



國光石化營運造成PM_{2.5}與健康及能見度之影響

莊秉潔教授 中興大學環境工程系

2010.7.6

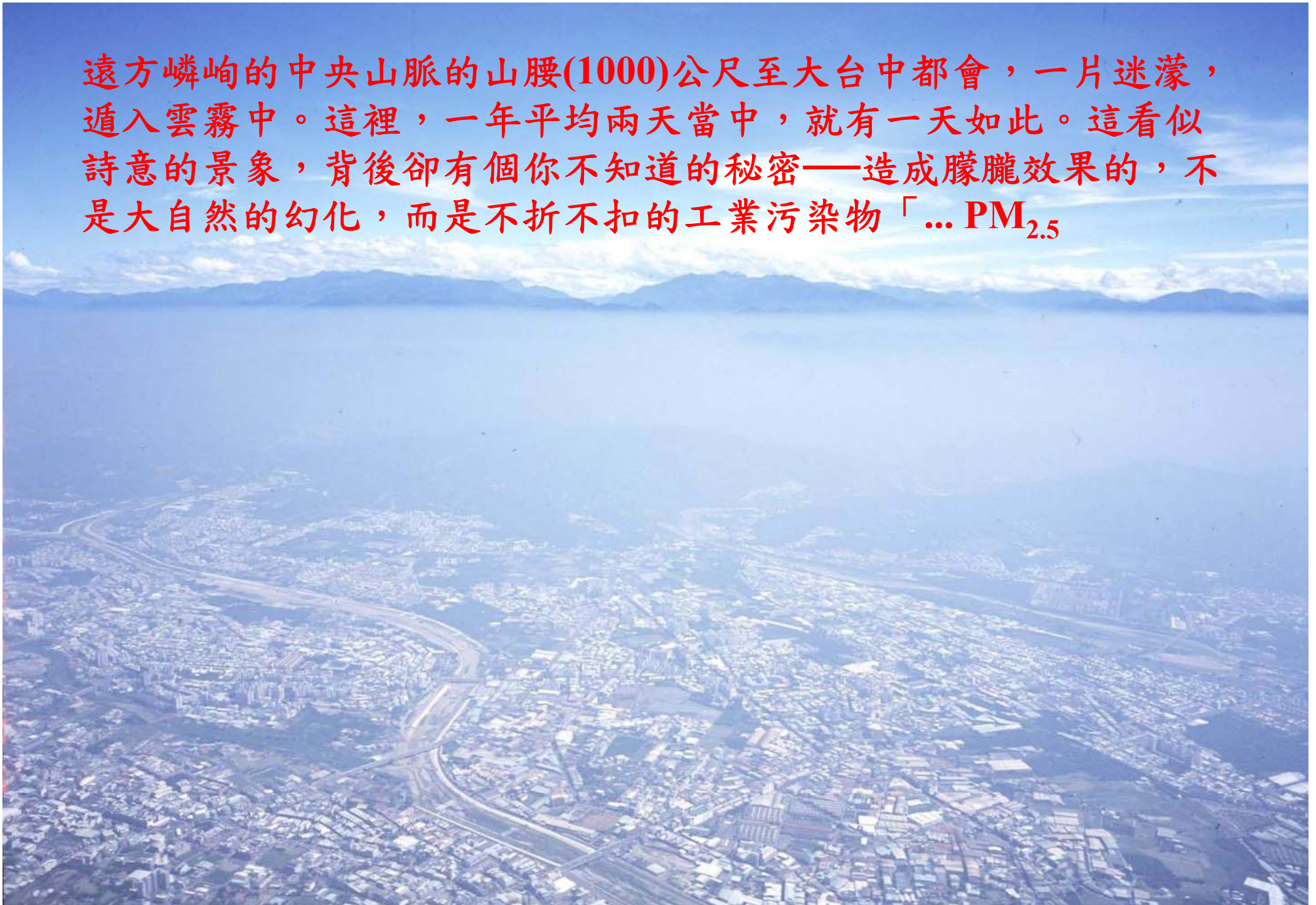
結論及建議

- 1) 國光石化利用CAMx及中興大學用GTx模擬PM₁₀或PM_{2.5}在廠址附近差異不大。主要差異在於國光石化模擬衍生性之PM只有短短數天，且範圍僅有中台灣。而中興大學則模擬1, 4, 7, 10四個整月，且範圍包括全台灣。
- 2) 如根據環保署認證之GTx模式估計，亦計算出國光石化營運後每年會造成234人因心血管、肺癌死亡，如加上其它疾病可能**高達339-565人**。
- 3) **且全台每一個人平均減少23天的壽命。**
- 4) 除此之外，因呼吸系統及腦血管疾病而住院的人數每年約105-255個案例，孩童及成人發生哮喘的案例每年約12266-159274個案例。
- 5) 西部之各地之能見度亦會減少50-200公尺不等。
- 6) 這評估只包括國光石化排放PM, SO_x, NO_x及VOC轉換為PM_{2.5}之健康風險，尚未包含其它如VOC, 戴奧辛, 重金屬及O₃之健康風險。
- 7) 中部之農業已因戴奧辛，無法正常養鴨養牛。而國光石化亦會排放戴奧辛，但其未明列戴奧辛之排放量。

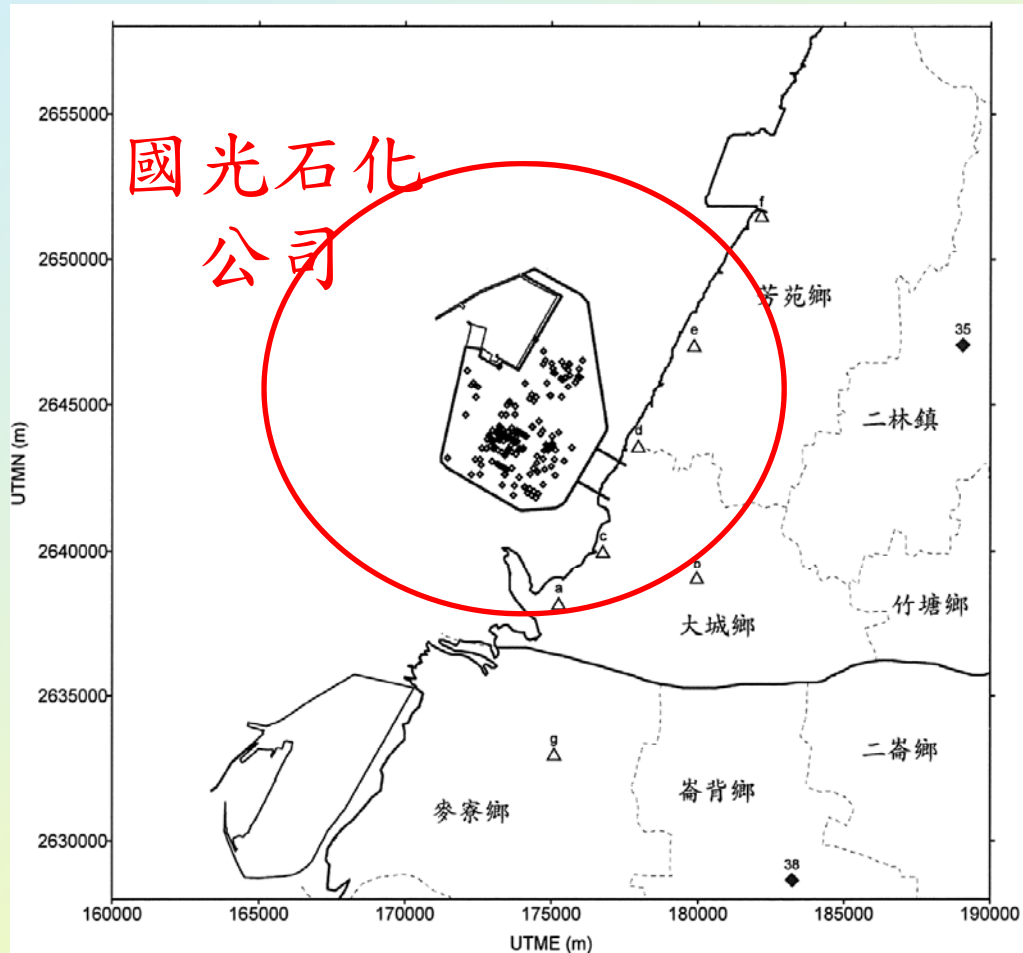
➤ 建議：

- (1) 請開發單位提供戴奧辛、重金屬及PAH之排放量清單
- (2) 請模式支援中心提供國光石化公司臭氧濃度增量模擬結果

遠方嶙峋的中央山脈的山腰(1000)公尺至大台中都會，一片迷濛，遁入雲霧中。這裡，一年平均兩天當中，就有一天如此。這看似詩意的景象，背後卻有個你不知道的秘密——造成朦朧效果的，不是大自然的幻化，而是不折不扣的工業污染物「... PM_{2.5}」



預定地點



國光石化預定地-芳苑的潮間帶

台灣有一股力量，現在還非常的邊陲，但幸運的還有幾個人可以互相取暖。但這火焰不知那一時候會熄滅。所附為興大人文社會研究中心之到芳苑海邊，國光石化預計地之幾張照片。

(http://rchss.nchu.edu.tw/chi/activity_detail.php?id=229)



圖中之蚵民目前家庭年收入，可以上百萬，其中有許多中年失業返鄉芳苑人，在此再次利用這中部殘存之濕地養蚵，取外籍新娘成家立業，找回活著的一點點自尊。但國光石化通過環評後，他們遲早將再度失去生計。





	中興大學模擬條件	開發單位模擬條件
使用模式	GTx	CAMx
模式類型	軌跡模式	網格模式
模擬系統(模式、氣象、排放)是否通過環保署認證	是	否
目標期間	營運	營運
目標污染源	固定污染源	固定污染源
目標污染物	原生性污染物 (SO ₂ , NO _x , VOC) 衍生性懸浮微粒 (PM _{2.5})	臭氧& 衍生性懸浮微粒(PM ₁₀)
模擬期程	2006年1(冬)、4(春)、7(夏)、10(秋) 月之平均值	2008/10/8-11 (短暫數日)
模擬範圍	全台灣	中台灣
風險評估之區域	全台灣	彰化及雲林各四鄉鎮



模式模擬



裝

訂

線

行政院環境保護署 函

機關地址：10042 台北市中華路1段41號
承辦單位：空保處 承辦人：呂昌祺
電話：02-23117722 分機：2669

40227

台中市國光路250號中興大學環工所

受文者：莊教授秉潔

發文日期：中華民國96年5月23日

發文字號：環署空字第0960039347號

速別：

密等及解密條件或保密期限：

附件：

主旨：檢送中興大學莊秉潔教授申請之空氣品質模式「高斯軌跡傳遞係數模式系統」模式認可證明。

說明：

一、通過模式認可之內容如下：

(一)模式名稱：高斯軌跡傳遞係數模式系統。

(二)可模擬之污染物：總PM₁₀、SO₂、NO_x、衍生性PM₁₀。

(三)適用區域：

- 1、北部地區：台北縣市、桃園縣、基隆市、宜蘭市、新竹縣市。
- 2、中部地區：苗栗縣、台中縣市、彰化縣、南投縣。
- 3、雲嘉地區：雲林縣、嘉義縣市。
- 4、南部地區：台南縣市、高雄縣市、屏東縣。
- 5、東部地區：花蓮縣、台東縣。

(四)模式認可之有效期限為5年。

二、復96年5月16日雲科大環字第0960003887號函。



正本：莊教授秉潔

副本：國立雲林科技大學

代理署長 **陳重信**

本案依照分層負責規定
授權單位主管執行

排放量輸入條件

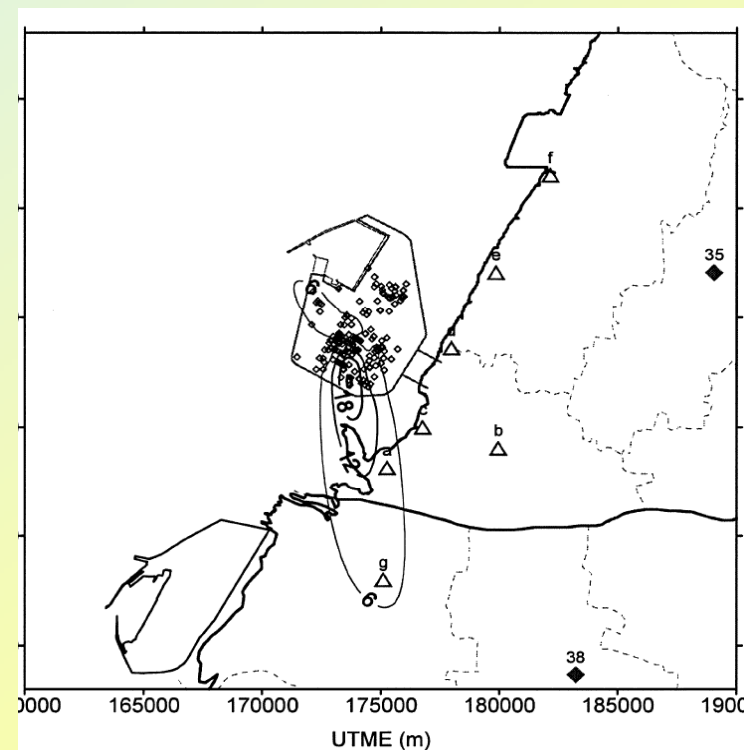
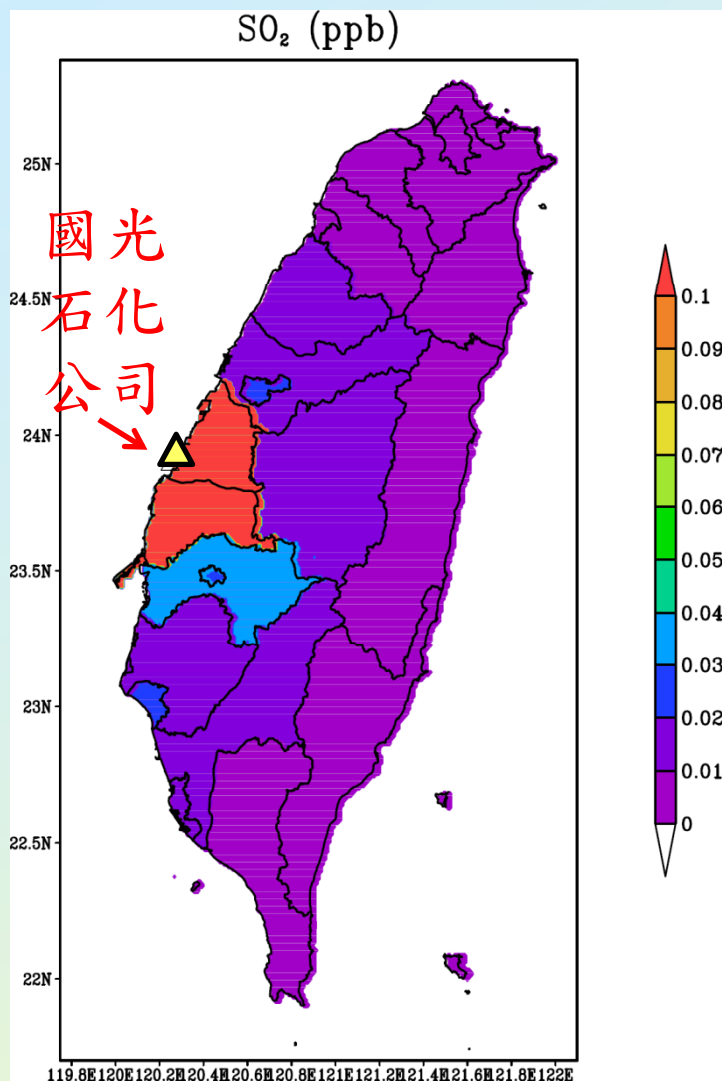
排放量	中興大學模擬條件	開發單位模擬條件	全台灣排放量 (TEDS7.0)	佔百分比(%)
SO ₂ (ton/yr)	9160	9177	155,723	5.9
NO _x (ton/yr)	14082	14097	504,204	2.8
TSP(ton/yr)	1591	1589	625,017	0.3
pri PM _{2.5} (ton/yr)	366		137,132	0.3
pri. PM _{2.5-10} (ton/yr)	589		114,555	0.4
VOC (ton/yr)	4346	4362	773,973	0.6
戴奧辛	無	有評估 (未列出)		

排放量比值(以TEDS7.0台灣塑膠麥寮一廠輕、三廠輕排放量平均值計算)：

$$PM_{2.5}/TSP= 0.23$$

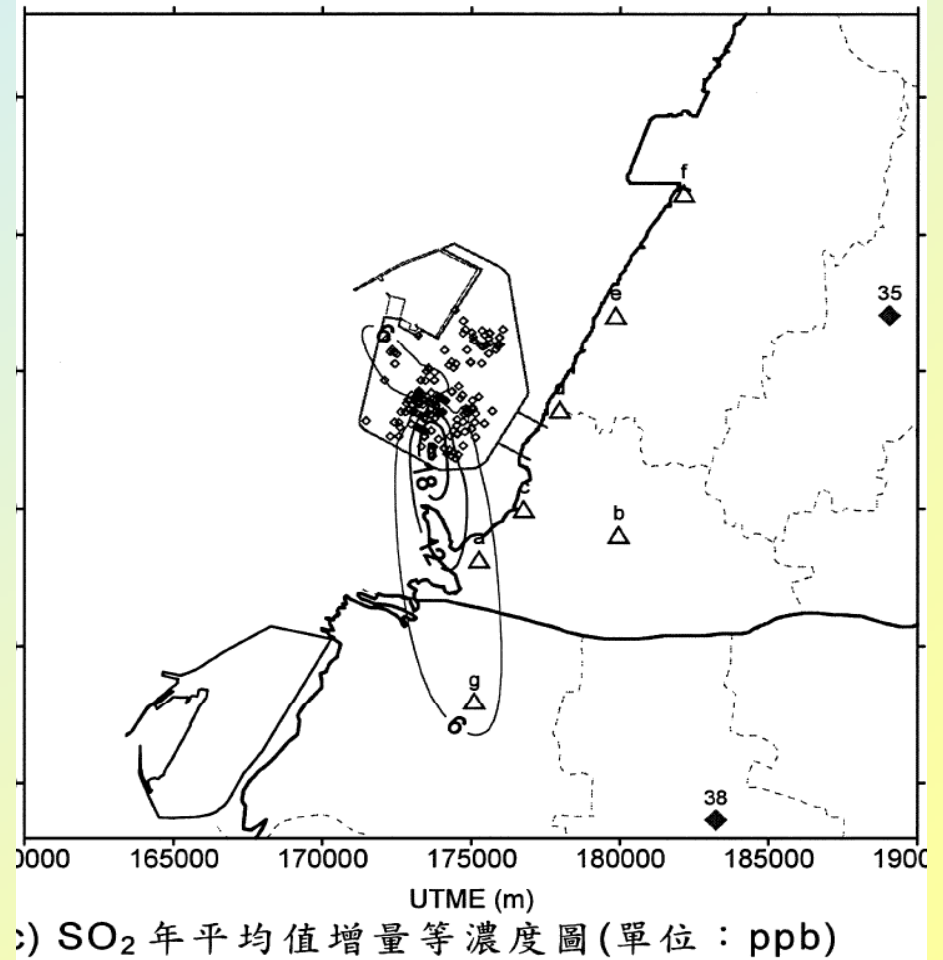
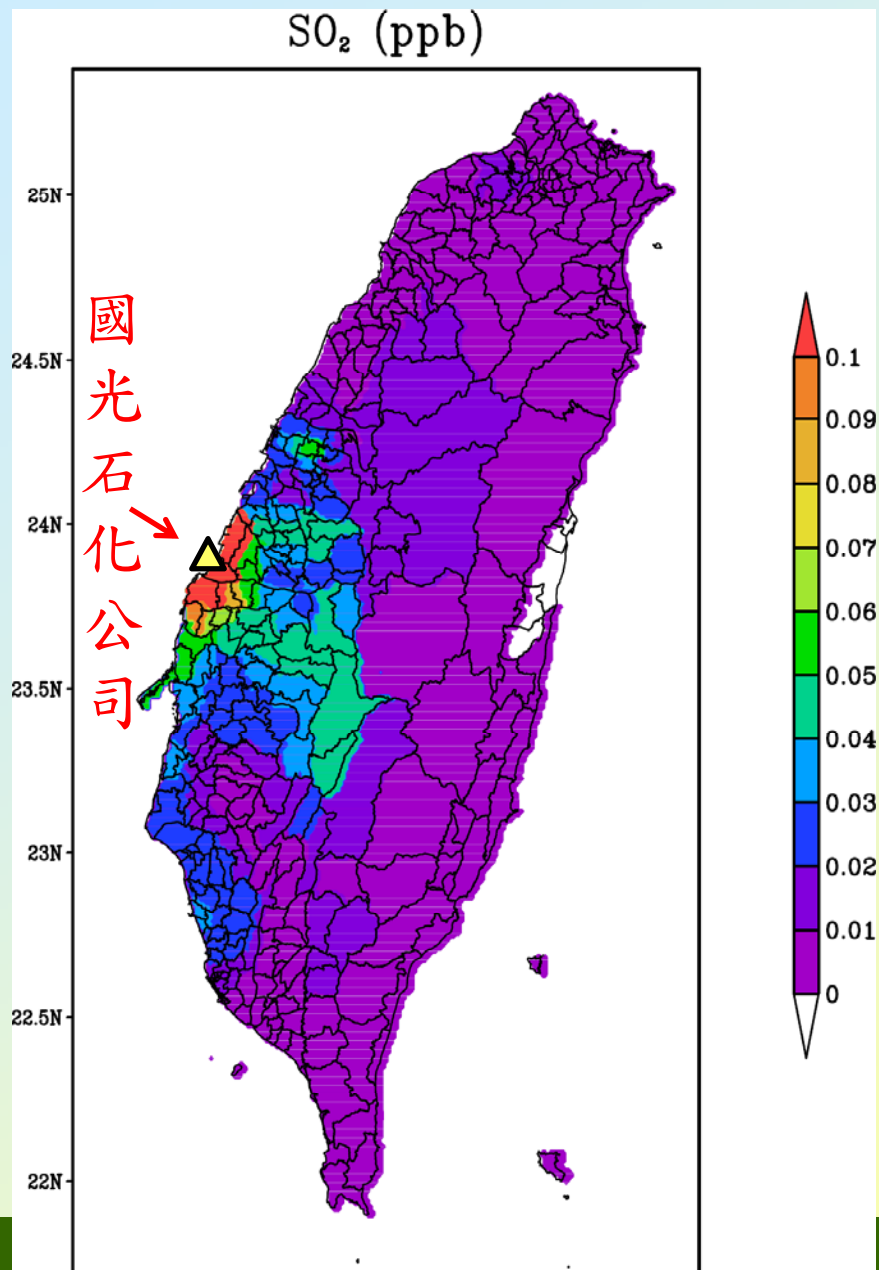
$$PM_{2.5-10}/TSP=0.37$$

模式模擬結果(左二) vs. 環評模擬結果(右一)

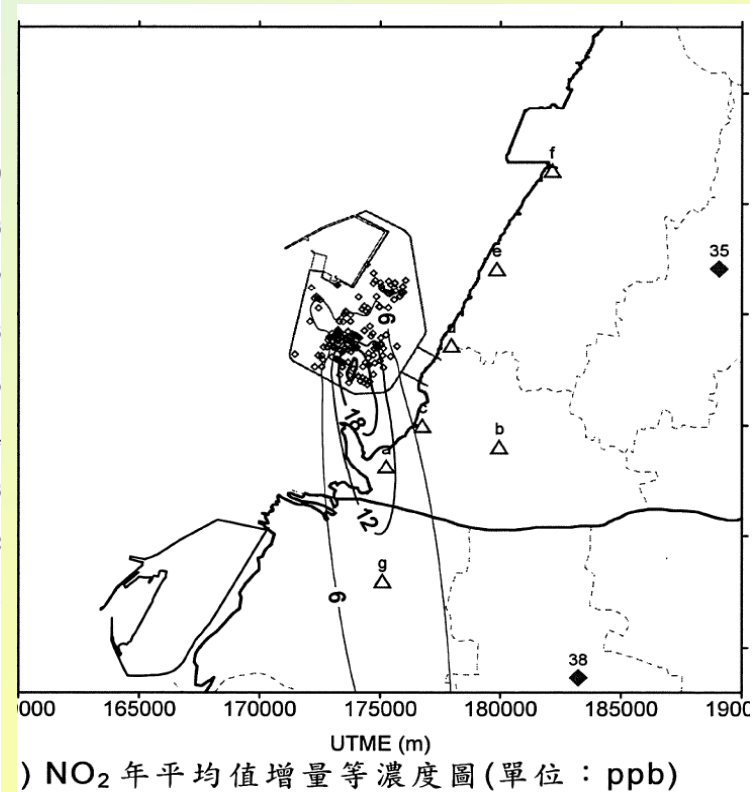
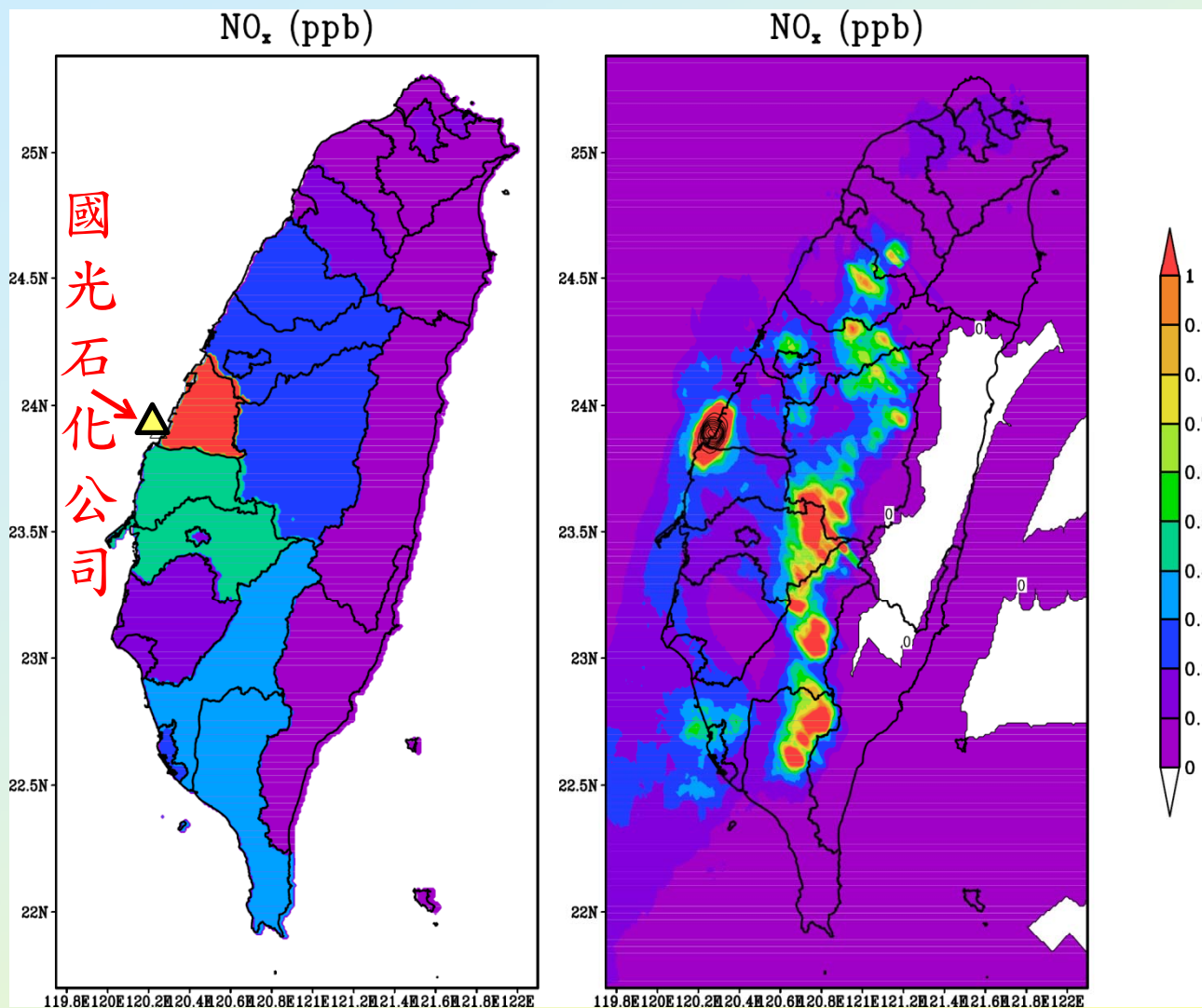


b) SO₂ 年平均值增量等濃度圖(單位: ppb)

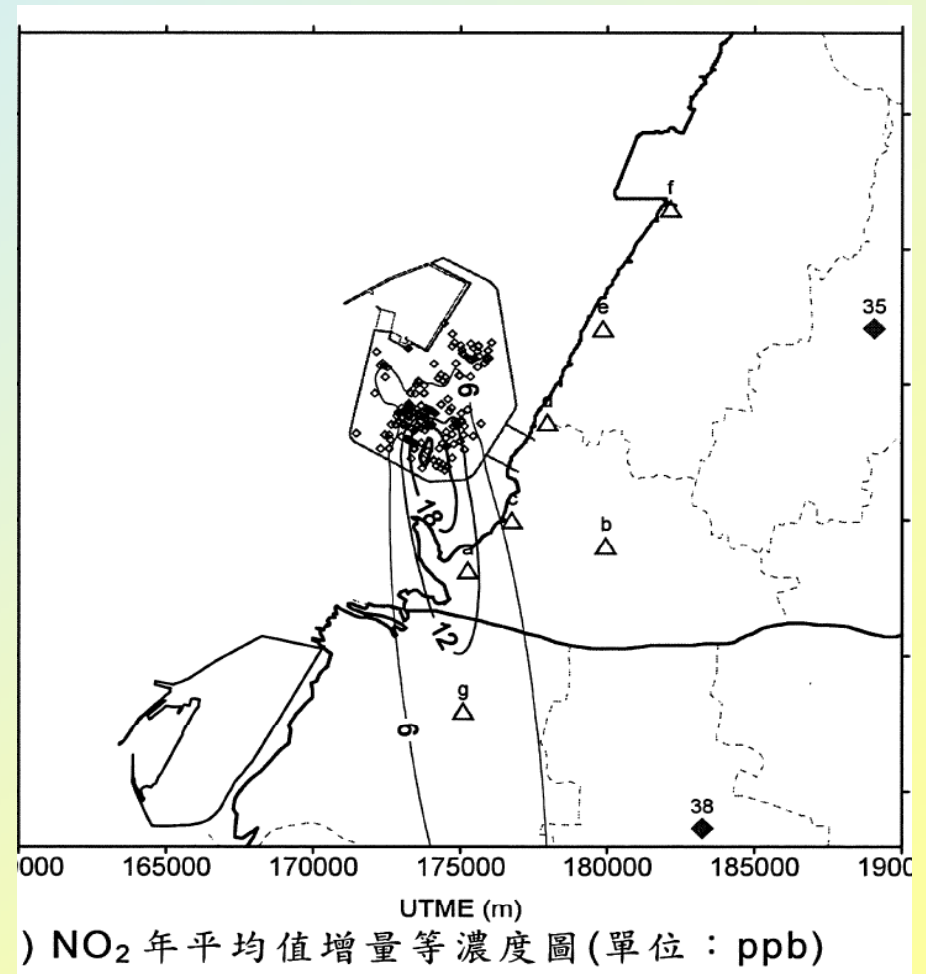
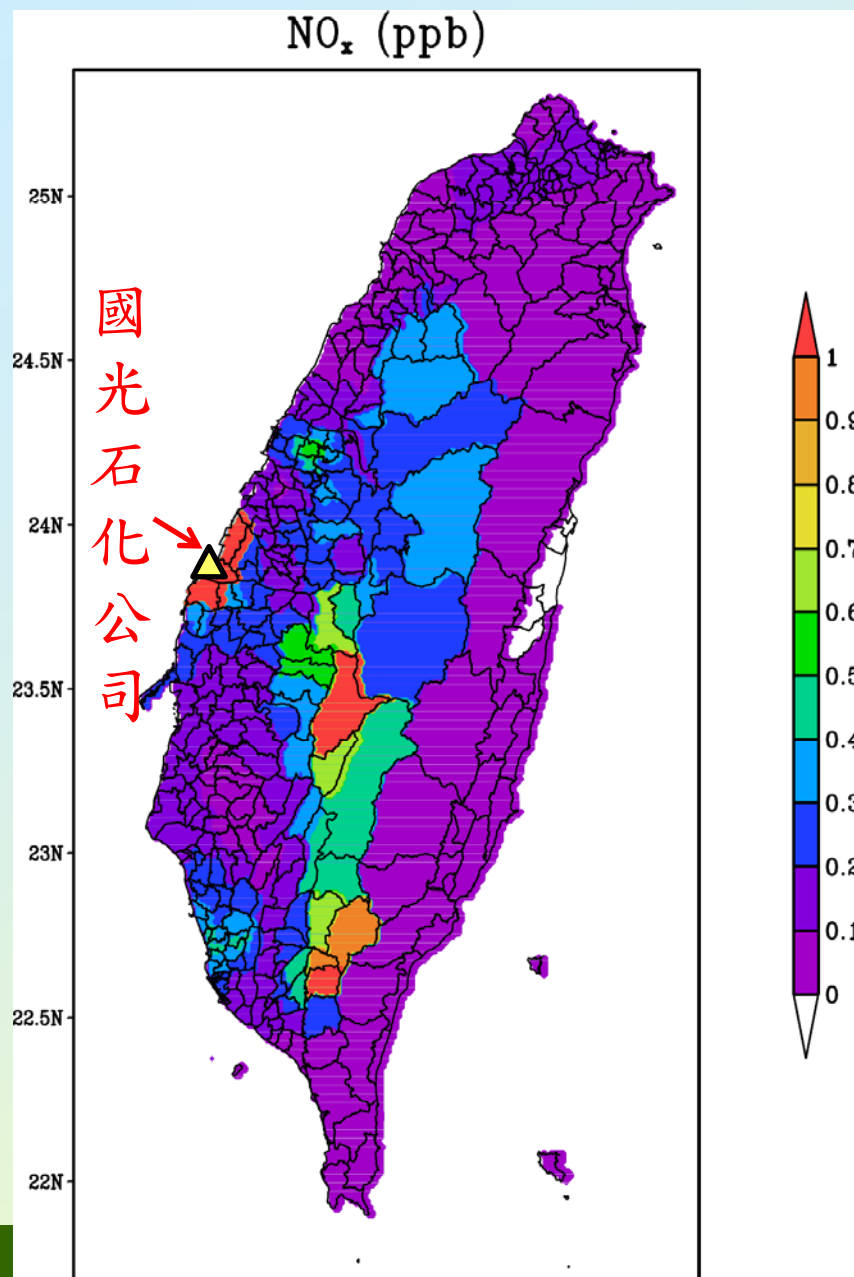
模式模擬結果 vs. 環評模擬結果



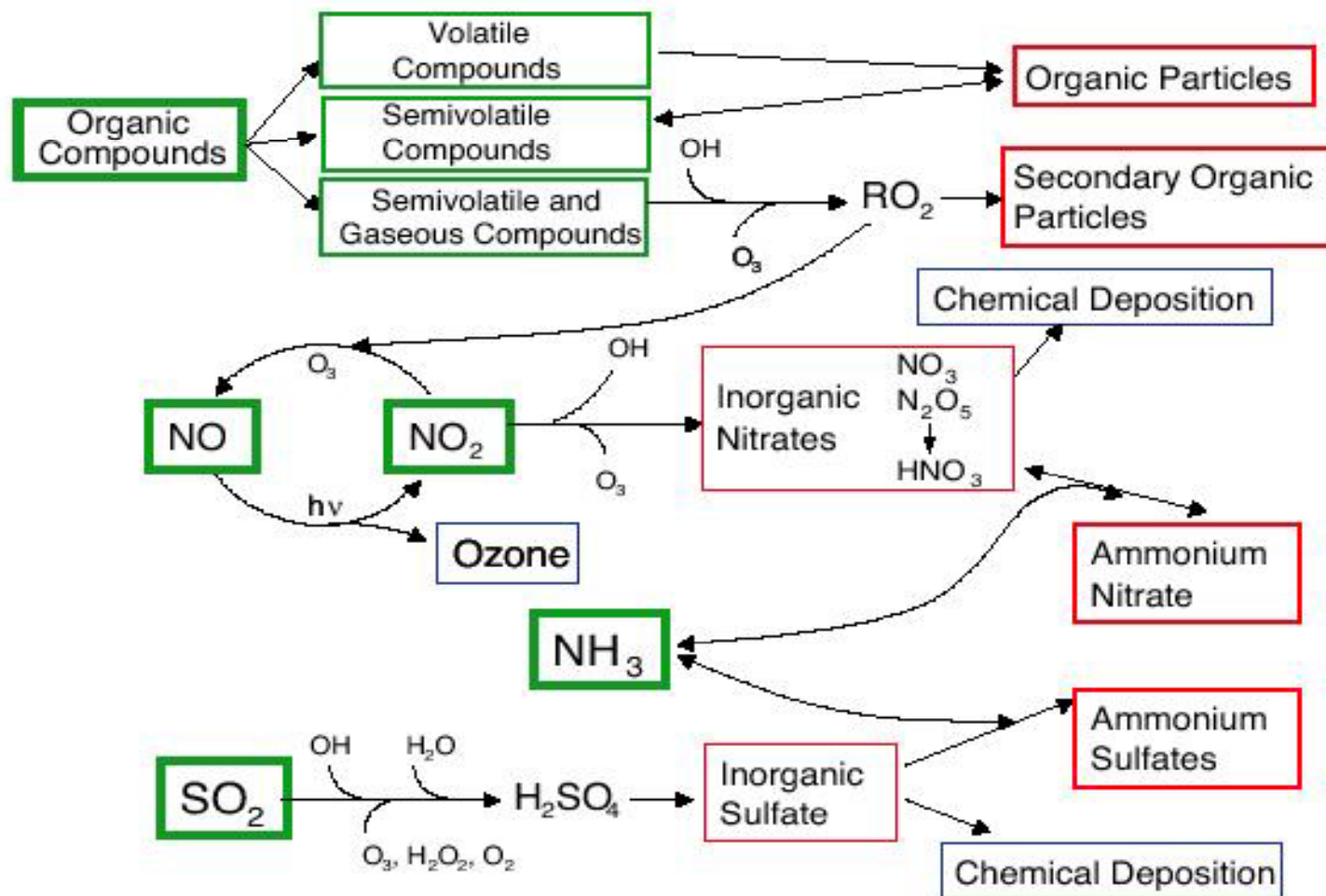
模式模擬結果(左二) vs. 環評模擬結果(右一)



模式模擬結果 vs. 環評模擬結果

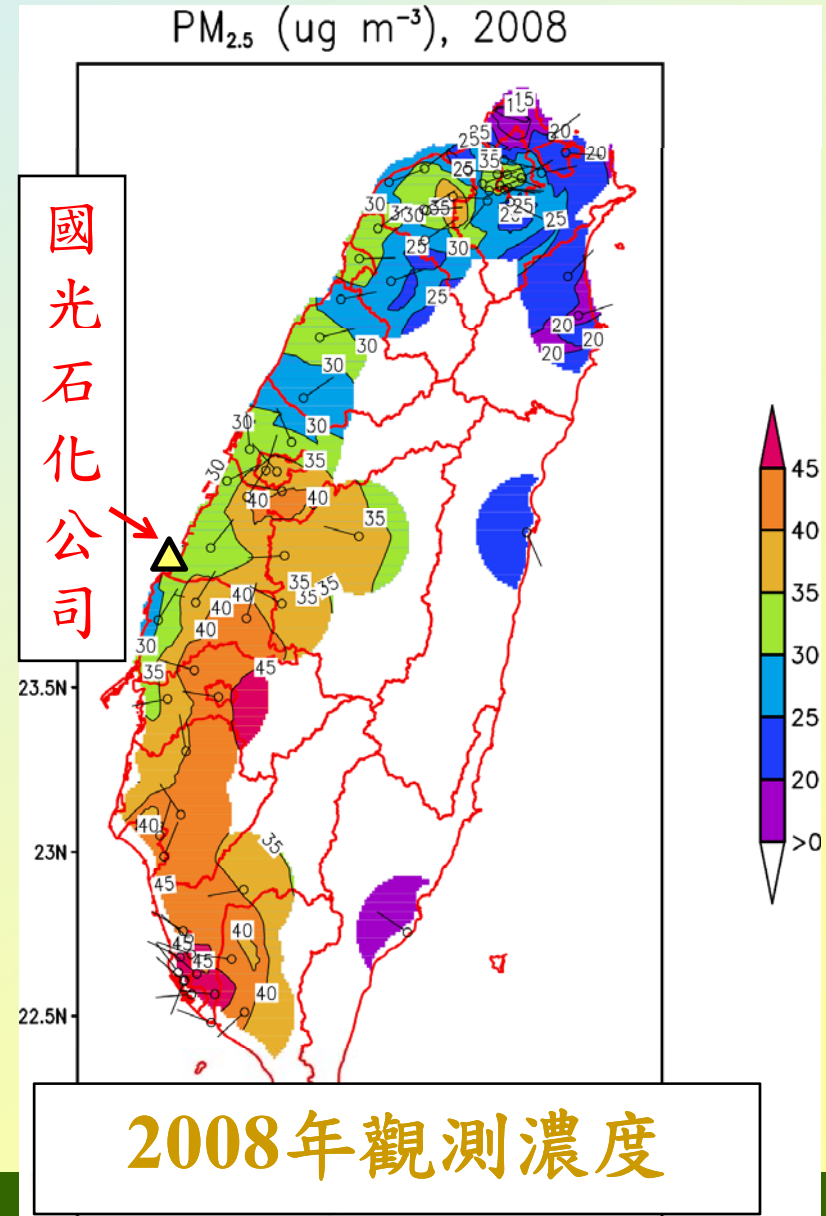
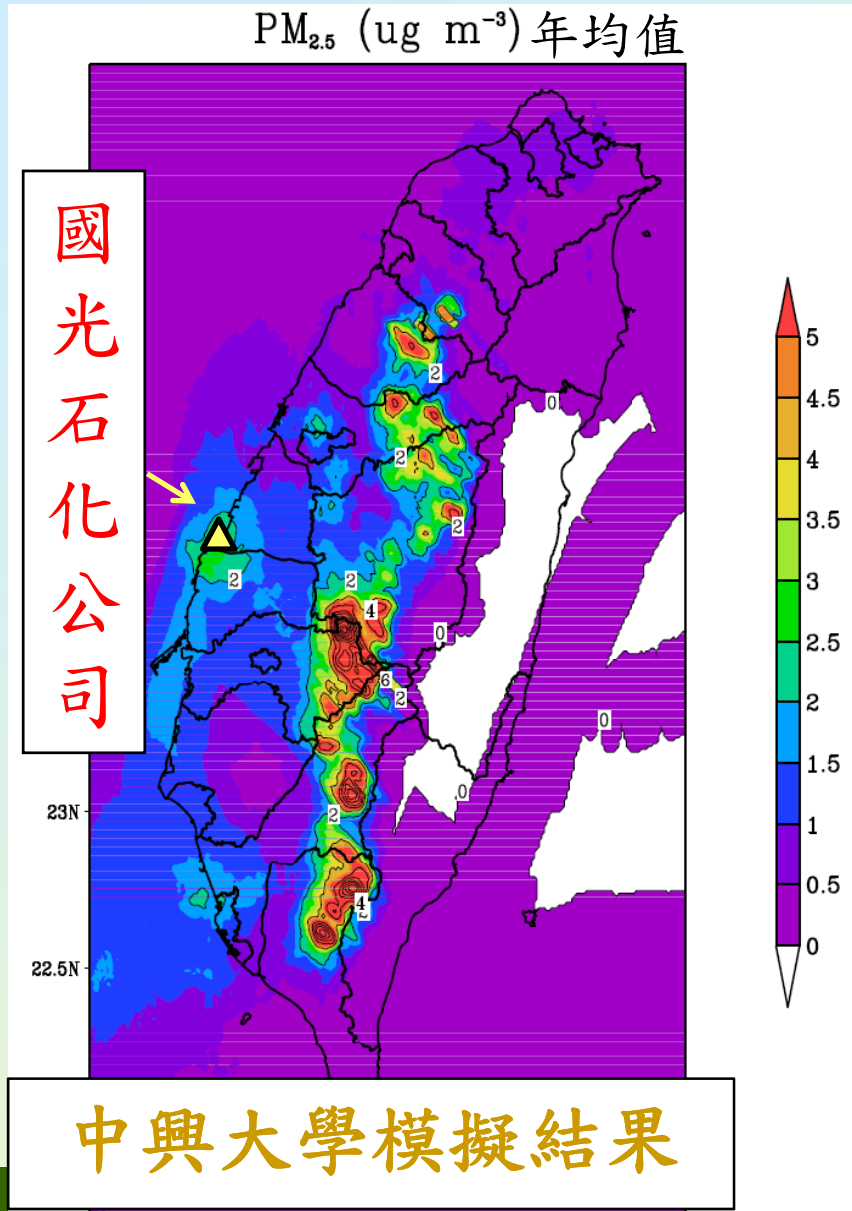


ATMOSPHERIC AEROSOL PROCESSES

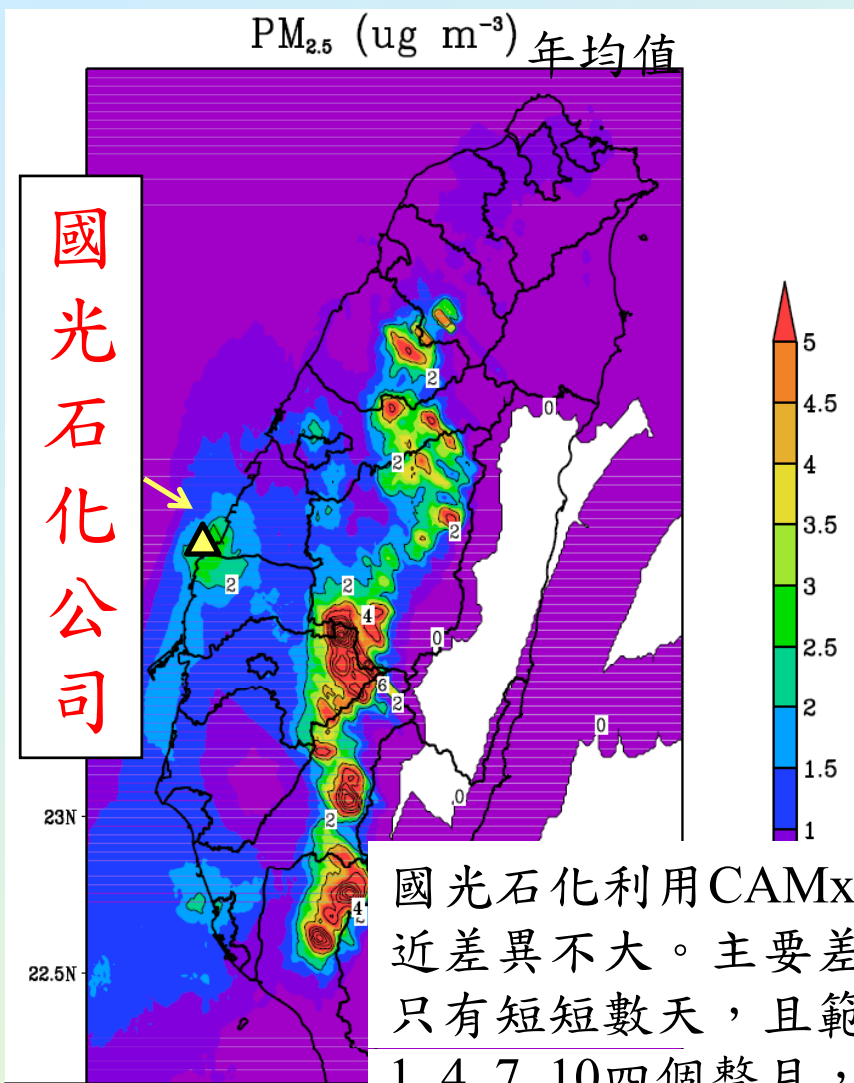


Source: Particulate Matter Science for Policy Makers
 – A NARSTO Assessment, 2003.

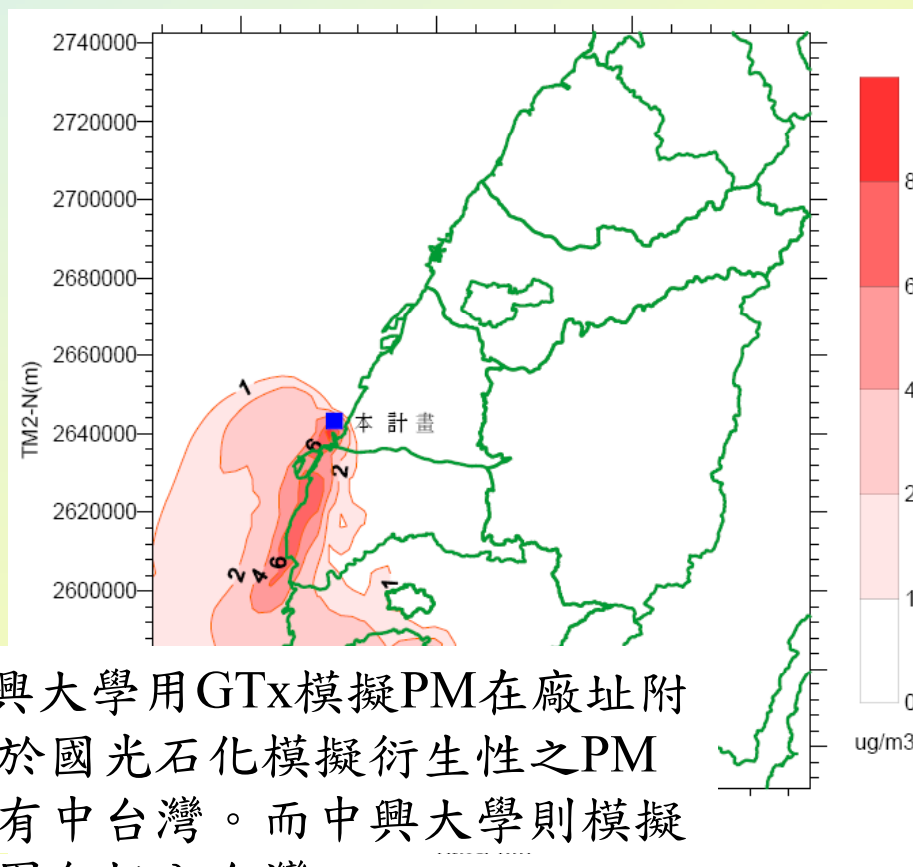
模式推估國光石化造成污染增量分佈圖



模式推估國光石化造成污染增量分佈圖



短暫數日之懸浮微粒(PM₁₀)
最大日平均增量(μg/m³)



國光石化利用CAMx及中興大學用GTx模擬PM在廠址附近差異不大。主要差異在於國光石化模擬衍生性之PM只有短短數天，且範圍僅有中台灣。而中興大學則模擬1, 4, 7, 10四個整月，且範圍包括全台灣。

中興大學模擬結果

國光石化模擬結果

國光石化風險評估(Bottom up method)

- Method: 逐項將各類風險累計。
- 空氣污染物: SO₂, NO_x, VOC, PM, Dioxin,
- 病: 肺癌、肝癌、心血管及肺炎,
- 介質: 空氣、水、食物.....

- 優點:
 - 科學量化所有風險，可清楚了解因果關係。


- 缺點:
 - 對科學尚無量化之風險，將嚴重低估。低估10-1000倍是很正常的。

- 可以google “PM_{2.5} health”，您就可以得到許多資訊，除了心血管及肺癌外、還有嬰兒之premature death 也有每增加10 ug/m³ 之PM_{2.5}，嬰兒之早死亦會增加6-10%。



Pope, C. Arden III, Burnett, R. T., Thun, M. J., Calle, E. E., Krewski, D., Ito, k., Thurston, G. D., 2002. Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution. The Journal of the American Medical Association, 287 (9), 1132-1141.

Each 10- $\mu\text{g}/\text{m}^3$ elevation in fine particulate air pollution was associated with approximately a 4%, 6%, 8%, and 1% increased risk of all-cause, cardiopulmonary, lung cancer mortality, and others respectively.



Lung Cancer Death = 0.336 DPM₁₀

0.336/70*10= 4.8%/10 ug/m³ PM₁₀

- Dependent Variable: DEATH_PEOPLE
- Method: Panel Least Squares
- Sample: 2001M01 2008M12
- Periods included: 96
- Cross-sections included: 4
- Total panel (unbalanced) observations: 381

台北、台中、高雄、花蓮
2001-2008資料

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.	
→ GDP	9.67E-07	7.30E-06	0.132399	0.8947	
→ PEOPLE	5.78E-05	6.41E-06	9.015997	0.0000	
→ PM10	0.336501	0.068309	4.926175	0.0000	
→ RAIN	0.003070	0.007182	0.427414	0.6693	
→ TOTAL_CIGARETTE	-0.000170	2.70E-05	-6.296344	0.0000	
→ C	-3.604926	21.42220	-0.168280	0.8665	
→ R-squared		0.691595	Mean dependent var		70.16010
→ Adjusted R-squared		0.687483	S.D. dependent var		50.43336
→ S.E. of regression		28.19389	Akaike info criterion		9.531711
→ Sum squared resid		298085.9	Schwarz criterion		9.593802
→ Log likelihood		-1809.791	Hannan-Quinn criter.		9.556346
→ F-statistic		168.1864	Durbin-Watson stat		0.392737
→ Prob(F-statistic)		0.000000			

國光石化營運後，增加PM_{2.5} 所造成疾病的死亡率的增加率(Pope et al., 2002)

所有疾病

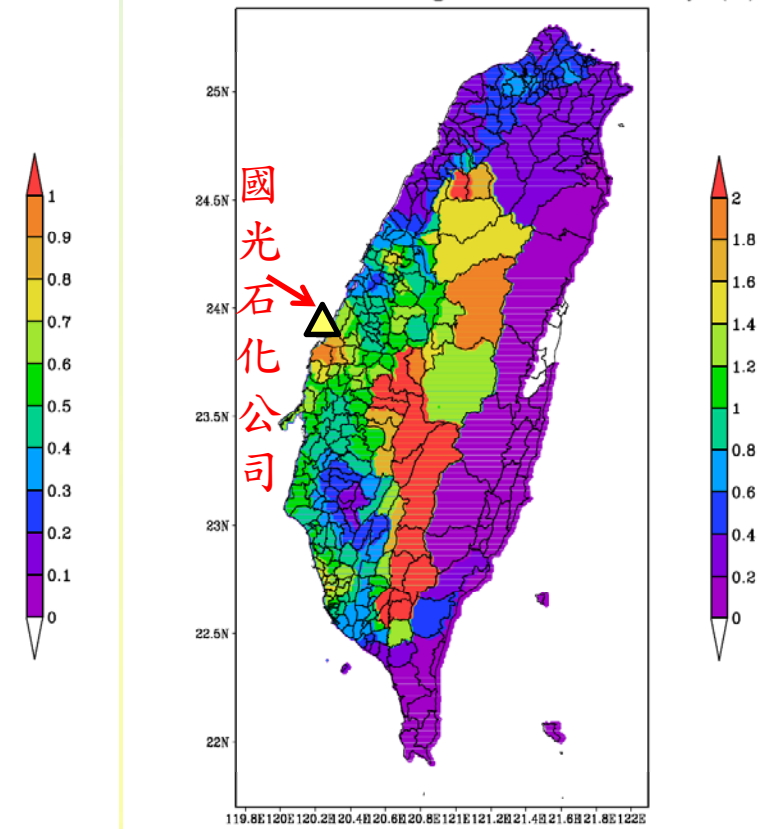
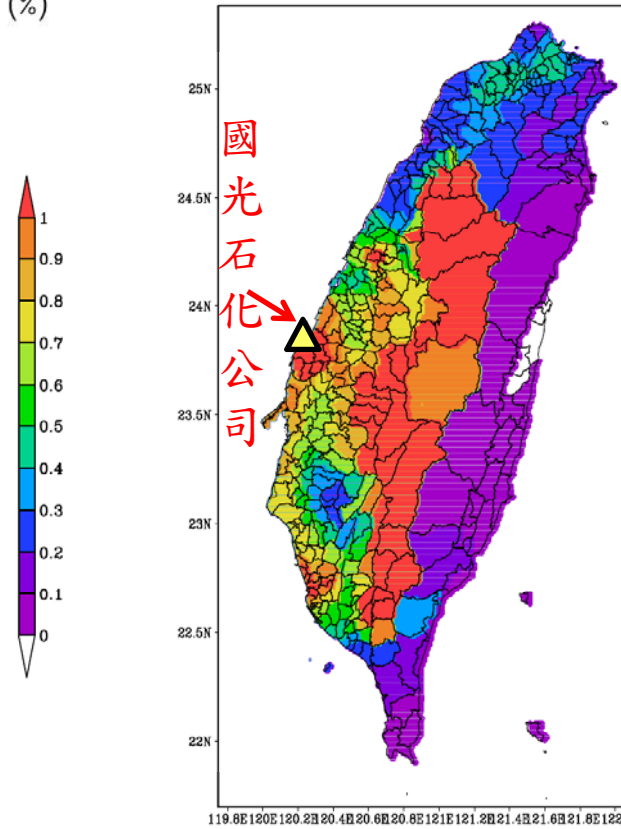
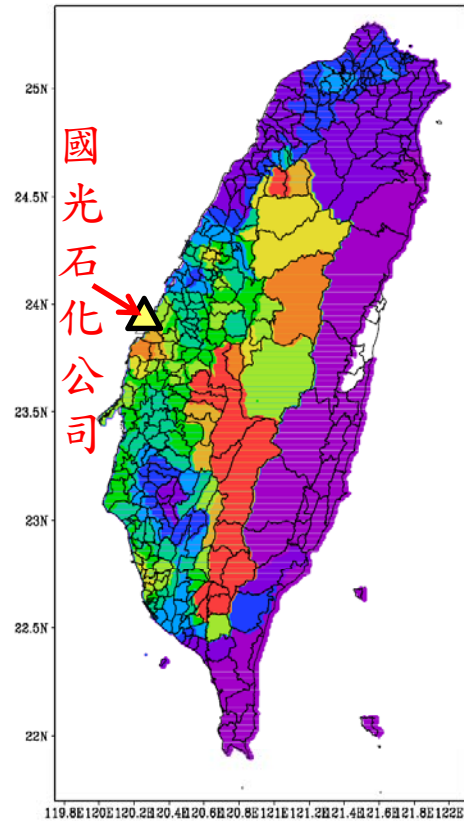
心血管疾病

肺癌

increased risk of all-cause mortality (%)

increased risk of cardiopulmonary mortality (%)

increased risk of lung cancer mortality (%)



鄉鎮名稱	PM _{2.5} 增量 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2008年死亡人數 (男性)		2008年死亡人數 (女性)		死亡人數增加	
		惡性腫瘤	肺癌%	惡性腫瘤	肺癌%	男性肺癌	女性肺癌
台北市	0.7	2,698	22.3	1,769	19.6	3.2	1.8
高雄市	1.5	1,623	18.3	1,071	18.2	3.6	2.3
基隆市	0.7	445	23.4	290	19.1	0.6	0.3
新竹市	0.4	363	16.2	185	19.9	0.2	0.1
台中市	1.4	940	20.0	604	14.5	2.2	1.0
台南市	1.3	799	19.0	472	16.9	1.6	0.8

死亡人數增加=

PM_{2.5}增量($\mu\text{g}/\text{m}^3$)*(每增量10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 肺癌死亡率增加8%)*2008年肺癌死亡人數

例: 台北市增量0.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

2008年男性惡性腫瘤死亡人數: 2698人

肺癌死亡人數佔惡性腫瘤: 22.3%

台北市**男性肺癌**死亡人數增加= $(0.7/10)*0.08*(2698*0.223)= 3.2$ (人)

嘉義縣	2.0	927	23.8	459	17.3	3.5	1.3
台南縣	0.9	1,512	22.2	855	15.4	2.4	1.0
高雄縣	1.7	1,513	18.9	736	18.5	3.8	1.8
屏東縣	1.5	1,143	19.9	555	18.4	2.8	1.3
澎湖縣	-	135	20.7	82	21.3	-	-
花蓮縣	<0.1	475	20.2	232	17.7	0.0	0.0
台東縣	0.1	323	17.8	173	17.9	0.0	0.0
金門縣	-	87	23.5	55	12.2	-	-
連江縣	-	10	8.3	2		-	-

小計

45.1

20.9

鄉鎮名稱	PM _{2.5} 增量 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2008年死亡人數(男性)		2008年死亡人數(女性)		死亡人數增加	
		心臟疾病	腦血管疾病	心臟疾病	腦血管疾病	男性心血管疾病	女性心血管疾病
台北市	0.7	1,278	677	736	522	7.8	5.0
高雄市	1.5	535	336	324	232	7.8	5.0
基隆市	0.7	183	106	131	84	1.2	0.9
新竹市	0.4	190	123	109	61	0.7	0.4
台中市	1.4	305	197	202	134	4.3	2.9
台南市	1.3	223	186	140	137	3.3	2.2

死亡人數增加=

PM_{2.5}增量($\mu\text{g}/\text{m}^3$)*(每增量10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 心血管疾病死亡率增加6%)*2008年心血管疾病死亡人數

例: 台北市增量0.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

2008年男性心血管疾病死亡人數: 1278+677= 1955人

台北市**男性**心血管疾病死亡人數增加= (0.7/10)*0.06*(1955)= 7.8 (人)

嘉義縣	2.0	288	171	238	159	5.4	4.7
台南縣	0.9	510	354	392	266	4.7	3.6
高雄縣	1.7	510	357	308	247	8.6	5.5
屏東縣	1.5	505	302	336	256	7.5	5.5
澎湖縣	0.0	34	31	31	13	-	-
花蓮縣	<0.01	212	125	147	85	0.0	0.0
台東縣	0.1	147	83	95	52	0.1	0.1
金門縣	0.0	19	17	25	15	-	-
連江縣	0.0	1	2	4	-	-	-

小計

97.8

70.1

鄉鎮名稱	PM _{2.5} 增量 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	死亡人數增加						小計
		男性肺癌 (8%)	男性心血管 疾病(6%)	男性其他疾病 (1%)	女性肺癌 (8%)	女性心血管 疾病(6%)	女性其他疾病 (1%)	
台北市	0.7	3.2	7.8	3.9	1.8	5.0	2.8	24.6
高雄市	1.5	3.6	7.8	5.9	2.3	5.0	3.8	28.4
基隆市	0.7	0.6	1.2	0.7	0.3	0.9	0.5	4.1
新竹市	0.4	0.2	0.7	0.3	0.1	0.4	0.2	2.0
台中市	1.4	2.2	4.3	2.9	1.0	2.9	2.1	15.4
台南市	1.3	1.6	3.3	2.4	0.8	2.2	1.7	12.1
嘉義市	1.5	0.6	1.5	1.0	0.3	1.0	0.7	5.2
台北市	0.6	2.5	7.5	4.2	1.8	4.6	2.7	24.5
桃園市	1.5	3.2	7.8	5.9	2.3	5.0	3.8	28.4
新竹縣	0.4	0.2	0.7	0.3	0.1	0.4	0.2	2.0
苗栗縣	1.4	2.2	4.3	2.9	1.0	2.9	2.1	15.4
彰化縣	1.5	4.4	7.3	5.3	1.7	6.5	3.6	28.7
南投縣	2.0	2.2	5.2	3.4	1.0	4.0	2.3	18.0
雲林縣	1.8	3.5	7.9	4.5	1.4	6.5	3.2	27.0
嘉義縣	2.0	3.5	5.4	3.9	1.3	4.7	2.8	21.6
台南縣	0.9	2.4	4.7	3.2	1.0	3.6	2.2	17.1
高雄縣	1.7	3.8	8.6	6.2	1.8	5.5	3.6	29.6
屏東縣	1.5	2.8	7.5	4.9	1.3	5.5	3.0	24.9
澎湖縣	-	-	-	-	-	-	-	-
花蓮縣	<0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
台東縣	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.5
金門縣	-	-	-	-	-	-	-	-
連江縣	-	-	-	-	-	-	-	-
小計		45.1	97.8	63.4	20.9	70.1	41.7	338.9

國光石化將增加全台灣339人/年之死亡率

其中其他疾病人數=(所有疾病人數-心血管人數-肺癌人數)*1%

鄉鎮名稱	PM _{2.5} 增量 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	死亡人數增加		
		男性所有疾病(4%)	女性所有疾病(4%)	小計
台北市	0.7	22.6	15.6	38.2
高雄市	1.5	30.6	19.8	50.4
基隆市	0.7	3.9	2.6	6.5
新竹市	0.4	1.9	1.2	3.1
台中市	1.4	15.6	10.8	26.4
台南市	1.3	12.7	8.6	21.4
嘉義市	1.5	5.3	3.8	9.1
台北縣	0.6	24.0	14.9	38.9
桃園縣	0.6	14.7	7.8	22.5

如根據Pope et al. (2002) 每增加 $10\text{-}\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{2.5} 將增加 4% 所有疾病死亡者率：

國光石化將增加全台灣每年565人之死亡率

雲林縣	1.8	25.1	17.7	42.8
嘉義縣	2.0	20.9	14.8	35.7
台南縣	0.9	17.1	11.8	28.8
高雄縣	1.7	32.4	19.0	51.4
屏東縣	1.5	25.9	16.4	42.3
澎湖縣	-	-	-	-
花蓮縣	<0.01	0.0	0.0	0.1
台東縣	0.1	0.5	0.3	0.8
金門縣	-	-	-	-
連江縣	-	-	-	-
小計		341.2	223.9	565.1



- ◆ 國光石化造成PM_{2.5}之污染將增加全台灣339-565人/年之死亡率。
- ◆ 其中包括234人/年之肺癌及心血管死亡率。

PM_{2.5} 與壽命有很大之關係。

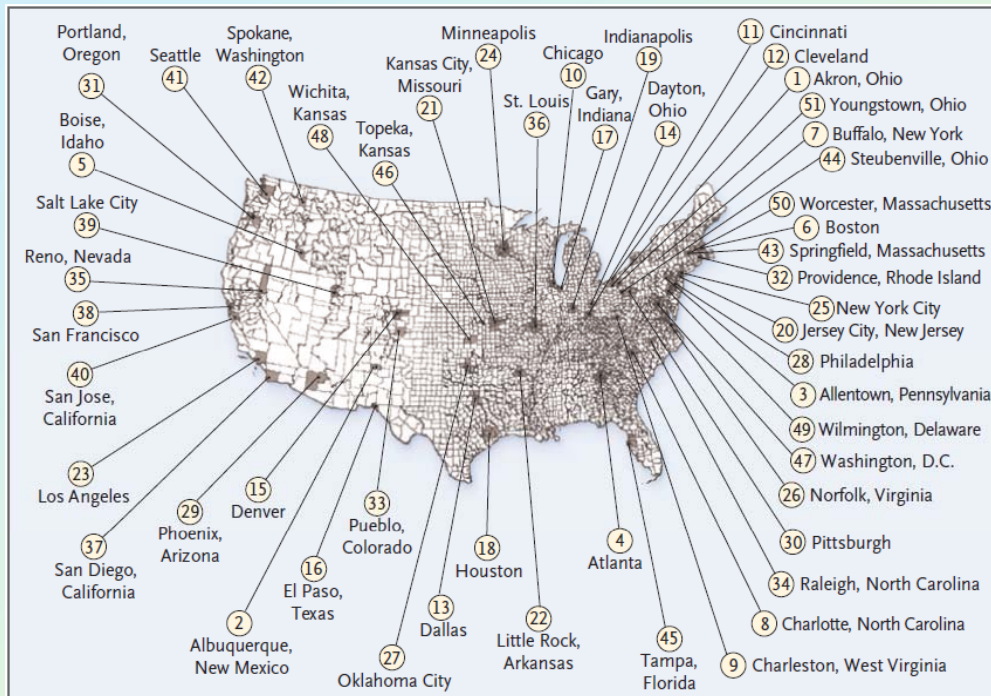


Figure 1. Distribution of Study Areas.

The locations of the counties included in the study are shown in gray, and the dots represent the approximate locations of the 51 metropolitan areas in the study. The metropolitan areas are coded by number as follows: 1 — Akron, Ohio; 2 — Albuquerque, New Mexico; 3 — Allentown, Pennsylvania; 4 — Atlanta; 5 — Boise, Idaho; 6 — Boston; 7 — Buffalo, New York; 8 — Charlotte, North Carolina; 9 — Charleston, West Virginia; 10 — Chicago; 11 — Cincinnati; 12 — Cleveland; 13 — Dallas; 14 — Dayton, Ohio; 15 — Denver; 16 — El Paso, Texas; 17 — Gary, Indiana; 18 — Houston; 19 — Indianapolis; 20 — Jersey City, New Jersey; 21 — Kansas City, Missouri; 22 — Little Rock, Arkansas; 23 — Los Angeles; 24 — Minneapolis; 25 — New York City; 26 — Norfolk, Virginia; 27 — Oklahoma City; 28 — Philadelphia; 29 — Phoenix, Arizona; 30 — Pittsburgh; 31 — Portland, Oregon; 32 — Providence, Rhode Island; 33 — Pueblo, Colorado; 34 — Raleigh, North Carolina; 35 — Reno, Nevada; 36 — St. Louis; 37 — San Diego, California; 38 — San Francisco; 39 — Salt Lake City; 40 — San Jose, California; 41 — Seattle; 42 — Spokane, Washington; 43 — Springfield, Massachusetts; 44 — Steubenville, Ohio; 45 — Tampa, Florida; 46 — Topeka, Kansas; 47 — Washington, D.C.; 48 — Wichita, Kansas; 49 — Wilmington, Delaware; 50 — Worcester, Massachusetts; 51 — Youngstown, Ohio.

Pope, III, C. Arden Ph.D., Majid Ezzati, Ph.D., and Douglas W. Dockery, Sc.D. 2009. Fine-Particulate Air Pollution and Life Expectancy in the United States. Volume 360:376-386 January 22, 2009

PM_{2.5}改善與壽命增長之關係

A decrease of 10 μg per cubic meter in the concentration of fine particulate matter was associated with an estimated increase in mean ($\pm\text{SE}$) life expectancy of 0.61 ± 0.20 year ($P = 0.004$).

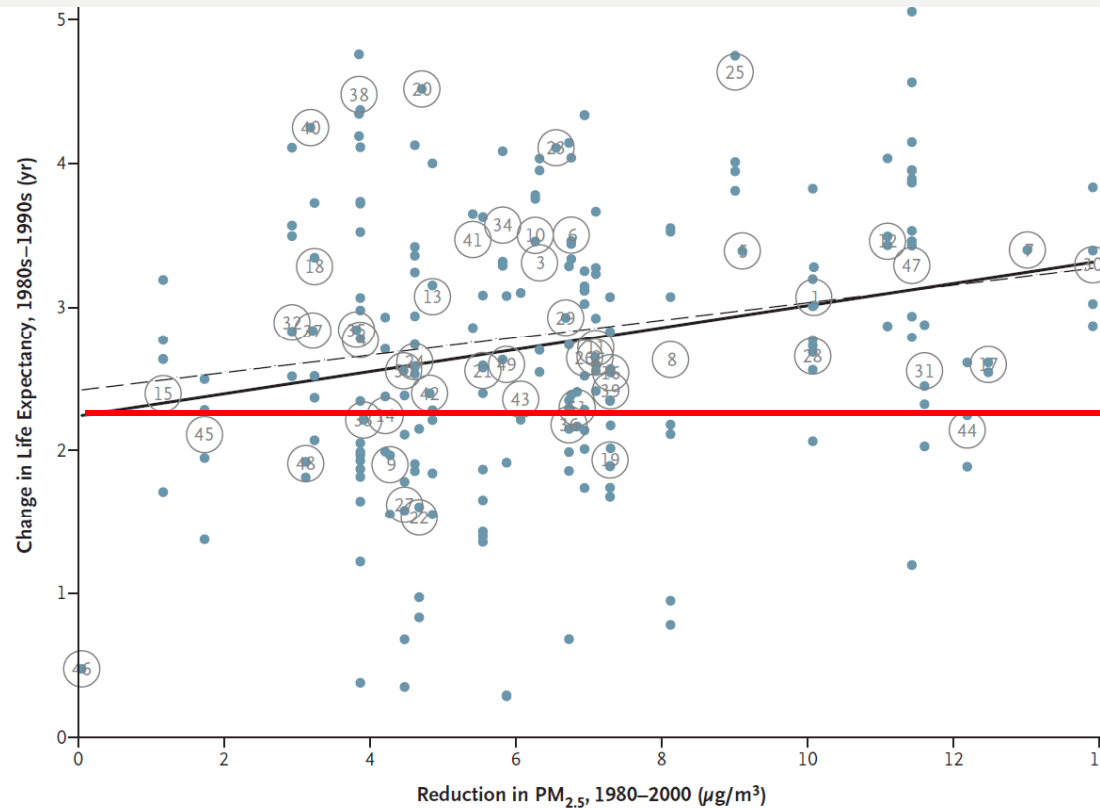
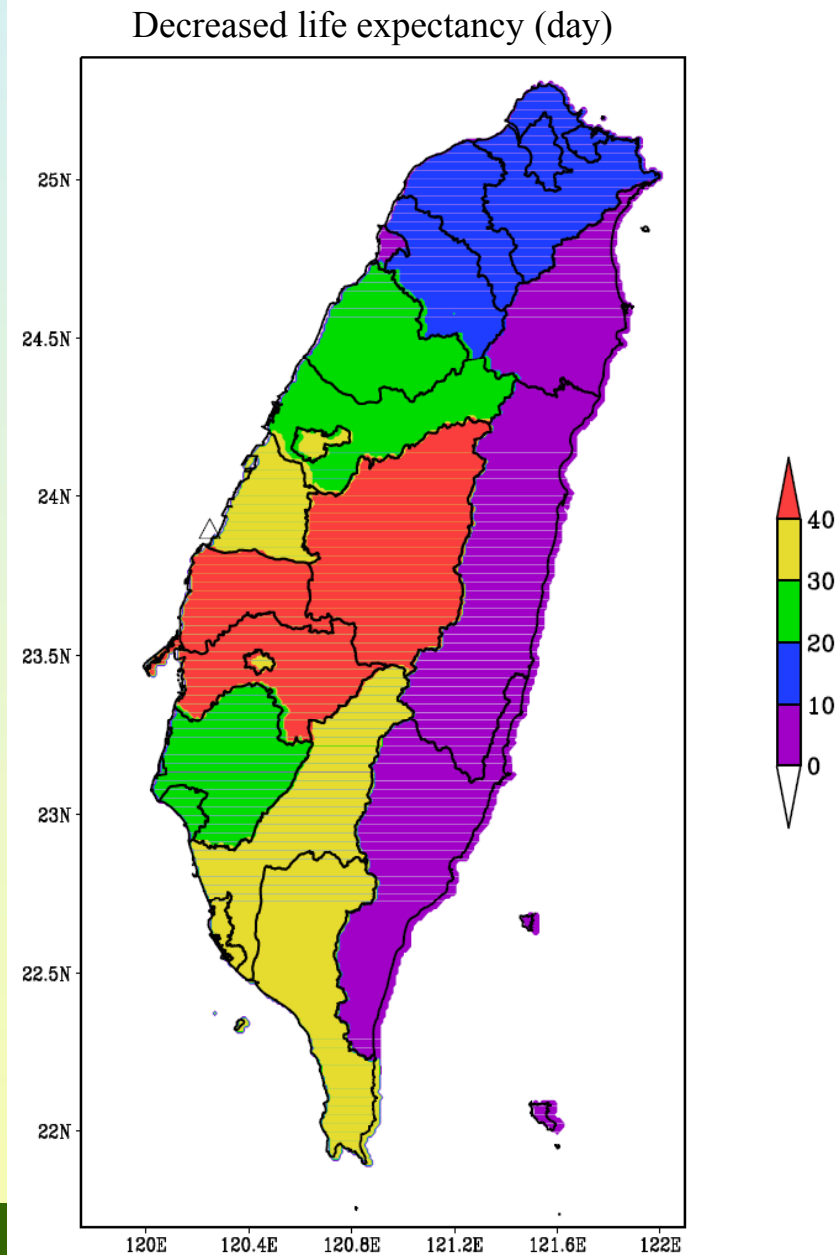


Figure 4. Changes in Life Expectancy for the 1980s-1990s, Plotted against Reductions in PM_{2.5} Concentrations for 1980-2000.

PM_{2.5}濃度每降10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，增加了全美平均壽命的0.61歲。

國光石化運轉後，各縣市每人平均壽命減少之天數

台北市	15
高雄市	33
基隆市	15
新竹市	9
台中市	32
台南市	30
嘉義市	33
台北縣	13
桃園縣	14
新竹縣	16
宜蘭縣	7
苗栗縣	22
台中縣	29
彰化縣	33
南投縣	44
雲林縣	40
嘉義縣	44
台南縣	20
高雄縣	37
屏東縣	34
花蓮縣	0
台東縣	2
平均	23

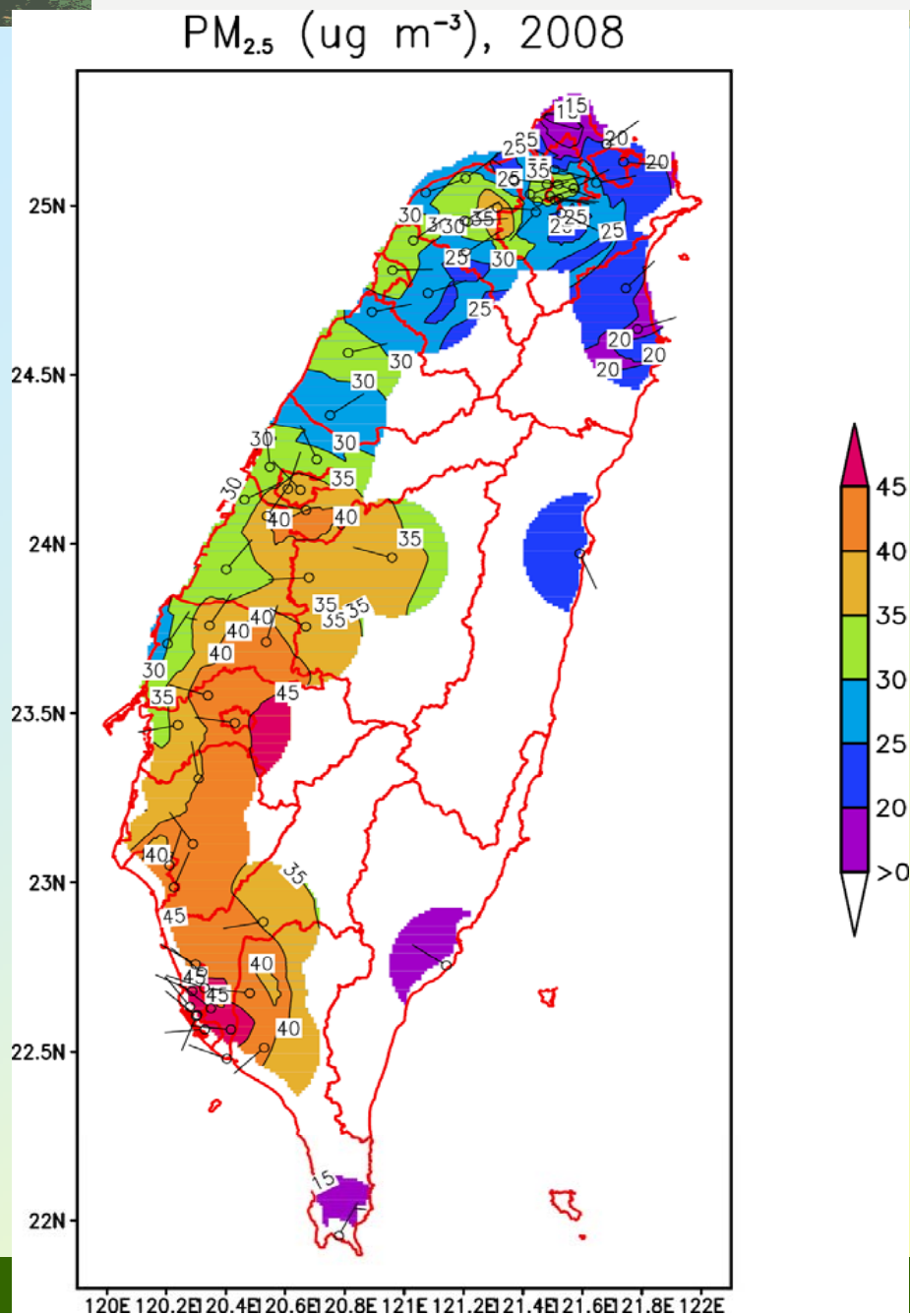




全美51個主要城市1980-2000年，平均壽命增加了2-3年，其中15%是歸功於空氣品質之改善。

- ◆ Reductions in air pollution accounted for as much as 15% of the overall increase in life expectancy in the study areas.

2008年PM_{2.5}等濃度分佈圖



如可以將台灣之年
PM_{2.5}濃度降到美國之
法規標準(15 ug/m³)可
以增長全台平均壽命
達1.2年

二〇〇九年台灣地區（不含
宜蘭縣、花蓮縣、台東縣）
的PM_{2.5}年均值為三十四·七
微克，已遠遠高出警戒量。

而且是有尊嚴的1.2年，非肺癌臥病在床的1.2年

圖4 主要癌症死亡率趨勢圖

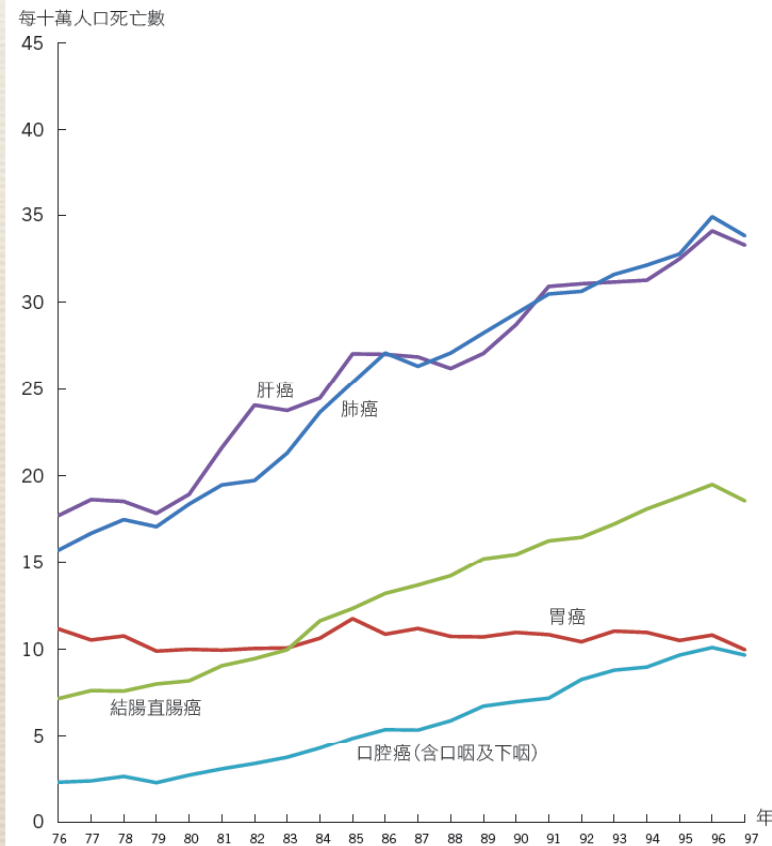
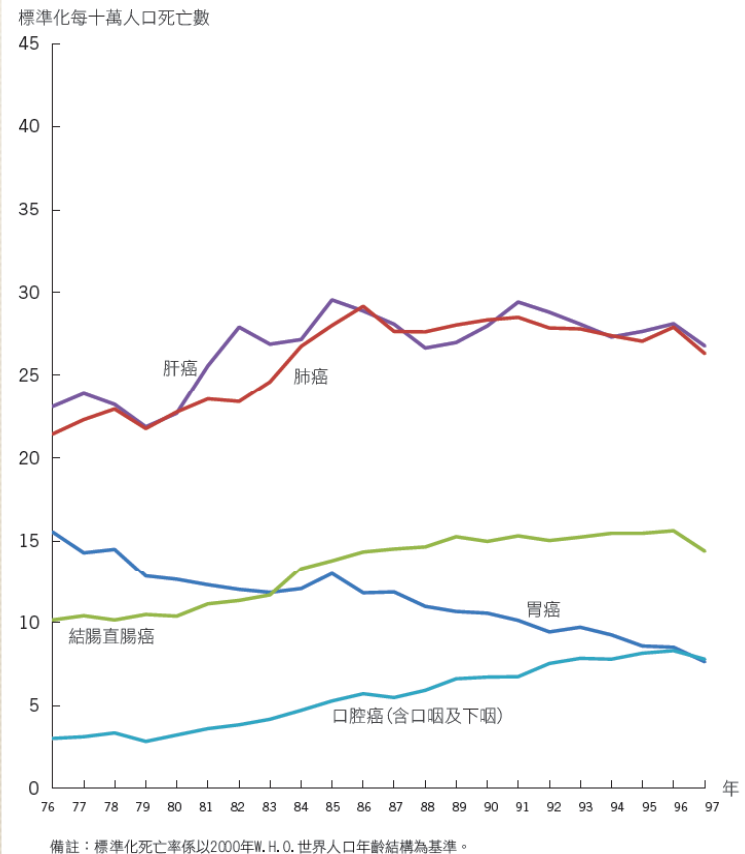


圖5 主要癌症標準化死亡率趨勢圖



標準化死亡人數為將各年齡之死亡人數，乘上世界人口之年齡分佈。比較左右兩圖可以知道，台灣這幾年雖然壽命增加了，但老了後，卻多死於肺癌

呼吸道疾病：

一百萬人口之城市，如成人與兒童各半，如PM₁₀每增加1 ug/m³，就會有：

1. 每年850起兒童哮喘
2. 每年2345起成人哮喘
3. 1000人天的限制活動天數
4.

表 7.3.6-14 各類空氣污染物之 f_{CR}

空氣污染物	f _{CR}	幾何平均 f _{CR}
	cases per (pers · yr · μg/m ³)	cases per (pers · yr · μg/m ³)
PM₁₀		
住院治療(HA)-腦血管疾病(Wordley et al., 197)	5.04E-06	-
住院治療(HA)-呼吸系統(Dab et al., 1996)	2.07E-06	-
下呼吸道症狀(LRS)-孩童哮喘(Dusseldorp et al., 1995)	1.70E-03	7.72E-04
下呼吸道症狀(LRS)-孩童哮喘(Roemer et al., 1993)	7.20E-04	
咳嗽-孩童哮喘(Pope&Dockery, 1992)	9.34E-04	
慢性支氣管炎(CB)-孩童哮喘(Dockey et al., 1989)	3.22E-04	
慢性咳嗽-孩童哮喘(Dockey et al., 1989)	4.14E-04	
支氣管擴張劑使用-孩童哮喘(Dab et al., 1996)	5.43E-04	
咳嗽-成人哮喘(Dusseldorp et al., 1995)	4.69E-03	3.10E-03
慢性支氣管炎(CB)-成人(Abbey et al., 1995)	3.92E-05	
支氣管擴張劑使用-成人哮喘(Dusseldorp et al., 1995)	4.56E-03	
限制活動天數(RAD)-成人(Ostro, 1987)	2.00E-02	-
鬱血性熱衰竭-大於 65 歲以上老人(Schwartz&Morris, 1995)	2.59E-06	-
空氣污染物	f _{CR}	幾何平均 f _{CR}
	cases per (pers · yr · ppb)	cases per (pers · yr · ppb)
SO₂		
住院治療(HA)-呼吸系統(Ponce de Leon., 1996)	2.04E-06	-
由 SO ₂ 產生硫酸鹽的間接影響	-	-
NO_x		
由 NO ₂ 產生硝酸鹽的間接影響	-	-
由 NO ₂ 產生 O ₃ 的間接影響(Rabl&Eyre, 1998)	-	-
O₃		
住院治療(HA)-呼吸系統(Ponce de Leon., 1996)	1.42E-05	-
症狀天數(Krupnick et al., 1990)	6.60E-02	-
輕度限制活動天數(MRADs) (Ostro et al., 1989)	1.95E-02	-

資料來源: Rabl and Spadaro, 1999; 本研究整理。

污染增量			PM ₁₀ 濃度增加, 造成增加看病數(case/年)					SO ₂ 增加
縣市	SO ₂	PM ₁₀	住院-腦血管疾病	住院-呼吸系統	孩童哮喘	成人哮喘	限制活動	住院-呼吸系統
	(ppb)	(µg/m ³)	F _{CR} =5.04E-6	2.07E-6	1.7E-3	4.69E-3	2E-2	2.04E-6
							d/y	
台北市	0.01	1.4	18	8	884	11475	48936	0.04
高雄市	0.02	3.2	25	10	1200	15579	66437	0.05
基隆市	0.01	1.4	3	1	132	1713	7305	0.01
新竹市	0.01	0.8	2	1	79	1020	4349	0.00
台中市	0.02	3.2	17	7	814	10564	45048	0.05
台南市	0.03	2.8	11	5	528	6852	29221	0.04
嘉義市	0.03	3.1	4	2	204	2649	11296	0.02
台北縣	0.01	1.2	24	10	1157	15018	64044	0.05
桃園縣	0.01	1.4	13	5	641	8329	35516	0.03
新竹縣	0.01	1.6	4	2	194	2514	10723	0.01
宜蘭縣	0.00	0.6	1	1	71	924	3941	0.00
苗栗縣	0.01	2.1	6	2	289	3750	15992	0.01
台中縣	0.02	2.8	22	9	1062	13791	58812	0.07
彰化縣	0.21	3.0	20	8	938	12185	51963	0.56
南投縣	0.02	4.2	11	5	545	7070	30150	0.03
雲林縣	0.09	3.8	14	6	663	8604	36689	0.13
嘉義縣	0.03	4.2	12	5	561	7278	31037	0.04
台南縣	0.02	1.9	11	4	512	6648	28349	0.04
高雄縣	0.02	3.6	22	9	1076	13975	59595	0.05
屏東縣	0.01	3.3	15	6	706	9168	39095	0.01
花蓮縣	<0.001	0.01	0.02	0.01	0.87	11.26	48	<0.01
台東縣	<0.001	0.2	0.25	0.10	11.99	155.65	664	<0.01
總計			255	105	12266	159274	27168	1

PM_{2.5}>35 ug/m³時就看不到九九峰了

2003年6月13日，草屯朝東攝影(O₃ PSI=32, PM₁₀ PSI=30, PM_{2.5} =16 μg/m³)

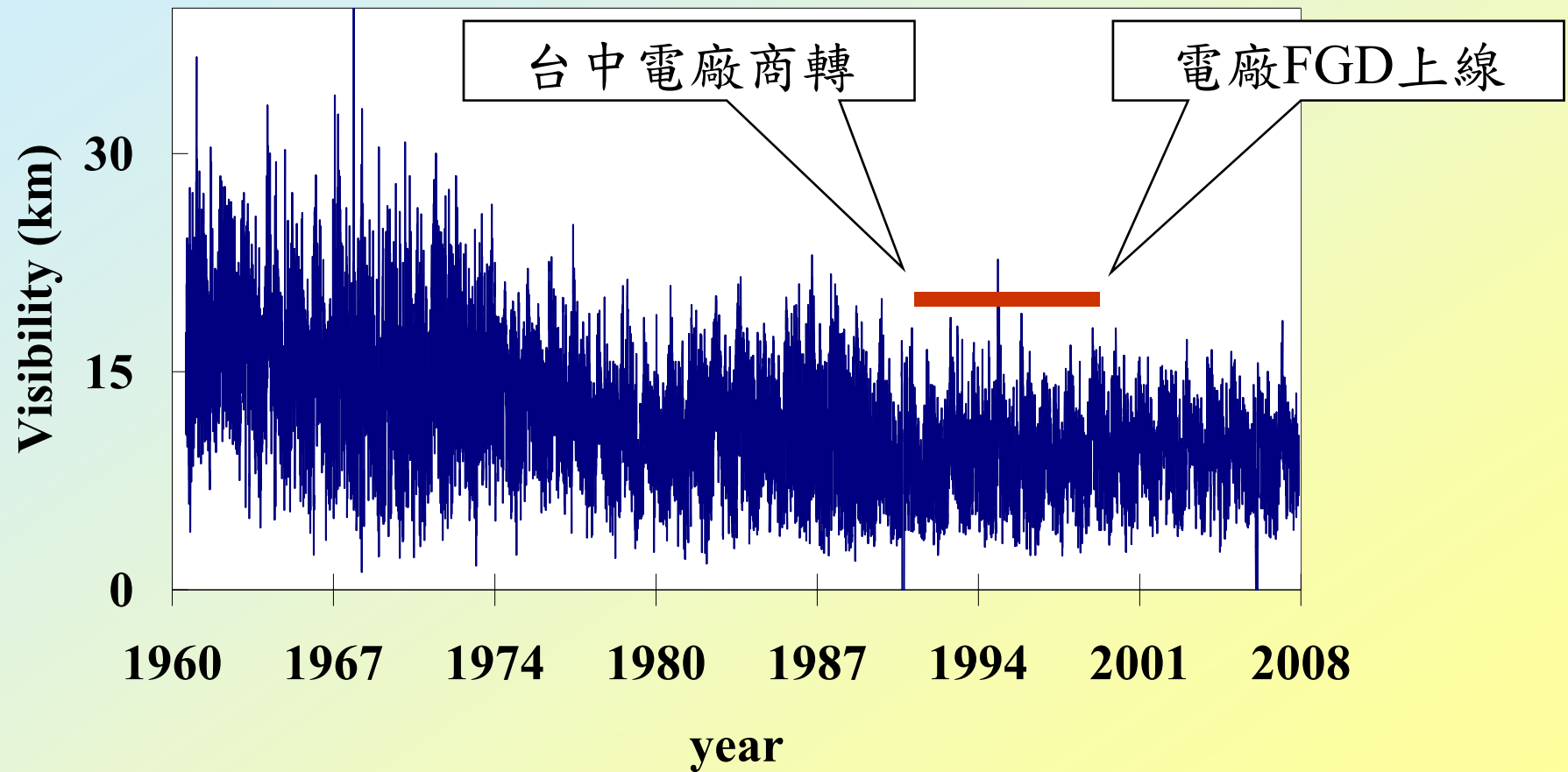


2005年9月20日，草屯朝東攝影(O₃ PSI=101, PM₁₀ PSI = 69, PM_{2.5} =47 μg/m³)(王國翹提供)

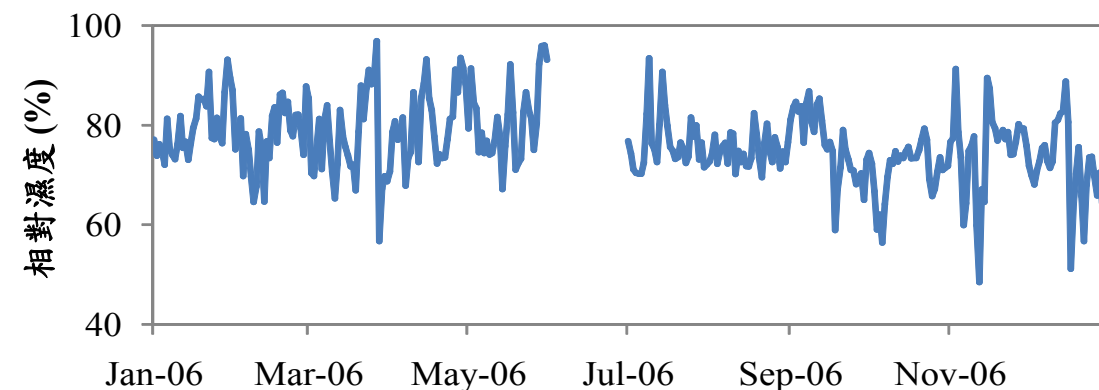
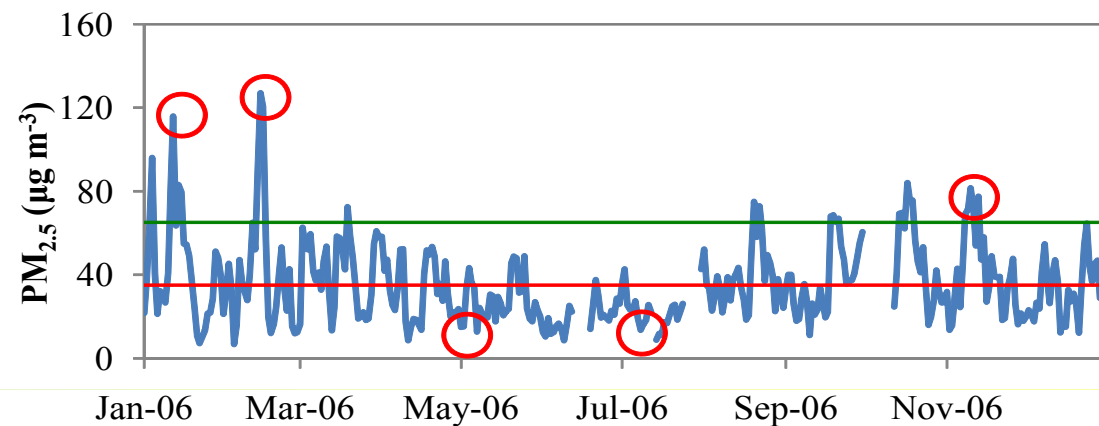
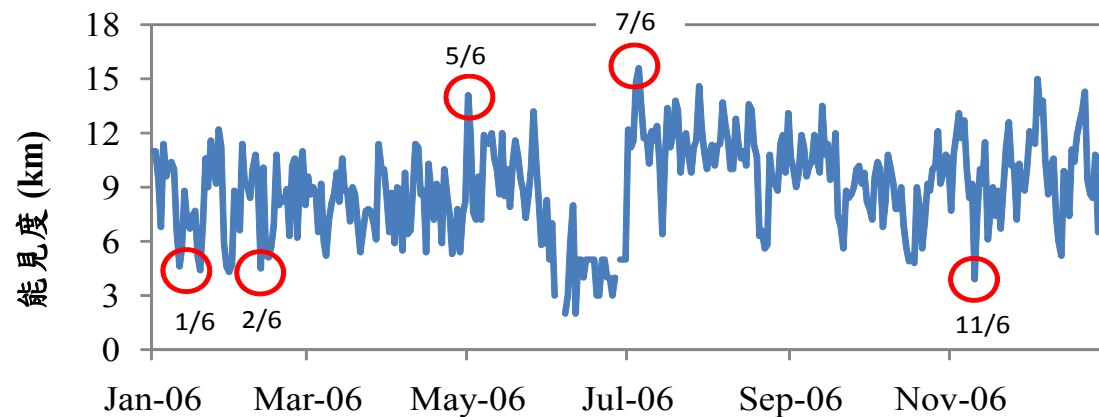


國光石化開發後草屯地區能見度將再減少200 m。

台中氣象站歷年能見度



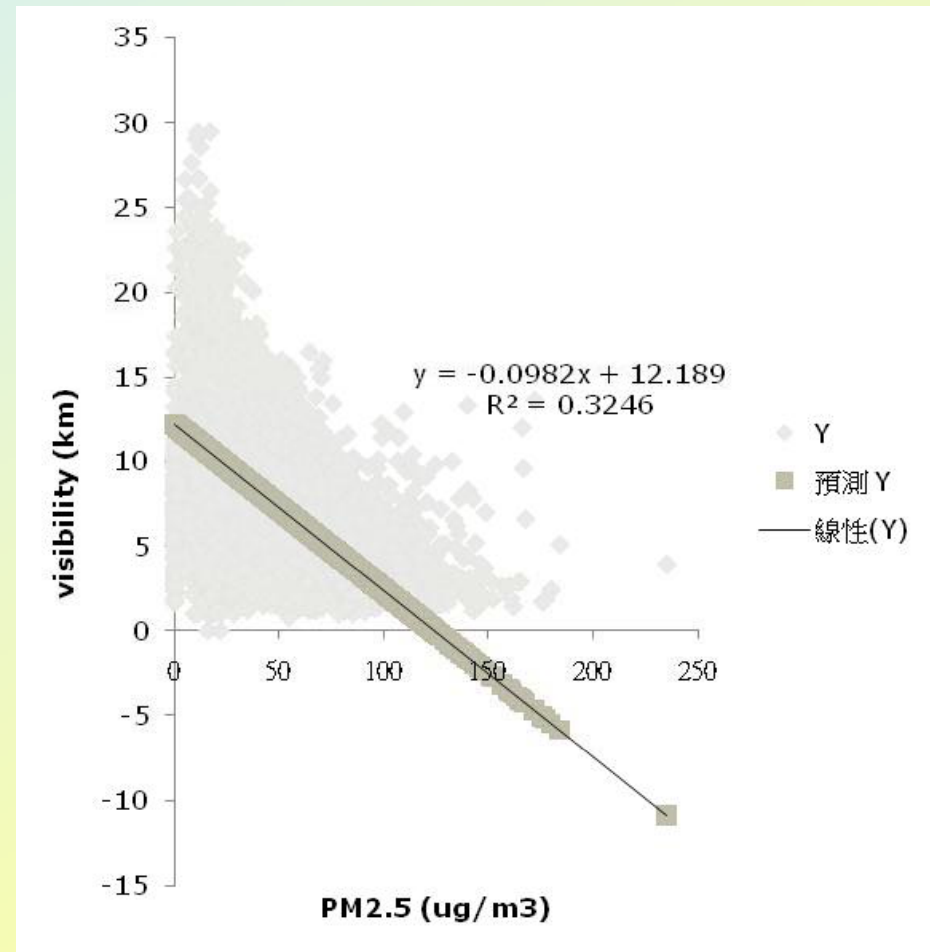
能見度與微粒之間的關係 (台中氣象站及忠明空品站)



能見度與PM_{2.5}之關係

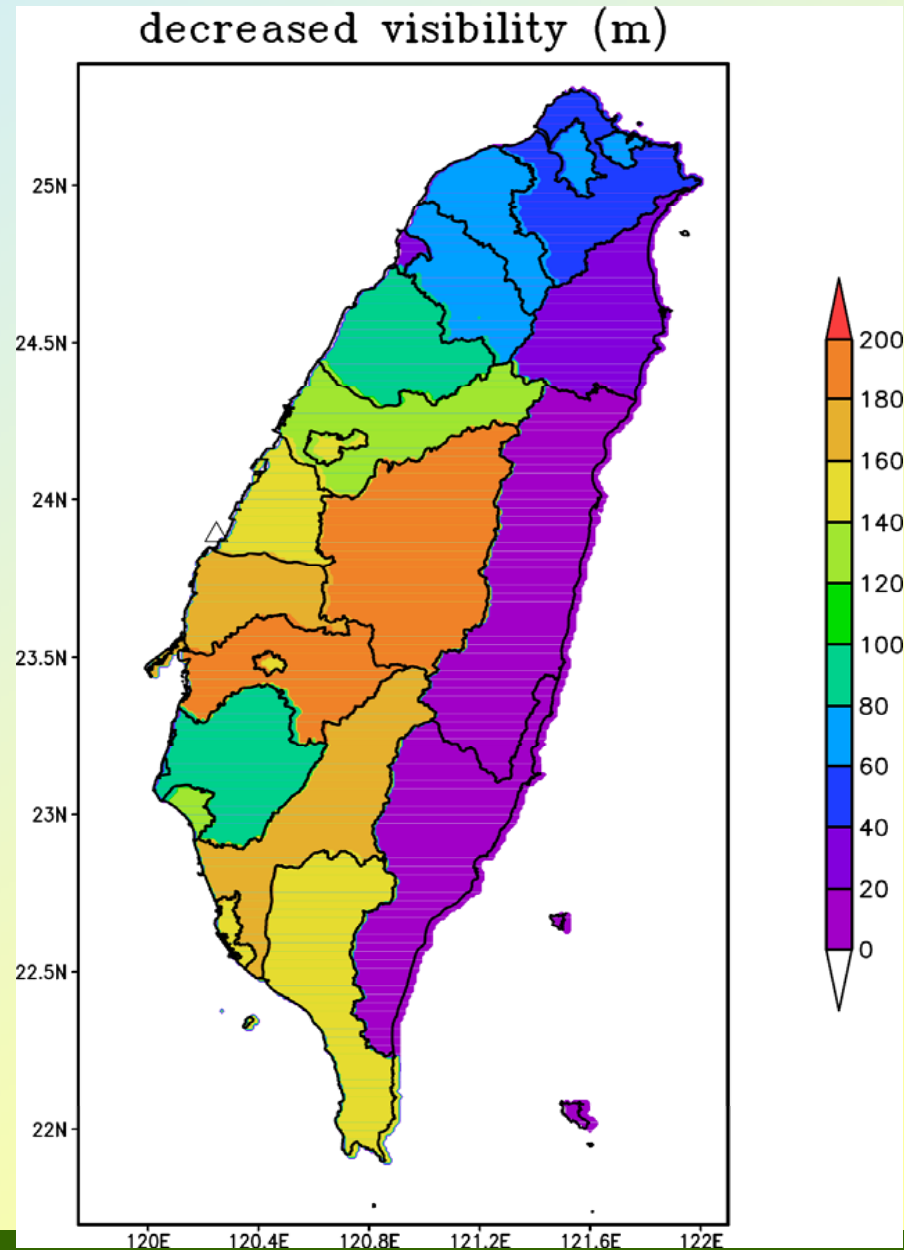
$$\text{Visibility (km)} = -0.098 * \text{PM}_{2.5} (\mu\text{g}/\text{m}^3) + 12.2$$

- 1997-2009: 台北、台中、新竹、嘉義、台南、高雄等逐日資料 (n=17,746)



國光石化運轉後，各地減少之能見度

縣市	PM _{2.5} 增量 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	能見度減量 (m)
台北市	0.7	65
高雄市	1.5	147
基隆市	0.7	66
新竹市	0.4	38
台中市	1.4	141
台南市	1.3	131
嘉義市	1.5	144
台北縣	0.6	58
桃園縣	0.6	63
新竹縣	0.7	72
宜蘭縣	0.3	30
苗栗縣	1.0	97
台中縣	1.3	127
彰化縣	1.5	147
南投縣	2.0	194
雲林縣	1.8	178
嘉義縣	2.0	194
台南縣	0.9	89
高雄縣	1.7	163
屏東縣	1.5	152
花蓮縣	0.05	0.5
台東縣	0.1	10
平均值	1.1	105



空氣污染已使中部牧草之戴奧辛過高，牛改吃進口牧草，鴨由平飼改為籠飼。且也使得許多中部希望發展精緻/有機農業之農民，很挫折，因土壤重金屬之檢測，常超過標準。

項目 (牧草中檢測值)	牧草戴奧辛含量 (pg/風乾物g) (12%含水率)		超過標準 (WHO=0.75)	檢測日期
	常割草	不常割草		
竹山鎮 雲林國小	0.82	1.18	Y	2006.9.20~2006.9.23
	1.57	2.48	Y	2006.11.14~2006.11.15
草屯鎮 碧峰國小	0.31	0.6		2006.9.20~2006.9.23
	0.24	0.42		2006.11.14~2006.11.15
惠蓀林場	0.17	0.25		2006.9.20~2006.9.23 2006.11.14~2006.11.15

牧草(狼尾草)檢測資料(范，2006)

牧草中戴奧辛含量 (范，2006)

- 中台灣畜牧業在牧草飼養方面，多以進口牧草為主。
- 國內外牧草中戴奧辛的含量如下：

項目 (牧草中檢測值)	牧草戴奧辛含量 (pg/風乾物g) (12%含水率)	牧草單價 (元/kg)
台灣中部	0.2 ~ 0.3	< 5 (本土)
美加澳	< 0.07	8.5 ~ 9.3 (進口)
國家標準/WHO	0.75	-

畜牧成本增加

• 資料來源：興大畜產系范揚廣教授研究室



依據2010年6月環保署空保處審查意見：

建議國光石化公司：

**SO₂減量48 %，NO_x減量25%，PM減量14%，
VOC減量31%**

鄉鎮名稱	PM _{2.5} 增量 (考慮減量後) (µg/m ³)	死亡人數增加						小計
		男性肺癌 (8%)	男性心血管 疾病(6%)	男性其他疾病 (1%)	女性肺癌 (8%)	女性心血管 疾病(6%)	女性其他疾病 (1%)	
台北市	0.4	2.0	4.9	2.5	1.2	3.2	1.8	15.6
高雄市	1.0	2.3	5.0	3.8	1.5	3.2	2.5	18.3
基隆市	0.4	0.4	0.7	0.5	0.2	0.6	0.3	2.6
新竹市	0.2	0.1	0.4	0.2	0.1	0.2	0.1	1.2
台中市	0.9	1.4	2.8	1.9	0.6	1.8	1.3	9.8

考慮排放量減量後：

國光石化將增加全台灣214人/年之死亡率

其中其他疾病人數=(所有疾病人數-心血管人數-肺癌人數)*1%

彰化縣	0.9	2.7	4.5	3.5	1.1	4.0	2.2	17.7
南投縣	1.3	1.4	3.3	2.2	0.6	2.6	1.5	11.5
雲林縣	1.1	2.1	4.8	2.7	0.8	3.9	1.9	16.4
嘉義縣	1.2	2.2	3.4	2.4	0.8	2.9	1.7	13.4
台南縣	0.6	1.5	2.9	1.9	0.6	2.2	1.4	10.5
高雄縣	1.1	2.4	5.6	4.0	1.2	3.6	2.3	19.1
屏東縣	1.0	1.8	4.9	3.2	0.8	3.6	2.0	16.4
澎湖縣	-	-	-	-	-	-	-	-
花蓮縣	<0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
台東縣	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.3
金門縣	-	-	-	-	-	-	-	-
連江縣	-	-	-	-	-	-	-	-
小計		28.5	61.8	40.0	13.2	44.2	26.3	214.0

鄉鎮名稱	PM _{2.5} 增量 (考慮減量後) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	死亡人數增加		
		男性所有疾病(4%)	女性所有疾病(4%)	小計
台北市	0.4	14.3	9.9	24.2
高雄市	1.0	19.7	12.7	32.4
基隆市	0.4	2.5	1.7	4.2
新竹市	0.2	1.2	0.7	1.9
台中市	0.9	10.0	6.8	16.8
台南市	0.8	7.8	5.3	13.1

如根據Pope et al. (2002) 每增加 $10\text{-}\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{2.5} 將增加 4% 所有疾病死亡者率：

考慮排放量減量後，
國光石化將增加全台灣每年357人之死亡率

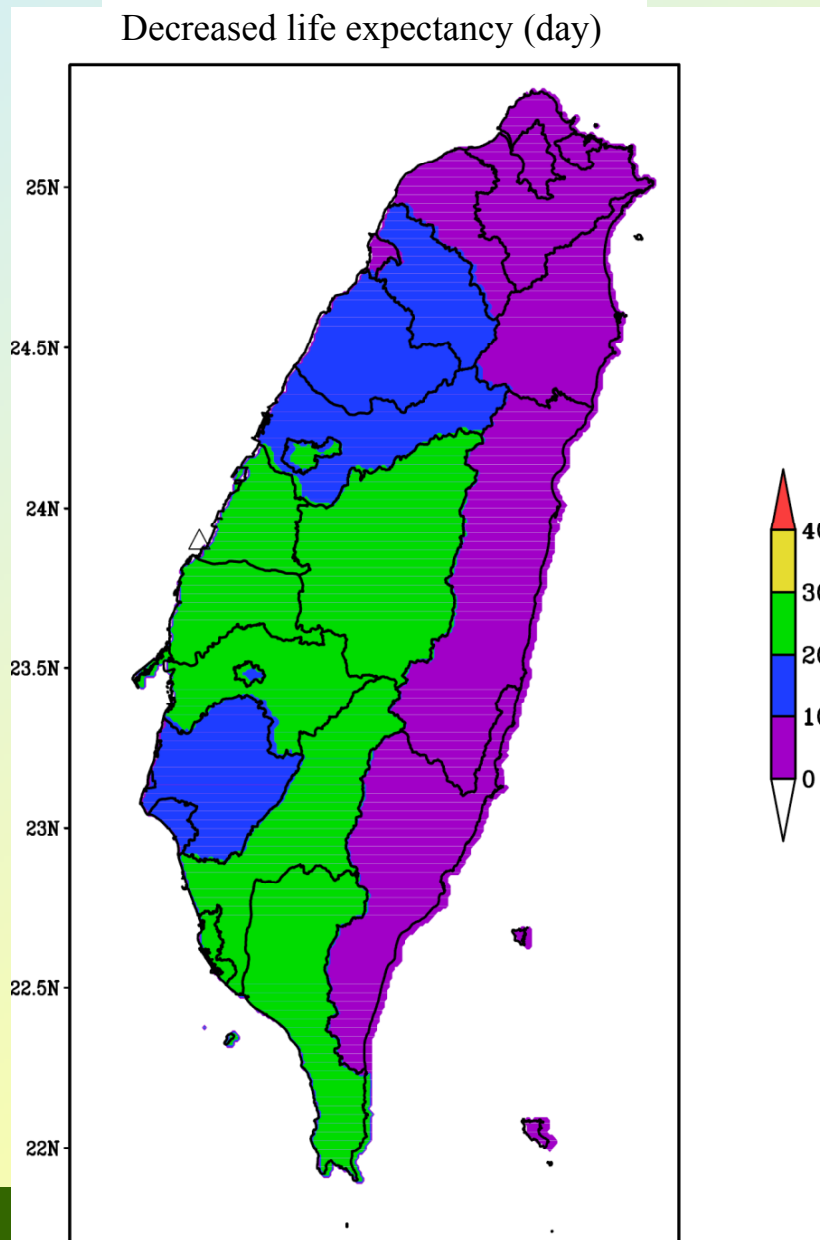
南投縣	1.3	11.5	7.9	19.4
雲林縣	1.1	15.3	10.8	26.1
嘉義縣	1.2	13.1	9.2	22.3
台南縣	0.6	10.5	7.2	17.7
高雄縣	1.1	20.9	12.2	33.2
屏東縣	1.0	17.1	10.8	27.9
澎湖縣	-	-	-	-
花蓮縣	<0.01	0.0	0.0	0.0
台東縣	0.1	0.4	0.2	0.5
金門縣	-	-	-	-
連江縣	-	-	-	-
小計		215.6	141.4	356.9



- ◆ 考慮排放量減量後：
- ◆ 國光石化將增加全台灣214-357人/年之死亡率
- ◆ 其中包括148人/年之肺癌及心血管死亡率

國光石化運轉後，各縣市每人平均壽命減少之天數 (考慮: SO₂減量48%, NO_x減量25%, PM減量14%, VOC減量31%後)

台北市	9
高雄市	21
基隆市	10
新竹市	5
台中市	20
台南市	18
嘉義市	20
台北縣	8
桃園縣	9
新竹縣	10
宜蘭縣	5
苗栗縣	14
台中縣	18
彰化縣	21
南投縣	28
雲林縣	25
嘉義縣	27
台南縣	12
高雄縣	24
屏東縣	23
花蓮縣	0
台東縣	2
平均	13



遮蔽的天空(covering sky)

- ◆ 導演：紀文章
- ◆ 彰濱火力發電廠
- ◆ 2009台灣地方志影展優選



創意夠的影像工作者，也因為空氣污染，只能在下雨後之兩三天，拍出美美的中台灣。(柯金源導演)

◆ <http://blog.xuite.net/cceforg/movie2008/20416557>

結論及建議

- 1) 國光石化利用CAMx及中興大學用GTx模擬PM₁₀或PM_{2.5}在廠址附近差異不大。主要差異在於國光石化模擬衍生性之PM只有短短數天，且範圍僅有中台灣。而中興大學則模擬1, 4, 7, 10四個整月，且範圍包括全台灣。
- 2) 如根據環保署認證之GTx模式估計，亦計算出國光石化營運後每年會造成234人因心血管、肺癌死亡，如加上其它疾病可能**高達339-565人**。
- 3) **且全台每一個人平均減少23天的壽命。**
- 4) 除此之外，因呼吸系統及腦血管疾病而住院的人數每年約105-255個案例，孩童及成人發生哮喘的案例每年約12266-159274個案例。
- 5) 西部之各地之能見度亦會減少50-200公尺不等。
- 6) 這評估只包括國光石化排放PM, SO_x, NO_x及VOC轉換為PM_{2.5}之健康風險，尚未包含其它如VOC, 戴奧辛, 重金屬及O₃之健康風險。
- 7) 中部之農業已因戴奧辛，無法正常養鴨養牛。而國光石化亦會排放戴奧辛，但其未明列戴奧辛之排放量。

➤ 建議：

- (1) 請開發單位提供戴奧辛、重金屬及PAH之排放量清單
- (2) 請模式支援中心提供國光石化公司臭氧濃度增量模擬結果

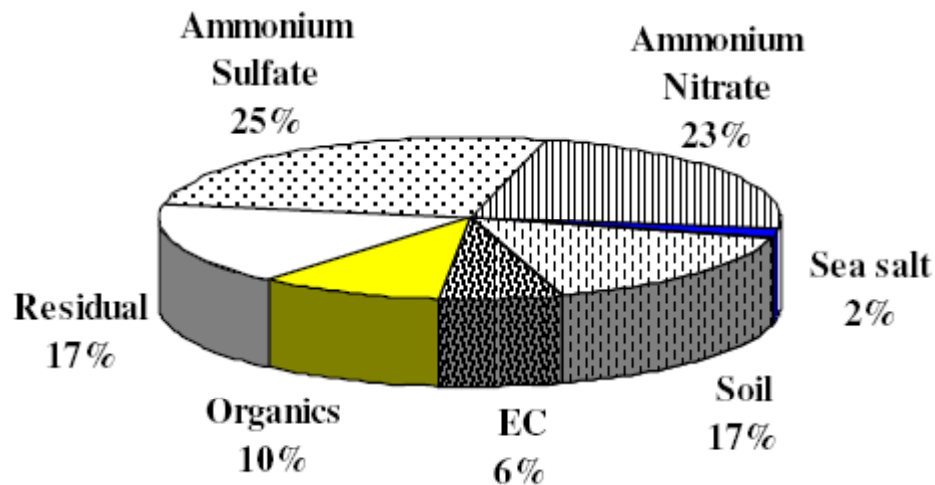


如何改善PM_{2.5}之污染？

PM_{2.5}之組成 (台中2005之資料)

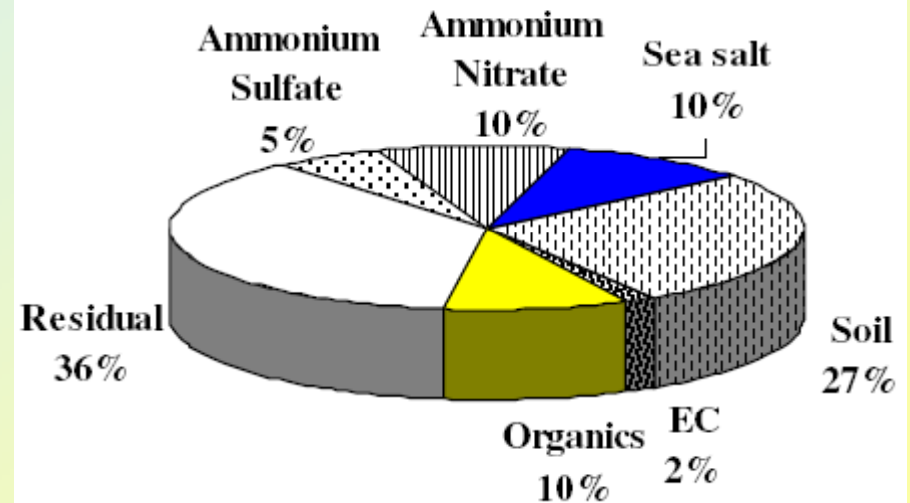
PM_{2.5} at episode days in Taichung

PM_{2.5} mass conc.=105.8 ± 14.1 g m⁻³



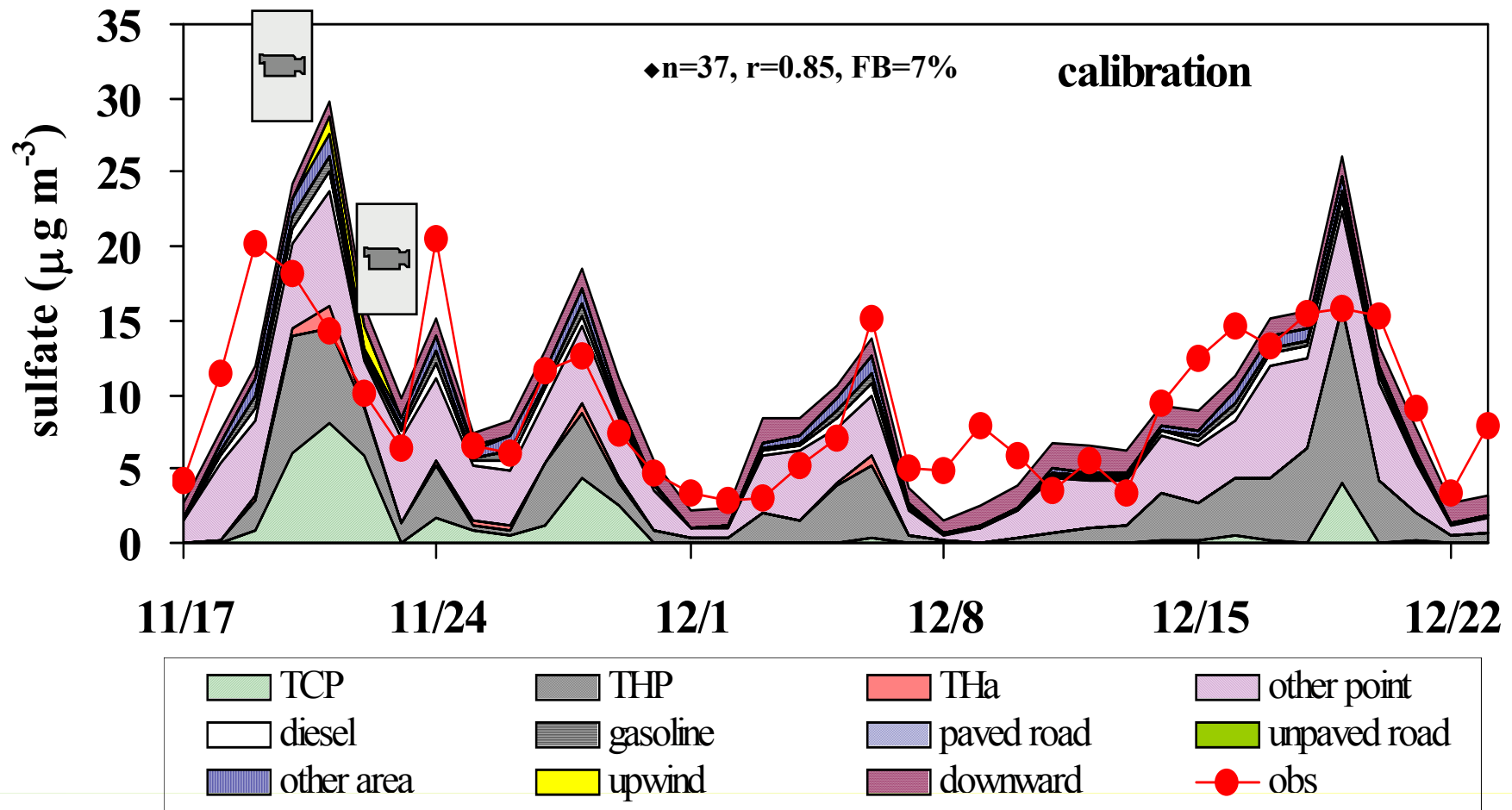
PM₁₀ at episode days in Taichung

PM_{2.5-10} mass conc.=43.3 ± 12.7 g m⁻³

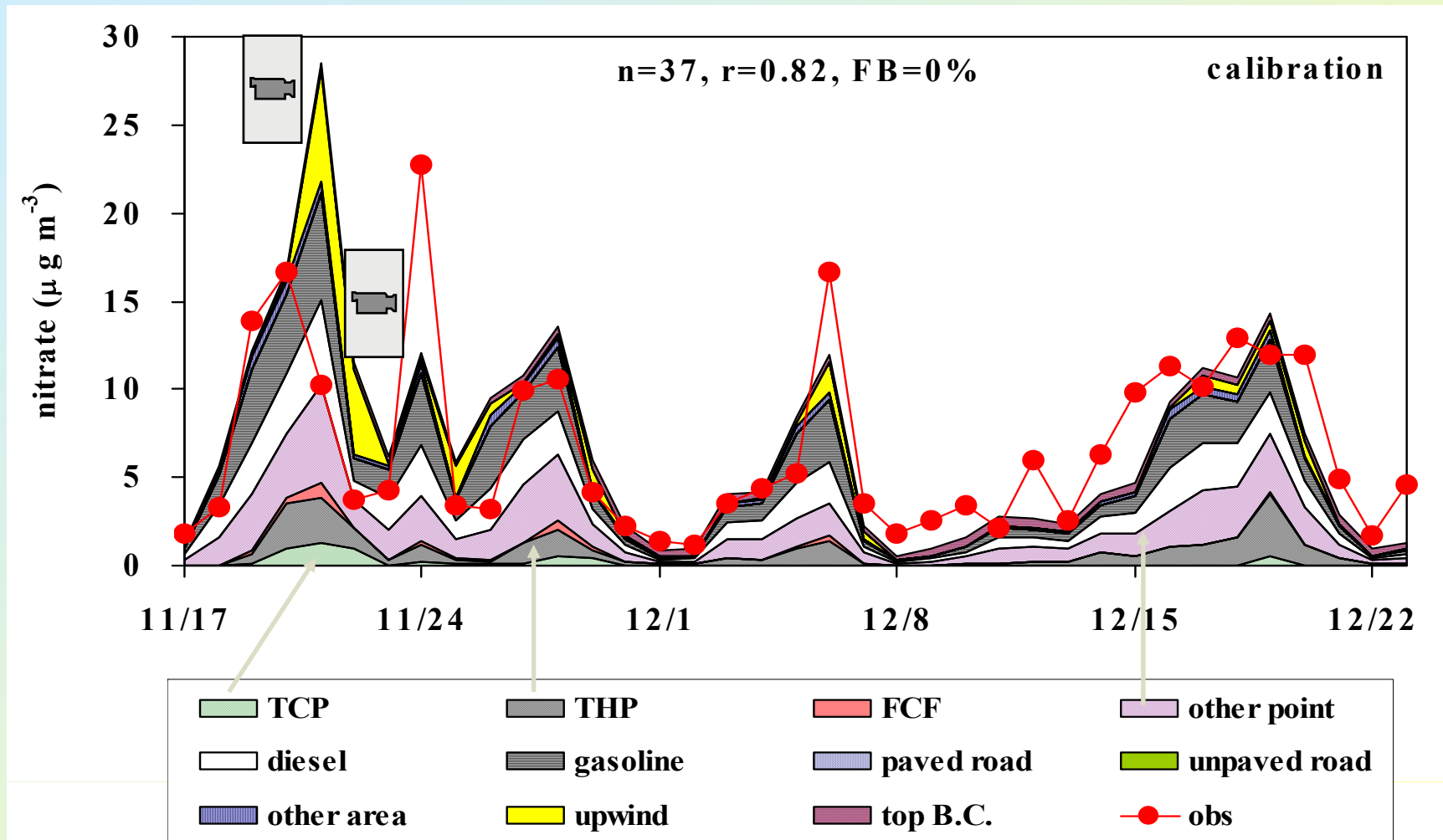


(Cheng et al., 2009)

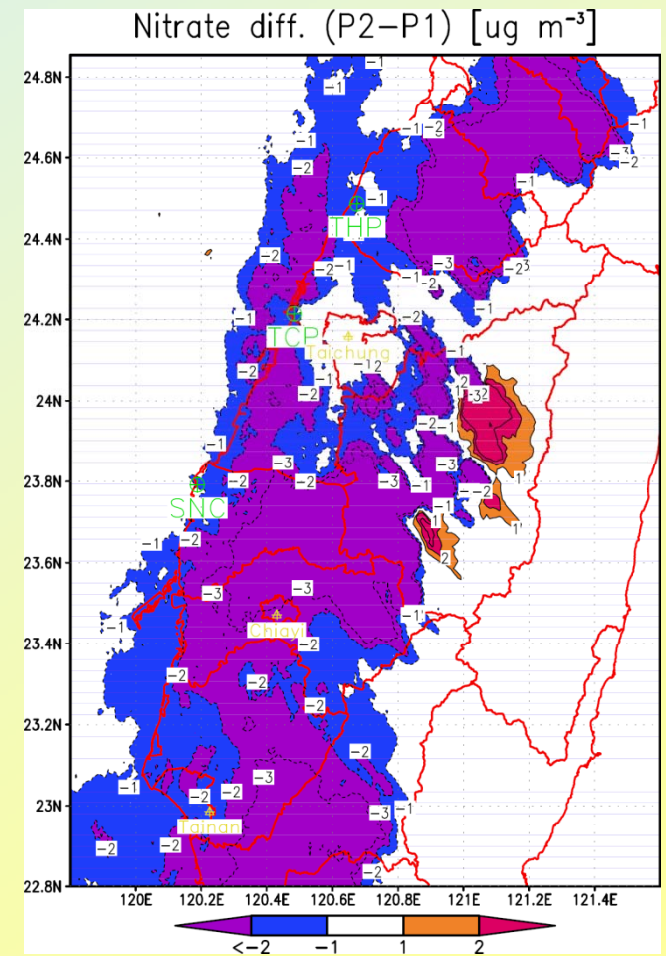
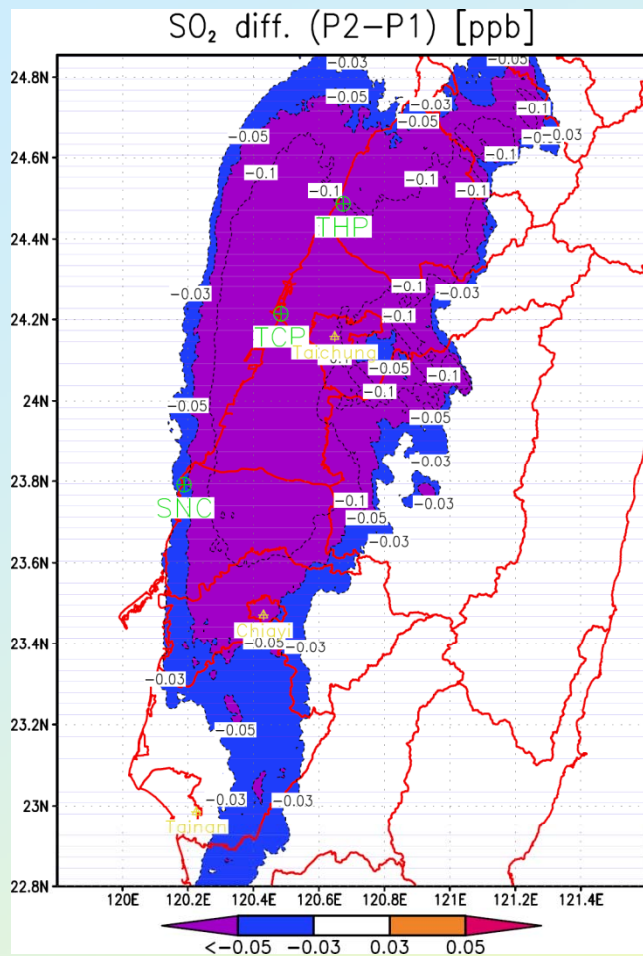
1997年台中市硫酸鹽逆軌跡分析



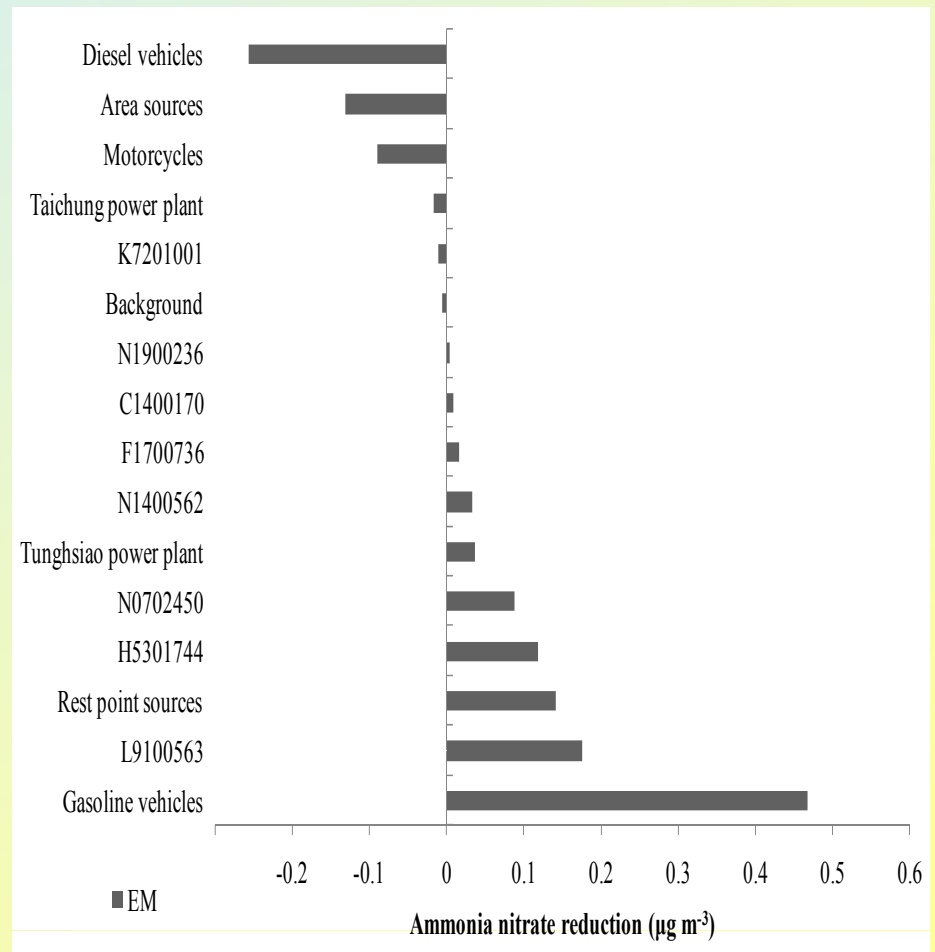
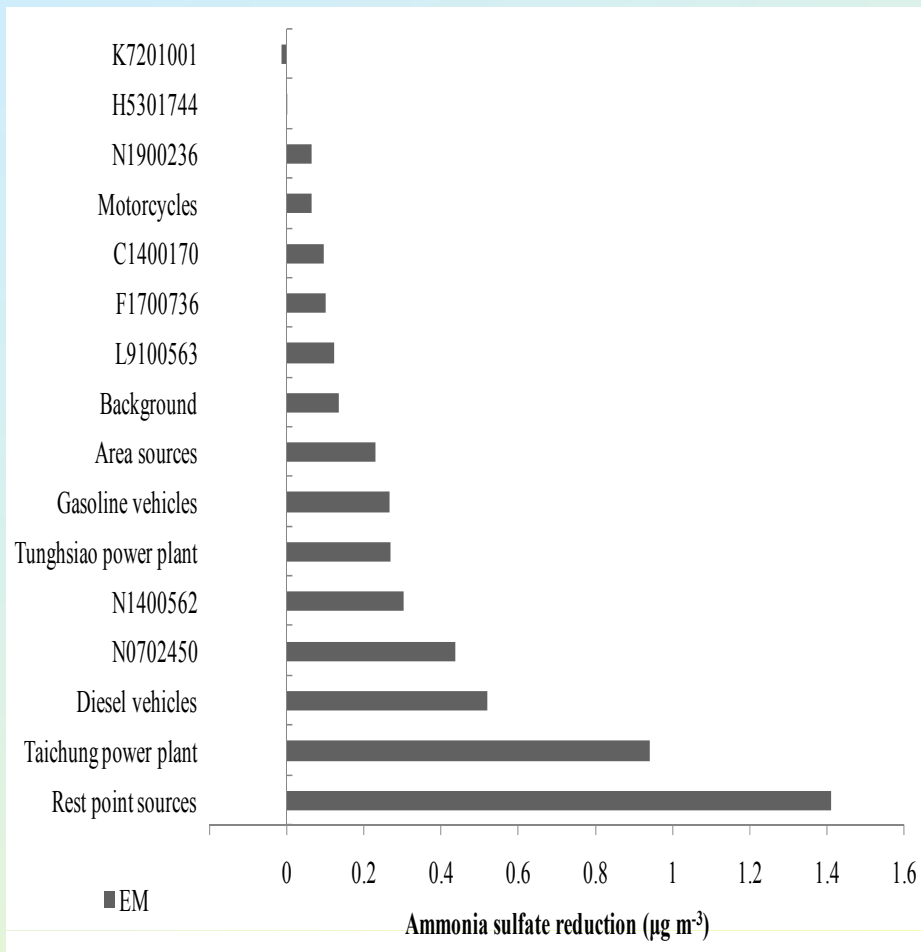
1997年台中市硝酸鹽逆軌跡分析



台中電廠裝置FGD (1999)前(P1)後(P2)3年影響範圍比較



模擬污染源減量vs.濃度減量 (嘉義測站1999年前後3年比較)





如果我們可以改變我們的高能耗的產業政策。

中興大學 莊秉潔、陳吉仲、邱貴芬
、林幸助

我們可以讓台灣的城市成為華人最適合居住之城市

City	Location	PM _{2.5} (ug/m ³)	period	ref
北京	Tsinghua University	125	1999-2000	Yang et al. (2005)
上海	Tongji University	62	1999-2000	Yang et al. (2005)
	Hainan	68	1999-2000	Ye et al. (2003)
		100	2003-2005	上海研究伙伴提供
	寶山	54	2007	楊興堂等(2009)
香港	旺角	57	2000-2001	Louie et al. (2005)
	荃灣	34	2000-2001	Louie et al. (2005)
新加坡		35	2007	http://app.mewr.gov.sg/web/Contents/Contents.aspx?ContId=52

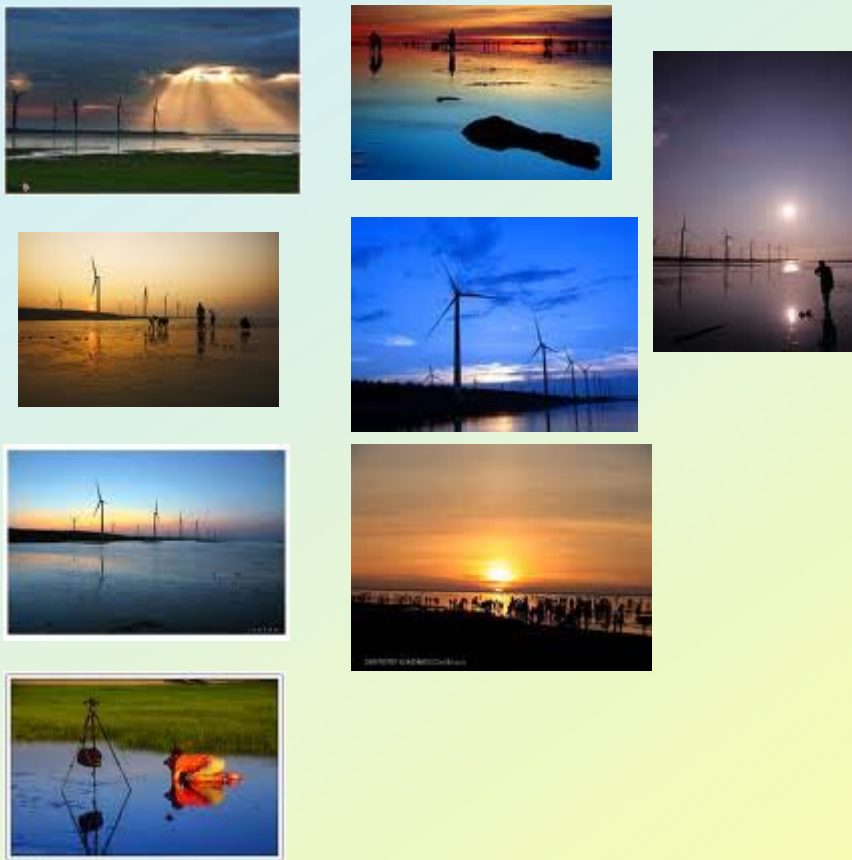
台北、台中及高雄有機會成為華人PM_{2.5}濃度最低之城市

台北	25-35	2008	TW/EPA
台中	35-40	2008	TW/EPA
高雄	45-50	2008	TW/EPA
Los Angeles	31	1995-1996	Kim et al. (2000)

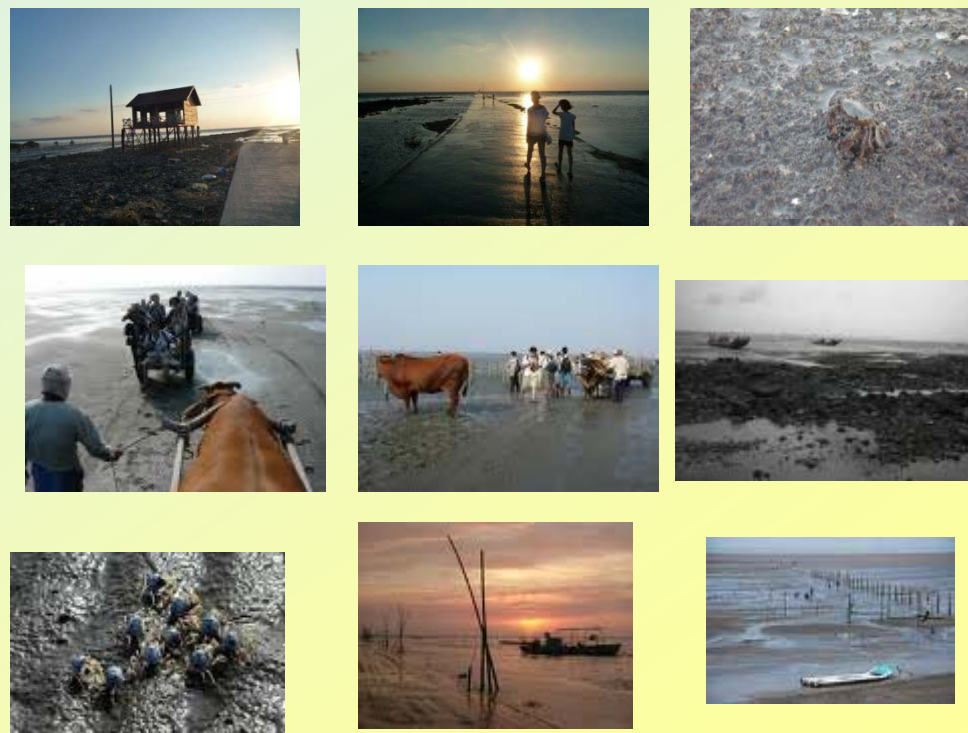
- (1) Yang et al. (2005) Science of the Total Environment 343, 221–230.
- (2) Ye et al. (2003) Atmospheric Environment 37, 499–510.
- (3) 新加坡：<http://app.mewr.gov.sg/web/Contents/Contents.aspx?ContId=52>
- (4) Louie et al. (2005) Atmospheric Environment 39, 1695–1710.
- (5) 楊興堂 施捷 沈先標 (2009), 上海市寶山區空氣中PM₁₀和PM_{2.5}污染狀況分析, 2009 21 (6).

讓中部的小朋友看到海

高美濕地（原海渡電廠預定地）



芳苑泥灘地（原國光石化預定地）



..... 和白海豚

媽祖魚(中華白海豚)簡介

中華白海豚，俗稱媽祖魚，學名 *Sousa chinensis*，又稱印太洋鯨海豚 (Indo-Pacific Humpback Dolphin)，主要出沒在印度洋及西太平洋之間熱帶到溫帶海域。出生時身體呈灰色，青少年期體色變淡佈滿藍灰色斑點，但成年後全身轉為雪白，甚至呈現粉紅色澤，因此又稱為粉紅海豚。

台灣西海岸的中華白海豚族群自2002年起有科學的觀察紀錄後，至2007年止統計資料顯示，目前個體辨識出49頭，穿線線調查最佳估算約102頭次，樂觀估計在苗栗到嘉義沿海狹長型的棲地上，生存數量最多不會超過100頭，已經面臨滅絕危機。

最近研究顯示，台灣族群有別於香港、中國沿海的族群，尤其在外觀上具有可獨立辨識的體色斑點，很有可能為台灣海域的特有亞種，更顯出他們的珍貴與稀有。

媽祖魚暱稱的由來

台灣海峽受東北季風之影響，全年有近四分之三的時間海象洶湧，海面上易起白浪，不易觀察。約農曆三月中旬以後，海象轉趨平穩，牠們的活動始較易與浪濤區分。適逢農曆三月二十三日媽祖誕辰，中華白海豚在沿海活動的習性，傳統民間信仰認為牠是來向媽祖祝壽。因此把信仰中最重要的海洋神祇——「媽祖」，冠在中華白海豚這種既可變更是沿海環境指標的生物身上。



及天空!

2003年6月13日，草屯朝東攝影(O₃ PSI=32, PM₁₀ PSI=30, PM_{2.5} =16 ug/m³)



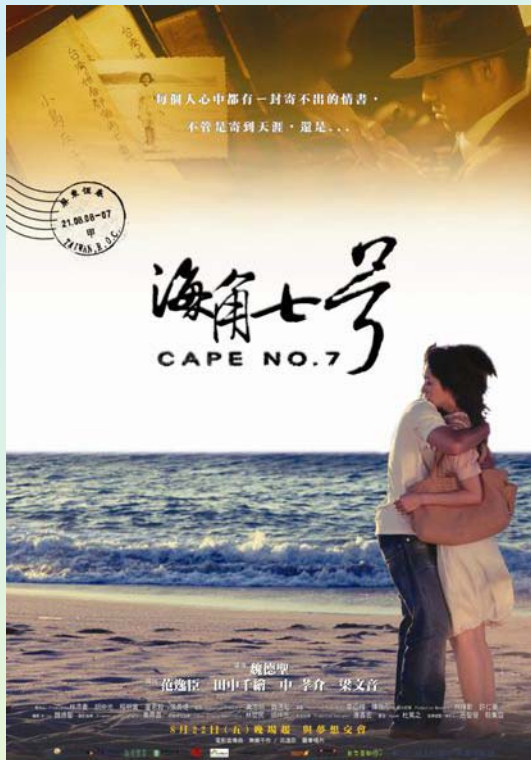
2005年9月20日，草屯朝東攝影(O₃ PSI=101, PM₁₀ PSI = 69, PM_{2.5} =47 ug/m³)(王國翹提供)



國光石化開發後草屯地區能見度將再減少200 m

並拍出更多的海角七號美美的電影。

拍攝地點: 恒春 ($PM_{2.5} = 14 \mu g/m^3$)
(2009)



拍攝地點: 彰化/台中 ($PM_{2.5} = 40 \mu g/m^3$)
(2009)

遮蔽的天空(covering sky)
導演: 紀文章



而且可以減少我們醫療的支出!

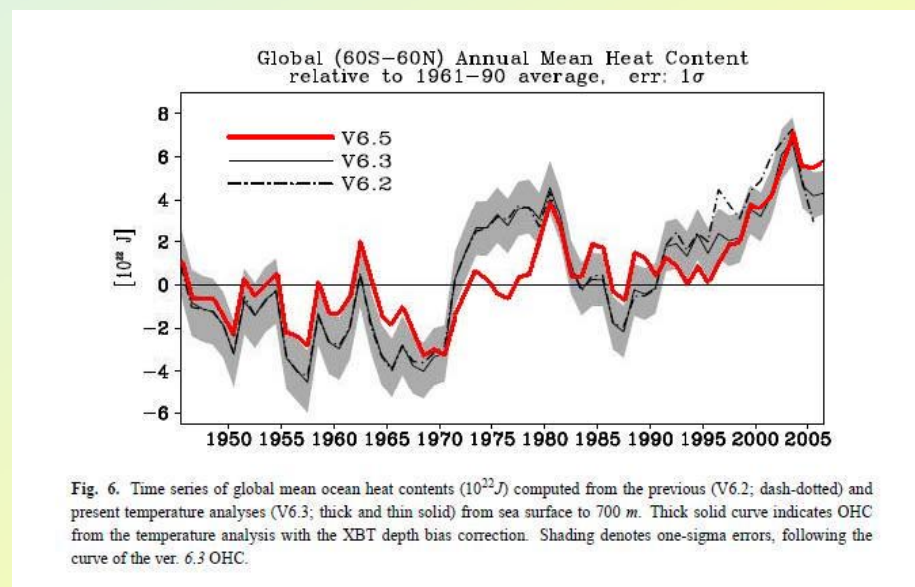
	1995	2000	2005	2006	2007	2008
全台平均基本生活消費支出	424,155	470,121	494,488	503,439	513,394	514,759
1.食品費	139,736	149,319	153,072	154,514	160,563	161,927
4.衣著、鞋、襪類	27,213	25,399	23,863	23,957	23,431	22,447
5.房地租及水費	130,722	148,204	144,110	145,811	147,927	147,287
6.燃料和燈光	16,506	18,486	19,455	19,915	20,465	20,389
7.家具及家庭設備	15,823	12,401	12,233	11,923	12,358	11,915
9.保健和醫療	61,271	73,464	93,982	99,292	102,407	103,285
11.娛樂教育和文化服務						
(5)教育與研究費	32,884	42,848	47,772	48,027	46,243	47,509
最低所得組可支配所得	296,166	315,172	297,694	304,274	312,145	303,517
支出與所得之差額	-127,989	-154,949	-196,794	-199,165	-201,249	-211,242
支出佔所得之比例	1.43	1.49	1.66	1.65	1.64	1.70

最低所得階層的所得比平均的消費支出中的基本消費支出還低。絕對的所得不均有惡化的程度，實施負所得稅有其必要。

及保護下一代遠離溫室效應

- ◆ 依據高美溼地的研究數據，沿海濕地每年每平方公里可以淨吸收220 g C (碳匯)。若以國光石化開發4000公頃計算，不但會減少自然沿海濕地每年吸收1萬公噸C，還會再多排放1200萬公噸C。(林幸助，2010)

Ocean is in historical warm!



(Ishii and Kimoto, J. Oceanography, 2009)

及再次莫拉克颱風之陰影。
Cheer up!! Taiwan.....





我們相信

- 我們了解PM_{2.5}則與鋼鐵業、電力業、石化業及柴油車之排放有很大之關係。因此會有環保及經濟面之很大之衝突。但PM_{2.5}對健康之影響是全面的且顯著的，大企業家及升斗小民，皆會得心血管及肺癌。
- 這在許多先進歐美之國家已積極改善PM_{2.5}之問題，但在華人世界(中國、香港及台灣)中，還是一個研究的課題，甚至大部份之人，皆不知道這問題。
- 當大企業家也了解這問題之嚴重性時，也許環保與經濟之衝突，就不會這麼大。這時就是大家共同思考如何建立台灣的城市成為華人最適合居住的城市的時候了。目前台灣之城市PM_{2.5}之濃度是華人主要城市(北京、上海、香港)中最低的。如果我們把握這機會，將協助高耗能產業所投入之經費(稅負、用水、用電、地層下陷、白海豚保育、CO₂減量)及增加之健保給付，改投入健康、教育、觀光、精緻農業等產業，其產值一定足以養活目前許多失業的人口。

From: Chou, Kuei Tien <ktchou@ntu.edu.tw>

Date: 2010/6/30

Subject: Re: ***SPAM*** 【民主平台】 Fwd: 有關反對國光石化連署之幫忙!

To: twdemocracy2008@googlegroups.com

- ✦ 請用力連署！《台灣守護民主平台》網址為：<http://www.twdem.org/>
- ✦
- ✦ 一早寫信給你，是因為近來我關心這個案子，而昨夜看到最新商業週刊的報導，徹夜輾轉難眠。
- ✦
- ✦ 國光石化這個案子無論在學理上或實務上，都牽涉到相當的風險。還記得一年多前我們一直在思考台灣沿海長期的地層下陷、超抽地下水問題當如何解決。而這個結構性的問題，再經由六輕不斷的擴建、或國光石化案如果通過，水資源的分配與不正義，當更為嚴重，並危及近年來媒體不斷提到的高鐵沿線基地每年平均下陷7公分的問題。而這並非虛構的科學評估問題，但在環評的操弄下，將被掩飾。
- ✦
- ✦ 幾個學校公衛、環工的朋友對這個案子的風險評估都相當憂心，除了空污的擴散到全國各區域將造成嚴重的健康風險、癌症比例上升、未來國家醫療財務的擴大支出之外，這個案子與2005年我所關心批評的戴奧辛污染鴨蛋、鴨肉會相當類似，一旦空污進一步污染了提供台灣主要糧食、水果的彰化、雲嘉，屆時的食品風險風暴將不可擋。而數以萬計之農、漁民的生計鍊也將受到影響。
- ✦
- ✦ 而空污造成長期的、無法肉眼看到的持久性有機氣污染，將危及國人及下一代健康，而導致新生兒問題日益眾多，屆時很難收拾。
- ✦
- ✦ 當然，你熟知的濕地、搶救白海豚運動，是其中的一環，我就不提。但基本上，這所牽涉到台灣西海岸的生態保存與世代的环境正義，遠比南港202的開發複雜。



- ✦ 在政策思考上另外一個重要的議題是，台灣的石化內需是否充足，是否需要再發展低附加價值、以出口為導向的石化工業？這問題目前已經有了共識與答案，而經濟部的石化工業政策環評卻仍以前者為辯護，然而，需要問的是，這些低附加價值、以出口為導向的石化工業，到底帶來怎樣的競爭力，卻需要目前我們無法計算龐大的社會成本來支付。
- ✦
- ✦ 我最近正在研究的我國能源政策與溫室氣體排放問題，資料明確的顯示出，我國石化業占工業部門排放二氧化碳之30%左右，但其工業的產值卻只有15%左右。而雖然環保署宣稱國光石化在環評承諾階段，承諾未來減量溫室氣體的排放減半（自2367萬噸減半為1187萬噸），但如果再加上台塑六輕擴建每年增量1058萬噸，恐違反我國宣示溫室氣體減量的期程目標。
- ✦
- ✦ 更嚴重的是，我國目標設定在2020年回到2005年的排放量水準，是否受到國際上的承認與協議同意仍然未知。而不斷攀升的溫室氣體排放，屆時的國際制裁與社會成本，將不符合經濟正義。也就是說，這些石化廠並非符合國家產業升級的永續標的，反而帶來高耗能、高污染、高健康風險、高食品風險、高生態風險的未來成本，又不是現在的基本經濟結構需求，為什麼要推動呢？
- ✦
- ✦ 我覺得，馬總統應該慎重的思考這個攸關台灣產業、健康、生態與溫室氣體效應的永續課題。這個案子如果仍然擺盪在經濟部的不永續開發主義、環保署帳面上的漂亮環評數據而通過，偕同無法真正管制的台塑六輕、或仁武廠一般，而橫塑在台灣西海岸，所造成嚴重的決策錯誤將和BP漏油事件一樣嚴重，而帶來結構性的地域、經濟、永續侵蝕問題。
- ✦
- ✦ 我們從學理和實務上不都希望台灣走向更永續、更前瞻、而具未來性的經濟社會嗎。
- ✦
- ✦ 附上最新一期的商業週刊，請你在百忙中參考。



Reference

1. Pope III, C. Arden, E. Majid, D. W. Douglas, 2009. Fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States. *The new England journal of medicine* (360), 376-86.
2. Tseng, Kuo-Hsin, Jia-Lin Wang, Pei-Hsuan Kuo, **Ben-Jei Tsuang**, 2009. Using VOC ratio as a photochemical index and its relationship with ozone formation and OH concentration. *Aerosol and Air Quality Research*. (accepted)
3. Tseng, Kuo-Hsin; Chien-Lung Chen; Min-Der Lin; Ken-Hui Chang; **Ben-Jei Tsuang***, 2009: Vertical profile of ozone and accompanying air pollutant concentrations observed at a downwind foothill site of industrial and urban areas. *Aerosol and Air Quality Research*, accepted. (SCI)
4. Kuo, Pei-Hsuan; Pei-Chen Ni; Andrew Keats; **Ben-Jei Tsuang***; Yung-Yao Lan; Min-Der Lin; Chien-Lung Chen; Yueh-Yuan Tu; Len-Fu Chang; Ken-Hui Chang, 2009: Retrospective assessment of air quality management practices in Taiwan. *Atmos. Environ.*, Vol. 43 (25), 3925-3934. (SCI & EI, 2007 IF: 2.549, Rank 16/144 in Environmental sciences, Rank 11/51 in Meteorology & Atmospheric sciences).
5. Tseng, Kuo-Hsin; Jia-Lin Wang; Man-Ting Cheng; **Ben-Jei Tsuang***, 2009: Assessing the Relationship between Air Mass Age and Summer Ozone Episodes Based on Photochemical Indices. *Aerosol and Air Quality Research* 9 (2), 149-171. (SCI)
6. Cheng, Man-Ting, Wei-Chun Chou, Chia-Pin Chio, Shih-Chieh Hsu, Yi-Ru Su, Pei-Hsuan Kuo, **Ben-Jei Tsuang**, Shuen-Hsin Lin, Charles C.-K. Chou, 2008: Compositions and source apportionments of atmospheric aerosol during Asian dust storm and local pollution in central Taiwan. *Journal of Atmospheric Chemistry*, Vol. 61 (2), 155-173. (SCI 2007, Impact Factor 1.64, Rank 23/51 in Meteorology & Atmospheric sciences)
7. Lin, Y.-C.; Lan, Y.-Y.; **Tsuang, B.-J.**, Engling, G., 2008: Long-term spatial distributions and trends of ambient CO concentrations in the central Taiwan Basin. *Atmos. Environ.* 42, 4320–4331. (SCI & EI, 2007 IF: 2.549, Rank 16/144 in Environmental sciences, Rank 11/51 in Meteorology & Atmospheric sciences).
8. Louie P. K. K., Watson J. G., Chow J. C., Chen A., Sin D. W. M., Lau A. K. H., 2005: Seasonal characteristics and regional transport of PM_{2.5} in Hong Kong. *Atmospheric Environment* 39, 1695–1710.
9. **Tsuang, B.-J.***, 2003: A Gaussian plume trajectory model to quantify the source/receptor relationship of primary pollutants and secondary aerosols: Part I. Theory. *Atmos. Environ.* **37 (28)**, 3981-3991, doi: 10.1016/S1352-2310(03)00471-0. (SCI & EI, 2006 IF: 2.630, Rank 16/144 in Environmental sciences, Rank 9/48 in Meteorology & Atmospheric sciences)
10. **Tsuang, B.-J.***; Chen, C.-L.; Lin, C.-H.; Cheng, M.-T.; Tsai, Y.-I.; Chu, C.-P.; Pan, R.-C.; Kuo, P.-H., 2003: A Gaussian plume trajectory model to quantify the source/receptor relationship of primary pollutants and secondary aerosols: Part II. Case Study. *Atmos. Environ.* **37 (28)**, 3993-4006, doi: 10.1016/S1352-2310(03)00472-2.



Reference

11. **Tsuang, B.-J.***; Lee, C.T.; Cheng, M.T.; Lin, Y.C.; Lin, N.-H.; Chen, C.-L.; Kuo, P.-H., 2003: A Gaussian plume trajectory model to quantify the source/receptor relationship of primary pollutants and secondary aerosols: Part III. Asian dust-storm periods. *Atmos. Environ.* **37 (28)**, 4007-4017, doi: 10.1016/S1352-2310(03)00473-4.
12. Ye B., Ji X., Yang H., Yao X., Chan C. K., Cadle S. H., Chan T., Mulawa P. A., 2003: Concentration and chemical composition of PM_{2.5} in Shanghai for a 1-year period. *Atmospheric Environment* **37**, 499–510.
13. C. Arden Pope III, Burnett R. T., Thun M. J., Calle E. E., Krewski D., Ito K., Thurston G. D., 2002. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *The Journal of the American Medical Association* **287 (9)**, 1132-1141.
14. **Tsuang, B.-J.***; Tu, C.-Y., 2002/5: Model structure and land parameter identification: an inverse problem approach. *J. Geophys. Res. – Atmospheres*, **107 (D10)**, 4096, DOI: 10.1029/2001JD000711. (SCI, 2006 IF: 2.800, Rank: 9/131 in GEOSCIENCES)
15. **Tsuang, B.-J.***; Chen, C.-L.; Pan, R.-C.; Liu, J.-H., 2002/1: Quantification on source/receptor relationship of primary pollutants and secondary aerosols from ground sources – Part I. Theory. *Atmos. Environ.* **36(3)**, 411-419.
16. Chen, C.-L.*; **Tsuang, B.-J.**; Pan, R.-C.; Tu, C.-Y.; Liu, J.-H.; Huang, P.-L.; Bai, H-L; Cheng, M.-T., 2002/1: Quantification on source/receptor relationship of primary pollutants and secondary aerosols from ground sources – Part II. Model description and case study. *Atmos. Environ.* **36(3)**, 421-434. (SCI & EI, 2006 IF: 2.630, Rank 16/144 in Environmental sciences, Rank 9/48 in Meteorology & Atmospheric sciences)
17. **Tsuang, B.-J.***; Chao, C.-P., 1999/5: Application of circuit model for Taipei City PM₁₀ simulation. *Atmos. Environ.* **33**, 1789-1801. (SCI & EI, 2006 IF: 2.630, Rank 16/144 in Environmental sciences, Rank 9/48 in Meteorology & Atmospheric sciences)
18. **Tsuang, B.-J.***; Chao, J.-P., 1997/2: Development of a circuit model to describe the advection-diffusion equation for air pollution. *Atmos. Environ.* **31 (4)**, 639-657. (SCI & EI, 2006 IF: 2.630, Rank 16/144 in Environmental sciences, Rank 9/48 in Meteorology & Atmospheric sciences)
19. Yang F., Ye B., He K., Ma Y., Cadle S. H., Chan T., Mulawa P. A., 2005. Characterization of atmospheric mineral components of PM_{2.5} in Beijing and Shanghai, China. *Science of the Total Environment* **343**, 221-230.
20. 新加坡 : <http://app.mewr.gov.sg/web/Contents/Contents.aspx?ContId=52>;
21. 楊興堂、施捷、沈先標，2009：上海市寶山區空氣中PM₁₀和PM_{2.5}污染狀況分析, 21(6) .
22. http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_zghjcx199902009.aspx