

行政院及所屬各機關出國報告
出國類別：實習

綠建築設計技術在變電所興建安之應用

(裝訂線)

服務機關：台灣電力公司南區施工處
職 稱：十一等土木工程監
出國人 姓 名：黃輝煌
出國地區：日本
出國日期：94 年 11 月 12 日~17 日
報告日期：95 年 01 月 02 日

目 錄

壹. 實習緣由及目的.....	1
貳. 學習行程.....	1
參. 學習心得.....	2
肆. 附錄.....	26

照片 1 柳營一次配電變電所綠化景觀.....	5
照片 2 柳營一次配電變電所綠化鳥瞰圖.....	6
照片 3 豐華一次配電變電所雨水收集邊溝.....	9
照片 4 鎮北一次配電變電所透水鋪面.....	9
照片 5 柳營一次配電變電所屋頂隔熱及抽排風系統.....	10
照片 6 豐華一次配電變電所分離式變頻空調.....	11
照片 7 路北一次配電變電所高效能照明燈具.....	11
照片 8 豐華一次配電變電所使用製程產生最少CO ₂ 之鋼構架.....	12
照片 9 日本變電所簡樸之室內裝修.....	13
照片 10 日本變電所管路採明管佈設.....	13
照片 11 日本變電所設置預鑄型洗手台.....	14
照片 12 採用清水模板之日本室內變電所.....	15
照片 13 和順一次配電變電所設置污染防治措施-洗車池.....	15
照片 14 豐華一次配電變電所變壓器室牆面裝貼吸音板.....	16
照片 15 日本變電所裝設省水型馬桶.....	17
照片 16 雨水收集系統示意圖.....	18
照片 17 污水排放系統.....	19
照片 18 日本室內變電所採用清水模板構築梁板.....	20
照片 19 採用造型模板構築之花台.....	24
照片 20 鋪設彩色瀝青混凝土路面之東京街景.....	26
照片 21 美觀粉體塗裝鏤空圍籬〈新豐洲變電所〉.....	26
照片 22 採用清水模板施工之日本民宅.....	26
照片 23 採用造型模板之東京建築.....	26
照片 24 整齊之安全帽收納架〈新豐洲變電所〉.....	26
照片 25 完善之東京市區交維設施.....	26
照片 26 平整之透水瀝青路面(東京都).....	27
照片 27 標準之門型施工架(東京都).....	27
照片 28 整潔之東京街景.....	27
照片 29 色彩亮麗之工程卡車(東京都).....	27
圖表 1 德國DOKA系統模板支撐.....	21

圖表 2 國內引進之系統模板.....	21
圖表 3 國內引進之系統模板.....	21
圖表 4 國內引進之系統模板.....	22
圖表 5 國內引進之系統模板.....	22
表格 1 指標系統與地球環境關係.....	4
表格 2 一般模板與清水模板單位成本比較表.....	23

壹. 實習緣由及目的

為配合政府各類經建開發計畫及推動建設台灣成為科技島，本公司自民國90年起積極興辦第六輪變電計畫，預計於八年期間新建或改建變電所共計292所，俾提供優質電力並滿足客戶需求。台電公司身為公營事業體之一員，兼負社會責任，是以變電所之建設不能僅從達成其設施性能之單一角度切入，尤應全面考量周遭生態環境之平衡，減輕其對生態環境所造成負面衝擊。有鑑於此，諸如變電所公共建築物從規劃、設計之始即宜導入綠建築技術概念，繼而循序施工完成，日後建物維護管理成本自然降低並得以長久經營，從而提昇本公司企業形象。

綠建築設計技術係透過節能、保水、減廢、資源再利用，綠化及生態工法等方式之採用，達到工程建設與生態環境共生共存之綠營建發展體系。為達成旨揭目標，政府已公布施行相關綠建築設計配套法令，強制學、產界遵行，然無可否認該法令制度面之周密性與實務執行面仍存有些微落差，換言之，落實程度仍有改善空間。因此期許借助本次參訪日本高科技國家當地變電所，蒐集日本興建變電所採行之技術規範及建材資料，汲取日本變電所科技新知，轉化並應用於國內新建變電所實務作業上，進而強化國內變電所之親和性，與世界潮流同步，讓我們的後代子子孫孫得以享受綠建築所帶來的豐碩果實—舒適、安全與環保。

貳. 學習行程

日期	行程內容
94年11月12日	高雄→小港機場→日本成田機場→東京都
94年11月13日	參訪中部電力株式會社牛島町（ウミミフチヨウ）變電所 (Ushjmacho Substation，所在地：名古屋市)
↓	參訪中部電力株式會社松枝（松ヶ枝）變電所 (Matsugae Substation，所在地：名古屋市)
94年11月16日	參訪東京電力株式會社新豐洲變電所 (Shin-Toyosu Substation，所在地：東京都)

日方引導及解說人員：

1. 中部電力株式会社 工務技術センター 福井克之 副長
2. 中部電力株式会社 工務技術センター 佐久間健 主任
3. 中部電力株式会社 工務技術センター 小森達朗 主任
4. 中部電力株式会社 工務技術センター 吉岡典康 課長
5. 日立ハイテケノロゾーズ 電力システム課安 弘規
6. 日立ハイテケノロゾーズ 電力システム課尾久祥子
7. 東芝株式会社 電力システム社 村木祥雄 主務
8. 東芝株式会社 電力システム社 才田敏之 主務
9. 東京電力株式会社新豐洲變電所 黑河内孝 所長

參. 學習心得

一、綠建築概述

「綠建築」在日本稱為「環境共生建築（Environment Symbiosis Architecture）」，有些歐美國家則稱之為「生態建築（ecological building）」、「永續建築sustainable building」。1998年在加拿大召開與地球環保相關的國際建築學術會議，則以「綠建築的挑戰Green Building Challenge」為標題，可見「綠建築」之用語已成為國際學術界廣泛被接受的名詞，由於「綠色」的用語在台灣已成為地球環保的代名詞，且「綠色矽島」為台灣永續發展之指標，為順應時勢所趨，我國亦採用「綠建築」作為生態環保建築的用語以利學、產界依循。

我國1999年之「綠建築解說與評估手冊」中，以資材、能源、水、土地、氣候之「地球資源」，以及營建廢棄物、垃圾、污水、排熱、CO2排放量之

「廢棄物」兩層面角度來定義綠建築的範疇，將「綠建築」定義為：「消耗最少地球資源，製造最少廢棄物的建築物」，同時採用綠化、基地保水、日常節能、CO₂減量、廢棄物減量、水資源及污水垃圾改善等七大指標，作為綠建築草創期之評估體系。

然而，因七大指標評估系統雖然十分簡化實用，但對於舒適性、生態性等更高層次的內容，則未納入本評估系統內，誠屬遺珠之憾。因此，內政部建築研究所遂於2003年全面檢討評估手冊之內容，於七大指標外另加入「生物多樣性指標」與「室內環境指標」，組成九大評估範疇，以作為我國最新綠建築評估之主軸。

同時，為了簡化起見，將內容屬性相近的指標統合，歸納為生態Ecology（含生物多樣性、綠化量、基地保水三指標）、節能Energy Saving（日常節能指標）、減廢Waste Reduction（含CO₂及廢棄物減量二指標）、健康Health（含室內環境、水資源、污水及垃圾改善三指標）等四大範疇，以便易於理解。因此，我國對於「綠建築」的定義，由過去「消耗最少地球資源，製造最少廢棄物的建築物」的消極定義，擴大為「生態、節能、減廢、健康的建築物」的積極定義。

「EEWH系統」係從生態、節能、減廢、健康之英文字首命名之，其內容、命名、排序是考量永續發展各環境議題的比重平衡，其指標次序是依據環境尺度由大至小而排列，各指標間並無輕重緩急之關係，其指標系統與地球環境關係如下表所示。

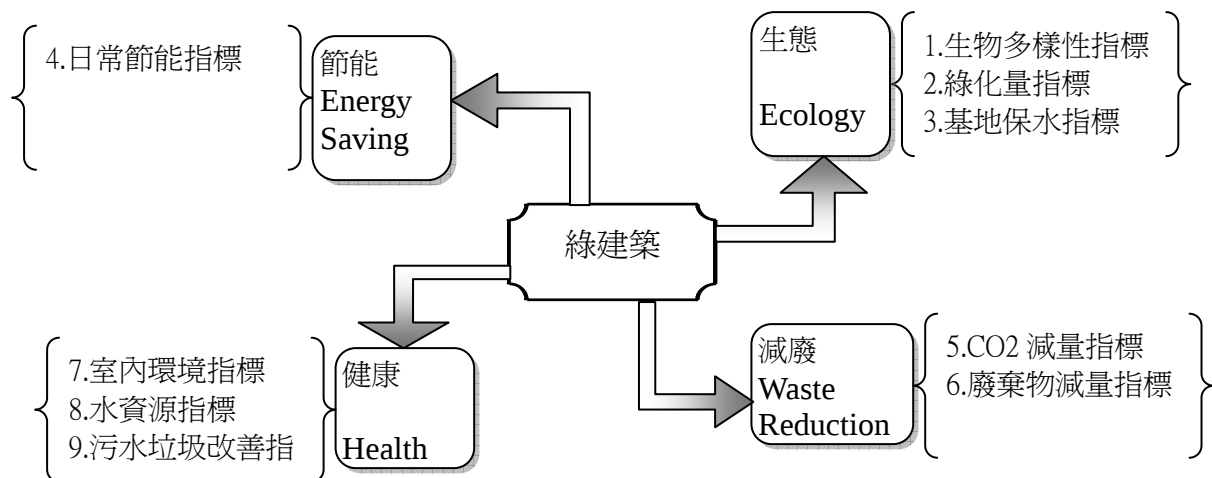
大指標群	指 標 名 稱	與 地 球 環 境 關 係						排 序 關 係		
		氣候	水	土壤	生物	能源	資材	尺度	空間	操作次序
生態	1.生物多樣性指標	*	*	*	*			大 — — — — — — — — 小	外 — — — — — — — — 內	先 — — — — — — — — 後
	2.綠化量指標	*	*	*	*					
	3.基地保水指標	*	*	*	*					
節能	4.日常節能指標	*				*				
減廢	5.CO2減量指標			*		*	*			
	6.廢棄物減量指標			*			*			
健康	7.室內環境指標			*		*	*			
	8.水資源指標	*	*							
	9.污水垃圾改善指標		*		*		*			

表格 1 指標系統與地球環境關係

1999年台灣開始實行綠建築評選認證工作時，以「日常節能」與「水資源」兩指標為最低合格判斷之門檻，從2003年起則以此兩項門檻指標外加任選兩項指標，合計四項指標為合格判斷之要件。然而，由於各分項之間並無綜合評估機制，且各指標之合格門檻難易有別，大部分綠建築評選認證申請案件之合格基準維持在低門檻之水準，而無法有效提升綠建築之相對水準。因此，為提升國內綠建築之水準，於2005年建立綠建築「五等級分級評估」（即鑽石級、黃金級、銀級、銅級及合格級等五等級），提供合格綠建築優劣品質認定之評估工具，以協助政府推動綠建築獎勵政策，預計2006年之綠建築申請案除須符合四項指標外，並須達到銅級等級，希望藉此評估系統，能有效提升綠建築設計風潮，以開創我國建築永續發展之契機。

二、綠建築設計於變電所興建案之運用

綠建築設計於變電所興建之運用可就各評估指標來詳加闡述。



(一) 「生物多樣性指標」之運用

1. 「生物多樣性指標」概述



照片 1 柳營一次配電變電所綠化景觀

所謂「生物多樣性指標」係在於顧全「生態金字塔」最基層的生物生存環境，亦即在於保全蚯蚓、蟻類、細菌、菌類之分解者、花草樹木之綠色植物生產者以及甲蟲、蝴蝶、蜻蜓、螳螂、青蛙之較初級生物消費者的生存空間。唯有確保這些基層生態環境的健全，才能使高級的生物有豐富的食物基礎，才能促進生物多樣性環境。

「生物多樣性」最重要的基礎在於綠地總面積，綠地面積不足則難以成就良好的生態綠網，對生態環境的助益有限。因此，綠地總面積佔本指標最

大的評分比重。

「生物多樣性指標」係指大區域的生物棲息地與活動交流之基盤，因此僅適用於大型基地之開發評估。有鑑於此，目前暫時規定2公頃以上的基地規模才適用於本指標，小於2公頃之基地免於接受本指標之監督。以本處興建之E/S（超高壓變電所）新建工程而言，基地面積大於二公頃，可進行本指標評估；其他如D/S（一次配電變電所）、P/S（一次變電所）、S/S（二次變電所）新建工程而言，基地面積均小於二公頃，依現行規定可免評估本指標。

2. 「生物多樣性指標」之設計技術

本指標僅以建築景觀實務所能操作的範疇，透過綠地品質的提升來掌握生物多樣性活動的生態基盤。其內容以a.生態綠網、b.小生物棲地、c.植物多樣性、d.土壤生態等四領域之生態品質來評估。

其可運用之設計技術有：a.綠網系統、b.多孔隙環境、c.植物複層綠化、d.表土保存等。

(二) 「綠化量指標」之運用

1. 「綠化量指標」概述



照片 2 柳營一次配電變電所綠化鳥瞰圖

「綠化量指標」除美化環境外，其對地球環保有另一貢獻，在於植物的光

合作用可固定空氣的CO₂，進而可減緩地球氣候高溫化的作用。因此本指標希望能以植物對二氧化碳固定效果做為評估單位，藉鼓勵綠化多產生氧氣、吸收二氧化碳、淨化空氣，進而達到緩和都市氣候溫暖化現象、促進生物多樣化、美化環境的目的。

「綠化量指標」的合格基準，以建築法定空地的五成面積實施全面綠化，而且綠化面積的植物CO₂固定量計算值，必須大於法定基準值之1.5倍。以變電所新建工程而言，本公司「變電所土木工程設計準則」（修正3版94年1月）之「12.植生綠化設計」要求考量回植基地原有植物樹種，及配合基地周圍既有綠覆林相，作整體設計配置；此外，基地綠覆率須 $\geq 80\%$ 法定空地面積，且綠覆面積內應植栽之喬木比率，須占總綠覆面積 $\frac{2}{3}$ 以上，本指標基準易於達成。

2. 「綠化量指標」之設計技術

- (1) 在確保容積率條件下，應盡量降低建築物建蔽率以擴大綠地空間。
- (2) 空地上除必要鋪面之外，應全面留為綠地。
- (3) 在大空間區域應盡量種植喬木，其次再種植棕欖樹，然後應在零散綠地空間種滿灌木。
- (4) 在喬木及棕欖樹下方的綠地應盡量密植灌林，以符合多層次綠化功能。
- (5) 即使在人工鋪面上，也應以植穴或花盆方式，盡量種植喬木。
- (6) 盡量減少花圃及草地，尤其人工草坪對空氣淨化毫無助益。
- (7) 利用多年生蔓藤植物攀爬建築立面爭取綠化量。
- (8) 盡量在屋頂、陽台設計人工花台以加強綠化，但是應該注意其覆土量及防水對策。

本處變電所之綠化設計僅設置於空地處，對於陽台、牆面的綠化實施較少，日後可朝立體綠化努力，以求景觀上予人和諧優美的感覺。

(三) 「基地保水指標」之運用

1. 「基地保水指標」概述

基地的「保水性能」指建築基地涵養水分及貯集滲透雨水的能力。保水性能愈佳時，基地涵養雨水的能力愈好，有益於土壤內微生物的活動，進而改善土壤之有機品質並滋養植物，對生態環境有莫大助益，這是人類居住環境中不可或缺的生態指標。本指標的目的在於確保土地之涵養水份的能力，使土壤環境濕潤以增加微小生物的有機存活空間、促進生物多樣性環境，同時在於緩和都市高溫化現象、降低公共排水設施容量、減少都市洪水之發生。

本指標要求綠建築設計，必須達到法定空地八成具透水性能之裸露地。以變電所新建工程而言，除變電所主體建築物及必要搬運道外之地面，儘量保留原土壤地面、設置綠地及採用透水鋪面設計，以達成本指標基準。

2. 「基地保水指標」之設計技術

基地保水設計主要分為兩大部分，一是「直接滲透設計」，二是「貯集滲透設計」。基地保水之規劃，必先瞭解當地水文地質情形。在地盤土質安定無虞之處，基地位於透水良好之粉土或砂質土層時，以「直接滲透設計」為主；基地位於透水不良之黏土層時，則以「貯集滲透設計」為主。

其可運用之設計技術有：

(1) 直接滲透設計：

綠地、被覆地或草溝設計 b.透水鋪面設計 c.貯集滲透空地 d.滲透排水
管設計 e.滲透陰井設計 f.滲透側溝設計。



照片 3 豐華一次配電變電所雨水收集邊溝



照片 4 鎮北一次配電變電所透水鋪面

(2) 貯集滲透設計：

a.花園土壤雨水截留設計 b.景觀貯集滲透水池設計 c.地下礫石貯集滲透設計。

(四) 「日常節能指標」之運用

1. 「日常節能指標」概述

本指標為限制建築物能源使用量之指標，本指標以建築外殼節能設計、空調效率設計及照明效率設計等三方向，來討論日常節能規劃之重點。

就建築外殼節能評估而言，若為無人變電所則屬其他類建築，只評估屋頂熱傳透率 U_{ar} 值；若為複合型變電所，則須評估屋頂熱傳透率及建築外殼節能效率。就空調系統節能評估而言，變電所建築一般係採用分離式變頻空調系統，可免除空調節能設計之評估；若採用中央型空調系統（複合型變

電所），建築空間應依空調使用時間實施空調區劃、依據實際熱負荷預測值選用適當適量的空調系統、選用高效率熱源機器。就照明系統節能評估而言，本評估是以非住宅類建築之一般公共空間與居室空間為限，對於非居室空間、私人生活氣氛之住宿空間及商業展示空間等，暫不予以評估。以變電所新建工程而言，若為無人使用變電所，則免除本照明節能評估，若為複合型或E/S建築時，建築室內牆面及天花板採用明亮設計、採用高效率燈具、盡量採自然採光設計及利用自動晝光節約照明控制系統，則可符合本評估要求。

2. 「日常節能指標」之設計技術

日常節能指標以建築外殼、空調系統及照明系統之能源效率為主要評估對象。其各節能設計技術為：

(1) 建築外殼節能設計技術

可從以下三個部分來著手：a.屋頂方面：RC樓板+隔熱材、排氣裝置或通風屋頂。b.外殼方面：採用高隔熱性、日射吸收率低的外殼材料及外遮陽。c.開口部位：適當開口率、採用反射玻璃及考量隔熱與氣密性。



照片 5 柳營一次配電變電所屋頂隔熱及抽排風系統

(2) 空調系統節能設計技術

以本處變電所建築而言，若採分離式變頻空調系統，可免除評估；若採中央型空調系統，則可運用的技術有a.空調分區、b.空調主機節能設

計、c.風扇空調並用、d.VAV空調系統、e.VRV空調系統等。



照片 6 豐華一次配電變電所分離式變頻空調

(3) 照明系統節能設計技術

於居室空間可運用之設計技術有：a.高發光效率光源、b.採用電子安定器、c.實施照明控制（含區域控制、時間控制及自動感應點滅、調光）、d.採用高效率燈具、e.太陽能照明。



照片 7 路北一次配電變電所高效能照明燈具

(五) 「CO₂減量指標」之運用

1. 「CO₂指標」概述



照片 8 豐華一次配電變電所使用製程產生最少 CO₂ 之鋼構架

建材在生產、製造過程都在排放著CO₂，爲了減緩地球高溫化的趨勢，則須減少CO₂的排放量，即減少一份不必要的建設、減少一份建材，就是減少CO₂排放量，就是善盡地球環保。本指標最有效的對策在於節約建材使用量，其最大影響因素在於「結構合理化」、「建築輕量化」、「耐久化」與「再生建材使用」等四大範疇。

本處新建之變電所係提供全省電力之需，設計首重建築結構安全，因此，對於結構安全係數須額外增加。故對於CO₂減量指標所要求之結構合理性與再生建材使用等要求，於執行上有實質困難處，故暫不予強制推行。

2. 「CO₂指標」之設計技術

本處新建變電所因考量結構安全，暫不推行本指標，不過，仍有些技術對策可供運用，例如：



照片 9 日本變電所簡樸之室內裝修

- (1) 簡樸的建築造型與室內裝修。
- (2) 建築輕量化。
- (3) 管路明管設計。
- (4) 再生建材利用。



照片 10 日本變電所管路採明管佈設

(六) 「廢棄物減量指標」之運用

1. 「廢棄物指標」概述

本指標著眼於工程平衡土方、施工廢棄物、拆除廢棄物之固體廢棄物以及施工空氣污染等四大營建污染源，進行全面性控管，採用實際污染排放比率來評估其污染程度。因本處新建變電所變電設備裝置不同，較難大量採用營建自動化系統，故於實質執行面有其困難處，惟未來仍應朝上述目標努力。

2. 「廢棄物指標」之設計技術

- (1) 基地土方平衡設計：任何建築開發案最好能夠以土方之零排放與零需求為原則，多餘土方與不足土方均有害於地球環保。建築設計前應慎重考慮地形地貌變化設計與地下室開挖上取得最佳的挖方填方平衡計畫。
- (2) 結構輕量化：為了降低營建廢棄物與施工空氣污染，建築結構的輕量化設計是首要目標，亦即盡量採用鋼構造與金屬外牆設計，或採用大跨距的木造建築物。
- (3) 營建自動化：如不能採用鋼構造而採用 RC、SRC 構造時，應盡量引進營建自動化工法以降低營建污染，例如採用系統模板、預鑄外牆、預鑄樑柱、預鑄樓板、整體預鑄浴廁、乾式隔間等自動化的工法，對施工中的廢棄物減量有莫大的助益。



照片 11 日本變電所設置預鑄型洗手台



照片 12 採用清水模板之日本室內變電所

- (4) 多使用回收再生建材：使用回收再生建材相當於減少建材生產能源、減少二氧化碳排放、減少營建廢棄物，一舉數得。
- (5) 採行各種污染防制措施：欲減少建築施工過程的空氣污染，首要工作即加強工地污染管理，且列入施工管理的重要工作。擬訂施工計畫時應將可行的各項空氣污染防制措施，如有效噴灑水，洗車台，擋風屏(牆)，防塵網，人工覆被等。



照片 13和順一次配電變電所設置污染防制措施-洗車池

(七)「室內環境指標」之運用

1. 「室內環境指標」概述

「室內環境指標」主要在評估室內環境的隔音、採光、通風換氣、室內裝修、室內空氣品質…等影響居住健康與舒適之環境因素，以減少室內污染物傷害，以增進生活健康。

因本指標是針對居室而言，對於本處新建之無人使用變電所則免予評估，對於複合型或E/S變電所時，則須就音環境、光環境、通風環境及室內裝修等四部分綜合檢討之。

2. 「室內環境指標」之設計技術

本指標由音環境、光環境、通風環境及室內裝修等四部分綜合檢討。其可運用之設計技術有：

- (1) 音環境：噪音、振動音防制；例如主變壓室四面牆壁貼有吸音板、抽風機出口設置消音箱。



照片 14 豐華一次配電變電所變壓器室牆面裝貼吸音板

- (2) 光環境：室內採光（自然採光、人工照明）。
- (3) 通風環境：通風平面計畫。
- (4) 室內裝修：室內污染控制、室內空氣淨化、綠建材採用及綠色裝修設

計等。

(八)「水資源指標」之運用

1.「水資源指標」概述

台灣雖然有豐沛的降雨量，但因國民生活用水量增加，且水庫的淤積及國人無節制的用水習慣，造成現今缺水問題愈來愈嚴重。因此，為解除長期水荒的壓力，須有開源與節流並重的方法。「水資源指標」在節流方面，要求全面設置省水器材，針對大量耗水的建築案例要求設置彌補措施，如大量人工草皮、草花花圃之設計要求設置節水澆灌系統；在開源方面採取雨水貯集利用彌補措施。

本處新建之變電所其因建蔽率不高，進而影響綠地留設面積增大，須設置節水澆灌系統來符合本指標之要求。

2.「水資源指標」之設計技術

水資源運用主要分為二項，一是「節流」，二是「開源」。其可運用之設計技術有：

(1) 節流方面：

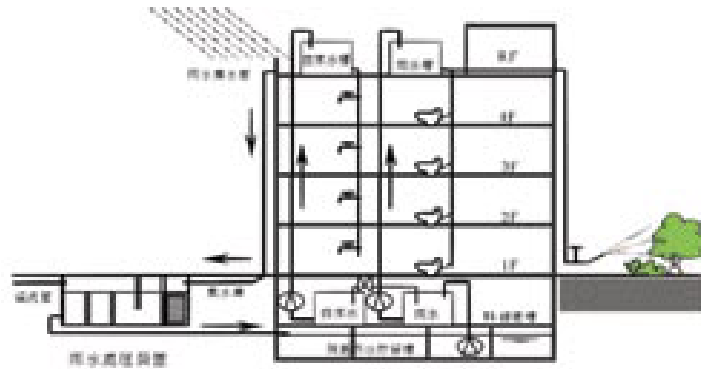
全面採用具省水標章產品之省水器材、設置自動偵濕之節水澆灌系統。



照片 15 日本變電所裝設省水型馬桶

(2) 開源方面：

設置雨水貯集利用設施。



照片 16 雨水收集系統示意圖

(九) 「污水及垃圾改善指標」之運用

1. 「污水及垃圾指標」概述

本評估對污水及垃圾處理的要求，並非以環工技術面來考量，而是著重於建築景觀衛生與使用管理上的配套考量。於污水改善方面要求雨、污水分流，如浴廁、廚房、洗衣之生活排水要求確實排入污水處理系統。垃圾改善方面要求垃圾分類與資源回收，並要求建築設計重視垃圾處理空間的景觀美化；對於一般垃圾處理，要求在空間規劃及設施設置方面須符合「充足的空間容量、密閉衛生的確保、簡便的操作流程」等三項原則。

以變電所新建工程而言，污水改善指標易於達成，而垃圾指標只針對基地內公共垃圾處理的空間景觀及衛生環境設計條件來評估。本處新建之變電所若屬無人使用，因無產生垃圾，故不予評估垃圾指標；若為複合型或E/S建築時，則須重視垃圾處理對策。本指標經適當建築設計應可符合要求。

2. 「污水及垃圾改善指標」之設計技術

污水垃圾改善指標主要分為二項，一是「污水改善」，二是「垃圾改善」。其可運用之設計技術有：

(1) 污水改善方面：施行雨、污水分流。生活廢水確實排入污水系統。



照片 17 污水排放系統

- (2) 垃圾改善方面：在垃圾處理指標上，最有利的條件在於預先留設有充足垃圾處理運出空間，並以景觀綠化美化的方法來設計專用垃圾集中場。其次是執行資源垃圾分類回收管理系統，或設置冷藏、冷凍或壓縮等垃圾前置處理設施。

綜合上述，本處變電所新建工程可通過之綠建築評估指標如下表所示，未來可朝向CO2減量指標或廢棄物減量指標努力，以期變電所建築能更符合綠建築之要求。

三、檢討與建議

本次參訪日本中部電力株式會社、東京電力株式會社轄屬之室內變電所，第一印象即發覺所有變電所均有一致共通性，即其內部裝修極為簡樸化，有關內牆、隔間、天花板、梁底、地板等構造物絕大部分採用面層經HDO(High Density Overlay)處理之清水模板構築，拆模後其外露面直接以混凝土本色展現，免除了後續之粉光、塗裝、油漆等裝修作業。是以若從「綠建築」評估指標觀點來論斷，前揭建築技術已涵蓋「CO2減量指標」、「廢棄物減量指標」及「室內環境指標」等三項指標，其成效顯著，自不待言。



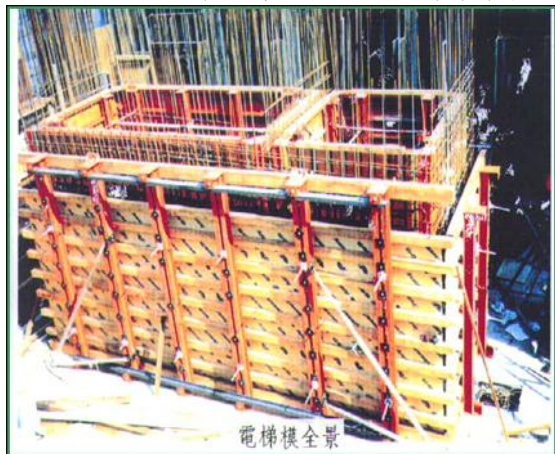
照片 18 日本室內變電所採用清水模板構築梁板

反觀國內目前變電所建築工地之模板工程施工時，一般設計者或現場監造工程師仍抱持著模板工程係屬營建工程施工過程中之假設工程，是以往往忽視了模板工程乃各項營建工序中耗時最長作業之一；更遑論了解模板工程於施工要徑上所扮演關鍵環節為何？模板工程若事先經周密規劃，選用合宜之工法，必然對於工程整體工期之掌控、縮減及降低成本大有助益，例如建造煙囪構造物時，比較採用滑動模板工法與採用傳統模板工法之優劣點，即可印證前述說法。現今國內各工程主辦機關對於土建工程選用何種模板工法泰半放任承攬營造廠商自行決定，並未用心加以規範或約束，導致大多數工地仍以傳統工法進行。然而傳統模板工法施作時，經常由於工人素質良莠不齊、作業區區分不當、材料與機具堆放、規劃不良等現象，而經常導致工作效益低落及施工時危險重生等問題，甚至造成工程成本增加、工期延宕、品質低落等結果，職是之故，若要徹底改善以上缺失就有賴工法上的改進。所謂傳統工法是指以杉木拼裝模板(2.5~5cm厚)為主要構件的施工法，其他配件包括背襯角材(木條)、鐵釘、螺栓、鐵線、隔件、鉸釘等。由於材料特性，傳統工法之材質容易腐爛及損壞，重複利用性不高，但可任意裁剪施作任何形狀之外觀及已普遍使用為其最大之優點。傳統工法施作時，工人經常使用電鋸截取所需單元材料，而造成工區環境污染，甚至造成材料需求增加，且由於拆模時間較長，若有工期壓力，常需使用多套模板致使成本增加。

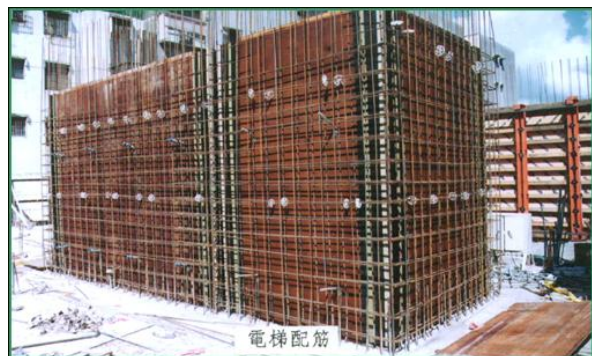
新工法係指能夠節省材料、增加使用次數、作業便利、工期較短、拆模後混凝土面品質良好之系統模板。近幾年來國內陸續引進或由國人自開發採用的新模板施工方法如：YH系統、DOKA系統、DH系統等系統模板工法。系統模板有些使用金屬模板，所以配件以搭配之金屬製品為主，若系統模板使用金屬製品，則其尺寸精確、重複利用性高，且由於可使用吊具輔助施工，所以效率高、工期通常較傳統工法短，但因模板使用金屬製品，所以投資成本高，且應用彈性較低。此外，有些系統模板使用清水模板，強調設計標準化、重複性高、施工確實、精度高、混凝土表面平滑、無需粉光。



圖表 1 德國 DOKA 系統模板支撐



圖表 2 國內引進之系統模板



圖表 3 國內引進之系統模板



圖表 4 國內引進之系統模板



圖表 5 國內引進之系統模板

經由上述對模板工程之傳統工法與新工法之說明可以發現，傳統工法與新工法皆有其優、缺點，然就本處興建之變電所而言，若考量達成綠建築之需求目標，師法日本之建築手法，採用清水模板新工法構築變電所應為最佳選項，除促使施工技術得以提升外，並創造質優的營建環境，做為國內公共工程效法之標竿。以下針對國內變電所建築工地施工之模板工程在使用新工法時所衍生之優劣點，提出個人淺見供參考。

(一) 採用清水模板（系統模板）之工法效益：

1.人力效益

利用機械設備取代人力，提高工作效益，減少對技術人力之依賴。

2.提升技術品質

改善傳統施工方法，提升營建施工技術。系統模板材料強度高、鑄面精確、品質良好。

3.降低成本

著重事前規劃，應用高度轉換彈性原則，作最適化的作業循環，提升管理效率、降低工作成本。

以清水模板(表面經HDO處理或系統模板)構築梁、柱、牆、樓板……等構造物，拆模後直接以混凝土本色展現，可省略不必要之粉刷、塗裝、油漆等裝修作業。就以本處經辦之變電所若改採用清水模板施工，其與傳統建築

模板之單位造價比較如下表：

工作項目	模板類別	
	一般建築模板 (杉木拼裝模)	清水模板 (合板表面HDO處理)
模板組立及拆除	250~350元	450~700元
水泥砂漿粉刷	200~300元	0元
油漆	60~80元	0元
平均單價(M2)	510~730元	450~700元

表格 2 一般模板與清水模板單位成本比較表

4.縮短工期

重疊作業大幅提高、技術人力需求減少、工期容易掌握、鑄面品質精確、裝修粉刷工作減少、縮短工期。

5.安全、環保

模板材料損耗低、整體營建廢棄物減少、全面改善施工環境、降低營建公害、提升企業形象。

6.檢驗容易

混凝土澆置品質基本上可直接由外觀目視評定，承包商無法任意以水泥粉飾遮蔽蜂窩、砂紋、氣孔、凹穴…等瑕疵。

(二) 採用清水模之缺點；

- 1.初期建置成本偏高。
- 2.營建技術人力素質需求高。
- 3.變電所建築物各構造物尺寸必須盡量朝規格化設計。
- 4.須動用塔式吊車（Tower Crane）或移動式吊車配合運搬、組裝及拆模作業。

除前揭清水模板工法外，尚有造型模板亦值得推廣應用於變電所附屬構造物，譬如花台、圍牆台度及護坡採用造型模板，俾減少不必要之裝修作業，例如粉刷、貼石材、抵石子、貼瓷磚…。



照片 19 採用造型模板構築之花台

所謂造型模板係於接觸混凝土之模板面加釘橡膠質襯模，除可以保護底下之木模不受混凝土之侵蝕，而增加木模使用之次數亦有經濟效益。另外，此種軟模尚具有使拆模後之混凝土表面具有優美之立體花樣，顯示特殊美感，除可免除修飾工作外，並可使以往單調之混凝土表面顯現各種浮雕立體花樣增加美觀。其優點如下：

- 節省變電所單位造價成本。
- 總施工時程較短。
- 美觀耐久、維修費用低廉。

四、結語

本次奉派出國學習，承蒙各級長官及相關工作夥伴鼎力協助安排、聯繫，得以順利成行，謹致謝忱。個人亦期許藉助本參訪日本變電所心得報告，對將來興建變電所實務面上有所助力，俾回饋公司之良意。

總結前述心得報告內容，歸納摘要如下：

- (一) 採用清水模板或系統模板工法構築變電所內部隔間、梁、柱、板…等構造物，可免除大部分後續裝修作業（例如水泥砂漿粉飾、油漆），以達成縮短工時、節省成本、提昇品質之標的，此舉符合綠建築定義之「CO₂減量指標

」、「廢棄物減量指標」及「室內環境指標」等三項指標。

- (二)變電所外附屬構造物，譬如花台、圍牆台度及護坡亦可採用造型模板，以減少不必要之裝修作業，例如粉刷、貼石材、抵石子、貼瓷磚…。除節省變電所單位造價成本外，尚可兼顧美觀耐久之效能。
- (三)所外搬運道若採用彩色瀝青混凝土鋪築，色彩可搭配周遭景觀整體規劃，調和性高，材料較鋼筋混凝土路面環保，再生回收彈性大。

肆. 附錄



照片 20 鋪設彩色瀝青混凝土路面之東京街景



照片 21 美觀粉體塗裝鏤空圍籬〈新豐洲變電所〉



照片 22 採用清水模板施工之日本民宅



照片 23 採用造型模板之東京建築



照片 24 整齊之安全帽收納架〈新豐洲變電所〉



照片 25 完善之東京市區交維設施



照片 26 平整之透水瀝青路面(東京都)



照片 27 標準之門型施工架(東京都)



照片 28 整潔之東京街景



照片 29 色彩亮麗之工程卡車(東京都)

參考文獻

1. 「綠建築解說與評估手冊（2003年更新版）」，內政部建築研究所，2002/06。
2. 「綠建築解說與評估手冊（2005年更新版）」，內政部建築研究所，2005/01。
3. 「綠建築設計技術彙編2005年更新版」，內政部建築研究所，2004/11。
4. 「熱濕氣候的綠色建築」，林憲德著，詹氏書局，2003/08。
5. 「永續建築導論」，江哲銘著，建築情報，2004/06。
6. 「九十四年度台電公司輸變電工程處變電所土建技術彙編」2005/10。
7. 「系統模板及支撐系統」，內政部營建署、台灣營建研究院。
8. 「系統模板的發展策略」，沈進發，內政部營建署、台灣營建研究院，系統模板應用研討會論文輯（1999）。