การศึกษาความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ

สุธินี กาหลง

มณีรัตน์ งามสม

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ปีการศึกษา 2559

การศึกษาความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ

สุธินี กาหลง

มณีรัตน์ งามสม

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ปีการศึกษา 2559

หัวข้อโครงการ	การศึกษาความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ
โดย	นางสาวสุธินี กาหลง นางสาวมณีรัตน์ งามสม
ระดับการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ปีการศึกษา	2559

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา อนุมัติให้โครงการศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....

(อาจารย์ ฒาลิสา เนียมมณี)

หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการสอบโครงการ

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาณัติ ต๊ะปินตา)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ศิวพันธุ์ ชูอินทร์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.พรรณทิพย์ กาหยี)

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเรื่อง“การศึกษาความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ”ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ศิวพันธุ์ ชูอินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.พรรณทิพย์ กาหยี คณะกรรมการสอบ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาณัติ ต๊ะปินตา ประธานกรรมการสอบ ผู้ซึ่งให้คำแนะนำและให้คำปรึกษา สนับสนุน และช่วยเหลือในด้านต่างๆ ตลอดจนการตรวจสอบแก้ไขข้อผิดพลาดจนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณเพื่อนๆ นักศึกษาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม รหัส 56 ทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างและเป็นกำลังใจให้อย่างดีเสมอมา

หากมีข้อผิดพลาดประการใดผู้ดำเนินการวิจัยต้องขออภัยเป็นอย่างยิ่งในความบกพร่อง และหวังว่าการศึกษาครั้งนี้จะมีประโยชน์กับผู้อ่านไม่มากก็น้อย สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องตลอดจนผู้ที่สนใจทั่วไป

คณะผู้จัดทำ

มกราคม 2560

หัวข้อโครงการ	การศึกษาความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ
โดย	นางสาวสุธินี กาหลง นางสาวมณีรัตน์ งามสม
ระดับการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

การศึกษางานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ ดำเนินการศึกษาโดยใช้เครื่องการสอบเทียบอัตราการไหลของปั๊มเก็บอากาศเพื่อเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่น ใช้กระดาษกรองขนาด 37 mm และทำการเก็บตัวอย่างจำนวน 30 ตัวอย่าง ผลจากการศึกษาวิจัยพบว่า ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้หมึกตลับแท้ จำนวน 30 ตัวอย่าง อยู่ในช่วง 166.67 - 3166.67 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีปริมาณฝุ่นละอองเฉลี่ย 1355.56 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 666.28 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้หมึกตลับใช้ซ้ำ จำนวน 30 ตัวอย่าง อยู่ในช่วง 1500.00 - 5000.00 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีปริมาณฝุ่นละอองเฉลี่ย 2861.11 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 723.29 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ผลการศึกษาการเปรียบเทียบความแตกต่างปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ t-test มีค่า sig. เท่ากับ .000 (sig เท่ากับ 0.000 < 0.01) แสดงว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เมื่อพิจารณาจากปริมาณการปล่อยพบว่าฝุ่นละอองที่ปล่อยจากตลับหมึกใช้ซ้ำมีการปล่อยฝุ่นละอองออกมามากกว่าที่ใช้ตลับหมึกแท้

คำสำคัญ (Key word) : ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน, ตลับหมึกแท้, ตลับหมึกใช้ซ้ำ

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
สมมติฐานของงานวิจัย	2
ขอบเขตของงานวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
แผนการดำเนินงานวิจัย	3
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	
มลพิษทางอากาศ	5
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับฝุ่นละออง	7
ฝุ่นละอองจากเครื่องพิมพ์	12
แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่นละออง	13
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	
พื้นที่ทำการวิจัย	17
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	17
การเก็บรวบรวมข้อมูล	18
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	18
การวิเคราะห์ข้อมูล	21

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย

ผลการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ 22

ผลการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างปริมาณฝุ่นละออง ขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ 27

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย 29

ข้อเสนอแนะ 30

เอกสารอ้างอิง 31

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก วิธีการตรวจวัดตัวอย่างปริมาณฝุ่นละออง ขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน 34

ภาคผนวก ข ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน 37

ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ t-Test 50

ภาคผนวก ง ประมวลภาพเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย 52

ภาคผนวก จ ประมวลภาพการเก็บตัวอย่าง 57

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แผนการดำเนินงานวิจัย	4
4.1	ผลการศึกษาปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้	22
4.2	ผลการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกใช้ซ้ำ	25
4.3	ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ	28

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ระบบภาวะมลพิษทางอากาศ (Air Pollution system)	6
2.2	การแพร่กระจายของฝุ่นละอองขนาดต่างๆเข้าสู่ทางเดินหายใจ	8
2.3	ขนาดของอนุภาคฝุ่นเมื่อเทียบกับเส้นผมมนุษย์	11
2.4	ลักษณะของฝุ่นละอองขนาดเล็กจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน ขยาย 400 เท่า	12
3.1	แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	20
4.1	ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้	24
4.2	ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกใช้ซ้ำ	27

บทที่1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกสบายทางด้านการทำงานการเรียนรู้ เครื่องใช้ภายในสำนักงานที่ใช้ทั่วไป ได้แก่ เครื่องพิมพ์ เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องโทรสาร ซึ่งจัดว่าเป็นอุปกรณ์สำนักงานที่มีความจำเป็นโดยเฉพาะเครื่องพิมพ์ เป็นอุปกรณ์ช่วยงานด้านสารสนเทศตัวหนึ่งที่ได้รับความนิยมอย่างมากในสำนักงานต่างๆ เพราะต้นทุนในการพิมพ์ต่อแผ่นต่ำกว่าเครื่องพิมพ์แบบอิงค์เจ็ท และงานพิมพ์ที่ออกมาก็ดูสวยงาม แต่อีกปัจจัยที่เราไม่อาจละเลยคือ เรื่องของคุณภาพอากาศภายในอาคาร (จุฑารัตน์ สุนิโห, 2546, หน้า 2) ฝุ่นละอองที่มีอยู่ในบรรยากาศรอบ ๆ ตัวเรา มีขนาดตั้งแต่ 0.002 ไมครอน ซึ่งเป็นกลุ่มของโมเลกุล (มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ต้องใช้จุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอน) ไปจนถึงขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน ซึ่งเป็นฝุ่นทรายขนาดใหญ่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (ฝุ่นที่มองเห็นด้วยตาเปล่ามีขนาดตั้งแต่ 50 ไมครอนขึ้นไป) ฝุ่นละอองเป็นสารที่มีความหลากหลายทางด้านกายภาพและองค์ประกอบ อาจมีสภาพเป็นของแข็งหรือของเหลวฝุ่นละออง ที่แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นาน มักจะเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็ก (ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 10 ไมครอน) ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อสุขภาพของผู้ที่ใช้งานและเสี่ยงต่อการได้รับ อนุภาคที่ถูกปล่อยออกมาในขณะพิมพ์งานฝุ่นละอองจากผงหมึกในเครื่องพิมพ์มักมีส่วนผสมของผงคาร์บอนสีดำ (carbon black) ซึ่งโดยทั่วไปผงหมึกจะมีส่วนผสมของผงคาร์บอนดำประมาณ 10% ซึ่งจะปนอยู่กับฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน จะฟุ้งกระจายอยู่ภายในสำนักงานและมีขนาดเล็กมาก เนื่องจากมันสามารถแทรกซึมผ่านระบบหายใจและเข้าไปเกาะที่เซลล์ปอด ถ้าได้รับในปริมาณมากพอที่จะไปสะสมพอกพูนจนเกิดเป็นพังผืดหรือแผลขึ้นได้ นำไปสู่อาการหลอดลมอักเสบ หอบหืด หรือถุงลมโป่งพองได้ อีกสาเหตุที่อนุภาคขนาดเล็กเป็นอันตรายต่อมนุษย์มากกว่าอนุภาคขนาดใหญ่นั้น เนื่องจากอนุภาคขนาดเล็กนั้นมีน้ำหนักเบา ยิ่งเล็กและเบามากก็ยิ่งลอยอยู่ในบรรยากาศได้นาน ซึ่งฝุ่นละอองขนาดใหญ่สามารถแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นาน 2-3 นาที จะตกลงสู่พื้นด้วยแรงดึงดูดของโลกและแรงลม ฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานมักเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน เนื่องจากมีความเร็วในการตกลงสู่พื้นต่ำหากมีแรงลมจากภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้อง

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ และได้เลือกเครื่องพิมพ์ HP รุ่น laser jet P1006 การศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ โดยอุปกรณ์ตรวจวัดฝุ่นละอองจะติดตั้งไว้กับกล่องคอบเครื่องพิมพ์ ข้อมูลที่ได้จะนำไปสู่แนวทางในการจัดการเพื่อก่อให้เกิดคุณภาพที่ดีขึ้นโดยเพิ่มความระมัดระวังในการเลือกใช้ตลับหมึกที่ดีและมีคุณภาพเพื่อลดความเสี่ยงในเรื่องของสุขภาพในขณะทำงาน

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ

2. ศึกษาความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ

สมมติฐานของงานวิจัย

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำมีความแตกต่างกัน

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

เป็นการศึกษาเพื่อหาความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ HP laser jet P1006 ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ ทำการเก็บตัวอย่างปริมาณฝุ่นละอองที่อยู่ในเครื่องพิมพ์ จำนวน 30 ตัวอย่าง ด้วยเครื่องปั๊มดูดอากาศ

2. ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรอิสระ คือ ตลับหมึกแท้ ตลับหมึกใช้ซ้ำ

ตัวแปรตาม คือ ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ ($\mu g/m^3$)

ตัวแปรควบคุม คือ

1. เครื่องพิมพ์ HP laser jet P1006
2. กระดาษ
   - 2.1 ขนาดของกระดาษ 80 gsm
   - 2.2 จำนวนกระดาษที่ใช้พิมพ์ 38 แผ่น

3. เวลาที่ใช้ในการดูดอากาศ 30 นาที
4. ช่วงเวลาหยุดพัก 2 ชั่วโมง หลังจากทำการเก็บตัวอย่าง 1 ตัวอย่าง ก่อนที่จะทำการเก็บตัวอย่างตัวต่อไป

3. ขอบเขตด้านพื้นที่

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ ในห้องปฏิบัติการสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาเป็นสถานที่ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

4. ขอบเขตด้านระยะเวลา

การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ ทำการเก็บตัวอย่างช่วงระยะเวลาเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2559

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อทราบถึงปริมาณความแตกต่างของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ

2. เพื่อหาแนวทางในการป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็กว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์

แผนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานตามโครงงาน การศึกษาความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ มีขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินงานดังแสดงไว้ในตาราง 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการศึกษา	พ.ศ. 2559-2560					
	ส.ค. 2559	ก.ย. 2559	ต.ค. 2559	พ.ย. 2559	ธ.ค. 2559	ม.ค. 2560
1. ศึกษาหัวข้อการวิจัย	⟷					
2. รวบรวมข้อมูล/ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง		⟷	⟷			
3. ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล				⟷		
4. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง				⟷		
5. นำเสนอโครงการวิจัย					⟷	
6. จัดทำรูปเล่มโครงการวิจัย					⟷	⟷

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานวิจัยเรื่อง การศึกษาความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ ผู้วิจัยได้รวบรวมและเรียบเรียงเนื้อหาทางวรรณกรรมตลอดจนเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ตามหัวข้อต่อไปนี้

1. มลพิษทางอากาศ
2. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับฝุ่นละออง
3. ฝุ่นละอองจากเครื่องพิมพ์
4. แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่นละออง
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศ (air pollution) หมายถึง สภาวะของอากาศที่มีสิ่งแปลกปลอมปะปนอยู่ในปริมาณที่ทำให้คุณภาพของอากาศตามธรรมชาติเปลี่ยนแปลง และเสื่อมโทรมลงจนทำให้มีผลกระทบต่อมนุษย์สัตว์และพืช ทั้งโดยทางตรงและทางอ้อมสิ่งแปลกปลอมในอากาศที่มักพิจารณากันมากได้แก่ก๊าซต่างๆ ฝุ่นละออง เขม่าควัน ไอระเหยของสารพิษ ซึ่งโดยปกติแล้วอากาศอาจจะมีสิ่งเหล่านี้เจือปนอยู่บ้าง แต่การที่มีสิ่งเหล่านั้นในปริมาณมากเกินขีดจำกัดในอากาศจนทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์หรือสัตว์ (เกษม จันทร์แก้ว, 2541, หน้า 267)

ระบบภาวะมลพิษอากาศ (air pollution system) มีส่วนประกอบ 3 ส่วน ที่มีความสัมพันธ์กัน คือ แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ (emission sources) อากาศหรือบรรยากาศ (atmosphere) และผู้รับผลเสียหรือผลกระทบ (receptors) ดังนี้ (นพภาพร พานิช, 2547, หน้า 36)

1. แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ (emission sources) เป็นแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศและระบายออกสู่อากาศภายนอก โดยที่ชนิดและปริมาณของสารมลพิษอากาศที่ถูกระบายออกสู่อากาศขึ้นอยู่กับประเภทของแหล่งกำเนิดสารมลพิษอากาศ และวิธีการควบคุมการระบายสารมลพิษทางอากาศ

2. อากาศหรือบรรยากาศ (atmosphere) เป็นส่วนของระบบที่รองรับสารมลพิษอากาศที่ถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดต่างๆ และเป็นตัวกลาง (medium) ให้สารมลพิษอากาศที่ถูกระบายออกสู่อากาศ มีการแพร่กระจายออกไป โดยมีปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิของอากาศ ความเร็วและทิศทางกระแสลม รวมทั้งลักษณะภูมิประเทศ เช่น ภูเขา หุบเขา และอาคารบ้านเรือน เป็นตัวกำหนดลักษณะการแพร่กระจายของสารมลพิษทางอากาศ

3. ผู้รับผลเสียหรือผลกระทบ (receptors) เป็นส่วนของระบบที่สัมผัสกับสารมลพิษในอากาศ ทำให้ได้รับความเสียหาย หรืออันตรายโดยผู้รับผลเสียอาจเป็นสิ่งที่มีชีวิต เช่น คน พืช และสัตว์ หรือเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่นเสื้อผ้า อาคาร บ้านเรือน วัสดุและสิ่งก่อสร้างต่างๆ ความเสียหายหรือหรือผลกระทบที่เกิดขึ้น จะมีความรุนแรงมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น ของสารมลพิษในอากาศและระยะเวลาที่สัมผัส

ภาพที่ 2.1 ระบบภาวะมลพิษทางอากาศ (air pollution system)

ที่มา : สุทิน อยู่สุข และคณะ, 2544, หน้า 8

ในประเทศไทยมีแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ ได้แก่

1. การคมนาคมขนส่ง เกิดจากยานพาหนะที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ เช่น รถยนต์เครื่องบิน ยานพาหนะที่เพิ่มขึ้นจำนวนมากขึ้นทำให้มีไอเสียออกสู่บรรยากาศอย่างมากมาย

2. โรงงานอุตสาหกรรม โรงงานอุตสาหกรรมเป็นแหล่งสำคัญที่ปล่อยสิ่งเจือปนออกมาสู่บรรยากาศทำให้อากาศเสีย เช่น โรงงานอุตสาหกรรมเคมีโรงงานอุตสาหกรรมโลหะโรงงานปูนซีเมนต์

3. ขบวนการผลิตที่ทำให้เกิดฝุ่น เช่น การบด การก่อสร้าง โรงโม่หิน การระเบิดทำให้เกิดเศษผงละอองในบรรยากาศ

4. กิจกรรมด้านการเกษตรกรรม เช่น การฉีดยาฆ่าแมลง ยาปราบวัชพืช การเผาไร่นา ทำให้เกิดฝุ่นละอองและสารพวกไฮโดรคาร์บอน

5. การระเหยของก๊าซบางชนิด เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง สีทาแลคเกอร์ ในการพ่นสีรถยนต์ พบว่ามีปริมาณของไฮโดรคาร์บอนระเหยจากสี ถึง 560 กิโลกรัมต่อตัน

6. ขยะมูลฝอยและของเสีย เช่น กองขยะ การเผาขยะ บ่อน้ำมัน

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับฝุ่นละออง

1. ความหมายของฝุ่นละออง

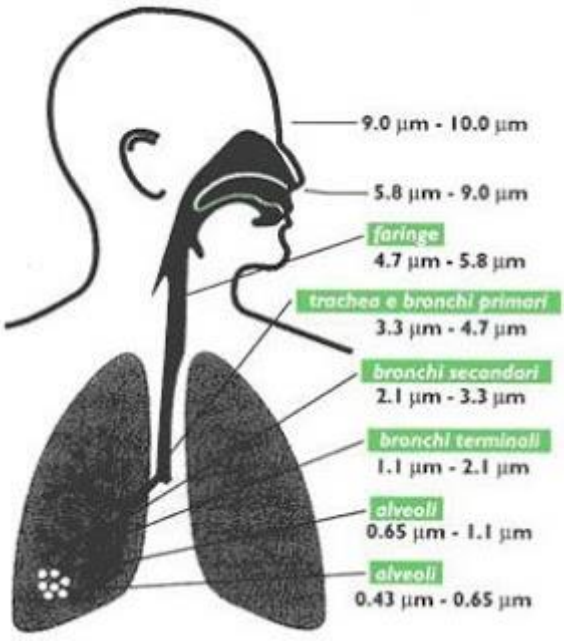
ฝุ่นละออง (particulate matter) หมายถึง อนุภาคของแข็งและหยดละอองของเหลวที่แขวนลอยกระจายในอากาศอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ บางชนิดมีขนาดใหญ่และสีดำจนมองเห็นเป็นเขม่าและควัน แต่บางชนิดมีขนาดเล็กมากจนมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศ โดยทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมา และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคน สัตว์ พืช เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือน ทาให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญต่อประชาชน ทัศนะวิสัยไม่ดี ทำให้เกิดอุปสรรคในการคมนาคมขนส่ง นานาประเทศจึงได้มีการกำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศขึ้น สาหรับในประเทศสหรัฐอเมริกา โดย the United State Environmental Protection Agency (U.S.EPA) แต่เดิมได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานของฝุ่นรวมในบรรยากาศ หรือ total suspended particulate (TSP) และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า10 ไมครอน (PM 10) แต่เนื่องจากมีการศึกษาวิจัยพบว่าฝุ่นขนาดเล็กนั้นจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นในบรรยากาศ เนื่องจากสามารถผ่านเข้าไปในระบบทางเดินหายใจส่วนล่างซึ่งมีผลต่อสุขภาพมากกว่า ดังนั้น ประเทศสหรัฐอเมริกาจึงยกเลิกค่ามาตรฐานฝุ่นรวมและกำหนดค่าฝุ่นขนาดเล็กเป็น2 ชนิด คือ ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน และฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM 2.5) (วราวุธ เสือดี, 2543, หน้า 7)

ประเทศไทยได้มีการให้ความหมายของคำว่าฝุ่นละอองไว้ 3 ประเภท (ศิวพันธุ์ ชูอินทร์, 2546, หน้า 21) ดังนี้

(1) อนุภาคฝุ่นทั้งหมด (total suspended particulate: TSP) คือ อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอนทั้งหมด

(2) อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM 10) เป็นฝุ่นหยาบ มักมีที่มาจากถนนที่ไม่ได้ลาดยาง ฝุ่นจากจราจรขนส่ง และจากการบดหรือย่อยหิน คนที่ได้รับฝุ่นหรือหมอกควัน PM 10 มากๆ จะเกิดการระคายเคือง แสบตา ปากและคอ โดยโรคที่เกิดจากฝุ่นประเภทนี้ เช่น โรคภูมิแพ้ หอบหืด ถุงลมโป่งพอง และโรคหัวใจ

(3) อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM 2.5) เป็นฝุ่นละเอียด มีอนุภาคเล็กกว่า 2.5 ไมครอน มีที่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น ควันเสียรถยนต์ โรงงานอุตสาหกรรม โรงไฟฟ้า และกระบวนการผลิตสารเคมี เป็นต้น เป็นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจส่วนล่างหรือถุงลมในปอดได้ อันตรายจากฝุ่นประเภทนี้คือจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของปอดเสื่อมลง ผู้ที่สูดฝุ่นขนาดนี้เข้าไปมากๆ จะหายใจได้สั้นและหัวใจทำงานหนักขึ้น เพราะปอดแลกเปลี่ยนอากาศได้น้อยลง ฝุ่นขนาด PM 2.5 จึงมักเชื่อมโยงกับอัตราการเกิดโรคหัวใจและโรคปอด



ภาพที่ 2.2 การแพร่กระจายของฝุ่นละอองขนาดต่างๆ เข้าสู่ทางเดินหายใจ

ที่มา : ICES, 1999

ฝุ่นละอองในบรรยากาศมีแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกัน และเคลื่อนตัวอยู่ตลอดเวลา (dynamic system) ตามสภาพทางภูมิอากาศและลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา เมื่อฝุ่นละอองเกิดขึ้นจะถูกปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศแล้ว อาจแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศหรือถูกพัดพาไปโดยการพัดพาของอากาศและกระแสลม ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมากจะแขวนลอยในบรรยากาศได้ไม่นานก็ตกกลับด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ส่วนฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 ไมโครเมตร มีความเร็วในการตกตัวต่ำ จะแขวนลอยในบรรยากาศได้นานกว่า

2. คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของฝุ่นละออง

คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของฝุ่นละอองแบ่งได้ดังนี้ (บุญรักษ์ นวลศรี, 2540, หน้า 14)

2.1 อนุภาคฝุ่นเป็นพิษเนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีหรือลักษณะทางกายภาพ เช่น มีขนาดเล็ก มีลักษณะแหลมคม มีการปนเปื้อนของสารเคมี มีฤทธิ์เป็นกรด-ด่าง

2.2 อนุภาคฝุ่นเข้าไปรบกวนระบบหายใจโดยตรง ทาให้หายใจได้ลาบากขึ้น

2.3 อนุภาคฝุ่นเป็นตัวพาหรือตัวดูดซับสารมลพิษและพาเข้าสู่ร่างกาย เช่น แคดเมี่ยม (cd) โครเมี่ยม (cr) แมงกานีส (mn) นิกเกิล (ni) ตะกั่ว (pb) และเชื้อโรคประเภทต่างๆเป็นต้น ทำให้ร่างกายเกิดโรคจากสารเหล่านั้น

3. ปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายตัวของฝุ่นละออง

ปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายตัวของฝุ่นละอองในบรรยากาศมีดังนี้ (อรุบล โชติพงศ์, 2541, หน้า 8)

3.1. ความเร็วและทิศทางลม คืออากาศที่เคลื่อนไหวเป็นผลรวมของความกดอากาศและแรงต่างๆบนพื้นโลกซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะแรงเสียดทานเท่านั้น อากาศเคลื่อนตัวจากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงสู่บริเวณที่มีความกดอากาศต่ำหากลมพัดอยู่ในทุ่งโล่งย่อมไม่เกิดแรงเสียดทานหรือการต้านลมได้เท่ากับในเมืองซึ่งมีอาคารบ้านเรือนในบรรยากาศชั้นสูงขึ้นไปจะมีแรงต้านลมน้อยกว่าชั้นอากาศที่ติดกับพื้นผิวโลกดังนั้นลมย่อมพัดแรงขึ้น

3.2 มลพิษทางอากาศเมื่อระบายออกแหล่งกำเนิดแล้วถูกพัดพาไป แต่ลมที่พัดพาไปนั้นมิได้พัดพาไปตรงๆเสมอเพราะในประเทศไทยนั้นมีความแน่นอนของทิศทางลมน้อยมากแม้แต่ในชั่วโมงหนึ่งๆลมก็อาจจะไปได้หลายทิศทาง ทั้งนี้ประเทศไทยเป็นเมืองร้อนมีแสงอาทิตย์ส่องมากทาให้ความแตกต่างของอุณหภูมิที่พื้นดิน และการพัดเข้าไปแทนที่ของอากาศที่เย็นกว่าที่เข้าไปแทนที่ตัวอย่างระดับท้องที่ ได้แก่ ลมทะเล และตัวอย่างระดับภูมิภาค ได้แก่ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ส่วนในเวลากลางคืนหรือฤดูหนาว พื้นดินจะเย็นลงเร็วกว่าอากาศหรือน้า ทาให้ทิศทางลมกลับกันนอกจากลมระดับท้องที่หรือลมระดับภูมิภาคแล้วยังมีลมที่เกิดขึ้นเฉพาะที่ เช่น อาจเกิดจากสภาพภูมิประเทศ เช่น มีอาคารหรือภูเขา ทาให้ทิศทางลมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมได้ ความเร็วและทิศทางลม ณ ที่ใดที่

หนึ่ง จะแสดงได้ด้วยแผนภูมิ (wind rose) ทิศทางของเส้นในแผนภูมิลมจะแสดงทิศทางที่ลมพัดมาและจะอ่านค่าความเร็วลมได้จากสเกลที่แนบมากับแผนภูมิ

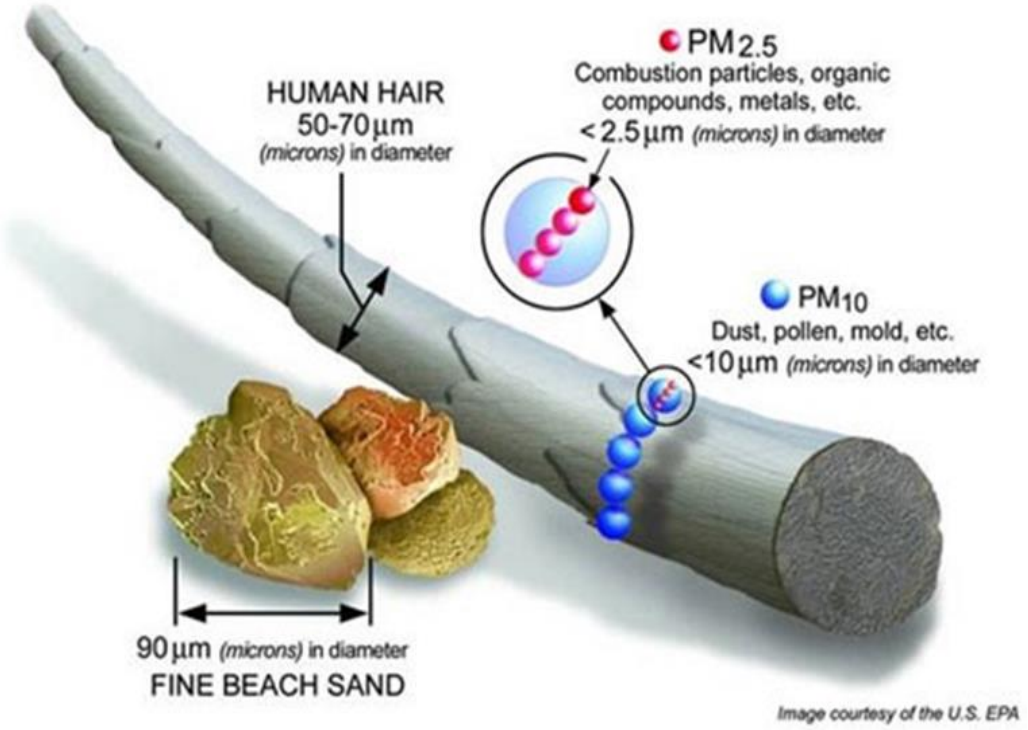
3.3 ความปั่นป่วน อากาศเมื่อมีการเคลื่อนที่บางครั้งจะเกิดกระแสวนลักษณะคล้ายคลึงกับวังน้าวนในแม่น้ากระแสวนจะพัดพามลพิษและทาให้เกิดการกระจายตัวไปในทิศทางต่างๆเมื่อพวยควันจากปล่องโรงงานเข้าสู่บรรยากาศ กระแสวนที่มีขนาดเล็กจะไม่มีผลต่อการกระจายตัวมากนัก เช่นเดียวกับเมื่อกระแสวนขนาดใหญ่เกินกว่าพวนควัน ซึ่งจะพัดพาพวยควันให้กวนไปมา แต่มิได้ช่วยทาให้เกิดการกระจายมลพิษได้ดีเท่ากับกระแสวนที่มีขนาดไล่เลี่ยกับพวยควัน กระแสปั่นป่วนเกิดจากสิ่งกีดขวางเคลื่อนที่ เรียกว่าความปั่นป่วนทางกล และเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิ เรียกว่าความปั่นป่วนความร้อน ความปั่นป่วนทางกลเกิดขึ้นเมื่อมีการขัดขวางการเคลื่อนที่ของอากาศ เช่น อาคาร ต้นไม้ ภูเขา ซึ่งทาให้เกิดแรงเสียดทานพร้อมกันไปด้วย หากลมพัดแรงความปั่นป่วนทางความร้อนเกิดขึ้นเมื่อผิวโลกได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ พื้นดิน รวมทั้งตรงกันข้ามในเวลากลางคืนพื้นดินและอากาศที่อยู่ใกล้พื้นผิวโลกเย็นลง เนื่องจากพื้นดินแผ่รังสีความร้อนกลับสู่บรรยากาศจึงทาให้อากาศหยุดนิ่ง และความปั่นป่วนลดน้อยที่สุด

3.4 อุณหภูมิของบรรยากาศที่ระดับต่างๆ จะไม่เท่ากัน ตามปกติอุณหภูมิจะลดลงตามความสูง กล่าวคือยิ่งสูงอากาศยิ่งเย็นลงและความแตกต่างของอุณหภูมิที่ความสูงต่างๆในลักษณะเช่นนี้จะทาให้การกระจายตัวของมลพิษได้เป็นอย่างดี ในทางตรงกันข้ามเมื่อใดที่ยิ่งสูงขึ้นไปอากาศยิ่งร้อนแล้วการกระจายตัวของมลพิษจะเป็นไปได้น้อยที่สุดหรือไม่มีเลย

3.5 ภูมิประเทศจะมีผลต่อลมในท้องถิ่นนั้นๆ เช่นบริเวณชายทะเลจะเกิดมีลมบก ลมทะเล เมื่อพื้นที่น้าที่กว้างใหญ่ เช่นทะเลหรือมหาสมุทร ได้รับแสงแดดจะร้อนช้ากว่าพื้นดินอากาศที่ร้อนบนพื้นดินจะลอยตัวขึ้นสูง อากาศที่เย็นเหนือพื้นดินน้าไหลเข้ามาแทนที่ เรียกว่า ลมบก เนื่องจากพื้นดินคายความร้อนได้ดีกว่าพื้นน้า ในบริเวณหุบเขา จะเกิดลมภูเขา ลมหุบเขา เมื่อหุบเขาได้รับแสงแดดก็จะเกิดลมหมุนเวียนเช่นเดียวกัน กล่าวคือ พื้นดินบนภูเขาจะลอยตัวสูงขึ้น และอากาศที่เย็นกว่าในหุบเขาด้านล่าง อากาศร้อนบริเวณใกล้พื้นดินบนภูเขาจะลอยตัวสูงขึ้น และอากาศที่เย็นกว่าในหุบเขาไหลขึ้นมาแทนที่ทาให้เกิดลมภูเขาจะคายความร้อนได้เร็วกว่าพื้นดินในหุบเขาจึงเกิดจากลมสวนทางกลับที่สูงลงสู่ที่หุบเขาเบื้องล่างเรียกว่าลมหุบเขา

4. ผลกระทบด้านสุขภาพต่อมนุษย์

ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษหรือเหตุเดือดร้อนรำคาญ ส่วนฝุ่นละอองที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ได้มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ฝุ่นละอองขนาดเล็กเหล่านี้ เมื่อเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ จะเกาะตัวหรือตกตัวได้ในส่วนต่าง ๆ ของระบบทางเดินหายใจ ก่อให้เกิดการระคายเคืองและทำลายเนื้อเยื่อของอวัยวะนั้น ๆ เช่นเนื้อเยื่อปอด ซึ่งหากได้รับในปริมาณมากหรือในช่วงเวลานาน จะสามารถสะสมในเนื้อเยื่อปอด เกิดเป็นพังผืดหรือแผลขึ้นได้ และทำให้การทำงานของปอดเสื่อมประสิทธิภาพลงทำให้หลอดลมอักเสบ เกิดหอบหืดถุงลมโป่งพอง และโอกาสเกิดโรคระบบทางเดินหายใจเนื่องจากติดเชื้อเพิ่มขึ้นได้



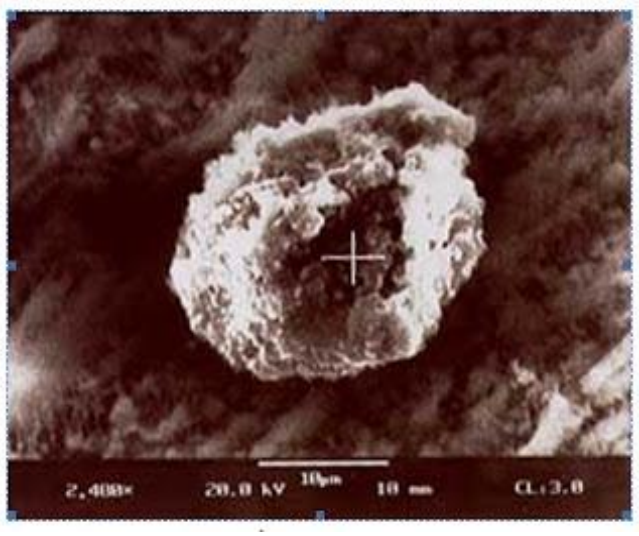
ภาพที่ 2.3 ขนาดของอนุภาคฝุ่นเมื่อเทียบกับเส้นผมมนุษย์

ที่มา : United States Environmental Protection Agency, 2004, p.2

ฝุ่นละอองจากเครื่องพิมพ์

ฝุ่นละอองจากผงหมึกที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์มักมีคาร์บอนแบล็คเป็นส่วนผสมอยู่ประมาณ 10 % และคาร์บอนแบล็คประกอบไปด้วยอนุภาคที่เล็กมาก ซึ่งผลิตโดยขบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์และแตกตัวด้วยความร้อนของน้ำมันอโรมาติก ภายใต้สภาวะที่ควบคุมอย่างเคร่งครัด ในสมัยโบราณชาวจีนใช้ คาร์บอนแบล็คจากเรซินและน้ำมันพืชเพื่อผลิตหมึกและสีน้ำชาวกรีกและโรมันใช้คาร์บอนแบล็คทาสีผนัง ของอาคาร ปัจจุบันการใช้คาร์บอนแบล็คที่ใหญ่ที่สุดคือการใช้เป็นสารเสริมแรงในผลิตภัณฑ์ยาง การควบคุมพื้นผิวคาร์บอนแบล็คสามารถเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพของยางผลิตภัณฑ์ยางเกือบทุกชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งยางที่ต้องมีคุณสมบัติทนต่อการสึกหรอกัดกร่อน จะใช้คาร์บอนแบล็ค

ดังนั้นผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะมีสีดำ คาร์บอนแบล็คนี้ยังช่วยนำความร้อนออกไปจากดอกและเข็มขัดของยาง ลดความเสียหายจากความร้อนและยืดอายุยาง อนุภาคคาร์บอนสีดำยังเป็นใช้ในวัสดุดูดซับบางอย่างของเรดาร์ ในเครื่องถ่ายเอกสาร หมึกเครื่องพิมพ์เลเซอร์ หมึกพิมพ์อื่น ๆ และสี ความคงทนที่สูงและเสถียรภาพของคาร์บอนสีดำยังให้การให้สีของเรซินและฟิล์มภาพยนตร์ นอกจากนี้ คาร์บอนแบล็คยังได้รับการใช้งานที่หลากหลายสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากการเป็นตัวนำหมึกที่ดี คาร์บอนแบล็คจึงถูกนำมาใช้เป็นสารตัวเติมผสมในพลาสติก ยาง สี ฟิล์ม กาว และสี แอพพลิเคชั่นของคาร์บอนแบล็คเป็นตัวป้องกันไฟฟ้าสถิตได้ใช้เป็นสารเติมแต่งสำหรับฝาและท่อน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ (เลอสรร ธนสุกาญจน์, 2555, หน้า 35)



ภาพที่ 2.4 ลักษณะของฝุ่นละอองขนาดเล็กจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน ขยาย 400 เท่า
ที่มา : สุชาติ เกียรติวัฒนเจริญ, 2557, หน้า 3

คาร์บอนแบล็คเป็นประเภทของผงหมึกชนิดหนึ่ง เมื่อมีการหายใจเอาผงหมึกเข้าสู่ร่างกายจะมีลักษณะดังนี้ (ณรงค์พันธ์ ฉุมรัมย์, 2555, หน้า 52)

1. การรับทางการหายใจ

ลักษณะการได้รับคาร์บอนแบล็คทางการหายใจเป็นเส้นทางหลักในการนำคาร์บอนแบล็คเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งเกิดขึ้นได้ง่ายในขณะปฏิบัติงาน เนื่องจากคาร์บอนแบล็คจะอยู่ในรูปของผง ซึ่งมีขนาดเล็กและเบาทำให้แขวนลอยอยู่ในอากาศทำให้เกิดอาการคัดจมูก ระคายเคืองจมูก และระบบทางเดินหายใจวิธีการป้องกันคือ ใส่หน้ากากป้องกันการหายใจทุกครั้งขณะปฏิบัติงาน

2. การได้รับทางปาก

ลักษณะการได้รับคาร์บอนแบล็คทางปากโดยทั่วไปนั้นเกิดขึ้นได้หากได้รับการปนเปื้อนของขณะปฏิบัติงาน เช่น อาจติดมือ จากนั้นเข้าสู่ปากผ่านอาหารทำให้เกิดอาการระคายเคืองระบบทางเดินอาหารวิธีการป้องกันคือ ใส่ถุงมือชนิดที่เหมาะสมทุกครั้งขณะปฏิบัติงาน ไม่สัมผัสกับคาร์บอนแบล็คด้วยมือเปล่าและทำความสะอาดร่างกายก่อนรับประทานอาหารและน้ำดื่ม

3. การได้รับทางผิวหนัง

ลักษณะการได้รับคาร์บอนแบล็คทางผิวหนังเกิดขึ้นได้ในขณะปฏิบัติงานซึ่งอาจเกิดจากการหกหรือกระฉอกของของเหลวที่มีคาร์บอนแบล็คอยู่ ทำให้เกิดการได้รับผ่านทางผิวหนังได้ นอกจากนี้การสัมผัสกับอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำงานด้วยมือเปล่า เช่น ถุงมือที่ใช้แล้ว เครื่องมือในการสังเคราะห์ชุดคลุม เป็นต้น อาจทำให้ได้รับทางผิวหนังผ่านการสัมผัสได้เช่นกัน ถ้าหากได้รับทางผิวหนังในปริมาณมากจะทำให้เกิดการระคายเคือง

4. การได้รับทางดวงตา

ลักษณะการได้รับคาร์บอนแบล็คทางดวงตาที่แขวนลอยในอากาศมีทั้งในลักษณะผงและละอองลอยถ้าหากได้รับในปริมาณมากจะทำให้ตาแดง

แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่นละออง

การควบคุมฝุ่นละอองที่แหล่งกำเนิด โดยอาศัยเทคโนโลยีต่าง ๆ เช่น การควบคุมฝุ่นละอองจากโรงงานอุตสาหกรรมการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิงให้ดีขึ้น ซึ่งจะทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะ และโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

1. การแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองในบรรยากาศ (กรมควบคุมมลพิษ, 2546, หน้า 18)

กรมควบคุมมลพิษกล่าวถึงการแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองในบรรยากาศไว้ดังนี้

1.1 การป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองจากรถบรรทุกวัสดุก่อสร้าง หิน ดิน ทราย หรือฝุ่นละอองจากกิจกรรม การก่อสร้างอาคารและถนน โดยใช้ผ้าใบหรือวัสดุคลุมรถให้มิดชิดและทำความสะอาดล้อรถบรรทุก จำกัดเขตก่อสร้างให้ชัดเจนพร้อมทั้งมีวัสดุคลุมหรือกั้นบริเวณก่อสร้างให้

เรียบร้อย

1.2 การปรับปรุงกฎหมายที่เกี่ยวข้อง เช่น มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ มาตรฐานอากาศเสียจาก โรงงานอุตสาหกรรม มาตรฐานอากาศเสียจากยานพาหนะ เป็นต้น

1.3 เข้มงวดกับการใช้กฎหมาย เช่น การกวดขันตรวจจับยานพาหนะที่มีการระบายควันดำเกินมาตรฐาน

1.4 ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของประชาชนผู้เป็นเจ้าของและขับขี่ยานพาหนะ ให้มีการเอาใจใส่ดูแลรักษาและปรับแต่งเครื่องยนต์ให้อยู่ในสภาพดี

2. การป้องกันปัญหาหมึกเลเซอร์ฟุ้งกระจายในอากาศ (เลิศชัย เจริญธัญรักษ์, 2541, หน้า 86)

เลิศชัย เจริญธัญรักษ์อธิบายวิธีการป้องกันปัญหาหมึกเลเซอร์ฟุ้งกระจายในอากาศไว้ดังนี้

2.1 เช็คตลับหมึกเลเซอร์

เช็คตลับหมึกเลเซอร์ของท่านเป็นระยะ ๆ ระหว่างการใช้งาน เพื่อตรวจสอบความผิดปกติของตลับหมึกเลเซอร์ว่ามีผงหมึกรั่วไหลหรือเปล่า แนะนำให้หลีกเลี่ยงการใช้ตลับหมึกเลเซอร์แบบนำกลับมาใช้ใหม่ หรือ ที่เรียกว่า หมึกเลเซอร์แบบ reuse นั่นเอง เพราะ หมึกเลเซอร์แบบนำกลับมาใช้ใหม่นี้จะไม่ได้มาตรฐานในการบรรจุผงหมึกเลเซอร์ ลงไปในตลับหมึกเลเซอร์ ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าผงหมึกเลเซอร์จะมีโอกาสรั่วออกมาจากตลับหมึกเลเซอร์ได้มากกว่าตลับหมึกเลเซอร์แบบที่ผลิตจากโรงงานหรือ ที่เรียกว่า หมึกเลเซอร์แบบ compatible

2.2 การติดตั้งเครื่องพิมพ์เลเซอร์

การติดตั้งเครื่องพิมพ์เลเซอร์ ก็สำคัญ ต้อง ติดตั้งเครื่องพิมพ์เลเซอร์ในสถานที่ที่มีการถ่ายเทอากาศหรือที่โล่ง มีอากาศถ่ายเท ถ้ามีการตรวจสอบแล้ว ตลับหมึกเลเซอร์มีการรั่วไหลของผงหมึกเลเซอร์ แล้วร่วงหล่นลงในเครื่องพิมพ์เลเซอร์ ควรหยุดใช้งานเครื่องพิมพ์เลเซอร์เครื่องนั้นทันที แล้วนำเครื่องพิมพ์เลเซอร์ส่งให้ศูนย์บริการเครื่องพิมพ์ ตรวจซ่อมและทำความสะอาดโดยเร็วหากหลีกเลี่ยงได้ให้ทำการติดตั้งเครื่องพิมพ์เลเซอร์ ไว้ในที่ที่มีการพัดของลมน้อยที่สุด เท่าที่จะทำได้ เพราะถ้ามีลมพัดไปที่เครื่องพิมพ์เลเซอร์จะทำให้หมึกเลเซอร์ที่รั่วอยู่นั่นฟุ้งกระจายในอากาศได้ง่าย ซึ่งทำให้เกิดอันตรายกับสุขภาพของเราได้

2.3 หันมาใช้หมึกเลเซอร์แท้คุณภาพ

หันมาใช้หมึกเลเซอร์แท้คุณภาพหรือหากต้องการลดภาระเรื่องค่าใช้จ่าย ในการซื้อหมึกเลเซอร์ของแท้ แนะนำหมึกเลเซอร์แบบ compatible หรือหมึกเลเซอร์เทียบเท่า นั้นก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีคุณภาพและมาตรฐานไม่แพ้หมึกเลเซอร์แท้ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นควรเลือกดูให้ดี

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ewers and Nowak (2006) ได้ทำการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเครื่องพิมพ์เลเซอร์และเครื่องถ่ายเอกสารที่มีความเข้มข้นของผงหมึกสะสมอยู่ในหนู ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลที่แสดงถึงมาตรฐานการได้รับปริมาณของอนุภาคต่อผู้บริโภคในการทำงานร่วมกับเครื่องพิมพ์เลเซอร์และเครื่องถ่ายเอกสารจึงใช้หนูในการทดลอง จากการทดลองพบว่าอนุภาคของหมึกในปอดจากการสูดดมในระยะยาวของหนูทดลองพบความเข้มข้นของผงหมึกสูงอาจทำให้เกิดโรคปอดอักเสบเรื้อรังและโรคปอด เรื้อรัง

Kay (2007) ได้ทำการศึกษาการปล่อยอนุภาคของเครื่องพิมพ์แบบเลเซอร์ที่ใช้กันในอาคาร 6 ชั้นแห่งหนึ่ง ในย่านธุรกิจของเมืองบริสเบน ประเทศออสเตรเลีย อาคารแห่งนี้มีการวางผังสำนักงานเป็นแบบเปิดโล่งตั้งอยู่ห่างจากทางหลวงที่จอแจประมาณ 120 เมตร และมีเครื่องพิมพ์เลเซอร์ตั้งอยู่ตามจุดต่างๆ ของอาคาร ทั้งหมด 62 เครื่อง (บางรุ่นมีมากกว่าหนึ่งเครื่อง) ทดสอบโดยการวัดปริมาณอนุภาคในพื้นที่บริเวณใกล้เคียงกับเครื่องพิมพ์และหลังจากทำงานพิมพ์เสร็จ พบว่าอนุภาคที่ปล่อยออกมาจากเครื่องพิมพ์นั้น เป็นสาเหตุหลักของการเพิ่มขึ้นของผงอนุภาคขนาดเล็กในสำนักงาน และได้แบ่งเครื่องพิมพ์เลเซอร์ดังกล่าวออกเป็น 4 ประเภท ประเภทที่ 1 คือ ไม่มีการปล่อยอนุภาคเลย 1. HP Color Laser jet 4550DN 2. HP Color Laser jet 8500DN 3. HP Laser jet 2200DN 4. HP Laser jet 2300 dtn 5. HP Laser jet 4 plus 6. HP Laser jet 4000N 7. HP Laser jet 4050TN 8. HP Laser jet 4si 9. HP Laser jet 5(b) 10. HP Laser jet 5000n 11. HP Laser jet 5100tn 12. HP Laser jet 5N 13. HP Laser jet 5si 14. HP Laser jet 5si/NX 15. HP Laser jet 8000DN 16. HP Laser jet 8150DN 17. Mita DC 4060 18. RICOH Aflcio 2022 19. HP Laser jet 4050N 20. RICOH Aflcio 3045 21. RICOH Aflcio 3245C 22. TOSHIBA Studio 350 23. HP Laser jet 4000TN 24. RICOH Aflcio CC3000DN ประเภทที่ 2 คือ ปล่อยอนุภาคระดับต่ำ 1. Canon IRC 6800 2. HP Laser jet 5M 3. HP Laser jet 9000 dn 4. RICON CL3000 DN ประเภทที่ 3 คือ ปล่อยอนุภาคระดับกลาง 1. HP Laser jet 4200dtn 2. HP Laser jet 1020 ประเภทที่ 4 คือ ปล่อยอนุภาคระดับสูง 1. HP Color Laser jet 4650 dn 2. HP Color Laser jet 5550 dtn 3. HP Color Laser jet 8550 N 4. HP Laser jet 1320 N 5. HP Laser jet 2420 dn 6. HP Laser jet 2420 dn 7. HP Laser jet 4200 dtn 8. HP Laser jet 4250n (old) 9. HP Laser jet 4250 (new) 10. HP Laser jet 5 (a) 11. HP Laser jet 8000 DN 12. HP Laser jet 8150 N 13. TOSHIBA Studio 450

Gonthier and Mcgarry (2010) ได้ทำการศึกษาหาการปล่อยมลพิษของเครื่องพิมพ์และปริมาณความสัมพันธ์อุณหภูมิของลูกกลิ้ง ศึกษาจากการเก็บตัวอย่าง จำนวน 30 ตัวอย่าง แบ่งออกเป็น เครื่องพิมพ์สี 15 เครื่อง และเครื่องพิมพ์ขาวดำ 15 ตัวอย่าง พบว่า เครื่องพิมพ์เกือบทั้งหมดมีการปล่อยอนุภาคสูง ซึ่งการพิมพ์แบบสีมีการปล่อยอนุภาค PM 2.5 มากกว่าการพิมพ์ขาวดำ โดยมีปัจจัยการปล่อยอนุภาคที่แตกต่างกันในระหว่างทำการพิมพ์ คืออุณหภูมิของลูกกลิ้ง

byeon and kim (2012) ได้ทำการศึกษาการปล่อยอนุภาคสำหรับเครื่องพิมพ์เลเซอร์สีในเชิงพาณิชย์ที่มีความเร็วแตกต่างกัน การพิมพ์ 5,24,38 หน้า ในห้องทดลองขนาด 5 ลูกบาศก์เมตรจาการทดลองพบว่า การปล่อยอนุภาคของเครื่องพิมพ์เลเซอร์สีในเชิงพาณิชย์เมื่อจำนวนกระดาษในการพิมพ์มีมากจะส่งผลให้อนุภาคที่ปล่อยออกจากเครื่องพิมพ์มากในทางกลับกันในการพิมพ์ที่มีจำนวนกระดาษน้อยจะส่งผลให้อนุภาคที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์น้อย คือ ในการปล่อยอนุภาคจากเครื่องพิมพ์มากได้แก่ การพิมพ์ 38, 24, 5 หน้า ซึ่งผลที่ได้คือ $0.23x10^{-4}$, $0.27x10^{-4}$, $1.97x10^{-4}$ mg/print^{-1} ตามลำดับ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการวิจัยเรื่อง การศึกษาความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ ครั้งนี้มีรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการดำเนินงานวิจัยซึ่งจำแนกออกเป็นหัวข้อต่างๆดังนี้

1. พื้นที่ทำการวิจัย
2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

พื้นที่ทำการวิจัย

การศึกษางานวิจัยในครั้งนี้ทำการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ โดยใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ โดยทำการเก็บตัวอย่างที่ห้องปฏิบัติการสาขาวิทยาศาสตร์ สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องพิมพ์ HP Laser Jet P1006 (ดังภาพที่ ง-2)
2. ตลับหมึกสีดำ CB435A (ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ) (ดังภาพที่ ง-8)
3. ปั๊มดูดอากาศและไซโคน (ดังภาพที่ ง-1)
4. กระดาษกรอง ขนาด 37 mm (ดังภาพที่ ง-5)
5. เครื่องชั่ง 5 ตำแหน่ง (ดังภาพที่ ง-3)
6. เครื่องการสอบเทียบอัตราการไหลของปั๊มเพื่อเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่น (ดังภาพที่ ง-7)
7. ตู้ดูดความชื้น (ดังภาพที่ ง-4)
8. กล่องครอบเครื่องพิมพ์ (ดังภาพที่ ง-6)
9. โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำเร็จรูป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การการศึกษาความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มีการรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัยเป็น 2 ขั้นตอนประกอบด้วย

1. **ข้อมูลทุติยภูมิ**

ทำการศึกษาเอกสารทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10ไมครอนที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ตลอดจนการศึกษาเอกสารเครื่องมือและอุปกรณ์ของการตรวจวัดฝุ่นละออง

2. **ข้อมูลปฐมภูมิ**

ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ จะมีการเก็บตัวอย่างก่อนมีการพิมพ์ก่อนจะทำการเก็บตัวอย่างที่มีการพิมพ์ทุกครั้งโดยมีขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดังนี้

(1) ตรวจดูความเรียบร้อยของกระดาษกรอง เช่น รอยฉีกขาด

(2) วางกระดาษกรองบนชั้นวางของตู้ดูดความชื้น

(3) นำกระดาษกรองที่ผ่านการดูดความชื้นแล้วมาชั่งน้ำหนักก่อน

(4) บันทึกค่าน้ำหนักกระดาษกรองเป็นค่าน้ำหนักก่อน

(5) นำกระดาษกรองเข้าเครื่องเก็บตัวอย่างปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน หลังจากการติดตั้งเครื่องเสร็จ

(6) นำกระดาษกรองที่ผ่านการเก็บตัวอย่างแล้วมาเข้าตู้ดูดความชื้นและนำมาชั่งน้ำหนัก

(7) บันทึกค่าน้ำหนักกระดาษกรองเป็นค่าน้ำหนักหลัง

(8) คำนวณค่าน้ำหนักของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

(9) นำค่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนมาเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนโดยใช้หลักการทางสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม (t-Test)

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการวิจัยศึกษาความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยสรุป ดังภาพที่ 3.1

1. ศึกษาหัวข้องานวิจัย

2. ดำเนินการศึกษาหาข้อมูล ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์

3. ทำการศึกษาสำรวจพื้นที่เพื่อดำเนินการเก็บตัวอย่าง

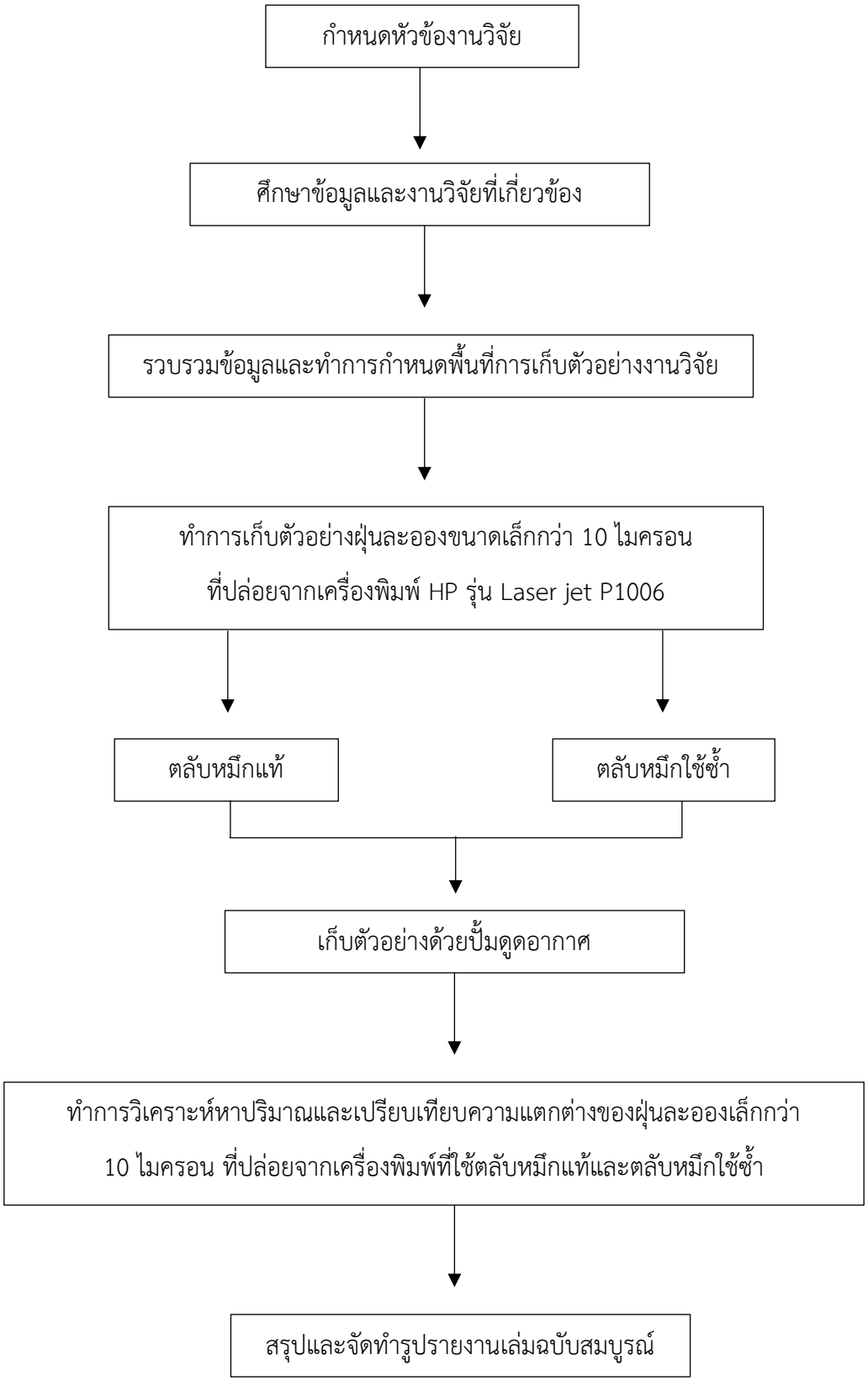
4. ดำเนินการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ โดยทำการเก็บฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ก่อนการพิมพ์ 30 นาที และทำการเก็บฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยระหว่างทำการพิมพ์ 30 นาที และทำการหยุดพักเครื่องพิมพ์ 2 ชั่วโมง ก่อนที่จะเริ่มทำการเก็บตัวอย่างตัวต่อไปทำจนครบจำนวน 30 ตัวอย่าง

5. วิเคราะห์หาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ

6. ศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำโดยวิเคราะห์ทางสถิติ t-Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

7. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

8. สรุปและจัดทำรูปเล่มฉบับสมบูรณ์



ภาพที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ฝุ่นละออง

การคำนวณหาฝุ่นละอองได้จากสมการที่ (3.1)

$$\text{ปริมาณฝุ่นละออง } (\mu g/m^3) = \frac{W_2 - W_1}{V} \times 10^6 \quad \ldots\ldots \quad (3.1)$$

โดยที่ W_1 คือ น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (กรัม)

V คือ ปริมาตรอากาศในการเก็บตัวอย่าง (ลิตร)

2. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัยครั้งนี้อาศัยเครื่องมือทางสถิติที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยสถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา

การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ โดยใช้ ค่าต่ำสุด (Minimum) ค่าสูงสุด (Maximum) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, S.D.)

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงอนุมาน

การศึกษาความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ โดยใช้สถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม (t-Test) มีระดับนัยสำคัญ 0.05 มีสมมติฐานของการวิจัยคือ

H_0 : ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำมีปริมาณไม่แตกต่างกัน

H_1 : ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำมีปริมาณแตกต่างกัน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ของการทำวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ และศึกษาความแตกต่างปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ มีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัยโดยสรุปและรวบรวมทั้งข้อเสนอแนะต่างๆ จากการวิจัยดังต่อไปนี้

สรุปผลการวิจัย

1.วัตถุประสงค์

1.1 ศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ

1.2 ศึกษาความแตกต่างปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ

2.วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำโดยใช้เครื่องการสอบเทียบอัตราการไหลของปั้มเก็บอากาศเพื่อเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่น ใช้กระดาษกรองขนาด 37 mm ในการเก็บตัวอย่าง โดยทำการเก็บตัวอย่างจำนวน 30 ตัวอย่างแล้วนำมาทำการวิเคราะห์ผลโดยการคำนวณหาปริมาณฝุ่นและวิเคราะห์โดยใช้หลักทางสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม (t-Test)

3. ผลของการวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัยตามวัตถุประสงค์และขั้นตอนการวิจัยสรุปได้ดังนี้

3.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำดังนี้

(1) ปริมาณฝุ่นละอองเขนาดเล็กกว่า10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้หมึกตลับแท้ จำนวน 30 ตัวอย่าง มีค่าอยู่ในช่วง 166.67-3000.00 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าเฉลี่ย 1316.67 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

(2) ปริมาณฝุ่นละอองเขนาดเล็กกว่า10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้หมึกตลับใช้ซ้ำ จำนวน 30 ตัวอย่าง อยู่ในช่วง 1500.00-5000.00 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าเฉลี่ย 2900.00 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3.2 ผลการศึกษาความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า10 ไมครอนที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำโดยค่า Sig มีค่าเท่ากับ 0.000 (Sig เท่ากับ 0.000 < 0.01) แสดงว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เนื่องจากตลับหมึกแท้ยังไม่มีการแกะตลับหมึกในการเติมผงหมึก จึงทำให้ตลับหมึกแท้มีฝุ่นละอองออกมาในจำนวนที่น้อยกว่าตลับหมึกใช้ซ้ำที่ผ่านการแกะตลับหมึกเพื่อเติมผงหมึกเข้าไปใหม่ จึงทำปริมาณฝุ่นที่ออกมามีความแตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ ผู้วิจัยขอเสนอแนะเพื่อให้งานวิจัยสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

1. ข้อเสนอแนะสำหรับวิจัยครั้งนี้

เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์เพียงชนิดเดียวดังนั้นควรมีการศึกษาเครื่องพิมพ์หลายชนิดเพื่อเปรียบเทียบว่ามีความแตกต่างกันมาน้อยเพียงใด

2. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ในการศึกษาครั้งนี้ศึกษาหาปริมาณฝุ่นละอองที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำจึงควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นที่ปล่อยออกมากับกระดาษมีความสัมพันธ์กันหรือไม่

2.2 ในการศึกษาครั้งนี้ศึกษาหาปริมาณฝุ่นละอองเพียงอย่างเดียวจึงควรมีการศึกษาสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ของการทำวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ และศึกษาความแตกต่างปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ มีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัยโดยสรุปและรวบรวมทั้งข้อเสนอแนะต่างๆ จากการวิจัยดังต่อไปนี้

สรุปผลการวิจัย

1.วัตถุประสงค์

1.1 ศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ

1.2 ศึกษาความแตกต่างปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ

2.วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำโดยใช้เครื่องการสอบเทียบอัตราการไหลของปั้มเก็บอากาศเพื่อเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่น ใช้กระดาษกรองขนาด 37 mm ในการเก็บตัวอย่าง โดยทำการเก็บตัวอย่างจำนวน 30 ตัวอย่างแล้วนำมาทำการวิเคราะห์ผลโดยการคำนวณหาปริมาณฝุ่นและวิเคราะห์โดยใช้หลักทางสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม (t-Test)

3. ผลของการวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัยตามวัตถุประสงค์และขั้นตอนการวิจัยสรุปได้ดังนี้

3.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำดังนี้

(1) ปริมาณฝุ่นละอองเขนาดเล็กกว่า10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้หมึกตลับแท้ จำนวน 30 ตัวอย่าง มีค่าอยู่ในช่วง 166.67-3000.00 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าเฉลี่ย 1316.67 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

(2) ปริมาณฝุ่นละอองเขนาดเล็กกว่า10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้หมึกตลับใช้ซ้ำ จำนวน 30 ตัวอย่าง อยู่ในช่วง 1500.00-5000.00 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าเฉลี่ย 2900.00 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3.2 ผลการศึกษาความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า10 ไมครอนที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำโดยค่า Sig มีค่าเท่ากับ 0.000 (Sig เท่ากับ 0.000 < 0.01) แสดงว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เนื่องจากตลับหมึกแท้ยังไม่มีการแกะตลับหมึกในการเติมผงหมึก จึงทำให้ตลับหมึกแท้มีฝุ่นละอองออกมาในจำนวนที่น้อยกว่าตลับหมึกใช้ซ้ำที่ผ่านการแกะตลับหมึกเพื่อเติมผงหมึกเข้าไปใหม่ จึงทำปริมาณฝุ่นที่ออกมามีความแตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ ผู้วิจัยขอเสนอแนะเพื่อให้งานวิจัยสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

1. ข้อเสนอแนะสำหรับวิจัยครั้งนี้

เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์เพียงชนิดเดียวดังนั้นควรมีการศึกษาเครื่องพิมพ์หลายชนิดเพื่อเปรียบเทียบว่ามีความแตกต่างกันมาน้อยเพียงใด

2. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ในการศึกษาครั้งนี้ศึกษาหาปริมาณฝุ่นละอองที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำจึงควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นที่ปล่อยออกมากับกระดาษมีความสัมพันธ์กันหรือไม่

2.2 ในการศึกษาครั้งนี้ศึกษาหาปริมาณฝุ่นละอองเพียงอย่างเดียวจึงควรมีการศึกษาสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์

เอกสารอ้างอิง

เกษม จันทร์แก้ว. (2541). **เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพฯ: โครงการสหวิทยาการบัญฑิตศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กรมควบคุมมลพิษ. (2546). **ระบบฐานข้อมูลรายงานแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ.** กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

จุฑารัตน์ สุนิโห. (2546). **เครื่องถ่ายเอกสารภัยในสำนักงาน.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณรงค์พันธ์ ฉุมรัมย์. (2555). **มลพิษทางอากาศและองค์ประกอบทางเคมีของอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กในอากาศ.** เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

นพภาพร พานิช. (2547). **ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ.** กรุงเทพฯ: กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

บุญรักษ์ นวลศรี. (2540). **สภาวะฝุ่นละอองในสิ่งแวดล้อมและฝุ่นขนาดที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจได้.** ขอนแก่น: วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เลิศชัย เจริญธัญรักษ์. (2541). **วิทยาการระบาดสิ่งแวดล้อม.** ขอนแก่น: คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เลอสรร ธนสุกาญจน์. (2555). **รายงานวิจัยเรื่องแนวปฏิบัติเบื้องต้นด้านความปลอดภัยนาโนสำหรับภาคอุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วราวุธ เสือดี. (2543). **เอกสารประกอบการฝึกอบรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ความรู้เบื้องต้นมลพิษทางอากาศ มลพิษทางเสียง และการตรวจวัด วิเคราะห์.** ปทุมธานี: ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ศิวพันธุ์ ชูอินทร์. (2546). **การประเมินผลกระทบด้านมลพิษทางอากาศโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์. เอกสารประกอบการอบรมเชิงวิชาการ “การตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศและการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประเมินคุณภาพอากาศ”.** กรุงเทพฯ: โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสวนสุนันทา.

สุชาติ เกียรติวัฒนเจริญ. (2557). **มลพิษอากาศและการจัดการคุณภาพอากาศ.** เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สุทิน อยู่สุข, วราวุธ เสือดี, มีนา ทิพยโสภณกิจ, ศิวพันธุ์ ชูอินทร์และเกรียงศักดิ์ เจียรพสุอนันต์. (2544). **ศัพท์บัญญัติและนิยามมลพิษทางอากาศ.** กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

อรุบล โชติพงศ์. (2541). **การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองที่มีผลกระทบต่อการหายใจโดยทำการตรวจวัดฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน และปริมาณฝุ่นรวม.** กรุงเทพ: สถาบันวิจัยภาวะแวดล้อม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Byeon, J. H. & Kim. J. W. (2012). **Particle emission from laser printers with different printing speeds.** Korea: Department of Digital Display Engineering, Hoseo University.

Ewers, U. & Nowak, D. (2006). **Health hazards caused by emissions of laser printers and copiers.** Germany: Hygiene-Institute in the Ruhr area, Department for Environmental Medicine and Environmental.

Gonthier, J. & Mcgarry, P. (2010). Quantification of the relationship between fuser roller temperature and laser printer emissions. **Journal of Aerosol Science**.

ICES, Ltd. (1999). **APTI course 435, Atmopheric sampling student manual.** North Carolina : United States Environmental Protection Agency.

Kay, J. (2007). **Big health risk seen in some laser printers.** Queensland: International Laboratory for Air Quality and Health, Queensland University of Technology.

United States Environmental Protection Agency. (2004). **The particle pollution report; current understanding of air quality and emissions through 2003**. North Carolina: Auther.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการตรวจวัดตัวอย่างปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

วิธีการตรวจวัดตัวอย่างปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

หลักการ

วิธีการตรวจวัด PM10 ในบรรยากาศสามารถวัดด้วยวิธีการกราวิเมตริก (Gravimetric method) เป็นวิธีการมาตรฐานของ US.EPA. ที่เรียกว่า Federal Reference Method (FRM) ซึ่งมีข้อกำหนดตามระบุใน 40 CFR part 50, Appendix L,40 CFR part 53, Subpart และ 40 CFR part 58, Appendix โดยมีหลักการดังนี้

1. เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนจะดูดอากาศในบรรยากาศด้วยการไหลเข้าสู่ช่องทางเข้ามีลักษณะพิเศษจะคัดแยกขนาดฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนเครื่องปั้มจะดูดฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนตกกระทบรวบรวมในแผ่นกระดาษกรองชนิดเมมเบรน (membrane filter paper) ตลอดการเก็บตัวอย่าง

2. ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองแต่ละแผ่น (หลังจากปรับสภาพอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แล้ว)ทั้งก่อนและหลังการเก็บตัวอย่าง เพื่อหาน้ำหนักสุทธิของ PM10 ที่ได้คำนวณน้ำหนักจากระยะการเก็บตัวอย่างหารด้วยอัตราการไหลของเครื่องปั้มเก็บตัวอย่างลิตรต่อนาทีความเข้มข้นที่ได้มีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

1. เครื่องการสอบเทียบอัตราการไหลของปั้มเพื่อเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่น (ดังภาพที่ ง-8)
2. กระดาษกรองชนิดเมมเบรน (ดังภาพที่ ง-5)
3. ปากคีบ (ดังภาพที่ ง-7)
4. เครื่องชั่งที่มีความละเอียด 5 ตำแหน่ง (ดังภาพที่ ง-3)
5. ตู้ดูดความชื้น (ดังภาพที่ ง-4)
6. ปั๊มดูดอากาศและไซโคน (ดังภาพที่ ง-1)

ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

1. ตรวจดูความเรียบร้อยของกระดากรอง เช่น รอยฉีกขาด
2. วางกระดาษกรองบนชั้นวางของตู้ดูดความชื้น
3. นำกระดาษกรองที่ผ่านการดูดความชื้นแล้วมาชั่งน้ำหนักก่อน
4. บันทึกค่าน้ำหนักกระดาษกรองเป็นค่าน้ำหนักก่อน
5. นำกระดาษกรองเข้าเครื่องเก็บตัวอย่างปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนหลังจากการติดตั้งเครื่องเสร็จ

6. นำกระดาษกรองที่ผ่านการเก็บตัวอย่างแล้วมาเข้าตู้ดูดความชื้นและนำมาชั่งน้ำหนัก
7. บันทึกค่าน้ำหนักกระดาษกรองเป็นค่าน้ำหนักหลัง
8. คำนวณค่าน้ำหนักของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

วิธีการวิเคราะห์ความเข้มข้นของปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

$$\text{ปริมาณฝุ่นละออง (ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร)} = \frac{W_2 - W_1}{V} \times 10^6 \quad \text{.....} \ (\text{ก-1})$$

โดยที่ W_1 = น้ำหนักกระดาษกรองก่อน (กรัม)

W_2 = น้ำหนักกระดาษกรองหลัง (กรัม)

v = ปริมาตรอากาศหาได้จากสมการ (ก-2)

$$V = Q \times t \quad \text{.....} \ (\text{ก-2})$$

โดยที่ V = ปริมาตรอากาศ (ลูกบาศก์เมตร)

Q = อัตราการไหลของอากาศ (ลิตร/นาที)

t = เวลาที่ใช้ในการดูดอากาศ (นาที)

ภาคผนวก ข

ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

ตารางที่ ข-1 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ก่อนการพิมพ์ด้วยตลับหมึกแท้

ตัวอย่าง	น้ำหนักกระดาษกรอง (g)		ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ($\mu g/m^3$)
	น้ำหนักก่อน	น้ำหนักหลัง	
1	0.03605	0.03605	0.00
2	0.03611	0.03612	166.67
3	0.03612	0.03613	166.67
4	0.03615	0.03616	166.67
5	0.03670	0.03672	333.33
6	0.03682	0.03684	333.33
7	0.03651	0.03657	1000.00
8	0.03652	0.03652	0.00
9	0.03655	0.03655	0.00
10	0.03744	0.03747	500.00
11	0.03677	0.03678	166.67
12	0.03665	0.03667	333.33
13	0.03687	0.03689	333.33
14	0.03643	0.03645	333.33
15	0.03700	0.03702	333.33
16	0.03681	0.03684	500.00
17	0.03689	0.03692	500.00
18	0.03683	0.03686	500.00
19	0.03676	0.03677	166.67
20	0.03653	0.03655	333.33
21	0.03677	0.03680	500.00
22	0.03517	0.03519	333.33

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

ตัวอย่าง	น้ำหนักกระดาษกรอง (g)		ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ($\mu g/m^3$)
	น้ำหนักก่อน	น้ำหนักหลัง	
23	0.03600	0.03603	500.00
24	0.03530	0.03534	666.67
25	0.03617	0.03619	333.33
26	0.03517	0.03524	1166.67
27	0.03571	0.03574	500.00
28	0.03644	0.03647	500.00
29	0.03624	0.03626	333.33
30	0.03669	0.03673	666.67

หมายเหตุ : ปริมาตรอากาศเท่ากับ 0.06 ลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ ข-2 ผลการศึกษาปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ปล่อยจากการพิมพ์ด้วยตลับหมึกแท้

ตัวอย่าง	น้ำหนักกระดาษกรอง (g)		ปริมาณฝุ่นละอองที่ปล่อยจากตลับหมึกแท้ ($\mu g/m^3$)
	น้ำหนักก่อน	น้ำหนักหลัง	
1	0.03603	0.03610	1166.67
2	0.03624	0.03634	1666.67
3	0.03628	0.03634	1000.00
4	0.03597	0.03609	2000.00
5	0.03666	0.03677	1833.33
6	0.03689	0.03695	1000.00
7	0.03649	0.03656	1166.67
8	0.03702	0.03708	1000.00
9	0.03705	0.03717	1000.00
10	0.03698	0.03709	1833.33
11	0.03696	0.03705	1500.00
12	0.03644	0.03649	833.33
13	0.03626	0.03646	3333.33
14	0.03645	0.03654	1500.00
15	0.03693	0.03703	1666.67
16	0.03691	0.03697	1000.00
17	0.03671	0.03683	2000.00
18	0.03681	0.03690	1500.00
19	0.03676	0.03685	1500.00
20	0.03682	0.03691	1500.00
21	0.03697	0.03710	2166.67
22	0.03547	0.03561	2333.33
23	0.03537	0.03545	1333.33
24	0.03677	0.03686	1500.00
25	0.03715	0.03725	1333.33

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

ตัวอย่าง	น้ำหนักกระดาษกรอง (g)		ปริมาณฝุ่นละอองที่ปล่อยจากตลับหมึกแท้ ($\mu g/m^3$)
	น้ำหนักก่อน	น้ำหนักหลัง	
26	0.03869	0.03883	2333.33
27	0.03540	0.03553	2166.67
28	0.03570	0.03587	2833.33
29	0.03549	0.03561	2000.00
30	0.03628	0.03645	2833.33

หมายเหตุ : ปริมาตรอากาศเท่ากับ 0.06 ลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ ข-3 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ก่อนการพิมพ์ด้วยตลับหมึกใช้ซ้ำ

ตัวอย่าง	น้ำหนักกระดาษกรอง (g)		ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ($\mu g/m^3$)
	น้ำหนักก่อน	น้ำหนักหลัง	
1	0.03623	0.03623	0.00
2	0.03635	0.03636	166.67
3	0.03601	0.03603	333.33
4	0.03613	0.03616	500.00
5	0.03550	0.03554	666.67
6	0.03650	0.03653	500.00
7	0.03676	0.03683	1166.67
8	0.03687	0.03690	500.00
9	0.03694	0.03701	1166.67
10	0.03646	0.03646	0.00
11	0.03655	0.03669	2333.33
12	0.03639	0.03639	0.00
13	0.03684	0.03684	0.00
14	0.03654	0.03656	333.33
15	0.03705	0.03706	166.67
16	0.03698	0.03698	0.00
17	0.03697	0.03697	0.00
18	0.03554	0.03555	166.67
19	0.03644	0.03645	166.67
20	0.03510	0.03512	333.33
21	0.03668	0.3668	0.00
22	0.03629	0.03629	0.00
23	0.03715	0.03715	0.00
24	0.03693	0.03696	500.00
25	0.03519	0.03520	166.67

ตารางที่ ข-3 (ต่อ)

ตัวอย่าง	น้ำหนักกระดาษกรอง (g)		ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ($\mu g/m^3$)
	น้ำหนักก่อน	น้ำหนักหลัง	
26	0.03853	0.03853	0.00
27	0.03648	0.03650	333.33
28	0.03538	0.03539	500.00
29	0.03788	0.03791	500.00
30	0.03690	0.03691	166.67

หมายเหตุ : ปริมาตรอากาศเท่ากับ 0.06 ลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ ข-4 ผลการศึกษาปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ปล่อยจากการพิมพ์ด้วยตลับหมึกใช้ซ้ำ

ตัวอย่าง	น้ำหนักกระดาษกรอง (g)		ปริมาณฝุ่นละอองที่ปล่อยจากตลับหมึกใช้ ($\mu g/m^3$)
	น้ำหนักก่อน	น้ำหนักหลัง	
1	0.03616	0.03631	2500.00
2	0.03615	0.03636	3500.00
3	0.03606	0.03623	2833.33
4	0.03563	0.03580	2833.33
5	0.03669	0.03695	3500.00
6	0.03624	0.03636	2000.00
7	0.03637	0.03664	4500.00
8	0.03648	0.03676	4666.67
9	0.03683	0.03712	4833.33
10	0.03693	0.03723	5000.00
11	0.03672	0.03704	5333.33
12	0.03706	0.03717	1833.33
13	0.03650	0.03671	3500.00
14	0.03684	0.03704	3333.33
15	0.03708	0.03730	3666.67
16	0.03681	0.03700	3166.67
17	0.03691	0.03711	3333.33
18	0.03690	0.03703	2166.67
19	0.03535	0.03547	2000.00
20	0.03663	0.03679	2666.67
21	0.03619	0.03635	2666.67
22	0.03864	0.03884	3333.33
23	0.03671	0.03688	2833.33
24	0.03515	0.03535	3333.33
25	0.03714	0.03730	2666.67

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

ตัวอย่าง	น้ำหนักกระดาษกรอง (g)		ปริมาณฝุ่นละอองที่ปล่อยจากตลับหมึกใช้ ($\mu g/m^3$)
	น้ำหนักก่อน	น้ำหนักหลัง	
26	0.03859	0.03879	3333.33
27	0.03647	0.03664	2833.33
28	0.03578	0.03598	2833.33
29	0.03847	0.03864	2833.33
30	0.03641	0.03659	3000.00

หมายเหตุ : ปริมาตรอากาศเท่ากับ 0.06 ลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ ข-5 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์**ที่**ที่ใช้ตลับหมึกแท้

ตัวอย่าง	ปริมาณฝุ่นละอองในอากาศก่อนการพิมพ์ ($\mu g/m^3$)	ปริมาณฝุ่นละอองที่ปล่อยระหว่างการพิมพ์ ($\mu g/m^3$)	ปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่เกิดจากการพิมพ์ ($\mu g/m^3$)
1	0.00	1166.67	1166.67
2	166.67	1666.67	1500.00
3	166.67	1000.00	833.33
4	166.67	2000.00	1833.33
5	333.33	1833.33	1500.00
6	333.33	1000.00	666.67
7	1000.00	1166.67	166.67
8	0.00	1000.00	1000.00
9	0.00	1000.00	1000.00
10	500.00	1833.33	1333.33
11	166.67	1500.00	1333.33
12	333.33	833.33	500.00
13	333.33	3333.33	3000.00
14	333.33	1500.00	1166.67
15	333.33	1666.67	1333.34
16	500.00	1000.00	500.00
17	500.00	2000.00	1500.00
18	500.00	1500.00	1000.00
19	166.67	1500.00	1333.33
20	333.33	1500.00	1166.67
21	500.00	2166.67	1666.67
22	333.33	2333.33	2000.00
23	500.00	1333.33	833.33
24	666.67	1500.00	833.33

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ปริมาณฝุ่นละอองในอากาศก่อนการพิมพ์ ($\mu g/m^3$)	ปริมาณฝุ่นละอองที่ปล่อยจากตลับหมึกแท้ ($\mu g/m^3$)	ปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่เกิดจากการพิมพ์ ($\mu g/m^3$)
25	333.33	1333.33	1333.34
26	1166.67	2333.33	1166.66
27	500.00	2166.67	1666.67
28	500.00	2833.33	2333.33
29	333.33	2000.00	1666.67
30	666.67	2833.33	2166.66

หมายเหตุ : ปริมาตรอากาศเท่ากับ 0.06 ลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ ข-6 ผลการศึกษาปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ปล่อยจากเครื่องพิมพ์ที่ใช้ตลับหมึกใช้ซ้ำ

ตัวอย่าง	ปริมาณฝุ่นละอองในอากาศก่อนการพิมพ์ ($\mu g/m^3$)	ปริมาณฝุ่นละอองที่ปล่อยจากตลับหมึกใช้ซ้ำ($\mu g/m^3$)	ปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่เกิดจากการพิมพ์ ($\mu g/m^3$)
1	0.00	2500.00	2500.00
2	166.67	3500.00	3333.33
3	333.33	2833.33	2500.00
4	500.00	2833.33	2333.33
5	666.67	3500.00	2833.33
6	500.00	2000.00	1500.00
7	1166.67	4500.00	3333.33
8	500.00	4666.67	4166.67
9	1166.67	4833.33	3666.66
10	0.00	5000.00	5000.00
11	2333.33	5333.33	3000.00
12	0.00	1833.33	1833.33
13	0.00	3500.00	3500.00
14	333.33	3333.33	3000.00
15	166.67	3666.67	3500.00
16	0.00	3166.67	3166.67
17	0.00	3333.33	3333.33
18	166.67	2166.67	2000.00
19	166.67	2000.00	1833.33
20	333.33	2666.67	2333.34
21	0.00	2666.67	2666.67
22	0.00	3333.33	3333.33
23	0.00	2833.33	2833.33

ตารางที่ ข-6 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ปริมาณฝุ่นละอองในอากาศก่อนการพิมพ์ ($\mu g/m^3$)	ปริมาณฝุ่นละอองที่ปล่อยจากตลับหมึกใช้ซ้ำ($\mu g/m^3$)	ปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่เกิดจากการพิมพ์ ($\mu g/m^3$)
24	500.00	3333.33	2833.33
25	166.67	2666.67	2500.00
26	0.00	3333.33	3333.33
27	333.33	2833.33	2500.00
28	500.00	2833.33	2333.33
29	500.00	2833.33	2333.33
30	166.67	3000.00	2833.33

หมายเหตุ : ปริมาตรอากาศเท่ากับ 0.06 ลูกบาศก์เมตร

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม (Paired Samples t-Test)

ตารางที่ ค-1 Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std.Deviation
Pair 1	New	1.3167E3	30	586.15848
	Old	2.9000E3	30	722.64936

ตารางที่ ค-2 Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	New & Old	30	.163	.389

ตารางที่ ค-3 Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of The Differences				
				Lower	Upper			
Pair 1 New & Old	-1.583E3	852.93087	155.72316	-1901.821625	-1264.84238	-10.168	29	.000

ภาคผนวก ง

ประมวลภาพเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

ภาพที่ ง-1 เครื่องปั๊มดูดอากาศและไซโคลน (Air Samping Pump)

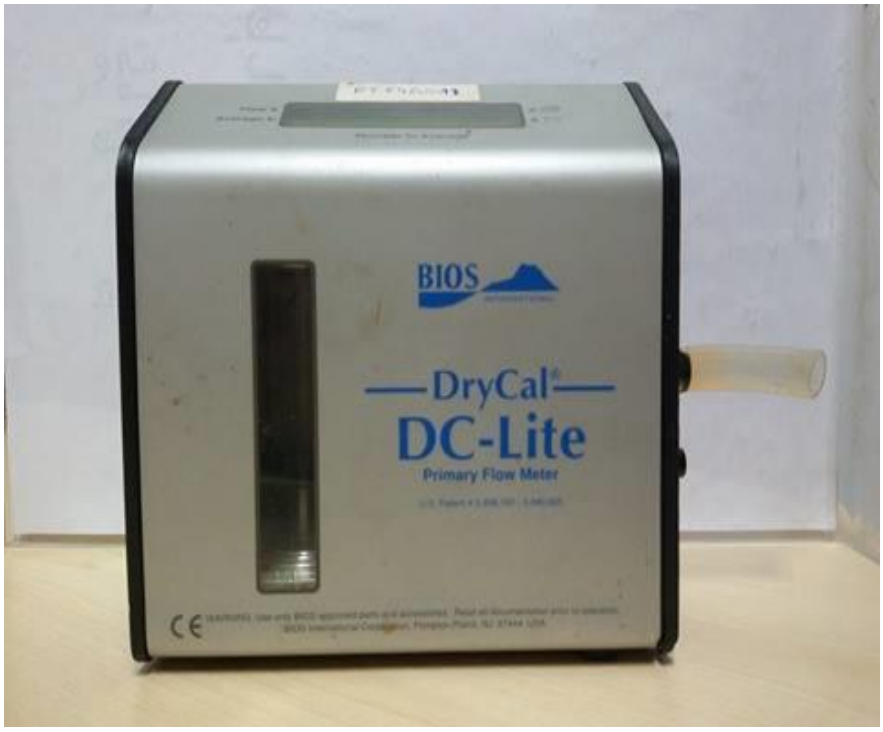
ภาพที่ ง-2 เครื่องพิมพ์ HP Laser Jet P1006

ภาพที่ ง-3 เครื่องชั่งทศนิยม 5 ตำแหน่ง

ภาพที่ ง-4 ตู้ดูดความชื้นสำหรับใส่กระดาษกรอง

ภาพที่ ง-5 กระดาษกรองชนิดเมมเบรน (membrane filter paper)

ภาพที่ ง-6 กล่องครอบเครื่องพิมพ์



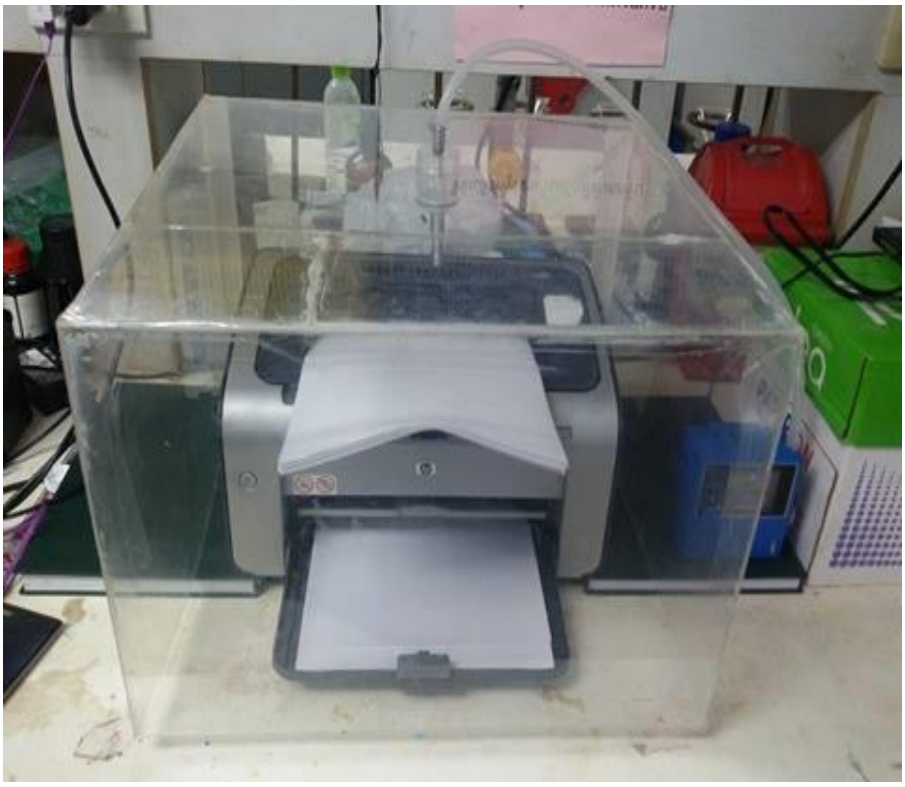
ภาพที่ ง-7 เครื่องการสอบเทียบอัตราการไหลของปั้มเพื่อเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่น

ภาพที่ ง-8 ตลับหมึกสีดำ CB435A (ตลับหมึกแท้และตลับหมึกใช้ซ้ำ)

ภาคผนวก จ

ประมวลภาพการเก็บตัวอย่าง

ภาพที่ จ-1 ดูดอากาศก่อนทำการพิมพ์



ภาพที่ จ-2 ดูดอากาศขณะทำการพิมพ์