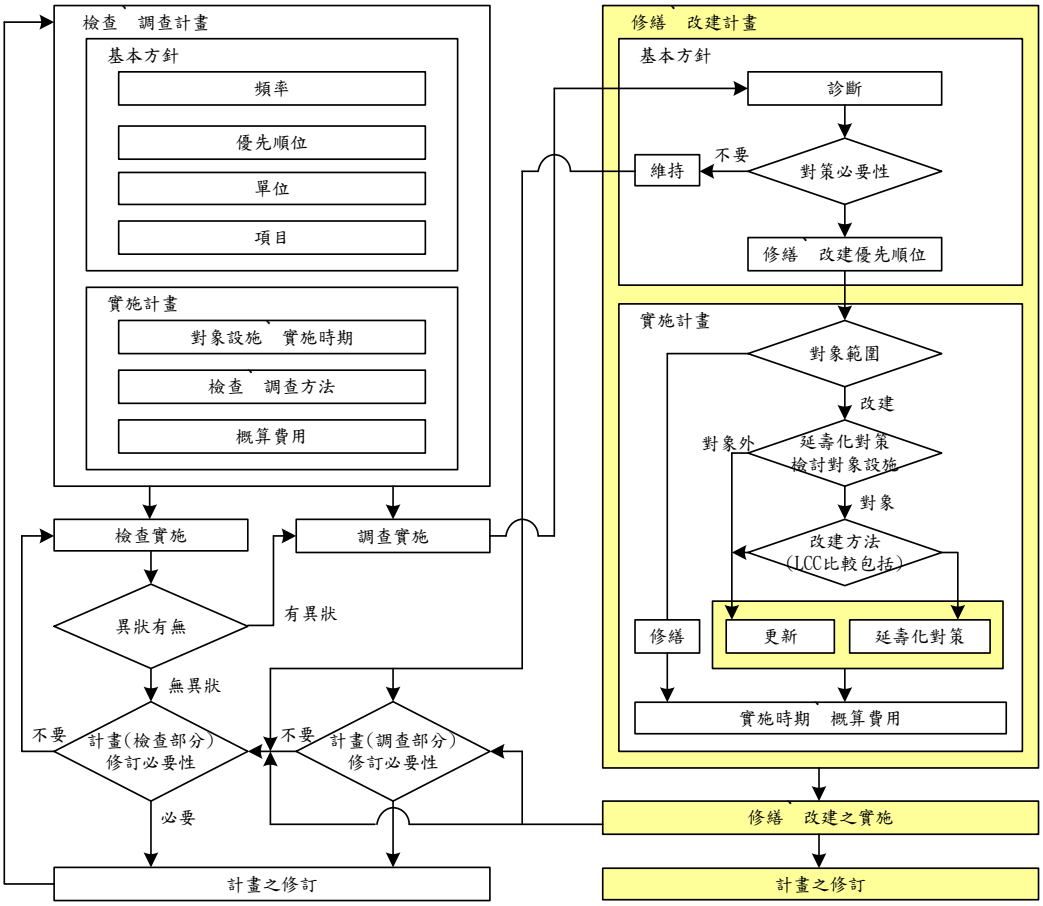


圖 3.16　管線設施修繕、改建計畫制定及流程

1. 診斷

診斷係依據設施劣化狀況的調查結果，可參考日本「下水道維持管理指針(實務編)」第 10 章各設施之診斷基準來進行

2. 對策必要性

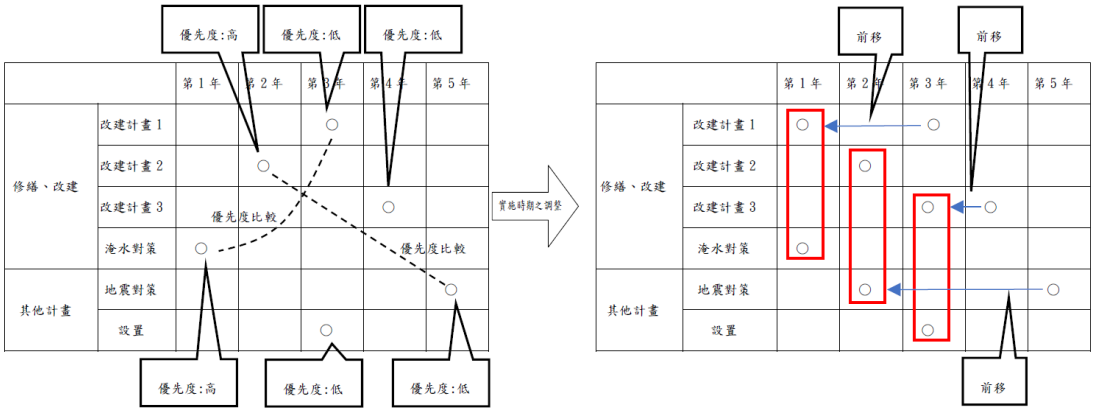
經診斷依所判定的健全率、緊急度、長期改建計畫方案為基礎，檢討對策的必要性，並應以管段(即人孔之間的埋設管線)為單元來進行。

3. 修繕、改建優先順序

藉風險評估所擬定的方法，於檢討設施修繕、改建之優先順序時，應同時考量過去設施的建設、地震、淹水對策等其功能改善的各種方法。

修繕、改建及其他計畫之對象常有重複情形，或附近有待實施之其他計畫等；為求施工整體性，除考慮修繕、改建及其他計畫之優先順序並調整實施時期，如表 3.8 及圖 3.17。

表 3.8　考慮優先順序之實施時期調整



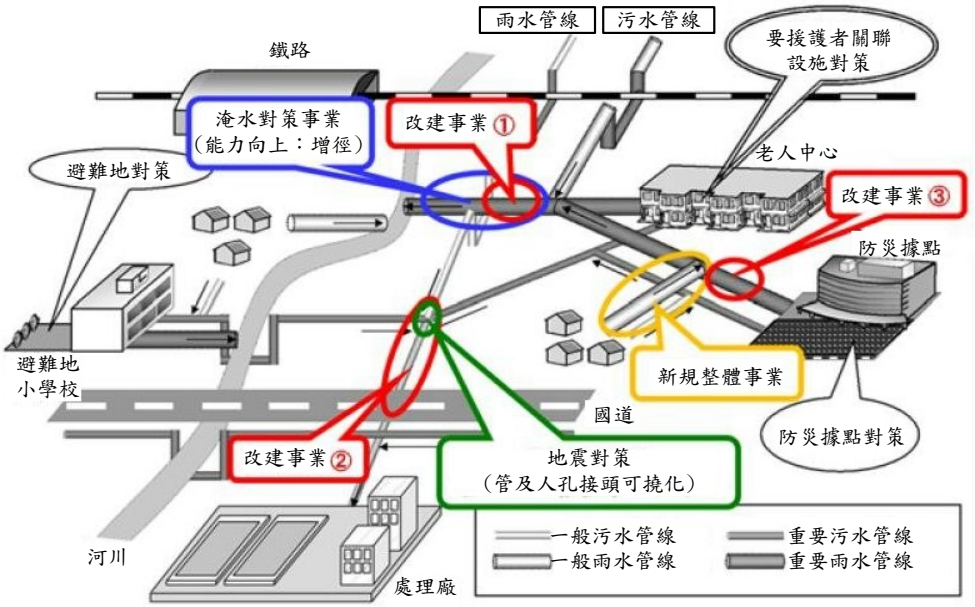


圖 3.17　修繕、改建及其他計畫分期實施示意圖

3.5.2 執行計畫制定

修繕、改建之執行計畫，應就對象、時期、狀況、程度及費用等加以檢討。 1. 對策範圍 2. 延壽對策之檢討對象 3. 改建工法 4. 實施時間、費用概算

解說：

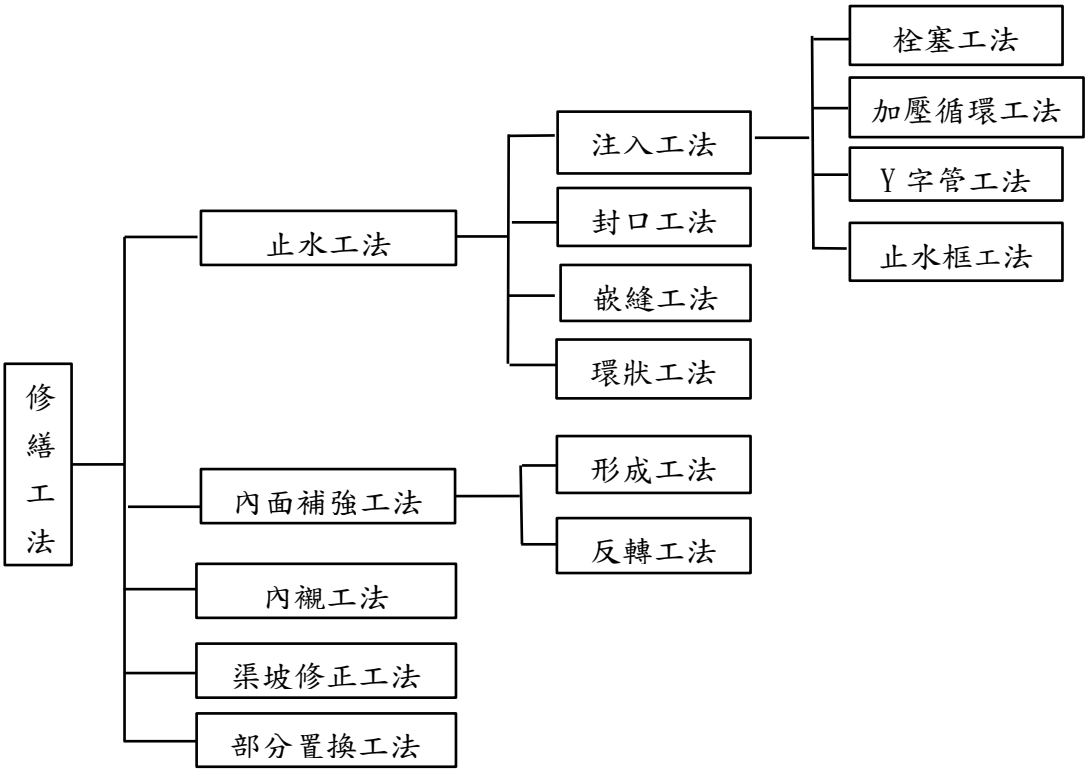
1. 對策範圍

依「3.5.1 基本方針制定」所述，經對策判定為跨段修繕或改建。

修繕是對劣化部位進行管內防蝕或補強，或就部分管線進行止水或更換部分管線；改建則以更新或置換工法實施管線之延壽對策。

有關連接管突出、附著油脂、樹根侵入及水泥砂漿附著等狀況，其對策也視程度而不同，修繕原則需應對前述所擬之對策。

修繕工法分類，可參考日本「下水道維持管理指針(實務編)」P.131，整理如圖 3.18。評估人員應評估既有管線的劣化狀況、輸水能力及現場條件，設定對策範圍的具體修繕工法，並與改建進行比較為宜。



註：國內現行修繕工法應符合綱要規範第 02538 章節規定

圖 3.18　修繕工法分類

對於設定對策範圍，其診斷項目應視需要就經濟性的比較進行檢討為宜，並應符合國內綱要規範第 02536 章節規定。

［診斷項目考量範例］

1 管線腐蝕、沖蝕

管線腐蝕、沖蝕降低鋼筋及主要材料的健全率，其受損狀態(例如鋼筋全面腐蝕等)，以致管線的承載能力不足，造成管線變形或破損，導致地下水或砂土流入，情況嚴重則需進行改建。

2 上下方向鬆弛

上下方向鬆弛乃因不均勻沉陷，造成管線於土中發生線狀結構物類似「下垂」的現象，發現後應即進行改建。

3 逆坡降

管線除經各項調查後所判定者外，若發現其他異常，也可進行調查。渠坡若有逆坡情形，以致水流未能向下游順暢流動至情況嚴重，就需進行改建。

4 人孔部逆段差

人孔除經各調查項目調查後所判定者外，其他異常項目也可進行調查。本異常為人孔下游側比上游側之管底高，乃管線脫離所產生，會導致流下物堆積甚至使污水從人孔或上游系統溢出，發現後就需改建。

5 管線破損

管線破損為導致地下水及砂土流入的原因，若不處置將掏空管線破損處周遭土壤，也會影響其附近埋設之其他管線，甚至引發道路塌陷，進而影響交通及人身事故。

管線破損應比較不同對策之經濟性，選擇進行修繕或改建。

6 管線龜裂

管線龜裂依其裂開寬度或長度的不同，對管線承載力降低的影響也不同，皆會使地下水及砂土從該處流入，產生與管線破損同樣的事故。故管線龜裂亦應比較不同對策之經濟性，選擇進行修繕或改建。

7 管線接頭脫離

管線接頭處發生管線自接入人孔處脫離，使得地下水及砂土從該處流入，而發生與管線破損同樣的事故。

管線接頭脫離也應比較不同對策之經濟性，選擇進行修繕或改建。

8 滲漏

滲入水自管線破損、龜裂或接頭脫離處入滲，並常夾帶砂土，掏空管線周遭的土壤，不僅影響周圍埋設之其他管線，也造成道路發生坍塌等交通事故及威脅生命。管線工程於埋設完成初期之滲入水較少，顯示管線之水密性已被提升，但利用數年後仍會產生劣化，及遇地下水位上升，水頭差增大時，仍會造成較大量的地下水入滲，故不僅就目前滲入處止水，而是要反應跨段的止水為對策考量。

滲入水仍應比較不同對策之經濟性，選擇進行修繕或改建。

2. 延壽對策之檢討對象

先探討有無需進行延壽之對象，並確認其對策及檢討必要性。

管線基本上為延壽對策之檢討對象，人孔蓋等則為新設目標設施。延壽對策所採用之工法，有可能僅更換管線設施之一部分以增加其壽命。其生命週期總支出(Life Cycle Cost,LCC)是否為最低且經合理判定後，訂定為該管線設施之延壽對策。

3. 改建工法

改建工法分類整理如圖 3.19，分為更新工法及置換工法。更新工法因更生管之構造不同而細分為自立管、複合管及雙層管等。管線更新或置換之檢討程序如圖 3.20，可就既設管狀況、輸水能力的確保、現場條件及經濟性加以檢討，而設定適當工法。

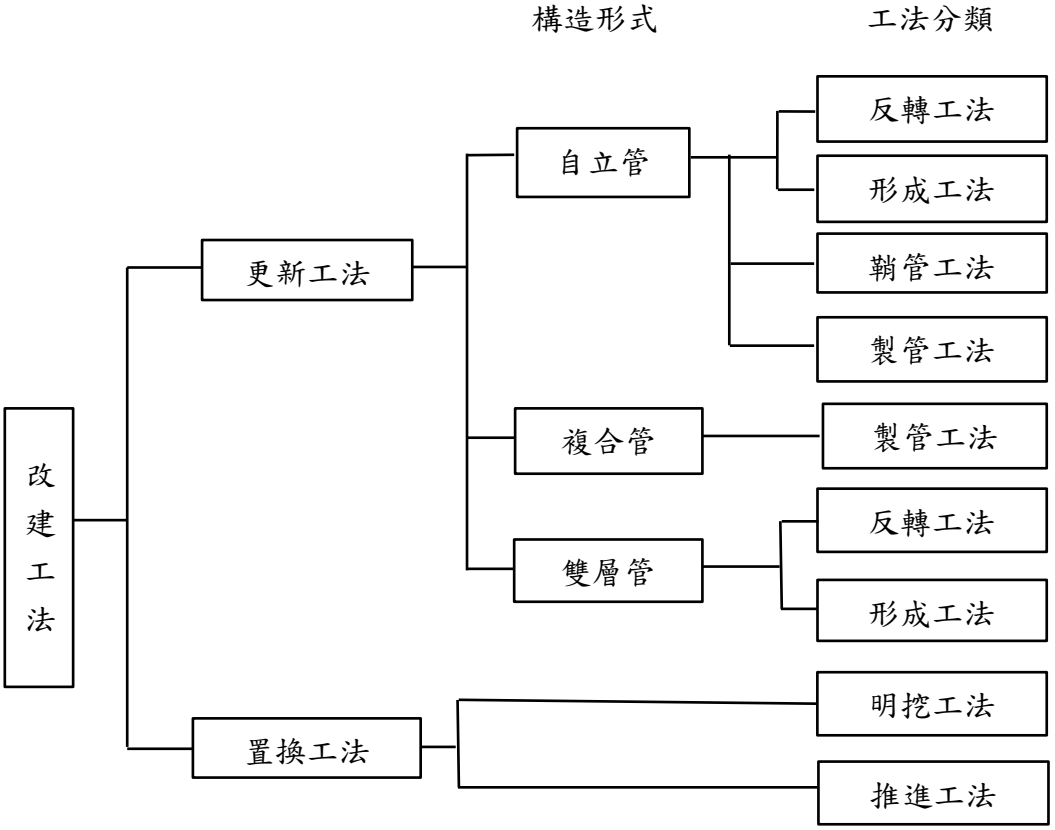


圖 3.19　改建工法分類

(1) 既設管狀況

經判定因老化及劣化明顯，更新工法無法施作於上下方向鬆弛、管線破損及接頭脫離者，或以目視調查及測量，確認為逆坡降，或人孔逆坡降等，原則上以置換工法施作。但檢討狀況後並不一定要施作於跨段，仍可僅就部分管段進行置換。

(2) 輸水能力的確保

採用更新工法後雖降低管線的粗糙度，但仍無法確保管線更新後的輸

水能力，可評估設置增補管或貯留管。

(3) 現場條件

擬施作地點未來開挖，可能需要遷移其他地下埋設物，或恐引發交通阻塞，而有限制開挖者等狀況，應加以檢討或採用其他工法。

(4) 經濟性

依各工法特性，可參考日本「下水道維持管理指針(實務編)」P.113～P.114 所述調查項目為基礎，由於需事先應對劣化項目，故各工法的事先處置，皆需列入檢討。

可參考日本「下水道維持管理指針(實務編)」P.113～P.114 所述調查判定基準的 b 項以上時，採用自立管恐有硬化不足，而複合管則有填充材空洞化之虞，而必須事先止水。又連接管的突出、油脂附著、樹根侵入或水泥砂漿附著等劣化，並經確認，則為避免施工不良，而需事先處置等，這些皆應考量並列入經濟性比較。

又以連接管為改建對象，各設施應分別比較，再進行整體比較，以供做為判定依據。

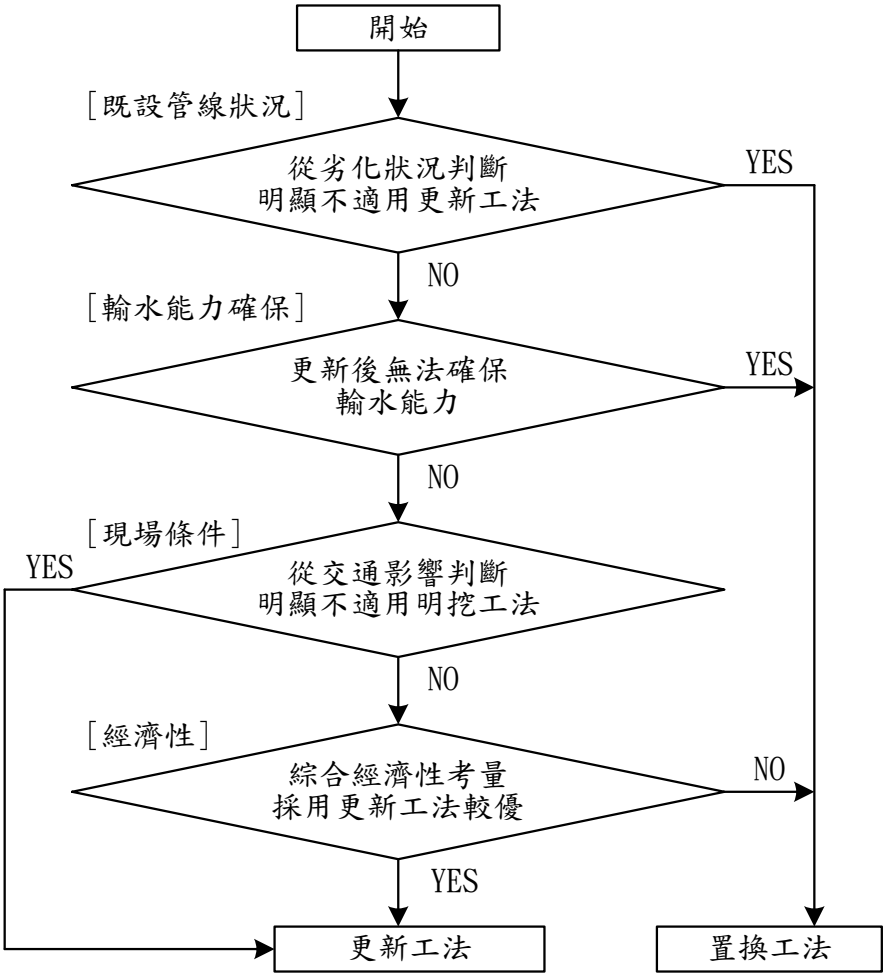


圖 3.20　管線更新或置換之檢討程序

[經濟性比較範例]

本範例以日本分別採用置換工法及更新工法進行改建，期望使用年數以標準使用年數 50 年做為比較的案例；至於期望使用年數，則由各地方政府進行檢討，並明確說明設定的依據。

目標管線：診斷結果必須以跨段為單元進行改建之管線

檢討案例：案例 1：採用置換工法進行更換

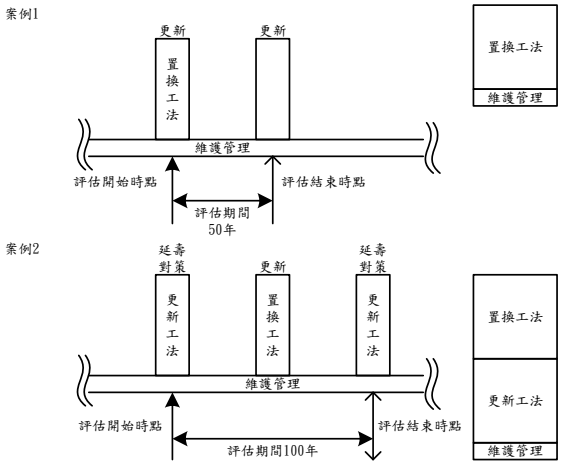
案例 2：採用更新工法進行延壽

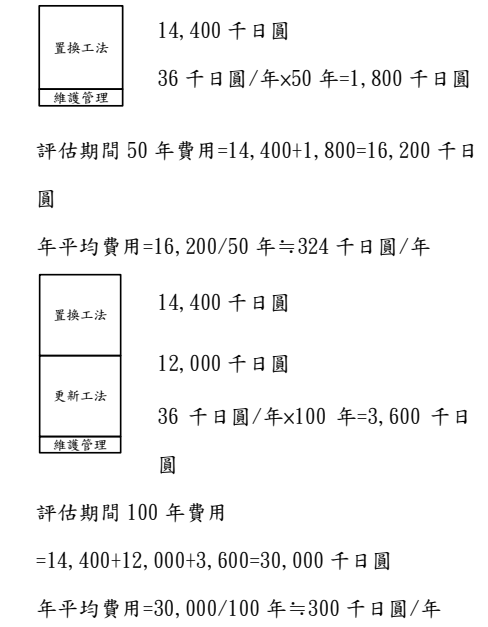
經費比較：

- 4 跨距長 120 m(各跨距條件相同)
- 期望使用年數：案例 1 為標準使用年數 50 年
  案例 2 同上
- 置換及更新工法：工程單價根據(由過去數年的實績及各工法協會推估)
  案例 1：12 萬日圓/m：14,400 千日圓
  案例 2：10 萬日圓/m：12,000 千日圓
- 維護費：依當地政府之實績 300 日圓/m/年：36,000 日圓/年

表 3.9　經費比較

項目	評估期間	累計費用 (千日圓)	年平均 (千日圓/年)	評估結果
案例 1	50 年	16,200	324	—
案例 2	100 年	30,000	300	○





備註：

更新後至下一次更新為一個循環，從評估開始時點至評估結束時點為評估期間的長度。

若以更新工法實施延壽對策，評估期間為 50 年+50 年=100 年

圖 3.21　經費比較示意圖

如表 3.9 所示，案例 2 比案例 1 的年平均費用較低，故選擇延壽對策。

延壽對策生命週期總支出之改善經費計算：

- 每年度改善金額：
  324-300=24 千日圓/年
- 若以利率 4%計算，生命週期改善金額：
  $24+24/(1.04)^{1}+\cdots+24/(1.04)^{80}=612$ 千日圓

(5) 管線以外設施

依「1.對策範圍」所定義，對改建及經過判定之管線以外設施，如人孔、連接管等，可參考日本「下水道維持管理指針(實務編)」之相關內容，檢討改建工法。

4. 實施期間、概估費用

依據「1.對策範圍～3.改建工法」的檢討結果，考量計畫期間以推定 5～7 年為修繕、改建的實施期間，概算所需費用。

3.6 修繕、改建之實施

依據修繕、改建計畫，來實施管線設施之修繕、改建，並將修繕、改建所獲得的資訊予以整理，持續將實施資訊納入營管資料庫，持續累積資訊以供未來應用。

解說：

檢查、調查的實施，所獲得的資訊，如作業名稱、時期、位置、執行人員、費用、方法結果(含圖面、相片)等。這些資訊乃設施資產管理目標、檢查、調查、修繕及改建計畫之評估及修訂等目的所必要，且持續累積及結合營管資料庫，以活用相關資訊。

3.7 評估及檢討

目標之達成相符與否的檢查、調查計畫及修繕、改建計畫，加以定期評估，因應必要的目標及計畫進行檢討。

惟若下水道建設有重大變化，其建設目標與計畫的評估及檢討，將甚具效益。

解說：

於考量計畫期間，概以 5～7 年進行評估，若有必要可修訂目標及計畫。檢討時，應分析預測值及實施結果之差異及目標未達成之原因，並做適當的修訂。

資產管理，在於藉 PDCA 的實踐，努力持續改善、提升。

檢查、調查計畫及修繕、改建計畫的制定、實施，為資產管理的主要實施效果，包括下列：

- 有效率及有效能地進行檢查、調查，藉預防性維護管理的實施，以掌握設施的劣化狀態(健全率等)，將有可能確保其安全性。
- 依據長期改建計畫的方案，有效地實施修繕、改建，亦有可能降低設施整體之生命週期總支出。

第四章 抽水站、污水處理廠設施

4.1 概說

為能有效率及有效能地實踐資產管理，必須藉由風險評估檢討優先順序，制定檢查、調查、修繕、改建計畫。風險評估之檢討項目如下：

1. 風險辨識
2. 損害規模(影響度)
3. 發生頻率(容易發生機率)
4. 風險評估

解說：

1. 風險辨識

下水道管理不當所發生的風險，如表 4.1 所示。其中本手冊所要敘述的事項為「設備劣化引起之事故、故障」。

表 4.1 抽水站、污水處理廠設施的風險

項目	事故	風險(事故發生對環境影響)	
抽水站、污水處理廠設施	停電、設施故障，導致功能降低、停止	計畫性可對應之風險	• 污水溢流 • 放流水造成水體污染 • 下水道使用者使用受限 • 臭氣、噪音發生
	燃料貯存槽破損		• 燃料流出導致火災 • 土壤、地下水污染 • 放流水造成水體污染
	藥品等逸散、流出		• 放流水造成水體污染 • 人體健康危害 • 動植物之影響
	有害物質之流入，導致活性污泥死亡	計畫性無法對應之風險	• 放流水造成水體污染 • 下水道使用者使用受限
	局部性大雨異常流入	自然災害之風險	• 抽水站淹水，污水溢流 • 下水道使用者使用受限
	地震造成功能降低或停止		• 污水溢流 • 下水道使用者使用受限

2. 損害規模(影響度)

各設備因故障或劣化而導致功能降低或停止等影響，如表 4.2 所示，對環境(自然環境、生活/工作環境等)及下水道使用者也會有潛在的影響。

表 4.2　影響度評估的項目範例

影響事故		影響度評估的項目及考量
項目	內容	
公共水域影響	水質污染	[功能面]：設備各功能的評估。 設備發生異常造成事故的影響。
生活環境影響	空氣污染 污水溢流	
生活環境及設施內作業環境影響	噪音、惡臭的發生	
使用者影響	下水道設施使用的受限、停止	[能力面]：設備各系列能力的評估。 全體處理能力相對單一系列的處理能力所佔比例。
	生命週期成本增加導致下水道使用費調升	[經費面]：取得價格較高的設備。

於進行損害規模評估時，應就各設備的「功能面」、「經費面」及「能力面」等，進行綜合性檢討。在進行檢討時，各地方政府應就其資訊累積狀況，加以分析選擇適當的方法。

(1)「功能面評估」：根據損害復原過程中各階段所需的處理功能，來評估影響程度的方法。

(2)「經費面評估」：根據各設施的改建費用來評估影響度的方法。

(3)「功能面」、「經費面」及「能力面」綜合評估：就「功能面」、「經費面」及「能力面」相互關係，做定量的影響度評估，方式如下式：

影響度 = ax(功能面)+bx(能力面)+cx(經費面)

式中：a、b、c 為各評估項目的權重(也可以簡單地將所有權重設定為 1，若採權重一致時，則長期改建計畫研擬實施流程移至修繕改建計畫制定之後。)

3. 發生頻率(容易發生之程度)

發生頻率的檢討，應設定檢討單元及發生頻率。各設備的檢討單元，有設備單元及主要零件單元等，並根據管理方法及經費效益進行選擇。發生頻率的設定，可考慮下列方法；此外，各地方政府應就其資訊累積狀況，加以分析選擇適當的方法。

(1)「使用年數超過率」：計算使用年數/標準使用年數，並以其倍率整理的方法。

(2)「故障、巡視、修繕資訊的利用及經驗者的確認」：依故障、巡視、修繕資訊的利用及有經驗者的確認，整理出容易發生故障設備的方法。

(3)「目標使用年數」：參考過去改建實績等，設定期望之使用年數的方法。

(4)「劣化預測」：依劣化的狀況，定期診斷、評估，依其傾向預測的方法。

(5)「平均故障發生頻率」：依過去故障資訊，計算出平均故障間隔的方法。

4. 風險評估

進行風險評估時，以「損害規模」及「發生頻率」為基礎，風險評估是風險發生時損害規模及發生頻率，加以系統化評估的方法(風險矩陣)，以及如下式的損害規模及發生頻率之乘積，予以評估的方法。具體的風險評估案例，可參考附錄 7。

風險大小 = 損害規模 x發生頻率

4.2 長期性改建計畫之方案研擬

為達到長期性、改建計畫量及計畫經費之最適化，應考量下列項目以擬定長期性改建計畫之方案： 1. 設定管理方法 2. 設定改建條件 3. 設定最適改建方案

解說：

從改建有關的數個方案中，就經費、風險、執行體制做綜合考量，設定最適方案，同時配合設施重要度來設定改建方案，並且需要配合預算的限制。另若因人口減少對設施管理的影響及其他計畫等，也應加以考慮。

1. 制定維護方法

抽水站、污水處理廠的管理方法，可區分為預防性維護及事後維護。預防性維護為預測設施剩餘壽命在一定期間發生異常或故障之前，進行對策的管理方法，可分為狀態監視維護及時間(定時)計畫維護。事後維護則為發生異常或故障之後，才進行對策的管理方法。

未來在人員不足及預算限制下，要達到具效果的設施資產管理，視各設備的特性，考量處理功能及預算的影響等，針對重要度高的設備，必須實施預防維護。以下為管理方法之設定流程範例，於考量污水處理廠的處理能力、系列數(line)、設備台數、設備功能及狀況等，各地方政府可因應其特性，設定適當的管理方法。

(1) 狀態監視維護

狀態監視維護為於確認設備劣化狀況及作動狀況，因應狀態之對策的管理方法。狀態監視維護為對處理功能影響較大，重要度高的設備，其劣化狀況掌握及異常發生時期可預測的設備，較為適用。

狀態監視維護時，為能掌握劣化狀況，必須實施調查，藉其資訊的累積及分析，對於延壽對策及更新時期的最適化，以及調查週期、項目的制定，可達到調查的效率化及省力化。

(2) 時間(定時)計畫維護

時間(定時)計畫維護為依各設備的特性設定週期(目標使用年數等)，做為對策的管理方法。時間(定時)計畫維護在處理功能影響較大，重要度

高的設備，其劣化況狀掌握較難的設備，較為適用。

(3) 事後維護

事後維護為於發生異常、有徵兆(功能下降)或故障發生後，進行管理的方法。事後維護較適用於對處理功能影響較小，且重要度較低的設備。

又以「(1)狀態監視維護」及「(2)時間(定時)計畫維護」所考慮的設備，若有備用設備者，則可考慮分類為事後維護。管理方法之設定流程範例如圖 4.1，管理方法考量範例如表 4.3。

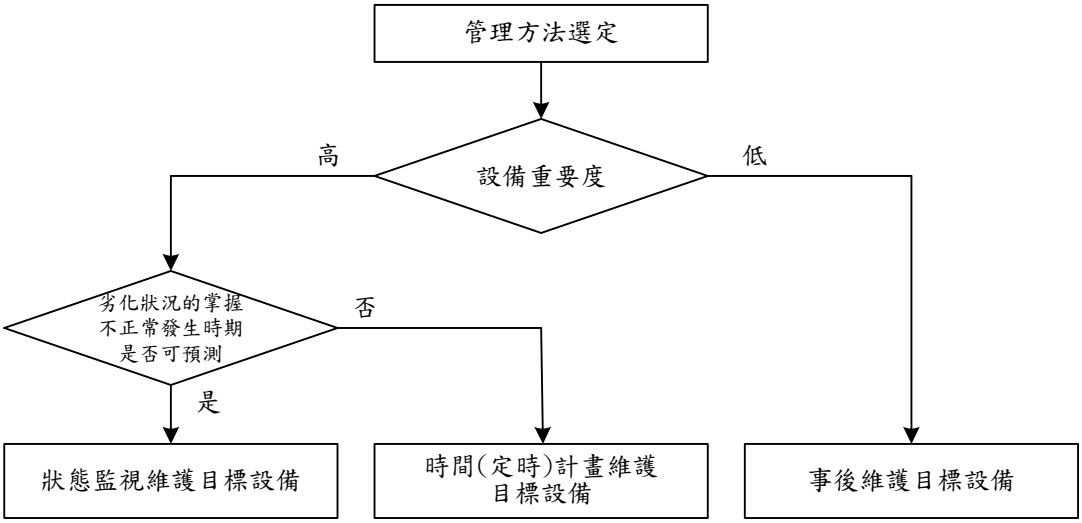


圖 4.1　管理方法之設定流程範例

表 4.3　管理方法考量範例

	預防維護		事後維護
	狀況監視維護	時間(定時)計畫維護	
管理方法	依設備的狀態進行對策	依一定週期(目標使用年數)各別對策	有異常、徵兆(功能下降等)或發生故障後之對策
適用考量	重要度高的設備 • 適用於對處理功能影響大(緊急措施不易者) • 適用於對預算的影響大者 • 必須確保安全性者		重要度低的設備 • 適用於對處理功能影響較小(緊急措施容易者) • 適用於對預算的影響較小者
	適用於劣化狀況的掌握，或異常發生時期可預測的設備	適用於無法掌握劣化狀況，或異常發生時期無法預測的設備	
注意點	為要能掌握設施劣化的徵兆，必須實施調查，並累積相關資訊	設備劣化徵兆無法預測，而必須設定對策週期(目標使用年數)	因可於異常等發生後，才採取對策，故檢查作業可較少

狀態監視維護設備例：抽水機本體、自動攔污柵等

時間(定時)計畫維護設備例：受變電設備、負荷設備等

事後維護設備例：地面排水泵、吊升裝置等

設備重要度之考量，可參考「下水道維持管理指針(實務編)」P.195(日本下水道協會)

2. 設定改建條件

為能設定抽水站、污水處理廠設施的最適改建方案，以考量各設備的管理方法及目標使用年數等，來設定改建時間及改建費用。

(1) 狀態監視維護

在狀態監視維護中，以主要零件單元設定改建時期之設備，依主要零件單元之劣化預測，設定延壽對策時期，藉生命週期成本計算設定改建時期。又在狀態監視維護中，以設備單元設定改建時間的設備，則以劣化預測設定改建時期，如圖 4.2。

本項係以簡單的方式計算計畫費用及計畫量，即使是以狀態監視維護設施，仍可以預計目標使用年數，設定改建時期。

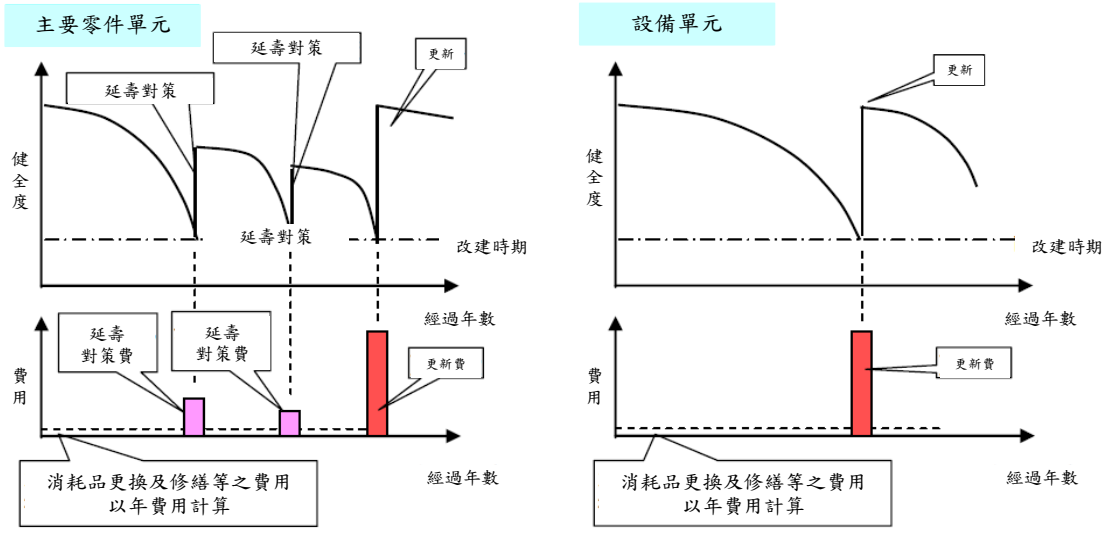


圖 4.2　狀態監視維護設備之改建方式示意圖

(2) 時間(定時)計畫維護及事後維護

以時間(定時)計畫維護及事後維護的設備，設定目標使用年數，做為改建時期。又計畫所需費用(延壽對策費、更新費)之估計，若地方政府有改建履歷或修繕履歷等數據等，則可以該實績作為基礎檢討計畫之費用，如圖 4.3。若上述改建履歷或修繕履歷等數據不充分，則可向設備廠商查詢。

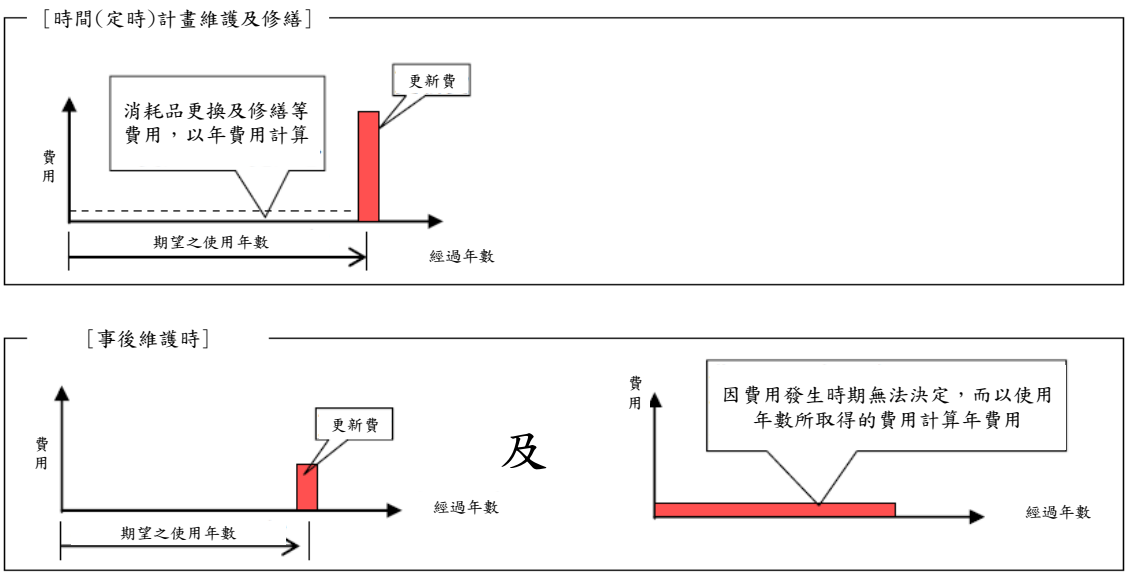


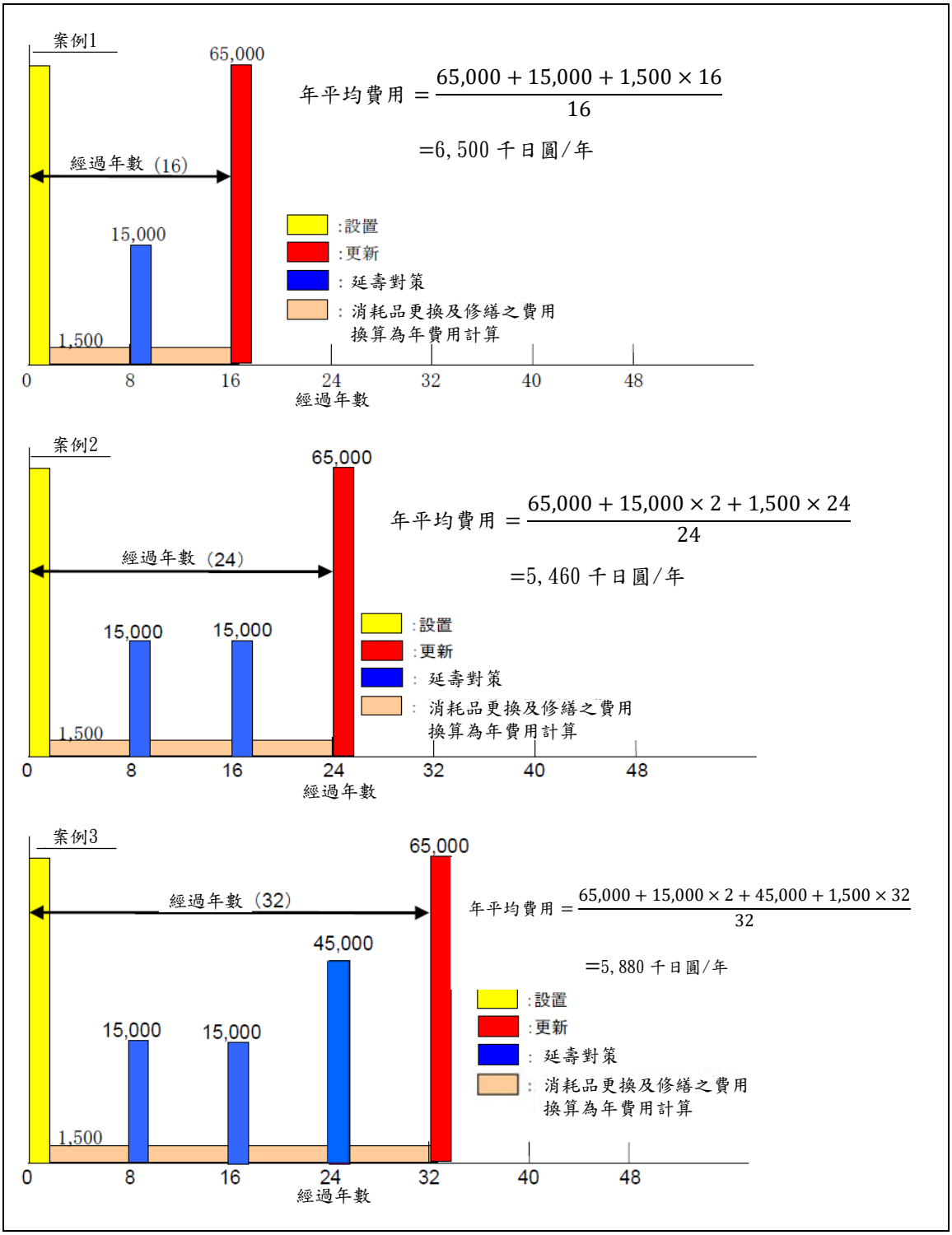
圖 4.3　時間(定時)計畫維護、事後維護設備之改建方式示意圖

【LCC 計算改建時期檢討範例】

本範例係以狀態監視維護，以設定主要零件單元改建時期之設備的生命週期成本計畫，做為檢討改建方式之案例。

藉劣化測試或目標使用年數，以檢討對策之週期及經費，下圖為以延壽對策不同及更新時間不同，設定複數案例，各案例至更新總支出除以經過年數算出年費用，而以最低的案例之 LCC 計算提出最適改建形式。

【費用單位為千日圓】



3. 設定最適改建方案

改建週期可設定為 50～100 年，研擬出數個方案，並綜合性評估「經費」、「風險」、「執行體制」以決定最適改建方案。此外，在平衡計畫經費時，也要考慮其他計畫的實施時間及投資額。

(1) 設定改建方案

方案為加入不受預算限制的方案(單純改建)，受預算限制的方案及降

低風險的方案等，即設定數個方案為宜。

圖 4.4 為單純改建方案其改建時期，以健全度 2 的時期(功能降低前)，預算受限制的改建時期，則為健全度在 1～2 之間。

又投資額之平均化，並不一定是投資額均一化；又若當年再延遲，則健全度降為 1 以下之設備，其功能有停止之可能性高者，仍應優先改建為宜。

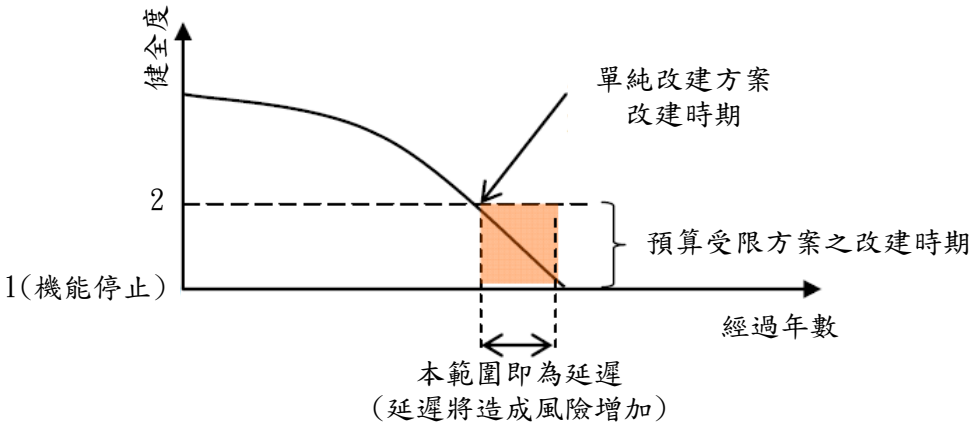


圖 4.4　各方案改建時期的示意圖

風險的大小，當健全度接近於 1 之時期，增加實施改建。風險大小的計算例，以下式表示：

風險的大小 = 設備故障致其功能停止之發生頻率(以健全度代用)×
設備故障致功能停止之損害規模(以影響度代用)
= (5-健全度)×影響度

① 改建優先順序的檢討

抽水站、污水處理廠的各項設備，應在功能尚未停止，健全度在 1～2 範圍內，一般原則是風險值較大者為優先改建。若為要投資額平均化時，可參考下列順序：

- 健全度為 2 之年度累計所需費用。
- 若超過投資限度額時，可將風險較小的延至次年度或延後執行。
- 在其延後之年度，若仍超過投資限度額時，仍以風險較大的優先。

所謂投資額平均化，並不一定是每年的投資額相同，若為延至次年，則健全度降至 1 以下的設備，恐其功能停止可能性已較高，應優先改建為宜。

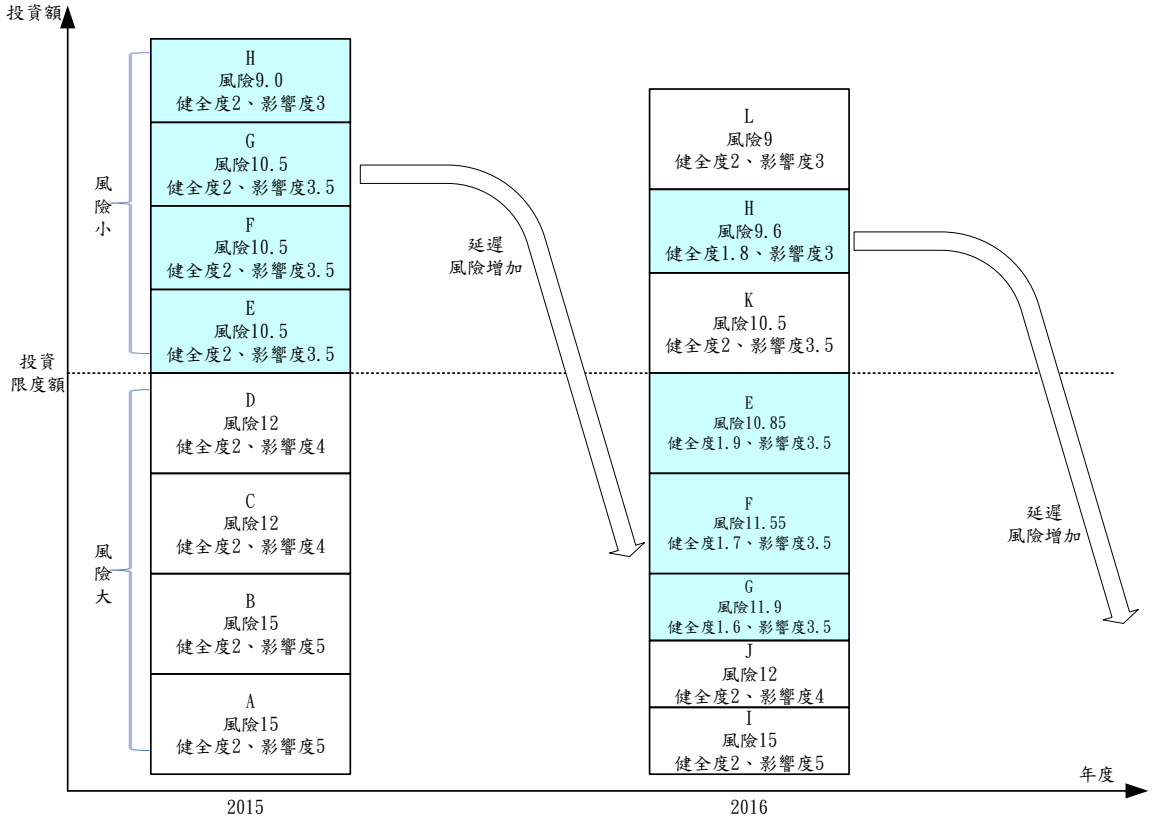


圖 4.5　計畫平均化的示意圖

② 方案的檢討

方案的檢討，應就「投資額」、「健全度」及「風險」等項目，充分考量檢討，表 4.4。

表 4.4　方案之檢討項目及內容範例

項目	重點	內容
投資額	年投資總額	以投資額少，變動較小的方案為宜
健全度	最低健全度	不要使健全度有降至 1 的設備發生
風險	風險大小	風險少，其變動也小的方案為宜

以下為方案的設定範例。

【方案 1：單純改建方案】

投資額：單年有一個極其大的峰值，檢討期間的總投資額也較大，變動幅度較大未能平均化。

健全度：健全度 4、5 之比例較大，平均健全度在 3 以上，為非常良好狀態。

風　險：因無健全度 2 以下的資產，因此風險低。

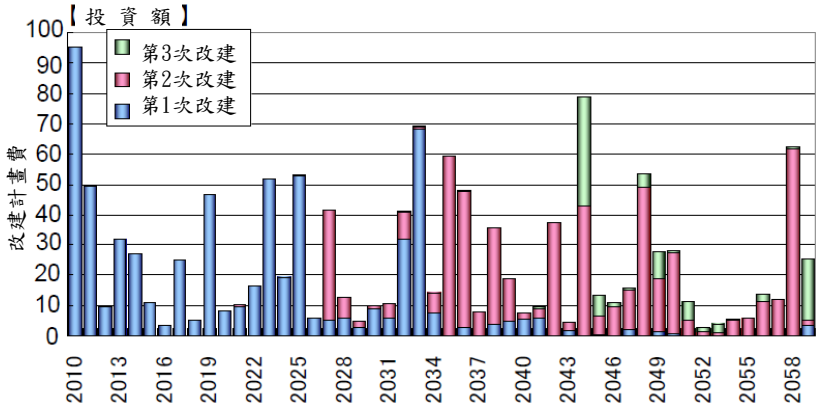


圖 4.6　投資額變化

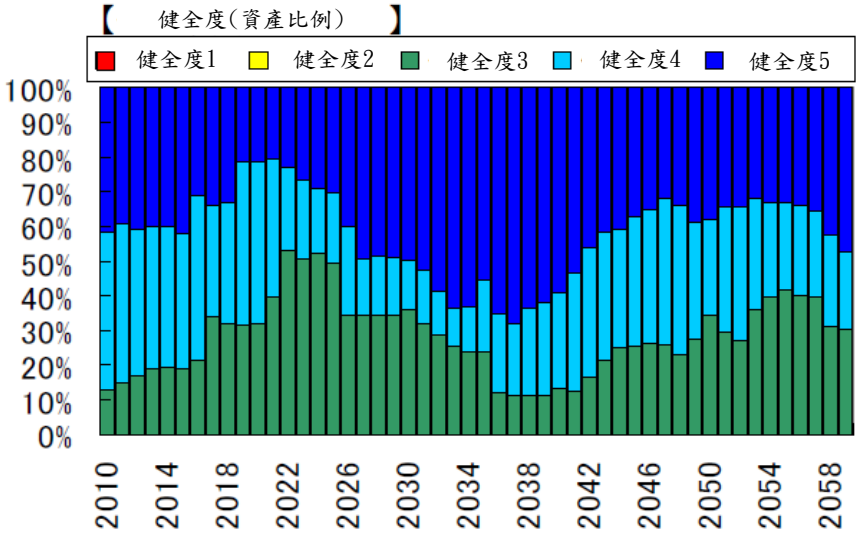


圖 4.7　健全度比例變化

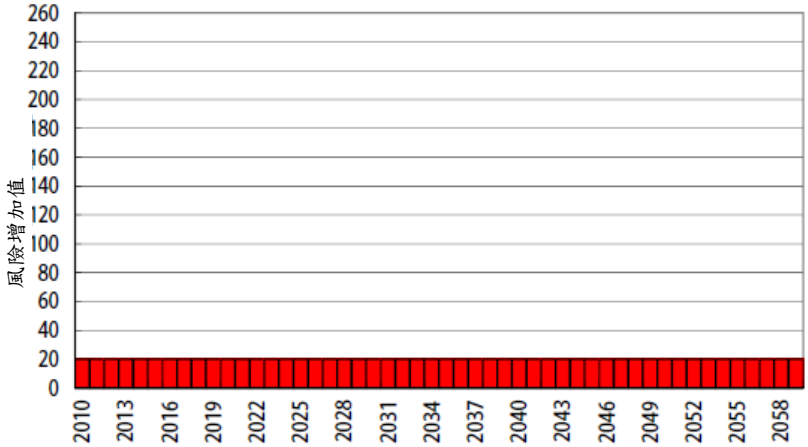


圖 4.8　風險變化

【方案 2：依實際投資額(每年計)改建方案】

投資額：檢討期間的總投資額最少，年度金額沒有峰值，因為它是平均金額。

健全度：健全度在 2 以下的比例較多，也有健全度在 1 以下者。

風　險：風險及其變動皆大。

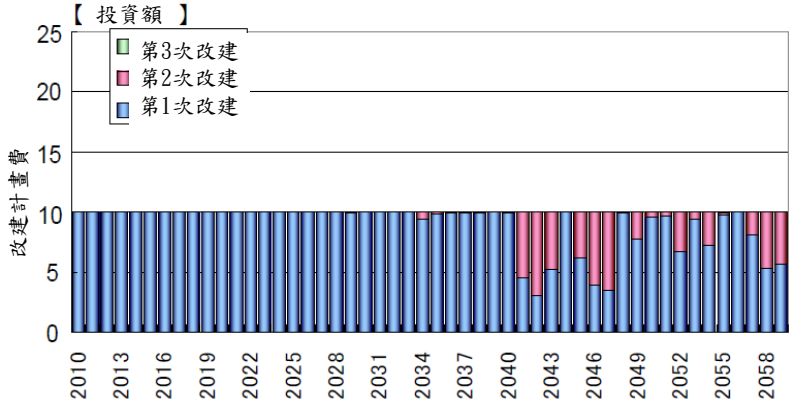


圖 4.9　投資額變化

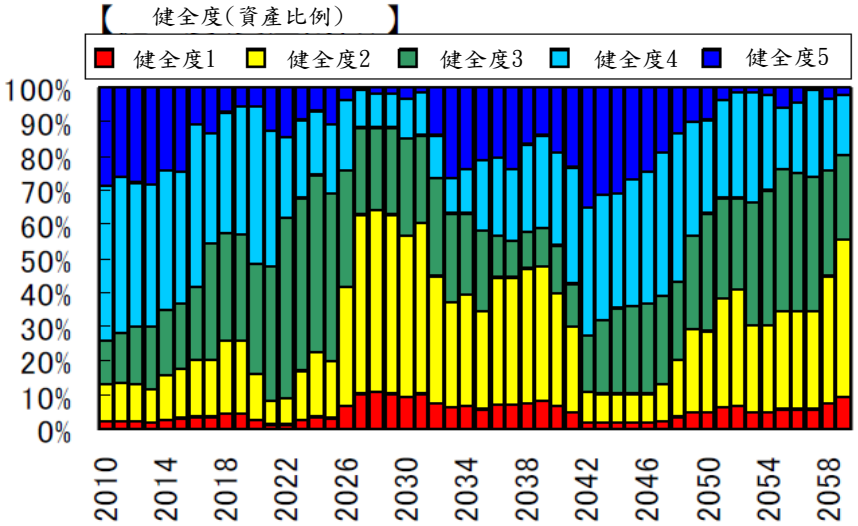


圖 4.10　健全度變化

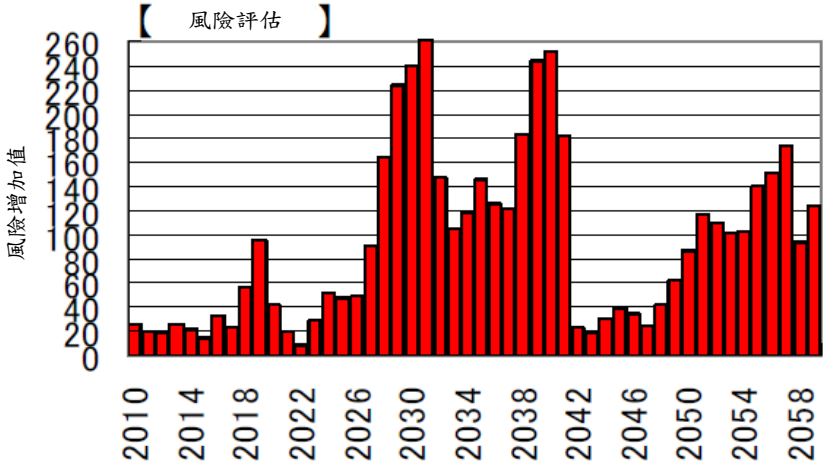


圖 4.11　風險變化

【方案 3：為防止設備健全度 1 的情況發生，除了以健全度 2 以下進行改建外，投資額一定的方案】

投資額：與方案 1 比較，檢討期間之總投資額較少，年度金額沒有峰值，因為它是平均金額。

健全度：與方案 2 比較，健全度在 2 以下者皆較少，且不會發生有健全度 1 設備。

風　險：與方案 2 比較，風險及其變動皆小。

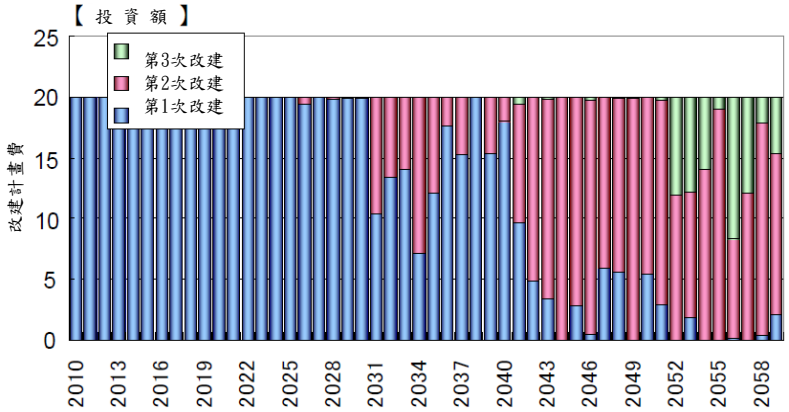


圖 4.12　投資額變化

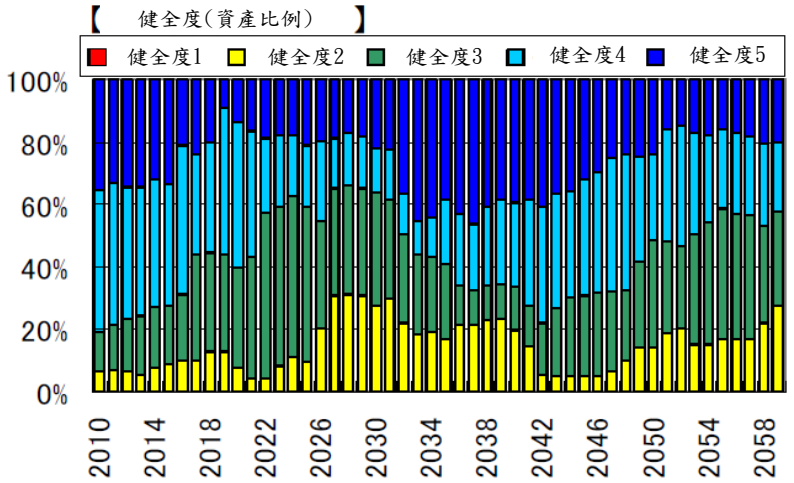


圖 4.13　健全度比例變化

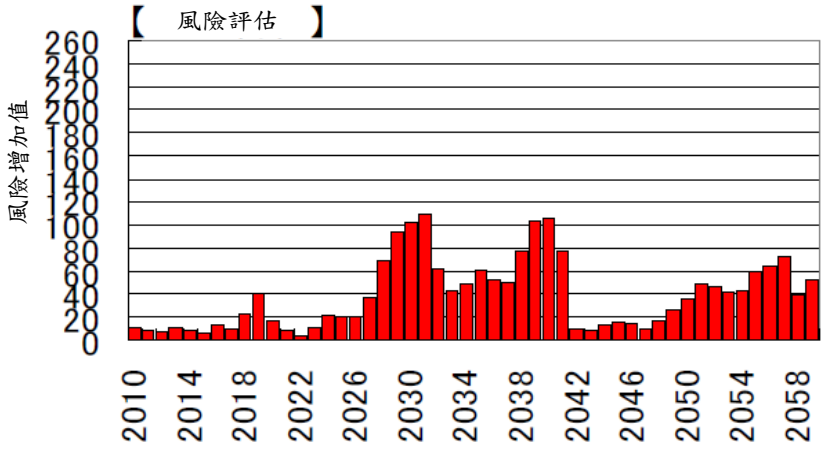


圖 4.14　風險變化

【方案 4：增加投資額，進一步降低方案 3 的風險值，健全度 2 以下時就改建的方案】

投資額：與方案 3 比較，檢討期間之總投資額較大，年度金額有一個小高峰。

健全度：與方案 3 比較，健全度 2 以下的比例較少，且不發生有健全度 1 設備。

風　險：與方案 3 比較，風險及其變動較低。

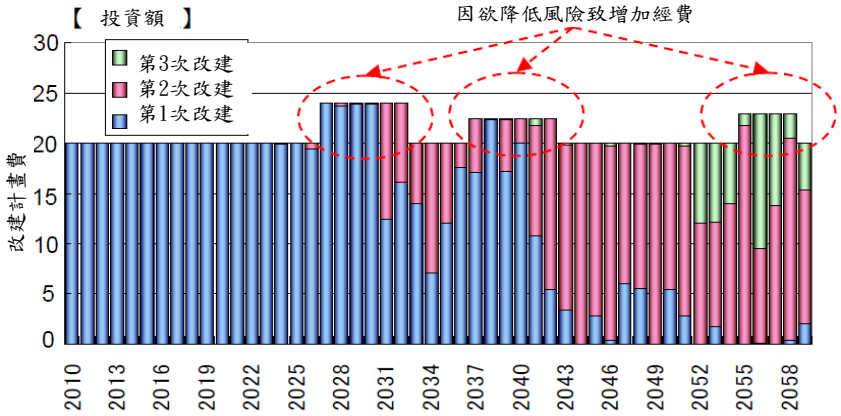


圖 4.15　投資額變化

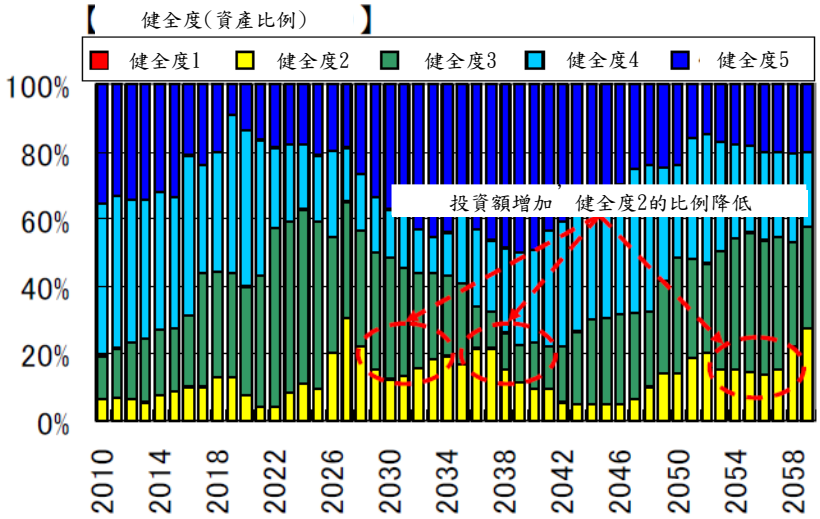


圖 4.16　健全度比例變化

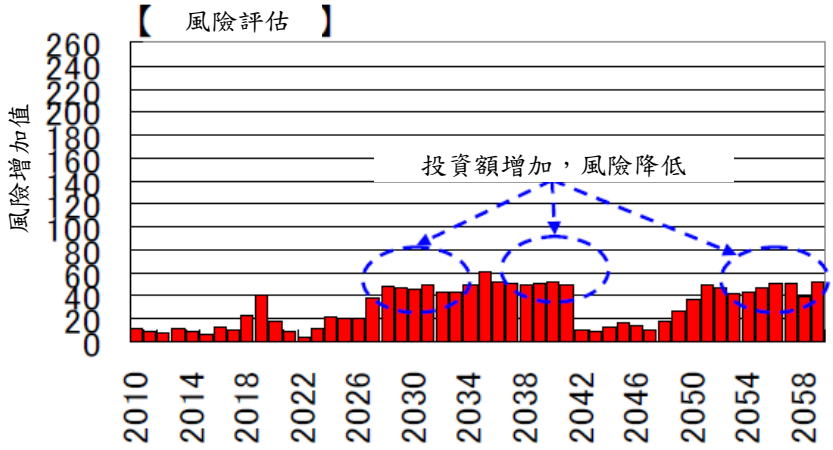


圖 4.17　風險變化

(2) 設定最適改建方案

方案係依「改建投資規模」及「4.1 風險評估」加以評估之「風險」，「2.5 設施資產管理目標的設定」所列舉「目標」之關係，並因應各地方政府之實際投資額之平均化為基礎，設定最適的改建方案。

又投資額的平均化，也要考慮其他計畫等之實施時期及投資額為宜。另土木、建築設施及機械、電機設備同時改建與否，也應一併檢討。又若管理目標無法達成，則應修訂設定方案或設施資產管理目標。

表 4.5　方案之評估範例

方案	評估重點①(投資額)				評估重點②(健全度)				評估重點③(風險)				其他計畫為基礎，早期實現功能提升	評估
	投資額(單年度)		投資額(總額)		健全度比例		最低健全度		狀況		變動			
1	不可能	×	不可能	×	良好	○	良好	○	良好	○	良好	○	—	×
2	可能	○	可能	○	差	×	差	×	差	×	差	×	—	×
3	可能	○	可能	○	無問題	○	無問題	○	稍差	△	稍差	△		△
4	可能	○	可能	○	無問題	○	無問題	○	無問題	○	無問題	○	—	○

註：○ 優、△ 普通、× 差。

4.3 檢查、調查計畫制定

4.3.1 基本方針制定

基本方針為從長期觀點，檢討下列的內容：

1. 頻率
2. 優先順序
3. 單元
4. 項目

解說：

檢查如圖 4.18～圖 4.20 所示，藉日常巡檢過程中，確認日常運轉操作情況及有無異常，經過時間的確認，若有異常時，就應加保養。

於調查時，有時需將池槽放空，同時有拆解設備等情況，這都需要時間及經費，對於重要度高、能知道劣化之徵兆等，則列為以狀態監視維護設備之實施目標。

將調查單元、調查項目、調查方法及調查時間等，加以整合制定計畫，圖 4.18 所示設定之調查時期，以及經檢查且確認有異常，要維護對應有困難時，則分別以各調查單元進行調查。

【各管理方法的檢查、調查流程之基本考量】

(1) 狀態監視維護設備

狀態監視維護設備之檢查、調查實施流程範例，如圖 4.18。狀態監視維護設備之檢查，在於設備異常之確認，當設備異常或異常徵兆經確認後，就要判定可否維護應對，若可進行維護，維護後必要時應即修訂原計畫。

若超過設備所定期間或維護有困難，且其異常徵兆經確認，就應檢討對策的必要性，並修訂計畫

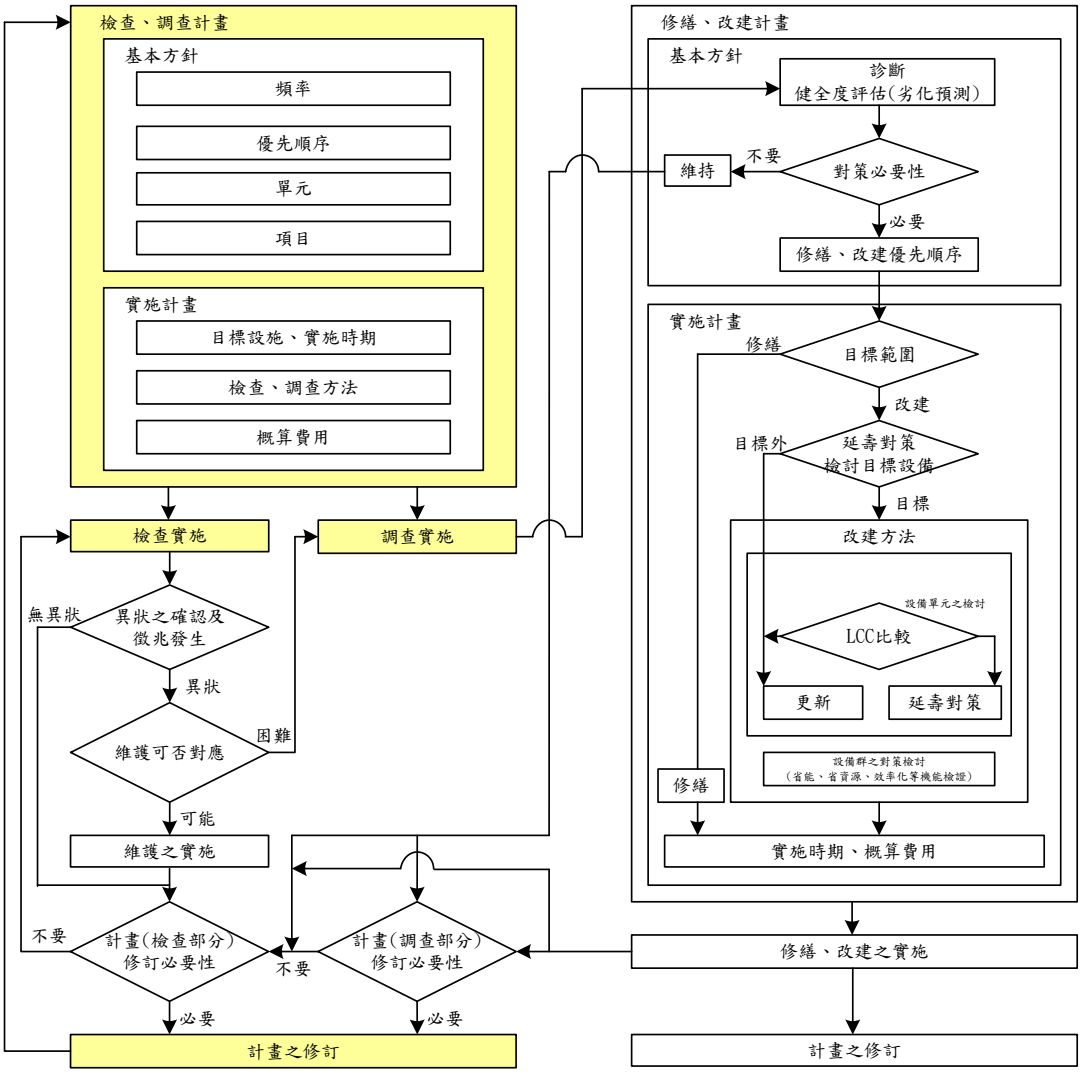


圖 4.18　狀態監視維護設備之檢查、調查實施流程範例

(2) 時間(定時)計畫維護設備

時間(定時)計畫維護設備之檢查、調查實施流程範例，如圖 4.19。時間(定時)計畫維護設備之檢查，在於設備異常之確認，當設備異常或異常徵兆經確認後，就要判定可否維護應對，若可進行維護，維護後必要時應即修訂原計畫。

若超過設備所定期間或維護有困難，且其異常徵兆經確認，就應檢討對策的必要性，並修訂計畫。

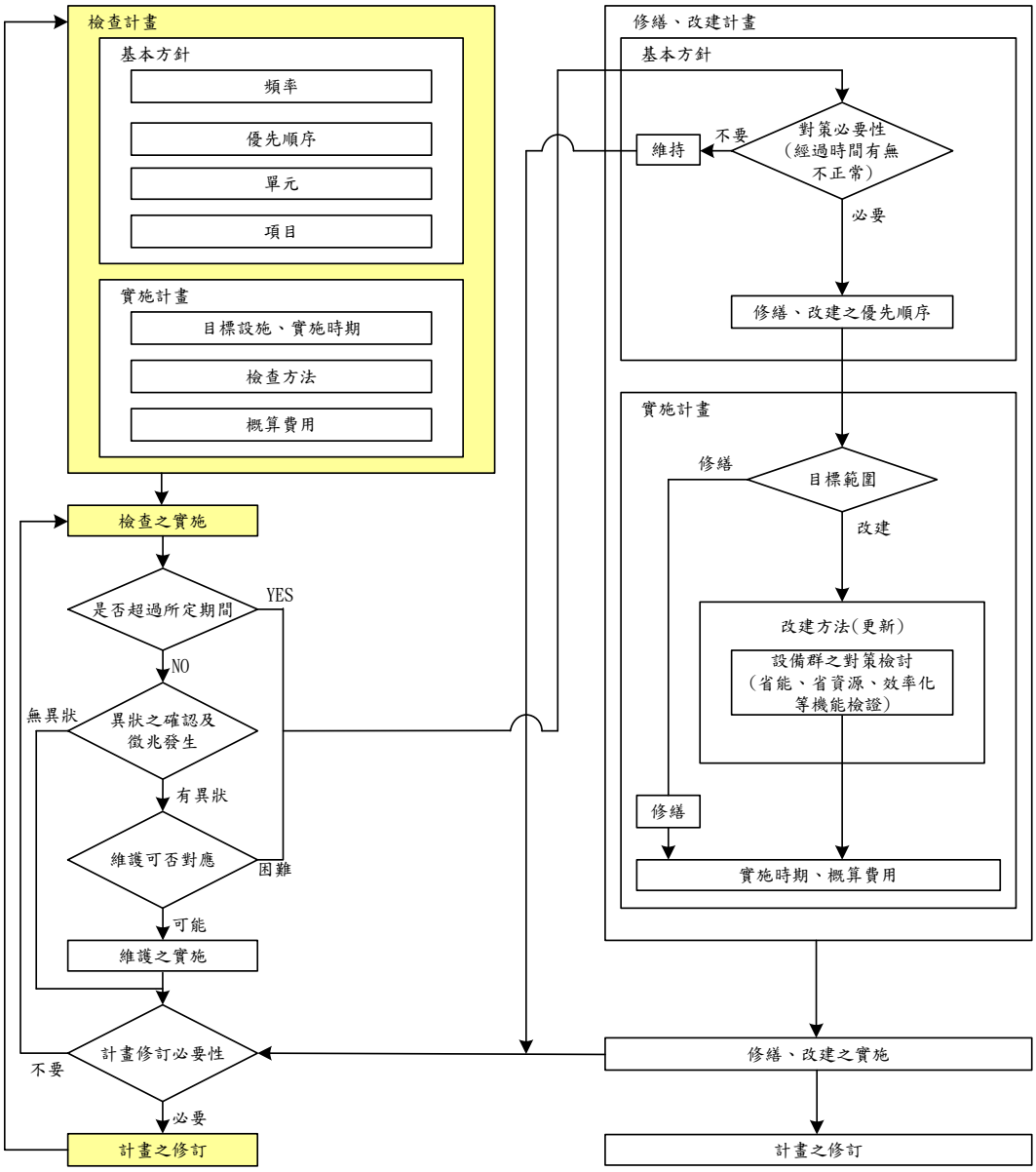


圖 4.19　時間(定時)計畫維護設備之檢查、調查實施流程範例

(3) 事後維護設備

事後維護設備之檢查、調查實施流程範例，如圖 4.20。事後維護設備之檢查，在於設備異常之確認，當設備異常或異常徵兆經確認後，就要判定可否維護應對，若可進行維護，維護後必要時應即修訂原計畫。

若超過設備所定期間或維護有困難，且其異常徵兆經確認，就應檢討對策的必要性，並修訂計畫。

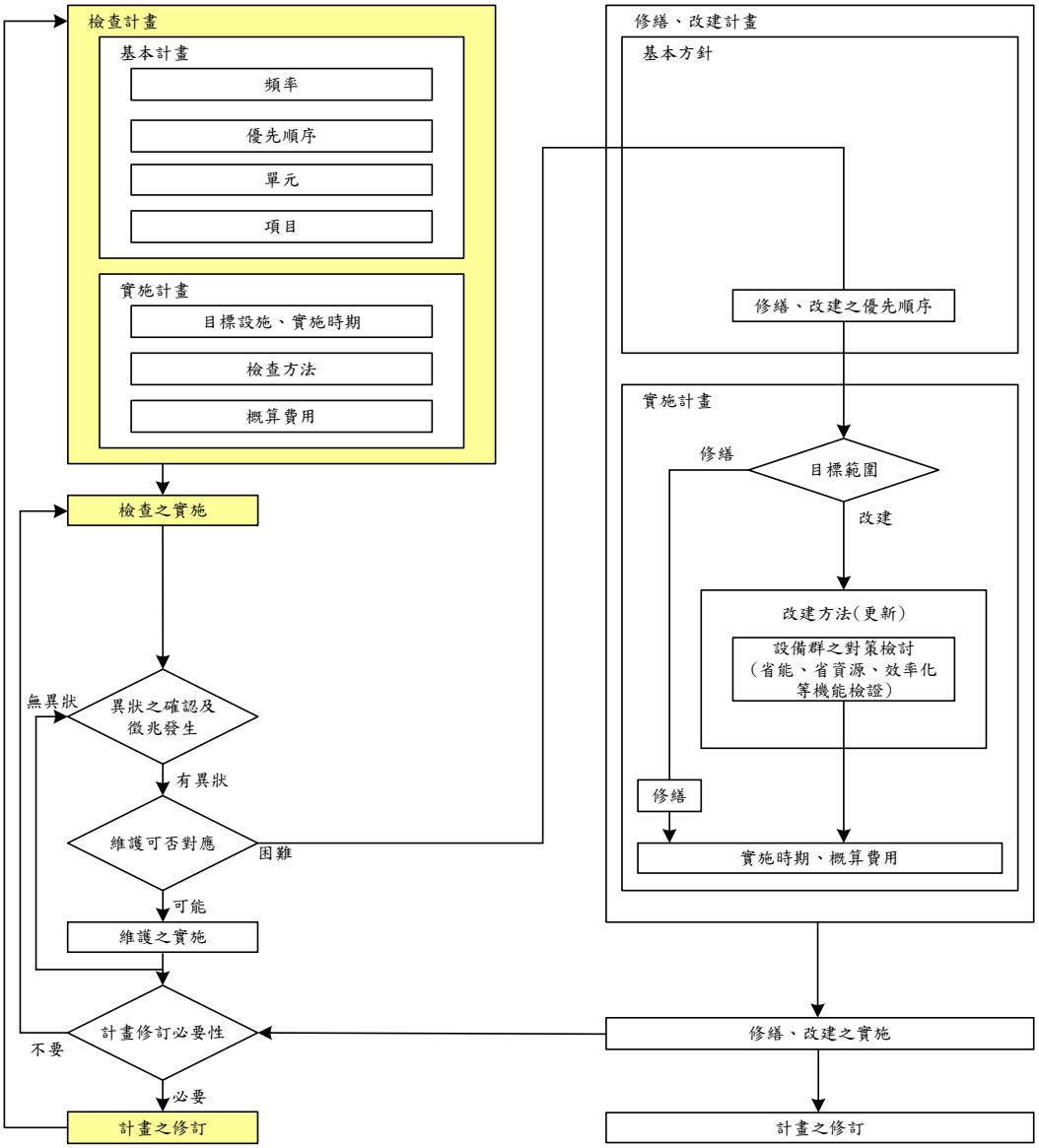


圖 4.20　事後維護設備之檢查、調查實施流程範例

1. 頻率

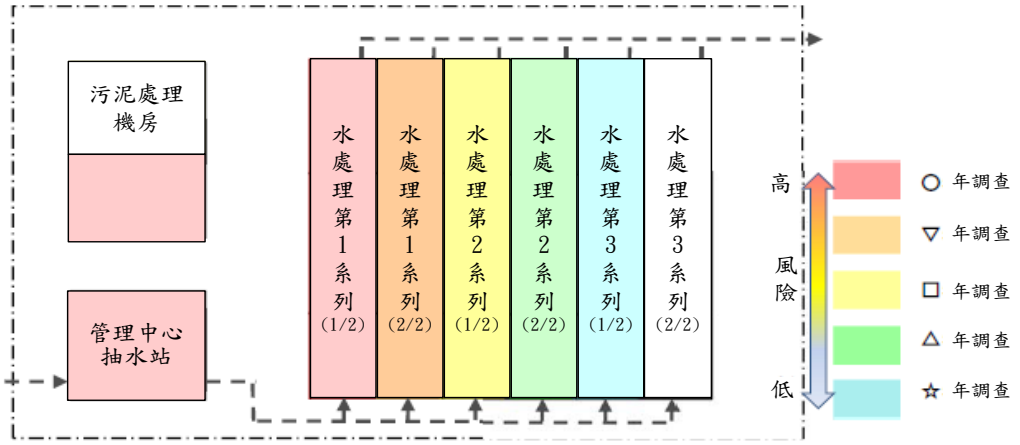
檢查的頻率，可參考過去的檢查項目、內容及相關週期，或依過去的管理紀錄及風險評估，適宜訂定。又於檢查、調查而發現有異常時進行及定期實施之方式。定期的設施調查頻率，除設備的特性之外，依據風險評估以設施優先順序也可。

2. 優先順序

優先順序可依風險評估為基礎決定，以下為考慮污水處理廠之優先順序設定檢查、調查之構想。

【實施時期檢討範例(污水處理廠)】

- 頻率：以 10 年循環調查/污水處理廠全體。
- 實施期間的檢討：目標(output)及依風險評估設定優先順序，優先順序高(風險大者)，依序決定實施時期。



※生命週期較長，土木設施、機械、電機設備之檢查、調查及修繕、改建計畫之配合。

※圖 4.21 為狀態(健全度)的掌握，進行池槽放空等設備停止操作之檢查、調查之意，與日常的檢查不同。

圖 4.21　污水處理廠、抽水站之檢查、調查計畫示意範例

3. 單元

檢查作業的實施對象，多以獨立功能的機器為對象，確認設備有無異常。

調查作業的實施對象，多以完整獨立功能的機器或部分零件為對象，確認設備功能有無異常。例如攔污柵、進水泵、鼓風機等；針對零件可進行狀態管理，以更換零件的方式來達到設備延壽目的，可以降低生命週期總成本。

4. 項目

檢查項目為確認設備單元有無異常之目的所設定之項目，另調查項目為設備單元或主要零件單元之劣化狀態等調查時，於評估其健全度為目的所設定的項目。有關調查項目可以日常檢查、月定檢查之檢查項目或參考文獻設定。調查項目如表 4.6。

表 4.6　調查項目範例

調查項目	劣化分類之關係
振動	變形、破壞、磨耗
溫度	變形、破壞、磨耗
磨耗	磨耗
異音	變形、破壞、磨耗
電流值	變形、破壞、磨耗
壓力	變形、破壞、磨耗
絕緣阻抗值	腐蝕
生鏽、腐蝕	腐蝕
變形、龜裂、損傷	變形
漏水	變形、破壞、磨耗
阻塞	—
動作狀態(單獨、連動)	變形、破壞、磨耗、腐蝕
經過年數、運轉時間等	變形、破壞、磨耗、腐蝕

4.3.2 執行計畫制定

執行計畫是用以決定要進行何種設備、何時、內容、怎樣程度的經費，以進行檢查、調查。其檢討內容如下：

1. 目標設施、實施時期
2. 檢查、調查方法
3. 費用概算

解說：

執行計畫是就改善計畫期間加以衡量，約以 5～7 年進行檢查、調查之檢討。

1. 目標設施、實施時期

目標設施為污水處理廠、抽水站全部設備，檢查時期則視設備之特性及執行體制定期實施。調查作業時程可配合預防維護作業時程之安排，如圖 4.22，配合風險評估，以決定調查作業順序，使該作業更具效率及效果。

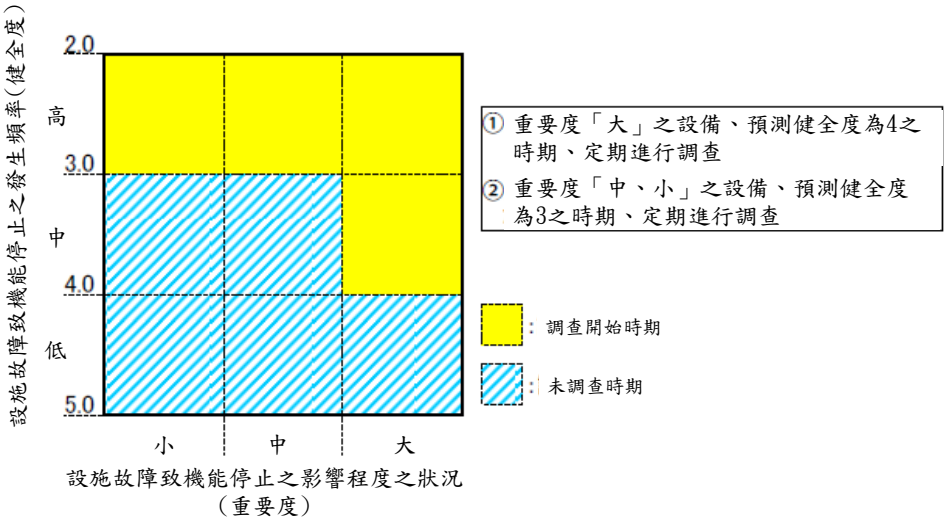


圖 4.22　依風險矩陣進行調查時期之設定範例

【重要度大之設備其調查時期之設定範例】

① 首先為在初期階段尚無調查數據，而以主要零件單元更換履歷或製造廠建議設定主要設備，期望其健全度所預測之使用年數，而設定第一次調查時期。圖 4.23 黑線為其健全度 4 的時期，做第一次調查時期。

② 將第一次健全度評估結果反應做成其劣化預測式，依必要設定第二次調查時期。圖 4.23 灰色點線交會處，健全度 3 的時期，做第二次調查時期。

③ 圖 4.23 之粗黑線在健全度 2 的時期，即為對策檢討時期。

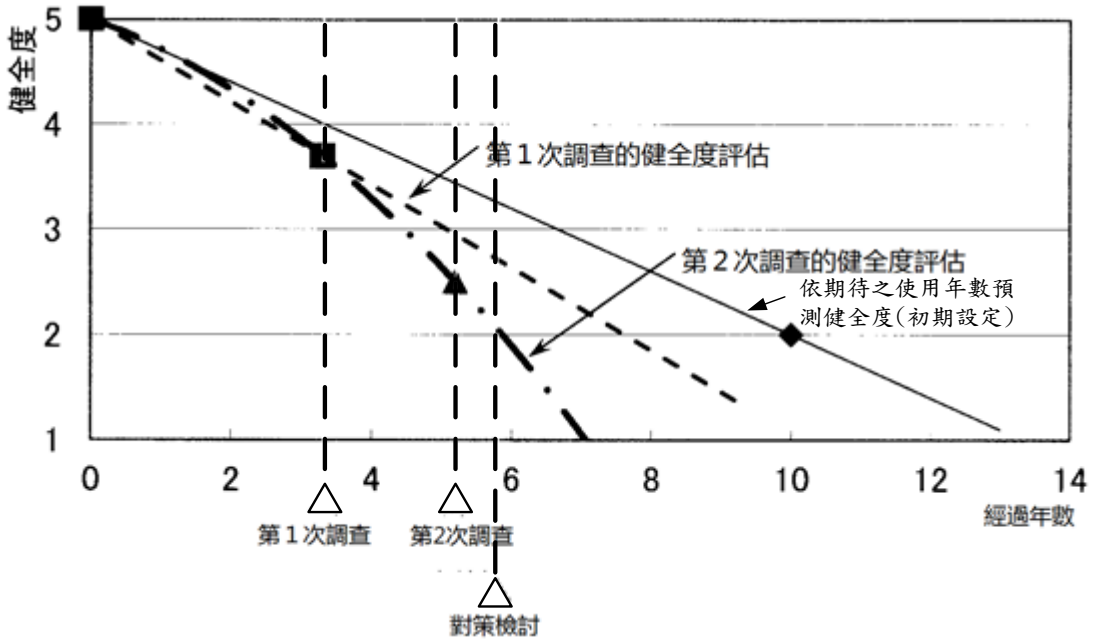


圖 4.23　重要度大之設備其調查時期設定範例

2. 檢查、調查方法

檢查、調查方法，應就檢查、調查體制及各設備的調查單元及構造等，加以考慮後設定之。檢查係以五感、各種量測器、簡易工具及計測機器等進行，以確認有無異常。

調查方法以目視、聽覺、觸覺等五感的定性調查，或以測定設備做定量調查，拆開核心做微破壞調查及設備拆解調查等。

詳細調查方法，可參考台灣水環境再生協會印行之「下水道設施計畫性及長壽命化維護管理」P.4-44～P.4-54。以下為調查方法設定範例。

【調查方法設定範例】

- 攔污柵：排水放空，進行現場主要零件單元調查，為非破壞性調查。
- 進水泵：由於無法從外觀了解主要零件單元的狀況，故以設備單元進行非破壞性調查，依其狀況，必要時進行拆解調查。
- 結構體：藉目視等檢查狀況或拆解等進行破壞試驗、混凝土之壓縮強度、中性化之狀況等調查。

3. 費用概算

依前述 1、2 之檢討結果，並考量改善等計畫期，費用以 5～7 年進行概算。

4.4 檢查、調查之實施

依據檢查、調查計畫來進行檢查與調查工作，透過檢查、調查所獲得的資訊加以整理，持續累積轉化成營管資料庫。相關項目如下：

1. 檢查、調查的實施
2. 檢查、調查資訊的累積

解說：

1. 檢查、調查的實施

以檢查、調查計畫為依據，進行相關工作。

2. 檢查、調查資訊的累積

於上述檢查、調查的實施，所獲得的資訊，如作業名稱、時期、位置、執行人員、費用、方法結果(含圖面、相片)等。這些資訊乃設施資產管理目標、檢查、調查、修繕及改建計畫之評估及修訂等目的所必要，且持續累積及結合營管資料庫以活用相關資訊。

4.5 修繕、改建計畫制定

4.5.1 基本方針制定

基本方針為依據調查結果，掌握設施之劣化狀況，並依長期改建之方案設定；考量計畫期間，約以 5～7 年來設定修繕、改建之優先順序。

1. 診斷
2. 對策必要性
3. 修繕、改建之優先順序

解說：

修繕、改建計畫係以調查結果進行診斷，依 2.2 之④為長期改建計畫方案設定改建之優先順序。各管理方法之修繕、改建計畫之實施流程，如圖 4.24～圖 4.26。

狀態監視維護設備，依檢查、調查結果進行診斷，根據長期改建計畫設定，確定對策的必要性，並以 5～7 年的期程，設定修繕、改建之優先順序。

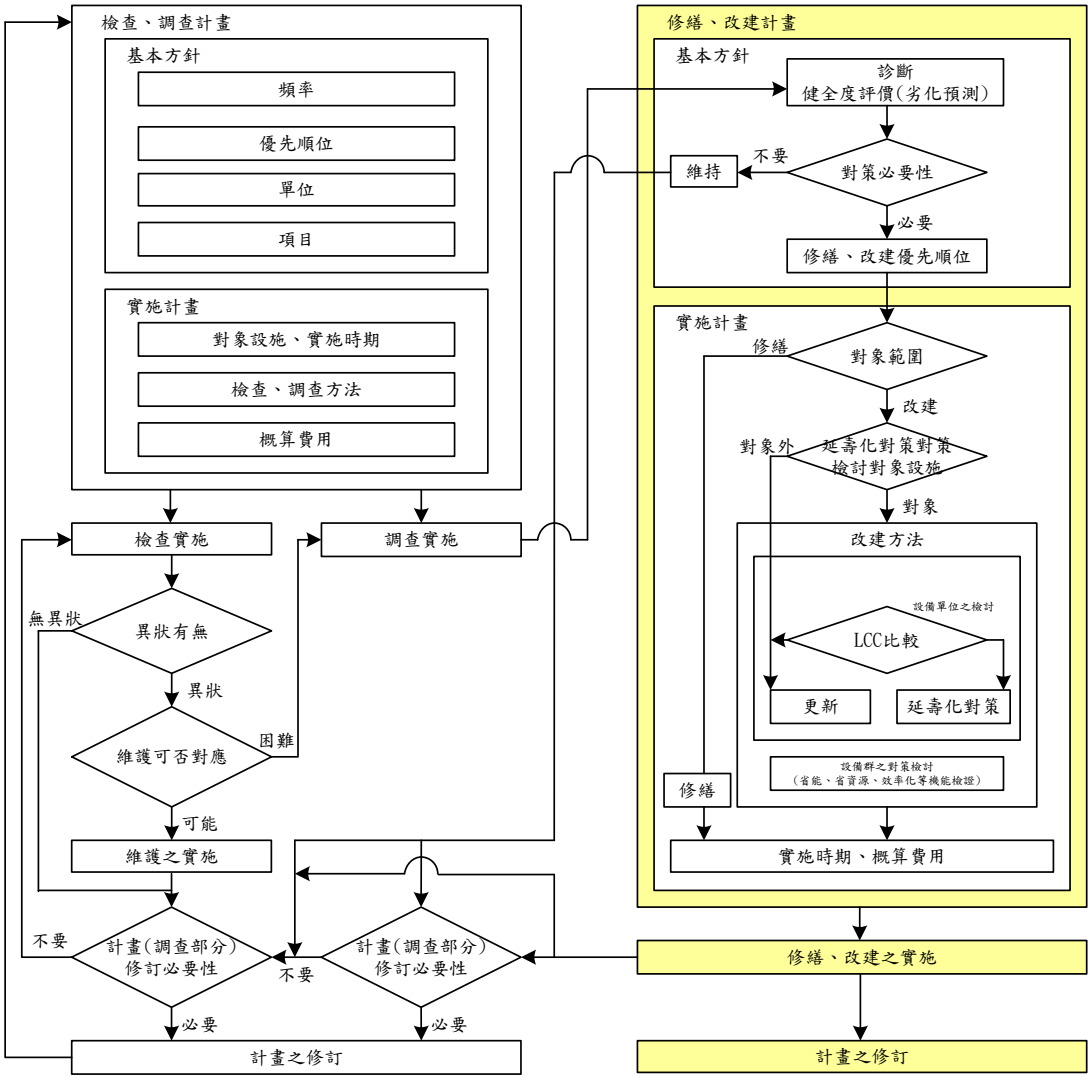


圖 4.24　狀態監視維護設備之修繕、改建實施流程範例

時間(定時)計畫維護設備，為不經診斷，而以檢查結果為基礎判定對策的必要性，藉以設定長期改建計畫，並以 5～7 年的期程，設定修繕、改建之優先順序。

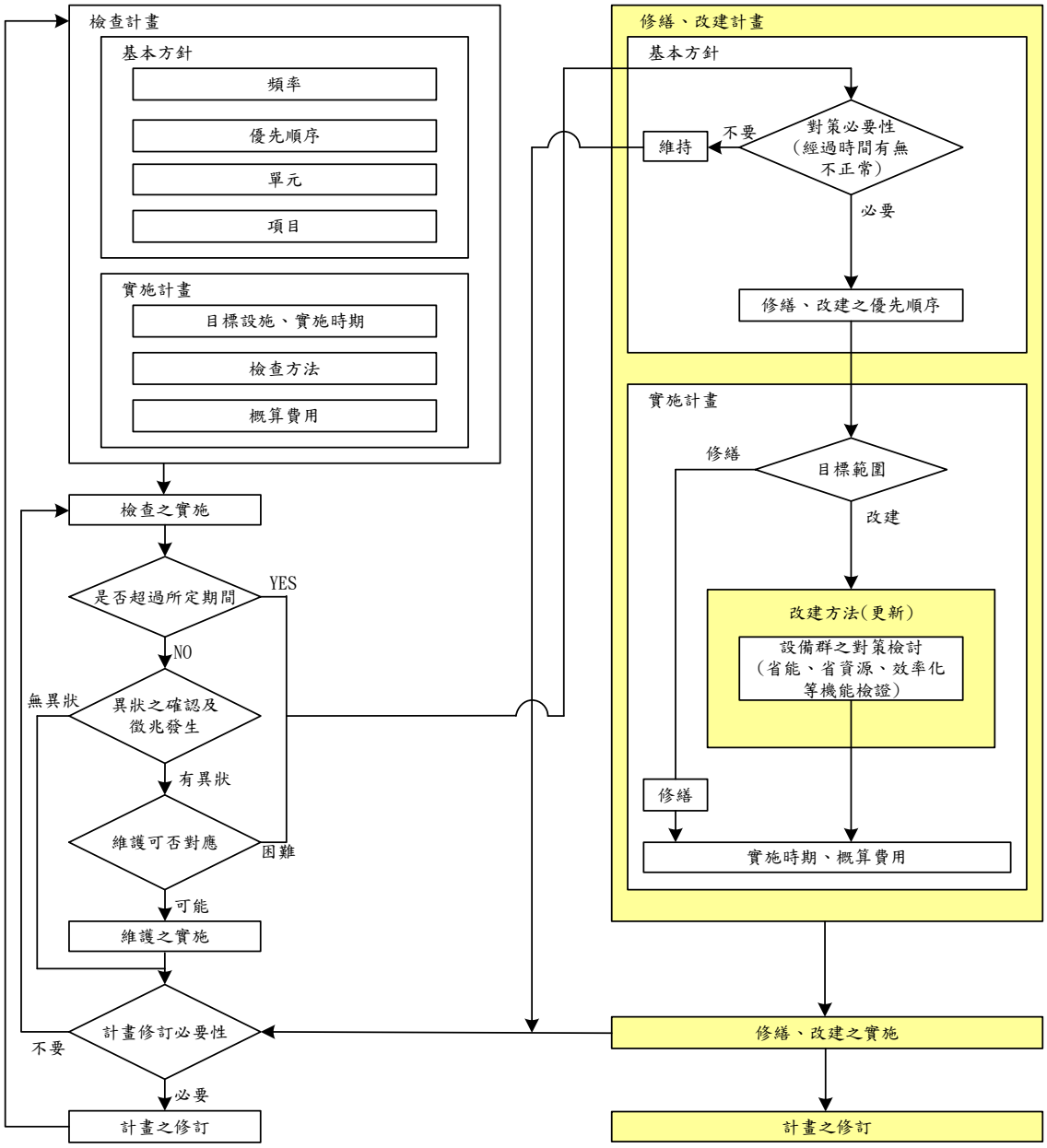


圖 4.25　時間(定時)計畫維護設備之修繕、改建實施流程範例

事後維護設備，為不經診斷，而以檢查結果為基礎判定對策的必要性，藉以設定長期改建計畫，並以 5～7 年的期程，設定修繕、改建之優先順序。

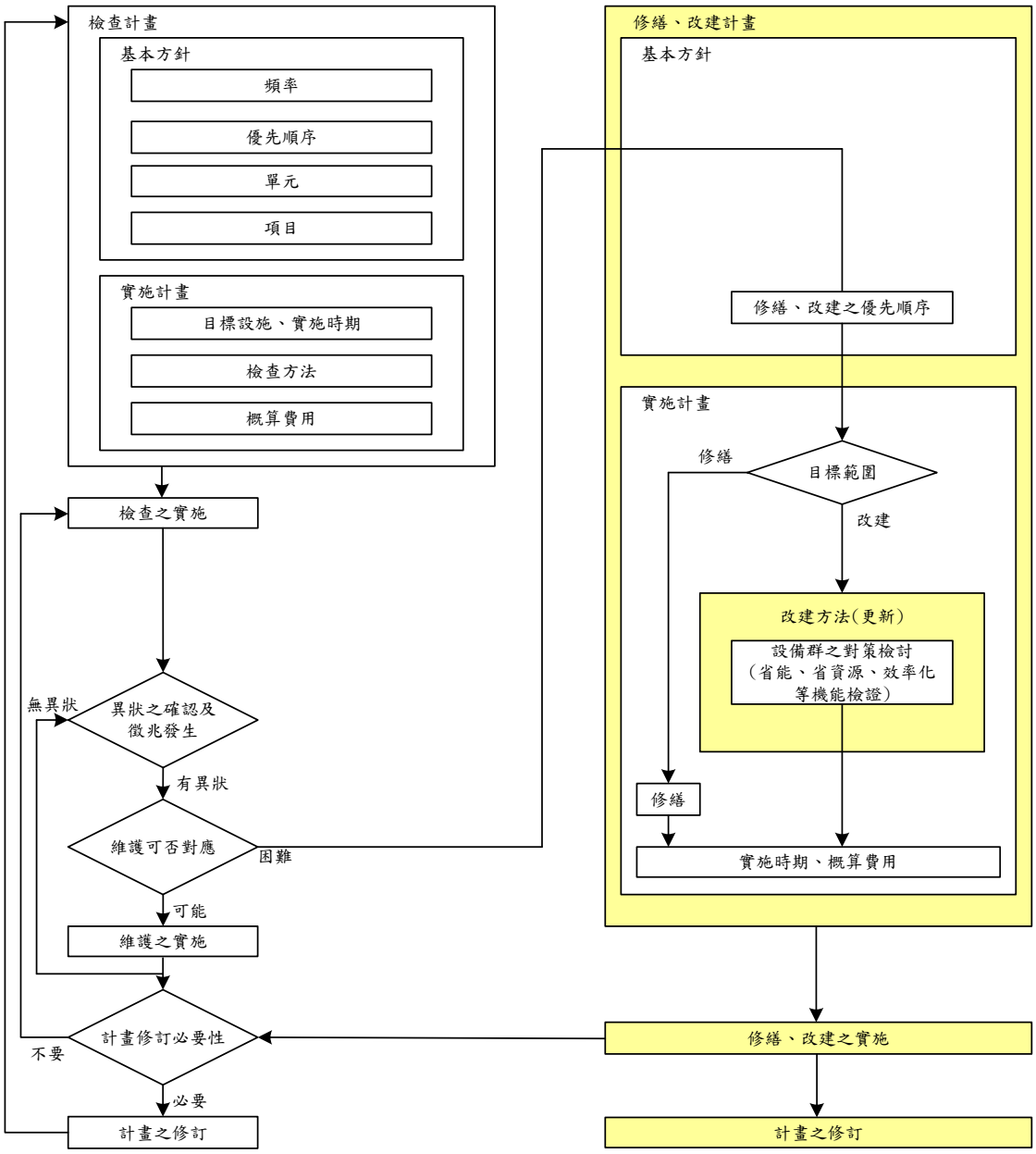


圖 4.26　事後維護設備之修繕、改建實施流程範例

1. 診斷(狀態監視維護目標設備)

(Ⅰ)設定判定基準

狀態監視維護目標的診斷，於各調查項目設定判定基準，藉五感及量測設備所調查的結果與判定基準相比較，檢討之後，對現在的健全度予以評估。

(1) 設定健全度

本手冊是將劣化狀況予以數值化，做為判定改建之必要性的指標，而使用健全度。表 4.7 為設備單元健全度設定範例，表 4.8 為主要零件單元健全度設定範例。

(2) 設定判定基準

於健全度評估時，對於其方法與基準要明確，以免造成不同判定者之評估結果差異。另判定基準，同種的目標設備，因功能、材質、形式、環境等不同，應依各別之各項目設定判定基準。

① 目視調查例

目視等感官上的調查(對目標設備)，依其劣化狀況及範圍加以綜合判定，如表 4.9 所示，以主觀定性的評估予以數值化。

② 依量測設備之調查例

量測設備之調查，因可排除主觀因素，可做定量性評估，如振動診斷等。

表 4.7　設備單元健全度範例

判定區分	運轉狀態	處置方法
5 (5.0~4.1)	初始設置之狀態，運轉上無功能問題	不需處置
4 (4.0~3.1)	設備可安全運轉，雖無功能上問題，但開始出現劣化之徵兆	不需處置 更換消耗品等
3 (3.0~2.1)	設備持續劣化，但可維持功能狀態及回復功能	透過延長設備壽命對策或進行維護回復其機能
2 (2.0~1.1)	設備功能無法發揮或不知何時功能會突然停止等狀態，且功能難以回復	進行精密調查或設備更新等，必要時進行重大檢測之處置
1	無法運轉且功能停止	必須立即更換

註：符合「運轉狀態」、「處置方法」的條件，既對應該「判定區分」。

表 4.8　主要零件單元健全度範例

判定區分	運轉狀態	處置方法
5 (5.0~4.1)	零件為初始設置之狀態，運轉上無功能問題	不需處置
4 (4.0~3.1)	零件雖無功能上問題，但開始出現劣化之徵兆	不需處置待觀察
3 (3.0~2.1)	零件持續進行劣化，但零件功能還能維持，可回復其功能。	透過維護回復其機能
2 (2.0~1.1)	零件功能無法發揮，對設備之功能造成影響，或不知何時功能會突然停止之狀態等，且功能難以回復	必須更換
1	劣化顯著，設備功能停止	必須立即更換

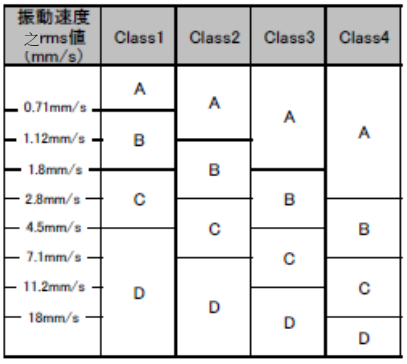
註：符合「運轉狀態」、「處置方法」的條件，既對應該「判定區分」。

表 4.9　設備目視之判定基準

判定區分	運轉狀態
5	無問題
4	劣化程度、範圍小 (雖有劣化之徵兆，但無功能上問題)
3	劣化程度、範圍中等 (雖然劣化持續進行中，但確定設備功能尚可)
2	劣化程度、範圍大等 (劣化進行中，因設備功能難以發揮，維修也難以回復功能)
1	劣化顯著，設備功能停止

【振動測定範例】

如抽水機、鼓風機等運轉機械，以測定並解析其振動狀態，可診斷有無異常或劣化狀況。而振動診斷方法之一有絕對值判定法(JISB 0906，ISO10816-1)(圖 4.27)，依圖所示速度等之絕對基準值相比較予以判定。



Class 1	全體構成之一部份為引擎或機械(15kW 以下之電動機)
Class 2	未有特別基礎的中型機械(15～75kW 電動機等)及有堅固基礎固定的引擎或機械(300kW 以下)
Class 3	大型原動機及回轉機固定在堅固基礎上
Class 4	大型原動機、大型回轉機於比較柔性，固定剛性基礎上者，出力 10kW 以上之渦流發電機組及燃氣輪機
A 區	新設的機械之振動值所含的範圍(→優)
B 區	無限制下可長期運轉的範圍(→良)
C 區	無法期望可長期運轉的範圍(→可)
D 區	已有損傷，非常不宜的範圍(→不可)

圖 4.27　絕對值振動數據判定基準(JISB 0906，ISO10816-1 規格)

在一般上，於目標設備之振動診斷時，係參考表 4.10 所示設定之判定基準，做為設備劣化狀況之判定方法。

表 4.10　振動診斷(絕對值判定法)判定基準範例(設備目標)

健全度	運轉狀態
5	振動速度在良好(A)狀態
4	振動速度在尚良好(B)狀態
3	振動速度在稍差(C)狀態
2	振動速度在很差(D)狀態

③ 利用判定基準具體判定範例

設備之健全度評估，可依表 4.9 及表 4.10 所述，以目視及量測設備及依據判定基準實施。

設備單元進行健全度評估時，從以目視等對設備做現況調查，並依設備單元所設定判定基準為基礎做劣化狀況的綜合評估，算出健全度(表 4.11)，進而依所獲得的健全度決定對策方法。

主要零件單元之健全度評估時，以拆解調查等進行主要零件現況之調查，並依主要零件各設定的判定基準做判定，其後再以主要零件單元做綜合劣化狀況的評估，算出健全度(表 4.11 及表 4.12)，繼而依所獲得的健全度決定對策方法(表 4.13)。

表 4.11～表 4.13 係健全度評估範例，各地方政府應依實際進行檢查、調查之資訊檢討，決定各設備健全度評估方法。主要設備有關的主要零件之判定項目範例，參考附錄 9。

表 4.11　健全度判定方法及判定結果範例(調查單元：設備-抽水機)

調查目標	調查判定項目	判定內容	判定結果	健全度
設備整體	生鏽、腐蝕	生鏽、腐蝕狀況之確認(外觀調查)	4	3.0
	變形、龜裂、損傷	變形、龜裂、損傷狀況、範圍之確認(外觀調查)	3	
	振動、異音	振動、異音大小之確認	2	
	晃動	晃動狀況之確認	4	
	運轉時間	依過去履歷，掌握劣化進行之影響運轉時間之確認	2	
調查判定區分	5：無問題。 4：無功能上問題，出現劣化之徵兆。 3：劣化持續進行，但功能狀態可持續維持。 2：功能無法發揮，維護也難以回復。 1：運轉停止及功能停止。			

表 4.12　健全度判定方法及判定結果範例(調查單元：主要零件-污泥刮泥機)

調查目標	調查判定項目	判定內容	判定結果	健全度
鍊條	變長鬆弛	產生以下狀態致使設備功能不佳 •鍊條變長鬆弛與鍊齒輪咬合不良，產生拖拉鍊條現象(一般而言為鍊條長度變長 2 以上) •因磨損(一般而言為金屬板磨損達新品之 1/3 以上)而無法順利轉動及產生阻力，或者損傷到鍊條金屬板與變形等狀態	3	3
	磨損狀況		4	
鍊齒輪	磨損狀況	產生以下狀態致使設備功能不佳 •因不規則之磨損發生、鍊條脫落、產生振動、咬合不良(一般而言為最大磨損點達 8～10㎜時)	4	4
軸	磨損狀況	產生以下狀態致使設備功能不佳 •因腐蝕、生銹造成軸變薄即使再上漆也無法回復或變形造成偏移	3	3
軸承	磨損狀況	產生以下狀態致使設備功能不佳 •即使適當上油依然產生異常聲響、發熱及異常振動等狀況時，分析潤滑油脂後，判定除更換外無其他應對方法	4	4
刮板	作動狀況	產生以下狀態致使設備功能不佳 •刮板明顯龜裂或有輸送帶缺損，造成功能不佳之狀況	2	2
	損傷		3	
驅動鍊條	變長鬆弛	產生以下狀態致使設備功能不佳 •鍊條變長鬆弛，與鍊齒輪咬合不良，產生拖拉鍊條現象(一般而言為鍊條長度變長 1.5% 以上) •因磨損而無法順利轉動出現阻力，或者損傷到鍊條金屬板或輪盤產生變形 •鍊條硬化，發現插銷迴轉變形之狀況	3	2
	磨損狀況		2	
驅動鍊齒輪	磨損狀況	產生以下狀態致使設備功能不佳 •齒尖磨損變圓，或是變尖銳等狀態 •接觸部分或輪盤之磨損，造成鍊條脫落惡化狀態	4	4
電動機	作動狀況	產生以下狀態致使設備功能不佳 •發生異常聲響、發熱、振動、噪音，無法修正調整	4	4
減速機	作動狀況	產生以下狀態致使設備功能不佳 •發生異常聲響、發熱、振動、噪音，無法修正調整	3	3
調查判定區分	5：無問題。 4：有劣化徵兆，但無功能上問題(劣化程度・範圍→小)。 3：劣化進行中，但可維持設備功能(劣化程度・範圍→中)。 2：劣化進行中，設備功能發揮困難，即使修繕也難以回復(劣化程度・範圍→大)。 1：劣化程度明顯，功能停止。			

表 4.13　健全度評估判定結果例(調查單元：主要零件-直流電源盤)

調查目標	調查項目	判定內容	判定結果	健全度
電池	損傷	產生下列狀態，有功能下降狀況： •電池本體有損傷，絕緣抵抗呈異常值 •確認液體外漏，無法修正調整	3	3
	外漏		4	
負荷電壓保障裝置	作動狀況	產生下列狀態，有功能下降狀況： •有異音、發熱，無法修正調整	4	4
配線部	鬆動、變色	產生下列狀態，有功能下降狀況： •配線部鬆散增長，確認接合部氧化劣化變色	3	3
冷卻風機	作動狀況	產生下列狀態，有功能下降狀況： •有異音、發熱，無法修正調整	2	2

(Ⅱ)劣化預測

依據目標設備調查結果，藉判定基準進行診斷，評估現在的健全度，並依現在的健全度資訊等預測劣化。

於預測劣化時，為能掌握最適的改建時期，以累積健全度數據，做成健全度近似曲線，則可提高劣化之預測準確性。

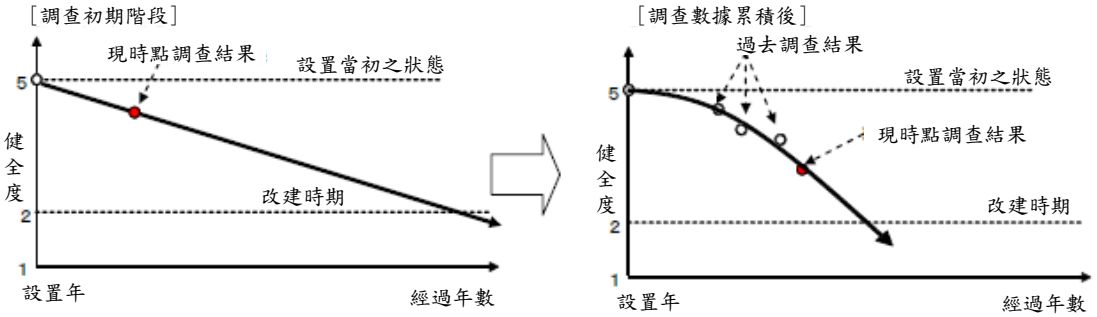


圖 4.28　劣化預測範例

2. 對策的必要性

依據檢查結果做出診斷，並檢討對策的必要性。以下為各管理方法必要性之檢討，分述如下：

(1) 狀態監視維護設備

狀態監視維護設備為依診斷結果(健全度評估及劣化預測)，以做為對策之必要性判定依據。

(2) 時間(定時)計畫維護設備

時間(定時)計畫維護設備，係設定設備的使用年數，依經過年數予以比較，判定對策的必要性。目標使用年數的設定方法，則參考過去的實績或其他都市案例，以及製造廠的意見設定。此外，尤其是電機設備與機械設備一體改建若明顯有利時，則可調整對策之必要性。

(3) 事後維護設備

事後維護設備，則於確認有異常或徵兆(功能下降)，維護困難時，檢討對策。

3. 修繕、改建之優先順序

可考慮與其他計畫，檢討合併一起提升修繕、改建，列優先順序。在設定污水處理廠、抽水站的優先順序時，若整合以設備群進行修繕、改建較具效率時則可調整，包括以機電設備群為優先順序。

與其他計畫一併考慮，設定修繕、改建，優先順序設定如圖 4.29。其案例 1 為不考慮與其他計畫整合。案例 2 為與其他計畫整合。其調整之效益，在於避免工程重複發生於未然。

另以設備群考慮做修繕、改建單元，優先順序設定如圖 4.30。設備群改建之例，如脫水機設備，為能達有效率的修繕、改建，而可調整成設備群為優先順序。

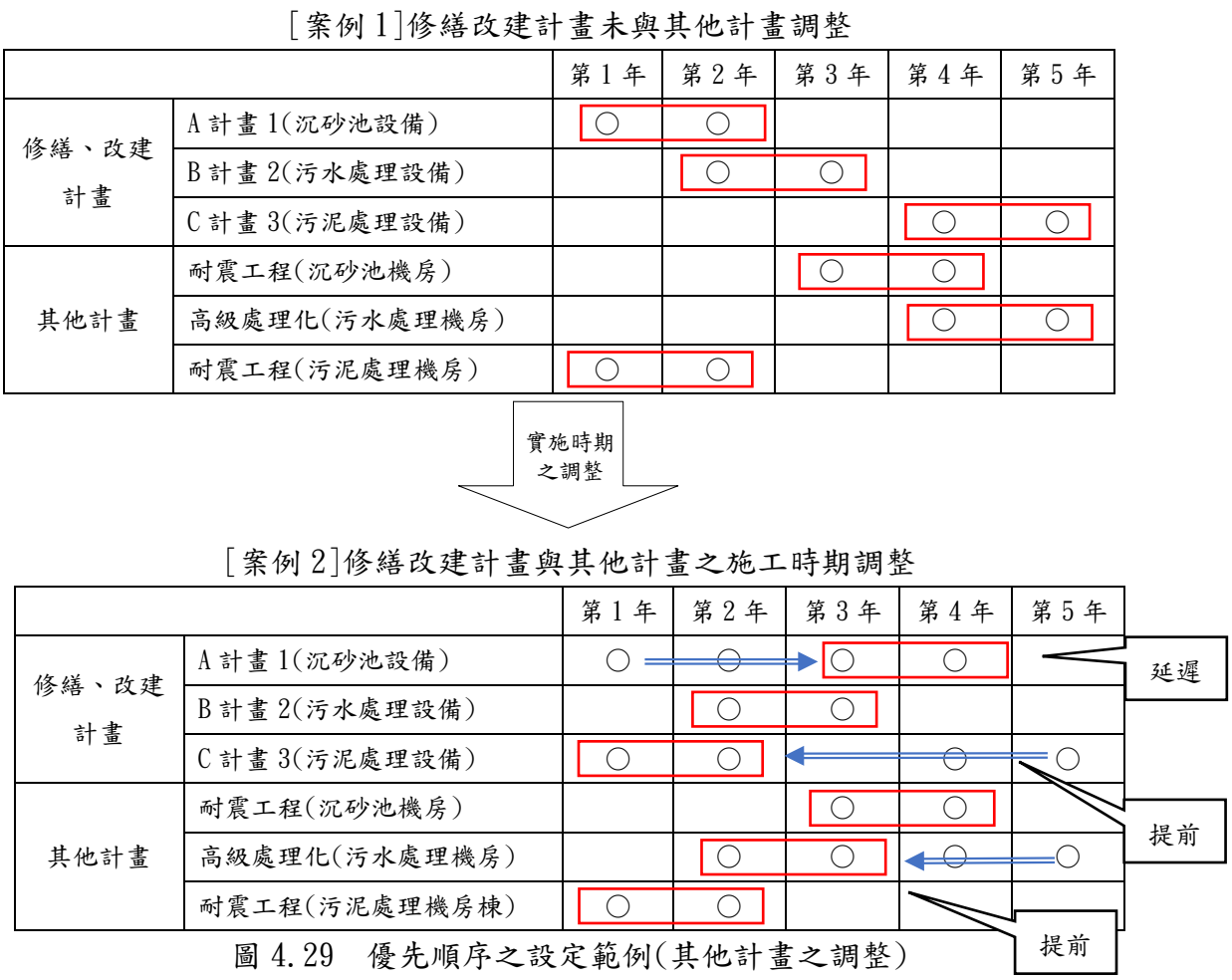


圖 4.29　優先順序之設定範例(其他計畫之調整)

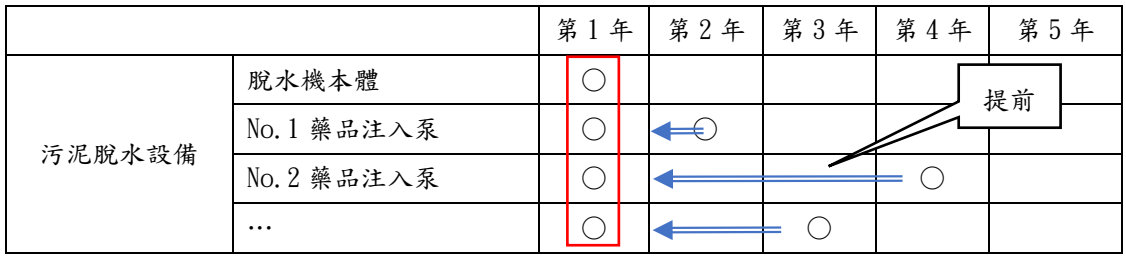


圖 4.30　優先順序之設定範例(設備群、改建單元之考慮)

4.5.2 執行計畫制定

修繕、改建執行計畫，應就目標、時期、狀況、程度及費用等加以檢討。 1. 對策範圍 2. 延壽對策之檢討目標設備 3. 改建方法 4. 實施時期、費用概算

解說：

1. 對策範圍

對於基本方針中被認定為需要採取對策的設備，判定修繕或改建。從對策的必要性來看，即使是被判定需要「修繕」的設備，在考慮到其他計畫及設備群的有效改建方法後，也可能被歸類為「改建」。

圖 4.31 所示的修繕、改建案例中，基於對策的必要性，對脫水機本身進行改建，但對藥品注入泵等輔助設備進行修繕，污泥脫水設備的高效率改建方法變得困難。因此，這是一個輔助設備改建的案例。

修繕或改建之判定結果，依設備的重要度及最適改建方案的費用，也列入考慮，則以設定 5～7 年之對策範圍為宜。

項目		診斷結果對策必要性		其他計畫及設備群相互調整	
		修繕	改建	修繕	改建
污泥脫水設備（設備群）	脫水機本體		○		○
	No.1 藥品注入泵	○			○
	No.2 藥品注入泵	○			○
	…		○		○

圖 4.31　修繕、改建判定範例

2. 延壽對策之檢討目標設備

檢討採取延壽對策的設備，是透過比較生命週期成本來檢討更新或延壽對策的設備。狀態監視維護設備，基本上係以延壽對策檢討目標設備者。惟經設置數年後，明顯已顯示其狀態惡化，功能恢復有困難時，且主要零件要購入已有困難且陳舊腐化，要再延壽已明顯無效率時，也可考慮為更新目標。

至於時間(定時)計畫維護及事後維護設備，基本上為更新目標，即使是時間(定時)計畫維護之設備，也可以藉延壽對策延長使用年數，若生命週期成本可能較為便宜時，則可考慮採延壽對策延長設備使用壽命。

3. 改建方法

在必須以延壽為對策檢討之目標設備，則可以生命週期成本為進行比較，進而設定更新或延壽之對策，惟同時應就省能、省資源化、效率化等一併做對策檢討。

【設備單元之對策檢討】

在必須以延壽為對策檢討之目標設備，其係要採更新或延壽對策，應考慮該對策所期望之使用年數及生命週期成本加以比較。至於延壽對策目標所需零件之範圍，無論主要零件之健全度如何，應就目標設備之功能的維持，列為一併要考慮的範圍進行決定。

生命週期成本比較如下述，基本上有主要零件單元劣化預測方法(計算例 1)，依據數據累積狀況配合做合理範圍比較方法(計算例 2～4)之檢討法。

1. 主要零件單元之預測，係依對策範圍及對策所期望使用年數設定的方法。(計算例 1)
2. 調查人員及儀器等技術進行設備單元之調查時，當該設備及同種類、同環境的設備之零件更換履歷加以參考後，就對策範圍及對策以設定期望之使用年數之方法。(計算例 2)
3. 檢查履歷、調查履歷、主要零件之更換履歷的累積時，依其資訊對各零件分析其期望使用年數，而以生命週期成本最少的，設定為更新時期方法。(計算例 3)
4. 當考慮將現在營運的設備，考慮更新為更有效率的設備時，要從整體計畫及計畫所定計畫流量減少致設備之能力變更(能力減少)時，不僅只是消耗品，營運管理費也應加以考慮，並就生命週期成本加以比較之方法。(計算例 4)

【設備群之對策檢討】

機械、電機設備，一般性的技術開發進步顯著，應從各設備之對策檢討，其省能、省資源化、效率化等，於就其功能針對設備群做綜合性的檢討。

同時對設備單元之對策及整合性，依其必要對設備單元之對策進行修訂。尤其對於電機設備，於目標使用年數到達前，當機械設備要更新時，相關者能一體更新之必要時，相反的即使目標年數已到達，但機械設備並不更新而電機設備之更新必要性低時，也可考量不進行更新，而調整關聯設備之改建計畫。設備群的檢討範例，如圖 4.32。

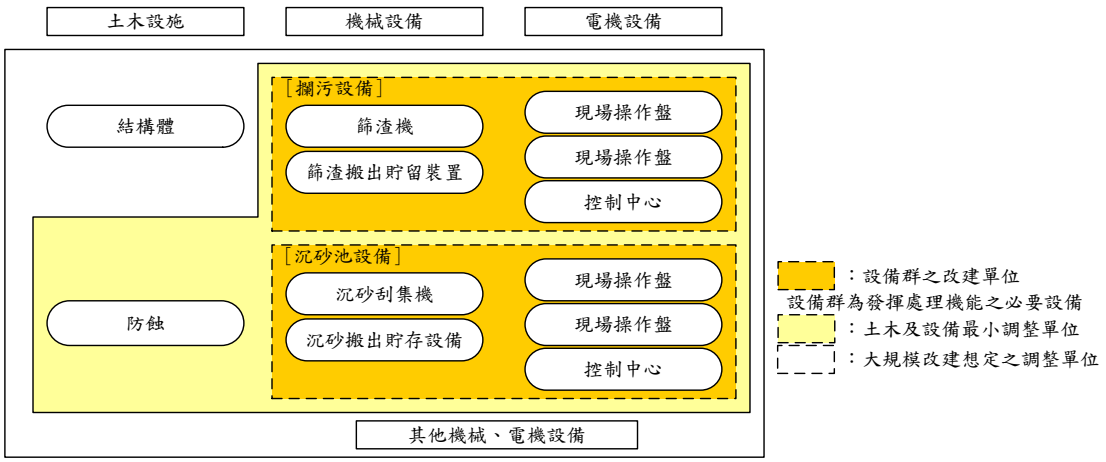


圖 4.32　設備群檢討範例

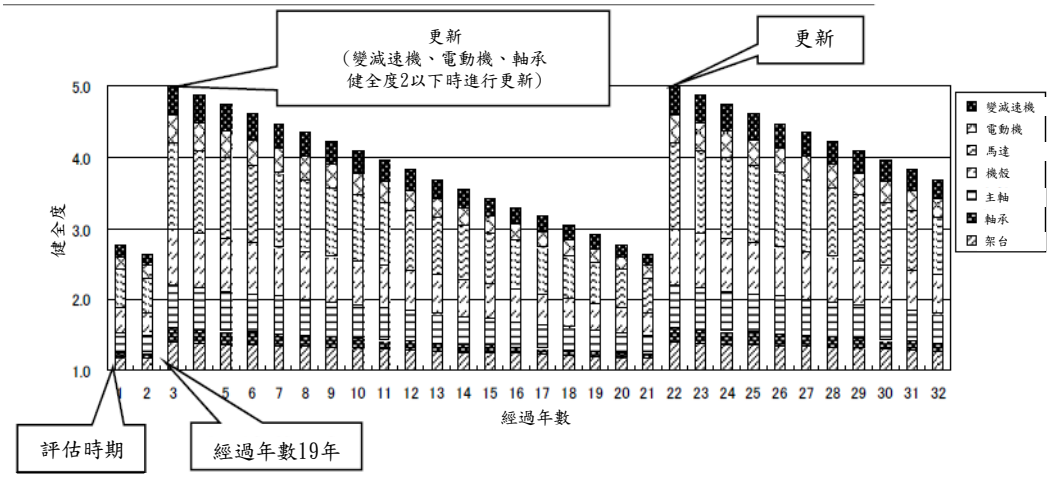
【對策檢討及改善經費金額計算例】計算例 1

本計算例為以主要零件劣化預測為基礎，以對策範圍及設定對策所期望的使用年數，進行估計改善經費之計算例。

在對策範圍及設定對策所期望的使用年數，如圖 4.33 所示。圖 4.33 的上圖，在對策設備之各主要零件，採更換零件以延長壽命，而假設於設備必要更新時期，再進行更新之例。

費用比較結果如表 4.14，費用比較概況如圖 4.34。

方案 1：更新方案
(各主要零件中，某項之健全度於 2 以下進行更新)



方案 2：延壽方案
(各主要零件中，某項之健全度 2 以下進行更換零件恢復健全度，構建設備之核心零件健全度 2 以下時，更換零件恢復健全度)(核心零件為主要零件中，為該零件無法單獨更換之零件)

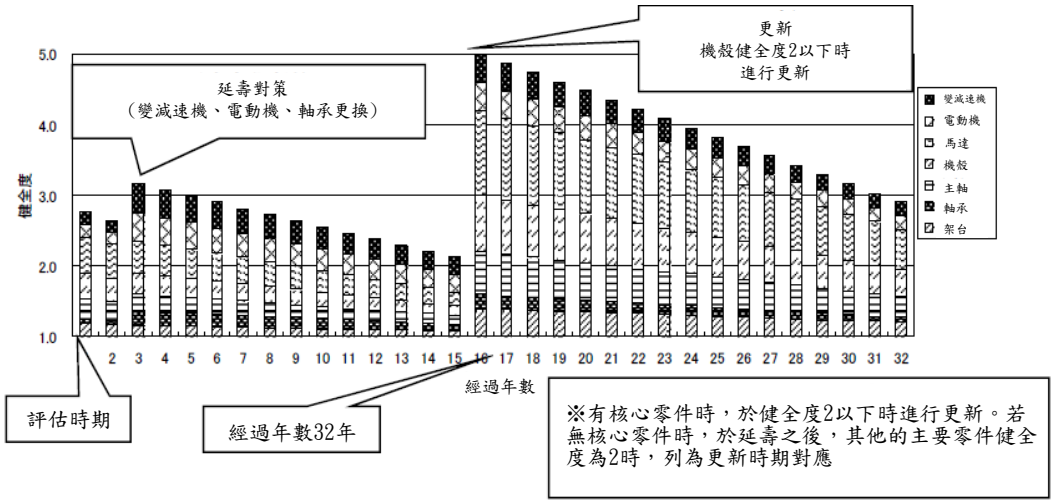
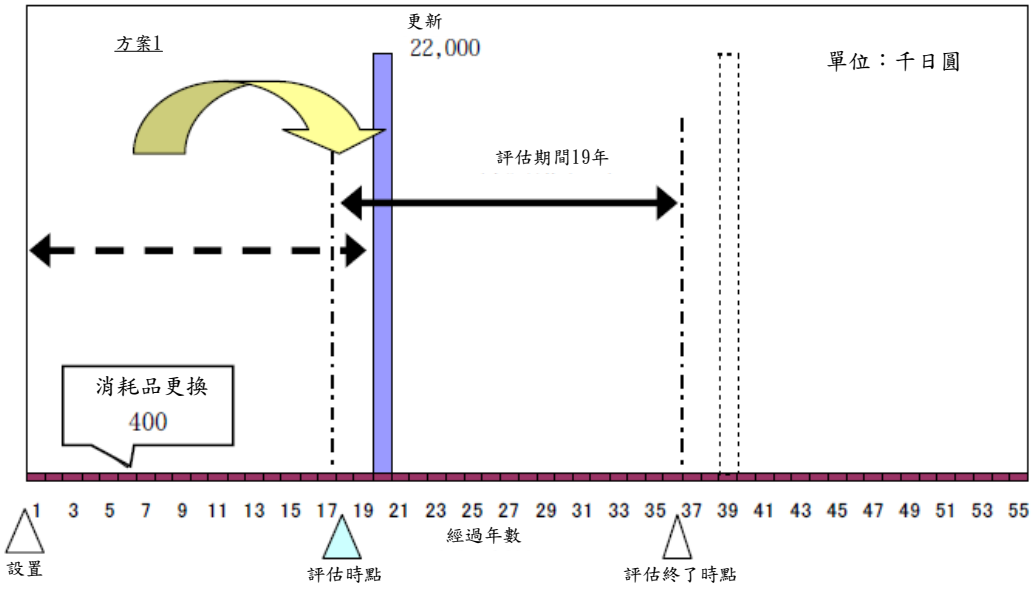


圖 4.33　劣化預測之對策範圍、評估期間設定範例

表 4.14　費用之比較

項目		方案 1 （更新方案）	方案 2 （延壽方案）	備註
使用年數(年)	①	19	32	
消耗品更換 年平均費用 (千日圓/年)	②	400	400	
延壽費用(千日圓)	③	—	8,000	健全度 2 以下 之零件更換
更新費用(千日圓)	④	22,000	22,000	
累積費用(千日圓)	⑤=①×②+③+④	29,600	42,800	
年費用(千日圓)	⑥=⑤/①	1,560	1,340	(尾數四捨五入)



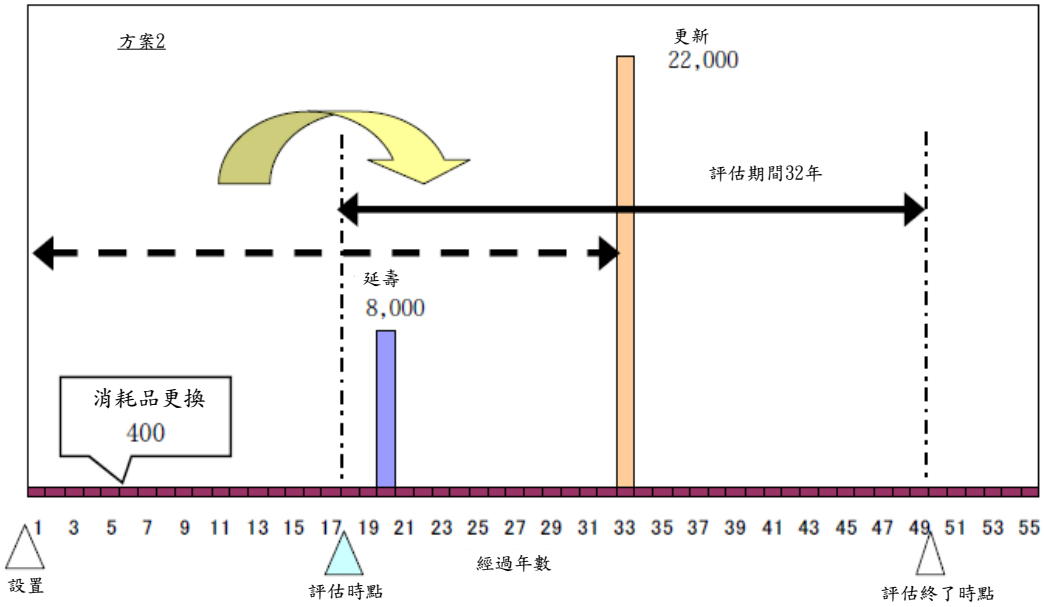


圖 4.34　費用比較概念

表 4.14 對方案 1 之年費用比較，因方案 2 年費用較便宜之故，採延壽對策。

◎延壽對策之生命週期成本之改善經費計算

- 每年度改善經費 1,560-1,340=220 千日圓/年
- 利率以 4%計算其生命週期改善經費

$220+220/(1.04)^{1}+\cdots\cdots+220/(1.04)^{31}=4,000$ 千日圓

【對策檢討及改善經費金額計算例】計算例 2

延壽檢討目標設備，基本上必須就主要零件單元進行調查，本計算例為依調查人員及儀器等之技術因素進行設備單元調查時，就該設備及同種類、同環境的設備之零件更換履歷做為參考，進而設定對策及對策所期望之使用年數範例。

1. 設備單元之健全度評估方法

於設備單元健全度評估時，如圖 4.35，確認其功能及物理診斷。又調查時即使不可能拆解，但於改建時則予拆解進行主要零件之更換為可能之考量，調查時對設備單元診斷結果，其問題經確認時，就可進行更新或延壽之檢討。

(1) 功能診斷

功能的評估基準為於確認能力下降，且有問題時對改建的必要性加以判定。

(2) 物理診斷

物理診斷為設備的腐蝕、破損、振動、異音、不平整及運轉時間等之確認。物理診斷為依現地確認、日常檢查結果確認(運轉時間)、維護管理人員的意見、振動診斷的實施等，以掌握劣化狀況。經由物理診斷，測定異常，其延壽對策則為更換特定主要零件，過去更換履歷及聽取廠商意見等，以供判定。

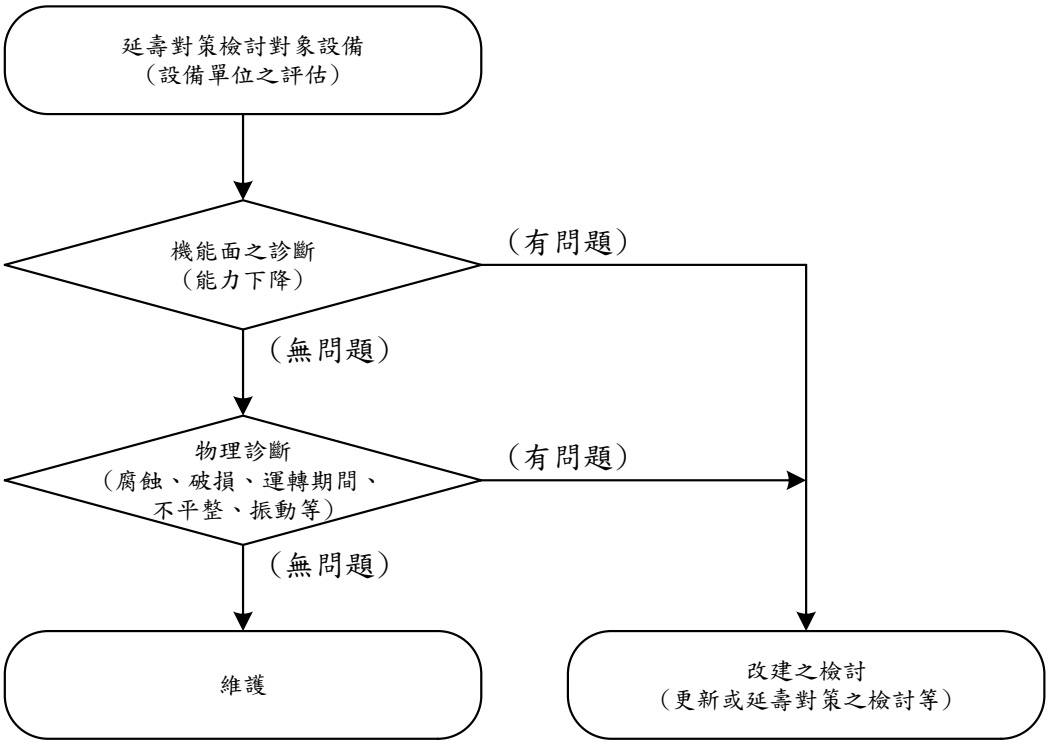


圖 4.35　健全度評估流程範例(延壽對策檢討目標設備之設備單元評估)

2. 對策之檢討及改善經費之計算

對於設備單元之健全度評估至對策做必要判定的設備，計算出改善經費。從對策範圍及對策所期望之使用年數，係依據過去零件更換履歷予以整理後，據以設定，但若該設備尚未有設備更換履歷資訊時，如表 4.15，則以同種類、同環境的設備之零件更換履歷資訊加以應用設定。

因評估時間為 2012 年，經過年數為 14 年，而表 4.16 所示之考慮使用年數，目標主要零件為軸承。費用比較結果如表 4.17。費用之比較概念如圖 4.36。

表 4.15 同種類、同環境下之主要零件更換履歷對策範圍界定

主要零件	更換履歷				期望使用年數	本計畫所使用更換零件
	設置年度	第 1 次更換年度	第 2 次更換年度	第 3 次更換年度		
機殼	1985	2010			25 年	—
葉輪	1985	2005			20 年	—
主軸	1985	2005			20 年	—
軸承	1985	1992	1999	2006	7 年	◯

進行評估的時間點為 2012 年，經過年數 14 年，依表 4.15 所示，考慮期望使用年數，目標主要零件則以軸承。

表 4.16　各方案使用年數之設定

方案	使用年數之設定
方案 1(更新方案)	於 2013 年更新 使用年數=2013-1998=15 年
方案 2(延壽方案)	於 2013 年進行延壽(軸承)為零件更換時期 (軸承 7 年)為更新時期 使用年數=(2013-1998)+7=15+7=22 年

表 4.17　費用比較結果例

項目		方案 1 (更新方案)	方案 2 (延壽方案)	備註
使用年數(年)	①	15	22	
消耗品更換 年平均費用 (千日圓/年)	②	1,000	1,000	
延壽費用 (千日圓)	③	—	5,000	使用年數 7 年
更新費用 (千日圓)	④	40,000	40,000	
累積費用 (千日圓)	⑤=①×②+③+④	55,000	67,000	
年費用 (千日圓)	⑥=⑤/①	3,667	3,045	

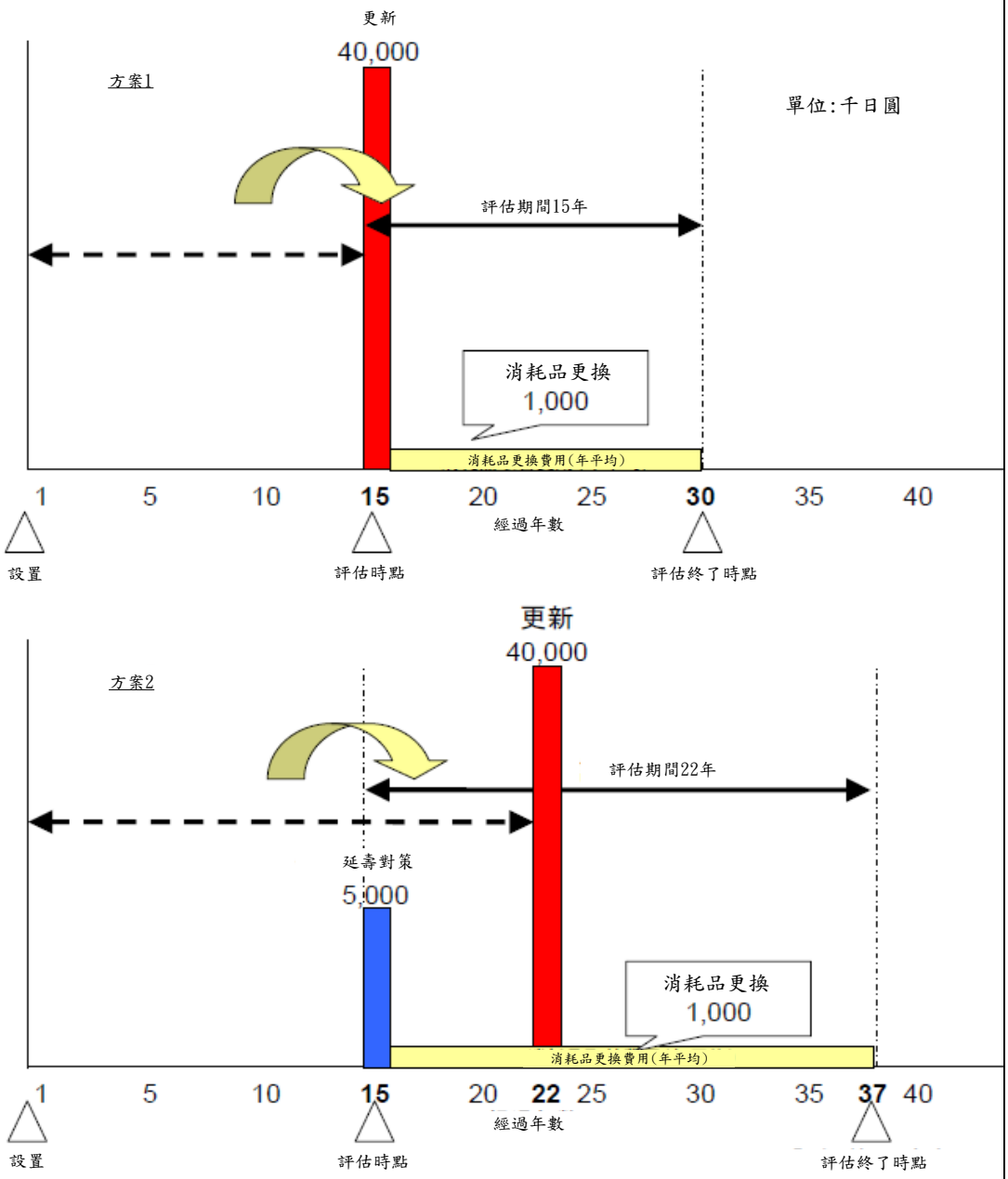


圖 4.36　費用比較概念

如表 4.17 所示，與方案 1 之年費用比較，方案 2 之年費用較為便宜，因之採用延壽對策。

◎依延壽對策之生命週期成本之改善經費計算

- 每年度改善經費 3,667-3,045=622 千日圓/年
- 利率以 4%計算其生命週期改善經費
  $622+622/(1.04)^{1}+\cdots\cdots+622/(1.04)^{21}\fallingdotseq 9,347$ 千日圓

【對策檢討及改善經費金額計算例】計算例 3

本計算例係依檢查、調查資訊(檢查履歷、調查履歷、主要零件、更換履歷)的累積，從該資訊所獲得各主要零件期望使用年數分析，所獲得生命週期成本最小之更新時期，做設定依據例。

1. 期望所獲得年數之設定

- 圖 4.37 所示，依其所累積的健全年度數據，將同機種、同環境下之設備，予以群組化，整理出經過年數與健全度的關係，分析各主要零件之更換時期。
- 表 4.18 所示，將各主要零件之更換履歷加以整理，依健全度之預測結果及更換履歷等，設定主要零件所期望之使用年數。

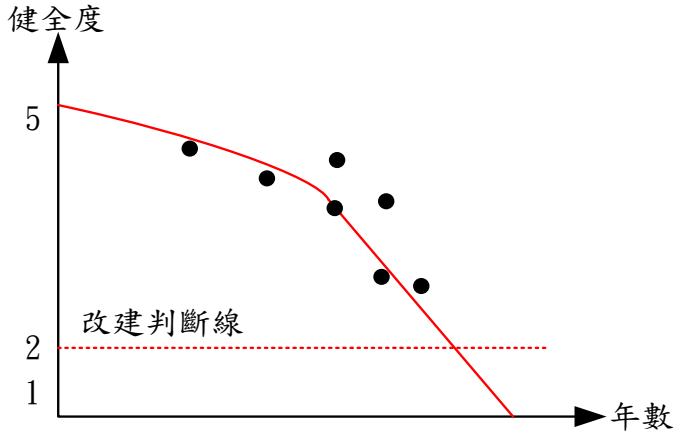


圖 4.37　同機種、同環境下之設備劣化預測

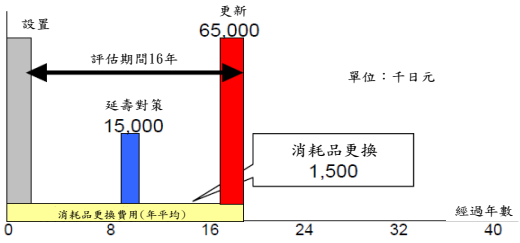
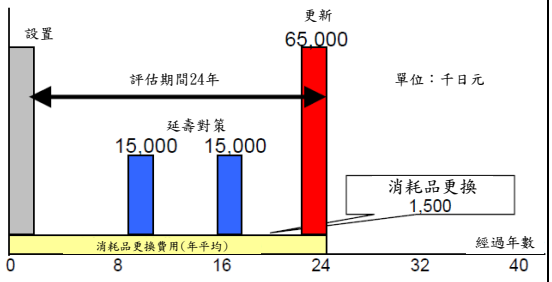
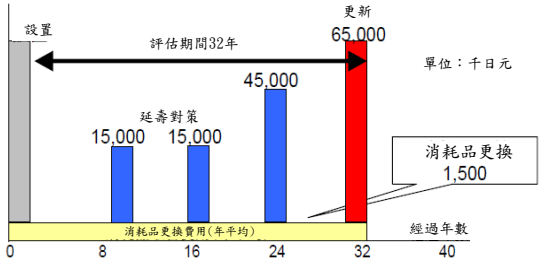
表 4.18　更換履歷整理

主要零件	更換履歷				期望之使用年數
	設置年度	第 1 次更換年度	第 2 次更換年度	第 3 次更換年度	
A	○○	○○			○年
B	○○	○○			○年
C	○○	○○	△△	□□	□年

2. 最適改建時期之檢討

表 4.19 所示，依主要零件所期望使用年數據以設定延壽對策週期，由於依週期設定更新時期不同的數個案做比較，而以年費用最低案做為最適改建方案。從最適方案之決定可用以修訂調查項目、調查時期，達到調查之效率化、省力化。

表 4.19 最適對策時期之檢討

LCC	對策時期之檢討	年平均費用之比較
方案1		$\frac{65{,}000+15{,}000+1{,}500\times 16}{16}$ =6, 500 千日圓/年
方案2		$\frac{65{,}000+15{,}000\times 2+1{,}500\times 24}{24}$ =5, 460 千日圓/年
方案3		$\frac{65{,}000+15{,}000\times 2+45{,}000+1{,}500\times 32}{32}$ =5, 880 千日圓/年

【對策檢討及改善經費金額計算例】計算例 4

本計算例為現有設備之單純更新所考慮 LCC 比較例，本計算例為將現有設備於更新時，考量全體計畫及計畫污水量的減少變更，將現有設備的處理能力更新為小規模設備之考慮的計算例。

將現有設備之規範加以更新時，其所需電力、藥品使用量也會減少，營運管理也得以減少，一併考量消耗品及維護費、營運費之 LCC 比較，費用比較結果如表 4.20，費用比較概念如圖 4.38。

表 4.20　費用比較結果

項目		方案 1 （更新方案）	方案 2 （延壽方案）	備註
使用年數 （年）	①	15	23	
消耗品更換 年平均費用 （千日圓/年）	②	1,000	1,200(8 年)	至更新
			1,000(15 年)	更新後
運轉管理 年平均費用 （千日圓/年）	③	1,500	3,000(8 年)	至更新
			1,500(15 年)	更新後
延壽費用 （千日圓）	④	—	12,000	使用年數 8 年
更新費用 （千日圓）	⑤	30,000	30,000	能力減少考慮
累積費用 （千日圓）	⑥=①×(②+③) +④+⑤	67,500	113,100	
年費用 （千日圓）	⑦=⑥/①	4,500	4,917	

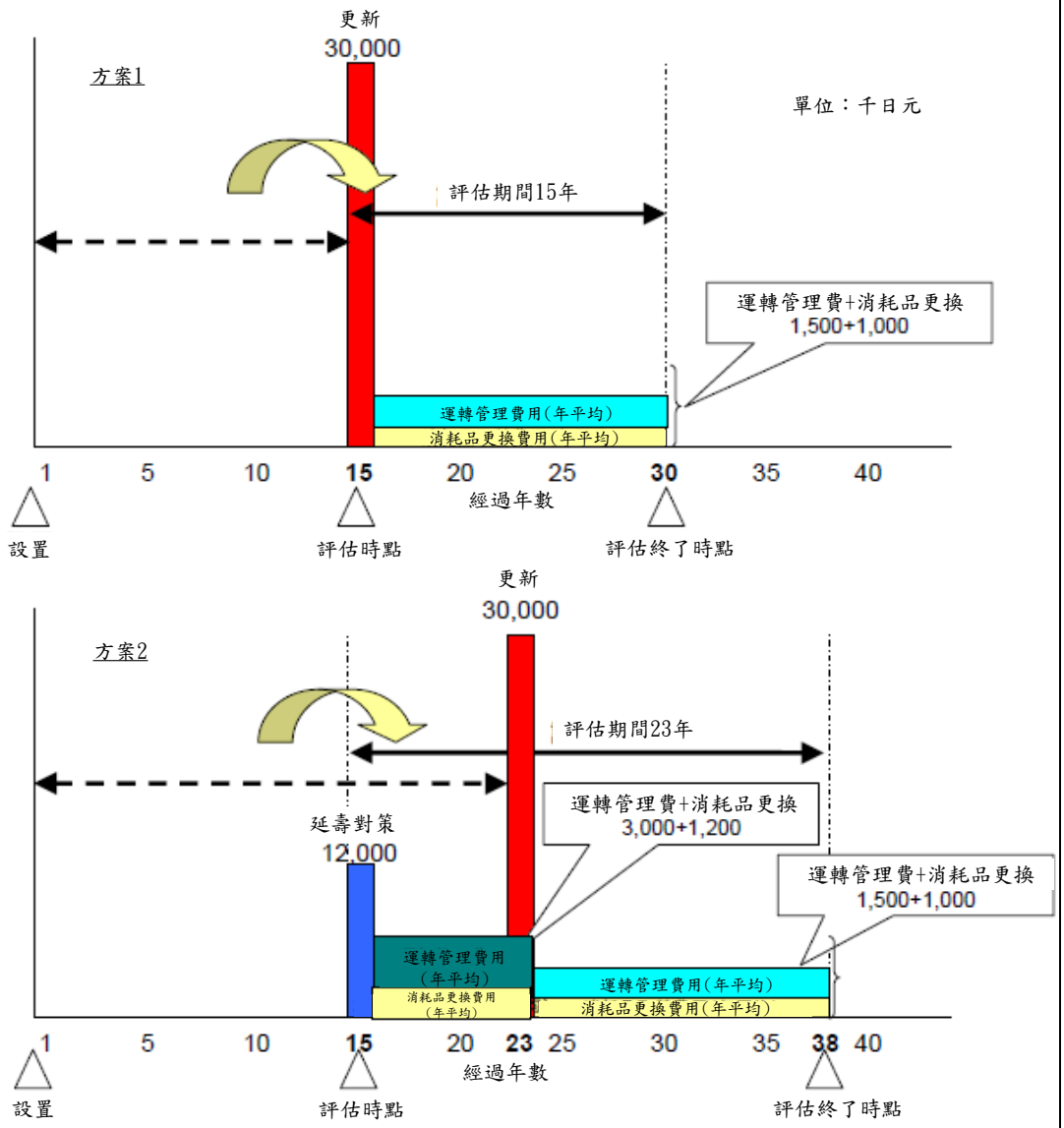


圖 4.38　費用比較概念

如表 4.20 所示，與方案 2 之年費用比較，方案 1 之年費用較為便宜，故採用更新方案。

◎更新所需之生命週期成本之改善經費計算

- 每年度改善經費 4,917-4,500=417 千日圓/年
- 利率以 4%計算其生命週期改善經費
  $417+417/(1.04)^{1}+\cdots\cdots+417/(1.04)^{22}\fallingdotseq 6,400$ 千日圓

4. 實施時期、費用概算

依據「1 對策範圍」～「3 改建方法」的檢討結果，考量計畫期間以推定5～7 年為修繕、改建的實施期間，概算所需費用。

4.6 修繕、改建之實施

依據修繕、改建計畫來實施抽水站、污水處理廠設施之修繕、改建，並將修繕、改建所獲得的資訊予以整理，持續將實施資訊納入資訊系統資料庫，持續累積資訊以供未來應用。

解說：

修繕、改建實施所獲得的資訊(工程名稱、時期、地點)、實施者(製作者、施工者)、費用、內容、規格及結果(圖面、照片等)、設施資產管理目標之設定及檢查、調查計畫及修繕改建計畫之評估和修訂等，應將這些資訊持續累積於設施資訊庫，以利後續應用。

4.7 評估及檢討

目標之達成相符與否的檢查、調查計畫及修繕、改建計畫，加以定期評估，因應必要的目標及計畫進行檢討。惟若下水道建設有重大變化，其建設目標與計畫的評估及檢討，將甚具效益。

解說：

有關評估及修訂，於考量計畫期間，約以 5～7 年的期程進行現況的評估，對於目標如有修訂必要，應將計畫做修訂。於進行評估、修訂時，對於預測值及實施結果有所差異，應就目標未達成原因加以分析並適當改善。資產管理為藉 PDCA 的實踐持續改善提升加以努力。

- 有效率的、有效果的檢查、調查的實施，以能把握設備的劣化狀態(健全度等)，以採預防維護管理，達到確保設備的安全性。
- 依循長期改建計畫的方案，實施具效果的修繕、改建，達到設施整體生命週期成本最經濟之目的。

附錄 1〇〇市下水道設施資產管理基本構想(導入檢討)

2010 年 5 月

〇〇市生活環境部下水道工務課

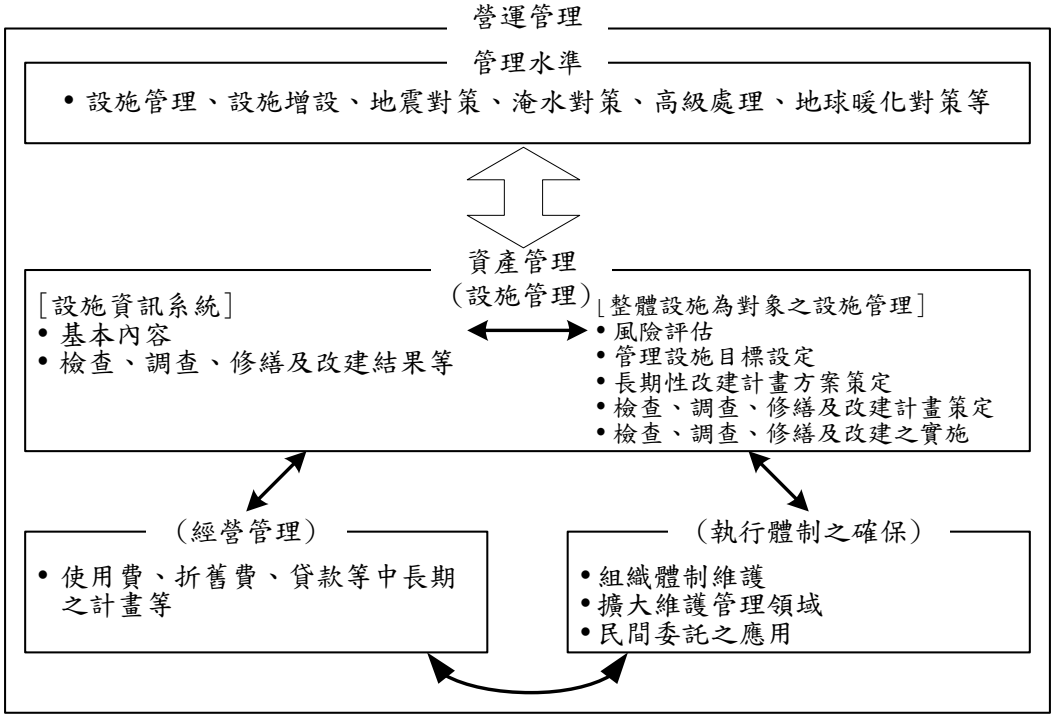
一、資產管理制度需求背景

1. 少子化、高齡化，造成人口減少，以致財務狀況惡化。
2. 事後維護造成風險事故及耗費增大。
3. 具經驗之技術人員大量退休，影響設施維護管理。
4. 透過中長期計畫修訂(使計畫得以永續)。
5. 改建、更新計畫之預算確保困難。

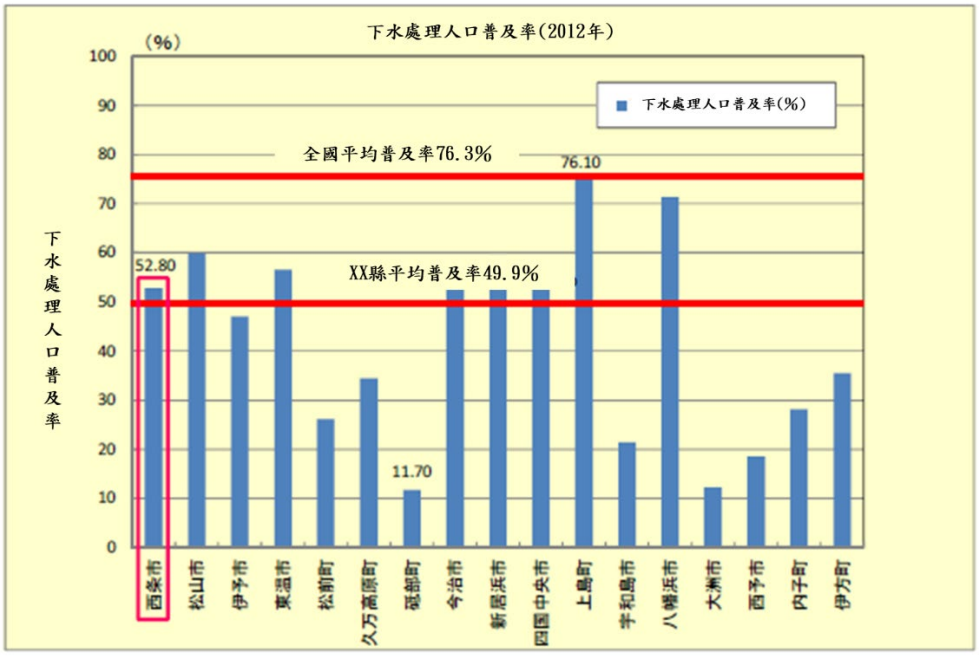
照片　塌陷狀況(中央分隔島)

二、資產管理計畫之導入效益

1. 確保設施的安全性，使設施得以維持良好狀態。
2. 期能降低全體設施的生命週期總支出。
3. 期能達到適當合理的設施維護管理。
4. 適當合理的設施維護管理，較容易向民眾說明。

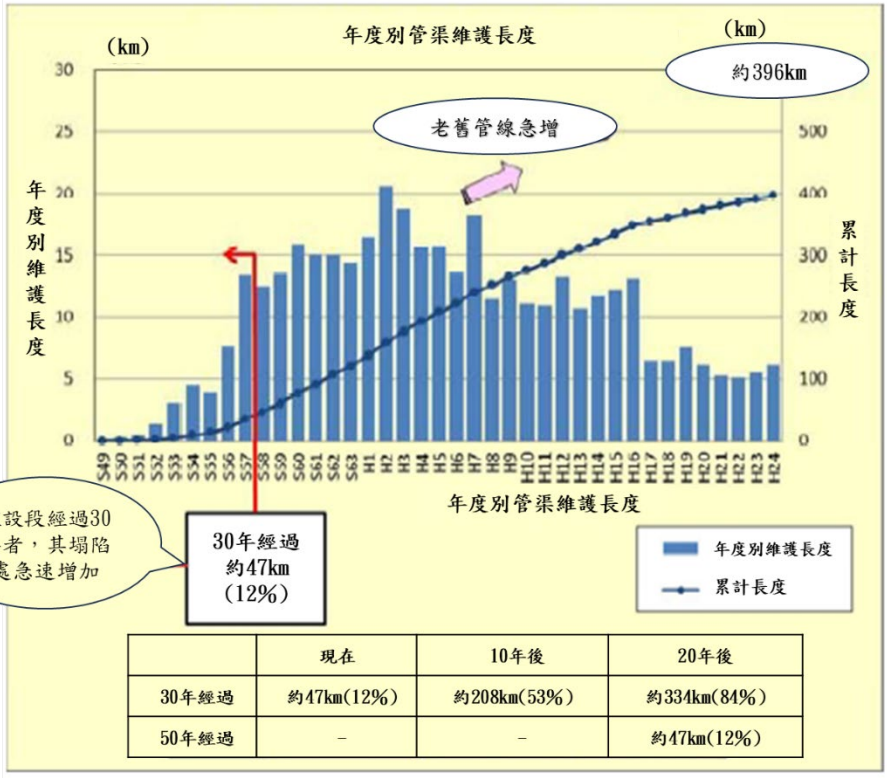


三、下水處理人口普及率(52.8%)



四、年度別管渠維護長度

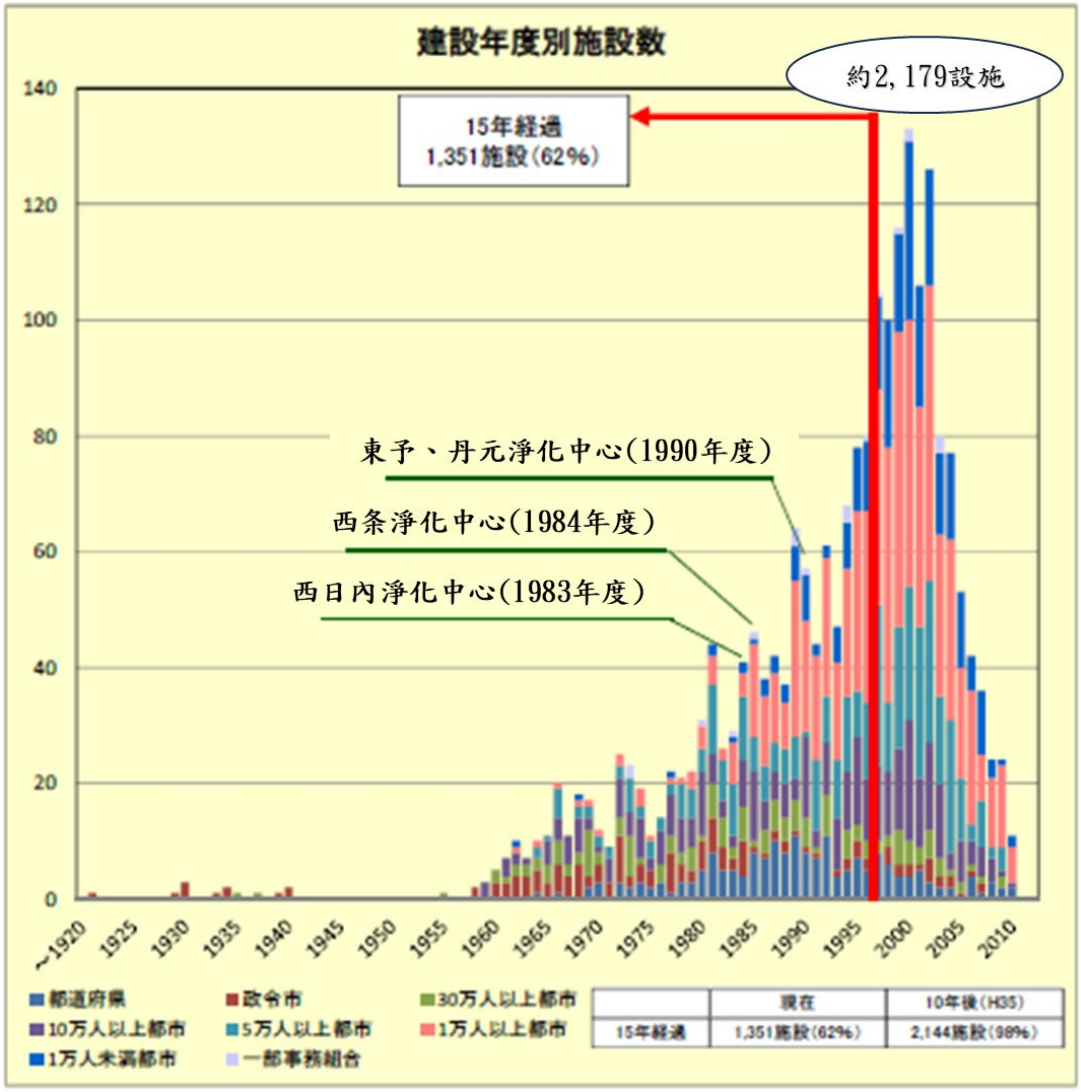
○○市，至 2003 年，其污水下水道總長度 396 公里，至 2004 年，埋設 30 年以上的總長度為 47 公里，10 年後埋設達 30 年以上者，將增加為 4.5 倍，208 公里，20 年後將達 7 倍，334 公里。



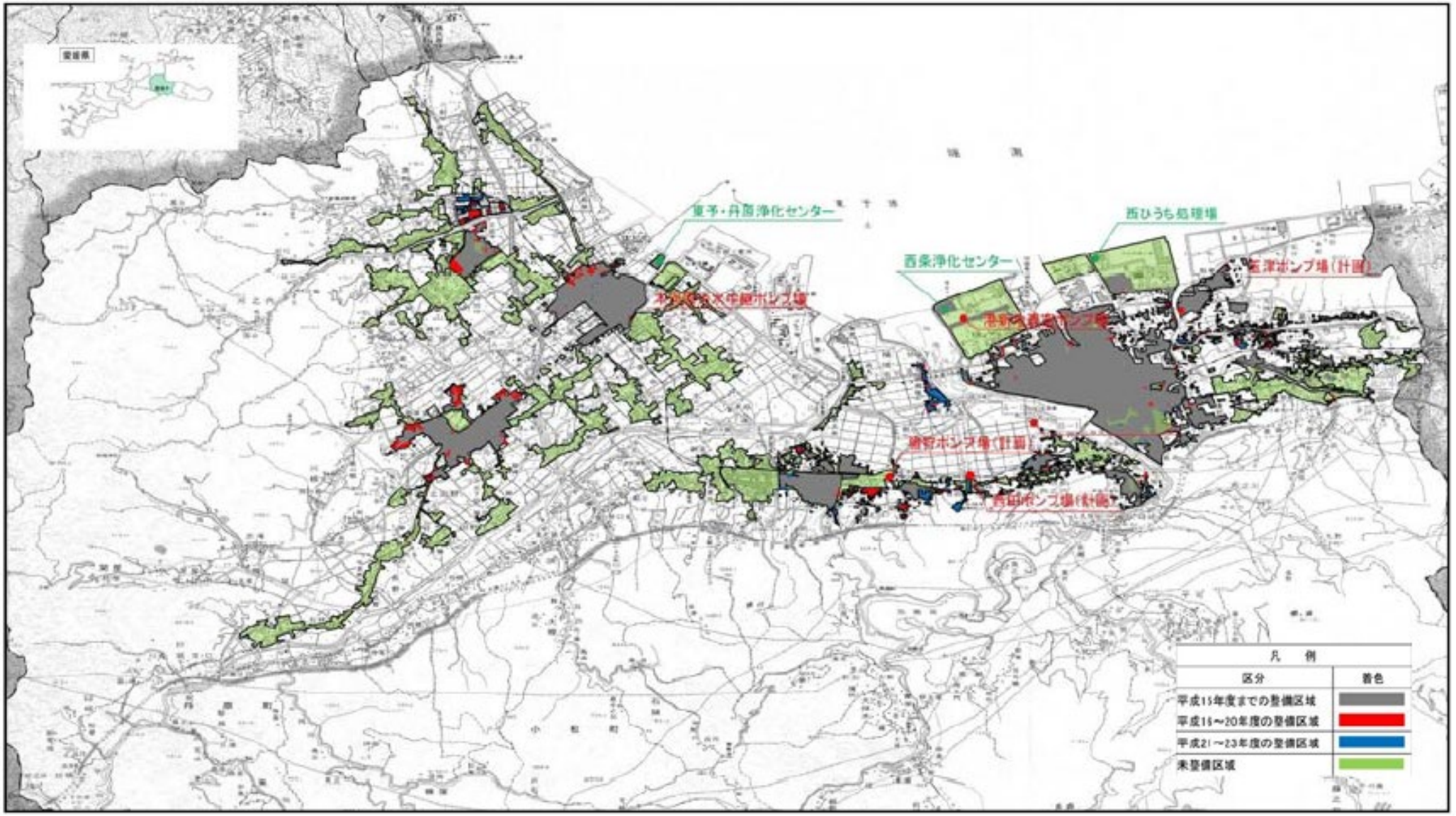
	現在	10年後	20年後
30年經過	約47km(12%)	約208km(53%)	約334km(84%)
50年經過	-	-	約47km(12%)

五、年度別污水處理廠建設狀況

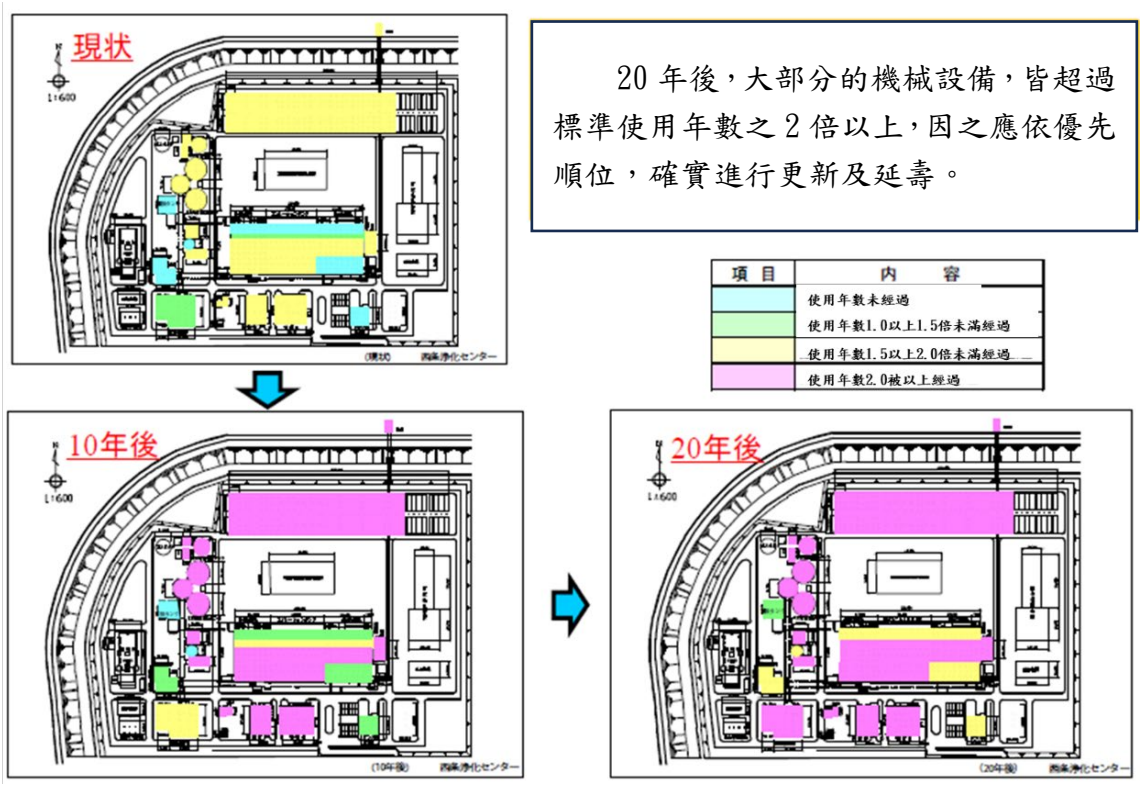
本市設有三座污水處理廠，分別於 1983 年、1984 年、1990 年完成開始使用。三廠使用皆已超過 30 年以上。



六、維護完成地圖


東予・丹原浄化センター
西条浄化センター
西ひうち処理場
凡　例
区分
着色
平成15年度までの整備区域
平成16～20年度の整備区域
平成21～23年度の整備区域
未整備区域

七、〇〇污水處理廠 標準使用年數經過狀況



20 年後，大部分的機械設備，皆超過標準使用年數之 2 倍以上，因之應依優先順位，確實進行更新及延壽。

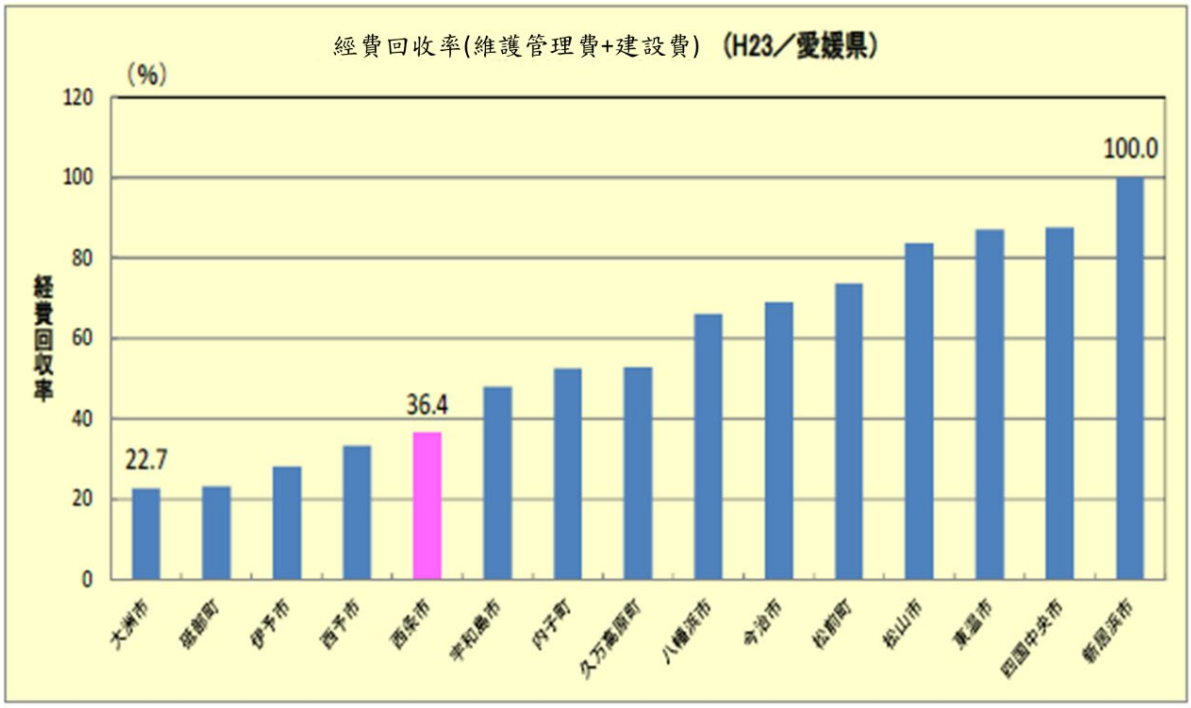
八、下水道使用費單價

下水道使用費單價為 61.06 日圓/m^3，為全縣 15 市町中最低者。

※計算式：下水道使用費單價(日圓/m^3)=下水道使用費總收入(日圓)÷全年總收費水量(m^3)

有關經費回收率

經費回收率(維護管理費+建設費)，約佔 36.4%，為全縣 15 市町中第五低。



※計算式：經費回收率(維護管理費+建設費)(%)=下水道使用費收入(日圓)÷污水處理費(維護管理費+建設費)(日圓)

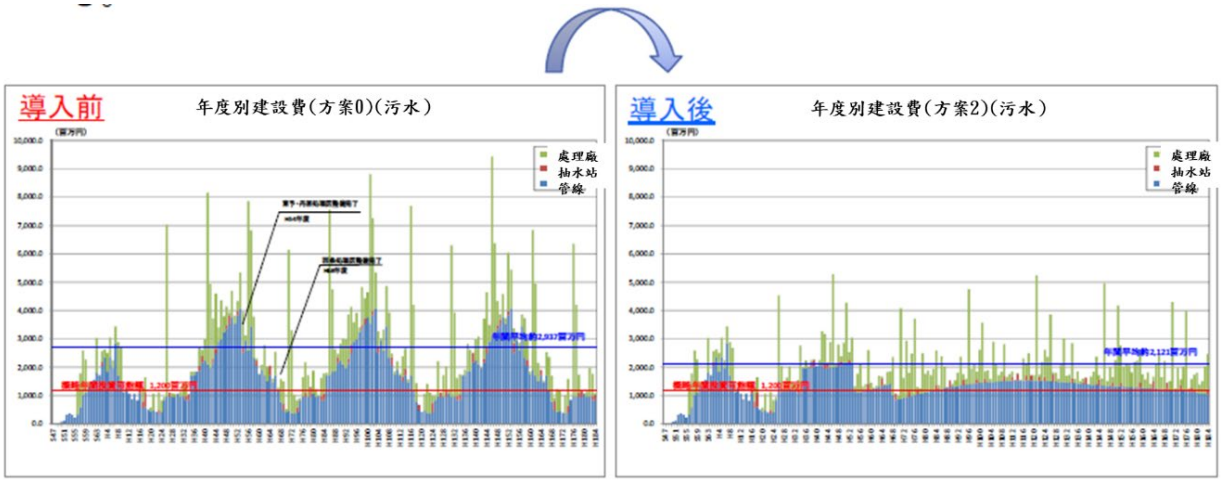
九、資產管理導入效益例

資產管理導入效益概略性檢討介紹

方案名稱概要	方案概要
資產管理導入前	依標準使用年數進行更新的方案
資產管理導入後	將設備、機器使用年數加以延長的方案

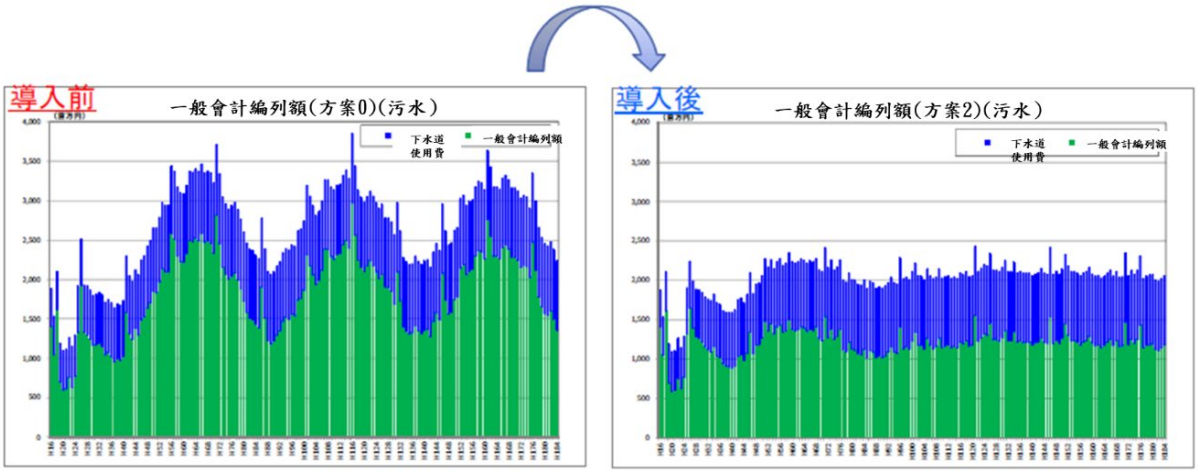
十、有關投資額

全體的建設費，在資產管理導入前，年平均約 2,937 百萬日圓，導入後，年平均約降為 2,121 百萬日圓。



十一、 一般會計編列

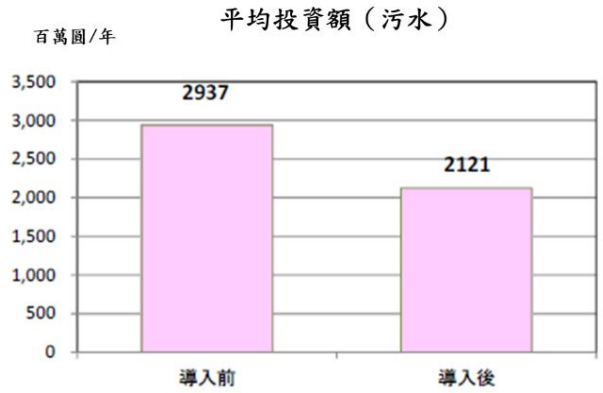
一般會計編列額，在導入前年平均約 1,968 百萬日圓，導入後年平均約 1,223 百萬日圓。

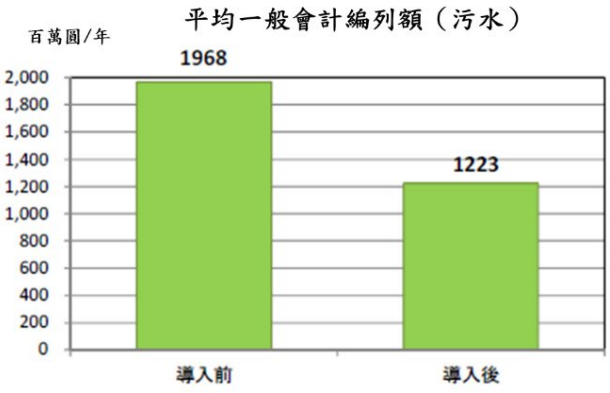


※計算式：一般會計編列額(日圓)=維護管理費(日圓)+建設費(日圓)－下水道使用費(日圓)

十二、 導入效益彙整

年平均投資額編列額，導入前後能節省 816 百萬日圓，年平均一般會計編列額，導入前後能節省 745 百萬日圓。





十三、 資產管理的基本方針及策略

為能永續提供下水道之功能及效益，應有四個基本方針，據以訂定推動策略。

資產之效率化改建維護

- 改建投資額的平均化。
- 改建投資額的減少(更新時考量設備的效能及耐震化)。
- 資產的延壽。
- 計畫性維護管理的實施。
- 資產管理之 PDCA 之效率化循環。

效率化的新投資規範

- 加速下水道尚未建設地區的建設。
- 下水道建設時能採用降低單價及縮短工期的技術。
- 將來具發展性的建設進行適當的綜合檢討。

經營及財政的健全化

- 減少不明水，提升經營的效率。
- 在用戶接管化糞池填除上，提升效益。
- 檢討下水道使用費費率。
- 依公營企業之會計，提升管理。
- 公私共同資訊收集。
- 對民眾責任的提升。

構建適當的組織體制

- 適當的人員配置，維護管理業務體制的檢討。
- 檢討以概括性委託管理。

十四、 短期策略(為能實現進行訂定)

在導入資產管理時，首先以資產為對象，進而訂定短期的策略。

資產之效率化的改建維護

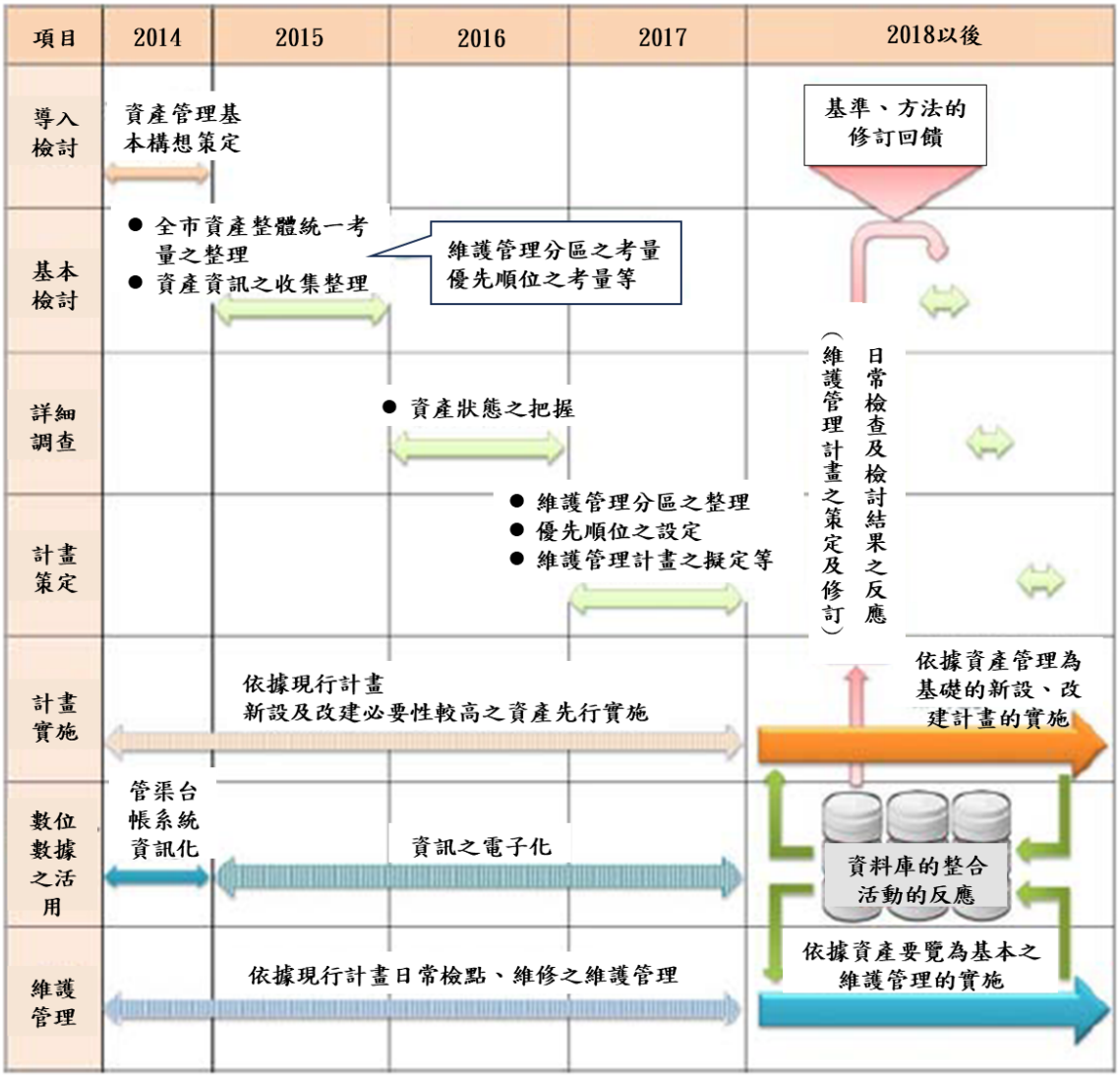
策劃的內容	檢討階段
• 資產管理方法導入效益之檢討。	導入檢討
• 保有下水道資產之掌握及整理為目的之調查實施。	基本調查
• 下水道資產狀況為能適當把握之調查實施。	詳細調查
• 個別資產的維護管理，區分分類之考量及整理(狀態、時間、事後維護)，對策實施之優先順序考量。○○市下水道資產整體統考量之檢討及應用。	計畫訂定
• 為執行計畫之維護管理，訂定維護管理計畫(為使檢查、調查數據能適當的反應於延壽，檢討檢查、調查數據、所需人力的日常化)。	
• 下水道資產能效率化的掌握，數據的電子化及資料庫的檢討機制。	資料庫檢討

具效率的新規投資

策劃的內容	檢討階段
為使改建投資急增之前，應注意可迅速且具效率的維護	具效率化計畫之實施

十五、 未來導入計畫之時程

資產管理基本構想(導入檢討)以導入資產管理為對象，並能落實計畫時程如以下案例實施。



附錄 2 改建通知(2014 年 5 月 16 日)
有關下水道設施之改建

主旨：有關上述目的對象之通知，請各市鎮周知，並徹底實行。

內容：

1. 對於任何設施改建之對象，應為經適當的維護管理為前提，如另表所定「小分類」設施以上規模有關改建且該設施為同表所定經過年數。
2. 但是如以下所列非上述交付之對象：
   (1) 尚未滿「小分類」設施規模之改建，應為經適當的維護管理為前提，為下水道延壽支援制度，依「下水道延壽計畫」執行延壽對策。
   (2) 合乎所定已達處分限制期限的設施，且為在特殊環境條件其功能之維持已有困難時。
3. 上述 1. 及 2. 之目標設施，並依下水道事業制度者，則不需經延壽之訂定過程。

附錄 3 改建通知(2015 年 7 月 25 日)
有關下水道管渠要以更新工法改建之
相關對象運用

主旨：擬以更新工法進行管渠改建之對象時，必須滿足下列之要件。

內容：

(1) 必須以更新工法改建者，其改建時點交對象應為既設管。

(2) 該既設管應為曾經適當維護管理者。

(3) 欲進行更新工法的管渠為曾經下水道延壽計畫訂定者(但若經下水道綜合地震對策，或經其他下水道制度評估者，則不需經延壽之訂定過程)。

(4) 更新範圍至少為 1 管段以上。

(5) 更新工法之種類，若非依據下表時，並為與國土交通省個別協議者。

工法種類	定義	條件	適用基準
反轉工法	熱硬化樹脂經浸漬(玻璃纖維或有機纖維等)後，採筒狀牽引放入既設管內，並於更生材料的內部使用空氣或水加壓，使更生材料擴張與既設管緊密接合，再使用溫水或蒸氣使樹脂硬化。	依自立管設計	依下水道管渠修繕更新設計及施工
形成工法	光硬化樹脂經浸漬(玻璃纖維或有機纖維等)後，採筒狀牽引放入既設管內，並於更生材料的內部使用空氣加壓，使更生材料擴張與既設管緊密接合，再使用紫外線照射使樹脂硬化。 施作方式為既設管內插入斷面容易產生變形的熱塑性樹脂軟管(硬質PVC、聚乙烯PE)，軟管內有蒸氣使其軟化，並於加熱狀況下輸送空氣加壓，使更生材料擴張與既設管緊密接合後，再冷卻養護更生管。		
製管工法	若既設管線為硬質 PVC 或聚乙烯(PE)等所製成，製管樹脂與既設管材間以水泥砂漿填充，使複合管結為一體化的施作方式。 製管工法採用螺旋型內襯及模板之組立板材，由上游一段一段的將表面管材與既設管填充結合，該製管工法可配合現場狀況，仍維持下游管段中污水繼續排放。	依複合管設計	
鞘管工法	鞘管工法係應用管徑小於既設管之管線，以牽引方式放入既設管內，並用填充材料注入更生管與既設管之間。更生管材採預鑄製品，維持既設管原斷面情況下，以物理方式由人孔放入。	依自立管設計	

附錄 4 長期更新改建需求預測示範案例

1.1 基本考量

長期更新改建需求預測時，可以採用費用推估公式等簡易的方法評估。然而，如果可取得詳細的資訊，例如會計帳冊、歷史工程費用或固定資產帳冊等，則可在不採用費用推估公式之情況下，於短時間內藉由歷史資料進行評估，預期能以更詳細的方法進行更新改建的需求預測。

【解說】

下水道收集及處理系統永續營運的關鍵，在於掌握並解決營運管理及執行體制方面的問題。長期更新改建需求預測之目的，是評估現有的營運管理和執行體制是否足夠應對未來所面臨之需求，並且是否與現況存在差距。值得一提的是，日本於 2011 年 11 月 18 日公布「下水道事業中長期改築需要量調查算定支援ツール[1]」，可以藉由簡易地輸入設施參數等資料來評估更新改建需求。

1. 管線設施長期更新改建需求預測示範案例

(1) 長期更新改建需求預測基本資料整理

①. 歷年管線建設長度整理

在進行預測時，需要歷年管線建設長度之資料(可對應所需預測之管徑和管材進行分類統計)。

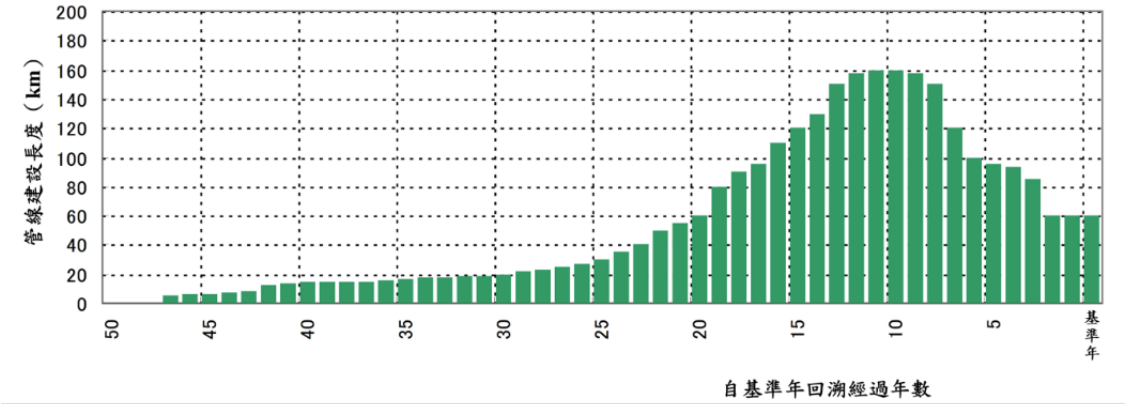


圖 1.1　歷年管線建設長度統計

②. 更新改建費用推估

更新改建費用是基於過去工程建設費用推估改建之平均單價。如因為缺乏歷年資料等原因，造成更新改建平均單價不易推算的狀況下，可以考慮採用近年新建工程之平均單價。

此外，也可以評估採用於表 1.1 所列之費用推估公式，摘錄自「流域別下水道整備総合計画調査指針と解説参考資料，2015 年 10 月国土交通省水管理・国土保全局下水道部」。

[1] 日本下水道協会ホームページ「情報のみち ONLINE」に公表 http://www.jswa.jp/

表 1.1　管線設施建設之費用推估公式(2014 年單價)

適用工法 (管徑適用範圍)	費用推估公式
明挖工法 (φ150≦X≦φ1,200)	$Y=(1.23\times10^{-5}X^2+0.56\times10^{-3}X+9.26)\times(109.9/102.3)$
小管徑管線推進工法 (φ250≦X≦φ700)	$Y=(4.16\times10^{-5}X^2-0.59\times10^{-3}X+25.6)\times(109.9/102.3)$
推進工法 (φ800≦X≦φ2,000)	$Y=(2.44\times10^{-5}X^2-36.9\times10^{-3}X+67.5)\times(109.9/102.3)$
潛盾工法 (φ1,350≦X≦φ5,000)	$Y=(1.06\times10^{-5}X^2-16.1\times10^{-3}X+102)\times(109.9/102.3)$

X：管徑(mm)、Y：每 m 管線建設費(萬日圓/m)

註：費用推估公式是依據「下水道用設計積算要領(社)日本下水道協会 1996 年版」所累積歷史工程費用資料，透過標準模型所建立。

註：管線設施建設之費用推估公式是基於 1997 年單價所建立，以營建工程物價指數(以 2005 年為基準，1997 年=102.2，2014 年=109.9)進行調整，以反映 2014 年之單價。

(2) 長期更新改建需求預測估算

①. 依標準使用年數更新改建

全系統管線設施皆依標準使用年數的前提下，進行更新改建需求預測評估。如更新改建需求採用工程費用表示，則以預估更新改建之管線長度乘以改建平均單價求得。

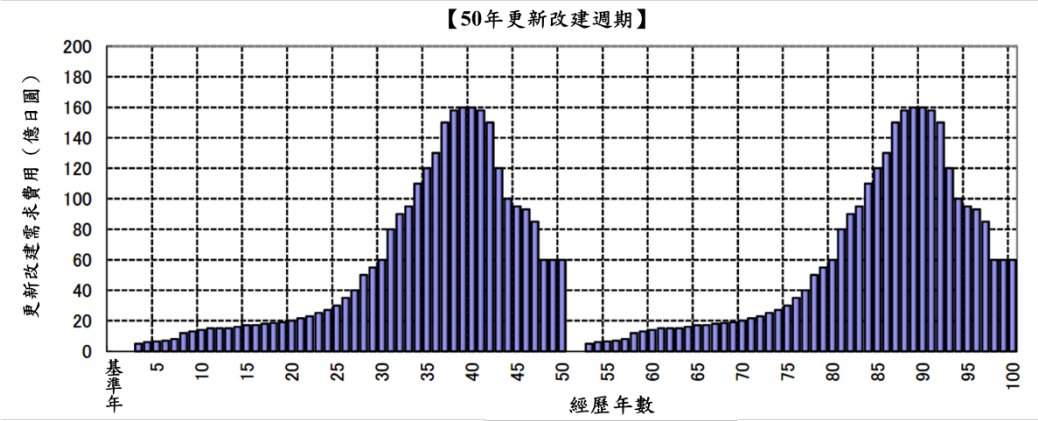


圖 1.2　標準使用年數(50 年)更新改建案例

②. 僅對健全率降低之管線更新改建

依據管線系統健全率預測公式，掌握健全率已降低之管線長度，並僅對上述條件之管線設施進行更新改建為前提下進行試算。如更新改建需求採用工程費用表示，則將需要實施更新改建之管線長度乘以符合實際情況之平均改建單價，以計算所需要之改建費用。

此外，如產生管線設施健全率降低集中於同一時期內，建議依據需求調整分配各年份之更新改建長度，以平均分攤改建經費。

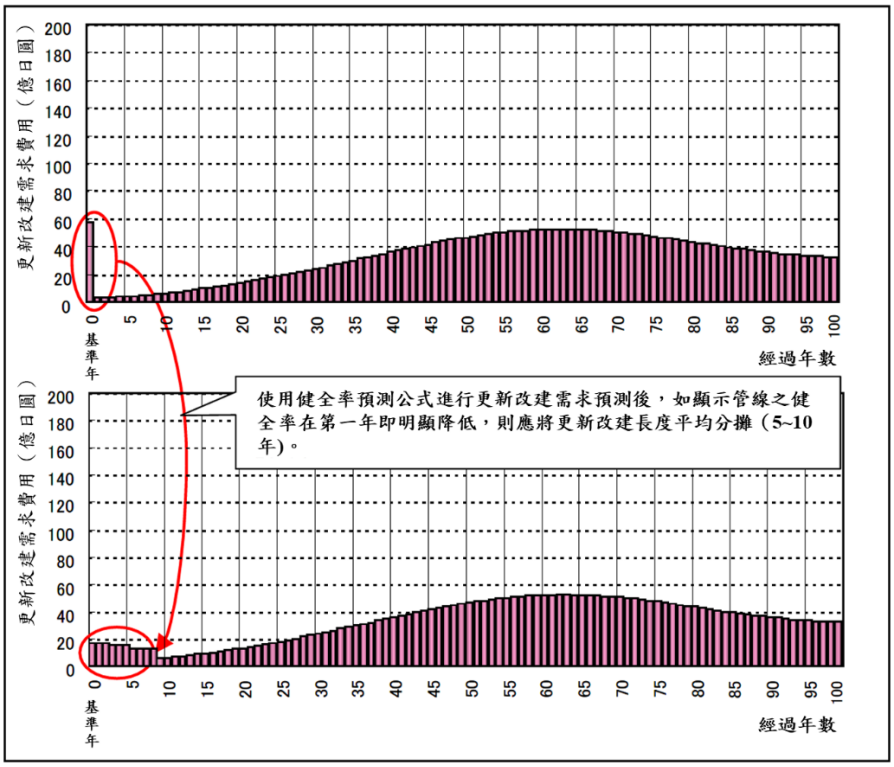


圖 1.3　僅對健全率降低管線更新改建案例

健全率預測公式，例如日本国土技術政策総合研究所，已公開從日本全國蒐集之調查數據分析結果(請參閱「附錄 5 管線健全率預測公式」)，通過利用上述公式，可以完成更新改建需求預測作業。此外，各地方政府也可以藉由分析自身的調查結果，自行發展健全率預測公式。如發生調查數據不足的情況，尚可利用日本国土技術政策総合研究所公開之 TV 檢視調查資料庫(管線劣化資料庫[2])取得所需之補充資料。

【健全率降低之管線長度推估方法】

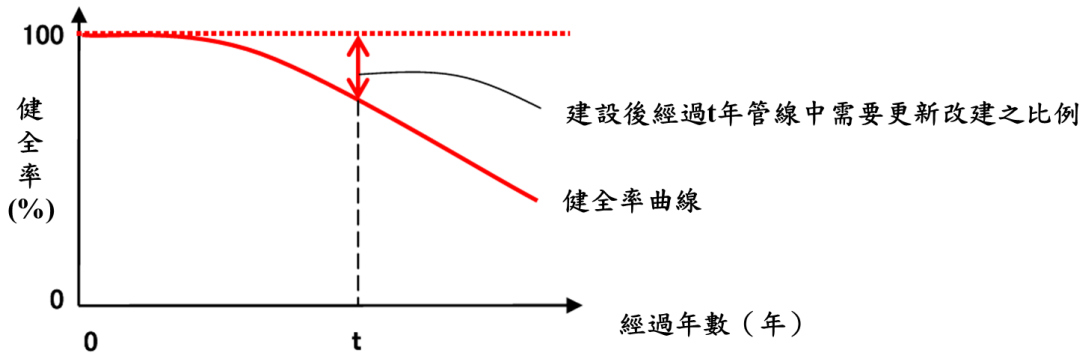


圖 1.4 健全率曲線

[2]http://www.nilim.go.jp/lab/ebg/rekka-db.html

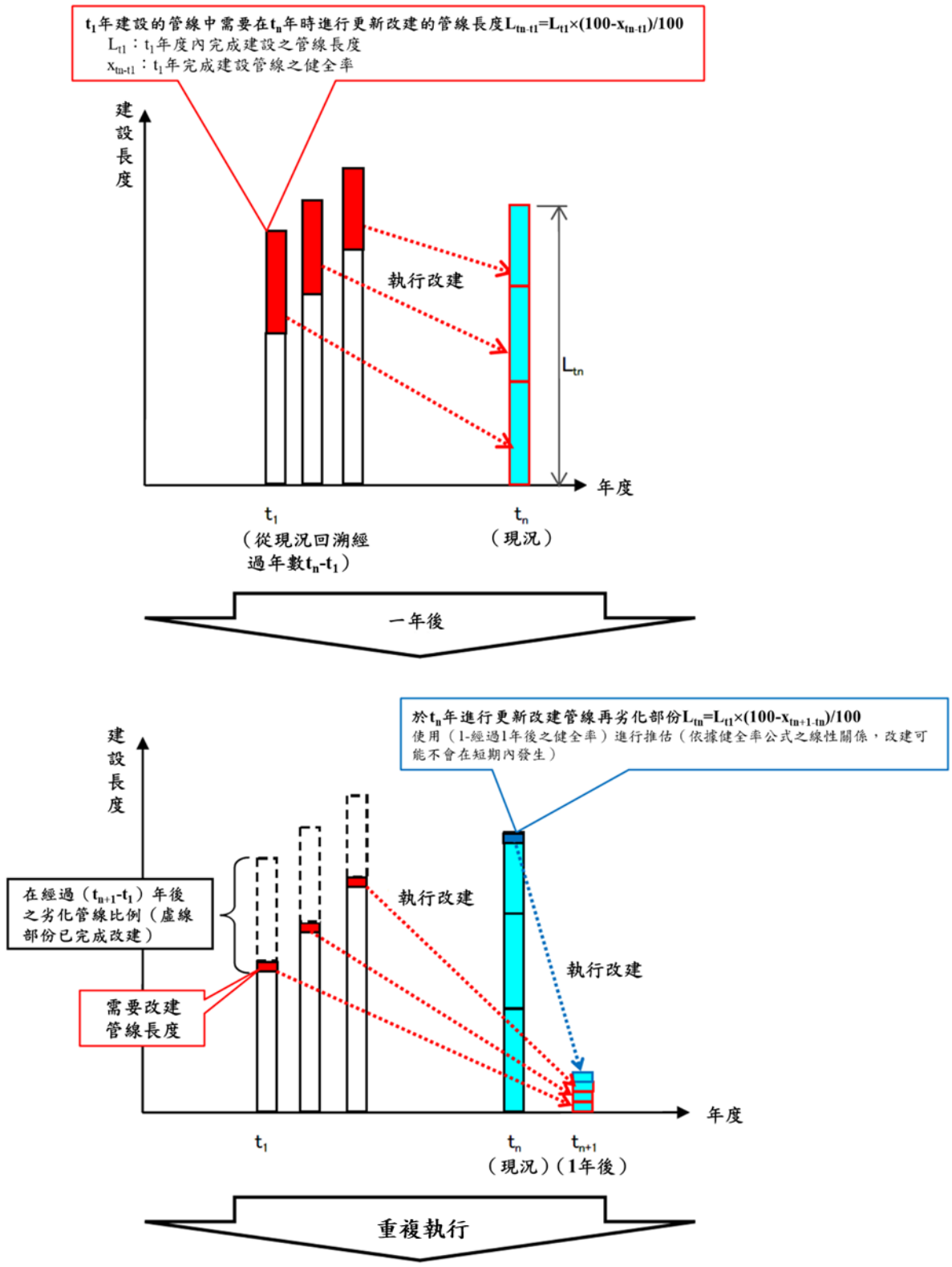


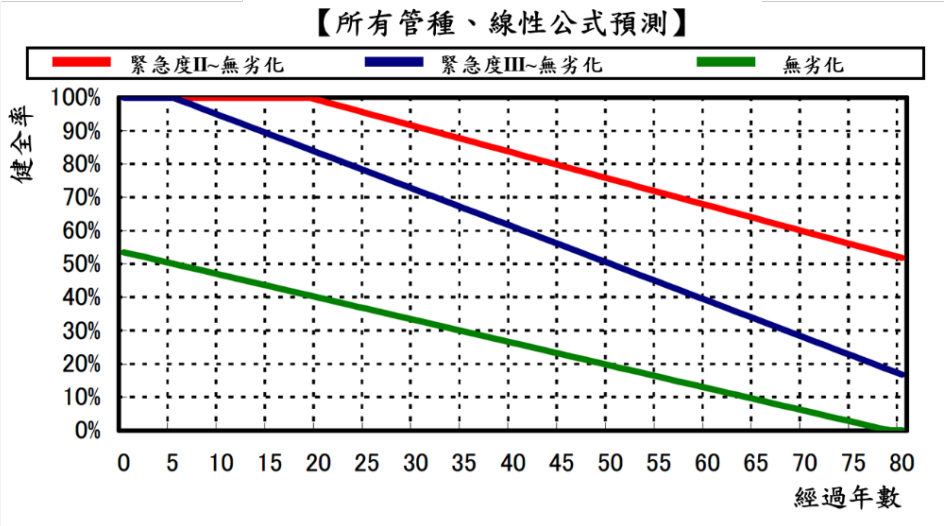
圖 1.5 健全率降低之管線長度計算方法

健全率預測公式範例[註]

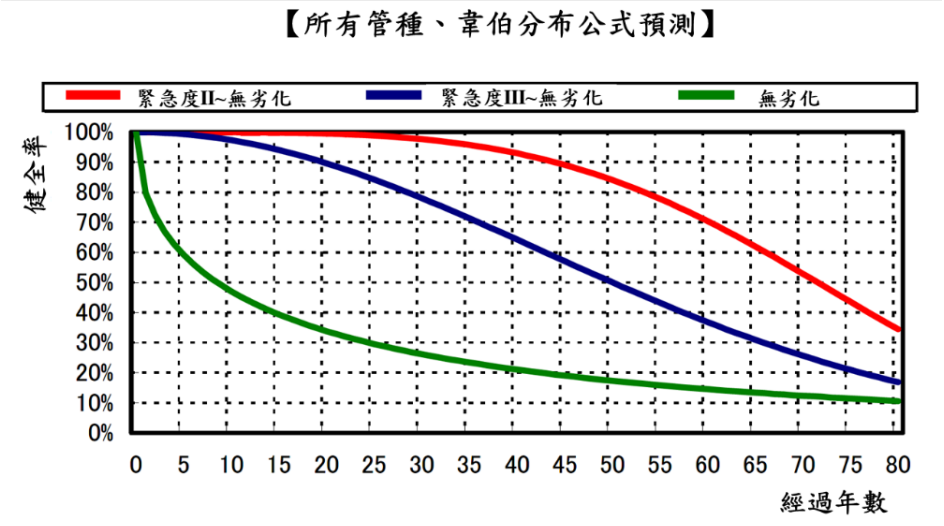
- 管線類型：所有管線種類
- 預測方法：線性公式、韋伯分布公式
- 健全率預測公式

管線類型	預測方法	緊急程度	健全率預測公式	R^2
所有管線種類	線性公式	緊急度 II～無劣化	$y=-0.0079x+1.1500$	0.8218
		緊急度 III～無劣化	$y=-0.0111x+1.0558$	0.8947
		無劣化	$y=-0.0068x+0.5352$	0.8007
	韋伯分布公式	緊急度 II～無劣化	$y=\exp\{-(x/78.68)^{3.861}\}$	0.9931
		緊急度 III～無劣化	$y=\exp\{-(x/60.03)^{2.010}\}$	0.9152
		無劣化	$y=\exp\{-(x/17.13)^{0.5246}\}$	0.7854

x：經過年數(年)、y：健全率(%)、R^2：相關係數



參考圖 1　健全率預測公式範例(所有管種、線性公式預測)



參考圖 2　健全率預測公式範例(所有管種、韋伯分布公式預測)

註：資料來源為国土技術政策総合研究所資料

2. 污水處理廠、抽水站設施長期更新改建需求預測示範案例

(1) 長期更新改建需求預測基本資料整理

①. 設施/設備的規格資料

- 依據改建通知附表[3]主要工程分類彙整竣工日期
- 對於污水處理廠，應彙整處理方式、處理能力、污水處理及污泥處理單元數量
- 對於抽水站，應彙整抽水量及抽水設備數量(泵台數)

②. 更新改建工程經費推估

更新改建工程經費，係依據過去工程費用及費用推估公式(例如，使用表 1.2 及表 1.3 所示「**流域別下水道整備総合計画調査指針と解説**　2015 年 10 月国土交通省水管理・国土保全局下水道部」)推估上述設施及設備的各項改建工程費用。

為了僅依據設施的概要資料，如處理方式、處理能力、處理單元數量和單元設備的安裝年份來預測更新改建需求，可以採用費用推估公式。費用推估公式為了簡易推估更新改建費用，於應用上是假設為新建而非更新改建。

但是採用費用推估公式，無法計算土建及機電設備的細項分類及按設施分類的更新改建費用，因此，需要另外參考圖 1.6 及圖 1.7 所示「**流域別下水道整備総合計画調査**指針**と解説**(社)日本下水道協会 1999 年版」之設施類別，以及「**流域別下水道整備総合計画調査指針と解説参考資料** 2015 年 10 月国土交通省水管理・国土保全局下水道部」之工程類型建設費用組成比例。(註：2015 年 10 月版的參考文獻中未提供設施分類比例，因此仍引用 1999 年版資料)

[3]2013 年 5 月 16 日付け国水下事第 7 号国土交通省水管理・国土保全局下水道事業課長通知参照

表 1.2　二級污水處理設施(含污泥處理)費用推估公式(2014 年單價[註])

處理程序	適用處理範圍	分類	費用推估公式
氧化渠法 (預鑄)	$0.3 \leqq Q_1 \leqq 1.3$	建設費用	$C = 505Q_1^{0.64} \times (109.9 / 103.9)$
氧化渠法 (場鑄)	$1.4 \leqq Q_1 \leqq 10$	建設費用	$C = 1380Q_1^{0.42} \times (109.9 / 101.6)$
標準活性污泥法 (不含焚化)	$10 \leqq Q_1 \leqq 500$	建設費用	$C = 1550Q_1^{0.58} \times (109.9 / 101.6)$
標準活性污泥法 (含焚化)	$10 \leqq Q_1 \leqq 500$	建設費用	$C = 2070Q_1^{0.56} \times (109.9 / 101.6)$

Q_1：最大日處理流量(千 m^3/日)、設施規模、C：建設費用(百萬日圓)

註：

1. 氧化渠法(預鑄)費用推估公式，是基於採用污泥處理濃縮或污泥直接脫水方式的污水處理廠，涵蓋污水處理單元至污泥濃縮設施的實際建設費所建立；氧化渠法(場鑄)是基於 Q_1=1.4、5 及 10(千 m^3/日)三種不同處理量(皆採污泥直接脫水)建立費用推估公式。
2. 標準活性污泥法，是基於 Q_1=10、50、100 及 500(千 m^3/日)四種不同處理量建立費用推估公式。標準活性污泥法之污泥處理包括(不含焚化)採「分離濃縮+脫水」和(含焚化)採「分離濃縮+脫水+焚化」。
3. 氧化渠法(預鑄)費用推估公式，是基於 2007 年單價所建立，以營建工程物價指數(以 2005 年為基準，2007 年=103.9，2014 年=109.9)進行調整，以反映 2014 年之單價。
4. 氧化渠法(場鑄)和標準活性污泥法費用推估公式，是基於 2006 年單價所建立，以營建工程物價指數(以 2005 年為基準，2006 年=101.6，2014 年=109.9)進行調整，以反映 2014 年之單價。

表 1.3　抽水站費用推估公式(2014 年單價[註])

分類		費用推估公式
建設費用	整體工程	$C = 85.5Q_1^{0.60} \times (109.9 / 78.1)$
	土木、建築工程	$C = 39.5Q_1^{0.56} \times (109.9 / 78.1)$
	機械電氣工程	$C = 46.7Q_1^{0.62} \times (109.9 / 78.1)$

Q_1：全期計畫流量(最大時)(m^3/分)、設施規模、C：建設費用(百萬日圓)

註：費用推估公式是基於 1979 年單價所建立，以營建工程物價指數(以 2005 年為基準，1979 年=78.1，2014 年=109.9)進行調整，以反映 2014 年之單價。

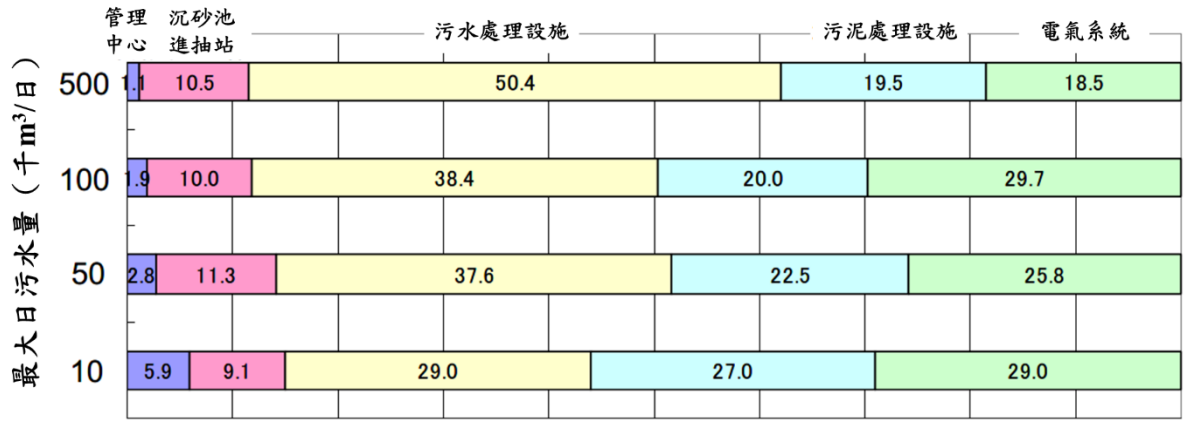


圖 1.6　二級處理程序設施別建設費用組成比例：標準活性污泥法(未設置污泥焚化)

資料來源：「流域別下水道整備総合計画調査指針と解説(社)日本下水道協会 1999 年版」

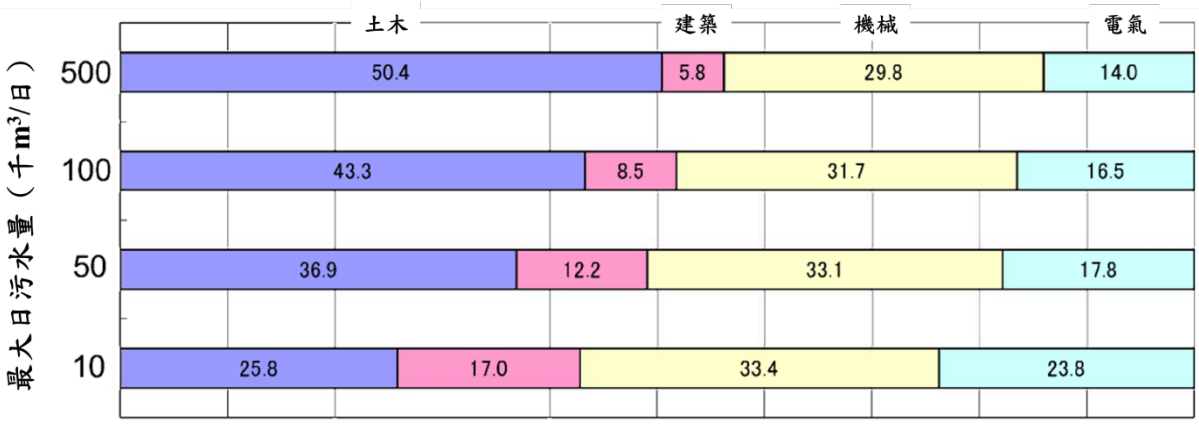


圖 1.7　二級處理程序工程別建設費用組成比例：標準活性污泥法(未設置污泥焚化)

資料來源：「流域別下水道整備総合計画調査指針と解説(社)日本下水道協会 1999 年版」

【計算範例】

（A） 目標設施處理容量整理

- A 處理廠： 處理方式 標準活性污泥法 分離濃縮+脫水
  處理能力 30,000 m^3/日(最大日)
  污水處理單元 6 組 污泥處理單元 3 組
- B 處理廠： 處理方式 氧化渠法 直接脫水
  處理能力 5,000 m^3/日(最大日)
  污水處理單元 4 組 污泥處理單元 2 組
- C 抽水站 計畫流量(最大時)20 m^3/分
- D 抽水站 計畫流量(最大時)10 m^3/分

（B） 藉由費用推估公式計算更新改建費用

基於污水廠處理容量參數及表 1.3 及表 1.4，計算各別對象設施更新改建工程費用。

A 處理廠 $=1550\ Q_1^{0.58}\times(109.9/101.6)$
$=1550\times30{,}000^{0.58}\times(109.9/101.6)=12{,}055$ 百萬日圓

B 處理廠 $=1380\ Q_1^{0.42}\times(109.9/101.6)$
$=1380\times5{,}000^{0.42}\times(109.9/101.6)=2{,}935$ 百萬日圓

C 抽水站(土建) $=39.5Q_1^{0.56}\times(109.9/78.1)$
$=39.5\times20^{0.56}\times(109.9/78.1)=298$ 百萬日圓

C 抽水站(機電) $=46.7Q_1^{0.62}\times(109.9/78.1)$
$=46.7\times20^{0.62}\times(109.9/78.1)=421$ 百萬日圓

D 抽水站(土建) $=39.5Q_1^{0.56}\times(109.9/78.1)$
$=39.5\times10^{0.56}\times(109.9/78.1)=202$ 百萬日圓

D 抽水站(機電) $=46.7Q_1^{0.62}\times(109.9/78.1)$
$=46.7\times10^{0.62}\times(109.9/78.1)=274$ 百萬日圓

於圖 1.6 和圖 1.7 中，顯示最大日污水量的更新改建費用組成比例，因此，可依據上述計算結果，繪製單元別及按工程別之更新改建費用組成比例曲線，如圖 1.8 和圖 1.9 所示。

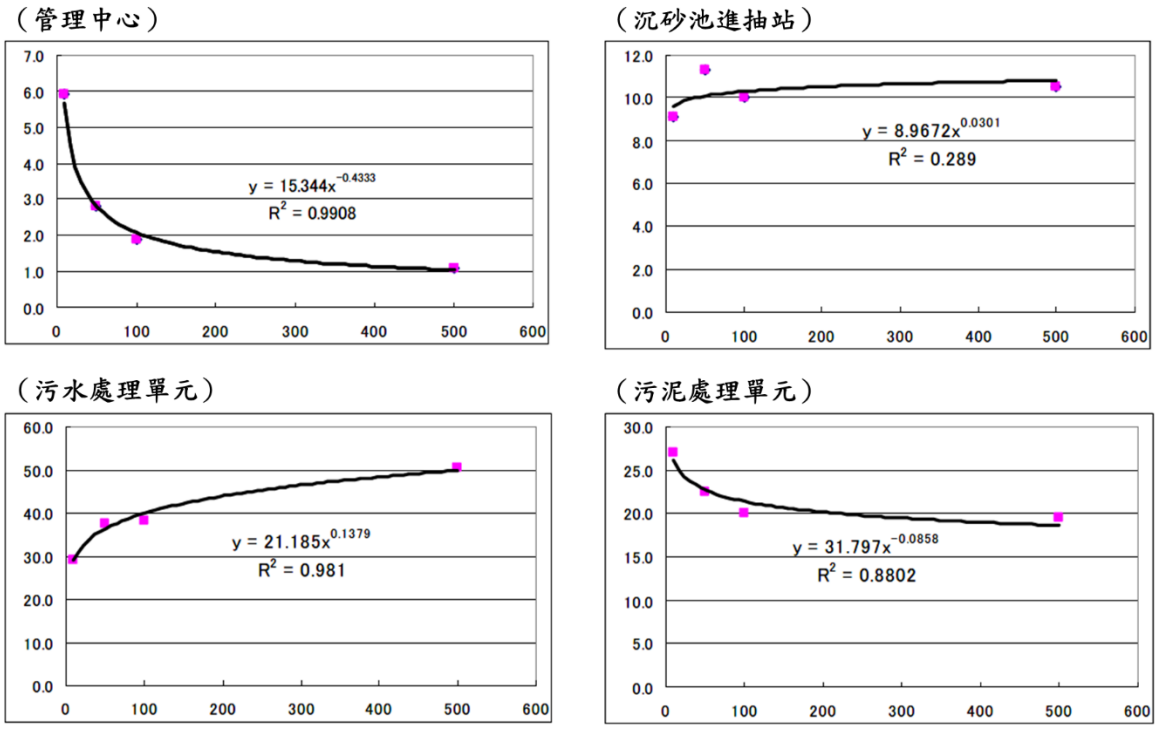


圖 1.8　單元別組成比曲線：標準活性污泥法(未設置污泥焚化)
橫軸：最大日污水量(千 m^3/日)縱軸：組成比(%)

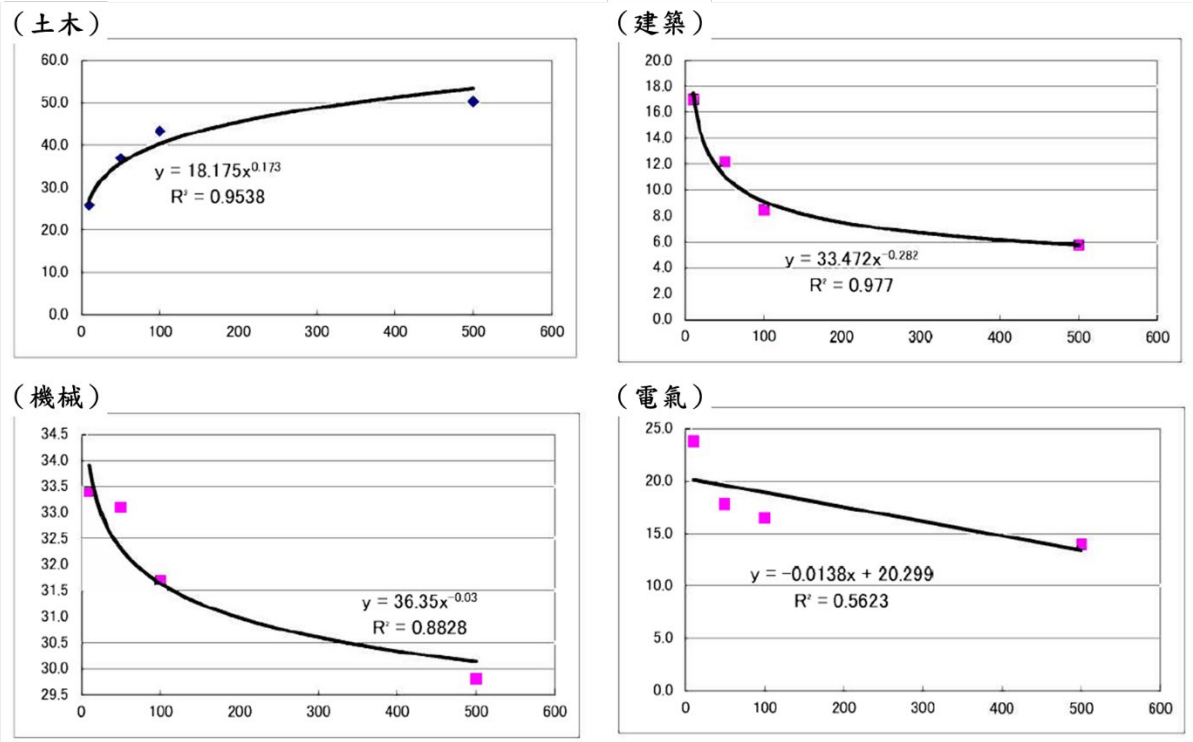


圖 1.9　工程別組成比曲線：標準活性污泥法(未設置污泥焚化)
橫軸：最大日污水量(千 m^3/日)縱軸：組成比(%)

從污水廠處理容量參數及圖 1.8、圖 1.9 所繪製之按單元別及按工程別之更新改建費用組成比例曲線，計算各處理廠單元別及工程別之組成比例，如表 1.4 及表 1.5 所示。需要注意的是，表 1.4 所列之電氣設備組成比，如圖 1.6 所示，已經單獨列出以一式計算，包括沉砂池進抽站、污水處理單元等，所以無法計算分階段更新改建費用(各單元的更新改建費用)。

為此，將電氣設備一式費用，簡單地依據管理中心、沉砂池進抽站、污水處理單元及污泥處理單元之組成比例分配至各個單元內，推估表 1.4 標示黃色部份之組成比例。

此外，由於無法確定氧化渠法之單元別及工程別組成比例，因此採用標準活性污泥法(未設置污泥焚化)之組成比例替代。

表 1.4　目標處理廠單元別組成比例

最大日污水量 (千 m^3/日)	單元別組成比					合計
	管理中心	沉砂池進抽站	污水處理單元	污泥處理單元	電氣設備	
30 (A 處理廠)	2.9	9.9	33.9	23.7	—	70.4
	4.1	14.1	48.2	33.6	—	100.0
5 (B 處理廠)	7	9.4	26.4	27.7	—	70.5
	9.9	13.3	37.4	39.4	—	100.0

※使用黃色組成比例(將各單元之組成比曲線計算之組成比換算為總計 100%之值)

表 1.5　目標處理廠工程別組成比例

最大日污水量 (千 m^3/日)	工程別組成比				合計
	土木	建築	機械	電氣	
30 (A 處理廠)	17.5	19.0	35.1	28.6	100.2
	17.5	19.0	35.0	28.5	100.0
5 (B 處理廠)	13.0	23.7	33.0	29.1	98.8
	13.2	24.0	33.4	29.4	100.0

※使用黃色組成比例(將各工程之組成比曲線計算之組成比(超過 100%)換算為總計 100%之值)

（C） 計算單元別及工程別和年度工程費用

藉由各處理廠、抽水站之總工程費、單元別及工程別組成比，以及各單元與工程之單元數量和各年度增建資料，如表 1.6 所示，計算單元別、工程別和各年度工程費用。

表 1.6　單元別、工程別及分年工程費用

A 處理廠：標準活性污泥法(未設置污泥焚化)30 千 m^3/日

單元別工程費(百萬日圓)		各單元工程別工程費(百萬日圓)		單元數	使用年數	工程費(百萬日圓)					
						第 1 期工程	第 2 期工程	第 3 期工程	第 4 期工程	第 5 期工程	第 6 期工程
全廠	12,055	—	—			1970 年	1975 年	1980 年	1990 年	2000 年	2005 年
管理中心	494	建築	193	1	75	193	0	0	0	0	0
		電氣	301	1	25	301	0	0	0	0	0
沉砂池進流站	1,700	土木	525	1	75	525	0	0	0	0	0
		建築	206	1	75	206	0	0	0	0	0
		機械	648	3	25	216	0	216	0	216	0
		電氣	321	3	25	107	0	107	0	107	0
污水處理單元	5,811	土木	1,796	6	75	299	299	299	299	299	301
		建築	703	1	75	703	0	0	0	0	0
		機械	2,214	6	25	369	369	369	369	369	369
		電氣	1,098	6	25	183	183	183	183	183	183
污泥處理單元	4,050	土木	1,251	1	75	1,251	0	0	0	0	0
		建築	490	1	75	490	0	0	0	0	0
		機械	1,543	3	25	514	0	514	0	515	0
		電氣	766	3	25	255	0	255	0	256	0

B 處理廠：氧化渠法(場鑄式)5 千 m^3/日

單元別工程費(百萬日圓)		各單元工程別工程費(百萬日圓)		單元數	使用年數	工程費(百萬日圓)			
						第 1 期工程	第 2 期工程	第 3 期工程	第 4 期工程
全廠	2,935	—	—			1983 年	1988 年	1998 年	2008 年
管理中心	291	建築	150	1	75	150	0	0	0
		電氣	141	1	25	141	0	0	0
沉砂池進抽站	390	土木	90	1	75	90	0	0	0
		建築	80	1	75	80	0	0	0
		機械	144	2	25	72	0	72	0
		電氣	76	2	25	38	0	38	0
污水處理單元	1,098	土木	255	4	75	64	64	64	63
		建築	226	1	75	226	0	0	0
		機械	404	4	25	101	101	101	101
		電氣	213	4	25	53	53	53	54
污泥處理單元	1,156	土木	268	1	75	268	0	0	0
		建築	238	1	75	238	0	0	0
		機械	425	2	25	213	0	212	0
		電氣	255	2	25	113	0	112	0

抽水站

抽水站名稱及計畫流量(m^3/分)		各單元工程別工程費(百萬日圓)		泵數	使用年數	工程費(百萬日圓)		
						第 1 期工程	第 2 期工程	第 3 期工程
名稱	計畫流量					1978 年	1983 年	1993 年
C 抽水站	20	土木建築	280	1	50	280	0	0
		機械電氣	396	3	15	132	132	132
抽水站名稱及計畫流量(m^3/分)		各單元工程別工程費(百萬日圓)		泵數	使用年數	工程費(百萬日圓)		
						第 1 期工程	第 2 期工程	
名稱	計畫流量					1985 年	1995 年	
D 抽水站	10	土木建築	190	1	50	190	0	
		機械電気	258	2	15	129	129	

(2) 長期更新改建需求預測估算

①. 依標準使用年數進行更新改建，並將 1 組單元/設備改建工程分配至複數年份利於平均改建需求之情境

本方法是將土木建築設施及機械與電氣設備分別在各自的標準使用年數到期後進行更新改建，如圖 1.10 所示，這是一種預測未來全廠目標設施改建需求之情境。

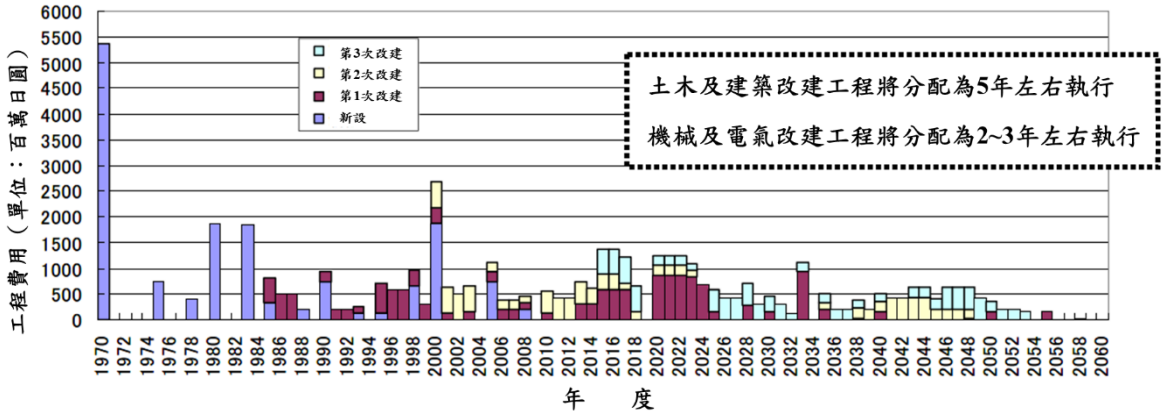


圖 1.10　標準使用年數更新改建需求案例

②. 依目標使用年數進行更新改建，並將 1 組單元/設備改建工程分配至複數年份利於平均改建需求之情境

本方法是將土木建築設施及機械電氣設備，分別在各自的目標使用年數到期後進行更新改建，如圖 1.11 所示，這是一種預測未來全廠目標設施改建需求之情境。

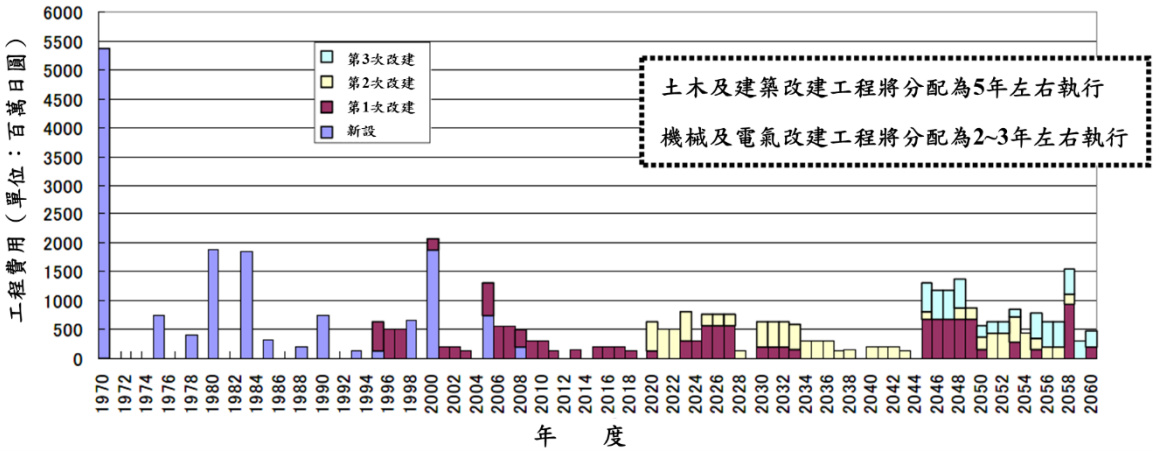


圖 1.11　依目標使用年數更新改建需求案例

【參考：藉由概略的影響評估進行更新改建費用平均化】

進行更新改建費用平均化之方法，包括通過功能面(管理中心>進抽站(抽水功能)>污水處理單元>污泥處理單元)和能力面(每條系列數之容量)進行綜合評估，根據圖 1.12 中顯示各單元的影響度評估(綜合評估=能力×功能)來確定影響度較高的單元先進行更新改建作業，將影響度較低的單元延後採平均化處理。

A處理廠：標準活性污泥法（無焚化）
最大時：45千m³/日

設施名稱	工程類別	重要度評估			
		單元數	能力	機能	綜合評估
管理中心	建築	1	45	4	180
	電氣	1	45	4	180
沉砂池進抽站	土木	1	45	3	135
	建築	1	45	3	135
	機械	3	15	3	45
	電氣	3	15	3	45
污水處理單元	土木	6	8	2	16
	建築	1	45	2	90
	機械	6	8	2	16
	電氣	6	8	2	16
污泥處理單元	土木	1	45	1	45
	建築	1	45	1	45
	機械	3	15	1	15
	電氣	3	15	1	15

B處理廠：氧化渠法（場鑄式）
最大時：7.5千m³/日

設施名稱	工程類別	重要度評估			
		單元數	能力	機能	綜合評估
管理中心	建築	1	7.50	4	30
	電氣	1	7.50	4	30
沉砂池進抽站	土木	1	7.50	3	22.5
	建築	1	7.50	3	22.5
	機械	2	3.75	3	11.25
	電氣	2	3.75	3	11.25
污水處理單元	土木	4	1.88	2	3.76
	建築	1	7.50	2	15
	機械	4	1.88	2	3.76
	電氣	4	1.88	2	3.76
污泥處理單元	土木	1	7.50	1	7.5
	建築	1	7.50	1	7.5
	機械	2	3.75	1	3.75
	電氣	2	3.75	1	3.75

C抽水站　28.8千m³/日（最大時）
D抽水站　14.4千m³/日（最大時）

設施名稱	工程類別	重要度評估			
		單元數	能力	機能	綜合評估
C抽水站	土木建築	1	28.8	3	86.4
	機械電氣	3	9.6	3	28.8
D抽水站	土木建築	1	14.4	3	43.2
	機械電氣	2	7.2	3	21.6

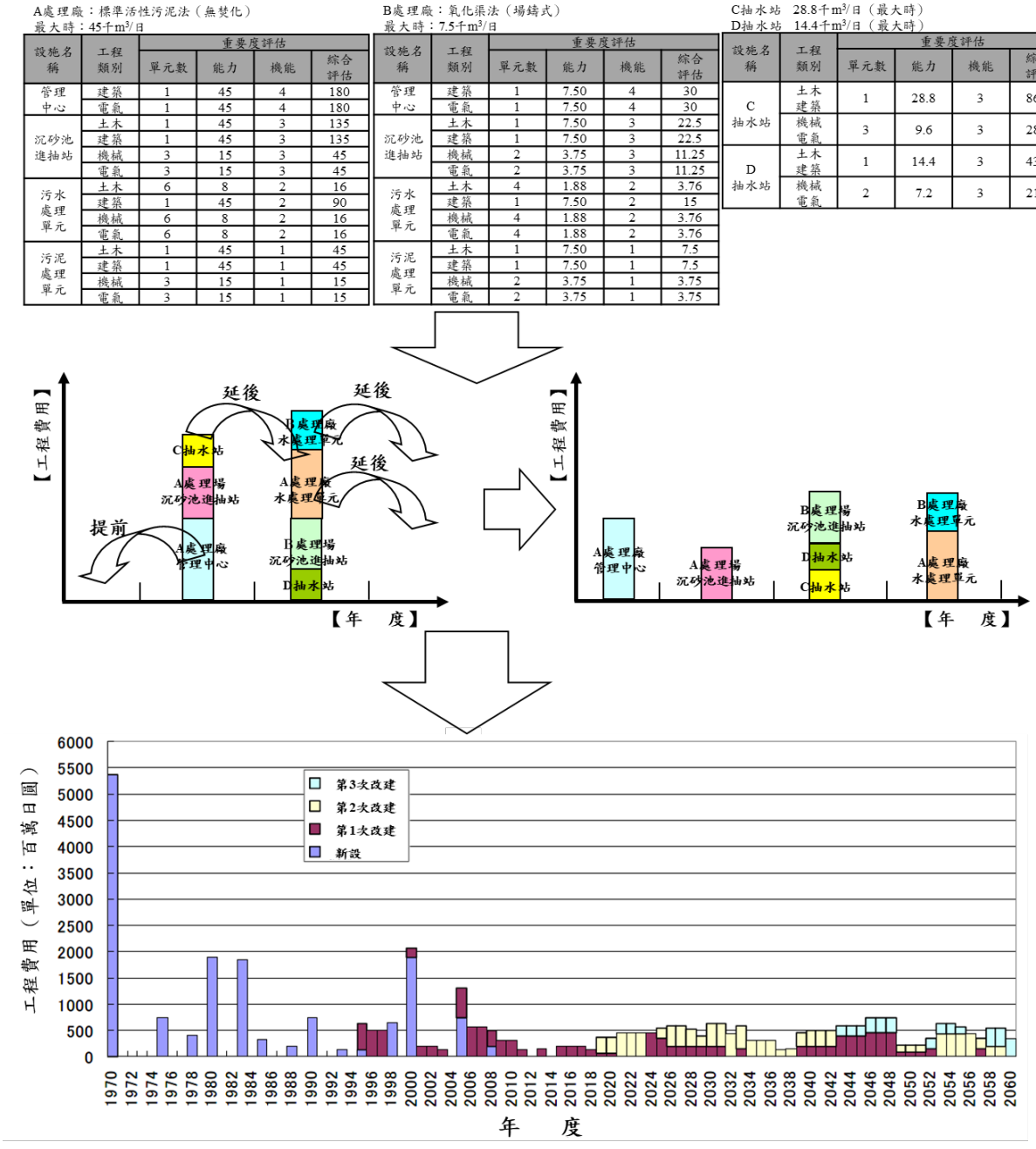


圖 1.12　藉由概略的影響評估平均化更新改建工程量

值得注意的是，部份地方政府設有資料分類台帳或設備分類台帳，或是本身已經設定目標使用年數。可以利用這些資料，考慮並制訂長期的更新改建需求預測。

- 目標使用年數的設定

目標使用年數的設定可以參考日本其他城市的案例，例如表 1.7 所示(設定範例：機電設備 25 年、土木建築設施 75 年)。

有關目標使用年數其他範例請參閱《參考資料Ⅳ 1.5.4 発生確率(不具合の起こりやすさ)の検討》之研究。

表 1.7　目標使用年數的設定範例

項目	標準 使用年數	地方政府 使用年數實績 問卷調查結果 (年)	地方政府 使用年數實績 問卷調查結果平均 (年)	目標/標準	平均 倍率
攔污柵	15	15～25	23.5	1.6	1.7
污水泵	15	15～50	30.9	2.1	
雨水泵	20	20～40	31.7	1.6	
鼓風機	20	20～35	29.6	1.5	
散氣盤	10	10～25	21.8	2.2	
污泥 脫水機	15	15～25	20.8	1.4	
污泥 濃縮機	15	15～23	20.6	1.4	
污泥 焚化爐	10	10～35	23.3	2.3	

資料來源：「効率的な改築事業計画訂定技術資料【下水道主要設備功能診断】」2005 年 8 月、(財)下水道新技術推進機構、P185 及 P187

附錄 5 管線健全率預測公式

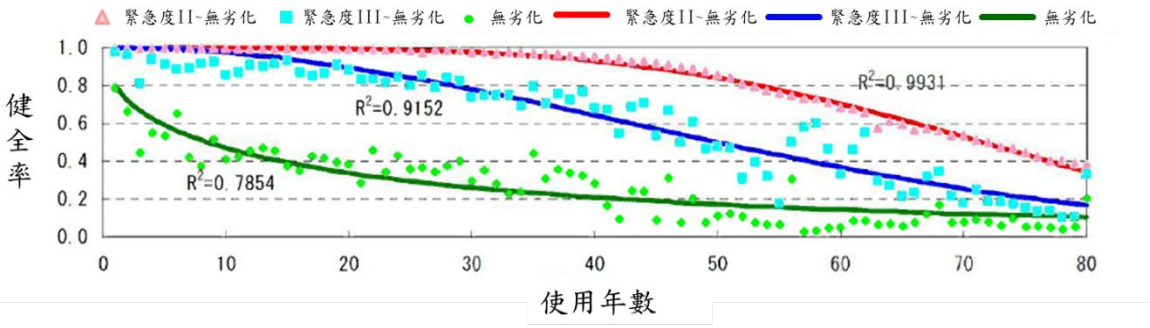
健全率預測公式範例(日本國土技術政策研究所 2010 年研究成果)

1. 韋伯分布近似式

(1) 所有管線類型

緊急度 II～無劣化	$X=\exp(-(T/78.68)^{3.861})$	($R^2=0.9931$)
緊急度 III～無劣化	$X=\exp(-(T/60.03)^{2.010})$	($R^2=0.9152$)
無劣化	$X=\exp(-(T/17.13)^{0.5246})$	($R^2=0.7854$)

健全率預測公式(公共)：所有管線類型-韋伯



圖一健全率預測公式(公共)：所有管線類型-韋伯

(2) 混凝土管

緊急度 II～無劣化	$X=\exp(-(T/79.29)^{3.910})$	($R^2=0.9876$)
緊急度 III～無劣化	$X=\exp(-(T/66.63)^{1.357})$	($R^2=0.8659$)
無劣化	$X=\exp(-(T/6.342)^{0.3165})$	($R^2=0.6762$)

(3) 陶管

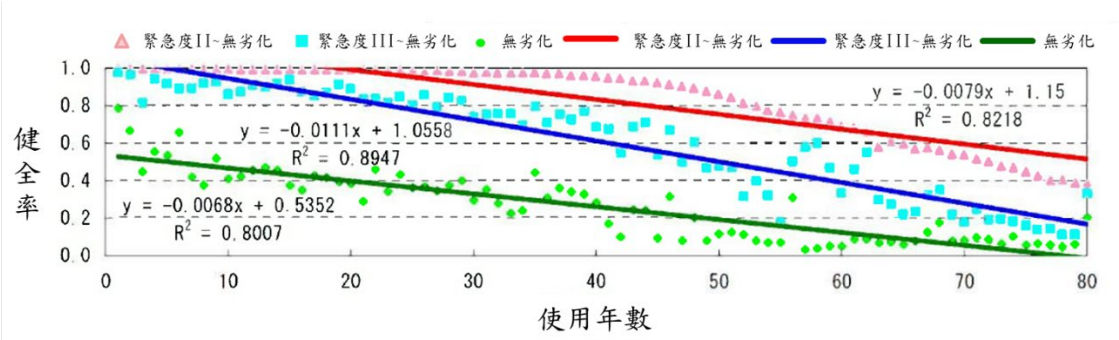
緊急度 II～無劣化	$X=\exp(-(T/74.58)^{3.543})$	($R^2=0.9954$)
緊急度 III～無劣化	$X=\exp(-(T/51.02)^{1.873})$	($R^2=0.9075$)
無劣化	$X=\exp(-(T/10.07)^{0.6126})$	($R^2=0.7219$)

2. 直線近似式(X：健全率、T：經過年數(年))

(1) 所有管線類型

緊急度 II～無劣化	X=-0.0079T+1.1500	(R^2=0.8218)
緊急度 III～無劣化	X=-0.0111T+1.0558	(R^2=0.8947)
無劣化	X=-0.0068T+0.5352	(R^2=0.8007)

健全率預測公式(公共)：所有管線類型：直線式



圖二健全率預測公式(公共)：所有管線類型：直線式

(2) 混凝土管

緊急度 II～無劣化	X=-0.0078T+1.1523	(R^2=0.8139)
緊急度 III～無劣化	X=-0.0090T+0.9696	(R^2=0.8858)
無劣化	X=-0.0034T+0.3274	(R^2=0.5825)

(3) 陶管

緊急度 II～無劣化	X=-0.0099T+1.2043	(R^2=0.8856)
緊急度 III～無劣化	X=-0.0130T+1.0633	(R^2=0.9063)
無劣化	X=-0.0047T+0.3318	(R^2=0.5645)

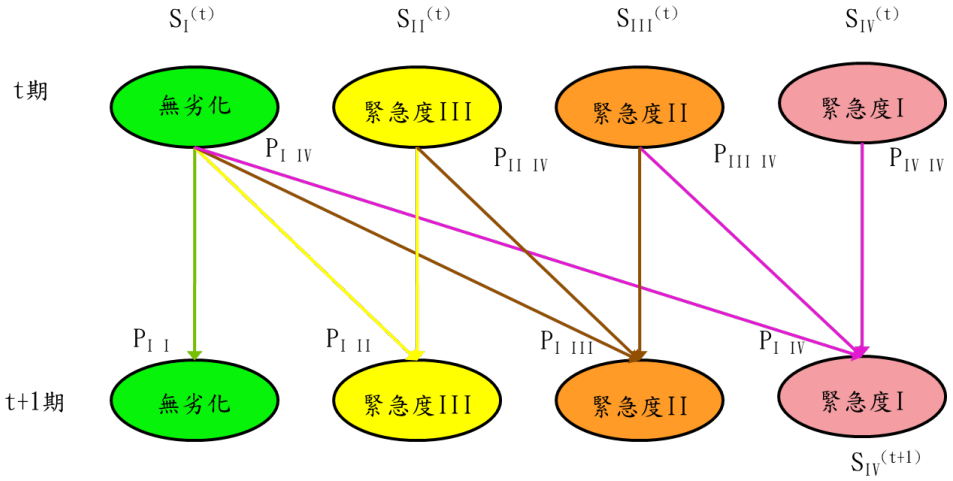
註:預測公式是日本統計12大城市的管線劣化診斷計畫書所計算得出(截至2009年度)，在計算緊急度時包括了下列10個診斷項目(腐蝕、鬆弛、破損、裂紋、接頭錯位、滲水、管線突出、油脂附著、樹根入侵、水泥砂漿附著)，對於延長管線壽命進行管線修繕及改建等這些因素都需要被考慮。

健全率預測公式範例(採用馬可夫鏈 Markov 推移機率模型)

健全率預測方法中採用最典型的方法即馬可夫鏈的推移機率。

(使用馬可夫推移機率模式用以預測健全率(劣化)是多少？)

馬可夫推移機率「下一個事件發生的機率，與其過去的狀態無關，而是以依現在的狀態決定」。例如，如果用馬可夫推移機率來描述管線設施劣化的狀態變化，則在 t 期間“無劣化”的管線設施可能轉變為 t+1 期間“無劣化”和“緊急度 III”，“緊急度 II”、“緊急度 I”推移的可能性，每個事件推移機率為 P_{II}、P_{III}、P_{IIII}和 P_{IIV}時，則 $P_{II}+P_{III}+P_{IIII}+P_{IIV}=1$。然而，依推估 t+1 時期管線設施的狀況時，則不考慮 t-1 期過去的狀態。



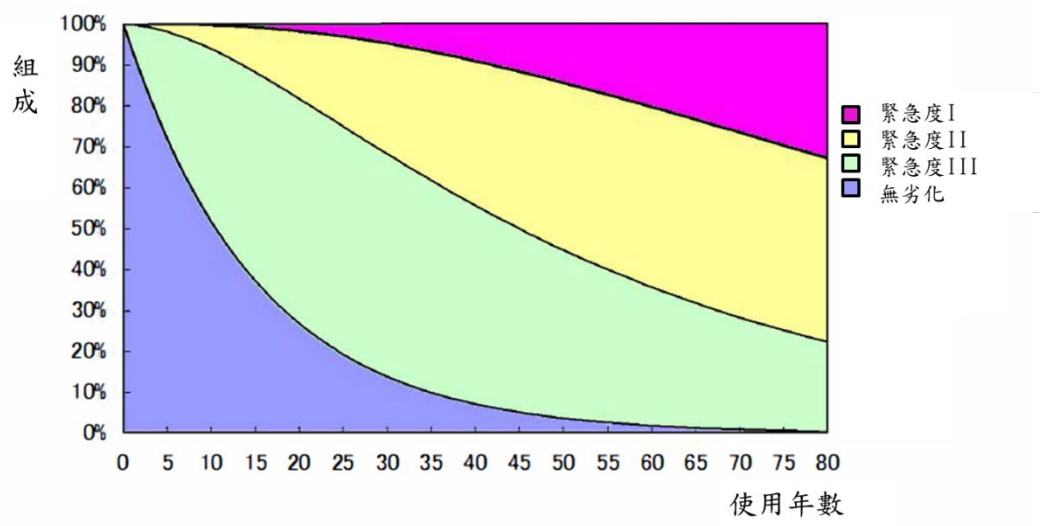
推移頻率的關係=$P_{I\ I} + P_{I\ II} + P_{I\ III} + P_{I\ IV} = 1$

t+1期 $S_I^{(t)} \cdot P_{I\ IV} + S_{II}^{(t)} \cdot P_{II\ IV} + S_{III}^{(t)} \cdot P_{III\ IV} + S_{IV}^{(t)} \cdot P_{IV\ IV} = S_{IV}^{(t+1)}$

圖三下水道管線設施劣化狀態的馬可夫鏈過程

表 1　馬可夫推移機率(所有管線類型)

項目	無劣化	緊急度 III	緊急度 II	緊急度 I
無劣化	0.9363	0.0629	0.0009	0.0000
緊急度 III	0	0.9760	0.0239	0.0002
緊急度 II	0	0	0.9861	0.0139
緊急度 I	0	0	0	1.0000



圖四下水道管線設施緊急程度分布圖

附錄 6 風險評估實施程序(管線設施)

1. 風險評估實施程序

對管線設施風險評估的實施程序如圖 1 所示。

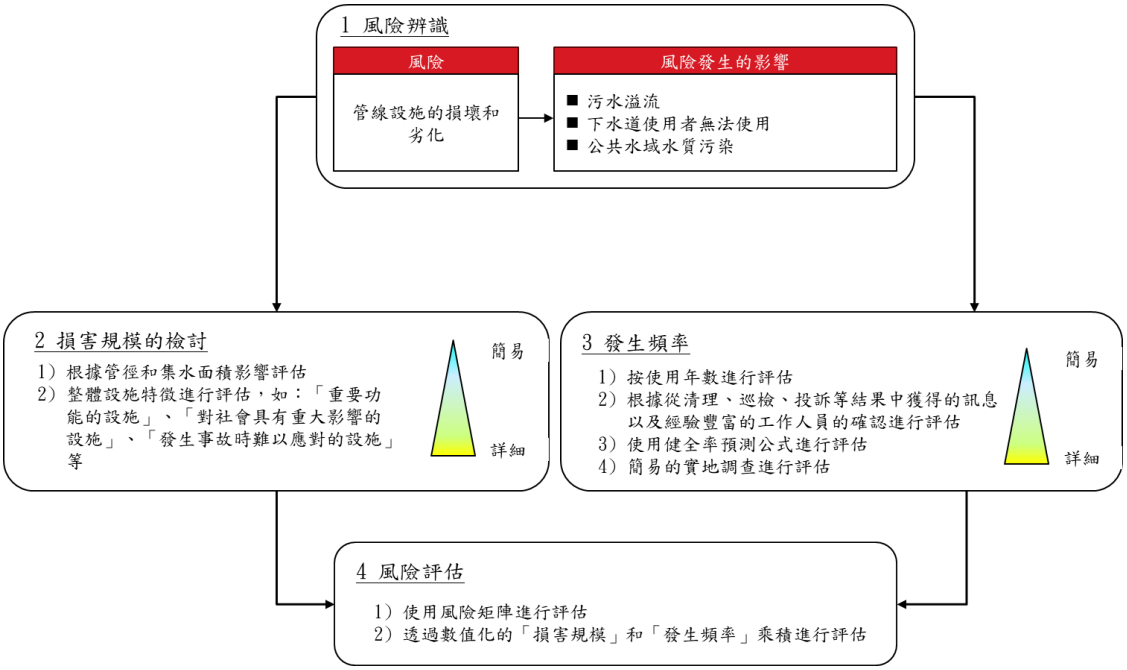


圖 1 管線設施進行風險評估的實施流程

如圖 1 所示，風險評估須考慮以下幾點：

(1) 「風險辨識」的考量，對下水道管線設施發生異常事件進行辨識和說明。本章所敘述的管線設施風險主要是管線設施劣化引起之事故及損害。

(2) 「損害規模」檢討時，評估風險的損害規模或影響度。採用下列方法進行評估。

1) 依不同管徑和集水面積之影響進行評估。

2) 整體設施特徵進行綜合評估，如：「重要功能的設施」、「對社會具有重大影響的設施」、「發生事故時難以修復的設施」等。

此外，還可以透過排序法或層級分析法(AHP)等標準方法對評估結果進行數值化。

(3) 「發生頻率」檢討時，要計算風險發生的頻率，採用下列方法進行評估。

1) 按使用年數進行評估。

2) 根據從清理、巡檢、投訴等結果中獲得訊息以及經驗豐富的工作人員確認進行評估。

3) 使用健全率預測公式進行評估。

4) 簡易的實地調查進行評估。

評估也可以進行數值化，例如採用排序法。

(4) 「風險評估」的考量，根據損害規模(影響度)和分析發生頻率(容易發生機率)的結果評估風險的高低，採用下列方法進行評估。

1) 風險矩陣評估。

2) 透過數值化的「損害規模」和「發生頻率」乘積進行評估。

如上述，可針對以下各項因素考慮幾種評估的方法：損害規模、發生頻率和風險評估。

根據目標設施的規模以及在檢查、調查、修繕、改建實績等累積數據，選擇簡易或詳細的風險評估。

表 1 風險評估方法範例

<table>
<tr><th>風險評估
簡易或詳細</th><th>損害規模</th><th>發生頻率</th><th>風險評估</th><th>應用實例</th></tr>
<tr><td>簡易</td><td>管徑大小</td><td>使用年數</td><td rowspan="2">風險矩陣</td><td rowspan="2">● 設施規模較小
● 檢查、調查、修繕、改建實績累積較少等</td></tr>
<tr><td>數值化方法</td><td>排序</td><td>排序</td></tr>
<tr><td>初級</td><td>功能重要的設施、具有重大社會影響的設施、發生事故時難以修復的設備、具有特殊性設施，如醫療設施</td><td>(國家研究所)
健全率預測公式</td><td rowspan="2">「損害規模」與「發生頻率」乘積</td><td rowspan="2">大約介於兩者之間</td></tr>
<tr><td>數值化方法</td><td>層級分析法</td><td>排序</td></tr>
<tr><td>詳細</td><td>功能重要的設施、具有重大社會影響的設施、發生事故時難以修復的設備、具有特殊性設施，如醫療設施</td><td>(地方政府)
健全率預測公式</td><td rowspan="2">「損害規模」與「發生頻率」乘積</td><td rowspan="2">● 設施規模較大
● 檢查、調查、修繕、改建實績累積較多等</td></tr>
<tr><td>數值化方法</td><td>層級分析法</td><td>排序</td></tr>
</table>

2. 風險評估範例

2.1 簡易風險評估

(1)損害規模(影響度)檢討

表 2 舉例說明依據管徑排序損害規模等級。

表 2 損害規模等級排序

管徑	排序
小於 250mm	1
250mm 以上～小於 700mm	2
700mm 以上～小於 1,650mm	3
1,650mm 以上～小於 3,000mm	4
3,000mm 以上	5

(2)發生頻率(容易發生機率)

表 3 舉例說明依據使用年數檢討異常發生的可能性頻率進行排序。

表 3 發生頻率排序

使用年數	排序
不到 20 年	1
30 年以內	2
40 年以內	3
50 年以內	4
超過 50 年	5

(3)風險評估

風險值是就損害規模和發生頻率的分析結果透過風險矩陣進行評估。

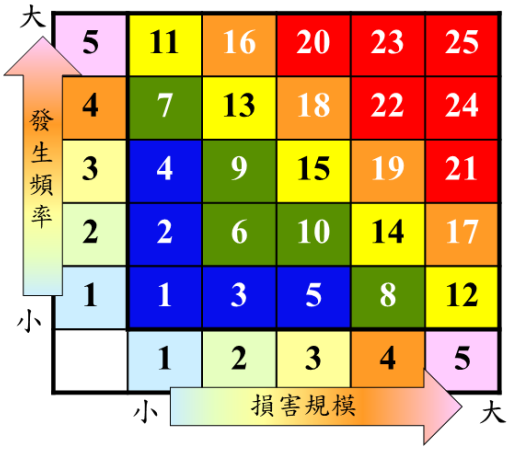


圖 2 風險矩陣示意

2.2 初級風險評估

(1)損害規模(影響度)檢討

在評估損害規模時，要考慮設施的整體特徵。如：「重要功能的設施」、「對社會具有重大影響的設施」、「發生事故時難以修復的設施」等。

損害規模評估採用層級分析法(AHP)進行數值化。

1) 層級分析法(Analytic Hierarchy Process，AHP)

AHP 是美國匹茲堡大學的 T.L.Saaty 博士等於 1971 年提出的決策方法。

這種方法既能利用數學模式做出理性決策，又能在多個評估準則不確定的情況下(替代方案)，對各層面間之比較是否具有連慣性(感覺)及邏輯性(直覺)，混合了「主觀判斷」與「系統方法」的決策方法。

具體而言，將主觀評估和定性評估以數值化進行呈現，如表 4 和表 5 所示。此方法是對評估目標進行各別要素的兩兩比較，計算彙整結果的幾何平均數對目標的重要性等級影響。

例如，在比較管徑影響和排水類別影響(即第一級時)，如果管徑影響與排水類別影響相比相當重要，則重要性等級為 5。

相反，如果管徑的影響與排除類別的影響相比不是很重要，則比率為 1/5。

表 4 重要性等級與定義

重要性等級	定義
1	同等重要
3	稍微重要
5	相當重要
7	非常重要
9	極為重要

※重要性等級 2、4、6、8 用於中間情況，如果不重要，則使用倒數。

表 5 按 AHP 進行的功能影響評估表

	商業區或工業區	防災重要道路	防災基地 疏散中心下游	幾何平均數	每個層次風險值
商業區或工業區		1/a	1/b	A	A/(A+B+C)
防災重要道路	a		1/c	B	B/(A+B+C)
防災基地疏散中心下游	b	c		C	C/(A+B+C)
規劃				A+B+C	1

圖 3 所示為假設管線發生異常時，發生結構破壞影響度的評估項目表。

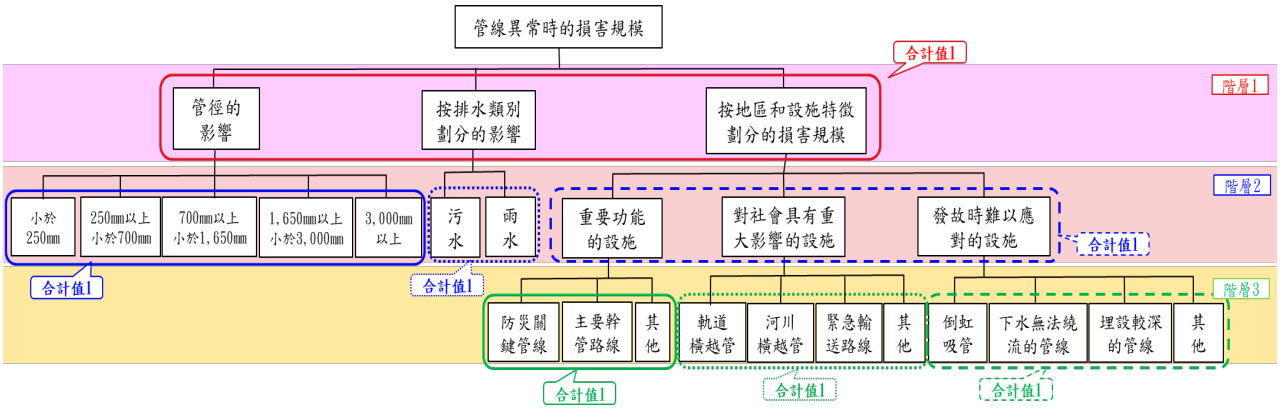


圖 3 管線發生異常時影響程度評估項目的階層圖

檢討方法：

①經由配對比較，評析評估項目對管線發生異常時影響程度的輕重。

②刪除答案不一致的樣本。

③使用幾何平均數計算組內成對比較的平均值。

④應用層法分析法(AHP)計算評估項目間的權重。

2) AHP 分析實例

表 6 舉例說明應用 AHP 分析評估項目之範例。

表 6 評估項目依 AHP 檢討範例

第1層		第2層		第3層		風險值
管徑的影響	0.303	小於250mm	0.067			0.020
		250mm以上小於700mm	0.133			0.040
		700mm以上小於1,650mm	0.200			0.061
		1,650mm以上小於3,000mm	0.267			0.081
		3,000mm以上	0.333			0.101
按排水類別劃分的影響	0.273	污水	0.863			0.236
		雨水	0.137			0.037
按地區和設施特徵劃分的影響程度	0.424	重要功能的設施	0.502	主要幹管路線	0.601	0.128
				防災關鍵路線	0.315	0.067
				其他	0.084	0.018
		對社會具有重大影響的設施	0.309	鐵路橫越管	0.358	0.047
				河川橫越管	0.205	0.027
				緊急輸送管路	0.383	0.050
				其他	0.054	0.007
		發生事故時難以修復的設施	0.189	倒虹吸管	0.397	0.032
				無法繞流的管線	0.312	0.025
				埋設較深的路線	0.234	0.019
				其他	0.057	0.005
合計值						1.000

表 6 的各管徑之風險值設定，如表 7 所示。

表 7 各管徑之風險值設定範例

風險值 註1		
管徑分類	係數 註2	
小於250mm	1	0.067
250mm以上~小於700mm	2	0.133
700mm以上~小於1,650mm	3	0.200
1,650mm以上~小於3,000mm	4	0.267
3,000mm以上	5	0.333
小計	15	1.000

註 1：依管徑大小影響乘以一個係數

註 2：與 AHP 無關的因素

(2) 發生頻率(容易發生機率)

使用日本國土技術政策研究所(NILIM)編制的管線健全率預測公式對發生頻率進行分析。

根據圖 4 所示的管線健全率預測公式(健全率曲線)，對比使用年數各緊急度等級的比例整理結果如表 8 所示。

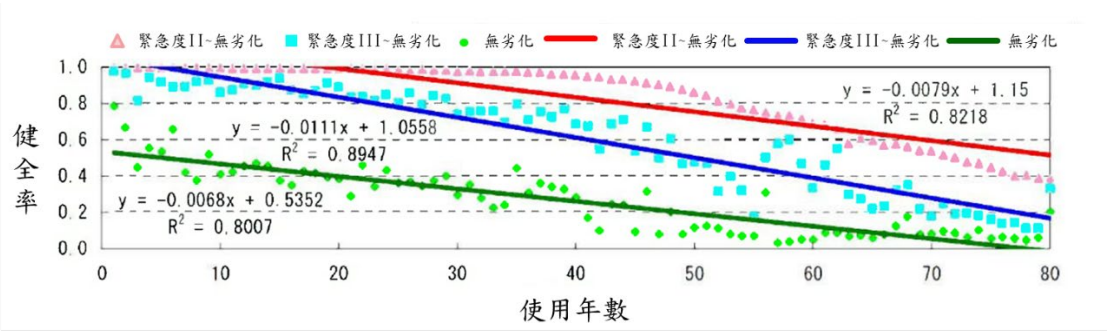


圖 4 日本國土技術政策研究所管線健全率預測公式

表 8 對比使用年數各緊急度等級比例

使用年數	無劣化 (%)	緊急度 III (%)	緊急度 II (%)	緊急度 I (%)
0	100.0	0.0	0.0	0.0
1	79.8	20.1	0.0	0.0
2	72.3	27.6	0.1	0.0
3	67.0	32.8	0.2	0.0
4	62.7	36.8	0.4	0.0
5	59.2	40.1	0.7	0.0
95	7.6	0.0	5.0	87.4
96	6.9	0.0	4.7	88.4
97	6.2	0.0	4.4	89.4
98	5.5	0.0	4.2	90.3
99	4.9	0.0	4.0	91.2
100	4.3	0.0	3.7	92.0

在表 8 中，未來五年內需要進行修繕或改建的工程是屬於緊急度 I 和緊急度 II 之工程。

根據需要修繕或改建的比例，以五年為間隔設定異常發生頻率風險值的範例如表 9 所示。

表 9 發生頻率風險值範例

使用年數(年)	緊急度 I+II	**發生頻率風險值**	使用年數(年)	緊急度 I+II	**發生頻率風險值**	使用年數(年)	緊急度 I+II	**發生頻率風險值**	使用年數(年)	緊急度 I+II	**發生頻率風險值**	使用年數(年)	緊急度 I+II	**發生頻率風險值**
1	0.000		21	0.114		41	0.372		61	0.644		81	0.839	
2	0.001		22	0.125		42	0.386		62	0.656		82	0.846	
3	0.002		23	0.135		43	0.400		63	0.668		83	0.853	
4	0.004		24	0.146		44	0.415		64	0.679		84	0.863	
5	0.007	**0.007**	25	0.158	**0.158**	45	0.429	**0.429**	65	0.691	**0.691**	85	0.866	**0.866**
6	0.010		26	0.170		46	0.443		66	0.702		86	0.873	
7	0.013		27	0.182		47	0.457		67	0.713		87	0.879	
8	0.017		28	0.194		48	0.472		68	0.723		88	0.884	
9	0.022		29	0.207		49	0.486		69	0.734		89	0.890	
10	0.027	**0.027**	30	0.220	**0.220**	50	0.500	**0.500**	70	0.744	**0.744**	90	0.895	**0.895**
11	0.032		31	0.233		51	0.514		71	0.754		91	0.900	
12	0.039		32	0.246		52	0.527		72	0.763		92	0.905	
13	0.045		33	0.259		53	0.541		73	0.773		93	0.910	
14	0.052		34	0.273		54	0.554		74	0.781		94	0.917	
15	0.060	**0.060**	35	0.287	**0.287**	55	0.568	**0.568**	75	0.791	**0.791**	95	0.924	**0.924**
16	0.068		36	0.301		56	0.581		76	0.799		96	0.931	
17	0.076		37	0.315		57	0.594		77	0.808		97	0.938	
18	0.085		38	0.329		58	0.607		78	0.816		98	0.945	
19	0.094		39	0.343		59	0.619		79	0.824		99	0.951	
20	0.104	**0.104**	40	0.357	**0.357**	60	0.632	**0.632**	80	0.832	**0.832**	100	0.957	**0.957**

(3) 風險評估

依據損害規模和發生頻率的分析結果來評估風險大小。風險值大小是損害規模透過數值化方式，將損害規模乘以發生頻率進行評估，如表 10 所示。

表 10 特定管段風險評估表

損害規模					發生頻率	風險評估
管徑分類	類別	地區和設施特徵			使用年數	**損害規模 X 發生頻率**
		功能面	社會影響	事故應對		
1,000mm	污水	重要路線	緊急輸送路線	埋設較深	45 年	
0.061	0.236	0.128	0.05	0.019		
合計				0.493	0.429	**0.212**

2.3 詳細風險評估

(1) 損害規模分析(影響度檢討)

與 2.2 節初級風險評估作法相同，區分為「重要功能的設施」、「對社會具有重大影響的設施」、「發生事故時難以修復的設施」等設施特徵，應用層級分析法(AHP)對評估項目進行分析。

表 11 評估項目依 AHP 檢討範例

第1層		第2層		第3層		風險值
管徑的影響	0.303	小於250mm	0.067			0.020
		250mm以上小於700mm	0.133			0.040
		700mm以上小於1,650mm	0.200			0.061
		1,650mm以上小於3,000mm	0.267			0.081
		3,000mm以上	0.333			0.101
按排水類別劃分的影響	0.273	污水	0.863			0.236
		雨水	0.137			0.037
按地區和設施特徵劃分的影響程度	0.424	重要功能的設施	0.502	主要幹管路線	0.601	0.128
				防災關鍵路線	0.315	0.067
				其他	0.084	0.018
		對社會具有重大影響的設施	0.309	鐵路橫越管	0.358	0.047
				河川橫越管	0.205	0.027
				緊急輸送管路	0.383	0.050
				其他	0.054	0.007
		發生事故時難以修復的設施	0.189	倒虹吸管	0.397	0.032
				無法繞流的管線	0.312	0.025
				埋設較深的路線	0.234	0.019
				其他	0.057	0.005
合計值						1.000

表 11 的各管徑之風險值設定，如表 12 所示。

表 12 各管徑之風險值設定範例

風險值 註1		
管徑分類	係數 註2	
小於250mm	1	0.067
250mm以上~小於700mm	2	0.133
700mm以上~小於1,650mm	3	0.200
1,650mm以上~小於3,000mm	4	0.267
3,000mm以上	5	0.333
小計	15	1.000

註 1：依管徑大小影響乘以一個係數

註 2：與 AHP 無關的因素

(2) 發生頻率

根據各地方政府累積的管線調查結果得出，根據圖 5 所示的管線健全率預測公式(健全率曲線)，計算出各緊急度與所使用年數的比例。

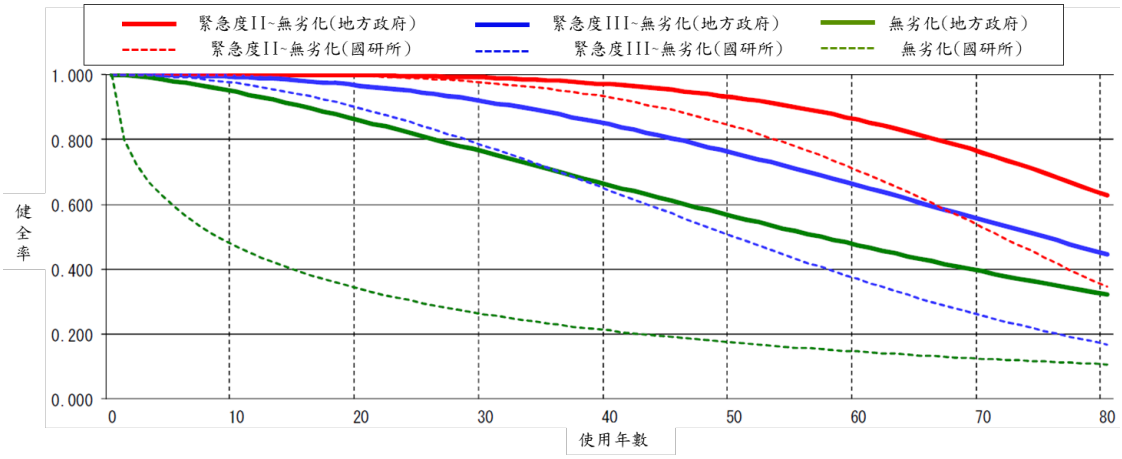


圖 5 地方政府的管線健全率預測公式(健全率曲線)

表 13　地方政府對比使用年數各緊急度等級比例

使用年數	無劣化 (%)	緊急度 III (%)	緊急度 II (%)	緊急度 I (%)
0	100.0	0.0	0.0	0.0
1	99.8	0.2	0.0	0.0
2	99.5	0.5	0.0	0.0
3	99.0	0.9	0.0	0.0
4	98.5	1.4	0.1	0.0
5	98.0	1.9	0.1	0.0
95	23.3	7.1	9.6	59.9
96	22.8	6.8	9.0	61.5
97	22.3	6.4	8.3	63.0
98	21.8	6.1	7.7	64.4
99	21.3	5.8	7.0	65.9
100	20.8	5.4	6.4	67.4

在表 13 中，未來五年內須進行修繕或改建的工程屬於緊急度 I 和緊急度 II 之工程。

根據需要修繕或改建的比例，以五年為間隔設定異常發生的頻率風險值的範例如表 14 所示。

表 14 地方政府發生頻率的風險值

使用年數(年)	緊急度 I+II	**發生頻率風險值**	使用年數(年)	緊急度 I+II	**發生頻率風險值**	使用年數(年)	緊急度 I+II	**發生頻率風險值**	使用年數(年)	緊急度 I+II	**發生頻率風險值**	使用年數(年)	緊急度 I+II	**發生頻率風險值**
1	0.000		21	0.038		41	0.162		61	0.353		81	0.563	
2	0.000		22	0.042		42	0.170		62	0.363		82	0.573	
3	0.000		23	0.046		43	0.178		63	0.374		83	0.583	
4	0.001		24	0.051		44	0.187		64	0..384		84	0.593	
5	0.001	**0.001**	25	0.056	**0.056**	45	0.196	**0.196**	65	0.395	**0.395**	85	0.603	**0.603**
6	0.002		26	0.061		46	0.205		66	0.406		86	0.613	
7	0.003		27	0.066		47	0.214		67	0.416		87	0.623	
8	0.004		28	0.071		48	0.223		68	0.427		88	0.632	
9	0.006		29	0.077		49	0.232		69	0.438		89	0.642	
10	0.007	**0.007**	30	0.083	**0.083**	50	0.242	**0.242**	70	0.448	**0.448**	90	0.651	**0.651**
11	0.009		31	0.089		51	0.251		71	0.459		91	0.660	
12	0.011		32	0.096		52	0.261		72	0.469		92	0.669	
13	0.013		33	0.102		53	0.271		73	0.480		93	0.678	
14	0.015		34	0.109		54	0.281		74	0.491		94	0.687	
15	0.018	**0.018**	35	0.116	**0.116**	55	0.291	**0.291**	75	0.501	**0.501**	95	0.696	**0.696**
16	0.021		36	0.123		56	0.301		76	0.512		96	0.704	
17	0.024		37	0.130		57	0.311		77	0.522		97	0.713	
18	0.027		38	0.138		58	0.321		78	0.532		98	0.721	
19	0.030		39	0.146		59	0.332		79	0.543		99	0.729	
20	0.034	**0.034**	40	0.154	**0.154**	60	0.342	**0.342**	80	0.553	**0.553**	100	0.737	**0.737**

(3) 風險評估

依據損害規模和發生頻率的分析結果評估風險大小。風險值的大小是損害規模透過數值化方式，將損害規模乘以發生頻率進行評估，如表 15 所示。

表 15 特定管段內風險評估表

損害規模					發生頻率	風險評估
管徑分類	類別	地區和設施特徵			使用年數	**損害規模 X 發生頻率**
		功能方面	社會影響	事故應對		
1,000mm	污水	重要路線	緊急輸送路線	埋設較深	45 年	
0.061	0.236	0.128	0.05	0.019		
合計				0.493	0.196	**0.097**

附錄 7 風險評估範例
（處理廠、抽水站設施）

1.0 風險評估實施程序

處理廠及抽水站設施風險評估的實施程序，如圖 1 所示。風險評估之檢討項目包括：①風險辨識、②損害規模(影響度)、③發生頻率(容易發生機率)、④風險評估。

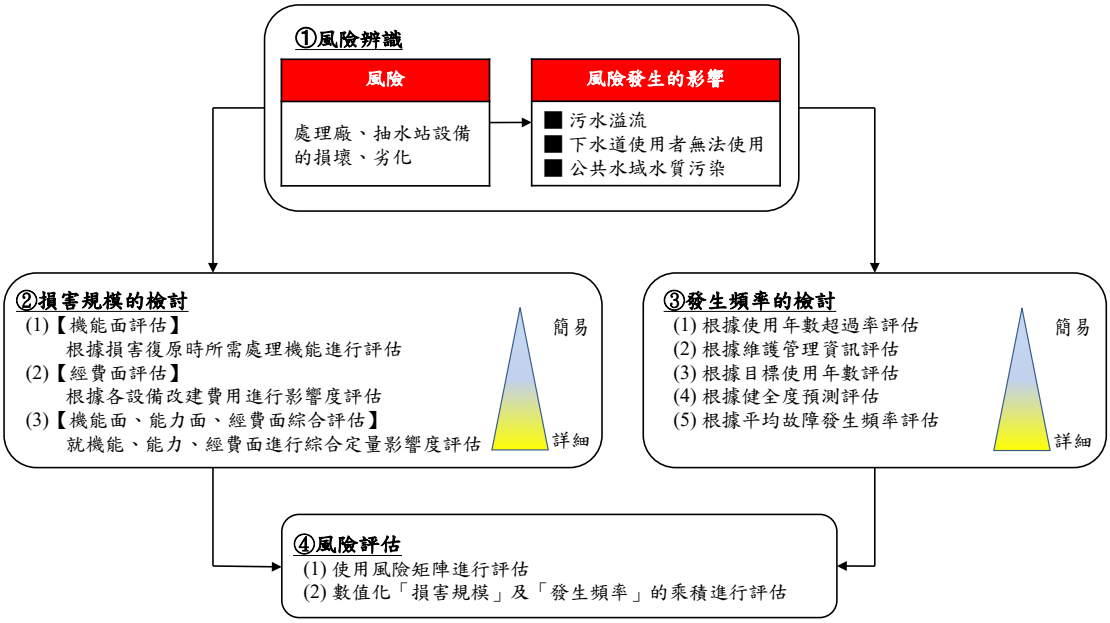


圖 1　處理廠及抽水站設施風險評估的實施流程

在「①風險辨識」時，確認並找出對下水道設施異常事件。本章所敘述處理廠及抽水站設施的風險，主要是設備劣化引起之事故、故障。

在「②損害規模(影響度)」檢討時，評估風險的損害規模或影響度。評估時，可以考量以下方法。

1. 【功能面評估】根據損害復原過程中各階段所需的處理功能來評估影響度的方法。
2. 【經費面評估】根據各設備改建費用來評估影響度的方法。
3. 【功能面、能力面、經費面綜合評估】就功能面、能力面、經費面等相互關係，做定量評估影響度的方法。

此外，評估方法也可以數值化，如排序演算法(Sorting algorithm)、層級分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)。

在「③發生頻率」檢討時，計算風險發生的頻率。評估時，可以考量以下方法。

1. 計算經過年數/標準使用年數，並以其倍率整理的方法。
2. 故障、巡視、修繕資訊的利用及有經驗者的確認，整理出容易發生故障設備的方法。
3. 參考過去改建實績等，設定期望之使用年數(目標使用年數)的方法。
4. 定期診斷、評估劣化的狀況，並根據趨勢進行預測的方法。
5. 根據過去的故障資訊，計算出平均故障間隔的方法，使用年數的評估。

此外，評估方法也可以數值化，可以考量排序法。

在「④風險評估」中，根據「②損害規模(影響度)」、「③發生頻率」所得的結果來評估風險的大小。評估時，可以考量以下方法。

1. 使用風險矩陣進行評估。
2. 數值化「損害規模」及「發生頻率」的乘積進行評估。

如上所述，對於「②損害規模(影響度)」、「③發生頻率」、「④風險評估」的各個檢討事項，可以考量幾種評估方法模式。

根據目標設施的規模大小、檢查、調查及修繕、改建實績等累積數據，可以選擇簡易評估或詳細評估。

這裡，風險評估方法分為 3 種模式，其評估範例，如表 1 所示。

表 1 風險評估方法範例

風險評估 簡易 or 詳細	損害規模 (影響度)	發生頻率	風險評估	應用實例
簡易	功能面評估	使用年數超過率 (=經過年數/ 標準使用年數)	風險矩陣	・設施規模較小 ・檢查、調查及修繕、改建實績的累積較少等
數值化方法	排序	排序		
初級	功能面、能力面、經費綜合評估	維護管理員確認	風險矩陣	・上下兩者的中間程度
數值化方法	—	排序		
詳細	功能面、能力面、經費綜合評估	健全度預測	「損害規模」與「發生頻率」乘積	・設施規模較大 ・檢查、調查及修繕、改建實績的累積較多等
數值化方法	—	排序		

2.0 風險評估範例

2.1 簡易風險評估

1. 損害規模(影響度)之檢討

損害規模根據功能面進行檢討，按功能面等級的排序範例，如表 2 所示。

表 2 損害規模等級排序範例

損害規模等級	功能
4	抽水功能、消毒功能
3	沉澱功能(初沉池)、污泥貯存功能
2	污泥脫水功能
1	其他水處理、污泥處理功能

資料來源：下水道施設の耐震対策指針と解説-2014 年版-P14～P18 參考。

2. 發生頻率之檢討

發生頻率根據使用年數超過率進行檢討，按使用年數超過率等級的排序範例，如表 3 所示。

表 3 發生頻率等級排序範例

使用年數÷標準使用年數	等級排序
1.0 以下	1
1.0～1.3	2
1.3～1.6	3
1.6～2.0	4
2.0 以上	5

3. 風險評估

根據損害規模及發生頻率的檢討結果，評估風險的大小。使用風險矩陣進行評估風險的大小的範例，如圖 2 所示。

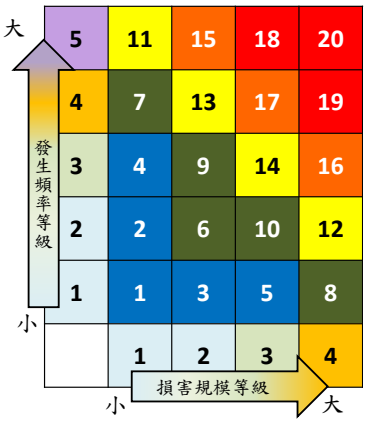


圖 2　風險矩陣進行風險評估範例

2.2 初級風險評估

1. 損害規模(影響度)之檢討

損害規模應綜合考量設施功能面、能力面、經費面的特性進行評估。各設備因故障或劣化，而導致功能降低或停止等影響，如表 4 所示，對自然環境、生活/作業環境等，以及下水道使用者也會有潛在的影響。

表 4 受影響事項的影響度評估項目及考量

受影響事項		影響度評估項目及考量
項目	內容	
公共水域影響	水質污染	[功能面]：設備各功能評估。 左側所示設備發生異常時所引起的事項影響。
生活環境影響	空氣污染 污水溢流	
生活環境及設施內作業環境影響	噪音、惡臭發生	
使用者影響	下水道設施使用受限、停止	[能力面]：設備各系列能力評估。 全體處理能力相對單一系列的處理能力所佔比例。
	生命週期成本增加導致下水道使用費調升	[經費面]：取得價格較高的設備。

(1) 功能面的影響度評估

功能面的評估採用層級分析法(AHP)進行，這是美國匹茲堡大學的 T.L.Saaty 博士等於 1971 年提出的決策方法。

該方法使用數學模式，在特定問題可能有多種解決方案(替代方案)時做出理性決策，同時結合「直覺」及「感覺」等人類主觀性，這是一種混合了「主觀判斷」及「系統方法」的決策方法。

具體來說，將主觀、定性評估替換為數值，如表 5 所示。此方法透過 1 對 1 的配對比較，並將成對比較聚集成矩陣，從而對評估目標進行評估，並對結果進行幾何平均，計算出評估目標的影響度，如表 6 所示。

例如，當比較「沉砂池設備」與「初沉池設備」時，如果「沉砂池設備」與「初沉池設備」相比為相當重要，則評估為 5。

反之，如果「沉砂池設備」與「初沉池設備」相比為不是很重要，則評估為 1/5。

表 5 重要性等級與定義

重要性等級	定義
1	同等重要
3	稍微重要
5	相當重要
7	非常重要
9	極為重要

※重要性等級 2、4、6、8 用於中間情況，不重要時使用倒數。

表 6AHP 功能面影響度評估表

	沉砂池設備	進水泵設備	初沉池設備	幾何平均	加權
沉砂池設備		1/a	1/b	A	A/(A+B+C)
進水泵設備	a		1/c	B	B/(A+B+C)
初沉池設備	b	c		C	C/(A+B+C)
計				A+B+C	1

【檢討方法】

① 對於處理廠及抽水站設備，透過成對比較來評估每組分類功能發生異常時對功能的影響。

② 刪除答案不一致的樣本。

③ 使用幾何平均值計算組內成對比較的平均值。

④ 使用層級分析法(AHP)計算評估項目的加權。

AHP 功能面設定及 AHP 檢討事項範例，如表 7 所示。

表 7 功能面群設定及 AHP 檢討事項範例。

項目		平均值	功能面採用值	順序
計算方法		①	②	③
		AHP 結果	【①】/【①】之最大值	① 之順序
功能面群	沉砂池設備	0.121	**0.48**	3
	進水泵設備	0.246	**1.00**	1
	初沉池設備	0.099	**0.40**	4
	反應槽設備	0.120	**0.49**	2
	終沉池設備	0.093	**0.38**	5
	消毒設備	0.076	**0.31**	8
	用水設備	0.045	**0.18**	9
	除臭設備	0.030	**0.12**	10
	污泥濃縮/脫水設備	0.092	**0.37**	6
	污泥焚化設備	0.078	**0.32**	7
合計		1	—	—

(2) 能力面的影響度評估

在評估能力面的影響度時，根據各設備/各系列的處理能力佔整體處理能力的比例進行評估。

【實施範例】

假設水處理流程如圖 3 所示，各設備的各系列具有相同的處理能力，則各設備的能力面的影響程度如下。

・沉砂池設備影響度：1/1

・進水泵設備影響度：1/3

- 初沉池設備影響度：1/2
- 反應槽設備影響度：1/4
- 終沉池設備影響度：1/4

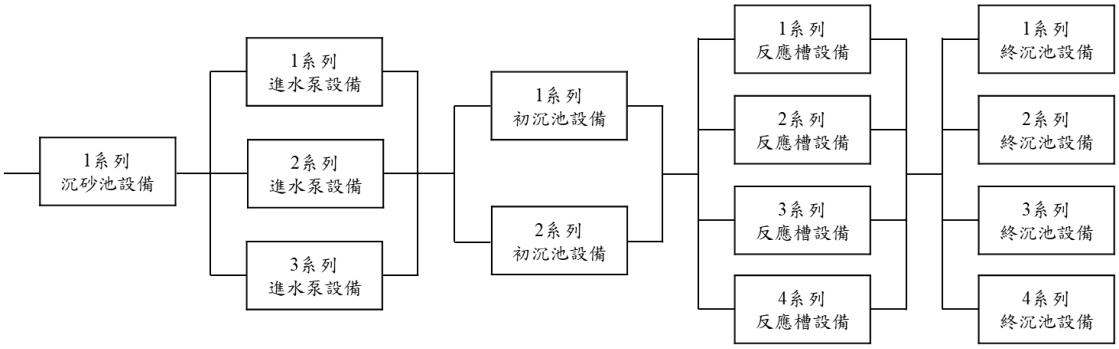


圖 3　水處理流程圖範例

(3) 經費面的影響度評估

經費面的影響度評估是根據各設備的改建費用佔整體計畫費用的比例進行評估，經費面的影響評估範例，如表 8 所示。

表 8 各設備經費面評估表範例。

項目	大分類	中分類	小分類	機器名稱	改建費用	經費面評估
1	沉砂池設備	撈污設備	自動撈污機	No1 自動撈污機	○	○／□
2	抽水站設備	污水泵設備	抽水泵本体	No1 污水泵	△	△／□
3	水處理設備	初沉池設備	污泥刮除機	No1 污泥刮除機	□	□／□
4	水處理設備	反應槽設備	散氣盤裝置	No1 散氣盤裝置	☆	☆／□
5	水處理設備	終沉池設備	污泥刮除機	No1 終沉污泥刮除機	○	○／□
6	污泥處理設備	污泥濃縮設備	污泥刮除機	No1 污泥濃縮刮除機	△	△／□
7	污泥處理設備	污泥脫水設備	污泥脫水機	No1 污泥脫水機	□	□／□
	…	…	…	…	…	…
				最大值	□	

(4) 影響度的計算範例

對功能面、能力面、經費面進行定量評估，使用「式 1」計算影響度，並分五個等級進行評估。

- 功能面：採用 AHP 對目標設備群(中分類)的處理功能進行加權。
- 能力面：對目標設備群該系列相對於整個處理廠的能力進行評估及加權。
- 經費面：根據目標設備群的改建費用進行加權。

【影響度 = a ×「功能面」+ b ×「能力面」+ c ×「經費面」】....式 1

（a、b、c 透過 AHP 對功能面、能力面、經費面進行加權）

項目	0.42 功能面	0.38 能力面	0.2 經費面	影響度	順序	影響度等級
沉沙池設備	0.48	0.33	0.20	0.367	8	2
進水泵設備	1.00	0.33	0.26	0.597	1	5
初沉池設備	0.40	0.20	0.45	0.334	10	1
反應槽設備	0.49	0.20	0.52	0.386	5	3
終沉池設備	0.38	0.33	0.45	0.375	6	3
消毒設備	0.31	0.50	0.20	0.360	9	1
用水設備	0.18	1.00	0.16	0.488	3	4
除臭設備	0.12	1.00	0.20	0.470	4	4
污泥濃縮/脫水設備	0.37	0.25	0.60	0.370	7	2
污泥焚化設備	0.32	0.50	1.00	0.524	2	5

2. 發生頻率之檢討

設備劣化狀況將透過檢查資訊及與維護管理員詢問來確認，並分三個等級進行定性評估。根據維護管理資訊評估發生頻率的範例，如表 9 所示。

表 9 根據維護管理資訊評估發生頻率範例

發生頻率	根據維護管理資訊進行評估
大(等級 5)	確認設備劣化或異常，需要立即採取措施的情況
中(等級 3)	確認設備有部分劣化或異常，需要採取計畫性措施的狀況
小(等級 1)	設備幾乎沒有觀察到劣化或異常的狀況

3. 風險評估

根據損害規模及發生頻率的檢討結果，評估風險的大小。使用風險矩陣進行評估風險的大小的範例，如圖 4 所示。

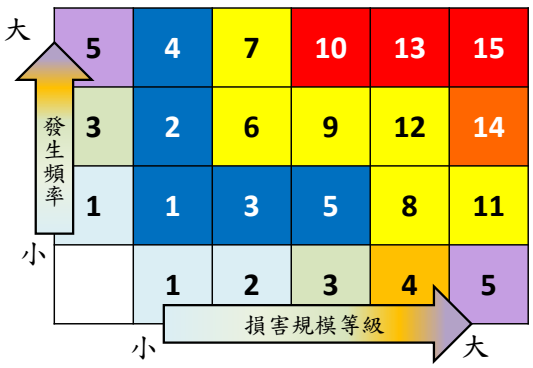


圖 4　風險矩陣進行風險評估範例

2.3 詳細風險評估

1. 損害規模(影響度)之檢討

損害規模是從「2.2 初級風險評估」所示的功能面、能力面、經費面綜合考量進行評估。

2. 發生頻率之檢討

發生頻率是透過定期診斷評估劣化程度，並根據趨勢做出預測的方法。劣化程度(健全度)的預測是基於經過時間與健全度之間的關係式，如圖 5 所示，是一種根據調查目標的設置年及調查結果，來預測功能劣化或停止的期間的方法。透過健全性評估可得知風險發生的可能性，如圖 5 所示，並根據往年的健全度評估結果計算現時點的健全度。另外，在圖 5 情況風險發生的可能性為 3.3(＝5-1.7)。

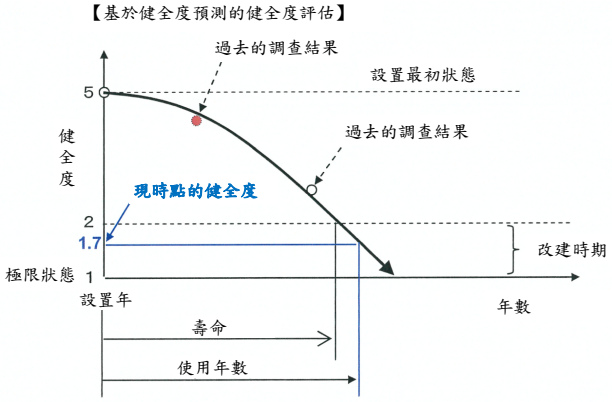


圖 5　健全度預測公式設定發生頻率範例

3. 風險評估

根據損害規模及發生頻率的檢討結果，評估風險的大小。風險的大小是透過數值化的「損害規模」與「發生頻率」乘積來評估，風險評估的計算範例，如表 10 所示。

表 10 損害規模與發生頻率的乘積進行風險評估範例

項目	影響度【A】	使用年數	發生頻率【B】	風險評估【A】×【B】
進流閘門	0.367	8 年	2.0	0.7
No1 自動撈污機	0.597	10 年	2.2	1.3
No2 自動撈污機	0.334	5 年	1.5	0.5
篩渣輸送機	0.386	15 年	2.4	0.9
篩渣脫水機	0.375	23 年	3.0	1.1
沉砂刮揚機	0.360	10 年	2.2	0.8
沉砂輸送機	0.488	8 年	2.0	1.0
沉砂渣料斗	0.470	20 年	2.8	1.3
除臭風扇	0.370	2 年	1.0	0.4
活性碳吸附塔	0.524	5 年	1.5	0.8

附錄 8 管線調查篩選技術

展開式廣角攝影機調查及衝擊彈性波檢查法的管線管理系統

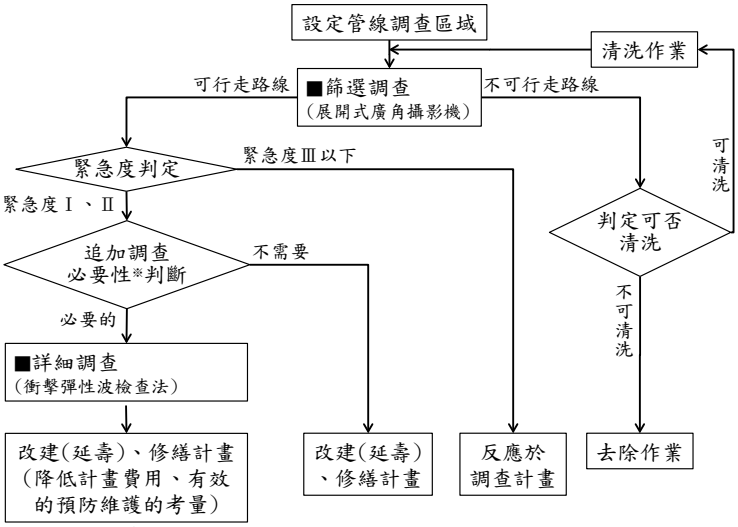
技術概要

地方政府擁有廣大的下水道管線，在有限的預算下，很難維持固定頻率(每10年)進行詳細調查。因此，透過**簡易的調查發現重大異常**，**篩選縮小範圍進行詳細調查**是有效的。

本技術包括使用展開式廣角攝影機**不間斷地拍攝管線內部影像**的篩選調查技術，以及使用**衝擊彈性波檢查法來確認承載力**的調查技術，並在篩選調查後根據需要追加實施調查，從而**提升日進量並降低調查成本**。

展開式廣角攝影機(篩選調查)

衝擊彈性波檢查法(詳細調查(追加調查技術))



使用本技術的管線管理作業流程(範例)

導入效果(試算例)

<試算條件(模型場)>

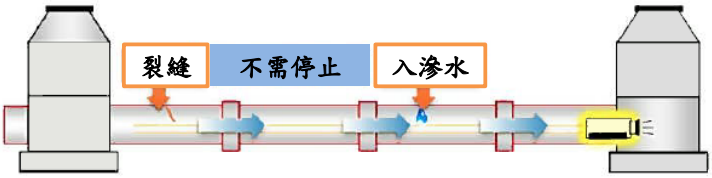
- 1950年以前＼混凝土管＼沉積厚度小

※使用日本國土交通省國土技術政策綜合研究所的管線劣化資料庫(發佈在網頁)所設定條件

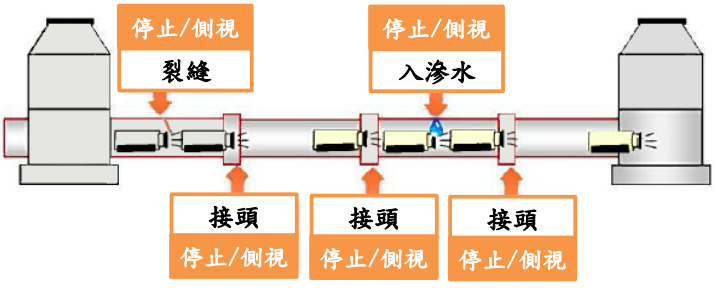
<對比技術示意圖>

- 僅使用展開式廣角攝影機實施篩選調查

(由於可以判定緊急度，因此，省略詳細調查)



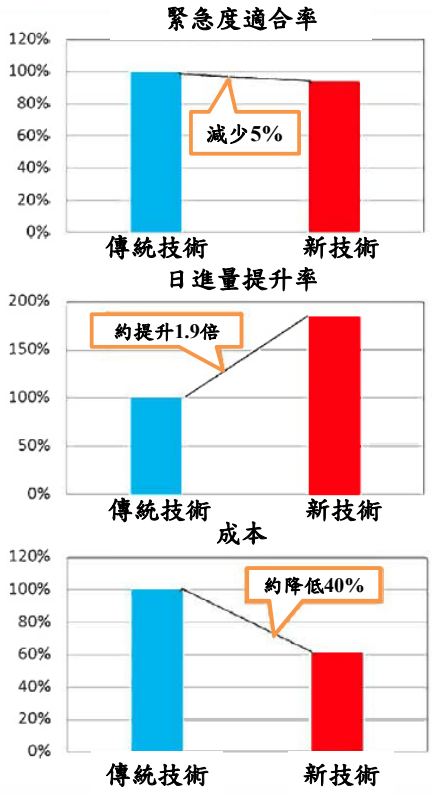
本技術



傳統技術

試算結果

※混凝土管導入效果最大的情況



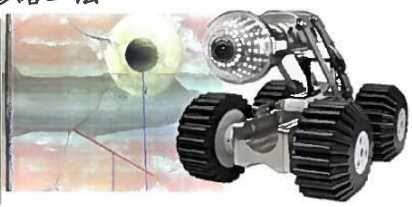
管口攝影機檢點、展開式廣角攝影機調查及分析技術的管線管理系統

技術概要

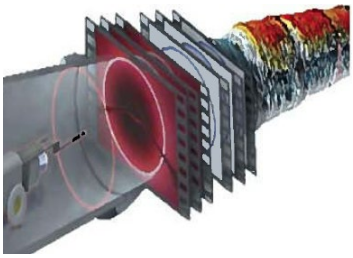
地方政府擁有廣大的下水道管線，在有限的預算下，很難維持固定頻率(每10年)進行詳細調查。因此，透過**簡易的調查發現重大異常**，**篩選縮小範圍進行詳細調查**是有效的。

本技術使用伸縮控制桿的前端安裝攝影機及探測燈發現(篩選)重大異常後，再使用展開式廣角攝影機對異常位置進行詳細調查及診斷，這可以**提升日進量並降低調查成本**。此外，若有必要則可追加使用坡度測量來準確量測管線坡度及**管線形狀以確認其承載力**，從而提高調查精度並選擇有效的管線改建、修繕工法。

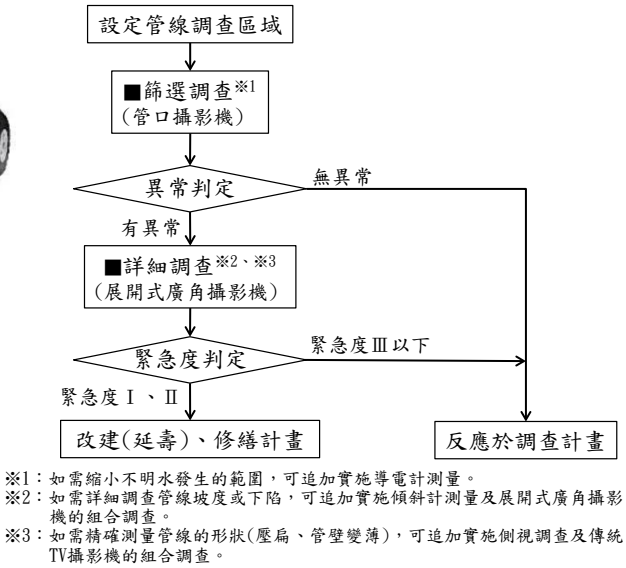
管口攝影機(篩選調查)



展開式廣角攝影機(詳細調查)



管線形狀分析(追加調查)



※1：如需縮小不明水發生的範圍，可追加實施導電計測量。
※2：如需詳細調查管線坡度或下陷，可追加實施傾斜計測量及展開式廣角攝影機的組合調查。
※3：如需精確測量管線的形狀(壓扁、管壁變薄)，可追加實施側視調查及傳統TV攝影機的組合調查。

使用本技術的管線管理作業流程(範例)

導入效果(試算例)

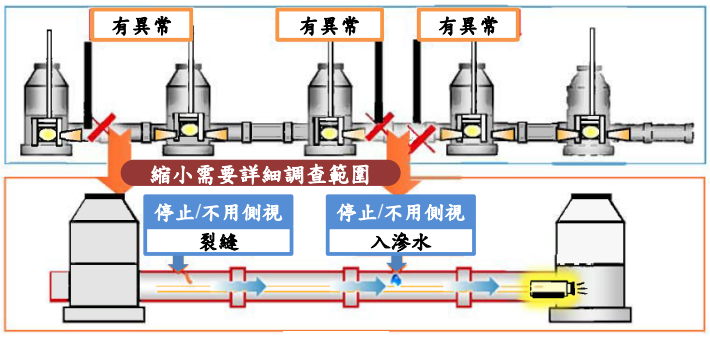
<試算條件(模型場)>

- 1975~1992年\混凝土管\沉積厚度小

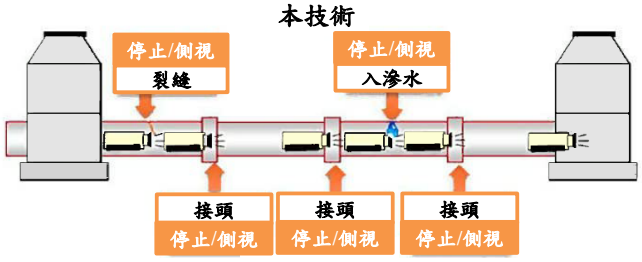
※使用日本國土交通省國土技術政策綜合研究所的管線劣化資料庫(發佈在網頁)所設定條件

<對比技術示意圖>

- 管口攝影機及展開式廣角攝影機的組合



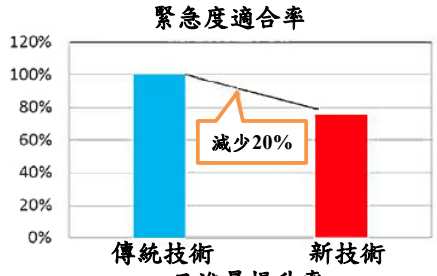
本技術

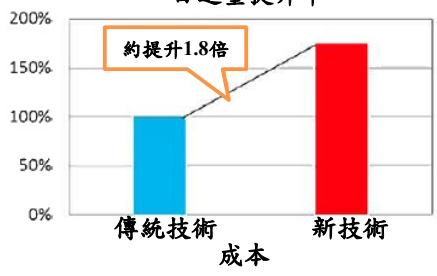


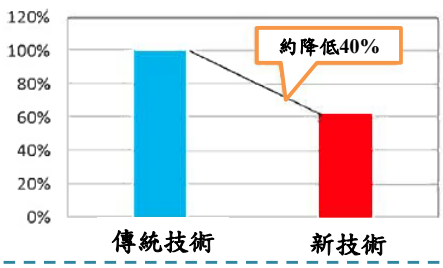
傳統技術

試算結果

※混凝土管導入效果最大的情況





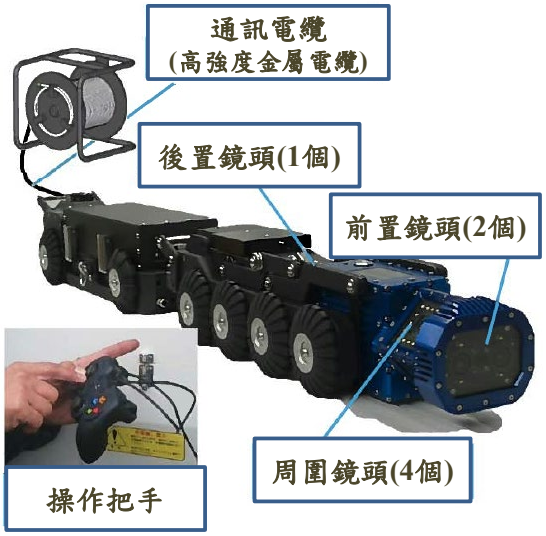


高度影像辨識技術的管線管理系統

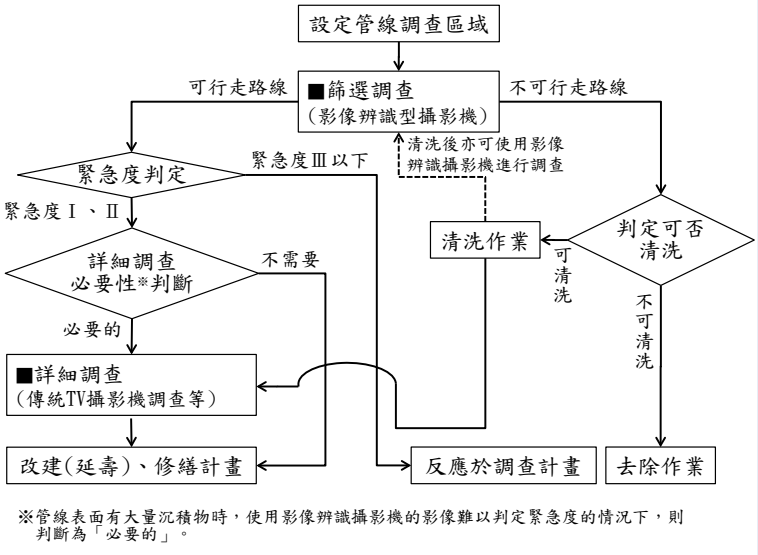
技術概要

地方政府擁有廣大的下水道管線，在有限的預算下，很難維持固定頻率(每10年)進行詳細調查。因此，透過簡易的調查發現重大異常，篩選縮小範圍進行詳細調查是有效的。

本技術使用自動偵測異常位置的影像辨識技術，這可以節省異常診斷的人力，另由於內建電池而減輕電纜重量，從而提升日進量並降低調查成本。



影像辨識型攝影機(篩選調查)



使用本技術的管線管理作業流程(範例)

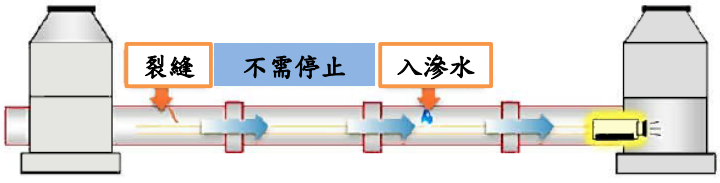
導入效果(試算例)

<試算條件(模型場)>

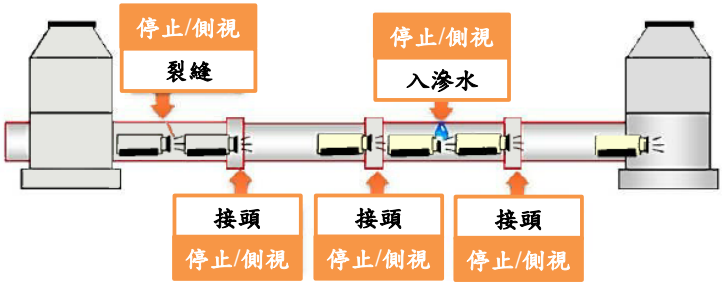
- 1950年以前＼混凝土管＼沉積厚度小
  - ※使用日本國土交通省國土技術政策綜合研究所的管線劣化資料庫(發佈在網頁)所設定條件
  - ※實証在混凝土管

<對比技術示意圖>

- 僅使用影像辨識型攝錄機實施篩選調查
  (由於可以判定緊急度，因此，省略詳細調查)



本技術

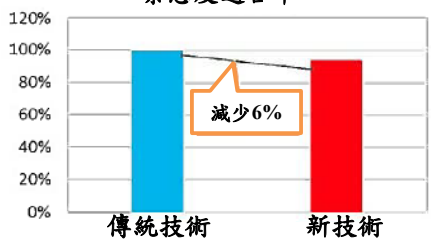


傳統技術

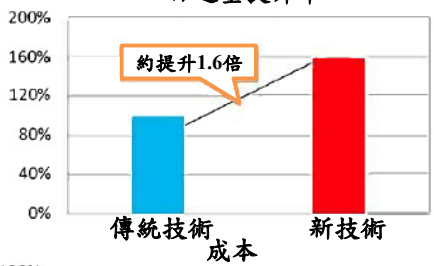
試算結果

※混凝土管導入效果最大的情況

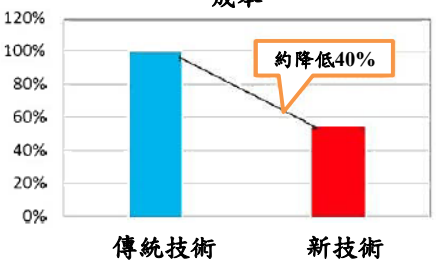
緊急度適合率



日進量提升率



成本



附錄 9 主要設備相關主要零件之判定項目案例

案例 1：撈污設備(帶式輸送機)

大分類	中分類	小分類	標準使用年數(年)	攤提折舊年數(年)	使用年數(年)	主要部分	判定項目	判定內容 (發生下列情況時，會導致功能下降)
污水處理設備	初級沉澱池設備	污泥刮泥機	15	7	7	頭輪、尾輪、 壓緊輪(snub pulley)	磨耗腐蝕、 軸承異音	.本體顯著磨耗腐蝕 .軸承異常噪音、振動、發熱 .襯裡顯著磨損、剝離
					7	拖運輪(carrier rollers)、 迴送輪(return rollers)	腐蝕、異音	.旋轉不正確 .有異音、損傷 .顯著腐蝕
					7	輸送帶	軸心露出、 皮帶橡膠剝離	.軸心露出、斷裂、貫通性損傷 .掛(吊)耳損傷、橫向斷裂、橡膠剝離破裂
					15	機架	腐蝕狀況、 損傷狀況	.因腐蝕、損壞等影響強度問題
					7	拉緊器 (take-updevice)	腐蝕	.顯著腐蝕、功能喪失
					15	外罩	腐蝕、損傷	.嚴重損傷，無法防止臭氣洩漏

※使用年數因使用情況、環境而異。

案例 2：雨水泵設備(豎軸斜流泵)

大分類	中分類	小分類	標準使用年數	攤提折舊年數	使用年數(年)	主要部分	判定項目	判定內容 (發生下列情況時，會導致功能下降)
泵設備	雨水泵設備	泵本體	20	7	20	泵本體外殼 casing	腐蝕、磨耗狀況	.因腐蝕、磨損，致泵送能力下降 .因腐蝕、磨損，致異常振動或強度不足
					15	葉輪	振動、性能劣化	.因腐蝕、磨損，致泵送能力下降 .因腐蝕、磨損，致異常振動或強度不足
					15	泵軸	腐蝕、磨耗狀況	.明顯腐蝕、磨損 .泵軸異常噪音、振動、發熱
					10	軸套 shaft sleeve	腐蝕、磨耗狀況	.腐蝕、磨損
					10	水下軸承 (橡膠製)	通水狀況	.可能發生燒毀
					10	止推軸承 thrust bearing	振動狀況	.軸承與軸間之間隙增大，振動值增加

※使用年數因使用情況、環境而異。

案例3：初級沉澱池設備(污泥刮泥機)

大分類	中分類	小分類	標準使用年數(年)	攤提折舊年數(年)	使用年數(年)	主要部分	判定項目	判定內容 (發生下列情況時，會導致功能下降)
污水處理設備	初級沉澱池設備	污泥刮泥機	15	7	10	主體鏈條	伸長率和磨損狀況	.鏈條伸長、鬆動，致與鏈輪咬合不良或鏈條拖曳(一般伸長2%以上等) .因磨損而阻礙動力順利傳遞(一般情況下，例如鍊板磨損程度為新板1/3以上)，或鍊板出現刮痕或變形 .鏈條變硬、銷軸旋轉導致的變形等情況
						主體鏈輪	磨損狀況	.不規則磨損會導致鏈條分離惡化、振動和咬合問題(一般例如最大磨損點達到8至10㎜時)
					15	軸、軸承	腐蝕狀況	.軸因腐蝕或生鏽而變薄，即使重新塗裝也無法恢復，或因變形等而偏心 .即使軸承得到適當潤滑，軸承仍出現異常噪音、發熱或異常振動時，或根據潤滑劑分析確定除了更換之外沒有其他解決方案時
					15	刮板	運轉狀態、損壞狀況	.刮板有明顯裂痕或鏈條受損，導致功能下降
					10	驅動鏈條	伸長率和磨損狀況	.鏈條伸長、鬆弛，導致與鏈輪咬合不良或鏈條拖曳(一般例如伸長1.5%以上) .因磨損而阻礙動力順暢傳遞，或鍊板或滾輪刮傷或變形 .鏈條變硬、銷軸旋轉導致的變形等情況
						驅動鏈輪	磨損狀況	.鏈輪尖端均勻磨損，變得圓滑或鋒利 .由於接觸區域或滾子的磨損，鏈條易分離
					10	電動馬達、減速機	運轉狀態(異常噪音、異常發	.有異常聲音、發熱、振動、噪音等，無法修正調整

※使用壽命僅供參考，因使用條件和環境而異。

案例4：反應槽設備(散氣裝置)

大分類	中分類	小分類	標準使用年數(年)	攤提折舊年數(年)	使用年數(年)	主要部分	判定項目	判定內容 (發生下列情況時，會導致功能下降)
污水處理設備	反應槽設備	散氣裝置	10	7	10	散氣垂管	腐蝕、損壞狀況	.因腐蝕、破損而產生孔洞、異常曝氣(起泡)等
					10	散氣歧管	腐蝕、損壞狀況	.因腐蝕、破損而產生孔洞、異常曝氣(起泡)等
					7	散氣板	堵塞、損壞狀態	.正常運作時，吐出壓力接近鼓風機額定吐出壓力 .曝氣不均勻，曝氣(起泡)異常 .阻塞、無起泡現象
					10	散氣板支架	腐蝕、損壞狀況	.因腐蝕、破損而產生孔洞、異常起泡等
					10	支架	腐蝕、損壞狀況	.由於嚴重的腐蝕、生鏽和損壞，結構強度下降

※使用壽命僅供參考，因使用條件和環境而異。

案例5：污泥濃縮設備(離心式濃縮機)

大分類	中分類	小分類	標準使用年數(年)	攤提折舊年數(年)	使用年數(年)	主要部分	判定項目	判定內容 (發生下列情況時，會導致功能下降)
污泥處理設備	污泥濃縮設備	離心式濃縮機	15	7	7	軀幹外殼	腐蝕、磨損狀況	.有異常磨損時 .有裂痕或裂痕時
					7	內殼螺旋體	腐蝕、磨損狀況	.有異常磨損時 .有裂紋或裂縫時
					7	差速裝置	腐蝕、磨損狀況	.嚴重磨損和腐蝕 .軸承噪音、振動、發熱
					7	濃度自動控制裝置	腐蝕、磨損狀況	.產品被硫化氫等腐蝕或損壞時 .自動濃度控制裝置無法正常運作時
					15	箱體	腐蝕、磨損狀況	.有異常磨損時 .有裂紋或裂縫時
					15	分離液體側導槽	腐蝕、磨損狀況	.分離液因腐蝕而洩漏時 .有裂紋或裂縫時
					15	固體側導槽	腐蝕、磨損狀況	.分離液因腐蝕而洩漏時 .有裂紋或裂縫時
					15	主體支架	腐蝕狀況	.由於嚴重的腐蝕和生鏽，結構強度下降

※使用壽命僅供參考，因使用條件和環境而異。

案例6：污泥濃縮設備(污泥刮泥機：中央驅動懸掛型)

大分類	中分類	小分類	標準使用年數(年)	攤提折舊年數(年)	使用年數(年)	主要部分	判定項目	判定內容 (發生下列情況時，會導致功能下降)
污泥處理設備	污泥濃縮設備	污泥刮泥機	15	7	15	耙臂	腐蝕狀況、磨損狀況、運轉狀況	.發生嚴重腐蝕或生鏽 .變形、部分缺失等或故障
					15	走橋	腐蝕狀況	.發生嚴重腐蝕或生鏽 .因變形、破洞而有安全問題
					15	進料口	腐蝕狀況	.發生嚴重腐蝕或生鏽
					15	原水流入管	腐蝕狀況	.有腐蝕、變薄、孔洞
					15	驅動軸	腐蝕狀況、磨損狀況	.發生嚴重腐蝕或生鏽 .運作狀況不平穩，有異常噪音和振動
					15	浮渣管	腐蝕狀況、磨損狀況、運轉狀況	.發生嚴重腐蝕或生鏽 .部分零件缺失或發生故障
					15	驅動裝置外蓋	腐蝕狀況、噪音外洩狀況	.發生嚴重腐蝕或生鏽 .隔音功能下降
					15	擋板	腐蝕狀況	.發生嚴重腐蝕或生鏽 .部分遺失或無法修復的變形
					15	浮渣爬臂	腐蝕狀況、磨損狀況、運轉狀況	.發生嚴重腐蝕或生鏽 .變形、部分缺失等或故障
					10	電動機、減速機	腐蝕狀況、振動狀況、運轉狀況	.發生嚴重腐蝕或生鏽 .發生異常發熱、異常噪音、異常振動等 .電流異常

※使用壽命僅供參考，因使用條件和環境而異。

案例7：污泥脫水設備(帶式壓濾脫水機)

大分類	中分類	小分類	標準使用年數(年)	攤提折舊年數(年)	使用年數(年)	主要部分	判定項目	判定內容 (發生下列情況時，會導致功能下降)
污泥處理設備	污泥脫水設備	污泥脫水機	15	7	7	濾布驅動裝置	腐蝕狀況、濾布驅動狀況	.產品被硫化氫等腐蝕或損壞時 .有磨損、異常噪音、異常發熱、濾布驅動不良等
					7	濾布清洗裝置	腐蝕狀況、濾布清洗狀況	.產品被硫化氫等腐蝕或損壞時 .清洗濾布的水量和水壓不足，導致過濾器無法正常運作
					7	凝集混合裝置	腐蝕狀況	.嚴重磨損和腐蝕 .軸承噪音、振動、發熱
					15	承盤	腐蝕狀況、損傷狀況	.濾液因腐蝕而洩漏 .產生裂痕或裂縫時
					15	主體框架	腐蝕狀況、損傷狀況	.腐蝕等損傷所導致的強度問題
					15	防臭蓋	腐蝕狀況、損傷狀況	.因裂痕等損壞，無法維持防臭狀態
					15	輥輪	腐蝕狀況、磨損狀況	・因腐蝕、磨損等導致強度下降 ・因輥輪變形而無法穩定旋轉

※使用壽命僅供參考，因使用條件和環境而異。

案例8：焚化爐設備(流體化焚化爐本體)

大分類	中分類	小分類	標準使用年數(年)	攤提折舊年數(年)	使用年數(年)	主要部分	判定項目	判定內容 (發生下列情況時，會導致功能下降)
污泥處理設備	污泥焚化・熔融設備	焚化爐	10	7	7	外殼	變形、損傷狀況	.因腐蝕、減薄等損傷而導致強度下降
					7	耐火材料(砂層、乾舷區內一層)	磨耗、龜裂、損傷狀況	.因磨損、變薄等損傷，強度和耐火性下降
					10	耐火材料(內二層至最外層、爐底)	磨耗、龜裂、損傷狀況	.由於磨損、變薄等損傷，強度和耐火性下降
					7	空氣分散器	變形、磨耗、堵塞狀況	.因腐蝕、變薄等損傷而導致強度下降
					7	釋壓閥	變形、磨耗、減厚狀況	.因腐蝕、變薄等損傷而導致強度下降 .耐火材料的強度和耐火性因磨損、變薄等損壞而降低
					7	助燃槍	變形、先端閉塞、磨耗狀況	.因磨損、腐蝕等損傷，供油功能、強度等降低
					10	砂床燃燒器	變形、尖端閉塞、磨耗狀況	.因磨損、腐蝕等損傷，升溫性能下降
					10	推料機(含分散機)	異音 異常振動狀況	.外殼等強度因腐蝕等損傷而降低 .軸承發出異常噪音、振動或異常發熱 .電動機發出異常噪音、振動或異常發熱
							外殼異常磨損、龜裂、損傷狀況	

※使用壽命僅供參考，因使用條件和環境而異。

附錄 10 土木、建築之檢點、調查項目及診斷案例

1. 基本考量

檢點時，以目視或敲擊等方式檢查外觀是否有異常、變形、移位等狀況，同時確認設施的設置環境。日常檢點主要就可巡視的區域進行(即不干擾正常營運管理的區域)檢點，定期檢點則需配合營運管理調整、進行排水作業等。在結構體部分，請確認是否有裂紋、上浮、漏水等情形。

調查時，除了目視確認異常、變形、位移等情況外，還需採用特殊技術或特殊工具、測量設備等確認實際狀態和劣化趨勢。對於結構體則調查地板、牆壁、底板、樑、柱等位置。

2. 檢點及調查項目

應根據各檢點及調查單位的特性，選擇適當且必要之檢點及調查項目，以便正確了解劣化狀況，調查項目案例詳表 1。關於檢點項目請參考「維持管理指針(実務編)」第 15 章土木建築設施。

表 1 調查項目案例

對象	項目	內容	方法	檢點	調查
結構體	結構體表面狀況	有無裂紋、上浮、漏水、鋼筋腐蝕、表面劣化、骨材露出等情形	以目視或敲擊等方式	◎	○
	混凝土的腐蝕	表面 pH 值	pH 試紙	◎	○
	中性化深度	有無變色	酚酞法	－	◎
	硫酸侵入深度	硫酸根離子濃度分佈	硫酸根離子指示劑、EPMA(電子微探儀)、EDS(X 射線分析儀)	－	○
	混凝土構件強度	抗壓強度	拔芯、施密特錘、衝擊彈性波試驗	－	○
防蝕	表面狀況	點狀腐蝕、膨化、剝離	目視	◎	○
	腐蝕環境	硫化氫濃度(H_2S)	檢支管、氣體濃度連續測定儀器	◎	○
		溶氧(DO)、氧化還原電位(ORP)	水質計測儀器	◎	○

3. 診斷

先設定每個調查項目之判定標準，並將調查結果與判定標準進行比較和檢討，以有效的評估當前健全度狀況。

土木、建築之健全度案例詳表 2，土木、建築結構物健全度判定案例詳表 3。

表 2 土木、建築之健全度案例

判定分類	運轉狀況	措施及方法
5	維持當初設定狀態，無功能問題	無需採取措施
4	功能正常，但開始出現劣化跡象	無需採取措施(持續維護管理)
3	有劣化情形，功能無法確保，但可恢復功能	可透過修繕恢復功能
2	仍可運作，但有嚴重劣化狀況(功能不足等)	需改築更新及進行大規模修繕
1	無法運作	需要立即更新

表 3 土木、建築結構物健全度判定案例

確認項目	劣化現象		劣化範圍		判定		綜合判定
					劣化現象	劣化範圍	
裂紋	甲	髮紋	甲	整體 10%以下			
	乙	~0.2mm	乙	整體 10~50%			
	丙	~0.2mm 以上	丙	整體 50%以上			
上浮	甲	敲擊確認	甲	整體 10%以下			
	乙	目視確認	乙	整體 10~50%			
	丙	剝離	丙	整體 50%以上			
漏水	甲	滲水	甲	視野範圍 0~1			
	乙	滴下	乙	視野範圍 2~4			
	丙	噴出	丙	視野範圍 5~			
鋼筋腐蝕	甲	點鏽，有部分鏽液	甲	零散			
	乙	腐蝕，斷面無缺損，銹液多	乙	連續性			
	丙	明顯腐蝕、斷面缺損、鏽液明顯	丙				

附錄 11(案例)淡水污水下水道系統管線設施長期更新改建需求預測

前言

淡水地區污水下水道系統主次幹管於民國 105 年完工，興建時間約 11 年，總長度為 52.7 公里；於民國 96 年營運至今之管線系統檢視維護資料期程約為 17 年；相較於日本污水下水道管線系統引用之管線健全度及更新維修費用預測演繹，採 50 年以上之資料而言，本地區之下水道管渠資產管理所需之資料仍待次第建立。

謹以本地區現有之資料及參考本「下水道設施資產管理手冊」之附錄 4 及 5 之內容，作為本地區管線健全度及更新維修費用預測之案例。

1. 淡水污水下水道系統管線設施基本資料整理

①. 歷年管線建設長度整理

淡水污水下水道管網系統主幹管共分為四標，涵蓋的範圍有沙崙、淡水及竹圍地區，污水下水道管全四標於 2014 年完成，興建期程約 10 年，主幹管之完成總長度為 9.7 公里；次幹及分支管共分為六標於 2016 年完成，涵蓋的範圍有沙崙、淡水及竹圍地區，次幹管完成總長度為 42.9 公里。歷年主次幹管線建設長度長度，如表 1.1。

表 1.1 各年度主次幹管管線建設長度

年度	長度(公尺)
96	1,742
97	4,182
98	6,518
99	6,964
100	6,847
101	6,672
102	6,407
103	6,652
104	3,919
105	2,802

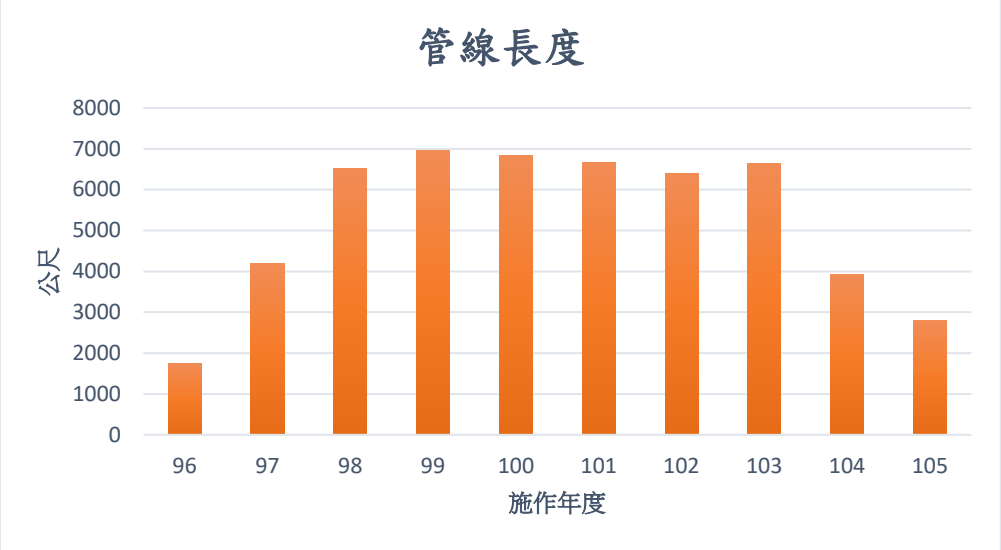


圖 1.1　各年度主次幹管管線建設長度統計

②. 歷年管線建設費用

淡水污水下水道管網主幹管管徑§800mm~§1200mm；次幹及分支管管徑為§200mm~§600mm，其主次幹管網各年度建設費用請參考表 1-2 各年度主次幹管管線建設費用，其費用包括直接工程費及間接工程費，總費用約 24.4 億。

表 1.2 各年度主次幹管管線建設費用

年度	費用(新台幣萬元)
96	16, 736
97	25, 842
98	26, 473
99	28, 569
100	34, 446
101	39, 921
102	29, 291
103	25, 473
104	9, 249
105	8, 093

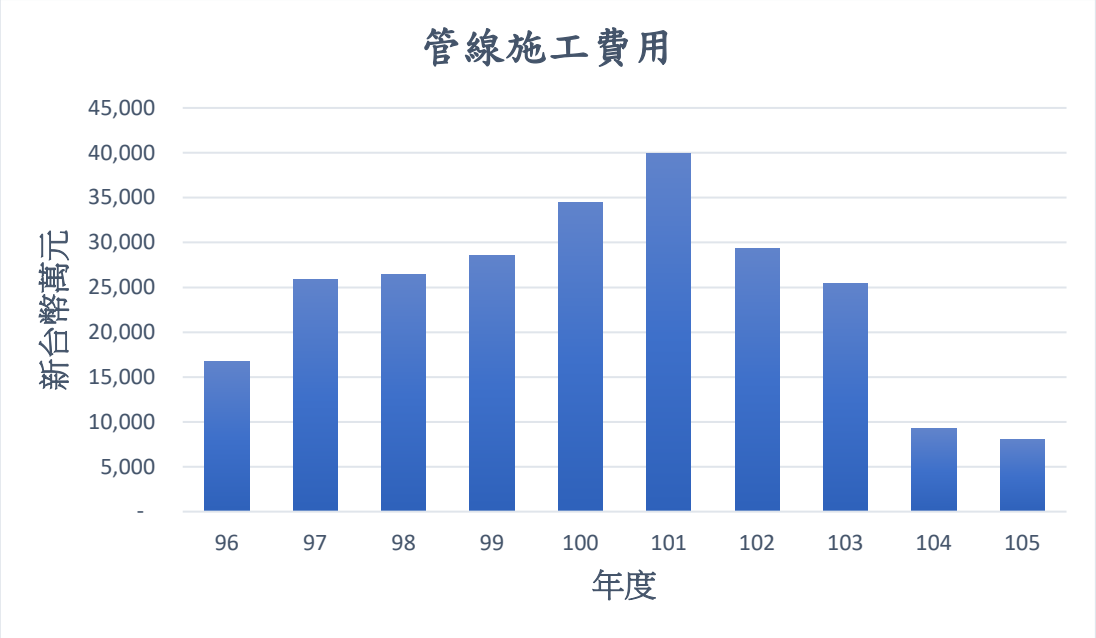


圖 1.2　各年度主次幹管管線建設費用統計

2. 長期更新改建需求預測估算

(1) 淡水污水下水道系統管線檢視及維護費用

淡水污水下水道管網系統於 96 年開始投入營運，污水下水道管網基於適當管理管線設施，例行性維護管理業務，最重要莫過於了解與掌握污水下水道管網設施的安全與功能，污水下水道管網系統主要為管線及人孔巡檢。

維護管理的費用主要有人孔管段巡檢費用及維護費用，其各年度費用請參考表 2.1 各年度管線檢視清洗及維修費用。

表 2.1 各年度管線檢視清洗及維修費用

年度	管線檢視、清洗及維修費用(新台幣元)
96	15,000
97	15,000
98	143,260
99	399,600
100	827,501
101	1,304,650
102	1,086,865
103	2,567,388
104	1,496,982
105	1,277,399
106	2,615,582
107	3,142,954
108	3,337,567
109	2,971,545
110	1,999,737
111	4,740,110
112	4,272,434

表 2.2 各年度人孔及管線維修費用

年度	人孔及管線維修費用
96	-
97	-
98	-
99	340,000
100	709,761
101	531,609
102	798,222
103	495,571
104	98,500
105	434,800
106	94,800
107	132,975
108	586,690
109	829,608
110	286,346
111	521,595
112	765,000

(2) 依標準使用年數管線更新

參考本手冊附錄 4「長期更新改建計畫檢討例」，淡水污水下水道系統管線設施皆依標準使用年數的前提下，進行更新改建需求預測評估，使用 50 年後進行改建。更新改建需求採用工程費用表示，則以預估更新改建之管線長度乘以改建平均單價求得。

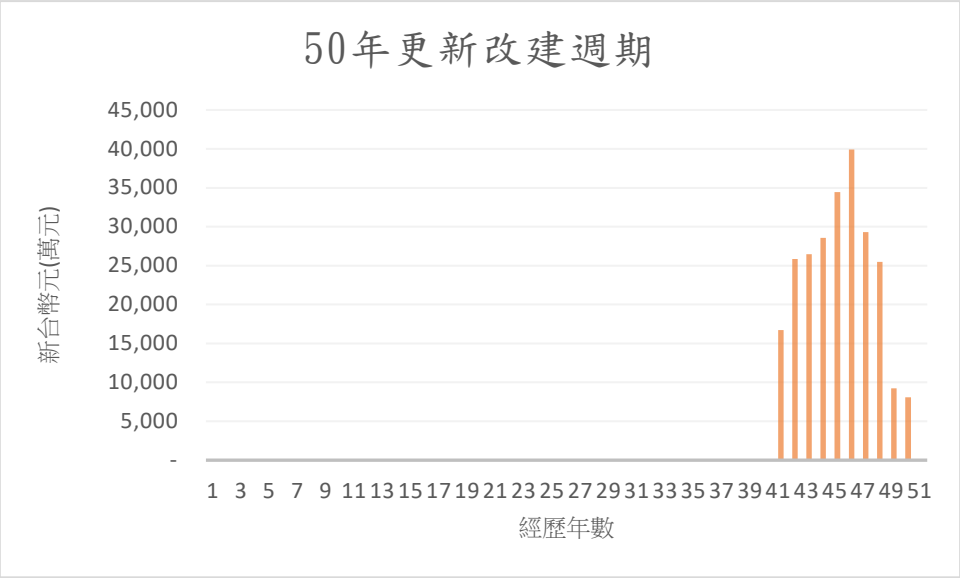


圖 2.1　標準使用年數(50 年)更新管線

(3) 僅對健全度降低之管線更新

參考本手冊附錄 5「管渠健全率預測模式」，依據管線系統健全率預測公式，掌握健全率已降低之管線長度，並僅對上述條件之管線設施進行更新改建為前提下進行試算。如更新改建需求採用工程費用表示，則將需要實施更新改建之管線長度乘以符合實際情況之平均改建單價，以計算所需要之改建費用。

①. 依據附錄 5 管線健全預測公式中，所有管道類型(直線式)以預測管線健全度的狀況，可分為緊急度 II~無劣化、緊急度 III~無劣化及無劣化，由於管線要無輕微狀況才屬於無劣化，可能有大部分狀況不需要緊急處理，所以此部分假設為緊急度 II~無劣化，才需要進行管線的維修，其計算方式係依據每年度管線的施工費用經過數年後需要進行維修的比例，合計 50 年預估維修費用約為 5.18 億，歷年預測維修費用請參考圖 2.3 預測歷年管線維修費用。
依所有管道類型(直線式)分析預測健全度，緊急度 II~無劣化使用年數 19 年後健全度為 99%至使用年數 50 年則健全度 75.5%(如圖 1.4 健全度分析所有管線直線式)。

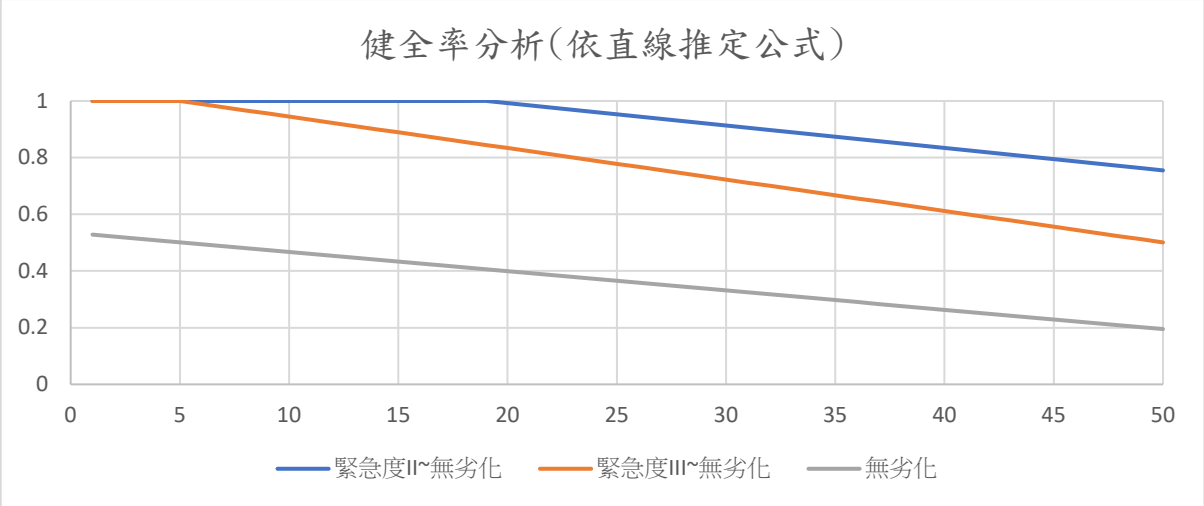


圖 2.2 健全度分析(所有管線直線式)

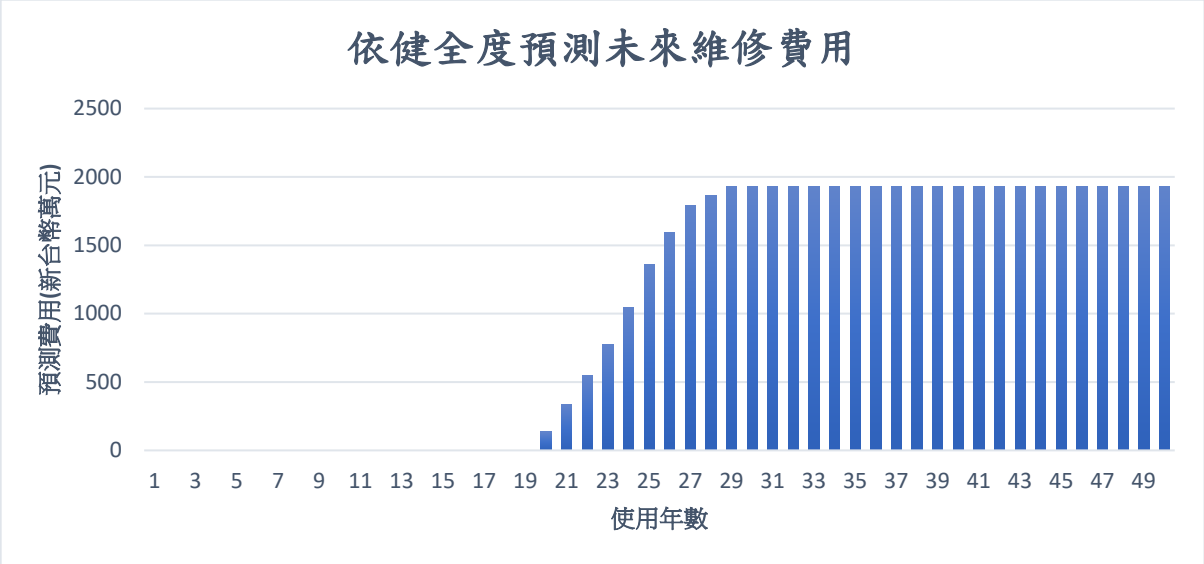


圖 2.3 預測歷年管線維修費用(直線式)

②. 依據附錄 5 管線健全預測公式中，所有管道類型(韋伯分布)以預測管線健全度的狀況，可分為緊急度 II~無劣化、緊急度 III~無劣化及無劣化，由於管線要無輕微狀況才屬於無劣化，可能有大部分狀況不需要緊急處理，所以此部分假設為緊急度 II~無劣化，才需要進行管線的維修，其計算方式係依據每年度管線的施工費用經過數年後需要進行維修的比例，預估維修費用為 3.89 億，歷年預測維修費用請參考圖 2.5 預測歷年管線維修費用(韋伯)。

依所有管道類型(韋伯)分析預測健全度，緊急度 II~無劣化使用年數 1 年後健全度為 99.999%至使用年數 50 年則健全度 84.0%(如圖 1.6 健全度分析所有管線韋伯分布)。

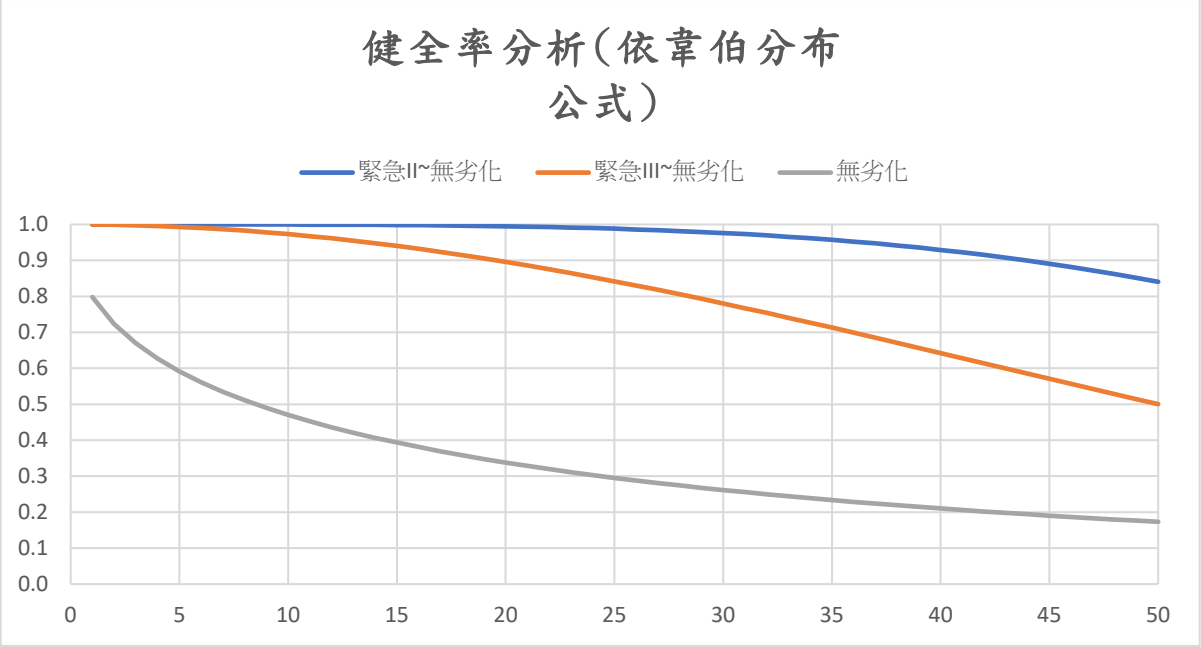


圖 2.4 健全度分析(所有管線韋伯分布)

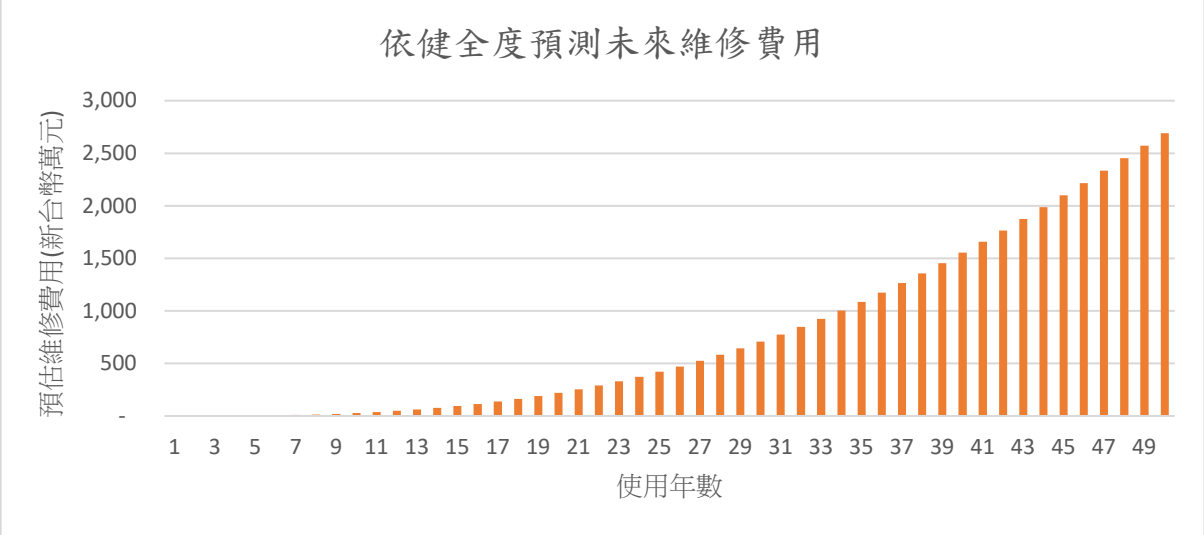


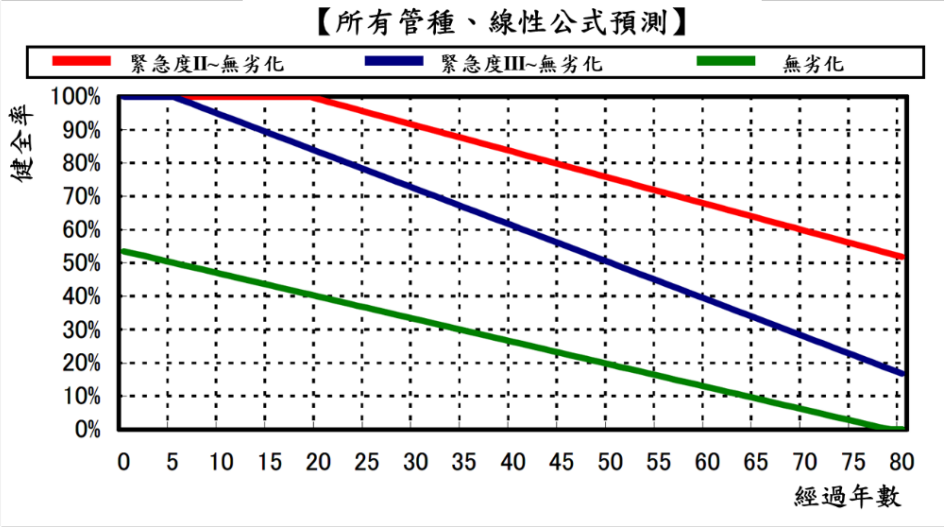
圖 2.5 預測歷年管線維修費用(韋伯)

健全率預測公式範例[註]

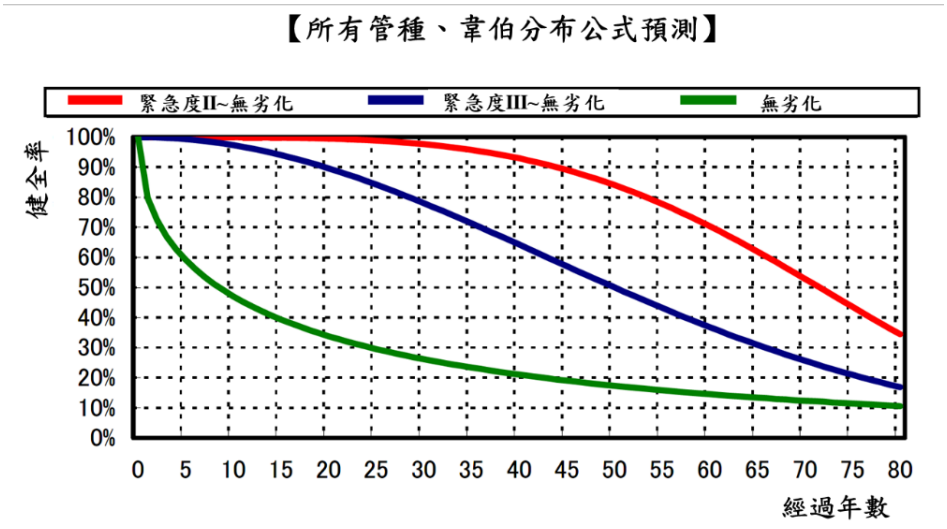
- 管線類型：所有管線種類
- 預測方法：線性公式、韋伯分布公式
- 健全率預測公式

管線類型	預測方法	緊急程度	健全率預測公式	R^2
所有管線種類	線性公式	緊急度 II～無劣化	y＝-0.0079x+1.1500	0.8218
		緊急度 III～無劣化	y＝-0.0111x+1.0558	0.8947
		無劣化	y＝-0.0068x+0.5352	0.8007
	韋伯分布公式	緊急度 II～無劣化	$y=\exp\{-(x/78.68)^{3.861}\}$	0.9931
		緊急度 III～無劣化	$y=\exp\{-(x/60.03)^{2.010}\}$	0.9152
		無劣化	$y=\exp\{-(x/17.13)^{0.5246}\}$	0.7854

x：經過年數(年)、y：健全率(%)、R^2：相關係數



參考圖 1　健全率預測公式範例(所有管種、線性公式預測)



參考圖 2　健全率預測公式範例(所有管種、韋伯分布公式預測)

註：資料來源為国土技術政策総合研究所資料

本手冊附錄 5「管渠健全率預測模式」參考資料

附錄 12(案例)導入日本下水道設施資產管理概念及精進作為-以科學園區污水處理廠為例

摘要

依據國土管理署公告之「全國污水下水道用戶接管普及率及整體污水處理率統計表」、「內政部國土管理署下水道資訊入口網」之統計資料，截至 112.12.31 營運中污水處理廠已有 76 廠(統計至 111 年底)。

隨著下水道系統建設的普及，下水道系統已漸被國民認定為生活環境中必要維生系統之重要一環，惟系統之健全度隨著建設年代而劣化，或因疏於正確之維護，常未達使用年數，就已故障損壞，折損政府改善環境衛生及居家品質之美意。因之設施維護管理良窳及健全之確保，提供安全和安心的國人生活環境，將是未來重大的挑戰。

本案例參考內政部國土管理署委託台灣水環境再生協會，依據日本「下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン(2022年修訂版)」編撰之「下水道設施資產管理手冊(初稿)」之內容及方法，首次運用於科學園區之污水處理廠，進行包括風險評估、設施健全度分析及生命週期總支出評析；結果顯示進抽水站攔污設備和污泥脫水設備風險最高，於健全度分析上確認前述高風險設備的效能降低狀況，並制定針對性的改建計畫。

資產管理對於確保科學園區污水處理廠發揮正常功能，並兼具環保與經濟效益，驗證具有可行性。除適用於科學園區，資產管理亦具為其他地區污水處理廠廣泛推展之價值。

關鍵詞：下水道設施、資產管理、風險評估

1. 前言

1.1 下水道設施資產管理重要性

下水道法第一條即闡明：「為促進都市計畫地區及指定地區下水道之建設與管理，以保護水域水質，…」顯現下水道為保護水環境之關鍵基礎設施，隨著政府全面推動下水道建設，公共及專用污水下水道系統皆已逐漸普及。近年受極端氣候影響，突顯水資源再利用重要性，下水道除為過往維護生活環境及公共衛生所必要維生系統外，更因可提供穩定再生水源，成為健全水資源循環型社會所需設施。惟下水道系統設施之健全度，將隨著建設年代及使用過程而影響效能，甚至因疏於或錯誤之維護管理，使部份設備未達使用年限就已故障損壞，進而影響整體系統運作。因此，如何透過資產管理工具，確保下水道設施之長期運行效能，甚為重要。

下水道設施之資產管理目的，係從長期的觀點，於預測設施長期狀態之同時，經由檢查、調查、修繕及改建，對整體下水道設施做計畫性且具效率的管理，使設施整體運轉能維持在最適化狀況。具體而言，良好的資產管理對下水道設施，將達到如延長設施使用壽命、降低營運成本、確保系統可靠性和安全性、保障環境安全與滿足相關環保法規等重要作用。

1.2 科學園區污水處理廠現況與挑戰

根據統計，歷年來政府累計投入公共污水下水道建設的資金已達 3,059 億以上[1]，可預期其接續而來之維護管理、修繕和改建所需資金，將是未來主要營運負擔。科學園區之專用污水下水道部份雖未有正式投資金額統計，但最早成立之新竹科學園區自民國 69 年至今已營運超過 40 餘載，且伴隨政府產業政策增大高科技產業投資，科學園區面積逐年擴大，污水下水道系統設施營運規模亦隨需求增加。以近期新竹及南部科學園區管理局新設之寶二園區與橋頭園區為例，為符合環評承諾水環境維護要求，園區污水處理廠處理程序相對複雜，分別投入 30 億元以上建置資金，後續操作需具高效穩定運行、可迅速應變緊急或突發狀況等特性，所擔負相對應營運成本亦高。

整體而言，科學園區污水處理廠在應對較複雜污染物、處理技術升級、營運成本管理和滿足法規加嚴趨勢等方面面臨諸多挑戰，如何透過資產管理訂定合宜之永續發展策略以確保系統發揮正常功能，並兼顧環保與經濟效益，將為重要關鍵課題。

1.3 預期目的

考量前述科學園區污水處理廠面臨之挑戰，建立一套具體有效之管理模式實為重要。惟國內因污水下水道系統所在區位與集污區特性，即由不同主管機關管理，除科學園區外，如地方政府及產業園區轄下污水處理廠皆因應

其營運特性不同而有各自管理方式，亦皆有各自提升或待驗證成效之課題。有鑑於此，考量下水道建設發展相對成熟之日本，其下水道相關技術資訊，自建設階段之設施標準、施工階段之施工技術、設備、後續維護管理模式等皆已建立，引為借鏡作為本案例研討。

故本案例將以科學園區污水處理廠為例，結合日本下水道設施資產管理方法，針對污水處理廠營運風險、設施健全程度、生命週期總支出等進行評估，並據此提出相對延壽、修繕及改建對策，探討日本下水道設施資產管理策略於科學園區污水處理廠之適用性。

2. 背景說明

2.1 日本下水道設施資產管理

日本之下水道建設最早始於19世紀末，並在戰後經濟快速發展情形下，開始大規模興建下水道系統，相關法規如下水道法(1958年)、公害對策基本法(1967年)亦陸續完成制訂。後續隨著下水道系統普及，資產管理之重要性逐漸受到重視，最早曾於 1965 年頒布「下水道長壽化支援制度」，並因應2014導入ISO 55000系列標準而訂定「下水道維持修繕基準」，更於2022年修訂編撰「下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン」(即為國土署編譯之下水道設施資產管理手冊)以做為整體設施維護管理最適化的推動依據。

整理日本下水道設施資產管理重點如表1，簡要而言，旨在藉由科學化及標準化的管理和技術，搭配定期評估及優化對策，提升下水道設施的運行效率和延長使用壽命，實現資產的最佳化利用，達成永續發展目標。

表 1　下水道設施資產管理重點

資產管理目標	● 提供系統性管理框架 ● 延長年限及穩定運行 ● 有效成本控制
資產管理基本原則	● 全生命週期管理 ● 風險評估及管理 ● 數據化分析及決策
資產管理策略	● 預防性維護 ● 狀態監測與評估 ● 最適化資源利用
技術應用	● 推廣先進技術應用 ● 大數據與智慧化管理
組織及培訓	● 組建專業團隊並持續培訓
評估及反饋	● 定期評估管理績效 ● 建立反饋機制
法規及標準	● 確保合法及標準化管理

2.2 科學園區污水處理廠處理流程及單元概述

本文引以為例之污水處理廠位屬科學園區所轄管，其主要污水處理流程包含攔污、揚水、沉砂、調節、pH 調整、生物處理、二級沉澱、混凝沉澱與過濾；污泥處理程序則包含混合、機械濃縮及脫水等程序。由於該廠處理規模達 10 萬 CMD 以上，採分期建置，其中第一期設施營運約 20 年，期間因應放流水標準加嚴，部份單元已辦理功能提升或設備汰換，整體設備種類及數量繁複。為利於後續評估及分析，本文僅針對運作多年且未進行過改建或功能提升之單一期設備，彙整如表 2 所示[2]，進行包含保養、更換及使用年限等相關資訊調查，以作為評估基礎。另初步可知各設備中以壓濾式污泥脫水機之年度保養費用及更換費用為最高、使用年限部份則以攔污柵為最長。

表 2　科學園區污水處理廠設備資料彙整

項目	大分類	中分類	小分類	年度保養費用	設備更換費用	已使用年數	設備標準使用年數	主要零件更換費用
				萬元/年	萬元	年	年	萬/次
1	進流抽水站	進抽站攔污設備	攔污柵	0.2	250	10	20	60
2	進流抽水站	進抽站抽水設備	污水抽水機	6	450	10	11	100
3	前處理單元	沉砂池設備	洗砂機	8	250	10	6	30
4	前處理單元	調節池設備	循環泵	2	300	10	6	30
5	前處理單元	pH調整池設備	豎軸攪拌機	0.6	60	10	6	15
6	生物處理單元	活性污泥池設備	細氣泡散氣盤	0.8	300	10	6	200
7	生物處理單元	活性污泥池設備	離心式鼓風機	20	600	10	6	90
8	生物處理單元	二沉池設備	刮泥機	5	300	10	6	40
9	混凝沉澱單元	快、慢混池設備	快混池攪拌機	1	60	10	6	15
10	混凝沉澱單元	快、慢混池設備	膠羽池攪拌機	1	60	10	6	15
11	混凝沉澱單元	三沉池設備	矩形刮泥機	4	300	10	6	120
12	過濾單元	過濾設備	快濾桶	30	250	10	6	120
13	過濾單元	過濾設備	過濾沉水泵	20	80	10	6	20
14	污泥處理單元	污泥混合設備	豎軸攪拌機	6	60	10	6	15
15	污泥處理單元	污泥濃縮設備	轉筒式濃縮機	25	300	10	6	80
16	污泥處理單元	污泥脫水設備	壓濾式脫水機	40	4000	10	6	750

3. 污水處理廠風險評估實施及結果

3.1 污水處理廠風險評估實施流程

依據下水道資產管理手冊附錄 VII 範例，本廠風險評估之實施流程如圖 1 所示，評估項目如下。

(1) 風險辨識：當污水處理廠設備損壞及劣化時，因無法處理進流污水，需緊急溢流至公共水體造成水質污染事件，或用戶無法排放污水等影響。

(2) 損害規模檢討：由廠內各單元設備之功能面、能力面及經費面進行綜合定量評估。

(3) 發生頻率檢討：可藉由使用年數、維護管理資訊、目標使用年數及健全度預測等方法進行檢討。

(4) 風險評估：使用風險矩陣或是「損害規模」及「發生頻率」之乘積評估。

本案例委請污水廠代操作單位依據維護管理資訊，於損害規模採用功能面、能力面及經費面進行綜合評估；發生頻率則採維護人員確認方法評估，最後以風險矩陣評量各處理單元設備風險評估結果，如後所述。

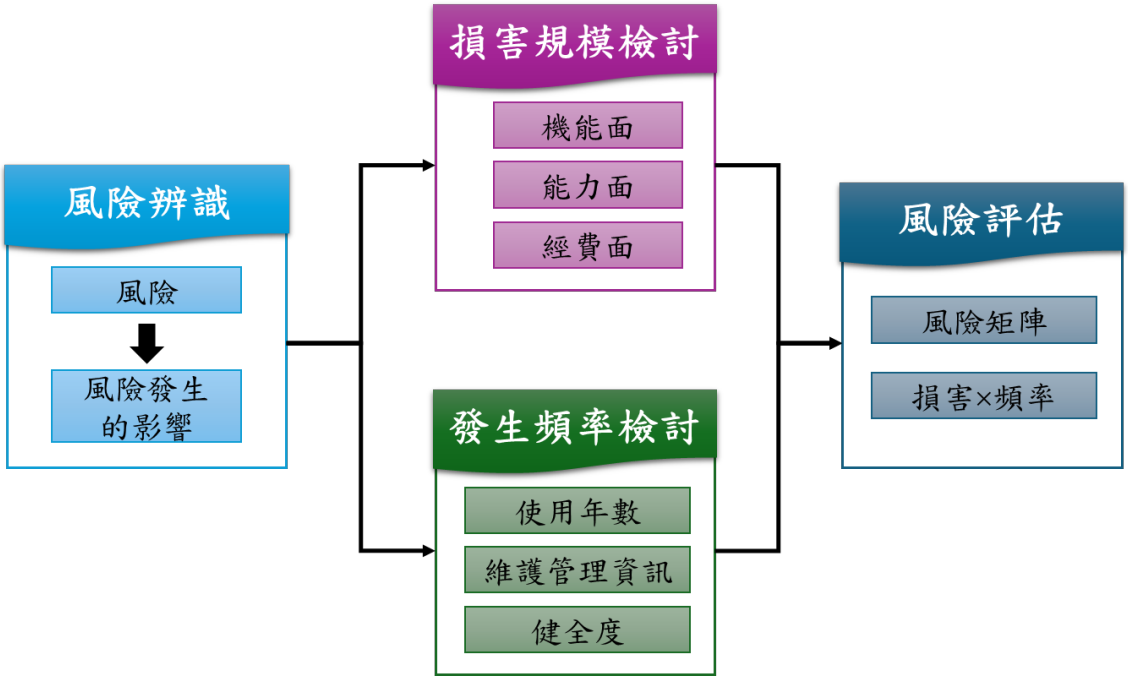


圖 1　風險評估實施流程

3.2 損害規模檢討

(1) 功能面評估

本案例功能面評估採用層級分析法（Analytic Hierarchy Process, AHP）[3]進行，該法為匹茲堡大學教授 Thomas L. Saaty 等人於 1971 年所提出之決策方法，係透過將主觀評估和定性評估以數值化呈現，並針對評估目標進行兩兩比較，並將成對比較聚集成矩陣，再經計算幾何平均數後，判斷各評估目標的重要性影響等級。整體結果如表 3 所示，評估結果以進抽站抽水設備為最高，其次為污泥脫水設備，第三為活性污泥池設備。

表 3　設備功能面評估結果（AHP）

項目	平均值	功能面 採用值	順序
計算方法	□	□	□
	AHP 結果	□/□ 之最大值	□之 排序
進抽站抽水設備	0.19 （最大值）	1.00	1
污泥脫水設備	0.17	0.89	2
活性污泥池設備	0.15	0.79	3
進抽站攔污設備	0.14	0.74	4
污泥濃縮設備	0.09	0.47	5
二沉池設備	0.05	0.26	6
三沉池設備	0.03	0.16	7
過濾設備	0.03	0.16	8
快、慢混池設備	0.03	0.16	9
調節池設備	0.02	0.11	10
污泥混合設備	0.02	0.11	11
pH 調整池設備	0.01	0.05	12
沉砂池設備	0.01	0.05	13

(2) 能力面評估

能力面以各單元處理系列數計算，如進流抽水設備有 2 系列，則能力影響度即為 1/2，本廠能力面評估結果如表 4 所示，影響度較大的單元仍為進抽站抽水設備及污泥濃縮與脫水設備。

表 4　設備能力面評估結果

項目	處理線數量	能力面 評估結果
進抽站攔污設備	5	0.20
進抽站抽水設備	2	0.50
沉砂池設備	4	0.25
調節池設備	6	0.17
pH 調整池設備	8	0.13
活性污泥池設備	12	0.08
二沉池設備	14	0.07
快、慢混池設備	8	0.13

項目	處理線數量	能力面 評估結果
三沉池設備	12	0.08
過濾設備	14	0.07
污泥混合設備	8	0.13
污泥濃縮設備	3	0.33
污泥脫水設備	6	0.17

(3) 經費面評估

經費面則以各設備改建費用與設備改建費用中最大值之比例進行評估，如表 5 所示，因污泥脫水設備改建費用高昂，故評估結果遠高於其他單元設備。

表 5　設備經費面評估結果

項目	經費面評估結果
進抽站攔污設備	0.06
進抽站抽水設備	0.11
沉砂池設備	0.06
調節池設備	0.08
pH 調整池設備	0.02
活性污泥池設備	0.05
二沉池設備	0.09
快、慢混池設備	0.02
三沉池設備	0.08
過濾設備	0.04
污泥混合設備	0.02
污泥濃縮設備	0.08
污泥脫水設備	0.70

(4) 綜合評估結果

綜上功能面、能力面及經費面評估，並參考下水道資產管理手冊附錄 VII 加權方式（功能面加權 0.42、能力面加權 0.38、經費面加權 0.20），損害規模檢討如表 6 所示，將影響度排序後分為 5 到 1 級，其中 5-2 級各取排序兩名，其他則歸類為 1 級。影響度分級結果以污泥脫水設備及進抽站抽水設備為損害影響度等級最高，其次為進抽站攔污設備及活性污泥池設備。

表 6　損害規模檢討結果

項目	0.42	0.38	0.2	影響度	排序	影響度等級
	功能面	能力面	經費面			
進抽站抽水設備	1.00	0.50	0.11	0.63	1	5
污泥脫水設備	0.87	0.17	0.70	0.57	2	5
進抽站攔污設備	0.74	0.20	0.06	0.40	3	4
活性污泥池設備	0.76	0.08	0.05	0.36	4	4
污泥濃縮設備	0.45	0.33	0.08	0.33	5	3
二沉池設備	0.25	0.07	0.09	0.15	6	3
沉砂池設備	0.04	0.25	0.06	0.12	7	2
調節池設備	0.17	0.08	0.08	0.12	8	2
快、慢混池設備	0.08	0.17	0.08	0.11	9	1
三沉池設備	0.15	0.13	0.02	0.11	10	1
過濾設備	0.16	0.07	0.04	0.10	11	1
污泥混合設備	0.08	0.13	0.02	0.08	12	1
pH 調整池設備	0.04	0.13	0.02	0.07	13	1

3.3 發生頻率檢討

設備發生異常狀態或是故障之頻率，由設備維護人員依據設備狀態分為 3 級填列，分級說明如下：

(1) 發生頻率大（等級 5）：表示確認設備已劣化或異常，需要立即採取措施之狀況。

(2) 發生頻率中（等級 3）：確認設備有部份已劣化或異常，需採取計畫性措施之狀況。

(3) 發生頻率小（等級 1）：表示設備經檢視幾乎無劣化或異常之狀況。

由表 7 檢討結果可知，本案例廠主要劣化或異常設備為進抽站攔污設備，其次為快、慢混池設備、污泥混合、污泥濃縮及脫水設備。

表 7　發生頻率分級檢討結果

項目	發生頻率
進抽站攔污設備	5
進抽站抽水設備	1
沉砂池設備	1
調節池設備	1
pH 調整池設備	1
活性污泥池設備	1

項目	發生頻率
二沉池設備	1
快、慢混池設備	3
三沉池設備	1
過濾設備	1
污泥混合設備	3
污泥濃縮設備	3
污泥脫水設備	3

3.4 風險評估結果

依據風險矩陣圖（詳圖 2）以 1-15 分區別風險等級，其中 1-5 分為低風險；6-10 屬中風險；11-15 為高風險，並依據損害規模及發生頻率之來定義風險之結果，如損害規模為 1 及發生頻率為 1 時，則風險等級為 1，後續採發生頻率增加較損害規模增加之風險較低之方式定義。

本案例廠風險評估結果如表 8 所示，條列高、中風險等級設備如下，應立即或計畫性採取更新或改建之措施。

(1) 高風險設備：進抽站攔污設備、污泥脫水設備

(2) 中風險設備：進抽站抽水設備、活性污泥池設備、快、慢混池設備、污泥濃縮設備

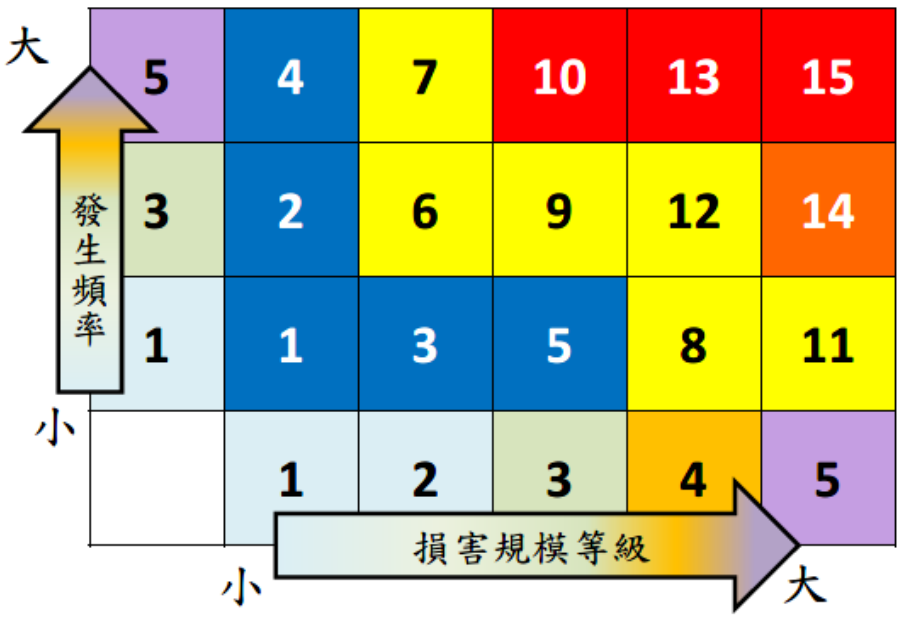


圖 2　風險矩陣圖

表 8　風險評估結果

項目	影響度等級	發生頻率	風險評估等級	風險評估結果
進抽站攔污設備	4	5	13	高風險
進抽站抽水設備	5	1	11	中風險
沉砂池設備	2	1	3	低風險
調節池設備	1	1	1	低風險
pH 調整池設備	1	1	1	低風險
活性污泥池設備	4	1	8	中風險
二沉池設備	3	1	5	低風險
快、慢混池設備	1	3	2	中風險
三沉池設備	2	1	3	低風險
過濾設備	1	1	1	低風險
污泥混合設備	1	3	2	低風險
污泥濃縮設備	3	3	9	中風險
污泥脫水設備	5	3	14	高風險

4. 污水處理廠健全度評估及改建對策

4.1 污水處理廠健全度評估

依據下水道資產管理手冊[1]，健全度指標為評估抽水站、污水處理廠機電及土木建築設施功能、狀態健全程度之指標，並依狀態監視維護時進行診斷，以判定修繕、改建等對策。為將設備單元劣化狀況予以數值化，其數值定義如表 9 所示。

表 9　設備單元健全度評估說明

判定區分	運轉狀態	處置方法
5 (5.0~4.1)	初始設置之狀態，運轉上無功能問題	不須處置
4 (4.0~3.1)	設備可安全運轉，雖無功能上問題，但開始出現劣化之徵兆	不需處置 更換消耗品等
3 (3.0~2.1)	設備持續劣化，但可維持功能狀態及回復功能	透過延長設備壽命對策或進行維修回復其功能
2 (2.0~1.1)	設備功能無法發揮或不知何時功能會突然停止等狀態，且功能難以回復	進行精密調查或設備改建等，必要時進行重大檢測之處置
1	無法運轉且功能停止	必須立即更換

本文並已委請污水廠代操作單位進行各設備健全度評估[2]，彙整如表 10，可知：

(1) 健全度達 5 分：沉砂池設備；調節池設備

(2) 健全度達 4 分：進抽站抽水設備、活性污泥池設備(散氣盤)

(3) 健全度達 3 分：二沉池設備、快、慢混池設備(慢混)、三沉池設備、過濾設備、污泥混合設備、污泥濃縮設備。

(4) 健全度僅 2 分：進抽站攔污設備、活性污泥池設備(鼓風機)、快、慢混池設備(快混)、污泥脫水設備

(5) 健全度僅 1 分：無

依照評估結果，進抽站攔污設備、活性污泥池設備(鼓風機)、快、慢混池設備(快混)及污泥脫水設備，應優先制訂相關因應對策。

表 10　設備健全度評估結果

項目	健全度評估
進抽站攔污設備	1.5
進抽站抽水設備	3.5
沉砂池設備	4.1
調節池設備	4.2
pH 調整池設備	4.0
活性污泥池設備(散氣盤)	3.1
活性污泥池設備(鼓風機)	1.1
二沉池設備	2.5
快、慢混池設備(快混)	1.5
快、慢混池設備(慢混)	2.2
三沉池設備	2.3
過濾設備(快濾桶)	2.2
過濾設備(抽水泵)	2.3
污泥混合設備	2.1
污泥濃縮設備	2.1
污泥脫水設備	2.0

進一步將健全度不足之項目與第三章風險評估及損害規模檢討結果進行比對(表 11)，可知進抽站攔污設備及污泥脫水設備，除健全度最為不足外，其風險及損害規模等級亦為最高等級項目；活性污泥池設備(鼓風機)則屬中風險等級，但損害規模等級同等嚴重；至於快、慢混池設備(快混)則屬中風險且損害規模等級較不嚴重項目。由此可知，進抽站攔污設備、污泥脫水設備及活性污泥池設備(鼓風機)應優先擬定長期性改建計畫之方案。

有關長期性改建計畫，依據下水道資產管理手冊改建之定義有二，一為將既有設施加以修繕或改建，稱其為「更新」，二為使既有設施的一部分能持續發揮功能，而做部分的更新，稱其為「延壽對策」。而該如何訂定更新或延壽對策，考量改建經費通常有限，應以生命週期總支出(Life Cycle Cost, LCC)觀點進行評判，再以年平均費用最低者作為最適改建計畫之判斷基準。

表 11　綜合評估結果

項目	健全度評估	健全度評分	風險等級	損害規模等級
進抽站攔污設備	1.5	2	高風險	4
活性污泥池設備(鼓風機)	1.1	2	中風險	4
二沉池設備	2.5	3	低風險	3
快、慢混池設備(快混)	1.5	2	中風險	1
快、慢混池設備(慢混)	2.2	3	中風險	1
三沉池設備	2.3	3	低風險	1
過濾設備(快濾桶)	2.2	3	低風險	1
過濾設備(抽水泵)	2.3	3	低風險	1
污泥混合設備	2.1	3	低風險	1
污泥濃縮設備	2.1	3	中風險	3
污泥脫水設備	2.0	2	高風險	5

4.2 改建方案分析

依據前述第 2 章污水處理廠代操作單位提供之相關設備保養、更換費用，搭配設備使用年限進行進抽站攔污設備、污泥脫水設備及活性污泥池設備(鼓風機)之 LCC 評估，評估結果分別分述如下：

(1) 進抽站攔污設備

本案例廠攔污設備之標準使用年數為 20 年，但依實際之健全度評估而言，預期可使用年限約為 8.6 年。依表 12 評估結果，攔污設備以延壽 2 次為最適之改建方案，係於第 3 次延壽時，因設備已達標準使用年數，故預期大部分構造皆需更新，導致延壽費用大幅增加，使年平均費用反而提高。

表 12　進抽站攔污設備改建方案分析（單位：新台幣萬元）

項目	直接更新	延壽 1 次	延壽 2 次	延壽 3 次
設置費用 S	250	250	250	250
可使用年數 ①	8.6	14.3	20.0	25.7
年度保養費用 ②	0.2	0.2	0.2	0.2
延壽費用 ③	0	60	120	300
累積費用 S+①×②+③	251.7	312.9	374.0	555.1

(2) 污泥脫水設備

本案例廠污泥脫水設備之標準使用年數為 6 年，但依實際之健全度評估而言，預期實際使用年限可達 10 年。依表 13 評估結果，污泥脫水設備以延壽 1 次為最適改建方案，主要因本設備第 2 次延壽時，總延壽年數為 13.3 年，已超過設備標準使用年數，故大部分構造皆需更新，延壽費用將大幅增加，使延壽 2 次之年平均費用反而高於延壽 1 次之費用。

表 13　污泥脫水設備改建方案分析（單位：新台幣萬元）

項目	直接更新	延壽 1 次	延壽 2 次
設置費用 S	4,000	4,000	4,000
可使用年數 ①	10	16.7	23.3
年度保養費用 ②	40	40	40
延壽費用 ③	0	750	3,000
累積費用 S+①×②+③	4,400	5,418	7,932

(3) 活性污泥池設備(鼓風機)

本案例廠鼓風機設備之標準使用年數為 6 年，但依實際之健全度評估而言，已逼近需直接更新狀態，預期使用年限為 7.7 年。依表 14 評估結果，鼓風機設備以延壽 2 次為最適改建方案。雖如同脫水機設備於第 2 次延壽時，設備總延壽年數為 10.2 年已超過標準使用年數，但因其總延壽費用相比設置費用仍低，故三方案中最低的年平均費用。

表 14　活性污泥池設備(鼓風機)改建方案分析（單位：新台幣萬元）

項目	直接更新	延壽 1 次	延壽 2 次
設置費用 S	600	600	600
可使用年數 ①	7.7	12.8	17.9
年度保養費用 ②	20	20	20
延壽費用 ③	0	90	360
累積費用 S+①×②+③	754	946	1,318

(4) 分析結果討論

綜合前述分析，可知進抽站攔污設備因其標準使用年數長，故透過延壽 2 次減少年平均費用的支出為最適方案；污泥脫水機因延壽第 2 次總延壽年數後將超過標準使用年數，延壽費用將大幅增加，故以延壽 1 次較為合適；鼓風機部份雖情況與脫水機相同，第 2 次延壽後

之總延壽年數將超過標準使用年數，但因設備總延壽費用相比設置費用僅為 60%(脫水機為 75%)，因此依評估結果，仍以延壽 2 次為最適方案。

5. 結論與建議

將日本下水道設施資產管理導入至科學園區污水處理廠，將各處理單元設備之風險、損害等級與健全度等進行數據化，有利代操作維護單位參考並訂定相關管理對策，總結本案例結論與建議如下：

5.1 結論

(1) 本案例廠主要設備單元中以進抽站攔污設備及污泥脫水設備為高風險項目，其對應損害規模等級亦相對高，此兩者皆屬需重點關注項目。另進抽站抽水設備、活性污泥池設備、快、慢混池設備、污泥濃縮設備則屬中風險項目，其中僅有活性污泥池設備鼓風機之損害規模等級較高，故亦應納為重點關注項目。

(2) 高風險項目之進抽站攔污設備雖其標準使用年數為 20 年，目前僅操作約 10 年左右，但依健全度評估結果，其健全度僅為 1.5 分左右，顯見其操維方式或使用環境上有改善必要。污泥脫水設備狀況則相反，因其標準使用年數為 6 年，但已操作約 10 年未進行更新，推測實務操作上已有相當延壽觀念導入。至於鼓風機為本次評估中健全度最低的設備且已達標準使用年數，應進行相關更新程序。

(3) 依照生命週期總支出分析結果，進抽站攔污設備建議延壽 2 次後始進行整體更新；污泥脫水設備建議延壽 1 次；鼓風機則建議延壽 2 次後再行整體更新。

(4) 科學園區污水處理廠因應其處理高污染負荷、營運成本管理和需滿足加嚴法規等特性，藉由導入日本下水道設施資產管理觀念，以有效訂定合宜之管理對策及改建計畫，對於確保系統發揮正常功能並兼顧環保與經濟效益，應屬可行。

(5) 下水道設施資產管理手冊中所介紹方法不僅適用於科學園區，亦應可為其他地區的污水處理設施提供參考。

5.2 建議

(1) 污水處理廠除設備單元需制定改建方案外，其他如土木、建築設施及機械、電機設備是否同時改建，也應一併考量。並建議搭配實際上每年可運用預算，以得出實際可執行之改建計畫。

(2) 2 手冊中除以年平均投資額最低做為判斷改建方案先後順序外，尚有如以維持全廠設備最低健全度或確保全廠設備風險程度最低之觀點，並建議以 5～7 年的期程，設定修繕、改建之優先順序，建議後續運用手冊時可一併納入比較。

參考文獻

【1】 科學園區污水處理廠評估資料，2024。

【2】 Saaty, T. L.; Peniwati, K., Group Decision Making: Drawing out and Reconciling Differences. Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications, 2008.

參考文獻

1. 下水道管渠及設施維護管理手冊(內政部國土管理署，2021)

2. 下水道管渠設施維護管理預算編訂要領(內政部國土管理署，2022)

3. 下水道管渠修繕更新設計及施工(內政部國土管理署，2023)

4. 下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン(日本國土交通省國土保全局下水道部)令和4年3月改定，2022年改版

5. 下水道(設施)資產管理計畫策劃指引(2019年版，台灣水環境再生協會)(原文：下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン,2022年版)

6. 下水道維持管理指針實務編，2014年版(公益社団法人 日本下水道協会)