



กรมควบคุมมลพิษ
POLLUTION CONTROL DEPARTMENT

คู่มือแนวทางการจัดการสารพีซีบี

PCBs Management Handbook



กรมควบคุมมลพิษ

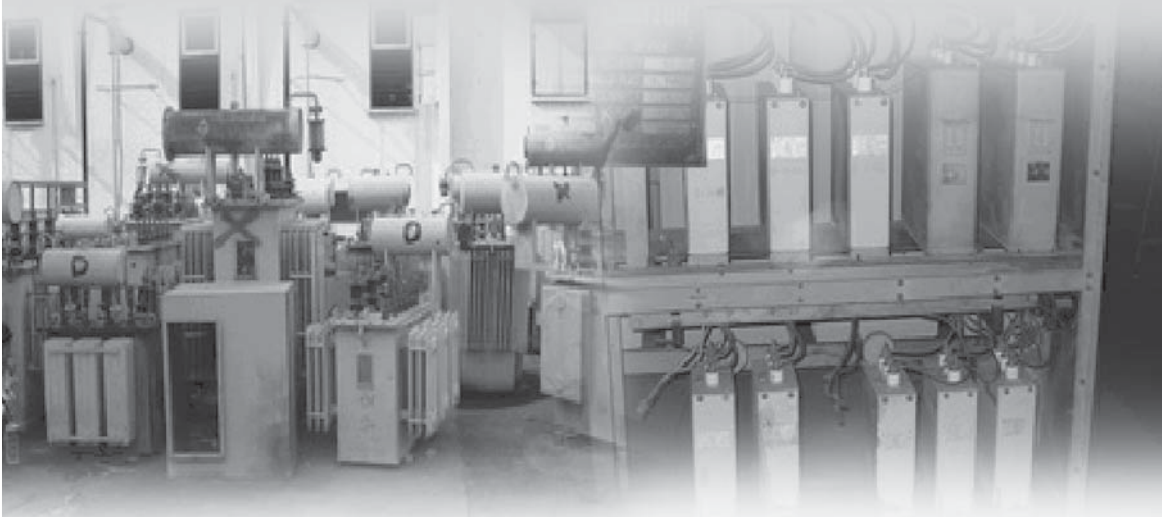
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

คพ. 04-074



กรมควบคุมมลพิษ
POLLUTION CONTROL DEPARTMENT

คู่มือแนวทางการจัดการสารพีซีบี (PCBs Management Handbook)



ISBN 978-974-286-312-8

กรมควบคุมมลพิษ

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม



กรมควบคุมมลพิษ
POLLUTION CONTROL DEPARTMENT

กรมควบคุมมลพิษ
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

**คู่มือแนวทางการจัดการสารพีซีบี
(PCBs Management Handbook)**

ISBN 978-974-286-312-8

ลิขสิทธิ์ของกรมควบคุมมลพิษ
พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 5,250 เล่ม กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551

เผยแพร่โดย
ส่วนสารอันตราย
สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย
กรมควบคุมมลพิษ

92 ซอยพหลโยธิน 7 ถนนพหลโยธิน

พญาไท กรุงเทพมหานคร 10400

โทรศัพท์ 0 2298 2457, 0 2298 2766

โทรสาร 0 2298 2425, 0 2298 2765

Email: dbase.c@pcd.go.th

คู่มือนี้สามารถดาวน์โหลดได้ที่ Website: <http://www.pcd.go.th>, <http://pops.pcd.go.th>

คำนำ

คู่มือแนวทางการจัดการสารพีซีบีฉบับนี้เรียบเรียงขึ้นจากการทบทวนเอกสารวิชาการที่เกี่ยวข้องของการจัดการสารพีซีบี และสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน (Persistent Organic Pollutants: POPs) ตลอดจนการทบทวนกฎหมายไทย กฎหมายระหว่างประเทศ เช่น อนุสัญญาบาเซลฯ และแนวทางการปฏิบัติที่ดีที่แนะนำโดยองค์การระหว่างประเทศให้ใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติ โดยใช้ภาษาต่างๆ เพื่อให้ผู้อ่านทุกระดับสามารถเข้าใจได้

คู่มือเล่มนี้เรียบเรียงขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นเอกสารขอแนะนำเบื้องต้นในการปฏิบัติที่ดีเพื่อปกป้องสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการใช้และการแพร่กระจายของสารพีซีบีเท่านั้น ไม่สามารถนำไปอ้างอิงตามกฎหมายได้ ทั้งนี้เจ้าของหรือผู้ครอบครองสารพีซีบีมีหน้าที่ศึกษารายละเอียดของกฎหมายที่เกี่ยวข้องและหารือกับหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องเพื่อดำเนินการจัดการสารพีซีบีให้ถูกต้องตามกฎหมายต่อไป

กรมควบคุมมลพิษ หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือแนวทางการจัดการสารพีซีบีนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ครอบครองสารพีซีบีหรือของเสียปนเปื้อนสารพีซีบี และ/หรือผู้สนใจทั่วไป ทำให้มีแนวทางเบื้องต้นในการจัดการสารพีซีบีหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า/ของเสียที่ปนเปื้อนสารพีซีบีได้อย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ และไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม

ทั้งนี้ หากผู้อ่านท่านใดพบข้อผิดพลาดในคู่มือเล่มนี้ ขอความกรุณาแจ้งกรมควบคุมมลพิษเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย

กรมควบคุมมลพิษ

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

สารบัญ

คำนำ

บทที่ 1 ข้อมูลทั่วไป 1

1.1 สารพีซีบีคืออะไร.....	1
1.2 แหล่งกำเนิดสารพีซีบี.....	2
1.3 คุณสมบัติ.....	4
1.4 ความเป็นพิษ.....	5
1.5 การใช้ประโยชน์.....	6
1.6 การเข้าสู่ร่างกาย.....	7
1.7 โอกาส/ความเสี่ยงของการได้รับสารพีซีบี.....	8
1.8 การแพร่กระจาย.....	8
1.9 การเปลี่ยนแปลง/การสลายตัวของสารพีซีบีในสิ่งแวดล้อม.....	11
1.10 สารทดแทนสารพีซีบี.....	12
1.11 การป้องกันตนเองจากการสัมผัสสารพีซีบี.....	13

บทที่ 2 แนวทาง/มาตรการควบคุมสารพีซีบี 16

2.1 มาตรการควบคุมตามกฎหมายของไทย.....	16
2.2 มาตรการควบคุมตามพันธกรณีของอนุสัญญาสตอกโฮล์ม ว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน.....	18
2.3 มาตรการควบคุมตามพันธกรณีของอนุสัญญาบาเซลว่าด้วยการควบคุม การเคลื่อนย้ายข้ามแดนของของเสียอันตรายและการกำจัด.....	19

บทที่ 3 การจำแนกสารพีซีบี 22

- 3.1 การจำแนกจากลักษณะทางกายภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้า..... 22
- 3.2 การจำแนกตามหลักเกณฑ์การจำแนกของเสียอันตราย..... 24

บทที่ 4 การวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารพีซีบี 27

- 4.1 การวิเคราะห์ด้วยชุดทดสอบอย่างง่าย..... 27
- 4.2 การวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ..... 28

**บทที่ 5 การดูแลรักษา เก็บรวบรวม บรรจุ ติดฉลาก ขนส่ง
และการเก็บกักอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีส่วนประกอบ
ของสารพีซีบี 30**

- 5.1 การจัดการ (handling)..... 30
- 5.2 การเก็บรวบรวม (collection)..... 31
- 5.3 การบรรจุ (packaging)..... 32
- 5.4 การติดฉลาก (labeling)..... 33
- 5.5 การขนส่ง..... 37
- 5.6 การเก็บกัก..... 38

บทที่ 6 เทคโนโลยีการบำบัด/กำจัดสารพีซีบี 41

- 6.1 กระบวนการเผา (incineration)..... 41
- 6.2 กระบวนการกำจัดคลอรีน (dechlorination processes)..... 44
- 6.3 เทคโนโลยีทางชีวภาพ (Biological Technologies)..... 51

6.4 Vacuum Thermal Recycling (VTR).....	53
6.5 LTR ² decontamination technology (Low-Temperature Rinsing and Re-use/Recovery).....	56
6.6 ข้อเสนอแนะในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับสารฟิสซึบและการเลือกใช้เทคโนโลยี.....	57

ภาคผนวก 1 ตัวอย่างการติดตามผลของเสียอันตราย 59

**ภาคผนวก 2 ผลการแสดงความเป็นอันตรายตามระบบ
ขององค์การสหประชาชาติ 61**

รายการคำย่อ.....	64
เอกสารอ้างอิง.....	66
คณะผู้จัดทำ.....	70



สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	ประเทศผู้ผลิตและชื่อการค้าของสารพีซีบี.....	2
ตารางที่ 2	ตัวอย่างการจำแนกระดับความเข้มข้นของสารพีซีบี.....	26

สารบัญรูป

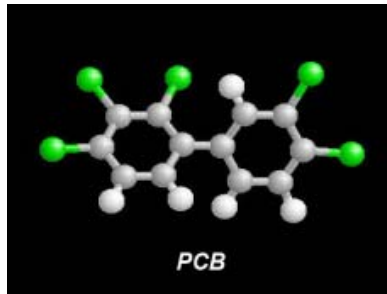
รูปที่ 1	โครงสร้างโมเลกุลของสารพีซีบี.....	1
รูปที่ 2	โครงสร้างโมเลกุลของสารไดออกซินและฟิวแรน.....	5
รูปที่ 3	อาการ “Chloracne” ในคน.....	5
รูปที่ 4	หม้อแปลงไฟฟ้าและตัวเก็บประจุไฟฟ้า.....	7
รูปที่ 5	วงจรของสารพีซีบี.....	11
รูปที่ 6	การสวมชุดป้องกันภัยส่วนบุคคลเมื่อปฏิบัติงานกับสารพีซีบี.....	13
รูปที่ 7	การใช้วัสดุดูดซับเพื่อดูดซับสารพีซีบีไว้ในบริเวณจำกัด.....	14
รูปที่ 8	หม้อแปลงไฟฟ้าและตัวเก็บประจุไฟฟ้าสารพีซีบี.....	23
รูปที่ 9	การเปรียบเทียบน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากับน้ำ.....	24
รูปที่ 10	ตัวอย่างการติดฉลากข้อมูลที่อยู่กรณไฟฟ้าพีซีบี.....	33
รูปที่ 11	ตัวอย่างการติดฉลากของเสียปนเปื้อนสารพีซีบีตามระบบ GHS.....	35
รูปที่ 12	ข้อเสนอแนะการติดฉลากของเสียปนเปื้อนสารพีซีบี.....	36
รูปที่ 13	กระบวนการเผาแบบเตาเผาอุณหภูมิสูง.....	43
รูปที่ 14	Rotary Kiln Technology.....	44
รูปที่ 15	Gas Phase Chemical Reduction.....	45
รูปที่ 16	Base Catalyzed Decomposition.....	46
รูปที่ 17	Super-Critical Water Oxidation.....	47
รูปที่ 18	Plasma Arc.....	48
รูปที่ 19	Molten Salt Oxidation.....	50
รูปที่ 20	Bioslurry.....	52
รูปที่ 21	Typical Enhanced Bioremediation System.....	53
รูปที่ 22	หลักการแยกสารพีซีบี.....	54
รูปที่ 23	Vacuum Thermal Recycling.....	55
รูปที่ 24	เทคโนโลยีจัดการปนเปื้อนแบบ LTR ²	57

บทที่ 1

ข้อมูลทั่วไป

1.1 สารพีซีบีคืออะไร

สารพีซีบี หรือ โพลีคลอริเนตเต็ดไบฟีนิล (Polychlorinated Biphenyls: PCBs) เป็นสารประกอบอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอนที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ (chlorinated hydrocarbon) ซึ่งประกอบด้วยคลอรีนตั้งแต่ 1 ถึง 10 อะตอม อยู่ในวงของ biphenyl โดยสูตรโครงสร้างทั่วไป คือ $C_{12}H_{10-x}Cl_x$ มีโครงสร้างโมเลกุลที่แตกต่างกัน 209 โครงสร้าง (congener*) ส่วนใหญ่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 โครงสร้างโมเลกุลของสารพีซีบี

ส่วนผสมของสารพีซีบีที่จำหน่ายในเชิงพาณิชย์มีลักษณะเป็นของเหลวหนืด ซึ่งหากมีคลอรีนมากก็จะมีลักษณะหนืดมากขึ้น สลายตัวได้ยาก และสามารถสะสมอยู่ได้ทั้งในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม สารพีซีบีถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งใช้เป็น dielectric fluid ในการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าและตัวเก็บประจุไฟฟ้า เนื่องจากเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี นำความร้อนสม่ำเสมอ และคงที่ และเฉื่อยต่อปฏิกิริยาต่างๆ

*congener คือ โครงสร้างของสารเคมี ซึ่งในกรณีของพีซีบี คือ พีซีบีที่ประกอบด้วยคลอรีนตั้งแต่ 1-10 อะตอม ส่วนพีซีบีที่มีจำนวนคลอรีนอะตอมเท่ากันแต่เกาะอยู่ในตำแหน่งที่ต่างกัน เรียกว่า "ไอโซเมอร์"

1.2 แหล่งกำเนิดสารพีซีบี

สารพีซีบีเป็นสารเคมีที่สังเคราะห์ขึ้น ในระหว่างปี พ.ศ. 2473-2513 จากปฏิกิริยาการเติมคลอรีน (chlorination) ของสารไบฟีนิล (biphenyl) กับสารละลายคลอรีนที่ปราศจากน้ำ (anhydrous chlorine) โดยมีเหล็ก (iron) หรือสารประกอบเหล็ก (ferric chloride) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา สารพีซีบีเป็นสารเคมีสังเคราะห์ที่รู้จักแพร่หลายในชื่อทางการค้าของแต่ละประเทศที่เป็นผู้ผลิต เช่น Aroclor (อังกฤษและสหรัฐอเมริกา) Phenoclor (ฝรั่งเศส) Clophen (เยอรมนี) Kaneclor (ญี่ปุ่น) Santoterm (ญี่ปุ่น) Fenchlor (อิตาลี) และ Sovol (รัสเซีย) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประเทศผู้ผลิตและชื่อการค้าของสารพีซีบี

ประเทศผู้ผลิต	ชื่อการค้า
CZECHOSLOVAKIA	DECLOR
FRANCE	PHENOCOLOR, PYRALENE,
GERMANY	BALCOL, CLOPHEN, CLOPHENHARZ, CROPHENE, ELAOL
ITALY	APIROLIO, DK, FENCOLOR, FENCHLOR, FENCOLOR
JAPAN	KANECHLOR, KANECLOR, KENNECHLOR, SANTOTHERM
POLAND	CHLOROFEN, TARNOL
SLOVAKIA	DELOR, DELOR/DEL, DELOTHERM DK/DH,
U.K.	AROCLOR, ASKAREL, PYROCLOR

ประเทศผู้ผลิต	ชื่อการค้า
U.S.A.	AROCOLOR, ASBESTOL, ASKAREL, BAKOLA 131, CHLOREXTOL, DIACOLOR, DYKANOL, ELEMEX, HYDOL, HYVOL, INTERTEEN, NOFLAMOL, PYRANOL, PYROCOLOR, SAF-T-KUHL
U.S.S.R.	SOVOL, SOVTOL

ที่มา : ปรับปรุงจาก UNEP, 2002, P.11. และ UNEP, 2005, P.21

ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของสารพีซีบีแต่ละชนิดที่ผลิตขึ้นจะมีรหัสแสดงลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์นั้น เช่น ผลิตภัณฑ์ในกลุ่ม Aroclor ใช้รหัสตัวเลข 4 ตัว โดยที่รหัสตัวเลข 2 หลักแรก คือ ตัวเลข "12" หมายถึง "Biphenyl" และตัวเลขสองหลักหลัง หมายถึง จำนวนเปอร์เซ็นต์ของคลอรีนโดยน้ำหนักในผลิตภัณฑ์นั้น เช่น Aroclor 1260 หมายถึง สารพีซีบีที่มีคลอรีนร้อยละ 60 เป็นต้น ทั้งนี้ ยกเว้น Aroclor 1016 ที่ไม่เป็นไปตามหลักเกณฑ์นี้ โดย Aroclor 1016 เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่น Aroclor 1242 ซึ่งมีคลอรีนประมาณ 41%

นอกจากนี้ สารพีซีบียังถูกจัดเป็นสารเคมีทางอุตสาหกรรมและสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทปลดปล่อยโดยไม่ตั้งใจ ซึ่งเกิดจากกระบวนการทางความร้อนที่เกี่ยวข้องกับสารอินทรีย์กับคลอรีนซึ่งเป็นผลมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ภายใต้ใบอนุญาตสตอกโฮล์มว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานอีกด้วย

โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP, 2545) คาดการณ์ว่า ในระหว่างปี พ.ศ. 2473 - 2513 สารพีซีบีถูกผลิตขึ้นทั่วโลกประมาณ 1 ล้านตัน ในขณะที่มหาวิทยาลัยออกแลนด์ ประเทศนิวซีแลนด์ คาดการณ์ว่า ในระหว่างปี พ.ศ. 2472-2532

คู่มือแนวทางการจัดการสารพีซีบี

สารพีซีบีถูกผลิตขึ้นทั่วโลกประมาณ 1.5 ล้านตัน (Ron McDowall, 2001)

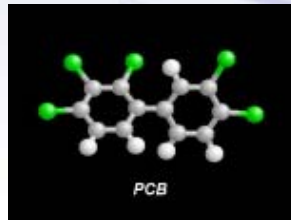
ต่อมามองการพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกาพบว่าสารพีซีบีเป็นสารก่อมะเร็งในสัตว์ และอาจเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ (Health Effect of PCBs, www.epa.gov) และเป็นสาเหตุทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ และสิ่งแวดล้อมเนื่องจากคุณสมบัติในการสลายตัวยาก คงทน และสะสมในไขมันของสิ่งมีชีวิต ดังนั้นหลายประเทศทั่วโลกจึงได้มีการยกเลิกการผลิตและการใช้สารพีซีบีในช่วงกลางของทศวรรษที่ 70 หรือประมาณ ปี พ.ศ. 2518

1.3 คุณสมบัติ

สารพีซีบีเป็นของเหลวที่มีคลอรีน ไฮโดรเจน และคาร์บอน เป็นองค์ประกอบ มีคุณสมบัติสำคัญ คือ เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี นำความร้อนสม่ำเสมอและคงที่ เฉื่อยต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน และไม่ทำปฏิกิริยากับกรด ด่าง หรือสารเคมีอื่นๆ มีความหนาแน่น 1.5 (หนักกว่าน้ำซึ่งมีความหนาแน่นเท่ากับ 1 และน้ำมัน mineral oil ซึ่งมีความหนาแน่นเท่ากับ 0.85-0.9) ดังนั้น จึงนำไปใช้เป็นฉนวนไฟฟ้าในหม้อแปลงไฟฟ้าและตัวเก็บประจุไฟฟ้า

สารพีซีบีมีคุณสมบัติละลายน้ำได้น้อย และยิ่งละลายได้น้อยลงเมื่อมีปริมาณคลอรีนเพิ่มขึ้น สามารถละลายได้ในสารละลายอินทรีย์ น้ำมัน และไขมัน สลายตัวยาก ระเหยยาก ไม่วัไฟ มีจุดเดือดประมาณ 325-366 องศาเซลเซียส ทำให้ถูกนำไปใช้เป็นฉนวนไฟฟ้า อย่างไรก็ตามสารพีซีบีเป็น precursor* ของการเกิดสารฟิวแรน ทั้งนี้ หากนำสารพีซีบีไปเผาที่อุณหภูมิ 250-450 องศาเซลเซียส จะก่อให้เกิดสารฟิวแรนซึ่งเป็นสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทปลดปล่อยโดยไม่ตั้งใจที่มีอันตรายมากกว่า (รูปที่ 2)

*สารประกอบที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีแล้วก่อให้เกิดสารประกอบชนิดใหม่



รูปที่ 2 โครงสร้างโมเลกุลของสารไดออกซินและฟิวแรน

1.4 ความเป็นพิษ

ความเป็นพิษของสารพีซีบีในคน อาทิ ระบายเคืองต่อตา เชื้องซึม ปวดศีรษะ เจ็บคอ ผิวหนังและเล็บคล้ำ ผิวหนังหนาและหยาบกร้าน โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงของผิวหนังจะเกิดบริเวณใบหน้า ลำคอ และลำตัวท่อนบน ในรายที่เป็นมากจะเป็นทั่วร่างกาย นอกจากนี้ อาจเกิดผิวหรือตุ่มเล็ก ๆ เรียกว่า “Chloracne” สำหรับเด็กที่เกิดจากมารดาที่ได้รับสารพีซีบีจะมีน้ำหนักน้อยและเม็ดสีในร่างกายผิดปกติ (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 อาการ “Chloracne” ในคน

ความเป็นพิษต่อสัตว์ จากการทดลองในสัตว์พบว่า สารพีซีบีไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน แต่อาการจะเกิดขึ้นเมื่อรับสารพีซีบีเข้าไปสะสมไว้นาน อาการที่เกิดขึ้น อาทิ น้ำหนักลด ตับโต ก่อให้เกิดมะเร็งในตับของหนูเมื่อหนูได้รับสารพีซีบีทางการกินวันละ 4.3-11.6 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม เป็นเวลา

คู่มือแนวทางการจัดการสารพีซีบี

21 เดือน นอกจากนี้ ความเป็นพิษต่อปลาต่ำเมื่อเทียบกับแมลง และมีความเป็นพิษต่อสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังมากกว่าสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง

ค่าจำกัดในการรับสารพีซีบีเข้าสู่ร่างกาย (Threshold Limit Values: TLVs) โดยปกติไม่มีกฎหมายกำหนดไว้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม บางประเทศได้แนะนำค่า TLV_s ที่รับได้ไว้ ดังนี้ (UNEP, 2002)

ประเทศอังกฤษ

- สำหรับสารที่มีคลอรีน 42% (เช่น Aroclor 1242): long term exposure เท่ากับ 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
- สำหรับสารที่มีคลอรีน 54% (เช่น Aroclor 1254): long term exposure เท่ากับ 0.5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ประเทศเยอรมนี

- ความทนต่อการรับสารต่อวัน (Tolerable Daily Intake: TDI) เท่ากับ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวต่อวัน
- ต้องดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งหากระดับของสารเกินกว่า 3,000 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศ
- ในพื้นที่เฝ้าระวัง (Target) ควรมีระดับต่ำกว่า 30 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศ

1.5 การใช้ประโยชน์

สารพีซีบีถูกนำมาใช้ประโยชน์ในสองลักษณะหลักๆ คือ ใช้ในระบบปิด (closed applications) และใช้ในระบบเปิด (open applications) ดังนี้

- การใช้ในระบบปิด
 - ใช้เป็นน้ำมันฉนวนไฟฟ้า (dielectric fluid) ในอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า ตัวเก็บประจุไฟฟ้า และสวิตช์ไฟฟ้า เป็นต้น (รูปที่ 4)

- ใช้เป็น industrial fluid ใน hydraulic system, gas turbine และปั๊มสูญญากาศ เป็นต้น



รูปที่ 4 หม้อแปลงไฟฟ้าและตัวเก็บประจุไฟฟ้า

- การใช้ในระบบเปิด
 - ใช้ผสมในน้ำมันหล่อลื่น (lubricating and cutting oil) และสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ (pesticides)
 - ใช้เป็น plasticizer* ในน้ำยาขัดเงา สี หมึก กาว กระดาษทำสำเนา (copying paper) สารกันรั้วซึม และพลาสติก เป็นต้น

1.6 การเข้าสู่ร่างกาย

มนุษย์ได้รับสารพิษซีเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจ ทางผิวหนัง และการกิน อย่างไรก็ตาม ส่วนใหญ่มนุษย์ได้รับสารพิษซีเข้าสู่ร่างกายโดยการรับประทานอาหาร และน้ำดื่มที่ปนเปื้อนสารพิษซีดังนี้

- เนื้อสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์เลี้ยงที่กินอาหารที่มีสารพิษซีปนอยู่ สารพิษซีจะถูกดูดซึมไปสะสมในเนื้อเยื่อไขมันเป็นส่วนใหญ่ และปริมาณที่สะสมจะมีปริมาณสูงแม้ว่าจะกินเข้าไปวันละน้อยมากก็ตาม ดังนั้นอาหารที่มีไขมัน ได้แก่ นม เนย ไข่

*สารที่ผสมลงในพลาสติกแล้วทำให้พลาสติกอ่อนนุ่มและสามารถขึ้นรูปได้

คู่มือแนวทางการจัดการสารพีซีบี

และนี่จึงเป็นแหล่งสะสมสารพีซีบีที่สำคัญ นอกจากนี้ ลัทธินำจำพวกปลา ก็เป็นแหล่งสะสมสารพีซีบีที่สำคัญเช่นกัน โดยเฉพาะปลาจากแหล่งน้ำที่ปนเปื้อนสารพีซีบี

- ผักและผลไม้ ซึ่งปกติมีระดับสารพีซีบีน้อยมากจนไม่สามารถตรวจวัดได้ แต่พืชผักบางแห่งก็มีปริมาณสูง ได้แก่ พืชผักจากบริเวณที่ใช้น้ำที่ได้รับการปนเปื้อนจากสารพีซีบี

- อาหารกระป๋องที่บรรจุในภาชนะที่ปนเปื้อนด้วยสารพีซีบี

1.7 โอกาส/ความเสี่ยงของการได้รับสารพีซีบี

คนงานที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับการให้บริการแยกส่วนประกอบหม้อแปลงไฟฟ้าและตัวเก็บประจุไฟฟ้า คนงานในศูนย์บำบัด/กำจัดของเสียอันตราย ระบบบำบัดน้ำเสีย และเจ้าหน้าที่ดับเพลิง บุคคลเหล่านี้มีความเสี่ยงในการได้รับสารพีซีบีเข้าสู่ร่างกาย บุคคลที่มีโอกาสได้รับสารพีซีบีเข้าสู่ร่างกายเป็นประจำควรได้รับการตรวจสุขภาพอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง โดยควรตรวจความผิดปกติของผิวหนัง ตับ และประวัติการสืบพันธุ์ การตรวจสุขภาพควรดำเนินการอย่างต่อเนื่องอย่างน้อย 30 ปี ทั้งนี้ เนื่องจากสารพีซีบีไม่มีพิษเฉียบพลันแต่มีพิษในระยะยาว โดยปกติระยะในการเกิดมะเร็งในมนุษย์ประมาณ 10 ปี

1.8 การแพร่กระจาย

การแพร่กระจายของสารพีซีบีส่วนใหญ่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ กิจกรรมสำคัญที่ทำให้เกิดการแพร่กระจายของสารพีซีบี คือ กิจกรรมการผลิตและการนำไปใช้

จากการคาดการณ์ พบว่า มีการผลิตสารพีซีบีขึ้นมาใช้งานประมาณ 1-1.5 ล้านตัน ในระหว่างปี พ.ศ. 2472-2532 UNIDO ประมาณการว่า สารพีซีบี ร้อยละ 31 (370,000 ตัน) ถูกปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม มากกว่าร้อยละ 60 ยังคงถูกใช้งานหรือถูกเก็บกักไว้เพื่อการกำจัด และร้อยละ 4 ได้รับการกำจัดทำลายไปแล้ว (UNIDO, 2000)

และเนื่องจากสารพีซีบีที่มีคุณสมบัติคงสภาพหรือสลายตัวออกจากสิ่งแวดล้อมได้ช้ามาก สารพีซีบีบางส่วนปะปนไปกับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม รั่วไหลออกจากอุปกรณ์ไฟฟ้า และผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่นำสารพีซีบีไปใช้ในระบบเปิด ตลอดจนมลพิษทางอากาศจากการเผาขยะ และท้ายที่สุดสารพีซีบีเหล่านี้จะสะสมอยู่ในตะกอนดินตามแหล่งน้ำต่างๆ

● การแพร่กระจายเนื่องจากลักษณะการนำไปใช้

- การใช้แบบควบคุมในระบบปิด เช่น การใช้เป็นน้ำมันฉนวน (dielectric fluid) ในหม้อแปลงไฟฟ้าและตัวเก็บประจุไฟฟ้า ซึ่งสารพีซีบีจะคงสภาพอยู่ในผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้นานจนกว่าผลิตภัณฑ์เหล่านั้นจะแตกหัก ดังนั้นการรั่วไหลสู่สิ่งแวดล้อมจากการใช้ผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าเหล่านี้จึงมีได้น้อย

- การใช้แบบไม่มีการควบคุมในระบบเปิด เช่น ใช้ในระบบถ่ายเทความร้อน (heat transfer) และใน hydraulic system แม้ว่าจะเป็นระบบปิดก็มีการรั่วไหลได้ รวมถึงสารพีซีบีที่ใช้กันมากมายในตัวเก็บประจุไฟฟ้าขนาดเล็ก ซึ่งเป็นการยากที่จะรวบรวมผลิตภัณฑ์เหล่านี้ไปกำจัด ดังนั้น การใช้ในลักษณะนี้จึงมีโอกาที่จะกระจายสู่สิ่งแวดล้อมได้

- การใช้ในระบบเปิด เช่น การใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ในน้ำมันหล่อลื่น สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ ลี กาว สารเคลือบกันรื้อซึม และพลาสติก เป็นต้น การใช้ลักษณะนี้มีโอกาสแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมได้มากที่สุด

สำหรับประเทศไทย ไม่พบว่ามีการนำสารพีซีบีมาใช้ในกิจกรรมที่เป็นระบบเปิด สารพีซีบีที่พบในประเทศไทยส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ในระบบปิด โดยการนำเข้าจากต่างประเทศพร้อมกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีส่วนประกอบภายในเป็นน้ำมันสารพีซีบี อาทิ หม้อแปลงไฟฟ้า ตัวเก็บประจุไฟฟ้า เป็นต้น

● การแพร่กระจาย/การเคลื่อนย้ายสู่สิ่งแวดล้อม

สารพีซีบีไม่สามารถเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และได้มีการยกเลิกการผลิตสารพีซีบีไปแล้วมากกว่า 30 ปี อย่างไรก็ตาม ยังพบว่ามีสารพีซีบีปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมอยู่ทั้งในอากาศ น้ำ ตะกอนดิน และดิน ทั้งนี้ เนื่องจากสารพีซีบีมีคุณสมบัติตกค้าง

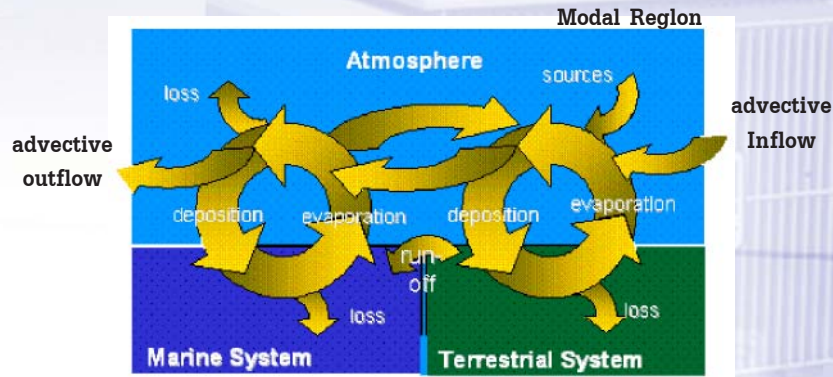
คู่มือแนวทางการจัดการสารพีซีบี

ยาวนาน วงจรของสารพีซีบีเริ่มจากการระเหยจากดินและน้ำผิวดินเข้าสู่บรรยากาศ และเคลื่อนย้ายจากบรรยากาศกลับมายังพื้นดินและแหล่งน้ำ (รูปที่ 5) โดยการเคลื่อนย้ายของไอระเหยหรือฝุ่นขนาดเล็กที่ปนเปื้อนสารพีซีบี (airborne particle) จากบรรยากาศสู่พื้นดินโดยน้ำฝนตามธรรมชาตินำพาลงมา หรือ การสะสมแบบเปียก (wet deposition) และการเคลื่อนย้ายของไอระเหยหรือฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ปนเปื้อนสารพีซีบี (airborne particle) จากบรรยากาศสู่พื้นดินโดยไม่อาศัยน้ำฝน หรือ การตกสะสมแบบแห้ง (dry deposition) เส้นทางการแพร่กระจายของสารพีซีบีสู่สิ่งแวดล้อมสรุปได้ดังนี้

- การแพร่กระจายในบรรยากาศ การแพร่กระจายของสารพีซีบีจากกระบวนการผลิตเข้าสู่บรรยากาศมักไม่เกิดขึ้นแต่จะเกิดขึ้นหลังจากการใช้และการทำลายหรือกำจัดทิ้ง โดยสารพีซีบีที่พบในบรรยากาศเป็นสารพีซีบีที่เกิดจากการระเหยของสารพีซีบี (โดยเฉพาะกลุ่มที่มีคลอรีนต่ำ) ที่ถูกปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ นอกจากนี้ ยังมีสารพีซีบีบางส่วนที่เกิดจากการปลดปล่อยโดยไม่ตั้งใจจากกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์และแพร่กระจายสู่บรรยากาศ อาทิ จากเตาเผาขยะ เตาเผาซีเมนต์ที่ใช้เผาของเสียอันตราย กระบวนการความร้อนในอุตสาหกรรมโลหะ เป็นต้น

- การแพร่กระจายในน้ำ สารพีซีบีแพร่กระจายลงในแหล่งน้ำสาธารณะ เนื่องจากการรั่วไหลจากการบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีส่วนประกอบของสารพีซีบี และเมื่อสารพีซีบีปนเปื้อนในน้ำจะเคลื่อนย้ายไปสะสมในสิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่น ปลา กุ้ง หอย และส่งผ่านไปยังสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดใหญ่กว่าทางห่วงโซ่อาหาร (food chain) และสายใยอาหาร (food web)

- การแพร่กระจายในดินและตะกอนดิน เมื่อสารพีซีบีถูกปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม สารพีซีบีส่วนใหญ่จะถูกดูดซับไว้ในดินและตะกอนดิน ซึ่งส่งผลให้มีปริมาณสารพีซีบีตกค้างอยู่ในดินและตะกอนดินเป็นเวลานาน โดยระยะเวลาครึ่งชีวิตของสารพีซีบีอยู่ระหว่างระยะเวลาหลายเดือนถึงหลายปี อัตราการชะล้างของสารพีซีบีออกจากดินต่ำและการเคลื่อนย้ายจากดินไปสู่พืชก็ไม่นับว่าสำคัญ



ที่มา: <http://www.eloisegroup.org/themes/contaminants/caseone.htm>

รูปที่ 5 วงจรของสารพีซีบี

1.9 การเปลี่ยนรูป/การสลายตัวของสารพีซีบีในสิ่งแวดล้อม

ความสามารถของสารพีซีบีในการสลายตัวและเคลื่อนย้ายสู่สิ่งแวดล้อมขึ้นอยู่กับจำนวนคลอรีนในโมเลกุลของสารพีซีบี โดยสารพีซีบีที่มีจำนวนคลอรีนเพิ่มขึ้นจะมีความคงทนมากขึ้น (WHO, 2003)

- ในอากาศ สารพีซีบีสามารถสลายตัวได้ด้วยกระบวนการสลายตัวโดยแสงอาทิตย์ (photolysis) โดยมีระยะเวลาครึ่งชีวิตแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปริมาณคลอรีนในโมเลกุลของสารพีซีบี อาทิ สารพีซีบีที่มีคลอรีน 1 อะตอม (monochlorobiphenyl) มีระยะเวลาครึ่งชีวิต* เท่ากับ 3.5-7.6 วัน ส่วนสารพีซีบีที่มีคลอรีน 5 อะตอม (pentachlorobiphenyl) มีระยะเวลาครึ่งชีวิต เท่ากับ 41.6-83.2 วัน (WHO, 2003) เป็นต้น

- ในน้ำ สารพีซีบีสามารถสลายตัวในน้ำได้ด้วยกระบวนการสลายตัวโดยแสงอาทิตย์ (photolysis) สารพีซีบีที่มีองค์ประกอบของคลอรีนตั้งแต่ 1-6 อะตอม

*ระยะเวลาที่ใช้ในการสลายตัวของสารเคมีลงครึ่งหนึ่ง

คู่มือแนวทางการจัดการสารพีซีบี

จะไม่ดูดซับแสง ทั้งนี้ ระยะเวลาครึ่งชีวิตของสารพีซีบีที่มีองค์ประกอบของคลอรีนตั้งแต่ 1-4 อะตอม ของแสงในฤดูร้อนในน้ำตื้นระดับ 0.5 เมตร อยู่ในช่วง 17-210 วัน อัตราการสลายตัวจะช้าลงในฤดูหนาว อย่างไรก็ตาม เมื่อจำนวนอะตอมของคลอรีนเพิ่มขึ้นสารพีซีบีจะสามารถดูดซับแสงได้มากขึ้น นอกจากนี้ สารพีซีบีสามารถสลายตัวด้วยกระบวนการทางชีวภาพ (biodegradation) ทั้งในภาวะไร้อากาศและมีอากาศ แต่กระบวนการสลายตัวทางชีวภาพจะเกิดขึ้นได้ดีในดินและตะกอนดิน ทั้งนี้เนื่องจากในดินมีปริมาณสิ่งมีชีวิต (microorganism) มากกว่าในน้ำ

- ในดินและตะกอนดิน กระบวนการสลายตัวทางชีวภาพ (biodegradation) เป็นกระบวนการหลักของการสลายตัวของสารพีซีบีในดินและตะกอนดิน ซึ่งเกิดขึ้นได้ทั้งในภาวะไร้อากาศและมีอากาศ ทั้งนี้ ไม่พบการสลายตัวของสารพีซีบีแบบไม่พึ่งพิงสิ่งมีชีวิต (abiotic) ในดินและตะกอนดิน นอกจากนี้ อาจมีกระบวนการสลายตัวโดยแสงอาทิตย์เกิดขึ้นที่ระดับผิวดิน

1.10 สารทดแทนสารพีซีบี

น้ำมันหนวนที่นำมาใช้ทดแทนน้ำมันสารพีซีบี ได้แก่ Mineral Oil, Silicone Fluids, และ Synthetic Ester (UNEP, 2002) อย่างไรก็ตาม น้ำมันที่นำมาใช้ทดแทนน้ำมันสารพีซีบีในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นน้ำมัน “Mineral Oil” ซึ่งมีชื่อทางการค้า อาทิ ESSO UNIVOLT 61, SHELL DIALA OIL AX เป็นต้น

1.11 การป้องกันตนเองจากการสัมผัสสารพีซีบี

เพื่อปกป้องสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ผู้ประกอบการที่มีอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ปนเปื้อนสารพีซีบีอยู่ในครอบครองควรดำเนินงานดังนี้

- จัดสถานที่ให้มีการถ่ายเทและการระบายอากาศดี
- กรณีที่ต้องสัมผัส ควรสวมอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล เช่น ถุงมือยาง แวนตา ชุดป้องกันภัยส่วนบุคคล รองเท้าบูต เมื่อเข้าไปปฏิบัติงานในบริเวณที่เก็บกักสารพีซีบี (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 การสวมชุดป้องกันภัยส่วนบุคคลเมื่อปฏิบัติงานกับสารพีซีบี

- หากมีการหกหรือรั่วของสารพีซีบี ควรใช้วัสดุดูดซับเพื่อดูดซับสารพีซีบีไว้ในบริเวณจำกัดและบรรจุวัสดุดูดซับที่ปนเปื้อนสารพีซีบีไว้ในถังโลหะปิดสนิทเพื่อป้องกันการรั่วไหลลงแหล่งน้ำสาธารณะและนำไปกำจัดอย่างถูกต้องต่อไป (รูปที่ 7)



รูปที่ 7* การใช้วัสดุดูดซับเพื่อดูดซับสารพิษซีไว้ในบริเวณจำกัด

กรณีที่ได้รับสัมผัสกับสารพิษซีควรดำเนินการดังนี้

- หากสารพิษซีสัมผัสดวงตา ล้างดวงตาด้วยน้ำสะอาดทันทีอย่างน้อย 15 นาที และไปพบแพทย์
- หากสารพิษซีสัมผัสผิวหนัง ถอดเสื้อผ้าบริเวณที่สัมผัสกับสารพิษซีออก และล้างออกด้วยน้ำสะอาดกับสบู่จนสะอาด
- หากกลืนกินสารพิษซี ให้ล้างปากหลายๆ ครั้ง ด้วยน้ำสะอาด และไปพบแพทย์
- หากได้รับสารพิษซีทางการหายใจสูดดมเข้าไปในร่างกาย ให้รีบออกจากสถานที่ดังกล่าว และไปอยู่ในที่ที่มีอากาศบริสุทธิ์ที่ถ่ายเทได้ และไปพบแพทย์

*ได้รับการเอื้อเฟื้อรูปจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

เกร็ดความรู้ :

การสังเกตต่างๆ ที่ป้ายอุปกรณ์/เครื่องใช้ไฟฟ้าแสดงลักษณะการระบายความร้อนของน้ำมันเป็น "Liquid Natural Cooling (LN)", "Liquid Natural Air Natural Cooling (LNAN)", "Synthetic Natural Cooling (SN)". "ON", "ONAN". "Oil Natural" หรือ "Oil Natural Air Natural" โดยปกติน้ำมันเหล่านี้ไม่มีส่วนประกอบของพีซีบี



บทที่ 2

แนวทาง/มาตรการควบคุมสารพีซีบี

2.1 มาตรการควบคุมตามกฎหมายของประเทศไทย

ผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับสารพีซีบีจะต้องศึกษาและให้ความสำคัญกับพระราชบัญญัติและประกาศที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมสารพีซีบี ดังนี้

- พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535
- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง บัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2547
- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548
- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง ระบบเอกสารกำกับ การขนส่งของเสียอันตราย พ.ศ. 2547
- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการแจ้งรายละเอียดเกี่ยวกับสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วจากโรงงาน โดยทางสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (internet) พ.ศ. 2547

พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 ได้กำหนดชนิดของวัตถุอันตรายออกเป็น 4 ประเภท คือ

- (1) วัตถุอันตรายชนิดที่ 1 ได้แก่ วัตถุอันตรายที่การผลิต การนำเข้า การส่งออก หรือการมีไว้ในครอบครองต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์และวิธีการตามที่กำหนด
- (2) วัตถุอันตรายชนิดที่ 2 ได้แก่ วัตถุอันตรายที่การผลิต การนำเข้า การส่งออก หรือการมีไว้ในครอบครองต้องแจ้งให้พนักงานเจ้าหน้าที่ทราบก่อนและต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์และวิธีการตามที่กำหนด
- (3) วัตถุอันตรายชนิดที่ 3 ได้แก่ วัตถุอันตรายที่การผลิต การนำเข้า การส่งออก

หรือการมีไว้ในครอบครองต้องได้รับอนุญาต

(4) วัตถุอันตรายชนิดที่ 4 ได้แก่ วัตถุอันตรายที่ห้ามมิให้มีการผลิต การนำเข้า การส่งออก หรือการมีไว้ในครอบครอง

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง บัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย (ฉบับที่ 2)

พ.ศ. 2547 ได้กำหนดให้สารพีซีบีเป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 4 กล่าวคือ วัตถุอันตรายที่ห้ามมิให้มีการผลิต การนำเข้า การส่งออก หรือการมีไว้ในครอบครอง

ส่วนของเสียและชิ้นส่วนที่ประกอบด้วยหรือปนเปื้อนด้วยโพลีคลอริเนทเต็ดไบฟีนิล (polychlorinated biphenyls, PCBs) โพลีคลอริเนทเต็ดเทอร์ฟีนิล (polychlorinated terphenyls, PCTs) โพลีคลอริเนทเต็ดแนฟธาซีน (polychlorinated naphthalene, PCN) หรือโพลีโบรมิเนทเต็ดไบฟีนิล (polybrominated biphenyls, PBBs) หรือโพลีโบรมิเนทเต็ดอื่น ๆ ที่คล้ายคลึงกันที่ระดับความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดเป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 3 ตามบัญชี ข ของประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง บัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย ทั้งนี้ การผลิต การนำเข้า การส่งออก หรือการมีไว้ในครอบครองซึ่งของเสียดังกล่าวต้องได้รับอนุญาต

ผู้ครอบครองของเสียและชิ้นส่วนที่ประกอบด้วยสารพีซีบีข้างต้นมีหน้าที่จะต้องจัดการของเสียอันตรายเหล่านั้นตามกฎหมาย ทั้งนี้ **ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้ว พ.ศ. 2548** ได้นิยามลักษณะ/คุณสมบัติของผู้ก่อกำเนิดของเสียอันตราย ผู้รวบรวมและขนส่ง และผู้บำบัดและกำจัดของเสียอันตราย และกำหนดรหัสของชนิดและประเภทของของเสียอันตราย ตลอดจนลักษณะและคุณสมบัติของสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้วที่เป็นของเสียอันตราย และการปฏิบัติตามประกาศดังกล่าว ต้องอ้างอิงประกาศที่เกี่ยวข้องอื่นๆ อาทิ **ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง ระบบเอกสารกำกับการขนส่งของเสียอันตราย พ.ศ. 2547** และ **ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการแจ้งรายละเอียดเกี่ยวกับสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้วจากโรงงาน โดยทางสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (internet) พ.ศ. 2547** เป็นต้น

เกร็ดความรู้ :

ตามกฎหมายของประเทศไทย ห้ามมิให้มีการผลิต การนำเข้า การส่งออก หรือการมีไว้ในครอบครองสารพีซีบี ส่วนของเสียและชิ้นส่วนที่ประกอบด้วย หรือปนเปื้อนด้วยสารพีซีบีที่ระดับความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 50 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัมนั้น การผลิต การนำเข้า การส่งออก หรือการมีไว้ในครอบครอง ต้องได้รับอนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม

2.2 มาตรการควบคุมตามพันธกรณีของอนุสัญญาสตอกโฮล์ม ว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน

สารพีซีบีเป็นสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานชนิดหนึ่งในบรรดาสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน 12 ชนิดภายใต้อนุสัญญาสตอกโฮล์มฯ สารมลพิษที่ตกค้างยาวนานทั้ง 12 ชนิด ประกอบด้วยสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ 9 ชนิด คือ อัลดริน (aldrin) คลอเดน (chlordane) ดีดีที (DDT) ดิลดริน (dieldrin) เอนดริน (endrin) เฮปตะคลอรั (heptachlor) เฮกซึบี (hexachlorobenzene) ไมเร็กซ์ (mirex) ท็อกซาฟีน (toxaphene) สารเคมีทางอุตสาหกรรม 1 ชนิด คือ สารพีซีบี (polychlorinated biphenyls: PCBs) และสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทปลดปล่อยโดยไม่ตั้งใจ 2 ชนิด คือ ไดออกซิน (polychlorinated dibenzo-p-dioxins: PCDDs) และพีวเรน (polychlorinated dibenzofurans: PCDFs)

ทั้งนี้ อนุสัญญาสตอกโฮล์มฯ กำหนดให้ภาคีสมาชิกมีหน้าที่ลดและเลิกใช้ อุปกรณ์ที่มีส่วนประกอบของสารพีซีบี อาทิ หม้อแปลงไฟฟ้า ตัวเก็บประจุไฟฟ้า เป็นต้น

ภายในปี พ.ศ. 2568 และจัดเก็บซากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีส่วนประกอบของสารพีซีบีอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการภายในปี พ.ศ. 2571 และในฐานะที่ประเทศไทยเป็นประเทศภาคีสมาชิกของอนุสัญญาสตอกโฮล์มฯ จึงมีหน้าที่ต้องปฏิบัติตามพันธกรณีดังกล่าว

2.3 มาตรการควบคุมตามพันธกรณีของอนุสัญญาบาเซล ว่าด้วยการควบคุมการเคลื่อนย้ายข้ามแดนของของเสียอันตรายและการกำจัด

อนุสัญญาบาเซลฯ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดการขนส่งเคลื่อนย้ายของเสียอันตรายระหว่างประเทศ ให้มีการจัดการของเสียอันตรายที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อให้เกิดความปลอดภัยและไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม โดยได้กำหนดชนิดของของเสียอันตรายที่ห้ามการเคลื่อนข้ามแดนเว้นแต่จะได้รับความยินยอมจากประเทศภาคีสมาชิกผู้นำเข้าของเสียอันตราย

ของเสียที่ปนเปื้อนสารพีซีบีเป็นของเสียอันตรายประเภทหนึ่งที่กำหนดไว้ในอนุสัญญาบาเซลฯ ดังนี้

ภาคผนวก I ของอนุสัญญาบาเซลฯ กำหนดชนิดของของเสียที่ปนเปื้อนสารพีซีบีไว้ ดังนี้

“Y10 ของเสียที่เป็นวัสดุและสิ่งของซึ่งมีหรือปนเปื้อนด้วยสารประเภทโพลีคลอไรเนต[เต็ด]ไบฟีนิล (สารพีซีบี) และ/หรือโพลีคลอไรเนต[เต็ด]เทอร์ฟีนิล (พีซีที) และ/หรือโพลีโบรมิเนต[เต็ด]ไบฟีนิล (พีบีบี)” (กรมควบคุมมลพิษ, 2549) [emphasis added]

List A ภาคผนวก VIII ของอนุสัญญาบาเซลฯ กำหนดชนิดของของเสียประเภท A1 โลหะและที่มีโลหะเป็นองค์ประกอบ โดยสารพีซีบีได้ถูกกำหนดไว้ และ A3 ของเสียที่มีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบหลักซึ่งอาจมีโลหะและสารอนินทรีย์ ดังนี้

“A1180 ของเสียประเภทเศษหรือชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 2 ที่มีส่วนประกอบซึ่งได้แก่ ตัวเก็บประจุไฟฟ้า และแบตเตอรี่อื่นๆ ที่รวมในบัญชี

คู่มือแนวทางการจัดการสารพิษซี

รายชื่อ A [สวิตซ์] ที่มีปรอทเป็นองค์ประกอบ แก้วจากหลอด Cathode-ray และ Activated glass อื่นๆ ตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่มีสารพิษซีหรือที่ปนเปื้อนด้วยองค์ประกอบในภาคผนวก 1 (เช่น แคดเมียม ปรอท ตะกั่ว และสารพิษซีบี) จนถึงขอบเขตที่ทำให้ของเสียนั้นมีลักษณะใดๆ ตามภาคผนวก 3 (สัมพันธ์กับรายการ B1110 ในบัญชีรายชื่อ B” (กรมควบคุมมลพิษ, 2549) [emphasis added]

“A3040 ของเสียประเภทของเหลวที่ถ่ายเทความร้อน” (กรมควบคุมมลพิษ, 2549)

“A3180 ของเสียและชิ้นส่วนที่ประกอบหรือปนเปื้อนด้วยโพลีคลอริเนตเต็ดไบฟีนิล โพลีคลอริเนต[เต็ด]เทอร์ฟีนิล โพลีคลอริเนตเตดเนฟทาลีน หรือโพลีโบรมิเนต[เต็ด]ไบฟีนิล หรือโพลีโบรมิเนต[เต็ด]อื่นๆ ที่คล้ายคลึงกันที่ระดับความเข้มข้นกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือมากกว่า” (กรมควบคุมมลพิษ, 2549) [emphasis added]

ดังนั้น บุคคลหรือนิติบุคคลที่ประสงค์จะนำเข้า-ส่งออกของเสียอันตรายระหว่างประเทศจะต้องยื่นคำขออนุญาตต่อหน่วยงานกำกับดูแล ได้แก่ กรมโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งกำกับดูแลการนำเข้าและส่งออกของเสียเคมีวัตถุ (chemical wastes) และสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติซึ่งกำกับดูแลการนำเข้าและส่งออกกากกัมมันตรังสี (radioactive wastes) และต้องปฏิบัติตามพันธกรณีของอนุสัญญาบาเซลฯ หรือเงื่อนไขอื่นๆ ตามที่หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องกำหนด (กรมควบคุมมลพิษ, 2546)

เกร็ดความรู้ :

เนื่องจากสารพีซีบีจัดเป็นสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานชนิดหนึ่งภายใต้อนุสัญญาสตอกโฮล์มฯ และของเสียปนเปื้อนสารพีซีบีจัดเป็นของเสียที่ควบคุมภายใต้อนุสัญญาบาเซลฯ ดังนั้น ในฐานะที่ประเทศไทยเป็นภาคีสมาชิกของอนุสัญญาสตอกโฮล์มฯ และอนุสัญญาบาเซลฯ ประเทศไทยมีหน้าที่ปฏิบัติตามพันธกรณีของทั้งสองอนุสัญญา กล่าวคือ

- อนุสัญญาสตอกโฮล์มฯ กำหนดให้ลดและเลิกใช้อุปกรณ์ที่มีส่วนประกอบของสารพีซีบี อาทิ หม้อแปลงไฟฟ้า ตัวเก็บประจุไฟฟ้า เป็นต้น ภายในปี พ.ศ. 2568 และจัดเก็บซากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีส่วนประกอบของสารพีซีบีอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการภายในปี พ.ศ. 2571

- อนุสัญญาบาเซลฯ มีข้อกำหนดให้ประเทศต่างๆ บำบัดและกำจัดของเสียอันตรายที่เกิดขึ้นด้วยตนเอง หรือใกล้เคียงแหล่งกำเนิดมากที่สุด และสำหรับภาคีที่ให้สัตยาบันกับ Basel Ban Amendment ไม่อนุญาตให้มีการเคลื่อนย้ายของเสียอันตรายจากประเทศพัฒนาแล้ว (OECD) ไปยังประเทศกำลังพัฒนา (non-OECD) ทั้งนี้ ในกรณีของประเทศไทย ยังไม่สามารถบำบัดและกำจัดสารพีซีบีและ/หรือของเสียปนเปื้อนสารพีซีบี ดังนั้น จึงไม่สามารถนำเข้าสารพีซีบี และ/หรือของเสียปนเปื้อนสารพีซีบีมาในราชอาณาจักรได้

ทั้งนี้ ผู้ครอบครองสารพีซีบีและของเสียปนเปื้อนสารพีซีบีมีหน้าที่ดังนี้

1. ยกเลิกการใช้อุปกรณ์ที่มีส่วนประกอบของสารพีซีบีโดยเปลี่ยนไปใช้สารทดแทนอื่นที่ปลอดภัยกว่า
2. จัดเก็บอุปกรณ์ที่มีส่วนประกอบหรือปนเปื้อนสารพีซีบีอย่างระมัดระวัง และเหมาะสมเพื่อมิให้มีการหกหล่นรั่วไหลและส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม
3. รอคการกำจัดขั้นสุดท้ายอย่างปลอดภัยในอนาคต หรือจัดส่งซากอุปกรณ์ที่มีส่วนประกอบหรือปนเปื้อนสารพีซีบีไปกำจัดในประเทศที่มีความสามารถในการกำจัดสารพีซีบี และยอมรับการกำจัดสารพีซีบี

บทที่ 3

การจำแนกสารพีซีบี

สารพีซีบีที่ถูกใช้ในประเทศไทยเป็นสารพีซีบีที่ใช้ในระบบปิด คือ การใช้เป็นน้ำมันฉนวน (dielectric fluid) ในหม้อแปลงไฟฟ้าและตัวเก็บประจุไฟฟ้า ดังนั้น การสังเกตหรือจำแนกว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าใดเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีส่วนประกอบของสารพีซีบีหรือไม่สามารถดำเนินการได้ดังนี้

3.1 การจำแนกจากลักษณะทางกายภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้า

- วัน เดือน ปีที่ผลิต
หม้อแปลงไฟฟ้าและตัวเก็บไฟฟ้าที่ผลิตก่อนปี พ.ศ. 2513 อาจมีส่วนประกอบของสารพีซีบี
- ชื่อประเทศผู้ผลิต
ประเทศที่เคยเป็นผู้ผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าและตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่มีส่วนประกอบของสารพีซีบี ได้แก่ ออสเตรีย จีน เชคโกสโลวาเกีย ฝรั่งเศส เยอรมนี อิตาลี ญี่ปุ่น รัสเซีย สเปน อังกฤษ และสหรัฐอเมริกา
- ชนิดของน้ำมันที่ใช้
ที่ป้ายของหม้อแปลงไฟฟ้าหรือตัวเก็บประจุไฟฟ้าบางส่วนจะบอกชนิดของน้ำมันที่ใช้ภายในอุปกรณ์ ซึ่งถ้าพบคำว่า “PCBs Oil” หรือ “Non-inflammable Oil” นั่นคือ สารพีซีบี (รูปที่ 8)



รูปที่ 8 หม้อแปลงไฟฟ้าและตัวเก็บประจุไฟฟ้าพีซีบี

- ชื่อการค้าของน้ำมัน ดังตารางที่ 1
- ทดสอบความหนาแน่นเทียบกับน้ำ วิธีการง่ายๆ ในการทดสอบหากสงสัยว่าน้ำมันที่ใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นเป็นน้ำมันสารพีซีบีหรือน้ำมันที่ปนเปื้อนสารพีซีบีหรือไม่ ทำได้โดยการนำน้ำมันที่สงสัยจำนวนเล็กน้อยใส่ในหลอดแก้วใส (เช่น flask หรือ vial) จากนั้นเติมน้ำลงไปปริมาณเท่าๆ กันแล้วสังเกตว่าน้ำมันที่สงสัยจมหรือลอยน้ำ หากน้ำมันที่สงสัยจมน้ำ นั่นคือ “น้ำมันสารพีซีบี” แต่หากน้ำมันดังกล่าวลอยน้ำ ประกอบกับมีข้อมูลอื่นๆ ตามที่กล่าวข้างต้นเข้าข่ายเป็นน้ำมันสารพีซีบี เช่น เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีอายุมากกว่า 30 ปีขึ้นไป ผลิตจากประเทศที่เคยผลิตสารพีซีบีมาก่อน มีชื่อการค้าของน้ำมันเป็นชื่อการค้าของสารพีซีบี เป็นต้น ให้สงสัยว่าน้ำมันดังกล่าวอาจเป็น “น้ำมันที่ปนเปื้อนสารพีซีบี” (รูปที่ 9) และต้องนำไปทดสอบด้วยวิธีอื่นๆ ต่อไป (Identification of PCBs, <http://www.tredi.co.nz/html/html/identify.htm> และ UNEP, 1999) ทั้งนี้ เนื่องจากสารพีซีบีมีความหนาแน่น 1.5 ในขณะที่น้ำมีความหนาแน่น 1 และน้ำมัน mineral oil มีความหนาแน่น 0.85-0.9



รูปที่ 9 การเปรียบเทียบน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากับน้ำ

3.2 การจำแนกตามหลักเกณฑ์การจำแนกของเสียอันตราย

ตามกฎหมายของไทย กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการจำแนกของเสียอันตราย รวมถึงสารพีซีบีไว้ 2 ประการ คือ การจำแนกตามการกำหนดบัญชีรายชื่อ และการจำแนกตามคุณสมบัติ

- การจำแนกตามการกำหนดบัญชีรายชื่อ

ภาคผนวก 1 ของประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548 ได้กำหนดรหัสของชนิดและประเภทของสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วไว้ โดยได้กำหนดรหัส 13 03 01 HA ให้น้ำมันที่ใช้เป็นฉนวนหรือใช้ทำความร้อนที่ปนเปื้อนสารโพลีคลอริเนตเตดไพบิเนล (oil containing PCBs) เป็นของเสียอันตราย

ทั้งนี้ สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่มีรหัสเลข 6 หลักกำกับด้วยตัวอักษร HA (Hazardous waste-Absolute entry) หรือ HM (Hazardous waste-Mirror entry) ถือว่าเป็นสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่มีคุณสมบัติเป็นของเสียอันตรายตาม

คุณลักษณะที่กำหนดไว้ในภาคผนวกที่ 2 ของประกาศดังกล่าว สำหรับสิ่งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้วที่มีรหัสกำกับด้วย HM ผู้ประกอบการต้องทำการวิเคราะห์ตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดในภาคผนวก 2 ในกรณีที่ต้องการโต้แย้งว่าสิ่งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้วดังกล่าวไม่เข้าข่ายเป็นของเสียอันตราย

● การจำแนกตามคุณสมบัติ

ภาคผนวก 2 ของประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้ว พ.ศ. 2548 ได้กำหนดลักษณะและคุณสมบัติของสิ่งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้วที่เป็นของเสียอันตราย กล่าวคือ สารไวไฟ สารกัดกร่อน สารพิษ และกำหนดปริมาณสิ่งเจือปน สำหรับสิ่งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้วที่มีปริมาณสารพิษบีเท่ากับหรือมากกว่าความเข้มข้นที่กำหนดจัดว่าเป็นของเสียอันตรายและจะต้องดำเนินการจัดการตามที่กฎหมายกำหนด ทั้งนี้ ได้อำอิงการวิเคราะห์ 2 วิธี ดังนี้

- เมื่อนำสิ่งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้วมาหาค่าความเข้มข้นทั้งหมดของสิ่งเจือปนในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมแล้ว พบว่ามีองค์ประกอบของสารพิษบีมากกว่าหรือเท่ากับ 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Total Threshold Limit Concentration: TTLC)

- เมื่อนำสิ่งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้วมาสกัดโดยวิธี Waste Extraction Test (WET) และวิธีวิเคราะห์น้ำสกัดแล้วพบว่ามีองค์ประกอบของสารพิษบีมากกว่าหรือเท่ากับ 5 มิลลิกรัมต่อลิตรของน้ำสกัด (Soluble Threshold Limit Concentration: STLC)

นอกจากนี้ UNEP แนะนำว่า ประเทศต่างๆ มีการจำแนกระดับความเข้มข้นของสารพิษบีแตกต่างกันออกไป โดยหลายประเทศ เช่น ออสเตรเลีย แคนาดา เยอรมนี สวีเดน อังกฤษ และสหรัฐอเมริกา กำหนดความเข้มข้นเท่ากับ 50 ppm หรือ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนัก ทั้งนี้ หากความเข้มข้นมากกว่าความเข้มข้นดังกล่าวจะต้องได้รับการจัดการตามกฎหมายที่แต่ละประเทศกำหนด (UNEP, 1999) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ตัวอย่างการจำแนกระดับความเข้มข้นของสารพีซีบี

Part per million (PPM)

- >500 ppm = regulated “pure” PCBs Substance
- 50 to 500 ppm = regulated PCB contamination
- 5 to 50 ppm = potentially regulated PCB contamination
- <5 ppm = non-PCB

Percent by Weight

- 0.1 percent by weight = regulated PCB contamination

PCB regulation apply to equipment containing;

- >500 liters of >0.1 percent by weight PCB Fluid
- >50 kgs of 100% PCB fluid

note: 0.1 percent by weight = 1000 ppm

ที่มา: UNEP, 1999, Guidelines for the Identification of PCBs and Material Containing PCBs, 1st Issue, August 1999, p. 4.

บทที่ 4 การวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารพีซีบี

การวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารพีซีบีสามารถทำได้โดยใช้ชุดทดสอบอย่างง่าย และการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ด้วยชุดทดสอบอย่างง่าย

สารพีซีบีสามารถวิเคราะห์ความเข้มข้นในเบื้องต้นได้โดยใช้ชุดทดสอบอย่างง่าย ซึ่งออกแบบมาเพื่อทดสอบความเข้มข้นของคลอรีนอินทรีย์ มิใช่ความเข้มข้นของสารพีซีบีโดยตรง ดังนั้น การทดสอบด้วยวิธีนี้หากได้ผลเป็นลบแสดงว่าไม่มีสารพีซีบี แต่หากผลการทดสอบเป็นบวกแสดงว่าอาจมีสารพีซีบีอยู่ในตัวอย่างดังกล่าว และควรนำไปวิเคราะห์ต่อไปในห้องปฏิบัติการด้วยเครื่องมือที่ยืนยันผลได้ดีกว่า ตัวอย่างชุดทดสอบดังกล่าวมีดังนี้ (UNEP, 1999)

- DR/2010 Portable Datalogging Spectrophotometer เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำในภาคสนาม หากต้องการทราบข้อมูลเพิ่มเติมสามารถดูได้จาก <http://www.hach.com>

- Clor-N-Oil เป็นชุดทดสอบน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า วิเคราะห์ความเข้มข้นของคลอรีนอินทรีย์ในตัวอย่างน้ำมัน น้ำ หรือ ดินที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กล่าวคือ 20, 50, 100 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หากต้องการทราบข้อมูลเพิ่มเติมสามารถดูได้จาก <http://www.dexsil.com>

- L2000 PCB/Chlorine Analyzer เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันและดิน สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างที่ระดับความเข้มข้นระหว่าง 3-2000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ออกแบบเพื่อให้เหมาะกับการนำไปใช้ในภาคสนาม หากต้องการทราบข้อมูลเพิ่มเติมสามารถดูได้จาก <http://www.dexsil.com>

- DR/800 Series Colorimeters เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ โดยการตรวจสอบสารพีซีบีจากสีของสารละลาย เหมาะสำหรับใช้ในภาคสนามเช่นกัน หากต้องการทราบข้อมูลเพิ่มเติมสามารถดูได้จาก <http://www.hach.com>

- DR/4000 UV-VIS Spectrophotometer เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ หากต้องการทราบข้อมูลเพิ่มเติมสามารถดูได้จาก <http://www.hach.com>

4.2 การวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารพีซีบีในห้องปฏิบัติการจำเป็นต้องใช้เครื่องมือวิเคราะห์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น Gas Chromatography (GC) และจะต้องดำเนินการวิเคราะห์โดยเจ้าหน้าที่ที่ได้รับการฝึกอบรมการใช้เครื่องมือวิเคราะห์แต่ละชนิดมีข้อจำกัดในการวิเคราะห์ โดยเครื่องมือวิเคราะห์บางชนิดสามารถวิเคราะห์ได้เฉพาะความเข้มข้นของสารพีซีบีรวม ในขณะที่เครื่องมือวิเคราะห์บางชนิดสามารถวิเคราะห์ถึงระดับโครงสร้างโมเลกุล (congener) ของสารพีซีบีได้ ตัวอย่างเครื่องมือวิเคราะห์ที่มีดังนี้ (UNEP, 1999)

- Thin-Layer Chromatography (TLC) วิเคราะห์ตัวอย่างดินและน้ำมัน
- Gas Chromatography (GC) วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหรือตัวทำละลายที่ระเหยได้
- Gas-Liquid Chromatography/Electron Capture Detection (GCECD) วิเคราะห์ตัวอย่างอากาศ
- Packed-Column Gas Chromatography/Electron Capture Detection วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมัน
- Capillary Column Gas Chromatography วิเคราะห์ได้ทั้งตัวอย่างที่เป็นของแข็งและของเหลว
- Gas Chromatography/Hall Electrolytic Conductivity Detector วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันและของเหลว

- Gas Chromatography/Mass Spectrometry วิเคราะห์ได้ทั้งตัวอย่างดิน สลัดจ์ และของแข็ง
- Thermal Extraction/Gas Chromatography/Mass Spectrometry (TE/GC/MS) วิเคราะห์ได้ทั้งตัวอย่างดิน สลัดจ์ และของแข็ง

ทั้งนี้ วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับมาตรฐานของแต่ละประเทศและเครื่องมือที่ใช้ อาทิ U.S.EPA แนะนำให้ใช้วิธี Method 608 กับเครื่อง Packed-Column GC/MS และ Method 8082A กับเครื่อง Capillary Column GC นอกจากนี้ บางประเทศมีการพัฒนาวิธีวิเคราะห์มาตรฐานขึ้นมาใช้สำหรับประเทศนั้นๆ เช่น ประเทศญี่ปุ่น ดำเนินการวิเคราะห์สารพิษโดยใช้เครื่องมือ Gas Chromatography/High Resolution Mass Spectrometer (GC/HRMS) หรือ Gas Chromatography/Low Resolution Mass Spectrometer (GC/LRMS) ด้วยวิธีการวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นเอง เป็นต้น

บทที่ 5

การดูแลรักษา เก็บรวบรวม บรรจุ ติดฉลาก ขนส่ง และการเก็บกักอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีส่วนประกอบของสารพีซีบี

แนวทางการดูแลรักษา เก็บรวบรวม บรรจุ ติดฉลาก ขนส่ง และการเก็บกักอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีส่วนประกอบของสารพีซีบีในคู่มือนี้จัดทำขึ้นโดยอ้างอิงแนวทางด้านเทคนิคในการจัดการของเสียที่ปนเปื้อนหรือประกอบด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน (UNEP, 2007) และแนวทางด้านเทคนิคในการจัดการของเสียที่ปนเปื้อนหรือประกอบด้วยสารพีซีบี พีซีที และพีบีพี (UNEP, 2005) ภายใต้การดำเนินงานของอนุสัญญาบาเซลฯ ประกอบกับการทบทวนเอกสารอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง และประสบการณ์ในการปฏิบัติงานที่ผ่านมา ดังนี้

5.1 การจัดการ (handling)

- ควรแยกสารพีซีบีหรือของเสียที่ปนเปื้อนสารพีซีบีออกจากของเสียประเภทอื่นๆ
- ตรวจสอบภาชนะบรรจุ หากพบความผิดปกติ เช่น มีการรั่วไหล มีรูสนิม หรืออุณหภูมิสูงขึ้น ให้ดำเนินการแก้ไขทันที เช่น การบรรจุใหม่ในภาชนะที่ได้มาตรฐาน การเพิ่มการระบายอากาศ เป็นต้น
- ทำความสะอาดบริเวณที่มีการหกด้วยผ้า กระดาษ หรือวัสดุดูดซับ เช่น ซีลี้อย
- ทำความสะอาดพื้นผิวที่ปนเปื้อนด้วยตัวทำละลาย เช่น น้ำมันก๊าด (kerosene) อย่างน้อย 3 ครั้ง
- กำจัดวัสดุดูดซับและตัวทำละลายที่เกิดจากการทำความสะอาด ผ้า กระดาษ พลาสติกที่ปนเปื้อนสารพีซีบีอย่างเหมาะสม ไม่ควรนำไปทิ้งในที่สาธารณะ และไม่ควรเผาทำลายเอง

- ควบคุมอุณหภูมิในอาคารเก็บกักให้มีอุณหภูมิต่ำเนื่องจากที่อุณหภูมิสูงขึ้นสารพิษก็จะระเหยได้มากขึ้น (UNEP แนะนำให้ควบคุมอุณหภูมิในอาคารเก็บกักต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส)
- หากบริเวณที่จัดเก็บไม่ได้ฉาบด้วยวัสดุที่มีผิวเรียบ เช่น สี ยูรีเทน หรือ อีพ็อกซี ให้ใช้แผ่นพลาสติกหรือแผ่นดิวตี้บอร์ดปิดภาชนะบรรจุก่อนการเปิดภาชนะ
- เก็บรวบรวมของเสียที่เป็นของเหลว หรือน้ำเสีย ให้อยู่ในบริเวณจำกัด เพื่อป้องกันการรั่วไหลสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ในกรณีที่มีระบบรวบรวมน้ำเสียให้รวบรวมน้ำเสียด้วยท่อและ/หรืออุปกรณ์ที่มีความคงทนต่อสารเคมี
- ผู้ดำเนินการข้างต้นจะต้องได้รับการฝึกอบรม

5.2 การเก็บรวบรวม (collection)

สถานประกอบการขนาดใหญ่มีหน้าที่ตามกฎหมายจะต้องดำเนินการเก็บรวบรวมของเสียอันตรายที่เกิดจากสถานประกอบการของตนเองอย่างถูกต้อง สำหรับสถานประกอบการขนาดเล็กและ/หรือประชาชนโดยทั่วไปที่ครอบครองของเสียสารพิษส่วนใหญ่ไม่มีศักยภาพเพียงพอในการเก็บรวบรวมของเสียสารพิษอย่างถูกต้อง ดังนั้น รัฐบาลหรือหน่วยงานในระดับท้องถิ่นควรจะจัดตั้งสถานีเก็บรวบรวมของเสียอันตรายขึ้นเพื่อเก็บรวบรวมของเสียสารพิษจากผู้ประกอบการขนาดเล็กและประชาชนโดยทั่วไป ทั้งนี้ เพื่อป้องกันมิให้ของเสียสารพิษที่ถูกทิ้งรวมไปกับขยะทั่วไปและปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม ในกรณีของสารพิษที่ควรเก็บรวบรวมแยกออกจากสารเคมีอื่นๆ และไม่ควรเก็บไว้นานจนเกินไป เนื่องจากความเสี่ยงอันตรายต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อมจะสูงขึ้นเมื่อปริมาณสารพิษเพิ่มขึ้น

การจัดตั้งสถานีเก็บรวบรวม อาคารเก็บกัก และสถานีขนถ่ายของเสียควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

- ประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนทราบเกี่ยวกับโครงการ สถานที่เก็บ ระยะเวลา

คู่มือแนวทางการจัดการสารพีซีบี

ในการเก็บรวบรวม

- ให้ระยะเวลาที่เพียงพอในการเก็บรวบรวม ทั้งนี้ เพื่อให้มั่นใจว่าของเสียสารพีซีบีทั้งหมดได้รับการเก็บรวบรวมจากผู้ครองครองแล้ว
- เมื่อจัดตั้งสถานีเก็บรวบรวมของเสียอันตรายขึ้นแล้ว ควรยอมรับของเสียอันตรายประเภทสารมลพิษที่ตกค้างยาวนานประเภทอื่นๆ ด้วย (เท่าที่จะสามารถรับได้)
- จัดหาภาชนะบรรจุที่ได้มาตรฐานปลอดภัยสำรองไว้ใช้ในกรณีที่มีของเสียอันตรายที่จำเป็นจะต้องบรรจุใหม่เพื่อให้มีความปลอดภัยในการเก็บรวบรวมและขนส่ง
- กำหนดขั้นตอนการเก็บรวบรวมที่ง่ายและเสียค่าใช้จ่ายน้อย
- ต้องให้มั่นใจว่าผู้เก็บขนและผู้ปฏิบัติงานในสถานีเก็บรวบรวมมีความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน
- ต้องให้มั่นใจว่าการดำเนินงานภายในอาคารเก็บรวบรวมมีการจัดการของเสียที่เชื่อถือได้
- ต้องให้มั่นใจว่าโครงสร้าง/สิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ภายในสถานีเก็บรวบรวมเป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมาย

5.3 การบรรจุ (packaging)

ควรบรรจุหีบห่อของเสียที่ปนเปื้อนสารพีซีบีก่อนการเก็บกักและขนส่ง ส่วนที่เป็นของเหลวควรบรรจุในถังเหล็กที่ได้มาตรฐานมีฝาสองชั้นมิดชิดและเป็นไปตามกฎหมายกำหนด ภาชนะขนาดเล็กอาจบรรจุลงในภาชนะขนาดใหญ่อีกชั้นหนึ่ง โดยบรรจุวัสดุดูดซับ (เช่น ซีลี้อย) ภายใน นอกจากนี้ ควรวางถังหรืออุปกรณ์ที่ปนเปื้อนหรือบรรจุสารพีซีบีบนฐานรอง (pallet) ทั้งนี้ เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย ภาชนะบรรจุด้วยรถยก และควรยึดถังให้ติดกับฐานรอง (pallet) ก่อนการเคลื่อนย้าย

5.4 การติดฉลาก (labeling)

ข้อแนะนำในการติดฉลากประกอบด้วยสองส่วน คือ การติดฉลากที่อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีส่วนประกอบของสารพีซีบี เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า ตัวเก็บประจุไฟฟ้า และการติดฉลากที่ถังหรือภาชนะบรรจุสารพีซีบีหรือของเสียที่ปนเปื้อนสารพีซีบี

- การติดฉลากที่อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีส่วนประกอบของสารพีซีบี

ผู้ประกอบการที่พบว่าในสถานประกอบการของตนเองมีอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีส่วนประกอบของสารพีซีบี เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า ตัวเก็บประจุไฟฟ้า ควรติดฉลากข้อมูลอย่างชัดเจนเพื่อแสดงว่าอุปกรณ์ไฟฟ้างดังกล่าวเป็นหรือมีส่วนประกอบของ “สารพีซีบี หรือ PCBs” ดังตัวอย่างการติดข้อมูลของเสียอันตรายในภาคผนวก 1 และรูปที่ 10



ที่มา : "<http://en.wikipedia.org/wiki/Image:PCB-labeling.jpg>"

รูปที่ 10 ตัวอย่างการติดฉลากข้อมูลที่อุปกรณ์ไฟฟ้าสารพีซีบี

● การติดฉลากที่ถังหรือภาชนะบรรจุสารพิษหรือของเสียที่ปนเปื้อนสารพิษเพื่อการเก็บกักและขนส่ง

ถังหรือภาชนะบรรจุสารพิษหรือของเสียที่ปนเปื้อนสารพิษ นอกจากจะต้องติดฉลากแสดงความเป็นอันตรายตามที่กฎหมายกำหนดแล้ว (อาทิ **UN Labeling, GHS** เป็นต้น) ยังควรจะต้องติดฉลากข้อมูลของเสียอันตรายอย่างชัดเจน โดยระบุชนิดของของเสียว่าเป็น “**สารพิษหรือ PCBs**” รหัสของเสียอันตรายตามกฎหมายกำหนด คุณสมบัติ ความจุของถัง วันที่บรรจุ ชื่อและเบอร์โทรศัพท์ผู้รับผิดชอบ เป็นต้น

1) การติดฉลากแสดงความเป็นอันตราย

ปัจจุบันประเทศไทยใช้ระบบการติดฉลากแสดงความเป็นอันตรายตามข้อเสนอแนะขององค์การสหประชาชาติว่าด้วยการขนส่งสินค้าอันตราย (UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods: UNTD/G) โดยได้แบ่งวัตถุอันตรายออกเป็น 9 ประเภท เพื่อประโยชน์ในการจัดเก็บและขนส่ง และได้กำหนดฉลากแสดงความเป็นอันตราย ดังรายละเอียดในภาคผนวก 2 ทั้งนี้ ตามระบบขององค์การสหประชาชาติ สารพิษเป็นวัตถุอันตรายที่มีหมายเลข UN number เท่ากับ 2315 ฉลากความเป็นอันตราย class 9

นอกจากนี้ ประเทศต่างๆ และองค์การสหประชาชาติได้ตระหนักถึงการจำแนกประเภทและติดฉลากสารเคมีที่มีความหลากหลายในแต่ละประเทศ จึงได้พัฒนาระบบการจำแนกประเภทและติดฉลากสารเคมีให้เป็นระบบเดียวกันทั่วโลกที่เรียกว่า The Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals (GHS) ขึ้น ซึ่งประเทศไทยอยู่ระหว่างการเตรียมความพร้อมของประเทศเพื่อรองรับระบบสากลการจัดกลุ่มและติดฉลากสารเคมี (GHS) โดยคาดว่าจะสามารถนำระบบ GHS มาใช้ได้ในปี พ.ศ. 2551

แม้ว่าปัจจุบัน (พ.ศ.2550) ยังไม่มีกฎหมายกำหนดลักษณะการติดฉลากสารพิษหรือของเสียปนเปื้อนสารพิษตามระบบ GHS อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามหากพิจารณาตามมาตรฐานและข้อกำหนดของระบบ GHS (UN Purple Book)

ร่วมกับฐานข้อมูลการจัดกลุ่มความเป็นอันตรายและการติดฉลากตามระบบ GHS ของสหภาพยุโรป สารพีซีบีหรือของเสียปนเปื้อนสารพีซีบีควรมีลักษณะของฉลากตามระบบ GHS ดังรูปที่ 11 ทั้งนี้ ในกรณีของเสียปนเปื้อนสารพีซีบีอาจต้องพิจารณาองค์ประกอบอื่นๆ ที่ประกอบอยู่ในของเสียอื่นๆ ร่วมด้วย

Polychlorinated biphenyls (PCBs)



ระวัง!

อาจทำอันตรายเมื่อสัมผัสเป็นเวลานานหรือสัมผัสซ้ำ



เป็นพิษร้ายแรงต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและมีผลกระทบต่อระยะยาว

คำเตือน :

หลีกเลี่ยงไม่ให้มีการรั่วไหลสู่สิ่งแวดล้อม หากมีการรั่วไหล ให้เก็บรวบรวมสารเคมีไว้ในบรรจุภัณฑ์ที่ปลอดภัย กำจัดสารเคมีตามกฎหมาย อยาสูดดมไอระเหย ผุ่น ละอองฝอยของสารเคมี และหากมีอาการผิดปกติให้ไปพบแพทย์ทันที

กรณีฉุกเฉินติดต่อ.....(รายละเอียดผู้รับผิดชอบ หรือ เจ้าของสารเคมี)

รูปที่ 11 ตัวอย่างการติดฉลากของเสียปนเปื้อนสารพีซีบีตามระบบ GHS

ในระหว่างที่ประเทศไทยยังไม่ได้นำระบบ GHS มาบังคับใช้ตามกฎหมายนั้น ข้อเสนอแนะในการติดฉลากสารพีซีบีหรือของเสียปนเปื้อนสารพีซีบีเพื่อการเก็บกักและขนส่งที่เสนอแนะไว้ในคู่มือนี้ คือ การใช้ระบบการติดฉลากตามระบบเดิมโดยใช้สัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตรายตามระบบของ UN Labeling class 9 ร่วมกับ การติดฉลากตามระบบ GHS ดังรูปที่ 12

2) การติดฉลากข้อมูลของเสียอันตราย

แม้ว่ายังไม่มียกกฎหมายไทยกำหนดให้มีการติดฉลากข้อมูลของเสียปนเปื้อนสารพีซีบีไว้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม หากหม้อแปลงไฟฟ้า ตัวเก็บประจุไฟฟ้า และ/หรือของเสียอันตรายใดมีความเข้มข้นของสารพีซีบีมากกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

คู่มือแนวทางการจัดการสารพิษ

ผู้ครอบครองอุปกรณ์ไฟฟ้าและหรือของเสียอันตรายดังกล่าวควรนำหลักการเตือนล่วงหน้า (precautionary principle) มาประยุกต์ใช้

ทั้งนี้ องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของรัฐควีนแลนด์ ประเทศออสเตรเลีย แนะนำว่า อุปกรณ์ไฟฟ้าและหรือของเสียที่ปนเปื้อนสารพีซีบีตั้งแต่ 50 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม ขึ้นไป และมีสารพีซีบีตั้งแต่ 50 กรัมขึ้นไปต่อน้ำหนักของเสียทั้งหมด ควรติดฉลากอย่างน้อย ดังนี้

1. UN labeling Class 9
2. ป้ายระบุว่าเป็น “PCBs”
3. ระบุความเข้มข้นของสารพีซีบี (ถ้าทราบ)

ตัวอย่างฉลากข้อมูลของเสียปนเปื้อนสารพีซีบีจากหน่วยงานต่างๆ ดังรายละเอียด ในภาคผนวก 1



รูปที่ 12* ข้อเสนอแนะการติดฉลากของเสียปนเปื้อนสารพีซีบี

* เนื่องจากประเทศไทยอยู่ระหว่างการเตรียมความพร้อมในการนำระบบ GHS มาใช้อย่างเป็นทางการ ดังนั้น เจ้าของหรือผู้ครอบครองพีซีบีหรือของเสียปนเปื้อนพีซีบีควรหารือกรมโรงงานอุตสาหกรรมและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ก่อนการขนส่งของเสียอันตรายออกนอกสถานประกอบการ

5.5 การขนส่ง

การขนส่งของเสียปนเปื้อนสารพีซีบี มากกว่าหรือเท่ากับ 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เพื่อการจัดเก็บหรือการกำจัดขั้นสุดท้ายได้รับการควบคุมตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548 กล่าวคือ ผู้ก่อกำเนิด ผู้รวบรวมและขนส่ง และผู้รับบำบัดและกำจัดของเสียปนเปื้อนสารพีซีบี ต้องจัดทำเอกสารกำกับการขนส่งเมื่อมีการนำของเสียปนเปื้อนสารพีซีบีออกนอกบริเวณโรงงานทุกครั้งและให้แจ้งข้อมูลการขนส่งของเสียปนเปื้อนสารพีซีบีตามประกาศดังกล่าว ต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม และส่งรายงานประจำปีให้กรมโรงงานอุตสาหกรรมภายใน วันที่ 1 มีนาคม ของปีถัดไป

นอกจากนี้ การนำของเสียปนเปื้อนสารพีซีบีออกนอกราชอาณาจักร เพื่อการกำจัดขั้นสุดท้ายต้องปฏิบัติตามกฎหมายระหว่างประเทศด้วย ทั้งนี้ของเสียปนเปื้อนสารพีซีบีได้รับการควบคุมภายใต้อนุสัญญาบาเซลว่าด้วยการควบคุมการเคลื่อนย้าย ข้ามแดนของของเสียอันตรายและการกำจัด ผู้ประสงค์จะส่งออกของเสียปนเปื้อนสารพีซีบีจะต้องขออนุญาตส่งออกวัตถุอันตราย โดยยื่นคำขออนุญาตตามแบบ วอ.5 ต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม ทั้งนี้ กรมโรงงานอุตสาหกรรมจะต้องดำเนินการขออนุญาต หน่วยงานที่มีอำนาจของประเทศนำผ่านและประเทศผู้นำเข้าก่อนการนำของเสียปนเปื้อนสารพีซีบีออกนอกประเทศ เมื่อได้รับการอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร จากประเทศนำผ่านหรือประเทศนำเข้าแล้วจึงจะสามารถส่งของเสียปนเปื้อนสารพีซีบีออกนอกประเทศได้ โดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมจะออกใบอนุญาตส่งออก ตามแบบ วอ. 6 ให้แก่ผู้ส่งออกและจะต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์และวิธีการตามที่ กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดและเป็นไปตามพันธกรณีของอนุสัญญาบาเซลฯ

5.6 การเก็บกัก

โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ ภายใต้อนุสัญญาบาเซลฯ ได้จัดทำแนวทางในการจัดการของเสียปนเปื้อนสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน (POPs) (UNEP, 2007) และแนวทางการจัดการของเสียปนเปื้อนสารพีซีบี พีซีที และพีบีบี (UNEP, 2005) ขึ้น โดยแนวทางการเก็บกักสาร POPs รวมทั้งสารพีซีบีสรุปได้ดังนี้

- ควรเก็บกักของเสียที่ประกอบด้วยหรือปนเปื้อนสารพีซีบีในที่ปลอดภัย ในบริเวณที่ห่างจากของเสียชนิดอื่นๆ สถานที่เก็บกักควรจะต้องได้รับการออกแบบเพื่อป้องกันการรั่วไหลของสารเคมีสู่สิ่งแวดล้อม และควรจะต้องได้รับการออกแบบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านโครงสร้าง การจัดการของเสีย สาธารณสุขและความปลอดภัย

- บริเวณพื้นที่เก็บกักสารพีซีบีหรือของเสียปนเปื้อนสารพีซีบีที่อยู่ภายในอาคารที่ใช้ประโยชน์ร่วมกันกับกิจกรรมอื่นๆ ควรเป็นบริเวณที่จัดไว้โดยเฉพาะหรือกั้นด้วยผนังและเป็นบริเวณที่มีได้ใช้ประโยชน์น้อยนัก

- อาคารหรือตู้คอนเทนเนอร์ที่ตั้งอยู่กลางแจ้งควรมีรั้วกั้นบริเวณดังกล่าวอย่างมิดชิดและสามารถปิดล็อกได้

- ควรจัดเก็บสารพีซีบีแยกออกจากสาร POPs ชนิดอื่นๆ ยกเว้นจะเป็นสารที่เก็บรวมกันได้

- อาคาร/ที่ตั้งสถานที่เก็บกักสารพีซีบีไม่ควรตั้งอยู่ใกล้กับโรงพยาบาล สถานพยาบาลอื่นๆ โรงเรียน ที่อยู่อาศัย โรงงานผลิตอาหาร สถานที่เก็บและโรงงานผลิตอาหารสัตว์ พื้นที่เกษตรกรรม หรือสถานที่ที่อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม

- ควรมีการบำรุงรักษาสถานที่เก็บกักให้มีอุณหภูมิต่ำเพื่อป้องกันการระเหยหรือให้มีการระเหยน้อยที่สุด ควรมีหลังคาสะท้อนแสง มีราง และร่มเงา เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในที่ที่อากาศร้อนควรออกแบบอาคารหรือห้องเก็บกักสารพีซีบีให้เป็นระบบ negative pressure (อากาศภายในมีความดันต่ำกว่าอากาศภายนอก ทำให้อากาศภายในไม่สามารถแพร่กระจายออกสู่ภายนอกได้) โดยมีการดักอากาศ

ภายในแล้วนำไปผ่านแผ่นกรองคาร์บอน (carbon filter) ก่อนปล่อยออกภายนอก

- อาคารหรือภาชนะบรรจุควรอยู่ในสภาพดีและผลิตจากพลาสติกแข็งหรือโลหะ และไม่ควรมีผลผลิตจากไม้ ไม้อัด ฝ้ายาง หรือวัสดุฉนวน
- หลังคาของอาคารหรือภาชนะบรรจุ รวมถึงบริเวณโดยรอบควรมีความลาดชัน (slope) เพื่อให้สามารถระบายของเหลวออกได้
- อาคารหรือภาชนะบรรจุควรทำด้วยยางมะตอย ซีเมนต์ หรือพลาสติกแบบทนทานหนา 6 มิลลิเมตร
- พื้นของอาคารเก็บกักควรเป็นพื้นซีเมนต์ฉาบด้วยอีพอกซี (epoxy polymer) แบบทนทานหรือพลาสติกแบบทนทานหนา 6 มิลลิเมตร
- ควรมีระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้
- ภายในอาคารควรมีระบบดับเพลิงแบบไม่ใช้น้ำ เช่น ถังดับเพลิงแบบเคมี แต่หากระบบดับเพลิงเป็นแบบใช้น้ำ ภายในอาคารควรมีขอบกั้นและแยกระบบระบายน้ำน้ำเสียออกจากและระบบระบายน้ำฝนของอาคาร
- ขอบเสียที่เป็นของเหลวควรจะถูกจำกัดขอบเขตภายในภาชนะที่เป็นถาดหรือขอบกั้นป้องกันการรั่วไหล และถาดหรือขอบกั้นดังกล่าวควรมีปริมาตรเท่ากับ 1.25 เท่า ของปริมาณของเหลวที่สามารถเก็บกักในอาคารนั้นๆ ทั้งนี้ เพื่อป้องกันการรั่วไหลสู่สิ่งแวดล้อม
- ขอบเชิงปนเปื้อนสารพิษที่ควรเก็บไว้ในภาชนะปิดมิดชิด เช่น ถังกลองโลหะ ถาดหรือภาชนะบรรจุอื่นๆ หากมีวัตถุปนเปื้อนสารพิษที่มีปริมาตรมากอาจเก็บไว้ในตู้คอนเทนเนอร์ อาคาร หรือภาชนะบรรจุอื่นใดที่ปลอดภัย
- ควรมีการจัดทำทำเนียบสารเคมี และปรับปรุงฐานข้อมูลให้ทันสมัย ทุกครั้งที่มีการเก็บกักและกำจัด
- ควรติดป้ายภายนอกอาคารให้ชัดเจนว่าเป็น “สถานที่เก็บกักของเสีย”
- ควรมีการตรวจสอบสถานที่เก็บกักของเสียอย่างสม่ำเสมอว่าระบบต่างๆ ทำงานเป็นปกติหรือไม่ เช่น การรั่วซึม การชำรุดของภาชนะบรรจุ ระบบแจ้งเหตุ

คู่มือแนวทางการจัดการสารพีซีบี

เพลิงไหม้ ระบบดับเพลิง และสภาพโดยทั่วไปของสถานที่

- ควรมีแผนระงับอุบัติเหตุภัยฉุกเฉิน หรือขั้นตอนการปฏิบัติงานเมื่อเกิดการรั่วไหล หรือเพลิงไหม้ในห้องเก็บสารพีซีบี

บทที่ 6 เทคโนโลยีการบำบัด/กำจัดสารพีซีบี

หลักการในการกำจัด/ทำลายสารพีซีบีหรือของเสียปนเปื้อนสารพีซีบี คือ การทำลายพันธะระหว่างโมเลกุลของสารเคมีโดยใช้พลังงานความร้อนและพลังงานทางเคมี กระบวนการในการกำจัด/ทำลายโมเลกุลของสารพีซีบีและของเสียปนเปื้อนสารพีซีบีแบ่งเป็น 4 ส่วนหลักๆ คือ กระบวนการเผา (incineration) กระบวนการกำจัดคลอรีน (dechlorination processes) การใช้เทคโนโลยีทางชีวภาพ (Biological Technologies) และกระบวนการอื่นๆ เช่น VTR และ LTR2 เป็นต้น สรุปได้ดังนี้

6.1 กระบวนการเผา (incineration)

เทคโนโลยีที่แพร่หลายและเป็นที่รู้จักในการทำลายสารพีซีบี คือ การเผาด้วยเตาเผาอุณหภูมิสูง ระหว่าง 870-1,200 องศาเซลเซียส (รูปที่ 13) อย่างไรก็ตาม หากควบคุมการเผาไหม้ไม่เหมาะสมจะก่อให้เกิดการปลดปล่อยสารมลพิษทางอากาศ เช่น ไดออกซินและฟิวแรน ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม

ผลผลิตที่เกิดจากกระบวนการเผา คือ คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และซีเ็กอนินทรีย์ คลอรีนที่อยู่ในของเสียจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ ซึ่งจะถูกกำจัดร่วมกับสารมลพิษชนิดอื่นๆ โดยอุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศ (Air Pollution Control Devices)

ประสิทธิภาพของการเผาไหม้ขึ้นอยู่กับปัจจัย 4 ประการ ดังนี้

- ระยะเวลาในการเผาไหม้ (residence time)
- อุณหภูมิ (temperature)
- การหมุนเวียนอากาศภายในห้องเผา (turbulence)
- ความเข้มข้นของออกซิเจน (oxygen concentration)

คู่มือแนวทางการจัดการสารพีซีบี

องค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S.EPA) แนะนำว่า การทำลายสารพีซีบีที่มีความเข้มข้นมากกว่า 50 มิลลิกรัมตอกิโลกรัม อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้ควบคุมระบบจะต้องควบคุมระบบดังนี้

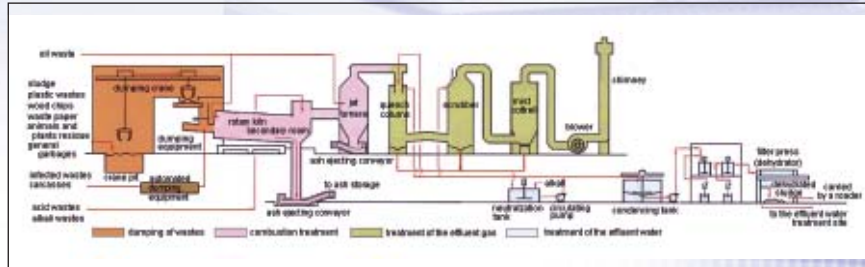
- ระยะเวลาในการเผาไหม้ไม่น้อยกว่า 2 วินาที ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส และมีปริมาณออกซิเจนส่วนเกินร้อยละ 3

- ระยะเวลาในการเผาไหม้ไม่น้อยกว่า 1.5 วินาที ที่อุณหภูมิ 1,600 องศาเซลเซียส และมีปริมาณออกซิเจนส่วนเกินร้อยละ 2

ดังนั้น จึงมีความจำเป็นจะต้องควบคุมปัจจัยเหล่านี้ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมตลอดระยะเวลาในการเผาไหม้ นอกจากนี้ เพื่อให้มั่นใจว่าระบบบำบัดมลพิษทางอากาศทำงานอย่างมีประสิทธิภาพจะต้องมีการติดตามตรวจสอบปริมาณการปลดปล่อยสารมลพิษอย่างต่อเนื่อง

ทั้งนี้ หากควบคุมการเผาไหม้ไม่เหมาะสมหรือเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ขึ้นในเตาเผาจะก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ อาทิ ไดออกซินและฟิวแรนซึ่งเป็นสาร POPs ประเภทปลดปล่อยโดยไม่ตั้งใจที่มีอันตรายมากกว่าสารพีซีบี

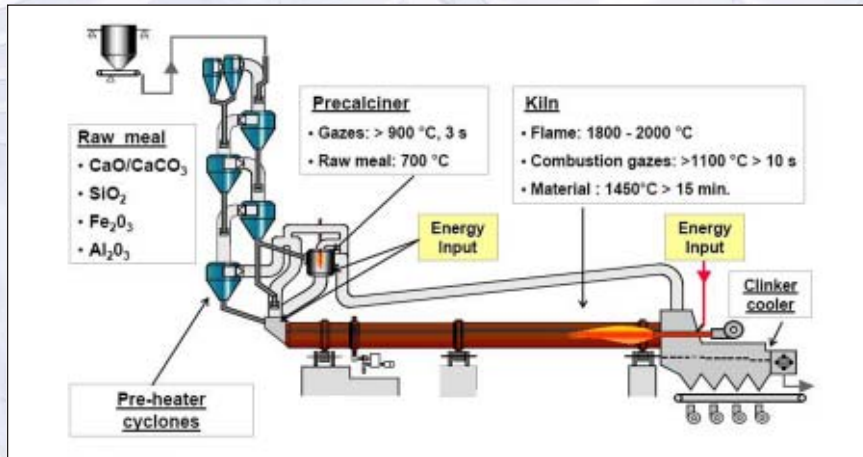
ของเสียที่อยู่ในสถานะของเหลวและกึ่งเหลวสามารถป้อนเข้าเตาเผาได้โดยตรง แต่ของเสียที่อยู่ในสถานะของแข็ง รวมถึงอุปกรณ์ต่างๆ จำเป็นจะต้องผ่านกระบวนการเตรียมการก่อนป้อนเข้าเตาเผา เช่น การบดให้เป็นชิ้นเล็กๆ การถ่ายเทของเหลวภายนอก การบรรจุของแข็งหรือของเหลวในถังใหม่เพื่อความสะดวกในการป้อนเข้าเตา นอกจากนี้ บริเวณที่ใช้ในการป้อนของเสียเข้าเตาเผาควรจะเป็นระบบปิดและมีระบบรวบรวมน้ำเสียที่เพียงพอกับปริมาณน้ำเสียที่จะเกิดขึ้น



ที่มา : http://www.kureha-eng.co.jp/english/actual_result/actual_result.htm

รูปที่ 13 กระบวนการเผาแบบเตาเผาอุณหภูมิสูง

นอกจากการเผาในเตาเผาอุณหภูมิสูงที่ออกแบบมาเพื่อการทำลายสารพิษซีบีหรือของเสียอันตรายโดยเฉพาะแล้ว หลายประเทศได้ทดลองและมีการใช้ประโยชน์จาก “เตาเผาปูนซีเมนต์ (cement kiln)” (รูปที่ 14) เนื่องจากเตาเผาซีเมนต์มีสภาวะที่เหมาะสมกับการทำลายสารพิษซีบีหรือของเสียอันตรายอื่นๆ ตามที่กล่าวข้างต้นทั้งหมด กล่าวคือ มีอุณหภูมิสูงมากประมาณ 1,450 องศาเซลเซียส (UNIDO, 2000) มีระยะเวลาในการเผาไหม้เพียงพอ สภาวะภายในเตาเป็นด่างซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการทำลายของเสียอินทรีย์คลอรีน (chlorinated organic waste) ของเหลวปนเปื้อนคลอไรด์ คลอไรด์ และซัลเฟอร์จะถูกทำให้เป็นกลางโดยเปลี่ยนเป็นคลอไรด์และซัลเฟต และไม่มีสิ่งตกค้างที่จะต้องนำไปกำจัดต่อไปเนื่องจากสิ่งตกค้างต่างๆ จะรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันกับผลิตภัณฑ์ ซึ่งหากมีการควบคุมการเผาอย่างเหมาะสม ความสามารถในการทำลายสารพิษซีบีในเตาเผาปูนซีเมนต์จะมากกว่าร้อยละ 99 และหากป้อนของเสียอันตรายหรือสารพิษซีบีเข้าเตาในปริมาณที่เหมาะสมเมื่อเทียบกับพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้จะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อด้านมลพิษทางอากาศ และยังสามารถทดแทนการใช้เชื้อเพลิงปกติได้บางส่วน



ที่มา: Ecosiam, A Business unit of sian city cement public company limited, 2007

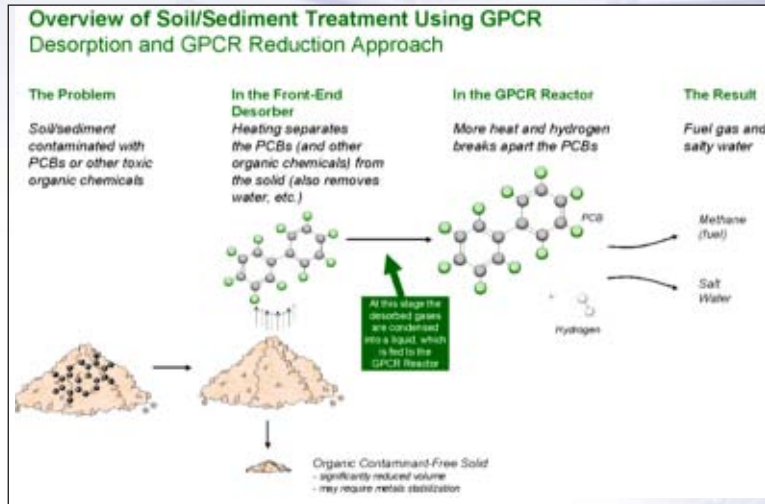
รูปที่ 14 Rotary Kiln Technology

6.2 กระบวนการกำจัดคลอรีน (dechlorination processes)

กระบวนการ dechlorination ได้รับการออกแบบเพื่อให้สามารถนำของเสีย ภายหลังจากการบำบัดกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (เช่น น้ำมันที่ปราศจากคลอรีน และวัสดุอุปกรณ์ที่ไม่ปนเปื้อนสารพีซีบี) หลายประเทศได้นำเทคโนโลยีนี้มาใช้ เพื่อกำจัดสารพีซีบีในเชิงพาณิชย์ ในขณะที่บางเทคโนโลยียังอยู่ระหว่างการพัฒนา และอาจจะนำมาใช้ในอนาคต เทคโนโลยีดังกล่าวสรุปได้ดังนี้

- Gas Phase Chemical Reduction (GPCR)

กระบวนการนี้ ก๊าซไฮโดรเจนจะทำปฏิกิริยากับสารประกอบอินทรีย์คลอรีน เช่น สารพีซีบี ที่อุณหภูมิประมาณ 850 องศาเซลเซียส และความดันต่ำ ทำให้เกิด ก๊าซมีเทน ไฮโดรเจนคลอไรด์ และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ เช่น เบนซีน (รูปที่ 15)



ที่มา: http://www.safecleanup.com/jag/gpct/gpct_2.htm

รูปที่ 15 Gas Phase Chemical Reduction

ของเสียที่เป็นของแข็งขนาดใหญ่จะถูกบีบอัดด้วยความร้อน และลำเลียงลงไปในถังปฏิกิริยาโดยกระบวนการหมุนเวียนอากาศ ส่วนตะกอนหรือดินที่ปนเปื้อนสามารถป้อนไปยังถังปฏิกิริยาได้โดยตรง ส่วนของเหลวจะถูกทำให้ร้อนก่อนป้อนเข้าไปในถังปฏิกิริยา เทคโนโลยีนี้สามารถใช้บำบัด/กำจัดสาร POPs ทุกชนิด รวมถึงหม้อแปลงไฟฟ้าและตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่มีส่วนประกอบของสารพีซีบี สารมลพิษและสิ่งตกค้างจากกระบวนการจะถูกนำไปวิเคราะห์และหมุนเวียนเข้าสู่กระบวนการใหม่ (หากจำเป็น) ก๊าซที่เกิดจากกระบวนการดังกล่าวจะถูกบำบัดด้วย caustic scrubber

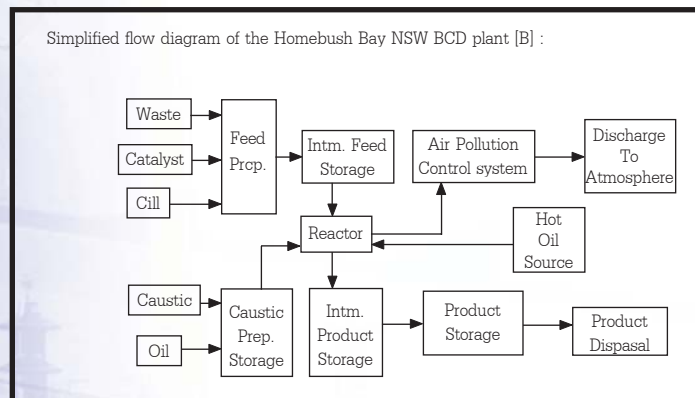
● Base Catalyzed Decomposition (BCD)

กระบวนการ BCD ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ การดูดซับความร้อน ซึ่งเป็นกระบวนการต่อเนื่อง และการเกิดปฏิกิริยาซึ่งเป็นกระบวนการไม่ต่อเนื่อง สารพีซีบีบริสุทธิ์หรือสิ่งปนเปื้อนจากขั้นตอนแรกจะถูกทำลายโดยปฏิกิริยาทางเคมีในถังปฏิกิริยาที่ถูกทำให้ร้อน กระบวนการนี้มีประสิทธิภาพสูงในการทำลาย ดีดีที สารพีซีบี

คู่มือแนวทางการจัดการสารพีซีบี

พีซีบี เอชซีบี และไดออกซินและฟิวแรน (รูปที่ 16)

ขั้นตอนแรกเริ่มต้นโดยการผสมวัสดุปนเปื้อนสารพีซีบีกับสารละลายต่าง ๆ เช่น โซเดียมไบคาร์บอเนต (sodium bicarbonate) เพื่อให้เกิดการดูดความร้อน ขั้นตอนที่สองเป็นขั้นตอนการทำปฏิกิริยาโดยน้ำมันซึ่งเป็นสารแขวนลอยและสารให้ไฮโดรเจนจะถูกทำให้ร้อนขึ้นประมาณ 326 องศาเซลเซียส สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารเร่งปฏิกิริยาจะถูกเติมเข้าไปภายหลัง ในสภาวะเช่นนี้ น้ำมันจะให้หรือถ่ายเทไฮโดรเจนออกมาและทำปฏิกิริยากับคลอรีนทำให้เกิดไอน้ำและโซเดียมคลอไรด์ หลังจากปฏิกิริยาสมบูรณ์ สลัดจ์จะถูกถ่ายเทออกและนำไปบำบัดต่อโดยการปรับเสถียรและฝังกลบต่อไป U.S.EPA ใช้เทคโนโลยีนี้ในการบำบัดดินที่ปนเปื้อนสารพีซีบีในหลุมฝังกลบ



ที่มา: http://clu-in.org/download/partner/vrijen/NATO_BCDFactSheet_1.pdf

รูปที่ 16 Base Catalyzed Decomposition

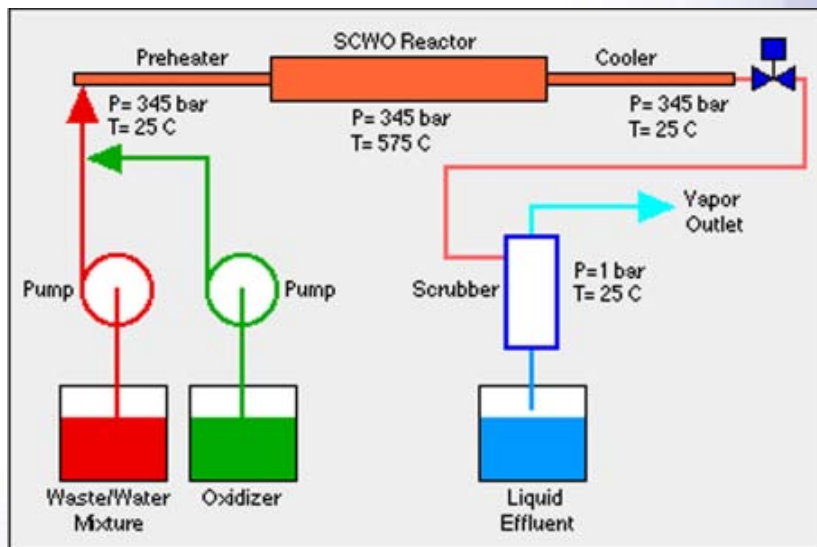
● Sodium Reduction

กระบวนการ Sodium Reduction เป็นกระบวนการทำลายสารพีซีบีโดยการเติมโซเดียมในน้ำมัน mineral oil เทคโนโลยีนี้ถูกใช้อย่างแพร่หลายในการแยกสารพีซีบีออกจากหม้อแปลงไฟฟ้าที่อยู่ระหว่างการใช้งาน ผลพลอยได้ (by products) ของ

กระบวนการนี้ คือ non-halogenated polybiphenyls, sodium chloride, petroleum based oil และน้ำที่มี $\text{pH} > 12$ เทคโนโลยีนี้สามารถบำบัดน้ำมันที่ปนเปื้อนสารพิษสูงถึง 10,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

● Super-Critical Water Oxidation (SCWO)

กระบวนการ SCWO เป็นกระบวนการทำลายของเสียอันตรายอินทรีย์ในระบบปิดโดยการทำให้เกิดปฏิกิริยาแบบให้ออกซิเจน เช่น oxygen หรือ hydrogen peroxide ที่อุณหภูมิ 374 องศาเซลเซียส และความดัน 22.1 เมกกะปาสคาล ในสถานะเช่นนี้ สารอินทรีย์จะอยู่ในสถานะที่ละลายได้ดีในน้ำสามารถทำปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็ว และให้คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ กรดอินทรีย์ และเกลือ ข้อจำกัดของกระบวนการนี้ คือ สามารถบำบัด/กำจัดของเสียที่เป็นของเหลวหรือของแข็งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 200 ไมครอน และมีอินทรีย์สารน้อยกว่าร้อยละ 20 (รูปที่ 17)



ที่มา: <http://www.turbosynthesis.com/summitresearch/sumscw1.htm>

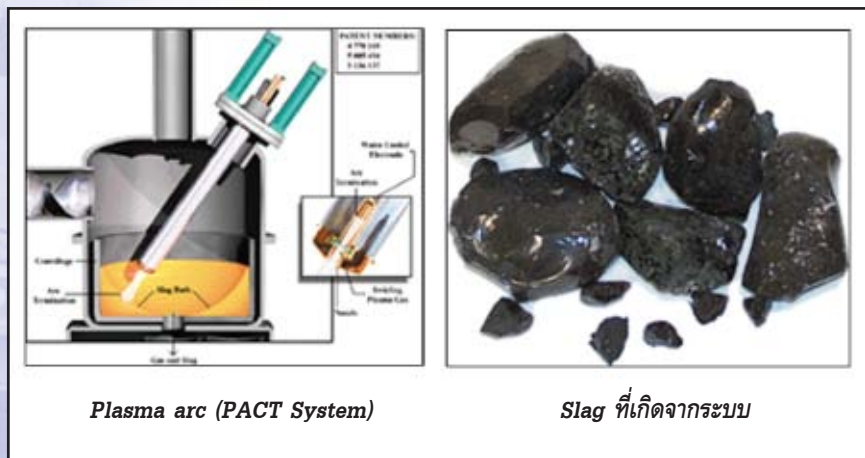
รูปที่ 17 Super-Critical Water Oxidation

● Plasma Arc

กระบวนการ Plasma Arc เป็นกระบวนการที่อาศัยกระแสไฟฟ้าผ่านก๊าซ ความดันต่ำทำให้เกิดสนามความร้อนแบบ plasma (thermal plasma field) ซึ่งมี อุณหภูมิสูงมากถึง 5,000-15,000 องศาเซลเซียส

กระบวนการ In-flight Plasma Arc System เกิดขึ้นเมื่อป้อนของเสียที่เป็น ของเหลวหรือก๊าซเข้าไป สารเคมีอินทรีย์จะถูกแยกออกเป็น อีออนและอะตอม และรวมตัว กันกลับมาในสภาวะที่มีอุณหภูมิต่ำทำให้ได้ ก๊าซอาร์กอน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำ และเกลือโซเดียม (sodium chloride, sodium bicarbonate and sodium fluoride) ทั้งนี้ ไม่จำเป็นต้องมีการบำบัดผลพลอยได้ต่อไปอีก ของแข็งที่ปนเปื้อน จะถูกทำลายและของเหลวที่เหลือจะถูกกำจัดโดยกระบวนการดูดซับความร้อน

กระบวนการ Plasma Arc Centrifugal Treatment System (PACT) ใช้ทำลายของแข็งปนเปื้อนสารพีซีบี ผลพลอยได้ คือ slag เมื่อเย็นลงจะมีลักษณะ คล้ายแก้ว ส่วนสารอินทรีย์ก็จะระเหยและถูกกำจัดก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม (รูปที่ 18)



Plasma arc (PACT System)

Slag ที่เกิดจากระบบ

ที่มา: <http://www.tms.org/pubs/journals/JOM/9910/Womack-9910.html>

รูปที่ 18 Plasma Arc

● Pyrolysis

กระบวนการ Pyrolysis คือ การให้ความร้อนกับออกซิเจนในอากาศส่งผลให้เกิดก๊าซอินทรีย์และการหลอมละลายของแร่ธาตุ ในบางกรณีมีการใช้ plasma torch ซึ่งมีอุณหภูมิสูงมากประมาณ 15,000 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ บางกรณีมีการให้ความร้อนโดยทางอ้อม โดยการป้อนก๊าซ (อากาศ อาร์กอน คาร์บอนไดออกไซด์ หรือ ไนโตรเจน) ที่ติดไฟได้ในกระบวนการเพื่อให้เกิดสภาวะความร้อนแบบ plasma และก๊าซที่เป็นผลผลิตจากปฏิกิริยาจะถูกปลดปล่อยจากถังปฏิกิริยา สิ่งตกค้างประเภทสารประกอบอินทรีย์ยังคงอยู่ในถังปฏิกิริยาในสถานะโลหะที่ถูกรีดิวซ์และกากที่มีลักษณะคล้ายแก้ว (glassy slag) อากาศก่อนปล่อยออกจากปล่องจะผ่านอุปกรณ์ดักจับมลพิษ อาทิ scrubbers และถุงกรอง และสามารถนำก๊าซเหล่านั้นไปใช้ซ้ำได้ กระบวนการนี้เป็นกระบวนการดูดความร้อนจึงจำเป็นต้องใช้พลังงานมาก สิ่งที่ได้กลับคืนมาจากการใช้พลังงานดังกล่าวมีเพียงสิ่งเดียวคือ pyrolytic gas ซึ่งสามารถหมุนเวียนนำไปใช้ซ้ำได้ เทคโนโลยี Pyrolysis สามารถกำจัดทำลายของเสียทั้งในสถานะของแข็ง ของเหลว และก๊าซ

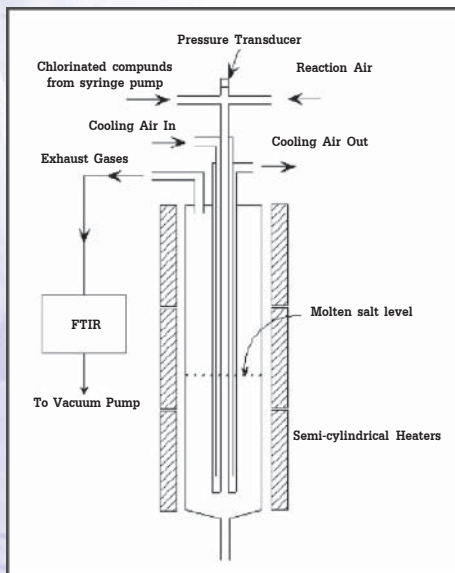
● Molten Salt Oxidation

กระบวนการ Molten Salt Oxidation เป็นกระบวนการทำลายของเสียอินทรีย์ หรือสารพิษีบี โดยใช้ความร้อนทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยาเกิดขึ้นที่อุณหภูมิระหว่าง 700-950 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่มีเกลือ เช่น โซเดียมคาร์บอเนต

ของเสียจะถูกป้อนเข้าไปพร้อมกับอากาศในถังปฏิกิริยาที่มีเกลืออยู่ และเกิดปฏิกิริยาทำลายสิ่งปนเปื้อนหรือมลพิษทั้งหมด สารอินทรีย์หรือสารพิษีบีจากของเสีย จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน และน้ำ ส่วนสารอนินทรีย์ เช่น ฮาโลเจน ซัลเฟอร์ และฟอสเฟอรัสจะถูกเปลี่ยนให้เป็นการตกตะกอน และถูกดักจับด้วยเกลือโซเดียมคลอไรด์ หรือโซเดียมซัลเฟต ส่วนสารอินทรีย์ที่สามารถเผาได้ชนิดอื่นๆ เช่น โลหะหนัก และเรดิโอไอโซโทป (radionuclides)

คู่มือแนวทางการจัดการสารพิษซี

จะถูกดักจับไว้โดยเกลือในสถานะโลหะหรือออกไซด์และสามารถแยกออกและนำไปกำจัดต่อไป ของเสียที่จะนำไปกำจัดด้วยวิธีนี้จะถูกป้อนเข้าสู่ถังปฏิกิริยา (oxidizing chamber) โดยระบบการป้อนแบบใช้ลม (pneumatic feed system) ในกรณีของเสียที่เป็นของแข็งจะต้องลดขนาดของของเสียลงให้เหมาะสมกับระบบการป้อนโดยใช้ลม ของเสียที่เป็นของเหลวจะถูกป้อนโดยใช้ระบบบีบฉีด (commercial oil gun system) ปฏิกิริยาดังกล่าวจะปลดปล่อยก๊าซต่างๆ อาทิ ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน ไอน้ำ และเกลือชนิดต่างๆ ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับชนิดของของเสีย (รูปที่ 19)



ที่มา: <http://maeresearch.ucsd.edu/buckley/Pandeti%20and%20Buckley%20CST%02003.pdf>

รูปที่ 19 Molten Salt Oxidation

● Solvated Electron Technology

กระบวนการ Solvated Electron Technology เกิดขึ้นโดยการละลายสารละลายต่าง (alkali) หรือ โลหะอัลคาไล (alkaline earth metals) อาทิ โซเดียม ลิเทียม หรือ แคลเซียม ในตัวทำละลายแอมโมเนียที่ปราศจากน้ำ (anhydrous ammonia) ที่อุณหภูมิห้อง นอกจากนี้ ยังอาจใช้ตัวทำละลายอื่นๆ เช่น เอมีน (amines) หรือไกลคอลส์ (glycols) ของเสียประเภทสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน

ที่ป้อนเข้าสู่กระบวนการจะถูกรีดิวซ์ให้เป็นเกลือของโลหะ และสารประกอบไฮโดรคาร์บอน อาทิ สารพีซีบี จะถูกรีดิวซ์ให้เป็นปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน โขเดียมคลอไรด์ และโซเดียมเอไมด์ แอมโมเนียที่เกิดจากปฏิกิริยาจะถูกนำไปใช้ซ้ำ สิ่งตกค้างจากปฏิกิริยา (เช่น น้ำมันและดิน) จะต้องนำไปกำจัดต่อไป สิ่งที่รบกวนการเกิดปฏิกิริยา คือน้ำ สารประกอบเหล็ก ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้น ของเสียที่มีความชื้นมากกว่าร้อยละ 40 โดยน้ำหนักจะต้องผ่านกระบวนการนำน้ำออกก่อน (de-watered process) นอกจากนี้ เส้นผ่านศูนย์กลางของของเสียที่เป็นของแข็งที่ป้อนเข้าสู่กระบวนการไม่ควรเกิน 45 เซนติเมตร

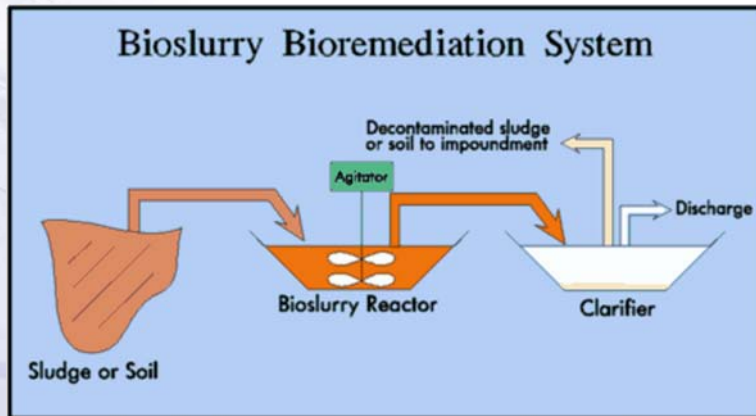
6.3 เทคโนโลยีทางชีวภาพ (Biological Technologies)

เทคโนโลยีทางชีวภาพเกิดขึ้นโดยอาศัยสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กประจำถิ่น (indigenous microorganism) เนื่องจากมีอัตราการรอดชีวิตสูงเมื่อเทียบกับสิ่งมีชีวิตที่นำมาจากท้องถิ่นอื่นๆ อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าบางครั้งสิ่งมีชีวิตประจำถิ่นก็ไม่ดีเสมอไป ดังนั้น การดำเนินงานในพื้นที่ใดๆ จะต้องมีการสำรวจทางด้านวิศวกรรมเพื่อเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของสิ่งมีชีวิตประจำถิ่นและสิ่งมีชีวิตจากที่อื่นๆ ก่อนการตัดสินใจ หน่วยงาน UNIDO ได้แนะนำเทคโนโลยีทางชีวภาพในการกำจัดสารพีซีบีไว้ดังนี้

- Bioslurry เทคนิคนี้เหมาะสำหรับสถานที่ที่มีการควบคุมระบบอย่างดี และมีอัตราการสลายตัวสมบูรณ์และเร็วกว่า ดินที่ปนเปื้อนสารพีซีบีจะถูกนำไปผสมน้ำให้เป็นของเหลวคล้ายโคลน (slurry) เพื่อให้มีการสัมผัสกันระหว่างสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก (microorganism) และสารมลพิษ เช่น สารพีซีบี จากนั้นโคลนดังกล่าวจะถูกป้อนเข้าไปในถังปฏิกิริยาชีวภาพ ซึ่งมีการควบคุมปริมาณอากาศเพื่อให้เกิดการผสมกัน ทั้งนี้ หากสภาวะ (อาทิ อุณหภูมิ ธาตุอาหาร และอากาศ) ภายในถังปฏิกิริยาชีวภาพมีความเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก

คู่มือแนวทางการจัดการสารพิษซี

การเกิดปฏิกิริยาในการทำลายสารพิษซีจะเกิดขึ้นได้รวดเร็วกว่ากระบวนการทางชีวภาพอื่นๆ โคลนหรือดินที่บำบัดแล้วสามารถนำไปถมที่ได้โดยตรงหรือมีคุณสมบัติคล้ายปุ๋ยหมัก วิธีนี้ใช้ระยะเวลาในการบำบัดน้อยกว่า 12 เดือน และสามารถบำบัดสารประกอบปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน ปิโตรเคมี ตัวทำละลาย สารเคมี ป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ และสารเคมีอินทรีย์อื่นๆ ได้ และเหมาะกับการดำเนินงานในพื้นที่ที่ดินมีลักษณะแตกต่างกัน มีอัตราการซึมต่ำ และกั้นขอบเขตของระดับน้ำใต้ดินได้ยาก (รูปที่ 20)

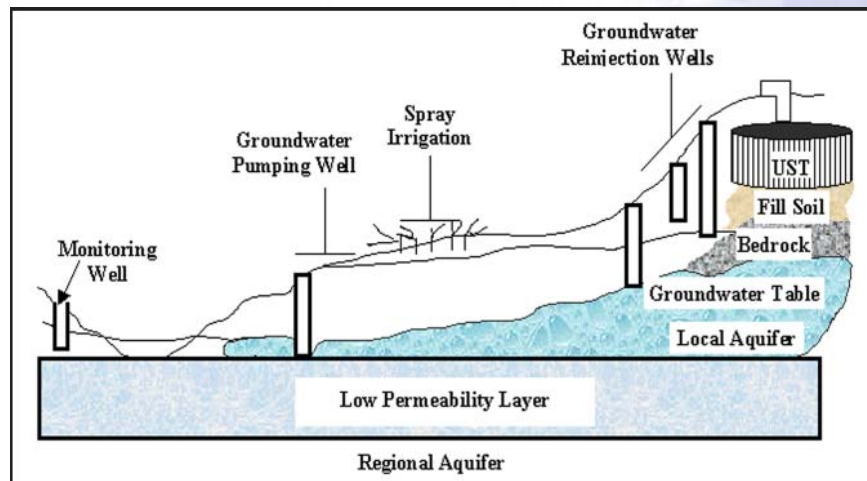


Schematic of a bioslurry bioremediation system. Source: Adapted from the U.S. EPA (8).

รูปที่ 20 Bioslurry

● **Enhanced Bioremediation** เทคนิคนี้เรียกอีกอย่างว่า biostimulation หรือ bioaugmentation ซึ่งเป็นกระบวนการเพิ่มอัตราการย่อยสลายของดินที่ปนเปื้อน โดยการเพิ่มธาตุอาหารและออกซิเจนให้กับสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก กิจกรรมของพืชและสัตว์ขนาดเล็กในท้องถิ่นจะได้รับการกระตุ้นโดยการหมุนเวียนน้ำผ่านดินที่ปนเปื้อน และการเพิ่มสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กประจำถิ่นเข้าไป หรือ สิ่งมีชีวิตที่ได้รับการตัดต่อพันธุกรรม (engineered microbial species) หรือเมล็ดพันธุ์ที่มีแบคทีเรียที่สามารถ

ทำลายสารมลพิษได้ ทั้งนี้ เพื่อเพิ่มอัตราการกำจัดทำลายสารมลพิษนั่นเอง แม้ว่าปฏิกิริยาดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้ในสภาวะที่ไร้ออกซิเจนได้ แต่การเกิดปฏิกิริยาภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอหรือไม่จำกัดจะป้องกันการเกิดผลพลอยได้ที่ไม่ต้องการ เช่น ไวนิลคลอไรด์ ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของ trichloroethylene เทคนิคนี้สามารถใช้บำบัด/กำจัดดินที่ปนเปื้อนปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน ตัวทำละลาย สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ สารเคมีรักษาเนื้อไม้ และไนโตรโทลูอีนได้ (รูปที่ 21)



ที่มา: <http://www.ftr.gov/matrix2/section4/D01-4-2.html>, dated 5 July 2007

รูปที่ 21 Typical Enhanced Bioremediation System

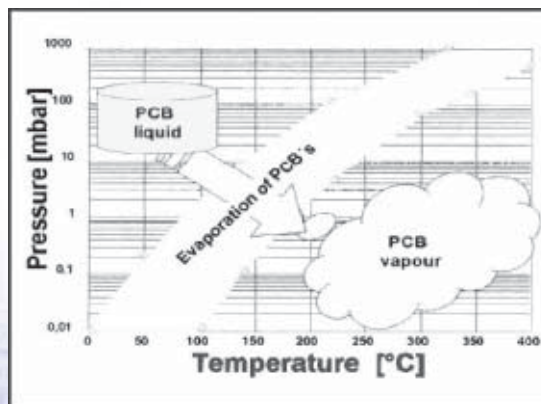
6.4 Vacuum Thermal Recycling (VTR)

VTR เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นโดยบริษัท ALD Vacuum Technologies AG โดยการทำให้สารอันตรายระเหยออกภายใต้สภาวะไร้อากาศ หลักการของเทคนิคนี้คือ การแยกสารเคมีออกจากวัสดุโดยอาศัยอุณหภูมิและความดันเป็นปัจจัยพื้นฐาน

คู่มือแนวทางการจัดการสารพีซีบี

การลดความดันลงจะส่งผลให้อุณหภูมิในการระเหยต่ำลงด้วย วัสดุเกือบทั้งหมดที่ผ่านการบำบัดในกระบวนการนี้แล้วสามารถนำกลับไปหมุนเวียนใช้ใหม่ได้ VTR เป็นเทคนิคที่ใช้ในการกำจัดของเสียอันตรายหลายชนิด เช่น แบตเตอรี่ หลอดฟลูออเรสเซนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้า ของเสียจากโรงพยาบาล รวมทั้งสารพีซีบีด้วยเทคนิค VTR ได้นำไปประยุกต์ใช้ในการกำจัดของเสียที่ปนเปื้อนสารอันตรายหลายชนิด เช่น สารปรอท นิกเกิล แคดเมียม สารพีซีบี เป็นต้น

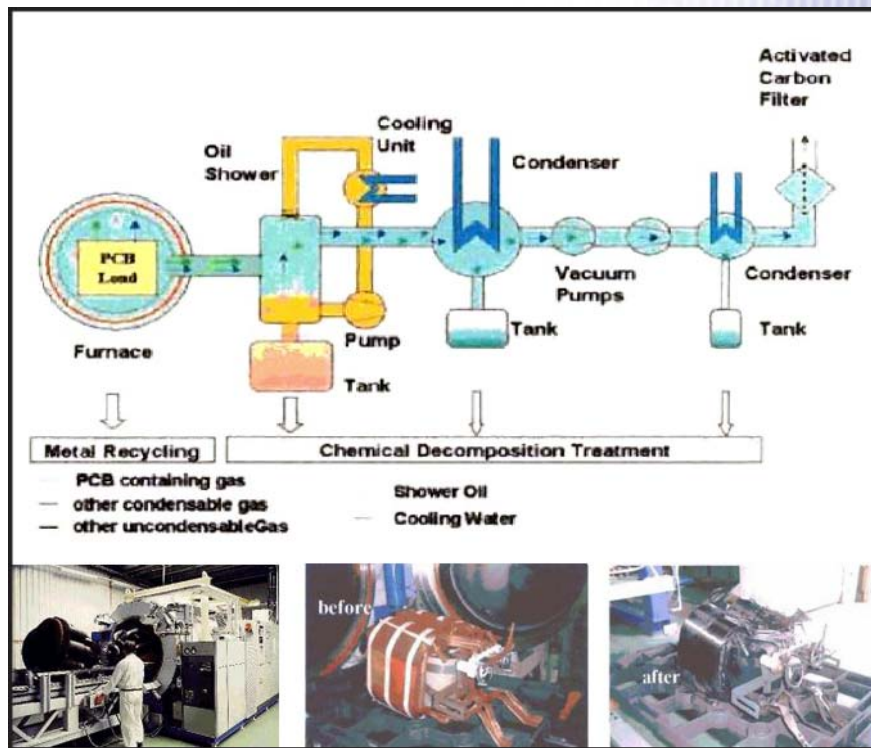
ในคู่มือนี้จะกล่าวถึงเฉพาะเทคนิค VTR ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการกำจัดของเสียที่ปนเปื้อนสารพีซีบี ซึ่งเรียกว่า “Vacuum Thermal Recycling of PCB Contaminated Material” เทคนิคนี้สามารถแยกน้ำมันปนเปื้อนสารพีซีบีออกจากชิ้นส่วนอื่นๆ เช่น โลหะ ไม้ พลาสติก กระดาษ โดยสามารถแยกสารพีซีบีออกจากหม้อแปลงไฟฟ้าและตัวเก็บประจุไฟฟ้าโดยไม่ต้องมีการแยกชิ้นส่วนออก หลักการสำคัญ คือ ที่ความดันบรรยากาศ 1,000 มิลลิบาร์ สารพีซีบีจะระเหยที่อุณหภูมิ 310 องศาเซลเซียส แต่เมื่อลดความดันลงเหลือ 1 มิลลิบาร์ สารพีซีบีจะระเหยที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ดังนั้น เตา VTR จะถูกปรับความดันไว้ที่ 1 มิลลิบาร์ และให้ความร้อนสูงถึง 400 องศาเซลเซียส ที่สภาวะนี้จะทำให้สารพีซีบีระเหยออกจากวัสดุหรือชิ้นส่วนต่างๆ อย่างสมบูรณ์ (รูปที่ 22)



ที่มา: Z.E.R.O. Japan Co., LTD.

รูปที่ 22 หลักการแยกสารพีซีบี

ขั้นตอนการดำเนินการ คือ การนำหม้อแปลงไฟฟ้าหรือตัวเก็บประจุไฟฟ้า บ้อนเข้าไปในเตาโดยไม่จำเป็นต้องแยกชิ้นส่วน และให้ความร้อนสูงทำให้สารพีซีบี ระเหยออกจากชิ้นส่วนต่างๆ จากนั้นก็ดักจับไอของสารพีซีบีด้วยคอนเดนเซอร์ ที่ออกแบบพิเศษและเป็นระบบปิด ไอของสารพีซีบีที่ได้จากการควบแน่น (condense) จะถูกนำไปบำบัดด้วยกระบวนการทางเคมี ส่วนชิ้นส่วนอื่นๆ เช่น โลหะ ไม้ พลาสติก กระดาษ สามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้ (รูปที่ 23)



ที่มา: <http://www.zero-japan.co.jp/technology/pcb.php>, on 17 Oct 2007

รูปที่ 23 Vacuum Thermal Recycling

คู่มือแนวทางการจัดการสารพีซีบี

ข้อดีของเทคนิคนี้ คือ

- 1) ไม่มีการปลดปล่อยสารมลพิษ
- 2) ไม่จำเป็นต้องมีการแยกชิ้นส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้าหรือตัวเก็บประจุไฟฟ้าออก ดังนั้นปฏิบัติงานไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับอุปกรณ์ที่ปนเปื้อน
- 3) ความเข้มข้นของสารพีซีบีในวัสดุที่บำบัดแล้วต่ำกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

6.5 เทคโนโลยีจัดการปนเปื้อนแบบ LTR² (Low-Temperature Rinsing and Re-use/Recovery)

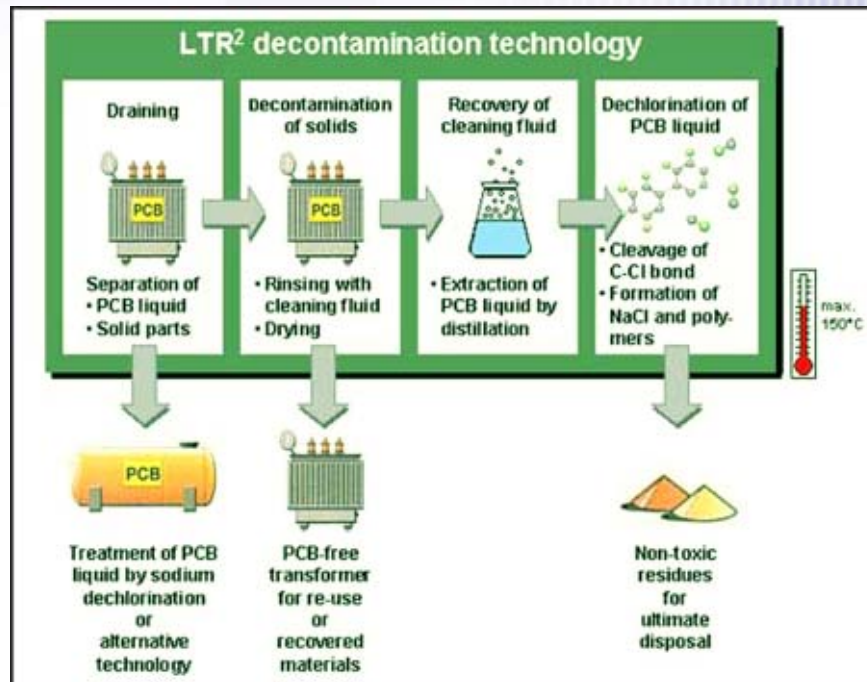
LTR² เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยบริษัท ABB ในฐานะผู้ผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าและตัวเก็บประจุไฟฟ้ารายใหญ่ที่สุด เทคโนโลยีนี้ได้นำมาใช้ตั้งแต่วางกลางทศวรรษที่ 1980 และมีการปรับปรุงเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง

เทคโนโลยีนี้ใช้ในการบำบัดหม้อแปลงไฟฟ้าปนเปื้อนสารพีซีบี รวมทั้งหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันสารพีซีบีมากกว่า 30,000 หน่วย เพื่อนำส่วนประกอบที่มีคุณค่าไปใช้ประโยชน์ใหม่

การบำบัดการปนเปื้อนของของเสียสารพีซีบีในสถานะของแข็ง เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า จะต้องถ่ายเทน้ำมันสารพีซีบีออกก่อน และแยกส่วนประกอบของหม้อแปลงไฟฟ้าที่เป็นแกน (core) และครีบริบายความร้อน (radiator fins) ซึ่งมีสารพีซีบีตกค้างอยู่ออกไปเข้าสู่กระบวนการล้างและกลั่นเพื่อแยกสารพีซีบีออกให้อยู่ในระดับที่กฎหมายกำหนด ความเข้มข้นของสารพีซีบีในวัสดุดิบทุกชนิด (อาทิ เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม) หลังจากการบำบัดด้วยเทคโนโลยีนี้อยู่ในระดับต่ำกว่า 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

หลักการของเทคโนโลยีนี้ คือ การล้าง (rinse) หม้อแปลงไฟฟ้าด้วยตัวทำละลาย และกลั่นสารพีซีบีออกจากตัวทำละลายที่ใช้แล้ว สารพีซีบีที่กลั่นออกมาได้

จะถูกนำไปเข้าสู่กระบวนการทำลายสารพีซีบีตามกระบวนการกำจัดคลอรีน (dechlorination processes) ดังที่กล่าวข้างต้นต่อไป (รูปที่ 24)



ที่มา: http://www.envio-group.com/index.html?/data/services/EN/services_2.html, on 5 July 2007

รูปที่ 24 LTR² decontamination Technology

6.6 ข้อเสนอแนะในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับสารพีซีบีและการเลือกใช้เทคโนโลยี


สารพีซีบีได้ถูกห้ามใช้ไปแล้วในหลายประเทศรวมถึงประเทศไทยด้วย สารพีซีบีที่เหลืออยู่ในประเทศส่วนใหญ่เป็นสารพีซีบีที่ในอดีตถูกนำเข้ามาพร้อมกับหม้อแปลงไฟฟ้าและตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่ใช้หม้อสารพีซีบีเป็นน้ำมันฉนวน ทั้งนี้ อุปกรณ์ไฟฟ้าเหล่านี้บางส่วนได้ยกเลิกการใช้แล้วและอยู่ระหว่างการเก็บกักไว้เพื่อรอการกำจัดขั้นสุดท้ายและบางส่วนยังคงใช้งานอยู่ในสถานประกอบการและ/หรือโรงงานต่างๆ

คู่มือแนวทางการจัดการสารพีซีบี


การได้รับสารพีซีบีเข้าสู่ร่างกายและการปนเปื้อนของสารพีซีบีสู่สิ่งแวดล้อม อาจจะมีไม่มากนักเมื่อเทียบกับสารเคมีอื่นๆ ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตาม ผู้ที่จะได้รับผลกระทบหรือมีโอกาสได้รับผลกระทบจากการสัมผัสสารพีซีบี ได้แก่ ผู้ซ่อมบำรุงและเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า ผู้ขับรถขนส่งหม้อแปลงไฟฟ้า และตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่ใช้งานแล้ว ผู้บริโภคอาหารและเครื่องดื่มที่มีสารพีซีบีปนเปื้อน คนงานในโรงงานกำจัดของเสียและของเสียอันตราย เจ้าหน้าที่ดับเพลิง เจ้าหน้าที่ระงับอุบัติภัยจากสารเคมี เป็นต้น บุคคลดังกล่าวควรสวมชุดอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลในขณะปฏิบัติหน้าที่ และเข้ารับการฝึกอบรมเพื่อป้องกันตนเองจากสารเคมีอย่างต่อเนื่อง

การเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมจะต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายประการ อาทิ ลักษณะและปริมาณของสารพีซีบี เทคโนโลยีการกำจัดที่มีอยู่ สถานที่ สิ่งอำนวยความสะดวกมาตรฐานในการป้องกันผลกระทบสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการแพร่กระจายของสารพีซีบี ชีตความสามารถของบุคลากร งบประมาณ กฎหมายที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนนโยบายของแต่ละประเทศ ประเทศกำลังพัฒนาส่วนใหญ่รวมถึงประเทศไทยยังไม่สามารถกำจัดของเสียสารพีซีบีภายในประเทศได้ และที่ผ่านมามีอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ปนเปื้อนสารพีซีบีจะถูกเคลื่อนย้ายจากแหล่งกำเนิดไปยังสถานเก็บกักชั่วคราวเพื่อรอการส่งออกไปกำจัดขั้นสุดท้ายในต่างประเทศต่อไป

ภาคผนวก 1 ตัวอย่างการติดฉลากข้อมูลของเสียอันตราย

CAUTION: CONTAINS PCBs!	
 <p>Polychlorinated Biphenyl (PCB) is a highly toxic substance classified as Persistent Organic Pollutant.</p>	<p>Name of company:</p> <p>CCO Reg. Number:</p> <p>Serial Number:</p> <p>Other identifying information:</p>
	<p>Contact person:</p> <p>Address:</p> <p>Telephone Number:</p>
	<p><input type="checkbox"/> PCB equipment <input type="checkbox"/> PCB-contaminated equipment</p> <p><input type="checkbox"/> non-PCB equipment <input type="checkbox"/> PCB articles</p> <p><input type="checkbox"/> PCB packaging</p>
	<p>SCHEDULE OF DISPOSAL:</p>

ที่มา: Environmental Management Bureau, 2005, Guidance Document on PCB Management, Philippines

CONTAINS PCBs!	
 <p>TO BE HANDLED BY AUTHORIZED PERSONNEL ONLY.</p>	<p>1. Total volume of PCBs:</p> <p>2. Total weight of PCBs:</p> <p>3. Total volume of PCB waste:</p> <p>4. Total weight of PCB waste:</p> <p>5. Total volume of PCB packaging:</p> <p>6. Total number of PCB packaging:</p> <p>7. Total No. of PCB equipment:</p> <p>8. Type of PCB equipment:</p> <p>9. Total No. of PCB-contaminated equipment:</p> <p>10. Type of PCB-contaminated equipment:</p> <p>11. Total No. of non-PCB equipment:</p> <p>12. Type of non-PCB equipment:</p> <p>13. Total No. of PCB articles:</p> <p>14. Type of PCB articles:</p> <p>15. Contact person:</p> <p>16. Address:</p> <p>17. Telephone Number:</p>

ที่มา: Environmental Management Bureau, 2005, Guidance Document on PCB Management, Philippines



ที่มา: <http://commerce.iccshop.com>, 18 June 2007

ของเสียอันตราย (HAZARDOUS WASTE)					
ชื่อผู้กำเนิด/Generator's name:					
ที่อยู่/Address :					
เลขทะเบียน/Id. Number :					
โทรศัพท์/Tel:					
ลำดับ No	ชื่อทางการขนส่ง Transport's name	รหัส HW code	คุณสมบัติ characteristic	ปริมาณ, ปริมาตร weight, valumn	วันที่ บรรจุ date

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2546, คู่มือระบบเอกสารกำกับการขนส่งเคลื่อนย้ายของเสียอันตราย, หน้า ข-7

ภาคผนวก 2 ฉลากแสดงความเป็นอันตรายตามระบบขององค์การสหประชาชาติ (UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods)

ประเภทที่ 1 วัตถุระเบิด (Explosive)



- 1.1 ระเบิดรุนแรง
- 1.2 ระเบิดและมีสะเก็ดกระจาย
- 1.3 ระเบิดพร้อมเกิดเพลิงไหม้รุนแรง
- 1.4 ระเบิด/ไม่รุนแรง
- 1.5 ไม่ไวต่อการระเบิดแต่ถ้าระเบิดจะรุนแรง

ประเภทที่ 2 ก๊าซ (Gases)



- 2.1 ก๊าซไวไฟ
- 2.2 ก๊าซไม่ไวไฟ/ไม่เป็นพิษ/ออกซิไดซิงก๊าซ
- 2.3 ก๊าซพิษ

ประเภทที่ 3 ของเหลวไวไฟ (Flammable Liquids)



ประเภทที่ 4 ของแข็งไวไฟ (Flammable Solids)



- 4.1 ของแข็งไวไฟ
- 4.2 วัตถุที่เกิดการลุกไหม้ได้เอง
- 4.3 วัตถุที่ถูกรน้ำแล้วให้ก๊าซไวไฟ

ประเภทที่ 5 วัตถุออกซิไดซ์และออร์แกนิกเปอร์ออกไซด์ (Oxidizing Substances and Organic Peroxides)



- 5.1 วัตถุออกซิไดซ์
- 5.2 ออร์แกนิกเปอร์ออกไซด์

ประเภทที่ 6 วัตถุมีพิษและวัตถุติดเชื้อ (Poisonous Substance and Infectious Substances)



- 6.1 วัตถุมีพิษ
- 6.2 วัตถุติดเชื้อ

ประเภทที่ 7 วัตถุกัมมันตรังสี (Radioactive Materials)



ประเภทที่ 8 วัตถุกัดกร่อน (Corrosive Substances)



ประเภทที่ 9 วัตถุอันตรายเบ็ดเตล็ด (Miscellaneous Products)



รายการคำย่อ

คำย่อ	คำเต็ม
BCD	Base Catalyzed Decomposition
EPA	Environmental Protection Agency
GHS	Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals
GPCR	Gas Phase Chemical Reduction
HA	Hazardous waste-Absolute entry
HM	Hazardous waste-Mirror entry
LN	Liquid Natural Cooling
LNAN	Liquid Natural Air Natural Cooling
LTR ²	Low Temperature Rinsing and Reuse/Recovery
MPa	Mega Pascal
Non-OECD	Non-Organization for Economic Co-operation and Development
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
PACT	Plasma Arc Centrifugal Treatment System
PBBs	Polychlorinated biphenyls
PCBs	Polychlorinated biphenyls
PCDDs	Polychlorinated dibenzo-p-dioxins
PCDFs	Polychlorinated dibenzofurans
PCN	Polychlorinated naphthalene
PCTs	Polychlorinated terphenyls
POPs	Persistent Organic Pollutants

คำย่อ	คำเต็ม
PPM*	Part Per Million
SCWO	Super-Critical Water Oxidation
SN	Synthetic Natural Cooling
STLC	Soluble Threshold Limit Concentration
TDI	Tolerable Daily Intake
TLVs	Threshold Limit Values
TTLC	Total Threshold Limit Concentration
UNEP	United Nations Environment Programme
UNIDO	United Nations Industry Development Programme
UNTDG	United Nations Recommendations on the Transport of Dangerous Goods
U.S.EPA	United States Environmental Protection Agency
VTR	Vacuum Thermal Recycling
WET	Waste Extraction Test
WHO	World Health Organization

*ppm หรือ part per million หมายถึง หนึ่งในส่วนในล้านส่วน เท่ากับ มิลลิกรัมต่อลิตรกรัม หรือ ไมโครกรัมต่อกรัม

เอกสารอ้างอิง

หนังสือ/เอกสาร:

กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2548, ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม
เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548

กรมควบคุมมลพิษ, 2546, คู่มือระบบเอกสารกำกับการขนส่งเคลื่อนย้ายและกำจัด
ของเสียอันตราย, พิมพ์ครั้งที่ 3, สิงหาคม พ.ศ. 2546

กรมควบคุมมลพิษ, 2549, สารพีซีบี [Polychlorinated Biphenyls (PCBs)],
พิมพ์ครั้งที่ 4, พฤษภาคม 2549

กรมควบคุมมลพิษ, 2549, อนุสัญญาบาเซลว่าด้วยการควบคุมการเคลื่อนย้ายข้ามแดน
ของของเสียอันตรายและการกำจัด, กันยายน 2549

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, Polychlorinated Biphenyls (PCBs),
ฝ่ายบำรุงรักษาระบบส่ง

เบตเตอร์ เวิลด์ กรีน, 2549, คู่มือสำหรับผู้ประกอบกิจการโรงงาน, กุมภาพันธ์ 2549

*Environmental Management Bureau, 2005, Guidance Document on PCB
Management, Philippines*

*Ron McDowall, 2001, Destruction and Decontamination Technologies
for PCBs and Other POPs Wastes: A training Manual for Hazardous
Waste Project Managers, Part I. Basic Principle and Background, Uni
versity of Auckland.*

UNEP, 1999, *Guidelines for the Identification of PCBs and Material Containing PCBs, 1st Issue, August 1999*

UNEP, 2000, *Survey of Currently Available Non-Incineration PCB Destruction Technologies, First Issue, August 2000*

UNEP, 2002, *PCB Transformers and Capacitors from Management to Reclassification and Disposal, 1st issue, May 2002.*

UNEP, 2003, *Training Manual: Preparation of a national environmentally sound management plan for PCBs and PCB-contaminated equipment on the context of the implementation of the Basel Convention, Basel Convention Series/SBC No. 2003/01*

UNEP, 2004, *Inventory of World -wide PCB Destruction Capacity, Second Issue, December 2004*

UNEP, 2005, *Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Wastes Consisting of, Containing or Contaminated with Polychlorinated Biphenyl (PCBs), Polychlorinated Terphenyls (PCTs) or Polybrominated Biphenyls (PBBs), Basel Convention Series. SBC Nr. 2005/2*

UNIDO, 2000, *Destruction Technologies for Polychlorinated Biphenyls (PCBs), International Center for Science and High Technology, November, 2000.*

WHO, 2003, *Polychlorinated biphenyls: Human Health Aspects, Consider International Chemical Assessment Document 55.*

Internet:

*ALD, Vacuum Thermal Recycling, retrieved from
www.ald-vt.com/home/pdf/bibel/recycling.pdf dated 15 Feb 2007.*

*Identification of PCBs, retrieved from
<http://www.tredi.co.nz/html/html/identify.htm>, dated 29 June 2007*

*Health Effect of PCBs, retrieved from
<http://www.epa.gov/opptintr/pcb/pubs/effects.html>,
dated 16 February 2007*

*The LTR² decontamination technology, retrieved from
[http://www.envio-group.com/index.html?/data/services/
EN/services_2.html](http://www.envio-group.com/index.html?/data/services/EN/services_2.html), on 5 July 2007.*

*Polychlorinated Biphenyl, retrieved from
http://en.wikipedia.org/wiki/Polychlorinated_biphenyl
dated 23 February 2007*

*Polychlorinated Biphenyl, retrieved from [http://
www.workershealth.com.au/facts012.html](http://www.workershealth.com.au/facts012.html), dated 6 February 2005*

*Polychlorinated Biphenyl, retrieved from
<http://www.epa.gov/reg3wcmd/pcbs.htm>, dated 16 February 2007*

*Polychlorinated Biphenyl (PCB) Toxicity Exposure Pathways,
retrieved from
[http://www.atsdr.cdc.gov/HEC/CSEM/pcb/exposure_
pathways.html](http://www.atsdr.cdc.gov/HEC/CSEM/pcb/exposure_pathways.html), dated 24 July 2007*

PCB Labels, retrieved from

http://commerce.iccshop.com/merchant.mvc?Screen=CTGY&Store_Code=I&Category_Code=icc-labels-PCB dated 18 June 2007

Updated General Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Wastes consisting of, containing or contaminated with Persistent Organic Pollutants (POPs), UNEP K0760113, 13 June 2007, retrieved from

<http://www.basel.int>, 25 June 2007.

Base Catalyzed Decomposition (BCD) of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) Contaminated Soils at the Warren County Landfill, NC, U.S. EPA, retrieved from

<http://www.epa.gov/nrmrl/lrpcd/tr/projects/56585.htm>, on 5 July 2007.

คณะผู้จัดทำ

ที่ปรึกษา

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1. ดร.สุพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา | อธิบดีกรมควบคุมมลพิษ |
| 2. นางมิ่งขวัญ วิทยารังสฤษดิ์ | รองอธิบดีกรมควบคุมมลพิษ |
| 3. นางสุณี ปิยะพันธุ์พงศ์ | ผู้อำนวยการสำนักจัดการกากของเสีย
และสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ |
| 4. นางสาวพรพิมล เจริญสง | ผู้อำนวยการส่วนสารอันตราย
สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย
กรมควบคุมมลพิษ |

ผู้เรียบเรียง

นางสาวนุชิดา รุ่งถาวรวงศ์	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม 6ว ส่วนสารอันตราย สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ โทรศัพท์ 02 298 2287 โทรสาร 02 298 2765 Email: nuchida.r@pcd.go.th
---------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

คณะกรรมการ บุคคลและหน่วยงานที่ให้ความเห็นในการปรับปรุงแก้ไขคู่มือฯ

- | | |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1. คณะอนุกรรมการอนุสัญญาสตอกโฮล์มว่าด้วยสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน | |
| 2. คณะทำงานทำเนียบสารพีซีบี | |
| 3. นายจุมภฏ หิมะเจริญ | การไฟฟ้านครหลวง |
| 4. นายไสว เพชรมโนทัย | การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค |
| 5. นายลิขิต ภูเขียว | การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย |
| 6. ดร.รุจยา บุญยทุฆมานนท์ | กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม |
| 7. นางสมศรี สุวรรณจรัส | กรมโรงงานอุตสาหกรรม |
| 8. ดร.ปิยาณี ตั้งทองทวี | กรมโรงงานอุตสาหกรรม |
| 9. นายพรอมพร อิศรางกูร ณ อยุธยา | สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย |
| 10. ดร.ตุลาชัย เสฐจินตนิน | สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา |
| 11. นายอนุชิต พราวพันธุ์ | กรมศุลกากร |
| 12. นางสาวอำพร บุศรีงษ์ | กรมอนามัย |
| 13. นายอราม พันธุ์วรรณ | กรมควบคุมมลพิษ |
| 14. ดร.พัทชนันท์ ตาริน | กรมควบคุมมลพิษ |
| 15. นางสาวจริยา คงเจริญ | กรมควบคุมมลพิษ |



กรมควบคุมมลพิษ
POLLUTION CONTROL DEPARTMENT

กรมควบคุมมลพิษ

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

92 ซอยพหลโยธิน 7 ถนนพหลโยธิน เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400

โทรศัพท์ 0 2298 2457 โทรสาร 0 2298 2425, 0 2298 2765

E-mail: dbase.c@pcd.go.th