

Outline

1 、 Characteristics of Lidar

2 、 Principle of Lidar

3 、 The applications of Lidar

Objective:

- The indigenous developed 3-D scanning Lidar system is used for air quality monitoring and pollution sources in industrial areas.
- Establish data base of wind resource to enhance the efficiency of Wind Turbines.
- Development of Intelligent self-driving system

NCU Lidar





Fig.1. National Central University (NCU) Lidar system (since 1993)

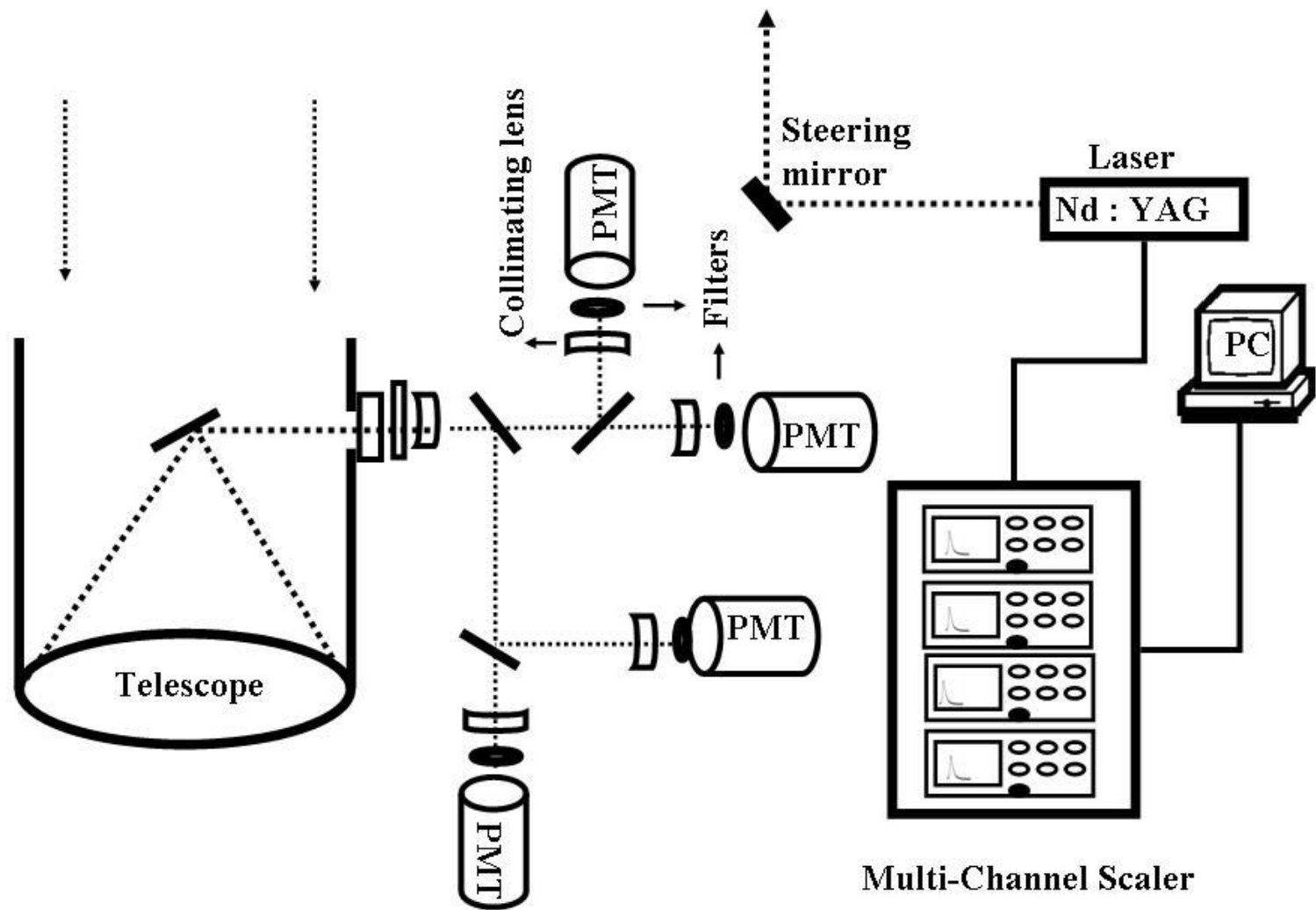


Fig.2. Schematic diagram of Lidar system

光學雷達/光達 (Light Detection And Ranging)

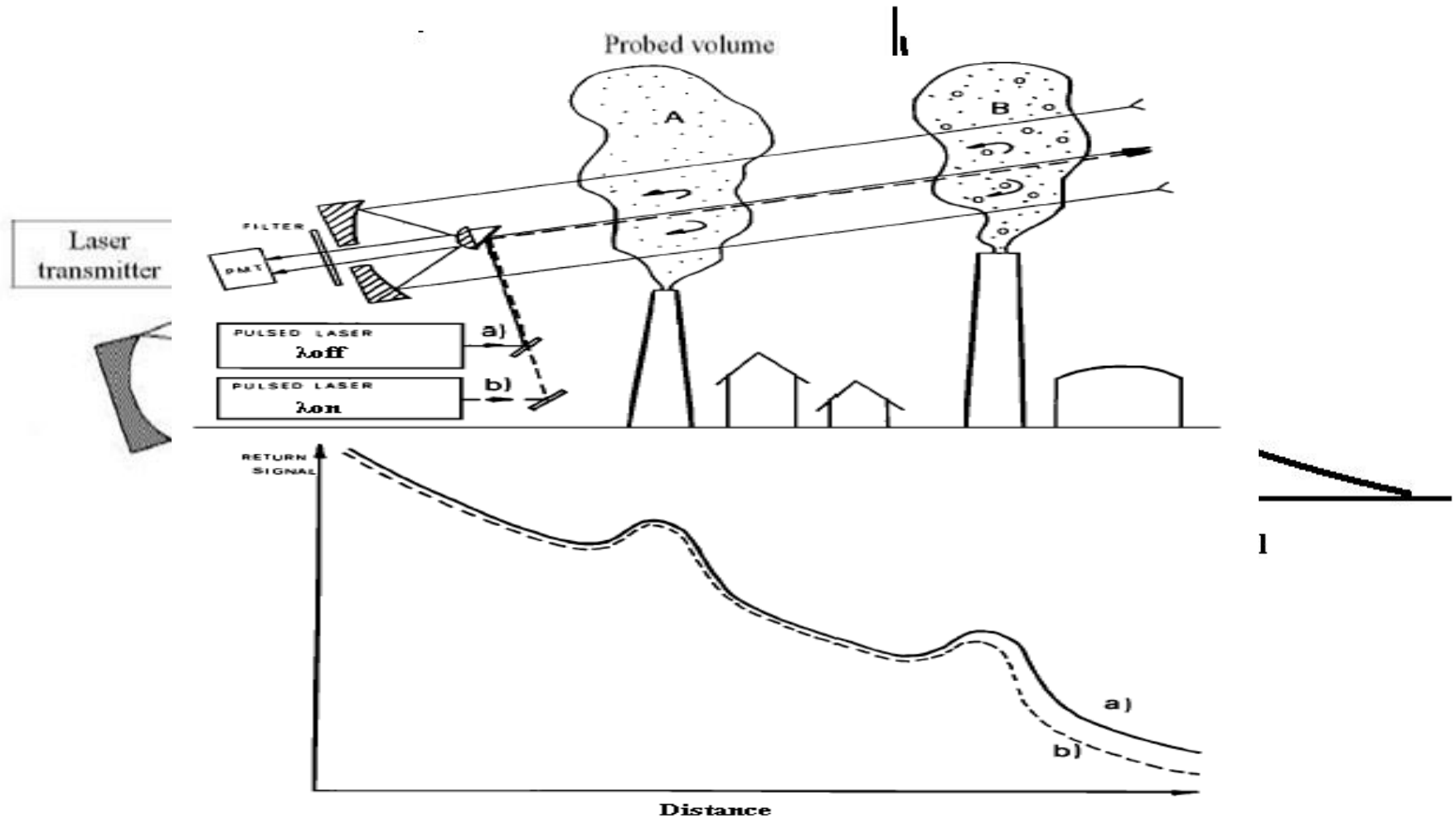


Fig.3 Methodology of lidar





Fig.3. manufacturing process of Lidar

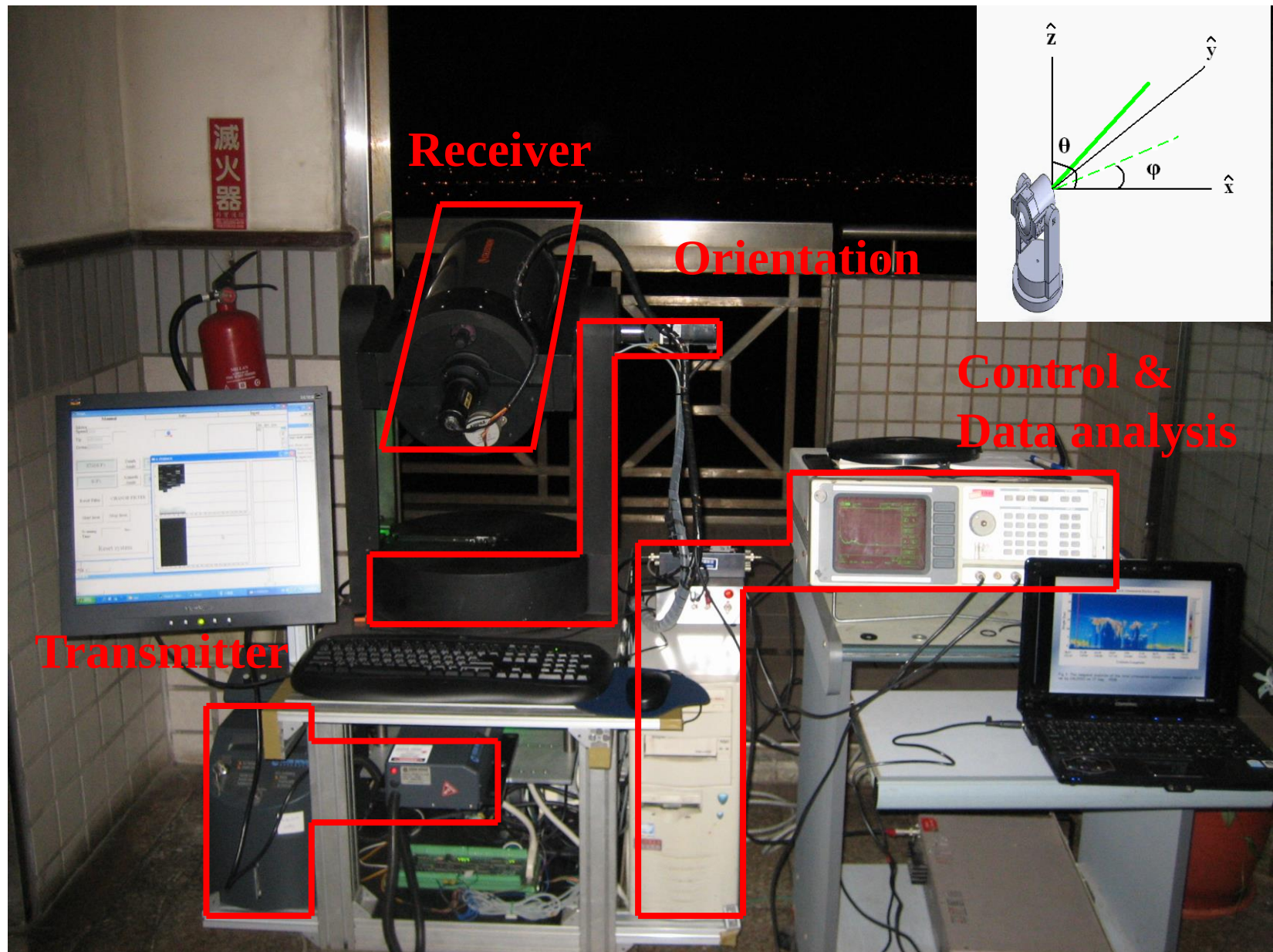


Fig.4. Scanning Raman lidar system

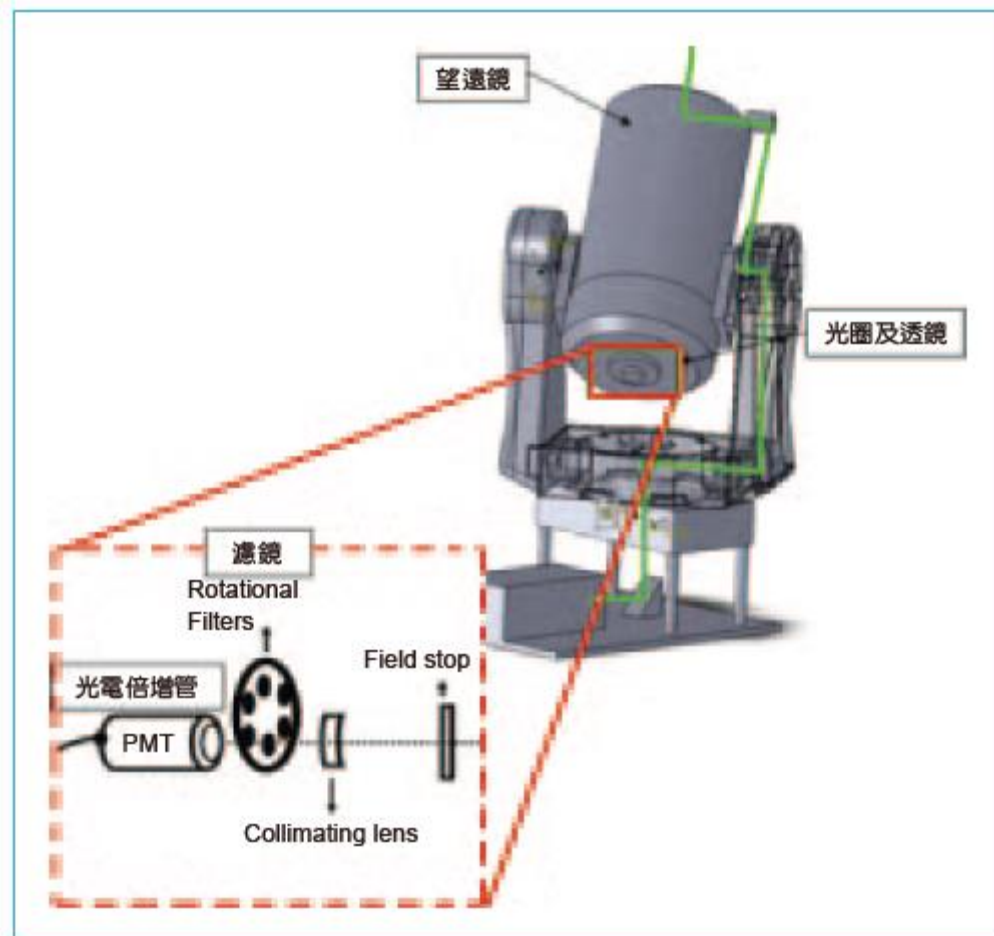
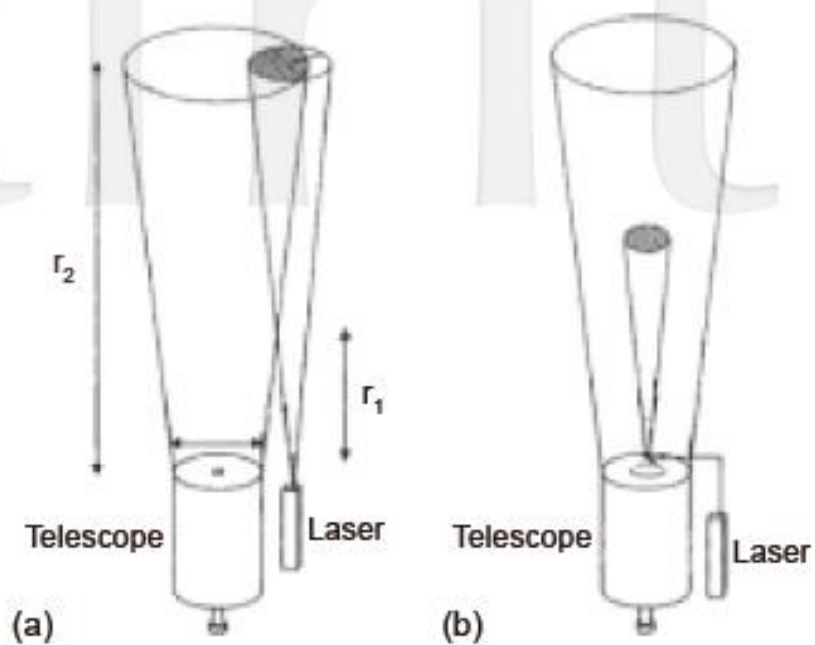
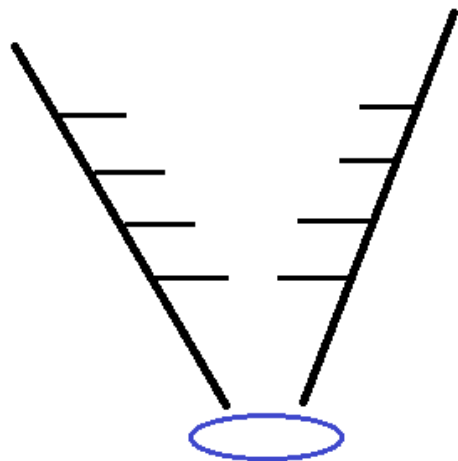
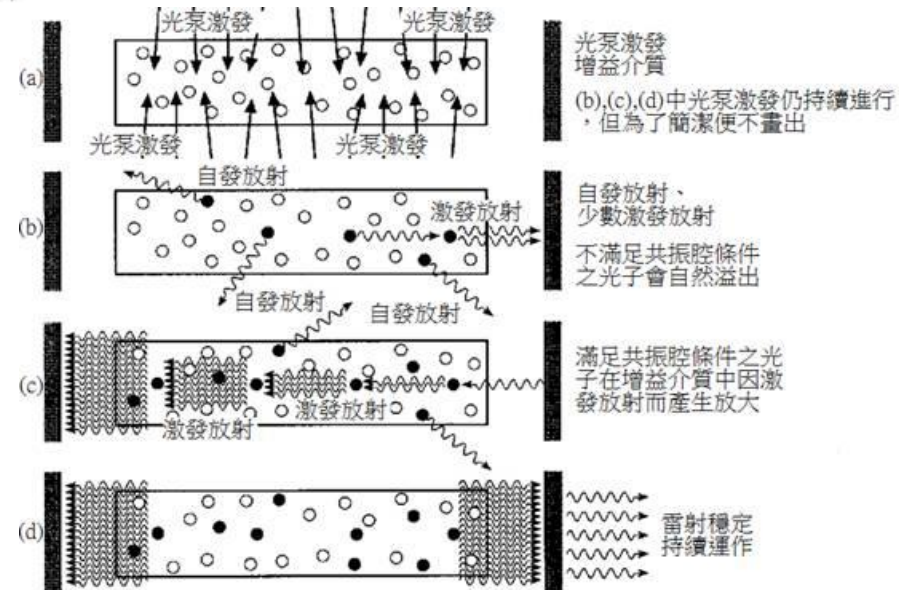
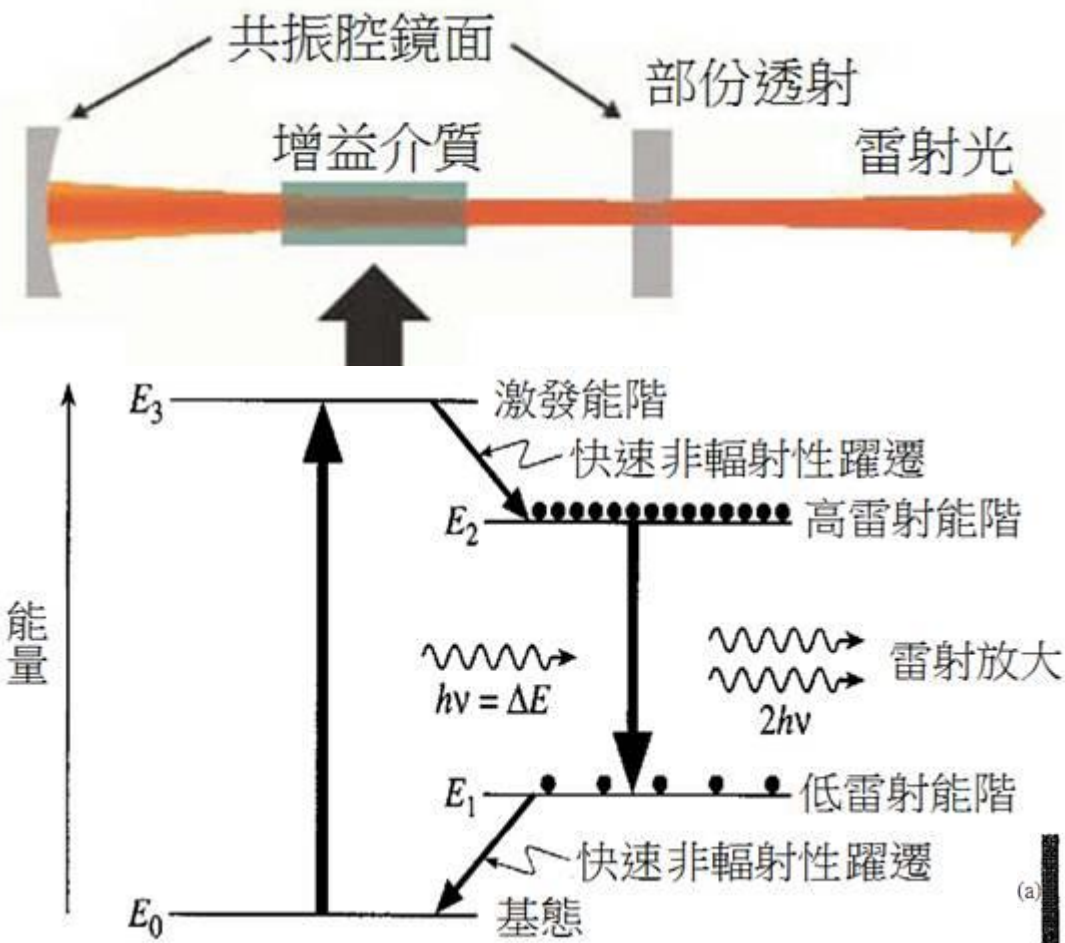


圖 5. 光學雷達系統之觀測視角示意圖。



江 2010 科儀新知

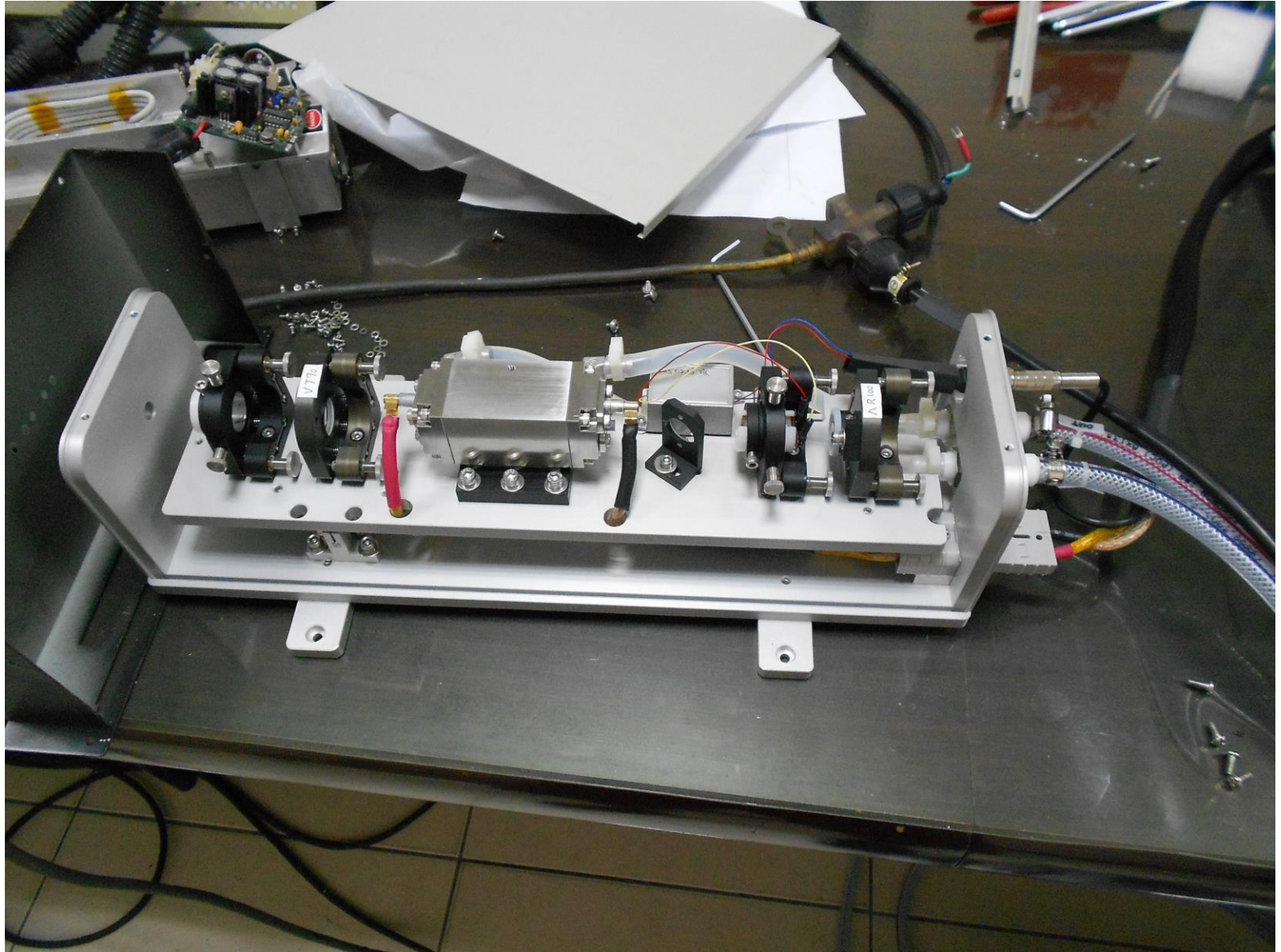
雷射原理

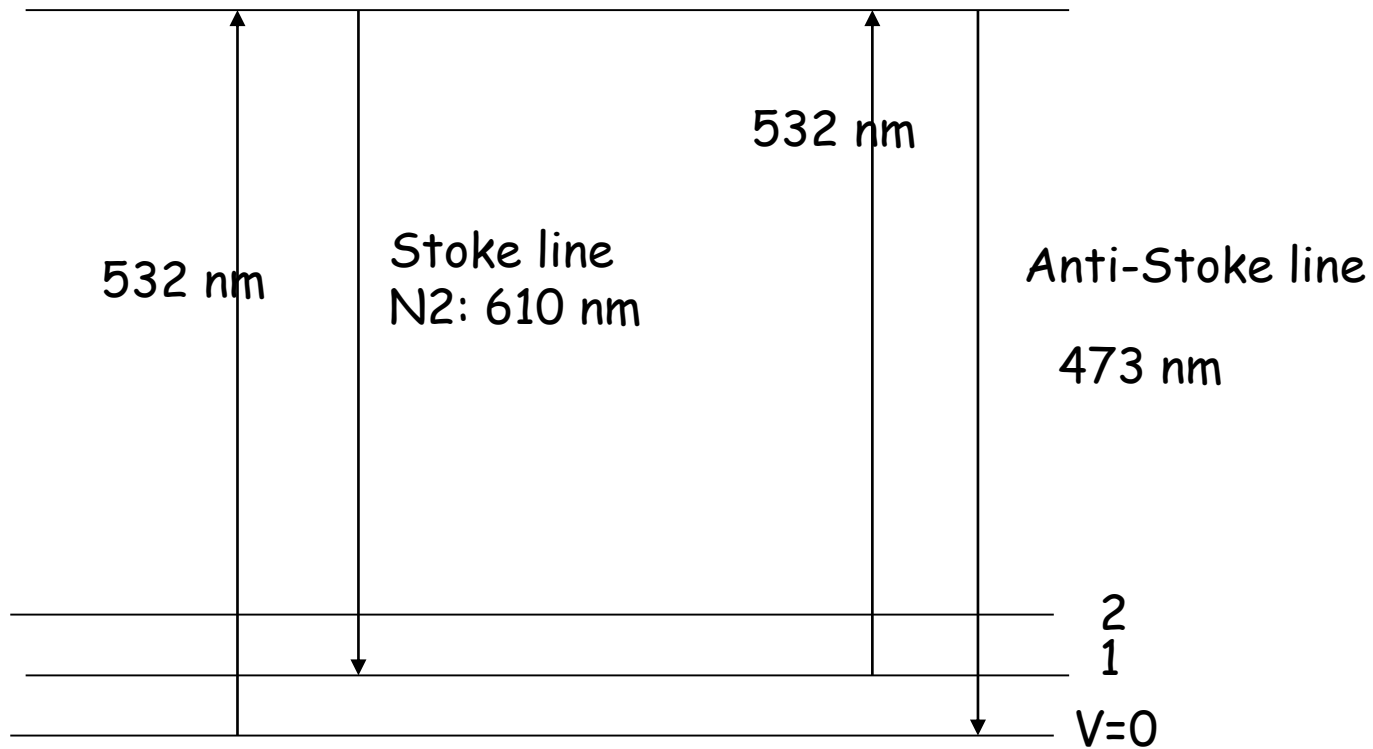


雷射特性

分類	名稱由來	常見	波長
氣體雷射 (Gas Laser)	氣體、氣體離子	氦氖雷射 氬雷射 CO2雷射	632.8 nm (543.5 nm, 593.9 nm, 611.8 nm, 1.1523 μ m, 1.52 μ m, 3.3913 μ m) 454.6 nm, 488.0 nm, 514.5 nm (351 nm, 363.8, 457.9 nm, 465.8 nm, 476.5 nm 10.6 μ m, (9.4 μ m)
染料雷射 (Dye Laser)	光泵：外接雷射、閃光燈 增益介質：染料		390-435 nm 460-515 nm 570-640 nm
固態雷射 (Solid-state lasers)	光泵：半導體雷射、閃光燈、弧光燈 增益介質：紅寶石、Nd:YAG...等	紅寶石雷射 Nd:YAG雷射	694.3 nm 1.064 μ m, (1.32 μ m)
半導體雷射 (Semi-conductor lasers)	泵浦源：電流 增益介質：半導體材料	AlGaAs InGaAsP	0.63-0.9 μ m 1.0-2.1 μ m

Indigenous developed solid state Laser





Raman scattering

Raman Cell

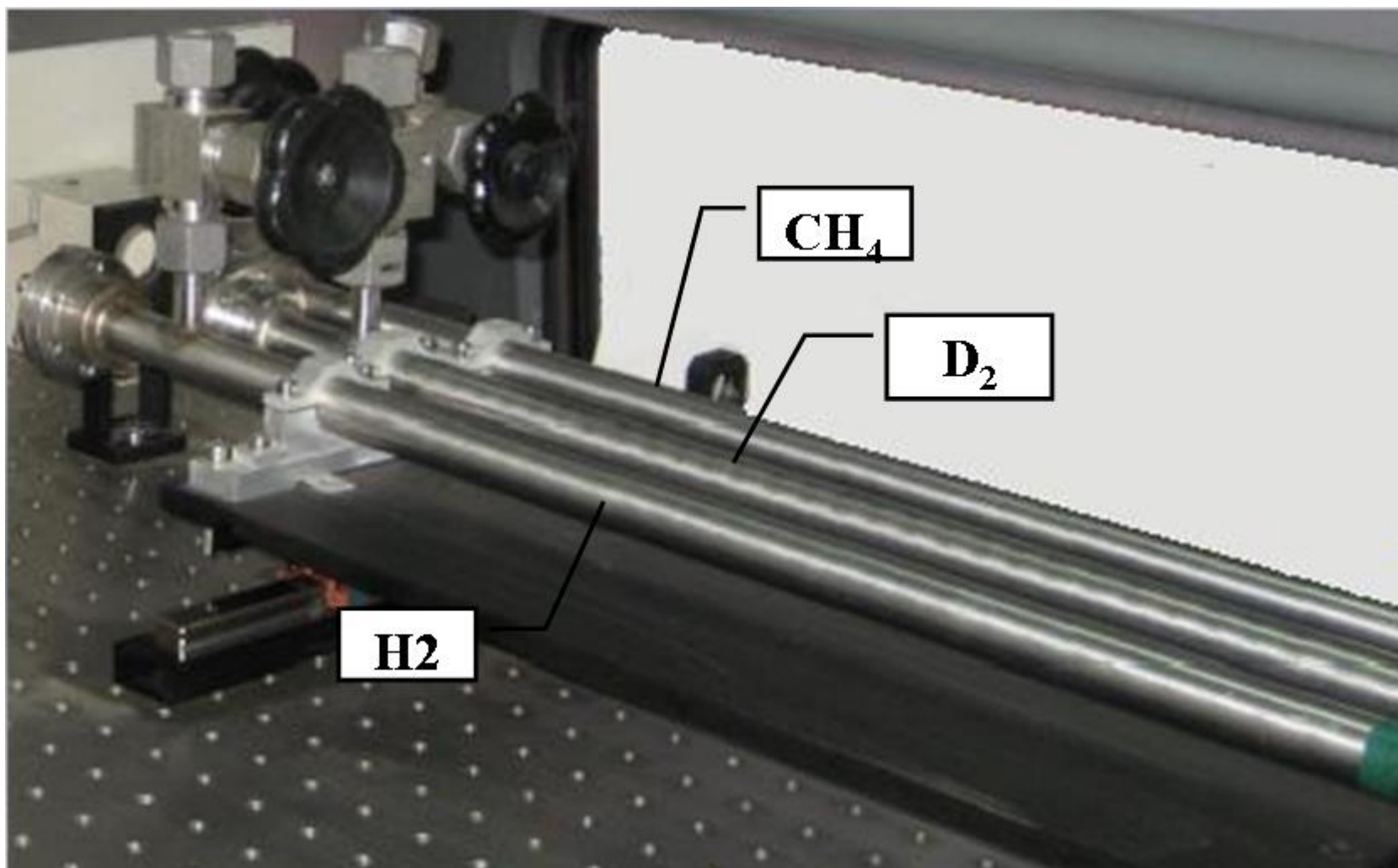


Fig.5. Raman Cell for multi-wavelength

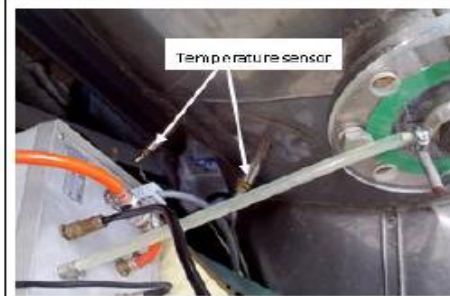


Testing in NTU (I)



Aerosol Calibration

The aerosols concentration measured by the Lidar has been calibrated by Palas powder disperser



Testing in NCU (II)

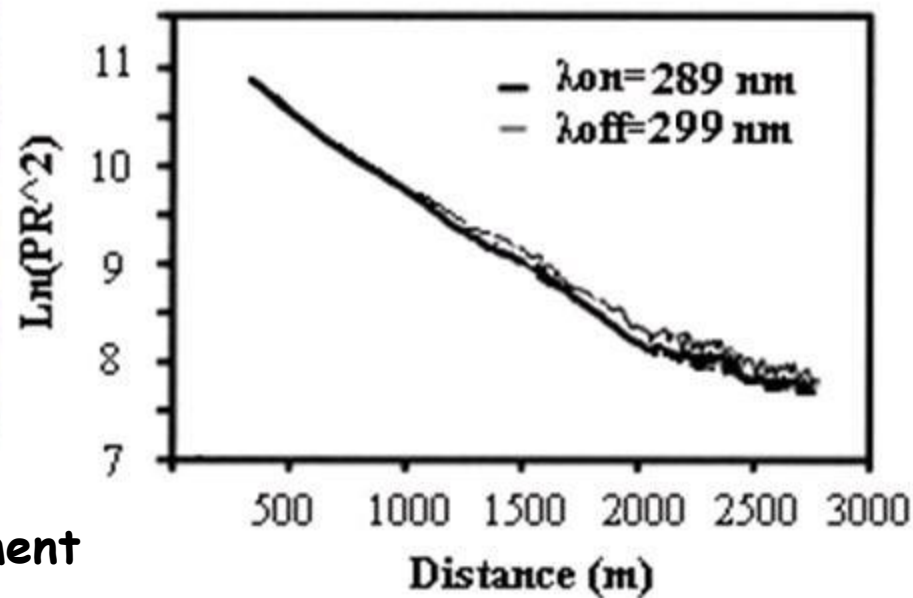
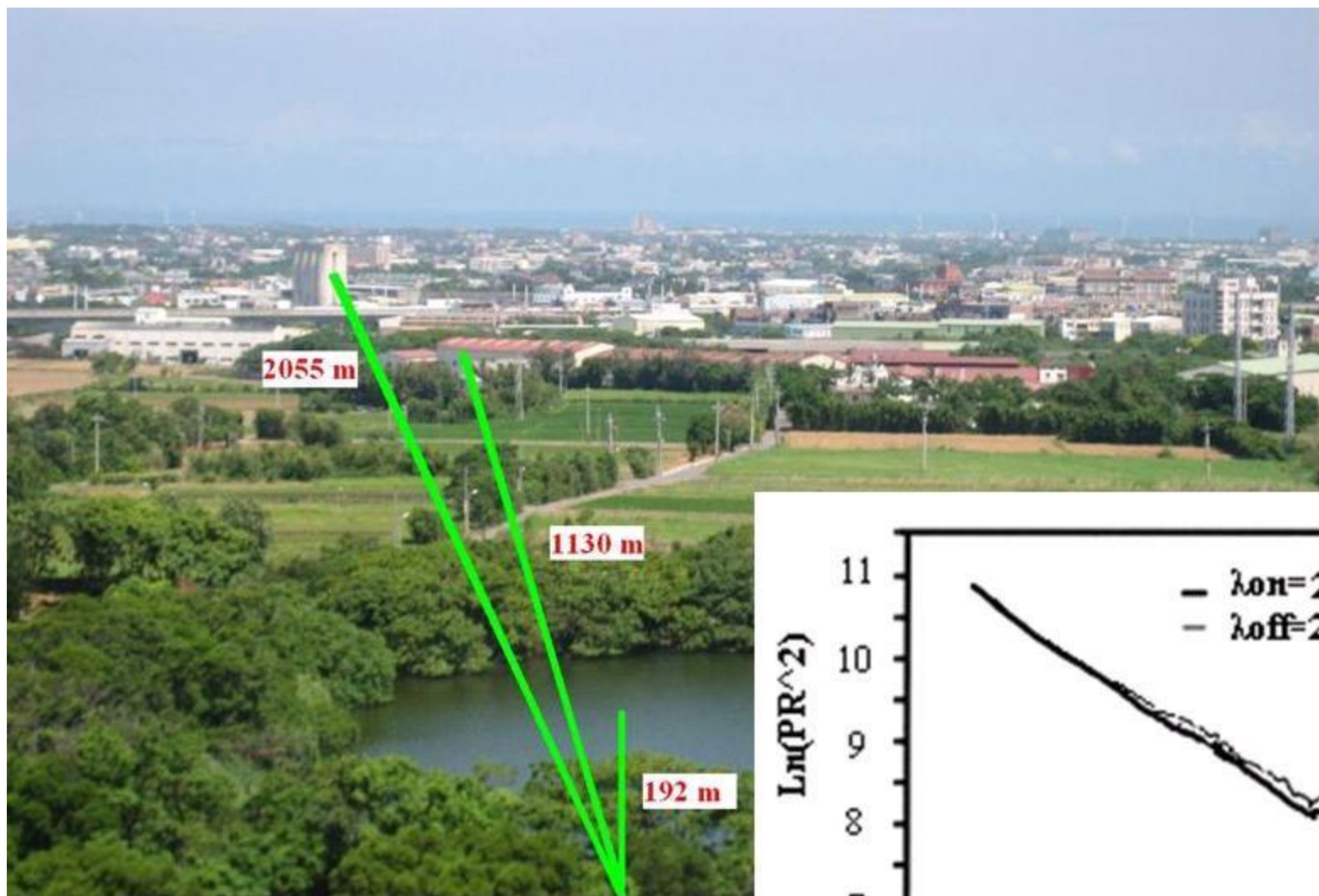
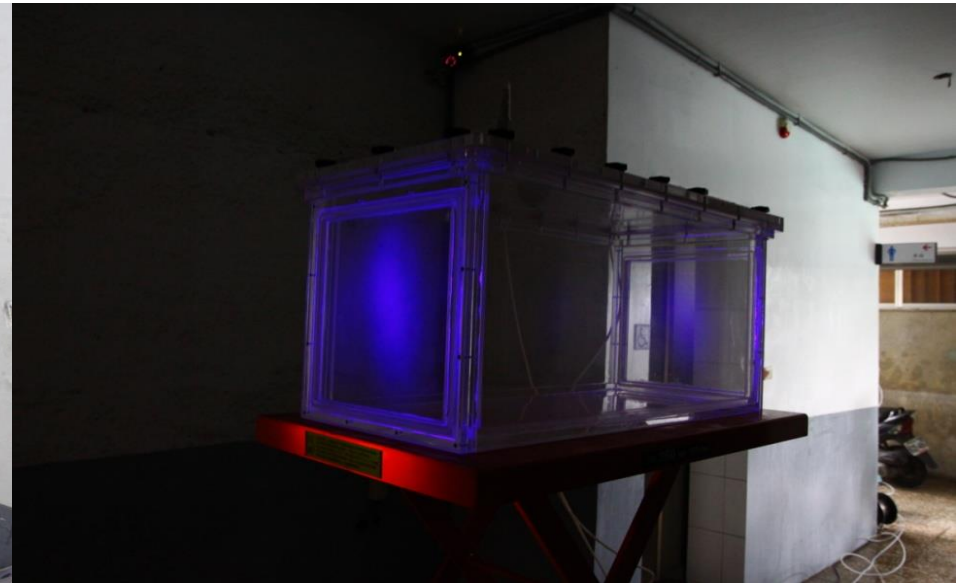
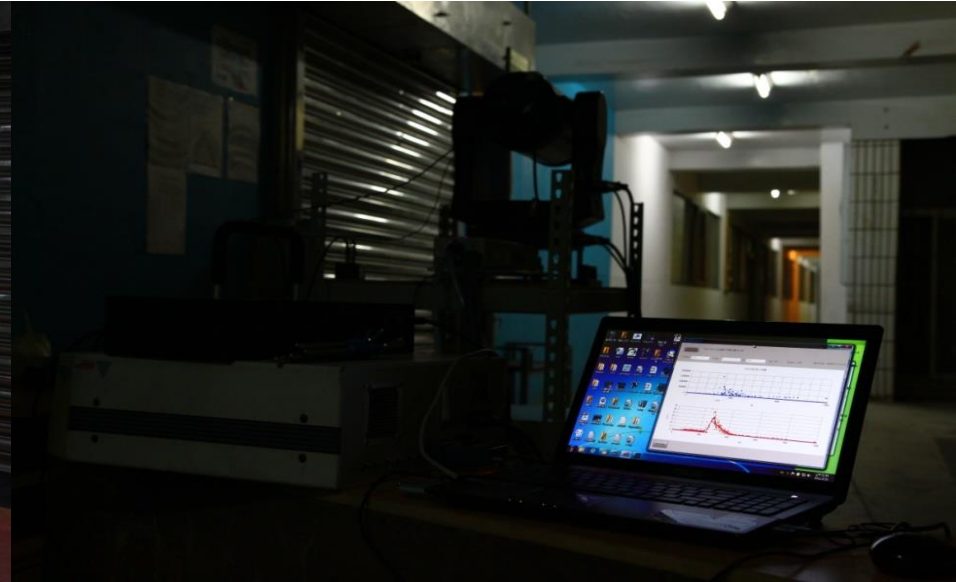


Fig.7. DIAL SO₂ measurement

Testing in KSU (III) SO₂ Calibration

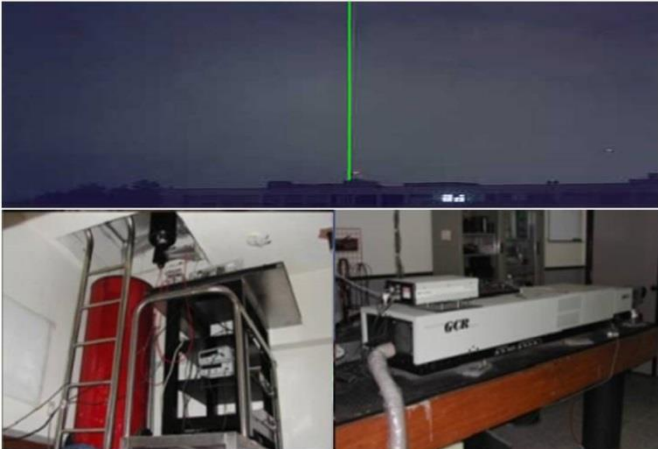


Mobile Lidar (2010/6)

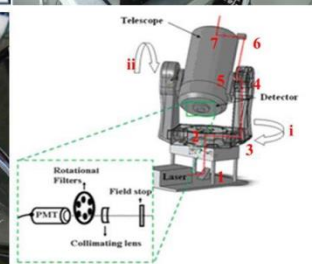
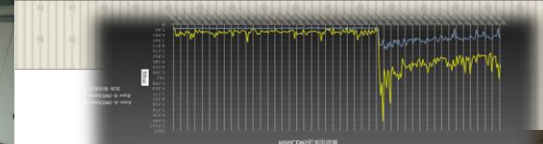
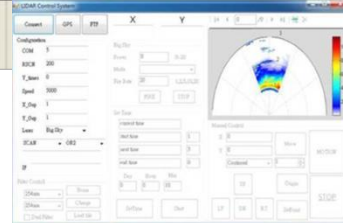








中央大學光學雷達系統~200 kg



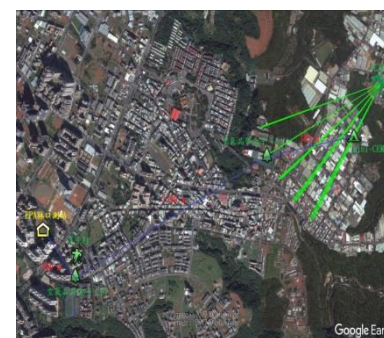
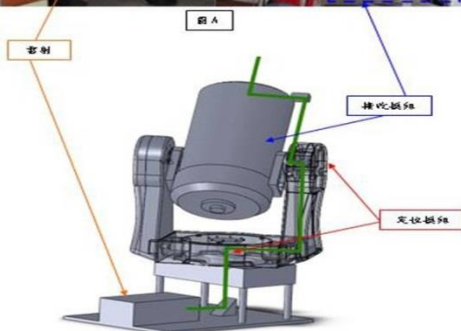
➤ **1993年**中央大學成立光學雷達實驗室，進行對流層至電離層間大氣參數量測

➤ **2010年**迄今協助全台環保單位進行工業區污染監測

➤ **2016年**迄今開發光達系統空氣污染輔助監控系統。



國內光學雷達系統回顧簡介



➤ **2009年**崑山與中央大學合作開發微型化3-D掃描式光學雷達(光達)之雛型機

➤ **2012年**開發污染與風場量測光達系統。

➤ **2017年**空氣污染聯合防治系統

➤ **2019年**車用光達系統

Evolution of lidar system

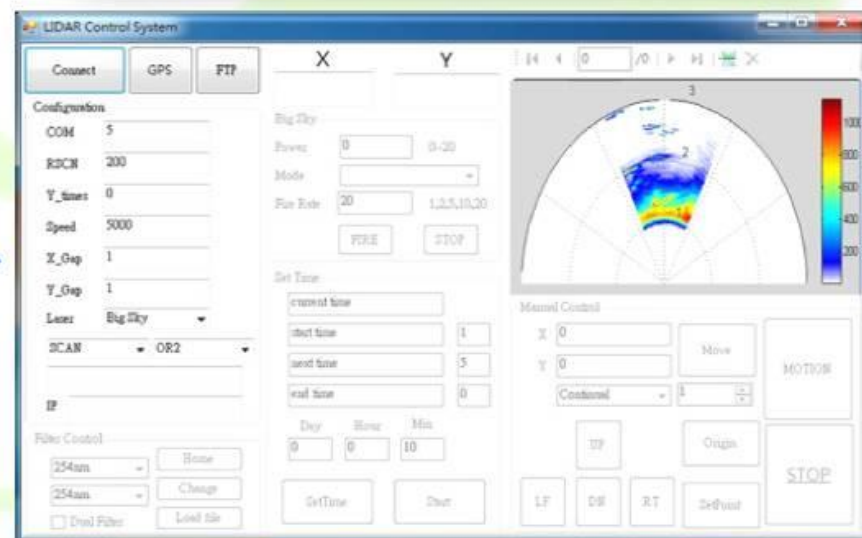
光學雷達機構

- 接收與感測系統
- 定向系統：伺服運動控制
- 發射系統
- 數據處理系統



系統設定參數

- 掃描路徑、範圍
- 掃描之角度(水平角、仰角)
- 掃描之解析度
- 自動操作時間





光達機操作情形



光達機操作情形(II)



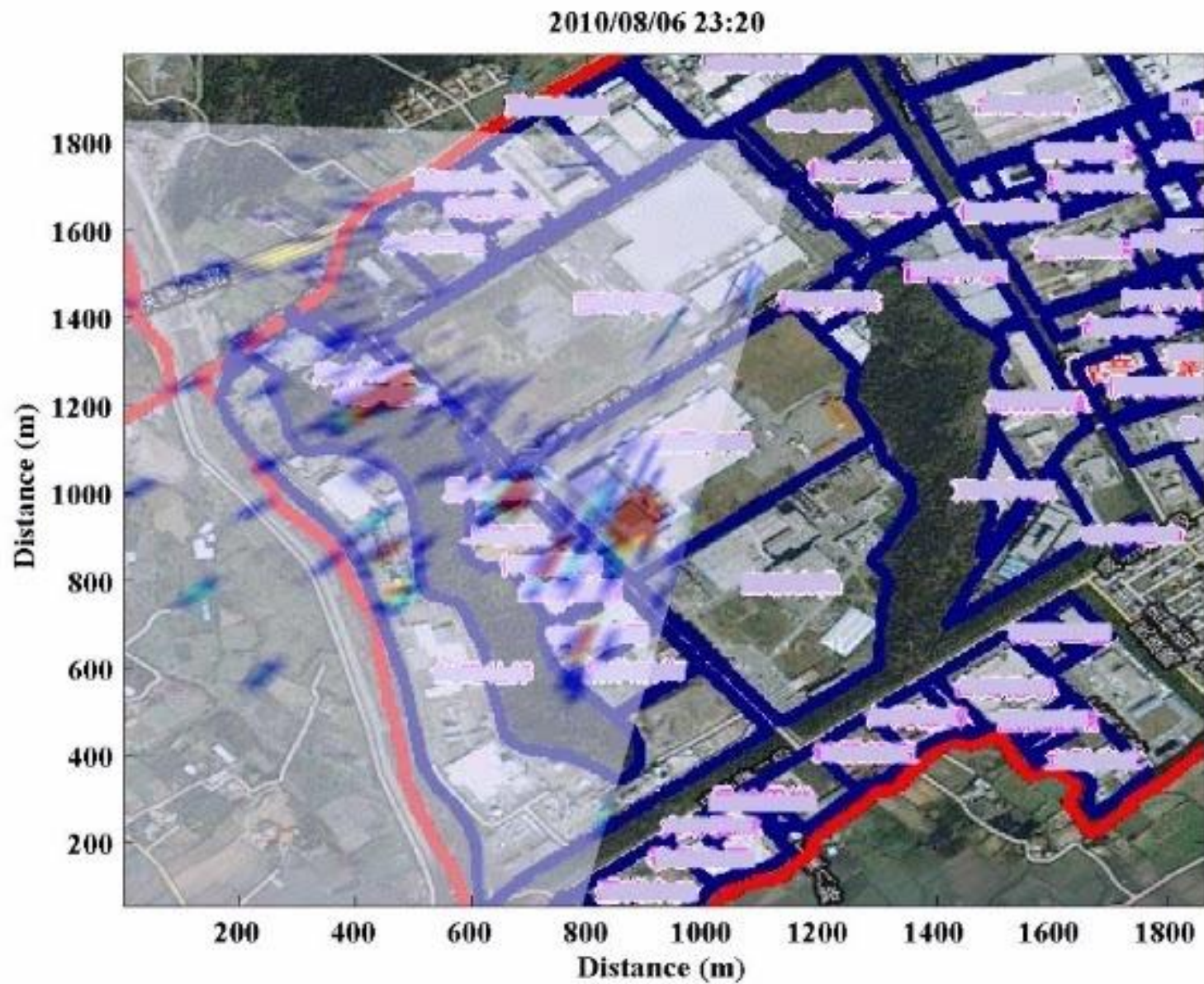
3D光學雷達 空污來源立刻現形



中央大學物理系博士生江智偉（左一）等人研發的3D掃瞄式光學雷達。（記者羅正明攝）

〔記者羅正明／桃園報導〕空氣污染最難監控污染源，國立中央大學物理系學生江智偉等人研發的「3D掃瞄式光學雷達」，可以立體掃瞄污染來源，連當時的風向、風速等影響因子，都能納入考量，並且減少誤差，追出最有可能的污染源，未來可望變成防污利器。研發團隊成員包括江智偉、物理系廖煌時、印度籍學生達斯、化學所楊和蓉、機械所黃建嘉等五人。江智偉說，一年多前，高雄縣大寮鄉發生嚴重空污事件，造成鄰近學校一百多位師生送醫急救，元凶是誰？至今找不到答案，觸動他們投入研發。江智偉說，3D掃瞄式光學雷達主要是把雷射光子打進大氣層中，再利用回波來比對污染源的方位、濃度，整套設備只有二十八公斤重，可以帶著跑、遙測十公里外的污染源，機動性相當強。他說，傳統上要先採集空氣樣本，再送交化驗，無法當場知道結果，這套設備可以快速追蹤污染源，透過比對光譜、波長的差異性，當場確認污染物質成份。江智偉說，現有設備已可確定臭氧、二氧化硫等常見污染物質，加上不同雷射光束後，可以比對出更多污染物質，掃瞄效果也會更好，對空污防治是一大利器。

污染物掃描結果



民視新聞台

晚間新聞

EVENING
NEWS

主播 周康韻

那斯達克
2531.25

3D空污系統 長效全面監控

22:45

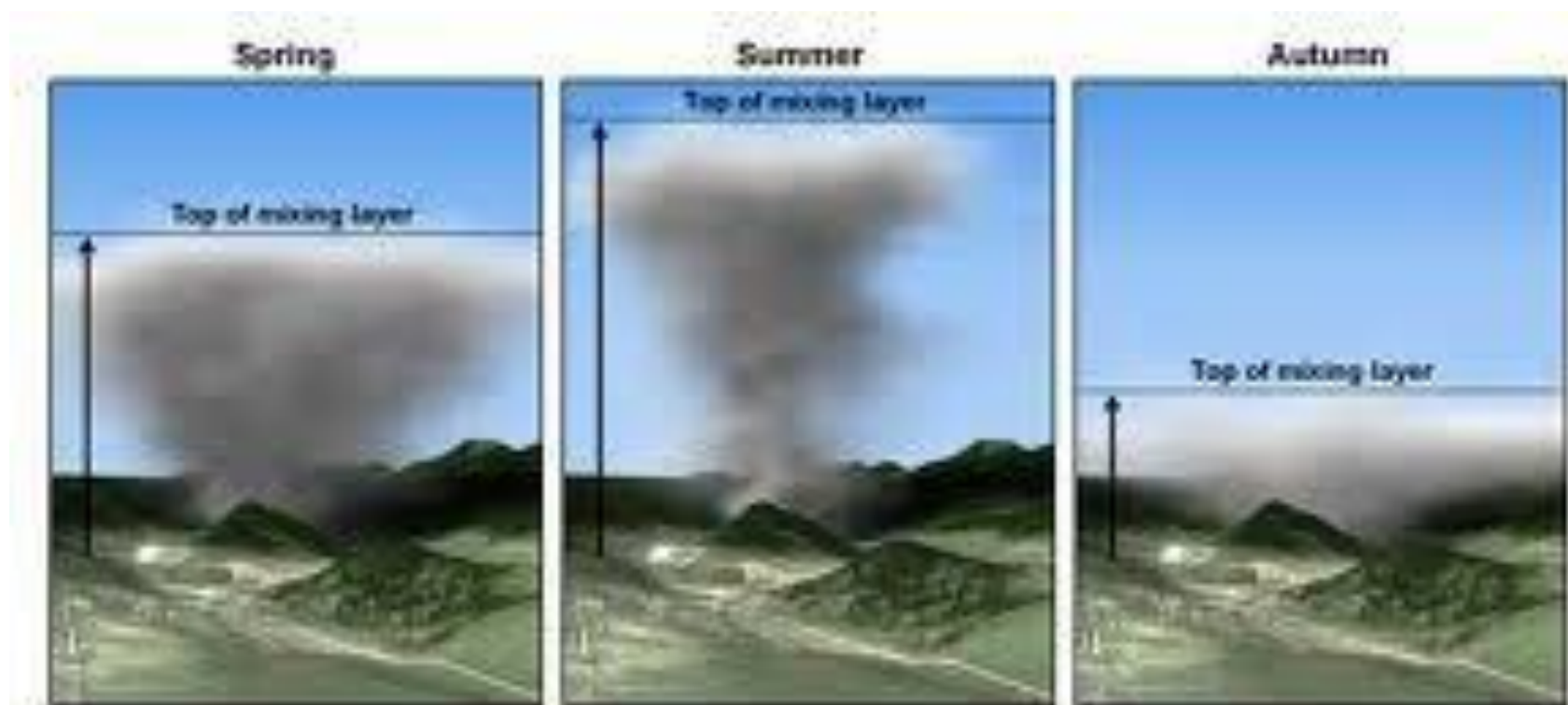
澳洲高球名人賽 澳洲艾普爾比勇奪冠軍



Applications of Lidar

氣象條件：

混合層高度會隨著溫度垂直結構而改變，因此與日夜、季節變化有相關性。混合層高度對於污染物擴散的能力而言，是一項重要指標。



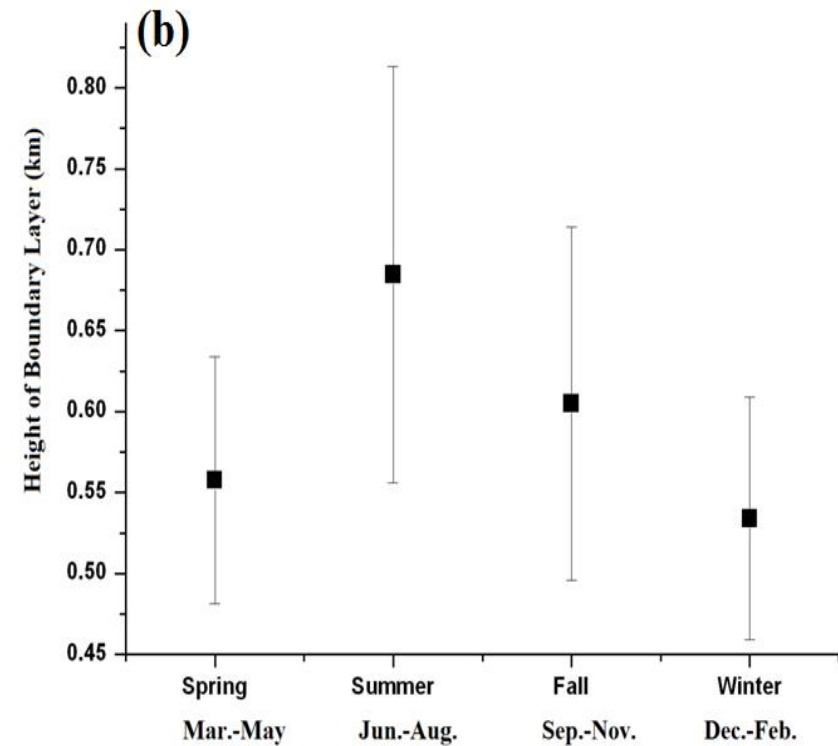
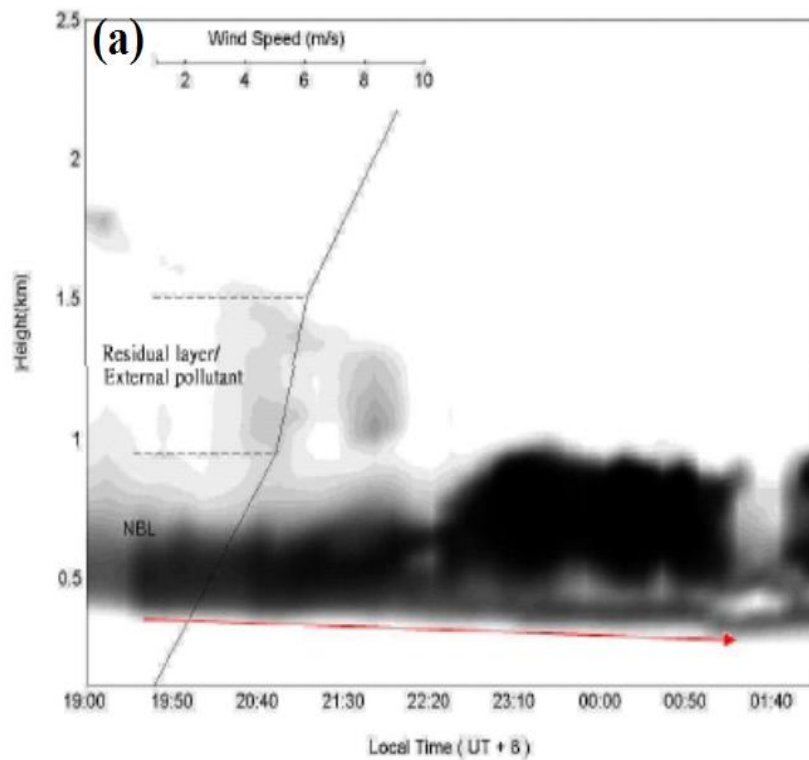
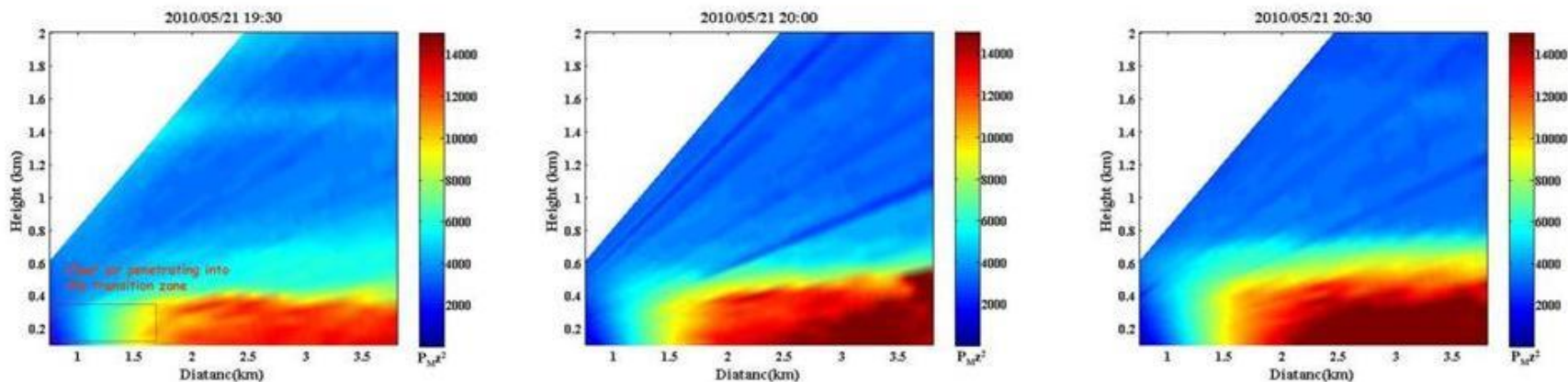
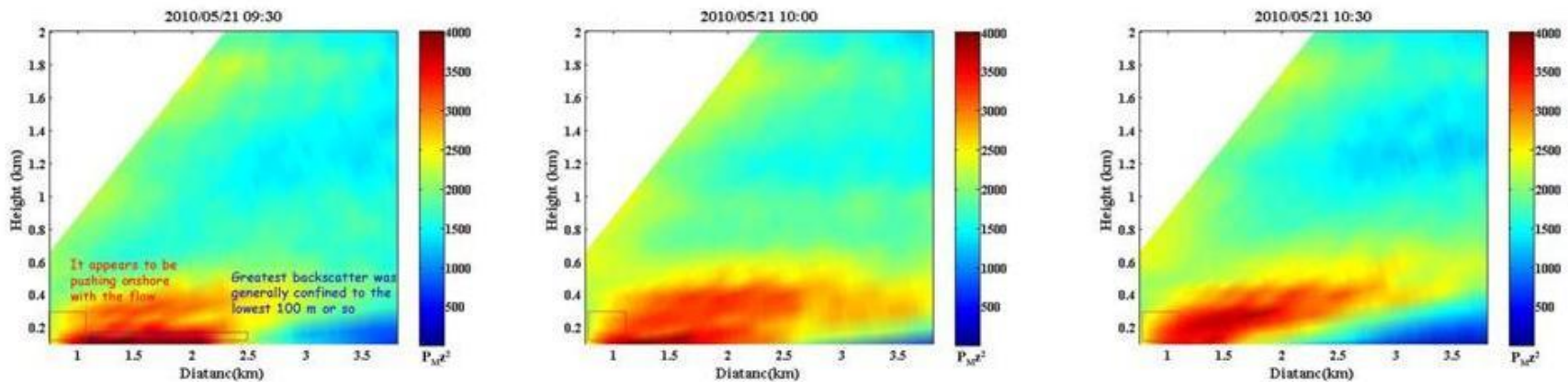


Fig. 5. (a)The time series (b) seasons variation of the heights of boundary layer

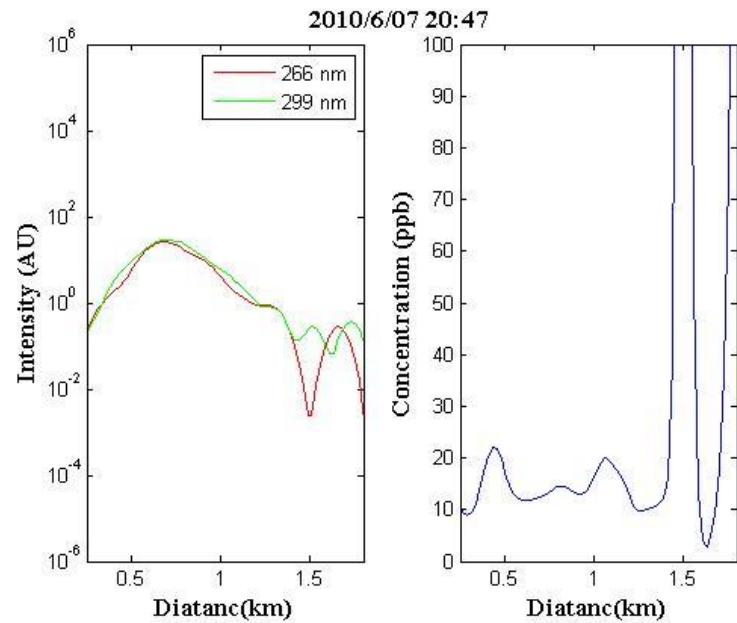
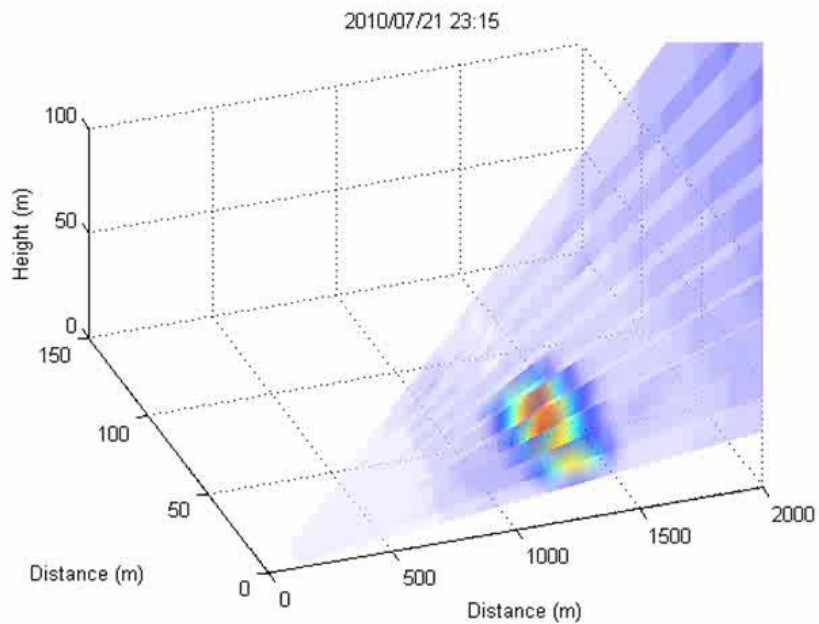
Land breeze



Sea breeze



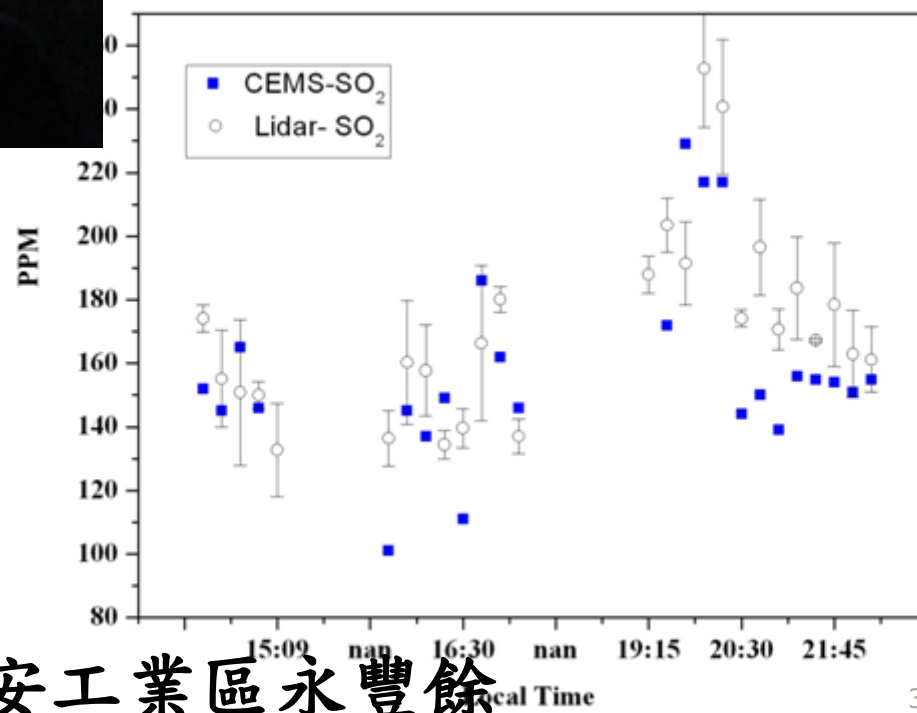
氣膠結構之空間與時間分佈(邊界層&海陸風)



光達監測南亞錦興廠排放管道硫化物之空間分佈



2010/07/29



光達監測永安工業區永豐餘

污染個案-空污資料造假事件

自由時報 電子報
The Liberty Times



自由新聞 影音娛樂 讀者信箱 旅遊玩樂 好康報報 TAIPEI TIMES Blog

首頁 > 北部新聞

2010-11-16

字號: [A] [B] [C] | 留言 | 訂閱 | 轉寄

分享: [Facebook] [P] [Twitter] [0] [Facebook] [0]

深夜排廢氣 3D雷達揪得住

【記者羅正明／觀音報導】想趁深夜偷排廢氣，以後行不通了！桃園縣政府環保局昨天公開最新添購的空氣污染監測利器「3D掃描式光學雷達系統」，不僅能克服夜間難以偵測空污的盲點，新設備還能搬上汽車載著跑，機動性強，心存僥倖者也將無所遁形。

新設備是崑山科技大學、中央大學聯手研發的成果，市面上雖然有類似的光學雷達設備，但體積龐大、重量又重，只能固定在地監測，新設備主機重量不到三十公斤，可以立即搬到污染源附近監測，效果也較好。

新設備日前在觀音工業區進行實測，當場監測到一家工廠利用深夜時段，連續在九個鐘頭內排放四次廢氣，當場被開單告發。

環保局長陳世偉說，新設備主要是利用不同波長的雷射光，即時監測工廠排放的氣體中，是否含有硫化物、氮氧化物、粒狀污染物等主要污染源，設備就定位後，五分鐘內就能監測到數據，第一時間就能派員到廠內稽查，要求提出改善計畫。

環保署在桃園縣各大工業區建置有遠端操控攝影系統，可以在白天攝影監測工廠的排氣實況，但入夜後就派不上用場，有了新設備後，將可突破天候等限制，進行全天廿四小時的監測作業。

技正揪排污造假 追回9億

2011年12月08日 [Facebook] [0] [Twitter] [0]



蘇振昇（左）成功追討近九億元空污費獲表揚。桃園縣政府提供

【吳詠平／桃園報導】桃園縣環保局技正蘇振昇，去年三月接手連續自動監測設施查核工作，發現華亞汽電、永豐餘及南亞等三大公司偽造空氣污染數據，他跟同事歷經一年，比對三業者五年近五百五十多萬筆監測數據，確認三業者偽造數據，並成功追繳近九億元空污費，創下全國首例紀錄。縣長吳志揚記他大功，從技士升任技正，並表揚他是「公務員典範」。

對數字起疑查一年

蘇振昇（三十九歲）昨表示，全靠局內同仁合作，加上環保署及地檢署配合，才順利追繳業者八億八千萬元空污費。環保局長陳世偉則說，蘇技正花一年揪出業者缺失，獲表揚實至名歸。

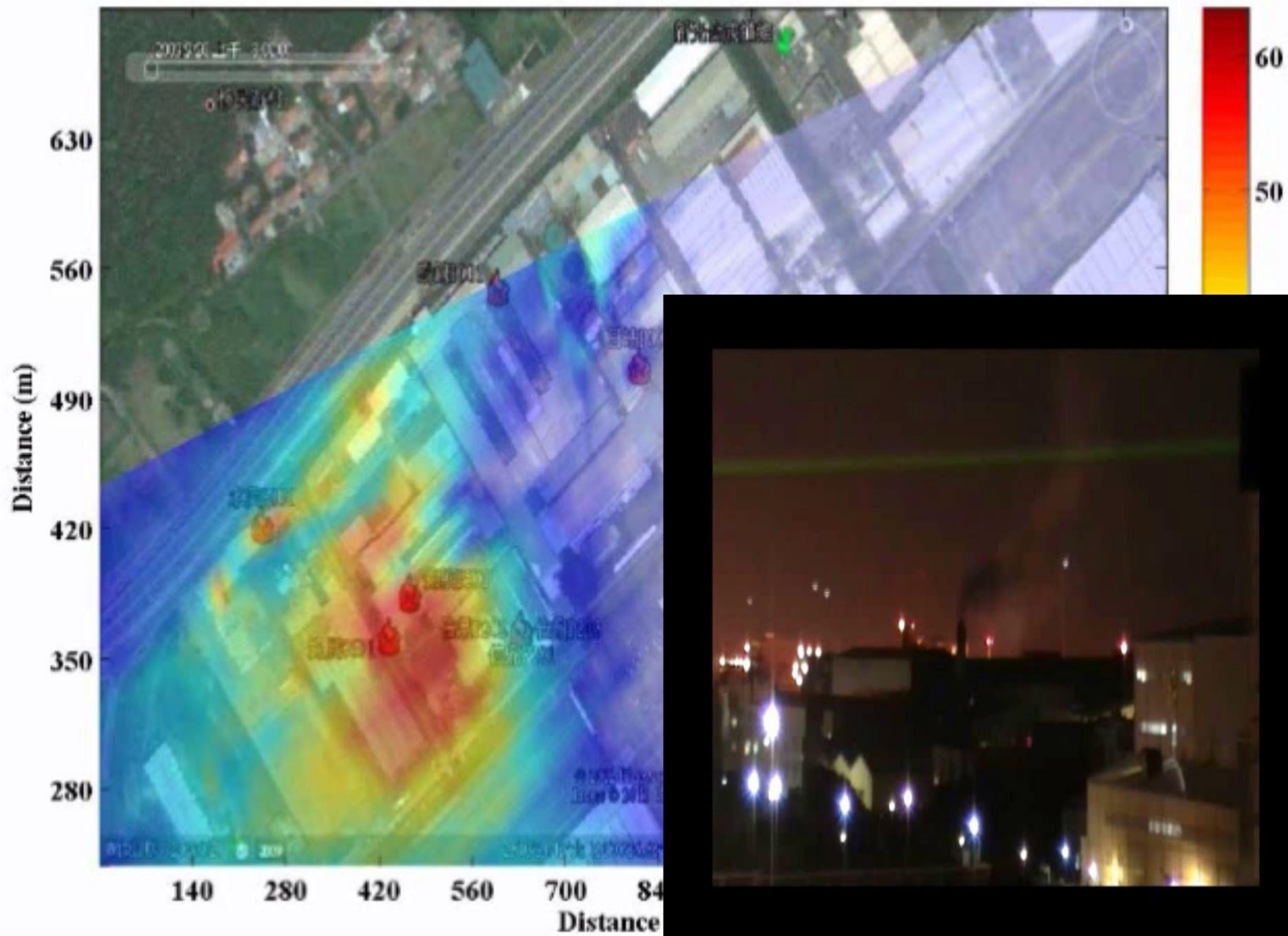
原任環保局技士的蘇振昇，去年三月接辦連續自動監測設施查核，發現部分廠商傳送數據有異，因空污設備操作應該穩定，不正常數字變化讓他起疑。

蘇振昇跟同事調閱三家業者五年內近五百五十多萬筆監測數據及防制設備加藥紀錄，經一年分析比對，至今年四月確認短報空污費情事。華亞汽電廠從二〇〇六年四月起到二〇一一年三月止，短報空污費三億三千萬元，環保局追討兩倍費用六億六千萬元；永豐餘新屋廠連續偽造自動監測數據五年以上，依《空污法》追討差額兩倍費用四千九百餘萬元；南亞錦興廠也被查出短繳空污費，將追繳一億七千餘萬元。

本文特價商品

Air Pollution Events

2012/06/25 22:04



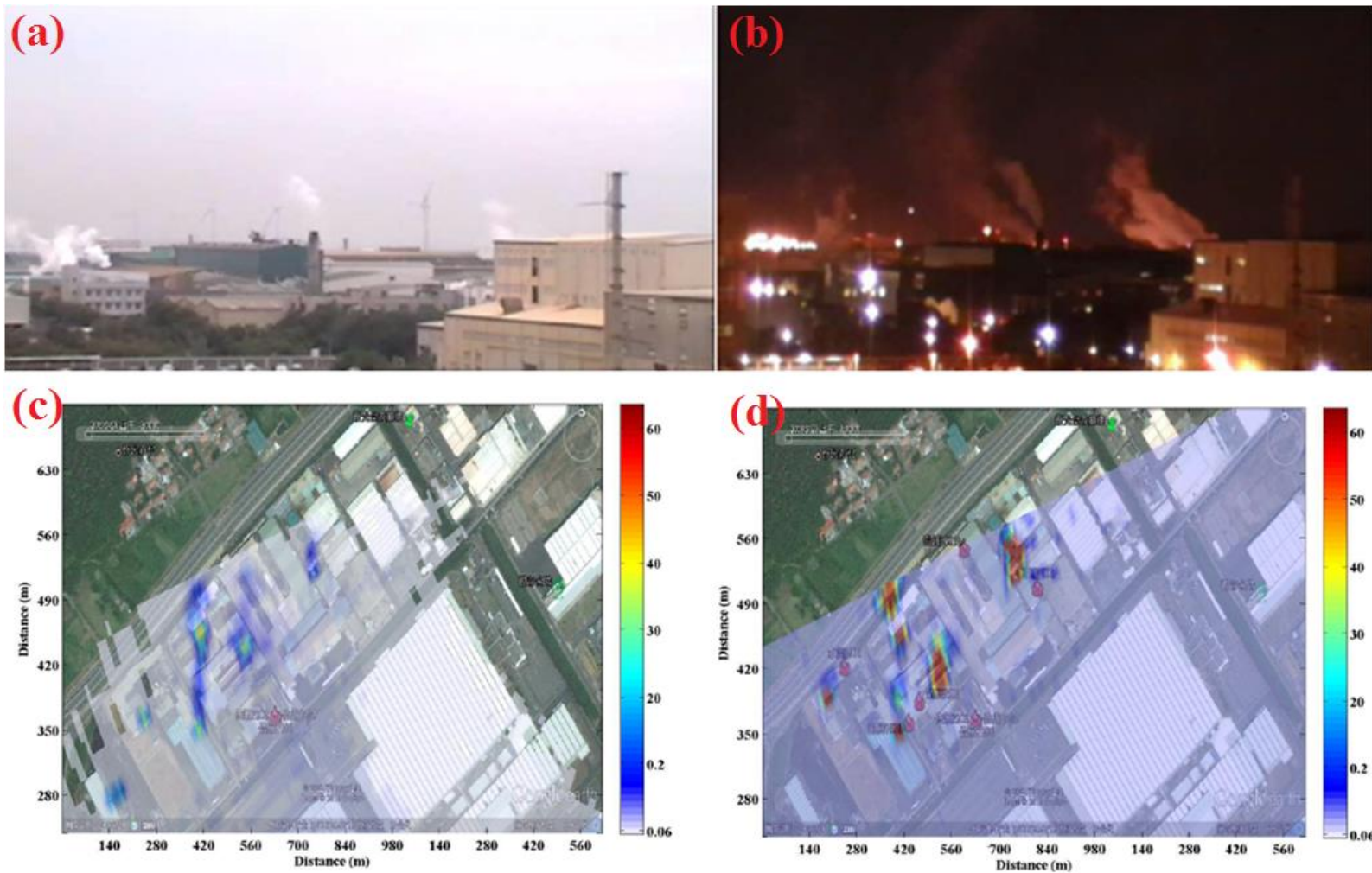
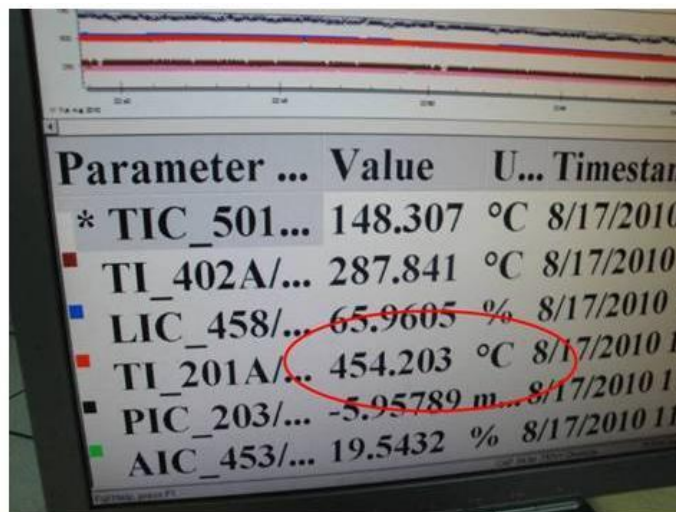


Fig. 8 : (a)-(b)Scene photos and (c)-(d) lidar scanning results overlapped on topographical map .

藉由3-D光達監測高潛勢工業區之污染源，並透過
現場稽查管制，查核出工廠違反法規之情事。



稽查人員現場稽查之違法事證。

違反操作程序開罰：（人為因素、嚴重過失）

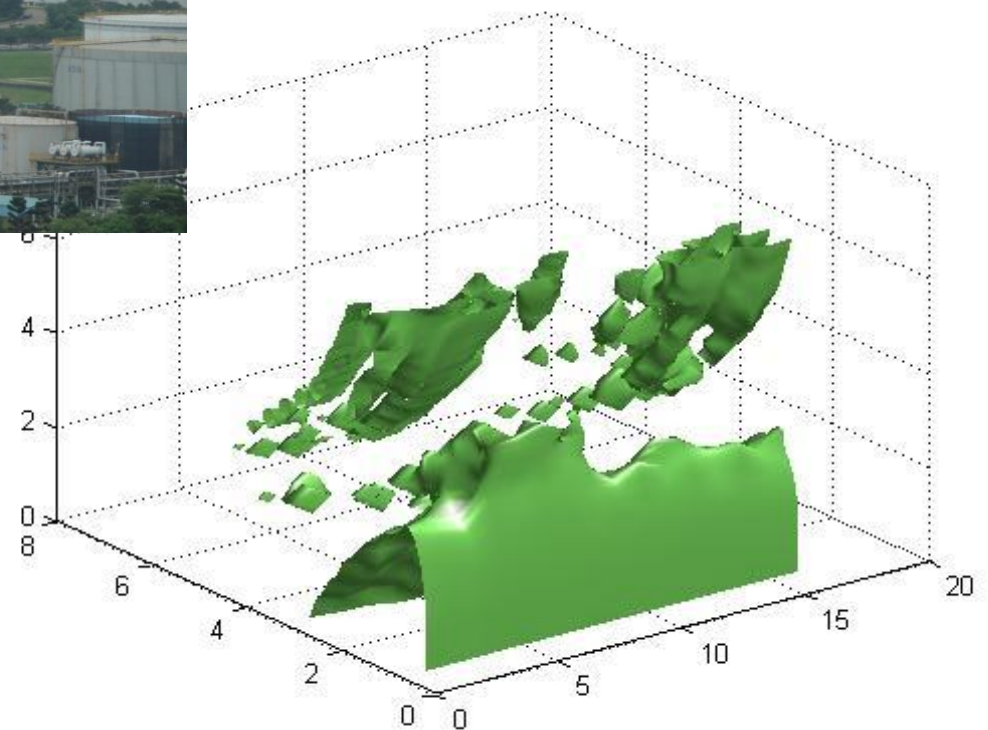
- *袋式集塵器Bypass

- *吸收塔加藥不足（僅許可的1/4）

- *未達操作溫度即處理高含氯之廢液（DIOXINS）

- *CEMS排放管道氯化氫>100PPM以上

- *濃濃白煙排放



• **Fig. 7 : Spatial distribution of plume near a petroleum refinery from mobile lidar scan**

Flare (A201) ISCST3-PRIME mode

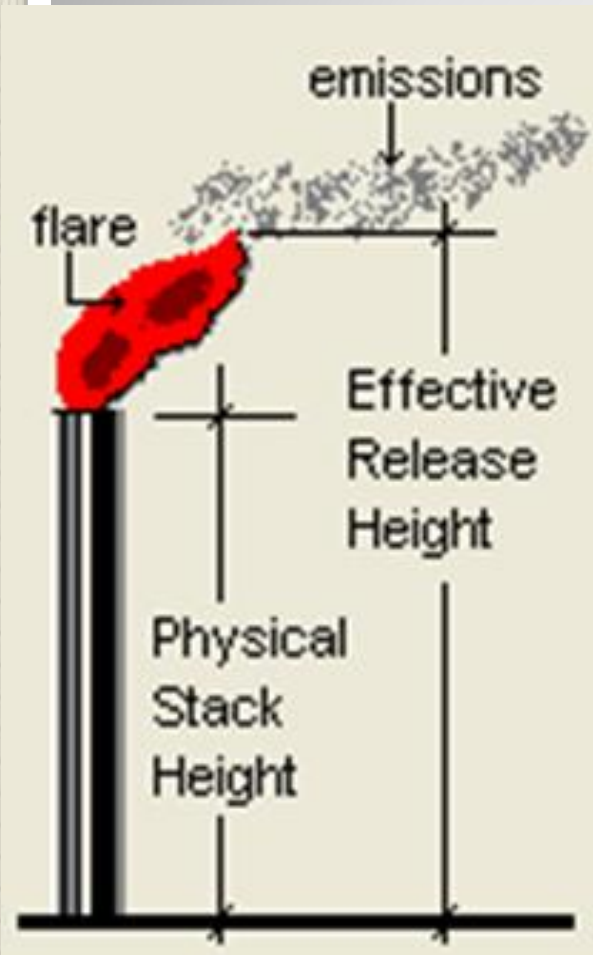
- Beychok(1979) :

$$\text{Effective Flare Height} = \text{HSTK} + (0.00456) \times (\text{THR})^{0.478}$$

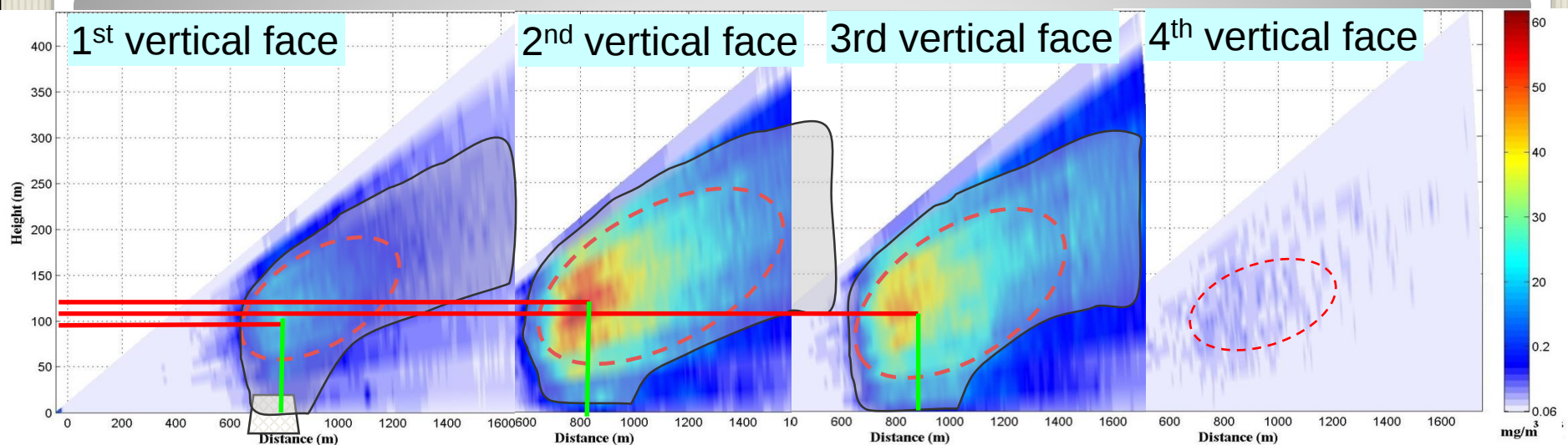
$$\text{Pseudo Flare Diameter} = 0.000998 \sqrt{\text{THR}}$$

HSTK = Flare Height

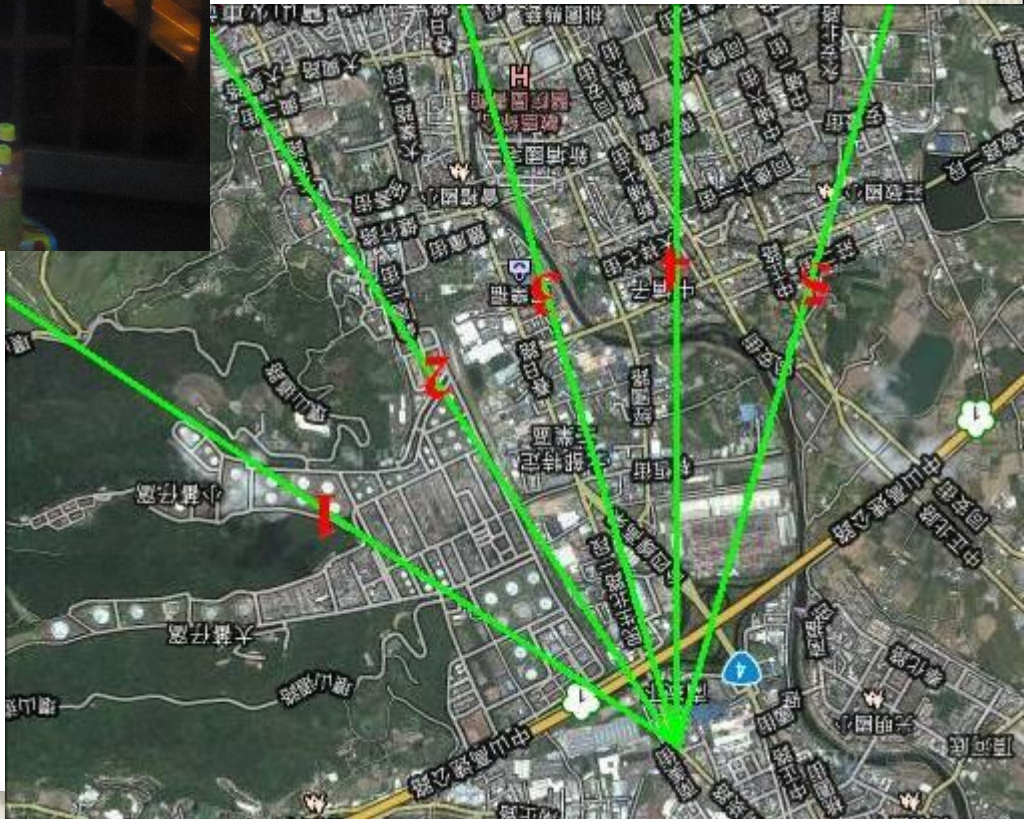
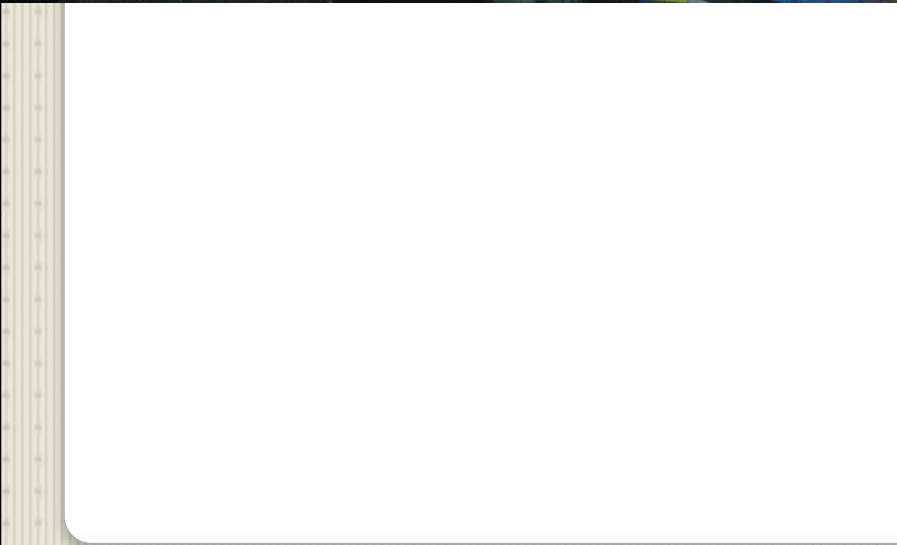
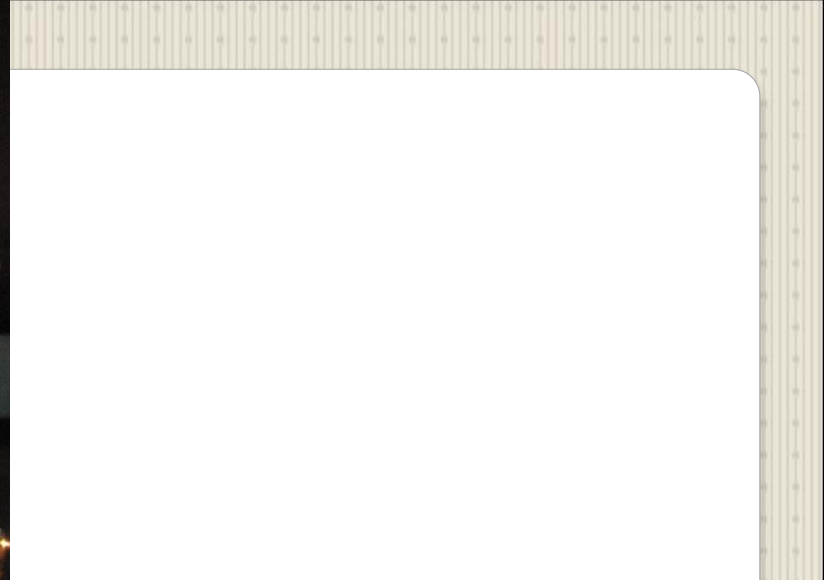
THR = Flare Total Heat Release (cal/sec)



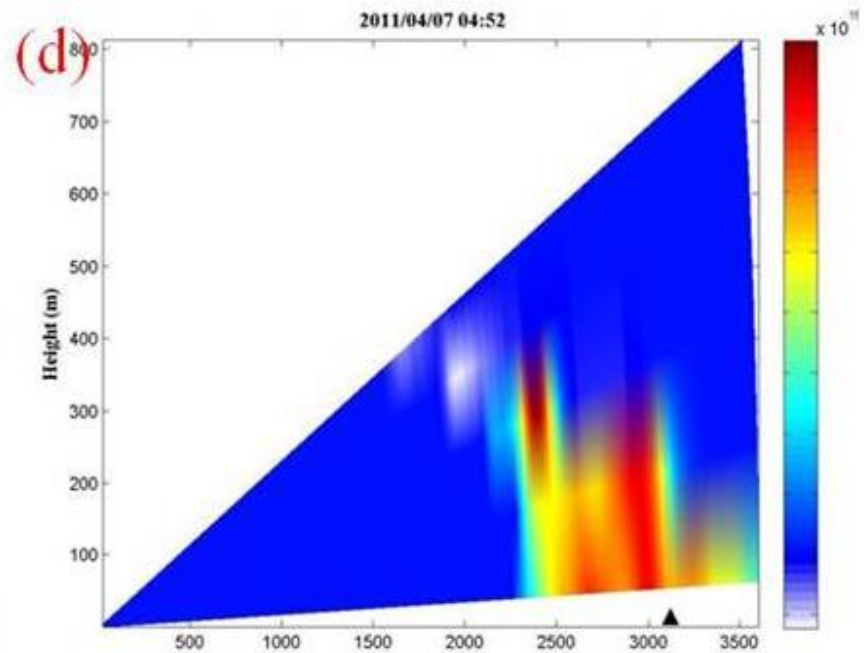
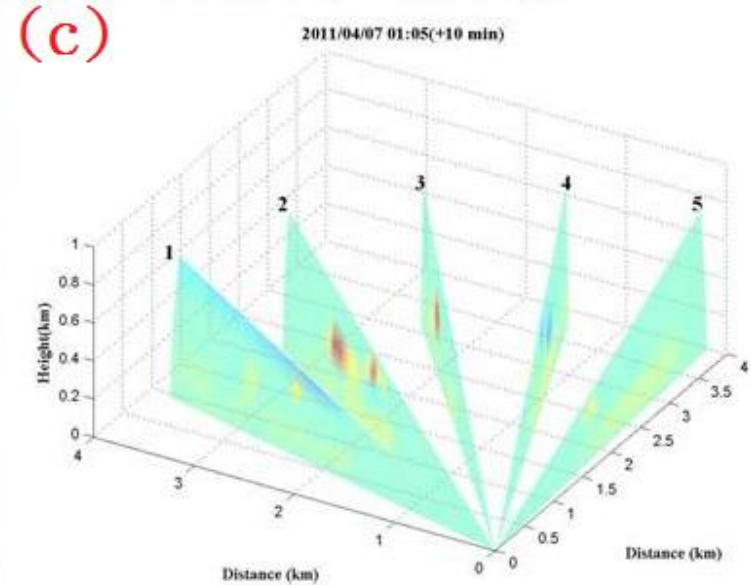
Flare Parameter		A201
Total air flow	Volume flow (Nm ³ /hr)	5609.5
	Volume flow (kg/hr)	2884.1
Flare height	(m)	123
Fire height	(m)	11.68
Total thermal emission rate	(Joule/sec)	56597642.87
Fire Temperature	(K)	1273
Flare exit velocity	(m/sec)	20
Flare effective diameter	(m)	2.42
Combustion efficiency	(%)	96.5
Recovery	(%)	95
Emissions	(g/sec)	1.402



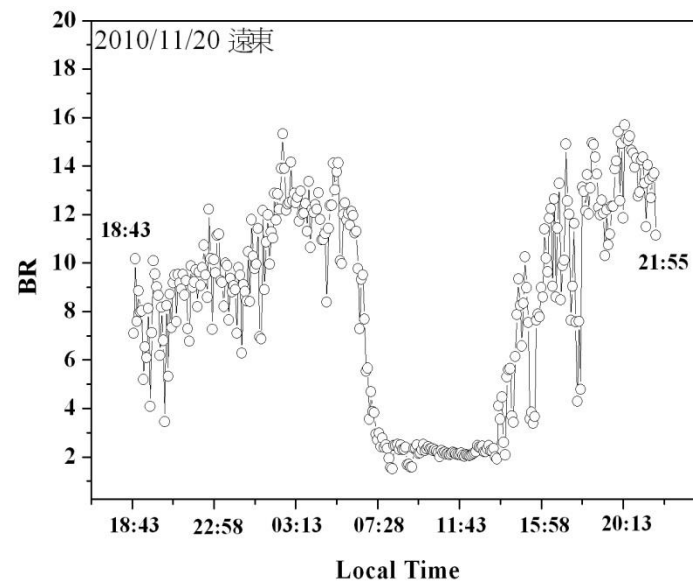
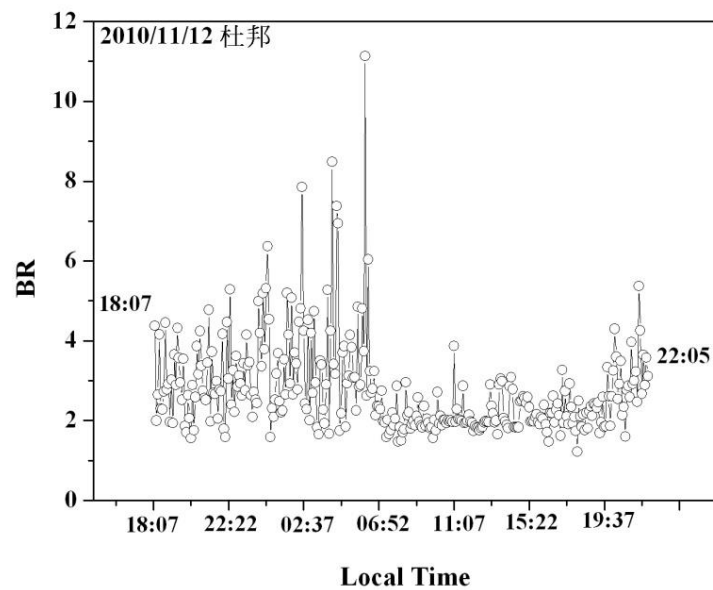
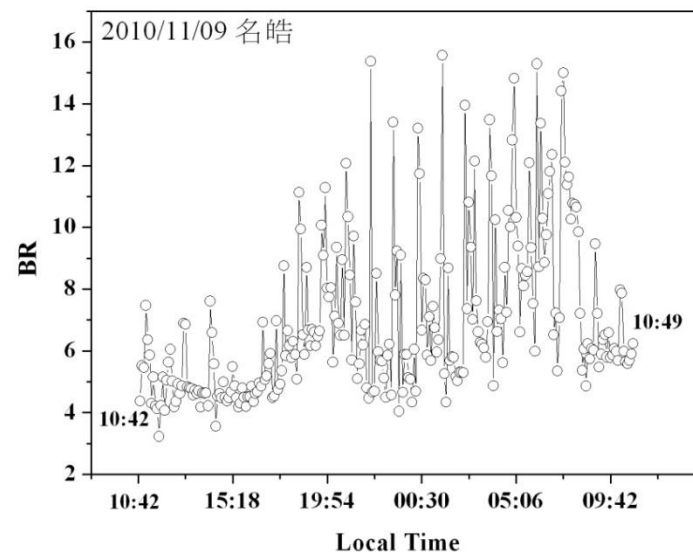
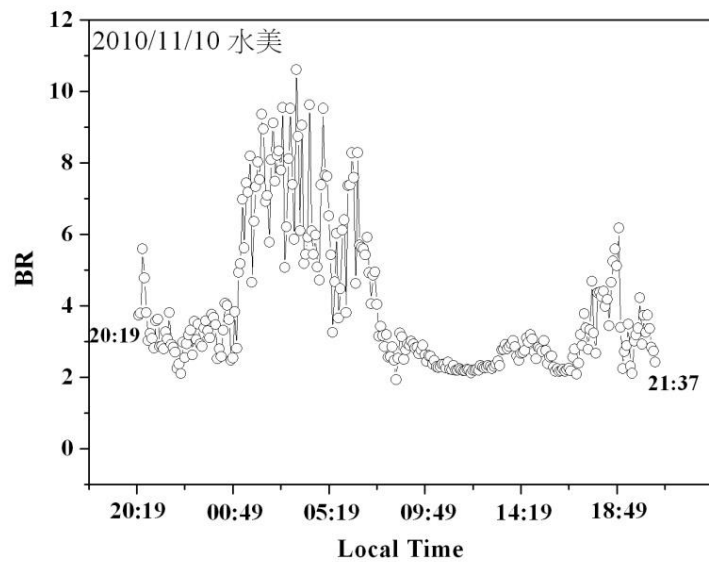
Item \ Method	3D-Lidar	ISCST3-PRIME
Observation/ simulation	A201	
Flare Height (H _s)	123	
Plume Rise (Δh)	10~70	11.68
Effective chimney height (H _s +Δh, m)	133~193	134.68
The descending distance of maximum concentration (m)	>950	750~1500



光達與檢測儀器之結合應用



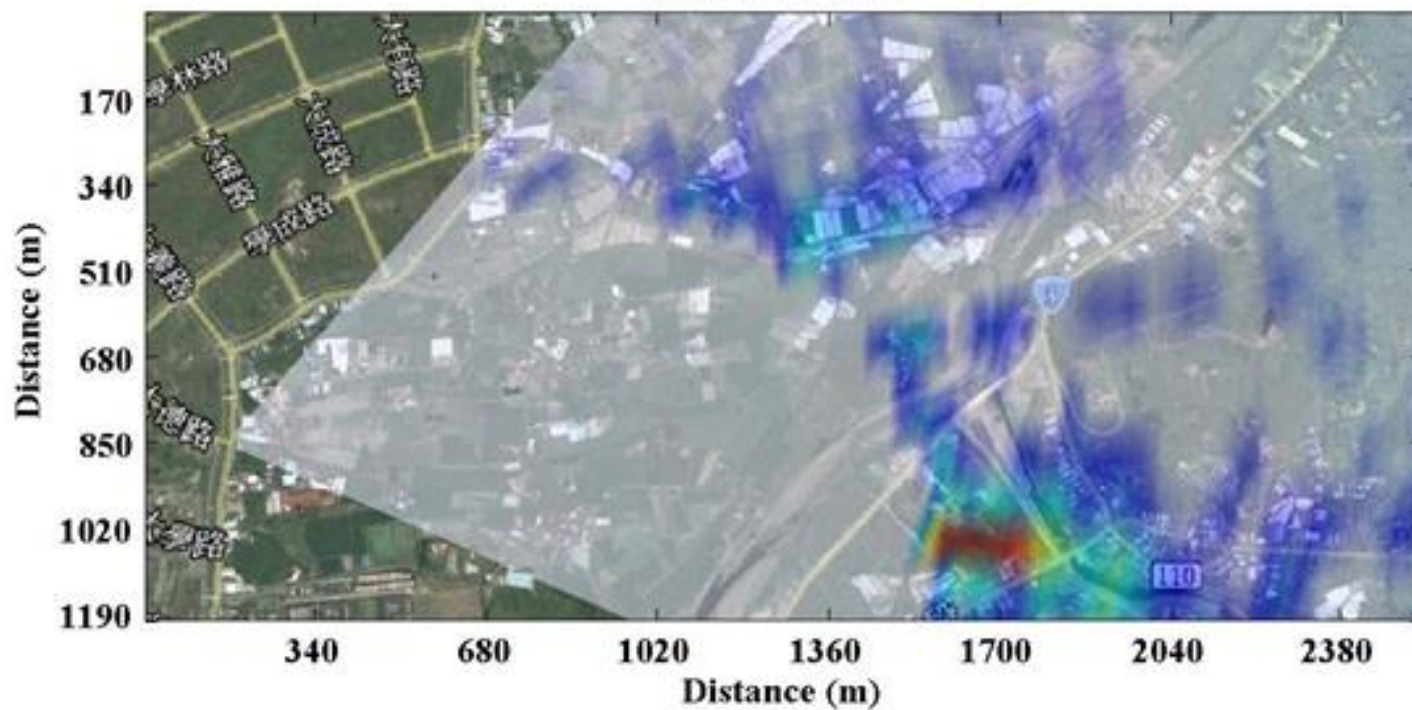
污染個案空污違反操作程序



光學雷達量測煙囪口懸浮微粒濃度變化

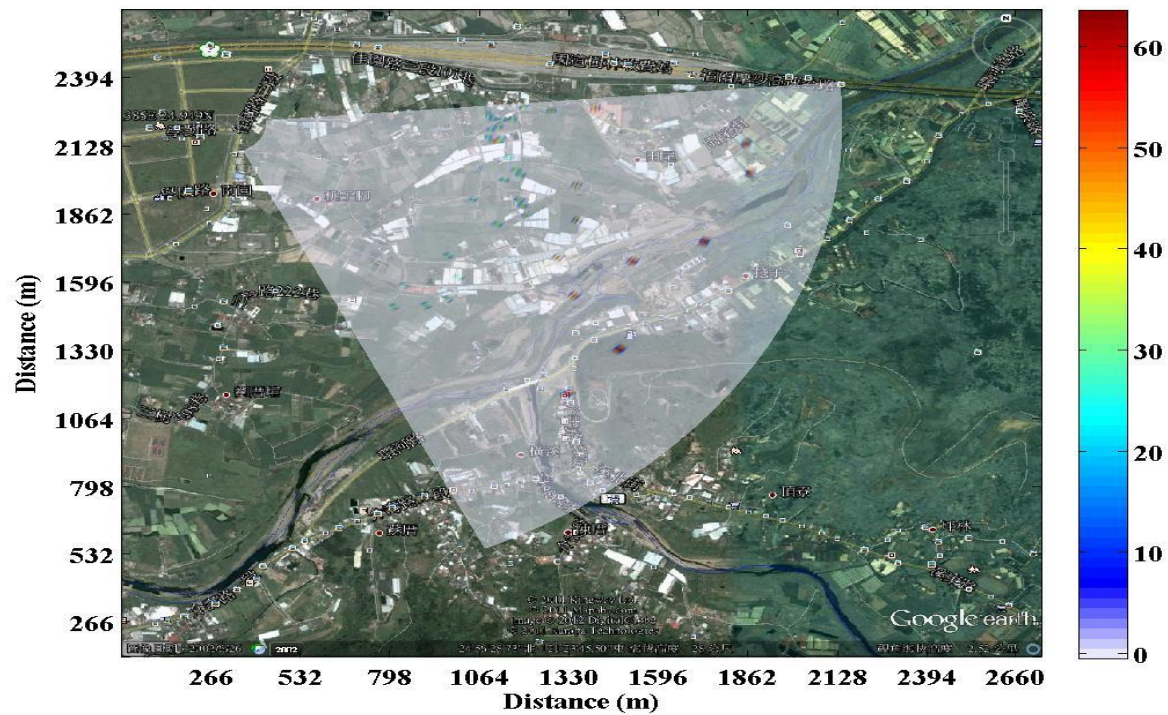


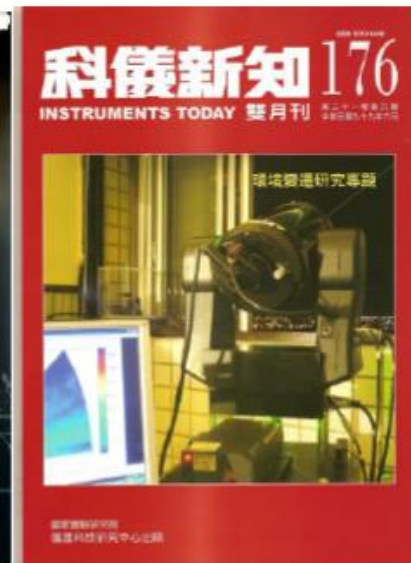
2011/04/13 20:33





2011/11/28 18:04





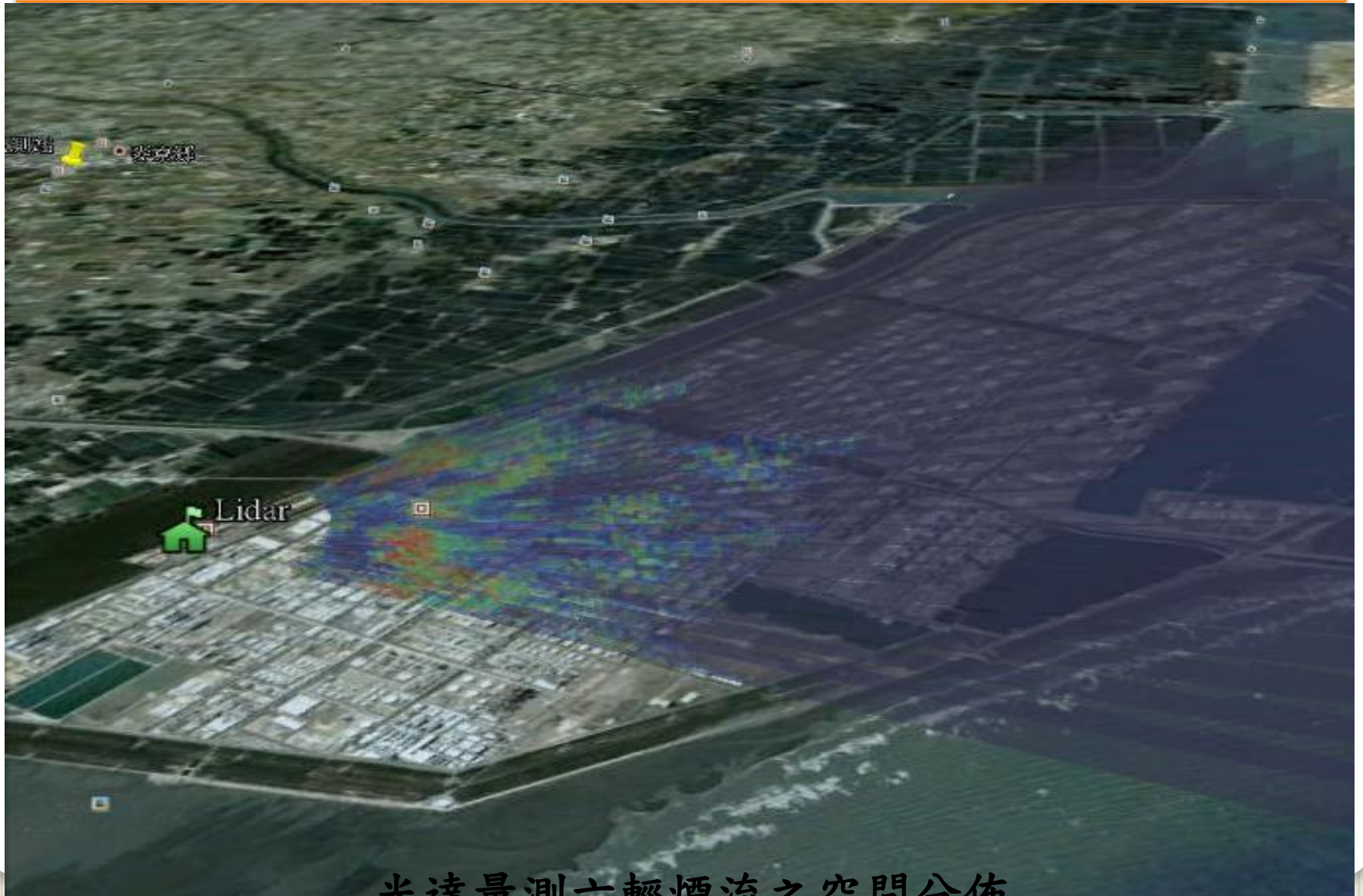
光達觀測台中龍井電廠煙道之煙流濃度、粒徑變化、 煙色形成與製程之相關性



光達量測煙流之空間與時間分佈



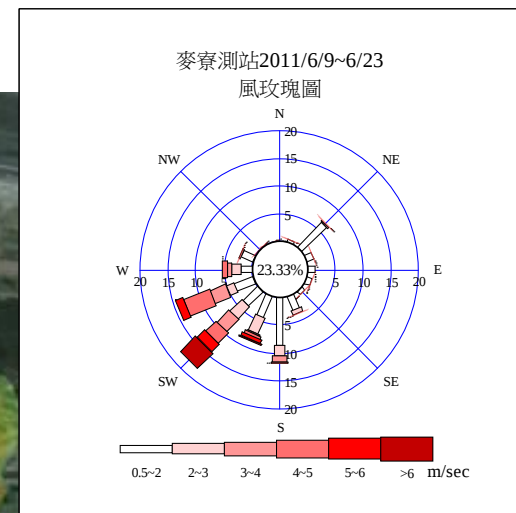
麥寮六輕污染研究



光達量測六輕煙流之空間分佈

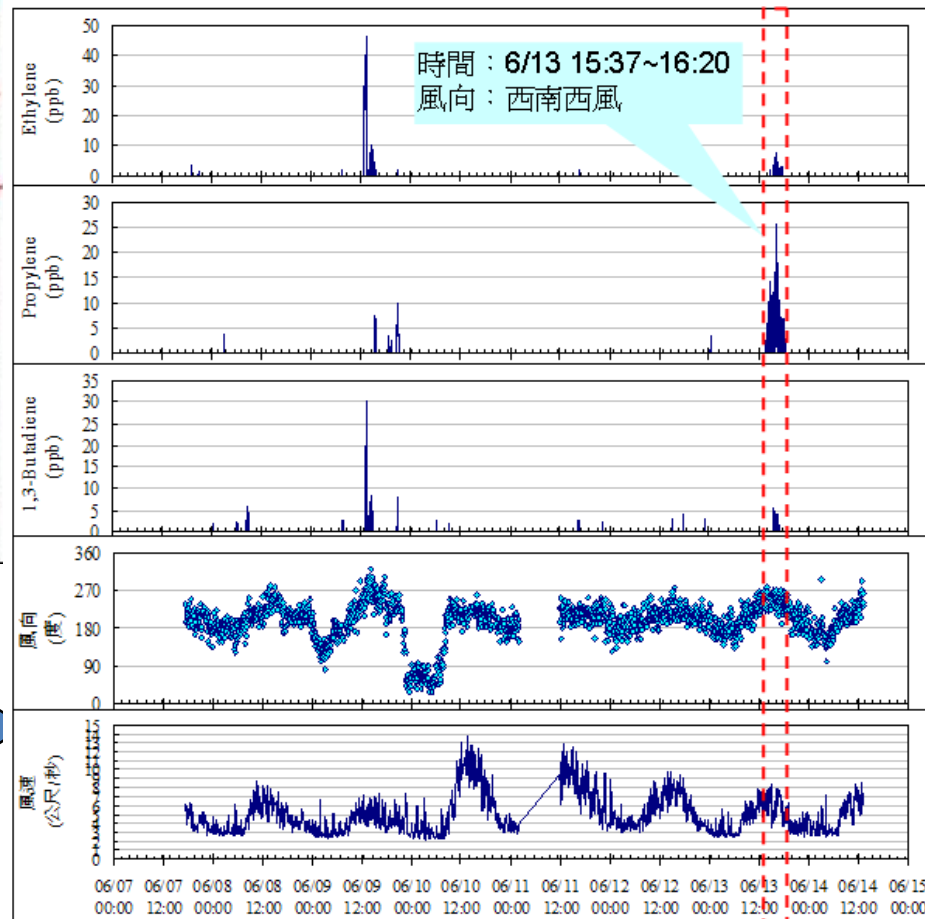
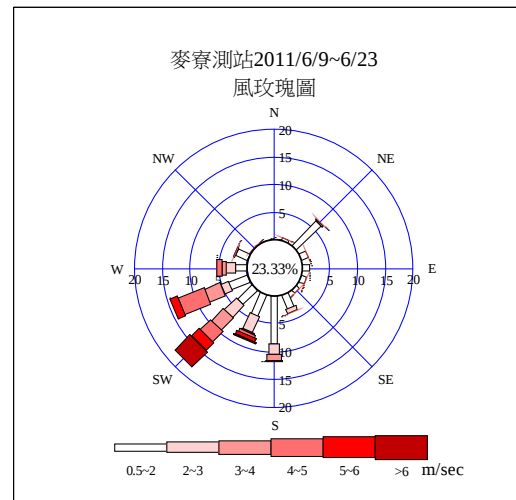


廢氣燃燒塔3D光學雷達掃描鑑定排氣移動軌跡與落地空氣污染物



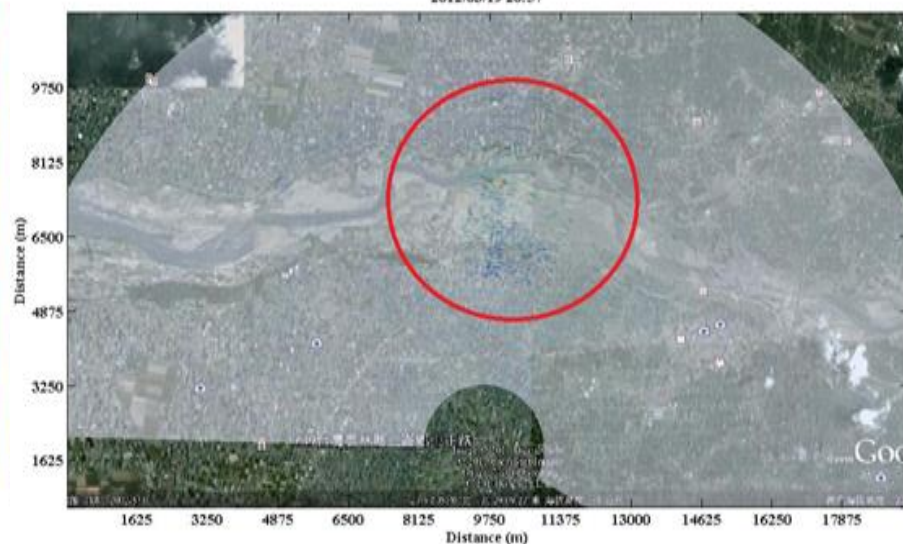
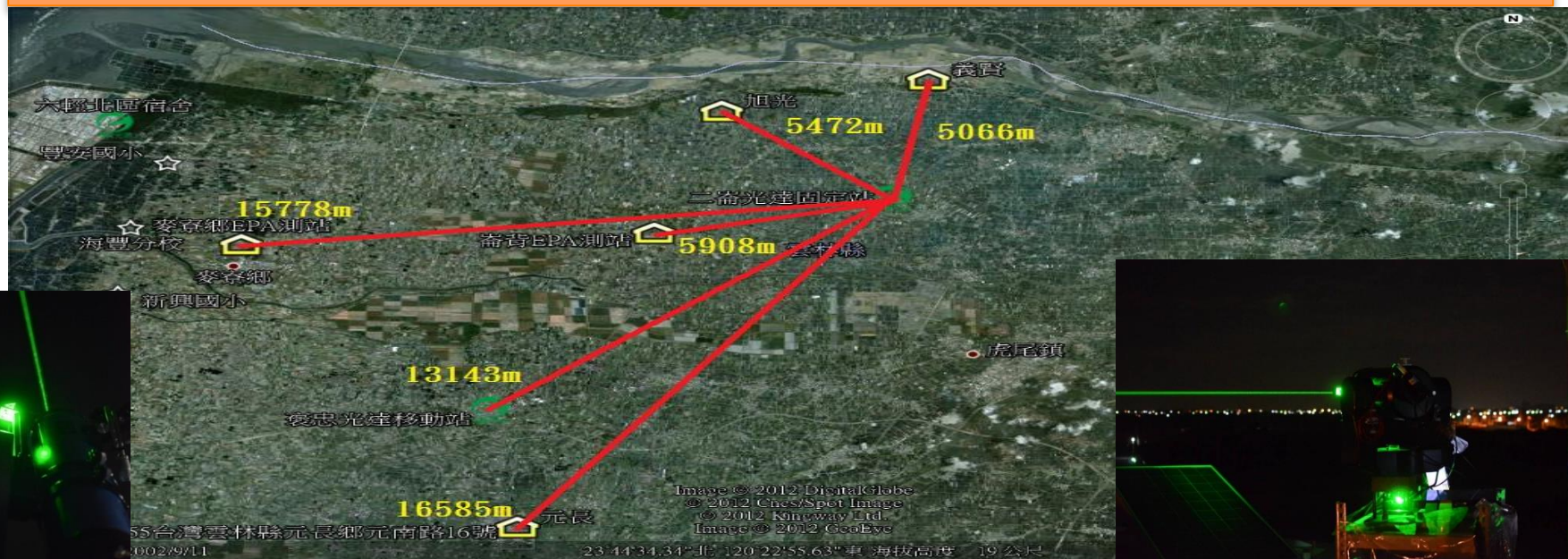
六輕工業區離地50~500公尺之懸浮微粒濃度分佈情形

廢氣燃燒塔3D光學雷達掃描鑑定排氣移動軌跡 與落地空氣污染物

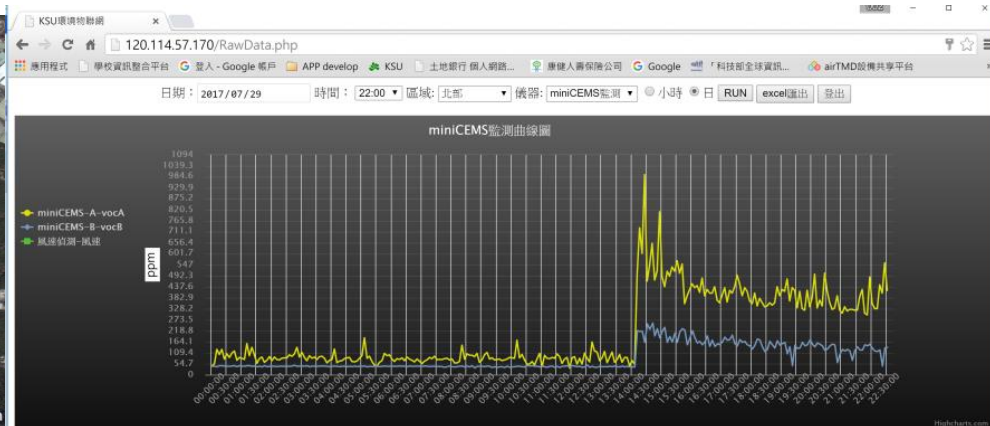
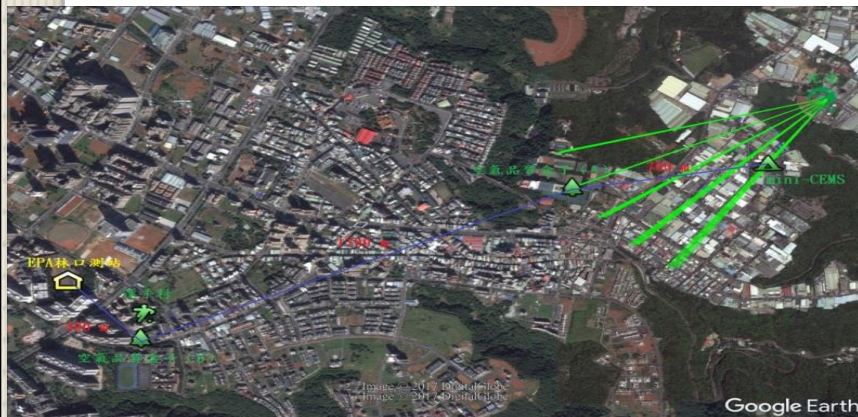


- 六輕工業區離地**50公尺**之懸浮微粒最大濃度分佈情形；最右邊測線顯示豐安國小位於高濃度微粒發生的路徑上。
- 豐安國小OP-FTIR量測顯示6/13 15:37~16:20間同時量測到乙烯、丙烯和丁二烯，當時風向為西南西風，由**flare**吹向豐安國小。

濁水溪揚塵研究



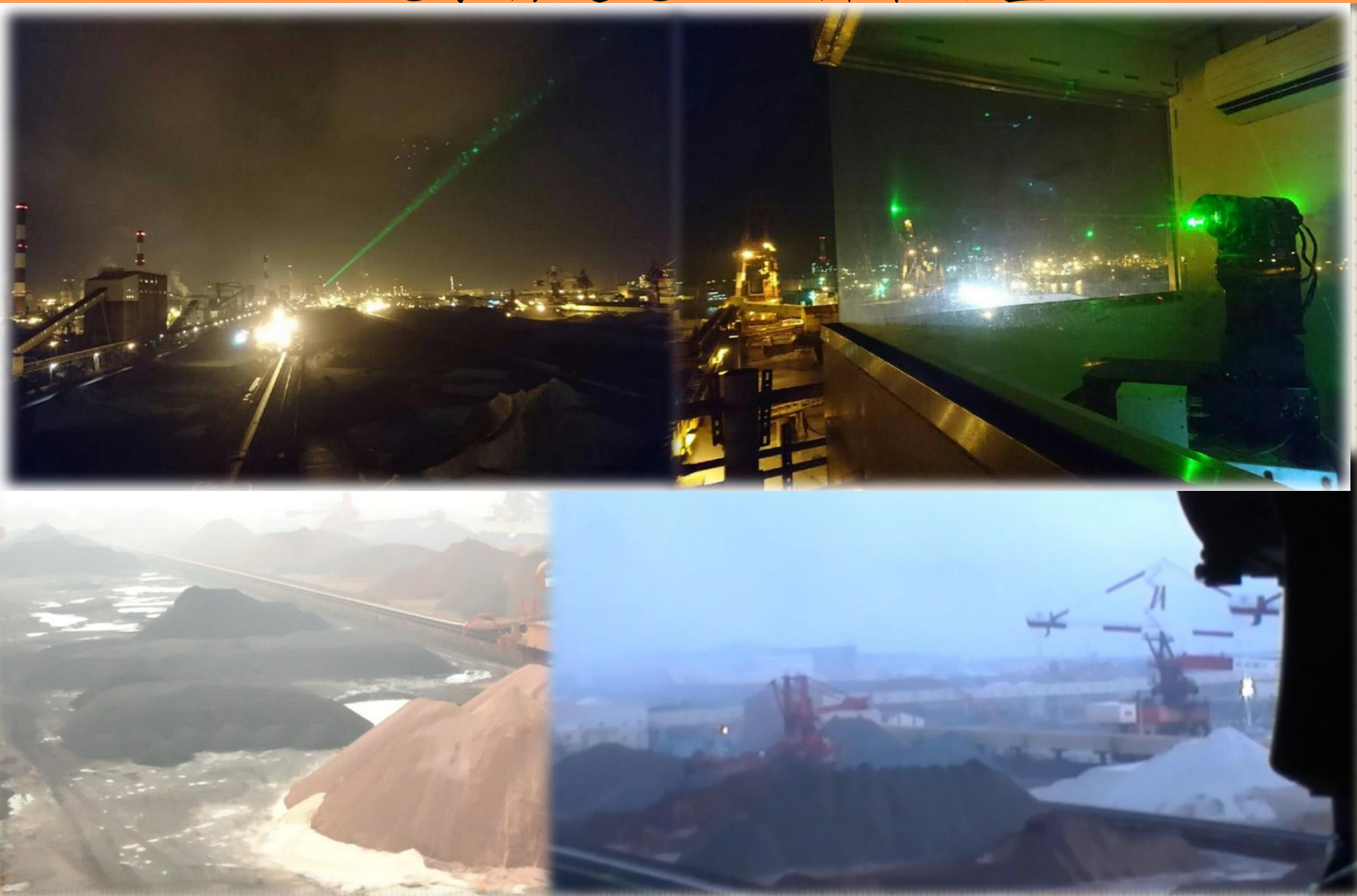
世大運監控空氣品質



結果顯示，於世大運期間空氣污染有明顯控制成效，PM₁₀、SO₂、CO和O₃等測站污染物之控制成效分別為9.3%、22.5%、24.7%和26.3%

中鋼料堆揚塵研究

3D光學雷達應用於料堆防塵



2014/04/15 17:04



Estimation of Flare Gases Concentration

table 1 : $\lambda = 0.55 \mu m$

Aerosols	Density (kg/m^3)	index of refraction	reference
H_2SO_4	1841	$1.43 + 1.0 \times 10^{-8}i$	WCP (1986)
$(NH_4)_2SO_4$	1769	$1.53 + 1.0 \times 10^{-7}i$	Toon et al. (1976)
Organic Carbon	1550	$1.45 + 1.0 \times 10^{-3}i$	Krekov (1993)
Black carbon	1700	$1.75 + 0.44i$	WCP (1986)
Sea salt	2165	$1.5 + 1.0 \times 10^{-8}i$	WCP (1986)
Biomass burning	1350	$1.54 + 0.018i$	Haywood et al. (2003a)
Mineral dust	2650	$1.53 + 1.5 \times 10^{-3}i$	Haywood et al. (2003b)
Water	1000	$1.33 + 2.0 \times 10^{-9}i$	Hale and Querry (1973)

$$\frac{4}{3} \pi (0.2 * 10^{-4} cm)^3 * 1.7 (g/cm^3) = 5.7 * 10^{-14} g$$

Lidar $\implies$ extinction coefficient (1/m)

Mie theory $\implies$ concentration (1/m³)

mass (g) * concentration (1/m³) * cross section (m²) * wind speed (m/s) = Flux (g/s)

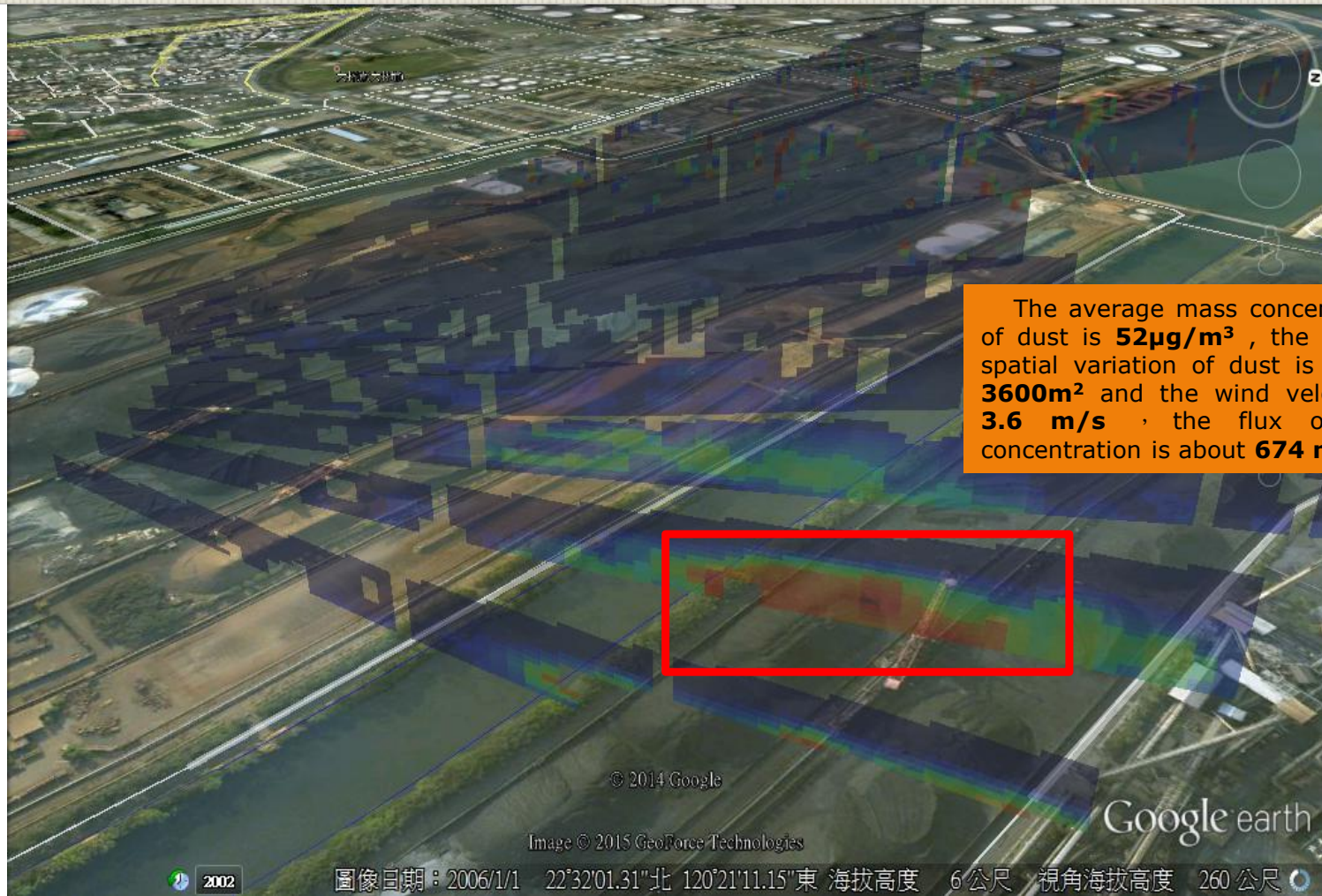
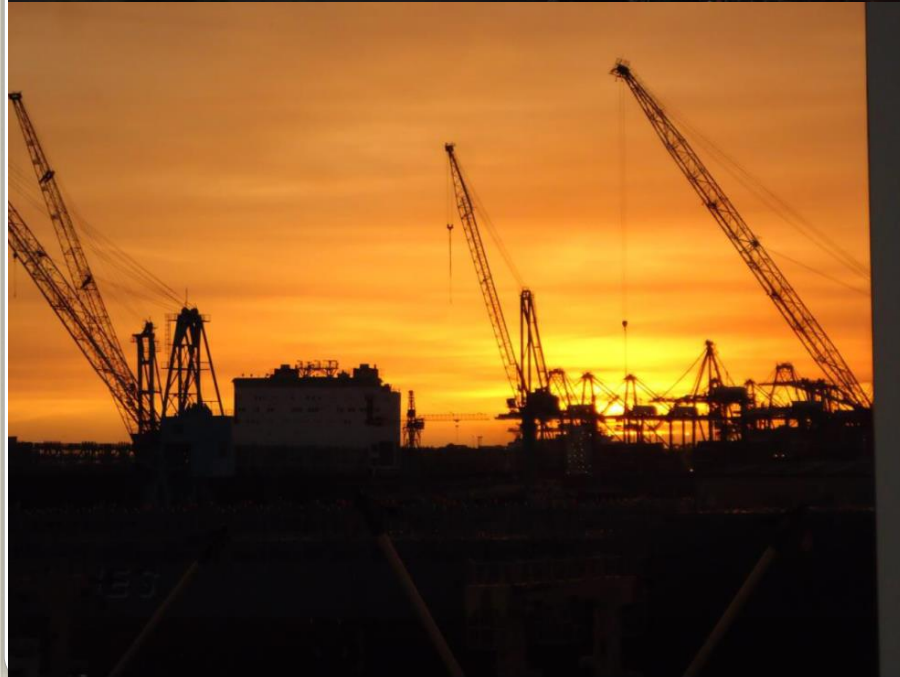
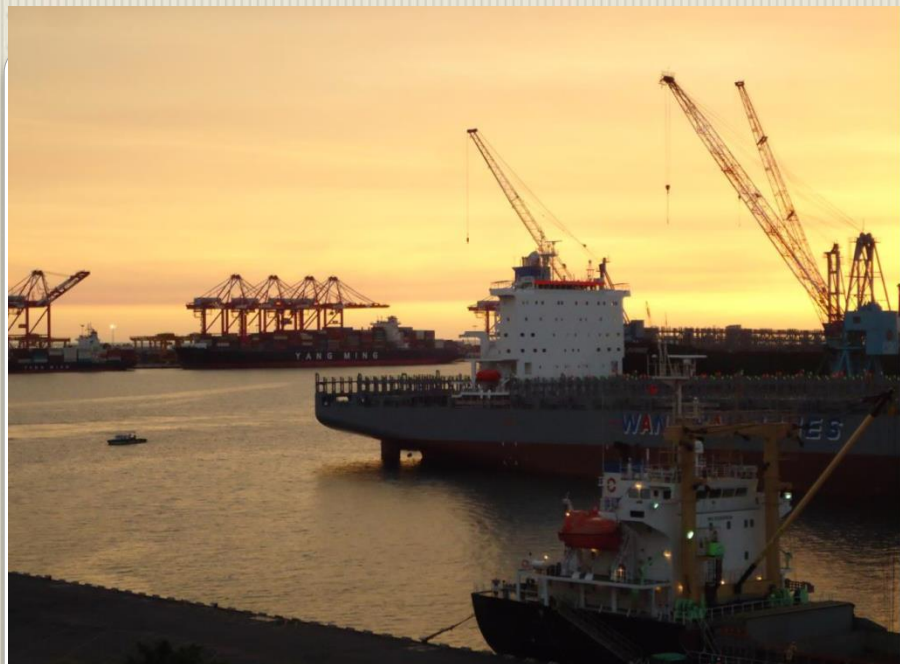


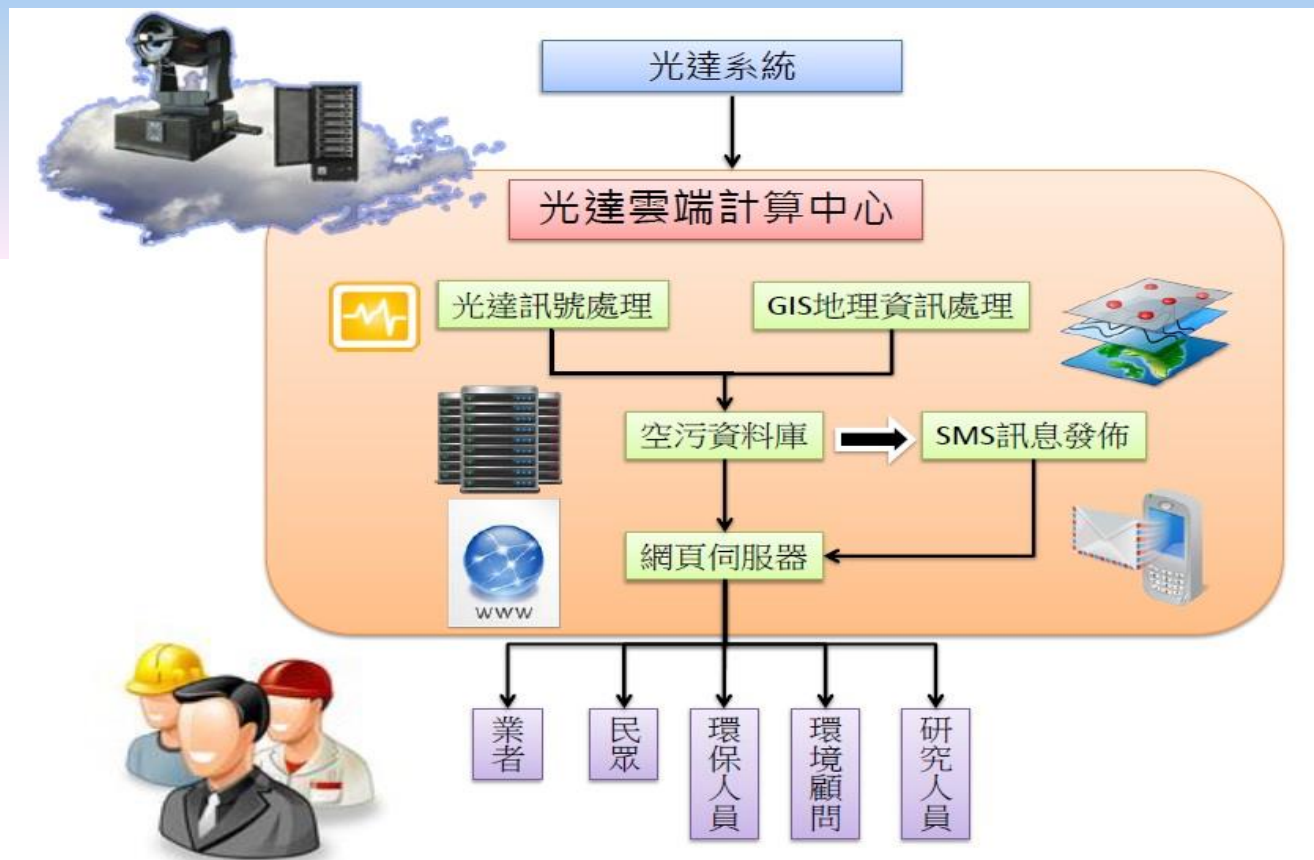
Fig.6. The spatial variation of dust above the material storage on Mar. 20, 2015. Inserted box shows the area of spatial variation of dust for the flux estimation of dust concentration.



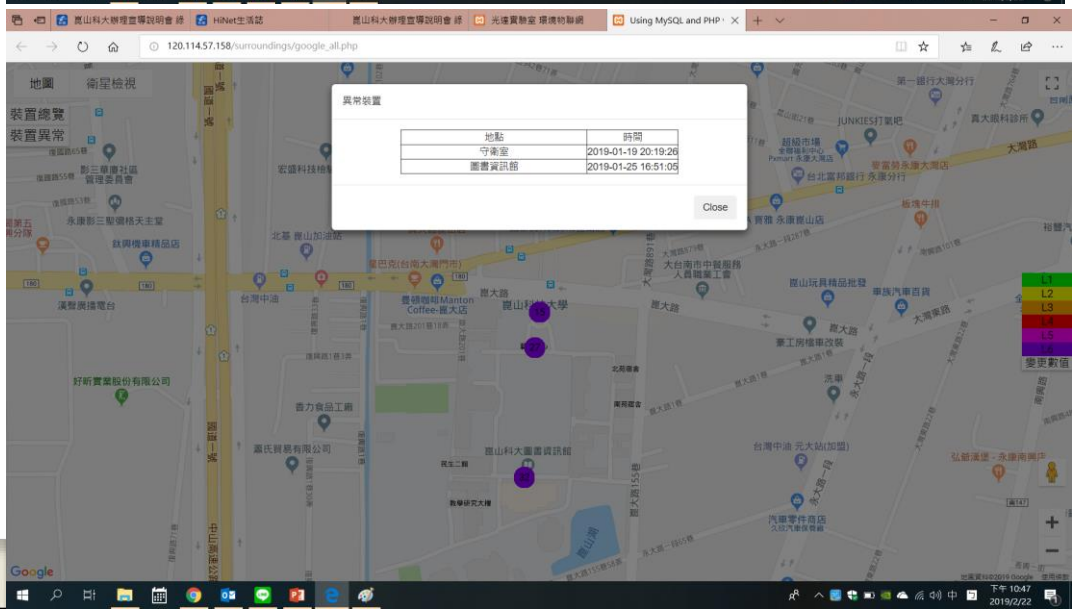
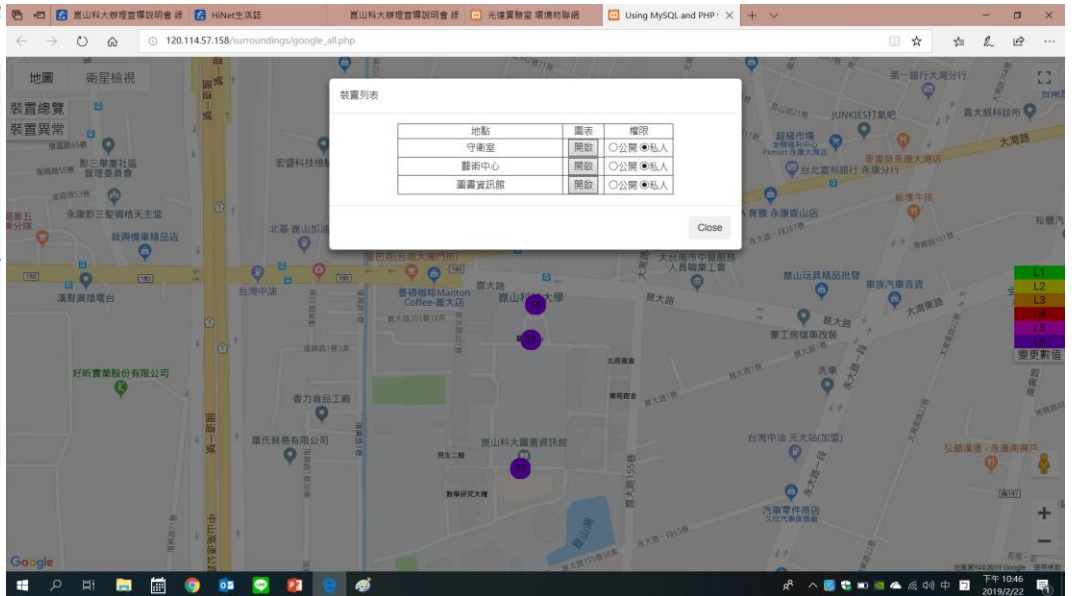
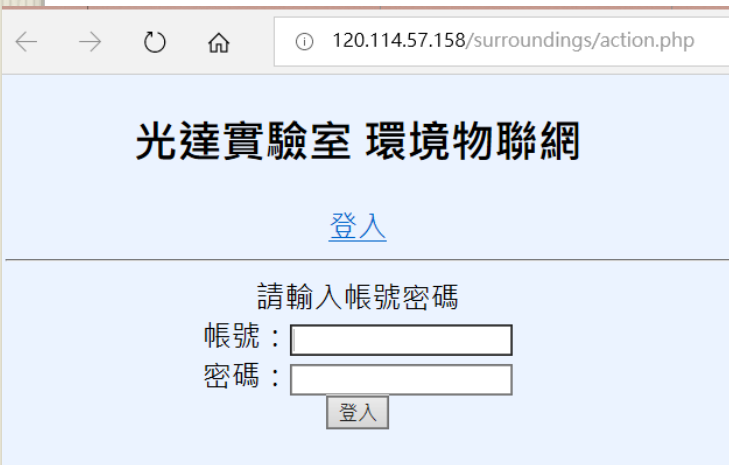
環境物聯網

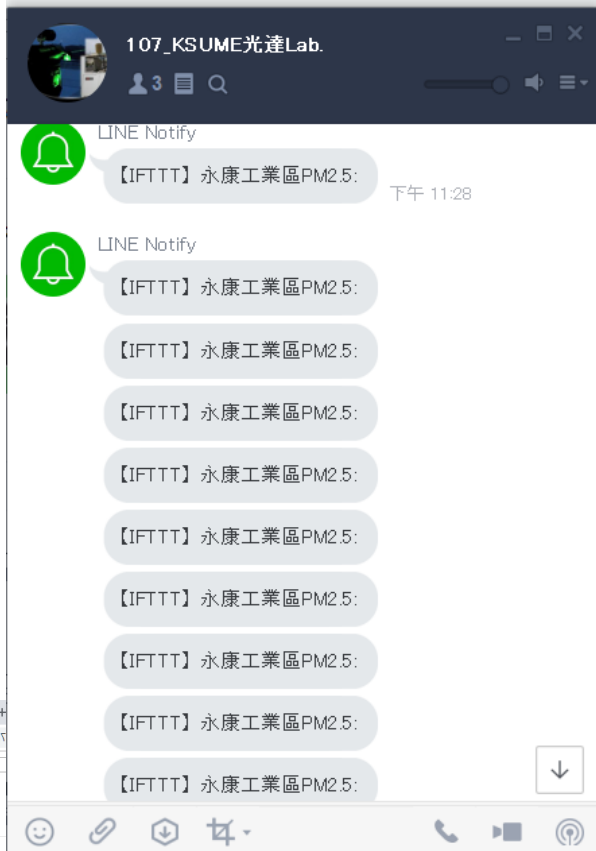
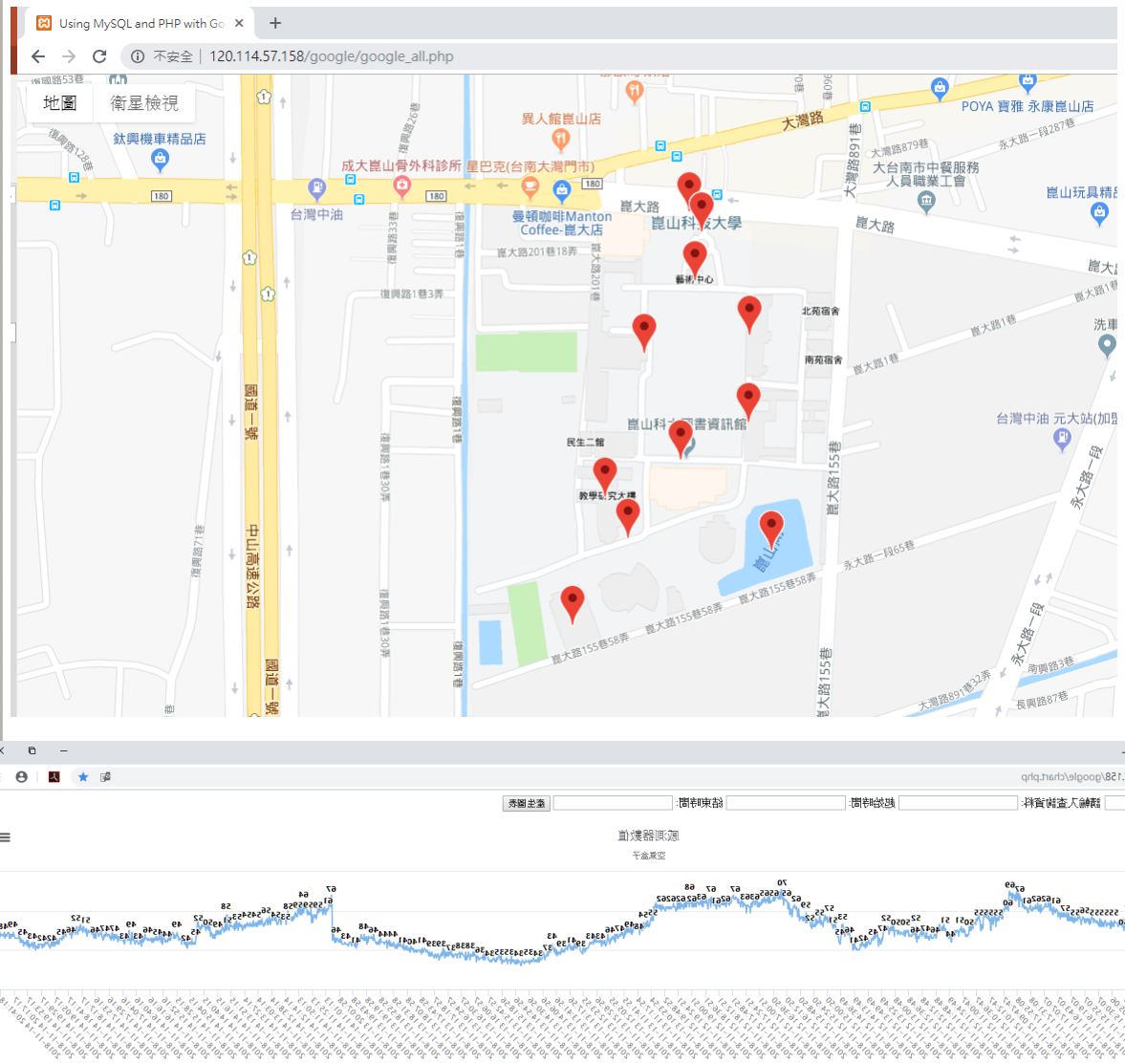
3、IoT of Cloud Lidar

將光學雷達系統多功能化、精緻化、網路化以達到全天候即時自動監測、預警、資料分享與連結等之功能。建置台灣自動化光學雷達網，達到全方位之監測與資料連結，落實空氣污染稽查管制工作，提昇固定污染源管制成效，維護空氣品質，民眾生活環境及身體健康。



環境物聯網



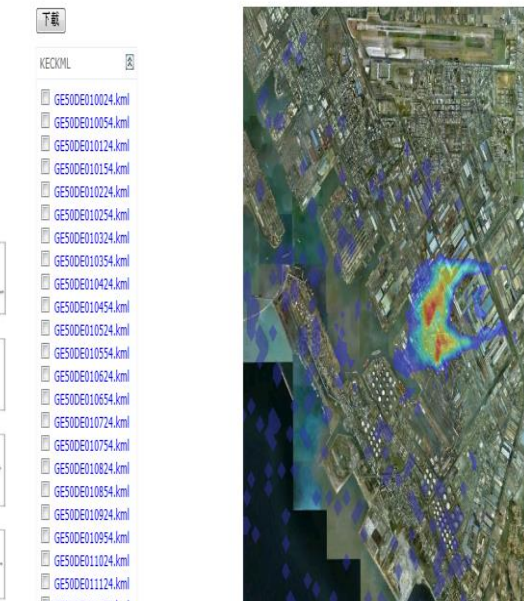
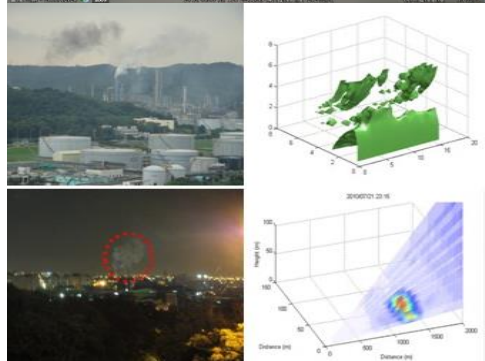


物聯雲端系統 (B) + 推撥系統

Lidar-Network system.



➤即時&歷史資料查詢服務

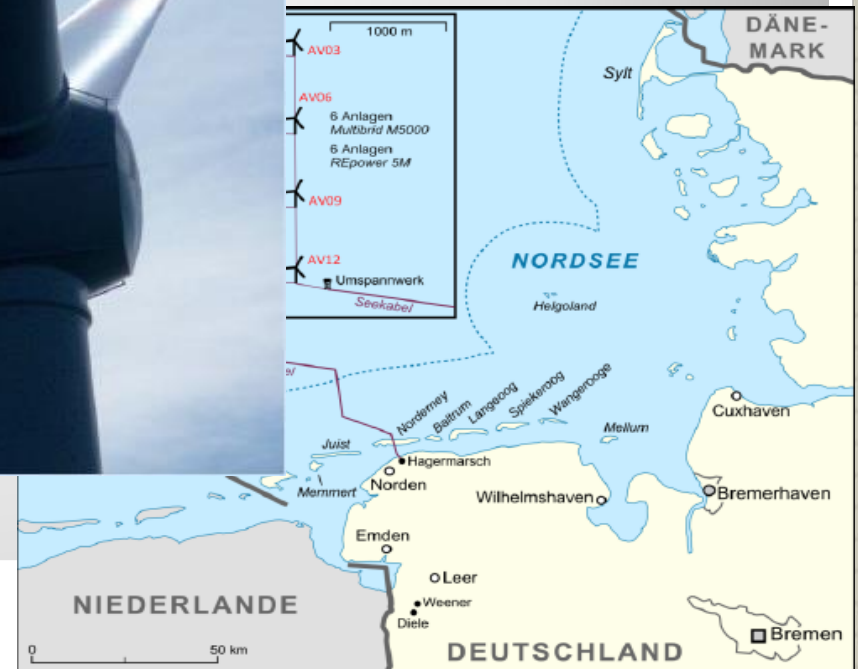


長期資料累積作為環保政策相關依據

綠能運用

II、提升風力發電效能

風力發電機專用之風場量測光學雷達系統平台建置

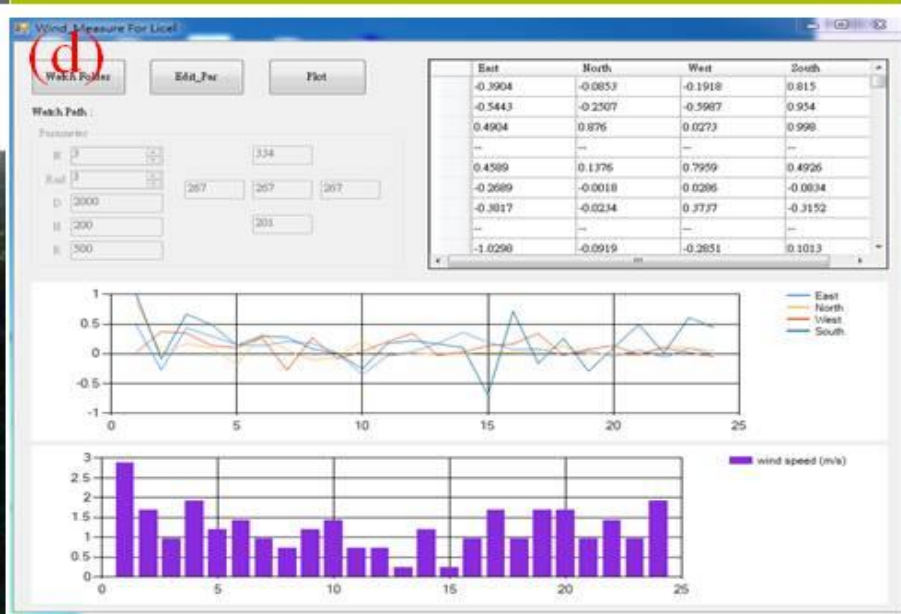
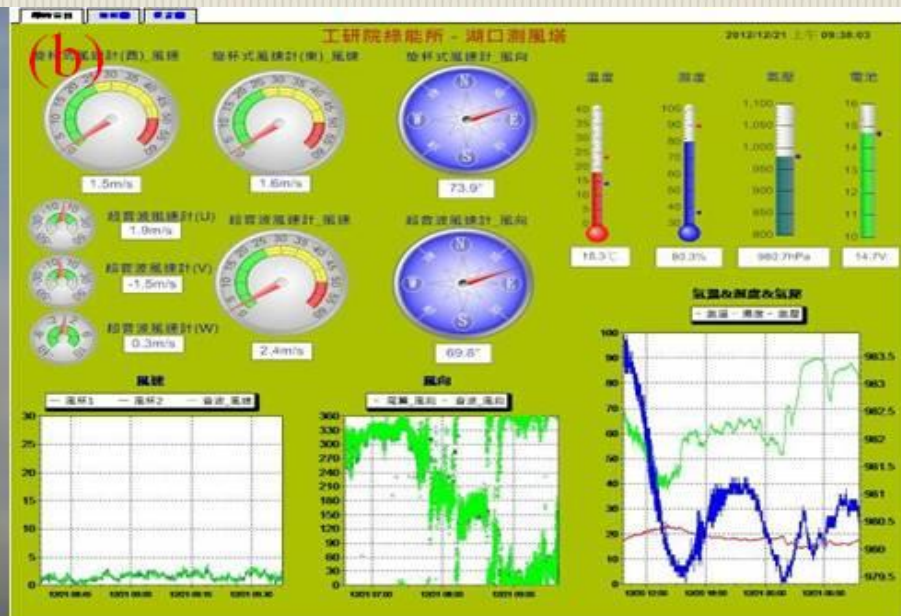


ITRI , Hsinchu, Taiwan- Wind test field





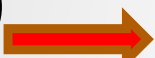
ITRI , Hsinchu, Taiwan- Wind test field



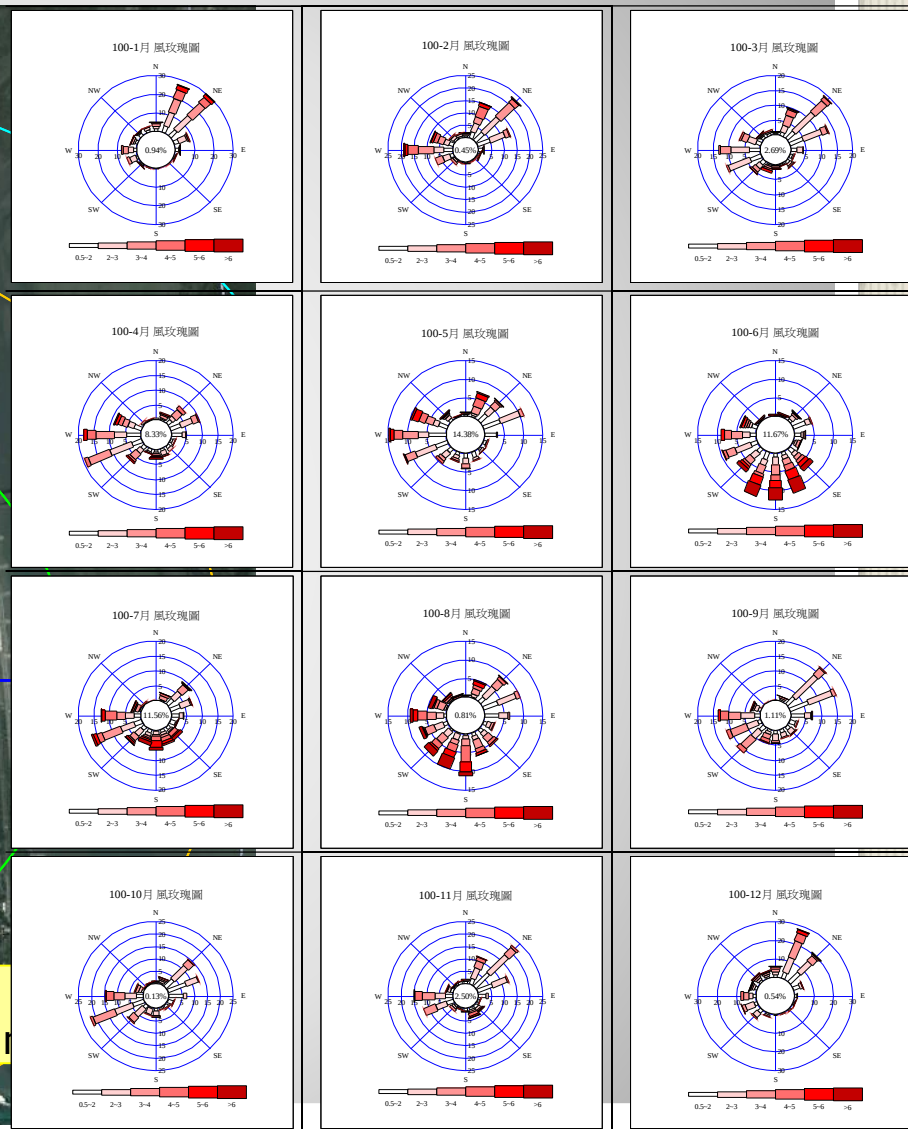
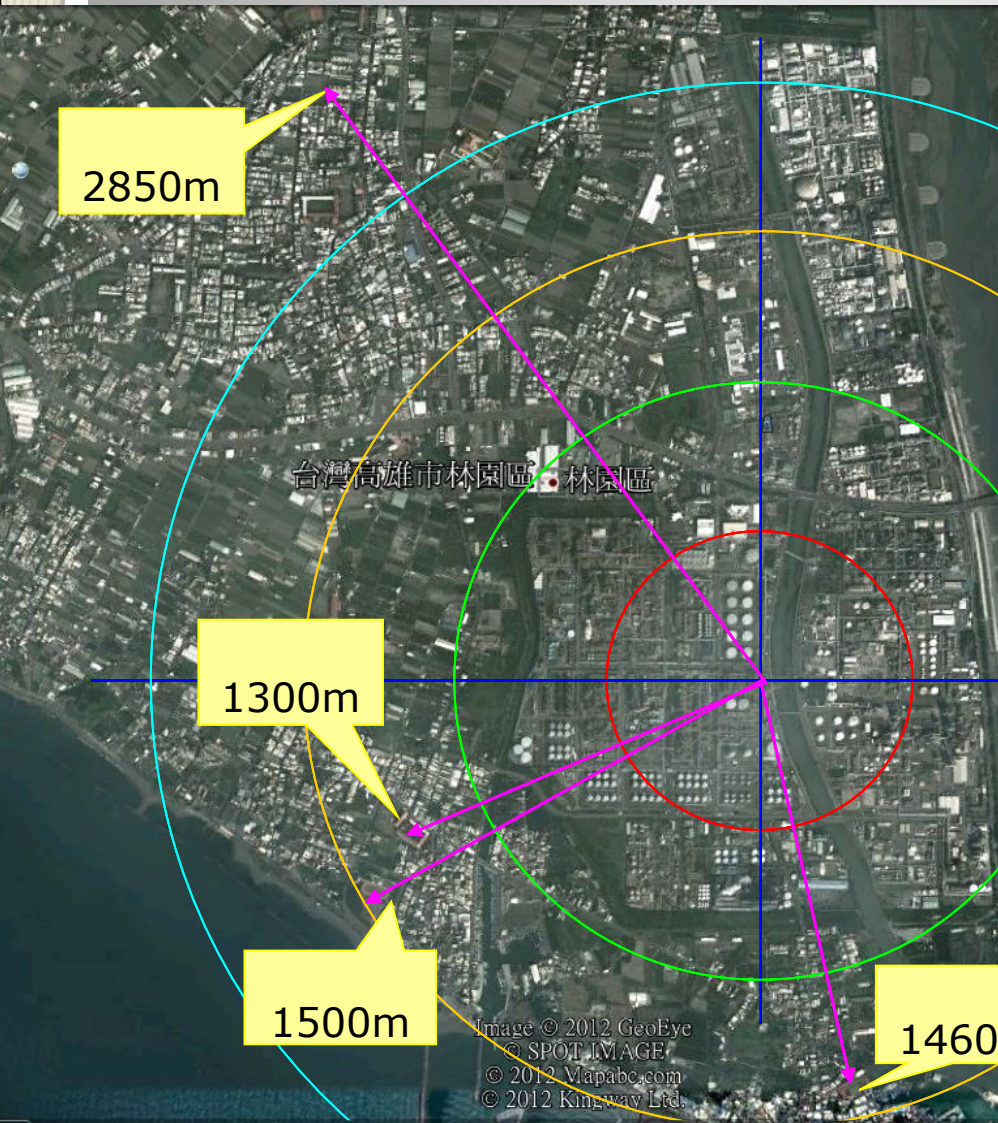
(a)wind tower、(b)wind panel、(c)lidar、(d)lidar panel ⁸⁰

Methodology & data analysis

Convolution (a,b)

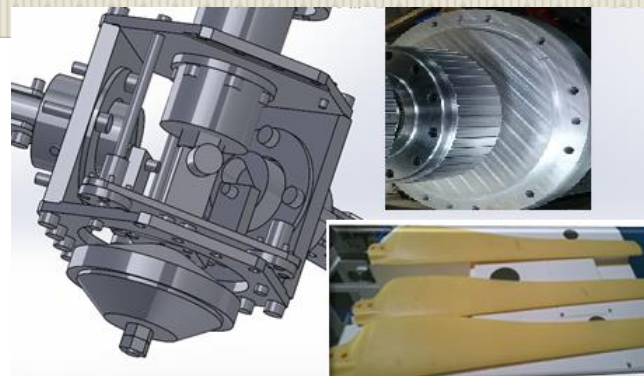
FFT (data a)  data A
FFT (data b)  data B   $A \times B$

$\text{IFFT}(A \times B)$  $\Delta (a \times b)$

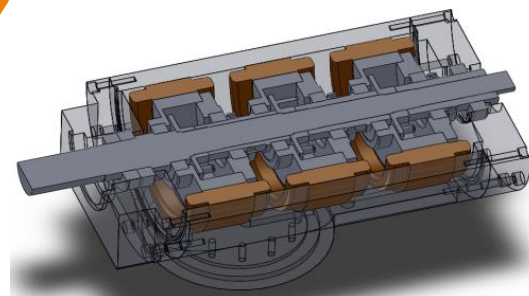




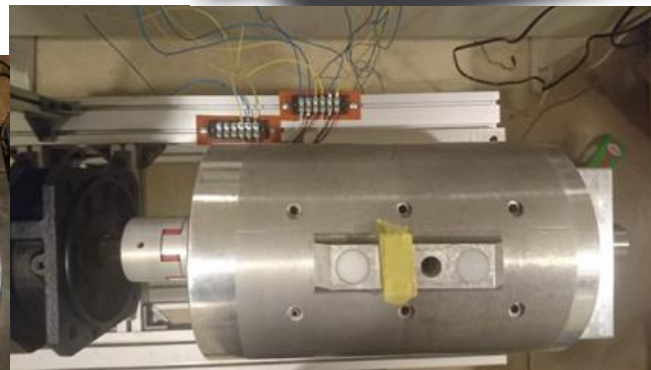
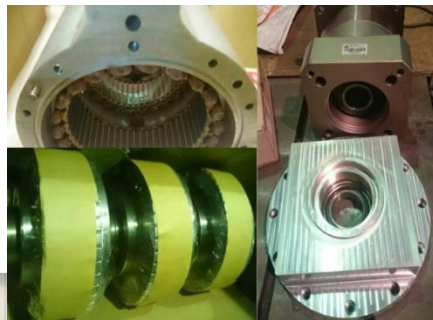
利用光學自主式測風
系統遙測風場



依照光學所測之風場或
自動轉向機構使風機轉
向迎風面（全方位）

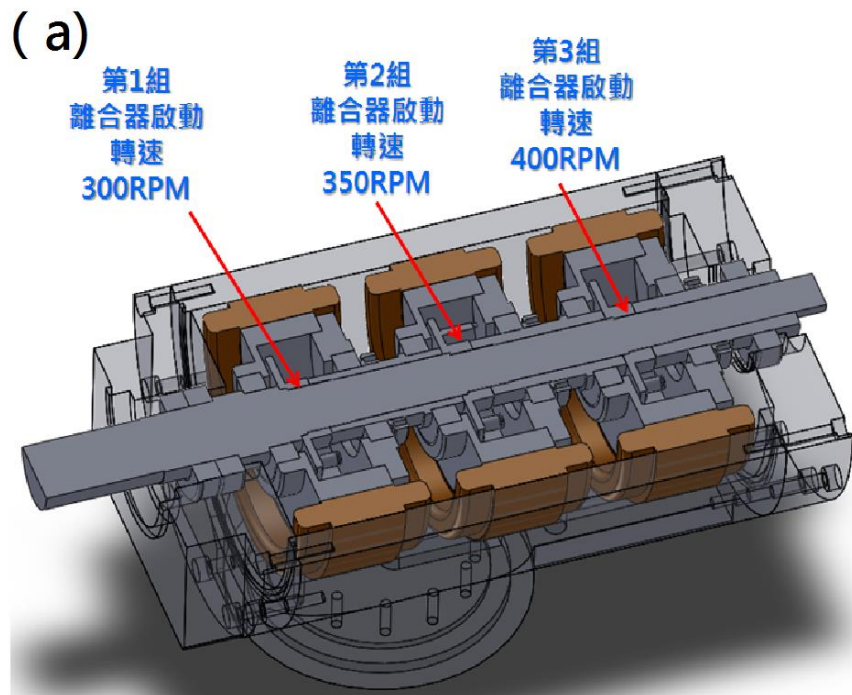


依照各種風速，
自動進行適應
性調整，持續
穩定發電（全
風速）



適應性動力轉換系統設計-製作

啟動風速於 2m/s 以下和在高風速(如 40m/s)也可運轉，具有轉速修改性高、散熱性佳、輕量化、組裝容易等優點，可穩定輸出的轉速，維持最佳的發電狀況



適應性風力發電機構：(a) 示意圖 與 (b) 設計加工完成品。

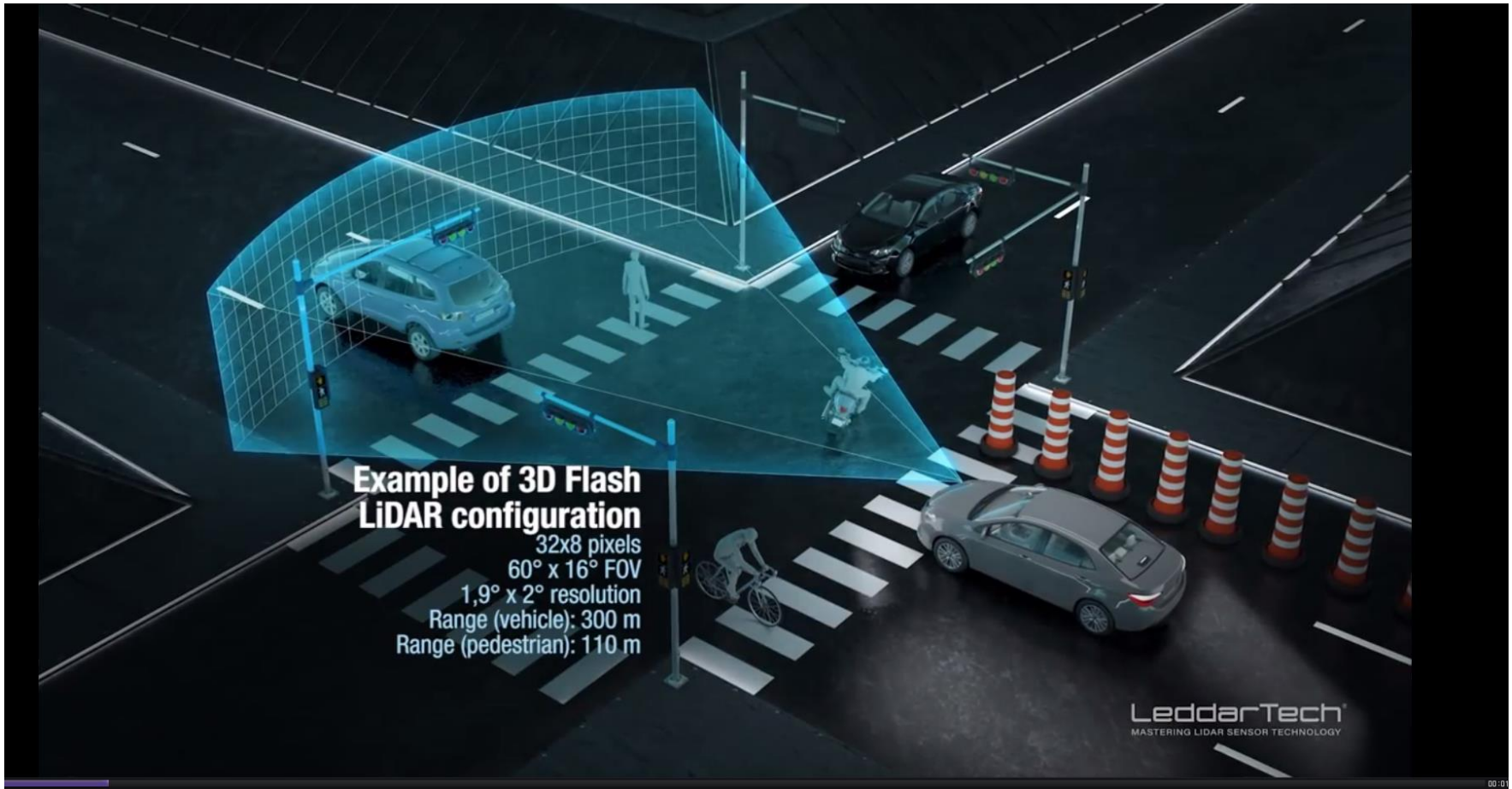


4. 5kw風力發電機測試

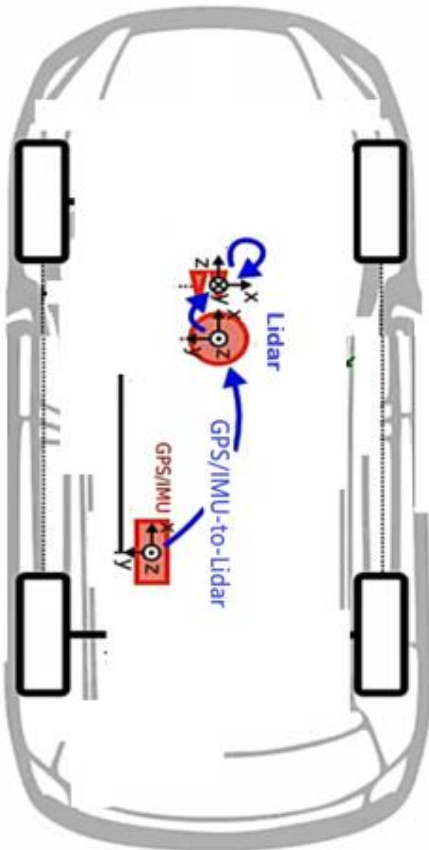


車用光達開發









核心技術與研究方法

變焦光學鏡組

陣列感測器

結構光

雷射開發

Fast Fourier
Transform

Convolution

Inertial
Measurement
Unit (IMU)

GPS

光達系統開發與
資料演算與轉換
平台

即時3D
與地理圖
資建構

資料庫
管理

深度學習
(deep
learning)

加工 ➡ 雷射燒結成型技術



精密加工



氧化鋁後處理



高溫燒結

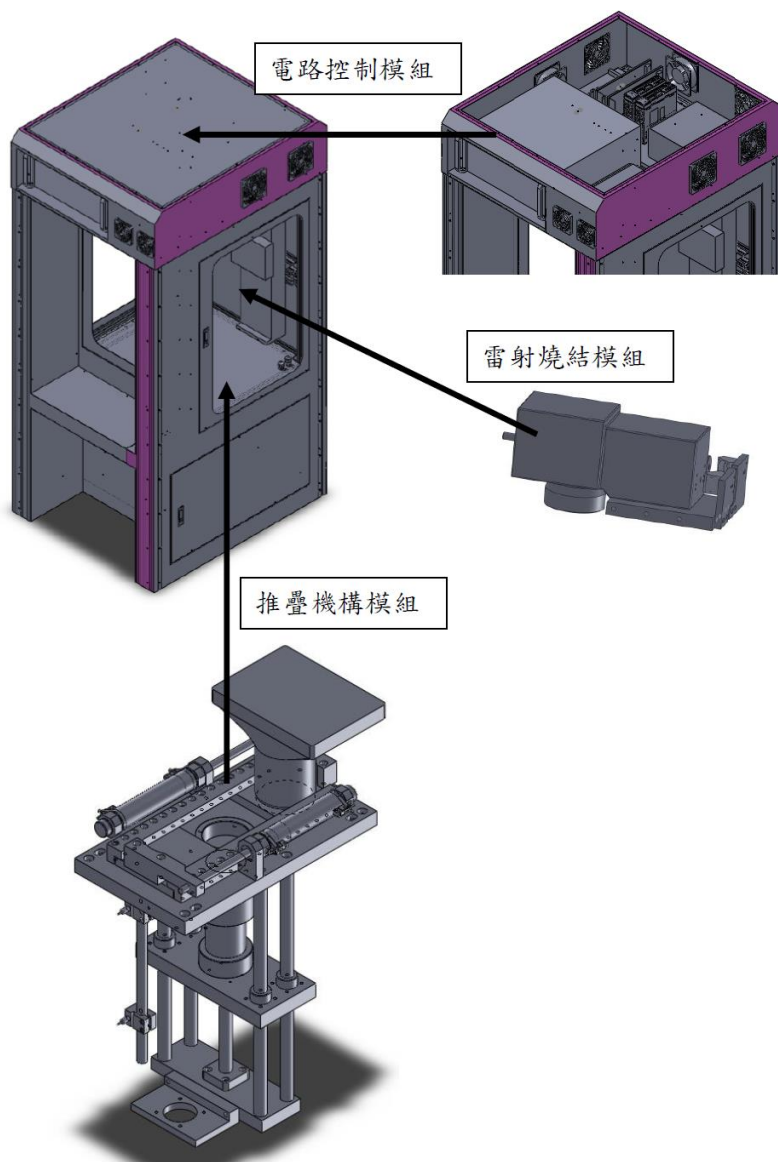


圖2、雷射燒結平台

目前分別使用無黏著劑氧化鋯粉末，和利用噴霧造粒調配3%聚乙烯醇(Polyvinyl Alcohol, PVA)黏著劑氧化鋯粉末，進行雷射燒結。



圖3、氧化鋯粉末調配與燒結治具

雷射燒結成型技術



人有善念，天必從之
*Thanks for your
attention*

