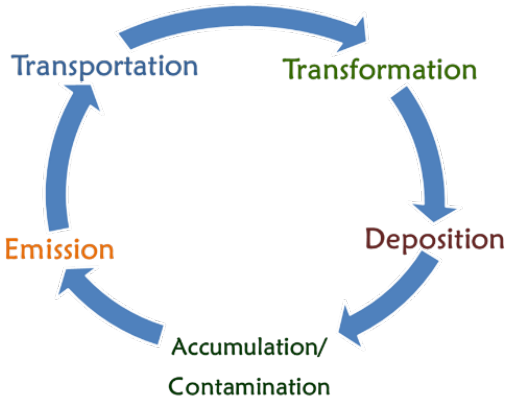
ฝุ่นละอองกับลมหนาว

ดร.ภูวษา ชานนท์เมือง
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)
35 หมู่ที่ 3 เทคโนธานี ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

ปัจจุบันเริ่มมีงานวิจัยที่ตรวจวัดและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละออง ทั้งในพื้นที่เมืองใหญ่ เขตห่างเมือง-ชนบท พื้นที่ป่า รวมทั้งในพื้นที่ทางการเกษตร เพื่ออะไร? เนื่องจากต้นเหตุสำคัญของปัญหาฝุ่นละอองมีปริมาณเกินมาตรฐานและมีผลกระทบในทางลบคือประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use)

วงจรของมลสารในอากาศรวมทั้งฝุ่นละออง ดังแสดงในในรูปที่ 1 เริ่มจากแหล่งกำเนิด (emission source) การเคลื่อนที่-การพัดพา (transportation) การเปลี่ยนรูป-เปลี่ยนองค์ประกอบ (transformation) การตกสะสม (deposition) และเกิดการสะสม-ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม (accumulation/contamination) จากวงจรนี้ จึงมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับฝุ่นละอองในรูปต่างๆ ทั้งปฐมภูมิ (primary particle) และทุติยภูมิ (secondary particle) เพื่อวิเคราะห์หาแหล่งปล่อย และแนวโน้มของผลกระทบ (impact) ทั้งทางตรงและทางอ้อม ทั้งผลกระทบต่อสุขภาพและต่อระบบนิเวศหรือสิ่งแวดล้อม ซึ่งเชื่อมโยงถึงสภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยที่พวกเรากำลังเผชิญกันอยู่



รูปที่ 1. วงจรของมลสารทางอากาศและฝุ่นละออง

เมื่อฤดูหนาวของประเทศไทยหรือฤดูแล้ง (dry season) มาเยือน สิ่งที่จะตามมาพร้อมกับช่วงฤดูนี้คือ หมอกควันและฝุ่นละออง (particle) ฝุ่นละอองที่เจือปนอยู่ในอากาศจำแนกได้หลายขนาด ตั้งแต่ 100 ไมครอน ลงมาถึงอนุภาคระดับนาโน (nano-particle) ในครั้งนี้จะนำเสนอข้อมูลบางส่วนในงานวิจัย ในส่วนของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน หรือ PM2.5 และฝุ่นละอองขนาดเล็กมาก (nano-particle: PM0.1) อีกประเภทที่มีผลกระกระทบเมื่ออนุภาคขนาดเล็กมากผ่านเข้าสู่ร่างกายในระดับเซลล์ หากอนุภาคขนาดเล็กนั้นมีองค์ประกอบของสารก่อมะเร็งจะยิ่งมีผลกระทบมากขึ้น

1 แหล่งกำเนิดและการพัดพา

แหล่งกำเนิดฝุ่นละอองและมลพิษทางอากาศอื่นๆ มีแบบแผนในการปลดปล่อยหลักๆ 3 แบบ ดังรูปที่ 2(a)-2(c)

แหล่งปล่อยที่เป็นจุด (Point source) เป็นแหล่งที่มีการปลดปล่อยในตำแหน่งที่แน่นอน เช่น โรงงานอุสาหกรรม

แหล่งปล่อยเชิงพื้นที่ (Area source) ที่เห็นได้ชัดเจนทั่วไป เช่น การเกิดไฟป่า การเผาพื้นที่การเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว รวมถึงการเผาขยะ-เศษวัสดุแบบเปิดในชุมชนทั่วๆ ไป และการปลดปล่อยละอองไอสารเคมีในพื้นที่ทางการเกษตรจากการใช้ปุ๋ย-สารเคมีต่างๆ ดังการแพร่กระจายในรูปที่ 3 ซึ่งละอองไอสารเคมีมีการเคลื่อนที่แลกเปลี่ยนหมุนเวียนไปในสองทิศทาง

แหล่งปล่อยเชิงเส้น (Line source) เป็นแหล่งปล่อยที่มีการเคลื่อนที่ เช่น ยานพาหนะ-รถยนต์ที่วิ่งในท้องถนน หรือจากแหล่งการจราจร

รูปที่ 2. แหล่งปล่อยฝุ่นละอองในรูปแบบต่างๆ

2 ผลกระทบ

ผลกระทบจากฝุ่นละออง ในที่นี้จะขอกล่าวถึงใน 2 ประเด็นหลักๆ คือ ผลกระทบต่อสุขภาพ และต่อสิ่งแวดล้อมหรือระบบนิเวศ มาดูว่าความรุนแรงขึ้นอยู่กับอะไรบ้าง

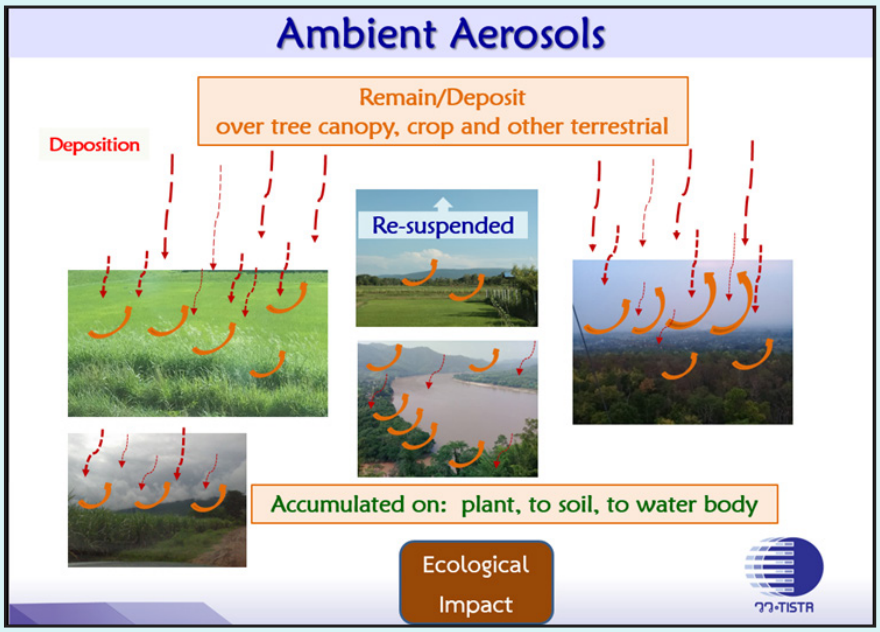
2.1 ผลกระทบต่อสุขภาพ

ลำดับแรก ขนาดของฝุ่นละอองในอากาศ (particle size) เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เพราะฝุ่นละอองเปรียบเสมือนพาหนะที่จะนำพาทั้งเชื้อโรค (bio aerosols) และมลสารหรือสารเคมีต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบของอนุภาค (chemical composition) เข้าสู่ร่างกายผ่านระบบทางเดินหายใจ (respiration system) ฝุ่นละอองในอากาศมีทั้งชนิดปฐมภูมิ และอนุภาคทุติยภูมิ เมื่อฝุ่นละอองถูกปล่อยออกจากแหล่งและแพร่กระจาย จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับมลสารชนิดต่างๆ มีโอกาสที่จะเปลี่ยนรูป (transformation/re-transformation) ดังวงจรในรูปที่ 1 แล้วกลายเป็นอนุภาคทุติยภูมิ ซึ่งพบว่าอนุภาคทุติยภูมิหลายชนิดมีองค์ประกอบของสารก่อมะเร็งและโรคอื่นๆ หากฝุ่นละอองมีขนาดเล็กมาก (PM0.1) จะยิ่งมีผลกระทบมากขึ้น

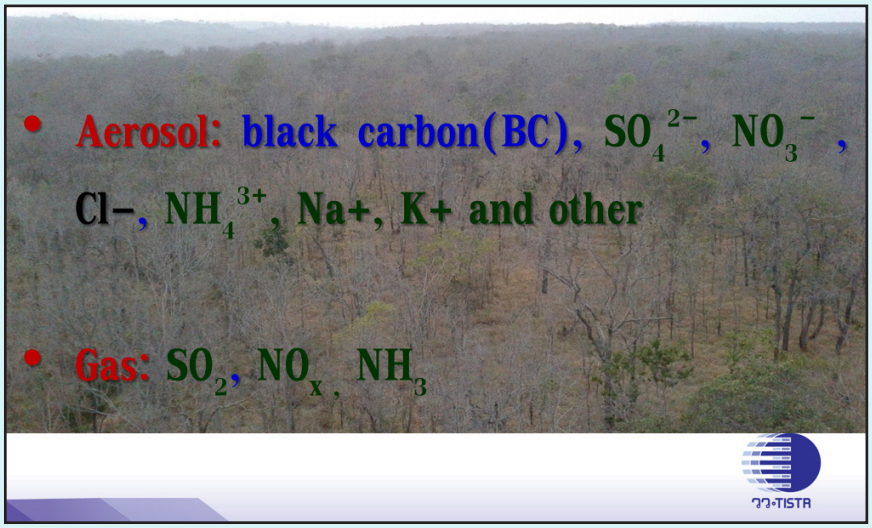
2.2 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือระบบนิเวศ

ผลกระทบของฝุ่นละอองต่อสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ จะทำการศึกษาหรือสังเกตุการณ์ในเชิงพื้นที่ เช่น ต้นไม้ สิ่งมีชีวิต ชั้นดินและแหล่งน้ำ ทั้งนี้ผลกระทบก็จะขึ้นอยู่กับปริมาณและเวลาที่ได้รับ เพราะฝุ่นละอองจะก่อให้เกิดผลกระทบอย่างไรต่อระบบนิเวศขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางเคมีของฝุ่นละอองในพื้นที่นั้นๆ เช่น ความเป็นกรด-เบส มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์หรือมีโลหะหนักปนอยู่ ดังงานวิจัยของ Yamaguchi *et al.* (2013) ทำการศึกษาผลกระทบของฝุ่นละอองต่อการเจริญเติบโตของพืชในเขตหนาว (cool-temperature forest) และเขตร้อนชื้น (tropical forest) และ Matsuda *et al.* (2012) ศึกษาการตกสะสมและกลไกของฝุ่นละออง ที่มีผลกระทบต่อระบบนิเวศป่าในภูมิภาคเอเชียตะวันออก พื้นที่ป่า

ในประเทศญี่ปุ่น: ภายใต้โครงการ Impacts of Aerosols in East Asia Plants and Human Health (ASEPH) ดังแสดงในรูปที่ 4 แสดงถึงผลการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอนุภาคในพื้นที่ป่าเต็งรัง ณ พื้นที่สงวนชีวมณฑลสะแกราช เมื่อปี ค.ศ. 2012 ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้ก็จะมีผลกระทบทบทางบวกและทางลบต่อระบบนิเวศต่างกัน จากงานวิจัยของ Samae *et al*. (2021) ได้ศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีหลายกลุ่มใน PM<0.1 จากการเผาไหม้ชีวมวลและพบองค์ประกอบทางเคมีที่สอดคล้องกับงานวิจัยที่ตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในพื้นที่ป่า จึงเป็นอีกเหตุผลที่ต้องมีการตรวจติดตามการเคลื่อนที่และการตกสะสมของฝุ่นละอองในพื้นที่ต่างๆ เพื่อประเมินผลกระทบต่อระบบนิเวศในระยะยาว



รูปที่ 3. ละอองลอยในอากาศและตกสะสมในสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 4. องค์ประกอบทางเคมีของอนุภาคที่พบในพื้นที่ป่า

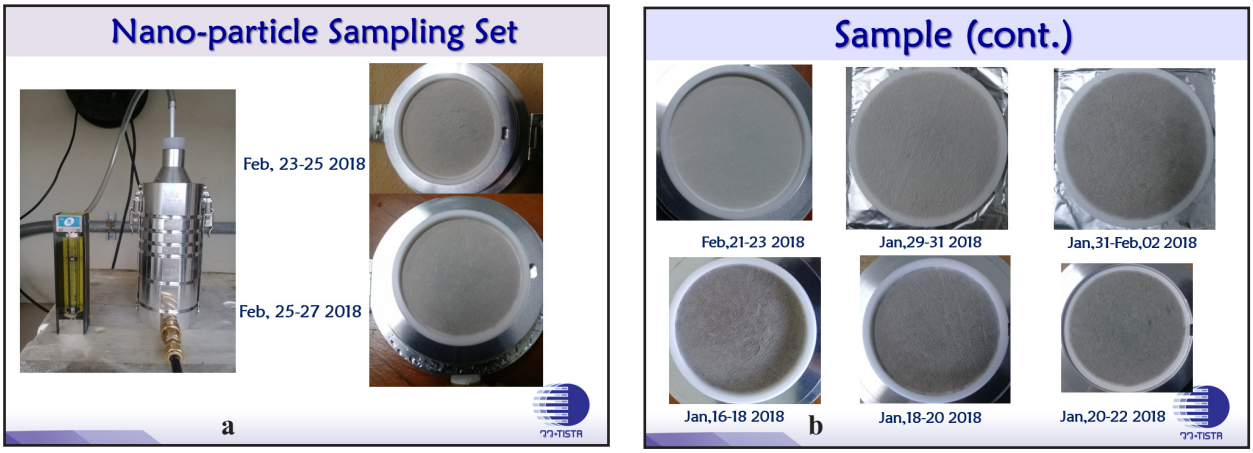
3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โดยปกติปัญหาเรื่องฝุ่นละอองจะเป็นปัญหาหนักในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งอาจจถูกเรียกว่าเป็นฤดูเผา เหตุการณ์ไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะในประเทศไทย เป็นปัญหาที่ทวีความรุนแรงขึ้นอย่างต่อเนื่องในภูมิภาคเอเชีย เนื่องจากภูมิภาคเอเชียมีการพัฒนาและขยายตัวทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นอย่างที่รวดเร็ว และเกิดการเคลื่อนที่พัดพาเป็นมลพิษข้ามแดน (Long range transportation) ในครั้งนี้จึงยกงานวิจัย 2 ส่วน ที่เป็นกรณีตัวอย่างในการเก็บข้อมูลฝุ่นละอองศึกษาในเชิงพื้นที่และเป็นเชิงเปรียบเทียบ เนื่องจากเป็นการศึกษาในพื้นที่เมือง-ปริมณฑล (Urban/sub-urban) กับพื้นที่ห่างไกล-ชนบท (Rural/remote area) โดยทั้งสองพื้นที่ทำการเก็บตัวอย่างต่อเนื่องครอบคลุมฤดูกาลในปีนั้นๆ

3.1 พื้นที่เมืองและปริมณฑล (Urban and sub-urban area)

Boongla *et al*. (2021) ทำการศึกษาชนิดธาตุคาร์บอนในฝุ่นละออง เพื่อวิเคราะห์หาแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองในเขตเมือง โดยเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองด้วย Cascade sample ที่สามารถคัดขนาดได้ ตั้งแต่ฝุ่นละอองรวม ฝุ่นละอองหยาบ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก และฝุ่นละอองขนาดเล็กมากหรือ Nano-particle (PM0.1) ชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่น ดังแสดงในรูปที่ 5(a) เป็นชุดที่พัฒนาโดย College of Science and Engineering, Kanazawa University ประเทศญี่ปุ่น เมื่อเก็บตัวอย่างฝุ่นตามเวลาที่กำหนดแล้ว แผ่นกรองจะเก็บกักฝุ่นตามขนาด แล้วนำแผ่นกรองในรูปที่ 5(b) ไปชั่งน้ำหนักและทำการวิเคราะห์ชนิดธาตุคาร์บอนจากฝุ่นที่เก็บในพื้นที่นั้นๆ จากการดำเนินการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในช่วงเวลาที่ต่างกันในแต่ละวันและต่างฤดูกาล (wet and dry season) พบว่า

- ในมวลของ PM0.1 ในฤดูแล้ง (dry season) สูงกว่าฤดูฝน (wet season)
- อัตราส่วนของเถ้า (char)/เขม่า (soot) ใน PM0.1 น้อยกว่า 1 แสดงว่าฝุ่นละอองช่วงนั้นเกิดจากการจราจร
- มีมลพิษข้ามแดน เมื่อพิจารณาจากแบบจำลองการเคลื่อนที่ของมวลอากาศ



ที่มา: Zhao *et al*. (2017)

รูปที่ 5. Cascade sample for Size-segregated particle

เพื่อต้องการป้องกันและแก้ปัญหาฝุ่นละออง จึงเกิดความร่วมมือของนักวิจัยจากหลายสถาบันและจากประเทศต่างๆ ในภูมิภาคเอเชียตะวันออก ในการตรวจติดตาม วิเคราะห์หาแหล่งกำเนิดและเพื่อป้องกันและควบคุมปัญหา ลดผลกระทบ แล้วสร้างเครือข่าย East Asia Nanoparticle Monitoring Network (EA-Nanonet) เพื่อร่วมมือกันตรวจติดตาม PM0.1 ใน 20 พื้นที่ใน 10 ประเทศ เนื่องจากการแก้ปัญหาจะดำเนินการโดยประเทศใดประเทศหนึ่งไม่ได้ ต้องร่วมมือกัน

3.2 พื้นที่ชนบท (Rural or remote area)

Matsuda *et al*. (2012) ได้ศึกษาการตกสะสมแห้งของฝุ่นละอองที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ในพื้นที่ป่าเขตร้อน เพื่อวิเคราะห์แหล่งกำเนิดและประเมินผลกระทบในระยะยาวต่อไป Professor Dr. Kazuhide Matsuda เป็นผู้เชี่ยวชาญจาก Tokyo University of Agriculture and Technology (TUAT) ในงานวิจัยด้านนี้ จึงได้ทำความร่วมมือ กับ วว. ดำเนินการวิจัยต่อเนื่องในพื้นที่ป่าเต็งรัง พื้นที่สงวนชีวมณฑลสะแกราช ภายใต้โครงการ The Joint Research on Atmosphere-forest Exchange of Reactive Nitrogen

จากรูปที่ 6 เป็นการติดตั้งอุปกรณ์-เครื่องมือในการตรวจวัดปริมาณอนุภาค โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งฝุ่นละอองหยาบ (coarse particle) และฝุ่นละอองละเอียด (fine particle) ที่ระดับเหนือเรือนยอด ใต้เรือนยอด และปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมบนหอคอย แล้วนำข้อมูลมาประเมินการแลกเปลี่ยนในฤดูกาลต่างๆ

รูปที่ 6. การติดตั้งระบบการตรวจวัดปริมาณอนุภาคบนหอคอยในพื้นที่ป่า

รูปที่ 7(a) เป็นกลุ่มนักศึกษาจาก Tokyo University of Agriculture and Technology (TUAT) ประเทศญี่ปุ่น ทำการเตรียมอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองเพื่อตรวจวิเคราะห์สารประกอบไนโตรเจน ส่วนในรูปที่ 7(b) เป็นกลุ่มนักศึกษาปริญญาโทภายใต้โครงการภาคีบัณฑิต จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ร่วมศึกษาและตรวจวิเคราะห์สารประกอบซัลเฟอร์และโลหะหนักในฝุ่นละอองที่เก็บในพื้นที่ศึกษาป่าเต็งรัง ณ พื้นที่สงวนชีวมณฑลสะแกราช

รูปที่ 7. การเตรียมแผ่นกรองเก็บฝุ่นละอองในอิมเพกเตอร์คัดขนาด

จากงานวิจัยทั้ง 2 ส่วน ที่ยกมาดังกล่าวเป็นกรณีตัวอย่างการเก็บข้อมูลฝุ่นละอองศึกษาในเชิงพื้นที่และเป็นเชิงเปรียบเทียบ ระหว่างพื้นที่เมือง-ปริมณฑลกับพื้นที่ห่างไกล-ชนบท เชื่อมโยงกับ “ฝุ่นละอองกับลมหนาว” จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นมากกว่า 10 ปี ชี้ให้เห็นว่าสาเหตุหรือแหล่งกำเนิดหลักของฝุ่นละอองมาจากการเผาชีวมวลในที่โล่ง (biomass open burning) เพื่อจัดการเศษวัสดุชีวมวล ทั้งหลังการเก็บเกี่ยวและเตรียมพื้นที่ปลูกรอบใหม่ (Janta *et al*. 2020) ซึ่งเป็นแหล่งปล่อยเชิงพื้นที่

อีกแหล่งปล่อยที่สำคัญคือ จากการจราจรโดยเฉพาะในเขตเมืองและพื้นที่ที่ได้รับความนิยม เนื่องจากฤดูกาลนี้เป็นช่วงเวลาที่เหมาะแก่การเดินทางและท่องเที่ยวของประเทศไทยและประเทศเพื่อนบ้าน ซึ่งเป็นแหล่งปล่อยฝุ่นละอองเชิงเส้นเกิดฝุ่นละอองจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล

อีกประการสำคัญคือ ภูมิภาคเอเชียมีการพัฒนาและขยายตัวทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นอย่างที่รวดเร็วในช่วง 10 ปี เป็นสาเหตุของปริมาณฝุ่นละอองในรูปของธาตุคาร์บอนในอากาศเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมาจากทั้งการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล ในกิจกรรมต่างๆ เพื่อพัฒนาและเพิ่มผลผลิต และการการเผาไหม้ชีวมวลในที่โล่ง ทั้งในพื้นที่การเกษตรและชุมชน ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบทั้งในระดับพื้นที่ (local scale) และระดับภูมิภาค (region) เพราะเกิดการพัดพาหรือเคลื่อนที่ระยะไกล ดังที่เราเรียกว่ามลพิษทางอากาศข้ามแดน (Long-Range Transboudary Air Pollutions: LTP)

เอกสารอ้างอิง

Boongla, Y., Chanonmuang, P., Mitsuhiko, H., Masami, F., and Phairuang, W., 2021. The characteristics of carbonaceous particles down to the nanoparticle range in Rangsit city in the Bangkok Metropolitan Region, Thailand. *Environmental Pollution,* **272.**

Hatakeyama, S., 2013. Research Report: Impacts of Aerosols in East Asia Plants and Human Health (ASEPH). n.p., 99p.

Janta, R., Sekiguchi, K., Yamaguchi, R., Sopajaree, K., Pongpiachan, S. and Chetiyanukornkul, T., 2020. Ambient PM2.5, Polycyclic aromatic hydrocarbons and biomass burning tracer in Mae Sot District, Western Thailand, *Atmospheric Pollution Research*, **11**, (1), pp. 27-39.

Matsuda, K. Sase, H., Murao, N., Fukazawa, T., Khoomsub, K., Chanonmuang, P., Visaratana, T. and Khummongkol, P., 2012, Dry and wet deposition of elemental carbon on a tropical forest in Thailand. *Atmospheric Environment*, **54,** pp. 282-287.

Samae H., Tekasakul, S., Tekasakul, P., Phairuang, W. Masami F. and Hongtieab, S., 2021. Particle-bound organic and elemental carbons for source identification of PM < 0.1 μm from biomass combustion. *Journal of Environmental Science*, **113**(2022), pp. 385-393.

Yamaguchi, T., Noguchi, I, Watanabe, Y., Katata, G., Sato, H. and Hara, H., 2013. Aerosol deposition and behavior on leaves in cool-temperate deciduous forests. Part 2: Characteristics of fog water chemistry and fog deposition in Northern Japan. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, **7**(1), pp. 8-16.

Zhao, T., *et al*., 2017. Characteristics comparison of ambient Nano-particles in Asian cities. Ishikawa: Laboratory of Atmospheric Environment and Pollution Control Engineering, Kanazawa University.