รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

# โครงการประเมินอัตราการตาย อัตราป่วย และผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ อันเนื่องมาจากมลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานคร

โดย ผศ. พิเศษ ดร. นันทวรรณ วิจิตรวาทการ และคณะ

มิถุนายน 2547

สัญญาเลขที่ RDG4530015

# รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

# โครงการประเมินอัตราการตาย อัตราป่วย และผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์อันเนื่องมาจากมลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานคร


| คณะผู้วิจัย | สังกัด |
|---|---|
| 1. ดร. นันทวรรณ วิจิตรวาทการ | วิทยาลัยการสาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 2. ผศ. ดร . นพ. วิชัย เอกพลากร | คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัย มหิดล |
| 3. ผศ. ดร. นิตยา วัจนะภูมิ | คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 4. รศ. นพ. สมเกียรติ วงษ์ทิม | คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 5. นส. ไพพรรณ พิทยานนท์ | นักวิชาการอิสระ |
| 6. ดร. สุพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา | กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม |
| 7. Dr. Bart Ostro | California Environmental Protection Agency , Berkley , California |
| 8. นส. สุกานดา ปลั่งสุชน | วิทยาลัยการสาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 9. นาย บุญยัง เอี่ยมเทศ | วิทยาลัยการสาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 10.นส. อัมพร อึ้งปกรณ์แก้ว | ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์ฯ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |


## ชุดโครงการคุณภาพอากาศ


สนับสนุนโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

# กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาเรื่องประเมินอัตราการตาย อัตราป่วย และผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ อันเนื่องมาจากมลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานคร ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย เพื่อศึกษาถึงผลกระทบของฝุ่นละอองต่อสุขภาพทางระบบหายใจและอัตราการตายของประชาชนในกรุงเทพมหานคร และ นำผลที่ได้ไปสู่การเสนอแนะเชิงนโยบาย และมีมาตรการป้องกันแก้ไข ทางวิทยาลัยการสาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้รับความร่วมมืออย่างดียิ่งจากกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพอากาศตลอดจนการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ในการเก็บข้อมูลอากาศให้มีคุณภาพ รวมถึงความอนุเคราะห์ในการให้ข้อมูลต่างๆที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์วิจัย และขอขอบคุณ ดร.นเรศ เชื้อสุวรรณ ที่คอยให้คำปรึกษาในเรื่องของเทคนิคการตรวจวัดคุณภาพอากาศและช่วยแก้ไขปัญหาในระหว่างการเก็บข้อมูลอากาศมาโดยตลอด นอกจากนี้ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สำนักนโยบายและแผนกระทรวงสาธารณสุข ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลการตาย และเจ้าหน้าที่ประจำเขตทุกเขตในกรุงเทพมหานครที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการสืบค้นข้อมูลการตาย นอกจากนี้ยังมีหน่วยงานต่างๆอีกมากมายที่ได้ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี รวมถึงกลุ่มตัวอย่างที่อยู่ในโครงการที่ได้ใช้ความอดทนในการตอบคำถามแก่เจ้าหน้าที่เป็นระยะเวลานานถึง 100 วัน ทางวิทยาลัยใคร่ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ ข้อมูลต่างๆที่ได้รับจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อประชาชนส่วนรวม และประเทศชาติต่อไป

**คณะผู้วิจัย**

# บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

## 1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนา มีการนำวิทยาการและเทคโนโลยีใหม่ๆเข้ามาใช้อย่างมากมาย ส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในช่วงปี พ.ศ. 2538 – 2539 ก่อให้เกิดกิจกรรมก่อสร้างมากมายรวมทั้งมีปริมาณยานพาหนะเพิ่มขึ้นมากและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมคือ ปริมาณฝุ่นละอองที่สูงขึ้นจนอยู่ในระดับที่เป็นปัญหา และส่งผลกระทบต่อสุขภาพ จากข้อมูลการศึกษาวิจัยในต่างประเทศแถบทวีปอเมริกาเหนือและยุโรป พบว่าการสัมผัสกับอนุภาคมลสาร (Particulate matte; PM) โดยเฉพาะขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ($PM_{10}$) ในบรรยากาศมีความสัมพันธ์กับอัตราการตายก่อนเวลาอันควร (premature mortality) และ ก่อให้เกิดการเจ็บป่วยต่างๆเพิ่มขึ้น เช่น หอบหืด การเข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลและการเข้ารักษาที่ห้องฉุกเฉินเกี่ยวกับโรคระบบหัวใจและหลอดเลือด และโรคทางระบบหายใจ ตลอดจนอาการอื่นๆ เช่น หลอดลมอักเสบเฉียบพลัน และทำให้สมรรถภาพปอดลดลง (U. S. EPA,1996)

จากการตรวจวัดคุณภาพอากาศและการประเมินการสัมผัสกับอนุภาคมลสารพบว่าในกรุงเทพมหานคร มีปริมาณอนุภาคมลสารใกล้เคียงหรือสูงกว่าในทวีปอเมริกาเหนือและเมืองต่างๆในทวีปยุโรป แม้ว่าจะมีการศึกษาหลายชิ้นในประเทศต่างๆเหล่านี้ที่แสดงถึงผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดเล็ก($PM_{10}$) แต่การนำผลการศึกษานั้นมาใช้ในประเทศไทยอาจยังไม่เหมาะสมนัก เนื่องจากลักษณะการสัมผัสกับอนุภาคมลสารของประชาชนในกรุงเทพมหานคร กับในประเทศทางตะวันตกอาจมีความแตกต่างกัน เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศและสภาพแวดล้อม สังคม และสภาวะทางสุขภาพรวมถึงส่วนประกอบทางเคมีของอนุภาคมลสารที่แตกต่างกัน

ในปัจจุบัน ประชาชนในกรุงเทพมหานคร สัมผัสกับอนุภาคมลสารในปริมาณที่ค่อนข้างสูง ดังข้อมูล $PM_{10}$ ในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นค่าเฉลี่ยของ $PM_{10}$ ในแต่ละสถานี โดยสถานีที่ 1 – 5 เป็นสถานีที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ทั่วไป ส่วนสถานีที่ 6 – 8 ตั้งอยู่บริเวณริมถนน ซึ่งค่า $PM_{10}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง สูงกว่าในบริเวณพื้นที่ทั่วไปและมีค่าสูงกว่ามาตรฐานในช่วงปี พ.ศ. 2539 – 2540 แต่ในช่วงปี พ.ศ. 2541 – 2544 มีแนวโน้มลดลงทุกสถานี แต่การศึกษาต่อมาพบว่าปริมาณอนุภาคมลสารในระดับต่ำก็มีผลกระทบต่อสุขภาพ ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่ระดับอนุภาคมลสารในกรุงเทพมหานครระดับนี้ยังสามารถมีผลกระทบต่อสุขภาพได้

**ตารางที่** 1 ค่าเฉลี่ยของ $PM_{10}$ (หน่วย $\mu g/m^3$) ของสถานีต่างๆในกรุงเทพมหานครในปี พ.ศ. 2539-2544

| **ชื่อสถานี/ปี พ.ศ.** | 2539 | 2540 | 2541 | 2542 | 2543 | 2544 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. รามคำแหง | 93.5 | 70.2 | 59.6 | 53.3 | 51.9 | 36.0 |
| 2. สนง.การเคหะชุมชนคลองจั่น | 75.2 | 65.6 | 60.7 | 57.6 | 51.4 | 36.9 |
| 3. สนามกีฬาการเคหะชุมชนห้วยขวาง | 116.7 | 96.1 | 77.0 | 73.0 | 66.6 | 47.6 |
| 4. โรงเรียนนนทรีวิทยา | 117.9 | 82.8 | 65.8 | 64.0 | 56.6 | 41.0 |
| 5. โรงเรียนสิงหราชพิทยาคม | 117.5 | 89.8 | 71.1 | 60.8 | 55.6 | 42.9 |
| 6. สถานีการไฟฟ้าย่อยธนบุรี | 130.7 | 96.3 | 87.2 | 84.0 | 83.7 | 53.2 |
| 7. สถานีตำรวจนครบาลโชคชัย4 | 140.0 | 123.0 | 82.8 | 75.2 | 70.00 | 40.2 |
| 8. เคหะชุมชนดินแดง | 197.1 | 138.4 | 105.3 | 82.1 | 72.5 | 49.3 |

เนื่องจากกรุงเทพมหานครและเมืองใหญ่ในประเทศไทยกำลังเผชิญหน้ากับปัญหาทางสิ่งแวดล้อมและสาธารณสุข ภายใต้ทรัพยากรของประเทศมีอยู่อย่างจำกัด จึงมีความจำเป็นในการจัดลำดับความสำคัญของปัญหา เพื่อกำหนดว่าอะไรคือปัญหาที่เร่งด่วน และเพื่อการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เพียงพอ มาตรการที่จะลดอนุภาคมลสารในกรุงเทพมหานคร อาจจะต้องใช้เงินงบประมาณสูง และอาจจะไม่คุ้มทุน ดังนั้นการศึกษาเพื่อประเมินถึงผลประโยชน์ของการลดอนุภาคมลสารจึงเป็นข้อมูลที่สำคัญในการกำหนดมาตรการต่างๆ ดังนั้น การศึกษาเพื่อวิเคราะห์ว่าอนุภาคมลสารตัวใด ($PM_{10}$, $PM_{2.5}$ หรือ Elemental Carbon) เป็นตัวสำคัญที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ จะนำไปสู่การวางแผนในการควบคุมมลภาวะอย่างมีประสิทธิผล และประสิทธิภาพ

## 2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการวิจัยดังนี้

1. เพื่อบอกชนิดขององค์ประกอบของอนุภาคมลสารที่มีผลกระทบต่อสุขภาพโดยตรง
2. เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคมลสารกับอัตราการตายในกรุงเทพมหานครในช่วงปี พ.ศ.2535-2538 กับช่วงปี พ.ศ. 2539-2544
3. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับของอนุภาคมลสารกับอัตราการป่วยด้วยโรคระบบหายใจ
4. เพื่อประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากปริมาณอนุภาคมลสารในกรุงเทพมหานคร

## 3 รูปแบบการศึกษา

เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ข้างต้น การศึกษาครั้งนี้จึงได้วางรูปแบบการศึกษาโดยแบ่งเป็น 3 การศึกษาย่อยดังนี้

1. การศึกษา Time - Series ของอัตราการตาย ซึ่งเป็นการศึกษาถึงผลกระทบระยะสั้นของการสัมผัสอนุภาคมลสารต่อการตาย โดยการวิเคราะห์ข้อมูลการตายและการสัมผัสอนุภาคมลสารของคนในกรุงเทพมหานครระหว่าง พ.ศ.2539–2544 และเปรียบเทียบผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้กับผลการวิเคราะห์ข้อมูลระหว่าง พ.ศ. 2535-2538
2. การศึกษาแบบ panel study เพื่อศึกษาผลกระทบต่ออัตราป่วยของระบบหายใจในแต่ละระดับของการสัมผัสกับอนุภาคมลสาร ซึ่งครอบคลุมถึง $PM_{10}$, $PM_{2.5}$ และ Elemental Carbon(อนุภาคที่มาจากดีเซล) โดยการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการติดตามการเจ็บป่วยของกลุ่มตัวอย่างเด็กและผู้ใหญ่จำนวนกลุ่มละประมาณ 100 คน เป็นเวลา 100 วัน และการสัมผัสอนุภาคมลสารของกลุ่มตัวอย่างเหล่านี้
3. การประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ โดยการออกแบบสำรวจเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์ในกลุ่มตัวอย่างเดียวกับการศึกษาแบบ panel study เพื่อประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากปริมาณอนุภาคมลสารในกรุงเทพมหานคร

## 4. ผลการศึกษา Time - Series ของอัตราการตาย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการตายของกรุงเทพมหานครในช่วง 6 ปี คือ ระหว่าง พ.ศ. 2539-2544 พบว่า จำนวนการตายเฉลี่ย ต่อวันของคนในกรุงเทพมหานครในช่วงเวลาที่ศึกษา มีค่าเท่ากับ 85 คนต่อวัน โดยประมาณ 2 ใน 3 เป็นผู้มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป ในจำนวนตายทั้งหมดเป็นเพศชาย ร้อยละ60 ค่าเฉลี่ยรายวันของ $PM_{10}$ มีค่าเท่ากับ 62 $\mu g/m^3$ และ interquartile (75%-25% percentile) มีค่าเท่ากับ 76 และ 40 $\mu g/m^3$ และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 284 $\mu g/m^3$ ค่าสูงสุด (1- hour maximum)เฉลี่ยต่อปีของ $O_3$, $NO_2$, $NO_x$, และ NO มีค่าเท่ากับ 48.3 ppb, 34.2 ppb, 84.7 ppb, และ 54 ppb ตามลำดับ $PM_{10}$ มีสหสัมพันธ์กับ $NO_2$ (r=0.49), $SO_2$ (r=0.17), $O_3$ (r=0.14), 1-hour maximum $NO_2$ (r=0.53),1-hour maximum $NO_x$ (r=0.53),1-hour maximum $NO_2$ (r=0.34), และ 1-hour maximum $O_3$ (r=0.42) และ อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, และ อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (dew point) มีค่าค่อนข้างสูง ค่ามัธยฐานของอุณหภูมิเฉลี่ย 24 ชั่วโมง มีค่า 29 $^{\circ}C$ และมัธยฐานของค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเท่ากับ 73%

จากการวิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ยสะสม(moving average ) ของ $PM_{10}$ พบว่า 3-day moving average มีความสัมพันธ์กับการตายสูงกว่าวันอื่นๆ โดยพบว่าจำนวนการตายเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.5 ต่อการเพิ่ม $PM_{10}$ 10 $\mu g/m^3$ และพบความสัมพันธ์ของ $PM_{10}$ ต่อการตายทั้งในเพศชายและเพศหญิง

โดยพบ ผลกระทบในเพศหญิงสูงกว่าเพศชายเล็กน้อย และพบความสัมพันธ์ในกลุ่มอายุ 19-50 ปี และตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป แต่ไม่พบความสัมพันธ์ในกลุ่มอายุต่ำกว่า 19 ปี และผลของ sensitivity analysis พบว่า ค่า estimated $PM_{10}$ coefficient เพิ่มขึ้นเล็กน้อยและช่วงแคบลง

จากการวิเคราะห์โดยใช้ค่ามลพิษอากาศต่างๆ 1-5 วันก่อน (lags) พบความสัมพันธ์ในกลุ่ม ไนโตรเจนและ โอโซน ยกเว้น $SO_2$ โดยพบว่า $NO_2$ มีผลเหมือนกับ $PM_{10}$ ในเรื่องของ lag ที่มีความสัมพันธ์สูงกับการตายจากสาเหตุธรรมชาติ สำหรับ $O_3$ พบว่า 2-day lag มีความสัมพันธ์สูงสุดกับการตายจากสาเหตุธรรมชาติ จากการพิจารณาค่า t-statistics โดยรวมพบความสัมพันธ์สูงสุดสำหรับ $PM_{10}$

ผลของ $PM_{10}$ ต่อการตายของคนในกรุงเทพมหานครที่พบในการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาในอดีตที่ได้เคยรายงานมาแล้ว (Ostro et al., 1998; 1999) ซึ่งวิเคราะห์ข้อมูลใน พ.ศ 2535-2538 แต่ผลของ $PM_{10}$ ที่พบในการศึกษาครั้งก่อนนี้สูงกว่าที่พบในการวิเคราะห์ครั้งปัจจุบันนี้ รวมทั้งพบความสัมพันธ์ของการตายในเด็กอายุต่ำกว่า 6 ปีสูงกว่าการวิเคราะห์ครั้งปัจจุบันนี้

## 5. ผลการศึกษา Panel study ของอาการป่วยทางระบบหายใจ

การศึกษา Panel Study เป็นการศึกษาอาการป่วยทางระบบหายใจ ของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนที่ได้บันทึกอาการทางระบบหายใจในช่วง 24 ชั่วโมงที่ผ่านมาของตนในแต่ละวันตามแบบบันทึกอาการที่ใช้ในการศึกษา ทำการบันทึกทุกวันติดต่อกันเป็นระยะเวลา 100 วัน ในขณะเดียวกันก็มีการเก็บข้อมูลอนุภาคมลสารในพื้นที่ใกล้เคียงกับที่กลุ่มตัวอย่างอาศัยอยู่ กลุ่มตัวอย่างของการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย 2 กลุ่มคือ 1) กลุ่มผู้สูงอายุ คือมีอายุ $\geq$ 50 ปี 2) กลุ่มเด็กอายุ 5-12 ปี ผลการเก็บข้อมูลได้กลุ่มตัวอย่าง เด็ก 104 คน อายุเฉลี่ย 9 ปี และกลุ่มตัวอย่างผู้ใหญ่ 97 คน อายุเฉลี่ย 67 ปี ทำการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 99 วัน ในทั้ง 2 กลุ่ม ในแต่ละวันเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่างให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูล( response rate) ร้อยละ 90 ในกลุ่มเด็กและ ร้อยละ 94.8 ในกลุ่มผู้ใหญ่

ในการวิเคราะห์ข้อมูลใช้อัตราชุกของการเกิดอาการทางระบบหายใจส่วนต้น(URS)และส่วนล่าง(LRS) และอุบัติการณ์ของการเกิดอาการทางระบบหายใจส่วนต้น(URI) และส่วนล่าง (LRS) และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับปริมาณมลพิษต่างๆที่ตรวจวัดได้ในช่วงที่ทำการศึกษา

ระดับของมลพิษในอากาศในช่วงที่ศึกษา ระดับฝุ่น $PM_{10}$ เฉลี่ย 48.4 $\mu g/m^3$, $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 30.9 $\mu g/m^3$ ส่วนประกอบของฝุ่น Total carbon (TC) เฉลี่ย 14.5 $\mu g/m^3$ โดยเป็น organic carbon (OC) เฉลี่ย 6.8 $\mu g/m^3$ สัดส่วนของฝุ่นเล็ก ($PM_{2.5}$) เป็น ร้อยละ 64 ของฝุ่นขนาด 10 ไมครอน

($PM_{10}$) ในช่วงที่ศึกษามีอุณหภูมิเฉลี่ย 30.1 °C ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) เฉลี่ย 76.7 % และ อุณหภูมิจุดน้ำค้างเฉลี่ย 25.3 °C

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าในแต่ละวันเด็กและผู้ใหญ่มีอัตราของอาการทางระบบหายใจส่วนต้น ( URI ) เฉลี่ยร้อยละ 10.5 และ 15.9 ตามลำดับ และอัตราของอาการทางระบบหายใจส่วนล่าง ( LRI ) เฉลี่ยร้อยละ 12.5 ในเด็ก และร้อยละ 18.4 ในผู้ใหญ่

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับมลพิษอากาศกับ อัตราชุกของการเกิดอาการทางระบบหายใจส่วนต้น(URS)และส่วนล่าง(LRS) อาการไอ และอาการหอบหืด ในกลุ่มเด็ก พบว่าระดับ $PM_{10}$ มีความสัมพันธ์กับอาการทางระบบหายใจส่วนต้น ในขณะที่ $PM_{2.5}$ มีความโน้มเอียงที่สัมพันธ์กับอาการหอบ สำหรับฝุ่นหยาบ ($PM_{10-2.5}$) พบว่ามีความพันธ์กับอาการไอ โดยเฉลี่ยเมื่อระดับฝุ่นหยาบสูงขึ้น 1 Interquartile range (IQR) โอกาสเสี่ยงของการไอเพิ่มขึ้นร้อยละ 4 (OR= 1.04, 95%CI 1.0, 1.08) สำหรับองค์ประกอบของฝุ่น Organic carbon (OC ) อาจมีความสัมพันธ์กับอาการไอ ในขณะที่ inorganic carbon ไม่พบความสัมพันธ์กับอาการทางระบบหายใจ สำหรับก๊าซมลพิษตัวอื่นๆ เช่น $SO_2$ ดูเหมือนจะมีความสัมพันธ์กับ URS. อาการไอ และอาการหอบหืด แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับ ก๊าซ $NO_2$ และ CO ไม่พบว่ามีความสัมพันธ์กับการเกิดอาการทางระบบหายใจอย่างชัดเจน ส่วนอุบัติการณ์ของอาการทางระบบหายใจ พบความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นหยาบ(PM10-2.5) กับ LRI (OR =1.08, 95%CI 1.00,1.17) และอาการไอ (OR =1.09, 95%CI 1.00,1.19) พบว่า OC มีความสัมพันธ์กับอาการไอ แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (OR = 1.04, 95%CI 0.94, 1.14)

ในกลุ่มผู้ใหญ่พบความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษกับความชุกของอาการทางระบบหายใจ คือ พบว่า $PM_{2.5}$ มีความเสี่ยงต่อหอบหืดสูง OR= 1.05 (95%CI 0.97,1.13 )สำหรับส่วนประกอบของ Total carbon ของฝุ่นพบว่ามีความสัมพันธ์กับ อาการหอบหืด (OR= 1.06, 95%CI 1.00, 1.11) โดย OC สัมพันธ์กับ อาการไอ (OR= 1.04, 95%CI 1.00, 1.08) และอาการหอบหืด (OR= 1.08, 95%CI 0.99, 1.16 ) และ IC มีความสัมพันธ์กับอาการหอบหืด (OR=1.04, 95%CI 1.00, 1.07) ส่วนอุบัติการณ์ของอาการทางระบบหายใจ ไม่พบความสัมพันธ์กับระดับฝุ่นและมลพิษตัวอื่นอย่างชัดเจน

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัส $PM_{10}$ ในระยะ 1-5 วันก่อน (Lag 1 to 5 day) และ ค่าเฉลี่ย $PM_{10}$ ในช่วง 3, 4, และ 5 วันก่อน (Moving average) กับอุบัติการณ์ของอาการทางระบบหายใจในกลุ่มเด็กและกลุ่มผู้ใหญ่ พบว่าระดับ $PM_{10}$ 1 วันก่อน มีความสัมพันธ์กับการหอบหืด ในกลุ่มเด็ก (OR=1.35, 95%CI 1.11, 1.66) แต่ไม่มีความสัมพันธ์กันชัดเจนในกลุ่มผู้ใหญ่

ความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัส $PM_{2.5}$ ในระยะ 1-5 วันก่อนกับอุบัติการณ์ของอาการทางระบบหายใจในเด็ก พบว่าการสัมผัสกับ $PM_{2.5}$ 1 วันก่อนมีความสัมพันธ์กับการหอบหืดอย่างชัดเจน (OR=1.37, 95%CI 1.12, 1.68)

ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นหยาบ ($PM_{10-2.5}$) ใน 1-5 วันก่อนและ เฉลี่ย 3, 4, 5 วันก่อน กับอุบัติการณ์อาการทางระบบหายใจในเด็ก พบว่า ระดับฝุ่นหยาบ 1 วันก่อน มีความสัมพันธ์กับกลุ่มอาการทางระบบหายใจส่วนต้น, ระบบหายใจส่วนล่างและอาการไอ

ในส่วนของ Organic carbon ( OC ) ในกลุ่มเด็กพบความสัมพันธ์ของอาการไอกับมลพิษวันเดียวกัน พบความสัมพันธ์ของ LRS และอาการไอกับมลพิษ 2 วันก่อน แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในผู้ใหญ่ไม่พบความสัมพันธ์ของ OC กับอาการทางระบบหายใจ

การศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นว่าฝุ่นละออง $PM_{10}$, และ $PM_{2.5}$ มีความสัมพันธ์กับอาการหอบหืดในเด็ก โดยเฉพาะสัมพันธ์กับความเข้มข้นของฝุ่นแบบสะสมคือวันก่อน 1วัน ส่วนฝุ่นในขนาด $PM_{10-2.5}$ มีความสัมพันธ์กับอาการไอและระบบหายใจส่วนต้น ส่วน OC นั้นมีโอกาสเป็นไปได้ที่จะสัมพันธ์กับความชุกของอาการไอ และหอบหืด โดยสังเกตจากค่า Odds ratio (ประมาณ 1.04 -1.08 ในผู้ใหญ่) ค่อนข้างสูงกว่าองค์ประกอบอื่น แม้ว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนมลพิษอากาศตัวอื่นๆ ได้แก่ $NO_2$, $SO_2$, และ CO นั้นไม่พบว่ามีความสัมพันธ์กับอาการทางระบบหายใจอย่างชัดเจน สาเหตุที่ไม่พบความสัมพันธ์ของฝุ่นกับการเกิดอาการทางระบบหายใจอย่างชัดเจนอาจเป็นเพราะกลุ่มตัวอย่างในการศึกษานี้เป็นกลุ่มคนสุขภาพปกติ ไม่ใช่กลุ่มเสี่ยงเช่นโรคภูมิแพ้หรือหอบหืด

ผลจากศึกษาในครั้งนี้ไม่สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง OC กับอาการทางระบบหายใจอย่างชัดเจนทางสถิติโดยเฉพาะในกลุ่มเด็ก แต่ก็ยังไม่อาจสรุปว่า organic carbon ไม่มีความสำคัญเกี่ยวข้องกับการเกิดอาการทางระบบหายใจ แต่อาจเป็นไปได้ว่า OC ในพื้นที่ศึกษามีผลกระทบแบบเฉียบพลันเพียงเล็กน้อยต่อประชากรส่วนใหญ่ที่มีสุขภาพปกติไม่มีโรคหอบหืดหรือภูมิแพ้ การศึกษาต่อไปควรทำการศึกษาในกลุ่มเสี่ยงได้แก่กลุ่มเด็กที่มีโรคหอบหืด, ภูมิแพ้ และโรคปอดเรื้อรังต่อไป นอกจากนี้ควรมีการศึกษาทางแหล่งที่มาขององค์ประกอบฝุ่นประกอบไปด้วยเพื่อให้มีผลในการลดแหล่งกำเนิดฝุ่นเหล่านี้อันจะทำให้ฝุ่นเหล่านี้ลดลงต่อไป

## 6. ผลการประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์

การศึกษาค่าความพึงพอใจที่จะจ่าย( Willingness to pay,WTP) ได้ถูกออกแบบเพื่อใช้ควบคู่ไปกับการวิจัยการบันทึกอาการทางระบบหายใจประจำวันเพื่อให้ได้ข้อมูลว่ากลุ่มตัวอย่างจะให้ค่าในการหลีกเลี่ยงการมีอาการทางระบบหายใจเป็นเวลา 1 วัน มากเพียงใด ความท้าทายของ

การออกแบบสำรวจ WTP สำหรับอาการทางสุขภาพคือ การสร้างคำถามในทางที่จะช่วยให้กลุ่มตัวอย่างคิดในสภาพความเป็นจริงเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยน (tradeoffs) ระหว่างรายได้หรือค่าใช้จ่ายกับการเจ็บป่วย ความคิดในการใช้จ่ายเพื่อหลีกเลี่ยงหรือลดการเจ็บป่วย ซึ่งผลจากการศึกษานี้สามารถหาค่าของผลกระทบต่อสุขภาพที่สัมพันธ์กับความเข้มข้นของมลภาวะทางอากาศในกรุงเทพมหานคร ซึ่งจะนำไปสู่การคำนึงถึงประโยชน์ของการควบคุมมลภาวะทางอากาศในกรุงเทพมหานคร

แต่เนื่องจากผลการศึกษา Time series ของอัตราการตาย และPanel Study ของอาการระบบหายใจรายวัน ไม่พบผลกระทบที่ชัดเจนของฝุ่นละอองต่อการเกิดอาการทางระบบหายใจ จึงทำให้ไม่สามารถนำข้อมูลที่เก็บจากการศึกษาครั้งนี้มาประเมินความพึงพอใจที่จะจ่าย (WTP) ต่อการเกิดอาการทางระบบหายใจ ดังนั้นจึงได้ใช้ข้อมูลในภาพรวมของประเทศนำมาทำการประเมินผลกระทบของฝุ่นละอองต่อการตายก่อนเวลาอันควร (Premature mortality) โดยการใช้หลักเชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่า ในการประเมินค่าทางการเงินจากผลกระทบของฝุ่นละอองในอากาศต่อสุขภาพประชาชนในกรุงเทพมหานคร โดยนำค่าจากการศึกษาในสหรัฐอเมริกามาปรับใช้ให้เข้ากับสถานการณ์ในประเทศไทย พบว่า ค่า WTP ของการตายก่อนเวลาอันควรรวมทุกโรคมีค่าประมาณ 256 พันล้านบาท ถึง 51 พันล้านบาท

ในขณะนี้มาตรฐานของ $PM_{10}$ ที่กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้กำหนดไว้ที่ 50 $\mu g/m^3$ ซึ่งเป็นระดับที่มีสมมุติฐานว่า เป็นระดับที่ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ แต่ไม่ได้หมายความว่าถ้าลดปริมาณ $PM_{10}$ ให้ต่ำกว่า 50 $\mu g/m^3$ จะไม่มีประโยชน์ เนื่องจากมีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่า $PM_{10}$ ที่ระดับต่ำกว่า 50 $\mu g/m^3$ มีผลกระทบต่อสุขภาพ (USEPA, 1996) จากการที่ USEPA. กำหนดมาตรฐานของค่าเฉลี่ยรายปีของ $PM_{2.5}$ ไว้ที่ 15 $\mu g/m^3$ ซึ่งถ้าปรับเข้ากับสถานการณ์ในกรุงเทพมหานคร โดยใช้ค่าสัดส่วนของ $PM_{2.5}$ ต่อ $PM_{10}$ มาตรฐานของ $PM_{10}$ ควรจะอยู่ที่ ระดับ 25 $\mu g/m^3$ ซึ่งขณะนี้ทาง USEPA. มีการพิจารณาปรับค่ามาตรฐาน $PM_{10}$ เฉลี่ยรายปีลงเหลือ 30 $\mu g/m^3$

และเมื่อคำนวณเป็นมูลค่าทางสุขภาพ จากค่าเฉลี่ย $PM_{10}$ ปี พ.ศ. 2539-2544 ณ สถานีรามคำแหง มีค่าเท่ากับ 60 $\mu g/m^3$ ถ้าลดปริมาณ $PM_{10}$ ลง 10 $\mu g/m^3$มาที่มาตรฐาน 50 $\mu g/m^3$ จะนำไปสู่การลดจำนวนการตายลง 156 ราย และจำนวนวันที่มีอาการหอบหืดของเด็กจะลดลง 9.8 ล้านวัน แต่ถ้าลดปริมาณ $PM_{10}$ ลง 30 $\mu g/m^3$ (จาก 60 $\mu g/m^3$มาที่มาตรฐานที่อ้างอิงของ EPA.) จะนำไปสู่การลดจำนวนการตาย 468 ราย และจำนวนวันที่เด็กมีอาการหอบหืดจะลดลงประมาณ 19.6 ล้านวัน

## 7.ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าคุณภาพอากาศในกรุงเทพมหานครในบางท้องที่ยังอยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐานของประเทศและมาตรฐานของ USEPA และยังแสดงให้เห็นถึงผลกระทบของอนุภาคมลสารต่อสุขภาพทั้งการตายก่อนเวลาอันควรและการเจ็บป่วยด้วยอาการทางระบบหายใจต่างๆทั้งในเด็กและผู้ใหญ่เป็นจำนวนมากในแต่ละปี เมื่อประเมินผลกระทบนี้ในเชิงเศรษฐศาสตร์พบว่าประเทศชาติต้องสูญเสียเงินปีละหลายพันล้านบาท ซึ่งอาจจะมากกว่าการลงทุนเพื่อการควบคุมคุณภาพอากาศ ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานของรัฐในการกำหนดมาตรการเพื่อควบคุมคุณภาพอากาศให้เป็นที่ปลอดภัยกับประชาชน ทั้งนี้ควรเป็นการร่วมมือระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเช่น กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม , กระทรวงพลังงาน และกระทรวงคมนาคม นอกจากนี้ควรมีมาตรการในการรณรงค์ความร่วมมือจากประชาชน เช่นการลดการขับขี่ยานยนต์เป็นต้น และให้ความรู้กับประชาชนถึงผลกระทบของมลพิษอากาศต่อสุขภาพ

การเพิ่มการเฝ้าระวังและวิเคราะห์ขนาดของฝุ่นทั้งฝุ่นขนาดเล็กและฝุ่นหยาบ ตลอดจนแหล่งกำเนิดของฝุ่น จะช่วยให้สามารถกำหนดกลวิธีการควบคุมมลภาวะทางอากาศในอนาคตได้และทำให้เข้าใจบทบาทของฝุ่นที่เกิดจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง ฝุ่นที่เกิดจากการก่อสร้าง และฝุ่นหยาบอื่นๆที่อาจมีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนมากยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตามผลการศึกษาที่พบในครั้งนี้เป็นข้อมูลที่สำคัญในการแสดงให้เห็นว่าการลดมลภาวะอากาศในกรุงเทพมหานครจะเป็นผลดีต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน และอาจจะเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดมาตรการการควบคุมคุณภาพอากาศในเมืองใหญ่อื่นๆที่มีลักษณะคล้ายกรุงเทพมหานครเช่น เชียงใหม่ เป็นต้น

## 8. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคต

เพื่อเป็นการตอบประเด็นคำถามที่ยังเป็นที่สงสัยอยู่ คณะผู้วิจัยจึงขอเสนอแนวทางการศึกษาวิจัยต่อไป ดังนี้

1. การศึกษาในกลุ่มเสี่ยง ได้แก่ กลุ่มเด็กที่เป็นโรคหอบหืด ภูมิแพ้ และโรคปอดเรื้อรัง ในขณะเดียวกันศึกษาแหล่งที่มาขององค์ประกอบฝุ่น เพื่อประโยชน์ในการวางแผนมาตรการถึงแหล่งกำเนิด

2. การทำการศึกษาที่คล้ายคลึงกับการศึกษานี้ ณ จังหวัดต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบต่อสุขภาพและประเมินสถานการณ์ของปัญหาในรูปแบบของทั้งประเทศเพราะสถานการณ์ของแต่ละ

จังหวัดจะแตกต่างกันทั้งในปริมาณและองค์ประกอบของอนุภาคมลสารรวมถึงสภาพทางอุตุนิยมวิทยา ภูมิประเทศ สภาพแวดล้อม และสถานภาพทางเศรษฐกิจและสังคม ตลอดจนสุขภาพของประชากร

3. ทำการศึกษาผลกระทบในระยะยาวในประเทศไทย ซึ่งนอกจากจะสร้างองค์ความรู้มากขึ้นแล้วยังสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวางแผนและนโยบาย เพื่อแก้ไขปัญหาที่สำคัญและเร่งด่วน เช่นการดำเนินมาตรการลดปริมาณอนุภาคมลสาร

4. ควรทำการศึกษาที่รวม Exposure Assessment และศึกษาการสัมผัสอนุภาคมลสารทั้งในอาคาร (Indoor ) และนอกอาคาร Out door) น่าจะให้คำตอบที่ชัดเจนมากขึ้น

5. ทำการศึกษาในรูปแบบ Panel Study ตลอดทั้งปี ซึ่งจะได้ข้อมูลที่แสดงผลถึงความแตกต่างของฤดูรวมถึงสถานการณ์ของปริมาณอนุภาคลสาร

6. ควรทำการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพในด้านอื่นๆ เช่น อัตราการเข้าโรงพยาบาล จำนวนวันที่ไม่สามารถประกอบกิจกรรม การใช้ยาเพิ่มขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพที่ครอบคลุมมากขึ้น

# บทคัดย่อ


การศึกษาจำนวนมากในสหรัฐอเมริกาและยุโรปตะวันตกพบว่า การตายในแต่ละวันมีความสัมพันธ์กับการสัมผัสฝุ่นขนาดเล็กในช่วงเวลาสั้นๆ ซึ่ง ฝุ่นเหล่านี้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 10 ไมครอน ($PM_{10}$) การที่กรุงเทพมหานครเป็นเมืองใหญ่เมืองหนึ่งในประเทศกำลังพัฒนาและมีปริมาณ $PM_{10}$ในบรรยากาศสูง ทำให้มีการให้ความสำคัญในการศึกษาเรื่องนี้มากยิ่งขึ้น เพื่อตรวจสอบว่าจะพบเหตุการณ์เหมือนกับที่พบในสหรัฐอเมริกาและยุโรปตะวันตกหรือไม่ นอกจากนี้ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการตายและฝุ่นในกรุงเทพมหานครจะเป็นโอกาสที่ดีในการประเมินว่าเหตุการณ์ที่พบในประเทศตะวันตกได้รับอิทธิพลจากภาวะภูมิอากาศที่มีความแปรปรวนอยู่เสมอหรือไม่ ทั้งนี้เนื่องจากภาวะภูมิอากาศในประเทศไทยไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากเหมือนสหรัฐอเมริกา

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาในกรุงเทพมหานครซึ่งเป็นเมืองหนึ่งในเขตร้อนและมีประชากรประมาณ 6 ล้านคน ได้มีการเก็บข้อมูลระดับ $PM_{10}$ ในบรรยากาศเป็นรายวัน ซึ่งเอื้ออำนวยต่อการศึกษาครั้งนี้ โดยทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการตายในแต่ละวันของคนในกรุงเทพมหานครกับการสัมผัส $PM_{10}$ และมลพิษอากาศตัวอื่นในช่วงปี พ.ศ. 2539-2544 ผลการวิเคราะห์พบความสัมพันธ์ระหว่างการตายรายวันและ $PM_{10}$อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าระดับ $PM_{10}$ รายวันเพิ่มขึ้น 10 $\mu g/m^3$ มีผลให้มีจำนวนคนตายในแต่ละวันเพิ่มขึ้น 0.5% (95% ช่วงความเชื่อมั่น = 0.3- 0.7%) ขนาดของความเสี่ยงที่พบนี้สอดคล้องหรือมากกว่าผลการศึกษาในอดีต

และจากการศึกษาแบบ Panel Study ของอาการระบบหายใจรายวัน ในกลุ่มประชากรเด็กปกติจำนวน 104 คน และผู้ใหญ่ปกติจำนวน 97 คน ในชุมชนที่อยู่ในกรุงเทพมหานคร พบความสัมพันธ์ของการสัมผัสมลพิษในระยะสั้นระหว่างอนุภาคมลสารและองค์ประกอบของคาร์บอนกับอาการทางระบบหายใจ เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ตัวอย่างแต่ละคนเกี่ยวกับการเกิดอาการทางระบบหายใจในแต่ละวัน เป็นเวลา 99 วัน ระหว่าง 17 เมษายน ถึง 23 กรกฎาคม พ.ศ.2545 ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของมลพิษต่างๆ คือ $PM_{10}$, $PM_{2.5}$, total carbon, organic carbon components (OC) และก๊าซต่างๆ คือ $NO_2$ $SO_2$ และ CO ได้จากการตรวจวัดที่สถานีตรวจวัดอากาศที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ศึกษา

ในช่วงที่ทำการศึกษาพบว่า การสัมผัสกับ $PM_{2.5}$ ปริมาณ 1 interquartile range (IQR) ก่อนหน้า 1 วัน สัมพันธ์กับการเกิดอาการหายใจมีเสียงวี้ดในเด็ก (OR 1.37, 95%CI: 1.12, 1.68, และ IQR = 3.4 $\mu g/m^3$) การเพิ่มขึ้นของ organic carbon มีความสัมพันธ์กับอาการไอที่เพิ่มขึ้น (OR 1.04, 95%CI: 1.0, 1.08) และอาการหายใจมีเสียงวี้ด (OR 1.08, 95%CI: 0.99,1.16) ในกลุ่มผู้ใหญ่ ไม่พบความสัมพันธ์ของมลพิษอื่นๆกับอาการทางระบบหายใจ

ในการศึกษานี้ถึงแม้ว่าจะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติของความสัมพันธ์ของปริมาณอนุภาคมลสารและองค์ประกอบของคาร์บอนกับอาการทางระบบหายใจ แต่อย่างไรก็ตามการลดปริมาณ $PM_{10}$ และ $PM_{2.5}$ จากค่าเฉลี่ย ณ ปี พ.ศ. 2539-2544 ที่ระดับ 60 $\mu g/m^3$ ลงมาที่ ระดับมาตรฐานคือ ที่ 50 $\mu g/m^3$ อาจจะก่อให้เกิดผลประโยชน์ทางสุขภาพ คือ ลดจำนวนการตายลง 156 ราย ลดจำนวนวันที่เกิดอาการหายใจมีเสียงวี้ดในเด็กได้ ถึง 9.8-19.7 พันล้านวัน หรือเมื่อประเมินเป็นมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่ามีมูลค่าถึง 8.7-44.3 พันล้านบาท ดังนั้นมาตรการต่างๆในการลดปัญหาที่เกิดจากอนุภาคมลสาร ในกรุงเทพมหานครน่าจะเป็นการลงทุนที่คุ้มค่า

# ABSTRACT

Several dozen studies, mostly conducted in the United States and Western Europe, report an association between short-term exposures to particulate matter, usually measured as $PM_{10}$ (particulate matter less than 10 micron in diameter), and several health outcomes including mortality and respiratory symptoms. Evidence of high concentrations of $PM_{10}$ in large metropolitan areas outside of the United States, such as Bangkok, underscores the need to determine whether these same associations occur in developing countries. In addition, conducting studies of health effects and air pollution in regions that have distinctly different seasonal patterns than those of the United States provides an effective opportunity to assess the potentially confounding aspects of seasonality.

Over the last several years, daily measures of ambient $PM_{10}$ have been collected in Bangkok, Thailand, a tropical city of over 6 million people. Our analysis involved the examination of the relationship between daily mortality and $PM_{10}$ and other pollutants for 1996 through 2001. The analysis indicated a statistically significant association between $PM_{10}$ and total mortality. The results suggest a 10 microgram per cubic meter change in daily $PM_{10}$ is associated with a 0.5% increase in total mortality (95% confidence interval 0.3 to 0.7%). These relative risks are generally consistent with or greater than those reported in previous studies.

In addition, the panel study examined the association of short-term exposure to ambient particulate matter and carbon components with respiratory symptoms of 104 healthy children and 97 healthy adults conducted in a community in Bangkok, Thailand. Each subject was interviewed about occurrence of respiratory symptoms on each day for a period of 99 days during April 17– July 23, 2002. Air pollution levels, expressed as 24-hr average $PM_{10}$, $PM_{2.5}$, total carbon, organic carbon components (OC), and gaseous pollutants (NO2, SO2, and CO) were obtained from an outdoor fixed air-monitoring station in the community.

During the study period, exposure to lag 1 day of interquartile range (IQR) of ambient $PM_{2.5}$ was associated with wheezing in children (OR 1.37, 95%CI: 1.12, 1.68), and an IQR (3.4 $\mu g/m^3$ ) increase in organic carbon was modestly associated with increases of cough (OR 1.04, 95%CI: 1.0, 1.08) and wheezing (OR 1.08, 95%CI: 0.99,1.16) in adults. No association of other gaseous pollutants with respiratory symptoms was observed. In conclusion, the present study observed weak effect of particulate air pollution and organic carbon component with respiratory symptoms in healthy children and adults.

Moreover, reduction in $PM_{10}$ and $PM_{2.5}$ from the previous levels during 1996 to 2001 of 60 $\mu g/m^3$ to the standard level of 50 $\mu g/m^3$ may lead to health benefits. A total of 156 cases of death and 9.8 to 19.7 millions days with respiratory symptoms in children (wheezing) may be reduced. The economic valuation of these health benefits was estimated to be in the range of 8.7 to 44.3 billion Baht. Measures to mitigate the problems of particulate matter in Bangkok Metropolitan area should proved to be cost benefit.

# สารบัญ


หน้า

**บทที่ 1 บทนำ**

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1-1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 1-4

1.3 รูปแบบการศึกษา 1-4

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 1-5

1.5 การบริหารและการจัดการ 1-5

**บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม**

2.1 อนุภาคฝุ่นละออง (Particles) 2-1

2.2 ผลกระทบของฝุ่นละอองต่อสุขภาพ 2-1

2.3 คุณภาพอากาศในกรุงเทพมหานคร 2-8

**บทที่ 3 การศึกษา Time Series ของอัตราการตาย**

3.1 วิธีการเก็บข้อมูล 3-2

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 3-6

3.3 ผลการศึกษา 3-6

3.4 อภิปรายผลการศึกษา 3-11

**บทที่ 4 การศึกษา Panel Study ของอาการป่วยทางระบบหายใจ**

4.1 วิธีการเก็บข้อมูล 4-2

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 4-6

4.3 ผลการศึกษา 4-7

4.4 อภิปรายผลการศึกษา 4-17

**บทที่ 5 การประเมินผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์**

5.1 วิธีการเก็บข้อมูล 5-2

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการวิเคราะห์ 5-2

## บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ


6.1 สรุปผล 6-1

6.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากการลดอนุภาคมลสาร (Particulate Matter , PM) ในกรุงเทพมหานคร 6-2

6.3 ค่าทางการเงินของผลประโยชน์ต่อสุขภาพจากการลดอนุภาคมลสาร ในกรุงเทพมหานคร 6-4

6.4 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคต 6-6

**บรรณานุกรม**

**ภาคผนวก**

# สารบัญตาราง


| | | หน้า |
|---|---|---|
| ตารางที่ 1.1 | ค่าเฉลี่ยของ$PM_{10}$(หน่วย $\mu g/m^3$) ของสถานีต่างๆในกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2539 - 2544 | 1-2 |
| ตารางที่ 3.1 | แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล $PM_{10}$ ของสถานีต่างๆ 8 สถานี ระหว่างปี พ.ศ. 2539-2544 | 3-5 |
| ตารางที่ 3.2 | จำนวนตายเฉลี่ยจำแนกตามเพศและอายุ กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2539-2544 | 3-7 |
| ตารางที่ 3.3 | การกระจายของข้อมูลมลพิษอากาศและอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2539- 2544 | 3-7 |
| ตารางที่ 3.4 | ความสัมพันธ์ระหว่างการตายรายวันกับการเพิ่ม $PM_{10}$ 1 interquartile (36 $\mu g/m^3$) (beta และ se*1000) | 3-8 |
| ตารางที่ 3.5 | ความสัมพันธ์ระหว่างการตายรายวันกับการเพิ่ม $PM_{10}$ 1 interquartile (36 $\mu g/m^3$) ตามกลุ่มอายุและเพศ (beta และ se*1000) | 3-8 |
| ตารางที่ 3.6 | ความสัมพันธ์ระหว่างการตายรายวันกับการเพิ่ม 1-hour maximum $NO_2$ 1 interquartile (26.4 ppb) (beta และ se*1000) | 3-9 |
| ตารางที่ 3.7 | ความสัมพันธ์ระหว่างการตายรายวันกับการเพิ่ม 1-hour maximum NOx 1 interquartile (62 ppb) (beta และ se*1000) | 3-9 |
| ตารางที่ 3.8 | ความสัมพันธ์ระหว่างการตายรายวันกับการเพิ่ม 1-hour maximum NO 1 interquartile (47 ppb) (beta และ se*1000) | 3-10 |
| ตารางที่ 3.9 | ความสัมพันธ์ระหว่างการตายรายวันกับการเพิ่ม 1-hour maximum ozone 1 interquartile (35 ppb) (beta และ se*1000) | 3-10 |
| ตารางที่ 3.10 | ความสัมพันธ์ระหว่างการตายรายวันกับการเพิ่ม 1-hour maximum sulfur dioxide 1 interquartile (8 ppb) (beta และ se*1000) | 3-11 |
| ตารางที่ 4.1 | แสดงลักษณะของกลุ่มตัวอย่างเด็กและผู้ใหญ่ในการศึกษา Time – Series | 4-7 |
| ตารางที่ 4.2 | แสดงการกระจายของความถี่ (ร้อยละ) ของอาการทางระบบหายใจต่อวันที่เกิดขึ้นในกลุ่มเด็กและผู้ใหญ่ | 4-8 |
| ตารางที่ 4.3 | แสดงค่าเฉลี่ยของมลพิษอากาศและอุตุนิยมวิทยา ระหว่างวันที่ 16 เมษายน 2545 ถึง 23 กรกฎาคม 2545 | 4-10 |

| | | |
|---|---|---|
| ตารางที่ 4.4 | แสดงค่า Odds ratios (confidence interval) ของความชุกของอาการทางระบบหายใจในกลุ่มเด็กที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้น1 Interquartile Range ( IQR) ของมลพิษแต่ละตัว | 4-11 |
| ตารางที่ 4.5 | แสดงค่า Odds ratios (confidence interval) ของอุบัติการณ์อาการทางระบบหายใจในกลุ่มเด็กที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้น 1 Interquartile Range ( IQR) ของมลพิษแต่ละตัว | 4-12 |
| ตารางที่ 4.6 | แสดงค่า Odds ratios (confidence interval) ของความชุกของอาการทางระบบหายใจในกลุ่มผู้ใหญ่ที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้น 1 Interquartile. Range ( IQR) ของมลพิษแต่ละตัว | 4-13 |
| ตารางที่ 4.7 | แสดงค่า Odds ratios (confidence interval) ของอุบัติการณ์อาการทางระบบหายใจในกลุ่มผู้ใหญ่ที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้น 1 Interquartile Range ( IQR) ของมลพิษแต่ละตัว | 4-13 |
| ตารางที่ 4.8 | แสดงค่า Odds ratios (confidence interval) ของอุบัติการณ์อาการทางระบบหายใจในกลุ่มเด็กที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้น 1 Interquartile Range ( IQR) ของปริมาณ $PM_{10}$ ในช่วง 1-5วันก่อน | 4-14 |
| ตารางที่ 4.9 | แสดงค่า Odds ratios (confidence interval) ของอุบัติการณ์อาการทางระบบหายใจในกลุ่มผู้ใหญ่ที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้น 1 Interquartile Range ( IQR) ของปริมาณ $PM_{10}$ ในช่วง 1-5วันก่อน | 4-14 |
| ตารางที่ 4.10 | แสดงค่า Odds ratios (confidence interval) ของอุบัติการณ์อาการทางระบบหายใจในกลุ่มเด็กที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้น 1 Interquartile Range ( IQR) ของปริมาณ $PM_{2.5}$ ในช่วง 1-5วันก่อน | 4-15 |
| ตารางที่ 4.11 | แสดงค่า Odds ratios (confidence interval) ของอุบัติการณ์อาการทางระบบหายใจในกลุ่มผู้ใหญ่ที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้น 1 Interquartile Range ( IQR) ของปริมาณ $PM_{2.5}$ ในช่วง 1-5วันก่อน | 4-15 |
| ตารางที่ 4.12 | แสดงค่า Odds ratios (confidence interval) ของอุบัติการณ์อาการทางระบบหายใจในกลุ่มเด็กที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของ Interquartile Range ( IQR) ของปริมาณ $PM_{10-2.5}$ ในช่วง 1-5 วันก่อน | 4-16 |
| ตารางที่ 4.13 | แสดงค่า Odds ratios (confidence interval) ของอุบัติการณ์อาการทางระบบหายใจในกลุ่มผู้ใหญ่ที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้น 1 Interquartile Range ( IQR) ของปริมาณ $PM_{10-2.5}$ ในช่วง 1-5วันก่อน | 4-16 |

| | | |
|---|---|---|
| ตารางที่ 4.14 | แสดงค่า Odds ratios (confidence interval) ของอุบัติการณ์อาการทางระบบหายใจในกลุ่มเด็กที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้น 1 Interquartile Range ( IQR) ของปริมาณ organic carbon (OC) ในช่วง 1-5 วันก่อน | 4-17 |
| ตารางที่ 4.15 | แสดงค่า Odds ratios (confidence interval) ของอุบัติการณ์อาการทางระบบหายใจในกลุ่มผู้ใหญ่ที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้น 1 Interquartile Range ( IQR) ของปริมาณ organic carbon (OC) ในช่วง 1-5 วันก่อน | 4-17 |
| ตารางที่ 5.1 | แสดงการประมาณการของค่าทางการเงินของการตายก่อนเวลาอันควรที่สัมพันธ์กับฝุ่นละออง | 5-4 |
| ตารางที่ 6.1 | Concentration response สำหรับอาการหอบหืดในเด็ก | 6-4 |
| ตารางที่ 6.2 | ประโยชน์ทางการเงินต่อการตายก่อนเวลาอันควรจากการลดปริมาณอนุภาคมลสาร | 6-6 |

# สารบัญรูปภาพ


| | | หน้า |
|---|---|---|
| รูปภาพที่ 1.1 | แสดงค่าเฉลี่ยรายปีของ $PM_{10}$ ของสถานีทั่วไปใน กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2539-2544 | 1-3 |
| รูปภาพที่ 1.2 | แสดงค่าเฉลี่ยรายปีของ $PM_{10}$ ของสถานีริมถนนใน กรุงเทพมหานคร พ.ศ.2539-2544 | 1-3 |
| รูปภาพ 2.1 | แสดงแผนที่เขตในกรุงเทพมหานคร | 2-10 |
| รูปภาพ 2.2 | ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง $PM_{10}$ 2536-2543 | 2-11 |

# บทที่1
# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนาและมีการนำวิทยาการและเทคโนโลยีใหม่ๆเข้ามาใช้อย่างมากมาย ส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในช่วงปี พ.ศ.2538 – 2539 ก่อให้เกิดกิจกรรมก่อสร้างมากมายรวมทั้งมีปริมาณยานพาหนะเพิ่มขึ้นมากและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมคือ ปริมาณฝุ่นละอองที่สูงขึ้นจนอยู่ในระดับที่เป็นปัญหา และส่งผลกระทบต่อสุขภาพ จากข้อมูลจากการศึกษาวิจัยในต่างประเทศคือที่ทวีปอเมริกาเหนือและทวีปยุโรป พบว่าการสัมผัสกับอนุภาคมลสาร (Particulate matter; PM) โดยเฉพาะขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ($PM_{10}$) ในบรรยากาศมีความสัมพันธ์กับอัตราการตายก่อนเวลาอันควร (premature mortality) และ ก่อให้เกิดการเจ็บป่วยต่างๆมากมาย เช่น หอบหืด การเข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลและการเข้ารักษาที่ห้องฉุกเฉินเกี่ยวกับโรคระบบหัวใจและหลอดเลือด และโรคทางระบบหายใจ ตลอดจนอาการอื่นๆ เช่น หลอดลมอักเสบเฉียบพลัน และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพปอด (USEPA,1996)

จากการตรวจวัดคุณภาพอากาศและการประเมินการสัมผัสกับอนุภาคมลสารพบว่าในกรุงเทพมหานคร และเมืองต่างๆ ในแถบทวีปเอเชีย มีปริมาณอนุภาคมลสารใกล้เคียงหรือสูงกว่าในทวีปอเมริกาเหนือและเมืองต่างๆในทวีปยุโรป แม้ว่าจะมีการศึกษาหลายๆชิ้นในประเทศต่างๆ โดยเฉพาะในทวีปอเมริกาเหนือและยุโรปที่แสดงถึงผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดเล็ก($PM_{10}$) แต่ก็ยังไม่สามารถนำผลการศึกษานั้นมาใช้ในประเทศไทยได้เนื่องจากอาจจะมีความแตกต่างกันอย่างมากในการได้รับการสัมผัสกับอนุภาคมลสารระหว่างประชาชนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับประชาชนที่อาศัยอยู่ในเมืองใหญ่ๆในทวีปอเมริกาเหนือ เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศและสภาพแวดล้อม สังคม และสภาวะทางสุขภาพรวมถึงส่วนประกอบทางเคมีของอนุภาคมลสารที่แตกต่างกัน

ในปี พ.ศ. 2538 ได้ทีการศึกษาในกรุงเทพมหานครเพื่อหาผลกระทบของ $PM_{10}$ ต่ออัตราการตายก่อนเวลาอันควรและอาการทางระบบหายใจ ซึ่งผลการศึกษานั้นได้แสดงให้เห็นว่าระดับความเข้มข้นของ $PM_{10}$ ในแต่ละวันมีความสัมพันธ์กับอัตราการตายก่อนเวลาอันควรในแต่ละวัน (Ostro B et al,.1999) และมีความสัมพันธ์ต่ออัตราการเจ็บป่วยด้วยโรคทางระบบหายใจ ในแต่ละวันเช่นเดียวกัน (Vichit-vadakan N et al., 2001) ซึ่งในการศึกษาครั้งนั้นมีข้อมูล $PM_{10}$ ที่ค่อนข้างจำกัดเนื่องจากมีสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศค่อนข้างน้อย แต่ปัจจุบัน กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มี

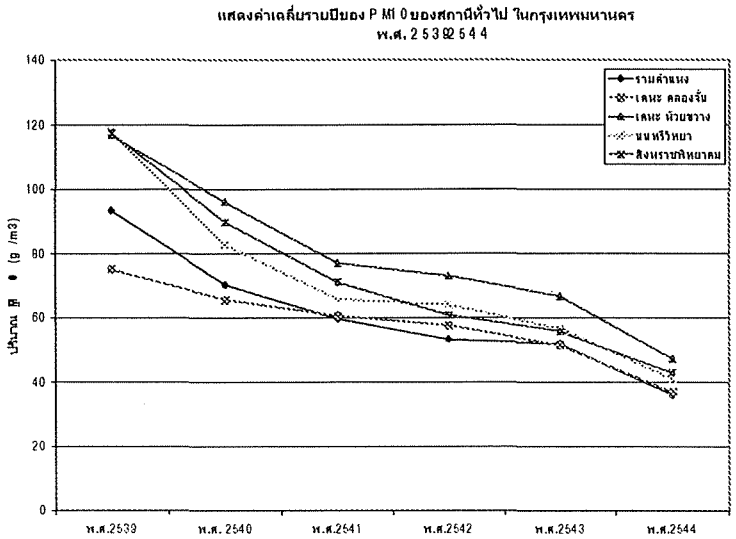
สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศถึง 25 สถานี ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ในจำนวนดังกล่าวมี 2 สถานีที่สามารถตรวจวัด $PM_{2.5}$ ได้ ซึ่งมีข้อมูลที่มากพอที่จะทำการศึกษาทางระบาดวิทยาได้

ปัจจุบันนี้ประชาชนในกรุงเทพมหานคร มีการสัมผัสกับอนุภาคมลสารในปริมาณที่สูง ดังจะเห็นได้จากข้อมูล $PM_{10}$ ในตารางที่ 1.1 และรูปภาพที่ 1.1 และ1.2 ที่แสดงให้เห็นถึงค่าเฉลี่ยของ $PM_{10}$ ในแต่ละสถานี โดยสถานีที่ 1 – 5 เป็นสถานีที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ทั่วไป ส่วนสถานีที่ 6 – 8 ตั้งอยู่บริเวณริมถนน ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีค่า $PM_{10}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง สูงกว่าในบริเวณพื้นที่ทั่วไปและมีค่าสูงกว่ามาตรฐานในช่วงปี พ.ศ. 2539 – 2540 แต่ในช่วงปี พ.ศ. 2541 – 2544 มีแนวโน้มลดลงทุกสถานี แต่ก็ยังมีบางการศึกษาที่พบว่าปริมาณอนุภาคมลสารในระดับต่ำก็มีผลกระทบต่อสุขภาพ ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่ระดับอนุภาคมลสารในกรุงเทพมหานครยังมีผลกระทบต่อสุขภาพโดยตรง

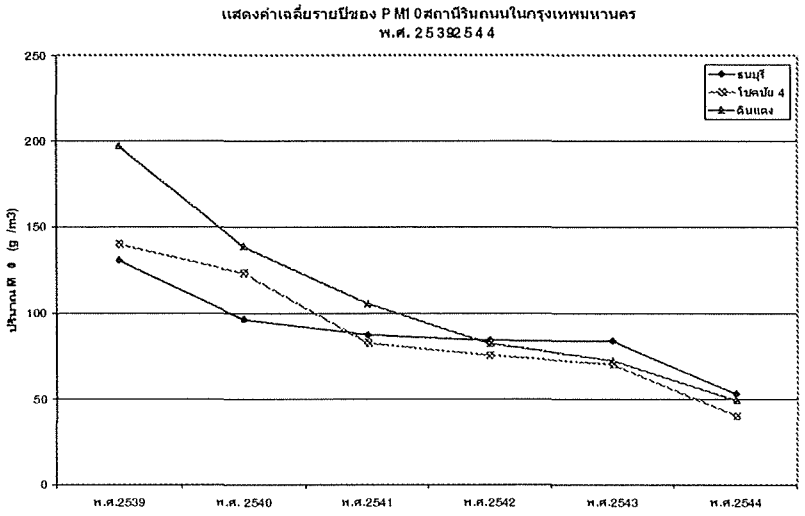
**ตารางที่** 1.1 ค่าเฉลี่ยของ $PM_{10}$ (หน่วย $\mu g/m^3$) ของสถานีต่างๆในกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2539-2544

| **ชื่อสถานี/ปี พ.ศ.** | 2539 | 2540 | 2541 | 2542 | 2543 | 2544 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. รามคำแหง | 93.5 | 70.2 | 59.6 | 53.3 | 51.9 | 36.0 |
| 2. สนง.การเคหะชุมชนคลองจั่น | 75.2 | 65.6 | 60.7 | 57.6 | 51.4 | 36.9 |
| 3. สนามกีฬาการเคหะชุมชนห้วยขวาง | 116.7 | 96.1 | 77.0 | 73.0 | 66.6 | 47.6 |
| 4. โรงเรียนนนทรีวิทยา | 117.9 | 82.8 | 65.8 | 64.0 | 56.6 | 41.0 |
| 5. โรงเรียนสิงหราชพิทยาคม | 117.5 | 89.8 | 71.1 | 60.8 | 55.6 | 42.9 |
| 6. สถานีการไฟฟ้าย่อยธนบุรี | 130.7 | 96.3 | 87.2 | 84.0 | 83.7 | 53.2 |
| 7. สถานีตำรวจนครบาลโชคชัย4 | 140.0 | 123.0 | 82.8 | 75.2 | 70.00 | 40.2 |
| 8. เคหะชุมชนดินแดง | 197.1 | 138.4 | 105.3 | 82.1 | 72.5 | 49.3 |

รูปภาพที่ 1.1 แสดงค่าเฉลี่ยรายปีของ $PM_{10}$ ของสถานีทั่วไปในกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2539-2544




รูปภาพที่ 1.2 แสดงค่าเฉลี่ยรายปีของ $PM_{10}$ ของสถานีริมถนนในกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2539-2544




กรุงเทพมหานครและประเทศไทยกำลังเผชิญหน้ากับปัญหาทางสิ่งแวดล้อมและสาธารณสุข ดังนั้นในสถานการณ์ที่ทรัพยากรมีอยู่อย่างจำกัด จึงมีความจำเป็นในการจัดลำดับความสำคัญของปัญหา เพื่อกำหนดว่าอะไรคือปัญหาที่เร่งด่วน และเพื่อการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เพียงพอ มาตรการที่จะลดอนุภาคมลสารในกรุงเทพมหานคร อาจจะต้องใช้เงินงบประมาณสูง และ

อาจจะไม่คุ้มทุน ดังนั้นการศึกษาเพื่อประเมินถึงผลประโยชน์ของการลดอนุภาคมลสารจึงเป็นข้อมูลที่สำคัญในการกำหนดมาตรการต่างๆ ดังนั้นการศึกษาเพื่อวิเคราะห์ว่าอนุภาคมลสารตัวใด ($PM_{10}$, $PM_{2.5}$ หรือ Elemental Carbon) เป็นตัวสำคัญที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ จะนำไปสู่การวางแผนในการควบคุมมลภาวะอย่างมีประสิทธิภาพ และ ประสิทธิผล

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการวิจัยดังนี้

1. เพื่อบอกชนิดขององค์ประกอบของอนุภาคมลสารที่มีผลกระทบต่อสุขภาพโดยตรง
2. เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคมลสารกับอัตราการตายในกรุงเทพมหานครในช่วงปี พ.ศ.2535-2538 กับช่วงปี พ.ศ. 2539-2544
3. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับของอนุภาคมลสารกับอัตราการป่วยด้วยโรคระบบหายใจ
4. เพื่อประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากปริมาณอนุภาคมลสารในกรุงเทพมหานคร

## 1.3 รูปแบบการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาถึงขนาดและลักษณะของผลกระทบต่อสุขภาพที่สัมพันธ์กับอนุภาคมลสารในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยวางรูปแบบการศึกษาทางระบาดวิทยาเพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการสัมผัสอนุภาคมลสารกับอัตราการตายในแต่ละวัน (Dose-response) จากปี พ.ศ. 2539 - 2544 โดยใช้อัตราการตายโดยรวม อัตราการตายเฉพาะโรค และอัตราการตายในผู้สูงอายุ นอกจากนี้ยังดูถึงผลกระทบของมลภาวะทางอากาศต่ออัตราการตายในแต่ละเพศ และผลกระทบในแต่ละพื้นที่ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยอีกส่วนหนึ่งจะศึกษาหาผลกระทบต่ออัตราป่วยของระบบหายใจในแต่ละระดับของการสัมผัสกับอนุภาคมลสาร ซึ่งครอบคลุมถึง $PM_{10}$, $PM_{2.5}$ และ Elemental Carbon(อนุภาคที่มาจากดีเซล) การศึกษาครั้งนี้ได้วางแผนดำเนินการศึกษาโดยแบ่งเป็น 3 การศึกษาย่อยดังนี้

1. การศึกษา Time - Series ของอัตราการตาย
2. การศึกษา Panel study ของอาการป่วยทางระบบหายใจ
3. การประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์

## 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

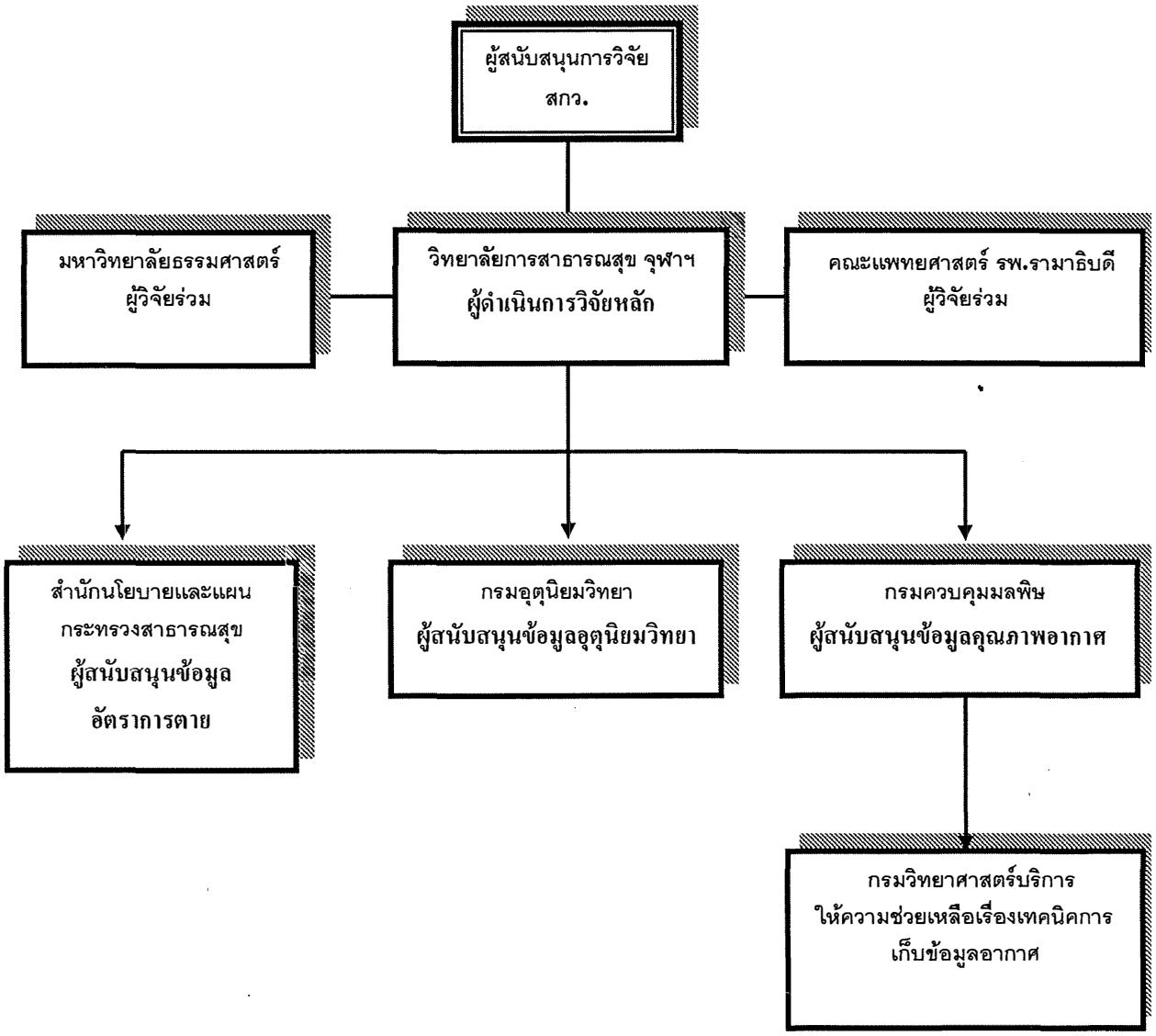
สิ่งที่คาดว่าจะได้รับประโยชน์จากการวิจัยครั้งนี้มีดังนี้

1. ประเมินผลของการศึกษาทางระบาดวิทยาในการศึกษานี้กับผลจากการศึกษาอื่นๆ เพื่อดูความเหมาะสมในการนำผลจากพื้นที่หนึ่งมาใช้ในคนละพื้นที่
2. สร้างความชำนาญให้กับนักวิจัยในประเทศไทยในการดำเนินการศึกษาทางระบาดวิทยาของมลพิษทางอากาศ และการหาผลที่ตามมาทางเศรษฐศาสตร์ของมลพิษทางอากาศ
3. ผลการศึกษานี้สามารถหาค่าของผลกระทบต่อสุขภาพที่สัมพันธ์กับความเข้มข้นของมลภาวะทางอากาศในกรุงเทพมหานคร ซึ่งจะนำไปสู่การคำนึงถึงประโยชน์ของการควบคุมมลภาวะทางอากาศในกรุงเทพมหานคร
4. ได้ทราบถึงองค์ประกอบของอนุภาคมลสารที่มีความสำคัญทางด้านพิษวิทยาและผลกระทบต่อสุขภาพ

## 1.5 การบริหารและการจัดการ

1. คณะผู้ดำเนินโครงการ ประกอบด้วยผู้ร่วมวิจัยจากหน่วยงานต่างๆ ดังแผนภูมิที่ 1 โดยวิทยาลัยการสาธารณสุข จุฬาลงการณ์มหาวิทยาลัย เป็นผู้วิจัยหลักทำหน้าที่ในการบริหารจัดการต่างๆ
2. ระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่ เดือนมกราคม 2545 ถึงเดือน กรกฎาคม 2546 รวมเป็นระยะเวลา 1 ปี 6 เดือน
3. พื้นที่ศึกษาคือ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

**แผนภูมิที่** 1 คณะผู้ดำเนินโครงการ



# บทที่ 2
# ทบทวนวรรณกรรม

## 2.1 อนุภาคฝุ่นละออง (Particles)

ฝุ่นละอองเป็นอนุภาคแขวนลอยที่อยู่ในอากาศ (suspended particulate matter) มีขนาดตั้งแต่ 0.002 ไมครอน จนถึงขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน เกิดจากสาเหตุมากมาย เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง จากโรงงานอุตสาหกรรม ท่อไอเสียรถยนต์ การก่อสร้าง เป็นต้น ฝุ่นละอองที่เกิดจากการก่อสร้างมักจะมีขนาดใหญ่ซึ่งจะไม่เข้าทางระบบหายใจ แต่ฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจะมีขนาดเล็กซึ่งมีผลต่อระบบหายใจได้ การวัดปริมาณของฝุ่นละอองนั้นเดิมวัดเป็น total suspended particulate (TSP) คือวัดฝุ่นละอองทั้งหมดที่มีอยู่ในบรรยากาศซึ่งมีขนาดต่างๆ กันทั้งขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ ต่อมาได้มีกำหนดค่ามาตรฐานวัดเป็นฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กที่หายใจเข้าไปได้ (respirable particle) ที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (particulate matter <10 micron = $PM_{10}$) โดยไม่คำนึงถึงส่วนประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองนั้น (Utell MJ.1993) $PM_{10}$ สามารถแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นาน เนื่องจากมีความเร็วในการตกตัวต่ำ หากมีแรงกระทำจากภายนอกเข้ามาที่ส่วนเกี่ยวข้อง เช่นการไหลเวียนของอากาศ กระแสลม เป็นต้น จะทำให้แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานมากขึ้น ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่กว่า 100 ไมครอน อาจแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้เพียง 2 – 3 นาที แต่ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมครอน อาจแขวนอยู่ในอากาศได้นานเป็นปี (http//www.pcd.go.th)

จากการศึกษาถึงแหล่งที่มาของฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานครพบว่า ฝุ่นฟุ้งปลิวจากถนนเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญอันดับ 2 และจากการก่อสร้างเป็นอันดับ 3 และจากการเก็บตัวอย่างอากาศจากสถานีตรวจวัดทั้ง 4 แห่ง ในกรุงเทพมหานคร เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางเคมีพบว่า อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน มีที่มาจากการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์โดยเฉพาะจากรถยนต์ ในขณะที่ฝุ่นละอองที่มีขนาดระหว่าง 2.5 และ 10 ไมครอน จะเป็นสารอนินทรีหลงมาจากการบดย่อยของอนุภาคขนาดใหญ่ (Hagler Bailly. 2541a)

## 2.2 ผลกระทบของฝุ่นละอองต่อสุขภาพ

ระบบหายใจมีหน้าที่สำคัญ คือแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน และกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้กับร่างกาย ระบบหายใจแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนบนและส่วนล่าง ระบบหายใจส่วนบนประกอบด้วย ปาก จมูก จนถึงหลอดคอ ส่วนระบบหายใจส่วนล่างประกอบด้วย หลอดคอ หลอดลมใหญ่ หลอดลมเล็ก หลอดลมเล็กนี้จะแตกแขนงเล็กลงไปตามลำดับคล้ายกิ่งไม้ที่แตกกิ่งก้านสาขาเพื่อ

นำอากาศไปสู่ถุงลม (Alveoli) ในปอดแต่ละข้างจะมีถุงลมถึง 300 – 400 ล้านถุง ซึ่งการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นที่ถุงลมนี้

โดยปกติร่างกายจะมีกลไก (Built-in mechanisms) ที่สามารถจะจัดการกับสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกาย สำหรับกลไกของการหายใจ (Respiratory mechanics) ในหลอดคอ และหลอดลม ประกอบด้วย mucous glands และ ciliary cell แต่ละ ciliary cell ประกอบด้วยเส้นใย (Celia) จำนวนมาก ซึ่งจะพัดโบกประมาณ 1,000 ถึง 1,500 ครั้งต่อนาที เพื่อทำหน้าที่ขัดขวางสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาในร่างกาย และจะกำจัดออกไปโดยการไอหรือการจาม

ผลของฝุ่นละอองต่อสุขภาพนั้น ขึ้นอยู่กับธรรมชาติทางกายภาพและทางเคมีของอนุภาคนั้น รวมทั้งขึ้นอยู่กับการตกติดของอนุภาคนั้นในทางเดินหายใจ และการตอบสนองของร่างกาย โดยทั่วไปฝุ่นละอองที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย คือ อนุภาคที่มีฤทธิ์เป็น กรด ได้แก่ กรดซัลฟูริก, ammonium sulfate ($NH_4$ $HSO_4$) และ letovicite [$(NH_4)_3$ $(HSO_4)_2$] เป็นต้น สำหรับการตกติดในทางเดินหายใจขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาค อนุภาคที่มีขนาดใหญ่เกินกว่า 10-15 ไมครอน ไม่สามารถเข้าไปในระบบหายใจได้ ซึ่งมักจะตกติดถูกกรองด้วยขนจมูก และมูกในจมูกทำให้ไม่ผ่านลงไปในหลอดลม สำหรับสารที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน จะเป็นสารที่ผ่านลงไปในทางเดินหายใจส่วนล่างได้ จึงเรียกว่า respirable particle ซึ่งยังอาจแบ่งตามขนาดที่เรียกว่า mass median aerodynamic diameter (MMAD) ได้เป็น 3 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 มีขนาด 2.5-10 ไมครอน เรียกว่า coarse mode fraction มักจะตกติดอยู่ในทางเดินหายใจส่วนต้น และส่วนกลาง กลุ่มที่ 2 มีขนาด 0.5-2.5 ไมครอน เรียกว่า fine mode fraction สามารถลงไปตกติดในหลอดลมปอดขนาดเล็กส่วนปลายและในถุงลมปอดได้ และกลุ่มที่ 3 ขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมครอน เรียกว่า smallest particle จะลอยเข้าออกทางลมหายใจ(สมเกียรติ วงษ์ทิม 2542; กรมควบคุมมลพิษ 2538)

อนุภาคที่เกิดจากการบด ขัดถู (grinding) ในอุตสาหกรรมเหมืองแร่ มักจะมีขนาดประมาณ 3-10 ไมครอนหรือใหญ่กว่านั้น แต่สำหรับ particle หรือ aerosols ที่ออกมาจากการเผาไหม้ โดยเฉพาะในเครื่องยนต์ของยานพาหนะที่ออกมากับไอเสีย (automobile exhaust) การสูบบุหรี่ หรือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงต่างๆ มักจะมีขนาดประมาณ 0.1-1 ไมครอน สำหรับ aerosols ที่มีขนาดเล็ก 0.001-0.1 ไมครอน มักจะมีการควบแน่น (condensation) จับกลุ่ม มีขนาดใหญ่ขึ้น และมักจะมีขนาดคงที่ที่ประมาณ 0.1 ไมครอน สารต่างๆ เหล่านี้จึงมักเข้าไปในส่วนลึกของระบบทางเดินหายใจได้ดี(สมเกียรติ วงษ์ทิม 2542; Vincent JH. 1990)

ฝุ่นละอองในบรรยากาศมีผลต่อโรคระบบหายใจ เช่น เด็กหอบหืดจะมีอาการหอบมากขึ้นในวันที่มีปริมาณฝุ่นละอองในอากาศในระดับสูงโดยเฉพาะฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ($PM_{10}$) ที่มีการศึกษาพบว่าถ้าระดับ $PM_{10}$ สูงมากกว่า 100 ไมโครกรัม/ลบ.ม.($\mu g/m^3$) จะทำให้เด็กหอบหืดมีอาการฉับพลันมากขึ้นและพบว่าผลการตรวจสมรรถภาพด้วย peak flow ลดลง ทำให้ต้องใช้ยาขยายหลอดลมบ่อยขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าระดับ $PM_{10}$ สูงจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยเพิ่มขึ้น ดังที่ Pope และ Dockery (Pope III CA. 1992) ได้ทบทวนงานวิจัย ต่างๆ ของ $PM_{10}$ พบว่าเมื่อ $PM_{10}$ เพิ่มขึ้น 10 $\mu g/m^3$ จะทำให้เกิดผลต่างๆดังนี้

- อัตราป่วยด้วยโรคระบบการหายใจเพิ่มขึ้น 3.4%
- ผู้ป่วยมีอาการหอบฉับพลันเพิ่มขึ้น 3%
- ผู้ป่วยหอบหืดต้องรับตัวเข้ารักษาในโรงพยาบาลเพิ่มขึ้น 2-3%
- อัตราป่วยด้วยโรคหัวใจเพิ่มขึ้น 1.4%
- อัตราตายเพิ่มขึ้น 1%

การศึกษาผลกระทบของฝุ่นละอองในคนปกติพบว่าระดับฝุ่นสูงๆจะทำให้ mucociliary clearane ลดลง และสมรรถภาพปอดลงได้

ในประเทศไทยมีการศึกษาถึงผลกระทบของฝุ่นละอองต่อสุขภาพของประชาชนทั่วไปในเชิงระบาดวิทยาน้อย แต่ในต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศที่มีความเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจมีผู้สนใจปัญหาเหล่านี้มาก เนื่องจากประสบกับปัญหามลพิษในอากาศมาเป็นเวลานาน จำเป็นต้องหาแนวทางแก้ไข

จากการทบทวนรายงานการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของฝุ่นละอองต่อสุขภาพในประเทศต่างๆ พบว่าในอดีตที่ผ่านมาเคยมีเหตุการณ์ซึ่งมีมลพิษในอากาศสูงมากอย่างรุนแรง จนเกิดอันตรายอย่างฉับพลันต่อสุขภาพหลายครั้ง โดยเหตุการณ์ดังกล่าวมักจะเกิดในฤดูหนาวซึ่งมีอากาศเย็นจึงทำให้มีการเผาผลาญเชื้อเพลิงโดยเฉพาะถ่านหินเพื่อให้เกิดความอบอุ่นและประกอบกับการที่มีสภาพอากาศนิ่ง ซึ่งเรียกว่า Temperature inversion เป็นภาวะที่ไม่มีการถ่ายเทของอากาศเป็นเหตุให้มีการสะสมสารมลพิษในอากาศสูงมาก เช่น ครั้งแรกในปี ค.ศ.1930 ที่บริเวณหุบเขา Meuse valley ในประเทศเบลเยี่ยม มีสภาพอากาศเป็นพิษทำให้ประชากรเสียชีวิต 63 คนภายใน 2 วัน ต่อมาในปี ค.ศ.1948 ที่ เมือง Donora ในมลรัฐเพนซิลวาเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งพบมีมลพิษสูงในอากาศซึ่งปล่อยออกมาจากปล่องควันในโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้มีผู้ป่วยด้วยโรคระบบหายใจ และ เสียชีวิตมากขึ้น ในปี ค.ศ. 1952 เกิดภาวะวิกฤตของมลพิษทางอากาศในกรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ ที่เรียกว่า British smoke เกิดจากการที่อากาศหนาวเย็น ทำให้มีการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงจำนวนมาก ทำให้ก๊าซซัลเฟอร์ได

ออกไซด์ และฝุ่นละอองฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศในระดับปริมาณสูงนานถึง 3 วัน เป็นผลให้มีผู้เสียชีวิตมากกว่า 4000 คน (Logan WPD. 1953) สำหรับในประเทศไทยเคยมีรายงานว่าเกิดเหตุการณ์มีมลพิษในอากาศสูงในอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปางซึ่งเกิดจากการใช้ถ่านหินลิกไนต์ ในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ทำให้ชาวบ้านที่อยู่อาศัยในบริเวณดังกล่าวมีอาการเจ็บป่วยด้วยอาการของโรคระบบหายใจเป็นจำนวนมาก แต่ไม่มีรายงานผู้เสียชีวิต (ธราธิป ศุภประดิษฐ์ 2533) สำหรับในกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีปัญหาในด้านการจราจรก็พบว่ามีสภาพอากาศที่เป็นพิษต่อสุขภาพโดยทั่วไป (กรองทิพย์ ศรีตะปัญญะ 2534 ; วิชัย เอกพลากร 2539; สมชัย บวรกิตติ 2536)

อย่างไรก็ตามผลของมลพิษที่มีปริมาณสูง ซึ่งทำให้เกิดผลฉับพลัน (acute effect) ต่อสุขภาพของประชาชนนั้นเป็นเหตุการณ์ที่นานๆ จะเกิดขึ้นครั้งหนึ่ง แต่สำหรับมลพิษในอากาศซึ่งมีปริมาณไม่มากนักซึ่งคนเราได้รับอยู่ทุกวันอาจมีผลเรื้อรัง (chronic effect) ต่อสุขภาพทำให้เกิดความเจ็บป่วย และเสียชีวิตได้ (Bascom R. et al. 1996) โดยเฉพาะผู้ป่วยโรคระบบการหายใจ โรคหัวใจ และโรคภูมิแพ้ (Paden BB.1996; Jirapongsananurak O.1996) จะเป็นกลุ่มเสี่ยงที่ได้รับอันตรายจากมลพิษดังกล่าว

ในปี ค.ศ. 1987 Euler และคณะ ทำการศึกษาในกลุ่มผู้ใหญ่ที่มีอาการหลอดลมอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) แต่ไม่สูบบุหรี่และพบว่าอาการ COPD มีความสัมพันธ์กับฝุ่นละออง (Euler GL. et al. 1987)

การศึกษาของ Dockery และคณะ และการศึกษาของ Speizer ในปี 1989 ซึ่งทำการศึกษาในเด็ก 5,422 คน ที่เมือง Portage, Wisconsin; Topeka, Kansas และ Steubenville, Ohio ในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองและอาการไอเรื้อรัง หลอดลมอักเสบ และอาการแน่นหน้าอก โดยความสัมพันธ์นี้มีมากขึ้นในเด็กที่มีประวัติเป็นโรคหอบหืด หรือเคยมีอาการหายใจเสียงวี้ดในอก แต่ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองกับสมรรถภาพปอดไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Dockery D.1992; Speizer F.1989)

Portiney และ Mullahy ทำการศึกษาใน ปี ค.ศ. 1990 โดยใช้ข้อมูลจาก Health Interview Survey (HIS) ที่ทำประจำปีในเมืองต่างๆ ในสหรัฐอเมริกาและพบว่าฝุ่นละอองมีความสัมพันธ์กับโรคถุงลมโป่งพอง (Pulmonary emphyzema) หลอดลมอักเสบเรื้อรัง และโรคหอบหืด (Asthma) (Portiney RR.1993)

จากการศึกษาของ Schwart J, 2000 Samet et al., 2000a, Schwartz and Marcus 1990, Pope,et al.,1992 , Dockery et al., 1992 และ Xu et al., 1994 พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติระหว่างอัตราการตายในแต่ละวันกับระดับอนุภาคมลสารในแต่ละวันโดยผลกระทบเหล่านี้จะเกิดทั้งในพื้นที่ที่มีความเข้มข้นของอนุภาคมลสารที่ระดับเดียวกับค่ามาตรฐานและในพื้นที่ที่มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ

ในปี 1993 Dockery และคณะ ได้ทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสฝุ่นละอองกับอัตราการตาย ซึ่งพื้นที่ศึกษาคือ 6 เมืองในสหรัฐอเมริกาที่มีค่าเฉลี่ยรายปีของฝุ่นละอองอนุภาคเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ในระดับที่ต่างกัน โดยศึกษาตั้งแต่ปี 1974 ถึง 1990 ทำการติดตามกลุ่มตัวอย่างเพศชายและหญิงผิวขาวที่มีอายุระหว่าง 25-74 ปี อัตราการตาย ประมาณจากเวลาที่เหลืออยู่ของชีวิต (วันตายลบด้วยวันที่กลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมโครงการ) อัตราส่วนการตายของแต่ละเมืองคิดจากอัตราการตายต่อประชากร 10,000 คนต่อปี ซึ่งเปรียบเทียบพื้นที่ที่ปราศจากมลพิษทางอากาศ พบว่าอัตราการตายมีความสัมพันธ์กับฝุ่นละอองมากที่สุด ส่วนก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โอโซนและคาร์บอนนั้นไม่พบความสัมพันธ์ (Dockery DW. et al.1993)

ในปี ค.ศ. 1995 Pope และคณะ ได้รวบรวมการศึกษาแบบ Time series ที่เป็นการศึกษาถึงผลกระทบของฝุ่นละอองต่อสมรรถภาพปอด และสรุปได้ว่าระดับฝุ่นละอองมีความสัมพันธ์กับการลดลงของสมรรถภาพปอดในกลุ่มศึกษา (Pope C. et al 1995)

จากการศึกษาของ Ostro และ Chestnuts ใน ปีค.ศ.1998 ( Ostro B, 1998) พบว่า

- เมื่อพิจารณาในด้านความสูญเสียทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นโดยคิดเป็นรูปตัวเงิน พบว่า อัตราการตายก่อนวัยอันควรในประชากรทั่วไป เป็นกลุ่มที่ใหญ่ที่สุดที่ได้รับประโยชน์จากการลดลงของปริมาณอนุภาคมลสาร
- ความไม่แน่นอนเกี่ยวกับระดับความปลอดภัยของอนุภาคมลสาร ทำให้ไม่สามารถประเมินถึงผลประโยชน์ของการลดอนุภาคมลสารได้ชัดเจน
- การนำ Concentration-response ที่ได้จากการศึกษาในพื้นที่หนึ่งมาใช้ประเมินในพื้นที่ที่แตกต่างกัน ยังเป็นที่ถกเถียงกันในกลุ่มนักวิชาการว่าจะสามารถใช้ได้หรือไม่ ซึ่งทำให้ไม่สามารถใช้ประโยชน์ของผลการวิจัยที่ทำมาอย่างมากมายในทวีปอเมริกาเหนือ และในพื้นที่อื่นๆ เพื่อประเมินประโยชน์ของการควบคุมมลภาวะในพื้นที่ต่างๆ ทั่วโลก

มีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างการตายและการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก($PM_{10}$)ในทวีปอเมริกาเหนือและยุโรปตะวันตกซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์กัน นอกจากนี้ยังพบปรากฏการณ์ทำนองเดียวกันในเมืองต่างๆในประเทศที่กำลังพัฒนาด้านเศรษฐกิจและสังคม เช่น ในกรุงเทพมหานคร(Ostro

B. et al. 1999) เมืองเซาท์เปาโล, บราซิล (Saldiva et al, 1995) , ซานดิเอโก , ชิลี (Ostro et al, 1996) และเมืองเม็กซิโก (Loomis et al, 1999; Castillejos et al., 2000 ) เมืองเซนยาง ประเทศจีน (Xu et al .2000) และเมืองนิวเดลี ประเทศอินเดีย ( Cropper et al. 1997) ซึ่งให้ผลการศึกษาที่คล้ายคลึงกันคือ เมื่อค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของ $PM_{10}$ เพิ่มขึ้น 10 $\mu g/m^3$ จะสัมพันธ์กับอัตราการตายในแต่ละวันที่เพิ่มขึ้น 1% ซึ่งเป็นความเสี่ยงของอัตราการตายเฉียบพลัน และไม่บ่งถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเสี่ยงของอัตราการตายกับการสัมผัสอนุภาคมลสารเป็นระยะเวลานาน

นอกจากผลกระทบจาก $PM_{10}$ แล้วในช่วงหลายปีที่ผ่านมาฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน ได้ถูกนำมาพิจารณาถึงผลกระทบต่อปัญหาสุขภาพมากขึ้นกว่าฝุ่นขนาดใหญ่ เนื่องจากฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอน สามารถผ่านเข้าสู่ส่วนแลกเปลี่ยนอากาศภายในปอดได้ ประกอบกับองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันระหว่างฝุ่นขนาดเล็กและฝุ่นขนาดใหญ่

จากการศึกษาของ Pope ในปี ค.ศ.2002 (Arden Pope et al. 2002) พบว่า อัตราการตายด้วยโรคมะเร็งเพิ่มขึ้น 8% เมื่อ $PM_{2.5}$ เพิ่มขึ้น 10$\mu g/m^3$ และยังพบว่า $PM_{2.5}$ สัมพันธ์กับความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งและการตายด้วยโรคระบบหลอดเลือดหัวใจ

จากการศึกษาในอังกฤษได้ประเมินว่า เมื่อ PM 2.5 ลดลง 1 $\mu g/m^3$ ช่วงชีวิตของคน (each person's life span) จะเพิ่มขึ้น 1.5-35 วัน (COMESP 2001)

จากการศึกษาของ Raimo O. et..al. 2002) พบว่า $PM_{2.5}$ มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของระบบหัวใจ ในกลุ่มประชากรเสี่ยง

จากการศึกษาของ Sesana G. et..al. 2001 พบว่าสาเหตุที่ $PM_{2.5}$ มีผลกระทบต่ออัตราการตายมากกว่า $PM_{10}$ เนื่องจาก $PM_{2.5}$ สามารถเข้าไปในระบบหายใจได้มากกว่า และองค์ประกอบทางเคมีที่ต่างกันระหว่าง $PM_{2.5}$ และ $PM_{10}$

จากการศึกษาของ Pekkanen J. (http://www.klt.fe/sytty/abstract/pekka1.htm) พบว่า $PM_{2.5}$ มีความสัมพันธ์ กับการลดลงของ Heart rate variability indices โดยเฉพาะในกลุ่มคนที่ไม่ได้ใช้ยา beta blocker และยังพบความสัมพันธ์ ในการ increased epithelial barrier permeability ในปอดด้วย

จากผลการศึกษาต่างๆเหล่านี้จึงก่อให้เกิดประเด็นคำถามว่า สถานการณ์คุณภาพอากาศในปัจจุบันซึ่งมีการตรวจวัดที่ค่อนข้างสมบูรณ์ทำให้มีข้อมูลมากเพียงพอในการศึกษาจะยังคงพบความสัมพันธ์กับอัตราการตายในกรุงเทพมหานครเหมือนในการศึกษาของ Ostro et.al. ในปี ค.ศ. 1999 หรือไม่ นอกจากนี้ในช่วง 3 ปีที่ผ่านมาซึ่งเกิดภาวะเศรษฐกิจถดถอยและส่งผลให้กิจกรรมต่างๆเช่นการก่อสร้างลดลง ตลอดจนถึงการจราจรที่เบาบางลง จะส่งผลต่ออัตราการตายอย่างไรและปริมาณการสัมผัสต่ออนุภาคมลสารที่ระดับใดที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้น่าจะตอบคำถามเหล่านี้ได้ดี และยังเป็นประโยชน์ต่อการนำผลไปใช้ในการวางนโยบายระดับประเทศด้วย

ส่วนในประเทศไทย มีการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของฝุ่นละอองขนาดเล็กหลายการศึกษา ดังนี้

ในปี พ.ศ. 2535-2538 กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข และสมาคมอนามัยแห่งประเทศไทย ได้ทำการศึกษาผลกระทบของปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็ก ($PM_{10}$) ต่ออาการทางระบบหายใจของเด็กนักเรียนในกรุงเทพมหานคร อายุ 7-12 ปี โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วนคือ การศึกษาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional study) และแบบรูปตัดทางยาว (Longitudinal study) (นันทวรรณ วิจิตรวาทการ 2538)

ผลการศึกษาพบว่าอาการทางระบบหายใจเกือบทุกอาการของเด็กนักเรียนในโรงเรียนที่มี $PM_{10}$ อยู่ในระดับสูงและบ่านกลางมีอัตราชุกสูงกว่าโรงเรียนที่มี $PM_{10}$ อยู่ในระดับต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าอาการทางระบบหายใจมีความสัมพันธ์กับปริมาณ $PM_{10}$ โดยอัตราการเกิดอาการทางระบบหายใจขึ้นลงตามปริมาณ $PM_{10}$ ในแต่ละวัน ในวันที่มีปริมาณ $PM_{10}$ สูง อัตราการเกิดอาการทางระบบหายใจสูงขึ้นตาม และในวันที่ปริมาณ $PM_{10}$ ลดลง อัตราการเกิดอาการทางระบบหายใจก็ลดลงเช่นเดียวกัน แต่ปริมาณ $PM_{10}$ ไม่มีความสัมพันธ์กับสมรรถภาพปอด (PEFR)

การศึกษาของดร.นันทวรรณ วิจิตรวาทการ และคณะ พ.ศ. 2537-2543 ในพื้นที่ศึกษาอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ซึ่งเป็นที่ตั้งของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน ซึ่งใช้เชื้อเพลิงส่วนใหญ่ คือ ถ่านหินที่มีปริมาณซัลเฟอร์สูง(ร้อยละ 2-3) เปรียบเทียบกับพื้นที่ควบคุม อำเภอเมือง อำเภอเมืองปาน ซึ่งเป็นแหล่งที่ปราศจากมลพิษ จัดเก็บข้อมูลในกลุ่มชาย หญิง จำนวนประมาณ 5,000 คนในพื้นที่ศึกษา และ 2,000 คน ในพื้นที่ควบคุม ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษในอากาศที่ประกอบด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีต่อสุขภาพประชาชน พบว่าประชาชนอำเภอแม่เมาะมีอัตราเสี่ยงต่ออาการทางระบบหายใจมากกว่ากลุ่มควบคุม ประมาณ 3 เท่า และกลุ่มศึกษาคงมีอาการอยู่และค่า OR สูงขึ้นจากปี พ.ศ. 2537

จนถึงปี พ.ศ. 2543 ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการสัมผัสมลภาวะ คือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นระยะเวลานานจึงมีผลทำให้เกิดการทำลายต่อระบบหายใจอย่างถาวร และอาจจะมีความเกี่ยวข้องกับฝุ่นที่มีภาวะเป็นกรดเนื่องจาก $SO_2$ ที่อยู่ในอากาศแปรสภาพกลายเป็นกรดซัลฟูริคและทำปฏิกิริยากับอนุภาคมลสารที่แวนลอยอยู่ในอากาศกลายเป็นฝุ่นที่มีภาวะเป็นกรด เมื่อหายใจเอาฝุ่นนี้เข้าไปอาจจะไปทำลายเยื่อบุของทางเดินหายใจและก่อให้เกิดอาการทางระบบหายใจ (นันทวรรณ วิจิตรวาทการ 2544)

ในปี พ.ศ. 2541 ได้มีการศึกษาของธนาคารโลก โดยบริษัท Hagler Bailly สหรัฐอเมริกา กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม และวิทยาลัยการสาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทำการศึกษาเรื่องผลกระทบของฝุ่นละอองต่อสุขภาพประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร ผลการศึกษาพบว่าฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานคร มีความสัมพันธ์กับผลกระทบทางสุขภาพ ซึ่งมีระดับความรุนแรงใกล้เคียงกับที่พบในการศึกษาที่เมืองต่าง ๆ ทั่วโลก และระดับของ $PM_{10}$ ในกรุงเทพมหานครในปัจจุบันอาจทำให้มีคนในกรุงเทพมหานครตายก่อนเวลาอันควรจากการสัมผัสกับฝุ่นละอองภายนอกอาคารในระยะสั้นถึง 4,000-5,000 รายในแต่ละปี (ประมาณการว่ามีประชากร 10 ล้านคน) และการเข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาล เนื่องจากการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบหายใจ และโรคระบบหลอดเลือดหัวใจสูงขึ้นเมื่อระดับ $PM_{10}$ สูงขึ้น และพื้นที่ที่มีความแตกต่างของระดับ $PM_{10}$ รายวันมากๆ (ประมาณ 180 มคก./ลบ.ม) เช่นในช่วงฤดูหนาว จะทำให้ผู้ใหญ่ที่ใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณที่ไม่มีเครื่องปรับอากาศ เมื่อสัมผัสกับฝุ่นละอองในปริมาณที่สูง มีโอกาสที่จะมีอาการเฉียบพลันทางระบบหายใจสูงเป็น 2 เท่า ของคนที่อยู่ในบริเวณที่มีระดับฝุ่นต่ำในวันเดียวกัน (Hagler Bailly 2541b)

## 2.3 คุณภาพอากาศในกรุงเทพมหานคร

กรุงเทพมหานคร คือ เมืองหลวงของประเทศไทย มีพื้นที่ทั้งสิ้น 1568.74 ตารางกิโลเมตร จากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่ดี ทำให้กรุงเทพมหานครกลายเป็นศูนย์รวมของกิจกรรมทางเศรษฐกิจ วัฒนธรรมและการบริหาร ดังนั้น กรุงเทพมหานคร จึงเป็นศูนย์กลางความเจริญของภาคกลางและของทั้งประเทศ แผนที่แสดงพื้นที่เขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีจำนวน 50 เขต แสดงไว้ในรูปภาพที่ 2.1 ในปี พ.ศ.2544 ประชากรทั้งหมดในเขตกรุงเทพมหานครมีจำนวน 5.7 ล้านคน ในช่วงปีพ.ศ.2530-2543 ได้มีการลดลงของประชากรในเขตพื้นที่ชั้นใน และการเพิ่มขึ้นของประชากรในเขตพื้นที่ชั้นกลาง การพัฒนาเมืองและการขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรมในเขตกรุงเทพมหานคร ได้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วนับตั้งแต่ปี พ.ศ.2503 การเพิ่มขึ้นของประชากร เนื่องมาจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน เช่น โครงข่ายถนน การพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ การเพิ่มมูลค่าที่ดิน และการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ทำให้พื้นที่รอบเขตกรุงเทพขยายออกเป็นพื้นที่เมือง ก่อให้เกิดปัญหา ทางสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่น มลพิษทางอากาศ มลพิษทางน้ำ

ปัญหาของเหลวของเสียอันตรายต่างๆ เป็นต้น (รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมของกรุงเทพมหานคร 2544)

ในด้านของมลพิษทางอากาศ แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญของกรุงเทพมหานคร คือ ยานพาหนะ ฝุ่นถนน โรงงานอุตสาหกรรม และโรงไฟฟ้า จากสถิติการจดทะเบียนรถยนต์ พบว่าในปี พ.ศ.2545 รถยนต์ในเขตกรุงเทพมหานครมีจำนวน 5.4 ล้านคัน จากจำนวนรถทั้งหมดในประเทศ 24.5 ล้านคัน ซึ่งเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 52.13 จากปีพ.ศ.2539 การเพิ่มขึ้นของรถในเขตกรุงเทพมหานครไม่ได้สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ถนนจึงเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัด

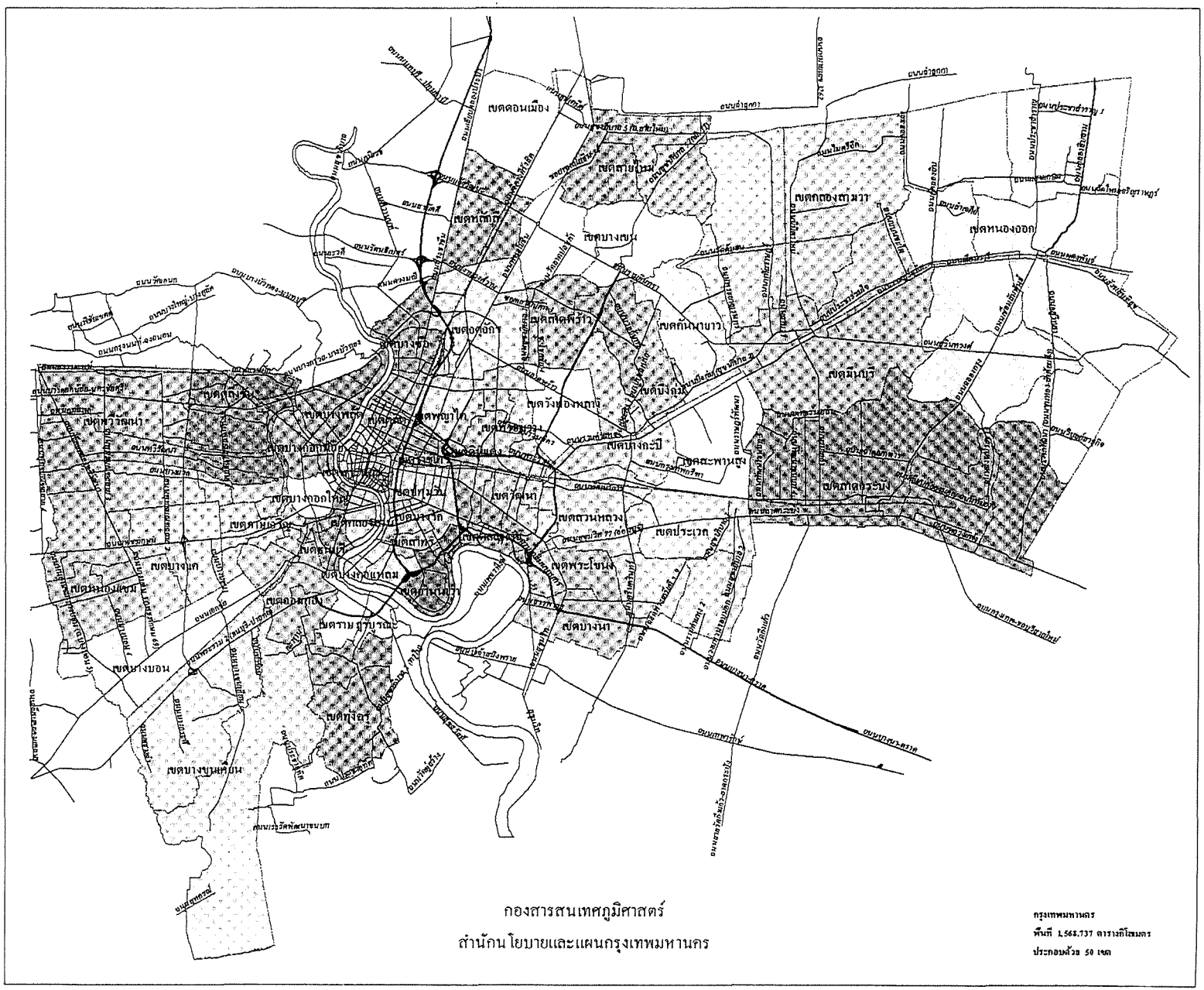
การมียานพาหนะจำนวนมากและการจราจรที่ติดขัดส่งผลกระทบรุนแรงต่อคุณภาพอากาศในกรุงเทพมหานคร จากการศึกษาของกรมการขนส่งทางบกพบว่า รถยนต์ขนาดเล็กปล่อยมลพิษหลัก คือ CO (79%) และ HC (64%) ส่วนมลพิษหลักที่ปล่อยออกมาจากรถบรรทุกหนักและรถจักรยานยนต์ คือ NOX (61%) และ $PM_{10}$ (48%) ตามลำดับ $PM_{10}$ จัดเป็นมลพิษหลักของกรุงเทพของกรุงเทพมหานครเนื่องจากมีค่าความเข้มข้นเกินมาตรฐานในพื้นที่หลายแห่ง จากข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมพบว่า ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ของ $PM_{10}$ ตั้งแต่ปีพ.ศ.2536-2543 ยังอยู่ในระดับที่เกินมาตรฐาน (120$\mu g/m^3$) ดังรูปภาพที่ 2.2

ส่วนมลพิษตัวอื่นๆ เช่น ไนโตรเจนออกไซด์ ยังอยู่ในระดับคงที่และต่ำกว่ามาตรฐาน ก๊าซโอโซนในบรรยากาศของกรุงเทพมหานคร ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐาน แต่ก็พบบ่อยครั้งที่ค่าสูงสุดอยู่ในระดับสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานมาก ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOC) และไนโตรเจนออกไซด์ ($NO_X$) ซึ่งสารทั้งสองประเภทนี้เป็นที่มาของก๊าซโอโซนควบคู่กับสภาพภูมิอากาศ เป็นสาเหตุของการเพิ่มระดับสูงสุดของก๊าซโอโซนในพื้นที่เมืองที่อยู่ใต้ลม

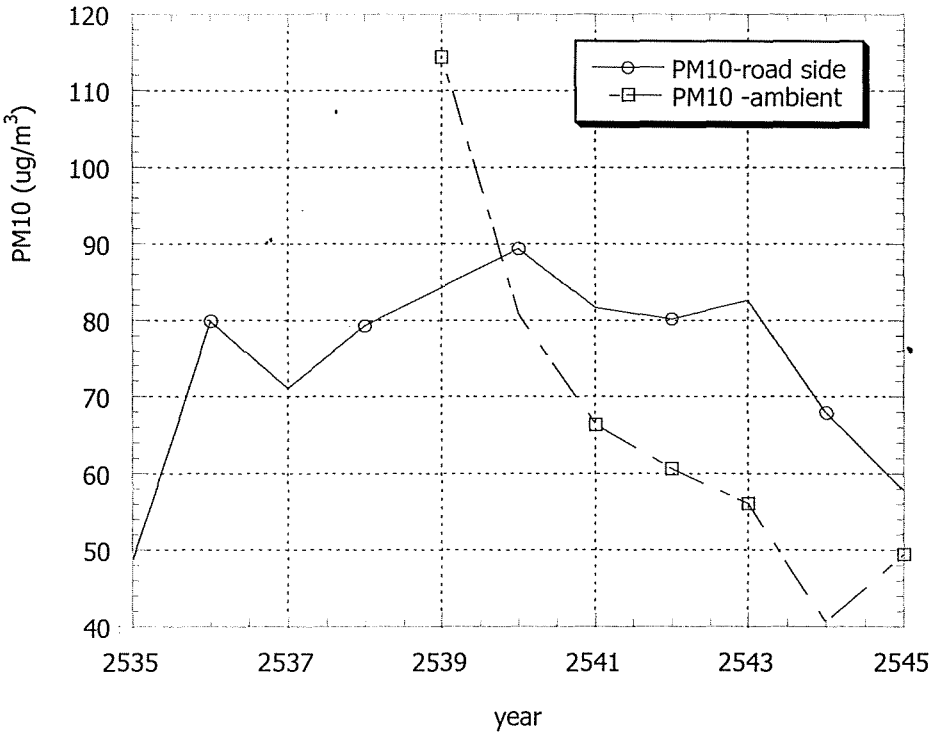
สำหรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) มีการลดลงอย่างสม่ำเสมออย่างต่อเนื่องและค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานมาตลอด

โดยสรุป สถานการณ์คุณภาพอากาศในกรุงเทพมหานครมีแนวโน้มที่ดีขึ้น คือมลพิษที่เป็นปัญหา คือ $PM_{10}$ มีค่าเฉลี่ยรายวันที่ลดลง ส่วนมลพิษตัวอื่นๆก็อยู่ในระดับที่ต่ำกว่ามาตรฐานอยู่แล้ว ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากมาตรการต่างๆ ในการควบคุมมลพิษ โดยเฉพาะในเรื่องของฝุ่นละออง

รูปภาพที่ 2.1 แสดงแผนที่เขตในกรุงเทพมหานคร



**รูปภาพ 2.2** ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง $PM_{10}$ 2536-2545



# บทที่ 3

## การศึกษา Time Series ของอัตราการตาย

การศึกษา Time-Series ของอัตราการตายเป็นการศึกษาเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละอองขนาดเล็ก($PM_{10}$)ในแต่ละวันกับจำนวนการตายในแต่ละวันในกรุงเทพมหานคร โดยใช้ข้อมูลการตายจากสำนักทะเบียนราษฎร์ และข้อมูลคุณภาพอากาศจากกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และข้อมูลอุตุนิยมวิทยา จากกรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงคมนาคม ซึ่งการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของ $PM_{10}$ กับการตายของคนในกรุงเทพมหานคร ได้เคยมีการทำการศึกษาในรูปแบบนี้ในปี พ.ศ. 2539 โดยใช้ข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2535-2538 พบว่าการสัมผัสกับ $PM_{10}$ มีความสัมพันธ์กับการตายของคนในกรุงเทพมหานคร ( Ostro B et al., 1999) แต่ในการศึกษาครั้งนั้นมีปัญหาเกี่ยวกับความครบถ้วนของข้อมูล $PM_{10}$ และข้อมูลการตายในแต่ละวัน ทำให้ต้องประมาณค่า $PM_{10}$ จากค่าทัศนวิสัย (visibility) และสันนิษฐานว่าข้อมูลการตายมีความผิดพลาดในการรายงานในบางช่วงเวลา เป็นเหตุให้ไม่สามารถใช้ข้อมูลการตายได้ทั้งหมด ในขณะเดียวกันปริมาณ $PM_{10}$ในกรุงเทพมหานคร ณ. ช่วงเวลานั้น อยู่ในระดับที่เกินมาตรฐานรายปีและสูงกว่า ณ.ปัจจุบันนี้

ในการศึกษาครั้งนี้มีข้อมูล $PM_{10}$ ค่อนข้างสมบูรณ์จากการตรวจวัดของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีสถานีตรวจวัดตั้งอยู่ทั่วกรุงเทพมหานคร และข้อมูลการตายที่ค่อนข้างสมบูรณ์จากการที่ลงไปเก็บข้อมูลจากใบมรณะบัตรที่เขตต่างๆในกรุงเทพมหานครเอง ดังนั้นข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้จึงค่อนข้างครบถ้วนกว่าการศึกษาครั้งที่ผ่านมา ประโยชน์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลของกรุงเทพมหานครในครั้งนี้จึงมีประโยชน์อย่างน้อยสามประการ คือ1) นักวิจัยสามารถตรวจสอบได้ว่าผลของการสัมผัส $PM_{10}$ ต่อการตายที่พบในอเมริกาเหนือและยุโรปตะวันตกนั้นจะพบในภูมิภาคอื่นที่มีลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมที่แตกต่างกันหรือไม่ ซึ่งลักษณะต่างๆของประชากรเช่น การสูบบุหรี่ การสัมผัสมลภาวะจากการประกอบอาชีพ ระยะเวลาที่อยู่นอกบ้าน นิสัยการออกกำลังกาย กิจวัตรประจำวัน การใช้เครื่องปรับอากาศ บริการทางสุขภาพ และการใช้บริการทางสุขภาพของคนในกรุงเทพมหานครอาจมีความแตกต่างจากประเทศสหรัฐอเมริกาและยุโรปตะวันตก 2) การศึกษาในกรุงเทพมหานครมีความสำคัญมากเนื่องจากมีสภาพอากาศแบบร้อนชื้น ซึ่งต่างจากเมืองอื่นๆที่ได้มีการศึกษาในอดีตที่มักศึกษาในพื้นที่ที่มีฤดูกาลที่แตกต่างกัน และมีอากาศหนาวเย็นซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มักจะพบโรคติดเชื้อทางระบบหายใจ ทำให้เกิดคำถามว่าผลการศึกษาได้รับอิทธิพลจากปัจจัยทางฤดูกาลมากกว่ามลพิษทางอากาศหรือไม่ การวิเคราะห์ผลของมลพิษทางอากาศในเมืองที่ไม่มีอากาศหนาวเย็นและฤดูกาลค่อนข้างคงที่จะช่วยประเมินอิทธิพลจากปัจจัยทางด้านฤดูกาลต่อผลการศึกษาในอดีต 3) ปัจจุบันปริมาณ $PM_{10}$ ในกรุงเทพมหานครลดลงเนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น

ภาวะการถดถอยของเศรษฐกิจ การเพิ่มมาตรการในการลดลมพิษในอากาศในกรุงเทพมหานครฯลฯ ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการลดลงของผลกระทบต่อสุขภาพเนื่องจากมลพิษทางอากาศด้วย ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์ข้อมูลในกรุงเทพมหานครในช่วงปี พ.ศ. 2539 ถึง 2544

## 3.1 วิธีการเก็บข้อมูล

3.1.1 ข้อมูลการตาย

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลการตายเฉพาะบุคคลในกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ.2539-2544 เป็นรายวัน ในขั้นแรกได้ขอข้อมูลจาก สำนักนโยบายและแผน กระทรวงสาธารณสุข ซึ่งมีฐานข้อมูลมาจากสำนักทะเบียนราษฎร์ กระทรวงมหาดไทย จากการตรวจสอบข้อมูลพบว่าจำนวนการตายบางช่วงเวลาระหว่างปี พ.ศ. 2539-2541 อาจมีความคลาดเคลื่อน จึงได้ขอความร่วมมือไปยังสำนักงานเขตทั้ง 50 เขต ในกรุงเทพมหานคร เพื่อขอสืบค้นข้อมูลการตายจากหนังสือใบรับแจ้งการตาย โดยการส่งเจ้าหน้าที่ลงไปจดบันทึกข้อมูลตามแบบฟอร์ม (เอกสารในภาคผนวก) และมาลงรหัสโรคสากลตามคู่มือ ICD10 (International statistical Classification of Diseases and Related health problems) จากนั้นจึงนำมาบันทึกในระบบคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม Epidata โดยการให้ลงบันทึกข้อมูล 2 รอบ แล้วนำมาตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล เมื่อได้ข้อมูลที่อยู่ในระบบคอมพิวเตอร์เรียบร้อยแล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดที่ได้จากทั้งสองแหล่งมารวมกันสรุปจำนวนผู้ตายในแต่ละวัน โดยจำแนกการตายตามสาเหตุการตายที่อาจจะมีความเกี่ยวข้องกับการสัมผัส $PM_{10}$ดังนี้

1) โรคระบบหลอดเลือดหัวใจ ใช้รหัส I00 - I79
2) โรคระบบหายใจ ใช้รหัส J00 - J99
3) โรคเบาหวาน ใช้รหัส E10 - E14
4) อุบัติเหตุและการฆ่าตัวตาย ใช้รหัส V01-Y899
5) การตายธรรมชาติ คือ การตายจากทุกสาเหตุยกเว้นการตายจากอุบัติเหตุ ฆ่าตัวตาย และถูกฆ่าตาย ซึ่งการตายจำพวกนี้มีสาเหตุการตายที่ชัดเจนและไม่น่าจะมีความเกี่ยวข้องกับการสัมผัสมลพิษ

นอกจากนี้ยังได้สรุปจำนวนผู้ตายในแต่ละวันแยกตามเพศชายและหญิงและจัดกลุ่มข้อมูลจำแนกตามอายุต่างๆ ดังนี้

1) อายุต่ำกว่า 6 ปี
2) อายุ 6 - 18 ปี
3) อายุ 19 – 50 ปี
4) อายุ > 50 ปี

จากการตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นโดยกราฟแสดงจำนวนการตายรายวันจำแนกตามสาเหตุการตาย พบว่ามีความผิดปกติของจำนวนการตายเกิดขึ้นระหว่างข้อมูลในช่วงต้น (พ.ศ 2539-2541) ที่ได้จากการจดบันทึกจากใบแจ้งการตาย และข้อมูลช่วงหลัง (พ.ศ 2540-2542) ที่ได้จากกระทรวงสาธารณสุข โดยจำนวนการตายรายวันจากโรคทางระบบหายใจและจากโรคหัวใจที่ได้จาการจดบันทึกเองสูงกว่าข้อมูลที่ได้จากกระทรวงสาธารณสุขมากอย่างผิดปกติ ถึงแม้จะเป็นข้อมูลต่างช่วงเวลากันการตายรายวันของคนกรุงเทพมหานครก็ไม่ควรจะมีการเปลี่ยนแปลงมากมายเช่นนั้น สันนิษฐานว่าความผิดปกตินี้อาจจะเกิดจากปัญหาการให้รหัสสาเหตุการตาย ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าใช้หลักเกณฑ์ไม่เหมือนกัน หรือเกิดจากความผิดพลาดของผู้ลงรหัสเอง ดังนั้นการวิเคราะห์ครั้งนี้จึงไม่สามารถจำแนกการตายตามสาเหตุการตายจากโรคหัวใจและโรคทางระบบหายใจได้ อย่างไรก็ตามการตรวจสอบไม่พบความผิดปกติเช่นนี้ในการตายจากทุกสาเหตุและการตายจำแนกตามกลุ่มอายุ จึงไม่เป็นปัญหาในการวิเคราะห์

3.1.2 <u>ข้อมูลมลพิษอากาศและอุตุนิยมวิทยา</u>

ระหว่างปี พ.ศ. 2538-2544 กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีสถานีตรวจวัด $PM_{10}$ด้วยวิธี Beta-gauge ในกรุงเทพมหานครจำนวน 8 แห่ง ได้แก่

1) มหาวิทยาลัยรามคำแหง (Station 1)
2) สำนักงานการเคหะชุมชนคลองจั่น (Station 2)
3) สนามกีฬา การเคหะชุมชนห้วยขวาง (Station 3)
4) โรงเรียนนนทรีวิทยา (Station 4)
5) โรงเรียนสิงหราชพิทยาคม (Station 5)
6) สถานีการไฟฟ้าย่อยธนบุรี ถนนอินทรพิทักษ์ (Station 6)
7) อาคารที่พักตำรวจจราจร โชคชัย 4 ถนนลาดพร้าว (Station 7)
8) เคหะชุมชนดินแดง ถนนดินแดง (Station 8)

โดยสถานีที่ 1 – 5 เป็นสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณพื้นที่ทั่วไป ซึ่งเป็นเขตชุมชน บ้านพักที่อยู่อาศัยและย่านธุรกิจการค้า ส่วนสถานีที่ 6 – 8 เป็นสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบกึ่งถาวร บริเวณริมถนน ค่าเฉลี่ยของมลพิษอากาศแต่ละวันคำนวณจากค่าที่วัดได้อย่างน้อย 18 ชั่วโมงใน 24 ชั่วโมง ในช่วงที่ทำการศึกษาครั้งนี้สถานีตรวจวัดที่มหาวิทยาลัยรามคำแหงและโรงเรียนสิงหราชพิทยาคมมีข้อมูลการตรวจวัด $PM_{10}$ ครบถ้วนมากกว่าสถานีอื่น ดังนั้นการวิเคราะห์ครั้งนี้จึงใช้ข้อมูล $PM_{10}$ จากสองสถานีนี้ ค่าสหสมพันธ์ (correlation) ของ $PM_{10}$ จากสองสถานีนี้มีค่ามากกว่า 0.8 และ ระหว่างสถานีอื่นมีค่ามากกว่า 0.70 (ตารางที่ 3.1) ระดับความเข้มข้นของ $PM_{10}$ มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล โดยมีระดับสูงในฤดูหนาว (พฤศจิกายน ถึง กุมภาพันธ์) และระดับความเข้มข้นลดลงในฤดูฝน (พฤษภาคม ถึง ตุลาคม)

กรมควบคุมมลพิษยังได้ตรวจวัด ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$), ไนโตรเจนไดออกไซด์ ($NO_2$) และโอโซน ($O_3$) ในหลายสถานีซึ่งรวมทั้งสถานีรามคำแหงด้วย ดังนั้นการวิเคราะห์ครั้งนี้จึงใช้ค่ามลพิษเหล่านี้จากสถานีมหาวิทยาลัยรามคำแหง

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยารายวันได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งเป็นข้อมูลที่ตรวจวัดที่สถานีศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิตต์ ข้อมูลเหล่านี้ประกอบด้วยอุณหภูมิ (temperature โดยใช้ค่า mean temperature, maximum temperature, minimum temperature), ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity), และอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (dew point)

พบว่า อุณหภูมิ มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล และมีค่าค่อนข้างต่ำบางครั้งในเดือนพฤศจิกายน ธันวาคม และมกราคม และ อุณหภูมิ มีค่าสูงในเดือนมีนาคม เมษายน พฤษภาคม และมิถุนายน ฤดูฝนอยู่ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงตุลาคม ในการวิเคราะห์ครั้งนี้กำหนดช่วงฤดูกาลตามคำจำกัดความของกรมอุตุนิยมวิทยาดังนี้ ฤดูหนาวระหว่าง 16 ตุลาคม ถึง 15 กุมภาพันธ์ ฤดูร้อนระหว่าง 16 กุมภาพันธ์ ถึง 15 พฤษภาคม และฤดูฝนระหว่าง 16 พฤษภาคม ถึง 15 ตุลาคม อย่างไรก็ตามถึงแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงของ อุณหภูมิ ตามฤดูกาล แต่โดยรวมกล่าวได้ว่า อุณหภูมิ ในกรุงเทพมหานครอยู่ในระดับสูงตลอดปี

ตารางที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล $PM_{10}$ ของสถานีต่างๆ 8 สถานี ระหว่างปี พ.ศ. 2539-2544

| Correlations | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | STATION1 | STATION2 | STATION3 | STATION4 | STATION5 | STATION6 | STATION7 | STATION8 |
| STATION1 | Pearson Correlation | 1.0000 | 0.8377 | 0.8751 | 0.8521 | 0.8552 | 0.8462 | 0.7440 | 0.7702 |
| | Sig. (2-tailed) | . | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| | N | 1967 | 1941 | 1899 | 1557 | 1965 | 1941 | 1840 | 1443 |
| STATION2 | Pearson Correlation | 0.8377 | 1.0000 | 0.7721 | 0.8069 | 0.7910 | 0.7581 | 0.6654 | 0.6957 |
| | Sig. (2-tailed) | 0.0000 | . | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| | N | 1941 | 1941 | 1899 | 1557 | 1940 | 1917 | 1839 | 1443 |
| STATION3 | Pearson Correlation | 0.8751 | 0.7721 | 1.0000 | 0.8547 | 0.8406 | 0.8154 | 0.7525 | 0.7988 |
| | Sig. (2-tailed) | 0.0000 | 0.0000 | . | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| | N | 1899 | 1899 | 1899 | 1557 | 1898 | 1880 | 1816 | 1434 |
| STATION4 | Pearson Correlation | 0.8521 | 0.8069 | 0.8547 | 1.0000 | 0.8204 | 0.8214 | 0.7395 | 0.8248 |
| | Sig. (2-tailed) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | . | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| | N | 1557 | 1557 | 1557 | 1557 | 1557 | 1554 | 1518 | 1223 |
| STATION5 | Pearson Correlation | 0.8552 | 0.7910 | 0.8406 | 0.8204 | 1.0000 | 0.8111 | 0.7322 | 0.8378 |
| | Sig. (2-tailed) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | . | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| | N | 1965 | 1940 | 1898 | 1557 | 1973 | 1944 | 1840 | 1443 |
| STATION6 | Pearson Correlation | 0.8462 | 0.7581 | 0.8154 | 0.8214 | 0.8111 | 1.0000 | 0.6787 | 0.7519 |
| | Sig. (2-tailed) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | . | 0.0000 | 0.0000 |
| | N | 1941 | 1917 | 1880 | 1554 | 1944 | 1944 | 1840 | 1443 |
| STATION7 | Pearson Correlation | 0.7440 | 0.6654 | 0.7525 | 0.7395 | 0.7322 | 0.6787 | 1.0000 | 0.7383 |
| | Sig. (2-tailed) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | . | 0.0000 |
| | N | 1840 | 1839 | 1816 | 1518 | 1840 | 1840 | 1840 | 1443 |
| STATION8 | Pearson Correlation | 0.7702 | 0.6957 | 0.7988 | 0.8248 | 0.8378 | 0.7519 | 0.7383 | 1.0000 |
| | Sig. (2-tailed) | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | . |
| | N | 1443 | 1443 | 1434 | 1223 | 1443 | 1443 | 1443 | 1443 |
| ** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed) | | | | | | | | | |

## 3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตัวแปรตามในการวิเคราะห์ข้อมูลคือจำนวนการตายรายวัน ซึ่งมีความเป็นอิสระต่อกัน เป็นเหตุการณ์ที่เกิดน้อย และมีการกระจายแบบปัวซอง วิธีการทางสถิติที่ใช้คือ Poisson regression โดยตัวแปรตามใน regression model คือ natural logarithm ของจำนวนตายรายวันที่คาดหวัง และ regression coefficient คือ natural logarithm ของอัตราตาย การวิเคราะห์ regression model ใช้วิธีการทางสถิติที่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบันนี้ซึ่งได้แก่ General Additive Model (GAM) สมการทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์คือ $\log(E(Y_i) = \sum S_i(X_i) + \beta_i Z_i$ โดย $Y_i$ คือจำนวนตายรายวัน $X_i$ คือตัวแปรอิสระ Si คือ smooth function ที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Yi และ Xi แบบไม่เป็นเส้นตรง Zi คือตัวแปรอิสระที่สัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับ Yi โดยมี $\beta_i$ เป็น coefficient

สมการนี้ใช้วิเคราะห์ว่าการตายในแต่ละวันมีความสัมพันธ์กับการสัมผัส $PM_{10}$ในวันเดียวกัน (lag 0) และ การสัมผัส $PM_{10}$ในวันที่ผ่านมาตั้งแต่ 1-5 วัน (lag 1-5) และ ค่าเฉลี่ยการสัมผัส $PM_{10}$ สะสมตั้งแต่ 2-5 วัน (2-5 day moving average) โดยมีการควบคุมตัวแปรอื่นที่อาจมีผลต่อความสัมพันธ์ได้แก่ ฤดูกาล (season), เวลา (time trend), อุณหภูมิ (temperature), ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity), และ อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (dew point) โดยใช้ locally weight (loess) smooth function วิธีนี้สามารถใช้ได้ดีถึงแม้ความสัมพันธ์จะไม่เป็นเชิงเส้นตรง (Hastie and Tibshirani, 1990) ใช้ค่า Akaike Information Criteria (AIC) เป็นเกณฑ์ในการเลือก span ได้ทำการตรวจสอบความสัมพันธ์ อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, และ อุณหภูมิจุดน้ำค้าง ตั้งแต่ lag 0-3 พบว่า lag 0 temperature และ lag 0 dewpoint มีความสัมพันธ์กับการตายและได้ควบคุมใน regression model และได้ควบคุมผลของวันในสัปดาห์ (day of week) ใน regression model ด้วย

Autocorrelation เป็นปัญหาที่อาจพบในข้อมูลแบบ time series ซึ่งจะมีผลทำให้ค่า standard error ของ regression coefficient ต่ำกว่าความเป็นจริง การวิเคราะห์ครั้งนี้ได้ทำการตรวจสอบ autocorrelation ใน residuals ของ regression model พบว่ามีเพียงเล็กน้อยเท่านั้นใน lag 1 ($r < 0.09$) และใน lag 2 ($r < 0.05$) ซึ่งไม่น่าจะมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่า standard error ของ regression coefficients ที่ได้จากการวิเคราะห์ครั้งนี้ นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์ sensitivity ของ regression model โดยการตรวจสอบผลของการเพิ่ม span เป็น 2 เท่าและลดลงครึ่งหนึ่งจากที่ใช้ใน model

## 3.3 ผลการศึกษา

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าเฉลี่ยการตาย ต่อวันของคนในกรุงเทพมหานครในช่วงเวลาที่ศึกษา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 85 คนต่อวัน ประมาณ 2ใน3 เป็นผู้มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป ในจำนวนตายทั้งหมดเป็นเพศชาย ร้อยละ60 ตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูลมลพิษอากาศและอุตุนิยมวิทยา ค่าเฉลี่ยรายวันของ $PM_{10}$ มีค่าเท่ากับ 62 ไมโครกรัม/ลบ.ม.($\mu g/m^3$) และ interquartile (75%-25% percentile) มีค่าเท่ากับ 76 และ 40 $\mu g/m^3$และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 284 $\mu g/m^3$ค่าสูงสุด (1- hour maximum)เฉลี่ยต่อปีของ $O_3$, $NO_2$, $NO_x$, และ NO มีค่าเท่ากับ 48.3 ppb, 34.2

ppb, 84.7 ppb, และ 54 ppb ตามลำดับ $PM_{10}$ มีสหสัมพันธ์กับ $NO_2$ (r=0.49), $SO_2$ (r=0.17), $O_3$ (r=0.14), 1-hour maximum $NO_2$ (r=0.53),1-hour maximum $NO_x$ (r=0.53),1-hour maximum $NO_2$ (r=0.34), และ 1-hour maximum $O_3$ (r=0.42) และ อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, และ อุณหภูมิจุดน้ำค้าง มีค่าค่อนข้างสูง ค่ามัธยฐานของอุณหภูมิเฉลี่ย 24 ชั่วโมง มีค่า 29 เซลเซียส และมัธยฐานของ ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเท่ากับ 73%

**ตารางที่** 3.2 จำนวนตายเฉลี่ยจำแนกตามเพศและอายุ กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2539-2544

| กลุ่ม | จำนวนวันที่ศึกษา | ค่าเฉลี่ย | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
|---|---|---|---|
| รวม | 2,192 | 84.90 | 15.40 |
| ชาย | 2,192 | 48.90 | 9.50 |
| หญิง | 2,192 | 35.90 | 8.80 |
| อายุ < 6 ปี | 2,192 | 3.20 | 1.90 |
| อายุ 6-18 ปี | 2,192 | 2.10 | 1.60 |
| อายุ 19-50 ปี | 2,192 | 31.30 | 7.10 |
| อายุ > 50 ปี | 2,192 | 56.40 | 11.80 |

**ตารางที่** 3.3 การกระจายของข้อมูลมลพิษอากาศและอุตุนิยมวิทยากรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2539-2544

| มลพิษอากาศ และ อุตุนิยมวิทยา | เปอร์เซ็นไทล์ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5 | 10 | 25 | 50 | 75 | 90 | 95 | 100 |
| $PM_{10}$ ($\mu g/m^3$) | 28.40 | 31.90 | 39.60 | 52.30 | 75.80 | 109.80 | 130.60 | 283.90 |
| $SO_2$ (ppb) | 2.20 | 3.00 | 5.10 | 8.20 | 13.30 | 20.50 | 26.10 | 51.30 |
| $NO_2$ (ppb) | 1.30 | 5.70 | 11.70 | 17.20 | 24.30 | 31.70 | 36.00 | 85.40 |
| $O_3$ ppb (ppb) | 7.00 | 9.00 | 13.80 | 19.30 | 25.80 | 31.60 | 36.00 | 57.60 |
| 1-hr max $NO_2$ (ppb) | 1.70 | 10.00 | 20.00 | 30.00 | 46.40 | 64.00 | 74.00 | 152.00 |
| 1-hr max $NO_x$ (ppb) | 24.00 | 31.00 | 47.00 | 72.00 | 109.00 | 154.00 | 189.00 | 382.00 |
| 1-hr max NO (ppb) | 6.00 | 11.00 | 23.00 | 44.00 | 70.00 | 110.20 | 141.00 | 337.40 |
| 1-hr max $O_3$ (ppb) | 16.00 | 19.90 | 28.00 | 44.00 | 63.00 | 84.00 | 96.00 | 203.00 |
| Temperature ($^o$ C) | 25.80 | 26.80 | 28.10 | 29.10 | 30.00 | 30.90 | 31.40 | 33.10 |
| Dewpoint ($^o$ C) | 17.10 | 19.40 | 22.50 | 24.00 | 24.70 | 25.30 | 25.70 | 27.30 |
| Relative humidity | 57 | 61 | 67 | 73 | 78 | 83 | 86 | 95 |

หมายเหตุ: $PM_{10}$ เป็นค่าเฉลี่ยจากสถานีรามคำแหง ส่วนมลพิษตัวอื่นได้จากสถานีรามคำแหง

ตารางที่ 3.4 แสดงผลของ regression model สำหรับ $PM_{10}$ ตั้งแต่ lag 0-5 days และ 2-5 day moving average จากการพิจารณาค่า t statistics พบว่า 3-day moving average มีความสัมพันธ์กับการตายสูงกว่าวันอื่นๆ โดยพบว่าจำนวนการตายเพิ่มขึ้น 1.8% ต่อการเพิ่ม $PM_{10}$ 1 interquartile ($36\mu g/m^3$) หรือ

จำนวนการตายเพิ่มขึ้น 0.5% ต่อการเพิ่ม $PM_{10}$ 10 $\mu g/m^3$ และได้ใช้ 3-day moving average $PM_{10}$ ในการวิเคราะห์การตายตามเพศ และกลุ่มอายุ ซึ่งพบความสัมพันธ์ทั้งในเพศชายและเพศหญิง โดยพบผลกระทบในเพศหญิงสูงกว่าเพศชายเล็กน้อย (ตารางที่ 3.5) และพบความสัมพันธ์ในกลุ่มอายุ 19-50 ปี และตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป แต่ไม่พบความสัมพันธ์ในกลุ่มอายุต่ำกว่า 19 ปี และผลของ sensitivity analysis พบว่า ค่า estimated $PM_{10}$ coefficient เพิ่มขึ้นเล็กน้อยและช่วงแคบลง

**ตารางที่** 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างการตายรายวันกับการเพิ่ม $PM_{10}$ 1 interquartile (36 $\mu g/m^3$) (beta และ se*1000)

| lag | beta | se | t value | RR | 95% CI |
|---|---|---|---|---|---|
| same day | 0.373 | 0.106 | 3.53 | 1.014 | 1.006-1.021 |
| 1 day lag | 0.343 | 0.100 | 3.42 | 1.012 | 1.005-1.020 |
| 2 day lag | 0.375 | 0.097 | 3.86 | 1.014 | 1.007-1.021 |
| 3 day lag | 0.157 | 0.096 | 1.63 | 1.006 | 0.999-1.013 |
| 4 day lag | -0.150 | 0.095 | -1.57 | 0.995 | 0.988-1.001 |
| 5 day lag | -0.113 | 0.094 | -1.20 | 0.996 | 0.989-1.003 |
| 2 day MA | 0.433 | 0.109 | 3.97 | 1.016 | 1.008-1.024 |
| 3 day MA | 0.501 | 0.112 | 4.46 | 1.018 | 1.010-1.026 |
| 4 day MA | 0.477 | 0.115 | 4.15 | 1.017 | 1.009-1.026 |
| 5 day MA | 0.360 | 0.117 | 3.07 | 1.013 | 1.005-1.021 |

หมายเหตุ: beta= regression coefficient, se= standard error, RR= relative risk, CI=confidence interval

**ตารางที่** 3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างการตายรายวันกับการเพิ่ม $PM_{10}$ 1 interquartile (36 $\mu g/m^3$) ตามกลุ่มอายุและเพศ (beta และ se*1000)

| กลุ่ม | beta | se | t value | RR | 95% CI |
|---|---|---|---|---|---|
| อายุต่ำกว่า 5 ปี | -0.653 | 0.592 | -1.10 | 0.977 | 0.937-1.018 |
| อายุ 6-18 ปี | -0.524 | 0.705 | -0.74 | 0.981 | 0.934-1.031 |
| อายุ 19-50 ปี | 0.428 | 0.184 | 2.32 | 1.016 | 1.002-1.031 |
| อายุ ≥ 51 ปี | 0.645 | 0.138 | 4.68 | 1.023 | 1.014-1.029 |
| เพศชาย | 0.459 | 0.147 | 3.11 | 1.017 | 1.006-1.033 |
| เพศหญิง | 0.546 | 0.173 | 3.15 | 1.020 | 1.007-1.032 |
| ทุกกลุ่ม, loess span of time = 3% | 0.501 | 0.112 | 4.46 | 1.018 | 1.010-1.026 |
| ทุกกลุ่ม, loess span of time = 6% | 0.568 | 0.112 | 5.05 | 1.021 | 1.013-1.029 |
| ทุกกลุ่ม, loess span of time = 1.5% | 0.557 | 0.112 | 4.97 | 1.020 | 1.012-1.028 |

หมายเหตุ: beta= regression coefficient, se= standard error, RR= relative risk, CI=confidence interval

ตารางที่ 3.6-3.10 แสดงผลของ lags ต่างๆของ 1-hour maximum $NO_x$, $NO_2$, $NO_3$ (nitric oxide), $O_3$ , และ ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของ $SO_2$ พบความสัมพันธ์ในกลุ่ม ไนโตรเจนและ โอโซน ยกเว้น $SO_2$ โดยพบว่า $NO_2$ มีผลเหมือนกับ $PM_{10}$ ในเรื่องของ lag ที่มีความสัมพันธ์สูงกับการตายจากทุกสาเหตุ สำหรับ $O_3$ พบว่า 2-day lag มีความสัมพันธ์สูงสุดกับการตายจากสาเหตุธรรมชาติ จากการพิจารณาค่า t-statistics โดยรวมพบความสัมพันธ์สูงสุดสำหรับ $PM_{10}$

**ตารางที่** 3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างการตายรายวันกับการเพิ่ม 1-hour maximum $NO_2$ 1 interquartile (26.4 ppb) (beta และ se*1000)

| lag | beta | se | t value | RR | 95% CI |
|---|---|---|---|---|---|
| same day | 0.264 | 0.131 | 2.01 | 1.007 | 1.000-1.014 |
| 1 day lag | 0.458 | 0.103 | 4.46 | 1.012 | 1.007-1.018 |
| 2 day lag | 0.331 | 0.102 | 3.24 | 1.009 | 1.003-1.014 |
| 3 day lag | 0.057 | 0.103 | 0.56 | 1.002 | 0.996-1.007 |
| 4 day lag | 0.038 | 0.103 | 0.37 | 1.001 | 0.996-1.006 |
| 5 day lag | -0.286 | 0.103 | -2.79 | 0.992 | 0.987-0.998 |
| 2 day MA | 0.332 | 0.111 | 2.99 | 1.009 | 1.003-1.015 |
| 3 day MA | 0.421 | 0.116 | 3.64 | 1.011 | 1.005-1.017 |
| 4 day MA | 0.380 | 0.119 | 3.19 | 1.010 | 1.004-1.016 |
| 5 day MA | 0.337 | 0.122 | 2.76 | 1.009 | 1.003-1.015 |

หมายเหตุ: beta= regression coefficient, se= standard error, RR= relative risk, CI=confidence interval

**ตารางที่** 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างการตายรายวันกับการเพิ่ม 1-hour maximum NOx 1 interquartile (62 ppb) (beta และ se*1000)

| lag | beta | se | t value | RR | 95% CI |
|---|---|---|---|---|---|
| same day | 0.186 | 0.055 | 3.39 | 1.012 | 1.005-1.018 |
| 1 day lag | 0.203 | 0.053 | 3.82 | 1.013 | 1.006-1.019 |
| 2 day lag | 0.136 | 0.052 | 2.59 | 1.008 | 1.002-1.015 |
| 3 day lag | 0.057 | 0.053 | 1.08 | 1.004 | 0.997-1.010 |
| 4 day lag | -0.139 | 0.053 | -2.64 | 0.991 | 0.985-0.998 |
| 5 day lag | -0.255 | 0.053 | -4.83 | 0.984 | 0.978-0.991 |
| 2 day MA | 0.260 | 0.061 | 4.29 | 1.016 | 1.009-1.024 |
| 3 day MA | 0.316 | 0.065 | 4.85 | 1.020 | 1.012-1.028 |
| 4 day MA | 0.320 | 0.069 | 4.61 | 1.020 | 1.011-1.029 |
| 5 day MA | 0.236 | 0.073 | 3.21 | 1.015 | 1.006-1.024 |

หมายเหตุ: beta= regression coefficient, se= standard error, RR= relative risk, CI=confidence interval

**ตารางที่ 3.8** ความสัมพันธ์ระหว่างการตายรายวันกับการเพิ่ม 1-hour maximum NO

1 interquartile (47 ppb) (beta และ se*1000)

| lag | beta | se | t value | RR | 95% CI |
|---|---|---|---|---|---|
| same day | 0.235 | 0.065 | 3.63 | 1.011 | 1.005-1.017 |
| 1 day lag | 0.221 | 0.063 | 3.49 | 1.010 | 1.005-1.016 |
| 2 day lag | 0.104 | 0.063 | 1.65 | 1.005 | 0.999-1.011 |
| 3 day lag | 0.064 | 0.063 | 1.01 | 1.003 | 0.997-1.009 |
| 4 day lag | -0.181 | 0.064 | -2.85 | 0.992 | 0.986-0.997 |
| 5 day lag | -0.357 | 0.064 | -5.59 | 0.983 | 0.978-0.989 |
| 2 day MA | 0.334 | 0.073 | 4.57 | 1.016 | 1.009-1.023 |
| 3 day MA | 0.370 | 0.080 | 4.63 | 1.018 | 1.010-1.025 |
| 4 day MA | 0.384 | 0.086 | 4.45 | 1.018 | 1.010-1.026 |
| 5 day MA | 0.253 | 0.093 | 2.72 | 1.012 | 1.003-1.021 |

หมายเหตุ: beta= regression coefficient, se= standard error, RR= relative risk, CI=confidence interval

**ตารางที่ 3.9** ความสัมพันธ์ระหว่างการตายรายวันกับการเพิ่ม 1-hour maximum ozone

1 interquartile (35 ppb) (beta และ se*1000)

| lag | beta | se | t value | RR | 95% CI |
|---|---|---|---|---|---|
| same day | 0.092 | 0.124 | 0.74 | 1.003 | 0.995-1.012 |
| 1 day lag | 0.187 | 0.080 | 2.33 | 1.007 | 1.001-1.012 |
| 2 day lag | 0.354 | 0.080 | 4.44 | 1.012 | 1.007-1.018 |
| 3 day lag | 0.041 | 0.080 | 0.51 | 1.001 | 0.996-1.007 |
| 4 day lag | 0.005 | 0.080 | 0.06 | 1.000 | 0.995-1.006 |
| 5 day lag | -0.085 | 0.080 | -1.06 | 0.997 | 0.992-1.003 |
| 2 day MA | 0.140 | 0.087 | 1.61 | 1.005 | 0.999-1.011 |
| 3 day MA | 0.310 | 0.091 | 3.41 | 1.011 | 1.005-1.011 |
| 4 day MA | 0.269 | 0.093 | 2.97 | 1.009 | 1.003-1.016 |
| 5 day MA | 0.216 | 0.096 | 2.50 | 1.008 | 1.001-1.014 |

หมายเหตุ: beta= regression coefficient, se= standard error, RR= relative risk, CI=confidence interval

**ตารางที่** 3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างการตายรายวันกับการเพิ่ม 1-hour maximum sulfur dioxide 1 interquartile (8 ppb) (beta และ se*1000)

| lag | beta | se | t value | RR | 95% CI |
|---|---|---|---|---|---|
| same day | 0.427 | 0.346 | 1.23 | 1.003 | 0.998-1.009 |
| 1 day lag | 0.143 | 0.347 | 0.41 | 1.001 | 0.996-1.007 |
| 2 day lag | -0.811 | 0.350 | -2.32 | 0.994 | 0.988-0.999 |
| 3 day lag | -0.773 | 0.350 | -2.21 | 0.994 | 0.988-0.999 |
| 4 day lag | -0.856 | 0.350 | -2.45 | 0.993 | 0.988-0.999 |
| 5 day lag | -0.313 | 0.349 | -0.90 | 0.997 | 0.992-1.003 |
| 2 day MA | 0.515 | 0.392 | 1.31 | 1.004 | 0.998-1.010 |
| 3 day MA | -0.098 | 0.423 | -0.23 | 0.999 | 0.993-1.006 |
| 4 day MA | -0.462 | 0.449 | -1.03 | 0.996 | 0.989-1.003 |
| 5 day MA | -0.882 | 0.474 | -1.86 | 0.993 | 0.986-1.000 |

หมายเหตุ: beta= regression coefficient, se= standard error, RR= relative risk, CI=confidence interval

## 3.4 อภิปรายผลการศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูล 6 ปีระหว่าง 2539-2544 ของกรุงเทพมหานครพบความสัมพันธ์ระหว่างการตายรายวันและ $PM_{10}$ รายวัน ขนาดของความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับผลการศึกษาอื่นๆ โดยพบว่าการเพิ่ม $PM_{10}$ 10 µg/m3 มีผลทำให้การตายเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.5 (95%CI = 0.3 - 0.7) ผลที่พบนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Schwartz และคณะ (1996) โดยศึกษาข้อมูลจาก 6 เมืองทางตะวันออกของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งพบความสัมพันธ์ของการตายรายวันกับการสัมผัส $PM_{10}$ และ $PM_{2.5}$ โดยพบว่า การตายเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.8 (95%CI = 0.5-1.1) ต่อการเพิ่ม $PM_{10}$10 $\mu g/m^3$

ทำนองเดียวกันการศึกษาใน 10 เมืองของสหรัฐอเมริกา โดย Schwartz (2000) พบว่าการเพิ่ม $PM_{10}$10 $\mu g/m^3$ (วัดเป็น 2-day moving average) มีผลทำให้การตายเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.7 นอกจากนี้ Burnett และคณะ (2000) ได้ศึกษาข้อมูลในหลายเมืองใหญ่ในประเทศแคนนาดาระหว่าง 1986-1996 พบว่าทั้ง $PM_{10}$และ $PM_{2.5}$ มีความสัมพันธ์กับการตายรายวัน โดยพบว่าการเพิ่ม $PM_{10}$ 10 $\mu g/m^3$ มีผลทำให้การตายเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.5 (95%CI = 0.2 - 1.2)

มีรายงานผลการศึกษาในยุโรปใน 29 เมืองโดยใช้ข้อมูล $PM_{10}$ ที่วัดได้โดยตรงหรือเป็นค่าที่ประมาณจาก TSP หรือ Black smoke (Katsouyanni K et al., 2001) การศึกษานี้ใช้วิธีการเดียวกับการศึกษาในสหรัฐอเมริกาดังกล่าวข้างต้น พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างการตายและ $PM_{10}$ โดยมีการตายเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.6 ต่อการเพิ่มระดับ $PM_{10}$ 10 $\mu g/m^3$

นอกจากนี้ Samet และคณะ (2000a) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลชุดหนึ่งประกอบด้วยเมืองใหญ่ที่สุด 88 เมืองในสหรัฐอเมริกา (NMMAPS) โดยใช้วิธีการหลายอย่างในการวิเคราะห์ทางสถิติและการวิเคราะห์ sensitivity และนอกจากนี้ Samet และคณะ (2000b) ยังได้วิเคราะห์เฉพาะ 20 เมืองใหญ่ที่สุด การศึกษาทั้งสองพบผลสอดคล้องกันคือ การตายมีความสัมพันธ์กับ $PM_{10}$ แต่ผลของ $PM_{10}$ โดยรวมค่อนข้างต่ำกว่าผลที่พบในการศึกษาก่อนๆ (ประมาณ 0.5% ต่อ $PM_{10}$ 10 $\mu g/m^3$) และผลการศึกษาที่ค่อนข้างใหม่เรื่องหนึ่งซึ่งใช้วิธีการทางสถิติแบบใหม่พบการตายเพิ่มขึ้นประมาณ 0.27% ต่อการเพิ่ม $PM_{10}$ 10 $\mu g/m^3$ (Domonici F et al., 2002) การศึกษานี้และของ Samet และคณะ (2000b) ศึกษาเฉพาะผลของ $PM_{10}$ lag0-2 เท่านั้น

ผลของ $PM_{10}$ ต่อการตายของคนในกรุงเทพมหานครพบทั้งในเพศชายและเพศหญิง และในกลุ่มอายุ 18-50 ปี และ มากกว่า 50 ปี เป็นการสนับสนุนผลการศึกษาในอดีตที่ได้เคยรายงานมาแล้ว (Ostro B et al.,1998; 1999) ซึ่งใช้ข้อมูลในปี พ.ศ. 2535-2538 และพบว่าคุณภาพข้อมูลการตายในการศึกษานั้นค่อนข้างต่ำ และข้อมูล $PM_{10}$ ไม่สามารถใช้ได้จำเป็นต้องประมาณค่าจากค่าทัศนวิสัย (visibility) ผลของ $PM_{10}$ (จากค่าประมาณ) ที่พบในการศึกษานั้นสูงกว่าที่พบในการวิเคราะห์ครั้งปัจจุบันนี้ รวมทั้งพบความสัมพันธ์ของการตายในเด็กอายุต่ำกว่า 6 ปีสูงกว่าการวิเคราะห์ครั้งปัจจุบันนี้ ซึ่งเชื่อว่าการวิเคราะห์ครั้งปัจจุบันนี้ใช้ข้อมูลการตายที่มีความน่าเชื่อถือสูงกว่า เพราะคณะผู้วิจัยทำการบันทึกข้อมูลเองจากใบมรณะบัตร ณ ที่ทำการเขตในกรุงเทพมหานครทุกแห่งระหว่าง พ.ศ. 2539-2541 เนื่องจากตรวจสอบพบว่าข้อมูลการตายในช่วงนี้ที่ได้จากกระทรวงสาธารณสุขอาจมีความคลาดเคลื่อน นอกจากนี้ข้อมูลมลพิษอากาศที่ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้มีความครบถ้วนมากกว่าเดิม อย่างไรก็ตามความถูกต้องของผลการวิเคราะห์ที่พบในครั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้อมูลที่ใช้

ส่วนใหญ่การศึกษาเกี่ยวกับมลพิษอากาศและการตายในอดีตเป็นการศึกษาในเมืองต่างในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศในยุโรปตะวันตก ซึ่งมีลักษณะภูมิอากาศค่อนข้างหนาวเย็น และมีรูปแบบของการตายรายวันแตกต่างกันมากตามฤดูกาล ดังนั้นผลการศึกษาที่สอดคล้องกันในครั้งนี้จึงมีความสำคัญมาก เพราะเป็นผลการศึกษาที่พบในภูมิภาคที่มีลักษณะภูมิอากาศที่แตกต่างกัน และไม่มีสภาพอากาศหนาวเย็นเหมือนการศึกษาอื่นๆ และผลการศึกษานี้ไม่น่าจะได้รับอิทธิพลจากฤดูกาลและการระบาดของโรคที่เกี่ยวข้องกับอากาศหนาว การวิเคราะห์ sensitivity พบผลของ $PM_{10}$ ในกลุ่มอายุ 19-50 ปีและ 50 ปีขึ้นไป และพบขนาดของผลที่พบใกล้เคียงกันในเพศชายและเพศหญิง และโดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลง span ไม่ทำให้ผลของ $PM_{10}$ เปลี่ยนแปลง

ในอดีตพบว่าข้อมูลเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของ $PM_{10}$และ $PM_{2.5}$ มีความสัมพันธ์กันสูงมาก (Vichit-Vadakan N et al., 2001) เป็นการชี้แนะว่าผลของอนุภาคมลสาร( particulate matter) ที่พบในกรุงเทพมหานครน่าจะมี

ส่วนที่เกี่ยวข้องกับฝุ่นที่เกิดจากการเผาผลาญน้ำมันเชื้อเพลิง และฝุ่นจากถนน ซึ่งฝุ่นทั้งสองเกี่ยวข้องกับการใช้รถบนท้องถนน ดังนั้นเป็นไปได้ที่ประชาชนจำนวนมากในกรุงเทพมหานครต้องสัมผัสกับ $PM_{10}$, $PM_{2.5}$, black carbon, และฝุ่นขนาดเล็กมากในปริมาณที่สูงมาก เนื่องจากมีการจราจรคับคั่งและมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง diesel อย่างแพร่หลาย และผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่ามลภาวะการจราจร มีผลกระทบต่อสุขภาพ เพราะพบว่า $NO_3$ , $NO_2$, และ $O_3$ มีความสัมพันธ์กับการตาย และค่าเฉลี่ย $NO_2$ มีค่าค่อนข้างสูง ในทางตรงข้ามไม่พบความสัมพันธ์กับ $SO_2$ เนื่องจาก $O_3$ มีสหสัมพันธ์ไม่สูงกับ $PM_{10}$ หรือ $NO_2$ ดังนั้นอาจสรุปได้ระดับหนึ่งว่าผลที่พบของ $O_3$ มีความเป็นอิสระจากมลพิษตัวอื่น

ผลการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้รับผลกระทบจากปัจจัยอื่นที่ไม่ใช่มลพิษอากาศและมีการเปลี่ยนแปลงตามวัน เช่น วันประจำสัปดาห์ และสภาพอากาศ เพราะการใส่ตัวแปรเหล่านี้ใน regression model ไม่ได้ทำให้ผลเปลี่ยนแปลง เพียงแค่มีผลเล็กน้อยต่อ goodness-of-fit

การศึกษาในระยะหลังพบความสัมพันธ์ระหว่าง $PM_{10}$ และอาการทางระบบหัวใจและการไหลเวียนโลหิต ตัวอย่างผลการศึกษาเหล่านี้ได้แก่ มีรายงานการศึกษาพบว่า อนุภาคมลสารเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจหัวใจเต้นไม่เป็นจังหวะ และกล้ามเนื้อหัวใจตาย (Liao D et al., 1999 ; Pope CA et al., 1999 ; Peters A et al., 2000 ; Gold DR et al., 2000; Peters A et al., 2001) สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยเสี่ยงที่ต่อการตายด้วยโรคหัวใจ (Nolan.,1998) และช่วยอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง มลพิษอากาศและการตาย นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิจัยพบผลระยะยาวของ อนุภาคมลสารต่อการตาย (Pope C et al., 2002)

ผลจากการศึกษานี้สามารถที่จะคำนวณอัตราการตายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นใน 1 ปี ต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับ $PM_{10}$ ที่ระดับ 1 $\mu g/m^3$ อัตราการตายในกรุงเทพมหานครจากปี พ.ศ. 2539-2544 เฉลี่ยปีละ 5.2 ต่อ 1,000 คน จากการศึกษาในปี พ.ศ. 2539 ร้อยละ 93 ของอัตราการตายทั้งหมดตายด้วยเหตุธรรมชาติ (ทุกสาเหตุ ยกเว้นอุบัติเหตุ อาชญากรรม และฆ่าตัวตาย ) เพราะฉะนั้นอัตราการตายด้วยเหตุธรรมชาติเฉลี่ยปีละ 4.8 ต่อ 1,000 คน ผลของการศึกษานี้แสดงว่า ระหว่างปี พ.ศ. 2539-2544 อัตราการตายด้วยเหตุธรรมชาติมีการเปลี่ยนแปลงร้อยละ 0.05 ต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับ $PM_{10}$ 1 $\mu g/m^3$ ถ้ากรุงเทพมหานครมีประชากรทั้งหมด 6 ล้านคน และอัตราการตายด้วยเหตุธรรมชาติเท่ากับ 4.8 ต่อ 1,000 คน คาดว่าจะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของอัตราการตาย 15 ราย ต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับ $PM_{10}$ 1 $\mu g/m^3$ เพราะฉะนั้นค่าเฉลี่ยของปริมาณ $PM_{10}$ระหว่าง พ.ศ. 2539-2544 ณ. สถานีรามคำแหงอยู่ที่ ระดับ 60 $\mu g/m^3$ ปริมาณการตายที่เพิ่มขึ้นที่มาจาก $PM_{10}$ เท่ากับ 900 ราย

การเพิ่มการเฝ้าระวังและวิเคราะห์ทั้ง fine และ coarse particles จะช่วยให้สามารถกำหนดกลวิธีในการควบคุมมลภาวะทางอากาศในอนาคตได้ และเข้าใจบทบาทของฝุ่นที่เกิดจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง ฝุ่นที่เกิดจากการก่อสร้าง และฝุ่นหยาบอื่นๆ อย่างไรก็ตามผลการศึกษาที่พบในครั้งนี้เป็นข้อมูลที่สำคัญในการแสดงให้เห็นว่าการลดมลภาวะอากาศในกรุงเทพมหานครจะเป็นผลดีต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน

# บทที่ 4
# การศึกษา Panel Study ของอาการป่วยทางระบบหายใจ

การศึกษา Panel Study ของอาการป่วยทางระบบหายใจ ดำเนินการโดยให้กลุ่มตัวอย่างแต่ละคนบันทึกอาการทางระบบหายใจในช่วง 24 ชั่วโมงที่ผ่านมาของตนในแต่ละวันตามแบบบันทึกอาการที่ใช้ในการศึกษา โดยทำการบันทึกทุกวันติดต่อกันเป็นระยะเวลา 100 วัน ในขณะเดียวกันก็มีการเก็บข้อมูลอนุภาคมลสารในพื้นที่ใกล้เคียงกับที่กลุ่มตัวอย่างอาศัยอยู่ ข้อดีของการศึกษาในรูปแบบนี้คือแต่ละคนในกลุ่มตัวอย่างสามารถเป็นตัวควบคุมไปได้ด้วยในตัวไม่จำเป็นต้องมีกลุ่มควบคุมจากชุมชนอื่นๆ แต่จะมีค่าใช้จ่ายสูงหากกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ และศึกษาเป็นระยะเวลานาน ในการศึกษาช่วงระยะเวลา 3 เดือน เพียงพอที่จะได้ผลที่มีความหมาย ถ้าอาการและมลภาวะทางอากาศเป็นไปในทิศทางเดียวกัน นอกจากนี้การศึกษาในรูปแบบของ Panel Study ยังมีประโยชน์ที่สำคัญอีกดังนี้

- สามารถควบคุมกระบวนการเก็บข้อมูลสุขภาพ ดังนั้นสามารถควบคุมคุณภาพของข้อมูล
- สามารถประเมินการสัมผัสของกลุ่มประชากรศึกษากับมลพิษในอากาศ(Exposure Assessment) โดยตั้งเครื่องตรวจวัด $PM_{10}$ ใกล้ที่อยู่อาศัยของกลุ่มประชากรศึกษา
- สามารถได้ข้อมูลต่างๆ จากกลุ่มศึกษา เช่น รายละเอียดประวัติสุขภาพ การใช้ยา นิสัยการสูบบุหรี่ การใช้บริการทางการแพทย์ ลักษณะทางเศรษฐกิจสังคม หรือรูปแบบของพฤติกรรมและกิจกรรมที่อาจจะสัมพันธ์กับการประเมินการสัมผัสมลพิษทางอากาศ
- มีโอกาสในการศึกษากลุ่มประชากรที่มีความไวต่อมลพิษในอากาศ ได้แก่ กลุ่มหอบหืด
- สามารถปรับเปลี่ยนวิธีการเก็บข้อมูลตามสภาวะท้องถิ่น

ค่าใช้จ่ายเป็นปัจจัยที่จำกัดในการดำเนินการศึกษานี้ เจ้าหน้าที่โครงการต้องใช้ความพยายามในการติดตามกลุ่มศึกษา เพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้องและมีคุณภาพ สำหรับอุปกรณ์การตรวจวัดอนุภาคมลสาร ต้องมีความพร้อมในการปฏิบัติงาน และต้องมีความระมัดระวัง เพื่อหลีกเลี่ยงการหยุดชะงักในการตรวจวัด ซึ่งจะส่งผลเสียต่อการวิจัยเป็นอย่างมาก

ประเด็นสำคัญในการศึกษานี้ คือ การเลือกกลุ่มตัวอย่างมาทำการศึกษาว่าจะเลือกกลุ่มที่มีลักษณะเฉพาะ เช่น หอบหืด หรือ เด็ก หรือ กลุ่มประชากรผู้ใหญ่ทั่วไปมาศึกษาเพราะมีความสัมพันธ์กับการเกิดอาการทางระบบหายใจที่เกิดขึ้น ข้อดีของการเลือกกลุ่มประชากรทั่วไปคือสามารถอ้างอิงผลการศึกษาในกลุ่มประชากร ทั่วไปได้ ในขณะที่การเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะเฉพาะ เช่น หอบหืด หรือ เด็ก การอ้างอิงจะมีข้อจำกัดเฉพาะกลุ่ม อย่างไรก็ตามประโยชน์ของการเลือกกลุ่มตัวอย่างเฉพาะก็คือกลุ่มตัวอย่างจะมีความไวต่อการสัมผัสมลพิษในสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะมีปฏิกิริยาสูงทำให้ง่ายต่อการ

สังเกตุ และบางกลุ่ม เช่น หอบหืดอาจมีความใส่ใจในการสังเกตุและรายงานอาการของตัวเองมากกว่ากลุ่มประชากรทั่วไป ส่วนกลุ่มเด็กก็จะมีข้อดีคือเด็กจะมีการสัมผัสกับมลพิษในอากาศมากเนื่องจากใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่นอกบ้าน และ เป็นกลุ่มที่ศึกษาง่ายเพราะสามารถติดตามได้ที่โรงเรียน

## 4.1 วิธีการเก็บข้อมูล

4.1.1 การเลือกพื้นที่ศึกษา

ในการเลือกพื้นที่ศึกษา ในขั้นต้นได้ลงสำรวจพื้นที่ใกล้เคียงกับจุดที่ตั้งสถานีตรวจวัดอากาศของกรมควบคุมมลพิษ โดยเลือกลงสำรวจที่ 3 จุด คือ

1) ที่ทำการไปรษณีย์โทรเลขราษฎร์บูรณะ
2) เคหะชุมชนดินแดง ถนนดินแดง
3) สถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

ผลการสำรวจพบว่าบริเวณที่ทำการไปรษณีย์ราษฎร์บูรณะ สถานีตรวจวัดอยู่ค่อนข้างไกลจากชุมชนและมีแผนงานที่จะย้ายสถานีไปอยู่ที่อื่น ส่วนบริเวณเคหะชุมชนดินแดง ถนนดินแดง เป็นจุดตรวจที่มีปริมาณมลพิษในอากาศค่อนข้างสูง และชุมชนจะอยู่ด้านหลังแฟลตของการเคหะ ซึ่งมีตึกบังและทำให้ปริมาณฝุ่นหรือมลพิษอื่นในบริเวณชุมชนน่าจะแตกต่างจากบริเวณจุดตรวจวัดที่อยู่ริมถนนดินแดงมาก ดังนั้นจึงไม่ได้เลือกทั้ง 2 ชุมชนเป็นพื้นที่ศึกษา และจากการสำรวจชุมชนบริเวณสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา พบว่าเป็นชุมชนที่เหมาะแก่การศึกษาเนื่องจาก

1. สถานีตรวจวัดซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณโรงเรียนสาธิต สถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จฯ ซึ่งไม่ติดถนนและอยู่ใกล้ชุมชน
2. ในพื้นที่ไม่มีตึกสูงบังระหว่างสถานีตรวจวัดกับบ้านพักอาศัย
3. ไม่มีอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดปัญหาเรื่องฝุ่นละออง
4. มีโรงเรียนตั้งอยู่ในชุมชน ซึ่งสะดวกต่อการเก็บข้อมูลในกลุ่มเด็กนักเรียน

ในพื้นที่บริเวณสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จฯ นี้ อยู่ในเขตธนบุรี แขวงหิรัญรูจี และมีการแบ่งเป็นชุมชนย่อยๆ ในพื้นที่เป็น 8 ชุมชนได้แก่

1. ชุมชนวัดใหญ่ศรีสุพรรณ
2. ชุมชนสามัคคีศรีสุพรรณ
3. ชุมชนศรีภูมิ
4. ชุมชนวัดหิรัญรูจี
5. ชุมชนมัสยิดบ้านสมเด็จ
6. ชุมชนสี่แยกบ้านแขก
7. ชุมชนบางไส้ไก่บ้านสมเด็จ
8. ชุมชนวัดประดิษฐาราม

ในการศึกษาครั้งนี้เลือกมา 5 ชุมชน โดยใช้เกณฑ์ของระยะทางระหว่างชุมชนและสถานีตรวจวัดอากาศ ด้วยเหตุนี้ชุมชนที่ร่วมในการศึกษานี้คือ ชุมชนบางไส้ไก่บ้านสมเด็จ ชุมชนมัสยิดบ้านสมเด็จ ชุมชนสี่แยกบ้านแขก ชุมชนวัดประดิษฐารามและชุมชนสามัคคีศรีสุพรรณ

4.1.2 <u>การเลือกตัวอย่าง Panel-Study</u>

กลุ่มตัวอย่างของการศึกษา Panel-Study ของอาการป่วยทางระบบหายใจประกอบด้วย 2 กลุ่มคือ

1. กลุ่มผู้สูงอายุ คือมีอายุ $\geq$ 50 ปี
2. กลุ่มเด็กอายุ 5-12 ปี

โดยมีจำนวนตัวอย่างที่ต้องการในแต่ละกลุ่ม คือกลุ่มละ 100 คน โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาเลือกกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

1) ไม่สูบบุหรี่ หรือไม่มีคนสูบบุหรี่ในบ้าน
2) ไม่นอนห้องแอร์
3) อยู่ในพื้นที่ศึกษาไม่น้อยกว่า 20 ชั่วโมงต่อวัน
4) ไม่ได้ประกอบอาชีพเสริมสวย, ร้านอาหาร, ร้านทำผม หรือทำงานที่มีการสัมผัสฝุ่นละออง
5) สมัครใจเข้าร่วมโครงการ

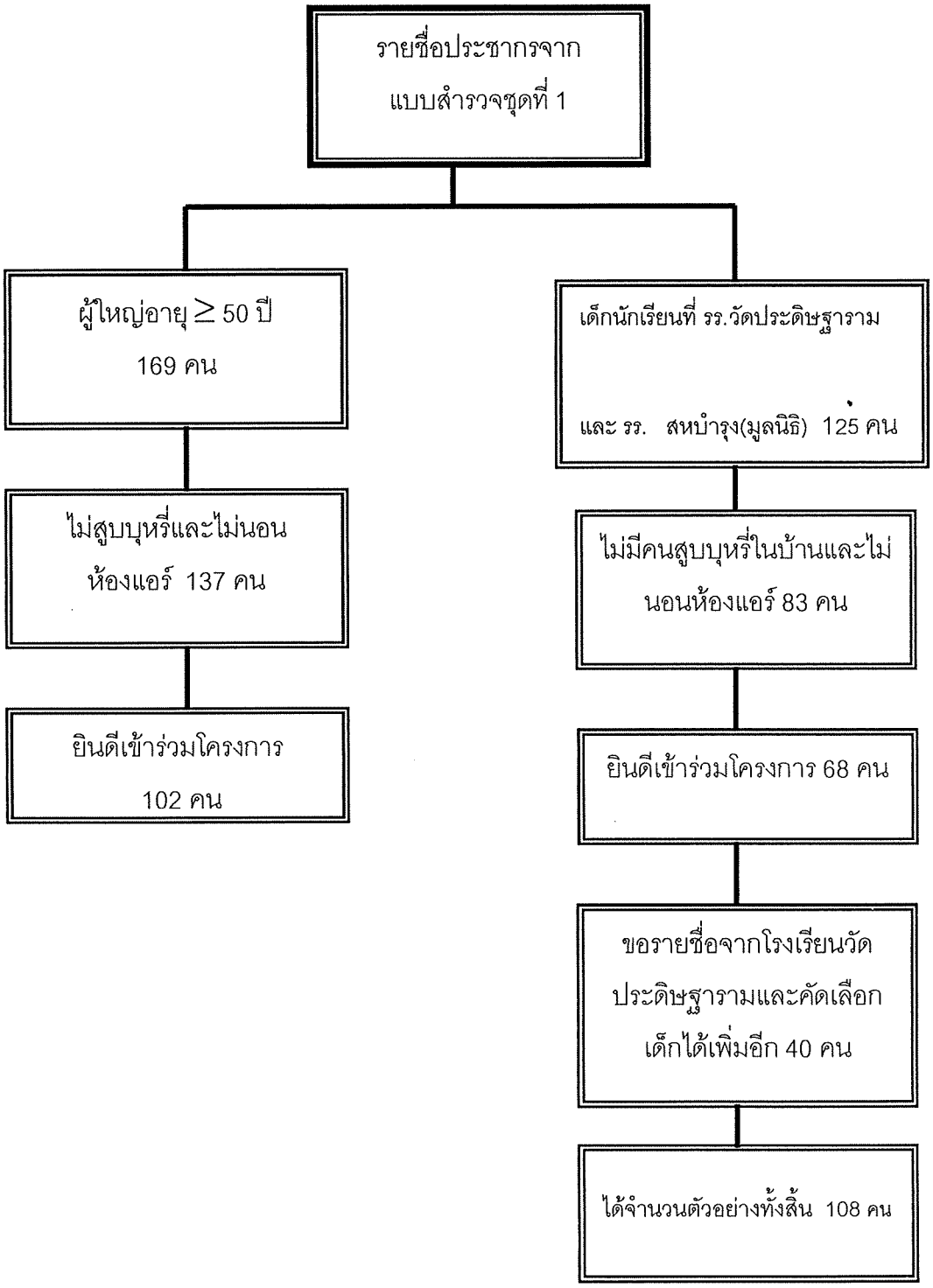
ในการคัดเลือกตัวอย่างมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1. ขอแผนที่ของชุมชน จากสำนักงานเขตธนบุรี
2. ติดต่อประสานงานกับประธานชุมชนเพื่อขอความร่วมมือ และประชาสัมพันธ์ให้ชุมชนรับทราบว่าจะมีเจ้าหน้าที่โครงการฯ มาพบเพื่อขอความร่วมมือและสำรวจข้อมูลพื้นฐาน
3. ลงสำรวจชุมชนตามแผนที่โดยใช้แบบสำรวจข้อมูลชุดที่ 1 (ภาคผนวก)
4. นำข้อมูลที่ได้จากข้อ 3 มาคัดเลือกตัวอย่างตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ (แผนภูมิที่ 2)
5. ลงพื้นที่เพื่อคุยกับกลุ่มตัวอย่างที่คัดเลือกไว้ ชี้แจงรายละเอียดของการดำเนินโครงการและขอให้ลงนามในใบยินยอมด้วยความสมัครใจเพื่อร่วมโครงการ (ภาคผนวก) พร้อมกับนัดเวลาที่จะมาเก็บข้อมูลในแต่ละวัน

4.1.3 <u>การเก็บข้อมูลสุขภาพรายวัน</u>

เมื่อได้กลุ่มตัวอย่างแล้ว ก่อนที่จะเริ่มทำการเก็บข้อมูลสุขภาพรายวัน ได้ทำการคัดเลือกและฝึกอบรมเจ้าหน้าที่สัมภาษณ์ โดยชี้แจงถึงวัตถุประสงค์ของโครงการฯ ความสำคัญ รายละเอียดของแบบสอบถาม และเทคนิคการสัมภาษณ์ ก่อนที่จะเริ่มปฏิบัติงานในพื้นที่ (รายละเอียดของการฝึกอบรมแสดงในภาคผนวก)

**แผนภูมิที่ 2** ขั้นตอนการเลือกกลุ่มตัวอย่างการศึกษา Panel-Study



ในการเก็บข้อมูลจะมีเจ้าหน้าที่สัมภาษณ์ลงพื้นที่วันละ 5 คน โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. ชุมชนมัสยิด 2 คน
2. ชุมชน บางไส้ไก่ฯ ชุมชนสามัคคีศรีสุพรรณ ชุมชนบ้านแขก 2 คน
3. ชุมชนวัดประดิษฐาราม 1 คน

โดยมีเจ้าหน้าที่อีก 1 คน เป็นทั้งผู้สัมภาษณ์ และดูแลประสานงาน พร้อมทั้งรวบรวมแบบสอบถามในแต่ละวัน

ในระหว่างการเก็บข้อมูล มีการควบคุมคุณภาพของข้อมูลสุขภาพ โดยมีเจ้าหน้าที่ผู้ประสานงานไปสุ่มถามอาการของตัวอย่างประมาณร้อยละ 10 ของกลุ่มตัวอย่างทุก 3 สัปดาห์ เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของการเก็บข้อมูล

4.1.4 <u>การเก็บข้อมูลคุณภาพอากาศ</u>

ในการศึกษาครั้งนี้ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้ให้ความช่วยเหลือเรื่องอุปกรณ์ในการตรวจวัดปริมาณ $PM_{10}$ และ $PM_{2.5}$ พร้อมกับทำการตรวจวัดก๊าซมลพิษบางชนิด เช่น ไนโตรเจนไดออกไซด์ ($NO_2$) โอโซน ($O_3$) และคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ในสถานีราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ซึ่งอยู่ในบริเวณที่ใกล้เคียงกับที่อยู่อาศัยของกลุ่มตัวอย่าง

ในการตรวจวัดปริมาณ $PM_{10}$ และ $PM_{2.5}$ ทำการตรวจวัดโดยเจ้าหน้าที่ที่ได้รับการฝึกอบรมจาก ดร.เนรศ เชื้อสุวรรณ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยใช้เครื่อง Minivol ของบริษัท Airmetrics. และใช้กระดาษกรอง แบบ ควอทซ์ (Quazt filter) เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์องค์ประกอบของคาร์บอนด้วย ขั้นตอนในการตรวจวัดด้วยเครื่อง Minivol มีดังนี้

1. ต้องนำกระดาษกรองไปปรับสภาพ(Equilibrate)ที่ห้องชั่งน้ำหนักที่กรมควบคุมมลพิษ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
2. ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองที่ปรับสภาพแล้ว และจดบันทึกในแบบฟอร์ม (ภาคผนวก)
3. ทำการ Calibrate เครื่อง Minivol ก่อนใช้ทุกครั้ง เพื่อปรับอัตราการไหลของอากาศ(Flow rate) ให้ได้ 5 ลิตรต่อนาที
4. ตั้งเวลาเริ่มต้น เวลาสิ้นสุดของการวัด
5. จดบันทึก Elapse time ของเครื่องไว้
6. นำแผ่นกระดาษกรองใส่ใน Filter holder ที่มีหัวImpactor ของ $PM_{10}$ และ $PM_{2.5}$ เครื่องละแผ่น แล้วประกอบเข้ากับเครื่อง Minivol
7. นำเครื่องไปตั้งที่ สถานที่ที่ต้องการตรวจวัด

8. เก็บเครื่องเมื่อถึงเวลา และนำกระดาษกรองใส่ใน กล่องเก็บ (petri dish)
9. จดบันทึกElapse time เมื่อเก็บเครื่อง เพื่อใช้ในการคำนวณเวลาที่เครื่องทำงาน และบันทึก Flow rate ก่อนที่จะ calibrate เครื่องครั้งต่อไป
10. นำกระดาษกรองไปปรับสภาพที่ ห้องชั่งน้ำหนัก เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
11. ชั่งน้ำหนัก กระดาษกรอง
12. คำนวณความหนาแน่นของฝุ่น ดังนี้

ความหนาแน่นฝุ่น = (น้ำหนักฝุ่นหลัง-น้ำหนักฝุ่นก่อน) /ปริมาตรรวมของอากาศ

โดยที่ ปริมาตรรวมของอากาศ = อัตราการไหลของอากาศ (ลิตร/นาที) * จำนวนชั่วโมง (Elapse time หลัง – Elapse time ก่อน) * 60 นาที/1000 (หน่วยไมโครกรัมต่อ ลบ.ม.)

13. เก็บกระดาษกรองไว้ส่งวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนต่อไป
14. รหัสของกระดาษกรองใช้ดังนี้

P = $PM_{10}$, S = $PM_{2.5}$

P-010402 = กระดาษกรองที่วัด $PM_{10}$ ของวันที่ 1 เดือนเมษายน 2002

S-150402 = กระดาษกรองที่วัด $PM_{2.5}$ ของวันที่ 15 เดือนเมษายน 2002

## 4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในการวิเคราะห์ข้อมูลอาการป่วยทางระบบหายใจรายวันที่เก็บในการศึกษาครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์รายงานจำนวนผู้ให้ข้อมูลรายวัน, แจกแจงนับอุบัติการณ์ และ ความชุกของอาการ และ กลุ่มอาการรายวัน ส่วนข้อมูลอากาศทำการวิเคราะห์ระดับมลพิษแต่ละตัวรายวันโดยการ plot เพื่อดูความแปรเปลี่ยนของระดับความเข้มข้นมลพิษ แจกแจงการกระจาย (distribution) ของระดับมลพิษ เพื่อแสดงค่าพิสัย, ค่าเฉลี่ย, ค่ามัธยฐาน รวมทั้งค่า interquartile range ทำการตรวจสอบสหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างตัวแปรต่อไปนี้คือ ค่ามลพิษอากาศและตัวแปรแสดงคุณภาพอากาศอื่นๆ ได้แก่ อุณหภูมิและอุณหภูมิจุดน้ำค้าง

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอาการทางระบบหายใจกับระดับมลพิษในอากาศใช้ Generalized estimating equation, link = logit โดยมีอาการทางระบบหายใจเป็นตัวแปรตาม ส่วนตัวแปรอิสระได้แก่ระดับมลพิษในอากาศ(pollutants), อุณหภูมิ (temperature), อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (dew point), ลำดับวันที่ศึกษา (day), และ วันสุดสัปดาห์ (weekday) ขั้นแรกเป็นการหา base model โดยการ regress อาการทางระบบหายใจแต่ละกลุ่ม ซึ่งได้แก่ กลุ่มอาการทางระบบหายใจส่วนต้น , อาการทางระบบหายใจส่วนปลาย, ไอ และหอบหืด ด้วยตัวแปรอิสระต่างๆ ดังกล่าว การเลือก model ที่เหมาะสมที่สุด เลือกจาก ค่าของ AIC (Alkaike Information Criteria) ที่ดีที่สุด จากนั้น เมื่อได้ base

model แล้ว ก็ได้เพิ่มตัวแปรมลพิษ แต่ละตัวเข้าใน model เป็น single pollutant model สำหรับการดูความสัมพันธ์ระหว่างอาการทางระบบหายใจกับมลพิษอากาศในวันเดียวกัน ยังได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ กับวันก่อนหน้านี้ด้วย (lag 1, 2, 3, 4, 5 day ) รวมทั้งค่า moving average ของ 3, 4, และ 5 วันด้วย การคำนวณความสัมพันธ์ระหว่าง อาการทางระบบหายใจกับระดับมลพิษนั้น รายงานเป็น Odds Ratio ของอาการต่อ ความเข้มข้นของมลพิษที่เปลี่ยนไป 1 interquartile range การวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดใช้โปรแกรมสถิติ SAS version 8

ความหมายของอาการทางระบบหายใจที่ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ ได้ให้นิยาม ดังนี้

URI= คืออาการเป็นหวัดหรืออาการคัดจมูก หรือน้ำมูกไหลหรือเจ็บคอหรือระคายคอ

LRI = คือ อาการไอ หรือมีเสมหะหรือหายใจมีเสียงวี้ดหรือหายใจไม่อิ่ม หรือหายใจไม่สะดวก แน่นหน้าอก

URI incidence = คืออาการ URI ที่เกิดขึ้นใหม่โดยที่ไม่มีอาการใดๆมาก่อนเป็นเวลาอย่างน้อย 1 วัน (new symptom of URI without symptom one day previously. (for intermediate day with prevalence treated as missing for incidence)

LRI incidence = คืออาการ LRI ที่เกิดขึ้นใหม่โดยที่ไม่มีอาการใดๆมาก่อนเป็นเวลาอย่างน้อย 1 วัน (new symptom of LRI without symptom one day previously. (for intermediate day with prevalence treated as missing for incidence)

## 4.3 ผลการศึกษา

จากการเก็บข้อมูลได้กลุ่มตัวอย่าง เด็ก 104 คน อายุเฉลี่ย 9 ปี และกลุ่มตัวอย่างผู้ใหญ่ 97 คน อายุเฉลี่ย 67 ปี ทำการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 99 วัน ในทั้ง 2 กลุ่ม ในแต่ละวันเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่างให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูล (response rate) ร้อยละ 90 ในกลุ่มเด็กและ ร้อยละ 94.8 ในกลุ่มผู้ใหญ่ ลักษณะต่างๆของกลุ่มตัวอย่างแสดงในตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** แสดงลักษณะของกลุ่มตัวอย่างเด็กและผู้ใหญ่ในการศึกษา Time –Series

| ลักษณะ | กลุ่มเด็ก | กลุ่มผู้ใหญ่ |
|---|---|---|
| จำนวนตัวอย่าง | 104 | 97 |
| วันที่เริ่ม วันที่สิ้นสุด จำนวนวัน | (04/17/02 - 07/23/02), 99 | (04/17/02 - 07/23/02), 99 |
| ค่าเฉลี่ยของจำนวนตัวอย่างที่เก็บได้ในแต่ละวัน (min, max) | 94 (72, 103) | 92 (83, 97) |
| เพศ | | |
| ชาย | 35 | 16 |
| หญิง | 66 | 81 |
| อายุเฉลี่ย (mean) (SD,min max) | 9.2 (1.8,5,13) | 66.8 (9.52,50,95) |

ในตารางที่ 4.2 แสดงความชุกของอาการป่วยต่างๆโดยเฉพาะทางระบบหายใจ ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ โดยร้อยละของเด็กที่มีอาการในแต่ละวันมีต่ำกว่าในผู้ใหญ่ สำหรับในเด็กความชุกมีตั้งแต่ต่ำที่สุดคืออาการหอบหืด (wheeze) เฉลี่ยร้อยละ 1.5 ต่อวัน จนถึงสูงสุดคือ อาการคือร้อยละ 25 ต่อวัน ส่วนในผู้ใหญ่อาการที่เป็นน้อยที่สุดคือหอบหืด ร้อยละ 8 ต่อวัน และสูงสุดคืออาการ ไอมีร้อยละ 50 ต่อวัน เมื่อรวมแต่ละอาการเหล่านี้เป็นกลุ่มอาการทางเดินหายใจส่วนต้น (URI) และส่วนล่าง (LRI) พบว่าในแต่ละวันเด็กมีอุบัติการณ์ของ URI เฉลี่ยร้อยละ 10.5 และในผู้ใหญ่มีร้อยละ 15.9 ส่วนกลุ่ม LRI มีเฉลี่ยร้อยละ 12.5 ในเด็กและ 18.4 ในผู้ใหญ่

**ตารางที่** 4.2 แสดงการกระจายของความถี่ (ร้อยละ) ของอาการทางระบบหายใจต่อวันที่เกิดขึ้นในกลุ่มเด็กและผู้ใหญ่

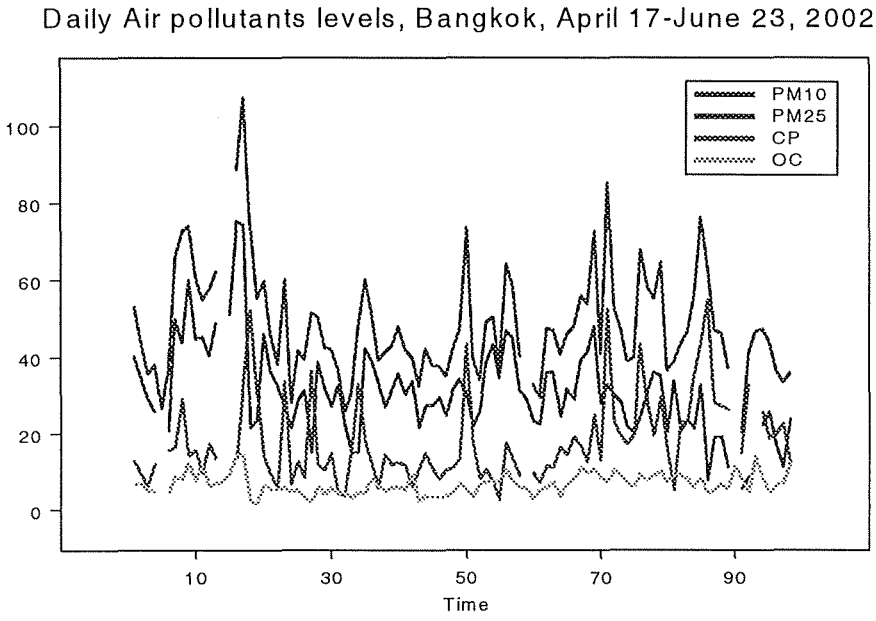
| อาการ | ร้อยละของอาการที่เกิดขึ้น | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | กลุ่มเด็ก | | | กลุ่มผู้ใหญ่ | | |
| | ค่าเฉลี่ย | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าเฉลี่ย | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด |
| ปวดศีรษะ | 7.58 | 1.15 | 20.79 | 24.15 | 1.05 | 37.75 |
| คัดจมูก | 20.07 | 9.47 | 38.61 | 34.99 | 4.29 | 24.42 |
| เจ็บคอ | 10.37 | 3.30 | 21.78 | 31.12 | 4.36 | 22.99 |
| ไอ | 25.45 | 13.59 | 44.55 | 50.00 | 37.89 | 62.10 |
| เสมหะ | 19.97 | 9.00 | 35.71 | 38.17 | 30.43 | 48.39 |
| หายใจวี้ด | 1.52 | 0.00 | 6.38 | 8.05 | 2.20 | 13.64 |
| แน่นหน้าอก | 2.63 | 0.00 | 8.33 | 14.85 | 6.59 | 22.83 |
| หายใจไม่อิ่ม | 3.37 | 0.00 | 9.18 | 21.88 | 14.89 | 30.11 |
| ไข้ | 6.06 | 0.00 | 16.83 | 8.65 | 1.02 | 15.79 |
| ปวดท้อง | 6.08 | 0.00 | 12.50 | 11.95 | 1.05 | 19.59 |
| URI Prevalence | 26.88 | 13.75 | 45.54 | 51.42 | 42.70 | 62.64 |
| LRI Prevalence | 32.39 | 20.00 | 48.48 | 60.32 | 48.31 | 72.34 |
| URI Incidence | 10.50 | 1.30 | 34.61 | 15.89 | 5.66 | 46.23 |
| LRI Incidence | 12.47 | 3.79 | 35.89 | 18.35 | 4.17 | 58.06 |

ระดับของมลพิษในอากาศในช่วงที่ศึกษาแสดงในตารางที่ 4.3 และ รูปภาพที่ 4.1 ระดับฝุ่น $PM_{10}$ เฉลี่ย 48.4 $\mu g/m^3$, $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 30.9 $\mu g/m^3$ ส่วนประกอบของฝุ่น Total carbon (TC) เฉลี่ย 14.5 $\mu g/m^3$ โดยเป็น organic carbon (OC) เฉลี่ย 6.8 $\mu g/m^3$ สัดส่วนของฝุ่นเล็ก ($PM_{2.5}$) เป็น ร้อยละ 64 ของฝุ่นขนาด 10 ไมครอน ($PM_{10}$) ในช่วงที่ศึกษามีอุณหภูมิเฉลี่ย 30.1 $^{\circ}C$ ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) เฉลี่ย 76.7 % และ dew point เฉลี่ย 25.3 $^{\circ}C$

ตารางที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับมลพิษอากาศกับความชุกของกลุ่มอาการทางระบบหายใจส่วนต้น (URS) อาการทางระบบหายใจส่วนล่าง (LRS) ไอ และหอบหืด ในกลุ่มเด็ก ระดับ

$PM_{10}$ มีความสัมพันธ์กับอาการทางระบบหายใจ แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ $PM_{2.5}$ มีความโน้มเอียงที่สัมพันธ์กับอาการหอบ แต่ไม่พบว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ฝุ่นหยาบพบว่ามีความพันธ์กับอาการไอ โดยเฉลี่ยเมื่อระดับฝุ่นหยาบสูงขึ้น 1 Interquartile range (IQR) โอกาสเสี่ยงของการไอเพิ่มขึ้นร้อยละ 4 (OR= 1.04, 95%1.0, 1.08) สำหรับส่วนประกอบของฝุ่นพบว่า Organic carbon(OC )อาจมีความสัมพันธ์กับอาการไอ แต่อย่างไรก็ตาม ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับก๊าซมลพิษตัวอื่นๆ เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) ดูเหมือนจะมีความสัมพันธ์กับ URS. อาการไอ และหอบหืด แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ($NO_2$ ) และก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ไม่พบว่ามีความสัมพันธ์กับการเกิดอาการทางระบบหายใจอย่างชัดเจน

**รูปภาพที่** 4.1 แสดงระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองและองค์ประกอบของฝุ่นจำแนกตามวัน



**ตารางที่ 4.3** แสดงค่าเฉลี่ยของมลพิษอากาศและอุตุนิยมวิทยา ระหว่างวันที่ 16 เมษายน 2545 ถึง 23 กรกฎาคม 2545

| มลพิษอากาศ/ อุตุนิยมวิทยา | ค่าเฉลี่ย (Mean) (SD) | ค่ามัธยฐาน (Median) | ค่าต่ำสุด (Minimum) | ค่าสูงสุด (Maximum) | จำนวนวัน | Interquartile Range (IQR) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $PM_{10}$ ($\mu g/m^3$) | 48.38 (14.54) | 45.97 | 20.49 | 107.26 | 95 | 17.1 |
| $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$) | 30.98 (12.14) | 30.19 | 5.52 | 75.32 | 95 | 13.84 |
| $PM_{10-2.5}$ ($\mu g/m^3$) | 17.84 (11.29) | 14.35 | 2.66 | 54.72 | 93 | 11.82 |
| TC ($\mu g/m^3$) | 14.47 (7.63) | 13.05 | 4.91 | 68.97 | 99 | 6.81 |
| OC ($\mu g/m^3$) | 6.81 (2.85) | 6.37 | 1.78 | 15.58 | 99 | 3.40 |
| IC ($\mu g/m^3$) | 7.66 (5.61) | 6.96 | 0.03 | 53.39 | 99 | 3.53 |
| SO2 ($\mu g/m^3$) | 7.43 (8.13) | 3.68 | 0.21 | 40.21 | 99 | 11.12 |
| CO ($\mu g/m^3$) | 0.80 (0.57) | 0.63 | 0.1 | 2.85 | 68 | 0.66 |
| NO2 ($\mu g/m^3$) | 14.03 (10.37) | 15.42 | 0.16 | 46.08 | 99 | 17.47 |
| $PM_{2.5}$ / $PM_{10}$ ratios | 0.64 | 0.70 | 0.12 | 0.93 | 93 | 0.24 |
| อุณหภูมิรายวัน ($^{\circ}C$) | 30.10 (1.03) | 30.10 | 26.7 | 32.2 | 99 | 1.2 |
| ความชื้นสัมพัทธ์ รายวัน (%) | 76.67 (5.22) | 77.0 | 63.0 | 92 | 99 | 6.0 |
| อุณหภูมิจุดน้ำค้าง รายวัน ($^{\circ}C$) | 25.34 (0.71) | 25.4 | 22.4 | 26.7 | 99 | 0.80 |

**ตารางที่** 4.4 แสดงค่า Odds ratios (confidence interval) ของความชุกของอาการทางระบบหายใจในกลุ่มเด็กที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้น1 Interquartile Range ( IQR) ของมลพิษแต่ละตัว

| มลพิษอากาศ | อาการระบบหายใจส่วนบน | อาการระบบหายใจส่วนล่าง | อาการไอ | อาการหายใจมีเสียงวี้ด |
|---|---|---|---|---|
| $PM_{10}$ | 1.02 (0.97,1.07) | 1.01 (0.96, 1.05) | 1.03 (0.99, 1.09) | 1.03 (0.81, 1.32) |
| $PM_{2.5}$ | 0.99 (0.93, 1.05) | 0.98 (0.94, 1.03) | 1.00 (0.95, 1.05) | 1.16 (0.91, 1.47) |
| $PM_{10-2.5}$ | 1.04 (0.99, 1.08) | 1.02 (0.98, 1.06) | **1.04 (1.00, 1.08)** | 0.89 (0.69, 1.15) |
| TC | 0.99 (0.95, 1.02) | 1.00 (0.97, 1.04) | 1.01 (0.98, 1.05) | 0.95 (0.84, 1.07) |
| OC | 1.0 (0.96, 1.05) | 1.01 (0.96, 1.06) | 1.03 (0.98, 1.08) | 0.96 (0.80, 1.16) |
| IC | 0.99 (0.97, 1.01) | 1.00 (0.98, 1.02) | 1.01 (0.98, 1.03) | 0.96 (0.88, 1.05) |
| $NO_2$ | 0.93 (0.87, 1.0) | 0.99 (0.93, 1.06) | 0.97 (0.91, 1.04) | 1.03 (0.72, 1.48) |
| $SO_2$ | 1.04 (0.98, 1.11) | 1.01 (0.96, 1.07) | 1.03 (0.97, 1.08) | 1.05 (0.83, 1.33) |
| CO | 0.97 (0.93, 1.02) | 1.01 (0.97, 1.06) | 0.99 (0.94, 1.04) | 1.05 (0.75, 1.48) |

* Single –pollutants model including based model (temperature, weekday, and dew point, for wheeze model include only dewpoint) + pollutant

ตารางที่ 4.5 แสดง ความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษกับอุบัติการณ์อาการทางระบบหายใจในเด็กเช่นเดียวกับ ความชุกในตารางที่ 4.4 ซึ่งส่วนใหญ่พบความสัมพันธ์เล็กน้อยระหว่างระดับฝุ่นและอาการทางระบบหายใจ อย่างไรก็ตามไม่พบนัยสำคัญทางสถิติ นอกจาก ฝุ่นหยาบ ($PM_{10-2.5}$) ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์กับกลุ่มอาการทางระบบหายใจส่วนล่าง (OR= 1.08, 95%CI 1.00, 1.17 ) และไอ (OR=1.09, 95%CI 1.00, 1.19) ในขณะที่ ฝุ่นเล็กอาจมีความสัมพันธ์กับอุบัติการณ์ของหอบหืด แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนองค์ประกอบของฝุ่นนั้น พบว่าส่วนที่เป็น Organic carbon (OC) มีโอกาสที่จะมีความสัมพันธ์กับอาการไอ แม้จะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (OR=1.04, 95% CI 0.94, 1.14)

**ตารางที่** 4.5 แสดงค่า Odds ratios (confidence interval) ของอุบัติการณ์อาการทางระบบหายใจในกลุ่มเด็กที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้น 1 Interquartile Range ( IQR) ของมลพิษแต่ละตัว

| มลพิษอากาศ | อาการระบบหายใจส่วนบน | อาการระบบหายใจส่วนล่าง | อาการไอ | อาการหายใจมีเสียงวี้ด |
|---|---|---|---|---|
| $PM_{10}$ | 1.01(0.93, 1.10) | 1.05 (0.96, 1.14) | 1.07 (0.98, 1.16) | 1.02 (0.79, 1.32) |
| $PM_{2.5}$ | 0.96 (0.87, 1.06) | 0.97 (0.88, 1.06) | 0.98 (0.89, 1.08) | 1.06 (0.83, 1.36) |
| $PM_{10-2.5}$ | 1.03 (0.95, 1.12) | **1.08 (1.00, 1.17)** | **1.09 (1.00, 1.19)** | 0.92 (0.68, 1.25) |
| TC | 0.94 (0.88, 1.00) | 0.96 (0.90, 1.03) | 0.99 (0.92, 1.05) | 0.84 (0.67, 1.09) |
| OC | 0.95 (0.87, 1.04) | 0.96 (0.87, 1.05) | 1.04 (0.94, 1.14) | 0.89 (0.67, 1.14) |
| IC | 0.95 (0.91, 1.0) | 0.98 (0.93, 1.02) | 0.98 (0.93, 1.03) | 0.86 (0.72, 1.03) |
| $NO_2$ | 0.93 (0.82, 1.06) | 1.03 (0.91, 1.16) | 0.97 (0.87, 1.09) | 1.09 (0.74, 1.6) |
| $SO_2$ | 0.97 (0.87, 1.09) | 0.96 (0.86, 1.07) | 0.94 (0.84, 1.05) | 0.98 (0.74, 1.28) |
| CO | 0.97 (0.87, 1.07) | 0.99 (0.90, 1.09) | 0.96 (0.87, 1.06) | 0.95 (0.68, 1.31) |

*Single –pollutants model including based model (temperature, weekday, and dew point, for wheeze model include only dewpoint) + pollutant

ตารางที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษกับความชุกของอาการทางระบบหายใจในกลุ่มผู้ใหญ่ ซึ่งพบว่า $PM_{2.5}$ มีความเสี่ยงต่อหอบหืดสูง OR= 1.05 แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับส่วนประกอบ Total carbon ของฝุ่นมีความสัมพันธ์กับอาการหอบหืด (OR= 1.06, 95%CI 1.00, 1.11) โดย OC สัมพันธ์กับ อาการไอ (OR= 1.04, 95%CI 1.00, 1.08) และ หอบหืด (OR= 1.08, 95%CI 0.99, 1.16 ) และ IC มีความสัมพันธ์กับอาการหอบหืด (OR=1.04, 95%CI 1.00, 1.07)

สำหรับอุบัติการณ์ของอาการทางระบบหายใจในผู้ใหญ่นั้นไม่พบว่าสัมพันธ์กับระดับฝุ่นและมลพิษตัวอื่นอย่างชัดเจน (ตารางที่ 4.7)

**ตารางที่ 4.6** แสดงค่า Odds ratios (confidence interval) ของความชุกของอาการทางระบบหายใจในกลุ่มผู้ใหญ่ที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้น 1 Interquartile Range ( IQR) ของมลพิษแต่ละตัว

| มลพิษอากาศ/ | อาการระบบหายใจส่วนบน | อาการระบบหายใจส่วนล่าง | อาการไอ | อาการหายใจมีเสียงวี๊ด |
|---|---|---|---|---|
| $PM_{10}$ | 1.02 (0.98, 1.06) | 0.99 (0.95, 1.04) | 0.98 (0.94, 1.03) | 1.00 (0.97, 1.09) |
| $PM_{2.5}$ | 1.03 (0.98, 1.08) | 1.02 (0.98, 1.09) | 1.03 (0.98, 1.09) | 1.05 (0.97, 1.13) |
| $PM_{10-2.5}$ | 1.00 (0.96, 1.04) | 0.97 (0.94, 1.01) | 0.96 (0.92, 1.00) | 0.97 (0.91, 1.04) |
| TC | 1.02 (0.99, 1.05) | 1.00 (0.97, 1.03) | 1.02 (0.99, 1.06) | **1.06 (1.00, 1.11)** |
| OC | 1.01 (0.97, 1.06) | 1.02 (0.98, 1.05) | **1.04 (1.00, 1.08)** | 1.08 (0.99, 1.16) |
| IC | 1.01 (1.00, 1.03) | 1.00 (0.98, 1.02) | 1.01 (0.99, 1.03) | **1.04 (1.00, 1.07)** |
| $NO_2$ | 1.01 (0.96, 1.06) | 1.01 (0.96, 1.06) | 1.02 (0.97, 1.08) | 1.00 (0.88, 1.13) |
| $SO_2$ | 1.00 (0.96, 1.04) | 1.00 (0.96, 1.04) | 0.99 (0.95, 1.03) | 1.00 (0.91, 1.10) |
| CO | 1.01 (0.96, 1.06) | 0.98 (0.93, 1.04) | 0.98 (0.92, 1.04) | 1.01 (0.90, 1.13) |

*Single –pollutants model including based model (temperature, weekday, and dew point, for wheeze model include only dewpoint) + pollutant

**ตารางที่ 4.7** แสดงค่า Odds ratios (confidence interval) ของอุบัติการณ์อาการทางระบบหายใจในกลุ่มผู้ใหญ่ที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้น 1 Interquartile Range ( IQR) ของมลพิษแต่ละตัว

| มลพิษอากาศ | อาการระบบหายใจส่วนบน | อาการระบบหายใจส่วนล่าง | อาการไอ | อาการหายใจมีเสียงวี๊ด |
|---|---|---|---|---|
| $PM_{10}$ | 0.95 (0.88, 1.02) | 0.95 (0.87, 1.03) | 0.96 (0.88, 1.04) | 1.03 (0.90, 1.18) |
| $PM_{2.5}$ | 1.04 (0.96, 1.13) | 0.99 (0.91, 1.08) | 1.01 (0.93, 1.10) | 1.06 (0.94, 1.20) |
| $PM_{10-2.5}$ | 0.87 (0.80, 0.95) | 0.92 (0.84, 1.00) | 0.92 (0.84, 1.00) | 0.99 (0.88, 1.10) |
| TC | 1.01 (0.95, 1.07) | 0.97 (0.91, 1.03) | 0.98 (0.92, 1.04) | 1.00 (0.90, 1.12) |
| OC | 1.03 (0.95, 1.11) | 1.02 (0.95, 1.10) | 1.01 (0.93, 1.09) | 0.97 (0.84, 1.13) |
| IC | 1.00 (0..96, 1.04) | 0.96 (0.91, 1.01) | 0.98 (0.93, 1.02) | 1.01 (0.94, 1.09) |
| $NO_2$ | 0.98 (0.88, 1.09) | 1.00 (0.88, 1.12) | 0.96 (0.86, 1.07) | 0.99 (0.79, 1.24) |
| $SO_2$ | 1.00 (0.92, 1.08) | 0.91 (0.83, 1.00) | 0.98 (0.89, 1.06) | 1.03 (0.90, 1.19) |
| CO | 1.06 (0.95, 1.19) | 0.96 (0.85, 1.08) | 0.95 (0.85, 1.07) | 1.11 (0.96, 1.29) |

* Single –pollutants model including based model (temperature, weekday, and dew point, for wheeze model include only dewpoint) + pollutant

ตารางที่ 4.8 และ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัส $PM_{10}$ ในระยะ 1-5 วันก่อน (Lag 1 to 5 day) และ ค่าเฉลี่ย $PM_{10}$ ในช่วง 3, 4, และ 5 วันก่อน (Moving average) กับอุบัติการณ์อาการ

ทางระบบหายใจในกลุ่มเด็กและกลุ่มผู้ใหญ่ พบว่าระดับ $PM_{10}$ 1 วันก่อน มีความสัมพันธ์กับอาการหอบหืด ในกลุ่มเด็ก (OR=1.35, 95%CI 1.11, 1.66) แต่ไม่มีความสัมพันธ์กันชัดเจนในกลุ่มผู้ใหญ่

**ตารางที่** 4.8 แสดงค่า Odds ratios (confidence interval) ของอุบัติการณ์อาการทางระบบหายใจในกลุ่มเด็กที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้น 1 Interquartile Range ( IQR) ของปริมาณ $PM_{10}$ ในช่วง 1-5วันก่อน

| $PM_{10}$ | อาการระบบหายใจส่วนบน | อาการระบบหายใจส่วนล่าง | อาการไอ | อาการหายใจมีเสียงวี้ด |
|---|---|---|---|---|
| Current day | 1.01 (0.93, 1.10) | 1.05 (0.96, 1.14) | 1.07 (0.98, 1.16) | 1.02 (0.79, 1.32) |
| Lag 1 day | 0.98 (0.88, 1.08) | 1.03 (0.94, 1.12) | 1.02 (0.93, 1.12) | **1.35 (1.11, 1.66)** |
| Lag 2 day | 0.94 (0.85, 1.04) | 0.96 (0.89, 1.04) | 0.96 (0.88, 1.05) | 0.91 (0.76, 1.09) |
| Lag 3 day | 0.91 (0.81, 1.01) | 0.98 (0.91, 1.06) | 0.98 (0.90, 1.07) | 0.98 (0.80, 1.20) |
| Lag 4 day | 0.93 (0.84, 1.02) | 0.95 (0.87, 1.04) | 0.93 (0.84, 1.02) | 0.87 (0.65, 1.16) |
| Lag 5 day | 0.98 (0.91, 1.06) | 0.99 (0.90, 1.08) | 0.94 (0.86, 1.03) | 1.13 (0.90, 1.42) |
| MA3* | 1.03 (0.90, 1.18) | 1.03 (0.91, 1.16) | 1.06 (0.93, 1.19) | 1.03 (0.71, 1.49) |
| MA4 | 0.92 (0.78, 1.08) | 0.94 (0.82, 1.07) | 1.02 (0.89, 1.16) | 0.90 (0.68, 1.18) |
| MA5 | 0.86 (0.72, 1.05) | 0.85 (0.73, 1.01) | 0.97 (0.81, 1.14) | 0.84 (0.55, 1.29) |

* MA3 = 3 day moving average

**ตารางที่** 4.9 แสดงค่า Odds ratios (confidence interval) ของอุบัติการณ์อาการทางระบบหายใจในกลุ่มผู้ใหญ่ที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้น 1 Interquartile Range ( IQR) ของปริมาณ $PM_{10}$ ในช่วง 1-5วันก่อน

| $PM_{10}$ | อาการระบบหายใจส่วนบน | อาการระบบหายใจส่วนล่าง | อาการไอ | อาการหายใจมีเสียงวี้ด |
|---|---|---|---|---|
| Current day | 0.95 (0.88, 1.02) | 0.95 (0.87, 1.03) | 0.96 , (0.88, 1.04) | 1.03 (0.90, 1.18) |
| Lag 1 day | 0.93 (0.86, 0.99) | 0.93 (0.86, 1.01) | 0.98 (0.91, 1.05) | 0.98 (0.87, 1.10) |
| Lag 2 day | 0.94 (0.87, 1.02) | 0.95 (0.89, 1.03) | 0.97 (0.91, 1.04) | 0.99 (0.89, 1.10) |
| Lag 3 day | 1.01 (0.93, 1.09) | 0.99 (0.91, 1.07) | 0.98 (0.91, 1.06) | 1.02 (0.91, 1.14) |
| Lag 4 day | 1.08 (0.98, 1.20) | 1.03 (0.95, 1.11) | 1.03 (0.95, 1.11) | 0.90 (0.78, 1.03) |
| Lag 5 day | **1.08 (1.00, 1.17)** | 1.01 (0.94, 1.08) | 1.03 (0.94, 1.12) | 0.97 (0.86, 1.08) |
| MA 3 | 0.87 (0.78, 0.97) | 0.92 (0.83, 1.01) | 0.97 (0.88, 1.07) | 0.98 (0.83, 1.16) |
| MA4 | 0.90 (0.79, 1.03) | 0.95 (0.84, 1.07) | 0.96 (0.85, 1.08) | 1.07 (0.90, 1.27) |
| MA5 | 0.98 (0.84, 1.15) | 1.00 (0.86, 1.16) | 1.01 (0.87, 1.16) | 0.99 (0.77, 1.28) |

ตารางที่ 4.10 แสดง ความสัมพันธ์ระหว่าง lag exposure ต่อฝุ่นขนาดเล็ก ($PM_{2.5}$) กับอุบัติการณ์อาการทางระบบหายใจในเด็ก พบว่าการสัมผัสกับระดับ $PM_{2.5}$ ใน 1-5 วัน ก่อน(Lag 1 to 5 day) และการสัมผัสกับ ค่าเฉลี่ยของ $PM_{2.5}$ ในช่วง 3, 4 และ 5 วันก่อน (Moving average)ไม่มีความสัมพันธ์กับอาการทางระบบหายใจชัดเจนยกเว้น ความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ 1 วันก่อนมีความสัมพันธ์กับอาการหอบหืดอย่างชัดเจน (OR=1.37, 1.12, 1.68)

สำหรับในผู้ใหญ่ไม่พบว่าระดับของ $PM_{2.5}$ ในวันก่อนๆมีอิทธิพลต่อการเกิดอาการทางระบบหายใจอย่างชัดเจน (ตารางที่ 4.11)

**ตารางที่ 4.10** แสดงค่า Odds ratios (confidence interval) ของอุบัติการณ์อาการทางระบบหายใจในกลุ่มเด็กที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้น 1 Interquartile Range ( IQR) ของปริมาณ $PM_{2.5}$ ในช่วง 1-5วันก่อน

| $PM_{2.5}$ | อาการระบบหายใจส่วนบน | อาการระบบหายใจส่วนล่าง | อาการไอ | อาการหายใจมีเสียงวี๊ด |
|---|---|---|---|---|
| Current day | 0.96 (0.87, 1.06) | 0.97 (0.88, 1.06) | 0.98 (0.89, 1.08) | 1.06 (0.83, 1.36) |
| Lag 1 day | 0.91 (0.82, 1.00) | 0.94 (0.86, 1.02) | 0.91 (0.83, 1.00) | **1.37 (1.12, 1.68)** |
| Lag 2 day | 0.91 (0.82, 1.01) | 1.02 (0.94, 1.10) | 0.98 (0.90, 1.07) | 1.10 (0.91, 1.32) |
| Lag 3 day | 0.93 (0.83, 1.04) | 0.97 (0.89, 1.06) | 0.95 (0.86, 1.04) | 1.08 (0.90, 1.30) |
| Lag 4 day | 0.90 (0.86, 1.00) | 0.92 (0.84, 1.00) | 0.91 (0.83, 0.99) | 1.01 (0.76, 1.35) |
| Lag 5 day | 0.92 (0.84, 1.02) | 0.93 (0.85, 1.02) | 0.89 (0.81, 0.99) | 1.10 (0.86, 1.42) |
| MA 3 | 0.88 (0.77, 1.00) | 0.96 (0.85, 1.08) | 0.95 (0.84, 1.09) | 1.27 (0.97, 1.66) |
| MA4 | 0.90 (0.76, 1.07) | 0.93 (0.81, 1.07) | 0.93 (0.79, 1.10) | 1.08 (0.80, 1.47) |
| MA5 | 0.86 (0.71, 1.04) | 0.88 (0.75, 1.03) | 0.87 (0.73, 1.05) | 0.93 (0.68, 1.27) |

**ตารางที่ 4.11** แสดงค่า Odds ratios (confidence interval) ของอุบัติการณ์อาการทางระบบหายใจในกลุ่มผู้ใหญ่ที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้น 1 Interquartile Range ( IQR) ของปริมาณ $PM_{2.5}$ ในช่วง 1-5วันก่อน

| $PM_{2.5}$ | อาการระบบหายใจส่วนบน | อาการระบบหายใจส่วนล่าง | อาการไอ | อาการหายใจมีเสียงวี๊ด |
|---|---|---|---|---|
| Current day | 1.04 (0.96, 1.13) | 0.99 (0.91, 1.08) | 1.01 (0.93, 1.10) | 1.06 (0.94,1.20) |
| Lag 1 day | 0.99 (0.91, 1.07) | 1.02 (0.94, 1.11) | 1.01 (0.94, 1.09) | 1.01 (0.90, 1.14) |
| Lag 2 day | 0.97 (0.89, 1.05) | 0.94 (0.87, 1.03) | 0.97 (0.90, 1.05) | 1.02 (0.89, 1.16) |
| Lag 3 day | 0.98 (0.90, 1.06) | 0.99 (0.91, 1.08) | 1.02 (0.94, 1.10) | 1.03 (0.90, 1.18) |
| Lag 4 day | 1.03 (0.94, 1.13) | 1.04 (0.96, 1.13) | 1.04 (0.96, 1.13) | 1.01 (0.87, 1.16) |
| Lag 5 day | 1.04 (0.95, 1.14) | 0.98 (0.91, 1.07) | 1.01 (0.92, 1.10) | 1.04 (0.94, 1.16) |
| MA 3 | 0.98 (0.87, 1.10) | 0.98 (0.87, 1.10) | 0.98 (0.88, 1.10) | 1.05 (0.88, 1.25) |
| MA4 | 0.93 (0.81, 1.07) | 0.96 (0.84, 1.10) | 1.00 (0.89, 1.13) | 1.05 (0.84, 1.32) |
| MA5 | 0.98 (0.83, 1.16) | 1.03 (0.89, 1.20) | 1.05 (0.92, 1.21) | 1.00 (0.78, 1.29) |

ตารางที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นหยาบ ($PM_{10-2.5}$) ใน 1-5 วันก่อนและ เฉลี่ย 3, 4, 5 วันก่อน กับอุบัติการณ์อาการทางระบบหายใจในเด็ก พบว่า ระดับฝุ่นหยาบ 1 วันก่อน มีความสัมพันธ์กับกลุ่มอาการทางระบบหายใจส่วนต้น, ระบบหายใจส่วนล่างและอาการไอ แต่ไม่สัมพันธ์กับอาการหอบหืด ซึ่งลักษณะความสัมพันธ์นี้ไม่พบในผู้ใหญ่ (ตารางที่ 4.13)

**ตารางที่ 4.12** แสดงค่า Odds ratios (confidence interval) ของอุบัติการณ์อาการทางระบบหายใจในกลุ่มเด็กที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของ Interquartile Range ( IQR) ของปริมาณ $PM_{10-2.5}$ ในช่วง 1-5 วันก่อน

| $PM_{10-2.5}$ | อาการระบบหายใจส่วนบน | อาการระบบหายใจส่วนล่าง | อาการไอ | อาการหายใจมีเสียงวี๊ด |
|---|---|---|---|---|
| Current day | 1.03 (0.95, 1.12) | **1.08 (1.00, 1.17)** | **1.09 (1.00, 1.19)** | 0.92 (0.68, 1.25) |
| Lag 1 day | **1.08 (1.00, 1.18)** | **1.08 (1.00, 1.17)** | **1.10 (1.03, 1.18)** | 0.98 (0.73, 1.33) |
| Lag 2 day | 1.02 (0.94, 1.10) | 0.96 (0.89, 1.04) | 0.98 (0.90, 1.06) | 0.84 (0.68, 1.04) |
| Lag 3 day | 0.98 (0.90, 1.06) | 1.02 (0.96, 1.08) | 1.04 (0.97, 1.12) | 0.88 (0.67, 1.15) |
| Lag 4 day | 1.01 (0.94, 1.09) | 1.04 (0.97, 1.11) | 1.03 (0.96, 1.11) | 0.82 (0.62, 1.08) |
| Lag 5 day | 1.05 (0.97, 1.14) | 1.05 (0.97, 1.13) | 1.03 (0.95, 1.13) | 1.05 (0.84, 1.32) |
| MA 3 | 1.11 (0.99, 1.25) | 1.08 (0.97, 1.20) | 1.09 (0.97, 1.23) | 0.84 (0.59, 1.19) |
| MA4 | 1.06 (0.92, 1.22) | 1.03 (0.92, 1.15) | 1.10 (0.97, 1.25) | 0.82 (0.59, 1.15) |
| MA5 | 1.03 (0.87, 1.22) | 1.00 (0.87, 1.14) | 1.10 (0.95, 1.28) | 0.77 (0.47, 1.24) |

**ตารางที่ 4.13** แสดงค่า Odds ratios (confidence interval) ของอุบัติการณ์อาการทางระบบหายใจในกลุ่มผู้ใหญ่ที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้น 1 Interquartile Range ( IQR) ของปริมาณ $PM_{10-2.5}$ ในช่วง 1-5วันก่อน

| $PM_{10-2.5}$ | อาการระบบหายใจส่วนบน | อาการระบบหายใจส่วนล่าง | อาการไอ | อาการหายใจมีเสียงวี๊ด |
|---|---|---|---|---|
| Current day | 0.87 (0.80, 0.95) | 0.92 (0.84, 1.00) | 0.92 (0.84, 1.00) | 0.99 (0.88, 1.10) |
| Lag 1 day | 0.91 (0.84, 0.98) | 0.89 (0.82, 0.96) | 0.95 (0.87, 1.03) | 0.95 (0.85, 1.16) |
| Lag 2 day | 0.96 (0.91, 1.06) | 0.99 (0.92, 1.07) | 0.98 (0.92, 1.05) | 0.96 (0.84, 1.09) |
| Lag 3 day | 1.01 (0.94, 1.09) | 0.98 (0.90, 1.07) | 0.95 (0.87, 1.04) | 0.97 (0.83, 1.12) |
| Lag 4 day | 1.05 (0.97, 1.13) | 0.97 (0.90, 1.05) | 0.97 (0.90, 1.05) | 0.89 (0.79, 1.00) |
| Lag 5 day | 1.05 (0.98, 1.13) | 1.01 (0.94, 1.09) | 1.02 (0.94, 1.10) | 0.94 (0.82, 1.07) |
| MA 3 | 0.89 (0.81, 0.99) | 0.95 (0.85, 1.06) | 0.97 (0.87, 1.08) | 0.96 (0.82, 1.11) |
| MA4 | 0.93 (0.83, 1.04) | 0.96 (0.84, 1.09) | 0.94 (0.83, 1.07) | 0.98 (0.81, 1.18) |
| MA5 | 0.98 (0.85, 1.12) | 0.96 (0.82, 1.13) | 0.94 (0.80, 1.10) | 0.90 (0.70, 1.16) |

การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบอินทรีย์ของฝุ่นละออง (OC) กับอุบัติการณ์อาการทางระบบหายใจในกลุ่มด็กพบความสัมพันธ์ของอาการไอกับมลพิษวันเดียวกัน และกลุ่มอาการทางระบบหายใจส่วนล่างและอาการไอกับมลพิษ 2 วันก่อน (ตารางที่ 4.14) อย่างไรก็ดีความสัมพันธ์เหล่านี้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับในผู้ใหญ่นั้นไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัส OC ในวันก่อนๆ กับอาการทางระบบหายใจอย่างชัดเจน (ตารางที่ 4.15)

**ตารางที่ 4.14** แสดงค่า Odds ratios (confidence interval) ของอุบัติการณ์อาการทางระบบหายใจในกลุ่มเด็กที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้น 1 Interquartile Range ( IQR) ของปริมาณ organic carbon (OC) ในช่วง 1-5 วันก่อน

| Organic carbon | อาการระบบหายใจส่วนบน | อาการระบบหายใจส่วนล่าง | อาการไอ | อาการหายใจมีเสียงวี๊ด |
|---|---|---|---|---|
| Current day | 0.95 (0.87, 1.04) | 0.96 (0.87, 1.05) | 1.04 (0.94, 1.14) | 0.89 (0.67, 1.17) |
| Lag1 day | 0.95 (0.87, 1.03) | 0.94 (0.87, 1.02) | 0.96 (0.89, 1.04) | 1.03 (0.82, 1.29) |
| Lag 2 day | 1.03 (0.94, 1.12) | 1.07 (0.99, 1.16) | 1.06 (0.97, 1.15) | 0.91 (0.69, 1.19) |
| Lag 3 day | 0.96 (0.88, 1.06) | 1.01 (0.93, 1.10) | 1.03 (0.96, 1.11) | 0.82 (0.60, 1.12) |
| Lag 4 day | 0.97 (0.89, 1.07) | 0.97 (0.88, 1.05) | 1.02 (0.93, 1.11) | 0.80 (0.62, 1.04) |
| Lag 5 day | 0.97 (0.89. 1.06) | 0.97 (0.90, 1.05) | 0.97 (0.90, 1.05) | 0.91 (0.67, 1.24) |
| MA 3 | 0.96 (0.86, 1.08) | 0.99 (0.88, 1.11) | 1.04 (0.93, 1.17) | 0.88 (0.59, 1.32) |
| MA 4 | 0.95 (0.84, 1.08) | 0.99 (0.88, 1.13) | 1.05 (0.94, 1.19) | 0.82 (0.51, 1.30) |
| MA 5 | 0.94 (0.82, 1.08) | 0.98 (0.86, 1.12) | 1.06 (0.93, 1.21) | 0.76 (0.48, 1.20) |

**ตารางที่ 4.15** แสดงค่า Odds ratios (confidence interval) ของอุบัติการณ์อาการทางระบบหายใจในกลุ่มผู้ใหญ่ที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้น 1 Interquartile Range ( IQR) ของปริมาณ organic carbon (OC) ในช่วง 1-5 วันก่อน

| Organic carbon | อาการระบบหายใจส่วนบน | อาการระบบหายใจส่วนล่าง | อาการไอ | อาการหายใจมีเสียงวี๊ด |
|---|---|---|---|---|
| Current day | 1.03 (0.95, 1.11) | 1.02 (0.95, 1.10) | 1.01 (0.93, 1.09) | 0.97 (0.84, 1.13) |
| Lag1 day | 0.97 (0.89, 1.05) | 0.98 (0.91, 1.07) | 0.96 (0.89, 1.03) | 0.89 (0.77, 1.02) |
| Lag 2 day | 0.99 (0.91, 1.07) | 0.94 (0.88, 1..01) | 0.95 (0.88, 1.03) | 0.91 (0.81, 1.03) |
| Lag 3 day | 1.00 (0.91, 1.09) | 1.00 (0.92, 1.09) | 1.01 (0.93, 1.10) | 1.01 (0.89, 1.15) |
| Lag 4 day | 1.00 (0.92, 1.09) | 1.00 (0.93, 1.08) | 1.01 (0.93, 1.09) | 0.99 (0.85, 1.14) |
| Lag 5 day | 0.99 (0.92, 1.08) | 0.94 (0.86, 1.02) | 0.97 (0.89, 1.06) | 0.98 (0.87, 1.10) |
| MA 3 | 1.00 (0.91, 1.11) | 0.98 (0.89, 1.09) | 0.96 (0.87, 1.07) | 0.87 (0.71, 1.05) |
| MA 4 | 1.00 (0.89, 1.12) | 0.98 (0.88, 1.10) | 0.97 (0.87. 1.09) | 0.89 (0.73, 1.08) |
| MA 5 | 1.00 (0.88, 1.14) | 0.98 (0.87, 1.11) | 0.98 (0.87, 1.10) | 0.89 (0.72, 1.09) |

## 4.4 อภิปรายผลการศึกษา

การศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นว่าฝุ่นละออง $PM_{10}$, และ $PM_{2.5}$ มีความสัมพันธ์กับอาการหอบหืดในเด็ก โดยเฉพาะสัมพันธ์กับความเข้มข้นของฝุ่นแบบสะสมคือวันก่อน 1วัน ส่วนฝุ่นในขนาด $PM_{10\text{-}2.5}$ มีความสัมพันธ์กับอาการไอและระบบหายใจส่วนต้น ส่วน OC นั้นมีโอกาสเป็นไปได้ที่จะสัมพันธ์กับความชุกของอาการไอ และหอบหืด โดยสังเกตจากค่า Odds ratio (ประมาณ 1.04 -1.08 ในผู้ใหญ่) ค่อนข้างสูงกว่าองค์ประกอบอื่น แม้ว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนมลพิษอากาศตัวอื่นๆ ได้แก่ $NO_2$, $SO_2$, และ CO นั้นไม่พบว่ามีความสัมพันธ์กับอาการทางระบบหายใจอย่างชัดเจน สาเหตุที่ไม่พบความสัมพันธ์

ของฝุ่นกับการเกิดอาการทางระบบหายใจอย่างชัดเจนอาจเป็นเพราะกลุ่มตัวอย่างในการศึกษานี้เป็นกลุ่มคนสุขภาพปกติ ไม่ใช่กลุ่มเสี่ยงเช่นโรคภูมิแพ้หรือหอบหืด

การศึกษาทางระบาดวิทยาพบว่า ฝุ่นละอองมีส่วนทำให้เกิดอาการทางระบบหายใจโดยเฉพาะในเด็กที่เป็นหอบหืด ทั้งการศึกษาแบบภาคตัดขวาง (Dockery DW, 1996) การศึกษาแบบ panel และ time series ก็พบว่าฝุ่นละอองทำให้อัตราการเข้ารักษาที่ห้องฉุกเฉินด้วยอาการหอบหืดมากขึ้น (Norris G et al., 1999) หอบหืดจนต้องนอนโรงพยาบาล (Pope CA 3rd, 1991; Atkinson RW et al., 2001 ) อาการป่วยเฉียบพลัน (Pope, CA et al., 1991; Yu O, 2000) การใช้ยามากขึ้น (Pope CA et al.,1991 ) และทำให้สมรรถภาพปอดลดลง (Vedal S et al.,1998) ซึ่งผลการศึกษานี้พบความสัมพันธ์ของฝุ่นกับอาการทางระบบหายใจ สอดคล้องกับการศึกษาในต่างประเทศที่ผ่านมาดังกล่าว

ปัจจุบันมีความสงสัยว่าส่วนประกอบใดของฝุ่นที่เป็นพิษและเป็นตัวทำให้เกิดอาการทางระบบหายใจ อย่างไรก็ดีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอาการทางระบบหายใจและองค์ประกอบของฝุ่นยังมีน้อย โดยเฉพาะการศึกษาเกี่ยวกับ Organic carbon (OC) ของฝุ่นละออง เมื่อไม่นานมานี้ McConnell (2003) และคณะทำการศึกษาอาการหอบหืดในเด็กนักเรียนประมาณ 475 คนเป็นเวลา 4 ปีพบว่ามีความสัมพันธ์กับมลพิษอากาศใน Los Angeles และพบว่า OC มีความสัมพันธ์กับโรคหลอดลมอักเสบในเด็กที่เป็นหอบหืด (OR=1.41/µg/m3, 95%CI , 1.12-1.78), อีกการศึกษาหนึ่งโดย Delfino RJ, และคณะ, 2003 ศึกษาอาการหอบหืดในกลุ่มเด็ก Hispanic ใน Los Angeles ทำการศึกษาแบบ panel study โดย ติดตามเด็กหอบหืดจำนวน 22 คนทุกวันเป็นเวลา 3 เดือน พบว่า OC มีความสัมพันธ์กับการหอบหืด OR = 1.89 และมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้อสังเกตคือการศึกษาทั้งสองซึ่งพบความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นการศึกษาในเด็กที่เป็นหอบหืด

ในการศึกษานี้ ได้วิเคราะห์หาปริมาณ OC จาก ฝุ่น$PM_{2.5}$ ซึ่งเป็นฝุ่นขนาดเล็กที่สามารถเข้าถึงส่วนล่างของระบบหายใจได้ และการศึกษาพบว่า $PM_{2.5}$ มีผลต่อระบบหายใจส่วนล่างมากกว่าฝุ่นใหญ่ ($PM_{10-2.5}$) องค์ประกอบ OC นี้ ส่วนใหญ่เกิดมาจากควัน ไอเสียจากรถยนต์ทั้ง gasoline และ diesel นอกจากนี้ยังอาจมาจากการเผาไหม้ของไม้, ถ่าน, การทำอาหารซึ่งพบในพื้นที่ศึกษาได้เช่นกัน แม้แต่จากการเผาไหม้ของก๊าซ หรือฝุ่นที่เกิดจากการเสียดสีของล้อยางรถยนต์ ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับผลของฝุ่น OC ต่อร่างกายมนุษย์น้อย แม้แต่การศึกษาทางระบาดวิทยาก็มีน้อยเช่นกัน แต่ ฝุ่น OC นี้ในทางชีวภาพมีส่วนทำให้เกิดอาการหอบหืดได้ การศึกษาใน Los Angeles พบว่า OC และ สาร Polycyclic aromatic hydrocarbon ที่อยู่ในฝุ่นเล็กนั้นมีฤทธิ์เป็น oxidative ซึ่งเป็นอันตรายต่อเซลล์ ฝุ่น OC นั้นส่วนใหญ่เกิดจากไอเสียรถยนต์ โดยเฉพาะไอจากเครื่องยนต์ diesel การศึกษาพบว่าฝุ่นจาก diesel

( Li, N et al., 2002) ทำให้เกิดหอบหืดจากการแพ้ได้ง่ายขึ้นทั้งในสัตว์ทดลองและในคน (Sydbom A, 2001; Hashimoto et al., 2001) โดยพวกสารภูมิแพ้จับกับฝุ่น diesel ได้ดี นอกจากนี้ฝุ่นจาก diesel เองก็มีพิษทำให้เกิดการอักเสบของทางระบบหายใจ การศึกษาจากส่วนเนื้อเยื่อและสารคัดหลั่งในหลอดลมที่ได้จาก bronchial lavage พบว่า ฝุ่น diesel เหล่านี้ประกอบด้วย polycyclic aromatic hydrocarbon, halogenated aromatic hydrocarbon, และ quinine ซึ่งมี oxygen species ทำให้เกิด oxidative stress (Hiura TS, et al. 1999; Casillas AM et al., 1999)

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของฝุ่น organic ครั้งแรกในประเทศไทย การศึกษานี้มีจุดแข็งคือเป็นการศึกษาแบบ panel study ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลต่อเนื่องกันทุกวันเพื่อเปรียบอาการทางระบบหายใจของคนเดียวกันกับระดับมลพิษที่เปลี่ยนแปลงไป ทำการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ผู้อยู่ในการศึกษา มีการควบคุมคุณภาพของผู้สัมภาษณ์ โดยการตรวจสอบผลการสัมภาษณ์เป็นระยะ ดังนั้นข้อมูลทางสุขภาพจึงมีความเชื่อถือได้สูง อย่างไรก็ดีการศึกษานี้อาจมีข้อด้อยอยู่ เนื่องจากเป็นการประมาณค่าการสัมผัสมลพิษของแต่ละคนที่อยู่ในการศึกษาจากสถานีตรวจอากาศซึ่งเป็นค่าเดียวกันสำหรับทุกคนในแต่ละวัน ดังนั้นการประเมินการสัมผัสมีโอกาสคลาดเคลื่อนได้บ้าง อย่างไรก็ดี เป็นข้อจำกัดของการวัดประเมินการสัมผัสที่พบได้เหมือนกับการศึกษารูปแบบนี้แม้แต่ในการศึกษาในต่างประเทศก็พบปัญหานี้เช่นกัน แต่การศึกษานี้ได้พยายามลดความคลาดเคลื่อนโดยผู้ที่อยู่ในการศึกษาทั้งหมดอาศัยอยู่ในชุมชนเดียวกัน และไม่ได้อยู่ในห้องปรับอากาศดังนั้นค่าอากาศที่ได้น่าจะเป็นตัวแทนประเมินการสัมผัสได้ดี

ผลจากศึกษาในครั้งนี้ไม่สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง OC กับอาการทางระบบหายใจอย่างชัดเจนทางสถิติโดยเฉพาะในกลุ่มเด็ก แต่ก็ยังไม่อาจสรุปว่า organic carbon ไม่มีความสำคัญเกี่ยวข้องกับการเกิดอาการทางระบบหายใจ แต่อาจเป็นไปได้ว่า OC ในพื้นที่ศึกษามีผลกระทบแบบเฉียบพลันเพียงเล็กน้อยต่อประชากรส่วนใหญ่ที่มีสุขภาพปกติไม่มีโรคหอบหืดหรือภูมิแพ้ การศึกษาต่อไปควรทำการศึกษาในกลุ่มเสี่ยงได้แก่กลุ่มเด็กที่มีโรคหอบหืด, ภูมิแพ้ และโรคปอดเรื้อรังต่อไป นอกจากนี้ควรมีการศึกษาทางแหล่งที่มาขององค์ประกอบฝุ่นประกอบไปด้วยเพื่อให้มีผลในการลดแหล่งกำเนิดฝุ่นเหล่านี้อันจะทำให้ฝุ่นเหล่านี้ลดลงต่อไป

# บทที่ 5
# การประเมินผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์

มีการศึกษาที่คาดประมาณประโยชน์ของโครงการควบคุมมลพิษทางอากาศในทวีปอเมริกาเหนือและประเทศในแถบยุโรปตะวันตกชี้ให้เห็นว่าเมื่อมีผลกระทบต่อสุขภาพ ถ้าคิดถึงผลประโยชน์ที่ได้จากการลดผลกระทบต่อสุขภาพเหล่านี้เป็นรูปตัวของเงินแล้วพบว่ามีค่าสูงมาก (Ostro and Chestnut, 1999) การศึกษาเหล่านี้ยังพบว่า ความพึงพอใจที่จะจ่ายของสาธารณชนเพื่อลดหรือเลี่ยงผลกระทบต่อสุขภาพ อันเนื่องมาจากอากาศเป็นพิษมักมีค่าเกินกว่าค่าความสูญทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นจริง (รวมถึงสูญเสียรายได้และค่ารักษาพยาบาลเมื่อเจ็บป่วย) ค่าความพึงพอใจที่จะจ่าย (willingness-to-pay:WTP) เป็นปัจจัยสำคัญตัวหนึ่งในการวิเคราะห์ค่าของการลดผลกระทบต่อสุขภาพของสาธารณชนในสหรัฐอเมริกาและในประเทศพัฒนาอื่น ๆ มีข้อมูลน้อยเกินกว่าที่จะแสดงให้เห็นว่าค่าประมาณดังกล่าวจะสามารถนำมาประยุกต์กับประเทศไทยหรือประเทศอื่น ๆ ซึ่งมีวัฒนาธรรมและมาตรฐานการครองชีพแตกต่างออกไปได้หรือไม่ ดังนั้นการศึกษาหาค่า WTP ของประชากรกรุงเทพมหานคร ในการลดผลกระทบต่อสุขภาพอันเนื่องจากอากาศเป็นพิษจะนำไปสู่การประเมินคุณค่าของนโยบายที่ลดระดับมลพิษในอากาศ

การศึกษา WTP ได้ถูกออกแบบเพื่อใช้ควบคู่ไปกับการวิจัยการบันทึกอาการทางระบบหายใจประจำวันเพื่อให้ได้ข้อมูลว่ากลุ่มตัวอย่างจะให้ค่าในการหลีกเลี่ยงการมีอาการทางระบบหายใจเป็นเวลา 1 วัน มากเพียงใด ความท้าทายของการออกแบบสำรวจ WTP สำหรับอาการทางสุขภาพคือ การสร้างคำถามในทางที่จะช่วยให้กลุ่มตัวอย่างคิดในสภาพความเป็นจริงเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยน (tradeoffs) ระหว่างรายได้หรือค่าใช้จ่ายกับการเจ็บป่วย ความคิดในการใช้จ่ายเพื่อหลีกเลี่ยงหรือลดการเจ็บป่วยอาจไม่เป็นที่คุ้นเคยและจะต้องมีลักษณะที่เป็นไปทีละขั้นตอน มิฉะนั้นกลุ่มศึกษาอาจมีความยากลำบากในการตอบคำถามเกี่ยวกับ WTP การสำรวจแบบนี้ได้มีการทดสอบและถูกใช้อย่างกว้างขวางในสหรัฐอเมริกาและยุโรปตะวันตกเพื่อตรวจสอบประเด็นต่างๆ เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมรวมทั้งสุขภาพของคน กลุ่มศึกษาซึ่งตรวจสอบอาการของตนเองในแต่ละวันอาจสามารถเข้าใจได้ดี และตอบคำถามเกี่ยวกับอาการเหล่านั้นว่ามีผลต่อความรู้สึกสุขภาพดีอย่างไร และอะไรที่พวกเขาจะจ่ายเพื่อลดอาการเจ็บป่วยเหล่านั้น

ผลการศึกษานี้สามารถหาค่าของผลกระทบต่อสุขภาพที่สัมพันธ์กับความเข้มข้นของมลภาวะทางอากาศในกรุงเทพมหานคร ซึ่งจะนำไปสู่การคำนึงถึงประโยชน์ของการควบคุมมลภาวะทางอากาศในกรุงเทพมหานคร

## 5.1 วิธีการเก็บข้อมูล

ในการเก็บข้อมูลผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์ ใช้วิธีการเก็บโดยการใช้แบบสอบถาม (ภาคผนวก) สัมภาษณ์ เฉพาะกลุ่มตัวอย่างผู้ใหญ่ที่อยู่ใน Panel Study ของอาการระบบหายใจรายวัน โดยเจ้าหน้าที่สัมภาษณ์ที่ได้รับการฝึกอบรมมาอย่างดี โดยอ่านคำถามและอธิบายเพิ่มเติมให้แก่กลุ่มตัวอย่าง ถ้าหากไม่เข้าใจ โดยจะต้องให้กลุ่มตัวอย่าง เข้าใจคำถามอย่างดีเสียก่อน จึงค่อยตอบคำถามเหล่านั้น เนื่องจากเป็นคำถามที่ค่อนข้างยาก จำนวนตัวอย่างที่เก็บได้จริงๆ จึงมีเพียง 87 คน ที่เข้าใจและตอบคำถามได้จริง

## 5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการวิเคราะห์

จากผลการศึกษา Time series ของอัตราการตาย และPanel Study ของอาการระบบหายใจรายวัน ไม่พบผลกระทบที่ชัดเจนของฝุ่นละอองต่อการเกิดอาการทางระบบหายใจ จึงทำให้ไม่สามารถนำข้อมูลที่เก็บจากการศึกษาครั้งนี้มาประเมินความพึงพอใจที่จะจ่าย (WTP) ต่อการเกิดอาการทางระบบหายใจ ดังนั้นจึงได้ใช้ข้อมูลในภาพรวมของประเทศนำมาทำการประเมินผลกระทบของฝุ่นละอองต่อการตายก่อนเวลาอันควร (Premature mortality)

ด้วยเหตุที่การศึกษาเกี่ยวกับ WTP ในประเทศไทยมีจำกัด การศึกษานี้จึงต้องนำผลของการศึกษาในสหรัฐอเมริกามาปรับเข้ากับสถานการณ์ในประเทศไทย แต่ต้องตั้งอยู่บนพื้นฐาน (Assumption) ที่เหมาะสม ซึ่งไม่ได้หมายความว่าค่าของชีวิตหรือค่าที่จะมีสุขภาพดีในประเทศไทยจะแตกต่างกับในประเทศสหรัฐอเมริกา เพียงแต่ว่าในการประเมินครั้งนี้ ค่าของเงินเป็นตัวชี้วัดที่บุคคลแต่ละคนยอมที่จะจ่ายเพื่อต้องการที่จะลดผลกระทบต่อสุขภาพเนื่องจากมลพิษทางอากาศ ซึ่งอาจจะขึ้นกับปริมาณและการเข้าถึงของวัตถุและทรัพยากรที่อยู่รอบด้านของแต่ละบุคคล เพราะฉะนั้น ในสหรัฐอเมริกา ค่าของเงินตามตัวเลขอาจจะสูงกว่าในประเทศไทย แต่ถ้าเทียบเป็นสัดส่วนกับสิ่งที่มีอยู่ในประเทศไทย ค่าที่ยอมที่จะจ่ายในประเทศไทยอาจจะสูงกว่าในสหรัฐอเมริกา

ในการศึกษานี้ได้ประเมินผลกระทบของฝุ่นละอองต่อการตายก่อนเวลาอันควร (Premature mortality) โดยใช้หลักในเชิงเศรษฐศาสตร์ 4 แนวทางดังนี้

**แนวทางที่** 1 ใช้ผลการศึกษาในสหรัฐอเมริกา โดยไม่มีการปรับ

ในปี พ.ศ. 2542 องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมประเทศสหรัฐอเมริกา(United State Environmental Protection Agency : USEPA) ได้ทบทวนการศึกษาหลายชิ้นในสหรัฐอเมริกา ที่ประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ในรูปแบบ WTP พบว่าค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.6 ล้านเหรียญสหรัฐ ต่อ 1

รายของการตายก่อนวัยอันควร (Premature mortality) ดังนั้นจากการนำผลของการศึกษานี้ที่ประมาณการว่า ผลกระทบจากฝุ่นละอองในอากาศมีความสัมพันธ์กับอัตราการตายก่อนวัยอันควร 900 รายจากการสัมผัสฝุ่นในระยะสั้น สามารถนำมาประเมินค่าทางการเงินเท่ากับ 255.6 พันล้านบาท

**แนวทางที่** 2 ปรับผลการศึกษาในสหรัฐอเมริกาที่ร้อยละ 50

ในปี พ.ศ. 2540 ได้มีการศึกษาที่ประมาณค่าทางการเงินของผลกระทบจากฝุ่นละอองขนาดเล็กในกรุงเทพมหานคร โดยใช้ทฤษฎี WTP ผลจากการศึกษาครั้งนั้นแสดงให้เห็นว่า สามารถนำผลการศึกษาในสหรัฐอเมริกามาปรับใช้ในกรุงเทพมหานครได้ (Chestnut et al., 1997) ซึ่งเลือกปรับที่ตัวเลข 0.5 หมายความว่า ค่าของWTP ของประชาชนในกรุงเทพมหานคร เป็นร้อยละ 50 ของประชาชนในสหรัฐอเมริกา

จากตารางที่ 5.1 จะเห็นได้ว่า ค่า WTP ต่อ 1 ราย เท่ากับ 142 ล้านบาท เพราะฉะนั้น ค่า WTP จากการตายก่อนเวลาอันควร รวมทุกโรคเท่ากับ 127.8 พันล้านบาท

**แนวทางที่** 3 ใช้ค่าปรับที่ตัวเลข 0.3 โดยใช้อัตราส่วนของผลิตภัณฑ์มวลรวม ของประเทศ (GDP) ต่อประชาชนในกรุงเทพมหานคร ($ 7,500) ต่อ GDP ในประเทศสหรัฐอเมริกา ($25,800) โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานที่ว่าค่า WTP ของผลกระทบจากมลพิษต่อสุขภาพอิงกับรายได้ จะได้ค่า WTP ของการตายก่อนเวลาอันควรของทุกโรค เท่ากับ 76.5 พันล้านบาท

**แนวทางที่ 4** ใช้ค่าปรับที่ตัวเลข 0.2 ซึ่งเป็นค่าที่ธนาคารโลกใช้คำนวณในการศึกษาครั้งล่าสุดในประเทศไทย โดยใช้หลักเกณฑ์ตามความแตกต่างในอัตราค่าจ้าง (Wages) ระหว่างประเทศไทยกับประเทศสหรัฐอเมริกา ตารางที่ 5.1 แสดงให้เห็นว่า ค่า WTP สำหรับการตายก่อนเวลาอันควรรวมทุกโรคในประเทศไทย เท่ากับ 51.3 พันล้านบาท

ในการประเมินค่าทางการเงินจากผลกระทบของฝุ่นละอองในอากาศต่อสุขภาพประชาชนในกรุงเทพมหานคร ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้แนวทางทั้ง 4 ข้อ และนำค่าจากการศึกษาในสหรัฐอเมริกามาปรับใช้ให้เข้ากับสถานการณ์ในประเทศไทย ซึ่งค่าWTP ของการตายก่อนเวลาอันควรรวมทุกโรคมีค่าประมาณ 256 พันล้านบาท ถึง 51 พันล้านบาท

**ตารางที่ 5.1** แสดงการประมาณการของค่าทางการเงินของการตายก่อนเวลาอันควรที่สัมพันธ์กับฝุ่นละออง

| ค่าประมาณทางการเงินของการตายก่อนเวลาอันควร ต่อ 1 ราย | สาเหตุการตาย | จำนวนการตายโดยประมาณ ใน 1 ปี | มูลค่า ณ ปี พ.ศ. 2545 (พันล้านเหรียญสหรัฐ) | มูลค่า ณ ปี พ.ศ. 2545 (พันล้านบาท)* |
|---|---|---|---|---|
| จากการศึกษาในสหรัฐ 6.6 ล้านเหรียญสหรัฐ 284 ล้านบาท | การตายด้วยทุกสาเหตุ จากการสัมผัสฝุ่นในระยะสั้น | 900 | $5.9 | 255.6 |
| จากการใช้ค่าประมาณ 50% ของค่าที่ได้จากการศึกษาในสหรัฐฯ 3.3 ล้านเหรียญสหรัฐ 142 ล้านบาท | การตายด้วยทุกสาเหตุ จากการสัมผัสฝุ่นในระยะสั้น | 900 | $2.97 | 127.8 |
| จากการประมาณโดยใช้ค่าสัดส่วนของ GDP ของไทยกับ สหรัฐฯ คือ 30% 2.0 ล้านเหรียญสหรัฐ 85 ล้านบาท | การตายด้วยทุกสาเหตุ จากการสัมผัสฝุ่นในระยะสั้น | 900 | $1.8 | 76.5 |
| จากการใช้ค่าประมาณ 20% ของค่าที่ได้จากการศึกษาในสหรัฐฯ ตามแนวทางของธนาคารโลก 1.3 ล้านเหรียญสหรัฐ 57 ล้านบาท | การตายด้วยทุกสาเหตุ จากการสัมผัสฝุ่นในระยะสั้น | 900 | $1.2 | 51.3 |

* ใช้อัตราการแลกเปลี่ยนที่ 43 บาทต่อ 1 U.S.$

# บทที่ 6
# บทสรุปและข้อเสนอแนะ

## 6.1 สรุปผล

จากการศึกษาวิจัยในหลายๆประเทศ พบว่าการสัมผัสกับอนุภาคมลสาร (Particulate Matter , PM) ในบรรยากาศโดยเฉพาะขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ($PM_{10}$) มีความสัมพันธ์กับอัตราการตายก่อนเวลาอันควร (Premature mortality ) รวมถึงโรคและอาการทางระบบหายใจ และความสูญเสียทางเศรษฐกิจที่ตามมาจากผลกระทบทางสุขภาพนี้มากกว่าการลงทุนในมาตรการต่างๆเพื่อลดระดับ $PM_{10}$ ในอากาศ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษานี้ในกรุงเทพมหานครนี้

จากผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศพบว่าในกรุงเทพมหานครมีปริมาณอนุภาคมลสารใกล้เคียงหรือสูงกว่าเมืองต่างๆในทวีปอเมริกาเหนือและทวีปยุโรป ปัจจุบันนี้ แม้ว่าระดับอนุภาคมลสารโดยเฉพาะ $PM_{10}$ ในกรุงเทพมหานครได้มีการลดลงจากอดีต ซึ่งในปี พ.ศ. 2544 มีค่าเฉลี่ยทั้งกรุงเทพมหานครที่ระดับ 43 $\mu g/m^3$ ลดลงจากปี พ.ศ. 2543 ร้อยละ 32 และมีการลดลงมาตลอดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539 แต่บางพื้นที่ค่าเฉลี่ยต่อปีมีปริมาณที่เกินมาตรฐาน ( 50 $\mu g/m^3$) นอกจากนี้มีการศึกษาพบว่า ปริมาณอนุภาคมลสารในระดับต่ำก็มีผลกระทบต่อสุขภาพ ดังนั้นระดับ $PM_{10}$ ในกรุงเทพมหานคร ณ ปัจจุบันยังมีผลต่อสุขภาพโดยตรง

แม้ว่าจะมีการศึกษาในภูมิภาคอื่นมากมายที่แสดงถึงผลกระทบจากอนุภาคมลสารต่อสุขภาพโดยเฉพาะขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน แต่ภูมิภาคอื่นอาจมีลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมรวมถึงลักษณะต่างๆของประชากร เช่น การสูบบุหรี่ การสัมผัสมลภาวะจากการประกอบอาชีพ ระยะเวลาที่อยู่นอกบ้าน นิสัยการออกกำลังกาย กิจวัตรประจำวัน การใช้เครื่องปรับอากาศ บริการทางสุขภาพที่ได้รับ และการใช้บริการทางสุขภาพที่แตกต่างจากในกรุงเทพมหานคร พร้อมกันนี้ส่วนประกอบทางเคมีของอนุภาคมลสารอาจมีความแตกต่างเช่นเดียวกัน ซึ่งอาจจะส่งผลให้มีผลกระทบต่อสุขภาพที่ไม่เหมือนกัน

การศึกษาครั้งนี้มีรูปแบบการศึกษาทางระบาดวิทยาทั้งหมด 2 การศึกษาย่อยดังนี้

1) การวิเคราะห์อัตราการตายในกรุงเทพมหานคร จากปี พ.ศ. 2539-2544
2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง อาการทางระบบหายใจแบบเฉียบพลัน ซึ่งบันทึกเป็นรายวัน จำนวนตัวอย่างทั้งหมด 204 คน ช่วงเวลาระหว่าง 17 เมษายน ถึง 23 กรกฎาคม พ.ศ. 2545 กับองค์ประกอบของฝุ่นโดยเฉพาะ Total carbon ที่แยกออกเป็น Organic carbon และ Inorganic carbon

ผลการศึกษานี้สรุปได้ว่า อนุภาคมลสารมีผลกระทบต่อสุขภาพประชาชนในกรุงเทพมหานคร ที่สอดคล้องกับผลการศึกษาอื่นในประเทศต่างๆ ระดับ ของ $PM_{10}$ ที่มีอยู่ในอากาศ ณ.ปัจจุบัน (พ.ศ. 2544) ในกรุงเทพมหานคร นำไปสู่อัตราการตายก่อนเวลาอันควร ปีละประมาณ 900 ราย ซึ่งคำนวณจากอัตราการเพิ่มของอัตราการตายที่ร้อยละ 0.05 ต่อการเพิ่มของปริมาณ $PM_{10}$ 1 $\mu g/m^3$ และอัตราการตายด้วยสาเหตุธรรมชาติ ในกรุงเทพมหานครที่ระดับ 4.8 ต่อ 1,000 คน โดยที่มีจำนวนประชากรในกรุงเทพมหานครประมาณ 6 ล้านคน และปริมาณอัตรานี้ต่ำกว่าผลการศึกษาในกรุงเทพมหานครเมื่อปี พ.ศ. 2539 แต่เป็นอัตราที่สอดคล้องกับผลการศึกษาในสหรัฐอเมริกา (Schwartz, 1996)

อนุภาคมลสารขนาดเล็ก ( $PM_{10}$ และ $PM_{2.5}$ ) สามารถเข้าถึงระบบทางเดินหายใจส่วนล่างได้ และในการศึกษานี้พบความสัมพันธ์ของอนุภาคมลสารกับอาการหอบหืดในเด็ก โดยเฉพาะสัมพันธ์กับความเข้มข้นของอนุภาคมลสารแบบสะสม คือ ปริมาณฝุ่น 1 วันก่อนที่จะมีอาการ และฝุ่นหยาบ ($PM_{10-2.5}$) มีความสัมพันธ์กับอาการไอและระบบหายใจส่วนต้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาอื่นๆ รวมถึงการศึกษาในกรุงเทพมหานครเมื่อปี พ.ศ. 2539 แต่ในการศึกษานี้ไม่พบผลกระทบต่อกลุ่มผู้ใหญ่

อนุภาคมลสารมีองค์ประกอบทางเคมีหลากหลาย ซึ่ง Organic carbon เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพได้ และส่วนใหญ่เกิดมาจากควันไอเสียจากรถยนต์ทั้งน้ำมัน Gasoline และ Diesel ในการศึกษานี้ได้วิเคราะห์หาปริมาณ Organic carbon จาก $PM_{2.5}$ และพบว่า Organic carbon มีโอกาสที่จะสัมพันธ์กับความชุกของอาการไอและหอบหืด แม้ว่าจะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่องค์ประกอบที่เป็น Inorganic carbon มีความสัมพันธ์น้อยกว่า

## 6.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากการลดอนุภาคมลสาร (Particulate Matter , PM) ในกรุงเทพมหานคร

แม้ว่าปริมาณอนุภาคมลสารขนาดเล็ก ($PM_{10}$)มีแนวโน้มลดลงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539 จนถึงปัจจุบัน แต่ยังมีบางพื้นที่ในกรุงเทพมหานครที่ค่าเฉลี่ย $PM_{10}$ สูงกว่ามาตรฐาน ที่ 50 $\mu g/m^3$ ส่วน $PM_{2.5}$ ซึ่งเป็นสัดส่วนของ $PM_{10}$ ที่ประมาณร้อยละ 60 มีค่าเฉลี่ยรายปีสูงกว่าค่าที่ USEPA. กำหนดไว้ คือที่ 15 $\mu g/m^3$ ซึ่งขณะนี้ประเทศไทยยังไม่มีการกำหนดค่ามาตรฐานของ $PM_{2.5}$ การลดปริมาณอนุภาคมลสารขนาดเล็กย่อมส่งผลประโยชน์ต่อสุขภาพประชาชนในกรุงเทพมหานคร

ในขณะนี้มาตรฐานของ $PM_{10}$ ที่กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้กำหนดไว้ที่ 50 $\mu g/m^3$ ซึ่งเป็นระดับที่มีสมมุติฐานว่า เป็นระดับที่ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ แต่ไม่ได้หมายความว่าถ้าลดปริมาณ $PM_{10}$ ให้ต่ำกว่า 50 $\mu g/m^3$ จะไม่มีประโยชน์ เนื่องจากมีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่า $PM_{10}$ ที่

ระดับต่ำกว่า 50 $\mu g/m^3$ มีผลกระทบต่อสุขภาพ (USEPA, 1996) จากการที่ USEPA. กำหนดมาตรฐานของค่าเฉลี่ยรายปีของ $PM_{2.5}$ ไว้ที่ 15 $\mu g/m^3$ ซึ่งถ้าปรับเข้ากับสถานการณ์ในกรุงเทพมหานคร โดยใช้ค่าสัดส่วนของ $PM_{2.5}$ ต่อ $PM_{10}$ มาตรฐานของ $PM_{10}$ ควรจะอยู่ที่ ระดับ 25 $\mu g/m^3$ ซึ่งขณะนี้ทาง USEPA. มีการพิจารณาปรับค่ามาตรฐาน $PM_{10}$ เฉลี่ยรายปีลงเหลือ 30 $\mu g/m^3$

6.2.1 <u>การตายก่อนเวลาอันควร</u>

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณ $PM_{10}$ ต่ออัตราการตายในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าเมื่อ $PM_{10}$ เพิ่มขึ้น 1 $\mu g/m^3$ จะทำให้จำนวนการตายเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.05 และ อัตราการตายด้วยสาเหตุธรรมชาติเท่ากับ 4.8 ต่อ 1,000 คน ดังนั้น อัตราเสี่ยงต่อการตายต่อบุคคลเฉลี่ยรายปี (annual mortality risk per capita) เท่ากับ $2.4 \times 10^{-6}$ ต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ $PM_{10}$ 1 $\mu g/m^3$ เพราะฉะนั้นเมื่อคำนวณจากจำนวนประชากรในกรุงเทพมหานครที่มีจำนวน 6 ล้านคน ถ้าลดปริมาณ $PM_{10}$ ลง 10 $\mu g/m^3$ คือจากค่าเฉลี่ยปี พ.ศ. 2539-2544 ณ สถานีรามคำแหง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 60 $\mu g/m^3$ มาที่มาตรฐาน 50 $\mu g/m^3$ จะนำไปสู่การลดจำนวนการตายลง 156 ราย แต่ถ้าลดปริมาณ $PM_{10}$ ลง 30 $\mu g/m^3$ (จาก 60 $\mu g/m^3$มาที่มาตรฐานที่อ้างอิงของ EPA.) จะนำไปสู่การลดจำนวนการตาย 468 ราย

6.2.2 <u>อาการทางระบบหายใจแบบเฉียบพลัน</u>

การศึกษานี้ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่มีสุขภาพดี ไม่สูบบุหรี่ซึ่งอาจไม่ใช่กลุ่มเสี่ยงของอาการทางเดินหายใจจากมลพิษอากาศ ดังนั้นจึงอาจมีข้อจำกัดในการแปลผลสู่กลุ่มที่เสี่ยง เช่นคนเป็นโรคหอบหืด หรือโรคปอดอยู่เดิม อย่างไรก็ดีการศึกษานี้ให้หลักฐานในเบื้องต้นกว่า องค์ประกอบ organic carbon เป็นส่วนสำคัญที่น่าจะมีผลกระทบต่อทางเดินหายใจ การศึกษาลึกต่อไปน่าจะให้ความสำคัญเกี่ยวกับการวิเคราะห์ส่วนขององค์ประกอบ organic carbon ว่าเป็นองค์ประกอบส่วนใด มีต้นกำเนิดมาจากแหล่งก่อมลพิษใดบ้าง ย่อมเป็นประโยชน์ต่อการควบคุมปัญหามลพิษอากาศต่อไป

การศึกษานี้พบว่า $PM_{10}$ และ $PM_{2.5}$ มีความสัมพันธ์กับอาการหอบหืดเฉพาะในเด็ก (ตารางที่ 4.8 และตาราง 4.10 ) ในระยะ 1 วันก่อนเกิดอาการ (lag 1 day ) ซึ่งแสดงถึงผลสะสมของอนุภาคมลสาร การวิเคราะห์ concentration – response ของอาการหอบหืดในเด็กนี้แสดงอยู่ในตารางที่ 6.1 จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของอัตราชุกของอาการหอบหืดเฉลี่ย 1 ปี ต่อการเปลี่ยนแปลงของ $PM_{10}$ และ $PM_{2.5}$ 1 $\mu g/m^3$ เท่ากับ 1.23 และ 1.86 ต่อบุคคล ตามลำดับ เพราะฉะนั้นถ้าลดปริมาณ $PM_{10}$ ลงจาก 60 $\mu g/m^3$ ลงถึง 50 $\mu g/m^3$ และประชากรของเด็กในกรุงเทพมหานคร 800,000 คน (www.moph.go.th) จำนวนวันที่มีอาการหอบหืดจะลดลง 9,840,000 วัน ถ้าปริมาณ $PM_{10}$ ลดลงถึง 30 $\mu g/m^3$ จำนวนวันที่เด็กมีอาการหอบหืดจะลดลง 19,680,000 วัน ในขณะเดียวกันถ้าปริมาณ $PM_{2.5}$ ลดลงจาก 36 $\mu g/m^3$

ถึง 15 $\mu g/m^3$ เท่ากับมาตรฐานที่กำหนดในสหรัฐอเมริกา จำนวนวันที่เด็กมีอาการหอบหืดจะลดลง 31,248,000 วัน

**ตารางที่** 6.1 Concentration response สำหรับอาการหอบหืดในเด็ก

| Model | Logistic Coefficient [a] | | Annual Per Capita Incident of Daily symptom per $\mu g/m^3$ change in annual average PM [b] | |
|---|---|---|---|---|
| | $PM_{10}$ | $PM_{2.5}$ | $PM_{10}$ | $PM_{2.5}$ |
| Lag 1 day | 0.0175 | 0.0227 | 1.23 | 1.86 |

a จากตาราง 4.8 และ 4.10 Odds ratio = $e^{\beta\Delta_{PM10\ or}\Delta_{PM2.5}}$

$\Delta$PM10 or$\Delta$PM2.5 = 1 quartile (17.1 $\mu g/m^3$ ,13.8 $\mu g/m^3$ )

b สูตรในการคำนวณ Annual Per Capita Incident of Daily symptom per ug/m3 change

คือ $[[ e^{\beta x1}/1+ e^{\beta x1}] - [e^{\beta x2}/1+e^{\beta x2}]]$ *365 days

$\beta$ = logistic coefficient for PM

X1 และ X2 = $PM_{10}$ coefficient at 60 $\mu g/m^3$ และ 50 $\mu g/m^3$

= $PM_{2.5}$ coefficient at 36 $\mu g/m^3$ และ 35 $\mu g/m^3$ (median level of $PM_{2.5}$ during study period จากตาราง 4.3 )

## 6.3 ค่าทางการเงินของผลประโยชน์ต่อสุขภาพจากการลดอนุภาคมลสารในกรุงเทพมหานคร

การลดปริมาณอนุภาคมลสาร (Particulate matter, PM) ในกรุงเทพมหานครลงส่งผลประโยชน์ต่อสุขภาพซึ่งสามารถวิเคราะห์เป็นค่าทางการเงินโดยใช้หลักเศรษฐศาสตร์ตาม 4 แนวทางดังนี้

**แนวทางที่** 1 ใช้ผลการศึกษาในสหรัฐอเมริกา โดยไม่มีการปรับ

ในปี พ.ศ. 2542 องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมประเทศสหรัฐอเมริกา(United State Environmental Protection Agency : USEPA) ได้ทบทวนการศึกษาหลายชิ้นในสหรัฐอเมริกา ที่ประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ในรูปแบบ WTP พบว่า ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.6 ล้านเหรียญสหรัฐ ต่อ 1 รายของการตายก่อนวัยอันควร (Premature mortality) ดังนั้นจากการนำผลของการศึกษานี้ที่ประมาณการว่า ผลกระทบจากฝุ่นละอองในอากาศมีความสัมพันธ์กับอัตราการตายก่อนวัยอันควร 900 รายจากการสัมผัสฝุ่นในระยะสั้น สามารถนำมาประเมินค่าทางการเงินเท่ากับ 255.6 พันล้านบาท

**แนวทางที่ 2** ปรับผลการศึกษาในสหรัฐอเมริกาที่ร้อยละ 50

ในปี พ.ศ. 2540 ได้มีการศึกษาที่ประมาณค่าทางการเงินของผลกระทบจากฝุ่นละอองขนาดเล็กในกรุงเทพมหานคร โดยใช้ทฤษฎี WTP ผลจากการศึกษาครั้งนั้นแสดงให้เห็นว่า สามารถนำผลการศึกษาในสหรัฐอเมริกามาปรับใช้ในกรุงเทพมหานครได้ (Chestnut et al., 1997) ซึ่งเลือกปรับที่ตัวเลข 0.5 หมายความว่า ค่าของ WTP ของประชาชนในกรุงเทพมหานคร เป็นร้อยละ 50 ของประชาชนในสหรัฐอเมริกา ซึ่งจะได้ค่า WTP ต่อ 1 ราย เท่ากับ 142 ล้านบาท เพราะฉะนั้น ค่า WTP จากการตายก่อนเวลาอันควร รวมทุกโรคเท่ากับ 127.8 พันล้านบาท

**แนวทางที่ 3** ใช้ค่าปรับที่ตัวเลข 0.3 โดยใช้อัตราส่วนของผลิตภัณฑ์มวลรวม ของประเทศ (GDP) ต่อประชาชนในกรุงเทพมหานคร ($ 7,500) ต่อ GDP ในประเทศสหรัฐอเมริกา ($25,800) โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานที่ว่าค่า WTP ของผลกระทบจากมลพิษต่อสุขภาพอิงกับรายได้ จะได้ค่า WTP ของการตายก่อนเวลาอันควรของทุกโรค เท่ากับ 76.5 พันล้านบาท

**แนวทางที่ 4** ใช้ค่าปรับที่ตัวเลข 0.2 ซึ่งเป็นค่าที่ธนาคารโลกใช้คำนวณในการศึกษาครั้งล่าสุดในประเทศไทย โดยใช้หลักเกณฑ์ตามความแตกต่างในอัตราค่าจ้าง (Wages) ระหว่างประเทศไทยกับประเทศสหรัฐอเมริกา ตารางที่ 5.1 แสดงให้เห็นว่า ค่า WTP สำหรับการตายก่อนเวลาอันควรรวมทุกโรคในประเทศไทย เท่ากับ 51.3 พันล้านบาท

จากตารางที่ 6.2 ในการที่ลด $PM_{10}$ ในกรุงเทพมหานครลงจาก 60 $\mu g/m^3$ ลงมาที่ค่ามาตรฐาน 50 $\mu g/m^3$ จะส่งผลให้คำนวณจำนวนการตายก่อนเวลาอันควรลดลง 156 ราย ซึ่งคิดเป็นค่าเงินประมาณ 8.9 พันล้านบาท ถึง 44.3 พันล้านบาท

ในปี พ.ศ. 2539 บริษัท Radian International ได้ศึกษาหามาตรการลดปริมาณอนุภาคมลสารในกรุงเทพมหานคร และผลการศึกษาแสดงว่า การกวาดถนนเป็นมาตรการที่มี Cost –Benefit สูงที่สุด ซึ่งสามารถลดปริมาณอนุภาคมลสารขนาดเล็ก ($PM_{10}$ ) ลดลงปีละ 7 $\mu g/m^3$ ภายในปี พ.ศ. 2548 งบประมาณที่ต้องใช้ คือ 27.5 ล้านบาทต่อปี รองลงมาคือ มาตรการปรับเครื่องรถบรรทุกให้อยู่ในระดับ 3 ซึ่งจะส่งผลให้ลดปริมาณอนุภาคมลสารลงปีละ 4 $\mu g/m^3$ และต้องใช้เงินประมาณ 9.8 พันล้านบาท ซึ่งงบประมาณที่จะใช้ในมาตรการนี้คุ้มกับผลประโยชน์ต่อสุขภาพในการที่จะลดปริมาณอนุภาคมลสารลง และผลประโยชน์ต่อสุขภาพยังมีอีกมากมายนอกเหนือจากที่ได้รับจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

การศึกษานี้ได้ยืนยันว่าระดับของอนุภาคมลสารขนาดเล็ก ($PM_{10}$ และ $PM_{2.5}$ ) ที่เป็นอยู่ในกรุงเทพมหานครมีผลกระทบต่อสุขภาพ และการลดปริมาณอนุภาคมลสารส่งผลประโยชน์ทั้งในเชิงสุขภาพและเชิงเศรษฐศาสตร์ แต่ยังไม่สามารถสรุปได้ว่า องค์ประกอบตัวใดที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ ซึ่ง

จะเป็นประโยชน์ในการวางแผนมาตรการเจาะจงเพื่อลดปริมาณอนุภาคมลสารที่แหล่งกำเนิด การศึกษานี้เป็นการศึกษาครั้งแรกในประเทศไทย ที่พยายามดูผลกระทบขององค์ประกอบของอนุภาคมลสารในรูปแบบ Organic carbon แต่ผลการศึกษาไม่พบความสัมพันธ์ระหว่าง Organic carbon กับอาการทางระบบหายใจอย่างชัดเจนทางสถิติ โดยเฉพาะในกลุ่มเด็ก แต่ในขณะเดียวกันก็ยังไม่อาจสรุปว่า Organic carbon ไม่มีความสำคัญเกี่ยวกับการเกิดอาการทางระบบหายใจ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า Organic carbon ในพื้นที่ศึกษามีผลกระทบแบบเฉียบพลันเพียงเล็กน้อยต่อประชากรส่วนใหญ่ที่มีสุขภาพปกติ ที่ไม่มีโรคหอบหืดหรือภูมิแพ้

**ตารางที่** 6.2 ประโยชน์ทางการเงินต่อการตายก่อนเวลาอันควรจากการลดปริมาณอนุภาคมลสาร

| ค่าประมาณทางการเงินของการตายก่อนเวลาอันควร ต่อ 1 ราย | จำนวนการตายที่ลดลงจากการลด $PM_{10}$ ลง 10 $\mu g/m^3$ | มูลค่า ณ ปี พ.ศ. 2545 (พันล้านเหรียญสหรัฐ) | มูลค่า ณ ปี พ.ศ. 2545 (พันล้านบาท)* |
|---|---|---|---|
| จากการศึกษาในสหรัฐ 6.6 ล้านเหรียญสหรัฐ หรือ 284 ล้านบาท | 156 | $1.03 | 44.3 |
| จากการใช้ค่าประมาณ 50% ของค่าที่ได้จากการศึกษาในสหรัฐฯ 3.3 ล้านเหรียญสหรัฐ หรือ 142 ล้านบาท | 156 | $0.5 | 22.2 |
| จากการประมาณโดยใช้ค่าสัดส่วนของ GDP ของไทยกับ สหรัฐฯ คือ 30% 2.0 ล้านเหรียญสหรัฐ หรือ 85 ล้านบาท | 156 | $0.3 | 13.3 |
| จากการใช้ค่าประมาณ 20% ของค่าที่ได้จากการศึกษาในสหรัฐฯ ตามแนวทางของธนาคารโลก 1.3 ล้านเหรียญสหรัฐ หรือ 57 ล้านบาท | 156 | $0.2 | 8.9 |

* ใช้อัตราการแลกเปลี่ยนที่ 43 บาทต่อ 1 U.S.$

## 6.4 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในอนาคต

เพื่อให้ได้ข้อมูลเพื่อตอบคำถามในบางประเด็นที่ยังไม่ชัดเจน คณะวิจัยมีความคิดเห็นและข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป ดังนี้

1. ศึกษาในกลุ่มเสี่ยง ได้แก่ กลุ่มเด็กที่เป็นโรคหอบหืด ภูมิแพ้ และโรคปอดเรื้อรัง ในขณะเดียวกันศึกษาแหล่งที่มาขององค์ประกอบฝุ่น เพื่อประโยชน์ในการวางแผนมาตรการถึงแหล่งกำเนิด

2. ในขณะนี้กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้ติดตั้งเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศทั่วประเทศไทย การทำการศึกษาที่คล้ายคลึงกับการศึกษานี้ ณ จังหวัดต่างๆ จะ

สามารถเปรียบเทียบผลกระทบต่อสุขภาพและประเมินสถานการณ์ของปัญหาในรูปแบบของทั้งประเทศ เพราะสถานการณ์ของแต่ละจังหวัดจะแตกต่างกันทั้งในปริมาณและองค์ประกอบของอนุภาคมลสาร รวมถึงสภาพทางอุตุนิยมวิทยา ภูมิประเทศ สภาพแวดล้อม และสถานภาพทางเศรษฐกิจและสังคม ตลอดจนสุขภาพของประชากร

3. การศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อดูผลกระทบในระยะสั้น ซึ่งการศึกษาวิจัยแบบผลกระทบระยะยาวในประเทศไทยมีจำกัด และจากผลการศึกษาในต่างประเทศได้แสดงถึงผลกระทบของอนุภาคมลสารต่อสุขภาพแบบเรื้อรัง ด้วยเหตุนี้จึงน่าจะมีการศึกษาผลกระทบในระยะยาวในประเทศไทย ซึ่งนอกจากจะสร้างองค์ความรู้มากขึ้นแล้วยังสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวางแผนและนโยบาย เพื่อแก้ไขปัญหาที่สำคัญและเร่งด่วน เช่นการดำเนินมาตรการลดปริมาณอนุภาคมลสาร

4. ในการศึกษาต่างๆ รวมทั้งการศึกษาครั้งนี้ ใช้ข้อมูลปริมาณอนุภาคมลสารจากสถานีตรวจวัดที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ศึกษาเป็นตัวแทนปริมาณการสัมผัส ซึ่งการสัมผัสอนุภาคมลสารในแต่ละบุคคลมีความแตกต่างกันเนื่องมาจากกิจกรรมของแต่ละบุคคลที่ไม่เหมือนกัน เพราะฉะนั้นการศึกษาที่รวม Exposure Assessment และศึกษาการสัมผัสอนุภาคมลสารทั้งในอาคาร (Indoor ) และนอกอาคาร Out door) น่าจะให้ผลการศึกษาที่ชัดเจนมากขึ้น

5. การศึกษาในรูปแบบ Panel Study ได้มีการศึกษาเฉพาะใน 1 ฤดู การศึกษาตลอดทั้งปี จะแสดงผลถึงความแตกต่างของฤดูรวมถึงสถานการณ์ของปริมาณอนุภาคลสาร

6. การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ศึกษาผลกระทบของอนุภาคมลสาร ต่อการตายและอาการทางระบบหายใจ ซึ่งการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพในด้านอื่นๆ เช่น อัตราการเข้าโรงพยาบาล จำนวนวันที่ไม่สามารถประกอบกิจกรรม การใช้ยาเพิ่มขึ้น จะนำไปสู่การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพที่ครอบคลุมมากขึ้น

# บรรณานุกรม


Arden Pope et al., National Institutes of Health. 2002.

Atkinson RW, Anderson HR, Sunyer J, Ayres J, Baccini M, Vonk JM, Boumghar A, Forsberg B, Forastiere F, Touloumi G, Schwartz J, Katsouyanni.(2001) Acute effects of particulate air pollution on respiratory admission: results from APHEA 2 project. Air pollution and Health: a European Approach. Am J Respir Crit Care Med ; 164:1860-6.

Bascom R, Bromberg PA, Costa DL, Dev lin R, Dockery DW, Frampton MW, Lamgerg W, Samet JM, Speizer FE, Utell M.(1996) Health effects of outdoor air pollution. Am J Respir Crit Care Med ; 153: 3-55.

Burnett RT, Brook JR, Dann T, Delocla C, Philips O, Calmak S et al. (2000) Associations between particulate- and gas-phase components of urban air pollution and daily mortality in eight Canadian cities. In: Grant LD, ed. PM2000: particulate matter and health. Inhal Toxicol 12(suppl 4):15-39.

Casillas AM, Hiura T, Li N, Nel AE.(1999) Enhancement of allergic inflammation by diesel exhaust particles: permissive role of reactive oxygen species. Ann Allergy Asthma Immunol ; 83:624-9.

Castillejos M, Borja-Aburto VH, Dockery DW, Gold DR, Loomis D (2000) Airborne coarse particles and mortality. In: Inhalation Toxicology: proceedings of the third colloquium on particulate air pollution and human health; June, 1999; Durham, NC. Inhal Toxicol 12 (suppl. 1):67-72.

Committee on the Medical Effects of Air Pollutants. Fine Particles of Air Pollutants as Harmful as Passive Smoking. London, 2001.

Cropper, M. L.; Simon, N. B.; Alberini, A.; Arora, S.; Sharma, P. K. (1997) The health benefits of air pollution control in Delhi. Am. J. Agric. Econ. 79: 1625-1629

Delfino RJ, Gong HJ, Linn WS, Pellizzari ED, Hu Y.(2003) Asthma symptoms in Hispanic children and daily ambient exposures to toxic and criteria air pollutants. Environ Health Perspect ;111:647-656.

Dockery DW, Cunningham J, Damokosh AI, Neas LM, Spengler JD, Koutrakis P, Ware JH, Raizenne M, Speizer FE.(1996) Health effects of acid aerosols on North American children: respiratory symptoms. Environmental Health Perspectives; 104(5):500-5.

Dockery DW, Pope CA 3rd.(1994) Acute respitratory effects of particulate air pollution. Annu Rev Public Health ;15:107-32.

Dockery DW, Pope, CA, Xu, X, Spengler, JD, Ware, JH, Fay, ME, Ferris, BG, Speizer, FE. (1993) An Association Between Air Pollution and Mortality in Six U.S. Cities. N Eng J Med, 329:1753-9.

Dockery, D.,Schwartz, J., and Spengler, J. (1992) Air pollution and daily mortality: Associations with particulates and acid aerosols. Environ Res. ;59: 362-73.

Dominici F, McDermott A, Zeger SL, Samet SM (2002) On the use of generalized additive models in time-series studies of air pollution and health. Am J Epidemiol 156: 193-203.

Euler GL, Abbey DE, Magie AR, Hodgkin JE. (1987) Chronic obstructive pulmonary disease symptom effects of long-term cumulative exposure to ambient levels of total suspended particulates and sulfur dioxide in California Seventh-Day Adventist residents. Arch Environ Health ; 42: 213-22.

Gold DR, Litonjua A, Schwartz J, Lovett E, Larson A, Nearing B et al. (2000) Ambient pollution and heart rate variability. Circulation 101(11):1267-73.

Hagler Bailly กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม และRadian International เอกสารประกอบการสัมนา เรื่อง การจัดทำกลยุทธ์ในการแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานคร 20-21 พฤษภาคม 2541a ณ ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิตติ์ กรุงเทพฯ.

Hagler Bailly กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม และวิทยาลัยการสาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง ผลกระทบของฝุ่นละอองต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร 20-21 พฤษภาคม 2541b ณ ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิตติ์ กรุงเทพฯ.

Hashimoto K, Ishii Y, Uchida Y, Kimura T, Masuyama K, Morishima Y, Hirano K, Nomura A, Sakano H, Sagai M, Sekizawa K.(2001) Exposure to diesel exhaust execarbates allergen-induced airway responses in guinea pigs. Am J Respir Crit Care Med ;164:1957-63.

Hastie T and Tibshirani R. Generalized Additive Models. London: Chapman and Hall. 1990.

Hiura TS, Kaszubowski MP, Li N, Nel AE.(1999) Chemicals in diesel exhaust particles generate reactive radicals and induced apoptosis in macrophages. J Immunol ;163:5582-91.

http://www.pcd.go.th

http//www.moph.go.th

Jirapongsananurak O, Tuchinda M. (1996) Environmental impact on allergic disease. Siriraj Hosp Gaz ; 48S: 363-71.

Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E, et al. (2001) Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project. Epidemiology 12: 521-531.

Li N, Kim S, Wang M, Froines J, Sioitas C, Nel A.(2002) Use of a stratified oxidative stress model to study the biological effects of ambient concentrated and diesel exhaust particulate matter. Inhal Toxicol ;14(5):459-86.

Liao D, Creason J, Shy C, Williams R, Watts R, Zweidinger R (1999) Daily variation of particulate air pollution and poor cardiac autonomic control in the elderly. Environ Health Perspect 107(7):521-5.

Logan WPD.(1953) Mortality in the London fog accident. Lancet; 1:336-9

Loomis D, Castillejos M, Gold DR, McDonnell W, Borja-Aburto VH (1999) Air Pollution and Infant Mortality in Mexico City. Epidemiol 10:118-123.

McConnell R, Berhane K, Gillilird F, Molitor J, Thomas D, Lurmann F, Avol E, Gauderman W, Peters JM.(2003) Prospective study of air pollution and bronchitis symptoms in children with asthma. Am Respir Crit Care. (in press)

Nolan J, Batin PD, Andrews R, Lindsay SJ, Brooksby P, Mullen M et al. (1998) Prospective study of heart rate variability and mortality in chronic heart failure: results of the United Kingdom heart failure evaluation and assessment of risk trial (UK-heart) Circulation 98:1510-6.

Norris G, Young Pong SN, Koenig JQ, Larson TV, Sheppard L, Stout JW.(1999) An association between fine particles and asthma emergency department visits for children in Seattle. Environ Health Perspect ;107:489-93.

Ostro B, Chestnut L (1998) Assessing the health benefits of reducing particulate matter air pollution in the United States. Env Res, Section A 76:94-106.

Ostro B, Chestnut L, Vichit-Vadakan N, Laixuthai A (1998) The impact of fine particulate matter on mortality in Bangkok, Thailand; in $PM_{2.5}$: A Fine Particle Standard, Volume II, J Chow and P Koutrakis (ed) (1998) Long Beach, CA. 939 – 949.

Ostro B, Chestnut L, Vichit-Vadakan N, Laixuthai A (1999). The impact of particulate matter on daily mortality in Bangkok, Thailand. J Air Waste Manag Assoc. 49:100-107.

Ostro, B.D., J. Sanchez, C. Aranda, et al. (1996) Air Pollution and Mortality: Results from a Study of Santiago, Chile. J Exp Anal Env Epidemiol 6:97-114.

Peden DB. (1996) Effect of air pollution in asthma and respiratory allergy. Otolaryngol Head Neck Surg ; 114: 242-7.

Pekkanen J. Effect of fine and ultra fine particles on Respiratory and cardiovascular health (http://www.ktl.fe/sytty/abstracts/pekka1.htm).

Peters A, Dockery DW, Muller JE, Mittleman MA (2001) Increased particulate air pollution and the triggering of myocardial infarction. Circulation 103: 2810-2815.

Peters A, Liu E, Verrier RL, Schwartz J, Gold DR, Mittleman M et al. (2000) Air pollution and incidence of cardiac arrhythmia. Epidemiology 11(1):11-7.

Pope C., Bates D., and Raizenne M. (1995) Health effects of particulate air pollution: Time for reassessment? Environ Health Perspect. ; 103 : 472-80.

Pope CA 3rd (1991) Respiratory hospital admissions associated with $PM_{10}$ pollution in Utah, Salt Lake, and Cache Valleys. Archives of Environmental Health ;46:90-7.

Pope CA III, Burnett RT, Thun MJ et al. (2002) Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. JAMA 287:1132-1141.

Pope CA III, Verrier RL, Lovett EG, Larson AC, Raizenne ME, Kanner RE et al. (1999) Heart rate variability associated with particulate air pollution. Am Heart J 138(5 Pt 1):890-9.

Pope CA3rd, Dockery DW, Spengler JD, Raizenne ME.(1991) Respiratory health and OM10 pollution. A daily time series analysis. American Review of Respiratory Disease; 144:668-74.

Pope III CA. Dockery DW. (1992) Acute health effects of PM10 pollution on symptomatic and asymptomatic children. Am Rev Respir Dis; 145: 1123-8.

Pope, C.A. III, Schwartz, J, and Ranson, M.R. (1992) Daily mortality and $PM_{10}$ pollution in Utah Valley. Arch Environ Health; 47:211-17.

Portiney PR. Mullahy J. (1993)Urban air quality and chronic respiratory disease. Environ Res; 62:7-13.

Raimo O. Salonen, Arja Halinen, Arto Pennanen, and Markus Sillanpaa. Toxic Effects of Urban Air and Diesel Exhaust Particles in the Respiratory Tract (PAMTOX). Urban air particles and environmental health. 2002.

Romieu I, Meneses F, Ruiz S, Sienra J, Huer J, White MC, Etzel RA.(1996) Effect of air pollution on the respiratory health of asthmatic children living in Mexico City. Am J Respir Crit Care Med.; 154:300-7.

Saldiva PH, Pope CA, Schwartz J, Dockery DW, Lichtenfels AJ, Salge JM, Barone I, Bohm GM (1995) Air pollution and mortality in elderly in elderly people: a time-series study in Sao Paulo, Brazil. Arch Environ Health; 50:159-63.

Samet JM, Dominici F, Curriero FC, Coursac I, Zeger SL (2000b) Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities, 1987- 1994. N Engl J Med; 343(24):1742-9.

Samet JM, Zeger SL, Dominici F, Curriero F, Coursac I, Dockery DW et al. (2000a) The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study. Part II: Morbidity and mortality from air pollution in the United States. Health Effects Institute (94 Pt 2):5-70; discussion 71-9.

Schwartz J, Dockery DW, Neas LM (1996) Is daily mortality associated with specifically with fine particles? Journal of the Air & Waste Management Association; 46:927-39.

Schwartz, J (2000) Harvesting and long Term Exposure Effects in the Relation between Air Pollution and Mortality. Am J Epidemiol; 151:440-8.

Schwartz, J and Marcus, A. (1990) Mortalily and Air pollution in London. A Times Series Analysis. Am Epidemiol; 131:185-94.

Sesana G et al., PAH and Particulate Matter in the hinterland of Milano. Atmospheric Diagnostics in Urban Regions, Results from an International Workshop, Como (Italy) 2001.

Speizer F. (1989) Studies of acid aerosols in six cities and in new multi city investigation: design issues. Environ Health Perspect; 79: 61.

Sydbom A, Blomberg A, Parnia S, Stenfors N, Sandstrom T, Dahlen SE.(2001) Health effects of diesel exhaust emissions. Eur Respir J; 17(4):733-46.

U.S. EPA (1996) Review of the National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter: Policy Assessment of Scientific and Technical Information: OAQPS Staff Paper. EPA-452\R-96-013. Research Triangle Park, NC, July.

Utell MJ, Samer JM.(1993) Particulate air pollution and health. Am Rev Respir Dis; 147:1334-5.

Vichit-Vadakan N., Ostro B., Chestnut LG., Mills DM., Adkplakorn W., Wangwongwatana S., Panich N., (2001) Air pollution and respiratory symptoms : results from three panel studies in Bangkok, Thailand Env Health Perspect 109 (Suppl 3).

Vincent JH. (1990) The fate of inhaled aerosols. Ann Occup Hyg; 34:623-37

Xu, X, Gao, J, Dockery, D., Chen y, (1994) Air pollution and daily mortality in residential areas of Beijing, China. Arch of Environ Health. ; 49: 216-22.

Xu, Z.; Yu, D.; Jing, L.; Xu, X. (2000) Air pollution and daily mortality in Shenyang, China. Arch. Environ. Health 55: 115-120.

Yu O, Shpeppard L, Lumley T, Koenig JQ, Shapiro GG.(2000) Effect of ambient air pollution on symptoms of asthma in Seattle-Area children enrolled in the CAMP study. Environ Health Perspect. ; 108:1209-1214

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2538

กรองทิพย์ ศรีตะปัญญะ, เสถียร รุจิวานิช. (2534) กรุงเทพ: ภาวะมลพิษทางอากาศ. วารสารวิจัยสภาวะแวดล้อม; 13(1): 11-46.

ธนาธิป ศุภประดิษฐ์ (2533) กรณีแม่เมาะ : ผลกระทบต่อสุขภาพและมลภาวะทางอากาศ. คลินิก; 8 (12): 842-4.

นันทวรรณ วิจิตวาทการ และคณะ การสำรวจสภาพปัญหาฝุ่นละอองที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนในกรุงเทพมหานคร และแนวโน้มเชิงนโยบาย รายงานการวิจัย กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข 2538.

นันทวรรณ วิจิตวาทการ และคณะ รายงานฉบับสมบูรณ์ เล่มที่ 2 รายงานหลัก การศึกษาผลกระทบจากมลพิษทางอากาศต่อสุขภาพประชาชน อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เสนอต่อกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข 2544.

รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมของกรุงเทพมหานคร. 2544. (Bangkok State of the Environment 2001) กรุงเทพมหานคร.

วิชัย เอกพลากร. (2539) ผลกระทบต่อสุขภาพจากภาวะมลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานคร. สารศิริราช ; 48(5): 255-8.

สมเกียรติ วงษ์ทิม และวิทยา ศรีดามา (บรรณาธิการ). (2542) ตำราโรคปอด1 โรคปอดจากสิ่งแวดล้อม กรุงเทพฯ: โครงการตำราจุฬาอายุรศาสตร์ ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมชัย บวรกิตติ. (2536) สุขภาพตำรวจจราจร กรุงเทพมหานคร. จดหมายข่าวสารบัณฑิตยสถาน; 17(4): 14-6.

# ภาคผนวก

| ตารางเปรียบเทียบกิจกรรม การดำเนินงานกับแผนงานตามวัตถุประสงค์ | | | |
|---|---|---|---|
| **วัตถุประสงค์** | **กิจกรรมที่วางแผนไว้** | **กิจกรรมที่ดำเนินการ** | **ผลที่ได้รับตลอดโครงการ** |
| 1. เพื่อบอกชนิดขององค์ประกอบของอนุภาคมลสารที่มีผลกระทบต่อสุขภาพโดยตรง | 1. เก็บข้อมูลฝุ่นละอองขนาดเล็ก $PM_{10}$ และ $PM_{2.5}$ โดยใช้เครื่อง Minivol<br>2. วิเคราะห์องค์ประกอบของคาร์บอน | 1. เก็บข้อมูล $PM_{10}$ และ $PM_{2.5}$ โดยใช้เครื่อง Minivol ที่บริเวณสถานีตรวจวัดอากาศสถาบันราชภัฏ บ้านสมเด็จฯ เป็นเวลา 100 วัน<br>2. ส่งแผ่นกรองฝุ่นวิเคราะห์หาองค์ประกอบของคาร์บอน | 1. ได้ข้อมูลปริมาณ $PM_{10}$และ $PM_{2.5}$ ณ. บริเวณชุมชนบ้านสมเด็จ นำไปใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับอาการระบบหายใจรายวัน ของกลุ่มตัวอย่างในชุมชน<br>2. ได้ข้อมูลปริมาณ Total carbon Organic carbon จากการวิเคราะห์แผ่นกรองฝุ่น และสามารถนำมาคำนวณหาปริมาณ Inorganic carbon ได้ |
| 2. เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคมลสารกับอัตราการตายในกรุงเทพมหานครในช่วงปี พ.ศ. 2535-2538 กับช่วงปี พ.ศ. 2539-2541 | 1. รวบรวมข้อมูลการตายจากสำนักทะเบียนราษฎร์<br>2. รวบรวมข้อมูลคุณภาพอากาศที่ตรวจวัดโดยกรมควบคุมมลพิษ ในกรุงเทพมหานคร ทุกสถานีที่มีการตรวจวัด PM10 ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2539-2541 | 1. จากการตรวจสอบข้อมูลพบว่าข้อมูลการตายในช่วงปี พ.ศ. 2539-2541 ข้อมูลไม่สมบูรณ์ จึง รวบรวมข้อมูลใหม่จากใบมรณะบัตรจากสำนักงานเขต 33 เขตในกรุงเทพมหานคร ส่วนอีก 17 เขตที่เหลือ ไม่สามารถค้นเอกสารได้ และได้เปรียบเทียบตัวเลขกับฐานข้อมูลเดิมที่ได้จากกระทรวง | 1. สามารถนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ได้ตามวัตถุประสงค์ |

| วัตถุประสงค์ | กิจกรรมที่วางแผนไว้ | กิจกรรมที่ดำเนินการ | ผลที่ได้รับตลอดโครงการ |
|---|---|---|---|
| | 3. วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ จากข้อมูลที่รวบรวมได้ | สาธารณสุข ถ้าตัวเลขใกล้เคียงกัน จะใช้ข้อมูลเดิม แต่ถ้าตัวเลขแตกต่างกันมาก คือเขตยานนาวา จะถูกตัดข้อมูลทิ้ง ในปีพ.ศ. 2539-2541<br>2. ได้ข้อมูลคุณภาพอากาศครบถ้วน | |
| 3. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับของอนุภาคมลสารกับอัตราการป่วยด้วยโรคระบบหายใจ | 1. เก็บข้อมูลอาการระบบหายใจรายวันของกลุ่มตัวอย่างเด็กและกลุ่มตัวอย่างผู้ใหญ่ กลุ่มละ 100 คน เป็นเวลา 100 วัน | 1. เก็บข้อมูลอาการระบบหายใจรายวันในกลุ่มผู้ใหญ่ ได้ จำนวนตัวอย่าง 97 คน เป็นเวลา 99 วัน<br>2. เก็บข้อมูลอาการระบบหายใจรายวันในกลุ่มเด็ก ได้จำนวนตัวอย่าง 104 คน เป็นเวลา 99 วัน | 1.สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลได้ครบถ้วนตามแผน ทั้งข้อมูลคุณภาพอากาศและข้อมูลสุขภาพรายวัน และสามารถนำไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ได้ |
| 4. เพื่อประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากปริมาณอนุภาคมลสารในกรุงเทพมหานคร | 1. เก็บข้อมูลเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากอาการระบบหายใจที่เกิดขึ้นในช่วง 3 เดือนที่ผ่านมา และ ความยินดีที่จะจ่ายเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอาการทางระบบหายใจ (willingness to pay) | 1. เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างผู้ใหญ่ที่อยู่ในโครงการในช่วงสุดท้ายของการเก็บข้อมูลอาการระบบหายใจรายวัน | 1. สามารถวิเคราะห์ผลในภาพรวมของความสูญเสียทางเศรษฐกิจเนื่องจากผลกระทบจากฝุ่นละออง |

# คำชี้แจงเพิ่มเติม

**สรุปข้อคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิต่อร่างรายงานฉบับสมบูรณ์**

**ชื่อโครงการ:** การประเมินอัตราการตาย อัตราป่วย และผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์อันเนื่องมาจากมลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานคร

**หัวหน้าโครงการ:** ผศ.พิเศษ ดร.นันทวรรณ วิจิตรวาทการ

**<u>ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะสำหรับรายงานการวิจัย</u>**

โครงการฯ ควรมีการปรับปรุงการวิเคราะห์ในประเด็นดังต่อไปนี้

1. ผู้วิจัยกล่าวไว้ในหน้า 3-3 ว่าไม่สามารถจำแนกการตายจากโรคหัวใจและโรคทางเดินหายใจได้ แต่ประเด็นของการวิจัยครั้งนี้สิ่งที่คาดหวังก็คือ ความสัมพันธ์ระหว่างสารมลพิษทางอากาศกับการตายด้วยโรคทั้งสองนี้ ดังนั้นผู้วิจัยน่าจะได้ระบุสาเหตุไว้ด้วยว่าเพราะเหตุใดจึงไม่สามารถจำแนกการตายจากโรคหัวใจและโรคทางเดินหายใจได้ดังกล่าว เพื่อจะได้เป็นประโยชน์สำหรับการป้องกันปัญหาดังกล่าวไม่ให้เกิดขึ้นอีกหากจะมีการศึกษาทำนองนี้ในอนาคต

   **คำชี้แจง:** ได้ให้คำอธิบายเพิ่มเติมในเรื่องนี้แล้ว ในหน้า 3-3 ย่อหน้าแรก

2. สืบเนื่องจากข้อ 1 ผู้วิจัยน่าจะได้ลองวิเคราะห์การตายรายวัน โดยตัดสาเหตุการตายที่ไม่น่าจะเกี่ยวข้องกับสารมลพิษทางอากาศออกไป เช่น อุบัติเหตุและการฆ่าตัวตาย หรือในกลุ่มโรคหัวใจและโรคทางเดินหายใจ อาจจะลองเลือกโรคในกลุ่มที่มีข้อมูลสมบูรณ์ที่สุดมาหาความสัมพันธ์กับระดับสารมลพิษ ก็จะทำให้ได้ประโยชน์จากข้อมูลมากที่สุด

   **คำชี้แจง:** การวิเคราะห์ครั้งนี้ไม่ได้รวมการตายจาก จากอุบัติเหตุ ฆ่าตัวตาย และ ถูกฆ่าตาย ซึ่งการตายจำพวกนี้มีสาเหตุการตายที่ชัดเจนและไม่น่าจะมีความเกี่ยวข้องกับการสัมผัสมลพิษ ซึ่งได้มีการอธิบายไว้แล้วในหน้าที่ 2 ในหัวข้อ 3.1 และมีการศึกษาจำนวนมากที่พบว่ามลพิษอากาศมีความสัมพันธ์กับกลุ่มโรคหัวใจ ส่วนโรคระบบทางเดินอาหารยังไม่มีการศึกษาที่บ่งชี้ได้ชัดเจนว่าไม่เกี่ยวข้องกับการสัมผัสมลพิษอากาศ ผู้วิจัยจึงเห็นควรที่จะรวมการตายจากโรคกลุ่มหัวใจและกลุ่มโรคทางเดินอาหารไว้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ อีกทั้งจะทำให้สามารถเปรียบเทียบผลการวิจัยกับต่างประเทศได้ เพราะการศึกษาของต่างประเทศมีการรวมโรคทั้งสองนี้ในการตายจากสาเหตุธรรมชาติด้วยเสมอ และหากกลุ่มโรคนี้ไม่สัมพันธ์กับมลพิษอากาศ ก็จะไม่มีผลต่อค่า regression coefficient

3. ผู้วิจัยควรแสดง model (สมการคณิตศาสตร์) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบคำอธิบายด้วย

**คำชี้แจง**: ได้แสดง statistical model ที่ใช้วิเคราะห์เพิ่มเติม แล้วในหน้า 3-6 ย่อหน้าแรก

4. ผู้วิจัยน่าจะได้ลองวิเคราะห์การตายรายวัน โดยพิจารณาสารมลพิษทุกตัวร่วมกับข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาเข้าใน model พร้อมกัน และใช้เทคนิค stepwise forward หรือ backward analysis เพื่อหา model การทำนายที่ดีที่สุด ทั้งนี้มีการศึกษาเป็นจำนวนมากที่แสดงให้เห็นถึง synergistic effect ของสารมลพิษต่างๆ

**คำชี้แจง**: การรวมสารมพิษทุกตัวอาจมีปัญหา collinearity และปัญหาการประเมิน independent effect ของสารมลพิษแต่ละตัวต่อการตาย เนื่องจากสารมลพิษอากาศต่างๆ มักมีความสัมพันธ์กัน และเนื่องจากเป็นที่ทราบกันดีว่า time-varying variables ที่สัมพันธ์กับการตายรายวันมีอะไรบ้าง เช่น เวลา อุตุนิยมวิทยา เป็นต้น การใช้ stepwise อาจจะมีความผิดพลาดในการเลือกตัวแปรที่เป็น confounders สำหรับความสัมพันธ์ระหว่าง มลพิษอากาศ และการตายรายวันได้ ซึ่งไม่เหมาะกับการวิเคราะห์แบบนี้ อย่างไรก็ตามเราได้มีการทดสอบ model ที่มี รูปแบบของ lag ต่างของข้อมูลอุตุนิยมวิทยา เพื่อเลือก regression model ที่ดีที่สุดในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง มลพิษอากาศและการตายรายวัน

5. สิ่งที่ต้องระวังในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ time series คือ autocorrelation ที่มักพบว่าข้อมูลปริมาณสารมลพิษในวันที่ติดกันมักจะมีความสัมพันธ์กัน ในขณะที่ข้อสมมติฐานข้อหนึ่งของการวิเคราะห์แบบ regression คือ ตัวแปรที่เข้ามาใน model จะต้องเป็นอิสระ (independent) จากกัน ซึ่งผู้วิจัยไม่ได้กล่าวไว้เลยว่าได้มีการวิเคราะห์ประเด็นนี้อย่างไร

**คำชี้แจง**: ได้ชี้แจงเรื่องนี้เพิ่มเติมแล้วในหน้า 3-6 ย่อหน้าที่ 3

**คำชี้แจงต่อข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากที่ประชุม (11 มีนาคม 2547)**

1. การวิเคราะห์ทางสถิติ ควรทำการ Verify ด้วยว่า Distribution ของ PM และ Toxic Gas เป็น Normal distribution หรือไม่

**คำชี้แจง**

การวิเคราะห์ทางสถิติ ไม่มีความจำเป็นต้อง verify ว่า การตายเป็น normal distribution หรือไม่ เนื่องจากการวิเคราะห์ครั้งนี้มิได้ใช้การวิเคราะห์แบบ linear regression แต่เป็นการวิเคราะห์แบบ Poisson regression ด้วยวิธีการทางสถิติที่เรียกว่า generalized additive model (GAM) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการศึกษา mortality time series analysis การวิเคราะห์แบบ Poisson regression นั้นมี assumption ว่า dependent variable เป็น Poisson distribution ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ dependent variable คือการตาย มีการกระจายแบบ Poisson distribution เพราะเป็นข้อมูลจำนวนนับ มีค่าเป็นเลขบวกและเป็น rare event และใน Poisson regression ไม่มี assumption ว่า independent variable ต้องเป็น normal distribution ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้อง verify ว่า PM10 และ toxic gas เป็น normal distribution

2. การประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ควรมีการประเมินทั้งด้านการตายและการเจ็บป่วย โดยการคำนวณมูลค่าความสูญเสียควรทำให้ชัดเจน เช่น ศึกษาปัจจัยด้านการรักษาพยาบาล การหยุดงาน การตาย และใช้ข้อมูลตามสภาพของประเทศไทย เพื่อให้ได้ผลที่น่าเชื่อถือ และใกล้เคียงความเป็นจริง หรือใช้วิธีประเมินหลายวิธีเปรียบเทียบกัน

**คำชี้แจง**

การประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ มีหลายวิธี วิธีที่ทางผู้ศึกษาใช้คือ การใช้ข้อมูลทางด้านระบาดวิทยาของอัตราการตายก่อนวัยอันควรที่เพิ่มขึ้นจากการสัมผัสฝุ่นละอองในระยะสั้น ซึ่งเป็นผลที่ได้จากการศึกษานี้ และใช้ข้อมูลอ้างอิงจากการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งถือว่าเป็นสากลและเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป และใช้แนวทางในการวิเคราะห์ถึง 4 แนวทาง ถึงแม้ว่าทั้ง 4 แนวทางจะให้ค่าที่แตกต่างกันมาก แต่โดยภาพรวมถึงแม้ว่าค่าความสูญเสียทางเศรษฐกิจที่ต่ำสุด (51 พันล้านบาท) ก็ยังทำให้เห็นภาพที่ชัดเจนของความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากผลกระทบจากฝุ่นละออง

การที่ทางคณะผู้ศึกษาไม่ได้ใช้ข้อมูลด้านค่ารักษาพยาบาล การหยุดงาน การตาย เนื่องจาก

1. ไม่ได้วางแผนในการวิเคราะห์ โดยใช้ข้อมูลเหล่านี้
2. จากประสบการณ์ที่เคยเก็บข้อมูล เกี่ยวกับค่ารักษาพยาบาล การหยุดงาน ส่วนใหญ่จะได้ข้อมูลที่เป็นการประมาณ ไม่ใช่ข้อมูลค่าใช้จ่ายจริง เนื่องจากลักษณะทางสังคมของไทย ไม่ได้มีการบันทึกต่างๆ เหมือนในสังคมต่างประเทศ ดังนั้นข้อมูลที่ได้ อาจจะไม่ถูกต้องนัก

3. หากสามารถได้ข้อมูลที่ถูกต้องของโรคต่างๆ เช่น โรคหัวใจ โรคหอบหืด โรคภูมิแพ้ และหาความสัมพันธ์กับปริมาณ PM10 และ 2.5 จะทำให้ได้ผลที่ชัดเจนขึ้น และเป็นประโยชน์มากกว่าใช้จำนวนการตายรวม นอกจากนี้การไม่จำแนกสาเหตุการตายจากโรคระบบทางเดินหายใจที่ไม่ชัดเจนอาจเป็นปัญหาในการเผยแพร่ผลงานต่อสาธารณชนและนำไปสู่ความไม่เชื่อถือในผลงานวิจัย

**คำชี้แจง**

จากการศึกษาในต่างประเทศหลายๆ การศึกษา ก็ใช้จำนวนการตายรวม ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนั้นปัญหาในเรื่องของความไม่น่าเชื่อถือ จึงไม่น่าจะมีเพราะใช้หลักแนวทางการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการศึกษาที่ได้รับการยอมรับในต่างประเทศ

ส่วนการที่ไม่จำแนกสาเหตุการตายจากโรคระบบทางเดินหายใจที่ไม่ชัดเจน เนื่องจากข้อมูลการตายที่ใช้ในการวิเคราะห์ ตั้งแต่ ปี 2539-2544 โดยข้อมูลการตายในช่วง 2539-2541 เป็นข้อมูลที่เก็บจากสำนักงานเขต และลงรหัส ICD 10 ตามคู่มือของ ICD 10 โดยโครงการเอง ส่วนข้อมูลการตายในช่วง ปี 2542-2544 เป็นข้อมูลที่ได้จากสำนักนโยบายและแผน กระทรวงสาธารณสุข ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้ระบบ online จากสำนักงานเขตไปยังสำนักทะเบียนราษฎร์ และส่งต่อไปยังกระทรวงสาธารณสุข ซึ่งจะมีผู้รับผิดชอบในการลงรหัส ICD 10 โดยตรง สาเหตุที่ไม่ได้ใช้ฐานข้อมูลของสำนักทะเบียนราษฎร์ในช่วงปี 2539-2541 เนื่องจากมีข้อมูลการตายไม่ครบถ้วน อาจเนื่องมาจากเป็นช่วงที่เริ่มมีการเปลี่ยนระบบการเก็บข้อมูล เป็นระบบ online ในช่วง ปลายปี 2539 ซึ่งอาจทำให้ระบบการรายงานผิดพลาดได้ ดังนั้นทางโครงการ จึงทำการเก็บข้อมูลใหม่เอง และจากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น โดยการจำแนกสาเหตุการตายจาก โรคหัวใจ และโรคทางระบบหายใจ พบว่า จำนวนความถี่ของข้อมูลทั้ง 2 โรค ในช่วงปี 2539-2541 และ ในช่วง 2542-2544 มีความแตกต่างกันมากเป็นเหตุให้สงสัยได้ว่าข้อมูลสาเหตุการตายอาจมีความ คลาดเคลื่อนเกิดขึ้น แต่ไม่พบลักษณะดังกล่าวในจำนวนการตายโดยรวม

สาเหตุหนึ่งที่คิดว่าน่าจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสาเหตุการตาย คือใน ปี 2542 สำนักนโยบายและแผนกระทรวงสาธารณสุข ได้ทำการศึกษาย้อนหลังถึงสาเหตุการตาย ซึ่งอาจมีผลทำให้ผู้ที่เกี่ยวข้องมีความระมัดระวังและละเอียดมากขึ้น หรือเข้าใจมากขึ้นในการบันทึกสาเหตุการตายไม่ใช่ใช้รูปแบบการตายมาบันทึกเป็นสาเหตุการตายแทน ซึ่งรูปแบบการตาย คือ หัวใจล้มเหลว หายใจล้มเหลว ไม่ใช่สาเหตุ การตายที่แท้จริง

**ข้อเสนอแนะต่อการจัดระบบข้อมูลการตาย**

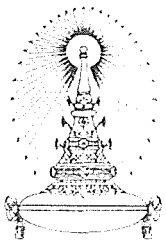
ในส่วนของการจำแนกสาเหตุการตาย (ICD code) ในปัจจุบันทางสำนักนโยบายและแผนกระทรวงสาธารณสุข ดำเนินการได้ดีแล้ว และมีโครงการอบรม ส่งเสริมความรู้ให้แก่แพทย์ในการสรุปหนังสือรับรองการตายให้ถูกต้อง และจัดทำหนังสือคู่มือการสอบสวนสาเหตุการตายโดยบุคลากรที่ไม่ใช่แพทย์ ตั้งแต่ปี 2542 ดังนั้นระบบฐานข้อมูลการตายจึงน่าจะถูกต้องมากขึ้น

อีกส่วนหนึ่งที่อาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้คือลายมือของผู้บันทึกสาเหตุการตาย ซึ่งบางครั้งอ่านยาก ทำให้เจ้าหน้าที่ผู้กรอกข้อมูลของสำนักงานเขตอาจต้องใช้การคาดเดา ทำให้เกิดความผิดพลาดได้

**ข้อเสนอแนะในการนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ไปศึกษาเพิ่มเติม**

อยู่ใน บทที่ 6 ในรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

# แบบสอบถาม



# ใบยินยอมด้วยความสมัครใจ

**การวิจัยเรื่อง** การประเมินอัตราการตาย อัตราป่วย และผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ อันเนื่องมาจากมลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานคร

**วันให้คำยินยอม** วันที่.....เดือน .....พ.ศ.2545

ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมให้ทำการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวิธีการวิจัย รวมทั้งประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด และมีความเข้าใจดีแล้ว

ผู้วิจัยรับรองว่าจะตอบคำถามต่างๆที่ข้าพเจ้าสงสัยด้วยความเต็มใจ ไม่ปิดบังซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ

ข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะบอกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ และให้เข้าร่วมโครงการวิจัยนี้โดยสมัครใจ

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับตัวของข้าพเจ้าเป็นความลับและจะเปิดเผยได้เฉพาะในรูปที่เป็นสรุปผลการวิจัย การเปิดเผยข้อมูลของข้าพเจ้าต่อหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องกระทำได้เฉพาะกรณีจำเป็นด้วยเหตุผลทางวิชาการเท่านั้น

ข้าพเจ้ารับทราบว่าข้าพเจ้าจะได้รับเงินเพื่อชดเชยแก่เวลาที่ข้าพเจ้าให้แก่ผู้วิจัย เป็นเงินจำนวน 700 บาท(เจ็ดร้อยบาทถ้วน) เมื่อเสร็จสิ้นการเก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ต่อเมื่อข้าพเจ้าให้ความร่วมมืออยู่ในโครงการนี้เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 80 วัน ใน100 วันของการเก็บข้อมูล

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว และมีความเข้าใจดีทุกประการและได้ลงนามในใบยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงนาม .....ผู้ยินยอม

(.....)

ลงนาม .....พยาน

(.....)

ลงนาม .....ผู้ทำวิจัย

(.....)

# โครงการ การประเมินอัตราการตาย อัตราป่วย และผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ อันเนื่องมาจากมลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานคร

วันที่ ---------- ชื่อเจ้าหน้าที่ผู้สัมภาษณ์ ---------- IDHH ☐☐☐

• ที่อยู่ .บ้านเลขที่ .....ซอย.....ถนน.....

มีสมาชิกที่อาศัยที่บ้านนี้ ..... คน

| ชื่อ - นามสกุล สมาชิกที่อาศัยที่บ้านนี้ | เพศ | อายุ | สูบบุหรี่หรือไม่ | ห้องนอนติดแอร์ไหม | ห้องนอนอยู่ชั้นที่ | ยินดีเข้าร่วมโครงการ | แพทย์วินิจฉัยว่าเป็นโรคหอบหืดอยู่ใช่หรือไม่ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *1. | | | ① ไม่ ② สูบ | ① ติด② ไม่ | | ① ยินดี ② ไม่ | ① ไม่ ② ใช่ |
| 2. | | | ① ไม่ ② สูบ | ① ติด② ไม่ | | ① ยินดี ② ไม่ | ① ไม่ ② ใช่ |
| 3. | | | ① ไม่ ② สูบ | ① ติด② ไม่ | | ① ยินดี ② ไม่ | ① ไม่ ② ใช่ |
| 4. | | | ① ไม่ ② สูบ | ① ติด② ไม่ | | ① ยินดี ② ไม่ | ① ไม่ ② ใช่ |
| 5. | | | ① ไม่ ② สูบ | ① ติด② ไม่ | | ① ยินดี ② ไม่ | ① ไม่ ② ใช่ |
| 6. | | | ① ไม่ ② สูบ | ① ติด② ไม่ | | ① ยินดี ② ไม่ | ① ไม่ ② ใช่ |
| 7. | | | ① ไม่ ② สูบ | ① ติด② ไม่ | | ① ยินดี ② ไม่ | ① ไม่ ② ใช่ |
| 8. | | | ① ไม่ ② สูบ | ① ติด② ไม่ | | ① ยินดี ② ไม่ | ① ไม่ ② ใช่ |

<u>เฉพาะเด็กอายุ 5 - 12 ปี</u>

| ชื่อ -นามสกุล | เพศ | อายุ | ชื่อโรงเรียน | ห้องนอนติดแอร์ไหม | ห้องนอนอยู่ชั้นที่ | ยินดีเข้าร่วมโครงการ | แพทย์วินิจฉัยว่าเป็นโรคหอบหืดอยู่ใช่หรือไม่ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | ① ติด② ไม่ | | ① ยินดี ② ไม่ | ① ไม่ ② ใช่ |
| 2. | | | | ① ติด② ไม่ | | ① ยินดี ② ไม่ | ① ไม่ ② ใช่ |
| 3. | | | | ① ติด② ไม่ | | ① ยินดี ② ไม่ | ① ไม่ ② ใช่ |

* <u>เฉพาะผู้ที่ถูกสัมภาษณ์</u>

1. ท่านมีอาการไอติดต่อกันเกือบทุกวันและต่อเนื่องถึง 3 เดือนหรือมากกว่านั้นไหม ? ① ไม่มี ② มี
2. ท่านมีเสมหะติดต่อกันเกือบทุกวันและต่อเนื่องถึง 3 เดือนหรือมากกว่านั้นไหม ? ① ไม่มี ② มี
3. ท่านเคยมีทั้งเสมหะและไอพร้อมกันต่อเนื่องถึง 3 สัปดาห์ หรือมากกว่านั้นไหม ? ① ไม่มี ② มี
4. เวลาท่านหายใจท่านเคยมีเสียงวี๊ดหรือดังในอกไหม ? ① ไม่มี ② มี
5. ในเวลาที่ต้องเดินเร็วหรือเดินขึ้นบันไดท่านเคยมีอาการหายใจไม่ทันไหม ? ① ไม่มี ② มี

<u>หมายเหตุ</u> * สมาชิกที่อาศัยในบ้านนี้หมายถึงช่วงเวลากลางวันและกลางคืนส่วนใหญ่อยู่ในบ้านหลังนี้หรือละแวกนี้

**แบบสำรวจข้อมูลรายวัน ในผู้ใหญ่** ID □□□□ ครั้งที่ □□□

**โครงการ การประเมินอัตราการตาย** ชื่อ .....นามสกุล.....

**อัตราป่วยและผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์** กรอกบันทึกวันที่ .....เดือน.....พ.ศ.2545

**อันเนื่องมาจากมลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานคร** SEX ① ชาย ② หญิง INT□

**โปรดใส่เครื่องหมาย ✖ ลงบนคำตอบที่ตรงกับความจริงมากที่สุด**

| **1.ตั้งแต่หลังตื่นนอนเมื่อวานจนถึงตื่นนอนเช้านี้ ท่านมีอาการเหล่านี้หรือไม่** | | |
|---|---|---|
| 1.1 ปวดศีรษะ | ① ไม่มี ② มี | HEADACHE _ |
| 1.2 คัดจมูก,น้ำมูกไหล | ① ไม่มี ② มี | NOSE ____ |
| 1.3 ระคายคอ หรือ เจ็บคอ | ① ไม่มี ② มี | THROAT ___ |
| 1.4 เป็นหวัด | ① ไม่มี ② มี | COLD _____ |
| 1.5 ไอ | ① ไม่มี ② มี | COUGH ____ |
| 1.6 มีเสมหะ | ① ไม่มี ② มี | PHLEGM ____ |
| 1.7 หายใจมีเสียงวี๊ดหรือฮี้ดในอก | ① ไม่มี ② มี | WHEEZ ____ |
| 1.8 หายใจไม่สะดวกแน่นหน้าอก | ① ไม่มี ② มี | CHEST_____ |
| 1.9 หายใจไม่อิ่ม,หายใจตื้น ๆ | ① ไม่มี ② มี | SHORT____ |
| 1.10 อึดอัดแน่นท้อง, ปวดท้อง | ① ไม่มี ② มี | STOMACH __ |
| 1.11 เป็นไข้,ตัวร้อน | ① ไม่มี ② มี | FEVER _____ |
| 1.12 อาการอื่น ๆ | ① ไม่มี<br>② มี ระบุ..... | Other _____ |
| 2. เมื่อวานนี้ท่านสบายดี ไม่มีอาการข้างต้น | ① ใช่ ⇨ ข้ามไปข้อ 7<br>② ไม่ใช่ ⇨ ตอบข้อ 3 ถึงข้อ 7 | HEALTHY ___ |
| 3. เมื่อวานท่านต้องนอนซมอยู่บนเตียงเกือบทั้งวัน เนื่องจากอาการป่วยในข้อ 1 ใช่หรือไม่ | ① ไม่ใช่<br>② ใช่ | RAD1 _____ |
| 4. เมื่อวานท่านต้องหยุดงานหรือหยุดเรียน เนื่องจากอาการป่วยในข้อ 1 ใช่หรือไม่ | ① ไม่ใช่<br>② ใช่ | RAD2 _____ |
| 5. เมื่อวานท่านไม่สามารถประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ตามปกติเนื่องจากอาการป่วยในข้อ 1 ใช่หรือไม่ | ① ไม่ใช่<br>② ใช่ | RAD3 _____ |
| 6. เมื่อท่านมีอาการป่วยใน ข้อ 1 ท่านทำอย่างไรเพื่อบรรเทาอาการดังกล่าว (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) | ① ไม่ทำอะไร<br>② กินยาที่มีอยู่ ④ ซื้อยากินเอง<br>⑧ ไปรักษาที่คลีนิคหรือโรงพยาบาล ชื่อ.....<br>⑯ เข้ารักษาในห้องฉุกเฉินของโรงพยาบาลชื่อ..... | CARE _____<br>HOSP_____<br>EMER____ |
| 7. เมื่อวานนี้ท่านได้ออกไปจากบริเวณนี้มากกว่า 4 ชั่วโมง หรือไม่ | ① ไม่ ② ใช่ อยู่ในกรุงเทพมหานคร<br>③ ใช่ ออกนอก กรุงเทพมหานคร | OUTSIDE ___ |

**แบบสำรวจข้อมูลรายวัน ในผู้ใหญ่** ID □□□□ ครั้งที่ □□□

**โครงการ การประเมินอัตราการตาย** ชื่อ .....นามสกุล.....

**อัตราป่วยและผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์** กรอกบันทึกวันที่ .....เดือน.....พ.ศ.2545

**อันเนื่องมาจากมลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานคร** SEX ① ชาย ② หญิง INT□

**โปรดใส่เครื่องหมาย ✕ ลงบนคำตอบที่ตรงกับความจริงมากที่สุด**

| **1.ตั้งแต่หลังตื่นนอนเมื่อวานจนถึงตื่นนอนเช้านี้ ท่านมีอาการเหล่านี้หรือไม่** | | |
|---|---|---|
| 1.1 ปวดศีรษะ | ① ไม่มี ② มี | HEADACHE _ |
| 1.2 คัดจมูก,น้ำมูกไหล | ① ไม่มี ② มี | NOSE ____ |
| 1.3 ระคายคอ หรือ เจ็บคอ | ① ไม่มี ② มี | THROAT ___ |
| 1.4 เป็นหวัด | ① ไม่มี ② มี | COLD _____ |
| 1.5 ไอ | ① ไม่มี ② มี | COUGH ____ |
| 1.6 มีเสมหะ | ① ไม่มี ② มี | PHLEGM ____ |
| 1.7 หายใจมีเสียงวี๊ดหรือฮี้ดในอก | ① ไม่มี ② มี | WHEEZ ____ |
| 1.8 หายใจไม่สะดวกแน่นหน้าอก | ① ไม่มี ② มี | CHEST_____ |
| 1.9 หายใจไม่อิ่ม,หายใจตื้น ๆ | ① ไม่มี ② มี | SHORT____ |
| 1.10 อืดอัดแน่นท้อง, ปวดท้อง | ① ไม่มี ② มี | STOMACH __ |
| 1.11 เป็นไข้,ตัวร้อน | ① ไม่มี ② มี | FEVER _____ |
| 1.12 อาการอื่น ๆ | ① ไม่มี<br>② มี ระบุ..... | Other _____ |
| 2. เมื่อวานนี้ท่านสบายดี ไม่มีอาการข้างต้น | ① ใช่ ➪ ข้ามไปข้อ 7<br>② ไม่ใช่ ➪ ตอบข้อ 3 ถึงข้อ 7 | HEALTHY ___ |
| 3. เมื่อวานท่านต้องนอนซมอยู่บนเตียงเกือบทั้งวัน เนื่องจากอาการป่วยในข้อ 1 ใช่หรือไม่ | ① ไม่ใช่<br>② ใช่ | RAD1 _____ |
| 4. เมื่อวานท่านต้องหยุดงานหรือหยุดเรียนเนื่องจากอาการป่วยในข้อ 1 ใช่หรือไม่ | ① ไม่ใช่<br>② ใช่ | RAD2 _____ |
| 5. เมื่อวานท่านไม่สามารถประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ตามปกติเนื่องจากอาการป่วยในข้อ 1 ใช่หรือไม่ | ① ไม่ใช่<br>② ใช่ | RAD3 _____ |
| 6. เมื่อท่านมีอาการป่วยใน ข้อ 1 ท่านทำอย่างไรเพื่อบรรเทาอาการดังกล่าว (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) | ① ไม่ทำอะไร<br>② กินยาที่มีอยู่ ④ ซื้อยากินเอง<br>⑧ ไปรักษาที่คลีนิคหรือโรงพยาบาล ชื่อ.....<br>⑯ เข้ารักษาในห้องฉุกเฉินของโรงพยาบาลชื่อ..... | CARE _____<br>HOSP_____<br>EMER____ |
| 7. เมื่อวานนี้ท่านได้ออกไปจากบริเวณนี้มากกว่า 4 ชั่วโมง หรือไม่ | ① ไม่ ② ใช่ อยู่ในกรุงเทพมหานคร<br>③ ใช่ ออกนอก กรุงเทพมหานคร | OUTSIDE ___ |

# แบบสอบถามข้อมูลพื้นฐาน

## โครงการ การประเมินอัตราการตาย อัตราป่วย และผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ ในกรุงเทพมหานคร

ID ☐☐☐☐

ชื่อผู้สัมภาษณ์.....INT ☐ วันที่สัมภาษณ์.....พ.ศ. 2545 Dateint ☐☐ ☐☐ ☐☐

เวลาที่เริ่มสัมภาษณ์.....น.

**คำชี้แจง โปรดใส่เครื่องหมาย ✖ ลงบนตัวเลขหน้าคำตอบที่ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด**

**ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป**

| | | |
|---|---|---|
| ชื่อ.....นามสกุล..... | เพศ ① ชาย ② หญิง | SEX |
| วัน, เดือน, ปี เกิด ...../...../..... | | BIRTH...../...../.... |
| อายุ ..... ปี | | AGE |
| น้ำหนัก ..... กิโลกรัม | | WT |
| ที่อยู่ เลขที่ (Add)...../..... | ซอย(Soi)..... | Add.....Soi..... |
| ถนน(Road) ① ถนนอิสรภาพ | ② ถนนอินทรพิทักษ์ ③ ถนนประชาธิปก | Road..... |
| ชุมชน(Vill) ① บางไส้ไก่ | ② มัสยิด ③ วัดมอญ ④ บ้านแขก ⑤สามัคคีศรีสุพรรณ | Vill ..... |
| 1. สภาพสมรส | ① โสด ② คู่ อยู่ด้วยกัน<br>③ คู่ แยกกันอยู่ ④ หย่า<br>⑤ ม่าย ⑨ ไม่ตอบ | STATUS ..... |
| 2. ท่านจบการศึกษาสูงสุดระดับใด | ⓪ไม่ได้เรียน<br>① ประถมต้น ② ประถมปลาย<br>③ มัธยมต้น ④ มัธยมปลาย/ปวช.<br>⑤ ปวส., ปวท., อนุปริญญา ⑥ ปริญญาตรี<br>⑦ ปริญญาโท, เอก | GRAD..... |
| 3. จำนวนคนทั้งหมดในครอบครัวนี้มีกี่คน | .....คน | MEMBER..... |
| 4. รายได้รวมของครอบครัวต่อเดือน | ① ต่ำกว่า 10,000 บาท<br>② 10,001-30,000 บาท<br>③ 30,001-50,000 บาท<br>④ 50,001 บาทขึ้นไป<br>⑧ ไม่ทราบ ⑨ ไม่ตอบ | INCOME..... |
| 5. ท่านเคยสูบบุหรี่หรือยาเส้นหรือไม่ | ⓪ ไม่ (**ข้ามไปส่วนที่ 2**) ➪<br>① เคย และยังสูบอยู่ ② เคยแต่เลิกสูบแล้ว | SMOKE1..... |
| 6. ในช่วงชีวิตที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบันท่านเคยสูบบุหรี่รวมกัน เป็นจำนวน 100 มวน หรือมากกว่า หรือไม่ | ⓪ ไม่ ⑧ จำไม่ได้<br>① ใช่ ⑨ ไม่ตอบ | SMOKE2..... |
| 7. ถ้าท่านสูบบุหรี่หรือเคยสูบบุหรี่มาก่อน ท่านสูบ วันละกี่มวน | ..... มวน | SMOKE3..... |
| 8. ท่านเริ่มสูบบุหรี่ประจำเมื่ออายุ | ..... ปี | SMOKE4..... |
| 9. ถ้าท่านเลิกสูบบุหรี่แล้ว ท่านเลิกสูบเมื่ออายุ | ..... ปี | SMOKE5..... |

**ส่วนที่ 2 ข้อมูลสิ่งแวดล้อม**

| | | |
|---|---|---|
| 1. ห้องนอนของท่านอยู่ชั้นไหน | ..... | LEVEL ..... |
| 2. ท่านพักอยู่ที่บ้านหลังนี้มานานกี่ปี | ..... ปี | HOME1 ..... |
| 3. ก่อนหน้าที่จะพักอยู่ที่นี่ ท่านเคยพักอาศัยอยู่ที่ใดมาก่อนหรือไม่ | ⓪ ไม่<br>① ใช่ ระบุที่อยู่ ถนน.....<br>ตำบล.....<br>อำเภอ.....<br>จังหวัด..... | HOME2.....<br>HOME21.....<br>HOME22.....<br>HOEM23.....<br>HOME24..... |
| 4. เคยอาศัยอยู่ในเมืองใหญ่ ๆ ที่แออัด นอกเหนือจากกรุงเทพฯ เช่น เชียงใหม่ โคราชหรือไม่ | ⓪ ไม่<br>① ใช่ ระบุที่อยู่ ถนน.....<br>ตำบล.....<br>อำเภอ.....<br>จังหวัด.....<br>พักอยู่นาน.....ปี | HOME3.....<br>HOME31.....<br>HOME32.....<br>HOEM33.....<br>HOME34.....<br>HYR..... |
| 5. ปกติท่านอยู่บ้านวันละกี่ชั่วโมง | ..... ชั่วโมง | HOME4..... |
| 6. ที่บ้านนี้มีห้องใดติดแอร์หรือไม่ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) | ⓪ ไม่มี (ข้ามไปข้อ 9)<br>① มีทุกห้อง<br>② ห้องนอนของท่าน<br>④ ห้องนั่งเล่น<br>⑧ ห้องกินข้าว<br>(16) ใช้ในห้องอื่น ๆ ระบุ..... | HOME5..... |
| บ้านที่ท่านพักอาศัย ท่านอยู่ในห้องที่ติดแอร์วันละประมาณกี่ชั่วโมง | ..... ชั่วโมง | HOME6 ..... |
| 8. ในห้องที่ติดแอร์ที่บ้านท่าน ใช้เครื่องฟอกอากาศหรือไม่ | ⓪ ไม่มี<br>① มีทุกห้อง<br>② ห้องนอนของท่าน<br>④ ห้องนั่งเล่น<br>⑧ ห้องกินข้าว<br>(16) ใช้ในห้องอื่น ๆ ระบุ..... | HOME7..... |

| | | |
|---|---|---|
| 9. ท่านใช้เชื้อเพลิงชนิดใดประกอบอาหารเป็น**ส่วนใหญ่**<br><br>**(ตอบได้มากว่า 1 ข้อ)** | ①เตาแก๊ส, ในบ้าน<br>② เตาแก๊ส, นอกบ้าน<br>④เตาไฟฟ้า<br>⑧ เตาถ่าน, ในบ้าน<br>(16)เตาถ่าน, นอกบ้าน<br>(32) ไมโครเวฟ **(ข้ามไปตอบข้อ 11)** ↷<br>(64) ซื้อกิน หรือ ไม่ได้ทำ **(ข้ามไปตอบข้อ 11)** ↷<br>(128) อื่น ๆ ระบุ..... | <br><br><br><br><br><br><br>HOME8..... |
| 10. ควันไฟจากเชื้อเพลิงที่ใช้ในการประกอบอาหารก่อให้เกิดอาการระคายเคืองต่อ ตา คอ จมูกของท่านมากเพียงใด | ⓪ ไม่เลย ① เล็กน้อย<br>② ปานกลาง ③ มาก | <br><br>HOME9..... |
| 11. มีการใช้ยากันยุงในบ้านหรือไม่ | ⓪ ไม่มี ( **ข้ามไปตอบข้อ 12)** ↷ ① มี | HOME10..... |
| 11.1 แบบทา | ⓪ ไม่มี ① มี .....ครั้ง/สัปดาห์ | HOME101..... |
| 11.2 แบบจุด | ⓪ ไม่มี ① มี .....ครั้ง/สัปดาห์ | HOME102..... |
| 11.3 แบบขด | ⓪ ไม่มี ① มี .....ครั้ง/สัปดาห์ | HOME103..... |
| 11.4 แบบไฟฟ้า | ⓪ ไม่มี ① มี .....ครั้ง/สัปดาห์ | HOME104..... |
| 12. มีการจุดธูปในบ้านหรือไม่ | ⓪ ไม่มี **(ข้ามไปตอบข้อ 14)** ↷<br>① เดือนละครั้ง<br>② น้อยกว่า 2 เดือน ต่อครั้ง<br>③ 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์<br>④ 3-6 ครั้งต่อสัปดาห์<br>⑤ > 6 ครั้งต่อสัปดาห์ | <br><br><br><br><br>HOME11..... |
| 13. ตอนที่มีการจุดธูป ท่านได้กลิ่นธูปมากน้อยเพียงใด | ⓪ ไม่เลย ① เล็กน้อย<br>② ปานกลาง ③ มาก | <br>HOME12..... |
| 14. มีผู้ใดในบ้านสูบบุหรี่หรือไม่ | ⓪ ไม่มี **(ข้ามไปตอบข้อ 17)** ↷<br>① มี.....คน | <br>HOME13..... |
| 5. มีคนสูบบุหรี่ภายในบ้านหรือไม่ | ⓪ ไม่มี **(ข้ามไปตอบข้อ 17)** ↷ ① มี | PSMOK1..... |
| 6. ที่บ้าน ท่านมักจะอยู่ในห้องที่มีคนสูบบุหรี่หรือไม่ | ⓪ ไม่เลย ① นานๆครั้ง<br>② บ่อยครั้ง ③ ทุกครั้ง | <br>PSMOKE2..... |
| 7. ปกติท่านออกไปทำธุระนอกบ้านสัปดาห์ละกี่วัน<br>วันละประมาณกี่ชั่วโมง | ..... วัน<br>..... ชั่วโมง | OUTDay.....<br>OUTHr ..... |
| 8. ท่านใช้พาหนะใดในการออกไปทำธุระนอกบ้าน **เป็นส่วนใหญ่**<br><br>**(ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ )** | ① รถส่วนตัวปรับอากาศ **(ข้ามไปตอบข้อ 20 )** ↷<br>② รถส่วนตัวไม่ปรับอากาศ **(ข้ามไปตอบข้อ 20 )** ↷<br>④ มอเตอร์ไซด์ ส่วนตัว/รับจ้าง<br>⑧ รถประจำทางปรับอากาศ / แท็กซี่<br>(16) รถประจำทางไม่ปรับอากาศ /สามล้อ<br>(32) อื่น ๆ โปรดระบุ..... | <br><br><br><br><br>VEH..... |

| | | |
|---|---|---|
| 19. ในกรณีที่ไม่มีพาหนะส่วนตัวท่านใช้เวลาในการคอยรถโดยสารเป็นระยะเวลานานเท่าใดโดยเฉลี่ยต่อครั้ง **(รวมระยะเวลาทั้งไปและกลับ)** | ..... ชั่วโมง ..... นาที | WAIT..... |
| 20. บริเวณหน้าบ้านของท่าน มีรถยนต์ รถมอเตอร์ไซต์ วิ่งผ่านไปมา มากน้อยเพียงใด | ⓪ ไม่เลย ① เล็กน้อย<br>② ปานกลาง ③ มาก | TRAFFIC..... |
| 21.วันทำงาน ( จันทร์-ศุกร์)<br>ก. ใช้เวลาอยู่ในบ้าน หรือในอาคารประมาณวันละ<br>ข. ใช้เวลาอยู่นอกบ้าน นอกอาคาร หรือที่โล่งประมาณวันละ | .....ชั่วโมง<br>.....ชั่วโมง | INDAYW.....<br>OUTDAYW..... |
| 22.วันเสาร์ อาทิตย์<br>ก. ใช้เวลาอยู่ในบ้าน หรือในอาคารประมาณวันละ<br>ข. ใช้เวลาอยู่นอกบ้าน นอกอาคาร หรือที่โล่งประมาณวันละ | .....ชั่วโมง<br>.....ชั่วโมง | INHOLI.....<br>OUTHOLI..... |

<u>ส่วนที่ 3 ประวัติการทำงาน</u>

| | | | |
|---|---|---|---|
| . ท่านเคยประกอบอาชีพอะไรบ้าง<br>(ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)<br>**ในแต่ละอาชีพที่ท่านทำ ท่านทำอยู่นานกี่ปี**<br>**(ถ้าตอบข้อ 1-32 ให้ข้ามไปตอบข้อ 6)** ↪ | ปี | ⓪ ไม่เคย **(ข้ามไปตอบข้อ 10 )** ↪<br>① แม่บ้าน<br>② ค้าขาย หาบเร่ แผงลอย ริมถนน<br>④ งานประเภทช่าง เช่น ช่างซ่อมรถ ช่างไม้ ช่างปูน<br>⑧ งานประเภทช่าง เช่น ช่างไฟฟ้า ช่างประปา<br>(16) งานบริการ เช่น ยาม, พนักงานเก็บตั๋ว พนักงานขับรถ มอเตอร์ไซรับจ้าง<br>(32) ตำรวจจราจร<br>(64) งานเสมียนสำนักงาน<br>(128) งานวิชาชีพ (เช่น ตำรวจ, ทหาร, ครู, หมอ, พยาบาล)<br>(256) รับจ้างทั่วไป เช่น เย็บผ้า ทำดอกไม้<br>(512) อื่นๆระบุ..... | OCC1.....T1....<br>OCC2.....T2....<br>OCC3..... T3....<br>OCC4 .....T4....<br>OCC5..... T5....<br>OCC6.....T6....<br>OCC7.....T7....<br>OCC8.....T8....<br>OCC9.....T9....<br>OCC10.....T10... |
| . ท่านทำงานอยู่ในอาคารหรือไม่ | | ⓪ ไม่ **(ข้ามไปตอบข้อ 6)** ↪<br>① ใช่ **(ตอบข้อ 3)** ↓ | WORK1..... |
| . ในห้องที่ท่านทำงานมีการติดแอร์หรือไม่ | | ⓪ ไม่มี **(ข้ามไปตอบข้อ 6)** ↪<br>① มี เป็นประเภท Central<br>② มี เป็นประเภท เครื่องเดี่ยว ๆ<br>③ อื่น ๆ ระบุ..... | WORK2..... |
| . ท่านทำงานอยู่ในห้องที่ติดแอร์ประมาณวันละ | | ..... ชั่วโมง | WORK3..... |
| . ในที่ทำงานมีเครื่องฟอกอากาศหรือไม่ | | ⓪ ไม่มี ① มี | WORK4 ..... |

| | | |
|---|---|---|
| 6. ท่านทำงานวันละประมาณกี่ชั่วโมง | ..... ชั่วโมง | WORK5 ..... |
| 7. ท่านทำงานสัปดาห์ละกี่วัน | ..... วัน | WORK6..... |
| 8. งานที่ท่านทำอยู่ต้องสัมผัสกับควัน, ฝุ่น, ไอ ต่าง ๆ หรือไม่ | ⓪ ไม่ใช่ **(ข้ามไปตอบข้อ 9)** ↘<br>① ใช่ สิ่งที่สัมผัสคือ<br>① ไอต่าง ๆ ② ฝุ่น ④ ควัน<br>⑧ อื่น ๆ ระบุ..... 99 ไม่ทราบ<br>ท่านได้สัมผัสสิ่งนั้นนาน.....ปี | WORK7.....<br>WORK8 .....<br>WORK9..... |
| 9. ในที่ทำงานของท่านมีคนสูบบุหรี่ในห้องที่ท่านทำงานอยู่ด้วยใช่หรือไม่ | ⓪ ไม่ใช่<br>① ใช่ | WORK10 ..... |
| 10. ปัจจุบันท่านประกอบอาชีพอะไร | ⓪ ไม่มี<br>① แม่บ้าน<br>② ค้าขาย หาบเร่ แผงลอย ริมถนน<br>④ งานประเภทช่าง เช่น ช่างซ่อมรถ ช่างไม้ ช่างปูน<br>⑧ งานประเภทช่าง เช่น ช่างไฟฟ้า ช่างประปา<br>(16)งานบริการ เช่น ยาม, พนักงานเก็บตั๋ว พนักงานขับรถมอเตอร์ไซรับจ้าง<br>(32) ตำรวจจราจร<br>(64) งานเสมียนสำนักงาน<br>(128) งานวิชาชีพ (เช่น ตำรวจ, ทหาร, ครู, หมอ, พยาบาล)<br>(256) รับจ้างทั่วไป เช่น เย็บผ้า ทำดอกไม้<br>(512) อื่นๆระบุ..... | WORK11..... |

## ส่วนที่ 4 ประวัติการเจ็บป่วย

### *การไอและมีเสมหะ*

| | | |
|---|---|---|
| 1. ในช่วง 2 สัปดาห์ที่ผ่านมา ท่านเป็นหวัดหรือไม่ | ⓪ ไม่มี ① มี | COLD..... |
| 2. ในช่วง 2 สัปดาห์ที่ผ่านมาท่านมีอาการไอหรือไม่ | ⓪ ไม่มี **(ข้ามไปตอบข้อ 5)** ↘ ① มี | COUGH1..... |
| 3. ใน 2 สัปดาห์ที่ผ่านมาที่ท่านมีอาการไอ ท่านมักจะไอแบบใด | ① ไอแห้งๆ ② ไอมีเสมหะ ④ไอเสียงก้องๆ | COUGH2..... |
| 4. ใน 2 สัปดาห์ที่ผ่านมาที่ท่านมีอาการไอ ท่านมักจะไอตอนไหน (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ ) | ① เช้า ②กลางวัน<br>④เย็น ⑧กลางคืน | COUGH3..... |
| 5. ในช่วง 2 สัปดาห์ที่ผ่านมาท่านมีเสมหะหรือไม่ | ⓪ ไม่มี **(ข้ามไปตอบข้อ 7)** ↘ ① มี | PHLEM1..... |
| 6. ใน 2 สัปดาห์ที่ผ่านมาที่ท่านมีเสมหะ ท่านมักจะมีเสมหะตอนไหน | ① เช้า ②กลางวัน<br>④เย็น ⑧กลางคืน | PHLEM2..... |

| | | |
|---|---|---|
| 7.ท่านเคยมีอาการไอและมีเสมหะติดต่อกันเป็นเวลา 3 เดือน หรือมากกว่า 3 เดือนขึ้นไปต่อปีหรือไม่ | ⓪ ไม่ **(ข้ามไปตอบข้อ 10)** ➪<br>① ใช่ | BRONC1..... |
| 8. ท่านเคยมีอาการในข้อ 7 เป็นเวลา 2 ปีติดต่อกันหรือไม่ | ⓪ ไม่ ① เคย | BRONC2..... |
| 9. ในปีที่ผ่านมาท่านมีอาการในข้อ 7 หรือไม่ | ⓪ ไม่ ① มี | BRONC3..... |
| 10.ท่านเคยรู้สึกแน่นหน้าอก หายใจไม่ทันเวลาเดินเร็ว ๆ หรือเดินขึ้นเนินหรือไม่ เมื่อเปรียบเทียบกับคนในวัยเดียวกัน | ⓪ ไม่<br>① ใช่ | CHEST1..... |

***ารเป็นหอบหืด***

| | | |
|---|---|---|
| 11. ปัจจุบันท่านมีอาการหอบหืด หรือมีเสียงวี๊ดหรือฮืดในอกหรือไม่ | ⓪ ไม่มี **(ข้ามไปตอบข้อ 14)** ➪<br>① มี | WHEEZE..... |
| 12. ขณะนี้ท่านต้องกินยาหรือฉีดยาเพื่อบรรเทาอาการหอบหืดอยู่เป็นประจำใช่หรือไม่ | ⓪ ไม่<br>① ใช่ | ASTHMA1 ..... |
| 3. ขณะนี้ท่านต้องใช้ยาพ่นเพื่อบรรเทาอาการหอบหืดอยู่เป็นประจำใช่หรือไม่ | ⓪ ไม่<br>① ใช่ | ASTHMA 2 ..... |
| 4. ใน 1 ปีที่ผ่านมาท่านเคยมีอาการเสียงวี๊ดหรือฮืดในหน้าอกหรือไม่ | ⓪ ไม่มี ① มี | ASTHMA 3 ..... |

***อาการที่แพทย์วินิจฉัย***

5. แพทย์เคยบอกว่าท่านเป็นโรคดังต่อไปนี้หรือไม่ ถ้าเคย หายจากโรคแล้ว หรือยังเป็นอยู่

| | | |
|---|---|---|
| 5.1 โรคหอบหืด | ⓪ไม่เคย ① เคยแต่หายแล้ว ②เคยและยังมีอยู่ | AHIST1..... |
| 5.2 โรคถุงลมโป่งพอง | ⓪ไม่เคย ① เคยแต่หายแล้ว ②เคยและยังมีอยู่ | AHIST2..... |
| 5.3 โรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง | ⓪ไม่เคย ① เคยแต่หายแล้ว ②เคยและยังมีอยู่ | AHIST3..... |
| 5.4 โรคปอดบวม | ⓪ไม่เคย ① เคยแต่หายแล้ว ②เคยและยังมีอยู่ | AHIST4..... |
| 5.5 วัณโรคปอด | ⓪ไม่เคย ① เคยแต่หายแล้ว ②เคยและยังมีอยู่ | AHIST5..... |
| 5.6 โรคหัวใจ | ⓪ไม่เคย ① เคยแต่หายแล้ว ②เคยและยังมีอยู่ | AHIST6..... |
| 5.7 แพ้ ละอองเกสร | ⓪ไม่เคย ① เคยแต่หายแล้ว ②เคยและยังมีอยู่ | AHIST7..... |
| 5.8 แพ้ยา | ⓪ไม่เคย ① เคยแต่หายแล้ว ②เคยและยังมีอยู่ | AHIST8..... |
| 5.9 แพ้อาหาร สารเคมี หรือวัตถุอื่นๆ | ⓪ไม่เคย ① เคยแต่หายแล้ว ②เคยและยังมีอยู่ | AHIST9..... |
| 5.10 โรคอื่นๆระบุ..... | ⓪ไม่เคย ① เคยแต่หายแล้ว ②เคยและยังมีอยู่ | AHIST10..... |

**จบแบบสอบถาม**

**จบการสัมภาษณ์เวลา.....น. (TIME.....นาที)**

☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺

# แบบสำรวจข้อมูลรายวันในเด็ก

## โครงการ การประเมินอัตราการตาย อัตราป่วยและผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ อันเนื่องมาจากมลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานคร

ชื่อ.....นามสกุล..... อายุ.....ปี ID ☐☐☐☐ ครั้งที่ ☐☐☐

กรอกบันทึกวันที่.....เดือน.....พ.ศ.2545 SEX ① ชาย ② หญิง INT☐

โปรดใส่เครื่องหมาย ✖ ลงบนคำตอบที่ตรงกับความจริงมากที่สุด

| 1.ตั้งแต่หลังตื่นนอนเมื่อวานจนถึงตื่นนอนเช้านี้ ท่านมีอาการเหล่านี้หรือไม่ | | |
|---|---|---|
| 1.1 ปวดศีรษะ | ① ไม่มี ② มี | HEAD_____ |
| 1.2 คัดจมูก,น้ำมูกไหล | ① ไม่มี ② มี | NOSE _____ |
| 1.3 ระคายคอ หรือ เจ็บคอ | ① ไม่มี ② มี | THROAT____ |
| 1.4 เป็นหวัด | ① ไม่มี ② มี | COLD ____ |
| 1.5 ไอ | ① ไม่มี ② มี | COUGH ____ |
| 1.6 มีเสมหะ | ① ไม่มี ② มี | PHLEGM ____ |
| 1.7 หายใจมีเสียงวี๊ดหรือฮี้ดในอก | ① ไม่มี ② มี | WHEEZ ____ |
| 1.8 หายใจไม่สะดวกแน่นหน้าอก | ① ไม่มี ② มี | CHEST____ |
| 1.9 หายใจไม่อิ่ม,หายใจตื้น ๆ | ① ไม่มี ② มี | SHORT____ |
| 1.10 อืดอัดแน่นท้อง, ปวดท้อง | ① ไม่มี ② มี | STOMACH __ |
| 1.11 เป็นไข้,ตัวร้อน | ① ไม่มี ② มี | FEVER _____ |
| 1.12 อาการอื่น ๆ | ① ไม่มี<br>② มี ระบุ..... | Other _____ |
| 2. เมื่อวานนี้ท่านสบายดี ไม่มีอาการข้างต้น | ① ใช่ ⇨ **ข้ามไปข้อ 7**<br>② ไม่ใช่ ⇨ **ตอบข้อ 3 ถึงข้อ 7** | HEALTHY ___ |
| 3. เมื่อวานท่านต้องนอนซมอยู่บนเตียงเกือบทั้งวัน เนื่องจากอาการป่วยในข้อ 1 ใช่หรือไม่ | ① ไม่ใช่<br>② ใช่ | RAD1 ____ |
| 4. เมื่อวานท่านต้องหยุดงานหรือหยุดเรียน เนื่องจากอาการป่วยในข้อ 1 ใช่หรือไม่ | ① ไม่ใช่<br>② ใช่ | RAD2 ____ |
| 5. เมื่อวานท่านไม่สามารถประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ตามปกติเนื่องจากอาการป่วยในข้อ 1ใช่หรือไม่ | ① ไม่ใช่<br>② ใช่ | RAD3 ____ |
| 6. เมื่อท่านมีอาการป่วยใน ข้อ 1 ท่านทำอย่างไรเพื่อบรรเทาอาการดังกล่าว<br>**(ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)** | ① ไม่ทำอะไร<br>② กินยาที่มีอยู่ ④ ซื้อยากินเอง<br>⑧ ไปรักษาที่คลีนิคหรือโรงพยาบาล ชื่อ.....<br>⑯ เข้ารักษาในห้องฉุกเฉินของโรงพยาบาลชื่อ..... | CARE _____<br>HOSP_____<br>EMER_____ |
| 7. เมื่อวานนี้ท่านได้ออกไปจากบริเวณนี้มากกว่า 4 ชั่วโมง หรือไม่ | ① ไม่ ② ใช่ อยู่ใน กรุงเทพมหานคร<br>③ ใช่ ออกนอก กรุงเทพมหานคร | OUTSIDE __ |

# แบบสอบถามข้อมูลพื้นฐาน

## โครงการ การประเมินอัตราการตาย อัตราป่วยและผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ ในกรุงเทพมหานคร

ID ❑❑❑❑

ชื่อผู้สัมภาษณ์.....INT ☐ วันที่สัมภาษณ์.....พ.ศ. 2545 Dateint ☐☐ ☐☐ ☐☐

เริ่มสัมภาษณ์เวลา.....น.

**โปรดใส่เครื่องหมาย X ลงบนตัวเลขหน้าคำตอบที่ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด**

**ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป**

| | | |
|---|---|---|
| โรงเรียน | ①สหบำรุงวิทยา ② วัดประดิษฐาราม | SCHOOL..... |
| ชั้นเรียน | ชั้นประถม.....ห้อง..... | CLASS...../..... |
| ที่อยู่อาศัย บ้านเลขที่.(Add).....ซอย(Soi).....<br>ถนน(Road) ) ① ถนนอิสรภาพ ② ถนนอินทรพิทักษ์ ③ ถนนประชาธิปก<br>ชุมชน(Vill) ① บางไส้ไก่ ② มัสยิด ③ วัดมอญ ④ บ้านแขก ⑤สามัคคีศรีสุพรรณ | | Add...../.....<br>Soi.....<br>Road.....<br>Vill..... |
| ความสัมพันธ์ของผู้ตอบกับนักเรียน | ① แม่ ② พ่อ ③ ญาติ ④ พี่เลี้ยง | RELA..... |
| ชื่อนักเรียน..... | เพศ ① ชาย ② หญิง | SEX..... |
| วัน เดือน ปีเกิด | วันที่.....เดือน.....พ.ศ..... | BIRTH...../...../..... |
| อายุ | .....ปี | AGE..... |
| 1. ปัจจุบันลูกคนนี้ได้รับการเลี้ยงดู อยู่ในความดูแลของใคร | ① พ่อ / แม่ ② ปู่หรือย่า ตาหรือยาย<br>③ญาติอื่น ๆ ④ บุคคลอื่น | GEN1..... |
| 2. สถานภาพสมรสของพ่อ แม่ | ① คู่ อยู่ด้วยกัน ② คู่ แยกกันอยู่<br>③ หย่า ④ ม่าย | GEN2..... |
| 3. ลูกคนนี้มีพี่น้องท้องเดียวกันกี่คน รวมทั้งตัวลูกคนนี้ด้วย | .....คน | GEN3..... |
| 4. อายุของพ่อผู้ให้กำเนิด | .....ปี | GEN4..... |
| 5. อายุของแม่ผู้ให้กำเนิด | .....ปี | GEN5..... |

| | | |
|---|---|---|
| 6. วุฒิการศึกษาสูงสุดของพ่อผู้ให้กำเนิด<br>7. วุฒิการศึกษาสูงสุดของแม่ผู้ให้กำเนิด<br>**(ใส่หมายเลขหน้าคำตอบที่เลือกลงใน ❑)** | ❑ ① ไม่ได้เรียน<br>❑ ② ประถมต้น<br>③ ประถมปลาย<br>④ มัธยมต้น<br>⑤ มัธยมปลาย/ปวช.<br>⑥ ปวส., ปวท., อนุปริญญา<br>⑦ ปริญญาตรี<br>⑧ ปริญญาโท, เอก | GEN6.....<br>GEN7..... |
| 8. อาชีพของพ่อผู้ให้กำเนิด<br>9. อาชีพของแม่ผู้ให้กำเนิด<br>**(ใส่หมายเลขหน้าคำตอบที่เลือกลงใน ❑)** | ❑ ⓪ ไม่มี ① แม่บ้าน<br>❑ ② ค้าขาย หาบเร่ แผงลอย ริมถนน<br>④ งานประเภทช่าง เช่น ช่างซ่อมรถ ช่างไม้ ช่างปูน<br>⑧ งานประเภทช่าง เช่น ช่างไฟฟ้า ช่างประปา<br>(16) งานบริการ เช่น ยาม, พนักงานเก็บตั๋ว พนักงานขับรถ มอเตอร์ไซรับจ้าง<br>(32) ตำรวจจราจร<br>(64) งานเสมียนสำนักงาน<br>(128) งานวิชาชีพ (เช่น ตำรวจ, ทหาร, ครู, หมอ, พยาบาล)<br>(256) รับจ้างทั่วไป เช่น เย็บผ้า ทำดอกไม้<br>(512) อื่นๆระบุ..... | GEN8.....<br>GEN9..... |
| 10. รายได้ของพ่อผู้ให้กำเนิด | .....บาท/เดือน | GEN10..... |
| 11. รายได้ของแม่ผู้ให้กำเนิด | .....บาท/เดือน | GEN11..... |

**ถ้าข้อ 1 ตอบ ① พ่อ / แม่ ให้ข้ามไปตอบส่วนที่ 2**

**ถ้าข้อ 1 ไม่ได้ตอบว่า ① พ่อ / แม่ ให้ตอบข้อ 12 - 15 ด้วย**

| | | |
|---|---|---|
| 12. อายุของผู้ดูแล | .....ปี | GEN12..... |
| 13. วุฒิการศึกษาสูงสุดของผู้ดูแล | ① ไม่ได้เรียน<br>② ประถมต้น<br>③ ประถมปลาย<br>④ มัธยมต้น<br>⑤ มัธยมปลาย/ปวช.<br>⑥ ปวส., ปวท., อนุปริญญา<br>⑦ ปริญญาตรี<br>⑧ ปริญญาโท, เอก | GEN13..... |
| 14. การประกอบอาชีพของผู้ดูแล | ⓪ ไม่มี ① แม่บ้าน<br>② ค้าขาย หาบเร่ แผงลอย ริมถนน<br>④ งานประเภทช่าง เช่น ช่างซ่อมรถ ช่างไม้ ช่างปูน<br>⑧ งานประเภทช่าง เช่น ช่างไฟฟ้า ช่างประปา<br>(16) งานบริการ เช่น ยาม, พนักงานเก็บตั๋ว พนักงานขับรถ มอเตอร์ไซรับจ้าง<br>(32) ตำรวจจราจร<br>(64) งานเสมียนสำนักงาน<br>(128) งานวิชาชีพ (เช่น ตำรวจ, ทหาร, ครู, หมอ, พยาบาล)<br>(256) รับจ้างทั่วไป เช่น เย็บผ้า ทำดอกไม้<br>(512) อื่นๆระบุ..... | GEN14..... |
| 15. รายได้ของผู้ดูแล | .....บาท/เดือน | GEN15..... |

## ส่วนที่ 2 ข้อมูลสิ่งแวดล้อม

| | | |
|---|---|---|
| 1. ลูกคนนี้นอนอยู่ชั้นไหน | ..... | LEVEL ..... |
| 2. ลูกคนนี้พักอยู่ที่บ้านหลังนี้มานานกี่ปี | ..... ปี | HOME1 ..... |
| 3. ก่อนหน้าที่จะพักอยู่ที่นี่ ลูกคนนี้เคยพักอาศัยอยู่ที่ใดมาก่อนหรือไม่ | ① ไม่ (**ข้ามไปข้อ 5**)<br>② ใช่ ระบุที่อยู่ ถนน.....<br>ตำบล.....<br>อำเภอ.....<br>จังหวัด..... | HOME2.....<br>HOME21 .....<br>HOME22.....<br>HOEM23 .....<br>HOME24 ..... |
| 4. ลูกคนนี้เคยอาศัยอยู่ในเมืองใหญ่ ๆ ที่แออัดนอกเหนือจากกรุงเทพฯ เช่น เชียงใหม่ โคราช หรือไม่ | ① ไม่<br>② ใช่ ระบุที่อยู่ ถนน.....<br>ตำบล.....<br>อำเภอ.....<br>จังหวัด.....<br>พักอยู่นาน.....ปี | HOME3 .....<br>HOME31.....<br>HOME32.....<br>HOME33.....<br>HOME34.....<br>Hyr..... |

| | | |
|---|---|---|
| 5. ที่บ้านนี้มีห้องใดติดแอร์หรือไม่<br><br>**(ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)** | ① ไม่มี **(ข้ามไปข้อ 8)** ② มีทุกห้อง<br>④ ห้องนอนของลูกคนนี้ ⑧ ห้องนั่งเล่น<br>(16) ห้องกินข้าว (32) ห้องอื่น ๆ ระบุ..... | HOME4 ..... |
| 6. ลูกคนนี้อยู่ในห้องที่มีแอร์ วันละประมาณกี่ชั่วโมง | ..... ชั่วโมง | HOME5 ..... |
| 7. ในห้องที่ติดแอร์ ใช้เครื่องฟอกอากาศหรือไม่<br><br>**(ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)** | ① ไม่ ② ใช้ ทุกห้อง<br>④ ใช้ ห้องนอน ⑧ ใช้ ห้องนั่งเล่น<br>(16) ใช้ ห้องกินข้าว (32) ใช้ในห้องอื่น ๆ ระบุ..... | HOME6..... |
| 8. ที่บ้านใช้เชื้อเพลิงชนิดใดประกอบอาหาร **เป็นส่วนใหญ่**<br><br>**(ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)** | ①เตาแก๊ส, ในบ้าน<br>② เตาแก๊ส, นอกบ้าน<br>④เตาไฟฟ้า<br>⑧ เตาถ่าน, ในบ้าน<br>(16) เตาถ่าน, นอกบ้าน<br>(32 )ไมโครเวฟ **(ข้ามไปตอบข้อ 10)**<br>( 64) ซื้อกิน หรือ ไม่ได้ทำ **(ข้ามไปตอบข้อ 10)**<br>(128) อื่น ๆ ระบุ..... | HOME7 ..... |
| 9. ควันไฟจากเชื้อเพลิงที่ใช้ในการประกอบอาหารก่อให้เกิดอาการระคายเคืองต่อ ตา คอ จมูกของลูกคนนี้มากเพียงใด | ⓪ ไม่เลย ① เล็กน้อย<br>② ปานกลาง ③ มาก | HOME8..... |
| 10. มีการใช้ยากันยุงในบ้านหรือไม่ | ⓪ ไม่มี ( **ข้ามไปตอบข้อ 11)** ① มี | HOME9..... |
| 10.1 แบบทา | ⓪ ไม่มี ① มี .....ครั้ง/สัปดาห์ | HOME91..... |
| 10.2 แบบฉีด | ⓪ ไม่มี ① มี .....ครั้ง/สัปดาห์ | HOME92..... |
| 10.3 แบบขด | ⓪ ไม่มี ① มี .....ครั้ง/สัปดาห์ | HOME93..... |
| 10.4 แบบไฟฟ้า | ⓪ ไม่มี ① มี .....ครั้ง/สัปดาห์ | HOME94..... |
| 11. มีการจุดธูปในบ้านหรือไม่ | ⓪ ไม่มี **(ข้ามไปตอบข้อ 13)**<br>① เดือนละครั้ง<br>② น้อยกว่า 2 เดือน ต่อครั้ง<br>③ 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์<br>④ 3-6 ครั้งต่อสัปดาห์<br>⑤ > 6 ครั้งต่อสัปดาห์ | HOME10..... |
| 12. ตอนที่มีการจุดธูป ลูกคนนี้ได้กลิ่นธูปมากน้อยเพียงใด | ⓪ ไม่เลย ① เล็กน้อย<br>② ปานกลาง ③ มาก | HOME11..... |

| | | |
|---|---|---|
| 13. มีผู้ใดในบ้านสูบบุหรี่หรือไม่ | ⓪ ไม่มี (**ข้ามไปตอบข้อ 16**) ↘<br>① มี.....คน | HOME12..... |
| 14. ถ้ามีผู้สูบบุหรี่ในบ้าน<br>ผู้สูบคนที่ 1.....วันละ.....มวน | ① สูบในบ้านเป็นส่วนใหญ่<br>② สูบนอกบ้านเป็นส่วนใหญ่<br>④ สูบทั้งในบ้านและนอกบ้านพอๆกัน | HO131.....<br>HO131a..... |
| ผู้สูบคนที่ 2.....วันละ.....มวน | ① สูบในบ้านเป็นส่วนใหญ่<br>② สูบนอกบ้านเป็นส่วนใหญ่<br>④ สูบทั้งในบ้านและนอกบ้านพอๆกัน | HO132.....<br>HO132a..... |
| ผู้สูบคนที่ 3.....วันละ.....มวน | ① สูบในบ้านเป็นส่วนใหญ่<br>② สูบนอกบ้านเป็นส่วนใหญ่<br>④ สูบทั้งในบ้านและนอกบ้านพอๆกัน | HO133.....<br>HO133a..... |
| 15. ขณะที่มีการสูบบุหรี่ในบ้าน ลูกคนนี้อยู่ด้วยหรือไม่ | ① ไม่อยู่ทุกครั้ง ② อยู่เป็นบางครั้ง<br>④ อยู่เกือบทุกครั้ง ⑧ อยู่ทุกครั้ง | HOME14..... |
| 16. บุตรคนนี้ชอบเล่นกับสิ่งเหล่านี้หรือไม่<br>**(ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)** | ⓪ ไม่ ① ตุ๊กตาขนปุย ② ดิน ทราย<br>④ เล่นแป้ง ⑧ สัตว์เลี้ยง | HOME15..... |
| 17.มีสัตว์เลี้ยงในบ้านหรือไม่<br>**(ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)** | ⓪ ไม่มี<br>① สุนัขขนยาว ② สุนัขขนสั้น<br>④ แมว ⑧ นก<br>(16) อื่น ๆ ระบุ..... | HOME16..... |
| 18..วันทำงาน ( จันทร์-ศุกร์)<br>ก. ใช้เวลาอยู่ในบ้าน หรือในอาคารประมาณวันละ<br>ข. ใช้เวลาอยู่นอกบ้าน นอกอาคาร หรือที่โล่งประมาณวันละ | .....ชั่วโมง<br>.....ชั่วโมง | INDAYW.....<br>OUTDAYW..... |
| 19.วันเสาร์ อาทิตย์<br>ก. ใช้เวลาอยู่ในบ้าน หรือในอาคารประมาณวันละ<br>ข. ใช้เวลาอยู่นอกบ้าน นอกอาคาร หรือที่โล่งประมาณวันละ | .....ชั่วโมง<br>.....ชั่วโมง | INHOLI.....<br>OUTHOLI..... |

## ส่วนที่ 3 ข้อมูลสุขภาพ

*ส่วน 1.ประวัติการเจ็บป่วยเมื่อแรกเกิด*

| | | |
|---|---|---|
| 1. น้ำหนักแรกเกิดของลูกคนนี้ | .....กรัม | BWT |
| 2. สภาพของลูกคนนี้เมื่อแรกเกิด | ① ปกติ ② ตัวเขียว/ม่วง<br>③ ผิดปกติอื่น ๆ ระบุ..... | BAPPEA..... |
| 3. ภายใน 1 เดือนหลังเกิด ลูกคนนี้มีประวัติเจ็บป่วยด้วยโรคระบบหายใจหรือไม่ | ⓪ ไม่มี **(ถ้าตอบไม่มี ข้ามไปข้อ 5)** ↘<br>① มี ระบุโรค..... | BILL1..... |
| 4. การเจ็บป่วยในข้อ 3 นั้น ต้องให้ออกซิเจนหรือเครื่องช่วยหายใจหรือไม่ | ⓪ ไม่ ① ใช้ออกซิเจน<br>② ใช้เครื่องช่วยหายใจ | BILL2..... |
| 5. ลูกคนนี้เคยป่วยและต้องพ่นยาหรือฉีดยาแก้โรคหอบหืดหรือไม่ | ⓪ ไม่เคย<br>① เคย | BILL3..... |
| 6. ขณะตั้งครรภ์ลูกคนนี้ แม่สูบบุหรี่หรือไม่ | ⓪ ไม่สูบ ① สูบ วันละ.....มวน | SMOKE..... |

*ส่วน 2. การไอและมีเสมหะ*

| | | |
|---|---|---|
| 7. ในช่วง 2 สัปดาห์ที่ผ่านมา ลูกคนนี้เป็นหวัดหรือไม่ | ⓪ ไม่มี ① มี | COLD..... |
| 8. ในช่วง 2 สัปดาห์ที่ผ่านมาลูกคนนี้มีอาการไอหรือไม่ | ⓪ ไม่มี **(ข้ามไปตอบข้อ 12)** ↘ ① มี | COUGH1..... |
| 9. ใน 2 สัปดาห์ที่ผ่านมาที่ลูกคนนี้มีอาการไอ เขามักจะไอแบบใด | ① ไอแห้งๆ ② ไอมีเสมหะ<br>④ไอเสียงก้อง | COUGH2..... |
| 10.ใน 2 สัปดาห์ที่ผ่านมาที่ลูกคนนี้มีอาการไอ เขามักจะไอตอนไหน | ① เช้า ②กลางวัน<br>④เย็น ⑧กลางคืน | COUGH3..... |
| 11. ในปีที่ผ่านมาลูกคนนี้มีอาการไอเช่นนี้เป็นเวลา ปีละกี่เดือนโดยเฉลี่ย | ① น้อยกว่า 1 เดือน ② 1-2 เดือน<br>③ 3 เดือนขึ้นไป | COUGH4..... |
| 12. ในช่วง 2 สัปดาห์ที่ผ่านมาลูกคนนี้มีเสมหะหรือไม่ | ⓪ ไม่มี **(ข้ามไปตอบข้อ 15)** ↘ ① มี | PHLEM1..... |
| 13.ใน 2 สัปดาห์ที่ผ่านมาที่ลูกคนนี้มีเสมหะ เขามักจะมีเสมหะตอนไหน | ① เช้า ②กลางวัน<br>④เย็น ⑧กลางคืน | PHLEM2..... |
| 14. ในปีที่ผ่านมาลูกคนนี้มีเสมหะเช่นนี้เป็นเวลา ปีละกี่เดือนโดยเฉลี่ย | ① น้อยกว่า 1 เดือน ② 1-2 เดือน<br>③ 3 เดือนขึ้นไป | PHLEM3..... |
| 15. ในปีที่ผ่านมาลูกคนนี้เป็นหวัดพร้อมกับมีอาการไอปีละประมาณกี่ครั้งโดยเฉลี่ย | ⓪ ไม่มี ① 1-2 ครั้ง<br>② 3-4 ครั้ง ③ 5 ครั้งขึ้นไป | CCOLD..... |
| 16. ลูกคนนี้เคยมีอาการไอ และมีเสมหะพร้อมกัน เป็นเวลานานติดต่อกันถึง 3 เดือน หรือมากกว่า และมีอาการติดต่อกัน 2 ปีหรือไม่ | ⓪ ไม่มี<br>① มี<br>⑧ ไม่ทราบ | BRONC..... |

*ส่วน 3. การเป็นหอบหืด*

| | | |
|---|---|---|
| 17. ตั้งแต่เกิดลูกคนนี้เคยมีอาการเสียงวี๊ดหรือฮืดภายในหน้าอกหรือไม่ | ⓪ ไม่เคย **(ข้ามไปตอบข้อ 24)** ➪<br>① เคย | CASTH1..... |
| 18. ถ้าลูกคนนี้เคยมีอาการเสียงวี๊ดหรือฮืดภายในหน้าอก เขาเคยเป็นเวลาไหน | ① เวลาเป็นหวัด ② เวลาไม่เป็นหวัด<br>③ เกิดได้... ไม่ว่าเป็นหวัดหรือไม่เป็นหวัด | CASTH2..... |
| 19. ลูกคนนี้มีอาการเสียงในหน้าอกอย่างนี้เป็นเวลา | ประมาณกี่ปี .....ปี | CASTH3..... |
| 20. ลูกคนนี้เคยต้องกินยาเพื่อที่จะรักษาเสียงในหน้าอกอย่างนี้หรือไม่ | ⓪ ไม่เคยต้องกิน<br>① เคยต้องกิน | CASTH4..... |
| 21. ลูกคนนี้เคยต้องไปหาหมอเพื่อที่จะรักษาอาการเสียงในหน้าอกอย่างนี้หรือไม่ | ⓪ ไม่เคย<br>① เคย | CASTH5..... |
| 22. ลูกคนนี้มีอายุเท่าใดในครั้งแรกที่มีอาการเสียงในหน้าอกอย่างนี้ | .....ขวบ | CASTH6..... |
| 23. ภายใน 1 ปีที่ผ่านมา ลูกคนนี้เคยมีอาการเสียงวี๊ดหรือฮืดในหน้าอกอย่างนี้หรือไม่ | ⓪ ไม่เคย<br>① เคย | CASTH7..... |
| 24. มีบุคคลใดในบ้านป่วยเป็นโรคหืดหรือไม่ **(ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)** | ⓪ ไม่ ① พ่อ ② แม่<br>④ ปู่/ย่า ⑧ ตา/ยาย (16) พี่/น้อง | CASTH8.... |
| 25. หมอเคยบอกว่าลูกคนนี้เป็นโรคดังต่อไปนี้หรือไม่ ถ้าเคย หายจากโรคแล้ว หรือยังเป็นอยู่ | | |
| 25.1 โรคหอบหืด | ⓪ ไม่เคย ① เคยแต่หายแล้ว ② เคยและยังมีอยู่ | CHIST1..... |
| 25.2 โรคหลอดลมอักเสบ | ⓪ ไม่เคย ① เคยแต่หายแล้ว ② เคยและยังมีอยู่ | CHIST2..... |
| 25.3 โรคปอดบวม | ⓪ ไม่เคย ① เคยแต่หายแล้ว ② เคยและยังมีอยู่ | CHIST3..... |
| 25.4 วัณโรคปอด | ⓪ ไม่เคย ① เคยแต่หายแล้ว ② เคยและยังมีอยู่ | CHIST4..... |
| 25.5 โรคหัวใจ | ⓪ ไม่เคย ① เคยแต่หายแล้ว ② เคยและยังมีอยู่ | CHIST5..... |
| 25.6 แพ้ละอองเกสร | ⓪ ไม่เคย ① เคยแต่หายแล้ว ② เคยและยังมีอยู่ | CHIST6..... |
| 25.7 แพ้ยา | ⓪ ไม่เคย ① เคยแต่หายแล้ว ② เคยและยังมีอยู่ | CHIST7..... |
| 25.8 แพ้อาหาร สารเคมี หรือวัตถุอื่นๆ | ⓪ไม่เคย ① เคยแต่หายแล้ว ② เคยและยังมีอยู่ | CHIST8..... |
| 25.9 โรคอื่นๆระบุ..... | ⓪ไม่เคย ① เคยแต่หายแล้ว ② เคยและยังมีอยู่ | CHIST9..... |

**จบแบบสอบถาม**

**จบการสัมภาษณ์ เวลา.....น.** ☺☺☺☺☺☺☺☺☺ TIME.....นาที

ID ☐☐☐☐

# แบบสอบถามส่วนเศรษฐศาสตร์
# โครงการ การประเมินอัตราการตาย อัตราป่วย และผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ อันเนื่องมาจากมลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานคร

**คำชี้แจง** โปรดใส่เครื่องหมาย ✗ ลงในช่อง ☐ หรือเติมข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้

วันเดือนปีที่สัมภาษณ์ ...../...../45

เริ่มสัมภาษณ์เวลา .....

<u>ส่วนที่ 1</u>

**อาการทางระบบหายใจชั่วคราว** หมายถึง อาการทางระบบหายใจที่มีผลต่อ ไซนัส จมูก คอ หรือ ทรวงอก โดยมีอาการ เช่น คัดจมูก หรือน้ำมูกไหล เจ็บคอ หรือหอบหืด ที่เป็นไม่กี่ชั่วโมง หรือ ไม่กี่วัน หรือ ไม่กี่อาทิตย์

(1) ท่านคิดว่าท่านเข้าใจคำว่า **อาการทางระบบหายใจชั่วคราว** หรือไม่ หลังจากที่ได้อ่านหรือได้ฟังคำอธิบายแล้ว

☐ 1. เข้าใจ

☐ 2. ไม่เข้าใจ

☐ 3. ไม่แน่ใจ (Q1___)

<u>ส่วนที่ 2</u>

**อาการทางระบบหายใจมี 3 ระดับ**

อาการทางระบบหายใจ หมายถึง วันที่มีอาการทางระบบหายใจ ที่เกิดขึ้นอย่างน้อยหนึ่งอาการในส่วนหนึ่งของวัน หรือทั้งวัน ซึ่งมีอยู่ 3 ระดับ คือ

<u>ระดับที่ 1</u>: **วันที่มีอาการเล็กน้อย** หมายถึง วันที่มีอาการ เช่น คัดจมูก หรือน้ำมูกไหล เจ็บคอ หรือหอบหืด **แต่ยังคงทำงานได้ตามปกติ**

<u>ระดับที่ 2</u>: **วันที่มีอาการปานกลาง** หมายถึง วันที่มีอาการ เช่น คัดจมูก หรือน้ำมูกไหล เจ็บคอ หรือหอบหืด **แต่ยังสามารถทำงานได้ แต่น้อยกว่าปกติ**

<u>ระดับที่ 3</u>: **วันที่มีอาการมาก** หมายถึง วันที่มีอาการ เช่น คัดจมูก หรือน้ำมูกไหล เจ็บคอ หรือหอบหืด **และไม่สามารถทำงานได้เลย หรือทำได้น้อยกว่าปกติมาก**

(2) ในระยะเวลา 12 เดือนที่ผ่านมา ท่านมีวันที่มีอาการคัดจมูก น้ำมูกไหล เจ็บคอ หรือหอบหืด ที่เป็นไม่กี่ชั่วโมง หรือไม่กี่วัน หรือไม่กี่อาทิตย์แล้วหายไปหรือไม่

☐ 1. มี (คิดว่าน่าจะมี)

☐ 2. ไม่มี → **ข้ามไป ตอบส่วนที่ 3**

☐ 3. จำไม่ได้ → **ข้ามไป ตอบส่วนที่ 3**

(Q2___)

(3) ใน 3 เดือนที่ผ่านมา ท่านคิดว่าท่านมีอาการทางระบบหายใจเล็กน้อย (หมายถึงมี อาการ เช่น คัดจมูก หรือ น้ำมูกไหล เจ็บคอ หรือหอบหืด แต่ยังสามารถทำงานได้ตามปกติ) หรือไม่

☐ 1. ไม่มี
☐ 2. 1-3 วัน
☐ 3. 4-7 วัน
☐ 4. 8-14 วัน
☐ 5. มากกว่า 14 วัน (Q3 ___)

(4) ใน 3 เดือนที่ผ่านมา ท่านคิดว่าท่าน มีอาการทางระบบหายใจปานกลาง (หมายถึงมีอาการ เช่น คัดจมูก หรือ น้ำมูกไหล เจ็บคอ หรือหอบหืด แต่ยังสามารถทำงานได้ แต่ทำได้น้อยกว่าปกติ) หรือไม่

☐ 1. ไม่มี
☐ 2. 1-3 วัน
☐ 3. 4-7 วัน
☐ 4. 8-14 วัน
☐ 5. มากกว่า 14 วัน (Q4___)

(5) ใน 3 เดือนที่ผ่านมา ท่านคิดว่าท่าน มีอาการทางระบบหายใจมาก (หมายถึงมีอาการเช่น คัดจมูก หรือน้ำมูกไหล เจ็บคอ หรือ หอบหืด และไม่สามารถทำงานได้เลย หรือทำได้แต่น้อยกว่าปกติมาก) หรือไม่

☐ 1. ไม่มี
☐ 2. 1-3 วัน
☐ 3. 4-7 วัน
☐ 4. 8-14 วัน
☐ 5. มากกว่า 14 วัน (Q5___)

ข้อ 6-22 กรุณาพิจารณาวันที่ท่านมีอาการทางระบบหายใจชั่วคราวครั้งล่าสุด

(6) ท่านมีอาการครั้งล่าสุดประมาณเมื่อใด _____ เดือนที่ผ่านมา (Q6___)
(7) ท่านมีอาการครั้งนั้นนานประมาณ _____ วัน (Q7___)
(8) ในจำนวนวันเหล่านั้นท่านคิดว่าท่านมีอาการอยู่ในระดับใด (ตอบกี่ระดับก็ได้) (Q8___)

☐ ระดับที่ 1: วันที่มีอาการเล็กน้อย _____วัน (Q81___)
☐ ระดับที่ 2: วันที่มีอาการปานกลาง _____วัน (Q82___)
☐ ระดับที่ 3: วันที่มีอาการมาก _____วัน (Q83___)

(9) ท่านต้องจ่ายค่ารักษาทั้งหมดไปเป็นเงิน_____บาท (Q9___)
(10) ท่านต้องสูญเสียรายได้ไปเนื่องจากท่านมีอาการ(ที่ตอบในข้อ 8)เหล่านั้นหรือไม่

☐ 1. ไม่สูญเสีย
☐ 2. สูญเสีย (Q10___)

**<u>ส่วนที่ 3</u> กรุณาพิจารณาเหตุการณ์ในอดีต เมื่อท่านมีอาการทางระบบหายใจไม่ว่าจะมีอาการน้อย, ปานกลาง หรือ มาก แล้วท่านทำอย่างไรกับอาการเหล่านี้**

(11) สำหรับวันที่ท่านมีอาการเล็กน้อย (หมายถึง วันที่มีอาการ เช่น คัดจมูก หรือน้ำมูกไหล เจ็บคอ หรือ หอบหืด แต่ยังทำงานได้ตามปกติ) ท่านต้องจ่ายเงินเพื่อรักษาอาการดังกล่าวหรือไม่

☐ 1. ไม่จ่าย ☐ 2. จ่าย ประมาณ_____ บาท (Q11___) (Q111_____)

(12) สำหรับ วันที่มีอาการเล็กน้อย ท่านคิดว่าสิ่งเหล่านี้มีผลกระทบต่อท่านมากเพียงใด ในรายการ ดังต่อไปนี้ (โปรดใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าง)

| ผลกระทบ | ไม่สำคัญ (1) | สำคัญเล็กน้อย (2) | ค่อนข้างสำคัญ (3) | สำคัญมาก (4) | สำคัญมากที่สุด (5) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| รายจ่ายของค่ายา และ การรักษาอื่นๆ | | | | | | (Q121____) |
| เวลา และ รายจ่ายในการไปพบแพทย์ | | | | | | (Q122____) |
| การสูญเสียรายได้ เพราะทำงานไม่ได้เต็มที่หรือไม่สามารถทำงานได้ | | | | | | (Q123____) |
| รู้สึกไม่สบาย อึดอัด | | | | | | (Q124____) |
| ไม่ค่อยสนุกสนานกับกิจกรรมปกติ ทั้งงานและยามพักผ่อน | | | | | | (Q125____) |
| ไม่สามารถทำงานบ้าน และงานครอบครัวได้ตามปกติ | | | | | | (Q126____) |
| ผลกระทบต่อครอบ ครัวและเพื่อนฝูง เพราะว่าท่านป่วย | | | | | | (Q127____) |
| อื่นๆ กรุณาระบุ _____ | | | | | | (Q128____) |

(13) ท่านคิดว่าเพื่อป้องกัน 1 วันของการ <u>มีอาการทางระบบหายใจเล็กน้อย</u> (หมายถึง ยังทำงานได้ตามปกติ) ในช่วงอีก 3 เดือนข้างหน้า จะมีค่าเป็นตัวเงินเท่าไร (Q13____)

(ให้ทำเครื่องหมาย✗ ทับตัวเลข) หน่วย (บาท)

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 20 | 40 | 100 | 200 | 350 | 600 | 1000 | 2500 | 4500 |
| 5 | 25 | 50 | 125 | 225 | 400 | 700 | 1250 | 3000 | 5000 |
| 10 | 30 | 60 | 150 | 250 | 450 | 800 | 1500 | 3500 | > 5000 |
| 15 | 35 | 75 | 175 | 300 | 500 | 900 | 2000 | 4000 | _____ |

*<u>(ถ้าตอบ "0" บาท ให้ไปตอบข้อ 14 นอกนั้น ให้ข้ามไปตอบข้อ 15)</u>*

(14) กรุณาบอกเหตุผลว่าทำไมท่านจึงไม่เต็มใจที่จะจ่าย (Q14_____)

☐ 1. ไม่สามารถที่จะจ่ายได้เลย
☐ 2. ไม่มีทางที่จะหลีกเลี่ยงอาการทางระบบหายใจ ดังนั้นจึงคิดว่าไม่ควรจ่ายเงินจำนวนนี้
☐ 3. การมีอาการทางระบบหายใจไม่ได้ทำให้รู้สึกรำคาญแต่อย่างใด
☐ 4. อื่นๆ กรุณาระบุ_____
☐ 8. ไม่ทราบ

(15) สำหรับวันที่ท่านมีอาการปานกลาง (หมายถึง วันที่มีอาการ เช่น คัดจมูก หรือน้ำมูกไหล เจ็บคอ หรือ หอบหืด **แต่ยังสามารถทำงานได้ แต่น้อยกว่าปกติ**) ท่านต้องจ่ายเงินเพื่อรักษาอาการดังกล่าวหรือไม่

☐ 1. ไม่จ่าย ☐ 2. จ่าย ประมาณ_____ บาท (Q15__) (Q151_____)

(16) สำหรับ วันที่มีอาการปานกลาง ท่านคิดว่าสิ่งเหล่านี้มีผลกระทบต่อท่านมากเพียงใด ในรายการ ดังต่อไปนี้ (โปรดใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าง)

| ผลกระทบ | ไม่สำคัญ (1) | สำคัญเล็กน้อย (2) | ค่อนข้างสำคัญ (3) | สำคัญมาก (4) | สำคัญมากที่สุด (5) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| รายจ่ายของค่ายา และ การรักษาอื่นๆ | | | | | | (Q161____) |
| เวลา และ รายจ่ายในการไปพบแพทย์ | | | | | | (Q162____) |
| การสูญเสียรายได้ เพราะทำงานไม่ได้ เต็มที่หรือไม่สามารถทำงานได้ | | | | | | (Q163____) |
| รู้สึกไม่สบาย อึดอัด | | | | | | (Q164____) |
| ไม่ค่อยสนุกสนานกับกิจกรรมปกติ ทั้งงานและยามพักผ่อน | | | | | | (Q165____) |
| ไม่สามารถทำงานบ้าน และงานครอบครัวได้ตามปกติ | | | | | | (Q166____) |
| ผลกระทบต่อครอบ ครัวและเพื่อนฝูง เพราะว่าท่านป่วย | | | | | | (Q167____) |
| อื่นๆ กรุณาระบุ _____ | | | | | | (Q168____) |

(17) ท่านคิดว่าเพื่อป้องกัน 1 วันของการ **<u>มีอาการทางระบบหายใจปานกลาง</u>** (หมายถึงต้องลดงานบางส่วนลง แต่ไม่ทั้งหมด ) ในช่วงอีก 3 เดือนข้างหน้า จะมีค่าเป็นตัวเงินเท่าไร (Q17___)

(ให้ทำเครื่องหมาย ✗ ทับตัวเลข) หน่วย (บาท)

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 20 | 40 | 100 | 200 | 350 | 600 | 1000 | 2500 | 4500 |
| 5 | 25 | 50 | 125 | 225 | 400 | 700 | 1250 | 3000 | 5000 |
| 10 | 30 | 60 | 150 | 250 | 450 | 800 | 1500 | 3500 | > 5000 |
| 15 | 35 | 75 | 175 | 300 | 500 | 900 | 2000 | 4000 | _____ |

***<u>(ถ้าตอบ "0" บาท ให้ไปตอบข้อ 18 นอกนั้น ให้ข้ามไปตอบข้อ 19)</u>***

(18) กรุณาบอกเหตุผลว่าทำไมท่านจึงไม่เต็มใจที่จะจ่าย (Q18___)

☐ 1. ไม่สามารถที่จะจ่ายได้เลย

☐ 2. ไม่มีทางที่จะหลีกเลี่ยงอาการทางระบบหายใจ ดังนั้นจึงคิดว่าไม่ควรจ่ายเงินจำนวนนี้

☐ 3. การมีอาการทางระบบหายใจไม่ได้ทำให้รู้สึกรำคาญแต่อย่างใด

☐ 4. อื่นๆ กรุณาระบุ_____

☐ 8. ไม่ทราบ

(19) สำหรับวันที่ท่านมีอาการมาก (หมายถึง วันที่มีอาการ เช่น คัดจมูก หรือน้ำมูกไหล เจ็บคอ หรือ หอบหืด และไม่สามารถทำงานได้เลย หรือทำได้น้อยกว่าปกติมาก) ท่านต้องจ่ายเงินเพื่อรักษาอาการดังกล่าวหรือไม่

☐ 1. ไม่จ่าย ☐ 2. จ่าย ประมาณ_____บาท (Q19____) (Q191_____)

(20.) สำหรับ **วันที่มีอาการมาก** ท่านคิดว่าสิ่งเหล่านี้มีผลกระทบต่อท่านมากเพียงใด ในรายการ ดังต่อไปนี้ (โปรดใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าง)

| ผลกระทบ | ไม่สำคัญ (1) | สำคัญเล็กน้อย (2) | ค่อนข้างสำคัญ (3) | สำคัญมาก (4) | สำคัญมากที่สุด (5) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| รายจ่ายของค่ายา และ การรักษาอื่น ๆ | | | | | | (Q201____) |
| เวลา และ รายจ่ายในการไปพบแพทย์ | | | | | | (Q202____) |
| การสูญเสียรายได้ เพราะทำงานไม่ได้เต็มที่หรือไม่สามารถทำงานได้ | | | | | | (Q203____) |
| รู้สึกไม่สบาย อึดอัด | | | | | | (Q204____) |
| ไม่ค่อยสนุกสนานกับกิจกรรมปกติ ทั้งงาน และ ยามพักผ่อน | | | | | | (Q205____) |
| ไม่สามารถทำงานบ้านและงานครอบครัวได้ตามปกติ | | | | | | (Q206____) |
| ผลกระทบต่อครอบ ครัวและเพื่อนฝูง เพราะว่าท่านป่วย | | | | | | (Q207____) |
| อื่น ๆ กรุณาระบุ _____ | | | | | | (Q208____) |

(21) ท่านคิดว่าเพื่อป้องกัน 1 วันของการ <u>มีอาการทางระบบหายใจมาก</u> ( หมายถึง ไม่สามารถทำงานได้เลย ) ในช่วงอีก 3 เดือนข้างหน้า จะมีค่าเป็นตัวเงินเท่าไร (Q21_____)

(ให้ทำเครื่องหมาย ✗ ทับตัวเลข) หน่วย (บาท)

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 20 | 40 | 100 | 200 | 350 | 600 | 1000 | 2500 | 4500 |
| 5 | 25 | 50 | 125 | 225 | 400 | 700 | 1250 | 3000 | 5000 |
| 10 | 30 | 60 | 150 | 250 | 450 | 800 | 1500 | 3500 | > 5000 |
| 15 | 35 | 75 | 175 | 300 | 500 | 900 | 2000 | 4000 | _____ |

*(ถ้าตอบ "0" บาท ให้ไปตอบข้อ 22 นอกนั้น ให้ข้ามไปตอบ ส่วนที่ 4)*

(22) กรุณาบอกเหตุผลว่าทำไมท่านจึงไม่เต็มใจที่จะจ่าย (Q22____)

☐ 1. ไม่สามารถที่จะจ่ายได้เลย
☐ 2. ไม่มีทางที่จะหลีกเลี่ยงอาการทางระบบหายใจ ดังนั้นจึงคิดว่าไม่ควรจ่ายเงินจำนวนนี้
☐ 3. การมีอาการทางระบบหายใจไม่ได้ทำให้รู้สึกรำคาญแต่อย่างใด
☐ 4. อื่น ๆ กรุณาระบุ_____
☐ 8. ไม่ทราบ

☺

**ส่วนที่ 4**

(23) ท่านมีอุปสรรคหรือไม่ ในช่วงที่เข้าร่วมในโครงการ

---

---

---

(24) ท่านมีความประทับใจสิ่งใด ในช่วงที่เข้าร่วมในโครงการ

---

---

---

(25) ท่านคิดว่าคำถามส่วนไหนที่ยาก หรือไม่ชัดเจนที่ให้ท่านตอบ

---

---

---

(26) ท่านมีข้อคิดเห็น หรือข้อเสนอแนะอื่น ๆ เพิ่มเติมหรือไม่

---

---

---

จบการสัมภาษณ์เวลา .....

ผู้สัมภาษณ์ .....

ชื่อเขต.........................รหัส...............พ.ศ................ ชื่อผู้จดบันทึก..........................................

| ช | ญ | อายุ | วันที่ตาย | ICD10 | การวินิจฉัยโรค/สาเหตุการตาย | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |