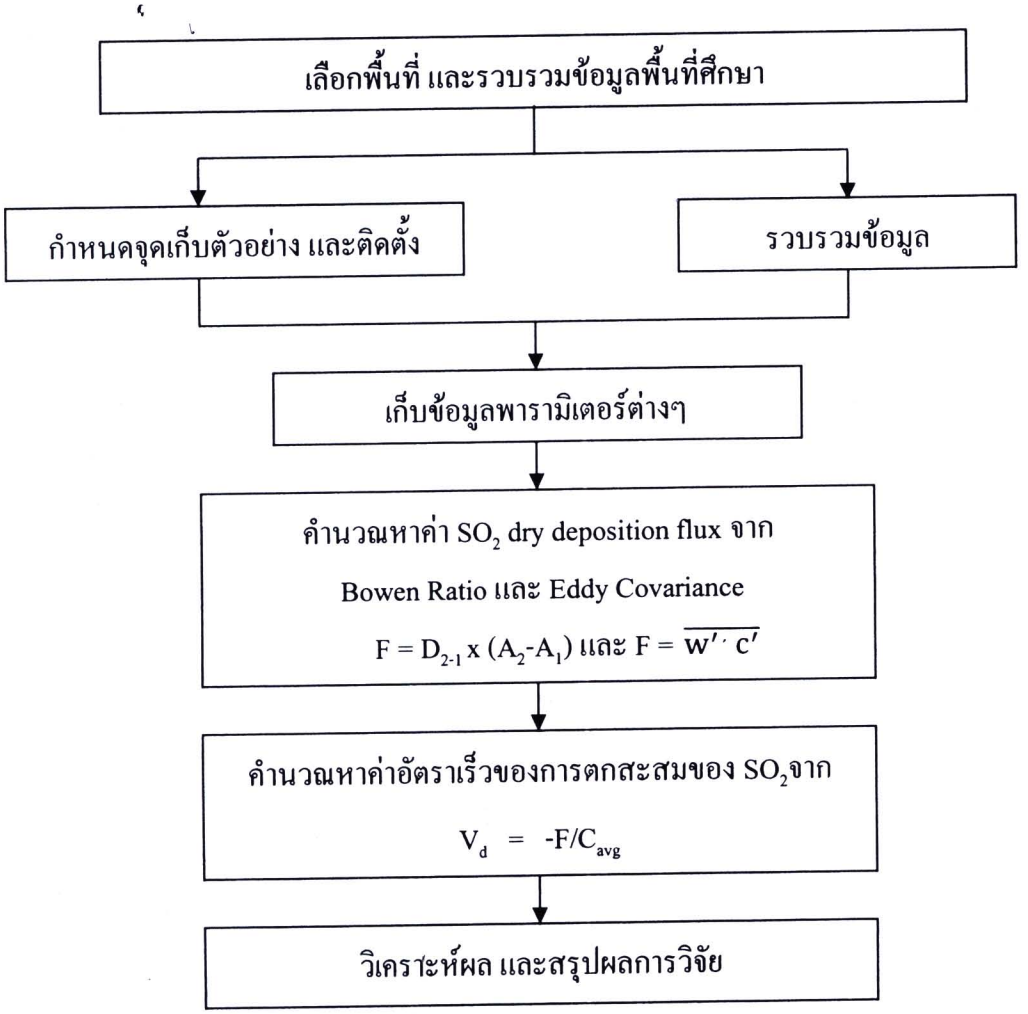
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยในการศึกษาค่าฟลักซ์ และค่าความเร็วในการตกสะสมของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยเลือกพื้นที่ป่าไม้เขตร้อนเป็นป่าไม้เต็งรัง โดยมีค่าฟลักซ์ และค่าความเร็วในการตกสะสมแบบแห้งเป็นตัวแปรสำคัญ คำนวณจากวิธีการของ Eddy Covariance และ Bowen Ratio ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยเริ่มจากการศึกษาพื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่าง ศึกษาพื้นที่ในด้านต่างๆ เช่น การใช้ประโยชน์ของพื้นที่ ลักษณะภูมิอากาศ เป็นต้น จากนั้นจึงทำการติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างเพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณค่าฟลักซ์ และค่าความเร็วในการตกสะสมแบบแห้ง วิเคราะห์ผลเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการคำนวณทั้ง 2 วิธี ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยโดยสังเขป

3.1 การศึกษาพื้นที่ป่าไม้เขตร้อน

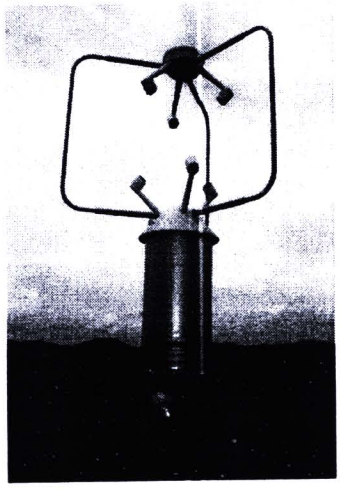
การเลือกพื้นที่เก็บตัวอย่างสำหรับงานวิจัย ได้พิจารณาคัดเลือกพื้นที่เพื่อความเหมาะสมทางสภาพอุตุนิยมวิทยา และสถานที่ติดตั้งอุปกรณ์การเก็บข้อมูลตัวอย่าง โดยพื้นที่ที่ทำการเลือกศึกษา คือ พื้นที่ป่าเขตร้อนบริเวณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตราชบุรี ตั้งอยู่ที่ ตำบลรางบัว อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี ละติจูด 13 องศา 35 ลิปดา 13.3 ฟิลิปดาเหนือ ลองติจูด 99 องศา 30 ลิปดา 3.9 ฟิลิปดาตะวันออก มีพื้นที่ประมาณ 187.2 เฮกเตอร์ ซึ่งลักษณะของพื้นที่ที่ทำการเก็บข้อมูลเป็นลักษณะป่าเต็งรังเป็นป่าผลัดใบ โดยลักษณะป่าจะมีความหนาของใบไม้มากที่สุดในฤดูฝน ช่วงเดือนสิงหาคม กันยายน ตุลาคม และพฤศจิกายน ใบจะเริ่มเหลือง และหล่นในฤดูหนาว เดือนธันวาคม มกราคม และ กุมภาพันธ์ หมดต้น จนหมดฤดูร้อนเดือนมิถุนายน และจะเริ่มผลิใบในเดือนกรกฎาคมในช่วงต้นฤดูฝน [46]

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา

อุปกรณ์เก็บข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่ส่งผลต่อก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีดังนี้

3.2.1 เครื่องมือวัดความเร็วลม (3D Ultrasonic Anemometer)

เป็นเครื่องมือยี่ห้อ Delmet HD 2003.1 (รูปที่ 3.2) มีความละเอียดในการตรวจวัดความเร็วลม หลักการการทำงานเครื่องมือวัดความเร็วลม คือเมื่อมีกระแสลมพัดผ่านระหว่างแกนเครื่องวัดความเร็วลม เครื่องวัดความเร็วลมจะทำการแปลงสัญญาณจากการเบี่ยงเบนคลื่นเสียงระหว่างแกน จากนั้นเครื่องจะทำการส่งค่าเพื่อทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ วินาที



รูปที่ 3.2 เครื่องวัดความเร็วลม

3.2.2 เครื่องมือวัดความชื้น และอุณหภูมิของอากาศ (Humidity & Temperature Transmitter HTI120)

เป็นเครื่องมือยี่ห้อ Wisco สามารถวัดความชื้น และอุณหภูมิได้ในช่วง 0-100% และ 0-100 องศาเซลเซียส ตามลำดับโดยอ่านค่าทุกๆ 10 นาที

3.2.3 เครื่องวัดค่าการแผ่รังสีสุทธิ (Net Radiometer: Rn)

เป็นเครื่องรุ่น DP568 ของบริษัท LSI ใช้วัดค่ารังสุทธิ (All-Wave Heat Flux) ทุกคลื่นช่วงความร้อนที่ได้รับมาจากรังสีแสงอาทิตย์ ตัววัดเป็นแผ่นสีดำวัดอุณหภูมิทั้งด้านบน และด้านล่าง ด้านล่างจะวัดรังสีความร้อนที่แผ่มาจากวัตถุด้านล่าง ส่งข้อมูลเป็นกระแสไฟฟ้าเข้าเครื่องบันทึก ติดตั้งสูงจากพื้น 6 เมตร มีหน่วยเป็น W/m^2 บันทึกค่าทุกๆ 10 นาที

3.2.4 แผ่นวัดค่าความร้อนจากดิน (Soil Heat Flux Plate: G)

เป็นแผ่นทรงกลมสีดำ เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ฝังไว้ใต้ดินลึกประมาณ 8 เซนติเมตร สามารถวัดอุณหภูมิดินทั้งด้านบนและด้านล่างของแผ่น มีหน่วยเป็น W/m^2 รุ่น HFT3 ของบริษัท Compbell Scientific, Inc. สามารถวัดค่าความร้อนได้ ± 100 W/m^2

3.2.5 เครื่องวัดความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดร์ออกไซด์ (Fluorescence SO_2 Analyzer, Model 100A Equivalent Method #EQSA-049-100, US.EPA.)

วัดความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธี UV Fluorescence สามารถวัดได้ในช่วงความเข้มข้น 0-1000 ppb (หนึ่งในพันล้านส่วน) ในการทดลองนี้ตั้งไว้ในช่วง 0-50 ppb

3.2.6 ชุดเก็บตัวอย่างอากาศ

ใช้ท่อเทฟลอนเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ต่อจากเครื่องวัดความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ผ่านวาล์วสลับทิศทางโดยหนึ่งด้านหนึ่งเป็นท่อเก็บตัวอย่างจากด้านบนอีกด้านเก็บตัวอย่างอากาศด้านล่าง วาล์วจะสลับเก็บตัวอย่างด้านบน และด้านล่างทุกๆ 5 นาทีในวิธี Bowen Ratio ส่วนวิธี Eddy Covariance จะเก็บค่าในระดับเดียวทุกๆ 1 นาที เพื่อหาความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้านบน และล่าง

3.2.7 เครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger)

เป็นเครื่องแปลงสัญญาณ และเก็บรวบรวมข้อมูลเครื่องวัดต่างๆ รุ่น Data Logger DL2100 ของบริษัท Wisco ทำหน้าที่บันทึกข้อมูลค่าวัดทั้งค่า Analog และ Digital โดยข้อมูลจะถูกเก็บอย่างต่อเนื่องไว้ในหน่วยความจำภายในเครื่อง

3.3 การหาค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

3.3.1 การหาค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในส่วนการเก็บของวิธี Bowen Ratio

ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่วัดได้จะส่งข้อมูลมาเก็บไว้ในเครื่องบันทึกข้อมูล เครื่องบันทึกข้อมูลจะเก็บอยู่ในช่วงนาทีที่ 2 ถึง นาทีที่ 5 มาคิดค่าเฉลี่ย การเก็บข้อมูลเก็บทุกวันตลอดระยะเวลา 8 เดือน ที่ทำการเก็บข้อมูล ตั้งแต่เดือนสิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม พ.ศ. 2552 และ เดือนมกราคม มีนาคม เมษายน พ.ศ. 2553 ทำการเก็บข้อมูลที่ ระดับความสูง 10 และ 6 เมตร โดยข้อมูลนาทีแรกจะไม่นำมาคิดเนื่องจากเครื่องมือกำลังปรับสภาพ ทำให้ผลการวัดที่ได้ไม่ใช่ความเข้มข้นที่แท้จริง (Time Lag) [20] โดยเครื่องมือวัดความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะเก็บตัวอย่างด้านบน และด้านล่างสลับกันด้วยวาล์วสลับบน และล่างครั้งละ 5 นาที ความเข้มข้นมีหน่วยเป็น ppb ดังนั้นในการคำนวณต้องเปลี่ยนให้อยู่ในรูปความเข้มข้นของก๊าซที่สภาวะมาตรฐาน (Absolute Gaseous Concentration) (g/cm^3) ดังนี้

$$ng/m^3 = (ppbv \cdot M \cdot 1000) / 24.45 \quad (3.1)$$

$$g/cm^3 = (ppbv \cdot M \cdot 1000) / 24.45 \quad (3.2)$$

M = Molecular Weight of Gas (SO_2 = 64 g/mol)

ดังนั้น $g/cm^3 = (2.62 \times 10^{-12}) \times (ppb)$

3.3.2 การหาค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในส่วนการเก็บของวิธี Eddy Covariance

ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่วัดได้จะส่งข้อมูลมาเก็บไว้ในเครื่องบันทึกข้อมูล เครื่องบันทึกข้อมูลจะเก็บค่าทุกๆ 1 นาที ในระดับเดียวกัน การเก็บข้อมูลเก็บทุกวันตลอดระยะเวลา 8 เดือน ที่ทำการเก็บข้อมูล ตั้งแต่เดือนสิงหาคม กันยายน ตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม พ.ศ. 2552 และ เดือนมกราคม มีนาคม เมษายน พ.ศ. 2553 ซึ่งการเก็บข้อมูลจะไม่นำค่าความเข้มข้นของ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในนาทีแรกมาคำนวณ เพราะว่าในนาทีแรกเครื่องเครื่องมือกำลังปรับสภาพทำให้ผลการวัดที่

ได้ไม่ใช่ความเข้มข้นที่แท้จริง ความเข้มข้นมีหน่วยเป็น ppb ดังนั้นในการคำนวณต้องเปลี่ยนให้อยู่ในรูปความเข้มข้นของก๊าซที่สภาวะมาตรฐาน (Absolute Gaseous Concentration) (g/cm^3) ดังสมการ 3.4 และ 3.5

3.4 การคำนวณค่าฟลักซ์ของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธี Bowen Ratio

ค่าฟลักซ์ของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (F) ด้วยวิธี Bowen Ratio สามารถหาได้จากสมการ 3.3

$$F_{2\text{-}1} = D_{2\text{-}1} \times (C_2\text{-}C_1)\ [g/cm^2.s] \qquad (3.3)$$

เมื่อ $F_{2\text{-}1}$ = ฟลักซ์ (Transporation Amount)/(Area*Time) [$g/cm^2/s$]

$D_{2\text{-}1}$ = Turbulent Diffusion Tranfers Coefficient [cm/s]

C_1, C_2 = ความเข้มข้นของก๊าซที่สภาวะมาตรฐาน หรือความร้อนที่ระดับ Z_1, Z_2 [g/cm^3]

หาค่า $D_{2\text{-}1}$ จากสมการ 2.36 หน้า 21

$$D_{2\text{-}1} = (Rn\text{-}G) / \{\rho_a . \lambda . (0.622/P) \times (e_2\text{-}e_1) + C_p . \rho_a . (T_{d2}\text{-}T_{d1})\}$$

เมื่อ $D_{2\text{-}1}$ = Gaseous Turbulent Transfer Coefficient (cm/s)

Rn = Net Radiation Flux (W/m^2)

G = Soil Heat Flux (W/m^2)

ρ_a = Density of Dry Air (g/cm^3)

λ = Latent Heat of Vaporization (cal/g)

P = Atmospheric Pressure (kPa)

e_1, e_2 = Partial Pressure of Vapor at Two Different Heights (kPa)

C_p = Heat Capacity of Air = 0.24 cal/g°C

T_{d1}, T_{d2} = Temperature of Air at Two Different Heights (°C)

คำนวณค่าความหนาแน่นของอากาศ (ρ_a) อุณหภูมิที่ใช้เป็นอุณหภูมิของอากาศแห้งจากสมการ 3.4

$$\rho_a = PM/RT \tag{3.4}$$

เมื่อ P = Pressure (มีค่า 1013 mbar หรือ 1013×10^3 dyn/cm^2)

M = Molecular Weight of Dry Air (มีค่า 28.9 g/mol)

R = 8.314×10^7 ergs/K.mol

T = Temperature of Dry air (K)

คำนวณค่าความดันไอน้ำ (Vapour Pressure; e) [22] จากสมการ 3.5

$$\log_{10} e = A-(B/(t+C)) \tag{3.5}$$

เมื่อ e = Vapour Pressure [mmHg]

A, B, C = Specific Antoine's Constant

t = Temperature ($^\circ$C)

Latent Heat of Vaporization of Water (λ) ค่า Latent Heat of Vaporization of Water หาได้จากสมการ 3.6

$$\lambda = (2501-2.375T) \times 0.23884 \tag{3.6}$$

เมื่อ λ = Latent Heat of Vaporization of Water [cal/g]

T = อุณหภูมิอากาศแห้ง [$^\circ$C]

3.5 การคำนวณค่าฟลักซ์ของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธี Eddy Covariance

ค่าฟลักซ์ของก๊าซซัลเฟอร์ไดร์ออกไซด์สามารถคำนวณได้จากสมการ 2.18 หน้า 17

$$F = \overline{c'w'}$$

เมื่อ F = ฟลักซ์ ($ng/cm^2/s$)

c′ = ค่าความเข้มข้นที่มีการเปลี่ยนแปลงในเวลาสั้น (ng/cm^3)

w′ = ค่าวามเร็วลมในแนวดิ่งที่มีการเปลี่ยนแปลงในเวลาสั้น (cm/s)

ค่าความเข้มข้นที่มีการเปลี่ยนแปลงในเวลาสั้น (c′) สามารถคำนวณได้จากสมการ 3.7

$$c' = C - \bar{C} \tag{3.7}$$

เมื่อ C = ค่าความเข้มข้นของก๊าซ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง (ng/cm^3)

$\bar{C}$ = ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของก๊าซ (ng/cm^3)

ค่าลมที่มีการเปลี่ยนแปลงในเวลาสั้น w′ สามารถคำนวณได้จากสมการ 2.16 หน้า 13

$$w' = W - \bar{W}$$

เมื่อ W = ค่าความเร็วของลม ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง (cm/s)

$\bar{W}$ = ค่าความเร็วของลมเฉลี่ย (cm/s)

3.6 ความเร็วในการตกสะสมของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (V_d)

ค่าความเร็วในการตกสะสมของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (V_d) จากสมการ 2.17 หน้า 15

$$V_d = -F/C_{avg} \quad [cm/s]$$

เมื่อ V_d = ความเร็วในการตกสะสมของก๊าซ [cm/s]

F = ค่า Flux ของก๊าซ [$g/cm^2/s$]

C_{avg} = ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซที่สภาวะมาตรฐาน [g/cm^3]

3.7 รายงานวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบข้อมูล

3.7.1 รายงานค่าฟลักซ์และความเร็วในการตกสะสมของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ได้จากการวัดจริงด้วยวิธี Bowen Ratio, Eddy Covariance และทำการวิเคราะห์ผลที่ได้โดยอ้างอิงกับปัจจัยสภาวะแวดล้อมที่ใช้ในการคำนวณ และปัจจัยทางลักษณะภูมิอากาศ

3.7.2 เปรียบเทียบค่าความเร็วในการตกสะสมของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง