

แนวทางปฏิบัติ เพื่อการบ่งชี้และการบันทึกข้อมูล ปริมาณสาร HBCD ในโฟมขาวเกรดไม่ลามไฟ

Guideline for Identifying and
Registering HBCD in SE-EPS



กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS



กรมควบคุมมลพิษ
POLLUTION CONTROL DEPARTMENT



I-EAT
INDUSTRIAL ENVIRONMENTAL ACTION TEAM



KASETSART
UNIVERSITY



เลขทะเบียน คพ. (PCD No.) 04 – 239

ISBN: 978-616-316-796-5

กิตติกรรมประกาศ

กรมควบคุมมลพิษขอขอบคุณกองทุนสิ่งแวดล้อมโลก (Global Environment Facility: GEF) ที่สนับสนุนการจัดทำแนวทางปฏิบัติเพื่อการบ่งชี้และการบันทึกข้อมูลปริมาณสาร HBCD ในโพลีเอทิลีนที่ไม่ลามไฟฉบับนี้

ขอขอบคุณคณะทำงานด้านเทคนิคสำหรับการจัดการสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน ภายใต้คณะกรรมการกำกับและดูแลโครงการ (Project Steering Committee) โครงการ Application of industry-urban symbiosis and green chemistry for low emission and persistent organic pollutants free industrial development in Thailand และคณะทำงานย่อยที่ให้ความเห็นการคัดเลือกที่ปรึกษาและพิจารณาผลการดำเนินงานของที่ปรึกษาโครงการ ตลอดจนให้ข้อคิดเห็นและเสนอแนะต่อการจัดทำแนวทางปฏิบัติเพื่อการบ่งชี้และการบันทึกข้อมูลปริมาณสาร HBCD ในโพลีเอทิลีนที่ไม่ลามไฟ

ขอขอบคุณองค์การพัฒนาอุตสาหกรรมแห่งสหประชาชาติ (UNIDO) ซึ่งเป็นหน่วยบริหารโครงการ Application of industry-urban symbiosis and green chemistry for low emission and persistent organic pollutants free industrial development in Thailand ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ และประสานงานในการจัดทำแนวทางปฏิบัติเพื่อการบ่งชี้และการบันทึกข้อมูลปริมาณสาร HBCD ในโพลีเอทิลีนที่ไม่ลามไฟ และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ที่ดำเนินการศึกษาและจัดทำแนวทางฯ

ท้ายที่สุด ขอขอบคุณผู้บริหารและผู้แทนหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมโรงงานอุตสาหกรรม การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผู้ประกอบการที่ร่วมเป็นคณะผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านของโครงการ ผู้ผลิตวัตถุดิบ ผู้ประกอบการแปรรูปแผ่นโพลีเอทิลีน ผู้รับเหมา ติดตั้ง คลังสินค้าและห้องเย็น ผู้ประกอบการรีไซเคิลและห้องเย็น เจ้าของคลังสินค้าและห้องเย็น และผู้ประกอบการรีไซเคิล ที่ให้ความร่วมมือในการอนุเคราะห์ข้อมูล ตัวอย่างวัตถุดิบ/ผลิตภัณฑ์ และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำแนวทางปฏิบัติเพื่อการบ่งชี้และการบันทึกข้อมูลปริมาณสาร HBCD ในโพลีเอทิลีนที่ไม่ลามไฟ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของโครงการ การสำรวจและการจัดทำทะเบียนโพลีเอทิลีนที่มี HBCD ในประเทศไทยในครั้งนี้

กองจัดการกากของเสียและสารอันตราย

กรมควบคุมมลพิษ

สาร HBCD ในอดีตถูกนำมาใช้เป็น สารหน่วงการติดไฟของโฟมขาวที่ใช้เป็นฉนวนอาคาร วัสดุทาทับหลังสิ่งทอ และสิ่งทอในยานยนต์

สาร HBCD เป็นสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน และเป็นอันตราย!

**จึงต้องใช้และจัดการโฟมและวัสดุอื่นที่มีสารนี้ อย่างระมัดระวัง
และเหมาะสม เพื่อป้องกันสุขภาพมนุษย์และปกป้องสิ่งแวดล้อม**

สาร HBCD นั้นแม้เลิกผลิตแล้ว แต่ยังคงอยู่ในผลิตภัณฑ์ที่ยังมีอายุการใช้งานอีกยาวนาน ดังนั้นจึงต้องมีการบ่งชี้ แยกแยะ และบันทึกผลิตภัณฑ์ที่มีสาร HBCD เพื่อป้องกันความเสี่ยงจากสาร HBCD และ ลดหรือเลี่ยงการปลดปล่อย สาร HBCD สู่ชุมชนและสิ่งแวดล้อม

สารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน หรือสาร POPs (Persistent Organic Pollutants) ทั้งที่เป็นสารเคมีในอุตสาหกรรมเคมีเกษตร และสารเคมีอื่นๆ พบว่าตกค้างในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในพื้นที่อุตสาหกรรม พื้นที่ประชากรหนาแน่น รวมทั้งในลุ่มน้ำต่างๆ สารมลพิษเหล่านี้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม สามารถแพร่กระจายได้อย่างไร้พรมแดน กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ในฐานะศูนย์ประสานงานอนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน จึงได้สนับสนุนให้มีการดำเนินการเพื่อจัดการและป้องกันความเสี่ยงจากสารมลพิษเหล่านี้ โดยครั้งนี้ให้มีการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับสาร HBCD ในประเทศ เพื่อเสริมสร้างศักยภาพและสร้างความรู้ให้แก่ผู้มีส่วนได้เสียในโซ่คุณค่า อันเป็นการสนับสนุนการดำเนินพันธกิจของกรมควบคุมมลพิษ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการบริหารจัดการสาร HBCD ในโฟม EPS เมื่อหมดอายุการใช้งานได้อย่างปลอดภัยและถูกหลักวิชาการ

แนวทางปฏิบัติเพื่อการบ่งชี้และการบันทึกข้อมูลปริมาณสาร HBCD ในโฟมขาวเกรดไม่ลามไฟ ที่จัดทำขึ้นนี้ เพื่อใช้เป็นประโยชน์ของส่วนรวม โดยมีได้มุ่งหวังที่จะใช้โฆษณา ประชาสัมพันธ์ และมีให้นำไปใช้ในการโฆษณา ประชาสัมพันธ์โดยไม่ได้รับอนุญาต กระบวนการจัดทำแนวทางปฏิบัตินี้ ได้รับความร่วมมือจากผู้ประกอบการและผู้เกี่ยวข้องทั้งจากองค์กรภาครัฐและเอกชน ในตลอดโซ่คุณค่าของผลิตภัณฑ์โฟม EPS ในการให้ข้อมูล ความเห็น และคำแนะนำ อันเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนทางปฏิบัติร่วมกัน โดยการดำเนินกิจกรรมต่างๆ รวมถึงการจัดทำแนวทางปฏิบัตินี้ได้ปฏิบัติในแนวทางที่คำนึงถึงสิทธิความเสมอภาคเท่าเทียม และการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลอย่างเหมาะสม

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของโปรเจกต์ "Application of industry-urban symbiosis and green chemistry for low emission and persistent organic pollutants free industrial development in Thailand" ที่ UNIDO ดำเนินการร่วมกับ กรมโรงงานอุตสาหกรรม กรมควบคุมมลพิษ การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์ของการจัดทำแนวทางปฏิบัติ

เพื่อป้องกันการรั่วไหล และนำไปสู่การจัดการโฟมที่หมดอายุอย่างถูกวิธี โดยป้องกันไม่ให้สาร HBCD ในโฟมรั่วไหลและแพร่กระจายไปสู่สิ่งแวดล้อม และรั่วไหลเข้าไปสู่ห่วงโซ่อาหาร ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พืช สัตว์ และมนุษย์



ปกป้องมนุษย์ และป้องกันการรั่วไหลลงสู่สิ่งแวดล้อม

- ให้แนวทางปฏิบัติที่เหมาะสม เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถป้องกันตัวและป้องกันการปลดปล่อยสาร HBCD ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม
- ลดโอกาสการได้รับสัมผัสสาร HBCD จากการรื้อถอน ปรับปรุง หรือซ่อมบำรุงอาคารที่มีสาร HBCD
- ลด/เลี่ยง การปลดปล่อยสาร HBCD ออกสู่สิ่งแวดล้อม
- ลดความเสี่ยงในการปนเปื้อนของสาร HBCD ไปกับวัสดุ/สินค้าอื่น



การบ่งชี้ และการบันทึกข้อมูลปริมาณ

ให้แนวทางปฏิบัติที่เหมาะสม (และปลอดภัย) ในการสำรวจและ (ทำเครื่องหมายเพื่อ) บ่งชี้โฟมที่มีสาร HBCD โดยเฉพาะโฟมขาว EPS เกรดไม่ลามไฟ เพื่อให้

- สอดคล้องกับเงื่อนไขการให้การยกเว้นของ **อนุสัญญาสตอกโฮล์ม**
- สอดคล้องกับข้อบทพันธกรณีทั่วไปในการจัดการของเสียอันตรายหรือของเสียอื่นอย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ของ **อนุสัญญาบาเซล**
- ได้ข้อมูลเพื่อใช้ในการเตรียมความพร้อมในเชิงเทคโนโลยี/โครงสร้างพื้นฐาน เพื่อนำโฟมที่ถูกรื้อถอนไปกำจัดสาร HBCD ให้ได้อย่างปลอดภัย

กลุ่มเป้าหมาย



เจ้าของอาคาร

- ลดความเสี่ยง วางแผนและบริหารจัดการให้ถูกต้อง และเหมาะสม



ผู้ปฏิบัติงาน

ผู้ติดตั้ง ซ่อมบำรุง รื้อถอนอาคาร
ผู้คัดแยก ขนย้าย บำบัด กำจัด
เศษวัสดุ และใช้สินค้ารอบสอง

- ลดความเสี่ยงต่อสุขภาพ
- ลดการรั่วไหลสู่สิ่งแวดล้อม
- ลดการทำให้สาร HBCD ไปปนเปื้อนวัสดุอื่น



ห้องปฏิบัติการ

- เพิ่มความครอบคลุม & ความเชื่อถือได้ของผลทดสอบ
- ลดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน



หน่วยงานผู้มีหน้าที่รับผิดชอบ

- การบริหารจัดการ ที่ถูกหลักวิชาการ สอดคล้องกับกฎหมายในประเทศ และ สอดคล้องกับข้อกำหนดระหว่างประเทศ

สาร Hexabromocyclododecane หรือ HBCD เป็นสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน สารนี้เป็นสารอันตราย อาจทำให้เกิดภาวะบกพร่องทางสมอง ระบบสืบพันธุ์และระบบภูมิคุ้มกันทำงานผิดปกติ ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้ได้รับโดยตรง และยังสามารถส่งต่อถึงลูกหลานได้

อนุสัญญาสตอกโฮล์มจึงได้กำหนดให้สาร HBCD เป็นสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน (สาร POPs) ในภาคผนวก เอ ที่มีผลบังคับให้ประเทศภาคีสมาชิกต้องจัดการสารนี้อย่างเหมาะสม เพื่อป้องกันไม่ให้สารนี้เล็ดลอดออกสู่สิ่งแวดล้อม และก่อผลเสียต่อสุขภาพอนามัยในระยะยาว

สาร HBCD ส่วนใหญ่ใช้เป็นสารหน่วงการติดไฟในโฟมขาวที่เป็นโฟมพอลิสไตรีนชนิด EPS* เกรดไม่ลามไฟที่ใช้เป็นฉนวนอาคาร ซึ่งส่วนใหญ่ยังอยู่ระหว่างการใช้งาน หากไม่ระวังให้ดี สาร HBCD จะเล็ดลอดออกมาได้ เมื่อมีการซ่อมบำรุง/ปรับปรุง/รื้อถอนอาคาร หรือมีการนำโฟมไปใช้ผิดวัตถุประสงค์

เอกสารแนวทางปฏิบัติฉบับนี้ มุ่งหวังเพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้อง ทั้งผู้ที่เป็นเจ้าของอาคาร ผู้ประกอบการที่ติดตั้ง/ซ่อมบำรุง/รื้อถอนอาคาร ผู้รับกำจัด ผู้ใช้สินค้ารอบสอง ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบ รวมถึงหน่วยงานผู้มีหน้าที่รับผิดชอบ ได้มีข้อมูลและความรู้เกี่ยวกับสารเคมีชนิดนี้มากขึ้น ได้มีแนวทางในการบ่งชี้/แยกแยะและเก็บบันทึกข้อมูลโฟมที่มีสาร HBCD รวมถึงสารอันตรายชนิดอื่น เพื่อป้องกันตนเองรวมถึงสิ่งแวดล้อม และผู้ที่อาจได้รับผลกระทบได้ดียิ่งขึ้น

หมายเหตุ (*) พอลิสไตรีน (Polystyrene: PS) ที่เป็นโฟมแข็ง แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ EPS คือ Expanded Polystyrene และ XPS คือ Extruded Polystyrene

HBCD

ขอบเขต

- แนวทางปฏิบัตินี้ครอบคลุม การใช้สาร HBCD ในโฟม EPS ที่ใช้งานในอาคาร/สิ่งปลูกสร้าง เช่น ห้องเย็น ห้องคลีนรูม ห้องปลอดเชื้อ คลังสินค้า ห้องกระบวนการผลิต (Process room)
- ครอบคลุมแนวทางปฏิบัติฯ เพื่อ
 - บ่งชี้และประเมินปริมาณส่วนผสมของสาร HBCD ในโฟม EPS ที่เป็นแกนกลางในผนังสำเร็จรูป
 - ป้องกันตัว และป้องกันการรั่วไหลสู่สิ่งแวดล้อม
 - นำไปสู่การจัดการสาร HBCD ในโฟม EPS ที่หมดอายุอย่างเหมาะสม

ภาพรวมของเนื้อหา

1

รู้จักกับสาร
HBCD

หน้า
5

- สาร HBCD คืออะไร?
- ทำไมจึงน่ากลัว?
- การเดินทางของสาร HBCD
- การเข้าสู่ร่างกายมนุษย์
- ประโยชน์ของสาร HBCD

2

Stockholm
Convention

หน้า
15

- อนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน
- สาร POPs ภัยเงียบที่น่ากลัว
- กลไกการ “จัดการ” สาร POPs ภายใต้ SC
- เกณฑ์การประเมินสารเคมีเพื่อขึ้นบัญชีสาร POPs
- บัญชีรายชื่อสาร POPs ภายใต้ อนุสัญญาสตอกโฮล์ม
- กลุ่มของสาร POPs
- พันธกรณีที่สำคัญ
- การดำเนินการในประเทศไทย
- แผนการจัดการระดับชาติของประเทศไทย

3

สาร HBCD
กับวัสดุโฟม
EPS

หน้า
27

- โฟมแข็งสำหรับงานก่อสร้าง
- สารหน่วงการติดไฟช่วยปกป้องชีวิต
- โฟม EPS เกรดไม่ลามไฟหรือโฟม SE-EPS
- กระบวนการผลิตโฟม SE-EPS
- โฟม SE-EPS ในแผ่นฉนวนสำเร็จรูป (ผนังแซนด์วิช)
- กฎหมาย & มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง
- สาร HBCD กับวัสดุโฟม
- จะลดความเสี่ยงได้ต้องบ่งชี้ว่าโฟม EPS ที่มีสาร HBCD อยู่ที่ไหนบ้าง?
- ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับสาร HBCD

4

การบ่งชี้และ
บันทึกข้อมูล
ปริมาณ สาร
HBCD ในโฟม
เกรดไม่ลามไฟ

หน้า
35

- ข้อเสนอแนะสำหรับคนทำงาน
- การบ่งชี้สาร HBCD ในโฟม EPS
- แนวทางในการบ่งชี้และตรวจสอบ
- อัตราส่วนของสาร HBCD ในโฟม EPS

- การทดสอบเพื่อบ่งชี้และยืนยันปริมาณส่วนผสมของสาร HBCD ในโฟม SE-EPS
- การทดสอบแบบคัดกรองด้วยเทคนิค ED-XRF Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy
- การวิเคราะห์ปริมาณสาร HBCD ในโฟมด้วย GC-MS และ LC-MS
- การบันทึกข้อมูลโฟมและปริมาณสาร HBCD ในโฟม SE-EPS ในสถานประกอบการ
- การปฏิบัติตัวเพื่อลดการสัมผัสสาร HBCD สำหรับบุคคลทั่วไป
- เทคโนโลยีในการจัดการสาร HBCD
- สรุป



สาร HBCD

สารหน่วงการติดไฟในโฟม EPS
เป็นสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน

รู้จักกับสาร

HBCD

1

สาร HBCD (เฮกซะโบรโมไซโคลโดเดเคน/ Hexabromocyclododecane)

เป็นสารหน่วงการติดไฟกลุ่มโบรมีน (BFR, Brominated Flame Retardant) ที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้น เพื่อใช้เติมลงในวัสดุที่ลุกติดไฟได้ง่าย เช่น พลาสติก และสิ่งทอ เพื่อลดความเสี่ยงจากอัคคีภัย

สาร HBCD เคยได้รับความนิยมในการนำไปใช้กับโฟม EPS เกรดไม่ลามไฟ (Self-Extinguishing Expanded Polystyrene, SE-EPS) และมีการทยอยเลิกใช้ ตั้งแต่สารนี้ได้ถูกขึ้นบัญชีเป็นสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน (Persistent Organic Pollutants) หรือสาร POPs ในปี พ.ศ. 2556

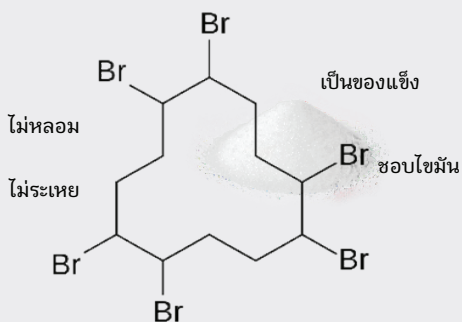
ในอดีต

98%

ของโฟม SE-EPS ใช้
สาร HBCD

สาร HBCD มีข้อเด่น คือ เติมได้ในช่วงกระบวนการผลิตเม็ดโฟมและมีสัดส่วนโบรมีนสูงถึง 75% จึงไม่จำเป็นต้องใช้มาก (ทั่วไปใช้เพียง 0.5 – 1% โดยน้ำหนัก)

แต่โมเลกุลของสาร HBCD ที่ถูกเติมเข้าไป ไม่ได้ยึดติดกับพอลิสไตรีนในเนื้อโฟม EPS ด้วยพันธะเคมี ดังนั้นระหว่างการใช้งานสาร HBCD อาจหลุดร่อนออกไปปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม หรือหลุดรอดไปกับฝุ่นโฟมแล้วแพร่กระจายไปได้ไกล

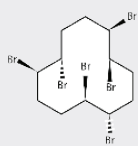


CAS No. 25637-99-4, 3194-55-6

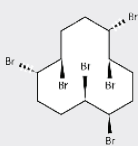
สาร HBCD (สูตรเคมี $C_{12}H_{18}Br_6$) มีลักษณะเป็นผงสีขาวไม่มีกลิ่น ในทางทฤษฎี สาร HBCD สามารถมีรูปแบบโครงสร้างโมเลกุล (ไอโซเมอร์สเตอริโอ) ได้ 16 แบบ (6 คู่ และ 4 เดี่ยว) ซึ่งแต่ละรูปแบบมีสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ ที่แตกต่างกัน แต่จากการสำรวจสาร HBCD ที่ใช้จริงในภาคอุตสาหกรรม หรือ **Technical HBCD** ที่สังเคราะห์ขึ้น พบว่าเป็น 1,2,5,6,9,10-HBCD เป็นหลัก และมี 3 คู่ ไอโซเมอร์สเตอริโอหลัก ได้แก่ (+/-) α -, β -, γ - HBCD โดยมีสัดส่วน (+/-) α -HBCD ประมาณ 9–13% (+/-) β -HBCD ประมาณ 0.5–12% และ (+/-) γ -HBCD ประมาณ 72–90% โดยสาร HBCD ที่ผลิตจากผู้ผลิตแต่ละรายอาจมีสัดส่วน α -, β -, γ - HBCD แตกต่างกันไปเล็กน้อย [Schrenk et al. (2021)]

สาร HBCD ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มจุดหลอมเหลวต่ำ (LM หรือ low-melting) สำหรับงานที่ใช้อุณหภูมิต่ำ (เช่น การผลิตโฟม และการทำหีบหลังสิ่งทอ) และกลุ่มจุดหลอมเหลวสูง (HM หรือ high-melting) สำหรับกระบวนการผลิตที่ต้องใช้อุณหภูมิสูง (เช่น งานฉีดขึ้นรูปพลาสติก) โดยสาร HBCD กลุ่ม LM มี γ -HBCD อยู่ประมาณ 70–80% ในขณะที่กลุ่ม HM มี γ -HBCD อยู่มากกว่า 90% [European Commission (2008)]

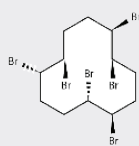
สาร HBCD มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ และละลายน้ำได้น้อยมาก โดย γ -HBCD ละลายน้ำได้น้อยกว่า α - และ β -HBCD มาก จึงมีผลคาดการณ์ว่าสาร HBCD ที่รั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำจะแยกตัวออกจากน้ำ และเกาะติดไปกับตะกอนดิน



α -HBCD
CAS No.
134237-50-6



β -HBCD
CAS No.
134237-51-7



γ -HBCD
CAS No.
134237-52-8

ประโยชน์ของสาร HBCD

วัสดุบางชนิดที่ลุกติดไฟได้ง่าย เช่น ฝ้ายมัน พรหม เบาะเฟอร์นิเจอร์ หรือโฟมแข็ง ก่อให้เกิดความเสี่ยงสูงในการเกิดอัคคีภัย แต่หากมีการเติมสารเคมีบางชนิด ที่เรียกรวมว่า “สารหน่วงการติดไฟ (Flame Retardant)” ที่ช่วยให้วัสดุเหล่านี้ติดไฟได้ยากขึ้น และไม่ลุกเป็นเปลวไฟ ก็จะช่วยเพิ่มความปลอดภัย และลดการสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินได้

สาร HBCD เป็นสารหน่วงการติดไฟกลุ่มโบรมีนชนิดหนึ่ง ที่เคยได้รับความนิยมในอดีตสำหรับใช้ในโฟมแข็งประเภท Expanded Polystyrene (EPS) และ Extruded Polystyrene (XPS) วัสดุทาบหลังสิ่งทอ [US EPA (2010)] และสิ่งทอในยานยนต์ [Ministry of Environment and Food of Denmark (2018)]

สาร HBCD มีความโดดเด่นเพราะที่มีปริมาณโบรมีนเป็นองค์ประกอบสูงถึง 75% เมื่อได้รับความร้อนจะสลายตัวและทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระของออกซิเจนที่ว่องไวที่เกิดจากการแตกตัวของก๊าซออกซิเจน แล้วเกิดเป็นอนุมูลอิสระที่มีโบรมีนเป็นส่วนประกอบที่เชื่องช้ากว่า ซึ่งจะสามารถชะลอการติดไฟได้

สาร HBCD ที่เคยมีการผลิตขึ้นเกือบทั้งหมด (>95%) ถูกนำมาใช้ผสมในโฟม EPS และ XPS ซึ่งโฟมเหล่านี้ ใช้เป็นฉนวนกันความร้อนในอาคารและสิ่งก่อสร้าง (เช่น คลังสินค้า ห้องคลีนรูม และห้องเย็น ฯลฯ) สาร HBCD บางส่วนยังถูกนำไปใช้เป็นสารหน่วงการติดไฟในพลาสติกชนิด high impact polystyrene (HIPS) ในชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ [Rani et al. (2014); UNEP (2017)] นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้สาร HBCD ในฟลักซ์สำหรับการบัดกรี [US EPA (2020)]

สำหรับในประเทศไทย ในอดีตเคยมีการใช้สาร HBCD เป็นสารหน่วงการติดไฟในโฟม EPS เกรดไม่ลามไฟ (Self-Extinguishing EPS หรือ SE-EPS) [MTEC (2020)]

สาร HBCD ที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ มีชื่อทางการค้าแตกต่างกันตามผู้ผลิตและเกรดของสินค้า ตัวอย่างชื่อทางการค้าที่มีการรายงาน [UNEP (2021)] ได้แก่

- Bromkal 73-6CD
- Nikkafainon CG 1
- Pyroguard F 800
- Pyroguard SR 103
- Pyroguard SR 103A
- Pyrovatex 3887
- Great Lakes CD-75P™
- Great Lakes CD-75
- Great Lakes CD75XF
- Great Lakes CD75PC (compacted)
- Dead Sea Bromine Group Ground FR 1206 I-LM
- Dead Sea Bromine Group Standard FR 1206 I-LM
- Dead Sea Bromine Group Compacted FR 1206 I-CM
- FR-1206
- HBCD ILM
- HBCD IHM



ทำไมสาร HBCD จึงน่ากลัว

สาร HBCD เป็นสารพิษต่อระบบการสืบพันธุ์

สาร HBCD มีความเป็นพิษสูงต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ มีความเป็นพิษแบบเฉียบพลันในระดับต่ำต่อสัตว์เลื้อยคลานด้วยนม แต่เป็นพิษเรื้อรังต่อมนุษย์และสัตว์เลื้อยคลานด้วยนมในส่วนของระบบต่อมไร้ท่อ ตับ และระบบประสาทและสมอง

สาร HBCD มีผลต่อระบบการสืบพันธุ์ ก่อภาวะบกพร่องทางสมอง ซึ่งส่งผลต่อพัฒนาการและพฤติกรรม โดยผลบางอย่างสามารถสืบทอดสู่ลูกหลานในรุ่นถัดไป แม้ไม่เคยได้รับสัมผัสสารนี้ [UNEP 2010]

ในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป สาร HBCD ถูกจัดเป็นสารที่เป็นพิษต่อระบบการสืบพันธุ์ประเภท 2 (Reproductive toxicity, Category 2) ความเสี่ยง (ผลที่อาจเกิดขึ้น) จากการได้รับสารที่เป็นพิษต่อระบบการสืบพันธุ์ในปริมาณมาก)

ภาวะมีบุตรยาก:

สารที่เป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์อาจส่งผลให้เกิดภาวะมีบุตรยากลดภาวะเจริญพันธุ์ในเพศชายและหญิง สารพิษกลุ่มนี้มีผลต่อการผลิตสเปิร์ม ทำให้ไข่เสียคุณภาพ ทำลายสมดุลของฮอร์โมนหรือก่อความเสียหายต่อระบบสืบพันธุ์

ความผิดปกติโดยกำเนิด:

การรับสัมผัส (exposure) สารที่เป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์ในระยะใกล้คลอดจะเพิ่มความเสี่ยงที่ทารกจะผิดปกติตั้งแต่กำเนิด และส่งผลต่อพัฒนาการของทารก สารพิษสามารถซึมผ่านรกในครรภ์ และส่งผลโดยตรงต่อทารกในครรภ์ ทำให้ร่างกายและอวัยวะต่างๆ ของทารกในครรภ์ผิดปกติ

การขัดขวางการทำงานของฮอร์โมน:

สารที่เป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์สามารถเลียนแบบหรือรบกวนฮอร์โมนตามธรรมชาติในร่างกาย เช่น เอสโตรเจน หรือ แอนโดรเจน การขัดขวางการทำงานของฮอร์โมนทำให้ฮอร์โมนเสียสมดุล รอบเดือนผิดปกติ เสื่อมสมรรถภาพทางเพศ และเกิดปัญหาสุขภาพอื่นๆ ที่เกี่ยวกับระบบเจริญพันธุ์

การเสื่อมคุณภาพของอสุจิ:

สารที่เป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์ส่งผลกระทบต่อการผลิตอสุจิ การเคลื่อนที่และรูปร่างของอสุจิ ทำให้คุณภาพของอสุจิลดลง ทำให้มีบุตรยาก

มะเร็งชนิดไวต่อฮอร์โมน:

การรับสัมผัสสารที่เป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์ เชื่อมโยงกับความเสี่ยงสูงต่อการเจ็บป่วยด้วยโรคมะเร็งชนิดไวต่อฮอร์โมน เช่น มะเร็งเต้านม มะเร็งรังไข่ และมะเร็งต่อมลูกหมาก สารพิษกลุ่มนี้ขัดขวางภาวะสมดุลของฮอร์โมน และเร่งการขยายตัวของเซลล์มะเร็ง

ภาวะแทรกซ้อนของการตั้งครรภ์:

สารที่เป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์ส่งผลให้เกิดภาวะแทรกซ้อนของการตั้งครรภ์ เช่น การแท้งบุตร ภาวะตายคลอด ภาวะคลอดก่อนกำหนด และทารกแรกเกิดน้ำหนักน้อย ทารกในครรภ์เปราะบางเป็นพิเศษต่ออันตรายจากสารพิษกลุ่มนี้

พัฒนาการผิดปกติ:

สารที่เป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์บางชนิดทำให้เกิดความเสี่ยงเพิ่มขึ้นในด้านความบกพร่องของพัฒนาการในเด็ก เช่น กลุ่มอาการออทิสติก โรคสมาธิสั้น และความสูญเสียความสามารถของสมองในการจำ

ความเสี่ยง

(ผลที่อาจเกิดขึ้น)

จากการได้รับสารที่เป็นพิษต่อระบบการสืบพันธุ์ในปริมาณมาก

ผลกระทบจากการรับสัมผัสสารที่เป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์อาจแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับระดับของการรับสัมผัส ความไวในการตอบสนองของแต่ละบุคคล และระยะเวลาในการรับสัมผัสสารพิษ แนวทางสำคัญในการปกป้องอนามัยเจริญพันธุ์ (Reproductive Health) ได้แก่ การลดการรับสัมผัสสารที่เป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์ให้น้อยที่สุด เช่น สารเคมีบางชนิด โลหะที่เป็นพิษ สารกำจัดศัตรูพืช และยาบางชนิด เพื่อลดผลเสียที่เกี่ยวข้องให้น้อยที่สุด

อันตรายจากสาร HBCD



เป็นพิษเฉียบพลันและเรื้อรังต่อสัตว์น้ำขนาดเล็ก
สาร HBCD ที่มีโครงสร้างแบบแอลฟา สะสมในชั้นไขมันของ
สัตว์น้ำขนาดใหญ่ เช่น ปลาแซลมอน ปลาเทราต์ ปลาไหล



มีพิษต่อพืช เช่น ทำให้ข้าวโพดแคระแกรน
และกลายพันธุ์



เป็นพิษเรื้อรังต่อสัตว์ ต่อมนุษย์ และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม
โดยมีผลต่อดับ ระบบต่อมไร้ท่อ ระบบประสาทและสมอง
และระบบสืบพันธุ์



สามารถก่อภาวะบกพร่องทางสมองของทารก ซึ่งส่งผลต่อ
พัฒนาการและพฤติกรรมในช่วงชีวิตที่ตามมา อีกทั้งยัง
ถ่ายทอดสู่ลูกหลานในรุ่นถัดไปได้ แม้ไม่เคยได้รับหรือ
สัมผัสสารนี้



สะสมในเนื้อเยื่อไขมัน เลือด/น้ำเหลือง น้ำนมมารดา เส้นผม
สลายกร และเนื้อเยื่อทารกในครรภ์

ความบกพร่องที่อาจเกิด



ความเป็นพิษต่อระบบประสาท สมอง
เด็กหรือทารกในครรภ์มีพัฒนาการช้า



ระบบต่อมไร้ท่อทำงาน
ผิดปกติ ไทรอยด์เป็นพิษ



ระบบภูมิคุ้มกันทำงาน
ผิดปกติ



ตับโต



เสี่ยงต่อการเป็นมะเร็ง
ต่อมลูกหมาก และมะเร็ง
เต้านม

ระบบการสืบพันธุ์ทำงาน
ผิดปกติ และอาจแท้งบุตรง่าย

จากการประเมินความเสี่ยงและผลกระทบของสาร HBCD ต่อสุขภาพของมนุษย์ [US EPA (2014)] มีรายงานว่า

- สาร HBCD เป็นอันตรายระดับสูง ในด้านความเป็นพิษต่อการพัฒนาระบบประสาท (developmental neurotoxicity)
- สาร HBCD เป็นอันตรายระดับกลาง ในด้านความเป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์ และความเป็นพิษเรื้อรังที่เกิดขึ้นจากการได้รับสัมผัสสารซ้ำๆ

ผลการคาดการณ์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่า

- สาร HBCD เป็นอันตรายระดับกลาง ต่อการก่อมะเร็งและเป็นพิษต่อระบบประสาท และเป็นอันตรายในระดับต่ำต่อผลกระทบต่อสุขภาพในลักษณะอื่นๆ เช่น ความเป็นพิษต่อพันธุกรรม ความเป็นพิษอย่างฉับพลัน และการระคายเคืองต่อผิวหนัง

ในสหภาพยุโรปมีการประเมินความปลอดภัยของสารเคมี เป็นค่า Derived No Effect Level (DNEL) ที่กำหนดให้เป็นระดับที่ประชาชนและผู้ปฏิบัติงานได้รับแล้วจะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ โดย ECHA ได้ประมาณค่า DNEL ของสาร HBCD [ECHA (2023)] จากผลกระทบความเป็นพิษต่อการพัฒนาระบบประสาท ซึ่งเป็นอันตรายสูงสุดของสาร HBCD มีค่าเท่ากับ

- 719 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร สำหรับประชาชนทั่วไปที่ได้รับผ่านระบบทางเดินหายใจ
- 1,020 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (น้ำหนักตัว)/วัน สำหรับประชาชนทั่วไปที่ได้รับผ่านผิวหนัง
- 102 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (น้ำหนักตัว)/วัน สำหรับประชาชนทั่วไปที่ได้รับผ่านระบบทางเดินอาหาร

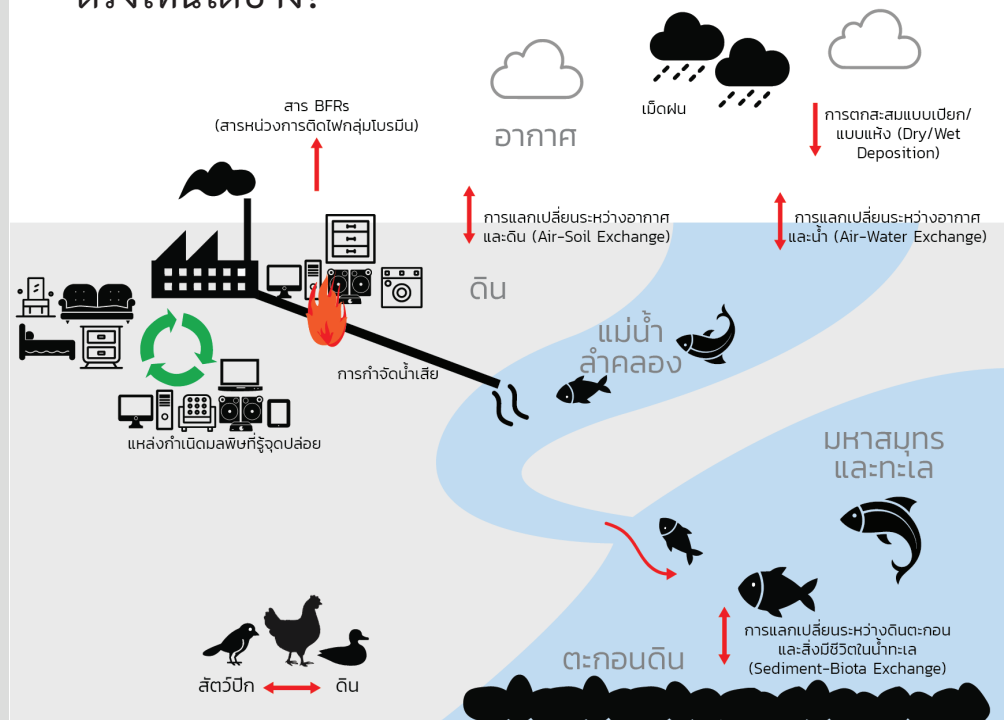
ส่วนค่า DNEL สำหรับผู้ปฏิบัติงานจะมีค่าเป็น 2 เท่าของประชาชนทั่วไป (ที่มีสุขภาพร่างกายหลากหลาย) โดยมีค่าเท่ากับ

- 1,430 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร เมื่อได้รับผ่านระบบทางเดินหายใจ
- 2,040 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (น้ำหนักตัว)/วัน เมื่อได้รับผ่านผิวหนัง

การเดินทาง ของสาร HBCD

ดัดแปลงจาก L. Dong et al.,
“New understanding of novel
brominated flame retardants
(NBFRs): Neuro(endocrine)
toxicity”, Ecotoxicology and
Environmental Safety 208
(2021) 111570

สาร HBCD จะเดินทางมาเจอเราและปนเปื้อนสิ่งแวดล้อม
ตรงไหนได้บ้าง?



- สาร HBCD ในฝุ่นโฝมจะหลุดออกไปปนเปื้อนดิน แล้วถูกน้ำฝนชะแฉวนลอยปะปนไปกับตะกอนดิน เข้าสู่แหล่งน้ำ สะสมที่ปากแม่น้ำ
- สาร HBCD ในฝุ่นโฝมสามารถลอยในอากาศหรือน้ำไปกับฝุ่นโฝมซึ่งสามารถแพร่กระจายได้ไกล
- สาร HBCD อาจเคลื่อนตัวเข้าไปปนเปื้อนฝุ่นที่เกาะตามแผ่นโฝมได้

การแพร่ กระจายของ สาร HBCD



จุดกำเนิดการปนเปื้อน

โรงงานและสถานประกอบการที่เกี่ยวข้องกับสาร HBCD



เส้นทางการหลุดรอด ไปสู่สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

การผลิต การประกอบ การติดตั้ง การซ่อมบำรุง การรื้อถอน การกำจัด การนำมาใช้ใหม่ และการเกิดเพลิงไหม้



ตัวพาไปสู่สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ฝุ่นโฝม น้ำ อากาศ ดิน/ตะกอนดิน และกากตะกอนน้ำเสีย

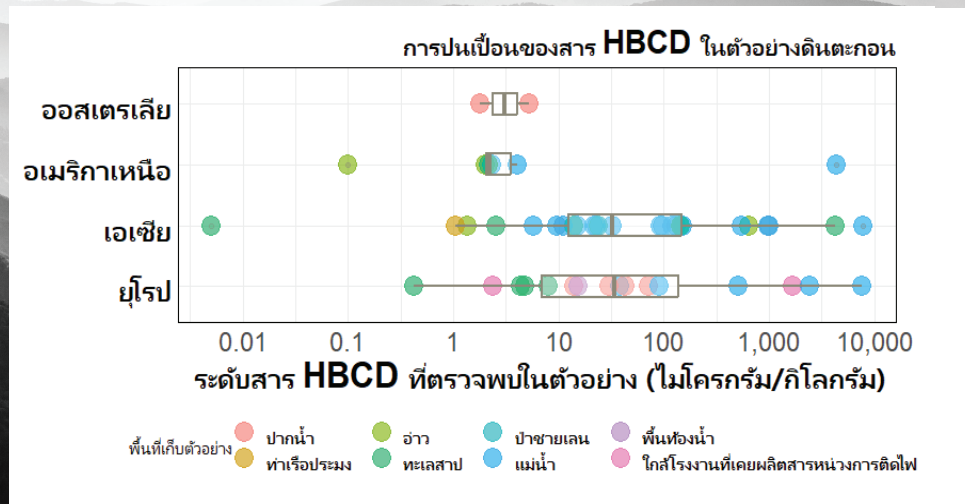


ช่องทางเข้าสู่ร่างกายมนุษย์

ปาก ผิวหนัง จมูก ตา และสายรก

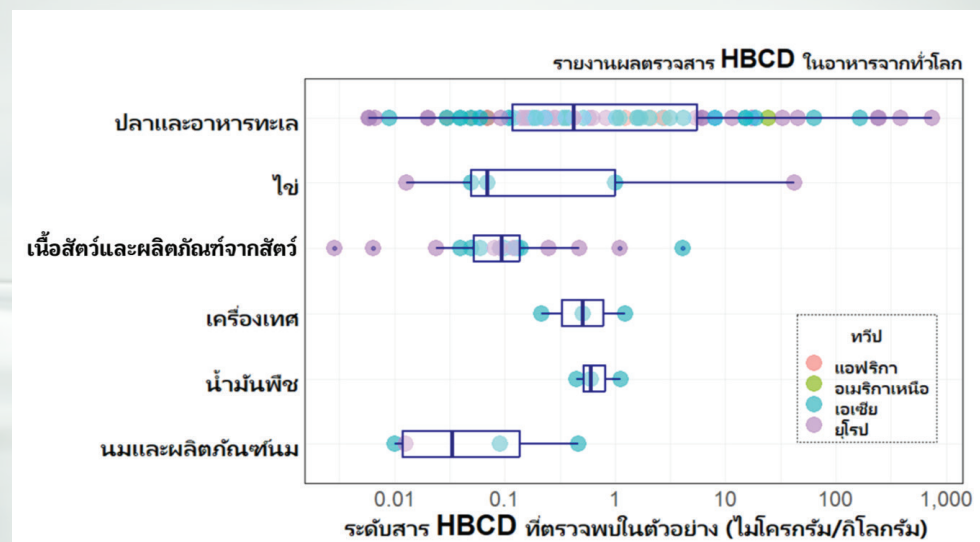
จากสิ่งแวดล้อม

☉ การสะสมในตะกอนดิน



ผลการตรวจสอบปริมาณสาร HBCD ในตะกอนดินในทั่วโลก พบมีการสะสมของสาร HBCD ทั่วทุกทวีป และมีตะกอนดินบางตัวอย่าง จากแถบทวีปยุโรป อเมริกาเหนือ และเอเชีย มีปริมาณสาร HBCD สูงกว่าค่าที่นำเป็นห่วง (Concentration of concerns: COC) สำหรับความเป็นพิษต่อไส้เดือนในตะกอนดิน (1,570 ไมโครกรัม/กก) [US. EPA (2020)]

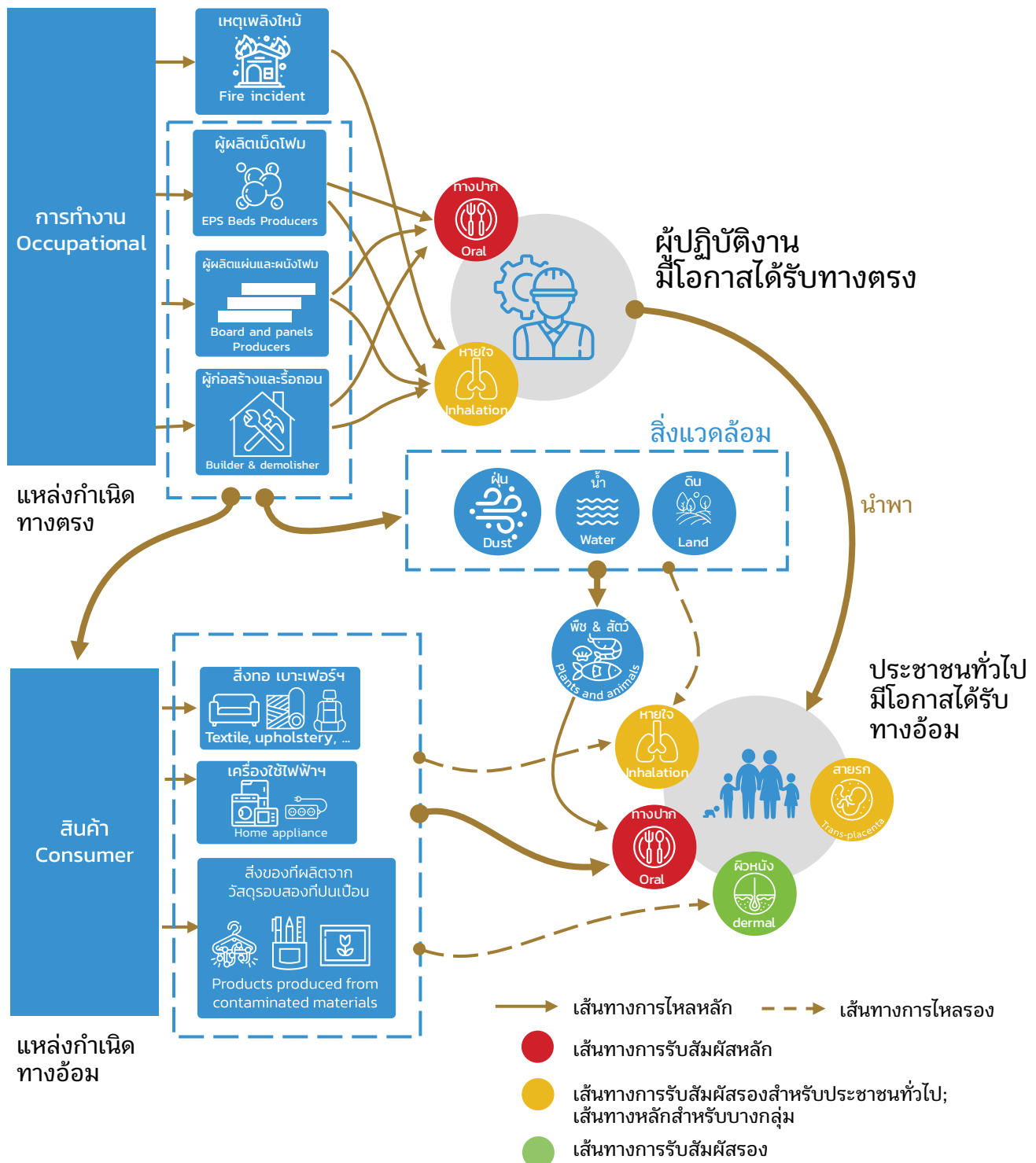
☉ การสะสมในห่วงโซ่อาหาร



ผลการตรวจสอบปริมาณสาร HBCD ในอาหารจากทั่วโลก พบอาหารจากทั่วทุกทวีปมีการปนเปื้อนสาร HBCD จากการตรวจสอบรายงานการศึกษาจากทั่วโลก ยังไม่พบว่ามีประเทศใดออกกฎหมายควบคุมปริมาณสาร HBCD ในอาหาร

อย่างไรก็ดี ในปี พ.ศ. 2564 EFSA ได้ปรับปรุงผลการประเมินความเสี่ยงของสาร HBCD ในอาหาร โดย ได้ใช้ค่าระดับการได้รับสาร HBCD อย่างต่อเนื่องจากอาหารที่จะก่อผลเสียต่อมนุษย์ ที่ 2.35 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน ในการคำนวณค่า margin of exposure (MOE) และประเมินว่าค่า MOE ที่สูงกว่า 24 จะบ่งบอกว่าระดับความกังวลต่อสุขภาพอยู่ในระดับต่ำ [EFSA (2021)]

เส้นทางการไหลและ เส้นทางการได้รับสาร HBCD ของมนุษย์



หมายเหตุ: *พลาสติกกรอบสอง หรือพลาสติกที่เป็นวัสดุรอบสอง (secondary material) ที่นิยามว่าเป็นวัสดุที่ผ่านการใช้งานแล้วนำเข้ากระบวนการผลิตเพื่อนำไปใช้งานต่อ (ISO/CD 59014, 2022)

“According to technical experts on the Partnership, between 2011 and 2014 there were only three viable flame retardant alternatives to HBCD for use in expanded and extruded polystyrene foam (EPS and XPS) insulation under current manufacturing processes.... No non-brominated flame retardants are known to be compatible in polystyrene manufacturing and associated flame tests.”

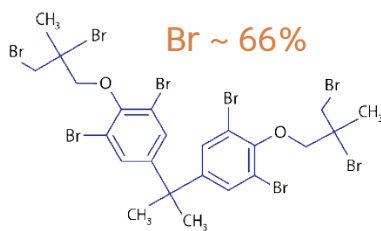
US EPA 2014

สารทดแทน HBCD

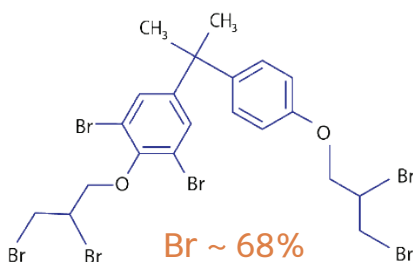
การใช้สารหน่วงการติดไฟเพื่อทดแทนสาร HBCD แบ่งได้เป็น 2 แนวทาง คือ การใช้อนุพันธ์ของสาร TBBPA และการใช้สารหน่วงการติดไฟประเภท brominated copolymer (PolyFR) ซึ่งแต่ละแนวทางมีข้อดี/ข้อเสียที่แตกต่างกัน

อย่างไรก็ตามสาร TBBPA และอนุพันธ์ของสาร TBBPA เพิ่งถูกขึ้นบัญชีเป็น **SVHC (Substance of very high concern)** ภายใต้กฎหมาย REACH ของสหภาพยุโรป อีกทั้งสาร TBBPA ยังถูกจัดเป็นสารที่น่าจะเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ (probably carcinogenic to humans) กลุ่ม 2A ในขณะที่ PolyFR เอง ก็มีหลักฐานมากขึ้นเรื่อยๆ ว่าสามารถแตกตัวและปลดปล่อยสารอันตรายคล้ายกับสารในตระกูล TBBPA จึงควรมีความระมัดระวังในการผลิตและการใช้โฟมที่มีสารหน่วงการติดไฟ ไม่ว่าจะเป็นสาร HBCD หรือไม่ก็ตาม

ตระกูล TBBPA

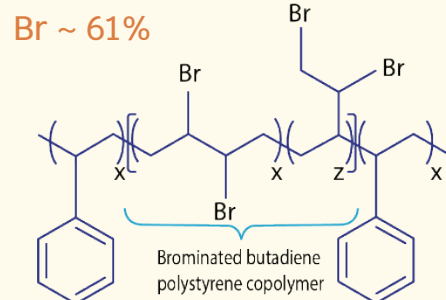


Pyroguard SR-130; SR-13
TBBPA-DBMPE (CAS No: 97416-84-7)



Pyroguard SR 720; Fireguard 3100; FR-720;
...
TBBPA-DBPE (CAS No: 21850-44-2)

Butadiene styrene brominated copolymer



Emerald 3000; FR122P
Brominated butadiene styrene copolymer
“PolyFR” (CAS No: 1195978-93-8)

PolyFR เป็นสารหน่วงการติดไฟที่พัฒนาขึ้นใหม่ เพื่อใช้ทดแทนสาร HBCD โดยเฉพาะ สารนี้เป็นโพลิเมอร์จึงมีความเสถียรมากกว่า และดูดซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อต่างๆ ในร่างกายมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้ยากกว่า แต่สารนี้มีราคาต่อหน่วยน้ำหนักแพงกว่าสารหน่วงการติดไฟตระกูล TBBPA อีกทั้งยังมีปริมาณ Br ต่อน้ำหนักต่ำกว่า ทำให้ต้องใช้ในปริมาณที่มากกว่า

เปรียบเทียบความเป็นอันตรายของสารหน่วงการติดไฟสำหรับโฟม EPS ระหว่างสาร HBCD กับ สารทดแทน

สารทดแทน HBCD ทั้ง PolyFR และ ตระกูล TBBPA (TBBPA-DBMPE และ TBBPA-DBPE) เมื่อวิเคราะห์ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยมนุษย์ในด้านต่างๆ พบว่า



สาร TBBPA-DBMPE และ TBBPA-DBPE มีผลต่อสุขภาพอนามัยมนุษย์ในระดับที่แทบไม่ต่างกันจากสาร HBCD และยังมีความเป็นพิษปานกลางต่อพัฒนาการและผลทางพันธุกรรม ขณะที่ polyFR เป็นสายโซ่ยาว จึงเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ และ แตกตัวยาก ทำให้มีความเป็นพิษต่ำ ขณะเดียวกัน เมื่อวิเคราะห์ผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและสิ่งแวดล้อม



สาร TBBPA-DBMPE และ TBBPA-DBPE มีผลต่อสิ่งแวดล้อม โดยตกค้างยาวนาน และสะสมในสิ่งมีชีวิต ซึ่งอาจค่อยๆ แตกตัวเป็นสารอื่นที่อาจเป็นอันตรายได้ จึงต้องอัปเดตข้อมูลการศึกษาถึงการสลายตัวของสารกลุ่มนี้อย่างใกล้ชิด



polyFR มีโมเลกุลเป็นสายโซ่ยาว จึงตกค้างในสิ่งแวดล้อมได้นาน และอาจค่อยๆ แตกตัวเป็นสารอื่นที่อาจเป็นอันตรายได้ จึงต้องอัปเดตข้อมูลการศึกษาถึงการสลายตัวของสารกลุ่มนี้อย่างใกล้ชิด

ผลต่อสุขภาพอนามัยมนุษย์

VL = Very Low (ความเป็นพิษต่ำมาก) L = Low (ความเป็นพิษต่ำ) M = Moderate (ความเป็นพิษปานกลาง) H = High (ความเป็นพิษสูง) VH = Very High (ความเป็นพิษสูงมาก) และ ตัวท้อย-S= ข้อมูลจากการคำนวณหรือการจำลองทางคณิตศาสตร์

BFR	พิษเฉียบพลัน (Acute Toxicity)	ก่อมะเร็ง (Carcinogenicity)	ผลทางพันธุกรรม (Genotoxicity)	ระบบการสืบพันธุ์ (Reproductive)	ผลต่อพัฒนาการ (Developmental)	ผลต่อระบบประสาท (Neurological)	ผลเสียเมื่อรับซ้ำๆ (Repeated Dose)	การแพ้ต่อผิวหนัง (Skin Sensitization)	ระคายเคืองตา (Eye Irritation)	ระคายเคืองผิว (Dermal Irritation)
HBCD	L	M	L	M	H	M	M	L	VL	VL
PolyFR	L	L	L	L	L	L	L	L	M	L
TBBPA-DBMPE	L _s	M _s	M _s	M _s	M _s	L	M _s	LS	L	L
TBBPA-DBPE	L	M	M	M	M	L	M	L	L	L

ผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและสิ่งแวดล้อม

BFR	สิ่งมีชีวิตในน้ำ		สิ่งแวดล้อม	
	พิษเฉียบพลัน (Acute)	ผลระยะยาว (Chronic)	ตกค้างยาวนาน (Persistent)	สะสมในสิ่งมีชีวิต (Bioaccumulation)
HBCD	VH	VH	H	VH
PolyFR	L	L	VH	L
TBBPA-DBMPE	L	L	H	H
TBBPA-DBPE	L	L	VH	H

ที่มา: US EPA 2014, “FLAME RETARDANT ALTERNATIVES FOR HEXABROMOCYCLODODECANE (HBCD)”

อนุสัญญาสตอกโฮล์ม ปกป้องสุขภาพมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม จากสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน



2

Stockholm convention

protecting human health and the environment from the adverse effects of POPs



อนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วยการจัดการสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน (Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants: POPs) เป็นข้อตกลงระหว่างประเทศที่ได้ผ่านการรับรองโดยประเทศภาคีสมาชิกเมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2547 และเริ่มมีผลบังคับใช้ เมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม พ.ศ. 2547

อนุสัญญานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อร่วมกันปกป้องสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมจากสารเคมีกลุ่ม “มลพิษที่ตกค้างยาวนาน” หรือสาร POPs ซึ่งเป็นกลุ่มสารเคมีที่มีลักษณะเฉพาะตัวที่ทำให้แต่ละประเทศไม่สามารถแก้ไขปัญหาค้นคว้าได้โดยลำพัง ได้แก่ ความเป็นพิษสูง สลายตัวในสิ่งแวดล้อมได้ยาก เคลื่อนที่ข้ามพรมแดนได้ไกล และสามารถสะสมในสิ่งมีชีวิตในห่วงโซ่อาหารและในสิ่งแวดล้อมได้มาก

ปัจจุบัน (นับถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2566) อนุสัญญาสตอกโฮล์มฯ มีประเทศต่างๆ ให้สัตยาบันรวมแล้วทั้งสิ้น 186 ประเทศ โดยประเทศไทยให้สัตยาบันเข้าร่วมเป็นภาคีสมาชิกในอนุสัญญาสตอกโฮล์มฯ เมื่อวันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2548 ส่งผลให้อนุสัญญามีผลบังคับใช้กับประเทศไทย ตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2548 เป็นต้นมา โดยมีกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ทำหน้าที่เป็นศูนย์ประสานงานกลางอนุสัญญาสตอกโฮล์มฯ (Stockholm Convention Official Contact Point)

อนุสัญญาสตอกโฮล์ม มีกลไกการจัดการสาร POPs ภายใต้อนุสัญญา เพื่อลดความเสี่ยงจากสาร POPs โดยกระบวนการนี้ เริ่มจากการบ่งชี้และขึ้นทะเบียนสารเคมีที่จำเป็นต้อง “จัดการ” โดย SC มีกลไกให้ภาคีสมาชิกเสนอชื่อสารเคมีที่เข้าข่ายสาร POPs ที่เห็นว่าควรมีมาตรการดำเนินการในระดับนานาชาติ ให้ SC พิจารณา

ในการนี้ SC ได้มีการจัดตั้งคณะกรรมการวิชาการ (POPs reviewing committee: POPRC) ขึ้นมาเพื่อศึกษาและทบทวนข้อมูลของสารเคมีที่มีการเสนอชื่อขึ้นมา โดยผ่านขั้นตอนการศึกษาตามที่ได้ตกลงกันไว้ใน Annex D, E และ F ของอนุสัญญาฯ ซึ่งหากพบว่าสารที่ได้ศึกษามีความเสี่ยงสูง POPRC จะดำเนินการเสนอชื่อต่อที่ประชุมรัฐภาคี (SC COP) เพื่อพิจารณาบรรจุรายชื่อสารเคมีใน Annex A B หรือ C ตามความเหมาะสม

หาก SC COP พิจารณาแล้วมีมติเห็นควรบรรจุ สารเคมีเป็นสาร POPs ภายใต้อนุสัญญาสตอกโฮล์ม ก็จะมีการเพิ่มรายชื่อสารนั้น ใน Annex ต่างๆ ตามความเหมาะสม ทั้งนี้ หลังจากที่มีการเพิ่มรายชื่อสาร POPs ในภาคผนวกของอนุสัญญาฯ ประเทศภาคีสมาชิกมีพันธกรณีที่จะต้องทำการทบทวนกลไกการจัดการภายในประเทศ และนำเสนอแผนจัดการระดับชาติเพื่อการปฏิบัติตามอนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน (National implementation plan: NIP) ต่อสำนักเลขาธิการอนุสัญญาฯ ภายใน 2 ปี หลังจากที่มีการขึ้นบัญชีสารนั้นๆ มีผลบังคับใช้กับประเทศของตน ทั้งยังต้องมีการทบทวนและปรับปรุงแผนให้มีความทันสมัย ทุกๆ 5 ปี

ในช่วงการดำเนินการตามแผน NIP อนุสัญญาสตอกโฮล์ม มีกลไกให้ความช่วยเหลือภาคีสมาชิก เพื่อให้สามารถกำจัดหรือจำกัดการผลิต การใช้ การนำเข้า และการส่งออกสารเคมีในบัญชี และนำสารที่ยังคงค้างอยู่ไปกำจัดอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ ซึ่งความช่วยเหลือนี้ครอบคลุมการให้ความช่วยเหลือทางเทคนิค ได้แก่ การส่งเสริมการใช้ BAT/BEP การศึกษาแนวทางการทดแทน การสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา และการตรวจติดตาม และการให้ความช่วยเหลือทางการเงิน

ประเทศภาคีสมาชิกต้องจัดทำรายงานผลการดำเนินการกับสารต่างๆ ให้สำนักเลขาธิการอนุสัญญาฯ ทราบทุก 4 ปี นอกจากนี้ อนุสัญญาสตอกโฮล์มยังได้มีการตั้งคณะกรรมการติดตามประเมินผลที่มีหน้าที่ติดตามความก้าวหน้า และประเมินผลสัมฤทธิ์ของอนุสัญญาฯ ในการจัดการกับสาร POPs แต่ละรายการทุกๆ 4 ปี เช่นเดียวกัน

2544	อนุสัญญาสตอกโฮล์ม (SC) มีวัตถุประสงค์เพื่อปกป้องสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมจากสาร POPs อนุสัญญานี้ผ่านการรับรองโดยประเทศภาคีสมาชิกเมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2544
2547	SC เริ่มมีผลบังคับใช้เมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม พ.ศ. 2547
2566	ปัจจุบัน (ปี พ.ศ. 2566) มีประเทศต่างๆ ให้สัตยาบันรวมทั้งสิ้น 186 ประเทศ โดยมีประเทศสหรัฐอเมริกา อิสราเอล ไซปรัส บรูไน และมาเลเซีย ที่ยังไม่ได้ให้สัตยาบัน

ประเทศไทย ลงนามในอนุสัญญาสตอกโฮล์มเมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2546 และให้สัตยาบันเมื่อวันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2548 โดยอนุสัญญานี้ เริ่มมีผลบังคับใช้กับไทย ตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2548



อนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วย สารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน

2544



ลงนาม พ.ศ. 2544

2547



มีผลบังคับ พ.ศ. 2547



เป็นข้อตกลงระดับนานาชาติ เพื่อปกป้องสุขภาพของมนุษย์ และสิ่งแวดล้อมจากสาร POPs



มีกลไกการบริหารจัดการด้านการจัดการ Non-compliance การยุติข้อขัดแย้ง การประชุม COP การแก้ไขอนุสัญญา ฯลฯ



มีกลไกทางกฎหมาย เพื่อให้มีการกำจัดหรือลดการปล่อยสาร POPs ในประเทศภาคีสมาชิก ทั้งที่มาจากการจงใจผลิต การใช้งาน และการก่อ/ปลดปล่อยโดยไม่ตั้งใจ



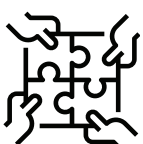
ภาคีสมาชิก: เมื่อมีการขึ้นบัญชีรายชื่อสาร POPs รายการใหม่ ภาคีสมาชิกมีพันธกรณีที่ต้องประเมินสถานการณ์ภายในประเทศ และจัดทำรายงานเสนอต่อสำนักเลขาธิการอนุสัญญาฯ ภายในกำหนด 2 ปี



มีกลไกให้ความช่วยเหลือด้านเทคนิคและด้านเงินทุน เพื่อช่วยเหลือสมาชิกในประเทศกำลังพัฒนาให้จัดการสาร POPs ภายในประเทศได้



ภาคีสมาชิก: ต้องปฏิบัติตามข้อตกลง โดยมีแผนการดำเนินการ การตรวจติดตาม การรายงาน ความคืบหน้า การประเมินประสิทธิผล การสร้างความตระหนัก การเปิดเผยข้อมูลต่อสาธารณะ การให้การศึกษา ฯลฯ



มีกลไกความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนข้อมูล การวิจัยพัฒนา และการตรวจติดตาม

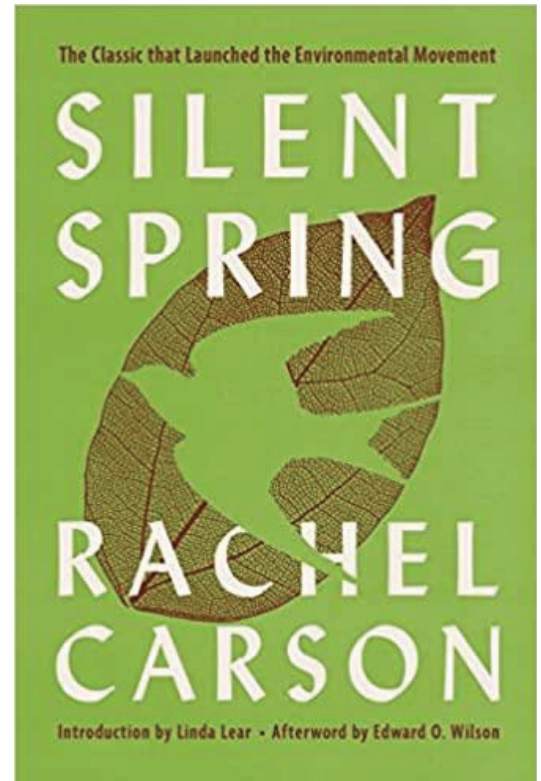
สาร POPs ภัยเงียบที่น่ากลัว

ภัยเงียบ มนุษย์และสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติ อาจได้รับและสะสมในร่างกายอย่างต่อเนื่อง โดยไม่รู้ตัว

เป็นพิษ ส่งผลเสียต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม สาร POPs ตามอนุสัญญาสตอกโฮล์ม อาจเป็นสารก่อมะเร็ง ก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ เป็นพิษต่อระบบการสืบพันธุ์ ก่อขวางการทำงานของต่อมไร้ท่อ (ฮอร์โมน) รวมทั้งเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมในน้ำ

สะสม สาร POPs สามารถคงสภาพอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้เป็นเวลานาน ทั้งยังสามารถสะสมในสิ่งมีชีวิตและเพิ่มปริมาณสูงขึ้นผ่านการกินเป็นทอดๆ ในห่วงโซ่อาหาร

เคลื่อนที่ไกล สาร POPs สามารถเคลื่อนที่ไปได้ไกล โดยผ่านกระแสลม กระแสน้ำ สัตว์อพยพ ฯลฯ และเมื่อผนวกกับความทนทานของสารเหล่านี้แล้ว ก็จะทำให้สามารถพบสาร POPs ได้ในทั่วทุกหนทุกแห่งทั่วโลก



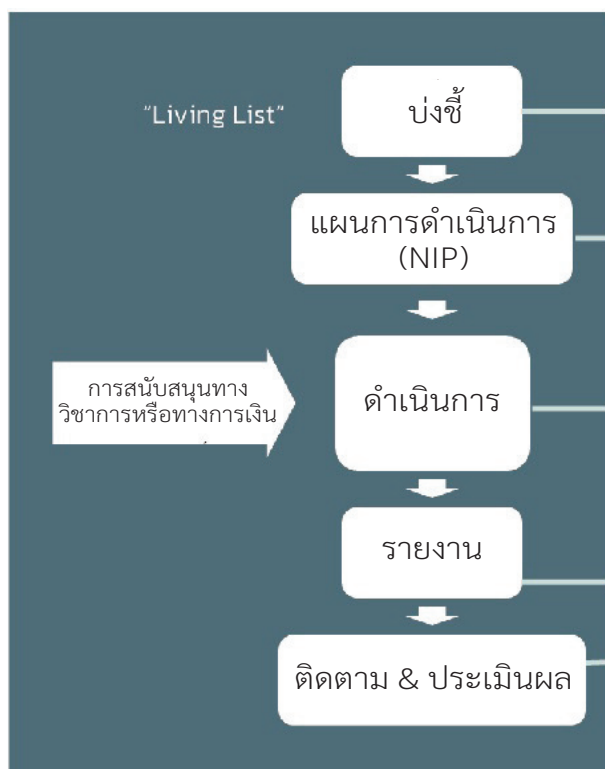
สาร POPs
สามารถถ่ายทอดจากแม่สู่ลูกได้
ทางสายรก และการบริโภคน้ำนมมารดา

“People may be exposed to POPs through the routes of ingestion, inhalation, and dermal contact. Children are additionally exposed prenatally beginning at conception, then through the placenta because of the mother’s previous or current exposures. Infants are exposed through breastfeeding. Preconception exposures also are a concern.”

WHO (2010)

POPs

กลไกการ “จัดการ” สาร POPs ภายใต้ SC



ศึกษา & ขึ้นบัญชีสารเคมีที่จำเป็นต้อง “จัดการ” (POPRC & COP)

ภายใน 2 ปีหลังการขึ้นทะเบียนสารมีผลบังคับใช้ & ทบทวนแผนทุก 5 ปี (ประเทศภาคีสมาชิก)

(ประเทศภาคีสมาชิก)

- ดำเนินการตาม NIP
- ส่งเสริมการใช้ BAT/BEP & แนวทางการทดแทน
- แลกเปลี่ยนข้อมูล & ให้ข้อมูลกับ SC
- สร้างความตระหนัก ให้การศึกษา ให้ข้อมูลต่อสาธารณะ
- ให้การสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา และ การตรวจติดตาม

ทุก 4 ปี (ประเทศภาคีสมาชิก)

ทุก 4 ปี (EEC: คณะกรรมการติดตามประเมินผล)

เกณฑ์การประเมินสารเคมีเพื่อขึ้นบัญชีสาร POPs

มีความคงทน:

มีค่าครึ่งชีวิต

ในน้ำ > 2 เดือน หรือ

ในดิน > 6 เดือน หรือ

ในตะกอนดิน > 6 เดือน

สามารถสะสมในสิ่งมีชีวิตได้มาก

สามารถสะสมและเพิ่มความเข้มข้นขึ้นในห่วงโซ่อาหาร

มีค่า BCF (Bio-concentration Factor) หรือ BAF (Bio-accumulation Factor) ในสัตว์น้ำ สูงกว่า 5,000 หรือ มีค่า log Kow สูงกว่า 5 (กรณีไม่มีข้อมูล BCF หรือ BAF)

สามารถเคลื่อนที่ในสิ่งแวดล้อมได้ไกล

มีหลักฐานการพบในที่ห่างไกลจากแหล่งกำเนิด หรือ มีค่าครึ่งชีวิตในอากาศ มากกว่า 2 วัน (กรณีเคลื่อนที่ทางอากาศ)

ส่งผลเสีย:

- ทำลายระบบสืบพันธุ์
- ทำลายระบบภูมิคุ้มกัน
- ทำลายระบบต่อมไร้ท่อ
- ทำลายระบบประสาทส่วนกลางและระบบปลายประสาท
- ชะลอพัฒนาการของร่างกาย
- ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง
- ส่งผ่านจากมารดาไปยังทารก

บัญชีรายชื่อสาร POPs ภายใต้อนุสัญญาสตอกโฮล์ม

บัญชี A



Annex A: Elimination - สารที่ต้องเลิกการผลิต/ใช้

ภาคีสมาชิกต้องห้ามหรือดำเนินมาตรการในประเทศ ที่จะให้เลิกกิจกรรมดังต่อไปนี้ การผลิต การใช้ การนำเข้า และส่งออกสาร POPs โดยมีข้อยกเว้นพิเศษ (Special exemptions) ในการผลิตและการใช้สำหรับภาคีสมาชิกที่มีรายชื่อในบัญชีประเทศที่ขอรับการยกเว้น และจะดำเนินมาตรการที่จำเป็นด้วยเทคนิคที่ดีที่สุดและแนวการปฏิบัติด้านสิ่งแวดล้อมที่ดีที่สุด (BAT & BEP) ในการจัดการสาร POPs ในส่วนของการนำเข้าและส่งออกจะต้องดำเนินการภายใต้ข้อยกเว้นพิเศษ (Special exemptions)

บัญชี B



Annex B: Restriction - สารที่ต้องจำกัดการผลิต/ใช้

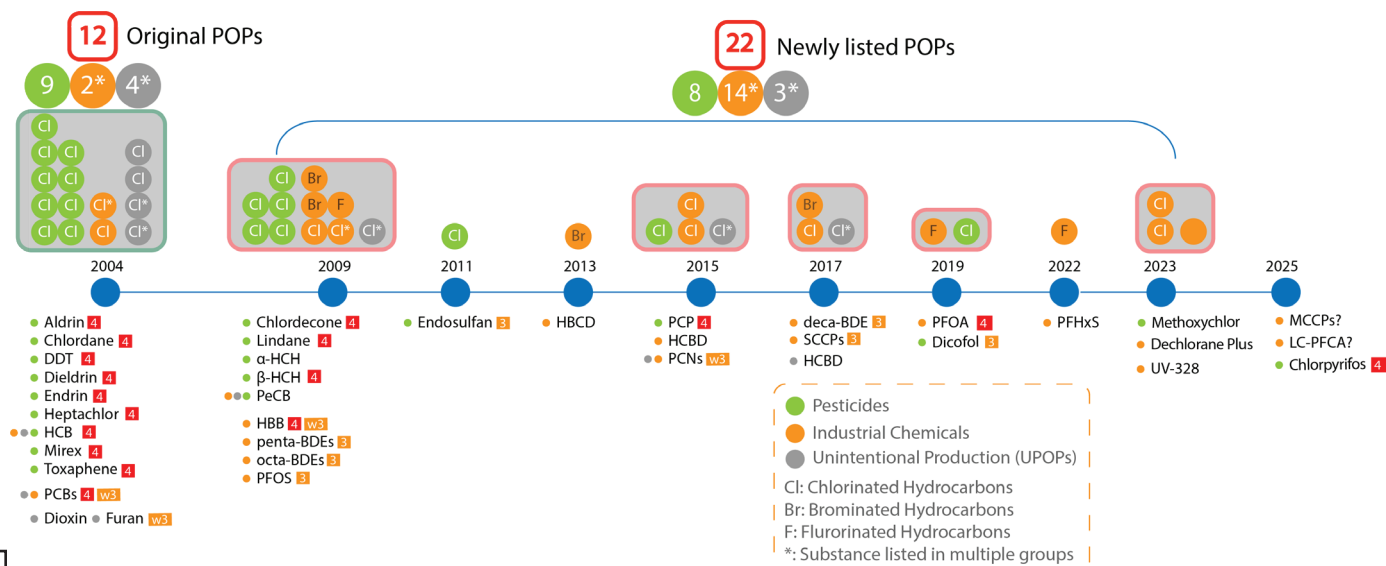
ภาคีสมาชิกต้องจำกัดกิจกรรมดังต่อไปนี้ การผลิต การใช้ การนำเข้า และส่งออกสาร POPs โดยมีการจดทะเบียนการผลิตและการใช้งานในวัตถุประสงค์ที่ยอมรับได้ (Acceptable purpose) และข้อยกเว้นพิเศษ (Specific exemptions) ในการผลิตและการใช้ สำหรับภาคีสมาชิกที่มีรายชื่อในบัญชีประเทศที่ขอรับการยกเว้น

บัญชี C



Annex C: Unintentional release - สารที่ปลดปล่อยโดยไม่ตั้งใจ

ภาคีสมาชิกต้องดำเนินมาตรการในประเทศ เพื่อลดและกำจัดการปลดปล่อยสาร POPs ที่ไม่ได้ตั้งใจผลิต โดยดำเนินมาตรการที่จำเป็นด้วยเทคนิคที่ดีที่สุดและแนวการปฏิบัติด้านสิ่งแวดล้อมที่ดีที่สุด (BAT & BEP) ในการลดการปลดปล่อยสาร POPs ที่ไม่ได้ตั้งใจปล่อย



ในช่วงเริ่มต้นของอนุสัญญาฯ ที่ประชุม COPs ได้ขึ้นบัญชีสารเคมี 12 ชนิดเข้าไว้ใน Annex A และ C ของอนุสัญญา สารเหล่านี้ รู้จักกันในนาม ‘Dirty dozen’ หรือ ‘Original POPs’ ต่อมา ที่ประชุม COPs ก็ได้มีการพิจารณารายการสารเคมีที่มีสมบัติเป็นสาร POPs ที่จำเป็นต้องใช้กลไก ระดับนานาชาติ เพื่อปกป้องความเสี่ยงต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างมีประสิทธิภาพ

ตราบจนถึงการประชุม COPs ครั้งที่ 11 (พฤษภาคม พ.ศ. 2566) อนุสัญญาสตอกโฮล์ม ได้ขึ้นบัญชีสาร POPs รวมแล้ว 34 รายการ โดยบรรจุใน

Annex A 30 รายการ*

Annex B 2 รายการ และ

Annex C 7 รายการ*

นอกจากนี้ มีสารเคมีอีก 2 กลุ่ม ได้แก่ MCCPs และ Long-chain PFCA ที่อยู่ระหว่างการพิจารณาของ POPs Reviewing Committee (POPRC)

หมายเหตุ (*) มีสารเคมี 5 รายการที่มีรายชื่อปรากฏทั้ง Annex A และ C

กลุ่มของสาร POPs

สาร POPs ภายใต้อนุสัญญาสตอกโฮล์ม สามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ตามลักษณะการเกิดหรือการใช้งาน ดังนี้



เคมีเกษตร

Aldrin, Chlordane,
Chlordecone, Dicofol,
Dieldrin, Endrin,
Heptachlor, HCB*,
 α -HCH, β -HCH, Lindane,
Methoxychlor, Mirex, PeCB,
PCP, Toxaphene
DDT (Annex B)
PFOS (Annex B)



เคมีอุตสาหกรรม

c-decaBDE,
c-octaBDEs,
c-pentaBDEs,
Dechlorane Plus,
HBB, HBCD, HCB, HCBd,
PCBs, PCNs, PFOA, PFHxS,
SCCPs, UV-328
PFOS (Annex B)



สารที่ก่อโดยไม่ตั้งใจ หรือ UPOPs

HCB, HCBd, PCBs, PCP,
PCNs, Dioxin, Furan



พันธกรณีที่สำคัญ

ประเทศภาคีสมาชิก มีพันธกรณีที่ต้องดำเนินการ ให้เป็นไปตาม ข้อตกลงของอนุสัญญาที่ได้ให้สัตยาบันไว้ สรุปได้ดังนี้

- บริหารจัดการเพื่อเลิกผลิต เลิกใช้ สาร POPs (ข้อบทที่ 3)
ใช้มาตรการทางกฎหมายและทางการบริหาร เพื่อนำไปสู่การเลิกผลิต เลิกใช้ เลิกนำเข้า หรือส่งออก สาร POPs ประเภทที่มีการใช้งานอย่างจริงจัง
- ลดการปลดปล่อยสาร POPs ประเภทปลดปล่อยโดยไม่ตั้งใจ (ข้อบทที่ 5)
ใช้มาตรการทางกฎหมายและทางการบริหาร รวมถึงการส่งเสริมการใช้สารทดแทน เพื่อนำไปสู่การลด การปลดปล่อย UPOPs
- ดูแลจัดการสาร POPs ที่ยังคงค้าง ของเสีย รวมถึงพื้นที่ปนเปื้อน (ข้อบทที่ 6)
- จัดทำแผนระดับชาติเพื่อการปฏิบัติตามอนุสัญญาฯ รวมถึงการทบทวนและปรับปรุงแผนฯ ให้เป็น ปัจจุบัน ตามความเหมาะสม (ข้อบทที่ 7)
- พัฒนาทำเนียบข้อมูลต่างๆ อาทิ การปลดปล่อยและเคลื่อนย้ายมลพิษ (ข้อบทที่ 10 วรรค 5)
- เผยแพร่ข้อมูลและสร้างความตระหนักเกี่ยวกับสาร POPs (ข้อบทที่ 9 & 10)
- ส่งเสริมการวิจัยและพัฒนา การติดตามตรวจสอบ และการเสริมขีดความสามารถในเรื่องเกี่ยวกับสาร POPs (ข้อบทที่ 11)
- จัดส่งรายงานของประเทศ (National Report) (ข้อบทที่ 15)
- สนับสนุนการประเมินความมีประสิทธิภาพของอนุสัญญา (National Report) (ข้อบทที่ 16)

สาร HBCD

ในอนุสัญญาสตอกโฮล์ม



บรรจุรายชื่อ
ใน Annex A
(สารที่ต้องกำจัด)

พ.ศ. 2566
SC-6/13

สาร HBCD ถูกผนวกเป็นสาร POPs ภายใต้อนุสัญญาสตอกโฮล์ม เมื่อปี พ.ศ. 2556 โดยมีข้อผ่อนผัน (Specific exemptions) ให้กับภาคีสมาชิกที่มีรายชื่อในทะเบียนสมาชิกที่ขอผ่อนผัน ในการผลิตตามที่ได้รับอนุญาต และการใช้ในโฟม EPS และ XPS ในงานอาคาร โดยมีเงื่อนไขว่าจะต้องดำเนินการที่จำเป็นเพื่อให้มั่นใจว่า มีการติดป้ายบ่งชี้โฟม EPS/XPS ที่มีสาร HBCD หรือใช้มาตรการอื่นๆ เพื่อให้สามารถบ่งชี้โฟมเหล่านี้ได้ตลอดวงจรชีวิตของโฟม

ทั้งนี้ UNEP ได้จัดทำเอกสารแนวทางการปฏิบัติต่างๆ เพื่อการดำเนินการให้สอดคล้อง ต่อทั้ง อนุสัญญาสตอกโฮล์มและอนุสัญญาบาเซล และเพื่อให้สมาชิกใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติให้สอดคล้องกับข้อตกลงดังกล่าว

"Each Party that has registered for the exemption pursuant to Article 4 for the production and use of HBCD for EPS and XPS in buildings shall take necessary measures to ensure that EPS and XPS containing HBCD can be easily identified by labelling or other means throughout its life cycle."

SC-6/13

การดำเนินการในประเทศไทย



ประเทศไทย

ทำการควบคุมสาร POPs ผ่านกฎหมายหลัก ได้แก่

พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535

และพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535

การควบคุมสาร POPs

กำหนดให้สาร POPs เป็นวัตถุอันตรายภายใต้ พระราชบัญญัติ วัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 เพื่อควบคุมการผลิต การนำเข้า การส่งออก และการมีสาร POPs ไว้ในครอบครอง

การควบคุมสาร UPOPs

กำหนดค่ามาตรฐานการปลดปล่อยสารไดออกซินและฟิวแรน จากแหล่งกำเนิดต่างๆ ภายใต้พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษา คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 และพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535

สาร POPs ที่ถูกควบคุม เป็นวัตถุอันตรายแล้ว ได้แก่

- | | |
|------------------|-------------------------------------|
| 1. Aldrin | 13. HCB |
| 2. Chlordane | 14. Lindane |
| 3. Chlordecone | 15. Mirex |
| 4. DDT | 16. c-octaBDE |
| 5. c-decaBDE | 17. PCBs |
| 6. Dieldrin | 18. c-pentaBDE |
| 7. Endosulfan | 19. PFOA |
| 8. Endrin | 20. PFOS, its salts & PFOSF |
| 9. α -HCH | 21. Toxaphene |
| 10. β -HCH | 22. SCCPs |
| 11. Heptachlor | (Short-chain chlorinated paraffins) |
| 12. HBB | 23. Chlorpyrifos |

สาร POPs ที่อยู่ระหว่าง การพิจารณาบรรจุเป็นวัตถุอันตราย ณ ปี พ.ศ. 2566 ได้แก่

1. HBCD
2. HCBD
3. PCNs
4. PCP
5. PeCB
6. PFHxS

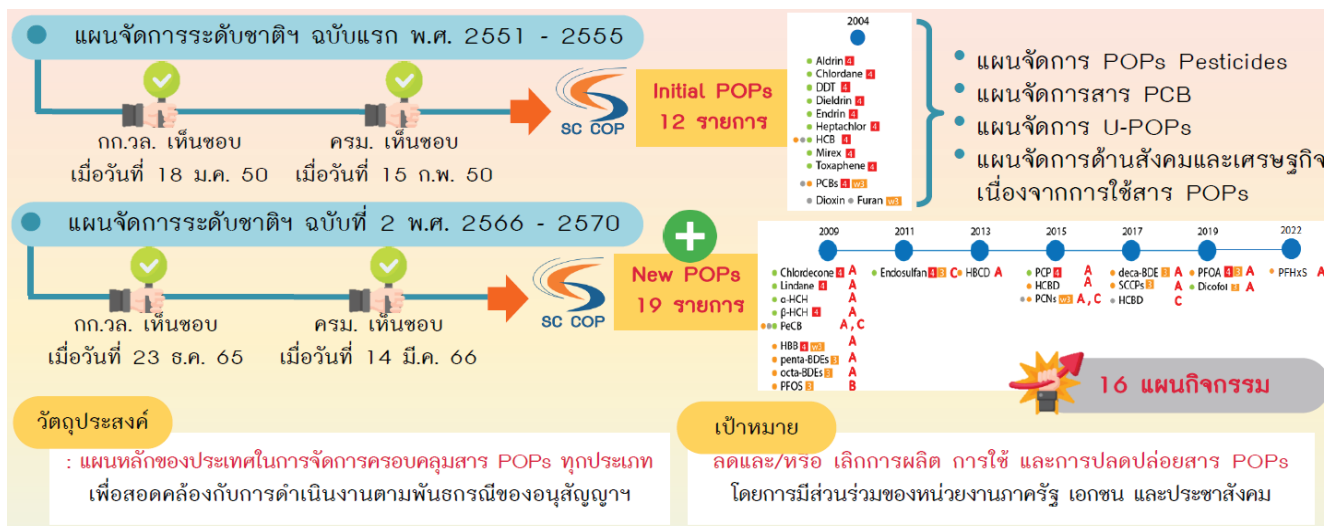
แผนจัดการระดับชาติ ของประเทศไทย



ประเทศไทย

แผนจัดการระดับชาติ เพื่อการปฏิบัติตามอนุสัญญาสตอกโฮล์ม ว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน ฉบับที่ ๒ พ.ศ. ๒๕๖๖ - ๒๕๗๐

จัดทำภายใต้
การสนับสนุนจากกองทุนสิ่งแวดล้อมโลก
โครงการ Enabling Activities to Review and Update the National
Implementation Plan for the Stockholm Convention on Persistent Organic
Pollutants (NIP/POPs Update)



ที่มา: เอกสารบรรยาย “การปฏิบัติตามอนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานของไทย”
กรมควบคุมมลพิษ พ.ศ. ๒๕๖๖

การดำเนินการแบ่งเป็น 3 กลุ่มกิจกรรม

กลุ่มที่ 1

คุ้มครอง คุณภาพสิ่งแวดล้อม
รอบตัวของประชาชน สุขภาพ
ของประชาชน และการผลิต
อาหารปลอดภัย

หน่วยงานหลัก มท. อก. กษ. สธ. และ ทส.

- ควบคุมสาร POPs ชนิดใหม่ เป็นวัตถุอันตราย และยกระดับการควบคุมสาร POPs ภายใต้ พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535
- กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม/ มาตรฐานการปลดปล่อยสาร POPs
- จัดการฐานข้อมูลของภาครัฐอย่างเป็นระบบ สามารถประเมินสถานการณ์เบื้องต้นและติดตาม เฝ้าระวังสถานการณ์
- จัดระบบการติดตามตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่มี สาร POPs เป็นส่วนประกอบ
- สนับสนุนเกษตรปลอดสารเคมี เกษตรอินทรีย์ การเพาะปลูกชีววิธี เกษตรผสมผสาน
- ออกมาตรการเพื่อลดการปลดปล่อยสาร UPOPs (เตาเผาขยะ เตาเผาเศษ การเผาในที่โล่ง)เพิ่ม ประสิทธิภาพการบังคับใช้กฎหมาย

กลุ่มที่ 2

การพัฒนาศักยภาพหน่วย
งานภาครัฐ และอปท. ในการ
ติดตามตรวจสอบ สถานประ
ทศกรรฯ ที่เกี่ยวข้องกับสาร
POPs ให้เป็นไปตามมาตรฐาน

หน่วยงานหลัก อก. มท. รง. และ ทส.

- พัฒนาบุคลากรและงบประมาณ อปท. ในการ ดำเนินการ/บำรุงรักษาเตาเผาขยะ
- พัฒนาห้องปฏิบัติการและการวิจัยด้านสาร POPs
- จัดการฐานข้อมูลของภาครัฐอย่างเป็นระบบ สามารถประเมิน สถานการณ์เบื้องต้นและติดตาม เฝ้าระวังสถานการณ์
- ติดตามตรวจสอบสาร POPs ในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในพื้นที่เสี่ยงปนเปื้อน
- กำหนดให้มีการบ่งชี้หรือการสำแดงข้อมูลบน วัสดุหรือสินค้าที่ปนเปื้อนสาร POPs
- จัดทำระบบการติดตามตรวจสอบผลิตภัณฑ์ ที่มีสาร POPs และที่คงค้าง รวมถึงระบบการ สำแดงข้อมูลการมีระบบการสำแดงข้อมูลใน Supply Chain และด้าน Consumer Network

กลุ่มที่ 3

การสร้างความรู้และความเข้าใจและ
ความเข้าใจของทุกภาคส่วน
ในการจัดการซากผลิตภัณฑ์
ที่มีสาร POPs และ uPOPs

หน่วยงานหลัก อก. มท. รง. และ ทส.

- สร้างความตระหนักรู้และความเข้าใจให้แก่ เจ้าหน้าที่ในระดับท้องถิ่นในการแยกผลิตภัณฑ์ ที่มีสาร POPs เป็นส่วนประกอบออกจากวัสดุ ทั่วไป
- สร้างความตระหนักรู้และความเข้าใจให้ แก่ประชาชนทุกภาคส่วนในระดับท้องถิ่น
- โดยเฉพาะผู้ประกอบการ เด็ก สตรี ผู้สูงอายุ และกลุ่มด้อยโอกาส

แผนจัดการระดับชาติเพื่อการปฏิบัติตามอนุสัญญา สตอกโฮล์มฯ ฉบับที่ 2: แผนปฏิบัติการ (Action plans)

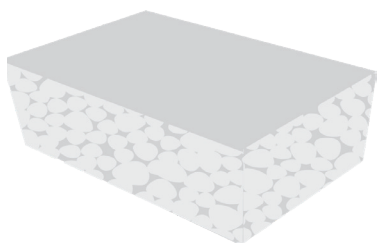
16 แผนกิจกรรม

1. การปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพ การบังคับใช้กฎหมายและระเบียบข้อบังคับ	ข้อบท 3+5
2. การจัดการสาร POPs ประเภท สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์	ข้อบท 3
3. การจัดการสาร PCB HCBd PCN และ PeCB รวมกลุ่ม Legacy Industrial POPs	ข้อบท 3
4. การจัดการสาร HexaBDE HeptaBDE TetraBDE PentaBDE DecaBDE HBB และ HBCD	ข้อบท 3
5. การจัดการสาร PFOS, its salts and PFOSF	ข้อบท 3
6. การขึ้นทะเบียนยกเว้นพิเศษ	ข้อบท 4
7. การลดหรือเลิกการปลดปล่อยสาร POP ที่เกิดจากการผลิตโดยไม่ตั้งใจ	ข้อบท 5
8. การลดหรือเลิกการปลดปล่อยสาร POPs จากโกดังและของเสีย	ข้อบท 6
9. การแลกเปลี่ยนข้อมูล	ข้อบท 9
10. การระบุและการจัดการพื้นที่ปนเปื้อนสาร POPs	ข้อบท 6
11. การสร้างความตระหนักและการให้ความรู้แก่สาธารณชน	ข้อบท 11
12. การวิจัย พัฒนา และการติดตามตรวจสอบสาร POPs	ข้อบท 10
13. การให้และขอรับความช่วยเหลือด้านการเงินและเทคนิควิชาการ	ข้อบท 12+13
14. การรายงานผลการดำเนินงาน	ข้อบท 15
15. การประเมินความมีประสิทธิภาพ	ข้อบท 16
16. เพศภาวะกับสาร POPs	SDG 5

ที่มา: เอกสารบรรยาย “การปฏิบัติตามอนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานของไทย”
กรมควบคุมมลพิษ พ.ศ. 2566



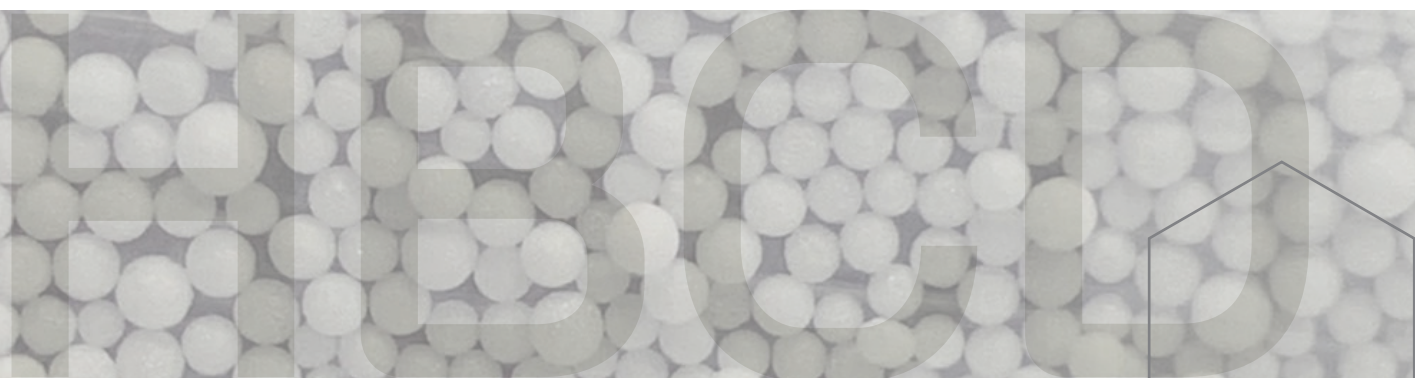
“



วัสดุโฟม EPS

อาจมีสาร HBCD ที่เป็นสารมลพิษ
ที่ตกค้างยาวนานอยู่

”



สาร **HBCD** กับ วัสดุโฟม **EPS**

โฟมแข็ง สำหรับงาน ก่อสร้าง

โฟมแข็งมีหลายชนิด



Expanded Polystyrene (EPS)



Extruded Polystyrene (XPS)

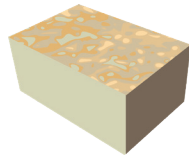


Polyisocyanurate (PIR)



Polyurethane (PU)

โฟมแข็ง (Rigid foams) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพอลิเมอร์ เช่น พอลิสไตรีน (Polystyrene: PS) พอลิไอโซไซยานูเรต (Polyisocyanurate: PIR) พอลิยูรีเทน (Polyurethane: PU หรือ PUR) โฟมแข็งนี้มักถูกนำไปผลิตเป็นแผ่นฉนวนสำเร็จรูป เพื่อใช้ในงานก่อสร้างห้องเย็น ห้องผลิต (Process room) ห้องสะอาด หรือห้องคลีนรูม ห้องปลอดเชื้อ และคลังสินค้าหรือโกดัง เพื่อรักษาอุณหภูมิภายในอาคาร ทำให้การใช้พลังงานภายในอาคารมีประสิทธิภาพ



สมบัติของโฟมแข็ง (Rigid foams)

- เป็นฉนวนความร้อน
- ดูดซับเสียง ช่วยกันเสียงเพื่อป้องกันการรบกวน
- มีน้ำหนักเบา

โฟมแข็งส่วนใหญ่ เป็นวัสดุไวไฟ จึงมักต้องเติมสารหน่วงการติดไฟ เพื่อจำกัดการลุกลามของไฟ และลดความเสียหายที่เกิดจากเพลิงไหม้

โฟมแข็ง

เป็นวัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อนที่มักใช้ในงานอาคาร บรรจุก๊าซ และอื่นๆ โฟมแข็งเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบาที่คงรูปได้ดี จึงเหมาะกับการเป็นฉนวนอาคาร โฟมแข็งที่มีใช้โดยทั่วไป เป็นวัสดุที่ผลิตจากพอลิเมอร์ โดยการขึ้นรูปให้เป็นโฟม โดยการใส่แก๊สหรือสารก่อโฟม (สารฟู) ไปในเนื้อพอลิเมอร์ ซึ่งเมื่อแก๊สเหล่านี้ขยายตัวก็จะก่อให้เกิดเป็นเซลล์ (Cellular structure) ที่มีอากาศภายใน ซึ่งอากาศมีประสิทธิภาพในการนำความร้อนต่ำ จึงทำให้โฟมที่ผลิตได้มีสมบัติเป็นฉนวนความร้อน โครงสร้างแบบเซลล์ปิด (Closed-cell) ที่ได้ ยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงและความแข็งตัว (Rigidity) ให้กับโฟม

โฟมแข็งมีการผลิตขึ้นในหลายรูปแบบ ทั้งเป็นแผ่นบาง แผ่นบอร์ด แผ่นผนังสำเร็จรูป (Panels) รวมถึงโฟมอัดขึ้นรูปให้มีรูปร่างต่างๆ (เช่น ถังโฟม หมวกกันน็อก) โฟมที่ผลิตขึ้นยังมีความหนา และความหนาแน่นที่หลากหลาย ขึ้นกับวัตถุประสงค์การใช้งาน

โฟมแข็งที่ใช้เป็นฉนวนกันความร้อนในงานอาคาร มีทั้งในงานแผ่นผนัง หลังคา และแผ่นพื้น โฟมเหล่านี้ ช่วยประหยัดพลังงานในการปรับอากาศในอาคาร ความสามารถในการควบคุมการส่งผ่านความร้อนของโฟม ยังจะช่วยทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิในห้อง หรือในกระบวนการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โฟมแข็งยังถูกนำมาใช้เป็นวัสดุกันกระแทก (เช่น ในงานบรรจุก๊าซ แผ่นพื้นลานบิน แผ่นพื้นต่อมอัสสะพาน) และกันเสียงได้อีกด้วย

โฟมแข็ง เป็นวัสดุไวไฟ
จึงจำเป็นต้องมีการหน่วง
การติดไฟ เพื่อช่วยลด
ความเสี่ยงจากเพลิงไหม้
แต่สารหน่วงการติดไฟเอง
ก็มีอันตราย
จึงต้องรู้จักการใช้งาน
อย่างระมัดระวัง
เพื่อให้ใช้โฟมเกรดไม่ลามไฟ
ได้อย่างปลอดภัย

โฟมแข็งส่วนใหญ่เป็นวัสดุไวไฟ จึงต้องใช้สารหน่วงการติดไฟเพื่อช่วย
ไม่ให้เกิดการลุกลามของเพลิงไหม้ เมื่อเกิดมีเปลวไฟหรือความร้อนเกิดขึ้น
ในบริเวณใกล้เคียง

สารหน่วงการติดไฟ ช่วยปกป้องชีวิตและทรัพย์สินจากอัคคีภัย ทั้งยัง
ช่วยลดมลพิษทางอากาศและน้ำที่จะเกิดขึ้น หากอาคารเกิดเพลิงไหม้ ทั้งนี้
สารเคมีที่เกิดขึ้นจากเหตุเพลิงไหม้ มีทั้งควันพิษ อาทิ คาร์บอนมอนอกไซด์
ไซยาไนด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ไกกรด เขม่าควันดำหรือสาร PAHs
(Polycyclic aromatic hydrocarbons) และสารก่อมะเร็ง เช่น PCB,
ไดออกซินและฟูราน (PCDDs/PCDFs) และสารอันตราย ที่อาจจำเป็นต้องใช้
เพื่อการดับเพลิง (เช่น น้ำยาโฟมดับเพลิง)

กระนั้นก็ดี สารหน่วงการติดไฟเอง ก็อาจเป็นสารอันตราย ทั้งต่อมนุษย์
และสิ่งแวดล้อม จึงต้องมีการบริหารจัดการ การใช้สารเคมีเหล่านี้อย่างระมัดระวัง
ตลอดวงจรชีวิต (Life cycle) ของโฟมแข็ง เพื่อให้สามารถใช้โฟมเกรดไม่ลาม
ไฟได้อย่างปลอดภัย โฟม EPS เป็นโฟมแข็งชนิดหนึ่ง ที่นิยมใช้ เนื่องจากน้ำ
หนักเบา ราคาประหยัด ซึ่งเมื่อนำมาใช้เป็นฉนวนในงานอาคาร ก็ต้องมีการเติม
สารหน่วงการติดไฟเช่นกัน

สารหน่วงการติดไฟช่วยปกป้องชีวิต



โฟม EPS ก็ติดไฟง่าย

โฟม EPS โดยทั่วไป ประกอบด้วยเนื้อวัสดุพอลิสไตรีน (PS) ซึ่งเป็น
พลาสติกที่ติดไฟง่าย ประมาณ 2% และมีอากาศอีกประมาณ 98% โดย
ปริมาตร เมื่อได้รับเปลวไฟ โฟม EPS จึงติดไฟได้ง่าย และเมื่อถูกติดไฟ จะเกิด
เป็นลูกไฟได้ง่าย จึงจำเป็นต้องเติมสารหน่วงการติดไฟ ทำให้โฟม EPS ไม่ลามไฟ

โฟม EPS เกรดไม่ลามไฟ เมื่อใช้เป็นวัสดุประกอบอาคาร จะสามารถ
ช่วยชะลอการติดไฟ และสามารถหน่วงการลุกลาม/การเผาไหม้ในอาคาร เพื่อ
ให้มีเวลาในการหนีไฟได้อย่างปลอดภัย เมื่อเกิดอัคคีภัย

ประโยชน์จากการเติมสารหน่วงการติดไฟในโฟม EPS

- ช่วยป้องกันการติดไฟ และช่วยป้องกัน EPS ไม่ให้ลุกลามเป็นลูกไฟ
- ช่วยลดอุณหภูมิระหว่างเกิดการเผาไหม้ ทำให้ลดการปลดปล่อยและการแผ่รังสี
ความร้อนจากวัสดุ ซึ่งจะช่วยลดความเร็วในการเผาไหม้ ลดการลุกลามของไฟ
นำไปสู่การเพิ่มเวลาในการหนีไฟ

โฟม EPS เกรดไม่ลามไฟ หรือโฟม SE-EPS

โฟม SE-EPS ซึ่งเป็นโฟม EPS เกรดไม่ลามไฟ จะมีลักษณะไม่แตกต่างจากโฟม EPS ทั่วไป กล่าวคือ เป็นโฟมที่มีเม็ดโฟมเล็กๆ สีขาว ถูกอัดให้ยึดกันแน่น มีโครงสร้างแบบเซลล์ปิดที่ 98% โดยปริมาตรเป็นอากาศ จึงมีความแข็งแรง ดูดซับเสียง เป็นฉนวนที่ดี และมีน้ำหนักเบา โฟม SE-EPS สำหรับงานก่อสร้างทั่วไปจะมีอายุการใช้งานนานถึง 25-75 ปี

โฟม SE-EPS มีการเติมสารหน่วงการติดไฟ เพื่อให้สามารถหน่วงการติดไฟได้นานอย่างน้อย 15-20 นาที ทำให้ผู้ที่อยู่ในอาคารขณะเกิดเพลิงไหม้มีเวลาหนีไฟได้นานขึ้น

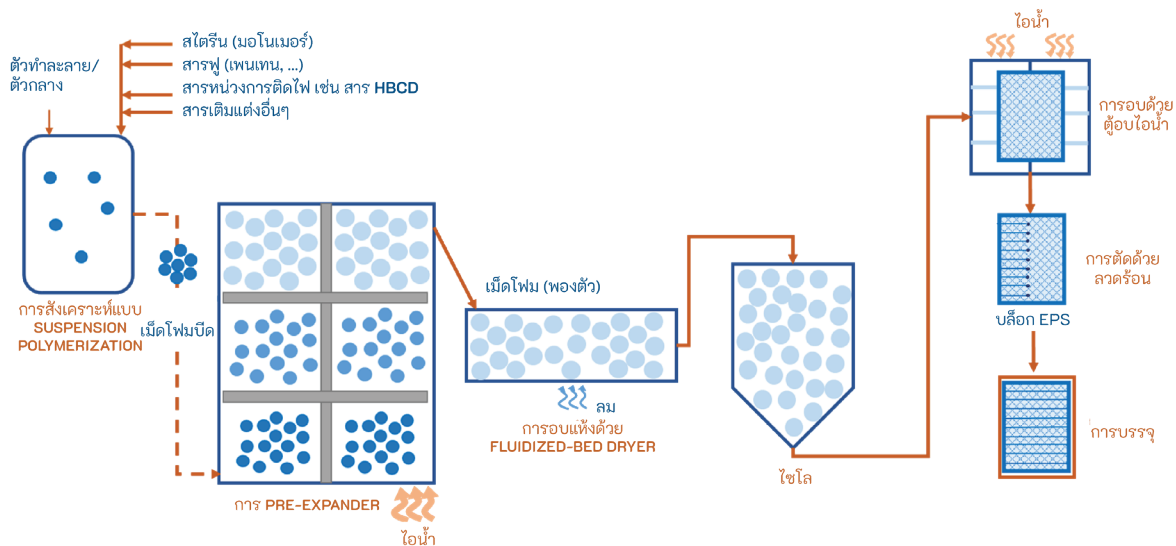
ในประเทศไทย โฟม SE-EPS ที่ผลิตก่อนปี พ.ศ. 2563 คาดว่ามีการใช้สาร HBCD เป็นสารหน่วงการติดไฟ ซึ่งสารนี้ถูกจัดให้เป็นสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน ที่ขึ้นบัญชีเป็นสาร POPs ภายใต้อนุสัญญาสตอกโฮล์มมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 ที่ภาคีสมาชิกต้องลด/เลิกการผลิตและการใช้ หยุดนำเข้าส่งออก ควบคุมและกำจัด จัดการพื้นที่ปนเปื้อน ส่งเสริมการใช้สารทดแทนและการใช้เทคโนโลยีที่ดีที่สุด



โครงสร้างในแต่ละระดับของโฟม SE-EPS

ปัจจุบัน เม็ด Beads ของโฟม SE-EPS ที่ผลิตในประเทศไทย ใช้สารหน่วงการติดไฟทางเลือกอื่นที่ไม่ใช่สาร HBCD ทำให้ได้เม็ดโฟมที่ “ปลอดสาร HBCD”

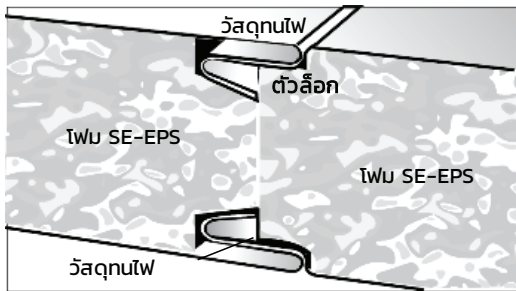
กระบวนการผลิตโฟม SE-EPS



กระบวนการนี้ ไม่แตกต่างกับการผลิตโฟม EPS ทั่วไป การเติมสารหน่วงการติดไฟ เช่น สาร HBCD นั้นจะเติมไปพร้อมกับสารฟลู และสารอื่นๆ ในขั้นตอนการสังเคราะห์ และจะกระจายอยู่ในเม็ด Beads ของโฟม จากนั้นเม็ดโฟมบีดจะพองตัวเป็นลำดับจากการขยายตัวของสารฟลู อัดกันแน่นในแม่แบบ เกิดเป็นก้อนโฟมที่เบา แข็งแรงเป็นฉนวน และมีสมบัติไม่ลามไฟ

สารหน่วงการติดไฟสำหรับการผลิตโฟม SE-EPS ถูกเติมในกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชัน เพื่อให้กระจายได้ในเนื้อพอลิสไตรีน จึงมีสารเพียงไม่กี่ชนิดที่ใช้กับกระบวนการผลิตโฟมเช่นนี้ได้ และยังไม่มีสารหน่วงการติดไฟประเภทไฮโดรโบรมีนที่สามารถนำมาทดแทนในกระบวนการได้

โฟม SE-EPS ในแผ่นฉนวนสำเร็จรูป (ผนังแซนด์วิช)



ลักษณะโครงสร้างของแผ่นฉนวนสำเร็จรูป

ลักษณะของแผ่นฉนวนสำเร็จรูป

แผ่นพื้นผิวด้านนอกของแผ่นฉนวนทำจากวัสดุทนไฟ เช่น สแตนเลส อะลูมิเนียม ไฟเบอร์กลาส คอมพอสิต ซีเมนต์ ส่วนแกนกลางเป็นโฟม SE-EPS ระหว่างแผ่นมีตัวล็อก เพื่อไม่ให้เกิดรอยแยกที่ผนังให้เป็นที่สะสมสิ่งสกปรก อีกทั้งคงความเป็นฉนวนและช่วยให้ติดตั้งง่าย ดังนั้นระหว่างการใช้งานเป็นผนัง โฟมที่เป็นแกนกลางจะไม่สามารถปลดปล่อยฝุ่น โฟม หรือสารหน่วงการติดไฟออกมาจากผนังได้ อย่างไรก็ตามระหว่างการติดตั้ง การซ่อมบำรุง การรื้อถอน และการเกิดอัคคีภัยอาจทำให้ฝุ่นโฟมและสารต่างๆ หลุดรอดออกมาได้

แผ่นฉนวนสำเร็จรูปมีอายุการใช้งานประมาณ 25–75 ปี แต่กรณีที่ใช้เป็นผนังห้องเย็น มักรื้อถอนทุกๆ 2–5 ปี เพื่อให้คงรักษาความเย็นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

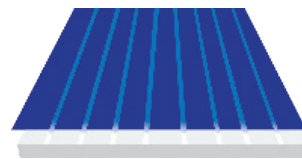
โฟม SE-EPS ในวัสดุก่อสร้างอื่น



คิ้วบัวโฟม



อิฐฉนวนเบา



หลังคาฉนวนกันร้อนโฟม EPS

กฎหมาย & มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

แผ่นผนังและวัสดุก่อสร้างอื่น เช่น วัสดุประกอบอาคาร ถูกกำกับคุณสมบัติและการใช้งานด้วยกฎหมายควบคุมอาคาร มาตรฐานของกรมโยธาธิการและผังเมือง มาตรฐาน มอก. (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม) ส่วนในกรณีที่ใช้ประกอบเป็นห้องสะอาดหรือห้องปลอดเชื้อ จะถูกกำหนดด้วยแนวปฏิบัติด้านระบบมาตรฐาน GMP (Good Manufacturing Practice) และ/หรือเพื่อความปลอดภัยทางชีวภาพ (Biosafety)

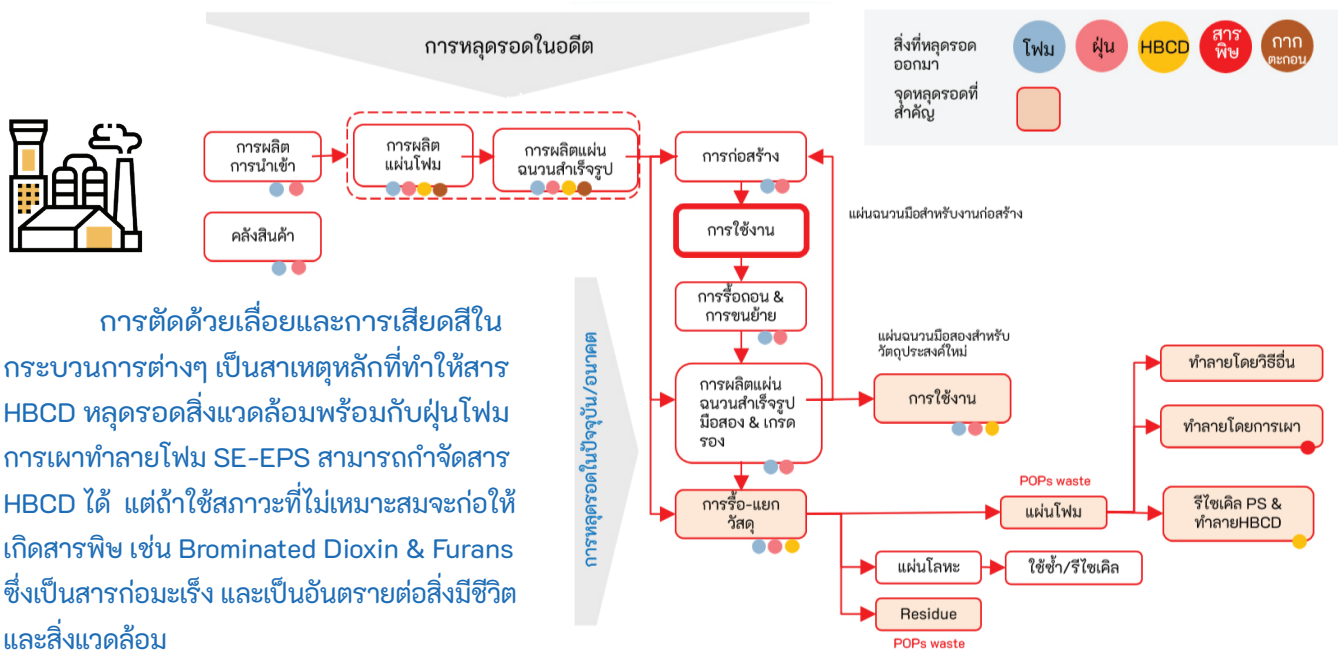
วัสดุโฟมที่ใช้ประกอบเป็นแผ่นผนังและวัสดุประกอบอาคาร ต้องมีสมบัติได้ตามมาตรฐานการทนการติดไฟ (Fire endurance) ซึ่งโดยส่วนใหญ่มักอ้างอิงมาจากมาตรฐาน DIN 4102 โดยวัสดุโฟมที่นำมาใช้ ต้องอยู่ในคลาส B1 (ไม่ลามไฟ/ติดไฟได้ยาก)

ข้อมูลสำคัญของการคัดกรองด้วยเทคนิค ED-XRF

DIN 4102-1	Fire behavior of building materials and elements Section 1: Classification of building materials Requirements and tests
มอก 2541 เล่ม 5-2555	ข้อกำหนดในการป้องกันอัคคีภัย – เล่ม 5 การควบคุมวัสดุอาคาร
มยพ. 8208-52	มาตรฐานการทดสอบการไม่เผาไหม้ของวัสดุและผลิตภัณฑ์

สาร HBCD กับวัสดุโฟม

เส้นทางการไหลของสาร HBCD ในแผ่นฉนวนสำเร็จรูปในประเทศไทย



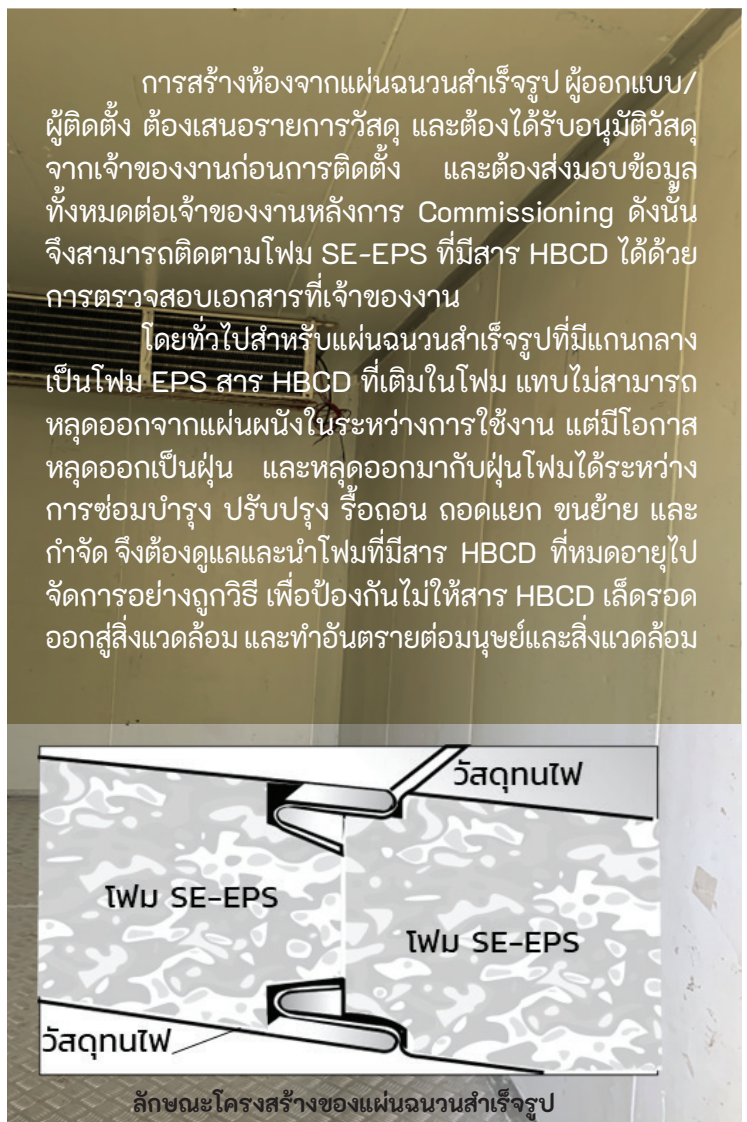
การตัดด้วยเลื่อยและการเสียดสีในกระบวนการต่างๆ เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้สาร HBCD หลุดรอดสิ่งแวดล้อมพร้อมกับฝุ่นโฟม การเผาทำลายโฟม SE-EPS สามารถกำจัดสาร HBCD ได้ แต่ถ้าใช้สภาวะที่ไม่เหมาะสมจะก่อให้เกิดสารพิษ เช่น Brominated Dioxin & Furans ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง และเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

การรีไซเคิลโดยไม่แยกเอาวัสดุที่เป็นอันตราย HBCD ออกก่อน จะทำให้สาร HBCD ไหลไปปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ใหม่ จึงต้องแยกสาร HBCD มาทำลายก่อนที่จะรีไซเคิล พอลิสไตรีน (PS)

การผลิตเม็ดโฟมปิด EPS ในอดีต มีผู้ผลิตในประเทศไทยจำนวน 2 ราย และมีการนำเข้าเพียงบางส่วน แต่ปัจจุบันมีผู้ผลิตในประเทศไทยเพียง 1 ราย ที่เหลือเป็นการนำเข้าเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการในการใช้งานโฟม EPS ในประเทศ การใช้งานโฟม EPS ในกลุ่มของแผ่นผนังและวัสดุประกอบอาคาร ส่วนใหญ่เป็นเกรดไม่ลามไฟตามมาตรฐาน DIN 4102 - B1 ขณะที่การใช้งานทำพื้น งาน Geofoam และ งานที่ฉาบปิดด้วยซีเมนต์ เป็นโฟมเกรดธรรมดา ที่ไม่มีการเติมสารหน่วงการติดไฟ

ผู้ผลิตแผ่นฉนวนสำเร็จรูปส่วนใหญ่ มีระบบจัดการคุณภาพและได้รับการรับรองระบบฯ ตามมาตรฐาน ISO 9001 มีการควบคุมวัตถุดิบเข้าและสินค้าขาออก จึงมีการร้องขอข้อมูล และเก็บข้อมูลตามข้อกำหนดของระบบคุณภาพ ซึ่งรวมถึงข้อมูลสารเคมี อาทิ เอกสาร SDS จากผู้ผลิตเม็ดโฟมปิดที่มีการควบคุมส่วนผสมสารเคมี โดยข้อมูลที่ได้รับในอดีตไม่มีการระบุชื่อสารเคมีที่ใช้เป็นสารหน่วงการติดไฟ แต่ปัจจุบันผู้ผลิตเม็ดโฟมปิด EPS บางรายระบุว่า "HBCD-free หรือปลอดสาร HBCD"

แผ่นฉนวนสำเร็จรูป เป็นสินค้าที่ต้องควบคุมความชื้นและส่วนใหญ่ Made-to-order (ไม่ผลิตเพื่อรอจำหน่าย)



จะลดความเสี่ยงได้ ต้องบ่งชี้ว่าโฟม EPS ที่มีสาร HBCD อยู่ที่ไหนบ้าง?

การจะจัดการกับโฟมที่มีส่วนผสมเป็นสาร HBCD ขั้นแรกต้องสามารถบ่งชี้หรือแยกแยะโฟมที่มีสาร HBCD ให้ได้ เพื่อให้ผู้ที่มีโอกาสสัมผัสกับโฟมเหล่านี้เมื่อหมดอายุ สามารถป้องกันตัวได้อย่างเหมาะสม และนำเอาแผ่นโฟมเหล่านี้ไปจัดการต่อได้อย่างปลอดภัย

หากแต่การผลิตแผ่นโฟม SE-EPS ในอดีตไม่ได้มีการทำเครื่องหมายบ่งชี้เกรดของโฟมและสารหน่วงการติดไฟที่ใช้ ทำให้ไม่สามารถแยกแยะโฟมเหล่านี้ได้ด้วยตาเปล่า จึงต้องมีขั้นตอนอย่างง่ายสำหรับผู้เกี่ยวข้องให้สามารถบ่งชี้และแยกแยะโฟมเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อมีการรื้อถอน แผ่นฉนวนสำเร็จรูปที่มีโฟมที่มีสาร HBCD ควรต้องถูกบ่งชี้และแยกแยะ และมีการจัดการอย่างเหมาะสมและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบัน พ.ศ. 2566 เริ่มมีการรื้อถอนอาคาร/ ห้องเย็นที่ประกอบจากแผ่นฉนวนสำเร็จรูป

มีการรื้อทำใหม่เพื่อรองรับการปรับปรุงให้สอดคล้องกับข้อกำหนดใหม่ๆ ของลูกค้า เช่น ระบบมาตรฐาน GMP และแนวปฏิบัติ Biosafety

มีผู้ให้บริการรื้อถอนอาคารและห้องเย็น และมีธุรกิจซื้อ/ขายแผ่นฉนวนสำเร็จรูปในรูปของสินค้ามือสอง สำหรับใช้ในงานที่ไม่เข้มงวดด้านรูปลักษณะและสมบัติความเป็นฉนวน เช่น สำนักงานเคลื่อนที่ บ้านพักคนงาน บ้านน็อคดาวน์ ป้อมยาม ฯลฯ

นอกจากนี้ ยังอาจมีการนำแผ่นผนังซึ่งอาจมีสาร HBCD ไปใช้ในงานอื่นที่เสี่ยงต่อการรั่วไหลได้ เช่น แพจับปลา แผ่นบุรองพื้นในงานเกษตร ร้านรับซื้อของเก่าบางรายรับซื้อโฟมขาวเพื่อส่งไปโรงงานเพื่อรีไซเคิลเป็นเม็ดพลาสติกสำหรับใช้งานทั่วไป (General purpose polystyrene :GPPS) เกรดขึ้นรูปแบบอัดรีด เป็นคิ้วบัว บรรจุภัณฑ์ ฯลฯ

เศษโฟมเหล่านี้ที่กำลังกลายเป็นขยะปริมาณมหาศาลที่ยังไม่มีกลไกกำกับดูแลที่ชัดเจนในการบริหารจัดการซากวัสดุจากการรื้อถอนอาคาร ประเทศไทยเองยังไม่มีแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจนในการจัดการกับเศษวัสดุจากการก่อสร้างและรื้อถอนอาคาร



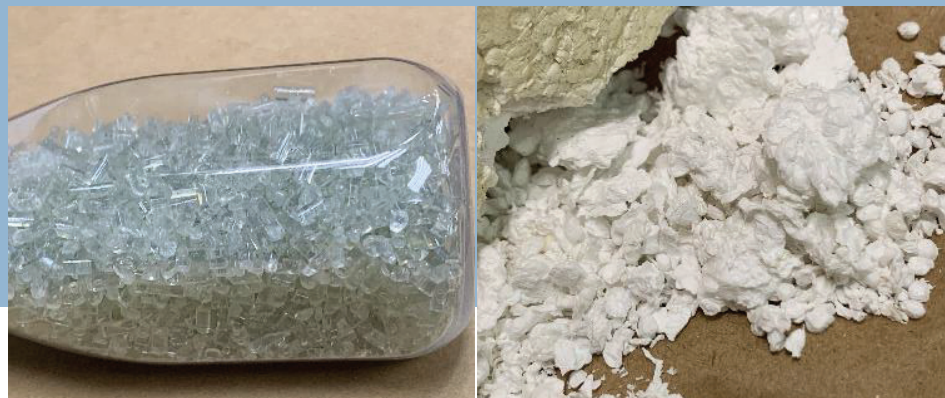


โฟมที่หลุดร่วงไหลสู่สิ่งแวดล้อม สามารถแพร่กระจายไปได้ไกลในบรรยากาศและในแหล่งน้ำ

โฟมที่แพร่กระจายในแหล่งน้ำ มีลักษณะคล้ายอาหารทำให้สัตว์น้ำกินเป็นอาหารได้

สาร HBCD ที่ติดอยู่ในเนื้อโฟม ยังสามารถร่วงไหลลงสู่แหล่งน้ำและสะสมไปรวมกับตะกอนดิน ซึ่งเป็นแหล่งอาหารของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในแหล่งน้ำ

สาร HBCD เป็นสารพิษที่สลายตัวในสิ่งแวดล้อมได้ยาก จึงมีโอกาสูงที่สาร HBCD จะสะสมในสัตว์น้ำ โดยส่งผ่านห่วงโซ่อาหารที่มีการกินต่อกันเป็นทอดๆ และความเป็นพิษจะเพิ่มเท่าทวีคูณขึ้นตามความเข้มข้นในสิ่งมีชีวิตในลำดับขั้นการบริโภคที่สูงขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มสัตว์ผู้ล่า



ข้อเท็จจริง สาร HBCD ที่ตรวจพบ

ปัจจุบัน มีการรีไซเคิลโฟมพอลิสไตรีนในประเทศไทยแล้ว ไม่ว่าจะเป็นโฟม EPS หรือ XPS โดยมีการนำเอาโฟมจากผลิตภัณฑ์ที่สิ้นสุดการใช้งานรีไซเคิล ได้เป็นเม็ดพลาสติกพอลิสไตรีนในเกรดสำหรับการใช้งานทั่วไป (General purpose polystyrene: GPPS) ที่สามารถใช้ทดแทนพลาสติกปฐมภูมิ กระบวนการรีไซเคิลโฟมช่วยลดขยะและมลพิษที่เกิดจากโฟม โดยเฉพาะอย่างยิ่งขยะบรรจุภัณฑ์ การใช้พลาสติกกรีไซเคิลหรือพลาสติกروبสอง* ยังจะช่วยลดการผลิตพลาสติกจากแหล่งวัสดุปฐมภูมิ ถือเป็นกิจกรรมที่เอื้อต่อระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนที่รัฐบาลไทยกำลังสนับสนุน

อย่างไรก็ตาม โฟมที่มีและไม่มีสารหน่วงการติดไฟ มีลักษณะภายนอกเหมือนกัน **ไม่สามารถแยกแยะได้ด้วยตาเปล่า** หากมีโฟมที่มีส่วนผสมสารหน่วงการติดไฟเล็ดลอดเข้าไปปะปนกับโฟมชนิดอื่นในกระบวนการรีไซเคิล พลาสติกروبสองที่ผลิตได้ก็จะปนเปื้อนสารพิษเหล่านี้ไปด้วย และหากผู้ใช้งานไม่ระมัดระวัง ก็อาจนำเอาเม็ดพลาสติกروبสองที่ปนเปื้อนไปผลิตเป็นสินค้าที่เสี่ยงต่อการรับสัมผัสได้ง่าย เช่น ทำเป็นบรรจุภัณฑ์ อุปกรณ์ที่ใช้ในครัว ของเล่น หรือของใช้สำหรับเด็ก เป็นต้น

ทั้งนี้ โครงการการสำรวจและการจัดทำทะเบียนโฟม EPS ที่มีสาร HBCD ในประเทศไทย (Survey and registration of EPS containing HBCD in Thailand) ได้ตรวจพบตัวอย่างเม็ดพลาสติกกรีไซเคิลและบรรจุภัณฑ์ผลไม้ที่นำเข้าจากต่างประเทศบางตัวอย่างที่มีสาร HBCD ปนเปื้อน

หมายเหตุ: *พลาสติกروبสอง หรือพลาสติกที่เป็นวัสดุروبสอง (secondary material) ที่มีนิยามว่าเป็นวัสดุที่ผ่านการใช้งานแล้วนำเข้ากระบวนการผลิตเพื่อนำไปใช้งานต่อ (ISO/CD 59014, 2022)

“

รู้ใช้ รู้ระวัง ...

ใช้โฟม EPS เกรดไม่ลามไฟ

ให้ปลอดภัยจากสาร POPs

”

การบ่งชี้และบันทึกข้อมูลปริมาณ
สาร HBCD ในโฟมขาวเกรดไม่ลามไฟ

4

HBCD

“บริหารจัดการสารเคมีบนพื้นฐาน
การจัดการอย่างเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Environmentally
Sound Management)
และมุ่งการออกแบบตั้งแต่ต้นทาง”

หลักทั่วไป
ในการจัดการความเสี่ยงจากสาร

HBCD

ทำเครื่องหมายบ่งชี้และแยกแยะโฟม

ควรทำการชี้บ่งและทำการแยกแยะโฟมที่มี และไม่มีสาร HBCD เพื่อให้ผู้ที่อาจเกี่ยวข้อง ได้รับรู้และปฏิบัติตัวได้อย่างถูกต้อง

กรณีที่ไม่มีเครื่องหมายหรือเครื่องบ่งชี้อื่นๆ ให้ถือว่าโฟมนั้นมีสาร HBCD ไว้ก่อน

ป้องกันตัวบุคคล

ควรสวมใส่ชุดอุปกรณ์ป้องกันตัวส่วนบุคคลในระหว่างการทำงาน เพื่อป้องกันการรับสัมผัสสาร HBCD และสารอันตรายอื่นๆ

ป้องกัน อย่าให้เกิดการรั่วไหล

ดูแลอย่าให้เกิดการรั่วไหลตลอดวงจรชีวิต (Life cycle) ของผนังโฟม ทั้งนี้ รวมถึงการดำเนินการในช่วงการซ่อมบำรุง และ/หรือ การรื้อถอนอาคาร การขนส่งและการจัดการเศษวัสดุก่อสร้าง ฯลฯ

ป้องกันการปนหรือเปื้อนวัสดุ/สิ่งของอื่น

ซึ่งจะทำให้มีของเสียที่ปนเปื้อนให้ต้องบริหารจัดการมากขึ้นโดยไม่จำเป็น

มีแผนการจัดการรองรับ

ดูแลให้มั่นใจว่า การซ่อมบำรุง ฯลฯ จะมีการดำเนินการอย่างปลอดภัย เพื่อป้องกันการรั่วไหลสู่อากาศ ดิน น้ำ และเพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อตัวผู้ปฏิบัติงานเอง และชุมชนและสิ่งแวดล้อม

ดูแลให้มั่นใจว่า แผ่นโฟมที่หมดอายุลง จะได้รับการจัดการอย่างเหมาะสม ถูกหลักวิชาการ ตรวาจิเคราะห์ขยะอย่างถูกต้อง/เหมาะสม และส่งขยะที่ปนเปื้อนไปบำบัดในสถานบำบัดที่ได้รับอนุญาต ไม่นำไปสู่การแพร่กระจายหรือการใช้งานในลักษณะที่ควบคุมไม่ได้



ข้อแนะนำสำหรับคนทำงาน



การซื้อและแยกแยะโฟมสำหรับงานก่อสร้างที่มี/ไม่มีสาร HBCD

- หากไม่มีข้อมูลยืนยันการปลอดสาร HBCD ให้สันนิษฐานว่า โฟมนั้นมีสาร HBCD



การป้องกันตัวบุคคล

- หากไม่มีข้อพิสูจน์ว่าสารหน่วงการติดไฟที่เติมในโฟมนั้นปลอดภัย ให้สันนิษฐานว่า โฟมนั้นมีสารอันตราย
- ใช้อุปกรณ์ป้องกันตัวส่วนบุคคล เช่น ทางการหายใจใช้หน้ากาก หรือทางผิวหนังใช้ถุงมือ เสื้อ กางเกง รองเท้า ฯลฯ
- หลังเลิกงาน ควรทำความสะอาดร่างกาย และแยกทำความสะอาดอุปกรณ์ฯ และเสื้อผ้า



การป้องกันไม่ให้เกิดการรั่วไหล

- กันแยกพื้นที่ และควบคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่น
- ใช้วิธีการถอดหรือแยกชิ้น (Disassembly/Dismantling) แทนการทุบกระแทกเพื่อรื้อถอน
- ลดการตัดโฟมด้วยเลื่อยไฟฟ้า



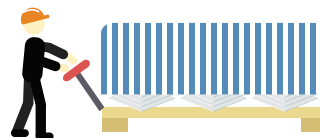
ป้องกันการปนหรือเปื้อน วัสดุ/สิ่งของอื่น

- แยกโฟม และแผ่นฉนวนสำเร็จรูป ออกจากเศษวัสดุก่อสร้างชนิดอื่น
- กองเก็บในที่ที่มีหลังคาคลุม และปิดคลุมด้วยผ้าใบ/แผ่นพลาสติก เพื่อป้องกันการชะด้วยน้ำ ฝน หรือ ลม



การป้องกันการฟุ้งกระจาย & การปนเปื้อนระหว่างการขนย้าย

- ปิดคลุมด้วยผ้าใบ
- ป้องกันการกระแทก
- แยกเก็บ
- ไม่ขนย้ายปนกับวัสดุอื่นที่ไม่เป็นสาร HBCD



ผู้ที่ต้องการใช้แผ่นฉนวนสำเร็จรูปที่มีสาร HBCD จำ

- ต้องได้รับอนุญาตเท่านั้น
- ผ่านการอบรมด้านอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม
- มีแผนจัดการเศษฝุ่นและวัสดุที่เหลือจากการใช้

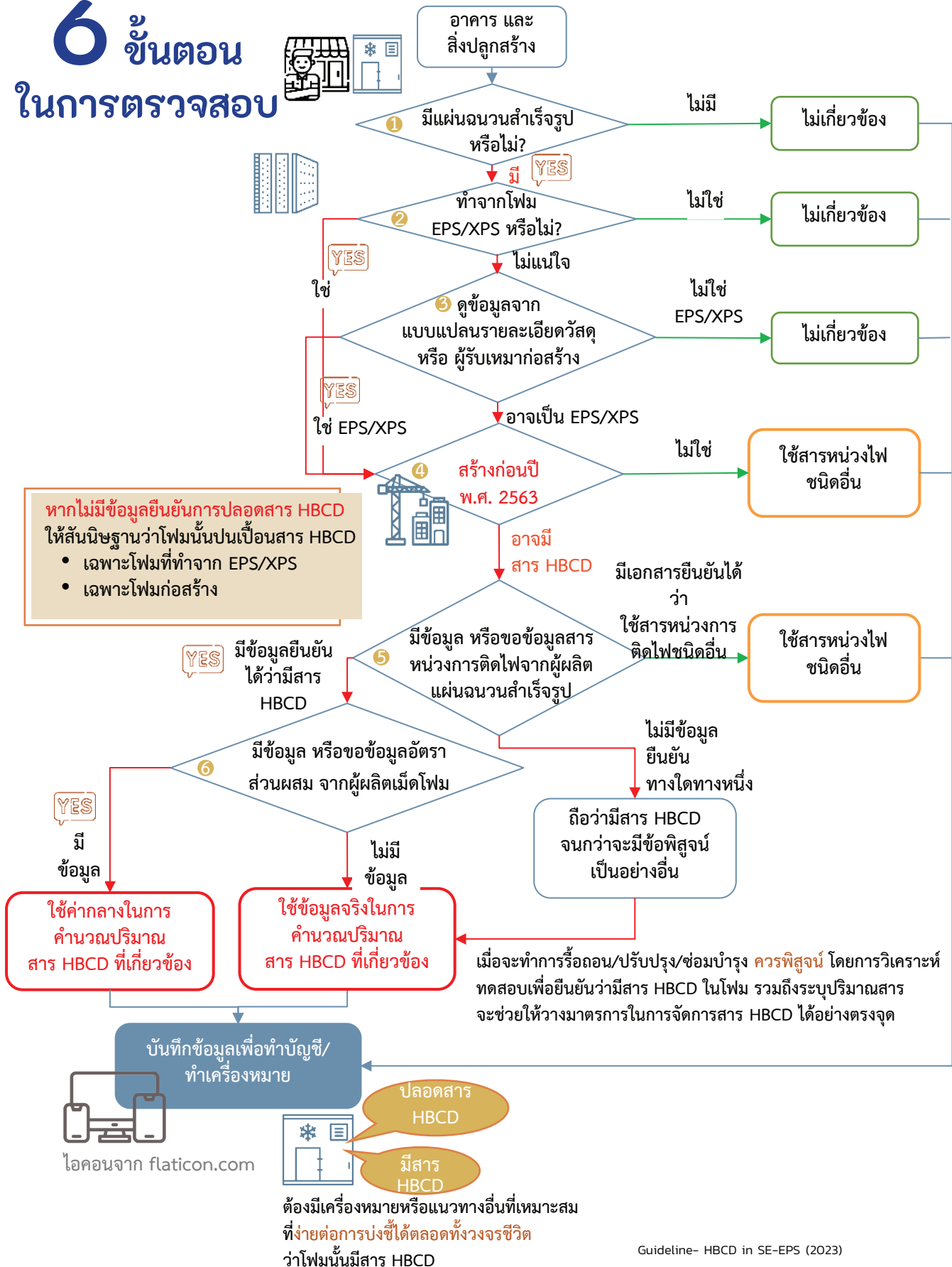


ขยะที่มีสาร HBCD เกินระดับ Low POP Contents
(0.1% โดยน้ำหนัก) ถือเป็นของเสียอันตราย
ตามอนุสัญญาบาเซลที่ต้องนำไปกำจัด
อย่างถูกหลักวิชาการ

การบ่งชี้สาร HBCD ในโฟม EPS

แนวทางในการบ่งชี้สาร HBCD ในโฟม EPS

6 ขั้นตอน ในการตรวจสอบ



แนวทางในการตรวจสอบสาร HBCD ในโฟม EPS

อาศัยการตรวจสอบ ข้อมูลจากผู้ผลิต เพื่อลดภาระใน การทดสอบ

1 มุ่งความสนใจที่โฟมที่ใช้ในงานก่อสร้าง

โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ห้องเย็น ห้องคลีนรูม ห้อง Process room ห้องพ่นสี หรือคลังสินค้า ที่ใช้แผ่นโฟม หรือแผ่นฉนวนสำเร็จรูป

2 + 3 ยืนยันชนิดของโฟม

ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของโฟม หรือตรวจสอบข้อมูล เอกสารหรือแบบแปลนรายละเอียดวัสดุ ฯลฯ เพื่อดูว่าเป็นผนังที่ทำจากโฟม EPS หรือไม่

- โฟม EPS จะมีลักษณะเป็นโฟมที่มีเม็ดโฟมเล็กๆ สีขาวที่ถูกอัดให้ยึดกันแน่น (คล้ายโฟมลอยกระทง แต่มีความหนาแน่นสูงกว่า) ในขณะที่โฟม PU หรือ PIR จะมีสีเหลือง
- พิจารณาเฉพาะแผ่นฉนวนฯ ที่มีแกนกลางที่ทำจากโฟม EPS เท่านั้น แผ่นฉนวนที่ทำจากวัสดุอื่นจะไม่เกี่ยวข้องกับสาร HBCD

4 ตรวจสอบปีที่สร้างห้องหรืออาคาร

หากพบว่าโฟมที่ใช้เป็นโฟม EPS ขั้นตอนต่อไปคือ ตรวจสอบปีที่ก่อสร้างห้องหรืออาคารนี้ว่า สร้างก่อนปี พ.ศ. 2563 หรือไม่ ห้อง/อาคารที่สร้างหลังปี พ.ศ. 2563 น่าจะใช้สารหน่วงการติดไฟชนิดอื่นแทนสาร HBCD แล้ว เนื่องจากผู้ผลิตสาร HBCD ได้เลิกผลิตสารนี้ในเชิงพาณิชย์ในตลาดโลกแล้ว ดังนั้น

- ให้ถือว่าห้องหรืออาคารที่สร้างหลังปีพ.ศ. 2563 ไม่เกี่ยวข้องกับ HBCD

โฟม SE-EPS ที่ผลิตก่อนปี พ.ศ. 2563 อาจใช้ HBCD เป็นสารหน่วงการติดไฟ

5 ตรวจสอบข้อมูลจากเอกสาร SDS และ/หรือจากผู้ผลิต

หากพบว่าโฟมที่ถือครองอยู่ อาจมีสาร HBCD (โฟม EPS สำหรับงานอาคาร ที่ผลิตก่อนปี พ.ศ. 2563) ควรตรวจสอบเอกสารกำกับสินค้า หรือข้อมูลที่ได้รับจากผู้ผลิต หรือผู้รับเหมาก่อสร้าง เพื่อตรวจสอบย้อนกลับถึงที่มาของเม็ดโฟมปิด (ชื่อผู้ผลิต และ Lot ที่ผลิต) และ/หรือ ตรวจสอบข้อมูลส่วนผสมสารเคมีที่มีอยู่ในเนื้อโฟม จากเอกสาร Safety Datasheet (SDS) ที่ได้รับจากผู้ผลิตเม็ดโฟมปิดหรือแผ่นโฟมสำเร็จรูป

- กรณีที่มีเอกสารยืนยันได้ว่า ใช้สารหน่วงการติดไฟชนิดอื่น ควรบันทึกข้อมูล และทำเครื่องหมายบ่งชี้ ให้ผู้เกี่ยวข้องได้รับทราบว่า ผนังห้อง/อาคารนี้ ใช้สารหน่วงการติดไฟชนิดใด
- กรณีที่ได้ข้อมูลจากผู้ผลิต หรือจากเอกสาร SDS ให้บันทึกข้อมูลและทำการคำนวณปริมาณสาร HBCD ตามที่ระบุในข้อถัดไป
- กรณีที่ไม่ได้ข้อมูล หรือไม่สามารถยืนยันได้ว่า โฟม EPS ที่ถือครองอยู่ มีสาร HBCD หรือไม่ ให้ถือว่าผนังโฟม EPS ที่สร้างก่อนปี พ.ศ. 2563 มีสาร HBCD

ให้ถือว่าผนังโฟม EPS
ที่สร้างก่อนปีพ.ศ. 2563
ที่ไม่มีเครื่องหมายระบุ
ว่าใช้สารหน่วง
การติดไฟชนิดอื่น
มีสาร HBCD

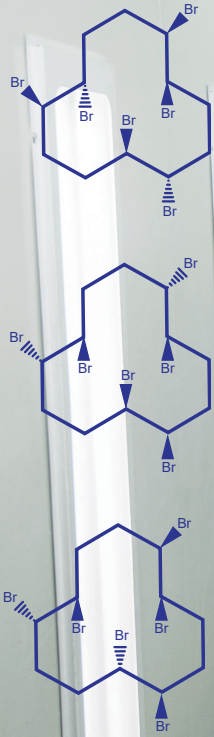
6 ตรวจสอบข้อมูลอัตราส่วนผสมของสาร HBCD ในเนื้อโฟม

กรณีที่พบว่าโฟม SE-EPS ใช้สาร HBCD เป็นสารหน่วงการติดไฟ ให้ตรวจสอบข้อมูลอัตราส่วนผสมที่ผู้ผลิตสำแดงในเอกสาร SDS หรือสอบถามข้อมูลจากผู้ผลิตโดยตรง โดยให้ค้นหาข้อมูลบริเวณหัวข้อ ส่วนผสมสารเคมี (Composition/ Information on Ingredients)

- กรณีที่ผู้ผลิตมีการสำแดงข้อมูลส่วนผสม ให้บันทึกข้อมูลที่ตรวจพบ ในแบบบันทึกข้อมูล
 - กรณีที่ผู้ผลิต ระบุข้อมูลอัตราส่วนผสมเป็นช่วงความเข้มข้น ให้บันทึกข้อมูลตามที่ตรวจพบ (และใช้ค่าสูงสุดในการคำนวณปริมาณสาร HBCD ในแผ่นโฟม)
- กรณีที่ไม่สามารถหาข้อมูลส่วนผสมได้ หรือไม่สามารถยืนยันได้ว่าโฟมนี้อาจใช้สารหน่วงการติดไฟชนิดใด ให้บันทึกข้อมูลตามที่พบ และใช้ค่ากลางของประเทศ* ในการคำนวณปริมาณสาร HBCD ในแผ่นโฟม

หมายเหตุ: (*) ค่ากลางของประเทศ กำหนดจากผลการสำรวจการใช้สาร HBCD ในโฟม SE-EPS ที่พบในประเทศ ในโครงการนี้

การทดสอบเพื่อบ่งชี้และยืนยันปริมาณ ส่วนผสมของสาร HBCD ในโฟม SE-EPS



กรณีที่ไม่สามารถสอบกลับข้อมูลไปยังผู้ผลิตได้ อาจจำเป็นต้องมีการเก็บตัวอย่างโฟม เพื่อนำมาทดสอบยังห้องปฏิบัติการ แต่เนื่องจากห้องหรืออาคารที่ยังอยู่ระหว่างการใช้งาน มักเป็นห้องที่ต้องมีการควบคุมฝุ่น และ/หรือ การไหลของอากาศ อย่างแน่นอน การชักตัวอย่างโฟมอาจส่งกระทบต่อการทำงานอย่างสมบูรณ์ของห้องนี้ได้ จึงมีแนวทางในการเก็บตัวอย่างดังนี้

- เก็บตัวอย่างที่เป็นตัวแทนจากแผ่นผนังสำรอง (ถ้ามี)
- เก็บตัวอย่าง ในช่วงที่ทำการบำรุงรักษา ซ่อมแซม หรือรื้อถอนห้องในบางส่วน
- เก็บตัวอย่างบริเวณที่มีช่องเปิดด้านหลังแผ่นประกอบปิด (เช่น ช่องหน้าต่าง ช่องลม)

หมายเหตุ: พยายามหาตำแหน่งที่ไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานอย่างสมบูรณ์ของห้อง เนื่องจากการเก็บตัวอย่าง (ขนาดประมาณ 4 เซนติเมตร x 4 เซนติเมตร x 4 เซนติเมตร) จะทำให้เกิดช่องโหว่ในเนื้อโฟม ซึ่งอาจต้องทำการกรูโฟมใหม่เพื่อคงความเป็นฉนวนของห้อง

- เก็บตัวอย่าง ช่วงก่อนทำการรื้อถอนห้อง

การประเมินปริมาณสารเคมีปริมาณน้อยๆ ในเนื้อวัสดุวิศวกรรม ต้องอาศัยเทคนิคการสกัดสารเคมีออกจากเนื้อวัสดุและการวิเคราะห์ปริมาณสารเคมีด้วยเครื่องมือที่มีความละเอียดสูง จึงมีค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ทดสอบสูง

การวิเคราะห์ปริมาณสารเคมีเติมแต่งในวัสดุวิศวกรรมแตกต่างจากการวิเคราะห์สารมลพิษในสิ่งแวดล้อม ที่ช่วงความเข้มข้นของสารเป้าหมายในวัสดุวิศวกรรมมีช่วงที่กว้างกว่า และสารเป้าหมายฝังตัวอยู่ในเนื้อวัสดุวิศวกรรมที่ยากต่อการสกัดออกกว่าวัสดุในสิ่งแวดล้อม เช่น ในการวิเคราะห์หาสาร HBCD ในโฟม จำเป็นต้องสกัดสาร HBCD ออกจากเนื้อโฟม EPS ซึ่งจำเป็นต้องมีการย่อยและกรอง EPS ออกโดยไม่ทำให้สาร HBCD สลายตัวหรือหลุดรูดออกจากระบบ อีกทั้งสาร HBCD เองยังมีหลายชนิด แต่ละชนิดตอบสนองต่อการทดสอบต่างกัน ทำให้ค่า “ความเข้มข้น” ของสาร HBCD ที่ได้ แตกต่างกัน ขึ้นกับวิธีที่นำมาใช้ในการวัด

เทคนิคการวิเคราะห์ทดสอบโฟม SE-EPS แปรผันตามวัตถุประสงค์ของการทดสอบ

เทคนิค	ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ	สารเป้าหมาย	มาตรฐาน
ED-XRF	เม็ดโฟมปิด (Foam beads) แผ่นโฟม (Rigid foams) สารละลายโฟม	ธาตุโบรมีน	IEC 62321-3-1
FT-IR	เม็ดโฟมปิด (Foam beads) แผ่นโฟม (Rigid foams) สารละลายโฟม	TBBPA & TBBPA-derivatives (HBCD)	(ยังไม่มี)
GC-MS	สารละลายที่สกัดจากวัสดุตัวอย่าง (แผ่นโฟม หรือเม็ดโฟมปิด)	Total HBCD, TBBPA & TBBPA-derivatives	IEC 62321-9 (เฉพาะ HBCD)
LC-MS/MS	สารละลายที่สกัดจากวัสดุตัวอย่าง (แผ่นโฟม หรือเม็ดโฟมปิด)	HBCD แต่ละชนิด TBBPA & TBBPA-derivatives	IEC 62321-9 (เฉพาะ HBCD)

เทคนิคการวิเคราะห์ทดสอบโฟม SE-EPS มีหลายระดับ แต่ละระดับให้ข้อมูลที่แตกต่างกัน และมีค่าใช้จ่ายในการทดสอบต่างกัน

จึงควรเลือกวิธีการทดสอบให้เหมาะกับวัตถุประสงค์ของการทดสอบ เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการทดสอบ และเพื่อให้ได้ข้อมูล/ผลการทดสอบที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ (fit-to-purpose) ที่ต้องการ

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสาร HBCD ในโฟม SE-EPS เนื่องจากการวิเคราะห์ปริมาณสาร HBCD โดยละเอียด มีค่าใช้จ่ายสูง จึงควรพิจารณาทดสอบตามลำดับขั้น ดังนี้

1 ทดสอบแบบคัดกรอง **เม็ดโฟมบีดและก้อนโฟม** โดยใช้เทคนิค ED-XRF เพื่อประเมินว่ามีโบรมีน (Br) ผสมอยู่หรือไม่

- หากพบ Br แสดงว่ามีการเติมสารหน่วงการติดไฟ แต่ยังไม่สามารถระบุได้ว่า เป็นชนิดใด



หากไม่พบ Br แสดงว่าไม่มีการเติมสารหน่วงการติดไฟ - ไม่ต้องทดสอบต่อ



หมายเหตุ 1: หากต้องการประเมินว่าโฟมนั้น มีสาร HBCD เกินระดับ LPC ของผลิตภัณฑ์หรือไม่ (ต่ำกว่า 100 ppm) อาจต้องมีการยืนยัน method detection limit สำหรับการวัด Br ในโฟม EPS ที่มีความหนาแน่นใกล้เคียงกับตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ

หมายเหตุ 2: กรณีไม่มีเครื่องมือ อาจทดสอบโดยง่ายโดยการทดสอบการจุดติดไฟ หากจุดไม่ติด หรือติดแต่ไฟดับภายใน 10-30 วินาที แสดงว่าโฟมนั้น มีสารหน่วงการติดไฟ

2 คัดกรองต่อ เพื่อประเมินว่ามีสาร HBCD ในสารละลายโฟมหรือไม่ โดยใช้เทคนิค ED-XRF

- หากพบ Br ในสารละลายโฟม แสดงว่าสารหน่วงการติดไฟที่ใช้ เป็นสาร HBCD (หรือมีการปนเปื้อนสาร HBCD) หรือสารหน่วงไฟอื่นที่ละลายในตัวทำละลายได้ แต่ยังไม่สามารถระบุชนิดได้แน่นอน และไม่สามารถระบุว่ามีปริมาณมากน้อยเพียงใด

หากไม่พบ Br แสดงว่าสารหน่วงการติดไฟที่พบ ไม่ใช่สาร HBCD



หมายเหตุ: แม้สารหน่วงการติดไฟที่ใช้จะไม่ใช้สาร HBCD แต่ BFR ทุกชนิดก็มีความเป็นอันตราย จึงควรมีการทำป้ายเตือนที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถบริหารจัดการรถถอนและการจัดการเศษวัสดุก่อสร้าง ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้อย่างเหมาะสม

3 วิเคราะห์ปริมาณสาร HBCD โดยรวม (Total HBCD*) ด้วยเทคนิค GC-MS หรือ

4 วิเคราะห์ปริมาณสาร HBCD* แต่ละชนิด ด้วยเทคนิค LC-MS หรือ LC-MS/MS

ทั้งสองเทคนิคนี้ ให้ผลทดสอบแตกต่างกันเล็กน้อย เนื่องจากสาร HBCD มีหลายแบบ (ไอโซเมอร์สเตอริโอ) แต่ละแบบให้การตอบสนองต่อการวิเคราะห์แตกต่างกัน

หมายเหตุ: สาร HBCD ที่ผลิตในเชิงพาณิชย์ ประกอบด้วย สาร HBCD หลายแบบในสัดส่วนไม่เท่ากันเมื่ออยู่ในสภาวะแวดล้อมหรือเมื่อใช้ไปนานๆ สาร HBCD บางชนิดยังสามารถเปลี่ยนไปเป็นแบบอื่น ได้ (เช่น γ -HBCD แปรสภาพไปเป็น α -HBCD ได้)

หมายเหตุ: สาร HBCD ใน Annex A ของอนุสัญญาสตอกโฮล์มไม่แยกแยะชนิด (นั่นคือ หมายรวมถึงสารกลุ่มนี้ทุกชนิดรวมกัน)





การทดสอบแบบคัดกรองด้วยเทคนิค ED-XRF Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy

HBCD01: การทดสอบโฟมแข็งและเม็ดโฟมปิดแบบคัดกรองด้วยเทคนิค ED-XRF

ข้อมูลสำคัญของการคัดกรองด้วยเทคนิค ED-XRF

มาตรฐานอ้างอิง	IEC 62321-3-1
ปริมาณตัวอย่าง	โฟมแข็ง: ตัวอย่างละประมาณ 1 กรัม หรือขนาดประมาณ 4 เซนติเมตร x 4 เซนติเมตร x 4 เซนติเมตร จำนวน 3 ตัวอย่าง เม็ดโฟมปิด: ตัวอย่างละประมาณ 5 กรัม จำนวน 3 ตัวอย่าง
ข้อมูลที่ต้องบันทึก	ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ส่งตัวอย่าง ข้อมูลเกี่ยวกับตัวอย่าง และการเก็บตัวอย่าง



การทดสอบแบบคัดกรองโดยใช้เทคนิค ED-XRF อาศัยหลักการตอบสนองต่อรังสี X ของธาตุต่างๆ ที่อยู่ในเนื้อวัสดุที่แตกต่างกัน เทคนิคนี้สามารถทดสอบได้รวดเร็ว แทบไม่ต้องการเตรียมตัวอย่าง จึงมีราคาค่าทดสอบไม่สูง เทคนิคนี้มีความละเอียดพอที่จะใช้แยกแยะตัวอย่างโฟมที่มีและไม่มีสารหน่วงการติดไฟออกจากกันได้

นอกจากนี้ ED-XRF ยังสามารถให้ข้อมูลเชิงคุณภาพที่สื่อถึงระดับความเข้มข้นของธาตุโบรมีน (Br) ที่มีอยู่ในเนื้อวัสดุได้ อย่างไรก็ดี เนื่องจากสารหน่วงการติดไฟทุกชนิดที่ใช้ได้กับโฟม EPS ล้วนมีโบรมีนเป็นองค์ประกอบ จึงไม่สามารถแยกแยะได้ว่า ธาตุโบรมีนที่ตรวจพบมาจากสาร HBCD หรือสารหน่วงการติดไฟชนิดอื่น

เนื่องจากสาร HBCD และ BFR อื่นที่เป็นสารทดแทนสาร HBCD มีสมบัติการละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ที่แตกต่างกัน โดยสาร HBCD ละลายได้ดีในอะซิโตน สาร TBBPA-DBMPE และ TBBPA-DBPE ละลายได้เล็กน้อย ส่วน PolyFR ซึ่งเป็น butadiene styrene brominated copolymer ไม่ละลายในอะซิโตน [Schlummer et al. (2015)] จึงสามารถใช้ความแตกต่างนี้ เป็นประโยชน์ในการแยกแยะ SE-EPS ที่มีและไม่มีสาร HBCD ออกจากกันได้

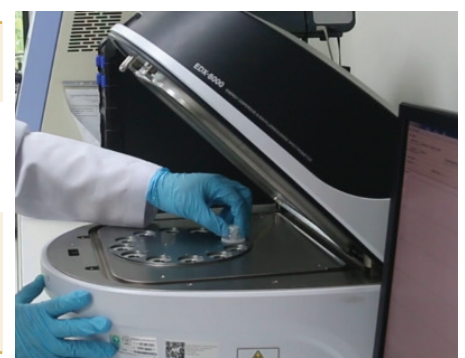
ข้อมูลสำคัญของการคัดกรองด้วยเทคนิค ED-XRF

กลุ่มโฟม	Br ใน ของแข็ง	Br ใน สารละลาย
ไม่เติม BFR	ไม่พบ	ไม่พบ
เติม PolyFR	สูง	ไม่พบ
เติม TBBPA-based	สูง	ต่ำ
เติม HBCD	สูง	สูง

HBCD02: การทดสอบสารละลายโฟมแบบคัดกรองด้วยเทคนิค ED-XRF

ข้อมูลสำคัญของการคัดกรองด้วยเทคนิค ED-XRF

มาตรฐานอ้างอิง	Schlummer et al. (2015) และ IEC 62321-3-1
ปริมาณตัวอย่าง	โฟมแข็ง หรือเม็ดโฟมปิด ตัวอย่างละประมาณ 0.5 กรัม จำนวน 3 ตัวอย่าง
ข้อมูลที่ต้องบันทึก (เพิ่มเติม จาก การทดสอบ HBCD01)	ผลการทดสอบเพื่อประเมินปริมาณ Br ใน ตัวอย่างของแข็ง (โฟมแข็งหรือเม็ดโฟมปิด)



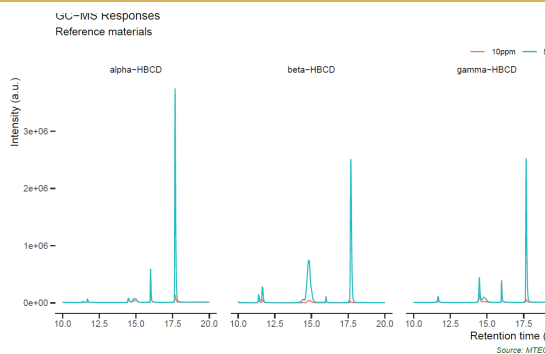
การวิเคราะห์ปริมาณสาร HBCD โดยรวม ด้วยเทคนิค GC-MS, Gas chromatography – Mass spectrometry

GC-MS เป็นเทคนิคการวิเคราะห์สารเคมีที่ใช้แพร่หลายในการตรวจสอบสารต้องห้ามในผลิตภัณฑ์ อาทิ PBB/PBDE ในเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หรือ ทาเลต (phthalate) ในของเล่น ห้องปฏิบัติการทั้งของภาครัฐและเอกชนในประเทศส่วนใหญ่จึงมีขีดความสามารถในการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคนี้

เทคนิค GC-MS แยกแยะสารเคมีโดยใช้ Gas chromatography ซึ่งแยกสารโดยใช้ความแตกต่างในความเร็วในการเคลื่อนที่ของสารระเหยแต่ละชนิดในตัวกลาง Capillary Column (GC-Column) และการบ่งชี้ชนิดและปริมาณของสารแต่ละชนิดที่ถูกแยกออกมาได้ด้วย Mass spectrometry บ่งชี้ชนิดของสารประกอบด้วยการแตกตัวสารด้วยอิเล็กตรอนแล้ววัดมวลต่อประจุ (m/z) ของอนุภาคต่างๆ ที่แตกตัวออกมาได้ โดยบันทึกในรูปแบบสเปกตรัมของอนุภาคของสารประกอบแต่ละชนิดที่แยกออกมาได้ และประมวลผล-ยืนยันโครงสร้างโมเลกุลโดยการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลหรือสเปกตรัมของสารมาตรฐาน

ข้อมูลสำคัญของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-MS

Reference standard test method	IEC 62321-9:2021
Sample amount	0.5 กรัม
Method to extract target analyte from materials	• Soxhlet extraction หรือ • Ultrasonic dissolution โดยใช้เตตระไฮโดรฟิวแรน (THF) เป็นตัวทำละลายในการสกัด
Column	• Non-polar • DB-5 or equivalent
m/z for HBCD confirmation	319, 401, 561
m/z for HBCD quantification	319



โครมาโตแกรมของ α -, β -, γ - HBCD

เทคนิค GC-MS ไม่สามารถแยกแยะชนิดของสาร HBCD ได้ เนื่องจากมีหลายปัจจัยที่ส่งผลให้ความสูงของพีคของแต่ละพีคของสาร α -, β - และ γ -HBCD ออกมาในสัดส่วนที่ไม่เท่ากัน

การวิเคราะห์ปริมาณสาร HBCD โดยใช้ GC-MS ใช้มาตรฐาน IEC 62321-9: 2021 [IEC (2021)] หรือมาตรฐานอื่นที่มีสมรรถนะเทียบเท่าเป็นมาตรฐานอ้างอิง

การใช้ GC-MS ในการวิเคราะห์ปริมาณสาร HBCD ในโฟม EPS มีข้อดีที่ GC-MS เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ที่มีใช้แพร่หลายในห้องปฏิบัติการในประเทศ และมีมาตรฐาน IEC ซึ่งเป็นมาตรฐานสากล ซึ่งได้ทำการศึกษาความใช้ได้ของวิธีทดสอบนี้ ในการวิเคราะห์ปริมาณสาร HBCD ในโฟม EPS/XPS ที่มีการผลิตในเชิงพาณิชย์โดยเฉพาะ นอกจากนี้ ห้องปฏิบัติการยังสามารถปรับแต่งโปรแกรมการวัดให้สามารถวิเคราะห์สารหน่วงการติดไฟทางเลือกอื่นที่อาจมีในเนื้อวัสดุ (เช่น TBBPA) ไปพร้อมๆ กันได้

เทคนิค GC-MS ไม่สามารถแยกแยะชนิดของสาร HBCD ได้ รายงานผลปริมาณสาร HBCD ที่ได้จากการทดสอบโดยเทคนิคนี้ จึงจะอยู่ในรูปสาร HBCD โดยรวม (Total HBCD) เท่านั้น อย่างไรก็ตาม GC-MS ให้การตอบสนองต่อสาร HBCD แต่ละชนิดไม่เท่ากัน อีกทั้งสัดส่วนของ HBCD แต่ละชนิด (α -, β -, γ - HBCD) ในตัวอย่างจริงก็ไม่เท่ากัน ขึ้นกับแหล่งผลิต HBCD ที่ผู้ผลิตเม็ดบีดใช้ และขึ้นกับระดับการเปลี่ยนรูปของขึ้นโฟมตัวอย่าง

สาร HBCD สลายตัวด้วยความร้อนได้ง่าย การทดสอบโดย GC-MS จึงต้องมีการระมัดระวังเป็นพิเศษในการตั้งโปรแกรมอุณหภูมิและการเลือกความยาวคอลัมน์





การวิเคราะห์ปริมาณสาร HBCD แต่ละชนิดด้วย LC-MS Liquid Chromatography Mass spectrometry

LC-MS ใช้หลักการวัดและวิเคราะห์คล้ายกับ GC-MS เพียงแต่ไม่ต้องให้ความร้อนเพื่อระเหยสารที่ต้องการทดสอบให้กลายเป็นไอ จึงตัดปัญหาเรื่องการสลายตัวจากการได้รับความร้อนในระหว่างการทดสอบลงได้ การทดสอบโดยเทคนิคนี้ จึงทำได้ง่ายและแม่นยำกว่าการทดสอบโดยใช้ GC-MS ทั้งนี้ การทดสอบเพื่อประเมินปริมาณสาร HBCD ในสิ่งแวดล้อมที่มีการเผยแพร่ ส่วนใหญ่วิเคราะห์โดยใช้เทคนิคนี้ [Hajeb et.al. (2022)]

การวิเคราะห์ปริมาณสาร HBCD โดย LC-MS และ LC-MS/MS สามารถแยกแยะสาร HBCD แต่ละชนิดออกจากกันได้ ซึ่งนอกจากจะทำให้สามารถประเมินปริมาณได้ถูกต้องขึ้นแล้ว ยังช่วยให้ข้อมูลเชิงลึก ถึงแหล่งที่มาของสาร HBCD ได้ (เนื่องจากสาร HBCD จากแต่ละแหล่งมีอัตราส่วน α -, β -, γ - HBCD ไม่เท่ากัน) นอกจากนี้เทคนิคการทดสอบโดย LC-MS และ LC-MS/MS ยังสามารถวิเคราะห์สารหน่วงการติดไฟทั้ง HBCD และ TBBPA ได้พร้อมกัน จึงช่วยให้สามารถประเมินการปนเปื้อนได้ชัดเจนขึ้น

อย่างไรก็ดี ห้องปฏิบัติการที่ให้บริการวิเคราะห์สารเคมีในวัสดุทั่วไป มักไม่มี หรือไม่ให้บริการวิเคราะห์ทดสอบด้วยเทคนิค LC-MS และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง LC-MS/MS เนื่องจากเครื่องมือมีราคาแพง กระนั้นปัจจุบันเครื่องมือนี้ก็เริ่มมีใช้มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวงการอาหารและยา และการวิเคราะห์สารมลพิษในสิ่งแวดล้อมที่มีความท้าทายขึ้นเรื่อยๆ (เช่น ใช้สำหรับการวิเคราะห์ PFAS และสารมลพิษในน้ำและในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิต)

สำหรับการทดสอบสาร HBCD ในดินและน้ำ พบว่า การทดสอบโดย LC-MS และ GC-MS ให้ผลที่ใกล้เคียงกัน [Petersen et.al. (2004)]

หากไม่พบ Br แสดงว่าไม่มีการเติมสาร
หน่วงการติดไฟ - ไม่ต้องทดสอบต่อ

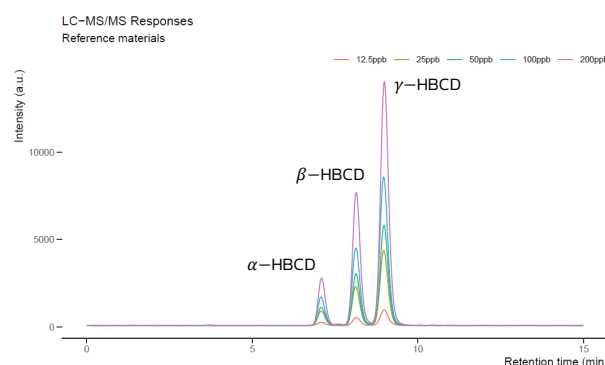
$$\text{Total HBCD [mg/kg]} = (\alpha\text{-HBCD} + \beta\text{-HBCD} + \gamma\text{-HBCD}) \text{ [mg/kg]}$$

ข้อมูลสำคัญของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค LC-MS

มาตรฐานอ้างอิง	IEC 62321-9:2021 (Annex A)
ปริมาณตัวอย่าง	0.5 กรัม
เทคนิคในการสกัดสารเป้าหมายออกจากวัสดุ	• Soxhlet extraction หรือ • Ultrasonic dissolution โดยใช้เตตระไฮโดรฟิวแรน (THF) เป็นตัวทำละลายในการสกัด
LC คอลัมน์	C18 Column, 150mmx4.6mm ID, 5 μ m หรือเทียบเท่า
HPLC Liquid phase	Solvent A: 10% Solvent B: 90%
หมายเหตุ: IEC 62321-9 ใช้ Solvent A: 20mM/L aqueous ammonium acetate, Solvent B: methanol	

Multiple reaction monitoring (MRM) ของมวลต่อประจุ (m/z) ในการวิเคราะห์ด้วย Tandem ms/ms (ion signal [$M-H$]-) $\rightarrow$ Br-transition)

สำหรับการยืนยันสาร HBCD*	Native: 640.50 $\rightarrow$ 80.60 Labelled 652.50 $\rightarrow$ 80.60
m/z สำหรับการประเมินปริมาณสาร HBCD*	Native: 640.50 $\rightarrow$ 79.20 Labelled 652.50 $\rightarrow$ 79.20



โครมาโตแกรมของ α -, β -, γ - HBCD ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ถ้ายืนยันได้ว่าโฟมที่ประกอบเป็นผนังอาคาร มีสาร HBCD อยู่ และไม่สามารถสอบกลับข้อมูลไปยังผู้ผลิตได้ **ควรประเมินปริมาณของสาร HBCD** เพื่อบันทึก/ทำเครื่องหมายบ่งชี้ ให้ผู้ที่อาจเกี่ยวข้องได้รับรู้ และปฏิบัติตัวได้อย่างถูกต้อง

การคำนวณปริมาณสาร HBCD ในโฟม

กรณีใช้ค่าความเข้มข้นจากการทดสอบโดยเทคนิค GC-MS หรือ LC-MS

ปริมาณสาร HBCD [กรัม] = 0.001 x ค่าความเข้มข้น HBCD ในตัวอย่าง [มิลลิกรัม/กิโลกรัม] x น้ำหนักโฟมทั้งหมด [กิโลกรัม]

กรณีใช้ค่ากลาง

ปริมาณสาร HBCD [กรัม] = 10 [กรัม/กิโลกรัม] x น้ำหนักโฟมทั้งหมด [กิโลกรัม]

น้ำหนักโฟมทั้งหมด [กิโลกรัม] = ผลรวมน้ำหนักโฟมแต่ละขนาด [กิโลกรัม]
= $\sum (\text{พื้นที่ผิว [ตารางเมตร]} \times \text{ความหนาโฟม [มิลลิเมตร]} \times 0.001 \times \text{ความหนาแน่นโฟม [กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร]})$



การบันทึกข้อมูลโฝมและปริมาณสาร HBCD ในโฝม SE-EPS ในสถานประกอบการ

ข้อมูลโฝมที่บันทึก ประกอบด้วยข้อมูล 4 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1: ข้อมูลสถานประกอบการ

ลำดับ	รายการ	รายละเอียด
1	ชื่อสถานประกอบการ	(โปรดระบุชื่อบริษัท/สถานประกอบการ)
2	สถานที่ตั้งอาคาร/ห้อง	(โปรดระบุที่อยู่ ที่เป็นสถานที่ตั้งห้อง/อาคาร ที่รายงาน) กรณีมีหลายอาคาร ที่ตั้งอยู่หลายที่ บันทึกข้อมูลแต่ละอาคาร แยกจากกัน

ส่วนที่ 2: ข้อมูลการก่อสร้างห้อง/อาคาร

ลำดับ	รายการ	รายละเอียด
1	ชื่อห้อง/อาคาร	(โปรดระบุชื่อห้องหรืออาคาร ที่รายงาน)
2	ประเภทอาคาร	(โปรดระบุประเภทห้อง) เช่น โรงงานอิเล็กทรอนิกส์ โรงงานบรรจุอาหาร โรงงานผลิตยา และเวชภัณฑ์ โรงพยาบาล โรงพ่นสีรถยนต์ สำนักงานทั่วไป ร้านสะดวกซื้อ ฯลฯ
3	วัตถุประสงค์การใช้งาน	
3.1	ฟังก์ชันของห้อง	(โปรดเลือก) เช่น ห้องเย็น ห้องสะอาด ห้องบรรจุสินค้า ห้องกระบวนการ ห้องเก็บสินค้า ฯลฯ
3.2	ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิ ให้คงที่หรือไม่	ใช่/ไม่ใช่
3.3	ช่วงอุณหภูมิในการใช้งาน	(โปรดระบุช่วงอุณหภูมิใช้งาน) เช่น -10 องศาเซลเซียส , +10 องศาเซลเซียส , +25 องศาเซลเซียส
4	ปี (พ.ศ.) ที่ก่อสร้างห้อง	(โปรดเลือก)
5	ขนาดห้อง/อาคาร	
5.1	ขนาดพื้นที่ใช้สอย	(ระบุพื้นที่ใช้สอยแต่ละชั้นของอาคาร)
5.2	ความสูงเฉลี่ย	(ระบุความสูงของผนังจากพื้นถึงฝ้าเพดาน)

ส่วนที่ 3: ข้อมูลทางกายภาพของโฟม SE-EPS (F-Grade)

ลำดับ	รายการ	รายละเอียด
1	โฟม SE-EPS ที่ใช้ทำผนัง	
1.1	ความหนาโฟม (มิลลิเมตร)	(ระบุความหนาของแผ่นโฟม)
1.2	ความหนาแน่นโฟม (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	(ระบุความหนาแน่นของแผ่นโฟม)
1.3	ขนาดพื้นที่ทั้งหมด (ตารางเมตร)	(ระบุ พื้นที่ผิวของผนังจากแผ่นโฟมทั้งหมด)
2	โฟมที่ใช้ทำฝ้าเพดาน	
2.1	ความหนาโฟม (มิลลิเมตร)	(ระบุความหนาของแผ่นโฟม)
2.2	ความหนาแน่นโฟม (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	(ระบุความหนาแน่นของแผ่นโฟม)
2.3	ขนาดพื้นที่ทั้งหมด (ตารางเมตร)	(ระบุ พื้นที่ผิวของผนังจากแผ่นโฟมทั้งหมด)
3	โฟมที่ใช้ทำเป็นฉนวนหลังคา (ถ้ามี)	
3.1	ความหนาโฟม (มิลลิเมตร)	(ระบุความหนาของแผ่นโฟม)
3.2	ความหนาแน่นโฟม (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	(ระบุความหนาแน่นของแผ่นโฟม)
3.3	ขนาดพื้นที่ทั้งหมด (ตารางเมตร)	(ระบุ พื้นที่ผิวของผนังจากแผ่นโฟมทั้งหมด)
4	โฟมที่ใช้ในงานอื่น (โปรตระบุ)	
4.1	ความหนาโฟม (มิลลิเมตร)	(ระบุความหนาของแผ่นโฟม)
4.2	ความหนาแน่นโฟม (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	(ระบุความหนาแน่นของแผ่นโฟม)
4.3	ขนาดพื้นที่ทั้งหมด (ตารางเมตร)	(ระบุพื้นที่ผิวของผนังจากแผ่นโฟมทั้งหมด)

ความหนาของโฟม:

50 มิลลิเมตร (2"), 75 มิลลิเมตร (3"), 100 มิลลิเมตร (4"), 125 มิลลิเมตร (5"), 150 มิลลิเมตร (6"), 200 มิลลิเมตร (8"), 250 มิลลิเมตร (10")

ความหนาแน่นของโฟมในหน่วย (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร):

16 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (1 lb/ft³), 20 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (1.25 lb/ft³), 24 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (1.5 lb/ft³), 32 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (2 lb/ft³)

ส่วนที่ 4: ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมี

	รายการ	รายละเอียด
1	มาตรฐานการทนการลามไฟ	โปรตระบุมาตรฐานที่ได้รับการรับรอง (เช่น DIN 4102)
2	ระดับชั้นการทนการลามไฟ	โปรตระบุ Class (เช่น B1, B2)
3	สารหน่วงการติดไฟที่ใช้	โปรดเลือกคำตอบที่ใกล้ที่สุด
4	ช่วงระดับความเข้มข้น (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	โปรดเลือกคำตอบที่ใกล้ที่สุด
5	ที่มาของข้อมูล	โปรดเลือกคำตอบที่ใกล้ที่สุด

เมื่อสิ้นสุดการใช้งาน ควรมีข้อมูลยืนยันว่า
โฟมที่ประกอบเป็นผนังอาคารนั้น
มีสาร HBCD หรือไม่ และระบุปริมาณสารดังกล่าว
เพื่อให้มีการจัดการอย่างเหมาะสม
และปลอดภัย

แนวทางการดำเนินการที่เหมาะสมกับสาร **HBCD** ในโฟม EPS เมื่อสิ้นสุดการใช้

ปริมาณของสาร HBCD ที่อยู่ในโฟม EPS ที่สิ้นสุดการใช้งาน
เมื่อเทียบกับ LPC (Low POP Content) ในอนุสัญญาบาเซล



น้อยกว่า 100 พีพีเอ็ม
ซึ่งเป็นค่า LPC
ของผลิตภัณฑ์

นำไปกำจัดอย่างถูกวิธี โดยทำลายสาร HBCD
จนหมดสิ้น หรือนำไปรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีที่
อนุสัญญาสตอกโฮล์ม หรืออนุสัญญาบาเซล ยอมรับ
ว่ารีไซเคิลโฟม EPS ได้ และต้องแยกสาร HBCD ออก
มาทำลายจนหมดสิ้น

ระหว่าง 100 – น้อยกว่า
1000 พีพีเอ็ม

นำไปกำจัดอย่างถูกวิธี โดยทำลายสาร HBCD
จนหมดสิ้น



เท่ากับหรือมากกว่า
1000 พีพีเอ็ม
ซึ่งเป็นค่า LPC ของ
ซาก/ขยะ

เป็นขยะอันตราย ต้องจัดการและกำจัดตามแนวทาง
การกำจัดขยะอันตรายที่ทำลายสาร HBCD จนหมด
และ ต้องไม่ลดความเข้มข้นด้วยการเจือจาง

ข้อแนะนำในช่วงหลังการรื้อถอน



ถ้ามีการรีไซเคิลแผ่นฉนวนสำเร็จรูปที่มีสาร HBCD

- ดำเนินการตามแนวปฏิบัติของอนุสัญญาบาเซล
- เฉพาะผู้ได้รับอนุญาตเท่านั้น (เช่น โรงงาน ลำดับที่ 105 หรือ 106 ตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน)
- เฉพาะเทคโนโลยีที่ได้รับอนุญาต
 - เป็นเทคโนโลยีที่อนุสัญญาสตอกโฮล์ม หรืออนุสัญญาบาเซล ยอมรับว่ารีไซเคิลโฟม EPS ได้ และทำลายสาร HBCD จนหมด
 - สำหรับวัสดุรีไซเคิลที่มีปริมาณสาร HBCD ต่ำกว่าค่า LPC ที่กำหนด
(อนุสัญญาบาเซลกำหนด LPC ของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 100 พีพีเอ็ม)
- ผู้ประกอบการและผู้เกี่ยวข้องต้องผ่านการอบรมด้านอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม
- ต้องมีแผนกำจัดเศษวัสดุที่เหลือจากการคัดแยกและกิจกรรมอื่นๆ ในโรงงาน



การกำจัดโฟมที่ปนเปื้อนสาร HBCD ที่เกินระดับ LPC ซึ่งจัดเป็นขยะอันตราย (LPC ของขยะเท่ากับ 1000 พีพีเอ็ม)

- เฉพาะผู้ได้รับอนุญาตเท่านั้น (เช่น โรงงาน ลำดับที่ 101 ตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน)
- เฉพาะเทคโนโลยีที่ได้รับอนุญาต ที่แสดงให้เห็นได้ว่าสามารถทำลายสาร HBCD ได้จนหมด โดยไม่ใช้การบำบัดโดยวิธีเจือจาง
- ผู้ประกอบการและผู้เกี่ยวข้องต้องผ่านการอบรม ด้านอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม
- ต้องมีแผนกำจัดเศษวัสดุที่เหลือจากการคัดแยกและกิจกรรมอื่นๆ ในโรงงาน



การปฏิบัติตัวเพื่อลดการสัมผัสสาร HBCD สำหรับบุคคลทั่วไป



สอบถามผู้ผลิตและผู้ติดตั้งว่าแผ่นฉนวนสำเร็จรูปที่ใช้สร้างอาคาร/ห้องเย็น วัสดุโฟมเป็นแกนกลางหรือไม่ มีการใส่สารหน่วงการติดไฟหรือไม่ และ สารนั้นคืออะไร แล้วต้องป้องกันตัวจากสารดังกล่าวอย่างไร และควรมองหาผลิตภัณฑ์ที่มีเครื่องหมาย/ การบ่งชี้สารเคมีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์



ไม่นำโฟม EPS ไปใช้ฝังประเภท เช่น ไม่นำ โฟม SE-EPS ไปปลูกต้นไม้ วางอาหาร ใช้เป็นแพล่อน้ำ



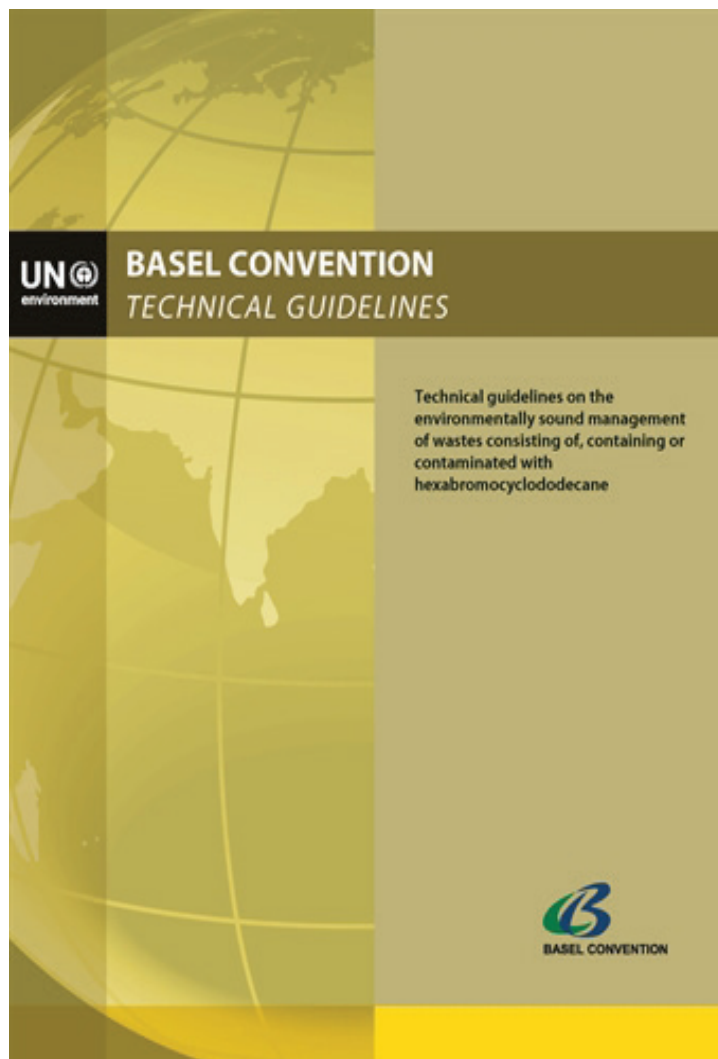
หมั่นทำความสะอาดร่างกายและที่อยู่อาศัย เพื่อลดความเสี่ยงในการสัมผัสฝุ่นที่ปนเปื้อนสารอันตราย



เสริมความรู้ตนเอง เพื่อรู้เท่าทันความเสี่ยงและอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากสาร HBCD และ สารอันตรายต่างๆ ที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ และที่หลุดรอดมาปนเปื้อนในอาหาร

“Each Party that has registered for the exemption pursuant to Article 4 for the production and use of HBCD for EPS and XPS in buildings shall take necessary measures to ensure that EPS and XPS containing HBCD can be easily identified by labelling or other means throughout its life cycle.”

SC-6/13



เทคโนโลยีในการจัดการสาร HBCD

จากแนวปฏิบัติเชิงเทคนิคของอนุสัญญาบาเซล

หลักการคือ ใช้มาตรการที่จำเป็นตามแนวทางจัดการของเสียได้อย่างเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (environmentally sound management) ในการจัดการซาก/ขยะที่มี/ปนเปื้อนสาร HBCD เพื่อให้มีการกำจัดที่เหมาะสมด้วยเทคนิคที่ดีที่สุดและแนวปฏิบัติด้านสิ่งแวดล้อมที่ดีที่สุด (BAT & BEP*) เพื่อป้องกันไม่ให้สาร HBCD รั่วไหลลงสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อให้มีการกำจัดสารกลุ่มนี้ให้สิ้นซาก (destruction and irreversible transformation) และเพื่อให้มีการกำหนดค่าขีดจำกัดด้าน low POP content, LPC สำหรับขยะ เพื่อระบุการเป็นของเสียอันตรายภายใต้อนุสัญญาบาเซล

* BAT & BEP: Best Available Technique and Best Environmental Practice

กรณีที่ยังต้องใช้สาร HBCD ในงานก่อสร้าง ซึ่งเป็นการใช้งานที่ได้รับการยกเว้น ตามอนุสัญญาสตอกโฮล์ม ภาควิชาต้อง “ติดป้ายบ่งชี้ หรือใช้วิธีอื่นเพื่อให้สามารถ แยกแยะ โฟม EPS/XPS ที่มี/ไม่มีสาร HBCD ออกจากกันได้อย่างชัดเจนของโฟม”

เทคนิคการกำจัด ที่ได้รับการยอมรับ (อนุสัญญาบาเซล)



สาร HBCD สลายตัวเปลี่ยนไปเป็นสารอื่นได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อน และสลายตัวได้หมดเมื่อเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 850 องศาเซลเซียส ดังนั้น การกำจัดสาร HBCD แบบสิ้นซาก จึงมักใช้กระบวนการเผาไหม้ที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ได้แก่

- การเผาของเสียอันตราย (Hazardous Waste Incineration)
- การเผาขยะมูลฝอยด้วยกระบวนการเผาไหม้ขั้นสูง (Advanced Solid Waste Incineration) และ
- การเผาร่วมกับซีเมนต์ในเตาเผาแบบหมุน (Cement Kiln Co-incineration)

อย่างไรก็ตาม ถ้าเผาสาร HBCD ไปพร้อมกับโฟม EPS หรือ XPS หรือ วัสดุอื่นๆ อาจจะพบสาร HBCD ตกค้างในเถ้าหนักหรือเถ้าก้นเตา และอาจเกิดเป็นสารประกอบโบรมีนที่พบในเถ้าลอย

นอกจากนี้ ยังมีเทคโนโลยีที่ใช้กับโฟมหลังการใช้งานที่ไม่ใช่ขยะอันตราย (มีปริมาณสาร HBCD ต่ำกว่า 1000 ส่วนในล้านส่วน) ที่อนุสัญญาสตอกโฮล์ม หรืออนุสัญญาบาเซล ยอมรับว่ารีไซเคิลโฟม EPS ได้ และทำลายสาร HBCD จนหมด เทคโนโลยีดังกล่าวจะแยกสาร HBCD ออกจาก PS เพื่อนำ PS กลับมาใช้ใหม่ แล้วนำเอาสาร HBCD ไปกำจัดด้วยกระบวนการเผาของเสียอันตราย เทคโนโลยีเหล่านี้ ได้แก่ **เทคโนโลยี PSLoop** และ **เทคโนโลยีจาก Polystyvert**

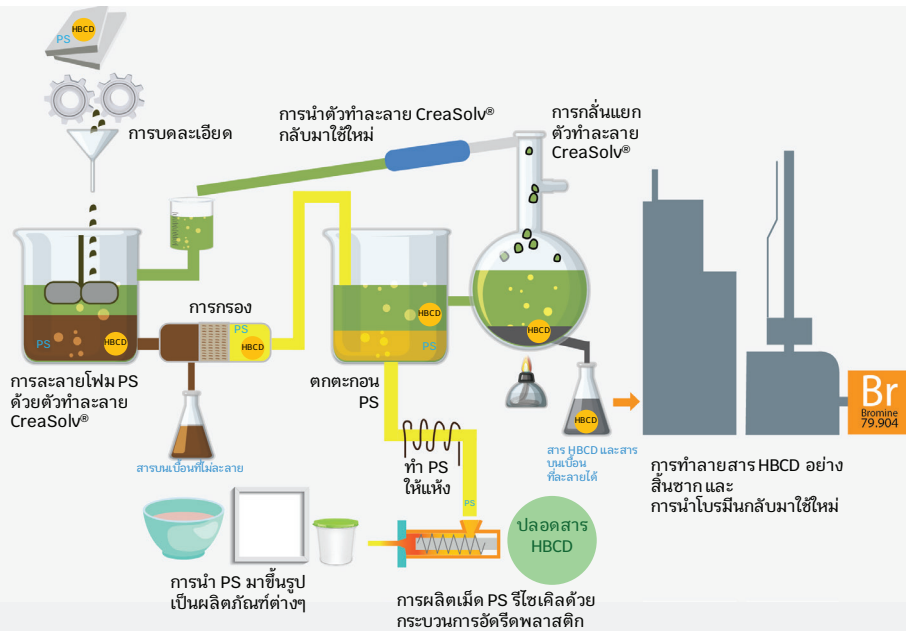
เทคโนโลยี PSLoop



โรงงานแรกสร้างเมื่อปี พ.ศ. 2564

เป็นเทคโนโลยีที่นำกระบวนการละลายด้วย CreaSolv® มาใช้เพื่อแยกสารปนเปื้อน ด้วยการละลายแล้วกรอง แล้วจึงตกตะกอนเพื่อแยก PS ออกจากสารละลายที่มี สาร HBCD อยู่ จากนั้นจึงนำสารละลายดังกล่าว มากลั่นแยกตัวทำละลายออกเพื่อนำ กลับไปใช้ใหม่ ส่วนกากที่เหลืออยู่ซึ่งมีสาร HBCD จะนำไปเผาด้วยกระบวนการเผา ขยะอันตรายที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส ที่มียูนิตนำโบรมีนกลับมาใช้ใหม่ (BRU: Bromine Recovery Unit) ส่วน PS ที่แยกออกมาได้ ซึ่งมีสมบัติไม่แตกต่างไปจากเดิมจะ นำไปผลิตเป็นเม็ดพลาสติกรีไซเคิลเพื่อขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ต่อไป

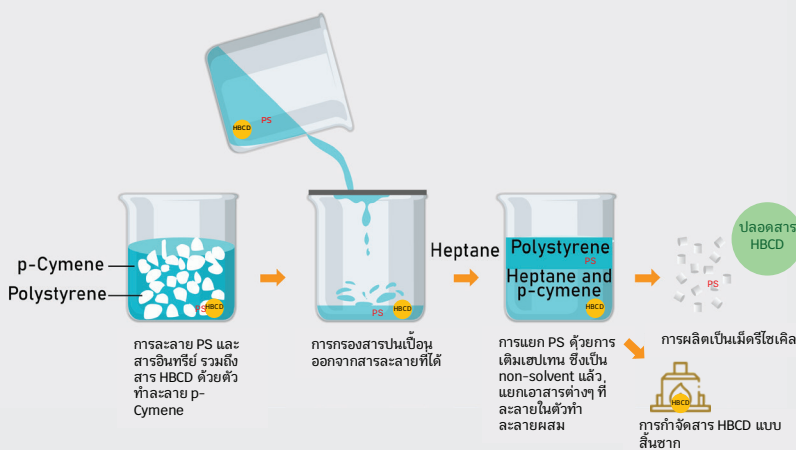
โรงงานแรกสร้างเมื่อปี พ.ศ. 2564 และ ตั้งอยู่ที่ประเทศเนเธอร์แลนด์ รับ เศษโฟม EPS และ XPS จากกระบวนการรีดถอนอาคาร ในปริมาณ 3,300 ตัน/ปี



ดัดแปลงจาก <https://www.creacycle.de/en/the-process.html>

แผนภาพของกระบวนการของ PSLoop

เทคโนโลยีจาก Polystyvert



แผนภาพของกระบวนการของ Polystyvert

เป็นเทคโนโลยีที่นำกระบวนการละลายด้วยตัวทำละลายซึ่งเป็นน้ำมันหอมระเหย คือ สาร **p-Cymene** มาใช้ เพื่อแยก PS และสารอินทรีย์ต่างๆ รวมถึงสาร HBCD ออกจากสารอื่นที่ปนเปื้อน ด้วยการละลายแล้วกรอง จากนั้นเติม**เฮปเทน** ซึ่งเป็น non-solvent ของ PS ลงไปในสารละลายที่ผ่านการกรอง เพื่อแยก PS ออกมา แล้วจึงนำสารละลายของตัวทำละลายผสมระหว่าง **p-Cymene** และ **เฮปเทน** ที่ได้ ที่มีสาร HBCD สีหมึก พิมพ์ สารเติมแต่งต่างๆ ละลายอยู่ ไปกำจัดแบบสิ้นซาก กระบวนการแยกด้วยตัวทำละลายนี้ ไม่ต้องใช้อุณหภูมิสูงจึงเปลี่ยนตัวกรองไม่บ่อยนัก ส่วน PS ก็มีสมบัติไม่ต่างจากเดิมและสามารถนำไปรีไซเคิลได้ เทคโนโลยีนี้มีแผนจะนำไปตั้งโรงงานที่ประเทศแคนาดา ที่มีกำลังการผลิตเป็น 9,000 ตัน/ปี

SUMMARY

สาร HBCD เป็นสารเคมีที่น่ากลัว เป็นภัยเงียบ ที่ส่งผลร้ายยาวนาน ที่ต้องช่วยกันดูแล บริหารจัดการอย่างเหมาะสม เพื่อไม่ให้สารนี้ก่อปัญหาต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

สาร HBCD ที่ถูกนำมาใช้ อาจเกิดรั่วไหลออกมาในรูปฝุ่น ในช่วงการผลิต การใช้ การทิ้ง รวมถึงการจัดการเศษวัสดุด้วยวิธีการที่ไม่ปลอดภัย เช่น การทิ้งข้างถนนหรือในที่รกร้างว่างเปล่า การเผาในที่โล่ง การนำไปถมที่ หรือแม้กระทั่งการทิ้งในหลุมฝังกลบ ประชากรกลุ่มเสี่ยงที่อาจได้รับสาร HBCD ได้แก่ผู้ปฏิบัติงาน ตลอดโซ่การผลิต ผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารนี้เป็นสารหน่วงการติดไฟ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผลิตภัณฑ์ในกลุ่ม โฟม EPS และ XPS ตั้งแต่โรงงานผลิตเม็ดโฟมปิด โรงงานผลิตแผ่นโฟมและผนังโฟมสำเร็จรูป คนงานก่อสร้างและรื้อถอนอาคาร ผู้ประกอบการที่นำโฟมที่ปนเปื้อนมาใช้ซ้ำ และรีไซเคิล รวมถึงประชาชนและชุมชนที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง

สาร HBCD เป็นสารเคมีที่มีความเป็นพิษสูงต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ และส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบไร้ท่อ ระบบประสาทและสมองของมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สหภาพยุโรปได้จัดสาร HBCD เป็นสารที่เป็นพิษต่อระบบการสืบพันธุ์ประเภท 2 โดยผลบางอย่างสามารถสืบทอดสู่ลูกหลานในรุ่นถัดไปได้

ในไทยมีการใช้สาร HBCD เป็นสารหน่วงการติดไฟสำหรับโฟมประเภท EPS โดยอาคารที่มีผนังโฟมสำเร็จรูปแกน SE-EPS ที่ผลิตตั้งแต่ก่อนปี พ.ศ. 2563 อาจมีสาร HBCD ปนเปื้อน ซึ่งอาคารเหล่านี้เริ่มทยอยหมดอายุมากขึ้นเรื่อยๆ ความเสี่ยงจากการรั่วไหลออกสู่สิ่งแวดล้อม และการไหลไปปนเปื้อนวัสดุอื่นๆ (เช่น วัสดุสัมผัสอาหาร) กำลังจะเพิ่มสูงขึ้น หากไม่ระมัดระวัง สาร HBCD อาจรั่วไหลออกมาปนเปื้อนในห่วงโซ่อาหารและหมุนเวียนเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้

ไทยมีพันธกรณีภายใต้อนุสัญญาสตอกโฮล์มให้ต้องบริหารจัดการ HBCD อย่างถูกวิธี โดยจะต้องมีการบ่งชี้และแยกแยะโฟมที่มีสาร HBCD ตลอดวงจรชีวิตของโฟม นอกจากนี้ ขยะที่มีสาร HBCD เกินระดับ Low POP contents (0.1% โดยน้ำหนัก) ถือเป็นของเสียอันตรายตามอนุสัญญาบาเซล ที่ต้องนำไปกำจัดอย่างถูกหลักวิชาการ แนวทางปฏิบัติฉบับนี้ ให้แนวทางในการบ่งชี้และประเมินปริมาณสาร HBCD ในอาคาร ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการบริหารจัดการความเสี่ยงจากสารนี้

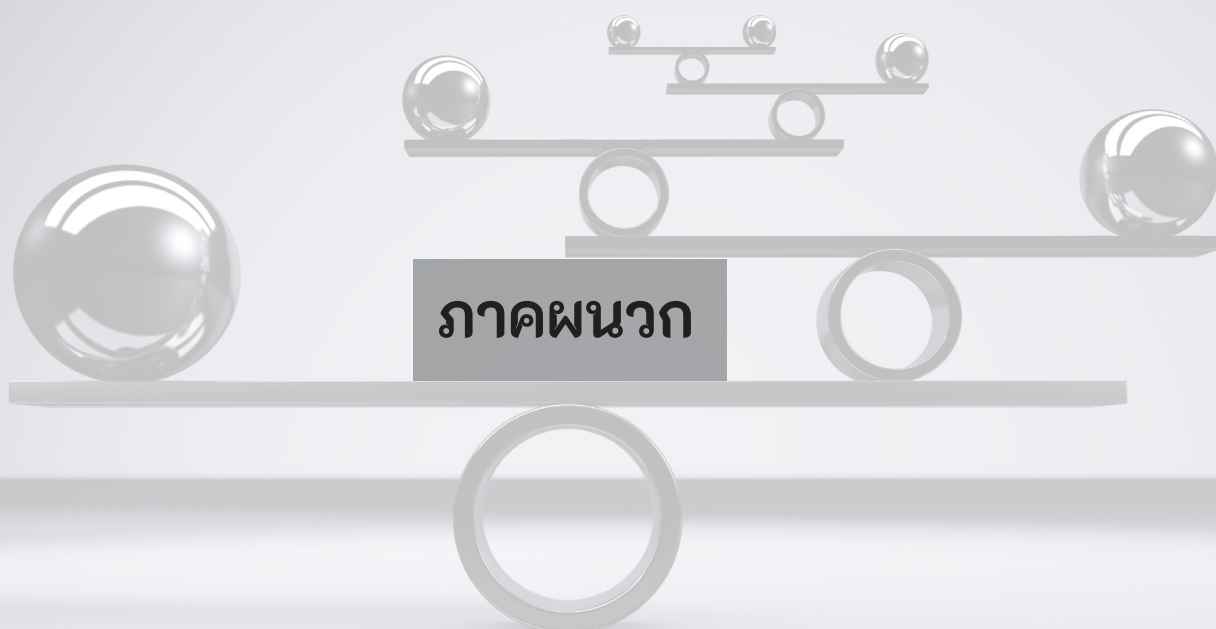
ปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีที่สามารถกำจัดสาร HBCD ให้สิ้นซาก รวมถึงการจัดการโฟมเกรดไม่ลามไฟเพื่อสกัดเอาเฉพาะสาร HBCD ออกไปทำลายโดยยังคงโพลิสไตรีนสำหรับใช้งานทั่วไป (GPPS) ให้หมุนเวียนต่อในระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนได้ หากแต่ยังไม่มีการศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาหรือนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้ในประเทศ

เอกสารอ้างอิง

1. WHO (2010). Persistent Organic Pollutants: Impact on Child Health. WHO Document Production Services, 2010. Geneva, Switzerland. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44525/9789241501101_eng.pdf
2. Schrenk, Dieter, Margherita Bignami, Laurent Bodin, James Kevin Chipman, Jesús del Mazo, Bettina Grasl-Kraupp, Christer Hogstrand, et al. 2021. “Update of the Risk Assessment of Hexabromocyclododecanes (HBCDDs) in Food.” EFSA Journal 19 (3). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6421>.
3. European Commission. 2008. “Risk Assessment: Hexabromocyclododecane CAS-No.: 25637-99-4 EINECS No.: 247-148-4.”
4. US EPA. 2010. “Hexabromocyclododecane (HBCD) Action Plan.”, <https://www.epa.gov/assessing-and-managing-chemicals-under-tsca/hexabromocyclododecane-hbcd-action-plan>
5. Ministry of Environment and Food of Denmark. 2018. “Updated National Implementation Plan for the Stockholm Convention 2018.”
6. L. Dong et al., “New understanding of novel brominated flame retardants (NBFRs): Neuro(endocrine) toxicity”, Ecotoxicology and Environmental Safety 208 (2021) 111570
7. Rani, Manviri, Won Joon, Gi Myung, Mi Jang, Young Kyoung, and Sang Hee. 2014. “Hexabromocyclododecane in Polystyrene Based Consumer Products : An Evidence of Unregulated Use.” Chemosphere 110 (2014): 111–19. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.02.022>.
8. UNEP. 2017. “Guidance for the Inventory of Hexabromocyclododecane (HBCD).”
9. US EPA. 2020 “Risk Evaluation for Cyclic Aliphatic Bromide Cluster (HBCD).”
10. MTEC. 2020. “Thailand’s POPs Inventory Assessment Report Part 2 : Thailand’s 2019 POPs Industrial Chemicals Inventory.”
11. UNEP. 2021. “Guidance on Preparing Inventories of HBCD.” Secretariat of the Basel, Rotterdam and Stockholm Conventions, United Nations Environment Programme, Geneva. <https://doi.org/10.4135/9781412971867.n117>.
12. UNEP. 2010. “Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the Work of Its Sixth Meeting: Risk Profile on Hexabromocyclododecane.”
13. US EPA 2014 “FLAME RETARDANT ALTERNATIVES FOR HEXABROMOCYCLODODECANE (HBCD).”
14. ECHA (2023). Brief profile, <https://echa.europa.eu/brief-profile/-/briefprofile/100.042.848>, เข้าถึงล่าสุดเมื่อ 31 กรกฎาคม 2566

15. EFSA (2021). Update of the risk assessment of hexabromocyclododecanes(HBCDDs) in food, EFSA Journal 2021;19(3):6421, 130 , <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6421>
16. IEC (2013). IEC 62321-3-1: 2013. Determination of certain substances in electrotechnical products - Part 3-1: Screening - Lead, mercury, cadmium, total chromium and total bromine by X-ray fluorescence spectrometry, Edition 1.0, International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland, 2013
17. IEC (2021). IEC 62321-9: 2021. Determination of certain substances in electrotechnical products - Part 9: Hexabromocyclododecane in polymers by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), Edition 1.0, International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland, 2021
18. Schlummer et.al (2015). Rapid identification of polystyrene foam wastes containing hexabromocyclododecane or its alternative polymeric brominated flame retardant by X-ray fluorescence spectroscopy, Waste Management & Research, 1-9, June 2015, DOI: 10.1177/0734242X15589783
19. Hajeb et.al. (2022). Critical review of analytical methods for the determination of flame retardants in human matrices, Analytica Chimica Acta, Volume 1193, 8 February 2022, 338828, <https://doi.org/10.1016/j.aca.2021.338828>
20. Arnot et.al (2009). An evaluation of hexabromocyclododecane (HBCD) for Persistent Organic Pollutant (POP) properties and the potential for adverse effects in the environment. Document submitted to the European Brominated Flame Retardant Industry Panel (EBFRIP), https://unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2009/EB/wg5/wgsr45/Informal%20docs/An%20evaluation%20of%20hexabromocyclododecane_Final%20report.pdf, last accessed July 31, 2023
21. Petersen et.al. (2004). Comparative GC/MS and LC/MS detection of hexabromocyclododecane (HBCD) in soil and water samples, Organohalogen Compounds 66: 226-233.

หมายเหตุ: ภาพประกอบมาจาก N. Ramungul, www.freepik.com และ Stock image PowerPoint 365



จากสถานการณ์ในปัจจุบัน ที่สาร HBCD ที่มีอยู่ในประเทศคาดว่าจะได้ถูกใช้ไปแล้ว และโพลีเมอร์ SE-EPS ที่มีสาร HBCD ก็คาดว่าจะอยู่ในผนังสำเร็จรูปของห้อง/อาคารต่างๆ ไปแล้ว จึงเป็นข้อจำกัดที่ทำให้ไม่สามารถได้ข้อมูลทางตรงว่าโพลีเมอร์ที่มีอยู่ในแต่ละอาคาร มีสาร HBCD หรือมีและอยู่ในปริมาณเท่าใด ดังนั้น จึงต้องได้จากความร่วมมือในการให้ข้อมูลจากผู้มีส่วนได้เสียและผู้ที่เกี่ยวข้องในตลอดโซ่คุณค่าของโพลีเมอร์ SE-EPS เพื่อให้สามารถมีแนวทางในการบ่งชี้และการระบุปริมาณสาร HBCD ได้เหมาะสมและเพียงพอต่อการจัดการเพื่อป้องกันความเสี่ยงจากสาร HBCD และป้องกันสุขภาพและปกป้องสิ่งแวดล้อม

การพัฒนาแนวทางปฏิบัติฉบับนี้ จึงดำเนินการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล คู่ขนานไปกับการจัดการประชุมสัมมนาของแต่ละกลุ่มของผู้มีส่วนได้เสีย และการสัมภาษณ์และเข้าเยี่ยมชมโรงงาน เพื่อให้เกิดการพัฒนาความรู้ไปด้วยกัน และร่วมกันออกแบบแนวทางที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศ ดังต่อไปนี้

การศึกษาแนวปฏิบัติในการจัดการสาร POPs

กฎหมาย นโยบายและแผน
มาตรฐานระดับชาติ/นานาชาติ
และการดำเนินการในภาคเอกชน

การรวบรวมข้อมูลจากบทความวิชาการและการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลพื้นฐานด้านเทคนิคของสาร HBCD และโพลีเมอร์ EPS, โพรไฟล์ความเสี่ยงจากสาร POPs และการจัดการความเสี่ยง, อันตรายต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม และกฎระเบียบ

สรุปความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสาร HBCD

ให้อยู่ในรูปแบบของเอกสารทบทวนวรรณกรรม (Literature Review)

การประชุมเพื่อวางกรอบประเด็นสำคัญ

ได้ดำเนินการเป็นขั้นตอนแรกเมื่อวันที่ 17 มกราคม 2566 ซึ่งเป็นการประชุมแบบออนไลน์ เพื่อรับฟังความเห็น ข้อเสนอแนะ และ ข้อกังวลต่างๆ จากผู้มีส่วนได้เสีย ทั้งจากผู้ผลิตเม็ดบีด ผู้ผลิตโพลีเมอร์ ผู้ผลิตผนังสำเร็จรูป ผู้รับเหมา ผู้ประกอบการ ที่เป็นเจ้าของอาคาร และ ผู้แทนองค์กรภาครัฐที่เกี่ยวข้อง

การประชุมเพื่อหารือ

คณะผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน

ดำเนินการเมื่อวันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2566 ณ ศูนย์ประชุมอุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย โดยได้เชิญผู้เชี่ยวชาญจากผู้ประกอบการ ตลอดโซ่คุณค่า และ ผู้แทนองค์กรภาครัฐที่เกี่ยวข้องจำนวนทั้งหมด 16 องค์กร มาร่วมกันวางกรอบแนวทางการร่างแนวปฏิบัติ และแนวทางที่เป็นไปได้ในการเข้าถึงตัวอย่างเพื่อประเมินปริมาณสาร HBCD

การประชุมเพื่อสร้างความตระหนักและขอความเห็นจากผู้มีส่วนได้เสีย

ได้ถ่ายทอดความรู้ พร้อมกับการขอความคิดเห็นต่อกรอบ guideline เป็นจำนวนทั้งหมด 3 ครั้ง

- 19 เม.ย. 2566 ที่โรงแรมโนโวเทล ปทุมธานี
- 27 เม.ย. 2566 ที่โรงแรมเคป ราชา ชลบุรี
- 8 พฤษภาคม 2566 ที่โรงแรมปทุมวันปริ้นเซส กรุงเทพฯ มีผู้เข้าร่วมทั้งหมด 163 คน ซึ่งมาจากภาคเอกชน 77.4%

กรอบแนวปฏิบัติที่สอดคล้องกับบริบทของไทย

นำความเห็นจากผู้มีส่วนได้เสียตลอดโซ่คุณค่า มาปรับให้กรอบแนวปฏิบัติสอดคล้องกับบริบทของไทยที่มีการใช้ผนังสำเร็จรูปมากขึ้น และเริ่มมีผนังสำเร็จรูปหลังการรื้อถอนออกมาเป็นขยะหรือนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ

การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ

ได้ถ่ายทอดความรู้ พร้อมกับการนำเสนอร่าง guideline เป็นจำนวนทั้งหมด 2 ครั้ง

- 9 พ.ค. 2566 ที่โรงแรมเซ็นจูรี่ พาร์ค กรุงเทพฯ
- 6 มิ.ย. 2566 ที่โรงแรมคลาสสิค คาเมิโอ ระยอง มีผู้เข้าร่วมทั้งหมด 85 คน ซึ่งมาจากภาคเอกชน 58.8%

แนวปฏิบัติที่สอดคล้องกับบริบทของไทย

รายนามผู้ประกอบการที่มอบหมายผู้แทนเข้าร่วมเป็น คณะผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน ในโครงการ “การสำรวจ และการจัดทำทะเบียนโพลีเมอร์ EPS ที่มี HBCD ในประเทศไทย”

- บริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน)
- บริษัท ดับบลิวเจ 2211 จำกัด
- บริษัท โกลบอลเทค จำกัด
- บริษัท ฟาเท็ค เวิร์คส์ จำกัด
- บริษัท ฮานา เซมิคอนดักเตอร์ (อยุธยา) จำกัด
- บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน)
- บริษัท ซีพี ออลล์ จำกัด (มหาชน)
- บริษัท เอก-ชัย ดีสทริบิวชั่น ซิสเทม จำกัด (โลตัส)
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
- สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
- การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
- กรมควบคุมมลพิษ
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม
- องค์การพัฒนาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
- ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค)
- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)



การประชุมเพื่อหารือคณะผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน
เมื่อวันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2566



ที่ปรึกษา

1. นายปิ่นสักก์ สุรัสวดี อธิบดีกรมควบคุมมลพิษ (2565 - 2566)
2. นางสาวปริญญพร สุวรรณเกษ อธิบดีกรมควบคุมมลพิษ (2566 – ปัจจุบัน)
3. นางกัญชลิ นาวิกภูมิ รองอธิบดีกรมควบคุมมลพิษ

คณะกรรมการย่อยด้านเทคนิคสำหรับการจัดการสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน

1. นางสาวธีราพร วิริวุฒิกกร กรมควบคุมมลพิษ
2. นายวุทธิชัย แก้วกระจ่าง กรมควบคุมมลพิษ
3. นายณกมล ศรีหิรัญ กรมควบคุมมลพิษ
4. นางสาวสินีนฏ ขาวนา กรมโรงงานอุตสาหกรรม
5. ดร.จริยา สุขะปาน การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
6. ดร.อุมา วิรัตน์สกุลชัย องค์การพัฒนาอุตสาหกรรมแห่งสหประชาชาติ

หน่วยบริหารงานโครงการ องค์การพัฒนาอุตสาหกรรมแห่งสหประชาชาติ

1. Dr. Carmela Centeno ผู้จัดการโครงการ
2. ดร.อุมา วิรัตน์สกุลชัย ผู้ประสานงานโครงการ
3. นางสาวกฤติยา เกสพานิช ผู้ช่วยผู้ประสานงานโครงการ

ข้อมูลติดต่อ

กองจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
92 ซอยพหลโยธิน 7 ถนนพหลโยธิน
แขวงพญาไท เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร 10400
โทรศัพท์ 02 298 2423, 02 298 2428
โทรสาร 02 298 5393

**แนวทางปฏิบัติเพื่อการบ่งชี้และการบันทึกข้อมูลปริมาณสาร HBCD
ในโฟมขาวเกรดไม่ลามไฟ**

Guideline for Identifying and Registering HBCD in SE-EPS

ปีที่พิมพ์ (Year of Publication) 2567 (2024)

เลขทะเบียน คพ. (PCD No.) 04 – 239

ISBN: 978-616-316-796-5

จัดทำโดย (Produced by)

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment

92 ซอยพหลโยธิน 7 ถนนพหลโยธิน แขวงพญาไท เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร 10400

92 Soi Phahon Yothin 7, Phahon Yothin Road, Phayathai Sub-district, Phayathai District,
Bangkok 10400 Thailand

โทรศัพท์ 0 2298 2000 โทรสาร 0 2298 2002

Tel: (+66) 2298 2000 Fax: (+66) 2298 2002

E-mail: pr@pcd.go.th Website: www.pcd.go.th

ออกแบบและพิมพ์ที่ (Designed & Printed by)

ห้างหุ้นส่วนจำกัด วาย.ซี.เอช.มีเดีย

ที่อยู่ 1626/61 ซ. ตึกคู่ฟ้า ถ. ดินแดง แขวงดินแดง เขตดินแดง

รหัสไปรษณีย์ 10400

โทรศัพท์ (+66) 2245 7732

เบอร์มือถือ 089 696 8338

อีเมล kanyajar9@gmail.com

HBCD
SE-EPS



กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
92 ซอยพหลโยธิน 7 ถนนพหลโยธิน แขวงพญาไท เขตพญาไท
กรุงเทพมหานคร 10400
โทรศัพท์ 0 2298 2000 โทรสาร 0 2298 2002 saraban@pcd.go.th

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
เป็นเจ้าของกรรมสิทธิ์ และสิทธิ์ในเอกสารฉบับนี้
Pollution Control Department, Ministry of Natural Resource
and Environment is the copyright owner of this publication

เลขทะเบียน คพ. (PCD No.) 04 – 239
ISBN: 978-616-316-796-5