

## องค์ประกอบของฝุ่นละอองในอากาศบนถนนทะเลหลวง

### อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา

## Composition of Aerosol Particles in the Air on Thala Laung Road

### Muang District, Songkhla Province

วราวุฒิ ดวงศิริ<sup>1\*</sup>, สมบูรณ์ ประสงค์จันทร์<sup>1</sup>, นิชา ประสงค์จันทร์<sup>1</sup>

Warawood Duangsiri<sup>1\*</sup>, Somboon Prasongchan<sup>1</sup>, Nicha Prasongchan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>หลักสูตรรายวิชาวิทยาศาสตร์ สาขาศึกษาทั่วไป คณะศิลปศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

1 ถนนราชดำเนินนอก ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

<sup>1</sup>Science Program, Department of General Education, Faculty of Liberal

Arts, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla, Thailand

\*Corresponding author. Tel.: +668 9654 3050, E-mail: warawood.d@rmutsv.ac.th

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาองค์ประกอบของฝุ่นละอองที่ลอยอยู่ในอากาศบนถนนทะเลหลวง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา โดยทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในอากาศด้วยการกรองอากาศไหลผ่านกระดาษกรอง และทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของฝุ่นละอองด้วยเทคนิคการทำแผนภาพการกระจายตัวของธาตุ (Elemental Mapping Analysis) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) และวิเคราะห์องค์ประกอบของฝุ่นละอองด้วยเทคนิค Electron Microanalysis–Qualitative Analysis พบว่าขนาดของฝุ่นละอองที่ตรวจจับได้มีขนาดน้อยกว่า 10 ไมโครเมตร PM<sub>10</sub> และองค์ประกอบของฝุ่นละอองประกอบด้วยธาตุคาร์บอน (C) ออกซิเจน (O) โซเดียม (Na) แมกนีเซียม (Mg) อะลูมิเนียม (Al) ซิลิกอน (Si) ซัลเฟอร์ (S) คลอไรด์ (Cl) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) ทิตาเนียม (Ti) และเหล็ก (Fe) โดยปริมาณของฝุ่นละอองที่ตรวจจับได้ มีค่าอยู่ระหว่าง 7.72-108.02 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ระดับ 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และไม่มีผลต่อสุขภาพ จากองค์ประกอบของฝุ่นละอองที่ตรวจพบนั้นส่วนหนึ่งมาจากฝุ่นละอองจากไอน้ำทะเล การขนส่ง และการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ตลอดจนการเบรครถซึ่งทำให้เกิดฝุ่นเหล็กและแมงกานีสที่ปะปนอยู่ในอากาศได้ ดังนั้นการวิเคราะห์องค์ประกอบของฝุ่นละอองด้วยเทคนิคนี้สามารถระบุชนิดของธาตุได้

**คำสำคัญ:** ฝุ่นละอองในอากาศ PM<sub>10</sub> องค์ประกอบธาตุ

Received 27-08-2018

Revised 07-11-2018

Accepted 12-11-2018

## Abstract

This study was investigated the composition of aerosol dust particles on Thala Laung Road, Muang District, Songkhla province by collecting dust samples in the air by filtering air through the filter paper and analyzing dust particles by using the Elemental Mapping Analysis with Electron Microscope (SEM) and Electron Particle Analysis Microanalysis-Qualitative Analysis. The results revealed that the size of the particulate matter detected was PM10 and the elements of particle composition were consisted of Carbon (C), Oxygen (O), Sodium (Na), Magnesium (Mg), Aluminum (Al), Silicon Sulfur (S), Chloride (Cl), Potassium (K), Calcium (Ca), Titanium (Ti) and Iron (Fe). The amount of collected dust was at 7.72-108.02 microgram per cubic meter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). It was lower than the standard level of 120 micrograms per cubic meter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), and it did not affect the health. From the constituent particulate matter, the particulate matter is derived from the seawater dust, transport and combustion including the vehicles' brakes directly caused the aerosol dust with iron and magnesium. Therefore, the analysis of dust particles with this technique can be determined the type of elements.

**Keywords:** Aerosol dust particles, PM10, Elements of particle

## 1. บทนำ

สถานะสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันได้มีการเปลี่ยนแปลงไปจากอดีตเป็นอย่างมาก เนื่องจากการพัฒนาประเทศให้ก้าวสู่โลกของเศรษฐกิจเสรีนิยมที่มุ่งเน้นอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีซึ่งส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยเฉพาะมลพิษทางอากาศประเภทฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ปะปนอยู่ในอากาศซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพโดยตรง สำหรับประเทศที่พัฒนาแล้วผลกระทบของมลพิษทางอากาศต่อสุขภาพได้รับการศึกษาอย่างต่อเนื่อง และยาวนานตลอดจนมีข้อเสนอแนะอย่างเป็นรูปธรรม และสามารถปฏิบัติได้เพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษทางอากาศของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM10) ที่มีผลเสียต่อสุขภาพของมนุษย์ในประเทศไทยนั้น พบว่าเมืองใหญ่ที่กำลังเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจและสังคมนั้นจะมีปัญหาเรื่องมลพิษของอากาศ และสภาพแวดล้อมซึ่งมีผลกระทบทั้งด้านของสุขภาพจิตและสุขภาพกาย

โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผลกระทบจากฝุ่นละอองที่ลอยลอยปะปนอยู่กับอากาศทั้งส่วนที่มองเห็นและมองไม่เห็น ซึ่งอาจสูดดมเข้าไปในร่างกายโดยไม่รู้ตัว และหากมีการหายใจเข้าไปเป็นระยะเวลานานจะทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ ปัญหาเหล่านี้เกิดจากมลพิษในอากาศโดยฝุ่นละอองเป็นอนุภาคแขวนลอยที่เป็นมลพิษทางอากาศที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของคน [1,2] โดยเฉพาะชุมชนเมืองที่มีจะมีมลพิษทางอากาศในปริมาณที่สูง [3] และฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกิดจากหมอกควันในเมืองจะทำให้ความเข้มข้นของอนุภาค หรือฝุ่นละอองมีปริมาณเพิ่มขึ้นในสภาพอากาศที่มีทัศนวิสัยที่ไม่ดี สำหรับประเทศไทยได้มีรายงานเกี่ยวกับสมรรถภาพปอดของตำรวจจราจรร้อยละ 29.29 มีความผิดปกติของปอด [4] ซึ่งเป็นผลมาจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง [5] ฝุ่นหยาบที่อาจเกิดจากยานพาหนะ [6] โดยเฉพาะการจราจรที่คับคั่งหนาแน่นซึ่งอาจเป็นแหล่งกำเนิดฝุ่นละออง

เนื่องจากการสัญจร [7,8,9,10] และปริมาณฝุ่นผงจากโลหะที่ปะปนอยู่ในอากาศปริมาณสูงนั้น มีผลกระทบต่อสุขภาพ [7,11] โดยเฉพาะโลหะที่เป็นพิษที่เกิดจากฝุ่นบนผิวถนน [12] เช่น สารหนู (As) นิกเกิล (Ni) ตะกั่ว (Pb) และสังกะสี (Zn) งานวิจัยครั้งนี้มีความสนใจต่อปริมาณของฝุ่นละอองในอากาศบนถนนทะเลหลวง ตำบลบ่อทราย อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา เนื่องจากเป็นถนนที่หนาแน่นด้วยการจราจรและผู้คนใช้จ่ายในตลาดตอนเย็นโดยคาดว่าอาจมีฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีผลต่อสุขภาพของคนที่ใช้ชีวิตในประจำวันแต่ละวัน

## 2.วิธีดำเนินการวิจัย

### 2.1 เครื่องดักจับฝุ่นละออง

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบเครื่องดักจับฝุ่นละอองให้มีระบบการทำงานที่ไม่สลับซับซ้อน และสามารถที่จะนำไปใช้ในการดักจับฝุ่นละอองในอากาศ โดยใช้หลักการการไหลผ่านของอากาศผ่านท่อ และกระดาศกรองซึ่งมีส่วนสำคัญสามส่วนด้วยกัน (ภาพที่ 1) ส่วนแรก คือส่วนดักจับฝุ่นละอองในอากาศโดยใช้หลักการการไหลผ่านของอากาศโดยมีส่วนสำคัญได้แก่ ชุดเก็บตัวอย่างอากาศมีลักษณะทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง  $7.50 \pm 0.05$  เซนติเมตร สูง  $15.00 \pm 0.05$  เซนติเมตร รอบทรงกระบอกเจาะช่องเพื่อให้อากาศไหลผ่านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง  $0.30 \pm 0.05$  เซนติเมตร ภายในมีฐานรองสำหรับกระดาศกรองใยแก้วเส้นผ่านศูนย์กลาง  $7.40 \pm 0.05$  เซนติเมตร เจาะช่องอากาศไหลผ่านตามแนวรัศมี

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง  $0.50 \pm 0.05$  เซนติเมตร ทำหน้าที่สำหรับวางแผ่นกระดาศกรอง เพื่อกรองฝุ่นละอองที่ไหลผ่านมาพร้อมกับอากาศ ส่วนที่สอง ระบบดูดอากาศประกอบด้วย เครื่องดูดอากาศและท่อดูดอากาศ ส่วนนี้ทำหน้าที่ดูดอากาศเข้าสู่ส่วนแรกเพื่อดักจับฝุ่นละอองที่ปะปนมากับอากาศ ส่วนที่สามคือส่วนควบคุมการทำงานของเครื่อง ประกอบด้วยระบบควบคุมการทำงานและจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องทั้งหมด

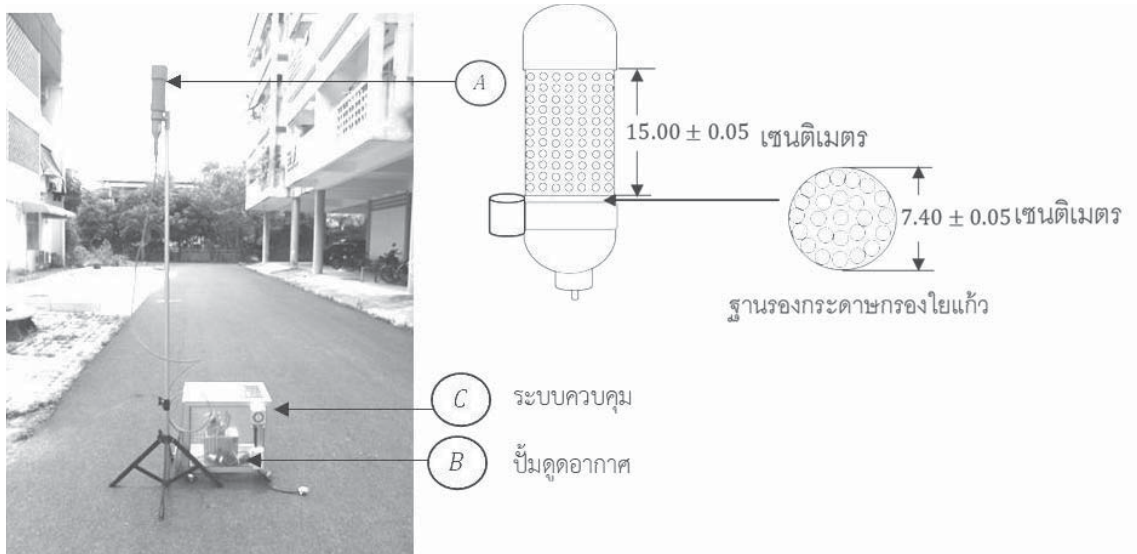
### 2.2 การเตรียมและการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในอากาศ

#### 2.2.1 การเตรียมกระดาศกรองใยแก้ว

การเก็บฝุ่นละอองในอากาศโดยใช้หลักการการไหลผ่านของอากาศผ่านกระดาศกรองใยแก้ว วงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง  $7.40 \pm 0.05$  เซนติเมตร ก่อนนำไปใช้ในการเก็บตัวอย่างจะนำกระดาศกรองมาไล่ความชื้นในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำกระดาศที่ผ่านการอบไล่ความชื้นมาเก็บไว้ในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส [13] และก่อนนำกระดาศกรองใยแก้วไปใช้ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในอากาศให้ชั่งน้ำหนักของกระดาศกรองเพื่อหาค่าน้ำหนักของกระดาศกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (pre-weight,  $W_i$ )

#### 2.2.2 การเก็บตัวอย่าง

การดำเนินเก็บตัวอย่างเครื่องเก็บตัวอย่างที่สร้างประดิษฐ์ขึ้นซึ่งมีส่วนประกอบสามส่วน ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองอย่างง่าย ประกอบด้วย 3 ส่วน A ส่วนดักจับฝุ่นละอองในอากาศ B ระบบดูดอากาศ และ C ระบบควบคุม

โดยทำการติดตั้งตามจุดเก็บตัวอย่างถนนทะเลหลวง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา บริเวณตลาดวชิรา ตั้งแต่เวลา 16.00 น. ถึงเวลา 16.00 น. ของวันถัดไป ซึ่งบริเวณถนนทะเลหลวงมีการจราจรหนาแน่นคับคั่ง โดยเฉพาะเวลาหลัง 16.00 น. เป็นต้นไป เนื่องจากถนนสายนี้เป็นตลาดตอนเย็น และคาดว่าจะมีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กอาจมีผลกระทบต่อสุขภาพของคนที่ใช้ถนนเส้นนี้ในการสัญจรหรือจ่ายสินค้า โดยทำการติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่าง ดังภาพที่ 2 โดยวางให้ส่วนเก็บตัวอย่างอยู่ในที่โล่งอยู่สูงจากระดับพื้น 150 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระดับที่เราหายใจเอาอากาศเข้าสู่ร่างกายเมื่อเทียบกับระดับความสูงโดยของคนทั่วไปมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 160 เซนติเมตร และส่วนเก็บตัวอย่างจะวางกระดาดทรงโยกแก้วบนตะแกรง สำหรับวางกระดาดทรงโยก โดยจัดวางกระดาดทรงโยกอยู่ในระนาบที่ขนานกับพื้น และอยู่ในสภาพสมดุล ตรวจสอบจุดเชื่อมต่อ เพื่อป้องกันการรั่วไหลของอากาศระหว่างรอยต่อของท่อดูดอากาศและดูดอากาศด้วยอัตราการไหลของอากาศ 1.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

สำหรับการเก็บตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่าง 5 จุด (Station, ST) บนถนนทะเลหลวง โดยเลือกจุดการเก็บตัวอย่างที่ไม่มีสิ่งกีดขวางและไม่ขวางการใช้พื้นที่ของคนในชุมชนและการสัญจรของยานพาหนะ



ภาพที่ 2 การติดตั้งอุปกรณ์เครื่องเก็บฝุ่นละออง ณ ถนนทะเลหลวง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา

### 2.2.3 การหาปริมาณฝุ่นละอองบนกระดาศกรอง

การหาปริมาณฝุ่นละอองที่เก็บได้จากจุดเก็บตัวอย่างที่ดักจับได้บนกระดาศกรอง นำมาไล่ความชื้นในโถดูดความชื้นในสภาวะควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง [13] จากนั้นนำกระดาศกรองไปชั่งน้ำหนัก (post-weight,  $W_f$ ) จากนั้นนำไปคำนวณหาปริมาตรอากาศและปริมาณฝุ่นละอองจากสมการ (1) [13]

$$\text{ปริมาณฝุ่นละออง} = \frac{W_f - W_i}{V} \quad (1)$$

เมื่อ

$W_i$  คือ น้ำหนักของกระดาศกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (กรัม)

$W_f$  คือ น้ำหนักของกระดาศกรองหลังเก็บตัวอย่างหลังผ่านการอบแห้ง (กรัม)

$V$  คือ ปริมาตรอากาศ (ลูกบาศก์เมตร) ซึ่งหาได้จากสมการที่ (2)

$$V = Qt \quad (2)$$

โดยที่

$Q$  คือ อัตราการไหลของอากาศ (ลูกบาศก์เมตรต่อนาที)

$t$  คือ เวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง (ชั่วโมง)

### 2.2.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นละอองในอากาศ

การวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวอย่างฝุ่นละอองที่เก็บได้จากกระดาศกรองด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM; Scanning Electron Microscope, JSM-5800LV, JEOL, Japan attached with Energy Dispersive X-ray Spectrometer, ISIS300, Oxford, England) ด้วยเทคนิคการทำแผนที่แสดงการกระจายตัวขององค์ประกอบของธาตุ (Electron Microanalysis-Elemental Mapping Analysis, EMA) ด้วยวิธีการทดสอบ อ้างอิงตามวิธีการปฏิบัติงาน

เลขที่ WI-RES-SEM-5800-001, WI-RES-SEM-001 และ WI-RES-EDX-001 ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

## 3. ผลและวิจารณ์ผล

### 3.1 ผลการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในอากาศ

งานวิจัยครั้งนี้ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในอากาศบนถนนทะเลหลวง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ในระหว่างเดือน กรกฎาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2555 โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 5 จุด โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างคือ ST-1 ST-2 ST-3 ST-4 และ ST-5 ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ตำแหน่งเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง บนถนนทะเลหลวง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา (ST-1 – ST-5)

จากภาพที่ 4 ก ภาพถ่ายของกระดาศกรองก่อนเก็บตัวอย่างมีลักษณะเรียบและเมื่อถ่ายภาพด้วย SEM ที่กำลังขยาย 2000 เท่าจะเห็นเป็นเส้นใยแก้วพันซ้อนทับกันไปมาและมีรูพรุนขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (ภาพที่ 4 ข) และจากการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในอากาศทั้ง 5 จุดเก็บและนำไปตรวจวัดขนาดของฝุ่นละอองด้วย SEM ที่กำลังขยาย 2000 เท่า และ 15000 เท่าพบว่าขนาดของฝุ่นละอองในอากาศ ที่เก็บได้บนกระดาศกรองมีขนาดเล็ก (ภาพที่ 4 ค และ ง) โดยขนาด



ของฝุ่นละอองที่เก็บได้มีขนาดน้อยกว่า 10 ไมโครเมตร ซึ่งฝุ่นละอองขนาดเล็กนี้ จะลอยอยู่ในอากาศจะเห็นได้ว่า ความเร็วลมเฉลี่ยระหว่างเดือนกรกฎาคม-พฤศจิกายน 2555 อยู่ระหว่าง 17.03-21.11 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (ตารางที่ 1) ซึ่งเป็นความเร็วลมที่ต่ำและมีอิทธิพลต่อฝุ่นละออง ให้สามารถลอยตัวอยู่ในอากาศได้นอกจากลมธรรมชาติ แล้วลมจากการวิ่งของรถยนต์มีผลเช่นกัน นอกจากนี้แล้ว ปริมาณฝนในช่วงเดือนกรกฎาคม-พฤศจิกายน 2555 ปริมาณฝนมีปริมาณน้อย คืออยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 10.0 มิลลิเมตร (ตารางที่ 1) ซึ่งไม่สามารถซักล้างฝุ่น ละอองขนาดเล็กตกสู่ผิวถนนหรือพื้นได้จึงทำให้ฝุ่น ละอองขนาดเล็กลอยปนอยู่ในอากาศ และตรวจพบ ฝุ่นละอองขนาดเล็กดังตารางที่ 2 ซึ่งพบว่าจุดที่หนึ่ง (ST-1) มีปริมาณฝุ่นละอองต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน มีปริมาณ 12.86 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมี ปริมาณสูงสุด 41.15 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรใน เดือนตุลาคมในจุดที่สอง (ST-2) พบว่าปริมาณฝุ่นละออง

ต่ำสุดในเดือนตุลาคม และสูงสุดในเดือนพฤศจิกายนมี ปริมาณฝุ่นละออง 18.0 และ 41.15 ไมโครกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับในขณะที่จุดเก็บที่สาม (ST-3) มี ค่าต่ำสุดและสูงสุดเท่ากับ 36.01 และ 105.45 ไมโครกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร ในเดือนพฤศจิกายนและเดือน สิงหาคมตามลำดับ สำหรับจุดเก็บที่สี่ (ST-4) มี ปริมาณฝุ่นสูงสุดเท่ากับ 108.02 ไมโครกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตรในเดือนพฤศจิกายน และต่ำสุดในเดือน ตุลาคมมีค่าเท่ากับ 7.72 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และจุดเก็บตัวอย่างจุดสุดท้ายจุดเก็บที่ห้า (ST-5) พบว่าปริมาณฝุ่นละอองที่เก็บได้มีปริมาณสูงสุด เท่ากับ 100.31 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรใน เดือนกรกฎาคม และต่ำสุดในเดือนตุลาคมเท่ากับ 82.30 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะเห็นได้ว่า ปริมาณฝุ่นละอองที่เก็บได้มีค่าไม่เกิน 120 ไมโครกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร ภายใน 24 ชั่วโมง ซึ่งต่ำกว่า ค่ามาตรฐานที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัย

**ตารางที่ 1** สภาวะสิ่งแวดล้อมประกอบด้วยอุณหภูมิเฉลี่ย ปริมาณน้ำฝนและความเร็วลม ระหว่างเดือน กรกฎาคม – พฤศจิกายน 2555 (ข้อมูลจาก กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม)

| เดือน (พ.ศ.2555) | อุณหภูมิเฉลี่ย<br>(องศาเซลเซียส) | ปริมาณน้ำฝน<br>(มิลลิเมตร) | ความเร็วลม<br>(กิโลเมตรต่อชั่วโมง) |
|------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| กรกฎาคม          | 28.30                            | 0.88                       | 21.11                              |
| สิงหาคม          | 28.84                            | 0                          | 19.63                              |
| กันยายน          | 27.66                            | 0.18                       | 21.11                              |
| ตุลาคม           | 27.84                            | 2.22                       | 19.63                              |
| พฤศจิกายน        | 27.5                             | 7.64                       | 17.03                              |

### 3.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของฝุ่นละอองในอากาศ

การวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวอย่างฝุ่นละอองที่เก็บได้จากกระกรองด้วย SEM และวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุด้วยการทำแผนภาพการกระจายตัวของธาตุด้วยการวัดพลังงาน การกระเจิงของรังสีเอ็กซ์ของตัวอย่างฝุ่นละอองบนกระตาขกรองใยแก้วที่ติดจับได้ทั้ง 5 จุด จำนวน 25 ตัวอย่างระหว่างเดือนกรกฎาคม-พฤศจิกายน 2555 ดังตารางที่ 2

เมื่อนำตัวอย่างฝุ่นละอองที่มาวิเคราะห์การกระจายตัวของธาตุด้วยเทคนิค EMA จะระบุการกระจายตัวของธาตุในฝุ่นละอองด้วยแถบสี (color bar) บ่งบอกถึงประมาณความเข้มข้นของธาตุที่กระจายตัวไล่ระดับตั้งแต่ความเข้มข้นน้อยร้อยละ 0 (สีดำ) ไปจนถึงความเข้มข้นมากร้อยละ 100 (สีขาว) ในแต่ละจุดของการเก็บตัวอย่าง พบว่าตัวอย่างฝุ่นละอองที่เก็บได้มีธาตุกระจายตัวแตกต่างกันออกไปซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของธาตุที่สามารถติดจับได้ในแต่ละตัวอย่างซึ่งในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค EMA จะทำการวิเคราะห์ในขอบเขตที่จำกัดซึ่งเป็นขอบเขตที่สนใจโดยเฉพาะบริเวณที่มีกลุ่มของฝุ่นละอองที่เก็บได้บนกระตาขกรองซึ่งแผนภาพการกระจายของธาตุสามารถบอกถึงธาตุที่พบในฝุ่นละออง จากการวิเคราะห์การกระจายตัวของธาตุในตัวอย่างด้วยการวัดพลังงานกระเจิงของรังสีเอ็กซ์ โดยพบธาตุที่เป็นองค์ประกอบของฝุ่นดังตารางที่ 3 และแผนภาพการกระจายตัวของธาตุในฝุ่นละอองแสดงดังภาพที่ 5-9

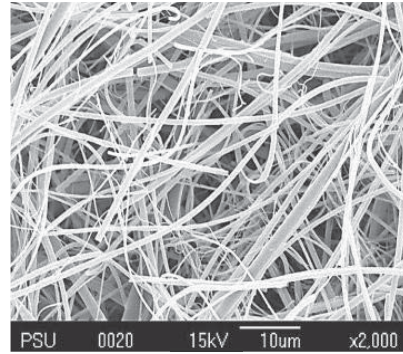
ในจุดเก็บตัวอย่าง ST-1 สเปกตรัมของธาตุที่พบดังแสดงในภาพที่ 5 ก และการกระจายตัวของ

ธาตุต่างๆ (ภาพที่ 5 ข) ประกอบด้วยธาตุดังต่อไปนี้ ออกซิเจน (ภาพที่ 5 ข a) มีความเข้มข้น และมีเพียงบางจุดมีความเข้มข้นสูง (มากกว่าร้อยละ 70) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าออกซิเจนเป็นธาตุที่พบในฝุ่นละอองที่เก็บได้ โซเดียม (ภาพที่ 5 ข b) เป็นธาตุที่พบถัดมาจากออกซิเจนและมีความเข้มข้นเป็นบางจุดเช่นกัน

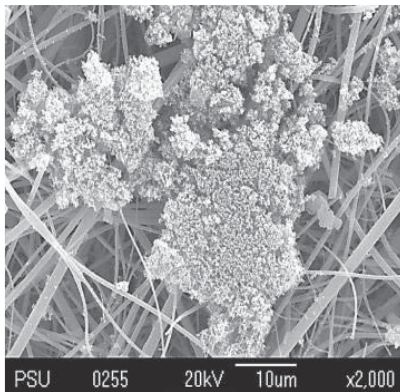
ซึ่งบ่งบอกว่ามีโซเดียมเป็นองค์ประกอบในทำนองเดียวกัน แมกนีเซียม (ภาพที่ 5 ข c) อะลูมิเนียม (ภาพที่ 5 ข d) ซัลเฟอร์ (ภาพที่ 5 ข f) คลอรีน (ภาพที่ 5 ข g) โพแทสเซียม (ภาพที่ 5 ข h) แคลเซียม (ภาพที่ 5 ข i) และเหล็ก (ภาพที่ 5 ข j) โดยเฉพาะแคลเซียม โพแทสเซียม และแมกนีเซียม จะเห็นได้ชัดว่า ฝุ่นละอองที่เก็บได้จากจุดนี้เป็นองค์ประกอบหลักและธาตุอื่น ๆ รองลงมา ยกเว้นซิลิกอน (ภาพที่ 5 ข e) ซึ่งบริเวณกลุ่มของฝุ่นละอองที่วิเคราะห์จะมีปริมาณที่น้อยเมื่อเทียบกับบริเวณอื่น ซึ่งเป็นพื้นผิวกระตาขกรองจุดเก็บตัวอย่าง ST-2 องค์ประกอบของฝุ่นละอองที่เก็บได้ดังแสดงในภาพที่ 6 ก และ ข พบว่าธาตุ คาร์บอน ออกซิเจน โซเดียม แมกนีเซียม อะลูมิเนียม ซิลิกอน โพแทสเซียม และแคลเซียม เป็นองค์ประกอบหลักที่พบ โดยเฉพาะอะลูมิเนียม และโพแทสเซียมจะมีความเข้มข้นสูงเมื่อเทียบกับธาตุอื่นที่พบ จึงแสดงให้เห็นว่าธาตุทั้งสองเป็นองค์ประกอบหลักส่วนธาตุอื่น ๆ ก็ยังคงพบในฝุ่นละอองแต่อาจพบในปริมาณที่น้อยกว่า และสำหรับจุดเก็บตัวอย่าง ST-3 ฝุ่นละออง ประกอบด้วย คาร์บอน ออกซิเจน อะลูมิเนียม ซิลิกอน ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ คลอรีน โพแทสเซียม แคลเซียม และเหล็ก (ภาพที่ 7)



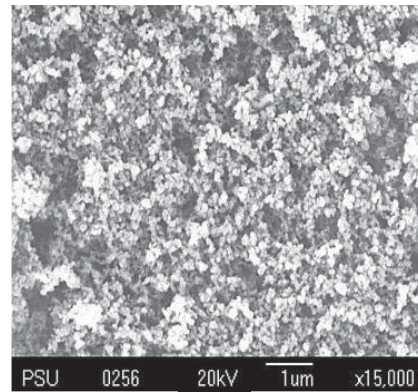
ก



ข



ค



ง

ภาพที่ 4 ก) ลักษณะพื้นผิวของกระดาชกรองใยแก้ว ข) ภาพถ่ายของพื้นผิวของกระดาชกรองใยแก้วด้วย SEM ที่กำลังขยาย 2000 เท่า ค) และ ง) ภาพถ่ายฝุ่นละอองบนกระดาชกรองที่เก็บได้ด้วยเครื่อง SEM กำลังขยาย 2,000 เท่า และ 15,000 เท่า ตามลำดับ

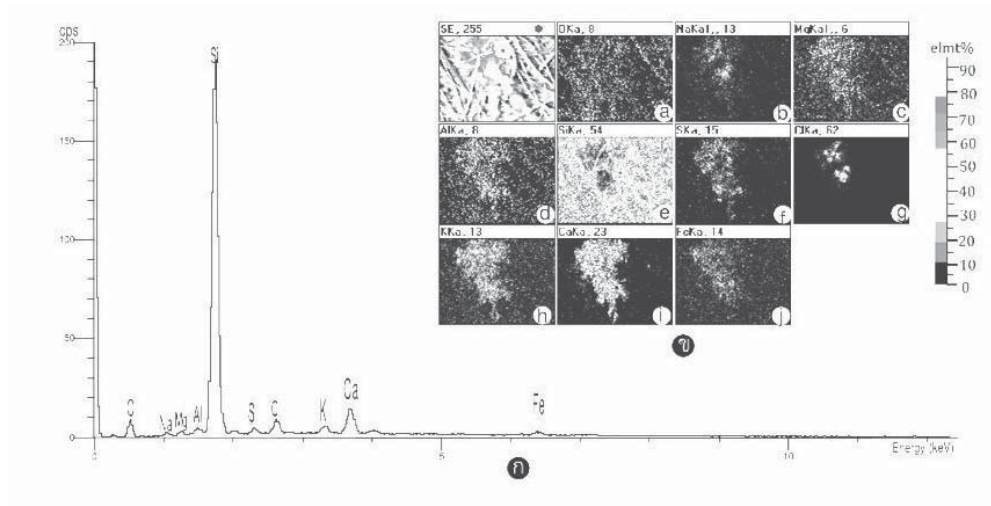
ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบของธาตุในฝุ่นละอองที่จัดเก็บได้จากจุดเก็บตัวอย่าง

| จุดเก็บ<br>ตัวอย่าง | วัน เดือน ปี<br>(2555) | ปริมาณฝุ่น<br>ละออง<br>(ไมโครกรัม<br>ต่อลูกบาศก์<br>เมตร) | องค์ประกอบของธาตุในฝุ่นละอองที่เก็บได้ |   |    |    |    |    |    |   |    |   |   |    |    |
|---------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------|---|----|----|----|----|----|---|----|---|---|----|----|
|                     |                        |                                                           | C                                      | O | Na | Al | Si | Ca | Mg | S | Cl | P | K | Fe | Ti |
| ST-1                | 2 กรกฎาคม              | 33.44                                                     | •                                      | • | •  | •  | •  | •  |    |   |    |   |   |    |    |
|                     | 6 สิงหาคม              | 38.58                                                     | •                                      | • | •  | •  | •  | •  |    | • | •  |   |   |    |    |
|                     | 3 กันยายน              | 25.72                                                     | •                                      | • |    | •  | •  | •  |    | • |    |   |   |    |    |
|                     | 1 ตุลาคม               | 41.15                                                     |                                        | • | •  | •  | •  | •  | •  | • | •  |   | • | •  |    |
|                     | 1 พฤศจิกายน            | 12.86                                                     | •                                      | • | •  | •  | •  | •  |    |   |    |   | • |    |    |
| ST-2                | 4 กรกฎาคม              | 30.86                                                     | •                                      | • |    | •  | •  | •  |    | • | •  |   | • |    |    |



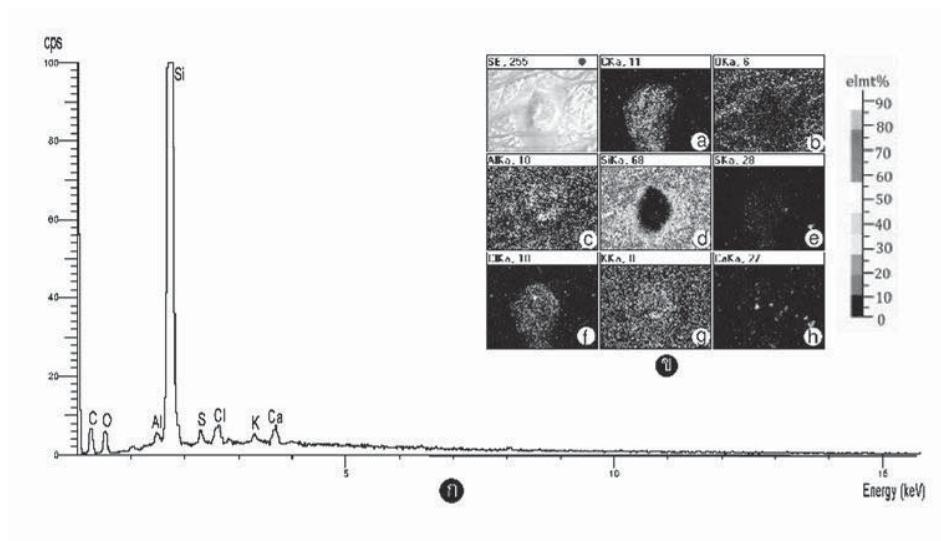
| จุดเก็บ<br>ตัวอย่าง | วัน เดือน ปี<br>(2555) | ปริมาณฝุ่น<br>ละออง<br>(ไมโครกรัม<br>ต่อลูกบาศก์<br>เมตร) | องค์ประกอบของธาตุในฝุ่นละอองที่เก็บได้ |   |    |    |    |    |    |   |    |   |   |    |    |  |
|---------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------|---|----|----|----|----|----|---|----|---|---|----|----|--|
|                     |                        |                                                           | C                                      | O | Na | Al | Si | Ca | Mg | S | Cl | P | K | Fe | Ti |  |
|                     | 8 สิงหาคม              | 36.01                                                     | ●                                      | ● | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  |   | ●  |   |   |    |    |  |
|                     | 5 กันยายน              | 18.00                                                     | ●                                      | ● |    | ●  | ●  | ●  | ●  | ● | ●  | ● |   |    |    |  |
|                     | 3 ตุลาคม               | 28.29                                                     | ●                                      | ● | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  |   |    |   | ● |    |    |  |
|                     | 6 พฤศจิกายน            | 41.15                                                     | ●                                      | ● |    | ●  | ●  | ●  |    | ● | ●  |   |   |    |    |  |
|                     | ST-3                   | 7 กรกฎาคม                                                 | 74.59                                  |   | ●  |    |    | ●  | ●  |   |    | ● |   |    |    |  |
| 11 สิงหาคม          |                        | 105.45                                                    | ●                                      | ● | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ● |    |   |   |    |    |  |
| 8 กันยายน           |                        | 30.86                                                     | ●                                      | ● | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ● |    |   |   |    |    |  |
| 13 ตุลาคม           |                        | 41.15                                                     | ●                                      | ● |    | ●  | ●  | ●  |    | ● | ●  | ● | ● | ●  |    |  |
| 10 พฤศจิกายน        |                        | 36.01                                                     | ●                                      | ● |    | ●  | ●  | ●  | ●  | ● | ●  |   |   |    |    |  |
| ST-4                | 24 กรกฎาคม             | 90.02                                                     | ●                                      | ● | ●  | ●  | ●  | ●  |    |   |    |   |   |    |    |  |
|                     | 21 สิงหาคม             | 102.88                                                    | ●                                      | ● | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ● | ●  |   |   |    |    |  |
|                     | 26 กันยายน             | 69.44                                                     | ●                                      | ● | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ● | ●  |   |   |    |    |  |
|                     | 25 ตุลาคม              | 7.72                                                      | ●                                      | ● | ●  | ●  | ●  |    | ●  |   |    |   |   |    |    |  |
|                     | 21 พฤศจิกายน           | 108.02                                                    | ●                                      | ● | ●  | ●  | ●  |    |    | ● | ●  |   |   |    |    |  |
| ST-5                | 26 กรกฎาคม             | 100.31                                                    | ●                                      | ● | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  |   |    |   |   |    |    |  |
|                     | 30 สิงหาคม             | 92.59                                                     | ●                                      | ● | ●  |    | ●  | ●  |    | ● |    |   |   |    |    |  |
|                     | 27 กันยายน             | 100.31                                                    | ●                                      | ● | ●  |    | ●  | ●  | ●  |   | ●  |   |   | ●  | ●  |  |
|                     | 30 ตุลาคม              | 82.30                                                     |                                        | ● |    |    | ●  | ●  |    |   |    |   |   |    |    |  |
|                     | 29 พฤศจิกายน           | 97.74                                                     |                                        | ● |    | ●  | ●  | ●  |    |   | ●  |   | ● |    |    |  |

หมายเหตุ พบ / ไม่พบ



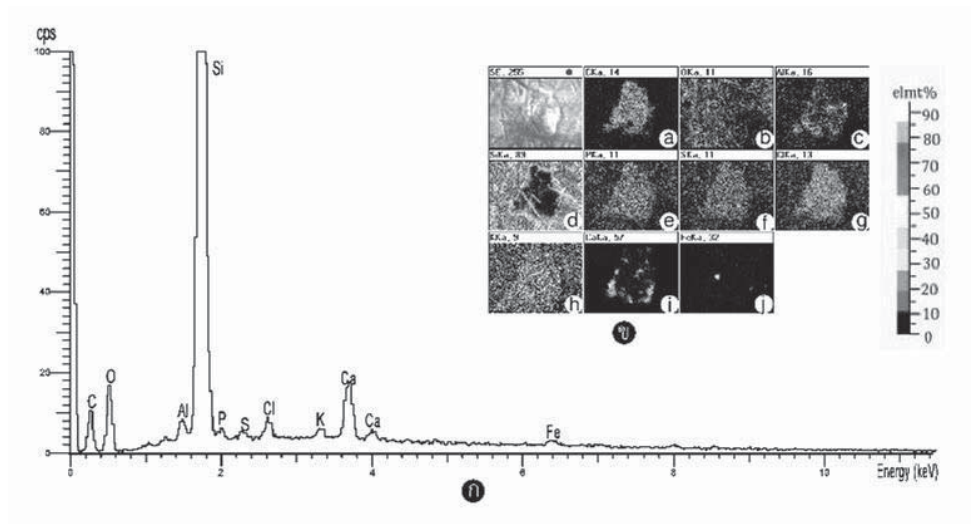
ภาพที่ 5 องค์ประกอบของธาตุของจุดเก็บตัวอย่าง ST-1

- ก) สเปกตรัมของธาตุในตัวอย่างฝุ่นละอองที่ตรวจเก็บได้
- ข) แผนภาพการกระจายตัวของธาตุ



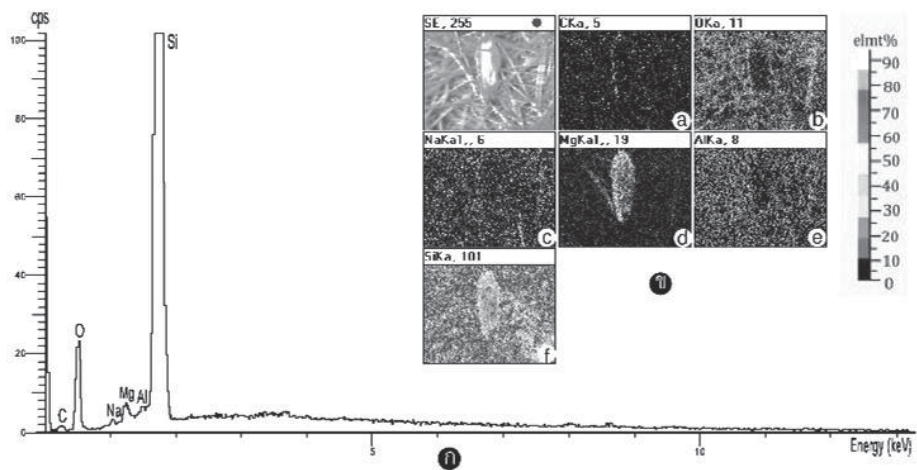
ภาพที่ 6 องค์ประกอบของธาตุของจุดเก็บตัวอย่าง ST-2

- ก) สเปกตรัมของธาตุในตัวอย่างฝุ่นละอองที่ตรวจเก็บได้
- ข) แผนภาพการกระจายตัวของธาตุ



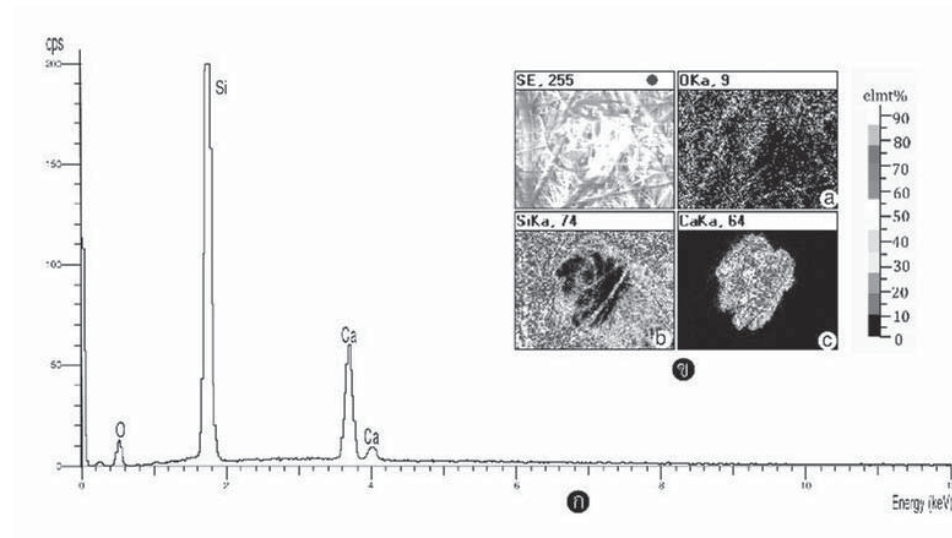
ภาพที่ 7 องค์ประกอบของธาตุของจุดเก็บตัวอย่าง ST-3

- ก) สเปกตรัมของธาตุในตัวอย่างฝุ่นละอองที่ตรวจเก็บได้
- ข) แผนภาพการกระจายตัวของธาตุ



ภาพที่ 8 องค์ประกอบของธาตุของจุดเก็บตัวอย่าง ST-4

- ก) สเปกตรัมของธาตุในตัวอย่างฝุ่นละอองที่ตรวจเก็บได้
- ข) แผนภาพการกระจายตัวของธาตุ



ภาพที่ 9 องค์ประกอบของธาตุของจุดเก็บตัวอย่าง ST-5

- ก) สเปกตรัมของธาตุในตัวอย่างฝุ่นละอองที่ตรวจเก็บได้
- ข) แผนภาพการกระจายตัวของธาตุ

และในจุดเก็บตัวอย่าง ST-4 พบว่ามีธาตุที่เป็นองค์ประกอบในฝุ่นละอองประกอบด้วยคาร์บอน (ภาพที่ 8 ข a) มีปริมาณความเข้มข้นการกระจายตัวอย่างหลวมๆ ในปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 10-20 บริเวณที่เป็นขอบเขตของเม็ดฝุ่นละอองที่ทำการวิเคราะห์ออกซิเจน (ภาพที่ 8 ข b) มีการกระจายตัวในปริมาณร้อยละ 10 โซเดียม (ภาพที่ 8 ข c) มีการกระจายตัวในความเข้มข้นร้อยละ 10 เช่นเดียวกัน ขณะที่แมกนีเซียม (ภาพที่ 8 ข d) มีความเข้มข้นสูงตั้งแต่ร้อยละ 20-70 โดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้นที่ร้อยละ 70 กระจายตัวบริเวณขอบเขตของเม็ดฝุ่นละออง ซึ่งแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบของเม็ดฝุ่นละออง นอกจากนี้แล้วฝุ่นละอองยังประกอบด้วย อะลูมิเนียม (ภาพที่ 8 ข e) และซิลิกอน (ภาพที่ 8 ข f) ซึ่งกระจายตัวที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 40 ตามลำดับ สำหรับจุดเก็บที่ ST-5 ประกอบด้วยธาตุออกซิเจน ซิลิกอน และแคลเซียม แต่พบว่าระดับความเข้มข้นของแคลเซียมสูง (ภาพที่ 9 ข c) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของเม็ดฝุ่นละอองที่เก็บได้ ณ จุดนี้

จากตัวอย่างฝุ่นละออง 25 ตัวอย่างประกอบด้วยธาตุซิลิกอน (Si) และออกซิเจน (O) ซึ่งเป็นอนุภาคของซิลิกอนไดออกไซด์ ( $\text{SiO}_2$ ) ที่เกิดจากฝุ่นละอองของดินทรายบนท้องถนน และธาตุแคลเซียม (Ca) โซเดียม (Na) และ คลอไรด์ (Cl) เป็นฝุ่นละอองที่เกิดจากไอน้ำทะเลเนื่องจากถนนทะเลหลวงอยู่ติดชายฝั่งทะเลบริเวณชายหาดชลาลัย อำเภอเมือง และเป็นเสมือนช่องทางการเคลื่อนที่ของลมทะเลเข้ามายังถนนทะเลหลวงโดยตรง ทำให้ธาตุดังกล่าวเป็นองค์ประกอบของฝุ่นละอองจากไอทะเล [14] ส่วนโพแทสเซียม (K) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) และติตานิยม (Ti) โดยฝุ่นละอองที่ตรวจพบนั้นเกิดจากยานพาหนะที่สัญจรผ่านบนถนนที่มีความหนาแน่นสูงเวลาที่เก็บตัวอย่างโดยเฉพาะในช่วงเวลาที่มีการจราจรหนาแน่น [14] ซึ่งแต่ละตัวอย่างฝุ่นละอองที่เก็บได้จะมีชนิดของธาตุที่พบเป็นธาตุชนิดเดียวกันเป็นส่วนใหญ่ แต่ในบางจุดที่เก็บตัวอย่างจะพบว่าธาตุที่แตกต่างออกไป เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะสิ่งแวดล้อมของจุดที่ 1 (ST-1, 1 ตุลาคม 2555)



จุดที่ 3 (ST-3, 13 ตุลาคม 2555) และจุดที่ 5 (ST-5, 27 กันยายน 2555) มีรณขนาดใหญ่แล่นผ่านบางช่วงที่เก็บตัวอย่าง โดยเฉพาะจุดที่ 3 กับ จุดที่ 5 จะมีการก่อสร้างใกล้กับจุดเก็บตั้งนั้นกิจกรรมที่เกิดจากการก่อสร้าง การขนส่งหินทรายด้วยรณขนาดใหญ่อาจจะทำให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีส่วนประกอบของเหล็ก หรือ แมงกานีส นอกจากกิจกรรมดังกล่าวแล้ว เหล็กและแมงกานีส ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงของรณ [10,15] หรือเบรคของรณที่มีส่วนผสมของผงเหล็กและแมงกานีสเชื่อมออกไซด์ฟุ้งกระจายลอยอยู่ในอากาศจึงทำให้ตรวจพบโลหะชนิดในฝุ่นละอองเช่นเดียวกับธาตุอื่นที่พบ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของฝุ่นละอองที่ตรวจพบมีทั้งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ [15] พวกโอโซน และที่เกิดจากยานพาหนะ [10,12,14,] อันเนื่องจากการสัญจรของรถยนต์และการเผาไหม้จากเชื้อเพลิงอันได้แก่น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล และสารอื่น เช่น สารหนู ทองแดง เหล็ก นิเกิล แมงกานีส เป็นต้น อย่างไรก็ตามปริมาณของฝุ่นละอองที่ตรวจพบมีค่าอยู่ระหว่าง 7.72-108.02 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งปริมาณดังกล่าวต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) จึงยังไม่ส่งผลเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

#### 4. สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยบ่งชี้ให้ว่าบนท้องถนนที่มีกิจกรรมต่าง ๆ เช่น บนทางเท้า การมีตลาดริมทาง หรือการสัญจรของยานพาหนะต่าง ๆ ตลอดจนทะเลทั้งหมดนี้ล้วนแต่เป็นแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง โดยเฉพาะอย่างยิ่งฝุ่นละอองที่เป็นโลหะนั้นมีอยู่ทั่วไป ซึ่งการตรวจวัดองค์ประกอบของฝุ่นด้วยเทคนิคนี้ทำให้ทราบถึง

ชนิดของธาตุ โดยเฉพาะที่เป็นสารโลหะหนักหากได้รับเข้าสู่ร่างกายผ่านระบบทางเดินหายใจ อาจมีผลกระทบต่อสุขภาพในอนาคตได้ถ้าได้รับสะสมเป็นเวลานาน

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีจากการได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัย จากสำนักงานบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และคณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่สนับสนุนอุปกรณ์เครื่องมือตลอดจนห้องปฏิบัติการที่เอื้อต่อการทำการวิจัยในครั้งนี้

#### 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Dockery DW. and Pope CA. Acute respiratory effect of particulate air-pollution. Annu. Rev. Aerosol. Sci. 1994; 29:421-444.
- [2] Hong YC., Lee JT., Kim H., et al. Effect of air pollution on acute stroke mortality. Environ. Health. Pers. 2002; 110:187-191.
- [3] Huang L., Yaun CS., Wang G., Wang K. Chemical characteristics and source apportionment of PM<sub>10</sub> during a brown haze episode in Harbin, China. Particuol. 2002; 9:32-38.
- [4] สว่าง แสงหิรัญวัฒนา, นันทวิทย์ บุญเทศ, กุลณี วงศ์วิวัฒน์. ความเสื่อมสมรรถภาพของปอดในตำรวจจราจรในกรุงเทพมหานคร. ราชบัณฑิตยสาร. 2538; 18:44-46.

- [5] Yakin S., Bayran A. Source apportionment of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> using positive matrix factorization and chemical mass balance Izmir, Turkey. *Sci. Total Environ.* 2008; 309:109–123.
- [6] Cheng YH., Chang HP., Hsieh CJ. Short – term exposure to PM<sub>10</sub> , PM<sub>2.5</sub> ultrafine particle and CO<sub>2</sub> for passenger at an intercity bus terminal. *Atmos. Environ.* 2011; 45:2034-2042.
- [7] Charlesworth S., De Miguel E., Ordonez A. A review of the distribution of particulate trace element in urban terrestrial environments and its application to consideration of risk. *Environ. Geochem. Health.* 2011; 33(2):103-123.
- [8] De Miguel E., Iribarren I., Chacon E., et al. S. Risk-based evaluation of exposure of children to trace element in playgrounds in Madrid (Spain). *Chemos.* 2007; 66:505-513.
- [9] Ferguson JE., Kim N. Trace element in street and house dusts source and speciation. *Sci. Total Environ.* 1991; 100:125-150.
- [10] Moreno T., Karanasiou A., Amato F., et al. Daily and hourly sourcing of metallic and mineral dust in urban air contaminated by traffic and coal-burning emission. *Atmos. Environ.* 2013; 68:33-44.
- [11] Li X., Liu PS. Heavy metal contamination of urban soil in street dusts in Hong Kong. *Appl. Geochem* 2001; 16:1361-1368.
- [12] Okorie A., Entwistle J., Dean JR. Estimation of daily intake of potentially toxic element from urban street dust and the role of oral bioaccessibility testing. *Chemos.* 2012; 86:460-467.
- [13] ส่วนควบคุมคุณภาพอากาศ สำนักงานการจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. คู่มือการตรวจวัดฝุ่นละอองในบรรยากาศ, 2546.
- [14] Sehyun H., Jong-Sang Y., Yong-Won J. Characterization of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> source profiles for resuspended road dust collected using mobile sampling methodology. *Atmos. Environ.* 2011; 45:3343-3351.
- [15] Srimuruganandam B., Shiva Nagendra, SM. Source characterization of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> mass using a chemical mass balance model at urban roadside. *Sci. Total Environ.* 2012; 433:8-19.