ความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นถนน จากโรงงานแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์และชุมชนใกล้เคียงในประเทศไทย

Concentrations of Heavy Metals in Road Dust From an E-Waste Dismantling Facility and Adjacent Communities in Thailand

จริยา ขวัญทอง (Jariya Khwanthong)* ดร.ดุษฎี หมื่นห่อ (Dr.Dudsadee Muenhor)** ดร.วงศ์พันธ์ ลิปเสนีย์ (Dr.Wongpun Limpaseni)*** ดร.เพ็ญศรี วัจฉละญาณ (Dr.Pensri Watchalayan)****

บทคัดย่อ

กระบวนการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ เป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัย และสิ่งแวดล้อม ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนัก (ตะกั่ว โครเมียม แคดเมียม และปรอท) ในฝุ่นถนน โดยทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นถนนบริเวณรอบโรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ วิเคราะห์โดยใช้ ICP-MS และ ICP-OES ผลการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของตะกั่ว โครเมียม และปรอทมีค่าเท่ากับ 16.13-70.95, 17.09-35.74 และ 0.015-0.348 mg/kg โดยพบค่าสูงสุดที่ ถนนบริเวณหน้าโรงงาน (Street-EW), ถนนบริเวณหน้าโรงงาน (Street-EW) และถนนหน้าบ้านทิศที่ไม่มีลมพัดผ่าน (Street-H2) ตามลำดับ ส่วนแคดเมียมไม่ตรวจพบในทุกตัวอย่างของการศึกษาครั้งนี้ สำหรับผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว พบว่าปริมาณของตะกั่ว และปรอทที่เก็บจากถนนหน้าโรงงาน (Street-EW) มีความแตกต่างจากพื้นที่บริเวณอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนโครเมียมในแต่ละบริเวณไม่มีความแตกแต่งกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า โรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์อาจเป็นแหล่งกำเนิดของโลหะหนักที่สำคัญโดยเฉพาะตะกั่วและปรอท

ABSTRACT

The electronic-waste dismantling processes pose a threat to environment and human health. This study investigates levels of lead (Pb), chromium (Cr), cadmium (Cd) and mercury (Hg) in road dust samples collected from the e-waste dismantling facility and facility-adjacent communities. The communities were located in 2 specific areas: 1. communities with no prevailing winds and 2. communities predominantly downwind of a facility. Communities sampled ranged over a distance of 300 meters. All samples were collected using 1600 W vacuum cleaners and 25 µm pore size nylon socks. Concentrations of heavy metal in the dust samples were analyzed by ICP-MS and ICP-OES. Levels of lead, chromium and mercury in road dust were 16.13-70.95, 17.09-35.74 and 0.015-0.348 mg/kg with the highest levels detected in the street area near the e-waste dismantling facility, the street area near the e-waste dismantling facility and the street area near the house with no prevailing winds, respectively. Cadmium was not found in all collected samples. A one-way analysis of variance (ANOVA) revealed significant differences in lead and mercury concentrations among the four different study areas ($p<0.05$), but there were no significant differences in chromium levels among the areas ($p<0.05$). The result indicates that an e-waste dismantling facility may be a crucial source of heavy metals, especially lead and mercury.

คำสำคัญ: โรงงานแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ ชุมชนใกล้เคียง ฝุ่นถนน

Key Words: E-waste dismantling facility, Adjacent communities, Roads dust

** นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*

*** อาจารย์ สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*

**** รองศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

***** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*

บทนำ

ปัจจุบันการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นกิจกรรมหนึ่งที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วทั่วโลก ซึ่งการบริโภคสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนี้ทำให้เกิดขยะอิเล็กทรอนิกส์ (e-waste) อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จะประกอบไปด้วยสารเคมีที่แตกต่างกันหลายชนิดโดยส่วนมากเป็นโลหะหนัก เช่น ตะกั่วที่ใช้ในบัดกรีบนแผงวงจรและที่ใช้เป็นส่วนประกอบในจอคอมพิวเตอร์ และจอโทรทัศน์ ปรอทในหลอดฟลูออเรสเซนต์ แคดเมียมในแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือ โครเมียมในฝาครอบโทรศัพท์มือถือ โดยร้อยละ 40 ของโลหะหนักที่พบในเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นสารตะกั่ว ดังนั้นเมื่อเลิกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ แล้วจะต้องมีการควบคุมและกำจัดอย่างถูกต้อง ไม่นำไปทิ้งรวมกับขยะมูลฝอยทั่วไป และไม่นำไปฝังกลบหรือเผาทำลาย เนื่องจากอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารพิษเหล่านี้ในสิ่งแวดล้อม และยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ตามมา

ในปี พ.ศ. 2550 ประเทศไทยมีปริมาณของซากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มากถึง 308, 845 ตัน (Pollution Control Department (PCD), 2008) เนื่องจากการขาดการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เหมาะสมในประเทศ ทำให้คนงานในโรงงานแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์และประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงมีโอกาสได้สัมผัสโลหะหนักผ่านทางฝุ่นที่มีการปนเปื้อน จากการศึกษาการรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศจีนและอินเดียพบว่า ทุกขั้นตอนของกระบวนการรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์มีการปล่อยโลหะหนักที่เป็นพิษเป็นจำนวนมากออกสู่สิ่งแวดล้อมในสถานประกอบการและสิ่งแวดล้อมใกล้เคียง (Brigden et al., 2005) ซึ่งกระบวนการต่างๆ ในการรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์นั้น การคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมเป็นปริมาณมากกว่ากระบวนการอื่นๆ

โลหะหนัก เป็นสารที่มีความคงตัว ไม่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ แต่สามารถสะสมในสิ่งมีชีวิต จึงมีโลหะหนักบางชนิดตกค้างอยู่ในสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่น พืช สัตว์ ดิน ดินตะกอน น้ำ อากาศ และฝุ่น (Foroughi et al., 2011; Miretzky et al., 2004) เมื่อมนุษย์ได้รับโลหะหนักจากสถานที่ทำงาน หรือที่พักอาศัยเข้าไปในร่างกาย จะก่อให้เกิดอาการเป็นพิษเฉียบพลันจนถึงขั้นเสียชีวิตทันที หรือเกิดพิษเรื้อรัง เช่น ตะกั่วจะเข้าไปสะสมในกระดูก ในระบบไหลเวียนโลหิต สะสมในกล้ามเนื้อ โครเมียมจะทำลายระบบทางเดินอาหาร กระเพาะอักเสบ เป็นแผลที่ลำไส้เล็ก และส่งผลให้ลำไส้ใหญ่อักเสบ แคดเมียมจะเข้าสู่ระบบไหลเวียนโลหิตแล้วไปทำลายตับและไต และยังส่งผลเสียต่อโครงสร้างกระดูก และปรอทจะเข้าไปทำลายระบบประสาทส่วนกลาง และทำลายระบบทางเดินอาหาร อีกทั้งยังมีผลต่อทารกในครรภ์ (วิทยา, 2542) ซึ่งโดยทั่วไปมนุษย์สามารถได้รับสัมผัสโลหะหนักที่ปนเปื้อนอยู่ในฝุ่นทางการกิน การหายใจ และการสัมผัสทางผิวหนัง (Leung et al., 2008)

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว โครเมียม แคดเมียม และปรอท ในฝุ่นถนน จากโรงงานแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์และฝุ่นถนนจากชุมชนใกล้เคียงในประเทศไทย

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาปริมาณ การปนเปื้อนของตะกั่ว โครเมียม แคดเมียม และปรอท ในฝุ่นถนน จากบริเวณหน้าโรงงานแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ และฝุ่นถนนบริเวณใกล้เคียง

วิธีการวิจัย

สถานที่เก็บตัวอย่างและจุดเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างฝุ่นถนน จากบริเวณหน้าโรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่งในจังหวัดพัทลุง และฝุ่นถนนบริเวณชุมชนใกล้เคียงที่อยู่ในระยะ 300 เมตรทิศเหนือลม ทิศใต้ลม และทิศที่ไม่มีลมพัดผ่านจากโรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างและจำนวนตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กลุ่มตัวอย่าง และจำนวนตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง	รายละเอียด
Street-EW (n=5)	ฝุ่นถนนหน้าโรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์
Street-H1 (n=5)	ฝุ่นถนนหน้าบ้านใกล้เคียงทางทิศใต้ลม
Street-TP (n=5)	ฝุ่นถนนหน้าวัดใกล้เคียงทางทิศใต้ลม
Street-H2 (n=5)	ฝุ่นถนนหน้าบ้านใกล้เคียงทางทิศที่ไม่มีลมพัดผ่าน

วิธีการเก็บตัวอย่างฝุ่นถนน

การเก็บตัวอย่างฝุ่นถนนจะดูดฝุ่นบนพื้นที่ขนาด 4 ตารางเมตร นาน 4 นาที โดยดูดฝุ่นจากกลางถนนมายังขอบถนน

การเก็บตัวอย่างฝุ่นต้องต่อถุงเก็บตัวอย่างไนลอนเข้ากับปลายท่อของเครื่องดูดฝุ่น หลังจากนั้นดูดฝุ่นบนพื้นที่ต้องการ ตามเวลาที่กำหนด หลังจากนั้นถอดถุงเก็บตัวอย่างไนลอนออกจากปลายท่อของเครื่องดูดฝุ่น มัดปากถุงเก็บตัวอย่างด้วยลวดเกลียว แล้วเก็บในถุงซิปล็อค พร้อมระบุรายละเอียดให้ชัดเจน หลังจากนั้นนำตัวอย่างฝุ่นที่ได้ไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 500 ไมครอนเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกอื่นๆ ออก และถ่ายเทตัวอย่างฝุ่นที่ได้ลงในขวดแก้วพร้อมฝาปิดแล้วเก็บตัวอย่างฝุ่นไว้ที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป

วิธีการเตรียม และวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่น

ชั่งตัวอย่างฝุ่นที่ได้ประมาณ 0.25-0.30 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง หลังจากนั้นเติมกรดไนตริก (HNO_3) เข้มข้นปริมาตร 2 มิลลิลิตร แล้วนำไปแช่ใน Water bath ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซียลเซส เป็นเวลา 1.30 ชั่วโมง เติมกรดไฮเปอร์คลอริก ($HClO_4$) เข้มข้นปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และนำไปแช่ใน Water bath ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซียลเซส เป็นเวลา 30 นาทีอีกครั้ง และทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำสารละลายที่ได้กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตรหลังจากนั้นปรับปริมาตรสารละลายที่ได้ให้ได้ 10 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น (Deionized water) วิเคราะห์หาตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมด้วยเครื่อง ICP-OES 4300DV และวิเคราะห์หาปรอทด้วยเครื่อง ICP-MS 7500

การวิเคราะห์ทางสถิติ

หาค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ ANOVA (Duncan's Multiple Range) ด้วยโปรแกรม SPSS เวอร์ชั่น 17

ผลการวิจัย และอภิปรายผล

การประเมินความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นถนน

ผลการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของตะกั่ว โครเมียม และปรอทมีค่าเท่ากับ 16.13-70.95, 17.09-35.74 และ 0.015-0.348 mg/kg โดยพบค่าสูงสุดที่ถนนบริเวณหน้าโรงงาน (Street-EW), ถนนบริเวณหน้าโรงงาน (Street-EW) และถนนหน้าบ้านทิศที่ไม่มีลมพัดผ่าน (Street-H2) ตามลำดับ ส่วนแคดเมียมไม่ตรวจพบในทุกตัวอย่างของการศึกษาครั้งนี้ (ตารางที่ 1) จากการทดสอบทางสถิติ (Duncan's Multiple Range) พบว่าปริมาณของตะกั่ว และปรอทที่เก็บจากถนนหน้าโรงงาน (Street-EW) มีความแตกต่างจากพื้นที่บริเวณอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนโครเมียมในแต่ละบริเวณไม่มีความแตกแต่งกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

พบว่า ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งความเข้มข้นของตะกั่ว และปรอทในฝุ่นถนนบริเวณหน้าโรงงาน (Street-EW) จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากพื้นที่บริเวณอื่น

ความเข้มข้นของตะกั่ว พบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของตะกั่วจากฝุ่นถนนหน้าโรงงาน (Street-EW) มีค่าสูงสุด เท่ากับ 41.60±17.84 mg/kg ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากฝุ่นถนนบริเวณหน้าบ้านทิศใต้ลม (Street-H1) หน้าวัดทิศใต้ลม (Street-TP) และ หน้าบ้านทิศที่ไม่มีลมพัดผ่าน (Street-H2) ซึ่งมีความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วเท่ากับ 20.87±1.59, 20.75±3.84 และ 22.20±2.58 mg/kg ตามลำดับ (ภาพที่ 1)

ความเข้มข้นของโครเมียม พบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของโครเมียมจากฝุ่นถนนหน้าโรงงาน (Street-EW) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.61±6.94 mg/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) จากฝุ่นถนนบริเวณหน้าบ้านทิศใต้ลม (Street-H1) หน้าวัดทิศใต้ลม (Street-TP) และ หน้าบ้านทิศที่ไม่มีลมพัดผ่าน (Street-H2) ซึ่งมีความเข้มข้นเฉลี่ยของโครเมียมเท่ากับ 29.27±6.27, 29.11±3.27 และ 30.80±2.91 mg/kg ตามลำดับ (ภาพที่ 2)

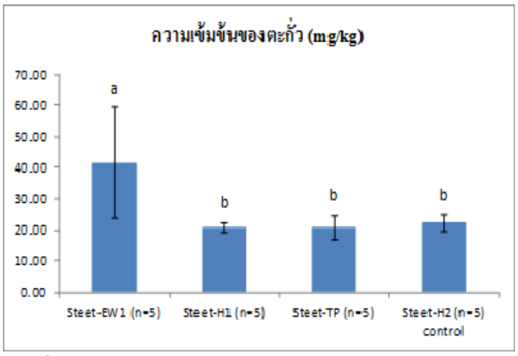
ความเข้มข้นของปรอท พบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปรอทจากฝุ่นถนนหน้าโรงงาน (Street-EW) มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 0.13±0.12 mg/kg ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากฝุ่นถนนบริเวณหน้าบ้านทิศใต้ลม (Street-H1) หน้าวัดทิศใต้ลม (Street-TP) และ หน้าบ้านทิศที่ไม่มีลมพัดผ่าน (Street-H2) ซึ่งมีความเข้มข้นเฉลี่ยของปรอทเท่ากับ 0.053±0.02, 0.037±0.02 และ 0.029±0.02 mg/kg ตามลำดับ (ภาพที่ 3)

ส่วนแคดเมียมไม่พบในตัวอย่างฝุ่นถนน ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณของแคดเมียมที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าค่า Detection Limit ของเครื่องตรวจวัดใช้แทนสัญลักษณ์ ND

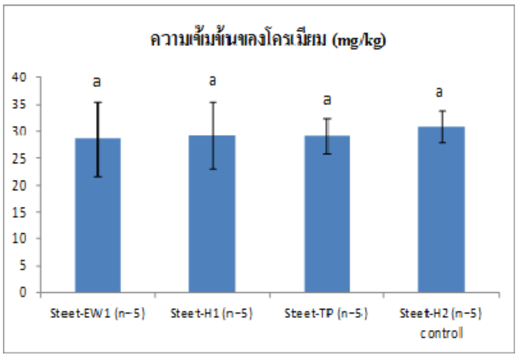
ความเข้มข้นของตะกั่ว และปรอทในฝุ่นถนนที่เก็บจากบริเวณหน้าโรงงาน (Street-EW) จะมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุด ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับฝุ่นถนนบริเวณอื่นๆ แสดงให้เห็นว่า กระบวนการรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์ การคัดแยกแผงวงจร ที่เป็นแหล่งกำเนิดของโลหะหนักที่สำคัญโดยเฉพาะตะกั่วและปรอท หากไม่มีการควบคุม ป้องกัน และแก้ไขที่ถูกต้องก็จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และประชาชนที่อยู่บริเวณใกล้เคียงอีกด้วย

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นของโลหะหนักแต่ละชนิดในฝุ่นถนน

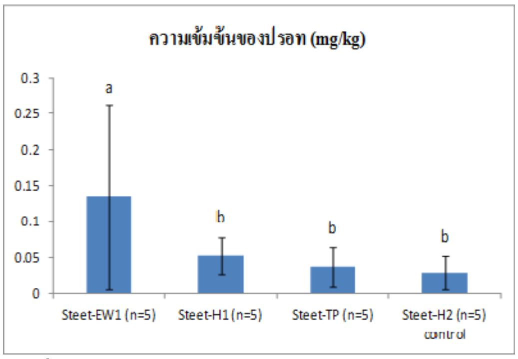
กลุ่มตัวอย่าง	ความเข้มข้นของโลหะหนัก (mg/kg)			
	Pb	Cr	Cd	Hg
Street-EW 1/1	70.949	17.091	ND	0.338
Street-EW 1/2	31.336	35.741	ND	0.086
Street-EW 1/3	24.124	30.588	ND	0.039
Street-EW 1/4	40.755	28.678	ND	0.178
Street-EW 1/5	40.845	30.997	ND	0.030
Street-H1 1/1	19.984	18.796	ND	0.031
Street-H1 1/2	20.300	32.110	ND	0.068
Street-H1 1/3	20.089	29.218	ND	0.024
Street-H1 1/4	20.051	30.842	ND	0.056
Street-H1 1/5	23.705	35.388	ND	0.083
Street-TP 1/1	23.902	25.822	ND	0.082
Street-TP 1/2	20.989	28.657	ND	0.015
Street-TP 1/3	16.133	26.216	ND	0.020
Street-TP 1/4	17.705	31.534	ND	0.044
Street-TP 1/5	25.045	33.321	ND	0.021
Street-H2 1/1	22.247	27.161	ND	0.050
Street-H2 1/2	18.247	30.637	ND	0.049
Street-H2 1/3	21.788	30.293	ND	0.079
Street-H2 1/4	23.464	35.326	ND	0.100
Street-H2 1/5	25.252	30.626	ND	0.348



ภาพที่ 1 ความเข้มข้นของตะกั่วในตัวอย่างฝุ่น (mg/kg)



ภาพที่ 2 ความเข้มข้นของโครเมียมในตัวอย่างฝุ่น (mg/kg)



ภาพที่ 3 ความเข้มข้นของปรอทในตัวอย่างฝุ่น (mg/kg)

เปรียบเทียบงานวิจัยกับการศึกษาอื่นๆ

จากการศึกษาความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นถนนที่เก็บจากถนนบริเวณหน้าโรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ และถนนที่อยู่ในระยะ 300 เมตร ทางด้านทิศใต้ลม และทิศที่ไม่มีลมพัดผ่านจากโรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า ฝุ่นถนนที่เก็บจากบริเวณหน้าโรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ (Street-EW) มีความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่ว เท่ากับ 41.60±17.84 mg/kg ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากฝุ่นถนนบริเวณหน้าบ้านทิศใต้ลม (Street-H1) หน้าวัดทิศใต้ลม (Street-TP) และ หน้าบ้านทิศที่ไม่มีลมพัดผ่าน (Street-H2) ซึ่งมีความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วเท่ากับ 20.87±1.59, 20.75±3.84 และ 22.20±2.58 mg/kg ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปรอทจากฝุ่นถนนหน้าโรงงาน (Street-EW) มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 0.13±0.12 mg/kg ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากฝุ่นถนนบริเวณหน้าบ้านทิศใต้ลม (Street-H1) หน้าวัดทิศใต้ลม (Street-TP) และ หน้าบ้านทิศที่ไม่มีลมพัดผ่าน (Street-H2) ซึ่งมีความเข้มข้นเฉลี่ยของปรอทเท่ากับ 0.053±0.02, 0.037±0.02 และ 0.029±0.02 mg/kg ตามลำดับ จากค่าเฉลี่ยความเข้มข้นดังกล่าวจะเห็นได้ว่าตะกั่ว และปรอทบริเวณถนนหน้าโรงงาน (Street-EW) มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงกว่าฝุ่นถนนบริเวณพื้นที่อื่นๆ ซึ่งค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของตะกั่วมีค่าสูงที่สุดสอดคล้องกับงานวิจัยของ Leung และคณะ (2008) ได้ทำการศึกษาความเข้มข้นของโลหะหนัก (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb และ Zn) ในฝุ่นที่เก็บจากหมู่บ้านที่มีอาชีพเกี่ยวข้องกับกระบวนการรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์ในเมือง Guiyu ประเทศจีน ผลการศึกษาพบว่า ฝุ่นบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน สำหรับการรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์ มีความเข้มข้นของตะกั่วเฉลี่ยสูงถึง 110000 mg/kg และฝุ่นที่อยู่บริเวณใกล้เคียง เช่น ฝุ่นถนน โรงเรียน และตลาด ก็พบว่าตะกั่ว มีค่าเฉลี่ยสูงถึง 22600 mg/kg ระดับความเข้มข้นดังกล่าว แสดงให้เห็นว่ากระบวนการรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์ก่อให้เกิดโลหะหนักโดยเฉพาะตะกั่ว และส่งผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงาน ผู้ที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียง และสิ่งแวดล้อม Tong และ Lam (1998) ได้ศึกษาความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นพื้น (floor dust) ที่เก็บจากโรงเรียนเด็กเล็ก และโรงเรียนอนุบาล ทั้งหมด 53 แห่งในฮ่องกง รวมทั้งศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆกับระดับการปนเปื้อนของโลหะหนักในฝุ่น ผลการศึกษาพบว่า ฝุ่นจากภายนอก (Exterior dust) มีค่าเฉลี่ยของความเข้มข้น

ของแคดเมียม ทองแดง แมงกานีส ตะกั่ว และสังกะสี เท่ากับ 407, 409.10, 532.16, 280.01 และ 269.42 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อปริมาณโลหะหนักในฝุ่น ได้แก่ การจราจร ระยะเวลาที่มีการทาสีโรงเรียนครั้งล่าสุด อายุของอาคาร และสภาพความชำรุดของโรงเรียน นอกจากนี้ยังพบว่าโลหะหนักที่พบภายในโรงเรียนมีแหล่งกำเนิดมาจากยานพาหนะและการจราจรจากภายนอก Wong และ Mak (1997) ได้ศึกษาปริมาณโลหะหนักในฝุ่นพื้นจากสนามเด็กเล่นของโรงเรียนในฮ่องกง พบว่า มีค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี เท่ากับ 263, 201, 302 และ 151.7 mg/kg ตามลำดับ โดยปริมาณโลหะหนักในฝุ่นมีความสัมพันธ์กับปริมาณการจราจรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การจราจรมีผลต่อปริมาณโลหะหนักในฝุ่น และผลการศึกษายังพบว่า ตะกั่ว และสังกะสี ที่พบในฝุ่นมีที่มาจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน ซึ่งการได้รับสัมผัสฝุ่นที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักจะทำให้มีความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัยของเด็ก

จากงานวิจัยนี้เปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ จะเห็นได้ว่า กิจกรรมการรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์ การรื้อ ถอดแผงวงจร เป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญที่ก่อให้เกิดความเข้มข้นของโลหะหนักในตัวอย่างฝุ่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งตะกั่วที่พบในปริมาณที่สูง แต่ปัจจัยสิ่งแวดล้อมก็ผลต่อปริมาณโลหะหนักในฝุ่น ได้แก่ การคมนาคมขนส่ง โรงงานอุตสาหกรรมอื่นๆ เป็นต้น

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาความเข้มข้นของโลหะหนัก (ตะกั่ว โครเมียม แคดเมียม และปรอท) ในฝุ่นถนนจากบริเวณหน้าโรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ และถนนในบริเวณระยะ 300 เมตร ทิศใต้ลม และทิศที่ไม่มีลมพัดผ่านจากโรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย ผลการศึกษา พบว่า ฝุ่นถนนบริเวณหน้าโรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ (Street-EW) มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของตะกั่ว โครเมียม และปรอท เท่ากับ 41.60, 28.61 และ 0.13 mg/kg ฝุ่นถนนบริเวณหน้าบ้านทิศใต้ลม (Street-H1) เท่ากับ 20.87, 29.27 และ 0.053 mg/kg ตามลำดับ ฝุ่นถนนบริเวณหน้าวัดทิศใต้ลม (Street-TP) เท่ากับ 20.75, 29.11 และ 0.037 mg/kg ตามลำดับ และฝุ่นถนนบริเวณหน้าบ้านทิศที่ไม่มีลมพัดผ่าน เท่ากับ 22.20, 30.80 และ 0.029 mg/kg ตามลำดับ ส่วนแคดเมียมไม่พบการปนเปื้อนในตัวอย่างฝุ่น และจากระดับความเข้มข้นดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ากระบวนการรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์ก่อให้เกิดโลหะหนักและส่งผลกระทบต่อผู้ที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียง และสิ่งแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณา และความช่วยเหลืออย่างยิ่งจาก ดร.ดุษฎี หมื่นห่อ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รศ.วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ และ ผศ.ดร.เพ็ญศรี วัจฉละญาณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งท่านได้ให้ความรู้ คำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย และขอบคุณทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัย-สงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

ณัฐ ตันศรีสวัสดิ์, ศิรินันท์ เอี่ยมภักดิ์. นิติพิษวิทยา. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2550.

มธุรส รุจิรวัฒน์, จุฑามาส สัตยาวิวัฒน์. พิษวิทยาสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ทรินิตี้ พับลิชชิ่ง จำกัด; 2549

วิทยา อยู่สุข. อาชีวอนามัย ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร. ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล; 2542

Agusa T., T. Kunito, A. Sudaryanto, I. Monirith, S. Kan-Atireklap, H. Iwata, A. Ismail, J. Sanguansin, M. Muchtar, T.S. Tana and S. Tanabe. 2007. Exposure assessment for trace element from consumption of marine fish in Southeast Asia. Environ. Pollut. 145: 766-777.

Akhter, M. S. and Madany, I. M. 1993. Heavy metals in street and house dust in Bahrain. Water, Air & Soil Pollution, 66: 111-19.

Babu, B. R., Parande, A. K. and Basha, C. A. 2007. Electrical and electronic waste: a global environmental problem. Waste Management & Research, 25: 307-18.

Brigden, K., Labunska, I., Santillo, D. and Allsopp, M. 2005. Recycling of electronic wastes in China and India: workplace and environmental contamination. Greenpeace Research Laboratories Technical Note 09/2005 (Section 1); Exeter, UK; August 2005.

Foroughi, M., Najafi, P. and Toghiani, S. 2011. Trace elements removal from waster water by Ceratophyllum demersum. Journal of Applied Sciences & Environmental Management, 15(1): 197-201.

Gao, Z., L. Wang, T. Qi, J. Chu and Y. Zhang. 2007. Synthesis, characterization, and cadmium(II) uptake of iminodiacetic acid-modified mesoporous SBA-15 Colloids and Surfaces A: Physico. Chem. Eng. 304:77.

Jones-Otazo, H. Clarke, J.P, Diamond, M.L, Archbold, J.A, Ferguson, G. Harner, T., et al. 2005. Is house dust the missing exposure pathway for PBDEs? An analysis of the urban fate and humen exposure to PBDEs. Environ Sci Technol 2005;39:5121-30

Leung, A. O. W., Duzgoren-Aydin, N. S., Cheung, K. C. and Wong, M. H. 2008. Heavy metals concentrations of surface dust from e-waste recycling and its human health implications in Southeast China. Environmental Science & Technology, 42(7): 2674-80.

Miretzky, P. Saralegui, A. Fernandez, Cirelli A. 2004. Aquatic macrophytes potential for the simultaneous removal of heavy metals (Buenos Aires, Argentina). Chemosphere, 57: 997-1005.

Pollution Control Department (PCD). 2008. Household hazardous waste and waste electrical and electronic equipment inventories, July 2008. Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok, Thailand.

Tong, S. T. Y. and Lam, K. C. 1998. Are nursery schools and kindergartens safe for our kids? The Hong Kong study. The Science of the Total Environment, 216: 217-25.

US.EPA. 2012. Regional Screening Level (RSL) , November, 2 0 1 2. http://www.epa.gov (สืบค้นเมื่อวันที่ 12 มกราคม 2556.)

Wong, J. W. C. and Mak, N. K. 1997. Heavy metal pollution in children playgrounds in Hong Kong and its health implications. Environmental Technology, 18: 109-15.