

郭益銘 (Yi-Ming Kuo)

Associate Professor

Department of Forestry and Natural Resources
National Chiayi University

Forest Watershed and Water Quality
Research Laboratory

300, Syuefu Rd., Chiayi City 60004, Taiwan

Tel: +886-5-2717488

Fax: +886-5-2717467

Email: kuair@mail.ncyu.edu.tw

郭益銘 副教授

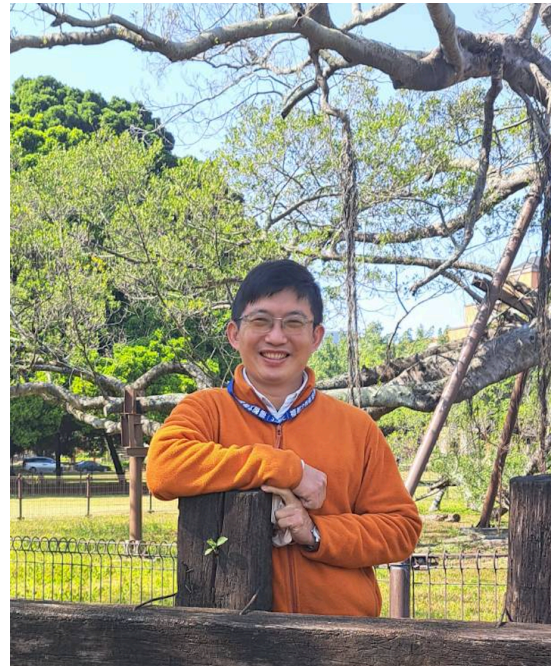
國立嘉義大學 森林暨自然資源學系

森林集水區及水質研究實驗室

600 嘉義市東區學府路 300 號

課程教授

生物統計學與實習、林業試驗設計、迴歸分析、高等林業統計學、集水區環境生態學



Research Interests

- (1) Watershed water quality and quantity management
- (2) Algal bloom control and prediction
- (3) Best management practices (vegetative filter strips) control pollution transport
- (4) Spatio-temporal statistics of water resource and ecology

1.1 Education

Doctor of Philosophy, 2007

Agricultural and Biological Engineering, University of Florida, Gainesville, Florida

Dissertation: Vegetative Filter Strips to Control Surface Runoff Phosphorus Transport from Mining Sand Tailings in the Upper Peace River Basin of Central Florida

Master of Science, 1999

Agricultural Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

Thesis: Multivariate Statistics and Artificial Neural Network Analyzing Groundwater Quality in Yun-Lin Coastal Area, Taiwan

Bachelor of Science, 1997

Hydraulic Engineering, Feng-Chia University, Taichung, Taiwan

Undergraduate Special Topics: Measurement and Study of Riverine 1-D Dispersion Coefficient

1.2 Professional Experiences

1. Associate Professor, 02/2023-present. Department of Forestry and Natural Resources, National Chiayi University.

Researches:

- 分析水庫浮游植物群落結構時空變異特性及其與環境因數的相關性
- 揭示多因數協同影響水庫藍藻水華生消的環境生態學機制
- 確定不同環境條件下水華發生風險及關鍵環境因數警戒閾值

2. 楚天學者特聘教授，博導，09/2013-01/2023，環境學院，中國地質大學（武漢）；兼任研究員，博導，07/2019-06/2022，中國科學院水生生物研究所

Researches:

- Effect of multi-factors coupling mechanism on diatom growth and identification of key factors thresholds in Han River under the operation of the Middle Route of South-to-North Water Transfer Project.
- Dynamics and anthropogenic impacts of karst flow systems in a mountainous area of Central China.
- Air quality monitoring and nitrogen flux and sources in Hubei province, China.
- Using probability-based spatial estimation to assess water quality in the Han River watershed.
- Modeling nutrients variations and assessment of pollution levels in the Wuhan reach of the Han River.
- Effects of hydrological conditions and riparian land uses on the water quality in the middle and low reaches of the Han River.
- Study of coagulation and dewatering properties of *Microcystis Aeruginosa* for Microalgae-Laden water treatment.
- Chemical weathering and carbon sink in Xijiang basin, China.
- Effects of shallow groundwater depth on vegetative filter strips retarding transport of nonpoint source pollution (nitrogen and phosphorus): experiments and VFSMOD-W modeling.

3. **Assistant Professor, 08/2009-07/2013. Department of Design for Sustainable Environment, MingDao University**

Researches:

- Factors controlling changes in epilithic algal biomass in the mountain streams of subtropical Taiwan
- Vegetative filter strips effectiveness in reducing sediment and nonpoint source pollution transport.
- Sediment and nonpoint source pollution transport mechanism in vegetative filter strips.
- Dynamic factor analysis of seasonal phytoplankton abundance in Shihmen Reservoir.

4. **Postdoctoral Fellow, 02/2009-07/2009. National Chung Hsing University**

Researches:

- Velocity distribution in open channel flow with submerged flexible vegetation.
- Ecosystem structure, functioning and greenhouse gas flux of constructed wetlands.

5. **Postdoctoral Fellow, 03/2008-01/2009. Department of Bioenvironmental System Engineering, National Taiwan University**

Researches:

- Artificial neural networks predicting arsenic variations in the southwestern coastal area of Taiwan.
- Dynamic factor analysis and artificial neural networks for estimating arsenic concentrations in groundwater of the arsenic pollution area

6. **Postdoctoral Research Associate, 12/2007-03/2008. Agricultural and Biological Engineering Department, University of Florida**

Project: Vegetative filter strips to control surface runoff phosphorus transport from mining sand tailings in Central Florida.

7. **Graduate Research Assistant, 8/2003-12/2007. Agricultural and Biological Engineering Department, University of Florida**

Projects: Vegetative Filter strips to control surface runoff phosphorus transport from mining sand tailings in the upper Peace River Basin of Central Florida. Funded by Bureau of Mine Reclamation, Florida, USA.

Field Experiments and Monitoring

- Constructed experimental runoff sites comprised of a CR10X datalogger, rain gauge, flumes, soil moisture probes, ISCO automatic water samplers, and wireless communication
- Executed programs to conduct process-controlled experiments
- Monitored field data

Laboratory Experiments

- Analyzed soil mineralogy and soil characteristics including: concentration of cations (using atomic absorption spectrometry), total phosphorus (P), water extractable P, dissolved P, Mehlich-1 extraction, pH, EC, organic carbon, P sorption isotherm, P fractionation, saturated hydraulic conductivity, water retention curve, and particle size distribution.

Modeling

- Modeled hydrology and sediment transport in vegetative filter strips using the numerical model VFSMOD-W
- Developed a simplified Phosphorus transport in VFS using MATLAB
- Investigated dissolution of phosphorus rock (apatite) using Visual MINTEQ
- Optimized soil hydraulic parameters in vadose zone in different soil types using RETC
- Modeled water and chemical movement in unsaturated soils using CHEMFLO
- Simulated the variation of water quality at agricultural pastures in Florida using EAAMOD
- Modeled groundwater contaminates transport using GMS
- Simulated Wiegert's predator-prey relationships using Vensim

8. Research Assistant, 4/2001–7/2003. Bioenvironmental System Engineering Department, National Taiwan University, Taiwan

Project: Preservation the benefit of paddy fields on the ecological environment and the improvement of irrigation water quality.

- Applied GIS and FEMWATER to study groundwater recharge and water conversation in paddy fields
- Investigated the variation of groundwater quality at infrastructure complexes and science parks

1.3 Funding Experiences

1. 中國科技部國家自然科學基金面上項目，大型調水工程影響矽藻生長的多因子耦合機制及閾值，2018/09-2022/12，62 萬元人民幣，主持。
2. 長江水利委員會長江科學院開放研究基金，調水工程實施後影響漢江中下游富營養化機制研究，2018/05-2020/06，5 萬元人民幣，主持。
3. 中國地質大學（武漢）地學長江計畫，喀斯特地區關鍵帶演化過程和驅動機制，2018/02-2020/12，190 萬元人民幣，參與。
4. 湖北省科技廳技術創新專項重大項目，武漢城市圈大氣灰霾污染物立體監測與控制關鍵技術研究，2017/06-2020/06，200 萬元人民幣，參與。
5. 中國地質大學(武漢)學科建設項目，南水北調中線與引江濟漢工程調水對漢江中下游水環境的影響，2017/01-2018/12，29 萬元人民幣，主持。
6. 中國地質大學(武漢)盆地水文過程與濕地生態恢復學術創新基地，漢江中下游潛流帶地表水與地下水間磷流通量估算及其對漢江水域生態的影響，2016/01-2018/12，5 萬元人民幣，主持。
7. 中國地質調查局項目，江漢平原重點地區 1:5 萬水文地質調查，2015/01-2018/12，860 萬元人民幣，參與。
8. 湖北省自然科學基金傑出青年基金，南水北調中線與引江濟漢工程對漢江中下游水域生態環境的影響，2015/01-2017/12，20 萬元人民幣，主持。

9. 中央高校基本科研業務費專項基金，影響漢江中下游水域富營養化程度變化的機制探討，2013/09-2016/12，80萬元人民幣，主持。
10. 行政院國家科學委員會項目，探討主要影響武陵溪流中石附生藻類生物量變化的因子，2013/08-2014/07, 95萬，主持。
11. 行政院國家科學委員會項目，因子分析石門水庫藻類豐富度季節性時空變化，2012/08-2013/07, 85萬，主持。
12. 行政院國家科學委員會項目，沉積物與非點源污染物於植生濾帶傳輸機制之探討，20010/08-2012/07, 150萬，主持。
13. 行政院國家科學委員會項目，植生濾帶於減緩沉積物與非點源污染物之效能評估，2009/11-2010/07, 70萬，主持。

1.4 Publications in Peer-Reviewed Journals (*: Corresponding Author)

1. 張笑笑,徐為琦,趙恩民,**郭益銘**, 2022. 不同強度擾動下藻分解對水環境和磷濃度的影響, 安全與環境工程, 29 (5): 196-203.
2. Zhao, E.M., **Kuo, Y.M.***, 2021. Using Short-Term Data to Quickly and Quantitatively Determine Formation Mechanisms of PM_{2.5} and Ozone. CLEAN-Soil, Air, Water. 2100184. (SCI)
3. Zhao, E.M., **Kuo, Y.M.***, Chen, N.W., 2021. Assessment of water quality under various environmental features using a site-specific weighting water quality index. Science of the Total Environment. 783, 146868. (SCI)
4. Liu, W.W., **Kuo, Y.M.***, Zhao, E., 2021. Influence of the south-to-north water transfer and the Yangtze River mitigation projects on the water quality of Han River, China. Environmental Earth Sciences. 80: 246. (SCI)
5. Li, R., **Kuo, Y.M.***, 2021. Effects of shallow water table depth on vegetative filter strips retarding transport of nonpoint source pollution in controlled flume experiments. International Journal of Environmental Research. 15: 163–175. (SCI)
6. Wang, F.F., Cheng, P., Chen, N.W., **Kuo, Y.M.**, 2021. Tidal driven nutrient exchange between mangroves and estuary reveals a dynamic source-sink pattern. Chemosphere. 279: 128665. (SCI)
7. Yang, J.R., Yu, X.Q., Chen, H.H., **Kuo, Y.M.**, Yang, J., 2021. Structural and functional variations of phytoplankton communities in the face of multiple disturbances. Journal of Environmental Sciences. 100: 287–297. (SCI)
8. Yang, B.H., Xia, R., Dou, M., **Kuo, Y.M.**, Li, G.Q., Shen, L.S., 2020. Effects of hydrological alteration on fish population structure and habitat in river system: A case study in the mid-downstream of the Hanjiang River in China. Global Ecology and Conservation. 23: e01090. (SCI; IF: 2.751; Ranking 16/59 (Q2) in Biodiversity conservation in 2018).
9. Chen, S.C., Tfwala, S.S., Wang, C.R., **Kuo, Y.M.**, Chao, Y.C., 2020. Incipient motion of large wood in river channels considering log density and orientation. Journal of Hydraulic Research. 58(3): 489-502. (SCI; IF: 2.974; Ranking 19/91 (Q1) in Water Resources in 2018).
10. Deng, Y., Jiang, Z.C., **Kuo, Y.M.**, Zhou, X.D., 2019. Effects of canopy interception on epikarst water chemistry and its response to precipitation in Southwest China. Carbonates and Evaporites. 34: 273–282. (SCI; IF: 1.415 in 2019)
11. **Kuo, Y.M.***, Liu, W.W., Zhao, E., Li, R., Muñoz-Carpena, R., 2019. Water quality variability in the middle and down streams of Han River under the influence of the Middle Route of South-North Water Diversion Project, China. Journal of Hydrology. 569: 218-229. (SCI; IF: 4.405; Ranking 6/91 (Q1) in Water Resources in 2018), January 2019.
12. **Kuo, Y.M.***, Yang, J., Liu, W.W., Zhao, E.M., Li, R., Yao, L.Q., 2018. Using generalized additive models to investigate factors influencing cyanobacterial abundance through phycocyanin fluorescence in East Lake, China. Environmental Monitoring and Assessment. 190:

599. (SCI; IF: 1.959; Ranking 142/251 (Q3) in Environmental Sciences in 2018), September 2018.
13. Li, R., **Kuo, Y.M.***, Liu, W.W., Jang, C.S., Zhao, E.M., Yao, L.Q., 2018. Potential health risk assessment through ingestion and dermal contact arsenic-contaminated groundwater in Jiangnan Plain, China. *Environmental Geochemistry and Health*. 40(4): 1585-1599. (SCI; IF: 3.251; Ranking 14/91 (Q1) in Water Resources in 2018)
 14. Chen, M.W., Mo, Q.G., **Kuo, Y.M.**, Su, Y.P., Zhong, Y.P., 2018. Hydrochemical controls on reservoir nutrient and phytoplankton dynamics under storms. *Science of the Total Environment*. 619-620: 301-310. (SCI; IF: 5.589; Ranking 27/251 (Q1) in Environmental Sciences in 2018), November 2017.
 15. **郭益銘***, 趙恩民, 2018. 動態因子分析在環境監測中的應用. *中國環境監測*. 34(1): 120-126.
 16. **郭益銘***, 李冉, 姚立全, 2018. 植生濾帶對農業面源污染防治及模型的研究與應用進展. *安全與環境工程*. 25(2): 15-22.
 17. 梁平, **郭益銘***, 劉文文, 2017. 基於GWR模型的漢江流域土地利用類型與水質關係評估. *安全與環境工程*. 24(2): 67-74.
 18. **Kuo, Y.M.**, Zhao, E.M., Li, M.J. Yu, H., Qin, J., 2017. Ambient precursor gaseous pollutants and meteorological conditions controlling variations of particulate matter concentrations. *CLEAN-Soil, Air, Water*. 45(8): 1600655. (SCI; IF:1.512; Ranking 179/251 (Q3) in Environmental Sciences in 2018), June 2017.
 19. Liu, W.W., Zhao, E.M., **Kuo, Y.M.***, Jang, C.S., 2017. Identifying the relationships between trophic states and their driving factors in the Shihmen Reservoir, Taiwan. *Limnologica*. 64: 38-45. (SCI; IF: 2.051; Ranking 7/21 (Q2) in Limnology in 2018), May 2017.
 20. **Kuo, Y.M.**, Yu, H.L., Kuan, W.H., Kuo, M.H., Lin, H.J.*, 2016. Factors controlling changes in epilithic algal biomass in the mountain streams of subtropical Taiwan. *PLoS One*. 11(11): e0166604. (SCI; IF: 2.776; Ranking 15/64 (Q1) in Multidisciplinary Sciences in 2017), November 2016.
 21. **Kuo, Y.M.***, Wu, J.T., 2016. Phytoplankton dynamics of a subtropical reservoir controlled by the complex interplay among hydrological, abiotic, and biotic variables. *Environmental Monitoring and Assessment*. 188(12): 689. (SCI; IF:1.959; Ranking 142/251 (Q3) in Environmental Sciences in 2018), November 2016.
 22. Li, M., Xiong, Z., Liu, H., **Kuo, Y.M.**, Tong, Z., 2016. Copper-induced alteration in sucrose partitioning and its relationship to the root growth of two *Elsholtzia haichowensis* Sun populations. *International Journal of Phytoremediation*. 18(10): 966-76. (SCI; IF: 2.237; Ranking 127/251 (Q3) in Environmental Sciences in 2018), May 2016.
 23. Liu, Z., Zha, Y., Yang, W., **Kuo, Y.M.**, Yang, Y., 2016, Large-scale modeling of unsaturated flow by stochastic perturbation approach. *Vadose Zone Journal*. 15(2): 1-20. (SCI; IF: 3.450; Ranking 7/35 (Q1) in Soil sciences in 2018), March 2016.
 24. Huang, J., Jin, M.G., **Kuo, Y.M.**, Di, Z.J., Xian, Y., Yuan, J.J., 2016. Compartment model for estimating element content in a water–soil–cotton system. *Agronomy Journal*. 108:129-140. (SCI; IF: 2.897; Ranking 22/87 (Q2) in Agronomy in 2017), 01 January 2016.
 25. Yu, S., Du, W.Y., Sun, P.G., He, S.Y., **Kuo, Y.M.**, Yuan, Y.Q., Huang, J., 2015. Study on the hydrochemistry character and carbon sink in the middle and upper reaches of the Xijiang River basin, China. *Environmental Earth Sciences*. 74(2): 997-1005. (SCI; IF: 1.569; Ranking 47/88 (Q3) in Water Resources in 2016)
 26. Yu, S., **Kuo, Y.M.***, Du, W., He, S.Y., Sun, P.A., Yuan, Q., Li, R., Li, Y., 2015. The hydrochemistry properties of precipitation in karst tourism city (Guilin), Southwest China. *Environmental Earth Sciences*. 74(2): 1061-1069. (SCI; IF: 1.765; Ranking 26/83 (Q2) in Water Resources in 2014) July/2015.

27. Deng, Y., **Kuo, Y.M.***, Jiang, Z.C., Qin, X.M., Jin, Z.J., 2015. Using stable isotopes to quantify water uptake by *Cyclobalanopsis glauca* in typical clusters of karst peaks in China. *Environmental Earth Science*. 74(2): 1039-1046. (SCI; IF: 1.765; Ranking 26/83 (Q2) in Water Resources in 2014). July/2015.
28. Tsai, J.P., Chen, Y.W., Chang, L.C., Kuo, Y.M., Tu, Y.H., Pan, C.C., 2015. High recharge areas in the Choushui River Alluvial Fan (Taiwan) assessed from recharge potential analysis and average storage variation indexes. *Entropy*. 17(4): 1558-1580. (SCI; IF: 2.305; Ranking 22/78 (Q2) in Physics, Multidisciplinary in 2017). Published: 24 March 2015
29. Yu, H.L., Lin, Y.C., **Kuo, Y.M.**, 2015. A time series analysis of multiple ambient pollutants to investigate the underlying air pollution dynamics and interactions. *Chemosphere*. 134: 571-580. (SCI; IF: 4.427; Ranking 35/242 (Q1) in Environmental Sciences in 2017), 2015/09
30. **Kuo, Y.M.**, Chiu, C.H., Yu, H.L., 2015. Influences of ambient air pollutants and meteorological conditions on ozone variation in Kaohsiung, Taiwan. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. 29:1037-1050. (SCI; IF: 2.671; Ranking 19/90 (Q1) in Water Resources in 2017)
31. **Kuo, Y.M.**, Chu, H.J., Pan, T.Y., 2014. Temporal precipitation estimation from nearby radar reflectivity using dynamic factor analysis in the mountainous watershed - a case during Typhoon Morakot. *Hydrological Processes*. 28(3), 999-1008. (SCI; IF: 3.181; Ranking 13/90 (Q1) in Water Resources in 2017)
32. Gaybullaev, B., Chen, S.C., **Kuo, Y.M.**, 2013. Water volume and salinity forecasts of the small Aral Sea for the years 2025. *中華水土保持學報*, 44(3): 265-270.
33. **Kuo, Y.M.**, Jang, C.S., Yu, H.L., Chen, S.C., Chu, H.J., 2013. Identifying nearshore groundwater and river hydrochemical variables influencing water quality of Kaoping River Eestuary using dynamic factor analysis. *Journal of Hydrology*. 486: 39-47. (SCI; IF: 3.727; Ranking 7/90 (Q1) in Water Resources in 2017)
34. Yu, H.L., Lin, Y.C., Sivakumar, B., **Kuo, Y.M.***, 2013. A study of the temporal dynamics of ambient particulate matter using stochastic and chaotic techniques. *Atmospheric Environment*. 69: 37-45. (SCI; IF:3.708; Ranking 55/242 (Q1) in Environmental Sciences in 2017).
35. Jang, C.S., Chen, S.K., **Kuo, Y.M.**, 2013. Applying indicator-based geostatistical approaches to determine potential zones of groundwater recharge based on borehole data. *CATENA*. 101: 178-187. (SCI; IF: 3.256; Ranking 10/90 (Q1) in Water Resources in 2017)
36. Chen, S.C., **Kuo, Y.M.***, Yen, Y.C., 2012. Effects of submerged flexible vegetation and solid structure bars on channel bed scour. *International Journal of Sediment Research*. 27: 323-336. (SCI; IF: 1.659; Ranking 49/90 (Q3) in Water Resources in 2017)
37. Gaybullaev, B., Chen, S.C., **Kuo, Y.M.**, 2012. Large-scale desiccation of the Aral Sea due to over-exploitation after 1960. *Journal of Mountain Science*. 9(4): 538-546. (SCI; IF:1.000; Ranking 146/205 in Environmental Sciences in 2011)
38. Chu, H.J., Lin, C.Y., Liao, C.J., **Kuo, Y.M.***, 2012. Identify controlling factors of ground-level ozone levels over southwestern Taiwan using a decision Tree. *Atmospheric Environment*. 60: 142-152. (SCI; IF: 3.465; Ranking 25/205 in Environmental Sciences in 2011)
39. Chu, H.J., Yu, H.L., **Kuo, Y.M.***, 2012. Identifying spatial mixture distributions of PM_{2.5} and PM₁₀ in Taiwan during and after a dust storm. *Atmospheric Environment*. 54: 728-737. (SCI; IF: 3.465; Ranking 25/205 in Environmental Sciences in 2011)
40. Jang, C.S., Chen, S.K., **Kuo, Y.M.**, 2012. Establishing an irrigation management plan of sustainable groundwater based on spatial variability of water quality and quantity. *Journal of Hydrology*. 414: 201-210. (SCI; IF: 2.656; Ranking 5/118 in Civil Engineering in 2011)
41. **Kuo, Y.M.**, Wang S.W., Jang, C.S., Yeh, N.C., Yu, H.L., 2011. Identifying the factors influencing PM_{2.5} in southern Taiwan using dynamic factor analysis. *Atmospheric*

- Environment. 45: 7276-7285. (SCI; IF: 3.465; Ranking 25/205 in Environmental Sciences in 2011)
42. **Kuo, Y.M.**, Chu, H.J., Pan, T.Y., Yu, H.L., 2011. Investigating common trends of annual maximum rainfalls during heavy rainfall events in southern Taiwan. *Journal of Hydrology*. 409: 749-758. (SCI; IF: 2.656; Ranking 5/118 in Civil Engineering in 2011)
 43. Wang, S.W., **Kuo, Y.M.**, Kao Y.H., Jang, C.S., Maji, S.K., Chang, F.J., Liu, C.W., 2011. Influence of hydrological and hydrogeochemical parameters on arsenic variation in shallow groundwater of southwestern Taiwan. *Journal of Hydrology*. 408: 286-295. (SCI; IF:2.656; Ranking 5/118 in Civil Engineering in 2011)
 44. Yu, H.L., Wang, C.H, Liu, M.C., **Kuo, Y.M.***, 2011. Estimation of fine particulate matter in Taipei using landuse regression and bayesian maximum entropy methods. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 8: 2153-2169. (SCI; IF: 1.605; Ranking 103/205 in Environmental Sciences in 2011)
 45. Chen, S.C., **Kuo, Y.M.***, Li, Y.H., 2011. Flow characteristics within different configurations of submerged flexible vegetation. *Journal of Hydrology*. 398: 124-134. (SCI; IF:2.656; Ranking 5/118 in Civil Engineering in 2011)
 46. **Kuo, Y.M.**, Chang, F.J., 2010. Dynamic factor analysis for estimating groundwater arsenic trends. *Journal of Environmental Quality*. 39(1):176-84 (SCI; IF: 2.324; Ranking 61/205 in Environmental Sciences in 2011)
 47. Chang, F.J., Kao, L.S., **Kuo, Y.M.**, Liu, C.W., 2010. Artificial neural networks for estimating regional arsenic concentrations in a blackfoot disease area in Taiwan. *Journal of Hydrology*. 388: 65-76. (SCI; IF:2.656; Ranking 5/118 in Civil Engineering in 2011)
 48. **Kuo, Y.M.**, Lin, H.J., 2010. Dynamic factor analysis of long-term growth trends of the intertidal seagrass *Thalassia hemprichii* in southern Taiwan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 86: 225-236. (SCI; IF: 2.247; Ranking 20/97 in Marine & Freshwater Biology in 2011)
 49. **Kuo, Y.M.**, Muñoz-Carpena, R., 2009. Simplified modeling of phosphorus removal by vegetative filter strips to control runoff pollution from phosphate mining areas. *Journal of Hydrology*. 378:343-354. (SCI; IF:2.656; Ranking 5/118 in Civil Engineering in 2011)
 50. **Kuo, Y.M.**, Harris, W.G., Muñoz-Carpena, R., Rhue, D., Li, Y.C., 2009. Apatite control of hosphorus release to runoff from soils of phosphate mine reclamation areas. *Water, Air, & Soil Pollution*. 202: 189-198. (SCI)
 51. Muñoz-Carpena, R, Zajac, Z., **Kuo, Y.M.**, 2007. Global sensitivity and uncertainty analyses of the water quality model VFSMOD-W. *Transactions of the ASABE*. 50(5): 1719-1732. (SCI). (IF= 0.889)
 52. Liu, C.W., Hung, H.C., Chen, S.K., **Kuo, Y.M.**, 2004. Subsurface return flow and ground water recharge of terrace fields in northern Taiwan. *Journal of American Water Resources Association*. 40(3): 603-614. (SCI). (IF= 1.618)
 53. **Kuo, Y.M.**, Liu, C.W., Lin, K.H., 2004. Evaluation of the ability of an artificial neural network model to assess the variation of groundwater quality in an area of blackfoot disease in Taiwan. *Water Research*. 38(1): 148-158. (SCI). (IF= 4.355)
 54. Liu, C.W., Lin, K.H., **Kuo, Y.M.***, 2003. Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan. *the Science of the Total Environment*. 313: 77-89. (SCI) (IF= 2.905)

1.5 Conferences

1. **郭益銘**、李冉, 應用 VFSMOD 於最佳化設計植生濾帶抑制非點源污染傳輸, 2021 國際濕地大會-明日濕地: 我們共同的希望, 台北, 10/19-10/20, 2021.
2. 趙恩民、**郭益銘**, 基於可衡量區域環境特徵的指數法評估生態環境狀況, 中國生態水文

- 論壇（第二屆）暨中國生態學學會生態水文專業委員會 2021 年會，長沙，7/2-7/5, 2021.
3. **郭益銘**，基於可調整權重的指標法評估生態環境狀況，第十一屆海峽兩岸人工溼地研討會，武漢，12/25-29, 2020.
 4. **Kuo, Y.M.**, Li, R., Impacts of Shallow Groundwater Table on Hydrology and Sediment Transport in Vegetative Filter Strips: Flume and Field Experiments and VFSMOD Modeling, AGU meeting, San Francisco, USA, 12/9-14, 2019.
 5. **Kuo, Y.M.**, Li, R., Impacts of Shallow Groundwater Table on Hydrology and Sediment Transport in Vegetative Filter Strips. The 2nd International Conference on Non-point Source Pollution Control and Aquatic Ecosystem Protection (NPAE-2019), Wuhan, China, 9/20-23, 2019.
 6. **Kuo, Y.M.**, Liu, W.W., Estimating the spatial variation of water quality in the middle and down streams of Han River using a modified indicator-ordinary kriging approach, EGU General Assembly, Vienna, 4/7-12, 2019.
 7. Zhao, E., **Kuo, Y.M.**, Evaluating the spatio-temporal variability of water quality in a larger river system based on a dynamic water quality index. EGU General Assembly, Vienna, 4/7-12, 2019.
 8. **郭益銘**、劉文文，漢江中下游流域水質時空變異性及污染等級推估，第十六屆中國水論壇，黃山，2018/11.
 9. **郭益銘**，河流岸邊植生濾帶抑制面源污染傳輸效益評估，第二屆水生態文明與綠色城鄉融合發展國際會議，蘇州，2018/11.
 10. 趙恩民、**郭益銘**，基於統計方法的城郊淺水湖泊污染源及其污染過程解析，2018 中國地球科學聯合學術年會，北京，2018/10.
 11. **Kuo, Y.M.**, Li, R., Effects of vegetative filter strips of shallow groundwater on retarding transport of nonpoint source pollution. Asia Oceania Geosciences Society, Hawaii. 2018/06.
 12. **Kuo, Y.M.**, Zhao, E.M., Liu, W.W., Time-series based water quality index for characterizing spatial-temporal variations of water quality in middle and down streams of Han River. EGU General Assembly, Vienna. 2017/04.
 13. **郭益銘**，動態因子分析方法探討水文及水文地質化學條件對臺灣西南部地下水砷濃度變化的影響，2017 地下水高層論壇暨海峽兩岸水文地質應用研討會，合肥，2017/7.
 14. 李冉、**郭益銘**，不同淺層地下水位對植生濾帶削減面源污染效率的影響研究，第十五屆中國水論壇，深圳，2017/11.
 15. 趙恩民、**郭益銘**，基於動態因子分析及 BP 神經網絡構建葉綠素 a 預測模型，第十五屆中國水論壇，深圳，2017/11.
 16. 劉文文、**郭益銘**，漢江中下游三個典型支流-干流交匯區域的污染特性研究，第十五屆中國水論壇，深圳，2017/11.
 17. **郭益銘**，南水北調中線工程運行下的漢江中下游水質變化，中國地質大學創校 65 週年學術交流研討會，武漢，2017/10.
 18. Li, R., **Kuo, Y.M.**, Impact of groundwater table on phosphorus reduction mechanism of vegetative filter strips: a laboratory study and VFSMOD modeling. American Geophysical Union, San Francisco. 2016/12.
 19. Liu, W.W., **Kuo, Y.M.**, Influence of environmental factors at polluted tributaries on water quality of mainstream Han River after the operation of the South-to-North Water Transfer Project. American Geophysical Union, San Francisco. 2016/12.
 20. **郭益銘**，濕地岸邊植生濾帶最佳管理措施控制面源污染源，第七屆海峽兩岸人工濕地研討會，臺灣嘉義大學，2016/5.
 21. **Kuo, Y.M.**, Liu, W.W., Influence of the South-to-North Water Transfer and the Yangtze River Mitigation Projects on the water quality of Han River, China. EGU General Assembly, Vienna. 2016/04.
 22. **郭益銘**，南水北調中線工程調水對漢江中下游水質的影響，全國河湖污染治理與生態修復論壇，武漢，2015/10.

23. **郭益銘**, 因子分析及聚類分析探討漢江中下游流域水質主要污染源, 第七屆全國河湖治理與水生生態文明發展論壇, 廣州, 2015/4.
24. **郭益銘**, 應用動態因子分析於水域生態水質的研究-以臺灣石門水庫及高屏溪出海口水域生態為例) 香山論壇, 廈門大學, 2015/6.
25. **Kuo, Y.M.**, Liu, W.W., Application of factor analysis and cluster analysis in the assessment of water quality of middle and down streams Han River in China. Asia Oceania Geosciences Society, Singapore. 2015/08.
26. **郭益銘**、張麗紅, 影響高屏溪出海口海域浮游藻類生物量變化的環境指標。第八屆地下水資源及水質保護研討會暨 2014 兩岸地下水與水文地質應用研討會, 成功大學, 2014/11/19-20.
27. **郭益銘**、吳俊宗, Factors controlling phytoplankton dynamics and the implication for water quality management of a subtropical water reservoir。第六屆海峽兩岸人工濕地研討會暨高層論壇, 中國杭州, 2014/10/27-11/1.
28. **Kuo, Y.M.**, Chu, H.J., Jang, C.S., Identifying nearshore groundwater and river hydrochemical variables influencing water quality of Kaoping River Eestuary using dynamic factor analysis. Asia Oceania Geosciences Society, Japan. 2014/7/27-8/1.
29. **Kuo, Y.M.**, Chuang, Y.L., Kuan, W.H., Kuo, M.H., Chiu, M.C., Lin, H.J., Factors controlling dynamic changes in abundance of epilithic algae in mountain streams of subtropical Taiwan, EGU General Assembly, Vienna. 2014/4/27-5/2.
30. **Kuo, Y.M.**, Chu, H.J., Yu, H.L., Lin, H.J., Dynamic factor analysis of environmental systems: III. Applications in environmental management and decision. 29th European Meeting of Statisticians, Budapest. 2013/7/20-25.
31. **Kuo, Y.M.**, Chuang, Y.L., Chu, H.J., 2013. Identifying the factors affecting phytoplankton abundance dynamics in Shihmen Reservoir, Taiwan. EGU General Assembly, Vienna. 2013/4/7-4/12.
32. **Kuo, Y.M.**, Tang, M.S., Jang, C.S., Chen, S.C., Chu, H.J., Identifying the dynamic relationship between environmental variables and water quality in the Kaoping River Estuary. MingDao University. 2012/5.
33. **Kuo, Y.M.**, Jang, C.S., Yu, H.L., Wang, S.W., NOx, VOCs, and meteorological conditions influencing ozone variation in Kaohsiung, Taiwan. American Geophysical Union, San Francisco. 2011/12/5-9.
34. **Kuo, Y.M.**, Wang, S.W., Yu, H.L., Temporal common trends of ambient pollutants at four supersites in Kaohsiung City. EGU General Assembly, Vienna, 2011/4/3-8.
35. **Kuo, Y.M.**, Chen, S.C., Yen, H.C., Clear water local scour and flow field around various submerged flexible and solid structures. Annual International Meeting of ASABE, Pittsburgh, Pennsylvania, 2010/6/20-23.
36. Yang, M.S., Chen, S.F., **Kuo, Y.M.**, Wang, H.L., Investigation of feasibility of oyster shell applied to the pavement of landscape, Symposium on Landscape Gardening and Potted Bonsai Achievements Exhibition, MingDao University, 2010/6/20.
37. Yang, M.S., Wang, H.L., **Kuo, Y.M.**, Hsu, C.C., The planning and design of an ecological observatory in the Fang-Yuan intertidal zone, Taiwan. Symposium on Landscape Gardening and Potted Bonsai Achievements Exhibition, MingDao University, 2010/6/20.
38. **Kuo, Y.M.**, Lin, H.J., Dynamic factor analysis of long-term growth trends of the intertidal seagrass *Thalassia hemprichii* in southern Taiwan. Symposium on Animal Behavior, Ecology and Biological Education-The Biological Society of China 2010 Joint Annual Conference, 2010/1/4.
39. **Kuo, Y.M.**, Muñoz-Carpena, R., Li, Y.C., Vegetative filter strips to control surface runoff phosphorus transport from mining sand tailings in the upper Peace River basin of Central Florida. Symposium on Soil and Water Conservation Technology, MingDao University, 2009/10/26.

40. **Kuo, Y.M.**, Chang, F.J., Liu, C.W., Dynamic factor analysis for estimating groundwater arsenic trends, Agricultural Engineering Conference, 2009/10/2.
41. **Kuo, Y.M.**, Muñoz-Carpena, R., Harris, W.G., Li, Y.C., Rhue, D., Vegetative filter strips to reduce surface runoff phosphorus transport from mining sand tailings in the upper Peace River basin of Central Florida. Sustainable Water Resources: Florida Challenges, Global Solutions Conference, Gainesville, Florida. 2008/2/27-28.
42. **Kuo, Y.M.**, Muñoz-Carpena, R., Ritter, A., Modeling phosphorus transport in vegetative filter strips in mining sand tailings. Annual International Meeting of ASABE, Minneapolis, Minnesota. 2007/7/17- 20.
43. **Kuo, Y.M.**, Muñoz-Carpena, R., Li, Y.C., Runoff water quality pollution and controlled by vegetative filter strips from phosphate mining areas. Florida Section ASABE 2007 Annual Conference and Trade Show, St. Pete Beach, Florida. 2007/5/30-6/2.
44. **Kuo, Y.M.**, Muñoz-Carpena, R., Li, Y.C., Campbell, K.L., Parsons, J.E., Using vegetative filter strips to reduce phosphorus transport in the phosphorus mining area in Central Florida. Annual International Meeting of ASAE, Tampa, Florida. 2005/7/17-20.
45. **Kuo, Y.M.**, Liu, C.W. 2000. Analysis the composition of groundwater quality in Yun-Lin coastal area by multivariate factor analysis method. Agricultural Engineering Conference, Taiwan. 2000/10/30.

1.6 Honors and Professional Certifications

- 獲 2015 年湖北省傑出青年基金項目
- 2012 年度獲明道大學國科會獎勵優秀學者獎助金
- 獲聘 2011 年湖北省楚天學者（特聘教授）
- 優秀論文獎，2010，景觀園藝與盆栽研討會，明道大學
楊旻森，王曉玲，郭益銘，許智杰。芳苑潮間帶生態景觀平台規劃設計
- Honorable Mention Winners, ASABE paper award, 2008
（美國農業及生物工程學會論文獎）
Paper Title: Muñoz-Carpena, R., Zajac, Z., **Kuo, Y.M.**, 2007. Global Sensitivity and Uncertainty Analyses of the Water Quality Model VFSMOD-W. Transactions of ASABE, 50(5): 1719-1732
- Dean of Research Office Matching Assistantship for Doctoral Students, 2003 – 2007
- Research Creative Award of the National Science Council, Taiwan, 1997
（行政院國科會大專生研究創作獎）
Research Title: Measurement and Study of Riverine 1-D Dispersion Coefficient
- Professional Hydraulic Engineer, Taiwan, 1997 (水利技師)

1.7 Students Thesis (*:為博士論文, 其他為碩士論文)

1. 趙恩民*, 多因數影響漢江中下游水環境時空變化及水華生消機制, 2022
2. 張笑笑, 藻分解過程中磷遷移轉化及不同強度擾動和微生物對其的影響研究, 2022.
3. 徐為琦, 藻懸浮與沉降時的分解對沉積物-水介面氮循環的影響, 2022
4. 劉如俊, 漢江下游表層沉積物磷形態時空變化及吸附釋放研究, 2021
5. 高科技, 深型覆合垂直流人工濕地對多溴聯苯醚的去除效果及機理研究, 2020
6. 劉文文*, 中線工程運行下漢江中下遊水質時空變異性研究, 2019
7. 李冉*, 淺層地下水對植生濾帶削減面源氮磷污染物的影響及 VFSMOD-W 模型模擬研究, 2019
8. 于爽*, 西江流域河流化學風化及其碳匯效應研究, 2019
9. 鄧豔*, 西南典型峰叢窪地岩溶關鍵帶植被-表層岩溶水的耦合過程, 2018
10. 譚輝, 漢江武漢段營養鹽模擬與污染等級評估, 2018
11. 喻苗, 富藻水體中銅綠微囊藻的混凝去除與脫水性研究, 2018

12. Hader Antonio Reyes Rengifo, Removal efficiency of arsenic in vegetative filter strips of the controlled experimental system, 2018.
13. 梁平, 水文條件及河岸帶土地條件對漢江中下游水質的影響研究, 2017
14. 熊偉, 植生濾帶對農業面源污染削減效率的研究—以地表逕流沉積物及磷為例, 2017
15. 王雨, 基於動態因子分析和人工神經網絡分析及預測武漢東湖的水質, 2017
16. 王璐, 淺水沉積物中有機質對磷的吸附影響研究, 2016
17. Mariama Janneh, Risk assessment for water quality of Han River, China, 2016
18. Nformbeu Humphry Tangie, Relationships between land uses and water quality in the Han River watershed analyzed by geographically weighted regression, 2015

1.7 Patent

植生濾帶削減農業面源污染模擬裝置, 中華人民共和國國家知識產權局, 專利號: ZL 2016 2 1133088.5, 證書號第 6154007 號, 2017 年

1.8 Professional Affiliations

American Society of Agricultural and Biological Engineers
American Geophysical Union
European Geosciences Union

1.9 International Conference Services

Co-convener at HS09 section of AOGS conference, 2018

1.10 Professional Review for Journals and Projects

Journal of Zhejiang University-SCIENCE
PLOS Neglected Tropical Diseases
Environmental Monitoring and Assessment
Stochastic Environmental Research and Risk Assessment
Journal of Environmental Quality
Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste
Journal of Contaminant Hydrology
Journal of Geology and Mining Research
African Journal of Agricultural Research
Journal of Hydrology
Journal of Soil and Water Conservation Technology (Chinese)
Scientific Reports
Science of the Total Environment
Journal of Hydrology: Regional Studies
Marine Pollution Bulletin
Journal of Soils and Sediments
Scientific Reports
Earth System Science Data
中國科技部國家自然科學基金 面上項目評審委員
中國科技部國家自然科學基金 青年基金項目評審委員
江西省科技廳自然科學基金 青年基金項目評審委員
湖北省科技廳自然科學基金評審委員

研究成果摘要

個人過去的研究主要圍繞在『集水區生態環境永續發展』，結合土地利用及生態環境監測資訊（發展環境監測技術與大數據分析方法），並應用時空統計、數理模型、及樸門（permaculture）永續設計理念以整合性的思維綜合研究『生態工法進行集水區管理、流域生態環境永續發展研究、水土污染與水資源管理、空氣污染成因機制』等生態環境評估與資源永續發展之研究，這些過去的研究經驗將可支撐我未來的研究計畫，過去研究經驗彙整如圖 1 所示。

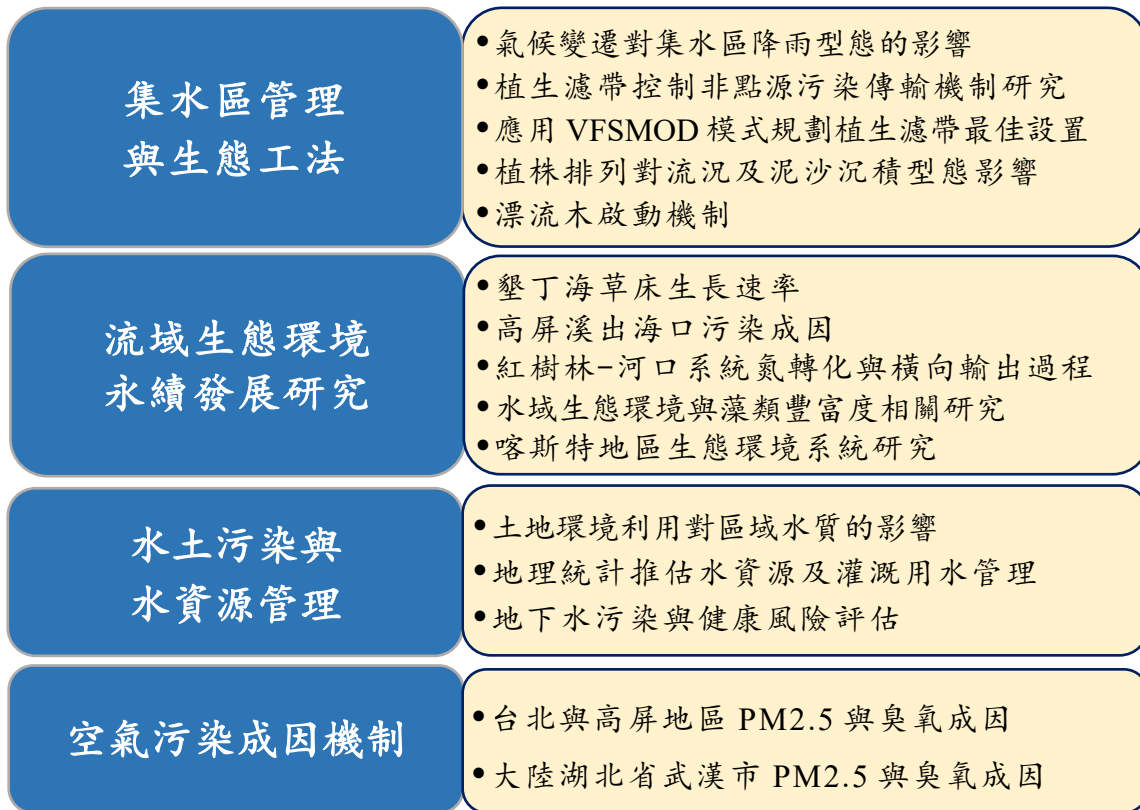


圖 1. 過去研究內容彙整

一、集水區管理與生態工法應用

A. 氣候變遷對集水區降雨型態影響之研究

颱風及極端暴雨是主要貢獻台灣降雨量的來源及造成洪水災害原因，能夠於降雨初期掌握未來可能的降雨量，對於洪水推估、水庫操作及災害防治有重要的意義。過去曾經在高屏河流域蒐集 30 年的降雨資料，首先區分高低海拔的降雨數據特性（低海拔 < 400 m），應用空間統計方法以年最大 1 小時降雨量分別推估高及低海拔同場降雨的最大 24 小時降雨量，此結果可以應用於推估氣候變遷下長時間暴雨降雨量及進行洪水及災害預警。研究結果亦發現這三十年來的降雨強度呈現上升趨勢，如圖 2 所示。

此外，我們也建立了颱風期間重要關鍵的雷達反射率與降雨強度間的關係，根據空間統計方法分析的結果，可明顯地區分高屏河流域具有南北兩個降雨量及雷達反射率的關

係。在北區大部分的測站，雷達反射率與降雨量的關係非常顯著，不受地形山脈的阻擋。未來可以透過雷達反射率及氣象條件更精準的預測降雨量。

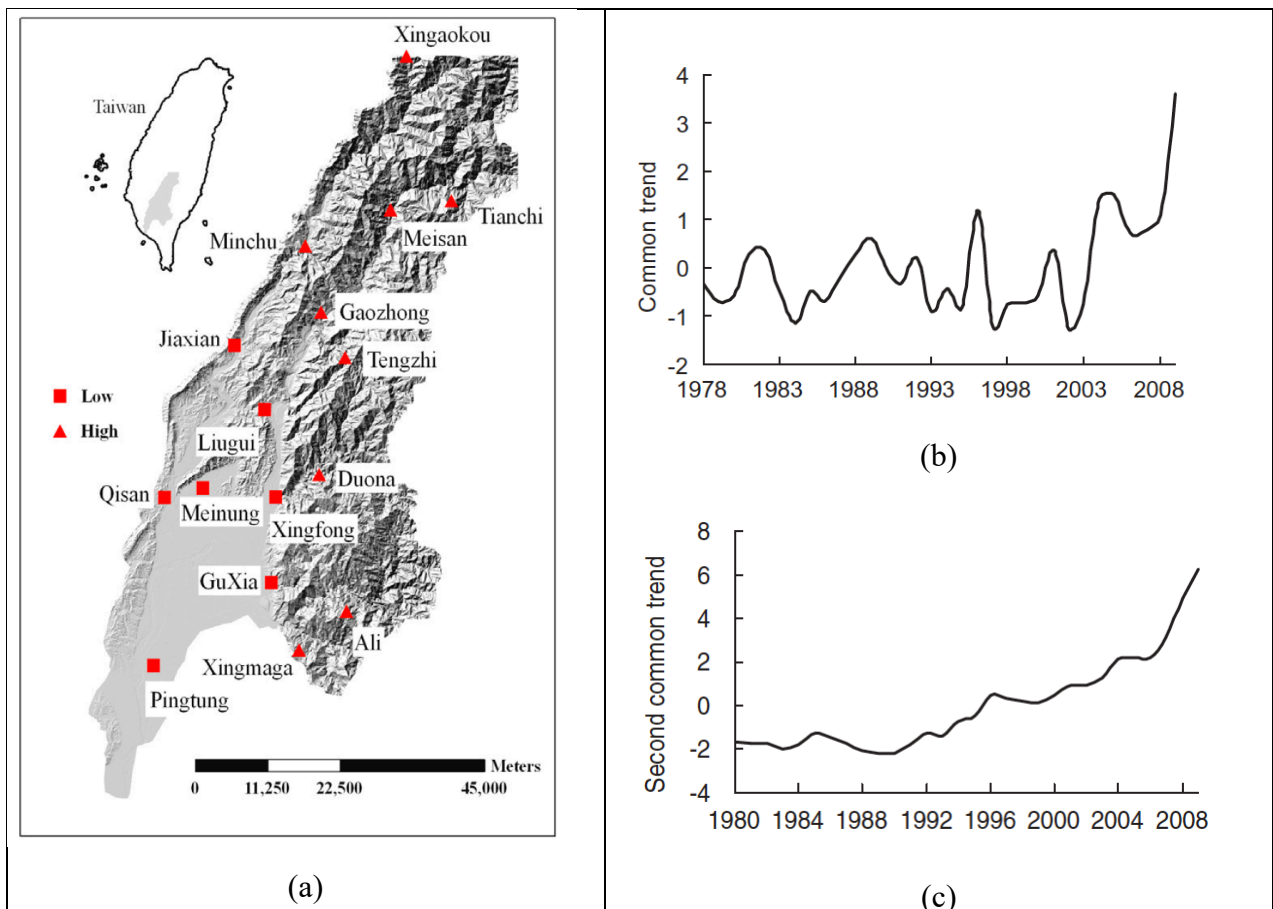


圖2. 極端暴雨之年最大降雨量的共同變化趨勢分析及長時間降雨量之推估。(a)高屏流域高低海拔的降雨觀測站；(b)及(c)分別為高及低海拔降雨量於觀測期間的共同變化趨勢。

過去與『氣候變遷對集水區降雨型態影響之研究』相關的研究成果如下：

- Kuo, Y.M., Chu, H.J., Pan, T.Y., 2014. Temporal precipitation estimation from nearby radar reflectivity using dynamic factor analysis in the mountainous watershed - a case during Typhoon Morakot, Hydrological Processes. 28(3), 999-1008. (SCI; IF: 3.181; Ranking 13/90 (Q1) in Water Resources)
- Kuo, Y.M., Chu, H.J., Pan, T.Y., Yu, H.L., 2011. Investigating common trends of annual maximum rainfalls during heavy rainfall events in southern Taiwan. Journal of Hydrology. 409: 749-758. (SCI; IF: 2.656; Ranking 5/118 in Civil Engineering in 2011)

B. 綠色基礎設施植生濾帶控制非點源污染傳輸機制研究

(1) 讀博士期間建置植生濾帶於佛羅里達磷礦尾礦復育地

申請人博士論文題目為「Vegetative Filter Strips to Control Surface Runoff Phosphorus Transport from Mining Sand Tailings in the Upper Peace River Basin of Central Florida」，研究區域位於美國佛羅里達中部磷礦開採復育地，由於復原區仍存在高含量磷灰石，降雨所產生的地表非點源污染仍存在對水資源生態系統潛在危害。因此，此研究目的在於評估磷礦

廢土堆棄區因不同降雨強度所產生的非點源污染磷濃度，並且探討不同植生濾帶(vegetative filter strips, VFS)的設置條件於控制非點源磷污染傳輸的效益。

植生濾帶已廣泛作為控制非點源污染的最佳管理作業，常被設置在河流、水庫及湖泊周圍之邊坡，植生濾帶所形成的保護帶具有減緩地表逕流、攔截泥沙、吸附污染物及安定邊坡及河岸等多項功能，亦可改善魚類和野生動物棲地、提供遊憩機會或景觀美化。地表逕流為非點源污染物（沉積物、農藥、病菌及營養鹽）的傳輸途徑。此外，植生濾帶的特性(坡度、長度及寬度、植生的種類、土壤類型)及地下水位深度等環境條件亦影響濾帶抑制污染物傳輸之效益。植生濾帶實驗地（圖 3）從無至有皆是本人與研究室同仁艱辛合作建立完成，本研究也因此豐富了本人現場實驗、土壤物理與水質分析的專業素養。此研究結果也受到佛羅里達州環境保護部門之肯定，於後續獲批經費補助。博士期間之研究已發表三篇文章於 SCI 國際期刊，其中有一篇獲美國農工學會（ASABE）Honorable Mention Winner。

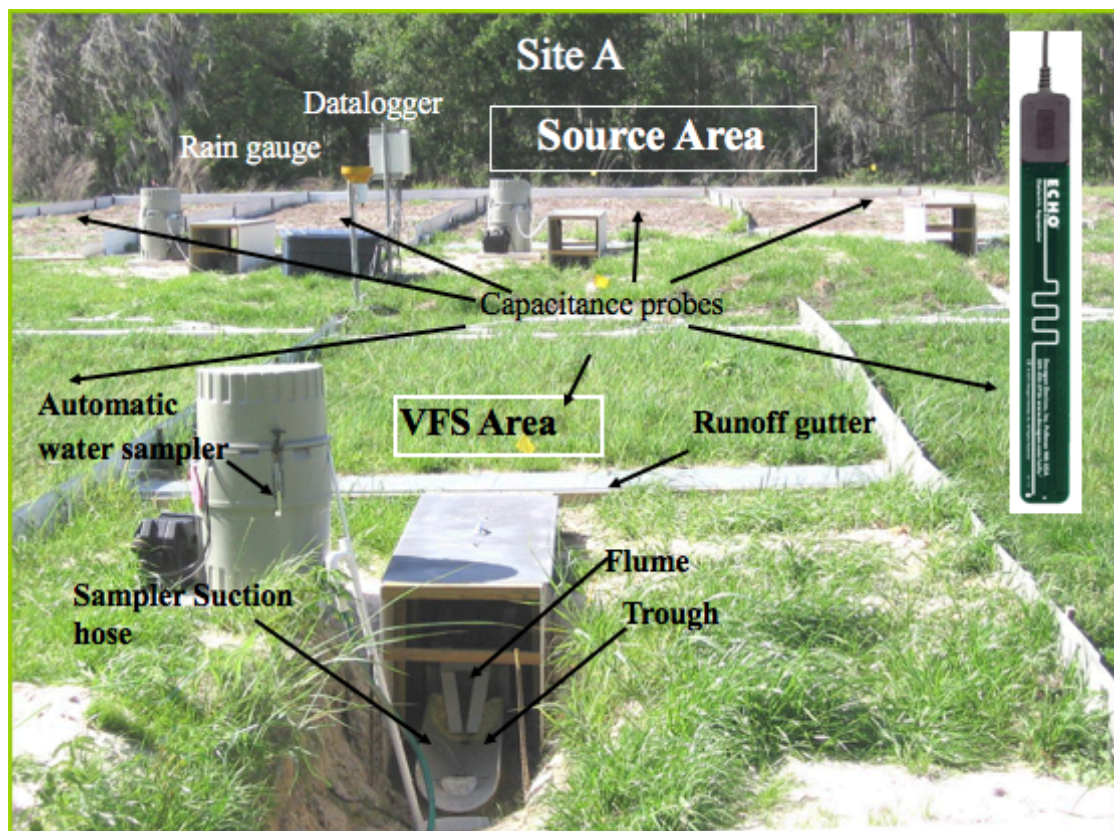


圖3. 此圖為本人過去在美國佛羅里達中部磷礦開採復育地的植生濾帶實驗地。

(2) 在明道大學及中國大陸任教期間進行的植生濾帶實驗

在明道大學任教期間亦獲當時國科會經費資助，於校內的沖蝕場地進行較高邊坡(30%的坡度)的植生濾帶對於沉積物傳輸的抑制效率（圖 4）。在中國地質大學也執行相關的研究，將所研究的污染物擴及至農藥、大腸桿菌及氮。2015 年於校內建置 200 cm 長×100 cm 寬×50 cm 高且可調整坡度的植生濾帶模擬裝置（圖 5），此自行設計的模擬裝置，已申請應用型研究專利。於此模擬裝置中種植不同密度的植株，探討不同進流量及氮磷濃度、降雨強度、地下水深度、植生密度及坡度對植生濾帶於抑制非點源氮磷污染傳輸的效益（圖

6)。結果發現植生濾帶對沉積物傳輸的抑制效果與地下水深度、降雨強度及坡度存在較高的相關性。坡度會不同程度的影響植生濾帶對逕流的攔減效率。

2018年初於湖北省江漢平原建置植生濾帶實驗地（圖7），屬於江漢平原耕地、河流、灌溉渠道、湖泊交錯的土地利用結構，農業非點源污染易隨著地表水傳輸而污染其他水體。因此於江漢平原上的湖邊或河流邊設置植生濾帶有其必要性。透過野外建置植生濾帶實驗地，探討不同植生濾帶及環境條件對非點源污染物（農藥、大腸桿菌及氮）的抑制效益，並找尋最佳管理作業方案。



圖 4. 於明道大學任教期間在校內沖蝕場地進行較高邊坡的植生濾帶對沉積物傳輸的抑制效率評估。



圖 5. 於中國地質大學建置 200 cm 長×100 cm 寬×50 cm 高且可調整坡度的植生濾帶模擬裝置，於此模擬裝置中種植不同密度的植株，探討不同進流量及氮磷濃度、降雨強度、地下水深度、植生密度及坡度對植生濾帶於抑制非點源氮磷污染傳輸的效益。

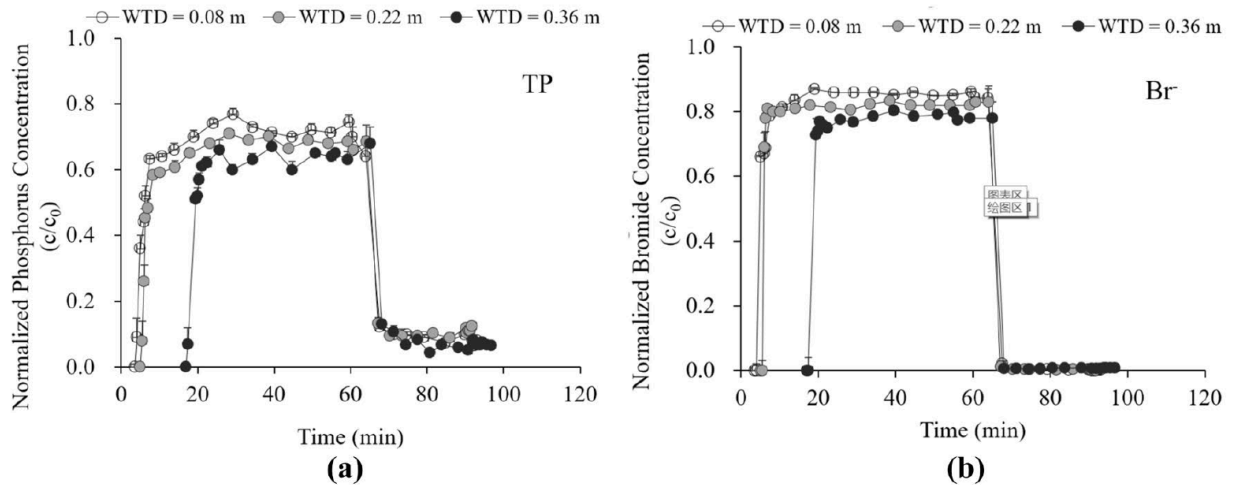


圖 6. 磷(a)及溴(b)在植生濾帶模擬裝置上受不同地下水位深度影響之傳輸歷線圖。



圖 7. 建置於湖北省江漢平原的植生濾帶非點源污染傳輸觀測實驗場。

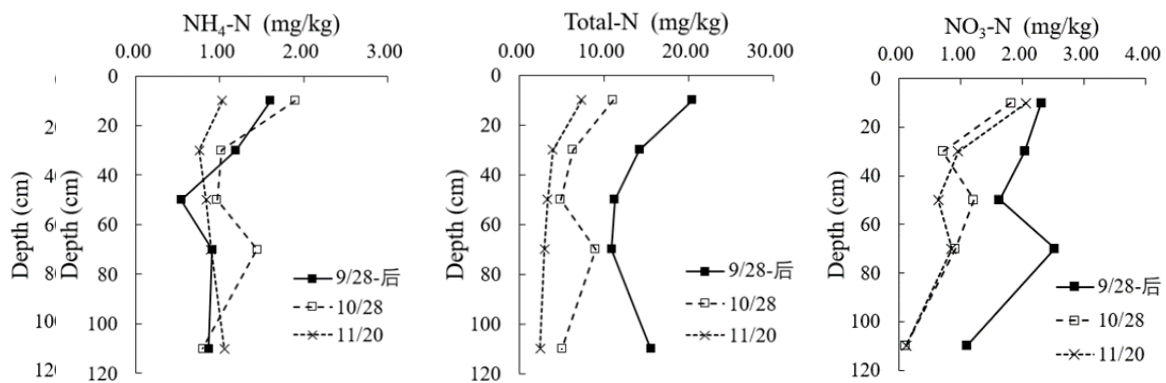


圖 8. 植生濾帶中不同氮型態隨深度的濃度變化，總氮隨深度減少可能是因為可溶性有機氮的減少所引起的。而硝態氮濃度的降低可能與植物吸收、微生物利用或反硝化過程有關。

(3) 應用 VFSMOD 模式最佳設置植生濾帶

VFSMOD-W 模式包括了地表逕流運動波公式、輸砂傳輸模式、磷鹽傳輸模式及 Green-Ampt 入滲方程。VFSMOD 模型為我的博士班指導教授 Munoz-Carpena 教授所開發可用來模擬沉積物、地表逕流及農藥於植生濾帶傳輸的模型 (圖 9)。US EPA 於 2005 年推薦此模型可用來作集水區非點源污染控制規劃。

讀博士期間及指導博士論文時，應用先進的評估架構來探討所選模式之總體的敏感度與不確定分析，此架構結合兩種類型即全區域敏感度分析 (Morris 方法和以方差為基礎的延伸 FAST 方法) 和不確定性分析技術。Morris 方法的全域敏感度分析結果發現，當淺層地下水位存在時，其深度 (GTD) 影響控制植生濾帶效率的重要因數的組成模式。土槽裝置植生濾帶試驗的淺層地下水位深度較淺 (< 0.5 m)，故 GTD 和土壤飽和導水率 (VKS) 的相互作用變得非常重要，除此之外，飽和土壤含水率 (OS) 及濾頻寬度 (FWIDTH) 對徑流輸出結果也有一定影響。對沉積物的輸出結果部分，GTD 和 VKS 共同控制著 VFS 中沉積物的沉積，其次影響沉積物輸出量的重要因數依次是沉積物顆粒粒徑 (dp)、FWIDTH、OS 和濾帶修正曼寧係數 (VN)。基於 VFSMOD-W 模型的良好表現，管理者可用此模型設計植生濾帶，制定不同植生濾帶的最佳管理作業方案 (如根據不同的地下水位深度設計不同的植生濾帶長度及植被密度等)，以控制流域氮磷面源污染物的傳輸，降低面源污染對漢江水質的影響。圖 10 為應用 VFSMOD-W 模式探討模型參數之總體敏感度與不確定分析步驟圖。

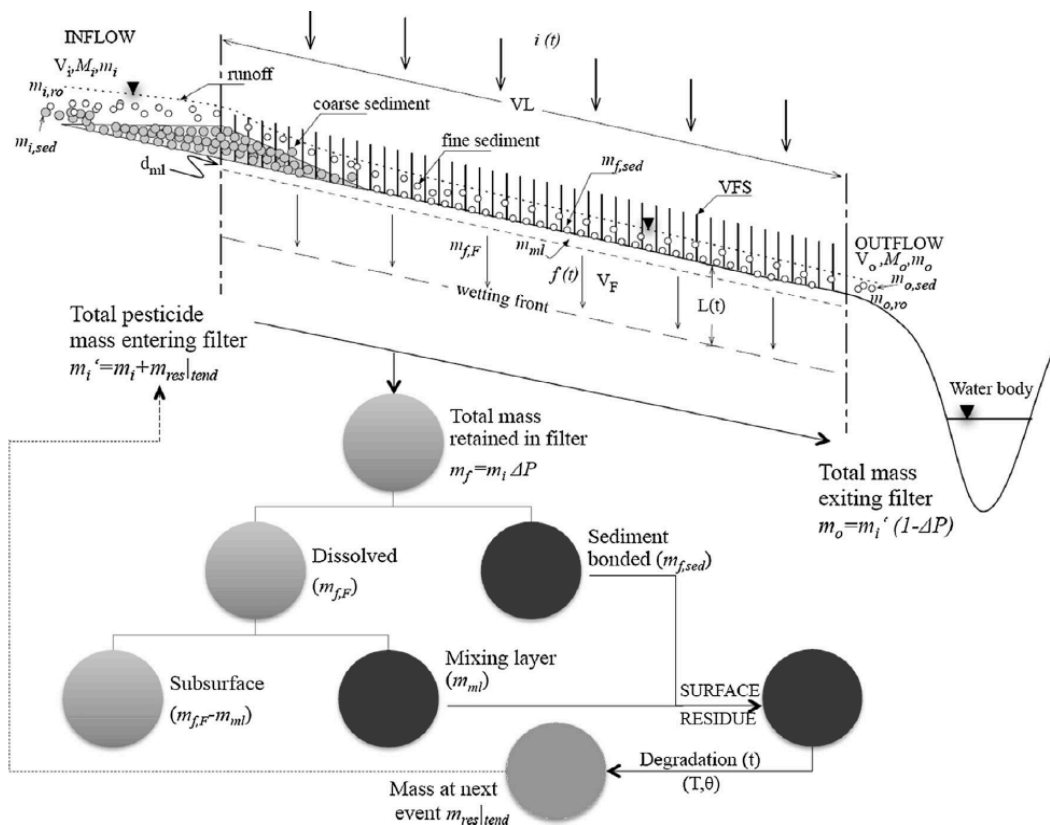


圖9. VFSMOD模型可用於模擬非點源污染物在植生濾帶的傳輸機制，此為農藥於植生濾帶傳輸的概念圖。(此圖擷取至Chemosphere 139: 410-421, Munoz-Carpena et al., 2015)。

GLOBAL SENSITIVITY AND UNCERTAINTY ANALYSES OF THE WATER QUALITY MODEL VFSMOD-W

R. Muñoz-Carpena, Z. Zajac, Y. M. Kuo

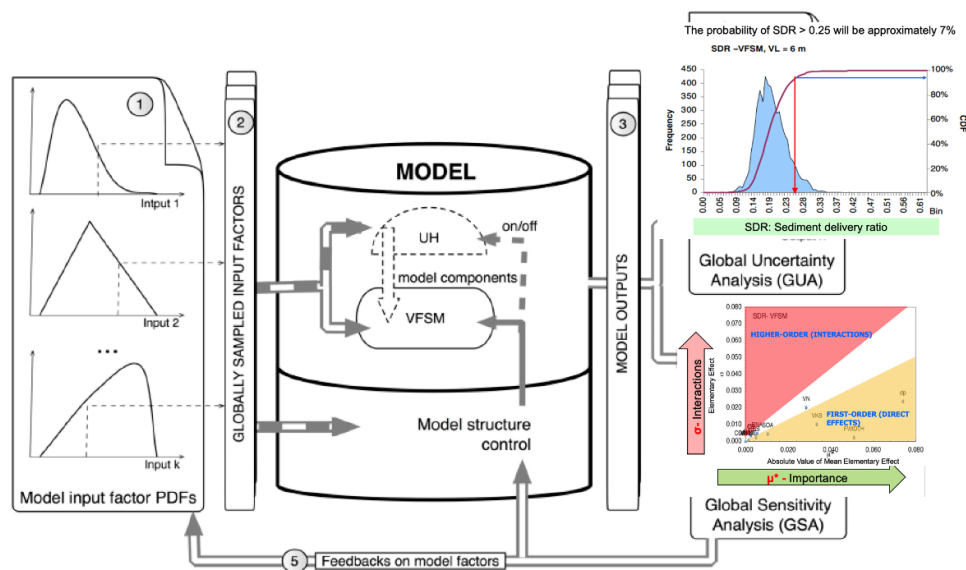


圖10. 過去曾應用VFSMOD模式進行參數敏感度分析及模型輸出值的不確定分析，用以設置最佳的植生濾帶管理作業。應用於VFSMOD-W模式（未來可針對不同模式）探討參數之總體敏感度與不確定分析。首先應用SimLab V2.2（Saltelli et al., 2004）根據現場試驗所量得之輸入參數的機率分佈函數（step 1），以產生VFSMOD-W模式執行時所需之輸入參數組合（step 2）。SimLab 並提供了Morris 或延伸FAST方法之選擇。每組輸入參數所得相對應一組VFSMOD-W輸出結果則存儲在矩陣裡（step 3）。SimLab使用這些輸入和輸出矩陣來計算Morris 或延伸FAST方法的靈敏度指標（step 4）。若使用延伸FAST方法時則選擇由Morris方法所得較重要的參數來執行VFSMOD-W（step 5）。最後基於延伸FAST方法之模擬結果，來建構輸出機率分佈和量化不確定性（step 6）。

過去與『應用植生濾帶生態工法進行集水區經營與規劃』相關的研究成果如下：

- Li, R., **Kuo, Y.M.***, 2021. Effects of shallow water table depth on vegetative filter strips retarding transport of nonpoint source pollution in controlled flume experiments. *International Journal of Environmental Research*. 15: 163–175.
- 李冉，淺層地下水對植生濾帶削減面源污染的影響及 VFSMOD-W 模型模擬研究，博士論文，中國地質大學（武漢），2019。
- Li, R., **Kuo, Y.M.***, Liu, W.W., Muñoz-Carpena, R., 2019 Effects of Shallow Groundwater Depth on Vegetative Filter Strips Retarding Transport of Nonpoint Source Pollution in Controlled Flume Experiments. *Journal of environment quality*, under view.
- **郭益銘***，李冉，姚立全，2018. 植生濾帶對農業面源污染防治及模型的研究與應用進展. *安全與環境工程*. 25(2): 15-22.
- 熊偉，植生濾帶對農業面源污染削減效率的研究—以地表逕流沉積物及磷為例，碩士論文，中國地質大學（武漢），2017。
- **Kuo, Y.M.**, Muñoz-Carpena, R., 2009. Simplified modeling of phosphorus removal by vegetative filter strips to control runoff pollution from phosphate mining areas. *Journal of Hydrology*. 378:343-354. (SCI; IF:2.656).

- **Kuo, Y.M.**, Harris, W.G., Muñoz-Carpena, R., Rhue, D., Li, Y.C., 2009. Apatite control of phosphorus release to runoff from soils of phosphate mine reclamation areas. *Water, Air, & Soil Pollution*. 202: 189-198. (SCI)
- Muñoz-Carpena, R, Zajac, Z., **Kuo, Y.M.**, 2007. Global sensitivity and uncertainty analyses of the water quality model VFSMOD-W. *Transactions of the ASABE*. 50(5): 1719-1732. (SCI; IF= 0.889)

C. 植株排列對流況及泥沙沉積型態影響機制及漂流木啟動機制研究

以下研究是與中興大學陳樹群教授合作下完成，曾研究設置不同排列的植株型態，於植株浸沒流況下，探討水流流經植物間隔前後的流速和紊動變化情形（圖 11）。研究發現植物在河流中或在河濱的系統裡對於水流阻抗力和湍流的變化起重要作用，可營造不同的棲地環境，供營造水域生態棲地及沉積物傳輸參考，本研究已發表於 *Journal of Hydrology* (Chen et al., 2011)。

另一研究為在清水條件下，探討不同植株排列及密度之障礙物，對於流速分佈和沖刷坑及沉積型態之影響。實驗結果顯示對於柔性結構植被而言，最大紊流動能發生在臨底床面附近，其動能並隨著佈置密度的增加而增加。柔性植株則可將紊流動能往下游轉移，減少底床的沖刷能量，增加了底床穩定性。因此，柔性結構植被可以被用來設計保護河川護岸及底床，使其成為生態工法之替代設計。

此外，也進行漂流木啟動機制研究，此研藉由渠槽試驗模擬單根漂流木在定床渠道之初始啟動情形，並探討不同漂流木長度、直徑、與水流夾角及底床粒徑對漂流木初始啟動水流條件之影響（圖 12）。試驗結果得知，漂流木啟動與否，主要跟漂流木與水流之夾角、漂流木密度、直徑、渠道坡度及底床粗糙度等因子有關。本研究由試驗結果推導出漂流木初始啟動無因次迴歸曲線。

相關發表論文如下：

- Chen, S.C., Tfwala, S.S., Wang, C.R., **Kuo, Y.M.**, Chao, Y.C., 2020. Incipient motion of large wood in river channels considering log density and orientation. *Journal of Hydraulic Research*. 58(3): 489-502. (SCI; IF= 2.974)
- Chen, S.C., **Kuo, Y.M.***, Yen, Y.C., 2012. Effects of submerged flexible vegetation and solid structure bars on channel bed scour. *International Journal of Sediment Research*. 27: 323-336. (SCI; IF= 1.659)
- Chen, S.C., **Kuo, Y.M.***, Li, Y.H., 2011. Flow characteristics within different configurations of submerged flexible vegetation. *Journal of Hydrology*. 398: 124-134. (SCI; IF= 2.656)

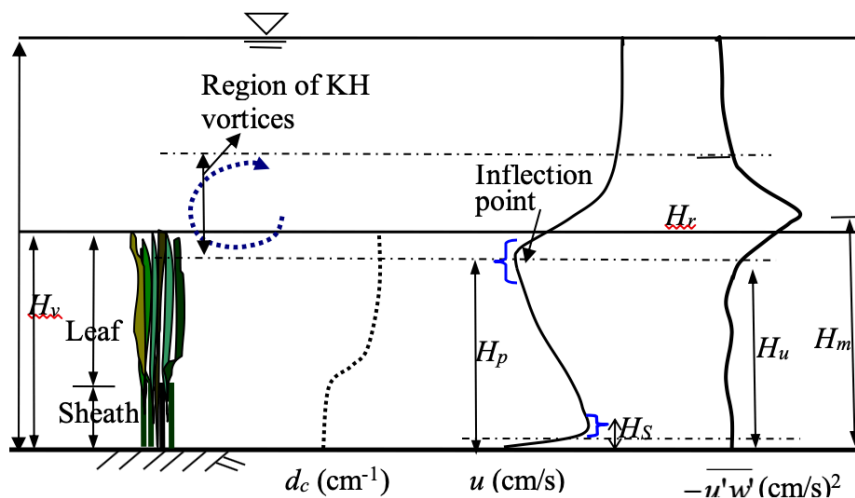


圖 11. 水流流經植株浸沒下的流速和紊動變化情形。

● 漂流木初始起動試驗

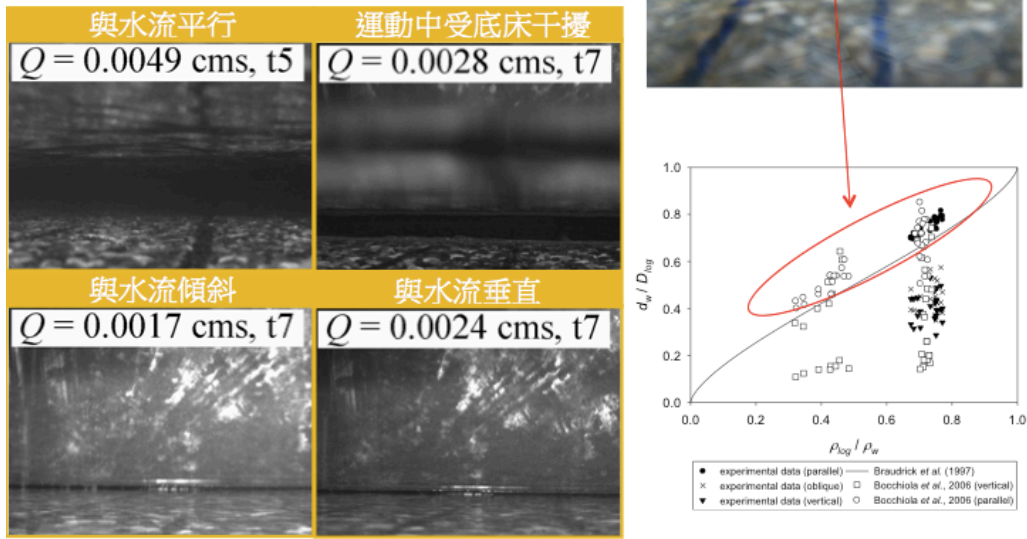


圖12. 渠槽試驗模擬單根漂流木在定床渠道之初始啟動研究。

二、流域生態環境永續發展研究：

A. 墾丁海草床生長速率研究

海草叢生處不但是魚蝦貝類的孵育場所，更是成魚的主要攝食區，提供初級生產力和複雜的棲息環境。海草的生產力很高，旺盛的光合作用大量吸收大氣與水體中二氧化碳，釋放氧氣，不但固定了非常可觀的碳量，調節區域氣候，也提升海水與底土溶氧量，淨化沿岸水質。海草更重要的功能是海草床在沿岸海域提供許多關鍵的生態服務。海草複雜交錯的地下莖系統是固灘護堤的最佳結構物，其茂密的葉片亦可以減緩波浪潮流，攔截海水中懸浮顆粒，提升透光度，同時調節沿岸海域的海流流量，保護海岸免於直接受暴風潮侵蝕，也是最佳的天然屏障。

2008年曾經與林幸助老師在墾丁海草床做研究，研究結果發現此外，也探討影響恆春半島潮間帶泰來海草生長趨勢之因素（Kuo and Lin, 2010），發現海水濁度、潮位差、鹽度、紫外線強度及沉積物厚度與人為活動顯著影響泰來海草生長（圖13）。研究成果發表在 **Kuo, Y.M.**, Lin, H.J., 2010. Dynamic factor analysis of long-term growth trends of the intertidal seagrass *Thalassia hemprichii* in southern Taiwan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 86: 225-236. (SCI; IF: 2.247)

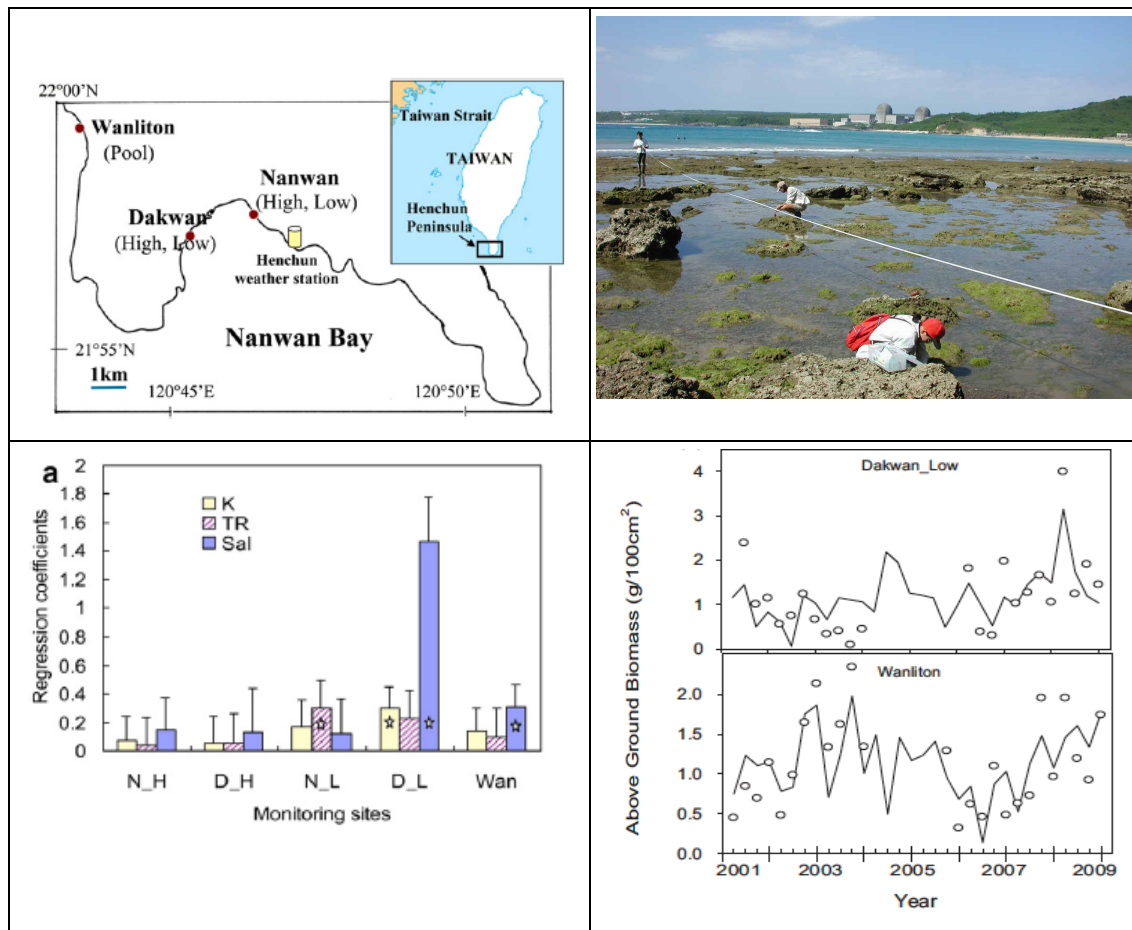


圖 13. 左上圖為三個海草監測點。右上圖為實際採樣調研照片。左下圖動態因子分析結果顯示，海草生長受海水濁度、潮位差及鹽度的影響。右下圖為統計模型針對兩個監測場地的海草生長生物量推估結果。

B. 高屏溪出海口污染研究

高屏溪口從東港溪及高屏溪接收大量的出流量，高屏溪接收來自其廣大集水區之農業非點源污染逕流，未經處理的生活污水及工業園區的污水。東港溪的水質主要受畜牧業，農業和生活汙水污染。高屏溪口的地理特徵是由高屏溪、高屏陸棚及海底峽谷組合而成。海底峽谷為提供營養物和沉積物至公海上之管道。因此，複雜的高屏溪出海口地質及環境系統（海底峽谷、高濃度非點源污染之逕流量及海底地下水排放量），使得高屏溪下游及河口的水質難以控制。

本研究分析 2003-2011 年間的環境水質資料，應用動態因子分析（dynamic factor analysis, DFA）和最小/最大自相關因子分析（min/max autocorrelation factor analysis, MAFA）方法，探討影響高屏溪出海口海域主要水質指標變化的因子。MAFA 的結果顯示葉綠素 a 可視為高屏溪河口的重要水質指標（圖 14）。而 DFA 結果顯示河流中的溶解氧、總懸浮固體物、溶解無機氮、化學需氧量及生物需氧量，還有地下水滲流出的氨氮濃度均顯著的影響葉綠素 a 的變化。海底地下水出流是沿海海洋中營養物的一個重要來源。瞭解這些環境變數和葉綠素 a 濃度間的關係，將有利於對高屏溪出海口海域的污染防治提出有效的管理策略。相關研究成果發表於：Kuo, Y.M., Jang, C.S., Yu, H.L., Chen, S.C., Chu, H.J., 2013. Identifying nearshore groundwater and river hydrochemical variables influencing water quality of Kaoping River Eestuary using dynamic factor analysis. Journal of Hydrology. 486: 39-47. (SCI; IF: 3.727)

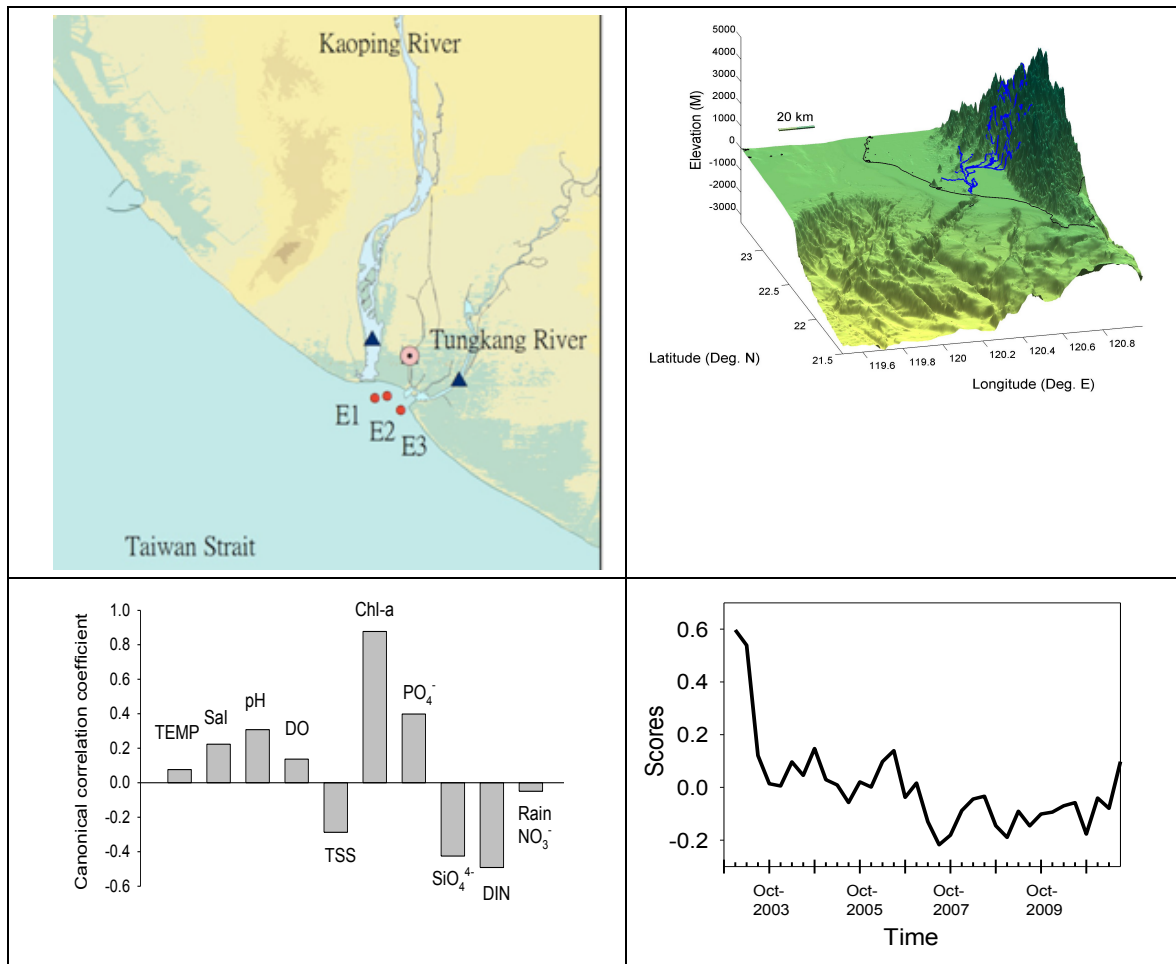


圖 14. 左上圖為 E1, E2, 及 E3 為三個海口水質採樣點。右上圖為高屏溪出海口地形特徵。左下圖為 MAFA 的相關性分析結果，顯示葉綠素 a 與 MAFA 趨勢變化軸（右下圖）呈高度相關。

C. 紅樹林-河口系統氮轉化與橫向輸出的主控過程

此研究為參與廈門大學環境科學系陳能汪教授的研究，其研究生王芬芳的研究成果。紅樹林作為重要的濕地系統可提供多種生態系統服務功能，包括紅樹林-河口區域營養鹽的迴圈和碳的埋藏與儲存(藍碳)。紅樹林沉積物可在區域和全球範圍內作為水圈或大氣圈的氮源或氮匯。然而控制紅樹林與鄰近河口之間營養鹽交換的主要機制(如紅樹林沉積物中的氮迴圈和流出)仍不清楚。本研究以紅樹林-漳江河口系統為研究物件，通過不同季節的大面觀測、潮週期定點觀測、沉積物剖面觀測，並結合同位素、微生物等多學科交叉的研究方法。結果顯示(1)紅樹林沉積物是鄰近河口氨氮的源、硝氮的匯，且源匯格局受控於潮差；(2)紅樹林-河口系統不同型態氮、磷的交換通量存在差異及明顯的季節變化，污水排放對紅樹林-河口系統氮、磷的橫向輸出有顯著影響；(3)紅樹林沉積物富含有機質，且為還原環境有較強的氨化，加上異化還原可導致孔隙水中氨氮的累積，較強的反硝化導致孔隙水中硝氮的去除。沉積物中氮的轉化(不完全反硝化)、碳氮耦合轉化(礦化、呼吸)過程伴隨溫室氣體(CO₂、CH₄和 N₂O)產生(圖 15)。研究結果已發表在 Wang, F.F., Cheng, P., Chen, N.W., Kuo, Y.M., 2021. Tidal driven nutrient exchange between mangroves and estuary reveals a dynamic source-sink pattern. *Chemosphere*. 279: 128665.

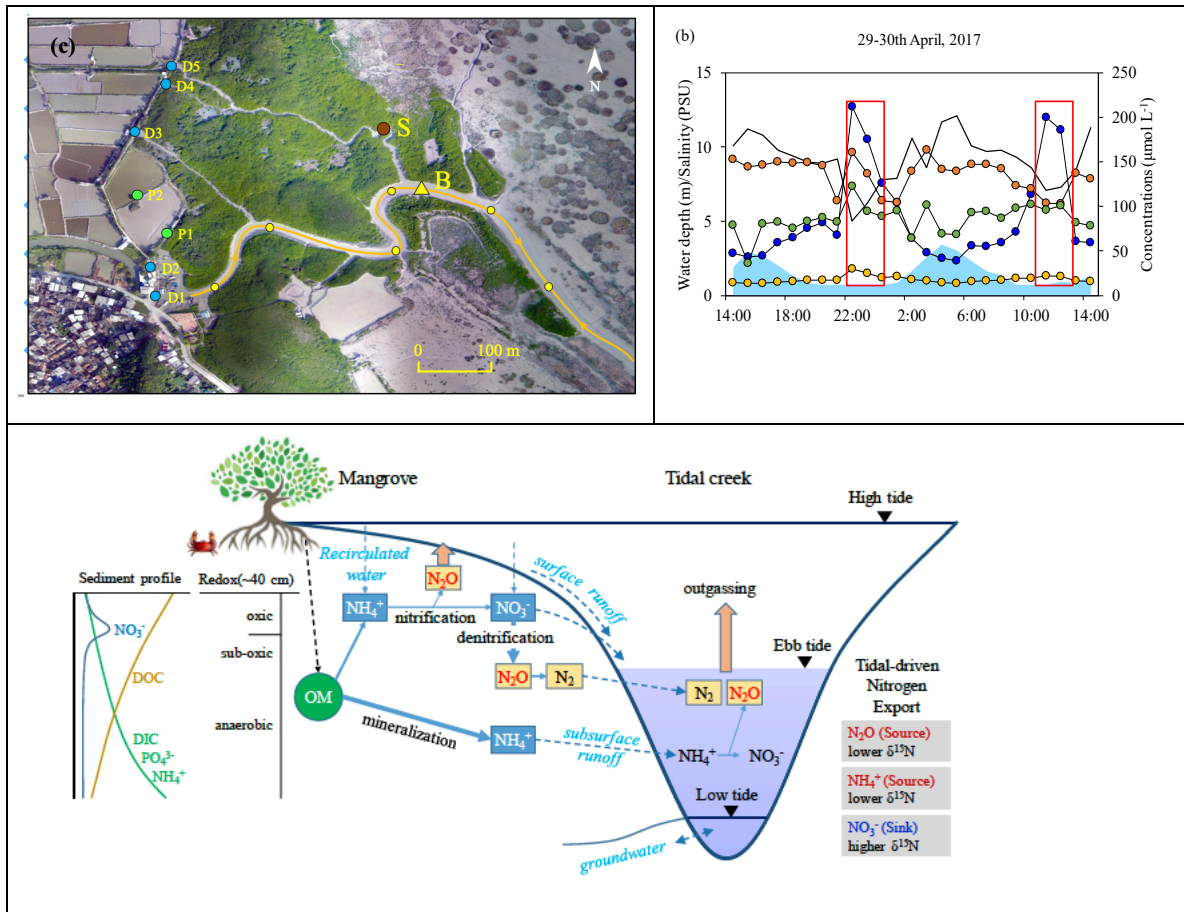


圖 15. 左上圖漳江口紅樹林國家級自然保護區採樣站位分布圖，右上圖為潮溝中時間序列站位水深和營養鹽的潮週期變化，下圖為水動力和生地化程序控制下紅樹林-潮溝介面營養鹽迴圈、橫向交換和溫室氣體的釋放概念圖。

D. 水域生態環境與藻類豐富度關係相關研究議題：

1. 武陵農場水域環境對七家灣溪石附生藻類生物量變化的影響

過去曾與中興大學林幸助老師研究武陵農場七家灣溪石附生藻類的豐富度影響機制（圖 16）。石附生藻類是河流棲地的初級生產者之一，其生物量可能會改變河流生態系統中食物網的能量流動。本研究使用 generalized additive model (GAM) 分析 2006-2011 年間七家灣溪 5 個不同棲地環境條件對石附藻類生物量的影響。GAM 的最佳結果表明農業區、水溫、濁度、流速、溶解氧(DO)、pH 和銨態氮($\text{NH}_4^+\text{-N}$)是解釋河流中石附生藻類生物量的季節性變化的主要因素。速度、DO、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、pH、濁度和水溫的平滑曲線的變化點分別約為 0.40 m/s、8.0 mg/L、0.01 mg/L、8.5、0.60 NTU 和 15°C。當上述所提到的變數大於相對應的變化點時，石附生藻類生物量隨 pH 和水溫的升高而增加，而隨水體的流速、DO、濁度和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的升高而降低。這些變化點可以作為管理石附藻類生長的建議，進而影響櫻花鉤吻鮭的生長。瞭解環境變數與石附生藻類生物量之間的關係，可為維持河流生態系統的功能提供有效的方法。

2. 南水北調中線工程與支流環境對漢江中下游水質變化的影響

漢江中下游是受水文變化、人口分佈和工程項目影響的複雜河流系統。中國的南水北調中線工程調水工程 (MSNW) 每年將 950 億立方米的水從漢江輸送到華北。MSNW 工程的運營可能會改變流量並進一步影響漢江的水質。本研究使用最小/最大自相關因子分析 (MAFA) 和動態因子分析 (DFA) 探討漢江流域水質時空變化特性，研究對象以兩個污

染較嚴重的支流（唐白河及漢北河）及引江濟漢工程匯入漢江處，確定代表這三個區域水質變化的主要水質指標及兩條支流及引江濟漢工程對漢江幹流的影響方式（Kuo et al., 2019）。MAFA 結果說明葉綠素 a（可視為藻類數量）、化學需氧量（COD）、總氮（TN）和總磷（TP）可作為代表唐白河-漢江交匯處及漢北河-漢江交匯處主要的水質污染指標，DFA 結果發現主要污染來源於城市生活污水及農業非點源污染。而 TN、硝酸鹽、COD 和磷酸鹽（定義為營養鹽形態）可作為代表引江濟漢工程-漢江交匯處（非點源污染區）的主要水質指標，有機污染促使有機氮向無機氮轉化，並進一步可能引發漢江下游藻類生長。此外，流量變化亦顯著影響營養鹽、有機污染及藻類濃度。可通過增大兩個水利工程引入漢江的流量將漢江中下游的流量調控至 $Q > 700 \text{ m}^3/\text{s}$ 以改善水質。此結果可全面瞭解漢江中下游水環境時空變異特性，以提出可控制流量進行水質污染控制及污染物排放的具體措施。

3. 環境及水文條件對石門水庫的浮游藻類變化的影響

本研究旨在確定影響 2006 年至 2010 年間石門水庫浮游藻類豐度時空變化的關鍵環境與水質因素，並協助以此制定水質管理策略。動態因子分析(Dynamic factor analysis, DFA)是一種降維技術，可用於識別解釋變數(即環境變數)與主要浮游藻類種類的豐度(生物量)之間的相互作用。最佳 DFA 模型在五個監測點顯著描述了主要浮游藻類群(包括甲藻、矽藻和綠藻)的豐度動態變化。水溫、電導率、水位和營養鹽(總磷、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{NH}_3\text{-N}$)，巨大的浮游動物和浮游動物是影響上述浮游藻類動態變化的關鍵因素。石門水庫及其周圍河流的曲折形狀導致水文條件與非生物和生物變數之間複雜的相互作用，從而造成無法用某些變數來推估浮游藻類的豐度。另需考量周圍河流的其他水文及水質參數，且僅可能在在水庫運營和暴雨前後的幾天內執行監測計畫，這將有助於制定針對特定地點的預防策略，以控制浮游藻類的豐度。

4. 環境水質條件對武漢市東湖藍藻變化的環境

從1970年到1985年中國武漢的東湖是藍藻水華頻繁發生的淺水型湖泊。研究期間，卡爾森營養狀態指數均 >50 ，說明東湖處於優養化狀態。本研究通過螢光法測定藻青蛋白濃度，快速評估藍藻的豐度。最佳的廣義相加模型(GAM)的平滑曲線表明深度(SD)、總磷(TP)、溶解氧(DO)、電導率(EC)、化學需氧量(COD)、總氮與總磷比值(TN:TP)是影響東湖藍藻藻青蛋白濃度的主要環境因子(圖17)。GAM平滑曲線可以用來量化散佈圖中反應變量和解釋變量之間的關係。當SD為20-80 cm、EC為 $>270 \text{ mg/L}$ 時，藻青蛋白濃度與SD和EC呈顯著負相關。藻青蛋白濃度隨TP、DO和COD濃度的增加而增加。當TP濃度為 $>0.10 \text{ mg/L}$ 時，藻青蛋白濃度隨TP濃度急劇增加，當DO濃度為 $>8.20 \text{ mg/L}$ 時，藻青蛋白濃度趨近於一個常數值。約85%的藻青蛋白濃度與 $\text{TN:TP} < 26$ 呈負相關。綜上所述，有機化合物和總磷是制約東湖藍藻潛在生長的關鍵因素。這些上述變量的平滑曲線上所得到的閾值可作為一個來預測藍藻生長的標準。

5. 識別石門水庫營養狀態及其與驅動因子之間的關係

優養化已經成為近年來水資源管理的一個重要問題，水庫營養狀態隨環境和水質變數的變化而變化。本研究的目標是運用動態因子分析(DFA)模型探討哪些水質參數顯著地影響營養狀態指數(TSI, 即總磷，葉綠素 a 濃度和透明度)的變化。基於 2001 年春天到 2009 年冬天的 TSI 因子的數據，利用分類迴歸樹(Classification and regression tree, CART)來確定石門水庫的營養狀態。結果表明，最優 DFA 模型包含了一個共同的趨勢(可能是降雨強度或徑流量)和 7 個解釋變數，濁度(TB)、pH 值和溶氧影響總磷濃度，而銨氮、有機氮和硝態氮則會控制葉綠素 a 濃度的變化。CART 模型只使用兩個主要驅動因素(總磷 (TP) 和葉綠

素 a (Chl-a)) 就可以判定營養狀態。CART 結果表明如果 $TP > 31.65 \mu\text{g/L}$ 或 $\text{Chl-a} > 5.95 \mu\text{g/L}$ 而總磷濃度 $< 31.65 \mu\text{g/L}$ ，石門水庫可能會發生優養化。暴雨造成的非點源污染逕流可能是影響水庫營養狀態的重要因素。沿河岸帶建立植被過濾帶可能能夠有效地減少非點源污染。DFA 和 CART 模型的結合可以很好的表明營養狀態、TSI 因素和水質變數三者之間的關係，為管理石門水庫水質提供控制策略。

6. 基於可調整權重的指標法評估生態環境狀況

大型河流（河流長度幾百至數千公里）流域區域特徵空間差異性明顯，考量流域區域特徵的水質評價方法對於流域水污染防控、水資源合理利用及水域生態保護十分重要。水質指數（Water Quality Index, WQI）評價法常用來考量多種污染指標對水質的綜合影響，常用的 WQI 方法常基於一套恆定的水質指標及影響權重，評價同一河流不同斷面甚至不同河流的水質狀況。由於恆定指標及權重無法突顯不同區域較嚴重污染指標的影響程度，因此需要建立通過實際水質採樣數據，客觀賦予不同區域參與水質評價的污染指標及其權重的 WQI 評價方法。本研究採用最大最小自相關因數分析法（Min/Max Autocorrelation Factor Analysis, MAFA），選取影響湖北省漢江中下游整體水質的關鍵指標，提出可變權重水質指數（MAFAWQI）評價體系研究（圖 18）。MAFAWQI 的重點是定量各污染指標對各監測斷面整體水質的貢獻程度，選取影響最為顯著的若干污染指標參與監測斷面整體水質評價，並賦予相應的影響權重來代表不同點位的獨特環境特徵，從而識別大型河流中需優先治理的區域及污染指標。MAFAWQI 可為制定水資源綜合利用政策及建立適用於其他流域水質指數方法提供參考。本研究成果已發表於 *Science of the Total Environment* (Zhao et al., 2021)

上述研究都取得不錯的成果，對於土地環境與生態環境科學之決策上提出寶貴的建議。相關論文如下：

- Zhao, E.M., Kuo, Y.M.*, Chen, N.W., 2021. Assessment of water quality under various environmental features using a site-specific weighting water quality index. *Science of the Total Environment*. 783, 146868
- Yang, B.H., Xia, R., Dou, M., Kuo, Y.M., Li, G.Q., Shen, L.S., 2020. Effects of hydrological alteration on fish population structure and habitat in river system: A case study in the mid-downstream of the Hanjiang River in China. *Global Ecology and Conservation*. 23, e01090.
- Kuo, Y.M.*, Liu, W.W., Zhao, E., Li, R., Muñoz-Carpena, R., 2019. Water quality variability in the middle and down streams of Han River under the influence of the Middle Route of South-North Water Diversion Project, China. *Journal of Hydrology*. 569: 218-229. (SCI; IF: 3.727)
- Kuo, Y.M.*, Yang, Y., Liu, W.W., Zhao, E.M., Li, R., Yao, L.Q., 2018. Using generalized additive models to investigate factors influencing cyanobacterial abundance through phycocyanin fluorescence in East Lake, China. *Environmental Monitoring and Assessment*. 190: 599. (SCI; IF: 1.959)
- Liu, W.W., Zhao, E.M., Kuo, Y.M.*, Jang, C.S., 2017. Identifying the relationships between trophic states and their driving factors in the Shihmen Reservoir, Taiwan. *Limnologica*. 64: 38-45. (SCI; IF: 1.8147)
- Kuo, Y.M., Yu, H.L., Kuan, Y.W., Kuo, M.H., Lin, H.J.*, 2016. Factors controlling changes in epilithic algal biomass in the mountain streams of subtropical Taiwan. *PLoS One*. 11(11): e0166604. (SCI; IF: 3.057)
- Kuo, Y.M.*, Wu, J.T., 2016. Phytoplankton dynamics of a subtropical reservoir controlled by the complex interplay among hydrological, abiotic, and biotic variables. *Environmental Monitoring and Assessment*. 188(12): 689. (SCI; IF: 1.804)
- 郭益銘*, 趙恩民, 2018. 動態因子分析在環境監測中的應用. *中國環境監測*. 34(1): 120-126.

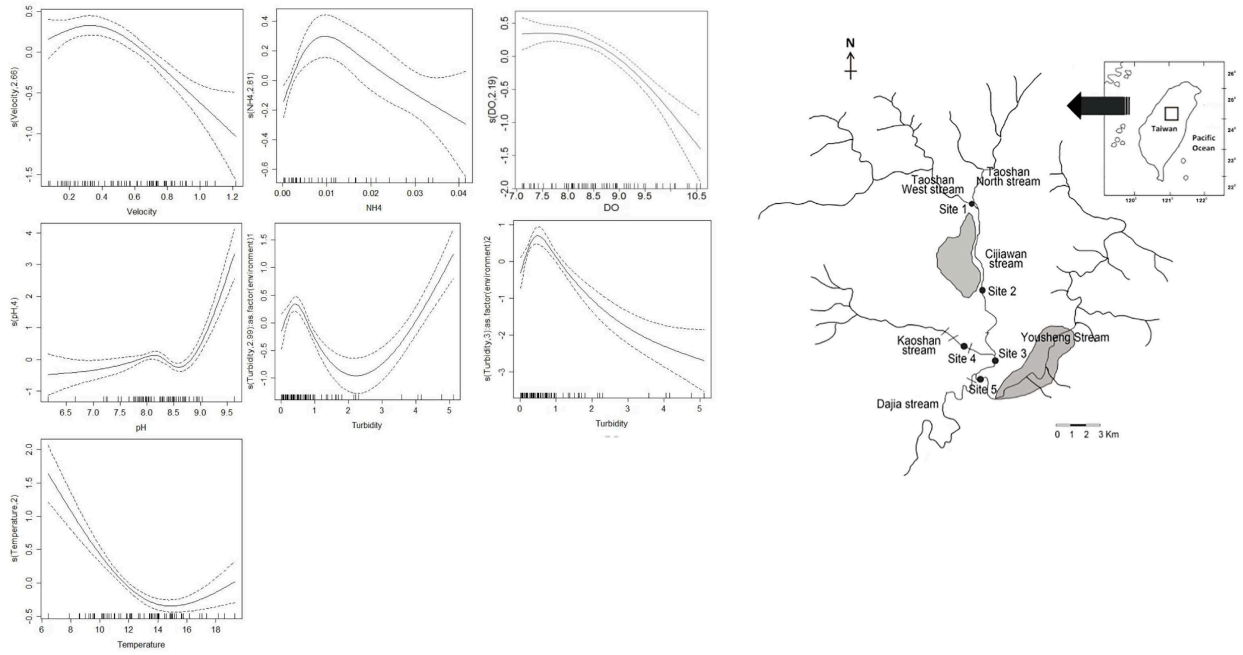


圖16. 武陵農場七家灣溪石附生藻類的豐富度受NH₄-N、溶氧、流速、濁度、水溫的影響。藻類豐富度與水溫在攝氏14.5度C內呈負相關，也與NH₄-N濃度大於0.008 mg/L呈負相關。流速越大藻類的豐富度越小，研究結果可供未來棲地營造與生態評估參考。

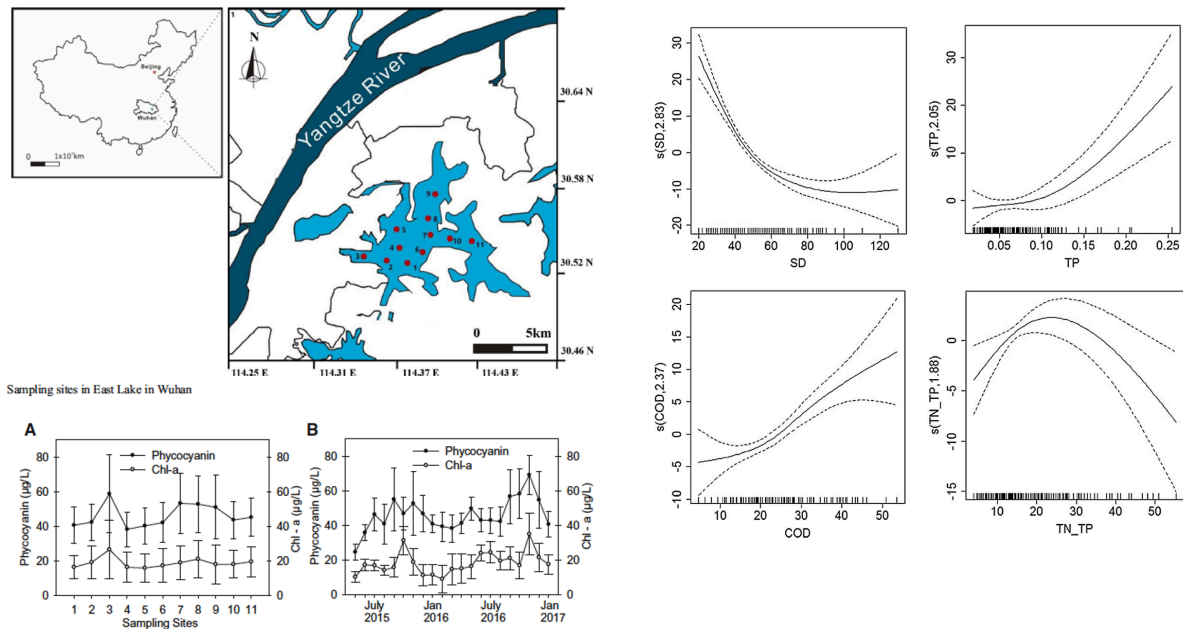


圖17. 湖北省武漢市東湖藍綠藻（藻藍蛋白素）濃度受化學需氧量、總磷、氮磷比值、透明度的影響。藍綠藻與化學需氧量、總磷及氮磷比值小於26呈正相關。當氮磷比值大於26時藻類濃度則漸減，了解這些水質指標的閾值可控制藍綠藻的生長。

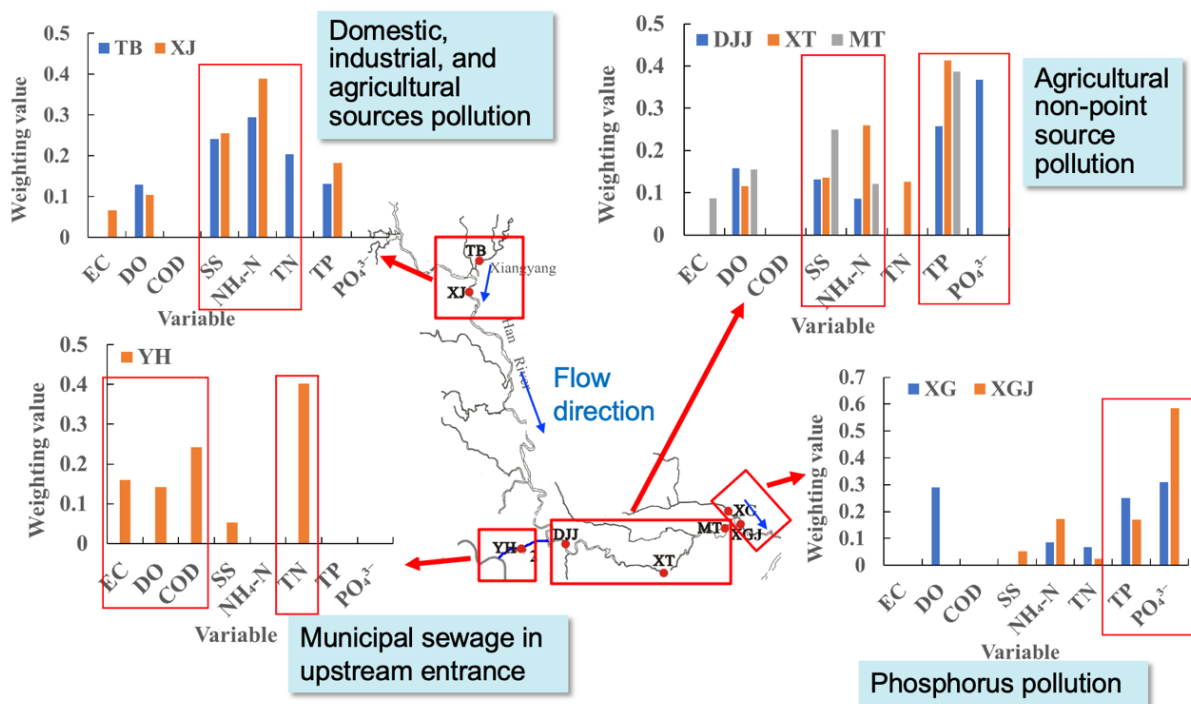


圖18. 漢江中下游流域不同採樣點位參與水質評價的污染指標及其影響權重。其中磷（包括總磷及磷酸鹽）及氮（包括總氮及氨氮）污染指標權重具有明顯空間聚類特徵。磷於農業區點位（包括SY、XT、MT點位）具有整個流域最高的影響權重，而唐白河漢江交匯區域（包括FC、TB及XJ點位）及引江濟漢工程管道（YH點位）則具有較高的氮污染指標影響權重。此外，支流交匯口下游（包括XJ、DJJ及XGJ點位）受到交匯口上游及支流來水的綜合影響，例如TB點位的氨氮及FC點位的總磷貢獻XJ點位上述污染指標的權重。

E. 喀斯特地區生態環境研究

在大陸期間曾指導兩位服務於廣西省桂林的中國地質調查局岩溶地質研究所的在職博士生，研究成果與內容分別如下所述：

1. 西南典型峰叢窪地岩溶關鍵帶植被-表層岩溶水的耦合過程

地球關鍵帶是維繫地球生態系統功能和人類生存的關鍵區域（圖 19）。本研究探討岩溶關鍵帶植被生態水文過程，以及植被對表層岩溶水的響應，為解決西南岩溶區生態環境資源問題提供技術支撐。研究結合氫氧穩定同位素技術和熱比率法，探索四種不同地下水深度下植物水分吸收來源和蒸散耗水時空動態特徵及對地下水水位的響應。本研究精細刻畫水在大氣-植被-土/岩-表層岩溶水連續體之間的運移過程，從植被冠層對降雨的截留過程及對降雨的響應提出了新的見解。並應用生態學和水文地質學的理論，揭示植物水分吸收來源和蒸散耗水的主控因素及其對地下水水位的響應機制。

2. 西江流域河流化學風化及其碳匯效應研究

河流化學風化過程中所產生的“碳匯效應”是全球大氣遺漏匯的主要組成之一，也是全球碳循環研究的重要內容。研究區域位於廣西西江流域的主要支流、幹流及兩個子流域作為研究對象，通過對研究區定期、高頻水化學和同位素組成、功能細菌進行取樣、測試分析，重點針對水循環（河流風化碳匯主控因子）、惰性有機碳（岩溶碳匯穩定性）等制約碳匯效應因素進行研究。本研究利用西江流域不同子流域水化學指標、Sr 及其同位素，結合

不同模型綜合探討人為活動影響岩石風化的程度，並計算河流化學風化各個端元來源量，嘗試闡明大型流域中碳元素由“無機碳→有機碳→內源有機碳”過程，量化通過 Sr 同位素校正過的 CO₂ 通量。

相關論文如下：

- Deng, Y., Jiang, Z.C., **Kuo, Y.M.**, Zhou, X.D., 2019. Effects of canopy interception on epikarst water chemistry and its response to precipitation in Southwest China. *Carbonates Evaporites*. 34: 273–282. (SCI; IF: 0.947)
- 于爽，西江流域河流化學風化及其碳匯效應研究，博士論文，中國地質大學（武漢），2019
- 鄧豔，西南典型峰叢窪地岩溶關鍵帶植被-表層岩溶水的耦合過程，博士論文，中國地質大學（武漢），2018
- Yu, S., Du, W.Y., Sun, P.G., He, S.Y., **Kuo, Y.M.**, Yuan, Y.Q., Huang, J., 2015. Study on the hydrochemistry character and carbon sink in the middle and upper reaches of the Xijiang River basin, China. *Environmental Earth Science*. 74: 997-1005. (SCI; IF: 1.569)
- Yu, S., **Kuo, Y.M.***, Du, W., He, S.Y., Sun, P.A., Yuan, Q., Li, R., Li, Y., 2015 The hydrochemistry properties of precipitation in karst tourism city (Guilin), Southwest China. *Environmental Earth Science*. 74: 1061-1069. (SCI; IF: 1.765)
- Deng, Y., **Kuo, Y.M.***, Jiang, Z.C., Qin, X.M., Jin, Z.J., 2015. Using stable isotopes to quantify water uptake by *Cyclobalanopsis glauca* in typical clusters of karst peaks in China. *Environmental Earth Science*. 74: 1039-1046. (SCI; IF: 1.765)

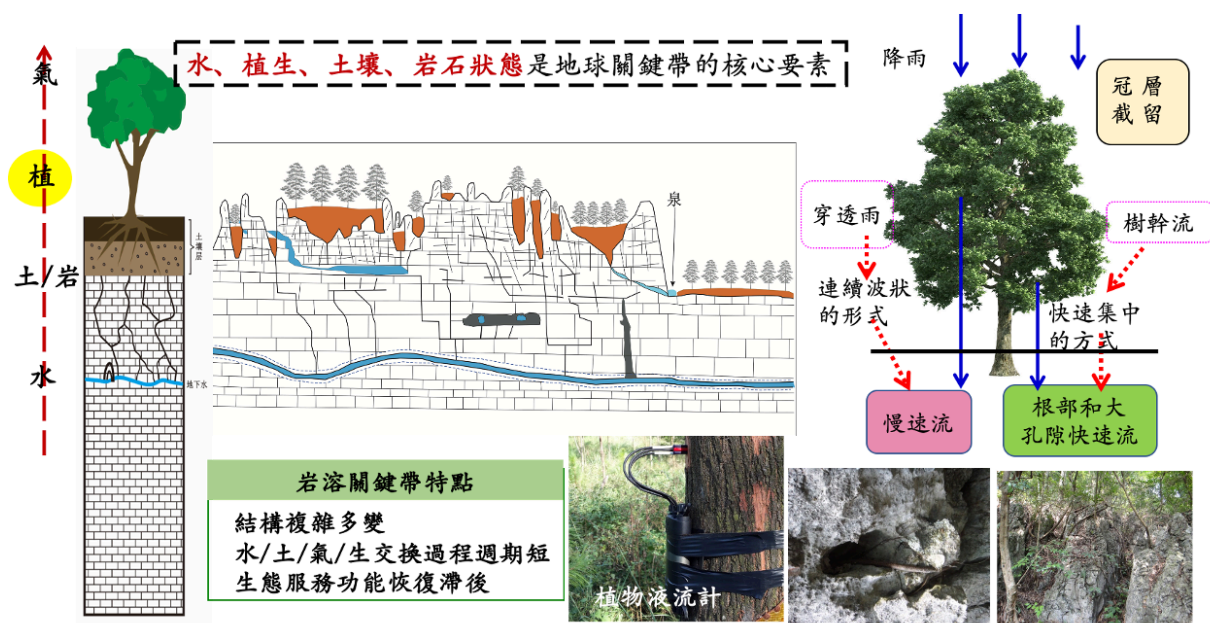


圖19. 岩溶關鍵帶植被-表層岩溶水的耦合過程研究概念圖。

三、水土污染與土地環境對區域水資源管理影響

A. 土地環境利用對區域水質的影響

1. 水文條件及河岸帶土地條件對漢江中下游水質的影響

土地利用類型對水體水質影響的研究是當前地環境管理的重要研究課題之一。探討水文條件及河岸帶環境因素對漢江中下游水質的關係，對環境水質的保護具有重要的意義。本研究以漢江流域中下游地區(丹江口水庫至武漢)為主要的研究區域，進行干濕兩季，每次94個點位的密集採樣，分析水質監測數據、降雨、流速、河岸帶土地利用類型、坡度等

數據，並應用地理加權回歸(Geographically Weighted Regression, GWR)模型探討河岸帶 5 種典型土地利用類型(草地、林地、農業用地、居住用地和未利用地)與漢江中下游 6 個重要水質指標(藻藍蛋白、活體葉綠素 a、溶解氧、硝酸鹽氮、總氮、總磷)的空間變化關係，找出影響河流水質的主要用地類型及重點污染區域，提出相應的措施以規劃河岸帶土地利用、減少水質污染。主要研究結果發現影響硝酸鹽氮與總氮的土地類型主要為農業用地和草地，影響活體葉綠素 a 及總磷的用地類型為居住用地和草地，而影響藻藍蛋白濃度變化的土地類型為居住用地，溶解氧主要受農業用地影響(圖 20)。此為學生碩士論文，研究結果已寫成英文文章送審中。

2. 城市化進程中湖岸帶土地利用變化對湖泊水質影響的研究

武漢全市共有 166 個天然湖泊，岸邊緩衝區的土地利用類型對地表逕流的產流、污染物的遷移、入湖的污染物總量與類型都有重要影響。因此，研究湖岸帶土地利用類型對湖泊水質的影響有助於保護湖泊生態環境。本研究選取武漢市十個湖泊作為研究對象，冗餘分析結果顯示 2002 年對水質影響最大的土地是城市建設、工礦用地與林草地，而耕地對湖泊水質作用較小(圖 21)。2013 年對水質影響較大的土地是城市建設、林草地與耕地。研究結果顯示，湖岸帶 300-400 m 對水質解釋性呈現最好的結果。

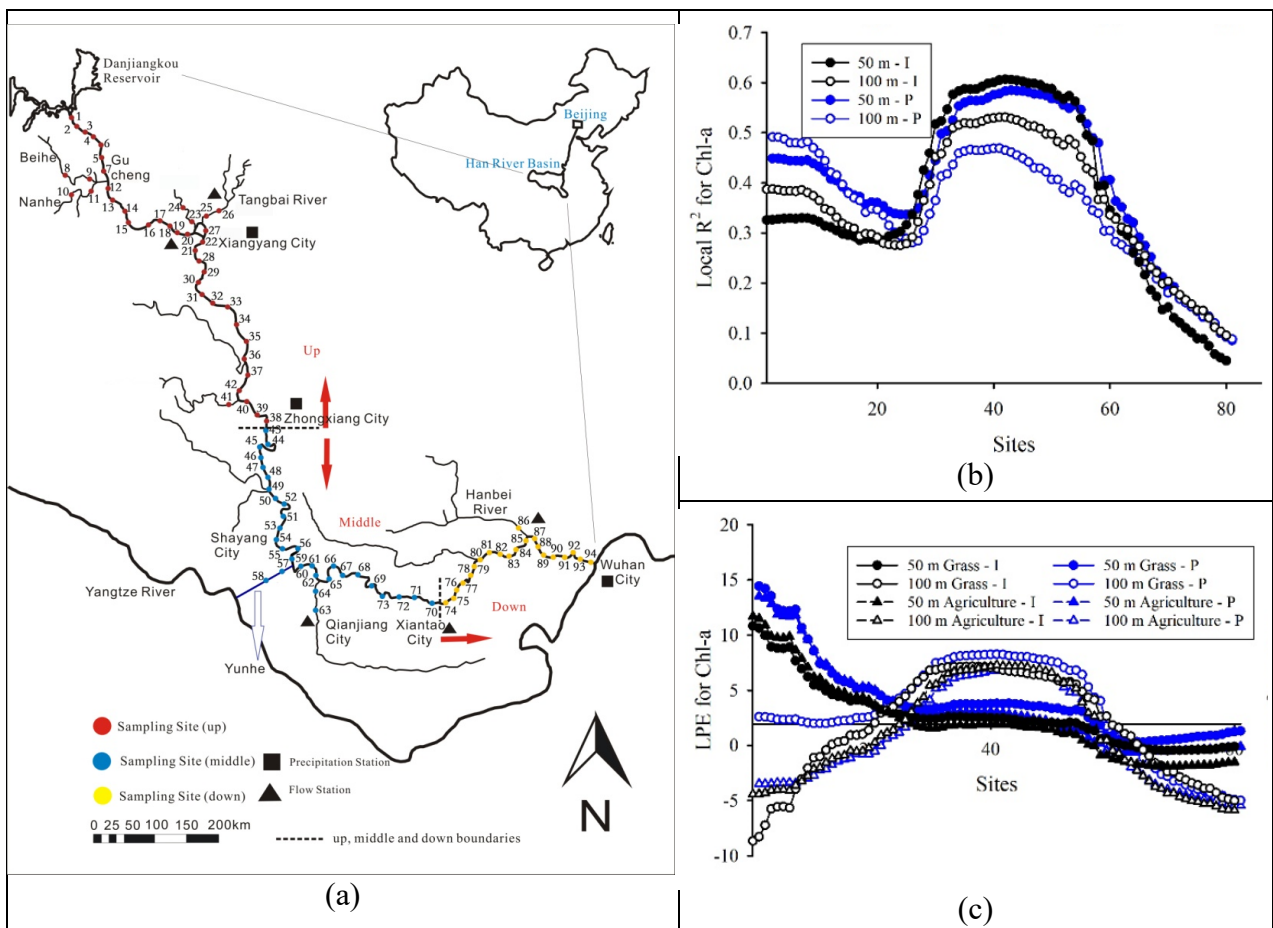


圖 20. (a) 漢江中下游 94 個點位採樣圖; (b) GWR 模型對葉綠素 a 的推估 R²; (c) 局部推估參數 (LPE) 反應葉綠素 a 與土地利用類型的關係。

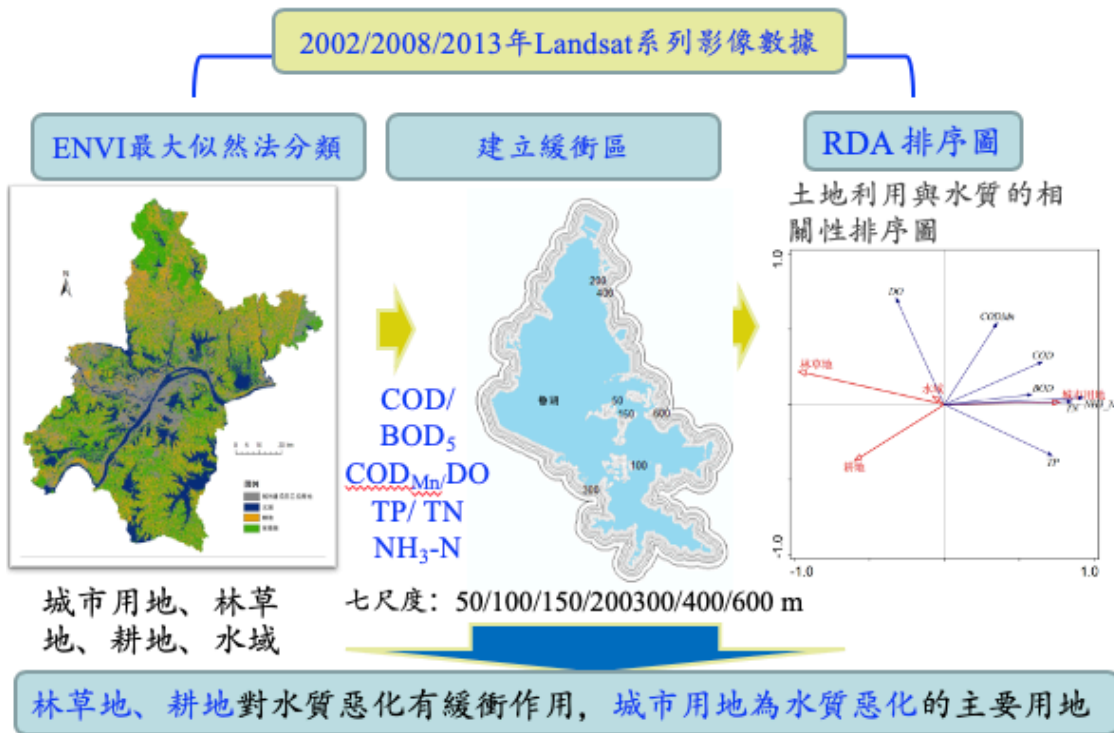


圖 21. 武漢市湖泊岸邊帶不同長度範圍與土地利用類型對水質指標的影響。

相關論文研究成果如下：

- **Kuo, Y.M***, Zhao, E.N., Liang, P., 2021. Effects of hydrology, riparian topography, and land uses on the water quality in the middle and down streams Han River, China, submitted to Plus One.
- 唐金燦，城市化進程中湖岸帶土地利用變化對湖泊水質影響的研究，大學生畢業專題，中國地質大學（武漢），2020.
- 梁平, 郭益銘*, 劉文文, 2017. 基於GWR模型的漢江流域土地利用類型與水質關係評估. 安全與環境工程. 24(2): 67-74.
- 梁平, 水文條件及河岸帶土地條件對漢江中下游水質的影響研究，碩士論文，中國地質大學（武漢），2017.

B. 地理統計法與模型推估水資源及灌溉用水量

1. 水資源及灌溉用水量管理

評估地下水補給潛勢區對於規劃地下水的水質保護和水資源管理至為重要。本人曾與張誠信教授合作分析屏東平原的土壤質地，應用 Indicator Kriging 方法，通過選擇最大估計機率來分類底土不同入滲之程度。並應用空間機率推估非飽和含水層裡含有較高土壤滲透率的區域。最後在考慮不同的底土入滲程度及非飽和含水層土壤滲透率之組合下，劃定地下水補給潛勢區。研究結果建議在適合的補給區，可建置人工池塘或濕地以大幅提高地下水補給效率。此外，也考量屏東平原水質及滲透係數提出永續地下水資源的灌溉管理計畫，結果顯示屏東平原有 54% 的含水層可用來抽取地下水，地下水水質比水量扮演更重要的影響因素。

於當研究助理期間，亦參與了台灣北部水稻梯田地表下回歸水流和有效地下水補給量推估之研究。應用三維模型 FEMWATER 來模擬不同條件下梯田的垂直滲流和側向滲流（圖 22）。模擬結果表明，北基及石門灌區的年地表下回歸水流量，僅佔北基及石門灌區

水稻生長所需灌溉水總量的 0.17% 和 0.21%。水稻梯田中大約 21.4% 的灌溉水可補給地下水，而只有少量的地表水從梯田區上游流到下游。研究結果已發表於 Journal of American Water Resources Association (Liu et al., 2004)。

2. 濁水溪沖積扇高補給區評估

本研究與張良正教授團隊合作。高補給區顯著影響區域地下水系統中的地下水水質和水量。許多研究已應用補給潛勢分析 (recharge potential analysis, RPA) 估算地下水補給潛勢 (groundwater recharge potential, GRP)，並根據估算的 GRP 劃定了高補給區。但大多數研究都是通過假設來定義 RPA 參數的，增加了 RPA 的不確定性。本研究提出基於參數識別理論的系統方法，即以平均存儲變異 (ASV) 指數來校準 RPA 參數。校準後的 RPA 參數用於估計研究區域的 GRP 分佈，並將 GRP 值分為五個級別。研究表明，所開發的方法可以客觀地定義濁水溪沖積扇的 RPA 參數和高補給區，其結果可為台灣政府努力保護地下水水質和水量提供有價值的參考。

相關發表論文如下：

- Tsai, J.P., Chen, Y.W., Chang, L.C., **Kuo, Y.M.**, Tu, Y.H., Pan, C.C., 2015. High recharge areas in the Choushui River Alluvial Fan (Taiwan) assessed from recharge potential analysis and average storage variation indexes. Entropy. 17(4): 1558-1580. (SCI; IF: 2.305)
- Jang, C.S., Chen, S.K., **Kuo, Y.M.**, 2012. Establishing an irrigation management plan of sustainable groundwater based on spatial variability of water quality and quantity. Journal of Hydrology. 414: 201-210. (SCI; IF: 2.656)
- Liu, C.W., Hung, H.C., Chen, S.K., **Kuo, Y.M.**, 2004. Subsurface return flow and ground water recharge of terrace fields in northern Taiwan. Journal of American Water Resources Association. 40(3): 603-614. (SCI; IF= 1.618)

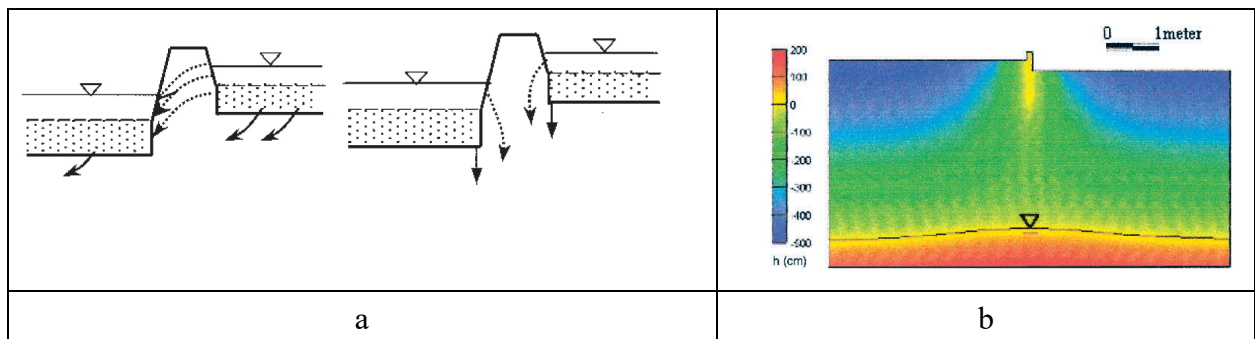


圖 22. a) 水稻梯田田間滲漏水 (seepage) 水流情形分析; b) FEMWATER 模擬梯田湛水入滲過程流場變化。

3. 地下水污染與健康風險評估

碩士論文的研究為雲林沿海地區的地下水污染研究。本研究將雲林沿海地區地下水質資料進行歸納、整理和分類，以因子分析方法評估雲林沿海地區地下水質污染情形，結果顯示影響雲林沿海地區地下水水質的主要因子有兩個，分別為由電導度、總溶解固體量、氯鹽、硫酸鹽、鈉、鉀及鎂共七個變量所組成的「海水鹽化因子」與由總鹼度、總有機碳及砷三個變量所組成之「砷污染因子」(圖 23. a)。然後應用倒傳遞類神經網路，其具有自我組織、自我學習的能力及非線性的特性來預測地下水質變化(圖 24)。結果顯示隱藏層之神經元數目對 BP 網路訓練及預測效果並不明顯，而輸入層中若包含相關性較大的近期

變量則會增加網路預測效果。此外，並建立預測值的信賴區間，以提供預測值的可信度，結果顯示 BP 網路能學習此水質複雜變化之能力，並於預測時能獲得良好之可信度。

在美國留學回來後，也應用動態因子分析探討主要影響雲林地區地下水井砷含量變化之環境及水文因子 (Kuo and Chang, 2010; Wang et al., 2011)，結果顯示地表水補注可稀釋在遠離海岸地區的地下水砷濃度，而受地下水水位影響之地區其砷濃度會較低，也再次用較新的類神經網路方法推估地下水砷濃度的變化 (Chang et al., 2010)。

飲用江漢平原含高濃度砷的地下水可能導致嚴重的健康問題，本研究提供一個架構來評估導致沙湖村居民無致癌風險和致癌風險可能的影響因素，及居民通過攝入和皮膚接觸途徑暴露於砷的適當健康風險評估(圖 23. b)。危險係數(hazard quotient, HQ)和目標癌症風險(target cancer risk, TR)分別用來計算對居民的無致癌性和致癌性影響。評估結果表明 10 m 深和 25 m 深的井的危險係數和目標癌症風險存在季節差異，雨季變化較大，旱季變化較小。攝入暴露風險貢獻皆比皮膚接觸暴露貢獻大。敏感性分析的結果表明，更精確量測地下水砷濃度可能分佈，可增加江漢平原健康風險評估的準確性。研究結果說明飲用水安全的重要性，政府應該採取措施確保飲用水安全。

相關發表論文如下：

- Li, R., **Kuo, Y.M.***, Liu, W.W., Jang, C.S., Zhao, E.M., Yao, L.Q., 2018. Potential health risk assessment through ingestion and dermal contact arsenic-contaminated groundwater in Jiangnan Plain, China. *Environmental Geochemistry and Health*. 40(4): 1585-1599. (SCI; IF: 3.251; Ranking 14/91 (Q1) in Water Resources in 2018)
- Wang, S.W., **Kuo, Y.M.**, Kao Y.H., Jang, C.S., Maji, S.K., Chang, F.J., Liu, C.W., 2011. Influence of hydrological and hydrogeochemical parameters on arsenic variation in shallow groundwater of southwestern Taiwan. *Journal of Hydrology*. 408: 286-295. (SCI; IF:2.656)
- **Kuo, Y.M.**, Chang, F.J., 2010. Dynamic factor analysis for estimating groundwater arsenic trends. *Journal of Environmental Quality*. 39(1):176-84 (SCI; IF: 2.324)
- Chang, F.J., Kao, L.S., **Kuo, Y.M.**, Liu, C.W., 2010. Artificial neural networks for estimating regional arsenic concentrations in a blackfoot disease area in Taiwan. *Journal of Hydrology*. 388: 65-76. (SCI; IF:2.656; Ranking 5/118 in Civil Engineering in 2011)
- **Kuo, Y.M.**, Liu, C.W., Lin, K.H., 2004. Evaluation of the ability of an artificial neural network model to assess the variation of groundwater quality in an area of blackfoot disease in Taiwan. *Water Research*. 38(1): 148-158. (SCI). (IF= 4.355)
- Liu, C.W., Lin, K.H., **Kuo, Y.M.***, 2003. Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan. *the Science of the Total Environment*. 313: 77-89. (SCI) (IF= 2.905)
- **Kuo, Y.M.**, Liu, C.W., 2000. Analysis on variation of groundwater quality in Yun-Lin coastal area: (I) multivariate factor analysis method. *台灣水利*. 48(1): 1-8. (in Chinese)
- **Kuo, Y.M.**, Liu, C.W., 2000. Analysis on variation of groundwater quality in Yun-Lin coastal area: (II) Back-propagation artificial neural network method. *台灣水利*. 48(1): 9-25. (in Chinese)

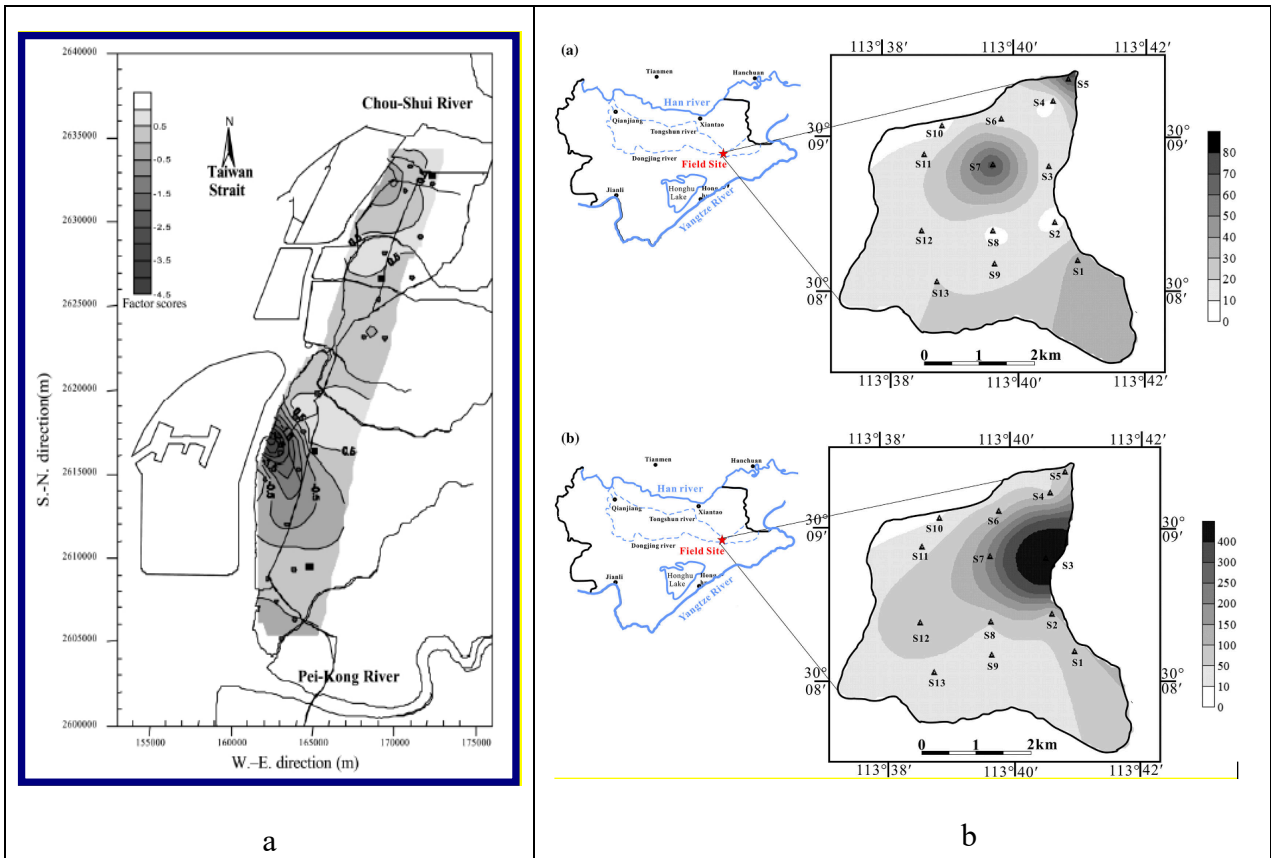


圖 23. a)雲林沿海地區「砷污染因子」得分分布圖; b)湖北省江漢平原地下水深濃度分布圖。

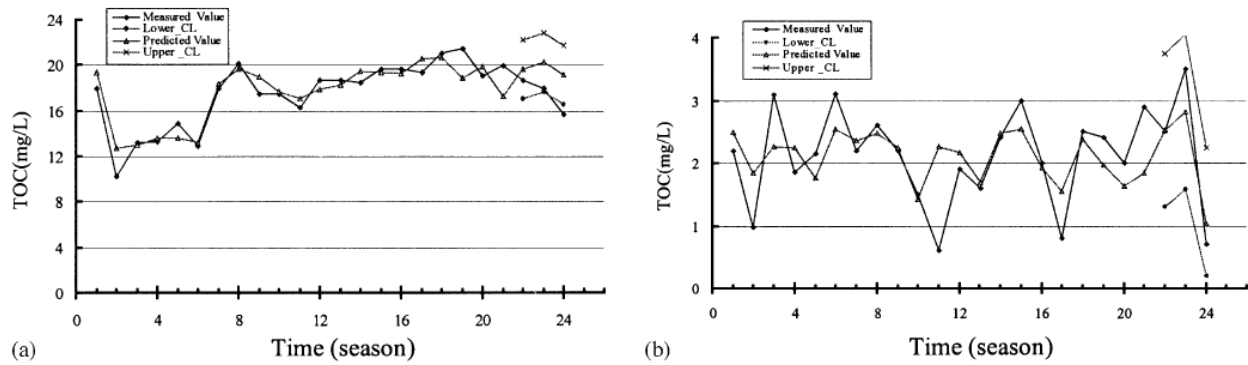


圖 24. 應用倒傳遞類神經網路推估地水水井中的 19 及 9 號井總有機碳濃度變化。

四、空氣污染成因機制

A. 高屏與台北地區 PM_{2.5} 與臭氧成因機制研究

臭氧形成的複雜過程及其前驅化合物(揮發性有機化合物 VOCs 和氮氧化物 NO_x)的排放，加上氣象條件的影響，使對流層臭氧難以得到有效控制。本研究採用動態因子分析方法探討大氣臭氧濃度的時間序列及其與氣象變數的關係，分析高雄四個監測站在 72 小時內所收集的資料，其中包括 2009 年三次高、低臭氧事件情境。根據最佳 DFA 模型，NO_x 在所有情境中皆與臭氧變化呈負相關關係。相對濕度(RH)僅在低臭氧情境對臭氧波動呈負相關。海陸間風速和氣溫在高臭氧情境對臭氧波動有正相關作用。兩個事件的臭氧條件均處於 NO_x 飽和狀態，增加 NO_x 將會降低臭氧。

B. 武漢地區 PM_{2.5} 與臭氧成因機制研究

湖北省武漢市近年成為中國一線城市，工業發展及交通尾氣排放導致空氣懸浮微粒 PM_{2.5} 濃度高於世界衛生組織建議的水準。本研究探討武漢市 2013 年前驅氣態污染物和氣象因子與 PM_{2.5} 時空動態變化的關聯性。模型可以很好的解釋 PM_{2.5} 的變化(效率係數為 0.88)。結果表明武漢 PM_{2.5} 的時空動態變化主要與硫氧化物、氮氧化物(NO_x)、一氧化碳(CO)、相對濕度、溫度和風速有關(圖 25)。溫度對於 PM_{2.5} 的影響貢獻程度大於風速和相對濕度，高溫有利於 PM_{2.5} 的形成，而相對濕度不利於 PM_{2.5} 形成。NO₂ 和 CO 是導致武漢 PM_{2.5} 形成的兩個主要前驅氣態污染物，NO₂ 和 CO 主要來自於應該被限制的機動車輛和工業過程，因為這些前驅排放物最終將轉化為懸浮微粒。

本人研究影響南台灣空氣懸浮微粒變化之環境及氣象機制 (Kuo et al., 2011; Kuo et al., 2015) 及大台北地區懸浮微粒共同趨勢之變化 (Yu et al., 2013; Yu et al., 2015)、判別沙塵暴期間及過後台灣空氣中 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 的空間混合分佈情形 (Chu et al., 2012)、應用決策樹判別控制西南台灣地區地表臭氧程度變化之因子 (Chu et al., 2012)。

相關發表論文如下：

- **Kuo, Y.M.,** Zhao, E.M., 2019 Using min/max autocorrelation factor analysis to quickly determine main air pollutants and their associated formation mechanisms, Atmospheric Research 2019, under review
- **Kuo, Y.M.,** Zhao, E.M., Li, M.J. Yu, H., Qin, J., 2017. Ambient precursor gaseous pollutants and meteorological conditions controlling variations of particulate matter concentrations. CLEAN-Soil, Air, Water. 45(8): 1600655. (SCI; IF:1.473)
- Yu, H.L., Lin, Y.C., **Kuo, Y.M.,** 2015. A time series analysis of multiple ambient pollutants to investigate the underlying air pollution dynamics and interactions. Chemosphere. 134: 571-580. (SCI; IF: 4.427)
- **Kuo, Y.M.,** Chiu, C.H., Yu, H.L., 2015. Influences of ambient air pollutants and meteorological conditions on ozone variation in Kaohsiung, Taiwan. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment. 29:1037-1050. (SCI; IF: 2.671)
- Yu, H.L., Lin, Y.C., Sivakumar, B., **Kuo, Y.M.***, 2013. A study of the temporal dynamics of ambient particulate matter using stochastic and chaotic techniques. Atmospheric Environment. 69: 37-45. (SCI; IF:3.708).
- Chu, H.J., Lin, C.Y., Liao, C.J., **Kuo, Y.M.***, 2012. Identify controlling factors of ground-level ozone levels over southwestern Taiwan using a decision Tree. Atmospheric Environment. 60: 142-152. (SCI; IF: 3.465)
- Chu, H.J., Yu, H.L., **Kuo, Y.M.***, 2012. Identifying spatial mixture distributions of PM_{2.5} and PM₁₀ in Taiwan during and after a dust storm. Atmospheric Environment. 54: 728-737. (SCI; IF: 3.465)
- **Kuo, Y.M.,** Wang S.W., Jang, C.S., Yeh, N.C., Yu, H.L., 2011. Identifying the factors influencing PM_{2.5} in southern Taiwan using dynamic factor analysis. Atmospheric Environment. 45: 7276-7285. (SCI; IF: 3.465)

- Yu, H.L., Wang, C.H, Liu, M.C., **Kuo, Y.M.**, 2011. Estimation of fine particulate matter in Taipei using landuse regression and bayesian maximum entropy methods. International Journal of Environmental Research and Public Health. 8: 2153-2169. (SCI; IF: 1.605)

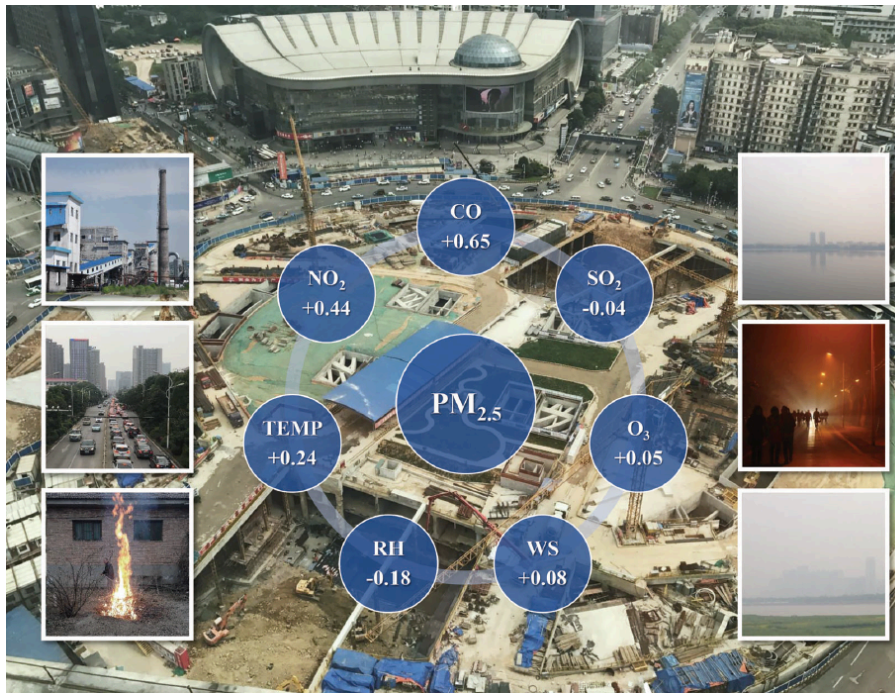


圖 25. 期刊封面介紹我們研究成果：影響武漢市空氣中 PM2.5 濃度變化的機制研究。