

香港船舶污染物排放清單研究

吳家穎
林楚彬

香港科技大學環境研究所

合約編號：AS 08-068

香港環境保護署主辦技術交流會 2011年7月12日

報告大綱

- 背景
- 研究目的及範圍
- 研究方法
- 資料採集
- 2007年（基礎年）排放清單
- 1990-2006年歷史排放清單估算
- 2008-2020年排放清單趨勢預測
- 討論及總結

背景 (1/4)

● 排放趨勢

- 自1990年起，主要污染源的空氣污染物排放逐步減少。水上運輸的排放趨勢卻例外。

1990至2007年按主要排放源分類空氣污染物排放比率

排放源	二氧化硫	氮氧化物	可吸入懸浮粒子
公用發電	↓49%	↓67%	↓69%
道路運輸	↓95%	↓22%	↓64%
水上運輸	↑93%	↑84%	↑61%
民用航空	↑155%	↑156%	比率不變
其他燃料燃燒	↓65%	↓27%	↓35%
非燃燒	N/A	N/A	↑19%
總計	↓51%	↓48%	↓55%

資料來源：香港環境保護署(1/2009)

背景 (2/4)

● 船舶排放對健康的影響

- 遠洋船舶使用的船用燃料油／重油，硫含量最高可達4.5%，高於機動車使用的柴油（例如：超低硫柴油（0.005%）和歐五柴油（0.001%）等）一千倍或以上，造成嚴重的二氧化硫和粒子排放。
- 研究顯示*，港口污染對於在港區附近居住市民的健康，帶來嚴重威脅，患癌症的風險高於其他地區的市民。

* 參考文獻：

- Lau, A. et.al. (2005) "Significant Marine Source for SO₂ Levels in Hong Kong"
- South Coast Air Quality Management District (SCAQMD) (2008) *Multiple Air Toxics Exposure Study in the South Coast Air Basin*.

背景 (3/4)

- 船舶、港口空氣污染物排放管控的國際趨勢
 - 2005年，國際海事組織《國際防止船舶污染海洋公約》附則六正式生效。
 - 香港於2008年6月確認公約。
 - 自2009年7月起，遠洋船舶駛進美國加州24海浬範圍內就需要按法例規定轉用低硫燃料。
 - 由2010年1月1日開始，歐盟港口要求船舶靠泊後或在內河航道航行時使用不高於0.1%硫含量的燃料。

背景 (4/4)

- 珠三角地區港口吞吐量不斷增長，海上交通趨於頻繁

千個標準貨櫃單位

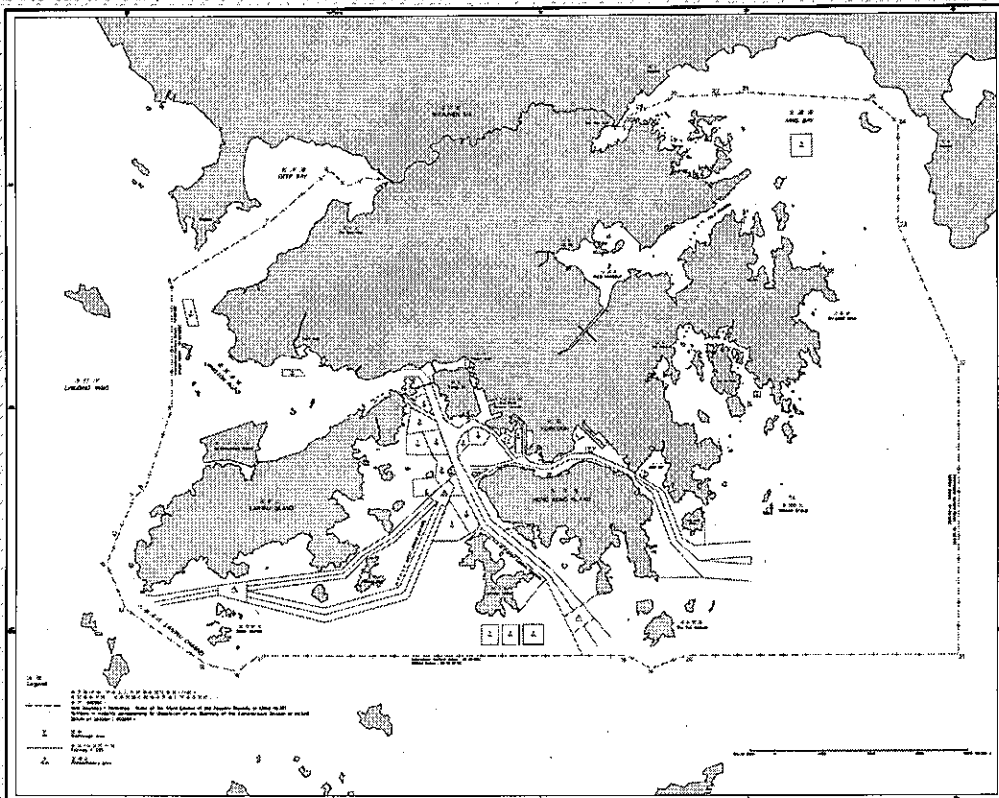
排名	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	新加坡 15 100							新加坡 23 192	新加坡 24 792	新加坡 27 936	新加坡 29 918	新加坡 25 867
2		新加坡 15 945	新加坡 17 087	新加坡 15 571	新加坡 16 941	新加坡 18 411	新加坡 21 329			上海 26 152	上海 28 006	上海 25 002
3	高雄 6 271	高雄 6 985	釜山 7 540	釜山 8 073	釜山 9 453	上海 11 280	上海 14 557	上海 18 084	上海 21 710			
4	鹿特丹 6 011	釜山 6 440	高雄 7 426	高雄 7 541	上海 8 610	深圳 10 650	深圳 13 626	深圳 16 197	深圳 18 469	深圳 21 099	深圳 21 417	深圳 18 250
5	釜山 5 946	鹿特丹 6 400	鹿特丹 6 275	上海 6 340	高雄 8 493	釜山 10 408	釜山 11 442	釜山 11 843	釜山 12 039	釜山 13 261	釜山 13 426	釜山 11 980
6	長堤 4 098	長堤 4 408	上海 5 612	鹿特丹 6 096	深圳 7 614	高雄 8 843	高雄 9 714	高雄 9 471	高雄 9 775	鹿特丹 10 791	杜拜 11 827	廣州 11 190
7	漢堡 3 550	上海 4 210	洛杉磯 4 879	洛杉磯 5 184	鹿特丹 6 506	洛杉磯 7 179	鹿特丹 8 281	鹿特丹 9 287	鹿特丹 9 600	杜拜 10 653	廣州 11 001	杜拜 11 120
8		洛杉磯 3 378	長堤 3 829	深圳 4 601	洛杉磯 5 043	鹿特丹 6 106	洛杉磯 7 107	漢堡 8 088	漢堡 8 862	高雄 10 257	華波 - 舟山港 10 846	寧波 - 舟山港 10 503
9	安特衛普 3 266	漢堡 3 750	漢堡 4 248	漢堡 4 689	漢堡 5 374	漢堡 6 138	漢堡 7 003	杜拜 7 619	杜拜 8 783	漢堡 9 890	鹿特丹 10 784	青島 10 260
10	上海 3 066	安特衛普 3 614	安特衛普 4 082	長堤 4 463	安特衛普 4 777	杜拜 5 445	杜拜 6 429	洛杉磯 7 485	洛杉磯 8 470	青島 9 466	青島 10 377	鹿特丹 9 743

研究目的及範圍 (1/4)

- 研究目的：
 - 為進出香港水域的遠洋船舶及內河船舶，編製一份2007年（基礎年）空氣污染物排放清單；
 - 以後向估算方法，為遠洋船舶及內河船舶，編製一份1990至2006年的空氣污染物排放清單；以及
 - 預計2008至2020年的空氣污染物排放清單。

研究目的及範圍 (2/4)

香港水域範圍



資料來源：香港海事處

研究目的及範圍 (3/4)

- 遠洋船舶及內河船舶
 - 以船隻特定用途分類：
 - 化學品運載船；
 - 普通貨船；
 - 郵船/渡輪；
 - 散裝幹貨船；
 - 漁船/魚類加工船；
 - 全槽格式貨櫃船；
 - 液化氣體運載船；
 - 駁船/躉船/貨艇；
 - 油輪；
 - 遊樂船舶；
 - 滾裝船；
 - 半貨櫃船；
 - 拖船；
 - 其他類型船

研究目的及範圍 (4/4)

- 空氣污染物類別：
 - 二氧化硫 (SO_2)
 - 氮氧化物 (NO_x)
 - 粒子 (PM_{10} and $\text{PM}_{2.5}$)
 - 揮發性有機化合物 (VOC)
 - 一氧化碳 (CO)
- 排放源：
 - 主發動機 (ME)
 - 輔助發動機 (AE)
 - 船用鍋爐 (AB)

研究方法 (1/2)

● 動力法

- 船舶動力資料
 - 主發動機、輔助發動機、鍋爐
- 運行工況
 - 正常速度航行、慢速航行、調度、靠泊
- 發動機運作 (負載率)
- 排放因子 (克/千瓦時)

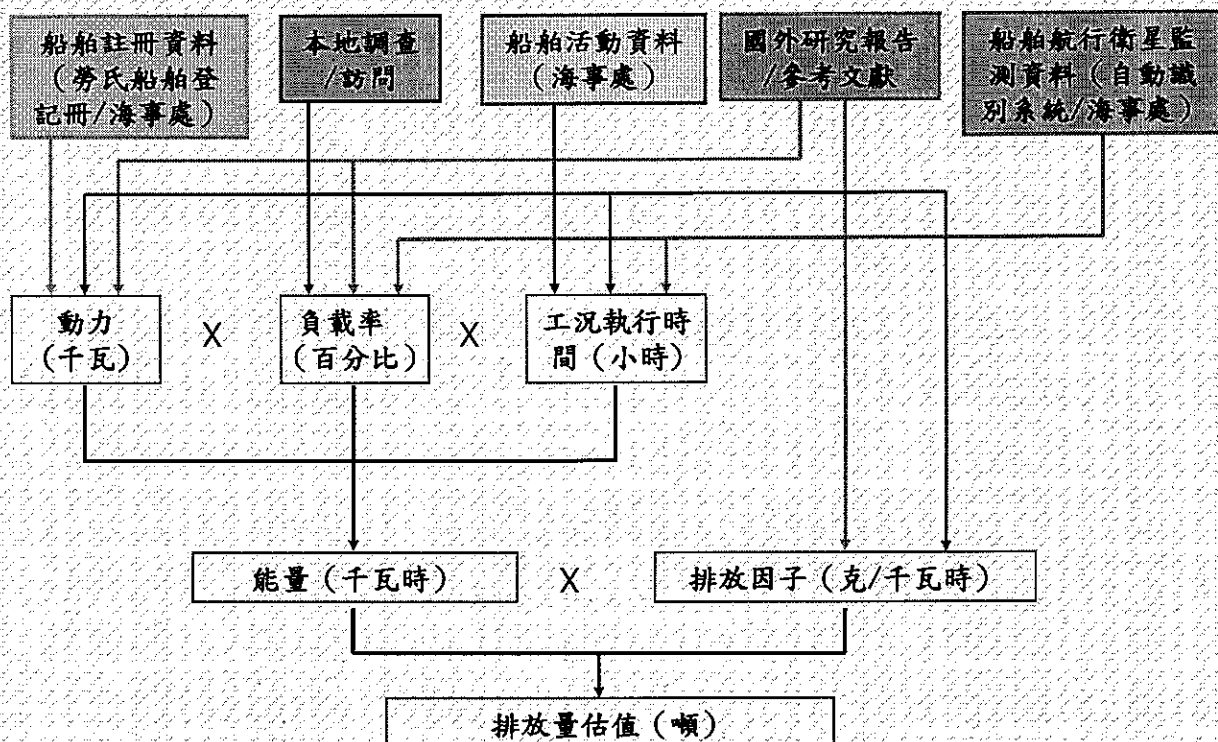
$$\text{總排放量(污染物)} = \sum \text{排放量(污染物, 船舶類型, 排放源, 運行工況)}$$

$$\text{排放量(污染物, 船舶類型, 排放源, 運行工況)} = P \times FL \times T \times EF$$

其中：
P: 動力 (千瓦)
FL: 負載率 (百分比)
T: 工況執行時間 (小時)
EF: 排放因子 (克/千瓦時)

研究方法 (2/2)

● 船舶污染物排放量估算流程表



資料採集 (1/11)

- 船舶抵港資料
- 過境船舶資料
- 船舶動態資料

已出版資料

- 主/輔助發動機、鍋爐資料
- 發動機/鍋爐使用情況
- 船隻作業模式
- 燃料類別及使用情況

調查資料

- 船舶資料
- 船舶航行路線資料

補充資料

資料採集 (2/11)

- 勞氏船舶登記冊
- 香港海事處已刊登的資料及資料檔
- 本地調查及訪問
- 外地研究
 - ICF (2009) *Current Methodologies in Preparing Mobile Source Port-related Emission Inventories*, Final Report, April 2009.
 - Starcrest Consulting Group (2010) *Port of Los Angeles (POLA) Inventory of Air Emissions 2009*, December 2010.
- 香港海事處船舶航行衛星監測資料

資料採集 (3/11)

- 本地調查：
 - 遠洋及內河船舶交回273份調查表
 - 主要澳門客輪公司及內河航運公司交回其他調查表
 - 調查結果提供了有關船隻作業和燃料品質的重要資料
- 訪問：
 - 訪問業界代表
 - 提供輔助性資料

資料採集 (4/11)

抵港(香港)遠洋船隻 / 內河船隻調查表 (2009年2月1日至4月30日)

香港科技大學

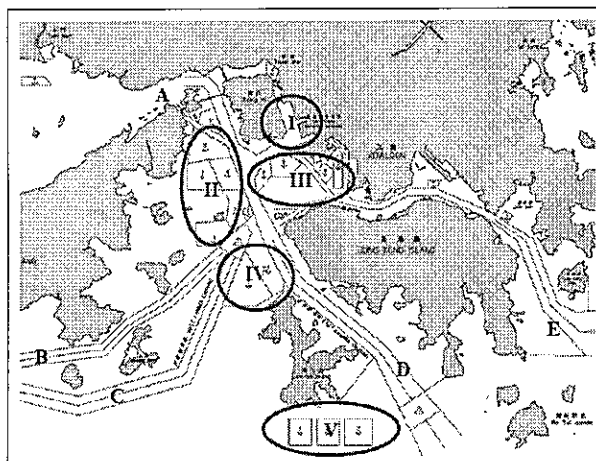
1 船隻資料

船隻英文名稱：_____	船隻中文名稱(如適用)：_____	IMO 號碼：_____	<input type="checkbox"/> 遠洋船 <input type="checkbox"/> 內河船
船東：_____		運營代理商：_____	
船隻類型： <input type="checkbox"/> A. 化學品運載船； <input type="checkbox"/> E. 漁船/魚類加工船； <input type="checkbox"/> I. 油輪； <input type="checkbox"/> M. 拖船；	<input type="checkbox"/> B. 普通貨船； <input type="checkbox"/> F. 全槽格式貨櫃船； <input type="checkbox"/> J. 遊樂船； <input type="checkbox"/> N. 其他類型船(請補充)_____	<input type="checkbox"/> C. 郵船/渡輪； <input type="checkbox"/> G. 液化氣體運載船； <input type="checkbox"/> K. 滾裝船；	<input type="checkbox"/> D. 散裝幹貨船； <input type="checkbox"/> H. 駁船/趸船/貨艇； <input type="checkbox"/> L. 半貨櫃船；
船隻最高航速：___ <input type="checkbox"/> 節(海裡/小時) <input type="checkbox"/> 公里/小時	船長：___ 米	載重噸位(DWT)：___ 噸	總噸位(GT)：___ 噸

2 航次資料

抵港日期：2009 / ___ / ___ (年/月/日)
離港日期：2009 / ___ / ___ (年/月/日)
上一個停靠港：_____ 下一個停靠港：_____
停泊位置：(可選多項) <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/> 澳門內河船碼頭 <input type="checkbox"/> 公眾貨物裝卸區：(請補充位置) _____ <input type="checkbox"/> 其它泊位：(請補充位置) _____
航行路線： 船隻進入香港港口是通過： <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E 船隻離開香港港口是通過： <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E

- | | |
|---|---|
| 停泊區：
I：葵涌貨櫃碼頭
II：西面錨地
III：西面危險品錨地和油廠地錨地
IV：南丫島北錨地
V：南丫島南錨地 | 航線出入口：
A：馬灣航道
B：北長洲海峽
C：西博寮海峽
D：東博寮海峽
E：藍塘海峽 |
|---|---|



資料採集 (5/11)

抵港(香港)遠洋船隻 / 內河船隻調查表 (2009年2月1日至4月30日)

香港科技大學

3 引擎資料

3.1 主引擎(發動機)資料 (請將郵船上裝設的柴油發電機隸列於下頁 3.2 輔助發電機/發動機部分)

主引擎數量: _____	引擎類型: <input type="checkbox"/> 燃氣發動機 <input type="checkbox"/> 蒸汽發動機 <input type="checkbox"/> 二衝程柴油發動機 <input type="checkbox"/> 四衝程柴油發動機		
總最大功率: _____ <input type="checkbox"/> 千瓦 <input type="checkbox"/> 馬力	最大功率時轉速: _____	轉速類型: <input type="checkbox"/> 高轉 <input type="checkbox"/> 中速 <input type="checkbox"/> 低速	
使用燃料類別 (1): <input type="checkbox"/> 重油 <input type="checkbox"/> 柴油 <input type="checkbox"/> 輕質柴油, 含硫率 _____ %		使用燃料類別 (2): <input type="checkbox"/> 重油 <input type="checkbox"/> 柴油 <input type="checkbox"/> 輕質柴油, 含硫率 _____ %	
一般航行情況下, 平均每小時耗油量:			
1) 在香港水域以外 (但進入香港海岸線 100 海運範圍內): _____ <input type="checkbox"/> 千克 <input type="checkbox"/> 公升			
2) 在香港水域以內 _____ <input type="checkbox"/> 千克 <input type="checkbox"/> 公升			
主引擎運作時間 (以每次進出香港水域計算):			
1) 在香港水域以外正常航行 (但進入香港海岸線 100 海運範圍內) _____ 小時			
2) 在香港水域以內正常航行 _____ 小時; 3) 錨泊/離泊操縱* _____ 小時; 4) 裝卸貨物 _____ 小時; 5) 停泊** _____ 小時			
主引擎運作功率和航速:			
在香港水域以外正常航行時, 引擎功率為: _____ <input type="checkbox"/> 千瓦 <input type="checkbox"/> 馬力,		航速: _____ 節	
在香港水域以內正常航運時, 引擎功率為: _____ <input type="checkbox"/> 千瓦 <input type="checkbox"/> 馬力,		航速: _____ 節	
在香港水域以內錨泊/離泊操縱時, 引擎功率為: _____ <input type="checkbox"/> 千瓦 <input type="checkbox"/> 馬力,		航速: _____ 節	
在香港水域以內裝卸貨物時, 引擎功率為: _____ <input type="checkbox"/> 千瓦 <input type="checkbox"/> 馬力,		航速: 0 節	
在香港水域以內停泊時, 引擎功率為: _____ <input type="checkbox"/> 千瓦 <input type="checkbox"/> 馬力,		航速: 0 節	
是否有轉換主引擎燃料?			
A 在香港水域以外: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否; 如若是, 請繼續以下問題		B 在香港水域以內: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否; 如若是, 請繼續以下問題	
A1 由 <input type="checkbox"/> 重油 <input type="checkbox"/> 柴油 <input type="checkbox"/> 輕質柴油 轉為 <input type="checkbox"/> 重油 <input type="checkbox"/> 柴油 <input type="checkbox"/> 輕質柴油; 含硫率由 _____ % 轉為 _____ %		B1 由 <input type="checkbox"/> 重油 <input type="checkbox"/> 柴油 <input type="checkbox"/> 輕質柴油 轉為 <input type="checkbox"/> 重油 <input type="checkbox"/> 柴油 <input type="checkbox"/> 輕質柴油; 含硫率由 _____ % 轉為 _____ %	
A2 轉換時間為, 在進入香港水域前 _____ 小時和離開香港水域後 _____ 小時		B2 轉換時間為 <input type="checkbox"/> 正常航行時 <input type="checkbox"/> 錨泊/離泊操縱時* <input type="checkbox"/> 裝卸貨物時 <input type="checkbox"/> 停泊時**	

* 錨泊/離泊操縱是指船舶在港區內以低速靠近或離開浮泡/碇泊處/碼頭泊位的操作模式。
** 停泊模式不包括裝卸貨物的時間。

2

資料採集 (6/11)

抵港(香港)遠洋船隻 / 內河船隻調查表 (2009年2月1日至4月30日)

香港科技大學

3.2 輔助發電機/發動機, 或其他非航行引擎 (不包括應急和備用機)

發電機/發動機	發電機 (一)	發電機 (二)	發電機 (三)	發電機 (四)	發電機 (五)	發電機 (六)
最大功率	_____ <input type="checkbox"/> 千瓦 <input type="checkbox"/> 馬力	_____ <input type="checkbox"/> 千瓦 <input type="checkbox"/> 馬力	_____ <input type="checkbox"/> 千瓦 <input type="checkbox"/> 馬力	_____ <input type="checkbox"/> 千瓦 <input type="checkbox"/> 馬力	_____ <input type="checkbox"/> 千瓦 <input type="checkbox"/> 馬力	_____ <input type="checkbox"/> 千瓦 <input type="checkbox"/> 馬力
發電機/發動機類型	<input type="checkbox"/> 燃氣發動機 <input type="checkbox"/> 柴油發動機 <input type="checkbox"/> 二衝程 <input type="checkbox"/> 四衝程	<input type="checkbox"/> 燃氣發動機 <input type="checkbox"/> 柴油發動機 <input type="checkbox"/> 二衝程 <input type="checkbox"/> 四衝程	<input type="checkbox"/> 燃氣發動機 <input type="checkbox"/> 柴油發動機 <input type="checkbox"/> 二衝程 <input type="checkbox"/> 四衝程	<input type="checkbox"/> 燃氣發動機 <input type="checkbox"/> 柴油發動機 <input type="checkbox"/> 二衝程 <input type="checkbox"/> 四衝程	<input type="checkbox"/> 燃氣發動機 <input type="checkbox"/> 柴油發動機 <input type="checkbox"/> 二衝程 <input type="checkbox"/> 四衝程	<input type="checkbox"/> 燃氣發動機 <input type="checkbox"/> 柴油發動機 <input type="checkbox"/> 二衝程 <input type="checkbox"/> 四衝程
在香港水域以內使用的燃料	<input type="checkbox"/> 重油: 含硫率 _____ % <input type="checkbox"/> 柴油: 含硫率 _____ % <input type="checkbox"/> 輕質柴油: _____ %	<input type="checkbox"/> 重油: 含硫率 _____ % <input type="checkbox"/> 柴油: 含硫率 _____ % <input type="checkbox"/> 輕質柴油: _____ %	<input type="checkbox"/> 重油: 含硫率 _____ % <input type="checkbox"/> 柴油: 含硫率 _____ % <input type="checkbox"/> 輕質柴油: _____ %	<input type="checkbox"/> 重油: 含硫率 _____ % <input type="checkbox"/> 柴油: 含硫率 _____ % <input type="checkbox"/> 輕質柴油: _____ %	<input type="checkbox"/> 重油: 含硫率 _____ % <input type="checkbox"/> 柴油: 含硫率 _____ % <input type="checkbox"/> 輕質柴油: _____ %	<input type="checkbox"/> 重油: 含硫率 _____ % <input type="checkbox"/> 柴油: 含硫率 _____ % <input type="checkbox"/> 輕質柴油: _____ %
平均每小時耗油量	_____ <input type="checkbox"/> 千克 <input type="checkbox"/> 公升	_____ <input type="checkbox"/> 千克 <input type="checkbox"/> 公升	_____ <input type="checkbox"/> 千克 <input type="checkbox"/> 公升	_____ <input type="checkbox"/> 千克 <input type="checkbox"/> 公升	_____ <input type="checkbox"/> 千克 <input type="checkbox"/> 公升	_____ <input type="checkbox"/> 千克 <input type="checkbox"/> 公升
輔助發電機/發動機運作時間:						
1) 正常航行						
香港水域以外 <input type="checkbox"/> 是 _____ 小時 <input type="checkbox"/> 否						
香港水域以內 <input type="checkbox"/> 是 _____ 小時 <input type="checkbox"/> 否						
2) 錨泊/離泊操縱* <input type="checkbox"/> 是 _____ 小時 <input type="checkbox"/> 否						
3) 裝卸貨物 <input type="checkbox"/> 是 _____ 小時 <input type="checkbox"/> 否						
4) 停泊** <input type="checkbox"/> 是 _____ 小時 <input type="checkbox"/> 否						
上述使用中發電機/發動機產生的總功率:						
1) 正常航行時 _____ <input type="checkbox"/> 千瓦 <input type="checkbox"/> 馬力; 2) 錨泊/離泊操縱時* _____ <input type="checkbox"/> 千瓦 <input type="checkbox"/> 馬力; 3) 裝卸貨物時 _____ <input type="checkbox"/> 千瓦 <input type="checkbox"/> 馬力; 4) 停泊時** _____ <input type="checkbox"/> 千瓦 <input type="checkbox"/> 馬力						
是否有轉換輔助引擎燃料?						
A 在香港水域以外: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否; 如若是, 請繼續以下問題			B 在香港水域以內: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否; 如若是, 請繼續以下問題			
A1 由 <input type="checkbox"/> 重油 <input type="checkbox"/> 柴油 <input type="checkbox"/> 輕質柴油 轉為 <input type="checkbox"/> 重油 <input type="checkbox"/> 柴油 <input type="checkbox"/> 輕質柴油; 含硫率由 _____ % 轉為 _____ %			B1 由 <input type="checkbox"/> 重油 <input type="checkbox"/> 柴油 <input type="checkbox"/> 輕質柴油 轉為 <input type="checkbox"/> 重油 <input type="checkbox"/> 柴油 <input type="checkbox"/> 輕質柴油; 含硫率由 _____ % 轉為 _____ %			
A2 轉換時間為, 在進入香港水域前 _____ 小時和離開香港水域後 _____ 小時			B2 轉換時間為 <input type="checkbox"/> 正常航行時 <input type="checkbox"/> 錨泊/離泊操縱時* <input type="checkbox"/> 裝卸貨物時 <input type="checkbox"/> 停泊時**			

3

資料採集 (7/11)

新港(香港)遠洋船隻 / 內河船隻調查表 (2009年2月1日至4月30日)

香港科技大學

3.3 船用鍋爐 (不包括備用鍋爐)

鍋爐	鍋爐 (一)	鍋爐 (二)	鍋爐 (三)	鍋爐 (四)
功率	_____ 噸蒸汽/小時	_____ 噸蒸汽/小時	_____ 噸蒸汽/小時	_____ 噸蒸汽/小時
用途	<input type="checkbox"/> 供應熱水用 <input type="checkbox"/> 加熱重油 <input type="checkbox"/> 為泵提供動力 <input type="checkbox"/> 其他用途: _____	<input type="checkbox"/> 供應熱水用 <input type="checkbox"/> 加熱重油 <input type="checkbox"/> 為泵提供動力 <input type="checkbox"/> 其他用途: _____	<input type="checkbox"/> 供應熱水用 <input type="checkbox"/> 加熱重油 <input type="checkbox"/> 為泵提供動力 <input type="checkbox"/> 其他用途: _____	<input type="checkbox"/> 供應熱水用 <input type="checkbox"/> 加熱重油 <input type="checkbox"/> 為泵提供動力 <input type="checkbox"/> 其他用途: _____
在香港水域以內使用的燃料	<input type="checkbox"/> 重油: 含硫率 _____ % <input type="checkbox"/> 柴油: 含硫率 _____ % <input type="checkbox"/> 輕質柴油: _____ %	<input type="checkbox"/> 重油: 含硫率 _____ % <input type="checkbox"/> 柴油: 含硫率 _____ % <input type="checkbox"/> 輕質柴油: _____ %	<input type="checkbox"/> 重油: 含硫率 _____ % <input type="checkbox"/> 柴油: 含硫率 _____ % <input type="checkbox"/> 輕質柴油: _____ %	<input type="checkbox"/> 重油: 含硫率 _____ % <input type="checkbox"/> 柴油: 含硫率 _____ % <input type="checkbox"/> 輕質柴油: _____ %
平均每小時耗油量	_____ <input type="checkbox"/> 千克 _____ <input type="checkbox"/> 公升	_____ <input type="checkbox"/> 千克 _____ <input type="checkbox"/> 公升	_____ <input type="checkbox"/> 千克 _____ <input type="checkbox"/> 公升	_____ <input type="checkbox"/> 千克 _____ <input type="checkbox"/> 公升
鍋爐運作時間				
1) 在香港水域以外	持續時間: _____ 小時	持續時間: _____ 小時	持續時間: _____ 小時	持續時間: _____ 小時
2) 在香港水域以內	持續時間: _____ 小時	持續時間: _____ 小時	持續時間: _____ 小時	持續時間: _____ 小時
3) 錨泊/離泊操縱*	持續時間: _____ 小時	持續時間: _____ 小時	持續時間: _____ 小時	持續時間: _____ 小時
4) 裝卸貨物	持續時間: _____ 小時	持續時間: _____ 小時	持續時間: _____ 小時	持續時間: _____ 小時
5) 停泊**	持續時間: _____ 小時	持續時間: _____ 小時	持續時間: _____ 小時	持續時間: _____ 小時
是否有轉換鍋爐燃料?				
A 在香港水域以外: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否; 如果是, 請繼續以下問題 A1 由 <input type="checkbox"/> 重油 <input type="checkbox"/> 柴油 <input type="checkbox"/> 輕質柴油 轉為 <input type="checkbox"/> 重油 <input type="checkbox"/> 柴油 <input type="checkbox"/> 輕質柴油; 含硫率由 _____ % 轉為 _____ %		B 在香港水域以內: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否; 如果是, 請繼續以下問題 B1 由 <input type="checkbox"/> 重油 <input type="checkbox"/> 柴油 <input type="checkbox"/> 輕質柴油 轉為 <input type="checkbox"/> 重油 <input type="checkbox"/> 柴油 <input type="checkbox"/> 輕質柴油; 含硫率由 _____ % 轉為 _____ %		
A2 轉換時間為, 在進入香港水域前 _____ 小時和離開香港水域後 _____ 小時		B2 轉換時間為 <input type="checkbox"/> 正常航行時 <input type="checkbox"/> 錨泊/離泊操縱時 <input type="checkbox"/> 裝卸貨物時 <input type="checkbox"/> 停泊時*		
^ 此船隻是否經常停靠香港港口? <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否; 如果是, 那麼在 2008 年, 此船隻抵達香港共多少次? _____ 船次。 # 調查表填寫人員資料: 姓名 _____ 日期: 2009/____/____ (月/日) 電子郵件: _____ — 調查結束, 謝謝提供資料! —				

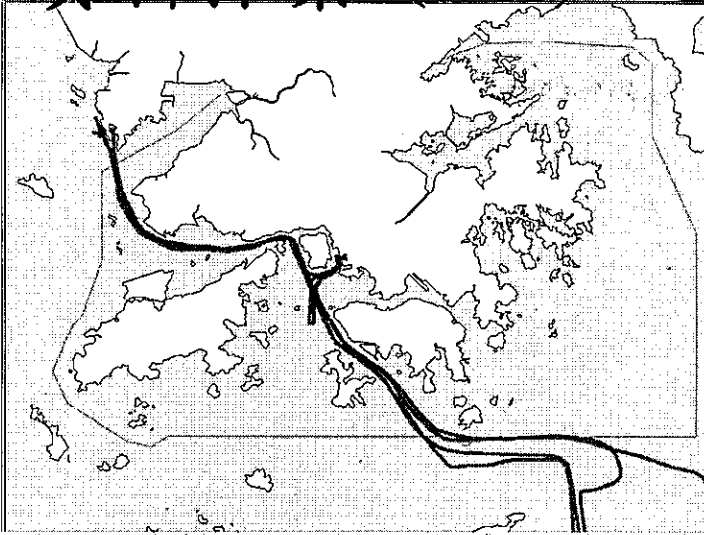
4

資料採集 (8/11)

- 香港海事處船舶航行衛星監測資料:
 - 本研究使用了兩星期的2007年船舶航行衛星監測資料, 補充其他資料的不足:
 - 船舶航行路線/位置
 - 航行時間資料
 - 船舶速度資料
 - 運行工況鑒定
 - 主發動機功率估算 (by Propeller Law)

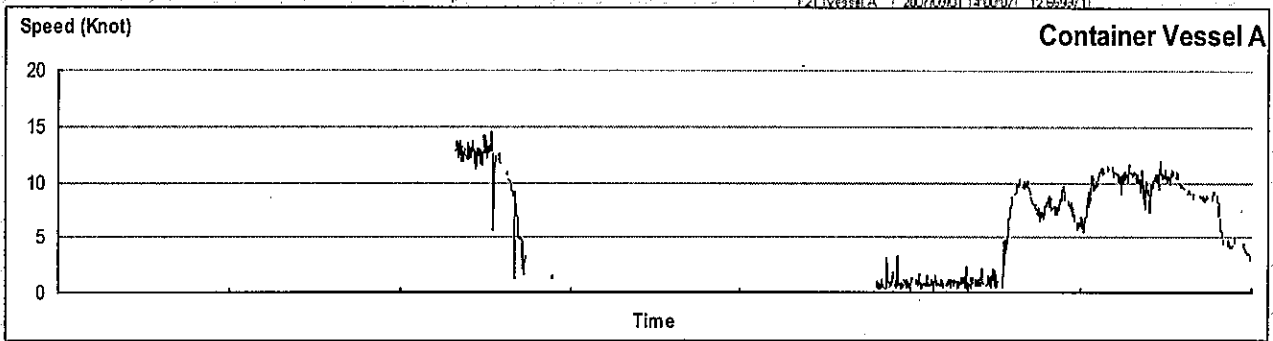
$$\text{負載率} = (\text{實際船速} / \text{最高船速})^3$$

資料採集 (9/11)



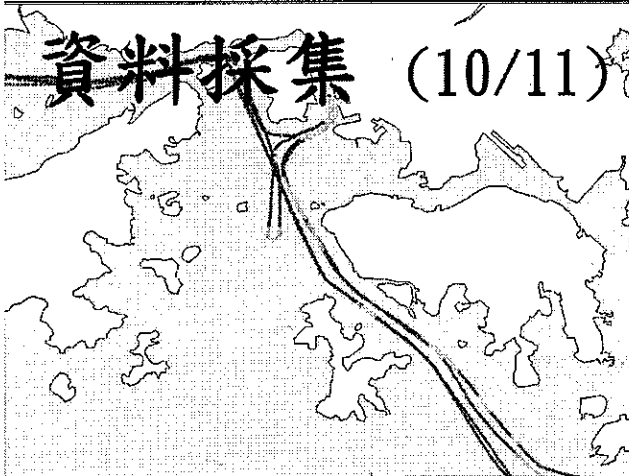
船舶航線及速度資料

Microsoft Excel - Book1				
Sheet1				
Q5	A	B	C	D
1	Vessel A	2007/09/01 13:50:03	12.859362	
2	Vessel A	2007/09/01 13:50:33	12.859346	
3	Vessel A	2007/09/01 13:51:03	12.759351	
4	Vessel A	2007/09/01 13:51:33	12.859366	
5	Vessel A	2007/09/01 13:52:03	12.859355	
6	Vessel A	2007/09/01 13:52:32	12.909356	
7	Vessel A	2007/09/01 13:53:04	12.959363	
8	Vessel A	2007/09/01 13:53:34	12.959353	
9	Vessel A	2007/09/01 13:54:06	12.859367	
10	Vessel A	2007/09/01 13:54:37	12.959359	
11	Vessel A	2007/09/01 13:55:07	12.959366	
12	Vessel A	2007/09/01 13:55:37	12.959356	
13	Vessel A	2007/09/01 13:56:07	12.859354	
14	Vessel A	2007/09/01 13:56:37	12.859354	
15	Vessel A	2007/09/01 13:57:07	12.859366	
16	Vessel A	2007/09/01 13:57:37	12.859353	
17	Vessel A	2007/09/01 13:58:07	12.859373	
18	Vessel A	2007/09/01 13:58:37	12.859356	
19	Vessel A	2007/09/01 13:59:07	12.859377	
20	Vessel A	2007/09/01 13:59:37	12.859341	
21	Vessel A	2007/09/01 14:00:07	12.859371	

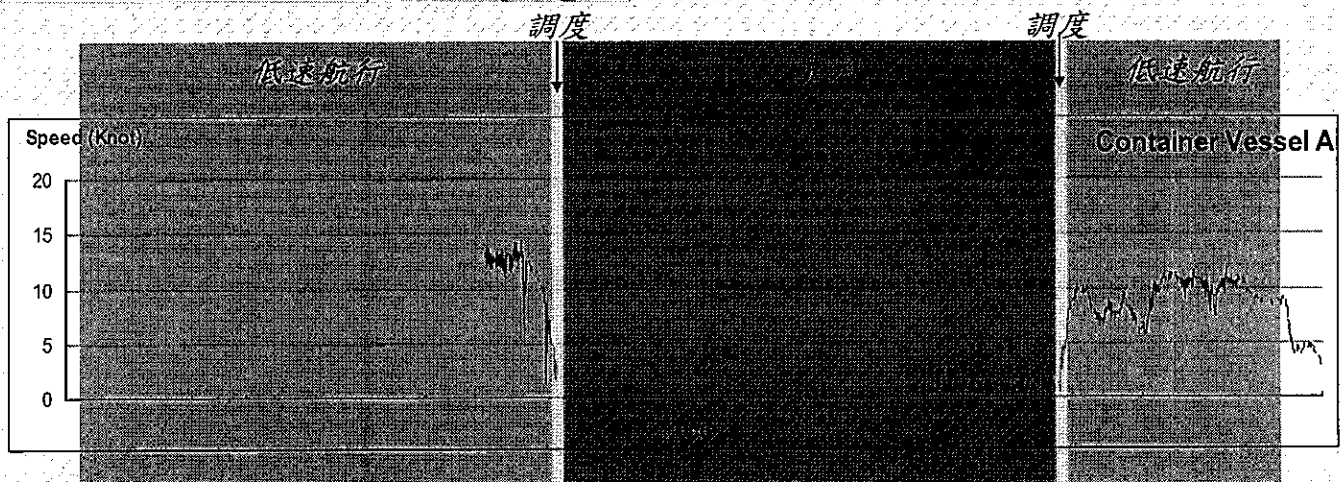


資料來源：香港海事處

資料採集 (10/11)

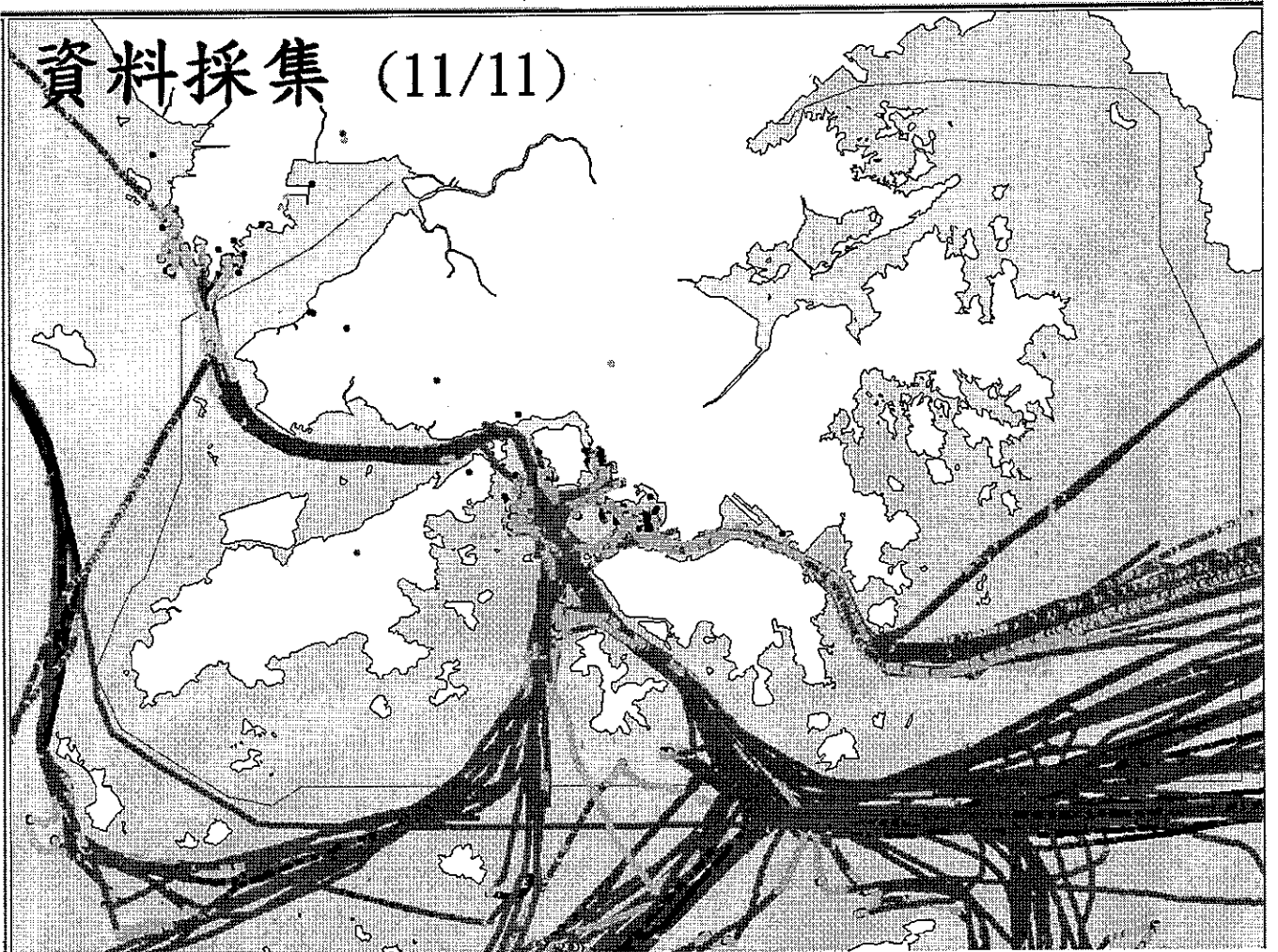


運行工況的鑒定



資料來源：香港海事處

資料採集 (11/11)

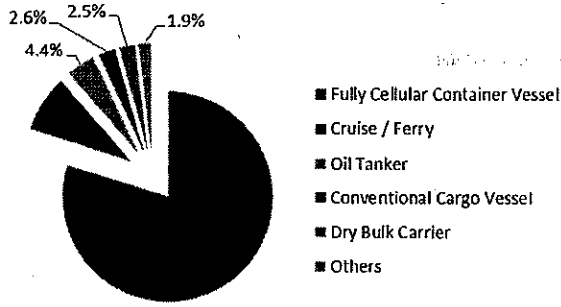


2007年（基礎年）排放清單 (1/10)

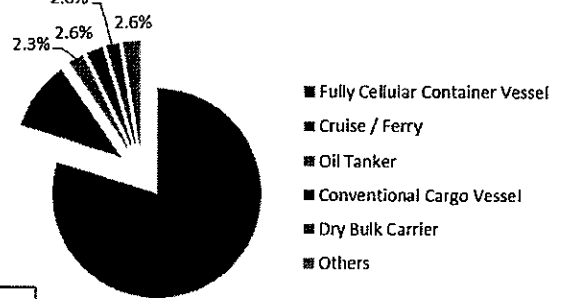
- 估算遠洋船舶排放的主要考慮因素：
 - 燃料類別：主發動機功率少於1,100千瓦的遠洋船使用蒸餾燃料油，以及沒有鍋爐
 - 燃料硫含量：根據本地調查結果
 - 重油（主發動機2.83%；輔助發動機 2.64%；鍋爐2.77%）
 - 蒸餾燃料油（船用柴油/船用輕柴油）(0.5%)
 - 主發動機功率
 - 副發動機功率
 - 鍋爐功率
 - 運行工況
 - 主發動機/輔助發動機負載率
 - 排放因數

2007年（基礎年）排放清單 (2/10)

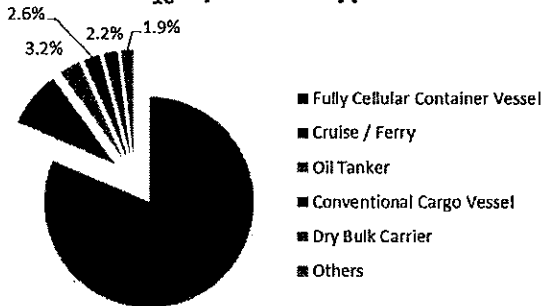
SO₂ by Vessel Type



NO_x by Vessel Type

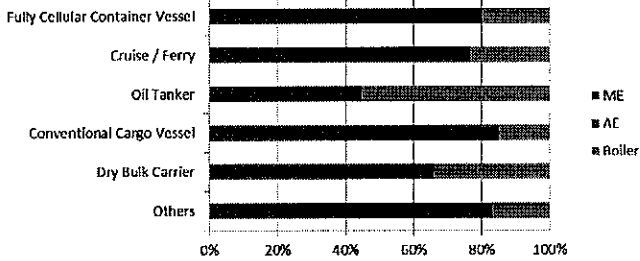


PM₁₀ by Vessel Type

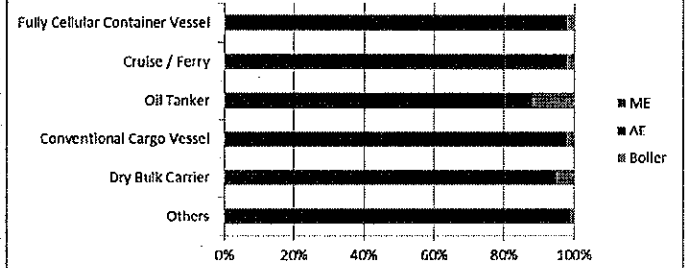


2007年（基礎年）排放清單 (3/10)

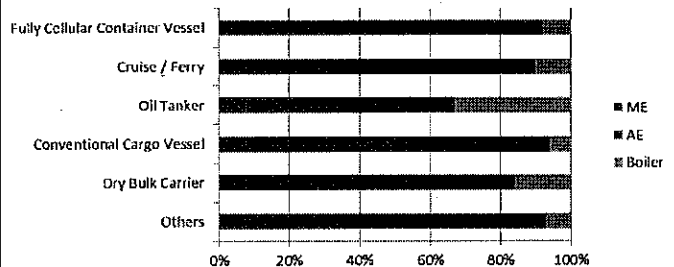
SO₂ by Equipment



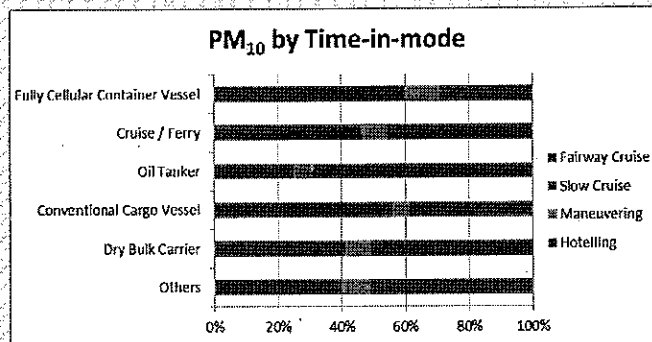
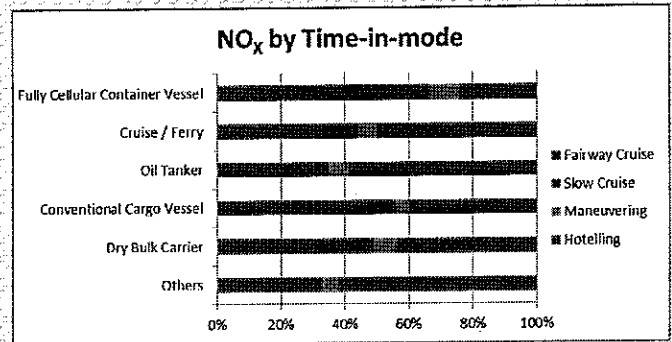
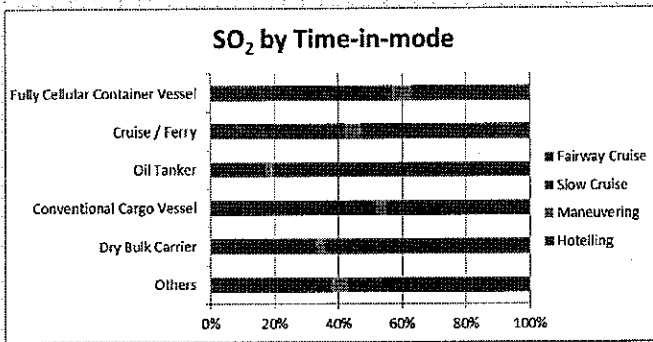
NO_x by Equipment



PM₁₀ by Equipment



2007年（基礎年）排放清單（4/10）

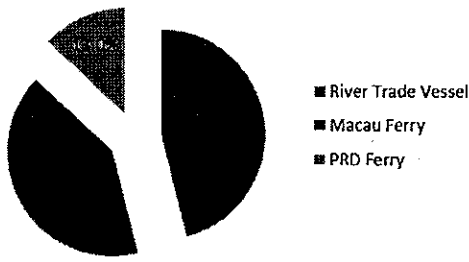


2007年（基礎年）排放清單（5/10）

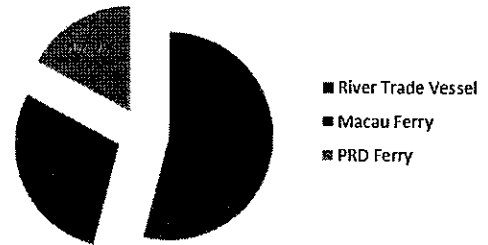
- 估算內河船舶排放的主要考慮因素：
 - 燃料類別：內河船使用蒸餾燃料油，以及沒有鍋爐
 - 燃料硫含量：根據本地調查結果
 - 蒸餾燃料油（船用柴油/船用輕柴油）（0.5%）
 - 主發動機功率
 - 副發動機功率
 - 運行工況
 - 主發動機/輔助發動機負載率
 - 排放因數

2007年（基礎年）排放清單（6/10）

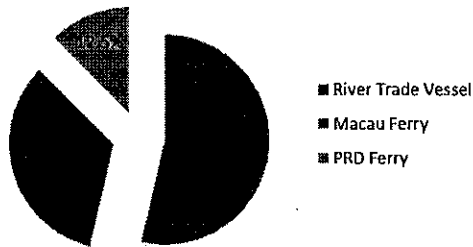
SO₂ by Vessel Type



NO_x by Vessel Type

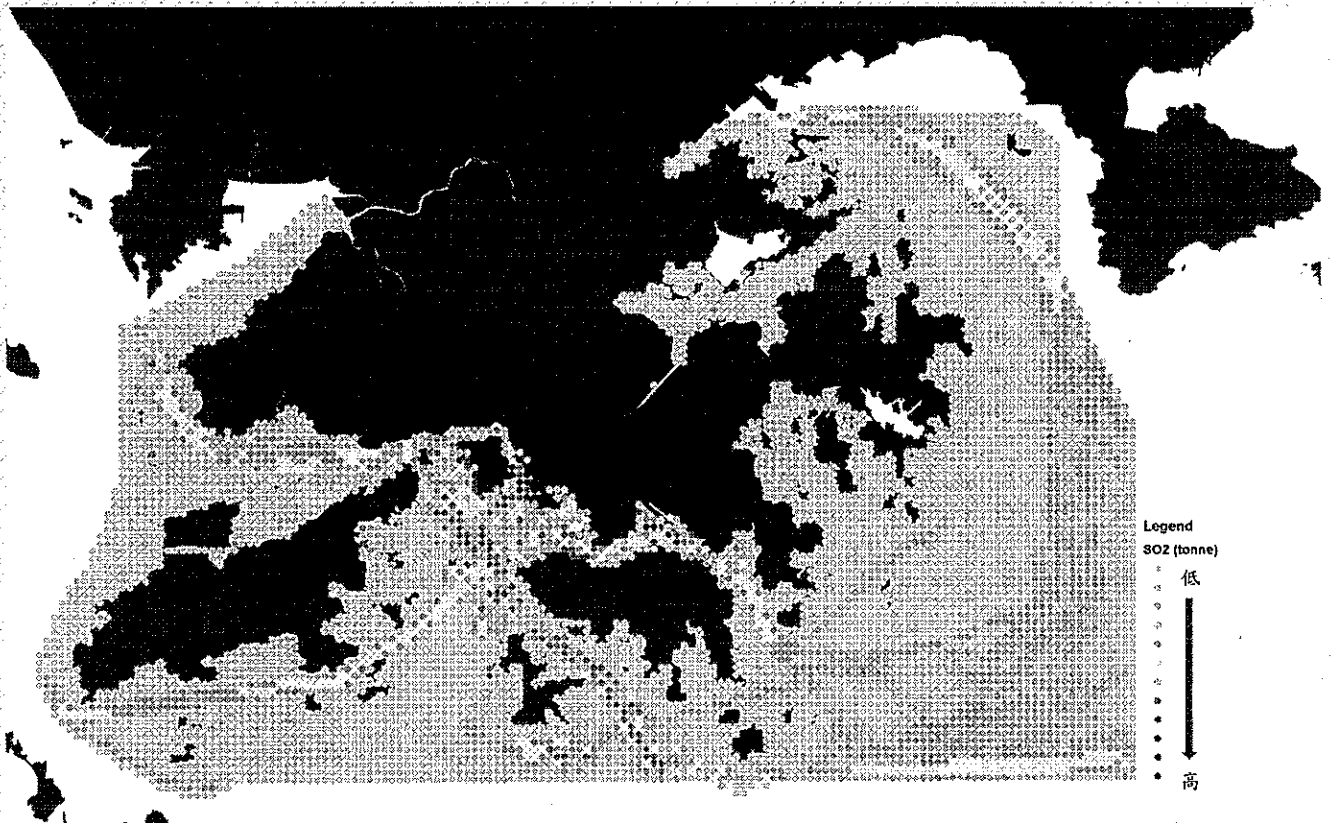


PM₁₀ by Vessel Type



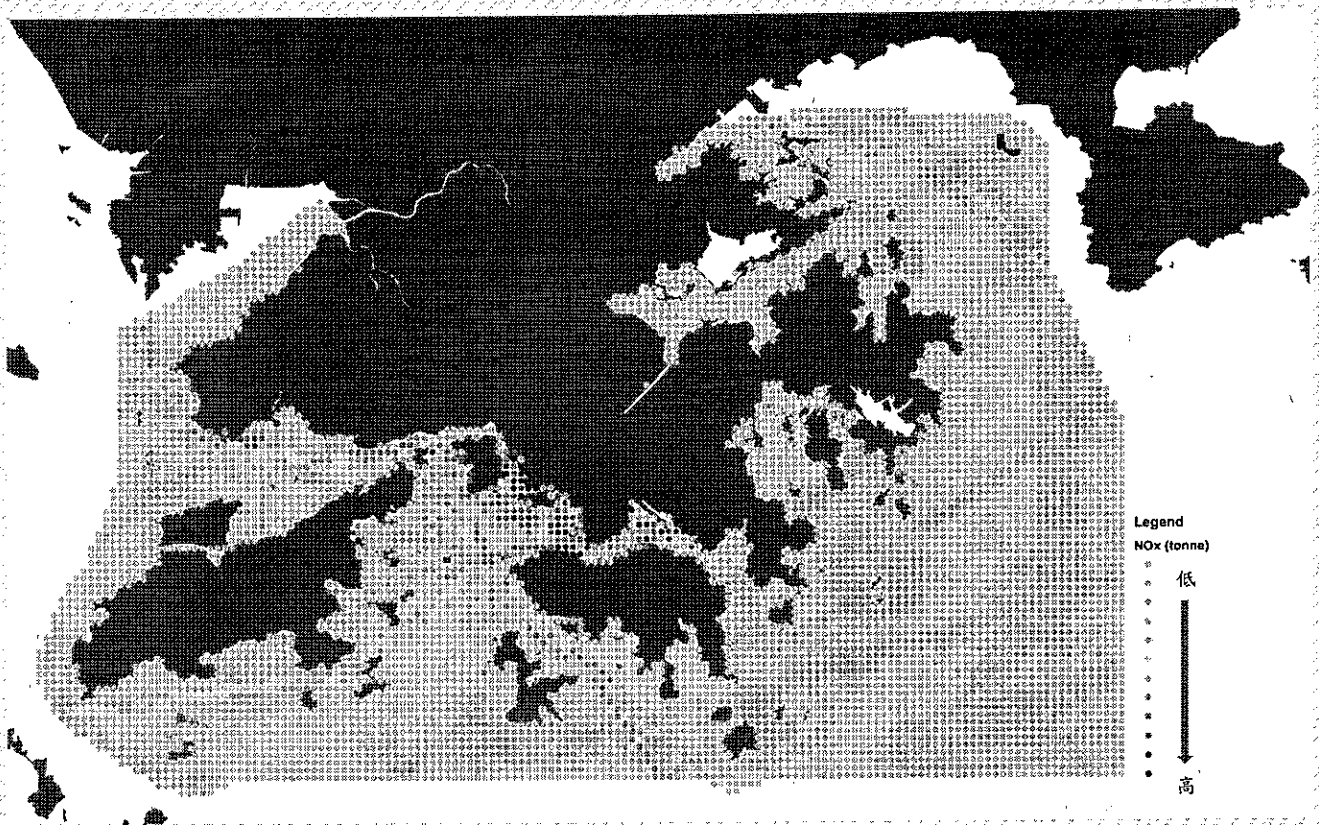
2007年（基礎年）排放清單（7/10）

二氧化硫排放空間分佈圖（500米x500米網格）



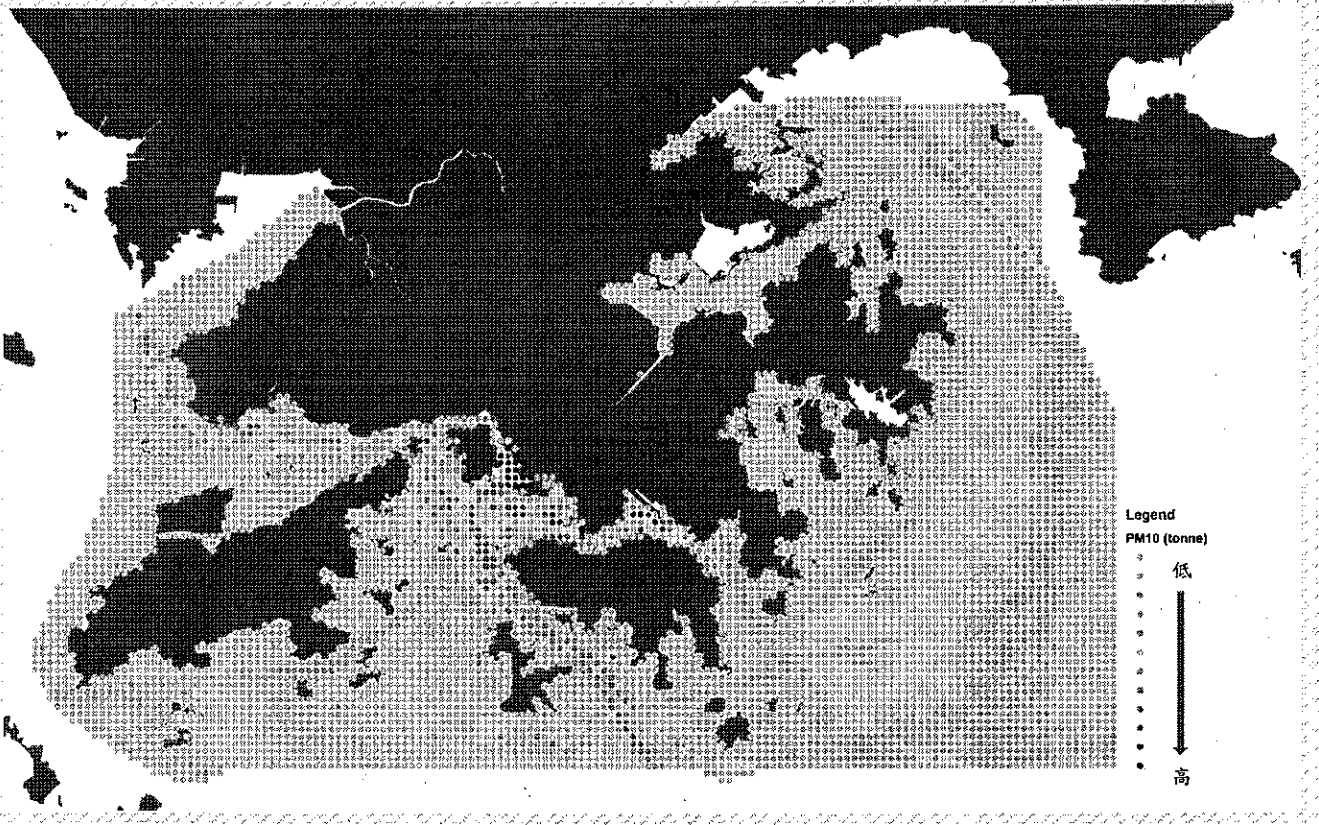
2007年（基礎年）排放清單（8/10）

氮氧化物排放空間分佈圖（500米x500米網格）



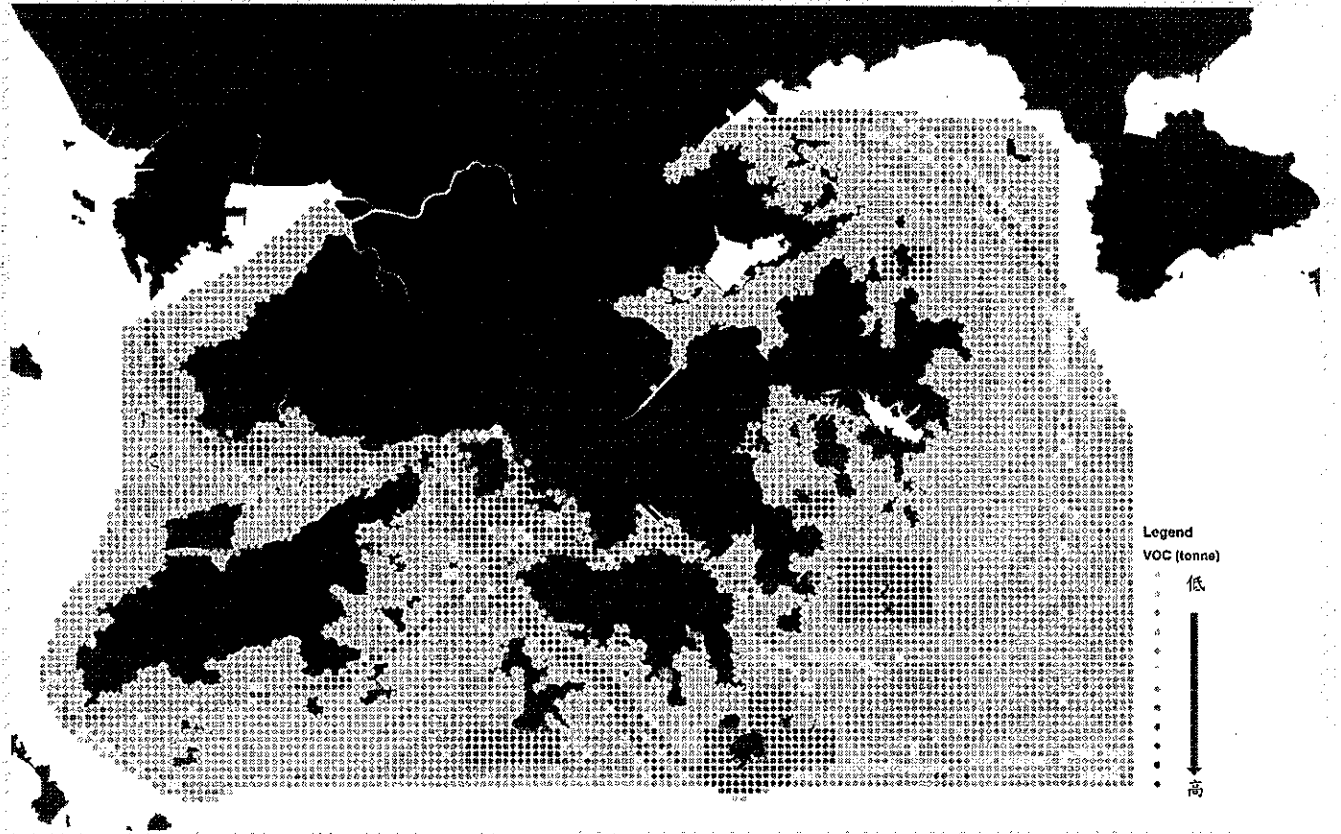
2007年（基礎年）排放清單（9/10）

粒子排放空間分佈圖（500米x500米網格）



2007年（基礎年）排放清單（10/10）

揮發性有機化合物排放空間分佈圖（500米x500米網格）



1990-2006年歷史排放清單估算（1/2）

遠洋船舶

- 根據2007年排放清單，按船舶類別和空氣污染物進行估算
- 估算過程考慮到以下因素：
 - 船舶活動趨勢
 - 船舶抵港數字（按船舶類別區分）
 - 運行工況（按船舶類別區分）
 - 船舶噸位與發動機功率趨勢
 - 總噸、主發動機及輔助發動機功率、鍋爐功率
 - 燃料使用趨勢
 - 燃料類別、燃料硫含量
 - 負載率
 - 排放因數的改變
 - 由於轉換燃料、燃料硫含量改變、按國際海事組織規定應用減排技術等

1990-2006年歷史排放清單估算(2/2)

內河船舶

- 根據2007年排放清單，按船舶類別和空氣污染物進行估算
- 估算過程考慮到以下因素：
 - 船舶活動趨勢
 - 船舶抵港數字（按船舶類別區分）
 - 運行工況（按船舶類別區分）
 - 船舶噸位與發動機功率趨勢
 - 總噸、主發動機及輔助發動機功率、鍋爐功率
- 其他因素維持2007年數值

2008-2020年排放清單趨勢預測(1/2)

遠洋船舶

- 根據2007年排放清單，以及2008至2010年已公佈資料，按船舶類別和空氣污染物進行預測
- 預測2011至2020年排放量，考慮到以下因素：
 - 船舶活動趨勢
 - 船舶抵港數字（按船舶類別區分）
 - 運行工況（按船舶類別區分）
 - 船舶噸位與發動機功率趨勢
 - 按載重噸或載客量預測
 - 燃料使用趨勢
 - 燃料硫含量
 - 減排技術的發展

2008-2020年排放清單趨勢預測(2/2)

內河船舶

- 根據2007年排放清單，以及2008至2010年已公佈資料，按船舶類別和空氣污染物進行預測
- 預測2011至2020年排放量，考慮到以下因素：
 - 船舶活動趨勢
 - 船舶抵港數字（按船舶類別區分）
 - 運行工況（按船舶類別區分）
- 其他因素維持2007年數值

討論及總結(1/3)

- 對過去排放清單作出了改善
 - 透過本地調查和訪問，加深對船舶燃料使用的瞭解
 - 這次研究把鍋爐排放也一併計算在遠洋船舶排放之內
 - 從香港海事處資料庫取得資料，改善了對各種運行工況工時的估算：
 - 以船隻動態報告確定船舶靠泊時間
 - 以船舶航行衛星監測資料，協助確定常速航行/慢速航行/調度時間，以及推算主發動機負載率
 - 勞氏船舶登記冊或海事處的資料庫，分別提供了更多有關遠洋船和內河船主發動機功率的資料
 - 過去發動機功率是以船舶總噸資料推算的

討論及總結(2/3)

- 本研究的重要性
 - 為船舶排放清單加進了時空分佈的角度
 - 本研究加入了本地船舶及過境船舶的排放數字，提供了一個完整的香港境內船舶排放情況
 - 本研究提供了重要研究結果，有助香港特區政府制訂有效的船舶排放管制措施

討論及總結(3/3)

- 改善空間
 - 遠洋船舶的輔助發動機及鍋爐資料依然不足
 - 本研究只利用了兩星期的船舶航行衛星監測資料
 - 沒有考慮詳細的船舶靠泊位置，因此不能準確計算船舶來回泊位之間的排放（雖然排放量不多）
 - 內河船舶運作及發動機使用的資料遠不及遠洋船舶資料全面
- 總結
 - 本研究加上環保署的內部調研結果，編制了一份改進良多的船舶空氣污染物排放清單，更新增了污染物時空分佈的資料
 - 估算了由1990至2020年的時間序列排放資料
 - 正進行空氣質量模型運算及政策分析，為政策制訂者出謀獻策

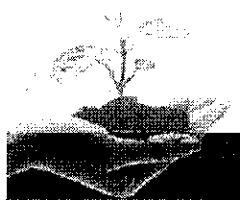
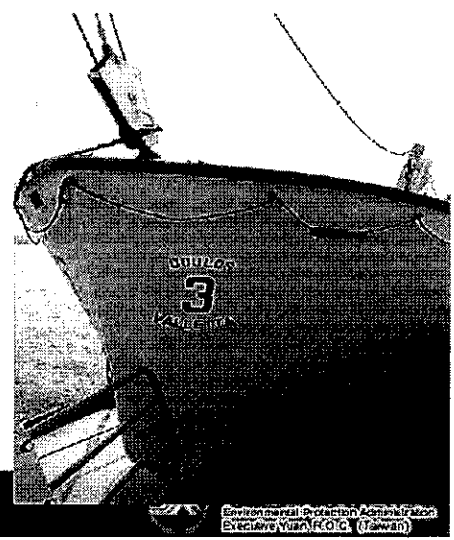
報告完畢

謝謝

「港區空氣污染物排放清冊建置」

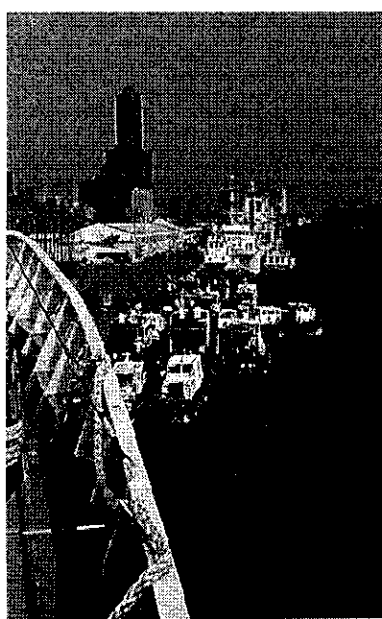
報告人：梁佳修
專案經理
景丰科技股份有限公司

2011年7月12日



簡報內容

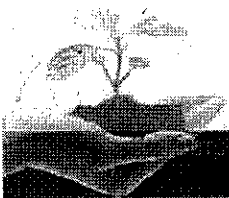
- 1 簡介
- 2 計畫內容說明
- 3 主要成果
- 4 未來計畫
- 5 結語



壹、簡介

■ 計畫目標

- 建立港區空氣污染物排放清冊
- 研擬港區潔淨空氣行動計畫，提出港區空氣污染管制措施建議，減少港區空氣污染物排放
- 探討美國等國外相關計畫的作法及經驗，應用於本計畫之規劃與執行
 - Puget Sound Maritime Air Emissions Inventory
 - San Pedro Bay Ports Clean Air Action Plan

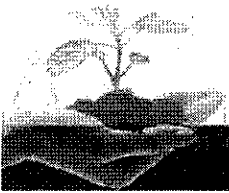


壹、簡介

■ 工作內容

■ 港區空氣污染物排放清冊建置

- 建立以2009年為基準年之港區空氣污染物排放清冊，並預估99年至110年排放量
- 港區範圍包括：基隆港、臺中港、高雄港及花蓮港等商港。
- 空氣污染物：NO_x、VOC、CO、SO₂、PM₁₀、PM_{2.5}、DPM及溫室氣體排放當量。
- 排放源包括：遠洋船舶、港勤船舶、鐵道車輛、貨物裝卸設備、重型車輛、卡車及逸散性污染源等。



貳、計畫內容說明

- 2009年基準年排放量推估
 - 遠洋船舶、港勤船舶、貨物裝卸設備、火車、重型車柴油引擎排放：參照美國Puget Sound Maritime Air Emissions Inventory, 2007及國外相關計畫方法進行推估。
 - 逸散性粒狀物排放：我國相關研究報告方法。
- 2010年至2021年港區空氣污染物排放量
 - 依我國未來商港整體發展規劃及各港整體規劃及未來發展之各類貨物吞吐量預估及本計畫相關排放管制措施規劃進行推估

貳、計畫內容說明

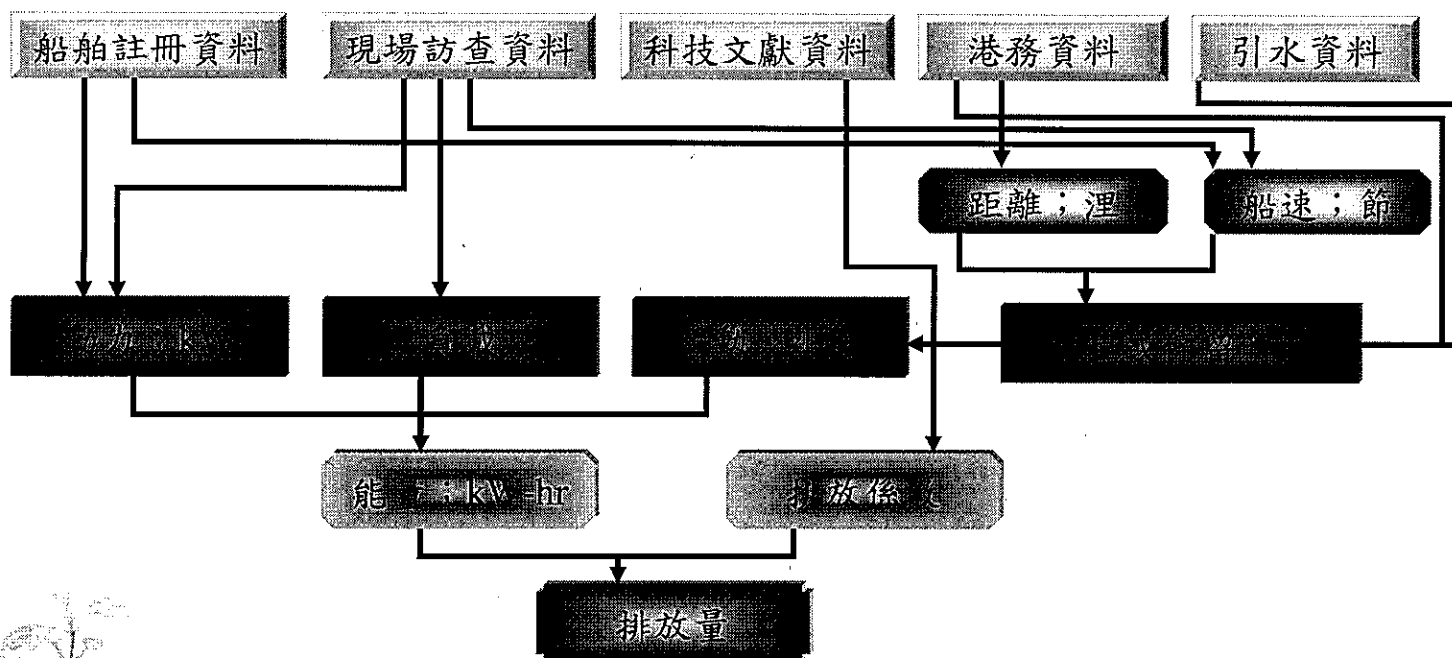
• 排放量推估方法

排放源	地理範圍	推估方法
遠洋船舶	港區及海域20浬範圍內	由各港務局取得進出港船舶名單及進出港資訊，查核勞氏驗船中心資料以取得船舶基本資料。最後由各船的行駛動力耗能推估各船舶之排放量。
港勤船舶	港區及臨近的水域	由各港務局取得港勤船舶的基本資料及操作料。2009年的年操作時數被用於港勤船舶的排放量推估。
貨物裝卸設備	港區陸域範圍	由各港務局及碼頭承攬業者取得貨物裝卸設備的基本資料及操作資料。相關資料經統計後，代入NONROAD模式進行排放量推估。
火車	港區陸域範圍	由鐵路管理局取得進出港區的柴油火車基本資料及操作資料，將此資料及相關排放係數代入推估方程式中求取火車排放量。
重型車輛	港區陸域範圍	車次及行車資訊由港務局及碼頭承攬業者取得，採用Mobile-Taiwan 2.0所推估之各縣市重型車輛排放係數代入求取排放量。



貳、計畫內容說明

遠洋船舶排放量推估流程



港區空氣污染物排放量推估

參、主要成果

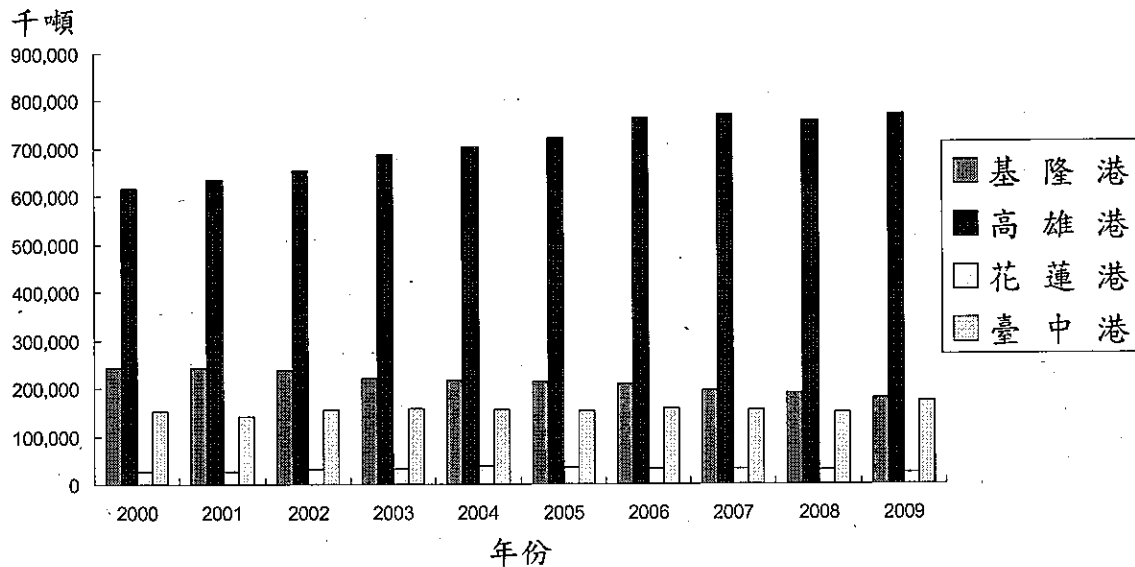
臺灣地區2009年各國際商港進港船舶按船種分

單位：艘次

船種別	基隆港	高雄港	花蓮港	臺中港
客船	153	125	3	42
客貨船	312	244	—	19
貨櫃船	3,783	8,102	—	3,059
冷藏船	3	130	—	—
穀類船	2	26	—	50
油船	227	2,631	40	553
礦砂船	6	37	—	4
煤船	1	150	2	114
木材船	—	—	—	—
散裝船	1,337	1,071	644	787
一般貨船	1,022	3,319	1,444	977
其他貨船	177	1,694	103	701
總計	7,023	17,529	2,236	6,306

參、主要成果

台灣各國際商港進出港船舶吞吐量



資料來源:交通部, 交通統計月報, 2010年

參、主要成果

各港2009年空氣污染物排放量推估

單位:公噸/年

港口	排放源	NO _x	VOC	CO	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	DPM	CO _{2EQ}
基隆港	遠洋船舶	3952.8	133.5	322.9	3263.5	258.2	203.3	192.1	246048.2
	港勤船舶	76.7	1.7	15.2	13.0	1.9	1.7	1.9	4349.4
	裝卸設備	11.5	0.8	2.8	0.0	0.5	0.5	0.5	1275.4
	火車	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	重型車輛	29.6	4.4	19.5	0.1	1.7	1.5	1.7	2059.8
	合計	4070.6	140.3	360.4	3276.5	262.4	207.1	196.2	253732.7
臺中港	遠洋船舶	2667.1	99.2	229.7	2800.1	202.7	157.9	118.3	215043.9
	港勤船舶	95.0	2.7	30.7	20.9	3.0	2.8	3.0	6964.3
	裝卸設備	59.1	4.6	31.6	0.3	4.7	4.6	4.7	8493.4
	火車	3.2	0.2	0.5	0.0	0.1	0.1	0.1	207.8
	重型車輛	322.1	50.9	207.5	0.6	18.4	16.2	18.4	23982.4
	合計	3146.4	157.5	500.0	2821.9	228.9	181.6	144.6	254691.7

參、主要成果

各港2009年空氣污染物排放量推估

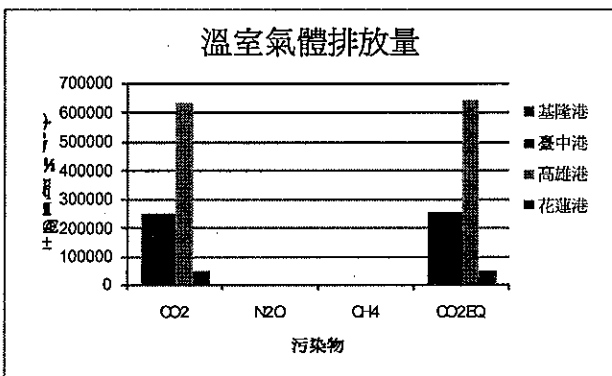
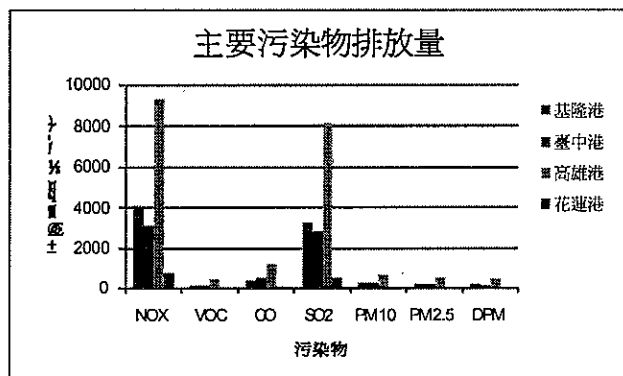
單位：公噸/年

Port	Sources	NO _x	VOC	CO	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	DPM	CO _{2EQ}
高雄港	遠洋船舶	8499.9	343.7	756.6	8073.8	627.3	491.5	420.6	585367.2
	港勤船舶	249.8	7	83.2	54.7	7.8	7.2	7.8	18190.3
	裝卸設備	59.3	4.5	30.8	0.2	4.6	4.5	4.6	7879.2
	火車	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	重型車輛	482.5	72.9	329.3	0.8	28.8	25.5	28.8	32088.4
	合計	9291.4	428.1	1200.0	8129.5	668.5	528.7	461.8	643525.1
花蓮港	遠洋船舶	679.2	24.4	57.4	511.6	42.7	33.7	32.9	41479.7
	港勤船舶	38.9	0.9	7.9	6.1	1.0	0.9	1.0	2308.9
	裝卸設備	14.3	1.3	9.4	0.1	1.4	1.4	1.4	1967.4
	火車	18.6	1.1	3.1	0.0	0.7	0.6	0.7	1218.9
	重型車輛	43.4	6.4	28.6	0.1	2.6	2.3	2.6	3016.9
	合計	794.4	34.0	106.4	517.9	48.3	38.9	38.5	49991.9

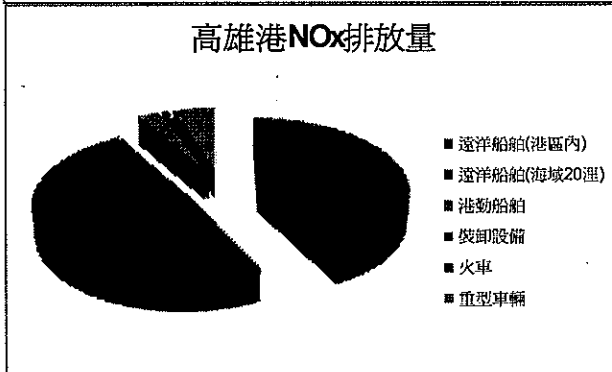


參、主要成果

台灣4港口2009年空氣污染物排放量推估結果

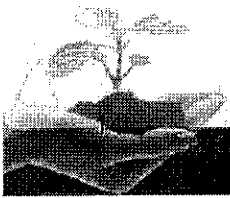


- NO_x、SO₂為空氣污染物主要排放物種，其中以高雄港的排放量最高，其比例與各港吞吐量大致相當。
- 溫室氣體排放以CO₂為主，N₂O及CH₄排放量相當少。同樣以高雄港溫室氣體的排放量最高。
- 高雄港NO_x排放量以遠洋船舶為主要排放源



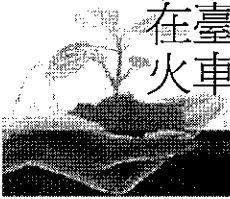
肆、未來計畫

- 本計畫持續進行排放清冊建置工作，在第2年度將再納入臺北港進行排放量推估。
- 在第2年工作中，將針對第1年所採用之推估方法進行檢討修正，以期更精確推估排放量。



伍、結語

- 本計畫推估臺灣地區基隆港、臺中港、高雄港及花蓮港之空氣污染物排放量，建立完整的排放清冊；此結果有助於瞭解港區空氣污染物來源組成，做為後續研擬港區管制對策之基礎。
- 依目前推估結果，高雄港排放量最大，其次為基隆港及臺中港，花蓮港最少；各港排放量大小大致與其貨運量規模之比例相當。
- 各港排放量均以遠洋船舶為最主要排放源，其中船舶在港內的排放量與在港外20浬內的排放量大致相當，可知船舶在20浬內的航行排放亦將是管制重點之一。
- 港勤船舶及重型車輛是除遠洋船舶外的最大排放來源，貨物裝卸設備因大型起重機具大致都已電力化，故排放量不高；火車在臺灣各港僅餘少數運量，故排放量最小，有的港甚至已沒有火車運輸。



簡報完畢 敬請指教



6

Harbor Craft & OGVs

U.S. Experiences & Regulation of Marine Fuel & Other Emission Reduction Strategies & Incentives

Penelope McDaniel
U.S. Environmental Protection Agency
July 12, 2011
Hong Kong

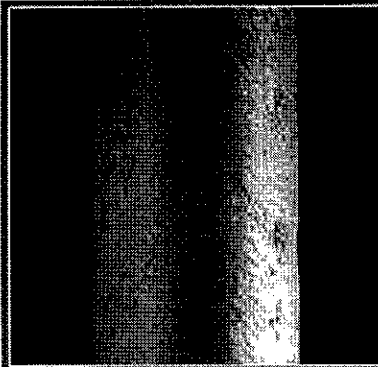


Presentation Outline

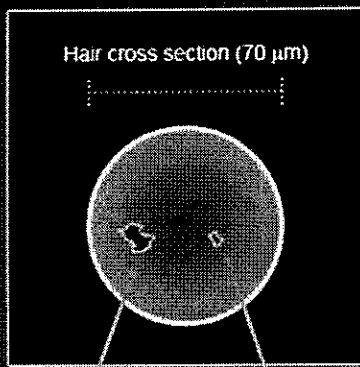
- Introduction
- The impetus: protect human health & environment
- US EPA domestic regulation
 - Marine vessel regulations
- US government action with ECA
- State marine rules and regulations
- Marine vessel experiences
- Marine vessel incentives
- Roundtable discussion on barriers, opportunities, next steps



Protecting Human Health & the Environment



Human Hair (70 μm diameter)



Hair cross section (70 μm)

PM₁₀ (10 μm)

PM_{2.5} (2.5 μm)



US EPA's Mobile Source Regulatory Roadmap

Tier 2 Light-Duty

final rule 1999
fully phased in 2009
Diesels held to same stringent standards as gasoline vehicles



Heavy-Duty Highway

sales 800,000 / yr
40B gallons / yr
final rule 2009
fully phased in 2010



Nonroad Diesel

sales over 650,000 / yr
12B gallons / yr
final rule 2004
fully phased in 2015



Locomotive/Marine

sales 40,000 marine engines,
1,000 locomotives / yr
6B gallons / yr
final rule 2008
fully phased in 2017



Ocean Going Vessels

CAA Rule Dec 2009
IMO MARPOL Annex VI
ECA Controls
- Fuel Based 2015
- SCR Catalyst Based 2016

Note: sales and diesel fuel usage vary year-to-year; these figures are for comparison purposes only



Federal & California Non-Road Diesel Fuel Standards

LSD & ULSD Implementation Schedule

Non-road Diesel Fuel Standards

Who	Covered Fuel	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Large Refiners & Importers	NON-ROAD	500 ppm	500 ppm	500 ppm	500 ppm	15 ppm	15 ppm	15 ppm	15 ppm	15 ppm
Large Refiners & Importers	LOCOMOTIVE & MARINE	500 ppm	500 ppm	500 ppm	500 ppm	500 ppm	500 ppm	15 ppm	15 ppm	15 ppm
Small Refiners & Other Exceptions	NON-ROAD, LOCOMOTIVE & MARINE	500 ppm	500 ppm	500 ppm	500 ppm	500 ppm	500 ppm	500 ppm	500 ppm	15 ppm

Except in California, compliance dates for Non-Road, Locomotive and Marine fuels in the years indicated are: June 1 for refiners and importers, August 1 downstream from refineries through fuel terminals, October 1 for retail outlets, and December 1 for in-use.

In California, all diesel fuel transitioned to ULSD in 2006. Locomotive and Marine diesel fuels were required to transition to 15 ppm ULSD effective January 1, 2007.



US EPA Marine Engine Regulations

- USEPA Marine Engine Regulations
 - 1999 Marine Engine Rule
 - 2002 Recreational Engine Rule
 - 2003 Category 3 Engine Rule
 - 2008 Category 1/2 Engine Rule
 - 2009 Category 3 Engine Rule





US EPA Marine Engine Regulations

1999 Marine Engine Rule

- On November 23, 1999, the EPA signed the final rule “Control of Emissions of Air Pollution from New CI Marine Engines at or above 37 kW”
- The adopted Tier 2 standards for Category 1 and 2 engines are based on the land-based standard for nonroad engines, while the largest Category 3 engines are expected to comply with IMO MARPOL Annex VI limits.



US EPA Marine Engine Regulations

2002 Recreational Engine Rule

- Diesel engines used in recreational vessels are covered in the “Emission Standards for New Nonroad Engines—Large Industrial Spark-ignition Engines, Recreational Marine Diesel Engines, and Recreational Vehicles” regulation, signed on September 13, 2002.
- Applies to marine diesel engines used in recreational boats, such as yachts and cruisers



US EPA Marine Engine Regulations

2003 Category 3 Engine Rule

- EPA to develop NOx emission limits for Category 3 engines. The final rule “Control of Emissions From New Marine Compression-Ignition Engines at or Above 30 Liters Per Cylinder” was signed by the EPA in January 2003
 - Establishes Tier 1 emission standards for marine engines virtually equivalent to the IMO MARPOL Annex VI limits.



US EPA Marine Engine Regulations

2008 Category 1/2 Engine Rule

- A regulation signed on March 14, 2008 introduced Tier 3 and Tier 4 emission standards for marine diesel engines. The Tier 4 emission standards have an emphasis on the use of emission aftertreatment technology.
- To enable catalytic aftertreatment methods, the EPA established a sulfur cap in marine fuels (as part of the nonroad Tier 4 rule).
 - Sulfur limit of 500 ppm became effective in June 2007,
 - Sulfur limit of 15 ppm becomes effective in June 2012



US EPA Marine Engine Regulations

2009 Category 3 Engine Rule

- On December 18, 2009, the EPA signed a new emission rule for Category 3 engines (published April 30, 2010), which introduced Tier 2 and Tier 3 standards in harmonization with the 2008 Amendments to IMO MARPOL Annex VI



Emission Control Area (ECA)

International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto (MARPOL) – Annex VI (2008)

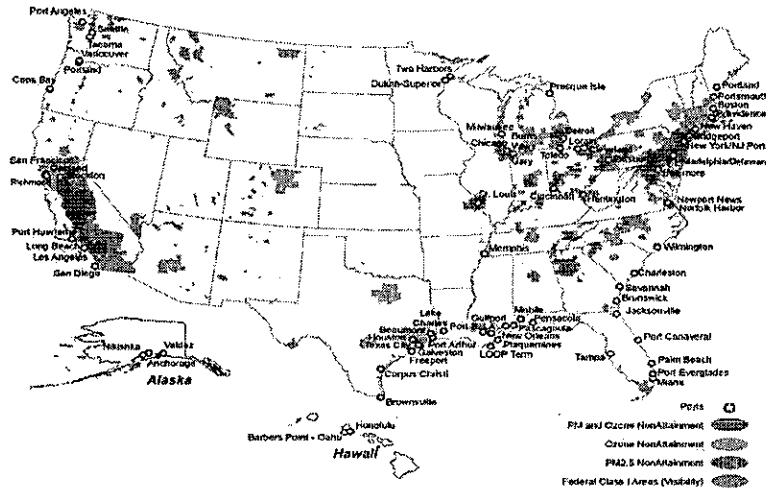


- Limits sulfur content of fuels and NO_x emissions from ships traveling in Emissions Control Areas (ECAs)
 - U.S./Canada/France Emission Control Area (ECA)
 - March 26, 2010 – Waters off North American coasts are designated as an ECA
 - 2012 – first phase of fuel standard
 - 2015 – second phase of fuel standard
 - 2016 – NO_x aftertreatment requirements become applicable



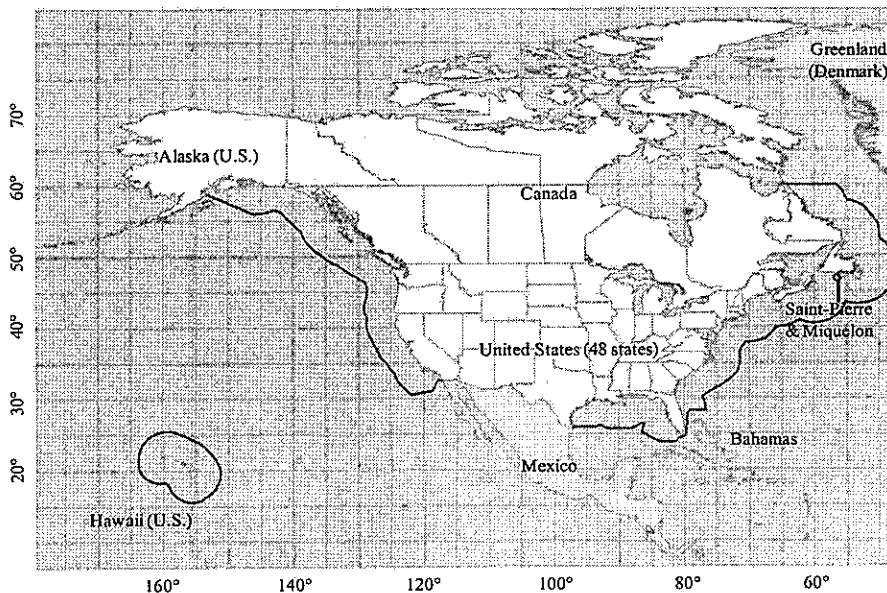
Sustainable ports must equate to healthy air: U.S. port and non-attainment areas

- More than 40 major ports are located in PM_{2.5} or ozone nonattainment areas
- About 88 million people live in 39 areas that do not meet the PM_{2.5} NAAQS or that contribute to violations in other counties



ECA Marine Fuel Switching Requirements

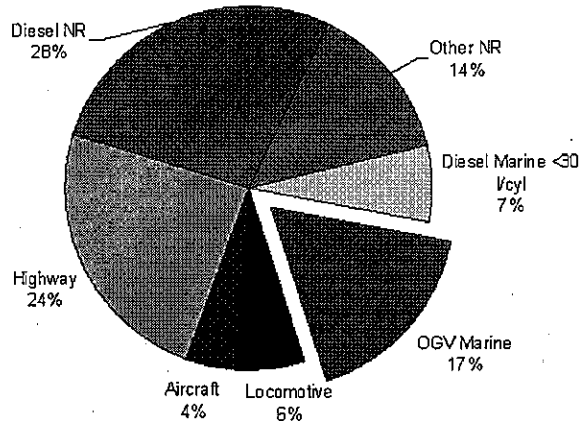
Area of U.S./Canada/France ECA - 200 nm from coasts of the U.S., Canada & French territories



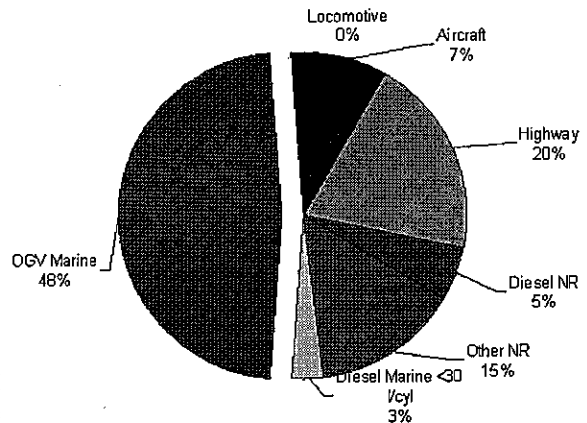


Ship Contribution to U.S. PM2.5 Inventory

2009 Mobile Source PM2.5 Inventory



2030 Mobile Source PM2.5 Inventory



Source of inventory estimates: C3 Marine NPRM (July, 2009)
 Does not reflect IMO MARPOL Annex VI Amendments (October 2008)



ECA Emission Controls

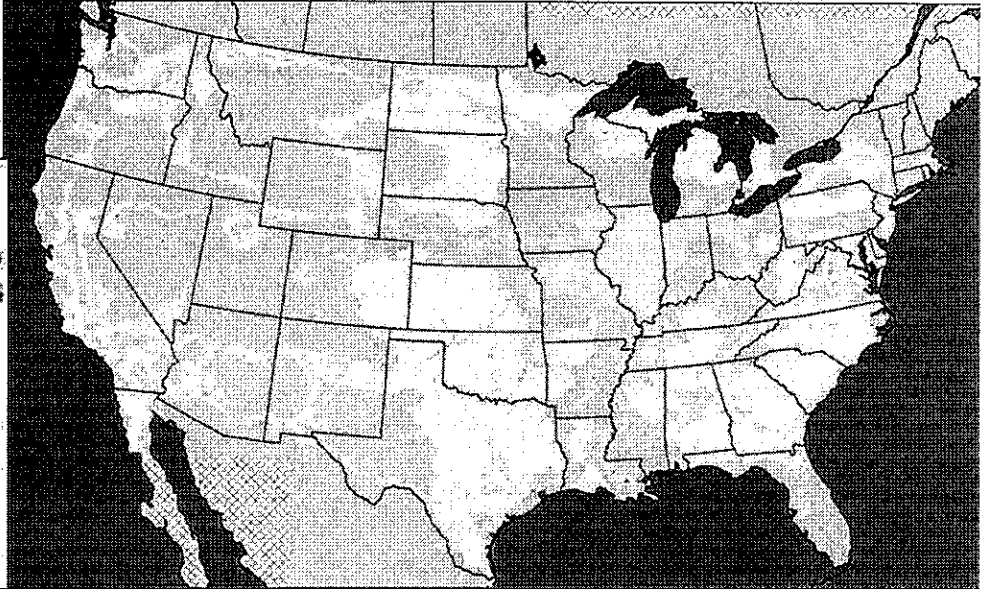
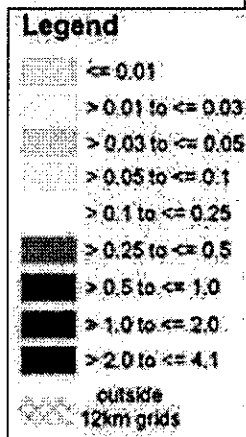
- ECA NOx controls
 - Tier 3 NOx: 80% reduction from new vessels (2016)
- ECA PM and SOx controls
 - 1.0% fuel sulfur (2010-2014)
 - 0.1% fuel sulfur (2015+)
 - Up to 96% reduction in SOx
 - ~85% reduction in PM
- MARPOL Annex VI (2008) Global NOx Controls
 - Tier 2 NOx: 20% reduction from new vessels (beginning in 2011)
 - Existing engine standards
- Global PM and SOx controls
 - 2012: 3.5% fuel sulfur
 - 2020: 0.5% fuel sulfur





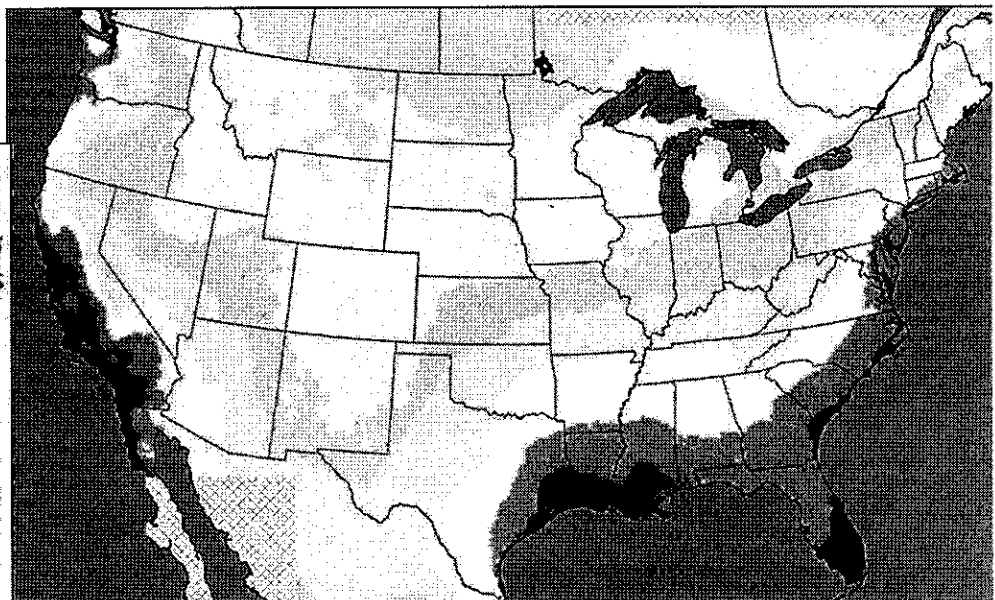
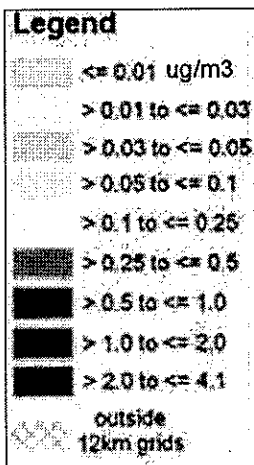
US EPA's 2008 Locomotive & Marine Diesel Engine Rule

For Comparison: Impact of EPA's 2008 Locomotive & Marine Diesel Engine Rule on PM_{2.5} levels in 2020



ECA Air Quality Improvements

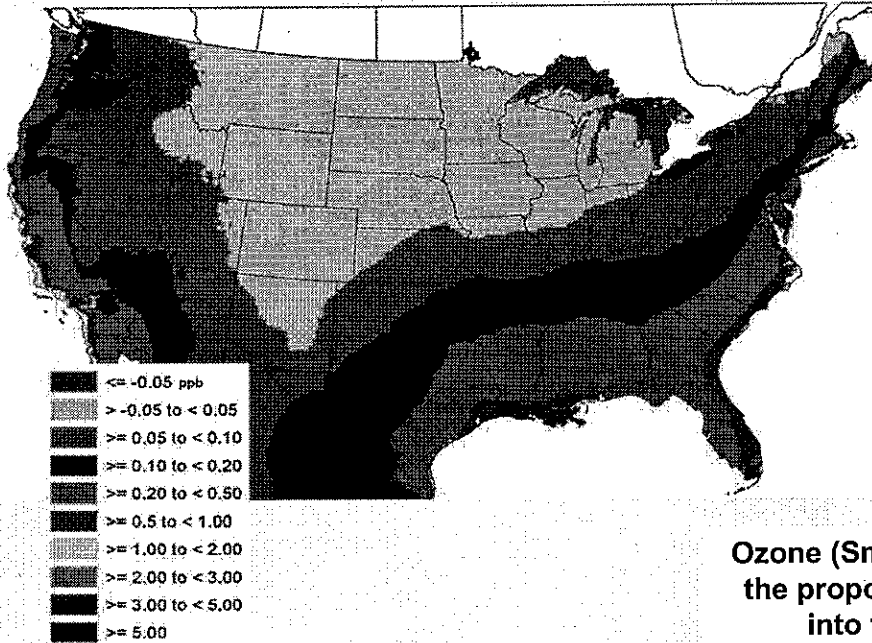
2020 Potential ECA PM_{2.5} Reductions





ECA Air Quality Improvements

2020 Potential ECA Ozone Reductions



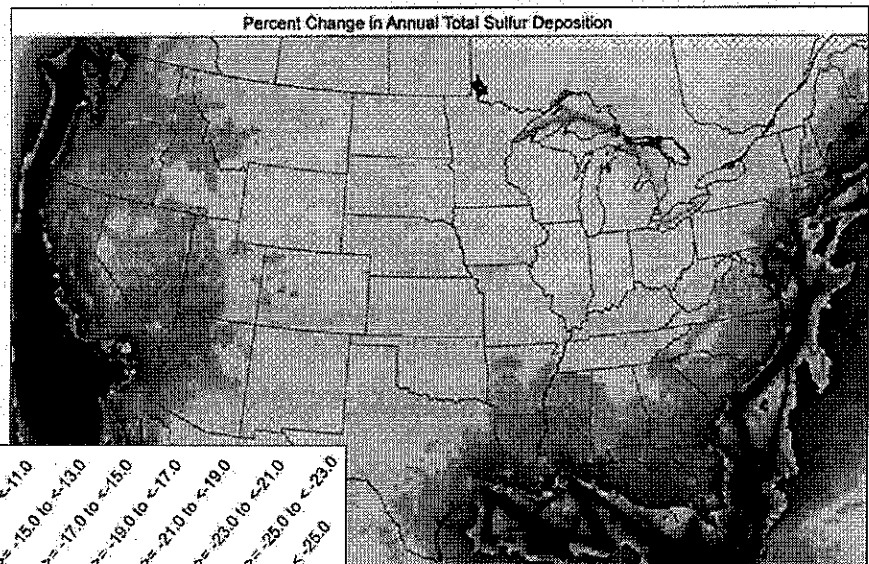
Ozone (Smog) reductions from the proposed ECA reach well into the U.S. interior



ECA Air Quality Improvements

2020 Potential Sulfur Deposition Reductions

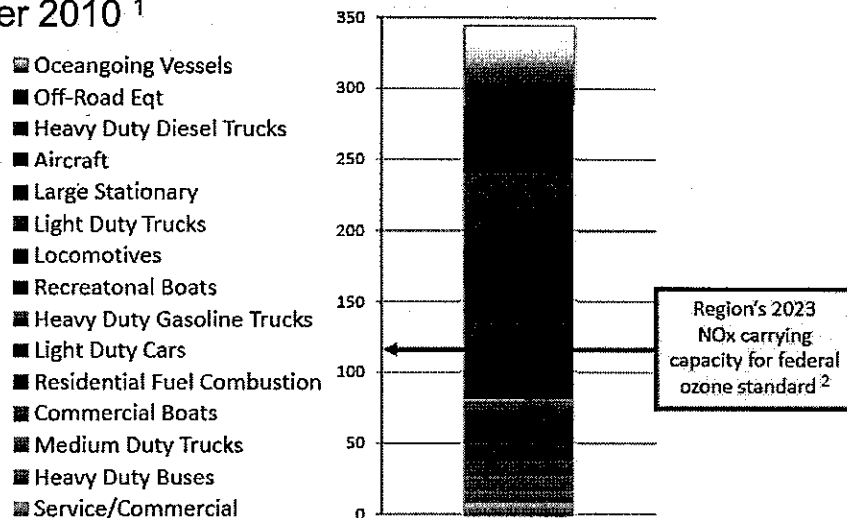
Improvements in deposition for marine and terrestrial ecosystems





Air Quality in the South Coast Air Basin

Top 15 NOx categories: 2023 NOx emissions with rules adopted through December 2010 ¹

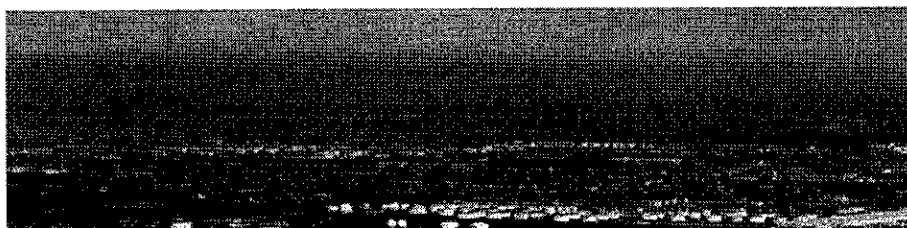


¹ Preliminary emissions estimates (tons per day) based on data updated from 2007 AQMP where available; CARB 2010 emissions projections for trucks and off-road equipment; IMO Tier 1 – 3 for ocean vessels; EPA 2008 rule for locomotives; 2007 AQMP short-term measures for other categories. Range for oceangoing vessels (20-52) based on varying deployment assumptions for IMO Tier 2 and 3 vessels and range of ports' cargo forecasts.



Benefits & Costs

- In 2030 the estimated benefits are between \$110 and \$280 billion
- By 2030, the emission reductions associated with the coordinated strategy will annually prevent:
 - Between 13,000 and 32,000 PM-related premature deaths
 - Between 220 and 980 ozone-related premature deaths
 - About 1,500,000 work days lost
 - About 10,000,000 minor restricted-activity days
- The estimated costs are much smaller: \$3.1 billion





California Marine Rules & Regulations

- CARB At-Berth Ocean-Going Vessels Regulation
- Harbor Craft Regulation
- OGV Vessel Fuel Switching
- OGV Vessel Speed Reduction (not final)



CARB At-Berth Ocean-Going Vessels Regulation



- Phased-in 2010 – 2020
- California Ports of Los Angeles, Long Beach, Oakland, San Diego, San Francisco, and Hueneme
- Requires vessel fleet operators visiting these ports to reduce at-berth emissions from auxiliary engines in one of two ways:
 - 1) turn off auxiliary engines for most of a vessel's stay in port and connect the vessel to some other source of power, most likely grid-based shore power; or
 - 2) use alternative control technique(s) that achieve equivalent emission reductions.



CARB Harbor Craft Regulation



- Effective Jan. 1, 2009
- Applies to all new & in-use commercial harbor craft vessels (ex) ferries, excursion vessels, tugboats, towboats, crew & supply vessels work boats, pilot vessels, & commercial & charter fishing boats operating in the Regulated Waters of California
- ~4,200 harbor craft vessels, & ~8,300 diesel engines on these vessels, use in California



CARB Harbor Craft Regulation

- Requires
 - Record keeping for each vessel
 - Installation of a non-resettable hour meter on each engine
 - Submittal of initial report to CARB & central record keeping for inspection
 - Repowers for certain vessels
- Why this rule is needed
 - California commercial harbor craft emit an estimated 3.3 tons per day (tpd) of diesel PM and 73 tpd of NOx



California Ultra Low Sulfur Fuel Use

- Since January 2007, all onroad & nonroad engines are required to use ULSD (15ppm sulfur) in California, including harbor craft
- No reported technical issues for harbor craft



Cost & Benefits

- Total cost of regulatory compliance ~\$140 million over the life of the regulation
- Cost-effectiveness ~\$29/lb PM reduced, if all costs are attributed to reducing diesel PM
- If costs are split evenly between reducing PM and NOx - cost-effectiveness ~\$14/lb PM and ~\$1,800/ton NOx
- Health cost savings ~\$1.3 billion to \$2 billion



Northwest Ports Harbor Craft



- Beginning in 2008 - Harbor craft voluntarily use ULSD
- No technical issues reported



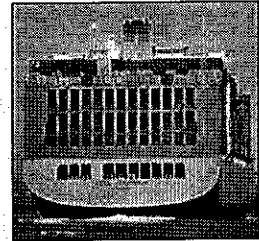
New York/New Jersey Port Harbor Craft



- 2002 began voluntary private ferry clean diesel program – tested ULSD in ferries
- Implementing engine retrofit and replacement program
- No issues reported
- Note: 2011 Began voluntary OGV fuel switching program



California OGV Vessel Fuel Rule



- Effective July 2009
- Requires OGV's to switch to low sulfur diesel 0.5% to 1.5% at 24 nm off the California coast
- By 2012 harmonize with ECA to require 0.1% sulfur fuel



California OGV Operational Experiences with Vessel Fuel Switching

- Examined Three Sources of Information
 - CARB Ocean-Going Vessel Operational Experience Survey (2009)
 - U.S. Coast Guard fuel switching-related loss of propulsion incidents (LOPs)
 - Pilot reports
 - Long Beach Pilots
 - SF Bar Pilots





CARB Ocean-Going Vessel Operational Experience Survey (2009)

- Designed to collect information on operational experience with the use of low sulfur distillate fuels in response to OGV Clean Fuel Rule
- Sent to CARB listserv (2,400 members)
- Survey included two parts
 - Survey ship operators
 - Survey fleet manager



CARB Ocean-Going Vessel Operational Experience Survey (2009)

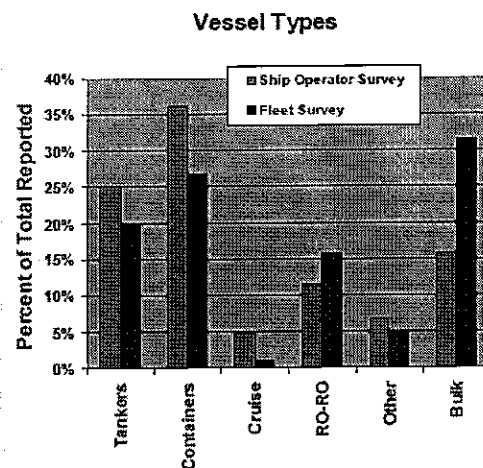
- Categorized into five areas to indentify main areas of concern
 - operational changes made in response to rule
 - transiting or maneuvering issues
 - main engine start issues
 - equipment issues
 - fuel properties comments



CARB Ocean-Going Vessel Operational Experience Survey (2009)

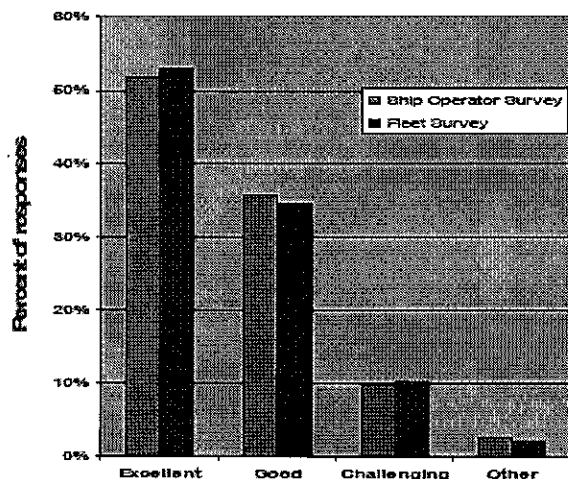
Number of survey participants

- Ship operator responses
 - reported information on 148 vessels
- Fleet operator responses
 - representing 1723 vessels



CARB Ocean-Going Vessel Operational Experience Survey (2009)

Experiences with the use of low sulfur fuel since implementation of rule*



	Ship Operator Survey		Fleet Survey	
Excellent	58	51.8%	26	53.1%
Good	40	35.7%	17	34.7%
Challenging	11	9.8%	5	10.2%
Other	3	2.7%	1	2.0%
Total Responses	112		49	

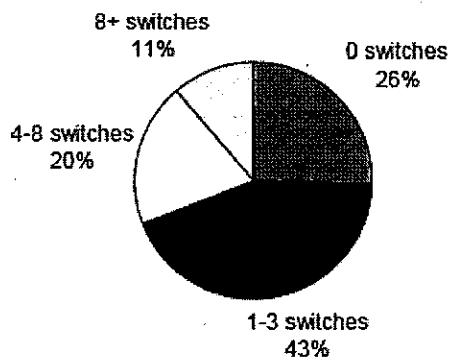
*Based on 112 responses to the operator survey and 49 responses to the fleet survey



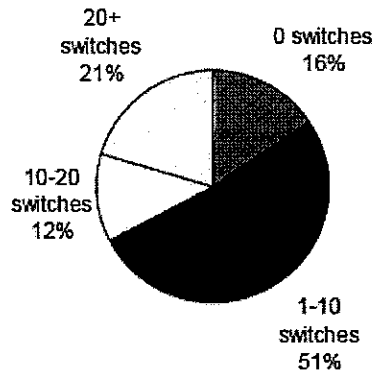
CARB Ocean-Going Vessel Operational Experience Survey (2009)

Number of fuel switches*

Ship Operator Survey
(number of times the vessel has fuel switched)



Fleet Survey
(number of times the fleet has fuel switched)



*As of date of survey (November, 2009)



CARB Ocean-Going Vessel Operational Experience Survey (2009)

Summary of responses to survey questions

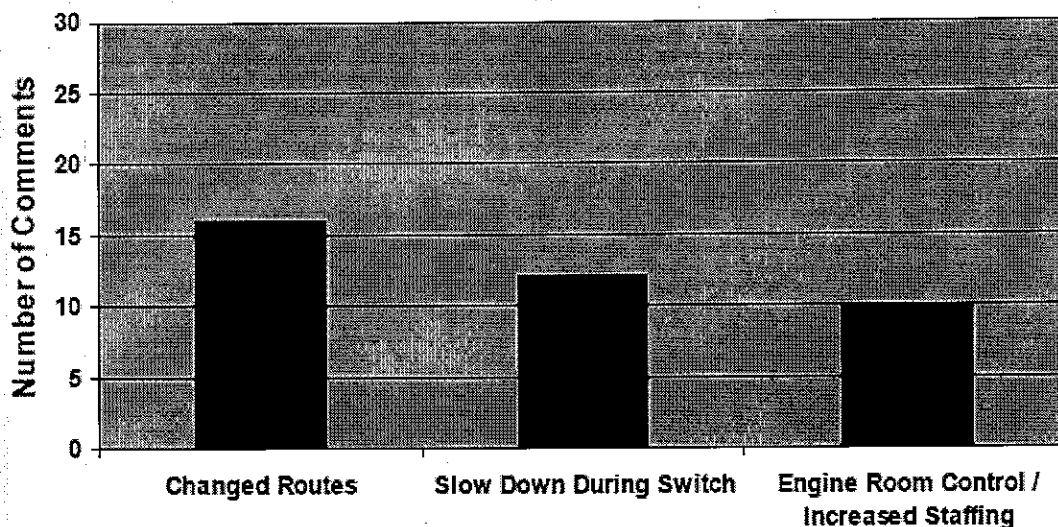
	Ship Operator Survey		Fleet Survey	
	Yes Responses	Percent	Yes Responses	Fleet survey
Did you test your vessels on distillate prior to CA visit?	57	39%	21	36%
Have you made equipment changes to operate on distillate?	7	5%	4	7%
Do you have on board fuel switching procedures for crew members?	105	71%	36	62%
Have you had to modify the fuel switching procedures based on in-use experience?	12	8%	5	9%
Do you have documented training procedures for fuel switching?	85	57%	37	64%
Problems finding fuel?	10	7%	3	5%
Have you made operational changes due to fuel switching?	36	24%	9	16%

*Positive responses reported. Percentage based on total number of records (148 operator records, 58 fleet manager records)



CARB Ocean-Going Vessel Operational Experience Survey (2009)

Types of operational changes made due to fuel switching

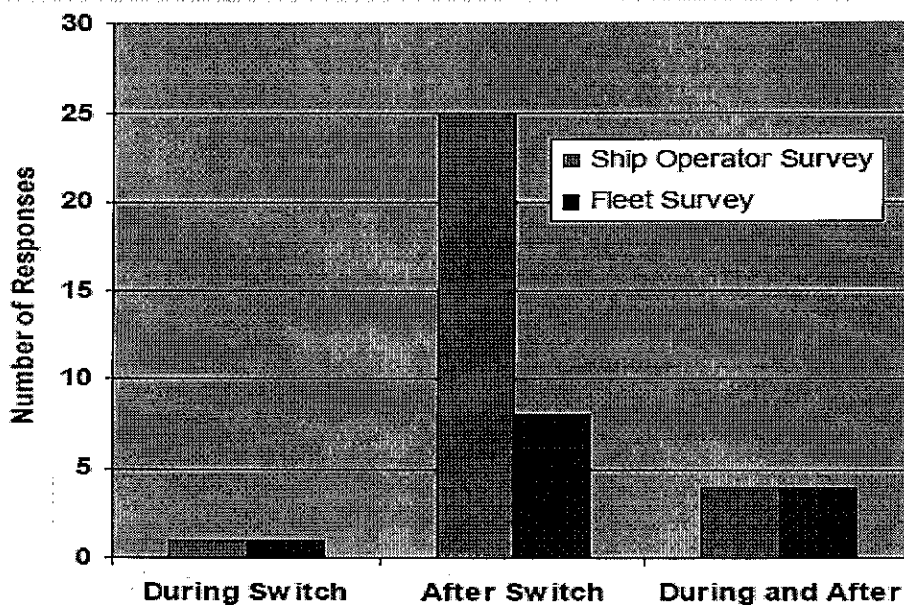


*This information was compiled by categorizing the survey comment fields



CARB Ocean-Going Vessel Operational Experience Survey (2009)

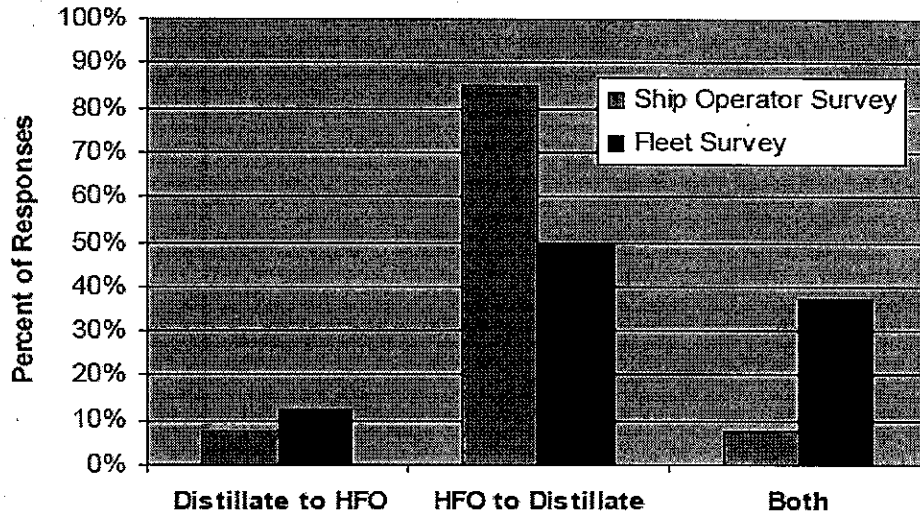
Q: If you had any problems, did the problem occur during fuel switching, after fuel switching or both?





CARB Ocean-Going Vessel Operational Experience Survey (2009)

Q: If you had problems, did the problem occur from the fuel switching: Distillate to HFO; HFO to Distillate or both?

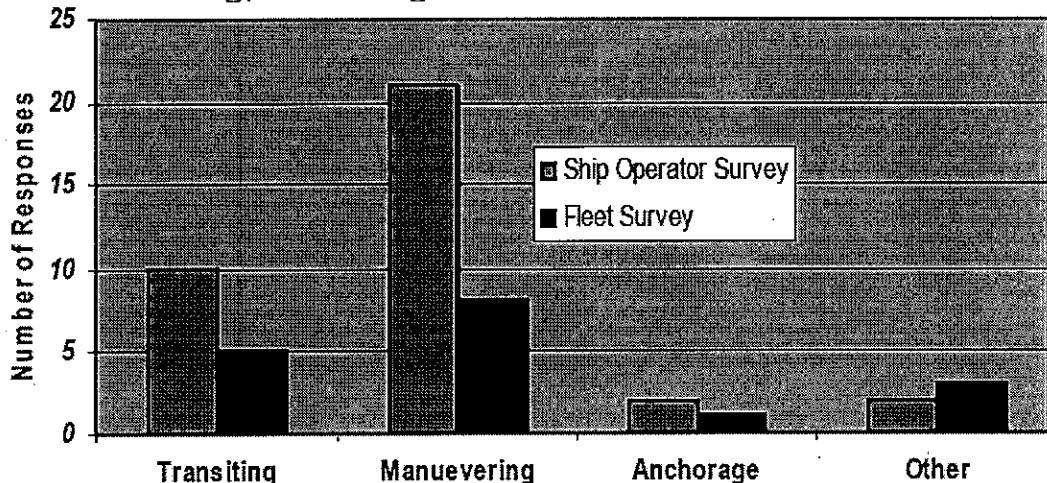


*Based on 27 operator responses and 8 fleet responses



CARB Ocean-Going Vessel Operational Experience Survey (2009)

Q: If you had problems, did the problem occur during transiting, maneuvering, anchoring or other?

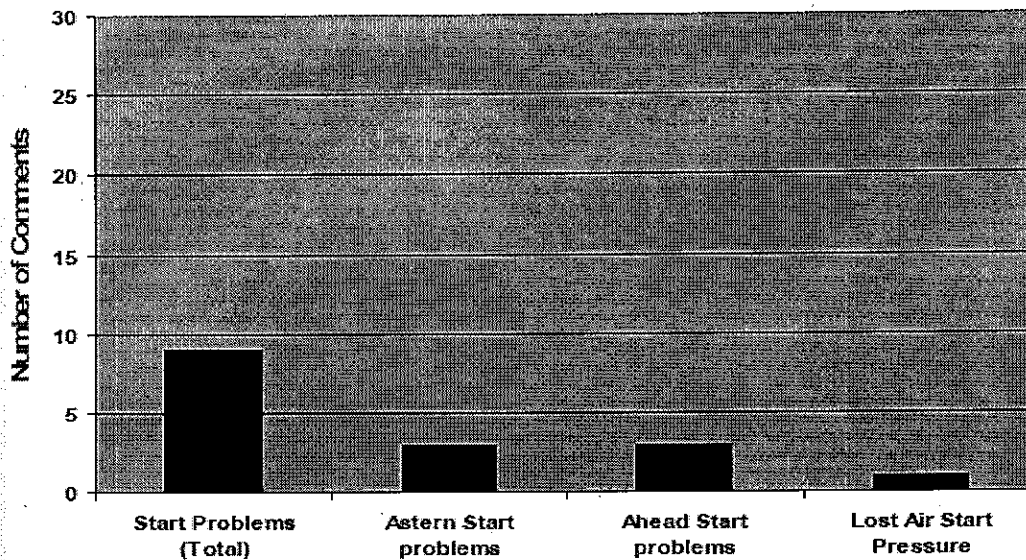


•Some operators reported for more than one category



CARB Ocean-Going Vessel Operational Experience Survey (2009)

Reported main engine start problems*

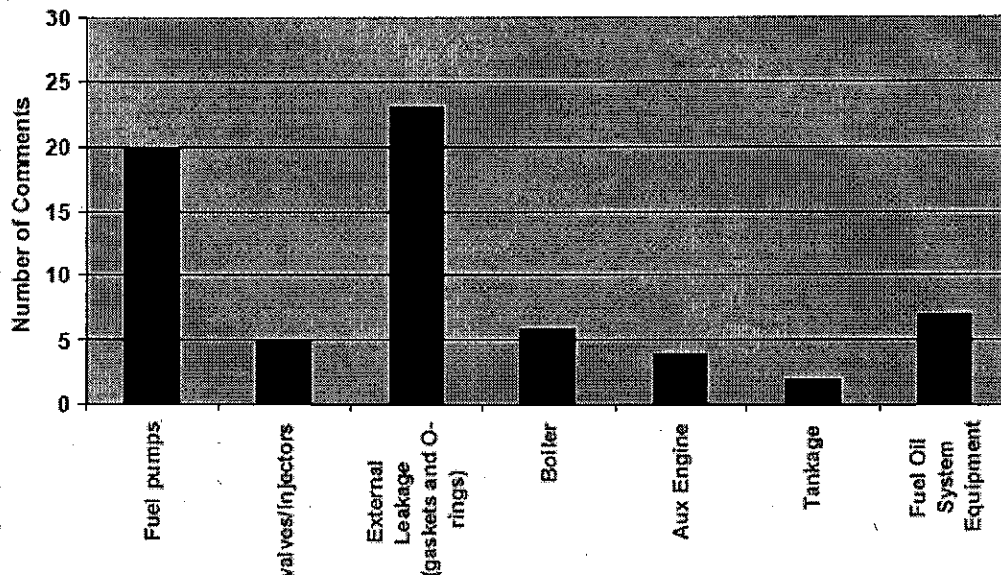


*This information was compiled by categorizing the survey comment fields



CARB Ocean-Going Vessel Operational Experience Survey (2009)

Equipment problems reported*

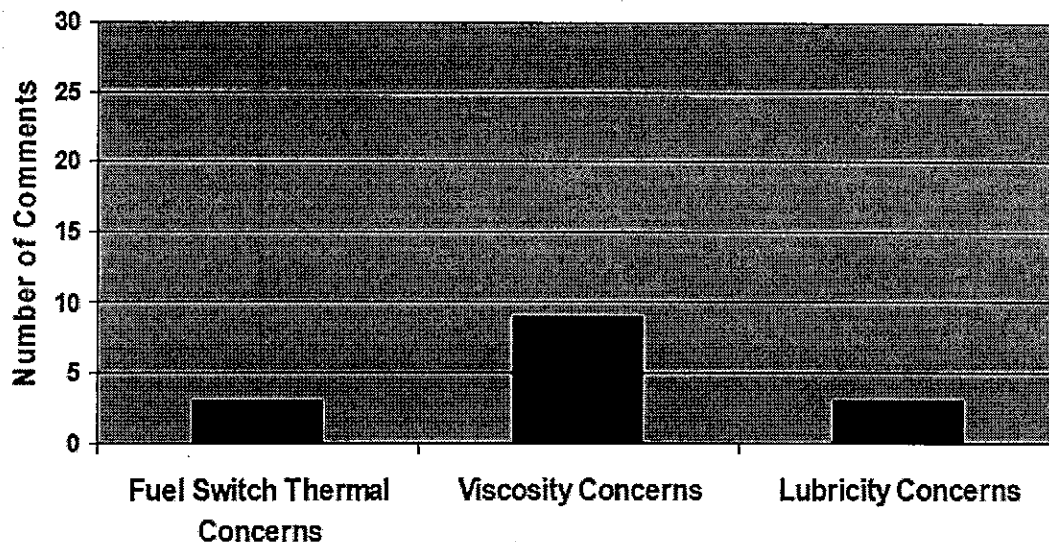


*This information was compiled by categorizing the survey comment fields



CARB Ocean-Going Vessel Operational Experience Survey (2009)

Fuel Property Concerns*



*This information was compiled by categorizing the survey comment fields



CARB Ocean-Going Vessel Operational Experience Survey (2009)

OGV Survey Summary

- 85 percent of operators that had fuel switched had excellent or good experience
- Some operators have reported operational changes
 - changing routes
 - slowing down during switch
 - increased staffing/engine room control
- Most operators reported that the fuel was available



CARB Ocean-Going Vessel Operational Experience Survey (2009)

OGV Survey Summary (continued)

- Fuel switching related problems were primarily noted for the following
 - after switching from HFO to distillate
 - equipment problems
 - fuel pumps
 - leakage (o-rings and gaskets)
 - maneuvering operations
 - higher number of problems reported during maneuvering compared to transiting



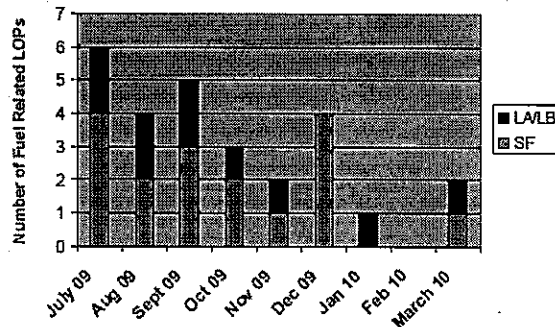
CARB Ocean-Going Vessel Operational Experience Survey (2009)

OGV Survey Summary (continued)

- Fuel switching related problems were primarily noted for the following (continued)
 - fuel properties
 - higher number of comments were for viscosity concerns



U.S. Coast Guard fuel switching-related loss of propulsion incidents (LOPs) in California



# LOPs*	July-09	Aug-09	Sept-09	Oct-09	Nov-09	Dec-09	Jan-10	Feb-10	March-10	July 09-March 10
SF	4	2	3	2	1	4	0	0	1	17
LA/LB	2	2	2	1	1	0	1	0	1	10
Total	6	4	5	3	2	4	1	0	2	27

* (U.S. Coast Guard D11, LOPs where operation on distillate fuel was a causal factor. July 1, 2009 through March 31, 2010)



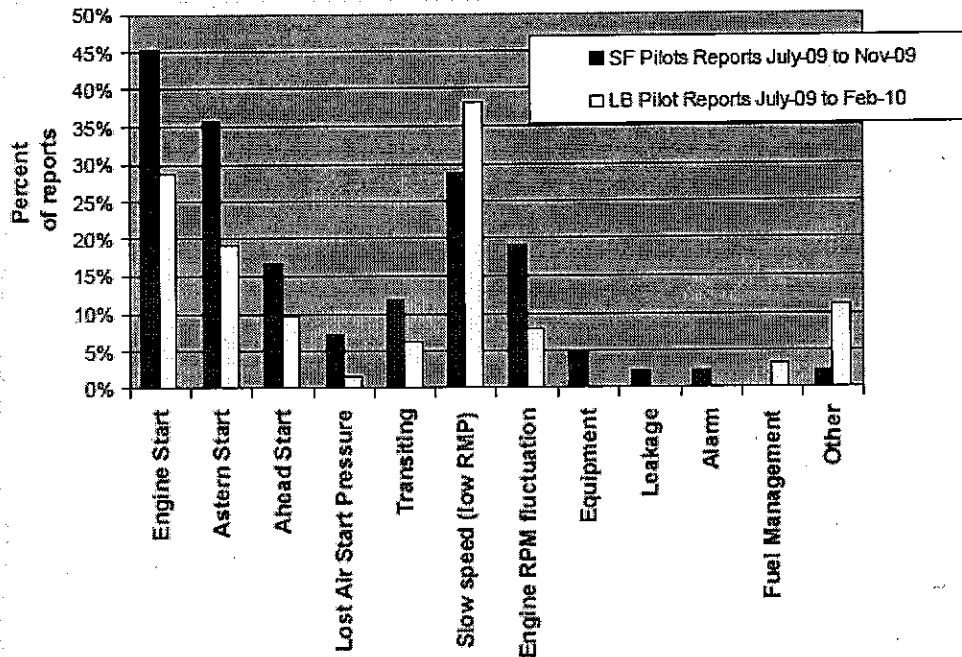
U.S. Coast Guard fuel switching-related loss of propulsion incidents (LOPs) in California - Summary

- Number of distillate fuel related LOPs* per month has decreased as regulation is in place longer
- Many fuel related LOPs* had failure to start issues
 - higher number of start issues in SF Bay region, dominated by astern starts problems
- More fuel related LOPs* occurred during maneuvering than transiting
- Low fuel pressure, possibly related to the condition of fuel pumps or fuel viscosity, were noted in 9 of the fuel related LOPs*

* (U.S. Coast Guard, LOPs where operation on distillate fuel was a causal factor. July 1, 2009 through March 31, 2010)



Pilot Reports



*Based on 42 SF Bar Pilot reports and 63 LB Pilot reports



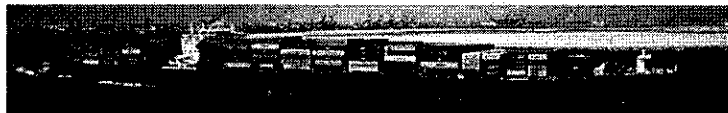
Pilot Reports - Summary

- Majority of SF Bar Pilots reports
 - main engine start problems
 - majority of the start problems were astern starts
 - problems operating at low speed/low RPM
- Majority of LB Pilots reports
 - problems operating at low speed/low RPM
 - included some main engine start problems



California OGV Operational Experiences Overall Summary

- With about 7,000 successful vessel visits, a small percentage of ships experience operational problems (~0.5%)
- Fuel related LOPs are decreasing as rule is in place longer
- Data collected provides useful insights into operational experiences in using cleaner distillate fuel for future OGV adoption under the ECA



Voluntary & Incentive Programs for Harbor Craft & OGVs

- Clean Ports USA Program
- Exploring a Voluntary Marine Verification Program for existing vessels
- Diesel Emission Reduction Act
- State, Local & Port-specific incentives



Thank you

港口船舶排放管制计划

2011年7月12日技术交流会

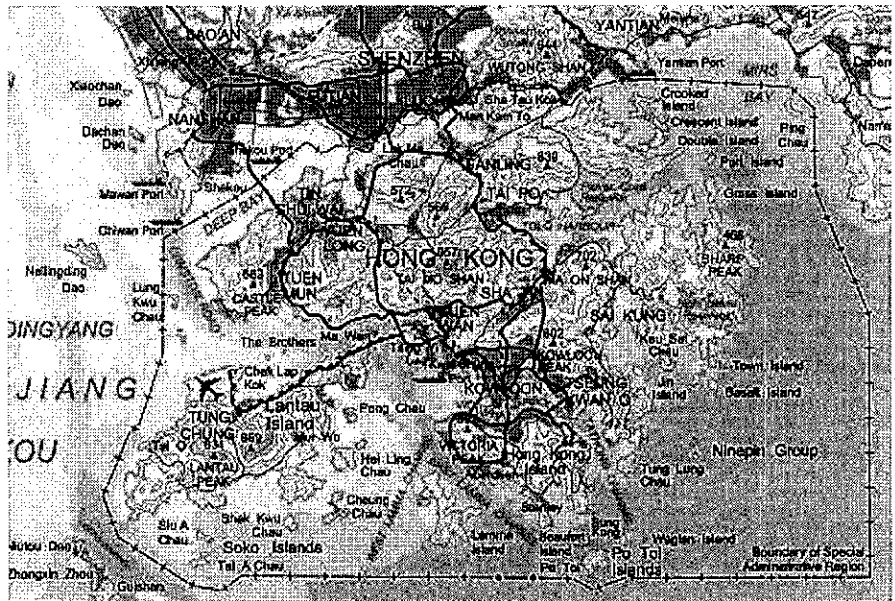
香港港口船舶排放管制计划

李裕韬
高级环境保护主任
香港环境保护署

香港水域

香港水域范围非常狭少

=>容易受港口船舶污染物影响



货柜码头

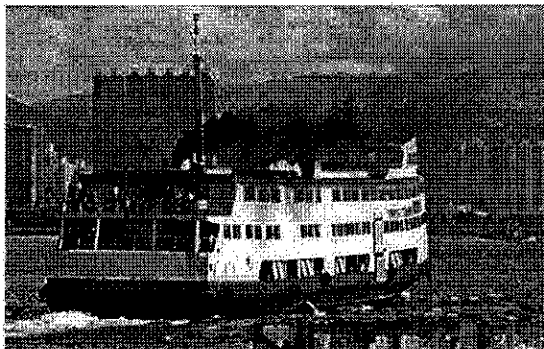
货柜码头十分接近社区

=>环境、外观及健康问题



3

管制港口船舶排放的 空气污染物



4

整体规管 - 《防污公约》附件VI

规管船舶排放

污染物	管制
一般管制	禁止船上焚化
消耗臭氧层物质 (ODS)	禁止船舶上的新装置带有消耗臭氧物质
二氧化硫 (SO ₂)	管制燃油含硫量管
氮氧化物 (NO _x)	新装置的柴油机需符合排放标准
挥发性有机化合物 (VOCs)	装载液化货船需使用气体回收系统

5

现时的多元规管计划

航行船舶	1. 燃料规格 2. 烟雾管制 3. 航速管制
靠岸船舶	4. 泊岸转油
港口机械	5. 改用电能 6. 清洁燃料 7. 规管运作
其他措施	8. 政府船队用超低硫柴油

6

(1) 燃料规格

- 受《防污公约》附件VI规管
- 含硫量上限为**4.5%**(2012年收紧至3.5%)
- 应用于所有在香港水域内操作的船只(包括远洋、区域及香港本地船只)
- 这含硫量要求并不严格，原因：
 - (a)重油含硫量上限平均 = 2.8%
 - (b)香港境内船用轻柴油含硫量 $\leq 0.5\%$

7

(2) 烟雾管制

船只排放过量黑烟检举员机制

- 船只排放过量黑烟造成滋扰是违法行为
- 检举员用“力高文图表”评估黑烟排放，如不符规定会通报海事处

远洋轮船	船舶及港口管制条例 香港法例 第313章
本地船只	商船(本地船只)条例 香港法例 第548章

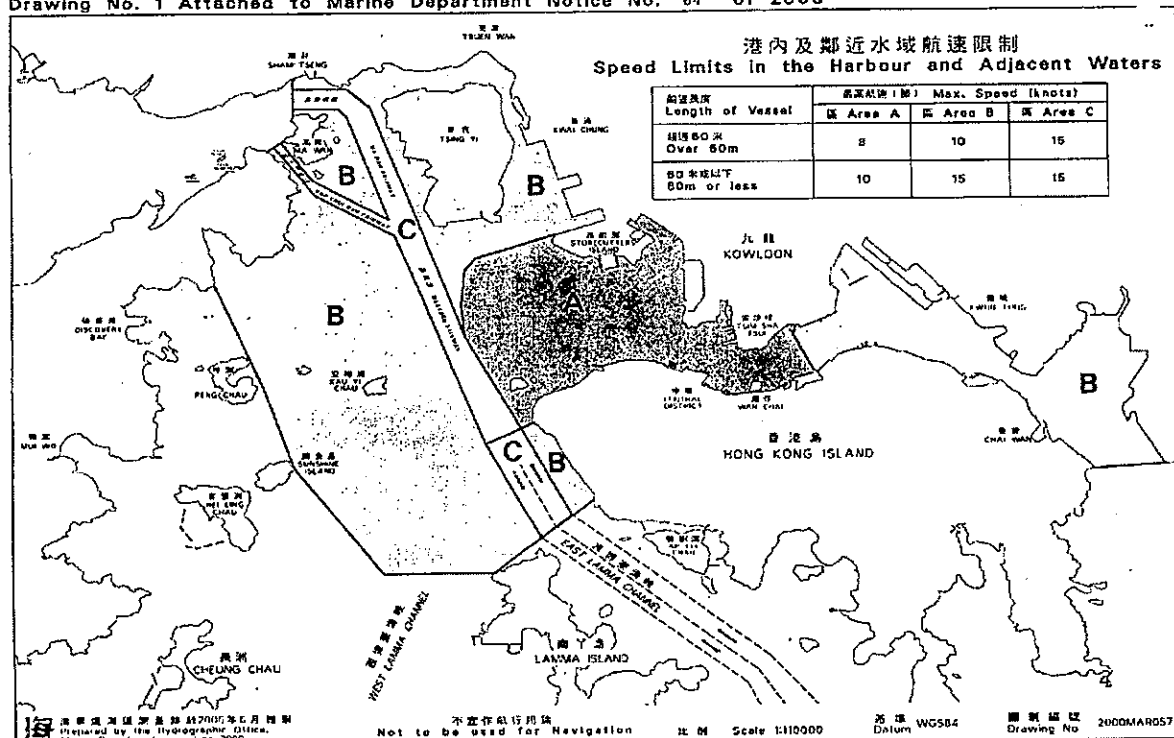
8

(3) 航速管制

- 实施于维多利亚港 + 港外部分水域
- 当船只低速航行，其引擎载荷会比高速时大幅↓。尽管航行时间延长，但

整体燃油消耗 + 排放皆↓

Drawing No. 1 Attached to Marine Department Notice No. 84 of 2000



	船身長度 ≤ 60 米	船身長度 > 60 米
(A) 海港中部	10 節	8 節
(B) 海港东部及西部	15 節	10 節
(C) 海港西部主要航道	15 節	

(4) 泊岸转油

- 17间远洋船公司签署了《乘风约章》[思汇政策研究所(一个智囊组织)参与促成该约章]
- 于**2011至2012**年期间在香港「泊岸转油」，即使用低硫燃油(含硫量 $\leq 0.5\%$)
- 参与船公司共占香港港口总吞吐量接近一半

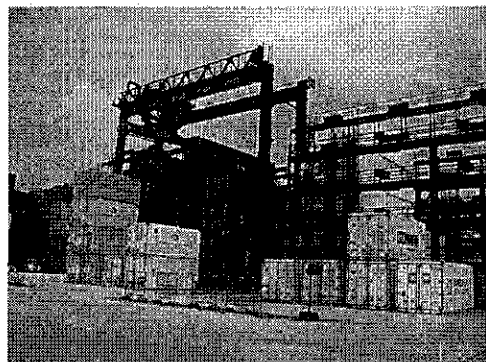


11

(5) 改用电能

货柜码头

- 绝大部分岸边吊机已用电力操作
- 柴油龙门式起重机正在改用电力或混合动力操作



12

(6) 清洁燃料

- 非路面流动机械及非路面车辆 (例如: 货车) 必须使用超低硫柴油 (含硫量 $\leq 50\text{ppm}$)
- 事实上, 绝大部分均使用含硫量 $\leq 10\text{ppm}$ 的柴油

13

(7) 规管运作

港口机械运作时造成滋扰及产生烟雾, 空气污染管制条例(第311章)规管

滋扰	空气污染管制条例 (第311章)
烟雾	空气污染管制(烟雾)规 例(第311C章)

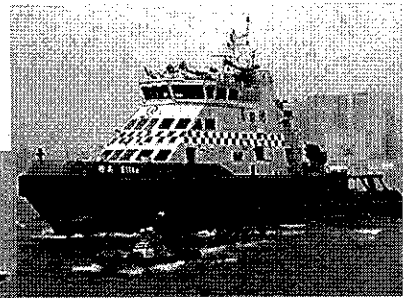
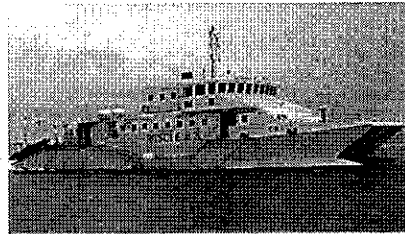
14

(8) 其他管制

- 2001年，政府柴油船只使用超低硫柴油 (含硫量 ≤ 50 ppm)
- 2008年转用含硫量 ≤ 10 ppm 柴油

二氧化硫 $\downarrow 99\%$

可吸入悬浮粒子 $\downarrow 30\%$



15

未来计划

- A. 港口内的非路面流动污染源
- B. 泊岸转油
- C. 船舶排放控制区
- D. 本地船舶使用清洁能源
- E. 本地船舶使用减排设备
- F. 岸电

16

(A) 港口内的流动机械

- 就管制非路面流动机械的排放，议订管制建议 (供应于本地市场使用的流动机械须符合排放标准)，并谘询业界至2011年7月20日
- 视乎收集得的意见，拟于2011年内展开立法程序



17

(B) 泊岸转油

- 监察自愿泊岸转油计划的进度，评估以下重要因素：
 - 环保效益
 - 燃油成本的影响
 - 船公司运作的影响
 - 对本地燃料供应市场的影响
- 谘询航运界及相关持份者的意见，然后拟定如何推展泊岸转油

18

(C) 船舶排放控制区

- 由于香港海域面积细小，独自寻求设立排放控制区无甚作用。
- 现时先搜集资料及参考其他地区的经验：
参考美、加联手设立排放控制区的经验，了解其工作时间表、申请时遇上的困难，及成本效益分析等

19

(D) 本地船舶使用清洁燃料

- 本地船用轻柴油的含硫量 ≤ 5000 ppm
- 2010年，香港环境保护署完成本地渡轮使用超低硫柴油(含硫量 ≤ 50 ppm)试验
- 有些渡轮营办商担心这是「一步登天」
- 技术上可行，但试验船只燃料成本 $\uparrow 21\%$ (因试验船队规模太少)
- 下一步: 研究转用低硫燃料或其他减排措施

20

(E) 本地船舶使用减排设备

- 低硫燃料能减少二氧化硫和悬浮粒子排放，但不能减少氮氧化物(NOx)
- 安装「选择性催化还原系统」(SCR)能减少船只的氮氧化物排放最高达80%
- 将会试验政府船只加装SCR的效果，以评估对运作和成本的影响
- 再制订未来路向

21

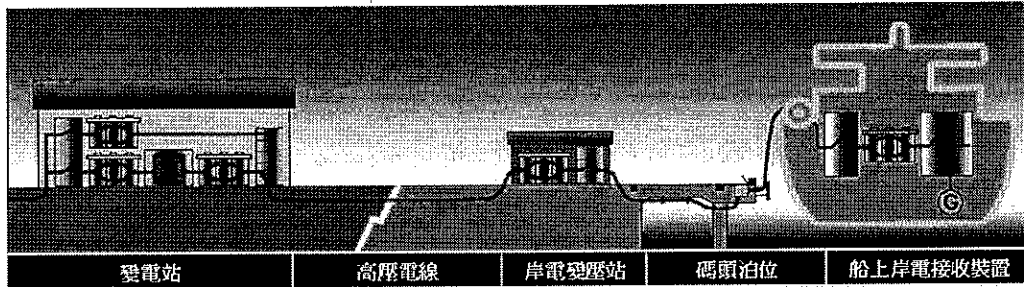
(F) 岸电

- 岸电亦名「冷铁」(cold ironing)或「替换航海电力系统」(Alternative Maritime Power)
- 减少污染物排放达90%
- 备有岸电或正在港口兴建岸电的例子:

国家	港口
美国	洛杉矶, 休斯敦, 西雅图, 长滩, 三藩市, 圣地亚哥, 奥克兰, 休乐美, 塔科马, 朱诺, 纽约, 匹兹堡
加拿大	温哥华, 卑诗省
欧盟	德国: 鲁贝克 芬兰: Inkoo Shipping Oy Ab, 奥鲁, 赫尔辛基 比利时: 泽布吕赫, 安特卫普 法国: 勒阿弗尔, 马赛 瑞典: 哥登堡, 赫尔辛堡, 斯德哥尔摩, 皮特奥, 维斯比 荷兰: 鹿特丹, 阿姆斯特丹
日本	名古屋
挪威	奥斯
澳洲	墨尔本
中国	连云港, 青岛, 上海, 天津, 蛇口

(E) 岸电

- 打算于建设中的**新邮轮码头**安装岸电设施



- 岸电的国际标准 (由ISO协调)将在今年九月出版

23

执法及规管机制

非香港船舶进入香港海域	海事处的「港口国监督」(PSC)巡查
本地船只	检查/认证以确保符合规定
港口内机械	环保署巡查

24

港口国监督

- 香港是《亚太区港口国管制备忘录》成员
- 海事处「港口国监督」组巡查进入香港海域的非香港船舶
- 会扣留严重欠妥的船舶



25

 多谢

欢迎提问