การศึกษาค่าความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละออง และการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

The Concentration of lead in Particles and Its Health Risk Assessment at Amphoe Muang Pathumthani Province

จุฑามาศ ชุ่มชวย

อรุณรัตน์ พันธเสน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

พ.ศ.2556

การศึกษาค่าความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละออง และการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

The Concentration of lead in Particles and Its Health Risk Assessment at Amphoe Muang Pathumthani Province

จุฑามาศ ชุ่มชวย

อรุณรัตน์ พันธเสน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

พ.ศ.2556

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อปริญญานิพนธ์ การศึกษาค่าความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละออง และการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

ชื่อ สกุล จุฑามาศ ชุ่มชวย

อรุณรัตน์ พันธเสน

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

อาจารย์ที่ปรึกษา นางสาววรนุช ดีละมัน

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

นายกิติยศ ตั้งสัจจวงศ์

ประธานกรรมการ

ผศ.ณัฐชมัย ลักษณ์อำนวยพร

กรรมการ

นางสาววรนุช ดีละมัน

กรรมการและที่ปรึกษา

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อปริญญานิพนธ์ การศึกษาค่าความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละออง และการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

ชื่อ สกุล จุฑามาศ ชุ่มชวย

อรุณรัตน์ พันธเสน

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา และคณะ วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม (TSP) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ในชั้นบรรยากาศ จำนวน 7 สถานี จากบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี ประกอบด้วย ตำบลบางปรอก ตำบลบางเดื่อ ตำบลบางคูวัด ตำบลบางกะดี ตำบลหลักหก ตำบลบ้านฉาง และตำบลบ้านกระแชง รวมทั้งสิ้น 14 ตัวอย่าง ในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ 2556 ถึง เดือน มีนาคม 2556 เพื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง และศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของสารตะกั่ว (Pb) ซึ่งโดยใช้ Inductively Couple Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) ผลจากการศึกษาพบว่า ค่าความเข้มข้นของ TSP มีค่าอยู่ในช่วง 0.03 - 0.32 mg/m^3 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.12 ± 0.10 mg/m^3 ส่วนค่าความเข้มข้นของ PM_{10} มีค่าอยู่ในช่วง 0.06 – 0.21 mg/m^3 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.13 ± 0.06 mg/m^3 และจากการวิเคราะห์หาปริมาณของสารตะกั่วใน TSP พบค่าความเข้มข้นของตะกั่วอยู่ในช่วง 0.01 – 0.18 $\mu g/m^3$ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.04 ± 0.06 $\mu g/m^3$ ส่วนค่าความเข้มข้นของตะกั่วใน PM_{10} มีค่าอยู่ในช่วง 0.01 – 0.21 $\mu g/m^3$ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.05 ± 0.07 $\mu g/m^3$ สำหรับการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของประชาชนพบว่า การปนเปื้อนของตะกั่วในชั้นบรรยากาศของ อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี มีค่าความเสี่ยงอยู่ในระดับอันตรายน้อย ยกเว้นบริเวณพื้นที่ ตำบลบางปรอก มีค่าความเสี่ยงอยู่ในระดับอันตรายปานกลาง

Independent Study Title The Concentration of lead in Particles and Its Health Risk Assessment at Amphoe Muang Pathumthani Province.

Authors Chutamas Choomchuay

Aroonrat Phantasen

Thesis Title Bachelor of Science

Program and Faculty Environmental Sciences and Natural Resources

Faculty of Science and Technology

Academic Year 2013

Abstract

14 samples of TSP and PM_{10} were collected within the area of Amphoe Muang Pathumthani from 7 stations at Tambon Bang Prok, Bang Duea, Bang Khu Wat, Bang Kradee, Lak Hok, Bang Changand and Kra Sang during February to March 2013, in order to evaluate the concentration of dust and lead concentration level by using ICP-OES. The result of this study shows the TSP ranging 0.03 - 0.32 mg/m^3 and the average of 0.12 ± 0.10 mg/m^3 . The concentration of PM_{10} is in the range of 0.06 – 0.21 mg/m^3 average of 0.13 ± 0.06 mg/m^3. Of the determination of lead in TSP concentration of lead found in the range of 0.01 – 0.18 µg/m^3 average of 0.04 ± 0.06 µg/m^3 while lead in PM_{10} found in the range of 0.01 – 0.21 µg/m^3 average of 0.05 ± 0.07 µg/m^3. Assessment of the public health risk is found contamination of lead in the atmosphere of Amphoe Muang, Pathumthani levels ranged from less dangerous except area Bang Prok is worth the risk is moderate danger.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากความกรุณาจากคณาจารย์หลายท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์วรนุช ดีละมัน อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ อาจารย์กิติยศ ตั้งสัจจวงศ์ ประธานกรรมการสอบปริญญานิพนธ์และ ผศ.ณัฐชมัย ลักษณ์อำนวยพร กรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ที่สละเวลาในการช่วยเหลือ ให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษาตลอดจนช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณนักวิชาการ ของกรมควบคุมมลพิษ ที่ช่วยให้คำปรึกษาเรื่องขั้นตอนการวิเคราะห์หาสารตะกั่วในฝุ่นละออง ขอขอบพระคุณ คุณประเสริฐ หวังภาษิต ที่กรุณาเสียสละเวลาในการสอนการใช้เครื่อง Inductively Couple Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES)

ขอขอบพระคุณอาจารย์มาโนช หลักฐานดี หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องสถานที่ในการทำวิจัย รวมทั้งอุปกรณ์ในการทำวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ที่อบรมสั่งสอนประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ความสามารถต่าง ๆ ให้แก่คณะผู้วิจัย จนสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้มอบทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2557 เพื่อสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่เมตตา อบรมสั่งสอน ให้มีความรู้จนถึงปัจจุบันรวมถึงเพื่อน ๆ สาขาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ รุ่น 3 ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งกำลังกายและกำลังใจในการศึกษาวิจัย จนสำเร็จปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

จุฑามาศ ชุ่มชวย

อรุณรัตน์ พันธเสน

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(ก)
บทคัดย่อ	(ข)
บทคัดย่ออังกฤษ	(ค)
สารบัญ	(ง)
สารบัญตาราง	(ฉ)
สารบัญรูปภาพ	(ช)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 กรอบแนวคิดในการศึกษา	3
1.3 วัตถุประสงค์	4
1.4 ขอบเขตการศึกษา	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.6 วิธีการดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล	5
1.7 ระยะเวลาทำวิจัยและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย	6
บทที่ 2 การทบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 มลพิษทางอากาศ	7
2.2 ประเภทของสารมลพิษทางอากาศ	8
2.3 ฝุ่นละออง	9
2.4 แหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองในบรรยากาศ	10
2.5 โลหะหนัก	11
2.6 โลหะหนักที่ทำการศึกษา	14
2.7 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์	19
2.8 ความเสี่ยง	26
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ	
3.1 พื้นที่เก็บตัวอย่าง	33
3.2 การล้างเครื่องแก้วงานโลหะหนัก	35
3.3 วิธีการเตรียมตัวอย่างจากฝุ่นกระดาษกรองชนิดใยแก้ว (Glass Fiber Filter) เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก	38
3.4 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ	46

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล	
4.1 ปริมาณตะกั่วในฝุ่นละอองในบรรยากาศ อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี	47
4.2 การกระจายตัวของตะกั่วในฝุ่นละอองรวม และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี	56
4.3 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ	58
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล	65
5.2 ข้อเสนอแนะ	67
เอกสารอ้างอิง	68
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	
- กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองรวม และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	
- การควบคุมคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการ	72
ประวัติการศึกษา	79

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถ (detection limits) เป็น micrograms / liter ของการวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิคต่างๆกัน 23

ตารางที่ 2.2 แสดงการศึกษาระดับความเข้มข้นของตะกั่วในบรรยากาศ 32

ตารางที่ 3.1 แสดงพิกัดสถานีเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม (TSP) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี 34

ตารางที่ 3.2 แสดงรหัสตัวอย่างกระดาษกรองของแต่ละสถานีเพื่อทำการวิเคราะห์ 35

ตารางที่ 4.1 การคำนวณหาค่าปริมาณตะกั่วในอากาศจากฝุ่นละอองรวม 50

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าตะกั่วในฝุ่นละอองรวม ทั้ง 7 สถานี 51

ตารางที่ 4.3 การคำนวณหาค่าปริมาณตะกั่วในอากาศจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน 53

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ทั้ง 7 สถานี 54

ตารางที่ 4.5 ค่าตัวแปรที่ใช้ในสมการ 59

ตารางที่ 4.6 เกณฑ์การประเมินผล 60

ตารางที่ 4.7 ค่าความเสี่ยงจากการได้รับสารตะกั่วจากฝุ่นละอองรวมของผู้ชาย ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี 60

ตารางที่ 4.8 ค่าความเสี่ยงจากการได้รับสารตะกั่วจากฝุ่นละอองรวมของผู้หญิง ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี 61

ตารางที่ 4.9 ค่าความเสี่ยงจากการได้รับสารตะกั่วจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ของผู้ชาย ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี 62

ตารางที่ 4.10 ค่าความเสี่ยงจากการได้รับสารตะกั่วจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ของผู้หญิง ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี 62

ตารางที่ ก1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานที่ค่าความเข้มข้น 20, 50, 100 และ 500 ppb 73

ตารางที่ ก2 ค่าผลดิบของตะกั่ว จาก TSP 75

ตารางที่ ก3 ค่าผลดิบของตะกั่ว จาก PM_{10} 76

ตารางที่ ก4 การคำนวณหาค่าปริมาณตะกั่วในอากาศจากฝุ่นละอองรวม 77

ตารางที่ ก5 การคำนวณหาค่าปริมาณตะกั่วในอากาศจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน 78

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
ภาพ 1.1 ผังแสดงกรอบแนวคิดในการศึกษา	3
ภาพ 2.1 ระบบภาวะมลพิษอากาศ	7
ภาพ 2.2 แหล่งกำเนิดสารตะกั่ว การแพร่กระจายและการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม	12
ภาพ 2.3 การเกิดอันตรายของโลหะหนักเมื่อเข้าสู่ร่างกาย	13
ภาพ 3.1 ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง TSP และ PM_{10} ในอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี	33
ภาพ 3.2 การล้างเครื่องแก้วด้วยน้ำกลั่น	36
ภาพ 3.3 นำเครื่องแก้วพึ่งในแห้ง	36
ภาพ 3.4 นำเครื่องแก้วแช่ในกรด	37
ภาพ 3.5 เครื่องแก้วที่แช่กรด	37
ภาพ 3.6 ผึ่งเครื่องแก้วให้แห้ง	37
ภาพ 3.7 สารละลายมาตรฐาน	38
ภาพ 3.8 Extraction solution	38
ภาพ 3.9 บีกเกอร์	39
ภาพ 3.10 ขวดใส่ตัวอย่าง	39
ภาพ 3.11 Pizza Cutter	40
ภาพ 3.12 ทิป	40
ภาพ 3.13 กระบอกตวง	40
ภาพ 3.14 Glass Fiber Filter	40
ภาพ 3.15 กรรไกรและไม้บรรทัด	40
ภาพ 3.16 นำ Filter วางบน Template	42
ภาพ 3.17 การตัด Filter	42
ภาพ 3.18 ตัด Filter เป็นชิ้นเล็กๆ	42
ภาพ 3.19 ปิเปต Extraction Solution เติมลงไปใน Filter	42
ภาพ 3.20 นำตัวอย่างไปย่อยสลาย	43
ภาพ 3.21 ปล่อยตัวอย่างให้เย็นหลังจากย่อยสลาย	43
ภาพ 3.22 เติมน้ำกลั่น 10 ml	43
ภาพ 3.23 การกรองตัวอย่าง	43
ภาพ 4.1 แสดงปริมาณตะกั่วในฝุ่นละอองรวม ทั้ง 7 สถานี	51
ภาพ 4.2 แสดงปริมาณตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ทั้ง 7 สถานี	54
ภาพ 4.3 การกระจายตัวของตะกั่วในฝุ่นละอองรวม	56
ภาพ 4.4 การกระจายตัวของตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	57

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพ **หน้า**

ภาพ 4.5 กราฟแสดงค่าความเสี่ยงจากการได้รับสารตะกั่วของผู้หญิงและผู้ชาย จากฝุ่นละอองรวม 61

ภาพ 4.6 กราฟแสดงค่าความเสี่ยงจากการได้รับสารตะกั่วของผู้หญิงและผู้ชาย จากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน 63

ภาพผนวก ก1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานที่ค่าความเข้มข้น 20, 50, 100 และ 500 ppb 73

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันฝุ่นละอองเป็นมลพิษทางอากาศซึ่งเป็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก ฝุ่นละอองที่มีอยู่ในบรรยากาศมีขนาดตั้งแต่ 0.002 ไมครอน จนไปถึงขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน ฝุ่นละอองเป็นสารที่มีความหลากหลายทางด้านกายภาพและองค์ประกอบ อาจมีสภาพเป็นของแข็งหรือของเหลว ฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่บนอากาศได้นานมักเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็ก (กรมควบคุมมลพิษ, 2556) ฝุ่นละอองมีแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น ในประเทศไทยนั้นฝุ่นละอองที่มีผลกระทบมากที่สุดเกิดจากกิจกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น ฝุ่นดินทราย ฝุ่นจากการจราจร ฝุ่นจากการสร้างถนน การก่อสร้างอาคาร การก่อสร้างระบบสาธารณูปโภค และฝุ่นจากการประกอบการอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม

ฝุ่นละอองขนาดเล็กจัดเป็นแหล่งสะสมของสารมลพิษโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมที่สำคัญแหล่งหนึ่ง โลหะบางชนิดเกิดโทษต่อร่างกายหากได้รับความเข้มข้นมากเกินไปก็จะทำให้เกิดความเป็นพิษ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและอนามัย ระดับการสัมผัสฝุ่นละอองในอากาศมีความสัมพันธ์ต่อการเจ็บป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจตั้งแต่การเจ็บป่วยขั้นรุนแรงและการเจ็บป่วยเรื้อรัง (นิรันดร์ มีไชยโย, 2553)

ตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้หลายทาง อาทิ ทางจมูก ทางปาก และทางผิวหนัง การเข้าสู่ร่างกายทางจมูกของตะกั่ว จะเข้าไปกับลมหายใจเอาอากาศที่มีฝุ่นละอองของตะกั่วปะปนอยู่เข้าไป ส่วนตะกั่วที่เข้าสู่ผิวหนัง เนื่องจากตะกั่วมีคุณสมบัติในการละลายในน้ำมันและไขมันได้จึงสามารถซึมซาบเข้าสู่ผิวหนังและเซลล์ได้ดี การได้รับพิษของตะกั่วจะไม่แสดงอาการทันทีที่ได้รับแต่จะแสดงอาการเมื่อได้รับพิษตั้งแต่ 40 ไมโครกรัมต่อ 100 มิลลิลิตรขึ้นไป จนถึงระดับที่สูงกว่า 150 ไมโครกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ซึ่งตะกั่วจะไปสะสมอยู่ตามอวัยวะส่วนต่างๆและทำลายระบบทางเดินอาหาร ไต ระบบโลหิตและระบบประสาทได้ (สมบัติ ศุภพงศ์อาภา, 2546)

จังหวัดปทุมธานี เป็นจังหวัดที่จัดอยู่ในเขตปริมณฑลมีแหล่งโรงงานอุตสาหกรรม และแหล่งเกษตรกรรมเป็นจำนวนมาก จากการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ทำให้มีการพัฒนาและการใช้พลังงานของเครื่องจักรกลในการเกษตรกรรม และโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้น รวมถึงจำนวนประชากรที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอยู่ตลอดทำให้เกิดแหล่งชุมชน หมู่บ้านจัดสรร ที่พักอาศัยในจังหวัดปทุมธานีเพิ่มขึ้นตามลำดับ นอกจากนี้ การเพิ่มขึ้นของยานพาหนะและความหนาแน่นจากการคมนาคมก็เป็นอีกสาเหตุที่ล้วนก่อให้เกิดปัญหาด้านฝุ่นละอองทั้งสิ้น

จากการศึกษาการประเมินค่าการปนเปื้อนของฝุ่นละอองรวม (TSP) และ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี พบว่าบางพื้นที่ศึกษามีปริมาณฝุ่นเกินค่ามาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนดไว้ (ทิพวรรณ โพธิ์ทอง และอุทุมพร วงศ์หาเดช, 2555) ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงเล็งเห็นความสำคัญในการศึกษาโลหะหนักที่อาจมีการปนเปื้อนในฝุ่นละอองโดย

จะทำการศึกษาตะกั่ว ซึ่งเป็นสารโลหะหนักที่มีความเป็นพิษสูง หากมีปริมาณมากจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่

การศึกษาในครั้งนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะประเมินค่าความเข้มข้นของสารตะกั่วในบรรยากาศจากฝุ่นละอองรวม และฝุ่นที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี และประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนในบริเวณที่ทำการศึกษา ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะทำให้ทราบถึงปริมาณการปนเปื้อนของสารตะกั่วในชั้นบรรยากาศ นอกจากนี้ยังเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับใช้ในการหาแนวทางการป้องกันสารตะกั่วได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

1.2 กรอบแนวคิดในการศึกษา

ภาพที่ 1.1 ผังแสดงกรอบแนวคิดในการศึกษา

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อศึกษาความเข้มข้นของสารตะกั่วในฝุ่นละอองรวม และ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

1.3.2 เพื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสารตะกั่วในฝุ่นละอองรวม และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี กับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ

1.3.3 เพื่อประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของประชาชนจากการได้รับสารตะกั่ว ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1.4.1 ดำเนินการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

1.4.2 พื้นที่ที่ใช้ในการตรวจวัด คือ พื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี ทั้งหมด 7 สถานี ได้แก่ ตำบลบางปรอก ตำบลบางเดื่อ ตำบลบางคูวัด ตำบลบางกะดี ตำบลหลักหก ตำบลบ้านฉาง และ ตำบลบ้านกระแชง

1.4.3 วิเคราะห์ความเข้มข้นของสารตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

1.4.4 ศึกษาประสิทธิภาพในการวัดความเข้มข้นของสารตะกั่วในฝุ่นละออง โดยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Spectroscopy (ICPS)

1.4.5 ประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของประชาชนจากการได้รับสารตะกั่ว ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบค่าความเข้มข้นของสารตะกั่วในฝุ่นละอองรวม ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

1.5.2 ทราบค่าความเข้มข้นของสารตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

1.5.3 ทราบค่าความเข้มข้นของสารตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และฝุ่นละอองรวม ในพื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานีกับมาตรฐานคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ

1.5.4 ทราบค่าความเสี่ยงด้านสุขภาพของประชาชนจากการได้รับสารตะกั่ว ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

1.6 วิธีการดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

1.6.1 ศึกษาพื้นที่และสถานีเก็บตัวอย่างอากาศในจังหวัดปทุมธานี พร้อมกับกำหนดจุดเก็บและระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างอากาศ

1.6.2 ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในอากาศด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม (TSP) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) โดยตัวอย่างที่ทำการเก็บจะต้องใช้ระยะเวลา 24 ชั่วโมงต่อ 1 สถานีเก็บตัวอย่าง

1.6.3 ศึกษาปริมาณค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองในอากาศพร้อมทั้งหาปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วที่ปนเปื้อนอยู่ในฝุ่นละออง ได้แก่

ค่าความเข้มข้นของตะกั่ว : วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Spectroscopy (ICPS)

1.6.4 นำผลที่ได้จากการทดลองมาประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพที่อาจส่งผลกระทบต่อประชาชนในบริเวณที่ทำการศึกษา

1.6.5 สรุปผลและรายงานผลดำเนินงาน

สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล ห้องปฏิบัติการวิจัย สาขาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1.7 ระยะเวลาทำวิจัยและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

แผนการดำเนินการวิจัย	**2555**	**2556**				**2557**		
กิจกรรม	**ธ.ค**	**ม.ค.-มี.ค.**	**เม.ย.-มิ.ย.**	**ก.ค.-ก.ย.**	**ต.ค.-ธ.ค.**	**ม.ค. - มี.ค.**	**เม.ย.-มิ.ย.**	**ก.ค.-ก.ย.**
1. ศึกษาพื้นที่และสถานีเก็บตัวอย่างอากาศ	←	→						
2. ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในอากาศ		←	→					
3. ศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองในอากาศพร้อมทั้งหาปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละออง				←	—	→		
4. ประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ					←	→		
5. สรุปผลและรายงานผลดำเนินงาน						←	→	
6. จัดทำรูปเล่มโครงการ							←	→
7. เผยแพร่และนำเสนอผลงาน								← →

บทที่ 2

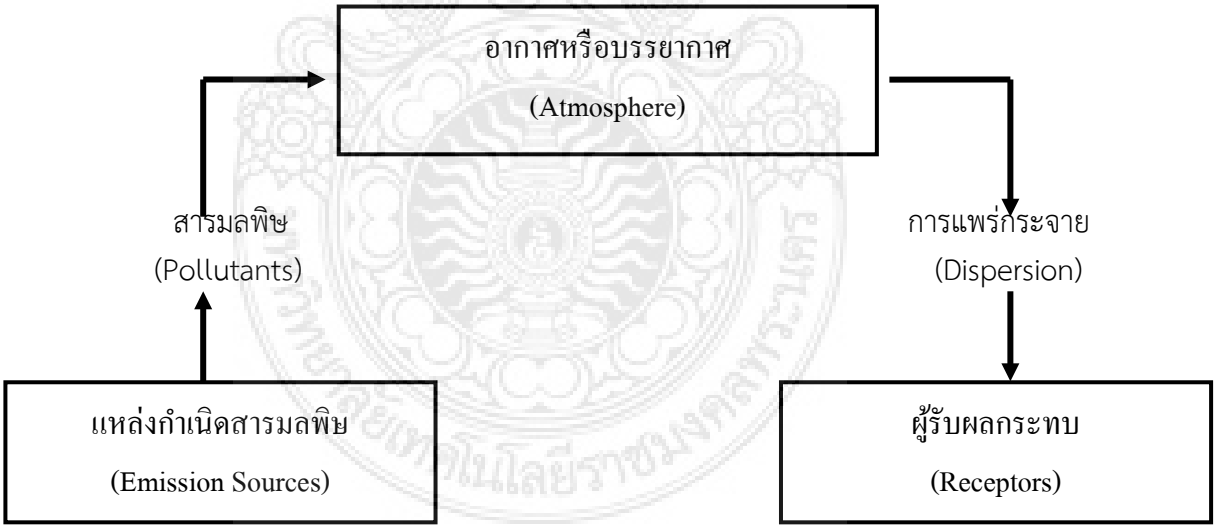
การทบทวนงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 มลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศ (Air Pollution) หมายถึง ภาวะมลพิษของอากาศที่มีสารมลพิษเจือปนอยู่ในปริมาณและเป็นระยะเวลาที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์ พืช และวัสดุต่างๆ ซึ่งสารมลพิษดังกล่าว อาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ อาจอยู่ในรูปของก๊าซ หยดของเหลวหรืออนุภาคของแข็ง สารมลพิษทางอากาศที่สำคัญและมีผลต่อสุขภาพอนามัย ได้แก่ ฝุ่นละออง สารตะกั่ว ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ก๊าซโอโซนและสารอินทรีย์ระเหยง่าย เป็นต้น

2.1.1 ระบบภาวะมลพิษอากาศ

มีส่วนประกอบที่มีความสัมพันธ์กัน 3 ส่วน คือ แหล่งกำเนิดสารมลพิษ (Emission Sources) อากาศหรือบรรยากาศ (Atmosphere) และผู้รับผลกระทบ (Receptors) แสดงเป็นแผนภูมิความสัมพันธ์ ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ระบบภาวะมลพิษอากาศ

ที่มา : สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2557

2.1.1.1 แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ (Emission Sources)

เป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศและระบายออกสู่บรรยากาศ โดยชนิดและปริมาณของสารมลพิษที่ถูกระบายออกสู่อากาศขึ้นอยู่กับประเภทของแหล่งกำเนิด ลักษณะการเผาไหม้ ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ กิจกรรมและวิธีการควบคุมการระบายสารมลพิษทางอากาศ

2.1.1.2 อากาศหรือบรรยากาศ (Atmosphere)

เป็นส่วนของระบบที่รองรับสารมลพิษอากาศที่ถูกรระบายออกจากแหล่งกำเนิดต่างๆและเป็นตัวกลาง (Media) ให้สารมลพิษทางอากาศที่ถูกระบายออกสู่อากาศมีการแพร่กระจายออกไป โดยปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิของอากาศ ความเร็วและทิศทางลม รวมทั้งลักษณะภูมิประเทศ เช่น ภูเขา หุบเขา ต้นไม้ และอาคารบ้านเรือน เป็นตัวกำหนดลักษณะการแพร่กระจายสารมลพิษในอากาศ

2.1.1.3 ผู้รับผลเสียหรือผลกระทบ (Receptors)

เป็นส่วนของระบบที่สัมผัสกับสารมลพิษในอากาศ ทำให้ได้รับความเสียหายหรืออันตราย โดยผู้รับอาจเป็นสิ่งมีชีวิต เช่น คน พืช สัตว์ หรือเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่น เสื้อผ้า อาคาร บ้านเรือน วัสดุหรือสิ่งก่อสร้างต่างๆ ผลกระทบที่เกิดขึ้นจะมีความรุนแรงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับประเภทหรือความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศและระยะเวลาที่สัมผัสกับมลพิษทางอากาศ

2.1.2 ปริมาณ และ ชนิดของสารมลพิษที่ถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิด (Emission Sources)

สภาวะทางอุตุนิยมวิทยา (Meteorology) และสภาพภูมิประเทศ (Topography) เป็นตัวกำหนดความเข้มข้นของสารมลพิษที่เจือปนอยู่ในอากาศในพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลออกไปจากแหล่งกำเนิดส่วนคุณภาพอากาศเป็นตัวกำหนดถึงลักษณะและความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้น

2.2 ประเภทของสารมลพิษทางอากาศ

สารมลพิษทางอากาศอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการเกิด คือ

2.2.1 สารมลพิษอากาศปฐมภูมิ (Primary Air Pollutants)

เป็นสารมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นและถูกระบายจากแหล่งกำเนิดโดยตรงสู่บรรยากาศ เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (Nitrogen oxide) สารไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) สารระเหยง่าย (Volatile Organic - Compounds) ฝุ่นละออง ดินทราย แป้ง ละอองเกสรและเขม่าควันที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะและในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

2.2.2 สารมลพิษอากาศทุติยภูมิ (Secondary Air Pollutants)

เป็นสารมลพิษทางอากาศที่ไม่ได้เกิดและถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดใดๆ แต่เกิดขึ้นในบรรยากาศจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารมลพิษอากาศปฐมภูมิกับสารประกอบอื่นๆ ที่อยู่ในบรรยากาศ เช่น ก๊าซโอโซน ฝุ่นละอองขนาดเล็ก และสารมลพิษทางอากาศที่เป็นสารอนินทรีย์ (Inorganic) เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และฝุ่นตะกั่ว เป็นต้น (สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2557 หน้า 1-4)

2.3 ฝุ่นละออง

ฝุ่นละออง (Suspended Particulate Matter : SPM) หมายถึง สารที่มีความหลากหลายทางด้านกายภาพและองค์ประกอบอาจมีสภาพเป็นของแข็งหรือของเหลว ฝุ่นละอองที่มีอยู่ในบรรยากาศรอบๆ ตัวเรามีขนาดตั้งแต่ 0.002 ไมครอน (เป็นกลุ่มของโมเลกุลที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็นต้องใช้กล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอน) ไปจนถึงฝุ่นที่ขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน ฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานจะเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็ก (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำกว่า 10 ไมครอน) เนื่องจากมีความเร็วในการตกตัวต่ำและจะแขวนลอยในอากาศได้นานมากขึ้น หากมีแรงกระทำจากภายนอกเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้อง เช่น การไหลเวียนของอากาศ กระแสลม เป็นต้น ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 100 ไมครอน) อาจแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้เพียง 2-3 นาที แต่ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กโดยเฉพาะขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมครอนอาจแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานเป็นปีฝุ่นละอองในบรรยากาศอาจแยกได้เป็นฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นและแพร่กระจายสู่บรรยากาศจากแหล่งกำเนิดโดยตรงและฝุ่นละอองซึ่งเกิดขึ้นโดยปฏิกิริยาต่างๆในบรรยากาศ เช่น การรวมตัวด้วยปฏิกิริยาทางฟิสิกส์หรือปฏิกิริยาทางเคมีหรือปฏิกิริยาเคมีแสง (Photochemical reaction) ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นเหล่านี้จะมีชื่อเรียกต่างกันไปตามลักษณะการรวมตัวฝุ่นละออง เช่น ควัน (Smoke) ฟูม (fume) หมอก น้ำค้าง (mist) เป็นต้น ฝุ่นละอองอาจเกิดจากธรรมชาติ เช่น ฝุ่นดิน ทราย หรือเกิดจากควันดำจากท่อไอเสียรถยนต์การจราจรและการอุตสาหกรรมฝุ่นที่ถูกสูดเข้าไปในระบบทางเดินหายใจทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ รบกวนการมองเห็นและทำให้สิ่งต่างๆสกปรกเสียหายได้ในบริเวณที่พักอาศัยปริมาณฝุ่นละออง 30% เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ส่วนบริเวณที่อยู่อาศัยใกล้ถนนฝุ่นละออง 70-90% เกิดจากการกระทำของมนุษย์และพบว่าฝุ่นละอองมีสารตะกั่วและสารประกอบโบรไมด์สูงกว่าบริเวณนอกเมือง อันเนื่องมาจากมลพิษที่เกิดจากยานพาหนะ ฝุ่นละอองเมื่อแยกตามขนาดพบว่า 60% โดยประมาณจะเป็นฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ฝุ่นประเภทนี้เกิดจากรถประจำทางและรถบรรทุกที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลบางส่วนมาจากโรงงานอุตสาหกรรมส่วนมากจะพบอยู่ทั่วไปในเขตเมืองเขตอุตสาหกรรมและเขตกึ่งชนบท หากพบในปริมาณที่สูงจะมีผลต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนเนื่องจากมีขนาดเล็กพอที่จะเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนล่างและถุงลมปอดของมนุษย์ได้ เป็นผลให้เกิดโรคทางเดินหายใจโรคปอดต่างๆเกิดการระคายเคืองและทำลายเยื่อหุ้มปอดหากได้รับในปริมาณมากและเป็นเวลานานจะเกิดการสะสมทำให้เกิดพังผืดและเป็นแผลได้ ทำให้การทำงานของปอดลดลง ความรุนแรงขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของฝุ่นละอองนั้นส่วนฝุ่นขนาดใหญ่อีกประมาณ 40% ที่เหลือเกิดจากการก่อสร้างและการฟุ้งกระจายของฝุ่นจากพื้นที่ว่างเปล่าฝุ่นประเภทนี้ไม่มีผลต่อสุขภาพอนามัยมากนักเพียงแต่จะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อทางเดินหายใจส่วนต้นและอาจเป็นเพียงการรบกวนและก่อให้เกิดความรำคาญเท่านั้น (กองอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักอนามัย กรุงเทพฯ, 2556)

ฝุ่นละอองรวม (TSP :Total Suspended Particulate) เป็นอนุภาคสารแขวนลอยทั้งหมดในบรรยากาศ ที่มีขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมา ซึ่งเกิดจากธรรมชาติ เช่น การฟุ้งของดินและเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การก่อสร้าง ควันจากโรงงานอุตสาหกรรม

ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) เป็นมวลสารในอากาศที่สำคัญประกอบด้วย ส่วนผสมของอนุภาคที่มีขนาดเล็กร่วมกับละอองของเหลว ฝุ่นละอองขนาดเล็กอาจจะมีคุณสมบัติเป็นกรด เช่น ไนเตรดหรือซัลเฟตเป็นสารเคมีอินทรีย์ (Organic Chemical) เป็นโลหะ เป็นดินหรือฝุ่นผง ขนาดของ

ฝุ่นละอองขนาดเล็กจะสัมพันธ์กับศักยภาพที่จะทำให้เกิดโรคโดยขนาดที่มีความสำคัญ ได้แก่ ขนาด 10 ไมครอนหรือเล็กกว่า เนื่องจากสามารถที่ผ่านเข้าไปทางคอหรือจมูกไปถึงหลอดลมและปอด โดยเมื่อสูดอนุภาคเหล่านั้นเข้าไปจะมีผลต่อหัวใจและปอดและส่งผลกระทบรุนแรงต่อสุขภาพ PM_{10} จะมีขนาดเล็กกว่าเส้นผมประมาณ 10-28 เท่า สำหรับอนุภาคที่ใหญ่กว่า 10 ไมครอน ได้แก่ เศษผง เศษดิน และทรายนั้นไม่ค่อยมีอันตรายต่อร่างกาย เพราะจะถูกดักจับโดยระบบทางเดินหายใจ ทำให้ไม่สามารถผ่านเข้าไปในหลอดลมหรือปอด (นิรันดร์ มีไชยโย, 2553)

2.4 แหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองในบรรยากาศ

แหล่งที่มาของฝุ่นละอองในบรรยากาศ โดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

2.4.1 ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Natural Particle)

เกิดจากกระแสลมที่พัดผ่านตามธรรมชาติ แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ (Natural particle) เช่น อาจเกิดจากกระแสลมที่พัดผ่านตามธรรมชาติทำให้เกิดฝุ่นขึ้น เช่น ดิน ทราย เขม่าควันจากไฟป่า ฝุ่นจากเกลือทะเลหรือภูเขาไฟ แผ่นดินไหว เป็นต้น

2.4.2 ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมที่มนุษย์ (Man-made Particle)

เป็นแหล่งที่กำเนิดจากการกระทำของมนุษย์ซึ่งแหล่งกำเนิดอาจอยู่กับที่เคลื่อนที่ เช่น การปลดปล่อยมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม มลพิษจากยานพาหนะประเภทต่างๆ การเผาในที่โล่ง การลักลอบเผาป่า การเผาตอซังนาข้าว การเผาขยะล้วนแล้วแต่ก่อให้เกิดปัญหาฝุ่นละออง

2.5 โลหะหนัก

โลหะหนัก หมายถึง โลหะหนักที่มีความหนาแน่นเกิน 5 กรัม เช่น ปรอท ตะกั่ว สารหนู แคดเมียม โคบอลต์ เป็นต้น ความเป็นพิษของโลหะหนักเกิดจากร่างกายที่ได้รับสารโลหะหนักซึ่งสารโลหะหนักนั้นจะไปรบกวนการทำงานของเอ็นไซน์ของเซลล์และยึดกับเยื่อหุ้มเซลล์ทำให้การควบคุมการลำเลียงของสารต่างๆของเยื่อหุ้มเซลล์ผิดปกติไป ความเป็นพิษของโลหะหนักขึ้นอยู่กับรูปแบบทางเคมีของสารประกอบโลหะหนักแต่ละชนิดและเส้นทางที่ร่างกายได้รับเข้าไป เช่น ระบบทางเดินหายไป ระบบทางเดินอาหาร ผิวหนัง เป็นต้น ซึ่งสารพิษเหล่านี้เมื่อสะสมอยู่ในร่างกายจนถึงระดับหนึ่งก็จะแสดงอาการออกมาให้เห็น ซึ่งผลของความเป็นพิษของโลหะหนักต่อกลไกระดับเซลล์มี 5 แบบคือ

1. ทำให้เซลล์ตาย
2. เปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการทำงานของเซลล์
3. เป็นตัวการทำให้เกิดมะเร็ง
4. เป็นตัวการทำให้เกิดความผิดปกติทางพันธุกรรม
5. ทำความเสียหายต่อโครโมโซม ซึ่งเป็นปัจจัยทางพันธุกรรม

โลหะหนักเป็นวัตถุดิบที่ถูกนำมาใช้หลายด้าน เช่น ด้านอุตสาหกรรม ใช้ในการผลิตพลาสติก พีวีซี สี ถ่านไฟฉาย สำหรับทางด้านการเกษตร โลหะหนักเป็นส่วนผสมของยาฆ่าแมลงและปุ๋ย ขณะเดียวกันทางด้านการแพทย์ใช้โลหะหนักเป็นส่วนผสมของยา อุปกรณ์ทางการแพทย์และเครื่องสำอาง น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเหล่านี้จึงเป็นปัจจัยสำคัญให้เกิดความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำในชีวิตประจำวันของคนเรามีความเสี่ยงต่อการนำโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายผ่านทางการบริโภคอาหารหรือดื่มน้ำที่มีสารเหล่านี้เจือปนอยู่ โดยเฉพาะชุมชนที่อาศัยอยู่ใกล้ในแหล่งอุตสาหกรรมที่มีการลักลอบเทของเสียลงดินหรือลงแม่น้ำ การกำจัดของเสียที่ผิดวิธี โดยโลหะหนักที่มีรายงานโรคพิษจากโลหะหนักมี 6 ชนิดซึ่งคาดว่าพบบ่อยในประเทศไทย คือ พิษตะกั่ว พิษสารหนู พิษแคดเมียม พิษปรอท พิษโครเมียมและพิษแมงกานีส

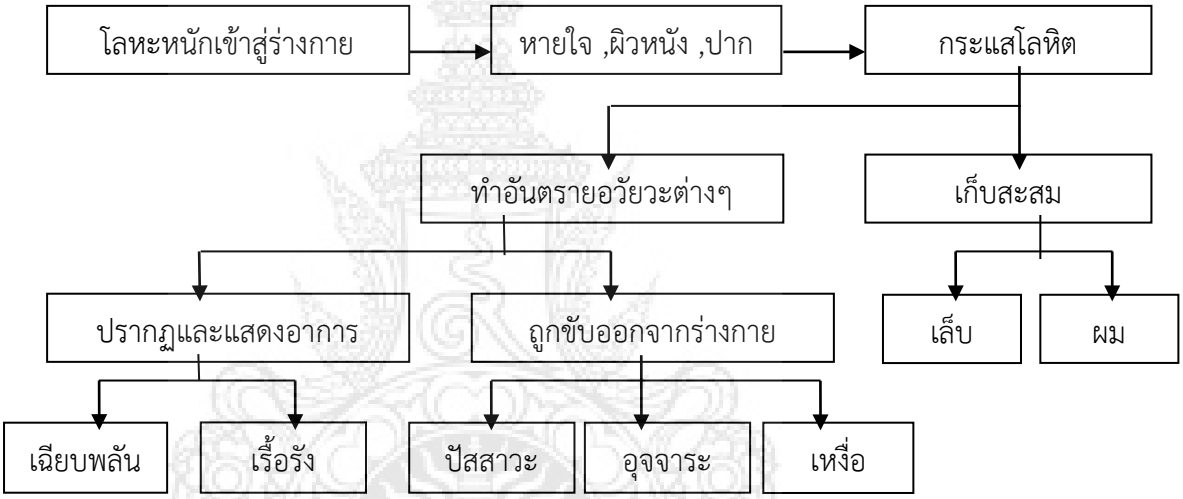
ภาพที่ 2.2 แหล่งกำเนิดสารตะกั่ว การแพร่กระจายและการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม
ที่มา : จิตรลดา มูลประสิทธิ์, 2553

ฝุ่นละออง คือแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ โดยฝุ่นละอองที่เกิดจากสาเหตุจะมีจำนวนที่น้อยมาก ส่วนอีกหนึ่งแหล่งกำเนิดคือ แหล่งกำเนิดจากกิจกรรมมนุษย์ ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์นั้นจะเกิดจากการปลดปล่อยมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม มลพิษจากยานพาหนะประเภทต่างๆ การเผาในที่โล่ง การลักลอบเผาป่า การเผาตอซังนาข้าว การเผาขยะ จะก่อให้เกิดฝุ่นละอองขึ้นสู่บรรยากาศเป็นจำนวนมาก เมื่อฝุ่นละอองขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศจะขึ้นไปจับตัวกับอนุภาคจะถูกการตรึงอนุภาคโดยแรงโน้มถ่วงและการชะล้างอนุภาคโดยน้ำฝนให้ตกลงสู่พื้นดินและแม่น้ำ ส่วนที่ตกลงสู่พื้นดินจะถูกน้ำชะล้างหน้าดินลงสู่แม่น้ำอีกครั้ง ฝุ่นละอองที่ตกลงสู่แม่น้ำโดยทั่วไปแล้วสารตะกั่วมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ยากจะไปจับตัวกับสารแขวนลอยในน้ำ เมื่อสัตว์น้ำได้รับเข้าไปและคนนำสัตว์น้ำมารับประทานสารตะกั่วจะเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ ในส่วนที่สัตว์น้ำไม่ได้รับเข้าไปจะจมตัวเป็นตะกอนอยู่ในแม่น้ำ

2.5.1 พิษของโลหะหนัก

ความเป็นพิษของโลหะหนักขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น คุณสมบัติของโลหะหนัก ขนาด หรือปริมาณที่ได้รับเข้าสู่ร่างกาย ระยะเวลาที่ได้รับความแตกต่างในด้านความต้านทานของแต่ละบุคคล อายุ และมาตรการในการป้องกันในการใช้สารเคมี สิ่งมีชีวิตตอบสนองต่อพิษโลหะหนักได้หลายประการโดยเฉพาะมีผลที่สำคัญต่อพฤติกรรมในเซลล์ 5 ประการ คือ ทำให้เซลล์ตายเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการทำงานของเซลล์เป็นตัวการทำให้เกิดมะเร็งเป็นตัวการทำให้เกิดความผิดปกติทำความเสียหายต่อโครโมโซม

เมื่อโลหะหนักเข้าสู่กระแสเลือดไปยังอวัยวะต่างๆ จากนั้นจะทำลายหรือสะสมในอวัยวะนั้นๆ ขึ้นอยู่กับกลไก ปฏิกิริยา และปริมาณที่ได้รับความเป็นพิษที่เกิดจากการได้รับโลหะหนักที่เป็นอันตรายที่เกิดขึ้นได้ ดังภาพที่ 2.2 การเกิดพิษในร่างกาย เกิดขึ้นได้ 3 แบบ คือ



ภาพที่ 2.3 การเกิดอันตรายของโลหะหนักเมื่อเข้าสู่ร่างกาย
ที่มา : เพ็ญศิริ จุดจองสิน, 2545

2.5.1.1 การเกิดพิษแบบเฉียบพลัน (acute) เป็นการเกิดอาการที่แสดงให้เห็นภายใน 24 ชั่วโมง หลังจากได้รับสารพิษเข้าไปเพียงครั้งเดียวหรือหลายครั้ง อาการพิษที่แสดงจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปริมาณสารที่ได้รับ การเกิดพิษมักจะรุนแรง ซึ่งอาจเสียชีวิตได้

2.5.1.2 การเกิดพิษแบบกึ่งเรื้อรัง (subchronic) เป็นการเกิดอาการที่แสดงออกให้เห็นหลังจากได้รับสารพิษตีดต่อกันเป็นระยะเวลาประมาณ 1-3 เดือน สำหรับในสัตว์ทดลองจะพิจารณาว่าเป็นอาการที่เกิดจากการได้รับสารพิษอย่างต่อเนื่อง ไม่นานเกินร้อยละ 10 ของอายุขัย (life span) ของสัตว์นั้น

2.5.1.3 การเกิดพิษแบบเรื้อรัง (chronic) เป็นการแสดงออกในลักษณะต่างๆ หลังจากได้รับสารพิษติดต่อกันเป็นเวลานานมากกว่า 3 เดือนขึ้นไปจนเกิดอาการเป็นพิษ

แสดงออกมาสำหรับในสัตว์ทดลองจะพิจารณาว่าเป็นอาการที่เกิดจากการได้รับสารพิษอย่างต่อเนื่องนานเกินร้อยละ 10 ของอายุขัยของสัตว์นั้น (เพ็ญศิริ จุดจองสิน, 2545)

2.6 โลหะหนักที่ทำการศึกษา

2.6.1 ตะกั่ว (Lead)

ตะกั่วเป็นโลหะสีเทาเงิน มีความอ่อนตัว สามารถดัดหรือขึ้นรูปง่าย ตะกั่วมีความถ่วงจำเพาะ 11.34 kgm^{-3} น้ำหนักอะตอมเท่ากับ 207.19 มีจุดหลอมเหลวที่ 327.50 องศาเซลเซียส และมีจุดเดือดที่ 1,740 องศาเซลเซียส ตะกั่วที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมมี 2 ประเภท คือ

1. สารประกอบอนินทรีย์ของตะกั่ว คือ เลดโมโนออกไซด์ (Lead Monoxide) เลดออกไซด์ (Lead Oxide) เลดซัลเฟต (Lead Sulfate) และเลดอะซิเทต (Lead Acetate) ใช้ในการผลิตสีทาบ้าน สีป้องกันสนิม หมึกพิมพ์ แบตเตอรี่รถยนต์ บัดกรี แผ่นกรองสำหรับอุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ เครื่องแก้ว เครื่องเคลือบ เซรามิก ยาง เครื่องใช้ไฟฟ้า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ฯลฯ

2. สารประกอบอินทรีย์ของตะกั่ว เช่น เตตระเอทิลเลด (Tetraethyl Lead) และเตตระเมทิลเลด (Tetramethyl Lead) ใช้ในการผลิตสารป้องกันการกระตุกของเครื่องยนต์น้ำมันเบนซิน ฯลฯ (นิรันดร์ มีไชยโย, 2553)

ตะกั่วเป็นโลหะสีเทาเงินหรือแกมน้ำเงินเกิดขึ้นตามธรรมชาติ ในเปลือกโลกตะกั่วในพื้นดินอาจเกิดตามธรรมชาติหรืออาจเกิดจากภาวะมลพิษดิน ดินที่มีสภาพเป็นกรดจะมีสารตะกั่วน้อยกว่าดินที่เป็นด่าง เนื่องจากอินทรีย์สารในดินอาจทำปฏิกิริยากับสารตะกั่วที่มีอยู่สารตะกั่วที่อยู่ในรูปสารประกอบอนินทรีย์ เช่น ไนเตรดคลอเรทและสารประกอบอินทรีย์ซึ่งใช้เป็นสารเติมในน้ำมันเชื้อเพลิง เช่น เบนซิน สารตะกั่วในบรรยากาศมากจากตะกั่วที่ผสมในน้ำมันเบนซินเพื่อใช้ในการจุดระเบิดของน้ำมัน เมื่อน้ำมันเผาไหม้ในรถยนต์สารตะกั่วออกมากับไอเสีย สารประกอบตะกั่วในน้ำมัน สามารถแพร่กระจายได้ไกลหลายกิโลเมตรและอาจทำให้สิ่งแวดล้อมในบริเวณห่างไกลความเจริญเกิดการปนเปื้อนได้ นอกจากนี้สารตะกั่วสามารถถูกชะล้างออกจากบรรยากาศได้โดยฝน สารตะกั่วเข้าสู่ร่างกายได้ด้วยการบริโภคอาหาร น้ำ หรือหายใจเอาอากาศที่มีสารตะกั่วเจือปนเข้าไปในบางกรณีร่างกายอาจดูดซึมตะกั่วอินทรีย์ที่ไม่ใช่ตะกั่วในบรรยากาศเข้าทางผิวหนังได้ สารตะกั่วมีพิษมากโดยเฉพาะในเด็ก ซึ่งอาจมีผลทำให้สมองพิการส่วนในผู้ใหญ่อาจมีผลต่อระบบทางเดินอาหารและระบบประสาท สำหรับอันตรายโดยทั่วไปนั้นทำให้เม็ดเลือดแดงอายุสั้นลงทำให้เป็นโรคโลหิตจางซึ่งเป็นอันตรายต่อเด็กในครรภ์และเป็นอันตรายต่อระบบประสาท ไตทางเดินอาหาร เป็นต้น

2.6.1.1 การนำตะกั่วมาใช้ประโยชน์ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

ก. สารประกอบอนินทรีย์ตะกั่ว เช่น

1. โลหะตะกั่วใช้ผสมในแท่งโลหะผสมหรือผงเชื่อมบัดกรีโลหะนำมาทำเป็นแผ่นหรือท่อโลหะใช้ในอุตสาหกรรมเคมีเพื่อป้องกันการกัดกร่อนแผ่นกรองในอุตสาหกรรมรถยนต์ทำลูกปืนฉากกั้นสารกัมมันตรังสี

2. ออกไซด์ของตะกั่ว ได้แก่

- ตะกั่วมอนอกไซด์ (Lead monoxide) ใช้ในอุตสาหกรรมสี

โดยใช้เป็น สารสีเหลืองผสมสีทาบ้าน

- ตะกั่วไดออกไซด์ (Lead dioxide) ใช้ทำเป็นขั้วอิเล็กโทรดของแบตเตอรี่รถยนต์ และเครื่องจักร

- ตะกั่วออกไซด์หรือตะกั่วแดง (Lead oxide) ใช้ในอุตสาหกรรมแบตเตอรี่ สีทาโลหะเพื่อกันสนิม เครื่องแก้ว ยาง และเครื่องเคลือบ

3. สารประกอบของเกลือตะกั่ว คุณสมบัติมีสีต่างๆกัน จึงนิยมใช้เป็นแม่สีหรือสีผสมในอุตสาหกรรมสี เช่น

- ตะกั่วเหลือง (Lead cromate) ตะกั่วขาว(Lead carbonate)
- ตะกั่วซัลเฟต (Lead sulfate) ใช้ในอุตสาหกรรมสีและหมึกพิมพ์
- ตะกั่วแอซิเตต (Lead acetate) ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง
- ตะกั่วซิลิเกต (Lead silicate) ใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องและเครื่องเคลือบเซรามิกเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีผิวเรียบเงางาม
- ตะกั่วไนเทรต (Lead nitrate) ใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติกและยาง
- ตะกั่วอาร์ซิเนต (Lead arsenate) ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช

ข. สารประกอบอินทรีย์ของตะกั่วได้แก่

- เตตระเอทิลเลด (Tetraethyl lead) และเตตระเมทิลเลด (Tetramethyl lead) โดยใช้เป็น"สารกันน็อค" หรือสารป้องกันการกระตุกของเครื่องยนต์เวลาทำงาน โดยใช้ผสมในน้ำมันเบนซินเพื่อให้เชื้อเพลิงมีค่าออกเทนสูงขึ้น สารนี้มีสีแดง ดังนั้น น้ำมันชนิดพิเศษทั้งหลายจึงมีสีแดง สารประกอบอินทรีย์ของตะกั่วค่อนข้างจะเป็นพิษมากกว่าตะกั่วอนินทรีย์ เนื่องจากสามารถแพร่กระจายในอากาศได้ดี สำหรับตะกั่วที่ออกมาจากท่อไอเสียรถยนต์จะอยู่ในรูปของตะกั่วออกไซด์ซึ่งจะเป็นตะกั่วอนินทรีย์ ปัจจุบันไม่ใช้ผสมในน้ำมันเบนซินแล้ว (สมบัติ ศุภพงศ์อาภา, 2546)

2.6.1.2 การดูดซึมของตะกั่วเข้าสู่ร่างกาย

ตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ

1. การดูดซึมจากระบบทางเดินอาหารแหล่งสำคัญ คือการปนเปื้อนของตะกั่วในอาหาร น้ำ เครื่องดื่ม ยาสมุนไพรแผนโบราณและภาชนะเครื่องใช้ที่มีตะกั่วปนเปื้อน พบว่าร้อยละ 70-85 ของตะกั่วที่เข้าสู่ร่างกายคนปกติได้จากอาหาร โดยเฉลี่ยผู้ใหญ่สามารถดูดซึมตะกั่วจากอาหารได้ ร้อยละ10 ของปริมาณตะกั่วในอาหารและเด็กสามารถดูดซึมได้มากถึงร้อยละ 40-50 ของปริมาณตะกั่วในอาหารตะกั่วที่เข้าไปกับอาหารจะดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดที่ลำไส้เล็กส่วนต้น จากลำไส้เล็กจะเข้าสู่ตับโดยผ่านทางเส้นเลือดดำใหญ่เข้าสู่กระแสเลือดการดูดซึมตะกั่วในทางเดินอาหารนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น อายุ และภาวะโภชนาการโดยในภาวะที่ท้องว่างหรือได้รับอาหารที่ขาดธาตุแคลเซียม เหล็ก และทองแดง หรือ มีสารฟอสเฟตต่ำจะทำให้ตะกั่วถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ดีขึ้น

2. การดูดซึมจากระบบทางเดินหายใจการหายใจเอาควันหรือฟูมของตะกั่วที่หลอมเหลวเข้าไป เช่น จากการหลอมตะกั่วหรือเชื่อมโลหะ ซึ่งเป็นทางเข้าสู่ร่างกายอันดับแรกของผู้ประกอบอาชีพที่สัมผัสตะกั่ว เช่น คนงานในโรงงานหลอมตะกั่ว แบตเตอรี่ โรงงานผลิตสี ฯลฯ ตะกั่วสามารถดูดซึมผ่านถุงลมปอดเข้าสู่กระแสเลือดได้ โดยการดูดซึมจะเร็วมาก แต่ถ้าหายใจเอาอนุภาคของตะกั่วที่มีขนาดเล็กกว่า 0.75 ไมครอนเข้าไป เช่น จากสีเก่าที่หลุดออกมาการดูดซึมเข้าสู่ร่างกายจะช้ากว่า โดยทั่วไปร้อยละ 35-50 ของตะกั่วจะดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดโดยวิธีฟาโกไซโตซิส Phagocytosis : คือ กระบวนการทำลายสิ่งแปลกปลอมโดยเม็ดเลือดขาว อาการที่เกิดขึ้นมักจะรวดเร็วและรุนแรง การหายใจเอาอากาศที่มีไอหรืออนุภาคตะกั่วปริมาณ 1 ไมครอนต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศ จะเพิ่มปริมาณตะกั่วในเลือดได้ 1-2 มิลลิกรัมต่อปริมาณเลือด 100 มิลลิเมตร ได้มีการกำหนดความเข้มของตะกั่วที่ให้มีได้ในอากาศโดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายคือ ในบริเวณทำงานไม่ควรเกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศ สำหรับผู้ที่ทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวันหรือ 40-42 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ นอกจากนี้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณสูงๆในอากาศจะช่วยให้การดูดซึมของตะกั่วในปอดเข้าสู่ร่างกายเพิ่มขึ้น

3. การดูดซึมทางผิวหนังเกิดเฉพาะตะกั่วอินทรีย์เท่านั้น ผู้ที่มีโอกาสได้รับตะกั่วทางผิวหนัง ได้แก่ คนงานที่ทำงานในปั๊มน้ำมัน ช่างซ่อมเครื่องยนต์ เนื่องจากในอุตสาหกรรมน้ำมันมีการเติม เตตระเอทิลเลด (Tetraethyl lead) และเตตระเมทิลเลด (Tetramethyl lead) ผสมในน้ำมันเบนซิน ดังนั้นเมื่อคนงานถูกน้ำมันหกรดผิวหนัง หรือใช้น้ำมันเบนซินล้างมือ เททระเอทิลสามารถละลายชั้นไขมันของผิวหนังได้ ตะกั่วจึงสามารถซึมผ่านผิวหนังและเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือดของร่างกายไปสู่ตับและจะเปลี่ยนเป็นไทรเอทิลเลด (Triethyllead) ได้ช้ามาก โดยมีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 200-350วัน ตะกั่วจึงสามารถสะสมอยู่ในร่างกายได้เป็นเวลานาน

2.6.1.3 กลุ่มผู้เสี่ยงต่อการเกิดโรคพิษตะกั่ว (สมบัติ ศุภพงศ์อาภา, 2546)

กลุ่มผู้เสี่ยงต่อการเกิดโรคพิษตะกั่วได้แก่

1. คนงานที่ประกอบอาชีพสัมผัสสารตะกั่ว ได้แก่
   - คนงานทำเหมืองตะกั่ว
   - คนงานโรงงานถลุงแร่ตะกั่ว
   - คนงานโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์
   - คนงานโรงงานผลิตแบตเตอรี่
   - คนงานโรงงานผลิตสี
   - คนงานโรงงานชุบโลหะ
   - คนงานโรงงานทำเครื่องปั้นดินเผา/เซรามิก
   - คนงานโรงงานทำเครื่องประดับโลหะ
   - คนงานโรงงานทำลูกปืน
   - คนงานบัดกรีตะกั่ว
   - คนงานเรียงพิมพ์ และหล่อตัวพิมพ์
   - คนงานโรงงานผลิตและบรรจุสารกำจัดศัตรูพืช
   - คนงานทา หรือพ่นสีกันสนิม และสีทาบ้าน

- คนงานโรงงานผลิตแก้ว
- คนงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับน้ำมันเบนซินที่ผสมสารตะกั่ว (ตะกั่วอินทรีย์) เช่น เด็กสถานีบริการน้ำมัน ช่างซ่อมเครื่องยนต์
- อาชีพอื่นๆ เช่น ตำรวจจราจร ฯลฯ

2. บุคคลทั่วไป ได้แก่บุคคลที่อาศัยอยู่ใกล้บริเวณโรงงานหลอมตะกั่ว หรือใกล้โรงงานที่มีการใช้สารตะกั่ว บุคคลที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น หรืออยู่ใกล้ถนน และผู้ใช้รถใช้ถนนที่ต้องติดอยู่ในการจราจรที่แน่นขนัด

3. เด็ก เนื่องจากพฤติกรรมของเด็กที่ชอบหยิบสิ่งของใส่ปากซึ่งบางครั้งของที่หยิบใส่ปากนั้นมีสารตะกั่วปนเปื้อนอยู่ เช่น ของเล่นที่มีคุณภาพต่ำจะมีสารตะกั่วปนเปื้อน

4. บุคคลในครอบครัวของคนงานที่ประกอบอาชีพสัมผัสตะกั่ว เนื่องจากฝุ่นตะกั่วสามารถติดอยู่ตามเสื้อผ้าผิวหนัง และผมของคนงาน ทำให้ตะกั่วสามารถติดจากที่ทำงานไปสู่บ้านได้

5. ทารกและเด็กที่ดื่มนมแม่เนื่องจากในหญิงมีครรภ์ ตะกั่วสามารถซึมผ่านรกไปสู่ทารกในครรภ์ได้ โดยระดับตะกั่วในสายสะดือมีค่าเท่ากับระดับตะกั่วในเลือดของมารดาและหญิงให้นมบุตรที่มีระดับตะกั่วในร่างกายสูงตะกั่วสามารถผ่านทางน้ำนมสู่ทารกที่ดื่มนมแม่ได้

2.6.1.4 อาการโรคพิษตะกั่ว

อาการโรคพิษตะกั่ว แบ่งได้เป็นระยะเฉียบพลันและเรื้อรัง

1. พิษตะกั่วเฉียบพลัน อาการสำคัญที่พบ คือ อาการของโรคเนื้อสมองเสื่อมเฉียบพลันมักเกิดเมื่อระดับตะกั่วในเลือดสูงเกิน 120 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร และมักพบในเด็กอายุต่ำกว่า 3 ปี อาการอาจเริ่มด้วยชักและหมดสติ หรือมีอาการอื่นร่วม เช่น เบื่ออาหาร กระวนกระวาย ซึม เล่นน้อยลง กระสับกระส่าย อาเจียน มีอาการทักษะเสื่อมถอยโดยเฉพาะการพูดอาการจะมากขึ้นเรื่อยๆ ใน 3-6 สัปดาห์จากนั้นจึงมีอาการของโรคสมองเสื่อมตามมาใน 2-5 วัน เริ่มด้วยอาการเดินเซ อาเจียนมาก ซึม หมดสติและชักที่ควบคุมลำบากแต่จะไม่พบอาการปลายประสาทเสื่อม

2. พิษตะกั่วเรื้อรัง อาการแสดงทางคลินิกที่พบในระบบต่างๆ มีดังนี้

2.1 ระบบประสาทส่วนกลาง และประสาทสมอง อาการสำคัญที่พบคือ สมองเสื่อมจากพิษตะกั่ว พบในเด็กมากกว่าผู้ใหญ่ มีอาการหงุดหงิดง่าย กระวนกระวาย ซึม เวียนศีรษะ เดินเซหกล้มง่าย นอนไม่หลับ ความจำเสื่อม ในรายที่เป็นรุนแรงอาจมีอาการสั่นเวลาเคลื่อนไหว ชัก หมดสติ และเสียชีวิตได้ เมื่อสมองถูกกดมากๆทำให้เนื้อสมองถูกทำลาย ผู้ป่วยที่มีอาการทางระบบประสาทส่วนกลางมีอันตรายประมาณร้อยละ 25 สำหรับผู้ที่รอดชีวิต ภายหลังการรักษาจะพบว่ามีความผิดปกติตามมาได้

2.2 ระบบประสาทส่วนปลายและกล้ามเนื้อ พบมีอาการปวดตามกล้ามเนื้อและข้อต่างๆ กล้ามเนื้อที่ใช้บ่อยมีอาการอ่อนแรง หรือเป็นอัมพาต เช่น กล้ามเนื้อที่ใช้เหยียดข้อมือ ข้อเท้า อ่อนแรง ทำให้เกิดอาการข้อมือตก ข้อเท้าตกอาจเป็นข้างเดียว หรือสองข้างก็ได้ อาการของระบบประสาทส่วนปลายพบมีอาการชา ปลายประสาทอักเสบ

2.3 ระบบทางเดินอาหาร เป็นอาการที่พบได้บ่อยที่สุด ผู้ป่วยมีอาการเบื่ออาหาร คลื่นไส้อาเจียน โดยเริ่มแรกมักมีอาการท้องผูก แต่บางรายอาจมีอาการท้องเดิน น้ำหนักลด รู้สึกลิ้นรับรสของโลหะ เมื่อภาวะเป็นพิษเพิ่มมากขึ้น กล้ามเนื้อหน้าท้องบีบเกร็ง และกดเจ็บ ทำให้มีอาการปวดท้องมาก เรียกว่า "โคลิก" นอกจากนี้อาจตรวจพบเส้นสีน้ำเงิน-ดำที่เหงือก ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างไฮโดรเจนซัลไฟด์ของแบคทีเรียในช่องปากกับตะกั่ว โดยอาจพบได้ถึงร้อยละ 80 ของผู้ป่วยที่ได้รับตะกั่วสะสมมาเป็นเวลานานๆ

2.4 ระบบโลหิต มักพบมีอาการซีดโดยทั่วๆ ไปจะมีลักษณะซีดจากการขาดธาตุเหล็กเนื่องจากตะกั่วจะเข้าไปยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์ฮีมในไขกระดูก โดยขัดขวางการใช้เหล็กและการสร้างโกลบินในไขกระดูก นอกจากนี้ยังมีผลให้เม็ดเลือดแดงมีลักษณะต่างจากปกติมีจุดสีน้ำเงินกระจายอยู่ภายใน (basophilic stippling) เม็ดเลือดแดงมีขนาดเล็กและแตกง่ายอายุสั้นกว่าปกติความเป็นพิษต่อระบบโลหิตนี้มีผลต่อเด็กมากกว่าผู้ใหญ่

2.5 ระบบทางเดินปัสสาวะ ผู้ป่วยที่ได้รับตะกั่วเป็นเวลานานๆ อาจเกิดภาวะไตวายเรื้อรังเนื่องจากตะกั่วมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและหน้าที่ของไต โดยทำให้เซลล์ที่บุส่วนต้นของท่อภายในไตเกิดสารประกอบของตะกั่วกับโปรตีนซึ่งมีผลต่อกระบวนการสร้างพลังงานของไต โดยจะตรวจพบน้ำตาล กรดอะมิโน และฟอสเฟตในปัสสาวะสูง รวมทั้งฟอสเฟตในเลือดต่ำเนื่องจากการดูดกลับลดลง ทำให้ความแข็งแรงของกระดูกลดลง จากการที่ร่างกายดึงฟอสเฟตจากกระดูกมาใช้และในรายที่เป็นเรื้อรังไตจะมีขนาดเล็กลง เส้นเลือดแข็ง และผู้ป่วยอาจเสียชีวิต เนื่องจากภาวะไตวาย นอกจากนี้ผู้ป่วยอาจเกิดภาวะกรดยูริกคั่งในร่างกาย เกิดอาการของโรคเก๊าต์ได้

2.6 ระบบโครงสร้าง ตะกั่วจะไปสะสมที่กระดูก โดยเฉพาะที่ส่วนปลายของกระดูกยาวเมื่อเอกซเรย์ดูจะพบรอยหนาทึบของตะกั่วฟอสเฟตพบได้ในเด็ก ถ้าร่างกายขาดแคลเซียมจะทำให้ร่างกายดึงแคลเซียมจากกระดูกมาใช้ เป็นผลให้ตะกั่วกลับเข้าสู่กระแสเลือดด้วย

2.7 ระบบสืบพันธุ์ ผู้ที่ได้รับตะกั่วติดต่อกันเป็นเวลานาน อาจพบอาการเป็นหมันได้ทั้งชายและหญิง โดยเพศชายจะมีจำนวนเชื้ออสุจิน้อยอ่อนแอและมีลักษณะผิดปกติ ส่วนใหญ่เพศหญิงจะมีความผิดปกติของประจำเดือน รังไข่ทำงานผิดปกติและแท้งได้

2.8 ระบบอื่นๆ ทำให้เกิดความผิดปกติในการทำงานของต่อมไทรอยด์ และต่อมหมวกไตได้นอกจากนี้ตะกั่วเป็นสารก่อมะเร็ง อาจทำให้เกิดมะเร็งที่ไต เนื้องอกที่ระบบทางเดินหายใจและระบบทางเดินอาหาร รวมทั้งเป็นสารก่อกลายพันธุ์ โดยทำให้เกิดความผิดปกติของดีเอ็นเอได้

2.7 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

2.7.1 Inductively Coupled Plasma Spectroscopy (ICPS)

เป็นเทคนิคการวัดการคายแสงของอะตอมหรือไอออนที่ถูกเหนี่ยวนำด้วยพลาสมา

หลักการและการทำงานของเครื่อง เป็นเทคนิคการวัดการคายแสงของอะตอมหรือไอออนที่ถูกเหนี่ยวนำด้วยพลาสมา แหล่งพลังงานของ ICP มาจากการปล่อยแก๊สอาร์กอนผ่านเข้าไป

ในคบ (torch) ซึ่งมีลักษณะเป็นหลอดที่ทำจากควอร์ตซ์ (quartz tube) ซ้อนกัน 3 ชั้น ที่ปลายคบด้านในจะมีท่อกลวงทำด้วยทองแดงล้อมรอบอยู่เรียกว่า “load coil” coil นี้ต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดคลื่นความถี่วิทยุ (radio frequency generator, RF generator) เมื่อให้ RF power ปล่อยเข้าไปใน load coil จะทำให้เกิดการสั่นด้วยอัตราเร็วเท่ากับความถี่ของเครื่องกำเนิด (RF generator ในเครื่อง ICP ส่วนมากใช้ความถี่ที่ 40 MHz) ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่ปลายคบและเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดตัวนำ ทำให้ตัวนำมีความร้อนเกิดขึ้น แก๊สอาร์กอนที่ผ่านเข้ามาในหลอดควอร์ตซ์นั้นไม่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิห้อง จึงจำเป็นจะต้องทำให้เป็นตัวนำด้วยการทำให้เกิดสปาร์คหรือปล่อยประจุไฟฟ้าผ่านแก๊สอาร์กอนเสียก่อน เพื่อทำให้แก๊สอาร์กอนเกิดไอออไนส์ได้เป็น Ar และมีอิเล็กตรอนเกิดขึ้น สนามแม่เหล็กจะทำหน้าที่ช่วยเร่งให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่เร็วขึ้นประกอบกับมีท่อทองแดงทำหน้าที่เป็นขดลวด ทำให้อิเล็กตรอนมีพลังงานเพิ่มขึ้น (เรียกว่าเกิด inductive coupling) และชนกับอะตอมของแก๊สอาร์กอน ทำให้เกิดอิเล็กตรอนมากขึ้นไปเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่เกิดเป็นพลาสมา ซึ่งจะสังเกตเห็นเป็นแสง สีเขียว กระบวนการที่ทำให้พลาสมานี้เรียกว่า Inductively Coupled Plasma (ICP) ความร้อนที่เกิดขึ้นในกระบวนการมีอุณหภูมิประมาณ 6,000-10,000 เคลวิน

การทำงานของ ICP สารละลายที่ทำการวิเคราะห์จะถูกส่งเข้าเครื่อง แล้วถูกเปลี่ยนให้เป็นละอองลอยโดยตัว nebulizer ละอองลอยนี้จะถูกพาเข้าสู่กึ่งกลางของพลาสมาด้วยก๊าซอาร์กอน พลาสมาจะทำการแยกตัวสารละลายออกจากละอองของสารตัวอย่าง (Desolvation) เกิดเป็นอนุภาคของเกลือขนาดเล็ก จากนั้นอนุภาคของเกลือขนาดเล็กจะเกิดการสลายตัวกลายเป็นโมเลกุลของก๊าซอิสระ (Vaporization) โมเลกุลเหล่านี้จะถูกทำให้แตกตัวเป็นอะตอม (Atomization) หรือไอออน (Ionization) แล้วเกิดกระบวนการ Excitation อิเล็กตรอนในอะตอมหรือไอออนที่ถูกกระตุ้นจะเปลี่ยนระดับพลังงานจากสถานะพื้นไปสู่สถานะกระตุ้น และเมื่ออิเล็กตรอนกลับสู่สถานะพื้นจะปล่อยพลังงานออกมาในรูปของพลังงานแสง แสงที่ให้ออกมาจะมีความยาวคลื่นเฉพาะของแต่ละชนิดของไอออนหรืออะตอม แสงที่เกิดขึ้นจะผ่านเข้าไปในส่วนแยกแสงเพื่อแยกเอาเฉพาะแสงที่ต้องการวัดที่ความยาวคลื่นที่ต้องการ จากนั้นแสงดังกล่าวจะผ่านไปยัง detector เพื่อวัดความเข้มแสงและเปลี่ยนเป็นค่าความเข้มข้นต่อไปโดยในการควบคุมแต่ละขั้นตอนตลอดจนข้อมูลที่ได้จะถูกพิมพ์หรือเก็บไว้ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์

2.7.2 ลักษณะเฉพาะของ ICPS

ลักษณะเฉพาะที่นับว่าสำคัญมากของ ICP นั้นอาจจะสรุปได้ดังนี้

1. ให้อุณหภูมิสูงถึง 10,000 K
2. สารตัวอย่างที่จะวิเคราะห์สามารถอยู่ในพลาสมาได้นานพอ โดยทั่วไปจะอยู่ได้นานถึง 2-3 ms ทำให้สารตัวอย่างสามารถแตกตัวเป็นอะตอมได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. Matrix และ interelement effects มีน้อย โดยเฉพาะเมื่ออยู่ในบรรยากาศของแก๊สเฉื่อยทำให้อะตอมอิสระที่เกิดขึ้นในพลาสมามี life time ยาวขึ้น
4. ในกรณีที่ใช้ Ar-ICP พบว่าให้ electron density สูง แม้จะใส่สารบางชนิดที่

ไอออไนส์ได้ง่ายเข้าไปก็จะไม่มีผลต่อจำนวนอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้น ดังนั้น การแทรกสอดที่เกิดจากจากไอออไนเซชันจะมีผลกระทบน้อย

5. Molecular species มีโอกาสเกิดน้อย หรือ ไม่เกิดเลย เพราะอุณหภูมิสูง ทำให้ลดการเกิดฟลูออเรสเซนซ์และ self-absorption

6. แก๊สที่ใช้เป็นแก๊สเฉื่อยจึงไม่มีการระเบิดเกิดขึ้น

7. ไม่ต้องใช้ขั้วไฟฟ้าเลย

2.7.3 องค์ประกอบต่างๆ ที่สำคัญของเครื่อง ICPS

1. Plasma generation systems ประกอบด้วยส่วนย่อยๆ คือ ส่วนที่เป็น power supplies, Radio frequency generator หน้าที่ของ Plasma generation systems คือการส่งพลังงานแสงของ RF current ผ่านเข้าไปใน induction coil นี้ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่ปลายบริเวณคบซึ่งจะช่วยทำให้พลาสมามีความเสถียร

2. Gas control systems เป็นส่วนที่จะ Supply gases ให้กับ ICP torch, Nebulizer, optic purse และ O_2 gas ในกรณีใช้สารอินทรีย์เป็นตัวทำละลาย เป็นระบบที่ใช้ควบคุมการไหลของแก๊สที่ใช้ในเครื่อง ICP

3. Sample introduction system เป็นส่วนที่จะนำสารละลายตัวอย่างที่เป็นเนื้อเดียวกันส่งไปในพลาสมาซึ่งประกอบไปด้วย Peristaltic pump, spray chamber หรือ Nebulizer เป็นระบบที่ทำหน้าที่ฉีดสารละลายตัวอย่างเข้าไปยังพลาสมาซึ่งประกอบด้วย Peristaltic pump ทำหน้าที่ปั๊มสารละลายตัวอย่างเข้าไปใน Nebulizer จะพ่นสารละลายออกมาเป็นฝอยด้วยการใช้ Pneumatic

4. Optical system ประกอบด้วย monochromator หรือ polychromator ซึ่งเป็น grating หรือ echelle grating window slits, mirrors และ detector Optics เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดที่ทำหน้าที่แยกแสงที่เปลางออกมาจากอะตอมที่ถูกกระตุ้นหรือที่เป็นไอออนจากพลาสมาให้ได้ความยาวคลื่นที่ต้องการวัด

5. Data acquisition and communications เป็นส่วนของ electronics ที่ใช้เปลี่ยนค่าของกระแสที่ได้จาก detector และส่งข้อมูลที่รวบรวมได้เข้า data processing ของเครื่องคอมพิวเตอร์และหน่วยนี้ยังเป็นส่วนที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องด้วย

2.7.4 วิธีการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ICPS

ในการวิเคราะห์สารนั้น เริ่มต้นด้วยการเตรียมสารตัวอย่างและสารมาตรฐานเพื่อใช้กับเครื่อง ICPS สเปกโทรมิเตอร์ ซึ่งขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสารตัวอย่างนั้นๆแล้วทดลองวิเคราะห์ดู เพื่อหาช่วงของความเข้มข้นที่เหมาะสมเลือกความยาวคลื่นที่ต้องการเช็คสเปกตรัม background

ขั้นที่สอง เกี่ยงกับวิธีการที่จะนำสารละลายตัวอย่างเข้าสู่ในเครื่อง และการเตรียมเครื่องมือที่จะใช้ให้ถูกต้อง Check performance ของเครื่องให้เรียบร้อย ซึ่งโดยทั่วไปแล้วขั้นนี้ควร

จะพร้อมอยู่แล้ว บางครั้งเราอาจจะต้องใช้วิธีการอื่นๆ ก็ได้ เช่น ในกรณีที่สารตัวอย่างที่จะวิเคราะห์มีอนุภาคแขวนลอยอยู่มากหรือมีสารที่เป็นของแข็งละลายอยู่มากๆ อาจจะต้องใช้วิธีการพิเศษ

ขั้นที่สาม ถ้าจะพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ คือการที่จะต้องทำโปรแกรมใหม่ โดยสามารถใช้ computer software ที่ให้มาพร้อมกับเครื่องทำงาน เพื่อเก็บข้อมูลและตั้งโปรแกรมกระบวนการต่างๆ เช่น การเลือกความยาวคลื่น การ calibrate เครื่องมือ การวัดความเข้มของอิมิสชันตลอดจนการที่จะวิเคราะห์สารตัวอย่างจริง โดยทั่วไปของการวิเคราะห์ บริษัทผู้ผลิตเครื่องมือมักจะทำโปรแกรมกำหนดสภาวะและขั้นตอนต่างๆให้เรียบร้อย จนได้ผลของการวิเคราะห์เป็นที่พอใจ อย่างไรก็ตามก่อนที่จะใช้เครื่องมือทำการวิเคราะห์ ผู้วิเคราะห์ควรตรวจสอบเสียก่อนว่าเครื่องมือนั้นทำงานได้อย่างถูกต้อง มิฉะนั้นแล้วจะทำให้ผู้วิเคราะห์เสียเวลาเปล่า สำหรับการดูแลและการตรวจสอบการทำงานของเครื่องมือให้ถูกต้อง

เมื่อเครื่องมือพร้อมที่จะทำงานทั้ง hardware และ software คือโปรแกรมการวิเคราะห์ที่เลือกไว้เรียบร้อยแล้ว สารมาตรฐานและสารละลายตัวอย่างได้เตรียมเสร็จเรียบร้อยแล้ว การวิเคราะห์สามารถดำเนินการได้ทันที นั่นคือ ทำ calibration แล้วทำการวิเคราะห์ตัวอย่างแต่จะต้องไม่ลืมว่าสารละลายตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานควรจะต้องคล้ายกัน (matching) เพื่อป้องกัน matrix effect แต่ถ้าไม่สามารถทำสารละลายตัวอย่าง และสารละลายมาตรฐานให้คล้ายกันได้ ควรใช้เทคนิค internal standard method หรือ standard addition method

2.7.5 การเลือกความยาวคลื่น (Selection of Wavelengths)

ในการเลือกความยาวคลื่นที่เหมาะสมสำหรับการวัดความเข้มของอิมิสชันที่เกิดขึ้นจากธาตุที่จะวิเคราะห์นั้น มีเกณฑ์ที่จะใช้อยู่ 2-3 ประการ คือ

1. ความยาวคลื่นที่จะเลือกใช้นั้นจะต้องสามารถทำได้กับเครื่องมือนั้นๆ เช่น ในกรณีที่ใช้ polychromator-based ICP instrument ความยาวคลื่นต่างๆได้ถูกกำหนดไว้เรียบร้อยแล้ว เราจะจัดใหม่ไม่ได้และในกรณีที่เครื่องมือบางชนิดไม่มีอุปกรณ์สำหรับทำ vacuum หรือ purging จะเลือกใช้ความยาวคลื่นต่ำกว่า 190 nm ไม่ได้

2. ความยาวคลื่นที่เลือกใช้จะต้องเหมาะสมกับความเข้มข้นของธาตุที่จะวิเคราะห์ นั่นคือจะต้องให้อยู่ภายใน working range หรือ calibration curve ถ้าจะอยู่นอก working range ใช้ไม่ได้ ดังนั้น การเลือก emission line จึงสำคัญ

3. เนื่องจาก spectrum lines ที่สามารถเลือกใช้ได้อาจเป็น ion transition line หรือ atom transition line บาง line ให้ผลไม่แน่นอนไม่ควรเลือกใช้ เมื่อเลือกใช้ spectrum line แบบใด ก็ควรจะเลือกใช้ให้เหมือนกันทั้งสารตัวอย่างและสารมาตรฐาน

4. ความยาวคลื่นที่จะเลือกใช้ควรจะปลอดจาก spectral interferences ในทางปฏิบัติแล้วทำได้ยาก เพราะ ICP ให้พลังงานสูง สามารถทำให้ปล่อยแสงออกมาได้หลายความยาวคลื่น ทำให้มีโอกาสเกิด spectral interferences ได้เสมอ อย่างไรก็ตาม ในการวิเคราะห์ต้องทำ conrrection อยู่แล้ว

2.7.6 การวัดอิมิสชัน (Emission Measurement)

วิธีที่จะใช้วัดความเข้มของแสงที่ปล่อยออกมาจากธาตุที่วิเคราะห์นั้น โดยทั่วไปแล้วผู้ใช้เครื่องไม่มีโอกาสเปลี่ยนแปลงได้เลย เพราะบริษัทผู้ผลิตได้ออกแบบมาเสร็จเรียบร้อยแล้ว แต่ถ้าผู้ใช้เครื่องรู้วิธีที่เครื่องสามารถวัดได้อย่างไร ซึ่งมีความสำคัญจะทำให้ลดปัญหาไปได้หลายอย่าง

โดยทั่วไปการวัดอิมิสชันนั้นสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. เครื่องสเปกโทรมิเตอร์จะทำหน้าที่ scan ที่ความยาวคลื่นในช่วงแคบๆ ของสเปกตรัมเพื่อหาความเข้มสูงสุดที่จะวัด

2. ใช้วิธีตั้งสเปกโทรมิเตอร์วัดอิมัสชันที่ความยาวคลื่นกำหนดให้ เครื่อง ICP สเปกโทรมิเตอร์หรืออิมิสชันสเปกโทรมิเตอร์ ยังคงใช้วิธีวัดทั้งสองแบบข้างบนนั้นอยู่หรือใช้ทั้งสองวิธีร่วมกัน ทั้งสองวิธีก็มีข้อดีและข้อเสียอยู่ในตัว จึงขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการออกแบบ

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถ (detection limits) เป็น micrograms / liter ของการวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิคต่างๆกัน

Element	Flame AA	Hg/Hydride	GFAA	ICP-OES
Ag	1.5		0.005	0.6
Al	45		0.1	1
As	150	0.03	0.05	2
Au	9		0.015	1
B	1000		20	1
Ba	15		0.35	0.03
Be	1.5		0.008	0.09

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถ (detection limits) เป็น micrograms / liter ของการวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิคต่างๆกัน (ต่อ)

Element	Flame AA	Hg/Hydride	GFAA	ICP-OES
Bi	30	0.03	0.05	1
Br				
Ca	1.5		0.01	0.05
Cd	0.8		0.002	0.1
Cl				
Co	9		0.15	0.2
Cr	3		0.004	0.2
Cs	15			

Cu	1.5	0.014	0.4
Dy	50		0.5
Ef	60		0.5
Eu	30		0.2
F			
Fe	5	0.06	0.1
Ga	75		1.5
Na	0.3		0.5
Nb	1500		1
Nd	1500	0.07	2
Ni	6		0.5
Os		130	6
P	75000	0.05	4
Pb	15	0.09	1
Pd	30		2
Pr	7500		2
Pt	60		1
Rb	3		5

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถ (detection limits) เป็น micrograms / liter ของการวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิคต่างๆกัน (ต่อ)

Element	Flame AA	Hg/Hydride	GFAA	ICP-OES
Re	750			0.5
Rh	6		1	5
Ru	100			1
S			0.05	10
Sb	45	0.15		2
Sc	30		0.05	0.1
Se	100	0.03	1	4
Si	90			10
Sm	3000		0.1	2
Sn	150		0.025	2
Sr	3			0.05
Ta	1500			1
Tb	900		0.1	2

Te	30	0.03		2
Th			0.35	2
Ti	75		0.1	0.4
Tl	15			2
Tm	15			0.6
U	15000		0.1	10
Y	75			0.2
Yb	8			0.1
Zn	1.5		0.02	0.2
Zr	450			0.5
V	60			0.5
W	1500			1

2.7.7 การประยุกต์ของเทคนิค ICP-OES

เนื่องจากเทคนิคนี้สามารถนำไปใช้วิเคราะห์ธาตุต่างๆได้ทั้งโลหะและอโลหะอย่างรวดเร็ว ตั้งแต่ความเข้มข้นสูงถึงระดับความเข้มข้นต่ำ ได้อย่างดีและแทบทุกชนิดของ samples ได้แก่

1.) ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและอาหารรวมทั้งตัวอย่างจากดิน ปุ๋ย พืช อาหารต่างๆ จากพืชและสัตว์ เนื้อสัตว์ อาหารทะเล ตลอดจน ส่วนที่เป็นของเหลวจากร่างกาย สิ่งเหล่านี้สามารถหาได้ในสิ่งที่เป็นประโยชน์สิงที่จำเป็นสำหรับร่างกายและธาตุต่างๆที่เป็นพิษต่อร่างกายได้แก่โลหะหนักต่างๆ เช่น Cu, Hg, Pb, Cd, Cr และอื่นๆ การหาปริมาณธาตุที่มีอยู่น้อยๆในเบียร์และไวน์ น้ำผลไม้ ในน้ำนม เป็นต้น

2.) ตัวอย่างทางชีวภาพและทางการแพทย์ ได้แก่ Cr, Ni และ Cu ในน้ำปัสสาวะ Al ในเลือด Cu ในสมอง Sc ในตับ B, P และ S ในกระดูก

3.) ตัวอย่างทางธรณีวิทยาซึ่งสามารถหาปริมาณได้ทั้งองค์ประกอบหลักและองค์ประกอบรอง และองค์ประกอบที่มีอยู่น้อยๆ ใน หิน ตะกอน ดิน และตัวอย่างทางทะเล เป็นต้น

4.) ตัวอย่างจากสิ่งแวดล้อมและน้ำซึ่งอาจเป็นตัวอย่างที่ซับซ้อนต่างจากที่กล่าวมาแล้ว สำหรับตัวอย่างน้ำอาจเป็นตัวอย่างน้ำเสีย น้ำบาดาล น้ำจากแม่น้ำลำคลอง และน้ำดื่มต่างๆ เป็นต้น

5.) พวกโลหะต่างๆ ในวัสดุทั่วไป ได้แก่ โลหะ โลหะผสม โลหะหายาก โลหะที่มีค่าและเครื่องประดับ เช่น ทอง แพลตินัม แทนทาลัม โมลิบดินัม

6.) พวกอินทรีย์สารต่างๆ เช่น ถ่านหิน น้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันหล่อลื่น น้ำมันที่ใช้ปรุงอาหาร พวกสีย้อม สีทาบ้าน เป็นต้น

ที่มา : แม้น อมรสิทธิ์ และคณะ, 2552

2.8 ความเสี่ยง

"ความเสี่ยง"คือ ลักษณะของสถานการณ์หรือการกระทำใดๆ ที่มีผลลัพธ์ได้มากกว่า 2 อย่างผลลัพธ์ที่ว่านี้เราไม่สามารถบอกได้แน่นอนว่าจะเกิดขึ้นหรือไม่ และอย่างน้อยหนึ่งในผลลัพธ์นั้นไม่พึงประสงค์ (พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2547)

"การประเมินความเสี่ยง"คือ กระบวนการศึกษาอย่างเป็นระบบเพื่อพรรณนาและวัดความเสี่ยงที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งคุกคาม กระบวนการ การกระทำหรือเหตุการณ์ใดอาจกล่าวได้ว่าการประเมินความเสี่ยงเป็นการศึกษาเชิงปริมาณ (quantitative study) เพราะเป็นการศึกษาในลักษณะที่สามารถตรวจวัดตัวแปรต่างๆเป็นตัวเลขได้ (พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2547)

ในทางวิชาการโดยทั่วไปแบ่งประเมินความเสี่ยงออกเป็น 2 สาขาวิชา คือ การประเมินความเสี่ยงด้ายสิ่งแวดล้อมหรือระบบนิเวศ (Environmental or Ecological Risk Assessment) และการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ (Health Risk Assessment) โดยการประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมเป็น การประเมินผลกระทบจากมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่มีต่อระบบนิเวศวิทยา ซึ่งเป็นเรื่องที่มีความซับซ้อนและต้องอาศัยข้อมูลจำนวนมากจึงทำได้ค่อนข้างยาก ขณะที่การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพเป็นการศึกษาถึงผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมต่อสุขภาพมนุษย์ซึ่งทำได้ง่ายกว่า

2.8.1 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ

"การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ" หมายถึง การประเมินความเสี่ยงที่ศึกษาถึงผลกระทบที่ มาจากสิ่งแวดล้อมแล้วก่อให้เกิดผลต่อสุขภาพของมนุษย์ แบ่งลักษณะการศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม (พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2547) คือ

ก) การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ (Quantitative Risk Assessment)

การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ มุ่งเน้นการศึกษาที่อาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐาน ได้แก่ การศึกษาที่เน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถตรวจวัดค่าตัวแปรต่างๆเป็นตัวเลขโดยอาศัยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์หรือการทดสอบตรวจวิเคราะห์ทางปฏิบัติการสามารถอธิบายได้โดยใช้หลักเหตุและผล และสามารถทดลองซ้ำได้ โดยเป้าหมายสุดท้ายของการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณนี้จะใช้ประโยชน์เป็นข้อมูลนำเข้า สำหรับการประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพ

ข) การประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพ (Qualitative Risk Assessment)

การประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพ เป็นการศึกษาที่มุ่งเน้นจะอธิบายปรากฏการณ์เชิงสังคมศาสตร์และมานุษยวิทยา โดยอาศัยการเก็บข้อมูลที่ใช้การสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (in-depth interview) การสัมภาษณ์เฉพาะกลุ่ม (focus group interview) ร่วมกับเทคนิคการศึกษาอื่นๆ เช่น การศึกษาแบบมีส่วนร่วม (participatory action research) เป็นต้น วิธีการเชิงคุณภาพจะเน้นความหลากหลายและความครอบคลุมของข้อมูล เพื่อสนองผลให้เห็นในหลายแง่มุม

โดยส่วนใหญ่ การศึกษาทั้ง 2 วิธี จะต้องทำควบคู่กันไป เพราะหลายครั้งที่ทั้ง 2 วิธีต่างเป็นข้อมูลนำเข้าและป้อนกลับซึ่งกันและกัน ผลที่ได้จากการศึกษาทั้ง 2 วิธีร่วมกันจะช่วยลบจุดด้อยที่มีในแต่ละวิธีให้หมดไป ทำให้ผลการศึกษาที่มีในแต่ละวิธีให้หมดไป ทำให้ผลการศึกษามี

ความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาให้ตรงจุดกว่าการใช้การศึกษาเพียงวิธีใดวิธีหนึ่งเท่านั้น

2.8.2 องค์ประกอบของการประเมินความเสี่ยง

การประเมินความเสี่ยงตามรูปแบบขององค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา (U.S.EPA) แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

1. การบ่งชี้อันตราย (Hazard Identification)

เป็นขั้นตอนการประมวลและศึกษาข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ทั้งหมด ณ ขณะนั้น เพื่อใช้พิจารณาว่ามีหลักฐานเพียงพอหรือไม่ที่ชี้ให้เห็นว่าสารเคมี ผลิตภัณฑ์หรือปัจจัยเสี่ยงหนึ่งๆ เป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ รวมทั้งมีอันตรายมากน้อยเพียงใด และเป็นอันตรายในลักษณะใด โดยตัดสินตามน้ำหนักของหลักฐาน (Weight of Evidence) ซึ่งจะพิจารณาทั้งในแง่คุณภาพและความเพียงพอของหลักฐานที่มีอยู่ทั้งหมด เพื่อที่จะตอบคำถามว่าสิ่งคุกคามที่เรากำลังสนใจอยู่จะมีความสัมพันธ์กับผลกระทบด้านสุขภาพหรือไม่ โดยจะต้องอาศัยข้อมูล 2 ชนิด คือ ข้อมูลเกี่ยวกับการบาดเจ็บหรือโรคที่เกี่ยวกับสารคุกคามนั้น สภาพการณ์ของการรับเอาสารคุกคามเข้าสู่ร่างกายและก่อให้เกิดการบาดเจ็บหรือโรคในที่สุด (พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2547, น.33-34; ออรัส คงพานิช, 2547, น. 1) ในการชี้บ่งอันตรายของการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากสารเคมีประกอบด้วยกิจกรรมสำคัญ 2 ขั้นตอน คือ

- การรวบรวมข้อมูล (Data Collection) ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพของสถานที่ การชี้บ่งสารเคมี ที่สัมผัส แหล่งกำเนิดสารเคมี การระบายหรือแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม กลุ่มประชากรที่สัมผัสสารเคมี พฤติกรรมการใช้ชีวิตที่มีโอกาสสัมผัสสารเคมี
- การประเมินข้อมูล (Data evaluation) เป็นการจัดการกับข้อมูลที่ได้รวบรวมมาเพื่อให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมต่อการประเมินความเสี่ยง (สราวุธ สุธรรมสา, 2551, น. 6-20)

2. การประเมินความเป็นพิษ (Toxicity Assessment) หรือการประเมินการตอบสนองต่อปริมาณ (Dose-Response Assessment) เป็นขั้นตอนการหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของการสัมผัสกับโอกาสของการเกิด ผลต่อสุขภาพจากการได้รับสารเคมีเข้าสู่ร่างกายนั้นมีอะไรบ้าง รุนแรงเพียงใด ซึ่งมีความจำเป็นต้องมีการอนุมานผลการศึกษา มาเป็นผลตามสภาพความเป็นจริงในประชากร (นพรัตน์ ผาสุกผล, 2548, น. 19; พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2547, น. 14 ; ออรัส คงพานิช, 2547 ,น. 8 ; สราวุธ สุธรรมาสา, 2551, น. 6-21)

3. การประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment)

เป็นวิธีการประมาณ หรือวัดปริมาณหรือความเข้มข้นของสิ่งที่คุกคามที่แต่ละบุคคล ประชากร หรือระบบนิเวศได้รับ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดลักษณะของการสัมผัส (Characterization of Exposure Setting) ต้องมีการกำหนดลักษณะของสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ และกำหนดกลุ่มประชากรที่เป็นกลุ่มเสี่ยง เช่น หญิงตั้งครรภ์ เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 2 การค้นหาเส้นทางของการสัมผัส (Identification of Exposure Pathways) เป็นการวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของแหล่งแพร่กระจายสารเคมี เส้นทางการเคลื่อนที่

ของสารเคมี สถานที่อยู่ของประชากรและกิจกรรมต่างๆของประชากร จึงนำมาสู่การชี้บ่งเส้นทางสำคัญของการสัมผัสสารเคมีของประชากร สามารถแบ่งย่อยเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

- การค้นหาแหล่งกำเนิดและกลไกการปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม
- การประเมินการเปลี่ยนสภาพและการเคลื่อนย้ายในตัวกลาง
- การค้นหาจุดของการสัมผัส
- การค้นหาช่องทางเข้าสู่ร่างกาย

ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณปริมาณการสัมผัส (Quantification of Exposure) ขั้นตอนสุดท้ายนี้ เป็นการคำนวณขนาดหรือปริมาณสารเคมีที่ประชากรสัมผัส โดยตัวแปรที่นำมาพิจารณา ได้แก่

1. ปริมาณความเข้มข้นของสารเคมี
2. ความถี่ของการได้รับสัมผัสสาร
3. ระยะเวลาการได้รับสัมผัสสาร

โดยเราสามารถหาปริมาณสารเคมีที่ร่างกายได้รับได้หลายทางแต่ในการศึกษานี้จะพิจารณาการรับสัมผัสทางการหายใจเท่านั้น

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทิพวรรณ โพธิ์ทอง และอุทุมพร วงศ์หาเดช (2555) ศึกษาค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร และลักษณะการกระจายตัวของฝุ่นละออง ในอำเภอเมืองจังหวัดปทุมธานี ผลการศึกษาพบว่าค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม ในพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดปทุมธานี มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.0239 - 0.3199 mg/m^3 สถานีที่พบค่าความเข้มข้นสูงสุดอยู่ใน ต.บางปรอก สถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 7 สถานีมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ และผลศึกษาค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตรในพื้นที่ อำเภอเมืองจังหวัดปทุมธานี พบว่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.0550 – 0.2075 mg/m^3 โดยค่าสูงสุดตรวจวัดได้ที่สถานีเก็บตัวอย่างบริเวณ ต.บางปรอก มีสถานีเก็บตัวอย่างอากาศเกินเกณฑ์มาตรฐาน 5 สถานี

เพ็ญศิริ จุดจองสิน (2545) ศึกษาความเข้มข้นของตะกั่วและเหล็กในฝุ่นละอองในบรรยากาศบริเวณสถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาความเข้มข้นของตะกั่วและเหล็ก ในฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) และหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นในตัวอย่างของตะกั่วและเหล็กในฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) กับปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) ในบรรยากาศและเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน เพื่อเป็นข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพในบริเวณสถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ในการใช้ประโยชน์เกี่ยวกับแผนการจัดการสิ่งแวดล้อม ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองในบรรยากาศจุดที่ 1 2 3 พบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 0.1004 0.0430 0.0635 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของเหล็กในฝุ่นละอองในบรรยากาศจุดที่ 1 2 3 พบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 3.457 2.688 1.537 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความเข้มข้นของตะกั่วมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตะกั่วและเหล็กในฝุ่น

ละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) กับปริมาณฝุ่นละอองมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correation, r) ของตะกั่วและเหล็ก เท่ากับ 0.6447 0.6171 ตามลำดับ

พูนทรัพย์ นรมิตร (2544) ศึกษาหาปริมาณ Pb Cd และ Zn ในฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน และหาความสัมพันธ์ของปริมาณ Pb Cd และ Zn กับความเสี่ยงต่อการเป็นโรคระบบทางเดินหายใจจากโลหะหนัก โดยเปรียบเทียบกับประวัติการเป็นโรคระบบทางเดินหายใจของตำรวจจราจร และปริมาณการจราจร กลุ่มตัวอย่างในการศึกษา ได้แก่ ตัวอย่างกระดาษกรอง 132 ตัวอย่าง ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างจากบรรยากาศในเขตกรุงเทพมหานคร โดยวิธี Atomic Absortion Spectrophotrometry วัดปริมาณโลหะหนัก และกลุ่มตัวอย่างตำรวจ 322 คน ใช้แบบสอบถามในการวัดการเป็นโรคระบบทางเดินหายใจของตำรวจจราจร ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยของ Pb Cd และ Zn ในฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนมีค่าเท่ากับ 73.22, 1.25 ng/m^3 และ 15.33 µg/m^3 ตามลำดับ ถนนเยาวราชมีปริมาณ Pb สูงสุดคือ 299.38 ng/m^3 ถนนหลานหลวงมีปริมาณ Cd สูงสุดคือ 2.96 ng/m^3 ถนนสุขาภิบาล1 มีปริมาณ Zn สูงสุดคือ 30.32 µg/m^3 จากการวิเคราะห์ทางด้านสถิติพบว่า Pb Cd และ Zn ในฝุ่นละอองไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับความเสี่ยงต่อการเป็นโรคระบบทางเดินหายใจของตำรวจจราจร นอกจากนี้ปริมาณ Pb ในฝุ่นละอองมีปริมาณลดลงอย่างชัดเจนตั้งแต่มีการรณรงค์ให้ใช้น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่วในปี พ.ศ. 2339

สมบัติ ศุภพงศ์อาภา (2546) เพื่อศึกษาหาปริมาณของตะกั่วที่มีอยู่ในกระดาษหนังสือพิมพ์ ซึ่งใช้กระดาษหนังสือพิมพ์รายวัน 6 ฉบับ ได้แก่ กระดาษหนังสือพิมพ์ไทยรัฐ เดลินิวส์ มติชน ข่าวสด คมชัดลึก และ สยามกีฬา และวิเคราะห์หนังสือพิมพ์ตัวอย่างต่างๆ ดังกล่าว ในส่วนที่เป็นพาดหัวข่าว คอลัมน์ธรรมดา และส่วนที่เป็นรูปภาพ โดยการนำตัวอย่างมาเผาให้เป็นเถ้าจนปราศจากสารอินทรีย์ และนำมาละลายในกรดไนทริกเข้มข้น แล้วนำสารละลายกระดาษหนังสือพิมพ์ตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณของตะกั่วด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทโฟโตมิเตอร์ ผลการวิจัยพบว่า ในกระดาษหนังสือพิมพ์ตัวอย่างมีปริมาณตะกั่วพบมากที่สุดคือ ในส่วนที่เป็นรูปภาพ รองลงมาได้แก่ส่วนที่เป็นคอลัมน์ธรรมดา และส่วนที่เป็นพาดหัวข่าว โดยพบอยู่ในปริมาณ 9.7000, 27.000 และ60.7000 µ/g ตามลำดับ ซึ่งปริมาณตะกั่วดังกล่าวสามารถเกิดพิษและโทษแก่ร่างกายได้ถ้าสะสมเข้าไป

นิรันดร์ มีไชยโย (2553) เพื่อศึกษาแคดเมียม ตะกั่วและแมงกานีส ในฝุ่น PM_{10} ในย่านธุรกิจเขตเทศบาลนครพิษณุโลกเก็บตัวอย่างฝุ่น PM_{10} จากพื้นที่ศึกษาสองแห่ง คือ ถนนบรมไตรโลกนารถและถนนเอกาทศรถ ตั้งแต่เดือนมกราคม 2552 ถึงเดือนธันวาคม 2552 โดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่น PM_{10} ชนิด High volume air sampler วิเคราะห์ฝุ่น PM_{10} โดยวิธีกราวิเมตริกและวิเคราะห์โลหะหนักโดยใช้เครื่อง Flame Atomic Absorption Spectroscopy (FAAS) จากการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นฝุ่น PM_{10} ในฤดูแล้งทั้งสองสถานีตรวจวัดมีค่าสูงกว่าในฤดูฝน โดยความเข้มข้นฝุ่น PM_{10} ถนนบรมไตรโลกนารถ มีค่า 22.25 - 87.27 ไมโครเมตรต่อลูกบาศก์เมตร ความเข้มข้นฝุ่น PM_{10} ถนนเอกาทศรถ มีค่า 25.98 – 90.80 ไมโครเมตรต่อลูกบาศก์เมตร ไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นตะกั่ว (Pb) ที่ถนนไตรโลกนารถและถนนเอกาทศรถมีค่าเฉลี่ย รายเดือนอยู่ในช่วง 0.0479 – 0.0685 ไมโครเมตรต่อลูกบาศก์เมตร และ 0.0482 – 0.0728 ไมโครเมตรต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ความเข้มข้นตะกั่วที่ตรวจวัดค่าไม่เกินมาตรฐานรายเดือนของกรมควบคุมมลพิษในบรรยากาศ 1.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนความเข้มข้นของแมงกานีส (Mn) และแคดเมียม (Cd) ในบรรยากาศพบปริมาณน้อย

พงศกร สง่าผล (2546) เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบระหว่างสัดส่วนตะกั่วจากฝุ่นที่มีขนาดตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมา กับสัดส่วนตะกั่วจากฝุ่นที่มีขนาดตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมา โดยวิธีวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบค่าที (t-test)ได้ข้อสรุปว่า สัดส่วนของสารตะกั่วต่อปริมาณฝุ่นที่มีขนาดตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมามีค่าต่ำกว่าสัดส่วนของตะกั่วต่อปริมาณฝุ่นที่มีขนาดตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตที่ 0.05 ไม่ว่าจะเป็นการทดลองในบริเวณพื้นที่เขตเมือง (urban area) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ กรมส่งเสริมการเกษตร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานครหรือบริเวณพื้นที่เขตชนบท (rural area) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสุพรรณบุรี อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี การเปรียบเทียบสัดส่วนของสารตะกั่วต่อปริมาณฝุ่นระหว่างพื้นที่เขตเมืองกับบริเวณพื้นที่เขตชนบท โดยจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบค่าที (t-test) ได้ข้อสรุปว่า ในบริเวณพื้นที่เขตเมืองจะมีสัดส่วนของสารตะกั่วต่อปริมาณฝุ่นสูงกว่าในบริเวณพื้นที่เขตชนบทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งในกรณีสัดส่วนของสารตะกั่วต่อบริเวณฝุ่นที่มีขนาดตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมา หรือสัดส่วนของสารตะกั่วต่อปริมาณฝุ่นที่มีขนาดตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมา

ตารางที่ 2.2 แสดงการศึกษาระดับความเข้มข้นของตะกั่วในบรรยากาศ

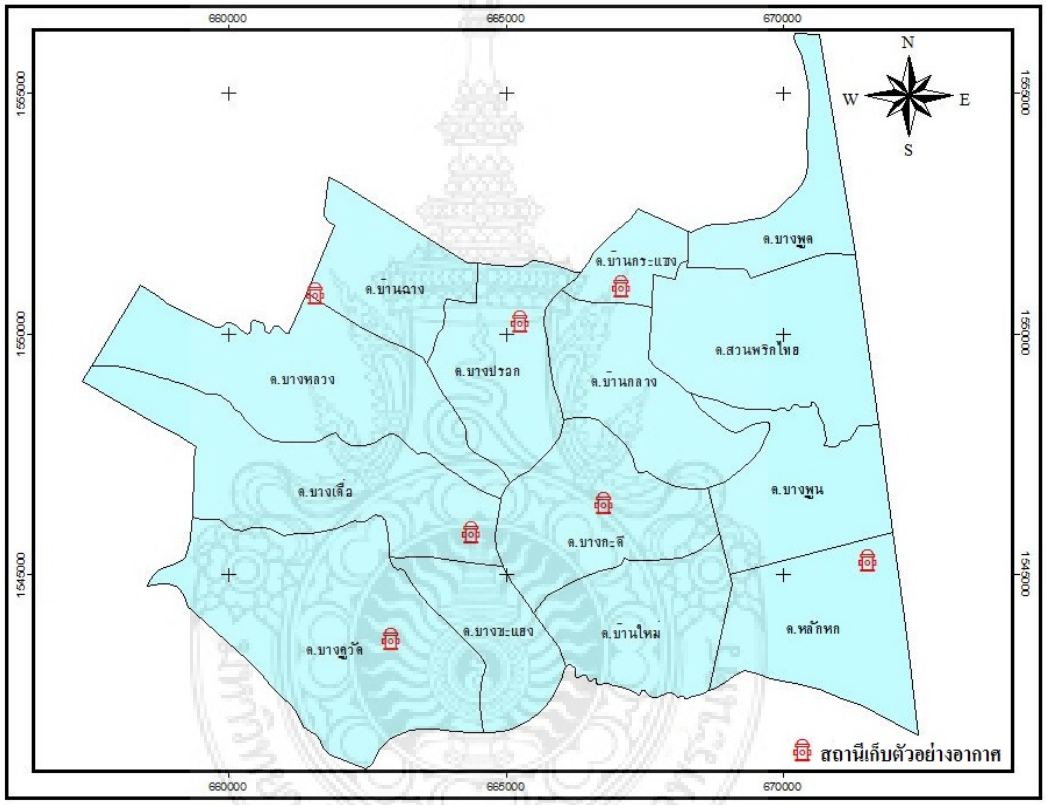
ความเข้มข้นของตะกั่วในบรรยากาศ			
พื้นที่การศึกษา	ฝุ่นละอองรวม (TSP)	ฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10})	อ้างอิง
ในย่านธุรกิจเขตเทศบาลนครพิษณุโลก จากพื้นที่ศึกษาสองพื้นที่ คือ ถนนบรมไตรโลกนารถและถนนเอกาทศรถ	-	- ถนนไตรโลกนารถค่าเฉลี่ยรายเดือนอยู่ในช่วง 0.0479 – 0.0685 $\mu m/m^3$ - ถนนเอกาทศรถค่าเฉลี่ยรายเดือนอยู่ในช่วง 0.0482 – 0.0728 $\mu m/m^3$	นิรันดร์ มีไชยโย, 2553

ฝุ่นละอองในบรรยากาศบริเวณสถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์	-	ความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองในบรรยากาศจุดที่ 1 2 3 พบว่ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 0.1004, 0.0430, 0.0635 µg/m^3 ตามลำดับ	เพ็ญศิริ จุดจองสิ, 2545
โลหะหนักในฝุ่นตกช่วงการเกิดหมอกควันของจังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่ศึกษา: เก็บตัวอย่างจำนวน 6 จุด ได้แก่ 1. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ 3. เทศบาลตำบลหนองจ๊อม 4. เทศบาลตำบลป่าแดด 5. อำเภอดอยสะเก็ด 6. อำเภอแม่ริม		ความเข้มข้นของโลหะหนักพบมากที่สุดคือ เหล็ก สังกะสี ตะกั่ว ทองแดง แมงกานีส และแคดเมียม อยู่ในช่วง 10.59-86.03, 0.30-2.91, 0.01-1.40, 0.007-0.14, 0.001-0.16 และ 0.00–0.05 ไมโครกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ตามลำดับ	ฐปนรรฆ์ สิริโชดกและปาจรีย์ ทองสนิท, 2556

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

3.1 พื้นที่เก็บตัวอย่าง



ภาพที่ 3.1 ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง TSP และ PM_{10} ในอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี
ที่มา : ทิพวรรณ โพธิ์ทอง และอุทุมพร วงศ์หาเดช, 2555

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์ในการเก็บตัวอย่างในอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี จากปริญญานิพนธ์เรื่อง การประเมินค่าการปนเปื้อนของฝุ่นละอองรวม (TSP) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM_{10}) ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี โดยมีสถานี

ตรวจวัดทั้งหมด 7 สถานี ได้แก่ ตำบลบางปรอก ตำบลบางเดื่อ ตำบลบางคูวัด ตำบลบางกะดี ตำบลหลักหก ตำบลบ้านฉางและตำบลบ้านกระแชง ดังภาพที่ 3.1 แสดงตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 3.1 แสดงพิกัดสถานีเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม (TSP) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี

ตำบล	สถานีติดตั้ง	ตำแหน่งเก็บตัวอย่าง UTM	
		x	Y
บางปรอก	ตลาดปทุมธานี	665739	1550256
บางเดื่อ	ก่อสร้างถนน	664734	1545868
บางคูวัด	หมู่บ้าน	661460	1550833
บางกะดี	โรงงานอุตสาหกรรม	673026	1545286
บ้านฉาง	พื้นที่นา	667499	1546473
บ้านกระแชง	พื้นที่สวน	663033	1543666
หลักหก	ชุมชน	667871	1550988

ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์หาค่าปริมาณโลหะหนัก จะต้องทำการกำหนดรหัสของตัวอย่างของกระดาษกรอง เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์หาค่าการปนเปื้อนตะกั่วบนกระดาษกรอง

ตารางที่ 3.2 แสดงรหัสตัวอย่างกระดาษกรองของแต่ละสถานีเพื่อทำการวิเคราะห์

ตำบล	สถานีติดตั้ง	รหัสตัวอย่าง	
		TSP	PM_{10}
บ้านกระแชง	พื้นที่สวน	TSP1	PM1
บางกะดี	โรงงานอุตสาหกรรม	TSP2	PM2
หลักหก	ชุมชน	TSP3	PM3
บางเดื่อ	ก่อสร้างถนน	TSP4	PM4
บางปรอก	ตลาดปทุมธานี	TSP5	PM5

บ้านฉาง	พื้นที่นา	TSP6	PM6
บางคูวัด	หมู่บ้าน	TSP7	PM7

3.2 การล้างเครื่องแก้วงานโลหะหนัก

การล้างเครื่องแก้วสำหรับงานโลหะ มีจุดประสงค์เพื่อให้การล้างเครื่องแก้วงานโลหะหนักมีความสะอาดปราศจากการปนเปื้อนจากไอออนที่จะมีผลกระทบต่อการทดสอบโลหะหนักในตัวอย่าง การล้างเครื่องแก้วสำหรับงานโลหะหนัก ประกอบด้วย

3.2.1 การเตรียมสารเคมี และอุปกรณ์ที่ใช้ในการล้างเครื่องแก้วงานโลหะหนัก ประกอบด้วย

3.2.1.1 น้ำประปา

3.2.1.2 Detergent

3.2.1.3 กระบอกตวงขนาด 2,000 ml

3.2.1.4 น้ำกลั่นปราศจากไอออน (DI)

3.2.1.5 น้ำล้างเครื่องแก้ว (HNO_3) 20% มีวิธีการเตรียม ดังนี้

- ค่อยๆ เท conc.HNO_3 98 % จำนวน 200 ml ลงในน้ำกลั่นปราศจากไอออน ประมาณ 500 ml ในขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 1,000 ml ปล่อยให้เย็น ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน นำไปเทใส่ในถังพลาสติกทนกรด-ด่าง ชนิด High Dencity Polyethelene (HDPE) (ข้อ 3.2.1.7)

หมายเหตุ : ถ้าต้องการเตรียมน้ำล้างเครื่องแก้ว (HNO_3) ปริมาตรมากกว่า 1,000 ml สามารถเตรียมได้ด้วยคำนวณเทียบจากการเตรียมที่ 20%b ของ HNO_3 เป็นหลัก เช่น ต้องการน้ำล้างเครื่องแก้ว (HNO_3) 5,000 ml คำนวณได้ดังนี้ สารละลาย 100 ml ใช้ conc.HNO_3 98 % จำนวน 20 ml ถ้าต้องการเตรียม 5,000 ml ต้องใช้ conc.HNO_3 98 % จำนวน 1,000 ml และปรับปริมาตรให้ได้ 5,000 ml ด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน

3.2.1.6 แปรงล้างเครื่องแก้ว

3.2.1.7 ถังพลาสติกทนกรด-ด่าง ชนิด High Dencity Polyethelene (HDPE)

3.2.2 วิธีการ

3.2.2.1 ล้างเครื่องแก้วด้วยน้ำประปา

3.2.2.2 นำเครื่องแก้วไปล้างด้วยน้ำที่ผสม Detergent ให้สะอาด

3.2.2.3 ล้าง Detergent ออกให้หมดด้วยน้ำประปา และ rinse ด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน

3.2.2.4 นำไปผึ่งให้แห้ง

ภาพที่ 3.2 การล้างเครื่องแก้วด้วยน้ำกลั่น

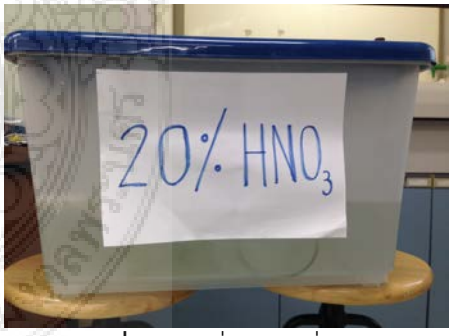
ภาพที่ 3.3 นำเครื่องแก้วผึ่งให้แห้ง

3.2.2.5 นำเครื่องแก้ว แช่ในน้ำล้างเครื่องแก้ว (ข้อ 3.2.1.5) ทิ้งไว้ 24 ชม.

3.2.2.6 นำเครื่องแก้วที่แช่น้ำล้างเครื่องแก้ว ครบ 24 ชม. แล้ว rinse ในน้ำกลั่นปราศจากไอออน (เตรียมใส่ไว้ในถัง)

3.2.2.7 นำไปผึ่งให้แห้ง

ภาพที่ 3.4 นำเครื่องแก้วแช่ในกรด



ภาพที่ 3.5 เครื่องแก้วที่แช่กรด

ภาพที่ 3.6 ผึ่งเครื่องแก้วให้แห้ง

ที่มา : สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3, 2553

3.3 วิธีการเตรียมตัวอย่างจากฝุ่นกระดาษกรองชนิดใยแก้ว (Glass Fiber Filter) เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก

3.3.1 สารเคมี

3.3.1.1 สารมาตรฐานของแต่ละธาตุที่ใช้ Spike sample

3.3.1.2 น้ำบริสุทธิ์ ค่า Resistivity 18.2 MΩ - cm

3.3.1.3 กรดไนตริกเข้มข้น 65%

3.3.1.4 กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 37%

3.3.1.5 Extraction solution (5.55%HNO_3 / 16.75%HCl)

- เทน้ำบริสุทธิ์ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 ml ประมาณ 200 ml เติมกรดไนตริกเข้มข้น 65% จำนวน 55.5 ml และกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 37% จำนวน 167.5 ml ปรับปริมาตรให้เป็น 1000 ml ด้วยน้ำบริสุทธิ์

ภาพที่ 3.7 สารมาตรฐาน

ภาพที่ 3.8 Extraction solution

3.3.2 วัสดุและอุปกรณ์

3.3.2.1 Hot plate
3.3.2.2 บีกเกอร์ขนาด 100 ml
3.3.2.3 ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 100 และ 2000 ml
3.3.2.4 ขวดใส่ตัวอย่างที่เตรียมแล้วชนิด Polyethylene ขนาด 60 ml
3.3.2.5 Template หรือที่รองสำหรับตัด Filter
3.3.2.6 Pizza Cutter หรือ Thin Wheel สำหรับตัด Filter
3.3.2.7 แท่งแก้วคนสาร
3.3.2.8 Vinyl gloves หรือ plastic forceps สำหรับคีบแผ่น Filter
3.3.2.9 เทฟลอน (Teflon)
3.3.2.10 ไมโครปิเปตขนาด 100 – 200 µl
3.3.2.11 ไมโครปิเปตขนาด 200 – 1000 µl
3.3.2.12 ปิเปตวัดปริมาตร ขนาด 10 ml Class A
3.3.2.13 ทิป (Tip) ขนาด 0.1 ml และ 1 ml
3.3.2.14 กระบอกตวงขนาด 10 ml และ 50 ml
3.3.2.15 Glass Fiber Filter ขนาด 8 x 10 นิ้ว
3.3.2.16 กรรไกร
3.3.2.17 ไม้บรรทัด

ภาพที่ 3.9 บีกเกอร์

ภาพที่ 3.10 ขวดใส่ตัวอย่าง

ภาพที่ 3.11 Pizza Cutter

ภาพที่ 3.12 ทิป

ภาพที่ 3.13 กระบอกตวง

ภาพที่ 3.14 Glass Fiber Filter

ภาพที่ 3.15 กรรไกรและไม้บรรทัด

3.3.3 Control Condition

3.3.3.1 Environmental Condition

1) รักษาความสะอาดของห้องปฏิบัติการที่จะใช้เตรียมตัวอย่าง โดยการดูดฝุ่น ทำความสะอาด เช็ดถูพื้นก่อนปฏิบัติงานเป็นประจำ

2) การเตรียมทุกขั้นตอน ต้องระมัดระวัง เพื่อป้องกันการปนเปื้อนการสูญหายของตัวอย่าง

3.3.3.2 Equipment Condition

1) ชุดอุปกรณ์สำหรับการตัด Glass Fiber Filter ต้องเช็ดด้วยกระดาษทิชชูทุกครั้งที่มี การเปลี่ยนตัวอย่างเพื่อป้องกันการปนเปื้อน

2) Forceps สำหรับคีบจับ Filter ต้องพันด้วยเทปลอน เพื่อป้องกันการปนเปื้อน

3) หลังการเตรียมตัวอย่าง อุปกรณ์ที่ใช้งานทุกชนิดต้องนำไปล้างตามคำแนะนำการปฏิบัติงานเรื่อง การล้างอุปกรณ์ และ เครื่องแก้ว สำหรับการหาปริมาณ โลหะหนัก

3.3.3.3 Special Precaution

1) ขณะที่ทำการตัด Glass Filter ต้องสวมถุงมือ หน้ากาก เพื่อป้องกันการปนเปื้อนและอนุภาคฝุ่น เข้าไปในระบบทางเดินหายใจ

2) ขณะทำการย่อยตัวอย่าง ควรสวมถุงมือ หน้ากาก และแว่นตาเพื่อป้องกันการปนเปื้อนและอันตรายที่จะได้จากกรดและสารเคมีที่ใช้ในแต่ละครั้ง

3) การใช้กรดต้องทำในตู้ดูดควัน

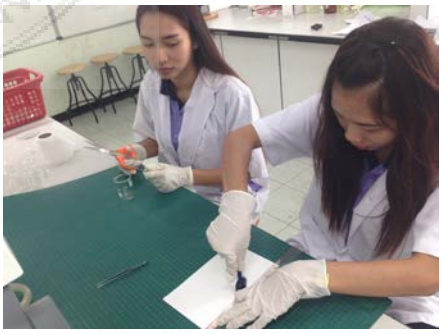
3.3.4 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

3.3.4.1 ใช้ Plastic forceps ที่พันด้วยเทปลอน ค่อยๆคีบ Filter ออกจากถุงซิปอย่างระมัดระวังไม่ให้ขาดและเกิดการสูญเสีย

3.3.4.2 นำ Filter วางใน Template ระวังอย่าให้ขอบของ Filter ออกนอกTemplate

3.3.4.3 ใช้ Pizza Cutter หรือ Thin Wheel ตัด Filter ให้ได้ขนาด 1 x 8 นิ้ว

ภาพที่ 3.16 นำ Filter วางบน Template



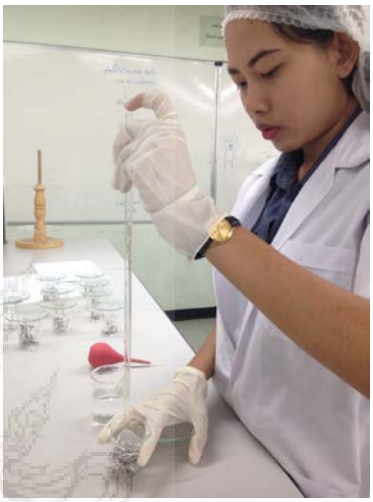
ภาพที่ 3.17 การตัด Filter

3.3.4.4 ตัด Filter ให้เป็นชิ้น ใส่ลงในบีกเกอร์ที่ Rinse ด้วยน้ำบริสุทธิ์แล้ว

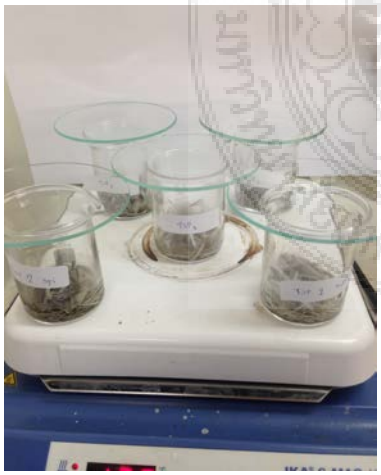
3.3.4.5 ใช้ปิเปตวัดปริมาตรขนาด 10 ml ดูด Extraction Solution เติมลงไปให้ท่วม Filter แล้วปิดด้วยกระจกนาฬิกา นำไปย่อยสลายบน Hot plate ในตู้ดูดควันเป็นเวลา 30 นาที และระวังไม่ให้สารละลายแห้ง

3.3.4.6 นำบีกเกอร์ลงจาก Hot plate และตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

ภาพที่ 3.18 ตัด Filter เป็นชิ้นเล็กๆ



ภาพที่ 3.19 ปิเปต Extraction Solution เติมลงไปใน Filter



ภาพที่ 3.20 นำตัวอย่างไปย่อยสลาย

ภาพที่ 3.21 ปล่อยตัวอย่างให้เย็นหลังจากย่อยสลาย

3.3.4.7 ชะล้างผนังบีกเกอร์ให้ทั่วด้วยน้ำบริสุทธิ์

3.3.4.8 เติมน้ำบริสุทธิ์ลงไป 10 ml ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

3.3.4.9 เทสารละลายในบีกเกอร์ ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 ml โดยพยายามล้างตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ออกจาก Filter ให้หมดด้วยน้ำบริสุทธิ์

ภาพที่ 3.22 เติมน้ำกลั่น 10 ml

ภาพที่ 3.23 การกรองตัวอย่าง

3.3.4.10 ปรับปริมาตรเป็น 50 ml ด้วยน้ำบริสุทธิ์เขย่าให้เข้ากัน

3.3.4.11 เทตัวอย่างในขวด Polyethylene (PE) ขนาด 60 ml เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

3.3.5 การเตรียมตัวอย่างสำหรับ Quality Control

3.3.5.1 Method Reagent Blank

ใช้ Extraction Solution ไปผ่านขั้นตอนเช่นเดียวกับการเตรียมตัวอย่าง ทำการเตรียม Method Reagent Blank อย่างน้อย 10 % ของจำนวนตัวอย่าง หรือ อย่างน้อย 1 ตัวอย่างต่อ 1 ชุดการทดสอบ

3.3.5.2 Method Filter Blank

ใช้ Filter Blank นำไปผ่านขั้นตอนเช่นเดียวกับการเตรียมตัวอย่าง ทำการเตรียม Method Filter Blank อย่างน้อย 10% ของจำนวนตัวอย่าง หรืออย่างน้อย 1 ตัวอย่างต่อ 1 ชุดการทดสอบ

3.3.5.3 Duplicate analysis

ทดสอบตัวอย่างตัวเดียวกัน จำนวน 2 ซ้ำ อย่างน้อย 10% ของจำนวนตัวอย่างที่ทดสอบ 1 ตัวอย่างต่อ 1 ชุดการทดสอบ

3.3.5.4 Recovery of know addition

ทำการเติมความเข้มข้นที่ทราบค่าโดยการ spike standard อย่างน้อย 10% ของจำนวนตัวอย่างที่ทดสอบ หรืออย่างน้อย 1 ตัวอย่างต่อ 1 ชุดการทดสอบเตรียมตัวอย่างโดยการทำการ spike ที่ความเข้มข้น 2 – 10 เท่าของค่าที่คาดว่าจะมีในตัวอย่าง

- การเตรียม Spiked sample คำนวณ การเตรียม Spiked sample 200 ppb ดังนี้

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

โดย C_1 = ความเข้มข้นของ Stock standard 10 ppm (10000 ppb)

V_1 = ปริมาตรของ Stock standard 10 ppm ที่ต้องใช้ (µl)

C_2 = ความเข้มข้นสุดท้ายที่ต้องการเตรียม คือ 200 ppb

V_2 = ปริมาตรที่ต้องการเตรียม คือ 50 ml

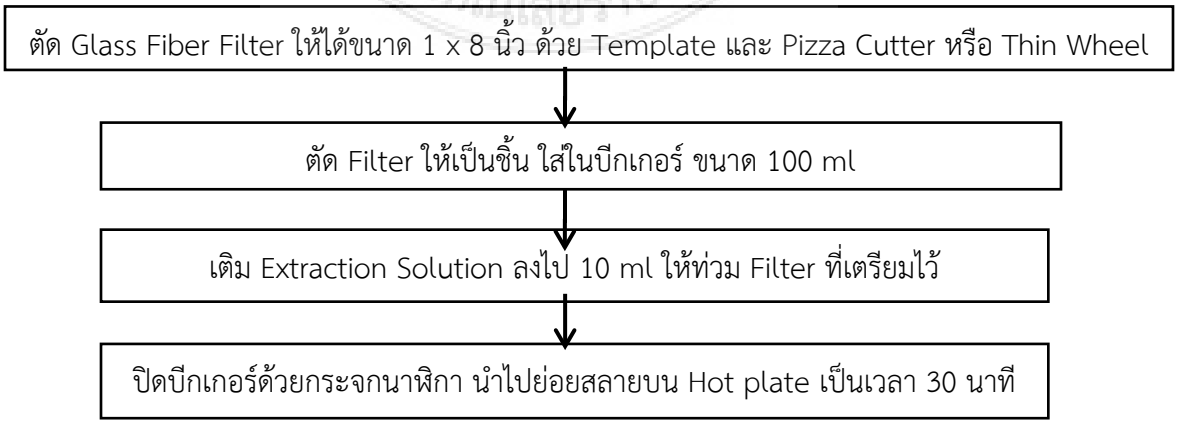
จากสมการข้างต้น จะได้ $10000 \text{ ppb} \times V_1 = 200 \text{ ppb} \times 50 \text{ ml}$

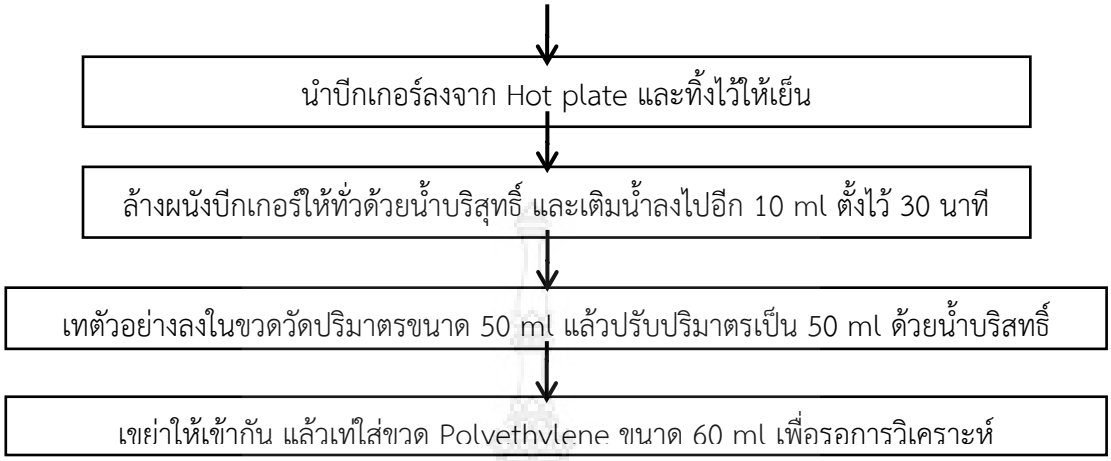
$V_1 = 200 \text{ ppb} \times 50 \text{ ml} / 10000 \text{ ppb}$

$V_1 = 1 \text{ ml}$

ดูด Stock standard 10 ppm ของธาตุที่ต้องการเตรียม จำนวน 1 ml ค่อยๆ ปล่อยสารละลายลงไปบนตัวอย่าง Glass Fiber Filter ที่เตรียมไว้ โดยให้ซึมเข้าไปในตัวอย่างมากที่สุด และระวังอย่าให้สารละลายติดผนังบีกเกอร์ จากนั้นนำไปผ่านขั้นตอน ข้อ 3.3.4.5 – 3.3.4.11

3.3.6 แผนผังการเตรียมตัวอย่าง Glass Fiber Filter





ที่มา : US.EPA, 1999

3.4 การประเมินความเสี่ยงสุขภาพ

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ ได้ทำการประเมินตามแบบองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา ดำเนินการตามขั้นตอนตั้งแต่การบ่งชี้อันตราย การประเมินความเป็นพิษและประเมินการสัมผัสจากการได้รับฝุ่นละอองและโลหะหนัก ซึ่งสารทั้งหมดเป็นสารไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Non-Carcinogen) ตามข้อกำหนดของ International Agency for Research on Cancer (IARC, 2011) โดยผลการศึกษาความเสี่ยงสุขภาพของกลุ่มตัวอย่างถูกแบ่งออกเป็นค่าความเสี่ยง (Hazard Quotient) ต่อการได้รับสัมผัสสารชนิดเดียว และค่าความเสี่ยงรวม (Hazard Index) สำหรับการได้รับสัมผัสสารหลายชนิด ดังสมการ

$$CDI = \frac{(CA \times IR \times ET \times EF \times EP)}{(BW \times AT)}$$

โดย I = ปริมาณสารเคมีที่ได้รับจากการหายใจเอาอนุภาคเข้าสู่ร่างกาย (มก./กก.-น้ำหนักร่างกาย/วัน)

CA = ความเข้มข้นของสารเคมีในบรรยากาศการทำงาน (มก./ลบ.ม.)

IR = อัตราการหายใจ (ลบ.ม./วัน)

ET = เวลาในการสัมผัส (ชั่วโมง/วัน)

EF = ความถี่ของการสัมผัส (วัน/ปี)

EP = ระยะเวลาที่สัมผัส (ปี)

BW = น้ำหนักของร่างกาย (กก.)

AT = ระยะเวลาเฉลี่ยที่ได้รับสารตลอดอายุขัย (วัน)

$$HQ = \frac{CDI}{RfD}$$

โดย HQ = Hazard Quotient

CDI = ปริมาณสารเคมีที่ได้รับจากการหายใจ (มก./กก.-น้ำหนักร่างกาย/วัน)

RfD = Reference Concentration (SUN Hong-fei, *et al*. 2010) ของตะกั่ว

ที่มา : สุภาวรรณ ศรีรัตนาและปาจรีย์ ทองสนิท, 2556

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

ผลการศึกษาความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองในบรรยากาศบริเวณ อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี ซึ่งบริเวณที่ทำการศึกษานี้ มีทั้งหมด 7 สถานี โดยเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และทำการย่อย แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์โลหะหนักและประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่ทำการศึกษา ได้ผลการศึกษาดังนี้

4.1 ปริมาณตะกั่วในฝุ่นละอองในบรรยากาศ อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

4.1.1 การคำนวณหาความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละออง

เพื่อให้ทราบถึงค่าความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองที่ได้ทำการตั้งวัดในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี จะทราบค่าโดยการนำมาคำนวณ โดยสมการนี้

4.1.1.1 การคำนวณหาปริมาณธาตุที่ตรวจพบ

ปริมาณธาตุที่ตรวจพบ (ไมโครกรัมต่อลิตร) = ((AxB)-(C))/1000

เมื่อ A = ความเข้มข้นของตัวอย่างที่เครื่องอ่าน มีหน่วยเป็น ไมโครกรัมต่อลิตร

B = Dilution Factor

C = Blank

4.1.1.2 การคำนวณหาปริมาณธาตุ

ปริมาณธาตุ (ไมโครกรัม/ชิ้น) = (DxExF)

เมื่อ D = ปริมาณธาตุที่ตรวจพบ มีหน่วยเป็น ไมโครกรัมต่อลิตร

E = ปริมาตรสุดท้าย มีหน่วยเป็น มิลลิลิตร

F = จำนวนชิ้นที่วิเคราะห์

4.1.1.3 การคำนวณหาปริมาณธาตุบนกระดาษกรอง

ปริมาณธาตุบนกระดาษกรอง (ไมโครกรัม/กระดาษกรอง) = (G)x(H)

เมื่อ G = ปริมาณธาตุ มีหน่วยเป็น ไมโครกรัม/ชิ้น

H = จำนวนชิ้นของกระดาษกรอง

4.1.1.4 การคำนวณหาปริมาณธาตุในบรรยากาศ

ปริมาณธาตุในบรรยากาศ (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) = (I)/(J)

เมื่อ I = ปริมาณธาตุบนกระดาษกรอง มีหน่วยเป็น ไมโครกรัม/กระดาษกรอง

J = Total Air Volume มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร

4.1.2 วิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในฝุ่นละอองของแต่ละพื้นที่ ที่ได้ทำการติดตั้งเครื่อง High Volume และศึกษาปริมาณตะกั่วในฝุ่นละอองรวม (TSP) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน10 ไมครอน (PM10) เพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานและแสดงการกระจายตัวของตะกั่วที่มีในฝุ่นละอองด้วยโปรแกรม ArcGIS

4.1.3 ปริมาณตะกั่วในฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศ อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

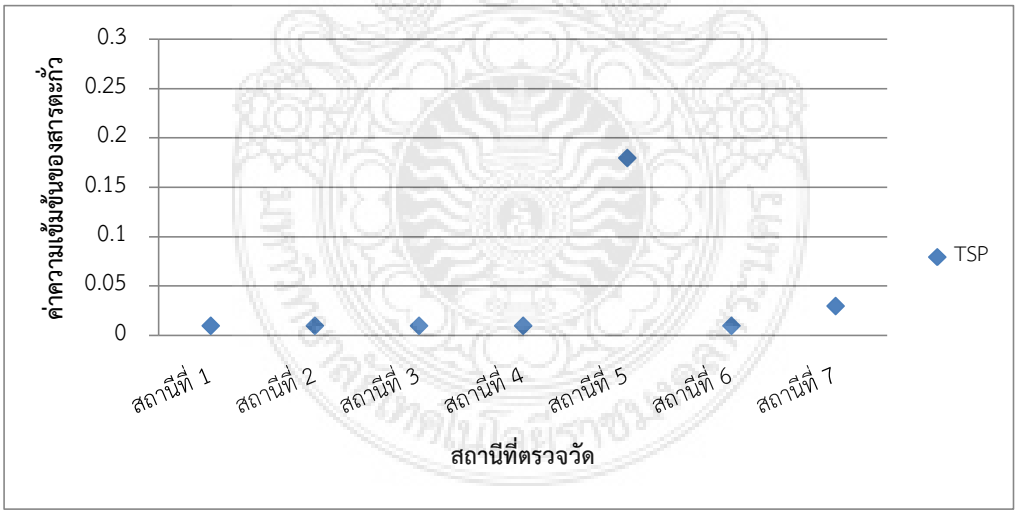
การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาค่าความเข้มข้นตะกั่วทั้งหมด 7 สถานี ดังตารางที่ 4.1-4.2

ตารางที่ 4.1 การคำนวณหาค่าปริมาณตะกั่วในอากาศ จากฝุ่นละอองรวม

วันที่เตรียมตัวอย่าง	Lab. Sample ID.	จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้นของตัวอย่างที่เครื่องอ่าน (µg/L) (A)	Dilution Factor (B)	Blank (C)	ปริมาณธาตุที่พบ (µg/L) ((AxB)-(C))/1000 (D)	ปริมาตรสุดท้าย (mL) (E)	จำนวน Strip ที่วิเคราะห์ (F)	ปริมาณธาตุ (µg/strip) (DxExF) (G)	จำนวน Strip ของกระดาษกรอง (H)	ปริมาณธาตุบนกระดาษกรอง (µg/filter) (G)x(H) (I)	Total Air Volume (m^3) (J)	ปริมาณธาตุในบรรยากาศ (I)/(J) (µg)/(m^3) (K)
13/12/56	Method blank		13.4	1	9.7		50					2000	
13/12/56	Filter blank		9.7	1	9.7	0.00	50	1	0.00	10	0.00	2000	0.00
13/12/56	TSP 1	พื้นที่สวน	33.8	1	9.7	0.02	50	1	1.21	10	12.05	1590.38	0.01
13/12/56	TSP 2	โรงงานอุตสาหกรรม	43.5	1	9.7	0.03	50	1	1.69	10	16.86	1590.38	0.01
13/12/56	TSP 3	ชุมชน	46.9	1	9.7	0.04	50	1	1.86	10	18.57	1590.38	0.01
13/12/56	TSP 4	ก่อสร้างถนน	50.1	1	9.7	0.04	50	1	2.02	10	20.19	1590.38	0.01
13/12/56	TSP 5	ตลาดปทุมธานี	577.3	1	9.7	0.57	50	1	28.38	10	283.76	1590.38	0.18
13/12/56	TSP 6	พื้นที่นา	42.4	1	9.7	0.03	50	1	1.63	10	16.35	1590.38	0.01
13/12/56	TSP 7	หมู่บ้าน	93.7	1	9.7	0.08	50	1	4.20	10	41.99	1590.38	0.03

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าตะกั่วในฝุ่นละอองรวม ทั้ง 7 สถานี

รหัส สถานี	สถานี	ตะกั่วที่ตรวจพบ (µg/m^3)
TSP 1	พื้นที่สวน	0.01
TSP 2	โรงงานอุตสาหกรรม	0.01
TSP 3	ชุมชน	0.01
TSP 4	ก่อสร้างถนน	0.01
TSP 5	ตลาดปทุมธานี	0.18
TSP 6	พื้นที่นา	0.01
TSP 7	หมู่บ้าน	0.03



ภาพที่ 4.1 แสดงปริมาณตะกั่วในฝุ่นละอองรวมทั้ง 7 สถานี

จากผลการศึกษา แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองรวม บริเวณพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี ทั้ง 7 สถานีเก็บตัวอย่างในระยะเวลา 24 ชั่วโมงนั้น พบว่าค่าที่วิเคราะห์ได้นั้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศ ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

แห่งชาติ พ.ศ. 2535 ซึ่งกำหนดไว้ว่า ค่าเฉลี่ยของตะกั่วในเวลา 1 เดือน จะต้องไม่เกิน 1.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและสถานีที่มีค่าความเข้มข้นของตะกั่วมากที่สุดคือ สถานีเก็บตัวอย่างที่ 5 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.18 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือสถานีที่ 7 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.03 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และสถานีที่ 4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.01 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ เนื่องจากบริเวณสถานีที่ 5 และ7 เป็นพื้นที่ตลาดและแหล่งชุมชนมีการจราจรอย่างหนาแน่น ปริมาณรถยนต์มากและเป็นแหล่งโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งเป็นสาเหตุของสารตะกั่วในบรรยากาศ

4.1.4 ปริมาณตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในบรรยากาศ อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

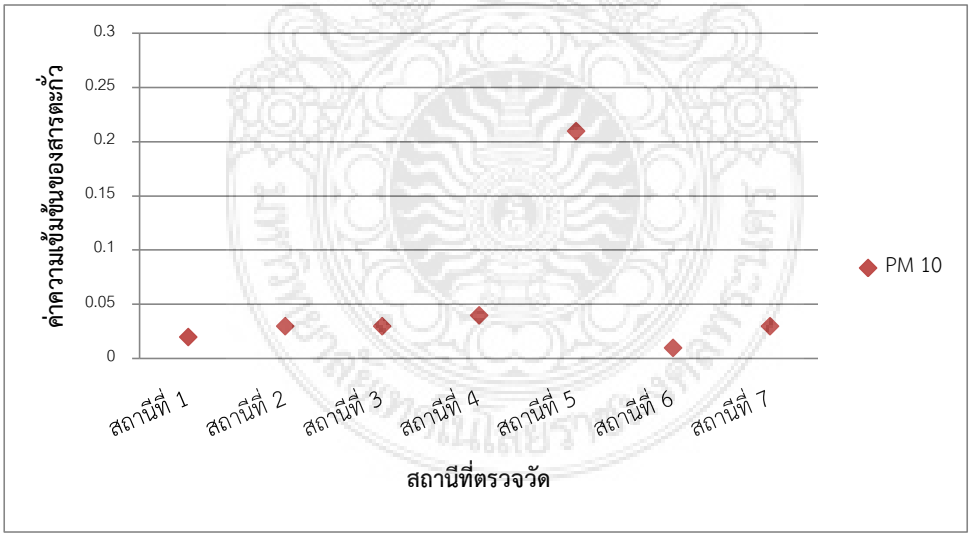
การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาค่าความเข้มข้นตะกั่วทั้งหมด 7 สถานี ดังตารางที่ 4.3-4.4

ตารางที่ 4.3 การคำนวณหาค่าปริมาณตะกั่วในอากาศ จากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

วันที่เตรียมตัวอย่าง	Lab. Sample ID.	จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้นของตัวอย่างที่เครื่องอ่าน (µg/L) (A)	Dilution Factor (B)	Blank (C)	ปริมาณธาตุที่พบ (µg/L) ((AxB)-(C))/1000 (D)	ปริมาตรสุดท้าย (mL) (E)	จำนวน Strip ที่วิเคราะห์ (F)	ปริมาณธาตุ (µg/strip) (DxExF) (G)	จำนวน Strip ของกระดาษกรอง (H)	ปริมาณธาตุบนกระดาษกรอง (µg/filter) (G)x(H) (I)	Total Air Volume (m^3) (J)	ปริมาณธาตุในบรรยากาศ (I)/(J) (µg)/(m^3) (K)
13/12/56	Method blank		13.4	1	11.60		50					2000	
13/12/56	Filter blank		11.6	1	11.60	0.00	50	1	0.00	10	0.00	2000	0.00
13/12/56	PM 1	พื้นที่สวน	74.9	1	11.60	0.06	50	1	3.16	10	31.64	1412.76	0.02
13/12/56	PM 2	โรงงานอุตสาหกรรม	89.6	1	11.60	0.08	50	1	3.90	10	39.02	1412.76	0.03
13/12/56	PM 3	ชุมชน	107.4	1	11.60	0.10	50	1	4.79	10	47.91	1412.76	0.03
13/12/56	PM 4	ก่อสร้างถนน	123.0	1	11.60	0.11	50	1	5.57	10	55.69	1412.76	0.04
13/12/56	PM 5	ตลาดปทุมธานี	614.7	1	11.60	0.60	50	1	30.16	10	301.57	1412.76	0.21
13/12/56	PM 6	พื้นที่นา	29.8	1	11.60	0.02	50	1	0.91	10	9.12	1412.76	0.01
13/12/56	PM 7	หมู่บ้าน	101.6	1	11.60	0.09	50	1	4.50	10	45.01	1412.76	0.03

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ทั้ง 7 สถานี

รหัส สถานี	สถานี	ตะกั่วที่ตรวจพบ (µg/m^3)
PM 1	พื้นที่สวน	0.02
PM 2	โรงงานอุตสาหกรรม	0.03
PM 3	ชุมชน	0.03
PM 4	ก่อสร้างถนน	0.04
PM 5	ตลาดปทุมธานี	0.21
PM 6	พื้นที่นา	0.01
PM 7	หมู่บ้าน	0.03

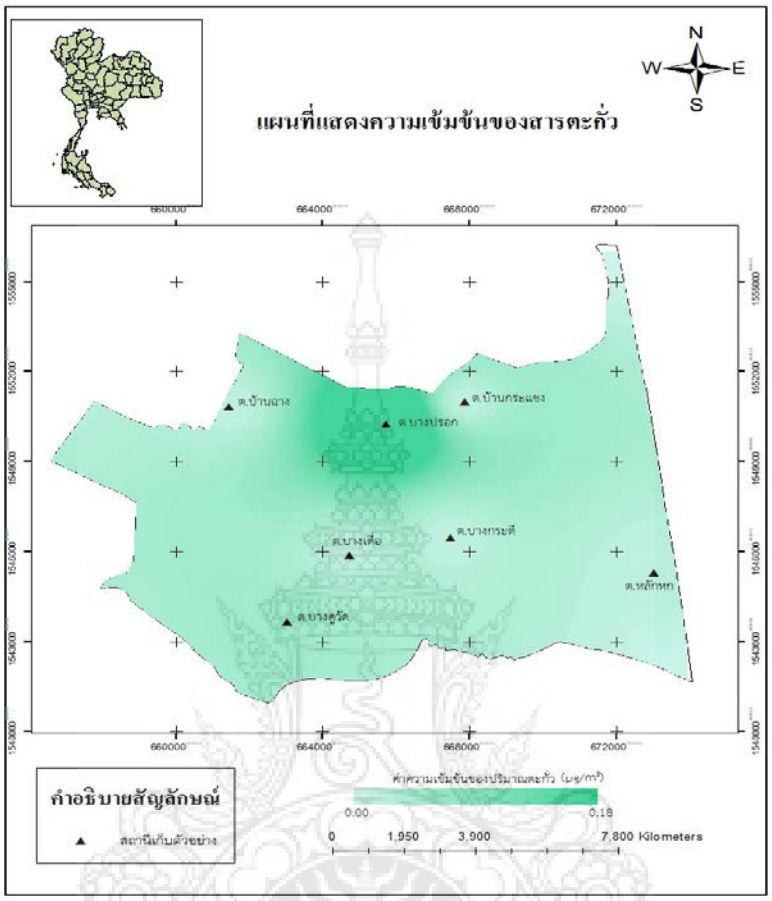


ภาพที่ 4.2 แสดงปริมาณตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ทั้ง 7 สถานี

จากผลการศึกษา แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน บริเวณพื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี ทั้ง 7สถานี สถานีที่มีความเข้มข้นของตะกั่วมากที่สุดคือ สถานีเก็บที่ 5 ซึ่งตั้งอยู่บริเวณ ตลาดปทุมธานี โดยมีค่าสารตะกั่วในบรรยากาศเฉลี่ยเท่ากับ 0.21 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งบริเวณสถานีเก็บตัวอย่างมีการจราจรอย่างหนาแน่นปริมาณรถยนต์มาก รองลงมาคือสถานีที่ 4 และสถานีที่ 3 ตามลำดับ โดยมีค่าปริมาณสารตะกั่วเฉลี่ยเท่ากับ 0.04 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 0.03 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ สำหรับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศของตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ของประเทศไทยยังไม่มีการกำหนดค่าแน่นอน ดังนั้นผลการศึกษาครั้งนี้จึงใช้เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศ ตามกฎหมายสิ่งแวดล้อมของประเทศอียิปต์ (Zeinab, Safar and Mounir, W. Labib, 2010) ซึ่งกำหนดไว้ว่า ค่าเฉลี่ยของตะกั่วในเวลา 24 ชั่วโมง จะต้องไม่เกิน 0.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ผลจากการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่าบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานีที่ทำการเก็บตัวอย่างมีค่าของปริมาณสารตะกั่วอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามที่กฎหมายได้กำหนดไว้

4.2 การกระจายตัวของตะกั่วในฝุ่นละอองรวม และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

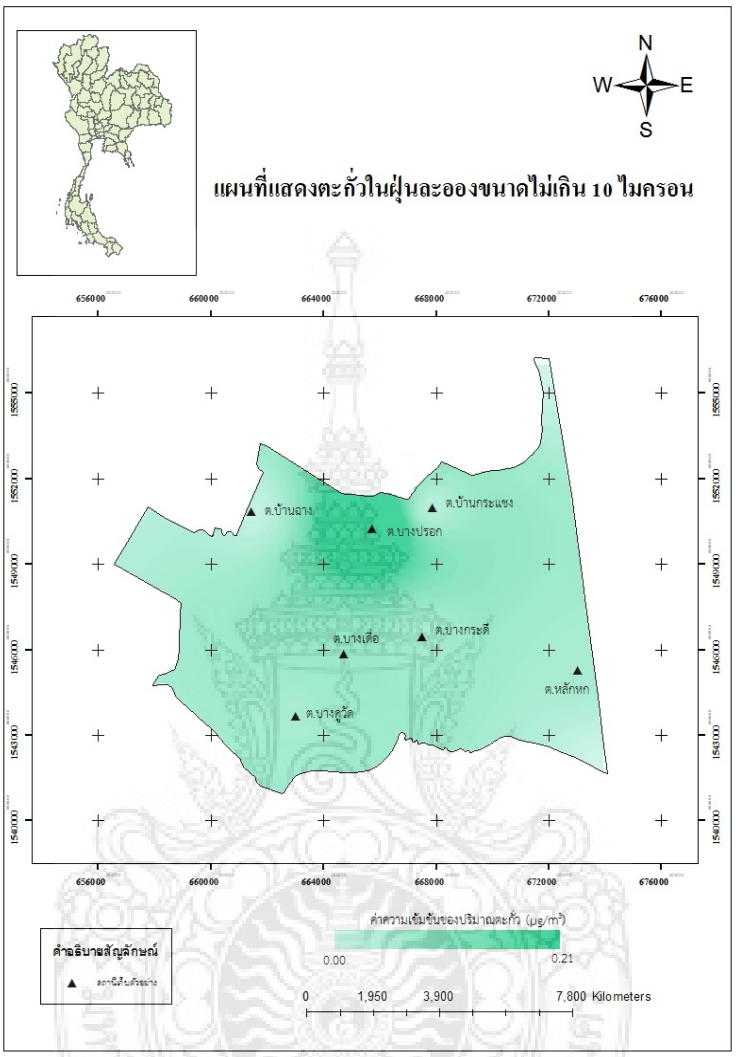
4.2.1 การกระจายของตะกั่วในฝุ่นละอองรวม



ภาพที่ 4.3 การกระจายตัวของตะกั่วในฝุ่นละอองรวม

ผลการศึกษาพบว่า การกระจายของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมมีความเข้มข้นสูงสุดที่บริเวณตลาดปทุมธานี หมู่บ้าน ก่อสร้างถนน โรงงานอุตสาหกรรม ชุมชน พื้นที่นา และพื้นที่สวนผัก ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.5 บริเวณตลาดปทุมธานีมีการกระจายของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมมากที่สุด เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นที่ตั้งของอาคารบ้านเรือนและการจราจรเป็นจำนวนมาก

4.2.2 การกระจายของตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน



ภาพที่ 4.4 การกระจายตัวของตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

ผลการศึกษาพบว่า การกระจายของตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน มีความเข้มข้นสูงสุดที่บริเวณตลาดปทุมธานี ก่อสร้างถนน ชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม หมู่บ้าน พื้นที่สวนผัก และพื้นที่นา ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.6 บริเวณตลาดปทุมธานีมีการกระจายของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมมากที่สุดเนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นที่ตั้งของอาคารบ้านเรือนและการจราจรเป็นจำนวนมากซึ่งสอดคล้องกับปริมาณตะกั่วในฝุ่น TSP

4.3 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ ได้ทำการประเมินตามแบบองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา (US.EPA) ดำเนินการตามขั้นตอนตั้งแต่การบ่งชี้อันตราย การประเมินความเป็นพิษและประเมินการสัมผัสจากการได้รับฝุ่นละอองและโลหะหนัก ซึ่งสารทั้งหมดเป็นสารไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Non-Carcinogen) ตามข้อกำหนดของ International Agency for Research on Cancer(IARC, 2011) โดยผลการศึกษาความเสี่ยงสุขภาพของกลุ่มตัวอย่างจะถูกคำนวณหาค่าความเสี่ยง(Hazard Quotient) ต่อการได้รับสัมผัสสารชนิดเดียว ดังสมการ

$$CDI = \frac{(CA \times IR \times ET \times EF \times EP)}{(BW \times AT)}$$

โดย CDI = ปริมาณสารเคมีที่ได้รับจากการหายใจเอาอนุภาคเข้าสู่ร่างกาย (มก./กก.-น้ำหนักร่างกาย/วัน)

CA = ความเข้มข้นของสารเคมีในบรรยากาศการทำงาน (มก./ลบ.ม.)

IR = อัตราการหายใจ (ลบ.ม./วัน)

ET = เวลาในการสัมผัส (ชั่วโมง/วัน)

EF = ความถี่ของการสัมผัส (วัน/ปี)

EP = ระยะเวลาที่สัมผัส (ปี)

BW = น้ำหนักของร่างกาย (กก.)

AT = ระยะเวลาเฉลี่ยที่ได้รับสารตลอดอายุขัย (วัน)

$$HQ = \frac{CDI}{RfD}$$

โดย HQ = Hazard Quotient

CDI = ปริมาณสารเคมีที่ได้รับจากการหายใจเอาอนุภาคเข้าสู่ร่างกาย (มก./กก.-น้ำหนักร่างกาย/วัน)

RfD = Reference Concentration ของตะกั่ว (SUN Hong-fei, *et al*., 2010)

ตารางที่ 4.5 ค่าตัวแปรที่ใช้ในสมการ

ตัวแปร	ค่า	ที่มา/แหล่งอ้างอิง
ความเข้มข้นของสารเคมีในบรรยากาศการทำงาน (มก./ลบ.ม.)	X	ค่าความเข้มข้นของสารตะกั่วที่วิเคราะห์
อัตราการหายใจ (ลบ.ม./วัน)	30	US.EPA, Superfund, 1989a
เวลาในการสัมผัส (ชั่วโมง/วัน)	6	Yandi Hu, *et al*., 2007
ความถี่ของการสัมผัส (วัน/ปี)	350	BMEPRI, 2007
ระยะเวลาที่สัมผัส (ปี)	25	Yandi Hu, *et al*., 2007
น้ำหนักของร่างกาย (กก.)		
- น้ำหนักเฉลี่ยเพศชาย	68.83	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และ
- น้ำหนักเฉลี่ยเพศหญิง	57.40	เทคโนโลยีแห่งชาติ, 2556
ระยะเวลาเฉลี่ยที่ได้รับสารตลอดอายุขัย (วัน)	25500	US.EPA, Superfund, 1989a

หมายเหตุ : ค่า X จะแสดงในผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากสถานีต่างๆ

ตารางที่ 4.6 เกณฑ์การประเมินผล

HQ	ระดับของอันตราย
< 0.1	ไม่มีอันตราย
0.1- 1.0	อันตรายน้อย
1.1 – 10	อันตรายปานกลาง
>10	อันตรายมาก

ที่มา : สุภาวรรณ ศรีรัตนาและปาจรีย์ ทองสนิท, 2556

ในการคำนวณหาค่าความเสี่ยงครั้งนี้ จะหาค่าความเสี่ยงจากการได้รับสารตะกั่วในบริเวณพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี โดยจะแบ่งออกเป็นค่าความเสี่ยงจากการได้รับสารตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและค่าความเสี่ยงจากการได้รับสารตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และทำการเปรียบเทียบความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการได้รับสารตะกั่วในผู้หญิงและผู้ชาย ซึ่งค่าที่คำนวณได้มีดังนี้

4.3.1 ความเสี่ยงสุขภาพจากฝุ่นละอองรวม ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

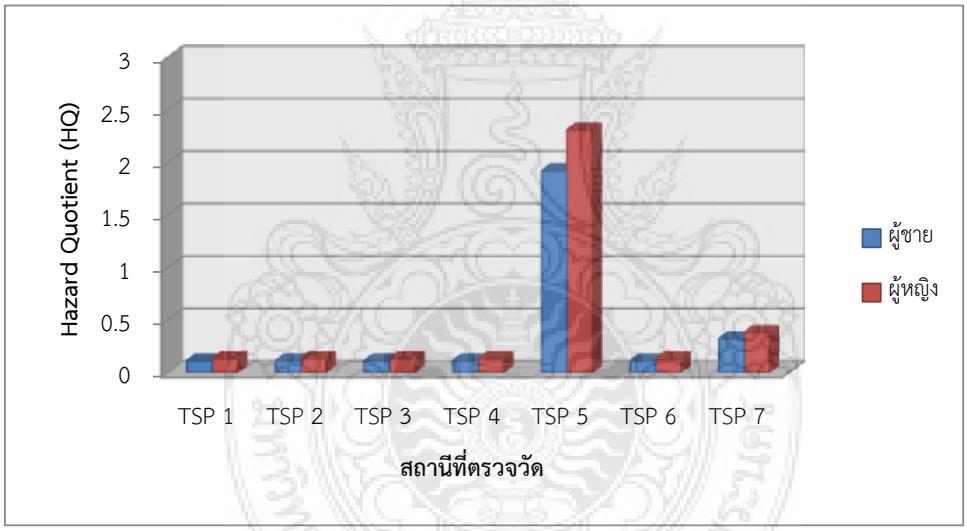
ตารางที่ 4.7 ค่าความเสี่ยงจากการได้รับสารตะกั่วจากฝุ่นละอองรวมของผู้ชาย ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

รหัสพื้นที่	สถานี	HQ	การประเมินผล
TSP1	พื้นที่สวน	0.11	อันตรายน้อย
TSP2	โรงงานอุตสาหกรรม	0.11	อันตรายน้อย
TSP3	ชุมชน	0.11	อันตรายน้อย
TSP4	ก่อสร้างถนน	0.11	อันตรายน้อย
TSP5	ตลาดปทุมธานี	1.92	อันตรายปานกลาง
TSP6	พื้นที่นา	0.11	อันตรายน้อย
TSP7	หมู่บ้าน	0.32	อันตรายน้อย

ตารางที่ 4.8 ค่าความเสี่ยงจากการได้รับสารตะกั่วจากฝุ่นละอองรวมของผู้หญิง ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

รหัสพื้นที่	สถานี	HQ	การประเมินผล

TSP1	พื้นที่สวน	0.13	อันตรายน้อย
TSP2	โรงงานอุตสาหกรรม	0.13	อันตรายน้อย
TSP3	ชุมชน	0.13	อันตรายน้อย
TSP4	ก่อสร้างถนน	0.13	อันตรายน้อย
TSP5	ตลาดปทุมธานี	2.31	อันตรายปานกลาง
TSP6	พื้นที่นา	0.13	อันตรายน้อย
TSP7	หมู่บ้าน	0.38	อันตรายน้อย



ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงค่าความเสี่ยงจากการได้รับสารตะกั่วของผู้หญิงและผู้ชาย จากฝุ่นละอองรวม

ผลการวิเคราะห์ค่า Hazard Quotient (HQ) จากปริมาณฝุ่นละอองรวมในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี โดยวิเคราะห์จากปริมาณฝุ่นละอองที่ได้จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในเขตพื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี จำนวน 7 สถานี ได้แก่ คือ ตำบลบางปรอก ตำบลบางเดื่อ ตำบลบางคูวัด ตำบลบางกะดี ตำบลหลักหก ตำบลบ้านฉาง ตำบลบ้านกระแซง พบว่าค่า Hazard Quotient (HQ) ที่วิเคราะห์ได้บริเวณสถานีตรวจวัด ตำบลบางปรอก มีค่าสูงที่สุดใน

7 สถานี โดยมีค่าเฉลี่ยของผู้ชายเท่ากับ 1.92 และค่าเฉลี่ยของผู้หญิงเท่ากับ 2.31 เมื่อแปรผลมาจะมีความอันตรายอยู่ในระดับ อันตรายปานกลาง โดยมีสาเหตุหลักมาจากบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ชุมชน แหล่งโรงงานอุตสาหกรรม การจราจรและการคมนาคมขนส่ง เป็นต้น

4.3.2 ความเสี่ยงสุขภาพจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

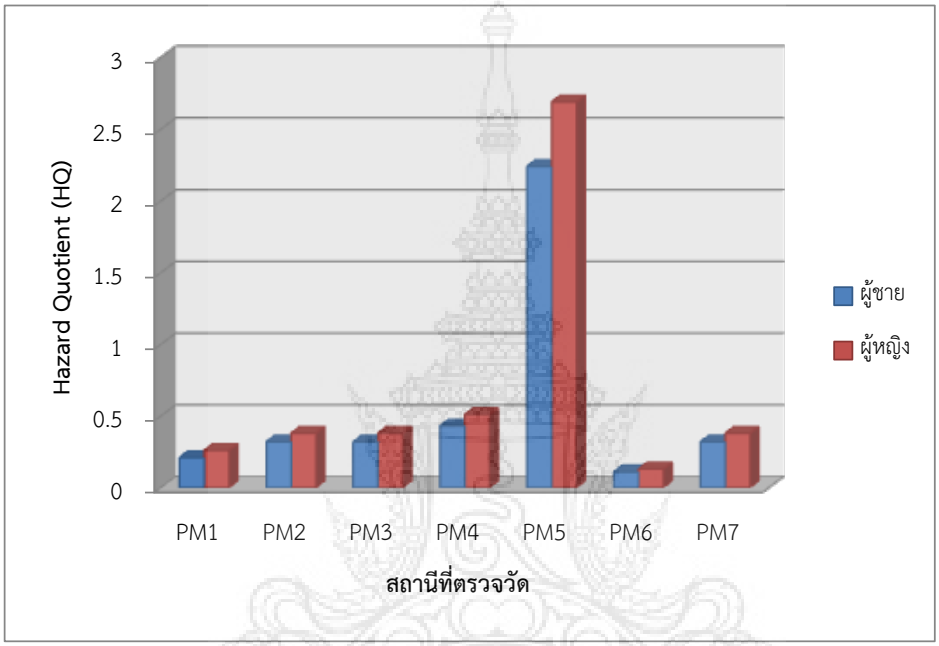
ตารางที่ 4.9 ค่าความเสี่ยงจากการได้รับสารตะกั่วจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ของผู้ชาย ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

รหัสพื้นที่	**สถานี**	HQ	**การประเมินผล**
PM1	พื้นที่สวน	0.21	อันตรายน้อย
PM2	โรงงานอุตสาหกรรม	0.32	อันตรายน้อย
PM3	ชุมชน	0.32	อันตรายน้อย
PM4	ก่อสร้างถนน	0.43	อันตรายน้อย
PM5	ตลาดปทุมธานี	2.24	อันตรายปานกลาง
PM6	พื้นที่นา	0.11	อันตรายน้อย
PM7	หมู่บ้าน	0.32	อันตรายน้อย

ตารางที่ 4.10 ค่าความเสี่ยงจากการได้รับสารตะกั่วจากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ของผู้หญิง ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

รหัสพื้นที่	**สถานี**	HQ	**การประเมินผล**
PM1	พื้นที่สวน	0.26	อันตรายน้อย
PM2	โรงงานอุตสาหกรรม	0.38	อันตรายน้อย
PM3	ชุมชน	0.38	อันตรายน้อย
PM4	ก่อสร้างถนน	0.51	อันตรายน้อย

PM5	ตลาดปทุมธานี	2.69	อันตรายปานกลาง
PM6	พื้นที่นา	0.13	อันตรายน้อย
PM7	หมู่บ้าน	0.38	อันตรายน้อย



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงค่าความเสี่ยงจากการได้รับสารตะกั่วของผู้หญิงและผู้ชาย จากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

ผลการวิเคราะห์ค่า Hazard Quotient (HQ) จากปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี โดยวิเคราะห์จากปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี จำนวน 7 สถานี ได้แก่ คือ ตำบลบางปรอก ตำบลบางเดื่อ ตำบลบางคูวัด ตำบลบางกะดี ตำบลหลักหก ตำบลบ้านฉาง ตำบลบ้านกระแชง พบว่าค่า Hazard Quotient (HQ) ที่วิเคราะห์ได้บริเวณสถานีตรวจวัด ตำบลบางปรอก มีค่าสูงที่สุดใน 7 สถานี โดยมีค่าเฉลี่ยของผู้ชายเท่ากับ 2.24 และค่าเฉลี่ยของผู้หญิงเท่ากับ 2.69 เมื่อแปรผลมาจะมีความอันตรายอยู่ในระดับอันตรายปานกลาง โดยมีสาเหตุหลักมาจากบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ชุมชน แหล่งโรงงานอุตสาหกรรม การจราจรและการคมนาคมขนส่ง เป็นต้น

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

การศึกษาความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ จากพื้นที่ศึกษาทั้ง 7 สถานี ได้แก่ คือ ตำบลบางปรอก ตำบลบางเดื่อ ตำบลบางคูวัด ตำบลบางกะดี ตำบลหลักหก ตำบลบ้านฉาง และตำบลบ้านกระแชง ในอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี สามารถสรุปรายละเอียดได้ดังนี้

ความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองรวม

ความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองรวม บริเวณพื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี ทั้ง 7 สถานีเก็บตัวอย่างในระยะเวลา 24 ชั่วโมงนั้น สถานีที่มีค่าความเข้มข้นของตะกั่วมากที่สุดคือ สถานีเก็บตัวอย่างที่ 5 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.18 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือ สถานีที่ 7 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.03 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และสถานีที่ 4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.01 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ เมื่อเทียบข้อมูลจากเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศจากกรมควบคุมมลพิษ พบว่าค่าที่วิเคราะห์ได้นั้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ซึ่งกำหนดไว้ว่าค่าเฉลี่ยของตะกั่วในเวลา 1 เดือน จะต้องไม่เกิน 1.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แม้ว่าระยะเวลาที่เก็บตัวอย่างกับระยะเวลาของค่ามาตรฐานนั้นไม่เท่ากัน แต่สามารถนำมาเป็นค่ามาตรฐานได้เนื่องจากเป็นค่าเฉลี่ยที่มาจากการวิเคราะห์

ความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

ความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน บริเวณพื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี ทั้ง 7 สถานี สถานีที่มีความเข้มข้นของตะกั่วมากที่สุดคือ สถานีเก็บที่ 5 ซึ่งตั้งอยู่บริเวณตลาดปทุมธานี โดยมีค่าสารตะกั่วในบรรยากาศเฉลี่ยเท่ากับ 0.21 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือสถานีที่ 4 มีค่าเท่ากับ 0.04 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และสถานีที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.03 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ สำหรับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศของตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ของประเทศไทยยังไม่มีการกำหนดค่า ดังนั้นผลการศึกษาครั้งนี้จึงใช้เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศ ตามกฎหมายสิ่งแวดล้อมของประเทศอียิปต์ (Zeinab, Safar and Mounir, W. Labib, 2010) ซึ่งกำหนดไว้ว่า ค่าเฉลี่ยของตะกั่วในเวลา 24 ชั่วโมง จะต้องไม่เกิน 0.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ผลจากการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่าบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานีที่ทำการเก็บตัวอย่างมีค่าของปริมาณสารตะกั่วอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามที่กฎหมายได้กำหนดไว้

การศึกษาการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการได้รับสารตะกั่ว ได้ทำการประเมินตามแบบองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา (US.EPA) โดยผลการศึกษาความเสี่ยงด้านสุขภาพของกลุ่มตัวอย่างจะถูกคำนวณหาค่าความเสี่ยง (Hazard Quotient) ต่อการได้รับสัมผัสสารชนิดเดียว

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากปริมาณตะกั่วในฝุ่นละอองรวม

ผลการวิเคราะห์ค่า Hazard Quotient (HQ) จากความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี โดยวิเคราะห์จากความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมที่ได้จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี จำนวน 7 สถานี พบว่าค่า Hazard Quotient (HQ) ที่วิเคราะห์ได้บริเวณสถานีตรวจวัดส่วนใหญ่จะมีค่าอยู่ในระดับ 0. 11-0.38 มีความอันตรายอยู่ในระดับอันตรายน้อย ยกเว้นสถานีที่ ตำบลบางปรอก มีค่าสูงที่สุดใน 7 สถานี โดยมีค่าเฉลี่ยของผู้ชายเท่ากับ 1.92 และค่าเฉลี่ยของผู้หญิงเท่ากับ 2.31 เมื่อแปรผลมาจะมีความอันตรายอยู่ในระดับ อันตรายปานกลาง

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากปริมาณตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

ผลการวิเคราะห์ค่า Hazard Quotient (HQ) จากความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี โดยวิเคราะห์จากความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี จำนวน 7 สถานี พบว่าค่า Hazard Quotient (HQ) ที่วิเคราะห์ได้บริเวณสถานีตรวจวัดส่วนใหญ่จะมีค่าอยู่ในระดับ 0. 11-0.51 มีความอันตรายอยู่ในระดับอันตรายน้อย ยกเว้นสถานีที่ ตำบลบางปรอก มีค่าสูงที่สุดใน 7 สถานี โดยมีค่าเฉลี่ยของผู้ชายเท่ากับ 2.24 และค่าเฉลี่ยของผู้หญิงเท่ากับ 2.69 เมื่อแปรผลมาจะมีความอันตรายอยู่ในระดับอันตรายปานกลาง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาสภาพอุตุนิยมวิทยาที่เกี่ยวข้อง เช่น ความชื้น แสงแดด และทิศทางลม ซึ่งมีอิทธิพลในการกระจายมวลของอากาศควบคู่กับกับน้ำหนักของฝุ่นละออง
2. ในการศึกษาคุณภาพอากาศในครั้งนี้เป็นเพียงการศึกษาระยะสั้น ควรจะมีการศึกษาในระยะยาว เพื่อจะได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและละเอียด มีประสิทธิภาพมากขึ้น
3. ควรเก็บตัวอย่างโลหะหนักจากแหล่งกำเนิดอื่นๆ เช่นจากท่อไอเสียรถยนต์ ปล่องควันโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น
4. ควรมีการศึกษาสารพิษอื่นๆ ที่มีอยู่ในฝุ่นละอองในบรรยากาศตามเกณฑ์มาตรฐานที่มีการกำหนดไว้

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2555. **เกร็ดความรู้เรื่องฝุ่นละออง** [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2556 เข้าได้ถึงจาก http://www.pcd.go.th/info_serv/air_dust.htm

กองอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักอนามัย. 2551. **ฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็ก** [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ วันที่ 11 พฤศจิกายน 2556 เข้าถึงได้จาก http://web.ku.ac.th/schoolnet /snet6/envi3/monpit-a/fun.htm

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2554. **รู้รอบทิศ มลพิษทางอากาศ บทเรียนแนวคิดและการจัดการ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

จิตลดา มูประสิทธิ์. 2553. **องค์ประกอบและสัดส่วนของโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs)ใน PM10 จากแหล่งปลดปล่อยต่างประเภทในจังหวัดสงขลา.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. การจัดการสิ่งแวดล้อม. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ฐปนรรฆ์ สิริโชดกและปาจรีย์ ทองสนิท. 2556. **โลหะหนักในฝุ่นตกช่วงการเกิดหมอกควันของจังหวัดเชียงใหม่** [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 3 ธันวาคม 2556 เข้าได้ถึงจาก http://www.mfu.ac.th/division/graduate/NGRC29th/PDF/PDF-ST/Oral/70.pdf

ทิพวรรณ โพธิ์ทอง และอุทุมพร วงศ์หาเดช. 2555. **การประเมินค่าการปนเปื้อนของฝุ่นละอองรวม (TSP) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM10) ในพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดปทุมธานี.** ปริญญานิพนธ์วิทยาศาตรบัณฑิต, สาขาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

นพรัตน์ ผาสุกผล. 2548. **การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ระเหยง่ายและโลหะหนักในน้ำใต้ดิน กรณีศึกษาพื้นที่อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิรันดร์ มีไชยโย. 2553. **การศึกษาแคดเมียม ตะกั่ว และแมงกานีสในฝุ่น PM_{10} ในย่านธุรกิจเขตเทศบาลนครพิษณุโลก.** ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

พงศกร สง่าผล. 2545. **การเปรียบเทียบระหว่างสัดส่วนตะกั่วจากฝุ่นที่มีขนาดตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมากับสัดส่วนตะกั่วจากฝุ่นที่มีขนาดตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมาบริเวณพื้นที่เขตเมืองและเขตชนบท.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช. **การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ**. นนทบุรี: บริษัท ไซเบอร์เพรส จำกัด.

พูนทรัพย์ นรมิตร. 2544. **การปนเปื้อนและประเมินความเสี่ยงระบบทางเดินหายใจของโลหะหนักฝุ่นละอองจากอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร(ศึกษากรณีตำรวจจราจร).** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.

เพ็ญศิริ จุดจองสิน. 2545. “ **การศึกษาความเข้มข้นของตะกั่วและเหล็กในฝุ่นละอองในบรรยากาศบริเวณสถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์”** รายงานวิจัยจากสำนักวิจัยและบริการวิชาการ สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์.

แม้น อมรสิทธิ์ และคณะ. 2552. **Principles and Techniques of Instrumental Analysis Spectroscopy.** กรุงเทพฯ:ชวนพิมพ์.

สมบัติ ศุภพงศ์อาภา. 2546. **การวิเคราะห์หาปริมาณของตะกั่วในหนังสือพิมพ์รายวันโดยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตเมทรี.** ปริญญาวิทยศาสตรบัณฑิต โปรแกรมวิชาเคมี. สถาบันราชภัฏนครปฐม.

สราวุธ สุธรรมาสา. 2551. **เอกสารการสอนชุดวิชาพิษวิทยาและอาชีวเวชศาสตร์ หน่วยที่ 6-10.** นนทบุรี:สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สุภาวรรณ ศรีรัตนาและปาจรีย์ ทองสนิท. 2556. **การประเมินความเสี่ยงสุขภาพของโลหะหนักในฝุ่นPM$_{10}$ ภายในอาคาร ช่วงสถานการณ์ปัญหาหมอกควัน จังหวัดเชียงใหม่** [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 3 ธันวาคม 2556 เข้าได้ถึงจาก http://www.mfu.ac.th /division / graduate/NGRC29th/PDF/PDF-ST/Oral/44.pdf

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2556. **ผลการสำรวจรูปร่างทั่วประเทศ** [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ วันที่ 15 มกราคม 2557 เข้าถึงได้จาก http://www.sizethailand .org/region_all.html

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3. 2553. **วิธีการล้างเครื่องแก้วงานโลหะหนักในห้องปฏิบัติ** [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ วันที่ 15 มกราคม 2557 เข้าถึงได้จากhttp://www.reo3.go.t /newversion /index.php?option=com_content&task=view&id=213&Itemid=125

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ออรัศ คงพานิช. 2547. **การดำเนินงานความเสี่ยงต่อสุขภาพ**. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน 2556, จาก 203.157.72.102/csnet/FileDownload/folder2/2aurus_Risk_ Assessment.doc

BMEPRI. 2007. **Guidance of site environmental assessment**. Beijing: Municipal Environmental Protection Bureau.

International Agency for Research on Cancer . 2011. **IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans**, จาก http://monographs.iarc.fr /ENG ENG/Classification/

Lemly, A.D. 1996. **Evaluation of the hazard quotient method for risk assessment of selenium**. Ecotoxicology and Environmental Safety 35: 156-162.

SUN Hong-fei, et al. 2010. **Environmental contamination and health hazard of lead and cadmium around Chatian mercury mining deposit in western Hunan Province, China.** Transaction of Nonferrous Metals Society of China. 20: 308-314.

U.S. Environmental Protection Agency. (1989). **Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I Human Health Evaluation Manual (Part A)**. Retrieved December 8, 2013, from http://www.epa.gov/oswer/riskassessment/ragsa/pdf/rags-vol1-pta_ complete.pdf

US.EPA. 1999.**Compendium of Methods for the Determination of Inorganic Compounds in Ambient Air, Compendium Method IO-3.1, Selection, Preparation and Extraction of Filter Material Center for Environmental.** Research Information Office of Research and Development.

Yandi Hu, *et al*., 2007. **Health risk assessment for traffic policemen exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Tianjin, China.** Science of the Total Environment 382.

Zeinab, Safar and Mounir, W.Labib. (2010). **Assessment of particulate matter and lead levels in the Greater Cairo area for the period 1998-2007**. Journal of Advanced Research. 1:53-63.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

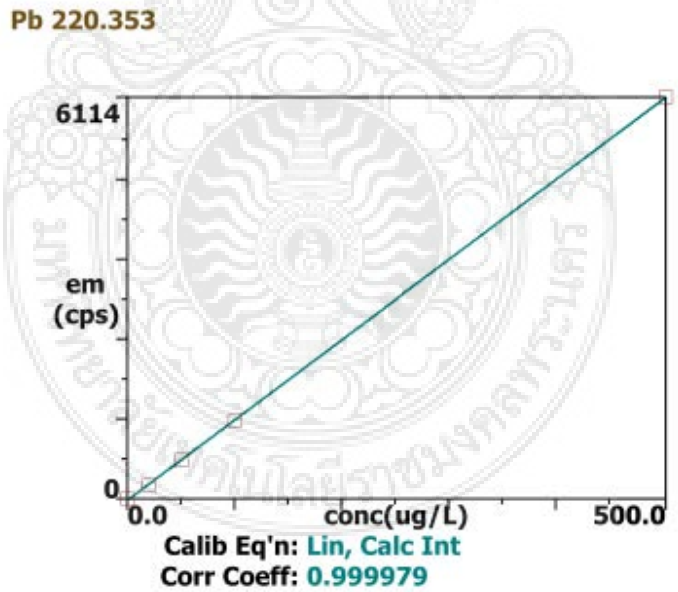
- การควบคุมคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการ

กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

จากการทดลองได้เตรียมความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานตะกั่ว ทั้งหมด 4 ความเข้มข้น คือ 20, 50, 100 และ 500 ppb นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่อง ICP-OES

ตารางผนวก ก1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานที่ค่าความเข้มข้น 20, 50, 100 และ 500 ppb

ความเข้มข้น (ppb)	Corr. Intensit
20	210.7
50	588.8
100	1,182.9
200	6,114.4



ภาพผนวก ก1 แสดงกราฟของสารละลายมาตรฐานตะกั่วที่ความเข้มข้น 20, 50, 100 และ 500 ppb

การควบคุมคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการ (Quality Control)

1. Method Reagent Blank

ใช้ Extraction Solution ไปผ่านขั้นตอนเช่นเดียวกับการเตรียมตัวอย่าง ทำการเตรียม Method Reagent Blank อย่างน้อย 10 % ของจำนวนตัวอย่าง หรือ อย่างน้อย 1 ตัวอย่างต่อ 1ชุดการทดสอบ

2. Method Filter Blank

ใช้ Filter Blank นำไปผ่านขั้นตอนเช่นเดียวกับการเตรียมตัวอย่าง ทำการเตรียม Method Filter Blank อย่างน้อย 10% ของจำนวนตัวอย่าง หรืออย่างน้อย 1 ตัวอย่าง ต่อ 1 ชุดการทดสอบ

3. Duplicate analysis

ทดสอบตัวอย่างตัวเดียวกัน จำนวน 2 ซ้ำอย่างน้อย 10% ของจำนวนตัวอย่างที่ทดสอบ 1 ตัวอย่างต่อ 1 ชุดการทดสอบ

$$\% \text{ RPD} = \frac{(\text{Result 2} - \text{Result 1}) \times 100}{(\text{Result 2} + \text{Result 1}) / 2}$$

4. Recovery of know addition

ทำการเติมความเข้มข้นที่ทราบค่าโดยการ spike standard อย่างน้อย 10% ของจำนวนตัวอย่างที่ทดสอบ หรืออย่างน้อย 1 ตัวอย่างต่อ 1 ชุดการทดสอบ เตรียมตัวอย่างโดยการทำ spike ที่ความเข้มข้น 2 – 10 เท่าของค่าที่คาดว่าจะมีในตัวอย่าง % recovery ที่ยอมรับ 80-120 %

$$\% \text{ recovery} = \frac{(C_{sp} - C_S) \times 100}{C_a}$$

เมื่อ C_{sp} คือ ความเข้มข้นของตัวอย่างที่เติมสารละลายมาตรฐาน

C_s คือ ความเข้มข้นของตัวอย่างที่ไม่ได้เติมสารละลายมาตรฐาน

C_a คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่เติมลงในตัวอย่าง

ปริมาณผลดิบของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในบรรยากาศ อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

ตารางผนวก ก2 ค่าผลดิบของตะกั่ว จาก TSP

	ครั้งที่ 1	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**	**ครั้งที่ 4**	**ค่าเฉลี่ย**
sample	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)	(µg/L)

	TSP 1	25.906	24.625	46.218	38.643	33.848
	TSP 1 Duplicate	44.993	32.911	42.121	32.573	38.149
	TSP 2	48.768	49.626	36.535	38.940	43.467
TSP	TSP 2 Spike	213.41	214.56	202.09	206.07	209.03
	TSP 3	42.542	47.987	47.791	49.208	46.882
	TSP 4	51.134	56.944	47.097	45.286	50.115
	TSP 5	584.95	574.85	581.65	567.60	577.26
	TSP 6	48.313	42.135	37.676	41.614	42.435
	TSP 7	86.719	96.185	102.71	89.251	93.717

ตารางผนวก ก3 ค่าผลดิบของตะกั่ว จาก PM_{10}

	sample	**ครั้งที่ 1** (µg/L)	**ครั้งที่ 2** (µg/L)	**ครั้งที่ 3** (µg/L)	**ครั้งที่ 4** (µg/L)	**ค่าเฉลี่ย** (µg/L)
	PM 1	71.279	73.524	72.318	82.348	74.867
	PM 2	84.864	98.663	88.487	86.511	89.631
	PM 3	106.66	104.32	107.06	111.60	107.41
PM_{10}	PM 3 Duplicate	97.242	106.59	93.842	98.360	99.008

PM 4	120.78	122.29	114.60	134.23	122.97
PM 5	609.16	608.63	630.50	610.67	614.74
PM 6	30.083	29.970	31.662	27.644	29.839
PM 7	96.428	99.852	103.74	106.40	101.61
PM 7 Spike	291.55	274.84	282.90	279.26	282.14

ปริมาณตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในบรรยากาศ อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

ตารางผนวก ก4 การคำนวณหาค่าปริมาณตะกั่วในอากาศ จากฝุ่นละอองรวม

วันที่เตรียมตัวอย่าง	Lab. Sample ID.	จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้นของตัวอย่างที่เครื่องอ่าน (µg/L) (A)	Dilution Factor (B)	Blank (C)	ปริมาณธาตุที่พบ (µg/L) ((AxB)-(C))/1000 (D)	ปริมาตรสุดท้าย (mL) (E)	จำนวน Strip ที่วิเคราะห์ (F)	ปริมาณธาตุ (µg/strip) (DxExF) (G)	จำนวน Strip ของกระดาษกรอง (H)	ปริมาณธาตุบนกระดาษกรอง (µg/filter) (G)x(H) (I)	Total Air Volume (m^3) (J)	ปริมาณธาตุในบรรยากาศ (I)/(J) (µg)/(m^3) (K)	ค่าเฉลี่ย (A) (µg/L)	% RPD	% Recovery
13/12/56	TSP 1	พื้นที่สวน	33.8	1	9.7	0.03	50	1	1.37	10	13.70	1590.38	0.01			
13/12/56	TSP 1 DUP	พื้นที่สวน	37.2	1	9.7	0.03	50	1	1.69	10	16.86	1590.38	0.01	35.5	9	
13/12/56	TSP 2	โรงงานอุตสาหกรรม	43.5	1	9.7	0.03	50	1	1.69	10	16.86	1590.38	0.01			
13/12/56	TSP 2 SPI	โรงงานอุตสาหกรรม	209.0	1	9.7	0.20	50	1	9.96	10	99.64	1590.38	0.06			83
13/12/56	50ppb		48.3	1		0.05	1									97
13/12/56	DDW		0.00	1		0.00	1									

ตารางผนวก ก5 การคำนวณหาค่าปริมาณตะกั่วในอากาศ จากฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

วันที่เตรียมตัวอย่าง	Lab. Sample ID.	จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้นของตัวอย่างที่เครื่องอ่าน (µg/L) (A)	Dilution Factor (B)	Blank (C)	ปริมาณธาตุที่พบ (µg/L) ((AxB)-(C))/1000 (D)	ปริมาตรสุดท้าย (mL) (E)	จำนวน Strip ที่วิเคราะห์ (F)	ปริมาณธาตุ (µg/strip) (DxExF) (G)	จำนวน Strip ของกระดาษกรอง (H)	ปริมาณธาตุบนกระดาษกรอง (µg/filter) (G)x(H) (I)	Total Air Volume (m^3) (J)	ปริมาณธาตุในบรรยากาศ (I)/(J) (µg)/(m^3) (K)	ค่าเฉลี่ย (A) (µg/L)	% RPD	% Recovery
13/12/56	PM3	ชุมชน	107.4	1	11.6	0.10	50	1	4.79	10	47.91	1412.76	0.03			
13/12/56	PM3 DUP	ชุมชน	99.0	1	11.6	0.09	50	1	4.37	10	43.70	1412.76	0.03	103.2	8	
13/12/56	PM7	หมู่บ้าน	101.6	1	11.6	0.09	50	1	4.50	10	45.01	1412.76	0.03			
13/12/56	PM7 Spi	หมู่บ้าน	282.1	1	11.6	0.27	50	1	13.53	10	135.27	1412.76	0.10			90
13/12/56	50ppb		53.3	1		0.05	1									107
13/12/56	DDW		0.00	1		0.00	1									

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล นางสาวจุฑามาศ ชุ่มชวย

วัน เดือน ปีเกิด 13 ตุลาคม พ.ศ. 2535

ภูมิลำเนา เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

2546	ประถมศึกษา	โรงเรียนราชวัตรวิทยา กรุงเทพมหานคร
2549	มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนวัดน้อยนพคุณ กรุงเทพมหานคร
2552	มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนวัดน้อยนพคุณ กรุงเทพมหานคร
2556	ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล นางสาวอรุณรัตน์ พันธเสน

วัน เดือน ปีเกิด 16 มิถุนายน พ.ศ. 2534

ภูมิลำเนา อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

ประวัติการศึกษา

2546	ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดไพร่ฟ้า จังหวัดปทุมธานี
2549	มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนคณะราษฎร์บำรุงปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี
2552	มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนคณะราษฎร์บำรุงปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี
2556	ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร