

ฟลักซ์ทาวเวอร์ (Flux Tower)

คุณภาพอากาศ มีการตรวจวัดทั้งในพื้นที่ที่เป็นแหล่งมลภาวะ (Polluted areas) และพื้นที่อื่นๆ ที่ต้องการตรวจติดตาม (Target area) ซึ่งขึ้นอยู่กับแหล่งปล่อย (Emission source) การแพร่กระจาย (Distribution/disperse) การเกิดปฏิกิริยาหรือเปลี่ยนแปลง (Transformation) เนื่องจากแหล่งมลภาวะหลักๆ เกิดขึ้นจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use) (Tscharntke *et al.* 2007 และ เกษม จันทรแก้ว 2541) ที่เชื่อมโยงและสอดคล้องกับกิจกรรมของมนุษย์ในด้านต่างๆ (Anthropogenic) จากการพัดพา กระจายตัวของมลภาวะทางอากาศที่ไม่มีทิศทาง นักวิจัยจึงมีการพัฒนาระบบการตรวจวัด-ตรวจติดตามคุณภาพอากาศ ในระยะยาวร่วมกับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่ระดับความสูงและในพื้นที่ต่างๆ ซึ่งระบบการตรวจวัดจะถูกติดตั้งที่ระดับความสูงต่างๆ เหนือพื้นดิน เช่น ติดตั้งบนเสาสูง (Mast), ทาไฟฟ้า-ระเบียบอาคาร หรือการสร้างหอคอย (Tower) จึงเกิดเรียกว่า “ฟลักซ์ทาวเวอร์” (Flux tower) (Tscharntke *et al.* 2007)

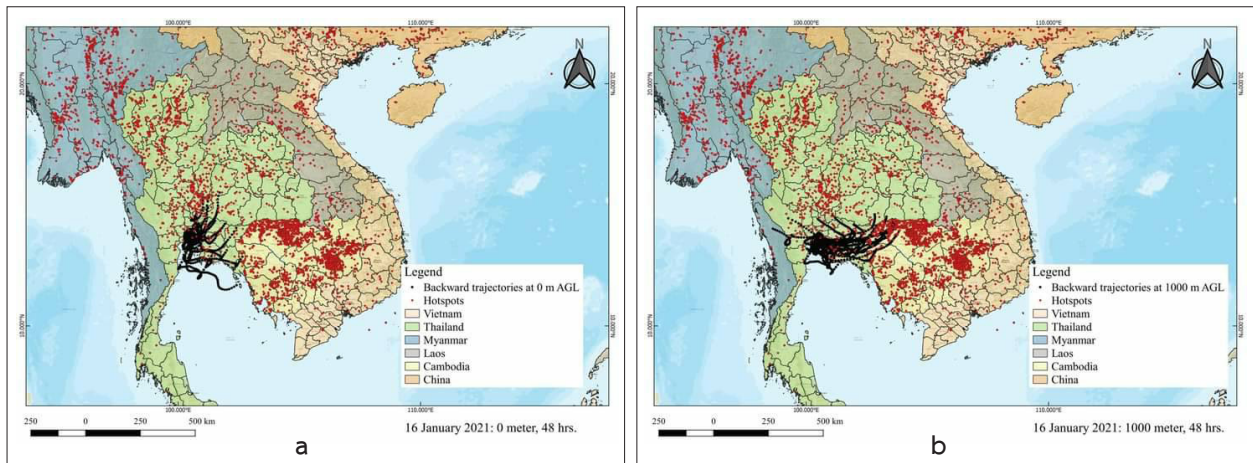
Flux tower หรือสถานีในการตรวจวัดปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม (Environmental parameters) พารามิเตอร์บรรยากาศ (Atmospheric parameters) หรือที่เราเรียกกันดีในการตรวจวัดค่าทางอุตุนิยมวิทยา (Meteorological parameters) เป็นหลัก ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็ว-ทิศทางลม รวมทั้งค่าพลังงานจากดวงอาทิตย์ (เกษม จันทรแก้ว 2541) โดยทำการวัดแบบต่อเนื่องระยะยาว (Long-term monitoring) ข้อมูลที่วัดได้นำไปใช้ประโยชน์โดยการประเมิน ช่วงเวลาขณะที่ทำการศึกษา (Observation period) และนำข้อมูลไปประเมินทำนายในระยะยาว (Parameterization evaluation / Modelling) เพื่อศึกษาแนวโน้มหรือผลกระทบในด้านต่างๆ

Flux หรือค่าฟลักซ์ (Flux) ขอบิบายให้เข้าใจง่ายๆ คือค่าสมดุลในการแลกเปลี่ยนจำนวนสุทธิของก๊าซ อนุภาคและพลังงานต่อพื้นที่ในช่วงเวลาหนึ่ง จะเห็นว่าค่าฟลักซ์ใช้ประเมินได้ทั้งมลสารในบรรยากาศ (Atmospheric pollutants) และค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในบรรยากาศ (Atmospheric parameters)

จากงานวิจัยพบว่าคุณภาพอากาศ (Air quality) ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังนั้นการติดตั้งเครื่องมือหรือการติดตั้งระบบการตรวจวัดคุณภาพอากาศ (Air quality monitoring) จะออกแบบและติดตั้งโดยขึ้นอยู่กับลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Land use) หรือการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน (Land cover change) เช่น เขตพื้นที่เมือง

ชุมชน ชนบท และพื้นที่ทางการเกษตร ซึ่งพื้นที่ทางการเกษตร (Agricultural area) ลักษณะสิ่งปกคลุมดินจะเปลี่ยนไปตามฤดูกาลอย่างเห็นได้ชัดเจน (Aparicio *et al.* 2013)

เพื่อให้มองเห็นภาพแพร่กระจายและการเคลื่อนที่ของมลพิษทางอากาศ (Air pollutant) ทั้งในรูปมลสาร (Gaseous pollutant) และอนุภาคมลพิษ (Particulate pollutant) (เกษม จันทรแก้ว 2541) จากรูปที่ 1 ได้แสดงแหล่งปล่อย (Emission source) และลักษณะการแพร่กระจาย (Distribution/disperse) ในรูปของอนุภาคหรือ (Particulate matter: PM) เนื่องจาก PM ที่แขวนลอยในชั้นบรรยากาศจะทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับ-ตัวนำพามลสาร จากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง รูปที่ 1 (a-b) เป็นแบบจำลองการเคลื่อนที่ของมวลอากาศแบบย้อนกลับ (Backward trajectory) ของ PM จากการเผาไหม้ชีวมวล เป็นการทำให้แบบจำลองทิศทางลมที่ระดับความสูง 0 และ 1000 เมตร ในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง จึงนำมาประเมินแหล่งกำเนิดและทิศทางที่เป็นไปได้ของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{2.5}) ที่เคลื่อนตัวสู่กรุงเทพมหานคร ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2564 (รายงานสถานการณ์หมอกควันภาคใต้ 2564) จุดความร้อน (hotspots) คือ จุดสีแดง และลักษณะการแพร่กระจายและการเคลื่อนที่ของอนุภาคจากการเผาไหม้ชีวมวล (จุด-เส้นสีดำ) ซึ่งอาจจะมีทั้งแหล่งเผาในประเทศและจากการเคลื่อนที่ข้ามแดน (Transboundary pollutants) มาจากประเทศเพื่อนบ้าน



ที่มา: รายงานสถานการณ์หมอกควันภาคใต้ (2564)

รูปที่ 1. แบบจำลองการเคลื่อนที่ของมวลอากาศแบบย้อนกลับเป็นการทำแบบจำลองทิศทางลม
a) ที่ระดับความสูง 0 เมตร b) ที่ระดับความสูง 1000 เมตร

ในครั้งนี้จะกล่าวถึง Flux tower ใน 3 ลักษณะ: ในเขตเมือง (Urban) พื้นที่การเกษตร (Agricultural area) พื้นที่ชนบทหรือพื้นที่ป่า (Forest area) มลพิษทางอากาศ (Air pollutant) ทั้งในรูปมลสาร (Gaseous pollutant) และอนุภาคมลพิษ (Particulate pollutant) (เกษม จันทรแก้ว 2541) รวมทั้งก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas: GHGs) (นงภัทร ไชยชนะ และคณะ 2555)

ในเขตพื้นที่เมือง (Urban area)

คุณภาพอากาศในเขตเมือง เขตชุมชน เขตเศรษฐกิจ และเขตที่มีการจราจรหนาแน่น โดยเฉพาะชนิดมลภาวะทางอากาศที่ต้องควบคุมไม่ให้เกินมาตรฐาน สถานีวิจัยเพื่อการ

ตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาใกล้ผิวดินและคุณภาพอากาศ หรือ KU TOWER เพราะตั้งอยู่ในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ดังรูปที่ 2 นับเป็นสถานีวิจัยแห่งแรกของประเทศไทยที่ใช้ในการวิจัยอิทธิพลของมลสารในบรรยากาศต่อลักษณะอุตุนิยมวิทยาใกล้ผิวดินในเขตเมือง ผลการตรวจวัดไม่ได้ถูกนำไปใช้เพื่อรายงานลักษณะอุตุนิยมวิทยาในชีวิตประจำวัน แต่ถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะชั้นบรรยากาศที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของมลสารในบรรยากาศ อีกทั้งเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศกับฝุ่นละอองในเขตเมือง ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากต่อความแม่นยำของผลการคาดการณ์สภาพอากาศของประเทศ ดังนั้น KU TOWER เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญของงานวิจัยด้านสภาพอากาศของประเทศ



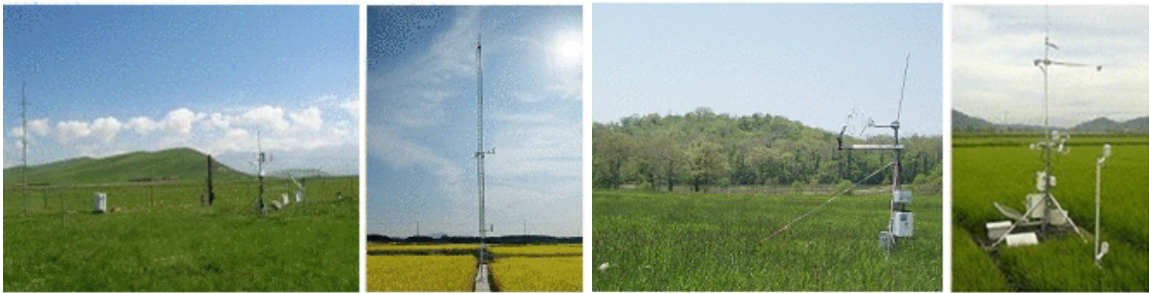
ที่มา: สถานีวิจัยเพื่อการตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาใกล้ผิวดินและคุณภาพอากาศ (KU TOWER) (2562)

รูปที่ 2. สถานีวิจัยเพื่อการตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาใกล้ผิวดินและคุณภาพอากาศ (KU TOWER)

ในพื้นที่การเกษตร (Agricultural area)

สำหรับในพื้นที่การเกษตร เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน (Land cover change) ในแต่ละช่วงฤดู ที่มีกิจกรรมต่างๆ ในพื้นที่ ดังรูปที่ 3 ดังเช่นข้อมูลงานวิจัย ที่ศึกษารวบรวมโดย Aparicio *et al.* (2013) ภายใต้ The European Topic Centre on Air Pollutant and Climate Change Mitigation (ETC/ACM) ซึ่งทำการตรวจติดตามการแพร่กระจายตัวของอนุภาคมลพิษจากกิจกรรมในพื้นที่การเกษตร เช่น การทำปุ๋ยคอก การใช้สารเคมีทั้งในรูปปุ๋ยและยาฆ่าแมลง การเตรียมดิน-เตรียมพื้นที่สำหรับการปลูกพืชรอบใหม่ และการจัดการวัสดุหลังการเก็บเกี่ยว (การทำปุ๋ยและการเผาทำลาย) สุ่พื้นที่อื่นๆ ซึ่งมีผลต่อคุณภาพอากาศทั้งใน

เขตเมืองและเขตชนบท ในยุโรป จากงานวิจัยของ นงภัทร ไชยชนะ และคณะ (2555) ทำการศึกษาการแลกเปลี่ยนของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 flux) จากไร่อ้อย ด้วยวิธี Eddy Covariance Technique ซึ่งพบทั้งปริมาณการปลดปล่อย CO_2 จากระบบนิเวศ ทั้งจากพืชและจากชั้นดิน (soil respirations) และการดูดซับ CO_2 นำกลับไปใช้โดยพืชผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) เพื่อสร้างเนื้อเยื่อและเจริญเติบโต Yasuko *et al.* (2009) มีการศึกษาในบริเวณที่มีความชื้นสูง พื้นที่ละติจูดต่ำและละติจูดกลางหลายแห่งในเอเชีย แม้แต่ทุ่งนาข้าวที่เป็นพืชเอกลักษณ์ในภูมิภาคเอเชียก็มีการเก็บรวบรวมข้อมูลค่าฟลักซ์เพื่อใช้ศึกษาถึงสภาพภูมิอากาศ (Climate condition) และการบริหารจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land-use management)



ที่มา: AsiaFlux (2021)

รูปที่ 3. การวัดค่าฟลักซ์ในพื้นที่การเกษตร

ในพื้นที่ป่า (Forest area)

ทั้งขนาดและความสูงของ Flux tower สามารถออกแบบสร้างให้เหมาะสมได้ตามพื้นที่ที่ต้องการเก็บข้อมูลและวัตถุประสงค์การนำไปใช้ประโยชน์ รูปที่ 4 เป็นลักษณะ Flux tower ในพื้นที่ป่าต่างๆ เช่น ในป่าปฐมภูมิประเภทต่างๆ

ป่าหุติยภูมิหรือป่าปลูก และป่าชุมชน ดัง Yasuko *et al.* (2009) ทำการรวบรวมผลการศึกษาการตรวจวัดค่าฟลักซ์ใน 51 พื้นที่ป่าในภูมิภาคเอเชีย พบว่ามี Flux tower ในภูมิภาคเอเชียมีมากกว่าในอเมริกาและยุโรป ซึ่งมีทั้งที่กำลังสร้างเพิ่ม มีการศึกษาค่าฟลักซ์ทั้งในพื้นที่ป่าโปร่ง ป่าฝนในเอเชียใต้ และจากป่าในแถบเส้นศูนย์สูตรจนถึงเขตภูมิอากาศขั้วโลก



ที่มา: AsiaFlux (2021)

รูปที่ 4. ฟลักซ์ทาวเวอร์ในพื้นที่ป่า

ข้อมูลค่าฟลักซ์ที่นักวิจัยทำการตรวจวัดและรวบรวมเป็นระยะเวลานาน ยังถูกนำไปใช้ประโยชน์ในการประเมินด้านอื่นๆ ได้อีกด้วย เช่น การประเมินการแลกเปลี่ยนค่าฟลักซ์ต่างๆ ในระบบนิเวศ ทั้งการแลกเปลี่ยนพลังงานและเชื่อมโยงกับธาตุต่างๆ ในระบบ อีกทั้งสามารถนำไปใช้ประมวลผล

ร่วมกับข้อมูลจากการตรวจวัดระยะไกล (Remote sensing) (Yasuko *et al.* 2009) ค่าฟลักซ์ต่างๆ เหล่านี้ มีตั้งแต่ระดับประเทศ ระดับภูมิภาค และระดับโลก ในโอกาสต่อไปจะนำข้อมูลเกี่ยวกับ Flux tower ในระดับต่างๆ รวมทั้ง Flux tower ในประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

- เกษม จันทรแก้ว. 2541. เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม: มลพิษทางอากาศ. กรุงเทพฯ: โครงการสหวิทยาการบัณฑิตศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 263-328.
- นงภัทร ไชยชนะ, ทิวา, พาโคทหม, เจษฎา ภัทรเลอพงศ์ และเชษฐ สาทริกกิจ. 2555. การประเมินการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอ้อยตอหนึ่ง โดยวิธี Eddy Covariance Technique. การประชุมวิชาการแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, ครั้งที่ 9. นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, หน้า 81-88.
- รายงานสถานการณ์หมอกควันภาคใต้. 2564. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.facebook.com/SouthHazeWatch/> รายงานสถานการณ์ฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน (PM2.5) เฉลี่ย 24 ชั่วโมง พื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล, [เข้าถึงเมื่อ 16 มกราคม 2564].
- สถานีวิจัยเพื่อการตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาใกล้ผิวดินและคุณภาพอากาศ (KU TOWER). 2562. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.kasetkaoklai.com/home/2019/06/>. ม.เกษตรกรรม “สถานีวิจัยเพื่อการตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาใกล้ผิวดินและคุณภาพอากาศ”, [เข้าถึงเมื่อ 2 January 2565].
- Aparicio, S. L., Guerreiro, C., Viana, M., Reche, C. and Querol X., 2013. Contribution of agriculture to air quality problems in cities and in rural areas in Europe. *The European Topic Centre on Air Pollutant and Climate Change Mitigation (ETC/ACM) Technical Paper*, **2013**(10), p. 21.
- AsiaFlux. 2021. [online]. Available at: <https://www.asiaflux.net/>, [accessed 2 January 2022].
- Tscharntke, T., Leuschner, C., Zeller, M., Guhardja, E. and Bidin A., 2007. The stability of tropical rainforest margins, linking ecological, economic and social constraints of land use and conservation, Berlin: Springer Verlag, pp. 463-492.
- Yasuko Mizoguchi, Akira Miyata, Yoshikazu Ohtani, Ryuichi Hirata and Satoko Yuta, 2009. A review of tower flux observation sites in Asia. *Journal of Forest Research*, **14**(1), pp. 1-9.