

第三章 不同運輸系統疏散可行性分析

為瞭解整個緊急計畫區不同運輸系統疏散可行性在未來作為緊急事故疏散之可能，本研究針對鐵路、海運與空運運輸系統之特性及功能進行疏散可行探討，其中假設鐵路運具為台灣鐵路管理局之電聯車，而海運運具為國內漁民使用之近海漁船，以20噸以下漁船為主，至於空運運具則為緊急救難直昇機。首先在3.1小節中先構建一運輸系統疏散可行性分析架構，進而以此架構來分析各運輸系統之疏散可行性：3.2小節係針對鐵路，3.3小節為海運，3.4小節為空運，最後3.5小節乃對各種運具疏散可行性分析整理列表比較之，並提出除公路運輸以外亦適用於核能電廠緊急事故疏散時之運輸系統。在本研究中，主要疏散運具仍以公路運輸為優先，經本章之分析後找出適合之運具，做為輔助之疏散運輸系統，因此本研究並不考慮鐵路、海運、空運混合疏散之情形。

3.1 可行性分析架構

若要評估一運輸系統能否適合於疏散時使用，將可從供給與需求兩大方向著手分析。所謂供給即是此運輸系統之運具所能提供之功能與特性，而需求則是用以瞭解此運輸系統在疏散時之能否滿足其疏散之基本所需。針對這兩項分述如下：

1. 供給分析

一個運輸系統的運具所能提供之功能特性概括而言即是運能、運輸距離、運輸速度與加速度。運能若大，則表示在同一時間內可搭載大量人數；運輸距離若長，則代表所搭載之人員可被載運至目的地之距離也較遠；而運輸速度若快，則能將搭載之人員迅速移動至目的地，縮短旅行時間；加速度數值越高也表示此運具從0km/hr起加速至一般運轉速度之時間越短，亦代表著該運具能更快速離開原出發地。

供給分析考量運能、運輸距離、運輸速度與加速度四項因子，然而由於是以疏散大眾為前提，故在疏散時以運能之重要性較高，運輸速度、加速度與運輸距離則為次要考量。

2. 需求分析

在疏散時，所使用運輸系統之運具應考慮安全性以及使用便利性。在進行疏散時，即表示災害已經發生，因此疏散時必須以高安全性之運具為第一優先考量，該運具必須能確保民眾安全離開，以免民眾受到雙重災害導致身心重創，本研究以運具行駛的安全性、搭乘離開運具之安全性以及氣候影響運具之安全性來分析之；而使用便利性表示該運輸系統在民眾集結時運具是否方便民眾搭乘(上下車便捷與否)以及場站是否方便民眾集結(場站位置與數量是否恰當、是否充足)...等等。

3.2 鐵路疏散分析

鐵路運輸系統之特性包含了運量大、速度快、行車路權等級高等等，如以一般列車而言，運量可達五百人以上，當列車經過編組、重聯運轉後，運量往往超過一千人，是一般30人座公車三十倍以上。假如有大量人口需疏散時，鐵路運輸系統可發揮前述之特性，短時間內即能將人口安全地疏散。依據前述基本架構，鐵路疏散可行性分析如下：

1. 供給分析

台灣地區民眾一般使用的交通工具除了傳統公路系統外，鐵路系統經常是民眾另一考慮的重要交通工具之一。最常使用的鐵路系統係為台灣鐵路管理局的環島各線鐵路，各線鐵路已雙軌電氣化的路線包括西部縱貫線基隆至屏東，宜蘭花東線的八堵至花蓮，班次十分密集。若以東北角宜蘭線鐵路為例，平日行駛南下與北上列車超過六十班次，車種涵蓋自強號、莒光號、復興號與電車，其中電車停靠班次十分頻繁，南下與北上電車約三十班次，由此可見電車已成為當地民眾短程旅次最常使用之車種。

本研究依據供給分析中運能、運輸距離、運輸速度與加速度等因子對台灣鐵路管理局各車種進行比較，其結果如表3.1，表中數值1表示最佳，數值2次之，數值3為第三。由表中得知，EMU600型電聯車具有加速度最快與載運量最大之性能，雖運輸速度並非最快，且其運輸距離屬中短程運輸，但因運輸速度與運輸距離在疏散時所佔的重要性較低，故EMU600型電聯車仍舊是各車種中較合適的疏散運具，因此本研究即以台灣鐵路局電聯車EMU600型作為鐵路疏散之疏散運具。EMU600型電聯車性能與規格則如表3.2。

透過台鐵時刻表(民國94年2月)之查詢，電車穿越與緊急計畫區相當約10~15km的距離，其所需花費時間在12至18分鐘間，這段時間包含電車停靠車站之時間，如將停站時間扣除，則一般在緊急計畫區10~15km的距離中，行駛時間約控制在15分鐘內。若再將電聯車容量大的特性納入考量，即可快速抒解人潮。

表 3.1 各列車車種性能比較

列車車種	運能 (單節車廂)	運輸 距離	運輸 速度	加速度
EMU-1000(推拉式自強號)	2	1	1	3
DR-3100(柴聯車自強號)	2	1	2	2
E-400 (莒光號)	2	1	2	3
E-400 (復興號)	2	1	2	3
EMU-600(電聯車)	1	2	2	1

表 3.2 EMU600 型電聯車性能與規格

型 式	EMU-600
編組配置	EMC 駕駛馬達車--ET 拖車 EP--動力車 EM--駕駛馬達車
單組全長/重量	80 公尺/130 噸 最多可四組重聯作總控制運轉
加速度	0.8 m/s ²
最大再生電軔力	167.4kN
最大牽引力	194.2kN
最大軸重	14 噸
牽引馬達	三相交流感應 240KW/1380V 連續
出 力	2000 KW/組
最高車速	110 公里／小時
座 位	各車廂座位： 60 位 立位： 120 位
軔機系統	電軔與氣軔並用（再生式電軔）
保安裝置	自動警告停車輔助系統(ATW/S)/警醒裝置運轉/專用無線電話
製造廠商	2001 年南韓 Rotem 公司製

資料來源：[34]

2. 需求分析

就安全性的角度來切入，首先是關於列車行駛安全方面。鐵路運輸有其專用路權，台灣鐵路管理局列車行駛路線是屬於B級路權，即有其專用軌道，但仍與一般道路有平面交叉。為避免列車與汽車發生碰撞事故，於平面交叉點設置平交道，可讓列車優先通行，當列車遵守行車號誌行駛時，列車可一路暢行，並不會如一般道路上發生車輛擦撞之事故。

其次，是民眾搭乘與離開該運具之安全性方面。鐵路運輸系統與民眾生活息息相關，民眾早已習慣搭乘列車，上下車僅需稍加注意列車與月台之間的縫隙以及列車門口的台階即可，如採用EMU600型電聯車為疏散運具，其單節單側車門有三個，加上車門寬將近比舊有列車如舊型莒光號、自強號多出一倍，使民眾在上下車時發生推擠事故的機率大幅減低。

第三，需考慮氣候對該運輸系統安全性之影響。鐵路列車無論晴天或雨天皆可正常運行，台灣鐵路管理局的軌道承托系統多半使用道碴為主，道碴有良好的排水性，即使在一般的下雨天也不必擔心積水而影響列車行車安全。然而過去列車仍有行駛受限制之情況發生，這些情況是因為天災而導致，主要目的在於避免因天災而危害列車上旅客之生命安全。天災包括颱風、豪雨、地震等，在這些災害即將來襲前(地震以外)中央氣象局會發佈各類警報，台灣鐵路管理局可依照氣象警報中列出的預測降雨量或預測風速判斷是否影響列車行車安全，進而決定列車是否繼續行駛。而地震災害則至目前為止全球尖端科技皆無法預測，值得一提的是，核能電廠位址是座落在無地下斷層、地震影響最小的地方，因此在緊急計畫區內的鐵路路線受地震影響機率也較低。

如果就便利性的角度來切入，如同前所提及，鐵路列車有專用軌道，且列車必須停在車站月台中以方便民眾搭乘，若沒有車站月台之處將無法隨意停靠列車，因此鐵路列車無法像公車一樣可隨處停車，鐵路路線車站數少，所能服務之範圍就越少，能涵蓋的集結範圍亦越少，因此就便利性而言與傳統公車疏散相比仍欠佳。

3.3 海運疏散分析

根據行政院漁業署提供之相關訊息，台灣海域海上航行船舶甚多且冬季東北季風自台灣海峽北端灌入，風大浪湧航行風險極高，再加上台灣與大陸眾多漁船經常作業其間，漁民為生計謀，不少漁民常奮不顧身，不考慮惡劣的天氣就冒險出航，使台灣海域之海上遇險事件發生頻率很高。依據前述基本架構，海運疏散可行性分析如下：

1. 供給分析

台灣是個四面環海的島國，海洋資源豐沛，海岸線長，大小漁港因而遍佈各地，近來更由於政府大力推動觀光旅遊，原本有些沒落的漁港如東港漁港，即因特產如黑鮪魚等而聲名大噪，也使得近五年的漁船數量有遞增之趨勢。

根據民國93年漁業署漁業年報[40]中動力漁船之統計，全台共有13,527艘，其中動力舢舨有4,173艘，占總數之30.85%，5噸以下動力漁船有2,357艘，占總數之17.42%，兩者合計6,530艘，占全部動力漁船的48.27%。因此可見台灣漁港停靠的船舶是以舢舨與5噸以下漁船為主，而舢舨是漁民在近海捕魚時所使用之運輸工具，漁業法規中之舢舨定義為：凡小船具船型且開敞式不具船艙及全閉式甲板結構者。舢舨承載人數係在三人以下，船長約5至10公尺，寬度在2公尺左右，船深約2公尺，僅適合漁家自行使用，速度在20節至30節不等(37km/hr~56km/hr)。

台灣地區各漁港規模大小有所不同，漁港中所能停靠之漁船大小也不同，但可確定各漁港皆可容納5噸以下漁船以及動力舢舨。漁船或動力舢舨主要功用乃是以近海捕魚為主，漁船的人員容納不及十人。因此，在考量現實狀況後可知各漁港停靠船舶是以5噸以下漁船與動力舢舨為主，故若以此做為疏散之運具，可顯而易見的是這類運具體積小且運能低、運輸距離中等，在運輸速度方面即使疏散時間可在20分鐘內離開5公里的區域範圍到達緊急計畫區外的港口，但做為大眾疏散運具仍不甚適合。

2. 需求分析

就安全性的角度來看，首先關於漁船行駛安全方面，漁船在港口內並無特定行駛路線，但需以低速行駛，以避免船舶碰撞事故的發生。至於在港口以外的範圍，則以水面下之暗礁較易使船舶觸礁、擱淺或翻覆造成人員或船舶傷害，同時從搭乘者的角度來想像，非從事漁業之民眾對漁船不熟悉之因素下將容易有暈船現象發生。

其次，在民眾搭乘與離開該運具之安全性方面，關懷海洋台灣文教基金會的網頁內容有提到，台灣海難發生率甚高，遇難者卻常只在距海岸僅三百公尺範圍內，卻無法獲救，使得台灣附近之水域被公認為「危險海域」。當海象不佳時，即使漁船停靠在碼頭中仍會搖擺晃動，使得民眾在上下船舶時將具危險性。

第三，氣候對該運輸系統安全性之影響方面，漁船在陰雨天時不方便出海，最主要是因為陰雨天時海上浪朝野隨著不平靜。此外不同季節所吹拂的風向亦會使漁船行駛受到限制。根據逢甲大學「核四廠附近人口、道路、交通工具及公共設施調查」[28]可知：不同的風向將會影響到未來船舶疏散的方向、船隻動力與行進阻力，而台灣地區沿海有50%時間都受到季風吹拂的影響，使得漁民出海捕魚都必須十分注意天氣的變化以及海浪洶湧的程度，更何況是非從事漁業的一般民眾，稍有不慎即會因海浪過大而落海，對生命造成影響。

若以核四廠東北角地區為例，此區域以北北東風為主要風向，大約佔23%。而每年九月至次年五月長達九個月的時間，都受到東北季風影響，吹北北西、北、北北東、東北風，其風向佔全年風向的50%左右；而六月至八月受夏季季風影響，風向轉為東南、南南東、南風，其風向佔27%。在緊急計畫區範圍內，會影響到海上疏散的風向有：南南東、南、南南西、西南、西南西、西、北北西與西北風等8個風向。東北角地區風速多在蒲福風級三級至五級間，無風約佔1.98%，風速在五級（ $<10.7\text{m/sec}$ ）以下者約佔81.93%，六級風（ $10.8\sim13.8\text{m/sec}$ ）約佔13.14%，七級以上強風約佔2.40%。因此海上疏散若以5噸以下漁船或動力舢舨為主時，在氣候因素影響大、設備不齊全、乘載量低、周邊的港埠安全設施不足下，其安全性有待考量，要疏散大量的居民不太容易，在此情況下要求民眾至漁港搭乘漁船疏散比民眾搭乘公用車輛離開更不可行。

再從便利性角度切入觀察，漁船僅能停靠港口碼頭，絕對無法在岸邊任意停靠，故民眾必須前往港口碼頭方能搭乘漁船，一般海岸邊則無法乘船或下船。也就是說港口數少服務範圍也少，所涵蓋集結範圍亦少，其便利性與鐵路運輸系統相當，與傳公車疏散相比亦欠佳。

3.4 空運疏散分析

台灣本島因位於歐亞板塊與菲律賓板塊交界處，受板塊擠壓而形成島上丘陵、高山多平原少的地形，因此機場多位於西半部人口聚集的西部平原，東半部則有花蓮、台東兩座航空站，如以東北角地區來看，地形更是崎嶇不平，機場航空站也當然不可能在此設置。在缺乏航空站的情況下，加上一般疏散時民眾僅需離開緊急計畫區，距離約在5~10km之間，這樣短的距離下，擁有長程飛行能力的一般客機即毫無用武之地，因此，在這崎嶇的地形下，空運疏散時即是以擁有方便起降性能的直昇機作為主要的疏散運輸工具。依據3.1節的架構，空運疏散可行性分析如下：

1. 供給分析

本研究從直昇機運能、運輸距離、運輸速度等因子來探討該運具是否具疏散可行性。在運能上，由於直昇機載重有限，一次搭載人數約在10人上下，僅是一般30人坐公用車輛的三分之一。而運輸距離方面，直昇機飛行距離可達數百公里遠，將其用於疏散上並不會有問題。至於運輸速度，直昇機飛行速度快，不需一般飛機跑道即可垂直起降，相當便利，但是在這種極低的運量下，如仍要用以疏散民眾，則直昇機來回飛行次數恐將暴增，對直昇機機身的負荷十分龐大。因此以直昇機疏散民眾離開著實不易執行，直昇機仍應以救災或救難為其主要肩負之任務。下面兩種情形則是必須使用直昇機來運送：1. 重傷患有生命危險，必需緊急送醫治療者。2. 症傷患於該地區無法治療，且無適當交通工具可供使用者。

根據直轄市縣市消防機關及衛生機關災害現場緊急救護配合作業要點，在位處偏遠、交通不便、地勢險峻或離島地區者，救災救護指揮中心應視事故狀況向行政院國家搜救指揮中心或內政部消防署申請派遣空中消防隊、空中員警隊、國軍救護隊直昇機或行政院海岸巡防署船艇迅速趕赴災害現場或至預定集結地點載運救護人員、醫療器材及藥品送抵現場施行救護，並運送傷病患就醫。目前海巡署與空中員警隊共同支援使用之直昇機機型之一為S-76，其詳細規格與性能可參照表3.3。如依據表3.3直昇機的性能來分析，直昇機可以以時速200公里飛行，在短短3、4分鐘就可飛離5~10km的緊急計畫區範圍，疏散時間極短，但由於每次運輸入數偏低，使其疏散效率大打折扣。

表 3.3 S-76 直昇機性能與規格

機型	S-76	
性能規格	馬力 x 發動機數	1725 x 2
	續航時間	3.5 小時
	最大航程	250 哩
	內載人數	10-13 員
	配備	機腹吊掛
	螺旋槳直徑	13.41m
	機身高度	4.41m
	機身全長	16.0m
	機身寬度	3.05m
	機身重量	2.849kg
	載重量	2,457kg
	最大巡航速度	269km/時

資料來源：行政院海岸巡防署網頁(94年2月)[39]

2. 需求分析

有關安全性的部分，先就直昇機行駛安全加以探討。直昇機飛行高度可達3000公尺，一般平地飛行高度則在300公尺以上。空中飛行時需注意高樓、電塔與電線之位置，避免因疏忽而釀巨災。此外直昇機飛行時其載重程度的掌控也十分重要，行政院飛安會在民國94年1月5日公佈發生在民國九十二年三月一日阿里山小火車重大事故，報告指出，消防署空中消防隊所屬的UH1H編號901的救難直昇機，在阿里山停機坪起飛後失事，當時直昇機一共搭載了多達九名傷患，嚴重超載，最後導致兩人死亡、五人重傷。直昇機原本應該是救難的，但卻因忽略載重程度而超重，造成新的意外事故的發生，也使直昇機充滿了潛在的危險。直昇機飛行過程中機身受氣流影響顛簸，且機上更因螺旋槳高速運轉所產生之聲響而十分吵雜，在民眾搭乘直昇機機會不大之下，民眾也是與搭乘漁船一樣不易適應。

其次，在民眾搭乘與離開直昇機的安全性方面，直昇機因螺旋槳高速運轉所產生的風力可讓大樹連根拔起，民眾必須壓低身體前行，以免遭強風之襲擊而被吹離。在接近直昇機時螺旋槳聲響龐大，對民眾同樣產生極大負擔，亦使民眾產生身心不適之現象。

第三，氣候對該運輸系統安全性之影響方面，直昇機容易受到氣候之影響而無法飛行，雖然說直昇機與一般飛機不同，可實施目視飛行，但若是在陰雨天，雲層低，能見度不佳，此種氣候下如執意飛行，結果將造成直昇機意外事故的發生。

至於有關便利性的部分，直昇機起降地點係需在空曠之地，只要足夠寬敞便可供直昇機起飛與降落，如學校之操場、社區廣場皆可，但依舊需對附近之電線、電塔或招牌廣告多加留意。故其便利性仍略遜於傳統公車疏散，但卻較鐵路、海運兩者為佳，可涵蓋集結範圍也較廣，惟運量低，因而本研究認為直昇機仍適合執行傳統運送急症、傷殘病患之任務，使病患能以最快速度抵達重要醫療院所進行治療或急救。

3.5 小結

綜合上述幾個小節內容，將各種運具疏散可行性分析表3.4中列表整理。經過分析，鐵路、海運與空運如作為疏散時的運輸工具時，鐵路運具—電聯車可發揮運量大、速度快、上下車便利、安全性高之特性，能以較佳之效率疏散民眾；空運運具—直昇機速度最快，但運能小，且同樣會受到氣候之限制，故僅適合急症傷殘救助；海運運具—舢舨則是速度最慢、運量最小、受氣候因素影響最大者，同時缺乏安全救難設施，以此運具疏散時，民眾生命安全不易確保。由上述可知，三者之中較適宜者為鐵路，其次則為空運，海運第三，因此本研究對於海運疏散搭配公車疏散或空運輸送搭配公車疏散較不適合，後續章節則專對公路運輸與鐵路運輸二者聯合疏散下之整體架構、集結點及收容站之評選、疏散人口指派與車輛調度進行更深入的探討。

表 3.4 各種運輸系統之疏散可行性評比

運輸系統		鐵路運輸	海運運輸	空運運輸
使用運具 考量因子		EMU600 電聯車	5 噸以下漁船 或動力舢舨	S-76 直昇機
供給	運能評比	1	3	2
	運輸速度評比	2	3	1
	運輸距離評比	2	3	1
需求	安全性評比	1	2	2
	便利性評比	2	2	1
疏散可行性評比		1	3	2

