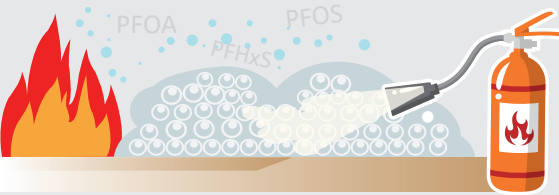


ข้อมูลทางเคมี

ข้อมูลทางเคมี	PFOS	PFOA	PFHxS
ชื่อทั่วไป	Perfluorooctane sulfonic acid	Perfluorooctanoic acid	Perfluorohexane-1-sulfonic acid
สูตรเคมี	C ₈ HF ₁₇ O ₃ S	C ₈ HF ₁₅ O ₂	C ₆ HF ₁₃ O ₃ S
ชื่อตามโครงสร้าง	1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8-heptafluorooctane-1-sulfonic acid	2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8-pentafluorooctanoic acid	1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6-tridecafluorohexane-1-sulfonic acid
CAS Number	1763-23-1	335-67-1	355-46-4

สมบัติทางเคมีและกายภาพที่สำคัญ

ลักษณะ/สมบัติ	PFOS	PFOA	PFHxS
น้ำหนักโมเลกุล [กรัม/โมล]	500.13	414.09	400.11
สมบัติทางกายภาพที่ 20°C	ผงสีขาว (potassium salt)	ผงสีขาว (ammonia salt)	ผงสีขาว (PFHxSK)
จุดเดือด	133–249°C	188–199°C	238–239°C
pKa	–3.3–0.14	–0.21–3.8	–3.45, –3.3±0.5, –5.8±1.3
ค่าความดันไอที่ 25°C	2.48x10 ^{–6} mmHg	1.65x10 ^{–2} –10.0 mmHg	0.0046 mmHg
ความสามารถในการละลายน้ำ	0.68 g/L	9.50 g/L	1.4 g/L (PFHxSK), 2.3 g/L
ค่าครึ่งชีวิตในการสลายตัวในมนุษย์	3.3–27 years	2.1–10.1 years	4.7–35 years



สารกลุ่ม PFOA PFOS PFHxS

รวมถึงสารประกอบที่สามารถสลายตัวเป็นสารเหล่านี้ ถูกนำไปใช้ในโฟมดับเพลิงชนิดโฟมสร้างฟิล์มน้ำ หรือ AFFF ที่มักใช้ดับเพลิงประเภท B ซึ่งเป็นของเหลวไวไฟ

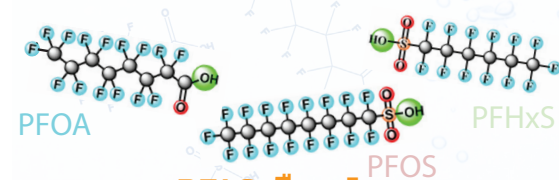
สารตระกูล PFAS จะช่วยสร้างฟิล์มกันไม่ให้เชื้อเพลิงกับออกซิเจนในอากาศเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ได้ สถานที่ที่มีโฟมดับเพลิง AFFF ในครอบครอง เช่น สถานีดับเพลิง กองทัพ สนามบิน โรงงานสารเคมี แท่นขุดเจาะน้ำมัน คลังและโรงกลั่นน้ำมัน เป็นต้น

ประเทศไทยเคยนำเข้าสารตระกูล PFAS และเริ่มจำกัดการใช้งานตั้งแต่ปี 2009 ปัจจุบันคาดว่าจะมีโฟมดับเพลิงที่มีสารกลุ่ม PFOS ประมาณ 3,700-5,000 กิโลกรัม

อนุสัญญาสตอกโฮล์มได้ระบุให้ PFOS, PFOA และ PFHxS เป็นสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน (POPs)



Forever Chemicals–PFAS ในโฟมดับเพลิง: ภัยเงียบและแนวทางการจัดการ



สารตระกูล PFAS คืออะไร

สารตระกูล PFAS (per- and polyfluoroalkyl substances) คือ ตระกูลสารเคมีจำนวนมากกว่า 4,000 ชนิดที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้น ที่โครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยหมู่เปอร์ฟลูออรีเนตเมทิล (-CF₃) หรือหมู่เปอร์ฟลูออรีเนตเฮกซิล (-CF₂-) อย่างน้อย 1 หมู่ การที่สารตระกูล PFAS มีพันธะระหว่างคาร์บอนและฟลูออรีนซึ่งแข็งแรงมาก ทำให้มีเสถียรภาพทางความร้อนและทางเคมีสูงสลายตัวในสิ่งแวดล้อมได้ยากเกิดการตกค้างยาวนาน สะสมในสิ่งมีชีวิต และเป็นอันตรายด้วยเหตุนี้ สารตระกูล PFAS จึงเป็นที่รู้จักกันในนาม “สารเคมีชั่วนิรันดร์ (forever chemicals)”

สารตระกูล PFAS ถูกใช้ในอุตสาหกรรมใด

สารตระกูล PFAS มีสมบัติลดแรงตึงผิว ลดแรงเสียดทาน กันน้ำ น้ำมัน และสิ่งสกปรกต่างๆ จึงมีการนำไปใช้งานอย่างกว้างขวางในหลายอุตสาหกรรมตั้งแต่ช่วงทศวรรษ 1950



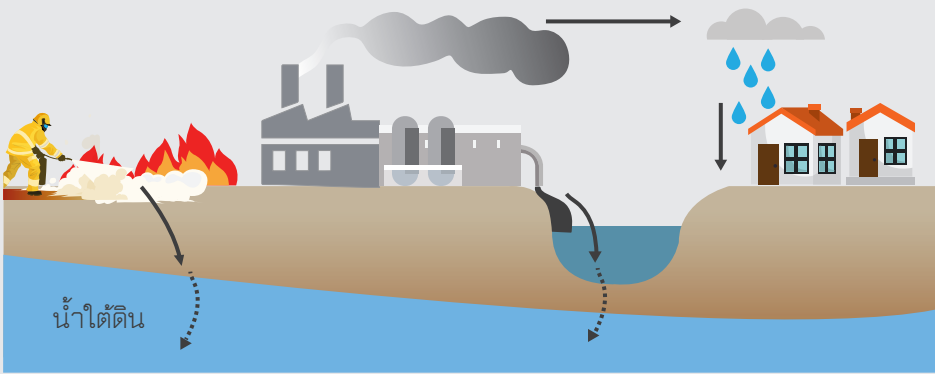
สารตระกูล PFAS ในโฟมดับเพลิง AFFF

โฟมดับเพลิงชนิดโฟมสร้างฟิล์มน้ำ หรือ AFFF* มักใช้ดับเพลิง ประเภท B ซึ่งเป็นของเหลวไวไฟ สารตระกูล PFAS ที่นิยมใช้ในโฟมดับเพลิง เช่น สารกลุ่ม PFOS (กรดเปอร์ฟลูออโรออกเทนซัลโฟนิค) สารกลุ่ม PFOA (กรดเปอร์ฟลูออโรออกทาโนอิก) และสารกลุ่ม PFHxS (กรดเปอร์ฟลูออโรเฮกเซนซัลโฟนิค)

AFFF ย่อมาจาก Aqueous Film Forming Foam

การปนเปื้อนของสารตระกูล PFAS จากการใช้ โฟมดับเพลิง AFFF สูสิ่งแวดล้อม

- สถานที่ฝึกดับเพลิง แหล่งอุตสาหกรรม โรงบำบัดน้ำเสีย และหลุมฝังกลบ เป็นแหล่งที่มาหลักของสารตระกูล PFAS ที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม เช่น ดิน อากาศ แหล่งน้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน ซึ่งเป็นแหล่งผลิตน้ำดื่ม
- สารตระกูล PFAS สามารถแพร่กระจายไปได้ไกลถึงทั่วโลก โดยมีน้ำเป็นตัวกลางหลัก กลไกคือการดูดซับกับอนุภาคในบรรยากาศ หรือการกลายเป็นไอ แล้วตกลงมากับฝน กลับสู่สิ่งแวดล้อมทางโซอาหาร และแหล่งน้ำสำหรับอุปโภค/บริโภค



- แหล่งน้ำทั่วสหรัฐฯ มีการตรวจพบสารตระกูล PFAS ทำให้น้ำดื่มเกิดการปนเปื้อนสารตระกูล PFAS โดยเฉพาะสารกลุ่ม PFOS และสารกลุ่ม PFOA ในระดับที่สูงขึ้น US EPA จึงได้ปรับระดับของสารปนเปื้อนในน้ำดื่มที่ไม่เป็นภัยต่อสุขภาพ (Health Advisory Level) ลงจากเดิมที่ 70 ppt สำหรับทั้งสารกลุ่ม PFOS และสารกลุ่ม PFOA เหลือ 0.02 ppt สำหรับสาร PFOS และ 0.004 ppt สำหรับสารกลุ่ม PFOA ในรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดระดับการแจ้งเตือนของสาร PFHxS ในน้ำดื่มที่ 3 ppt
- ประเทศไทยตรวจพบสารตระกูล PFAS หลายชนิดในตัวอย่างน้ำดิบ น้ำผิวดิน น้ำในระบบบำบัดน้ำเสีย ชุมชน ฝุ่นในบ้านเรือน และอากาศทั้งในและนอกอาคารในพื้นที่กรุงเทพฯ ปริมณฑล และนิคมอุตสาหกรรม

ผลกระทบที่เกิดขึ้น

- สารตระกูล PFAS เข้าสู่ร่างกายมนุษย์โดยการบริโภคอาหาร และน้ำที่ปนเปื้อน การหายใจอากาศที่ปนเปื้อน และการสัมผัสสารตระกูล PFAS ที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม

ช่องทาง



ผลกระทบ



- สารตระกูล PFAS สะสมในสิ่งมีชีวิตโดยยึดกับโปรตีนในเลือดและตับ ส่งผลต่อการทำงานของตับ ระบบภูมิคุ้มกัน ระบบต่อมไร้ท่อ ระบบสืบพันธุ์ ระบบหลอดเลือดหัวใจ การเจริญเติบโตของทารก และกลุ่ม PFOA อาจเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ (Group 2B)

ผู้ที่ได้รับผลกระทบ



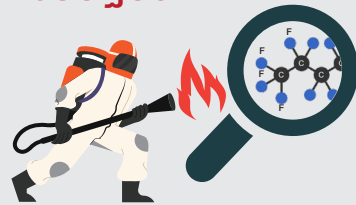
- นักดับเพลิงและผู้ปฏิบัติงานสัมผัสสารตระกูล PFAS โดยตรงจากการใช้หรือจัดการโฟมดับเพลิง
- คนทั่วไปที่ใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีสารตระกูล PFAS และได้รับสารระหว่างการใช

ทางอ้อม



- คนและสัตว์ที่อยู่ใกล้บริเวณพื้นที่ซ้อมดับเพลิงหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตหรือใช้สารตระกูล PFAS
- คนทั่วไปที่บริโภคอาหารและน้ำที่ปนเปื้อน
- ทารกในครรภ์ได้รับสารตระกูล PFAS ผ่านทางสายสะดือ ส่วนเด็กทารกได้รับผ่านทางน้ำนมแม่

แนวปฏิบัติ



ผู้มีโฟมดับเพลิงในครอบครอง ผู้ใช้โฟมดับเพลิง และผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง

- บ่งชี้และแยกแยะโฟมดับเพลิงว่ามีสารในสารตระกูล PFAS หรือไม่
- สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE) ที่เหมาะสม ในระหว่างการใช้งานโฟมดับเพลิง และการจัดการหลังการใช้ และปฏิบัติตามข้อกำหนดอาชีวอนามัยอย่างเคร่งครัด
- วางแนวทางการจัดการเพื่อป้องกันการรั่วไหลและปนเปื้อนของสารตระกูล PFAS จากโฟมดับเพลิงตลอดช่วงชีวิต
- ไม่แนะนำให้ใช้น้ำโฟมดับเพลิงที่หมดอายุมาใช้ในการข่มดับเพลิง
- ไม่แนะนำให้ขายหรือให้โฟมดับเพลิง AFFF หรือ AR-AFFF* แก่แผนกดับเพลิงอื่นๆ

AR-AFFF (Alcohol Resistant Aqueous Film Forming Foam) คือ โฟมสร้างฟิล์มน้ำด้านทานแอลกอฮอล์สำหรับดับไฟที่เกิดจากเชื้อเพลิงประเภทตัวทำละลายมีขั้ว

สารตระกูล PFAS ในกลุ่มและกลุ่มย่อยอื่นๆ ยังเป็นสารตั้งต้นที่สามารถสลายตัวเป็นสารในกลุ่ม PFAAs ได้

PFAAs แม้จะเป็นสารกลุ่มเล็กในสารตระกูล PFAS แต่พบมากในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะสารกลุ่ม PFAAs สายยาวในสารกลุ่มย่อย PFCAs เช่น PFOA และสารกลุ่มย่อย PFSAAs เช่น PFOS และ PFHxS

สารตระกูล PFAS สายยาว ส่วนใหญ่เป็นสารพิษตกค้างยาวนาน สารกลุ่มย่อย PFSAAs สายยาวมี $C \geq 6$ ขณะที่สายสั้นมี $C \leq 5$ สารกลุ่มย่อย PFCAs สายยาวมี $C \geq 8$ ขณะที่สายสั้นมี $C \leq 7$

