

102-150-1341

出國報告（出國類別：其他）

出席日本鐵道綜合技術研究所「鐵道車輛技術月例發表會」暨輕軌系統技術考察出國報告

服務機關：交通部運輸研究所

姓名職稱：劉昭榮 研究員

派赴國家：日本

出國期間：102年08月15日至08月22日

報告日期：102年11月12日

出席日本鐵道綜合技術研究所「鐵道車輛技術月例發表會」暨輕軌系統技術考察出國報告

著 者：劉昭榮

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：10548 台北市敦化北路 240 號

網 址：www.iot.gov.tw (中文版>圖書服務>本所出版品)

電 話：(02)23496789

出版年月：中華民國 102 年 11 月

印 刷 者：

版(刷)次冊數：初版一刷 20 冊

行政院及所屬各機關出國報告提要

頁數：71 含附件：

報告名稱：出席日本鐵道綜合技術研究所「鐵道車輛技術月例發表會」暨輕軌系統技術
考察出國報告

主辦機關：交通部運輸研究所

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

交通部運輸研究所/孟慶玉/02-23496755

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

劉昭榮/交通部運輸研究所/運輸計畫組/研究員/(02)2349-6809

出國類別：1.考察2.進修3.研究4.實習5.其他

出國期間：102 年 08 月 15 日至 08 月 22 日

出國地區：日本

報告日期：102 年 11 月 12 日

分類號/目：HO／綜合類（交通類）

關鍵詞：鐵道車輛技術、輕軌系統、北海道、輕軌運輸系統容量

內容摘要：

為利推動我國軌道系統永續發展，本次出國計畫主要係參加日本鐵道綜合技術研究所舉辦之「鐵道車輛技術月例發表會」，藉由參加該月例發表會，除蒐集目前最新之軌道車輛技術相關研究資料，更參訪該研究所各項車輛技術及控制等相關實驗室設施，以增廣鐵道技術知能。另為利本所年度自辦研究案「輕軌運輸系統容量系列研究之先期探討」辦理需要，本次行程亦赴北海道之札幌及函館等都市，實地考察蒐集該地區最具規模及歷史背景之平面輕軌電車系統營運相關資料，並彙整平面輕軌 B、C 型路權之營運及容量相關議題，與日本鐵道綜合技術研究所相關研究人員深度研討交換輕軌系統推動意見及蒐集資料，以作為本所後續辦理輕軌容量相關研究之參考。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

目 錄

目 錄.....	V
圖 目 錄.....	VI
表 目 錄.....	VII
表 目 錄.....	VII
壹、前言.....	1
1.1 出國目的.....	1
1.2 行程紀要.....	2
1.3 章節說明.....	3
貳、「鐵道車輛技術月例發表會」參加紀要.....	5
2.1 日本鐵道綜合技術研究所(Railway Technical Research Institute, RTRI) 組織業務介紹.....	5
2.2 「鐵道車輛技術月例發表會」重點紀實.....	7
3.3 小結.....	19
參、日本輕軌系統技術考察紀要.....	21
3.1 北海道輕軌系統技術考察.....	21
3.2 日本整體輕軌系統概況.....	24
3.3 日本及美國之輕軌容量議題分析作法比較.....	26
肆、北海道水災之JR系統輸運應變紀要.....	31
4.1 事件經過.....	31
4.2 JR北海道公司輸運應變情形.....	33
4.3 JR北海道公司輸運應變之感想及建議.....	36
伍、心得與建議.....	39
5.1 心得.....	39
5.2 建議.....	41
參考文獻.....	43
附件 月例發表會論文(部分摘錄).....	45

圖目錄

圖 2-1 日本鐵道綜合技術研究所組織架構圖	6
圖 2-2 交流電車之蓄電池電車化技術開發項目	8
圖 2-3 新幹線列車空氣阻力剎車裝置之風洞基礎測試實驗結果	9
圖 2-4 新幹線列車之剎車卡鉗基本結構圖	10
圖 2-5 新幹線實車試驗後之分解作業狀況	10
圖 2-6 連動操舵台車之電動油壓傳動裝置	11
圖 2-7 一般台車與操舵台車於緩和曲線之外軌橫壓比較	12
圖 2-8 冷卻構造改良之效果.....	13
圖 2-9 消耗電力量降低率計算結果	13
圖 2-10 緩衝器的變位與自連力關係之測試結果	14
圖 2-11 1,300 噸牽引列車自連力、車體前後加速度最大值的測試分析	15
圖 2-12 加速度PSD測試比較結果	16
圖 2-13 加速度PSD測試比較結果(新幹線正線運行試驗)	16
圖 2-14 轉向架轉彎性能試驗裝置構造	17
圖 2-15 轉向架轉彎阻力測試結果案例	17
圖 2-16 指令線之斷線模擬試驗結果	18
圖 2-17 本研究開發之可攜式斷線部位識別裝置	19
圖 3-1 札幌市目前營運之輕軌路線圖	22
圖 3-2 札幌一條線 3305 型輕軌車輛	22
圖 3-3 函館市目前營運之輕軌路線圖	23
圖 3-4 函館本線 8001 型輕軌車輛	24
圖 3-5 日本路面輕軌電車系統之發展歷程	25
圖 3-6 日本全國輕軌系統分佈及營運機構	25
圖 4-1 JR北海道鐵道路線圖	31
圖 4-2 8 月 18 日北海道JR函館線停駛報導	33
圖 4-3 8 月 17 日早晨札幌車站行程受影響旅客之侯車情形	34
圖 4-4 8 月 17 日八雲車站巴士接駁轉運	35
圖 4-5 8 月 17 日森車站巴士轉運JR列車	35
圖 4-6 8 月 18 日函館車站原訂JR列車輸運告示	36

表 目 錄

表 1.1 出國計畫行程行程概要表.....	2
表 2.1 第 270 回鐵道綜合技術研究所月例發表會時程表.....	7
表 3.1 日本輕軌系統現況及特性.....	26
表 3.2 提升輕軌系統之表定營運速度之策略及效果.....	27
表 3.3 輕軌系統佈設型式之優缺點比較.....	28

壹、前言

1.1 出國目的

為利推動我國軌道系統永續發展，本次出國計畫主要係委請專人規劃安排參加日本鐵道綜合技術研究所(Railway Technical Research Institute, RTRI) 舉辦之「鐵道車輛技術月例發表會」，102年8月份之月例發表會主題為「日本軌道車輛技術最新研究開發成果及趨勢」，共有8篇論文發表。藉由參加該月例發表會，除可蒐集目前最新之軌道車輛技術相關研究資料供國內軌道營運單位參考，更可實地參與軌道先進國家日本技術發表會盛況，感受日本軌道界產、官、學、研各界相關人員互相切磋討論軌道車輛技術之氛圍，蒐集之資料及經驗甚值得我國學習借鏡。另有鑑於鐵道綜合技術研究所是日本從事鐵路技術研究首屈一指之機構，本次行程亦安排參訪該研究所各項車輛技術及控制等相關實驗室設施，以增廣鐵道技術職能。

日本鐵道綜合技術研究所係繼承原日本國鐵內的技術開發部門、鐵道技術研究所和鐵道勞動科學研究所等業務而成立的一個財團法人研究機構，在鐵路技術研究方面，成立以來成功研製多項產品有效提升軌道車輛的性能。此外，在日本發生重大鐵路事故時，鐵道綜合技術研究所會和日本國土交通省運輸安全委員會（原航空、鐵道事故調查委員會）聯手調查事故原因，故其專業組織運作及軌道技術實驗研究功能定位，甚值得國內參考學習。

另為利本所本年度自辦研究案「輕軌運輸系統容量系列研究之先期探討」辦理需要，且鑑於國內有關北海道輕軌系統之相關技術資料較少，故本次行程亦規劃赴北海道之札幌及函館等都市，實地考察蒐集該地區最具規模及歷史背景之平面輕軌電車系統營運相關資料，並彙整平面輕軌B、C型路權之營運及容量相關議題，把握此次參訪日本鐵道綜合技術研究所之難得機會，於赴東京時與日本鐵道綜合技術研究所相關研究人員深度研討交換輕軌系統推動意見及蒐集資料，以作為本所後續辦理輕軌容量相關研究之參考。

1.2 行程紀要

本次鐵道綜合技術研究所(RTRI)「鐵道車輛技術月例發表會」暨日本輕軌系統技術考察行程，主要係以參加 RTRI 之技術月例發表會為主，除實地參訪日本鐵道綜合技術研究所各項實驗室設施之外，更參加其平常不公開對日本國外人員開放參加之「鐵道車輛技術月例發表會」，並蒐集取得該研究所軌道業務推動之許多寶貴資料及與其研究人員作相關技術經驗之交流。

而另一項行程目的則係蒐集日本輕軌系統推動及容量議題研究之相關資料，為達此目的，本出國計畫行程亦赴北海道地區，實地考察札幌、小樽、函館…等重要都市之輕軌及其他運輸系統之作業現況，並蒐集相關資料於赴東京時與 RTRI 之研究人員討論。綜上，本次考察之行程概要如下表 1.1 所述：

表 1.1 出國計畫行程行程概要表

日期	起迄地點	工作項目
102年8月15日	臺北-札幌	啟程
102年8月16日~18日	北海道札幌、函館及小樽等地區	考察北海道札幌、函館及小樽等地區之平面輕軌電車系統及觀光交通設施之永續運輸系統發展情形。
102年8月19日~20日	札幌-東京	參訪日本鐵道綜合技術研究所之各項軌道車輛技術及控制實驗室、聽取各項鐵道綜合技術研究所業務推動簡報，及與相關研究人員研討平面輕軌之營運及容量相關議題。
102年8月21日	東京	參加日本鐵道綜合技術研究所舉辦之「鐵道車輛技術月例發表會」
102年8月22日	東京-臺北	返程

1.3 章節說明

本報告分成本文(5 大部分)及附件說明共 6 大部分，第 1 部分說明出國目的、行程及章節架構；第 2 部分為「鐵道車輛技術月例發表會」參加紀要，摘述日本鐵道綜合技術研究所(RTRI)之業務介紹及第 270 回月例發表會主題為「日本軌道車輛技術最新研究開發成果及趨勢」共 8 篇發表論文之技術內容；第 3 部分為日本輕軌系統技術考察紀要，摘述北海道札幌及函館等都市之輕軌系統實地考察結果，及與 RTRI 之研究人員深度研討交換平面輕軌 B、C 型路權之營運及容量相關議題之意見，及蒐集彙整輕軌容量分析作法相關資料；第 4 部分為本次於北海道考察輕軌系統期間遭遇空前大雨洪水災害，鑑於 JR 北海道公司對於水災輸運之應變未臻週延，相關處理缺失甚值得國內遭遇類似災害時之輸運借鏡，故將其始末摘述供參；第 5 部分則為本次出國參與各項活動及會議之經驗所得，提出結論與建議。

貳、「鐵道車輛技術月例發表會」參加紀要

2.1 日本鐵道綜合技術研究所(Railway Technical Research Institute, RTRI)組織業務介紹

日本鐵道綜合技術研究所(簡稱 RTRI)是由日本國有鐵道(日本國鐵)於 1986 年 12 月 10 日創立。1987 年 4 月 1 日,在日本國有鐵路的分割和民營化之前作為繼承日本國有鐵路技術研究所開發法人,在 JR 各公司成立的同時正式開始了業務活動。鐵道綜合技術研究所在車輛、土木、電氣、號誌、材料、環境和人類科學等基礎研究以及應用技術的各個領域裡皆有專精,目前約有 526 名員工,其中有 168 名博士人員、74 名技術士。^[1]

鐵道綜合技術研究所之現有組織架構如圖 2-1 所示^[1],除設有企劃室、鐵路技術提升中心、國際事業部…等 10 個主要行政部門外,以下更設有車輛構造技術、車輛控制技術、構造物技術、電力技術、軌道技術、防災技術、信號情報技術、材料技術、鐵道力學、環境工學、人因科學、磁浮列車系統等 12 個子技術研究部,專司各專業技術領域之實驗研究工作。至於 RTRI 之主要業務如下:

- 實施與鐵路技術及鐵路勞動科學有關的試驗及研究
- 進行與鐵路技術和科學有關的分析、評估及預測
- 制定與鐵路技術標準有關的方案
- 收集並發布鐵路方面的圖表和資料及統計數據
- 出版與鐵路技術及科學發展有關的文獻、舉辦各種講座
- 進行與鐵路有關的技術和科學鑑定、提供建議和指導
- 依據國際標準對鐵路及相關領域進行審查和登記
- 上述事業以外的委託試驗和研究

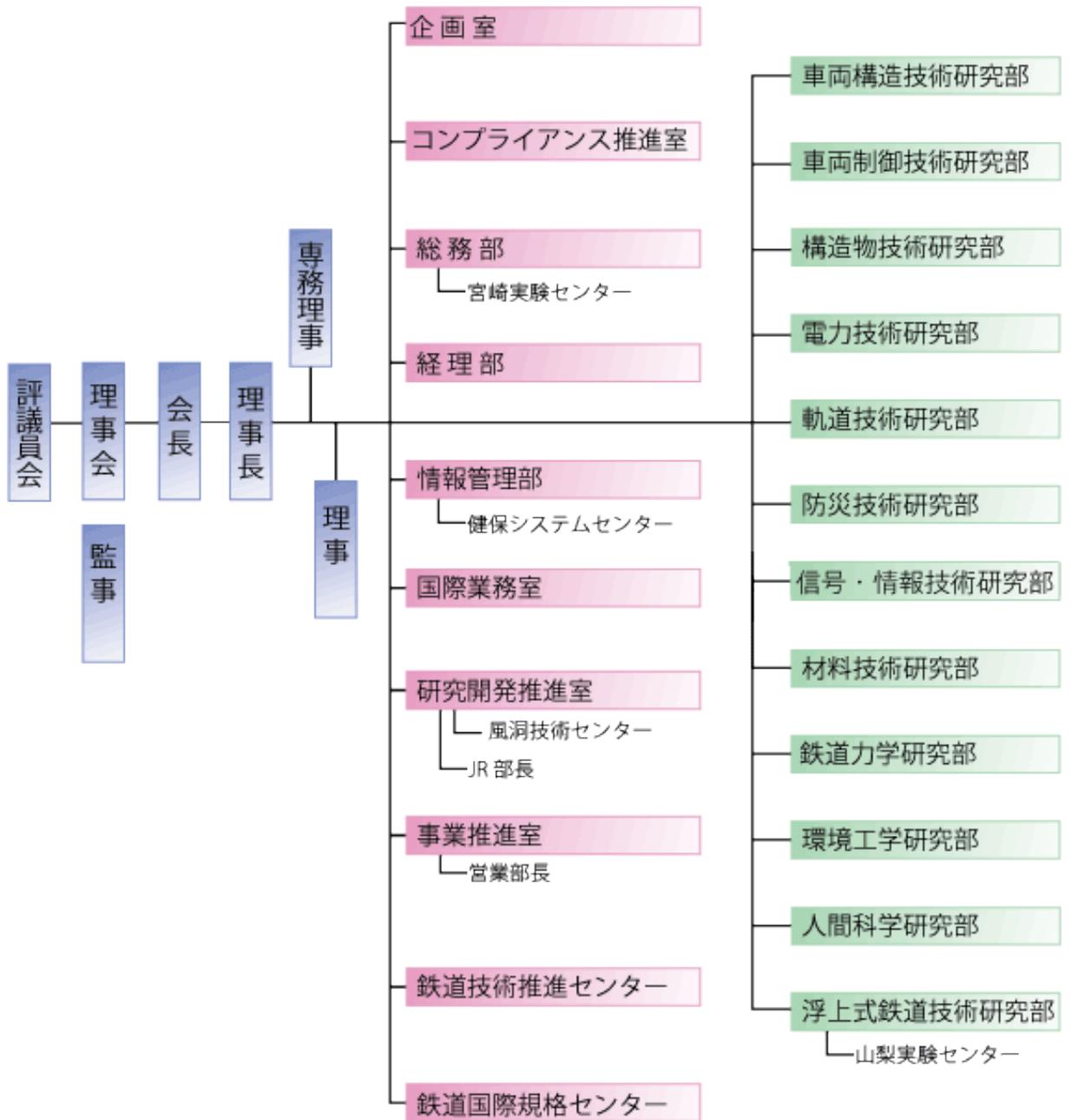


圖 2-1 日本鐵道綜合技術研究所組織架構圖

2.2 「鐵道車輛技術月例發表會」重點紀實

日本鐵道綜合技術研究所按月皆會由各技術研究部門輪流舉辦月例發表會，本次參加之月例發表會係於 2013 年 8 月 21 日由車輛控制技術研究部所主辦，編號第 270 回主題為「日本軌道車輛技術最新研究開發成果及趨勢」。

本次月例發表會共有 8 篇論文發表，主要係由車輛控制技術研究部、車輛構造技術研究部、鐵道力學研究部及研究開發推進室等研究部門相關研究人員，就其最新之軌道車輛技術實驗研究成果提出報告，其會議時程如表 2.1 所示，各篇論文內容重點摘述如下，因智慧財產權保護之故，部分論文內容摘錄如附件。

表 2.1 第 270 回鐵道綜合技術研究所月例發表會時程表

第270回 鐵道總研月例発表会			
日時: 2013年8月21日(水)13:30 ~ 16:55			
場所: ベルサール神保町 3F Room 3+4+5			
主題: 車両技術に関する最近の研究開発			
発表会の概要			
予定時間	件名	所属	職氏名
13:30~13:45	車両技術に関する最近の研究開発	車両制御技術研究部	部長 小笠正道
13:45~14:10	新幹線用空圧式フローティングキャリパの開発	車両制御技術研究部 ブレーキ制御研究室	主任研究員 狩野 泰
14:10~14:35	フェールセーフ機能付操舵用電動油圧アクチュエータの開発	車両構造技術研究部 走り装置研究室	副主任研究員 梅原 康宏
14:35~15:00	低損失材料と新構造回転子を適用した高効率誘導主電動機の開発	車両制御技術研究部 動力システム研究室	主任研究員 近藤 稔
休憩 15:00~15:15			
15:15~15:40	貨車用シリコン緩衝器の開発	研究開発推進室 計画課	課長 早勢 剛
15:40~16:05	アクティブマスダンパを用いた車体弾性振動低減法	車両構造技術研究部 車両振動研究室	研究員 秋山 裕喜
16:05~16:30	台車旋回性能試験装置の開発	鉄道力学研究部 車両力学研究室	研究員 田中 隆之
16:30~16:55	編成貨車電磁ブレーキ指令線の断線箇所特定装置の開発 (※)	車両制御技術研究部 駆動制御研究室	主任研究員 山下 道寛

司会: 富岡 陸弘(車両構造技術研究部 車両振動研究室 室長)
 (※)第255回月例発表会(2012年4月18日大阪開催)で同じ内容の発表を行いました。

一、日本軌道車輛技術最新研究開發成果及趨勢

本篇論文係由車輛控制技術研究部之部長小笠 正道進行研究報告，其重點主要在於介紹日本之軌道車輛相關研究重點，致力於「與環境之協調」及「安全性之提高」等 2 個面向。在環境面向部分，藉由使用交流電車之主電路結構之蓄電池電車化之節能技術提升(如圖 2-2 所示)，將其應用於柴油列車之耗油量顯示器的開發，成效甚為顯著。

另在安全性提高方面，主要介紹最新構想之空氣阻力剎車裝置之技術開發狀況，並介紹其在速度 400 km/h 條件下之風洞基礎測試實驗結果(如圖 2-3 所示)。

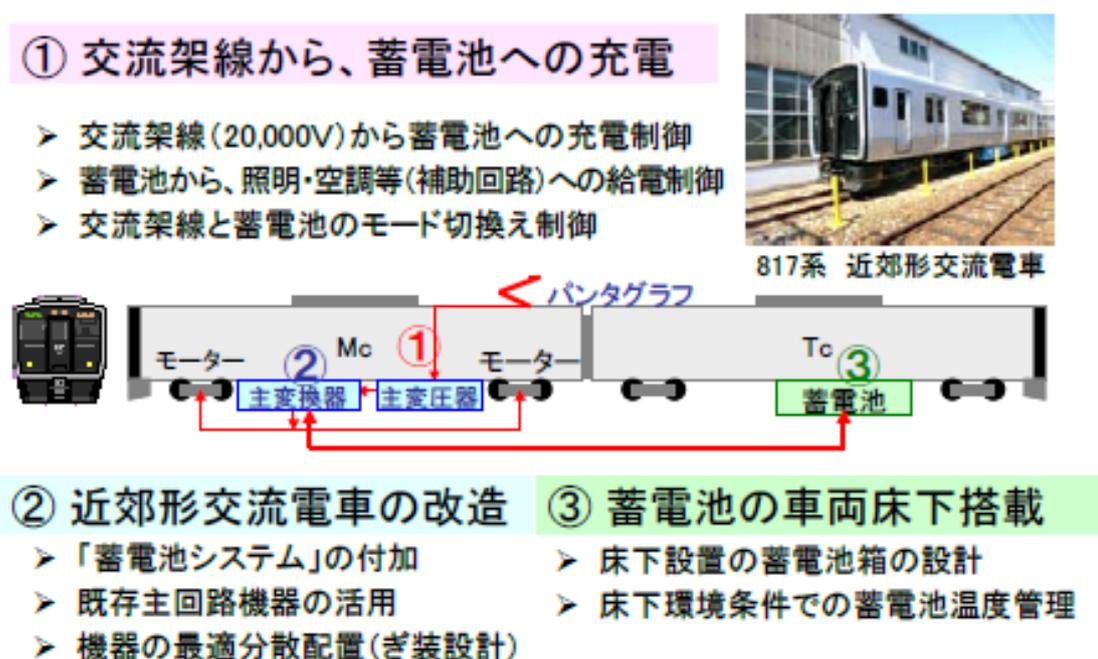
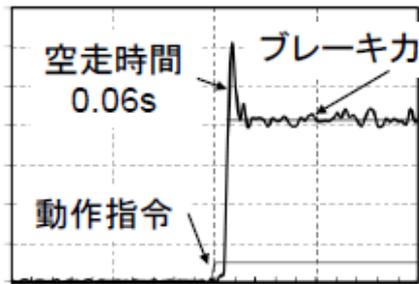
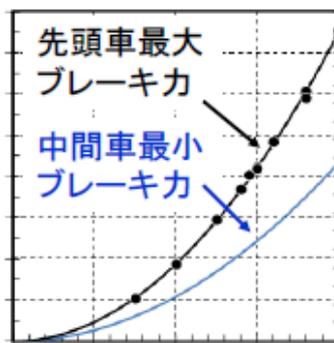


圖 2-2 交流電車之蓄電池電車化技術開發項目



(a) 動作時の特性



(b) 1台あたりのブレーキ力

圖 2-3 新幹線列車空氣阻力剎車裝置之風洞基礎測試實驗結果

二、新幹線列車之氣壓浮動式剎車卡鉗開發

本篇論文係由車輛控制技術研究部之主任研究員狩野 泰進行研究報告，其研究重點主要在介紹以往日本新幹線列車之碟式剎車系統係以電力指令輸出氣壓，再由增壓軔缸變換成油壓驅動剎車卡鉗的剎車系統。而本研究成果係直接能變換氣壓為押付力的新機械構造，一方面確保列車之剎車系統具有與以前同等之剎車性能及節省保養，另一方面開發出氣壓式之浮動式卡鉗剎車。

另基於實務運轉上的性能考量，本研究亦以新開發之剎車系統產品應用於新幹線列車，並將行車速度提升至 320 km/h 進行試驗。圖 2-4 為新幹線列車之剎車系統基本結構，圖 2-5 為新幹線在正線實車試驗後之分解作業狀況。

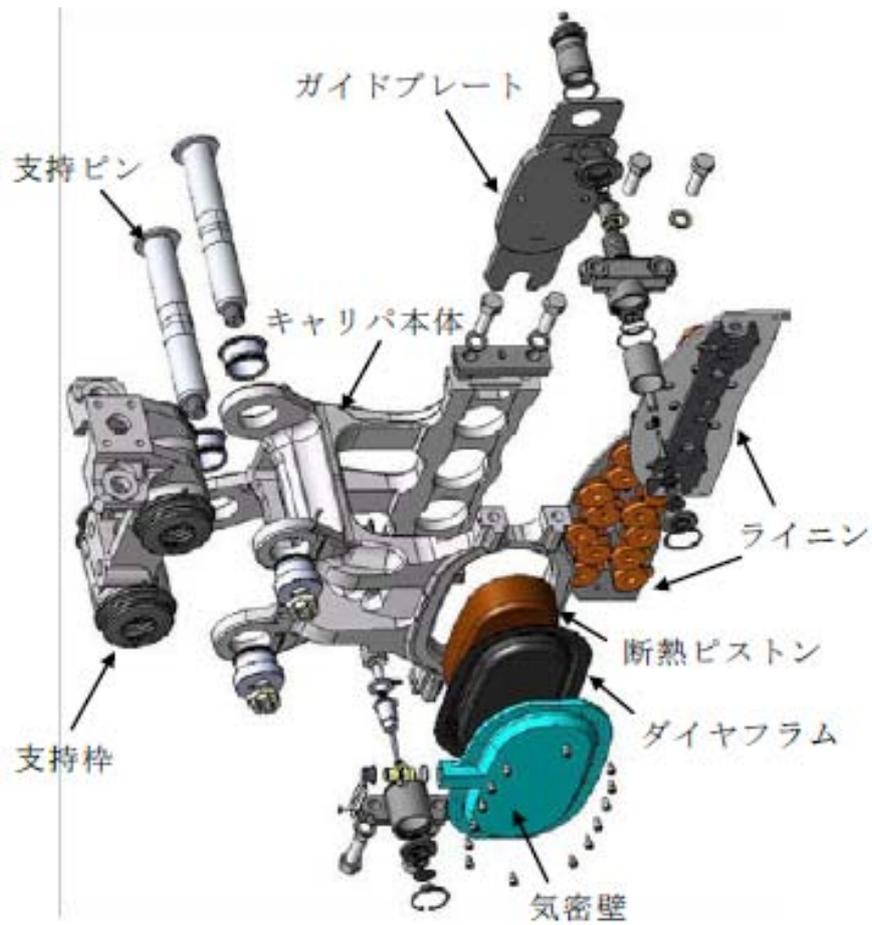
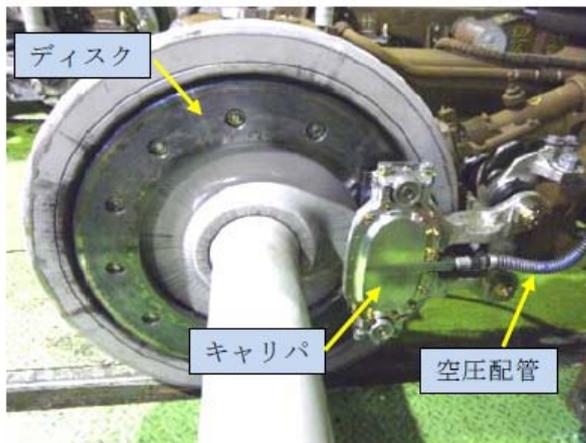
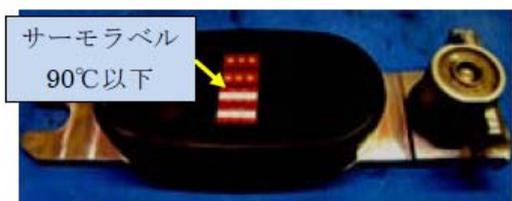


圖 2-4 新幹線列車之剎車卡鉗基本結構圖



(a) 空圧式フローティングキャリパの構築状態



(b) 断熱ピストンの状態



(c) ダイヤフラムの状態

圖 2-5 新幹線實車試驗後之分解作業狀況

三、失效自趨安全功能之操舵電動油壓傳動裝置之開發

本篇論文係由車輛製造技術研究部之副主任研究員梅原 康宏進行研究報告，其研究重點主要在介紹列車轉向架連動操舵台車雖可於曲線段軌道上行駛時降低橫壓，但仍有列車橫壓很難降低的課題。本研究為降低列車在緩和曲線之橫壓，而開發可降低轉向架轉彎阻力之電動油壓傳動裝置，並在失效時作為防止反向操舵之對策，設計可檢測出並防止反向操舵的失效自趨安全油壓電路。

圖 2-6 為連動操舵台車之電動油壓傳動裝置，圖 2-7 則為一般台車與操舵台車於緩和曲線之外軌橫壓比較實驗結果。

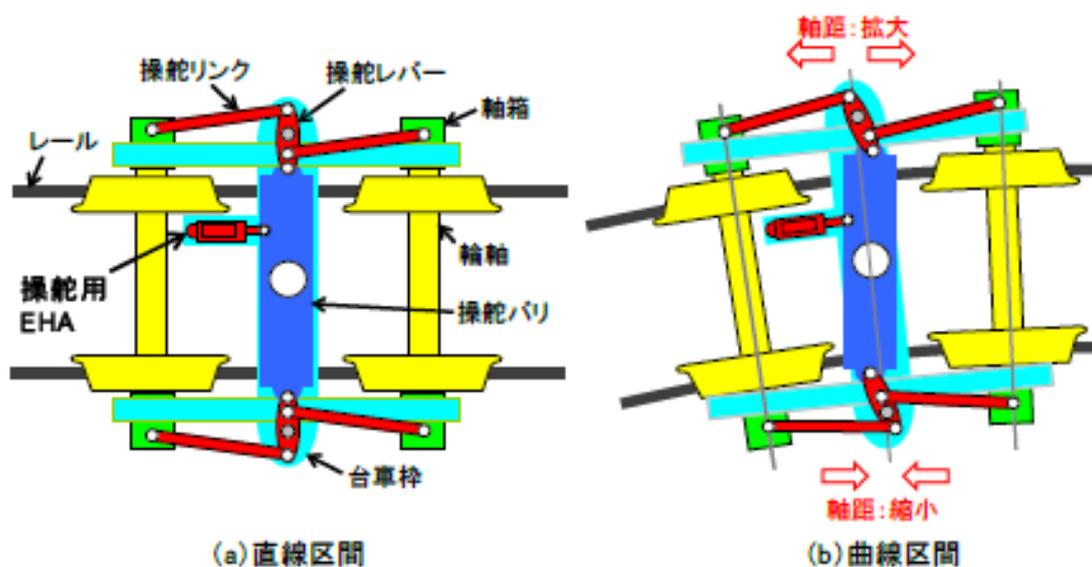


圖 2-6 連動操舵台車之電動油壓傳動裝置

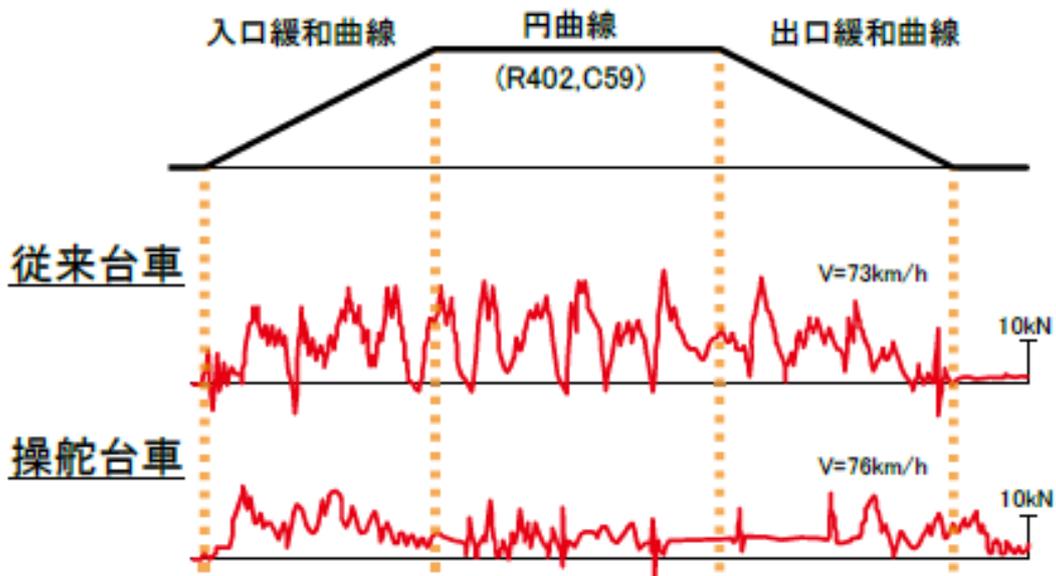


圖 2-7 一般台車與操舵台車於緩和曲線之外軌橫壓比較

四、具備低耗材和新結構轉子特性之高效率感應牽引馬達開發

本篇論文係由車輛控制技術研究部之主任研究員近藤 稔進行研究報告，其研究重點主要係因應通勤電聯車之運行常有反覆加減速情況，其消耗之能量中機械損耗所佔比例高。尤其對牽引馬達之損耗更為致命，故如何使通勤電聯車之牽引馬達能更高效地運轉以達節約能源之目的，遂成為重要之課題。

目前使感應牽引馬達能更高效運轉之相關技術正廣泛地研究開發中，而本篇論文也將低消耗材料和新結構轉子原型之測試結果呈現介紹。圖 2-8 為牽引馬達中之冷卻構造各組件改良前後之機械耗損及溫度風量上升改善程度，圖 2-9 則呈現通勤電聯車經改善耗材及牽引馬達性能後，其電力能源消耗改善程度與站間距離之關係，整體而言實驗結果顯示，經改善後其電力能源約可節省 1 成左右。

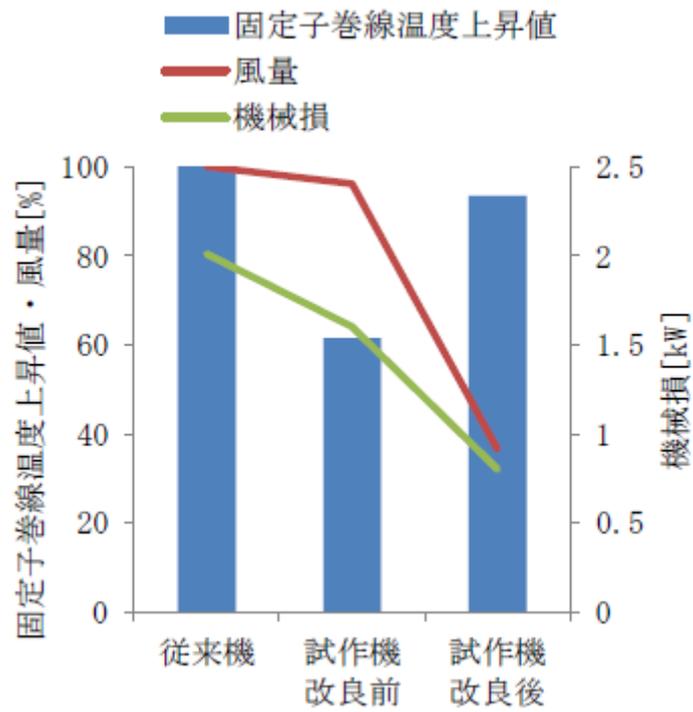


圖 2-8 冷卻構造改良之效果

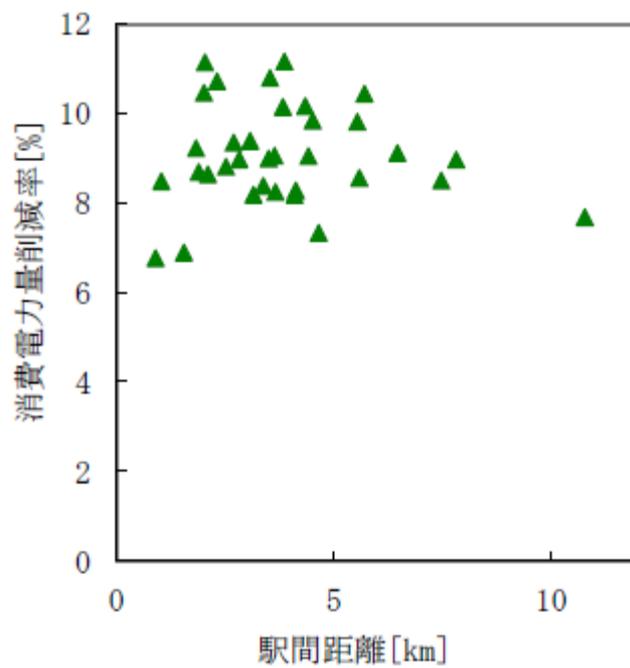


圖 2-9 消耗電力量降低率計算結果

五、貨車用橡膠緩衝器的開發

本篇論文係由車輛構造技術研究部研究開發推進室之計畫課長早勢剛進行研究報告，其研究重點主要係考量列車為緩和加減速所產生之衝擊，車輛的聯結裝置會具有緩衝器的防護功能。近年來橡膠緩衝器被應用作為承受列車震動壓力，並已廣泛使用於客車。另一方面，貨車由於使用舊材質緩衝器，造成當列車遭受衝擊時列車前後會有劇烈震動，亦已一併改良。

因此，目前已開發了一種貨運減震緩衝器，在緩衝器聯結部位增加填充有矽膠的緩衝橡膠平行圓筒，可有效消除列車之第一道衝擊壓力，並同時保持傳統裝置的吸震性能。本研究亦將其應用及效能測試報告加以呈現供各界參考。圖 2-10 為緩衝器的變位與自動連接器作用力(簡稱自連力)關係之測試結果，圖 2-11 則為 1,300 噸牽引列車的自連力、車體前後加速度最大值的測試分析結果，其結果皆顯示新開發之貨車用橡膠緩衝器，具有很好的吸震效果。

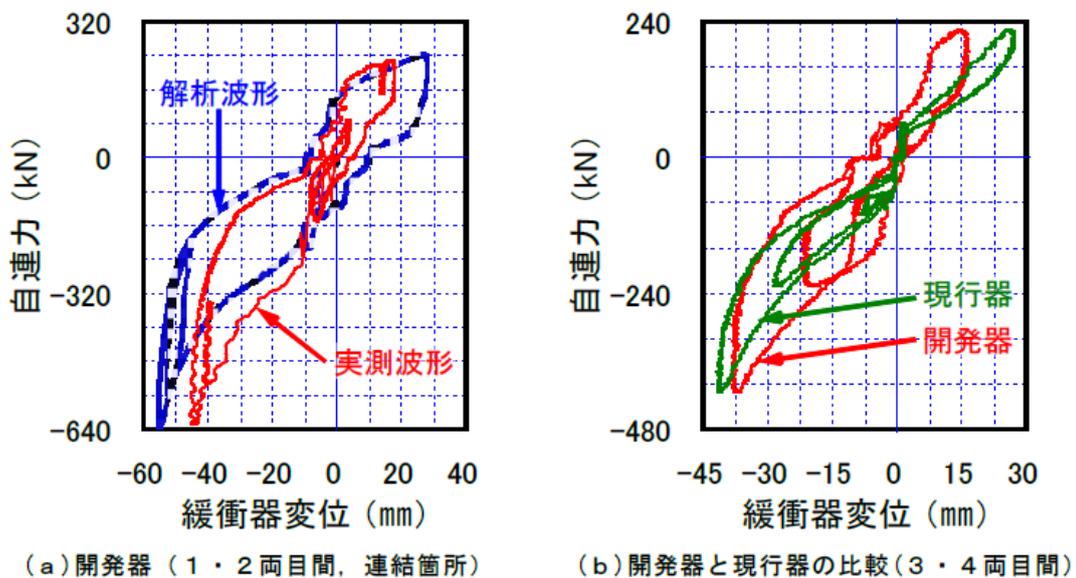


圖 4 緩衝器の変位—自連力応答 (H. 23. 1. 28.)

機関車 + 1 両目を留置した 2 ~ 6 両目に 5.8km/h で連結

圖 2-10 緩衝器的變位與自連力關係之測試結果

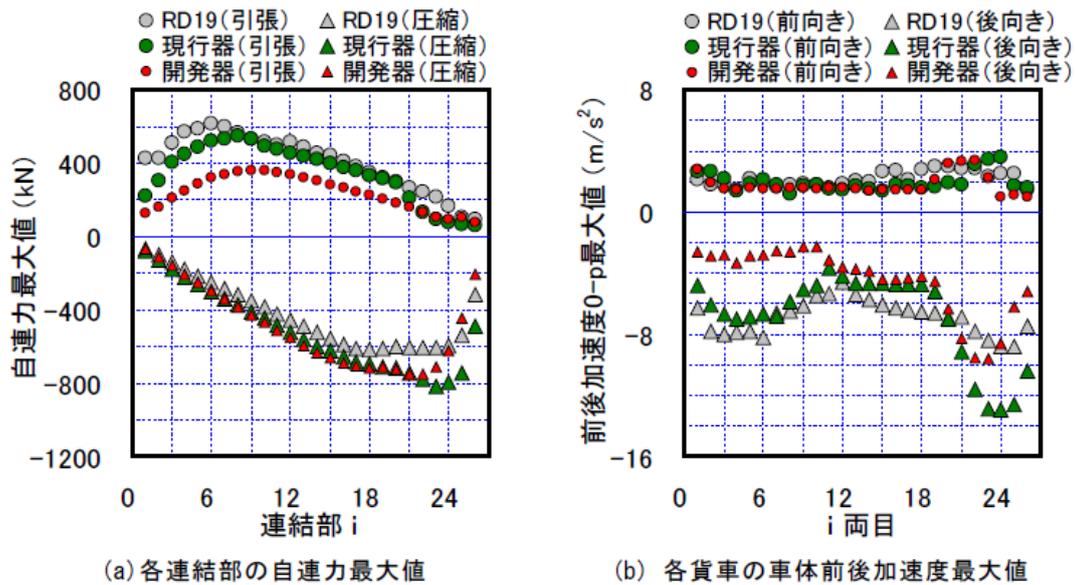


圖 5 1,300t 牽引列車の自連力、車体前後加速度 O-p 最大値解析結果
 (30km/h・情形→非常，電磁ブレーキフェイル)

圖 2-11 1,300 噸牽引列車自連力、車體前後加速度最大值的測試分析

六、車體彈性使用主動質量阻尼器的減振方法

本篇論文係由車輛構造技術研究部車輛振動研究室之研究員秋山 裕喜進行研究報告，其研究重點為最近研究發現有多個車體的彈性振動模式影響乘車舒適度，為進一步提升乘坐舒適度，車體彈性振動的多模式控制遂成為一個重要課題。為了解決這個問題，實驗測試主動質量阻尼器 (Active Mass Damper, 簡稱 AMD) 藉由彈性支撐的車體重量經動力傳動裝置加振時的慣性反作用力，能夠以小質量增加的方式即可獲得減振效果。本研究中，由 2 台 AMD (每台質量約 70kg) 介紹使用車輛的實際測試，並依結果進行確認每台 AMD 的減振效果。

圖 2-12 為測定點 f2c 與 f4L 之隨機振動加速度功率譜密度曲線 (PSD) 試驗結果，結果顯示在 f2c 時有防振裝置 (紅色曲線) 較無防振裝置 (藍色曲線) 之減震效果達 58%，f4L 時之減震效果則達 90%。圖 2-13 則為新幹線正線之加速度 PSD 測試比較結果，結果顯示若將 AMD 置放在列車下面其減震效果會更好，乘客乘坐之舒適度更佳。

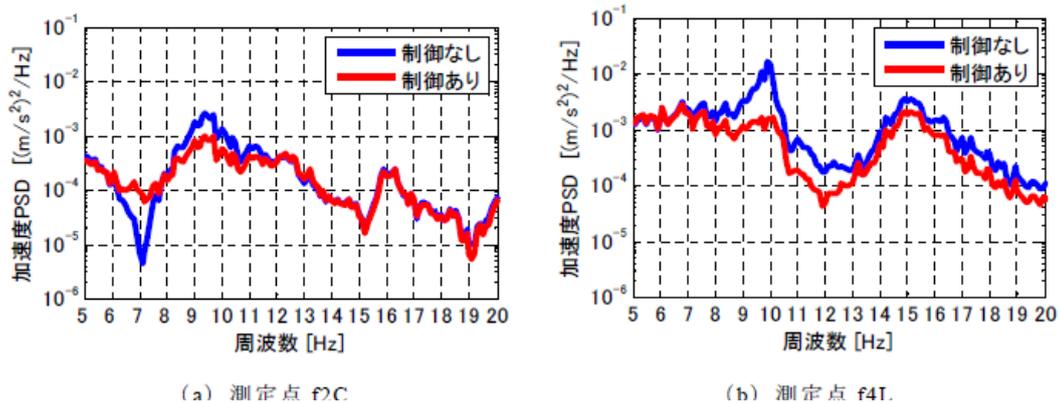


圖 2-12 加速度 PSD 測試比較結果

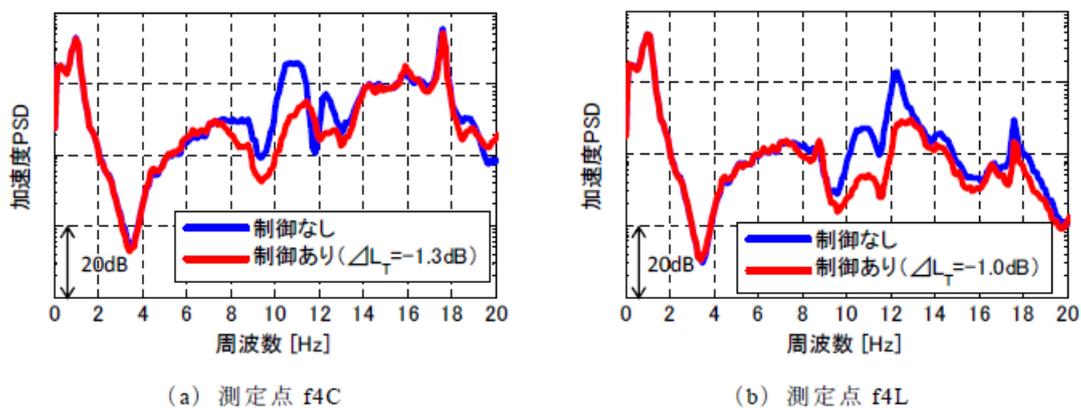


圖 2-13 加速度 PSD 測試比較結果(新幹線正線運行試驗)

七、轉向架轉彎性能測試設備的開發

本篇論文係由鐵道力學研究部車輛力學研究室之研究員田中 隆之進行研究報告，其研究重點為因轉向架的轉彎摩擦阻力與列車通過曲線之性能有關，為了提高列車通過曲線之性能，有效精確掌握轉彎摩擦阻力遂很重要。傳統上，藉由轉彎阻力和總結貨車組件的性能測試結果，可估計列車的轉彎性能，但為使得轉向架的轉彎阻力可在車輛使用狀態下更準確地直接計量，遂開發了轉向架轉彎性能的裝置。本研究將介紹本裝備的試驗成果總結，及通過轉彎阻力測量試驗的轉向架技術內容。

圖 2-14 為轉向架轉彎性能試驗裝置構造，圖 2-15 則為轉向架轉

彎阻力測試結果案例。



圖 2-14 轉向架轉彎性能試驗裝置構造

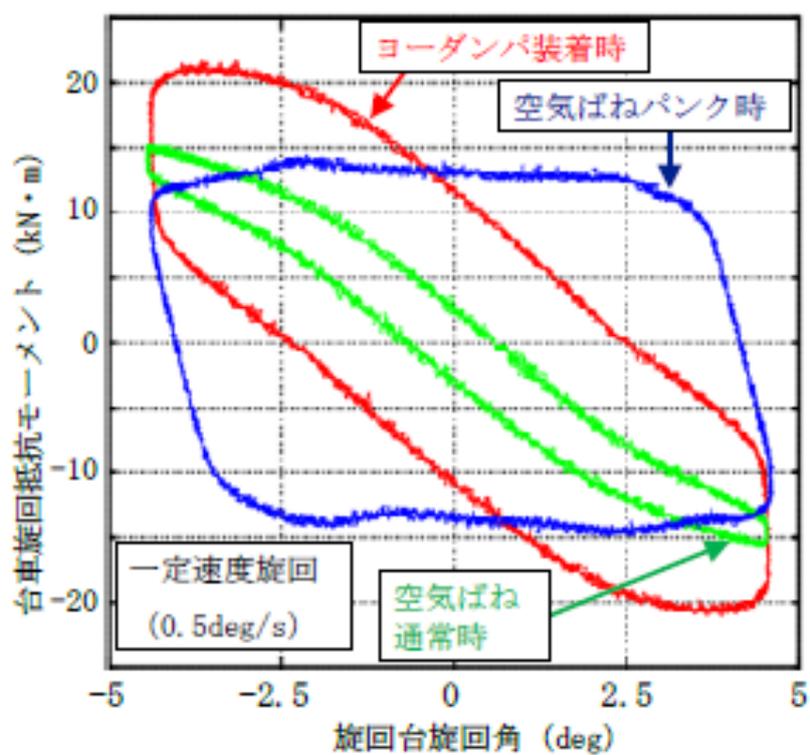


圖 2-15 轉向架轉彎阻力測試結果案例

八、編組貨車之電磁剎車指令線斷線部位識別裝置開發

本篇論文係由車輛控制技術研究部驅動控制研究室之主任研究員山下 道寬進行研究報告，其研究重點係針對貨運列車編組所做的測試項目，其藉由一個命令指令和連續性檢查制動連通，即時掌握列車編組是否斷線之狀況。因為如果指令線發現斷線時，找出斷線之位置需要耗費時間，它將成為列車延遲的關鍵因素。本研究依據可由列車編組端確認指令線斷線位置的演算方法，開發了可依據阻抗測定值識別和確定指令線是否有斷線或何處斷線，以更快速回復的斷線部位識別裝置。另本研究亦介紹使用實際貨車編組之斷線測試結果，根據本裝置約 30 秒即能識別到第 20 輛車廂之斷線部位結果。

圖 2-16 為指令線的測定值與模擬值之斷線模擬試驗結果，圖 2-17 則為本研究開發之可攜式斷線部位識別裝置，其最大可偵測車輛編組數為 26 節。

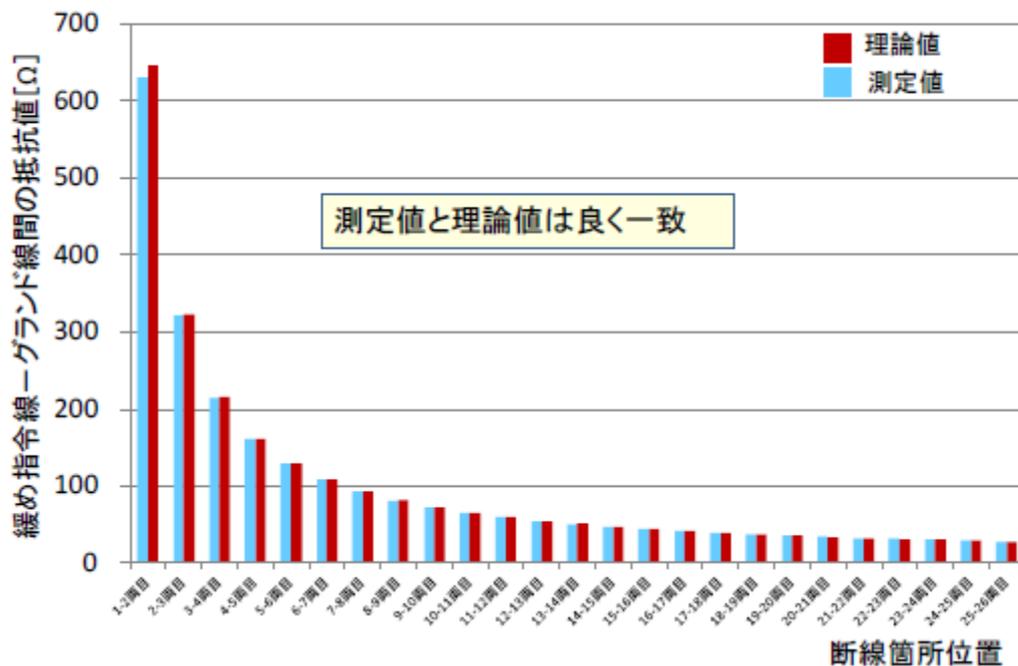


圖 2-16 指令線之斷線模擬試驗結果



圖 2-17 本研究開發之可攜式斷線部位識別裝置

3.3 小結

本次日本鐵道綜合技術研究所舉辦之編號第 270 回主題—「日本軌道車輛技術最新研究開發成果及趨勢」月例發表會，主要鎖定於車輛控制相關技術，內容偏重於鐵道車輛機械、控制等相關理論與實務，雖與個人交通運輸規劃相關領域之知識專業有相當距離，再加上日文語言之隔閡(雖有一般之商用翻譯人員陪同)，故相關研討內容雖無法完全理解，惟實際參與後，對於日本鐵道產官學研各界人士高度投入參與討論之態度，及論文發表人與提問人之專業素養，令人印象深刻。至於本次帶回之發表會論文資料(如附件)，皆係鐵道綜合技術研究所最新之研究實驗技術發表內容，及最新之相關技術發展趨勢，相信應可提供給我國軌道管理及營運機關(如台鐵局、高鐵局、高鐵公司、捷運局、捷運公司)於相關技術研發改進之寶貴參考。

參、日本輕軌系統技術考察紀要

本次行程之另一項目的，係因應本組本年度自辦研究案「輕軌運輸系統容量系列研究之先期探討」辦理需要，且考量國內有關北海道輕軌系統之相關技術資料較少，遂規劃赴北海道之札幌及函館等都市，實地考察蒐集該地區最具規模及歷史背景之平面輕軌電車系統營運相關資料，並彙整平面輕軌 B、C 型路權之營運及容量相關議題，把握此次參訪日本鐵道綜合技術研究所之難得機會，於赴東京時與該所相關研究人員深度研討交換輕軌系統推動心得意見及蒐集相關資料，以作為後續辦理輕軌容量研究之參考。

本章茲先就北海道考察之輕軌系統技術進行介紹，再就整體日本之輕軌系統概況進行說明，最後針對日本之輕軌容量分析作法議題進行說明，並與美國之作法比較。

3.1 北海道輕軌系統技術考察

一、札幌市輕軌系統

札幌市的平面輕軌電車於 2001 年與函館市輕軌電車一同被選為北海道遺產。不過 2002 年由於業務再次出現赤字，加上車輛老化的問題，以及未來乘客量不足等因素，因此出現不少的改善提議，如：環境保護及都市活化、延長路線、輕鐵化等，以避免再次關閉的危機。

該市目前營運路線共有三條，包括：一條線（西 4 丁目站—西 15 丁目站）、山鼻西線（西 15 丁目站—中央圖書館前站）、山鼻線（中央圖書館前站—薄野站），總長度共 8.41 公里、23 個車站，目前營運之路線如圖 3-1 所示，圖 3-2 則為行駛於平面 B 型路權之一條線 3305 型輕軌車輛，其單節車廂可載 71 人。

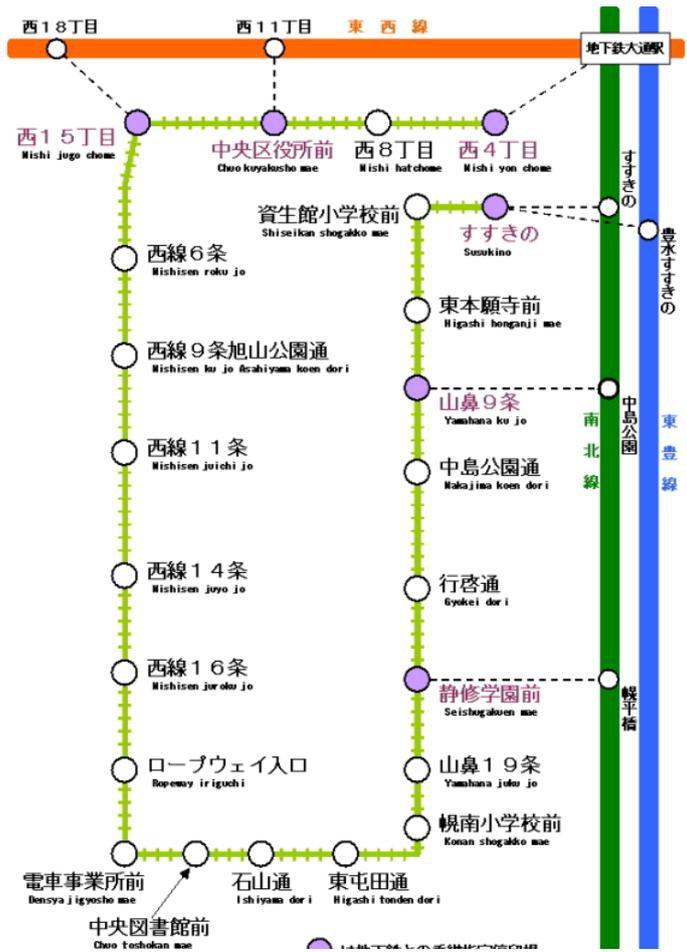


圖 3-1 札幌市目前營運之輕軌路線圖



圖 3-2 札幌一條線 3305 型輕軌車輛

二、函館市輕軌系統

函館市於輕軌系統全盛時期時共有 6 條路線（12 個系統）、總長度為 17.9 公里。但由於乘客數量下降及經營環境困難，分別在 1978 年（昭和 53 年）、1992 年（平成 4 年）及 1993 年（平成 5 年）取消部份路線，現在尚營運路線計有 4 條（2 個系統）、總長度 10.9 公里。此外，目前正規劃是否需要延伸五稜郭公園前—富岡—美原、湯之川—函館機場之路線。

目前尚營運之輕軌路線包括：函館船塢前—函館站前（2.9 公里）之本線、松風町—湯之川（6.1 公里）之湯之川線、十字街—谷地頭（1.4 公里）之寶來·谷地頭線、函館站前—松風町（0.5 公里）之大森線，目前營運之路線如圖 3-3 所示，圖 3-4 則為行駛於平面 B 型路權之本線 8001 型輕軌車輛，其單節車廂可載 80 人。

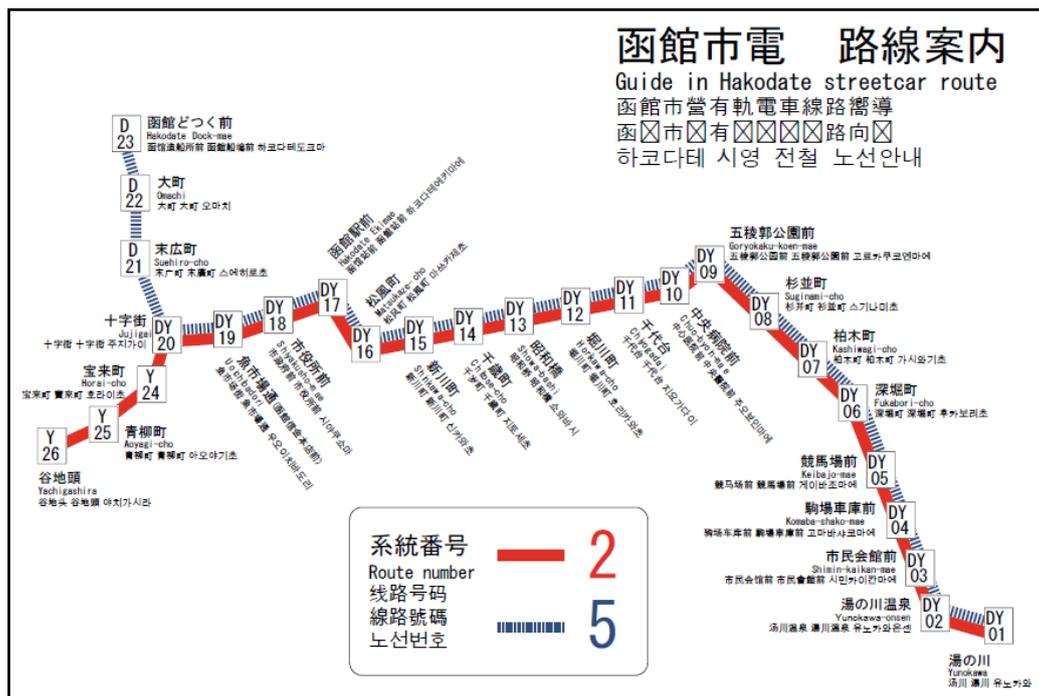


圖 3-3 函館市目前營運之輕軌路線圖



圖 3-4 函館本線 8001 型輕軌車輛

3.2 日本整體輕軌系統概況

依據日本國土交通省之資料顯示^[2]，日本整體輕軌系統於昭和 7 年(1932 年)發展達到最高峰，全國輕軌總長度達 1,479 公里，後於昭和 40 年(1965 年)即逐漸廢除路面電車改採巴士及地鐵系統，故至平成年間(約 1988 年~2009 年)輕軌系統發展大致趨於穩定，平成 21 年(2009 年)全日本共有 17 個都市建置輕軌系統，由 19 家業者負責經營，輕軌路線總長度約為 206 公里(如圖 3-5)。

由各地區之輕軌系統分佈觀之，輕軌系統大多建置於中大型都市，如北海道之札幌、函館，本州之東京、大阪、京都，九州之鹿兒島、熊本、長崎…等(如圖 3-6)。另若就各地區輕軌系統之特性，整體而言因各地區之輕軌系統多為平面電車型式，故其平均車速約為 10~30 km/hr；至於系統之軌距則有 1,067 mm、1,372 mm、1,435 mm 等 3 種，整體年載客人數高達 194,389 千人，其中以廣島市內線輕軌、長崎市輕軌及東京都荒川線輕軌之載客量最大(如表 3.1)。

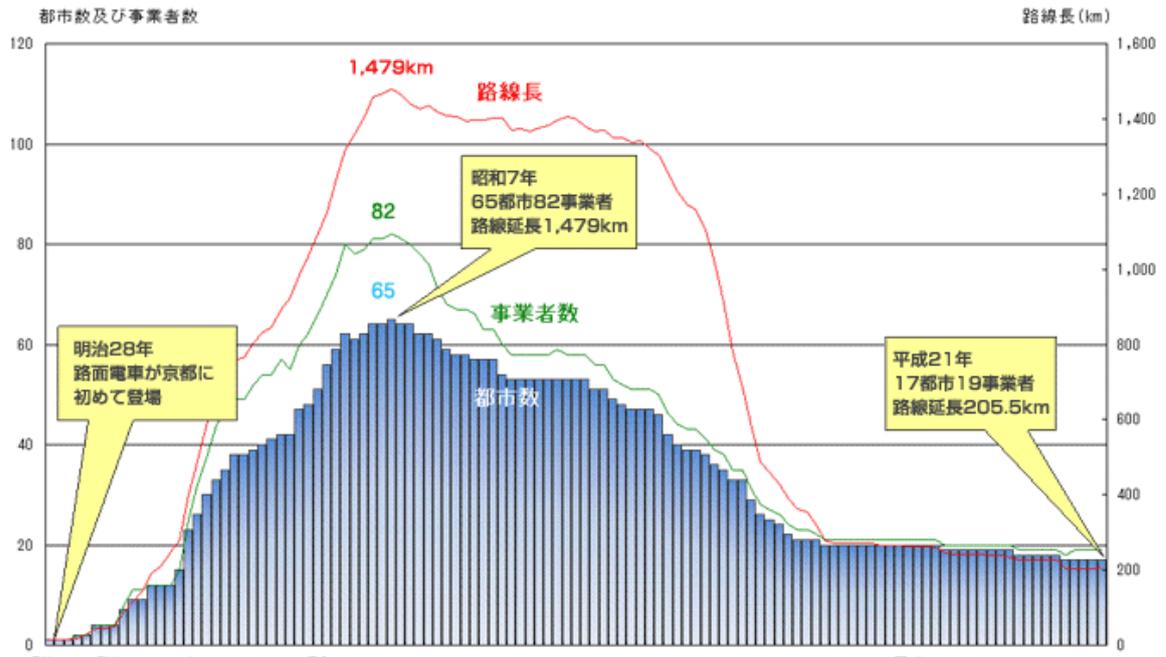


圖 3-5 日本路面輕軌電車系統之發展歷程

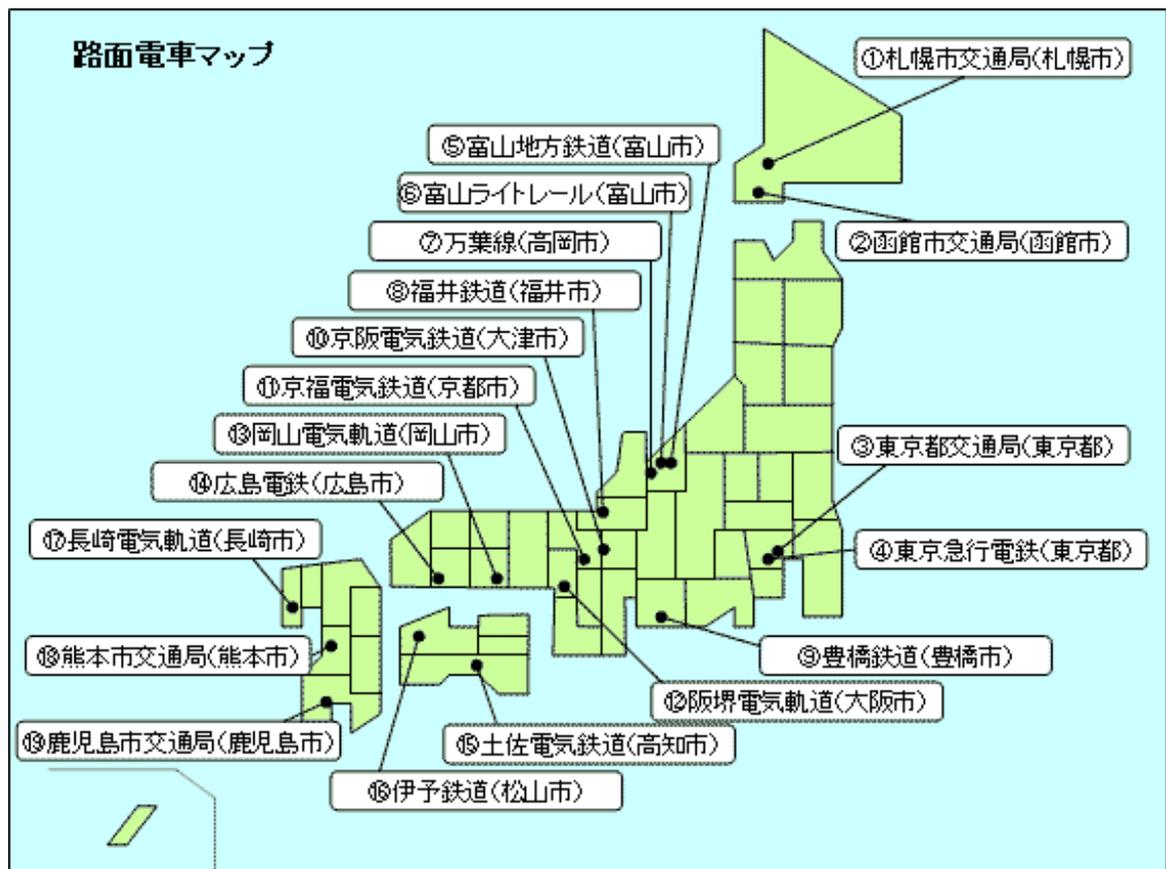


圖 3-6 日本全國輕軌系統分佈及營運機構

表 3.1 日本輕軌系統現況及特性

事業者	線名	人口(人)	軌間(mm)	路線延長(km)	停留所數	車両數(両)		輸送人員(千人/年)	輸送密度(人km/km日)	營業取支	平均乗車キロ(km)	表定速度(km/h)
						客車數	車両數					
札幌市交通局	軌道線	1822368	1067	8.5	23	30	35	8373	6831	110	2.4	11.9
函館市交通局		287637	1372	10.9	26	35	40	7011	5287	119	3	12.8
東京都交通局	荒川線	12064101	1372	12.2	30	41	41	20687	10685	97	2.6	14.6
東京急行電鉄(株)	世田谷線		1372	5	10	20	20	18333	24104	131	2.4	18.0
豊橋鉄道(株)	東田本線	364856	1067	5.4	13	15	15	2806	3709	114	2.6	15.4
富山地方鉄道(株)	富山軌道線	325700	1067	6.4	20	17	18	3983	4555	91	2.7	14.2
万葉線(株)		172184	1067	12.8	25	11	11	988	1154	133	5.5	18.5
福井鉄道(株)	福武線	252274	1067	3.3	6	25	28	1116	1873	111	10	13.0
京阪電気鉄道(株)	京津・石山坂本線	288240	1435	21.6	27	62	62	15318	9265	247	4.7	29.2
京福電気鉄道(株)	嵐山本線・北野線	1467785	1435	11	20	28	29	6893	7587	115	4.5	20.5
阪堺電気軌道(株)		792018	1435	18.7	41	39	39	9587	4987	118	3.6	18.5
岡山電気軌道(株)		626642	1067	4.7	16	22	22	3717	3693	85	1.7	11.3
広島電鉄(株)	(市内線)	1126239	1435	18.8	56	264	267	39857	15599	92	2.7	11.5
伊予鉄道(株)	市内線	473379	1067	9.6	27	38	45	7400	4188	105	2	12.8
土佐電気鉄道(株)		330654	1067	25.3	77	71	72	6742	3217	108	4	15.2
長崎電気軌道(株)		423167	1435	11.5	39	75	77	21150	16173	100	3.2	13.4
熊本市交通局		662012	1435	12.1	35	52	54	10366	8074	127	3.3	14.2
鹿児島市交通局		552098	1435	13.1	37	52	54	10062	7576	91	3.4	13.0
				210.9	528	897	929	194389				

※路線長・車両數は平成15年3月末、輸送人員・輸送密度は平成13年3月、人口は平成12年国勢調査による。全国路面軌道連絡協議会等の資料を元に、最新の數字に筆者が補足

3.3 日本及美國之輕軌容量議題分析作法比較

本次行程之另一重要目的係把握此次參訪日本鐵道綜合技術研究所(RTRI)之難得機會，與該研究所相關研究人員深度研討，確認日本平面輕軌 B、C 型路權之容量分析作法，以作為我國輕軌系統推動及後續辦理輕軌容量研究之參考。

經與 RTRI 研究人員討論得知，可能是日本軌道大眾運輸系統較為發達，都市地區之私人運具使用率較低，故日本之輕軌系統推動較不考慮輕軌系統及道路之容量，而主要仍著重輕軌系統的營運技術及運轉調度排班問題，惟 RTRI 研究人員仍提供日本國土交通省於平成 17 年(2005 年) 10 月出版之「まちづくりと一体となった LRT 導入計画ガイドンス」^[3]供參，其書名中譯即為「城市建設融合之 LRT 引進輔導計劃」，其中部分篇章亦針對影響輕軌系統容量之關鍵因素及相關因素之容量效能提升作法進行介紹，而為利比較各國之容量分析作法，茲分就日本及美國之輕軌容量分析作法，摘要比較說明如下。

一、日本輕軌容量分析作法

日本目前並未有針對輕軌容量之進行專業研究及明確之分析作

法，經與 RTRI 研究人員討論得知，日本國土交通省於平成 17 年(2005 年) 10 月頒訂的「城市建設融合之 LRT 引進輔導計劃」，其中第 3 章「輕軌引進的對象與適用之領域」中有部分內容與輕軌容量之提升較相關，主要述及影響輕軌容量之關鍵要素，茲分述如下：

(一)提升輕軌系統之表定營運速度

提升輕軌系統之表定營運速度作法，主要包括：(1)列車運行時間之縮短(加減速性能提升、最高速限放寬)；(2)軌道配置型式之改善(專用化、立體化)；(3)優先號誌之引進；(4)上下車時間之縮短(車票收取方式之改變)；(5)停站設施配置方式；(6)平均站距考量(平均站距 500m 以下，表定速度約為 15~16 km/hr)。至於有關提升輕軌系統之表定營運速度之策略及效果彙整如表 3.2 所示。

表 3.2 提升輕軌系統之表定營運速度之策略及效果

①走行時間の短縮	2km/h 程度向上
○加減速性能の向上	0.7km/h 向上 (他調査での検討事例 ^{*1})
○最高速度の規制緩和	1.2km/h 向上 (他調査での検討事例 ^{*2}) ※併設軌道上での試算
②軌道形態の工夫	2km/h 以上向上
○平面軌道のままでの専用化	2~12km/h 向上 (ケルン ^{*3})
○軌道の交差点立体化(地下化)	1 交差点当り 60~118 秒程度の時間短縮 (試算結果 ^{*4})
○軌道の連続立体化(地下化)	2km/h 向上 (試算結果 ^{*4})、13→22km/h (ケルン ^{*5})
○郊外部での鉄道乗り入れ	全線平均で 10km/h 向上 (広島電鉄宮島線 ^{*6})
③優先信号 (PTPS) の導入	0.9~2km/h 程度向上
	1.5~2.0km/h 向上 (海外事例 ^{*7})
	0.9km/h 向上 (他調査での検討事例 ^{*8})
	(ごくわずか (広島電鉄ヒアリング))
④乗降時間の短縮	
○運賃收受の簡素化(車外運賃收受)	0.6 秒/人/2 扉程度短縮 (広島電鉄資料)
○ICカード	(所要時間は現在と同程度 ^{*9})

(二)改善輕軌系統之引進佈設空間

有關輕軌系統引進佈設空間之改善作法，主要係包括輕軌佈設道路之路幅、軌道鋪設位置、道路橫斷面組成等，表 3.3 即為輕軌佈設位置、佈設方式之特徵、優缺點比較、日本國內及國外之案例數比較等資料。

(三)改善輕軌系統之停站設施及配置

另外改善輕軌系統之路幅、軌道鋪設位置、道路橫斷面組成等，都可有效改善車流及行人流動線之干擾程度，進而提升輕軌系統之營運速度而增加其容量。例如表 3.3 所示，輕軌佈設於道路中央是目前最為普遍之方式，因其與車流之衝突點相對較少，故輕軌系統之運行較為方便，但仍需視當地之車流、行人流動線及需求量而定。

表 3.3 輕軌系統佈設型式之優缺點比較

軌道敷設位置		中央敷設	片側敷設	兩側敷設
特徵		道路交通への影響や、沿道へ影響を小さくしやすい	中央敷設と両側敷設の中間的特性	停留場の導入空間が小さくでき、利用者のアクセシビリティや利便性を高めやすい
メリット		<ul style="list-style-type: none"> ・軌道の右左折時にも交差点処理との調和が比較的容易 ・沿道に与える影響が少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ・植樹帯などの空間を有効活用して停留場空間を確保することができる ・一方の停留場で、利用者のアクセシビリティが良い 	<ul style="list-style-type: none"> ・停留場で、利用者のアクセシビリティが良い ・植樹帯などの空間を有効活用して停留場空間を確保することができる ・違法駐車削減が期待できる
デメリット		<ul style="list-style-type: none"> ・停留場へのアクセスに道路横断が伴う 	<ul style="list-style-type: none"> ・軌道の右左折部での軌道曲線半径の確保等のため、交差点が大きくなる(又は歩道の角切等を要する) ・沿道の荷さばき、駐車などの調整が必要 ・軌道と車道が対面通行 ・相方向運行時に、車道側の停留場へのアクセスには道路横断を伴う 	<ul style="list-style-type: none"> ・軌道が右左折する交差点内における交通処理が複雑 ・軌道の右左折部での軌道曲線半径の確保等のため、交差点が大きくなる(又は歩道の角切等を要する) ・沿道の荷さばき、駐車などの調整が必要 ・相方向運行では反対側の歩道からの停留場へのアクセスには道路横断を伴う
事例	日本	多数	高知などの一部区間	岡山(センターポール化工事期間中のみ)
	海外	多数	ナント、ルーアン、ストラスブール、ザールブリュッケン	ウィーン、トリノ

二、美國輕軌容量分析作法

美國之輕軌容量分析作法主要彙集於運輸學會 (TRB) 所出版之「大眾運輸系統容量及服務品質手冊」(Transit Capacity and Quality of Service Manual, TCQSM)^[4] 其 Part 5 RAIL TRANSIT CAPACITY 相關內容中。具體作法主要分為完全立體隔離路權(即 A 型路權)與非完全立體隔離路權(即 B、C 型路權)，而有不同之分析方法，茲分述如下：

(一)完全立體隔離(Grade-separated)路權之輕軌容量分析作法

完全立體隔離路權之輕軌首先需檢視容量瓶頸限制是否在交叉點(Junctions)或折返點(Turnbacks)上，意謂該 2 處通常為其容量瓶頸點，因此其路線容量限制常取決於最大承載量車站 (maximum load point station)之進站時間(close-in)、停站時間(dwell)及運轉寬裕時間(operating margin time)，故容量決定程序需計算下列數值：

- 最大承載量車站之列車進站時間
- 最大承載量車站之列車停站時間
- 適宜之運轉寬裕時間
- 尖峰 15 分鐘之列車乘客乘載狀況
- 藉由尖峰小時乘載係數之轉換，計算載客容量值

(二)非完全立體隔離(Not grade-separated)路權之輕軌容量分析作法

實務上，輕軌路線通常佈設於隔離路權(private right-of-way)及共用路權(on-street operation)之混合路權上，其容量主要取決於容量瓶頸路段(the weakest link)之容量值。另外單線路段(single-track sections)及街道路段長度(street block lengths)常為影響容量瓶頸路段之關鍵要素。而由於非完全立體隔離之輕軌系統通常需通過號誌化路口，故容量瓶頸路段通常為號誌化路口之最長交通號誌時相(long phase length)路段，亦即為號誌化路段之最小班距(minimum headway)路段。

決定容量瓶頸路段後，下一步即是估算通過瓶頸路段之列車數(Train throughput)及掌握其限制因素，限制因素亦即尋找何處為最長

交通號誌時相之路線、單線軌道之路段、號誌化路口之街廓長度。其容量估算步驟及計算式如下：

- 檢視超過 1,600 ft (500 m)單線路段之班距
- 檢視該班距是否大於該路口最長號誌週期 2 倍
- 轉換班距為小時單位，再換算為小時載客容量值

$$h_{lr} = \max \begin{cases} h_{st} \\ h_{gs} \\ h_{os} \end{cases}$$

where:

h_{lr} = minimum light rail headway (s);

h_{st} = minimum single-track headway (s),

h_{gs} = minimum grade-separated headway (s),

h_{os} = minimum on-street headway (s).

肆、北海道水災之 JR 系統輸運應變紀要

本次行程規劃赴北海道之札幌及函館等都市，實地考察蒐集該地區最具規模及歷史背景之平面輕軌電車系統營運相關資料，並彙整平面輕軌 B、C 型路權之營運及容量相關議題，但於北海道停留期間卻遭遇前所未有之大雨洪水災害，為原本運轉可靠度極高的北海道 JR 系統帶來極大的災害，導致鐵路及其他交通輸運大亂，亦使本次北海道之考察行程大受影響。

JR 北海道鐵路系統共有 10 條路線，共計約有 300 多個車站(如圖 4-1)，交通十分便利，惟鑑於此次 JR 北海道公司對於水災輸運之應變未臻週延，相關處理缺失甚值得國內遭遇類似災害時之輸運借鏡，故將其始末摘述如下，而相關建議亦已透過管道傳達給日本國土交通省，以利其後續改善措施之參考。



圖 4-1 JR 北海道鐵道路線圖

4.1 事件經過

2013 年 8 月 17 日 JR 函館線八雲町路段，因大雨路基流失導致一列貨運的火車出軌，該起鐵路意外發生在日本時間的 8 月 17 日凌晨 1 點，北海道一輛貨運列車，行經函館線前往福岡時，在八雲町附近撞上橫臥在鐵軌上長達 2 公尺的斷木，造成火車頭和前 3 節車廂出軌，所幸駕駛並沒有受傷。

該起事故出軌的列車直到 8 月 17 日下午仍未排除，日本國家運輸委員會人員到現場了解事故原因，因未能及時修復，導致所有往來八雲和函館的民眾，只能利用巴士移動。JR 函館站前的巴士站大排長龍，媒體報導日本民眾受訪時表達：「昨天從東京來的，因為大雨沒看到函館山的夜景，很可惜。」專門來看夜景卻敗興而歸，日本氣象廳同時警告，受到鋒面不穩定影響，日本東北、北部未來幾天也有可能出現大雷雨，呼籲前往當地的民眾要多加留意。

8 月 18 日日本北海道南部更降下大豪雨，部分地區淹水土石坍方也導致一列 JR 函館線列車中途停駛，360 名旅客只能克難走 2 公里的鐵軌到馬路上搭接駁巴士(如圖 4-2)。由於前一天(17 日)函館線本來就有一列貨車出軌尚未修復，以致北海道南部的 JR 鐵路全面停擺交通大亂。北海道南部 8 月 18 日上午大雨來的又強又急，森町道路嚴重積水，厚澤部町一小時內降下超過 100 毫米雨量，住宅區大淹水並陷入一片混濁黃水中，居民表示：「在這麼短時間降下這麼大的雨，這應該是第一次。」工作人員背著走不動的阿嬤，在大雨中撤離，大部分乘客就這樣拖著行李，狼狽的走了 2 公里的鐵軌，到指定地點等待接駁巴士，NHK 記者：「北海道森町的 JR 函館線，昨天受到土石坍方影響，列車半途停駛。」所幸車上共 360 名乘客都無人受傷，乘客表示：「好怕被沖走趕快避難，伴手禮都泡水了。」

最終這起意外也造成 JR 函館到札幌之間的部分特急列車停駛，影響眾多旅客，直到 17 日傍晚函館線仍無法恢復營運，日本氣象廳也警告，到 18 日早上為止北海道都還可能發生強降雨，要當地民眾小心土石和大雨危害。



圖 4-2 8 月 18 日北海道 JR 函館線停駛報導

4.2 JR 北海道公司輸運應變情形

8 月 17 日原訂 07:30 由札幌至函館的列車，因函館線貨車出軌事故停駛，札幌車站人員告知旅客何時搶通不得而知，旅客只能無奈地等待(如圖 4-3)。由於行程時間關係，後經持續與札幌車站之外語服務人員洽詢才得知，當日僅有 2 班開往函館方向之加班列車，且因水災停駛路段為「八雲車站」至「森車站」，故該加班列車行駛區間僅由「札幌站」至「八雲車站」(如圖 4-4)，後需轉乘 JR 公司安排之接駁巴士至「森車站」(如圖 4-5)，再轉搭 JR 加班列車至函館站，最終導致原僅需 3 小時 20 分鐘之札幌至函館車程竟再增加 2 小時，該日下午至函館時已夜晚 8 點，行程嚴重落後。

8 月 18 日原訂 07:04、09:30、12:30、16:00 等 4 班由函館至札幌的列車(八雲—森車站區間仍需 Bus 轉運)，因災害路段持續擴大，故原訂之發車列次全數取消，函館車站人員僅告知旅客等候通知(如圖 4-6)，且僅以日文之告示告知，未及時以英文資訊告知外國旅客，造成不諳日文之外國旅客恐慌，四處打聽可離開函館之交通資訊。

當日中午原訂可搭乘 12:30 列車回札幌，因函館車站 JR 人員無法完全以英文表達輸運資訊，僅能以路線圖向其確認 JR 停駛之路段為「七飯站」至「八雲站」，且其告知 JR 公司無法負責輸運，往札幌之交通工具僅有計程車(車資約新台幣 1.5~2 萬元)，當時其餘外國旅客亦表示往札幌之長途客運 2 天內之車票皆已售完無空位。無奈之餘只能轉而向該站函館市附設之「旅遊服務中心」求助(服務人員可以英文充分溝通)，經轉達 JR 確切停駛路段及可否分段接駁方式等相關資訊後，服務人員告知可搭乘 16:00 由函館至長萬部(JR 函館本線之大站)車程約 3 小時，再轉搭 JR 小樽線普通車至札幌(車程約 4 小時 10 分)，最終至札幌車站時已午夜 12 時。



圖 4-3 8 月 17 日早晨札幌車站行程受影響旅客之候車情形



圖 4-4 8月17日八雲車站巴士接駁轉運



圖 4-5 8月17日森車站巴士轉運JR列車

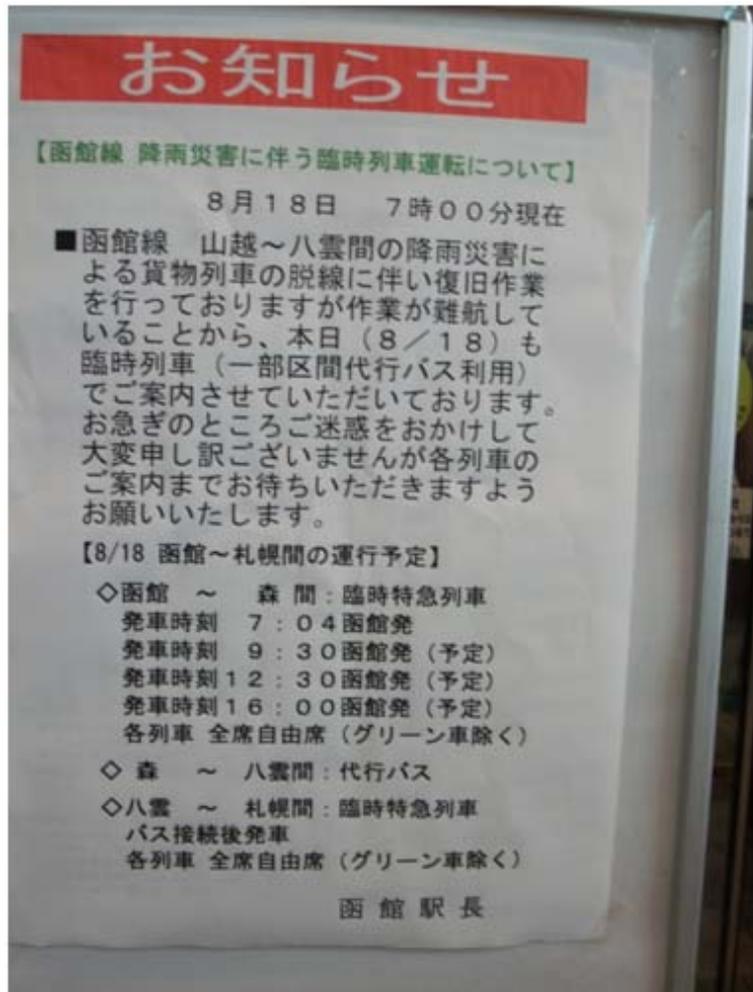


圖 4-6 8月18日函館車站原訂JR列車輸運告示

4.3 JR 北海道公司輸運應變之感想及建議

日本 JR 系統原以準點率可靠度高著稱，故向來深受旅客信賴，但本次行程由於天災洪水關係，導致 JR 系統之輸運功能大受影響，但其缺乏即時應變輸運之彈性，卻也暴露其緊急應變計畫之不足，而其橫向運輸部門之緊急支援功能亦缺乏，故導致原有之服務滿意度大打折扣。茲就本次事件，提出對 JR 北海道公司輸運應變之感想及建議如下：

一、強化交通應變計畫

日本 JR 系統正常營運時之高準點率令人印象深刻，但此次 JR 公司對北海道水災造成衝擊之因應調度無章，使旅客之滿意度大為降低，

尤其對外國旅客之應變調度資訊未及時告知、公開，皆可能重創外國旅客既有之美好印象；故值北海道致力於發展觀光之同時，建議首應重視並具備災害意外事故時之完整交通應變計畫，尤其是應積極建立 JR 與長途 Bus 等大眾運輸系統之轉乘接駁計畫，以確保應變調度之及時性。

二、加強 JR 公司人員之外語溝通能力

此次災害應變過程，最令外國旅客無法接受的是，JR 公司人員無法用流利之國際語言英語適時傳達各種災害及應變措施，並及時同時以日、英語內容公告最新之處理狀況(尤其是較小車站如函館)，建議應結合各地方政府之觀光旅遊中心服務人員，適時溝通傳達新資訊，並適時公告其他運具之轉乘接駁計畫，以避免外國旅客之無助與恐慌。

三、檢討天災狀況下 JR Pass 使用者之權益

依 JR Pass 之使用規定，外國旅客使用 JR Pass 過程中若遇天災停駛時，JR 公司將無法退費且不負責安排住宿、替代交通及支付相關費用；故現有作法當遇天災停駛時，外國旅客除需承擔 JR Pass 原購買費用之損失外，尚需另負擔額外之高額轉運交通費用，及相關衍生之住宿及行程耽誤損失，權益似未受到充分保障。故建議應重新檢討外國旅客使用 JR Pass 之權益，遇 JR 停駛時應充分安排其旅次之免費轉運(尤其外國旅客)，或提供 JR Pass 未能使用之部分退費，以保障外國旅客之權益。

伍、心得與建議

長期以來國內對於交通建設之投資主要以公路系統為主，但由於土地資源有限，且軌道系統具有高效率、低污染、對環境衝擊較小之特性，故臺灣地區確有發展軌道系統之必要性。有鑑於此，近年來政府致力於規劃推動各項軌道系統相關建設，包括各都會區捷運系統、高速鐵路系統、臺鐵系統改善工程(鐵路立體化、臺鐵捷運化、東部鐵路改善…)及地區輕軌建設等，期能均衡各種運輸系統使用，達到整體運輸系統之發展。故本次出國計畫除參加日本鐵道綜合技術研究所舉辦之「鐵道車輛技術月例發表會」，並安排參訪該研究所各項車輛技術及控制等相關實驗室設施，增廣了許多鐵道技術知能，亦考察蒐集日本各地區輕軌系統發展技術資料，及研討輕軌容量之相關議題，收穫豐盛。茲就本次出國計畫執行內容，彙整摘述相關心得及建議如下：

5.1 心得

1. 「鐵道車輛技術月例發表會」專業技術交流平臺值得效法

本次月例發表會共有 8 篇論文發表，由日本鐵道綜合技術研究所之車輛控制技術研究部、車輛構造技術研究部、鐵道力學研究部及研究開發推進室等研究部門相關研究人員，就其最新之軌道車輛技術實驗研究成果提出報告，相關技術內容甚具廣度及深度。發表會之論文資料皆係鐵道綜合技術研究所最新之研究實驗技術發表，亦為最新之相關技術發展趨勢，值得作為我國軌道管理及營運機關(如台鐵局、高鐵局、高鐵公司、捷運局、捷運公司)之相關技術研發改進參考。另實際參與發表會時，日本鐵道產官學研各界人士高度投入參與討論之態度，及論文發表人與提問人之專業素養，令人印象深刻，亦深感該技術月例發表會係一個非常值得效法之技術交流平臺，對研究單位及其他各界都甚具教學相長之成效。

2. 完備專業之鐵道技術研究組織永續累積專業技能

日本鐵道綜合技術研究所(簡稱 RTRI)雖是由日本國有鐵道(日本國鐵)於 1986 年 12 月 10 日改制創立，但多年來除繼承日本國有

鐵路技術研究所開發法人，在 JR 各公司成立的同時正式開始業務活動外，該研究所在車輛、土木、電氣、號誌、材料、環境和人因科學等基礎研究以及應用技術各個領域，經多年之努力經營耕耘，已在日本鐵道技術領域建立執牛耳之地位。反觀國內，在積極發展軌道大眾運輸系統之際，如何儘速建立專業之研究機構，以有效掌握相關技術發展脈動，實為當務之急。

3.輕軌系統容量評估技術應予重視

有關輕軌系統容量議題，過去本所軌道容量系列研究已發展傳統區域鐵路(臺鐵系統)及都會捷運系統的軌道容量分析模式與軟體，並就該 2 系統之容量研究編訂臺灣鐵道容量手冊^{[5][6][7][8]}，除部分後續容量議題可再補強外(如末端站、維修機廠、號誌系統提升…等對容量之影響)，若能充分提供系統之路線條件(包括站場配置)、交通條件(包括列車性能及車種組成)及控制條件(號誌系統)等資料，已開發之軌道容量模式皆能有效掌握臺鐵系統及都會捷運系統之供給容量，並深入分析影響其容量之關鍵要素及容量提升作法。惟依據軌道系統架構，目前國內仍有「高鐵及機場捷運系統」與「輕軌運輸系統」等 2 部分尚未進行軌道容量分析研究，其中高鐵系統因屬民營性質且系統容量尚充裕，故應尚無容量不足之急迫性問題。至於輕軌系統之容量分析研究部分，因應目前國內各都會區之輕軌規劃推動計畫，尤其「淡水捷運延伸線」(淡海輕軌)及「高雄都會區輕軌運輸系統高雄環狀輕軌捷運建設計畫」近來已奉行政院核定正式推動之激勵，為利後續規劃及推動中之輕軌系統皆能有效掌握其供給容量，提供最務實之系統型式選擇及軟硬體設施規劃配置決策參考，實應儘速全面進行輕軌運輸系統之容量分析，以提供後續輕軌系統於規劃、興建及營運階段之應用。

本次出國計畫雖無直接蒐集到日本之輕軌系統容量評估作法，但與 RTRI 研究人員討論過程，已掌握日本輕軌系統之發展技術及方向，對於後續輕軌容量之研究仍有很大之助益。

4.日本 JR 北海道公司災害輸運應變之缺乏彈性值得警惕

此次出國計畫行程中巧遇北海道大水災，導致北海道 JR 系統之

輸運功能大受影響，但其缺乏即時應變輸運之彈性，卻也暴露其緊急應變計畫之不足，而由於其橫向運輸部門之緊急支援功能缺乏，導致原有高品質服務大打折扣，亦重挫國際旅客對於日本 JR 系統高準點率可靠度之優良形象，尤其 JR 北海道鐵路系統共有 10 條路線，共計約有 300 多個車站，經營歷史悠久且交通十分便利，但一場水災即暴露 JR 北海道公司對於水災輸運之應變不力，顯見平時正常狀況之營運固然重要，但遇緊急事故時能否周延應變處理，才更能顯現運輸系統之營運調度功力，故此次 JR 北海道公司相關處理缺失甚值得國內遭遇類似災害時之輸運借鏡，

5.2 建議

1. 推動鐵道研究及規劃技術之定期專業技術交流

國內目前之鐵道研究及規劃工作，分屬於本所、中央及各地方政府之鐵道建設計畫主管推動機關，由於各自負責及推動之業務目的不同，長久以來雖然辦理許多研究及規劃計畫，但因較缺乏有效之專業技術交流平臺，導致部分類似之計畫重複辦理，技術無法有效累積及資源共享，故有關日本鐵道綜合技術研究所依各個研究實驗部門業務性質按月定期召開月例發表會，與各界進行技術交流，整合各界對相關領域之技術經驗及議題共識之作法，甚值得我們學習。

2. 考量建立專業鐵道技術研究組織累積國內專業技術能量

日本鐵道綜合技術研究所之現有組織，除設有企劃室、鐵路技術提升中心、國際事業部…等 10 個主要行政部門外，以下更設有車輛構造技術、車輛控制技術、構造物技術、電力技術、軌道技術、防災技術、信號情報技術、材料技術、鐵道力學、環境工學、人因科學、磁浮列車系統等 12 個子技術研究部，專司各專業技術領域之實驗研究工作。國內雖然尚未具日本如此龐大之鐵道市場需求，但仍有許多鐵道建設計畫尚待執行，仍需鐵道技術專業研究、規劃及相關專業技術之累積，故是否需於交通部轄下或民間私部門設立專責鐵道技術研究機構，值得考量。

3.積極辦理輕軌系統容量之基礎研究

本所於過去辦理完成傳統區域鐵路(臺鐵系統)及都會捷運系統之軌道容量系列研究，但為因應國內各地輕軌計畫之規劃核定作業後，已深感辦理輕軌系統容量基礎研究之重要性及必要性，故本所於 102 年度即辦理「輕軌運輸系統容量系列研究之先期探討」自辦研究案，希先有效釐清輕軌系統容量複雜之研究議題，以提供後續系列研究辦理之參考。配合本次出國計畫之資料蒐集及美國 TCQSM 資料之研析，目前已有有效掌握輕軌系統容量解析及模擬模式之分析方法、輕軌系統容量之路線條件、運轉方式、路權型態(依路權隔離程度分為 A、B、C 型路權)、列車服務計畫、行車控制條件等各項特性因素相關資料，應可作為後續輕軌系統整體路線容量分析之基礎。

4.積極建立國內鐵道營運機關之災害緊急應變系統

此次 JR 北海道公司對水災造成衝擊之因應調度不力，使旅客之滿意度大為降低，尤其對國際旅客之應變調度資訊未能及時告知、公開，皆已重創國際旅客既有之高服務品質印象。故我國同北海道致力於發展觀光之同時，應積極重視各大眾運輸系統(尤其鐵道系統)之災害緊急應變系統功能，並具備災害意外事故時之周延交通應變計畫，尤其是應建立鐵道系統與長途汽車客運等大眾運輸系統之複合轉乘接駁計畫，以確保應變調度之彈性與及時性。

另外加強運輸系統營運單位人員之外語溝通能力亦極重要，此次日本災害應變過程，國際旅客較無法接受的是 JR 公司人員無法用流利之國際語言英語適時傳達各種災害及應變措施，並及時同步以日、英語公告最新之處理狀況資訊。故我國在積極發展觀光產業同時，建議應結合各地方政府之觀光旅遊中心服務人員，遇災害緊急狀況時，應適時溝通傳達最新資訊並公告可提供之運具轉乘接駁計畫，以避免國際旅客之無助與恐慌。

參考文獻

1. 日本國土交通省網站，<http://www.mlit.go.jp/>
2. 日本國土交通省網站—日本的路面電車現狀，
http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/lrt/lrt_index.html
3. 日本國土交通省網站—まちづくりと一体となったLRT導入計画
画 ガ イ ダ ン ス
<http://www.mlit.go.jp/mlit-search.html?cx=005390949248614432465%3Av4djwy2f0b4&cof=FORID%3A9&q=lrt&sa=%E6%A4%9C%E7%B4%A2>
4. Kittelson & Associates, Inc., Transit Capacity and Quality of Service Manual 2nd Edition (TCRP Report 100), Transportation Research Board, National Research Council, U.S.A., 2003.
5. 鍾志成 (2005)，軌道容量研究—臺鐵系統容量模式之建構分析(一)，交通部運輸研究所委託研究。
6. 鍾志成 (2008)，運輸系統容量分析暨應用研究—軌道系統(2/4)，交通部運輸研究所委託研究。
7. 鍾志成 (2010)，運輸系統容量分析暨應用研究—軌道系統(4/4)，交通部運輸研究所委託研究。
8. 鍾志成 (2013)，軌道系統容量與可靠度分析研究(3/3)，交通部運輸研究所委託研究。

附件 月例發表會論文(部分摘錄)

