รายงานฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

โครงการศึกษาการกระจายตัวของสารไดออกซินและฟิวแรนในอากาศ

(กรณีศึกษา พื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล)

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

ปี 2558

รายงานฉบับสมบูรณ์
โครงการศึกษาการกระจายตัวของสารไดออกซินและฟิวแรนในอากาศ
(กรณีศึกษา พื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล)
Study on Distribution of Dioxin/furan in Ambient Air
(Case study : Bangkok and Bangkok Metropolitan Region)

สถาบันไดออกซินแห่งชาติ
กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

.....

บทคัดย่อ

โครงการศึกษาการแพร่กระจายของสารไดออกซิน-ฟิวแรนในอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสถานการณ์การปนเปื้อนของสารไดออกซิน ฟิวแรน และ dioxin like PCBs หาองค์ประกอบของสารเหล่านั้นในอากาศที่พบจากพื้นที่ที่แตกต่างกัน และมีแหล่งกำเนิดต่างๆกัน จากการศึกษานี้ใช้พื้นที่กรุงเทพมหานครเป็นตัวแทนแหล่งกำเนิดจากการจราจรหนาแน่น พื้นที่จังหวัดปทุมธานีเป็นตัวแทนพื้นที่ที่มีทั้งเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม พื้นที่จังหวัดสมุทรปราการเป็นตัวแทนพื้นที่แหล่งกำเนิดส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรม ซึ่งจากการศึกษาพบว่าพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการมีค่าการปนเปื้อนสารไดออกซินมากที่สุดคืออยู่ในช่วง 0.08-0.55 pg-TEQ/m^3 ส่วนพื้นที่จังหวัดปทุมธานีและกรุงเทพมหานครมีค่าการปนเปื้อนสารไดออกซินที่ใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วง 0.023-0.0560 pg-TEQ/m^3 และ 0.027-0.075 pg-I-TEQ/m^3 ตามลำดับ จากการศึกษาครั้งนี้สามารถประเมินสถานการณ์การปนเปื้อนของสารไดออกซิน-ฟิวแรนและ dioxin like PCBs ในอากาศในทุกพื้นที่ยังอยู่ในระดับที่มาตรฐานกำหนดในบรรยากาศของประเทศแคนาดา คือ ไม่เกิน 0.1 pg-TEQ/m^3

คำสำคัญ: ไดออกซิน ฟิวแรน dioxin like PCBs อากาศ กรุงเทพมหานคร ปริมณฑล

Abstract

The objective of the Study on distribution of Dioxin/furan in ambient air (Case study : Bangkok and Bangkok Metropolitan Region) is assess the situation and composition of Dioxin-furan and dioxin like PCBS in ambient air from various area which their area has difference source of pollution. In case of Bangkok area is traffic jam, Pathumthani province is agricultural and industrial area, Samutprakharn province is mainly industrial area. The concentration of total Dioxin-furan and dioxin like PCBS were detected at Samutprakharn, Pathumthani and Bangkok are 0.08-0.55 pg-TEQ/m^3, 0.023-0.0560 pg-I-TEQ/m^3 and 0.027-0.075 pg-TEQ/m^3, respectively. This study is use for assessment the situation of dioxin furan and dioxin like PCBs in ambient air those areas under standard regulation for ambient air of Canada, which is less than or equal to 0.1 pg-TEQ/m^3.

keywords: dioxin, furans, dioxin like PCBs, ambient air, Bangkok, Bangkok Metropolitan Region,

บทนำ

สารไดออกซิน เป็นชื่อย่อของสารกลุ่ม Polychlorinated dibenzo-p-dioxin (PCDD) และสารกลุ่ม Polychlorinated dibenzofuran (PCDF) ได้รับพิจารณาเป็นสารอันตรายชั้นที่ 1 (Class 1) จากสถาบัน The International Agency For Research On Cancer ซึ่งหมายถึงสารอันตรายที่มีความเป็นพิษสูงสุดและเป็นสารก่อมะเร็ง (IARC, 1997) ประเทศไทยที่ได้ให้สัตยาบันเป็นภาคีสมาชิกตามอนุสัญญาสตอกโฮล์มในปี พ.ศ. 2548 โดยจุดมุ่งหมายเพื่อคุ้มครองสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมจากสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน (Persistent Organic Pollutants, POPs) โดยการลดและเลิกการผลิต การใช้ และการปลดปล่อยมลพิษดังกล่าว ซึ่งเป็นกลุ่มสารประกอบอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายได้ยาก มีคุณสมบัติเป็นพิษและเป็นสารก่อมะเร็ง สะสมในสิ่งมีชีวิต ตกค้างยาวนานและสามารถเคลื่อนย้ายได้ไกลในสิ่งแวดล้อมและปรับปรุงขบวนการผลิตที่ก่อให้เกิดสารไดออกซินกระจายสู่สิ่งแวดล้อม สารไดออกซินเกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์และขบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรมที่มีสารคลอรีนเป็นองค์ประกอบ (H. Fiedler, 1996)[1] เมื่อเกิดขึ้นแล้วสามารถเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดไปได้ในระยะไกล สามารถถ่ายทอดสู่สิ่งแวดล้อมและสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อไขมันของสิ่งมีชีวิต (J.A. van Jaarsveld and M.A.A. Schutter, 1993[2] ; S. Corsolini et al., 2002[3] ; T. Gouin et al., 2004[4]) เป็นสาเหตุกระตุ้นให้เกิดการกลายพันธุ์ เกิดความผิดปกติในต่อมใต้สมองซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบฮอร์โมนในร่างกาย เกิดความผิดปกติในระบบสืบพันธุ์ และเนื่องจากสารไดออกซินเป็นสารก่อมะเร็งจึงทำให้เกิดความผิดปกติของเซลล์ในสิ่งมีชีวิตและถ่ายทอดความผิดปกติทางพันธุ์กรรมได้ (D. Mukerjee, 1997[5] ; W.Z. Wu et al., 2001[6]) สารกลุ่มไดออกซินและฟิวแรนมีทั้งหมด 210 ชนิด ซึ่งมีความเป็นพิษแตกต่างกันตามลักษณะของพันธะเคมีขององค์ประกอบคลอรีน ซึ่งทำให้ความเป็นพิษมีความแตกต่างกัน จากความเป็นพิษร้ายแรงดังกล่าว อนุสัญญาสตอกโฮล์มฯ (Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants) จึงกำหนดให้สารไดออกซินเป็นหนึ่งในสารมลพิษตกค้างยาวนาน 12 ชนิด ที่ประเทศภาคีสมาชิกกว่า 150 ประเทศทั่วโลก ต้องร่วมมือกันลดปริมาณและกำจัดให้หมดไป คณะรัฐบาลได้เห็นความสำคัญของปัญหาสิ่งแวดล้อมที่อาจขยายตัวอย่างในวงกว้างเนื่องจากกิจกรรมและการพัฒนาของประเทศ ดังนั้นในปี 2550 คณะรัฐมนตรีได้มีมติเห็นชอบ (ลงวันที่ 15 พฤษภาคม) ตามแผนปฏิบัติการระดับชาติเพื่อการปฏิบัติตามอนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วยสารที่ตกค้างยาวนาน โดยมีเป้าหมายเพื่อจัดตั้งห้องปฏิบัติการที่สามารถวิเคราะห์สารไดออกซินในสิ่งแวดล้อมและ สามารถผลิตข้อมูลเพื่อสนับสนุนการบังคับใช้กฎหมายให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจุบันประเทศไทยมีกฎกระทรวงเรื่องมาตรฐานการปลดปล่อยสารไดออกซินจากแหล่งกำเนิดแล้วถึง 5 ฉบับ แต่ยังไม่ข้อมูลเพื่อสนับสนุนการบังคับให้เป็นไปตามกฎหมายได้ และการศึกษานี้จะสร้างฐานข้อมูลการปลดปล่อยสารไดออกซินจากแหล่งกำเนิดเพื่อใช้ในการบริหารจัดการมลพิษจากแหล่งกำเนิดเพื่อการบังคับใช้กฎหมายอย่างมีประสิทธิภาพและศึกษาสถานการณ์การปนเปื้อนสู่ในสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย กฎกระทรวงทั้ง 5 ฉบับได้แก่

1. ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2549 ข้อ 2 (5) อากาศเสียที่ปล่อยทิ้งจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อต้องมีค่าไม่เกินมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อของสารประกอบไดออกซินซึ่งคำนวณผลในรูปของหน่วยความเข้มข้นเทียบเคียงความเป็นพิษต่อมนุษย์ (PCDD/Fs as International Toxic Equivalent: I-TEQ) ไม่เกิน 0.5 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร[7]

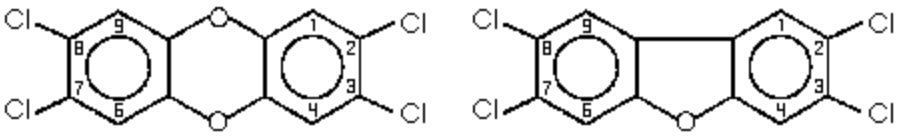
2. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องกำหนดปริมาณสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากปล่องเตาเผาสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เป็นอันตรายจากอุตสาหกรรม พ.ศ.2545 กำหนดปริมาณสารไดออกซิน/ฟิวแรนที่ระบายออกจากเตาต้องไม่เกิน 0.5 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร[8]

3. ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย พ.ศ. 2540 ต้องมีค่าการปล่อยทิ้งสารประกอบไดออกซิน (Dioxin as Total Chlorinated PCDD plus PCDF) ไม่เกิน 30 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร[9]

4. ประกาศทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงงานปูนซีเมนต์ที่ใช้ของเสียเป็นเชื้อเพลิงหรือเป็นวัตถุดิบในการผลิต กำหนดอากาศเสียที่ปล่อยทิ้งจากหม้อเผาปูนของโรงงานต้องมีสารประกอบไดออกซิน ไม่เกิน 0.5 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร I-TEQ[10]

5. ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย พ.ศ.2553 (เตาเผาใหม่) ไม่เกิน 0.1 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร I-TEQ[11]

สารไดออกซิน(Dioxin) เป็นสารประกอบในกลุ่มคลอริเนตเตทอะโรมาติก (Chlorinated Aromatic Compounds) ที่มีออกซิเจน(O) และคลอรีน(Cl) เป็นองค์ประกอบ1 ถึง 8 อะตอม มีชื่อเรียกเต็มคือ โพลีคลอริเนตเตต ไดเบนโซ พาราไดออกซิน (polychlorinated dibenzo-para-dioxins : PCDDs) สารในกลุ่มไดออกซินมีทั้งหมด 75 ชนิด สารประกอบที่คล้ายคลึงกับกลุ่มไดออกซินอีกกลุ่มหนึ่ง คือ ฟิวแรน (furans) หรือมีชื่อเรียกเต็มว่า โพลีคลอริเนตเตท ไดเบนโซ ฟิวแรน (polychlorinated dibenzo furans : PCDFs) มีอยู่ 135 ชนิด สารฟิวแรน (PCDFs) แตกต่างจากกลุ่มไดออกซิน(PCDDs) ก็โดยมีออกซิเจนน้อยกว่าอยู่ 1 อะตอม โดยทั่วไปมักเรียกรวมกันว่า ไดออกซิน/ฟิวแรนหรือ PCDDs/PCDFs เนื่องจากมีความคล้ายคลึงกันอย่างมากทั้งด้านคุณสมบัติ ความเป็นพิษ และแหล่งกำเนิด สารไดออกซิน/ฟิวแรน สามารถผลิตขึ้นมาได้จากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสาร4,5-dichlorocatechol และ สาร 2,5-dinitro-1,4-dichlorobenzene ทั้งนี้เพื่อใช้สำหรับการศึกษาและเป็นสารมาตรฐานในการตรวจวิเคราะห์เท่านั้น



TCDD TCDF

รูปที่1 แสดงสูตรโครงสร้างไดออกซินและฟิวแรน

สารไดออกซิน/ฟิวแรน มีทั้งหมด 210 ชนิด (75+135) ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่สารคลอรีน(Cl) ไปประกอบอยู่บนวงแหวนเบนซีน (benzene ring) สาร 210 ชนิดนี้ส่วนใหญ่ไม่มีผลร้ายกับสุขภาพมนุษย์มากนัก มีอยู่เพียง 17 ชนิด เท่านั้นที่มีรายงานว่ามีพิษร้ายแรงและเป็นอันตรายต่อมนุษย์ คือ 1) 2,3,7,8-TetraCDD, 2)1,2,3,7,8-PentaCDD, 3)1,2,3,4,7,8-HexaCDD, 4)1,2,3,6,7,8-HexaCDD, 5)1,2,3,7,8,9-HexaCDD, 6)1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD, 7)OCDD, 8)2,3,7,8-tetraCDF, 9)1,2,3,7,8-PentaCDF, 10)2,3,4,7,8-PentaCDF, 11)1,2,3,4,7,8-HexaCDF, 12)1,2,3,6,7,8-HexaCDF, 13)1,2,3,7,8,9-HexaCDF, 14)2,3,4,6,7,8-HexaCDF, 15)1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF, 16)1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF, 17)OCDF และชนิดที่มีพิษร้ายแรงที่สุดก็คือ 2,3,7,8-TCDD

ตารางที่ 1 แสดงค่าเปรียบเทียบความเป็นพิษของสารไดออกซิน [12]

PCDDs/PCDFs	TEF NATO/CCMS 1988	TEF WHO 1997
2378- TetraCDD	1.0	1.0
12378- PentaCDD	0.5	1.0
123478- HexaCDD	0.1	0.1
123678- HexaCDD	0.1	0.1
123789-HexaCDD	0.1	0.1
1234678-HeptaCDD	0.01	0.01
OCDD	0.001	0.0001
2378-TetraCDF	0.1	0.1
12378-PentaCDF	0.05	0.05
23478-PentaCDF	0.5	0.5
123478-HexaCDF	0.1	0.1
123678-HexaCDF	0.1	0.1
123789-HexaCDF	0.1	0.1
234678-HexaCDF	0.1	0.1
1234678-HeptaCDF	0.01	0.01
1234789-HeptaCDF	0.01	0.01
OCDF	0.001	0.0001

<u>ความเป็นพิษ</u>

ไดออกซิน/ฟิวแรน ไม่ทำให้เกิดอาการพิษหรือตายอย่างทันทีแต่อาการจะค่อยๆ เกิดและเพิ่มความรุนแรงจนถึงตายได้ อาการเฉียบพลันที่ปรากฏคือ ทำให้เกิดโรคผิวหนังที่เรียกว่า “Chloracne” คือมีผิวหนังขึ้นเป็นสิวหัวดำ มีถุงสีน้ำตาลอมเหลืองของผิวหนังบริเวณหลังใบหู ขอบตา หลัง ไหล่ และบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ อาจมีขนขึ้นในบริเวณที่ปกติจะไม่มีขึ้น ผิวหนังมีสีเข้มขึ้น สีของเล็บเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เยื่อบุตาอักเสบและมีขี้ตา มีรายงานการเกิดอาการ “Chloracne” นี้ในคนที่อยู่ในบริเวณที่ได้รับการปนเปื้อน ไดอ๊อกซิน/ฟิวแรน ที่อิตาลี ไต้หวัน และญี่ปุ่น ดังรูปที่2

รูปที่2 แสดงภาพอาการภายในผู้ได้รับสารพิษไดออกซินและฟิวแรน

พิษเรื้อรัง

ไดอ๊อกซิน/ฟิวแรน ทำให้น้ำหนักตัวลดลง เกิดความผิดปกติที่ตับ เซลล์ตับตาย และเกิดอาการโรคผิวหนังอักเสบ

การเป็นสารก่อมะเร็ง

สถาบัน วิจัยมะเร็งระหว่างชาติได้จัดให้สาร ไดอ๊อกซิน/ฟิวแรน เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์จากการที่มีข้อมูลทางระบาดวิทยายืนยัน และจากการศึกษาระยะยาวในสัตว์ทดลองพบว่า สารนี้ทำให้เกิดมะเร็งหรือเนื้องอกในอวัยวะต่างๆ ของหนูโดยเฉพาะอย่างยิ่งในตับ ซึ่งได้รับสารปริมาณน้อยมากแค่ 10 นาโนกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัวเท่านั้น นอกจากตับแล้วยังพบว่าสารนี้ทำให้เกิดเป็นเนื้องอกในอวัยวะต่างๆ ของหนูทดลอง

ความเป็นพิษต่อระบบประสาท

มีรายงานว่าเกิดโรคระบบประสาทในคนงานที่ได้รับสารนี้จากการหกรดหรือปนเปื้อนในอุตสาหกรรม โดยมีอาการกล้ามเนื้อมือเสื่อมไม่มีกำลัง มีการแสดงอาการโรคประสาท เช่น การสูญเสียความรับรู้บนเส้นประสาท ปลายมือ และปลายเท้าอ่อนเพลีย เป็นต้น สำหรับหนูทดลองพบว่า ขาหน้าไม่มีแรงในการจับยึดเดินหมุนเป็นวง ไม่สามารถไต่กรงได้และความรับรู้ผิดปกติ

ความเป็นพิษต่อภูมิคุ้มกัน

การศึกษาทางระบาดวิทยาของคนพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของระดับภูมิคุ้มกันบางชนิดในบางกลุ่มคนที่ได้รับสารไดอ๊อกซินจากอุบัติการณ์การปนเปื้อน เช่น ที่อิตาลีและที่รัฐมิสซูรี่ สหรัฐอเมริกา

ความผิดปกติต่อการสืบพันธุ์

สารไดออกซิน/ฟิวแรน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนในกระแสเลือดซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ทดลองและปริมาณของสาร ทำให้เกิดความผิดปกติของระบบสืบพันธุ์ของสัตว์เพศผู้และเพศเมีย ลักษณะทั่วไปในเพศเมียคือการผสมติดของสัตว์ลดลงหรือไม่สามารตั้งท้องได้จน ครบกำหนด จำนวนลูกต่อครอกลดลง การทำงานของรังไข่ผิดปกติหรือไม่ทำงาน วงจรของระดูหรือการเป็นสัตว์ผิดปกติ และมีเนื้อเยื่อบุมดลูกเจริญเติบโตภายนอกมดลูก อัณฑะมีรูปร่างผิดปกติ การสร้างเชื้ออสุจิลดลง และการผสมติดลดลง สัตว์ที่มีความไวต่อสารได้แก่ ลิงและหนูชนิดต่างๆ ระดับต่ำสุดที่ 1 ไมโครกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน และได้รับต่อเนื่องกันนาน 13 สัปดาห์ ทำให้การสร้างอสุจิลดลง

ความผิดปกติในทารก

จากการศึกษาสัตว์ทดลองตัวเมียและผลการศึกษาทางระบาดวิทยาของคนที่ประเทศญี่ปุ่น และไต้หวันพบว่าสารนี้มีความเป็นพิษต่อการพัฒนาตัวอ่อนหรือทารกซึ่งมีผล กระทบ 3 รูปแบบคือ 1) ทำให้ตัวอ่อน/ทารกผิดปกติและตายก่อนครบกำหนด 2) ทำให้ทารกมีโครงสร้างผิดปกติ 3) ทำให้การทำงานของอวัยวะและเนื้อเยื่อบางชนิดผิดปกติ การศึกษาในมารดาพบว่าการได้รับสารไดอ๊อกซิน/ฟิวแรนที่ปนเปื้อนในน้ำมันรำข้าว ที่ประเทศจีนทำให้มีอัตราการตายของทารกในช่วงตั้งครรภ์สูง ทารกมีน้ำหนักแรกเกิดต่ำกว่าเกณฑ์ปกติซึ่งแสดงถึงการเจริญเติบโตที่ช้ากว่า ปกติของทารก ทารกบางรายเกิดมามีรูปร่างผิดปกติ ที่เกาะไต้หวันพบว่าทารกที่เกิดมามีอาการผิดปกติของระบบประสาท มีการพัฒนาทางสติปัญญาช้ากว่าปกติและมีพฤติกรรมประสาทผิดปกติ ลักษณะผิดปกติที่เด่นชัดของทารกในครรภ์คือผิวหนังและเยื่อบุมีสีเข้มกว่าปกติ เล็บมือและเท้ามีสีเข้มและผิดรูปผิดร่าง ขับสารออกมากกว่าปกติ เยื่อบุตาอักเสบ เหงือกมีการบวมขยายใหญ่ ทารกแรกเกิดมีฟันขึ้นแล้ว การขึ้นของฟันแท้ผิดปกติหรือไม่มีฟันแท้ขึ้น และรากฟันมีรูปร่างผิดปกติ ลักษณะของฟันที่เกิดขึ้นเร็วกว่าปกติก็พบได้ในทารกที่ดื่มน้ำนมมารดาที่มีสารไดอ็อกซิน/ฟิวแรน ปนเปื้อนอยู่

แหล่งที่มาของสารไดออกซิน มีได้หลายทางคือ จากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 800 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีการปนด้วยสาร PVC พลาสติกประเภทต่างๆ การเผาป่า เตาเผาขยะติดเชื้อ เตาเผาขยะชุมชน อุตสาหกรรมที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ เช่น pentachlorophenol, hexachlorophenol ถึงแม้ว่าไม่ทำให้เกิดสารไดออกซินและฟิวแรน แต่เมื่อสารเหล่านี้ถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสารอื่นๆ ก็อาจทำให้เกิดสารไดออกซินได้ เช่น สาร bromobenzene, chlorobenzene, 2,4,5-trichloronitrobenzene, chlorohydroquinone เป็นต้น คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ ดังแสดงในตารางที่ 2 [13]

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของสารไดออกซิน/ฟิวแรน [14]

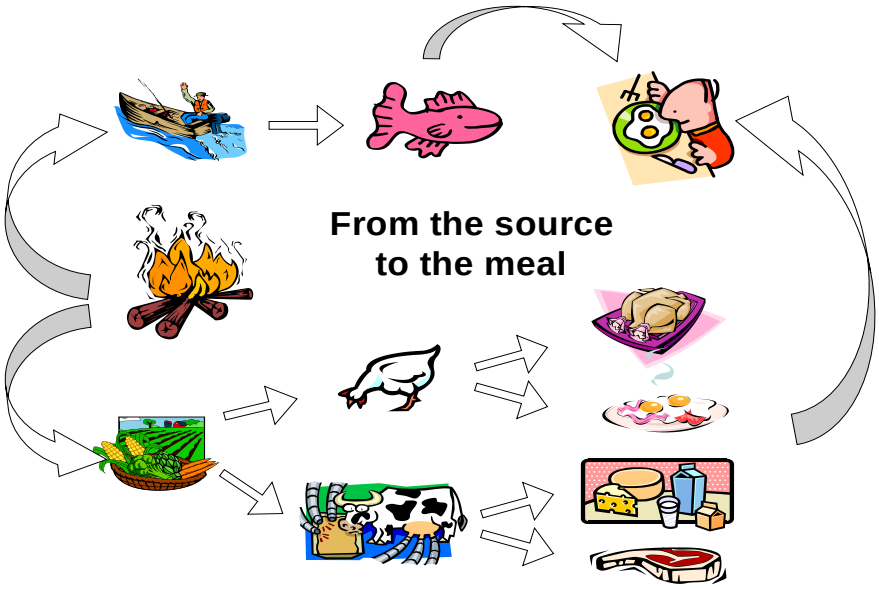
คุณสมบัติ	PCDDs	PCDFs
จุดหลอมเหลว (°C)	89 -322	184-258
จุดเดือด(°C)	284-510	375-537
Log K_{ow}	4.3-8.2	5.4-8.0
Half life (อากาศ)	2 วัน – 3 สัปดาห์	1 – 3 สัปดาห์
Half life (น้ำ)	2 เดือน – 6 ปี	3 วัน – 8 เดือน
Half life (ดิน)	2 เดือน – 6 ปี	8 เดือน – 6 ปี
Half life (ตะกอนดิน)	8 เดือน – 6ปี	2 ปี – 6 ปี

ตารางที่ 3 กิจกรรมกำเนิดสารไดออกซิน/ฟิวแรนที่ปล่อยสู่อากาศ ประเทศสหรัฐอเมริกา เนเธอร์แลนด์ และเยอรมัน [15,20]

กิจกรรม	ปริมาณไดออกซิน / ฟิวแรน (g -TEQ/ year)		
	สหรัฐ (พ.ศ. 2538)	เยอรมัน (พ.ศ.2538)	เนเธอร์แลนด์
เตาเผาขยะโรงพยาบาล	477	0.1	-
เตาเผาขยะชุมชน	1,100	50	382
เตาเผาหลอมโลหะ	0.38	168	26
เตาเผาขยะสารอันตราย	5.7	2	-
โรงงานโลหะ	17.0 (อลูมิเนียม)	5.69	4.0
	541 (ทองแดง)	-	-
โรงงานผลิตสารเคมี	-	-	0.5
การใช้ไม้ที่ได้รับการรักษาเนื้อไม้	-	-	25
การใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง	72.8	14.2	16.7
การจราจร	33.5 (ดีเซล)	4.7	7.0
	6.3 (ไร้สารตะกั่ว)	2.7	-
การเผาไหม้	62.5 (ที่อยู่อาศัย)	1.59	-
	29.1 (อุตสาหกรรม)	-	-
	208 (ป่าไม้ฟาง)	-	-
การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง	9.3	-	-

สถานการณ์ปัจจุบันสามารถคาดการณ์ได้ว่าประเทศไทยมีแหล่งกำเนิดของสารไดออกซินอยู่หลายประเภท เช่น การจราจร เตาเผาประเภทต่างๆ เตาเผาขยะติดเชื้อ เตาเผาขยะชุมชน เตาเผาสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 800 องศาเซลเซียส รวมทั้งเตาเผาศพที่มีปริมาณมากกระจายอยู่ทั่วไปทั้งเขตเมืองและทั่วทุกจังหวัด นอกจากนี้ยังมีแหล่งกำเนิดจากกิจกรรมในโรงงานอุตสาหกรรมหลอมโลหะ โรงงาน recycle โลหะ ประเภทต่างๆ โรงงานเคมีที่มีสารคลอรีนในขบวนการผลิต เช่น สารฆ่าแมลง โรงงานฟอกย้อม โรงงานผลิตเยื่อกระดาษ หรือแม้แต่ภาคเกษตรกรรมที่มีการเผาในที่โล่งหรือใช้สารเคมีที่มีสารคลอรีนเป็นองค์ประกอบก็สามารถทำให้เกิดสารไดออกซินได้ (Dr Carl Meyer *et al.,* 2004[16], U.S.EPA (2003, 2005) [13,14]) กิจกรรมเหล่านี้เป็นเหตุให้เกิดสารไดออกซินได้หลายชนิดและปริมาณที่ต่างกัน กรมส่งเสริม

คุณภาพสิ่งแวดล้อมและกรมควบคุมมลพิษได้บูรณาการเพื่อดำเนินโครงการศึกษาการกระจายตัวของสารไดออกซิน เพื่อจัดทำค่ามาตรฐานที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาและประมวลข้อมูลของแหล่งกำเนิดในพื้นที่ต่างๆเพื่อเปรียบเทียบ ซึ่งจะสามารถบ่งบอกได้ว่าสารไดออกซินในประเทศไทยนั้นมีโอกาสที่จะแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมได้จากแหล่งกำเนิดประเภทใดและในทางใดบ้างและมีความรุนแรงมากน้อยเพียงใดนั้นคงต้องประเมินจากการตรวจวิเคราะห์สารไดออกซินจากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ และปริมาณที่ตรวจพบในสิ่งแวดล้อมตามฤดูการต่างๆ และหาความสัมพันธ์ทางสถิติ เพื่อจัดทำค่ามาตรฐานของไดออกซินที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยต่อไป ที่ผ่านมามีข้อมูลที่เกี่ยวกับการตกค้างของสารไดออกซินในสิ่งแวดล้อมในประเทศไทยน้อยมาก โดยกรมควบคุมมลพิษจำเป็นต้องจ้างเอกชนเพื่อดำเนินการเก็บตัวอย่างและตรวจวิเคราะห์โดยส่งตัวอย่างไปยังต่างประเทศ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ทั่วโลกใช้เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการกำกับดูแลสารมลพิษไดออกซิน (C.L. Fletcher and W.A. McKay, 1993[17]; R. E. Alcock and K. C. Jones, 1996[18] ; Ruth E. Alcock et al., 1998[19]) แต่กลับพบข้อมูลไดออกซินของประเทศไทยน้อยมากโดยเฉพาะข้อมูลของปริมาณสารไดออกซินในสิ่งแวดล้อม จึงทำให้ประเทศไทยขาดข้อมูลเพื่อเตรียมการด้านการจัดการสารไดออกซินสำหรับประเทศ การกำหนดค่าความปลอดภัยในการได้รับในมนุษย์ (daily intake) สารไดออกซินสามารถถ่ายทอดทางห่วงโซ่อาหาร อธิบายดังรูที่ 3 และการตั้งค่ามาตรฐานในสิ่งแวดล้อมและผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ที่อาจเป็นที่มาของการปนเปื้อนและเป็นสาเหตุของการได้รับสู่ร่างกาย รวมถึงค่ามาตรฐานความปลอดภัยของประชาชนในประเทศอีกด้วยดังนั้น การศึกษาการปนเปื้อนของสารไดออกซินในสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ควรดำเนินการเป็นอันดับแรก เพื่อตอบสนองข้อตกลงในอนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วยสารมลพิษตกค้างยาวนาน เพื่อตอบโจทย์ยุทธศาสตร์การวิจัยแห่งชาติ และเพื่อผลักดันให้ทุกภาคส่วนตระหนักถึงอันตรายของสารมลพิษไดออกซิน โครงการนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อตรวจวัดปริมาณสารไดออกซินที่ปนเปื้อนในบรรยากาศของพื้นที่ต่างๆในประเทศไทย โดยใช้พื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลเป็นพื้นที่นำร่อง โดยเปรียบเทียบการกระจายตัวของสารไดออกซิน/ฟิวแรนในฤดูกาลต่างๆกัน ซึ่งมีปัจจัยของอุณหภูมิ และทิศทางลมที่ทำให้เกิดการแพร่กระจายที่ต่างกัน



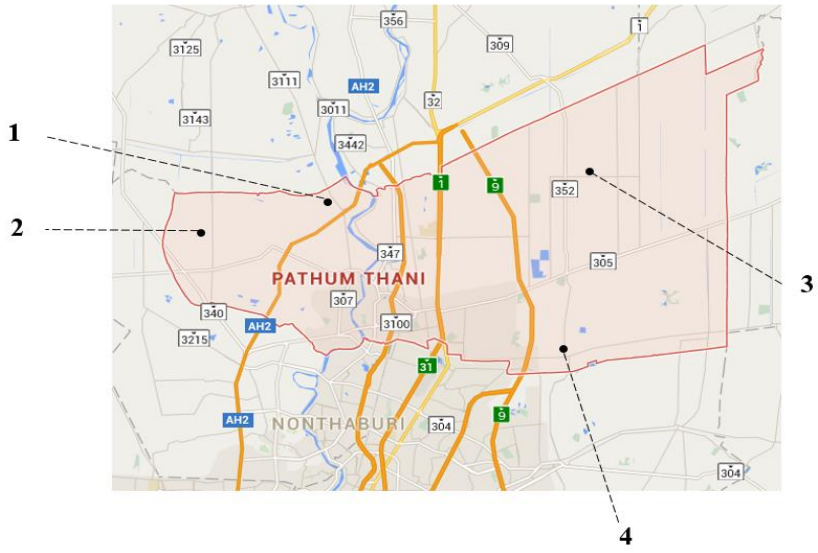
รูปที่ 3 แสดงห่วงโซ่อาหารที่มีโอกาสได้รับสารไดออกซิน-ฟิวแรน

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

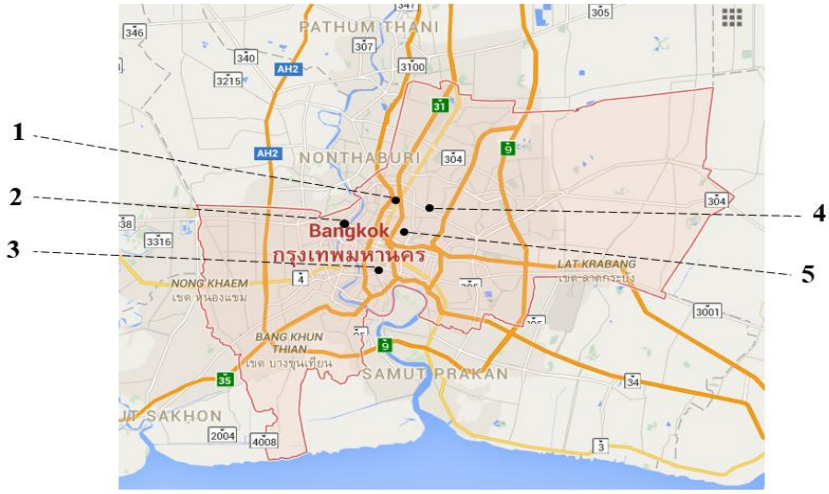
- เปรียบเทียบชนิดและปริมาณของสารไดออกซิน/ฟิวแรนในแต่ละฤดูกาลในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลและแหล่งกำเนิด
- ศึกษาความสัมพันธ์ของแหล่งกำเนิดและรูปแบบของไดออกซินที่ตรวจพบในอากาศ
- จัดทำข้อมูลพื้นฐานในการจัดทำค่ามาตรฐานการตกค้างของสารไดออกซินที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย

พื้นที่ศึกษา

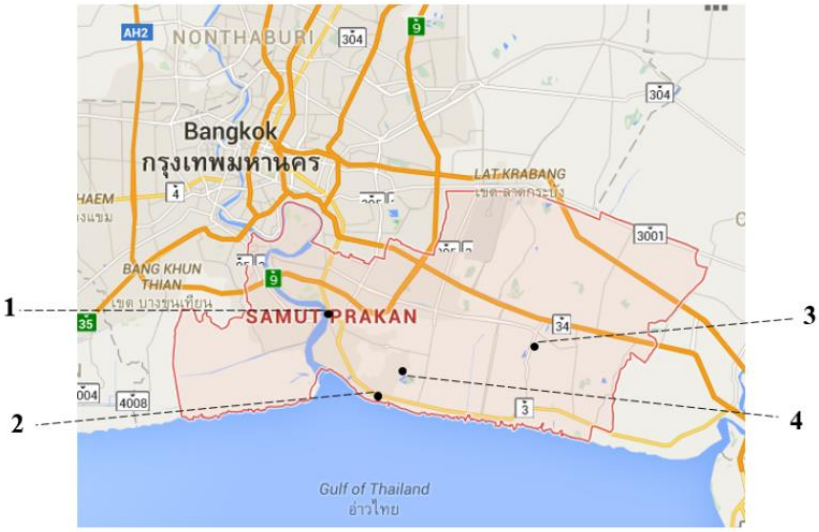
1) จ.ปทุมธานี 2) จ. กรุงเทพมหานคร 3)จ.สมุทรปราการ ดังรูปที่ 4-6



รูปที่ 4 แสดงจุดเก็บตัวอย่างพื้นที่ จ.ปทุมธานี 1) องค์การบริหารส่วนตำบลท้ายเกาะ อำเภอสามโคก 2) พื้นที่อำเภอลาดหลุมแก้ว 3) โรงเรียนหนองเสือวิทยาคม อำเภอหนองเสือ 4) โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ อำเภอลำลูกกา



รูปที่ 5 แสดงจุดเก็บตัวอย่างพื้นที่กรุงเทพมหานคร 1) กรมการขนส่งทางบก จตุจักร 2) แยกอรุณอัมรินทร์ 3) โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ 4) สถานีตำรวจนครบาลโชคชัย 4 และ 5) เคหะชุมชน ดินแดง



รูปที่ 6 แสดงจุดเก็บตัวอย่างพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ 1)ศาลากลางจังหวัดสมุทรปราการ 2)โรงเรียนวัดศรีจันทร์ประดิษฐ์ 3)โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) สมุทรปราการ 4) สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย บางปู

วิธีการวิจัย

1. สำรวจและเลือกพื้นที่ที่เป็นตัวแทนของปริมณฑล โดยพื้นที่นั้นจะต้องเป็นตัวแทนที่ดีของพื้นที่นั้นๆ โดยเลือกจุดเก็บตัวอย่างให้ครอบคลุมพื้นที่แต่ละจังหวัดให้มากที่สุด จุดที่เป็นตัวแทนของกรุงเทพมหานคร จำนวน 5 จุด ได้แก่ รพ.จุฬาลงกรณ์ แยกอรุณอมรินทร์ ดินแดง กรมการขนส่งทางบก และ สน.โชคชัย จุดเก็บตัวอย่างสมุทรปราการได้แก่ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีบางปู โรงเรียนวัดศรีจันทร์ประดิษฐ์ ศาลากลางจังหวัด และ โรงเรียนบดินทร์เดชา ส่วนพื้นที่เก็บตัวอย่างจังหวัดปทุมธานี ได้แก่ โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ โรงเรียนหนองเสือพิทยาคม องค์การบริหารส่วนตำบลท้ายเกาะ อ.สามโคก และพื้นที่อำเภอลาดหลุมแก้ว

วิธีการเก็บตัวอย่างทำตามมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น (JIS) โดยการดูดอากาศด้วยปั๊มผ่านกระดาษกรอง (Quartz Fiber Filter) ซึ่งทำการเติม sampling spike และโพลียูรีเทนโฟม (PUF) ด้วยเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศชนิด High Volume Air Sampler ยี่ห้อ Sibata รุ่น HV1000R เป็นการเก็บต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง

2. ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศโดยวิธี soxhlet extraction ด้วย toluene 24 ชั่วโมง โดยก่อนสกัดต้องเติม cleanup spike ลงในตัวอย่างด้วย หลังจากนั้นผ่านขั้นตอนการกำจัดสิ่งเจือปนด้วย multilayer silica gel chromatography column และ activated carbon column นำไปลดปริมาตรด้วย rotary evaporator และ กาซไนโตรเจน เติม syringe spike

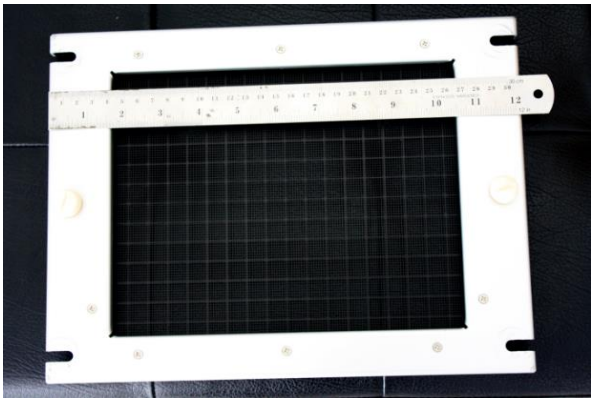
3. วิเคราะห์ผลด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีความละเอียดสูง (Gas Chromatography High Resolution Mass spectrometer) โดยใช้ HRMS ยี่ห้อ JEOL รุ่น JMS-800D พ่วงต่อกับ GC ยี่ห้อ Agilent รุ่น 7890A

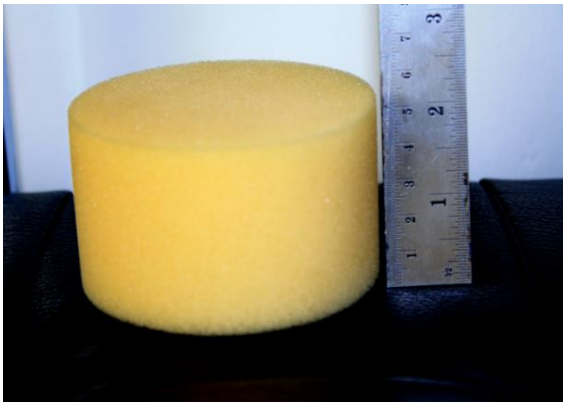
4. คำนวณผล และ รายงานผล

สารเคมีและอุปกรณ์

- สารมาตรฐาน Native ,Label, Sampling Spike, Syring Spike dioxins-furans-dioxin like PCBs dioxins-furans-dioxin like (Cambridge Isotope Laboratories, Inc)
- Hexane , Toluene , Acetone , Nonane , Silica gel (dioxin grade, Kanto co., Ltd)
- Na_2SO_4 (anhydrous, J.T. Baker)
- Poly Urethane Foam (Sibata., Ltd)
- Quartz Fiber Filter (Kanto co., Ltd)
- Dispersed active carbon (Advantec.,Ltd)
- เครื่อง High Volume Air Sampler (1000R, Shibata co.,Ltd)
- เครื่อง Gas Chromatography – High Resolution Mass Spectrometer (JEOL JMS- 800D)

รูปที่ 7 ภาพอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศ





การวิเคราะห์ไดออกซินในตัวอย่างอากาศ (ambient air)

1. ขั้นตอนการสกัดตัวอย่าง ด้วยวิธี soxhlet extraction

- นำ Polyurethane Foam (PUF) 2 ก้อนและ Quart fiber filter (QFF) จากการเก็บตัวอย่างใส่ใน extractor ที่จะสกัดด้วย soxhlet extraction

- Inject clean up spike ลงไปอย่างละ จำนวน 40 micro litter โดยใช้ microsyringe

- จัดตั้งชุดอุปกรณ์ soxhlet extraction โดยเติม toluene 500 ml ลงใน extractor และ ทำการสกัดเป็นเวลา 18 ชั่วโมง

- ลดปริมาตรด้วย rotary evaporator ให้เหลือประมาณ 2 ml เพื่อทำขั้นตอนการกำจัดสิ่งปนเปื้อนอื่นๆ ต่อไป

2. ขั้นตอนการ clean up

2.1 Multilayer silica gel column

- Elute column ด้วย hexane 150 ml ใช้ flow rate 1 หยดต่อ 1 วินาที

- นำสารละลายที่ผ่านคอลัมน์แล้วไปลดปริมาตรด้วยเครื่อง rotary evaporator ให้เหลือประมาณ 0.5 ml เพื่อทำขั้นตอนต่อไป

2.2 Active Carbon Silica gel Column วิธีการ Cleanup มีขั้นตอนดังนี้

- ใส่ quartz wool ลงไปในคอลัมน์ ขนาด 8 x 200 mm ใส่ Na2SO4 ลงไปในคอลัมน์ให้สูงประมาณ 1 ซ.ม.ใส่ Dispersed Active Carbon Silica gel 1 กรัม และเติม Na_2SO_4

- ใส่ตัวอย่างที่ได้จากการลดปริมาตรของขั้นตอน multilayer silica gel column ลงไปล้าง flask ด้วย hexane ปริมาณน้อย จำนวน 3 ครั้ง ทิ้งไว้ 30 นาที และ elute ด้วย 40 ml hexane โดยใช้บิคเกอร์ รองรับสารละลาย fraction 1

- fraction 2 Elute ด้วย 300 ml toluene และนำมาลดปริมาตรด้วยเครื่อง rotary evaporator ให้เหลือประมาณ 0.5-0.7 ml ถ่ายใส่ tube เติม nonane 60 ul ลดปริมาตรด้วยไนโตรเจนให้เหลือประมาณ 60 ul แล้วถ่ายใส่ vial เติม syringe spike อย่างละ 20 ul ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex และฉีดเข้าเครื่อง GCHRMS

3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas Chromatography-High Resolution Mass Spectrometer (GC/HRMS)

สารที่สกัดและผ่านขั้นตอนการกำจัดสิ่งปนเปื้อนออกแล้ว จำนวน 2 ul จะฉีดเข้าเครื่อง GC/HRMS เพื่อเปรียบเทียบทางคุณภาพและปริมาณโดยเทคนิค Gas Chromatography-High Resolution Mass Spectrometer แบบ Double Focusing Magnetic Sector โดยมีรายละเอียดดังนี้

Gas chromatography condition (Agilent 7890A GC)	
Inlet mode	Splitless
Inlet Temp	300℃
Injection Volume	1μL
GC column	BPX-DXN (60m, 0.25mm I.D., KANTO CHEMICAL CO.,INC.)
Oven	130℃(1min)-15℃/min-180℃-3℃/min-300℃-10℃/min-320℃(hold)

Mass condition (JEOL Ltd. JMS-800D)						
Measurement mode	SIM (Lock mass mode / PFK)					
Resolution	≧10000					
Ionization mode	EI+					
Ionization current	300μA					
Ionization voltage	38eV					
Acceleration voltage	10kV					
GC ITF temp	280℃					
Ionsource temp	280℃					
Targe compound (m/z)	TeCDDs	319.8965	321.8936	TeCDFs	303.9016	305.8987
	PeCDDs	353.8576	355.8546	PeCDFs	339.8597	341.8568
	HxCDDs	387.8186	389.8156	HxCDFs	373.8207	375.8178
	HpCDDs	423.7767	425.7737	HpCDFs	407.7818	409.7788
	OCDD	457.7377	459.7348	OCDF	439.7457	441.7428
	$^{13}C_{12}$-TeCDDs	331.9368	333.8936	$^{13}C_{12}$-TeCDFs	315.9419	317.9389
	$^{13}C_{12}$-PeCDDs	365.8978	367.8949	$^{13}C_{12}$-PeCDFs	351.9000	353.8970
	$^{13}C_{12}$-HxCDDs	399.8589	401.8559	$^{13}C_{12}$-HxCDFs	385.8610	387.8580
	$^{13}C_{12}$-HpCDDs	435.8169	437.8140	$^{13}C_{12}$-HpCDFs	419.8220	421.8191
	$^{13}C_{12}$-OCDD	469.7780	471.7750	$^{13}C_{12}$-OCDF	451.7860	453.7830
	TeCBs	289.9224	291.9194			
	PeCBs	323.8834	325.8804			
	HxCBs	357.8444	359.8415			
	HpCBs	391.8054	393.8025			
	$^{13}C_{12}$-TeCBs	301.9626	303.9597			
	$^{13}C_{12}$-PeCBs	335.9237	337.9207			
	$^{13}C_{12}$-HxCBs	369.8847	371.8817			
	$^{13}C_{12}$-HpCBs	403.8457	405.8428			

ตารางที่ 5 ตารางแสดงประเภทของสารมาตรฐาน

Chlorinated Level	PCDDs		PCDFs	
	Homologue	Congener	Homologue	Congener
Tetra-chlorinated	TeCDDs	2,3,7,8- 1,3,6,8- 1,3,7,9- 1,2,8,9-	TeCDFs	2,3,7,8- 1,2,7,8- 1,3,6,8- 1,2,8,9-
Penta-chlorinated	PeCDDs	1,2,3,7,8-	PeCDFs	1,2,3,7,8- 2,3,4,7,8-
Hexa-chlorinated	HxCDDs	1,2,3,4,7,8- 1,2,3,6,7,8- 1,2,3,7,8,9-	HxCDFs	1,2,3,4,7,8- 1,2,3,6,7,8- 1,2,3,7,8,9-
Hepta-chlorinated	HpCDDs	1,2,3,4,6,7,8-	HpCDFs	1,2,3,4,6,7,8- 1,2,3,4,7,8,9-
Octa-chlorinated	HpCDDs	1,2,3,4,6,7,8,-	HpCDFs	1,2,3,4,6,7,8- 1,2,3,4,7,8,9-

ตารางที่ 6 แสดงประเภทของInternal Standards

Homologue	PCDD	PCDF
Tetra-CDD/F	$^{13}C_{12}$ - 1,2,3,4-TeCDD $^{13}C_{12}$-1,3,6,8-TeCDD $^{13}C_{12}$-2,3,7,8-TeCDD	$^{13}C_{12}$ -1,2,3,4-TeCDF $^{13}C_{12}$ -2,3,7,8-TeCDF $^{13}C_{12}$-1,3,6,8-TeCDF $^{13}C_{12}$-1,2,7,8-TeCDF
Penta-CDD/F	$^{13}C_{12}$-1,2,3,7,8-PeCDD $^{13}C_{12}$-1,2,3,4,7-PeCDD	$^{13}C_{12}$-1,2,3,7,8-PeCDF $^{13}C_{12}$-2,3,4,7,8-PeCDF
Hexa-CDD/F	$^{13}C_{12}$-1,2,3,4,7,8-HxCDD $^{13}C_{12}$-1,2,3,6,7,8-HxCDD $^{13}C_{12}$-1,2,3,7,8,9-HxCDD	$^{13}C_{12}$-1,2,3,4,7,8-HxCDF $^{13}C_{12}$-1,2,3,4,6,8-HxCDF $^{13}C_{12}$-1,2,3,6,7,8-HxCDF $^{13}C_{12}$-1,2,3,7,8,9-HxCDF $^{13}C_{12}$-2,3,4,6,7,8,-HxCDF
Hepta-CDD/F	$^{13}C_{12}$-1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	$^{13}C_{12}$-1,2,3,4,6,7,8-HpCDF $^{13}C_{12}$-1,2,3,4,6,8,9-HpCDF $^{13}C_{12}$-1,2,3,4,7,8,9-HpCDF
Octa-CDD/F	$^{13}C_{12}$-1,2,3,4,6,7,8,9-OCDD	$^{13}C_{12}$-1,2,3,4,6,7,8,9-OCDF

ตารางที่ 7 แสดง Standard Reference Materials and Internal Standards of Coplanar PCBs

Homologue	Standard Reference Material	Internal Standard	IUPAC No
	Non-ortho PCBs		
Tetra-CB	3,4.4',5-TeCB 3,3',4,4'-TeCB	$^{13}C_{12}$ -3,3',4,4'-TeCB $^{13}C_{12}$ -3,4,4',5-TeCB	#77 #81
Penta-CB	3,3',4,4',5-PeCB	$^{13}C_{12}$ -3,3',4,4',5-PeCB	#126
Hexa-CB	3,3',4,4',5,5'-HxCB	$^{13}C_{12}$ -3,3',4,4',5,5'-HxCB	#169
	Mono-ortho PCBs		
Penta-CB	2,3,3',4,4'-PeCB 2,3,4,4',5-PeCB 2,3',4,4',5-PeCB 2,3,4,4',5-PeCB	$^{13}C_{12}$-2,3,3',4,4'-PeCB $^{13}C_{12}$-2,3,4,4',5-PeCB $^{13}C_{12}$-2,3',4,4',5-PeCB $^{13}C_{12}$-2,3,4,4',5-PeCB	#105 #114 #118 #123
Hexa-CB	2,3,3',4,4',5-HxCB 2,3,3',4,4',5'-HxCB 2,3',4,4',5,5'-HxCB	$^{13}C_{12}$-2,3,3',4,4',5-HxCB $^{13}C_{12}$-2,3,3',4,4',5'-HxCB $^{13}C_{12}$-2,3',4,4',5,5'-HxCB	#156 #157 #167
Hepta-CB	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB	$^{13}C_{12}$-2,3',4,4',5,5'-HpCB	#189

ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากการศึกษาครั้งนี้เลือกพื้นที่ตามแหล่งกำเนิดการเกิดสารไดออกซินและฟิวแรนที่แตกต่างกันคือ แหล่งกำเนิดสารไดออกซิน-ฟิวแรนจากการจราจร ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร และเลือกพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมบางปู จ.สมุทรปราการ สำหรับแหล่งกำเนิดจากอุตสาหกรรม ซึ่งอาจมีการปลดปล่อยจากเตาเผาอุตสาหกรรมและโรงงานเคมี และพื้นที่ที่เป็นที่อยู่อาศัยและชุมชนคือ จ.ปทุมธานี สรุปผลปริมาณการตรวจวิเคราะห์สารไดออกซิน ฟิวแรน ในพื้นที่ กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ และปทุมธานี ดังตารางที่ 8 ผลการศึกษาพบว่าในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งแหล่งกำเนิดสารไดออกซิน จากถนนที่มีการจราจรหนาแน่น พบว่าพื้นที่บริเวณแยกอรุณอมรินทร์มีความเข้มข้นสูงสุด (0.083 pg-TEQ/m^3) รองลงมาคือจุดเก็บตัวอย่างบริเวณแยกดินแดง (0.057 pg-TEQ/m^3) โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ (0.042 pg-TEQ/m^3) และกรมการขนส่งทางบก (0.042 pg-TEQ/m^3) และสน.โชคชัยมีความเข้มข้นน้อยสุด (0.032 pg-TEQ/m^3) ซึ่งสัมพันธ์กับการจราจรบริเวณที่จุดเก็บตัวอย่างซึ่งแยกอรุณอมรินทร์มีการจราจรที่หนาแน่นมากที่สุด ส่วนพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ

พบว่าจุดเก็บตัวอย่างบริเวณสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความเข้มข้นสูงสุดซึ่งจุดนี้ตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมบางปู (0.57 pg-TEQ/m^3) และจุดเก็บบริเวณโรงเรียนวัดศรีจันทร์ประดิษฐ์มีค่ารองลงมา (0.43 pg-TEQ/m^3) ซึ่งจุดนี้ก็อยู่บริเวณใกล้เคียงกับนิคมอุตสาหกรรมบางปูด้วยเช่นกัน รองลงมาคือจุดเก็บตัวอย่างโรงเรียนบดินทร์เดชา (0.15 pg-TEQ/m^3) ซึ่งอยู่ใกล้นิคมอุตสาหกรรมบางพลี และจุดที่มีค่าน้อยสุดในจังหวัดสมุทรปราการคือบริเวณศาลากลางจังหวัด (0.091 pg-TEQ/m^3) ซึ่งจุดนี้ค่อนข้างห่างจากนิคมอุตสาหกรรมแต่จะอยู่บริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างพื้นที่จังหวัดปทุมธานีบริเวณโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ องค์การบริหารส่วนตำบลท้ายเกาะ อ.สามโคก โรงเรียนหนองเสือวิทยาคมมีค่าใกล้เคียงกัน และอำเภอลาดหลุมแก้วมีค่าน้อยสุด (0.078, 0.061และ 0.027 pg-TEQ/m^3 ตามลำดับ) เนื่องจากอยู่ห่างจากแหล่งอุตสาหกรรมและย่านจราจรหนาแน่น เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศญี่ปุ่นที่ได้ทำการศึกษาการปนเปื้อนของสารไดออกซินจากแหล่งต่างๆทั่วประเทศทั้งหมด 387 แห่ง ในปี ค.ศ. 2000 โดยในอากาศบริเวณใกล้เคียงเตาเผามีค่าเฉลี่ยของสารไดออกซิน 0.25 pg-TEQ/m^3 ในเมืองใหญ่พบค่าเฉลี่ยไดออกซิน 0.22 pg-TEQ/m^3 ในขณะที่ตัวอย่างที่มีจุดเก็บบริเวณริมถนนมีค่าเฉลี่ยของสารไดออกซิน 0.44 pg-TEQ/m^3[16] ส่วนประเทศเยอรมัน ได้ทำการติดตามการปนเปื้อนของสารไดออกซินในอากาศตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990-1999 พบว่ามีค่าเฉลี่ยระหว่าง 20-95 fg-TEQ/m^3[17] ในประเทศสเปนได้มีการศึกษาการปนเปื้อนของสารไดออกซินในอากาศบริเวณที่ในเมืองที่มีการจราจรหนาแน่นพบว่ามีค่าไดออกซินอยู่ในช่วง 0.01-0.357 pg-TEQ/m^3 ในขณะที่พื้นที่อุตสาหกรรมพบการปนเปื้อนของไดออกซินอยู่ในช่วง 0.05-1.196 pg-TEQ/m3 [18]

ตารางที่ 8 แสดงปริมาณที่พบสารไดออกซิน ฟิวแรน ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ และปทุมธานี (ฤดูร้อน)

จังหวัด	พื้นที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณที่พบ (pg/m3)	ปริมาณเทียบเคียงความเป็นพิษ (pg-TEQ/m3)
กรุงเทพมหานคร	รพ.จุฬาลงกรณ์	1.6	0.037
	แยกอรุณอมรินทร์	3.6	0.075
	ดินแดง	4.6	0.049
	สน.โชคชัย	2.1	0.027
	กรมการขนส่งทางบก	1.7	0.037
สมุทรปราการ	วว.บางปู	16	0.548
	รร.วัดศรีจันทร์ประดิษฐ์	14	0.418
	ศาลากลางจังหวัด	4.1	0.08
	รร.บดินทร์เดชา	5.1	0.142
ปทุมธานี	รร.เตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ	2.4	0.056
	รร.หนองเสือพิทยาคม	1.6	0.044
	อบต.ท้ายเกาะอ.สามโคก	2.2	0.052
	อ.ลาดหลุมแก้ว	0.9	0.023

ตารางที่ 9 แสดงปริมาณที่พบสารไดออกซิน ฟิวแรน ในพื้นที่ กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ และปทุมธานี (ฤดูฝน)

จังหวัด	พื้นที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณที่พบ (pg/m3)	ปริมาณเทียบเคียงความเป็นพิษ (pg-TEQ/m3)
กรุงเทพมหานคร	รพ.จุฬาลงกรณ์	0.96	0.025
	แยกอรุณอมรินทร์	1.6	0.044
	ดินแดง	0.85	0.026
	สน.โชคชัย	0.81	0.023
	กรมการขนส่งทางบก	1.3	0.035
สมุทรปราการ	วว.บางปู	4.4	0.14
	รร.วัดศรีจันทร์ประดิษฐ์	1.4	0.041
	ศาลากลางจังหวัด	1.0	0.022
	รร.บดินทร์เดชา	0.81	0.025
ปทุมธานี	รร.เตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ	0.85	0.026
	รร.หนองเสือพิทยาคม	0.56	0.014
	อบต.ท้ายเกาะอ.สามโคก	1.4	0.037
	อ.ลาดหลุมแก้ว	1.0	0.030

รูปที่ 8 แสดงการเก็บตัวอย่างอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ ปทุมธานี

รูปที่ 9 แสดงการอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการไดออกซิน

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษานี้พบว่าการปนเปื้อนของสารไดออกซินในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งเป็นตัวแทนของแหล่งกำเนิดจากอุตสาหกรรมพบการปนเปื้อนของสารไดออกซินในปริมาณที่ค่าสูงกว่าพื้นที่กรุงเทพมหานครและปทุมธานี โดยมีค่าสูงสุดบริเวณใกล้นิคมอุตสาหกรรมบางปู ดังตารางที่ 8 และ 9 ซึ่งอยู่ในระดับใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานกำหนด ส่วนจังหวัดปทุมธานีซึ่งเป็นพื้นที่เกษตรและอุตสาหกรรมและพื้นที่กรุงเทพมหานคร เป็นพื้นที่การจราจรแออัดมีค่าไม่ต่างกันมากนัก จากการเก็บตัวอย่างในฤดูกาลที่ต่างกันพบว่า ฤดูร้อนจะพบปริมาณไดออกซินและฟิวแรนสูงกว่าในฤดูฝน ซึ่งที่เป็นเช่นนั้นเพราะอากาศในฤดูฝนมีปริมาณฝุ่นละอองน้อยกว่า เนื่องจากฝนจะช่วยชะล้างฝุ่นละอองในอากาศลงสู่พื้นดิน ปริมาณที่พบในพื้นต่างๆ นั้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของสารไดออกซินและฟิวแรน ประเทศญี่ปุ่นซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 0.6 pg-

TEQ/m^3 จะเห็นว่าพื้นที่เขตนิคมอุตสาหกรรมในจังหวัดสมุทรปราการมีค่าใกล้เคียงค่ามาตรฐาน ส่วนพื้นที่กรุงเทพมหานครและปทุมธานียังมีค่าที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานมาก การศึกษาครั้งนี้เป็นการเก็บข้อมูลครั้งแรกในประเทศไทยและสามารถใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำค่ามาตรฐานสำหรับอากาศในประเทศไทยได้ ซึ่งอาจจะต้องเพิ่มเติมจุดเก้บตัวอย่างให้ครอบคลุมเพิ่มเติมอีกในบางพื้นที่ เนื่องจากขณะนี้ประเทศไทยยังไม่มีค่ามาตรฐานไดออกซินในบรรยากาศและต้องอ้างอิงค่ามาตรฐานของต่างประเทศ ซึ่งแต่ละประเทศจะมีกิจกรรมต่างๆกัน เช่น ประเทศแคนาดา กำหนดค่ามาตรฐานสารไดออกซินและฟิวแรน ไม่เกิน 0.1 pg-TEQ/m^3 และญี่ปุ่นซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 0.6 pg-TEQ/m^3 เป็นต้น ดังนั้นการดำเนินงานศึกษาการปนเปื้อนในพื้นที่ต่างๆ ให้ครอบคลุมกิจกรรมเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องดำเนินการต่อเนื่อง นอกจากนั้นในระหว่างที่ทำการตรวจสอบสถานการณ์โดยทั่วไปนั้น ควรทำควบคู่กับการตรวจสอบแหล่งกำเนิดด้วย เพื่อศึกษาการปลดปล่อยหรือสาเหตุการปนเปื้อนในพื้นที่ต่างๆ ด้วย จึงจำเป็นต้องได้รับความร่วมมือกับภาครัฐและเอกชนที่กำกับดูแลกิจกรรมนั้นๆด้วยในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยงานต่างๆที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการเก็บตัวอย่าง ซึ่งได้แก่ กรมควบคุมมลพิษ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนวัดศรีจันทร์ประดิษฐ์ โรงเรียนบดินทร์เดชา สมุทรปราการ โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ องค์การบริหารส่วนตำบลท้ายเกาะ อ.สามโคก โรงเรียนหนองเสือวิทยาคม สถานีตำรวจนครบาลบางยี่ขัน

ตารางที่ 10 สรุปผลการดำเนินงานการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติ เรื่อง ความรู้เบื้องต้นของมลพิษจากการเผาและสารไดออกซินในสิ่งแวดล้อมสู่ภาคประชาชนและสถาบันการศึกษา ระหว่าง ๒-๒๙ กรกฎาคม ๒๕๕๘

หัวข้อในกิจกรรมอบรมเชิงปฏิบัติการฯ	**สาเหตุ/ปัญหา**	**ความเข้าใจเรื่องมลพิษจากการเผาและสารไดออกซิน**	**ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมและแนวทางการป้องกันแก้ไข <u>จากท้องถิ่น</u>**
1. ไฟป่า	กลุ่มเป้าหมายมีความเข้าใจระดับพอใช้ ถึง ดี	ไม่เคยได้ยินมาก่อน-เข้าใจน้อยมาก และไม่เคยทราบเรื่องสารไดออกซิน	- อาสาสมัครเฝ้าระวังป้องกันไฟป่าเพิ่มขึ้นในทุกหมู่บ้าน - จัดหาอุปกรณ์ป้องกันไฟและงบประมาณให้เพียงพอ - การบังคับใช้กฎหมายอย่างมีประสิทธิภาพ/ลงโทษผู้กระทำผิด - อบรมให้ความรู้ มลพิษจากการเผาและผลเสียที่เกิดขึ้น - สร้างความตระหนัก/รณรงค์ในพื้นที่อย่างต่อเนื่อง
2. ขยะวัสดุการเกษตรและการเผาในที่โล่ง	กลุ่มเป้าหมายมีความเข้าใจระดับน้อย ถึง พอใช้	“	- ประชาสัมพันธ์ให้เกษตรกรทราบผลเสีย จากการเผาและปัญหาหมอกควัน - อบรมให้ความรู้ผลเสียที่เกิดขึ้น มลพิษจากการเผาให้กับประชาชนและเจ้าหน้าที่ท้องถิ่นช่วยรณรงค์ลดการเผาอย่างต่อเนื่อง - หาทางเลือกอื่นเพื่อกำจัดวัสดุเหลือใช้ - ให้เกษตรกรปลูกพืชแซมให้พื้นที่ (ชา กาแฟ พืชคลุมดินอื่นๆ) - ปลูกป่าเพิ่มขึ้น/ทดแทน - เพิ่มพื้นที่ป่าชุมชน - ปลูกจิตสำนึกให้นายทุนและเกษตรกร
3. ขยะชุมชน	กลุ่มเป้าหมายมีความเข้าใจระดับพอใช้ ถึง ดี	“	- รณรงค์ไม่ให้มีการเผาขยะแล้ว เพื่อไม่ให้เกิดสารพิษ - อบรมให้ความรู้ผลเสียที่เกิดขึ้น มลพิษจากการเผาให้กับประชาชนและเจ้าหน้าที่ท้องถิ่น - การคัดแยกขยะและการจัดการที่ปลายทางอย่างถูกต้อง ซึ่งแต่ละพื้นที่มีความเหมาะสมไม่เหมือนกัน เช่น ฝังกลบและเตาเผา

			- รณรงค์ลดการใช้ถุงพาสติกโฟม ใช้วัสดุทดแทนจากธรรมชาติ - การจัดการของเทศบาลอย่างเหมาะสม
4. เตาเผาขยะ	กลุ่มเป้าหมายมีความเข้าใจ ระดับน้อย ถึง พอใช้	“	- สร้างการมีส่วนร่วมของคนในชุมชน - สร้างมาตรฐานที่เป็นธรรมและเหมาะสมกับพื้นที่ - สร้างแรงจูงใจให้ผู้ประกอบการ (การลดหย่อนภาษี เพิ่มเงินทุน ฯลฯ) บูรณาการกับหน่วยงานที่ออกกฎหมาย เรื่องผลผลิตที่เกี่ยวข้องกับ) (สิ่งแวดล้อม
5. ขยะอิเลคทรอนิกส์	กลุ่มเป้าหมายมีความเข้าใจ ระดับน้อย ถึง น้อยมาก	“	- อบรมให้ความรู้มลพิษจากการเผาขยะอิเลคทรอนิกส์ให้กับประชาชนและเจ้าหน้าที่ท้องถิ่น - การคัดแยกขยะอย่างปลอดภัยและการจัดการที่ปลายทางอย่างถูกต้อง
6. ขยะติดเชื้อ	กลุ่มเป้าหมายมีความเข้าใจ ระดับน้อย ถึง น้อยมาก	“	- การจัดการอย่างถูกต้องและปลอดภัย - ใช้กฎหมายบังคับการจัดการขยะ
7. น้ำเสีย	กลุ่มเป้าหมายมีความเข้าใจ ระดับพอใช้ ถึง ดี	“	- รณรงค์ช่วยกันติดตั้งบ่อดักไขมันทุกครัวเรือนโดยเฉพาะร้านอาหารใหญ่ๆ การติดตามตรวจสอบจากท้องถิ่น - ให้ความรู้ในการใช้น้ำและน้ำเสียที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน - กรณีโรงงานอุตสาหกรรม ต้องมีการบำบัดน้ำเสียและการบังคับใช้กฎหมายอย่างจริงจัง - ปลูกจิตสำนึกและสร้างทัศนคติที่ดี ในการช่วยกันดูแลรักษาคุณภาพน้ำ เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดี

ตารางที่ 11 ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมและแนวทางการป้องกันแก้ไข จากสถาบันไดออกซินแห่งชาติ

หัวข้อในกิจกรรมอบรมเชิงปฏิบัติการฯ	ภาพสะท้อนจากท้องถิ่น	การบูรณาการ	ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมจากสถาบันฯ
1. ไฟป่า	- งบประมาณไม่เพียงพอ - จำนวนอาสาสมัครไม่เพียงพอ - ประชาชนไม่เข้าใจถึงโทษต่อสุขภาพจากการเผา	กรมป่าไม้ กรมอุทยานฯ กระทรวงสาธารณสุข กระทรวงมหาดไทย อบท	- ควรเพิ่มพื้นที่ป่าชุมชน เพื่อให้ประชาชนช่วยดูแลป่า
2. ขยะวัสดุการเกษตรและการเผาในที่โล่ง	- นายทุนเป็นเจ้าของพื้นที่ ต้องต้องปรับการจัดการที่นายทุน - การรณรงค์ภาครัฐที่จะลงพื้นที่ที่มีปัญหาไม่เพียงพอและไม่ต่อเนื่อง (กรมส่งเสริมฯ) - ประชาชนไม่เข้าใจถึงโทษต่อสุขภาพจากการเผา	กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ฯ กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงสาธารณสุข กรมควบคุมมลพิษ อบท	- สร้างแรงจูงใจโดยส่งเสริมการปลูกพืชที่มีมูลค่าเพื่อทดแทนพืชเกษตรเชิงเดี่ยว เพื่อเพิ่มมูลค่าอย่างยั่งยืน เช่น สมุนไพร ชา กาแฟ พืช geographical indication-GI (สิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์) เป็นต้น - รณรงค์ไม่เผาอย่างต่อเนื่องและลงสู่กลุ่มเป้าหมายคือเกษตรกรและชาวบ้าน โดยสนับสนุนให้ ทสม หรือเกษตรจังหวัด ช่วยดำเนินการแทน กรมส่งเสริมฯ - ให้ความรู้มลพิษจากการเผาแก่เจ้าหน้าที่ท้องถิ่น
3. ขยะชุมชน	- การจัดการที่ปลายทางยังไม่มีประสิทธิภาพ ขยะที่แยกแล้วกลับมารวมกันเช่นเดิม - อยากให้มีการทำงานร่วมกันระหว่างส่วนกลางและท้องถิ่น - ประชาชนไม่เข้าใจถึงโทษต่อสุขภาพจากการเผา	กระทรวงมหาดไทย กระทรวงสาธารณสุข กรมควบคุมมลพิษ อบท	- ประสานกับท้องถิ่นและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อการทำงานอย่างบูรณาการ เช่น การคัดแยกขยะ ธนาคารขยะ Zero waste ทำงานเชิงพื้นที่และการจัดการขยะอย่างครบวงจรถึงปลายทางอย่างมีประสิทธิภาพ - ควรหาความต้องการของท้องถิ่นเพื่อการจัดการขยะอย่างเหมาะสม บางพื้นที่ไม่ต้องการเตาเผา และมีศักยภาพทำปุ๋ยเพื่อใช้เองในพื้นที่ เช่น จ.น่าน เป็นต้น - ควรตรวจสอบมลพิษจากเตาเผาที่มีอยู่เพื่อให้เป็นไปตาม

			กฎหมายที่มีการบังคับใช้แล้ว เช่น สารไดออกซิน เป็นต้น
4. เตาเผาขยะ	- ไม่มีความรู้ว่าเตาเผามีมลพิษ แต่คิดว่าเผาการเน่าจะแก้ขยะล้นเมืองได้ - ประชาชนไม่เข้าใจถึงโทษต่อสุขภาพจากการเผา	กระทรวงมหาดไทย กระทรวงอุตสาหกรรม กรมควบคุมมลพิษ อบท	- อบรมให้ความรู้แก่ประชาชนและองค์กรท้องถิ่นเรื่องมลพิษจากการเผาที่ไม่ทำให้เกิดมลพิษและสารไดออกซิน - ควรตรวจสอบมลพิษจากเตาเผาให้เป็นไปตามกฎหมายที่มีการบังคับใช้แล้ว เช่น สารไดออกซิน เป็นต้น
5. ขยะอิเลคทรอนิกส์	- ไม่มีความรู้เรื่องมลพิษ แต่ปัจจุบันได้เงินจากการแยกขยะจำนวนมากและได้เงินมากกว่าทำนา (รายได้ 15,000 บาท/คน/เดือน) - มีอาชีพการแยกขยะอิเลคทรอนิกส์มากขึ้นเรื่อยๆ - ชาวบ้านได้รับผลกระทบโดยตรง - ท้องถิ่นทราบปัญหา แต่ไม่มีการบังคับใช้กฎหมายอย่างจริงจัง - ประชาชนไม่เข้าใจถึงโทษต่อสุขภาพจากการเผา	กระทรวงมหาดไทย กระทรวงอุตสาหกรรม กรมควบคุมมลพิษ คณะกรรมการอาชีวศึกษา/สถาบันการศึกษา เอกชนที่ทำแยกขยะและเตาเผา อบท	- หากไม่สามารถเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของชุมชนได้ควรอบรมการคัดแยกขยะอิเลคทรอนิกส์ให้ปลอดภัย และส่งเสริมเอกชนเข้าดำเนินการคัดแยกขยะ รับซื้อเพื่อการจัดการที่ถูกต้องต่อไป - ส่งเสริมให้มีการจัดการขยะอิเลคทรอนิกส์อย่างครบวงจรเพื่อความลดการปนเปื้อนของขยะพิษสู่สิ่งแวดล้อมและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้ขยะอิเลคทรอนิกส์อีกทางหนึ่ง - ส่งเสริม ประชาสัมพันธ์ ให้ประชาชนทราบถึงมาตรการเรียกคืนซากขยะอิเลคทรอนิกส์ที่กรมควบคุมมลพิษดำเนินการอยู่
6. ขยะติดเชื้อ	- เฉพาะองค์กรภาครัฐเท่านั้น ที่ทราบเรื่องการจัดการ	กระทรวงมหาดไทย กระทรวงสาธารณสุข กรมควบคุมมลพิษ เอกชนที่ทำแยกขยะและเตาเผา อบท	- ให้ความรู้แก่ประชาชนและผู้ประกอบการเรื่องมลพิษจากการเผา - ควรตรวจสอบมลพิษจากเตาเผาให้เป็นไปตามกฎหมายที่มีการบังคับใช้แล้ว เช่น สารไดออกซิน เป็นต้น

7. น้ำเสีย	- ขาดการบังคับใช้กฎหมายและการติดตามกิจกรรมที่ก่อให้เกิดน้ำเสียอย่างจริงจัง - ท้องถิ่นไม่มีเครื่องมือหรือบุคลกรที่สามารถตรวจวัดได้	กระทรวงมหาดไทย กระทรวงอุตสาหกรรม กรมควบคุมมลพิษ อบท	- ประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อให้การบังคับใช้กฎหมาย - การตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็น

หมายเหตุ

1.กลุ่มเป้าหมาย คือ ประชาชน องค์กรภาครัฐและสถาบันการศึกษา จำนวน 600 คน และมีผู้เข้าร่วมทั้งสิ้น 644 คน

2. ผู้เข้ารับการอบรมมีความรู้เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 80.08 %

3. ความพึงพอใจต่อการให้ความรู้และการมีส่วนร่วมในการอบรม คิดเป็นร้อยละ 81.10 %

การประชุมเชิงปฏิบัติการภายใต้โครงการถ่ายทอดความรู้
เรื่อง ความรู้เบื้องต้นของมลพิษจากการเผาและสารไดออกซินในสิ่งแวดล้อม
สู่ภาคประชาชนและสถาบันการศึกษา
วันที่ 22 กรกฎาคม 2558
ณ ศาลาเอนกประสงค์ วัดหงส์ปทุมาราม อ.เมือง จ.ปทุมธานี
จัดโดย กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

DioxiN
Laboratory

การฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม
DioxiN
Laboratory

DioxiN
Laboratory

รูปที่ 10 แสดงภาพกิจกรรมการถ่ายทอดความรู้เรื่องมลพิษจากการเผาและสารไดออกซินสู่ภาคประชาชนและสถาบันการศึกษาและการเผยแพร่งานวิจัยเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่ศึกษา (กรุงเทพมหานคร ปทุมธานี สมุทรปราการ)

เอกสารอ้างอิง

(1). Sources of PCDD/PCDF and impact on the environment, Heidelore Fiedler, Chemosphere Volume 32, Issue 1, January 1996, Pages 55–64

(2). Modelling the long-range transport and deposition of dioxins; First results for NW Europe, J.A. van Jaarsveld and M.A.A. Schutter, Chemosphere Volume 27, Issues 1–3, July–August 1993, Pages 131–139

(3). Polychloronaphthalenes and Other Dioxin-like Compounds in Arctic and Antarctic Marine Food Webs, Simonetta Corsolini, Kurunthachalam Kannan, Takashi Imagawa, Silvano Focardi and John P. Giesy, Environmental Science & Technology 2002, 36 (16), 3490-3496

(4). Evidence for the “grasshopper” effect and fractionation during long-range atmospheric transport of organic contaminants, T. Gouina, D. Mackaya, K.C. Jonesb, T. Harnerc, S.N. Meijerb, Environmental Pollution Volume 128, Issues 1–2, March 2004, Pages 139–148

(5). Health Impact of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins: A Critical Review, Debdas Mukerjee, Journal of the Air & Waste Management Association Volume 48, Issue 2, 1998

(6). Long-Term Toxic Impact of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin on the Reproduction, Sexual Differentiation, and Development of Different Life Stages of Gobiocypris rarus and Daphnia magna, W.Z. Wu, W. Li, Y. Xu, J.W. Wang, Ecotoxicology and Environmental Safety Volume 48, Issue 3, March 2001, Pages 293–300

(7). ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ. 2546

(8). ประกาศทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงงานปูนซีเมนต์ที่ใช้ของเสียเป็นเชื้อเพลิงหรือเป็นวัตถุดิบในการผลิต พ.ศ. 2549

(9). ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องกำหนดปริมาณสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากปล่องเตาเผาสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เป็นอันตรายจากอุตสาหกรรม พ.ศ.2545

(10). ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย พ.ศ. 2540

(11) ประกาศทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย พ.ศ. 2553

(12)http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs225/en/index.html

(13) U.S. Environmental Protection Agency Inventory of Sources of Dioxin-Like Compounds in the United States-1987 and 1995. On-line. Available: http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/dioxindb.cfm?ActType=default (accessed August 11, 2003).

(14) U.S. Environmental Protection Agency, The Inventory of Sources and Environmental Releases of Dioxin-Like Compounds in the United States: The Year 2000 Update (External Review Draft). On-line. Available: http://www.epa.gov/ncea/pdfs/dioxin/2k-update/, March, 2005.

(15) A source inventory and budget for chlorinated dioxins and furans in the United Kingdom environment, S.J. Harrad and K.C. Jones, Science of The Total Environment Volume 126, Issues 1–2, 11 September 1992, Pages 89–107

(16). *Dr Carl Meyer, Dr Tom Beer and Dr Jochen MÃller*. Dioxins emissions from bushfires in Australia. Technical report No. 1. *Department of the Environment and Heritage, May 2004* (ISBN *0 642 54993 1*)

(17) C.L. Fletcher and W.A. McKay 1993. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and dibenzofurans (PCDFs) in the aquatic environment — A literature review, Chemosphere Volume 26, Issue 6, March, Pages 1041–1069

(18) R. E. Alcock and K. C. Jones 1996. Dioxins in the Environment: A Review of Trend Data, Environ. Sci. Technol., 30 (11), pp 3133–3143

(19). Ruth E. Alcock, Peter A. Behnisch, Kevin C. 1998. Jones Dioxin-like PCBs in the environment - human exposure and the significance of sources, Hanspaul Hagenmaier, Chemosphere Volume 37, Issue 8, October, Pages 1457–1472

(20). Pollution control Department, POPs inventories, Establishment of POPs Inventories and Assessment of Infrastructure and Capacity, ISBN 974-9878-56-2