

# 港澳海洋研究中心月報

## 一、科研活動預告與回顧

### 1. 【活動回顧】香港研究資助局（RGC）監查與評估（M&A）小組蒞臨香港科技大學實地考察 Earth-HK 項目階段性成果取得圓滿成功

2025 年 10 月 26 日至 27 日，為迎接香港研究資助局（RGC）監查與評估（M&A）小組對 Earth-HK 項目的中期實地考察，港澳海洋研究中心（CORE）聯合 Earth-HK 項目組在香港科技大學舉辦為期 1.5 天的專題工作研討會，系統匯報項目階段性成果，凝練研究方向。

Earth-HK 項目（全稱“氣候變化下粵港澳大灣區可持續發展的區域地球系統研究”，項目編號：AoE/P-601/23-N）匯聚多位 CORE 核心成員深度參與。自啟動一年半以來，項目團隊以 CORE 為科研樞紐，在區域地球系統研究領域已取得多項突破性進展：相關成果陸續發表於國際權威期刊，並連續兩年開展粵港澳大灣區海域科學考察航次，系統累積了覆蓋海洋-陸地-大氣等多維度的高質量一手觀測數據，為區域氣候-環境協同研究奠定了堅實基礎。

本次研討會既是對項目前期工作的全面梳理，更是 CORE 發揮“港澳-內地-國際”科研橋樑作用的集中體現。通過成果交流與方向研討，會議不僅為應對粵港澳大灣區可持續發展面臨的氣候與環境挑戰提供了關鍵科學支撐，更深化了內地與香港在全球變化研究領域的協同創新機制，進一步助推大灣區科創資源整合與成果轉化，為區域綠色發展注入科研動能。



## 2. 【活動回顧】青島市科技局蒞臨香港科技大學訪問港澳海洋研究中心

2025 年 11 月 6 日，青島市科技局李天傳局長率領代表團蒞臨香港科技大學訪問港澳海洋研究中心（CORE）。

當天，代表團參觀了港澳海洋研究中心及其數字孿生可視化實驗室。CORE 中心主任甘劍平教授向代表團詳細匯報了中心的發展歷程、使命定位及階段性成果，重點演示了 WavyOcean 數字孿生系統的核心功能——該系統可實現中國海及大灣區海洋環境的高解像度運算、動態預測與 AI 智能分析，並通過三維可視化技術直觀呈現海洋生態等關鍵信息，為海洋科學研究與決策提供全鏈條技術支撐。

此次訪問是 CORE 深化與內地科研機構協同創新的重要契機。CORE 凝聚了香港和澳門的高水平和國際化高校科研力量，在嶗山國家實驗室和香港科技大學的共同領導下，開展海洋科學技術研究，相關成果不僅服務於粵港澳大灣區海洋高質量發展，更為國家海洋戰略需求提供重要科技支撐。



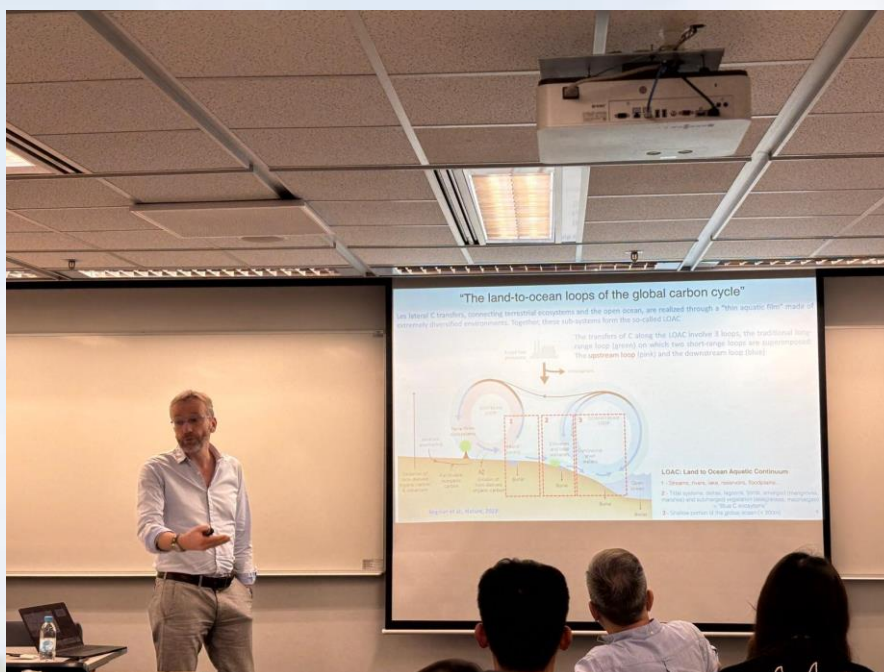
### 3. 【活動回顧】國際著名學者 Pierre A.G. Regnier 再度蒞臨港澳海洋研究中心開展學術研討會

2025 年 11 月 18 日，港澳海洋研究中心（CORE）聯合香港科技大學海洋科學系、EARTH-HK 項目組，在香港科技大學成功舉辦了一場題為《內陸水體在人為 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>和 N<sub>2</sub>O 預算中的新興作用 (Emerging role of inland waters in the anthropogenic budgets of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O) 》的國際學術研討會。比利時布魯塞爾自由大學 Pierre A.G. Regnier 教授受邀擔任主講嘉賓，深入解析了內陸水體在全球碳循環中的關鍵角色及其對氣候變化的響應機制。

會上，Regnier 教授結合其團隊研究成果，系統闡述了內陸水體作為“陸地-海洋水連續體”上游環節的重要性，並指出人類活動（如農業施肥、城市化、水庫建設）通過改變碳、氮、磷循環顯著影響溫室氣體排放。他

強調, 內陸水體不僅是碳匯, 也可能成為甲烷等強效溫室氣體的重要來源, 其影響需納入全球碳預算評估體系。講座還展示了機器學習與地球系統模型結合在觀測數據分析中的應用前景。

本次學術研討會是 Regnier 教授今年第二次蒞臨香港科技大學開展學術交流, 吸引了近 50 名師生及科研人員參與, 現場與會者與主講嘉賓熱烈討論, 進一步促進了 CORE 在“陸地-海洋-大氣”耦合研究中的跨學科探索, 助力國家“雙碳”目標實現。



## 二、科研進展亮點

### 亮點 1. 人類-水文-生地化耦合框架下珠三角城市群河流營養物流動變化

#### 研究亮點

本研究基於“人類-水文-生地化過程相互作用”框架, 探討了典型城市群在經濟快速發展時期, 河流中不同來源營養物的流動特徵及其控制機制。結論如下:

1. 在城市和農業地區, 地表徑流影響大, 導致農業地區成為非點源污染的“重災區”, 城市地區則是大氣氮沉降的主要輸出熱點。另外, 森林地

區的高氮水平主要來源於土壤中的儲存。

2. 生活污水構建了一種“核心-外圍”的污染分佈模式：污染強度從城市中心的生活源污染區或混合污染區向外圍的農業區逐漸減弱。然而，隨着生活污水的污染顯著下降，這種分佈模式也開始減弱。

## 主要結果

### I. 長期來源結構變化

1990–2020 年間，珠三角河流營養物流通呈現典型的“倒 U 型”軌跡（圖 1）：初期上升、2002 年達到峰值，隨後下降並回落至 1990 年水平。八類營養來源的變化軌跡各不相同。其中，城市生活源始終占最大份額；農村生活源呈持續下降趨勢；工業廢水源雖增長但佔比最小；畜禽養殖與水產養殖源趨勢相反，整體略有上升。

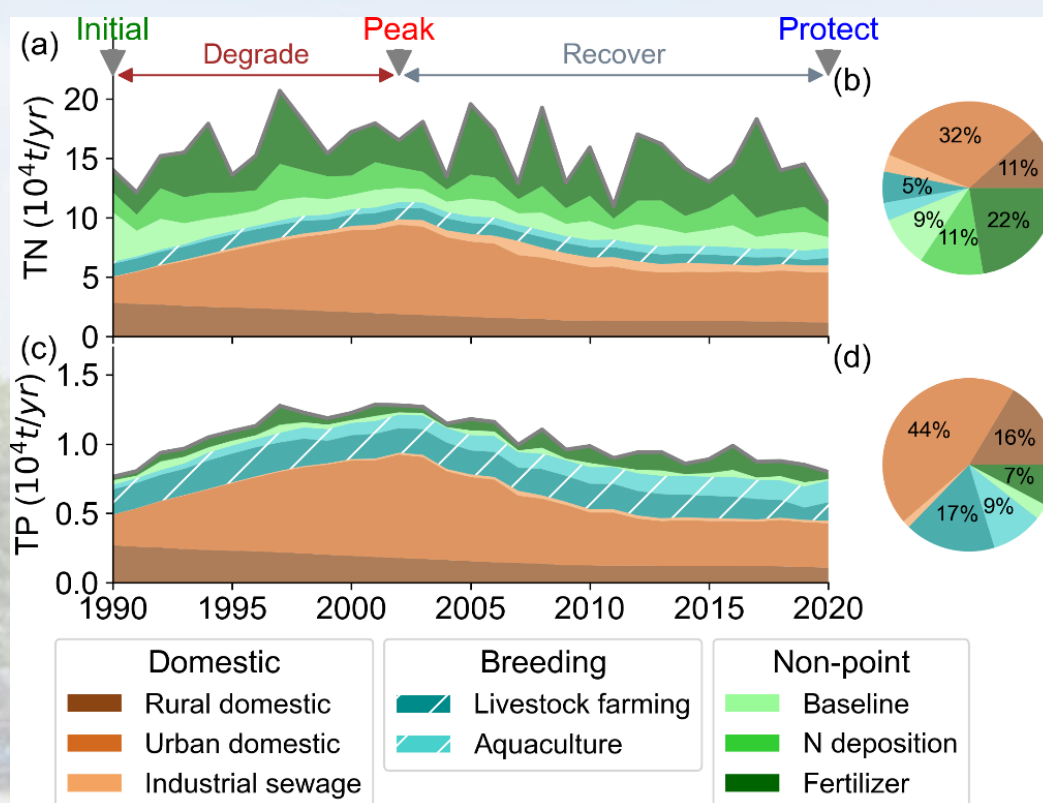


圖 1：來源於不同源的營養通量的時間動態變化，以及關於 (a, b) 總氮 (Total Nitrogen, TN) 和 (c, d) 總磷 (Total Phosphorus, TP) 的餅狀圖。

### II. 空間核心-外圍結構

城市間河流的氮與磷強度呈顯著相關 ( $r=0.97$ )，且生活源的比例與強度亦正相關 ( $r=0.94$ ) (圖 2)。整體上營養強度由核心區向外圍遞減。深圳與東莞為生活源主導型城市，營養強度最高；廣州、佛山、中山、珠海為混合型城市，強度中等且非生活源的貢獻較高；江門、肇慶、惠州為農業型城市，強度最低，以非生活源污染為主。

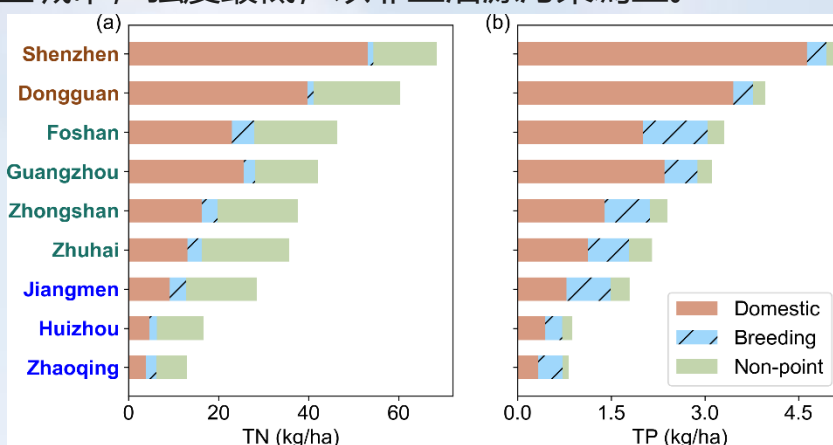


圖 2：城市尺度營養物強度分佈 (a) 總氮 (TN)，(b) 總磷 (TP)。

### III. 陸面過程對非點源的影響

我們量化了不同非點源類別與控制因子的關係，並比較了不同土地利用下的營養強度 (圖 3)。營養動態與營養輸入和輸送過程的耦合程度成正比 ( $r>0.85$ )。地表徑流是營養物運移的主導過程。農業區營養產量最高，因密集施肥與徑流作用疊加；大氣沉降亦與地表流耦合，增加表層氮沉積貢獻；土壤氮庫在側向層中調控基線氮與沉降氮的輸送，而側向流動對營養輸送限制較小。

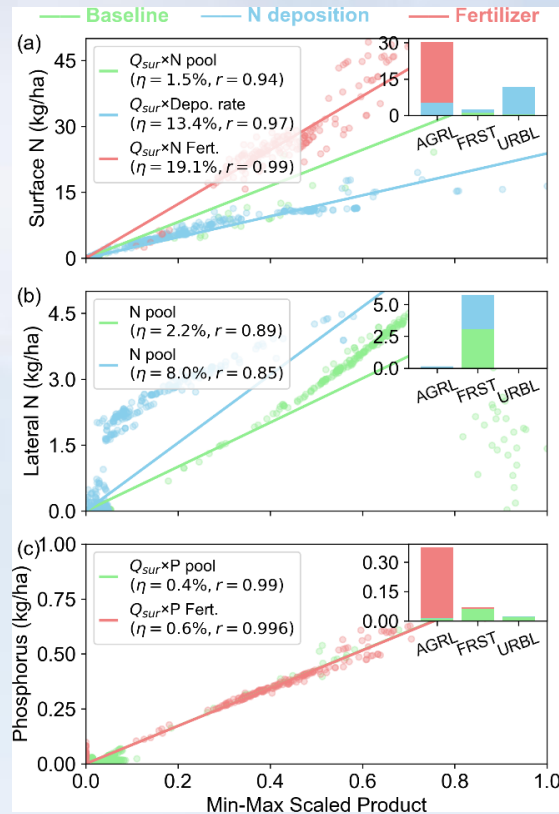


圖 3：由運輸介質與營養物來源耦合控制的營養物種，包括(a) 表層中的氮，(b) 側向層中的氮，以及(c) 磷。

#### IV. 人類活動對點源的影響

為理解人類活動驅動的營養物演變，我們分析了不同城市組在三階段（倒 U 曲線的上升、峰值與下降階段）點源強度及其驅動因子（圖 4）。核心-外圍污染結構在整個時期保持一致。隨着城市化推進：城市生活源在退化階段顯著上升，隨後隨着污水處理設施完善而下降；農村生活源持續下降，原因在於農村人口減少和污水治理改善；畜禽業減少主要因集約化程度提高；水產養殖增加主要與淡水魚類養殖擴張有關。

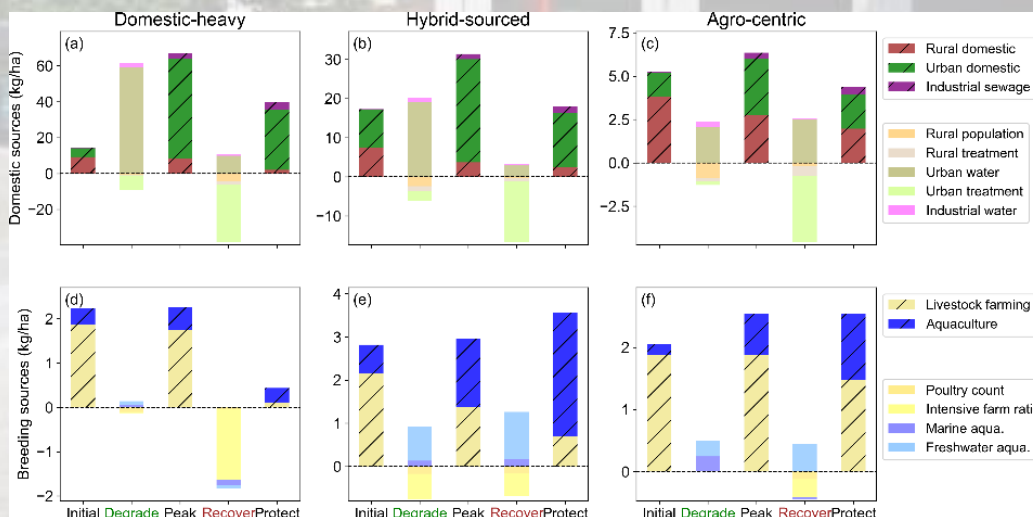


圖 4：城市組中總氮（上）與總磷（下）強度及驅動因子變化，（a,d）生活源主導城市，（b,e）混合型城市，（c,f）農業型城市。

更多詳細時空特徵分析，歡迎查閱：Zhang, Y., Gan, J., 2026. Variability of urban riverine nutrients under coupled human-hydrological-biogeochemical framework. J. Hydrol. 664, 134406.

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2025.134406>.

截至 2025 年 12 月 2 日，可通過此連結免費訪問文章：

<https://authors.elsevier.com/a/1lw%7EQ52cui-fz>.

## 亮點 2. 發展面向大範圍海洋流動的高解像度高效數值求解器

CORE 成員香港科技大學徐昆教授研究團隊圍繞淺水方程構建了高解像度、高效時空自適應的數值建模框架，並開發了支持高性能計算的平臺化求解器，為海嘯、風暴潮等海洋災害以及污染物輸運提供更精確、更高效的模擬能力，具有可用於災害預報與響應，以及為海洋數字孿生的構建提供技術支撐的潛力。

現有主流水動力模擬軟件難以隨流場特徵動態自適應，在海嘯傳播與污染物界面捕捉等問題上的模擬精度不足、效率欠缺。本研究實現了兩項創新：一是採用非結構四邊形網格，發展時空自適應數值方法，在確保精度的同時將計算效率提升約 5-10 倍，並能精確處理海岸線等複雜邊界；二是引入氣體動理學格式，顯著增強求解器的魯棒性與精度，尤其在拓展至更貼近真實物理的多層流動等模型時表現突出。在多尺度海洋流動的標準與應用算例中，該求解器展現出兼具高精度與高效率的綜合性能。未來，研究團隊將進一步推進求解器與更多真實效應模型的深度耦合，持續提升對實際海洋過程的模擬保真度與應用價值。

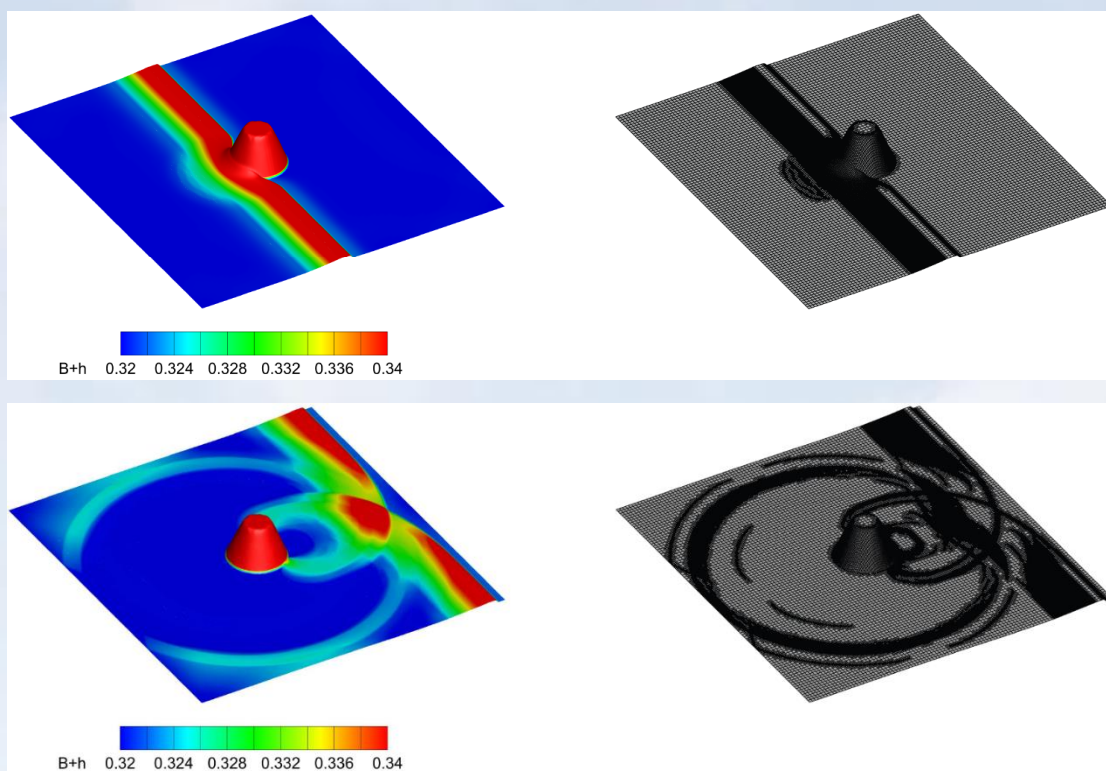


圖 1：實驗室海嘯數值模擬，展示了在無量綱時間  $t=9$ （上排）和  $t=15.5$ （下排）時，水面形態（左列）與相應的自適應網格分佈（右列）。

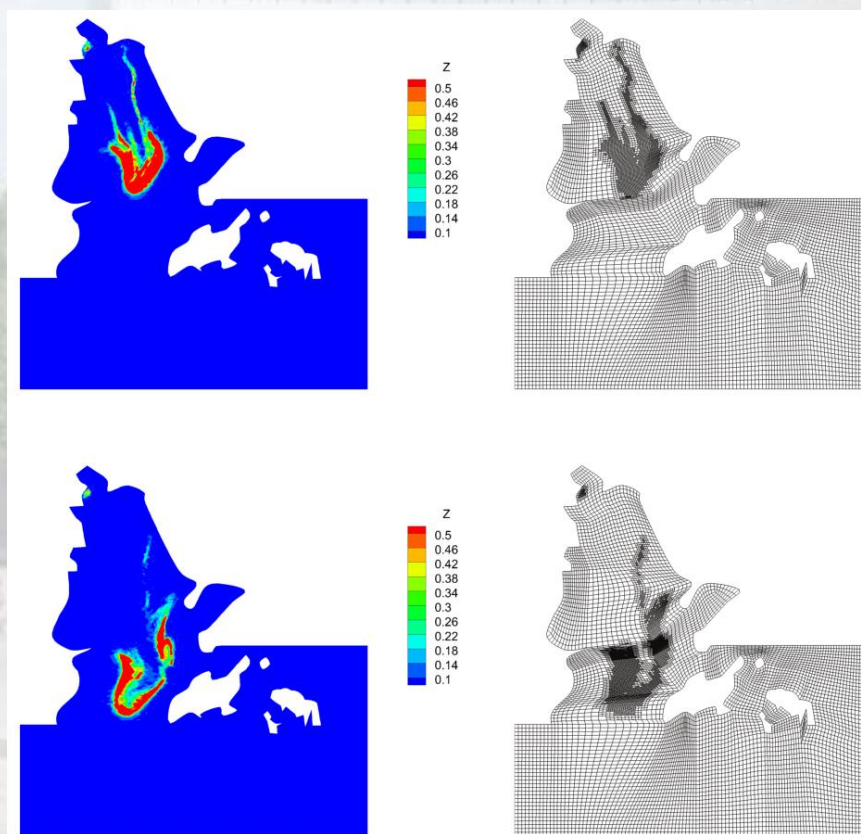


圖 2：基於簡化模型的珠江口流動與污染物輸運數值模擬。左圖展示了污染物輸運在

不同時刻的形態，右圖為相應的自適應網格分佈。

### 三、論文 (2025 年 10 月 - 2025 年 11 月)

1. Cui, G., Yuen, K. V., Cai, Z., Liu, Z., & Zhang, G. (2025). Research on adaptive ocean remote sensing target detection framework: An efficient solution based on the broad learning system. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 229, 188-210.
2. Liang, W., Li, P., Pan, Y., Zhang, Z. X., Yi, Y., Chen, Z. L., ... & He, D. (2025). The role of dissolved organic matter in fuelling coastal hypoxia: identifying key molecules and drivers. *Water Research*, 124210.
3. Xing, J., Zhou, Y., He, D., Guo, F., Li, P., Zhang, Y., Lv, R., Xue, R., Liu, C. & Xiao, Y.\*(2025). Sediments amplify organic matter cycling and nutrients feedback in eutrophic lake zones. *Water Research*, 124164.
4. Li, J., Wang, S., Yu, X., Cheng, Y. Y., Chen, H., & Yu, J. Z. (2025). Molecular and elemental markers-based source apportionment of organic nitrogen in PM<sub>2.5</sub> at a suburban site in Hong Kong. *npj Clean Air*, 1(1), 27.