20R3-11

ปริมาณฝุ่นละอองที่บุคคลได้รับจากการเดินทาง และการจราจรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

Potential Dose of Particulate Matters from Commutation and Traffic in Nakhon Ratchasima Municipality

กุลธิดา ตระสินธุ์[1] และ สุดจิต ครุจิต[2*]

Kulthida Trasin[1] and Sudjit Karuchit[2*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาระดับฝุ่นละอองในการเดินทางและการจราจรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา และประมาณปริมาณฝุ่นที่ได้รับ รวมทั้งประเมินความเสี่ยงของประชากรกลุ่มต่างๆ โดยเก็บตัวอย่างความเข้มข้นของฝุ่นรวม (TSP) และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) ในรถประจำทางปรับอากาศ รถประจำทางไม่ปรับอากาศ รถประจำทางขนาดเล็ก และรถยนต์ และเก็บข้อมูลรูปแบบการเดินทางของประชากรโดยใช้แบบสอบถาม จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาปริมาณฝุ่นที่แต่ละบุคคลได้รับในช่วงเวลาการเดินทางโดยใช้แบบจำลองการได้รับปริมาณทางการหายใจ ผลการวิจัยพบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ในรถประจำทางปรับอากาศ รถประจำทางไม่ปรับอากาศ รถประจำทางขนาดเล็ก และรถยนต์ มีค่า 144, 56, 30 และ 89 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ สำหรับฝุ่นรวมมีค่า 306, 188, 51 และ 170 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่ากลุ่มเด็กมีค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นที่ได้รับมากกว่ากลุ่มผู้ใหญ่อย่างมีนัยสำคัญ กลุ่มผู้ใหญ่เพศชายมีค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นที่ได้รับสูงกว่าเพศหญิง กลุ่มพนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศได้รับปริมาณฝุ่นสูงกว่ากลุ่มอาชีพอื่นที่ศึกษา และได้รับปริมาณฝุ่น PM_{10} มากกว่าปริมาณอ้างอิง

คำสำคัญ: ฝุ่นรวม; ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน; ยานพาหนะ; การจราจร; การสัมผัสมลพิษ; ปริมาณมลพิษที่ได้รับ

Abstract

This research involves measurement of particulate matters levels during commutation and traffic in Nakhon Ratchasima Municipality area, and estimates corresponding potential dose and relative risk. Sampling of TSP and PM_{10} were done for the following types of vehicle: air-conditioning bus, regular bus, small bus, and car. Commutation data were collected from the sampled population using questionnaires. Gathered data were used in the calculation of potential

[1]นักศึกษาบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 30000;

[2*]อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 30000;

*โทรศัพท์ : 0-4422-4451 โทรสาร : 0-4422-4220 e-mail : skaruchit@sut.ac.th

dose using the inhalation potential dose model. Results show the concentration of PM_{10} in air-conditioning bus, regular bus, small bus, and car equal 144, 56, 30, and 89 microgram/m^3, respectively. For TSP, the concentrations equal 306, 188, 51, and 170 microgram/m^3, respectively. Comparisons of potential doses among population groups indicate that children has significantly higher average potential dose values than adults. For adults, male has significantly higher average potential dose values than female. The group of air-conditioning bus drivers has the highest average potential dose among occupational group, which is higher than the reference dose.

Keywords : TSP, PM_{10}; Vehicle; Traffic; Exposure to Pollutant; Potential Dose

คำนำ

สถานการณ์คุณภาพอากาศในเมืองใหญ่ๆ ของไทยมีปัญหาสำคัญคือ ฝุ่นรวม (TSP) และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) มีค่าเกินมาตรฐานบ่อยครั้งที่สุดเมื่อเทียบกับมลพิษประเภทอื่น โดยเฉพาะบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นจะมีปัญหารุนแรงกว่าพื้นที่ทั่วไปเนื่องจากอยู่ใกล้แหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญ คือ ยานพาหนะ และมีรายงานการศึกษาปัญหาดังกล่าวในเขตกรุงเทพมหานครที่ยืนยันว่าปริมาณฝุ่นละอองที่เพิ่มขึ้นมีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนอย่างมีนัยสำคัญ [1] อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการศึกษาปัญหามลพิษอากาศในเมืองใหญ่ยังมีข้อจำกัดอยู่ 2 ประการหลัก ประการแรกคือ งานวิจัยโดยทั่วไปทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไป โดยไม่ได้คำนึงถึงการได้รับหรือการสัมผัส (exposure) มลพิษของบุคคล ทำให้ไม่ทราบปริมาณมลพิษแท้จริงที่บุคคลได้รับ เนื่องจากปริมาณดังกล่าวไม่ได้ขึ้นกับระดับความเข้มข้นของฝุ่นเท่านั้น หากยังมีปัจจัยที่สำคัญอื่นๆ เป็นตัวกำหนด โดยเฉพาะเวลาและความถี่ในการสัมผัส และอัตราการหายใจ ซึ่งมีความแตกต่างกันไปตามรูปแบบกิจกรรมหรือลักษณะของประชากรแต่ละกลุ่ม ค่าปริมาณมลพิษที่ได้รับซึ่งคำนวณโดยรวมปัจจัยต่างๆ ดังกล่าวเมื่อคิดต่อน้ำหนักตัวของแต่ละบุคคลแล้วจะเป็นค่าที่สะท้อนความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ดีกว่าการพิจารณาเพียงระดับความเข้มข้นของมลพิษในสิ่งแวดล้อมเพียงปัจจัยเดียว

ข้อจำกัดประการที่สองคือ งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับมลพิษอากาศในสิ่งแวดล้อมที่เชื่อมโยงกับการจราจรโดยตรง คือ ภายในห้องโดยสารของยานพาหนะรูปแบบต่างๆ นั้นยังมีค่อนข้างน้อย ทั้งที่ประชาชนทั่วไปจำเป็นต้องใช้การจราจรเพื่อไปยังสถานศึกษา หรือสถานที่ทำงานเป็นประจำทุกวัน และในกรณีของเมืองใหญ่ที่มีปัญหาการจราจรโดยเฉพาะกรุงเทพมหานครนั้น ประชาชนจำนวนมากต้องใช้เวลาในสิ่งแวดล้อมดังกล่าวหลายชั่วโมง งานวิจัยหลายงานที่พบชี้ว่าระดับหรือการได้รับมลพิษอากาศ ซึ่งรวมถึงฝุ่นละออง ภายในสิ่งแวดล้อมแบบปิด เช่น ภายในห้องโดยสารรถยนต์ มีค่าสูงกว่าสิ่งแวดล้อมแบบเปิด เช่นบริเวณถนนหรือทางเท้า [2, 3, 4, 5] โดยมีสาเหตุมาจากปัจจัยต่างๆ อาทิ การถ่ายเทอากาศ ความเร็วลม การสะสมของมลพิษ การฟุ้งขึ้นมาใหม่ของฝุ่น และแหล่งกำเนิดที่อยู่ภายในสิ่งแวดล้อมนั้นเอง ดังนั้นการได้รับมลพิษจากการเดินทางในสภาพการจราจรที่หนาแน่นของเมืองใหญ่จึงเป็นสถานการณ์ในการได้รับมลพิษ (exposure scenario) หนึ่งที่ควรให้สำคัญและทำการศึกษาให้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

จากความสำคัญของปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงเกิดขึ้นเพื่อศึกษาเกี่ยวกับปริมาณฝุ่นละอองที่บุคคลได้รับจากการเดินทางและการจราจร โดยกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่บุคคลที่ได้รับมลพิษอากาศระหว่างการเดินทางเป็นประจำทุกวัน และกลุ่มบุคคลซึ่งมีอาชีพเกี่ยวข้องกับการจราจร และเลือกพื้นที่ศึกษาในเขตเมืองของจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีตัวเมืองขนาดใหญ่มีประชากรเป็นอันดับที่สองของประเทศไทย และมีประชากรหนาแน่นในเขตเมือง ส่งผลให้การจราจรมีความติดขัดและแออัดในช่วงเวลาเร่งด่วน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดระดับของฝุ่นรวม และฝุ่น PM_{10} ในยานพาหนะ

ประเภทต่างๆ และประมาณค่าการได้รับปริมาณฝุ่นรวมและฝุ่น PM_{10} ของบุคคลกลุ่มต่างๆ จากการเดินทางและการจราจร รวมทั้งทำการประเมินความเสี่ยงจากการได้รับมลพิษของแต่ละกลุ่มโดยใช้วิธีเชิงประยุกต์

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการศึกษานี้แบ่งยานพาหนะที่ศึกษาออกเป็น 4 ประเภท ตามที่มีการใช้งานเป็นจำนวนมากในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ รถประจำทางปรับอากาศ รถประจำทางไม่ปรับอากาศ รถประจำทางขนาดเล็ก ("รถสองแถว") และรถยนต์ส่วนบุคคล โดยประเภทสุดท้ายใช้ห้องคนขับตอนหน้าของรถประจำทางขนาดเล็กเป็นตัวแทน การเลือกรถสำหรับการเก็บข้อมูลใช้เกณฑ์โดยพิจารณาสายรถที่วิ่งในตัวเมืองและมีเส้นทางที่ใกล้เคียงกันเพื่อสามารถเปรียบเทียบผลกันได้ และได้เลือกรถประจำทางปรับอากาศและไม่ปรับอากาศที่วิ่งสายเดียวกัน ประเภทละ 1 คัน ส่วนรถประจำทางขนาดเล็กไม่มีสายเดียวกันกับรถประจำทางจึงเลือกสายที่วิ่งเส้นทางใกล้เคียงที่สุด 1 คัน การเก็บตัวอย่างทำโดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศส่วนบุคคล 2 เครื่อง เพื่อวัดระดับปริมาณฝุ่นรวมและฝุ่น PM_{10} ทำการติดตั้งในห้องโดยสาร และห้องคนขับของยานพาหนะตามที่เลือกไว้ และเก็บตัวอย่างอากาศในวันทำงาน (จันทร์-ศุกร์) ช่วงเวลา 07:00-19:00 น. ซึ่งเป็นช่วงการเดินทางไป-กลับของกลุ่มประชากรที่ศึกษา และเนื่องจากอุปกรณ์เก็บตัวอย่างเป็นแบบใช้อัตราไหลต่ำจึงต้องเก็บตัวอย่างอากาศติดต่อกัน 4 วันทำงานต่อ 1 ตัวอย่าง เพื่อให้ได้น้ำหนักฝุ่นที่มากพอและลดโอกาสความผิดพลาดจากการชั่งน้ำหนัก รวมแล้วเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 5 ตัวอย่างต่อชนิดฝุ่นและต่อประเภทรถ ใช้วิธีการตามวิธีการของ NIOSH [6, 7]

ข้อมูลรูปแบบการเดินทางของประชากรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามซึ่งมีรายละเอียดข้อมูลที่สอบถามได้แก่ อายุ น้ำหนัก ประเภทของยานพาหนะที่ใช้เดินทาง เวลาและความถี่ในการเดินทาง โดยแบ่งกลุ่มที่ศึกษาเป็น กลุ่มประถมศึกษา กลุ่มมัธยมศึกษา กลุ่มอาชีวศึกษา กลุ่มผู้ใหญ่ และกลุ่มบุคคลซึ่งทำงานเกี่ยวข้องกับยานพาหนะและการจราจร ได้แก่ ตำรวจจราจร และพนักงานขับรถประจำทางประเภทต่างๆ โดยในกลุ่มนี้จะสอบถามเวลาทำงานเพื่อประเมินการได้รับฝุ่นในช่วงเวลาทำงาน รวมจำนวนบุคคลที่เก็บข้อมูลทั้งสิ้น 941 คน การเลือกขนาดตัวอย่างใช้เกณฑ์ดังนี้ คือ กลุ่มที่มีจำนวนประชากรที่ศึกษาเป็นหลักร้อย สุ่มขนาดตัวอย่าง 15 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่มีจำนวนประชากรที่ศึกษาเป็นหลักพัน สุ่มขนาดตัวอย่าง 10 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่มีจำนวนประชากรที่ศึกษาเป็นหลักหมื่น สุ่มขนาดตัวอย่าง 1 เปอร์เซ็นต์ [8]

ข้อมูลระดับความเข้มข้นของฝุ่น และข้อมูลลักษณะการเดินทางในยานพาหนะที่ได้ สามารถนำมาคำนวณหาปริมาณฝุ่นที่แต่ละบุคคลได้รับในช่วงเวลาการเดินทางโดยใช้แบบจำลองการได้รับมลพิษทางการหายใจ และประเมินความเสี่ยงจากการได้รับมลพิษ โดยปริมาณฝุ่นละอองที่แต่ละบุคคลได้รับ (Potential Dose) ในหน่วยไมโครกรัมต่อกิโลกรัม-วัน คำนวณจากสมการที่ (1) [9]

$$\sum_{i=1}^{n} (C_i \times t_i \times IR) \times BW^{-1} \qquad (1)$$

โดยที่ I = สิ่งแวดล้อม ซึ่งหมายถึงยานพาหนะที่ใช้

c_i = ความเข้มข้นฝุ่นละอองในอากาศในสิ่งแวดล้อม i , ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

t_i = เวลาที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม i ต่อวัน, ชั่วโมงต่อวัน

IR = อัตราการหายใจ, ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

BW = น้ำหนักตัวของบุคคล, กิโลกรัม

จากสมการจะเห็นว่าปริมาณฝุ่นที่ได้รับคำนวณได้จากการนำผลคูณระหว่างความเข้มข้น เวลา และอัตราการหายใจในสิ่งแวดล้อมต่างๆ มารวมกันแล้วหารด้วยน้ำหนักตัว ทั้งนี้ อัตราการหายใจของบุคคลอายุและเพศต่างๆ ใช้ค่าที่ได้จาก U.S. EPA [10] ในส่วนของการประเมินความเสี่ยงนั้น เนื่องจากในปัจจุบันยังไม่มีค่าปริมาณอ้างอิง (Reference Dose, RfD) สำหรับฝุ่นละออง วิธีการประเมินความเสี่ยงจากการได้รับปริมาณฝุ่นจึงเป็นวิธีประยุกต์ขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษานี้ โดยอิงตามวิธีของ U.S. EPA [11] และทำโดยเปรียบเทียบปริมาณที่ตัวอย่างได้รับกับปริมาณอ้างอิงสำหรับตัวอย่างแต่ละกลุ่มซึ่งคิดจากปริมาณฝุ่นที่บุคคลจะได้รับในกรณีที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมแบบบรรยากาศทั่วไป นั่นคือ คำนวณปริมาณอ้างอิงของฝุ่นที่บุคคลได้รับโดยใช้สมการที่ (1) แต่เปลี่ยนค่าความเข้มข้นของฝุ่นเป็นค่าความเข้มข้นตามมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป (330 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับฝุ่นรวม และฝุ่น PM_{10} ตามลำดับ) และใช้เวลาเฉลี่ยในการเดินทางของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มที่ได้จากแบบสอบถามเป็นเวลาที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม ส่วนอัตราการหายใจและน้ำหนักตัวอ้างอิงตาม U.S. EPA [10] และกระทรวงสาธารณสุข [12] ตามลำดับ จากนั้นหาค่าสัดส่วนของปริมาณฝุ่นที่ได้รับกับปริมาณอ้างอิง หรือค่า Hazard Quotient (HQ) ซึ่งหากพบว่าค่า HQ ของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเกิน 1 จะมีความหมายว่ากลุ่มตัวอย่างนั้นได้รับปริมาณฝุ่นมากกว่าระดับที่ยอมรับได้

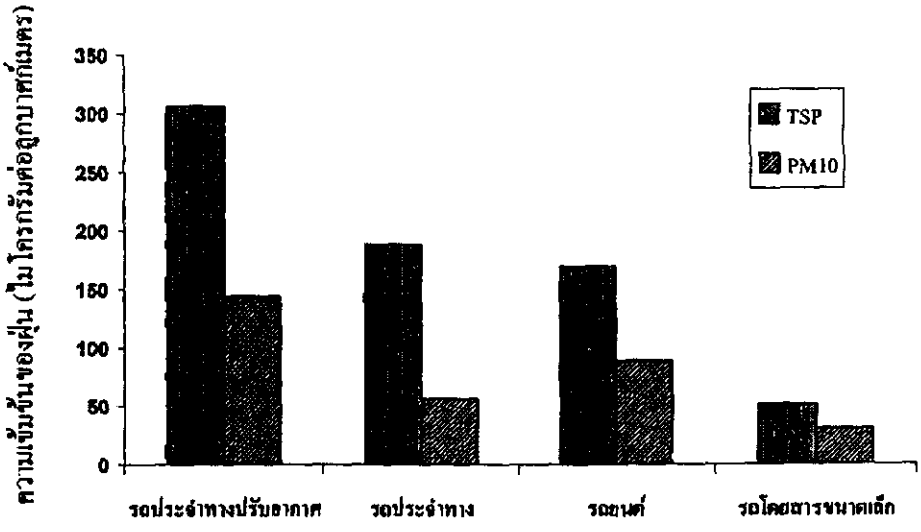
ผลการทดลองและวิจารณ์

ความเข้มข้นของฝุ่นรวม และฝุ่น PM_{10}

ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นในยานพาหนะที่ศึกษาแสดงดังรูปที่ 1 ผลจากการตรวจวัดในรถประจำทาง พบว่ารถประจำทางปรับอากาศมีระดับของฝุ่น PM_{10} อยู่ในช่วง 56-229 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และรถประจำทางไม่ปรับอากาศ มีระดับของ PM_{10} อยู่ในช่วง 23-99 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และพบว่าระดับ PM_{10} ในรถประจำทางปรับอากาศมีค่ามากกว่าระดับในรถประจำทางไม่ปรับอากาศที่เก็บตัวอย่างในช่วงเวลาพร้อมกัน ทั้ง 5 ตัวอย่าง โดยค่าเฉลี่ยในรถประจำทางปรับอากาศ และไม่ปรับอากาศมีค่า 144 และ 56 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งจากการทดสอบความแตกต่างเชิงสถิติด้วยวิธี Paired Sample t-test พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของรถโดยสารขนาดเล็ก ที่นั่งตอนหน้าของรถโดยสารขนาดเล็กซึ่งเป็นตัวแทนของรถยนต์ส่วนบุคคล มีค่า PM_{10} อยู่ในช่วง 45-142 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และที่นั่งตอนหลังของรถโดยสารขนาดเล็ก มีค่า PM_{10} อยู่ในช่วง 3-52 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และพบว่า 4 ใน 5 ตัวอย่างอากาศที่ตรวจวัดในช่วงเวลาพร้อมกัน มีระดับ PM_{10} ในที่นั่งตอนหน้ารถโดยสารขนาดเล็กมากกว่าในที่นั่งตอนหลัง โดยค่าเฉลี่ยในที่นั่งตอนหน้า และตอนหลังของรถโดยสารขนาดเล็กมีค่า 89 และ 30 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับฝุ่นรวม พบว่าในรถประจำทางปรับอากาศมีความเข้มข้นของฝุ่นรวมอยู่ในช่วง 143-469 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และรถประจำทางไม่ปรับอากาศมีความเข้มข้นของฝุ่นรวม อยู่ในช่วง 97-334 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และพบว่า 4 ใน 5 ตัวอย่างอากาศที่ตรวจวัด มีระดับฝุ่นรวมในรถประจำทางปรับอากาศ มากกว่าในรถไม่ปรับอากาศ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 306 และ 188 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ในส่วนของรถโดยสารขนาดเล็ก พบว่าที่นั่งตอนหน้าและที่นั่งตอนหลังมีความเข้มข้นของฝุ่นรวมอยู่ในช่วง 98-334 และ 38-82 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และทั้ง 5 ตัวอย่างอากาศที่ตรวจวัด พบว่ามีระดับฝุ่นรวมในที่นั่งตอนหน้ามากกว่าในที่นั่งตอนหลัง โดยค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่นรวมในที่นั่งตอนหน้าและที่นั่งตอนหลังมีค่า 170 และ 51 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การทดสอบความแตกต่างเชิงสถิติทั้งสองกรณีของฝุ่นรวมไม่สามารถสรุปได้ว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 95 เปอร์เซ็นต์

จากข้อมูลความเข้มข้นของฝุ่นทั้ง 2 ชนิด ในยานพาหนะทั้ง 4 ประเภท นำมาหาสัดส่วนระหว่าง PM_{10} ต่อฝุ่นรวม ได้ค่าสัดส่วนสำหรับรถประจำทางปรับอากาศ รถประจำทางไม่ปรับอากาศ รถโดยสารขนาดเล็ก และรถยนต์ เท่ากับ 0.47 0.30, 0.52 และ 0.60 ตามลำดับ เป็นที่น่าสังเกตว่าปริมาณฝุ่นละอองในรถประจำทางขนาดเล็กมีค่าค่อนข้างน้อยแต่มีสัดส่วน PM_{10} ต่อฝุ่นรวมที่สูง เมื่อเทียบกับกรณีอื่น



รูปที่ 1 ความเข้มข้นเฉลี่ยฝุ่นรวม และฝุ่น PM_{10} ในยานพาหนะที่ศึกษา

ข้อมูลเดินทางและการใช้ยานพาหนะของประชาชนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามเกี่ยวกับการเดินทางและการใช้ยานพาหนะของประชาชนกลุ่มต่างๆ เมื่อนำมาพิจารณายานพาหนะที่กลุ่มตัวอย่างใช้ในการเดินทาง โดยผู้ตอบสามารถเลือกได้มากกว่า 1 ประเภท และนำความถี่ที่ถูกเลือกของยานพาหนะแต่ละประเภทมาคิดสัดส่วน พบว่าสำหรับกลุ่มประชาชนทั่วไปนั้น นักเรียนระดับประถมศึกษามีรูปแบบการเดินทางส่วนใหญ่ 2 วิธี คือเดินหรือใช้รถจักรยานยนต์ มีสัดส่วนคิดเป็น 43 เปอร์เซ็นต์ และรถยนต์ส่วนบุคคลคิดเป็น 41 เปอร์เซ็นต์ ส่วนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาและระดับอาชีวศึกษาใช้วิธีการเดินทางส่วนใหญ่ด้วยรถโดยสารขนาดเล็กและการเดินหรือใช้รถจักรยานยนต์ มีสัดส่วนของสองวิธีรวมกันคิดเป็น 60 และ 66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนกลุ่มผู้ใหญ่สัดส่วนคำตอบ 37 เปอร์เซ็นต์ ตอบว่าใช้วิธีเดินหรือใช้รถจักรยานยนต์ และรองลงมาเป็นรถยนต์ส่วนบุคคลและรถโดยสารขนาดเล็กเท่าๆ กัน คือ 22 เปอร์เซ็นต์ สังเกตได้ว่าวิธีการเดินทางที่มีสัดส่วนในการใช้มากในทุกกลุ่มคือการเดินหรือใช้จักรยานยนต์ และที่ใช้น้อยคือรถประจำทาง ซึ่งอาจเป็นเพราะมีผู้ที่มีจักรยานยนต์จำนวนมากและรถประจำทางมีให้บริการค่อนข้างน้อยและเส้นทางไม่ทั่วถึง

การเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นที่ได้รับและประเมินความเสี่ยง

การเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองที่กลุ่มบุคคลได้รับและประเมินความเสี่ยง แบ่งกลุ่มบุคคลที่ทำการศึกษาเป็น 10 กลุ่ม ได้แก่ (1) กลุ่มประถมศึกษา (อายุ 9-11 ปี) เพศหญิง (2) กลุ่มประถมศึกษา (อายุ 9-11 ปี) เพศชาย (3) กลุ่มมัธยมศึกษา (อายุ 12-18 ปี) เพศหญิง (4) กลุ่มมัธยมศึกษา (อายุ 12-18 ปี) เพศชาย (5) กลุ่มผู้ใหญ่ (อายุ 19 ปีขึ้นไป) เพศหญิง

(6) กลุ่มผู้ใหญ่ (อายุ 19 ปีขึ้นไป) เพศชาย (7) กลุ่มพนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็ก (8) กลุ่มพนักงานขับรถประจำทางไม่ปรับอากาศ (9) กลุ่มพนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศ และ (10) กลุ่มตำรวจจราจร ผลการคำนวณค่าปริมาณฝุ่นที่ได้รับ ค่าปริมาณอ้างอิง และค่า HQ ของแต่ละกลุ่มสรุปในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณฝุ่นที่ได้รับ ปริมาณอ้างอิง และค่า HQ ของกลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มตัวอย่าง	ฝุ่นรวม			ฝุ่น PM_{10}		
	ปริมาณที่ได้รับ (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมวัน)	ปริมาณอ้างอิง (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมวัน)	HQ	ปริมาณที่ได้รับ (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมวัน)	ปริมาณอ้างอิง (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมวัน)	HQ
ประถมหญิง	1.41	4.24	0.33	0.68	1.54	0.44
ประถมชาย	1.37	3.75	0.37	0.66	1.36	0.49
มัธยมหญิง	1.20	3.39	0.35	0.59	1.23	0.48
มัธยมชาย	1.59	3.84	0.41	0.75	1.40	0.54
ผู้ใหญ่หญิง	0.85	2.17	0.39	0.45	0.79	0.56
ผู้ใหญ่ชาย	1.23	2.90	0.43	0.62	1.05	0.59
รถสองแถว	6.94	41.28	0.16	4.15	15.01	0.28
รถประจำทาง	17.30	37.09	0.47	5.78	13.49	0.43
รถปรับอากาศ	39.70	42.17	0.94	18.68	15.34	1.22
ตำรวจจราจร	5.01	27.01	0.19	4.84	9.82	0.49

ผลการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองที่บุคคลได้รับแบ่งตามกลุ่มอายุโดยใช้สถิติทดสอบแบบ t ด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple Comparison) ด้วยวิธี Least-Significant Difference (LSD) [13] และใช้ตัวอย่าง 3 กลุ่มที่นำมาพิจารณาได้แก่ กลุ่มประถมศึกษา กลุ่มมัธยมศึกษา และกลุ่มผู้ใหญ่ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นรวมที่ได้รับเท่ากับ 1.39, 1.43 และ 0.99 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมวัน ตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่น PM_{10} ที่ได้รับเท่ากับ 0.67, 0.68 และ 0.51 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมวัน ตามลำดับ พบว่าในกรณีระหว่างกลุ่มประถมศึกษาและมัธยมศึกษาปริมาณฝุ่นที่ได้รับทั้งสองประเภทไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่กรณีระหว่างกลุ่มผู้ใหญ่กับกลุ่มประถมศึกษา และระหว่างกลุ่มผู้ใหญ่กับกลุ่มมัธยมศึกษา พบว่ามีค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นที่ได้รับทั้งสองประเภทแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสาเหตุหนึ่งมาจากน้ำหนักเฉลี่ยของกลุ่มผู้ใหญ่มีมากกว่า ดังนั้นแม้จะมีรูปแบบการได้รับมลพิษเหมือนกันแต่ปริมาณที่ได้รับต่อน้ำหนักตัวก็จะมีค่าน้อยกว่า ทั้งนี้การคิดปริมาณมลพิษที่ได้รับต่อน้ำหนักตัวจึงมีความเหมาะสมกับการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพโดยเฉพาะกลุ่มที่อายุน้อยๆ

ส่วนการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองที่บุคคลได้รับแบ่งตามเพศ โดยเปรียบเทียบในช่วงอายุเดียวกัน ทั้งหมด 4 ช่วงอายุ คือ ประถมศึกษา มัธยมศึกษา อาชีวศึกษา และผู้ใหญ่ ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสองประชากร ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ สำหรับฝุ่นรวม และฝุ่น PM_{10} ให้ผลการทดสอบเหมือนกันคือ ไม่พบความแตกต่างของปริมาณฝุ่นระหว่างเพศหญิงกับเพศชายในระดับประถมศึกษา หรือระดับมัธยมศึกษา ส่วนระดับอาชีวศึกษา และผู้ใหญ่ พบว่ามี

ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของปริมาณฝุ่นทั้งสองประเภทระหว่างเพศหญิงและเพศชาย โดยค่าเฉลี่ยของเพศชายมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของเพศหญิง ซึ่งสันนิษฐานว่าเป็นเพราะปัจจัยด้านพฤติกรรมการเดินทาง และอัตราการหายใจของเพศหญิงที่มีค่าน้อยกว่าเพศชายในช่วงอายุของกลุ่มนี้ แต่ในช่วงอายุอื่นๆ อัตราการหายใจของทั้งสองเพศมีค่าใกล้เคียงกัน

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองที่บุคคลได้รับแบ่งตามกลุ่มอาชีพโดยใช้การเปรียบเทียบเชิงซ้อนและใช้ตัวอย่าง 4 กลุ่มที่นำมาพิจารณาได้แก่ พนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็ก พนักงานขับรถประจำทางไม่ปรับอากาศ พนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศ และตำรวจจราจร พบว่าฝุ่นรวมของทุกๆ กลุ่มอาชีพมีค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นรวมต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และสำหรับฝุ่น PM_{10} ให้ผลการวิเคราะห์ใกล้เคียงกัน

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นรวม และฝุ่น PM_{10} ที่ได้รับกับค่าปริมาณอ้างอิง โดยใช้สถิติทดสอบแบบ t และทดสอบค่าเฉลี่ยประชากรแบบด้านเดียวโดยมีสมมุติฐานแย้งคือค่าเฉลี่ยประชากรมากกว่าค่าปริมาณอ้างอิง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเกือบทุกกรณีสรุปว่าค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นที่ได้รับไม่เกินค่าปริมาณอ้างอิง และค่าเฉลี่ยน้อยกว่าค่าอ้างอิงพอสมควร ยกเว้นเพียงกรณีเดียวที่สรุปว่ากลุ่มพนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศได้รับปริมาณฝุ่น PM_{10} มากกว่าปริมาณอ้างอิง ซึ่งเป็นไปตามที่คาดหมายเนื่องจากระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นทั้ง 2 ประเภทมีค่าสูงที่สุดในรถประเภทดังกล่าว และพนักงานใช้เวลาอยู่บนรถเฉลี่ยนานประมาณ 14 ชม.ต่อวันในวันทำงาน ส่วนเมื่อพิจารณาสัดส่วนของค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นที่ได้รับกับค่าปริมาณอ้างอิง หรือค่า HQ พบว่ากลุ่มพนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศมีค่า HQ ของฝุ่นรวม และฝุ่น PM_{10} สูงที่สุด คือ 0.94 และ 1.22 ตามลำดับ โดยค่าหลังแสดงถึงความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกินระดับที่ยอมรับได้ ทั้งนี้มีสาเหตุจากระยะเวลาที่ใช้เดินทางและความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่มีค่าสูงดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น ส่วนกลุ่มที่มีค่า HQ ค่อนข้างต่ำ คือกลุ่มพนักงานขับรถโดยสารขนาดเล็ก เนื่องจากแม้ระยะเวลาที่ใช้บนยานพาหนะมีค่ามาก แต่ความเข้มข้นที่ได้รับมีค่าต่ำ ข้อสังเกตอีกประการคือ กลุ่มตัวอย่าง 9 ใน 10 กลุ่ม มีค่า HQ ของฝุ่น PM_{10} มากกว่าค่า HQ ของฝุ่นรวม หมายความว่าเมื่อเปรียบเทียบระดับความเสี่ยงระหว่างฝุ่นทั้งสองประเภทแล้ว ความเสี่ยงจากฝุ่น PM_{10} มีมากกว่า

สรุป

ผลการเก็บข้อมูลมลพิษบนยานพาหนะได้ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ในรถประจำทางปรับอากาศ รถประจำทางไม่ปรับอากาศ รถประจำทางขนาดเล็ก และรถยนต์ มีค่า 144, 56, 30 และ 89 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และสำหรับฝุ่นรวมมีค่า 306, 188, 51 และ 170 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ส่วนข้อมูลรูปแบบการเดินทางและการใช้ยานพาหนะ พบว่าวิธีการเดินทางที่ใช้มากคือการเดินหรือใช้จักรยานยนต์ วิธีที่ใช้น้อยคือรถประจำทาง และวิธีอื่นๆ มีความแตกต่างกันในแต่ละกลุ่ม ผลการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองที่กลุ่มบุคคลได้รับและประเมินความเสี่ยง พบว่ากลุ่มเด็กมีค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นที่ได้รับมากกว่ากลุ่มผู้ใหญ่อย่างมีนัยสำคัญ หากเปรียบเทียบในช่วงอายุเดียวกัน กลุ่มผู้ใหญ่เพศชายมีค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นที่ได้รับสูงกว่าเพศหญิง และเมื่อพิจารณาระหว่างกลุ่มอาชีพ กลุ่มพนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศได้รับปริมาณฝุ่นสูงกว่ากลุ่มอื่น และได้รับปริมาณฝุ่น PM_{10} มากกว่าปริมาณอ้างอิง นอกจากนี้กลุ่มดังกล่าวยังมีค่า HQ ของฝุ่นรวม และฝุ่น PM_{10} สูงที่สุด คือ 0.94 และ 1.22 ตามลำดับ และเกือบทุกกลุ่มมีค่า HQ ของฝุ่น PM_{10} มากกว่าค่า HQ ของฝุ่นรวม ซึ่งชี้ถึงระดับความเสี่ยงจากฝุ่นประเภทแรกมีมากกว่า

ผลจากการศึกษานี้ทำให้ทราบถึงระดับฝุ่นในยานพาหนะและสถานการณ์การได้รับมลพิษอากาศจากการเดินทางและการจราจรของกลุ่มประชากรต่างๆ ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้งานหรือศึกษาวิจัยต่อยอดเพื่อประโยชน์ในการวางแผนการเฝ้าระวัง ป้องกัน หรือแก้ไขปัญหามลพิษอากาศในเมืองใหญ่ของประเทศไทยต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจาก กองทุนสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

[1] Lauraine G. Chestnut, Nuntavarn Vichit-Vadakan, Bart D. Ostro et al. 1998. **Health Effects of Particulate Matter Air Pollution in Bangkok.** Pollution Control Department.

[2] Rank, J., and Homann J.P. 2001. **Difference in Cyclist and Car Drivers Exposure to Air Pollution from Traffic in The City of Copenhagen.** Science of the Total Environmental, Vol. 279, No. 1-3, pp. 131-136.

[3] Kingham, S., Meaton, J., Sheard, A., and Lawrenson, O. 1998. **Assessment of Exposure to Traffic-related Fumes During the Jourey to Work.** Transportation Research, Part D: Transport and Environment, Vol. 3, No. 4, pp. 271-274.

[4] Ziskind, R.a., Rogozen, M.B., Carlin, T., and Drago, R. 1981. **Carbon Monoxide Intrusion into Sustained-used Vehicles.** Environmental International, Vol. 5, No.2, pp. 109-123.

[5] Ashmore, M.R., Batty, K., Machin,F., Gulliver, J., et al. 2000. **Effect to Traffic Management and Transport Mode on The Exposure of School Children to Carbon Monoxide.** Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 65, No. 1-2, pp.49-57.

[6] National Institute for Occupational Safety and Health. 2002. **Manual of Analytical methods.** Available: http://cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/0500.pdf.

[7] National Institute for Occupational Safety and Health. 2002. **Manual of Analytical methods.** Available: http://cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/0600.pdf.

[8] วิษณุ ธรรมลิขิตกุล. 2540. **กระบวนการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์การแพทย์.** พิมพ์ครั้งที่ 1: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

[9] U.S. Environmental Protection Agency. 1993. **Research Solicitation: Human Exposure Assessment.** Office of Research and Development.

[10] U.S. Environmental Protection Agency. 1997. **Exposure Factor Handbook.** Office and Research and Development.

[11] U.S. Environmental Protection Agency. 1999. **Guidance for Performing Aggregate Exposure and Risk Assessment.** Office and Pesticide Program.

[12] กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2542. **เกณฑ์อ้างอิง น้ำหนัก ส่วนสูง และเครื่องชี้วัดภาวะโภชนาการของประชาชนไทย อายุ 1 วัน ถึง 19 ปี.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

[13] กัลยา วานิชบัญชา. 2543. **การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ ซี เค แอนด์ เอส โฟโต้สตูดิโอ.