

出國報告（出國類別：研究）

鐵路高架橋梁噪音振動防制研究

服務機關：交通部 鐵道局

姓名職稱：曾華潭 簡任正工程司

派赴國家：日本

出國期間：108年6月19日至9月30日

報告日期：108年12月9日

出國報告審核表

出國報告名稱：鐵路高架橋梁噪音振動防制研究			
出國人姓名 <small>(2人以上，以1人為代表)</small>	職稱	服務單位	
曾華潭	簡任正工程司	交通部鐵道局	
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input checked="" type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input type="checkbox"/> 視察 <input type="checkbox"/> 訪問 <input type="checkbox"/> 開會 <input type="checkbox"/> 談判 <input type="checkbox"/> 其他 _____ <small>(出國類別請依預算書之計畫預算類別填列)</small>		
出國期間：108年6月19日至108年9月30日		報告繳交日期：108年12月9日	
出國人員 自我檢核	計畫主辦 機關審核	審 核 項 目	
<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1.依限繳交出國報告 2.格式完整(本文必須具備「目的」、「過程」、「心得及建議事項」) 3.無抄襲相關資料 4.內容充實完備 5.建議具參考價值 6.送本機關參考或研辦 7.送上級機關參考 8.退回補正，原因： <input type="checkbox"/> (1) 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> (2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> (3) 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> (4) 抄襲相關資料之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> (5) 引用相關資料未註明資料來源 <input type="checkbox"/> (6) 電子檔案未依格式辦理 9.本報告除上傳至公務出國報告資訊網外，將採行之公開發表： <input checked="" type="checkbox"/> (1) 辦理本機關出國報告座談會(說明會)，與同仁進行知識分享。 <input type="checkbox"/> (2) 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> (3) 其他 _____ 10.其他處理意見及方式：	
出國人簽章 <small>(2人以上，得以1人為代表)</small>	計畫主辦機關 審核人	一級單位主管簽章	機關首長或其授權人員簽章
			

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「公務出國報告資訊網」為原則。

摘要

目前國內軌道建設正如火如荼地展開，尤其鐵路改建及捷運新建工程路線多位於都市人口密集區域。近年來民眾對於環境噪音標準之要求日益提高，因此，如何讓軌道橋梁之噪音振動減至最低，便成為這些鐵路建設所必須面對的挑戰。

日本在鐵道技術發展成熟且先進，因此，本計畫藉由研習日本在鐵路高架橋的噪音振動防制法規、制度、工程技術及土地利用與建築管制等對，進而提出適合國內之作業方法(包括法規、規範制定)，期可供國內相關部門噪音振動防制之參考，以減少鐵道噪音振動對沿線民眾生活環境之衝擊。

誌謝

本研究計畫係依「交通部選送人員赴國外專題研究實施計畫」規定，由鐵道局土木建築組提議及簡報，交通部原列備取後通知遞補為正取計畫。爰整體研究計畫，自始即面臨時間受限之挑戰，且赴日期間又因故臨時需報部變更行程返國。幸獲交通部、鐵道局長官同仁，乃至國外多方協助，方能順利完成。謹概述過程，以表達對相關人員之謝意。

自本(108)年 1 月 18 日奉局長指派參加，隨即積極著手相關研究及觀摩行程準備工作，並先後由規劃組國際科李孟蓉、工管組施文雄副組長協助接洽日本國土交通省及鐵道綜合技術研究所(RTRI)。期間由於本研究題目牽涉多項領域，爰歷經許多波折，幸仍能逐一克服，獲得相關單位初步認可，並接續確認相關行程。

本次研究行程要特別感謝國土交通省加藤愛弓女士、吉田朋大先生、RTRI 宮內瞳岬博士、鐵道友之會須田寬會長、關崇博先生、小林令佳女士、小野田滋博士，歷經數月多次之接洽協助安排細節。主要研習機構鐵道綜合技術研究所：噪音解析研究室北川敏樹博士、構造力學研究室池田學博士、軌道・路盤研究室桃谷尚嗣博士等室長及研究員之簡報，另國土交通省、環境省、鐵道運輸機構、東京都廳、小林理學研究所、RION 公司、JR 東海公司、首都圈新都市鐵道公司、東武鐵道、日本信號公司、日立製作所、野村總研、鐵道友之會等單位之接待與指教，東京大學佐々木淳教授、RTRI 陳樺博士對本研究之寶貴意見，使本計畫得以順利完成，謹表最誠摯之謝忱。

臺鐵局宋鴻康處長、朱我帆段長、臺灣海洋大學許榮均教授及利音公司對本研究行程之建議與協助，亦一併致謝。

規劃組陳慧君組長、張文俊副組長、曾平寬簡正、謝金玫簡正、劉建宏科長之支持協助，靜馨、莉媚之後勤支援，出國期間人事室紀佳伶主任、蕭佩珊科長、鴻琦有關行政作業之協助，均深表感謝。至前機電副組長張偉能之鼓勵與協助亦特別感念。

透過本次研究行程，得以與日方產官學研之專業人士交流並建立友誼，是研習鐵道噪音振動防制技術外，難得之收穫。也期待研究成果對國內相關技術發展有所助益。

交通部鐵道局規劃組 曾華潭 謹誌

108 年 12 月 9 日

目錄

壹、 研究計畫概述.....	1
貳、 國內執行現況調查.....	3
參、 日本鐵路之噪音振動問題及相關法規.....	8
3.1 日本鐵路之噪音振動問題	8
3.2 鐵路噪音振動相關法規	11
肆、 日本鐵路橋梁噪音振動防制相關研究及成果.....	15
4.1 噪音解析相關之研究	16
4.2 防振材料相關之研究	24
4.3 摩擦材料相關之研究	27
4.4 軌道・路盤相關之研究	30
4.5 車輛構造相關之研究	35
4.6 構造力學相關之研究	38
4.7 集電系統相關之研究	45
4.8 本章小結	48
伍、 參訪日本鐵路噪音振動防制執行情形.....	49
5.1 東海道新幹線 (JR 東海)	49
5.2 北陸新幹線 (JR TT).....	54
5.3 中央新幹線 (JR 東海)	61
5.4 首都圏新都市鐵道株式會社	74
5.5 東武鐵道 (Tobu Railway)	77
5.6 參訪噪音振動執行案例分析	81
5.7 本章小結	84
陸、 日本沿道、沿線交通噪音問題預防之作法.....	85
柒、 心得及建議.....	92

附錄 1 觀摩行程紀錄.....	94
1.1 國土交通省鐵道局.....	94
1.2 國土交通省都市局.....	101
1.3 鐵道・運輸機構(JR TT).....	106
1.4 環境省：大臣官房環境影響評價課、水・大氣環境局.....	111
1.5 東京都 都市整備局、建設局.....	119
1.6 小林理學研究所(KIPR).....	126
1.7 リオン株式会社(RION).....	129
1.8 日本信號公司(久喜事業所).....	132
1.9 日立製作所.....	133
1.10 大建株式會社.....	138
1.11 野村總合研究所.....	139
1.12 鐵道友之會.....	140
附錄 2 2019 年鐵道總研技術論壇 行程表.....	142
附錄 3 陸上運輸系統噪音管制標準 (2013 年).....	147
附錄 4 新幹線鐵道騒音に係る環境基準について (1975 年).....	152
附錄 5 環境保全上緊急を要する新幹線鐵道振動対策について(勸告) (1976 年).....	154
附錄 6 在來鐵道の新設又は大規模改良に際しての騒音対策の指針について (1995 年).....	156
參考文獻.....	159

壹、研究計畫概述

一、目的

目前國內軌道建設正如火如荼地展開，尤其鐵路改建及捷運新建工程路線多位於都市人口密集區域。近年來民眾對於環境噪音標準之要求日益提高，因此，如何讓鐵道橋梁之噪音振動減至最低，便成為這些鐵路建設所必須面對的挑戰。

日本在鐵道技術發展成熟且先進，因此，本計畫預期藉由瞭解並學習日本在鐵道高架橋的噪音振動防制法規、制度、工程技術及土地利用與建築管制等對策，進而提出適合國內之作業方法(包括法規、規範制定)，並提升國內噪音振動防制技術，減少鐵道建設對沿線民眾生活環境之衝擊。

二、研習內容

(一) 研究範圍：本研究內容以「鐵路」系統為主，即依陸上運輸系統噪音管制標準第 2 條定義：指以軌道或於軌道上空架設電線，供動力車輛行駛及其有關之設施；其最高時速二百公里以上者為高速鐵路，低於二百公里者為一般鐵路。至適用「大眾捷運法」之捷運系統則可依實際環境參考運用。

(二) 研究項目：

1. 國內軌道高架橋梁噪音振動防制執行現況調查研究
2. 日本鐵路橋梁噪音振動防制相關法規及規範調查研究
3. 日本鐵路橋梁噪音振動防制最新研究及成果調查
4. 日本鐵路橋梁噪音振動防制執行現況調查研究
5. 噪音振動防制材料之研究
6. 環境因受噪音振動後如何解決之方案探討

三、研究過程

(一) 研究期間：108 年 6 月 19 日~108 年 9 月 30 日 (其中 8 月 6 日~8 月 11 日及 9 月 5 日~9 月 10 日奉核請假返國)，共 92 日。

(二) 研究機構：主要研究機構為日本鐵道綜合研究所，另於研究期間參訪國土交通省、環境省、東京都廳、鐵道營運及設備製造公司等。

(三) 研究行程：

項次	日期	單位	主題
1	108.6.19 108.9.30	鐵道綜合技術研究所	噪音振動相關研究成果： <ul style="list-style-type: none"> • 噪音解析 • 防振材料 • 摩擦材料 • 軌道、路盤 • 車輛構造 • 構造力學 • 集電系統
2	108.6.26	RION 公司	業務簡介、防制技術研究、交流討論
3	108.6.27	小林理學研究所(KIPR)	業務簡介、防制技術研究、交流討論
4	108.6.28	日本信號公司	業務簡介、道岔型式、交流討論
5	108.7.24	鐵道運輸機構(JRTT)	業務簡介、新幹線建設、交流討論
6	108.7.25	東京都 整備局、建設局	業務簡介、東京交通建設、交流討論
7	108.7.26	國土交通省 鐵道局、都市局	業務簡介、都市交通發展、交流討論
8	108.7.30-31	東海道新幹線	業務簡介、營運防制情形、交流討論
9	108.8.5	中央新幹線	計畫簡介、噪振防制設計、交流討論
10	108.8.29-30	鐵道綜合技術研究所	2019 年鐵道總研技術論壇 <ul style="list-style-type: none"> • 演講 • 成果發表 • 設備公開
11	108.9.11	筑波快線	業務簡介、營運防制情形、交流討論
12	108.9.12	東武鐵道	業務簡介、營運防制情形、交流討論
13	108.9.13	環境省	噪振管制、環評作業、交流討論
14	108.9.16-17	日立製作所笠戶工廠	業務簡介、車輛設計製造、交流討論
15	108.9.18	北陸新幹線	計畫簡介、噪振防制設計、交流討論
16	108.9.25	野村總研	業務簡介、都市交通發展、交流討論
17	108.9.27	鐵道友之會	業務簡介、臺日鐵道發展、交流討論

貳、國內執行現況調查

一、噪音振動簡介

(一) 定義：依環保署噪音及振動管制統計類之名詞及定義，如下

1. 噪音(Noise)：為維護國民健康及環境安寧，提高國民生活品質，我國在 81 年 2 月 1 日公佈噪音管制法。依此法指稱超過噪音管制標準的聲音謂之噪音，單位為分貝。依不同的單位有不同的認定：

(a) 美國職業安全衛生署之定義：聲音大到足以傷害聽力者。

(b) 日本之定義：會引起生理障礙、妨害交談、聲音太大而音色不美者。

(c) 我國勞工安全衛生法定義：超過 90 分貝強度，而持續 8 小時的聲音。

2. 振動(Vibration)：指人為活動或機械運轉所引起土地、設施或建築物等之波動。

(二) 噪音之特性

一般正常人耳的可聽音範圍為 20 Hz~20 kHz。高於 20 kHz 的聲音稱為超高頻音；低於 20 Hz 的聲音稱為超低頻音。通常的聲音信號都是由多種頻率組成的，把該聲音信號中所包含的頻率成分，按其幅值(或分貝值) 或相位作為頻率的函數做出的分佈圖，稱為該聲音信號的頻譜圖。

按照等響曲線的特點，把高、中、低不同響度級的聲音，分別予以不同的頻率加權(weighting)，可使測得的噪音量分貝值與人們響度級感覺上有一定的關聯。目前國際間普遍採用 A 加權，修正後之噪音值以 dB(A)表示。

(三) 噪音控制之原理

噪音是經由音源、傳播途徑，而至受體。因此噪音控制包含音源控制、途徑控制和受者保護等 3 種方式。

二、鐵路相關噪音振動法規

我國與鐵路噪音相關法規包含：噪音管制法、陸上運輸系統噪音管制標準。

然我國目前並未有環境振動管制標準。實務上，主要參考日本及 ISO 2631 之規定，惟原則上不具強制性，仍有待訂定標準。與振動有關之規定僅有環檢所 94 年 5 月公告之「環境振動量測方法」。

(一) 噪音管制法

97 年 12 月修正頒布，為上位法源。依第 14 條規定：

快速道路、高速公路、鐵路及大眾捷運系統等陸上運輸系統內，車輛行駛所發出之聲音，經直轄市、縣(市)主管機關量測該路段音量，超過陸上運輸系統噪音管制標準者，營運或管理機關(構)應自直轄市、縣(市)主管機關通知之日起一百八十日內，訂定該路段噪音改善計畫，其無法改善者得訂定補助計畫，送直轄市、縣(市)主管機關核定，並據以執行。但補助計畫以改善噪音防制設施並以一次為限。

前項陸上運輸系統之噪音管制音量及測定之標準，由中央主管機關會同交通部定之。

(二) 陸上運輸系統噪音管制標準

本標準依噪音管制法第十四條第二項規定，於 99 年 1 月訂定發布，並於 102 年 9 月修正發布。其中有關一般鐵路及高速鐵路之管制標準如下：

種類	管制區	小時均能音量($L_{eq,1h}$)			平均最大音量 ($L_{max,mean,1h}$)
		早、晚	日間	夜間	
一般鐵路	一、二	73	73	70	80
	三、四	75	75	70	85
高速鐵路	一、二	65	70	60	80
	三、四	70	75	65	85
大眾捷運系統	一、二	65	70	60	80
	三、四	70	75	65	85

三、鐵路噪音振動相關規範

交通部頒布之鐵路建設、車輛規範對噪音振動有相關原則之規定。而針對鐵路噪音振動防制之規範，目前鐵道局正擬訂「軌道系統噪音與振動評估及防制規範」。上述相關規定整理如下：

(一) 通勤電聯車車輛技術標準規範(107年1月交通部頒布)

章節	規定
2.10 列車乘坐品質	
2.10.1 車內噪音量	列車廂之噪音應考量相關法規定及乘客舒適性。
2.10.2 振動量	列車車廂之振動應考量乘客舒適性並參考 ISO 2631 規範標準，如該規範標準無可參考者，則可採用其他同等級規範標準。
3.2.1 外觀及材料	1. 外觀 (1) 列車之外形設計應考量降低風阻及噪音。 (2) 每一節車輛均應於固定位置標示型式及編號。
3.4.13 煞車裝置配管	煞車裝置管路至少應符合下列規定： 1. 空氣管路應為無縫，並採用銅或不鏽鋼製品，於轉向架上應採用不鏽鋼製管路。 2. 所有管路應予固定以避免振動、摩擦及噪音之產生。
3.5.2 空氣分布	空氣分布至少應符合下列規定： 1. 主風道應沿客室全長方向裝設，供空調系統平均散布輸出空氣。 2. 風道必須具備適當隔熱或保溫設計，以降低噪音並避免產生冷凝水。
3.10.2 集電裝置	1. 電力車裝設一具集電裝置，集電裝置之設計應充分考量與電車線間之介面，使集電裝置在任何營運天候狀況下能有效集電，且使接觸碳刷觸線之磨耗減至最小。 2. 集電裝置應具足夠強度，能滿足各項運轉使用需求。 3. 集電裝置之設計應考量空氣動力效應，減少振動與噪音之產生。

(二) 高速鐵路建設技術標準規範(102年12月交通部頒布)

章節	規定
6.1.4 橋面設施	(1) 橋面兩側應設置維修空間與通道以及脫軌防護牆。

	(2) 橋面兩側應有欄杆或胸牆。胸牆之設計應考量 <u>隔音牆</u> 之載重。
--	--

(三) 高速鐵路車輛技術標準規範(108年5月交通部頒布)

章節	規定
2.5 列車外觀	2.5.1 列車之外形設計應考量節約能源及降低噪音。 2.5.2 每一節車輛均應於固定位置標示車輛編號。該編號除作為車輛辨識之用外，亦可作為營運調度及維修管理之用。
2.10 列車乘坐品質 2.10.1 <u>噪音</u> 2.10.2 <u>振動</u>	列車車廂之設計，應使車輛所產生之 <u>噪音</u> 不致造成乘客不舒適的感覺。 車廂內 <u>最大噪音</u> 由採購機構考量乘客舒適度訂定之。 列車車廂之設計，應使車輛所產生之 <u>振動</u> 不致造成乘客不舒適的感覺。 車廂內 <u>最大振動量</u> 由採購機構考量乘客舒適度訂定之。
2.11 環境品質 2.11.1 <u>噪音</u> 2.11.2 <u>微氣壓波</u>	車輛所產生之 <u>噪音</u> 應儘可能降低，使系統營運時產生之 <u>環境噪音</u> 符合中華民國相關法規之規定。 當列車以其最大容許速率進出路線上任一隧道時，應儘量降低對附近環境所造成之 <u>氣壓變動</u> 、 <u>噪音</u> 、 <u>振動</u> 等衝擊。

(四) 軌道系統噪音與振動評估及防制規範(鐵道局擬訂中)

我國針對軌道系統包括大眾捷運系統、一般鐵路及高速鐵路之噪音管制依據為民國 99 年行政院環境保護署頒布之「陸上運輸系統噪音管制標準」，惟歷年來各軌道系統之噪音陳情仍持續發生；另振動方面則無相關之管制依據。為求日後新建軌道系統減少其振動與噪音對沿線住戶之干擾，並為居民所接受，爰訂定本規範，供開發機構及顧問公司作為最低要求規定。本規範(草案)內容共六章：

章次	規定
第一章「總則」	說明本規範之適用範圍，依交通功能區分軌道系統種類
第二章「噪音與振動(振動及土傳噪音)之設計值」	訂定各軌道系統設計時之需求標準
第三章「軌道系統噪音振動評估模式」	研提可採用之評估模式，供評估時參採
第四章「軌道系統基本設計及細部設計時噪音振動評估之步驟」	針對基本設計及細部設計提出評估項目、步驟及方法、及其選定原則
第五章「軌道系統噪音振動減輕對策與設計之建議」	研提可用之減輕對策與設計建議，供設計時參採
第六章「軌道系統噪音振動驗收方法及量測單位認證」	訂定各驗收項目其驗收方法及量測單位認證之規定。

本規範已請相關單位提供意見並完成草案，後續將辦理成果發表會，以盡力集合政府機關、技術顧問、施工廠商、鐵道營運公司及主管機關等意見，逐步建立適合我國鐵道之噪音振動防制作法，以減少對居民生活之影響。目前正依程序辦理報核作業，未來各界在使用本規範時，仍應因地制宜選擇合宜之參數進行評估，並累積完工後資料及經驗，以供後續修訂時納入參考。

四、國內執行案例-臺中鐵路高架化通車階段噪音改善計畫

現有自豐原站至大慶站高架橋依據沿線環境條件配置 4 種不同高度隔音牆，其高度分別為 2.4m、3.0m、3.6m、4.0m，原則上，隔音牆材質於護欄高度以下為金屬吸音板，以上為透明 PC 板。

本案超出噪音管制標準之陳情住戶，位於鐵路豐原站至大慶站沿線高架橋路段中北屯區東光路 724 巷 13 號 11 樓、752 號頂樓、816 號 12 樓及 846 號 11 樓及南區建國南路一段 262 號 11 樓之 1 等 5 處。陳情點附近現有高架橋配置隔音牆之型式為倒 L 型隔音牆，高度為 4.0m，隔音牆頂端往軌道方向水平延伸 0.5m，整體隔音牆材質均為金屬吸音板，如下圖所示。



圖 1 現有高架橋配置隔音牆之型式

本鐵路高架工程於 105 年 10 月 16 日啟用，相關工程陸續辦理點交作業，期間仍由交通部鐵道局中部工程處負責工程保固。案經臺中市環保局於 108 年 1 月起函請進行後續相關改善計畫，爰臺鐵局及鐵道局共同研討，研定改善計畫如下，目前已函請臺中市政府審核中

項目	內容
地理環境	各大樓建築物外牆距鐵路近軌中心線約 24.4~37.7 公尺，各樓受體與軌道高程差介於-11.6~36.6 公尺，軌道高程約在建物大樓 3 或 4 樓，除編號 1、2 陳情點附近有道岔外，其餘屬無道岔路段。各大樓建築物竣工日期位於 81.8.1~84.1.20 之間，各大樓層數介於 12~20 樓，總戶數以編號 5 陳情點 268 戶為最多。各大樓總高度介於約 36.0~64.1 公尺。
環境音量來源	陳情大樓附近環境音量組成主要來自高架鐵路交通噪音，以及往來於橋下地區道路汽機車輛噪音。陳情大樓低樓層住戶較易受道路交通噪

	音影響，鄰近高架鐵路之 5 樓以上住戶，除受道路交通噪音影響外，鐵路交通噪音亦較為明顯。
噪音管制區類別	依據臺中市政府環境保護局 107.11.27 中市環空字第 1070138187 號函附件之噪音管制區公告圖，陳情大樓位於臺中市北屯區及南區，均屬於第二類噪音管制區。
高架結構	<ol style="list-style-type: none"> 1. 土建配置：本案陳情戶所在位置鄰近之鐵路高架橋，上部結構均採用預力混凝土箱型梁，下部結構採混凝土橋墩，並配置樁基礎，基樁長度 20m~35m。 2. 軌道型式：經查本計畫陳情路段部份位於道岔路段，以及緊鄰鐵路之高樓情形。軌道設施說明如下： <ol style="list-style-type: none"> (1)鋼軌：本計畫鋼軌型式均採 UIC60 鋼軌。 (2)長焊鋼軌：本計畫全線軌道均鋪設長焊鋼軌。 (3)道岔：本計畫軌道之道岔型式均採固定式道岔，道岔主要佈設於豐原、潭子、太原及臺中車站之前後路段。 3. 隔音牆：現有自豐原站至大慶站高架橋依據沿線環境條件配置 4 種不同高度隔音牆，其高度分別為 2.4m、3.0m、3.6m、4.0m，原則上，隔音牆材質於護欄高度以下為金屬吸音板，以上為透明 PC 板。
噪音改善措施說明	依陳情路段量測驗證之成因診斷，以及評估模式預測結果顯示陳情路段超標主因為車下之機電動力系統與鋼輪/軌道面接觸噪音，部分樓層亦有車頂空調噪音貢獻。本改善計畫參照國內外軌道交通噪音陳情案例防治經驗，採多元噪音防制措施，由鐵道局及臺鐵局共同辦理，各項措施執行優先順序，現階段先由鐵道局進行土建改善部分：設置「中間雙面隔吸音牆」、「軌道區鋪設吸音材」，軌道改善部分：設置「鋼軌減振材」。臺鐵局負責「逐年營運噪音防制措施」，包括加強車輛編組檢修(含研訂「臺鐵使用中車輛四級檢修(4B)出廠音量標準」)、列車汰舊換新及鋼輪真圓度維修作業等項目。
執行期程	本計畫依陳情路段噪音預測結果、噪音改善措施及其功能評估結果，分別就土建、軌道及營運管理等三方面進行噪音改善，其中土建工程項目，依陳情路段所在位置及防制後評估結果，設置中間雙面隔吸音牆及軌道區吸音材，增加軌道區吸音面積及延長噪音傳遞路徑；軌道工程項目，於軌道旁加裝鋼軌減振材，以降低列車輪軌滾動噪音；營運管理方面，臺鐵局將持續執行「鐵路行車安全改善六年計畫」及「臺鐵整體購置及汰換車輛計畫」。

參、日本鐵路之噪音振動問題及相關法規

3.1 日本鐵路之噪音振動問題

一、日本鐵道之發展現況

日本鐵道第 1 條鐵路於 1872 年開業(新橋~橫濱間，約 29km)，1927 年首條地下鐵開業(淺草~上野間，約 2.2km)，1964 年首條新幹線開業(東海道新幹線)。至 2018 年止，全國鐵道總長 27,982km，鐵道公司共 217 家。

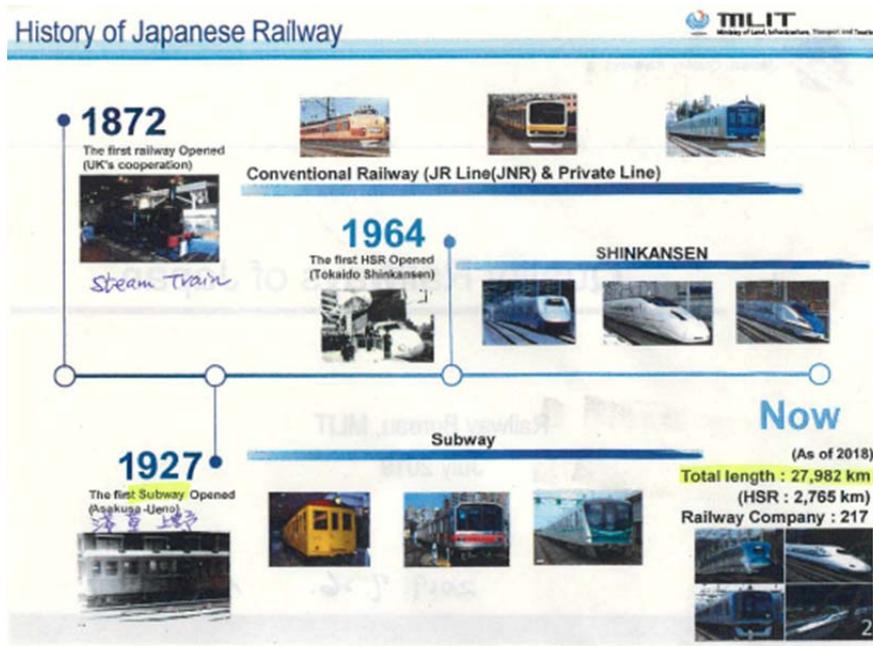


圖 2 日本鐵道發展之歷史

現有新幹線鐵道網共 7 條，營運路線長 2,765km，並持續依「全國新幹線整備法」辦理相關建設。而採 JR 公司與 JR TT(鐵道運輸機構)上下分離之營運模式。新幹線路網如下圖所示：

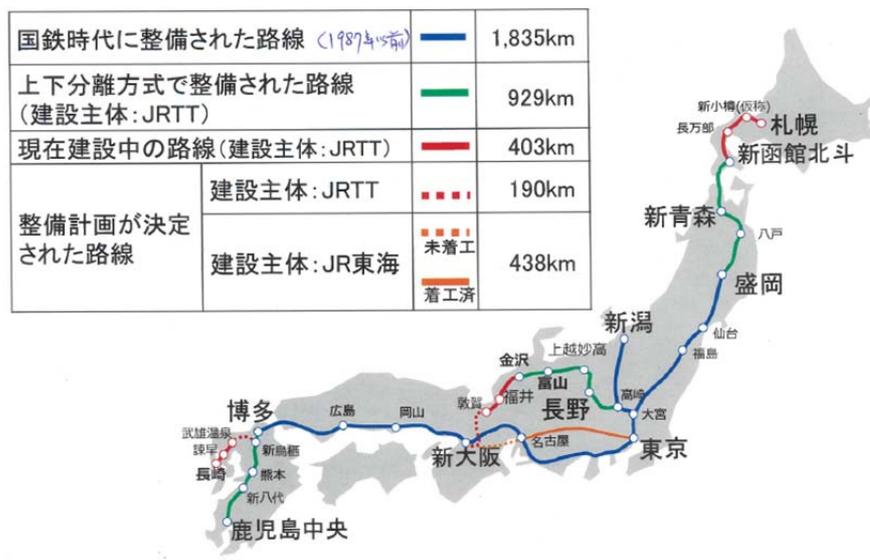


圖 3 日本全國新幹線鐵道網圖

目前除中央新幹線由 JR 東海自行籌資興建，興建中之主要鐵軌道路線如下：(至 2019 年 4 月)

1. 整備新幹線(建設中區間)

事業者名	路線名	區間	延長 (km)	預定完成	備考
鐵道・運輸機構	北海道新幹線	新函館北斗～札幌	211.7	令和 12 年度末	營業主体は J R 北海道
	北陸新幹線	金沢～敦賀	114.4	令和 4 年度末	營業主体は J R 西日本
	九州新幹線	武雄温泉～長崎	67.0	令和 4 年度	營業主体は J R 九州

2. 都市鐵道新線

圏域	事業者名	路線名	區間	延長 (km)	預定完成	備考	
首都圏	鐵道・運輸機構	神奈川東部方面線	相鉄・J R 直通線	西谷～羽沢横浜国大	2.7	令和元年度	運行主体は相模鐵道
		相鉄・東急直通線	羽沢横浜国大～日吉	10.0	令和 4 年度	運行主体は東京急行電鉄及び相模鐵道	
近畿圏	北大阪急行電鉄	南北線延伸線	千里中央～箕面萱野	2.5	令和 2 年度	鐵道事業區間と軌道事業特許區間で構成	
	大阪港トランスポートシステム	北港テクノポート線	コスモスクエア～新桜島	7.3	令和 4 年度		
其他圏域	福岡市	七隈線	天神南～博多	1.4	令和 4 年度		
	沖繩都市モノレール	沖繩都市モノレール線	首里～てだこ浦西	4.1	令和元年度		

二、鐵道噪音問題之背景

鐵道車輛一發動，即產生聲音。而從運行開始，從車輛、軌道及構造物產生之總體噪音稱為鐵道噪音。而因運行車輛、軌道、構造物及速度不同，新幹線鐵道及在來鐵道噪音之性質有很大的差異。

三、路線及鐵道構造物之選定

早期建設之路線，沿著山峰和山谷地形的等高線輪廓採用許多銳曲線和陡坡，路線選定盡可能避免了橋梁和隧道。然而，隨著橋梁和隧道技術的發展，路線選定已盡可能使用直線將目的地之間以最短的距離連接，這種趨勢在強調高速的新幹線路線上尤為明顯。早期建造的東海道新幹線的填土路堤比例很大，但山陽新幹線及之後的顯著趨勢是使用高架橋代替填土。此外，隧道的比重增加了，達到山陽新幹線總長度的 50 %。

依目前運行之鐵道，高架橋比土路堤、隧道段有較大之噪音振動問題。而鐵道橋之主要型式為：拉麵高架橋、桁式高架橋及拱式高架橋。若依材料則可分為 5 種：

1. 木橋

2. 組積造(煉瓦、石材)

3.鋼橋：耐久性優、加工施工比較容易；列車通過噪音大、需定期塗裝以防銹蝕、抗鹽害力弱。

4.混凝土橋(包含 RC,PC)：列車通過噪音少、不要塗裝；同設計條件構造物自重大、不利大跨徑。

5.合成(複合)橋梁：以鋼桁橋為例，上部床版為混凝土構造、下部主桁為鋼構造。為廣義鋼橋之一種，噪音比鋼橋少、重量比同跨徑混凝土橋輕，多用於都市地區之高架橋。

四、軌道結構

- (一) 種類：依路床是否採用道碴，可分為道碴軌道及無碴軌道。通常無碴軌道之建造成本較高，而養護成本較低。實務上另有在既有道碴式軌道之道碴層噴灑固結劑，以減少軌道變形與沉陷，而達到接近無碴軌道之效果。
- (二) 建造及養護成本：以生命週期成本(Life Cycle Cost)分析，道碴軌道之建造成本低、維護成本高；版式軌道之建造成本高、維護成本低。在營運 9 年後，版式軌道之總成本開始低於道碴軌道。(以上未考慮軌道有較大變形之狀況如沉陷、地震…)
- (三) 版式軌道之應用：自 1972 年山陽新幹線開始採用版式軌道，1975 年之後更是大量應用，除北陸新幹線約 80%外，其餘均達 90%以上。然而，道碴軌道與無碴軌道二者各有利弊，並無絕對好壞。

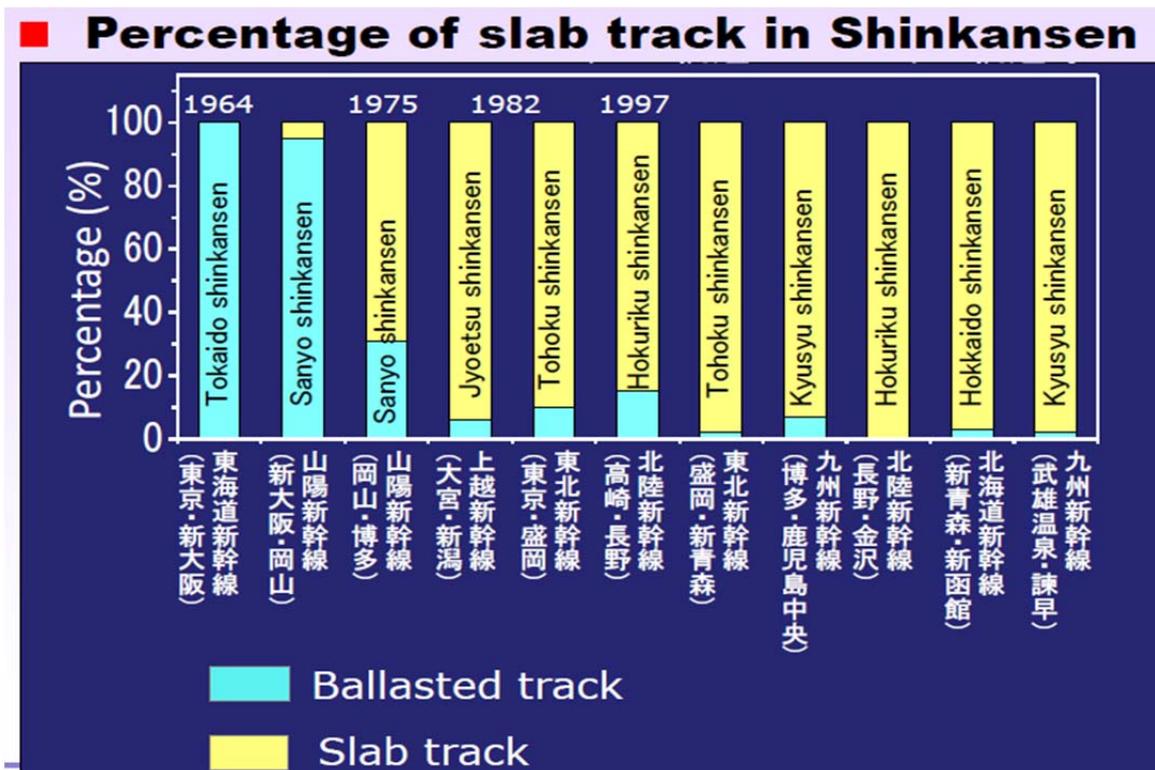


圖 4 日本新幹線版式軌道之應用情形

五、車輛型式

車輛一般可分為機關車、旅客車、貨物車。而主要構造可分為：車體構造、台車構造、動力傳達裝置、剎車裝置及集電裝置等。

3.2 鐵路噪音振動相關法規

一、各國對噪音控制立法、法規及指引之差異

依據 IINCE(International Institute of Noise Control Engineering)2009 年報告，對各國家級控制社區噪聲方法的信息進行審查後發現，國家對噪聲暴露描述符的選擇和相關的暴露標準存在差異。實施和執行國家控制的不同方法的複雜法律制度社區噪音使得難以為標準化方法提供建議。

在收到調查問卷答覆的國家中，立法特徵和技術方面都存在差異：

(1) 立法文件的類別(法律、法令、規章、建議、指引或法律標準);(2) 每份文件的性質(排放或排放);(3) 噪音暴露的衡量標準每個噪音源;(4) 噪音評估方法(現場測量或計算);(5) 描述噪音暴露的測量方法(測量位置、室外或室內、高於當地地面或地板的高度、反射的影響、標稱值自由場條件或包含反射，以及其他);以及(6) 測量和評估時間間隔。

在歐盟成員國中，在調查時，噪音評估方法已部分統一，符合歐盟環境噪音指令和其他相關的歐盟指令。

不同國家採用了各種方法來控制社區噪音的國家方法。這些方法的有意義的比較是不可能的。而最常見的噪音排放描述是基於時間平均的 A 頻率加權聲級。

在控制社區噪音的國家方法的立法和技術方面發現了以下差異：

1. 每個立法文件的性質(類別): 法律、法令、法案、法規、準則或標準，強制性法規(噪音位準限制)或建議或指南(目標)
2. 每份文件的性質: 排放或接受(emission or immission)
3. 對現有情況(改造)，新安裝或兩者的要求
4. 描述每個聲源噪音的描述符(Descriptors)
5. 噪音評估方法: 現場測量或計算
6. 測量或評估時間間隔: 一天中的參考時間間隔(白天、傍晚、夜間或整天)，長期時間間隔(一周、一個月、一年)

許多回應者認為，通過限制噪聲來控制源頭噪音是控制社區噪音的最經濟和技術上最可行的方法。這些限制一般適用於一種聲源。透過噪音接收限制來管制社區噪音，補充了噪音排放限值的使用。將繼續使用這兩種方法，但是需要考慮噪音測量點所在的位置以及誰負責降低不可接受的社區噪音暴露水平。

二、日本新幹線噪音管制標準

- (一) 日本於 1975 年制定新幹線鐵道噪音之環境基準，基準值採用慢特性最大音量為基準，要求住宅區不超過 70 dB(A)，其他區域(工商業、工業)不超過 75dB(A)(參見表 1)，達成目標期間如表 2 所示。
- (二) 測定方法為計算新幹線南下北上列車，原則上對於連續通過二十班列車，讀取每班列車所產生之最大音量，測定地點原則上在屋外距離地面 1.2 公尺高度處進行，測定地點除了在該區域中認定足以代表測出新幹線噪音的地點外，一般測定位置原則上為軌道中心線水平距離 25 公尺處。評估方法連續通過 20 班列車產生個別噪音最大值，取其較大之前 10 個做能量平均值。

表 1 新幹線鐵道噪音之環境基準

地區類型	基準值 $L_{pA,s,max}$
I 類	$\leq 70 \text{ dB(A)}$
II 類	$\leq 75 \text{ dB(A)}$

I 類區域為主要供居住使用之區域，即住宅區，II 類區域為供工商業及 I 類以外之區域，即商業區及工業區，相關地區類型由都道縣知事指定。

表 2 新幹線鐵道噪音之環境基準達成目標期間

新幹線鐵道之沿線區域 之區分		達成目標期間		
		關於既設新幹 線鐵道之期間	關於施工中新幹 線鐵道之期間	關於新設新幹線 鐵道之期間
a. 80 dB(A)以上之區域		3 年以內	開業時即需要	開業時即需要
b. 超過 75 dB(A) 未滿 80 dB(A) 以上之區 域	I	7 年以內	開業後 3 年以內	
	II	10 年以內		
c. 超過 70 dB(A)未滿 75 dB(A)以上之區域		10 年以內	開業後 5 年以內	

(三) 1975 年公告之「關於新幹線鐵道噪音環境基準」，噪音基準值以最大值為基準，要求住宅區達到最大值不超過 70 dB 仍很困難，故於 1985 年另公告「暫行基準」，暫時將第 I 類區域之噪音環境基準定為 75 dB。

三、日本傳統鐵道噪音管制標準：1995 年 12 月頒布之「傳統鐵路噪音位準指引」

(一) 決定該指引之 4 項考量：

1. 日本傳統鐵路在沿線住宅區的噪音干擾情形之調查結果：鐵路沿線 66 區，約 5,400 位居民；30% highly annoyed 對應於 50-60 dB $L_{Aeq,24h}$ 。
2. 參照 WHO 採日(days)噪音基準：建議低於 55 dB L_{Aeq} ，以避免在白天受嚴重干擾(seriously annoyed)的居民增加。
3. 其他國家對鐵道噪音之指引：住宅區之戶外指引噪音量為白天 60-70 dB L_{Aeq} ；夜間 50-60 dB L_{Aeq} 。
4. 達到噪音限値之技術可行性：係調查傳統鐵路路線採取高標準且有效的噪音控制措施之平均噪音位準。

(二) 該指引之注意事項 174 規定：

Noise type: Conventional railway
Category: Guidelines
Nature: Emission
Space of assessment: Outdoor, at 12.5 m
Time: Day and Night
Noise level limits: 60 dB (07-22), 55 dB (22-07)
Notes: The noise level limits apply to <u>new construction of conventional railways</u> . In the case of a large-scale alteration of existing rail tracks, the average sound level after completion of construction shall not exceed the average sound level before the start of the alteration.

(三) 綜上，日本環境廳 1995 公告一般鐵路環境基準，對已營運中之鐵道並無規定基準值，須達到改善後具減音成效；對於新建或大改建之鐵道噪音基準規定詳如表 3 所示。

表 3 一般鐵道新建或大改建之鐵道噪音基準

時段	基準值
7~22 時	60 dB (A) 以下
22~7 時	55 dB (A) 以下

四、我國鐵道噪音管制之標準

(一) 我國鐵道之噪音限值：依照「陸上運輸系統噪音管制標準」，並計算 L_{den} 。

Noise Limits for MRT(Mass Rapid Transit) System					Noise Limits for Taiwan Rail System					
	$L_{eq,th}$ (dB)			$L_{max,mean,th}$ (dB)		$L_{eq,th}$ (dB)			$L_{max,mean,th}$ (dB)	
	Morning Evening	Day	Night			Morning Evening	Day	Night		
Area 1 & 2 (mainly residential use)	65	70	60	80	Area 1 & 2 (mainly residential use)	73	73	70	80	
Area 3 & 4 (commercial & industry)	70	75	65	85	Area 3 & 4 (commercial & industry)	75	75	70	85	
Day : 6 - 18 hr	70 dB or 75 dB			$L_{den} = 70$ dB	Day : 6 - 18 hr	73 dB or 75 dB			$L_{den} = 77$ dB	
Evening : 18 - 22 hr	65 dB or 70 dB		$L_{den} = 75$ dB		Evening : 18 - 22 hr	73 dB or 75 dB				$L_{den} = 78$ dB
Night : 22 - 6 hr	60 dB or 65 dB				$(L_{night} = 60 - 65$ dB)	Night : 22 - 6 hr	70 dB or 70 dB			

由上可知：我國一般鐵路之噪音標準($L_{den}=77-78$ dB)較捷運系統($L_{den} = 70-75$ dB)為寬鬆。

(二) 我國與各國噪音管制標準之比較

Country	L_{den} (Index)	Level Limits	Notes
Japan	63	L_{day} : 60, L_{night} : 55	New train lines
Korea	71	L_{day} : 70, L_{night} : 60	Residential & green belt Commercial & industry
	76	L_{day} : 75, L_{night} : 65	
Denmark	59		Residential
	64		Hospital, school
	69		Hotel, Office
France	63	L_{day} : 60, L_{night} : 55	Residential, school
	62	L_{day} : 57, L_{night} : 55	Hospital
	68	L_{day} : 65, L_{night} : 60	Other areas
Germany	58	L_{day} : 57, L_{night} : 47	Hospital, school
	60	L_{day} : 59, L_{night} : 49	Residential
	65	L_{day} : 64, L_{night} : 54	Mix res. & business
	70	L_{day} : 69, L_{night} : 59	Light industry
Taiwan (MRT)	70	L_{day} : 65-70, L_{night} : 60	Residential
	75	L_{day} : 70-75, L_{night} : 65	Commercial & industry
Taiwan (Railway System)	77	L_{day} : 73, L_{night} : 70	Residential
	78	L_{day} : 75, L_{night} : 70	Commercial & industry
Guideline: Japan and Denmark		Regulation: Korea, France and Germany	
Emission: Japan and Korea		Immission: Denmark, France and Germany	

由上表可知，將小時均能音量 ($L_{eq,1h}$) 管制標準(早、晚/日 間/夜 間)換算成 L_{den} 後，我國一般鐵路之噪音管制標準($L_{den}=77-78dB$)，比日本新建鐵路路線噪音管制標準($L_{den}=63dB$)寬鬆；惟日本環境廳 1995 公告一般鐵路環境基準，對已營運中之鐵道並無規定基準值，須達到改善後具減音成效。

五、日本鐵道振動管制標準：環境廳 1976 年環大特第 32 號「新幹線鐵道振動之指針值」。準則如下：

1. 在新幹線鐵路振動的校正加速度水平超過 70 dB 的地區，緊急採取振動源和預防措施。
2. 在需要保持安靜的醫院、學校和其他設施之地區，應特別注意並儘快採取措施。

肆、日本鐵路橋梁噪音振動防制相關研究及成果

鐵道綜合技術研究所(RTRI)：1986年12月10日運輸大臣同意成立鐵道技術研究所；1987年4月1日與JR公司成立同時開始全面接管JNR的研發活動。其成立概要如下表：

項目	內容
業務	<ul style="list-style-type: none"> 研究和發展鐵路技術和勞動科學 鐵路技術與科學研究 編制鐵路技術標準草案 收集和發布鐵路相關文件，材料和統計數據 出版物和講座，以提高鐵路技術和科學 鐵路技術和科學的診斷，建議和指導 起草有關國際鐵路標準的原始計劃和標準化建議 授權鐵路相關科學與技術資格 除上述之外，委託測試和研究項目
資金	<ul style="list-style-type: none"> 來自JR公司收入的貢獻 政府補貼和私營公司的合約收入
願景	<ul style="list-style-type: none"> 我們將開發創新技術，以加強鐵路模式，使鐵路可以為創造一個更幸福的社會作出貢獻
使命	<ul style="list-style-type: none"> 加強研發活動，改善鐵路安全，技術和運營，響應客戶需求和社會變革 發展鐵路各個方面的專業知識，並作為一個獨立和公正的研究機構，以道德的方式使用最好的科學來完成我們的任務 為日本鐵路開拓尖端技術，成為世界領先者

行政及研究部門組織圖如下：

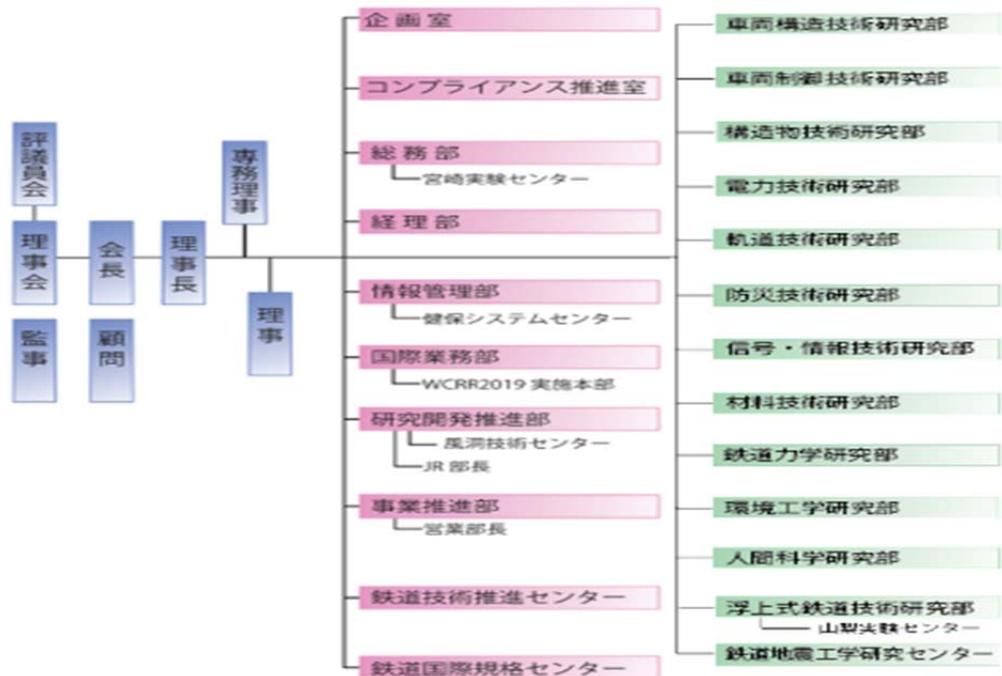


圖 5 行政及研究部門組織圖

RTRI 之研究分工細，共有 13 研究部及中心，51 個研究室。

<p>Vehicle Structure Technology Division</p> <ul style="list-style-type: none"> Vehicle Dynamics Running Gear Vehicle Noise and Vibration Vehicle and Bogie Parts Strength <p>Vehicle Control Technology Division</p> <ul style="list-style-type: none"> Traction Control Hydrogen and Sustainable Energy Drive Systems Brake Control <p>Structures Technology Division</p> <ul style="list-style-type: none"> Concrete Structures Steel and Hybrid Structures Foundation and Geotechnical Engineering Tunnel Engineering Architecture <p>Power Supply Technology Division</p> <ul style="list-style-type: none"> Power Supply Systems Current Collection Maintenance Contact Line Structure <p>Track Technology Division</p> <ul style="list-style-type: none"> Track Structures and Components Track Structures and Geotechnology Track Geometry and Maintenance Rail Maintenance and Welding 	<p>Disaster Prevention Technology Division</p> <ul style="list-style-type: none"> Meteorological Disaster Prevention Geo-hazard and Risk Mitigation Geology <p>Signalling and Transport Information Technology Division</p> <ul style="list-style-type: none"> Signalling Systems Train Control Systems Telecommunications and Networking Image Analysis and IT Transport Operation Systems Transport Planning and Marketing <p>Materials Technology Division</p> <ul style="list-style-type: none"> Concrete Materials Vibration-Isolating Materials Lubricating Materials Frictional Materials Applied Superconductivity <p>Railway Dynamics Division</p> <ul style="list-style-type: none"> Vehicle Mechanics Current Collection Track Dynamics Structural Mechanics Computational Mechanics 	<p>Environmental Engineering Division</p> <ul style="list-style-type: none"> Vehicle Aerodynamics Heat and Air Flow Analysis Noise Analysis <p>Human Science Division</p> <ul style="list-style-type: none"> Safety Psychology Ergonomics Safety Analysis Biotechnology <p>Maglev Systems Technology Division</p> <ul style="list-style-type: none"> Electromagnetic Systems Cryogenic Systems <p>Center for Railway Earthquake Engineering Research</p> <ul style="list-style-type: none"> Seismic Data Analysis Soil Dynamics and Earthquake Engineering Structural Dynamics and Response Control
--	--	---

4.1 噪音解析相關之研究

一、新幹線鐵道噪音控制技術

- (一) 1975 年公告之「關於新幹線鐵道噪音環境基準」，噪音基準值以最大值為基準，要求住宅區(Category I)達到最大值不超過 70 dB 仍很困難，故於 1985 年另公告「暫行基準」，暫時將第 I 類區域之噪音環境基準定為 75 dB。
- (二) 新幹線之噪音「暫行基準」，改善至 75dB 階段目標

表 75dB 對策

項目	開始年度	75dB 對策區間	
		東海道、山陽新幹線沿線	東北、上越新幹線沿線
第 1 次	昭和 60 年(1985 年)	住宅密集之地域	住宅集合地域
第 2 次	平成 4 年(1992 年)	住宅集合地域	準住宅集合地域
第 3 次	平成 10 年(1998 年)	準住宅集合地域	住宅區(較少房屋地域除外)

- (三) 1985 年另公告「暫行基準」之執行成果

在第 3 次 75dB 暫行改善措施後，東海道、山陽、東北及上越新幹線所有測點之尖峰噪音量(peak noise level) LpA,Smax，均在 75dB 以下；長野、東北(盛岡至八戶間)及九州新幹線，在分類 II 區域要達到 70dB，所有測點之尖峰噪音量(peak noise level) LpA,Smax，均在 70dB 以下。

- (四) 有關新幹線噪音議題之討論

1.環境品質標準：依 LpA,Smax 為指標，而非 LAeq。

2.75dB 暫時防制措施：標準測量點位於近軌之中心外 25m 處；土地利用規劃之措施並未強力推動；因沿線住宅區的發展而使防制之目標區域增加。

(五) 新幹線的噪音來源與防制措施

1.新幹線的噪音來源：可分為集電系統噪音、車輛上部噪音、車輛下部噪音、結構音。

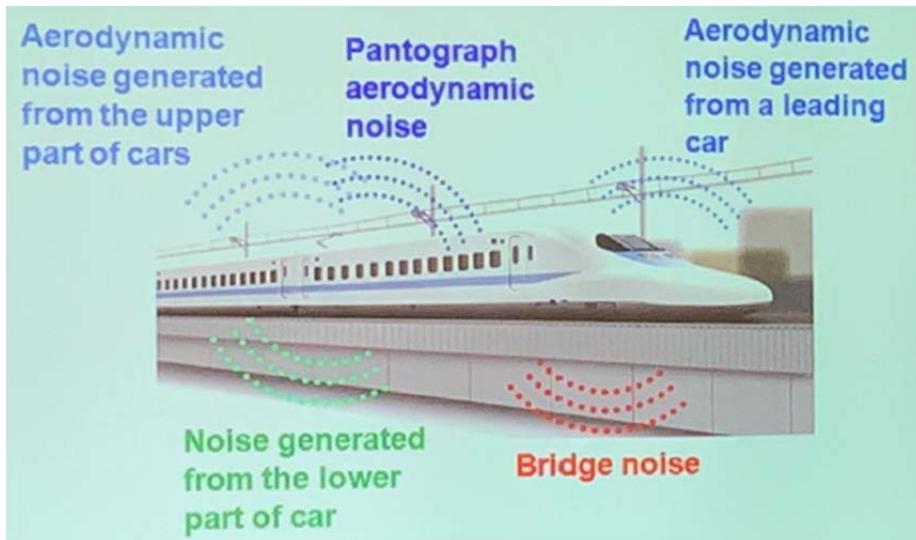


圖 6 新幹線的噪音來源示意圖

- 2.自 1964 年東海道新幹營業以來，已經發展許多因應橋梁、輪軌、spark noise、氣動噪音減緩技術。
- 3.目前屬分類 II 區域新幹線之尖峰噪音量(peak noise level)均能保持 75dB 以下；在分類 I 區域新幹線要達到 70dB 則需持續努力。

二、輪軌噪音

(一) 概要：輪軌噪音包含滾動噪音、接頭衝擊噪音及彎道尖叫音等，各有不同頻率特性。

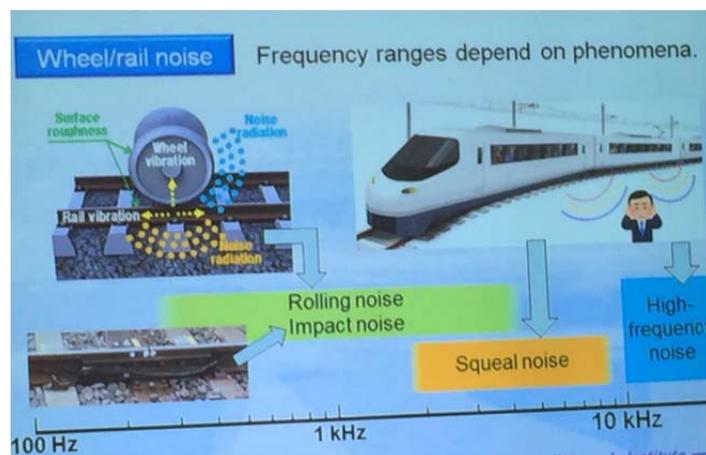


圖 7 輪軌噪音特性圖

(二) 滾動噪音

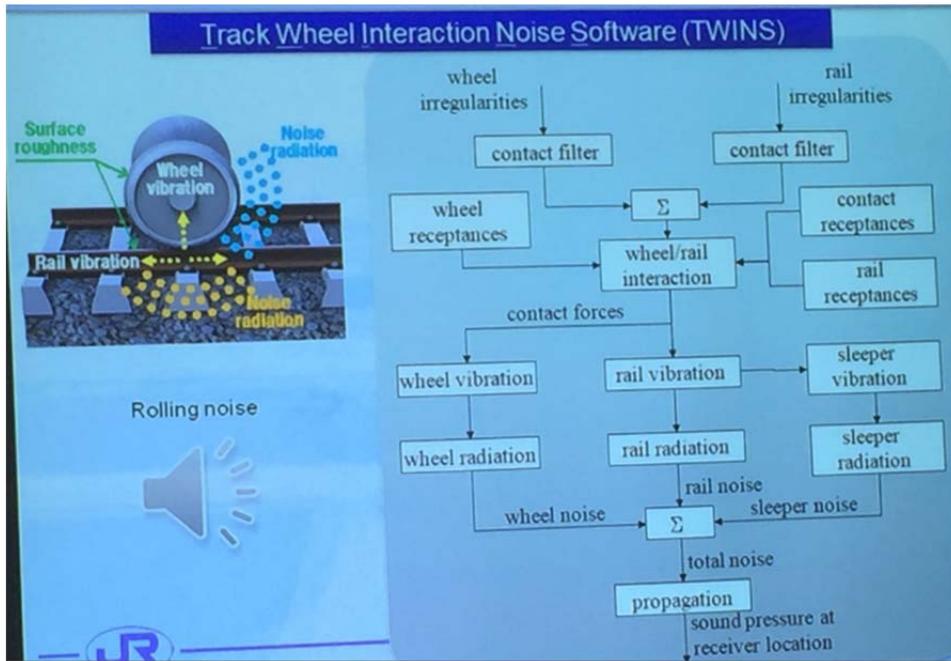


圖 8 輪軌噪音之評估軟體-TWINS

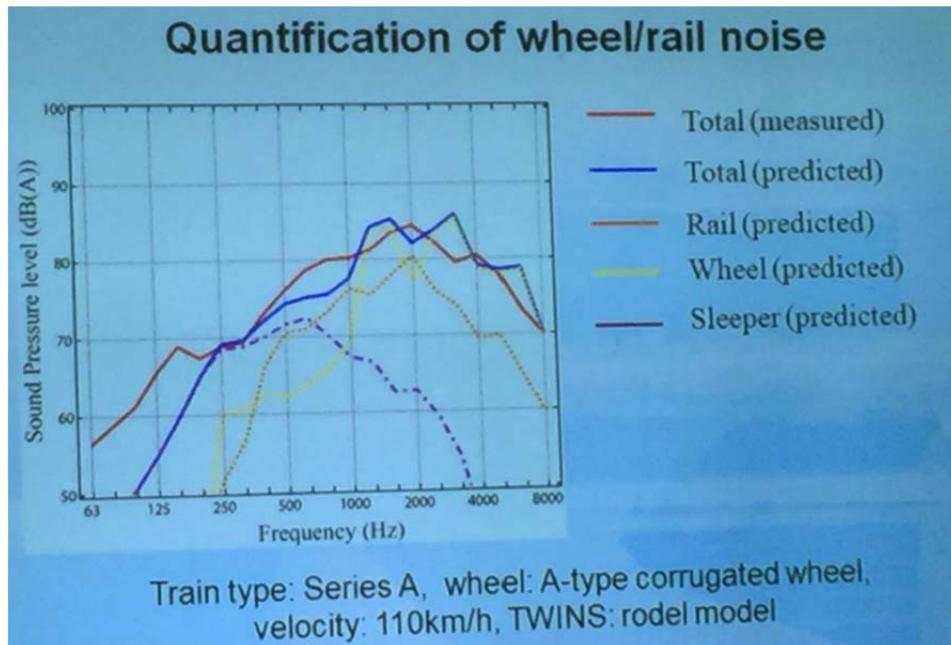


圖 9 輪軌噪音之頻譜圖

(三) 鋼軌接頭之衝擊噪音

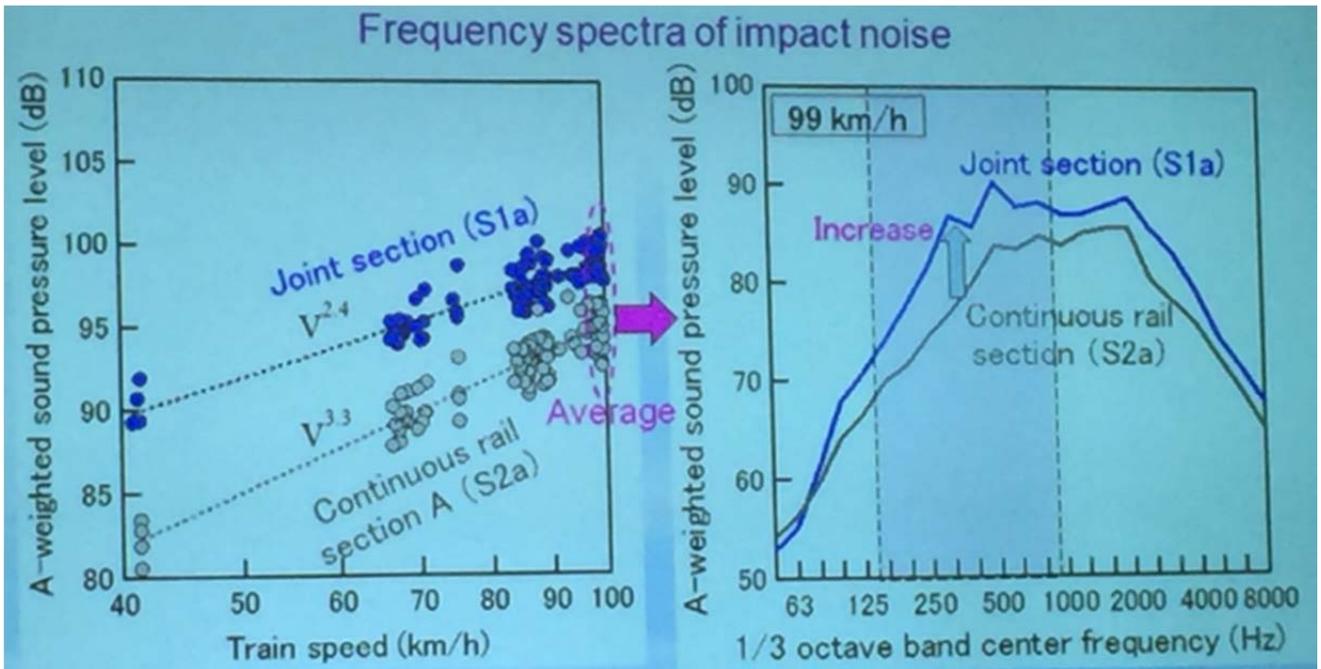


圖 10 鋼軌接頭之衝擊噪音

依實驗結果顯示：

1. 鋼軌接頭處之音壓位準(SPL)較長銲鋼軌區間大 5~10 dB。
2. 鋼軌接頭處之衝擊噪音與列車速度之 2.4 次方成正比。
3. 鋼軌接頭處所有頻帶之音壓位準(SPL)均較長銲鋼軌區間大；尤其在 160~800 Hz 顯著增加。

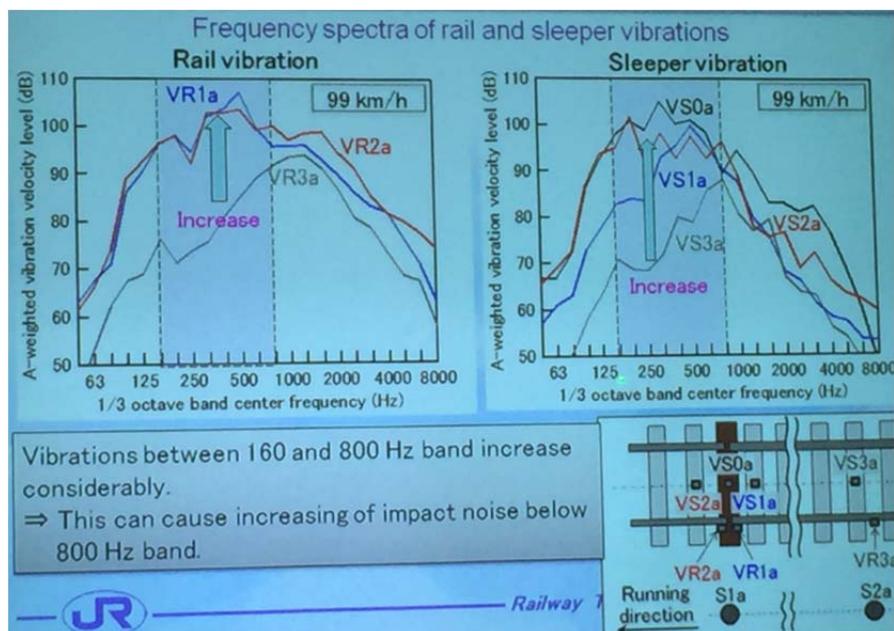


圖 11 圖 鋼軌接頭之振動

4. 鋼軌接頭處之振動在 160~800 Hz 顯著增加；因此在 800Hz 以下導致衝擊噪音之增加。

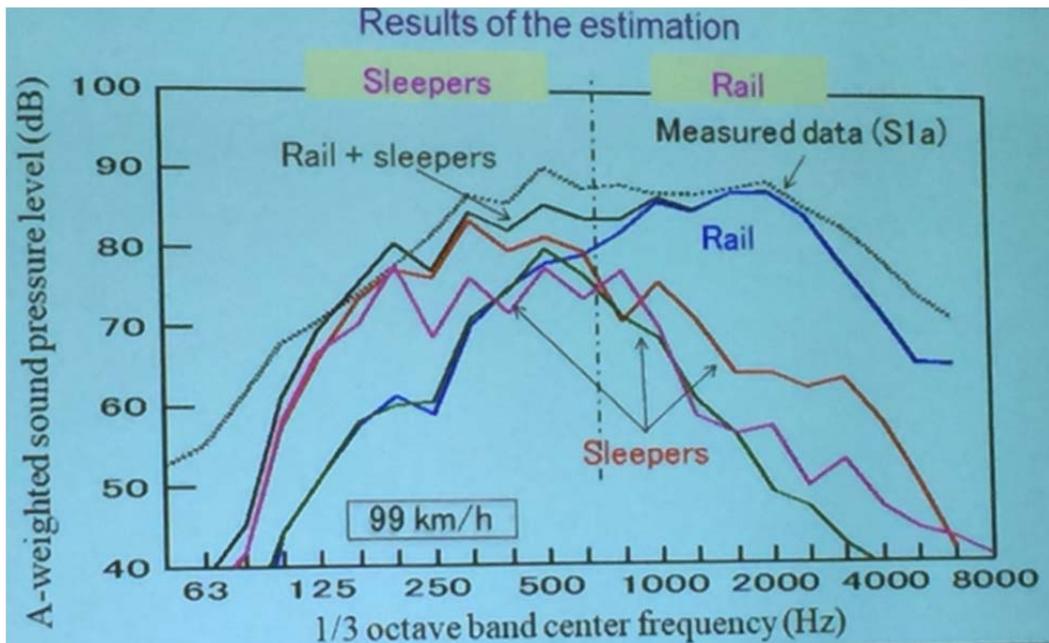


圖 12 鋼軌接頭之振動

5. 主要噪音源：頻率在 500Hz 以下，枕木為主；500Hz 以上，鋼軌為主；2000Hz 以上，車輪為主。

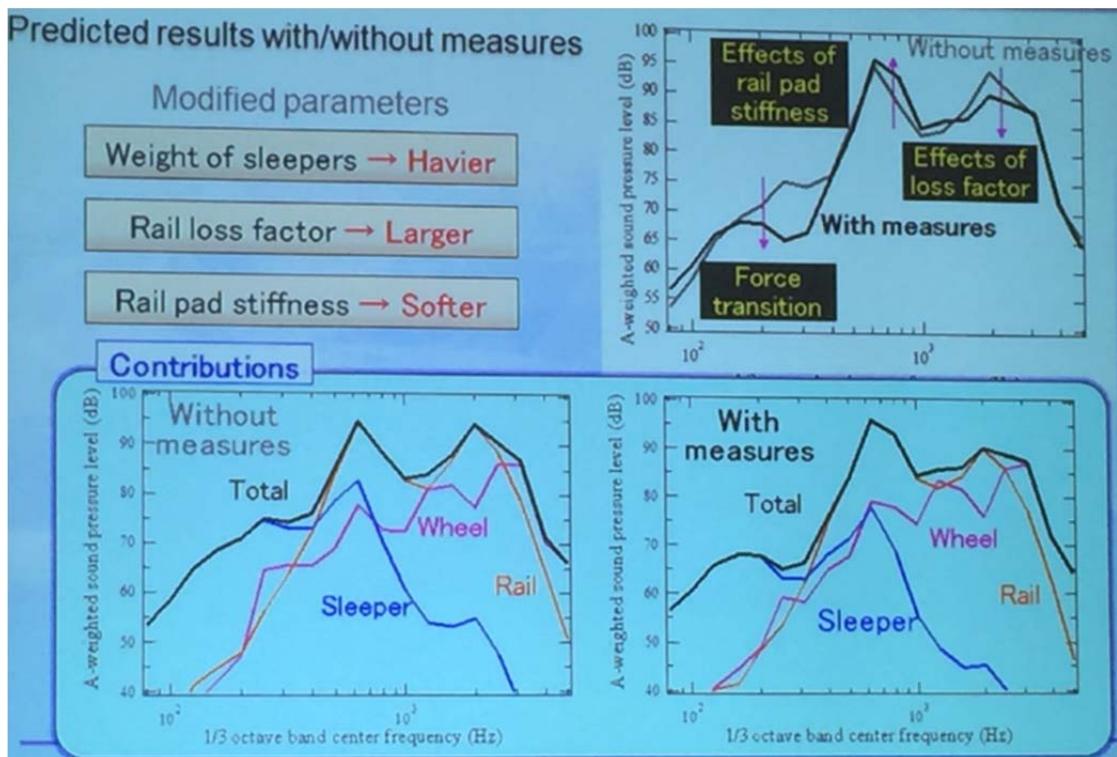


圖 13 鋼軌接頭噪音之預測

(四) 曲線尖叫噪音(Curve squeal noise)

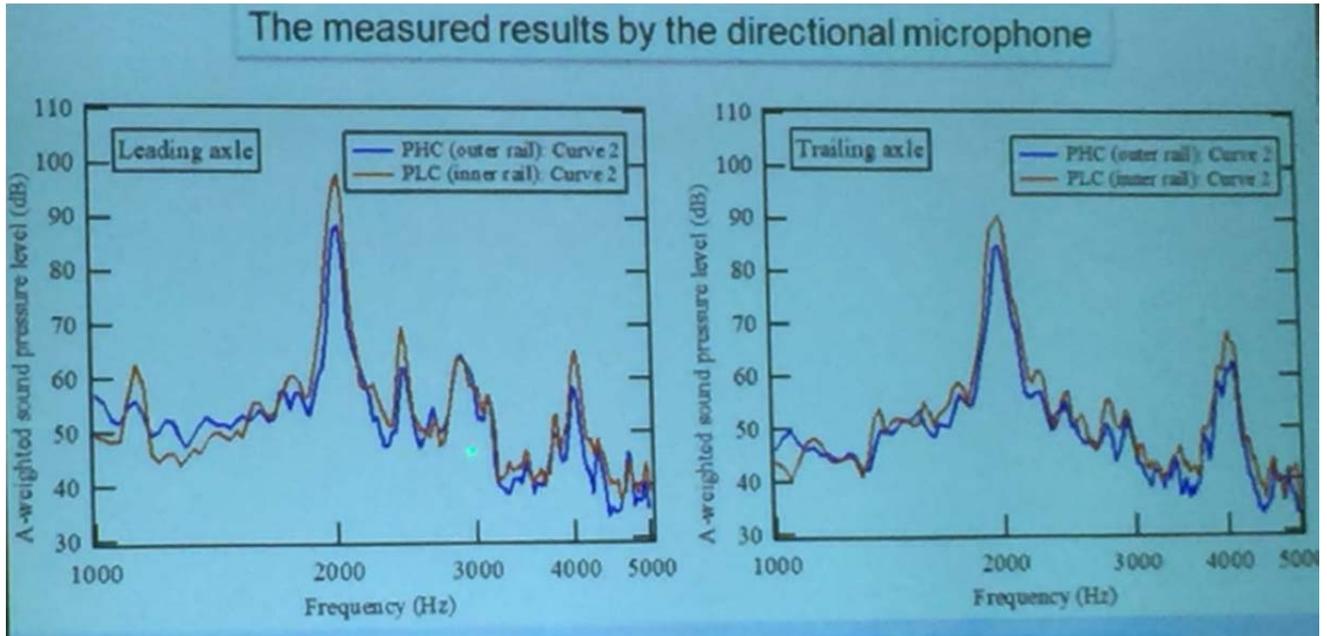


圖 14 曲線尖叫噪音

1. 經由實測結果，最大噪音發生在轉向架前導輪內軌側。
2. 未來研究方向：為何曲線尖叫噪音(Curve squeal)在 2kHz 最大？要如何控制曲線尖叫噪音？

(五) 高頻噪音

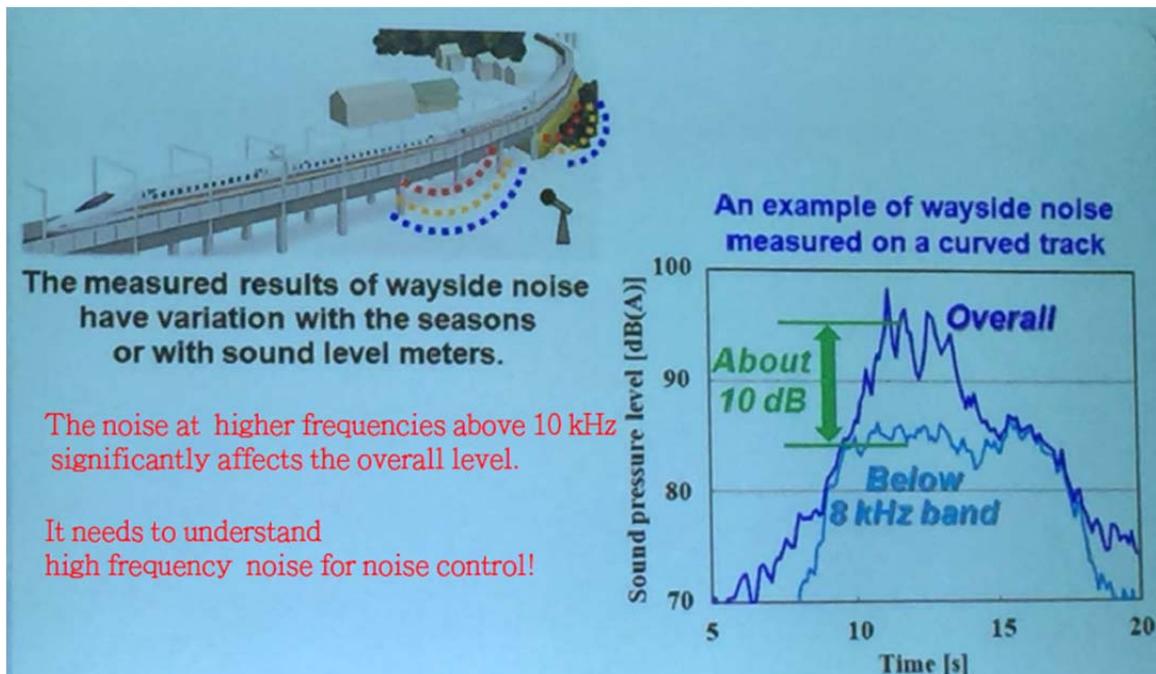


圖 15 高頻噪音之控制

1. 經由實測結果，10 kHz 較高頻率之噪音顯著影響整體噪音量。因此要控制噪音，就要瞭解高頻噪音。
2. 未來研究方向：為何高頻噪音會發生？要如何控制高頻曲線尖叫噪音(Curve squeal)？

三、高速列車產生的轉向架氣動噪音(宇田東樹)

(一) 各國高速鐵路噪音標準之比較

Country	Index / Space of Assessment Values	Conversion into $L_{pAeq, 24h}$
Japan	$L_{pA, 5max}$ / Free field	
	70dB (Residential areas) 75dB (Industrial and commercial areas) Environmental Quality Standards for Shinkansen Railway Noise	Approx. 50dB (1) Approx. 55dB (1)
France	L_{pAeq} / 2 meters in front of windows	
	60dB (time zone: 06-22), 55dB (time zone: 22-6) New or modified land infrastructure 65dB (time zone: 06-22), 60dB (time zone: 22-06) After modification: If the noise from existing infrastructure is more than 70 dB (time zone: 06-22) or/and 65dB (time zone: 22-06)	Approx. 59dB Approx. 64dB
Germany	L_{pAeq} / Free field	
	64dB (time zone: 06-22), 54dB (time zone: 22-06) Limits for new and significantly modified railways, 5 dB of rail bonus is included	Approx. 63dB

(1) Tohoku Shinkansen line
Edited from Kurita, Ph.D. thesis of WASEDA UNIV

經換算為 $L_{pAeq, 24h}$ 後比較，可知日本之標準值較小。

(二) 各種噪音來源及其貢獻比率

高鐵列車 E5 系列，以 320km/h 之速度，通過混凝土橋、版式軌道，設置 2m 高隔音牆之路段，經由現場實測，各種噪音來源之貢獻比率如下圖所示

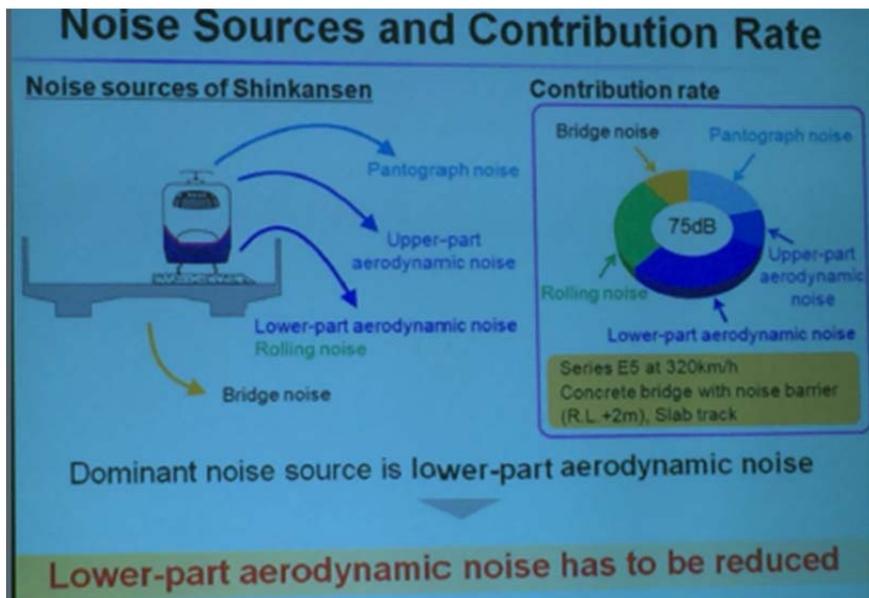


圖 16 各種噪音來源及其貢獻比率

由上圖可知：車輛下部氣動噪音佔貢獻比率最大，應予降低。

(三) 以風洞試驗，檢測轉向架的空氣動力細部噪聲源

鐵路車輛在高速運行時，其空氣動力噪音的主要來源是頭車、集電弓和轉向架。RTRI 目前正在進行大型低噪音風洞試驗，以尋找降低轉向架產生的空氣動力噪音的方法，然而，到目前為止，還不可能通過橫向聲學，清楚地檢測轉向架中氣動噪音源的確切位置，因為轉向架已完全覆蓋。

因此，轉向架下方的接地板被聲音傳輸板取代，聲音傳輸板允許聲波通過但阻擋空氣流動，並且在板下方安裝了麥克風陣列。麥克風陣列與轉向架的接近使得可以準確地區分空氣動力學轉向架噪音源（圖 17）。

使用這種方法測試的結果確定了空氣動力學轉向架噪音的主要來源是牽引電動機和齒輪箱等（圖 18）。使用揚聲器的聲學測試證實，聲音傳輸板對測量音源位置的影響足夠小。

通過使用開發的測量方法，可以定位各種氣動噪聲源，並有助於減少空氣動力學轉向架噪音。

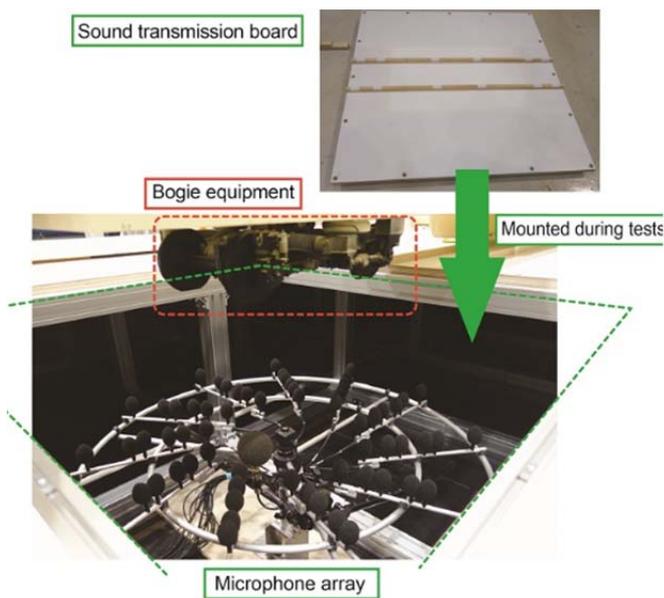


圖 17 使用聲音傳輸板的音源調查

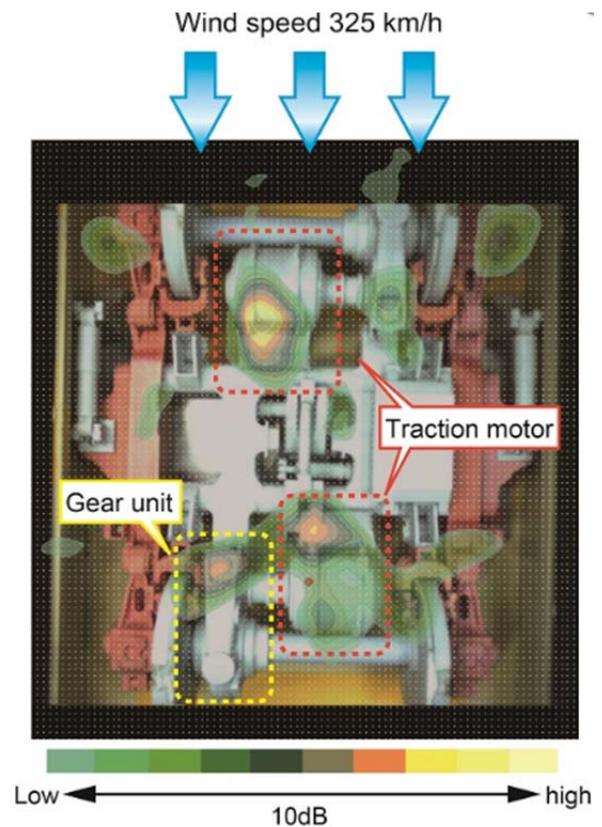


圖 18 空氣動力學轉向架噪音的來源

4.2 防振材料相關之研究

一、阻尼材料“磁阻尼器”(Magdamper)：

由磁性橡膠層和鍍鋅鋼板構成的磁阻尼器是一種高性能阻尼材料，可以使用磁力容易地施工於鋼製振動體，例如鋼橋。

(一) 簡介：

在鐵路中使用許多鋼構件和鋼結構，例如鋼鐵橋。鋼材具有低性能以抑制振動，並且這些鋼構件的振動對策已成為問題。作為鋼構件和鋼結構的主要振動對策之一，已經研究並實施了阻尼材料的應用。傳統的減振材料已經使用粘合劑或粘合劑應用於振動構件。在這種情況下，表面處理如在施加之前或施用之後清潔振動構件的表面，這項工作需要勞動和簡化，例如必須保持阻尼材料直到粘合劑固化。另外，由於阻尼材料的性能取決於具有大的溫度依賴性的橡膠和樹脂材料，因此存在僅在部分溫度範圍內表現出性能的問題。

作為回應，我們開發了一種使用磁性橡膠的磁阻尼器（磁阻尼材料）。磁力阻尼器可以使用磁力輕鬆應用於鋼製零件和結構。另外，在磁性橡膠層和振動構件之間具有低溫效應的摩擦阻尼也起作用，從而在較大溫度範圍內保持性能。

(二) 磁阻尼器的材料成分：由含有鐵素體和磁化的磁性橡膠層和受約束的鍍鋅鋼板層組成。

(三) 磁阻尼器的特點：

1. 與使用粘合劑和粘合劑的傳統阻尼材料相比，使用磁吸引力使其更容易構造。
2. 通過在振動期間在阻尼材料和構件之間發生的滑動位移產生的摩擦阻尼效應的作用，證明在寬溫度範圍內的高振動控制性能。
3. 在寬頻率範圍內表現出高阻尼性能。

(四) 在 JR 鐵路橋上施工，鐵路橋下方的噪音水平降低了 5 分貝以上。

(五) 該產品由ニチアス（株）(Nichias)及シーアイ化成（株）共同開發。

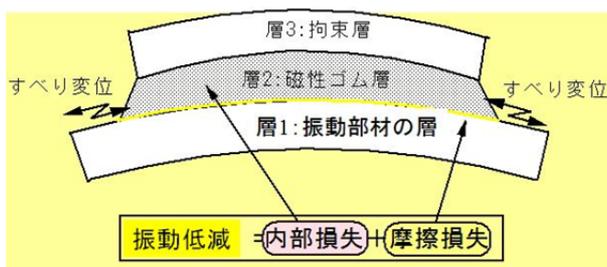


圖 19 磁阻尼器的阻尼機制

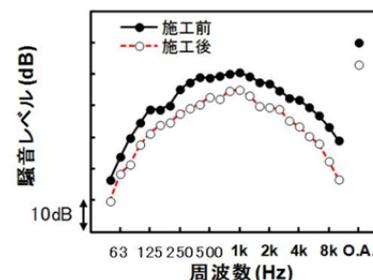


圖 20 磁阻尼器的降噪效果

二、可減少鋼軌/車輪噪音之隔音材料（鐵路隔音材料，軌道接頭隔音材料）

(一) 簡介：

鐵路噪音主要由輪軌噪音產生，因此開發此於非關節通用截面和接頭的隔音材料，作為一種比隔音牆更容易安裝的重要措施。

(二) 隔音材之結構和材料

用導軌隔音材料由內側（導軌側）非常柔軟的發泡乙丙橡膠（EPDM）層（厚度約 30mm）和外側（鐵路側）的薄鋼板（厚度約 1mm）組成。用一組兩個主體覆蓋導軌的整個底部和腹部。內層的泡沫橡膠具有高的吸振性能，即使在通過列車時外鋼板的振動也很小。因此，在施加軌道隔音材料之後，沿著軌道線從軌道輻射的聲音量大大減少。

此外，軌道接頭比一般部分產生更大的噪音。然而，由於隔音材料不能在接頭處與導軌接觸，因此開發了一種用於導軌接頭的新隔音材料。導軌接合材料是在鋁板支撐件上具有約 100mm 厚度的隔音板。考慮到軌道接頭的維護與隔音材料的降噪性能之間的平衡，隔音材料安裝在距離軌道約 100 至 200mm 的位置。此外，隔音材料連接多個部件，夾住接縫的部件通過諸如電木的絕緣板連接，以確保接縫之間的電絕緣。

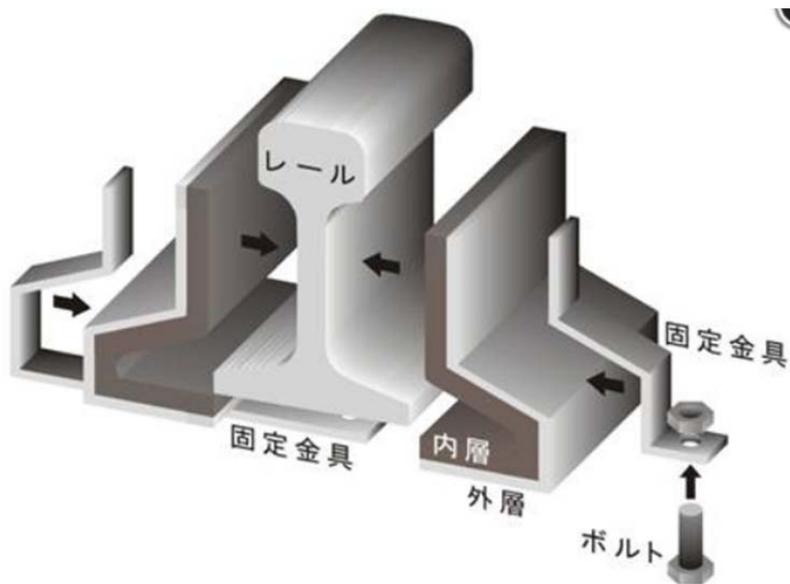


圖 21 一般用途的鋼軌隔音材料

（三） 隔音材料的降噪效果

在東京都市區的傳統線路的絕緣接頭上進行了隔音材料的效果驗證測試。在接頭處，安裝了用於軌道接頭的隔音材料（約 5 米長）和一般軌道隔音材料（距離：每個約 10 米）。除此之外，用於滾道表面的吸音材料安裝在接頭處和隔音材料的外側。軌道表面吸音材料包裝在用 7 號碎石和橡膠粉（粒徑 1-5mm）編織的聚酯袋中，具有適度的粗糙度。結果，通過安裝三種材料，當列車（M 車）通過時之噪音降低約 3dB，並且當列車（T 車）通過時之噪音降低約 4dB。

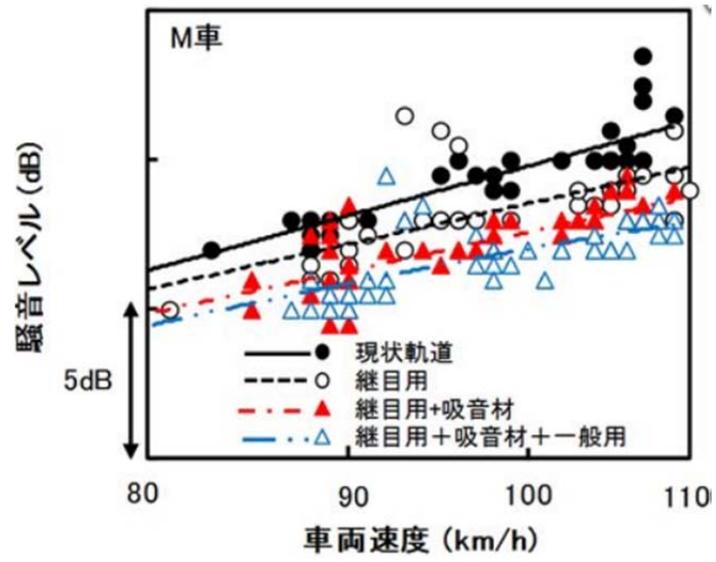


圖 22 材料的降噪效果

4.3 摩擦材料相關之研究

一、輪軌摩擦緩和系統(FRIMOS)

- (一) 目的：開發一種系統，以緩和銳曲線路段車輪與內軌頂面間之摩擦。
- (二) 要求：
 1. 確認在商業服務路線上的測試中，橫向力和噪音發生量減少並保持在低水平。
 2. 確認在實際使用中剎車性能和軌道電路沒有問題。
- (三) 應用：
 1. 為了解決車輪和導軌之間的橫向力引起的尖銳曲線（例如導軌側面磨損、導軌波紋、車輪凸緣的直立磨損和尖銳音），一般認為內軌頂面的潤滑是有效的。車輪/軌道摩擦緩和系統（FRIMOS）使用噴射裝置在車輪和導軌之間傳播摩擦緩和顆粒，直徑約 0.2mm（以下稱為緩和劑）。

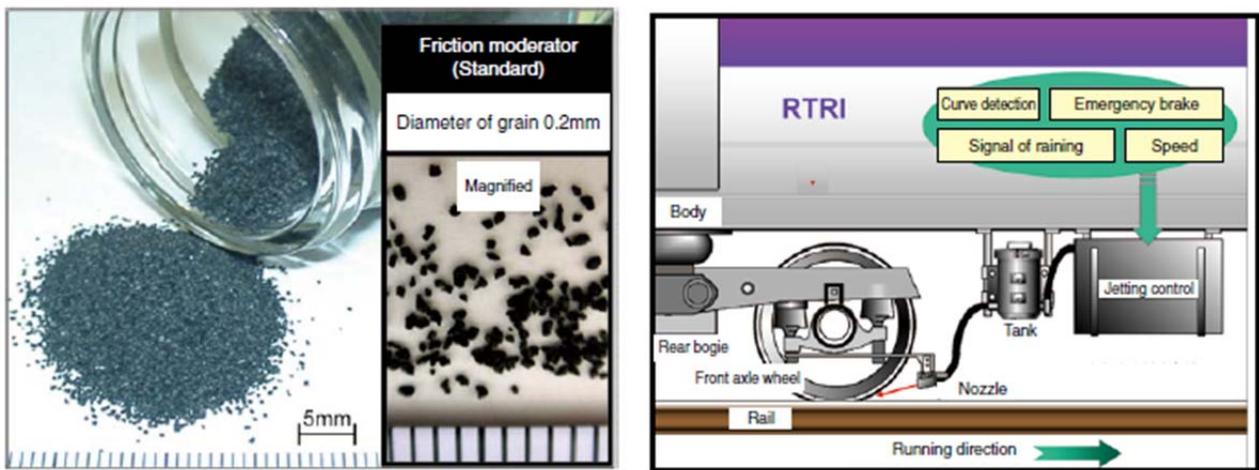


圖 23 Friction Moderator 及 FRIMOS 之架構

2. 在營業路線上安裝了緩和劑噴射裝置的列車運行試驗中，車輪和鋼軌間的橫向力減小至 1/3，並降低了噪音量，而且這些效果持續了一段時間。在緩和劑散佈之前平均噪音量為 85dB(A)或更高，使用後降低至 80dB(A)以下，並且可保持該水平至通過散佈點約 250 軸。顯示僅用少量緩和劑（0.07g / m）的降噪效果可持續一定時間。

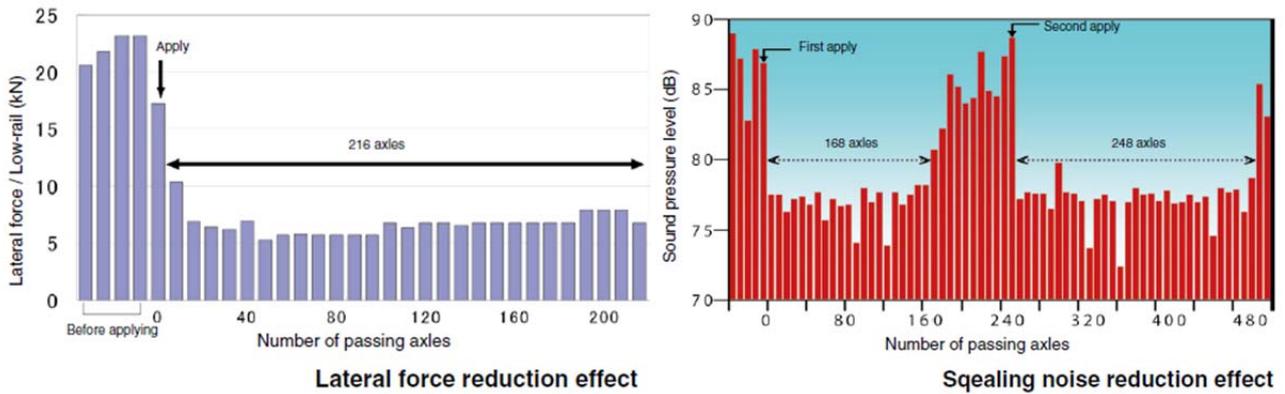


圖 24 FRIMOS 系統減低鋼軌側向力及噪音量之效果

3. RTRI 另進行測試，以研究由碳製成的緩和劑的剎車性能和對軌道電路的影響，並確認在實際使用中沒有問題。

二、車輪輪緣摩耗低減摩擦材-踏面調節劑

(一) 目的：開發車輪踏面摩擦材料，可通過固體潤滑減少輪緣的磨損和摩擦，減輕車輪之保養。

(二) 要求：

1. 增稠的粘性研磨材料和潤滑劑是一體成型的，並且與現有的增稠研磨材料具相容性。
2. 在當前的擺式特快列車的測試中，車輪磨損降低了 40%，可延長車輪整正週期及車輪壽命。

(三) 說明：

1. 通過曲線區間時，因車輪輪緣與鋼軌間的接觸致磨損加速，並且由於車輪削正次數的增加而導致維護成本的增加。另外，就噪音和脫軌裕度而言，低摩擦係數是理想的。
2. 為了解決這個問題，有必要對輪緣進行潤滑，並且有諸如塗油的方法、空轉滑行、油在鋼軌附著、塗布位置之調整作業等問題，致有難以適用之場合。
3. 因此，RTRI 開發了一種新的踏面摩擦材料（以下稱為踏面調節劑），使用固體潤滑材料來同時達成輪緣部的潤滑，和踏面附著力的提高。
4. 踏面調節劑之構造為固體潤滑劑與車輪踏面及輪緣接觸，並且可以在不改變現有踏面清掃裝置的情況下安裝踏面調節劑。
5. 踏面調節劑是一體成型的，並且包括固體潤滑劑和增粘的研磨材料間之邊界，滿足整體增粘研磨材料之強度標準。
6. 增粘研磨材料的成分與過去已有實績的增粘研磨材料成分相同。

(四) 成效：

1. 由於通過踏面清掃裝置在垂直方向上進行操作，因此在車輪直徑改變時無需調整位置。
2. 此外，踏面調節劑的磨損率與增加的附著力磨料的磨損率相同，因此無需管理新的更換壽命。

3. 由於安裝在不能塗油的擺式快車上，我們確認與未安裝的列車相比，輪緣的磨損率降低約 40%。
4. 輪緣之摩擦係數確認已降低。

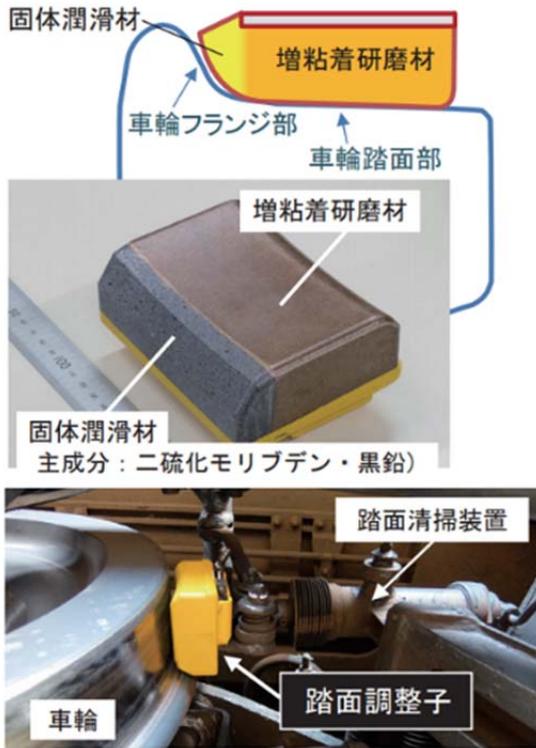


圖 25 踏面調節器配置和實際車輛安裝

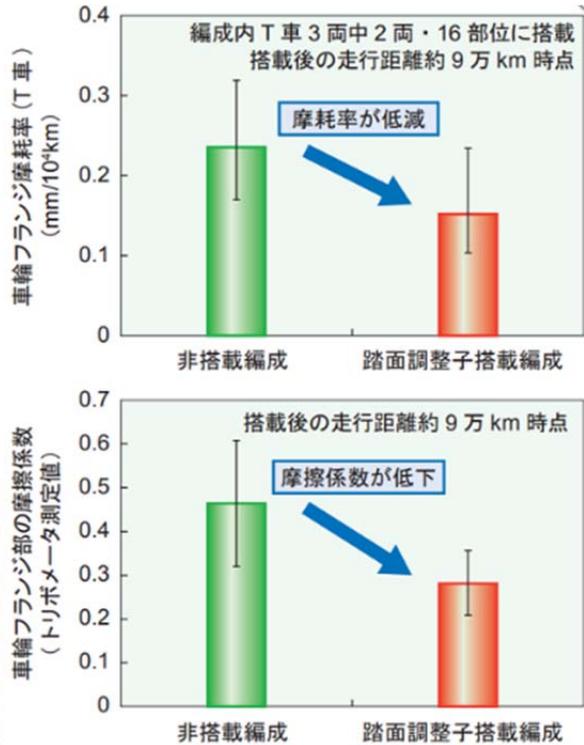


圖 26 減少輪緣磨損和摩擦的效果

4.4 軌道・路盤相關之研究

一、軌道之種類：依路床是否採用道碴，可分為道碴軌道及無道碴軌道。通常無道碴軌道之建造成本較高，而養護成本較低。實務上另有在既有道碴式軌道之道碴層噴灑固結劑，以減少軌道變形與沉陷，而達到接近無道碴軌道之效果。

■ **Ballasted track and slab track**

Ballasted track



- Periodical maintenance work is necessary.
- Easy to correct track irregularity.
- Construction cost is relatively low.

Slab track

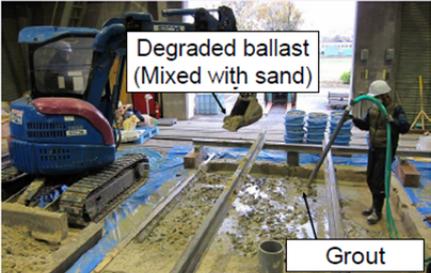
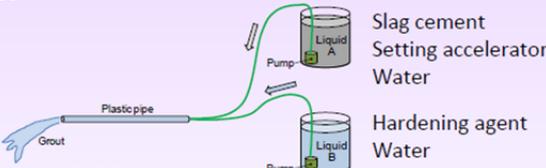


- Low maintenance work.
- Difficult to correct track irregularity.
- Construction cost is relatively high.

二、水泥砂漿混合舊道碴(New roadbed improvement method)：

■ **New roadbed improvement method**

◆ Reusing degraded ballast mixed with cement grout.



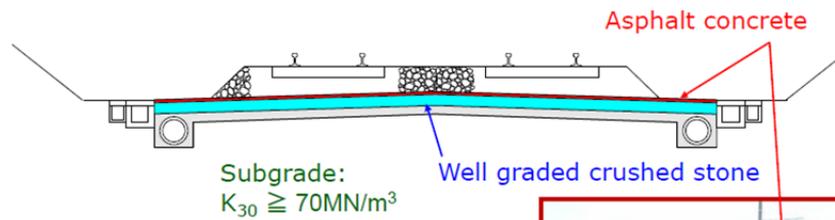
Degraded ballast (Mixed with sand)

Grout

三、瀝青道床(Asphalt roadbed)：日本自 1978 年以後，瀝青道床成為標準之道床結構型式。

■ **Asphalt roadbed for newly constructed lines**

◆ **Asphalt roadbed became standard structure in Japan after 1978**



- Sufficient bearing capacity.
- No ballast penetration.
- Good drainage.



四、無碴軌道之要求：不用或較少養護工作，且盡量降低建造成本。

五、新幹線軌道之發展歷程：

- (一) 東海道新幹線：為世界第 1 條新幹線，於 1964 年開業，當時主要為土路基(54%)，其餘為橋梁(33%)及隧道(13%)，全線為道碴式軌道。因路堤段之承載強度不高，致通車後之沉陷量大。
- (二) 山陽新幹線：新大阪~岡山、岡山~博多分別於 1972、1975 年開業，整體土路基佔比減低至 13%，橋梁(37%)及隧道(50%)均增加。新大阪~岡山間之高架橋開始採版式軌道(約 5%)，岡山~博多間大量採用版式軌道(約 70%)。
- (三) 北陸新幹線：高崎~長野間，1997 年開業，整體土路基佔比為 15%，橋梁(35%)及隧道(50%)，與山陽新幹相似。此路段開始在高品質路堤段鋪設版式軌道，版式軌道增加至約 85%。

■ **History of slab track**

Tokaido Shinkansen (1964):
Ballasted track on embankment

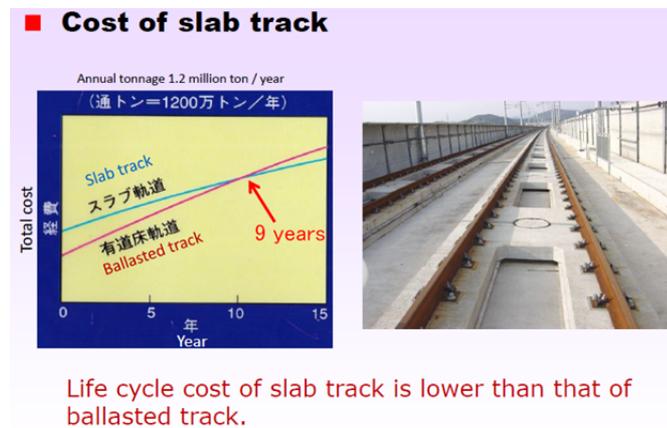
Bearing capacity of embankment was not very high.
 (using clay, compaction control etc)
Settlement of ballasted track became very large after the start of train operation.

Sanyo Shinkansen
 Okayama-Hakata (1975):
Slab track on viaduct.

Hokuriku Shinkansen
 Takasaki-Nagano (1997):
Slab track on high quality embankment

圖 27 版式軌道之發展歷程

六、軌道之建造及養護成本：以生命週期成本(Life Cycle Cost)分析，道碴軌道之建造成本低、維護成本高；版式軌道之建造成本高、維護成本低。在營運 9 年後，版式軌道之總成本開始低於道碴軌道。(以上未考慮軌道有較大變形之狀況如沉陷、地震…)



七、新幹線軌道型式之演變：

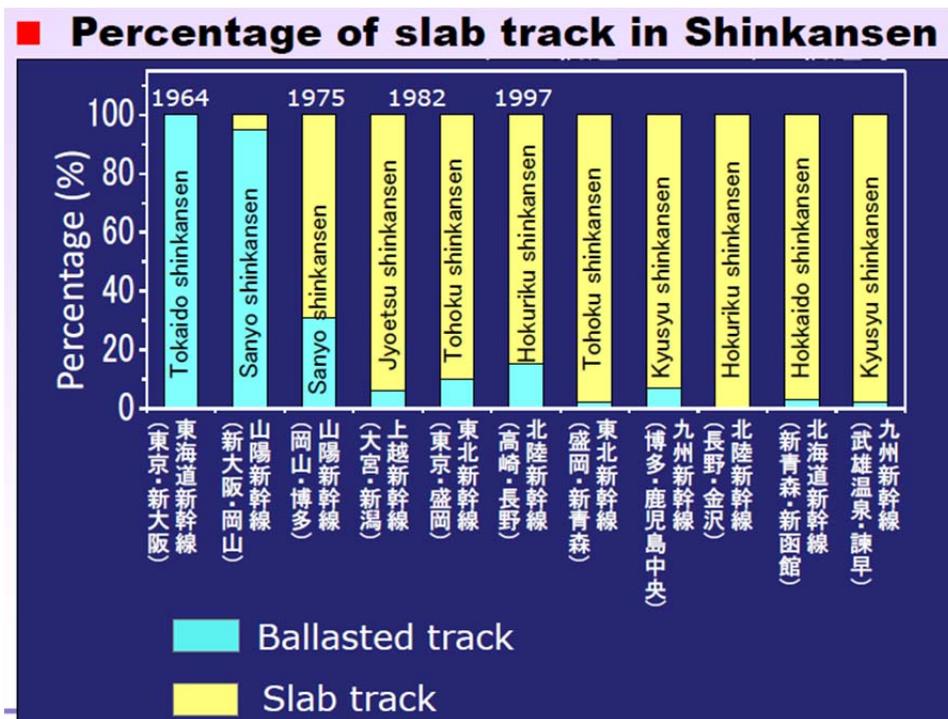


圖 28 新幹線版式軌道之比率

八、版式軌道之應用：自 1972 年山陽新幹線開始採用版式軌道，1975 年之後更是大量應用，除北陸新幹線約 80%外，其餘均達 90%以上。

九、在來線無碴軌道之發展：自 1975 年起大量採用無碴軌道以來，各種版式軌道、彈性直結軌道技術已趨成熟。因此進一步思考如何縮短工期、節省成本，而能維持原有之性能(強度)。

十、S 型彈性直結軌道：2016 年開發，以 PC 枕側面突起之剪力樺(Shear-key)，取代原 D 型彈性直結軌道(1998 年開發)以 PC 枕端面混凝土抵抗列車橫向荷重，可進一步縮減鋪設工期與成本。

(一) 原理及特性：

1. 混凝土細長化、重量減低
2. 配筋省略，以短纖維取代
3. 構造簡略化
4. 施工整體省力化

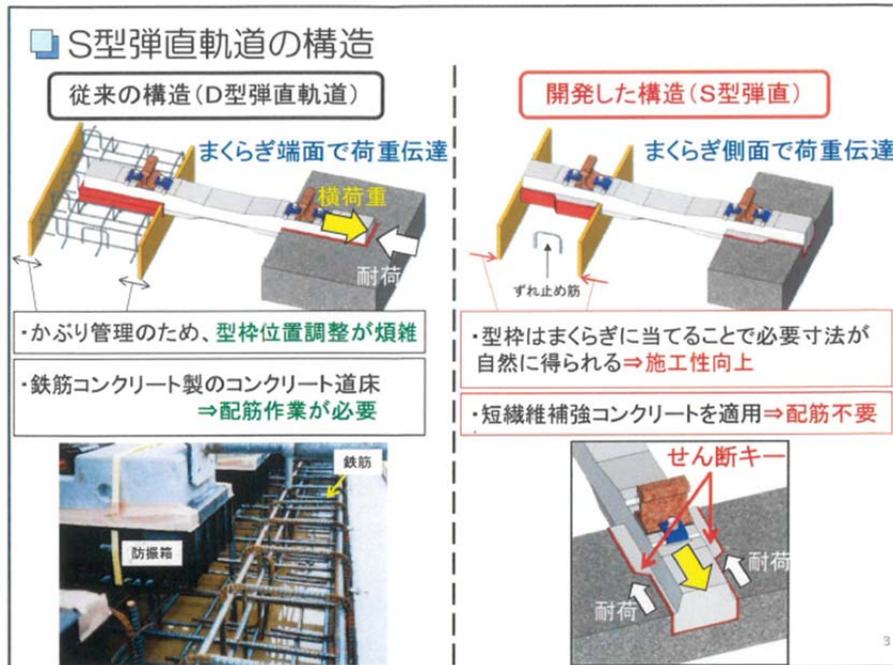


圖 29 S 型彈性直結軌道構造示意圖

(二) 建造成本及施工速率：以高架橋上施工長度 941m 為基準，依 JR 四國現地施工之經驗，S 型彈直軌道之造價可節省 20%，施工速率可提升 70%(工期節省 40%)。

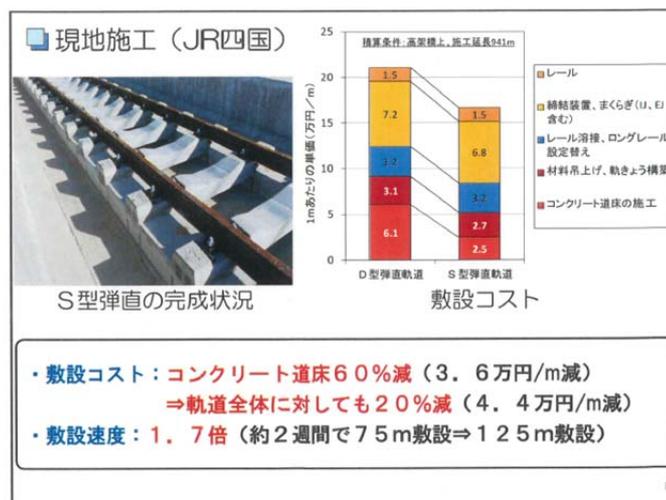


圖 30 S 型彈直軌道之施工

彈直軌道	D 型	S 型	S 型之效果
PC 枕長度	2000 mm	1800 mm	縮減 200 mm
造價	21.1 万円/m	16.7 万円/m	節省 20%
施工速率	75 m/2 週	75 m/2 週	提升 70%

(三) 施工實績

	施工時期	軌道延長 (m)	まくらぎ本数 (本)	締結装置	施工箇所
JR四国	2016年度末	12	18	板ばね・座面	予讃線 伊予～伊予横田駅間 車両基地
JR貨物	2018年度	12	18	板ばね・座面	
JR九州	2018年秋	1200	1600	PRクリップ	筑豊本線 折尾駅付近 トンネル内
JR九州	2019 年度	5000	7000	PRクリップ	長崎本線 長崎～浦上駅
JR四国	2020年度	3000	4000	未定	予讃線 松山駅

4.5 車輛構造相關之研究

一、可變垂直阻尼系統(Variable Vertical Damper System)

當列車通過未經妥善維護保養之軌道，尤其是經過鋼軌接頭時，列車之垂直振動增加。RTRI 為此發展一振動控制系統，以減少車輛之低頻垂直振動並增進乘車舒適性。

其主要功能為：

- (一) 透過加速度傳感器(accelerator)檢測車身的晃動，並在車體和車身之間安裝稱為“可變垂直阻尼減振器”的控制構件。
- (二) 對於鋼軌接頭處垂直振動之阻尼特別有效，可將此軌道區之垂直振動減少一半以上。該系統目前已裝置在傳統鐵路之高級列車上。
- (三) 除可減少低頻振動外，亦可有效控制車體彎曲振動。
- (四) 此車體與轉向架間之阻尼系統亦可安裝在現有車輛。

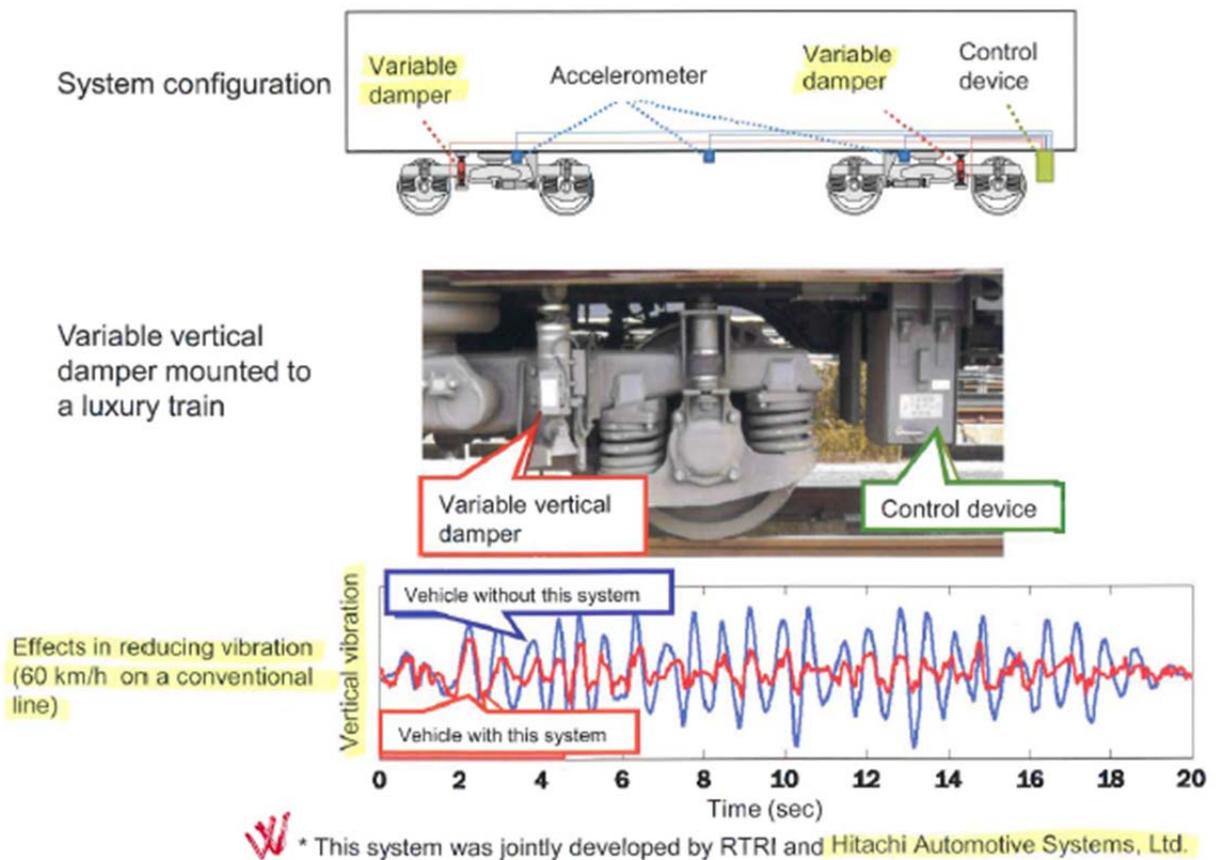


圖 31 可變垂直阻尼系統(Variable Vertical Damper System)

二、導向式轉向架(steering bogie)之應用

鐵路車輛在急轉彎過程中存在很大的側向力、尖叫聲、輪緣和鋼軌內緣過度磨損等問題。為了解決這些問題，東京地鐵和日鐵、住友金屬株式會社開發了單軸轉向架。而東京 Metro 地鐵採用了這種新開發的轉向架，用於銀座線的新 1000 系列列車。2012 年 4 月 1000 系列已開始商業營運，車廂的靜音受到高度讚賞。

本文介紹了 1000 系列轉向架的設計原理和概況，並根據現場測試結果對 1000 系列轉向架的彎曲性能進行了評估。

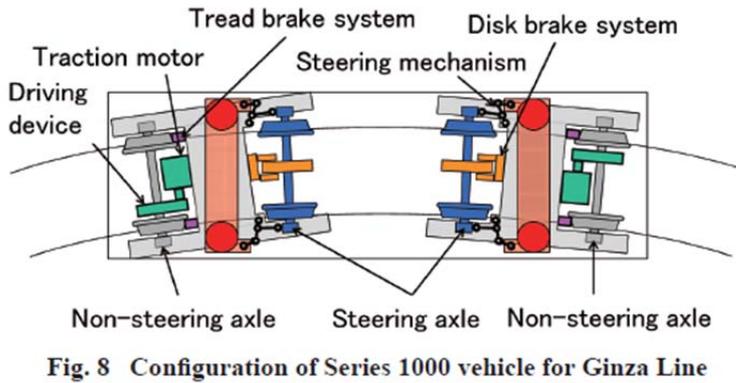


圖 32 可動式轉向架(steering bogie)之原理及應用

在銀座線 1000 系列車之 3-D 曲線比較了可動式和固定式轉向架，在通過半徑為 172 m 的曲線時的車底噪音的影響(曲線超高為 111 mm，軌距加寬為 13 mm)。以正常運行的速度通過時，在 1 kHz 以下的低頻範圍以及 4 至 7 kHz 的高頻範圍內，導向式轉向架的噪音明顯低於 non-steering 轉向架。

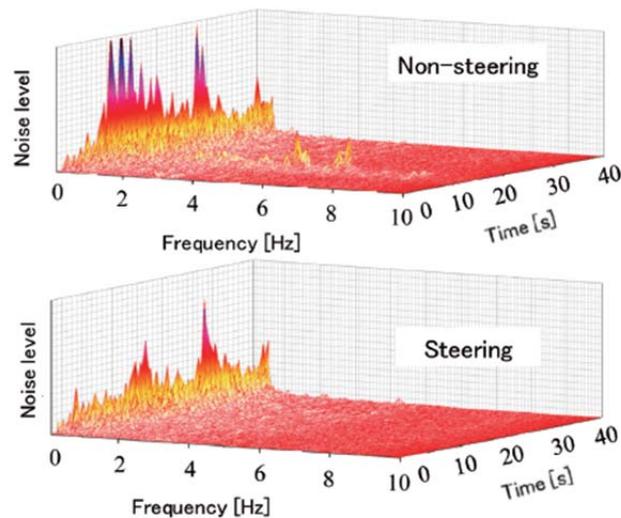


圖 33 導向式和固定式轉向架之噪音量比較(*頻率單位應為 kHz)

基於操舵後軸的想法，開發了一種具有改善曲線通過性能(curve negotiating performance)的新型轉向架，且此種轉向架已用於東京地鐵銀座線 1000 系列之車廂。

在實際列車測試中，發現此轉向架比傳統固定式轉向架在彎道處可明顯降低作用於鋼軌的側向力，而可減少發出之噪音量。此外，可動式轉向架顯著降低了鋼軌的橫向振動，因此有效減小軌道所受之荷重。

長期測量丸之內支線商業運轉列車輪緣之磨耗，可以清楚地看到導向式系統之輪緣磨耗降低了一半；鋼軌的磨耗也可望減少。後續將再調查輪緣及鋼軌之磨耗。

日本鋼鐵及住友金屬公司將進一步研究導向式轉向架在彎道處的行為，以解決車輪與鋼軌間接觸而產生的各種問題。

4.6 構造力學相關之研究

主要研究目的是追求理想的軌道結構(軌道、高架橋、橋梁等)結構,以提高駕駛安全性,減少災害,協調環境,降低總成本。目前正在開發基於模擬分析和評估技術構建的結構,例如實現上述所需的現場測量和加載實驗。

一、新幹線構造物之種類：

在早期建設之路線中,沿著山峰和山谷地形的等高線輪廓採用許多銳曲線和陡坡,路線選定盡可能避免了橋梁和隧道。然而,隨著橋梁和隧道技術的發展,路線選定已盡可能使用直線將目的地之間以最短的距離連接,這種趨勢在強調高速的新幹線路線上尤為明顯。各新幹線路線的結構長度如表 所示。早期建造的東海新幹線的填土路堤比例很大,但山陽新幹線及之後的顯著趨勢是使用高架橋代替填土。此外,隧道的比重增加了,達到山陽新幹線總長度的 50%。

表 新幹線之構造物類型

路線名	區間	開業年	土構造物		橋梁		トンネル	總延長
			切取	盛土	一般橋梁	高架橋		
東海道新幹線	東京-新大阪	1964	45 (9)	230 (45)	57 (11)	115 (22)	69 (13)	515 (100)
山陽新幹線	新大阪-博多	1972/1975	26 (5)	44 (8)	51 (9)	161 (28)	281 (50)	562 (100)
東北新幹線	東京-盛岡	1982/1985 /1991	25 (5)	1 (0)	72 (14)	287 (58)	116 (23)	501 (100)
上越新幹線	大宮-新潟	1982	2 (1)	1 (0)	33 (12)	132 (48)	107 (39)	275 (100)
長野新幹線	高崎-長野	1997		19 (15)	12 (10)	32 (25)	63 (50)	126 (100)

單位：k m、() 內%

二、鐵路結構(主要是鋼橋)維修的現狀和近期努力：

(一) 自 1872 年日本鐵路通車以來,已有 140 多年的歷史了。1874 年,即開放兩年後,在東海道線上的大阪和神戶之間架起了一座鐵架桁架橋。自開業以來,全國鐵路網絡的發展導致了大型結構的建設。儘管已經促進了沿著複線化和高速化的路線的改進,但是由於難以替換鐵路結構,因此自建造以來已經持續使用了許多結構。自從在來線建設以來,有不少建築物經過了 100 多年的歷史。在新幹線上,東海道新幹線去年就慶祝了其開業了 50 週年。

(二) 近年來,針對基礎設施老化的對策已經成為道路橋梁的問題,但是該問題在鐵路中相對較早就變得明顯,並且已經進行了適當地維護和管理結構的努力。本文介紹了鐵路結構的現狀和維護概要,主要是鋼橋,及鐵道綜合研究所最近之研究。

(三) 作為鋼桁的加固和降噪措施，我們開發了一種合成構造化工法，該方法可消除軌枕並將混凝土床板和鋼桁一體化。由於合成構造增加了截面剛度，可以減小上翼板的應力，並且可以補償不足之承載能力。另外，由於上翼板表面覆蓋有混凝土，因此可抑制腐蝕的進行。此外，在開放式道床結構中，通常會產生列車通過時噪音的問題，但是，透過鋪設混凝土床版，可以大幅度地降低洩漏到桁下的噪音，提高桁的剛性而抑制桁自身的振動並可減少噪音。

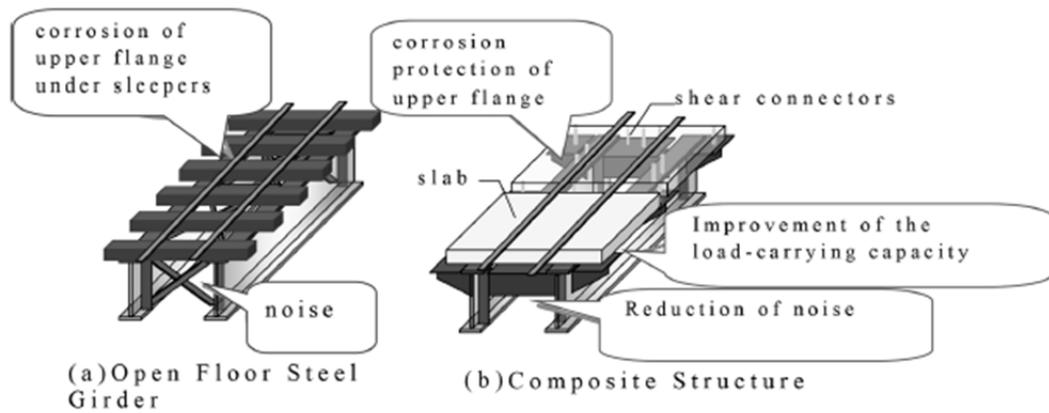


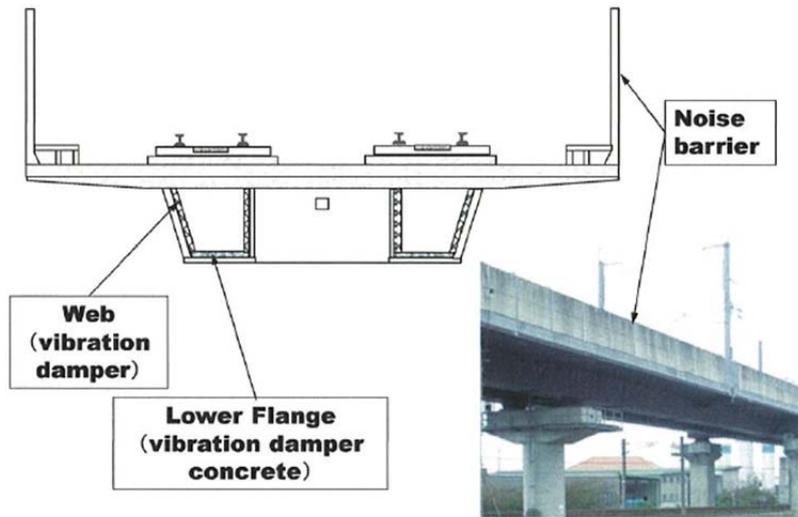
圖 34 合成梁工法

三、鋼橋噪音對策之種類

項目	噪音對策之種類	噪音發生之部位
直接對策	集電系・車輛形狀之改良	集電弓・風噪聲
	防音車輛、彈性車輪、車輪タイヤ之整正、防振鋼軌、長軌化、鋼軌踏面之整正	車輪・鋼軌
	道碴橡膠墊、版橡膠墊 彈性道碴軌道、浮動梯式軌道、制振工(制振材、混凝土被覆)	構造物
間接對策	一般之側方遮音工(隔音牆) 特殊之側方遮音工(隔音牆)：近接型、倒L型、防振支持型	集電弓・車輛風噪音、車輪・鋼軌、構造物
	下方遮音工：補助桁方式、吊り下げ方式	車輪・鋼軌、構造物
	吸音工、干涉工	集電弓・車輛風噪音、車輪・鋼軌、構造物
	全覆工：獨立型、防振支持型	所有音源

四、合成桁之噪音對策例：如下所示

合成桁の騒音対策の例



五、サイレント鋼鐵道橋

為一種新型結構型靜音鋼鐵道橋，其在軌道結構上鋪設浮動梯道軌道，並且由防振材料彈性支撐的混凝土橋面版。

(一) 概要

鋼鐵橋梁建築歷史悠久，但存在結構噪音高的問題。為解決這些問題的對策，開發了一種橋梁，安裝了具有由防振材料彈性支撐的混凝土樓板（浮動樓板）的新型靜音鋼結構鐵道橋，與具有優異防振性能的浮梯軌道結構。本橋梁適用於都市內，常採用於下路桁型式高架橋（圖 1 和圖 2）。

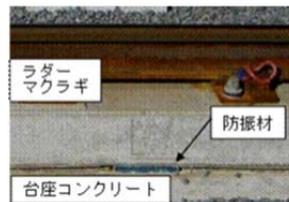
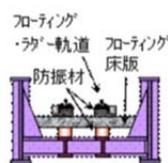
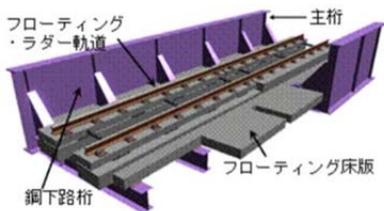


圖 35 靜音鋼橋概要

圖 36 防振材料的佈置

(二) 列車運行試驗之概要

為了確認靜音鋼鐵路橋的降噪效果，在 RTRI 的鐵道路線上安裝了一個全尺寸試驗梁，並進行了實際的車輛運行試驗。在大約 40 km/h（該段的最大速度）的列車速度下進行運行試驗，主桁腹板的振動速度水平是結構噪音的主要來源，經證實，浮動梯式軌道可降低約 7.5 dB，浮動床版可降低約 2.6 dB。

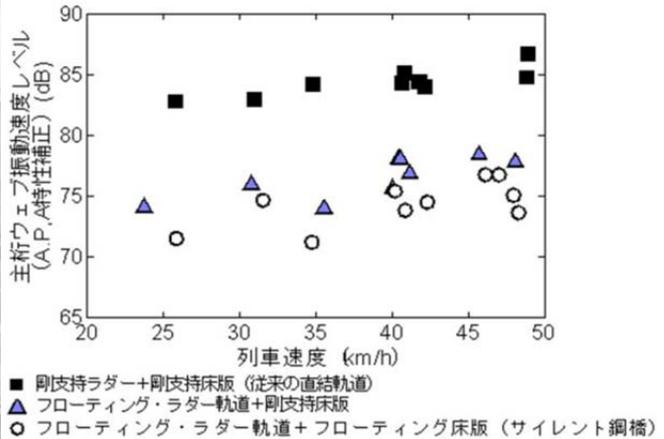


圖 37 列車運行試験概要

圖 38 列車運行試験與主梁腹板振動速度レベル間之關係

六、梯式(ラダー)軌道

梯形枕是梯形垂直枕木，將預力混凝土與鋼製材料連結成為縱梁。

(一) 構造

梯形軌枕採用梯形混合剛性結構，由預應力混凝土縱樑和鋼管接頭組成（圖 39）。通過在變形後的 PC 鋼絞線之間插入鋼管（該鋼絞線是縱向梁的主要增強材料），並在鋼管周圍放置各種鋼筋，然後將鋼管放入混凝土中，從而在縱向樑和接頭之間建立剛性連接。它與垂直梁牢固結合（圖 40 和 41）。

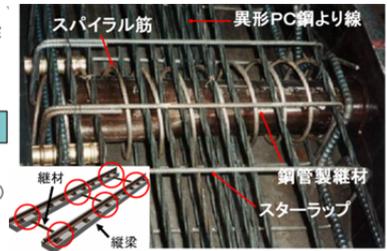
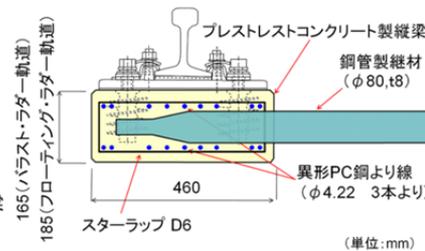
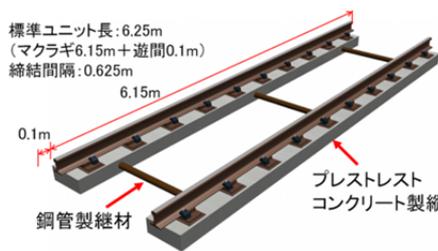


圖 39 梯式軌道的基本結構

圖 40 梯形軌枕的橫截面

圖 41 縱樑和鋼管剛性連接加固法

(二) 複合軌之構築

梯式軌道可視為是由鋼軌和混凝土軌（垂直梁）組成的“複合軌”。通過複合軌道的形式，它具有一個接口，該接口將鐵路負載的最大優勢繼承為兩條線負載。這種複合導軌具有很高的剛性，並且非常穩定，不會產生橫向彎曲。

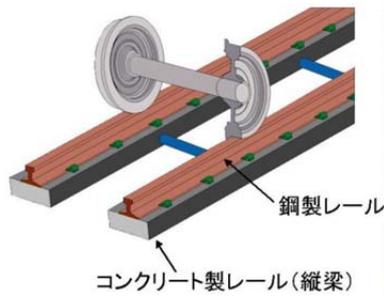


圖 42 複合鋼軌

圖 43 バラスト・ラダー軌道

圖 44 フローティング・ラダー軌道

七、道碴梯式軌道(バラスト・ラダー軌道)

(一) 概要：道碴梯式軌道是一種使用梯形軌枕的道碴軌道（圖 45）

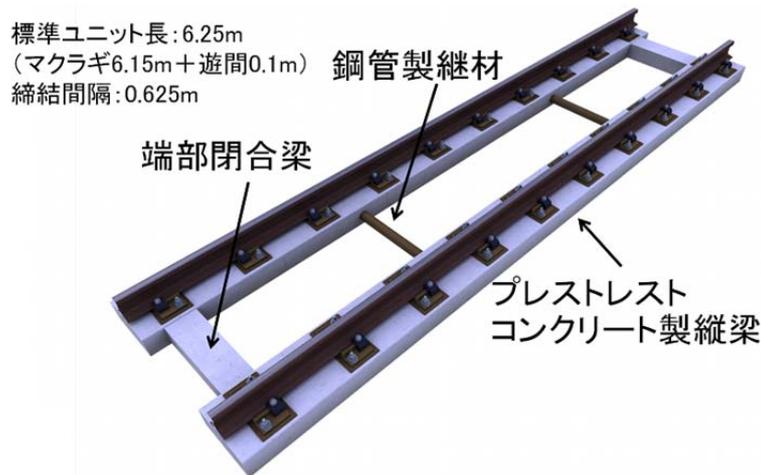


圖 45 バラスト・ラダー軌道之基本構造

(二) 特徴：

1. 延長維護週期
2. 高橫向屈曲穩定性

(三) 主要用途

1. 一般壓載部分的省力軌道
2. 防止措施，如橋台
3. 實現具有銳曲線的長軌化
4. 減少平交道口和 EJ 維護
5. 隧道道碴軌道維修期延長

八、浮動梯式軌道(フローティング・ラダー軌道)

(一) 概要

浮動梯式軌道是一種輕質抗振軌道，其結構中梯形軌枕由低剛度彈簧抗振裝置或抗振材料支撐並與混凝土路基隔離。

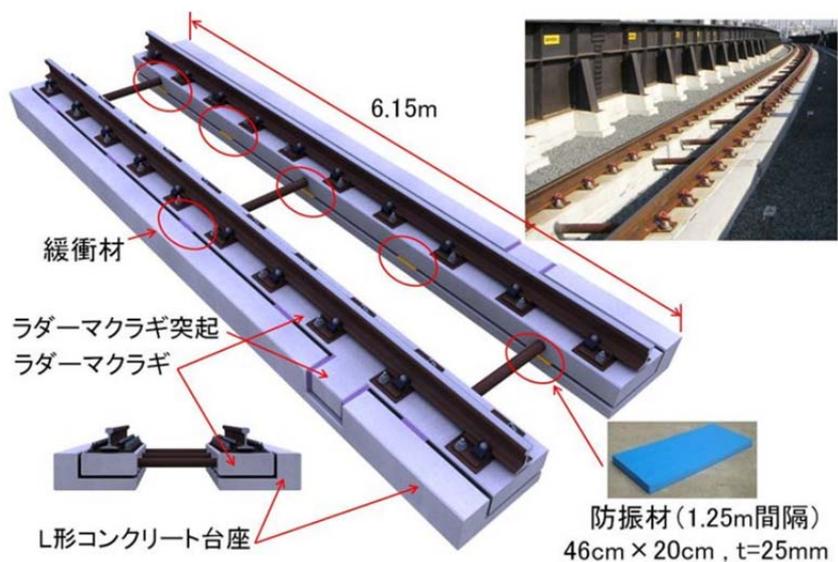


圖 46 浮動梯式 L 型底座防振材料型軌道

(二) 特徴：

1. 減少結構聲音
2. 加強結構邊界
3. 通過縮短軌道鋪設的施工週期來降低成本
4. 高架橋/橋樑的經濟性和抗震性能、重量輕、隔離振動

(三) 主要用途

1. 一般高架橋/橋樑段的防振軌道
2. 新線路和混凝土路基上道碴軌道之直結化
3. 版式軌道之更新

(四) 環境性能

由於在北海道客運鐵路有限公司，學園都市線（圖 47）的鋼筋混凝土拉麵高架橋上安裝的圓形隔振器型浮梯軌道上列車通過期間的振動和噪音測量，浮梯軌道與具有優異性能的 PC 軌枕直結相比，已經證實它具有出色的環境性能，高架橋路基振動加速度水平降低 21 dB（全部合格），極大地影響結構聲音的產生（圖 48）。該成就獲得了 2001 年日本噪音控制工程學會的環境設計獎。



圖 47 北海道旅客鐵道（株）學園都市線

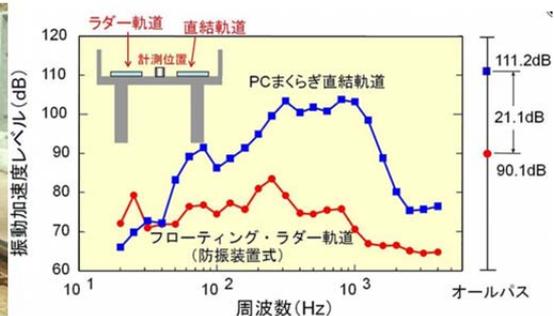


圖 48 振動加速度的周波數分析結果

(五) 在高速鐵路上的適用性

1. 為了檢查浮梯軌道對高速鐵路的適用性，浮動梯道軌跡通過有限元方法使用車輛和鐵路結構之間的動態相互作用分析程序 DIASTARS II 建模。該分析的重點是在列車行駛期間發生的車輪負荷波動。
2. 在新幹線中，實際測量數據（圖 49）證實，即使開業前的軌道平滑，車輪負載也會波動約±10 到 20kN。

另一方面，在浮動梯式軌道中的車輪載荷波動的分析值（圖 50）顯示，由於梯式軌枕的接縫，車輪載荷波動約為 5kN。您會看到它小於那個。這樣，就不會有大的車輪載荷波動，而這會引起行車安全問題，因此有可能將浮梯軌道引入高速鐵路。

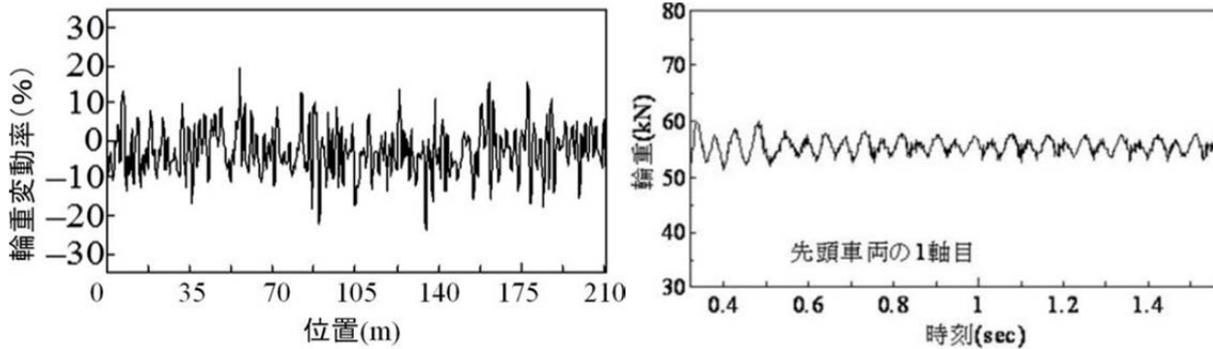


圖 49 車輪負荷波動的測量值 (252km / h)

圖 50 車輪負荷波動 (260km / h) 的分析值

4.7 集電系統相關之研究

目前新幹線最高營業運轉速度為 320km/h。今後，要實現新幹線之高速化，就必須減緩沿線噪音，而減緩集電弓發出之空力音便是一重要之課題。本文即概述集電弓開發之歷程、集電弓空力音減緩相關之最新研究內容，包含舟體及支撐部形狀之改良、多孔質材料之應用、流場控制之應用等 3 種手法。

一、集電弓開發之歷程：

1964 年東海道新幹線開業當時集電弓主要噪音為離線電弧產生。之後陸續電氣改良、包覆對策、構材簡化、輕量化、流線形化，至目前為車頂上設置二面遮音板以阻隔集電弓產生之放射音。其歷程如下圖所示

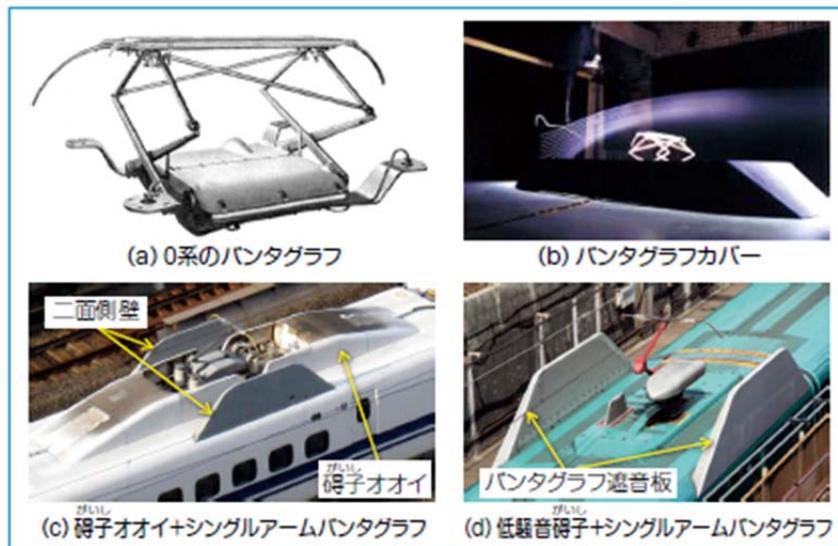


図1 新幹線用バンタグラフの変遷

圖 51 集電弓開發之變遷

二、舟體及支撐部形狀之改良

空力音之減緩最一般之作法即形狀改良。一般單臂式集電弓，舟體斷面形狀近似矩形；改良後上游側為鈍頭形狀，下游側為流線形，如圖 2。圖 3(a)為舟體前後貫通孔設計可減弱舟體後渦流，圖 3(b)為舟體在上游或下游設置之改良案例，實用化仍在研究中。

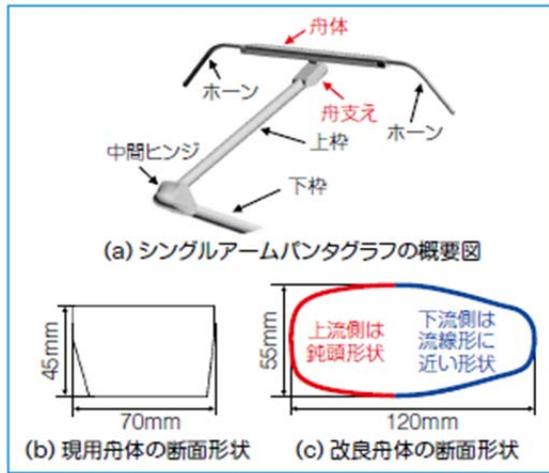


図2 パンタグラフの概要図と舟体断面形状

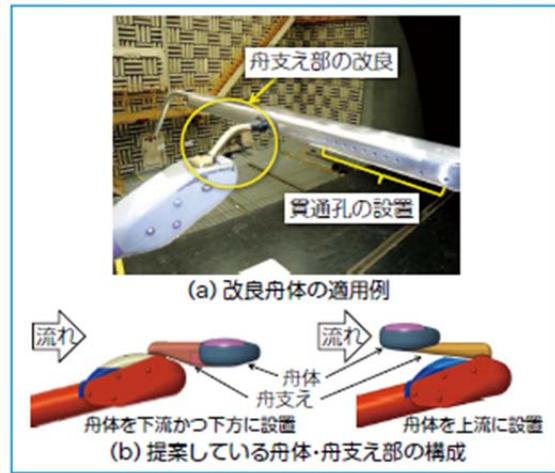


図3 舟体・舟支え部の改良例

圖 52 集電弓概要圖及舟體斷面形狀

圖 53 舟體、支撐部改良案例

三、多孔質材料之應用

集電弓若由於結構上的限制而形狀改良有困難的部位，而在材料表面變更形狀以減緩空力音的方法正在研究中。下圖顯示設置多孔材質對噪音量影響之比較。



図4 連続気孔を有する多孔質材

図5 多孔質材を適用したパンタグラフの音源調査結果

圖 54 多孔材質之應用及音源調查結果

四、流場控制之應用

已知從物體輻射出的空氣動力音是由物體後面的渦流的不穩定運動產生的，並且可以通過減弱渦流來降低空氣動力音。圖 55 為 PA(Plasma actuator)及 SJA(Synthetic jet actuator)等 2 種將流場控制方法應用於集電弓舟體的主要氣動音源時的流動可視化結果，2 種方法皆顯示舟體後面產生的大渦流（カルマン渦）正在減弱，因此可作為減緩空氣動力音的方法。

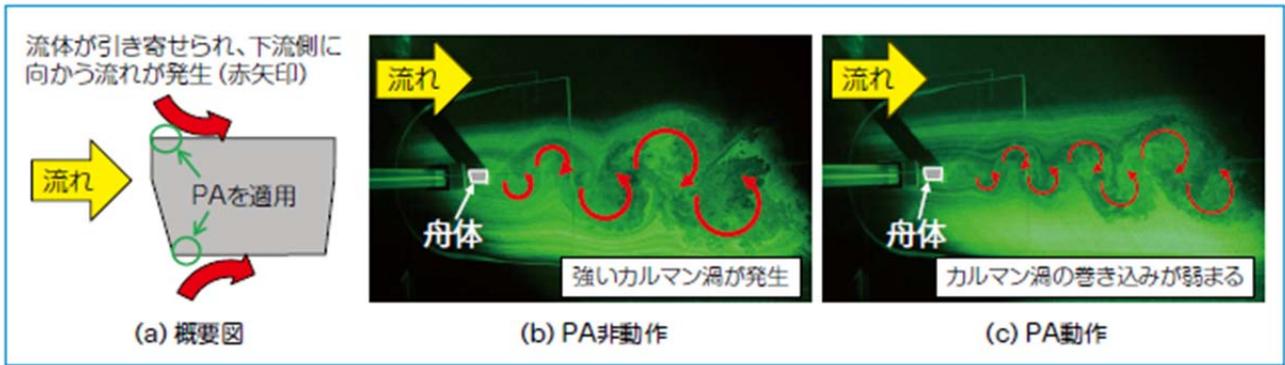


図6 現用舟体にPAを適用した場合の流れの可視化結果

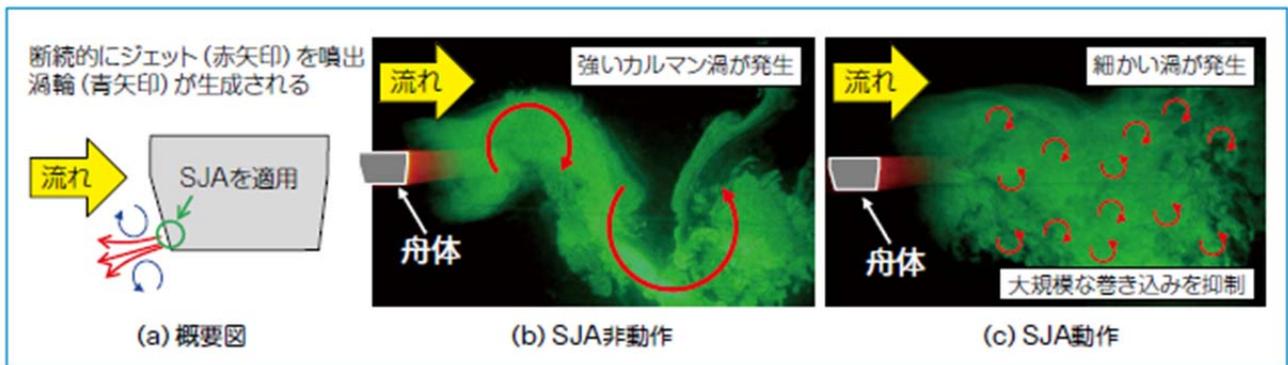


図7 現用舟体にSJAを適用した場合の流れの可視化結果

圖 55 舟體流場控制之可視化結果

使用流場控制的方法，目前許多檢討事項是關於構件自身的出力如何減小以及如何將其設置到集電弓內，且存在適用於現有車輛的問題。相關作為未來的空氣動力音減緩之技術，正持續進行研究。

4.8 本章小結

在來線與新幹線因車種、車速及結構不同而有不同的噪音振動特性，而目前 RTRI 與噪音振動防制相關研究可分為：噪音解析、防振材料、摩擦材料、軌道·路盤、車輛構造、構造力學、集電系統等領域，改善對象包含集電系統、車輛、軌道、結構等。以新幹線而言，幾乎整個鐵道系統都要考量如何減緩噪音振動。相關噪音來源、防制措施及減緩效果整理如下表所示。

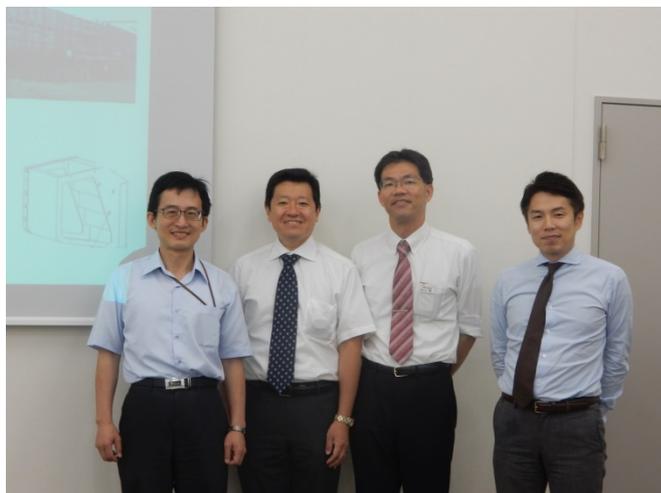
噪音來源	防制措施	減緩效果(dB)
輪軌音	鋼輪踏面平滑化	4
	鋼軌表面研磨	5~6
	隔音牆	-
	彈性車輪	1~2
	阻尼車輪	
	軌道版吸音材料	
	橋梁結構	
-外力	鋼輪踏面平滑化	5
	鋼軌表面研磨	5
	減少列車重量	$\Delta L_N=20\log(\Delta W/W_0)$
-振動	道碴墊	8
	道碴軌道枕木覆蓋彈性材料	8
	減振軌道(G-type)	5
	彈性枕木直結軌道(B-type)	10
	低彈性鋼軌扣件系統	4~5
	浮動梯式軌道	
	鋼橋磁吸制振裝置	
氣動噪音		
-集電弓	集電弓數量由 8 減為 2	
	集電弓罩 100,200,300 系列	
	長集電弓罩 E2 系列	
	低噪音集電弓及隔離罩 500 系列	
	低噪音集電弓、隔離罩及防護 700、N700 系列	700 系列比 0 系列減少近 12dB(A)
-車輛上部	改進 100 系列 double-deckers 之空調百葉	
	300 系列以外車頂 cable heads 平滑化	
	500,700 及 E2 系列以外車頂 cable heads 平滑化	比 0 系列減少近 12dB(A)
-車輛下部	E5 系列轉向架全罩式	

伍、參訪日本鐵路噪音振動防制執行情形

5.1 東海道新幹線（JR 東海）

一、參訪時間：108 年 7 月 30~31 日

二、接待人員：施設部- 小野 敏担当部長、管理課 五十嵐 歩課長、静岡駐在 青木俊之課長
技術企画部- 古谷明寿副長



三、事業簡介：

東海旅客鐵道（日語：東海旅客鉄道）：簡稱 JR 東海（JR-Central、JR-C），是日本 7 家 JR 鐵路公司之一，繼承了昔日日本國鐵新幹線總局、静岡局和名古屋局的鐵路業務。企業代表色為橘色。車票上印有「海」字，為「JR 東海」的縮寫。總部同時設在愛知縣名古屋市與東京都港區。其負責經營東海道新幹線這條日本東西運輸的大動脈，以及以東海道新幹線為中軸的東海、甲信、近畿地方和神奈川縣一部分區域的在來線。

營運範圍：東海道新幹線和東海地區的 12 條在來線路線。路線總公里數僅高於四國旅客鐵道（JR 四國），為 JR 各公司中第二短。鐵路部門的總收益約 85% 來自東海道新幹線，而在來線的收入只有東海道新幹線收入的一成以下。雖然 JR 東海總公司所在地名古屋的鄰近地區（愛知縣、岐阜縣和三重縣）是人口密集區，但因該地私人擁有汽車的比例居日本全國前幾名，再加上同地區存在包括名鐵與近鐵在內、多家規模龐大的私營鐵路公司帶來激烈的競爭，以及行駛速度更快更舒適的特快列車多要通過其他 JR 公司的營運範圍，導致 JR 東海所屬的在來線路線在收支上情況嚴峻。和在來線的情況相若，東海道新幹線也因為要通過東京首都圈和關西圈等其他 JR 公司的經營範圍，因此在興建品川等新站時都要和其他 JR 公司相配合。

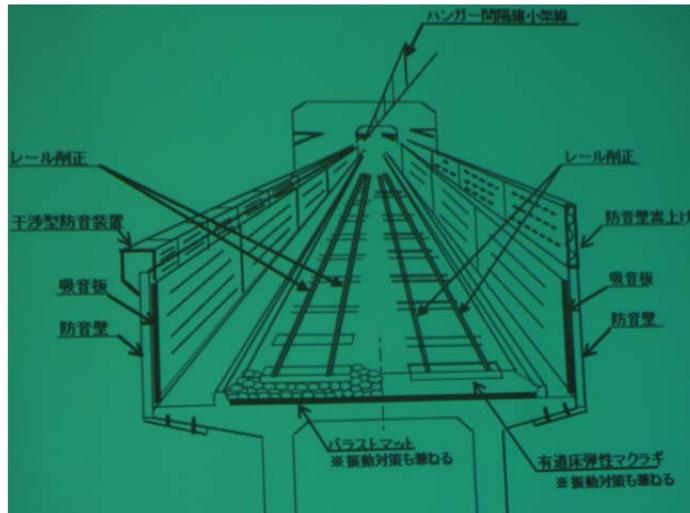
在 1987 年分割民營化初期時日本國鐵所留下的 3,191 億日圓長期債務，以及在 1991 年所承擔的新幹線鐵道保有機構 5 兆 900 億日圓的債務償還，是 JR 東海在營運上需要解決的重要課題。再者，東海道新幹線作為 JR 東海經營上的中心，至今已營運 55 年，需要進行大規模的維護工程。另一方面為了應付將來的最大風險——東海地震，JR 東海需要進行結構耐震性補強工程。這些工程為 JR 東海目前面對的第二個營運上的重要課題。

四、參訪主要內容

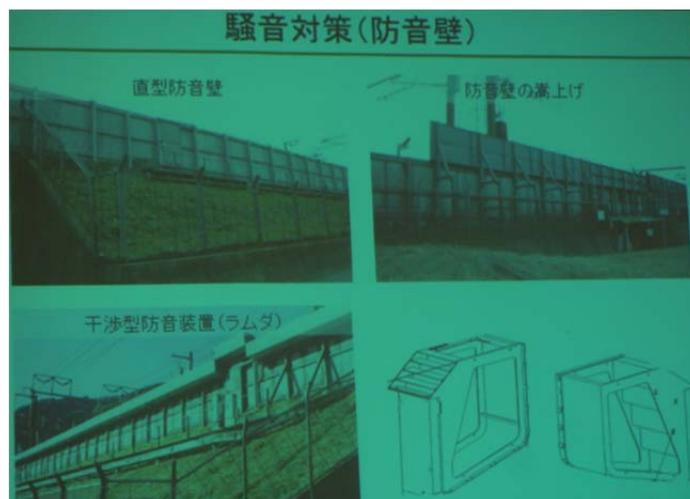
(一) 東海道新幹線環保業務概要

1. 東海道新幹線沿線管理編制：本部(環境管理室)4名、東京駐在2名、靜岡駐在2名、名古屋駐在2名、關西支社2名
2. 環境管理室之業務內容：沿線環境測定、沿線住民對應、外包測定之監督指導、各種對策工作之檢討與立案

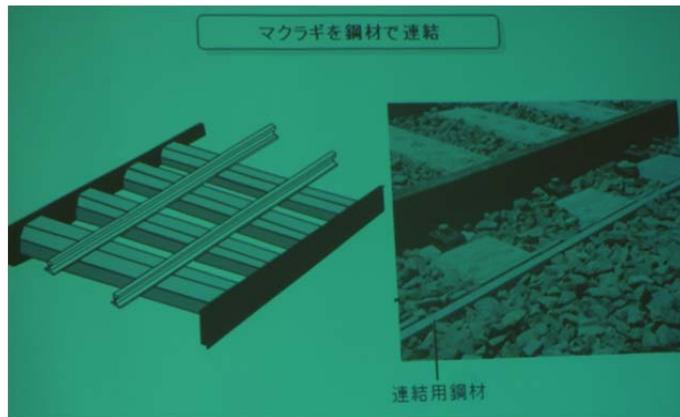
(二) 噪音振動防制之作法：代表之噪音構造物對策包含防音壁、吸音板、防振橡膠墊、及軌道養護等。



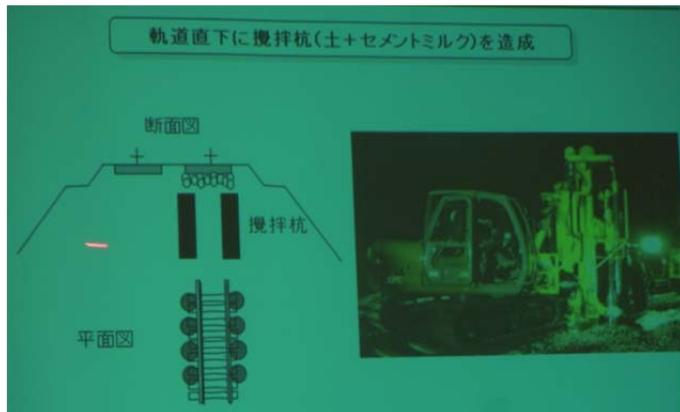
1. 噪音防制-防音壁：因應東海新幹線於營運通車(1964年)後，噪音規制法於1975年公布，另設施日趨老舊，而車速由通車時210km/h逐步提升，因此防音壁由原來之直型(約45年前)，逐步加高，或於上方增設干涉型防音裝置(約35年前，可減低噪音量1dB)，以增進噪音防制能力。



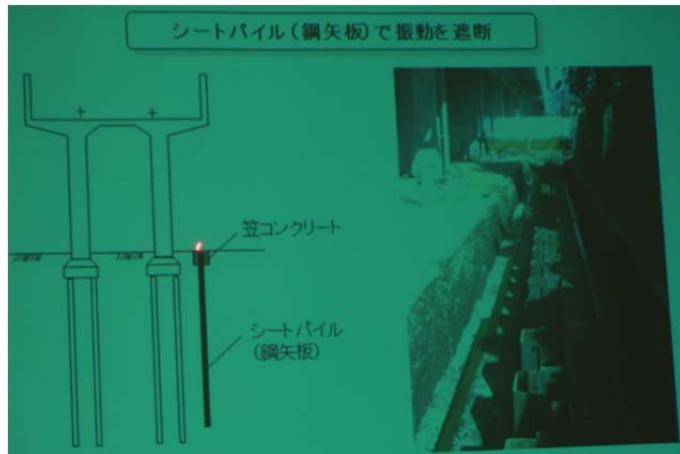
2. 振動防制-枕木連結工



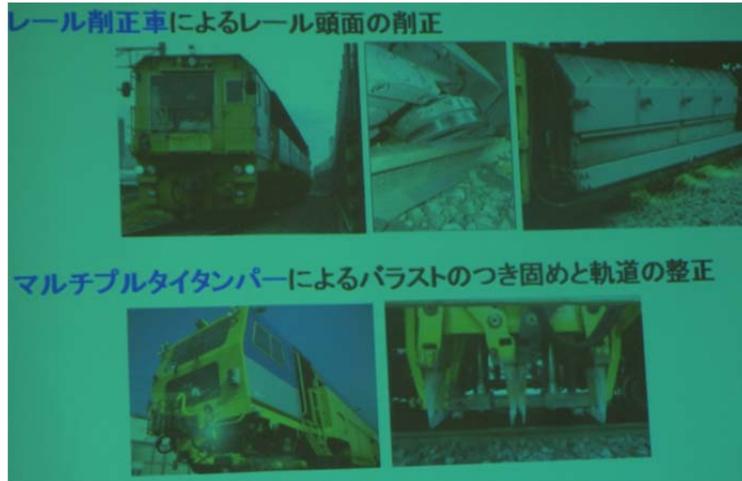
3. 振動防制-路盤改良



4. 振動防制-鋼鈹樁



5. 噪音振動防制-路線保養：目前東海新幹線軌頭削正、砸道之養護頻率均為每年 1 次。且現有軌頭削正車 2 部，砸道車 12 部。



(三) 新型隔音牆：因應新幹線設施日趨老舊、法規要求、民眾意識抬頭，及車速由通車時 210km/h 提升至 N700 系列車之 285km/h，防音壁之材料及施工亦與時俱進。

1. 構造：

新型防音壁のパネルの構造

JK 7797
2019.7.30

新型防音壁の構造

- ・ 構成
鋼製のフレーム
内部は吸音材と反射板で構成
- ・ 材料
外枠、反射板、背面板、
表面パンチングメタル
- 吸音材
→ ガラスクロス + グラスウール

2. 防音機制

SEKISUI 本パネルの防音機構

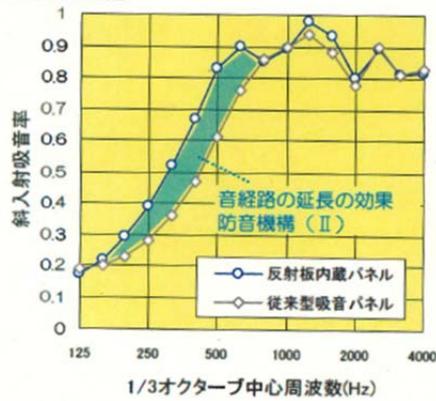
防音壁の場合 (コンクリ壁等)	従来の吸音パネル の場合	反射板内蔵吸音パネル の場合
多重反射音	吸音材中で音が熱に変換されて減衰	(I) 入射回数増加 (II) 吸音材内の音経路の延長
反射音低減効果 無し	低減効果 小	低減効果 大

3. 防音効果

SEKISUI

本パネルの防音効果

斜入射吸音率



見かけの吸音材が
厚くなる
||
幅広い周波数で
優れた吸音率

計測機関：財団法人小森理化学研究所

(四) 討論事項

1. 民眾陳情案之件數、處理流程?

A: JR 東海目前收受陳情案之流程為

民眾至 JR 東海網站留言(意見與要求)→客服中心轉環境管理室→現場量測噪音→若超過則改善；若未超過則和民眾委婉說明。

2. 若各項鐵路側噪音改善措施仍無法達成法規要求，JR 東海是否採取住戶端噪音防制措施?

A: JR 東海表示，目前均於鐵路側進行噪音防制，尚未於住戶端施作。

5.2 北陸新幹線 (JRTT)

一、參訪時間：108 年 9 月 18 日

二、接待人員：國際課 黑瀨 信弘課長補佐、越前鐵道建設所 安久 裕介所長



黑瀨 信弘課長補佐、安久 裕介所長

日野川橋 片持張出架設工法

三、目前建設中之新幹線：北海道新幹線（新函館北斗・札幌間）、北陸新幹線（金沢・敦賀間）、九州新幹線（武雄温泉・長崎間）及中央新幹線(東京・名古屋間)



四、北陸新幹線簡介

(一) 北陸新幹線是通過長野市、富山市和小浜市附近，連接東京和大阪的路線。

1. 高崎~長野間：1997 年 10 月開業
2. 長野~金澤間：2015 年 3 月開業
3. 金澤~敦賀間：施工執行計劃於 2012 年 6 月批准，並且開始施工。

(二) 北陸新幹線(金澤和敦賀之間)：路線長約 125km，工程長約 115km。

●北陸新幹線(金沢・敦賀間) 駅位置図

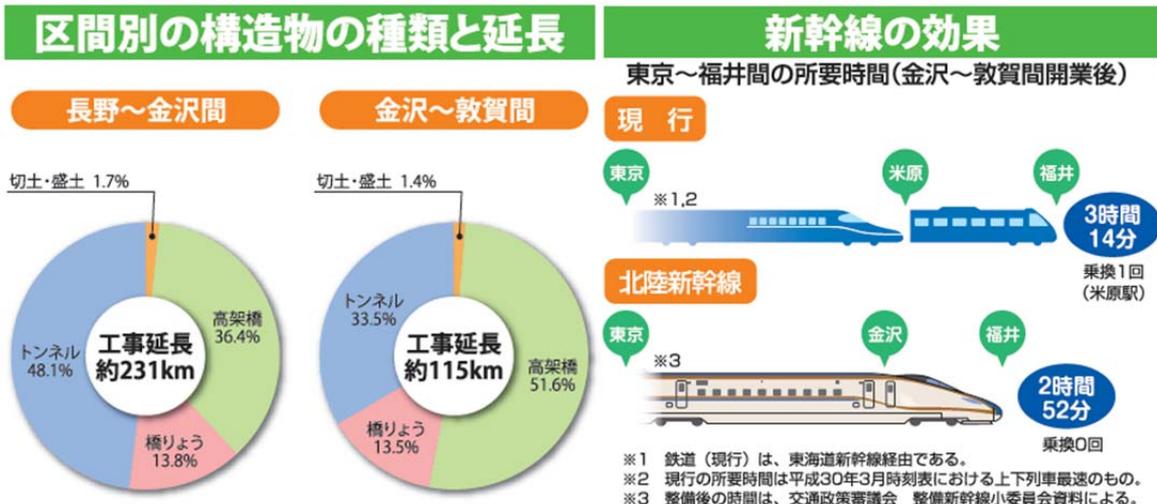


(三) 建設基準：

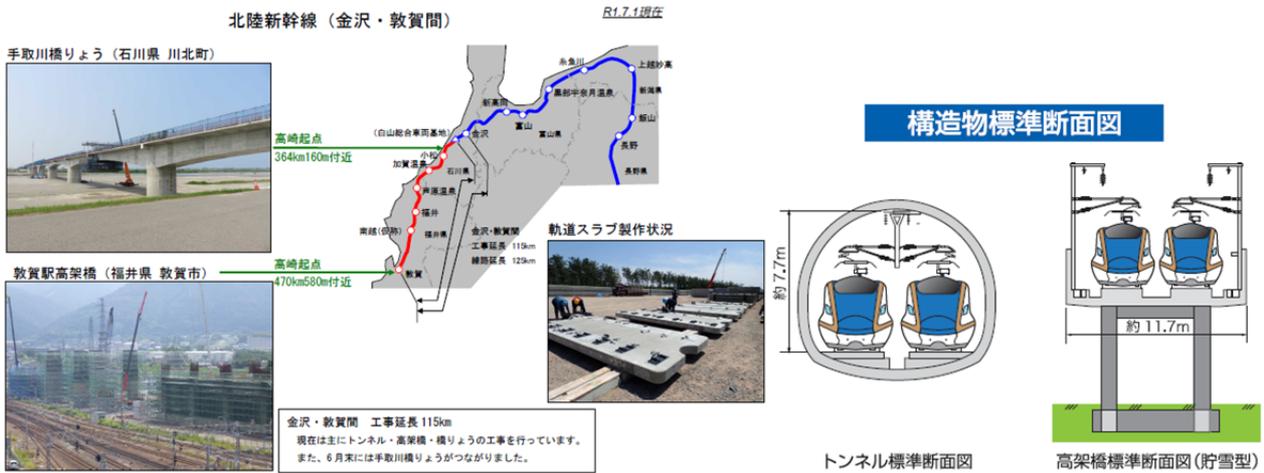
1. 最高設計速度：260km/h
2. 最小曲線半径：4,000m
3. 最大坡度：26%
4. 軌道中心距：4.3m
5. 電力供應：AC 25,000V

(四) 建設概要：

1. 總建設經費：1.41 兆円
2. 預訂完工期程：2023 年 3 月
3. 車站 6 座：小松站、加賀溫泉站、芦原溫泉站、福井站、南越站、敦賀站
4. 工程長度：114.6km，其中路床 1km(2%)、橋梁 389 座 15.5km(14%)、高架橋 59.1km(51%)、隧 14 座 38.4km(33%)



5. 建設主體為鐵道運輸機構，分由 6 個建設所，各轄約 20 公里、各 1 座車站
6. 截至 2019 年 6 月進度：土地取得 99%，工程發包比率 100%



北陸新幹線金澤～敦賀間路線施工現況示意圖

(五) 環境対策：

1. 噪音対策：路線 2 側設置隔音牆，並將鋼軌長軌化。
2. 微氣壓波対策：列車高速通過隧道時發生微氣壓波的對策與隧道坑口緩衝工之設置。
3. 振動対策：為減少車輛運行時振動，鋼軌下方採柔性材質，具低彈性係數之軌道墊片。



路線の両側に防音壁を設置するとともに、ロングレール化などの対策を、列車が高速でトンネルに入る時に発生する微気圧波の対策としてトンネル坑口に緩衝工を設置。

車両走行時の振動を低減するため、レールの下に柔らかい材質の低バネ軌道パッドを設置。

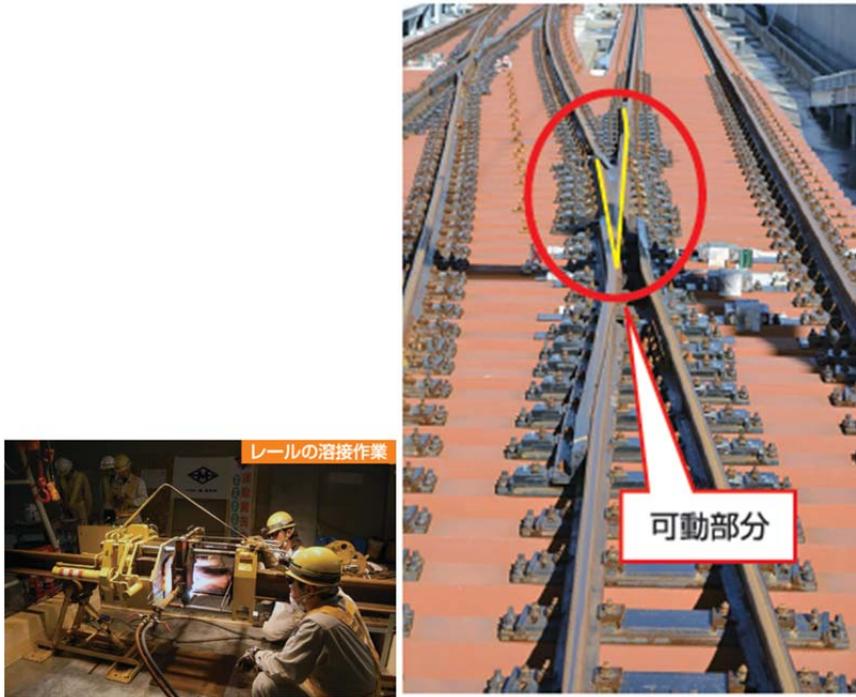
(六) 土木技術：(例)

1. 手取川橋梁：通過一級河川之連續 PC 箱桁橋，長 558m。距河口 2.5km・需克服急流河川、保留豐富自然環境。橋梁採張出架設工法。
2. 細坪架道橋：跨越國道 8 號上方，長 339M，為最長跨徑之新幹線混凝土橋。
3. 九頭竜川橋梁：通過一級河川之連續 PC 箱桁橋，長 414m。為鐵道、道路共構橋，下部結構共有，上部鐵道桁之 2 側為道路桁，因此需同時滿足鐵道與道路 2 種設計基準。另需考量道路之凍結防止散布劑及鹽害等對策。
4. 新北陸隧道：長約 20km 之山岳隧道，為北陸新幹線長度第 2 之隧道(第 1 為飯山隧道 22.3km)。
5. 斜樁基礎：在軟弱地盤採用，以增加水平剛性及耐震能力。
6. 預鑄ラーメン高架橋：採用 LRV 工法以適用於需快速施工之區間。

(七) 建築：各車站之設計著重與地域共生，特別是外觀、川堂與月臺盡量融入當地文化、產業、風景。

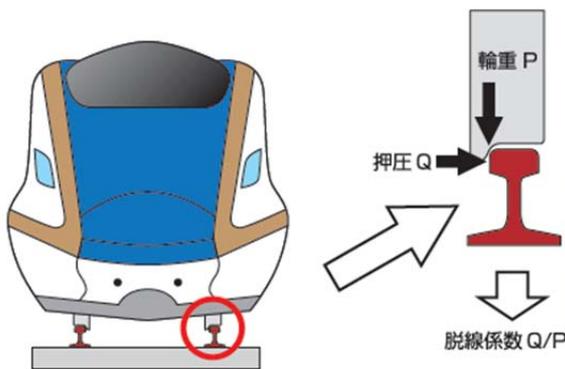
(八) 軌道技術

1. 無接頭鋼軌：一般在來線係採 25m 鋼軌，鋼軌間設置接頭。新幹線為維持高速運行時安定性及防止接頭處之噪音，因此採用長銲鋼軌。從金澤至敦賀間最長之長銲鋼軌為 30km。而版式軌道係以強固之扣件裝置抑制鋼軌之伸縮。另道岔採用可動式岔心，以增進高速運行時之安定性。
2. 運行安全性：軌道工程完工後，為評估實際營運後車輛之安全性，需測定輪重(P)與橫壓(Q)、以導出脫軌係數(Q/P)。



長銲鋼軌

可動式岔心



車輛運行安全性



五、參訪主要內容

- (一) 越前鐵道建設所：轄區通過福井縣鯖江市、越前市、南条郡南越前町，429K+823~450K+500，共 20.7 公里，主要負責工程內容包含

1. 隧道 5 座：第 2 福井 T(南)、第 2 鯖江 T、武生 T、脇本 T、新北陸 T(清水)，目前除武生 T 北口外，均已貫通。
2. 車站 1 座：南越車站(暫稱)
3. 其他：橋梁、高架橋

(二) 南越車站：

1. 月臺：2 岸壁式 4 股道、長度 312m(每編成 12 輛)
2. 構造型式：站內 閉床式貯雪型・ラーメン高架橋、站外 散水消雪型・ラーメン高架橋
3. 高架橋之高程：地中梁頂端~樓版頂面 9.2~10.5m
4. 軌道種類：合成枕木直結軌道
5. 設計耐用期間：100 年
6. 工期：2017 年 2 月 6 日~2020 年 12 月 28 日
7. 廠商：飛鳥・本間・西村特定建設工事共同企業體
8. 工程概要：439K+942~440K+890(共 948m)，包含ラーメン高架橋 9 連(3~5 徑間)、車站區ラーメン高架橋 5 連(6~3 徑間)、RC 橋腳 14 基、RC 場所打 T 桁橋 22 連(L=20~8m)、場所打樁 334 本(ラーメン高架橋 216 本、RC 橋腳 118 本)、橋面工 1 式、防音壁 1 式等工程。



圖 南越車站照片

9. 2019年9月1日進度：

工項	單位	設計數量	完成數量	工項	單位	設計數量	完成數量
場所打樁				高架橋			
ラーメン高架橋	本	120	120	一般部	連	9	8
RC 橋脚	本	62	62	車站部	連	5	3
鋼管				RC 橋脚	基	14	14
ラーメン高架橋	本	96	96	RC 場所打 T 桁橋	連	22	3
RC 橋脚	本	56	56				

10. 施工照片



南越站新建工程施工

(三) 日野川橋：

1. 工期：2017年8月9日~2020年5月8日
2. 廠商：鐵建建設株式會社
3. 工程概要：444K+916~445K+226(共310m)，包含 RC 橋脚 2 基、2 徑間連續 PC ラーメン箱桁橋 2 連(L=155m)、壓氣沈箱(Pneumatic Caisson)基礎 3 基等工程。另連續 PC 片持箱桁橋之基礎採壓氣沈箱工法施工。



圖 日野川橋施工前照片

4. 2019年9月1日進度：

工項	單位	設計數量	完成數量
壓氣沈箱基礎工	基	3	3
RC 橋腳	基	2	2
2 徑間連續 PC ラーメン箱桁橋	連	2	0

5. 施工照片



日野川橋施工照片

(四) 討論事項

1. 本路段有關噪音振動防制之設計：

A：結構型式一般採混凝土橋，若為箱型鋼橋則箱梁底澆置一層混凝土，而不採用鋼桁架(Truss)橋；另設置隔音牆，一般路段為軌面高 2.0m，如距民宅較近會加高(最大為軌面高 3.0m)。

2. 本路段於施工期間，每日工作時間?是否有民眾陳情噪音振動等事件?

A：工地因多位於郊區，且目前每週工作 6 日，自 8:00am 至 5:00pm(除澆置混凝土等重要工作外)，對居民之干擾較小，故尚無陳情事件。

3. 通車前檢查是否進行噪音檢測?

A：依據 1975 年「新幹線鐵道噪音環境基準」，第 1 區噪音標準 70dBA，第 2 區噪音標準 75dBA。通車前鐵道運輸機構(JR TT)會進行檢測。

5.3 中央新幹線（JR 東海）

一、參訪時間：108 年 8 月 5 日

二、接待人員：中央新幹線推進本部- 宮本 雅章部長、石井啓稔 課長、石榑 豊康課長
山梨實驗中心- 波多野 所長、野室明久 課長



石榑 豊康課長、石井啓稔 課長、宮本 雅章部長

磁浮列車試運轉資訊



中央新幹線 高架橋路段“隔音牆”

中央新幹線 高架橋路段“隔音防災罩”

三、事業簡介：

(一) 中央新幹線：JR 東海在 2007 年 12 月 25 日向外界宣布將會自資興建行駛首都圈至中京圈之間的磁懸浮式中央新幹線。東京都～名古屋市間之路線長度約 286 公里，總成本約 5.1 兆日圓。本計畫是首條民營化企業獨力興建的新幹線鐵路。

中央新幹線（東京都・名古屋市間）の路線



この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の100万分の1日本を複製したものである。（承認番号 平25情複、第310号）

圖 中央新幹線(東京都・名古屋市間)之路線

- (二) JR 東海成立之後，一直和鐵道綜合技術研究所合作進行磁懸浮列車的實驗。在 2005 年 3 月 25 日至 9 月 25 日舉行的 2005 年世界博覽會中，JR 東海在「JR 東海 磁懸浮 LINEAR 館」展出了相關技術。
- (三) 在 2008 年，JR 東海收購了日本車輛製造成為其母公司，加強磁懸浮列車的開發。
- (四) 2011 年 5 月 20 日，國土交通省正式確立 JR 東海為中央新幹線的建設和營運公司。

四、參訪主要內容

(一) 計畫簡介

- 緣起：考慮到負責運送日本主動脈的東海道新幹線已經營運了 55 年，並且建設和實施這條鐵路需要很長時間，應為未來的老化和防止大規模災難做好準備。此外，鑑於 2011 年 3 月的東日本大地震，通過雙重主動脈運輸系統進一步提高了備災風險的重要性。因此，將由公司開發的超導線性系統，盡快實現替代其角色的中央新幹線，並將由東海道新幹線集中管理。並冀望透過本建設以活化日本之經濟。

- 整備計畫之內容：預估東京～大阪間 438km、67 分鐘

建設線	中央新幹線
區間	東京都～大阪市
走行方式	超電導磁氣浮上式
最高設計速度	505km/h
建設費用概算(含車輛費用)	90,300 億圓
其他-主要經過地區	甲府市附近、赤石山脈(南阿爾卑斯)中南部、名古屋市附近、奈良市附近

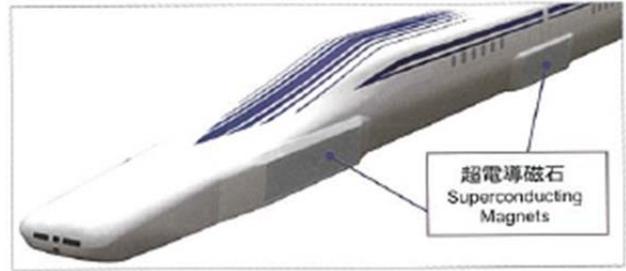
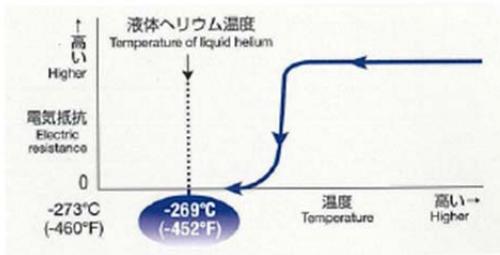
- 品川・名古屋間工事實施計畫之概要：預向品川～名古屋間 286km、40 分鐘

區間	品川～名古屋間
車站	品川站、神奈川縣(暫稱)站、山梨縣(暫稱)站、長野縣(暫稱)站、岐阜(暫稱)站、名古屋(暫稱)站，共 6 站
路線長度	285.6km
工事費	48,536 億圓(含車輛費用，不含山梨實驗線既設部分)
預定完成時間	2027 年

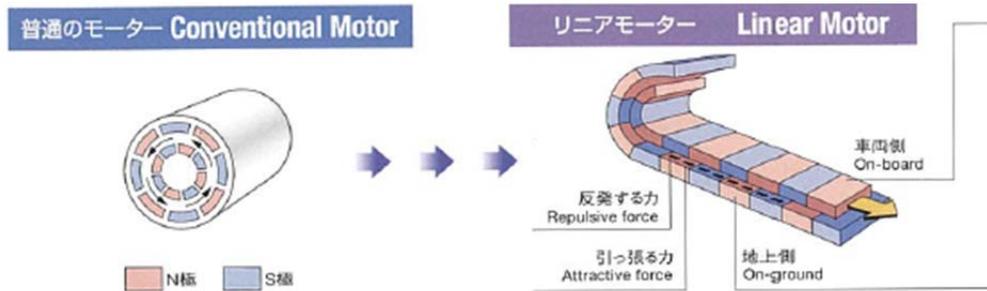
- 中央新幹線之建設團隊：設置東京、神奈川、山梨、靜岡、長野、岐阜、愛知等工事事務所，員工共 1,480 名。

(二) 超電導磁浮列車：

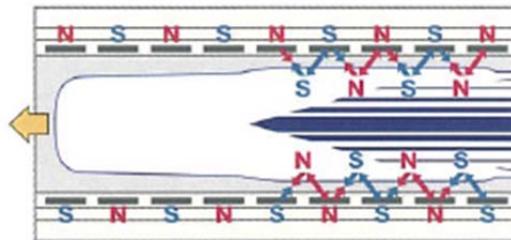
- 超電導(Superconductivity)：超導線性使用利用“超導現象”的超導磁體，其中，當某種金屬保持在一定溫度以下時，電阻變為零，以獲得強磁體的強度。該超導磁體使用鈮鈦合金作為超導材料，並且可以使用液氦將電流冷卻至負 269℃，從而使電流半永久性流動並保持穩定的超導狀態，而不會因發熱而損失任何能量。展示了更強大的磁鐵的力量。利用安裝在車輛上的電磁體和安裝在車輛上的“超導磁體”的吸力和斥力作用，使車輛在運行時上浮 10 cm，並以 500 km / h 的速度運行。



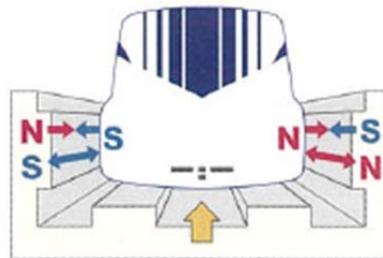
2. 線性電動機(Linear Motor)：為什麼稱其為“線性電動機”？實際上，超導線性是利用電動機原理而運行的。由於電動機沿直線（線性）運行，因此稱為“線性電動機”。



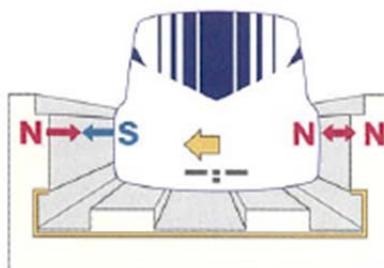
3. 推進之原理(Propulsion System)：安裝在車輛中的超導磁體具有交替安裝的 N 極和 S 極。電流流過導軌上稱為“推進線圈”的線圈，車輛通過在 N 極和 S 極之間進行電切換而向前行駛。通過改變流動電流的頻率並控制 N 極和 S 極之間的切換速度來調節速度。



4. 浮上之原理(Levitation System)：當車輛的超導磁體高速通過時，電流流經懸浮/引導線圈變成電磁體，從而產生推動車輛上拉的力。



5. 導引之原理(Guidance System)：如果車輛偏離導軌中心，則吸力會作用在車輛移開的一側，而排斥力則作用在車輛靠近的一側，因此力總是試圖返回到導軌中心。



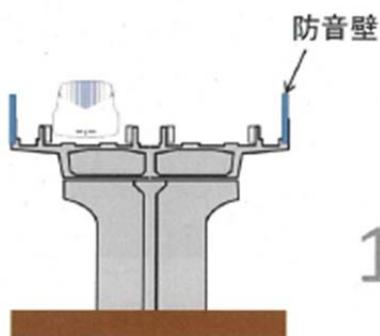
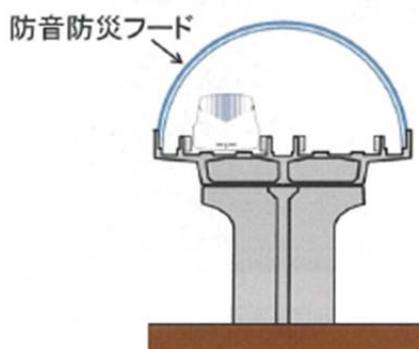
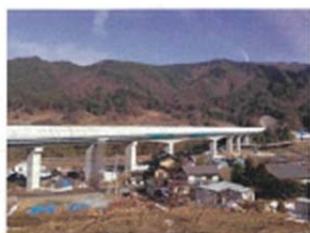
6. 磁浮列車在車速小於 150km/h 時，以車輪運行；車速大於 150km/h 時，車輪收回，以浮上方式運行。

- (三) 山梨實驗線：在富士山北側，全長 42.8km 之路線。1990 年 11 月辦理開工典禮，1995 年 7 月試驗車輛 MLX01 完成，運送至車輛基地。於 1997 年 3 月完成先行區間 18.4km，並於同年 4 月開始運行測試。2017 年 2 月實用技術評價委員會認可「營業線必要之技術開發已完成」之評價。

項目	山梨實驗線
總長度	42.8km
隧道區間	35.1km
地上運行區間	7.7km
單線/複線	複線
最大坡度	40‰
最小曲線半徑	8,000m

- (四) 噪音防制措施：現有實測值為一列 5 車之音源，所測噪音量應加 3dB 後，方為未來一列 16 車之噪音量。

1. 採用防音防災罩或隔音牆之措施：採用“隔音牆”和“隔音防災罩”作為減緩穿透空氣聲音（空氣動力聲音）的對策，以符合環境廳（現環境省）公佈的環境標準。



1

2. 列車運行之噪音基準：超電導線性列車之噪音基準與在來型新幹線同樣適用環境廳 1975 年第 46 號「新幹線鐵道噪音環境基準」。

列車走行に係る騒音基準

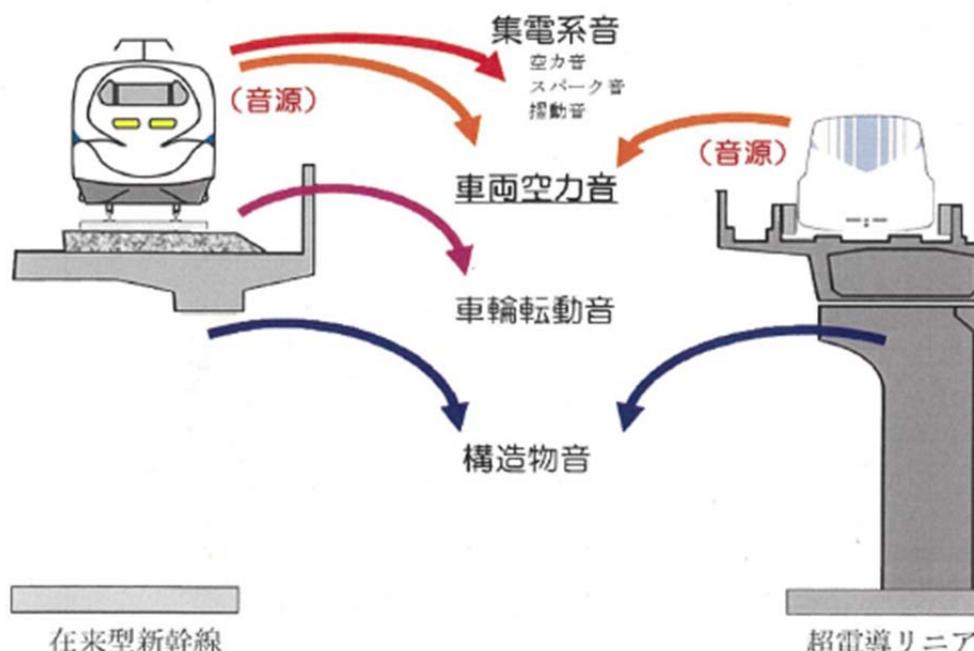
- ・超電導リニアの騒音に関する基準は、在來型新幹線と同様の「新幹線鐵道騒音に係る環境基準について」（昭和50年環境庁告示第46号）を適用します。

地域の類型		基準値
I	主として住居の用に供される地域	70dB以下
II	商工業の用に供される地域等 I 以外の地域であって通常の生活を保全する必要がある地域	75dB以下

- ・地域の類型は、工事実施計画の認可後に知事が指定します。

3. 噪音發生源之比較：因為輪與軌、架空線與集電弓間未接觸，不會有因摩擦而產生之集電系音及車輪轉動音。因此超電導磁浮列車僅有車輛空力音與構造物音。

騒音發生源の比較



4. 隔音牆區間之音源：主要之音源為空力音及構造物音。

防音壁区間の音源

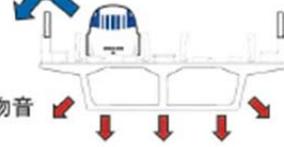
○ リニア走行騒音を以下の要因に分離して検討

● 空力音

LA: 空力音

列車の走行に伴う空力音が、防音壁を超えた音

LA: 空力音



LS: 構造物音

● 構造物音

LS: 構造物音

列車の走行に伴い桁構造物に生じる振動が、桁裏面から放射する音

○ 2つの音源の騒音レベルを分析し合成する

$$L(p) \text{ (地上点騒音)} = L_A \text{ (空力音)} + L_S \text{ (構造物音)}$$

$$L(p) = 10 \log_{10} (10^{L_A/10} + 10^{L_S/10})$$

5. 列車運行之噪音予測結果(隔音牆 3.5m) : 隔音牆材質為混凝土 2.0m 及玻璃 1.5m

列車の走行に係る騒音の予測結果(防音壁3.5m)

高架橋高さ	ガイドウェイ中心からの距離	予測値	環境対策工
5 m	25 m	83 dB	防音壁 (3.5 m)
	50 m	82 dB	
	100 m	79 dB	
	150 m	77 dB	
	200 m	75 dB	
10 m	25 m	81 dB	
	50 m	80 dB	
	100 m	78 dB	
	150 m	76 dB	
	200 m	75 dB	
15 m	25 m	79 dB	
	50 m	79 dB	
	100 m	78 dB	
	150 m	76 dB	
	200 m	74 dB	
20 m	25 m	78 dB	
	50 m	78 dB	
	100 m	77 dB	
	150 m	75 dB	
	200 m	74 dB	
25 m	25 m	77 dB	
	50 m	77 dB	
	100 m	76 dB	
	150 m	75 dB	
	200 m	73 dB	

6. 高架段隔音罩之音源: 主要之音源為空力音、構造物音(含桁構造物音及 hood 構造物音)。

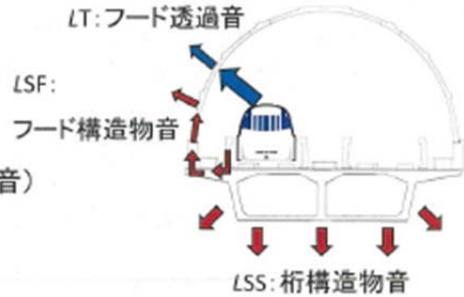
明かりフードの音源

○ リニア走行騒音を以下の要因に分離して検討

● 空力音

LT: フード透過音

フード内の走行音がフードを透過した音
(音波によるフード構造物振動が外部へ放射する音)



● 構造物音

LSS: 桁構造物音

列車の走行に伴い桁構造物に生じる振動が、桁裏面から放射する音

LSF: フード構造物音

列車の走行に伴い桁構造物に生じる振動が、フード構造に伝達し、その振動がフード表面から外部へ放射する音

○ 3つの音源の騒音レベルを分析し合成する

$L(p)$ (地上点騒音) = LT (フード透過音) + LSS (桁構造物音) + LSF (フード構造物音)

$$L(p) = 10 \log_{10} (10^{LT/10} + 10^{LSS/10} + 10^{LSF/10})$$

7. 列車運行之噪音予測結果(防音防災罩): 依予測結果, 噪音量为 62~66dB, 符合法規標準。

列車の走行に係る騒音の予測結果(防音防災フード)

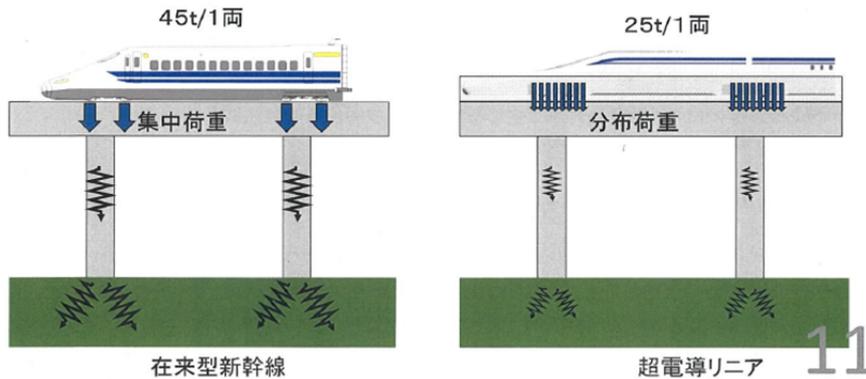
高架橋高さ	ガイドウェイ中心からの距離	予測値	環境対策工
5 m	25 m	66 dB	防音防災フード
	50 m	63 dB	
10 m	<u>25 m</u>	<u>66 dB</u>	
	50 m	63 dB	
15 m	25 m	65 dB	
	50 m	62 dB	
20 m	25 m	65 dB	
	50 m	62 dB	
25 m	25 m	64 dB	
	50 m	62 dB	

(五) 振動防制措施

1. 地盤振動：因超電導磁浮列車荷重分散於土木構造物，且車體重量輕，故產生之地盤振動較在來型新幹線小。

地盤振動

- ・浮上走行の時は、列車荷重が土木構造物全体に分散するので、構造物に伝わる振動が小さくなります。
- ・また、車体重量も軽いので、超電導リニアは在來型新幹線よりも地盤振動が小さくなります。



2. 列車運行之振動基準：適用環境廳 1976 年環大特第 32 號「新幹線鐵道振動之指針値」。

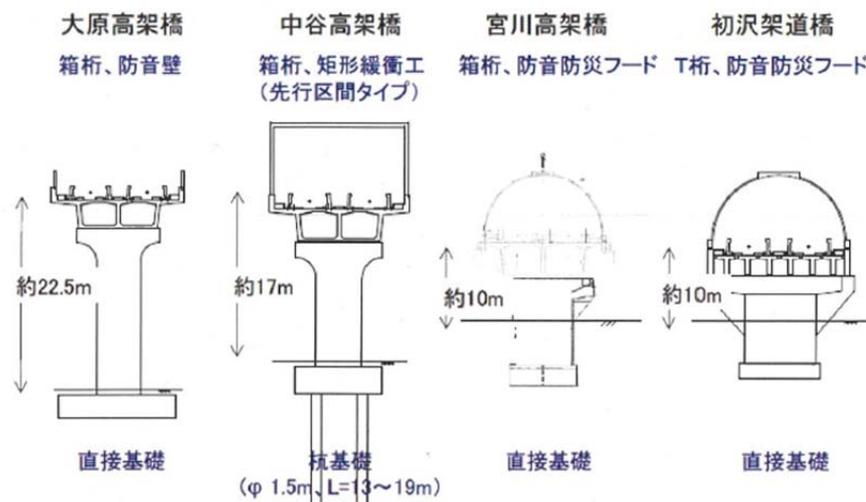
表 新幹線鐵道振動に係る指針値

(昭和 51 年環大特第 32 号)

指針
70dB を超える地域について、緊急に振動源及び障害防止対策を講ずること。

3. 實驗線高架橋之振動測定結果：

山梨實驗線の構造物



実験線高架橋での振動測定結果

表 8-1-3-28 山梨リニア実験線における測定結果

構造物名	高架橋高さ	表層地盤 (N 値)	測定地点 (ガイドウェイ中心か らの距離)	振動レベル (最大値)
大原高架橋	22.5m	<u>4</u>	6.6m	61dB (浮上走行) 61dB (車輪走行)
			12.5m	58dB (浮上走行)
中谷高架橋	17m	30	6.6m	55dB (浮上走行) 52dB (車輪走行)
			12.5m	47dB (浮上走行)
宮川高架橋	10m	16	6.6m	55dB (浮上走行) 55dB (車輪走行)
			12.5m	41dB (浮上走行) 42dB (車輪走行)

4. 実験線隧道之振動測定結果：

実験線トンネルでの振動測定結果

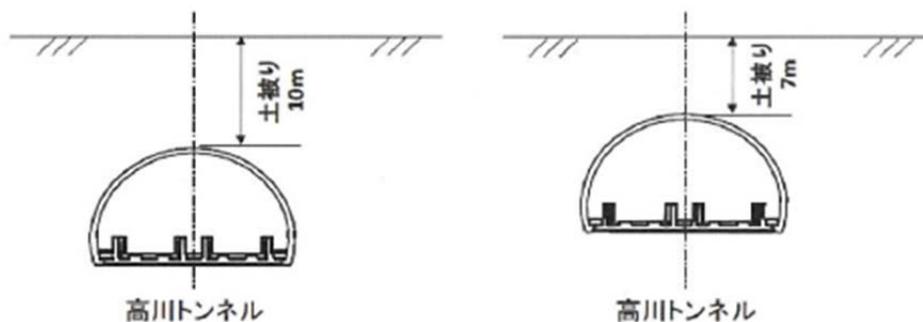


図 8-1-3-13 測定を行ったトンネルの諸元

表 8-1-3-36 山梨リニア実験線における測定結果

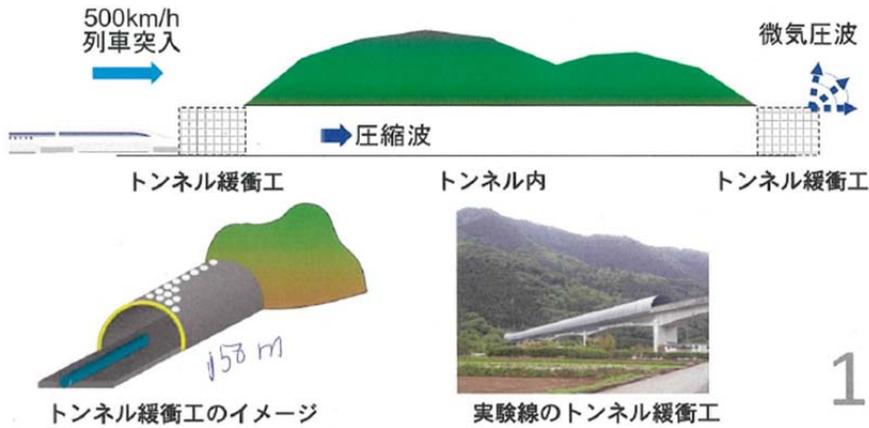
構造物名	地質	土被り	表層地盤 (N 値)	測定地点 (トンネル直上 からの距離)	振動レベル (最大値)
高川トンネル	粘土質砂礫	10m	5	0m (直上)	39dB (浮上走行) 42dB (車輪走行)
				10m	45dB (浮上走行) 43dB (車輪走行)
	有機質及び 砂混じりシルト	<u>7m</u>		0m (直上)	<u>47dB (浮上走行)</u> 46dB (車輪走行)

(六) 微気圧波防制措施

1. 微気圧波之成因：

微気圧波

- ・微気圧波とは、列車のトンネル突入により生じた圧縮波がトンネル内を音速で伝播し、反対側の坑口などからパルス状の圧力波となって放射される現象のことです。
- ・必要な箇所には所要の延長のトンネル緩衝工や明かりフードを設置するなどの対策を行います。



16

2. 微気圧波之措施(隧道緩衝工) :

微気圧波対策(トンネル緩衝工)

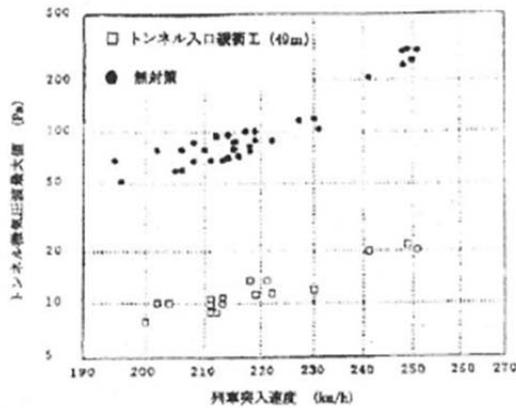


図 トンネル緩衝工(長さ49m)のトンネル微気圧波低減効果

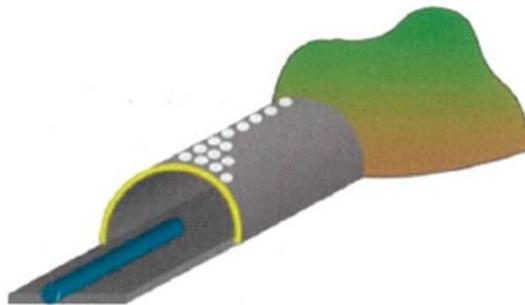


図 中央新幹線におけるトンネル緩衝工

3. 微気圧波之基準與實驗線測定結果

微気圧波の基準と実験線測定結果

表 8-1-4-7 微気圧波の基準値

(トンネル坑口緩衝工の設置基準(案)^{#1)}

項目	基準値
民家近傍での微気圧波のピーク値	20Pa 以下
坑口中心から 20m 地点	原則 50Pa 以下

注1. 資料：山岳トンネル設計施工標準・同解説、鉄道建設・運輸施設整備支援機構、平成 20 年 4 月 p.119



(500km/h 突入、入口緩衝工約 200m、トンネル延長約 4000m、出口緩衝工約 60m)

図 4-4-1 微気圧波測定値 (20m 離れ)

4. 微気圧波(列車突入・退出時之空気振動)

微気圧波(列車突入・退出時の空気振動)

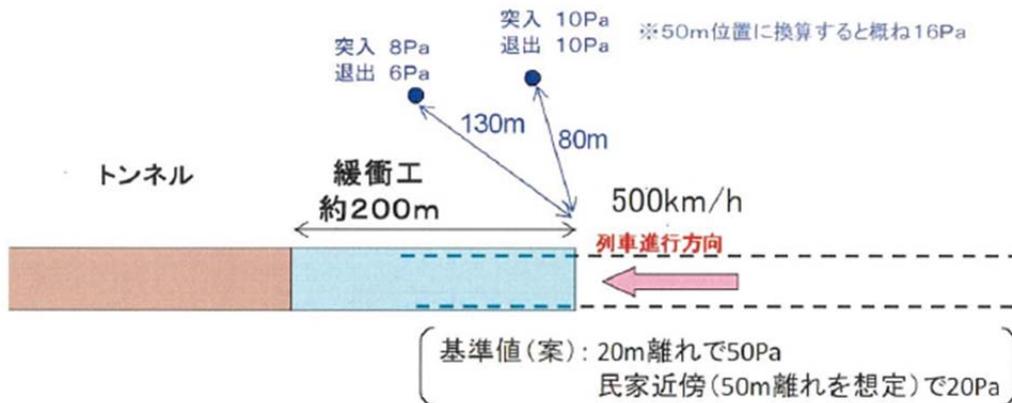


図 山梨リニア実験線での空気振動測定データ

5. 微気圧波之措施(多孔板)

微気圧波対策(多孔板)

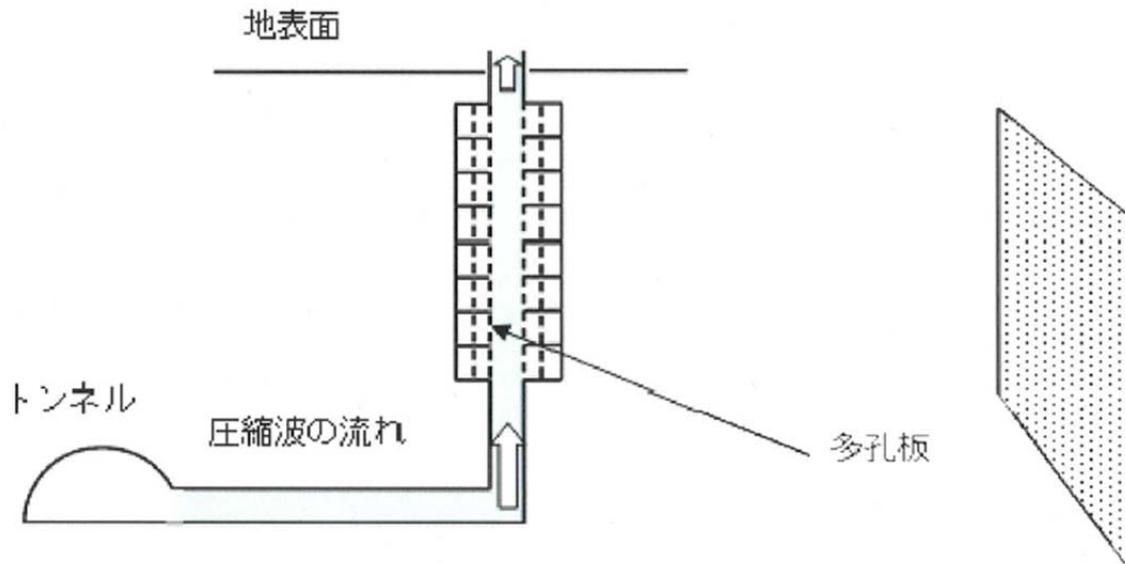
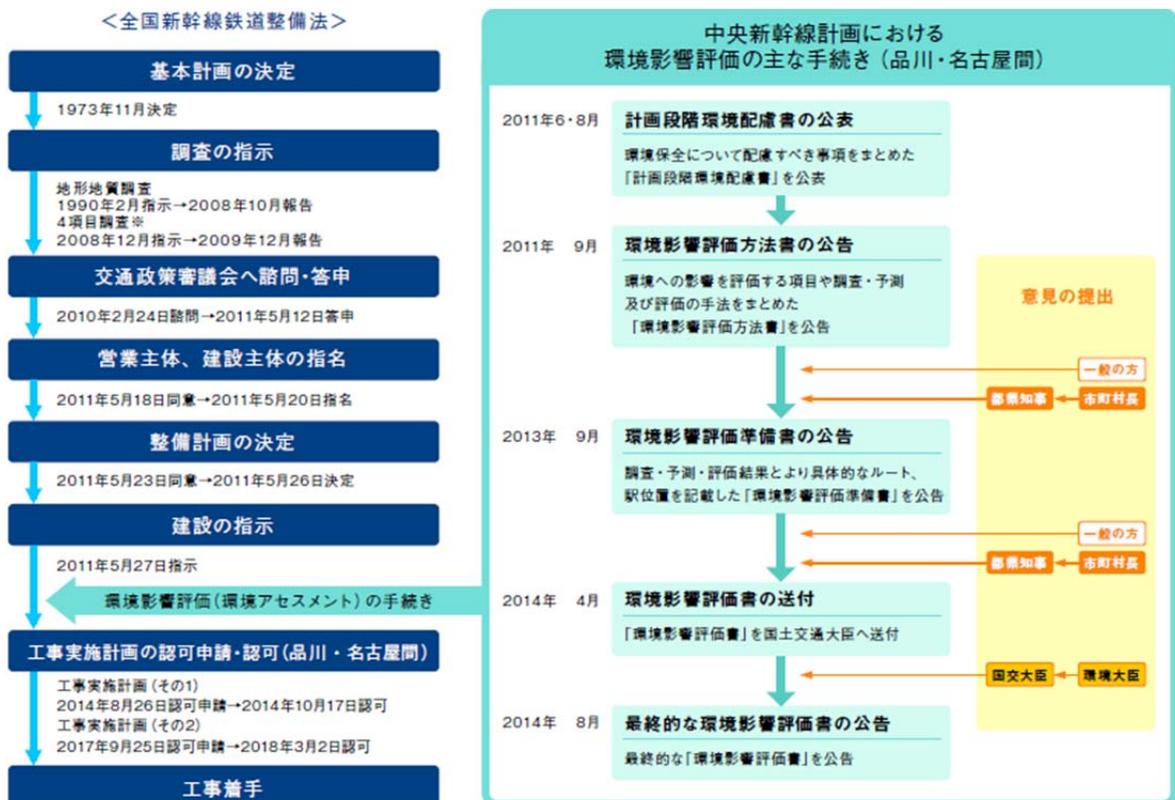


図 多孔板の構造

(七) 討論事項

1. 中央新幹線計畫依全國新幹線整備法及環境影響評價法報核之主要程序?

A:



2. 營運後若仍有噪音超過管制標準之情形，將如何處理?

A:中央新幹線已依據噪音預測值設置隔音牆或隔音防災罩，以減緩噪音。未來營運後，若實測值超過法規標準，將再和居民協商改善。

3. 目前線性電車之種類?

A:目前除中央新幹線之超電導磁石(浮上式)外，尚有常電導磁石(浮上式或非浮上式)。如下圖所示

超電導磁石		常電導磁石	
	リニア中央新幹線 方法 超導性 飛行高度 10厘米 最高運轉速度 500km/小時		リニモ 方法 正常傳導 飛行高度 0.8厘米 最高運轉速度 100km/小時
			都営地下鉄大江戸線 方法 正常傳導 飛行高度 0厘米 最高運轉速度 70km/小時
			

5.4 首都圈新都市鐵道株式会社

一、參訪時間：108 年 9 月 11 日

二、接待人員：安全總括部 重森 英一課長、鶴田 泰則係長；技術部 吉野 正義課長、小林 孝史 係長



施設工事課：係長小林 孝史、課長吉野 正義 企劃調整課：課長重森 英一、係長鶴田 泰則
小野田 滋博士

三、事業簡介

日本首都圈新都市鐵道株式会社（MIR）為由當地政府和私營公司投資，於 1991 年成立的第三部門，以建立目前的筑波快線（つくばエクスプレス，Tsukuba Express）。現有員工 720 人。

筑波快線從東京秋葉原到茨城筑波之間(1 都 3 縣)58.3 公里，共有 20 站。分為「快速」、「通勤快速」、「區間快速」、「普通」四種列車行駛。速度最快的為「快速列車」，行駛於秋葉原到筑波之間，中途停靠 7 站，最快 45 分鐘即可到站；第二快速的為區間快速列車，中途停靠 14 站，約 52 分鐘即可到站；「普通列車」每站都會停靠，所需時間約為 57 分鐘。通勤快速僅於早晨和傍晚的交通尖峰時刻行駛。通勤快速中途停靠 11 站，秋葉原到筑波約 49 分鐘即可到站。

四、參訪主要內容

- (一) Tsukuba Express 簡介：建設費(除車輛費外)為 8,081 億日元，2005 年開業。初期乘客每日 15 萬人，目前每日達 38 萬人。原計畫於 40 年償清債務，目前因財務穩健，將提前於 35 年償清。
- (二) 規劃設計階段之噪音振動考量：
 1. 振動：在環境影響評估報告中鐵路振動評估標準目標設定為 65 dB，此基準相當於日本氣象廳公告的地震等級震度 1 級，此振動值被認定不會對居民的日常生活造成重大阻礙。
 2. 噪音：依公害對策基本法(昭和 42 年法律第 132 號)第 9 條規定與噪音有關的環境條件，根據新幹線鐵道噪音標準進行噪音峰值預測及評估 (區域 I :70dB; 區域 II : 75dB)。此外，常磐新線噪音對策之指針預測，對等效噪音進行調查和評估。環境廳 1995 年訂定「在來線新建與大規模改良路線噪音對策之指針」，如下所示

白天 (7~22 時)	60dB 以下
夜間 (22~7 時)	55dB 以下

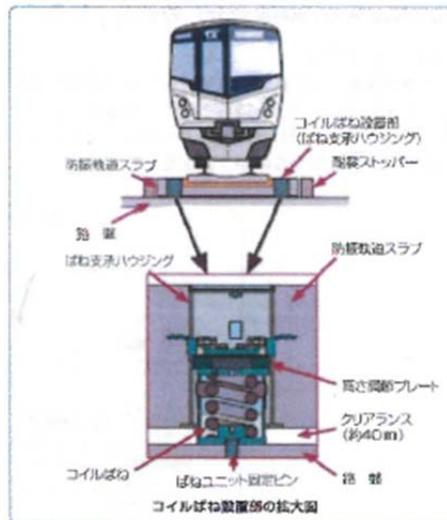
另本路線全線採隧道、高架橋及橋梁之型式，因此可排除與道路平面交叉之平交道事故，及平交道遮斷機產生之噪音。

(三) 土木、軌道構造物之噪音振動對策：

1. 地面設置 2m 之隔音牆以防制噪音擴散(最高 3m，太高將影響景觀)
2. 盡可能採用長鋁鋼軌(小貝川橋梁至つくば間 18.2 公里)，在道岔 2 端及橋梁處設 EJ
3. 為減低振動而採用較軟的彈性直結式 PC 枕
4. 高架橋區間散布消音石碴



5. 部分隧道區間(3 處共 600m)為減輕列車傳達至構造物之振動，採用浮動版式軌道



(四) 路線營運後之噪音振動對策：

1. 營運後並無噪音振動有關新設備建設及對策等施作場所，在鐵路沿線地區上述措施難以達成之，則提供對現有住宅隔音工程之補貼。標準為針對尖峰噪音位準 75dB 以上之區域，進行防音鋁窗、冷氣之更換施工。
2. 軌道墊片之修補、鋼軌削正、道岔前後接頭之削正等設備保養工作持續進行。
3. 以 2017 年為例，為維持路線安全並減少列車運行之噪音振動，車體更新場所之新設、入出庫之複線化、車輛機器・通信設備之更新及運轉模擬室之新設等，共投資約 45 億圓。

(五) 噪音振動對策之減緩成效

1. 噪音：彈性道岔軌道可減小 3~4dB(列車速度 70km/h、軌道中心外 10m 之地點)；消音石碴可減小約 2dB。
2. 振動：低彈性係數鋼軌扣結裝置可減小 7dB(高架橋上防振型扣結裝置之場所)；浮動版式軌道於隧道下方及側壁可減小 10~21dB、地表面可減小 4~14dB

(六) 對沿線居民之回應情形：

1. 於夜間有較大聲音之作業，如鋼軌削正及道床加固等，則事前以函通知個人住宅以尋求諒解。
2. 制定保養作業工作計畫，盡量不連續施工、或於冬天夜間就寢不開窗時施工；部分地區與居民協議結果，指定於週三和週六夜間施工；及其他臨機應變之處理。

(七) 鐵道沿線之監測：

1. 根據茨城縣知事等對環境影響評估之審查意見，應繼續監測列車通行之噪音及振動，確認測定結果，並努力推展環境保護。
2. 基於上述內容，本公司分析了全線噪音振動之調查，已確認滿足基準值。

(八) 討論事項：

1. 目前民眾投訴案件之類型：目前民眾投訴內容，多為與本路線交界處滋生雜草等。而路線之噪音振動問題，約在通車後 3 年內即已處理完畢。
2. 筑波快線目前起站為秋葉原，有無延伸至東京之計畫：目前尚無延伸之計畫
3. 目前營運速度 130 km/hr，且全線無平交道，未來是否有提速至 160km/hr 之計畫：本路線雖無平交道，然因站距平均僅 3 公里，提速效益不大。目前係以快車採跳蛙式停車之方式，全程最快列車僅需 45 分鐘。惟未來考量將每編成 6 車增加為 8 車以提升運量。

5.5 東武鐵道 (Tobu Railway)

- 一、參訪時間：108 年 9 月 12 日
- 二、接待人員：建築土木課- 佐藤 晃一課長
軌道課- 和田 裕一郎課長、飯塚 洋平



小野田 滋博士、和田 裕一郎課長、佐藤 晃一課長



伊勢崎線天空樹站鐵路高架化工地

三、事業簡介

東武鐵道（とうぶてつどう，Tōbu Tetsudō）是日本的私營鐵路公司之一，為日本歷史最悠久的大手私鐵，也是橫跨交通、流通、住宅、休閒等產業的「東武集團」之核心企業，一般多略稱為「東武」，同時為舊根津財閥的核心企業，以及舊芙蓉集團（舊富士銀行系）的組成企業之一。其名稱意為武藏國之東部。

東武鐵道路線橫跨東京都、埼玉縣、千葉縣、栃木縣、群馬縣等 1 都 4 縣，分為以伊勢崎線、日光線為主軸的「東武本線」以及「東上線」（東上本線、越生線）等兩個系統。總營業里程達到 463.3 公里，車站數量為 206，平均每天運送旅客 225 萬人次。總部位於東京押上，在日本私鐵業者中僅次於近鐵位居第二，是關東地方最大的私鐵公司。東武鐵道在設施和營業規則上都有很多地方和日本國鐵頗為類似，也因此有「迷你國鐵」之稱。

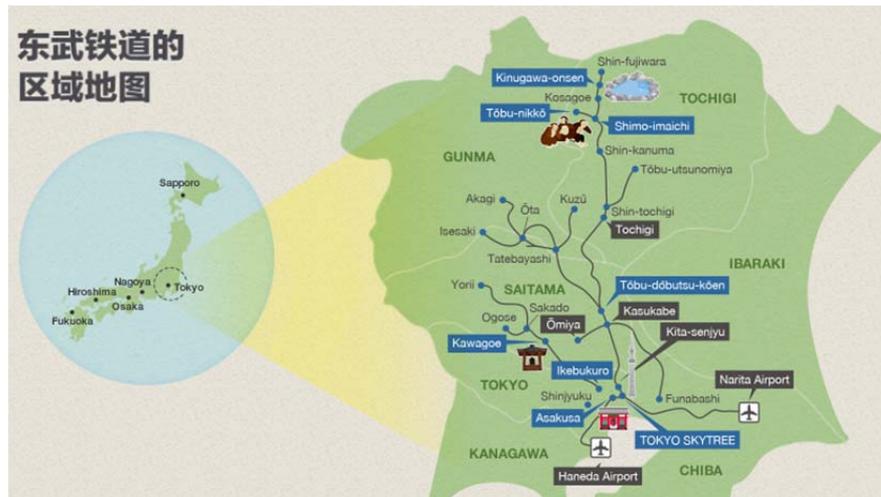


圖 東武鐵道的區域地圖

四、參訪主要內容

(一) 與土木工程有關的噪音對策

1. 使用低噪音機械
2. 使用隔音板
3. 使用切割機等噪音較大之機具時，以隔音面板覆蓋來減少聲音外洩。
4. 回應鄰近居民的意見：由於周圍環境安靜，夜間工作時應特別注意減輕噪音量。例如可通過在物體周圍纏上毛巾來減少金屬敲擊噪音。
5. 噪音對策實施案例：在伊勢崎線東向島駅～鐘ヶ淵駅間的大正通天橋實施了噪音和振動對策。鋼橋主梁板由 4 塊板組成，其中，在終點端 3 塊板之軌道側和 1 塊防塵板安裝磁性制振材料，測量前後噪音。

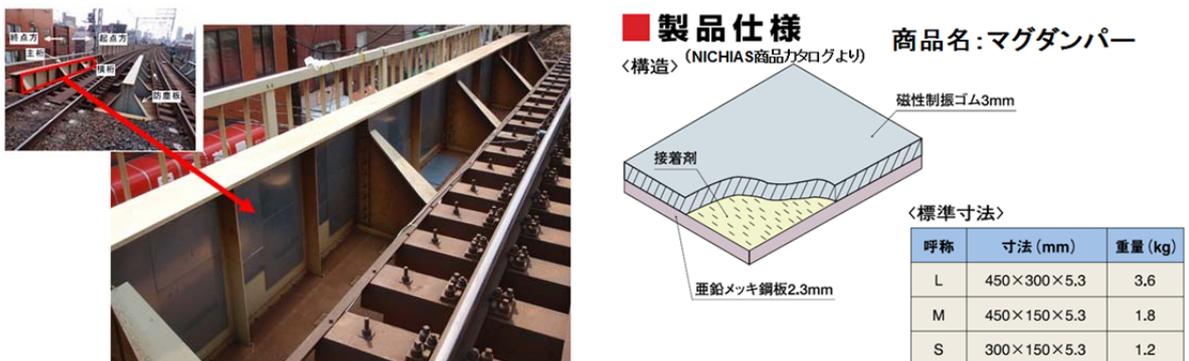


圖 磁性制振材實施案例

(二) 與路線設備有關的噪音對策

1. 長軌化：除了減輕勞力、延長材料使用年限外，也有助於提高運轉安全性。
2. 道岔的彈性化：使用彈性道岔，並消除岔心和鋼軌的接頭，可以減少列車通過接頭時產生的噪音和振動。
3. 摩擦調整材：摩擦調整材是如礦物質類材料的水溶液，可將其塗布到軌道上以減少噪音和振動。適用於半徑較小之銳曲線路段。



(三) 與保養作業有關的噪音對策

1. 綜合砸道車(4 輛)：以機械振動方式強化軌道，同時調整軌道高低、水平、方向。
2. 鋼軌削正車(1 輛)：於晚上的最後一班火車後，將鋼軌表面削正以消除細微的不規則刮痕，並恢復到接近新鋼軌的形狀，從而減少列車噪音和振動。
3. 協調溝通：在大型保養車輛施工時，通過使用隔音裝置來降低工作噪音，並盡量事先公告周知，以獲取居民諒解。

(四) 討論事項：

1. 東武鐵道是否採用可動岔心式道岔?
A:未採用
2. 若有居民投訴案件，是否會予安裝氣密窗等?
A: 為免引起比照效應，並未採用此方式。

(五) 參觀伊勢崎線天空樹站鐵路高架化工地：

1. 計畫緣起：本計畫為將東武鐵路伊勢崎線（東武晴空塔線）和東京晴空塔站附近鐵路高架化約 0.9 公里。這將取消伊勢崎線第 2 號平交道，提高公路和鐵路的安全性，並消除交通流量的瓶頸。此外，與鐵路交叉的計畫道路將同時改善，使得往返於鐵路分隔的南北站區更加方便，提高了安全性和舒適性。

2. 計畫概要

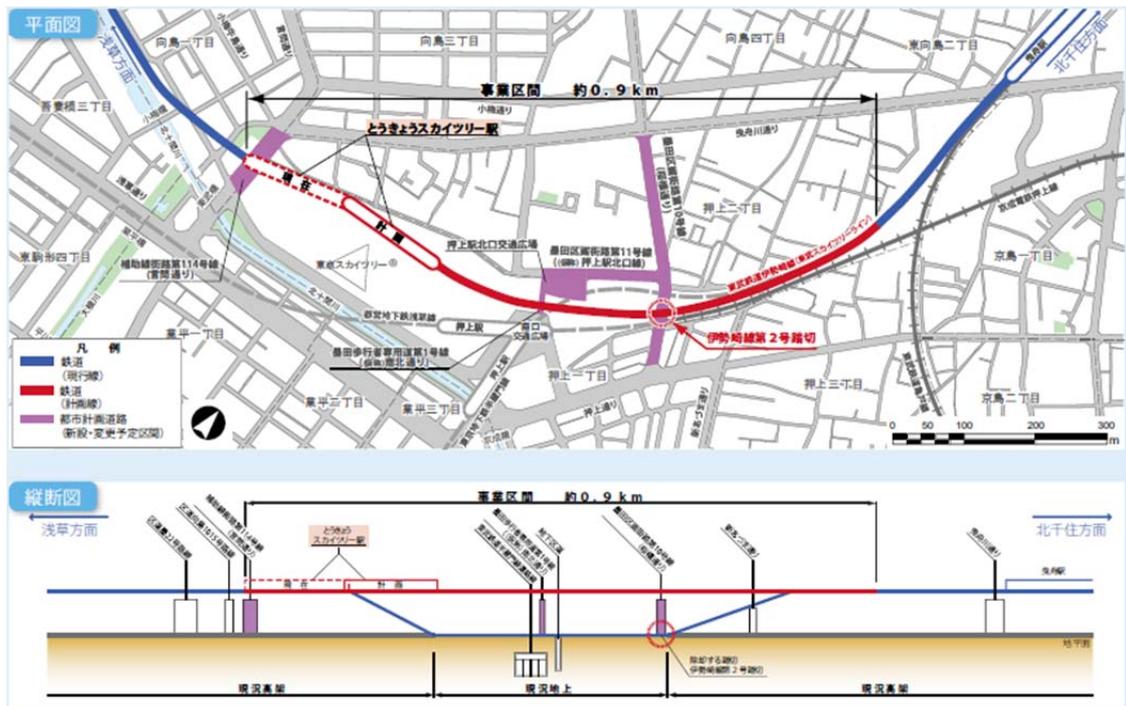
路線名稱：都市高速鐵道 東武鐵路伊勢崎線

區間：東京晴空塔站附近（約 0.9 公里）

車站設施：東京晴空塔站 月臺延伸約 170-210m，月臺寬度約 2-8m

（車站月臺將移設至東側）

結構形式：高架式



計畫概要圖

- 環境保護措施：設置隔音牆(軌面高 1.5m)，採用彈性直結軌道、消音石碴。另盡量消除鋼軌接頭，並強化軌道保養作業，以減低噪音振動。
- 預估工程完工後之鐵道噪音振動：在列車行進時，於較近軌道中心外距離 12.5m，高 1.2m 之位置，預估完工後比現況值改善。

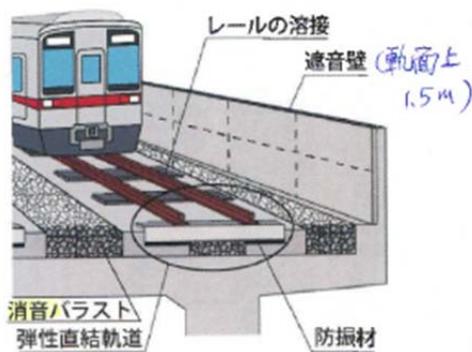


圖 環境保護措施

單位：dB (デシベル)

		昼間	夜間
工事完了後の鐵道騒音	予測値	48~56	43~51
	現況値	57~67	53~62
工事完了後の鐵道振動	予測値	38~45	
	現況値	46~60	

圖 完工後之鐵道噪音振動量

5.6 參訪噪音振動執行案例分析

綜觀日本新幹線與在來線鐵道之發展，由於軌道、結構、車輛之技術變遷，營運速度亦逐漸增加，各項變遷內容可能導致噪音之增加或減少。整體而言，噪音損害之對策已具成效，然因速度大幅提升，而使鐵道沿線噪音再度增加。可見噪音音源端之防制措施已面臨瓶頸。

一、鐵道技術進步與噪音之關係

項目	變遷內容	噪音增減	備註
路線方面	道碴軌道→版式軌道	+	特別是新幹線
	短鋼軌→長鋼軌	-	10~25m→100~1000m
	隧道·橋梁→長大化	+	特別是新幹線
車輛方面	開放窗關閉	-	1958 年以後顯著
	車輛的輕量化	+	採用薄鋼板和鋁材料
	遮音材的使用	-	和車體輕量化同時進行
綜合方面	速度提升	+	列車速度的 2~6 次方

二、鐵道高速化：日本自 1964 年東海道新幹線通車以來，列車速度 210km/h；1997 年山陽新幹線列車速度提升至 300km/h；2013 年東北新幹線再提速至 320 km/h；未來中央新幹線(預定 2027 年通車營運) 列車最高速度 505km/h。

(一) 列車高速化除路線線形、結構強度等需配合提升改善外，亦伴隨產生許多環境問題有待克服。相關問題點與應對方法如下：

表 速度向上時之問題點與應對方法

問題點	應對方法
運行抵抗之增大	動力強化 車體斷面積縮小 車體表面平滑化
車輪與鋼軌間之粘著力減少	動力分散 鋼軌表面增粘著材料之散布
剎車停止距離增加	新剎車材料之採用 個別車輛之剎車控制 平交道之消除
曲線通過時之離心力	車體傾斜裝置
軌道之橫壓增大	自導向式轉向架 軌道之超高增大 枕木橫向力增大
軌道之衝擊力增大	長軌化將鋼軌接頭消除 道岔構造強化
乘坐舒適度惡化 -動搖加速度增大	鋼軌表面平坦性之確保 車輪之真圓化

-耳鳴現象	懸架之改良 車體之氣密化 車內氣壓控制
車體、集電弓、電車線、鋼軌之 摩耗與劣化	新材料、新構造之採用 審視養護方法
透過信號顯示控制速度較困難	增設高速信號顯示 高速對應之自動列車停止裝置
環境之影響惡化 -噪音增大 -地盤振動增大 -隧道微氣壓波	車體及車體周圍之低噪音化 集電弓之低噪音化 防音牆 車體之輕量化 防振軌道 防振對策工 隧道緩衝工 先頭車體之尖銳化與平滑化
飛石增加	道碴網 散布樹脂將道碴固著

(二) 新幹線鐵道運行狀況之推移

1. 環境基準制定當時與現在新幹線鐵道之狀況：新幹線鐵道環境基準自 1975 年公告，當時有東海道與山陽 2 條路線，至 2016 年已有 6 條路線；當時列車最大約 230 班，目前為最大 330 班；且現在車輛型式及編組輛數多樣化、現在列車速度亦較當時增加。而且，各種音源防制對策已較當時最大噪音位準($L_{A,Smax}$)降低 10dB。

表 環境基準制定當時與現在新幹線鐵道狀況之比較(2018 年 3 月)

項目	環境基準制定當時	現在
既設線	東海道(東京~新大阪) 山陽(新大阪~博多)	東海道(東京~新大阪) 山陽(新大阪~博多) 九州(博多~鹿兒島中央) 東北(東京~新青森) 上越(大宮~新潟) 北陸(高崎~金澤)
工事中	東北(東京~盛岡) 上越(大宮~新潟) 成田(東京~成田)	北陸(金澤~敦賀) 九州·西九州(武雄溫泉~長崎) 北海道(新青森~札幌)
列車班數	東海道(東京~新大阪) 約 230 班 山陽(新大阪~岡山) 約 100 班 山陽(岡山~博多) 約 70 班	東海道 290~310 班 山陽 170~210 班 九州 100~140 班 東北(東京~大宮) 330 班 東北(大宮~盛岡) 80~180 班 東北(盛岡~新青森) 50 班 上越(大宮~高崎) 150 班 上越(越後湯澤~新潟) 70 班 北陸(高崎~長野) 60 班 北陸(長野~金澤) 50~90 班
運行時間	6~24 時	6~24 時

每列車之物理特性	車輛型式	0系	500系、700系、800系、N700系、200系、E2系、E3系、E4系、E5系、E6系、E7系、W7系
	列車速度	約 200 km/h	最高速度 240~320 km/h (部分 110km/h 以下)
	編組輛數	16 輛	17 輛,16 輛,12 輛,10 輛,8 輛,7 輛,6 輛
	持續時間	7.2 秒 (200km/h, 16 輛運行通過之時間)	約 7~15 秒 (2012 年環境省實測調查結果)
	L _{A,Smax}	80~85 dB 程度	66~75 dB (2012 年環境省實測調查結果)
	L _{Aeq,24h}	59~63 dB (L _{A,Smax} 80 dB、繼續時間 7.2 秒之場合)	41~55 dB (2012 年環境省實測調查結果)

2. 列車速度之推移：現在列車速度 240~320km/h(上野~大宮間除外)，亦較當時 210km/h 增加。

表 3.3.4 列車速度（最高速度）の推移

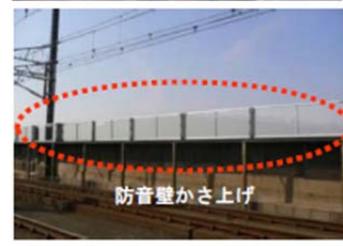
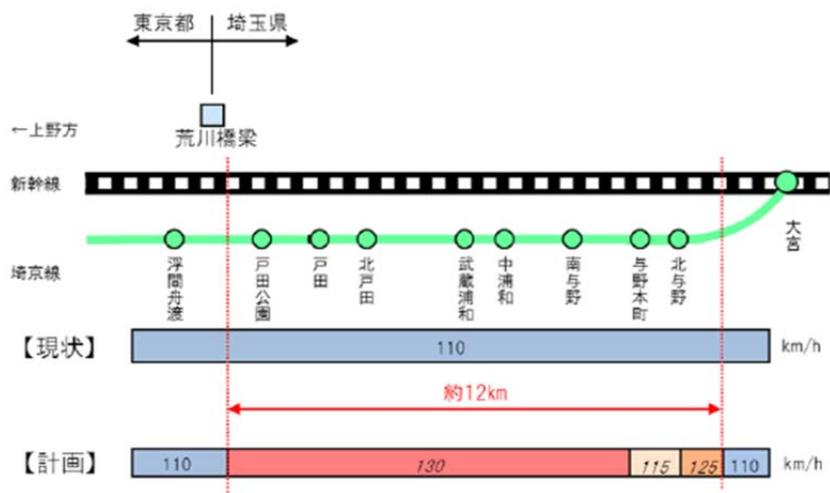
(單位：km/h)

路線名	區間	S39.10	S47.3	S50.3	S57.6	S57.11	S60.3	S61.11	S63.3	H3.6	H4.3	H9.3	H9.10	H14.12	H16.3	H22.12	H23.3	H25.3	H27.
		0系	0系	0系	200系	200系	200系	100系	200系		300系	500系 E2系	E2系	E2系	800系	E2系	E5系 800系 N700系	E5系	N700系 E7系 W7系
東海道	東京~新大阪	210	→	→	→	→	→	220	→	→	270	→	→	→	→	→	→	→	285
山陽	新大阪~岡山		210	→	→	→	→	220	→	→	270	300	→	→	→	→	→	→	→
	岡山~博多			210	→	→	→	220	→	→	270	300	→	→	→	→	→	→	→
東北	東京~上野									110	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	上野~大宮							110	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	大宮~宇都宮				210	→	240	→	→	→	→	→	→	→	→	→	275	→	→
	宇都宮~盛岡				210	→	240	→	→	→	→	275	→	→	→	→	300	320	→
	盛岡~八戸													260	→	→	→	→	→
	八戸~新青森														260	→	→	→	→
上越	大宮~新潟					210	→	→	240	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
北陸	高崎~長野												260	→	→	→	→	→	→
	長野~金沢																		260
九州	博多~新八代																260	→	→
	新八代~鹿児島中央														260	→	→	→	→

出典：「平成 27 年度今後の音環境及び騒音振動規制手法に関する調査検討業務 新幹線鉄道騒音に係る調査報告書」（平成 28 年 3 月、公益社団法人日本騒音制御工学会）

三、東北新幹線上野至大宮間路線之營運速度

1. 速度限制：東北新幹線與上越新幹線是在 1982 年完工通車，不過當年這兩條新幹線，只通車到大宮，而大宮到上野則是在 1985 年通車，至於通車到東京，則到 1991 年了。當年在興建大宮至東京路段時，遭遇到相當棘手的問題，由於上野站附近路線相當擁擠，且行經人口密集的都會區，因此最後只能將新幹線上野站，以地下化方式解決。而大宮至上野路段，則是遭遇到沿線居民的抗議，還導致無法在 1982 年一同完工，最後國鐵與抗議居民團體達成協議，東京至大宮路段列車限制在時速 110 公里，以減少噪音。
2. 提速計畫：JR 東日本為提升服務之目的，縮短上野至大宮間之運行時間，計畫在埼玉縣內最高運轉速度由現行 110km/h 提升至 130km/h。改善工程自 2018 年 5 月下旬起 2 年，將進行噪音對策及地上設備等工程，包含吸音板設置計約 2km、隔音牆加高計約 1km。完工後運行時間將可節省 1 分鐘。



5.7 本章小結

日本鐵道以民營為主，因此任何建設或維護，包含噪音振動之防制，都必須考量鐵道營運公司之財務效益，且綜合考量居民生活品質、乘客之時間成本，而各公司亦因地制宜採用適合之作法。

另即使各項技術提升，然都市因鐵路高架化、設備老化、車速提升、沿線新建住宅等，而使環境更加惡化，受鐵路噪音振動影響之民眾亦增加。

陸、日本沿道、沿線交通噪音問題預防之作法

一、新幹線沿線地域土地利用狀況之變遷

在現行的環境基準中，應在有關行政機關和地方政府的配合下努力減少噪音。“即使採取了全面的措施防止新幹線的鐵路噪音，也將在目標期內達到環境標準。在認為困難的地區，可以通過對房屋的隔音工程來維持與達到環境標準時相同的室內環境。”

此外，在關於「新幹線鉄道騒音に係る環境基準の設定について(答申)」的附帶決議(1975年6月28日，中央公害対策審議會)中，除了加強音源措施、損害防止對策和土地利用管制外，在沿線居民和有關地方政府的理解與合作等情況下，顯示有必要立即考慮制定有關法規或行政措施。

關於損害防止對策，「致力於建設有助於改善環境的可持續運輸系統：最終報告」(2000年9月18日，運輸政策審議會綜合部會環境小委員會)“到1998年底，已經為大約40,000戶實施該計劃”。

關於土地的合理利用，依據新幹線沿線地域的土地利用狀況的變遷(見下圖)，及「新幹線鉄道噪音環境標準(報告)」制定的附帶決議(昭和50年6月28日，中央公害對策審議會)：「地方公共團體決定或更改新幹線沿線地區的土地利用計畫時，有必要考慮為此環境標準之維持達成做出貢獻。」可見實際狀況則是一些土地利用與此考量仍未整合，新幹線沿線持續新建住宅，這些居民即受噪音之干擾。

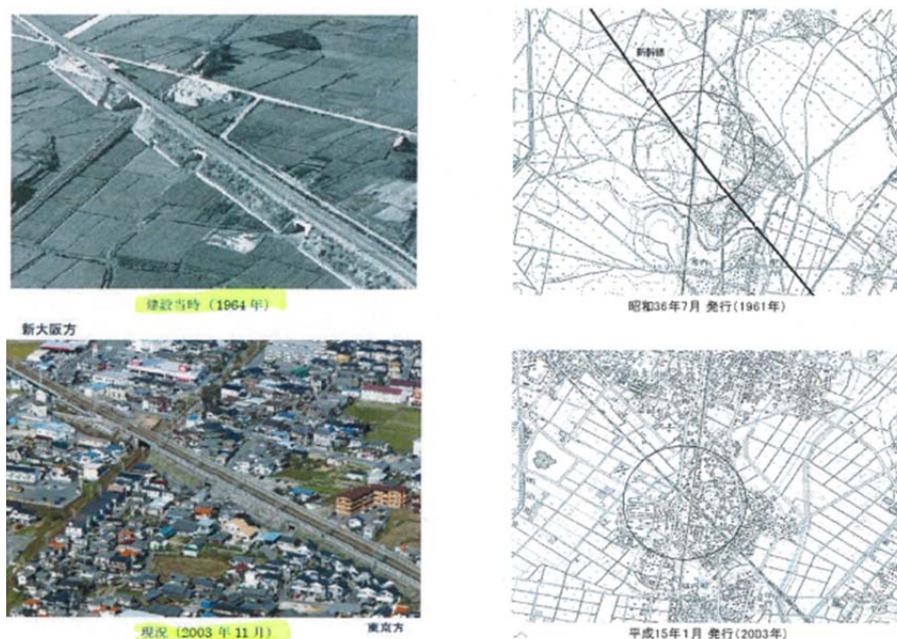


圖 新幹線沿線地域土地利用狀況之變遷(愛知縣安城市古井町附近)

二、「沿道、沿線相關交通噪音問題預先防止指引」(環境省於2017年6月頒布)

(一) 背景

汽車和新幹線等交通引起的噪音(以下簡稱“交通噪音”)，地方政府和企業實施對發生源的對策、環境評價等相關制度，採取了充實而整合的措施，就環境標準的實現狀況而言，總

體趨勢正在緩慢改善中。

另一方面，沿著既有的交通設施，在以前無人居住的地區進行土地開發之新定居者（以下簡稱“後住者”）指出存在與交通噪音有關的問題。

因此，第四次環境基本計畫（由內閣於 2012 年 4 月 27 日決定）指出：為防患未然，交通噪音問題有必要從沿道、沿線地域協調土地之利用“。但是，由於沿道、沿線地區的土地利用相關的各種政策是針對都市的健全和有序發展的，並且需要從各種價值上達成共識，因此有必要預先防止交通噪音問題。然而實際上，在沿道、沿線地區統一使用交通設施和土地使用的政策很少。

（二） 有關部門、有關機關和對策對象者

在本指南中，組織實施沿道、沿線對策的內部部門和外部機關，以及對策的對象，如下圖所示，並給出了在檢討和實施對策時的合作準則。

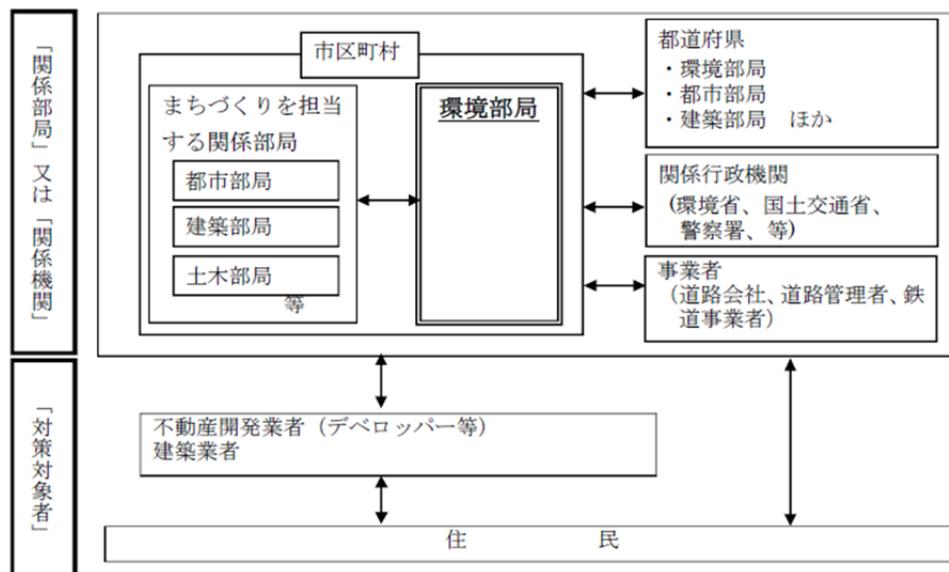


圖 相關部局、機關及對策對象者

在審查和實施沿道、沿線對策時，市町村環保部門應與負責都市規劃的有關部門以及都道府縣等相關行政機構和企業等相關機構進行合作。同時，有必要在採取措施的地方向不動產開發業者、建築業者和住民（以下簡稱“對策對象者”）發布和傳播信息。

在合作中，除了遵守相關法律法規的規定（請參閱第 2 章（4）1）和 2))外，還沒有特別定義的程序（地方政府內部的事務程序等）。在充分理解沿道、沿線措施的意義（見第二章（2））後，從有助於預防或減輕交通噪音問題的角度出發，以充分利用環境部門的意見，使制度完善。

（三） 目標交通設施

這些準則涵蓋的運輸設施如下：

1. 道路

它是“承載主要交通的道路”的路邊（下面的 A.和 B.）。

A· 《道路法》第 3 條所定義的高速公路國道、一般國道、都道府縣道及市區村道路（市區村道路以設有 4 車道以上的路段為限）

B・除前款所列道路外，它是《都市計畫法施行規則》第7條第1項第1款所定義的普通高速公路，並且是汽車專用道路。

2. 鐵道

通常指“新幹線鐵道”之沿線。

但是，如果可將“在來鐵道”納入會更好。“在來鐵道”是一般的鐵路（普通鐵道），了單軌鐵道和新交通系統除外，而已興建之新幹線鐵道直通線（迷你新幹線）（山形新幹線和秋田新幹線）應包括在“在來鐵道”中。

（四）沿道、沿線對策的種類和內容

從預防交通噪聲問題的角度出發，在未來的城市發展中可能會採取本指南中的“沿道、沿線對策”，以協調交通設施和沿道、沿線區域的土地使用。需要以下措施。

1. “體制整備”為切入點：通過聯絡會議為以建立以下措施之制度

2. 具體措施如下3項。

a. “交通噪音資訊之活用”：宣傳傳播交通噪音資訊，根據該資訊設置對策對象範圍等。

b. “土地使用對策”：都市計畫之手法，以協調交通設施沿道及沿線地區的土地利用，並規劃開發緩衝帶（如公園和綠地）

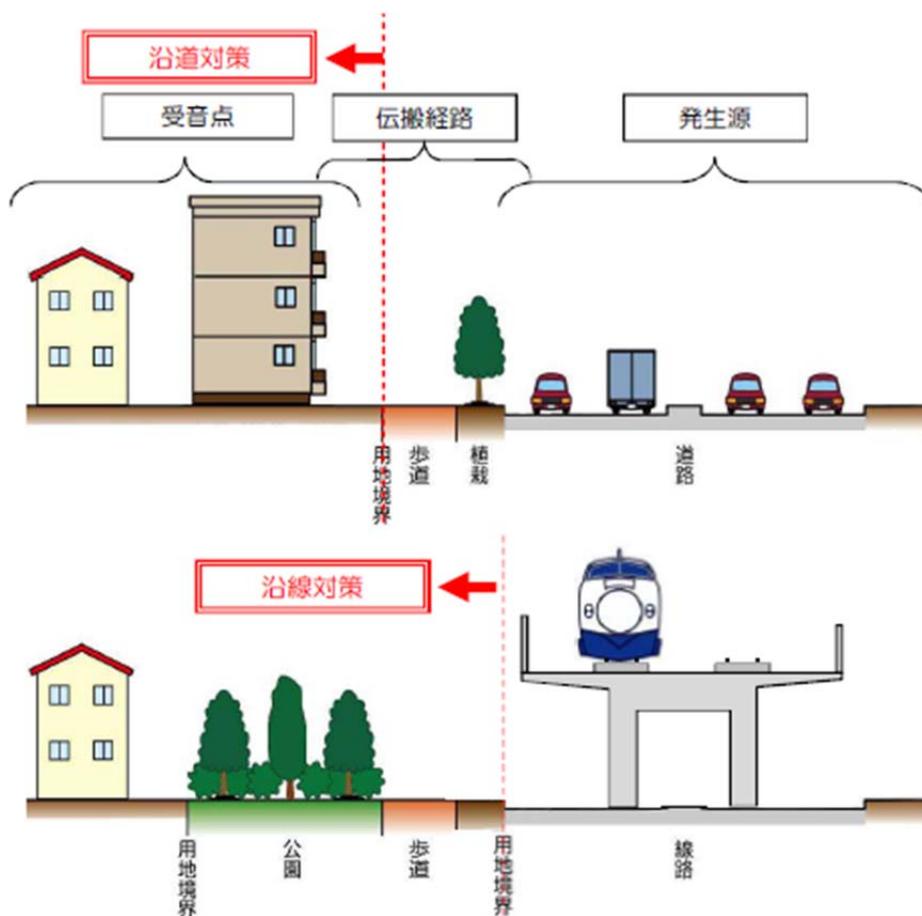
c. “住宅對策”：各種引導建造高隔音性能房屋的措施

沿道、沿線對策一覽表

沿道・沿線對策の選択肢		備考
「體制整備」	a. 「交通騒音情報の活用」	環境部局と関係部局や関係機関との適切な役割分担（第3章で詳述）の下、交通施設の整備段階 [*] も考慮し、適切な沿道・沿線対策メニューを取捨選択して、連携・協働して取り組むことが重要である。 ※例えば、以下の通り。 ・計画：構想段階～工事着手前 ・整備：工事着手後～施設供用前 ・供用：施設供用後
	・交通騒音情報の公表・周知 ・対策対象範囲の設定	
	b. 「土地利用対策」	
	・マスタープランへの記載 ・用途地域の指定・変更 ・地区計画、沿道地区計画の設定 ・公園・緑地等緩衝帯の計画的整備 （地方公共団体、又は 不動産開発業者）	
c. 「住宅対策」		
	・住宅の防音対策 ・入居者への事前説明 ・ラベリングによる優良住宅の明示	

（五）定位

交通噪音對策要注意聲音的傳播過程，汽車、鐵路車輛，交通設施等“音源”，從交通設施到住宅的“傳播路徑”，以及暴露交通噪音的住宅室內外“受音點”。相關單位都採取了各種類別的措施。



* 上図は交通騒音の伝搬過程をもとに沿道・沿線対策範囲を図示したものであり、対策実施者を示したものではありません

本指引適相關範圍概念圖

如上所述，沿道・沿線對策主要是“傳播路徑”和“受音點”的努力，但由於它們是交通設施所在地之外的措施，係由地方政府主導（環境部門與相關負責部門的協同合作），故很難實施，這方面的案例還很少。

因此，過去一直在關注的交通噪音，可能會隨著社會和經濟趨勢而變化的交通條件（交通量、大型車混入率、列車運行班數等），而隨之變化。本指引除了從源頭上採取對策外，還期望在沿道・沿線積極推展對策。

（六） 採用本指引時應注意之事項

1. 相關法令

在審查和實施路邊和路邊對策時，請充分了解以下法令、告示技術建議等，並與有關社區發展的主管部門合作。

①與環境相關

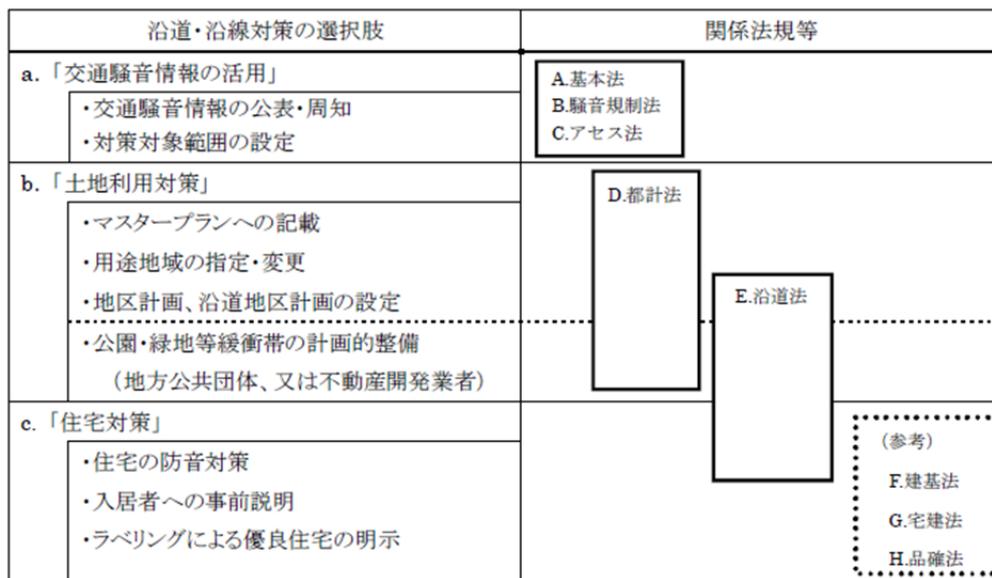
A.基本環境法

- 與噪音有關的環境基準
- 與新幹線鐵道噪音有關的環境基準

B.噪音規制法

- C.環境影響評價法
- ②與社區發展相關
- D.都市計畫法
 - ・都市計畫運用指針
- E.幹線道路沿道建設之相關法律
- F.（參考）建築基準法
- G.（參考）宅地建物取引業法
- H.（參考）住宅品質確保之促進相關法律

沿道、沿線對策與相關法令之關係圖



2. 環境基準與屋內指針値之差異-以新幹線為例

“新幹線鐵道噪音環境基準” 並未設定屋內指針值。但若綜合的音源對策也難以達到環境基準時，則應採用屬損害防止對策之隔音工事對策。如果屋外噪音位準為 80 dB 以上且小於 85 dB，則該噪音位準減去 25 dB；同樣地，如果屋外噪音位準為 85 dB 以上且小於 90 dB，則該噪音位準減去 30 dB，即為屋內噪音位準之參考值。

註：根據《新幹線噪音對策要綱》（1976 年 3 月），受損害防止對策的對象，係於 1976 年 3 月 9 日或新幹線開始營業之日至現在之建築物。

（七） 沿道、沿線對策之指針

本指引介紹了期望環境部門負責人針對每種方法執行的目標和具體的指針，並敘述方法步驟、應注意事項及先進的方法實例。其架構如下圖所示



各項對策之關係圖

有關對策對象範圍之設定，案例如下表所示

對策案例(對象範圍之設定)

No	對策	對象	對策範圍	団体名	根拠法令等
1	緩衝帯	沿道	特定の路線 10m 以内	八尾市	八尾市公害防止条例
2	防音性能	沿道	特定の路線 0m~50m 以内	神戸市	神戸市民の健康の保持及び良好な生活環境の確保のための自動車の運行等に関する条例
3			特定の路線 30m 以内	中野区	中野区環七沿道地区計画地区内における建物の制限に関する条例
4			特定の路線 10m~60m 以内	尼崎市	尼崎市の環境をまもる条例
5			特定の路線 50m 以内	横浜市	集合住宅等の防音対策指導書
6			幹線道路に面する地域 要領に定める「大規模建築物」に該当する全ての住居	大阪市	大規模建築物の建設計画の事前協議に関する取扱要領の規定に基づく騒音・大気汚染等に係る居住環境の保全基準
7		沿線	特定の鉄道 50m 以内	横浜市	集合住宅等の防音対策指導書
8		鉄道路線 50m 以内 要領に定める「大規模建築物」に該当する全ての住居	大阪市	大規模建築物の建設計画の事前協議に関する取扱要領の規定に基づく騒音・大気汚染等に係る居住環境の保全基準	

三、本章小結

交通建設可帶動社會、經濟發展，而提升人民生活水準。然而社經發展之後，居民(尤其是後住者)又對繁忙的交通系統產生之噪音振動等感到煩燥。鑑於交通噪音發生源對策耗費財力且成效仍有限，尚需從傳播途徑及受音點協同努力，方可達成環境基準值。爰日本國土交通省乃頒布本指引，以供中央行政機關(環境省、國土交通省、警察署等)、地方政府(環境部局、都市部局、建築部局)、事業者(道路會社、道路管理者、鐵道事業者)、市區町村(環境部局、都市部局、土木部局等)、不動產開發業者與建築業者、住民等，有所遵循，達成環境改善之目標。

柒、心得及建議

一、心得

- (一) 我國與鐵路噪音相關法規包含：噪音管制法、陸上運輸系統噪音管制標準。然我國目前與振動有關之規定僅有環檢所 94 年 5 月公告之「環境振動量測方法」，並未有環境振動管制標準。實務上，鐵路噪音主要參考日本及 ISO 2631 之規定，惟原則上不具強制性，仍有待訂定標準。
- (二) 近年一般鐵路、高速鐵路、捷運系統之土建、結構、軌道等噪音振動模擬及防制技術，已逐漸累積經驗。惟因外在環境、速度提升、技術限制之問題，仍面臨瓶頸致持續有民眾陳情。
- (三) 日本於 1975 年公告新幹線鐵道噪音之環境基準，基準值採用慢特性最大音量為基準，要求第 1 類區域(住宅區)不超過 70 dB(A)，第 2 類區域(工商業區)不超過 75dB(A)，且訂定分階段達成目標之期間。另環境廳 1995 公告一般鐵路環境基準，對於新建或大改建之鐵道規定噪音基準；對已營運中之鐵道並無基準，須達到改善後具減音成效。至鐵道振動管制標準，係環境廳 1976 年公告「新幹線鐵道振動之指針值」。其立法、標準值評估過程，可供我國參考。
- (四) 日本最早鐵道已營運近 150 年，因應民眾環保意識抬頭及列車速度提升，噪音振動之問題屢有陳情。以新幹線為例，至 2016 年全國統計結果，環境基準達成率僅 50.1%。可見噪音管制面臨內外條件限制，需逐步改善，並非一蹴可及。
- (五) 日本鐵道綜合技術研究所有關噪音振動之研究涉及諸多部門，鐵道系統內即包含集電系統、車輛、轉向架、軌道、土建等之構造及材料，且分工細密、研究深入，常與鐵道產業合作解決實際問題，爰理論與實務兼具，相關研究成果多於日文或英文期刊發表。其運作模式值得我國參考。
- (六) 日本鐵道以民營為主，相關產業自主成熟，與我國背景存在差異。而面對噪音振動問題時，除工程技術之精進外，亦著重財務可行性，而採取經濟有效之作法。而法令之制定亦採務實、漸進之方式，以免造成營運公司過大財務負擔而影響鐵道公共運輸之功能。
- (七) 日本除鐵道興建及營運單位採音源削減對策、損害防止對策外，環境省亦頒布沿道、沿線噪音預防對策之指引。可供地方政府、鐵道公司、建築商及民眾遵循，共同預防或減緩鐵道沿線噪音振動對民眾之影響。

二、建議

- (一) 本次赴日本研究，除國土交通省鐵道局、鐵道綜合技術研究所等官方協助行程安排外，許多鐵道專家在民間機構、社團，本次國外研究計畫給予諸多協助，值得建立交流管道。為利我國鐵道相關技術提升，建議持續與國外產官學研保持密切交流。
- (二) 本次參訪鐵路包含營運中(東海道新幹線、筑波快線、東武鐵道)及興建中(中央新幹線、北陸新幹線)之鐵道，其相關作法值得借鏡。且已營運路線之低噪音振動工法及材料改善經驗可回饋至未來路線之設計，以節省成本並減少民眾陳情。
- (三) 目前國內土建、軌道之設計施工已投入噪音振動之改善，為利整體防制效果，有

必要提升車輛之噪音振動防制性能，建議未來各鐵道系統新購車輛及列車維修時，納入外部噪音量檢測要求，或將噪音振動之減緩性能納入採購評比項目，並逐步提升標準。

(四) 日本之整體鐵道噪音防制包含路權範圍內噪音源削減對策、損害防止對策及路權範圍外噪音傳播途徑與受音點損害防止對策。為利預先減少噪音對沿線居民之影響，除路權內鐵道系統之噪音防制作為外，建議環保、都市計畫及建築主管機關可參考日本之作法，考量將鐵道沿線噪音防制規定納入相關法規或制定規範、指引之可行性，供地方政府、鐵道公司、建築商及民眾遵循，以利因地制宜採土地利用、建築管制等對策，共同預防或減緩鐵道沿線噪音振動對民眾之影響。

(五) 鐵道局目前正依交通部指示辦理「軌道系統噪音與振動評估及防制規範訂定計畫」中，已邀請環保署、鐵道興建及營運單位、設計及施工廠商提供意見，獲初步共識並辦理說明會。鐵道局將依程序報核，因涉及跨部門合作，建請相關單位盡力協助，以利爾後各鐵道系統之遵循。

附錄 1 觀摩行程紀錄

1.1 國土交通省鐵道局

一、參訪時間：108 年 7 月 26 日 10：00

二、接待人員：國際課- 古橋 隆昭主查



三、業務簡介

(一) 鐵道高速化：日本正在促進新幹線的建設並加快在來線的高速化，並正在開發用於超電導磁懸浮鐵道（リニアモーターカー）和軌距可變電車的實用化技術。



超電導磁懸浮電車



軌距可變電車

(二) 都市鐵道建設：為了增強都市地區鐵路網絡的運輸能力，正促進新線建設和複複線化等措施。此外，正著手推展都市地鐵和輕軌（LRT），以減緩道路交通擁塞並解決環境問題。

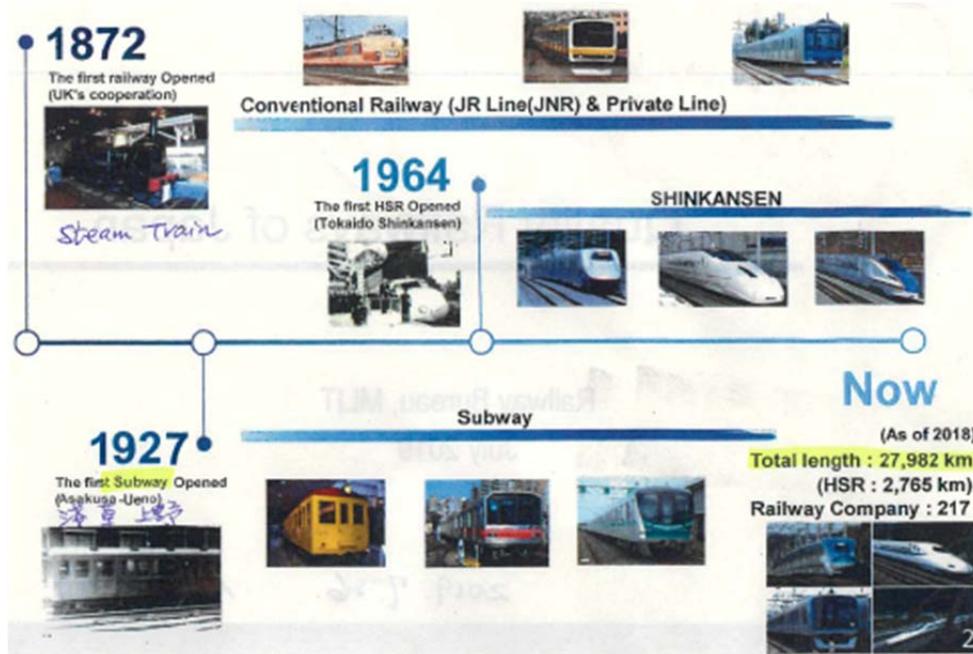


路面電車

(三) 改善使用者便利性並促進行動不便人士的使用：已經採取了各種支持措施，以提高鐵道車站轉乘的便利性（無縫化），並設置電梯和電扶梯等無障礙設施。

四、參訪主要內容

(一) 日本鐵道之歷史



(二) 新幹線

1. 現有新幹線路網：

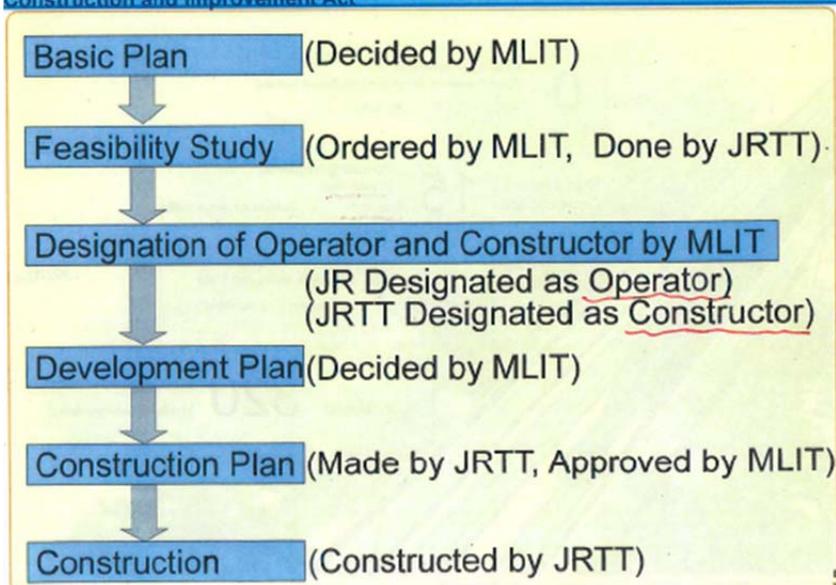
Overview of the Shinkansen Network in Japan



2. 新幹線建設作業流程：依「全國新幹線整備法」辦理

Nationwide Shinkansen Railways Construction and Improvement Act

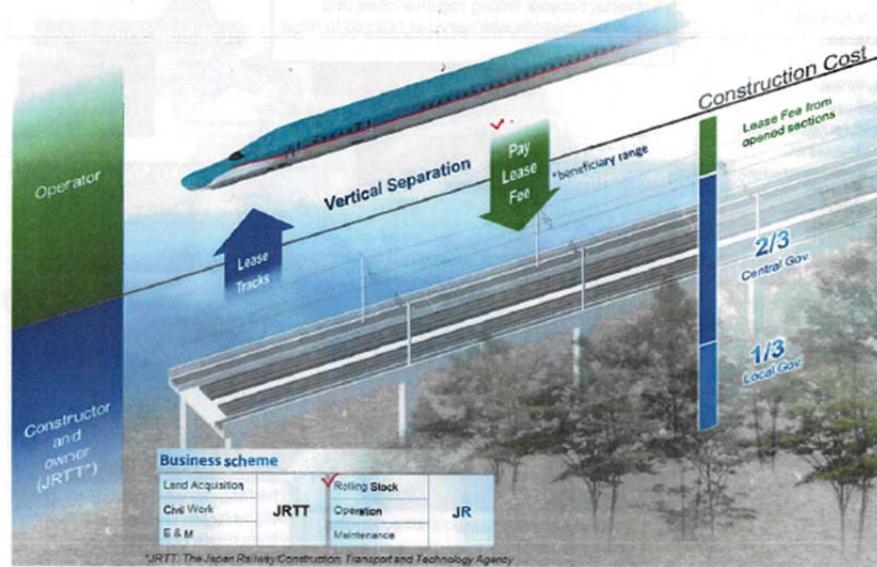
全國新幹線整備法



3. JR 公司與 JRJT 上下分離之運作模式：

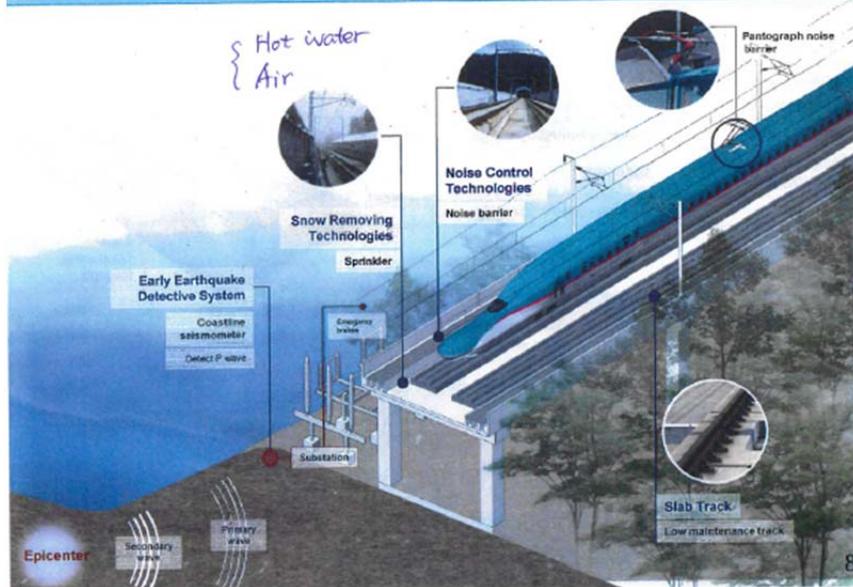
Shinkansen construction scheme

Operator doesn't shoulder burden of construction cost ⇒ Sustainable Operation



4. 技術之推進

Advanced SHINKANSEN Technologies

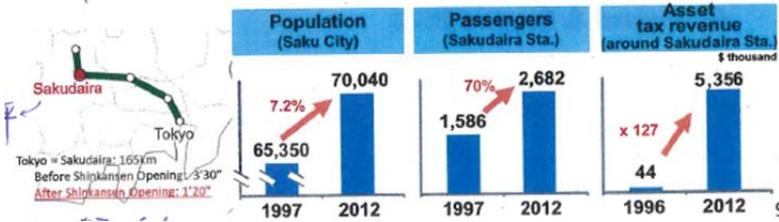


5. 帶動區域之發展

Before(1997)



After(2012)

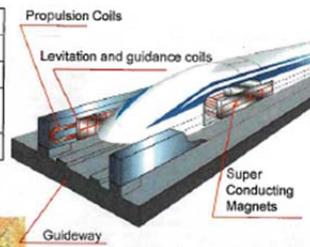


6. 中央新幹線

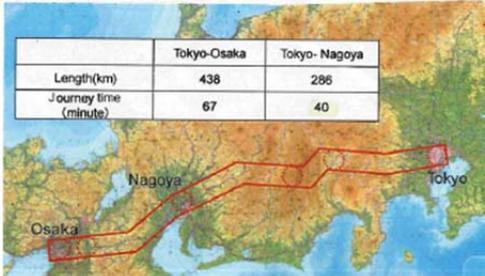
Super conducting Maglev System

Project Outline

Constructor & Operator	JR Central
Planned Route	Tokyo ~ Nagoya ~ Osaka
Mode of Maglev	Super-conducting Maglev System
Designed Running Speed(Max)	505 km/h
Opening	2027(Nagoya), 2045(Osaka)



Project Area

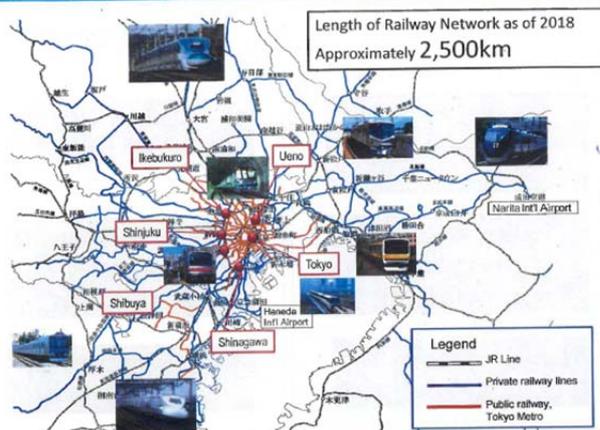


Experimental Train © JR central at Test Track

(三) 東京鐵道建設歷程

1. 東京地區鐵道網

Railway Network in Tokyo area



2. 公私部門合作

Role Sharing between Public and Private Sector



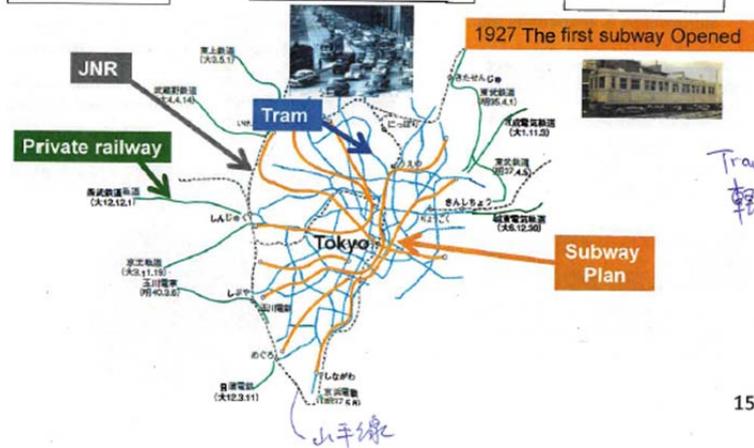
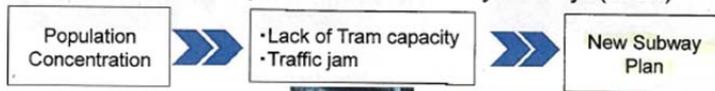
←通常視
是否有利
自行決定
順序

3. 都市鐵道主計畫

Urban Railway Master Plan(Tokyo)



1920~ 1st Master plan of Urban railway in Tokyo(1920)



15

Urban Railway Master Plan(Tokyo)



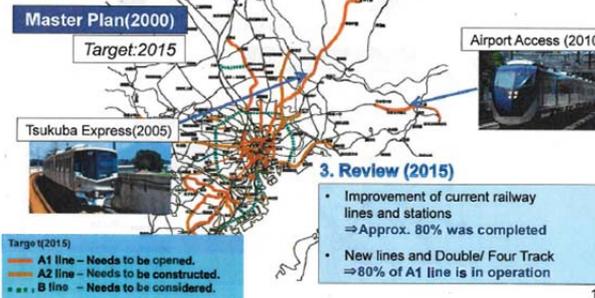
2000 ~

1. Main issues

- (1) Congestion (2) Travel Speed
- (3) Cooperation with city development
- (4) Seamless Service (5) Access to HSR station & Airport (6) Barrier Free

2. Measures

- Improvement of current railway stations
- New lines and Double/ Four Tracks etc. ⇒ Priority for the lines



18

4. 未來願景

Overview of Railway Master Plan (2016)

Future vision (Target: 2030)

1. International competitiveness	4. Enhance station value
2. Quality of Life	5. Safety & Reliability
3. Coordination with city development	6. Visible measures against disaster

Projects & measures

1. Enhancing HSR & Airport access etc.
2. Measures against congestion etc.
3. Seamless transport etc.
4. Universal design etc.
5. Measures against delay etc.
6. Measures against disaster etc.

Projects to achieve the future vision

- Project for enhancing international competitiveness: 8 Projects
- Project for regional development : 16 Projects
- Project for station development : 8 Projects

e.g. Extension to Tokyo water front city

- Project for international competitiveness of Tokyo
- Project for the regional development
- Project for station development

(四) 迎向 2020 :

1. 2020 年東京奧運及殘障奧運，東京都市鐵道網預期將需容納大量之訪客。

Tokyo 2020 and Urban Railway

- Urban railway network in Tokyo is expected to play a huge role in accommodating huge number of visitors for the Tokyo 2020 Olympic and Paralympic Games.

● : represents Stadiums, Arenas and other venues for 2020 Games

2. 近年來外國遊客至日本之人數快速增加，2018 年已達 3000 萬人，政府預訂 2030 達 4000 萬人，2040 年達 6000 萬人。約 57% 之旅客拜訪關東地區。
3. 未來將致力於建構無障礙環境及採用通用設計，以服務廣大乘客。

1.2 國土交通省都市局

一、參訪時間：108 年 7 月 26 日 14：00

二、接待人員：街路交通施設課- 関澤 貴史係長



三、業務簡介

(一) 魅力與活力都市之再生

1. 為了維持我們的生活，活動和交流並恢復日本經濟的活力，必須穩步改善 90% 人口居住的城市基礎並提高其質量。尤其是在當今全球化時代，世界各地的城市都在競爭的吸引力和功能，以吸引來自世界各地的遊客，金融企業和公司。
2. 在解決城市問題並積極利用私營部門的才智，文化和歷史的同時，創造良好的城市環境，改善和創造其吸引力，並為地震，洪水等做準備。正在採取措施促進舒適美麗的城市的復興。還將促進針對全球暖化和城市熱島的措施。

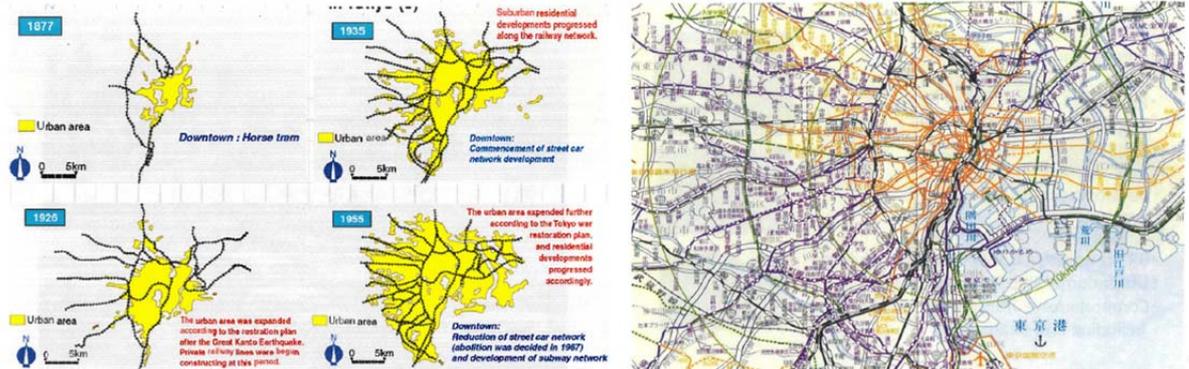
(二) 多樣性與獨特的社區和社區發展

1. 在人口減少的日本，要求每個地區發展自己的人力資源，自然，文化等，並為居住和來訪的人們創建一個舒適的社區。
2. 因此，我們正在實施一個系統，以支持當地社區獨立思考和採取行動。特別是，我們正在建立公共與私人合作的系統，以便居民，公司和 NPO 可以積極參與社區發展和社區發展，以應對近年來人們日益多樣化的需求。

四、參訪主要內容：連續立體交差事業

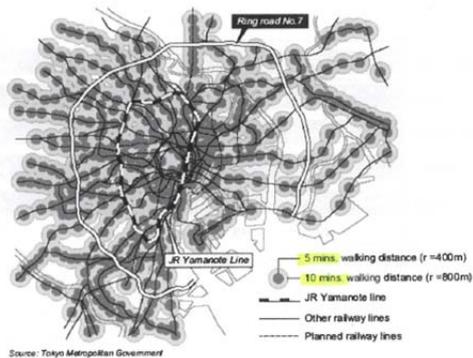
(一) 東京都地區之 TOD 案例研究：

1. 1923 年關東大地震；明治時代的街道，開始都市化；1945 年戰爭之破壞；1960 年代市中心交通擁塞
2. 1950s~1980s 鐵道網之發展：面臨人口成長、車輛增加、列車擁塞等問題，需減緩鐵道、道路擁塞，以尋求都市成長。
3. 擴張都市地區鐵道網之發展



4. 車站 5 分鐘步行可及區及運輸工具之組成

Zone accessible in 5 minutes walk from station



Breakdown of transportation modes

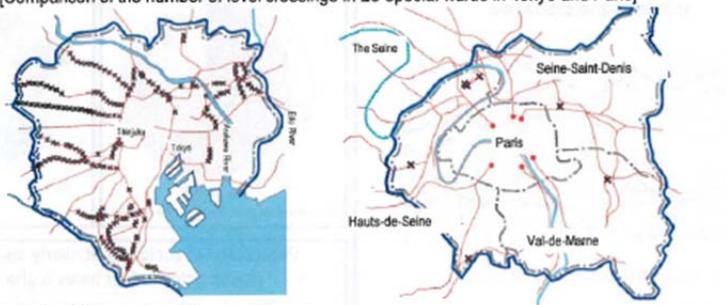


(二) 現行平交道狀況：東京 23 區與巴黎面積相當，平交道數量卻是 90 倍。平交道阻隔造成時間損失及意外事故之發生

Current Provision of Level Crossings

-The number of level crossings in the 23 special wards in Tokyo is 90 times those in Paris.

[Comparison of the number of level crossings in 23 special wards in Tokyo and Paris]

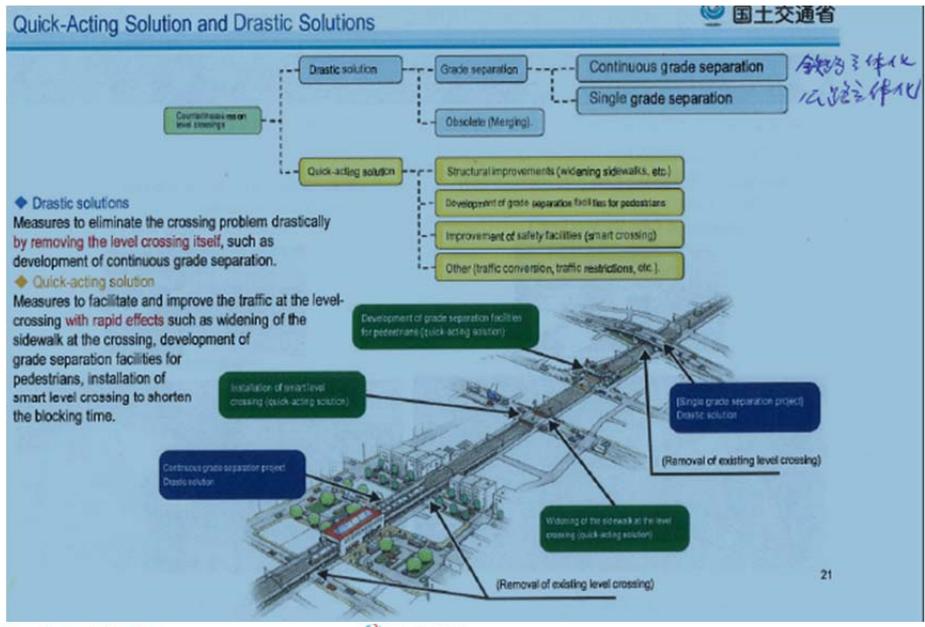


[Comparison of the number of level crossings in 23 special wards in Tokyo and major overseas cities]

City	Tokyo 23 wards	New York	London	Berlin	Paris*	Seoul
Level crossings	620	48	13	46	7	16
Population (10,000's)	914	841	831	338	225	1,001
Area (km ²)	623	1,214	1,572	892	620	605

Source: 23 special wards in Tokyo: Railway Bureau of MLIT, Survey on Level Crossing 2014, Survey on Level Crossing Research, Tokyo Metropolitan Government Website (as of the end of FY 2014)

Source: Data from the Council for Social Infrastructure Development



Quick-acting Solution Case Studies

● Widening of the sidewalks at the level crossing

*To secure the safety of pedestrians and bicycles, we established or widened the sidewalks at the crossing section

[Case Study] JR Tohoku Line (Utsunomiya line) Daini Oshu Kaido crossing (Utsunomiya City, Tochigi Pref.)

[Case Study] Kintetsu Kyoto Line Terada No.1 crossing (Jojo City, Kyoto Pref.)

Handwritten notes: 人行道改善 (Sidewalk improvement), 人車分道 (Pedestrian and vehicle separation)

Drastic Solution Case Study

● Single grade separation project

One of the drastic solutions. Remove the level crossing and develop an over- or underpass aiming to eliminate traffic jams and crossing accidents.

[Case Study] (Urban planning) Tsutsui-Kokura Line (Kasuga City, Fukuoka Pref.)

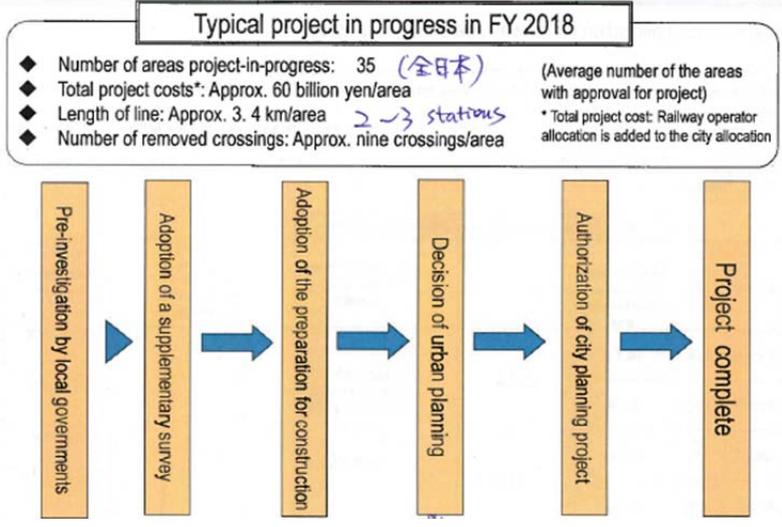
[Case Study] (Urban planning) Mihama-Nagasaki Line (Chiba City, Chiba Pref.)

Handwritten notes: 公路高架 (Elevated road), 公路地下 (Underground road)

(三) 連續立體交差事業之施行

1. 程序:

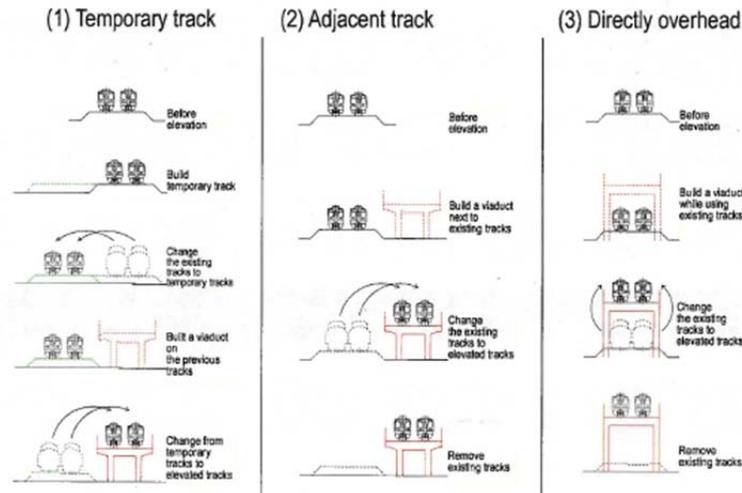
Proceeding with a Continuous Multi-level Crossing Projects



- 施作方式(3種)：施作臨時軌，再於原軌處高架化；於原路線旁施作高架橋，再將軌道切換至橋上；直接於現有軌上方施作高架橋，再將軌道切換至橋上。

Construction Methods of Continuous Multi-level Crossing Projects

○ Construction methods of elevated track



31

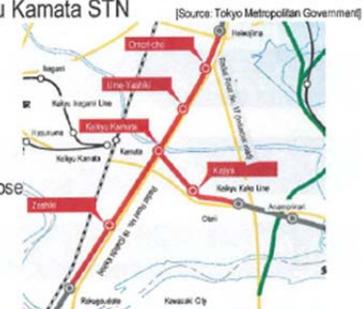
* Other method is Underground Track

3. 近期鐵道高架案例

Recent Typical Elevated Track Effects

■ Continuous Grade Separation Project at Keikyu Kamata STN

- Business entity: Tokyo Metropolitan Government
- Project section: Keikyu Main Line (Heiwajima STN - Rokugodote STN)
Keikyu Kuko Line (Keikyu Kamata STN - Otorii STN)
- Length of line: Approximately 6.0 km
- Number of removed crossings: 28 (11 nearly always-close)
- Total project costs: Approx. 200.9 billion yen
- Project period: FY 2000 to FY 2016
- Sep. 2010 Ring Road No.8 elevation was started
- Oct. 2012 Completed



Removed the level crossing at Daiichi Kaihin

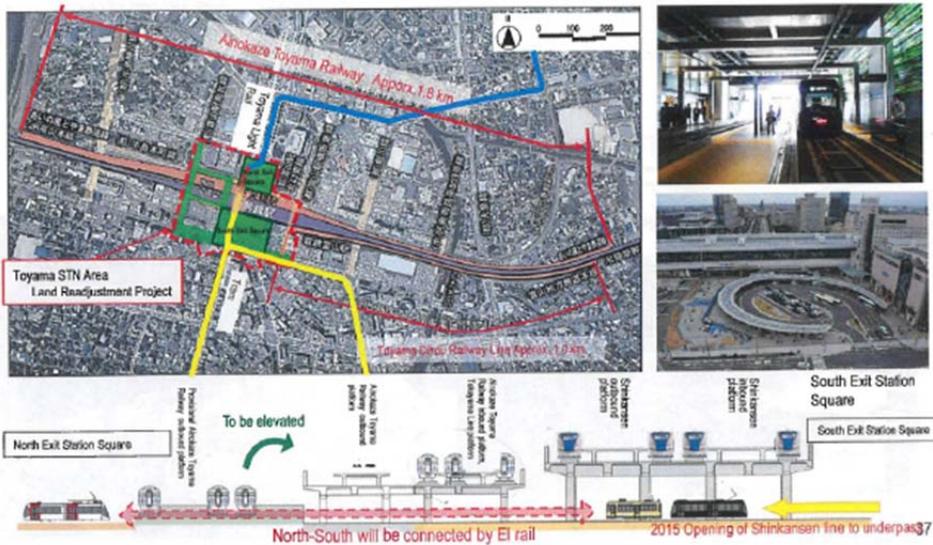
(四) 連續立體交差事業之問題與對策：

- 問題：連續立體交差計畫有消除平交道事故、交通擁塞及使鐵道阻隔市區再生之效益。然而，亦面臨經費龐大、土地取得時程長、公共工程計畫減少之議題。
- 對策：採用新工法以減少經費、工期及土地取得時程；早期效益之顯現，如分段通車、分階段發展；創造附加效益，如啟動社區發展、增進鐵道便利性及改善站區之公共運輸。
- 以富山站區為例，透過鐵道高架化而將南、北端之地面 LRT 連接，以增強車站公共運輸之功能。

Continuous Grade Separation Project at Toyama STN area

富山市

Formed the LRT network by connecting the tram to the north and south under the EI rail at Toyama STN.



建設中

(五) 討論事項

1. 目前日本政府是否會積極推動鐵路立體化建設?

A: 推動鐵道相關建設是政府之重要工作，然因建設經費有限，人口減少等因素，雖各地方提出許多需求，國土交通省仍將審慎檢視各方案之必要性。

1.3 鐵道・運輸機構(JRTT)

一、參訪時間：108 年 7 月 24 日

二、接待人員：國土交通省- 加藤愛弓

國際部- 安藤 由美子係長

新幹線部- 須澤 浩之課長補佐、生越 亮



國土交通省 加藤愛弓、JRTT 安藤係長、生越 亮、須澤 浩之課長補佐

三、業務簡介

(一) 沿革：2003 年 10 月 1 日，日本鐵路建設公司和運輸設施開發公司合併成立獨立行政法人鐵道建設・運輸設施整備支援機構（鐵路運輸機構）。目的是通過支持建設和補貼以促進鐵路運營商和海上運輸運營商發展運輸設施，建立大眾運輸系統。



(二) 主要業務：

1. 鐵道之建設：新幹線等鐵道設施的建設與貸款
2. 船舶共有建造：與海運事業者協同船舶建造及技術支援

3. 地域公共交通出資：投資於再構築可持續的區域公共交通網絡等之事業
 4. 鐵道之助成：向進行鐵路設施維護的鐵路運營商提供補貼
 5. 國鐵清算事業：支付舊國鐵職員之年金給付等所需之支出
- (三) 鐵道建設業務：為了促進日本鐵路網絡的發展，本組織正在建設新幹線，形成陸路交通和城市鐵路的軸心，以提高城市地區的便利性。另亦進行與鐵路維護相關的各種調查。

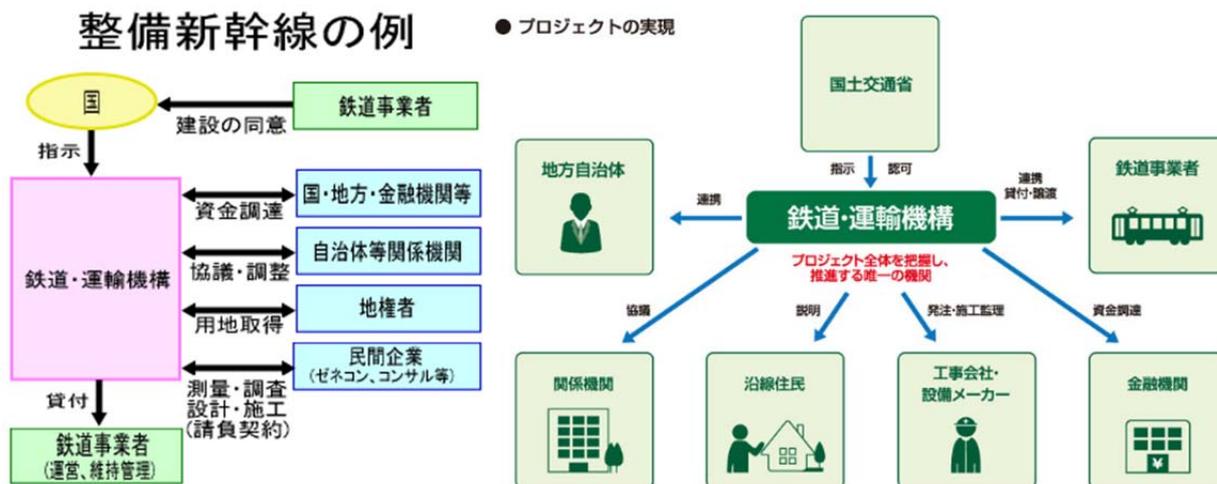


圖 鐵道運輸機構所扮演之角色

四、參訪主要內容

- (一) 新幹線建設之架構：
1. 鐵路運輸機構於 2003 年 10 月 1 日成立
 2. 國鐵時代，國鐵需自行負擔建設費及新幹線之建設(東海道、山陽、東北、上越新幹線)；1987 年國鐵民營化後，新幹線之建設為上下分離之考量方式，即建設主體(JRTT)負責新幹線設施之建設，國家與地方公共團體建設費之負擔，而營業主體(JR)則為支付貸款費用及新幹線之營業等。

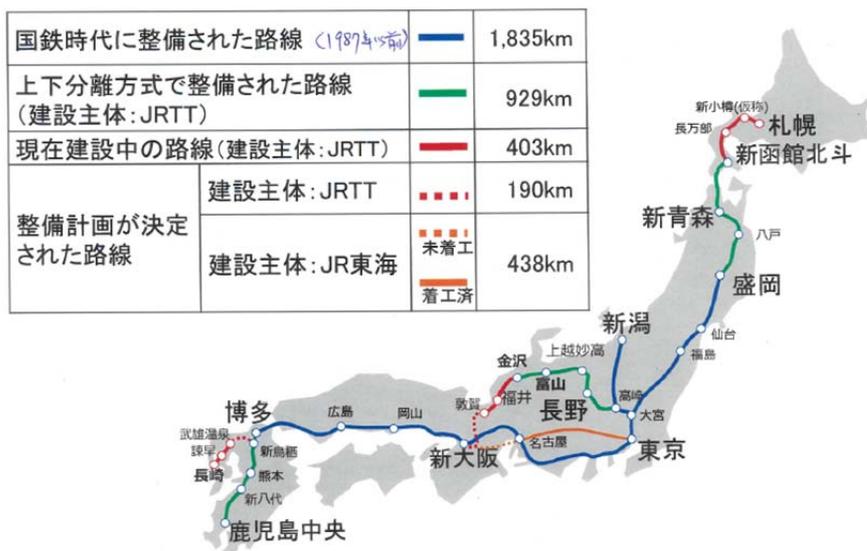
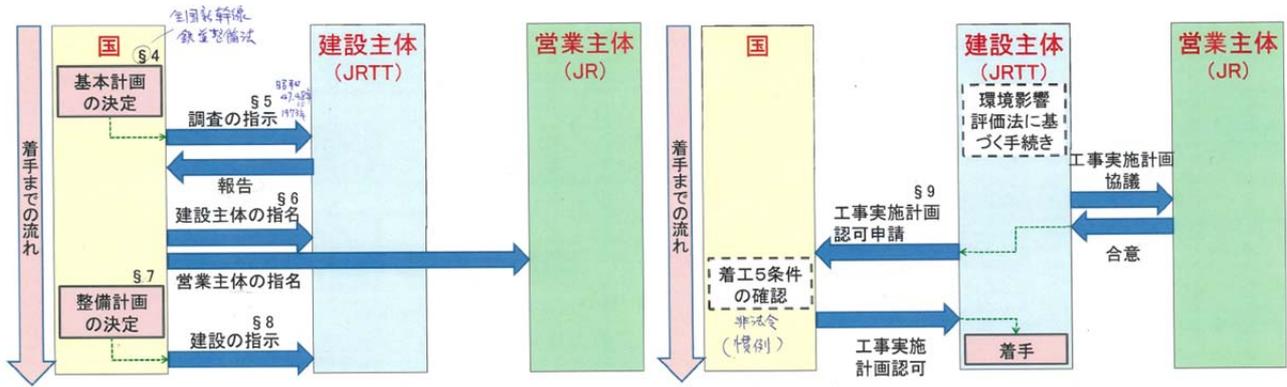
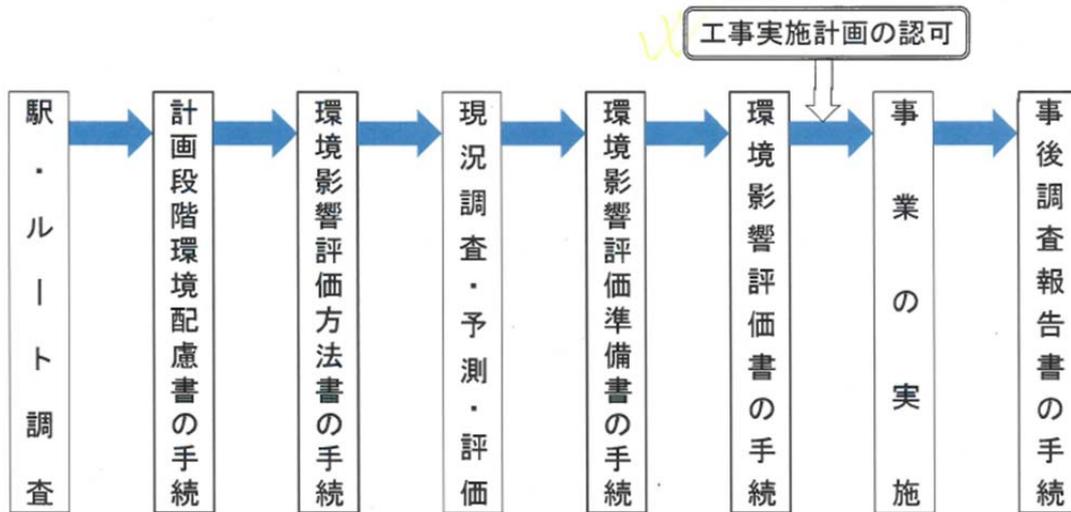


圖 日本全國新幹線鐵道網圖

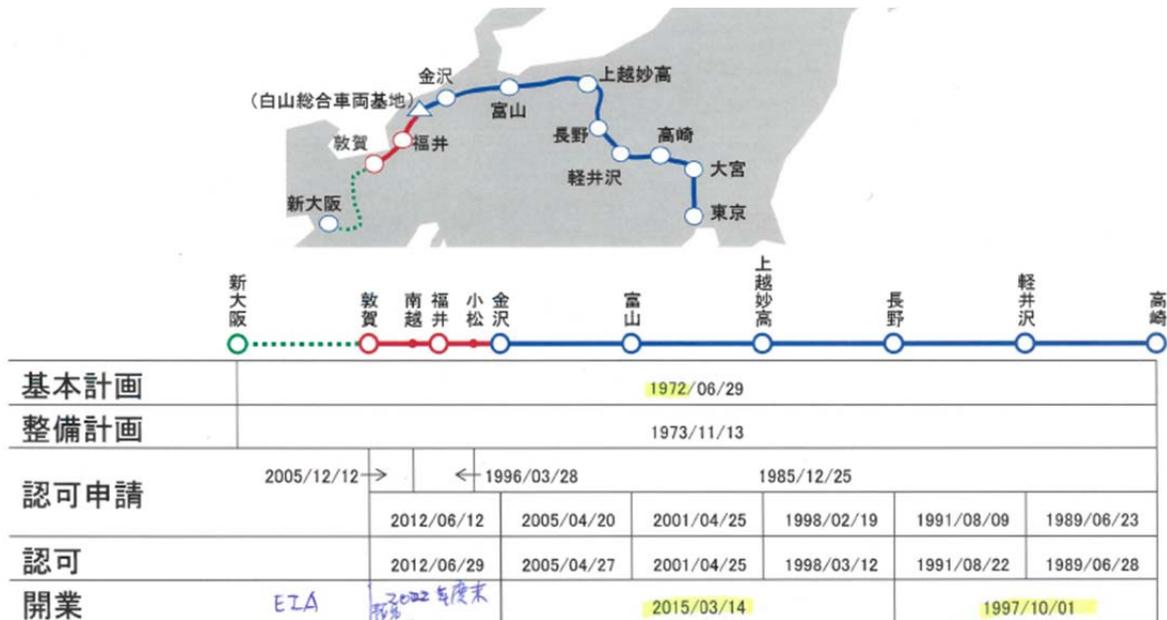
3. 新幹線建設之流程：依全國新幹線鐵道整備法規定，彙整如下



4. 環境影響評價法之基本流程：



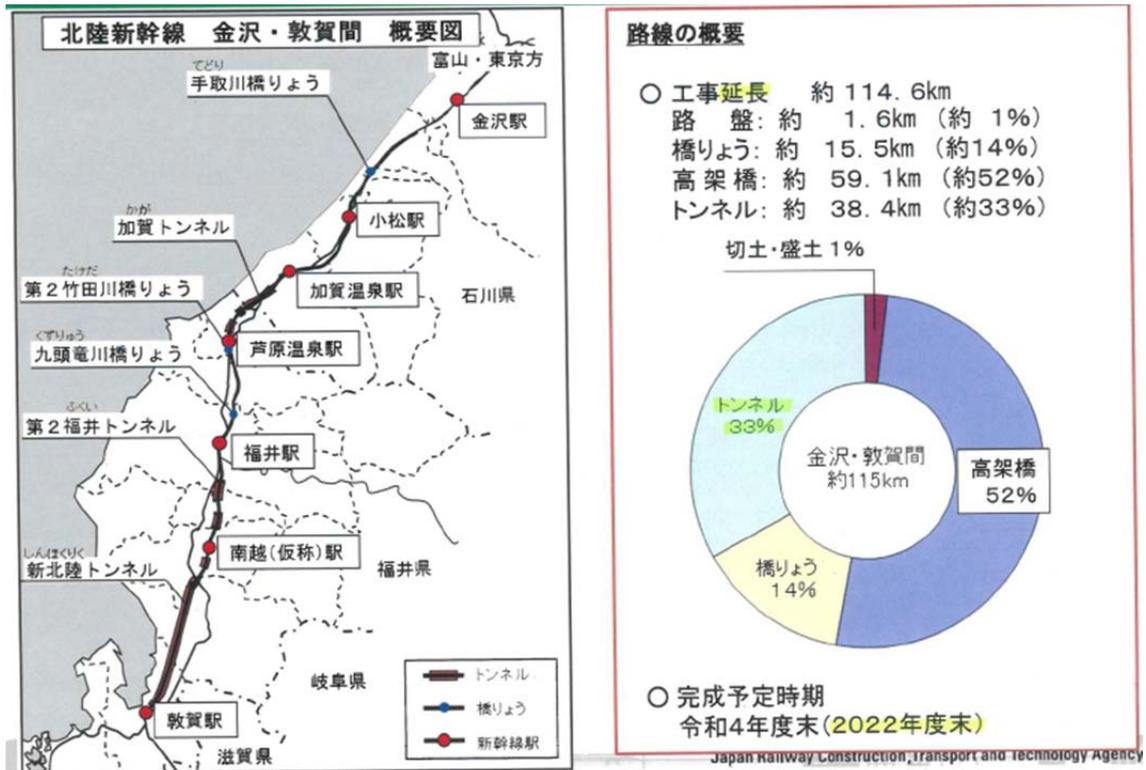
5. 新幹線建設之過程：以北陸新幹線為例，係採逐步辦理工事實施計畫申請，並分段通車。



※福井駅部は、2005/04/20認可申請、2005/04/27認可、2009/02/19工事完了

- (二) 整備新幹線之建設財源：(略)
- (三) 北陸新幹線(金澤・敦賀間)之建設狀況

1. 路線概要



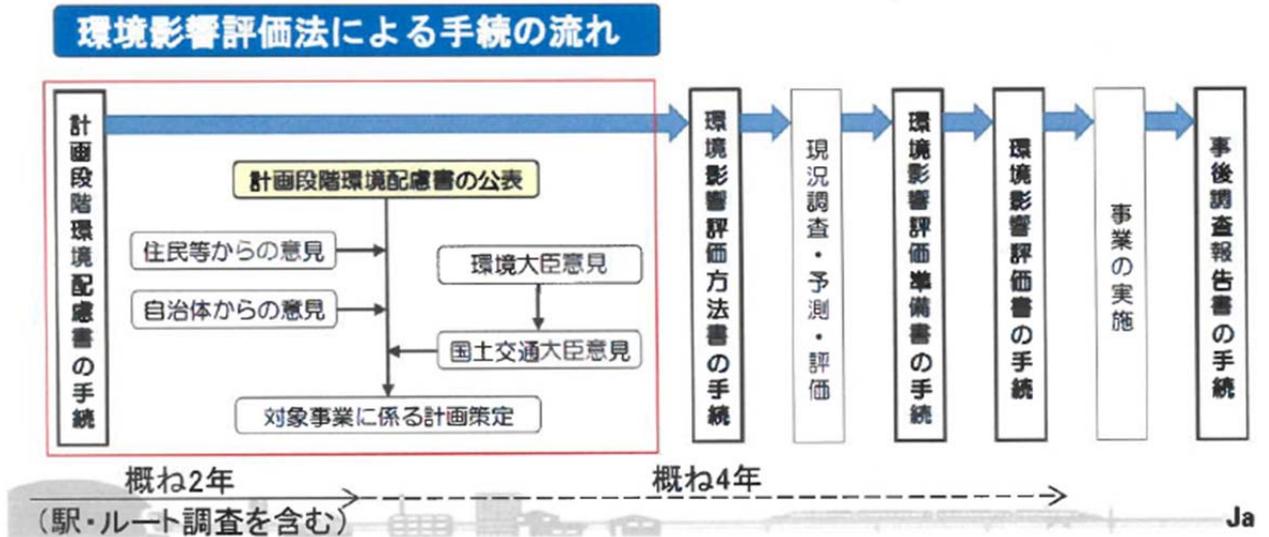
2. 特殊工程



九頭竜川橋梁(鐵道・道路一體橋) 施工照片及完工示意圖

(四) 北陸新幹線(敦賀・新大阪間): 業於 2017 年辦理車站・路線調查之公開發表; 2019 年 5 月 31 日辦理規劃階段之環境配慮書公開發表。概要如下:

1. 計畫實施區域: 敦賀站與新大阪站之間。
2. 路線概要及事業規模: 北陸新幹線的敦賀站和新大阪站之間, 從敦賀站開始, 到新大阪站結束。除了敦賀站和新大阪站外, 還計畫在小浜市(東小浜)、京都站和京田邊市(松井山手)附近設置車站。
3. 環境影響評價流程: 環境影響評價流程如下圖。通常計畫階段環境影響配慮書之程序(含車站、路線調查)約 2 年, 環境影響評價方法書、準備書、評價書之程序共約 4 年。而近年之案例則常超過前列時間。



(五) 新幹線鐵道實施基準

項目	標準値	極限值
最小曲線半徑	4,000m	
軌距	1,435mm	
最大坡度	15‰	35‰
軌道中心間距	4.3m	4.2m
電力供應方式	單相交流 25,000V	

(六) 討論事項

1. 噪音振動防制之設計：

A：一般採長鋸鋼軌、版式軌道、吸音石碴，並設置隔音牆(高度 2~3.5m)之方式。

2. 一般新幹線辦理環境影響評估，實際所花費之時程？

A：實務上，通常車站・路線調查及環境配慮書之手續約需 2 年，之後辦理環境影評價方法書至環境影響評價書之通過，通常至少 4 年。

1.4 環境省：大臣官房環境影響評價課、水・大氣環境局

一、參訪時間：108年9月13日

二、接待人員：大臣官房環境影響評價課-審査官切川 卓也、大澤 晃一
水・大氣環境局-主査平野 太一郎、苅田 篤史



審査官切川 卓也、係員大澤 晃一

主査平野 太一郎、係員苅田 篤史

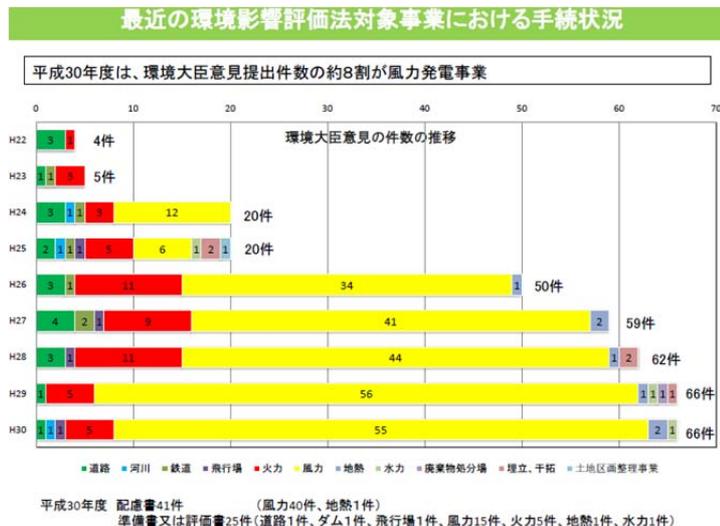
三、業務簡介

- (一) 大臣官房：為協調環境省在人事、法令和預算方面的事務，並將領導制定應對政策，政策評估、公共關係活動和收集環境信息，使環境省能發揮最大限度的職能。
- (二) 水・大氣環境局：為了保護和再生更好的大氣、水和土壤環境，通過防止空氣污染和水污染，採取措施防止土壤污染等，致力於保護公眾健康和保護生活環境。目前正在研究噪音、振動和氣味等問題。

四、參訪主要內容

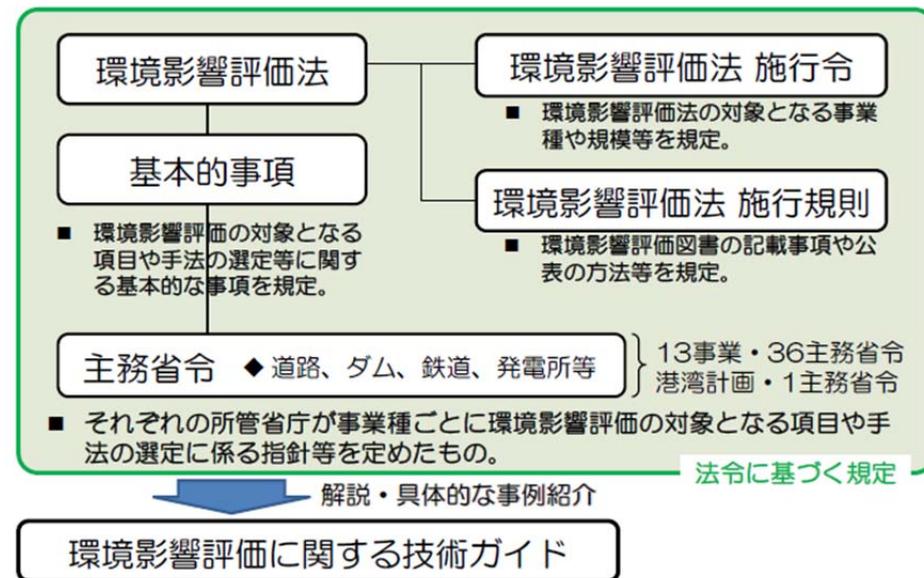
(一) 環境影響評價之基本思維方式：

1. 日本環評制度由業者主導，配合各階段程序中都道府縣知事、民眾、環境大臣等意見參與方式，最後由目的事業主管機關決策是否認可開發。
2. 近期環評法審查狀況：近年多為風力、火力發電，鐵道案件少。以 2018 年為例，環境大臣提出審查意見之案件，有 80%為風力發電事業。



3. 日本環境影響評價法之法體系：相關法規包含環境影響評價法、環境影響評價法施行令、環境影響評價法施行規則。

日本の環境影響評価法の法体系



4. 對象事業(共 13 項)：鐵道事業第 1 種規模為：新幹線全部、鐵道 10 公里等；第 2 種規模為：鐵道 7.5 公里等。而我國為一階環評：鐵路 5 公里；二階環評：鐵路 30 公里、高速鐵路新建或延伸。

環境影響評價法の対象事業

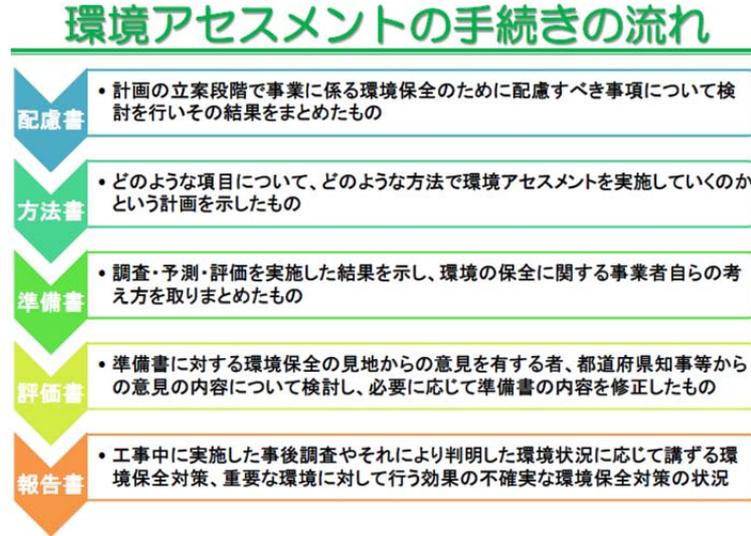
事業種	第1種規模要件	第2種規模要件
1. 道路	高速国道:全て、一般国道:4車線・10km 等	一般国道:同・7.5km 等
2. 河川	ダム: 湛水面積100ha 等	ダム:同75ha 等
3. 鐵道	新幹線:全て、鐵道:10km 等	鐵道:7.5km 等
4. 飛行場	滑走路長2,500m	同1,875m
5. 発電所	水:3万kW、火:15万、地・風:1万、原:全て	水:2.25万、火:11.25万 等
6. 廃棄物最終処分場	面積30ha	同25ha
7. 埋立・干拓	面積50ha	同40ha
8. 土地区画整理事業	面積100ha	同75ha
9. 新住宅市街地開発事業	面積100ha	同75ha
10. 工業団地造成事業	面積100ha	同75ha
11. 新都市基盤整備事業	面積100ha	同75ha
12. 流通業務団地整備事業	面積100ha	同75ha
13. 宅地の造成の事業(*1)	面積100ha	同75ha
○港湾計画(*2)	埋立等面積合計300ha	

5. 環境影響評價之流程：如下圖所示

- (1)配慮書：在計畫立案階段，要考慮事業與環境保護有關事項之檢討結果摘要。
- (2)方法書：關於哪些項目，以及如何進行環境評估的計畫。
- (3)準備書：顯示調查、預測和評估的結果，並總結事業者自身在環境保護方面的想法。
- (4)評價書：事業者從環境保護觀點對準備書的意見，都道府縣知事的意見內容等，並根

據需要修改準備書的內容。

- (5) 報告書：事業者應就根據施工期間進行的事後調查所採取的環境保護措施的現狀及所發現的環境條件，以及環境保護措施不確實對重要環境的影響，作成圖書並進行報告和公布。此稱為報告書之程序。



6. 環境影響評価之對象及項目之選定：

環境の自然的構成要素の良好な状態の保持		
大気環境	水環境	土壌環境・その他の環境
<ul style="list-style-type: none"> • 大気質 • 騒音 • 振動 • 悪臭 • その他 	<ul style="list-style-type: none"> • 水質 • 底質 • 地下水 • その他 	<ul style="list-style-type: none"> • 地形、地質 • 地盤 • 土壌 • その他
生物の多様性の確保及び自然環境の体系的保全		
植物	動物	生態系
人と自然との豊かな触れ合い		
景観	触れ合い活動の場	
環境への負荷		
廃棄物等	温室効果ガス等	

以道路工程為例，應辦理環境影響評價之項目，如下表所示。

(例) 道路に係る環境影響評価の参考項目

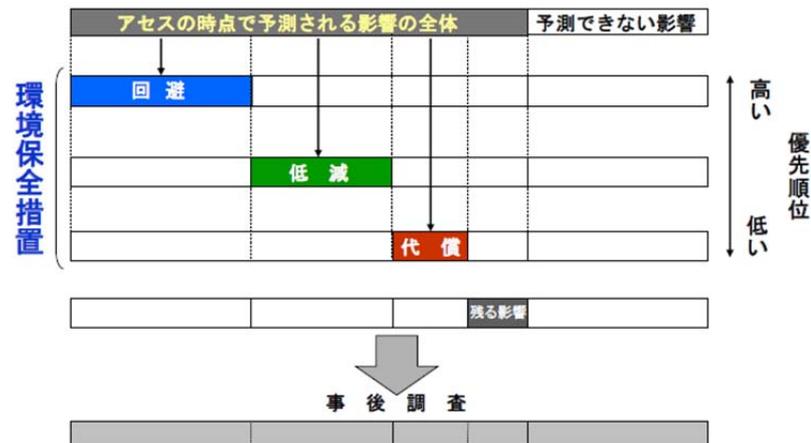
影響要因の区分			工事の実施			土地または工作物の存在及び供用	
			工事に資材等の搬出入	建設機械の稼働	造成等の施工による一時的な影響	地形改変及び施設の有無	施設の稼働
大気環境	大気質	窒素酸化物 物じん等					
	騒音及び超低周波音	騒音及び超低周波音					
	振動	振動					
水環境	水質	水の濁り					
	底質	有害物質					
その他の環境	地形及び地質	重要な地形・地質					
	その他	日照障害					
動物		重要な種及び注目すべき生息地 (海域に生息するものを除く。)					
植物		重要な種及び重要な群落(海域に生息するものを除く。)					
		海域に生息する植物					
生態系		地域を特徴づける生態系					
景観		主要な眺望点及び景観資源並びに主要な眺望景観					
人と自然との触れ合いの活動の場		主要な人と自然との触れ合いの活動の場					
廃棄物等		産業廃棄物 残土					

■ は選定しない項目

12

7. 環境保護措施中之考量方式：其優先順序由高至低為迴避、低減、代償。

環境保全措置における回避・低減・代償の考え方

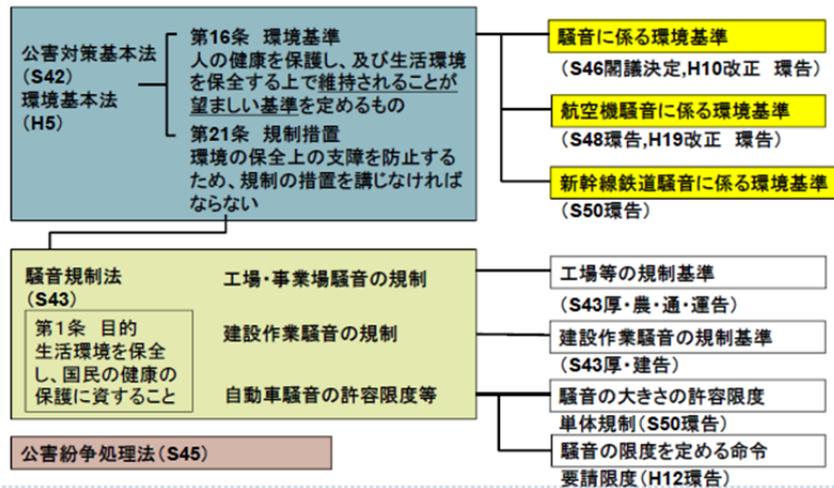


8. 事後調査

(二) 與噪音相關之法規及達成情形：

1. 噪音規制法之體系：公害對策基本法、環境基本法、噪音規制法、公害紛争處理法。
2. 噪音相關環境基準：環境基準之設定，一般地域、面向道路之地域、飛機噪音、新幹線噪音之環境基準。

騒音に係る法規関係



3. 達成情形：新幹線鐵道噪音環境之基準，由近年趨勢可知達成率難以提升，至 2016 年僅 50.1%。

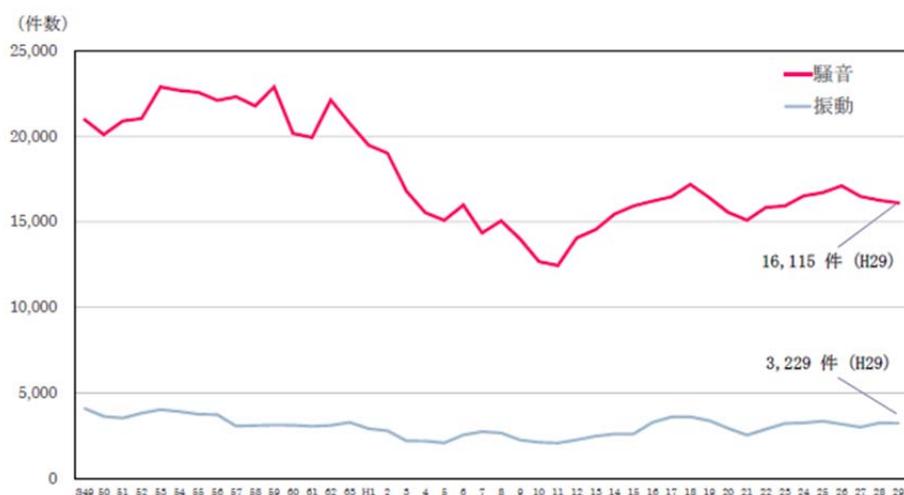
圖 4-1-16 新幹線鐵道騒音に係る環境基準の達成狀況



出典) 平成30年版環境白書

4. 噪音振動陳情案件之統計：為統計民眾至政府機關投拆之案件(在日本民眾多先向鐵道公司直接提出)。以 2017 年為例，噪音 16,115 件、振動 3,229 件，其中建設作業、工場・事業場等佔噪音之 63%，鐵道噪音則低於 1%。

騒音・振動苦情件数の推移 S49年度～H29年度



(三) 損害防止対策和土地利用管制

1. 在現行的環境基準中，應在有關行政機關和地方政府的配合下努力減少噪音。“即使採取了全面的措施防止新幹線的鐵路噪音，也將在目標期內達到環境標準。在認為困難的地區，可以通過對房屋的隔音工程來維持與達到環境標準時相同的室內環境。”
2. 此外，在關於「新幹線鐵道騒音に係る環境基準の設定について(答申)」的附帶決議(1975年6月28日，中央公害対策審議会)中，除了加強聲源措施、損害防止對策和土地利用管制外，在沿線居民和有關地方政府的理解與合作等情況下，顯示有必要立即考慮制定有關法規或行政措施。
3. 關於損害防止對策，「致力於建設有助於改善環境的可持續運輸系統：最終報告」(2000年9月18日，運輸政策審議会総合部会環境小委員会)“到1998年底，已經為大約40,000戶實施該計劃”。
4. 關於土地的合理利用，根據新幹線沿線地區的土地使用狀況的變遷(詳圖3.1.3)，關於“制定新幹線鐵道噪音環境基準(報告)”的附帶決議(昭和50)6月28日，中央污染控制委員會說：“當地方政府決定或更改新幹線沿線地區的土地使用計劃時，此環境標準有必要考慮為維護土地做出貢獻。”然而，一些土地利用之實況與此想法不符。

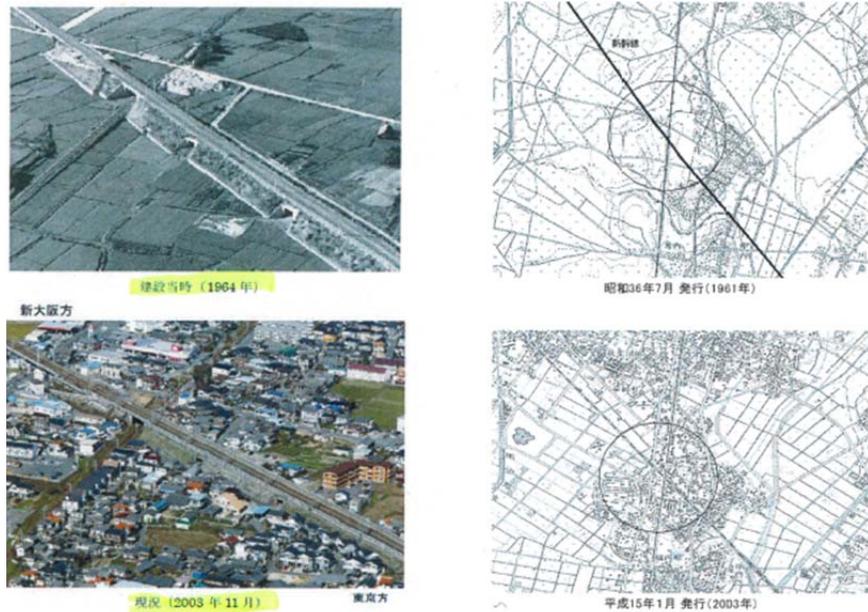


圖 東海道新幹線沿線土地利用之變遷(愛知縣安城市古井町附近)

(四) 討論事項

1. 日本與我國鐵路建設辦理環境影響評估項目之差異?

A：有關自然環境部分，我國與日本之環評項目相近。惟我國另包含社會經濟、文化環境之評估項目。

國家	環評門檻	自然環境	社會經濟、文化環境
日本	鐵路 7.5 公里、新幹線	有	無
我國	鐵路 5 公里、高鐵	有	有

2. 日本一般較能理解鐵道為大眾運輸系統，且綜合考量財力、技術、民眾等，故噪音管制採務實漸進式作法，逐步改善。目前新幹線已達 75dB 之要求，但 I 區 70dB 之標準仍持續改善中。

3. 日本新幹線鐵道噪音環境基準於昭和 50 年(1975 年)頒布：

表 新幹線鐵道噪音環境基準

地區類型	基準值
I 類	70 dB (A) 以下 (Lmax)
II 類	75 dB (A) 以下 (Lmax)

當時僅有東海及山陽 2 路線，現在為 6 條；列車班次當時最多 230 班，現在為 330 班；列車速度當時約 200km/h，現在最高 240~320 km/h。此外，各種音源對策已使噪音較環境基準法制定當時降低約 10dB。雖然降低噪音量標準值可以提昇民眾生活品質，然因前述理由致新幹線鐵道噪音環境基準實施 44 年來，該標準值未再予修訂。

4. 已營運中之一般鐵道並無基準，爰投訴案件較少，而一般改建工程係以不造成環境品質惡化為原則。一般鐵道新建或大改建之鐵道噪音基準規定詳如下表所示。

表 普通鐵道新建或大改建之鐵道噪音基準

時段	基準值

7~22 時	60 dB (A) 以下
22~7 時	55 dB (A) 以下

5. 日本部分地方公共團體為減少重要道路、鐵道等沿線噪音之投訴，爰制定室內噪音對策目標值，以管制住宅開發並促使建商妥善考量設置隔音措施。以橫濱市為例，建築事業者在與環境創造局大氣・音環境課完成隔音措施的協議後，將在 “建築確認申請書” 提交之前，先行提交 “集合住宅防音對策住房綜合體隔音措施”

1.5 東京都 都市整備局、建設局

一、參訪時間：108 年 7 月 25 日 10：00

二、接待人員：都市整備局- 都市基盤部交通企畫課課長白井 治夫課長、川崎大橋
建設局- 道路建設部鐵道關聯事業課山口 竜課長、村上 良



建設局 村上 良、山口 竜課長、都市整備局 白井治夫課長、川崎 大橋

三、業務簡介

(一) 都市整備局：

1. 總體上的都市發展，道路和鐵路等城市基礎設施建設，通過土地調整項目和都市重建項目進行的城市發展，住宅用地開發和建築指南，美國軍事基地，並負責與東京市民的生活和對策等企業活動廣泛相關的工作。
2. 利用從都市發展規劃到項目實施的廣泛領域的車站特色，將以現場感悟和新理念穩步推動業務發展，並通過 2020 年東京奧運會和展望未來發展都市。

(二) 建設局：

1. 建設局開發和管理道路，河流和公園等城市基礎設施，這些基礎設施對於支持日常都市活動和居住在東京都是必不可少的。
2. 為了保護東京居民的安全，這裡沒有電線桿，專門的維護路線來防止火災在木造住宅密集地區蔓延，沒有河岸保護和控制池塘以保護城市免受洪水的侵襲，也沒有開發公園來在發生災難時充當救援和營救活動。我們正在建設先進的防災城市。
3. 此外，為了消除長期的交通擁堵並提高便利性，我們還開發了構成東京都市骨架的高速公路網絡，包括首都圈三環狀道路。

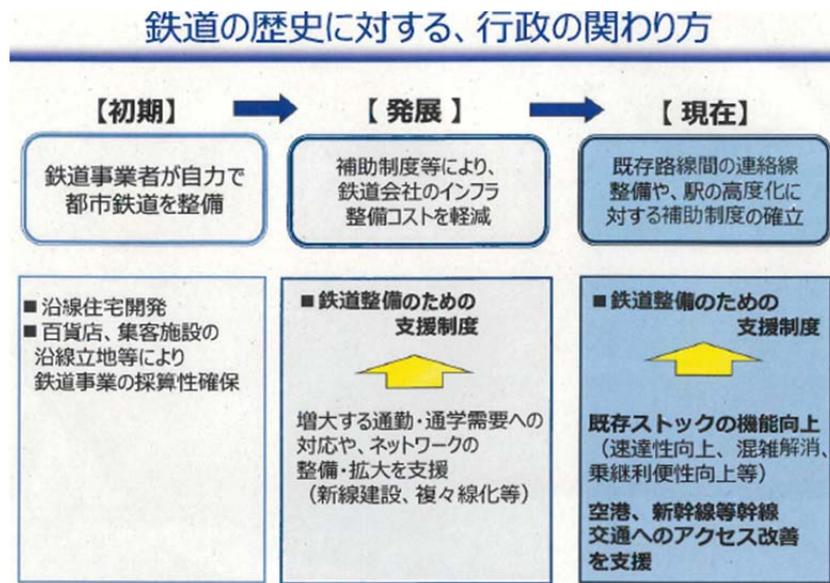
四、參訪主要內容

(一) 東京鐵道網絡的歷史：

1. 初期階段(1872~1990s)：1872 年日本最早之鐵道新橋至橫濱間約 29km 開業；1887 年民營鐵道開始大量興建，1912 年全國幹線網完成(地面)；1927 年日本最早之地下鐵淺草至上野間開業。
2. 發展階段(1950s~1990s)：政府聲明鐵道建設方針，因大量的旅客需求(東京中心部之業務機能集中及郊外部之人口外延化)、鐵道混雜率之惡化(1955 年山手混雜率 298%)、汽車之增加(路面電車、公車之運行速度減小)、人口之增加(從 1955 年 800 萬人至 1985 年 1200 萬人)，致以鐵道為中心之交通基礎建設成為重要之課題。因此在 1955~1972 年成立「都

市交通審議會」，以制定鐵道之整備方針，防止或分散道路交通需求及路面交通運行合理化及鐵道建設。

3. 近年階段(1990s~現在)：人口增加之鈍化(2014 年 1300 萬人)、鐵道混雜率之減低(東京圈 1985 年 212%，2015 年 164%)、地下鐵與郊外部之路線相互直通運轉之路線建設及鐵道新線之開業、二重環狀線(山手線及大江戶線)建構世界領先之鐵道網路。目前之主要課題為：進一步改善機場交通、緩和混雜情形，及提升車站空間品質、沿線對策、災害對策之必要性。
4. 政府參與鐵道建設之歷史：從初期由鐵道事業者自行建設，到現在既存路線間連絡線新建、車站之升級等補助制度確立。



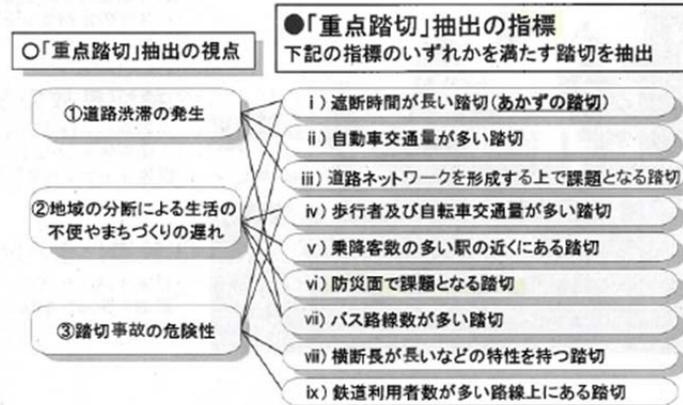
(二) 東京都内之平交道

1. 現況：東京都内有約 1050 處平交道，與國外主要都市相比，平交道非常多。造成交通阻塞、平交道事故、地區受鐵道分隔等嚴重之問題。
2. 平交道對策基本方針(平成 16 年)：制定有效措施，包括：提出 394 個重點平交道(組合為 103 個區間)、鐵道立體化檢討對象之 20 個區間、鐵道立體化以外對策檢討對象之 83 個區間。

重点踏切

4

○重点的に対策を実施・検討すべき踏切の抽出 (394箇所)



3. 鐵道立體化検討対象之 20 個區間：

鐵道立體化の検討対象区間 (20区間)

10

●抽出の指標

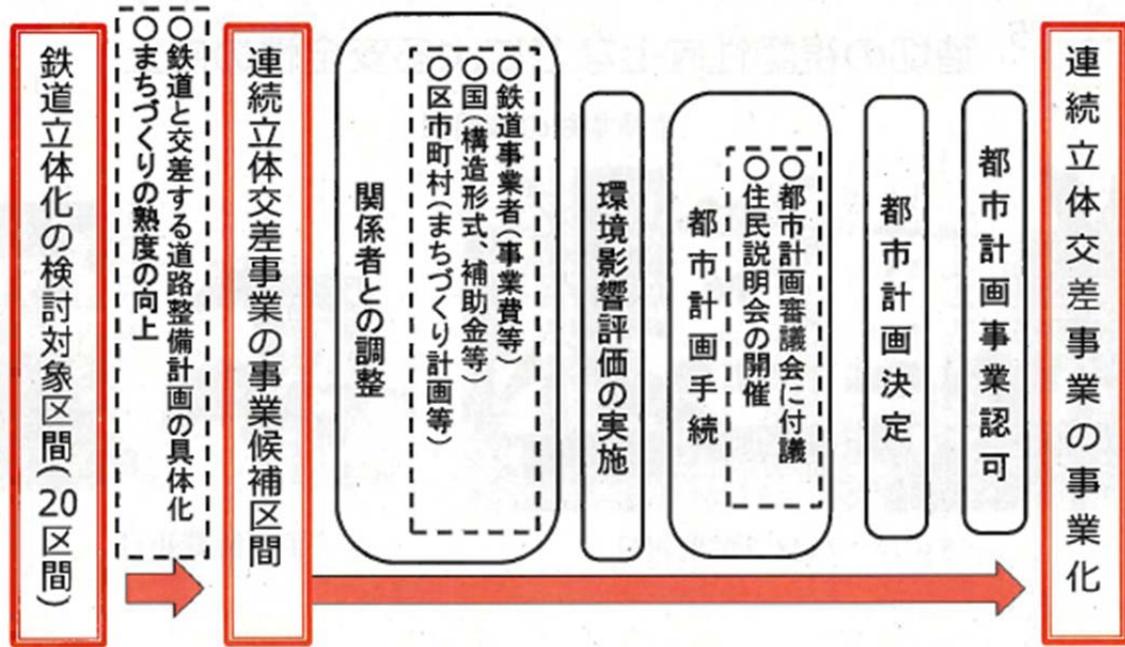
- 1 遮断時間が長い踏切数
- 2 自動車交通量の多い踏切数
- 3 国道及び都道等の幹線道路の踏切数
- 4 鉄道と交差する都市計画道路の整備優先度や交差予定箇所
- 5 歩行者及び自転車交通量が多い踏切数
- 6 駅及び駅乗降客数など
- 7 防災都市づくり推進計画での位置付け
- 8 運輸政策審議会答申第18号での位置付け

総合評価

区間上の番号(緑色)	路線名	区 間 名
1	JR南武線	矢川～立川駅付近
2	JR青梅線	立川～東中神駅付近
3	JR埼京線	十条駅付近
4	京成本線	京成高砂～江戸川駅付近
5-1	京王京王線	代田橋～八幡山駅付近
5-2	京王京王線	八幡山～仙川駅付近
6	京玉井の頭線	永福町～高井戸駅付近
7	京急本線	品川～北品川駅付近
8	西武池袋線	椎名町～桜台駅付近
9	西武池袋線	大泉学園～保谷駅付近
10	西武池袋線	ひばりヶ丘～東久留米駅付近
11	西武新宿線	中井～野方駅付近
12	西武新宿線	野方～井俣駅付近
13	西武新宿線	井俣～東伏見駅付近
14	西武新宿線	田無～花小金井駅付近
15	西武新宿線	東村山駅付近
16	東武伊勢崎線	鯉ヶ谷駅付近
17	東武伊勢崎線	竹ノ塚駅付近
18	東武東上線	大山駅付近
19	東武東上線	ときわ台～上板橋駅付近
20	東急大井町線・東横線	緑が丘～等々力駅付近 都立大学～田園調布駅付近 (自由が丘駅付近)

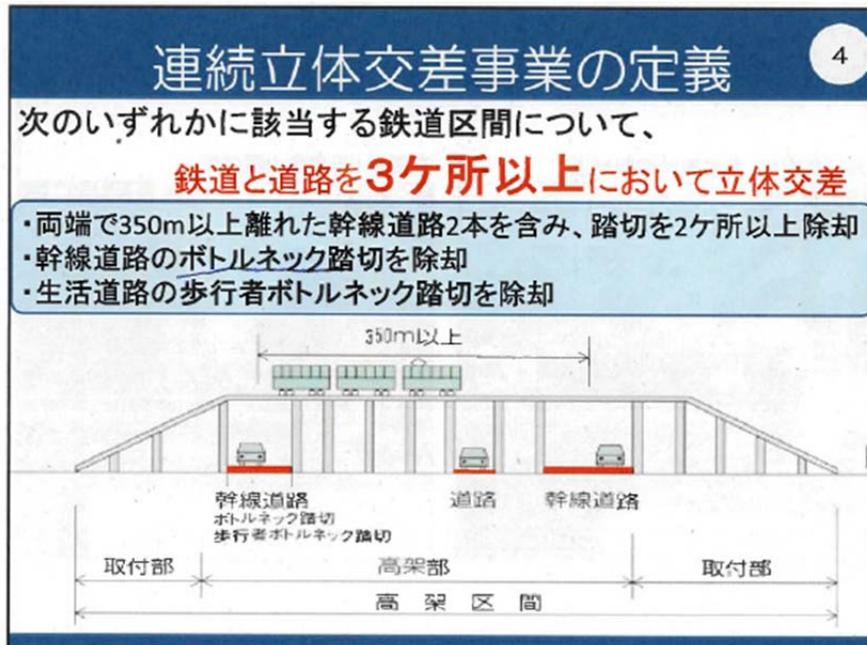
4. 鐵道立體化以外對策之 83 個區間：採行替代方案，如道路立體化、平交道加寬、步道橋或地下道等自由通路之設置、警報控制系統之改善等。

5. 鐵道立體化事業之流程：

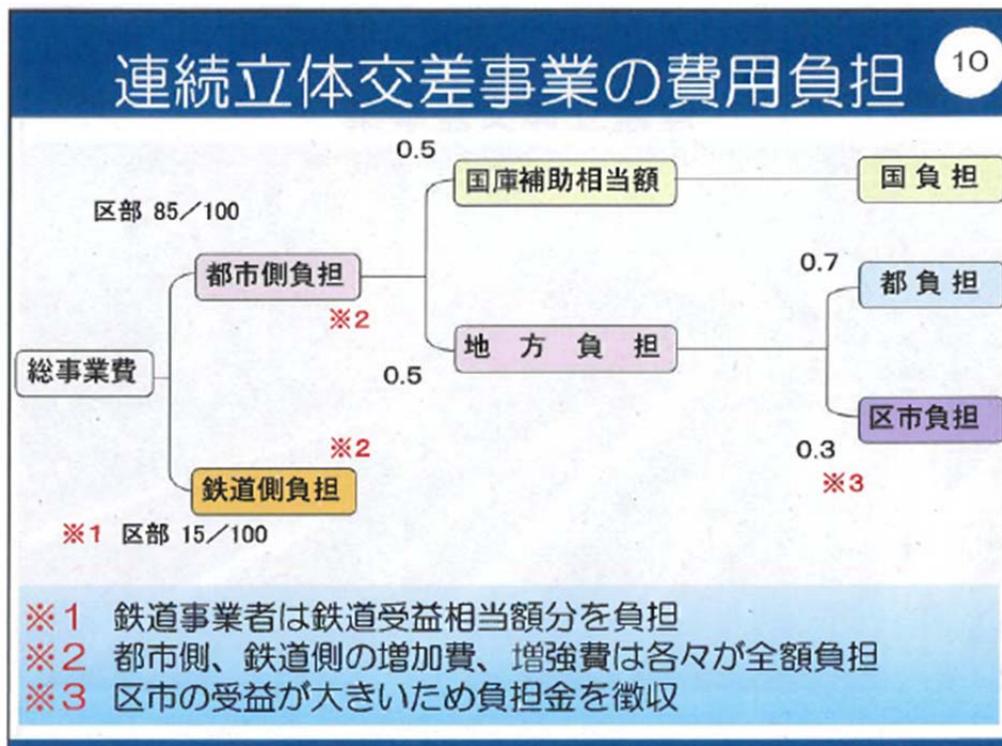


(三) 連続立体交差事業

1. 概要：將都市地區鐵道與道路交差之路段，於一定區間連續高架化或地下化，以去除多數平交道等新設交差道路之立體交差，並同時實現都市計畫事業。而將鐵路立體化以減緩交通阻塞，亦是道路建設之一環。
2. 定義：為消除兩端距離 350 公尺以上 2 條幹線道路之平交道、幹線道路瓶頸之平交道或步行者生活道路瓶頸之平交道，而辦理鐵道與道路 3 處以上之立體交叉事業。



3. 事業之效果：促進道路交通、提升安全性、活用新增高架橋下空間；另有活化車站周邊、提升鐵道輸送力等附加效益。
4. 關聯事業之建設：除事業主體為東京都外，關聯事業包括街路事業、城鎮發展事業及鐵道事業等。
5. 費用負擔：



6. 辦理連續立體交差事業之處所：如下圖所示

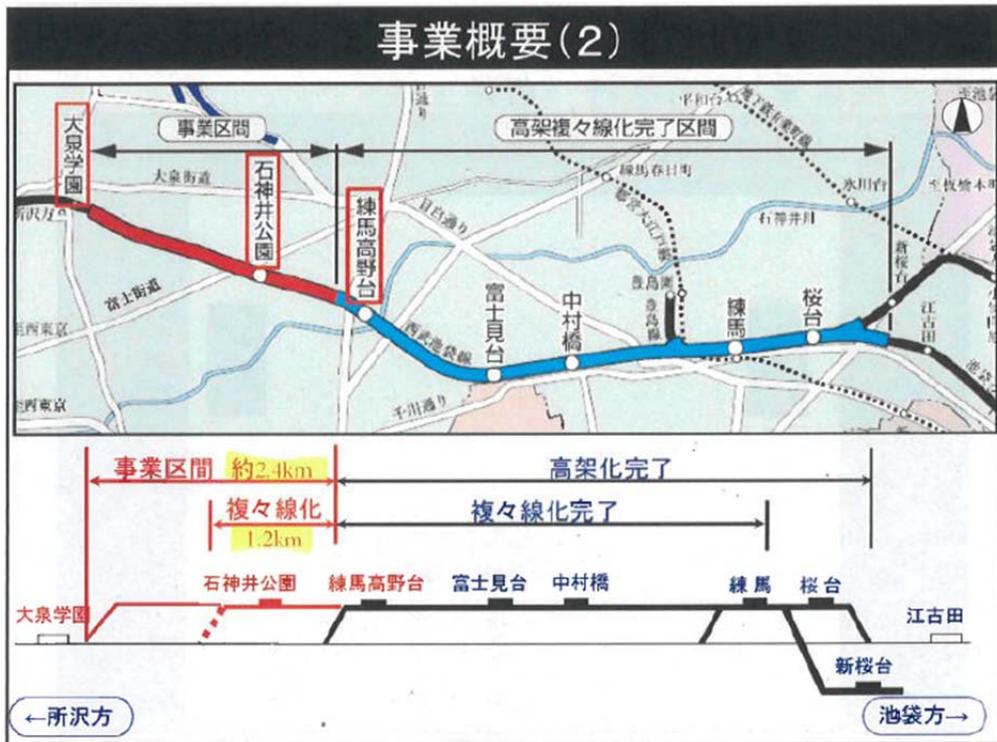
連続立体交差事業の事業箇所

11

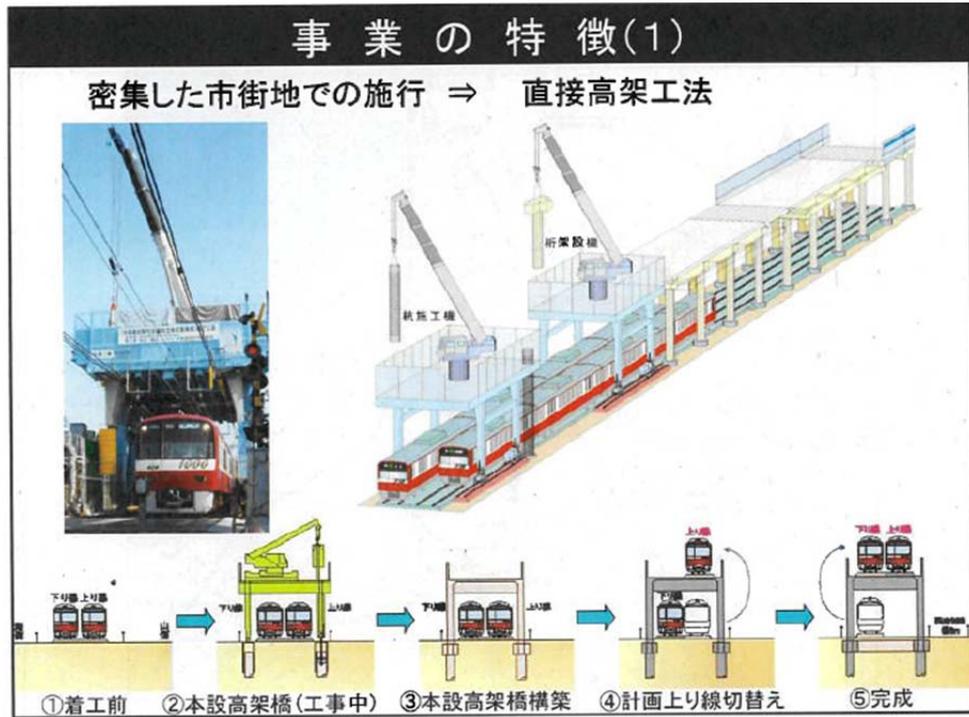


7. 事例紹介：

西武鐵道池袋線(石神井公園驛附近)連続立體交差事業,約 2.4km,其中複々線化 1.2km。



京濱急行電鐵本線及空港線(京急蒲田驛附近)連続立體交差事業,約 6.0km,採直接高架工法。



(四) 討論事項

1. 目前東京都鐵路高架化與地下化之評估：在東京都市中心之山手線已立體化，而較外圍之鐵路立體化若採地下化費用較高，高架化費用較低，但有易衍生噪音振動之困擾而需設置隔音牆(1.5~2m)。惟特殊地形之路段，亦有可能因採地下化方式之工程範圍較短，而使其建設經費與高架方式差異不大。

1.6 小林理學研究所(KIPR)

一、參訪時間：108 年 6 月 27 日

二、接待人員：理事長 山本 貢平博士、噪音振動研究室室長 廣江正明博士



理事長 山本 貢平 博士



噪音振動研究室室長 廣江 正明 博士

三、事業簡介

(一) 業務概要

創立於 1940 年 8 月，以促進理學研究進步發展為目的。二次大戰後，研究計畫逐漸集中在聲學(Acoustics)。組織分為 5 個部門：噪音振動研究室、建築音響研究室、壓電物性構件研究室、補聽器研究室、事務室。目前有 21 位技術人員。

本研究所進行與噪音，振動，低頻聲音等有關的基礎研究，以及各種機構的委託研究。利用研究所擁有的人力資源，設施和設備，通過現場測量調查，模型實驗，感官實驗等，以及混響室方法的吸聲率，聲音傳播損失，對噪聲，振動，低頻聲音等進行測量，預測和評估。還對地板撞擊聲和聲學材料進行了測試，例如斜入射聲吸收係數。此外，還在研究壓電材料及其應用的發展。

研究成果均於科學期刊發表，並提供政府、公共組織、地區當局及產業相關服務。

○国土交通大臣指定 基於建築基準法（界壁の遮音構造）的指定性能評價機關

○計量証明事業所登録 1993 年 11 月 1 日 東京 549 號（聲壓級）

1994 年 7 月 4 日 東京 977 號（振動加速度等級）

(二) 研究概要(研究・受託內容)

<騒音・振動>

1.道路交通騒音; 2.鉄道騒音; 3.航空機騒音;4.低周波音; 5.振動計測; 6.社会調査;7.機械騒音

<各種材料試験>

1. 吸音率・音響透過損失測定
2. 床衝擊音レベル低減量測定
3. 斜入射吸音率測定
4. 現場における建物の遮音測定

5. 制振材料の振動減衰試験
6. 音響パワーレベル測定（残響室法）
7. その他

<圧電ポリマー物性研究>

4. 圧電・強誘電ポリマーの開発・研究
5. 誘電・粘弾性装置による誘電率・弾性率・圧電率の測定
6. 広帯域誘電率測定および圧電共鳴測定
7. D-E ヒステリシス測定・スイッチング測定（強誘電分極反転）
8. 走査型プローブ顕微鏡（Scanning Probe Microscope, SPM）による表面微細構造の観察
9. 焦電率測定
10. 受託業務例

<圧電ポリマー及びエレクトレットを用いたデバイス開発研究>

1. 圧電素子による音・振動制御
2. 圧電ポリマーを用いたセンサ・アクチュエータおよびエネルギー変換デバイスの研究
3. エレクトレットマイクロホンの開発研究

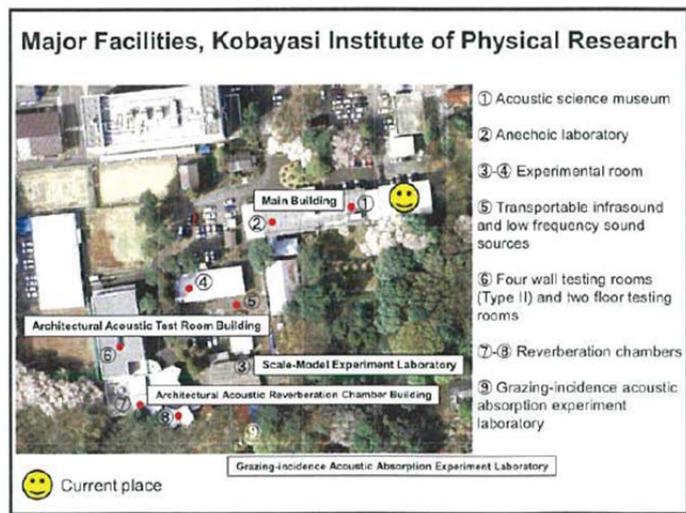
四、参訪主要内容

（一） 演講：

1. 鐵道噪音之立法、規章及指引
2. 環境噪音指引(WHO Europe)
3. 空氣/結構所產生噪音之組成分析
4. 車輛噪音之音源辨識
5. 噪音之減緩(空氣/結構所產生噪音)

（二） 設施導覽：

1. 無響室
2. 殘響室
3. 模型實驗室
4. 低周波實驗室
5. 斜入射實驗室
6. 建築音響試驗室棟



(三) 討論事項

1. 本次 KIPR 演講業針對我國目前市區鐵道遭遇之噪音振動問題，提供相關之經驗及建議。
2. 有關我國機場捷運曲線段隔音牆因共振而產生之二次噪音，廣江正明 博士之建議之措施為：限制隔音牆之重量。

1.7 リオン株式会社(RION)

一、參訪時間：108 年 6 月 26 日

二、接待人員：課長 馬屋原 博光、副理 吉田 悠、課長 中島 康貴、主任技師 春原 政浩博士



副理 吉田 悠

利音公司產品展示

三、事業簡介

(一) 業務概要

成立於 1944 年，名稱為小林理研製作所，旨在將一般財團法人小林理學研究所的研究成果商業化，開始為設備及其應用產品製造晶體元件。此外，為了提高聽力障礙者的福利，開發了日本第一個大規模生產的助聽器-リオネット(Rionet)，維持在日本的最大市佔率。

1960 年，公司名稱改為“リオン株式会社”(Rion)，其源於理學的“理”(Ri)和聲音的“音”(on)。主要開發領域包含：用於耳鼻喉科相關的醫學檢測設備，如聽力計；聲音和振動測量儀器，如環境保護和工業領域中使用的聲級計和振動計；以及半導體，製藥工業，精密工業等的清潔度管理。並擴大以福利和環境問題為中心的產品領域，例如顆粒測量儀器和用於防災地震計的地震測量系統，以大幅減少地震災害，這些產品在日本和海外都獲很高的評價。

(二) 產品概要

製造和銷售醫療設備業務(助聽器,醫療檢測設備),環境設備業務(聲學/振動測量設備),微粒測量設備業務(微粒測量設備)及相關部件,設備製造,銷售和服務

四、參訪主要內容

(一) 公司、產品簡報：

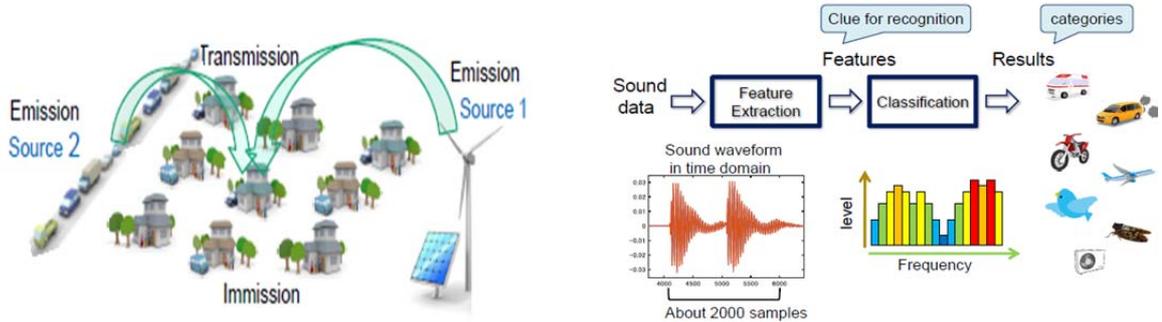
1. 公司簡介影片
2. 地面振動測量設備

振動計	VM-55 振動計 	VM-56 三軸地傳振動計 
功能說明	適用 JIS C 1510、JIS C 1517 規定 可測量振動水平和、振動加速度位準的瞬時值、小時位準、時間平均位準 同時測量 3 軸最大值和最小值 長時間自動記錄連續數據	可依 DIN 45669-1,ISO 8041 及其它國家測量標準，同時計算量測數值 可同時測量 PPV,VDV,主要頻率及位移 可線上由電腦、平版、智慧手機連續監測

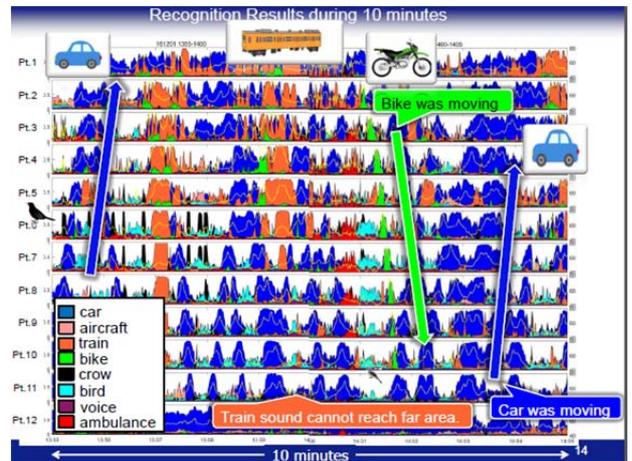
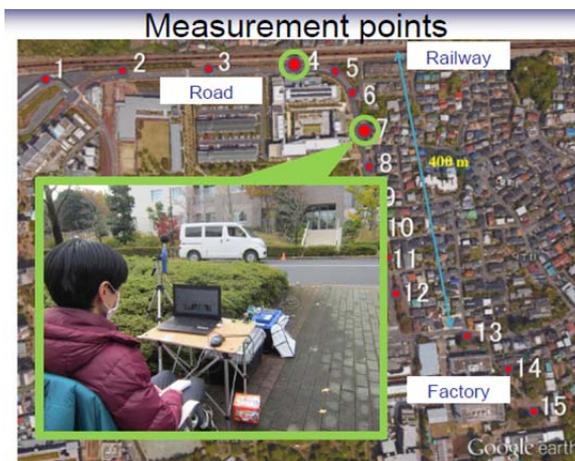
3. 列車車輛行駛聲音事件之噪音評估軟體

(二) 近期研究成果

1. 無線採樣技術 (Nakajima)
2. 聲源辨識(labeling)之人工智慧技術(AI Technology) (Nakajima)
 - 研發動機：什麼聲源影響任何特定環境？ - 採取對策並了解環境非常重要



- 原理與流程：音源特性萃取與分類→資料訓練→註釋工具→即時監測→音源辨識成果



3. 天氣條件對聲音傳播的影響 (Oshima)
4. 線形麥克風陣列 (Nakajima)
5. 低延遲實時盲源分離 (Sunohara)

- 研發動機：聽力受損的人難以理解複雜聲學環境中的目標說話者。或者同時存在多種音源之情況下，很難專注於特定的聲音。

Purpose of this study

The purpose of this study:
Improving speech communication for hearing-impaired people in noisy environments using **Blind Source Separation (BSS)** technique.

Blind Source Separation (BSS)

- Separate the mixtures at microphones x_1, x_2
 - into the original sources s_1, s_2
 - source activity and mixing system \mathbf{H} is unknown (blind)

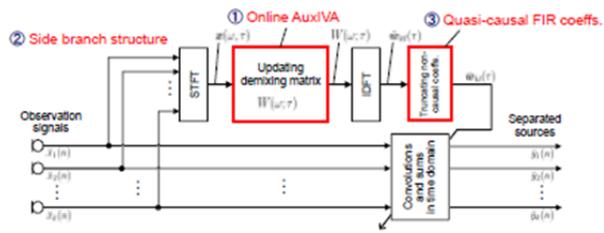
Mixing system:
$$\begin{pmatrix} x_1(n) \\ x_2(n) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s_1(n) \\ s_2(n) \end{pmatrix}$$

Separation system:
$$\begin{pmatrix} y_1(n) \\ y_2(n) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} \\ w_{21} & w_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1(n) \\ x_2(n) \end{pmatrix}$$

\mathbf{W} is just an inverse matrix of \mathbf{H} .
How to estimate \mathbf{W} blindly? → ICA, IVA

- 原理與流程：①基於在線輔助功能的獨立矢量分析②頻域 BSS→側支結構③時域中 FIR 濾波器的準偶然化

Proposed algorithm (Low-latency online AuxIVA)



- ① Online Auxiliary-function-based Independent Vector Analysis
- ② Frequency domain BSS → Side branch structure
- ③ Quasi-casualization of FIR filters in the time domain



1.8 日本信號公司(久喜事業所)

一、參訪時間：108 年 6 月 28 日

二、接待人員：課長 大藤先生、經理 張紘齊



經理 張紘齊



鐵道號誌模型

三、事業簡介

(一) 業務概要

於 1928 年創立，至今已 91 年。致力於透過“安全和信任”的卓越技術，實現更安全，更舒適的社會。鐵路信號系統事業之外，還致力於為道路交通，自動票務系統 AFC 事業，信息系統等相關領域提供各種解決方案。自 1949 年起，產品供應 28 個國家，其中具有代表性產品如城市道路交通管制系統、停車場系統、AFC 系統、IC 卡系統、三維立體傳感技術等已經應用在世界各地的不同領域

(二) 產品概要：產品多樣化，包含鐵路信號系統、道路交通安全系統、車站安全系統、環境安全系統、停車場管理系統等。為日本鐵道號誌 3 大廠商(日本信號、大同信號及京三製作所)之一。該公司在臺灣業務以鐵道號誌為主。

四、參訪主要內容

(一) 簡報

1. 公司簡介
2. 鐵道號誌系統簡介
3. 各國鐵道號誌系統之比較：日本各鐵路公司並無統一之號誌系統規範，因此各號誌系統廠商係依各鐵路公司之需求而客製化；而歐洲鐵道系統規範統一，不易改變。

(二) 工廠導覽

1. 鐵道號誌之發展
2. 相關產品介紹

(三) 討論事項：日信公司有關可動式岔心道岔應用情形之經驗

1. 依該公司在日本執行鐵道號誌之經驗，除新幹線因速度高、車輪衝擊力大而採用可動式岔心道岔。
2. 其他非高速、窄軌系統基本上係採用構造較簡單之固定式岔心道岔。

1.9 日立製作所

一、參訪時間：108 年 9 月 17 日

二、接待人員：計畫經理- 渡邊 誠、

臺灣基礎設施系統部- 資深經理 高倩文

車輛設計部- 担当部長古川 和彦、主管技師岩崎 克行、主任技師牧野 和宏

技術部- 部長代理橫田 剛、川島 雅史



牧野 和宏、岩崎 克行、渡邊 誠、橫田 剛

三、事業簡介：

(一) 業務概要：

1. 1921 年創立，開始各種鐵道車輛之製造；1928 年電車第 1 號完成；1963 年 0 系新幹線電車完成；1972 年第 1 號磁浮電車完成；1995 年 500 系新幹線電車完成；1999 年 A-train 完成；2005 年 N700 新幹線電車完成；2015 年英國都市間高速鐵道車輛 Class 800 完成。
2. 2019 年獲臺鐵局 600 輛城際電聯車訂單(約新臺幣 443 億/1,600 億日圓)。

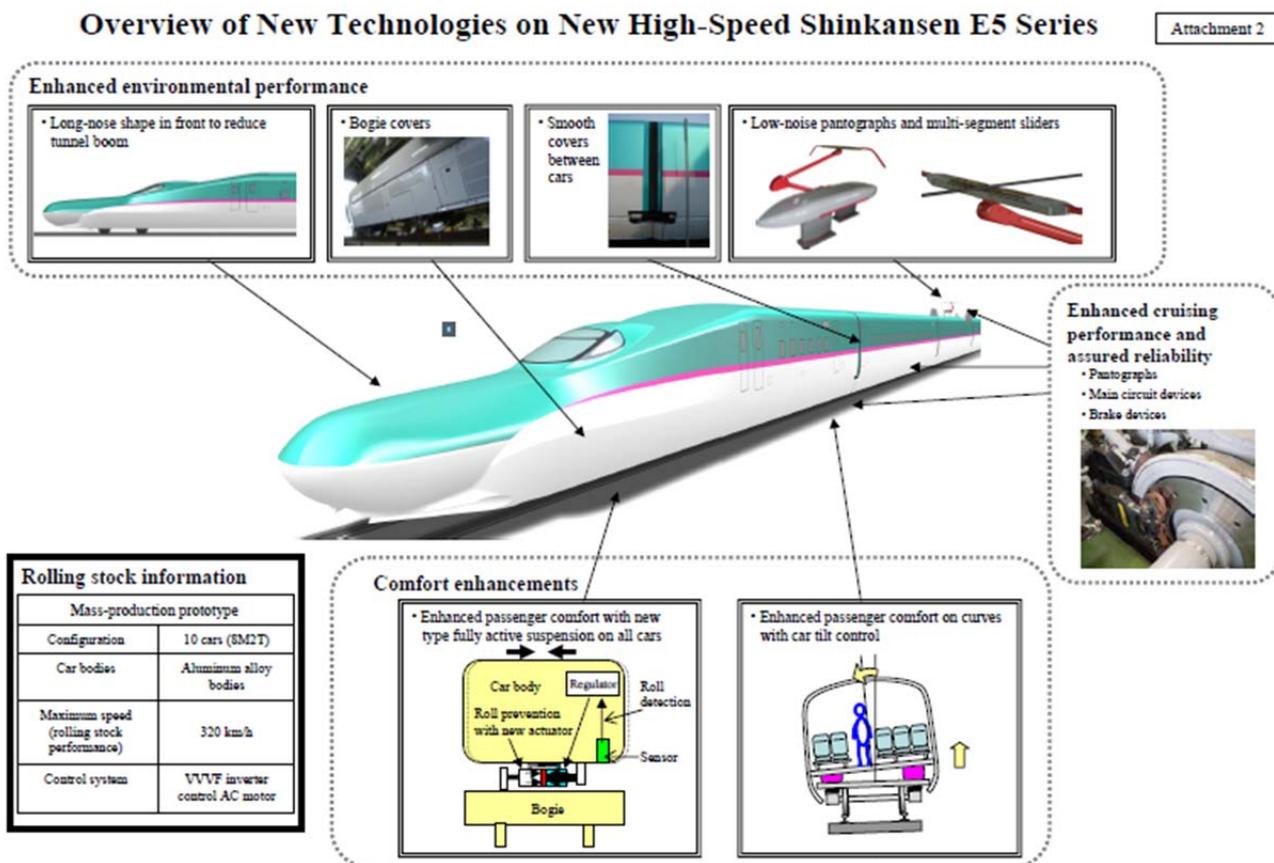
(二) 產品概要：

1. 產品種類：包含新幹線、高速・特急電車、通勤・近郊電車、單軌電車、特別車輛等
2. 日立作為鐵路設備解決方案供應商，於全球提供都市鐵路到高速鐵路等各種鐵路解決方案，在臺灣也長年提供車輛及變電設備等。臺灣首部傾斜式電聯車 TEMU1000 型車輛(通稱「太魯閣號」)，自 2007 年 5 月營運開始，無論是運行成績或售後服務等，均獲肯定。
3. 臺鐵為提高鐵路運輸能力以及汰換老舊車輛，擬定「臺鐵整體購置及汰換車輛計畫(2015~2024 年)」，進行大規模的增購新車輛。此次(2019 年)採購，日立依契約承造，預計 2021 年開始交車，該城際電聯車將陸續投入環島鐵路之營運。

(三) 高速新幹線 E5 系列

- 配置：10 輛車 (1-8 號車：普通車; 9 號車：Green Car; 10 號車：GranClass)
- 容量：731 個座位 (普通汽車：658 個座位; Green Car：55 個座位; GranClass：18 個座位)
- 最高時速：320 公里/小時 (2013 年)
- 最新技術：全面整合，大幅提升舒適度、環保性能和運行性能

*舒適性增強包括在所有車輛上使用新的全主動懸架（防側傾和控制系統），這是新幹線的第一個，以提高乘客的舒適度。環境性能增強包括低噪音集電弓、轉向架蓋、長鼻子等，以減少噪音。



四、參訪主要內容

(一) 車輛之分類：在軌道上行駛的「車輛」，其分類如下

項目	機車	載客車	載貨車	公務用車
內容	蒸汽機車 電力機車 柴油機車	客車 電車 柴油車	平車 篷車	檢測車 施工車輛

(二) 車輛之構造

1. 車體構造(6面體)
2. 臺車構造
3. 動力設備
4. 動力傳達裝置
5. 剎車裝置
6. 集電裝置

(三) 工場參觀：笠戶工場佔地 520,000m²，場區配置如下圖



1. 台車組立工場：目前正在製作三鶯線輕軌車輛之台車
 2. 空調裝置工場：所有材料到齊後再組裝。流程如下：
 - Piping Preparation
 - Piping Installation · Brazing Work
 - Electric Equipment Preparation
 - Electric Equipment Wiring
 - Completed Assembly Product · Inspection Area
 3. 笠戶專用港
 4. 構體組立工場
 5. 配管・電裝組裝工場：採用包覆材以減小噪音
 6. 試驗場：走行、剎車…等，所有出場前試驗項目
- (四) 車輛動力：

項目	內容
Background	Vehicle Dynamic Performance Performance Simulator: New- A 'GEM Stability Comfort
Vehicle Dynamic Simulator	Running Stability Ride Comfort Curving Performance Crashworthiness(耐撞性)
Application for Bogie Design	Shinkansen Tilting Train Express Train/ Commuter Train Monorail Car
Curving Simulation	一般車輛設計會由業主提供軌道條件

Ride Evaluation Method	Ride Level
	$L_t < 83\text{dB}$: Very Comfortable

(五) 日立車輛系統- A-Train(4A): Advanced (先進), Amenity (快適), Ability (能力), Aluminum (鋁)

項目	內容
概念	模組構造：維持最大彈性，以因應客戶多樣之需求 安全性、快適性之提升及環境負荷低減 循環、再用、維護、生命週期成本特性之改善
鋁合金雙層構造(Double-skin)	高剛性、無骨架構造 以 FSW(摩擦攪拌接合)使表面平滑、衝擊强度高
模組化組裝	自立型模組化內裝 高度靈活的 T 型槽安裝系統

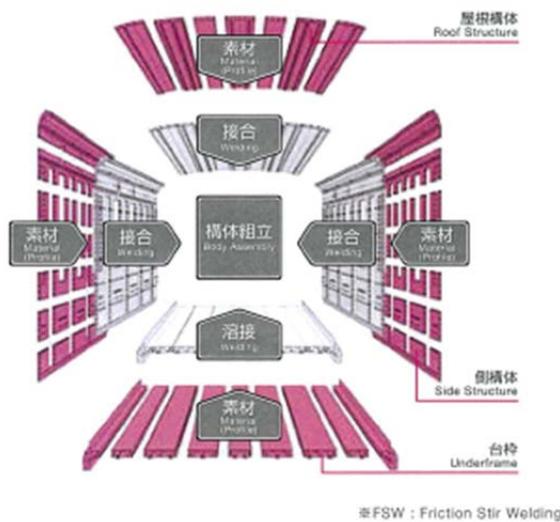


圖 鋁合金雙層構體

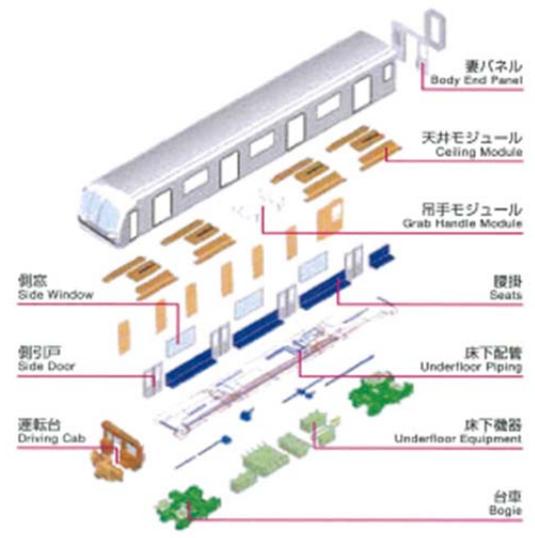


圖 模組化組裝

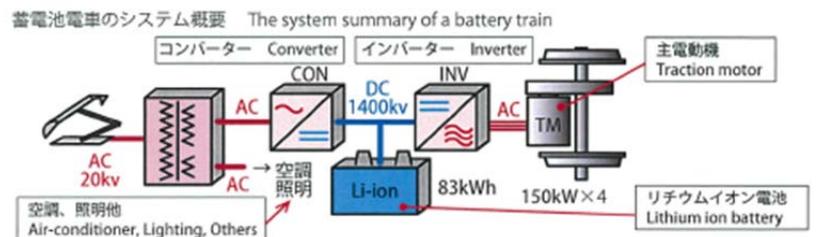
(六) 空調設備：一般車廂之空調設備安裝於屋頂上，而新幹線電車為使重心降低而將空調設備安裝於車廂下部，此亦可減少車廂上部之空傳噪音。

(七) 環境友善之新技術- 蓄電池電車

蓄電池電車為在非電化區間，以蓄電池電力運行之車輛。比傳統柴電車更生態友善，可減少噪音、增加乘車舒適性。



東日本旅客鐵道 株式会社股納
EV-E801 系交流架線式蓄電池電車
Series EV-E801 AC storage battery train
for East Japan Railway Company.



(八) 噪音控制(車內)：車內噪音為在車廂內高度 1.2m 處量測。

項目	內容
客戶要求	速度快、重量輕 vs 噪音小
音源與傳播路徑	車體：空傳噪音/空氣動力噪音

	台車：結構噪音
對策：穿透音之低減	採用二重壁(隔熱材為多孔質吸音材料) 增加空氣層厚度 空氣層插入吸音材 側構體、屋根構體為雙層構造
路線結構型式	噪音量：開放區間<隧道區間

(九) 討論事項

1. 日立製作所是否採用可動式轉向架(steering bogie)之技術?

A：基於穩定與安全考量，目前未製造此類產品。

2. 彈性車輪 Resilient wheels 之應用情形?

A：目前業主並無車輪減振之要求，爰未有彈性車輪之製作。

3. 臺鐵本次城際電聯車採購案之車輛噪音防制性能概要?

A：車頂將以 2 層構造設計，以降低車內噪音；車外噪音量則在路線中心外距離 25m、高度 1.5m 處，量測之最大噪音量(Lmax)應低於 80dB。

依招標文件規定，所量測的噪音位準應符合下列規定值：

(1)車內噪音位準：

A. 車輛停止狀態；車門車窗關閉、除空氣壓縮機停止外、所有輔助設備(含空調設備)均正常運轉之情況下，客室、駕駛室及廁所噪音位準應在 70 分貝(dB(A))以下。

B. 於全載(W2)下、車速 130 公里/小時、車門車窗關閉、所有輔助設備(含空調設備)均正常運轉之情況下，其客室、駕駛室及廁所最大噪音量均不得超過 75 分貝。

(2)車外噪音位準：

A. 車輛停止狀態、車門車窗關閉，所有輔助機具皆處於非牽引動力模式停車狀態下之正常運轉時，空曠且鋪有道碴之軌道，距軌道中心線 7.5 公尺及以軌面為基準向上 1.5 公尺處，量測所得之最大噪音值(Lmax)應低於 75 分貝。

B. 當電聯車列車於滿載(W3)狀態，以 130 公里車速行駛於平直、空曠且鋪有道碴之軌道，距軌道中心線 25 公尺及以軌面為基準向上 1.5 公尺處，量測所得之最大噪音值(Lmax)應低於 80 分貝。

C. 列車進站後，所有輔助機具皆處於非牽引動力模式停車狀態下之正常運轉時，在臺鐵局南港車站(隧道內)月台面上方 1 公尺並距車身外 1 公尺量測，其噪音值應低於 75 分貝。

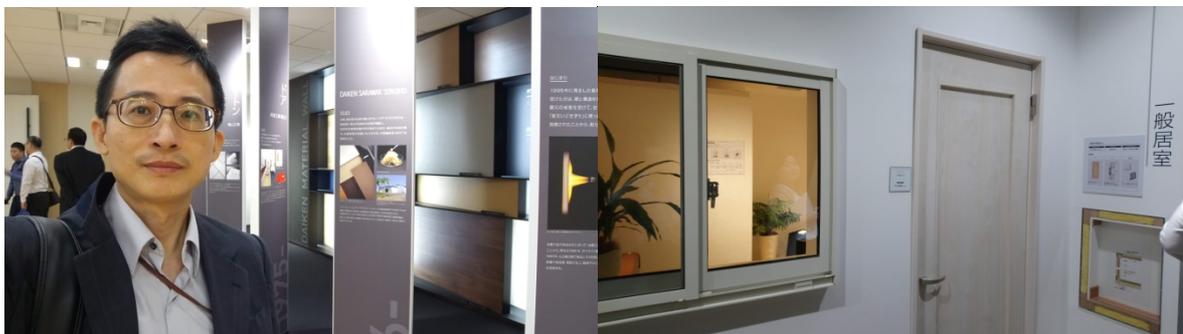
4. 本局臺中高架案因噪音振動而有民眾陳情，目前改善方案概要如下：因超標點均為高樓層(11 樓以上)，本局完成隔音牆加高至 4m 後仍超標，後續將進行增設中間雙面隔音牆、鋼軌裝設減振材、側牆及道床加吸音材等 3 項改善措施，然經評估改善後仍有部分高樓層未符合管制標準，仍需臺鐵局協助同步採營運噪音改善措施(加強營運車輛編組檢修及加速老舊車輛之汰換(列車音量為 89.4dB(A))，預估即可符合管制標準，如尚無法改善至標準值，普悠瑪降速至 106km/hr 可能為最終不得已之手段。請問貴公司對既有車輛之噪音振動除了減速之外，有何建議?

A：針對噪音超出管制之情形，仍建議以隔音設施來改善。至列車運行時之噪音量，因受路線線形、軌道及結構等條件影響，故車輛本身之防音性能目前尚無一致性之標準。

1.10 大建株式會社

一、參訪時間：108 年 6 月 28 日

二、接待人員：市場開發部 澤田幸伸、海外事業本部 青木詩織



三、業務簡介

(一) 於 1945 創立，從素材(耐久、耐水、不燃、耐震)、建材(耐久、耐火、降噪)，而推展至工程。

(二) 生產工廠：

1. 國內：井波、岡山、高萩、三重工廠
2. 國外：中國大陸、馬來西亞、紐西蘭、印尼

四、參訪主要內容

(一) 介紹防音室的材料、種類、等級

(一) 參觀一般居室、Standard 防音室(遮音性能 40dB)、Premium 防音室(遮音性能 50dB)

1.11 野村總合研究所

一、參訪時間：108 年 9 月 25 日

二、接待人員：臺灣分公司- 張正武總經理



三、業務簡介

(一) 1965 年 4 月 1 日創立，總部在東京都千代田区大手町，員工 6,130 人，是日本最大的民間諮詢顧問公司。主要業務為：諮詢，財務 IT 解決方案，工業 IT 解決方案，IT 基礎架構服務。

(二) 野村綜合研究所於 1995 年在臺北成立分公司，並於 2012 年 11 月在臺灣成立子公司野村綜合研究所，負責連接日本與大中華地區。除了與臺灣經濟部合作幫助日本公司進軍臺灣以外，他還參與許多與產業政策和區域發展有關的項目。此外，我們還為民營企業提供臺灣和大中華地區的行業和企業調查以及各種諮詢服務，近年來，隨著臺日商業聯盟的發展，為聯盟夥伴的選擇和談判提供支持。業務也在增長。

四、參訪主要內容

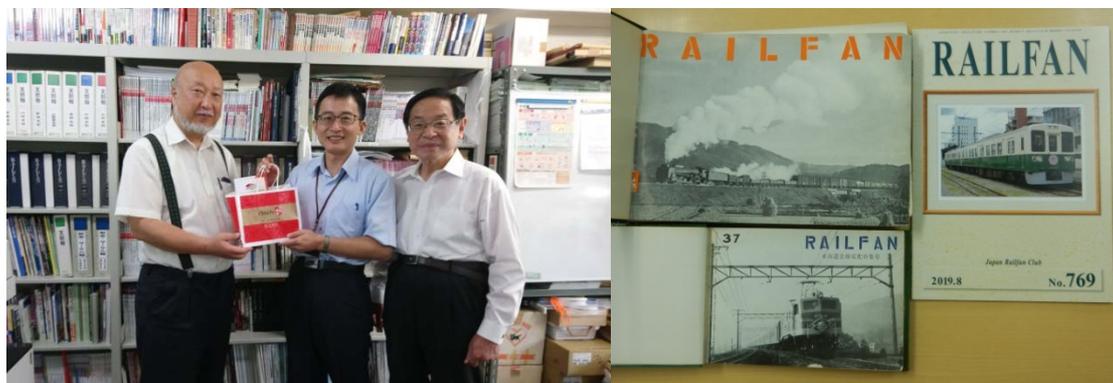
(一) 鐵道之規劃

(二) 與噪音相關之法規

1.12 鐵道友之會

一、參訪時間：108 年 9 月 27 日

二、接待人員：專務理事 關崇博、理事 鹿山 晃



專務理事 關崇博、理事 鹿山 晃

RAILFAN 會刊

三、業務簡介

- (一) 鐵道友之會（日語：鐵道友の会，英語：Japan Railfan Club）是日本一個鐵道迷團體，1953 年 11 月於交通博物館成立，島秀雄為首任會長。
- (二) 戰爭時期受到壓抑，至二戰後以國鐵為中心，集合鐵道愛好者成為全國之組織。
- (三) 鐵道友之會是現時日本規模最大的鐵道迷團體之一，各行各業許多要角、天皇親戚亦加入會員，主要鐵道公司亦為贊助會員，旗下有 7 個研究會和 17 個地區支部。該會自 1954 年起每月出版會報《RAIL FAN》，2011 年起改為雙月刊，並於 2014 年出版「鐵道友の会 60 年のあゆみ」(鐵友會 60 年歷史)。各地區支部定期舉辦參觀不同鐵路公司的設施和攝影會，並發表會員的研究成果。

四、參訪主要內容

- (一) 鐵道友之會每年舉辦之車輛評選獎項之內容：1958 年起，鐵道友之會每年均會在前一年投入服務的鐵路車輛中選出較佳車輛，以獎勵一些優良的鐵路車輛設計。
 1. 「藍絲帶獎」(BLUE RIBBON)：1958 年制定，根據藍絲帶獎/桂冠獎評選委員會選擇的候選車輛的成員投票結果，選擇委員會將選擇被認為是最佳的車輛。
 2. 「桂冠獎」(LAUREAT PRIZE)：1961 年制定，根據藍絲帶獎/桂冠獎評選委員會選擇的候選車輛的成員投票結果，評選委員會將通過審議選出優秀的車輛。
 3. 2019 年之評選結果為：

藍絲帶獎	小田急電鉄 70000 形
桂冠獎	相模鐵道 20000 系 叡山電鉄 デオ 730 形「ひえい」

獲藍絲帶獎之小田急電鉄 70000 形，主要特色為：外型美觀、具特色，內裝舒適便利，頭部和連接件之間安裝了減震器；以行駛設備使用完整的 SiC 模組 VVVF 逆變器控制設備和完全封閉的主電動機，以減少電力使用量和噪音。另在車身與轉向架之間安裝了全主動式懸架，以減少左右振動並提高乘坐舒適性；最新的設施和技術，積極促進通用設計並減少對環境的影響。由於其極高的完美性，它被選為藍絲帶獎。

4. 由上述車輛評選可知，日本對車輛之要求，除外觀、內裝外，亦開始著重對環境之友善，如較低之能耗、噪音及振動。
- (二) 《RAIL FAN》與臺灣鐵道有關之主題：因會員有多位自早年即熱衷臺灣鐵道，因此自1969年起，共有54篇與臺灣鐵道相關之報導。除有助於對臺灣鐵道技術、文化資料之保存，亦促進我國鐵道之能見度與觀光。

附録 2 2019 年鐵道總研技術論壇 行程表

(演講、成果發表、設備公開)

●会場のご案内●



(国分寺市光町2-8-38、JR国立駅北口徒歩7分)

- ・ 入場にあたっては前登録をお願いたします。
- ・ 講演発表の方はWeb申込みをお勧めいたします。
- ・ 無定場外での撮影、録音等はご遠慮下さい。
- ・ 駐車スペースがありませんので、お車によるご来場はご遠慮下さい。
- ・ 研究発表場内は、電子タバコを含めて完全禁煙です。



お問い合わせ先

鉄道総研技術フォーラム事務局(事業推進部)

〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38

NTT 042-573-7380 JR 053-7380

E-Mail: forum2019@rtri.or.jp

<https://www.rtri.or.jp/events/forum/>



大阪開催のご案内

日時 2019年9月11日(水)9:30~17:00

会場 ホテルメルパルク大阪

詳細はウェブサイトをご覧ください

Tokyo

鉄道総研
技術フォーラム 2019

東京開催

鉄道の安全・安心を創るメンテナンス
～デジタル技術と高度アナログ技術～

2019年8月29日(土)

8月30日(日)

9:30~17:00

(両日、大阪でも開催いたします)







公益財団法人 鉄道総合技術研究所

テーマ講演

<8月29日(木)、30日(金)> : 講堂

生産年齢人口の減少や経験豊富な技術者の減少が懸念技術の導入によるメンテナンスの抜本的なシステムチェンジ従来のアナログデバイスの高度化も必要となります。本講演これらを支えるセンシング・ネットワーク技術について紹介

される中で安全・安心な鉄道を維持するためには、デジタルが望まれます。また、デジタル技術を有効に活用するには、では、構造物、軌道、電力の各分野における具体的成果と、紹介します。

14:30~14:35 開催のあいさつ

理事 戸崎 公徳

15:15~15:30 <休憩>

14:35~14:55 鉄道コンクリート構造物のメンテナンスへの画像デジタル技術の活用



コンクリート構造研究室 室長 田中 健治

博士(工学)
デジタル化による鉄道構造物のメンテナンス業務の省力化に向けた取り組みの中から、鉄道橋りょうやトンネルなどのメンテナンスへの画像デジタル技術の活用事例をご紹介します。

15:30~15:50 電車線設備のメンテナンス戦略



電力技術研究所 部長 池田 元

電車線設備のメンテナンス戦略と具体的な研究開発事例(電車線設備の劣化診断と劣化予測による電車線設備の劣化診断、電車線設備のリスク評価など)をご紹介します。

14:55~15:15 安全性の向上に寄与する軌道の検査手法



軌道技術研究所 部長 片岡 宏太

軌道の安全性を向上しメンテナンスの省力化を目指す研究開発として、低コスト動的軌間・平面性測定装置などの軌道の検査手法に関する最近の取り組みをご紹介します。

15:50~16:10 メンテナンスのためのレーダー・ネットワーク技術の活用



信号情報技術研究所 部長 川崎 邦弘

鉄道設備のメンテナンスに活用が期待されているセンシング技術と画像技術から、画像センサを活用した電車線設備劣化診断装置の開発と、Wi-SUNを活用した鉄道設備監視ネットワークをご紹介します。

専門講演

<8月29日(木)> : 講堂

10:30~10:50 安全運行を支える人間科学



人間科学研究所 部長 小美濃 幸司

工学博士
鉄道従事員を支えるための取り組みの中から、運転士や保守作業員などのヒューマンエラー防止のための教育訓練や教育のツールなどをご紹介します。

10:30~10:50 鉄道車両の快適性、保守性を向上する台車技術



車両構造技術研究所 部長 石毛 真

鉄道車両の走行安全性、快適性、保守性・耐久性を向上するための研究開発の中から、振り制御、上下振動制御、アシスト機能台車をご紹介します。

11:10~11:30 鉄道のメンテナンスを支える材料技術



材料技術研究所 部長 上田 洋

博士(工学)
鉄道のメンテナンスに役立つことを目指した研究開発の中から、新材料の開発、劣化劣化診断、使用限界の明確化等に関する成果をご紹介します。

11:10~11:30 鉄道を支えるシミュレーション技術



計算力学研究室 室長 高畑 高和

博士(工学)
鉄道システムの技術開発や事業展開に関する数値シミュレーションの活用事例として、車両座下流の解析、車両走行時の軌道構造物の動的応答解析についてをご紹介します。

成果展示

展示時間:9:30~17:00

[A] メンテーマゾーン

センシング、モニタリングなどで得られるデジタルデータの活用によるメンテナンスの省力化や高度化に向けた成果を中心に紹介します。



ゾーンマネージャー
事業推進部 部長 村本 純己

・車両用振動データロガー

振動の測定・分析・記録機能を有した装置で、営業運転にて一時的な振動の振動監視を簡易に入ります。



・駅の避難安全性検証システム

駅火災時における乗客の避難状況と煙の拡散を比較することで、駅の安全性を検証できます。



・タブレットを用いたコンクリート構造物のはく算予測ツール

タブレットを用いて撮影した画像や入力した検査情報により、はく算等の劣化の進行を可視化します。



・デジタル画像による全軌検査の支援技術

検査者のヘルメットに装着したカメラで撮影した画像から、構造物の3次元モデルを構築します。



・モニタリングデータに基づく山岳トンネル対策工算定法

モニタリングデータと事前に実施したバロメータ解析結果から対策工の効果を予測できます。



・トンネル補強用ロックボルト

[ケー・エフ・シー]
既設トンネルの補強に役立つロックボルトについてをご紹介します。



・画像を活用した電車線金具モニタリング

車両の屋根上に搭載して電車線の線条と金具の状態を測定することで、検査の一部を代替することができます。



・低コスト動的軌間・平面性測定装置

乗り上がり設備と軌間測定装置の低減を図るために、低コスト動的軌間・平面性測定装置を開発しました。



・画像解析技術を活用した列車巡視支援システム

列車先頭に設置したステレオカメラによる沿線画像から、異状等のハザード要因を機械学習等により抽出します。



・LABOCSによる軌道状態診断と保守計画策定支援ツール
安全で快適な軌道を維持するために、軌道の各種検査データを分析し、効率的な保守計画策定を支援します。



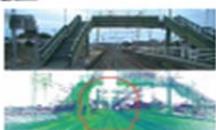
・軌道支持剛性測定装置 (RFWD)
軌道の支持状態の評価検査や剛性の評価に活用できる可搬型の軌道支持剛性測定装置を開発しました。



・常時自動を用いた橋脚の安定性モニタリング
天候の急激な変化での常時自動計測により、地震振動の影響が大きい橋脚でも橋脚固有振動数のモニタリングを可能にしました。



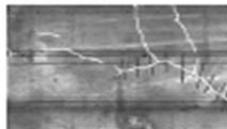
・車載型の橋梁境界支障判定装置
「レーザ測距センサ」を用いて、右線設備を連続的に測定できる境界支障判定装置を開発しました。



・沿線設備向け無線センサネットワークとデータ分析手法
鉄道設備の状態監視システムを構築するためのセンサネットワーク用プロトコルとデータ分析手法を紹介しています。



・深層学習を用いたトンネルひび割れ検出
トンネル復旧工事の機会から、90%以上の正解率でひび割れの有無を識別することができます。



・保守作業向けフィードバック型列車接近警報
気圧端末を用いた安全関連システムの構成手法や各機器の安全を確保するためのフィードバック制御手法を紹介しています。



・打音によるPCまくらぎの損傷検知手法
バラスト軌道のPCまくらぎ上部以外の損傷を、打音により判別する手法を開発しました。



・遠隔非接触計測による鉄道橋の検査手法
ドローンによる浮きコンクリート片検出システム、構造物検査用の非接触振動測定システムを紹介しています。



・鉄道支保部の地震後点検を効率化する変位センサ
支保部のような難視箇所の地震後の変位を検知する変位センサを開発しています。



・VRを用いた線路内安全教育手法
バーチャルリアリティ(VR)技術を活用して、線路内作業のリスクや発生事故の発生プロセスを学ぶ体験型安全教育手法を開発しました。



・非接触・非破壊検査による構造物の維持管理技術 [JRSE]
UドップラーIIやIMPACT IVなどの非接触・非破壊検査装置を活用した維持管理技術をご紹介します。



[B] 運輸・営業・安全ゾーン

安全・安心で、便利・快適な鉄道サービスを提供するために役立つ研究成果をご紹介します。



ゾーンマネジャー
西京橋技術研究所
部長 川崎 邦弘

- ・割引商品の発売上限値に着目したイールドマネジメント手法
- ・自動改札機データを用いた列車の乗車人数推定手法
- ・慣性センサと測位を併用した滑走・空転および車上位置検知
- ・貨物輸送シミュレーションシステム
- ・先取喚呼による速度超過防止法
- ・車掌体験学習型 VR-HMD STVR [エモヴィス]
- ・人間科学実践シリーズ [テス]



【割引商品の発売上限値に着目したイールドマネジメント手法】

[D] 構造物ゾーン



ゾーンマネジャー
構造物技術研究所
部長 神田 政幸

既設の鉄道構造物の補修・補強や環境対策に役立つ技術を中心に構成しました。このほか、新設の鉄道構造物や災害復旧に役立つ工法も揃えています。

- ・騒音低減を考慮した駅高架天井の耐震改修工法
- ・防錆耐性鋼橋に用いる高力ボルト摩擦接合工法
- ・鉄道コンクリート高架橋のリニューアル工法
- ・トンネルの補修・補強工法
- ・被災した盛土の早期復旧工法
- ・コンクリート構造物のメンテナンスに役立つ技術
- ・長大トンネル開口部に対応した高速搬送化手法
- ・漏洩環境シミュレーション
- ・高架橋の補強工法アーチサポート工法、CBパネル工法 [東急建設]
- ・中径～大径補強体 (RRR-Nail) による地山補強土工法 [RRR 工法協会]
- ・石積型耐震補強用高耐久難燃ネット STK ネット [STK ネット工法研究会]
- ・化学接着性防水シート / 薄型高耐性セメントボードを用いたコンクリート構造物補修工法 [クラレ]
- ・先着強化型場所打ち杭 SENTAN パイル工法 [SENTAN パイル工法協会]
- ・トンネル復旧保全技術タフネスコート/アクアグラウト [清水建設]
- ・電子野帳システム [JRSI]



【防錆耐性鋼橋に用いる高力ボルト摩擦接合工法】

[E] 防災・地震ゾーン

強雨、降雪、地震などの様々な自然災害に対してレジリエントな鉄道を実現するための開発成果をご紹介します。ぜひご覧ください。



ゾーンマネージャー
鉄道地震工学研究センター長 山本 健六

- ・局地的短時間強雨に対する鉄道の減災システム
- ・災害ハザード予測を用いた列車停止・降客避難支援システム
- ・融雪災害危険度評価システム
- ・積雪量推定手法
- ・地震対策の主要因の抽出フロー
- ・火山による降灰時の公的構造物の活用
- ・積雪シミュレーション手法の開発
- ・断状注入による既設橋梁物直下地盤の液状化対策
- ・危機耐性を高める自衛構造物と側方方向耐震構造
- ・鉄道用地震情報公開システム
- ・断状注入工法による地盤液状化対策【ライト工業】
- ・石炭壁の強度増強対策工法【RFR工法協会ヒナツブ研究会】
- ・緊急地震速報配信サービス【ANET】



【危機耐性を高める自衛構造物と側方方向耐震構造】

●本研究の一部は、国土交通省の鉄道技術開発補助金を受けて実施しました。

[F] 電気・信号・通信ゾーン

電力供給設備・信号設備の信頼性向上や、電気鉄道省エネ化などに寄与する開発成果を中心に紹介します。多くの皆様にご覧いただければ幸いです。



ゾーンマネージャー
電力技術研究部 部長 池田 元

- ・電力設備用接地システムの耐雷性検査装置
- ・アルミニウム電線劣化判定装置
- ・交流アークによるトロリ線断線条件の解明
- ・架線・パンタグラフの運動シミュレーション

[H] 軌道ゾーン

メンテナンスコスト削減や安全性の向上に役立つ研究開発から、最近の実用的な成果をピックアップしました。皆様からの、ご意見・ご質問をお待ちしております。



ゾーンマネージャー
軌道技術研究部 部長 片岡 登大

- ・S型弾性まくらぎ直結軌道
- ・レール調整きず補修工法
- ・転換装置を内蔵した分岐まくらぎ
- ・地域鉄道に適した低コストロングレール軌道構造
- ・新幹線用伸縮継目の弾性支持構造
- ・あと充填方式グラウト充填劣化改良工法
- ・ラダー軌道
- ・建物の橋を考慮したレール温度の時空間分布の予測法
- ・浮きまくらぎ自動修正装置レベリングカー【スミハツ】



【S型弾性まくらぎ直結軌道】

[C] 鉄道総研の活動紹介

鉄道総研では、研究開発成果の情報発信、鉄道を取り巻く社会や技術の動向調査、技術支援活動、国際規格開発等を行っており、これらの活動をご紹介します。



ゾーンマネージャー
企画室 室長 栗井 明伸

- ・鉄道を取り巻く社会・技術の動向調査
- ・鉄道総研の情報発信活動
- ・鉄道技術推進センターの活動
- ・鉄道分野の国際規格開発への取り組み



【鉄道総研による発行図書】

- ・超電導巻線ケーブル
- ・超電導磁気軸受を用いたフライホイール蓄電システム
- ・車両用ワイヤレス給電システム
- ・信号機柱の強度評価
- ・信号用電子機器の寿命評価手法の開発
- ・鉄道用電力変換システム技術【東洋電機製造】



【電力設備用接地システムの耐雷性検査装置】

[G] 車両ゾーン

安全性や保守性の向上から省エネ・環境対策まで幅広いラインアップでゾーンを構成しました。多くの皆様にご覧いただき、ご意見を伺えたいだけではありません。



ゾーンマネージャー
車両構造技術研究部 部長 石毛 真

- ・ボギー角繰越システム
- ・脱線しにくい台車
- ・車両内地誌計算ツール
- ・燃料電池ハイブリッド電車
- ・省エネ施策評価のための列車運行電力シミュレータ
- ・留置ブレーキ軸の凍結に起因する駆動不良の対策検討手法
- ・新幹線PC測定用処理装置
- ・車輪フランジの摩耗低減・破損の増進用車輪材質高硬度鋼種
- ・車輪軸受のフレッチング摩耗抑制手法
- ・主電動機非解体に向けた入替給油機構
- ・新幹線速度向上に対応した空力ブレーキ
- ・曲線区間で発生する高周波音に対する音源特性の評価手法



【新幹線速度向上に対応した空力ブレーキ】

設備公開

●設備の場所は4ページをご覧ください

試験設備を10:00から17:00の間で公開いたします。都合のよい時間にお越しください。なお、設備によっては、時間を決めてご説明、実演をさせていただくものがございます。詳細は後日ウェブサイトにてお知らせいたします。

U1：高速車両試験台

車両の走行状態を定量的に再現する装置です。最高速度500km/hまでの高速走行が可能で、実際の軌道変位を反映した走行環境を再現することができます。



U2：ブレーキ性能試験機

鉄道車両の実物大車輪やブレーキディスクを用いて、ブレーキ特性や車輪とレールの粘着に関する試験を行う装置です。

500km/hまでの走行を模擬できる他、雨天や積雪などを想定した試験を行うことができます。



U3：大型降雨実験装置

日本でも最大級の降雨実験装置であり、1時間あたり300mmまでの降雨を長時間にわたって再現することができます。

降雨実験装置内の土槽には最大高さ5mの模型盛土が構築可能です。



U4：車両用空気ばね試験装置

車両用空気ばねを3次元に加振することができる装置です。

曲線走行中などの複雑な空気ばねの動きを模擬し、その時に空気ばねが発生する力を測定することができます。



U5：車両用ダンパ試験装置

車両用ダンパを3次元に加振することができる装置です。

車両が走行する際のダンパの動きを模擬し、その時にダンパが発生する力を測定することができます。



U6：高速回転試験装置

車上と地上との間で信号情報等の伝送を行う設備の性能確認試験を行うための装置です。

回転する装置の先端と地上にアンテナを取り付けて回転させることによって、最高速度400km/hまでの車両走行を模擬することができます。



U7：大型振動試験装置

震度7クラスの実地震動の模擬や実車両台車の水平2次元加振が可能な試験装置です。

最大変位振幅±100cm、最大加速度2Gの加振を行うことができます。



U8：燃料電池ハイブリッド電車

水素を燃料とし、走行に伴う排出物が水だけとなる、クリーンな燃料電池ハイブリッド車両の実験車です。

真空空室を確保し、電車並みの加速性能を実現します。



附錄 3 陸上運輸系統噪音管制標準 (2013 年)

第 1 條

本標準依噪音管制法第十四條第二項規定訂定之。

第 2 條

本標準用詞，定義如下：

一、快速道路：指高速公路及快速公路交通管制規則規定之快速公路，及市區道路及附屬工程設計標準規定之快速道路。

二、高速公路：指高速公路及快速公路交通管制規則規定之高速公路。

三、鐵路：指以軌道或於軌道上空架設電線，供動力車輛行駛及其有關之設施；其最高時速二百公里以上者為高速鐵路，低於二百公里者為一般鐵路。

四、大眾捷運系統：指利用地面、地下或高架設施，不受其他地面交通干擾，使用專用動力車輛行駛於專用路線，並以密集班次、大量快速輸送都市及鄰近地區旅客之公共運輸系統。

五、時段區分：

(一) 早：指上午五時至上午七時。

(二) 晚：指晚上八時至晚上十時。

(三) 日間：指上午七時至晚上八時。

(四) 夜間：指晚上十時至翌日上午五時。

六、管制區：指噪音管制區劃定作業準則規定之第一類至第四類噪音管制區。

七、音量單位：分貝 (dB (A))，A 指噪音計上 A 權位置之測量值。

八、測定音源音量：指欲測定之陸上運輸系統交通噪音量。

九、背景音量：指除測定音源音量以外，所有其他噪音源之音量總和。

十、整體音量：指所有噪音源之音量總和，包括測定音源音量及背景音量。

十一、道路系統小時均能音量 (Leq,1h)：指特定時段內一小時所測得道路系統交通噪音之能量平均值，其計算公式如下：

$$Leq,1h = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{P_t}{P_0} dt$$

T：測定時間，單位為秒。

Pt：測定音壓，單位為巴斯噶 (Pa)。 P0：基準音壓為 20 μPa。

十二、軌道系統小時均能音量 (Leq,1h)：指特定時段內一小時所測得軌道系統交通噪音之能量平均值，其計算公式如下：

(一)

$$Leq,1h = 10 \log \left[\frac{1}{3600} \sum_{i=1}^N \frac{L_{p,T}(i)}{10} \right]$$

N：一小時內通過測量地點之軌道機車車輛事件數。

Lp,T：指軌道機車車輛通過測量地點事件於事件歷時時間 (T) 內，所測得軌道系統交

通噪音之事件音量，其計算公式如下：

$$L_{p,T} = 10 \log \int_{T_1}^{T_2} \left(\frac{P_t}{P_0} \right)^2 dt$$

P_t ：測定音壓，單位為巴斯噶（Pa）。

P_0 ：基準音壓為 $20 \mu Pa$ 。

T ：軌道機車車輛通過測量地點之事件歷時時間（ T_1 至 T_2 ），單位為秒，參見下圖。

T_1 ：低於軌道機車車輛前端通過測量地點時整體音量十分貝（dB(A)）之時間點。

T_2 ：低於軌道機車車輛尾端通過測量地點時整體音量十分貝（dB(A)）之時間點。

（二）無法依前目規定決定 T_1 、 T_2 時，其事件歷時時間 T 計算之原則依下列順序定之：

1. 依據實際測量資料計算歷時時間 T ，其時間須足以涵蓋事件音量發生過程。

2. 依據該小時其他相同車種班次之 T_1 、 T_2 計算其平均時距，作為事件歷時時間 T ，該小時僅有一班次者，則以前後一小時之相同車種班次計算之。

3. 依據軌道機車車輛之長度加一百公尺除以車速，以計算該班次事件歷時時間 T 。

（三）背景音量之計算由 T_1 往前計算 T 時間之事件前背景音量，及由 T_2 往後計算 T 時間之事件後背景音量，再取二者之能量平均值。前述事件前、後背景音量之計算公式與事件音量相同。

（四）軌道機車車輛之 $L_{p,T}$ 音量與前目背景音量相差小於十分貝（dB(A)）者，應依第三條第七款規定進行背景音量修正。

十三、軌道系統平均最大音量（ $L_{max,mean,1h}$ ）：指一小時內所測得軌道機車車輛各事件交通噪音最大音量（ L_{max} ）之能量平均值。

（一）

$$L_{max,mean,1h} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N L_{p \max(i)} \right]$$

$L_{p \max}$ ：軌道機車車輛各事件交通噪音 A 加權測定之最大音量。

N ：一小時內通過測量地點之軌道機車車輛事件數。

（二）各事件交通噪音最大音量之背景音量計算，應依前款第三目規定計算所得之背景音量再取歷時時間 T 之均能音量值。各事件交通噪音最大音量與其背景音量相差小於十分貝（dB(A)）者，應依第三條第七款規定進行背景音量修正。

十四、複合性音量：指整體音量包括二個以上交通系統所產生並合成之音量。

第 3 條

陸上運輸系統交通噪音之測定應符合下列規定：

一、測量儀器：須使用符合中華民國國家標準（CNS 7129）規定之一型噪音計或國際電工協會標準（IEC 61672-1）Class 1 噪音計。

二、測定高度：聲音感應器應置於離地面或樓板延伸線一·二至一·五公尺之間。

三、由直轄市、縣（市）主管機關會同交通營運或管理機關（構）於下列地點測量：

（一）於陳情人所指定其居住生活範圍之室外地點測定者，應距離周圍建築物牆面線及其他主要反射面一至二公尺。

（二）陳情人未指定地點者，由主管機關指定陸上運輸系統營運或管理範圍外與陳情人居住生活建築物最近處之室外地點測定之，並應距離周圍建築物牆面線及其他主要反射面一至二公尺。

（三）執行補助計畫後之測量地點應於補助計畫載明之測量地點測定之。

四、動特性：

（一）測量道路系統交通噪音使用快特性（FAST）。

（二）測量軌道系統交通噪音使用慢特性（SLOW）。

五、測量時間：

（一）於陳情人指定時段進行連續測定。

（二）陳情人未指定時段則進行二十四小時連續測定。

六、測量項目：

（一）道路系統交通噪音須測量小時均能音量（ $Leq,1h$ ）。

（二）軌道系統交通噪音須測量小時均能音量（ $Leq,1h$ ）及平均最大音量（ $L_{max,mean,1h}$ ）。

七、背景音量之修正：

（一）測量地點之背景音量，至少與欲測定音源音量相差十分貝（dB(A)）以上。

（二）測量地點之整體音量與背景音量相差數值（L）介於三分貝（dB(A)）至九分貝（dB(A)）時，則依下表進行背景音量修正，或以音量之能量相減計算方式進行修正。

單位：dB(A)

L	3	4	5	6	7	8	9
修正值	-3.0	-2.2	-1.7	-1.3	-1.0	-0.7	-0.6

（三）測量地點之整體音量與背景音量相差數值小於三分貝（dB(A)）時，應停止測量，另尋其他適當測量地點或排除、減低背景音量後，再重新進行測量。

八、複合性音量之計算及判定：

（一）測量地點包含軌道系統與道路系統，其複合性音量之小時均能音量扣除軌道系統小時均能音量，即為道路系統小時均能音量。

（二）測量地點包含二個以上道路系統且各道路系統之間音量相差數值小於十分貝（dB(A)），其複合性音量大於各道路系統噪音管制標準時，各系統音量鑑別程序應由直轄市、縣（市）主管機關會商交通營運或管理機關（構）後決定，並據以分析判定各交通系統音量。

九、氣象條件：測量時間內測量地點須無雨、路乾且風速每秒五公尺以下。

十、測定紀錄應包括下列事項：

- (一) 日期、時間、地點（含高度及座標，座標應採用 TWD97 以上大地基準）及測定人員。
- (二) 使用儀器及其校正紀錄。
- (三) 測定結果。
- (四) 測定時間之氣象狀態（風向、風速、相對溼度、氣溫及最近降雨日期）。
- (五) 適用之標準。
- (六) 測定過程錄音或錄影資料紀錄。
- (七) 測量期間已存檔備查之噪音原始數據紀錄。
- (八) 其他經中央主管機關指定記載事項。

第 4 條

快速道路交通噪音管制標準如下：

時段與音量	小時均能音量 (Leq,1h)		
	早、晚	日 間	夜 間
管制區			
第一類、第二類	70	74	67
第三類、第四類	75	76	72

第 5 條

高速公路交通噪音管制標準如下：

時段與音量	小時均能音量 (Leq,1h)		
	早、晚	日 間	夜 間
管制區			
第一類、第二類	70	74	67
第三類、第四類	75	76	73

第 6 條

一般鐵路交通噪音管制標準如下：

時段與音量	小時均能音量 (Leq,1h)			平均最大音量 (Lmax,mean, lh)
	早、晚	日 間	夜 間	
管制區				
第一類、第二類	73	73	70	80
第三類、第四類	75	75	70	85

第 7 條

高速鐵路交通噪音管制標準如下：

管制區	小時均能音量 (Leq,1h)			平均最大音量 (Lmax,mean, lh)
	早、晚	日 間	夜 間	
第一類、第二類	65	70	60	80
第三類、第四類	70	75	65	85

第 8 條

大眾捷運系統交通噪音管制標準如下：

管制區	小時均能音量 (Leq,1h)			平均最大音量 (Lmax,mean, lh)
	早、晚	日 間	夜 間	
第一類、第二類	65	70	60	80
第三類、第四類	70	75	65	85

第 9 條

本標準自發布日施行。

資料來源：全國法規資料庫

附録 4 新幹線鉄道騒音に係る環境基準について (1975 年)

(昭和 50.7.29 環境庁告示第 46 号)

改正 平 5 環告 91

改正 平 12 環告 78

公害対策基本法（昭和 42 年法律第 132 号）第 9 条の規定に基づく騒音に係る環境上の条件のうち、新幹線鉄道騒音に係る基準について次のとおり告示する。

環境基本法（平成 5 年法律第 91 号）第 16 条第 1 項の規定に基づく騒音に係る環境上の条件につき、生活環境を保全し、人の健康の保護に資するうえで維持することが望ましい新幹線鉄道騒音に係る基準（以下「環境基準」という。）及びその達成期間等は、次のとおりとする。

第 1 環境基準

1 環境基準は、地域の類型ごとに次表の基準値の欄に掲げるとおりとし、各類型をあてはめる地域は、都道府県知事が指定する。

地域の類型	基準値
I	70 デシベル以下
II	75 デシベル以下

(注)

I をあてはめる地域は主として住居の用に供される地域とし、II をあてはめる地域は商工業の用に供される地域等 I 以外の地域であつて通常的生活を保全する必要がある地域とする。

2 1 の環境基準の基準値は、次の方法により測定・評価した場合における値とする。

(1) 測定は、新幹線鉄道の上り及び下りの列車を合わせて、原則として連続して通過する 20 本の列車について、当該通過列車ごとの騒音のピークレベルを読み取つて行うものとする。

(2) 測定は、屋外において原則として地上 1.2 メートルの高さで行うものとし、その測定点としては、当該地域の新幹線鉄道騒音を代表すると認められる地点のほか新幹線鉄道騒音が問題となる地点を選定するものとする。

(3) 測定時期は、特殊な気象条件にある時期及び列車速度が通常時より低いと認められる時期を避けて選定するものとする。

(4) 評価は、(1)のピークレベルのうちレベルの大きさが上位半数のものをパワー平均して行うものとする。

(5) 測定は、計量法（平成 4 年法律第 51 号）第 71 条の条件に合格した騒音計を用いて行うものとする。この場合において、周波数補正回路は A 特性を、動特性は遅い動特性（SLOW）を用いることとする。

3 1 の環境基準は、午前 6 時から午後 12 時までの間の新幹線鉄道騒音に適用するものとする。

第 2 達成目標期間

環境基準は、関係行政機関及び関係地方公共団体の協力のもとに、新幹線鉄道の沿線区域の区分ごとに次表の達成目標期間の欄に掲げる期間を目途として達成され、又は維持されるよう努めるものとする。この場合において、新幹線鉄道騒音の防止施策を総合的に講じても当該達成目標期間で環境基準を達成することが困難と考えられる区域においては、家屋の防音工事等を行うことにより環境基準が達成された場合と同等の屋内環境が保持されるようにするものとする。

なお、環境基準の達成努力にもかかわらず、達成目標期間内にその達成ができなかつた区域が生じた場合においても、可及的速やかに環境基準が達成されるよう努めるものとする。

新幹線鉄道の沿線区域の区分			達成目標期間		
			既設新幹線鉄道に係る期間	工事中新幹線鉄道に係る期間	新設新幹線鉄道に係る期間
a	80 デシベル以上の区域		3 年以内	開業時に直ちに	開業時に直ちに
b	75 デシベルを超え 80 デシベル未満の区域	イ	7 年以内	開業時から 3 年以内	
		ロ	10 年以内		
c	70 デシベルを超え 75 デシベル以下の区域		10 年以内	開業時から 5 年以内	

備考

1 新幹線鉄道の沿線区域の区分の欄の b の区域中イとは地域の類型 I に該当する地域が連続する沿線地域内の区域をいい、ロとはイを除く区域をいう。

2 達成目標期間の欄中既設新幹線鉄道、工事中新幹線鉄道及び新設新幹線鉄道とは、それぞれ次の各号に該当する新幹線鉄道をいう。

(1) 既設新幹線鉄道 東京・博多間の区間の新幹線鉄道

(2) 工事中新幹線鉄道 東京・盛岡間、大宮・新潟間及び東京・成田間の区間の新幹線鉄道

(3) 新設新幹線鉄道 (1)及び(2)を除く新幹線鉄道

3 達成目標期間の欄に掲げる期間のうち既設新幹線鉄道に係る期間は、環境基準が定められた日から起算する。

第3 騒音対策の実施方針

1 新幹線鉄道に係る騒音対策を実施するに際しては、当該新幹線鉄道沿線区域のうち a の区域に対する騒音対策を優先し、かつ、重点的に実施するものとする。

2 既設新幹線鉄道の沿線区域のうち b の区域及び c の区域に対する騒音対策を実施するに際しては、当該沿線区域のうち a の区域における音源対策の技術開発及び実施の状況並びに実施体制の整備及び財源措置等との関連における障害防止対策の進捗よく状況等を勘案し、逐次、その具体的実施方法の改訂を行うものとする。

附録 5 環境保全上緊急を要する新幹線鉄道振動対策について(勧告)(1976年)

- 公布日：昭和 51 年 3 月 12 日
- 環大特 32 号

環境庁長官から運輸大臣あて

新幹線鉄道の列車の走行に伴い発生する振動は著しく、沿線の一部の地域においては、看過しがたい被害を生じている。このような現状に対処するため、新幹線鉄道振動対策に係る下記の当面の指針等を達成する必要があるので、所要の措置を講ずるよう勧告する。

おつて、本指針等を達成するために講じた措置については、その都度報告するようお願いする。

記

1 指針

- (1) 新幹線鉄道振動の補正加速度レベルが、70 デシベルを超える地域について緊急に振動源及び障害防止対策等を講ずること。
- (2) 病院、学校その他特に静穏の保持を要する施設の存する地域については、特段の配慮をするとともに、可及的速やかに措置すること。

2 測定方法等

- (1) 測定単位は、補正加速度レベル(単位デシベル)を用いること。

(注) 補正加速度レベルとは、鉛直振動の振動数を f (単位ヘルツ)及び加速度実効値を A (単位メートル毎秒毎秒)とするととき、 A の基準値 A_0 (単位メートル毎秒毎秒)に対する比の常用対数の 20 倍すなわち $20\log(A/A_0)$ (単位デシベル)で表わしたものを言う。

(この場合、 A_0 は次の値とする。

$1 \leq f \leq 4$ の場合、

$$A_0 = 2 \times 10^{-5} f^{-1/2}$$

$4 \leq f \leq 8$ の場合、 $A_0 = 10^{-5}$

$8 \leq f \leq 90$ の場合、

$$A_0 = 0.125 \times 10^{-5} f$$

- (2) 測定条件は、次のとおりとすること。

ア 振動ピックアップの設置場所は、緩衝物がなく、かつ、十分踏固め等の行われている堅い場所とすること。

イ 振動ピックアップの設置場所は、傾斜又は凹凸のない場所とし、水平面を十分確保できる場所とすること。

ウ 振動ピックアップは、外圍条件の影響を受けない場所に設置すること。

エ 指示計器の動特性は緩(Slow)とすること。

- (3) 測定は、上り及び下りの列車を合わせて、原則として連続して通過する 20 本の列車について、当該通過列車ごとの振動のピークレベルを読み取つて行うものとする。

なお、測定時期は、列車速度が通常時より低いと認められる時期を避けて選定するものとする。

- (4) 振動の評価は、(3)のピークレベルのうちレベルの大きさが上位半数のものを算術

平均して行うものとする。

3 指針達成のための方策

(1) 新幹線鉄道振動の振動源対策として、構造物の振動低減対策等の措置を講ずるものとする。

なお、以上の措置を講じても現在の防止技術では振動を低減することが困難な場合もあるので、早急に構造物の防振対策、振動遮断対策などの技術開発を図るものとする。

(2) 新幹線鉄道振動の障害防止対策として、既設の住居等に対する建物の移転補償、改築及び補強工事の助成等の措置を振動が著しい地域から実施するものとする。特に、今後早急に家屋の防振対策技術の開発を図り、家屋補修等により振動の影響を軽減する措置を講ずるものとする。

(3) 新幹線鉄道振動対策の実施に当たっては、「新幹線鉄道騒音に係る環境基準(昭和50年7月環境庁告示第46号)」に基づく騒音対策その他の環境対策と有機的に連携して実施するものとする。

附録 6 在来鉄道の新設又は大規模改良に際しての騒音対策の指針について (1995 年)

- 公布日：平成 7 年 12 月 20 日
- 環大一 174 号

環境庁大気保全局長から各都道府県知事・政令指定都市市長あて

在来鉄道の新設又は大規模改良に伴い生じる騒音問題を未然に防止するため、環境庁では平成 4 年 9 月以来学識経験者等から構成される検討会を設置して検討を行ってきたところであるが、このたび、その結果が別添のとおりとりまとめられた。

この結果に基づき、鉄道事業法(昭和 61 年法律第 92 号)第 2 条第 1 項の適用を受ける鉄道のうち普通鉄道(ただし、新幹線鉄道を除く)又は軌道法(大正 10 年法律第 76 号)の適用を受ける軌道のうち線路構造が普通鉄道と同様であり鉄道運転規則(昭和 62 年運輸省令第 15 号)を準用する軌道であって、新規に供用される区間及び大規模な改良を行った後供用される区間における列車の走行に伴う騒音について、生活環境を保全し、騒音問題が生じることを未然に防止する上で目標となる当面の指針を別紙のとおり定めたので、貴職におかれては、在来鉄道の新設又は大規模改良に係る環境影響評価に際し本指針を活用するなど騒音問題の未然防止に関し、格段のご配慮をお願いする。

また、運転本数の増大は必ずしも線路又は軌道の大規模な改良を伴わないため、この指針の対象とはならないが、そのような場合であっても、運転本数を 2 倍以上に増大させる場合にあっては、大規模な改良を行う場合に準じた環境対策が講じられるよう、貴職におかれても格段のご配慮をお願いしたい。

なお、関係省庁にこの旨協力を依頼したところであるので申し添える。

〔別紙〕 在来鉄道の新設又は大規模改良に際しての騒音対策の指針について

在来鉄道の新設又は大規模改良に際して、生活環境を保全し、騒音問題が生じることを未然に防止する上で目標となる当面の指針を次のとおり定める。在来鉄道の新設又は大規模改良工事を施行するに当たっては、本指針に適合できるよう計画するとともに、供用後速やかに、本指針に対する適合性を検証することが望ましい。

1 対象

鉄道事業法(昭和 61 年法律第 92 号)第 2 条第 1 項の適用を受ける鉄道のうち普通鉄道(ただし、新幹線鉄道を除く)又は軌道法(大正 10 年法律第 76 号)の適用を受ける軌道のうち線路構造が普通鉄道と同様であり鉄道運転規則(昭和 62 年運輸省令第 15 号)が準用される軌道であって、新規に供用される区間(以下「新線」という)及び大規模な改良を行った後供用される区間(以下「大規模改良線」という)における列車の走行に伴う騒音を対象とする。

ここで、「新線」とは、鉄道事業法第 8 条又は軌道法第 5 条の工事の施行認可を受けて工事を施行する区間をいう。また、「大規模改良線」とは、複線化、複々線化、道路との連続立体交差化又はこれに準ずる立体交差化(以下「高架化」という)を行うため、鉄道事業法第 12 条の鉄道施設の変更認可又は軌道法施行規則(大正 12 年内務・鉄道省令)第 11 条の線路及び工事方法書の記載事項変更認可を受けて工事を施行する区間をいう。ただし、平成 7 年 12 月 19 日以前に既に新線又は大規模改良線として工事が認可申請されている区間は、指針の適用の対象外とする。

なお、本指針は、以下の区間等については適用しないものとする。ただし、これらに

についても、必要な騒音対策を講じることが望ましい。

- ① 住宅を建てることが認められていない地域及び通常住民の生活が考えられない地域。
- ② 地下区間(半地下、掘り割りを除く)。
- ③ 踏切等防音壁(高欄を含む)の設置が困難な区間及び分岐器設置区間、急曲線区間等ロングレール化が困難な区間。
- ④ 事故、自然災害、大みそか等通常とは異なる運行をする場合。

2 指針

在来鉄道の新設又は大規模改良に際して、生活環境を保全し、騒音問題が生じることを未然に防止する上で目標となる当面の指針を次表のとおりとする。

新線	等価騒音レベル(L _{Aeq})として、昼間(7～22時)については60dB(A)以下、夜間(22時～翌日7時)については55dB(A)以下とする。なお、住居専用地域等住居環境を保護すべき地域にあっては、一層の低減に努めること。
大規模改良線	騒音レベルの状況を改良前より改善すること。

(1) 測定方法及び評価

測定方法及び評価については、以下のとおりとする。

- ① 測定方法は、原則として、当該路線を通過する全列車(上下とも)を対象とし、周波数補正回路をA特性に合わせ、通過列車ごとの騒音の単発騒音暴露レベル(LAE)を測定することとする。ただし、通行線路(上下等)、列車種別、車両型式、走行時間帯(混雑時には列車速度が低くなる場合がある)等による騒音レベルの変動に注意しつつ、測定を行う列車の本数を適宜減じて加重計算しても良い。
- ② LAE から等価騒音レベル(L_{Aeq})の算出は次式によるものとする。

$$L_{Aeq} = 10 \log_{10} \left[\left(\sum_{i=1}^n 10^{L_{AEi} / 10} \right) / T \right]$$

T: LAeq の対象としている時間(秒)。7時～22時は T=54,000、22時～翌日7時は T=32,400

- ③ 測定に当たっては、列車騒音以外の暗騒音との差が10dB(A)以上となるような間を測定すること。なお、暗騒音との差が十分確保できない場合は、近似式である次式により、騒音計のslow動特性を用いて測定したピーク騒音レベル(LA_{max})からLAEを算出することが適当である。

$$LAE \approx LA_{max} + 10 \log_{10} t$$

t: 列車の通過時間(秒)

ただし、貨物列車の場合には、先頭車両(機関車)に対応して大きなピークが計測されるため、この式で算出したLAEより実際のLAEは小さくなる。

- ④ 測定機器は、計量法(平成4年法律第51号)第71条の条件に合格したものを使用する。

⑤ 雨天、その他の特殊な天候の日は避けて測定するものとする。

(2) 測定点の選定

鉄道(軌道を含む)用地の外部であって、なるべく地域の騒音を代表すると思われる屋外の地点のうち、以下の条件を満たす場所を測定点として選定するものとする。

① 近接側軌道中心線からの水平距離が 12.5m の地点を選定する。なお、鉄道用地の外部に測定点を確保できない場合には、鉄道用地の外部であって、できるだけ線路に近接した位置を測定点とする。

② 高さは地上 1.2m とする。

③ 窓又は外壁から原則として 3.5m 以上離れた地点を選定する。なお、窓や外壁の近くで測定した場合、その反射の影響により、3dB(A)程度数値が高くなることがある。

(3) 注意事項

本指針の適用に当たっては、以下の点に注意すること。

- この指針は、許容限度や受忍限度とは異なること。
- 測定方法が異なる場合、これらを単純に比較することはできないこと。
- この指針は、在来鉄道の走行音に係る住民反応調査等を設定の基礎資料としたものであるため、その他の騒音の評価指標として使用することはできないこと。

(4) 指針の見直し

本指針については、設定に際しての基礎資料を適宜再評価することにより、必要に応じ改定する。

3 その他

① 学校、病院その他特に静穏さを要求する施設、線路に著しく近接した施設等があらかじめ存在していた場合など、特殊な事情により騒音問題が発生する場合には、必要に応じた対策を講じること。

② 測定点と異なる場所において鉄道騒音が問題となる場合には、参考のため、当該問題となる場所においても併せて測定を行うことが望ましい。

參考文獻

1. Shinkansen railway Development OF Noise Reduction Technology, 鐵道綜合技術研究所(RTRI) 噪音解析研究室簡報, 2019
2. 噪音解析研究室 簡報資料, 鐵道綜合技術研究所(RTRI), 2019
3. 構造力學研究室 簡報資料, 鐵道綜合技術研究所(RTRI), 2019
4. 路盤・路盤研究室 簡報資料, 鐵道綜合技術研究所(RTRI), 2019
5. 鐵道綜合技術研究所(RTRI) 網站資料
6. 國土交通省 簡報資料, 2019
7. 鐵道運輸機構簡報資料, 2019
8. 環境省 簡報資料, 2019
9. 小林理學研究所(KIPR) 簡報資料, 2019
10. オン株式会社 簡報資料, 2019
11. JR 東海公司 簡報資料, 2019
12. 首都圏新都市鐵道株式會社 簡報, 2019
13. 東武鐵道株式會社 簡報, 2019
14. 長倉 清, 環境と調和した鐵道をめざして, 鐵道總研報告, Vol.75 No.07, 2018
15. 光用剛, 池田充, 末木健之, 臼田隆之, 深瀉康二, パンタグラフの空力音を低減する, 鐵道總研報告, Vol.75 No.07, 2018
16. 谷川光, 吉川秀平, 高橋貴藏, 桃谷尚嗣, 弾性まくらぎ直結軌道で騒音・振動を低減する, 鐵道總研報告, Vol.75 No.07, 2018
17. 新公害防止之技術與法規 2019 噪音、振動編, 公害防止之技術與法規編集委員會, 一般社團法人産業環境管理協會, 2019
18. 噪音用語事典, 社團法人日本噪音制御工學會編, 技報堂出版, 2010
19. 上浦正樹、須長 誠、小野田滋, 鐵道工學, 森北出版株式會社, 2018
20. 小野田滋, 鐵道構造物を探る, 講談社, 2015
21. 交通騒音問題の未然防止のための沿道・沿線対策に関するガイドライン, 環境省 水・大氣環境局 自動車環境対策課, 2017
22. 鐵道噪音之評價相關調查檢討報告書, 中央復建顧問株式會社, 2019
23. International Institute of Noise Control Engineering 2009 年 7 月報告,
<http://i-ince.org/files/publications/iince091.pdf>
24. Yoshiyuki SHIMOKAWA* Masaaki MIZUNO(2013), Development of the New Concept Steering Bogie, <https://pdfs.semanticscholar.org/3db5/63cd3c7fcd9f9fe98ae7ba8cad9e0f15fd89.pdf>
25. 池田 学, 谷村幸裕, 鐵道構造物(主として鋼橋)のメンテナンスの現状と最近の取り組み, 材料と環境, Vol.65, p287-293 (2016)
26. JR 東海網站, <https://linear-chuo-shinkansen.jr-central.co.jp/about/>
27. 首都圏新都市鐵道株式會社, 安全報告書 2018
28. ニチアス株式會社 NICHIAS Corporation 網站,
<https://www.nichias.co.jp/products/product/construction/construction/soundproof01.html>