บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สภาพภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา

อำเภอบางไทร เป็นอำเภอหนึ่งของจังหวัดพระนครศรีอยุธยาที่มีความสำคัญคือ เป็นแหล่งเพาะปลูกทางการเกษตร เช่น ข้าว ที่มีความสำคัญของประเทศไทย และเนื่องจากจำนวนของประชากรและการพัฒนาทางอุตสาหกรรมในปัจจุบันมีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น เป็นเหตุให้สภาพแวดล้อมของอำเภอบางไทรมีการเปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือ พื้นที่ทางการเกษตร เช่น นาข้าว ลดลง และมีพื้นที่ที่เป็นที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้น เป็นเหตุให้สภาพแวดล้อมของบริเวณพื้นที่อำเภอบางไทร เปลี่ยนแปลงไปในทางที่เสื่อม ส่งผลกระทบต่อการเพาะปลูก การท่องเที่ยวรวมถึงผลกระทบที่มีต่อระบบนิเวศน์ทั้งทางแหล่งน้ำ (เนื่องจากอำเภอบางไทรมีแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำน้อยไหลผ่าน) สิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยของประชาชน

นอกจากนี้จากการสำรวจความคิดเห็นของประชาชนที่อาศัยอยู่ใกล้เคียงกับโรงงานอุตสาหกรรมในอำเภอบางไทร ที่อ้างว่าได้รับผลกระทบจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่ในพื้นที่หลายประการ เช่น มีเถ้าลอยและควันเสียจากโรงงานปกคลุมบริเวณพื้นที่อยู่อาศัยหรือได้รับสัมผัสสารมลพิษจากโรงงานผ่านทางการหายใจ ส่งผลต่อสุขภาพอนามัย เป็นต้น โดยกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงงานอุตสาหกรรมก็จัดเป็นแหล่งกำเนิดของสารพีเอเอชที่มีความสำคัญแหล่งหนึ่ง ดังนั้นในการนี้จึงเลือกพื้นที่อำเภอบางไทรเป็นพื้นที่ศึกษาในการวิจัยนี้

2.1.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

อำเภอบางไทรมีเนื้อที่ประมาณ 150.7 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีระยะทางห่างจากอำเภอพระนครศรีอยุธยาประมาณ 45 กิโลเมตรและมีระยะห่างทางเรือ (ทางน้ำ) ห่างจากอำเภอพระนครศรีอยุธยาประมาณ 17 กิโลเมตร โดยอำเภอบางไทรตั้งอยู่ทางทิศเหนือของกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีระยะทางห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 110 กิโลเมตร มีอาณาเขตติดต่อกับอำเภอและจังหวัดใกล้เคียง ดังแสดงในรูปที่ 2.1 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ทิศเหนือ จดเขตอำเภอพระนครศรีอยุธยา อำเภอบางบาลและอำเภอบางปะอิน

ทิศใต้ จดเขตอำเภอสามโคก จังหวัดปทุมธานีและอำเภอลาดบัวหลวง

ทิศตะวันออก จดเขตอำเภอบางปะอิน

ทิศตะวันตก จดเขตอำเภอเสนาและอำเภอลาดบัวหลวง

รูปที่ 2.1 ที่ตั้งของอำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ที่มา: สำนักงานจังหวัดพระนครศรีอยุธยา, (2550)

2.1.2 ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศของอำเภอบางไทร เป็นที่ราบลุ่มและทุ่งนาไม่มีภูเขา มีลำคลองสายเล็กๆ ต่อเนื่องกับแม่น้ำเกือบทั่วบริเวณพื้นที่ ทำให้มีลักษณะพื้นที่เป็นพื้นที่ราบลุ่มและมีน้ำท่วมขัง เรียกว่าที่ราบลุ่มเดลต้า (ที่ราบดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำเจ้าพระยา) เมื่อถึงฤดูน้ำหลากน้ำในในแม่น้ำลำลำคลองจะมีระดับสูงและท่วมปกคลุมบริเวณที่เป็นที่ราบลุ่ม พื้นที่ส่วนใหญ่จึงเป็นดินตะกอนแม่น้ำพัดพาจึงมีความอุดมสมบูรณ์เหมาะกับการเกษตรกรรม โดยพื้นที่ศึกษาอยู่สูง จากระดับน้ำทะเลเฉลี่ยประมาณ 3.50 เมตร และเมื่อพิจารณาสภาพภูมิประเทศจากการที่พื้นที่ศึกษาเป็นแบบพื้นที่ราบ ดังนั้นการศึกษานี้จึงถือว่าไม่มีผลกระทบจากลักษณะภูมิประเทศ

2.1.3 ลักษณะภูมิอากาศ

อำเภอบางไทรมีลักษณะภูมิอากาศเป็นแบบทุ่งหญ้าเมืองร้อนหรือทุ่งหญ้าสะวันนา (savanna) บริเวณที่ตั้งของอำเภอเปิดรับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จากอ่าวไทยโดยตรง ทำให้มีฝนตกชุกประมาณ 5 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม สามารถแบ่งฤดูกาลได้ 3 ฤดูดังนี้ ฤดูฝน (มิถุนายน-ตุลาคม) ฤดูหนาว (พฤศจิกายน-มกราคม) ฤดูร้อน (กุมภาพันธ์-พฤษภาคม) สำหรับลักษณะภูมิอากาศโดยทั่วไปสรุปจากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในคาบ 30 ปี ได้ดังนี้

1. อุณหภูมิสูงสุดพบในเดือนเมษายนเท่ากับ 35.1 องศาเซลเซียสและต่ำสุดพบในเดือนธันวาคมเท่ากับ 20.5 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 27.9 องศาเซลเซียส

2. ปริมาณน้ำฝน ช่วงฤดูฝนเฉลี่ยรายเดือนอยู่ระหว่าง 136.4-266.9 มิลลิเมตร ส่วนฤดูกาลอื่นๆ มีฝนตกเฉลี่ยรายเดือน 9.0-61.8 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนในรอบปีเฉลี่ย 1,224.2 มิลลิเมตร โดยพบว่าเดือนสิงหาคมมีจำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยสูงสุดคือ 19.5 วัน

3. ความชื้นสัมพัทธ์ มีค่าความเฉลี่ยรายเดือนอยู่ที่ระหว่างร้อยละ 68.76 โดยมีค่าเฉลี่ยรายปีอยู่ที่ร้อยละ 74

2.1.4 ปฐพีวิทยา

อ้างอิงตามระบบฐานข้อมูลกลุ่มชุดดินของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พบว่ากลุ่มชุดดินในอำเภอบางไทร มีด้วยกันทั้งสิ้น 4 กลุ่มชุดดิน ดังแสดงในรูปที่ 1ก ภาคผนวก ก โดยกลุ่มชุดดินในทุกบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างเป็นชุดดินในกลุ่มเดียวกันคือ ชุดดินกลุ่ม 2f คือเป็นกลุ่มดินเหนียวสีเทาลึกมาก มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ดินบนมีสีน้ำตาลหรือสีเทา ดินล่างมีสีเทา มีจุดประสีน้ำตาล สีเหลืองหรือสีแดงของศิลาแลงอ่อน ในบางพื้นที่อาจพบจุดประสีเหลืองฟางข้าวของสารประกอบกำมะถันในช่วงความลึก 100-150 เซนติเมตร การระบายน้ำเลวถึงค่อนข้างเลว ความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำถึงปานกลาง ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นด่างเล็กน้อย มีน้ำ ท่วมขังและไหลบ่าท่วมขังสูงในฤดูฝน

2.1.5 กระแสลม

เนื่องจากสถานีตรวจอากาศในอำเภอท่าเรือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยาไม่ได้จัดทำสถิติข้อมูลของความเร็วและทิศทางลมของจังหวัดพระนครศรีอยุธยาไว้ เนื่องจากปัจจัยความไม่พร้อมทางด้านอุปกรณ์และเครื่องมือตรวจวัด เป็นเหตุให้ไม่มีข้อมูลของผังลมประจำถิ่นที่เป็นข้อมูลปัจจุบันดังกล่าว ดังนั้นในการพิจารณาถึงทิศทางของกระแสลมในการวิจัยครั้งนี้ จึงได้อ้างอิงผังลมประจำถิ่นจากสถานีตรวจอากาศจังหวัดสุพรรณบุรี เนื่องจากเป็นสถานีตรวจอากาศที่อยู่ใกล้เคียงกับอำเภอบางไทรด้วยมากที่สุด โดยผังลมประจำถิ่นของอำเภอจากสถานีตรวจอากาศสุพรรณบุรีตั้งแต่ปี 2524-2534ดังแสดงในรูปที่ 1ข ภาคผนวก ข

2.1.6 ประชากร

จากสถิติกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย เมื่อสิ้นเดือนธันวาคม พ.ศ. 2550 อำเภอบางไทร มีประชากรรวมทั้งสิ้น 46,202 คน คน คิดเป็นจำนวนครัวเรือนทั้งสิ้น 10,155 ครัวเรือน และมีความหนาแน่นของประชากร 307 คน/ตารางกิโลเมตร

2.1.7 จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ศึกษา

เนื่องจากในพื้นที่ในอำเภอบางไทร ส่วนมากจะเป็นพื้นที่ทางการเกษตรและการเพาะปลูก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การปลูกข้าว อีกทั้งประชากรในพื้นที่ส่วนมากมักประกอบอาชีพเกษตรกรรมและเพาะปลูก เป็นสาเหตุให้โรงงานอุตสาหกรรมในบริเวณพื้นที่ศึกษาส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับผลิตผลทางการเกษตร เช่น โรงสีข้าว โรงงานผลิตอาหาร โรงงานเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร โรงงานผลิตกระดาษ โลหะและพลาสติกเป็นต้น จากข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรมในปี 2550 พบว่าในอำเภอบางไทรมีโรงงานอุตสาหกรรมทั้งสิ้น 40 แห่ง ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 โรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ในอำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม	ชื่อบริษัท/โรงงานอุตสาหกรรม
ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร (โรงสีข้าว / ไซโล / โรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร)	1. ที.พี.เค บางไทร
	2. ไทยร่วมใจน้ำมันพืช
	3. เอเซี่ยน-พารากอน
	4. แคปิตัลซีเรียลส์
	5. ไม่ระบุชื่อโรงงาน
	6. ไม่ระบุชื่อโรงงาน
ผลิตและแปรรูปอาหาร (โรงงานทำเส้นบะหมี่ / ก๋วยเตี๋ยว /ทำมันเส้นและมันอัดเม็ด)	7. ที.โอ.อาร์.ฟู้ดส์
	8. โรงงานอัดมันเม็ดกรุงศรีอยุธยา
	9. เยนเนอรัลมิลล์คอร์ปเปอเรชั่น
	10. ปุ๋ยไวกิ้ง
	11. ที.เอ.เอช
แปรรูปผลิตภัณฑ์จากเนื้อไม้และหนัง (ไส / ซอย / ผลิตเครื่องเรือน)	12. จิรชยากิตติ์
	13. เอี๊ยบฮวดเส็ง
	14. ไทยโฟม อินดัสตรี้
	15. ไม่ระบุชื่อโรงงาน
	16. ป่าไม้สันติ
	17. ซันวู้ดเฟอร์นิเจอร์
ผลิตคอนกรีต / ดูดทราย	18. ไผ่พระ 2001
	19. อินทรีย์สุวรรณ
	20. เอกไพลินคอนกรีต
	21. ชัยชนกคอนกรีต
อู่ซ่อมรถ / เรือ	22. เอส.พี อินเตอร์ มารีน
	23. อู่รัตนมงคล
	24. อู่เรือบางไทรรุ่งเรือง
	25. ไทย-เยอรมัน โมดูลา
	26. ฮีโน่มอเตอร์เซลล์

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม, (2550)

ตารางที่ 2.1 โรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ในอำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม	ชื่อบริษัท/โรงงานอุตสาหกรรม
อุตสาหกรรมโลหะ	26. อมรวัฒนา เอ็นจิเนียริ่ง
	27. รับสิริอินดัสเตรียล
	28. อุตสาหกรรมเครื่องเขียนไทย
	29. นนทบุรีเอกชัยการช่าง
	30. มโนสตีล
อุตสาหกรรมพลาสติก / โฟม	31. เอส.พี.ซี.อินดัสเตรียล
	32. โปรฟอร์ม อินเตอร์เนชั่นแนล
	33. จันทร์เจริญ (บางไทร)
อุตสาหกรรมกระดาษ	34. ปัญจพล พัลพ์ อินดัสตรี้
	35. บางไทรอุตสาหกรรม
	36. ปัญจพล เปเปอร์
อุตสาหกรรมผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า	37. เลิฟสตาร์ (ไทยแลนด์)
	38. ไม่ระบุชื่อโรงงาน
อุตสาหกรรมผลิตเครื่องนอน	39. สมพลเบดดิ้ง
	40. ไม่ระบุชื่อโรงงาน

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม, (2550)

2.2 ที่ตั้งของพื้นที่ศึกษา

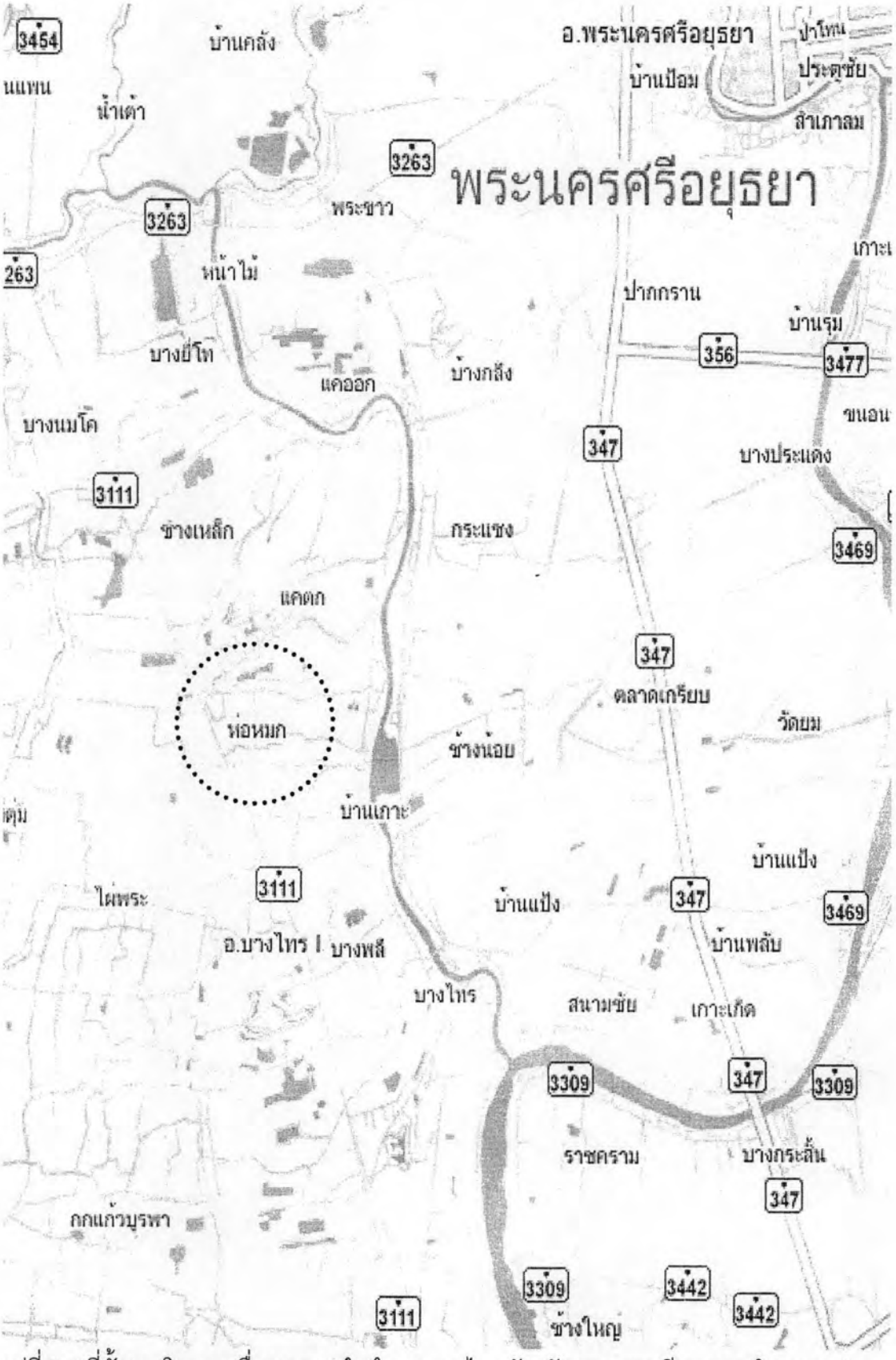
ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาพื้นที่รอบโรงงานเยื่อกระดาษและพื้นที่ใกล้เคียงในระยะเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 กิโลเมตร โดยโรงงานเยื่อกระดาษมีตำแหน่งอยู่ที่ประมาณละติจูดที่ 14° 15 N และลองติจูด 100° 29 E มีพื้นที่รวมทั้งหมดประมาณ 800 ไร่ โดยมีอาณาเขตดังนี้ (รูปที่ 2.2)

ทิศเหนือ จดเขตที่นาและหมู่บ้านขุนจ่า

ทิศใต้ จดเขตกับถนนคันชลประทานและแม่น้ำน้อย

ทิศตะวันออก จดเขตที่นาและหมู่บ้านโรงหลวง

ทิศตะวันตก จดเขตกับถนนเชื่อมคันชลประทานกับถนนสายเอเชียและหมู่บ้านกลาง



รูปที่ 2.2 ที่ตั้งของโรงงานเยื่อกระดาษในอำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา (ในวงกลม)

ที่มา: www.googe-earth.com

2.2.1 จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาในงานวิจัยนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 6 พื้นที่ ได้แก่พื้นที่ศึกษา A-F (A = บ้านน้ำมนต์, B = โรงเรียนวัดศิริสุขาราม, C = โรงเรียนวัดสุนทราราม, D = โรงเรียนวัดขุนจ่าธรรมมาราม, E = โรงเรียนวัดกระแชงและ F = โรงเรียนวัดอนุกุญชราราม) ในพื้นที่ศึกษามีจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมรวมทั้งสิ้น 6 โรงงาน โดยมีโรงงานอุตสาหกรรมอยู่หลากหลายประเภทเช่น โรงงานผลิตเยื่อกระดาษและกระแสไฟฟ้า โรงงานที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ทางเกษตรเช่น โรงสีข้าว ดังแสดงในตารางที่ 2.2 โดยการใช้ประโยชน์ของที่ดินในพื้นที่ศึกษาทั้ง 6 พื้นที่โดยส่วนใหญ่ใช้สำหรับเป็นที่อยู่อาศัย วัด โรงเรียน สถานีอนามัย โรงงานอุตสาหกรรมและพื้นที่เพื่อการเกษตร โดยมีการใช้ที่ดินเพื่อการเพาะปลูกเป็นส่วนใหญ่ และมีพื้นบางส่วนเล็กน้อยที่เป็นพื้นที่ว่างเปล่าและถนนลูกรังซึ่งใช้ในการสัญจรภายในหมู่บ้าน

ตารางที่ 2.2 จำนวนและประเภทโรงงานในบริเวณพื้นที่ศึกษา

พื้นที่	ชื่อโรงงาน	ประเภทโรงงาน
A	1.ไม่ระบุชื่อโรงงาน 2. บริษัท ไทย-เยอรมัน โมดูลา จำกัด	สีข้าว ซ่อมเรือเหล็ก
B	ไม่มีโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ศึกษา	ไม่มีโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ศึกษา
C	3. บริษัท ปัญจพล พัลพ์ 4. บริษัท ปัญจพล เปเปอร์ อินดัสตรี้	ผลิตเยื่อกระดาษคราฟต์ ผลิตกระดาษพิมพ์เขียน
D	เช่นเดียวกันกับพื้นที่ศึกษา C	เช่นเดียวกันกับพื้นที่ศึกษา C
E	5. ไม่ระบุชื่อโรงงาน	สีข้าว
F	6. บริษัท อินทรีย์สุวรรณ จำกัด	ดูดทราย

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (ข้อมูล ณ.วันที่ 4 มกราคม 2550)

2.3 สารโพลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนหรือสารพีเอเอช

สารพีเอเอชหรือสารโพลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนคือกลุ่มของสารประกอบเคมีไฮโดรคาร์บอนซึ่งประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอนและไฮโดรเจนมีการจัดเรียงตัวเป็นวง 5 เหลี่ยมหรือ 6 เหลี่ยม สารพีเอเอชเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เกิดจากการต่อกันของวงอะโรมาติกตั้งแต่ 2 วงขึ้นไปในลักษณะที่เป็นเส้นตรง มุม หรือรวมกันเป็นกลุ่ม เกิดเป็นสารประกอบที่แตกต่างกัน

มากกว่า 100 ชนิดและมักเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในสารประกอบปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน (จิราณีย์ ไชยปุริวงศ์, 2544)

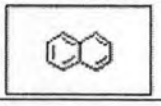
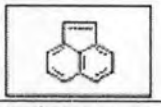
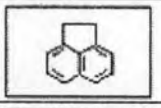
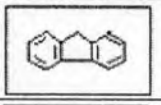
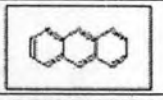
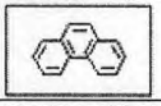
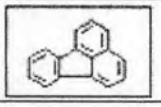
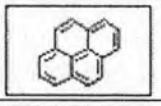
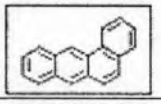
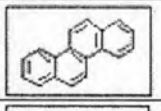
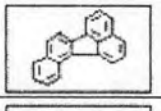
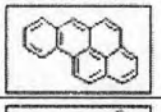
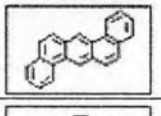
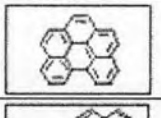
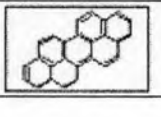
กลุ่มของสารพีเอเอชที่มีความสำคัญ ได้แก่ กลุ่มที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้างโมเลกุล 2 วงขึ้นไปและไม่มีอะตอมของธาตุชนิดอื่นนอกจากคาร์บอนและไฮโดรเจนเชื่อมต่อในโครงสร้างโมเลกุลโดยสารพีเอเอชในกลุ่มดังกล่าวนี้สามารถแตกตัวหรือเปลี่ยนรูปโครงสร้างภายในโมเลกุลกลายไปเป็นสารประกอบที่มีความเป็นพิษมากขึ้นได้โดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมี เช่น ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยหมู่ซัลโฟนิก (sulfonation) ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยหมู่ไนเตรทหรือปฏิกิริยาการแตกสลายตัวด้วยแสง เป็นต้น ยกตัวอย่างเช่น ในบางสภาวะ traces element ในกรดไนตริกสามารถเปลี่ยนรูปสารพีเอเอชไปเป็นไนโตร-พีเอเอช (nitro-PAHs)ได้ (Marce และ Borrull, 2000)

2.3.1 โครงสร้างโมเลกุลและสมบัติทางเคมีของสารพีเอเอช

สารพีเอเอชมีลักษณะเป็นของแข็งไม่มีสี สีขาวหรือสีเหลืองอ่อนอมเขียว ในธรรมชาติจะไม่พบสารพีเอเอชอยู่เพียงเดี่ยวๆ แต่มักพบปะปนอยู่กับสารอื่นเสมอ สารพีเอเอชส่วนใหญ่จะมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูง โครงสร้างโมเลกุลมีความเสถียรมาก มีความสามารถในการละลายน้ำน้อยเนื่องจากมีสมบัติเป็นสารที่ไม่มีขั้ว ยกเว้นบางชนิดที่มีมวลโมเลกุลและเสถียรภาพในโมเลกุลต่ำ เช่น Naphthalene เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วความสามารถในการละลายน้ำของสารพีเอเอชจะลดลงตามมวลโมเลกุลหรือจำนวนวงอะโรมาติกที่เพิ่มขึ้นในโครงสร้างโมเลกุล สารพีเอเอชเป็นสารประกอบเคมีที่มีความไวต่อการออกซิไดซ์ด้วยแสงและสามารถดูดกลืนแสงอัลตร้าไวโอเลตได้ดีที่ความยาวคลื่นในช่วง 200-400 นาโนเมตร (Henner และคณะ, 1999)

สารพีเอเอชเป็นสารประกอบเคมีที่สมบัติเป็นสารที่ไม่ชอบน้ำ ซึ่งสมบัติดังกล่าวสามารถวัดได้จากค่าสัมประสิทธิ์ในการพาร์ทิชั่นระหว่างน้ำกับออกทานอล อีกทั้งสารพีเอเอชยังมีค่าครึ่งชีวิตในตัวกลางทางธรณีได้เป็นเวลายาวนาน เช่น สารพีเอเอชบางชนิดที่พบในตะกอนดินในสภาวะแอโรบิก เช่น แนฟทาลีน จะมีค่าครึ่งชีวิตประมาณ 3 สัปดาห์ ในขณะที่ เบนโซ(เอ)ไพรีนมีค่าครึ่งชีวิตที่ยาวนานถึง 300 สัปดาห์ ดังนั้นสารพีเอเอชจึงถูกจัดว่าเป็นสารมลพิษในกลุ่มของสารประกอบอินทรีย์ที่สามารถคงตัวอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้เป็นระยะเวลายาวนาน โดยความสามารถในการคงตัวในสิ่งแวดล้อมดังกล่าวนี้จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนวงอะโรมาติกและองศาในการเกิดการควบแน่น (condensation degree) โครงสร้างโมเลกุลสมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของสารพีเอเอช 16 ชนิด ดังแสดงในรูปที่ 2.3 และตารางที่ 2.3 ตามลำดับ

รูปที่ 2.3 โครงสร้างโมเลกุลของสารพีเอเอช 16 ชนิด

สารพีเอเอช	โครงสร้างโมเลกุล
Naphthalene	
Acenapthylene	
Acenaphthene	
Fluorene	
Anthracene	
Phenanthrene	
Fluoranthene	
Pyrene	
Benzo(a)anthracene	
Chrysene	
Benzo(b)fluoranthene	
Benzo(k)fluoranthene	
Benzo(a)pyrene	
Dibenzo(a,h)anthracene	
Benzo(g,h,i)perylene	
Indino(1,2,3-cd)pyrene	

ที่มา: US. DHHS, (1995)

ตารางที่ 2.3 สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของสารพีเอเอช 16 ชนิด

สารพีเอเอช	สูตรโมเลกุล	มวลโมเลกุล	จุดหลอมเหลว (°C)	จุดเดือด (°C)	ความดันไอ (kPa)
Naphthalene	$C_{10}H_8$	128.17	80.2	218	1.1×10^{-2}
Acenapthylene	$C_{12}H_8$	152.17	92-93	265-280	3.9×10^{-3}
Acenaphthene	$C_{10}H_{10}$	154.21	90-96	278-279	2.1×10^{-3}
Fluorene	$C_{13}H_{10}$	166.22	116-118	293-295	8.7×10^{-5}
Anthracene	$C_{14}H_{10}$	178.23	216-219	340	36×10^{-6}
Phenanthrene	$C_{14}H_{10}$	178.23	96-101	339-340	2.3×10^{-5}
Fluoranthene	$C_{16}H_{10}$	202.26	107-111	375-393	6.5×10^{-7}
Pyrene	$C_{16}H_{10}$	202.26	150-156	360-404	3.1×10^{-6}
Benzo(a)anthracene	$C_{18}H_{12}$	228.29	157-167	435	1.5×10^{-8}
Chrysene	$C_{18}H_{12}$	228.29	252-256	441-448	5.7×10^{-10}
Benzo(b)fluoranthene	$C_{20}H_{12}$	252.32	167-168	481	6.7×10^{-8}
Benzo(k)fluoranthene	$C_{20}H_{12}$	252.32	198-217	480-471	2.1×10^{-8}
Benzo(a)pyrene	$C_{20}H_{12}$	252.32	177-179	493-496	7.3×10^{-10}
Dibenzo(a,h)anthracene	$C_{22}H_{14}$	278.35	266-170	524	2.0×10^{-11}
Benzo(g,h,i)perylene	$C_{22}H_{12}$	276.34	275-278	525	1.3×10^{-11}
Indino(1,2,3-cd)pyrene	$C_{22}H_{12}$	276.34	162-163	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล

ที่มา: US. DHHS, (1995)

2.3.2 ความเป็นพิษและการเป็นสารก่อมะเร็งของสารพีเอเอช

เมื่อพิจารณาถึงปฏิกิริยาทางชีวเคมีในสิ่งมีชีวิตพบว่าสารพีเอเอชสามารถออกฤทธิ์ยับยั้งหรือกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด โดยสามารถแบ่งสารพีเอเอเอชออกได้เป็น 2 กลุ่ม ตามความสามารถในการก่อมะเร็ง ได้แก่กลุ่มที่ก่อให้เกิดมะเร็งและกลุ่มที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง IARC, (1999) ได้จัดแยกกลุ่มสารพีเอเอชที่ก่อมะเร็งโดยใช้ข้อมูลที่แสดงศักยภาพในการก่อมะเร็งในมนุษย์และสัตว์ทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 2.4 เป็นที่น่าสังเกตว่าไม่มีสารพีเอเอชชนิดใดที่ IARC จัดให้เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์

ตารางที่ 2.4 ลักษณะและชนิดของสารพีเอเอช 16 ชนิดโดย IARC

กลุ่ม	สารพีเอเอช
2A น่าจะก่อมะเร็งในคน	Benzo(a)anthracene Benzo(a)pyrene Dibenzo(a,h)anthracene
2B อาจจะก่อมะเร็งในคน	Benzo(b)fluoranthene Benzo(k)fluoranthene Naphthalene Indino(1,2,3-cd)pyrene
3 ไม่ก่อมะเร็งในคน	Anthracene Chrysene Fluorene Phenanthrene Pyrene Acenapthene Benzo(g,h,i)perylene

ที่มา: IARC, (1999)

แม้ว่าสารพีเอเอชหลายชนิดเป็นสารก่อมะเร็งในสัตว์ทดลองจะเป็นส่วนประกอบอยู่ในสารผสมที่ได้รับการยืนยันทางระบาดวิทยาแล้วว่าเป็นสาเหตุหรือมีส่วนทำให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ เช่น ควันบุหรี่ น้ำมันดิน เขม่า ควันเสียจากเตาเผาถ่านหินหรือจากท่อไอเสียรถยนต์ เนื่องจากเป็นการยากที่จะทำการตรวจยืนยันถึงค่าความเข้มข้นของสารพีเอเอชแต่ละชนิดที่มนุษย์ได้รับจากสารผสมเหล่านี้ อีกทั้งนอกจากนี้ยังมีสารก่อมะเร็งชนิดอื่นๆปะปนอยู่ในสารผสมดังกล่าวด้วย นอกจากนี้ในด้านของการเป็นสารก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ของสารพีเอเอชพบว่าสารพีเอเอชชนิดที่เป็นสารก่อให้เกิดมะเร็งจะมีฤทธิ์เป็นสารก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วย โดยสารพีเอเอชชนิดดังกล่าวถึงผ่านกระบวนการเมทาบอไลซ์โดย Cytochrom P-450 เป็น epoxide ก่อนจึงจะสามารถรวมตัวกับ DNA ซึ่งได้ผลของปฏิกิริยาที่มีความคงตัวสูง สามารถแยกได้จากสัตว์ทดลอง (IPCS, 1998)

The U.S. Department of Health and Human Service, (U.S. DHSS) รายงานผลการศึกษาว่าสารพีเอเอชอาจเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง โดยสารพีเอเอชบางชนิด อาทิเช่น เบนโซ(เอ)แอนทราซีน และ เบนโซ(เอ)ไพรีน เป็นสาเหตุของการเกิดเนื้องอกในมนุษย์และในสัตว์ทดลอง จากการทดลองในห้องปฏิบัติการโดยให้สัตว์ทดลองกิน รับทางผิวหนังและหายใจเอาอากาศที่มีสารพีเอเอชเหล่านี้เข้าไปเป็นระยะเวลานาน สำหรับในมนุษย์มีรายงานว่าการได้รับสารพีเอเอชเหล่านี้ผ่านทางเดินหายใจหรือผิวหนังสัมผัสเป็นระยะเวลานานอาจทำให้เกิดโรคมะเร็งและเหนี่ยวนำให้เกิดการกลายพันธุกรรมได้ (Gariviat, 1999) โดยผลกระทบของสารพีเอเอชที่มีต่อสิ่งมีชีวิตจากการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ผลกระทบของสารพีเอเอชที่มีต่อสิ่งมีชีวิตจากการทดลอง

สารพีเอเอช	ขนาดที่ได้รับ	ผลที่เกิด
Benzo(a)pyrene	5 mg/หนูตั้งครรภ์ 1 ตัว	ตัวอ่อนหนูตายภายในวันเดียว และพบว่าประสิทธิภาพในการผลิตฮอร์โมนเอสโตรเจนลดลง
Benzo(k)fluoranthene	0.1-0.5 % ใน acetone ที่ทาลงบนผิวของหนูตัวเมีย	หนู 8 ตัวจาก 20 ตัวตาย หนู 3 ตัวจากทั้งหมดใน 20 ตัว จะตายภายในระยะเวลา 13 เดือน
Benzo(g,h,i)perylene	0.2-0.01 % ใน methylenechloride ที่ทาลงบนผิวของหนูตัวเมีย	หนู 32 ตัวจาก 50 ตัวไม่ตาย หนู 3 ตัวจาก 50 ตัวไม่เป็นเนื้องอก
Chrysene	0.3 % ใน benzene ที่ทาลงบนผิวของหนูตัวเมีย 20, 50 และ 100 ตัว ในเวลา 440 วัน	หนู 20 ตัวจาก 170 ตัวไม่ตาย หนู 50 ตัวจาก 170 ตัวมีหูด หนู 30 ตัวจาก 170 ยังมีชีวิตอยู่ได้ถึง 6 เดือน

ที่มา: Boonyatumanond, (1999)

โดยอาศัยหลักการของการประเมินความเสี่ยง (Risk assessment) U.S. EPA, (1999) รายงานงานถึงค่าปริมาณที่บริโภคเข้าสู่ร่างกายโดยไม่ก่อให้เกิดโทษโดยการกิน (Reference dose by oral, RfD_0) และโดยการหายใจ (Reference dose by inhalation, RfD_I) ของสารพีเอเอช 6 ชนิดและค่าความสามารถในการเกิดมะเร็ง (carcinogenic potency slope) โดยการกิน (CPS_0) และโดยการหายใจ (CPS_I) ของสารพีเอเอช 7 ชนิดดังแสดงในตารางที่ 2.6 และ 2.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.6 ปริมาณที่บริโภคเข้าสู่ร่างกายโดยไม่ก่อให้เกิดโทษของสารพีเอเอช 6 ชนิด (มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน)

สารพีเอเอช	Reference dose by oral	Reference dose by inhalation
Acenapthene	6.00×10^{-2}	ไม่มีข้อมูล
Acenapthylene	3.00×10^{-2}	ไม่มีข้อมูล
Fluoranthene	4.00×10^{-2}	ไม่มีข้อมูล
Fluorene	4.00×10^{-2}	ไม่มีข้อมูล
Naphthalene	2.00×10^{-2}	6.00×10^{-4}
Pyrene	3.00×10^{-2}	ไม่มีข้อมูล

ที่มา: U.S. EPA, (1999)

ตารางที่ 2.7 ความสามารถในการเกิดมะเร็งโดย ของสารพีเอเอช 7 ชนิด (มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน)

สารพีเอเอช	Carcinogenic potency slope (by oral)	Carcinogenic potency slope (by inhalation)
Benzo(a)anthracene	7.30×10^{-1}	ไม่มีข้อมูล
Benzo(b)fluoranthene	7.30×10^{-1}	ไม่มีข้อมูล
Benzo(k)fluoranthene	7.30×10^{-2}	ไม่มีข้อมูล
Benzo(a)pyrene	7.30	3.1
Chrysene	7.30×10^{-3}	ไม่มีข้อมูล
Dibenzo(a,h)anthracene	7.30	ไม่มีข้อมูล
Indino(1,2,3-cd)pyrene	7.30×10^{-1}	ไม่มีข้อมูล

ที่มา: U.S. EPA, (1999)

2.3.3 แหล่งกำเนิดของสารพีเอเอชในสิ่งแวดล้อม

แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ (Natural source)

สารพีเอเอชสามารถเกิดขึ้นได้เองจากปรากฏการณ์เปลี่ยนแปลงในธรรมชาติ เช่น ไฟป่า ภูเขาไฟระเบิด จากการเมทาบอลิซึมของจุลชีพ (microbial metabolism) เช่นแบคทีเรีย จากกระบวนการสังเคราะห์สารประกอบเคมีในกลุ่ม triterpenoil saponins ของพืชใบเลี้ยงคู่ นอกจากนี้ยังพบว่าในกระบวนการย่อยสลายสารประกอบเคมีในกลุ่ม triterpenoil saponins และ steroidal saponins ในตะกอนดินที่ทับถมกันเป็นระยะเวลายาวนานสามารถก่อให้เกิดสารพีเอเอชได้เช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังพบว่าพืชใบเลี้ยงคู่ซึ่งมีสารประกอบเคมีในกลุ่ม triterpenoil saponins สามารถสังเคราะห์สารพีเอเอชบางชนิดขึ้นได้เอง โดยมีสารตั้งต้นเป็นสารประกอบเคมีในกลุ่ม alpha-amyrin และ beta-amyrin ซึ่งสารประกอบเคมีทั้ง 2 ชนิดนี้สามารถนำมาพิจารณาเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงสารพีเอเอชที่มีแหล่งกำเนิดมาจากธรรมชาติได้ (ศิริพร สิงห์ทอง, 2547)

แหล่งกำเนิดจากการกระทำของมนุษย์ (Anthropogenic source)

แหล่งกำเนิดของสารพีเอเอชที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์สามารถแบ่งตามลักษณะของแหล่งกำเนิดออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ แหล่งกำเนิดประเภทอยู่กับที่ (Stationary source) ได้แก่กระบวนการเผาไหม้ต่างๆที่เกิดขึ้นในครัวเรือนและกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม เช่นการใช้ความร้อนในการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อการดำรงชีวิต กระบวนการผลิตอลูมินัมและถ่านหินในโรงงานอุตสาหกรรมและโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าและแหล่งกำเนิดประเภทเคลื่อนที่ได้ (mobile source) เช่น รถยนต์ เรือยนต์ เครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องบินที่ใช้น้ำมันปิโตรเลียมเป็นเชื้อเพลิง

โดยความเข้มข้นของสารพีเอเอชที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงนั้นจะมีแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิงและสภาวะที่ใช้ในกระบวนการเผาไหม้ อีกทั้งการกระจายตัวของสารพีเอเอชจากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆอีกหลายปัจจัย เช่น อัตราการระบายของสารพีเอเอชจากแหล่งกำเนิด สภาพภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ เป็นต้น (นอกจากนี้บางรายงานการศึกษายังได้มีการจำแนกประเภทของสารพีเอเอชที่เกิดขึ้น

จากการกระทำของมนุษย์ตามกระบวนการของการเกิดได้เป็น 2 แหล่งใหญ่ๆ ได้แก่สารพีเอเอช ที่เกิดจากน้ำมันปิโตรเลียมและผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม (petrogenic PAHs)ที่พบบ่อยคือ สารประกอบเคมีที่เป็นกลุ่มโมเลกุลหลักของสารพีเอเอชกลุ่มที่มีวงอะโรมาติก 2-4 วง กับกลุ่มที่มีหมู่อัลคิลมาแทนที่ในโมเลกุล โดยพบว่าความเข้มข้นของสารพีเอเอชกลุ่มที่มีหมู่อัลคิลมาแทนที่มักจะมีความเข้มข้นรวมมากว่าสารพีเอเอชที่เป็นกลุ่มหลัก อีกแหล่งหนึ่งได้แก่สารพีเอเอชที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง (pyrogenic PAHs) เช่นถ่านหินและน้ำมันเชื้อเพลิง โดยโมเลกุลที่พบมักเป็นประเภท unsubstituted PAHs ซึ่งมีวงอะโรมาติกในโครงสร้างโมเลกุลตั้งแต่ 3-5 วงและมักพบ สารพีเอเอชบางชนิดเช่นฟลูออรีน และ ไพรีน เป็นจำนวนมาก (Page และคณะ, 1999)

2.3.4 การกระจายตัวของสารพีเอเอชในสิ่งแวดล้อม

สารพีเอเอชในอากาศมีการกระจายตัวอยู่ระหว่างเฟสของก๊าซและอนุภาคแขวนลอย ขึ้นอยู่กับสมบัติทางกายภาพ-เคมีของสารพีเอเอชชนิดนั้น โดยสารมารถเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดได้เป็นระยะทางไกลและเข้าสู่ระบบนิเวศทางน้ำผ่านทางกระบวนการตกสะสมทั้งแบบเปียกและแบบแห้งและ/หรือผ่านทางกระบวนการแลกเปลี่ยนระหว่างก๊าซและน้ำ (gas/water interchange) สารพีเอเอชที่พบในน้ำโดยมากแล้วมักอยู่ในรูปของอนุภาคแขวนลอย เนื่องจากสารพีเอเอชเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำทำให้มีการสะสมตัวอยู่ในดินตะกอนเป็นจำนวนมากและเนื่องจากสมบัติของสารพีเอเอชที่ไม่ละลายน้ำ ดังนั้นการเคลื่อนที่ของสารพีเอเอชจากดินไปยังพืชจึงมีค่าน้อย อีกทั้งค่าความสมดุลระหว่างเฟสของแข็ง เฟสของเหลวและเฟสของก๊าซต่างก็มีค่าน้อยเช่นเดียวกัน สำหรับสารพีเอเอชและสารเมทาโบไลท์ของสารพีเอเอชที่ถูกนำมาใช้เป็นยาฆ่าแมลงและวัชพืชนั้นมักอยู่ในรูปของเหลวและปนเปื้อนลงสู่ดิน และจะถูกดูดซับไว้ที่บริเวณพื้นผิวที่ไม่ละลายน้ำเช่นใน อินทรียวัตถุเป็นต้น โดยอาจถูกกักเก็บไว้ในบริเวณช่องว่างในอนุภาคดินหรือถูกตรึงเอาไว้ด้วยพันธะโควาเลนท์และพันธะไฮโดรเจนหรือถูกยึดเหนี่ยวเอาไว้ในขณะที่เกิดกระบวนการสร้างฮิวมัส เป็นต้น โดยสามารถสรุปถึงการกระจายตัวของสารพีเอเอชในสิ่งแวดล้อมได้ดังนี้

การกระจายตัวของสารพีเอเอชในอากาศ

สารพีเอเอชที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดทั้ง 2 ประเภทนั้นส่วนมากมักเคลื่อนที่เข้าสู่อากาศโดยตรง โดยสารพีเอเอชในอากาศนั้นส่วนมากมักเกาะติดอยู่กับอนุภาคแขวนลอยในอากาศ เช่น ฝุ่นละอองและเถ้าลอย เป็นต้น แต่ก็พบสารพีเอเอชที่อยู่ในเฟสของก๊าซปะปนอยู่ในอากาศด้วยเช่นกัน โดยแหล่งกำเนิดปฐมภูมิ (primary source) ของสาร พีเอเอชใน

อากาศได้แก่ ไฟป่าและภูเขาไฟระเบิด แต่กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงในครัวเรือนเพื่อการดำรงชีวิตจัดว่าเป็นแหล่งกำเนิดขนาดใหญ่ที่มีความสำคัญของสารพีเอเอชในอากาศ ลักษณะของกระบวนการเผาไหม้ที่ก่อให้เกิดสารพีเอเอชในอากาศจะเป็นแบบการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์และไม่มีกระบวนการควบคุมหรือบำบัดไอเสียที่เกิดขึ้นก่อนปลดปล่อยออกสู่อากาศภายนอก (Freeman และ Cattell, 1990)

การกระจายตัวของสารพีเอเอชในแหล่งน้ำ

สารพีเอเอชสามารถแพร่กระจายไปได้ทั่วแหล่งน้ำ แหล่งกำเนิดของสารพีเอเอชที่ผิวหน้า น้ำที่สำคัญได้แก่ การตกสะสมของสารพีเอเอชในอากาศลงสู่ผิวหน้าน้ำและการดูดซับที่ผิวหน้าน้ำที่มีการสัมผัสกับสารพีเอเอชในอากาศโดยตรง (จิราณี ไชยปุริยวงศ์, 2544) จากน้ำทิ้งที่ปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรมและชุมชน จากโรงงานอุตสาหกรรมและโรงงานผลิตน้ำยารักษาเนื้อไม้ จากการเกิดน้ำท่วมในพื้น ที่ชุมชนเมืองและบริเวณที่กักเก็บเชื้อเพลิง เช่นถ่านหิน จากการรั่วไหลของน้ำมันปิโตรเลียมรวมถึงกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปิโตรเลียม เป็นต้น

2.3.5 การกระจายตัวและความเข้มข้นของสารพีเอเอชในดิน

เป็นที่เชื่อกันว่าสารพีเอเอชที่พบในดินเป็นผลมาจากกระบวนการตกสะสมของสารพีเอเอชในอากาศ จากกากของเสียที่ปล่อยทิ้งจากโรงงานบำบัดของเสียจากไอเสียรถยนต์ น้ำทิ้งจากเตาเผาเชื้อเพลิง น้ำชะจากบริเวณพื้นที่ฝังกลบ กำจัดและกักเก็บเชื้อเพลิงประเภทถ่านหิน นอกจากนี้ยังพบว่าแหล่งกำเนิดที่สำคัญของสารพีเอเอชในดินตามเส้นทางคมนาคมสัญจรเช่น ถนนหรือทางรถไฟ ได้แก่ ไอเสียจากรถยนต์ อนุภาคหรือไอที่เกิดจากการเสียดสีของเส้นยางนอกรถยนต์และจากยางมะตอยที่ใช้ปูพื้นถนน เป็นต้น องค์ประกอบของดินคือแร่ธาตุและอินทรียวัตถุจำนวนมาก และเนื่องจากสารพีเอเอชที่ปนเปื้อนลงสู่ดินนั้นมีสมบัติที่ไม่ละลายน้ำเป็นผลให้ถูกดูดซับหรือถูก ยึดเหนี่ยวเอาไว้ในอินทรียวัตถุได้อย่างแน่นหนา เป็นผลให้สารพีเอเอชสามารถคงตัวอยู่ในดินได้เป็นระยะเวลายาวนาน ทั้งยังสามารถแพร่กระจายต่อไปได้เป็นบริเวณกว้าง ผ่านกระบวนการชะละลายของดิน (soil leaching) และกระบวนการพังทลายของดิน (soil erosion) ซึ่งทั้ง 2 กระบวนการดังกล่าวยังสามารถทำให้สารพีเอเอชปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำและตะกอนดินในพื้นที่ใกล้เคียงได้อีกด้วย (Nam และคณะ, 2003)

ในระยะเวลา 100-150 ปีที่ผ่านมานี้พบว่าความเข้มข้นรวมของของสารพีเอเอช 16 ชนิดในดินมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินบริเวณชุมชนเมือง ตารางที่ 2.8 แสดงความเข้มข้นของสารพีเอเอชในดินบริเวณพื้นที่ชานเมือง พื้นที่เกษตรกรรมและบริเวณพื้นที่ชุมชนเมืองในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศอื่นๆ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วความเข้มข้นของสารพีเอเอชที่พบในดินพื้นที่ชุมชนเมืองจะมีค่าสูงกว่าพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชานเมือง Thomas, (1986) รายงานการศึกษาเรื่องการกระจายตัวของสารพีเอเอชในดินโดยรวมของหลายประเทศ พบว่าในดินของทวีปอาร์คติก มีความเข้มข้นรวมของเบนโซ(จี,เอช,ไอ)เพอริลีนและฟลูออแรนทีนมากกว่า 310 นาโนกรัมต่อกรัม ในขณะที่พบว่าตัวอย่างดินของบริเวณพื้นที่ป่าสงวนของรัฐไวโอมิงประเทศสหรัฐอเมริกามีความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอช 16 ชนิดมากกว่า 210 นาโนกรัมต่อกรัม นอกจากนี้ยังพบว่าตัวอย่างดินจากบริเวณพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยของ Fountain Avenue มีความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอช 16 ชนิดอยู่ในช่วง 400-1,000 นาโนกรัมต่อกรัม

ในปี 1988 มีการศึกษาถึงสารพีเอเอชในระดับผิวหน้าดินจากพื้นที่บำบัดกากของเสียอันตรายของโรงงานกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมที่เปิดดำเนินการมาประมาณ 30 ปี พบว่ามีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอช 16 ชนิดที่ระดับผิวหน้าดินอยู่ในช่วงตรวจไม่พบสำหรับสารพีเอเอชบางชนิด เช่น อะซีแนฟทีน อะซีแนฟไธลีน แอนทราซีน เบนโซ(เอ)แอนทราซีนและ เบนโซ(เค)ฟลูออแรนทีน ถึง 340 นาโนกรัมต่อกรัม สำหรับไดเบนโซ(เอ,เอช)แอนทราซีน นอกจากนี้ยังพบว่าที่ระดับผิวดินดังกล่าวนี้ยังพบสารพีเอเอชอีก 3 ชนิดที่เด่นชัด ได้แก่ เบนโซ(เอ)ไพรีน (204 นาโนกรัมต่อกรัม) เบนโซ(บี)ฟลูออแรนทีน (130 นาโนกรัมต่อกรัม) และไครซีน (100 นาโนกรัมต่อกรัม) โดยพบว่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอช 16 ชนิดจะลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้นโดยที่ระดับความลึกต่ำกว่า 60 เซนติเมตรจะตรวจไม่พบสารพีเอเอชชนิดที่เป็นกลุ่มหลัก เช่นเดียวกันกับที่ระดับความลึก 90-135 เซนติเมตรจะตรวจพบสารพีเอเอชบางชนิดเท่านั้น เช่น ฟีแนนทรีน (1.4 นาโนกรัมต่อกรัม) ไพรีน (4 นาโนกรัมต่อกรัม) ไครซีน (0.9 นาโนกรัมต่อกรัม) และไดเบนโซ(เอ,เอช)แอนทราซีน (0.8 นาโนกรัมต่อกรัม) เป็นต้น (Page และคณะ, 1999)

ตารางที่ 2.8 ความเข้มข้นของสารพีเอเอชในดินของประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศอื่นๆ

สารพีเอเอช	ความเข้มข้น (นาโนกรัมต่อกรัม)		
	พื้นที่ชานเมือง	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ชุมชน
Acenaphthene	1.7	6	LOD
Acenapthylene	LOD	5	LOD
Anthracene	LOD	11-13	LOD
Benzo(a)anthracene	5-20	56-110	169-59,000
Benzo(a)pyrene	2-1,300	4.6-900	165-220
Benzo(b)fluoranthene	20-30	58-220	15,000-62,000
Benzo(g,h,i)perylene	10-70	66	900-47,000
Benzo(k)fluoranthene	10-110	58-250	300-26,000
Chrysene	38.3	78-120	251-640
Fluoranthene	0.3-0.4	120-210	200-166,000
Fluorene	LOD	9.7	LOD
Indino(1,2,3-cd)pyrene	10-15	63-100	8,000-61,000
Phenanthrene	30.0	48-140	LOD
Pyrene	1-1.97	99-150	145-147,000

หมายเหตุ: LOD = Limit of Detection

ที่มา: US.DHHS, (1995)

ตารางที่ 2.9 ค่ามาตรฐานของสารพีเอเอชในดินของประเทศแคนาดา (นาโนกรัมต่อกรัม)

สารพีเอเอช	Ont Ag (C)[1]	Ont RP (C)[2]	Ont IC (C)[3]
Acenapthene	15	15	15
Acenapthylene	100	100	100
Anthracene	28	28	28
Benzo(a)anthracene	6.6	6.6	6.6
Benzo(a)pyrene	1.2	1.2	1.9
Benzo(b)fluoranthene	12	12	12
Benzo(g,h,i)perylene	12	12	12
Benzo(k)fluoranthene	12	12	17
Chrysene	1.2	1.2	1.9
Fluoranthene	40	40	40
Fluorene	340	340	340
Indino(1,2,3-cd)pyrene	12	12	12
Phenanthrene	4.6	4.6	4.6
Pyrene	20	20	20
Total of 10 PAHs	250	250	250

Abbreviation: [1]Ont Ag (C) Ontario Agricultural land and use (coarse-Ag/g); [2]Ont RP (C) Ontario Residential/Park land use (coarse-Ag/g); [3]Ont IC (C) Ontario Industrial/Commercial land use (coarse-Ag/g), Total of 10 PAHs = anthracene, benzo(a)anthracene, benzo(k)fluoroanthene, benzo(a)pyrene, chrysene, phenanthrene, fluoranthene, indeno(123-cd)pyrene, naphthalene and benzo(g,h,i)perylene

ที่มา: Tang และคณะ, (2005)

2.3.6 การเปลี่ยนแปลงของสารพีเอเอชในสิ่งแวดล้อม

การเคลื่อนที่และการแบ่งส่วนของสารพีเอเอชในดิน

สามารถสรุปถึงการเคลื่อนที่และการแบ่งส่วนของสารพีเอเอชในสิ่งแวดล้อมได้ดังต่อไปนี้ สารพีเอเอชที่ถูกปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดสู่อากาศจะเคลื่อนที่ไปได้เป็นระยะทางใกล้และไกลโดยอาศัยการพัดพาของกระแสลม จากนั้นจะตกลงสู่แหล่งน้ำ พื้นดินและพืชผ่าน

กระบวนการตกสะสมทั้งในสภาพเปียกและในสภาพแห้ง โดยสารพีเอเอชในดินสามารถเกิดการระเหยเป็นไอได้โดยอาศัยกระบวนการเปลี่ยนแปลงในสิ่งแวดล้อมหลายกระบวนการ เช่น กระบวนการแตกสลายทางกายภาพ-เคมี (Abiotic degradation) (ได้แก่ กระบวนการแตกสลายด้วยแสงและออกซิเดชั่น) กระบวนการแตกสลายทางชีวภาพ (biodegradation) และกระบวนการสะสมตัวอยู่ในพืช (accumulation)นอกจากนี้สารพีเอเอชยังสามารถเคลื่อนที่เข้าสู่แหล่งน้ำใต้ดินและ Aquifer ได้อีกด้วย โดยการพิจารณาถึงการเคลื่อนที่และการแบ่งส่วนของสารพีเอเอชในดินสามารถพิจารณาได้จากสมบัติทางกายภาพ-เคมี หลายประการเช่น ความสามารถในการละลายน้ำ ความดันไอ ค่าคงที่ตามกฎของเฮนรี่ สัมประสิทธิ์ในการแบ่งส่วนระหว่างออกทานอลกับน้ำและสัมประสิทธิ์ในการแบ่งส่วนของอินทรีย์คาร์บอน เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะของการเคลื่อนที่และการพาร์ทิชั่นของสารพีเอเอชจะมีความสัมพันธ์กับมวลโมเลกุล ด้วยเหตุนี้จึงสามารถแบ่งสารพีเอเอช 16 ชนิดออกได้เป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มมวลโมเลกุลต่ำ (152-178 กรัมต่อโมล) กลุ่มมวลโมเลกุลปานกลาง (202 กรัมต่อโมล) และกลุ่มมวลโมเลกุลสูง (> 202 กรัมต่อโมล) ดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 กลุ่มของสารพีเอเอช 16 ชนิดตามน้ำหนักมวลโมเลกุล

กลุ่ม	สารพีเอเอช
มวลโมเลกุลต่ำ	acenaphthene acenapthylene anthracene fluorene phenanthrene
มวลโมเลกุลปานกลาง	fluoranthene pyrene
มวลโมเลกุลสูง	benzo(a)anthracene benzo(b)fluoranthene benzo(k)fluoranthene fluoranthene benzo(a)pyrene chrysene dibenzo(a,h)anthracene indino(1,2,3-cd)pyrene

ที่มา: Slinn, (1979)

ค่าสัมประสิทธิ์ในการแบ่งส่วนของอินทรีย์คาร์บอนของสารประกอบเคมีเป็นดัชนีที่ใช้บ่งบอกถึงศักยภาพในการยึดเกาะกับอินทรีย์คาร์บอนในดินและตะกอน สารพีเอเอชกลุ่มที่มีมวลโมเลกุลต่ำจะมีค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งส่วนของอินทรีย์คาร์บอนอยู่ในช่วง 10^3-10^4 ซึ่งบ่งบอกว่าสารพีเอเอชในกลุ่มดังกล่าวมีศักยภาพในการยึดเกาะกับอินทรีย์คาร์บอนดินและตะกอนปานกลาง ในขณะที่สารพีเอเอชกลุ่มที่มีมวลโมเลกุลปานกลางและมวลโมเลกุลสูงจะมีค่าสัมประสิทธิ์ในการพาร์ทิชั่นของอินทรีย์คาร์บอน 10^4 และ 10^5-10^6 ตามลำดับ ซึ่งบ่งบอกว่าสารพีเอเอชในกลุ่มดังกล่าวมีศักยภาพในการยึดเกาะกับอินทรีย์คาร์บอนในดินและตะกอนสูงโดยอัตราการดูดซับของ

สารพีเอเอชในดินและตะกอนจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อปริมาณของอินทรีย์คาร์บอนและพื้นที่หน้าตัดของอนุภาคดูดซับเพิ่มขึ้น สารพีเอเอชในดินสามารถเกิดการกลายเป็นไอได้ โดยเฉพาะสารพีเอเอชกลุ่มมวลโมเลกุลต่ำ แต่มีการศึกษาถึงการกลายเป็นไอของสารพีเอเอช 14 ชนิด พบว่าเป็นสาเหตุการสูญหายของแนฟทาลีนถึงร้อยละ 30 แต่กลับไม่ใช่สาเหตุหลักของการสูญหายของสารพีเอเอชชนิดอื่น (Park และคณะ, 2002)

2.3.6 การเปลี่ยนรูปและการแตกสลายของสารพีเอเอชในดิน

การแตกสลายของสารพีเอเอชในดินส่วนมากเป็นผลมาจากกระบวนการเมทาบอลิซึมของจุลชีพที่อาศัยอยู่ในดิน นอกจากนี้การแตกสลายดังกล่าวอาจเกิดขึ้นได้จากกระบวนการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ เช่น กระบวนการแตกสลายด้วยแสง กระบวนการแตกสลายด้วยน้ำ และกระบวนการออกซิเดชั่น แต่กระบวนการเหล่านี้ยังไม่อาจถือได้ว่ามีความสำคัญต่อการแตกสลายตัวของสารพีเอเอชในดินเทียบเท่ากับกระบวนการเมทาบอลิซึ่มของจุลชีพที่อาศัยอยู่ในดิน โดยอัตราการแตกสลายของสารพีเอเอชในดินด้วยจุลชีพนั้นจะเพิ่มสูงขึ้นหรือลดลงนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมหลายประการ เช่น ปริมาณของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในดิน โครงสร้างและขนาดของอนุภาคดิน ลักษณะของประชากรจุลชีพที่อาศัยอยู่ในดิน สารประกอบเคมีปนเปื้อนต่างๆ ในดิน เช่นเหล็กหรือไซยาไนด์ซึ่งเป็นพิษต่อจุลชีพที่อาศัยอยู่ในดิน ลักษณะทางกายภาพ สมบัติทางกายภาพ-เคมีของสารพีเอเอช เหล่านี้เป็นต้น (Wild และ Jones, 1995)

มีรายงานผลการทดลองถึงค่าครึ่งชีวิตของสารพีเอเอชว่าในกลุ่มของสารพีเอเอชที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้างมากกว่า 3 วงจะมีค่าครึ่งชีวิตของการแตกสลายทางชีวภาพสูงกว่ากลุ่มของสารพีเอเอชที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้างน้อยกว่า 3 วง (> 20-100 วัน) อีกทั้งยังมีปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆที่มีผลกระทบต่ออัตราการสลายตัวของสารพีเอเอชในดิน เช่น อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของออกซิเจนในดิน สารประกอบปนเปื้อนอื่นๆในดิน ประเภทของดิน ค่าความชื้น เป็นต้น แต่ในขณะเดียวกันปัจจัยเหล่านี้ก็มีผลต่อขนาดและองค์ประกอบของประชากรจุลชีพในดินได้เช่นเดียวกัน เช่น ในดินที่มีสภาพกรดจุลชีพประเภทเห็ดราจะมีจำนวนมากกว่าแบคทีเรีย ด้วยเหตุนี้เห็ดราจึงเป็นตัวควบคุมการแตกสลายทางชีวภาพด้วยจุลชีพในสิ่งแวดล้อมแห่งนั้น อีกทั้งการถูกดูดซับด้วยอินทรียวัตถุและอนุภาคต่างๆในดินของสารพีเอเอชก็ถือเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อศักยภาพของการเปลี่ยนรูปทางชีวภาพ (biotransformation potential) ด้วยอีกประการหนึ่ง

แม้ว่าวิถีของการแตกสลายทางชีวภาพโดยจุลชีพของสารพีเอเอชบางชนิดเช่นแอนทราซีน ฟีแนนทรีนและเบนโซ(เอ)ไพรีน จะมีข้อมูลอยู่เป็นจำนวนมาก แต่ข้อมูลดังกล่าวในสารพีเอเอชชนิดอื่นๆ ยังเป็นที่สับสนและมีข้อมูลอยู่จำกัด นอกจากนี้อัตราการแตกสลายทางชีวภาพของสารพีเอเอชโดยจุลชีพอาจถูกเปลี่ยนแปลงไปโดยระดับของการปนเปื้อน เช่นในพื้นที่ฝังกลบหรือกักเก็บของเสียอันตรายดังกล่าวจะมีค่าครึ่งชีวิตของการแตกสลายทางชีวภาพที่ยาวนาน เนื่องจากสารประกอบปนเปื้อนในดินอาจเป็นพิษต่อจุลชีพที่อาศัยในดินของพื้นที่ดังกล่าว เช่นเดียวกับรายงานการศึกษาของ Brorström, (1994) ที่รายงานว่าอัตราการแตกสลายทางชีวภาพโดยจุลชีพของสารพีเอเอชมีค่าลดลงในดินที่มีสารประกอบเคมีที่เป็นพิษต่อจุลชีพ สามารถอธิบายได้ว่าอัตราการแตกสลายทางชีวภาพของสารพีเอเอชด้วยจุลชีพอาจถูกเปลี่ยนแปลงไป ขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นของสารประกอบเคมีที่เป็นพิษต่อจุลชีพปนเปื้อนอยู่ในดินบริเวณนั้น เช่นในพื้นที่ฝังกลบหรือกักเก็บของเสียอันตรายจะมีค่าครึ่งชีวิตของการแตกสลายทางชีวภาพที่ยาวนาน เนื่องจากสารประกอบเคมีที่ปนเปื้อนอยู่ในดินอาจเป็นพิษต่อจุลชีพที่อาศัยอยู่ในดินของบริเวณพื้นที่ดังกล่าว

2.4 การใช้อัตราส่วนของสารพีเอเอชในการประมาณถึงแหล่งกำเนิดที่เป็นไปได้

สารพีเอเอชที่เป็นกลุ่มหลักและสารอัลคิล-พีเอเอชสามารถพบได้ทั้งในแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติและแหล่งกำเนิดจากการกระทำของมนุษย์ โดยองค์ประกอบของสารพีเอเอชที่เกิดขึ้นจากทั้ง 2 แหล่งกำเนิดนั้นจะมีความเหลื่อมล้ำหรือคาบเกี่ยวกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารพีเอเอชที่เป็นกลุ่มหลักจึงได้มีการพยายามศึกษาและค้นหาลักษณะพิเศษในองค์ประกอบเพื่อทำให้สามารถจำแนกได้ว่าสารพีเอเอชที่เป็นกลุ่มหลักดังกล่าวเกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดประเภทใด ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการนำเอาสารพีเอเอชที่เป็นกลุ่มหลักมาทำให้อยู่ในรูปของอัตราส่วนเพื่อใช้เป็นดัชนีหรือตัวบ่งชี้ถึงแหล่งกำเนิดที่เป็นไปได้ของสารพีเอเอชที่วิเคราะห์ได้ ในปัจจุบันได้มีการนิยมนำอัตราส่วนของสารพีเอเอชที่เป็นกลุ่มหลักมาใช้ในการบ่งชี้ถึงแหล่งกำเนิดที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทต่างๆ กันอย่างกว้างขวาง และเพื่อเป็นการลดปัจจัยที่ก่อให้เกิดความสับสน เช่น ความสามารถในการระเหย ความสามารถในการละลายน้ำและความสามารถในการดูดซับเหล่านี้เป็นต้น ซึ่งมีความแตกต่างกันออกไปในสารพีเอเอชแต่ละชนิด ดังนั้นการคำนวณอัตราส่วนดังกล่าวจึงถูกจำกัดเอาไว้เฉพาะสารพีเอเอชที่มีมวลโมเลกุลที่แน่นอนเท่านั้น Yunker และคณะ, (2002) ได้ทำการรวบรวมอัตราส่วนของสารพีเอเอชที่ถูกนำมาใช้เป็นดัชนีในการบ่งชี้ถึงแหล่งกำเนิดจากรายงานการศึกษาต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 อัตราส่วนของสารพีเอเอชจากรายงานการศึกษาต่างๆ

แหล่งกำเนิด	Ant/178	Flt/(Flt+Pry)	BaA/228	Ind/(Ind+BgP)
ปิโตรเลียม				
น้ำมันก๊าด	0.04	0.46	0.35	0.48
น้ำมันดิบ	0.09 ± 0.05	0.26 ± 0.16	0.35 ± 0.24	0.40 ± 0.18
หินน้ำมัน	0.26	0.34	0.45	0.39
น้ำมันหล่อลื่น	-	0.29	0.10	0.12
ถ่านหิน	0.20 ± 0.13	-	-	-
ยางมะตอย	-	-	0.50	0.52-0.54
การเผาไหม้				
ลิกไนต์และถ่านหินสีน้ำตาล	0.08	0.72	0.44	0.57
ถ่านหินบิทูมินัส	0.33	0.53 ± 0.05	0.34	0.48
ถ่านหินกลม (briquettes)	-	0.57 ± 0.03	0.43 ± 0.04	0.52 ± 0.04
น้ำมันดิน (SRM 1597)	0.18	0.58	0.54	0.53
เขม่าจากการเผาถ่านไม้	0.26	0.50	0.54	0.53
เนื้อไม้	0.19 ± 0.04	0.51 ± 0.06	0.46 ± 0.06	0.64 ± 0.07
หญ้าและวัชพืช	0.17 ± 0.04	0.58 ± 0.04	0.46 ± 0.02	0.58 ± 0.10
แก๊สโซลีน	0.11	0.44	0.33-0.38	0.09-0.22
หญ้าและวัชพืช	0.17 ± 0.04	0.58 ± 0.04	0.46 ± 0.02	0.58 ± 0.10
แก๊สโซลีน	0.11	0.44	0.33-0.38	0.09-0.22
น้ำมันก๊าด	0.14 ± 0.02	0.5	0.37	0.37
น้ำมันดีเซล	0.11± 0.05	0.39 ± 0.11	0.38 ± 0.11	0.35 ± 0.11
น้ำมันดิบ	0.22	0.44 ± 0.02	0.49 ± 0.01	0.47 ± 0.01

ที่มา: Yunker และคณะ, (2002)

จากตารางที่ 2.11 พบว่าสารพีเอเอชที่มวลโมเลกุล 178 และ 202 มักถูกนำมาใช้ในการจำแนกแหล่งกำนิดของสารพีเอเอชที่มีที่มาจากกระบวนการเผาไหม้และปิโตรเลียม สำหรับอัตราส่วน anthracene/178 นั้น มวลโมเลกุล 178 มีที่มาจากมวลโมเลกุลของแอนทราซีนและฟีแนนทรีนรวมกัน โดยถ้าอัตราส่วนดังกล่าวมีค่า < 0.10 จะสามารถบ่งชี้ได้ว่ามีที่มาจากแหล่งกำเนิดประเภทปิโตรเลียม แต่ถ้ามีค่า > 0.10 จะสามารถบ่งชี้ได้ว่ามีที่มาจากแหล่งกำเนิดประเภทกระบวนการเผาไหม้ (Soclo และคณะ, 2000)

มีรายงานการศึกษาไม่มากนักที่นำสารพีเอเอชกลุ่มที่มีมวลโมเลกุล 228 และ 276 มาทำเป็นอัตราส่วนเพื่อใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงแหล่งกำเนิดที่เป็นไปได้ เป็นเหตุให้มีจำนวนข้อมูลของการนำอัตราส่วนของสารพีเอเอชดังกล่าวมาใช้ในการแปรผลอยู่ไม่มากนักและบ่อยครั้งที่พบว่าอัตราส่วนของเบนโซ(เอ)แอนทราซีนหรืออินดิโน(1,2,3-ซีดี)ไพรีนในตัวอย่างที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้จะมีค่าน้อยมาก โดยที่ถ้าพบว่าอัตราส่วน benzo(a)anthracene/228 หรือ indino(1,2,3-cd)pyrene /(indino(1,2,3-cd)pyrene + benzo(a)anthracene) ที่คำนวณได้นั้นมีค่า < 0.20 จะสามารถบ่งชี้ได้ว่ามีที่มาจากแหล่งกำเนิดปิโตรเลียม Yunker และคณะ, (2002) ได้ศึกษาถึงการใช้อัตราส่วนของ indino(1,2,3-cd)pyrene/(indino(1,2,3-cd)pyrene+benzo(g,h,i)perylene มาใช้ในการบ่งชี้ถึงแหล่งกำเนิดของสารพีเอเอชดังแสดงในตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 การใช้อัตราส่วนของ Ind / (Ind+BgP) ในการบ่งชี้ถึงแหล่งกำเนิด

อัตราส่วน	แหล่งกำเนิด
< 0.5	แหล่งกำเนิดจากผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทแก๊สโซลีน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซลและน้ำมันดิบ
0.24 และ 0.40	อนุภาคที่ถูกปล่อยออกมาจากยานพาหนะ
< 0.20	ปิโตรเลียม
0.20 และ 0.50	การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลเหลว (น้ำมันที่ใช้ในยานพาหนะและน้ำมันดิบ)
> 0.5	การเผาไหม้เศษวัชพืชและถ่านหิน

ที่มา: Yunker และคณะ, (2002)

Neilson, (1998) รายงานว่าอัตราส่วนของ fluoranthene/pyrene ที่มีค่าเท่ากับ 0.60 สามารถนำมาใช้บ่งชี้ถึงแหล่งกำเนิดของสารพีเอเอชว่ามีที่มาจากอนุภาคที่ปล่อยออกมาจากยานพาหนะ ทั้งยังพบว่าสารพีเอเอชที่มีแหล่งกำเนิดจากแหล่งกำเนิดดังกล่าวนี้จะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามประเภทของเครื่องยนต์ โดยพบสารพีเอเอชกลุ่มที่มีมวลโมเลกุลน้อยจำนวนมากในเครื่องยนต์ประเภทเบนซินและพบสารพีเอเอชกลุ่มที่มีมวลโมเลกุลสูงเป็นจำนวนมากในเครื่องยนต์ดีเซล เช่นเดียวกันกับรายงานการศึกษาของ Aceves และคณะ, (1993) พบว่าอัตราส่วนของ fluoranthene/(fluoranthene+pyrene) ที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.40-0.45 สามารถนำมาใช้บ่งชี้ถึงแหล่งกำเนิดของสารพีเอเอชว่ามีที่มาจากอนุภาคที่ถูกปล่อยออกมาจากยานพาหนะที่มีเครื่องยนต์ประเภทแก๊สโซลีน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสารพีเอเอช

Chen และคณะ, (2006) ศึกษาสารพีเอเอช 15 ชนิดในแม่น้ำ Yangzi สาธารณรัฐประชาชนจีน ผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 70.3-1,844.4 นาโนกรัม/ลิตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 283.3 นาโนกรัม/ลิตร โดยกลุ่มของสารพีเอเอชที่พบมากได้แก่กลุ่มที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้าง 2-3 วง นอกจากนี้ยังทำการศึกษาสารพีเอเอชในดินตะกอนจากบริเวณปากแม่น้ำ Qiantang พบว่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 91.3-614.4 นาโนกรัม/ลิตรและมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 313.1 นาโนกรัม/ลิตร โดยกลุ่มของสาร พีเอเอชที่พบมากได้แก่กลุ่มที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้าง 3-4 วง และเมื่อพิจารณาถึงแหล่งกำเนิดของสารพีเอเอชจากอัตราส่วนของ anthrcene/(anthracene+phenanthren) พบว่ามีแหล่งกำเนิดมาจากปิโตรเลียม

Ping และคณะ, (2006) ศึกษาสารพีเอเอช 15 ชนิดในดินตะกอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ Yangzi สาธารณรัฐประชาชนจีน ผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอช 15 ชนิดมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 8.6-3,881 นาโนกรัม/ลิตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 397 นาโนกรัม/ลิตร เมื่อพิจารณาถึงแหล่งกำเนิดจากอัตราส่วนของ fluoranthene/(fluoranthene+pyrene) และ benzo(a)anthracene/(benzo(a)anthracene+chrysene) พบว่ามีที่มาจากแหล่งกำเนิดผสมทั้งปิโตรเลียมและการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล

Li และคณะ, (2006) ศึกษาถึงความเข้มข้นและแหล่งกำเนิดของสารพีเอเอช 16 ชนิดในดินของนครปักกิ่ง สาธารณรัฐประชาชนจีนด้วยเครื่อง GC/MS พบว่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอช 16 ชนิดมีค่าอยู่ในช่วง 467-5,470 นาโนกรัมต่อกรัม โดยพบสารพีเอเอชกลุ่มที่มีวงอะโรมาติก 4 5 และ 6 วงเป็นส่วนมากและเมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์พบว่าสารพีเอเอชที่พบในแต่ละพื้นที่ศึกษาส่วนมากน่าจะมีแหล่งกำเนิดมาจากที่เดียวกัน เมื่อพิจารณาอัตราส่วน anthracene / (anthracene+phenanthrene) อัตราส่วนfluoranthene/(fluoranthene+pyrene) และอัตราส่วนของ benzo(a)pyrene/benzo(g,h,i)perylene พบว่าแหล่งกำเนิดของสารพีเอเอชมีที่มาจากกระบวนการเผาไหม้ถ่านหิน แต่ก็มีบางบริเวณพื้นที่ศึกษาที่พบว่ามีแหล่งกำเนิดมาจากอนุภาคที่ปล่อยออกมารถยนต์

Zhang และคณะ, (2006) ศึกษาความเข้มข้นและการกระจายตัวของสารพีเอเอช 16 ชนิดในดินของประเทศฮ่องกง โดยศึกษาทั้งในบริเวณพื้นที่ตัวเมืองและชานเมือง พบว่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอช 16 ชนิดมีค่าอยู่ในช่วง 7.0-410 นาโนกรัมต่อกรัม และในบริเวณพื้นที่ตัวเมืองจะมีค่าความเข้มข้นรวมดังกล่าวสูงกว่าบริเวณพื้นที่ชานเมือง โดยชนิดของสารพีเอเอชที่พบเด่นชัดในบริเวณพื้นที่ตัวเมืองได้แก่ fluoranthene naphthalene และ pyrene ในขณะที่ชนิดของสารพีเอเอชที่พบเด่นชัดในบริเวณพื้นที่ชานเมืองได้แก่ naphthalene benzo(b)fluoranthene และ benzo(k)fluoranthene โดยเมื่อพิจารณาอัตราส่วนของพีเอเอชแล้วพบว่าแหล่งกำเนิดของสารพีเอเอชในบริเวณพื้นที่ตัวเมืองและชานเมืองมีที่มาจากอนุภาคไอเสียรถยนต์และกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าร้อยละอินทรีย์คาร์บอนเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อค่าความเข้มข้นของสารพีเอเอชในดิน

Yang และคณะ, (2006) ศึกษาความเข้มข้นและการกระจายตัวของสารพีเอเอช 16 ชนิดในผิวหน้าดินในพื้นการเกษตรรอบของเมืองกวางโจว สาธารณรัฐประชาชนจีน พบว่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอช 16 ชนิดมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 42-3077 นาโนกรัมต่อกรัม และเมื่อพิจารณาแหล่งกำเนิดจากอัตราส่วนของสารพีเอเอชเช่น anthracene/(anthracene+phenanthrene) อัตราส่วนของmethylphenanthrene/Phenanthrene พบว่าแหล่งกำเนิดของสารพีเอเอชมีที่มาจากปิโตรเลียมและกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล

Unlu และ Alpha, (2005) ศึกษาการกระจายตัวและแหล่งกำเนิดของสารพีเอเอช 14 ชนิดในตะกอนจากอ่าว Gemlike ในทะเล Marmara ประเทศตุรกี และพิจารณาแหล่งกำเนิดของสารพีเอเอชจากอัตราส่วนของ fluorene/(pyrene+fluorene) อัตราส่วน phenanthrene/anthracene และ fluoranthene/pyrene benzo(a)anthracene/chrysene พบว่ามีที่มาจากแหล่งกำเนิดผสมทั้งปิโตรเลียมและการเผาไหม้

Ma และคณะ, (2005) ศึกษาถึงความเข้มข้นและแหล่งกำเนิดของสารพีเอเอช 16 ชนิดในดินของนครปักกิ่ง สาธารณรัฐประชาชนจีนด้วย พบว่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอช 16 ชนิดในพื้นที่ชานเมืองและตัวเมืองมีค่าเท่ากับ 0.016 นาโนกรัมต่อกรัม และ 3.884 นาโนกรัมต่อกรัมตามลำดับ โดยพบสารพีเอเอชกลุ่มที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้างโมเลกุล 4, 5 และ 6 วงเป็นส่วนมาก โดยคิดเป็นร้อยละ 66 ในบริเวณพื้นที่ชานเมืองและร้อยละ 70 ในบริเวณพื้นที่ตัวเมือง เมื่อพิจารณาอัตราส่วนของ phenanthrene/anthracene และ fluoranthene/pyrene พบว่า

แหล่งกำเนิดของสารพีเอเอชมีที่มาจากกระบวนการเผาไหม้โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากอนุภาคที่ปล่อยออกมาจากรถยนต์

Nam และคณะ, (2003) ศึกษาถึงความเข้มข้นและการกระจายตัวของสารพีเอเอชในดินพื้นที่เกษตรกรรมในประเทศเกาหลีใต้ ผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชมีค่าอยู่ในช่วง 23.3-2,834 นาโนกรัมต่อกรัม และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 236 นาโนกรัมต่อกรัม ซึ่งพื้นที่ที่พบว่ามีความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชสูงสุดคือ พื้นที่ใกล้เคียงโรงงานถลุงเหล็ก อีกทั้งพบว่าการกระจายตัวของสารพีเอเอชในดินมีความสัมพันธ์กับแหล่งกำเนิด ขนาดของเมืองและประเภทของอุตสาหกรรม เมื่อพิจารณาอัตราส่วนของ phenanthrene/anthracene และ fluoranthene/pyrene พบว่ามีแหล่งกำเนิดจากกระบวนการเผาไหม้ เช่น จากท่อไอเสียรถยนต์และไอเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมหนัก เช่นโรงถลุงเหล็กเหล่านี้เป็นต้น

Ke และคณะ, (2002) ศึกษาถึงความเข้มข้นของสารพีเอเอชในตะกอนชายทะเล Yi O ประเทศฮ่องกง หลังจากการเกิดเหตุการณ์อุบัติเหตุน้ำมันรั่วไหล ผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นรวมของสารพีเอเอชมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 138-2,135 นาโนกรัมต่อกรัมและเมื่อพิจารณาอัตราส่วนของ phenanthrene/anthracene พบว่ามีแหล่งกำเนิดมาจากปิโตรเลียม

Zheng และคณะ, (2002) ศึกษาถึงความเข้มข้นของสารพีเอเอช 15 ชนิดในตะกอนของพื้นที่ชุ่มน้ำและชายฝั่งของพื้นที่ Mai Po และอ่าว Ramsar ประเทศฮ่องกง พบว่าความเข้มข้นรวมของพื้นที่ชุ่มน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 180-830 นาโนกรัมต่อกรัม และมีค่าอยู่ในช่วง 630-960 นาโนกรัมต่อกรัม ในพื้นที่ชายฝั่ง นอกจากนี้พบว่าการกระจายตัวของสารพีเอเอชในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาวไม่มีความแตกต่างกันและการกระจายตัวของสารพีเอเอชในพื้นที่ชุ่มน้ำ Mai Po น้ำนี้ ไม่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลและเมื่อพิจารณาถึงแหล่งกำเนิดจากอัตราส่วนของ pyrene/(pyrene+phenanthrene) และ phenanthrene/(phenanthrene+anthracene) พบว่ามีแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้

จิราณีย์ ไชยปุริยวงศ์, (2544) ศึกษาความเข้มข้นและการกระจายตัวของสารพีเอเอช 16 ชนิดในตะกอนปากแม่น้ำท่าจีน ผลการวิเคราะห์พบสารพีเอเอชที่มีวงอะโรมาติก 2-6 วงในโครงสร้างกระจายตัวอยู่ในแต่ละระดับความลึกของตะกอนโดยมีความเข้มข้นรวมและความเข้มข้นเฉลี่ยของสารพีเอเอช 16 ชนิดมีค่าอยู่ที่ 220-1,520 นาโนกรัมต่อกรัม และ 620 นาโนกรัมต่อกรัม ตามลำดับ โดยชนิดของสารพีเอเอชที่พบมากที่สุดได้แก่ naphthalene acenaphthene

fluorene phenanthrene chrysene benzo(a)anthracene pyrene และ fluoranthene การกระจายตัวโดยรวมของสารพีเอเอชในตะกอนพบว่าบริเวณพื้นที่ใกล้แหล่งกำเนิดจะมีค่าความเข้มข้นและการสะสมตัวสูงกว่าบริเวณพื้นที่ที่ห่างจากแหล่งกำเนิด เมื่อพิจารณาอัตราส่วนของ phenanthrene/anthracene และอัตราส่วนของสารพีเอเอชในกลุ่มที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้างโมเลกุล 2 และ 3 วง/สารพีเอเอชในกลุ่มที่มีวงอะโรมาติกในโครงสร้าง 4 และ 5 วง พบว่าแหล่งกำเนิดของสารพีเอเอชมีที่มาจากกระบวนการเผาไหม้จากทั้งรถยนต์และโรงงานอุตสาหกรรมและมีบางส่วนมีแหล่งกำเนิดจากปิโตรเลียม

จากข้อมูลรายงานการศึกษาถึงสารพีเอเอชที่ได้รวบรวมมาสามารถนำความรู้และวิธีการทดลองมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้ได้หลายประการ เช่น วิธีการสกัดสารพีเอเอชจากตัวอย่างดิน ในรายงานการวิจัยส่วนมากมักเลือกใช้วิธีการสกัดแบบดั้งเดิมคือ วิธีการสกัดแบบ Soxhlet ซึ่งมีข้อจำกัดคือใช้ระยะเวลา แรงงานและปริมาณของตัวทำละลายอินทรีย์ในขั้นตอนการสกัดค่อนข้างมาก ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงเลือกใช้วิธีการสกัดด้วยเครื่องไมโครเวฟ ซึ่งให้ประสิทธิภาพในการสกัดได้เทียบเคียงกับวิธีการสกัดแบบ soxhlet แต่ใช้เวลาและปริมาณตัวทำละลายอินทรีย์ที่น้อยกว่า นอกจากนี้ยังสามารถนำอัตราส่วนของสารพีเอเอชที่จากรายงานการศึกษาต่างๆ นี้มาประยุกต์ใช้เพื่อบอกถึงแหล่งกำเนิดที่มีความเป็นไปได้ของสารพีเอเอชที่พบในพื้นที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ได้อีกด้วย