

# สมบัติการดูดซับน้ำของฝุ่นละอองขนาดเล็ก ในบริเวณชานเมืองภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย

Hygroscopic Properties of Fine Particulate Matter on Sub-Urban Upper Northern Thailand

ฐิติมา รุ่งรัตนอุบล<sup>1</sup>, วิชญา สุธรรม<sup>2</sup> และสุรัตน์ บัวเลิศ<sup>3</sup>

Thitima Rungratanaubon<sup>1</sup>, Vichaya Sutum<sup>2</sup>, and Surat Bualert<sup>3</sup>

## บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาสมบัติการดูดซับน้ำของฝุ่นละอองขนาดเล็ก โดยนำฝุ่นละอองมาวิเคราะห์แบบ Hygroscopic Tandem Differential Mobility Analyzer (HTDMA) อัตราการดูดซับน้ำของฝุ่นละอองจะบันทึกข้อมูลในรูปแบบของขนาดฝุ่นละอองในสถานะแห้ง และสถานะที่มีความชื้น ซึ่งขนาดฝุ่นละอองที่ทำการศึกษามีทั้งหมด 6 ขนาด ได้แก่ 30 50 100 150 200 และ 250 นาโนเมตร ในสถานะแห้งหรือสถานะที่ไม่มี ความชื้น (Dry condition) ความชื้นสัมพัทธ์จะอยู่ที่ 29% และสถานะที่มีความชื้นไอน้ำใน Water chamber ให้ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 87% พื้นที่ศึกษาเป็นที่ตั้งของโรงเรียนบ้านสันกอง อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย ทำการศึกษาในช่วงฤดูร้อน ระหว่างวันที่ 24-26 มีนาคม พ.ศ. 2559 จุดเก็บตัวอย่างเป็นพื้นที่โล่งของลานกิจกรรมของนักเรียน บริเวณโดยรอบเป็นย่านการค้าและมีการจราจรหนาแน่น ในการศึกษาการกระจายตัวของ Gf ของฝุ่นละอองในบรรยากาศ ในบริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า ฝุ่นละอองกระจายตัวแยกเป็น 2 กลุ่ม คือ Less hygroscopic และ More hygroscopic ค่า Gf ของ Less hygroscopic จะน้อยกว่า 1.01 และค่า Gf ของ More hygroscopic จะมากกว่า 1.01 จากการศึกษาพบว่าอัตราการดูดซับน้ำส่วนใหญ่ของฝุ่นละอองในบริเวณพื้นที่ศึกษา อยู่ในกลุ่ม Less hygroscopic และมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำได้น้อยเนื่องจากฝุ่นละอองที่เกิดขึ้น มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง

**คำสำคัญ:** ฝุ่นละอองขนาดเล็ก อัตราการดูดซับน้ำ อุตุนิยมวิทยา

<sup>1</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<sup>1</sup> Asst. Prof, Ph.D. (Environmental Science), Faculty of Environment, Kasetsart University, Thailand.

<sup>2</sup> นักศึกษาปริญญาโท, หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<sup>2</sup> M.Sc. (Environmental Science), The Graduate School, Faculty of Environment, Kasetsart University, Thailand.

<sup>3</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<sup>3</sup> Asst. Prof, Ph.D. (Air Quality Modelling), Faculty of Environment, Kasetsart University, Thailand

## Abstract

This study investigated the hygroscopic properties of fine particulate matter. The samples analyzed by using H-TDMA (Hygroscopic Tandem Differential Mobility Analyzer). The hygroscopic growth rate of particles are recorded in the form of size under dry and humid condition. Six particle sizes are examined including 30, 50, 100, 150, 200, and 250 nm under dry condition with 29% relative humidity and under vapor-humid condition in Water Chamber with 87% relative humidity. The studied area is a location of Ban Sun Kong School, Mae Chan District, in Chiang Rai Province. Study in the summer during the 24-26 March 2559. Sampling collection area is open space of the students' activities. The surrounding area is the commercial and heavy traffic. This study, hygroscopic growth factor distributions of particles dispersed in the atmosphere's Gf found that particles dispersion separated into two groups: Less hygroscopic and More hygroscopic. The Gf value of Less hygroscopic group is less than 1.01, while Gf value of More hygroscopic is more than 1.01. The study found that the hygroscopic growth rate of fine particulate matter are in the groups of Less hygroscopic properties and water absorption rate was less because of the fine particulate matter that generated from the burning fuel.

**Keywords:** Fine particulate matter, Hygroscopic growth rate, Meteorology

## บทนำ

ปัญหาหมอกควันในจังหวัดเชียงรายและพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยเป็นปัญหาสำคัญเนื่องจากส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของประชาชน ได้แก่ ผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน โดยเฉพาะผู้ที่มีภูมิคุ้มกันต่ำ เช่น ผู้สูงอายุ เด็กเล็ก และผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ รวมทั้งทำให้เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือน เกิดความเดือดร้อนรำคาญแก่ประชาชน บดบังทัศนวิสัย และเป็นอุปสรรคในการคมนาคมและขนส่ง การทำลายทรัพยากรธรรมชาติ และระบบนิเวศป่าไม้ รวมทั้งผลกระทบต่อการท่องเที่ยวที่เป็นระบบเศรษฐกิจที่สำคัญของพื้นที่ (Lohmann and Feichter, 2005) ซึ่งความรุนแรงของปัญหาปรากฏชัดเจนในช่วงหน้าแล้ง (ธันวาคม - เมษายน) ของทุกปี ที่มีสภาวะอากาศที่แห้งและนิ่ง ทำให้ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นสามารถแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นาน (Racs et al., 2000) นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กเพิ่มขึ้น เนื่องจากความแห้งแล้งส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของไฟฟ้า ประกอบกับในช่วงเวลาดังกล่าว เกษตรกรทำการเผาเศษวัสดุเพื่อเตรียมพื้นที่สำหรับทำการเกษตร (Zhenxing et al., 2009) สำหรับปีที่มีฝนตกน้อย เกิดภาวะแห้งแล้งทำให้การชะล้างหมอกควันหรือฝุ่นที่

แขวนลอยในอากาศลดลง ฝุ่นละอองที่เป็นแกนกลั่นตัวของเมฆที่ติดต้องมีสมบัติการดูดซับน้ำ สำหรับในบรรยากาศฝุ่นละอองที่สามารถเพิ่มขนาดอนุภาคโดยการดูดซับน้ำหรือสามารถดูดความชื้นในอากาศได้ เรียกว่าฝุ่นละอองมีสมบัติเป็น Hygroscopic โดยการเพิ่มขึ้นของขนาดอนุภาค ฝุ่นมีความสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

ฝุ่นละอองขนาดเล็กมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกล่าวคือ ในกระบวนการเกิดเมฆและฝน การที่ไอน้ำในบรรยากาศจะเกิดการควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำในก้อนเมฆหรือหยดเมฆ (Cloud droplet) ได้นั้นต้องอาศัยแกนกลางเพื่อช่วยในการควบแน่น ซึ่งฝุ่นละอองในบรรยากาศจะทำหน้าที่เป็นแกนกลั่นตัวของเมฆ (Cloud Condensation Nuclei: CCN) ในบรรยากาศและมีฝุ่นละอองขนาดเล็กเจือปนอยู่ ซึ่งจะแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะของไอน้ำและทำหน้าที่เป็นแกนกลั่นตัวของเมฆ ไอน้ำในบรรยากาศต้องอาศัยแกนกลางเพื่อช่วยในการควบแน่น โดยพบว่าในสภาวะปกติ ไอน้ำที่ไม่มีสารอื่นเจือปนจะควบแน่นเป็นหยดน้ำได้เมื่ออากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูงมากถึงประมาณ 400 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าในบรรยากาศมีฝุ่นละอองขนาดเล็กแขวนลอยอยู่ การควบแน่นของไอน้ำเป็นหยดน้ำจะใช้

ความชื้นสัมพัทธ์ไม่ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ (Sumner, 1988 ; Racs et al., 2000) โดยฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ทำหน้าที่เป็นแกนกลั่นตัวของเมฆเป็นฝุ่นละอองขนาดนาโนเมตร อยู่ในกลุ่มของฝุ่นละอองขนาดอนุภาคละเอียด (Fine Particles Mode) ซึ่งฝุ่นละอองที่มีขนาดต่ำกว่า 1 ไมครอน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม Nuclei Mode เป็นกลุ่มอนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10 นาโนเมตร และกลุ่ม Accumulation Mode เป็นกลุ่มของอนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 100-1000 นาโนเมตร (Eleftheriadis et al., 2006) ฝุ่นละอองที่มีสมบัติเป็น Hygroscopic มักเป็นฝุ่นละอองประเภทเกลืออนินทรีย์ (Inorganic salt) หรือมีองค์ประกอบทางเคมีที่สามารถละลายน้ำได้ ได้แก่ สารไอออนิก เช่น คลอไรด์ ไนเตรต ซัลเฟต โซเดียม แอมโมเนียม เป็นต้น และสารอินทรีย์คาร์บอนที่ละลายน้ำได้ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ทุติยภูมิที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างไอโซนกับโมโนเทอร์ปีน (Monoterpenes) ที่มาจากเขม่าไอเสีย ทำให้เกิดการสร้างประจุ หรือขั้วบนผิวอนุภาคฝุ่น (Polar surface group) เช่น กลุ่มคาร์บอกซิเลต (Decesari et al., 2002 ; Svenningsson et al., 1994) โดยพบว่าสารอินทรีย์ในอากาศซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิง ยานพาหนะ หรือผลของปรากฏการณ์ Photochemical reaction ประมาณ 15-67 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารอินทรีย์ที่สามารถละลายน้ำได้ (Chen and Lee, 1999)

การวิเคราะห์อัตราการดูดซับน้ำของฝุ่นละอองด้วย H-TDMA (Hygroscopic Tandem Differential Mobility Analyzer) ถูกนำมาใช้ศึกษา Hygroscopic properties ของฝุ่นละอองประมาณ 25 ปี ในหลากหลายพื้นที่ของโลก มีทั้งพื้นที่แนวของทะเลและชายฝั่ง เช่น มหาสมุทรแอตแลนติก มหาสมุทรแปซิฟิก มหาสมุทรอินเดีย และมหาสมุทรอาร์ติก พื้นที่ทั่วไป เช่น ป่าเมซอล พื้นที่ที่มีมลพิษสูง เช่น เยอรมนี อเมริกาเหนือ แอฟริกา และเอเชีย การศึกษาสมบัติการดูดซับน้ำของฝุ่นละอองโดยใช้ H-TDMA (Massling et al., 2003) โดยสมบัติของการดูดซับน้ำจะถูกวิเคราะห์ในรูปแบบของอัตราการดูดซับน้ำ (Hygroscopic growth factor: Gf) คือ อัตราส่วนระหว่างขนาดฝุ่นละอองในสภาวะที่มีความชื้นต่อขนาดฝุ่นละอองในสภาวะที่มีความชื้นต่ำ (Ye et al., 2005)

## วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาสมบัติการดูดซับน้ำของฝุ่นละอองบริเวณพื้นที่ชานเมือง
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณฝุ่นละอองกับประสิทธิภาพแกนกลั่นตัวของฝน

## วิธีการดำเนินงานวิจัย

### ศึกษาอัตราการดูดซับน้ำของฝุ่นละออง

อัตราการดูดซับน้ำของฝุ่นละอองนั้นจะบันทึกข้อมูลในรูปแบบของขนาดฝุ่นละอองในสภาวะแห้ง และสภาวะที่มีความชื้น ซึ่งขนาดฝุ่นละอองที่ทำการศึกษานั้นมีทั้งหมด 6 ขนาด ได้แก่ 30 50 100 150 200 และ 250 นาโนเมตร (Ye et al., 2005 ; Ye et al., 2009) ในสภาวะแห้งหรือสภาวะที่ไม่มี ความชื้น (Dry condition) ความชื้นสัมพัทธ์จะอยู่ที่ 29% และสภาวะที่มีความชื้นไอ น้ำใน Water Chamber จะให้ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 87% เครื่องมือที่ใช้ศึกษาการกระจายตัวและอัตราการดูดซับน้ำของฝุ่นละอองจะเหมือนกันแตกต่างกันเพียง ในการศึกษาอัตราการดูดซับน้ำของฝุ่นละอองนั้นจะมี Water chamber & mixing chamber เพื่อให้ความชื้นแก่ฝุ่นละออง เครื่องมือทั้งหมดจะทำงานรวมกันเป็นชุดเรียกว่า H-TDMA และถูกติดตั้งในรถตรวจวัดคุณภาพอากาศเคลื่อนที่ ซึ่งเครื่องมือ Electrostatic Classifier TSI. Model 3080 จะถูกควบคุมผ่านโปรแกรม Electrostatic Classifier โปรแกรมนี้จะทำหน้าที่ในการเลือกขนาดฝุ่นละออง และโปรแกรม Aerosol Instrument จะทำหน้าที่ควบคุมการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองทั้งหมด

### การคำนวณ

การคำนวณหาความเข้มข้นเชิงจำนวนเฉลี่ยของฝุ่นละออง หาสัดส่วนจำนวนของฝุ่นละออง (Number fraction: Nf) คำนวณได้จากสมการที่ 1 และหาอัตราการดูดซับน้ำของฝุ่นละออง (Hygroscopic growth factor: Gf) ซึ่งคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างฝุ่นละอองสภาวะชื้น (Wet condition ;  $D_w$ ) และ ฝุ่นละอองสภาวะแห้ง (Dry condition :  $D_d$ ) ดังสมการที่ 2

$$N_f = \frac{\text{จำนวนฝุ่นละอองในแต่ละกลุ่ม}}{\text{จำนวนฝุ่นละอองทั้งหมด}} \quad \dots\dots\text{สมการที่ 1}$$

$$G_f = \frac{D_p}{D_0} \quad \dots\dots\text{สมการที่ 2}$$

**สถานที่วิจัย**

เชียงราย เป็นจังหวัดที่อยู่เหนือสุดของประเทศไทย ห่างจากกรุงเทพฯ เป็นระยะทาง 829 กิโลเมตร มีพื้นที่ประมาณ 11,678 ตารางกิโลเมตร ภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นภูเขา มีที่ราบอันอุดมสมบูรณ์ริมฝั่งแม่น้ำหลายสาย จำนวนประชากร 1,277,950 คน พื้นที่ศึกษาเป็นที่ตั้งของโรงเรียนบ้านสันกอง ตำบลแม่ไร่ อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย จุดเก็บตัวอย่างเป็นพื้นที่โล่งของลานกิจกรรมของนักเรียน บริเวณโดยรอบเป็นย่านการค้าและมีการจราจรหนาแน่น อีกทั้งยังใกล้กับสถานที่ท่องเที่ยวจึงทำให้มีการสัญจรของยานพาหนะที่หนาแน่น

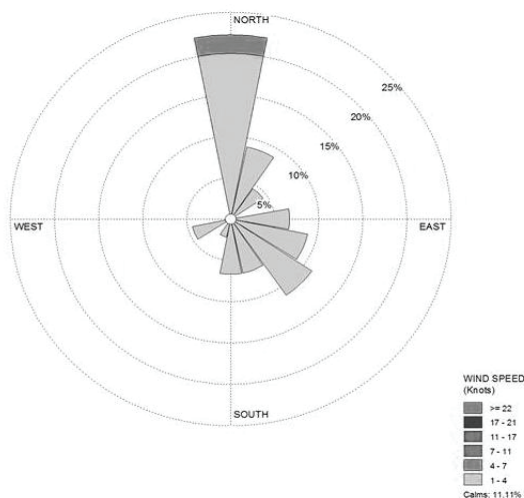
**ทิศทางและความเร็วลม ณ จุดเก็บตัวอย่างของพื้นที่ศึกษา**

เมื่อพิจารณาทิศทางลมในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างของพื้นที่ศึกษา โรงเรียนบ้านสันกอง จ.เชียงราย ซึ่งทำการตรวจวัด ณ เวลาและสถานที่เดียวกับจุดเก็บตัวอย่าง โดยทำการตรวจวัดที่ระดับความสูง 10 เมตร บนเสาสูงของรถตรวจวัดคุณภาพอากาศเคลื่อนที่ พบว่าทิศทางลมเฉลี่ยในช่วงเวลาตรวจวัดมาจากทิศเหนือเป็นหลัก มีความเร็วสูงสุดอยู่ในช่วง 4-7 เมตรต่อวินาที ซึ่งมีความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 1.44 เมตรต่อวินาที และลมสงบคิดเป็น 11.11 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพ 2



- ★ พื้นที่เก็บข้อมูล
- ★ พื้นที่ศึกษา

ภาพ 1 จุดเก็บตัวอย่างของพื้นที่ศึกษา โรงเรียนบ้านสันกอง จ.เชียงราย

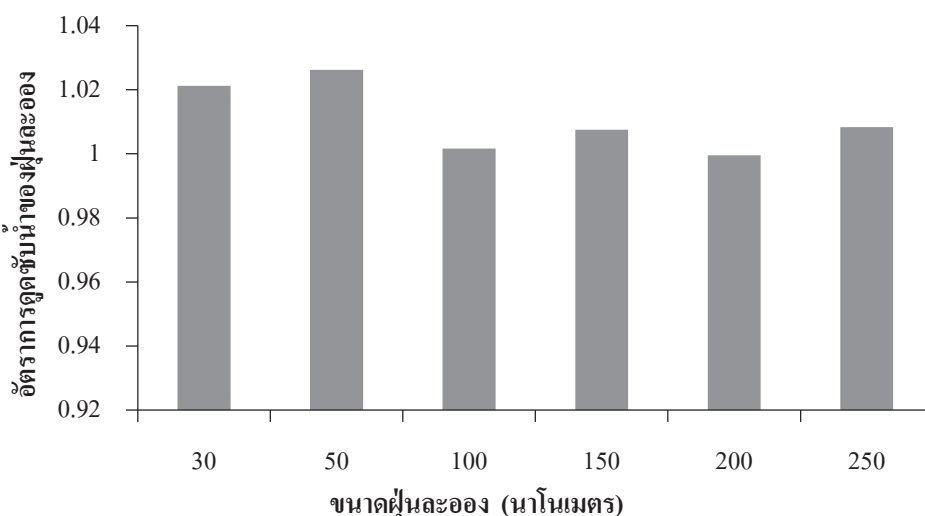


ภาพ 2 ทิศทางและความเร็วลม โรงเรียนบ้านสันกอง จ.เชียงราย

**ผลการวิจัยและการอภิปรายผล**

สมบัติการดูดซับน้ำของฝุ่นละอองแสดงผลในรูปแบบของอัตราการดูดซับน้ำของฝุ่นละออง (Hygroscopic growth factor: Gf) โดยทำการคำนวณอัตราการดูดซับน้ำของฝุ่นละอองขนาด 30 50 100 150 200 และ 250 นาโนเมตร ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 79% ทุก 3 ชั่วโมง ตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 วัน ผลการคำนวณอัตราการดูดซับน้ำของฝุ่นละออง (Gf) ขนาด 30 50 100 150 200

และ 250 นาโนเมตร ในพื้นที่เขตโรงเรียนบ้านสันกอง เชียงราย พบว่า ค่า Gf เฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาด 30 50 100 150 200 และ 250 นาโนเมตรมีค่าเท่ากับ  $1.02 \pm 0.22$   $1.03 \pm 0.06$   $1.00 \pm 0.03$   $1.01 \pm 0.02$   $1.00 \pm 0.02$  และ  $1.01 \pm 0.02$  ดังภาพ 3 ทั้งนี้ฝุ่นละอองขนาด 30 50 100 150 200 250 นาโนเมตร มีค่า Gf ต่ำสุดและสูงสุดเท่ากับ 0.87-1.17 0.99-1.05 0.98-1.02 0.97-1.02 0.97-1.01 และ 0.97-1.01 ตามลำดับ



ภาพ 3 อัตราการดูดซับน้ำเฉลี่ยของฝุ่นละออง บริเวณพื้นที่ศึกษาโรงเรียนบ้านสันกอง จ.เชียงราย

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่า Gf ของฝุ่นละอองขนาด 30 50 100 150 200 และ 250 นาโนเมตร ในรอบวัน พบว่า ฝุ่นละอองมีค่า Gf เฉลี่ยสูงสุดอยู่ในช่วงเวลา 15.00-18.00 00.00-03.00 06.00-09.00 09.00-12.00 00.00-03.00 และ 21.00-00.00 นาฬิกา ตามลำดับ และมีค่า Gf เฉลี่ยต่ำสุดในช่วงเวลา 12.00-15.00 03.00-06.00 03.00-06.00 18.00-06.00 15.00-21.00 และ 15.00-18.00 นาฬิกา ตามลำดับ ดังตาราง 1

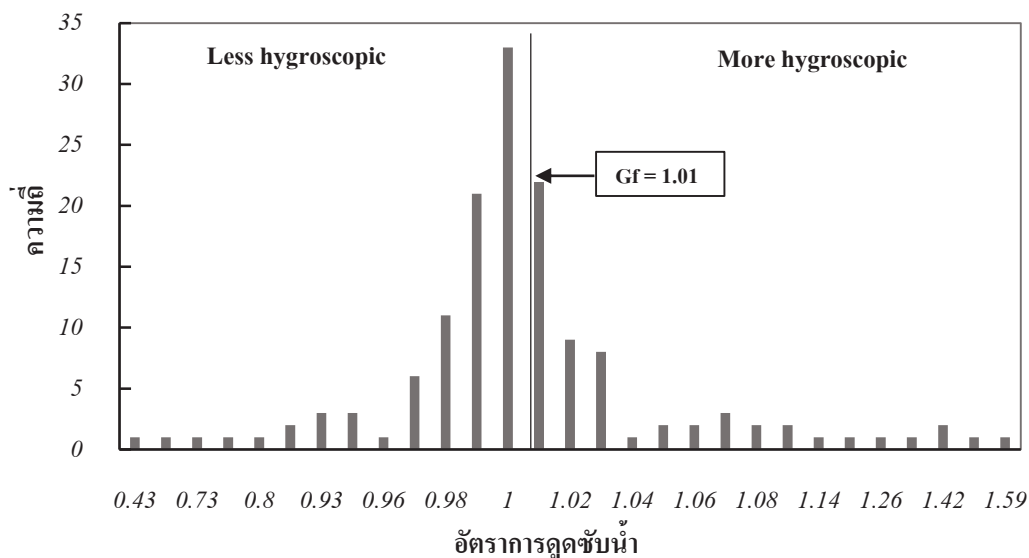
สำนักง จ. เชียงราย พบว่า ฝุ่นละอองขนาด 30 50 100 150 200 และ 250 มีการกระจายตัวแยกเป็น 2 กลุ่ม คือ Less hygroscopic และ More hygroscopic ค่า Gf ของ Less hygroscopic จะน้อยกว่า 1.01 และค่า Gf ของ More hygroscopic จะมากกว่า 1.01 ดังภาพ 4 ซึ่งอัตราการดูดซับน้ำส่วนใหญ่ของฝุ่นละอองในบริเวณพื้นที่ศึกษา เป็น Less hygroscopic

**ตาราง 1** ค่าต่ำสุด-สูงสุด และอัตราการดูดซับน้ำเฉลี่ยของฝุ่นละออง บริเวณโรงเรียนบ้านสำนักง จ. เชียงราย

ช่วงเวลา	อัตราการดูดซับน้ำของฝุ่นละออง					
	30	50	100	150	200	250
00.00-03.00 น.	1.10±0.31	1.15±0.23	1.02±0.03	1.00±0.02	1.02±0.04	1.01±0.02
03.00-06.00 น.	1.07±0.15	0.97±0.02	0.95±0.04	1.00±0.01	1.00±0.01	1.00±0.01
06.00-09.00 น.	1.18±0.17	1.03±0.03	1.02±0.03	1.00±0.01	1.00±0.01	1.02±0.04
09.00-12.00 น.	0.99±0.17	1.04±0.07	0.97±0.04	1.04±0.07	1.01±0.06	1.01±0.01
12.00-15.00 น.	0.72±0.27	1.01±0.03	1.01±0.01	1.01±0.02	1.00±0.03	1.01±0.01
15.00-18.00 น.	1.33±0.32	0.99±0.03	1.02±0.06	1.01±0.01	0.99±0.01	0.99±0.01
18.00-21.00 น.	0.86±0.19	0.98±0.01	1.02±0.02	1.00±0.01	1.00±0.01	1.00±0.01
21.00-00.00 น.	0.92±0.16	1.02±0.04	0.98±0.02	1.00±0.01	0.99±0.01	1.03±0.01
ค่าต่ำสุด-สูงสุด	0.72-1.33	0.97-1.15	0.95-1.02	1.00-1.04	0.99-1.02	0.99-1.03
เฉลี่ย	1.02±0.22	1.02±0.06	1.00±0.03	1.01±0.02	1.00±0.02	1.01±0.02

การกระจายตัวของอัตราการดูดซับน้ำของฝุ่นละออง จะกระจายตัวแยกเป็น 2 กลุ่ม (Bimodal distribution) คือ Low hygroscopic กลุ่มที่มีค่า Gf ต่ำ และ High hygroscopic กลุ่มที่มีค่า Gf สูง โดยกลุ่มที่มีค่า Gf ต่ำ เรียกว่า Less hygroscopic และกลุ่มที่มีค่า Gf สูงกว่า เรียกว่า More hygroscopic (Svenningsson et al., 1997; Swietlicki et al., 1999) ในพื้นที่เขตเมืองจะกระจายตัวออกเป็น 2 รูปแบบ คือ Less hygroscopic และ More hygroscopic (Chen et al., 2003) หรืออาจพบการกระจายตัวแยกเป็น 3 กลุ่มได้แก่ Nearly hydrophobic less hygroscopic และ More hygroscopic (Masling et al., 2009) ในการศึกษาการกระจายตัวของ Gf ของฝุ่นละอองในบรรยากาศ ในบริเวณพื้นที่ศึกษาโรงเรียนบ้าน

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย Gf ในกลุ่มของ Less hygroscopic ของฝุ่นละอองขนาด 30 50 100 150 200 และ 250 นาโนเมตร พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.87±0.11 0.97±0.01 0.98±0.02 0.99±0.00 0.99±0.00 และ 0.99±0.01 ตามลำดับ ดังตาราง 2 และภาพ 5 ค่าเฉลี่ย Gf ในกลุ่มของ Less hygroscopic มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดฝุ่นละอองเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาบริเวณทางตอนใต้ของประเทศไทย (Svenningsson et al., 1997) และเมืองเซียงไฮ้ ประเทศจีน (Ye et al., 2011) แต่มีค่า Gf ต่ำกว่า บริเวณเมืองไทเป ประเทศไต้หวัน (Chen et al., 2003) และเมืองปักกิ่ง ประเทศจีน (Masling et al., 2009) เนื่องจากพื้นที่เก็บตัวอย่างนั้นอยู่ใกล้ถนนที่มีการจราจรหนาแน่น จึงมีฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงสูง



ภาพ 4 การกระจายตัวอัตราการดูดซับน้ำของฝุ่นละออง บริเวณพื้นที่ศึกษา โรงเรียนบ้านสันกอง จ.เชียงราย

ซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่ของฝุ่นละอองในพื้นที่เขตเมือง จึงได้รับฝุ่นละอองที่มีสัดส่วนขององค์ประกอบของแบล็คคาร์บอนสูง (BC: Black Carbon) หรือสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำซึ่งถือเป็น Non hygroscopic โดยการที่ Less hygroscopic มีค่า  $G_f$  ต่ำ เป็นเพราะองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นมีแบล็คคาร์บอน เขม่า หรือสัดส่วนขององค์ประกอบที่ไม่สามารถละลายน้ำมากกว่ากลุ่ม More hygroscopic

ผลการวิเคราะห์สัดส่วนของจำนวนฝุ่นละออง (Number fraction: Nf) ในกลุ่มของ Less hygroscopic ของฝุ่นละอองขนาด 30 50 100 150 200 และ 250 นาโนเมตร พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.54 0.37 0.33 0.70 0.77 และ 0.36 ตามลำดับ ดังตาราง 2 และภาพ 5 ซึ่งค่า Nf มีแนวโน้มสูงขึ้นตามขนาดฝุ่นละออง ซึ่งมีแนวโน้มใกล้เคียงกับในบริเวณเมืองปักกิ่ง ประเทศจีน ที่สภาวะอากาศมีความเป็นพิษระดับสูง (Meier et al., 2009) แต่มีค่า Nf สูงกว่าในบริเวณ Pearl River ประเทศจีน (Tan et al., 2013) เมืองเซี่ยงไฮ้ ประเทศจีน (Ye et al., 2011) เนื่องจากพื้นที่เก็บตัวอย่างนั้นอยู่ใกล้ถนนซึ่งมีการจราจรหนาแน่น ทำให้จำนวนฝุ่นละอองมีค่าสูง จึงส่งผลให้มีค่า Nf สูงกว่าในบริเวณเขตเมืองอื่นๆ

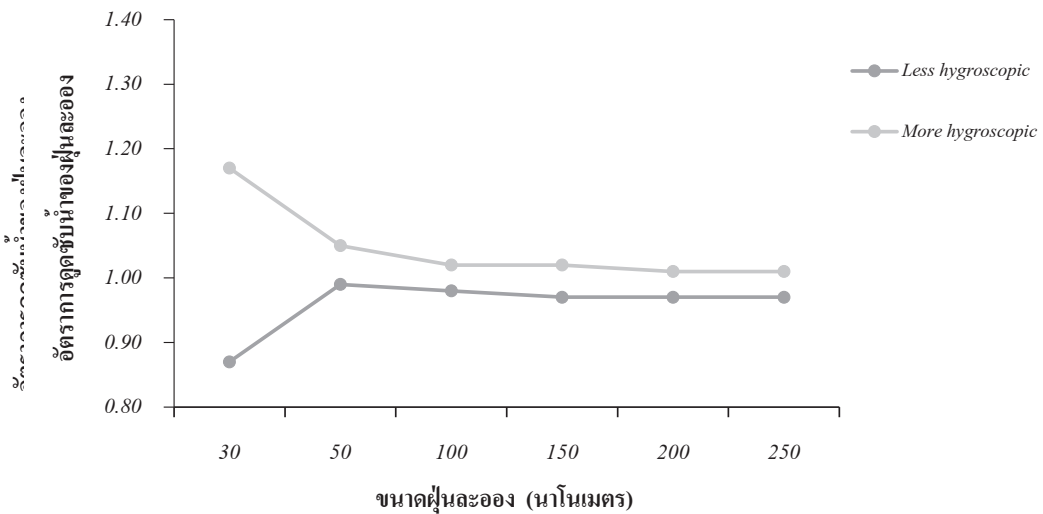
ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย  $G_f$  ในกลุ่มของ More

Hygroscopic ของฝุ่นละอองขนาด 30 50 100 150 200 และ 250 นาโนเมตร พบว่ามีค่าเท่ากับ  $1.17 \pm 0.12$   $1.05 \pm 0.06$   $1.02 \pm 0.01$   $1.02 \pm 0.02$   $1.01 \pm 0.01$  และ  $1.01 \pm 0.01$  ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าในพื้นที่เขตเมืองอื่นๆ เช่น เมืองไทเป ประเทศไต้หวัน (Chen et al., 2003) พบว่าฝุ่นละอองขนาด 53 82 95 และ 202 นาโนเมตร มีค่าเท่ากับ 1.43 1.49 1.54 และ 1.66 ตามลำดับ และเมืองปักกิ่ง ประเทศจีน (Masling et al., 2009) ฝุ่นละอองขนาด 30 50 80 150 250 และ 350 นาโนเมตรมีค่า  $G_f$  เท่ากับ 1.20 1.26 1.39 1.43 1.51 และ 1.55 ตามลำดับ

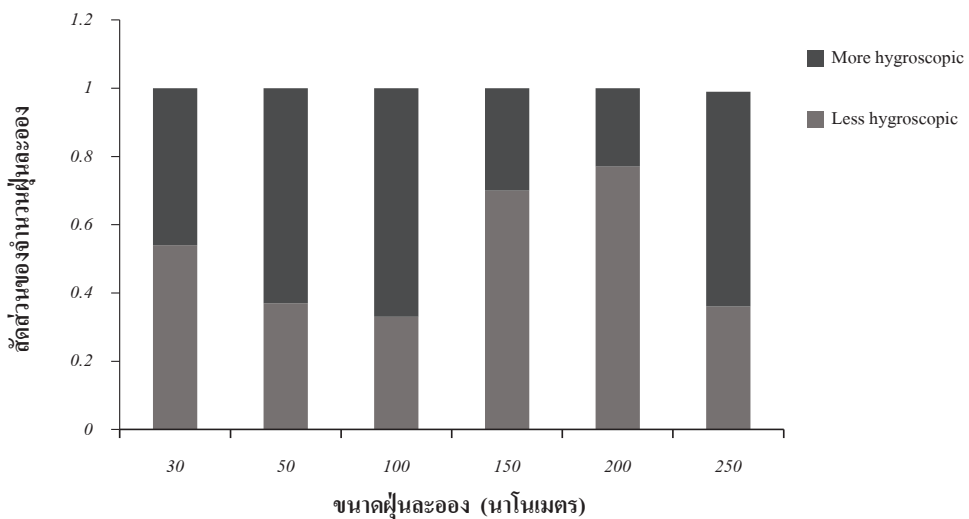
ผลการวิเคราะห์ค่า Nf ในกลุ่มของ More hygroscopic ของฝุ่นละอองขนาด 30 50 100 150 200 และ 250 นาโนเมตร พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.46 0.63 0.67 0.30 0.23 และ 0.63 ตามลำดับ ดังตาราง 2 และภาพ 6 เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่เขตเมืองอื่นๆ เช่น บริเวณ Pearl River ประเทศจีน (Tan et al., 2013) และ เมืองปักกิ่ง ประเทศจีน (Masling et al., 2009) พบว่าค่า Nf จะต่ำกว่าเนื่องจากฝุ่นละอองในพื้นที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์จึงมีสัดส่วนขององค์ประกอบที่ไม่ละลายน้ำสูงทำให้สัดส่วนของฝุ่นละอองส่วนใหญ่เป็น Less hygroscopic ค่า Nf ในกลุ่มของ More hygroscopic จึงมีค่าต่ำ

**ตาราง 2** อัตราการดูดซับน้ำและสัดส่วนจำนวนฝุ่นละออง บริเวณพื้นที่โรงเรียนบ้านสันกอง จ. เชียงราย

สมบัติของฝุ่นละออง	ขนาดฝุ่นละออง (นาโนเมตร)					
	30	50	100	150	200	250
Growth Factor						
Less hygroscopic	0.87±0.11	0.99±0.01	0.98±0.02	0.97±0.00	0.97±0.00	0.97±0.01
More hygroscopic	1.17±0.12	1.05±0.06	1.02±0.01	1.02±0.02	1.01±0.01	1.01±0.01
Number Fraction						
Less hygroscopic	0.54	0.37	0.33	0.70	0.77	0.36
More hygroscopic	0.46	0.63	0.67	0.30	0.23	0.63



**ภาพ 5** อัตราการดูดซับน้ำของฝุ่นละอองในกลุ่มของ Less hygroscopic และ More hygroscopic บริเวณพื้นที่โรงเรียนบ้านสันกอง จ. เชียงราย



**ภาพ 6** สัดส่วนของจำนวนฝุ่นละอองในกลุ่มของ Less hygroscopic และ More hygroscopic บริเวณพื้นที่โรงเรียนบ้านสันกอง จ. เชียงราย



## unaru

ในบรรยากาศมีฝุ่นละอองขนาดเล็กเจือปนอยู่ ฝุ่นละอองขนาดเล็กที่แขวนลอยอยู่ในบรรยากาศเหล่านี้ทำหน้าที่เป็นแกนกลั่นตัวของเมฆ (Cloud Condensation Nuclei: CCN) ฝุ่นละอองที่สามารถเป็นแกนกลั่นตัวของเมฆได้นั้นขึ้นอยู่กับ 3 ปัจจัยคือ ขนาด จำนวน และองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละออง กล่าวคือ ขนาดจะมีผลต่อการคงตัวของฝุ่นละอองในบรรยากาศ จำนวนของฝุ่นละอองต้องมีปริมาณพอเหมาะ รวมไปถึงฝุ่นละอองจะต้องมีสมบัติเป็น Hygroscopic คือมีความสามารถในการดูดซับโดยขนาด จำนวน และองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองจะเปลี่ยนแปลงไปตามแหล่งกำเนิด

งานวิจัยนี้จึงศึกษาสมบัติการดูดซับน้ำของฝุ่นละอองขนาดเล็ก โดยทำการศึกษาในพื้นที่ศึกษา โรงเรียนบ้านสันกอง จังหวัดเชียงราย ด้วยเครื่องมือ H-TDMA โดยพบว่า การกระจายตัวของฝุ่นละอองขนาดเล็ก ในพื้นที่ศึกษามีการกระจายตัวของฝุ่นละอองจำนวนอนุภาคสูงสุด ในฝุ่นละอองขนาด 150-200 นาโนเมตร เนื่องจากในพื้นที่มีแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองจากการจราจร และยังพบอีกว่าเมื่อ ค่า  $N_f$  ในกลุ่ม More hygroscopic สูงขึ้น ส่งผลให้ค่า  $G_f$  ของฝุ่นละอองสูงตามไปด้วย ในขณะที่เดียวกันถ้าค่า  $N_f$  ในกลุ่ม Less hygroscopic สูงขึ้นจะทำให้ค่า  $G_f$  ของฝุ่น

ละอองลดลงตามไปด้วย ซึ่งในพื้นที่ศึกษาพบฝุ่นละอองที่อยู่ในกลุ่ม Less hygroscopic ซึ่งมีความเป็นไปได้สูงที่ฝุ่นละอองที่พัดมานั้นมาจากการจราจรและกิจกรรมของคนในพื้นที่ศึกษา เนื่องจากบริเวณโดยรอบเป็นสถานที่ท่องเที่ยวและแหล่งชุมชน ดังนั้นฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นนั้นมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ร่วมกับฝุ่นละอองต่างๆ ที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ร่วมด้วย

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าอัตราการดูดซับน้ำของฝุ่นละอองในพื้นที่ศึกษา มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำได้น้อย เนื่องจากฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงนั้นมีธาตุคาร์บอน (EC) หรือแบล็คคาร์บอน (BC) สูง ถ้าเป็น EC ที่เพิ่งถูกปลดปล่อยมาในช่วงแรก จะมีสมบัติเป็น hydrophobic คือ ไม่ชอบน้ำ โดยทั่วไปไม่สามารถทำหน้าที่เป็นแกนกลั่นตัวของเมฆได้ ซึ่งถือว่าฝุ่นละอองในบริเวณพื้นที่นั้นไม่มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำได้

## ข้อเสนอแนะในการวิจัย

1. ควรศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซับน้ำกับปริมาณน้ำฝนของแต่ละพื้นที่ในภาคเหนือตอนบน
2. ควรศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองเพิ่มเติม เพื่อสามารถจำแนกถึงแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

## References

- Chen, Y.Y. and W.W.G. Lee. (1999). Hygroscopic properties of inorganic-salt aerosol with surface-active organic compound. *Chemosphere*, 38: 2431-2448.
- Chen, L.Y., F.T. Jeng, C.C. Chen and T.C. Hsiao. (2003). Hygroscopic behavior of atmospheric aerosol in Taipei. *Atmospheric Environment*, 37: 2069–2075.
- Decesari, S., M.C. Facchini, E. Matta, M. Mircea, S. Fuzzi, A.R. Chughtai and D.M. Smith. (2002). Water soluble organic compounds formed by oxidation of soot. *Atmospheric Environment*, 36: 1827-1832.
- Eleftheriadisa, K., I. Colbeckb, C. Housiadasa, M. Lazaridisc, N. Mihalopoulosd, C. Mitsakoua, J. Smolike and V. Zdimale. (2006). Size distribution, composition and origin of the submicron aerosol in the marine boundary layer during the eastern Mediterranean “SUB-AERO” experiment. *Atmos. Environ*, 40: 6245-6260.
- Lohmann, U. and J. Feichter. (2005). Global indirect aerosol effects: a review. *Atmos. Chem. Phys*, 5: 715-737.
- Massling A., A. Wiedensohler, B. Busch, C. Neususs and P. Quinn. (2003). Hygroscopic properties of different aerosol types over the Atlantic and Indian Oceans. *Atmos. Chem. Phys*, 3: 1377–1397.
- Massling A., M. Stock, B. Wehner, Z.J. Wu, M. Hu, E. Brüggemann, T. Gnauk, H. Herrmann and A. Wiedensohler. (2009). Size segregated water uptake of the urban submicrometer aerosol in Beijing. *Atmospheric Environment*, 43: 1578–1589.
- Meier, J., B. Wehner, A. Massling, W. Birmili, A. Nowak, T. Gnauk, E. Brüggemann, H. Herrmann, H. Min and A. Wiedensohler. (2009). Hygroscopic growth of urban aerosol particles in Beijing (China) during wintertime: a comparison of three experimental methods. *Atmos. Chem. Phys*, 9: 6865–6880.
- Raes, F., R. Van Dingenen, E. Vignati, J. Wilson, J.P. Putaud, J.H. Seinfeld and P. Adams. (2000). Formation and cycling of aerosols in the global troposphere. *Atmos. Environ*, 34: 4215–4240.
- Sumner, G. (1988). *Precipitation Process and Analysis. The Bath Press Bath, Great Britain.*
- Svenningsson, B., H.C. Hansson, A. Wiedensohler, K. Noone. and J. Ogren. (1994). Hygroscopic growth of aerosol-particles and its influence on nucleation scavenging in-cloud-experimental results from Kleiner-Feldberg. *J. Atmos. Chem*, 19: 129–152.
- Svenningsson., B., H.C. Hansson, B. Martinsson, A. Wiedensohler, E. Swiwtlicki, S.I. Cederfelt, K.N. Bower, T.W. Choularton and R.N. Colvile. (1997). Cloud droplet nucleation scavenging in relation to the size and hygroscopic behavior of aerosol particles. *Atmos. Environ*, 16: 2463-2475.
- Swiwtlicki, E., J. Zhou, O.H. Berg, B.G. Martinsson, G. Frank, S.I. Cederfelt, U. Dusek, A. Berner, W. Birmili, A. Wiedensohler, B. Yuskiewicz and K.N. Bower. (1999). A closure study of sub-micrometer aerosol particle hygroscopic behavior. *Atmospheric Research*, 50: 205–240.
- Tan, H., Y. Yin, X. Gu, F. Li, P.W. Chan, H. Xu, X. Deng, and Q. Wan. (2013). An observational study of the hygroscopic properties of aerosols over the Pearl River Delta region. *Atmospheric Environment*, 77: 817-826.
- Ye., M. Stock and A. Wiedensohler. (2005). Diurnal, weekly, and seasonal variation of hygroscopic properties of submicrometer urban aerosol particles. *Atmospheric Environment*, 39: 3911–3922.

- Ye., M. Stock, B. Wehner, Z.J. Wu, M. Hu, E. Brüggemann, T. Gnauk, H. Herrmann and A. Wiedensohler. (2009). Size segregated water uptake of the urban submicrometer aerosol in Beijing. *Atmospheric Environment*, 43: 1578–1589.
- Ye, X., Z. Ma, D. Hu, X. Yang and J. Chen. (2011). Size-resolved hygroscopicity of submicrometer urban aerosols in Shanghai during wintertime. *Atmospheric Research*, 99: 353–364.
- Zhenxing, S., S. Junji and C. Richad. (2009). Ionic composition of TSP and PM<sub>2.5</sub> during dust storms and air pollution episodes at Xi'an China. *Atmospheric Environment*, 43: 2911-2918.