

ผลกระทบคุณภาพอากาศจากการปรับปรุงคุณภาพพลอยคอรันดัม
ด้วยความร้อนในจังหวัดจันทบุรี



นางสาวญาดา ว่องวัฒนากุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

IMPACT OF AIR QUALITY FROM CORUNDUM HEAT TREATMENT
IN CHANGWAT CHANTHABURI



Miss Yada Wongwattanakul

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Environmental Science

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลกระทบต่อคุณภาพอากาศจากการปรับปรุงคุณภาพพลอย
คอรัันต์ด้วยความร้อนในจังหวัดจันทบุรี

โดย

นางสาวญาดา ว่องวัฒนากุล

สาขาวิชา

สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

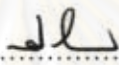
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุบล โชติพงศ์

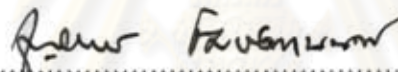
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

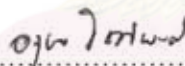
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรพันธ์ สุทธิรัตน์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบุญ)


คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ เมษิตานนท์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุบล โชติพงศ์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรพันธ์ สุทธิรัตน์)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์)


..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร.พรณวดี สุวัณมิกะ)

ญาคา ว่องวัฒนากุล : ผลกระทบคุณภาพอากาศจากการปรับปรุงคุณภาพพลอยคอร์ันดัมด้วยความร้อนในจังหวัดจันทบุรี. (IMPACT OF AIR QUALITY FROM CORUNDUM HEAT TREATMENT IN CHANGWAT CHANTHABURI) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร.อรุณ โชติพงศ์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : ผศ.ดร. จักรพันธ์ สุทธิรัตน์, 110 หน้า.

งานวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบคุณภาพอากาศจากการปรับปรุงคุณภาพพลอยคอร์ันดัมด้วยความร้อน ในจังหวัดจันทบุรี การศึกษาแบ่งเป็น 4 ส่วน ได้แก่ 1) ศึกษาความเข้มข้นของเบริลเลียมในฝุ่นละอองจากการเผาพลอย 2) ความเข้มข้นของตะกั่วและเบริลเลียมในฝุ่นละอองที่ตกค้างจากเตาเผาพลอย 3) ความเข้มข้นของเบริลเลียมภายในบ้านที่ติดตั้งเตาเผาพลอย และ 4) ความเข้มข้นของเบริลเลียมและตะกั่วในฝุ่นละอองในบรรยากาศรอบพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอย

ผลการศึกษาความเข้มข้นเฉลี่ยของเบริลเลียมในฝุ่นละอองช่วงที่เผาพลอยในบ้านหลังที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 0.268 และ 0.028 มคก./ลบ.ม. ทั้งนี้บ้านหลังที่ 2 มีระบบระบายอากาศที่ดีกว่าหลังที่ 1 จึงมีผลให้ความเข้มข้นต่ำกว่าในบ้านหลังที่ 1 ส่วนฝุ่นที่ตกค้างจากเตาเผาพลอย วิเคราะห์ด้วยเครื่อง EPMA พบธาตุองค์ประกอบ ได้แก่ Al, Si, Mo, Ca, Mg, Fe, Be และ Pb นำฝุ่นมาย่อยด้วยวิธี 3050B และวิเคราะห์ด้วย ICP-MS พบว่า ฝุ่นบริเวณนอกเตามีค่าความเข้มข้นของ Be, Pb และ Mo สูงสุด สำหรับเตาเผาพลอยที่เติมสารเบริลเลียมพบความเข้มข้นของ Mo และ Pb มีค่าระหว่าง 40,900-41,030 และ 1,966-3,011 มก./กก. ในขณะที่เตาเผาพลอยที่เติมสารตะกั่วพบความเข้มข้นของ Pb มีค่าระหว่าง 12,160-12,870 มก./กก. โดย Mo และ Pb มีค่าเกินมาตรฐานสิ่งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว สำหรับความเข้มข้นของเบริลเลียมภายในบ้าน พบว่า บ้านหลังที่ 2 ซึ่งมีระบบระบายอากาศที่ดีกว่า พบความเข้มข้นของเบริลเลียมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในช่วงที่มีและไม่มีการเผาพลอยเฉพาะที่ห้องนั่งเล่น ในขณะที่บ้านหลังที่ 1 พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทั้งห้องนอนและห้องนั่งเล่น ในส่วนการวิเคราะห์ฝุ่นละอองรอบพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอยทั้ง 5 จุด พบว่า ความเข้มข้นของเบริลเลียมมีค่าต่ำกว่าค่าจำกัดการวิเคราะห์ ในทั้งสองช่วงมรสุมพบความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองรวม (0.525-3.923 มคก./ลบ.ม.) สูงกว่าในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (0.004-0.168 มคก./ลบ.ม.) สำหรับค่ามาตรฐานของตะกั่วในบรรยากาศมีค่าไม่เกิน 1.5 มคก./ลบ.ม.ในเวลา 1 เดือน จากการตรวจวัดชี้ให้เห็นว่า การเผาพลอยไม่ส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของเบริลเลียม ความเข้มข้นตะกั่วในบรรยากาศอาจมีสาเหตุมาได้จากปัจจัยอื่นที่นอกจากการเผาพลอย เช่น คุณลักษณะของดินในบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง

สาขาวิชา..... วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม..... ลายมือชื่อนิสิต ญาคา ว่องวัฒนากุล
ปีการศึกษา..... 2553..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก..... อรุณ โชติพงศ์
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม..... จักรพันธ์ สุทธิรัตน์

5187151020 : MAJOR INTER-DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORDS : Corundum heat treatment / Beryllium / Lead / Molybdenum / TSP / PM₁₀

YADA WONGWATTANAKUL: IMPACT OF AIR QUALITY FROM CORUNDUM HEAT TREATMENT IN CHANGWAT CHANTHABURI. ADVISOR: ASST. PROF. ARUBOL CHOTIPONG, Ph.D., CO-ADVISOR: ASST. PROF. CHAKKAPHAN SUTTHIRAT, Ph.D., 110 pp.

Impact of air quality involved by corundum heat treatment in Chanthaburi province was monitored and evaluated under this study. The purpose could be divided into 4 parts including: 1) Concentration of Beryllium in particulate generated during heat treatment; 2) Concentrations of Beryllium (Be) and Lead (Pb) in residue dust around furnaces used for corundum treatments; 3) Concentration of Be in particulate in home factory; 4) Concentrations of Be and Pb in total suspended particulate in ambient air surrounding the main area of treatment factories.

Be concentrations detected from particulate generated during corundum heat treatment in factories 1 and 2 were averaged at 0.268 and 0.028 µg/m³. The concentration from factory 2 was lower than the other one due to efficiency of air ventilation system. EPMA analysis of residue dust collected around furnaces, used for heating with Pb and Be additives, yielded constituents of Al, Si, Mo, Ca, Mg, Fe, Be, and Pb; besides, they were also digested by EPA 3050B and analyzed by ICP-MS then yielding particularly high concentrations of Mo, Pb and Be. The concentration ranges of Mo and Pb in dust samples collected from Be-heated furnaces were 40,900-41,030 and 1,966-3,011 mg/kg, respectively, whereas dust samples collected from Pb-heated furnaces gave Pb concentrations of 12,160-12,870 mg/kg. Both of Mo and Pb contents were higher than the standard level; consequently, they were defined as hazardous waste. Be concentration within factory 2 in which has good air ventilation system showed significantly different records only in the living room at the periods of heat treatment and non heat treatment. On the other hand, results gained from factory 1 showed significant differences in bedroom and living room between both periods. Regarding to air monitoring around the main area of gem treatment, results from 5 sampling areas indicated that Be concentrations were less than detection limit. During two different monsoons, Pb concentrations in TSP (0.525-3.923 µg/m³) were higher than those in PM₁₀ (0.004-0.168 µg/m³). They are mostly lower than the National Ambient Air Quality Standards for Pb set at 1.5 µg/m³ for 1-month average. In conclusion, corundum heat treatments appear to have no effect to Be and Pb in air particulate. Moreover, Pb contents detected in the air particulate appear to have been involved by from the other factors, particularly soil properties surrounding the sampling area.

Field of Study :Environmental Science

Academic Year :2010.....

Student's Signature Yada Wongwattanakul

Advisor's Signature Arubol Chotipong

Co-advisor's Signature C. Suthir

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จากความช่วยเหลืออย่างดีของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุณ ชิตพิงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จักรพันธ์ สุทธิรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งกรุณาให้คำปรึกษา และข้อคิดเห็นต่างๆ เกี่ยวกับการวิจัยมา โดยตลอด นอกจากนี้ยังได้กรุณาให้ข้อคิดต่างๆ และทักษะในการทำงาน ตลอดจนอบรมสั่งสอน การดำเนินชีวิตในสังคม จึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึง รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ และอาจารย์ ดร.พรวณวดี สุวัฒน์ิกะ ที่กรุณาสละเวลาเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งได้ให้ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะ ตลอดจนรายละเอียดต่างๆ ในวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้มอบทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับ งานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณสมเกียรติ ท้วมแสง หัวหน้าห้องปฏิบัติการและเครื่องมือของศูนย์อ้างอิงทาง ห้องปฏิบัติการ และคุณวิกรม จันทะเนาว์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและ สิ่งแวดล้อม กระทรวงสาธารณสุข ที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการ เครื่องมือ ICP-MS และให้ แนะนำในด้านต่างๆ

ขอขอบคุณ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ความ อนุเคราะห์เครื่อง EPMA ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

ขอขอบคุณเจ้าของกิจการเผาพลอยในจังหวัดจันทบุรีที่ให้ความอนุเคราะห์ในการติดตั้ง เครื่องมือเก็บตัวอย่าง รวมทั้งนางสาวกนิษฐา กาญจนบุตร และนางสาวชมพูนุช ชุ่มพุดชา ที่ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง

ท้ายสุดขอกราบขอบพระคุณ คุณป้าพรทิพย์ ว่องวัฒนากุล และคุณแม่ภัคจิรา วสุเสถียร ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ กำลังใจ ให้โอกาสและสนับสนุนทุกสิ่งทุกอย่างอย่างดีที่สุดเสมอ มา ขอขอบคุณน้องชายที่คอยให้กำลังใจและคำปรึกษาที่ดีเสมอมา และขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ ที่สห สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่คอยให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจที่ดีมาโดยตลอด

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 การเผาพลอยในจังหวัดจันทบุรี.....	4
2.2 มลพิษทางอากาศจากกระบวนการเผาพลอยที่เติมสารประกอบเบริลเลียม.....	7
2.3 ผลกระทบของฝุ่นละอองต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์.....	9
2.4 มาตรฐานอนุภาคฝุ่นละออง เบริลเลียม และตะกั่วในบรรยากาศ.....	13
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	17
3 วิธีดำเนินการศึกษา.....	20
3.1 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ทำการศึกษา.....	20
3.2 การวางแผนการศึกษา.....	22
3.3 วิธีการศึกษา.....	22
4 ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา.....	39
4.1 ความเข้มข้นของเบริลเลียมที่ปนเปื้อนในอนุภาคฝุ่นละอองจากการเผาพลอย.....	39
4.2 ความเข้มข้นของเบริลเลียมและตะกั่วที่ปนเปื้อนในอนุภาคฝุ่นละอองที่ตกค้าง จากเตาเผาพลอย.....	42
4.3 ความเข้มข้นของเบริลเลียมที่ปนเปื้อนในอนุภาคฝุ่นละอองภายในบ้าน.....	50

บทที่	หน้า
4.4 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ที่กระจาย สู่อากาศบริเวณโดยรอบพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอย.....	53
4.5 ความเข้มข้นของเบริลเลียมในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ที่กระจายสู่อากาศบริเวณโดยรอบพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอย.....	62
4.6 ความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ที่กระจายสู่อากาศบริเวณโดยรอบพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอย.....	63
5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	71
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	71
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	74
รายการอ้างอิง.....	75
ภาคผนวก.....	80
ภาคผนวก ก.....	81
ภาคผนวก ข.....	88
ภาคผนวก ค.....	92
ภาคผนวก ง.....	99
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	110

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศของประเทศไทย.....	14
2.2 ค่ามาตรฐานตะกั่วในบรรยากาศ.....	15
2.3 ค่ามาตรฐานเบริลเลียมและสารประกอบเบริลเลียม.....	16
2.4 ค่ามาตรฐานองค์ประกอบสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว.....	17
3.1 สภาพอุตุนิยมวิทยาของสถานีตรวจวัดอากาศจังหวัดจันทบุรี ในปี พ.ศ. 2552.....	21
3.2 การเก็บตัวอย่างในช่วงระหว่างการเผาพลอย.....	25
4.1 ความเข้มข้นของเบริลเลียมในฝุ่นละอองจากการเผาพลอย.....	40
4.2 ความเข้มข้นของเบริลเลียมในฝุ่นละอองช่วงเปิดประตูเตาเผาพลอย.....	41
4.3 เปอร์เซนต์ออกไซด์ของธาตุในฝุ่นหนักที่ตกค้างจากเตาเผาพลอยที่เติมสารประกอบเบริลเลียม ในบ้าน 2 หลัง จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง EPMA.....	43
4.4 ความเข้มข้นของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในฝุ่นหนักที่ตกค้างจากเตาเผาพลอยที่เติมสารประกอบเบริลเลียม ในบ้าน 2 หลัง จากการย่อยด้วยวิธี 3050B และวิเคราะห์ด้วย ICP-MS.....	46
4.5 เปอร์เซนต์ออกไซด์ของธาตุในฝุ่นหนักที่ตกค้างจากเตาเผาพลอยที่เติมสารประกอบตะกั่ว ในบ้าน 2 หลัง จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง EPMA.....	47
4.6 ความเข้มข้นของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในฝุ่นหนักที่ตกค้างจากเตาเผาพลอยที่เติมสารประกอบตะกั่วในบ้าน 2 หลัง จากการย่อยด้วยวิธี 3050B และวิเคราะห์ด้วย ICP-MS.....	49
4.7 ความเข้มข้นของเบริลเลียมในบรรยากาศภายในบ้านหลังที่ 1.....	50
4.8 ความเข้มข้นของเบริลเลียมในบรรยากาศภายในบ้านหลังที่ 2.....	52
4.9 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในระหว่าง 9-19 มกราคม 2552.....	54
4.10 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในระหว่าง 2-20 มิถุนายน 2552.....	55
4.11 ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองรวมจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ระหว่างช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้.....	56

ตารางที่	หน้า
4.12 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในระหว่าง 9-19 มกราคม 2552.....	57
4.13 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในระหว่าง 2-20 มิถุนายน 2552.....	58
4.14 ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้.....	60
4.15 เปอร์เซนต์ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในฝุ่นละอองรวม ทั้ง 2 ช่วงลมมรสุม.....	61
4.16 ความเข้มข้นของเบริลเลียมในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากจุดเก็บตัวอย่าง ทั้ง 5 จุด ในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในระหว่าง 2-20 มิถุนายน 2552.....	63
4.17 ความเข้มข้นตะกั่วในฝุ่นละอองทั้ง 2 ชนิด จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุดในช่วงลมมรสุม ตะวันออกเฉียงเหนือ ในระหว่าง 9-19 มกราคม 2552.....	65
4.18 ความเข้มข้นตะกั่วในฝุ่นละอองทั้ง 2 ชนิด จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในช่วงลมมรสุม ตะวันตกเฉียงใต้ ในระหว่าง 2-20 มิถุนายน 2552.....	68
4.19 เปอร์เซนต์ตะกั่วในฝุ่นละออง 2 ชนิด ทั้ง 2 ช่วงลมมรสุม.....	70

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1	มลพิษทางอากาศจากกระบวนการเผาผลายที่เติมสารประกอบเบริลเลียม..... 7
3.1	แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินการศึกษา..... 38
3.2	ห้องเผาผลายที่ทำการเก็บตัวอย่างในบ้านทั้ง 2 หลัง..... 23
3.3	แผนผังแสดงการเก็บตัวอย่างใน 1 รอบของการเผาผลาย..... 26
3.4	เตาเผาผลายเติมสารประกอบเบริลเลียมและตะกั่ว..... 27
3.5	เครื่อง Electron Probe Micro Analyzer (EPMA)..... 28
3.6	แผนผังบ้านทั้ง 2 หลัง..... 30
3.7	แผนที่จุดเก็บตัวอย่างโดยรอบพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพผลาย..... 32
3.8	จุดเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองทั้ง 2 ชนิดจากจุดเก็บตัวอย่าง 5 จุด..... 33
4.1	แผนผังการเก็บตัวอย่างใน 1 รอบของการเผาผลาย..... 39
4.2	เปรียบเทียบความเข้มข้นของเบริลเลียมบริเวณหน้าเตาเผาผลายในบ้าน 2 หลัง..... 40
4.3	จุดเก็บตัวอย่างฝุ่นหนักที่ตักค้ำจากเตาเผาผลาย..... 42
4.4	เปอร์เซ็นต์ออกไซด์ของธาตุในฝุ่นหนักที่ตักค้ำจากเตาเผาผลายที่เติมสารประกอบเบริลเลียม ในบ้าน 2 หลัง วิเคราะห์ด้วยเครื่อง EPMA..... 44
4.5	ความเข้มข้นของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในฝุ่นหนักที่ตักค้ำจากเตาเผาผลายที่เติมสารประกอบเบริลเลียมในบ้าน 2 หลัง จากการย่อยด้วยวิธี 3050B และวิเคราะห์ด้วย ICP-MS..... 46
4.6	เปอร์เซ็นต์ออกไซด์ของธาตุในฝุ่นหนักจากเตาเผาผลายที่เติมสารประกอบตะกั่วในบ้านทั้ง 2 หลัง จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง EPMA..... 48
4.7	ความเข้มข้นของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในฝุ่นหนักที่ตักค้ำจากเตาเผาผลายที่เติมสารประกอบตะกั่ว ในบ้าน 2 หลัง จากการย่อยด้วยวิธี 3050B และวิเคราะห์ด้วย ICP-MS..... 49
4.8	เปรียบเทียบความเข้มข้นของเบริลเลียมช่วงที่มีการเผาผลาย ในบ้านหลังที่ 1..... 51
4.9	เปรียบเทียบความเข้มข้นของเบริลเลียมช่วงที่มีการเผาผลาย ในบ้านหลังที่ 2..... 52
4.10	ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองรวมจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในระหว่างลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้..... 56

ภาพที่

หน้า

4.11 ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้.....	60
4.12 เปอร์เซนต์ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในฝุ่นละอองรวมทั้ง 2 ช่วงลมมรสุม.....	62
4.13 ความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในฝุ่นละอองทั้ง 2 ชนิด จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในระหว่างวันที่ 9-19 มกราคม 2552.....	66
4.14 ความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในฝุ่นละอองทั้ง 2 ชนิด จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในระหว่างวันที่ 2-20 มิถุนายน 2552.....	69



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางของการผลิตและการค้าอัญมณีที่สำคัญที่สุดแห่งหนึ่งของโลกมายาวนานเกือบร้อยปี เนื่องจากพลอยธรรมชาติที่มีคุณภาพดีเยี่ยมพบได้ในจังหวัดจันทบุรี ประกอบกับฝีมือการออกแบบและเจียรไนเครื่องประดับที่มีความประณีตสวยงามของคนไทย โดยเฉพาะพลอยตระกูลคอรันดัม (Corundum) ทั้งทับทิม (ruby) และแซปไฟร์ (sapphire) ทำให้ความต้องการพลอยคุณภาพดีจากประเทศไทยนั้นเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้พลอยคุณภาพดีที่พบในธรรมชาติลดน้อยลงไปมาก ประกอบกับราคาที่สูงขึ้น ดังนั้นผู้ผลิตและผู้บริโภคหลายคนเริ่มหันมาให้ความสำคัญกับพลอยธรรมชาติที่มีคุณภาพรองลงมา เพราะพบได้มากในธรรมชาติและมีราคาต่ำกว่าพลอยคุณภาพดีอย่างมาก และสิ่งที่สำคัญที่สุดของคนไทยคือ ประสบการณ์ในการพัฒนากระบวนการเผาพลอย ซึ่งปรับปรุงคุณภาพพลอยให้มีความสวยงามเทียบเท่ากับพลอยชั้นดี

กระบวนการเผาพลอยแบ่งออกเป็น 3 ช่วงเวลา ช่วงแรกเริ่มต้นตั้งแต่ก่อนปี พ.ศ. 2515 เป็นการเผาโดยใช้เตาถ่าน สำหรับช่วงที่ 2 ในปี พ.ศ. 2515 มีการใช้เตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1400-1600 องศาเซลเซียส และเริ่มต้นในการเติมสารเคมีลงไป เช่น สารบอแรกซ์ โซเดียม และซิลิกา ลงไปเพื่อประสานรอยแตกของพลอย (ประจักษ์ อังคะหิรัญ, 2548) และมีการพัฒนาต่อเนื่องจนถึงปี พ.ศ. 2540 (รัก หรรษาเวก, 2548) จึงเริ่มนำสารเคมีต่างๆ มาใส่ในกระบวนการเผา เช่น สารประกอบเบริลเลียมและสารประกอบตะกั่ว สำหรับ Schmetzer and Schwarz (2007); อ้างถึงใน ปัญจวรรณ ธนสุทธิพิทักษ์ (2551) กล่าวว่า การเติมสารประกอบเบริลเลียมและเผาที่อุณหภูมิ 1750 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศของก๊าซออกซิเจน มีผลให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีขึ้นภายในและเบริลเลียมสามารถเข้าไปบรรจุอยู่ในโครงร่างผลึกของพลอย ทำให้พลอยแซปไฟร์ที่ผ่านการเผามีสีที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น เหลือง เหลืองส้ม ชมพู ซึ่งสีที่เกิดขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาทางเคมีฟิสิกส์ที่เกิดขึ้นภายในเนื้อพลอย จึงทำให้สีที่เปลี่ยนไปมีความคงทน ซึ่งนิยมใช้กับพลอยบุษราคัมเป็นส่วนใหญ่ แต่การเติมสารประกอบตะกั่วและเผาที่อุณหภูมิ 900-1400 องศาเซลเซียส (Bergman, 2005) ภายใต้บรรยากาศของก๊าซออกซิเจนซึ่งจะส่งผลให้สารประกอบตะกั่วที่ใส่ลงไปนั้นแทรกซึมไปตามรอยแตกของพลอย ทำให้พลอยมีความใสมากยิ่งขึ้น ซึ่งใช้กับทับทิมเป็นส่วนใหญ่ องค์ประกอบของสารเคมีทั้ง 2 ชนิดนี้ ส่วนใหญ่ คือ ตะกั่วและเบริลเลียม ซึ่งองค์การวิจัยมะเร็งระหว่างประเทศ (International Agency for Research on

Cancer หรือ IARC) จัดสารทั้งสองประเภทนี้เป็นสารก่อมะเร็ง (Carcinogenic) ในมนุษย์ (IARC, 1993)

กระบวนการปรับปรุงคุณภาพพลอยด้วยความร้อนเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ทำในลักษณะครัวเรือน ฉะนั้นยังไม่ถูกระบุอยู่ในประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม และที่ผ่านมาไม่มีการคำนึงถึงสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานและผู้ที่อยู่อาศัยในบ้าน จากการศึกษาถึงการปนเปื้อนของตะกั่วในฝุ่นละอองจากกระบวนการปรับปรุงคุณภาพพลอยทับทิมด้วยความร้อนด้วยเครื่องเก็บอากาศส่วนบุคคล (Personal Air Sampler) พบว่าความเข้มข้นของตะกั่วมีค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 10 นาทีแรก ของการเปิดเตาเผาพลอยโดยความเข้มข้นของตะกั่วมีแนวโน้มสูงขึ้นตามปริมาณพลอยทับทิมที่เป็นวัตถุดิบ รวมทั้งความเข้มข้นของตะกั่วภายในบ้านที่เพิ่มขึ้นมีปัจจัยสำคัญจากการเผาพลอยที่เติมสารประกอบตะกั่ว (Chuenjit, 2007) ซึ่งผู้อาศัยภายในบ้านมีโอกาสรับสัมผัสสารตะกั่วจากการสูดดม

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาการแพร่กระจายของเบริลเลียมจากเตาเผาพลอยและภายในครัวเรือนที่ประกอบกิจการปรับปรุงคุณภาพพลอยด้วยความร้อน รวมทั้งการแพร่กระจายของเบริลเลียมและตะกั่วในฝุ่นละอองสู่อากาศในเขตเมือง จังหวัดจันทบุรี เนื่องจากมีจำนวนบ้านที่ติดตั้งเตาเผาทั้งสองประเภทจำนวนหลายร้อยหลังคาเรือน เพื่อเป็นแนวทางในการประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัสเบริลเลียมและตะกั่วของประชาชนที่อาศัยในเขตเมือง จังหวัดจันทบุรี

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาความเข้มข้นของเบริลเลียมที่แพร่กระจายออกจากเตาเผาพลอยด้วยกระบวนการปรับปรุงคุณภาพพลอยด้วยความร้อน รวมทั้งฝุ่นหนักที่ตกค้างในเตาเผา

1.2.2 เพื่อศึกษาการแพร่กระจายของเบริลเลียมในอนุภาคฝุ่นละอองในบรรยากาศของอุตสาหกรรมครัวเรือนที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอยด้วยความร้อน

1.2.3 เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของเบริลเลียมและตะกั่วในอนุภาคฝุ่นละอองในบรรยากาศบริเวณรอบพื้นที่ที่มีอุตสาหกรรมครัวเรือนปรับปรุงคุณภาพพลอยด้วยความร้อนในเขตเมือง จังหวัดจันทบุรี

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 เก็บตัวอย่างบรรยากาศของห้องเผาพลอยและภายในบ้านที่มีการติดตั้งเตาเผาด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศเฉพาะบุคคล (Personal Air Sampler)

1.3.2 พื้นที่ที่เก็บตัวอย่าง คือ ภายในบ้านที่มีการเผาพลอยโดยการเติมเบริลเลียม ในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพพลอยด้วยความร้อนในเขตเมืองจังหวัดจันทบุรี ซึ่งบ้านที่เก็บ ตัวอย่างจำนวน 2 หลัง ซึ่งเรียกว่า บ้านหลังที่ 1 และบ้านหลังที่ 2

1.3.3 การเก็บตัวอย่างฝุ่นหนักที่ตกค้างจากเตาเผาพลอย โดยเก็บจากบ้านที่มีการเผา พลอยด้วยสารประกอบเบริลเลียมซึ่งเป็นบ้านหลังเดียวกับหัวข้อ 1.3.2 และบ้านที่มีการเผาพลอย ด้วยสารประกอบตะกั่ว จำนวน 2 หลัง ซึ่งเรียกว่า บ้านหลังที่ 3 และบ้านหลังที่ 4

1.3.4 การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม (TSP) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ในบรรยากาศ โดยใช้เครื่องดูดอากาศปริมาตรสูง (High Volume Air Sampler) ยี่ห้อ Tisch Environmental รุ่น TE-5170 และ PM_{10} High Volume Air Sampler ยี่ห้อ Tisch Environmental รุ่น TE-6070

1.3.5 พื้นที่ที่ศึกษาทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ในบริเวณเขตเมือง จังหวัดจันทบุรี ซึ่งมีพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 5 จุด ดังนี้

- 1) วัดจันทนาราม
- 2) วัดไผ่ล้อม
- 3) บ้านพักสรรพาสามิตจังหวัด
- 4) สถานีอุตุนิยมวิทยาจันทบุรี
- 5) บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน

1.3.6 ช่วงเวลาที่ทำการศึกษา คือ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือระหว่างวันที่ 9-19 มกราคม 2552 และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ระหว่างวันที่ 2-20 มิถุนายน 2552

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อการประเมินผลกระทบของเบริลเลียมในอนุภาคฝุ่นละออง ต่อผู้ปฏิบัติงานโรงงานในระหว่างกระบวนการปรับปรุงคุณภาพพลอยคอรันดัมด้วยความร้อน

1.4.2 ทราบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเบริลเลียมและตะกั่วในฝุ่นละอองรวม และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ในเขตเมือง จังหวัดจันทบุรี

1.4.3 ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดทำประเภทโรงงานอุตสาหกรรม

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเผาผลายในจังหวัดจันทบุรี

การเผาผลายในประเทศไทยในช่วงเริ่มต้นไม่ปรากฏหลักฐานอย่างเด่นชัด เนื่องจากผู้เผาผลายเก็บวิธีการเผาผลายไว้เป็นความลับ แต่จากการค้นคว้าพบเรื่องเล่าต่อกันมาว่า ในอดีตพ่อค้าผลายชาวจังหวัดจันทบุรีต้องเดินทางไปซื้อผลายที่จังหวัดตราด ในระหว่างทางนั้นต้องมีการพักค้างซึ่งสถานนั้นจะเป็นสถานที่เดินทางผ่านเป็นประจำและมีการก่อกองไฟ เพื่อใช้ในการประกอบอาหาร รวมทั้งสามารถไถ่ขุยมะพร้าวและให้แสงสว่างในช่วงกลางคืนด้วย หลังจากที่พ่อค้าซื้อผลายแล้วจะทำการคัดผลายโดยเลือกเฉพาะเม็ดสวยเก็บไว้ สำหรับเม็ดที่ไม่สวยจะโยนเข้ากองไฟ เมื่อเวลาผ่านไปพบว่า ผลายที่ผ่านการเผามีความสวยงามเพิ่มขึ้นจึงทราบว่าผลายสามารถถูกปรับปรุงคุณภาพได้โดยกระบวนการเผา (ประจักษ์ อังคะหิรัญ, 2548)

2.1.1 วิวัฒนาการของการเผาผลาย

2.1.1.1 การเผาผลายในยุคเก่า

ในช่วงเริ่มต้นของกระบวนการเผาผลาย วัสดุเชื้อเพลิงที่นิยมใช้คือ ถ่านไม้ โกงกาง เริ่มจากนำดินสีแดงบริเวณเหมืองผลายมาปั้นเป็นรูปกลม โดยตรงกลางทำเป็นช่องว่างสำหรับใส่ผลายที่เติมปูนแดง แล้วนำดินชนิดเดียวกันมาปิดตรงช่องว่าง จากนั้นนำดินปั้นที่มีผลายเข้าเตาเผาอังไล่ แล้วติดไฟรอจนกระทั่งไฟอ่อนลงจึงนำผลายออกจากเตาและรอให้เย็นสุดท้ายนำค้อนมาทุบดินปั้น เพื่อนำผลายออกมา (ชโย สาธุกิจชัย, 2548)

2.1.1.2 การเผาผลายในยุคกลาง

การเผาในยุคกลางนี้เริ่มประมาณปี พ.ศ. 2515 เป็นยุคที่มีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงของการเผาผลายอย่างรวดเร็ว เริ่มจากการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ คือ ระบบการเผาผลายด้วยเตาไฟฟ้า ซึ่งในตอนนั้นจังหวัดจันทบุรียังประสบปัญหาเรื่องของกระแสไฟฟ้าอยู่มาก ทำให้ผู้ที่มิเตาไฟฟ้ามีเพียงรายหรือสองรายเท่านั้น ความสามารถของเตาในขณะเผาให้อุณหภูมิ 1,400-1,600 องศาเซลเซียส สำหรับการเผาผลายด้วยเตาไฟฟ้าให้ผลดีกว่าการเผาผลายด้วยถ่านไม้โกงกาง และเริ่มนำเทคนิคต่างๆ มาใช้ เช่น นำผลายไปแช่ในกรดกัดแก้ว (HF) เพื่อทำความสะอาดหรือรอยแตกหรือรอยแยกของผลาย การเติมสารบอแรกซ์ โซเดียม หรือ ซิลิกาใส่ในเบ้าเผาพร้อมกับผลายเพื่อที่จะช่วยประสานรอยร้าวและรอยแยกของผลาย (ชโย สาธุกิจชัย, 2548)

2.1.1.3 การเผาพลอยในยุคใหม่

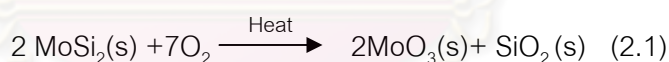
การเผาพลอยในยุคใหม่ เริ่มต้นในปี พ.ศ. 2540 เป็นต้นมา ซึ่งมีการพัฒนา รูปแบบของเตาเผาพลอย เช่น การใช้ ออกซิเจนเข้าไปช่วยในระหว่างการเผาภายในห้องเผาพลอย และมีการทดลองใช้สารเคมีต่างๆ เข้ามาเป็นตัวช่วยในการเผา แล้วใส่ลงไปในเบ้าเผาพลอย เช่น สารประกอบของธาตุเบริลเลียม สารประกอบของตะกั่วออกไซด์ เป็นต้น (ชโย สาธุกิจชัย, 2548)

2.1.2 องค์ประกอบของการเผาพลอยในยุคใหม่

สำหรับกระบวนการเผาพลอยนั้น มีองค์ประกอบโดยรวม ดังนี้

2.1.2.1 เตาไฟฟ้า (Electric furnace)

ในปัจจุบันเตาไฟฟ้าที่นิยมใช้ในการเผาพลอย คือ เตาไฟฟ้าที่ใช้ลดความร้อน โมลิบดีนัมไดซิลิไซด์ (Molybdenum Disilicide Box-Furnace) เตาชนิดนี้ใช้ลดความร้อนที่มี ส่วนประกอบของเซรามิก คือ Molybdenum Disilicide (MoSi_2) โดยมีจุดหลอมเหลว 2,030 องศาเซลเซียส สำหรับขดลวดที่นิยมใช้รุ่น Kanthal Super 1900 ซึ่งลักษณะโครงสร้างเป็นรูป ตัวยู (U shape) จึงทำให้มีความสะดวกในการใช้งานเป็นอย่างมาก (พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ และคณะ, 2543) ทั้งนี้คุณสมบัติของขดลวด คือ สามารถเพิ่มอุณหภูมิได้อย่างรวดเร็ว โดยเพิ่มอุณหภูมิระหว่าง 1600-1800 องศาเซลเซียส แต่ข้อเสีย คือ มีความเปราะสูง เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว รวมทั้งการเผาพลอยเป็นการเผาที่อยู่ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน จึงทำให้เกิดกระบวนการ Pest Oxidation ดังสมการที่ 2.1 (Yao et al., 1999)



2.1.2.2 เบ้าเผาพลอย (Crucible)

เบ้าเผาพลอยสำหรับใส่พลอยเพื่อนำไปเผาในเตาเผา เบ้าเผาพลอยที่ใช้จะต้อง สามารถทนความร้อนที่อุณหภูมิสูงได้โดยไม่เกิดการหลอมละลาย มีความแข็งแรง รับน้ำหนักของ พลอยที่บรรจุในเบ้าได้ และทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีได้เป็นอย่างดี วัสดุที่นำมาทำเบ้าเผา พลอยให้มีคุณลักษณะดังกล่าว ที่ใช้กันมาก คือ อะลูมินา (Al_2O_3) เนื่องจากอะลูมินามีจุดหลอมตัว ที่อุณหภูมิสูงถึง 2050 องศาเซลเซียส แต่การเผาผนึกอะลูมินาที่อุณหภูมิสูงเป็นการเพิ่มขนาดของ อนุภาคอะลูมินาให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและลดช่องว่างของอนุภาคอะลูมินา เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว จึงต้องเติมสารช่วยเผาผนึก (Sintering aids) เพื่อลดอุณหภูมิในการเผา และช่วยยับยั้งไม่ให้ผลึก ของอะลูมินาโตมากเกินไปจนเกิดความต้องการ ซึ่งจะส่งผลให้สมบัติของอะลูมินาด้อยลง ตัวช่วยเผาผนึก ที่ใช้ ได้แก่ ซิลิกา (SiO_2) แคลเซียมออกไซด์ (CaO) และแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) (วรรณ ต.แสงจันทร์, 2549)

2.1.2.3 พลอยในตระกูลคอร์ันดัม (Corundum)

คอร์ันดัม หมายถึงรวมถึง แร่ทุกชนิดในตระกูลนี้เฉพาะชนิดที่มีคุณสมบัติจัดเป็นรัตนชาติ โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ ทับทิม (ruby) และแซปไฟร์ (sapphire) ตามลักษณะสีของพลอย ชนิดที่มีสีชมพูไปจนกระทั่งสีแดงเรียกว่า ทับทิม ส่วนชนิดที่มีสีอื่นเรียกว่า แซปไฟร์ พลอยคอร์ันดัมที่มีส่วนประกอบทางเคมีเป็นอะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) มีเนื้อธาตุอะลูมิเนียม (Al) และธาตุออกซิเจน (O) มีค่าประมาณ 52.90 และ 47.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ภายในเนื้อพลอยอาจมีธาตุอื่นปนเป็นมลทินแต่มีปริมาณเพียงส่วนน้อย เช่น มีธาตุโครเมียม (Cr) เหล็ก (Fe) โคบอลต์ (Co) และวานาเดียม (V) เป็นต้น มลทินของธาตุเหล่านี้เป็นตัวทำให้พลอยคอร์ันดัมมีสีแตกต่างกันออกไป ตามสภาพสิ่งแวดล้อมที่ให้งานเกิด

2.1.2.4 วิธีการเผาพลอย

วิธีการเผาพลอยด้วยการเติมสารเคมี ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือการเผาพลอยด้วยการเติมสารประกอบเบริลเลียมและสารประกอบตะกั่ว ดังนี้

1) การเผาด้วยการเติมสารประกอบเบริลเลียม

(1) นำผงแร่คริโซเบริล ($BeAl_2O_4$) หรือผงสารเคมีที่มีเบริลเลียมเป็นส่วนประกอบผสมกับสารละลายฟลักซ์ ซึ่งประกอบด้วย แคลเซียมบอเรต ผงอะลูมิเนียมออกไซด์ และเซอร์โคเนียมออกไซด์ โดยสารละลายฟลักซ์ที่เติมลงไปช่วยให้เกิดความเหนียวเมื่อเผาถึงอุณหภูมิสูง

(2) นำส่วนผสมทั้งหมดมาละลายในน้ำหรือแอลกอฮอล์ที่มีตัวเชื่อมประสาน เช่น เมโทเซล (Methocel)

(3) นำพลอยที่จะเผาจุ่มลงในส่วนผสมที่เตรียมไว้แล้วปล่อยให้แห้งหรือใช้แปรงจุ่มส่วนผสมทาลงบนผิวทุกด้าน แล้วนำไปเผาในเตาไฟฟ้าที่สภาวะออกซิเจน โดยการเติมก๊าซออกซิเจน และเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 1,750 องศาเซลเซียส หรือ 1,800 องศาเซลเซียส เป็นเวลาดังแต่ 25 ถึง 100 ชั่วโมง บางกรณีต้องเผาหลายครั้งจึงได้ผลดี

สำหรับช่วงเวลาในการเผาแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงแรก เรียกว่า Heating up โดยการเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นจนถึง 1,750 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาประมาณ 10 ชั่วโมง ช่วงที่สองเรียกว่า Soaking เป็นช่วงที่คงอุณหภูมิ 1,750 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 100 ชั่วโมง และช่วงที่สามเรียกว่า ช่วง Cooling down เป็นการลดอุณหภูมิลงจนเท่าอุณหภูมิห้อง ซึ่งใช้เวลา 36 ชั่วโมง

(4) นำพลอยออกจากเตาพลอยแล้ว จึงนำไปเจียรระไนต่อไป

2) การเผาด้วยการเติมสารประกอบแก้วตะกั่ว

(1) การเตรียมแก้วตะกั่ว โดยนำส่วนผสมที่มีองค์ประกอบของตะกั่ว ออกไซด์ (PbO) อะลูมินาออกไซด์ (Al_2O_3) โซเดียมเตตระโบรเอทเดคะไฮเดรท หรือ โบแรกซ์ ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) ควอร์ต(Quartz) และน้ำกลั่น (H_2O) มาผสมกันตามอัตราส่วนที่เหมาะสม

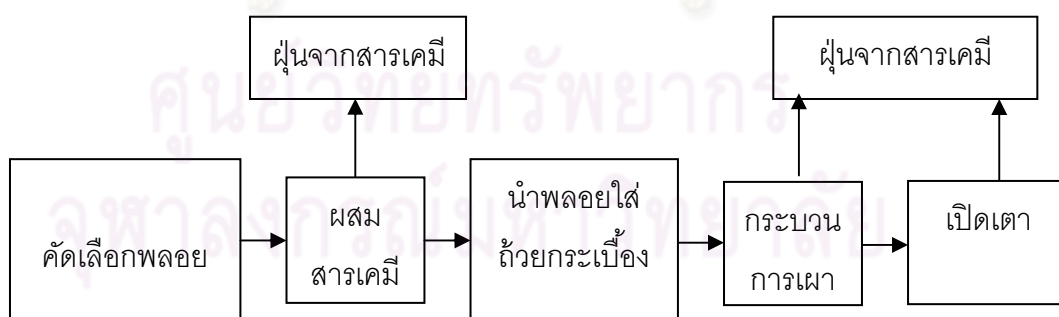
(2) นำพลอยและแก้วตะกั่วใส่ในเตาเผาพลอยและนำเข้าเตาเผาไฟฟ้า โดยการเผาพลอยแบ่งช่วงเวลาของการเผาพลอยเป็นสามช่วง โดยในช่วงแรกเป็นช่วงจากอุณหภูมิ 0-1000 องศาเซลเซียส เรียกว่า ช่วง Heating up ใช้ระยะเวลา 5.30 ชั่วโมง ช่วงที่สองคือ ช่วงที่อุณหภูมิคงที่ คือ 1000 องศาเซลเซียส เรียกว่า ช่วง Soaking ใช้ระยะเวลา 5.30 ชั่วโมง สำหรับช่วงอุณหภูมิลดลงเป็น 25 องศาเซลเซียส เรียกว่า ช่วง Cooling down ใช้เวลา 10 ชั่วโมง

(3) นำพลอยออกจากเตาเผา ในช่วงที่อุณหภูมิต่ำกำลังลดลง แต่ไม่ถึงอุณหภูมิต่ำแล้วทิ้งไว้ให้เย็น จึงนำพลอยที่ได้ไปเจียรในต่อไป

2.2 มลพิษทางอากาศจากกระบวนการเผาพลอยที่เติมสารประกอบเบริลเลียม

2.2.1 การเกิดมลพิษทางอากาศจากการเผาพลอย

กระบวนการเผาพลอยด้วยการเติมสารประกอบต่างๆ เพื่อให้พลอยมีสีสวยงาม นั้น เป็นสาเหตุของการเกิดมลพิษทางอากาศ เมื่อฝุ่นที่เกิดจากกระบวนการเผาฟุ้งกระจายในบรรยากาศการทำงานนั้น อาจทำให้มีการปนเปื้อนของสารเคมีที่เติมลงไปได้ ซึ่งอาจอยู่ในรูปอนุภาคฝุ่นละอองที่ฟุ้งกระจายภายในบ้าน ฝุ่นหนักที่ตกค้างในบริเวณ เตาเผาพลอยและภายในบ้าน โดยในขั้นตอนในการเกิดมลพิษทางอากาศ ดังภาพที่ 2.1



ที่มา: Chuenjit (2007)

ภาพที่ 2.1 มลพิษทางอากาศจากกระบวนการเผาพลอยที่เติมสารประกอบเบริลเลียม

กระบวนการเกิดมลพิษเริ่มจาก ภายหลังจากการคัดเลือกพลอยแล้ว มีการผสมสารเคมีเพื่อเติมลงไปพลอย โดยระยะเวลาที่ใช้ประมาณ 5 นาที แต่อาจเกิดการฟุ้งกระจายของสารเคมี ออกมาในอากาศ เนื่องจากสารเคมีที่เติมลงไปมีลักษณะเป็นผงละเอียดคล้ายแป้งซึ่งมี

ขนาดอนุภาคประมาณ 1.5-2.5 ไมครอน (ATSDR, 1993) เมื่อผสมสารเคมีกับพลอยแล้ว จึงนำเข้าเตาเผาพลอยโดยเผาพลอยที่อุณหภูมิประมาณ 1,750 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าจุดเดือดของเบริลเลียมที่ 3,900 องศาเซลเซียส สำหรับสภาวะของการเผาเป็นสภาวะออกซิเจน (Oxidizing Condition) โดยเบริลเลียมนั้นอยู่ในรูปของออกไซด์ซึ่งเป็นของแข็งฟุ้งกระจาย จากฝุ่นละอองจากการเผาพลอย สำหรับขั้นตอนสุดท้าย คือ การเปิดเตาซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายในรูปของฝุ่นละอองอากาศ (Chuenjit, 2007) นอกจากนี้ยังมีการสะสมของฝุ่นละอองที่ตกค้างอยู่บริเวณโดยรอบเตาเผา

2.2.2 ฝุ่นละออง

อนุภาคที่แขวนลอยในบรรยากาศมีทั้งที่อยู่ในรูปของของแข็ง เช่น ฝุ่นละออง เขม่าควัน จากท่อไอเสียรถยนต์ เป็นต้น และอนุภาคที่อยู่ในรูปของของเหลว เช่น ละอองไอน้ำของสารกำจัดศัตรูพืช ไอน้ำหรือไอของสารเคมีต่างๆ เป็นต้น

ฝุ่นละอองเป็นสารที่มีความหลากหลายทางด้านกายภาพและองค์ประกอบ ฝุ่นละอองที่มีอยู่ในบรรยากาศมีขนาดตั้งแต่ 0.02 ไมครอน ไปจนถึงขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน โดยฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศได้นานจะเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็ก เนื่องจากมีความเร็วในการตกสะสมต่ำและจะแขวนลอยในบรรยากาศได้นานขึ้น หากมีแรงกระทำจากภายนอกเข้ามีส่วนเกี่ยวข้อง เช่น การไหลเวียนของอากาศเข้ามามีส่วนร่วมเกี่ยวข้อง เช่น การไหลเวียนในอากาศ กระแสลม เป็นต้น ในขณะที่ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่อาจแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นาน 2-3 นาที แต่ฝุ่นละอองขนาดเล็กโดยเฉพาะขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมครอน อาจแขวนลอยในบรรยากาศได้นานเป็นปี ทั้งนี้ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจะมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามลักษณะการรวมตัวของฝุ่นละออง เช่น ควัน (smoke) ฟุ้ง (Fume) หมอกน้ำค้าง (Mist) เป็นต้น (สุธีลา ตูลยะเสนีย์ และคณะ, 2544)

2.2.2.1 ฝุ่นละอองแบ่งตามขนาด

อนุภาคมลสาร (Particulate matter) หมายถึง สารทุกชนิดไม่ว่าจะอยู่ในรูปของแข็งหรือของเหลว ยกเว้น ไออน้ำที่แขวนลอยในอากาศ ณ อุณหภูมิและความดันปกติ (อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความดัน 1 บรรยากาศ) อาจมีขนาดตั้งแต่ 0.1 ไมครอน จนถึง 200 ไมครอน (นิตยา มหาผล, 2533)

ฝุ่นละออง (Dusts) หมายถึง สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ อาจเกิดจากธรรมชาติหรือจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยขนาดของฝุ่นละอองมีตั้งแต่ขนาดไมครอนจนถึงขนาดที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น ฝุ่นดิน เกสรดอกไม้ เป็นต้น (นิตยา มหาผล, 2533)

อนุภาคหยาบ (Coarse-made particulate matter) หมายถึง ฝุ่นละอองที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 2.5-10 ไมครอน (U.S.EPA., 1996)

อนุภาคละเอียด (Fine-mode particulate matter) หมายถึง ฝุ่นละอองที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (U.S.EPA., 1996)

ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (Particulate matter less than 10 micron, PM_{10}) หมายถึง อนุภาคของแข็งและกึ่งของแข็งขนาดเล็ก ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่าหรือเท่ากับ 10 ไมครอน ประกอบด้วยสารหลายชนิดและมีองค์ประกอบธาตุแตกต่างกัน สามารถแขวนลอยในบรรยากาศได้นานเนื่องจากมีความเร็วในการตกตัวต่ำ

ฝุ่นละอองรวม (Total suspended particulate, TSP) หมายถึง อนุภาคของแข็งและกึ่งของแข็งที่พบในอากาศที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.005 ไมครอนถึง 100 ไมครอน

2.2.2.2 ฝุ่นละอองแบ่งตามองค์ประกอบทางเคมี

ฝุ่นละอองในอากาศแบ่งตามองค์ประกอบทางเคมีได้ 2 ประเภท ดังนี้

1) ฝุ่นละอองจากสารอินทรีย์ (Organic Dust) มีองค์ประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ฝุ่นละอองจากสารอินทรีย์ แบ่งออกได้เป็น

- ฝุ่นละอองจากสารอินทรีย์ที่ไม่มีชีวิต ฝุ่นละอองชนิดนี้มีพิษต่อร่างกายหรือทำความระคายเคืองให้กับร่างกายได้ เช่น ละอองเกสรพืช หรือ หญ้า

- ฝุ่นละอองจากสารอินทรีย์ที่มีชีวิต เช่น แบคทีเรีย ฟังไจบางชนิด ทำให้เกิดโรคในคนและสัตว์ เช่น โรคบาดทะยัก คอตีบ เป็นต้น

2) ฝุ่นละอองจากสารอนินทรีย์ (Inorganic Dust) ซึ่งมีองค์ประกอบของไอออนต่างๆ เช่น NO_2^- , K^+ , Na^+ , Cl^- , Br^- หรือองค์ประกอบของโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว แคดเมียม แอสเบสตอส เมื่อองค์ประกอบนี้เข้าสู่ร่างกายเป็นอันตรายอย่างร้ายแรง

2.3 ผลกระทบของฝุ่นละอองต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์

ฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในบรรยากาศมีทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ โดยฝุ่นละอองขนาดใหญ่ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจส่วนบน ส่วนฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน สามารถผ่านเข้าไปถึงระบบทางเดินหายใจส่วนล่างและถูกกักขังได้เนื่องจากอนุภาคของฝุ่นละอองมีขนาดเล็ก เป็นผลทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจและโรคปอดต่างๆ ก่อให้เกิดการระคายเคืองและทำลายเนื้อเยื่อปอดเกิดเป็นผังผืด ส่งผลให้การทำงานของปอด

เสื่อมประสิทธิภาพลง หลอดลมอักเสบ มีอาการหอบหืด และมีโอกาสติดเชื้อเพิ่มขึ้นในระบบทางเดินหายใจ (สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา, 2540) นอกจากนี้ระดับความรุนแรงของผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยยังขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ดังนี้ (บัญญัติ ปริษฐานนท์, 2532)

1) ชนิดของฝุ่นละออง (Type of dust) ฝุ่นละอองแต่ละชนิดมีผลทางเคมีและฟิสิกส์ต่อร่างกายแตกต่างกัน เช่น ฝุ่นทรายที่มีซิลิกาเป็นอันตรายต่อปอดหรือฝุ่นที่มีองค์ประกอบของโลหะหนัก อาทิเช่น ตะกั่ว อาจส่งผลกระทบต่อลำไส้เล็ก ตับ และไต รวมทั้งโรคสมองอักเสบ

2) ความเข้มข้นของฝุ่นละออง (Dust concentration) หากมีความเข้มข้นสูงจะยิ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยมากขึ้น

3) ขนาดของฝุ่นละออง (Particle size) โดยฝุ่นละอองที่อาจก่อให้เกิดโรคส่วนใหญ่มักจะมีขนาด 2-10 ไมครอน เนื่องจากฝุ่นละอองขนาดดังกล่าวสามารถผ่านเข้าไปถึงระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง ในขณะที่ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่กว่า 10 ไมครอน มักจะติดอยู่ที่ทางเดินหายใจส่วนบน เช่น จมูก ปาก และลำคอ เป็นต้น

4) ระยะเวลาการรับสัมผัส (Length of exposure) ความต่อเนื่องของเวลาที่ได้รับสัมผัสกับฝุ่นละอองในระยะเวลาอันยาวนานอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย

5) ภูมิคุ้มกันของแต่ละบุคคล (Hypersensitivity) ความสมบูรณ์ของร่างกายจะส่งผลให้แต่ละบุคคลมีความต้านไม่เท่ากัน เช่น โรคปอด เป็นต้น

จากการศึกษาวิจัยทางระบาดวิทยาแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างการเจ็บป่วยของประชาชนกับฝุ่นละอองอย่างมีนัยสำคัญ ตั้งแต่อาการเจ็บป่วยเล็กน้อย เช่น ไอ หายใจไม่สะดวก ไปจนถึงอาการเจ็บป่วยรุนแรงและเรื้อรัง เช่น อาการหอบหืด หลอดลมอักเสบ รวมทั้งการสัมผัสฝุ่นละอองในระยะสั้นจะมีความสัมพันธ์กับการตายก่อนเวลาอันควรอีกด้วย (U.S. EPA., 2003) นอกจากนี้ระดับความรุนแรงของผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย ขึ้นอยู่กับขนาดและปริมาณของฝุ่นละอองแล้วยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีที่มีอยู่ในฝุ่นละออง (ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ และคณะ, 2542) โดยเฉพาะฝุ่นละอองที่มีองค์ประกอบของโลหะ อาทิเช่น

2.3.1 ตะกั่ว (Lead)

2.3.1.1 คุณสมบัติทางเคมี

ตะกั่ว (Lead, Pb) เป็นธาตุที่มีเลขอะตอม 82 เป็นโลหะหนักที่มีพิษชนิดหนึ่ง มีน้ำหนักอะตอมเท่ากับ 207.19 เนื้ออ่อนนุ่มสามารถยืดได้ เมื่อตัดใหม่จะมีสีเทาหรือขาวแกมน้ำเงิน แต่เมื่อถูกอากาศสีจะเปลี่ยนเป็นสีเทา มีจุดหลอมเหลว 328 องศาเซลเซียส และจุดเดือด

1,740 องศาเซลเซียส เมื่ออยู่ในรูปตะกั่วออกไซด์ (PbO) มีจุดหลอมเหลว 888 องศาเซลเซียสและจุดเดือด 1,477 องศาเซลเซียส

ตะกั่วถูกปล่อยเข้าสู่บรรยากาศในรูปของธาตุตะกั่ว (Pb) ออกไซด์ของตะกั่ว (PbO, PbO₂, Pb_xO₃) ตะกั่วซัลเฟต (PbSO₄) ตะกั่วซัลไฟต์ (PbS) ตะกั่วอัลคิล (Pb(CH₃)₄, Pb(C₂H₅)₄) และตะกั่วเฮไลด์ สารตะกั่วเมื่อถูกปล่อยเข้าสู่บรรยากาศในรูปต่างๆ แล้วเกาะอยู่กับฝุ่น (ไมตรี สุทธิจิตต์, 2531)

การใช้น้ำมันเบนซินผสมสารตะกั่วเพื่อเพิ่มค่า Octane และป้องกันการน็อกของเครื่องยนต์ ทำให้สารประกอบของตะกั่ว (Tetra ethyl lead, Pb(C₂H₅)₄) ถูกระบายออกจากท่อไอเสียของยานพาหนะในรูปตะกั่วออกไซด์ชนิดต่างๆ ซึ่งเป็นตะกั่วอินทรีย์ ปัจจุบันไม่ใช้ผสมในน้ำมันเบนซินแล้ว

2.3.1.2 แหล่งกำเนิดของสารตะกั่ว

1) แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ สารตะกั่วในธรรมชาติมาจากฝุ่นซิลิเกตจากการผุสลายของดิน และการปล่อยออกมาจากภูเขาไฟ

2) แหล่งกำเนิดที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ แหล่งในการปล่อยสารตะกั่วที่สำคัญจากการกระทำของมนุษย์ เกิดจากการสันดาปของน้ำมันที่มีส่วนผสมของสารตะกั่ว เนื่องจากสารตะกั่วเป็นสารที่เติมในน้ำมันเบนซิน ทำหน้าที่คล้ายคะตะไลต์ สารตะกั่วที่ระบายออกมาจากไอเสียจะมีขนาดเล็กประมาณ 0.5 ไมครอน หรือเล็กกว่านั้น นอกจากนี้ยังมีตะกั่วที่เกิดจากการเผาไหม้ของของเสียต่างๆ ยาฆ่าแมลง และอุตสาหกรรม เป็นต้น

2.3.1.3 ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากสารตะกั่ว

การได้รับสารตะกั่วที่มีอยู่ในบรรยากาศจากการสูดดมในแหล่งชุมชน พบว่าฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กมีแนวโน้มของการดูดซึมเข้าสู่ร่างกายมากกว่า โดยลักษณะความเป็นพิษแบ่งได้ 2 ลักษณะ ได้แก่

1. ความเป็นพิษเฉียบพลัน

ผู้ได้รับสารตะกั่วในปริมาณสูงจะมีอาการท้องร่วง และส่วนน้อยท้องผูก อุจจาระมีเลือดหรือมีสีดำอันเนื่องมาจากเลขซัลไฟต์ ผู้ได้รับตะกั่วบางรายอาจเกิดอาการซีด กล้ามเนื้อกระตุก อ่อนเพลีย เป็นตะคริว โดยเฉพาะที่ขาทั้งสองข้าง หรือมีอาการของระบบประสาทส่วนกลาง เช่น ปวดศีรษะ นอนไม่หลับ หรืออาจมีอาการผิดปกติที่ไร้สาเหตุ เช่น ฐึ่สึกขาซีดเศร้า ถึงขั้นโคม่าและเสียชีวิตในที่สุด อาการที่รองลงไป ได้แก่ ภาวะเลือด ทำให้ปัสสาวะ

น้อยลงกว่าปกติ มีอัลบูมิน และเมื่อกินปัสสาวะ เจ็บไต นอกจากนี้จะอาการสลายตัวของเม็ดเลือดแดง อาจทำให้เสียชีวิตภายใน 2-3 วัน (วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ และคณะ, 2543)

2. ความเป็นพิษเรื้อรัง

เมื่อได้รับตะกั่วอย่างเรื้อรังทำให้เกิดโรคสมองอักเสบ ซึ่งมีอาการเซื่องซึม กระวนกระวาย หงุดหงิด ปวดศีรษะ กล้ามเนื้อกระตุก และความจำเสื่อม เป็นต้น (วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ และคณะ, 2543)

2.3.2 เบริลเลียม (Beryllium)

2.3.2.1 คุณสมบัติทางเคมี

เบริลเลียม (Beryllium, Be) จัดเป็นโลหะเบาชนิดหนึ่ง มีน้ำหนักอะตอมเท่ากับ 9.0122 มีลักษณะแข็งแรง น้ำหนักเบา แต่เปราะ มีสีเทา โดยทั่วไปที่อุณหภูมิห้องอยู่ในสภาวะของแข็ง (Taylor et al., 2003) มีจุดหลอมเหลว 1,287 องศาเซลเซียส และจุดเดือด 2,469 องศาเซลเซียส พบในรูปของเบริลเลียมออกไซด์ (U.S.EPA.,1987) ซึ่งมี จุดหลอมเหลว 2,507 องศาเซลเซียส และจุดเดือด 3,900 องศาเซลเซียส ส่วนใหญ่อยู่ในฝุ่นละอองขนาดเล็ก จึงมีแนวโน้มการเข้าสู่ร่างกายจากการสูดดมเอาสารประกอบของเบริลเลียมเข้าไปเป็นปริมาณมาก (Field, 2001)

2.3.2.1 แหล่งกำเนิดของเบริลเลียม

- 1) แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ พบใน หิน ถ่านหิน น้ำมันเชื้อเพลิง และฝุ่นควันที่เกิดจากการปล่อยออกมาจากภูเขาไฟ
- 2) แหล่งกำเนิดที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ พบในสารประกอบโลหะอัลลอยซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ประเภทต่างๆ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์กีฬา เป็นต้น

2.3.2.2 ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากเบริลเลียม

เบริลเลียมที่เข้าสู่ร่างกายก่อให้เกิดความเป็นพิษได้ 2 ลักษณะ ได้แก่

1. ความเป็นพิษเฉียบพลัน

ส่วนใหญ่เกิดจากการหายใจเอาสารประกอบของเบริลเลียมเข้าไปในปริมาณมาก จะมีอาการอักเสบระคายเคืองของตาและทางเดินหายใจ โดยความผิดปกติดังกล่าวอาจเกิดขึ้นภายในเวลาไม่กี่ชั่วโมงถึง 1 – 2 วันหลังจากการรับสัมผัส มีอาการระคายเคืองตา แสบตา น้ำตาไหล ตาแดง มีการระคายเคืองทางเดินหายใจส่วนบน ทำให้เกิดอาการแสบจมูกและคอบวม คัดจมูก น้ำมูกไหล เลือดกำเดาไหล เยื่อบุจมูกและคอบวม การระคายเคืองทางเดินหายใจส่วนล่าง

ทำให้เกิดอาการ ไอ แน่นและเจ็บหน้าอก หายใจลำบาก หายใจมีเสียงหวีด เกิดอาการปอดอักเสบ และปอดบวมน้ำ

ในกรณีร้ายแรงที่สุด ประมาณร้อยละ 30 ของผู้เป็นโรค ABD (Acute Beryllium Disease, ABD) จะกลายเป็นโรค CBD (Chronic Beryllium Disease, CBD) (Balkissoon and Newman 1999, Schuler et al. 2005) ซึ่งมีชื่อเรียกว่า โรคเบริลลิโอซิส (Berylliosis)

2. ความเป็นพิษเรื้อรัง

การรับสัมผัสสารเบริลเลียมหรือสารประกอบที่ไม่สามารถละลายได้ ความผิดปกติที่เกิดขึ้นอาจจะเกิดในช่วงระยะเวลาอันยาวนานเป็นปีหลังจากหยุดการสัมผัส ลักษณะความผิดปกติที่พบจะเป็นแบบ Granulomatous ที่เนื้อปอดและยังพบความผิดปกติดังกล่าวที่อวัยวะอื่นๆ เช่น ตับ หรือม้ามได้ อาการในระยะเริ่มแรกที่พบจะมีอาการหายใจไม่สะดวกโดยเฉพาะตอนออกกำลังกาย ไอและมีไข้ต่อมาจะมีอาการเหนื่อยอ่อนเพลีย และน้ำหนักตัวลดลงอย่างรวดเร็ว อาการแสดงที่ตรวจพบ ได้แก่ นิวโมม ต่อมมน้ำเหลืองโต ตับและม้ามโต นอกจากนี้ในผู้ป่วยที่มีอาการของโรคนานอาจมีอาการแสดงของความดันหลอดเลือดปอดสูง ได้แก่ การขยายตัวของหลอดเลือดดำ Jugular มีการยกขึ้นของทรวงอกจากหัวใจห้องขวาและเสียงหัวใจ S2 ดัง (สำนักงานประกันสังคม, 2547) นอกจากนี้แล้วเบริลเลียมและสารประกอบเบริลเลียม ยังได้ถูกจัดประเภทเป็นสารก่อมะเร็ง ในมนุษย์โดยองค์การวิจัยมะเร็งระหว่างประเทศ (International Agency for Research on Cancer หรือ IARC) (IARC, 1993)

2.4 มาตรฐานอนุภาคฝุ่นละออง เบริลเลียม และตะกั่วในบรรยากาศ

2.4.1 มาตรฐานอนุภาคฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไป

มาตรฐานคุณภาพอากาศ (Ambient air quality standard) คือ การกำหนดระดับของมลพิษในบรรยากาศสูงสุดซึ่งยอมให้มีได้ในบรรยากาศตามกฎหมาย เพื่อป้องกันมิให้เกิดผลกระทบต่อประชาชนหรือระบบนิเวศ ทั้งนี้ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของกฎหมายว่าต้องการป้องกันมิให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและสวัสดิการของประชาชน พืช และสัตว์ รวมถึงทรัพย์สินและทรัพยากรอื่นๆ หรือการคมนาคมเนื่องจากทัศนวิสัยที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นการกำหนดหลักเกณฑ์คุณภาพอากาศต้องคำนึงถึงผลที่เกิดขึ้นต่อสิ่งที่ต้องการคุ้มครองเป็นสำคัญ (วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ และคณะ, 2543)

การกำหนดระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบรรยากาศสูงสุดที่ยินยอมให้มีได้ตามกฎหมาย สำหรับประเทศไทยได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศครั้งแรกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมปี พ.ศ. 2518 โดยกำหนดค่าความ

เข้มข้นฝุ่นละอองรวม เฉลี่ย 24 ชั่วโมง มีค่าไม่เกิน 330 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าเฉลี่ย 1 ปี มีค่าไม่เกิน 100 มคก./ลบ.ม.(ด้วยวิธีวัดแบบ Gravimetric High Volume) ต่อมา มีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศขึ้นใหม่ในประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 10 ปี พ.ศ. 2538 ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมปี พ.ศ. 2535 โดยความร่วมมือของกรมควบคุมมลพิษและสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อมกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม ซึ่งในครั้งนี้ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานของฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยใช้วิธีวัดแบบ Gravimetric และแบ่งขนาดของฝุ่นละอองออกเป็น 2 ขนาด คือ

1) ฝุ่นละอองรวม ตามประกาศฯ กำหนดให้ค่ามาตรฐานเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 330 มคก./ลบ.ม. และค่าเฉลี่ยในเวลา 1 ปี มีค่าไม่เกิน 100 มคก./ลบ.ม.

2) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ตามประกาศฯ กำหนดให้ค่ามาตรฐานเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 120 มคก./ลบ.ม. และค่าเฉลี่ย 1 ปี มีค่าไม่เกิน 50 มคก./ลบ.ม.

ในปี พ.ศ.2553 ได้มีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศขึ้นใหม่ในประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 36 ปี พ.ศ. 2553 ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมปี พ.ศ. 2535 ซึ่งในครั้งนี้ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศ โดยใช้วิธีตรวจวัดมาตรฐาน Federal Reference Method (FRM) โดยค่ามาตรฐานเฉลี่ย 24 ชั่วโมง มีค่าไม่เกิน 50 มคก./ลบ.ม. และค่าเฉลี่ย 1 ปี มีค่าไม่เกิน 25 มคก./ลบ.ม. ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศของประเทศไทย

ชนิดของฝุ่นละออง	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (มก./ลบ.ม.)	ค่าเฉลี่ย 1 ปี (มก./ลบ.ม.)	วิธีการตรวจวัด
ฝุ่นละอองรวม	0.33	0.10	Gravimetric High Volume
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	0.12	0.05	Gravimetric High Volume
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน	0.05	0.025	Federal Reference Method (FRM)

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2553)

องค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO) ได้กำหนดมาตรฐานอนุภาคแขวนลอยในบรรยากาศ (Suspended particulate matter) ที่มีขนาดตั้งแต่ 100 ไมครอน

ลงมา โดยยินยอมให้มีปริมาณได้ไม่เกิน 150-1,000 มคก./ลบ.ม. ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง และมีค่าไม่เกิน 60-500 มคก./ลบ.ม. ในระยะเวลา 1 ปี (WHO, 1979)

สำหรับองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Environment Protection Agency, U.S. EPA.) ได้กำหนดค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในบรรยากาศในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ต้องมีค่าไม่เกิน 150 มคก./ลบ.ม. และค่าเฉลี่ยในเวลา 1 ปี ต้องมีค่าไม่เกิน 50 มคก./ลบ.ม.(U.S.EPA., 1990)

2.4.2 มาตรฐานตะกั่วในบรรยากาศ

มาตรฐานตะกั่วในบรรยากาศตามมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของประเทศไทย พ.ศ. 2538 สำหรับการหาค่าเฉลี่ยของตะกั่วในเวลา 1 เดือน เก็บอากาศผ่านกระดาดกรองในเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศชนิดไฮโวลุ่ม (High Volume Air Sampler) และมาตรฐานของ U.S.EPA. (National Ambient Air Quality Standards, NAAQS) (U.S.EPA., 1990) แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่ามาตรฐานตะกั่วในบรรยากาศ

มาตรฐานตะกั่วในบรรยากาศ	ค่าเฉลี่ย	ความเข้มข้น (มคก./ลบ.ม.)
กรมควบคุมมลพิษ ประเทศไทย , 2538	1 เดือน	1.5
U.S.EPA., 1990	Quarterly Average	1.5

2.4.3 มาตรฐานเบริลเลียม

มาตรฐานการรับสัมผัสเบริลเลียมและสารประกอบเบริลเลียมของประเทศไทย ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) ลงวันที่ 30 พฤษภาคม 2520 สำหรับมาตรฐานการรับสัมผัสของหน่วยงานต่างๆ ในต่างประเทศ ดังนี้

1) American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) เป็นสมาคมวิชาชีพด้านสุขศาสตร์อุตสาหกรรมของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นองค์กรที่กำหนดค่ามาตรฐานสารเคมีในบรรยากาศการทำงาน (Threshold Limit Values, TLV)

2) National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) เป็นหน่วยงานซึ่งมีบทบาทหน้าที่ด้านการวิจัยเกี่ยวกับอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในสถานประกอบการของสหรัฐอเมริกา

3) Occupational Safety and Health Administration (OSHA) เป็นหน่วยงานภาครัฐที่มีหน้าที่ดูแลออกกฎหมายและบังคับใช้กฎหมายด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของสหรัฐอเมริกา กฎหมายที่ทาง OSHA กำหนดนี้รวมถึงค่า PEL (Permissible Exposure Limit) ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานของระดับสารเคมีในบรรยากาศการทำงานด้วย

ตารางที่ 2.3 ค่ามาตรฐานเบริลเลียมและสารประกอบเบริลเลียม

หน่วยงาน	ความเข้มข้นของเบริลเลียม (มคก./ลบ.ม.)	อ้างอิง	
ACGIH	TLV (8-hour TWA)	2	ACGIH, 2001
	STEL (15-minute TWA)	10	
NIOSH	TLV	0.5	NIOSH, 2001
OSHA	PEL (8-hour TWA)	2	OSHA , 2001
	CEILING	5	
	PEAK (30-minute TWA)	25	
ประเทศไทย	PEL (8-hour TWA)	2	กระทรวงมหาดไทย, 2520
	CEILING	5	
	PEAK (30-minute TWA)	25	

หมายเหตุ: TLV (Threshold Limit Value) หมายถึง ค่าขีดจำกัดความเข้มข้นของสารเคมีที่สัมผัสได้ในสถานที่ทำงาน โดยที่ผู้ปฏิบัติงานส่วนใหญ่สัมผัสวันละ 8 ชั่วโมงต่อวัน 5 วันต่อสัปดาห์

STEL (15-Minute Short Term Exposure Limit) หมายถึง ค่าความเข้มข้นสูงสุดที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถจะสัมผัสอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลานั้นๆ

PEL (Permissible Exposure Limit) หมายถึง ค่าขีดจำกัดการสัมผัสสารเคมีที่ยอมรับได้อย่างปลอดภัย ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่า TLV

CEILING (Not To Be Exceeded Except For Peak Limit) หมายถึง ค่าความเข้มข้นของสารเคมีกำหนดให้เป็นขีดจำกัดความปลอดภัยในการทำงาน โดยในช่วงเวลาใดๆต้องไม่เกินค่านี้นี้ มักกำหนดสำหรับสารที่มีพิษเมื่อได้รับทันที

PEAK (30-Minute Maximum Duration Concentration Above Ceiling Limit) หมายถึง ค่าสูงสุดที่วัดได้ในระหว่างช่วงเวลา 30 นาที

2.4.4 มาตรฐานองค์ประกอบสิ่งปนเปื้อนสิ่งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้ว

มาตรฐานฝุ่นหนักที่ตกค้างจากระบบการเผาผลอยยังไม่มีกรจัดทำมาตรฐานจึงเทียบตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้ว พ.ศ. 2548 แสดงดังตารางที่ 2.4 ดังนี้

ตารางที่ 2.4 ค่ามาตรฐานองค์ประกอบสิ่งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว

องค์ประกอบของสารอนินทรีย์อันตรายและสารอินทรีย์อันตราย	ความเข้มข้น (มก./กก.)
เบริลเลียม และ/หรือสารประกอบเบริลเลียม	75
ตะกั่ว และ/หรือสารประกอบตะกั่ว	1,000
โมลิบดีนัม และ/หรือสารประกอบโมลิบดีนัม (ไม่รวมโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์)	3,500
เงิน และ/หรือสารประกอบเงิน	500
สังกะสี และ/หรือสารประกอบสังกะสี	5,000

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2548)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นิสากร สุนทรนนท์ (2546) ศึกษาการปนเปื้อนของตะกั่วในฝุ่นริมถนนในเขตเทศบาล ใหญ่ แบ่งพื้นที่การเก็บตัวอย่างออกเป็น 3 บริเวณ คือ บริเวณที่พักอาศัย อุตสาหกรรม และ บริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น ทำการวิเคราะห์การปริมาณตะกั่วด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectroscopy พบว่า ความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นริมถนนมีค่าระหว่าง 11.09-39.25 มก./กก.

กัลยกร ตั้งอุไรวรรณ (2549) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นและองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในจังหวัดสมุทรปราการ พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบรรยากาศในพื้นที่อุตสาหกรรม ก่อสร้าง และการจราจร มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงกว่าในพื้นที่ที่มีเกษตรกรรม และในช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยต่ำกว่าในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งมีค่าลดลง 14-51 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการชะล้างของฝน ส่งผลให้ความเข้มข้นขององค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองในบรรยากาศลดลงด้วยเช่นกัน

Chuenjit (2007) ศึกษาการปนเปื้อนของตะกั่วในฝุ่นละอองจากกระบวนการปรับปรุงคุณภาพพลอยด้วยความร้อน ด้วยเครื่องเก็บอากาศส่วนบุคคล (Personal Air Sampler) พบว่า ในระหว่างการเผาพลอยความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วมีค่าเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักพลอยทับทิมที่เป็นวัตถุดิบ และการเปิดเตาเผาพลอยในช่วง 10 นาทีแรก เป็นช่วงที่ความเข้มข้นของตะกั่วมีค่าสูงสุด โดยมีค่าระหว่าง 0.576-25.420 มก./ลบ.ม. สำหรับการแพร่กระจายในบ้านมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.700-6.300 มก./ลบ.ม.

Bhat et.al (2002) ศึกษาความเข้มข้นของเบริลเลียมในสิ่งแวดล้อม โดยจุดเก็บตัวอย่าง อยู่ใกล้โรงงานผลิตเบริลเลียม ในนครมุมไบ ประเทศอินเดีย และระยะเวลาของการเก็บตัวอย่าง คือ ช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน โดยเก็บตัวอย่างเบริลเลียมในอนุภาคฝุ่นละอองในบรรยากาศ ฝุ่นหนัก

(Dust load) และน้ำฝน พบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยของเบริลเลียมในอนุภาคฝุ่นละอองในบรรยากาศ ช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน มีค่าเท่ากับ 0.3 และ 0.1 นาโนกรัม/ลบ.ม. และในฝุ่นหนักมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 570 และ 250 มคก./ลบ.ม. ตามลำดับ สำหรับความเข้มข้นของเบริลเลียมในน้ำฝนมีค่าระหว่าง 0.01-0.2 นาโนกรัม/มล. จะเห็นได้ว่าในฤดูฝนความเข้มข้นของเบริลเลียมในบรรยากาศลดลง 80% เนื่องจากการชะล้างจากฝน

Kermani et.al (2003) ศึกษาองค์ประกอบของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน บริเวณโรงพยาบาลชาฮีอาตี เมืองเตหะราน ประเทศอิหร่าน โดยเก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง High Volumn Air Sampler ใช้กระดาษกรองชนิด Glass Fiber และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Flame Atomic Adsorption ช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่าง คือ ช่วงฤดูหนาว ความชื้นและอุณหภูมิโดยเฉลี่ย มีค่า 50 เปอร์เซ็นต์ และ 5-10 องศาเซลเซียส พบว่า สัดส่วนของสารอนินทรีย์ในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนมีค่าเท่ากับ 76 และ 68 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นทั้ง 2 ประเภท เท่ากับ 0.21 และ 0.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ สัดส่วนการกระจายตัวของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนมีค่าเท่ากับ 48 และ 64 เปอร์เซ็นต์

Leilli et al. (2008) ทำการศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน และการกระจายตัวของโลหะหนักในมหาวิทยาลัยเตหะราน ในประเทศอิหร่าน โดยทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 5 เดือน ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนกรกฎาคม 2007 และวิเคราะห์โลหะด้วย Flame AA ผลการศึกษาพบว่า ฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน มีค่าเท่ากับ 151 ± 44 และ 90 ± 38 มคก./ลบ.ม. ความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองรวม และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน มีค่าเท่ากับ 183.63 ± 147.81 นาโนกรัม/ลบ.ม. และ 150.36 ± 157.01 นาโนกรัม/ลบ.ม. ตามลำดับ

Latif (2010) ศึกษาความเข้มข้นของโลหะหนัก และ ฝุ่นละอองในตึกชีววิทยา ในประเทศมาเลเซีย โดยใช้เครื่อง Low volumn เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ภายในตึกชีววิทยาที่อยู่ระหว่างการซ่อมแซม มีค่าเท่ากับ 166-542 มคก./ลบ.ม. ซึ่งเกินค่ามาตรฐานของ U.S. EPA. ที่กำหนดไว้ที่ 150 มคก./ลบ.ม. ส่วนภายในอาคารตรวจพบว่า โลหะซึ่งเป็นองค์ประกอบในฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ที่มีความเข้มข้นสูงสุด คือ สังกะสี (Zn)

Nguyen et.al (2010) ทำการวิเคราะห์โลหะในฝุ่นละอองรวม ในเขตเมือง ประเทศญี่ปุ่น เก็บตัวอย่างในช่วงเดือนตุลาคม 1997 ถึงมีนาคม 2006 ด้วยเครื่อง High Volumn Air Sampler

ติดตั้งที่ความสูง 8 เมตรจากพื้นดิน และวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง ICP-MS พบว่า ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย $Mn > Cr-Ni > As > Hg > Be$ ตามลำดับ สำหรับ Mn ซึ่งมีความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุด มีค่าเท่ากับ 45.9 ± 42.8 นาโนกรัม/ลบ.ม. ขณะที่ Be ซึ่งมีความเข้มข้นเฉลี่ยต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 0.03 ± 0.02 นาโนกรัม/ลบ.ม. และความเข้มข้นของโลหะมีค่ามากที่สุดในช่วงฤดูหนาว



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาความเข้มข้นของเบริลเลียมในฝุ่นละอองจากบ้านที่ติดตั้งเตาเผาพลอย โดยเก็บตัวอย่างในห้องเผาพลอยภายในบ้าน รวมทั้งฝุ่นหนักที่ตกค้างจากเตาเผาพลอยที่เดิมสารประกอบเบริลเลียมและสารประกอบตะกั่ว และศึกษาปริมาณความเข้มข้นของเบริลเลียมและตะกั่วในฝุ่นละอองรวม (Total Suspended Particulate, TSP) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (Particulate Matter less than 10 micron, PM₁₀) ในจุดเก็บตัวอย่าง 5 จุด โดยรอบพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอย ในเขตเมือง จังหวัดจันทบุรี

3.1 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ทำการศึกษา

3.1.1 ที่ตั้งและอาณาเขตของเมืองจันทบุรี

เมืองจันทบุรีเป็นอำเภอหนึ่ง ตั้งอยู่ทางทิศใต้ของจังหวัดจันทบุรี ระหว่างเส้นรุ้งที่ 12-13 องศาเหนือและเส้นแวงที่ 101-102 องศาตะวันออก มีพื้นที่ 253.1 ตารางกิโลเมตร ซึ่งมีอาณาเขตติดต่อกับเขตการปกครองข้างเคียงดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	อำเภอท่าใหม่ อำเภอเขาคิชฌกูฏและอำเภอมะขาม
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	อำเภอมะขามและอำเภอขลุง
ทิศใต้	ติดต่อกับ	อำเภอขลุงและอำเภอแหลมสิงห์
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ	อำเภอท่าใหม่

ตลาดพลอยตั้งอยู่บริเวณตรอกกระจ่างและถนนศรีจันทร์ ลักษณะทั่วไปเป็นถนนแคบมีช่องทางจราจร 2 ช่องทาง โดยพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ตั้งของร้านเจียระไนพลอยและอัญมณี ซึ่งภายในร้านค้าเหล่านี้มีการติดตั้งเตาเผาพลอยอยู่ภายใน ในช่วงวันศุกร์และวันเสาร์เป็นช่วงที่มีการซื้อขายพลอยของคนไทยและคนต่างชาติเป็นจำนวนมาก ดังนั้นที่ตลาดพลอยนับว่าเป็นถนนเศรษฐกิจของจังหวัด รวมทั้งเป็นแหล่งอุตสาหกรรมเผาพลอย

3.1.2 สภาพภูมิอากาศ

จังหวัดจันทบุรีมีลมประจำฤดูกาล ได้แก่ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ลมพายุหมุนเขตร้อน และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ สำหรับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่านในช่วงตั้งแต่มิถุนายนถึงเดือนตุลาคม ซึ่งทำให้เกิดฝนตกในช่วงนี้ ส่วนลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งพัดพาความหนาวเย็นและความแห้งแล้งจากประเทศจีน เริ่มตั้งแต่เดือน

พฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ จากการแบ่งเขตภูมิอากาศแบบของ Koppen จังหวัดจันทบุรีจัดอยู่ในเขตร้อนชื้นเมืองร้อน (Tropical Monsoon Climate) ภูมิอากาศแบ่งออกได้เป็น 2 ฤดู คือ ฤดูแล้ง (Dry season) และฤดูฝน (Wet season) ซึ่งเริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนพฤศจิกายน เป็นเวลาประมาณ 9-10 เดือน จากข้อมูลในระหว่างปี พ.ศ. 2547-2551 อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 26.35 องศาเซลเซียส มีฝนตกชุก ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 3,335 มิลลิเมตร ต่อปี (ภาคผนวก ก)

ตารางที่ 3.1 สภาพอุตุนิยมวิทยาของสถานีตรวจวัดอากาศจังหวัดจันทบุรี ในปี พ.ศ. 2552

เดือน	อุณหภูมิ(°C)		ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)		จำนวน วัน ฝนตก	ปริมาณ น้ำฝน (มิลลิเมตร)	ความเร็วลม (เมตรต่อ วินาที)
	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด			
มกราคม	16.20	33.60	31.00	95.00	0	0	2.15
กุมภาพันธ์	34.70	20.50	23.00	95.00	0	0	0.86
มีนาคม	23.00	34.20	40.00	97.00	16	243.20	0.81
เมษายน	23.60	35.00	48.00	96.00	14	179.30	0.79
พฤษภาคม	24.10	34.60	48.00	98.00	26	636.10	0.70
มิถุนายน	24.50	32.90	59.00	97.00	19	262.20	1.32
กรกฎาคม	23.10	33.00	54.00	97.00	22	543.40	1.13
สิงหาคม	23.60	34.40	49.00	98.00	21	180.20	0.94
กันยายน	23.40	32.90	55.00	98.00	26	726.20	0.55
ตุลาคม	23.00	33.90	44.00	98.00	21	327.40	0.55
พฤศจิกายน	19.20	35.10	35.00	96.00	1	0.50	2.02
ธันวาคม	20.00	34.20	34.00	94.00	0	0.00	1.09
ค่าเฉลี่ย	23.20	32.86	43.33	96.58	13.83	258.26	1.08

ที่มา : ดัดแปลงจากกรมอุตุนิยมวิทยา, 2552

ในปี พ.ศ. 2552 อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีมีค่าอยู่ในระหว่าง 23.20-32.86 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดมีค่าเท่ากับ 36.50 องศาเซลเซียส ในเดือนพฤษภาคมและอุณหภูมิต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 17.4 องศาเซลเซียส ในเดือนธันวาคม ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปีมีค่าอยู่ใน

ระหว่าง 43.33-96.58 เปอร์เซ็นต์ โดยความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดมีค่าเท่ากับ 98.00 เปอร์เซ็นต์ และต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 23.00 เปอร์เซ็นต์ มีฝนตกจำนวน 166 วัน วัดปริมาณน้ำฝนโดยรวม 3098.50 มิลลิเมตรและมีความเร็วลมเฉลี่ยระหว่าง 0.55-2.15 เมตรต่อวินาที รายละเอียดดังตารางที่ 3.1 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2552)

3.2 การวางแผนการศึกษา

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 4 ส่วน ดังภาพที่ 3.1

3.2.1 การศึกษาความเข้มข้นของเบริลเลียมที่ปนเปื้อนในอนุภาคฝุ่นละอองจากการเผาพลอย ภายในบ้าน 2 หลัง

3.2.2 การศึกษาความเข้มข้นของเบริลเลียมและตะกั่วที่ปนเปื้อนในอนุภาคฝุ่นหนักที่ตกค้างจากเตาเผาพลอย ภายในบ้านที่เผาพลอยด้วยการเติมสารประกอบเบริลเลียมและตะกั่ว ภายในบ้านอย่างละ 2 หลัง

3.2.3 การศึกษาความเข้มข้นของเบริลเลียมที่ปนเปื้อนในอนุภาคฝุ่นละอองภายในบ้านบริเวณห้องนอนและห้องนั่งเล่น ภายในบ้าน 2 หลัง

3.2.4 การศึกษาความเข้มข้นของเบริลเลียมและตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนที่กระจายสู่บรรยากาศบริเวณโดยรอบพื้นที่พื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอย ในจุดเก็บตัวอย่าง 5 จุด คือ

- 1) วัดจันทนาราม
- 2) วัดไผ่ล้อม
- 3) บ้านพักสรรพสามิตจังหวัด
- 4) สถานีอุตุนิยมวิทยาจันทบุรี
- 5) บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน

3.3 วิธีการศึกษา

3.3.1 ศึกษาความเข้มข้นของเบริลเลียมที่ปนเปื้อนในอนุภาคฝุ่นละอองจากการเผาพลอย

3.3.1.1 จุดเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างเบริลเลียมในอนุภาคฝุ่นละออง ภายในบ้านที่ดำเนินการเผาพลอยคอรัันด์ด้วยการเติมสารประกอบเบริลเลียมในระหว่างการเผา จำนวน 2 หลัง โดยมีรายละเอียดของห้องเผาพลอยในบ้านแต่ละหลัง ดังนี้

1) บ้านหลังที่ 1

ลักษณะโดยทั่วไป เป็นอาคารพาณิชย์ 2 ชั้น ชั้นล่างประกอบด้วย ห้องด้านหน้า บ้านซึ่งมีการตั้งโต๊ะขายพลอย ห้องครัว และห้องนั่งเล่น สำหรับชั้นบนประกอบด้วย ห้องนอน ขนาดใหญ่ และห้องเผาพลอยโดยภายในห้องจะเป็นห้องปิดทึบ มีหน้าต่างบานเกร็ด 2 บาน รวมทั้งมีพัดลมดูดอากาศ 2 ตัว โดยในห้องจะมีเตาเผาพลอยจำนวน 2 เตา ดังภาพที่ 3.2ก

2) บ้านหลังที่ 2

ลักษณะโดยทั่วไป เป็นบ้านทาวน์เฮ้าส์ 2 ชั้น โดยชั้นล่างประกอบด้วยห้องนั่งเล่น ซึ่งจะอยู่ใกล้กับบันได และห้องครัวอยู่ด้านหลังของบ้าน สำหรับชั้นบนประกอบด้วย ห้องนอน ขนาดใหญ่ ซึ่งมีห้องน้ำอยู่ภายใน และห้องเผาพลอยซึ่งมีการระบายอากาศโดยการติดตั้งพัดลม ระบายอากาศขนาดใหญ่ไว้ตรงเพดาน รวมทั้งมีการเปิดหน้าต่างตลอดเวลา ภายในห้องจะติดตั้งเตาเผาพลอย จำนวน 2 เตา ดังภาพที่ 3.2ข



ภาพที่ 3.2 (ก) ห้องเผาพลอยที่ทำการเก็บตัวอย่างในบ้านหลังที่ 1

(ข) ห้องเผาพลอยที่ทำการเก็บตัวอย่างในบ้านหลังที่ 2

3.3.1.2 วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

- 1) เครื่องดูดอากาศส่วนบุคคล (Personal Air Sampler) ยี่ห้อ Gilian รุ่น Gilair-5
- 2) ชุดปรับอัตราการไหลมาตรฐานของเครื่องดูดอากาศส่วนบุคคล ยี่ห้อ Gilian รุ่น Bilibrator-2
- 3) กระดาษกรองชนิด Mixed cellulose ester (MCE) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร ขนาดรูพรุน (pore size) 0.8 ไมโครเมตร
- 4) ตลับกระดาษกรอง (Filters cassette)

5) คีมคีบปากแบน (Forceps) ชนิดเคลือบด้วยเทฟลอน

6) สายยางนำอากาศ

3.3.1.3 วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมีและเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างทางเคมี

1) ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 50 มิลลิลิตร

2) ปีกเกอร์ 50 มิลลิลิตร

3) บีเปต 5 มิลลิลิตร

4) อุปกรณ์ให้ความร้อน (Hot plate)

5) กระจกนาฬิกา

6) กรดไนตริก (Nitric acid)

7) กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid)

8) น้ำกลั่น (Deionized water)

9) เครื่อง Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) ยี่ห้อ

Agilent รุ่น 7500 ce

3.3.1.4 วิธีการทดสอบ

การเตรียมอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง

ชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างเบริลเลียมในห้องเผาผลายที่มีการติดตั้งเตาเผาประกอบด้วยเครื่องดูดอากาศส่วนบุคคล (Personal Air Sampler) สายยางนำอากาศ และตลับกระดาษกรองซึ่งภายในมีกระดาษกรองชนิด MCE โดยนำเครื่องเก็บตัวอย่างประกอบเข้ากับตลับใส่กระดาษกรองแล้วจึงทำการปรับอัตราการไหล (Flow rate calibration) ของปั๊มเก็บตัวอย่าง

การดำเนินการเก็บตัวอย่าง

ติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างเฉพาะบุคคล (Personal Air Sampler) ปรับอัตราการไหลของอากาศให้อยู่ที่ 3 ลิตร/นาที โดยติดตั้งอุปกรณ์ด้วยวิธีการแขวนไว้ด้านบนประตูเตาและมีระยะห่างจากประตู 20 เซนติเมตร ทั้งนี้รายละเอียดของขั้นตอนการดำเนินการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองมีดังต่อไปนี้

1) ระหว่างการเผา

ดำเนินการเก็บตัวอย่างบริเวณบนเตาเผาผลายโดยระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งเป็นเวลา 8 ชั่วโมง และทำในทุกช่วงของการเผาผลาย ซึ่งกระบวนการเผาผลายแบ่งตามระดับอุณหภูมิได้เป็นเป็น 3 ช่วง ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

(1) ช่วง Heating up เป็นช่วงที่มีเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้องจนถึง 1,750 องศาเซลเซียส ระยะเวลาประมาณ 10 ชั่วโมง โดยเริ่มตั้งแต่ชั่วโมงที่ 0-10 ดังภาพที่ 3.3

(2) ช่วง Soaking เป็นช่วงที่อุณหภูมิสูงสุดคงที่ที่ 1,750 องศาเซลเซียส ระยะเวลาประมาณ 100 ชั่วโมง โดยเริ่มตั้งแต่ชั่วโมงที่ 10-110 ดังภาพที่ 3.3

(3) ช่วง Cooling down เป็นช่วงที่มีการลดอุณหภูมิลงจาก 1,750 องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิห้อง ระยะเวลาประมาณ 36 ชั่วโมง โดยเริ่มตั้งแต่ชั่วโมงที่ 110-146 ดังภาพที่ 3.3

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างจะถูกติดตั้งบริเวณหน้าเตาเพียงจุดเดียว แต่ทำการเก็บตัวอย่างที่ระยะเวลาต่างกัน ตามตารางที่ 3.2 และภาพที่ 3.3

2) ในช่วงการเปิดเตาเผาพลอย

ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเปิดเตาเผาพลอยเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง โดยแบ่งเป็น 6 ช่วงคือ 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 และ 50-60 นาที ดังภาพที่ 3.3

การเก็บตัวอย่าง

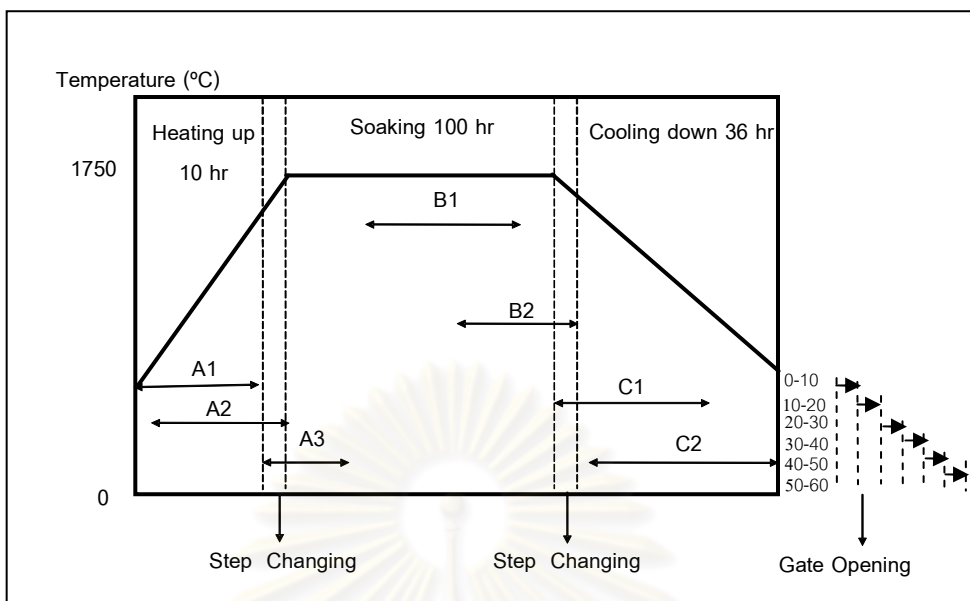
1) นำตลับใส่กระดาษกรองมาทำความสะอาด แล้วใช้ปากคีบกระดาษกรองขนาด 37 มิลลิเมตร ใส่ในตลับยัดชั้นที่ 1 แล้วประกอบส่วนที่เหลืออีก 2 ส่วนเข้าด้วยกัน จากนั้นใช้กระดาษกาวพันโดยรอบบริเวณรอยต่อเพื่อกันการรั่วของอากาศ

2) นำกระดาษกรองที่ใส่ในตลับต่อกับเครื่องดูดอากาศ

3) เปิดเครื่องทำการเก็บตัวอย่างบันทึกอัตราการไหลของอากาศในช่วงเริ่มต้นและสิ้นสุด เมื่อทำการเก็บตัวอย่างเรียบร้อยแล้วดึงตลับกระดาษกรองออก ปิดช่องระบายอากาศเข้าออกบริเวณหัว-ท้ายด้วยจุกพลาสติกแล้วนำไปวิเคราะห์ทางเคมี

ตารางที่ 3.2 การเก็บตัวอย่างในช่วงระหว่างการเผาพลอย

ช่วง	ชั่วโมงการเผา	ขั้นตอนการเผา
A1	0-8	ช่วง Heating up 8 ชั่วโมง
A2	2-10	ช่วง Heating up 8 ชั่วโมง
A3	9-17	ช่วง Heating up 1 ชั่วโมง และช่วง Soaking 7 ชั่วโมง
B1	11-18	ช่วง Soaking 8 ชั่วโมง
B2	103-111	ช่วง Soaking 7 ชั่วโมงและช่วง Cooling down 1 ชั่วโมง
C1	110-118	ช่วง Soaking 1 ชั่วโมงและช่วง Cooling down 7 ชั่วโมง
C2	111-119	ช่วง Cooling down 8 ชั่วโมง



ภาพที่ 3.3 แผนผังแสดงการเก็บตัวอย่างใน 1 รอบของการเผาผลาย

การวิเคราะห์ความเข้มข้นของเบริลเลียม ย่อยกระดาศกรอง MCE ตาม Method 7303 (NIOSH, 2003) เพื่อหาปริมาณเบริลเลียม ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- 1) นำกระดาศกรอง MCE มาใส่ในบีกเกอร์ เต็มกรด ไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1.25 มิลลิลิตร ปิดด้วยกระจกนาฬิกา ให้ความร้อน 15 นาที
- 2) นำบีกเกอร์ลงจาก Hot plate และตั้งทิ้งไว้ให้เย็น 5 นาที
- 3) เต็มกรดไนตริกเข้มข้น 1.25 มิลลิลิตร ให้ความร้อน 15 นาที
- 4) นำบีกเกอร์ลงจาก Hot plate และตั้งทิ้งไว้ให้เย็น 5 นาที สะด้างผนังบีกเกอร์ให้ทั่วด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร
- 5) นำสารละลายมาวิเคราะห์โลหะด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) โดยการวิเคราะห์อ้างอิงวิธี IO-3.5 (US. EPA, 1999)

3.3.2 การศึกษาความเข้มข้นของเบริลเลียมและตะกั่วที่ปนเปื้อนในอนุภาคฝุ่นหนักที่ตกค้างจากเตาเผาผลาย

3.3.2.1 จุดเก็บตัวอย่าง

- 1) เตาเผาผลายที่เต็มสารประกอบเบริลเลียม จำนวน 2 เตา ดังภาพที่ 3.4ก ภายในบ้าน 2 หลัง ได้แก่ บ้านหลังที่ 1 และบ้านหลังที่ 2
- 2) เตาเผาผลายที่เต็มสารประกอบตะกั่ว จำนวน 2 เตา ดังภาพที่ 3.4ข ภายในบ้าน 2 หลัง ได้แก่ บ้านหลังที่ 3 และบ้านหลังที่ 4



ภาพที่ 3.4 (ก) เตาเผาฟลอยเติมสารประกอบเบริลเลียม (ข) เตาเผาฟลอยเติมสารประกอบตะกั่ว

3.3.2.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

- 1) แปรงทาสี
- 2) ที่ตักฟลอย
- 3) ถุงพลาสติกที่ปิดสนิท (Zip lock)

3.3.2.3 วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยวิธีการทางเคมี

- 1) เครื่องชั่งน้ำหนักละเอียด 4 ตำแหน่ง
- 2) กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 41(Filter paper) สำหรับกรองสารละลาย
- 3) กรวยกรอง (Funnel)
- 4) ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร
- 5) บีกเกอร์ 50 มิลลิลิตร
- 6) ปิเปต 10 มิลลิลิตร
- 7) อุปกรณ์ให้ความร้อน (Hot plate)
- 8) กระจกนาฬิกา (Watch glass)
- 9) กรดไนตริก (Nitric acid)
- 10) กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid)
- 11) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide)
- 12) น้ำกลั่น (Deionized water)
- 13) เครื่อง Electron Probe Micro Analyzer (EPMA) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JXA-8100
- 14) เครื่อง Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) ยี่ห้อ

Agilent รุ่น 7500 ce

3.3.2.4 วิธีการทดสอบ

การเตรียมตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นหนักจากเตาเผาพลอยที่เติมสารประกอบเบริลเลียม โดยเก็บในบริเวณ ด้านในเตา ขอบเตา และด้านนอกเตา สำหรับเตาเผาพลอยที่เติมสารประกอบตะกั่ว เก็บตัวอย่างบริเวณด้านใน และด้านนอกเตา ทำการเก็บตัวอย่างจากเตาเผาพลอยทั้ง 2 ชนิด โดยการใช้แปรงทาสีตักฝุ่นละออง ใส่ถุงซิปล็อคและนำไปวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1) วิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของฝุ่นหนักจากเตาเผาพลอยที่เติมสารประกอบทั้ง 2 ประเภท ด้วยเครื่อง Electron Probe Micro Analyzer (EPMA) จากภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รุ่น JEOL Model JXA 8100 เงื่อนไขการวิเคราะห์คือ ใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 20 kV กระแสประมาณ 2 μ A ขนาดลำแสง (beam) 2 μ m ที่ยิงลงตัวอย่าง ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 เครื่อง Electron Probe Micro Analyzer (EPMA)

2) วิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นหนักด้วยการย่อยทางเคมีตาม Method 3050B (U.S.EPA., 1996) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- (1) ชั่งตัวอย่างฝุ่น 1 กรัม ใส่ในบีกเกอร์
- (2) เติมกรดไนตริกเจือจาง 1:1 10 มิลลิลิตร นำไปต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ประมาณ 10-15 นาที ระวังอย่าให้เดือดและทิ้งไว้ให้เย็น
- (3) เติมกรดไนตริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร ปิดด้วยกระจกนาฬิการะหว่างนั้นจะเกิดควันสีน้ำตาล เติมกรดไนตริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร จนกระทั่งควันสีน้ำตาลหายไปและนำไปต้มจนปริมาตรสุดท้าย 5 มิลลิลิตร ประมาณ 2 ชั่วโมง รอจนกระทั่งเย็น

(4) เติมน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร และสารละลาย 30% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 3 มิลลิลิตร ปิดด้วยกระจกนาฬิกา และนำไปต้มจนเป็นกระทิงเดือดและทิ้งไว้ให้เย็น

(5) เติมสารละลาย 30% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1 มิลลิลิตร และให้ความร้อนจนกระทิงได้ปริมาตรสุดท้าย 5 มิลลิลิตร รอจนเย็น

(6) เติมกรดไฮโดรคลอริก 10 มิลลิลิตร ให้ความร้อนประมาณ 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น นำสารละลายกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 41 หลังจากนั้นเจือจางด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรสุดท้ายให้เป็น 100 มิลลิลิตร

(7) วิเคราะห์โลหะในสารละลาย จากข้อ 2.6 ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) โดยการวิเคราะห์อ้างอิงวิธี IO-3.5 (U.S. EPA., 1999)

3.3.3 การศึกษาความเข้มข้นของเบริลเลียมที่ปนเปื้อนในอนุภาคฝุ่นละอองภายในบ้าน

3.3.3.1 จุดเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นละอองภายในบ้านที่การเผาพลอยคอรัลต้มด้วยการเติมสารประกอบเบริลเลียมในระหว่างการเผา จำนวน 2 หลัง ซึ่งเป็นตัวอย่างเดียวกับบ้านตัวอย่างในหัวข้อ 3.3.1 โดยระบบระบายอากาศในบ้านมีรายละเอียดดังนี้

1) บ้านหลังที่ 1

ลักษณะโดยทั่วไป บริเวณชั้นล่างของบ้านจะมีการเปิดพัดลมระบายอากาศในช่วงเวลา 8.00- 20.00 น. ดังภาพที่ 3.6 เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่มีการขายพลอย ภายในห้องนั่งเล่นมีประตูเปิดเข้าไปเป็นบันไดขึ้นไปชั้นบนของบ้าน โดยชั้นบนประกอบด้วยห้องนอนที่ติดเครื่องปรับอากาศ และห้องเผาพลอย ดังภาพที่ 3.6ข

2) บ้านหลังที่ 2

ลักษณะโดยทั่วไป บริเวณชั้นล่างจะมีการเปิดประตูด้านหน้าตลอดเวลา แต่จะมีประตูกั้นก่อนถึงห้องครัวซึ่งอยู่ด้านหลังของบ้าน ดังภาพที่ 3.6ค โดยชั้นบนเป็นห้องนอนที่ติดเครื่องปรับอากาศ และห้องเผาพลอย ดังภาพที่ 3.6ง

3.3.3.2 วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมีและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง (รายละเอียดเช่นเดียวกับ 3.3.1.2)

3.3.3.3 วิเคราะห์ตัวอย่างทางเคมี (รายละเอียดเช่นเดียวกับ 3.3.1.3)

3.3.3.4 วิธีการทดสอบ

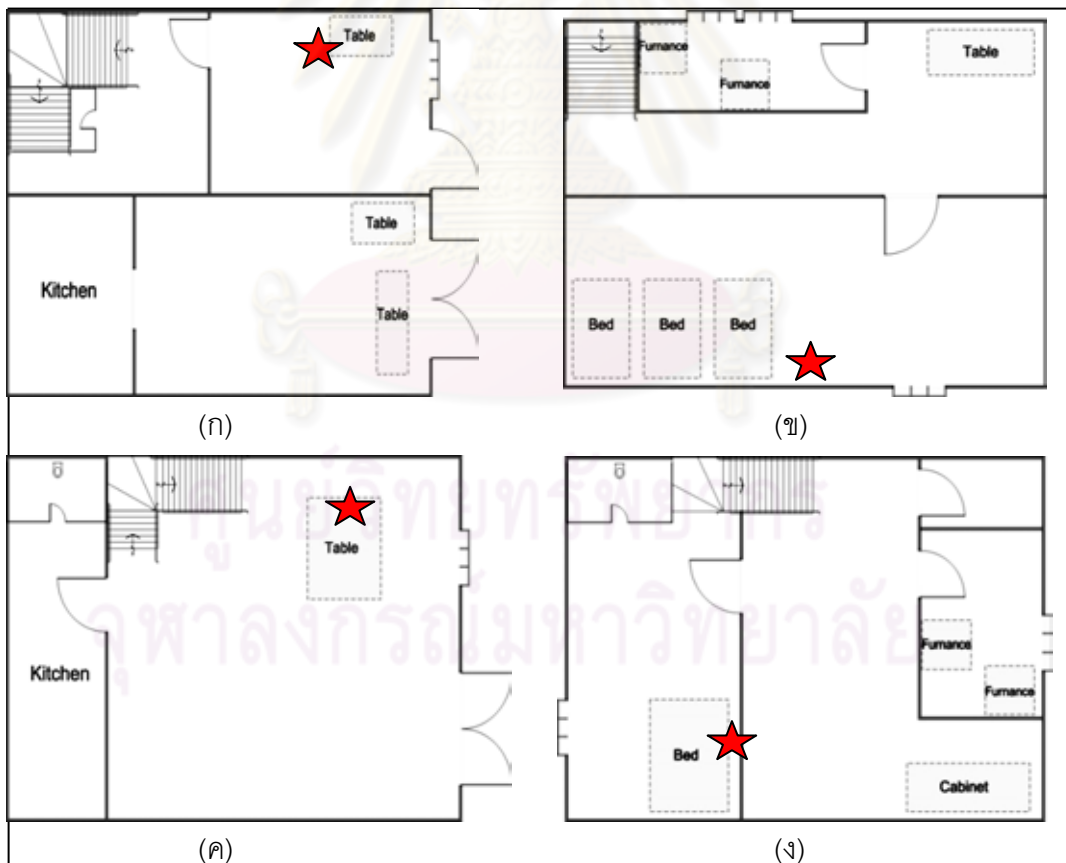
การเตรียมการเก็บตัวอย่าง (รายละเอียดเช่นเดียวกับ 3.3.1.4)

การดำเนินการเก็บตัวอย่าง ติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างเฉพาะบุคคล (Personal Air Sampler) ปรับอัตราการไหลของอากาศให้อยู่ที่ 3 ลิตร/นาที โดยติดตั้งอุปกรณ์โดยการแขวนในห้องนอนและห้องนั่งเล่น ทั้งนี้รายละเอียดของขั้นตอนการดำเนินการเก็บตัวอย่างมีดังนี้

- 1) ติดตั้งอุปกรณ์ด้วยวิธีการแขวนไว้ภายในห้องนั่งเล่นและห้องนอน
- 2) ช่วงการเก็บตัวอย่างในช่วงที่มีการเผาพลอย แบ่งออกเป็น 2 ช่วง
 - (1) ช่วงที่มีการเผาพลอย โดยเก็บตัวอย่างในช่วง Soaking เป็นช่วงที่อุณหภูมิคงที่ประมาณ 1,750 องศาเซลเซียส ในการเก็บตัวอย่างเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ช่วงเวลา ช่วงละ 8 ชั่วโมง
 - (2) ช่วงที่ไม่มีการเผาพลอย โดยทำการเก็บตัวอย่างเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ช่วงเวลา ช่วงละ 8 ชั่วโมง

การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของเบริลเลียม

(รายละเอียดเช่นเดียวกับ 3.3.1.4)



หมายเหตุ: ★ หมายถึง จุดเก็บตัวอย่าง

ภาพที่ 3.6 แผนผังบ้านทั้ง 2 หลัง (ก) ชั้นล่างของบ้านหลังที่ 1 (ข) ชั้นบนของบ้านหลังที่ 1

(ค) ชั้นล่างของบ้านหลังที่ 2 (ง) ชั้นบนของบ้านหลังที่ 2

3.3.4 การศึกษาความเข้มข้นของเบริลเลียมและตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนที่กระจายสู่บรรยากาศบริเวณโดยรอบพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอย

3.3.4.1 จุดเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนด้วยเครื่องเก็บอากาศปริมาตรสูง High Volume Air Sampler และ High Volume Air Sampler PM₁₀ ตามลำดับ ในจุดเก็บตัวอย่างบริเวณโดยรอบพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอย มีจำนวน 5 จุด ดังภาพที่ 3.7 และ 3.8 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) วัดจันทนาราม (พิกัด UTM 48P 0186618E 1396093N) เครื่องมือเก็บตัวอย่างตั้งบนพื้นคอนกรีต ใกล้กับศาลาการเปรียญ มีระยะห่างจากถนนท่าหลวงซึ่งเป็นถนนที่มี 2 ช่องจราจร ประมาณ 50 เมตร และห่างจากพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอยประมาณ 850 เมตร ดังภาพที่ 3.8ก ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นจุดเหนือลมและในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นจุดใต้ลม

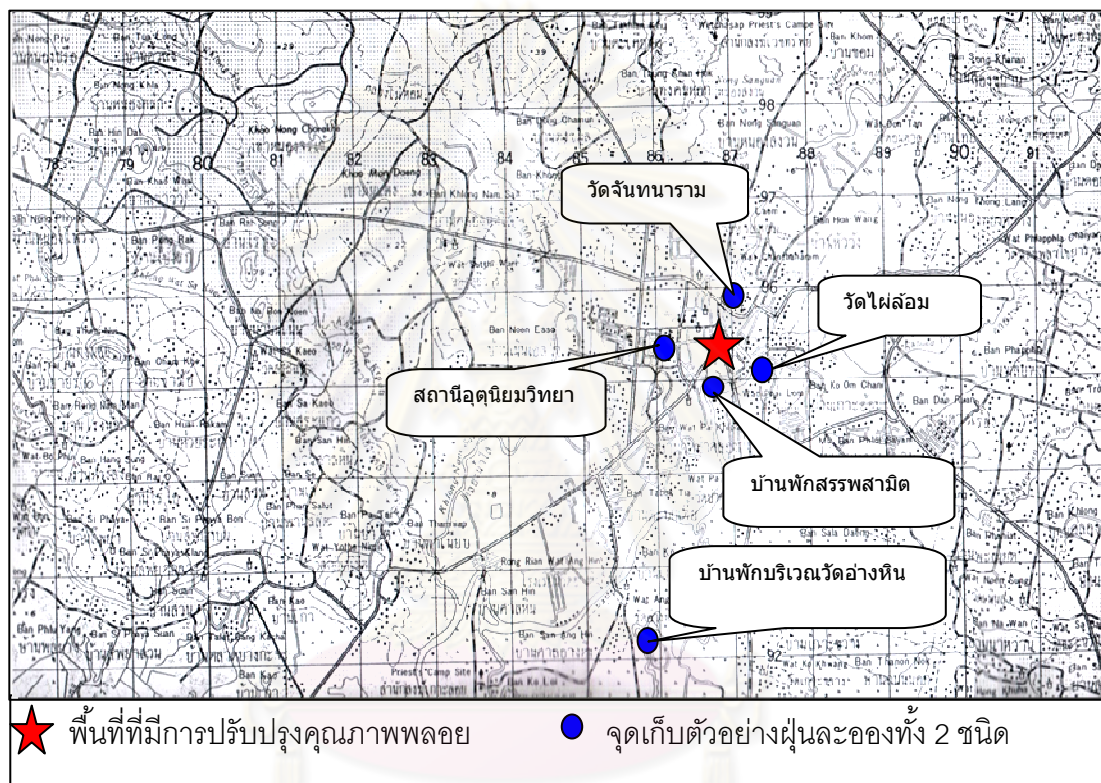
2) วัดไผ่ล้อม (พิกัด UTM 48P 0186923E 1395290N) เครื่องมือเก็บตัวอย่างตั้งบนพื้นคอนกรีต ใกล้กับอุโบสถ มีระยะห่างจากถนนพิศาลธีรกุลซึ่งเป็นถนนที่มี 2 ช่องจราจร ประมาณ 80 เมตร และห่างจากพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอยประมาณ 800 เมตร ดังภาพที่ 3.8ข ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นจุดเหนือลม และในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นจุดใต้ลม

3) บ้านพักสรรพาสามิต (พิกัด UTM 48P 0186202E 1395120N) เครื่องมือเก็บตัวอย่างตั้งอยู่บนสนามหญ้า ติดกับแม่น้ำจันทบุรี มีระยะห่างตั้งอยู่ห่างจากถนนทุ่งดอนแดง ซึ่งเป็นถนนที่มี 2 ช่องจราจร ประมาณ 100 เมตร และห่างจากพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอยประมาณ 250 เมตร ดังภาพที่ 3.8ค ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นจุดใต้ลม และในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นจุดเหนือลม

4) สถานีอุตุวิทยามหาวิทยาลัย (พิกัด UTM 48P0185255E 1395603N) เครื่องมือเก็บตัวอย่างตั้งบนพื้นสนามหญ้า มีระยะห่างถนนเลียบรินซึ่งเป็นถนนสายหลักของตัวเมืองจันทบุรี มี 4 ช่องทางจราจร และมีสถานที่ราชการตั้งอยู่หลายแห่ง ประมาณ 50 เมตรและห่างจากพื้นที่ที่มี

การปรับปรุงคุณภาพพลอยประมาณ 950 เมตร ดังภาพที่ 3.8ง ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นจุดใต้ลม และในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นจุดเหนือลม

5) บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน (พิกัด UTM 48P 0185165E 1392868N) เครื่องมือเก็บตัวอย่างตั้งบนพื้นสนามหญ้า มีระยะห่างจากถนน อบต.จป.3018 ซึ่งเป็นถนนเข้าหมู่บ้านประมาณ 50 เมตร และห่างจากพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอยประมาณ 2700 เมตร ดังภาพที่ 3.8จ ในลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นจุดควบคุม



ภาพที่ 3.7 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างโดยรอบพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอย

3.3.4.2 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

1) เครื่องดูดอากาศปริมาตรสูงสำหรับฝุ่นละอองรวม (High Volume Air Sampler) ยี่ห้อ Tisch Environmental รุ่น TE-5170

2) เครื่องดูดอากาศปริมาตรสูงสำหรับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (High Volume air sampler -PM₁₀) ยี่ห้อ Tisch Environmental รุ่น TE-6070

3) กระดาษกรองใยแก้ว (Glass fiber filter) ขนาด 8x10 นิ้ว

4) กระดาษกรองควอตซ์ (Quartz fiber filter) ขนาด 8x10 นิ้ว

5) คีมคีบปากแบน (Forceps)



(ก) วัดจันทนาราม



(ข) วัดไผ่ล้อม



(ค) บ้านพักสรรพสามิต



(ง) สถานีอุดรนิยมวิทยา



(จ) บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน

ภาพที่ 3.8 จุดเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองทั้ง 2 ชนิด จากจุดเก็บตัวอย่าง 5 จุด

(ก) วัดจันทนาราม (ข) วัดไผ่ล้อม (ค) บ้านพักสรรพสามิต

(ง) สถานีอุดรนิยมวิทยา (จ) บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน

6) ชุดปรับเทียบอัตราการไหล (Flow rate calibrator) ประกอบด้วย มาโนมิเตอร์ (Manometer) และ Orifice Calibration Unit

7) กระดาษบันทึกอัตราการไหล (Flow Chart)

3.3.4.3 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

- 1) เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียดทศนิยม 5 ตำแหน่ง
- 2) โถดูดความชื้น (Desiccator) ที่บรรจุซิลิกาเจล
- 3) คีมคีบปากแบน (Forceps) ชนิดเคลือบด้วยเทฟลอน
- 4) ถุงพลาสติก

3.3.4.5 วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง ด้วยวิธีการทางเคมี

- 1) อุปกรณ์ตัดพิซซ่า (Pizza cut) สำหรับใช้ตัดกระดาษกรอง
- 2) กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 41(Filter paper) สำหรับกรองสารละลาย
- 3) กรวยกรอง (Funnel)
- 4) ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 50 มิลลิลิตร
- 5) บีกเกอร์ 50 มิลลิลิตร
- 6) บีเปต 10 มิลลิลิตร
- 7) อุปกรณ์ให้ความร้อน (Hot plate)
- 8) กระจกนาฬิกา (Watch glass)
- 9) กรดไนตริก (Nitric acid)
- 10) กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid)
- 11) น้ำกลั่น (Deionized water)
- 12) เครื่อง Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer (ICP-MS)

ยี่ห้อ Agilent รุ่น 7500 ce

3.3.4.6 วิธีการทดสอบ

การเตรียมอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง

1) เตรียมชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในบรรยากาศ โดยใช้เครื่องดูดอากาศปริมาตรสูง (High Volume Air Sampler) และเครื่องดูดอากาศปริมาตรอากาศสูงที่มีหัวคัดแยกฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (High Volume Air Sample- PM₁₀) ซึ่งผ่านขั้นตอนการทำความสะอาด จากนั้นทำการปรับเทียบ (Calibrate) อัตราการไหลของอากาศ (Flow rate)

ก่อนเก็บตัวอย่าง โดยปรับให้อัตราการไหลของอากาศของเครื่อง High Volume Air Sampler ให้มีค่าระหว่าง 1.10-1.70 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที (U.S.EPA.,1999) และเครื่อง High Volume Air Sample- PM₁₀ มีค่าระหว่าง 1.02-1.24 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที (U.S.EPA.,1999) ด้วยชุดปรับเทียบอัตราการไหล

2) เตรียมกระดาษกรองใยแก้ว (Glass fiber filter) และกระดาษกรองควอตซ์ (Quartz fiber filter) ขนาด 8x10 นิ้ว เพื่อใช้ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง ก่อนการเก็บตัวอย่าง นำกระดาษกรองโดยใส่ในโถดูดความชื้น (Dessicator) ที่มีซิลิกาเจล (Silica gel) บรรจุอยู่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่างด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียดทศนิยม 5 ตำแหน่ง

การดำเนินการเก็บตัวอย่าง

ติดตั้งอุปกรณ์การเก็บตัวอย่างทั้งฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ตามจุดเก็บตัวอย่างที่กำหนดไว้ข้างต้น โดยทำการเก็บตัวอย่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 4-7 วัน ทั้งนี้รายละเอียดของขั้นตอนการดำเนินการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองมีดังต่อไปนี้

1) ติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน โดยให้เครื่องมือเก็บตัวอย่างตั้งอยู่ในที่โล่งและสูงจากระดับพื้นดิน 1.5 เมตร

2) ตั้งเวลาในการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเปิดสวิทซ์ให้เครื่องทำงาน และตรวจสอบอัตราการไหลของอากาศในเบื้องต้น

3) หลังจากเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนแล้ว นำกระดาษกรองมาดูดความชื้นเช่นเดียวกับก่อนเก็บตัวอย่าง เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง เพื่อหาน้ำหนักฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนที่เก็บได้ ก่อนทำการวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป

การวิเคราะห์ความเข้มข้นของเบริลเลียมและตะกั่ว

1) นำกระดาษกรองตัวอย่างจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 แห่ง มาวิเคราะห์หาความเข้มข้นฝุ่นละอองด้วยวิธีชั่งน้ำหนัก (Gravimetric method) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้สำหรับหามวลของกระดาษกรองในห้องปฏิบัติการ โดยทำการคำนวณหามวลสุทธิจากการชั่งน้ำหนักของกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่างและหลังเก็บตัวอย่าง ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียดทศนิยม 5

ตำแหน่ง โดยความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน สามารถคำนวณได้ดังสมการ (3.1)และ (3.2)

$$TSP = \frac{(A-B) \times 10^6}{V} \quad (3.1)$$

$$PM_{10} = \frac{(A-B) \times 10^6}{V} \quad (3.2)$$

กำหนดให้ TSP = ความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศ (มคก./ลบ.ม.)

PM_{10} = ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนในบรรยากาศ (มคก./ลบ.ม.)

A = น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (กรัม)

B = น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (กรัม)

V = ปริมาตรอากาศทั้งหมด (ลบ.ม.)

2) การวิเคราะห์ตัวอย่าง เพื่อหาความเข้มข้นเบริลเลียมและตะกั่วในอนุภาคฝุ่นละอองในขั้นตอนต่อไป ซึ่งได้แก่ ทำการย่อยตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณของเบริลเลียมและตะกั่วที่อยู่ในรูปของฝุ่นละอองจากตัวอย่างของกระดาษกรองฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน โดยวิธีเคมีซึ่งทำการดัดแปลงให้เหมาะสมตาม Method IO-3.1 (U.S.EPA., 1999) ดังนี้

(1) ตัดกระดาษกรองเป็นแถวยาวขนาด 1x8 นิ้ว โดยใช้แผ่นรองตัดและอุปกรณ์ตัดพิซซ่า โดยตัดกระดาษกรองให้เป็นชิ้น ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร

(2) ใช้ปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร ดูดสารละลาย Extraction solution ซึ่งประกอบด้วย 5.55% กรดไนตริกและ 16.75% กรดไฮโดรคลอริก เติมน้ำลงไปให้ท่วมกระดาษกรอง และปิดด้วยกระจกนาฬิกา ก่อนนำไปต้มบน Hot plate ในตู้ดูดควันเป็นเวลา 30 นาที และระวังไม่ให้อ่างละลายแห้ง

(3) นำบีกเกอร์ลงจาก Hot plate และตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

(4) ชะล้างผนังบีกเกอร์ให้ทั่วด้วยน้ำกลั่น

(5) เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

(6) เทสารละลายจากบีกเกอร์ ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร โดยพยายามล้างตัวอย่างที่วิเคราะห์ออกจากกระดาษกรองให้หมดด้วยน้ำกลั่น

(7) ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน

(8) เทตัวอย่างในขวด Polyethylene (PE) ขนาด 60 มิลลิลิตร

(9) นำสารละลายมาวิเคราะห์โลหะด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) โดยการวิเคราะห์อ้างอิงวิธี IO-3.5 (US. EPA, 1999)

3.3.5 การรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.5.1 การรวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลอุตุนิยมิวิทยาจากสถานีตรวจวัดอากาศ ที่อยู่ในบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง

3.3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

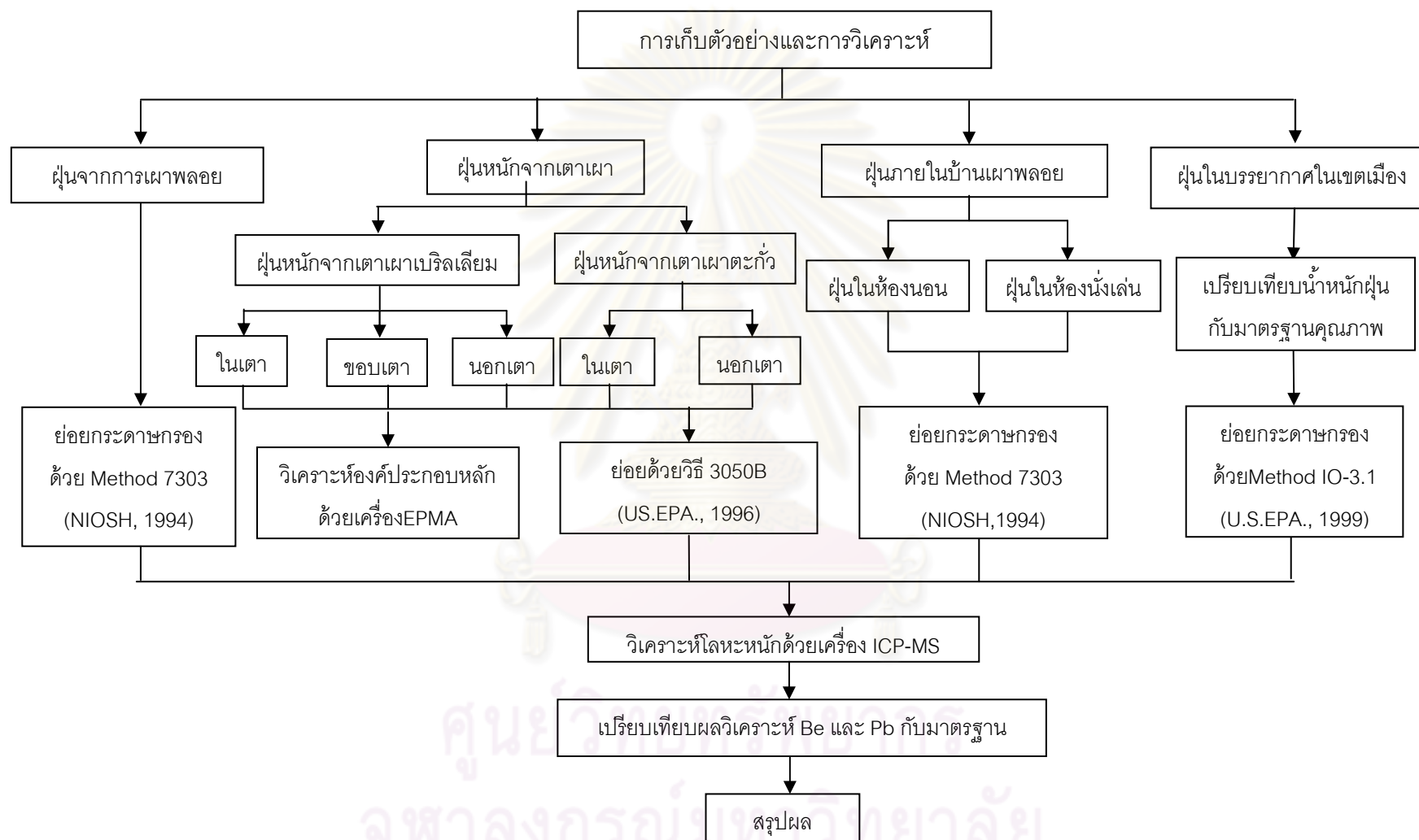
1) วิเคราะห์ความแตกต่างของความเข้มข้นของเบริลเลียมภายในบ้านระหว่างช่วงที่มีการเผาพลอยและไม่มีการเผาพลอย ด้วยวิธีวิเคราะห์ 2- Independent Samples (Mann-Whitney Test)

2) วิเคราะห์ความแตกต่างของความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ของจุดเก็บตัวอย่างด้วยวิธีวิเคราะห์ K-Independent Samples (Kruskal-Wallis test)

3) วิเคราะห์ความแตกต่างของความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างระหว่างลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ด้วยวิธีวิเคราะห์ 2-Independent Samples (Mann-Whitney Test)

4) วิเคราะห์ความแตกต่างของความเข้มข้นของเบริลเลียมและตะกั่วในอนุภาคฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ด้วยวิธีวิเคราะห์ K-Independent Sample (Kruskal-Wallis test)

5) วิเคราะห์ความแตกต่างของความเข้มข้นของเบริลเลียมและตะกั่วในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างระหว่างลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ด้วยวิธีวิเคราะห์ 2- Independent Samples (Mann-Whitney Test)



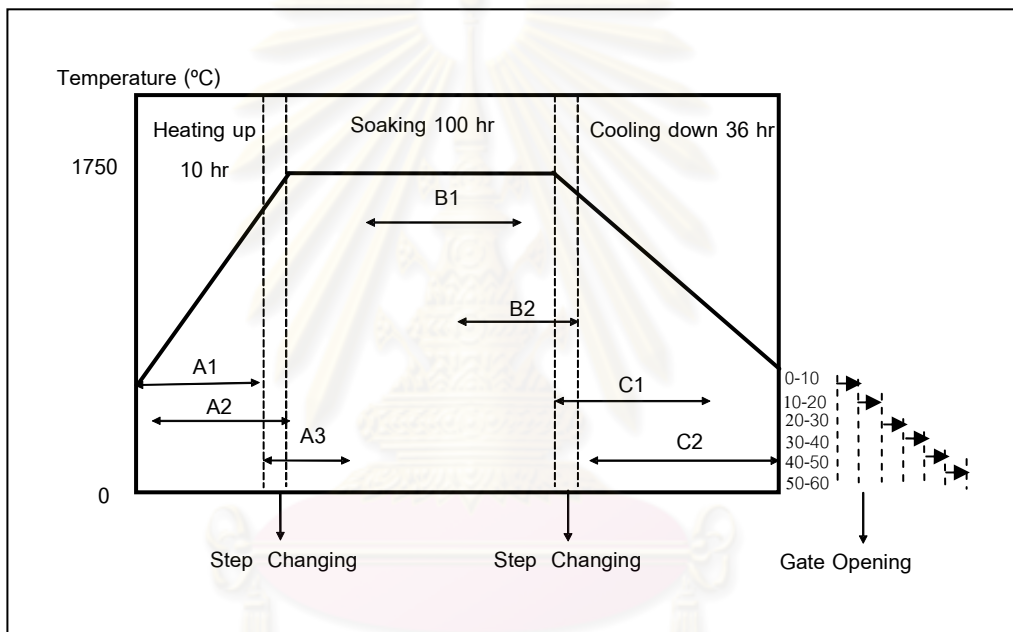
ภาพที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินการศึกษา

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

4.1 ความเข้มข้นของเบริลเลียมที่ปนเปื้อนในอนุภาคฝุ่นละอองจากการเผาพลอย

จากการศึกษาความเข้มข้นของเบริลเลียมในอนุภาคฝุ่นละอองจากเตาเผาพลอย ทำการเก็บตัวอย่างใน 1 รอบของการเผา ดังภาพที่ 4.1 ภายในบ้าน 2 หลัง พบว่า ความเข้มข้นของเบริลเลียมที่ตรวจวัดมีค่าระหว่าง 0.002 - 0.799 มคก./ลบ.ม. (ตารางที่ 4.1) ทั้งนี้รายละเอียดของผลการตรวจวัดในบ้านแต่ละหลังสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.1 แผนผังการเก็บตัวอย่างใน 1 รอบของการเผาพลอย

4.1.1 ในระหว่างการเผาพลอย

1) บ้านหลังที่ 1

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของเบริลเลียมในช่วง Heating up ได้แก่ ช่วง A1 A2 และ A3 มีค่าเท่ากับ 0.122 0.043 และ 0.022 มคก./ลบ.ม. ตามลำดับ ส่วนในช่วง Soaking ได้แก่ ช่วง B1 และ B2 มีค่าเท่ากับ 0.517 และ 0.799 มคก./ลบ.ม. และในช่วง Cooling down ได้แก่ ช่วง C1 และ C2 มีค่าเท่ากับ 0.172 และ 0.202 มคก./ลบ.ม. จะเห็นได้ว่าในช่วงที่ความเข้มข้นของเบริลเลียมมีค่าสูงสุดในช่วง Soaking ซึ่งเป็นช่วงที่อุณหภูมิสูงสุดคงที่ที่ 1750 องศาเซลเซียส ประกอบกับบริเวณห้องเผาพลอยมีระบบระบายอากาศที่ไม่ดี จึงทำให้ตรวจพบเบริลเลียมในอนุภาคฝุ่นละอองได้มาก ดังตารางที่ 4.1

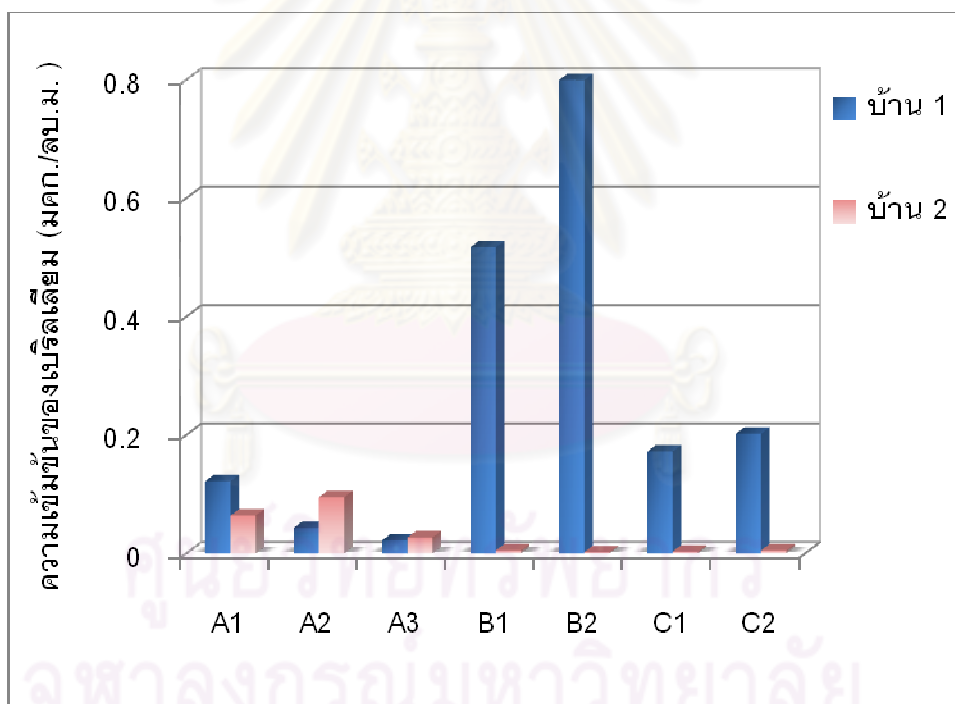
2) บ้านหลังที่ 2

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของเบริลเลียมในช่วง Heating up ได้แก่ ช่วง A1 A2 และ A3 มีค่าเท่ากับ 0.064 0.095 และ 0.027 มคก./ลบ.ม. ตามลำดับ ส่วนในช่วง Soaking ได้แก่ ช่วง B1 และ B2 มีค่าเท่ากับ 0.005 และ 0.002 มคก./ลบ.ม. และในช่วง Cooling down ได้แก่ ช่วง C1 และ C2 มีค่าเท่ากับ 0.003 และ 0.005 มคก./ลบ.ม. ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ความเข้มข้นของเบริลเลียมในอนุภาคฝุ่นละอองจากการเผาพลอย

บ้าน หลังที่	ความเข้มข้นของเบริลเลียม (มคก./ลบ.ม.)							
	ช่วง A1	ช่วง A2	ช่วง A3	ช่วง B1	ช่วง B2	ช่วง C1	ช่วง C2	ค่าเฉลี่ย
1	0.122	0.043	0.022	0.517 ^a	0.799 ^a	0.172	0.202	0.268
2	0.064	0.095	0.027	0.005	0.002	0.003	0.005	0.028

หมายเหตุ: ^a คือ ค่าสูงเกินมาตรฐานการรับสัมผัสของ NIOSH ซึ่งกำหนดไว้ที่ 0.500 มคก./ลบ.ม.



ภาพที่ 4.2 เปรียบเทียบความเข้มข้นของเบริลเลียมช่วงระหว่างการเผาพลอยในบ้าน 2 หลัง

เมื่อเปรียบเทียบผลการตรวจวัดในบ้านทั้ง 2 หลัง (ภาพที่ 4.2) พบว่า ในช่วง Heating up ค่าความเข้มข้นของเบริลเลียมจากบ้านทั้งสองหลังมีความแตกต่างกันอย่างไม่ชัดเจน ขณะที่ในช่วง Soaking และช่วง Cooling down พบว่า บ้านหลังที่ 1 และ 2 สังเกตเห็นความแตกต่างของความเข้มข้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในช่วง Soaking ของบ้านหลังที่ 1 ซึ่งมีระบบระบายอากาศที่ไม่ดีมีค่าสูงกว่าบ้านหลังที่ 2

เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานพบว่า ค่าความเข้มข้นของเบริลเลียมที่ตรวจวัดในบ้านหลังที่ 1 ในช่วง B1 (ช่วง Soaking 8 ชั่วโมง) และช่วง B2 (ช่วง Soaking 7 ชั่วโมงและช่วง Cooling down 1 ชั่วโมง) มีค่าเกินมาตรฐานของ NIOSH ที่กำหนดความเข้มข้นของเบริลเลียมและสารประกอบเบริลเลียมต้องมีค่าไม่เกิน 0.500 มคก./ลบ.ม.

ทั้งนี้ความเข้มข้นของเบริลเลียมจากบ้านทั้งสองหลังมีค่าไม่เกินมาตรฐานตามประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม(สารเคมี) ซึ่งกำหนดความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงานปกติต้องมีค่าไม่เกิน 2 มคก./ลบ.ม. (กระทรวงมหาดไทย, 2520)

4.1.2 ช่วงการเปิดเตาเผาพลอย

สำหรับบ้านหลังที่ 1 ไม่ได้ทำการตรวจวัดเนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องการได้รับอนุญาตในการตรวจวัด ส่วนบ้านหลังที่ 2 ในช่วงที่มีการเปิดเตาเผาพลอยความเข้มข้นของเบริลเลียมมีค่าระหว่าง 0.095-0.401 มคก./ลบ.ม. โดยความเข้มข้นสูงสุดที่ตรวจวัดได้อยู่ในช่วงเวลา 50-60 นาทีหลังจากการเปิดเตา ดังตารางที่ 4.2 ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเปิดเตาเผาทำในช่วงที่อุณหภูมิลดลงเท่าอุณหภูมิห้องแล้ว การฟุ้งกระจายของฝุ่นจึงลดลง อีกทั้งบ้านมีการระบายอากาศที่ดี ทำให้ฝุ่นที่ฟุ้งจากเตามีการกระจายตัวไปในอากาศได้ดี ดังนั้นการเปิดเตาเผาทำในช่วงที่อุณหภูมิลดลงเท่าอุณหภูมิห้องแล้ว ส่งผลให้การฟุ้งกระจายของฝุ่นลดลง

ตารางที่ 4.2 ความเข้มข้นของเบริลเลียมในอนุภาคฝุ่นละอองช่วงเปิดประตูเตาเผาพลอย

บ้าน หลังที่	ความเข้มข้นของเบริลเลียม (มคก./ลบ.ม.)					
	0-10 นาที	10-20 นาที	20-30 นาที	30-40 นาที	40-50 นาที	50-60 นาที
2	0.095	0.057	0.022	0.210	0.025	0.401

จากการศึกษาข้างต้น พบว่า บ้านหลังที่ 1 มีความเข้มข้นของเบริลเลียมในอนุภาคฝุ่นละอองสูงสุด ในช่วงที่อุณหภูมิของเตาเผาามีค่าสูงสุด แต่ในช่วงที่เปิดเตาเผาพลอยไม่ได้ทำการตรวจวัดดังที่กล่าวในข้างต้น ในขณะที่บ้านหลังที่ 2 ความเข้มข้นของเบริลเลียมในอนุภาคฝุ่นละอองจากกระบวนการเผาพลอยจะเกิดขึ้นมากในขณะที่มีการเปิดเตาเผาพลอย ซึ่งเป็นช่วงที่มีการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองมากที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Chuenjit (2007) ที่ได้ทำการศึกษาระบายตัวของอนุภาคฝุ่นละอองจากกระบวนการปรับปรุงคุณภาพพลอยทับทิมด้วยความร้อนในจังหวัดจันทบุรี พบว่า ช่วงระหว่างการเผาพลอยพบความเข้มข้นของตะกั่วมีค่าระหว่าง 0.001-0.413 มก./ลบ.ม. ในขณะที่ช่วงที่มีการเปิดเตาเผาพลอยพบความเข้มข้นของตะกั่วมีค่าระหว่าง 0.576-25.420

มก./ลบ.ม. ซึ่งค่าความเข้มข้นสูงสุดในช่วง 10 นาทีแรกของการเปิดเตา ทั้งนี้เพราะเตาเผาพลอยทับทิมเปิดเตาในขณะที่เตายังมีอุณหภูมิสูง จึงทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นในเตาสู่ภายนอกได้อย่างรวดเร็ว สำหรับเตาเผาพลอยบุษราคัมพบว่า ค่าความเข้มข้นของเบริลเลียมสูงสุดในช่วง 50-60 นาทีภายหลังจากเปิดเตา เนื่องจากเตาเผาพลอยบุษราคัมเปิดขณะที่อุณหภูมิเตาลดลงจนเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้ว จึงทำให้การฟุ้งกระจายของฝุ่นลดลง การที่พบความเข้มข้นในช่วงที่เวลาผ่านไปเกือบ 1 ชั่วโมงนั้น อาจสืบเนื่องจากการเกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นที่บริเวณรอบๆ เตามาร่วมด้วย

4.2 ความเข้มข้นของเบริลเลียมและตะกั่วที่ปนเปื้อนในอนุภาคฝุ่นหนักที่ตกค้างจากเตาเผาพลอย

4.2.1 เตาเผาพลอยที่เดิมสารประกอบเบริลเลียม

4.2.1.1 องค์ประกอบของฝุ่นหนักที่ตกค้างจากเตาเผาพลอย ด้วยเครื่อง EPMA

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของฝุ่นหนักที่ตกค้างด้วยเครื่อง EPMA จากจุดเก็บตัวอย่าง 3 จุด คือ บริเวณในเตา ขอบเตา และนอกเตาดังภาพที่ 4.2 ของบ้านตัวอย่าง 2 หลัง ดังนี้



(ก)

(ข)

ภาพที่ 4.3 (ก) จุดเก็บตัวอย่างฝุ่นหนักที่ตกค้างจากเตาเผาพลอย (1) ภายในเตาเผาพลอย

(2) ขอบเตาเผาพลอย (ข) จุดเก็บตัวอย่างบริเวณภายนอกเตาเผาพลอย

1) บ้านหลังที่ 1

ผลการวิเคราะห์ฝุ่นหนักที่ตกค้างจากเตาเผาพลอย พบว่า ในเตามีเปอร์เซ็นต์ออกไซด์ของธาตุที่มีองค์ประกอบสูงสุด คือ อะลูมินา (Al) รองลงมา คือ ซิลิกอน (Si) และเบริลเลียม (Be) ในขณะที่บริเวณขอบเตาพบเปอร์เซ็นต์ออกไซด์ของธาตุโมลิบดีนัม (Mo) สูงสุด

รองลงมา คือ อะลูมินา (Al) และซิลิกอน (Si) ส่วนบริเวณนอกเตาพบเปอร์เซ็นต์ออกไซด์ของธาตุ อะลูมินา (Al) สูงสุด รองลงมา ซิลิกอน (Si) และเหล็ก (Fe) ดังตารางที่ 4.3

2) บ้านหลังที่ 2

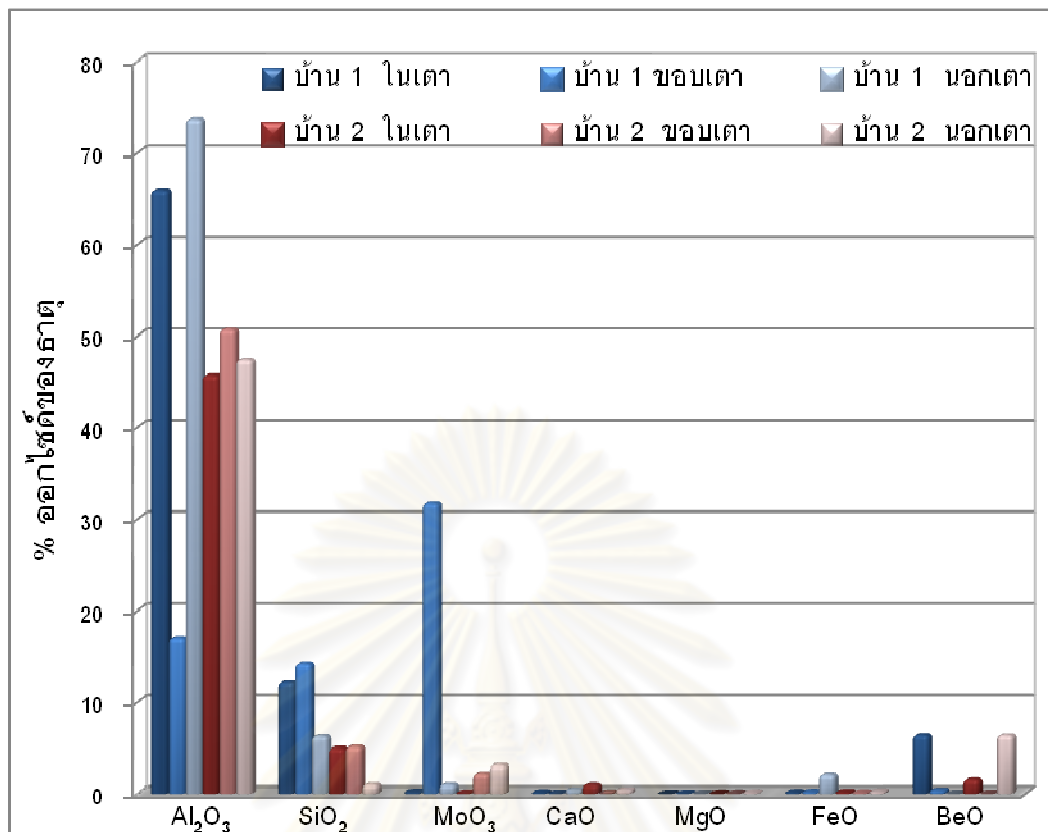
ผลการวิเคราะห์ฝุ่นหนักที่ตกค้างจากเตาเผาพลอย พบว่า ในเตามีเปอร์เซ็นต์ออกไซด์ของธาตุที่มีองค์ประกอบสูงสุด คือ อะลูมินา (Al) รองลงมา ซิลิกอน (Si) และเบริลเลียม (Be) ในขณะที่บริเวณขอบเตาพบเปอร์เซ็นต์ออกไซด์ของธาตุของธาตุอะลูมินา (Al) สูงสุด รองลงมา ซิลิกอน (Si) และ โมลิบดีนัม (Mo) ส่วนบริเวณนอกเตาพบเปอร์เซ็นต์ออกไซด์ของธาตุ อะลูมินา (Al) สูงสุด รองลงมา เบริลเลียม (Be) และ โมลิบดีนัม (Mo) ดังตารางที่ 4.3

เปอร์เซ็นต์ออกไซด์ของธาตุในบ้านทั้ง 2 หลังที่พบนั้นมาจากองค์ประกอบของกระบวนการเผาพลอย ดังนี้ เบ้าเผาพลอย มีองค์ประกอบของธาตุ ได้แก่ อะลูมินา ซิลิกอน แคลเซียม และ แมกนีเซียมสำหรับพลอยคอร์ันดัม มีองค์ประกอบของธาตุ ได้แก่ อะลูมินาและเหล็ก ส่วนขดลวดความร้อน มีองค์ประกอบของธาตุ ได้แก่ ซิลิกอน และโมลิบดีนัม ในขณะที่สารเคมีที่เติมลงไปในการเผาพลอย มีองค์ประกอบของธาตุ คือ เบริลเลียม

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ออกไซด์ของธาตุในบ้านทั้ง 2 หลังพบว่า เปอร์เซ็นต์ออกไซด์ของธาตุแต่ละจุดเก็บตัวอย่างในบ้านทั้ง 2 หลัง มีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง EPMA เป็นการยิงอิเล็กตรอนเข้าไปในแต่ละจุดของตัวอย่างฝุ่นหนัก และความไม่เป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างทำให้ค่าที่ได้ในแต่ละครั้งมีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์ออกไซด์ของธาตุในฝุ่นหนักที่ตกค้างจากเตาเผาพลอยที่เติมสารประกอบเบริลเลียม ในบ้าน 2 หลัง จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง EPMA

จุดเก็บตัวอย่าง		เปอร์เซ็นต์ออกไซด์ของธาตุ						
		Al ₂ O ₃	SiO ₂	MoO ₃	CaO	MgO	FeO	BeO
บ้าน หลังที่ 1	1. ในเตา	65.889	12.223	0.215	0.112	0.002	0.155	6.477
	2. ขอบเตา	17.054	14.229	31.766	0.008	0.000	0.203	0.386
	3. นอกเตา	73.728	6.376	1.045	0.484	0.000	2.169	0.000
บ้าน หลังที่ 2	1. ในเตา	45.755	5.044	0.042	1.018	0.021	0.188	1.613
	2. ขอบเตา	50.764	5.185	2.254	0.033	0.022	0.105	0.000
	3. นอกเตา	47.493	1.057	3.209	0.487	0.097	0.264	6.460



ภาพที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์ออกไซด์ของธาตุในฝุ่นหนักที่ตกค้างจากเตาเผาพลอยที่เติมสารประกอบเบริลเลียม ในบ้าน 2 หลัง วิเคราะห์ด้วยเครื่อง EPMA

4.2.1.2 การวิเคราะห์ทางเคมีด้วย Method 3050B (U.S. EPA., 1996)

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีด้วยการย่อยด้วย Method 3050B (U.S. EPA., 1996) และวิเคราะห์ด้วย ICP-MS ในบ้านทั้ง 2 หลัง ดังนี้

1) บ้านหลังที่ 1

จากผลการวิเคราะห์ฝุ่นหนักที่ตกค้างจากเตาเผาพลอยด้วยวิธี 3050B (U.S. EPA., 1996) ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 3 จุด ได้ผลการวิเคราะห์ ดังนี้ บริเวณในเตาและขอบเตา พบว่า ความเข้มข้นของโมลิบดีนัมมีค่าสูงสุดเท่ากับ 11,410 และ 26,745 มก./กก. ตามด้วย อะลูมิเนียมและตะกั่ว บริเวณนอกเตา พบว่า ความเข้มข้นของโมลิบดีนัมมีค่าสูงสุดเท่ากับ 40,900 มก./กก. ตามด้วยตะกั่วและอะลูมิเนียม ดังตารางที่ 4.4

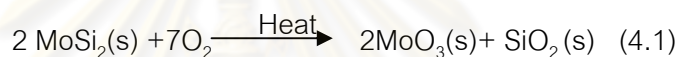
2) บ้านหลังที่ 2

จากผลการวิเคราะห์ฝุ่นหนักที่ตกค้างจากเตาเผาพลอยด้วยวิธี 3050B (U.S. EPA., 1996) ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 3 จุดได้ผลการวิเคราะห์ ดังนี้ บริเวณในเตาและขอบเตา พบว่า ความเข้มข้นของโมลิบดีนัมมีค่าสูงสุดเท่ากับ 9,770 และ 32,685 มก./กก. ตามด้วยตะกั่วและ

อะลูมิเนียม ส่วนบริเวณนอกเตา พบว่า ความเข้มข้นของโมลิบดีนัมมีค่าสูงสุดเท่ากับ 41,030 มก./กก. ตามด้วยอะลูมิเนียมและตะกั่ว ดังตารางที่ 4.4

เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากบ้านทั้ง 2 หลัง (ตารางที่ 4.4) กับมาตรฐานองค์ประกอบของสิ่งเจือปนในสิ่งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พบว่า ความเข้มข้นของโมลิบดีนัมและตะกั่วมีค่าสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดให้โมลิบดีนัมและ/หรือสารประกอบโมลิบดีนัมมีความเข้มข้นไม่เกิน 3,500 มก./กก. และตะกั่วและ/หรือสารประกอบตะกั่วมีความเข้มข้นไม่เกิน 1,000 มก./กก

การที่พบความเข้มข้นของโมลิบดีนัมในฝุ่นจากบริเวณที่เก็บตัวอย่างทั้ง 3 จุดของบ้านทั้ง 2 หลังมีค่าสูงเกินมาตรฐาน เพราะโมลิบดีนัมไดซิลิไซด์ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของขดลวดความร้อนที่ใช้ในเตาไฟฟ้า ซึ่งคุณสมบัติของขดลวดนี้คือ สามารถเพิ่มอุณหภูมิได้รวดเร็ว แต่ข้อเสียคือมีความเปราะสูง เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิขึ้นอย่างรวดเร็ว รวมทั้งการเผาไหม้ได้สภาวะที่มีออกซิเจน ทำให้เกิดกระบวนการ Pest Oxidation ดังสมการ 4.1 (Yao et al., 1999)



ผลการวิเคราะห์ฝุ่นหนักจากบ้านทั้ง 2 หลัง พบว่า ฝุ่นที่มีค่าความเข้มข้นของเบริลเลียมสูงสุดคือ ฝุ่นนอกเตา และฝุ่นที่มีค่าความเข้มข้นของเบริลเลียมต่ำสุดคือ ฝุ่นในเตา การที่ฝุ่นนอกเตามีค่าความเข้มข้นสูง เป็นผลสืบเนื่องมาจาก การฟุ้งกระจายของเบริลเลียมในขณะที่ทำการเติมสารประกอบดังกล่าวในช่วงเวลาการเผาผลอยและการเปิดเตาเผาผลอย โดยฝุ่นที่ฟุ้งกระจายนั้นจะถูกสะสมอยู่ในบริเวณภายนอกเตา แต่ความเข้มข้นที่ตรวจสอบได้จากบ้านทั้ง 2 หลังยังมีปริมาณต่ำกว่าค่ามาตรฐานการกำจัดสิ่งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ที่กำหนดให้ ความเข้มข้นของเบริลเลียมมีค่าไม่เกิน 75 มก./กก.

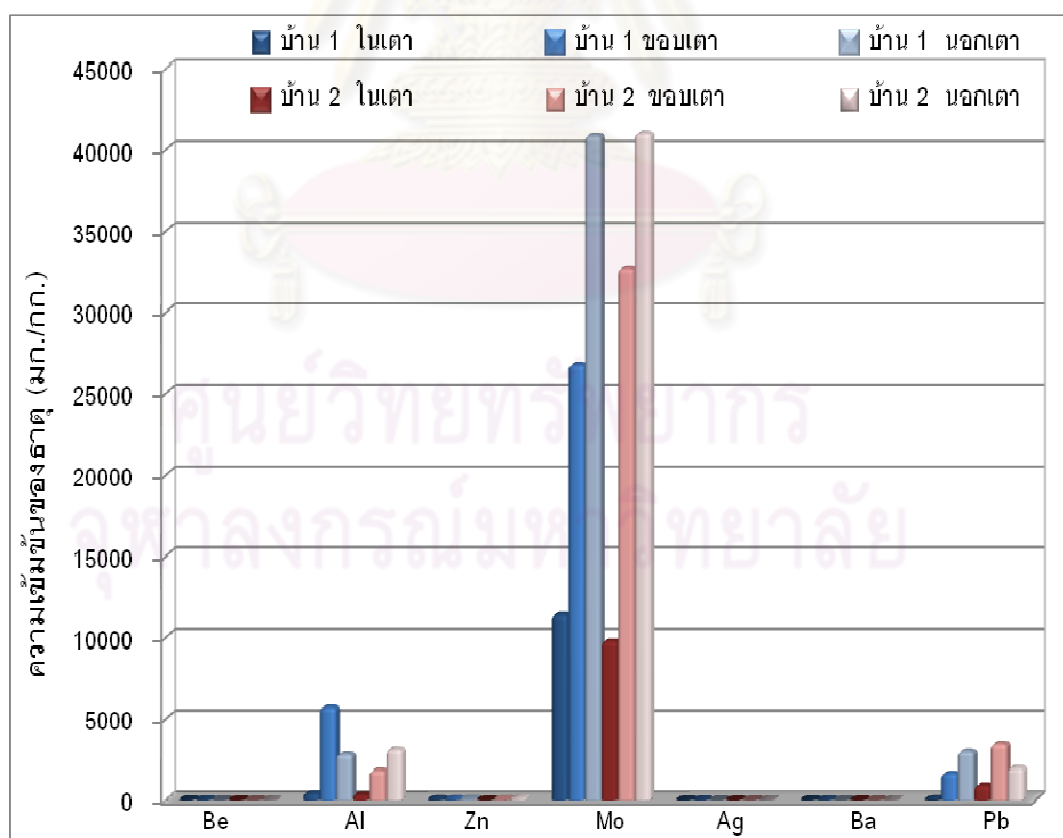
ทั้งนี้ ผลวิเคราะห์ฝุ่นหนักจากเตาเผาผลอยที่เติมสารประกอบเบริลเลียม พบว่า ความเข้มข้นของเบริลเลียมไม่เกินค่ามาตรฐานองค์ประกอบของสิ่งเจือปนในสิ่งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว แต่พบความเข้มข้นของโมลิบดีนัมและตะกั่วมีค่าเกินมาตรฐานดังกล่าว ดังนั้นในการกำจัดฝุ่นหนักที่ตกค้างจากเตาเผาผลอย จึงควรมีการแยกฝุ่นหนักออกจากสิ่งปฏิภูลทั่วไป

ความแตกต่างของผลการวิเคราะห์ของทั้ง 2 วิธี เป็นผลเนื่องมาจากวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ที่ต่างกัน การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง EPMA เป็นการวิเคราะห์หาสัดส่วนในรูปสารประกอบออกไซด์ของธาตุทุกชนิดที่เป็นองค์ประกอบในฝุ่น ในขณะที่การย่อยฝุ่นด้วยวิธี 3050B และวิเคราะห์โลหะด้วยเครื่อง ICP-MS เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณโลหะที่มีอยู่ในฝุ่นละอองและมีข้อจำกัดในเรื่อง การละลายของโลหะต่างๆ ในสารละลายที่ใช้ในการย่อยไม่เท่ากัน ทำให้ผลวิเคราะห์ด้วยวิธีทั้ง 2 มีค่าต่างกัน

ตารางที่ 4.4 ความเข้มข้นของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในฝุ่นหนักที่ตกค้างจากเตาเผาพลอยที่เดิมสารประกอบเบริลเลียม ในบ้าน 2 หลัง จากการย่อยด้วยวิธี 3050B และวิเคราะห์ด้วย ICP-MS

บ้าน	บริเวณ	ความเข้มข้นของธาตุ (มก./กก.)						
		Be	Al	Zn	Mo	Ag	Ba	Pb
1	ในเตา	1.74	416	26.80	11,410	0.71	0.66	22
	ขอบเตา	7.60	5,720	28.84	26,745	3.71	4.62	1,665
	นอกเตา	13.98	2,834	88.50	40,900	1.10	1.68	3,011
2	ในเตา	1.84	315	10.46	9,770	0.34	0.60	911
	ขอบเตา	1.81	1,848	30.96	32,685	1.13	0.95	3,490
	นอกเตา	11.29	3,142	116.35	41,030	2.88	5.42	1,996
มาตรฐาน*		75.00	0.000	5,000	3,500	500	10,000	1,000

หมายเหตุ : *มาตรฐานองค์ประกอบของสิ่งเจือปนในสิ่งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ.2548



ภาพที่ 4.5 ความเข้มข้นของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในฝุ่นหนักที่ตกค้างจากเตาเผาพลอยที่เดิมสารประกอบเบริลเลียม ในบ้าน 2 หลัง จากการย่อยด้วยวิธี 3050B และวิเคราะห์ด้วย ICP-MS

4.2.2 เตาเผาพลอยที่เติมสารประกอบตะกั่ว

4.2.2.1 องค์ประกอบของฝุ่นหนักที่ตกค้างจากเตาเผาพลอย ด้วยเครื่อง EPMA

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของฝุ่นหนักที่ตกค้างด้วยเครื่อง EPMA จากจุดเก็บตัวอย่าง 2 จุด คือ บริเวณในเตาและนอกเตา ดังนี้

1) บ้านหลังที่ 3

ผลการวิเคราะห์ฝุ่นหนักที่ตกค้างจากเตาเผาพลอย พบว่า บริเวณในเตาพบเปอร์เซ็นต์ออกไซด์ของธาตุที่เป็นองค์ประกอบสูงสุด คือ อะลูมินา (Al) รองลงมา ซิลิกอน (Si) และตะกั่ว (Pb) ในขณะที่บริเวณนอกเตา พบเปอร์เซ็นต์ออกไซด์ของธาตุเหล็ก (Fe) สูงสุด รองลงมา ซิลิกอน (Si) และอะลูมินา (Al) ดังตารางที่ 4.5

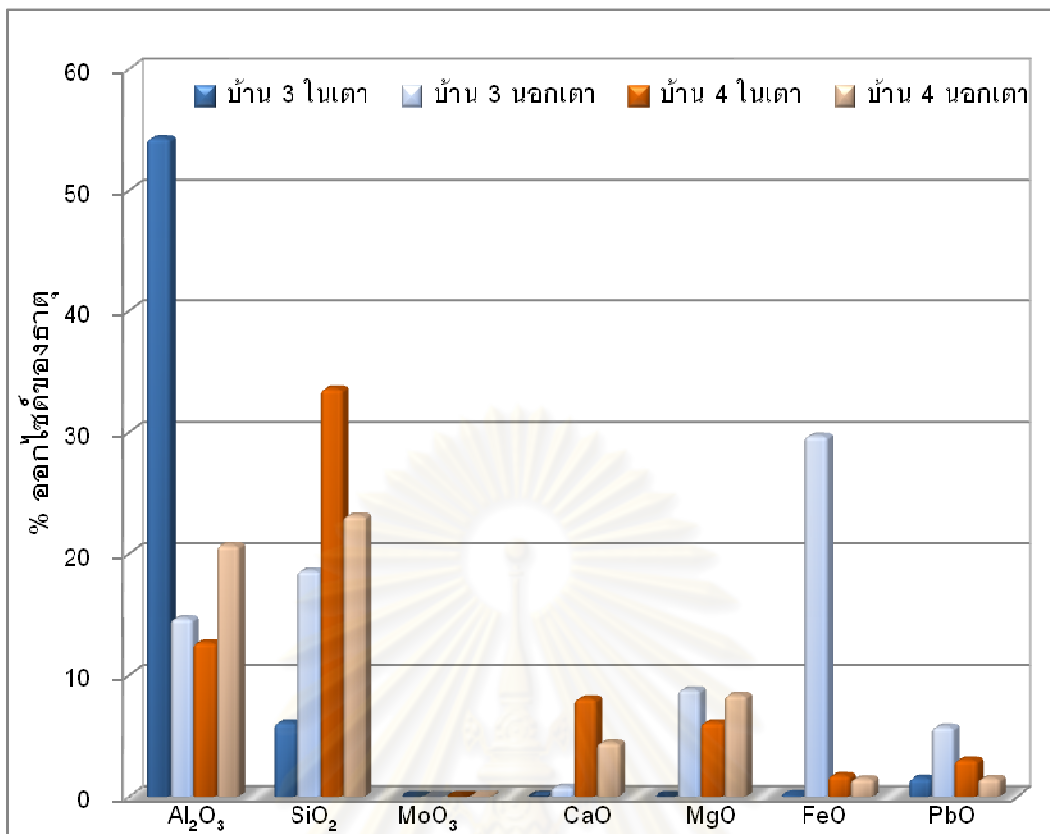
2) บ้านหลังที่ 4

ผลการวิเคราะห์ฝุ่นหนักที่ตกค้างจากเตาเผาพลอย พบว่า บริเวณในเตามีเปอร์เซ็นต์ออกไซด์ของธาตุที่มีองค์ประกอบสูงสุด คือ ซิลิกอน (Si) รองลงมาคือ อะลูมินา (Al) และแคลเซียม (Ca) ในขณะที่บริเวณนอกเตาพบเปอร์เซ็นต์ออกไซด์ของธาตุซิลิกอน (Si) สูงสุด รองลงมาคือ อะลูมินา (Al) และแมกนีเซียม (Mg) ดังตารางที่ 4.5

เปอร์เซ็นต์ออกไซด์ของธาตุในบ้านทั้ง 2 หลังที่พบนั้นมาจากองค์ประกอบของกระบวนการเผาพลอย ดังนี้ เตาเผาพลอยมีองค์ประกอบของธาตุ ได้แก่ อะลูมินา ซิลิกอน แคลเซียม และแมกนีเซียม สำหรับพลอยคอรัลมีองค์ประกอบของธาตุ ได้แก่ อะลูมินาและเหล็ก ในขณะที่ขดลวดความร้อนมีองค์ประกอบของธาตุ ได้แก่ ซิลิกอนและโมลิบดีนัม ส่วนสารเคมีที่เติมลงไปในการเผาพลอยมีองค์ประกอบของธาตุ คือ ตะกั่ว

ตารางที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์ออกไซด์ของธาตุในฝุ่นหนักที่ตกค้างจากเตาเผาพลอยที่เติมสารประกอบตะกั่ว ในบ้าน 2 หลัง จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง EPMA

จุดเก็บตัวอย่าง		เปอร์เซ็นต์ออกไซด์ของธาตุ						
		Al ₂ O ₃	SiO ₂	MoO ₃	CaO	MgO	FeO	PbO
บ้าน หลังที่ 3	1. ในเตา	54.283	6.094	0.000	0.024	0.000	0.121	1.514
	2. นอกเตา	14.666	18.580	0.002	0.793	8.810	29.677	5.731
บ้าน หลังที่ 4	1. ในเตา	12.667	33.560	0.010	8.058	6.087	1.751	3.021
	2. นอกเตา	20.680	23.111	0.045	4.439	8.347	1.469	1.512



ภาพที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์ออกไซด์ของธาตุในฝุ่นหนักจากเตาเผาพลอยที่เติมสารประกอบตะกั่วในบ้านทั้ง 2 หลัง จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง EPMA

4.2.2.2 การวิเคราะห์ทางเคมีด้วย Method 3050B (U.S. EPA., 1996)

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีด้วยการย่อยด้วย Method 3050B (U.S. EPA., 1996) และวิเคราะห์ด้วย ICP-MS ในบ้านทั้ง 2 หลัง ดังนี้

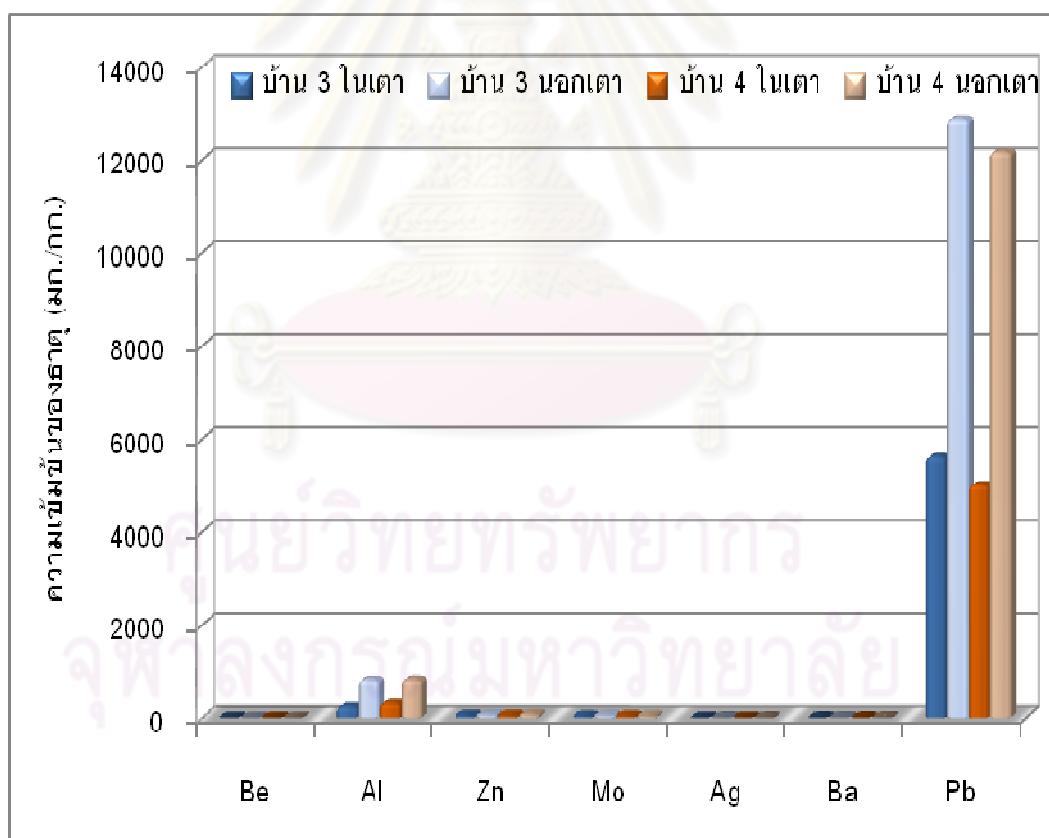
บริเวณในเตาของบ้านหลังที่ 3 และบ้านหลังที่ 4 พบว่า ความเข้มข้นของตะกั่วมีค่าสูงสุด เท่ากับ 5,610 และ 5,015 มก./กก. และบริเวณนอกเตามีค่าเท่ากับ 12,870 และ 12,160 มก./กก. ส่วนความเข้มข้นของเบริลเลียมมีค่าต่ำสุดและความเข้มข้นที่พบบริเวณในเตาเท่ากับ 0.001 มก./กก. และบริเวณนอกเตาเท่ากับ 0.002 มก./กก.

เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ (ตารางที่ 4.6) กับค่ามาตรฐานองค์ประกอบของสิ่งเจือปนในสิ่งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พบว่า ความเข้มข้นของตะกั่วสูงเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดให้ไม่เกิน 1,000 มก./กก. เนื่องจากการเติมสารประกอบตะกั่ว เป็นการเติมสารเพื่อไปอุดรอยแตกของพลอย แต่มีการเติมสารประกอบดังกล่าวเข้าไปมากเกินไปจนพอง จึงเกิดการตกค้างอยู่ในรูปของฝุ่นละอองที่บริเวณเตาเผาพลอย แล้วรวมตัวกับอนุภาคฝุ่นในบรรยากาศและตกกลับเป็นฝุ่นหนักบริเวณเตาเผาพลอย ซึ่งสอดคล้องกับ Chuenjit (2007) ที่พบตะกั่วในรูปของฝุ่นละอองขนาดเล็กบริเวณหน้าเตาเผาพลอย

ตารางที่ 4.6 ความเข้มข้นของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในฝุ่นที่ตกค้างจากเตาเผาพลอยที่เดิมสารประกอบตะกั่ว ในบ้าน 2 หลังจากการย่อยด้วยวิธี 3050B และวิเคราะห์ด้วย ICP-MS

บ้าน	บริเวณ	ความเข้มข้นของธาตุ (มก./กก.)						
		Be	Al	Zn	Mo	Ag	Ba	Pb
3	ในเตา	0.00	237.60	49.62	34.00	0.05	1.41	5,610
	นอกเตา	0.00	818.40	67.31	53.85	1.43	5.87	12,870
4	ในเตา	0.00	313.20	52.29	34.46	0.95	2.93	5,015
	นอกเตา	0.00	823.10	76.83	36.22	1.99	6.17	12,160
มาตรฐาน*		75.00	0.000	5,000	3,500	500	10,000	1,000

หมายเหตุ : *มาตรฐานองค์ประกอบของสิ่งเจือปนในสิ่งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ.2548



ภาพที่ 4.7 ความเข้มข้นของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในฝุ่นที่ตกค้างจากเตาเผาพลอยที่เดิมสารประกอบตะกั่ว ในบ้าน 2 หลังจากการย่อยด้วยวิธี 3050B และวิเคราะห์ด้วย ICP-MS

จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโมลิบดีนัมในบ้านทั้ง 2 หลัง พบว่า ความเข้มข้นของโมลิบดีนัมมีค่าระหว่าง 34.00-53.85 มก./กก. ซึ่งไม่เกินมาตรฐานองค์ประกอบของสิ่งเจือปนใน

สิ่งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว จะเห็นได้ว่า ความเข้มข้นของโมลิบดินัมมีค่าต่ำทั้งในการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง EPMA และวิธี 3050B (U.S. EPA., 1996) เนื่องจากกระบวนการเผาผลอยที่เติมสารประกอบตะกั่วใช้อุณหภูมิสูงสุดที่ 1000 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าการเผาผลอยที่เติมด้วยสารประกอบเบริลเลียม จึงทำให้ไม่เกิดปฏิกิริยา Pest Oxidation เป็นปฏิกิริยาที่ทำให้ขดลวดความร้อนที่มีองค์ประกอบคือ โมลิบดินัมไดซัลไฟด์ แตกตัวกลายเป็น โมลิบดินัมออกไซด์

4.3 ความเข้มข้นของเบริลเลียมที่ปนเปื้อนในอนุภาคฝุ่นละอองภายในบ้าน

การตรวจวัดความเข้มข้นของเบริลเลียมในบริเวณห้องนอนและห้องนั่งเล่นของบ้านตัวอย่างทั้ง 2 หลัง ได้ทำการตรวจวัดใน 2 กรณี คือ กรณีที่มีการเผาผลอย (ช่วง Soaking เป็นช่วงที่อุณหภูมิคงที่ 1750 องศาเซลเซียส) และกรณีที่ไม่มี การเผาผลอย มีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 บ้านหลังที่ 1

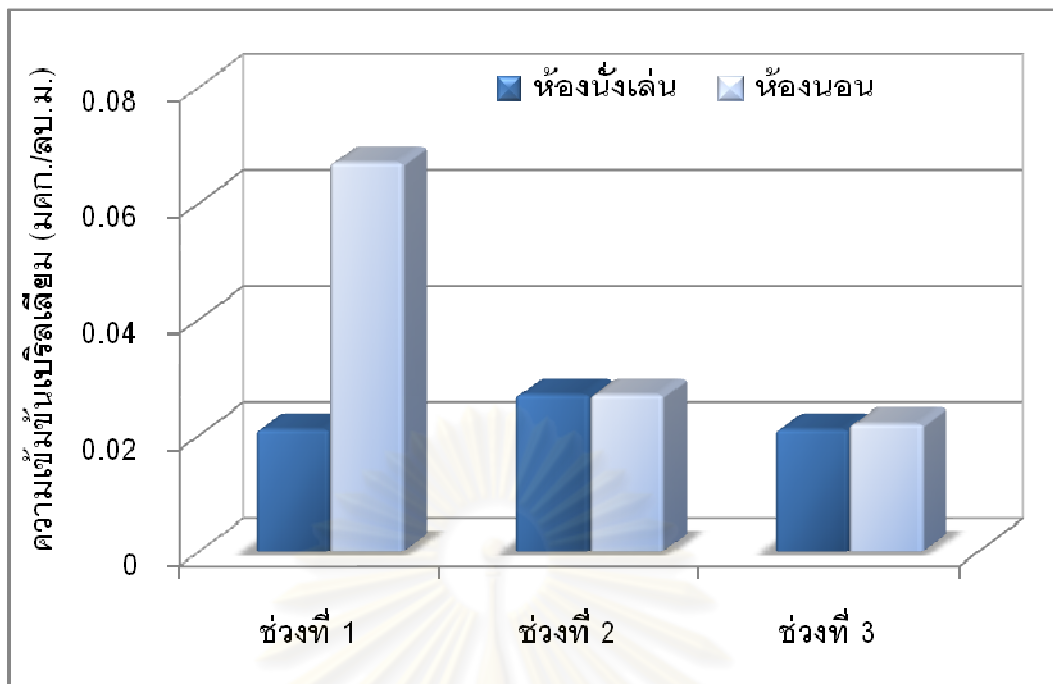
ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของเบริลเลียมในช่วงที่มีการเผาผลอยและไม่มี การเผาผลอยบริเวณห้องนั่งเล่นพบว่า มีค่าเท่ากับ 0.023 ± 0.003 และ 0.002 ± 0.001 มคก./ลบ.ม. ในขณะที่บริเวณห้องนอนความเข้มข้นของเบริลเลียมในช่วงเผาผลอยและไม่มี การเผา มีค่าเท่ากับ 0.039 ± 0.024 และ 0.004 ± 0.002 มคก./ลบ.ม. ซึ่งพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (sig = 0.0431 และ 0.0495) ดังตารางที่ 4.7 ทั้งนี้เพราะในขณะที่เผาผลอยมีการฟุ้งกระจายของเบริลเลียม จึงตรวจพบเบริลเลียมมากกว่าในช่วงที่ไม่มี การเผาผลอย

ตารางที่ 4.7 ความเข้มข้นของเบริลเลียมในบรรยากาศภายในบ้านหลังที่ 1

บริเวณ	การเผาผลอย	ความเข้มข้นของเบริลเลียม (มคก./ลบ.ม.)			ค่าเฉลี่ย (มคก./ลบ.ม.)
		ช่วงที่ 1	ช่วงที่ 2	ช่วงที่ 3	
ห้องนั่งเล่น	เผาผลอย	0.021	0.027	0.021	0.023 ± 0.003^a
	ไม่เผาผลอย	0.002	0.003	0.003	0.002 ± 0.001^a
ห้องนอน	เผาผลอย	0.067	0.027	0.022	0.039 ± 0.024^a
	ไม่เผาผลอย	0.004	0.002	0.006	0.004 ± 0.002^a
ค่ามาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) ในระยะเวลา 8 ชั่วโมง (กระทรวงมหาดไทย, 2520)					2.000

หมายเหตุ: ช่วงที่ 1 เวลา 11.00-19.00 น. ช่วงที่ 2 เวลา 19.00-03.00 น. ช่วงที่ 3 เวลา 03.00-11.00 น.

^a คือ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ภาพที่ 4.8 เปรียบเทียบความเข้มข้นของเบริลเดียมช่วงที่มีการเผาผลอยในบ้านหลังที่ 1

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยของเบริลเดียมในช่วงที่มีการเผาผลอยระหว่างห้องนั่งเล่นและห้องนอน ดังภาพที่ 4.8 พบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยในห้องนอนซึ่งอยู่ชั้น 2 มีค่าสูงกว่าในห้องนั่งเล่นซึ่งอยู่ในชั้นที่ 1 เนื่องจากระบบระบายอากาศบริเวณชั้นสองของบ้านไม่ดีเท่าชั้นล่าง จึงทำให้เกิดการระบายเบริลเดียมในรูปฝุ่นละอองสู่บรรยากาศภายนอกได้น้อย ซึ่งระบบที่ไม่ดีดังกล่าวยังทำให้เกิดการสะสมของเบริลเดียมในรูปฝุ่นละอองในช่วงที่มีการเผาผลอย

4.3.2 บ้านหลังที่ 2

ผลการตรวจวัด ความเข้มข้นเฉลี่ยของเบริลเดียมในช่วงที่มีการเผาผลอยและไม่มี การเผาผลอยบริเวณห้องนั่งเล่น พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.007 ± 0.003 และ 0.002 ± 0.000 มคก./ลบ.ม. ซึ่งพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\text{sig} = 0.0338$) ในขณะที่บริเวณห้องนอน มีค่าเท่ากับ 0.010 ± 0.009 และ 0.001 ± 0.000 มคก./ลบ.ม. ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\text{sig} = 0.1211$) ดังตารางที่ 4.8

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยของเบริลเดียมในช่วงที่มีการเผาผลอยระหว่างห้องนั่งเล่นและห้องนอน ดังภาพที่ 4.9 พบว่า ในห้องนอนความเข้มข้นเฉลี่ยมีค่าสูงกว่าในห้องนั่งเล่น เนื่องจากเตาเผาผลอยถูกติดตั้งไว้ที่บริเวณชั้นสองของบ้าน ซึ่งอยู่ใกล้กับห้องนอน แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\text{sig} = 0.1211$) ทั้งนี้บ้านหลังที่ 2 ระหว่างห้องนอนกับห้องเผาผลอยมีประตูกันไว้ ในขณะที่ห้องนั่งเล่นซึ่งอยู่ชั้นล่างของบ้าน มีบันไดเชื่อม

จากชั้นสองของบ้านมายังห้องนั่งเล่น โดยไม่มีประตูกั้นไว้ จึงทำให้ห้องนั่งเล่นได้รับผลกระทบจากห้องเผาผลอย โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (sig. = 0.0338)

ตารางที่ 4.8 ความเข้มข้นของเบริลเลียมในบรรยากาศภายในบ้านหลังที่ 2

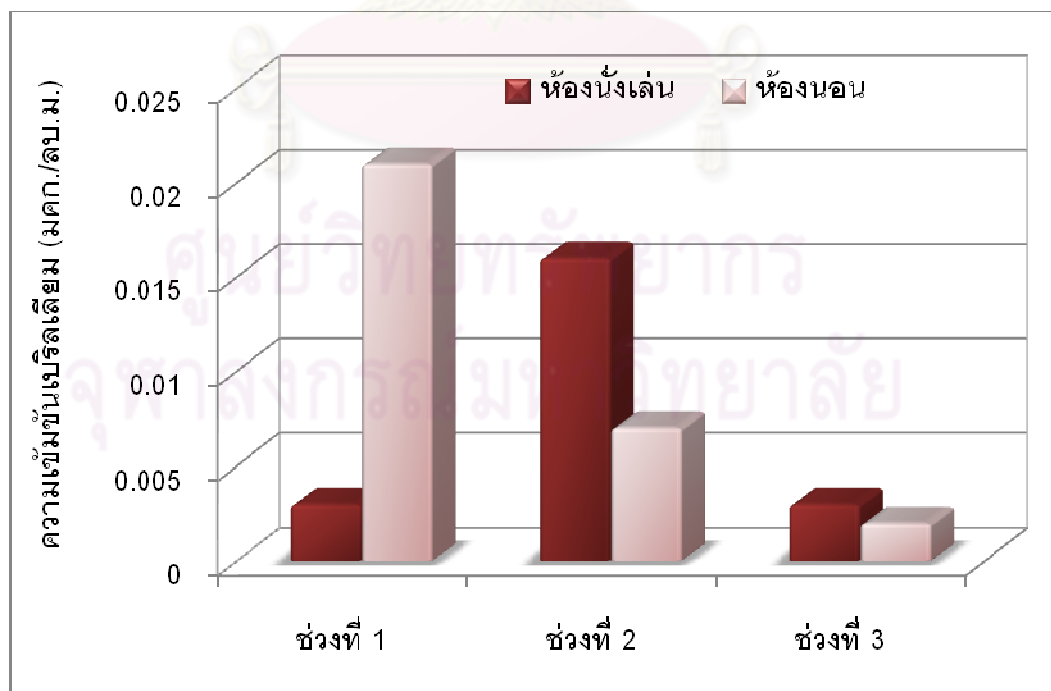
บริเวณ	ช่วง	ความเข้มข้นของเบริลเลียม (มคก./ลบ.ม.)			ค่าเฉลี่ย (มคก./ลบ.ม.)
		ช่วงที่ 1	ช่วงที่ 2	ช่วงที่ 3	
ห้องนั่งเล่น	เผาผลอย	0.003	0.016	0.003	0.007±0.003 ^a
	ไม่เผาผลอย	0.002	0.002	0.002	0.002±0.000 ^a
ห้องนอน	เผาผลอย	0.021	0.007	0.002	0.010±0.009 ^b
	ไม่เผาผลอย	0.003	ND	ND	0.002±0.001 ^b
ค่ามาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) ในระยะเวลา 8 ชั่วโมง (กระทรวงมหาดไทย, 2520)					2.000

หมายเหตุ: ช่วงที่ 1 เวลา 11.00-19.00 น. ช่วงที่ 2 เวลา 19.00-03.00 น. ช่วงที่ 3 เวลา 03.00-11.00 น.

Detection limit = 0.001 มคก./ลบ.ม., ND หมายถึง non detect

^a คือ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^b คือ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ภาพที่ 4.9 เปรียบเทียบความเข้มข้นของเบริลเลียมช่วงที่มีการเผาผลอย ในบ้านหลังที่ 2

จากการตรวจวัดฝุ่นละอองในห้องนอนของบ้านตัวอย่างทั้ง 2 หลัง เป็นที่น่าสังเกตว่า ความเข้มข้นเบริลเลียมมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 11.00-19.00 น. เนื่องจากในซึ่งเป็นช่วงกลางวันที่อุณหภูมิในบ้านสูง จึงเกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองได้มากกว่าในช่วงเวลากลางคืนถึงเช้าซึ่งอุณหภูมิต่ำกว่า

จากผลการศึกษารูปร่างต้นสรุปได้ว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยของเบริลเลียมในบ้านทั้ง 2 หลัง ในห้องนอนและห้องนั่งเล่น มีความเข้มข้นเฉลี่ยของเบริลเลียมต่ำกว่ามาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) ที่กำหนดให้ความเข้มข้นเฉลี่ยของเบริลเลียมตลอดระยะเวลาทำงานปกติมีค่าไม่เกิน 2 มคก./ลบ.ม. (กระทรวงมหาดไทย, 2520)

4.4 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม (TSP) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ที่กระจายสู่บรรยากาศบริเวณโดยรอบพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอย

4.4.1 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม ในช่วงของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ดังนี้

4.4.1.1 ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจากจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 5 จุด ทั้งนี้รายละเอียดของผลการตรวจวัดในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.9

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองรวม จากบริเวณวัดจันทนาราม และวัดไผ่ล้อมซึ่งเป็นจุดตรวจวัดเหนือลม พบว่า มีค่าเท่ากับ 89.75 ± 10.39 และ 77.25 ± 11.10 มคก./ลบ.ม. บริเวณจุดตรวจวัดบ้านพักสรรพสามิตและสถานีอุตุวิทยามหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นจุดใต้ลม มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองรวมเท่ากับ 85.40 ± 11.20 และ 112.13 ± 9.52 มคก./ลบ.ม. ตามลำดับ และบริเวณบ้านพักบริเวณวัดอ่างหินซึ่งเป็นจุดควบคุม มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองรวมเท่ากับ 90.70 ± 4.55 มคก./ลบ.ม.

ทั้งนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด พบว่า พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (sig. = 0.024) โดยบริเวณสถานีอุตุวิทยามหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นจุดใต้ลมมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดเนื่องจากบริเวณที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์มีลักษณะเป็นสนามหญ้า อีกทั้งอยู่ติดกับถนนสายหลักของตัวเมือง ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมมีค่าสูง รองลงมาคือบ้านพักบริเวณวัดอ่างหินซึ่งเป็นจุดควบคุม และวัดจันทนารามซึ่งเป็นจุดเหนือลม

ตารางที่ 4.9 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในระหว่างวันที่ 9-19 มกราคม 2552

จุดเก็บตัวอย่าง	จุดเทียบ กับลมมรสุม	จำนวน ตัวอย่าง	พิสัย (มคก./ลบ.ม.)	ค่าเฉลี่ย (มคก./ลบ.ม.)
วัดจันทนาราม	เหนือลม	4	78.30-101.40	89.75±10.39 ^a
วัดไผ่ล้อม	เหนือลม	4	68.90-90.10	77.25±11.10 ^a
บ้านพักสรรพสามิต	ใต้ลม	3	72.50-92.70	85.40±11.20 ^a
สถานีอุตุนิยมวิทยา	ใต้ลม	4	99.50-122.60	112.13±9.52 ^a
บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ควบคุม	4	84.60-94.60	90.70±4.55 ^a

หมายเหตุ : ^a คือ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.4.1.2 ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม ในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จากจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 5 จุด ทั้งนี้รายละเอียดของผลการตรวจวัดในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.10

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองรวม จากบริเวณบ้านพักสรรพสามิตและสถานีอุตุนิยมวิทยา ซึ่งเป็นจุดตรวจวัดเหนือลม พบว่า มีค่าเท่ากับ 28.19±5.26 และ 25.54±3.26 มคก./ลบ.ม. ตามลำดับ บริเวณจุดตรวจวัดจันทนารามและวัดไผ่ล้อม ซึ่งเป็นจุดใต้ลมมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองรวมเท่ากับ 31.50±5.49 และ 28.86±4.92 มคก./ลบ.ม. ตามลำดับ และบริเวณบ้านพักบริเวณวัดอ่างหินซึ่งเป็นจุดควบคุมมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองรวมเท่ากับ 27.21±6.58 มคก./ลบ.ม.

ทั้งนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด พบว่า ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (sig. = 0.511) โดยบริเวณวัดจันทนารามซึ่งเป็นจุดใต้ลมมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองรวมสูงสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 31.50 มคก./ลบ.ม. ในขณะที่บริเวณที่มีความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองรวมน้อยที่สุด คือ บริเวณสถานีอุตุนิยมวิทยาซึ่งเป็นจุดเหนือลม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.54 มคก./ลบ.ม. โดยปัจจัยที่ทำให้ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมไม่แตกต่างกัน เนื่องจากในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นช่วงที่มีฝนตก จึงเกิดการชะล้างของฝุ่นละอองในบรรยากาศ

ตารางที่ 4.10 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในระหว่างวันที่ 2-20 มิถุนายน 2552

จุดเก็บตัวอย่าง	จุดเทียบกับ ลมมรสุม	จำนวน ตัวอย่าง	พิสัย (มคก./ลบ.ม.)	ค่าเฉลี่ย (มคก./ลบ.ม.)
บ้านพักสรรพสามิต	เหนือลม	7	21.00-34.80	28.19±5.26 ^a
สถานีอุตุนิยมวิทยา	เหนือลม	7	18.40-29.00	25.54±3.26 ^a
วัดจันทนาราม	ใต้ลม	7	23.10-39.00	31.50±5.49 ^a
วัดไผ่ล้อม	ใต้ลม	7	23.00-36.10	28.86±4.92 ^a
บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ควบคุม	7	19.80-38.50	27.21±6.58 ^a

หมายเหตุ : ^a คือ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.4.1.3 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศตามลมมรสุมของแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

เมื่อทำการเปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมจากผลการศึกษาในหัวข้อ 4.4.4.1 และ 4.4.4.2 โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงลมมรสุม ได้แก่ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองรวมในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าสูงกว่าในช่วงตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ พงษ์เศวตสุวรรณธานี (2545) รายละเอียดแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ดังตารางที่ 4.11

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองรวมจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 แห่ง พบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองรวมทั้งสองช่วงลมมรสุมมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (sig. = 0.008, 0.008, 0.017, 0.008 และ 0.008 ตามลำดับ) ซึ่งความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ทั้ง 5 แห่ง ได้แก่ วัดจันทนาราม วัดไผ่ล้อม บ้านพักสรรพสามิต สถานีอุตุนิยมวิทยาและบ้านพักสรรพสามิตจังหวัด มีค่าลดลงร้อยละ 64.90, 66.99, 66.99, 77.22 และ 70.00 ตามลำดับ

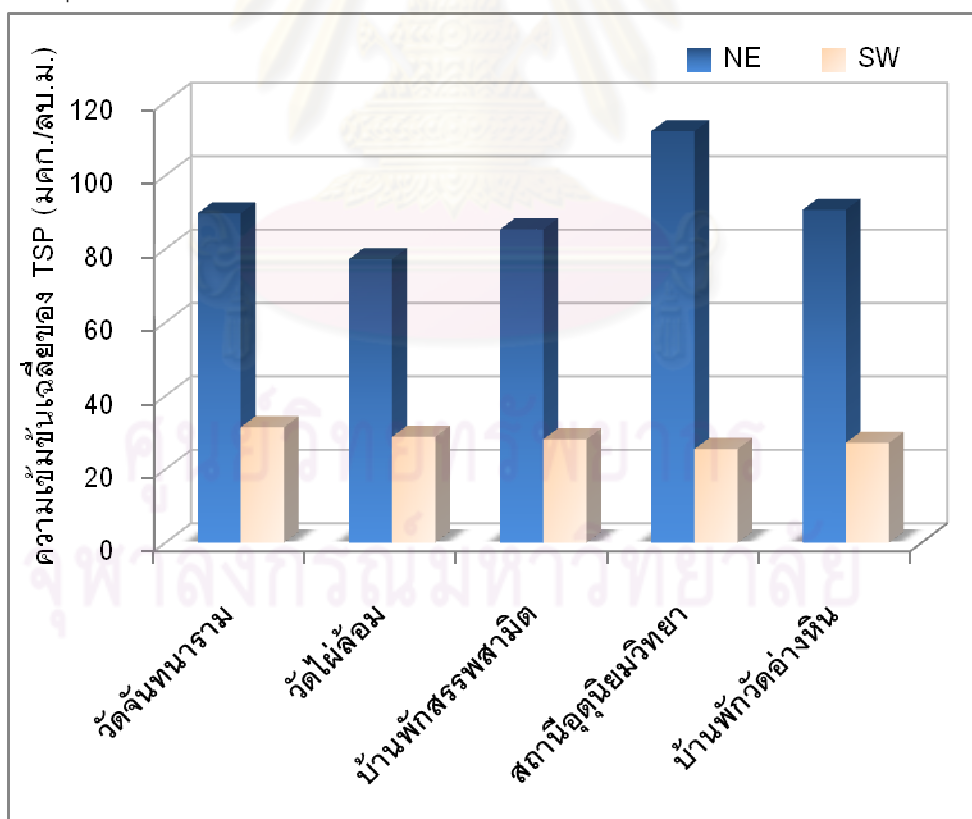
ทั้งนี้จากรายละเอียดข้างต้นแสดงให้เห็นว่าทิศทางของลมมรสุมมีอิทธิพลต่อความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองรวมจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งได้รับอิทธิพลจากปริมาณฝน ทำให้เกิดกระบวนการชะล้างความเข้มข้นของฝุ่นละออง มีผลให้ความเข้มข้นฝุ่นซึ่งเก็บตัวอย่างในเดือนมิถุนายน 2552 มีความเข้มข้นต่ำ ในขณะที่ในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งความเร็วลม (ความเร็วลมเฉลี่ย 3.2

เมตรต่อวินาที) สูงกว่าในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ความเร็วลมเฉลี่ย 1.7 เมตรต่อวินาที) ทำให้ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมจากทุกจุดเก็บตัวอย่างในเดือนมกราคม 2552 มีค่าความเข้มข้นรวมสูงกว่าตัวอย่างที่เก็บในช่วงเดือนมิถุนายน 2552

ตารางที่ 4.11 ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองรวมจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในระหว่างช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้นเฉลี่ย (มคก./ลบ.ม.)	
	ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ	ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้
วัดจันทนาราม	89.75±10.39 ^a	31.50±5.49 ^a
วัดไผ่ล้อม	77.25±11.10 ^a	28.86±4.92 ^a
บ้านพักสรรพสามิต	85.40±11.20 ^a	28.19±5.26 ^a
สถานีอุตุนิยมวิทยา	112.13±9.52 ^a	25.54±3.26 ^a
บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	90.70±4.55 ^a	27.21±6.58 ^a

หมายเหตุ: ^a คือ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



หมายเหตุ: NE คือ ช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และ SW คือ ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

ภาพที่ 4.10 ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองรวมจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในระหว่างช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

4.4.2 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในช่วงของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด เช่นเดียวกับฝุ่นละอองรวม ดังนี้

4.4.2.1 ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ จากจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 5 จุด ทั้งนี้รายละเอียดของผลการตรวจวัดในแต่ละพื้นที่ที่สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.12

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากบริเวณวัดจันทนารามและวัดไผ่ล้อมซึ่งเป็นจุดตรวจวัดเหนือลม พบว่า มีค่าเท่ากับ 41.80 ± 5.88 และ 42.03 ± 5.60 มคก./ลบ.ม. บริเวณจุดตรวจวัดบ้านพักสรรพสามิตและสถานีอุตุนิยมวิทยา ซึ่งเป็นจุดใต้ลม มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน เท่ากับ 54.58 ± 8.58 และ 66.90 ± 8.25 มคก./ลบ.ม. บริเวณบ้านพักบริเวณวัดอ่างหินที่เป็นจุดควบคุม ซึ่งความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน มีค่าเท่ากับ 65.20 ± 7.28 มคก./ลบ.ม.

ตารางที่ 4.12 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในระหว่างวันที่ 9-19 มกราคม 2552

จุดเก็บตัวอย่าง	จุดเทียบ กับลมมรสุม	จำนวน ตัวอย่าง	พิสัย (มคก./ลบ.ม.)	ค่าเฉลี่ย (มคก./ลบ.ม.)
วัดจันทนาราม	เหนือลม	4	34.20-48.00	41.80 ± 5.88^a
วัดไผ่ล้อม	เหนือลม	4	37.10-48.30	42.03 ± 5.60^a
บ้านพักสรรพสามิต	ใต้ลม	4	49.40-67.40	54.58 ± 8.58^a
สถานีอุตุนิยมวิทยา	ใต้ลม	3	58.00-74.30	66.90 ± 8.25^a
บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ควบคุม	4	58.70-73.30	65.20 ± 7.28^a

หมายเหตุ: ^a คือ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ทั้งนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด พบว่า พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (sig. = 0.005) จะเห็นได้ว่า สถานีอุตุนิยมวิทยาซึ่งเป็นจุดใต้ลม มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ บ้านพักบริเวณวัดอ่างหินและบ้านพักสรรพสามิต และเมื่อ

พิจารณาทิศทางลม พบว่า ทิศทางลมพัดจากพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอยไปยังจุดใต้ลม แสดงให้เห็นว่า พื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอยเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบริเวณสถานีอุตุนิยมวิทยาและบริเวณบ้านพักสรรพสามิต ซึ่งจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 3 จุดนี้ตั้งอยู่บริเวณสนามหญ้า ซึ่งทำให้ฝุ่นละอองจากดินฟุ้งกระจายขึ้นมา

4.4.2.2 ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จากจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 5 แห่งทั้งนี้ รายละเอียดของผลการตรวจวัดในแต่ละพื้นที่ที่สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.13

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากบริเวณบ้านพักสรรพสามิตและสถานีอุตุนิยมวิทยา ซึ่งเป็นจุดตรวจวัดเหนือลม พบว่า มีค่าเท่ากับ 19.27 ± 2.92 และ 21.27 ± 2.45 มคก./ลบ.ม. บริเวณจุดตรวจวัดจันทนารามและวัดไผ่ล้อม ซึ่งเป็นจุดใต้ลม มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน เท่ากับ 16.74 ± 4.20 และ 19.67 ± 3.14 มคก./ลบ.ม. เมื่อเทียบกับบ้านพักบริเวณวัดอ่างหินที่เป็นจุดควบคุม ซึ่งความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน มีค่าเท่ากับ 20.97 ± 3.07 มคก./ลบ.ม.

ตารางที่ 4.13 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในระหว่างวันที่ 2-20 มิถุนายน 2552

จุดเก็บตัวอย่าง	จุดเทียบ กับลมมรสุม	จำนวน ตัวอย่าง	พิสัย (มคก./ลบ.ม.)	ค่าเฉลี่ย (มคก./ลบ.ม.)
บ้านพักสรรพสามิต	เหนือลม	7	11.90-21.30	16.74 ± 4.20^a
สถานีอุตุนิยมวิทยา	เหนือลม	7	14.70-22.70	19.67 ± 3.14^a
วัดจันทนาราม	ใต้ลม	7	14.70-22.00	19.27 ± 2.92^a
วัดไผ่ล้อม	ใต้ลม	7	18.60-26.20	21.27 ± 2.45^a
บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ควบคุม	7	17.50-26.10	20.97 ± 3.07^a

หมายเหตุ: ^a คือ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ทั้งนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด พบว่า ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (sig. = 0.308) โดยบริเวณวัดไผ่ล้อมซึ่งเป็นจุดใต้ลมมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน สูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 21.27 มคก./ลบ.ม. ในขณะที่

บริเวณที่มีความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน น้อยที่สุด คือ บริเวณบ้านพักสรรพสามิตจังหวัด ซึ่งเป็นจุดเหนือลม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.74 มคก./ลบ.ม. โดยปัจจัยที่ทำให้ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นช่วงที่มีฝนตก จึงเกิดการชะล้างของฝุ่นละอองในบรรยากาศ

4.4.2.3 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในบรรยากาศตามลมมรสุมของแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

จากผลการศึกษาในหัวข้อ 4.4.2.1 และ 4.4.2.2 มาทำการเปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน โดยแบ่งออกเป็น 2 ลมมรสุม ได้แก่ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าสูงกว่าในช่วงตะวันตกเฉียงใต้ (ตารางที่ 4.12-4.13) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ กัลยกร ตั้งอุไรวรรณ (2549) ที่ได้ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในจังหวัดสมุทรปราการ พบว่า ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากทุกพื้นที่เก็บตัวอย่างในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีค่ามากกว่าในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยรายละเอียดในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างมีดังตารางที่ 4.14

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด พบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ของทั้งสองช่วงลมมรสุมมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (sig. = 0.008, 0.008, 0.008, 0.017 และ 0.008 ตามลำดับ) ซึ่งความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ทั้ง 5 จุด ได้แก่ วัดจันทนาราม วัดไผ่ล้อม บ้านพักสรรพสามิต สถานีอุตุนิยมวิทยา และบ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน มีค่าลดลงร้อยละ 53.90, 49.36, 69.31, 70.60 และ 67.84 ตามลำดับ

ทั้งนี้จากรายละเอียดข้างต้น แสดงให้เห็นว่าทิศทางของลมมรสุมมีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากจุดเก็บตัวอย่าง 5 จุด รวมทั้งความเร็วลมดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.4.1.3

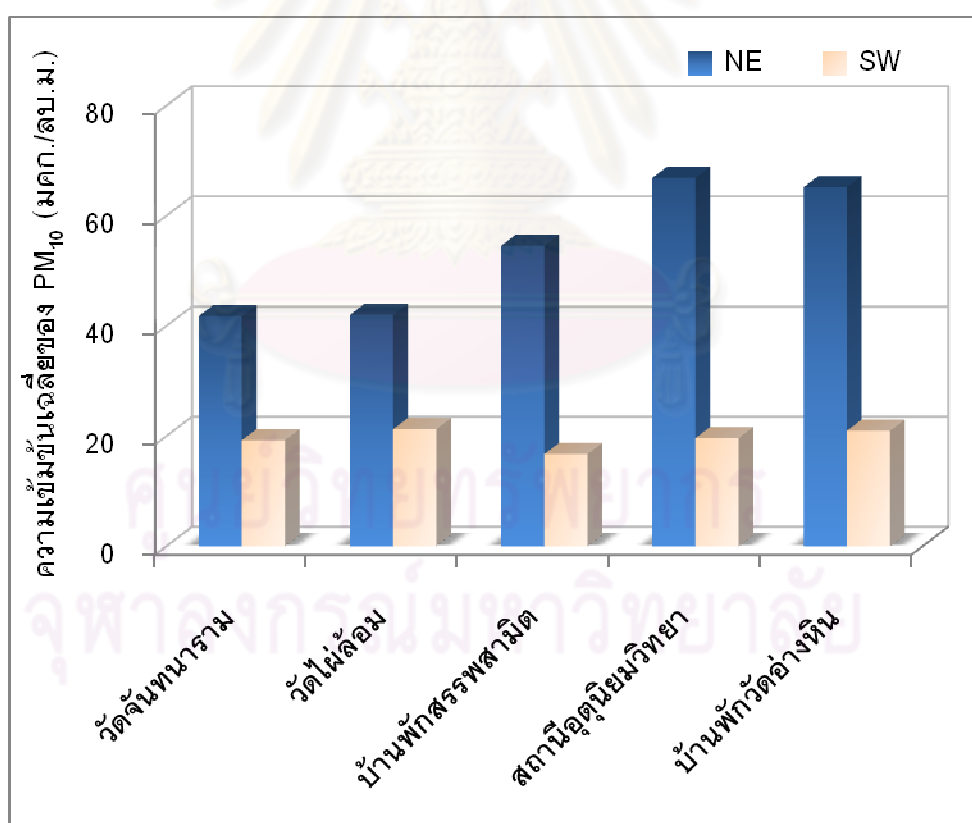
อาจกล่าวได้ว่ากระบวนการชะล้างอันเนื่องมาจากฝน สามารถช่วยลดระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองทั้งฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในบรรยากาศได้ เพราะว่าการชะล้างดังกล่าวช่วยเพิ่มการตกกลับของฝุ่นละออง ทำให้ปริมาณฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศลดลง นอกจากนี้ปริมาณน้ำฝนยังทำให้ความชื้นของดินเพิ่มขึ้น ซึ่ง

สามารถลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองที่มีแหล่งกำเนิดมาจากธรรมชาติได้อีกทางหนึ่ง (Zin and Oduyemi, 2003)

ตารางที่ 4.14 ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้นเฉลี่ย (มคก./ลบ.ม.)	
	ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ	ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้
วัดจันทนาราม	41.80±5.88 ^a	19.27±2.92 ^a
วัดไผ่ล้อม	42.03±5.60 ^a	21.27±2.45 ^a
บ้านพักสรรพสามิต	54.58±8.58 ^a	16.74±4.20 ^a
สถานีอุตุนิยมวิทยา	66.90±8.25 ^a	19.67±3.14 ^a
บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	65.20±7.28 ^a	20.97±3.07 ^a

หมายเหตุ: ^a คือ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



หมายเหตุ: NE คือ ช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และ SW คือ ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

ภาพที่ 4.11 ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

4.4.3 สัดส่วนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อฝุ่นละอองรวม

4.4.3.1 ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

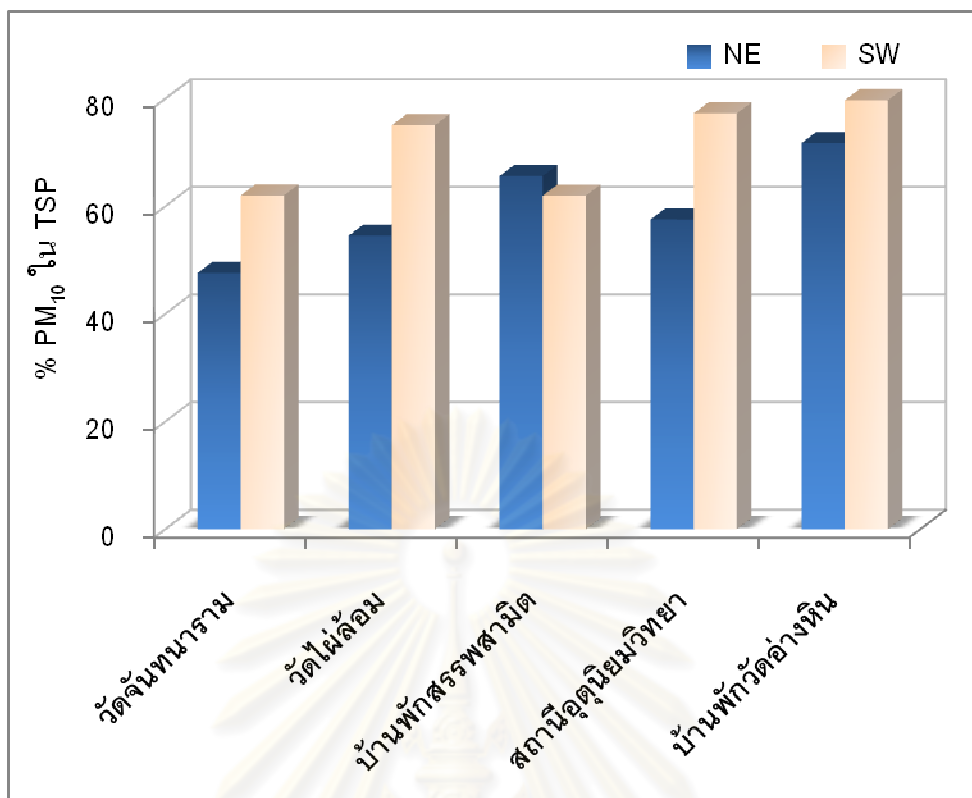
จากการตรวจวัดฝุ่นละอองทั้ง 2 ประเภท พบว่า เปอร์เซ็นต์ของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในฝุ่นละอองรวมของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 47.61-71.76 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 4.15 พบว่า วัดจันทนารามและวัดไผ่ล้อมมีค่า 47.61 และ 54.54 เปอร์เซ็นต์ ส่วนบ้านพักสรรพสามิต สถานีอุตุวิทยามหาวิทยาลัย และบ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน มีค่า 65.63 57.57 และ 71.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้พบว่าสัดส่วนการกระจายตัวของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในฝุ่นละอองรวมในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มีค่าเฉลี่ยมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

4.4.3.2 ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

จากการตรวจวัดฝุ่นละอองทั้ง 2 ประเภท พบว่า เปอร์เซ็นต์ของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในฝุ่นละอองรวมของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 61.98-79.72 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 4.15 โดยพบว่า บ้านพักสรรพสามิตและวัดจันทนาราม มีค่า 61.98 และ 62.02 เปอร์เซ็นต์ ส่วนวัดไผ่ล้อม สถานีอุตุวิทยามหาวิทยาลัย และบ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน มีค่า 75.07 77.27 และ 79.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้พบว่าสัดส่วนการกระจายตัวของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในฝุ่นละอองรวมในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีค่าเฉลี่ยมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.15 เปอร์เซ็นต์ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในฝุ่นละอองรวม ทั้ง 2 ช่วงลมมรสุม

จุดเก็บตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์ PM ₁₀ ใน TSP			
	ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ		ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้	
	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	พิสัย	ค่าเฉลี่ย
วัดจันทนาราม	33.73-61.30	47.61	45.23-71.54	62.02
วัดไผ่ล้อม	50.17-58.26	54.54	58.73-90.87	75.07
บ้านพักสรรพสามิต	53.29-74.07	65.63	35.65-85.41	61.98
สถานีอุตุวิทยามหาวิทยาลัย	51.06-65.87	57.57	58.10-86.41	77.27
บ้านพักวัดอ่างหิน	66.07-78.23	71.76	58.44-97.55	79.72
ค่าเฉลี่ย	59.42±9.45		71.21±8.57	



หมายเหตุ: NE คือ ช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และ SW คือ ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้
 ภาพที่ 4.12 เปอร์เซ็นต์ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในฝุ่นละอองรวม ทั้ง 2 ช่วงลมมรสุม

4.5 ความเข้มข้นของเบริลเลียมในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ที่กระจายสู่บรรยากาศโดยรอบพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอย

4.5.1 ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ความเข้มข้นของเบริลเลียมในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ เนื่องจากมีความเข้มข้นต่ำกว่าค่าจำกัดการวิเคราะห์ (Detection limit) ของเครื่อง ICP-MS ที่ 0.001 มคก./ลบ.ม. ในทุกจุดเก็บตัวอย่าง

4.5.2 ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

ผลการวิเคราะห์เบริลเลียมในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน มีความเข้มข้นต่ำกว่าค่าจำกัดการวิเคราะห์ (Detection limit) ของเครื่อง ICP-MS ที่ 0.001 มคก./ลบ.ม. ทั้งสิ้น ยกเว้นที่บ้านพักสรรพสามิต มีเพียง 1 ตัวอย่างที่สามารถตรวจวัดความเข้มข้นได้ แต่พบในระดับที่ต่ำมาก คือเท่ากับ 0.002 มคก./ลบ.ม. ดังตารางที่ 4.16

เนื่องจากในประเทศไทยไม่มีการกำหนดมาตรฐานของเบริลเลียมในบรรยากาศทั่วไป แต่มีการกำหนดมาตรฐานเบริลเลียมและสารประกอบเบริลเลียม ตามประกาศ

กระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2520 เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) กำหนดความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงานปกติมีค่าไม่เกิน 2 มคก./ลบ.ม. ซึ่งค่าที่ตรวจวัดได้ก็ยิ่งต่ำกว่าระดับมาตรฐานดังกล่าว ความเข้มข้นของเบริลเลียมที่ตรวจพบได้นั้นมีค่าต่ำมาก ถึงแม้จะใช้เครื่อง ICP-MS ที่มีค่าจำกัดการวิเคราะห์ (Detection limit) เท่ากับ 0.001 มคก./ลบ.ม. ซึ่งต่ำกว่าเครื่องมือตรวจวัดในกลุ่มเดียวกัน เช่น AAS (Atomic Absorption Spectrometry) และ ICP-AES (Inductively Couple Plasma-Atomic Emission Spectrometry) ก็ยังไม่สามารถตรวจวัดได้ จึงไม่สามารถระบุการกระจายตัวของเบริลเลียมในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนได้

จะเห็นได้จากการศึกษาในหัวข้อ 4.1 และ 4.3 ความเข้มข้นของเบริลเลียมในช่วงระหว่าง 0.002-0.799 มคก./ลบ.ม. กล่าวได้ว่าเบริลเลียมในอนุภาคฝุ่นละอองแพร่กระจายอยู่ภายในบริเวณบ้านที่เป็นแหล่งกำเนิด แต่ภายในบรรยากาศทั่วไปพบในปริมาณน้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bhat (2002) ที่พบความเข้มข้นของเบริลเลียมในบรรยากาศ 0.1-0.3 นาโนกรัม/ลบ.ม. และเบริลเลียมสามารถชะล้างจากฝน

ตารางที่ 4.16 ความเข้มข้นของเบริลเลียมในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในระหว่างวันที่ 2-20 มิถุนายน 2552

จุดเก็บตัวอย่าง	จุดเทียบ กับลมมรสุม	จำนวน ตัวอย่าง	พิสัย (มคก./ลบ.ม.)	ค่าเฉลี่ย (มคก./ลบ.ม.)
วัดจันทนาราม	เหนือลม	7	ND	ND
วัดไผ่ล้อม	เหนือลม	7	ND	ND
บ้านพักสรรพสามิต	ใต้ลม	7	ND-0.002	ND
สถานีอุตุนิยมวิทยา	ใต้ลม	7	ND	ND
บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ควบคุม	7	ND	ND

หมายเหตุ: Detection limit = 0.001 มคก./ลบ.ม., ND หมายถึง non detect

4.6 ความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ที่กระจายสู่บรรยากาศโดยรอบพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอย

4.6.1 ความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองทั้ง 2 ชนิดในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็ก 10 ไมครอน แสดงในตารางที่ 4.17 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) จุดเหนือลม

บริเวณวัดจันทนาราม ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและในฝุ่นละอองขนาดเล็ก 10 ไมครอน พบว่ามีค่าเท่ากับ 1.376 ± 0.582 และ 0.005 ± 0.000 มกค./ลบ.ม. โดยความเข้มข้นสูงสุดมีค่าเท่ากับ 2.093 และ 0.005 มกค./ลบ.ม. ในขณะที่ความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 0.716 และ 0.004 มกค./ลบ.ม.

บริเวณวัดไผ่ล้อม ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและในฝุ่นละอองขนาดเล็ก 10 ไมครอน พบว่ามีค่าเท่ากับ 1.138 ± 0.462 และ 0.006 ± 0.002 มกค./ลบ.ม. โดยความเข้มข้นสูงสุดมีค่าเท่ากับ 1.646 และ 0.009 มกค./ลบ.ม. ในขณะที่ความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 0.525 และ 0.004 มกค./ลบ.ม.

2) จุดใต้ลม

บริเวณบ้านพักสรรพสามิต ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและในฝุ่นละอองขนาดเล็ก 10 ไมครอน พบว่ามีค่าเท่ากับ 1.505 ± 0.645 และ 0.023 ± 0.029 มกค./ลบ.ม. โดยความเข้มข้นสูงสุดมีค่าเท่ากับ 2.078 และ 0.067 มกค./ลบ.ม. ในขณะที่ความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 0.807 และ 0.007 มกค./ลบ.ม.

บริเวณสถานีอุตุนิยมวิทยา ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและในฝุ่นละอองขนาดเล็ก 10 ไมครอนพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.769 ± 0.781 และ 0.032 ± 0.035 มกค./ลบ.ม. โดยความเข้มข้นสูงสุดมีค่าเท่ากับ 3.923 และ 0.073 มกค./ลบ.ม. ในขณะที่ความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 2.256 และ 0.012 มกค./ลบ.ม.

3) จุดควบคุม

บริเวณบ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและในฝุ่นละอองขนาดเล็ก 10 ไมครอน พบว่ามีค่าเท่ากับ 2.192 ± 0.845 และ 0.076 ± 0.042 มกค./ลบ.ม. โดยความเข้มข้นสูงสุดมีค่าเท่ากับ 3.018 และ 1.545 มกค./ลบ.ม. ในขณะที่ความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 1.545 และ 0.008 มกค./ลบ.ม.

ทั้งนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองรวม จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด พบว่า พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% (sig. = 0.029) โดยบริเวณที่มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมมากที่สุดคือ บริเวณ

สถานีอุตุนิยมวิทยาซึ่งเป็นจุดใต้ลม และมีระยะห่างจากถนนสายหลักเพียง 50 เมตร โดยพบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมมีค่าเท่ากับ 2.192 มคก./ลบ.ม. เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ นิสากร สุนทรนนท์ (2547) ที่ได้ทำการศึกษาฝุ่นรวมบริเวณริมถนนที่หาขนาดใหญ่ พบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วจากฝุ่นมีความเข้มข้นสูงถึง 39.25 มก./กก. จึงเป็นไปได้ว่าตะกั่วที่ตรวจพบส่วนหนึ่งอาจมาจากฝุ่นจากการจราจร ส่วนบริเวณที่มีค่าความเข้มข้นน้อยที่สุดคือ บริเวณวัดจันทนารามซึ่งเป็นจุดเหนือลม เมื่อพิจารณาทิศทางลม พบว่า ทิศทางลมพัดจากพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอยไปยังจุดใต้ลม แสดงให้เห็นว่า บริเวณปรับปรุงคุณภาพพลอยก็อาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองรวม ภายในบริเวณสถานีอุตุนิยมวิทยาจันทบุรี

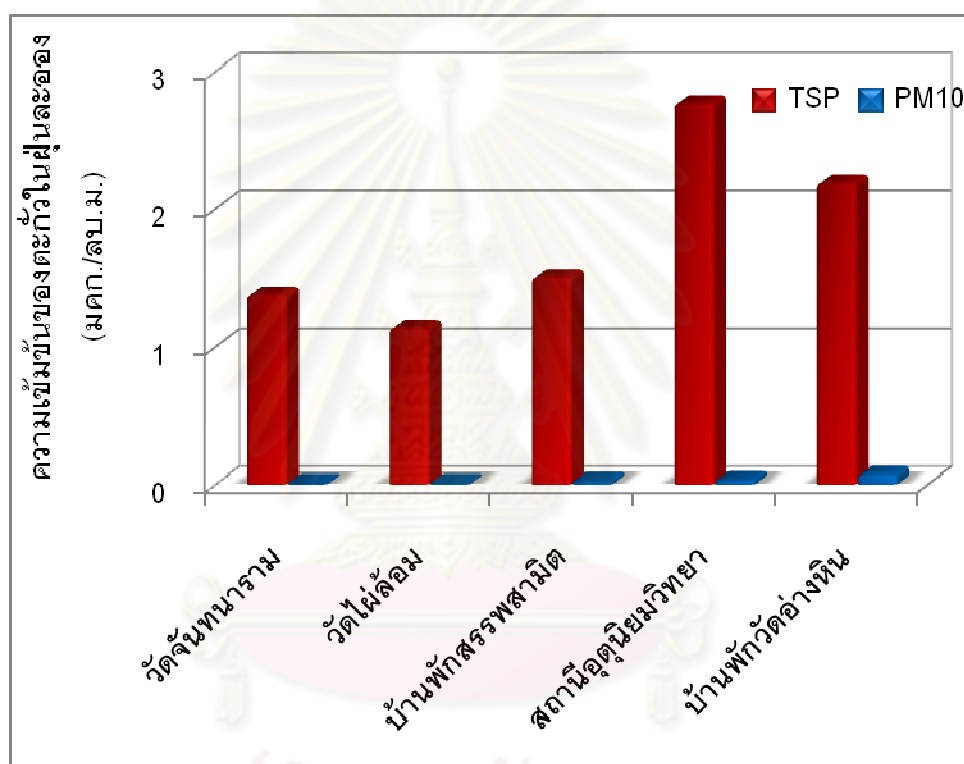
ตารางที่ 4.17 ความเข้มข้นตะกั่วในฝุ่นละอองทั้ง 2 ชนิดจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุดในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในระหว่างวันที่ 9-19 มกราคม 2552

จุดเก็บตัวอย่าง	จุดเทียบกับ ลมมรสุม	ชนิดของ ฝุ่นละออง	พิสัย (มคก./ลบ.ม.)	ค่าเฉลี่ย (มคก./ลบ.ม.)
วัดจันทนาราม	เหนือลม	TSP	0.716-2.093	1.376±0.582 ^a
		PM ₁₀	0.004-0.005	0.005±0.000 ^a
วัดไผ่ล้อม	เหนือลม	TSP	0.525-1.646	1.138±0.462 ^a
		PM ₁₀	0.004-0.009	0.006±0.002 ^a
บ้านพักสรรพสามิต	ใต้ลม	TSP	0.807-2.078	1.505±0.645 ^a
		PM ₁₀	0.007-0.010	0.023±0.029 ^a
สถานีอุตุนิยมวิทยา	ใต้ลม	TSP	2.256-3.923	2.769±0.781 ^a
		PM ₁₀	0.012-0.073	0.032±0.035 ^a
บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ควบคุม	TSP	1.545-3.018	2.192±0.845 ^a
		PM ₁₀	0.008-0.168	0.076±0.042 ^a

หมายเหตุ: ^a คือ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ทั้งนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด พบว่า พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% (sig. = 0.015) บริเวณที่มีค่าความเข้มข้นของตะกั่วมากที่สุด คือ บริเวณบ้านพักวัดอ่างหิน ซึ่งเป็นจุดควบคุม โดยพบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วมีค่าเท่ากับ 0.076

มคก./ลบ.ม. โดยตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องมือเก็บตัวอย่างนั้นอยู่บนพื้นดิน ทำให้ฝุ่นดินมีโอกาสฟุ้งกระจายขึ้นสู่เครื่องมือได้ง่ายกว่าบริเวณอื่นๆ ซึ่งติดตั้งไว้บนพื้นคอนกรีต จากผลการศึกษาโลหะในดินจากพื้นที่เกษตรกรรมบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนเหนือ พบว่า ในดินมีค่าความเข้มข้นของตะกั่วอยู่ระหว่าง 7.46-28.26 มก./กก. (กรมทรัพยากรธรณี, 2550) จึงอาจกล่าวได้ว่าค่าความเข้มข้นของตะกั่วที่พบส่วนหนึ่งมาจากการฟุ้งกระจายของฝุ่นดินบริเวณโดยรอบนั่นเอง นอกจากนี้เมื่อทำการพิจารณาค่าความเข้มข้นของตะกั่วในจุดเก็บตัวอย่างประกอบกับทิศทางลม พบว่าการที่จุดเก็บตัวอย่างที่ตั้งอยู่ใต้ลมมีค่าสูงกว่าจุดที่อยู่เหนือลมนั้น อาจเป็นผลมาจากแหล่งกำเนิดฝุ่นจากพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอยที่มีผลร่วมกับฝุ่นดิน



ภาพที่ 4.13 ความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในฝุ่นละอองทั้ง 2 ชนิดจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในระหว่างวันที่ 9-19 มกราคม 2552

4.6.2 ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

การวิเคราะห์ตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ดังตารางที่ 4.18 ซึ่งรายละเอียดในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างมีดังต่อไปนี้

1) จุดเหนือลม

บริเวณบ้านพักรพสามิต ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและในฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.228 ± 0.053 และ 0.024 ± 0.028 มคก./ลบ.ม. โดยความเข้มข้นสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.296 และ 0.089 มคก./ลบ.ม.

ในขณะที่ความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 0.159 และ 0.011 มคก./ลบ.ม.

บริเวณสถานีอุตุนิยมวิทยา ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.204 ± 0.048 และ 0.012 ± 0.006 มคก./ลบ.ม. โดยความเข้มข้นสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.284 และ 0.026 มคก./ลบ.ม. ในขณะที่ความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 0.156 และ 0.007 มคก./ลบ.ม.

2) จุดใต้ลม

บริเวณวัดจันทนาราม ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.323 ± 0.070 และ 0.011 ± 0.003 มคก./ลบ.ม. โดยความเข้มข้นสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.459 และ 0.018 มคก./ลบ.ม. ในขณะที่ความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 0.221 และ 0.007 มคก./ลบ.ม.

บริเวณวัดไผ่ล้อม ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.270 ± 0.017 และ 0.009 ± 0.002 มคก./ลบ.ม. โดยความเข้มข้นสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.300 และ 0.014 มคก./ลบ.ม. ในขณะที่ความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 0.256 และ 0.006 มคก./ลบ.ม.

3) จุดควบคุม

บริเวณบ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของตะกั่วเฉลี่ยในฝุ่นละอองรวมและในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.216 ± 0.054 และ 0.013 ± 0.013 มคก./ลบ.ม. โดยความเข้มข้นสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.285 และ 0.021 มคก./ลบ.ม. ในขณะที่ความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 0.137 และ 0.005 มคก./ลบ.ม.

ทั้งนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด พบว่า พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% (sig. = 0.002) บริเวณที่มีค่าความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมสูงสุด คือ บริเวณวัดจันทนาราม ซึ่งเป็นจุดใต้ลม ในขณะที่บริเวณที่มีค่าความเข้มข้นน้อยที่สุดคือ บริเวณสถานีอุตุนิยมวิทยา ซึ่งเป็นจุดเหนือลม เมื่อพิจารณาทิศทางลม พบว่า ทิศทางลมพัดจากพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอยไปยังจุดใต้ลม แสดงให้เห็นว่า บริเวณพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอย เป็นหนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองรวม ในบริเวณวัดจันทนารามและวัดไผ่ล้อม

ทั้งนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด พบว่า ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% (sig. = 0.109) แสดงให้เห็นว่า บริเวณพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอย

ไม่ส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ภายในบริเวณโดยรอบบริเวณพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอย

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมมีค่าสูงกว่าในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน โดยความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในทั้งฝุ่นละอองทั้ง 2 ชนิด มีความเข้มข้นสูงสุดไม่เกินมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของประเทศไทย พ.ศ. 2538 ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 ได้กำหนดความเข้มข้นของตะกั่วเฉลี่ยจะต้องมีค่าไม่เกิน 1.5 มคก./ลบ.ม.ในเวลา 1 เดือน

ตารางที่ 4.18 ความเข้มข้นตะกั่วในฝุ่นละอองทั้ง 2 ชนิด จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในระหว่างวันที่ 2-20 มิถุนายน 2552

จุดเก็บตัวอย่าง	จุดเทียบกับ ลมมรสุม	ชนิดของ ฝุ่นละออง	พิสัย (มคก./ลบ.ม.)	ค่าเฉลี่ย (มคก./ลบ.ม.)
บ้านพักสรรพสามิต	เหนือลม	TSP	0.159-0.296	0.228±0.053 ^a
		PM ₁₀	0.011-0.089	0.024±0.028 ^b
สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	เหนือลม	TSP	0.156-0.284	0.204±0.048 ^a
		PM ₁₀	0.007-0.026	0.012±0.006 ^b
วัดจันทนาราม	ใต้ลม	TSP	0.221-0.459	0.323±0.070 ^a
		PM ₁₀	0.007-0.018	0.011±0.003 ^b
วัดไผ่ล้อม	ใต้ลม	TSP	0.256-0.300	0.270±0.017 ^a
		PM ₁₀	0.006-0.014	0.009±0.002 ^b
บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ควบคุม	TSP	0.137-0.285	0.216±0.054 ^a
		PM ₁₀	0.005-0.021	0.013±0.013 ^b

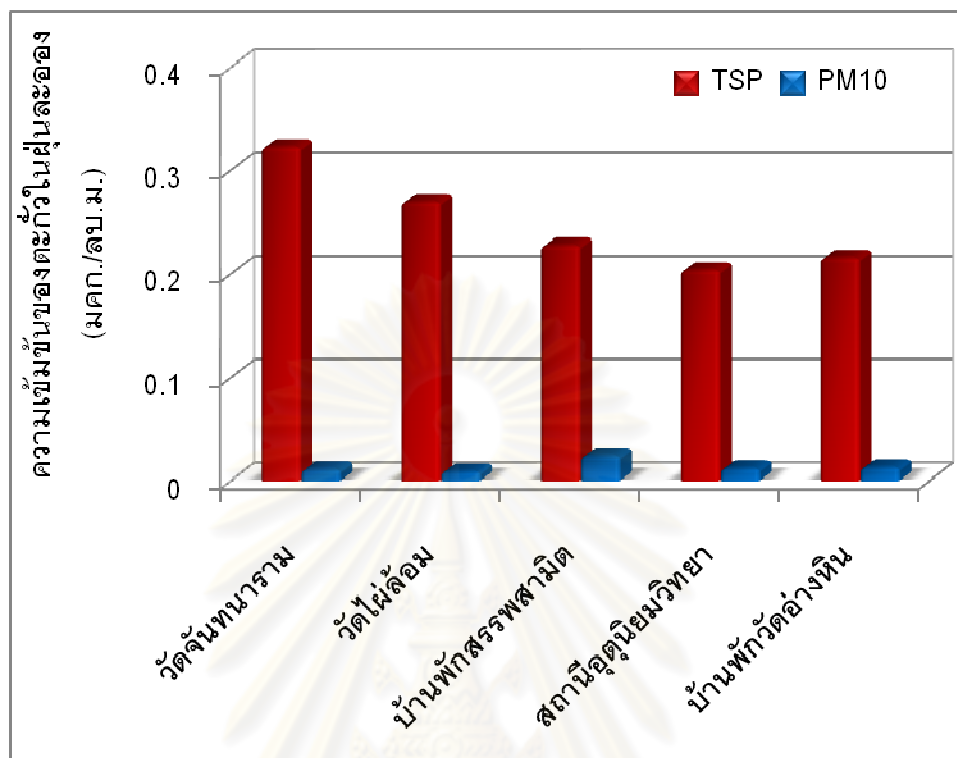
หมายเหตุ: ^a คือ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^b คือ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.6.3 สัดส่วนของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

ผลการคำนวณเปอร์เซ็นต์ของตะกั่วในฝุ่นละอองทั้ง 2 ชนิด พบว่า เปอร์เซ็นต์ตะกั่วในฝุ่นละอองรวมสูงกว่าในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพบเปอร์เซ็นต์ตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.52-2.48 และ 0.01-0.12 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

พบเปอร์เซ็นต์ตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.80-1.03 และ 0.04-0.15 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 4.19



ภาพที่ 4.14 ความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในฝุ่นละอองทั้ง 2 ชนิด จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในระหว่างวันที่ 2-20 มิถุนายน 2552

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ตะกั่วในฝุ่นละอองรวมในทั้ง 2 ช่วงลมมรสุม พบว่าเปอร์เซ็นต์ตะกั่วในฝุ่นละอองรวม บริเวณบ้านพักระพุทธสามิต สถานีอุตุวิทยามหาวิทยาลัยและบ้านพักระพุทธสามิต บริเวณวัดอ่างหิน พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (sig= 0.030 0.008 และ 0.008 ตามลำดับ) ทั้งนี้วัดจันทนาราม และวัดไผ่ล้อม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (sig= 0.186 และ 0.186 ตามลำดับ)

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน พบว่าเปอร์เซ็นต์ตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ในบริเวณวัดจันทนาราม และวัดไผ่ล้อม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (sig= 0.008 และ 0.008 ตามลำดับ) ทั้งนี้บ้านพักระพุทธสามิต สถานีอุตุวิทยามหาวิทยาลัย และบ้านพักระพุทธสามิตบริเวณวัดอ่างหินไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (sig= 0.131, 0.305 และ 0.345 ตามลำดับ)

จากการตรวจสอบพบว่า ตะกั่วมีการกระจายตัวในฝุ่นละอองรวมมากกว่าในฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Mugica (2002) และเปอร์เซ็นต์ตะกั่วในฝุ่นละอองทั้ง 2 ชนิด ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าสูงกว่าในช่วงลมมรสุม

ตะวันตกเฉียงใต้ โดยค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ตะกั่วในฝุ่นละอองรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 0.80-2.48 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 0.01-0.15 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ บริเวณต่างๆ ได้รับอิทธิพลจากฝน จึงทำให้เกิดการชะล้างอนุภาคตะกั่วในบรรยากาศ ซึ่งส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของตะกั่ว มีค่าน้อยกว่าในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ตารางที่ 4.19 เปอร์เซ็นต์ของตะกั่วในฝุ่นละออง 2 ชนิด ทั้ง 2 ช่วงลมมรสุม

จุดเก็บตัวอย่าง	ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ		ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้	
	% Pb ใน TSP	% Pb ใน PM ₁₀	% Pb ใน TSP	% Pb ใน PM ₁₀
วัดจันทนาราม	1.53 (0.92-2.20)	0.01 (0.01-0.01)	1.03 (0.92-1.30)	0.06 (0.04-0.0)
วัดไผ่ล้อม	1.52 (0.58-1.99)	0.02 (0.01-0.02)	0.96 (0.74-1.24)	0.04 (0.03-0.05)
บ้านพักสรรพสามิต	1.72 (1.11-2.28)	0.05 (0.01-0.14)	0.83 (0.61-1.21)	0.15 (0.05-0.52)
สถานีอุตุนิยมวิทยา	2.48 (1.90-3.48)	0.05 (0.02-0.11)	0.80 (0.61-1.08)	0.06 (0.03-0.12)
บ้านพักบริเวณวัด อ่างหิน	2.40 (1.72-3.19)	0.12 (0.01-0.29)	0.81 (0.59-1.15)	0.06 (0.02-0.12)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

5.1.1 ความเข้มข้นของเบริลเลียมที่ปนเปื้อนในอนุภาคฝุ่นละอองจากการเผาพลอย

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของเบริลเลียมในอนุภาคฝุ่นละอองบริเวณหน้าเตาเผาพลอย ภายในบ้าน 2 หลัง พบว่า ช่วงระหว่างการเผาพลอยในบ้านหลังที่ 1 และบ้านหลังที่ 2 ความเข้มข้นของเบริลเลียมเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 0.268 และ 0.028 มคก./ลบ.ม.จะเห็นได้ว่าในบ้านหลังที่ 2 มีความเข้มข้นของเบริลเลียมที่ตรวจวัดได้น้อยกว่าในบ้านหลังที่ 1 เนื่องจากในบ้านหลังที่ 2 มีระบบระบายอากาศที่ดี โดยมีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ 1 ตัว และเปิดหน้าต่างตลอดเวลา ในขณะที่บ้านหลังที่ 1 ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าว ดังนั้นระบบระบายอากาศเป็นปัจจัยสำคัญในการลดความเข้มข้นของเบริลเลียมที่ปนเปื้อนในอนุภาคฝุ่นละอองซึ่งฟุ้งกระจายในบรรยากาศ

สำหรับช่วงการเปิดเตาเผาพลอย ในบ้านหลังที่ 2 พบว่า ความเข้มข้นของเบริลเลียมสูงสุดที่ตรวจวัดได้พบในช่วงเวลา 50-60 นาที มีค่าเท่ากับ 0.401 มคก./ลบ.ม. ทั้งนี้เนื่องจากช่วงที่เปิดเตาเผาพลอยเป็นช่วงที่อุณหภูมิลดลงเท่าอุณหภูมิห้องซึ่งทำให้การฟุ้งกระจายของฝุ่นลดลง อีกทั้ง ภายในบ้านมีการระบายอากาศที่ดี ทำให้ฝุ่นที่ฟุ้งจากเตามีการกระจายตัวไปในอากาศได้ดี ดังนั้น ระบบระบายอากาศและอุณหภูมิ เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อ ความเข้มข้นของเบริลเลียมที่ปนเปื้อนในอนุภาคฝุ่นละอองซึ่งฟุ้งกระจายในบรรยากาศ

5.1.2 ความเข้มข้นของเบริลเลียมและตะกั่วที่ปนเปื้อนในอนุภาคฝุ่นละอองที่ตกค้างจากเตาเผาพลอย

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆของฝุ่นละอองที่ตกค้างจากเตาเผาพลอยด้วยสารประกอบเบริลเลียม โดยเครื่อง EPMA ภายในบ้านทั้ง 2 หลัง จากจุดเก็บตัวอย่าง 3 จุด คือ บริเวณในเตา ขอบเตา และนอกเตา ธาตุองค์ประกอบที่พบ ได้แก่ อะลูมิเนียม (Al), ซิลิกอน (Si), โมลิบดีนัม (Mo), แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg), เหล็ก (Fe) และเบริลเลียม (Be)

เมื่อนำฝุ่นหนักจากบ้านทั้ง 2 หลัง มาย่อยด้วยวิธี 3050B พบธาตุที่เป็นองค์ประกอบ คือ อะลูมิเนียม (Al), โมลิบดีนัม (Mo), ตะกั่ว (Pb) และเบริลเลียม (Be) โดยความเข้มข้นของเบริลเลียมที่ตรวจพบในอนุภาคฝุ่นที่ตกค้างจากเตาเผาพลอยมีความเข้มข้นไม่เกิน

มาตรฐานองค์ประกอบของสิ่งเจือปนในสิ่งปฏิภนหรือวัสดุที่ไม่ใช้ที่เป็นของเสียอันตราย ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิภนหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ.2548 ในขณะที่ค่าความเข้มข้นของตะกั่ว และโมลิบดีนัม ที่ตรวจพบจากอนุภาคฝุ่นที่ตกค้างจากเตาเผาพลอย มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ทั้งนี้เพราะโมลิบดีนัมเป็นธาตุที่ใช้เป็นส่วนประกอบของขดลวดที่ให้ความร้อนในเตาเผา และบริเวณที่พบความเข้มข้นของธาตุมากที่สุด คือ บริเวณนอกเตา ดังนั้นในการกำจัดฝุ่นหนักจึงต้องใช้ความระมัดระวังและมีการกำจัดอย่างถูกวิธี

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของฝุ่นหนักที่ตกค้างจากเตาเผาพลอยด้วยสารประกอบตะกั่ว โดยเครื่อง EPMA ของบ้านทั้ง 2 หลัง จากจุดเก็บตัวอย่าง 2 จุด คือ บริเวณในเตาและนอกเตา สำหรับธาตุองค์ประกอบที่พบ ได้แก่ อะลูมิเนียม (Al), ซิลิกอน (Si), โมลิบดีนัม (Mo), แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg), เหล็ก (Fe) และตะกั่ว (Pb) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับวิธี 3050B (U.S.EPA., 1996) พบว่า ความเข้มข้นของตะกั่วในทั้ง 2 จุด มีค่าระหว่าง 5,015 - 12,870 มก./กก. ซึ่งเกินค่ามาตรฐานองค์ประกอบของสิ่งเจือปนในสิ่งปฏิภนหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว

5.1.3 ความเข้มข้นของเบริลเลียมที่ปนเปื้อนในอนุภาคฝุ่นละอองภายในบ้าน

ความเข้มข้นเฉลี่ยของเบริลเลียมในบริเวณห้องนอนและห้องนั่งเล่นของบ้านสองหลัง ในช่วงที่มีการเผาพลอยและไม่มีการเผาพลอย พบว่า บ้านหลังที่ 1 พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทั้งสองบริเวณ โดยห้องนอนมีความเข้มข้นเฉลี่ยของเบริลเลียมสูงกว่าห้องนั่งเล่น แสดงให้เห็นว่า การเผาพลอยส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของเบริลเลียมที่ปนเปื้อนในอนุภาคฝุ่นละอองในบริเวณห้องนั่งเล่น และห้องนอน ในขณะที่บ้านหลังที่ 2 บริเวณห้องนั่งเล่นพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในบริเวณห้องนอนไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า การเผาพลอยส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของเบริลเลียมที่ปนเปื้อนในอนุภาคฝุ่นละอองในบริเวณห้องนั่งเล่น

จะเห็นได้ว่า หากพิจารณาจากจุดที่ตั้งของเตาเผาพลอย พบว่า ห้องนอนอยู่ใกล้เตาเผาพลอยมากกว่าห้องนั่งเล่น ดังนั้น ระยะห่างระหว่างจุดที่ตั้งเตาเผาพลอยกับบริเวณต่างๆ และช่วงเวลาที่มีการเผาพลอย มีผลต่อความเข้มข้นของเบริลเลียมที่ปนเปื้อนในอนุภาคฝุ่นละอองจากบรรยากาศ

5.1.4 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ที่กระจายสู่บรรยากาศโดยรอบพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอย

ปัจจัยต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของฝุ่นละอองในบรรยากาศ ได้แก่ ปริมาณของฝุ่นละอองในบริเวณดังกล่าว สภาพภูมิอากาศ ลักษณะพื้นที่ของบริเวณดังกล่าวเป็น

ต้น ซึ่งจากการศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน บริเวณโดยรอบพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอย ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนได้รับอิทธิพลมาจากพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอยและยังได้รับอิทธิพลจากลักษณะพื้นที่ของบริเวณดังกล่าว ในขณะที่ผลจากการศึกษาในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นช่วงที่มีฝนตก พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ไม่ได้รับอิทธิพลจากพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอย

5.1.5 ความเข้มข้นของเบริลเลียมในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ที่กระจายสู่บรรยากาศโดยรอบพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอย

ผลการวิเคราะห์เบริลเลียมในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ในลมมรสุมทั้ง 2 ช่วง พบว่ามีความเข้มข้นต่ำกว่าค่าจำกัดการวิเคราะห์ (Detection limit) ของเครื่อง ICP-MS ที่ 0.001 มคก./ลบ.ม. ในทุกจุดเก็บตัวอย่าง ยกเว้น บริเวณบ้านพักสรรพสามิตซึ่งเป็นจุดเหนือลม ในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ที่พบความเข้มข้นของเบริลเลียมในฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.002 มคก./ลบ.ม. ซึ่งน้อยมากเป็นจำนวน 1 ตัวอย่าง ฉะนั้นจึงสรุปได้ว่า ไม่มีการกระจายตัวของเบริลเลียมในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน จึงกล่าวได้ว่าพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอยไม่ส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของเบริลเลียมในบรรยากาศ

5.1.6 ความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ที่กระจายสู่บรรยากาศโดยรอบพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอย

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของฝุ่นละออง ได้แก่ การตกค้างของตะกั่วในฝุ่นละอองที่มีอยู่ในบรรยากาศ ภายในบริเวณที่ตรวจวัด ปัจจัยด้านภูมิอากาศ ในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ส่งผลกระทบต่อให้เกิดการชะล้างของฝุ่นละอองในบรรยากาศ ซึ่งส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของตะกั่วเช่นเดียวกัน

จากผลการศึกษาในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า ความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ได้รับอิทธิพลมาจากพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอย รวมทั้งยังได้รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่น เช่น การฟุ้งกระจายจากฝุ่นดินรวมทั้งฝุ่นจากการจราจร

จากผลการศึกษาในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พบว่า บริเวณพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอย เป็นหนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละออง

รวม ในขณะที่ค่าความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน พบว่า บริเวณพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอย ไม่ส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ภายในบริเวณโดยรอบบริเวณพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอย

กระจายตัวของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมมีสัดส่วนมากกว่าในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ซึ่งหมายถึงว่า ขนาดของอนุภาคมีผลต่อความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละออง และสัดส่วนของตะกั่วในฝุ่นรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าสูงกว่าลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) เนื่องจากการเผาพลอยในโรงงานเป็นอุตสาหกรรมที่ทำในครัวเรือนและเป็นสูตรเฉพาะที่ไม่เป็นการเปิดเผย จึงทำให้เป็นข้อจำกัดในการจัดหาโรงงานตัวอย่าง ข้อมูลที่ได้จึงมีจำนวนน้อยและไม่เป็นตัวแทนที่ดีของโรงงานทั้งหมด ฉะนั้นการเพิ่มจำนวนตัวอย่างให้มากขึ้นจึงเป็นสิ่งที่ควรเพิ่มเติม เพื่อให้การแปรผลมีความแม่นยำขึ้น
- 2) ควรมีการเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ศึกษาเพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นของตะกั่วเพราะดินโดยรอบจุดเก็บตัวอย่างอาจเกิดการฟุ้งกระจายสู่บรรยากาศ ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน
- 3) ควรมีการตรวจการปนเปื้อนของโมล็ดินในอนุภาคฝุ่นละอองจากบรรยากาศภายในบ้านที่มีการเผาพลอยด้วยการเติมสารประกอบเบริลเลียม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กัลยกร ตั้งอุไรวรรณ. 2549. การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นและองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในจังหวัดสมุทรปราการ. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- ควบคุมมลพิษ, กรม. 2553. มาตรฐานคุณภาพอากาศและเสียง [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_airsnd01.html [2554 มกราคม 18].
- ชโย สาธุกิจชัย. 2548. การเผาผลายทับทิมกับประเด็นปัญหาการออกใบรับรอง. ในเอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง ก้าวนำโลกอัญมณีด้วยเทคนิคการเผาผลายทับทิมแช่ไฟฟ้า, 16-19. กรุงเทพมหานคร: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- ทรัพยากรธรณี, กรม. 2550. โครงการสำรวจเพื่อการจัดการทรัพยากรธรณีลุ่มน้ำทะเลสงขลา. กรุงเทพมหานคร: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- นิตยา มหาผล. 2533. เอกสารการสอนชุดวิชากฎหมายสิ่งแวดล้อม หน่วยที่ 8 สาขาวิชานิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- นิสากร สุนทรนนท์. 2546. การปนเปื้อนของสารตะกั่วในฝุ่นริมถนนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต. สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- บัญญัติ ปริชญานนท์. 2532. โรคปอดเนื่องจากอาชีพในโรคระบบทางเดินหายใจ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แอดดร้าอินเตอร์เนชั่นแนล.
- ประกันสังคม, สำนักงาน. 2547. แนวทางและเกณฑ์วินิจฉัยโรคจากการทำงาน. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.npc-se.co.th/pdf/book_safety/GuidelineForDianosis.pdf [2553 มิถุนายน 24].
- ประจักษ์ อังคะหิรัญ. 2548. การพัฒนาการเผาผลายของไทย. ในเอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง ก้าวนำโลกอัญมณีด้วยเทคนิคการเผาผลายทับทิมและแช่ไฟฟ้า, 20-21. กรุงเทพมหานคร: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

- ปัญจวรรณ ธนสุทธิพิทักษ์. 2551. อัณมณีธรรมชาติ อัณมณีสังเคราะห์ อัณมณีเลียนแบบ อัณมณีปรับปรุงคุณภาพ. เชียงใหม่: สาขาวิชาอัณมณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พงษ์เศวต สุวรรณธานี. 2545. การจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของอนุภาคมลสารทั้งหมดในพื้นที่ กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิเชษฐ ลิมสุวรรณ, มงคล ราชนิยม, วิยะพล พัฒนะเศรษฐกุล และสถาพร จันทน์หอม. 2543. รายงานการวิจัย เรื่อง การพัฒนาเตาอุณหภูมิสูงแบบปรับบรรยากาศได้สำหรับการเผาพลอย. กรุงเทพมหานคร: สำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- มหาดไทย, กระทรวง. 2520. ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม (สารเคมี). [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.dwsafety.org/download/law/Interior/006.pdf> [2553 มิถุนายน 24].
- ไมตรี สุทธิจิตต์. 2531. ตะกั่ว. สารพิษรอบตัวเรา, 75-89. เชียงใหม่: คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- รัก หรรษาเวก. 2548. หลักการเพิ่มคุณภาพพลอยทับทิมและแซปไฟร์ด้วยความร้อน. ในเอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง ก้าวนำโลกอัณมณีด้วยเทคนิคการเผาพลอยทับทิมแซปไฟร์, 116-124. กรุงเทพมหานคร: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- โรงงานอุตสาหกรรม, กรม. 2548. การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว. กรุงเทพมหานคร : กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- เลขาธิการวุฒิสภา, สำนักงาน. 2540. รายงานการจัดการมลพิษ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเพื่อให้เกิดผลในทางปฏิบัติ กรณีศึกษาที่ 7 ปัญหาเรื่องฝุ่นในกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล. กรุงเทพมหานคร: คณะกรรมาธิการสิ่งแวดล้อมวุฒิสภา สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา กระทรวงมหาดไทย.
- วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์, นิตยา มหาผล และธีระ เกรอด. 2543. มลภาวะอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วรรณดา ต. แสงจันทร์. 2548. การทำน้ำเผาพลอย. ในเอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง ก้าวนำโลกอัณมณีด้วยเทคนิคการเผาพลอยทับทิมและแซปไฟร์, 95-96. กรุงเทพมหานคร: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์, วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล, ชีคาโอะ คานาโอกะ และจุฑามาศ เกตุทัต. 2542. มลภาวะทางอากาศ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- สุธีลา ตูลยะเสนีย์, โกศล วงศ์สุวรรณค์ และสถิต วงศ์สุวรรณค์. 2544. มลพิษสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์รวมสาสน์.
- อุตสาหกรรมวิทยา, กรม. 2552. ข้อมูลการตรวจวัดสภาพอุตสาหกรรมวิทยาจังหวัดจันทบุรี [ซีดีรอม]. กรุงเทพมหานคร: กรมอุตสาหกรรมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร.

ภาษาอังกฤษ

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 1993 . Toxicological profile for beryllium. [Online]. Available form : <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp4.pdf> [2010 December 21].
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists. 2001. Threshold limit value for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. American Conference of Government Industrial Hygienists, Cincinnati Ohio.
- Balkissoon , R.C. and Newman, L.S. 1999. Beryllium copper alloy (2%) causes chronic beryllium disease. Occupational & Environmental Medicine 41(4): 304-308.
- Bhat, P.N., Ghosh, D.K. and Desai, M. V.M. 2002. Beryllium: An easily scavenged metal ion in the environment. The Science of the Total Environment. 297: 119-125.
- Chuenjit, S. 2007. Lead particulate generated from ruby heat treatment in Chanthaburi province. Master's Thesis, Interdisciplinary Environment Management Graduate School. Chulalongkorn University.
- Field, S. 2001. Toxic beryllium: new solutions for a chronic problem. Environmental Health Perspectives, 109(2): A74-A79.
- International Agency for Research on Cancer, IARC. 1993. Beryllium and beryllium compounds. International Agency for Research on Cancer (IARC) monograph; Beryllium, Cadmium, Mercury, and Exposures in the Glass Manufacturing. IARC monograph, 58.
- Kermani, M., Naddafi, K., Shariat, M., Mesbah, A. 2003. Chemical composition of TSP and PM₁₀ and their relations with meteorological parameters in the ambient air of Shariati Hospital District. Iranian J. Publ. Health. 32(4): 68-72.
- Latif, M.T., et.al. 2010. Composition of heavy metals and airborne fibers in the indoor environment of a building during renovation. Environ Monit Assess. DOI 10.1007/s10661-010-1843-3.

- Leili, M., Naddafi. K., Nabizadeh. R., Yunesian. M., Mesdaghinia. A., 2008. The study of TSP and PM₁₀ concentration and their heavy metal content in central area of Tehran, Iran. Air Quality Atmos Health. 1: 159-166.
- National Institute for Occupational Safety and Health. 2001. NIOSH pocket guide to Chemical hazards. [Online]. Available from: <http://www.cds.gov/niosh/npg/npgd0054.html> [2010 June 25].
- Nguyen, H.T., Kim, K.H., Kang, C.H., Choi K.C. 2010. Concentrations of As, Be, Cr, Hg, Mn, and Ni in ambient air at four urban locations in Japan. Environ Monit Assess .163: 149–169.
- Occupational Safety and Health Administration. 2001. Air Contaminants. [Online]. Available from: http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=standards&p_id=9992. [2010 June 25]
- Qin, Y., and Oduyemi, K. 2003. Chemical composition of atmosphere aerosol in Dundee, UK. Atmospheric Environmental 37: 93-104.
- Schuler, C.R., et al. 2005. Process-related risk of beryllium sensitization and disease a copper-beryllium alloy facility. American Journal of Industrial Medicine 47(3): 195-205.
- Taylor, T.P., et al. 2003. Beryllium in the environment : A review. Environmental Science and Health Part A-Toxic/ Hazardous Substances & Environment Engineering, 38(2): 439- 469.
- United States Environment Protection Agency. 1987. Health assessment document for beryllium. Office of Health and Environmental Assessment, Environmental Criteria and Assessment Office, Triangle Park, North Carolina .EPA/600/84/026F
- United States Environment Protection Agency. 1990. Air pollution prevention and control. [Online]. Available from: <http://www.epa.gov/air/air/title1.html>. [2010 February 25].
- United States Environment Protection Agency. 1996. Air quality of criteria for particulate matter. Triangle park, Washington DC.
- United States Environment Protection Agency. 1996. Method 3050B acid digestion of sediment, sludges and soils. [Online]. Availablefrom : <http://www.epa.gov/waste/hazard/testmethod/sw846/pdfs/3050b.pdf>. [2009 February 25].

- United States Environment Protection Agency. 1999. Compendium of methods for the determination of inorganic compounds in ambient air. [Online]. Available from: <http://www.epa.gov/nrul/pubs/625r96010/iocompen.pdf>. [2009 February 28].
- United States Environment Protection Agency. 2003. Air quality of criteria of particulate matter Chapter 7: Toxicology of particulate matter in humans and laboratory animals. Triangle park, North Carolina.
- World Health Organization. 1979. Environment health criteria 8: sulfur oxides and suspended particulate matter. The United Nations Environment Program and the World Health Organization. Geneva, Switzerland.
- Yao, Z., Stiglich, J. and Sudarshan, T.S. 1999. Molybdenum silicide based materials and their properties. Materials Engineering and Performance 8: 291-304.

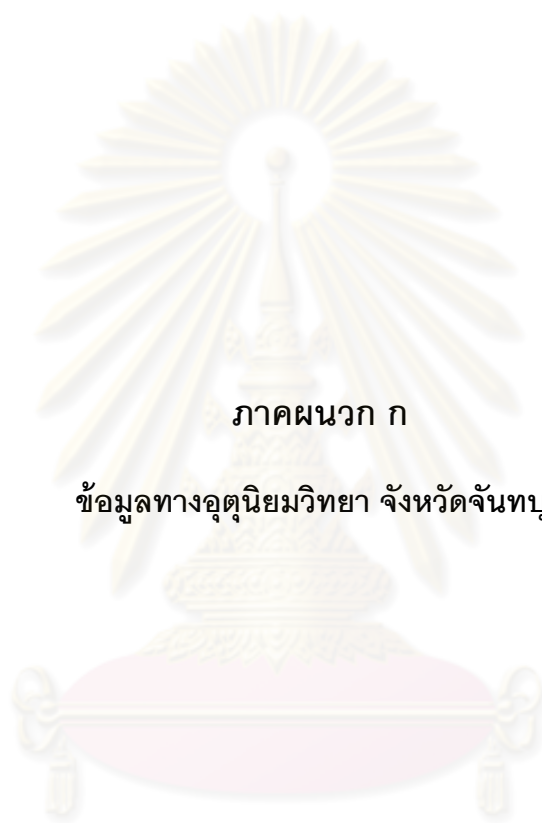


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

ข้อมูลทางอุดมศึกษา จังหวัดจันทบุรี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-1 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของเมืองจันทบุรี ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ปริมาณ น้ำฝน (mm)	ความเร็วลม (m/s)	ทิศลม หลัก
9-10 ม.ค. 2552	22.7 (16.8-28.4)	50.1 (37.0-61.0)	0.0	4.1 (2.0-6.5)	NNE
10-11 ม.ค. 2552	21.5 (16.2-26.0)	49.6 (39.0-59.0)	0.0	4.0 (1.0-6.5)	NNE
11-12 ม.ค. 2552	22.4 (18.6-27.1)	48 (37.0-62.0)	0.0	3.3 (0.0-7.5)	NNE,NE
12-13 ม.ค. 2552	23.9 (19.5-28.5)	47.6 (35.0-55.0)	0.0	4.8 (1.5-7.5)	NE
13-14 ม.ค. 2552	22.8 (17.5-27.8)	50.0 (37.0-62.0)	0.0	4.8 (2.5-6.0)	NE
14-15 ม.ค. 2552	22.3 (17.2-27.2)	52.3 (40.0-64.0)	0.0	3.2 (1.0-7.0)	NE
15-16 ม.ค. 2552	23.0 (18.1-28)	52.1 (38.0-63.0)	0.0	3.7 (1.5-7.5)	NE
16-17 ม.ค. 2552	24.7 (20.5-30.5)	52.5 (36.0-64.0)	0.0	1.6 (0.0-4.0)	NE
17-18 ม.ค. 2552	25.7 (19.2-31.5)	55.4 (35.0-84.0)	0.0	1.5 (0.0-3.5)	NE
18-19 ม.ค. 2552	26.1 (18.6-32.0)	59.0 (37.0-84.0)	0.0	1.2 (0.0-2.5)	NE
ค่าเฉลี่ย	23.5	51.6	0.0	3.3	NE

ตารางที่ ก-2 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของเมืองจันทบุรี ในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ปริมาณ น้ำฝน (mm)	ความเร็วลม (m/s)	ทิศลม หลัก
2-3 มิ.ย. 2552	28.2 (27.1-30.7)	82.9 (67.0-93.0)	8.6	1.8 (0.0-5.0)	SW
3-4 มิ.ย. 2552	29.0 (27.2-31.5)	76.1 (67.0-83.0)	1.7	3.2 (1.0-5.0)	WSW,SW
4-5 มิ.ย. 2552	27.2 (24.5-31.5)	86.2 (71.0-95.0)	38.1	0.8 (0.0-4.0)	WSW,SW
5-6 มิ.ย. 2552	28.7 (26.4-31.3)	82.4 (70.0-93.0)	12.1	1.0 (0.0-3.0)	SW,SSW
6-7 มิ.ย. 2552	29.4 (27.1-32.0)	76.6 (61.0-91.0)	0.4	1.7 (0.0-5.5)	SSW,S
7-8 มิ.ย. 2552	30.1 (28.2-32.0)	73.1 (64.0-83.0)	0.0	2.6 (1.0-4.0)	SSW,S
8-9 มิ.ย. 2552	30.4 (28.7-32.6)	73.0 (64.0-83.0)	0.0	2.2 (0.0-3.5)	W,SSW
9-10 มิ.ย. 2552	30.3 (28.2-32.6)	75.1 (65.0-85.0)	0.1	1.6 (0.0-3.5)	W,WSW
10-11 มิ.ย. 2552	29.7 (27.1-32.7)	77.0 (65.0-93.0)	0.0	2.0 (0.0-5.0)	W,WSW
11-12 มิ.ย. 2552	29.9 (27.5-32.7)	75.6 (61.0-90.0)	0.0	1.1 (0.0-2.5)	W,SW
12-13 มิ.ย. 2552	30.1 (27.5-32.9)	72.2 (87.0-60.0)	0.0	1.2 (0.0-4.0)	WSW,SW
13-14 มิ.ย. 2552	29.8 (27.5-32.9)	77.2 (59.0-92.0)	14.1	1.6 (0.0-4.0)	WSW,SW
14-15 มิ.ย. 2552	29.4 (27.5-30.8)	79.4 (72.0-88.0)	0.0	1.9 (0.0-6.5)	SW

ตารางที่ ก-2(ต่อ) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของเมืองจันทบุรี ในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

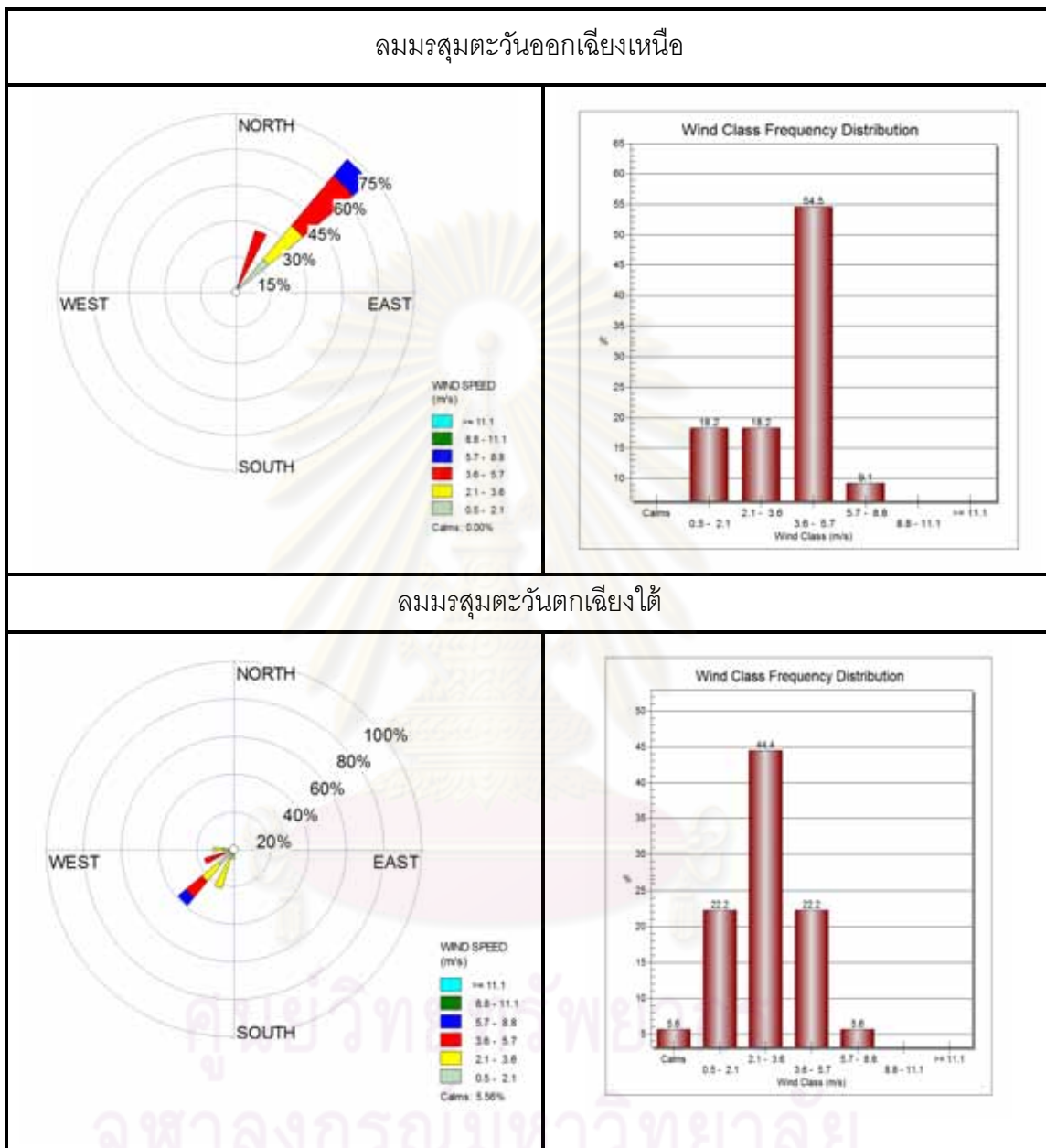
วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ปริมาณ น้ำฝน (mm)	ความเร็วลม (m/s)	ทิศทาง หลัก
15-16 มิ.ย. 2552	28.5 (24.9-31.6)	81.4 (69.0-96.0)	10.3	2.5 (0.0-7.0)	SW
16-17 มิ.ย. 2552	29.4 (25.9-31.6)	77.1 (66.0-89.0)	1.3	1.5 (0.0-4.5)	SW,SSW
17-18 มิ.ย. 2552	28.5 (25.5-31.5)	83.2 (69.0-95.0)	13.4	0.9 (0.0-3.0)	SW,SSW
18-19 มิ.ย. 2552	28.8 (26.6-30.4)	82.2 (72.0-92.0)	5.7	1.8 (0.0-3.0)	SW,SSW
19-20 มิ.ย. 2552	29.0 (27.5-31.0)	78.4 (67.0-86.0)	0.4	1.3 (0.0-2.5)	SW
ค่าเฉลี่ย	29.3	78.3	6.2	1.7	SW

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-4 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ราย 3 ชั่วโมงของจังหวัดจันทบุรี ในเดือนมิถุนายน 2552

วันที่	เวลาที่ทำการตรวจวัด								รวม
	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	
1/6/2552	1.2	2.8	0.1	0	0.1	0	0	3.4	7.6
2/6/2552	9.7	80.8	1	12	3.1	4.5	1	0	112.1
3/6/2552	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4/6/2552	0	1.7	0	0	T	10.6	3.7	16.1	32.1
5/6/2552	0	0	0	7.7	8.8	2.6	0.7	0	19.8
6/6/2552	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7/6/2552	0	0	0.4	0	0	0	0	0	0.4
8/6/2552	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9/6/2552	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0.1
10/6/2552	0	0	0	0	0	0	T	0	T
11/6/2552	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12/6/2552	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13/6/2552	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14/6/2552	3.7	9.5	0	0.9	0	0	0	0	14.1
15/6/2552	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16/6/2552	9.2	1	0	0.1	T	0	0	0	10.3
17/6/2552	0	1.2	0	0.1	0	0	0	2.8	4.1
18/6/2552	2.9	0.2	7.5	0	0.1	0.2	0	0	10.9
19/6/2552	0	1.9	3.3	0.2	0	0	0	0.4	5.8
20/6/2552	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21/6/2552	0	0	0	0	0	0	0	1.2	1.2
22/6/2552	0	4.4	0.5	0	0.5	1.6	0	0	7
23/6/2552	0	T	0	2.3	0	0.4	0	0	2.7
24/6/2552	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25/6/2552	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26/6/2552	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27/6/2552	0	0	7.9	T	0	0	0	0	7.9
28/6/2552	0	12.4	8.1	4.5	0	0	0	0	25
29/6/2552	0	0.4	0	0	T	0	0	0	0.4
30/6/2552	0	0.7	0	0	0	0	0	0	0.7

ภาพที่ ก-1 แผนภูมิแสดงทิศทางและแผนภูมิแสดงความถี่ของความเร็วลม (ร้อยละ) จากสถานี
 อุตุณิยมวิทยาจังหวัดจันทบุรี ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้





ภาคผนวก ข

ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม (TSP) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10})
ในบรรยากาศโดยรอบตลาดพลอย ใน 2 ช่วงลมรสุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-1 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองทั้ง 2 ชนิด จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในระหว่างวันที่ 9-19 มกราคม 2552

วัน/เดือน/ปี	จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้นของฝุ่นละออง(มคก./ลบ.ม.)	
		TSP	PM ₁₀
15-16 มกราคม 2552	วัดจันทนาราม	95.00	40.70
16-17 มกราคม 2552	วัดจันทนาราม	101.40	34.20
17-18 มกราคม 2552	วัดจันทนาราม	84.30	44.30
18-19 มกราคม 2552	วัดจันทนาราม	78.30	48.00
ค่าเฉลี่ย		89.75	41.80
15-16 มกราคม 2552	วัดไผ่ล้อม	82.90	48.30
16-17 มกราคม 2552	วัดไผ่ล้อม	67.10	37.50
17-18 มกราคม 2552	วัดไผ่ล้อม	68.90	37.10
18-19 มกราคม 2552	วัดไผ่ล้อม	90.10	45.20
ค่าเฉลี่ย		77.25	42.03
09-10 มกราคม 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	72.50	50.40
10-11 มกราคม 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	91.00	67.40
11-12 มกราคม 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	ตัวอย่างเสีย	51.10
12-13 มกราคม 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	92.70	49.40
ค่าเฉลี่ย		85.40	42.03
09-10 มกราคม 2552	สถานีอุตุนิยมวิทยา	99.50	ตัวอย่างเสีย
10-11 มกราคม 2552	สถานีอุตุนิยมวิทยา	112.80	74.30
13-14 มกราคม 2552	สถานีอุตุนิยมวิทยา	122.60	68.40
14-15 มกราคม 2552	สถานีอุตุนิยมวิทยา	113.60	58.00
ค่าเฉลี่ย		112.13	54.58
11-12 มกราคม 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	84.60	58.70
12-13 มกราคม 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	89.90	59.40
13-14 มกราคม 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	93.70	73.30
14-15 มกราคม 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	94.60	69.40
ค่าเฉลี่ย		90.70	65.20

ตารางที่ ข-2 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองทั้ง 2 ชนิด จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในระหว่างวันที่ 2-20 มิถุนายน 2552

วัน/เดือน/ปี	จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้นของฝุ่นละออง (มคก./ลบ.ม.)	
		TSP	PM ₁₀
2-3 มิถุนายน 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	29.00	11.90
3-4 มิถุนายน 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	34.50	12.30
4-5 มิถุนายน 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	34.80	21.30
5-6 มิถุนายน 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	28.90	13.30
6-7 มิถุนายน 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	21.00	17.30
7-8 มิถุนายน 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	25.80	21.20
8-9 มิถุนายน 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	23.30	19.90
ค่าเฉลี่ย		28.19	16.74
6-7 มิถุนายน 2552	สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	28.00	21.60
7-8 มิถุนายน 2552	สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	26.50	19.80
8-9 มิถุนายน 2552	สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	27.20	22.70
9-10 มิถุนายน 2552	สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	26.40	22.00
10-11 มิถุนายน 2552	สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	27.00	21.00
11-12 มิถุนายน 2552	สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	25.30	14.70
12-13 มิถุนายน 2552	สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	18.40	15.90
ค่าเฉลี่ย		25.54	19.67
12-13 มิถุนายน 2552	วัดจันทนาราม	25.30	18.10
13-14 มิถุนายน 2552	วัดจันทนาราม	23.10	16.40
14-15 มิถุนายน 2552	วัดจันทนาราม	39.00	22.00
15-16 มิถุนายน 2552	วัดจันทนาราม	34.70	21.70
16-17 มิถุนายน 2552	วัดจันทนาราม	32.50	14.70
17-18 มิถุนายน 2552	วัดจันทนาราม	33.00	21.80
18-19 มิถุนายน 2552	วัดจันทนาราม	32.90	20.20
ค่าเฉลี่ย		31.50	19.27

ตารางที่ ข-2 (ต่อ) ความเข้มข้นของฝุ่นละอองทั้ง 2 ชนิดจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในระหว่างวันที่ 2-20 มิถุนายน 2552

วัน/เดือน/ปี	จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้นของฝุ่นละออง (มคก./ลบ.ม.)	
		TSP	PM ₁₀
13-14 มิถุนายน 2552	วัดไผ่ล้อม	23.00	20.90
14-15 มิถุนายน 2552	วัดไผ่ล้อม	29.60	26.20
15-16 มิถุนายน 2552	วัดไผ่ล้อม	36.10	21.20
16-17 มิถุนายน 2552	วัดไผ่ล้อม	34.80	21.90
17-18 มิถุนายน 2552	วัดไผ่ล้อม	26.70	18.60
18-19 มิถุนายน 2552	วัดไผ่ล้อม	26.40	20.80
18-19 มกราคม 2552	วัดไผ่ล้อม	25.40	19.30
ค่าเฉลี่ย		28.86	21.27
2-3 มิถุนายน 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	19.80	17.50
3-4 มิถุนายน 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	30.90	19.10
4-5 มิถุนายน 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	38.50	22.50
5-6 มิถุนายน 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	26.30	18.50
9-10 มิถุนายน 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	30.20	26.10
10-11 มิถุนายน 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	24.40	23.20
11-12 มิถุนายน 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	20.40	19.90
ค่าเฉลี่ย		27.21	20.97

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ค

ความเข้มข้นของเบริลเลียมและตะกั่วในฝุ่นละอองรวม (TSP) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ในบรรยากาศโดยรอบตลาดพลอย ใน 2 ช่วงลมรสุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-1 ความเข้มข้นของเบริลเลียมและตะกั่วในฝุ่นละอองรวมจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในระหว่างวันที่ 9-19 มกราคม 2552

วัน/เดือน/ปี	จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้น (มคก./ลบ.ม.)	
		เบริลเลียม	ตะกั่ว
15-16 มกราคม 2552	วัดจันทนาราม	ND	2.093
16-17 มกราคม 2552	วัดจันทนาราม	ND	1.528
17-18 มกราคม 2552	วัดจันทนาราม	ND	1.166
18-19 มกราคม 2552	วัดจันทนาราม	ND	0.716
ค่าเฉลี่ย		ND	1.376
15-16 มกราคม 2552	วัดไผ่ล้อม	ND	1.647
16-17 มกราคม 2552	วัดไผ่ล้อม	ND	1.170
17-18 มกราคม 2552	วัดไผ่ล้อม	ND	1.211
18-19 มกราคม 2552	วัดไผ่ล้อม	ND	0.525
ค่าเฉลี่ย		ND	1.138
09-10 มกราคม 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	ND	0.807
10-11 มกราคม 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	ND	2.078
11-12 มกราคม 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	ตัวอย่างเสีย	ตัวอย่างเสีย
12-13 มกราคม 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	ND	1.632
ค่าเฉลี่ย		ND	1.505
09-10 มกราคม 2552	สถานีอุตุนิยมวิทยา	ND	2.256
10-11 มกราคม 2552	สถานีอุตุนิยมวิทยา	ND	3.923
13-14 มกราคม 2552	สถานีอุตุนิยมวิทยา	ND	2.328
14-15 มกราคม 2552	สถานีอุตุนิยมวิทยา	ND	2.570
ค่าเฉลี่ย		ND	2.769
11-12 มกราคม 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ND	1.704
12-13 มกราคม 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ND	1.545
13-14 มกราคม 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ND	2.502
14-15 มกราคม 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ND	3.018
ค่าเฉลี่ย		ND	2.192

ตารางที่ ค-2 ความเข้มข้นของเบริลเลียมและตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในระหว่างวันที่ 9-19 มกราคม 2552

วัน/เดือน/ปี	จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้น (มคก./ลบ.ม.)	
		เบริลเลียม	ตะกั่ว
15-16 มกราคม 2552	วัดจันทนาราม	ND	0.005
16-17 มกราคม 2552	วัดจันทนาราม	ND	0.005
17-18 มกราคม 2552	วัดจันทนาราม	ND	0.005
18-19 มกราคม 2552	วัดจันทนาราม	ND	0.004
ค่าเฉลี่ย		ND	0.005
15-16 มกราคม 2552	วัดไผ่ล้อม	ND	0.007
16-17 มกราคม 2552	วัดไผ่ล้อม	ND	0.009
17-18 มกราคม 2552	วัดไผ่ล้อม	ND	0.004
18-19 มกราคม 2552	วัดไผ่ล้อม	ND	0.004
ค่าเฉลี่ย		ND	0.006
09-10 มกราคม 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	ND	0.010
10-11 มกราคม 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	ND	0.008
11-12 มกราคม 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	ND	0.007
12-13 มกราคม 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	ND	0.067
ค่าเฉลี่ย		ND	0.023
09-10 มกราคม 2552	สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	ตัวอย่างเสีย	ตัวอย่างเสีย
10-11 มกราคม 2552	สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	ND	0.012
13-14 มกราคม 2552	สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	ND	0.073
14-15 มกราคม 2552	สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	ND	0.012
ค่าเฉลี่ย		ND	0.032
11-12 มกราคม 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ND	0.168
12-13 มกราคม 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ND	0.008
13-14 มกราคม 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ND	0.055
14-15 มกราคม 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ND	0.072
ค่าเฉลี่ย		ND	0.076

ตารางที่ ค-3 ความเข้มข้นของเบริลเลียมและตะกั่วในฝุ่นละอองรวม จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในระหว่างวันที่ 2-20 มิถุนายน 2552

วัน/เดือน/ปี	จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้น (มคก./ลบ.ม.)	
		เบริลเลียม	ตะกั่ว
2-3 มิถุนายน 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	ND	0.184
3-4 มิถุนายน 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	ND	0.296
4-5 มิถุนายน 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	ND	0.273
5-6 มิถุนายน 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	ND	0.177
6-7 มิถุนายน 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	ND	0.254
7-8 มิถุนายน 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	ND	0.159
8-9 มิถุนายน 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	ND	0.250
ค่าเฉลี่ย		ND	0.228
6-7 มิถุนายน 2552	สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	ND	0.209
7-8 มิถุนายน 2552	สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	ND	0.162
8-9 มิถุนายน 2552	สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	ND	0.156
9-10 มิถุนายน 2552	สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	ND	0.284
10-11 มิถุนายน 2552	สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	ND	0.208
11-12 มิถุนายน 2552	สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	ND	0.246
12-13 มิถุนายน 2552	สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	ND	0.162
ค่าเฉลี่ย		ND	0.204
12-13 มิถุนายน 2552	วัดจันทนาราม	ND	0.330
13-14 มิถุนายน 2552	วัดจันทนาราม	ND	0.221
14-15 มิถุนายน 2552	วัดจันทนาราม	ND	0.459
15-16 มิถุนายน 2552	วัดจันทนาราม	ND	0.321
16-17 มิถุนายน 2552	วัดจันทนาราม	ND	0.311
17-18 มิถุนายน 2552	วัดจันทนาราม	ND	0.319
18-19 มิถุนายน 2552	วัดจันทนาราม	ND	0.304
ค่าเฉลี่ย		ND	0.323

ตารางที่ ค-3 (ต่อ) ความเข้มข้นของเบริลเลียมและตะกั่วฝุ่นละอองรวมจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในระหว่างวันที่ 2-20 มิถุนายน 2552

วัน/เดือน/ปี	จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้น (มคก./ลบ.ม.)	
		เบริลเลียม	ตะกั่ว
13-14 มิถุนายน 2552	วัดไผ่ล้อม	ND	0.285
14-15 มิถุนายน 2552	วัดไผ่ล้อม	ND	0.300
15-16 มิถุนายน 2552	วัดไผ่ล้อม	ND	0.274
16-17 มิถุนายน 2552	วัดไผ่ล้อม	ND	0.257
17-18 มิถุนายน 2552	วัดไผ่ล้อม	ND	0.266
18-19 มิถุนายน 2552	วัดไผ่ล้อม	ND	0.256
18-19 มกราคม 2552	วัดไผ่ล้อม	ND	0.256
ค่าเฉลี่ย		ND	0.271
2-3 มิถุนายน 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ND	0.228
3-4 มิถุนายน 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ND	0.275
4-5 มิถุนายน 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ND	0.228
5-6 มิถุนายน 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ND	0.178
9-10 มิถุนายน 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ND	0.285
10-11 มิถุนายน 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ND	0.184
11-12 มิถุนายน 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ND	0.137
ค่าเฉลี่ย		ND	0.216

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-4 ความเข้มข้นของเบริลเลียมและตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในระหว่างวันที่ 2-20 มิถุนายน 2552

วัน/เดือน/ปี	จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้น (มคก./ลบ.ม.)	
		เบริลเลียม	ตะกั่ว
2-3 มิถุนายน 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	ND	0.012
3-4 มิถุนายน 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	ND	0.014
4-5 มิถุนายน 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	ND	0.016
5-6 มิถุนายน 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	ND	0.013
6-7 มิถุนายน 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	0.002	0.089
7-8 มิถุนายน 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	ND	0.011
8-9 มิถุนายน 2552	บ้านพักสรรพาสามิต	ND	0.013
ค่าเฉลี่ย		ND	0.024
6-7 มิถุนายน 2552	สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	ND	0.026
7-8 มิถุนายน 2552	สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	ND	0.008
8-9 มิถุนายน 2552	สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	ND	0.011
9-10 มิถุนายน 2552	สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	ND	0.007
10-11 มิถุนายน 2552	สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	ND	0.016
11-12 มิถุนายน 2552	สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	ND	0.010
12-13 มิถุนายน 2552	สถานีอุตสาหกรรมวิทยา	ND	0.008
ค่าเฉลี่ย		ND	0.012
12-13 มิถุนายน 2552	วัดจันทนาราม	ND	0.012
13-14 มิถุนายน 2552	วัดจันทนาราม	ND	0.007
14-15 มิถุนายน 2552	วัดจันทนาราม	ND	0.018
15-16 มิถุนายน 2552	วัดจันทนาราม	ND	0.011
16-17 มิถุนายน 2552	วัดจันทนาราม	ND	0.008
17-18 มิถุนายน 2552	วัดจันทนาราม	ND	0.011
18-19 มิถุนายน 2552	วัดจันทนาราม	ND	0.009
ค่าเฉลี่ย		ND	0.011

ตารางที่ ค-4 (ต่อ) ความเข้มข้นของเบริลเลียมและตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 5 จุด ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในระหว่างวันที่ 2-20 มิถุนายน 2552

วัน/เดือน/ปี	จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้น (มคก./ลบ.ม.)	
		เบริลเลียม	ตะกั่ว
13-14 มิถุนายน 2552	วัดไผ่ล้อม	ND	0.010
14-15 มิถุนายน 2552	วัดไผ่ล้อม	ND	0.008
15-16 มิถุนายน 2552	วัดไผ่ล้อม	ND	0.014
16-17 มิถุนายน 2552	วัดไผ่ล้อม	ND	0.007
17-18 มิถุนายน 2552	วัดไผ่ล้อม	ND	0.006
18-19 มิถุนายน 2552	วัดไผ่ล้อม	ND	0.008
18-19 มกราคม 2552	วัดไผ่ล้อม	ND	0.008
ค่าเฉลี่ย		ND	0.009
2-3 มิถุนายน 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ND	0.021
3-4 มิถุนายน 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ND	0.014
4-5 มิถุนายน 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ND	0.005
5-6 มิถุนายน 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ND	0.007
9-10 มิถุนายน 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ND	0.017
10-11 มิถุนายน 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ND	0.012
11-12 มิถุนายน 2552	บ้านพักบริเวณวัดอ่างหิน	ND	0.013
ค่าเฉลี่ย		ND	0.013

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ศูนย์วิทยพัชการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-1 การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นของเบริลเลียมในช่วงที่มีการเผาและไม่มีการเผา ในบ้านหลังที่ 1

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
ห้องนั่งเล่น	6	.01283	.011356	.002	.027
ห้องนอน	6	.02133	.024606	.002	.067
PROCESS	6	1.5000	.54772	1.00	2.00

Mann-Whitney Test

Ranks

	PROCESS	N	Mean Rank	Sum of Ranks
ห้องนั่งเล่น	มีการเผา	3	5.00	15.00
	ไม่มีการเผา	3	2.00	6.00
	Total	6		
ห้องนอน	มีการเผา	3	5.00	15.00
	ไม่มีการเผา	3	2.00	6.00
	Total	6		

Test Statistics(b)

	LIVING	BEDROOM
Mann-Whitney U	.000	.000
Wilcoxon W	6.000	6.000
Z	-2.023	-1.964
Asymp. Sig. (2-tailed)	.0431	.0495
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.100(a)	.100(a)

ตารางที่ ง-2 การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นของเบริลเลียมในช่วงที่มีการเผาและไม่มีการเผา ในบ้านหลังที่ 2

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
ห้องนั่งเล่น	6	.00467	.005574	.002	.016
ห้องนอน	6	.00550	.008019	.000	.021
PROCESS	6	1.5000	.54772	1.00	2.00

Mann-Whitney Test

Ranks

	PROCESS	N	Mean Rank	Sum of Ranks
ห้องนั่งเล่น	มีการเผา	3	5.00	15.00
	ไม่มีมีการเผา	3	2.00	6.00
	Total	6		
ห้องนอน	มีการเผา	3	4.67	14.00
	ไม่มีมีการเผา	3	2.33	7.00
	Total	6		

Test Statistics(b)

	LV2	BD2
Mann-Whitney U	.000	1.000
Wilcoxon W	6.000	7.000
Z	-2.121	-1.550
Asymp. Sig. (2-tailed)	.034	.121
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.100(a)	.200(a)

ตารางที่ ง-3 การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในระหว่างวันที่ 9-19 มกราคม 2552

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
TSP	19	91.3421	14.75452	67.10	122.60
Site	20	3.0000	1.45095	1.00	5.00

Ranks

	Site	N	Mean Rank
TSP	1.00	4	10.00
	2.00	4	4.25
	3.00	3	8.00
	4.00	4	17.25
	5.00	4	10.00
Total		19	

Test Statistics(a,b)

	TSP
Chi-Square	11.195
df	4
Asymp. Sig.	.024

a Kruskal Wallis Test

b Grouping Variable: Site

หมายเหตุ : Site 1 คือ วัดจันทนาราม

Site 2 คือ วัดไผ่ล้อม

Site 3 คือ บ้านพักสรรพสามิต

Site 4 คือ สถานีอุตสาหกรรมวิทยา

Site 5 คือ บ้านพักวัดอ่างหิน

ตารางที่ ง-4 การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในระหว่างวันที่ 2-20 มิถุนายน 2552

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
TSP	35	28.2600	5.28868	18.40	39.00
Site	35	3.0000	1.43486	1.00	5.00

ตารางที่ ง-4 (ต่อ)การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในระหว่างวันที่ 2-20 มิถุนายน 2552

Ranks

	Site	N	Mean Rank
TSP	1.00	7	23.07
	2.00	7	19.29
	3.00	7	18.07
	4.00	7	14.00
	5.00	7	15.57
	Total		35

Test Statistics(a,b)

	TSP
Chi-Square	3.286
df	4
Asymp. Sig.	.511

a Kruskal Wallis Test

b Grouping Variable: Site

หมายเหตุ : Site 1 คือ วัดจันทนาภิรม Site 2 คือ วัดไผ่ล้อม
 Site 3 คือ บ้านพักสรรพสามิต Site 4 คือ สถานีอุตสาหกรรมวิทยา
 Site 5 คือ บ้านพักวัดอ่างหิน

ตารางที่ ง-5 การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมในทั้ง 2 ช่วงลมมรสุม

Descriptive Statistics

Site	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
1	11	52.6818	30.23521	23.10	101.40
2	11	46.4545	25.44835	23.00	90.10
3	10	45.3500	28.46312	21.00	92.70
4	11	57.0273	44.06507	18.40	122.60
5	11	50.3000	32.52903	19.80	94.60

ตารางที่ ง-5 (ต่อ)การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมในทั้ง 2 ช่วงลมมรสุม

Ranks

Site	Monsoon	N	Mean Rank	Sum of Ranks
1	NE	4	9.50	38.00
	SW	7	4.00	28.00
	Total	11		
2	NE	4	9.50	38.00
	SW	7	4.00	28.00
	Total	11		
3	NE	3	9.00	27.00
	SW	7	4.00	28.00
	Total	10		
4	NE	4	9.50	38.00
	SW	7	4.00	28.00
	Total	11		
5	NE	4	9.50	38.00
	SW	7	4.00	28.00
	Total	11		

Test Statistics(b)

	1	2	3	4	5
Mann-Whitney U	.000	.000	.000	.000	.000
Wilcoxon W	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000
Z	-2.646	-2.646	-2.393	-2.646	-2.646
Asymp. Sig. (2-tailed)	.008	.008	.017	.008	.008
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.006(a)	.006(a)	.017(a)	.006(a)	.006(a)

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: Monsoon

หมายเหตุ : Site 1 คือ วัดจันทนาราม

Site 2 คือ วัดไผ่ล้อม

Site 3 คือ บ้านพักสรรพสามิต

Site 4 คือ สถานีอุตุนิยมวิทยา

Site 5 คือ บ้านพักวัดอ่างหิน

NE คือ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ SW คือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

ตารางที่ ง-6 การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Pb in TSP	19	1.8114	.84521	.52	3.92
Pb in PM ₁₀	19	.02813	.041991	.004	.168
Site	20	3.0000	1.45095	1.00	5.00

Ranks

	Site	N	Mean Rank
Pb in TSP	1.00	4	6.50
	2.00	4	5.50
	3.00	3	8.00
	4.00	4	16.25
	5.00	4	13.25
	Total		19
Pb in PM ₁₀	1.00	4	4.38
	2.00	4	5.63
	3.00	4	11.00
	4.00	3	15.00
	5.00	4	15.25
	Total		19

Test Statistics(a,b)

	Pb in TSP	Pb in PM ₁₀
Chi-Square	10.753	12.402
df	4	4
Asymp. Sig.	.029	.015

a Kruskal Wallis Test

b Grouping Variable: Site

หมายเหตุ : Site 1 คือ วัดจันทนาราม

Site 2 คือ วัดไผ่ล้อม

Site 3 คือ บ้านพักสรรพสามิต

Site 4 คือ สถานีอุตุนิยมวิทยา

Site 5 คือ บ้านพักวัดอ่างหิน

ตารางที่ ง-7 การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Pb in TSP	35	.2483	.06569	.14	.46
Pb in PM ₁₀	35	.01365	.013871	.005	.089
Site	35	3.0000	1.43486	1.00	5.00

Ranks

	Site	N	Mean Rank
Pb in TSP	1.00	7	29.57
	2.00	7	22.36
	3.00	7	14.29
	4.00	7	10.29
	5.00	7	13.50
	Total	35	
Pb in PM ₁₀	1.00	7	16.50
	2.00	7	11.00
	3.00	7	25.57
	4.00	7	17.00
	5.00	7	19.93
	Total	35	

Test Statistics(a,b)

	Pb in TSP	Pb in PM ₁₀
Chi-Square	16.434	7.556
df	4	4
Asymp. Sig.	.002	.109

a Kruskal Wallis Test

b Grouping Variable: Site

หมายเหตุ : Site 1 คือ วัดจันทนาราม

Site 2 คือ วัดไผ่ล้อม

Site 3 คือ บ้านพักสรรพสามิต

Site 4 คือ สถานีอุตุนิยมวิทยา

Site 5 คือ บ้านพักวัดอ่างหิน

ตารางที่ ง-8 การวิเคราะห์ความแตกต่างของสัดส่วนตะกั่วในฝุ่นละอองรวมในทั้ง 2 ช่วงลมมรสุม

Descriptive Statistics

Site	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
1	11	1.2012	.39394	.91	2.20
2	11	1.1629	.46557	.58	1.99
3	10	1.0945	.54728	.61	2.28
4	11	1.4124	.93540	.57	3.48
5	11	1.3880	.89174	.59	3.19
Monsoon	11	1.6364	.50452	1.00	2.00

Ranks

	Monsoon	N	Mean Rank	Sum of Ranks
1	NE	4	7.75	31.00
	SW	7	5.00	35.00
	Total	11		
2	NE	4	7.75	31.00
	SW	7	5.00	35.00
	Total	11		
3	NE	3	8.67	26.00
	SW	7	4.14	29.00
	Total	10		
4	NE	4	9.50	38.00
	SW	7	4.00	28.00
	Total	11		
5	NE	4	9.50	38.00
	SW	7	4.00	28.00
	Total	11		

หมายเหตุ : Site 1 คือ วัดจันทนาราม

Site 2 คือ วัดไผ่ล้อม

Site 3 คือ บ้านพักสรรพสามิต

Site 4 คือ สถานีอุตุนิยมวิทยา

Site 5 คือ บ้านพักวัดอ่างหิน

ตารางที่ ง-8 (ต่อ) การวิเคราะห์ความแตกต่างของสัดส่วนตะกั่วในฝุ่นละอองรวมในทั้ง 2 ช่วงลมมรสุม

	1	2	3	4	5
Mann-Whitney U	7.000	7.000	1.000	.000	.000
Wilcoxon W	35.000	35.000	29.000	28.000	28.000
Z	-1.323	-1.323	-2.165	-2.646	-2.646
Asymp. Sig. (2-tailed)	.186	.186	.030	.008	.008
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.230(a)	.230(a)	.033(a)	.006(a)	.006(a)

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: Monsoon

หมายเหตุ : Site 1 คือ วัดจันทนาราม

Site 2 คือ วัดไผ่ล้อม

Site 3 คือ บ้านพักสรรพสามิต

Site 4 คือ สถานีอุตุนิยมวิทยา

Site 5 คือ บ้านพักวัดอ่างหิน

ตารางที่ ง-9 การวิเคราะห์ความแตกต่างของสัดส่วนตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในทั้ง 2 ช่วงลมมรสุม

Descriptive Statistics

Site	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
1	11	.0398	.02451	.01	.08
2	11	.0316	.01671	.01	.07
3	11	.1088	.14127	.01	.52
4	10	.0579	.03487	.02	.12
5	11	.0824	.07421	.01	.29
Monsoon	11	1.6364	.50452	1.00	2.00

ตารางที่ ง-9 (ต่อ) การวิเคราะห์ความแตกต่างของสัดส่วนตะกั่วในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในทั้ง 2 ช่วงลมมรสุม

Ranks				
	Monsoon	N	Mean Rank	Sum of Ranks
1	NE	4	2.50	10.00
	SW	7	8.00	56.00
	Total	11		
2	NE	4	2.50	10.00
	SW	7	8.00	56.00
	Total	11		
3	NE	4	4.00	16.00
	SW	7	7.14	50.00
	Total	11		
4	NE	3	4.00	12.00
	SW	7	6.14	43.00
	Total	10		
5	NE	4	7.25	29.00
	SW	7	5.29	37.00
	Total	11		

Test Statistics(b)					
	1	2	3	4	5
Mann-Whitney U	.000	.000	6.000	6.000	9.000
Wilcoxon W	10.000	10.000	16.000	12.000	37.000
Z	-2.646	-2.646	-1.512	-1.026	-.945
Asymp. Sig. (2-tailed)	.008	.008	.131	.305	.345
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.006(a)	.006(a)	.164(a)	.383(a)	.412(a)

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: Monsoon

หมายเหตุ : Site 1 คือ วัดจันทนาราม

Site 2 คือ วัดไผ่ล้อม

Site 3 คือ บ้านพักสรรพสามิต

Site 4 คือ สถานีอุดุนิยมวิทยา

Site 5 คือ บ้านพักวัดอ่างหิน

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวญาดา ว่องวัฒนากุล เกิดเมื่อวันที่ 28 มกราคม พ.ศ. 2529 ที่จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2550 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551 ในระหว่างการศึกษาได้เข้าร่วมเสนอผลงานวิจัย ในการประชุมทางวิชาการระดับชาติ โดยได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานดังต่อไปนี้

ญาดา ว่องวัฒนากุล, อรุบล โชติพงษ์ และจักรพันธ์ สุทธิรัตน์. การกระจายตัวของตะกั่วและเบริลเลียมในฝุ่นรวมและฝุ่นที่มีขนาดต่ำกว่า 10 ไมครอน ในพื้นที่ที่มีการปรับปรุงคุณภาพพลอยด้วยความร้อน จังหวัดจันทบุรี. รายงานการประชุมทางวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 18. 16-17 กันยายน 2553 ณ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย