

POPs

Socio-Economic Analysis Report



การวิเคราะห์สังคมเศรษฐกิจศาสตร์ของมาตรการเพื่อลดและเลิกการใช้สาร **POPs**
*Enabling Activities for Development of National Plan for Implementation
of the Stockholm Convention on POPs: Project no. GF/2732-03-4669*



NIP/POPs Coordination Office

ศูนย์ประสานงาน NIP / POPs

Pollution Control Department, 92 Phahon Yothin 7, Phayathai, Bangkok 10400 Thailand Tel: (662) 298 2457
กรมควบคุมมลพิษ 92 ซ.พหลโยธิน 7 ถ.พหลโยธิน พญาไท กรุงเทพฯ 10400 โทร. (662) 298 2457

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความร่วมมือ ความช่วยเหลือ ความเห็นและคำแนะนำจากบุคคลหลายฝ่าย และที่สำคัญที่สุด คือ ดร.จารุพงศ์ บุญหลง ผู้จัดการโครงการ NIP/POPs ซึ่งเป็นบุคคลที่มีส่วนสำคัญที่ผลักดันให้ผู้วิจัยมีส่วนร่วมในโครงการวิจัยที่น่าสนใจนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ท่านได้มอบหมายให้ผู้เขียนรับผิดชอบในหัวเรื่อง การใช้เครื่องมือการวิเคราะห์สังคมเศรษฐศาสตร์กับการจัดการความเสี่ยงจากสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน

ขอขอบคุณทีมผู้เชี่ยวชาญ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ดร.ฉลองขวัญ ตั้งบรรลือกาล และ ดร.นวลศรี ทยาพัชร ที่มีส่วนช่วยอนุเคราะห์ข้อมูล ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ที่มีคุณค่าต่องานวิจัย นอกจากนี้ ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณผู้เข้าร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการ และคณะทำงานด้านสังคมเศรษฐศาสตร์ทุกท่าน ที่มีส่วนสำคัญยิ่งในการแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ยิ่งต่องานวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของกรมควบคุมมลพิษที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน เป็นอย่างสูงที่ช่วยอำนวยความสะดวกทุก ๆ ด้าน และประสานงานกับทุก ๆ ฝ่าย จนบรรลุผลสำเร็จเป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณนุชิตา รุ่งถาวรวงศ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โสภณ ชันดีอาคม

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ	1
1. บทนำ	3
1.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	4
2. การวิเคราะห์สังคมเศรษฐกิจ	4
2.1 ความนำ	4
2.2 เครื่องมือของวิเคราะห์สังคมเศรษฐกิจ	5
2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์สังคมเศรษฐกิจ	6
3. การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์สังคมเศรษฐกิจกับ มาตรการเพื่อลดและเลิกสารมลพิษ ที่ตกค้างยาวนาน	7
3.1 สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์	7
3.2 สารพีซีบี (PCBS)	12
3.3 สารไดออกซินและฟิวแรน	14
4. ข้อจำกัดของการศึกษา	18
5. สรุปผลการศึกษา	19

การวิเคราะห์สังคมเศรษฐศาสตร์ของมาตรการเพื่อลดและเลิกสารมลพิษ ที่ตกค้างยาวนาน

1. บทนำ

การศึกษาการวิเคราะห์สังคมเศรษฐศาสตร์ (Socio-Economic Analysis: SEA) ของ มาตรการเพื่อลดและเลิกสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานในประเทศไทย ถือเป็นหนึ่งกิจกรรมใน แผนปฏิบัติการระดับชาติ (National Implementation Plan) ที่ต้องดำเนินการให้เป็นไปตาม อนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน (Persistent Organic Pollutants: POPs)

อนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน ถือเป็นอนุสัญญาระดับสากล ซึ่งทำการตกลงในเรื่องการกำจัดสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานทั่วโลก ซึ่งในเบื้องต้น อนุสัญญา ฉบับนี้ได้กำหนดรายชื่อสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานไว้ 12 ชนิด โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ด้วยกันดังนี้ กลุ่มที่หนึ่ง คือ สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ ซึ่งประกอบด้วยสารมลพิษที่ ตกค้างยาวนาน 9 ชนิด ได้แก่ อัลดริน (aldrin), คลอร์ดเนน (chlordane), ดิลดริน (dieldrin), เอนดริน (endrin), เฮปตะคลอร์ (heptachlor), เฮกซ์คลอรีน (hexachlorobenzene: HCB), ไมเร็กซ์ (mirex), ท็อกซาฟีน (toxaphene) และ ดีดีที (DDT) กลุ่มที่สองคือ สารเคมีซึ่งใช้ใน อุตสาหกรรมที่มีชื่อว่า Polychlorinated biphenyls หรือเรียกสั้น ๆ ว่า สารพีซีบี (PCBs) และ กลุ่มที่สามเป็นสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานที่ปลดปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศโดยไม่ได้ตั้งใจ อันมีต้นเหตุมาจากการเผาไหม้และกรรมวิธีทางอุตสาหกรรม ซึ่งสารนี้ได้แก่ สารไดออกซิน (Dioxins) หรือมีชื่อเรียกเป็นทางการว่า Polychlorinated dibenzo-p-dioxins: PCDDs) และฟิวแรน (Furans) หรือ Polychlorinated dibenzofurans: PCDFs)

ประเทศไทยได้ลงนามในอนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน เมื่อ วันที่ 22 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2545 และได้ให้สัตยาบัน เมื่อ วันที่ 31 เดือนมกราคม พ.ศ. 2548 ประเทศไทยในฐานะประเทศภาคีสมาชิกถือเป็นก้าวที่ขั้นสำคัญ ที่จะกำจัดสารเคมีที่ ร้ายแรงที่สุดในโลกให้หมดไป โดยพยายามเสาะหามาตรการต่างๆ เพื่อลดและเลิกการปล่อย สารมลพิษที่ตกค้างยาวนานจากทุกแหล่งกำเนิด อย่างไรก็ตาม แม้จะมีข้อห้ามมิให้มีการใช้สาร POPs ทุกประเภทในประเทศไทยแล้วก็ตาม แต่สาร POPs ที่ปลดปล่อยออกมาโดยไม่ตั้งใจยังคง มีอยู่ทั่วไปในบรรยากาศ

1.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อวางแนวทางหลักการวิเคราะห์ พร้อมทั้งสถิติการใช้เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์สังคมเศรษฐศาสตร์ ในการประเมินผลของมาตรการเพื่อการลดและเลิกใช้สารมลพิษที่ตกค้างยาวนานในประเทศไทย

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวข้างต้น การศึกษานี้จะสถิติการใช้วิธีวิเคราะห์ต้นทุนผลได้ (cost-benefit analysis) เพื่อประเมินมาตรการที่ได้เลือกไว้เพื่อกำจัดสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ สำหรับการกำจัดและทำลายสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารพีซีบี เราจะเลือกใช้เทคโนโลยีการกำจัด (disposal technology) ที่มีต้นทุนต่ำที่สุด และท้ายสุด การศึกษานี้จะสถิติการใช้วิธีวิเคราะห์ต้นทุนต่อประสิทธิภาพ (cost-effectiveness analysis) ในการประเมินมาตรการเพื่อลดการปลดปล่อยอย่างไม่ตั้งใจของสารไดออกซินและฟิวแรน

ข้อพึงสังเกตคือ งานวิจัยในประเทศไทยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้วิธีวิเคราะห์สังคมเศรษฐศาสตร์กับทางด้านจัดการสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานนั้นไม่เคยมีหลักฐานปรากฏมาก่อน ฉะนั้นงานวิจัยนี้ถือเป็น การวิจัยบุกเบิกเพื่อวางรากฐาน และแนวทางใช้การวิเคราะห์สังคมเศรษฐศาสตร์กับการจัดการสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน และเพื่อการวิจัยในสาขานี้ในเชิงลึกต่อไปในอนาคต

2. การวิเคราะห์สังคมเศรษฐศาสตร์

2.1 ความนำ

องค์การความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD) ได้นำเสนอเอกสารทางวิชาการในปี พ.ศ. 2545 ที่มีชื่อว่า **“Technical Guidance Document on the Use of Socio-Economic Analysis in Chemical Risk Management Decision Making”** ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ใช้เอกสารทางวิชาการดังกล่าวเป็นแนวทางในการวิเคราะห์สังคมเศรษฐศาสตร์ของมาตรการต่าง ๆ เพื่อลดและเลิกจากสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน

ในหัวข้อต่อไป เราจะกล่าวถึงเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์สังคมเศรษฐศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ความมีประสิทธิภาพทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการต่าง ๆ ในการลดและเลิกสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน

2.2 เครื่องมือของวิเคราะห์สังคมเศรษฐศาสตร์

เครื่องมือของการวิเคราะห์สังคมเศรษฐศาสตร์มีด้วยกันหลายวิธี แต่หากวิธีที่อิงหลักการวิเคราะห์ความมีประสิทธิภาพทางเศรษฐศาสตร์ ของมาตรการเพื่อลดและเลิกจากสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานที่นิยมใช้กันทั่วไปคือ วิธีวิเคราะห์ต้นทุนต่อประสิทธิภาพ (Cost-Effectiveness Analysis: CEA) และวิธีวิเคราะห์ต้นทุนผลได้ (Cost-Benefit Analysis: CBA) ซึ่งทั้งสองวิธีนี้ใช้กันอย่างกว้างขวางในหมู่นักวิเคราะห์ เพื่อประเมินความมีประสิทธิภาพทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการต่าง ๆ และเพื่อที่จะแยกแยะและบ่งชี้มาตรการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดออกมาให้ได้

2.2.1 วิธีวิเคราะห์ต้นทุนต่อประสิทธิภาพ (CEA)

ต้นทุนต่อประสิทธิภาพของมาตรการต่าง ๆ เพื่อลดและเลิกจากสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานสามารถแสดงได้ในรูปของอัตราส่วน (ratio) ของต้นทุนต่อความมีประสิทธิภาพของมาตรการนั้นๆ โดยที่ ต้นทุน หมายถึง ค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการนำมาตรการนั้น ๆ มาใช้ในขณะที่มีประสิทธิภาพ หมายถึง ผลทางกายภาพที่เกี่ยวข้อง ตัวอย่างของอัตราส่วนที่ว่านี้สามารถคำนวณได้ในรูปของต้นทุนต่อหนึ่งหน่วยของปริมาณสารมลพิษที่ลดลง ดังนั้น ถ้ามาตรการใดก็ตามที่แสดงผลตัวเลขของอัตราส่วนที่ต่ำ ก็แสดงว่า มาตรการนั้นมีต้นทุนต่อประสิทธิภาพที่ดีมาก

2.2.2 วิธีวิเคราะห์ต้นทุนผลได้ (CBA)

จุดมุ่งหมายของการวิเคราะห์ต้นทุนผลได้ก็เพื่อใช้ตัดสินว่า การลงทุนใด ๆ หรือมาตรการใด ๆ ก็ตาม มีความคุ้มค่าในแง่ของความมีประสิทธิภาพทางเศรษฐศาสตร์หรือไม่ ซึ่งวิธีการนี้จำเป็นต้องประเมินผลกระทบต่าง ๆ ของมาตรการให้ออกมาในรูปของตัวเงินเท่าที่สามารถจะทำได้ โดยมีสมมติฐานเบื้องหลังที่ว่า หลังจากที่เราระเมินค่าผลกระทบของมาตรการต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปของต้นทุนค่าเสียโอกาสทางเศรษฐศาสตร์แล้ว เราก็จะสามารถสรุปถึงผลดีผลเสียได้ว่า สังคมเต็มใจจะจัดสรรทรัพยากรที่อยู่อย่างจำกัดอย่างไร เพื่อแลกเปลี่ยนกับผลได้ที่ได้รับจากมาตรการนั้น ๆ

ดังนั้นวิธี CBA จึงสามารถตัดสินได้ว่า มาตรการนั้นๆ มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ในเชิงเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนและผลได้ของสังคม รวมทั้งสามารถเปรียบเทียบความสมเหตุสมผลเช่นเดียวกันของแต่ละมาตรการด้วยวิธีนี้ได้อีกด้วย

ในเมื่อการวิเคราะห์มาตรการเพื่อลดและเลิกสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานนั้นพิจารณาเพียงแต่ต้นทุนส่วนเพิ่ม (incremental cost) และผลได้ส่วนเพิ่ม (incremental benefit) ของมาตรการที่นำเสนอ ดังนั้นเป้าหมายของวิธี CBA จึงเป็นการคำนวณการเปลี่ยนแปลงที่เป็นตัวเงินที่เกิดขึ้นจากการใช้มาตรการนั้น ๆ โดยเปรียบเทียบกับสภาพการณ์ปัจจุบัน (หรือรูปการณ์พื้นฐาน (base case))

2.2.3 ผลได้ของการลดและเลิกสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานที่ใช้ใน CBA และ CEA

ผลได้ที่เกิดจากการลดและเลิกสารมลพิษตกค้างยาวนานในสิ่งแวดล้อมมี 2 ประเภทคือ ผลได้ทางด้านสุขอนามัย (health benefit) และผลได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ (economic benefit) ในขณะที่เราทำการวิเคราะห์ต้นทุนผลได้ที่เกิดจากการใช้มาตรการเพื่อลดและเลิกการปลดปล่อยสารมลพิษตกค้างยาวนานนั้น การประเมินต้นทุนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกระทำโดยง่ายและตรงไปตรงมา แต่การประเมินผลได้ต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นทั้งทางด้านสุขอนามัยก็ดีและทางด้านเศรษฐศาสตร์ก็สมควรจะกระทำอย่างรอบคอบ ในกรณีของวิธี CBA นั้น ค่าของผลได้จะถูกประเมินออกมาในรูปของตัวเงิน ขณะที่วิธี CEA ไม่จำเป็นต้องประเมินค่าของผลได้ออกมาในรูปของตัวเงิน แต่จะอยู่ในรูปของความมีประสิทธิภาพ (effectiveness) ซึ่งความมีประสิทธิภาพดังกล่าวอาจวัดกันออกมาในรูปของต่อหน่วยของสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานที่ได้ลดลง

2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์สังคมเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์สังคมเศรษฐศาสตร์มีขั้นตอนดังนี้

2.3.1 ความหมายของรูปการณ์พื้นฐาน (base case) – ผลกระทบส่วนเพิ่ม (incremental impact) ของมาตรการที่ใช้เพื่อลดและเลิกสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน หมายถึงผลแตกต่างที่เกิดขึ้นระหว่างสิ่งที่เกิดขึ้นในอนาคตอันเป็นผลมาจากการใช้มาตรการทางเลือกใหม่เพื่อลดและเลิกสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน โดยเปรียบเทียบกับ สิ่งที่เกิดขึ้นโดยมิได้มีการดำเนินมาตรการใด ๆ เลย โดยทั่วไปแล้ว รูปการณ์พื้นฐานนี้มักจะหมายถึง สภาพการณ์ปัจจุบันที่ยังมิได้มีการใช้มาตรการใด ๆ เลย

2.3.2 กำหนดและเลือกมาตรการเพื่อลดและเลิกสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน - หลังจากเรากำหนดรูปการณ์พื้นฐานเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการกำหนดและเลือกมาตรการต่าง ๆ ที่จะทำการวิเคราะห์

2.3.3 การประมาณการต้นทุนของมาตรการ– ต้นทุนส่วนเพิ่ม (incremental cost) ของแต่ละมาตรการนั้นถือเป็นข้อมูลส่วนที่สำคัญที่จำเป็นต้องประมาณการออกมาให้ได้เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างผลของมาตรการนั้น ๆ กับรูปการณ์พื้นฐาน ฉะนั้นการประมาณการต้นทุนส่วนเพิ่มจึงจำเป็นอย่างยิ่งต่อการวิเคราะห์สังคมเศรษฐศาสตร์

2.3.4 การประมาณการผลได้ของมาตรการ– โดยปกติแล้ว มาตรการต่าง ๆ ที่ใช้ลดและเลิกสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานจะให้เกิดผลได้มากมายหลายประการ แต่ในการศึกษานี้เรากำหนดให้ผลของการลดและเลิกการปล่อยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานสู่สิ่งแวดล้อม ก่อให้เกิดผลได้ 2 ประการคือ ผลได้ทางด้านสุขอนามัย และผลได้ทางด้านเศรษฐกิจ ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ต้นทุนผลได้นั้นจำเป็นต้องประมาณการ ทั้งต้นทุนหน่วยส่วนเพิ่ม (marginal cost) และผลได้ส่วนเพิ่ม (marginal benefit) ของแต่ละมาตรการออกมา

3. การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์สังคมเศรษฐศาสตร์กับ มาตรการเพื่อลดและเลิกสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน

หัวข้อนี้จะสาริตถึง การนำเครื่องมือวิเคราะห์ที่ใช้ในการวิเคราะห์สังคมเศรษฐศาสตร์ไปใช้เพื่อประเมินมาตรการการลดและเลิกสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน การวิเคราะห์ของเราแบ่งประเภทสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานออกเป็น 3 กลุ่มด้วยกัน คือ (1) สารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ (2) สารพีซีบี และ (3) สารไดออกซินและฟิวแรน

ถ้าหากจะพิจารณาถึงการประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์สังคมเศรษฐศาสตร์ที่ปฏิบัติกันโดยทั่วไปในสาขาการจัดการสารเคมีมลพิษ จะพบว่า การประเมินผลกระทบของมาตรการเพื่อลดและเลิกสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์นั้น นิยมใช้วิธีการวิเคราะห์ต้นทุนผลได้ ส่วนการกำจัดและทำลายสารพีซีบีซึ่งพบในหม้อแปลงไฟฟ้าและตัวเก็บประจุไฟฟ้านั้นนิยมเลือกใช้เทคโนโลยีเพื่อกำจัดและทำลายที่ต้นทุนค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด และกลุ่มสุดท้ายคือวิธีการวิเคราะห์ต้นทุนต่อประสิทธิภาพ เป็นวิธีวิเคราะห์ที่นิยมประยุกต์ใช้กับกรณีของมาตรการลดสารไดออกซินและฟิวแรน

3.1 สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์

3.1.1 ข้อมูลพื้นฐาน

อนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานนั้น ได้กำหนดห้ามมิให้มีการใช้สารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ ซึ่งได้แก่ ดีดีที, อัลดริน, คลอร์เดน, ดิล ดริน, เอนดริน, เฮปตะคลอร์, เอชซีบี, ไมเร็กซ์ และ ท็อกซาเฟน รวมทั้งให้กำจัดและทำลายคลังสินค้า (stockpiles) ของสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานเหล่านี้ทั้งหมด

ตาราง 3.1: รายการสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ที่ห้ามมิให้มีการใช้ในประเทศไทย

สารเคมี	ปีที่เริ่มบังคับห้ามใช้	เหตุผล
อัลดริน	2531	ตกค้างยาวนาน สะสมในระบบสิ่งมีชีวิต
คลอร์เดน	2538 * 2543**	อาจเป็นสารก่อมะเร็ง ตกค้างยาวนาน มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาก มีสารที่ interchangeable ได้
ดีดีที	2526** 2537 *	ตกค้างยาวนาน สะสมในโซ่อาหาร อาจเป็นสารก่อมะเร็งในสัตว์ที่ใช้ทดลอง
ดิลดริน	2531	ตกค้างยาวนาน สะสมระบบสิ่งมีชีวิต สารเป็นพิษรุนแรง เป็นอันตรายต่อผู้ใช้มาก
เอนดริน	2524	ตกค้างยาวนานในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและโซ่อาหาร เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
เฮปตะคลอร์	2531	ตกค้างยาวนาน สะสมในระบบสิ่งมีชีวิต
เอชซีบี	-	ไม่เคยมีการนำเข้า
ไมเร็กซ์	2538	ไม่เคยมีการนำเข้า
พีซีบี	2518	เป็นอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม
ท็อกซาฟีน	2526	อาจเป็นสารก่อมะเร็งในสัตว์ที่ใช้ทดลอง ตกค้างยาวนาน

ที่มา: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หมายถึง: * =ใช้ในการเกษตร **= ใช้ในการสาธารณสุข

การผลิตสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ ไม่เคยเกิดขึ้นเลยในประเทศไทย รวมทั้งยังไม่มีรายงานการส่งออกของสารชนิดนี้ด้วย นอกจากนี้สารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ส่วนใหญ่ ยกเว้นสารคลอเดนถูกสั่งห้ามมิให้มีการนำเข้ามาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533 อันสืบเนื่องมาจากกฎข้อบังคับที่ห้ามมิให้มีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในภาคการเกษตร (ดูตารางที่ 3.1)

สารคลอเดนเป็นสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ตัวสุดท้ายที่อนุญาตให้ใช้ได้จนถึงปี พ.ศ. 2539 ส่วนสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานตัวอื่น เช่น ไมเร็กซ์ และ เอชซีบี ไม่เคยถูกนำเข้ามาใช้ภายในประเทศไทยเลย

โดยสรุปคือ ในปัจจุบันสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ทุกชนิดได้ถูกห้ามมิให้มีการใช้ นำเข้า ส่งออก และผลิตในประเทศไทย

3.1.2 ทำเนียบสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมี ป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์

การนำเสนอยุทธศาสตร์ เพื่อป้องกันถึงจำนวนและปริมาณคลั่งสินค้าของสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์เป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญ เพื่อให้แน่ใจว่า คลั่งสินค้าของสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานเหล่านี้ได้รับดูแลอย่างถูกต้อง รวมทั้งการเคลื่อนย้ายและจัดเก็บในลักษณะที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

สารที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์มักจะพบได้ในแหล่งต่อไปนี้คือ (1) ที่สำหรับเก็บและผสมสารเคมีที่ใช้ในการเกษตร (เช่น โกดัง และโรงเก็บของในไร่นา เป็นต้น) (2) คลั่งเก็บสินค้าและโกดังของตัวแทนจัดจำหน่าย (3) อุปกรณ์การใช้งานที่ปนเปื้อน (ซึ่งมักถูกเก็บไว้ในโรงเก็บของในไร่นา และโกดังสินค้า เป็นต้น) (4) ถังและภาชนะบรรจุใช้แล้วที่ปนเปื้อน (ซึ่งเดิมเคยใช้บรรจุสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ เช่น ถัง ขวด เป็นต้น) (5) บริเวณที่ทิ้งขยะ (ซึ่งสารประเภทนี้ถูกฝังกลบไว้ใต้ดินอย่างไม่ถูกต้องตามขั้นตอนวิธีการกำจัดขยะที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม) (6) ดินและน้ำใต้ดิน(ที่ถูกปนเปื้อนด้วยสารที่ตกลงสู่ดิน) (7) สารตกตะกอน (ถูกปนเปื้อนด้วยสารที่ตกลงสู่ดิน) (8) ผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่มีสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์เป็นส่วนประกอบ (สี ระบายภาพ สเปรย์กำจัดแมลงภายในบ้าน และอื่นๆ)

ในปี พ.ศ. 2547 คณะผู้เชี่ยวชาญโครงการ NIP/POPs ทำการสำรวจทำเนียบของสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในประเทศไทย พบว่า มีสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน และสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ที่เลิกใช้แล้ว รวมกันประมาณ 132 ตัน อย่างไรก็ตามถ้าจะนับเฉพาะส่วนที่เป็นสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน (คลอไรด์เดนดีดีที และเฮปตาคลอไรด์) พบว่ามีปริมาณน้อยมากเพียง 220 กิโลกรัมเท่านั้น ถึงแม้ว่าปริมาณสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์จะมีไม่มากก็ตาม แต่ก็ควรมีมาตรการกำจัดสารเหล่านี้ที่ส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อม

3.1.3 มาตรการกำจัดสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภท สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์

สารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ ถูกจัดอยู่ในพวกกากของเสียอันตราย ฉะนั้นเพื่อที่จะจัดการกับสารประเภทนี้อย่างเหมาะสมและปลอดภัยจึงจำเป็นต้องมีการฝึกอบรมอย่างเข้มข้นในเชิงลึก และอุปกรณ์ที่ใช้จัดการต้องมีความปลอดภัยสูง ในประเทศอุตสาหกรรมนั้น ทุกโรงงานในอุตสาหกรรมทั้งหมดจะต้องมีความสามารถในการเคลื่อนย้าย

ขนส่ง และกำจัดกากของเสียอันตรายจากอุตสาหกรรมได้ ในขณะที่ประเทศกำลังพัฒนาอย่างเรานั้นแทบจะไม่มีความรู้ความชำนาญ ขาดประสบการณ์และขาดแคลนเครื่องมืออุปกรณ์ที่เหมาะสมในการจัดการกับกากของเสียอันตรายเหล่านี้ ซึ่งปัญหาเหล่านี้เกิดจากการขาดแคลนโครงสร้างพื้นฐานและการกระจายโรงเก็บสารมลพิษ ประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ที่เลิกใช้แล้ว

ในปัจจุบัน วิธีการกำจัดสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ซึ่งได้รับความนิยมคือวิธีที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง เช่น การเผาในเตาเผาอุณหภูมิสูง แต่่วาวิธีการทำลายสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ ซึ่งมีความปลอดภัยและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมดังกล่าวนี้ แทบจะหาได้ยากสำหรับประเทศกำลังพัฒนา รวมทั้งประเทศไทย และถึงจะหาได้ก็มีต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างแพงมาก

ในเมื่อในประเทศไม่มีเครื่องมืออุปกรณ์ที่เพียงพอ จะทำลายสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์เหล่านี้ จึงจำเป็นต้องส่งออกสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานเหล่านี้ ไปทำลายที่ทวีปยุโรป โดยการเผาที่ศูนย์กำจัดกากของเสียอันตราย ซึ่งวิธีการนี้ องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติมีความเห็นว่าเป็นวิธีการเดียวที่ดีที่สุดในปัจจุบัน

3.1.4 วิเคราะห์ต้นทุนผลได้ของมาตรการกำจัดสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์

หลักการวิเคราะห์สังคมเศรษฐศาสตร์ของมาตรการ เพื่อกำจัดสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์คือ การใช้วิธีวิเคราะห์ต้นทุนผลได้ เพื่อที่จะคำนวณค่าของต้นทุนและผลได้ออกมา เราจำเป็นต้องประมาณการตัวต้นทุนและตัวผลได้ ดังต่อไปนี้

- ต้นทุนและผลได้ของการกำจัดสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ที่เลิกใช้แล้ว

การส่งออกสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ไปกำจัดและทำลายยังต่างประเทศจะมีต้นทุนค่าใช้จ่ายใหญ่ ๆ อยู่ 3 ส่วนคือ ต้นทุนการบรรจุหีบห่อใหม่ ต้นทุนค่าขนส่ง และต้นทุนในการกำจัดและทำลาย

ต้นทุนการบรรจุหีบห่อสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ใหม่ ก่อนที่จะส่งไปกำจัดและทำลายที่ต่างประเทศ และต้นทุนการขนส่งสารเหล่านี้เป็นสิ่งที่ประเมินได้ค่อนข้างยากมาก เนื่องจากว่าแต่ละเทคโนโลยีที่ใช้กำจัดและทำลายยังแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ในเรื่องของการจัดการกับสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานเหล่านี้ในช่วงก่อนและระหว่างกระบวนการทำลาย ตัวอย่างเช่น เทคโนโลยีแบบหนึ่ง อาจต้องการเพียงให้สารที่น้ำนี้ถูกจัดเก็บในถังทรงกระบอกซึ่ง

มีลักษณะเฉพาะ เพื่อให้สะดวกต่อการจัดการที่โรงกำจัดมลพิษที่ตกค้างยาวนาน ในขณะที่เทคโนโลยีอีกแบบหนึ่งอาจจะไม่พิถีพิถันมากนักในเรื่องของการบรรจุหีบห่อใหม่ ก่อนที่จะถูกนำเข้าสู่กระบวนการกำจัดและทำลาย

ต้นทุนการขนส่ง สารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ไปยังโรงกำจัดและทำลายนั้น ควรคิดรวมค่าประกันความเสี่ยงของการขนส่งทางไกลวัตถุอันตรายไม่ว่าจะโดยทางน้ำหรือโดยอากาศ ก็ตาม

ส่วนต้นทุนค่าใช้จ่ายในการกำจัดนั้น ตัวเลขสถิติขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติได้เสนอว่า ตัวเลขต้นทุนค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่เหมาะสมในการกำจัดสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ที่ถูกส่งไปกำจัดยังประเทศอุตสาหกรรม คือ 5,500 ดอลลาร์สหรัฐต่อ 1 ตัน อย่างไรก็ตาม องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติยังกล่าวอีกว่า ตัวเลขนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการเช่น สถานที่ตั้ง สภาพและชนิดของสารมลพิษและวิธีที่ใช้ในการกำจัดสารดังกล่าว

จากตัวเลขต้นทุนค่าใช้จ่ายในการกำจัดข้างต้น ขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ เราอาจประมาณการได้ว่า การส่งกำจัดสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ไปยังต่างประเทศปริมาณ 220 กิโลกรัม จะมีต้นทุนค่าใช้จ่ายเท่ากับ 1,210 ดอลลาร์สหรัฐ

ถ้าหากว่า ผลได้ที่จะเกิดขึ้นอันเกิดจากการลดและกำจัดสารปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมของสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ จะช่วยให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความน่าเชื่อถือ และความแข็งแกร่งต่อผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและธุรกิจการเกษตรในตลาดส่งออกของประเทศ จะเห็นได้ว่า มูลค่าของความได้เปรียบเชิงเปรียบเทียบในเรื่องของสิ่งแวดล้อมนั้นมีความสำคัญมาก ยิ่งในปัจจุบัน มาตรการกีดกันทางการค้ามีแนวโน้มจะใช้ข้ออ้างทางสิ่งแวดล้อมมากขึ้นๆ เป็นลำดับ สินค้าประเภทอาหารและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรซึ่งสงสัยว่ามีสารมลพิษปนเปื้อนอาจถูกกีดกันจากตลาดส่งออกได้อย่างง่ายดาย

กรมการส่งเสริมการส่งออก กระทรวงพาณิชย์ ได้รายงานว่ ในปี พ.ศ. 2547 มูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรของประเทศไทยมีมูลค่าทั้งสิ้น 15,319 ล้านดอลลาร์สหรัฐ จากการประมาณการอย่างอนุรักษ์นิยมโดยนักเศรษฐศาสตร์ที่เชี่ยวชาญด้านการค้าระหว่างประเทศ ได้ข้อสรุปว่า กรณีประเทศไทย ประมาณร้อยละ 0.2 ของมูลค่าการส่งออกสินค้าอาหารและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร จะถูกกีดกันทางการค้าอันเป็นผลมาจากมาตรการที่ไม่ใช่ภาษีการค้า (non-trade barriers) และในบรรดามูลค่าส่งออกที่ถูกกีดกันโดย non-trade barriers ทั้งหมดจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับประเด็นสิ่งแวดล้อมอยู่ประมาณร้อยละ 3.0

ดังนั้น ถ้าหากเราไม่ทำอะไรเลยเพื่อป้องกันปัญหาการกีดกันทางการค้า อันเนื่องมาจากประเด็นสิ่งแวดล้อม ประเทศไทยจะสูญเสียรายได้จากการค้าระหว่างประเทศของภาคการผลิตสินค้าเกษตรกรรมและอาหารเป็นจำนวนถึง 91,914 ดอลลาร์สหรัฐโดยประมาณ เพราะฉะนั้น

ผลได้จากการกำจัดสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ จึงมีค่าเท่ากับ 91,914 ดอลลาร์สหรัฐ

- การคำนวณ ค่าต้นทุนและผลได้ ของการกำจัดสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์

วิธีการวิเคราะห์ต้นทุนผลได้ของแต่ละมาตรการ กระทำได้โดยการคำนวณอัตราส่วนของต้นทุนส่วนเพิ่มต่อผลได้ส่วนเพิ่มของมาตรการนั้น ๆ

ค่าของต้นทุนผลได้ (cost-benefit value) มาตรการใดๆ คำนวณโดยการหาอัตราส่วนของต้นทุนรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้น (ในรูปของตัวเงิน) ต่อผลได้รวมทั้งหมดที่ได้รับ (ในหน่วยของเงิน) ของมาตรการนั้น ส่วนค่าของต้นทุนผลได้ส่วนเพิ่ม (incremental cost-benefit value) นั้นสามารถคำนวณได้จากกรณีที่มีมาตรการเมื่อเทียบกับกรณีของรูปการณ์พื้นฐาน (base case) หรือกรณีที่ไม่มีการดำเนินมาตรการใด ๆ เลย

ภายใต้สมมติฐานที่ว่า ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์คือ ต้นทุนในการกำจัดสารเหล่านี้เท่านั้น ดังนั้นค่าของต้นทุนผลได้ที่คำนวณได้จะบอกให้เราได้ว่า ผลได้ของการใช้มาตรการกำจัดสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ปริมาณ 0.22 ตันโดยส่งไปกำจัดที่ต่างประเทศ จะมากกว่า ต้นทุนที่เกิดขึ้นถึง 76 เท่า

3.2 สารพีซีบี (PCBs)

3.2.1 ข้อมูลพื้นฐาน

สารพีซีบีเป็นสารเคมีอินทรีย์สังเคราะห์ที่อาจเป็นต้นเหตุให้เกิดผลอันตรายต่างๆ มากมาย สารพีซีบีเป็นสารที่ไม่มีกลิ่นและไม่มีรส และเนื่องจากสารพีซีบีไม่ติดไฟง่ายและทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อนได้ดี สารพีซีบีจึงถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในรูปของ สารหล่อเย็น (coolant) และสารหล่อลื่นในหม้อแปลงไฟฟ้า ตัวเก็บประจุไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ

สารพีซีบีอาจรั่วสู่สิ่งแวดล้อมได้จากแหล่งรวมกากของเสียอันตรายที่ขาดการดูแลรักษา ซึ่งอาจเป็นแหล่งที่มีสารพีซีบีปะปนอยู่ หรืออาจเป็นแหล่งรวมที่มีการทิ้งกากของเสียจำพวกสารพีซีบีที่ไม่ถูกต้องตามกฎหมาย เช่น ของเหลือจากหม้อแปลงไฟฟ้าเก่า นอกจากนี้สารพีซีบียังอาจรั่วสู่สิ่งแวดล้อมได้จากการทำลายสินค้าโภคภัณฑ์ที่ศูนย์กำจัดขยะแบบฝังกลบของประเทศบาล ที่ไม่ได้ออกแบบมาเพื่อจัดการกับกากของเสียอันตรายเหล่านี้ และสุดท้ายสารพีซีบีอาจถูกปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมได้ โดยการเผาขยะบางชนิดในเตาเผาขยะเทศบาลและเตาเผาขยะโรงงานอุตสาหกรรม

3.2.2 ทำเนียบสารพีซีบี

แม้ว่าสารพีซีบีจะถูกสั่งห้ามใช้ในประเทศไทยอย่างเด็ดขาดมาตั้งแต่ ปีพ.ศ. 2518 แต่ประชาชนก็ยังคงได้รับผลกระทบจากสารพีซีบีอยู่ดี เนื่องจากหม้อแปลงไฟฟ้าและตัวเก็บประจุไฟฟ้าเก่าๆ มากมายที่ยังคงมีสารพีซีบีบรรจุอยู่ ซึ่งพวกอุปกรณ์ไฟฟ้าเหล่านี้ยังคงถูกใช้งานและเก็บวางกันอยู่ทั่วไป

แหล่งของสารพีซีบีที่สำคัญ คือ หม้อแปลงไฟฟ้าและตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่ได้นำเข้ามาจากต่างประเทศโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ทำเนียบสารพีซีบีของประเทศไทยที่การสำรวจโดย ทีมผู้เชี่ยวชาญโครงการจัดทำแผนปฏิบัติการแห่งชาติ เกี่ยวกับสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานในปี พ.ศ. 2547 นั้นพบว่า มีหม้อแปลงไฟฟ้าทั้งหมด 594 ลูก และตัวเก็บประจุไฟฟ้าทั้งหมด 379 ตัว พวกหม้อแปลงและตัวเก็บประจุไฟฟ้าเหล่านี้บางส่วนใช้งานอยู่ บางส่วนเก็บสำรองไว้ และบางส่วนได้เลิกใช้งานแล้ว แต่ทั้งหมดนี้ยังไม่ได้นำไปทำลายทิ้ง หม้อแปลงไฟฟ้าเหล่านี้มีสารพีซีบีเหลวบรรจุอยู่ปริมาณ 488.5 ตัน และตัวเก็บประจุเหล่านี้มีสารพีซีบีเหลวอยู่ปริมาณ 20.5 ตัน จากจำนวนทั้งหมดนี้มีหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีอายุการใช้งานกว่า 25 ปีขึ้นไปและไม่ทราบอายุ จำนวน 534 เครื่อง ซึ่งมีสารพีซีบีสะสมอยู่กว่า 478.4 ตัน

3.2.3 มาตรการในการกำจัดสารพีซีบี

ประเทศไทยไม่เคยมีการนำเข้าสู่สารพีซีบีเหลวใดๆ มาก่อนเลย สิ่งที่เป็นประเด็นสำคัญคือ การหามาตรการในการกำจัดสารพีซีบีในหม้อแปลงไฟฟ้าและตัวเก็บประจุไฟฟ้าทั้งหมดอายุการใช้งานแล้ว เนื่องจากว่า ประเทศไทยยังไม่มีความสามารถทางเทคโนโลยีในการทำลายสารพีซีบีที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้น ทางเลือกทางมาตรการที่ดีที่สุดจึงมีทางเดียวเท่านั้น คือ การส่งออกสารพีซีบีในหม้อแปลงไฟฟ้าและตัวเก็บประจุไฟฟ้าทั้งหมดอายุการใช้งานแล้ว ไปทำลายในต่างประเทศ

3.2.4 เทคโนโลยีที่มีต้นทุนน้อยที่สุดในการกำจัดสารพีซีบี

ถ้าหากว่า เราเลือกมาตรการที่จะส่งสารพีซีบีที่สำรวจพบในประเทศไทยทั้งหมดไปกำจัดยังต่างประเทศ ฉะนั้นกลยุทธ์การเลือกเทคโนโลยีในการกำจัดสารพีซีบีเหล่านี้ จึงตั้งอยู่บนพื้นฐานของการเลือกเทคโนโลยีที่ทำให้เราเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด หรือมีต้นทุนต่ำที่สุดนั่นเอง จากข้อมูลเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาโดยบริษัท “ENEKSINT Ltd.” ซึ่งเป็นบริษัทสัญชาติรัสเซีย พบว่าต้นทุนที่ต่ำที่สุดในการกำจัดและทำลายสารพีซีบีเหลวในหม้อแปลงไฟฟ้ามียุคประมาณตันละ

320 ดอลลาร์สหรัฐ และต้นทุนที่ต่ำที่สุดของการกำจัดและทำลายสารพีซีบีเหลวในตู้เก็บประจุประมาณต้นละ 1,000 ดอลลาร์สหรัฐ ตัวเลขต้นทุนที่อ้างถึงนี้เป็นราคา ณ ปี พ.ศ. 2543 แต่ว่าการคำนวณต้นทุนการกำจัดสารพีซีบีจะต้องใช้ราคาปัจจุบัน คือ ราคาในปี พ.ศ. 2547 ดังนั้นเราจำเป็นต้องมีการปรับค่าตามปัจจัยเงินเฟ้อ คือ 1.0871

จากการประมาณการ เราพบว่า เทคโนโลยีที่มีต้นทุนค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดที่ใช้กำจัดสารพีซีบีเหลวปริมาณ 478.4 ตันในหม้อแปลงไฟฟ้าทั้ง 534 เครื่องที่มีทั้งอายุการใช้งานกว่า 25 ปีและที่ไม่ทราบอายุ จะมีค่าประมาณ 166,422 ดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งเทียบเป็นเงินบาทได้เท่ากับ 6.7 ล้านบาท และต้นทุนค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดสำหรับการทำลายสารพีซีบีเหลวที่อยู่ในตู้เก็บประจุไฟฟ้าปริมาณ 20.5 ตันนั้น จะมีค่าประมาณ 22,286 ดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งเทียบเป็นเงินบาทได้เท่ากับ 891,440 บาท ดังนั้น ค่าใช้จ่ายรวมสำหรับการกำจัดและทำลายสารพีซีบีเหลวที่อยู่ในหม้อแปลงและตู้เก็บประจุไฟฟ้าจะตกประมาณ 7,600,000 บาท ถ้าสมมติว่า ค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการและขนส่งสารพีซีบีจากบริเวณที่จัดเก็บไปจนถึงจุดหมายปลายทางที่ใช้กำจัดเท่ากับ 30% ของต้นทุนในการทำลายทั้งหมด

เพราะฉะนั้นสรุปได้ว่า ต้นทุนรวมทั้งหมดที่น้อยที่สุดที่ต้องใช้ทั้งสิ้น 9,880,000 บาท สำหรับการกำจัดสารพีซีบีเหลว 478.4 ตันที่มีอยู่ในหม้อแปลงไฟฟ้า และสารพีซีบีเหลวอีก 20.5 ตันที่มีอยู่ในตู้เก็บประจุไฟฟ้า

3.3 สารไดออกซินและฟิวแรน

3.3.1 ข้อมูลพื้นฐาน

Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) และ Polychlorinated dibenzofurans (PCDFs) มีชื่อเรียกเป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไปว่า ไดออกซินและฟิวแรน ซึ่งเป็นสารพิษที่เราพบเจอเป็นประจำ ความเข้มข้นแม้เพียงเล็กน้อยของสารเหล่านี้ อาจทำให้เกิดผลเสียอย่างรุนแรงต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมได้ สารไดออกซินเป็นผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นโดยไม่ตั้งใจจากกระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการเผาไหม้โดยที่มีสารคลอรีนเป็องค์ประกอบ เนื่องด้วยความทนทานของตัวสารที่จะตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้ยาวนาน และความสามารถที่จะสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตได้ เพราะฉะนั้น สารไดออกซินและฟิวแรนจึงถูกบังคับให้มีการลดและกำจัดให้หมดไปได้ก่อนสู่บรรยากาศ

3.3.2 การวิเคราะห์ต้นทุนต่อประสิทธิภาพของมาตรการ เพื่อลดการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรน

วิธีการวิเคราะห์ต้นทุนต่อประสิทธิภาพนั้น โดยทั่วไปน่าจะวิเคราะห์กับมาตรการเพื่อลดการปลดปล่อยของสารไดออกซินและฟิวแรนที่ออกมาจากทุกๆ แหล่งปลดปล่อย (emission source) อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้จะวิเคราะห์เฉพาะกับแหล่งปลดปล่อยที่ใหญ่ที่สุดเพียงแหล่งเดียวเท่านั้น คือ การเผาขยะหลังบ้านของครัวเรือน

ประสิทธิภาพของมาตรการเพื่อลดปริมาณการแพร่กระจายของสารไดออกซิน และฟิวแรนเข้าสู่สิ่งแวดล้อม จะหมายถึง การลดลงของจำนวนสารไดออกซินและฟิวแรนที่ถูกปลดปล่อยในช่วงระยะเวลามาตรฐานที่กำหนด และหน่วยที่ใช้วัดประสิทธิภาพต่อปีในที่นี้ ก็คือ ไมโครกรัมที่อีควิว (mg TEQ) ต่อปีของสารไดออกซินและฟิวแรนที่ลดลง

ด้วยเหตุนี้ อัตราส่วนต้นทุนต่อประสิทธิภาพที่คำนวณได้จากวิธีการวิเคราะห์ต้นทุนต่อประสิทธิภาพนี้ จะแสดงได้ในรูปของ “บาทต่อ mg TEQ ต่อปี” ของสารไดออกซินที่ลดลง ถ้าหากอัตราส่วนที่คำนวณได้มีค่าต่ำ จะบอกให้รู้ว่า การทำให้สารไดออกซินที่ปลดปล่อยออกมาลดลง สามารถจ่ายซื้อได้ในราคาที่ไม่แพง

3.3.3 แหล่งปลดปล่อยสำคัญที่จะเลือกมาวิเคราะห์ต้นทุนต่อประสิทธิภาพ

เราใช้รายงานทำเนียบสารไดออกซินและฟิวแรนในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2547 วิจัยโดยคณะผู้เชี่ยวชาญ เป็นจุดเริ่มต้นในการตรวจสอบแหล่งกำเนิดของการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรน

รายงานทำเนียบสารไดออกซินและฟิวแรน กำหนดแหล่งปลดปล่อยไว้ 10 แหล่งซึ่งได้ทำการประมาณการแล้ว พบว่า มีการปลดปล่อยสารไดออกซินสู่ชั้นบรรยากาศจำนวนทั้งสิ้น 286.20 g TEQ ต่อปี ในปี พ.ศ.2547 นอกจากนั้น ไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 ของปริมาณสารไดออกซินและฟิวแรนที่ปลดปล่อยออกมาสู่อากาศทั้งหมด เกิดจากการเผาขยะมูลฝอยหลังบ้านของครัวเรือน (ดังปรากฏในตาราง 3.2)

Enabling Activities for Development of a National Plan for Implementation of the Stockholm Convention on POPs in Thailand

ตาราง 3.2: แหล่งกำเนิดที่สำคัญ	g TEQ/a* (2004)	% total (2004)
การเผาขยะมูลฝอยหลังบ้านของครัวเรือน	117.95	41.21
เตาเผาขยะอันตรายและติดเชื้อ	38.29	13.38
การเผาศพ	21.61	7.55
รวมทั้งหมด	177.85	62.14 %

* หน่วยเป็นกรัมที่ปลดปล่อยออกมาในอากาศต่อปี

- **การเผาขยะมูลฝอยหลังบ้านของครัวเรือน**

แหล่งกำเนิดที่ใหญ่ที่สุดของสารไดออกซินและฟิวแรนที่เกิดจากการเผาไหม้ของขยะ ก็คือ การเผาขยะมูลฝอยหลังบ้านของครัวเรือนที่ขาดการควบคุม เราพบว่า ความเข้มข้นของสารไดออกซินที่มาจากการเผาไหม้ด้วยวิธีนี้ มีถึงร้อยละ 41.21 ของสารไดออกซินและฟิวแรนทั้งหมดที่ปลดปล่อยออกในอากาศ นอกจากนี้ ค่าประมาณการสารไดออกซินที่เกิดขึ้นจากการเผาขยะมูลฝอยหลังบ้านของครัวเรือนนั้นก็ไม่น้อยแน่นอน นอกจากนั้น สภาพตามธรรมชาติของการเผาขยะประเภทนี้จะเป็นรายย่อย ๆ (แต่กองไฟนับพัน เมื่อรวมกันแล้วก็มีปริมาณมากอยู่) ก็ทำให้ยากที่จะชี้เฉพาะจะจงลงไปเป็นรายๆ อย่างไรก็ตาม มาตรการที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติทั้งหมด เพื่อลดการปลดปล่อยสารไดออกซินที่เกิดจากการเผาขยะมูลฝอยหลังบ้านของครัวเรือนนั้น ควรที่จะมีการตรวจสอบอย่างถี่ถ้วนต่อไป

- **มาตรการเพื่อลดการปลดปล่อยสารไดออกซินที่เกิดจากการเผาขยะมูลฝอยหลังบ้านของครัวเรือน**

การทำให้เกิดขยะน้อยที่สุด การนำกลับมาใช้ใหม่ และการกำจัดขยะมูลฝอยโดยการฝังกลบ เหล่านี้ล้วนเป็นวิธีการที่ดีกว่าการเผาขยะมูลฝอยหลังบ้านของครัวเรือน และเนื่องด้วยความเข้มข้นของสารไดออกซินและฟิวแรนในก๊าซเผาไหม้ ที่เกิดจากการเผาขยะมูลฝอยหลังบ้านของครัวเรือนนี้ ไม่สามารถลดลงได้ ดังนั้นมาตรการเดียวที่จะช่วยป้องกันการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนสู่อากาศได้ ก็คือ การห้ามมิให้มีกิจกรรมการเผาขยะมูลฝอยหลังบ้านของครัวเรือนเกิดขึ้นเลย

- การวิเคราะห์ต้นทุนต่อประสิทธิภาพของมาตรการเพื่อลดการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรนจากการเผาขยะมูลฝอยหลังบ้านของครัวเรือน

รายงานทำเนียบสารไดออกซินและฟิวแรนในประเทศไทย ปีพ.ศ. 2547 โดยคณะผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ครัวเรือนทั้งประเทศมีการเผาขยะมูลฝอยหลังบ้านประมาณ 393,178 ตันต่อปี ส่งผลให้เกิดสารไดออกซินและฟิวแรนปลดปล่อยสู่อากาศประมาณการได้เท่ากับ 117.95 g TEQ ต่อปี

ในการคำนวณต้นทุนต่อประสิทธิภาพ ของมาตรการห้ามมิให้มีการเผาขยะมูลฝอยหลังบ้านของครัวเรือน เราจะต้องประมาณการต้นทุนส่วนเพิ่มที่ต้องจ่าย เพื่อลดสารไดออกซินและฟิวแรนที่ถูกปลดปล่อยออกมาในอากาศลง หนึ่งกรัม TEQ สิ่งนี้เท่ากับบอกเราว่า เราจำเป็นต้องประเมินต้นทุนในการนำขยะมูลฝอยในครัวเรือนจำนวน 393,178 ตันไปกำจัดโดยวิธีการฝังกลบแทนการเผาทิ้งหลังบ้าน จากผลการศึกษาระบบกำจัดขยะมูลฝอยเทศบาล (Feasibility Study of Municipality Solid Waste Disposal System) ของกรมควบคุมมลพิษ พบว่า การคืนทุนเต็ม (full cost recovery) ของการรวบรวมและกำจัดแบบฝังกลบขยะมูลฝอยเทศบาล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3,500 บาทต่อตัน ดังนั้น ต้นทุนของการห้ามมิให้มีการเผาขยะมูลฝอยหลังบ้านของครัวเรือน แต่ใช้การรวบรวมและกำจัดโดยการฝังกลบโดยเทศบาลแทนนั้น เท่ากับ 1,376.12 ล้านบาท

ฉะนั้น ต้นทุนต่อประสิทธิภาพนั้นสามารถคำนวณได้จาก อัตราส่วนของต้นทุนทั้งหมดของมาตรการนั้น (การห้ามเผาขยะมูลฝอยหลังบ้านของครัวเรือน) กับจำนวน 117.95 g TEQ ของการลดสารไดออกซินและฟิวแรนที่ปลดปล่อยออกมาในอากาศ (อันเกิดจากการเผาขยะมูลฝอยหลังบ้านของครัวเรือน) ดังนั้น อัตราส่วนต้นทุนต่อประสิทธิภาพจะเท่ากับ 11,667 บาทต่อทุกๆ หนึ่งมิลลิกรัมของสารไดออกซินและฟิวแรนที่ลดจำนวนลง

วิธีการวิเคราะห์ต้นทุนต่อประสิทธิภาพชี้ให้เห็นว่า การห้ามการเผาขยะมูลฝอยของครัวเรือนในที่โล่งแจ้งนั้นมีประสิทธิภาพทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 11,667 บาทต่อหนึ่งมิลลิกรัมของสารไดออกซินและฟิวแรนที่ไม่ได้ปลดปล่อยออกมาสู่อากาศ จะเห็นได้ว่า ค่าของต้นทุนต่อประสิทธิภาพนี้ ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับค่าของต้นทุนต่อประสิทธิภาพแบบเดียวกันนี้กับประเทศอุตสาหกรรมแล้ว เช่น ในประเทศนิวซีแลนด์ การลดการปลดปล่อยของสารไดออกซินสู่อากาศโดยการห้ามเผาขยะมูลฝอยหลังบ้านของครัวเรือนจะมีต้นทุนประมาณ 40,000 บาทต่อหนึ่งมิลลิกรัมของสารไดออกซินและฟิวแรนที่ลดจำนวนลง

4. ข้อจำกัดของการศึกษา

การศึกษานี้มีข้อจำกัดต่างๆ ดังนี้

1. ข้อจำกัดที่สำคัญที่สุด คือ การขาดข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีการกำจัดสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน รวมถึงเงื่อนไขการปฏิบัติงาน และแนวปฏิบัติที่ใช้ในประเทศไทย เหล่านี้จะส่งผลถึงให้เราต้องพึ่งพิงและอ้างอิงข้อมูลต่างประเทศแทนที่จะเป็นของไทยเอง ดังนั้น ข้อมูลด้านต้นทุนต่างๆ ซึ่งเป็นตัวหลักของการวิเคราะห์เชิงสังคมและเศรษฐศาสตร์จึงมีแนวโน้มที่จะไม่แน่นอน เมื่อเราเอาข้อมูลของต่างประเทศมาใช้

2. ผลการศึกษาที่ได้จากการวิเคราะห์สังคมเศรษฐศาสตร์ จะขึ้นอยู่กับสมมติฐานมากมาย เกี่ยวกับกิจกรรมและขั้นตอนต่างๆ การของมาตรการกำจัดสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน การตัดลดสมมติฐานบางข้อออกจะทำให้การวิเคราะห์มีคุณค่ามากขึ้น ยิ่งไปกว่านั้น ข้อมูลของการสำรวจทำเนียบสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานเบื้องต้น ปี พ.ศ. 2547 เป็นแหล่งข้อมูลหลักที่ใช้ในการวิเคราะห์ ดังนั้น ถ้าหากเรามีข้อมูลรายละเอียดมากขึ้นในส่วนของการทำเนียบสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน รวมทั้งมีแผนการจัดการสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานระดับชาติแล้ว ก็จะทำให้ผลการศึกษาที่ได้จากทั้งวิธีการวิเคราะห์ต้นทุนผลได้และวิธีการวิเคราะห์ต้นทุนต่อประสิทธิภาพนั้น มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

3. ข้อจำกัดอื่นจะเกี่ยวข้องกับ การขาดข้อมูลของกิจกรรมต่างๆ ในแหล่งจัดเก็บของสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ รวมทั้งหม้อแปลงไฟฟ้าและตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่ไม่สามารถการใช้งานแล้ว การขาดข้อมูลดังกล่าวทำให้ไม่สามารถประมาณการต้นทุนค่าขนส่ง ในการกำจัดและทำลายสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานในต่างประเทศได้

5. สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้ได้อธิบาย ได้วางแนวทาง และได้สาธิตให้เห็นถึง การใช้เครื่องมือของการวิเคราะห์สังคมเศรษฐศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์มาตรการการลดและกำจัดการปลดปล่อยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน ในการคำนวณค่าจากการวิเคราะห์นั้น เราแบ่งสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานทั้ง 12 ชนิดออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่ สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ สารพีซีบี และสารไดออกซินและฟิวแรน

ผลการศึกษาที่ได้การวิเคราะห์สังคมเศรษฐศาสตร์มีดังนี้

1. หลังจากการประเมินความเป็นไปได้ทั้งหมดของข้อจำกัดทางเทคโนโลยีการกำจัดที่มีอยู่ในประเทศ เราพบว่า วิธีการที่ดีที่สุดในการกำจัดสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ คือ การส่งออกสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานเหล่านี้ไปทำลายในประเทศอุตสาหกรรม และค่าของต้นทุนผลได้ที่คำนวณหาได้ (บนพื้นฐานของข้อมูลที่มีอยู่ทั้งหมด ณ ขณะนี้) บอกให้เราทราบว่า ผลได้ทั้งหมดของการเลือกใช้ มาตรการที่จะใช้กำจัดสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในต่างประเทศดังกล่าว มีค่าสูงกว่าต้นทุนทั้งหมดประมาณ 76 เท่า

2. เราได้ประมาณการไว้ว่า เทคโนโลยีที่ใช้ต้นทุนน้อยที่สุด ที่ใช้กำจัดและทำลายหม้อแปลงไฟฟ้า 534 ลูกที่มีสารพีซีบีบรรจุอยู่ประมาณ 478.4 ตันในต่างประเทศ จะเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 166,422 เหรียญดอลลาร์สหรัฐหรือเทียบเท่ากับ 6.7 ล้านบาท และต้นทุนน้อยที่สุดสำหรับการกำจัดและทำลายตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่มีสารพีซีบีบรรจุอยู่ 20.5 ตัน จะเสียค่าใช้จ่าย 22,286 เหรียญดอลลาร์สหรัฐหรือเทียบเท่ากับ 891,440 บาท

3. ไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 ของปริมาณสารไดออกซินและฟิวแรนทั้งหมดที่ปลดปล่อยออกสู่อากาศมาจากแหล่งของการเผาขยะหลังบ้านของครัวเรือนที่ไม่ได้มีการควบคุม ถ้าหากว่ามาตรการห้ามเผาขยะหลังบ้านของครัวเรือน เป็นมาตรการที่ดีที่สุดในการบรรเทาทางเลือกทั้งหมด เราจะได้ว่า ค่าของต้นทุนต่อประสิทธิภาพที่คำนวณได้จากการใช้มาตรการห้ามการเผาขยะหลังบ้านของครัวเรือนจะมีมูลค่าเท่ากับ 11,667 บาทสำหรับทุกๆ หนึ่งในล้านลิกรัมของสารไดออกซินที่ลดลง

ท้ายที่สุด เราต้องตระหนักเสมอว่า ผลการศึกษาที่ได้จากการวิเคราะห์สังคมเศรษฐศาสตร์ข้างต้นนั้น อยู่ภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 4

คณะผู้จัดทำ

ที่ปรึกษา

- | | | |
|-----------------|----------------|---|
| 1. นายอภิชัย | ชวเจริญพันธ์ | อธิบดีกรมควบคุมมลพิษ |
| 2. นายอดิศักดิ์ | ทองไข่มุกต์ | รองอธิบดีกรมควบคุมมลพิษ |
| 3. นายจรรพงค์ | บุญ-หลง | ผู้จัดการโครงการ NIP/POPs |
| 4. นางสุณี | ปิยะพันธุ์พงศ์ | ผู้อำนวยการสำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย |
| 5. นางสาวพรพิมล | เจริญส่ง | ผู้อำนวยการส่วนสารอันตราย |

ดำเนินการศึกษาโดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โสภณ ชันติอาคม ผู้เชี่ยวชาญโครงการ NIP/POPs

ผู้ประสานงาน

นางสาวนุชิตา รุ่งถาวรวงศ์ นักวิชาการสิ่งแวดล้อม 5

คณะอนุกรรมการอนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน

1. นายวิเชียร กิรตินิจกาล (ประธานอนุกรรมการฯ)
2. กรมวิชาการเกษตร
3. กรมโรงงานอุตสาหกรรม
4. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา
5. กรมอนามัย
6. กรมศุลกากร
7. สำนักงบประมาณ
8. สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ
9. กรมองค์การระหว่างประเทศ
10. กรมสนธิสัญญาและกฎหมาย
11. กรมการค้าต่างประเทศ
12. กรุงเทพมหานคร
13. กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น
14. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
15. สำนักความร่วมมือด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมระหว่างประเทศ
16. การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
17. สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย



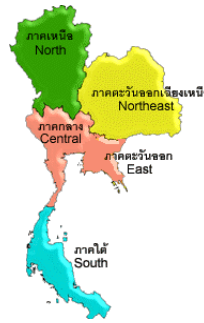
NIP/POPs Coordination Office

ศูนย์ประสานงาน NIP / POPs

Pollution Control Department, 92 Phahon Yothin 7, Phayathai, Bangkok 10400 Thailand Tel: (662) 298 2457
กรมควบคุมมลพิษ 92 ซ.พหลโยธิน 7 ถ.พหลโยธิน พญาไท กรุงเทพฯ 10400 โทร. (662) 298 2457

POPs

Socio-Economic Analysis Report



การวิเคราะห์สังคมเศรษฐกิจศาสตร์ของมาตรการเพื่อลดและเลิกการใช้สาร **POPs**
*Enabling Activities for Development of National Plan for Implementation
of the Stockholm Convention on POPs: Project no. GF/2732-03-4669*



NIP/POPs Coordination Office

ศูนย์ประสานงาน NIP / POPs

Pollution Control Department, 92 Phahon Yothin 7, Phayathai, Bangkok 10400 Thailand Tel: (662) 298 2457
กรมควบคุมมลพิษ 92 ซ.พหลโยธิน 7 ถ.พหลโยธิน พญาไท กรุงเทพฯ 10400 โทร. (662) 298 2457

Acknowledgements

There are many people to whom I owe a debt of gratitude. First of all I would like to thank Dr. Jarupong Boon-Long, the NIP/POPs Project Manager, who has brought me to the attention to a very exciting field of research, the socio-economic analysis of POPs risk management. In addition, he plays an influential role in encouraging and stimulating activity through meetings, workshops and conferences.

I gratefully acknowledge the valuable discussions and comments of all National Technical Experts, especially Dr. Chalengkwan Tangbanluekal and Dr. Nuansri Tayaputh. I also would like to thank all workshop and conference participants who were enthusiastically giving comments and suggestions to substantially improve the content of this work.

Finally, I would like to express my appreciation to all relevant PDC staff and particularly, Miss Nuchida Rungthawornwong who has played a great coordination role to the project.

Sophon Khanti-Akom, Ph.D.

Contents

ACKNOWLEDGEMENTS	1
1. INTRODUCTION	3
1.1 OBJECTIVE OF THE STUDY.....	3
2. SOCIO-ECONOMIC ANALYSIS	4
2.1 INTRODUCTION	4
2.2 ANALYTICAL TOOLS FOR SOCIO-ECONOMIC ANALYSIS	4
2.3 STEPS OF SOCIO-ECONOMIC ANALYSIS	5
3. APPLICATION OF SOCIO-ECONOMIC ANALYSIS TO POPS REDUCTION AND ELIMINATION OPTIONS.....	6
3.1 POPS PESTICIDES	7
3.2 POLYCHLORINATED BIPHENYLS (PCBS)	11
3.3 DIOXINS AND FURANS	12
4. LIMITATIONS OF THE STUDY	16
5. SUMMARY AND CONCLUSIONS	17

1. Introduction

The study of socio-economic analysis of persistent organic pollutants (POPs) use and alternative is one of the enabling activities for development of a national plan for implementation of the Stockholm Convention on POPs in Thailand.

The Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants is a global treaty negotiated to eliminate POPs worldwide. The Stockholm Convention identifies twelve POPs of immediate concerns. There are three groups of these POPs: nine are pesticides (such as aldrin, chlordane, dieldrin, endrin, heptachlor, hexachlorobenzene (HCB), mirex, toxaphene and DDT), one is an industrial chemical (namely, polychlorinated biphenyls (PCBs)), and two are unintentional by-products of combustion and industrial processes (namely, dioxins or polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and furans or polychlorinated dibenzofurans (PCDFs)).

Thailand has signed (May 22, 2002) and ratified (January 31, 2005) the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. By seeking to reduce and eliminate releases of POPs from all sources, as a party to the convention, Thailand has been taking an important step to get rid of the world's most adversely affected chemicals. Although all of the POPs have already been prohibited from use in Thailand, unintentionally generated POPs can be found easily in atmosphere.

1.1 Objective of the Study

The objective of this study is to layout the framework and to demonstrate how to apply tools of socio-economic analysis to evaluate a selected option of POPs reductions and eliminations in Thailand. By doing so, we demonstrate that cost-benefit analysis can be used to assess a proposed option to eliminate a group of POPs such as POPs pesticides. Least-cost alternative among POPs elimination options would be applied for selecting the technology for the destruction of PCBs. And a widely used tool such as cost-effectiveness analysis is demonstrated to evaluate a proposed option for reduction and elimination of unintentional releases of dioxins and furans.

It is important to note that the research on the applications of socio-economic analysis on POPs management is extremely limited (and nothing at all in Thailand). The use of socio-

economic analysis tools in this study under the current limited information of POPs in Thailand is mainly intended to lay the foundation for the future research in this area.

2. Socio-Economic Analysis

2.1 Introduction

In 2002, the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) has introduced the “*Technical Guidance Document on the Use of Socio-Economic Analysis in Chemical Risk Management Decision Making*.” This technical guidance will be used as a roadmap for the development of socio-economic analysis of POPs use and alternatives. The analytical framework in the technical guidance presents procedures and information specifications that are used to conduct socio-economic assessments for these three groups of POPs mentioned above.

The following section will focus on those socio-economic analysis tools that are concerned with the analysis of economic efficiency of potential options for reduction and elimination of POPs risks.

2.2 Analytical Tools for Socio-Economic Analysis

There are many different analytical tools use in socio-economic analysis. Two commonly used techniques that are concerned with analyzing of the economic efficiency of potential options for POPs reductions and eliminations are: cost-effectiveness analysis (CEA) and cost-benefit analysis (CBA). Both CEA and CBA have been used extensively for assessing whether a particular option is economically efficient or not, and to indicate the most efficient option from a range of alternatives.

2.2.1 Cost-Effectiveness Analysis

The cost-effectiveness of an option for POPs reductions and eliminations is expressed as a ratio of cost to effectiveness. The numerator or ‘cost’ element represents the estimated costs of adopting a particular option for POPs reductions and eliminations, while the denominator reflects the relevant physical outcome. Examples of such ratios are given by calculations of the cost per unit of POPs contaminant reduced. The lower the ratio, the more cost effectiveness the option is.

2.2.2 Cost-Benefit Analysis

The aim of cost-benefit analysis is to determine whether an investment on a particular option is worthwhile from an economic efficiency perspective, with the requirement to place a monetary value on as many of the impacts of a potential option as possible. The underlying assumption is that by valuing all of an option's effects in economic opportunity cost terms, one can determine the trade-offs that society is willing to make in the allocation of resources among competing demands. As a result, CBA indicates whether or not a particular option is 'justified' in that the benefits to society outweigh the costs to society, and allows a comparison of alternative options to be made on this basis.

As the analysis of POPs reduction and elimination options is only concerned with the additional or incremental costs and benefits arising from a proposed alternative, the aim in CBA is to calculate the monetary value of the changes that would occur under a particular option compared with the current situation (or base case).

2.2.3 About the Benefits of Reduction and Elimination of POPs Releases Used in CBA and CEA

There are two categories of benefits that would come from the reduction and elimination of POPs releases to the environment, namely health benefits and economic benefits.

When performing cost-benefit analysis, evaluations of costs is straightforward, however, potential health and economic benefits arrived from reducing and eliminating POPs releases should be carefully explored and evaluated. These estimated benefits would be expressed in the monetary term. On the contrary, the method of cost-effectiveness analysis does not require monetization of benefits. Instead, benefits are expressed in terms of effectiveness, with effectiveness measured in units of reduced POPs releases.

2.3 Steps of Socio-Economic Analysis

Followed the procedures in the technical guidance, socio-economic analysis involves the following steps:

2.3.1 Definition of the Base Case – The incremental impact of POPs reduction and elimination options is the difference between what will happen as a result of new alternatives of POPs risk management, compared to what would have happened in the absence of those options. Generally, a starting point for the base case is the current situation (before the implementation of any POPs reduction and elimination options).

2.3.2 Defining and Selecting Options for POPs Reductions and Eliminations – Given the base case developed above, the next step is to define the options that will be analyzed.

2.3.3 Estimation of Costs – An important piece of information about the incremental or marginal costs of each option is required in order to compare the Base Case with the Options. The marginal costs of each option are required to estimate for conducting the socio-economic analysis.

2.3.4 Estimation of Benefits – POPs reduction and elimination programs typically provide a wide range of benefit. For this study, there are two categories of benefits that would come from the reduction and elimination of POPs releases to the environment, namely, health benefits and economic benefits. Both marginal costs and benefits of each option are required to estimate for conducting the cost-benefit analysis.

3. Application of Socio-Economic Analysis to POPs Reduction and Elimination Options

This section demonstrates applications of analytical tools used in socio-economic analysis to evaluate a selected option for reducing and eliminating POPs releases. Three classified groups of POPs considered in performing socio-economic analysis are (1) POPs pesticides, (2) PCBs, and (3) dioxins and furans.

Based on commonly adopted applications of socio-economic analysis in the field of chemical management, cost-benefit analysis would be used to demonstrate how to assess the option of reduction and elimination of POPs pesticides. The least-cost criteria would be utilized for selecting the technology options for the destruction of PCBs-containing transformers and capacitors. And finally, cost-effectiveness analysis would be used to demonstrate how to assess the option of reduction and elimination of dioxin and furan emissions.

3.1 POPs Pesticides

3.1.1 Background

According to the Stockholm Convention, POPs pesticides, namely, DDT, aldrin, chlordane, dieldrin, endrin, heptachlor, hexachlorobenzene (HCB), mirex, and toxaphene, are prohibited for applications and all stockpiles should be eliminated.

Table 3.1: List of Banned POPs Pesticides in Thailand

Chemicals	Date of Ban	Reasons
Aldrin	1988	Persistent, accumulate in living organisms
Chlordane	1995 (PH) 2000 (AG)	Possible carcinogen, persistent, high impact environment, many alternatives
DDT	1983 (AG) 1994 (PH)	Persistent and accumulation in food chains, possible carcinogen in tested animals
Dieldrin	1988	Persistent, accumulate in living organisms, high acute poisoning, high risk for users
Endrin	1981	Persistent in agricultural products and in food chain, harm to non-target organisms
Heptachlor	1988	Persistent, accumulate in living organisms
Hexachlorobenzene	-	Never imported
Mirex	1995	Never imported
PCBs	1975	Risk to human health and the environment
Toxaphene	1983	Possible carcinogen in tested animals, persistent

Source: Department of Agriculture **Note:** AG = agricultural use; PH = public health use

The production of POPs pesticides had not been taken place in Thailand, while exporting had never been reported. Most of POPs pesticides except chlordane have been stopped from import and use since 1990 due to regulatory actions that prohibited or banned POPs pesticides from uses in the agricultural sector (see Table 3.1).

Chlordane was the last POPs chemicals allowed to be used until 1996. The other POPs, mirex and HCH had never been imported and used in the country.

Currently, all POPs pesticides have been totally banned from use, import, export and production in Thailand.

3.1.2 Inventory of POPs Pesticides

It is important to propose strategies for identifying POPs stockpiles to ensure that stockpiles of POPs pesticides are handles, transported and stored in an environmentally sound manner.

POPs pesticides are typically found in the following locations: (1) storage and mixing places for agrochemicals (such as stores and farm warehouses); (2) warehouses and stores of distributing agencies; (3) contaminated application equipment (normally stored in farmers' stores, warehouses, etc.); (4) contaminated empty packaging materials (originally containing POPs pesticides, like bags, bottles, etc.); (5) dumpsites (buried into the ground as-unsound-disposal practice); (6) soil and groundwater (contaminated by spills); (7) sediment (contaminated by spills); (8) commercial products containing POPs pesticides (paints, household insect spray, etc.)

The 2004 POPs Pesticides Inventory Report of Thailand conducted by the NIP/POPs technical expert found that of 132 tons of both obsolete and POPs pesticides, there are only small amount of POPs pesticides (chlordane, DDT and heptachlor) of 220 kilogram. Even though, this amount of POPs pesticide can be considered to be insignificantly low, it is important to propose an environmentally sound option of POPs pesticides eliminations.

3.1.3 Options to Eliminate POPs Pesticides

POPs pesticides are classed as hazardous waste. Extensive training and sophisticated safety and handling equipment are needed to deal with these POPs pesticides safely and properly. In industrialized countries entire industries are built on the removal, transport and disposal of hazardous waste, whereas in developing countries little expertise and few appropriate facilities exist for its management. The problem is compounded by inadequate infrastructure and dispersal facility of POPs pesticide stocks.

Recently, a preferred disposal method of POPs pesticides is a high technology solution, such as high temperature incineration. This option available for the destruction of POPs pesticides in a safe and environmentally acceptable manner is extremely limited and costly in developing countries with no exception for Thailand.

With the absence of local facilities to destroy pesticides, it is recommended that POPs pesticides should be repackaged and shipped to Europe for incineration in a dedicated hazardous waste facility. This route is currently viewed as the only available and viable option by local technical experts and FAO.

3.1.4 Cost-Benefit Analysis of Options to Eliminate POPs Pesticides

The method of socio-economic analysis of a proposed option for POPs pesticides elimination is cost-benefit analysis. In order to determine the cost-benefit values, the following costs and benefits are required to estimate:

- **Costs and Benefits of Eliminating POPs Pesticide**

There are three main cost components involved in shipping POPs pesticides to eliminate overseas: repackaging costs, transportation costs, and disposal costs.

Costs of repackaging POPs pesticides before transporting to eliminate overseas and their transportation costs are tremendously difficult to estimate. The disposal technologies obviously differ in terms of how POPs pesticides must be handled before and during the elimination process. One technology may, for example, require that the POPs pesticide is stored in drums with very specific characteristics in order to be practically handled at the disposal facility, whereas another technology may be more rugged in terms of requirements for repackaging of POPs pesticide prior to the treatment.

Transportation costs for POPs pesticides to destruction plants should include the risk premium that is related to carrying hazardous wastes over great distances either by air or sea.

For the disposal costs, FAO statistics suggested that an average expense of \$5,500 per ton of POPs pesticides is a reasonable figure for disposal costs of POPs pesticides shipped to eliminate in industrial countries. FAO also mentioned that this could vary depending on a variety of factors such as location, condition and type of waste and the methods used for its destruction.

According to the FAO figure of disposal costs, it is estimated that the elimination abroad of 0.22 tons of Thailand POPs pesticides would result in total costs of about 1,210 U.S. dollars.

Suppose the potential benefits from reducing and eliminating the contamination of POPs pesticides to the environment would stem from the strengthening of agricultural products and agribusiness in export markets. The value of such environmental comparative advantages is significant. Increasingly, non-tariff barriers to trade are environmental. Agricultural products and food doubtfully containing contamination can be blocked from export markets altogether.

According to Department of Export Promotion, Ministry of Commerce, Thailand exported the value of 15,319 million U.S. dollars of agricultural products in 2004. Conservatively, it is estimated by major opinions of international trade economists that for the case of Thailand, about 0.02% of exported values of agricultural and food products are discriminated as a result of non-trade barriers. Approximately 3% of those export value loss resulting from non-trade barriers would be environmental issues.

Consequently, a loss in revenue from international trade of up to 91,914 U.S. dollars for the agricultural and food-processing sector has been estimated, if we do nothing to remove these environmental, non-trade barriers. Hence, the benefit of eliminating POPs pesticides would be 91,914 U.S. dollars.

- **Calculation of the Cost-Benefit Value of Eliminating POPs Pesticides**

The cost-benefit analysis for a particular option is calculated as the ratio of the incremental costs to the incremental benefit of that option.

The cost-benefit value is calculated as the ratio of total costs (in monetary term) for the option (to transport POPs pesticides to destroy oversea) to total benefit (in monetary term) of that option. The incremental cost-benefit value is viewed in comparison to the base case (or doing nothing).

If the relevant cost of elimination of POPs pesticides is disposal cost, the calculated cost-benefit value suggests that the benefit of selecting the option to destroy 0.22 tons of POPs pesticides oversea is about 76 times outweighed the cost of that option.

3.2 Polychlorinated Biphenyls (PCBs)

3.2.1 Background

PCBs are a group of synthetic organic chemicals that can cause a number of different harmful effects. PCBs have no known smell or taste. Because they don't burn easily and are good insulating materials, PCBs were used widely as coolants and lubricants in transformers, capacitors, and other electrical equipments.

PCBs can be released into environment from poorly maintained hazardous waste sites that contain PCBs; illegal or improper dumping of PCBs wastes, such as old transformer fluids; and disposal of PCB-containing consumer products into municipal or other landfills not designed to handle hazardous waste. PCBs may be released into the environment by burning of some wastes in municipal and industrial incinerators.

3.2.2 Inventory of PCBs

Although PCBs have been totally banned in Thailand since 1975, people can still be exposed to them. Many older transformers and capacitors may still contain PCBs, and this equipment are still used and stored.

The major existing PCBs sources are transformers and capacitors imported by the Electricity Generating Authority of Thailand, the Metropolitan Electricity Authority, and the Provincial Electricity Authority.

The inventory of PCBs in Thailand conducted in 2004 by NIP/POPs expert team shows that there are total of 594 transformers and 379 capacitors. These transformers and capacitors are currently either in operation, in reserve, or in removed from operation but not destroyed. These transformers contains 488.5 tons of PCB fluids, and capacitors contain PCB about 20.5 tons. Of the total, there are 534 transformers of over 25 years and unknown of age with PCB containing of 478.4 tons.

3.2.3 Options to Eliminate PCBs

Thailand has never imported any liquid PCBs. The only concern is an option to eliminate PCBs in failed transformers and capacitors. Without capacity of environmentally sound

destruction technologies in Thailand, an economically viable option is to eliminate PCBs in failed transformers and capacitors by exporting to destroy overseas.

3.2.4 Least-Cost Technology of PCBs Eliminations

By transporting PCBs to eliminate overseas, the strategic selection of PCBs elimination technologies would rest on the basis of least-cost strategy. According to technology developed by “ENEKSINT Ltd.”, a Russian firm, the lowest cost of destruction of PCBs-containing fluids is about 320 U.S. dollars per ton of PCBs, and the lowest cost of thermal destruction of capacitors with PCBs is approximately 1,000 U.S. dollars per ton. These costs are at the 2000 price. In calculation of PCBs elimination costs at the current 2004 price, it is adjusted by the inflation factor of 1.0871.

It is estimated that the least-cost technology to eliminate 534 transformers of over 25 years and unknown of age with PCB containing of 478.4 tons would cost about 166,422 U.S. dollars, equivalent to 6.7 million Baht, and the least cost for destruction of capacitors with 20.5 tons of PCBs is 22,286 U.S. dollars, equivalent to 891,440 Baht. Hence, the combined expenses for elimination of PCBs in transformers and capacitors would approximately be 7,600,000 Baht. Suppose that costs of transportation and management from PCBs storage sites to elimination destination are 30 % of the PCBs destruction expenses.

As a result, this would yield the total minimum costs of 9,880,000 Baht for oversea eliminations of 478.4 tons of PCBs containing in transformers and 20.5 tons of PCBs containing in capacitors.

3.3 Dioxins and Furans

3.3.1 Background

Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and polychlorinated dibenzofurans (PCDFs), commonly known as dioxins and furans, are toxic substances encountered widely. Very small concentrations of these may cause adverse environmental and health effects. Dioxins can be formed as by-products from a number of processes involving combustion where chlorine is involved. Due to their extraordinary environmental persistence and capacity to

accumulate in biological tissues, dioxins and furans are therefore subject to reduction and virtual elimination under the Stockholm Convention.

3.3.2 The Cost-Effectiveness Analysis of Options in Reducing Dioxin and Furan Emissions

The cost-effect analysis of dioxin and furan reduction options may typically be applied for each individual of emission sources. However, this study will employ the analysis to only one major source of dioxin and furan emissions, namely, uncontrolled domestic waste burning.

The effectiveness of an option in reducing the flow of dioxins and furans to the environment is the decrement in the amount of dioxin and furans released in a standard time period. The unit for measuring annual effectiveness has been chosen as thousandths of a gram of dioxins and furans weighted for relative toxicity; that is, mg TEQ per year of dioxins and furans.

Consequently, the cost-effectiveness ratios calculated in this CEA are expressed in units of Baht per mg TEQ per year reduced, that is, not emitted to air. A low ratio indicates that reductions of dioxin emissions can be purchased relatively cheaply.

3.3.3 Major Emission Sources Selected for Cost-Effectiveness Analysis

The 2004 Inventory Development for Sources and Releases of PCDDs/PCDFs Production and Estimation in Thailand conducted by a technical expert team is used as a starting point for screening the potential sources of dioxins and furans emissions.

The study of dioxin and furan inventory identified 10 emission sources that estimated the total release of 286.20 g TEQ per year of dioxins and furans into the atmosphere in 2004. More than 40% of total dioxin and furan emissions to the air, as shown in Table 3.2, are from the emission sources of the domestic waste burning.

Table 3.2: Priority Categories	g TEQ/a* (2004)	% total (2004)
Uncontrolled Domestic Waste Burning	117.95	41.21
Medical or Hospital Waste Incinerations Crematoria	38.29 21.61	13.38 7.55
TOTALS	177.85	62.14 %

*Toxic Equivalency in grams released into the air per year

Uncontrolled Domestic Waste Burning

The largest source of dioxin and furan from waste combustion is the uncontrolled burning of domestic waste. Its dioxin concentration accounted for 41.21% of total dioxin and furan emissions to air. The estimate of dioxin and furan produced from the burning of domestic waste is highly uncertain. However, its disaggregated nature (many thousands of fires that are individually small though collectively large) makes it difficult to target. Nonetheless, all practicable options for reducing dioxin and furan emissions from the uncontrolled domestic waste burning should be investigated.

- **Options to Reduce Dioxin and Furan Emissions from Uncontrolled Domestic Waste Burning**

Waste minimization, recycling and landfill disposal are all preferable to the uncontrolled burning of household waste. Since the concentration of dioxin and furan in the combustion gases from such uncontrolled burning cannot be reduced, the only option preventing discharges of dioxin to air is to ban the activities of household waste burning.

- **Cost-Effectiveness Analysis of Options to Reduce Dioxin and Furan Emissions from Uncontrolled Domestic Waste Burning**

The 2004 study of dioxin and furan inventory found that the amount of 393,178 tons per year was estimated to be household garbage burning. Accordingly, the estimated annual dioxin and furan emissions to air were 117.95 g TEQ/annum from uncontrolled household waste burning.

In calculation of cost effectiveness of a ban on household waste burning, we need to estimate the additional costs needed to spend in order to reduce 1 (one) g TEQ of dioxin

and furan discharges to air. This suggests that we need to estimate the cost of taking 393,178 tons of household waste to dispose in landfills instead of burning in backyards. According to the 2002 Feasibility Study of Municipality Solid Waste Disposal System submitted to the Pollution Control Department, the average full cost recovery of waste collection plus landfill disposal would be 3,500 Baht per ton, then the total cost of banning household to burn wastes is 1,376.12 million Baht.

The cost effectiveness index, therefore, can be calculated by taking ratio of total costs of option (to ban household waste burning) to the amount of 117.95 g TEQ reduction in dioxin and furan discharges to air (from household waste burning). This cost-effectiveness ratio is 11,667 Baht for each milligram of dioxin and furan reduced.

Cost-effectiveness analysis indicates that a ban on open burning of domestic wastes would be economically efficient, costing around 11,667 Baht for each milligram of dioxin and furan not discharged. This value of cost effectiveness is relatively low compared to that of industrial countries. For instance, in the study of an action plan for reducing discharges of dioxin to air of New Zealand, a ban on waste burning would cost about 40,000 Baht for each milligram of dioxins and furans reduced.

4. Limitations of the Study

It is clear that this study is subject to various shortcomings. They are discussed below:

1. The most significant limitation is the lack of data for POPs elimination technologies, operating conditions and practices in Thailand, resulting in a heavy reliance on international data. Consequently, cost data as a main source of conducting the socio-economic analysis are prone to uncertainties, when applying these international data.
2. The results of the socio-economic analysis are based primarily on a number of assumptions on activities and processes of POPs destruction option. Relaxing some assumptions would improve value of the analyses. In addition, the data of the preliminary POPs inventory conducted in 2004 are a primary source used for the analysis. When the more detailed information on the inventory of POPs and a national POPs management plan become available, it would enrich the results of both cost-benefit and cost-effectiveness analyses.
3. Another limitation relates to the lack of activity data for storage sites of obsolete POPs pesticides and failed PCB-containing transformers and capacitors. This lack of data prevents the estimation of transportation cost of POPs waste elimination in oversea.

5. Summary and Conclusions

This study describes, outlines and demonstrates the use of socio-economic analysis tools to a selected option for reductions and elimination of releases of POPs in Thailand. For the calculation of value of analyses, the twelve listed POPs are divided into three groups: (1) POPs pesticides, (2) PCBs, and (3) dioxins and furans.

The results obtaining from the socio-economic analysis are:

1. After evaluating all possibilities subject to technological constraints of disposal, the best option to eliminate POPs pesticides is to ship those POPs to destruct in industrial countries. The calculated cost-benefit value (based on the best available information) suggests that the total benefit of selecting the option to destroy POPs pesticides oversea is 76 times outweighed its total cost.
2. It is estimated that the least-cost technology to eliminate 534 transformers with PCB containing of 478.4 tons oversea would cost about 166,422 U.S. dollars, equivalent to 6.7 million Baht, and the least cost for destruction of capacitors with 20.5 tons of PCBs is 22,286 U.S. dollars, equivalent to 891,440 Baht.
3. More than 40% of total dioxin and furan emissions to the air are from the emission source of domestic waste burning.

If prohibition of domestic waste burning in the backyard is presumed to be the best option among alternatives, then, the calculated cost-effectiveness value of the option to ban household waste burning in order to prevent dioxin and furan discharges to air would be 11,667 Baht for each milligram of dioxin and furan reduced.

Finally, it is essential to keep in mind that these results of socio-economic assessment are subject to some limitations mentioned in Section 4.



NIP/POPs Coordination Office

ศูนย์ประสานงาน NIP / POPs

Pollution Control Department, 92 Phahon Yothin 7, Phayathai, Bangkok 10400 Thailand Tel: (662) 298 2457
กรมควบคุมมลพิษ 92 ซ.พหลโยธิน 7 ถ.พหลโยธิน พญาไท กรุงเทพฯ 10400 โทร. (662) 298 2457