

## ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของละอองลอยในชั้นบรรยากาศกับแหล่งกำเนิดละอองลอย บริเวณอำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา

### Relationship between Atmospheric Aerosol Compositions and Aerosol Emission Sources in Phimai, Nakhon Ratchasima

จันทจุฬา โชติพิทยสุนนท์<sup>1</sup> ฮารุโอะ ทซุรุตะ<sup>2</sup> บุศราศิริ ธนะ<sup>1</sup> และสธน วิจารย์วรรณลักษณ์<sup>3</sup>  
Jinchula Chotpitayasunon<sup>1</sup>, Haruo Tsuruta<sup>2</sup>, Boossarasiri Thana<sup>1</sup> and Sathon Vijarnwannaluk<sup>3</sup>

#### บทคัดย่อ

ละอองลอยในบรรยากาศเป็นอนุภาคขนาดเล็กที่สำคัญต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก แต่ความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทของละอองลอยในชั้นบรรยากาศยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก จึงมีการเก็บตัวอย่างเพื่อศึกษาลักษณะเฉพาะของละอองลอยในแต่ละพื้นที่ โดยงานวิจัยนี้ทำการเก็บตัวอย่างละอองลอย ณ สถานีวิจัยในชั้นบรรยากาศ อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา เป็นระยะเวลา 11 เดือน เดือนละ 2 ครั้ง ครั้งละ 3 วันตลอด 72 ชั่วโมง ด้วยเครื่องดูดอากาศที่มีอัตราการไหล 20 ลิตรต่อนาที ผ่านกระดาษกรอง 2 ชนิด คือ ชนิดควอตซ์และชนิดโพลีคาร์บอนเนต ชนิดละ 4 ขนาด แบ่งตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูพรุน (d) จากนั้นนำตัวอย่างละอองลอยมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่องวิเคราะห์ OC/EC (optical thermal OC/EC analyzer) เพื่อหาความเข้มข้นของคาร์บอนอินทรีย์ (OC) และคาร์บอนอนินทรีย์ (EC) และวิเคราะห์ไอออนด้วยไอออนโครมาโทกราฟี (ion chromatography) นำผลมาเปรียบเทียบกับองค์ประกอบของดินในพื้นที่ศึกษา แบบจำลองการเคลื่อนที่ของอนุภาคแบบประมวลผลย้อนกลับ (Backward trajectories) และแผนที่ไฟ เพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูล พบว่าดินในพื้นที่ศึกษามีซิลิกอนสูงมาก มีเหล็กและอะลูมิเนียมรองมาแต่ถ้าตัดธาตุทั้ง 3 ชนิดนี้ออกแล้ว ในองค์ประกอบที่เหลือพบโซเดียมและคลอไรด์สูงสุด เนื่องจากจุดดินทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีแร่กาแลน ( $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ) เป็นองค์ประกอบหลัก อีกทั้งยังมีเหล็กออกไซด์ ( $Fe_2O_3$ ) และเกลือเฮไลต์ ความเข้มข้นของละอองลอยทั้งหมดในฤดูฝน (เดือนกรกฎาคมถึงต้นเดือนตุลาคม) ลดลงจากฤดูแล้ง (ปลายเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์) อาจเนื่องจากน้ำฝนชะล้างละอองลอยออกจากบรรยากาศ แต่ปริมาณละอองลอยชนิดเกลือทะเล (sea salt) สูงขึ้น เนื่องจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดพาเกลือทะเลจากมหาสมุทรอินเดียเข้าสู่พื้นที่ประเทศไทย สังเกตได้จากอัตราส่วนโซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนมีค่าเท่ากับ 0.65 ซึ่งเป็นช่วงที่มีค่าใกล้เคียง 1.8 ที่สุด แต่ความเข้มข้นของคลอไรด์ไอออนมีค่าต่ำ ส่วนละอองลอยชนิดคาร์บอนนั้นมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดตั้งแต่เดือนมกราคมเนื่องจากเริ่มมีการเผาชีวมวลเพิ่มขึ้นในพื้นที่ที่เป็นเส้นทางผ่านของมวลอากาศ

<sup>1</sup> ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

<sup>2</sup> ศูนย์วิจัยระบบภูมิอากาศ มหาวิทยาลัยโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น

Center of Climate System Research, The University of Tokyo, Japan

<sup>3</sup> ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

Department of Physics, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

คำสำคัญ : ละอองลอย องค์ประกอบทางเคมี ไอออนโครมาโทกราฟี มวลอากาศ พิมาย

## ABSTRACT

Atmospheric aerosols are microscopic particles which play the important role in global climate change. There is a very low level of scientific understanding of aerosol properties so aerosols in places were collected for study. This paper presented the characteristic of the regional aerosols in Northeast Thailand by collecting the samples at the Observatory for Atmospheric Research in Phimai, Nakhon Ratchasima. The samples were collected 72 hours continuously twice a month for 11 months by multi-nozzle cascade impact samplers with a speed of 20 liters per minute. The samplers included 2 types of the filters: quartz fiber filters and polycarbonate filters. The filters had 4 pore sizes (d). The chemical compositions of aerosols were determined by an optical thermal OC/EC analyzer for organic carbon (OC) and elementary carbon (EC). The water-soluble ions in the aerosol samples were analyzed by an ion chromatography. The chemical composition data were correlated with the soil analysis data, backward trajectories and fire maps. The results showed that there were kaolin, iron oxide and halite in the soils. Halite is the main component of rock salt which has an effect on the concentration of sodium ion and chloride ion. The concentrations of sea salt particles in rainy season were higher than in dry season because the northeast monsoon transported the sea salt particles from the Indian Ocean to Thailand, even though the total concentration of aerosols was decreased in rainy season. The concentration ratio of chloride ions and sodium ions in rainy season was 0.65 which was closest to 1.8. The value was lower than 1.8 owing to Cl loss. Carbonaceous aerosols were increased distinctively in January as there was biomass burning increasingly in the path of air masses.

**Keywords** : aerosol, chemical composition, ion chromatography, air mass, Phimai

E-mail : share7@hotmail.com, share.earthscience@gmail.com

## คำนำ

ละอองลอยเป็นอนุภาคขนาดเล็กที่มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก ชนิดและการกระจายตัวของละอองลอยมีผลต่อการสะท้อนและดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์โดยตรง อีกทั้งยังส่งผลทางอ้อมโดยมีผลต่อการก่อตัวของเมฆ รูปแบบละอองลอยในแต่ละพื้นที่ แต่ละฤดูกาลแตกต่างกัน (Li and Okada, 1999) ดังนั้น ข้อมูลละอองลอยจึงให้ความเข้าใจเกี่ยวกับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ความยากง่ายในการก่อตัวของเมฆ รวมถึงแหล่งกำเนิดละอองลอยชนิดต่าง ๆ ซึ่งอาจจะเป็นละอองลอยในพื้นที่หรือละอองลอยที่ถูกพัดพามาจากพื้นที่อื่นไม่ว่าจะเป็นพื้นที่ปหรือพื้นสมุทรก็ตาม การเคลื่อนที่ของละอองลอยนั้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาแล้วยังขึ้นอยู่กับขนาดของละอองลอยนั้น ๆ ด้วย (Dasgupta et al., 2007) ละอองลอยขนาดเล็กจะแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นานกว่าละอองลอยขนาดใหญ่จึงทำให้เคลื่อนที่ไปได้ไกลและตกลงในพื้นที่ต่างทวีป ลักษณะละอองลอยในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยขึ้นอยู่กับกิจกรรมของมนุษย์ ลักษณะทาง

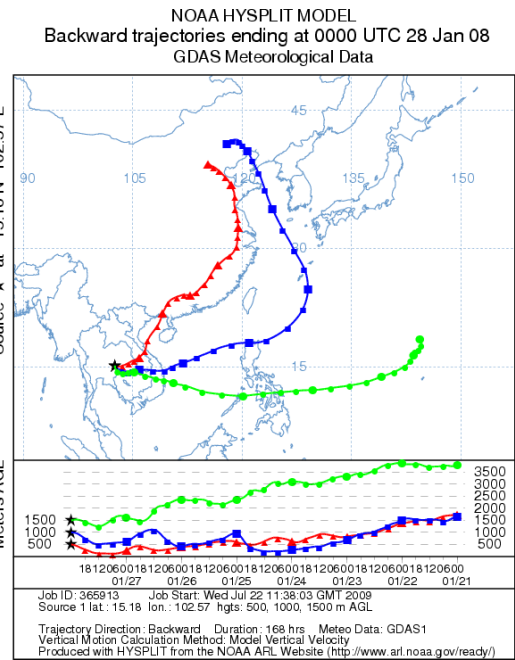
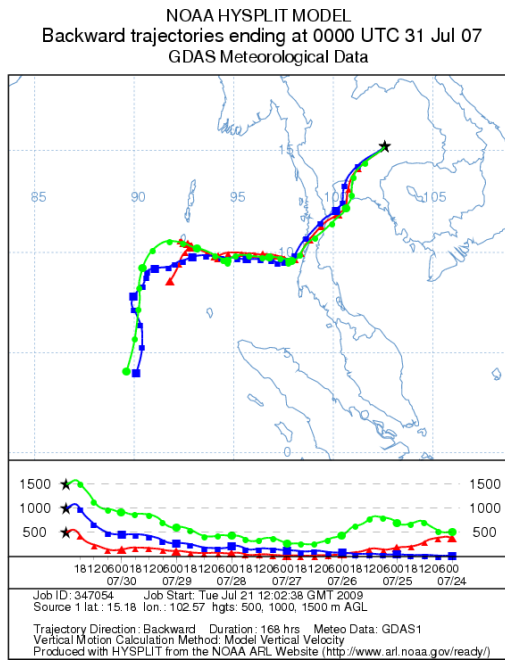
ธรณีวิทยาและลักษณะภูมิอากาศ ด้วยเหตุนี้จึงนำมาซึ่งงานวิจัยเพื่อหาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทางเคมีของละอองลอยและแหล่งที่มาของละอองลอยในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

### อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บตัวอย่างละอองลอยในพื้นที่ศึกษาด้วย multi-nozzle cascade impact samplers ที่ติดตั้งไว้บนหลังคาของอาคารสถานีวิจัยในชั้นบรรยากาศ อ.พิมาย จ.นครราชสีมา ทำการเก็บตัวอย่างติดต่อกัน 72 ชั่วโมง โดยเปลี่ยนกระดาษกรองในเวลาดวงอาทิตย์ขึ้นและดวงอาทิตย์ตก ใช้กระดาษกรอง 2 ชนิด คือ กระดาษกรองชนิดควอซิทและกระดาษกรองชนิดโพลีคาร์บอนเนต เพื่อจำแนกละอองลอยตามขนาดได้ 4 ขนาด คือ ขนาดเล็กกว่า 1.0 ไมครอน ขนาดใหญ่กว่า 1.0 ไมครอนแต่เล็กกว่า 2.5 ไมครอน ขนาดใหญ่กว่า 2.5 ไมครอนแต่เล็กกว่า 10 ไมครอน และขนาดใหญ่กว่า 10 ไมครอน เก็บตัวอย่างเดือนละ 2 ครั้ง ต่อเนื่อง 13 เดือน แต่ตัดข้อมูลในเดือนที่ไม่สมบูรณ์ออกจึงเหลือข้อมูลทั้งสิ้น 11 เดือน (เดือนกรกฎาคม 2550 ถึงเดือนพฤษภาคม 2551) นำตัวอย่างละอองลอยบนกระดาษกรองชนิดควอซิทและกระดาษกรองเปล่าที่เก็บรักษาในสภาวะเดียวกับตัวอย่าง มาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง optical thermal OC/EC analyzer เพื่อหาความเข้มข้นของ OC และ EC ส่วนตัวอย่างละอองลอยบนกระดาษกรองชนิดโพลีคาร์บอนเนตนั้นนำมาวิเคราะห์หาความเข้มข้นของละอองลอยชนิดที่ละลายน้ำได้ด้วยไอออนโครมาโทกราฟี (ion chromatography) นำดินตัวอย่างในพื้นที่ใกล้เคียงกับสถานีวิจัยมาวิเคราะห์ด้วย XRD เปรียบเทียบข้อมูลความเข้มข้นของละอองลอยในช่วงเวลาต่าง ๆ กับข้อมูลไอออนต่าง ๆ ในดินเพื่อหาความแตกต่างระหว่างละอองลอยที่มาจากพื้นที่ศึกษาและละอองลอยที่มาจากพื้นที่อื่น อีกทั้งวิเคราะห์ข้อมูลละอองลอยกับข้อมูลแบบจำลองการเคลื่อนที่ของอนุภาคแบบประมวลผลย้อนหลัง ซึ่งป้อนข้อมูลในแบบจำลองของ NOAA เป็นเวลา 168 ชั่วโมงต่อ 1 แบบจำลอง (<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html/>) โดยการเปรียบเทียบชนิดและปริมาณละอองลอยกับแหล่งที่มาของละอองลอยในแต่ละฤดูกาล รวมถึงวิเคราะห์แผนที่ไฟไหม้ที่นำมาจากข้อมูลดาวเทียม MODIS เพื่อดูแนวโน้มการเผาไหม้ชีวมวลในแต่ละช่วงเวลาที่มีการเก็บข้อมูล

ผลการทดลองและวิจารณ์

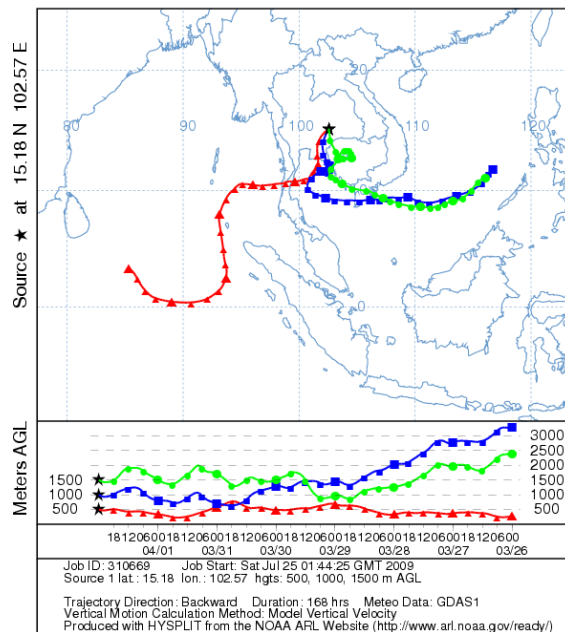
1. การเคลื่อนที่ของอนุภาคแบบประมวลผลย้อนหลัง (<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html/>)



ก)

ข)

NOAA HYSPLIT MODEL  
Backward trajectories ending at 0000 UTC 02 Apr 08  
GDAS Meteorological Data



ค)

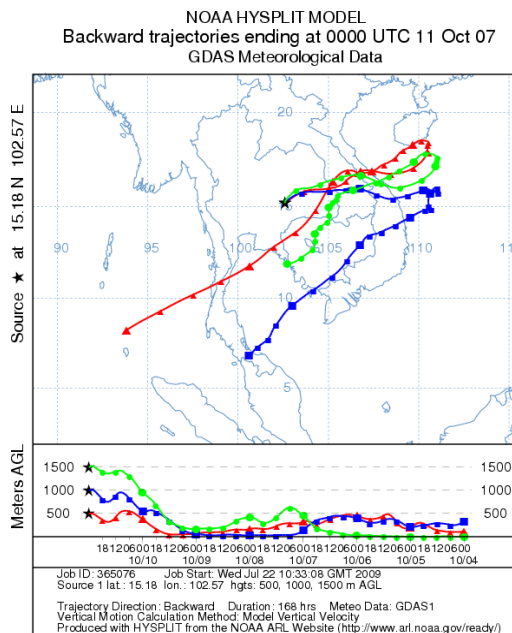
รูปที่ 1 การเคลื่อนที่ของอนุภาคแบบประมวลผลย้อนหลัง

รูปที่ 1ก) คือ การเคลื่อนที่ของอนุภาคแบบประมวลผลย้อนหลังในฤดูฝน (ยกตัวอย่างภาพเดือนกรกฎาคม ปี 2550) ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดพาละอองลอยมากจากพื้นสมุทร

รูปที่ 1ข) คือ การเคลื่อนที่ของอนุภาคแบบประมวลผลย้อนหลังในฤดูแล้ง (ยกตัวอย่างภาพเดือนมกราคม ปี 2551) ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดพาละอองลอยมากจากพื้นทวีป

รูปที่ 1ค) คือ การเคลื่อนที่ของอนุภาคแบบประมวลผลย้อนหลังในช่วงลมมรสุมเปลี่ยนทิศ (ยกตัวอย่างภาพเดือนเมษายน ปี 2551) ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดพาละอองลอยมากจากทั้งพื้นสมุทรและพื้นทวีป

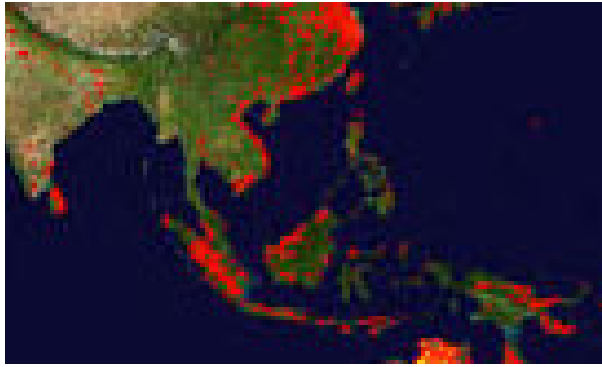
ในเดือนกรกฎาคม 2550 ถึง ต้นเดือนตุลาคม 2551 ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน อนุภาคเคลื่อนที่มาจากบริเวณภาคตะวันตกของไทย สหภาพพม่า อ่าวไทย และมหาสมุทรอินเดีย (รูปที่ 1ก) แต่ปลายเดือนตุลาคม 2551 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2551 ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง อนุภาคเคลื่อนที่มาจากสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว สาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม สาธารณรัฐประชาชนจีน และทะเลจีนใต้ (รูปที่ 1ข) ส่วนเดือนมีนาคม 2551 ถึง เดือนพฤษภาคม 2551 เป็นช่วงที่การเคลื่อนที่ของอนุภาคมีความแปรปรวนสูง (รูปที่ 1ค) จากแบบจำลองจะเห็นได้ว่าการเคลื่อนที่ของอนุภาคมีการเปลี่ยนทิศทางอย่างชัดเจนประมาณวันที่ 10 ตุลาคม 2551 (รูปที่ 2) สังเกตจากภาพเห็นว่าช่วงต้นสัปดาห์อนุภาคเคลื่อนที่จากทิศตะวันตกเฉียงใต้ ในขณะที่ช่วงปลายสัปดาห์อนุภาคเปลี่ยนทิศการเคลื่อนที่โดยมีทิศทางการเคลื่อนที่มาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ จึงสามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคได้อย่างชัดเจนในช่วงสัปดาห์ที่สองของเดือนตุลาคมนี้



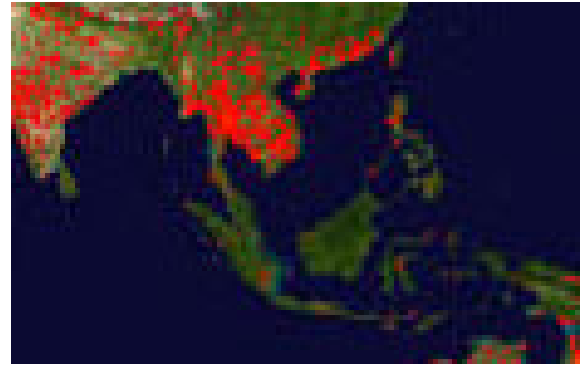
รูปที่ 2 การเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ของเดือนตุลาคม 2550

## 2. แผนที่ไฟ (Fire maps) (<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/>)

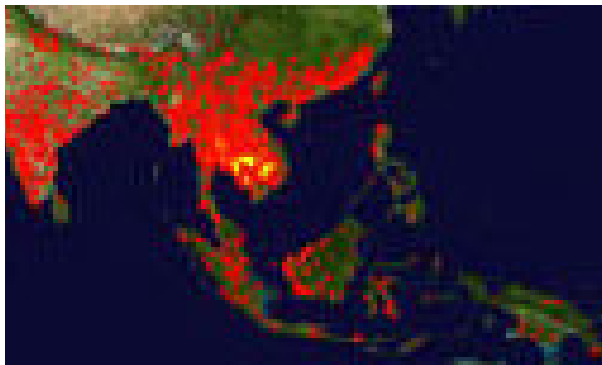
แผนที่ไฟแสดงให้เห็นจุดที่เกิดความร้อนจากการเผาไหม้ชีวมวล สังเกตพบว่าพื้นที่ประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียงมีไฟไหม้สูงขึ้นมากในเดือนมกราคม 2551 เนื่องจากเป็นฤดูแล้งจึงเกิดไฟไหม้ป่าได้ง่าย อีกทั้งเกษตรกรที่เก็บเกี่ยวผลผลิตเสร็จสิ้นในช่วงปลายเดือนธันวาคมจะเริ่มเผาพื้นที่เกษตรกรรมในช่วงเดือนมกราคม และแผนที่ไฟแสดงให้เห็นว่าไฟไหม้ค่อย ๆ ลดลงในเดือนในเดือนพฤษภาคม 2551 เนื่องจากเป็นเดือนที่เริ่มเข้าสู่ฤดูฝน (รูปที่ 3)



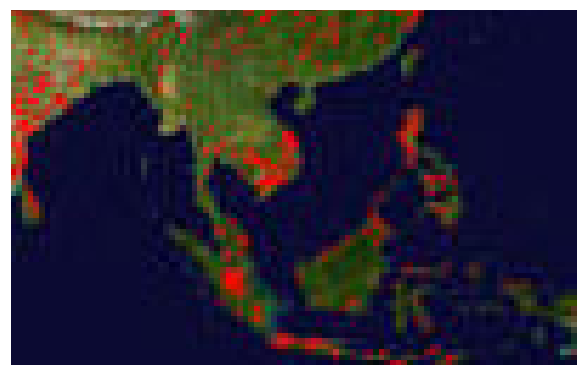
เดือนกรกฎาคม 2550



เดือนธันวาคม 2550



เดือนมกราคม 2551



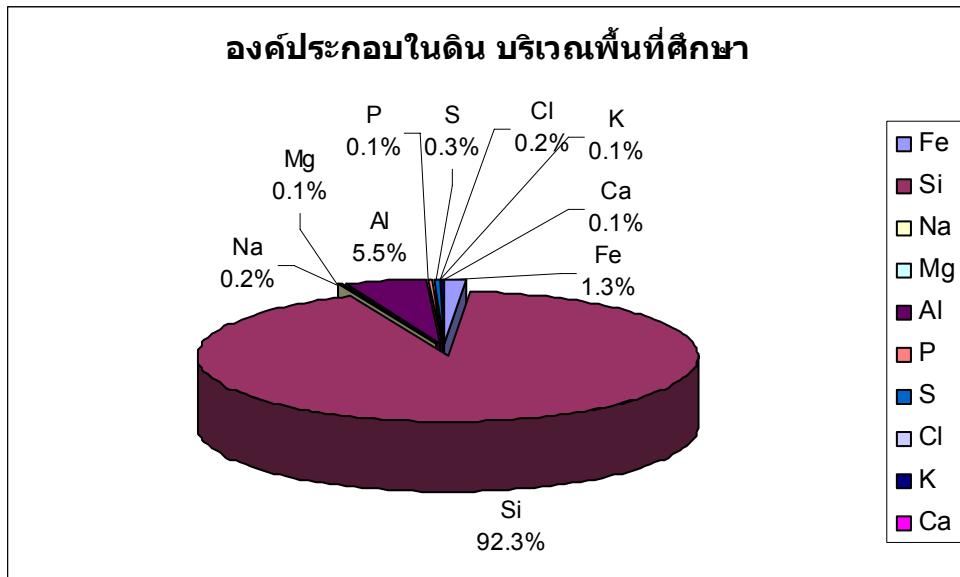
เดือนพฤษภาคม 2551

### รูปที่ 3 แผนที่ไฟในเดือนต่าง ๆ ของปี พ.ศ.2550-พ.ศ.2551

จุดสีแดงแสดงจำนวนไฟที่ตรวจวัดใน10วัน จุดสีแดงแสดงการตรวจวัดได้น้อยและจุดสีเหลืองแสดงการตรวจวัดได้มาก

### 3. องค์ประกอบของดิน

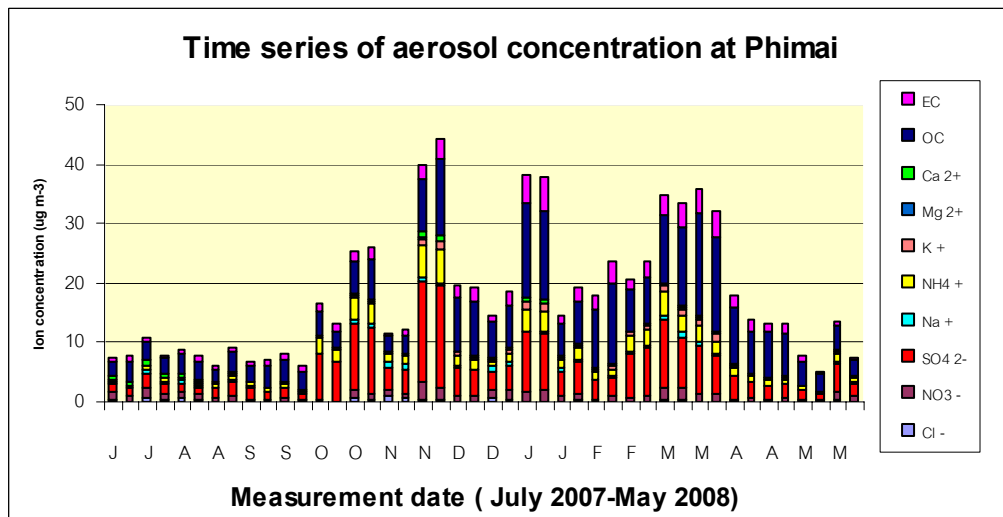
จากการเก็บตัวอย่างดินบริเวณพื้นที่ศึกษาทั้งสิ้น 12 ตัวอย่าง มาทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRF (X-ray fluorescence) พบว่ามีซิลิกอนสูงมากถึง 92.3%โดยมวล และมีอะลูมิเนียม 5.5%โดยมวล เป็นเพราะดินทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยนั้นประกอบด้วยแร่กาแลทิน ( $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ) อีกทั้งมีเหล็กออกไซด์ ( $Fe_2O_3$ ) สูง (รูปที่4ก) (Wongsomsak, 1986; Patcharapreecha, 1992; Wongpokhom, 2008) แต่การวิเคราะห์ไอออนนั้น นอกจากซิลเฟอร์ซึ่งมีปริมาณมากเนื่องจากมวลอากาศพัดผ่านบริเวณที่มีกิจกรรมของมนุษย์มากมาย เช่น การเผาไหม้เครื่องยนต์ เป็นต้น ยังพบว่ามีความเข้มข้นของโซเดียมไอออน 0.2%โดยมวลและคลอไรด์ไอออน 0.2%โดยมวล ซึ่งมีค่าสูงกว่าไอออนเกลืออื่น ๆ เป็นเพราะลักษณะทางธรณีวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีเกลือเฮไลต์ซึ่งองค์ประกอบส่วนใหญ่คือโซเดียมคลอไรด์ อยู่มาก



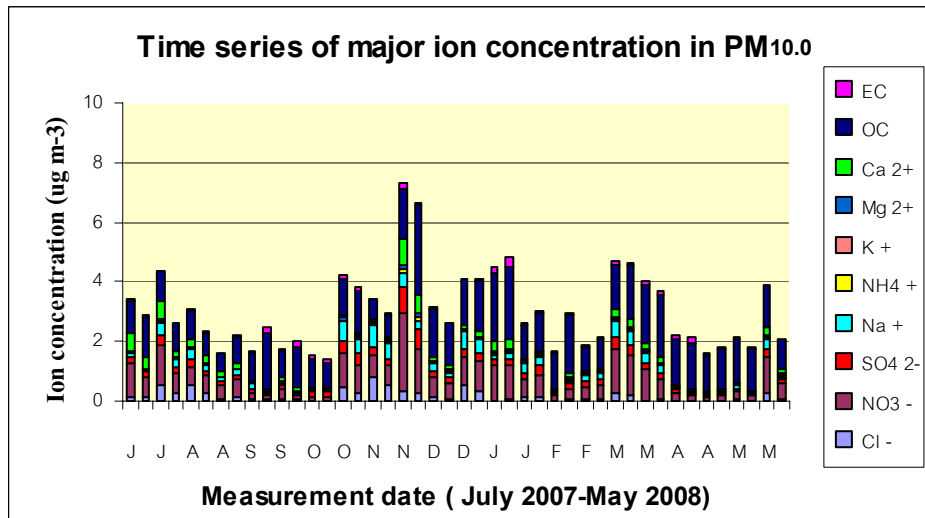
รูปที่ 4 แสดงองค์ประกอบในดินบริเวณพื้นที่ศึกษา

#### 4. องค์ประกอบทางเคมีของละอองลอย

ละอองลอยละเอียด (ขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน) มีปริมาณมากกว่าละอองลอยหยาบ (ขนาดใหญ่กว่า 2.5 ไมครอน แต่เล็กกว่า 10 ไมครอน) อยู่ 4.8 เท่า โดยละอองลอยละเอียดมี OC EC และแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นองค์ประกอบหลัก (รูปที่ 5ก) ส่วนละอองลอยหยาบมี OC และโซเดียมไนเตรตเป็นองค์ประกอบหลัก (รูปที่ 5ข)



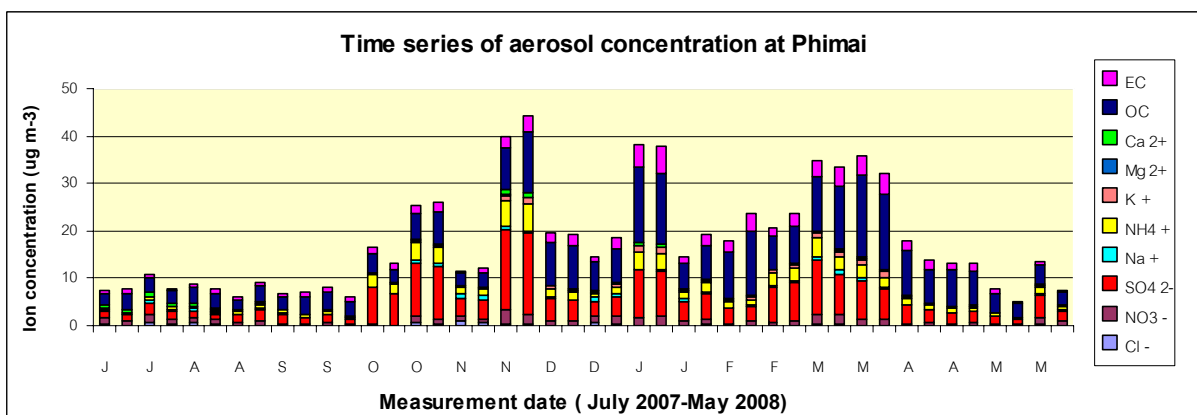
ก) กราฟแสดงความเข้มข้นของละอองลอยชนิดละเอียด มี OC EC และแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นองค์ประกอบหลัก



ข) กราฟแสดงความเข้มข้นของละอองลอยชนิดหยาด มี OC และโซเดียมไนเตรตเป็นองค์ประกอบหลัก

รูปที่ 5 ความเข้มข้นของละอองลอยแบ่งตามขนาดของละอองลอย ณ สถานีวิจัยบรรยากาศ อ.พิมาย

ฤดูฝนมีปริมาณละอองลอยทั้งสิ้น 123.21 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ฤดูแล้งมีปริมาณละอองลอยทั้งสิ้น 426.88 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในช่วงที่มวลอากาศผันผวน (เดือนมีนาคม ถึง เดือนพฤษภาคม 2551) มีปริมาณละอองลอยทั้งสิ้น 228.39 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะเห็นได้ว่าในฤดูฝนมีปริมาณละอองลอยน้อยที่สุดเนื่องจากน้ำฝนชะล้างละอองลอยออกจากบรรยากาศ แต่ในฤดูแล้งมีละอองลอยมากที่สุด (รูปที่ 6) เนื่องจากไม่มีน้ำฝนมาชะล้างละอองลอย อีกทั้งอุณหภูมิของบรรยากาศสูงจึงทำให้มวลอากาศลอยตัวขึ้นสูงส่งผลให้ละอองลอยสามารถแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นาน จากงานวิจัยพบว่าอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของคลอไรด์ไอออนและความเข้มข้นของโซเดียมไอออนของน้ำทะเลมีค่ากับ 1.8 (Li and Okada, 1999; Marenco et al, 2007) เมื่อคำนวณจากละอองลอยในพื้นที่ศึกษาพบว่าอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของคลอไรด์ไอออนและความเข้มข้นของโซเดียมไอออนในฤดูฝนมีค่า 0.65 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ฤดูแล้งมีค่า 0.48 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และช่วงที่มวลอากาศผันผวนมีค่า 0.34 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะเห็นได้ว่าฤดูฝนมีค่าใกล้เคียงกับค่าในน้ำทะเลมากที่สุด เนื่องจากละอองลอยในฤดูฝนเป็นละอองลอยที่ถูกพัดมาจากมหาสมุทรอินเดีย แต่ในฤดูอื่น ๆ นั้นมีค่าไม่แตกต่างกันเนื่องจากดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีเฮไลต์ซึ่งสลายตัวมาจากเกลือหินเป็นองค์ประกอบ



รูปที่ 6 ความเข้มข้นรวมของละอองลอยแต่ละช่วงเวลา ณ สถานีวิจัยบรรยากาศ อ.พิมาย



## สรุปผล

แหล่งที่มาของละอองลอยบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย สามารถจำแนกตามฤดูกาลได้ 2 ช่วงเวลา คือฤดูฝนและฤดูแล้ง และทั้งสองช่วงเวลามีสัดส่วนของละอองลอยแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้ ละอองลอยในช่วงฤดูฝนมีแหล่งที่มาจากมหาสมุทรเนื่องจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และกิจกรรมของมนุษย์ในพื้นที่ เช่น การเผาไหม้เครื่องยนต์ เป็นต้น จึงมีความเข้มข้นของเกลือทะเลสูงกว่าฤดูแล้งอีกทั้งยังมี OC สูงด้วย ส่วน ละอองลอยในช่วงฤดูแล้งมีแหล่งที่มาจากแผ่นดินทั้งในพื้นที่ประเทศไทยและประเทศอื่น ๆ เช่น สาธารณรัฐ-ประชาธิปไตยประชาชนลาว และสาธารณรัฐประชาชนจีน เป็นต้น จึงมีละอองลอยที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ในปริมาณมาก นั่นคือ OC และซัลเฟต

## เอกสารอ้างอิง

- Dasgupta, Purnendu K., Campbell, Scott W., Al-Horr, Rida S., Ullah, Rahmat S.M., Li, Jianzhong, Amalfitano, Carlo., *et al.* Conversion of sea salt aerosol to  $\text{NaNO}_3$  and the production of HCl: Analysis of temporal behavior of aerosol chloride/nitrate and gaseous HCl/ $\text{HNO}_3$  concentrations with AIM. Atmospheric Environment 41 (2007): 4242-4257.
- Draxler, R.R. and Polph, G.D. HYSPLIT Trajectory Model [Online]. NOAA Air Resources Laboratory. 2003. Available from: <http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html> [2003]
- Li, Fang; and Okada, Kikuo. Diffusion and Modification of Marine Aerosol Particles over the Coastal Areas in China: A Case Study Using a Single Particle Analysis. Journal of the Atmospheric Sciences 56 (1999): 241-248.
- Marenco, Franco; Mazzei, Federico; Prati, Paolo; and Gatti, Massimiliano. Aerosol advection and sea salt events in Genoa, Italy, during the second half of 2005. Science of the Total Environment 377 (2007): 396-406.
- Masuoka, Ed. MODIS Rapid Response System Global Fire Maps [Online]. NASA/GSFC. 2001. Available from: <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov> [2001]
- Pakkanen, Tuomo A. Study of formation of coarse particle nitrate aerosol. Atmospheric Environment 30 (July 1996): 2475-2482.
- Patcharapreecha, Pongsiri; and Saenjan, Patcharee. Effect of NaCl on chemical properties of Roi Et soil receiving cowdung as soil amendment. Thai Journal of Agricultural Science 25(1) (January 1992): 39-45.
- Wongpokhom, Napaporn; Kheoruenromne, Irb; Suddhiprakarn, Anchalee; Smirk, Michael; and Gilkes, Robert J. Geochemistry of Salt-Affected Aqualfs in Northeast Thailand. Soil Science 173 (February 2008): 143-167.
- Wongsomsak, Sompob. Salinization in Northeast Thailand. South Asian Studies 24 (September 1986): 133-153.