



ผ่าวิกฤต!

ภัยแล้ง

กับทางเลือกการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

บ.ก.แถลง EDITOR'S TALK

สวัสดีค่ะท่านผู้อ่านเป็นอย่างไรกันบ้างค่ะ **Green Research** ฉบับที่ 33 ประจำเดือนพฤษภาคม 2559 นี้ จะนำเสนอประเด็นเกี่ยวกับทางเลือกในการรับมือกับวิกฤตภัยแล้งที่เหมาะสมกับประเทศไทย ในช่วงหลายเดือนที่ผ่านมาเราต้องทำการบันทึกเป็นสถิติของประเทศไทยเลยก็ว่าได้ถึง “วิกฤตภัยแล้งรุนแรงที่เกิดขึ้น” **Green Research** ฉบับนี้ได้นำเสนอสาระความรู้ทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ภัยแล้งของประเทศไทย รวมทั้งรูปแบบ/ทางเลือกการแก้ไขภัยแล้งโดยการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งมันเป็นเรื่องใกล้ตัวกับอุณหภูมิความร้อนที่เพิ่มขึ้น ติดตามได้ที่คอลัมน์เรื่องเด่นประจำฉบับ สำหรับคอลัมน์ติดตามเผ่าระวัง มาทำความรู้จักการคัดแยก/รีไซเคิล E-waste นอกระบบของประเทศจีน พร้อมทั้งสารพิษตกค้างยาวนานกับการเคลื่อนย้ายในสิ่งแวดล้อม และไมโครพลาสติกคืออะไร

ปิดท้ายเล่มกันที่ คอลัมน์ก้าวหน้าพัฒนา กระแสกำลังมาเลยคือ คลื่นความร้อนและการพัฒนาดัชนีความร้อน เพื่อการประยุกต์ใช้ศึกษาในประเทศไทย และอีกหนึ่งกระแสที่กำลังอินมาก คือ การบำบัดไซยาไนด์ จากเหมืองทองคำ ติดตามข้อมูลและสาระดีๆ ได้ในเล่มเลยคะ แล้วพบกันใหม่ฉบับหน้าค่ะ

GREEN RESEARCH

พฤษภาคม 2559

ที่ปรึกษา

ภาวิณี ปุณณกันต์

บรรณาธิการบริหาร

โสฬส ชันธุ์เครือ

กองบรรณาธิการ

นิตยา นักระนาด มิลน์

ศิรินภา ศรีทองทิม

หทัยรัตน์ การีเวทย์

เจนวิทย์ วงษ์ศานูน

ปัญญา ไยถาวร

รัฐ เรื่องโชติวิทย์

จินดารัตน์ เรื่องโชติวิทย์

อาทิตยา พามี

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

เทคโนโลยี ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง

จังหวัดปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 02-577-4182-9

โทรสาร 02-577-1138

www.deqp.go.th

CONTENTS

เรื่องเด่นประจำฉบับ

3 วิกฤตภัยแล้งรุนแรง ปี 2559

5 การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

7 การบำบัดน้ำ Greywater ด้วยถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปแบบเติมอากาศเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

10 ความรู้ ทศนคติ และพฤติกรรมของภาคส่วนต่างๆ ต่อการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่

ติดตามเผ่าระวัง

14 การคัดแยก/รีไซเคิล E-waste นอกระบบ (Informal Dismantling Recycling E-waste Sector) ในประเทศจีน

18 สารมลพิษตกค้างยาวนานกับการเคลื่อนย้ายในสิ่งแวดล้อม

21 ไมโครพลาสติกในทะเล

ก้าวหน้าพัฒนา

25 คลื่นความร้อนและการพัฒนาดัชนีความร้อน เพื่อการประยุกต์ใช้ศึกษาในประเทศไทย

32 การบำบัดไซยาไนด์

ERTC UPDATE

35 - ถ่ายทอดความรู้และรณรงค์หยุดการเผาพื้นที่การเกษตรในตำบลต้นแบบปลอดการเผา ณ โรงเรียนหัวย่นน้ำขุ่น ต.อานาไลาย อ.เวียงสา จ.น่าน

- การประชุมเชิงปฏิบัติการพัฒนาโครงการนำร่องพื้นที่รูปธรรมต้นแบบแห่งการเรียนรู้ของชุมชนในการแก้ไขปัญหาหมอกควันที่ยั่งยืนในพื้นที่ดอยยาว-ดอยผาหม่น

วิกฤตภัยแล้งรุนแรง ปี 2559

วิกฤตภัยแล้ง ทำให้ระดับน้ำเหนือเขื่อนเจ้าพระยาได้ลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ต้นปี 2559 ขณะที่ในเดือนมีนาคมนี้ น้ำในเขื่อนหลักที่ป้อนน้ำเข้าสู่แม่น้ำเจ้าพระยาทั้ง 4 เขื่อน (เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนแควน้อย และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์) เหลือน้ำใช้การได้เพียงร้อยละ 14 เท่านั้น นั่นคือ ยังคงเหลือน้ำใช้การได้จนถึงเดือนมิถุนายน ประมาณ 2,945 ล้าน ลบ.ม. ส่วนอ่างเก็บน้ำในอีก 10 เขื่อน ก็เข้าขั้นวิกฤต (เขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนแม่งัด เขื่อนห้วยหลวง เขื่อนคลองศรีรัต เขื่อนบางพระ เขื่อนกระเสียว เขื่อนลำปาว เขื่อนแม่กวง เขื่อนจุฬาภรณ์ และเขื่อนลำพระเพลิง) วิกฤตขาดน้ำทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทยนี้ นับว่าเป็นภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดในรอบ 20 ปี



การแก้ปัญหาจะเกิดโดยความร่วมมือจากทุกภาคส่วน ในการใช้น้ำอย่างประหยัด โดยเฉพาะคนกรุงเทพมหานครและปริมณฑลต้องลดการใช้น้ำประปา กรุงเทพมหานครมีการใช้น้ำมากเป็นอันดับ 3 ในอาเซียน รองจากสิงคโปร์และฟิลิปปินส์ ใช้น้ำประมาณวันละ 6 ล้าน ลบ.ม. หรือคนละ 200 ลิตร/วัน ขณะที่คนชนบทใช้น้ำเพียงคนละ 70 ลิตร/วัน นักวิชาการได้ประเมินว่าถ้าคนกรุงเทพฯ ลดการใช้น้ำได้ร้อยละ 30 ภายใน 3 เดือนนี้ ก็จะช่วยเพิ่มน้ำต้นทุนเพื่อผลิตน้ำประปาได้อีกกว่า 200 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งสามารถใช้น้ำได้อีก 1 เดือน ก็ยังมีน้ำใช้อย่างเพียงพอ



ที่มา : <http://www.mygreengardens.com/wp-content/uploads/2013/03/005.jpg>



ที่มา : <http://www.thaiarcheep.com/wp-content/uploads/2015/01/0911.jpg>

ในส่วนของภาคการเกษตร เกษตรกรในกลุ่มน้ำเจ้าพระยา ได้มีการปลูกข้าวนาปรังไปแล้วกว่า 2 ล้านไร่ ซึ่งกรมชลประทานก็ได้แจ้งว่าไม่มีสัดส่วนน้ำให้ทำนาปรังได้เลย แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ได้หยุดทำนาปรังแล้ว และได้รับการส่งเสริมให้ปลูกพืชที่ใช้น้ำน้อย เช่น ถั่วฝักยาว ถั่ว ข้าวโพดหวาน พริก และการเลี้ยงไก่พันธุ์พื้นเมือง การปรับตัวของเกษตรกร ใช้ภูมิปัญญาชาวบ้าน เช่น ใช้เทคโนโลยีน้ำหยด ใช้น้ำจากบ่อน้ำตื้นที่ขุดเจาะเอง เป็นต้น ในช่วงปลูกข้าวนาปีหรือรอยต่อระหว่างหน้าแล้งกับ

หน้าฝน คือ ปลายเดือนเมษายนกับต้นเดือนพฤษภาคมนั้น หากผู้ที่ไม่ได้ทำนาปรังในปีนี้ ซึ่งมีประมาณ 3-4 ล้านไร่ จะต้องลงนาปี และถ้าลงพร้อมกันก็จะต้องมีการเตรียมน้ำไว้ให้เกษตรกรทำนาปีซึ่งใช้น้ำ 2,000-3,000 ล้าน ลบ.ม. แต่ขณะนี้มีการสำรองน้ำไว้ใช้ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคมโดยเป้าหมายคือ 1,000 กว่าล้าน ลบ.ม. ใช้สำหรับอุปโภคบริโภคและรักษาระบบนิเวศเท่านั้น เพราะฉะนั้นในช่วงปลายเดือนเมษายนกับต้นเดือนพฤษภาคมจึงไม่สามารถจ่ายน้ำให้เกษตรกรได้ ภาครัฐก็ต้องทำความเข้าใจกับเกษตรกรเพื่อขอให้เลื่อนการทำนาปีออกไปก่อน



ที่มา : http://www.o-wat.com/images/sub_1215892584/20150929%20%231_2720.jpg

ในส่วนของผู้ประกอบการภาคเอกชน ก็มีการตื่นตัวในการประหยัดน้ำ โดยบางโรงงานได้นำน้ำที่ผ่านระบบบำบัดกลับมาใช้ใหม่นอกกระบวนการผลิตในโรงงาน เช่น รดต้นไม้และสนามหญ้า ใช้ทำความสะอาดพื้นบริเวณรอบโรงงาน แต่ปัจจุบัน การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในประเทศไทยยังไม่แพร่หลายเท่าที่ควร นอกจากนี้ บางโรงงานมีการจัดการน้ำด้วยการปรับน้ำใช้ในโรงงาน โดยใช้ระบบบำบัดน้ำเสียเหลือศูนย์ ซึ่งเป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการผสมผสานเทคโนโลยีการกรองน้ำด้วยเมมเบรน และการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีวภาพ น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณภาพสูงและสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้สูงสุด

จะเห็นว่า การนำน้ำที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้ใหม่ก็เป็นอีกหนึ่งวิธีที่จะแก้ไขปัญหาขาดแคลนน้ำใช้ ในระบบโรงงานได้เป็นอย่างดี ดังนั้นการแก้ปัญหาภัยแล้งในปี 2559 นี้ มีหลายวิธีให้เลือกปฏิบัติ และที่สำคัญยิ่งนั้นต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วนที่จะช่วยกันประหยัดน้ำอย่างรู้คุณค่าให้มากที่สุด แล้วเราก็จะผ่านพ้นวิกฤติภัยแล้งในครั้งนี้ไปด้วยกันได้



การนำน้ำ กลับมาใช้ใหม่

น้ำ

จำเป็นต่อสิ่งมีชีวิต แต่มีน้ำให้สิ่งมีชีวิตใช้ได้ไม่ถึง 1% ของปริมาณน้ำที่มีทั้งหมดในโลก ปัจจุบันการใช้น้ำในภาคชุมชน เกษตรกรรม และอุตสาหกรรมมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นทุกขณะตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งภัยแล้งที่เป็นผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้ฝนตกไม่ตรงตามฤดูกาล ผลที่ตามมาคือเกิดปัญหาขาดแคลนน้ำ การแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำมีหลากหลายวิธี ตัวอย่างเช่น การรณรงค์ให้ใช้น้ำอย่างประหยัดเพื่อลดปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อยืดเวลาให้มีน้ำใช้เพียงพอในช่วงระยะเวลาหนึ่ง การพัฒนาเทคโนโลยีและการปรับเปลี่ยนวิธีการในภาคเกษตรกรรมเพื่อการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่า รวมถึงการส่งเสริมให้ปลูกพืชที่ใช้น้ำน้อยในหน้าแล้ง การขาดแคลนน้ำโดยเฉพาะแหล่งน้ำผิวดินที่มีปริมาณน้ำลดลงจนไม่เพียงพอต่อความต้องการและไม่เพียงพอในการผลิตน้ำประปา เมื่อทรัพยากรน้ำจากแหล่งน้ำที่เหมาะสมมีไม่เพียงพอ ผู้ใช้น้ำจึงต้องหาน้ำจากแหล่งอื่น เช่น การขุดเจาะน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาล การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ก็เป็นอีกแนวทางหนึ่ง ที่เกิดจากการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้ซ้ำ แรงผลักดันของการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ นอกจากเกิดจากปัญหาการขาดแคลนน้ำแล้ว ยังเป็นแนวทางหนึ่งของการพัฒนาอย่างยั่งยืน นั่นคือการจัดการน้ำและพลังงานอย่างยั่งยืน และเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เนื่องจากการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำใหม่นั้นจะช่วยลดทั้งปริมาณการใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ และปริมาณการปล่อยน้ำเสียกลับสู่วัฏจักรของน้ำตามธรรมชาติอีกด้วย

การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (reclaimed water/recycled water/ water reuse) เป็นการนำน้ำเสียมาเป็นแหล่งน้ำต้นทุน โดยการบำบัดให้มีคุณสมบัติเหมาะสมตรงตามวัตถุประสงค์ที่จะนำกลับมาใช้ซ้ำใหม่ ปัจจุบันได้มีการศึกษาและลงทุนสร้างระบบการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่แล้วในหลายประเทศ สำหรับประเทศไทยนั้น การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ยังอยู่ในวงจำกัด เนื่องจากประชาชนหรือผู้ประกอบการขาดความรู้และความมั่นใจในแนวทางที่เหมาะสมและปลอดภัยในการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ซ้ำใหม่อีกครั้ง ด้วยเหตุนี้ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม โดยความร่วมมือกับประเทศญี่ปุ่น จึงได้จัดทำแนวทางสำหรับการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ของประเทศไทย (Water Reuse Guidelines)¹ เพื่อการสนับสนุนและส่งเสริมการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ของประเทศไทยให้เกิดขึ้นอย่างกว้างขวาง และเป็นที่ยอมรับของทุกภาคส่วน



แหล่งน้ำเสียสำหรับนำมาเป็นต้นทุนในการผลิตเป็นน้ำที่นำกลับมาใช้ใหม่ มาจากแหล่งกำเนิด 3 แหล่งด้วยกัน คือ ภาคชุมชน ภาคเกษตรกรรม และภาคอุตสาหกรรม น้ำเสียจากภาคชุมชน เช่น น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน น้ำทิ้งจากอาคาร น้ำเสียจากภาคเกษตรกรรม เช่น น้ำทิ้งจากฟาร์มปศุสัตว์ ฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และการเพาะปลูก น้ำเสียจากภาคอุตสาหกรรม เช่น น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิต เป็นต้น

จากการสำรวจข้อมูลการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในประเทศไทย ในส่วนของภาคชุมชน ภาคเกษตรกรรม และภาคอุตสาหกรรม มีดังนี้

| ภาคชุมชน | ภาคเกษตรกรรม | ภาคอุตสาหกรรม |
|--|--|---|
| พบว่า อาคารประเภทโรงพยาบาล และคอนโดมิเนียม (ร้อยละ 17) มีการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งส่วนใหญ่ใช้รดน้ำต้นไม้ และกิจกรรมอื่นๆ เช่น ทำความสะอาดพื้น ดับเพลิง เป็นต้น ส่วนอาคารประเภทอื่นๆ เช่น หอพัก ร้านอาหาร ตลาด และอื่นๆ รวมร้อยละ 82 ไม่มีการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ *จำนวนแบบสอบถาม 100 ชุด ร้อยละ 75 จากภาคกลาง | แบ่งเป็นการเกษตร (ร้อยละ 83) ปศุสัตว์ (ร้อยละ 14) และพื้นที่สีเขียวสวนสาธารณะ (ร้อยละ 3) พบว่า เกษตรกรมีการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่เพียงร้อยละ 13 ในการทำฟาร์มกล้วยไม้ และฟาร์มสุกร ในฟาร์มกล้วยไม้มีการรวบรวมน้ำส่วนเกินจากการรดน้ำกล้วยไม้กลับมาใช้ซ้ำ ในฟาร์มสุกรมีการใช้น้ำทิ้งจากบ่อที่บำบัดแล้วมาล้างพื้นโรงเรือนและรดน้ำต้นไม้ รดน้ำพืชไร่ เช่น อ้อย ข้าวโพด และส่งไปยังนาข้าว *จำนวนแบบสอบถาม 101 ชุด ร้อยละ 56 จากภาคกลาง | พบว่า โรงงานอุตสาหกรรมมากกว่า ร้อยละ 50 มีการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ ในการรดน้ำต้นไม้ ล้างพื้น ใช้ในระบบ ชักโครก ระบบดับเพลิง เป็นต้น *จำนวนแบบสอบถาม 100 ชุด ร้อยละ 63 จากภาคกลาง ร้อยละ 45 อยู่ในเขตนิคมอุตสาหกรรม |

ในต่างประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา มีการประมาณการว่าจะมีการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ 7-8% ของปริมาณน้ำเสียชุมชนที่เกิดขึ้น และมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในอนาคต ประเทศออสเตรเลียได้มีการตั้งเป้าหมายไว้ว่าจะมีการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ประมาณ 30% ของปริมาณน้ำเสียภายในปี 2015 ประเทศซาอุดีอาระเบียจะเพิ่มการใช้น้ำซ้ำเป็น 65% ในปี 2516 ในประเทศสิงคโปร์จะนำน้ำมาใช้ซ้ำ 30% และมีแผนลดการนำน้ำเข้าจากประเทศมาเลเซีย ส่วนประเทศอิสราเอลนั้น จะใช้น้ำซ้ำมากที่สุด คือ 70% ของปริมาณน้ำทิ้งชุมชน²

เอกสารอ้างอิง

⁽¹⁾ กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, แนวทางสำหรับการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ของประเทศไทย (Water Reuse Guidelines) เข้าถึงจากเว็บไซต์ http://waterreusecenter.deqp.go.th/index.php?option=com_content&view=article&id=115&Itemid=23

⁽²⁾ USEPA, Guidelines for water reuse, EPA/600/R-12/618, September 2012.

การบำบัดน้ำ Greywater

ด้วยถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปแบบเติมอากาศ เพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

น้ำทิ้งชุมชน (Domestic wastewater) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ น้ำเสียจากการซักล้าง (Greywater) และน้ำจากส้วม (Blackwater) “น้ำ Greywater” คือ น้ำที่เกิดจากกิจกรรมการชำระล้าง ทำความสะอาดภายในบ้านและที่พักอาศัย เช่น อาบน้ำ ซักผ้า อ่างล้างหน้า อ่างล้างมือ และห้องครัว เป็นต้น โดยน้ำ Greywater จะประกอบด้วยสบู่ ยาสระผม ยาสีฟัน เศษอาหาร น้ำมันจากการทำอาหาร สารซักฟอกและเศษเส้นผม รวมถึงสารตกค้างจากผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดต่างๆ แต่ไม่มีการปนเปื้อนสิ่งขับถ่ายอย่างอุจจาระหรือปัสสาวะ น้ำ Greywater จึงไม่เข้าข่ายน้ำเสียที่ต้องผ่านการบำบัดแบบเต็มรูปแบบ น้ำ Greywater มีปริมาณร้อยละ 50-80 ของปริมาณน้ำเสียครัวเรือนทั้งหมด จะเห็นได้ว่า น้ำ Greywater จะมีปริมาณมาก มีความสกปรกน้อยและมีความเสี่ยงต่อจุลินทรีย์ก่อโรคน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำ Blackwater ดังนั้นการนำน้ำ Greywater กลับมาใช้ใหม่ด้วยถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปที่นิยมใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือน และมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นระบบที่ติดตั้งและดูแลรักษาได้ง่าย มีวางจำหน่ายในท้องตลาดจึงเป็นเทคโนโลยีทางเลือกหนึ่งในการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือน

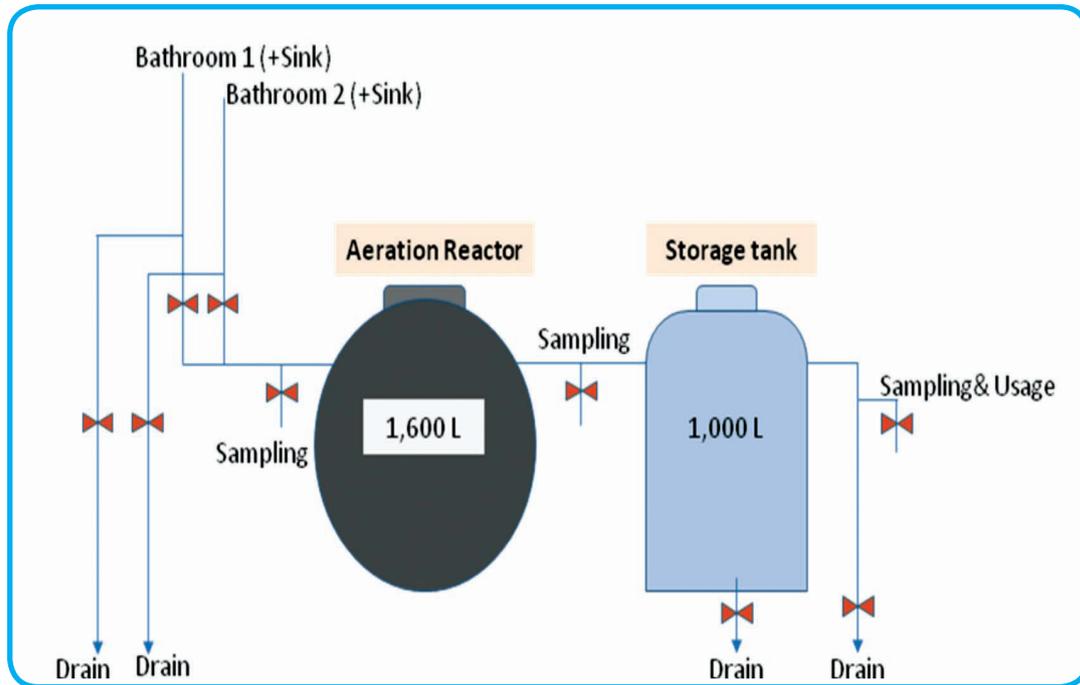
ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม จึงได้ทำการศึกษการบำบัดน้ำเสียจากการซักล้าง (Greywater) ด้วยถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำ Greywater กลับมาใช้ใหม่ ซึ่งจะช่วยลดปริมาณการใช้น้ำประปา น้ำดิบจากธรรมชาติ แก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ประสบภัยแล้ง ลดการปลดปล่อยมลพิษลงสู่ธรรมชาติ สามารถช่วยเติมน้ำคืนสู่แหล่งน้ำใต้ดินและแหล่งน้ำธรรมชาติได้อีกด้วย

พื้นที่ศึกษา (Study Site)



รูปที่ 1 อาคารพักอาศัยของเจ้าหน้าที่กองพันทหารราบที่ 11 รักษาพระองค์

แผนผังและระบบบำบัดน้ำ Greywater ด้วยถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปแบบเติมอากาศ



รูปที่ 2 แผนผังระบบบำบัดน้ำ Greywater ด้วยถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป



รูปที่ 3 ระบบบำบัดน้ำ Greywater ด้วยถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปแบบเติมอากาศ
ขนาด 1,600 ลิตร สำหรับสมาชิก 5 คน

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป

ผลการศึกษาได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมีของผู้อาศัย 1 ห้องที่มีผู้พักอาศัย 1 คน(โสด)และ 5 คน (ครอบครัว) และรวมผู้อาศัย 2 ห้อง เทียบกับมาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน พบว่าถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป

แบบเติมอากาศ มีค่า บีโอดี ของแข็งแขวนลอย และไนโตรเจนทั้งหมด จาก 1 ห้อง สมาชิก 1 คน และ 5 คน รวม 2 ห้อง สมาชิก 6 คน มีค่าระหว่าง 1-14, 0-14 และ 0.8-11 ผ่านเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดมีค่าเกินเกณฑ์ค่ามาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยต่ำสุด-สูงสุดของประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมีของถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปแบบเติมอากาศ

| พารามิเตอร์ | มาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน | น้ำทิ้งจากถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป | | |
|--------------------------|--|------------------------------------|----------------------|----------------------|
| | | 1 ห้อง (สมาชิก 1 คน) | 1 ห้อง (สมาชิก 5 คน) | 2 ห้อง (สมาชิก 6 คน) |
| บีโอดี (มก./ล.) | ≤ 20 | 2 - 5 | 1 - 7 | 8 - 14 |
| ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.) | ≤ 80 | 2 - 12 | 0 - 7 | 2 - 14 |
| ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มก./ล.) | ≤ 2 | 0.2 - 5 | 0.4 - 2.8 | 1.0 - 11 |
| ไนโตรเจนทั้งหมด (มก./ล.) | ≤ 20 | N/A | 0.8 - 8.6 | 2.1 - 11 |

และผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดทางชีววิทยาของถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปแบบเติมอากาศ พบว่า น้ำจากห้องคนโสดที่มีสมาชิก 1 คน มีค่าเฉลี่ยของค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด ต่ำกว่าห้องครอบครัวที่มีสมาชิก 5 ถึง 6 คน เนื่องจากประเทศไทยไม่มีมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งทางชีววิทยา คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการเปรียบเทียบค่าการบำบัดทางชีววิทยาของถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปกับค่ามาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 3 พบว่าน้ำจากห้องคนโสดที่มีสมาชิก 1 คน มีค่าผ่านเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 3 สามารถนำน้ำไปใช้ในการเกษตรได้ ดังแสดงผลการศึกษาในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยต่ำสุด-สูงสุดและค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการบำบัดทางชีวภาพของถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป

| พารามิเตอร์ | มาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 3 | น้ำทิ้งจากถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป | | |
|--|-----------------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------|
| | | 1 ห้อง (สมาชิก 1 คน) | 1 ห้อง (สมาชิก 5 คน) | 2 ห้อง (สมาชิก 6 คน) |
| แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria) | ≤ 200 (เอ็ม.พี.เอ็น/มล.) | 2 - 5 | 1 - 7 | 8 - 14 |
| อีโคไล (E. Coli) | ≤ 40 (เอ็ม.พี.เอ็น/มล.) | 2 - 12 | 0 - 7 | 2 - 14 |

หมายเหตุ น้ำผิวดินประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อนและการเกษตร)

สรุปผลการศึกษา

1. ถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปแบบเติมอากาศขนาด 1,600 ลิตร สามารถบำบัดน้ำเสียจากการซักล้าง (Greywater) จากครัวเรือนที่มีสมาชิกจำนวน 1 คน ถึง 6 คนได้ดี โดยมีค่าบีโอดี ของแข็งแขวนลอย และไนโตรเจนทั้งหมด ผ่านเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน

2. น้ำเสียจากการซักล้าง (Greywater) ที่ผ่านการบำบัดด้วยถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปแบบเติมอากาศ สำหรับห้องพักที่มีสมาชิก 1 คน (คนโสด) มีค่าแบคทีเรียเฉลี่ยต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 3 สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ในทางการเกษตรได้ ส่วนห้องที่มีสมาชิก 5 ถึง 6 คน ควรมีการปรับสภาพน้ำโดยการฆ่าเชื้อแบคทีเรียก่อนนำกลับมาใช้ใหม่



ความรู้ ทักษะ และพฤติกรรม ของภาคส่วนต่างๆ ต่อการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่

เป็นที่ทราบกันดีว่าปัญหาการขาดแคลนน้ำใช้ในการอุปโภคและบริโภคในปัจจุบันนี้เป็นปัญหาระดับชาติที่จำเป็นต้องให้ความสำคัญและแก้ไขอย่างเร่งด่วน โดยแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัดในปัจจุบันนั้น เมื่อเรียงลำดับความสำคัญของการใช้น้ำตามนโยบายรัฐบาลแล้วระบุว่า อันดับแรกต้องให้ความสำคัญเพื่อใช้ในการอุปโภคและบริโภค รองลงมาคือเพื่อรักษาสภาพทางนิเวศวิทยา น้ำที่เหลือจากกิจกรรมดังกล่าวแล้วจึงจะสามารถนำไปใช้สำหรับกิจกรรมอื่น ๆ เช่น กิจกรรมภาคการเกษตร แต่ความเป็นจริงในปัจจุบัน โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง แม้แต่น้ำสำหรับการอุปโภคและบริโภคน้ำยังขาดแคลนอย่างมาก ดังนั้น น้ำใช้สำหรับกิจกรรมอื่น ๆ ที่มีความสำคัญในลำดับถัดไปย่อมขาดแคลนตามไปด้วย ในขณะที่แหล่งน้ำธรรมชาติสำหรับใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ มีอยู่อย่างจำกัด เหมือนกับความมีดมีดที่ปักคลุมไปทั่วทั้งถ้ำ แต่ก็ยังพอจะมีแสงสว่างที่ปลายอุโมงค์ เมื่อพบว่าแหล่งน้ำอื่นอีกแหล่งหนึ่งที่สามารถจะทดแทนสำหรับการใช้น้ำในบางกิจกรรมได้ซึ่งก็คือ น้ำทิ้งจากภาคส่วนต่าง ๆ ที่ผ่านการบำบัดแล้ว ไม่ว่าจะเป็นน้ำทิ้งจากภาคชุมชน อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม โดยปริมาณของน้ำดังกล่าวมีปริมาณที่แน่นอนและยังมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามกิจกรรมที่กล่าวมาแล้ว เพียงแต่ยังขาดข้อมูลด้านต่าง ๆ ในการตัดสินใจที่จะนำไปใช้

จากการศึกษาทัศนคติและพฤติกรรมของภาคส่วนต่าง ๆ ต่อการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่ โดยการใช้แบบสอบถามและสัมภาษณ์เชิงลึกในครั้งนี้ เป็นอีกหนึ่งช่องทางที่สามารถจะนำเสนอความรู้ ทัศนคติ ความต้องการ และพฤติกรรม การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ของภาคส่วนต่าง ๆ สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจดำเนินการใด ๆ เกี่ยวกับการรณรงค์และส่งเสริมการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่เพื่อบรรเทาหรือลดปัญหาการขาดแคลนแหล่งน้ำสำหรับใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ต่อไป

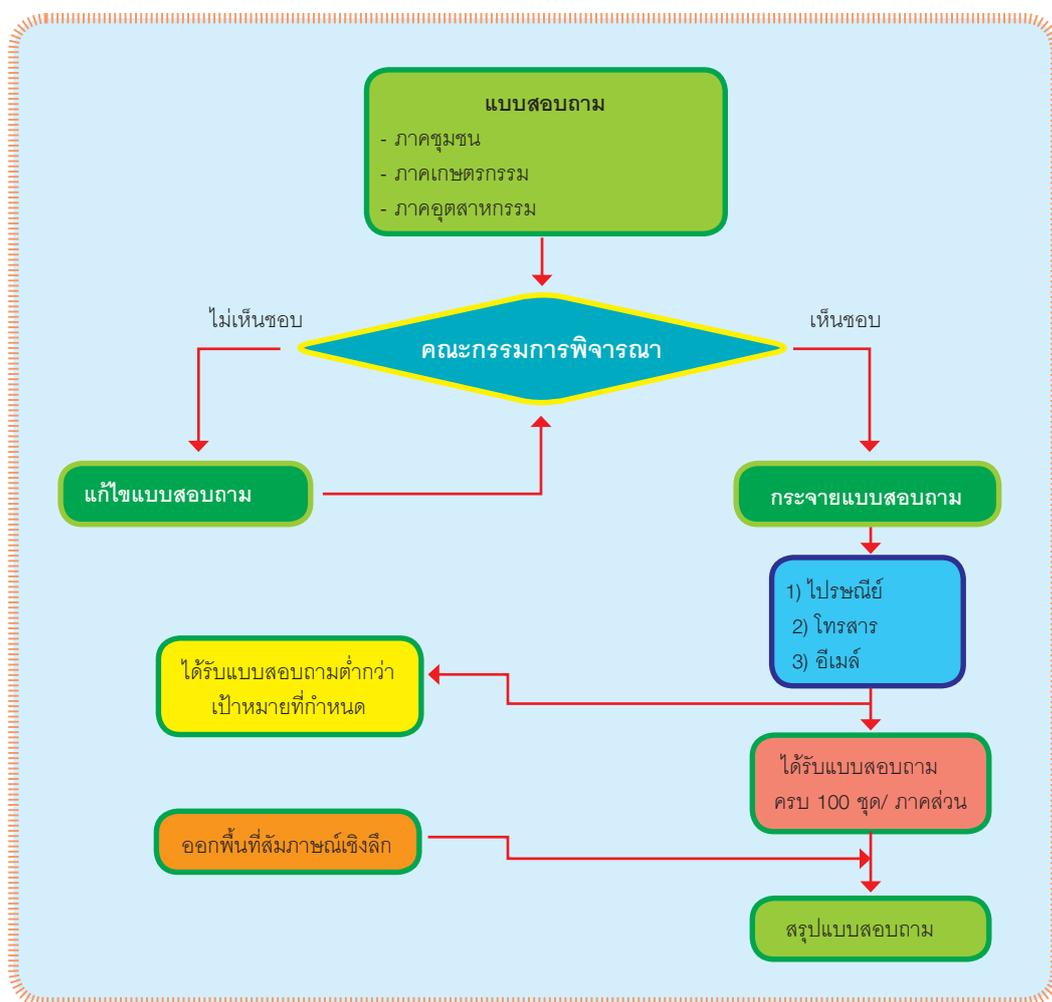
วิธีการสำรวจข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม

1. การเลือกเป้าประสงค์ผู้ใช้น้ำ แบบสอบถามได้ดำเนินการในปี พ.ศ. 2556 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปของหน่วยงาน/สถานประกอบการ ข้อมูลการใช้น้ำ ปริมาณการใช้น้ำ และแหล่งน้ำที่ใช้ในปัจจุบัน ข้อมูลน้ำเสีย และระบบบำบัดน้ำเสีย ข้อมูลการหมุนเวียนน้ำ ความต้องการใช้น้ำที่ผ่านการบำบัด ค่าธรรมเนียมการใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดจากโรงบำบัดน้ำเสีย ความต้องการใช้ประโยชน์จากน้ำที่ผ่านการบำบัดจากโรงบำบัดน้ำเสียแทนน้ำที่ใช้ในปัจจุบัน รวมถึงกิจกรรม

ที่ต้องการนำน้ำไปใช้ การเข้าใจและยอมรับค่าธรรมเนียมการใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดจากโรงบำบัดน้ำเสีย และอัตราค่าธรรมเนียมที่ยอมรับได้ โดยแบ่งตามภาคส่วนที่มีการนำน้ำกลับมาใช้ประโยชน์ คือ ภาคชุมชน ภาคเกษตรกรรม และภาคอุตสาหกรรม

2. องค์ประกอบของแบบสอบถาม มีองค์ประกอบต่างๆ 5 ส่วน คือ ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลการใช้น้ำ ข้อมูลความรู้และการจัดการน้ำเสีย ข้อมูลการหมุนเวียนน้ำและการใช้ประโยชน์จากน้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำ และความพึงพอใจในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ และการจัดเก็บค่าธรรมเนียมน้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

3. วิธีการกระจายแบบสอบถาม โดยการจัดส่งแบบสอบถามไปยังภาคส่วนต่างๆ ได้แก่ ภาคชุมชน ภาคเกษตรกรรม และภาคอุตสาหกรรม ผ่านช่องทางการส่งไปรษณีย์ โทรสาร และอีเมล ซึ่งในการสำรวจครั้งนี้มีขอบเขตการจัดเก็บข้อมูลแต่ละภาคส่วนให้ได้ไม่น้อยกว่า 100 ฉบับ ดังนั้นจึงมีจำนวนแบบสอบถามรวมกันไม่น้อยกว่า 300 ชุด เมื่อได้รับแบบสอบถามคืนกลับมาแล้ว ภาคส่วนใดมีจำนวนไม่ครบตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ จะทำการสำรวจข้อมูลเพิ่มเติมโดยการลงพื้นที่สัมภาษณ์เชิงลึกต่อกลุ่มเป้าหมาย ขั้นตอนการสำรวจข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการสำรวจข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม

ผลการสำรวจแบบสอบถาม

แหล่งน้ำใช้ของภาคส่วนต่างๆ พบว่า แหล่งน้ำใช้หลักของภาคครัวเรือน คือ น้ำประปา คิดเป็นร้อยละ 96 ภาคเกษตรกรรม คือ แหล่งน้ำธรรมชาติ คิดเป็นร้อยละ 62 และภาคอุตสาหกรรม คือ น้ำประปา คิดเป็นร้อยละ 52 ความเพียงพอของแหล่งน้ำใช้ทั้ง 3 ภาคส่วน พบว่า ส่วนใหญ่มีน้ำใช้อย่างเพียงพอ ยกเว้น ผู้ใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ จะขาดแคลนน้ำช่วงฤดูแล้ง ระหว่างเดือนมีนาคม ถึง เดือนพฤษภาคม โดยเฉพาะภาคเกษตรกรรมที่ใช้แหล่งน้ำธรรมชาติเป็นหลัก

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลแหล่งน้ำใช้ของภาคส่วนต่าง ๆ (ร้อยละ)

| แหล่งน้ำใช้ | ชุมชน | เกษตรกรรม | อุตสาหกรรม |
|-----------------------------|-------|-----------|------------|
| ประปา | 96 | 6 | 52 |
| ธรรมชาติ | - | 62 | 16 |
| บาดาล | 4 | 14 | 28 |
| อื่นๆ เช่น น้ำฝน บ่อขุด บึง | - | 18 | 4 |

ปริมาณและการจัดการน้ำเสีย พบว่า ภาคชุมชนมีระบบบำบัดน้ำเสีย คิดเป็นร้อยละ 27 โดยส่วนมากจะเป็นอาคารขนาดใหญ่ ได้แก่ ห้างสรรพสินค้าและโรงพยาบาล ภาคเกษตรกรรมมีระบบบำบัดน้ำเสีย คิดเป็นร้อยละ 13 มีอยู่ในการเลี้ยงปลุสัตว์ประเภทฟาร์มเลี้ยงหมู ภาคอุตสาหกรรมมีระบบบำบัดน้ำเสีย คิดเป็นร้อยละ 59 ส่วนใหญ่เป็นระบบบำบัดน้ำเสียประเภทบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon) รองลงมาคือ ระบบแอกทิเวตเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge; AS)

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลการจัดการน้ำเสียของภาคส่วนต่าง ๆ (ร้อยละ)

| การจัดการน้ำเสีย | ชุมชน | เกษตรกรรม | อุตสาหกรรม |
|-------------------------------|-------|-----------|------------|
| มีระบบบำบัดน้ำเสีย | 27 | 13 | 59 |
| ไม่มีระบบบำบัดน้ำเสีย | 62 | 87 | 12 |
| ส่งให้การนิคมฯ/บริษัทรับบำบัด | - | - | 13 |
| ไม่มีข้อมูล | 11 | - | 16 |

การหมุนเวียนน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ประโยชน์พบว่าภาคอุตสาหกรรมเป็นภาคส่วนที่มีการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ซ้ำมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 40 รองลงมา คือ ภาคชุมชน คิดเป็นร้อยละ 17 และภาคเกษตรกรรม คิดเป็นร้อยละ 13 ซึ่งการหมุนเวียนน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ประโยชน์ สอดคล้องกับข้อมูลการจัดการน้ำเสีย คือ หากมีระบบบำบัดน้ำเสีย จะมีการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ โดยกิจกรรมหลักที่มีการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ คือ รดน้ำต้นไม้ ล้างพื้น

ตารางที่ 3 แสดงการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ของภาคส่วนต่าง ๆ

| การหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ (ร้อยละ) | ชุมชน | เกษตรกรรม | อุตสาหกรรม |
|---------------------------------------|-------|-----------|------------|
| มีการหมุนเวียนน้ำ | 17 | 13 | 40 |
| ไม่มีการหมุนเวียนน้ำ | 83 | 87 | 52 |
| ไม่มีข้อมูล | - | - | 8 |

ความต้องการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ พบว่า ทุกภาคส่วนมีความต้องการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 41 - 46 ซึ่งสาเหตุหลักที่ต้องการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ คือ ประหยัดค่าใช้จ่าย และทดแทนแหล่งน้ำปัจจุบัน โดยภาคเกษตรกรรมที่ส่วนมากใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง ต้องการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ เนื่องจากขาดแคลนน้ำในฤดูแล้ง ในขณะที่คุณภาพน้ำที่ทุกภาคส่วนมีความห่วงกังวล คือ ความสะอาด และเชื้อโรคโดยภาคการเกษตรมีความกังวลเพิ่มเติมเรื่องความเค็มของน้ำ ส่วนภาคอุตสาหกรรมมีความกังวลเพิ่มเติมเรื่องความกระด้าง และนอกจากความกังวลในเรื่องคุณภาพน้ำแล้วยังมีความกังวลในประเด็นของเทคโนโลยีที่นำมาปรับปรุงคุณภาพน้ำ ความเพียงพอ และระบบท่อส่งน้ำ

ตารางที่ 4 แสดงความต้องการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำของภาคส่วนต่างๆ

| ความต้องการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ (ร้อยละ) | ชุมชน | เกษตรกรรม | อุตสาหกรรม |
|---------------------------------------|-------|-----------|------------|
| ต้องการ | 41 | 44 | 46 |
| ไม่ต้องการ | 59 | 51 | 32 |
| ไม่ให้ข้อมูล | - | 5 | 22 |

ความยินดีจ่ายค่าน้ำที่มีการบำบัดหรือปรับปรุงคุณภาพแล้ว พบว่า อัตราค่าน้ำที่เกิดจากการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ได้ตามต้องการ หรือซื้อจากหน่วยงานที่จัดหาที่ผ่านบำบัดให้ โดยภาคส่วนที่ความยินดีจ่ายมากที่สุด คือ ภาคชุมชน คิดเป็นร้อยละ 78 ส่วนภาคเกษตรกรรม คิดเป็นร้อยละ 46 และอุตสาหกรรม คิดเป็นร้อยละ 48

ตารางที่ 5 แสดงการยอมรับในการจ่ายค่าธรรมเนียมค่าน้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพของภาคส่วนต่างๆ

| การยอมรับในการจ่ายค่าธรรมเนียม (ร้อยละ) | ชุมชน | เกษตรกรรม | อุตสาหกรรม |
|---|-------|-----------|------------|
| ยอมรับ | 78 | 46 | 48 |
| ไม่ยอมรับ | 11 | 43 | 19 |
| ไม่แสดงความคิดเห็น | 11 | 11 | 33 |

ความคิดเห็นของความเหมาะสมของค่าธรรมเนียมค่าน้ำที่มีการบำบัด หรือปรับปรุงคุณภาพแล้วของภาคชุมชน ยินดีจ่ายค่าน้ำ 7 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ภาคเกษตรกรรม ยินดีจ่ายค่าน้ำ 4 บาทต่อลูกบาศก์เมตร และภาคอุตสาหกรรม ยินดีจ่ายค่าน้ำ 5 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

สรุปผลการศึกษา

น้ำจากแหล่งน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วสามารถที่จะนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้หากมีข้อมูลหรือแนวทางการนำไปใช้ หรือส่งเสริมอย่างชัดเจนและเป็นรูปธรรม เพื่อทดแทนแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัด โดยเฉพาะในภาคเกษตรกรรม ซึ่งข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามภาคส่วนต่างๆ แสดงให้เห็นว่าภาคชุมชน และ ภาคอุตสาหกรรม ใช้น้ำประปาเป็นหลัก ในขณะที่ภาคเกษตรกรรมใช้น้ำธรรมชาติเป็นหลักและขาดแคลนในช่วงฤดูแล้ง การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่มีสัดส่วนมากที่สุดในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากภาคอุตสาหกรรมมีสัดส่วนของการบำบัดน้ำเสียมากที่สุด โดยจะนำมาใช้สำหรับรดน้ำต้นไม้ และล้างพื้น ในขณะที่ความต้องการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำใกล้เคียงกัน โดยมีสาเหตุหลักเพื่อการประหยัดค่าใช้จ่าย และ ทดแทนแหล่งน้ำปัจจุบัน ส่วนความยินดีจ่ายค่าน้ำที่มีการบำบัดหรือปรับปรุงคุณภาพแล้ว พบว่า ภาคชุมชนยินดีจ่ายมากที่สุด รองลงมาคือภาคเกษตรกรรม และภาคอุตสาหกรรม ตามลำดับ





การคัดแยก/รีไซเคิล E-waste นอกระบบ (Informal Dismantling Recycling E-waste Sector) ในประเทศจีน

แหล่งกำเนิด E-waste ในประเทศจีน

แหล่งกำเนิด E-waste ในประเทศจีน ส่วนใหญ่มาจาก 3 แหล่ง ได้แก่ การบริโภคเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายในประเทศ การนำเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จากต่างประเทศ และจากโรงงานผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ภายในประเทศ ซึ่งในปัจจุบันพบว่าประเทศจีนมีการนำเข้า E-waste ผิดกฎหมายจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก เช่น สหรัฐอเมริกา ยุโรป รวมทั้งประเทศในทวีปเอเชีย ตลอดจนเกาหลีใต้ และญี่ปุ่น จึงส่งผลให้ประเทศจีนเป็นแหล่งรวม E-waste ที่มากที่สุดในโลก และจากการนำเข้า E-waste ที่ผิดกฎหมายเข้ามาในประเทศจีนดังกล่าว ก่อให้เกิดผลประโยชน์มหาศาลกับกิจการคัดแยก-รีไซเคิล E-waste นอกระบบ ที่มีกระบวนการคัดแยก-รีไซเคิลที่มีราคาถูกและไม่รับผิดชอบต่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งยังผลักภาระการกำจัดของเสียอันตรายที่เกิดจากกระบวนการรีไซเคิลให้กับท้องถิ่นในพื้นที่ นอกจากนี้ ประเทศจีนยังเป็นประเทศที่มีการส่งออกเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มากที่สุด โดยมีมูลค่าถึง 227.46 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ จึงทำให้มี E-waste บางส่วนที่เกิดจากกระบวนการผลิตของโรงงานด้วย ดังนั้นปัจจุบันประเทศจีนจึงเป็นประเทศที่มีการผลิต การบริโภค และการส่งออกเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มากที่สุดในโลก ประกอบกับผู้บริโภคเครื่องใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่ของประเทศจีนนิยมขายเครื่องใช้ไฟฟ้าเก่าให้กับผู้รับซื้อของเก่าตามบ้านเรือน ซึ่งจะมีการเก็บรวบรวมและส่งต่อไปให้กับกิจการขายเครื่องใช้ไฟฟ้ามือสอง เพื่อนำไปปรับปรุงซ่อมแซมและนำไปขายต่อไป และบางส่วนที่ไม่สามารถซ่อมได้จะถูกส่งไปคัดแยก/รีไซเคิลนอกระบบ ทั้งนี้ ปริมาณ E-waste ประมาณ 60 % ในประเทศจีนจะถูกส่งต่อไปยังกิจการคัดแยก/รีไซเคิลนอกระบบ นอกเหนือจากนั้น สภาพเศรษฐกิจและสังคมของประเทศจีน เป็นปัจจัยหนึ่งที่กำหนดรูปแบบการคัดแยก/รีไซเคิล E-waste ในประเทศจีน กล่าวคือ ความไม่เท่าเทียมกันระหว่างรายได้ของคนชนบทกับ

คนเมือง ส่งผลถึงความสามารถที่จะเป็นเจ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าใหม่ ทำให้เครื่องใช้ไฟฟ้าเก่าหรือตกทุนจึงถูกนำซ่อมแซมและขายต่อให้กับคนในชนบท ดังนั้นความต้องการเครื่องใช้ไฟฟ้ามือสองของคนในชนบท ประกอบกับอายุการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีระยะสั้น จึงเป็นตัวเร่งให้เกิดกิจการรับซื้อของเก่าตามบ้าน กิจการขายเครื่องใช้ไฟฟ้ามือสองจากเมืองสู่ชนบท รวมถึงกิจการคัดแยก-รีไซเคิลนอกระบบในประเทศจีน

การคัดแยก/รีไซเคิล E-waste นอกระบบ

การประกอบการคัดแยก/รีไซเคิล E-waste นอกระบบ (Informal E-waste Dismantling Recycling Sector) หรือการประกอบการคัดแยก/รีไซเคิล E-waste แบบผิดกฎหมาย (Illegal E-waste Recycling Sector) หรือ การประกอบการคัดแยก/รีไซเคิล E-waste ราคาถูก (Low Cost Recycling Site) พบมากที่สุดที่ Guiyu และ Taizhou โดยที่ Guiyu เป็นเมืองศูนย์กลางรีไซเคิล E-waste ที่ใหญ่ที่สุดของประเทศจีน มีคนงานมากถึง 150,000 คน รวมกับผู้อพยพเข้ามาทำงานจากเมืองอื่นกว่า 100,000 คน โดยที่คนทำงานส่วนใหญ่เป็นผู้หญิงและเด็ก Guiyu มีโรงงานคัดแยก/รีไซเคิลในระบบจำนวน 300 บริษัท และการคัดแยก/รีไซเคิลนอกระบบมากกว่า 3,000 แห่ง ส่วน Taizhou เป็นเมืองที่มีการประกอบการคัดแยก/รีไซเคิลนอกระบบมารวม 25 ปี โดยมีการนำเข้า E-waste เข้ามาในเมืองและมีปริมาณผลผลิตจากการคัดแยก/รีไซเคิล จำนวน 2.2 ล้านตัน/ปี

การประกอบการคัดแยก/รีไซเคิล E-waste นอกระบบเป็นการประกอบการรีไซเคิลที่มีราคาถูก ส่งผลให้มีอัตราการขยายตัวอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในประเทศที่กำลังพัฒนา ซึ่งรวมถึงประเทศจีนด้วย ทั้งนี้เนื่องจากประชาชนในประเทศจีนยังมีความต้องการเครื่องใช้ไฟฟ้ามือสองประกอบกับผู้ซื้อเครื่องใช้ไฟฟ้าเก่าหรือเสื่อมสภาพ นิยมขายเครื่องใช้ไฟฟ้าเก่าให้กับผู้รับซื้อของเก่าตามบ้าน ซึ่งส่งผลให้ผู้ประกอบการคัดแยก/รีไซเคิลนอกระบบสามารถหา

ซื้อวัตถุดิบ E-waste เพื่อประกอบการได้ง่ายและมีปริมาณวัตถุดิบ E-waste เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ การประกอบการคัดแยก/รีไซเคิลนอกระบบนี้ นอกจากจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและต่อสุขภาพของคนงานแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อระบบการเรียกคืนซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้ผลิตตามนโยบายของรัฐบาล เนื่องจากการคัดแยก/รีไซเคิล E-waste นอกระบบสามารถดึงเอาวัตถุดิบ E-waste จากผู้บริโภคผ่านทางช่องทางผู้รับซื้อของเก่าตามบ้านได้ง่าย และสะดวกกว่า ทำให้โรงงานรีไซเคิลในระบบขาดแคลนวัตถุดิบ E-waste และจากประสบการณ์การจัดการ E-waste ของประเทศจีน พบว่า นโยบายการห้าม หรือยับยั้ง การประกอบการคัดแยก/รีไซเคิลนอกระบบ รวมทั้งการเก็บรวบรวม E-waste ของผู้รับซื้อของเก่าตามบ้านไม่สามารถแก้ไขปัญหาการขาดวัตถุดิบ E-waste ป้อนโรงงานรีไซเคิลแบบเป็นทางการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น ระบบการรีไซเคิลในระบบ (Formal Recycling System) ตามกฎหมายควรพิจารณานำเอาการประกอบการรีไซเคิลนอกระบบเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในระบบการจัดการ E-waste ด้วย แต่อย่างไรก็ตามรัฐบาลควรมีนโยบายด้านการพัฒนากระบวนการคัดแยก/รีไซเคิลนอกระบบให้มีกระบวนการที่ถูกหลักวิชาการ และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงการปรับปรุงกระบวนการทำงานของคนงานให้มีความปลอดภัย ตลอดจนพิจารณาเพิ่มช่องทางให้การประกอบการนอกระบบเหล่านี้เข้ามามีส่วนร่วมในระบบ ดังนั้น กุญแจสำคัญของการจัดการปัญหา E-waste นอกระบบ คือการพัฒนากลไก/สร้างแรงจูงใจ/สร้างระบบการเงิน ที่สามารถดึงเอาการประกอบการรีไซเคิลนอกระบบที่มีการพัฒนากระบวนการรีไซเคิลที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพเข้ามาไว้ในระบบ ซึ่งจะช่วยผลักดันให้วัตถุดิบ E-waste ส่งเข้าในกระบวนการรีไซเคิลในระบบตามกฎหมายของประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การปนเปื้อนของสารพิษบริเวณโดยรอบของพื้นที่การคัดแยก/รีไซเคิล E-waste นอกระบบ

การประกอบการคัดแยก/รีไซเคิล E-waste นอกระบบเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารพิษในสิ่งแวดล้อม ในประเทศกำลังพัฒนาหลายประเทศรวมถึงประเทศจีน พบการปนเปื้อนโลหะหนัก Polychlorinated biphenyls ในดิน แหล่งน้ำ และน้ำใต้ดิน ตัวอย่างเช่น พื้นที่การคัดแยก/รีไซเคิล E-waste นอกระบบใน Longtang, South China พบการปนเปื้อนโลหะหนักบริเวณผิวดินที่มีการเผา E-waste หรือมีกระบวนการแยกโลหะมีค่าจาก E-waste โดยใช้สารละลายกรด โดยมีปริมาณโลหะหนักที่พบ ได้แก่ Cd (>0.39 mg/kg) Cu (>1981 mg/kg) รวมทั้งแหล่งน้ำในชุมชนก็พบการปนเปื้อนของโลหะหนัก ซึ่งจะทำให้น้ำขุ่นที่ใช้น้ำของแหล่งน้ำที่ปนเปื้อนโลหะหนักมีความเสี่ยงที่จะพบโลหะหนักตกค้างในผิวดินของนาข้าวด้วย

ส่วนที่ Taizhou พบการปนเปื้อนของ 16 PCBs (Polychlorinated biphenyls) และโลหะหนัก 7 ชนิดที่บริเวณผิวดิน

ใกล้กับสถานประกอบการคัดแยก/รีไซเคิล E-waste นอกระบบ โดยพบปริมาณ PCBs ซึ่งประกอบด้วย tri-, tetra-, penta-, hexa - PCBs มีปริมาณเท่ากับ 9.01, 5.56, 12.93 และ 3.13 mg/kg ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณความเข้มข้นของ PCBs ที่พบมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานของประเทศ 2-3 เท่า และเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ PCBs ที่ตรวจพบบริเวณพื้นที่โรงงานรีไซเคิลขนาดใหญ่ (large scale e-waste recycling plants) ที่ Wenlin, Lugiao และ Guiyu พบว่า ปริมาณ PCBs ในการประกอบการคัดแยก/รีไซเคิล E-waste นอกระบบ ที่ Taizhou มีค่าสูงกว่าค่าสูงสุดที่พบในโรงงานรีไซเคิลขนาดใหญ่ที่มีระบบการจัดการที่ดีกว่า นอกจากนี้ยังพบการปนเปื้อนโลหะหนัก Pb, Cd, Cr, Zn, As, Hg และ Cu = 6082.9, 42.3, 771.5, 5995.6, 36.6, 4.1 และ 2364.2 mg/kg ตามลำดับ และพบว่าการปนเปื้อนโลหะหนักดังกล่าวมีการเคลื่อนที่จากสถานที่ประกอบการคัดแยก/รีไซเคิล E-waste นอกระบบดังกล่าวไปยังบริเวณใกล้เคียงด้วย และจากการศึกษา Ecology risk assessment พบว่าทั้ง PCBs และโลหะหนักมีความเสี่ยงสูงที่จะกระทบต่อระบบนิเวศในพื้นที่ดังกล่าว และความเสี่ยงที่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใหญ่และเด็กด้วย



ตัวอย่างวิธีการคัดแยก/รีไซเคิล E-waste นอกระบบ ได้แก่

1. การรื้อแยกชิ้นส่วนทางกายภาพ โดยใช้ค้อน สิว ไขควง และใช้มือเปล่า
2. การแยกชิ้นส่วน แยกแผงวงจรไฟฟ้า โดยใช้ความร้อนจากเตาด่าน
3. การสกัดโลหะในอ่างน้ำกรด เพื่อเอาทองและโลหะมีค่าอื่นๆ
4. การแกะและแปรสภาพพลาสติก โดยปราศจากระบบการหมุนเวียนอากาศที่ดี
5. การเผาสายไฟ เพื่อต้องการทองแดงหรือเผาเศษชิ้นส่วนที่ไม่ต้องการในที่เปิดโล่ง
6. การกำจัดของเสียอันตรายที่ได้จากกระบวนการคัดแยก/รีไซเคิลที่ไม่ถูกวิธี โดยทิ้งไว้ตามทุ่งนาหรือที่สาธารณะ
7. การเติมหมึกพิมพ์ในตลับหมึกเก่า ซึ่งวิธีการคัดแยก/รีไซเคิล E-waste ลักษณะนี้จะทำให้มีสารพิษตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม เช่น ตะกั่ว (lead) สารอินทรีย์ตกค้างยาวนาน เช่น PBDEs รวมทั้งไดออกซิน และ พีวแรน

ผลกระทบของการคัดแยก/รีไซเคิล E-waste นอกระบบ (Informal Dismantling Recycling E-waste) กับการคัดแยก/รีไซเคิล E-waste ในระบบ (Formal Dismantling Recycling E-waste)

รัฐบาลประเทศจีนประสบความสำเร็จในการส่งเสริมให้เกิดการลงทุนของภาคเอกชนในอุตสาหกรรม Formal Recycling E-waste รวมทั้งการลงทุนจากต่างประเทศ ทำให้เกิดอุตสาหกรรม Formal Recycling E-waste ที่มีกระบวนการ recycle ที่มีประสิทธิภาพ และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมขึ้นเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะใน Beijing, Tianjin, Shanghai, Jiangsu และ Guandong นอกจากนี้ ตั้งแต่ปี 2004 ประเทศจีนได้ริเริ่มโครงการนำร่องเพื่อการจัดการ E-waste ในระดับประเทศ 4 แห่ง (Hangzhou Dadi, Beijing Huaxing, Qingdao Haier และ Tianjin Datong) โดยมีการนำร่องทดลองการออกแบบระบบเครือข่ายการเก็บรวบรวม E-waste การกำหนดมาตรฐานการจัดการ E-waste การบังคับใช้กฎหมาย และการพัฒนาเทคโนโลยีการ recycling แต่อย่างไรก็ตาม โครงการนำร่องของรัฐบาล และระบบการเรียกคืนซากผลิตภัณฑ์ของผู้ผลิต ยังไม่ประสบความสำเร็จ และไม่สามารถต่อสู้กับการประกอบ Informal Recycling E-waste ได้ โดยเฉพาะในส่วนของปริมาณการเก็บรวบรวม E-waste คืบจากผู้บริโภคจากช่องทางรวบรวมที่ดำเนินการโดยเอกชนหรือผู้ผลิตสินค้าที่มีไม่เพียงพอและไม่มีประสิทธิภาพ ประกอบกับ Formal Recycling E-waste มีต้นทุนการรักษาสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการรีไซเคิลที่มีราคาสูง ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บรวบรวม E-waste นอกระบบ เช่น คนรับซื้อของเก่าตามบ้าน เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้อุตสาหกรรม Formal Recycling E-waste ขาดแคลนวัตถุดิบ E-waste ป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิต เนื่องจากคนรับซื้อของเก่าสามารถที่จะซื้อเครื่องใช้ไฟฟ้าเสื่อมสภาพ/ทรุดจากครัวเรือนในราคาถูก และนำมาคัดแยก-รีไซเคิลนอกระบบที่มีราคาถูกกว่า นอกจากนี้ การคัดแยก E-waste ด้วยมือ ใน Informal Recycling E-waste ที่มีการฝึกอบรมคนงาน และมีการจัดการที่ดีจะมีประสิทธิภาพในการคัดแยกที่ดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องจักรแยกใน Formal Recycling E-waste



ที่มา: (<http://edition.cnn.com/2013/05/30/world/asia/china-electronic-waste-e-waste/>)

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการขยายตัวของ การคัดแยก/รีไซเคิล E-waste นอกระบบ ในประเทศจีน

1. การคัดแยก/รีไซเคิล E-waste นอกระบบ สามารถหาซื้อวัตถุดิบ (E-waste) ได้ง่ายและสะดวก จากหลายแหล่ง เช่น แหล่งนำเข้า

E-waste ที่ผิดกฎหมาย แหล่งการเก็บรวบรวม E-waste จากบ้านเรือนที่มีประสิทธิภาพ โดยคนรับซื้อของเก่าตามบ้าน

2. การคัดแยก/รีไซเคิล E-waste นอกระบบ มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการคัดแยก/รีไซเคิลที่มีต้นทุนต่ำ เพราะส่วนใหญ่ใช้การคัดแยกด้วยมือ รวมทั้งมีการใช้เทคโนโลยีและ/หรือมีกระบวนการคัดแยก/รีไซเคิลราคาถูกที่ไม่คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

3. การคัดแยก/รีไซเคิล E-waste นอกระบบ มีประสิทธิภาพการคัดแยกชิ้นส่วนที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่หรือโลหะที่มีค่าได้จากกระบวนการคัดแยก/รีไซเคิลด้วยมือมีประสิทธิภาพมากกว่าการคัดแยกด้วยเครื่องจักร

4. การคัดแยก/รีไซเคิล E-waste นอกระบบ มีแหล่งรับซื้อชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่หรือโลหะมีค่าจากกระบวนการคัดแยก/รีไซเคิลเป็นจำนวนมาก และสามารถรองรับประเภทของชิ้นส่วนที่หลากหลายได้ทุกประเภท

5. การคัดแยก/รีไซเคิล E-waste นอกระบบ สามารถทำได้ทุกที่ทุกเวลา ไม่ต้องขอสถานที่ที่ตักแน่นอน สามารถทำได้ทั้งในบ้านที่พักอาศัยหรือที่สาธารณะ หรือสามารถเคลื่อนย้ายได้ตลอดเวลา หากมีการจับกุม หรือ สั่งปิด หรือสามารถทำได้ในเวลาว่างกลางคืนเพื่อหลีกเลี่ยงการตรวจจับจากเจ้าหน้าที่

แนวทางการจัดการการคัดแยก/รีไซเคิล E-waste นอกระบบของประเทศจีนที่ผ่านมา

1. การใช้กฎหมาย โดยห้ามไม่ให้มีการดำเนินการ Informal Recycling E-waste แต่การจัดการดังกล่าวควรต้องมีการคำนึงถึงผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคมของคนงาน ซึ่งเมื่อมีการห้ามไม่ให้ประกอบ Informal Recycling E-waste จะส่งผลให้เกิดการเลิกจ้างงานซึ่งจะกระทบถึงลูกจ้างในระบบดังกล่าวเป็นจำนวนมาก

2. การใช้การตลาด โดยใช้ระบบแรงจูงใจให้กับผู้เก็บรวบรวม E-waste ตามบ้าน โดยมีการกำหนดราคาขั้นต่ำของ E-waste แต่ละประเภท ซึ่งช่วยให้มีการไหลของ E-waste บางประเภทจาก Informal Recycling E-waste ไปยัง Formal Recycling E-waste ได้ แต่ระบบแรงจูงใจดังกล่าวต้องสามารถให้ราคาที่เหมาะสมหรือสูงกว่าผลประโยชน์ที่จะได้รับจาก Informal Recycling E-waste

3. การใช้ทั้งกฎหมายและการตลาด โดยมีการจัดตั้งสวนอุตสาหกรรมรีไซเคิล E-waste ในบริเวณที่มี Informal Recycling E-waste อยู่อย่างหนาแน่น เพื่อการปรับปรุงกระบวนการคัดแยก/รีไซเคิล และควบคุมมลพิษ ปัจจุบันมีการจัดตั้งสวนอุตสาหกรรมรีไซเคิล E-waste โดยใช้มือในการคัดแยกใน Tianjin, Taicang, Ningbo, Taizhou และ Zhangzhou โดยมีการใช้ระบบแรงจูงใจ และสร้างโอกาสในการทำงานให้กับลูกจ้าง ส่วนที่ Guiyu รัฐบาลมีนโยบายที่จะ Upgrade เทคโนโลยี ที่ใช้ในการประกอบการ Informal Recycling E-waste ให้มีประสิทธิภาพ และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด นโยบายของสวนอุตสาหกรรมรีไซเคิล E-waste ที่ Guiyu เปลี่ยนจากการห้ามดำเนินการไปสู่การร่วมมือในการปรับปรุงประสิทธิภาพ

การคัดแยก/รีไซเคิล ซึ่งแสดงให้เห็นว่านโยบายการห้าม Informal Recycling E-waste อาจจะไม่ใช้แนวทางการจัดการที่ดีอีกต่อไป

4. เครือข่ายการเก็บรวบรวม E-waste เป็นอีกประเด็นหนึ่งที่มีความสำคัญต่อความสำเร็จของระบบการเก็บรวบรวม E-waste ของประเทศจีน ซึ่งจากประสบการณ์ของต่างประเทศ พบว่า ระบบการเก็บรวบรวม E-waste สามารถที่จะสร้างได้จากการเชื่อมโยงระบบการขนส่งที่มีอยู่ของผู้ผลิต แต่ทั้งนี้การที่จะประสบความสำเร็จหรือไม่ก็ขึ้นอยู่กับการลงทุนเพื่อการพัฒนาขององค์ความรู้ ระบบการขนส่งที่มีประสิทธิภาพ และอัตราการเก็บรวบรวม E-waste

จากผู้บริโภค ในทางกลับกันทำไมไม่ใช้เครือข่ายการเก็บรวบรวม E-waste จากบ้านเรือนของ Informal Recycling E-waste ที่มีอยู่อย่างกว้างขวางให้เป็นประโยชน์ ซึ่งเครือข่ายดังกล่าวมีการเชื่อมโยงของเครือข่ายการเก็บรวบรวมในหลายระดับ ตั้งแต่ คนเก็บรวบรวมตามบ้าน พ่อค้าคนกลาง และผู้ซื้อผลิตภัณฑ์ Recycle ที่ได้จาก Informal Recycling E-waste อย่างไรก็ตาม จะทำอย่างไรที่จะใช้เครือข่ายการเก็บรวบรวม E-waste อย่างไม่เป็นทางการ ในการหาวัตถุดิบ E-waste ป้อนให้กับโรงงาน Recycle อย่างเป็นทางการยังคงเป็นประเด็นที่น่าสนใจ

สรุป

1) เปลี่ยนโครงสร้างทางเศรษฐกิจ โดยการเสนอระบบการเงินหรือระบบแรงจูงใจที่มีประสิทธิภาพให้กับผู้เก็บรวบรวมในระบบ Informal Recycling E-waste เพื่อเพิ่มปริมาณวัตถุดิบ E-waste ให้กับโรงงาน Formal Recycling E-waste

2) ปรับใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมที่ทำให้กระบวนการคัดแยก-รีไซเคิลของระบบ Informal Recycling E-waste มีประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ Recycle ที่มีปริมาณมากและมีคุณภาพสูง และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยปราศจากผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจและสังคมของคนงาน

3) ปรับปรุงระบบโครงสร้างพื้นฐาน เช่น การสร้างสวนอุตสาหกรรม E-waste การพัฒนาทักษะคนงานผ่านการอบรม และการปรับปรุงสถานที่การทำงานให้มีความปลอดภัย

4) ใช้เครือข่ายการเก็บรวบรวม E-waste จากบ้านเรือนของ Informal Recycling E-waste ให้เป็นประโยชน์ เพื่อการเพิ่มปริมาณวัตถุดิบ E-waste ป้อนเข้าสู่โรงงาน Formal Recycling E-waste

5) สร้างความร่วมมือ/สานสัมพันธ์ระหว่างในระบบกับนอกระบบ โดยใช้นอกระบบรับผิดชอบการเก็บรวบรวม E-waste และการใช้ซ้ำ (Reuse) ส่วนระบบแบบเป็นทางการรับผิดชอบการถอดแยกชิ้นส่วนและการ Recycle

ดังนั้น การแก้ไขปัญหาการประกอบการ Informal Recycling E-waste ต้องคำนึงถึงผลกระทบด้านเศรษฐกิจและสังคมของผู้ที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะคนงาน โดยการดึงเอาระบบ Informal Recycling E-waste ให้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของระบบ E-waste management ในภาพรวมไม่ใช่การเข้ากฎหมายห้ามประกอบการเพียงอย่างเดียว

เอกสารอ้างอิง

- Chi, X., Streicher-Porte, M., Wang, M. Y., & Reuter, M. A. (2011). Informal electronic waste recycling: a sector review with special focus on China. *Waste Management*, 31(4), 731-742.
- Kahhat, R., Kim, J., Xu, M., Allenby, B., Williams, E., & Zhang, P. (2008). Exploring e-waste management systems in the United States. *Resources, Conservation and Recycling*, 52(7), 955-964.
- Osibanjo, O., & Nhorom, I. C. (2007). The challenge of electronic waste (e-waste) management in developing countries. *Waste Management & Research*, 25(6), 489-501.
- Yu, J., Williams, E., Ju, M., & Shao, C. (2010). Managing e-waste in China: Policies, pilot projects and alternative approaches. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(11), 991-999.
- Wath, S. B., Dutt, P. S., & Chakrabarti, T. (2011). E-waste scenario in India, its management and implications. *Environmental monitoring and assessment*, 172(1-4), 249-262.
- Zhang, Q., Ye, J., Chen, J., Xu, H., Wang, C., & Zhao, M. (2014). Risk assessment of polychlorinated biphenyls and heavy metals in soils of an abandoned e-waste site in China. *Environmental Pollution*, 185, 258-265.
- Wu, Q., Leung, J. Y., Geng, X., Chen, S., Huang, X., Li, H., ... & Lu, Y. (2015). Heavy metal contamination of soil and water in the vicinity of an abandoned e-waste recycling site: implications for dissemination of heavy metals. *Science of the Total Environment*, 506, 217-225.
- Tang, X., Shen, C., Shi, D., Cheema, S. A., Khan, M. I., Zhang, C., & Chen, Y. (2010). Heavy metal and persistent organic compound contamination in soil from Wenling: an emerging e-waste recycling city in Taizhou area, China. *Journal of Hazardous Materials*, 173(1), 653-660.
- Streicher-Porte, M., Widmer, R., Jain, A., Bader, H. P., Scheidegger, R., & Kytzia, S. (2005). Key drivers of the e-waste recycling system: Assessing and modelling e-waste processing in the informal sector in Delhi. *Environmental impact assessment review*, 25(5), 472-491.
- Terazono, A., Murakami, S., Abe, N., Inanc, B., Moriguchi, Y., Sakai, S. I., ... & Wong, M. H. (2006). Current status and research on E-waste issues in Asia. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 8(1), 1-12.

สารมลพิษตกค้างยาวนาน กับการเคลื่อนย้ายในสิ่งแวดล้อม

สารมลพิษตกค้างยาวนานหรือสารกลุ่ม Persistent Organic Pollutants (POPs) ที่รู้จักกันทั่วไป ปัจจุบันเป็นที่สนใจเนื่องจากเป็นสารมลพิษที่ทั่วโลกทราบถึงพิษภัยที่สำคัญ คือ เป็นสารเคมีที่มีผลกระทบต่อต่อมไร้ท่อ (Endocrine Grand) ซึ่งก็คือ Endocrine disruptor's compounds คือ สารเคมีรบกวนการทำงานของฮอร์โมนในมนุษย์ และสัตว์ การรบกวนเป็นสาเหตุของมะเร็ง การเกิดและการพัฒนาการผิดปกติ โดยเฉพาะความสามารถในการเรียนรู้ รวมถึงการพัฒนาด้านสมองพบปัญหาการพัฒนาทางเพศที่ผิดปกติ และเป็นสารสังเคราะห์ที่รบกวนการเคลื่อนย้าย การรวมและการกำจัดฮอร์โมนธรรมชาติที่มีอยู่ในร่างกาย ซึ่งมีหน้าที่เกี่ยวกับการพัฒนาการของร่างกาย เกี่ยวกับพฤติกรรม และการสืบพันธุ์

ด้วยคุณสมบัติที่สำคัญคือ สามารถเคลื่อนย้ายไปได้ในระยะทางไกลๆ ข้ามทวีป สามารถสะสมในห่วงโซ่อาหารในสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีข้อมูลสนับสนุน คือ การตรวจพบการสะสมและตกค้างของสารกลุ่มนี้บางชนิดในสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในทั่วโลก เช่น แมวน้ำ และหมีขั้วโลก ส่วนชนิดของสาร POPs ที่สำคัญ ได้แก่ Polychlorinated biphenyls, Phthalates, Phenols, Organochlorine Pesticides, Polybrominated diphenyl ethers, dioxins และ Perfluorinated compounds (PFCs) เป็นต้น ซึ่งการปนเปื้อนและการตกค้างนั้นเกิดขึ้นได้ เช่น จากการใช้สารเคมีกลุ่ม Organochlorine pesticides เหล่านี้โดยตรงในพื้นที่เกษตรในอดีต ถึงแม้ว่าสารเคมีกลุ่มนี้จะถูกยกเลิกการใช้งานในประเทศไทยมานานแล้วก็ตาม แต่หากในบางพื้นที่ของโลกยังใช้กันอยู่ และการใช้สารเคมีกลุ่มอื่นๆ ที่เข้ามาทดแทนก็ยังคงมีอยู่ ทั้งนี้ระยะเวลาการตกค้างและการปนเปื้อนจะสั้นหรือยาวนานเท่าใดย่อมขึ้นกับคุณสมบัติของสารกลุ่มนั้นๆ ร่วมกับปัจจัยสภาวะแวดล้อมเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดการตกค้างในดิน

พืชผักต่างๆ มนุษย์ และสัตว์ที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียง และชะล้างลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ แม่น้ำ ลำคลอง รวมไปถึงน้ำชายฝั่งทะเล ปัจจุบันการนำเข้าสารเคมีด้านการเกษตรในประเทศ เป็นเหมือนกระจกเงาสะท้อนให้เห็นถึงปริมาณการใช้สารเคมีในภาคส่วนเกษตรกรรมภายในประเทศ



รูปการใช้สารเคมีด้านการเกษตรแหล่งที่มากรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

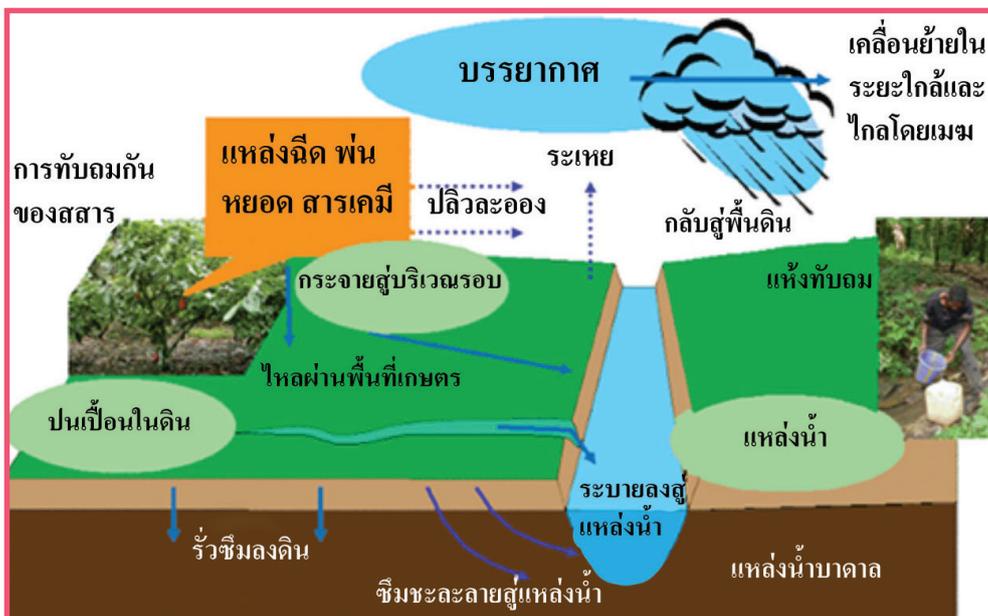
ตารางปริมาณและมูลค่าการนำเข้าวัตถุดิบอันตรายทางด้านการเกษตรของประเทศไทย

หน่วย: ปริมาณ (ตัน) , มูลค่า: (ล้านบาท)

| ปี | สารกำจัดวัชพืช | | สารกำจัดแมลง | | สารป้องกันและกำจัดโรคพืช | | อื่นๆ | | รวม | |
|------|----------------|--------|--------------|--------|--------------------------|--------|--------|--------|---------|--------|
| | ปริมาณ | มูลค่า | ปริมาณ | มูลค่า | ปริมาณ | มูลค่า | ปริมาณ | มูลค่า | ปริมาณ | มูลค่า |
| 2553 | 68,825 | 11,487 | 25,332 | 4,577 | 11,255 | 2,537 | 4,497 | 580 | 109,908 | 19,182 |
| 2554 | 97,957 | 9,338 | 24,680 | 3,972 | 10,367 | 2,968 | 4,590 | 537 | 137,594 | 16,816 |
| 2555 | 80,278 | 8,845 | 23,417 | 4,670 | 9,671 | 3,860 | 4,332 | 550 | 117,698 | 17,924 |
| 2556 | 112,177 | 11,480 | 34,672 | 5,938 | 12,179 | 3,875 | 5,355 | 751 | 164,383 | 22,044 |
| 2557 | 106,860 | 11,294 | 16,797 | 3,686 | 6,972 | 3,883 | 3,748 | 494 | 134,377 | 19,357 |

ที่มา: กรมส่งเสริมการเกษตร, 2557

นอกจากนี้ยังมีสารกลุ่ม POPs ตัวอื่นที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นมา เพื่อวัตถุประสงค์ทางการค้าอื่น ๆ นอกเหนือไปจากด้านการเกษตร คือ ด้านอุตสาหกรรม เช่น สาร Perfluorinated compounds (PFCs) ที่ใช้ในงานหลากหลายด้าน โดยหลัก ๆ นำมาใช้เพื่อเคลือบและผสมในวัสดุต่าง ๆ เช่น ผ้าม่าน พรม ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เบาะหนังในอุตสาหกรรมยานยนต์ และเคลือบกระดาษเพื่อชะลอการเปียกและกันน้ำ เป็นต้น ส่วนสาร POPs อีกชนิดหนึ่ง คือ สารกลุ่มไดออกซินและฟิวแรน ซึ่งเป็นสารที่มีความเป็นพิษสูงมากเป็นสารที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่เชื้อเพลิงมีคาร์บอน และคลอรีน ทำให้เกิดไดออกซินได้หลายไอโซเมอร์ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเผาไหม้ที่ทำให้เกิดสารไดออกซินอยู่ระหว่าง 250 – 350 องศาเซลเซียส การเผาไหม้ เช่น ไฟป่า การเผาตอซังข้าวโพด การเผาตอซังข้าวในพื้นที่เกษตรกรรม การเผาขยะจากโรงพยาบาล การเผาขยะในเตาเผาที่ไม่ได้มาตรฐาน การเผาขยะอันตราย โรงไฟฟ้าถ่านหิน และการเผาขยะในที่โล่ง ล้วนเป็นกิจกรรมที่อาจทำให้เกิดสารไดออกซินทั้งสิ้น นอกจากนี้ยังมีกระบวนการที่ทำให้เกิดสารนี้ในด้านอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมเหล็ก และอุตสาหกรรมกระดาษ ทั้งนี้ที่กล่าวในเบื้องต้นเพื่อให้ทราบถึงการนำไปใช้ของสารกลุ่มนี้ในด้านต่าง ๆ และสาเหตุของการปนเปื้อนและตกค้างในสิ่งแวดล้อม สำหรับการเคลื่อนย้ายของสาร POPs ในสิ่งแวดล้อมจะขอยกตัวอย่างการใช้สารเคมีด้านการเกษตรโดยสังเขป



รูปการเคลื่อนย้ายของสาร POPs :แหล่งที่มา biothai.net

จากการใช้สารเคมีทางการเกษตรทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของสารซึ่งขึ้นอยู่กับความดันไอ คุณสมบัติของชั้นบรรยากาศ และขนาดของอนุภาค โดยที่สารดังกล่าวจะฟุ้งกระจายในชั้นบรรยากาศถูกเคลื่อนย้ายจากชั้นบรรยากาศโดยขบวนการ wet deposition (เป็นการตกสะสมในชั้นบรรยากาศรวมตัวกับเมฆและต่อมากลายเป็นฝนตกลงสู่พื้นดิน พื้นน้ำและต้นไม้) และ dry deposition (เป็นการตกสะสมในสภาวะที่ไม่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกและตกลงสู่พื้นดินและน้ำและเกิดการสะสมในน้ำ ดินและพืช)

เมื่อมีการเคลื่อนย้ายของสาร POPs ลงสู่แหล่งน้ำโดยขบวนการ runoff และ การ erosion หรือ atmospheric wet และ dry deposition สารกลุ่มนี้จะเกาะติดกับอนุภาคของดินที่ฟุ้งกระจายในน้ำและในที่สุดจะถูกเคลื่อนย้ายโดยขบวนการตกตะกอนของอนุภาคดิน (sedimentation) และจะยึดติดกับตะกอนดินตกตะกอนอยู่ใต้ท้องน้ำ ถึงแม้ว่าจะมีการฟุ้งกระจายของตะกอนดินจากการรบกวนของขบวนการทางธรรมชาติต่าง ๆ เช่น การเกิดน้ำท่วม กิจกรรมของสิ่งมีชีวิต และปรากฏการณ์อื่น ๆ ทางธรรมชาติ และมีบางส่วนระเหยจากน้ำ (volatilization) สู่อากาศโดยเฉพาะสารที่มีมวลโมเลกุลต่ำ ๆ นอกจากนี้ การเกิดขบวนการ resuspension (การฟุ้งกระจายของสารและแขวนลอยอยู่ในน้ำ) ก็เป็นสาเหตุหนึ่งของการตกสะสมได้ในระยะทางไกล ๆ ของแหล่งน้ำโดยเฉพาะจากต้นน้ำสู่ท้ายน้ำ เช่น การตกตะกอนสะสมในบริเวณสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ เป็นต้น



ที่มา : http://krathumlom.go.th/public/webboard_upload/backend/comment/comment24_1.jpg

Global distillation

สำหรับสาเหตุที่ทำให้มีการตรวจพบสาร POPs บางชนิด ตกค้างในสิ่งมีชีวิต และในพื้นที่ห่างไกลที่ไม่เคยมีการใช้สารเคมีด้านการเกษตร หรือมีประวัติการใช้สารเคมีในกลุ่ม POPs นี้ ก็คือ การเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Global distillation หรือ Grasshopper effect เป็นปรากฏการณ์ที่สามารถอธิบายได้โดยที่สาร POPs เคลื่อนย้ายจากแถบอากาศอบอุ่นไปยังแถบอากาศหนาวของโลก เช่น บริเวณขั้วโลกหรือเขตเทือกเขาสูง กลไกการเกิดของขบวนการเรียกว่า distillations หรือการกลั่น ในขบวนการนี้ สารเคมีจะถูกทำให้ระเหยที่อุณหภูมิสูง โดยที่ไอระเหยจะเคลื่อนที่ไปสู่ที่ ๆ มีอุณหภูมิต่ำกว่าและเกิดการควบแน่น ในสิ่งแวดล้อมสารเคมีจะถูกปลดปล่อยอย่างอิสระ เมื่อมีการเคลื่อนที่ของกระแสลม สารเคมีจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่อุณหภูมิสูงไปยังที่อุณหภูมิต่ำกว่าและเกิดการควบแน่นในที่สุดจนเพียงพอสำหรับเกิดการขบวนการตกสะสม (deposition) ขบวนการเหล่านี้จะเกิดอย่างช้า ๆ เป็นวงจร ในแถบขั้วโลก หรือแถบเทือกเขาสูง และปรากฏการณ์นี้มักจะเกิดกับสารเคมีประเภท Semi-volatile ที่มีการแตกตัวและสลายตัวอย่างช้า ๆ ในสิ่งแวดล้อม เช่น DDT, Polychlorinated biphenyls และ lindane เป็นต้น



ที่มา : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f8/Yom_River_in_Phrae_Province.jpg

เอกสารอ้างอิง

1. G. Charnleya, and J. Doullb. Human exposure to dioxins from food, aHealthRisk Strategies, 222 11th Street NE, Washington, DC 20002, USA bUniversity of Kansas Medical Center, Department of Pharmacology and Toxicology, 3901 Rainbow Boulevard, Kansas City, KS 66160, USA
2. Chemicals & waste: Persistent Organic Pollutants (POPs). 2016. <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/POPs/tabid/1059787/Default.aspx>
3. Endocrine Disruptor and Child Health. 2016. www.who.int/ceh/publications/endocrine_disruptors_child/en
4. Endocrine Disruptor compounds. 2016. http://en.wikipedia.org/wiki/Endocrine_disruptor
5. Global distillations.2016. https://en.wikipedia.org/wiki/Grasshopper_effect
6. วิฤตอาหารอาบพิษ. 2559. <http://thaipublica.org/2014/08/contaminated-fruits-and-vegetables/>
7. เกษตรอินทรีย์ยั่งยืนจริงหรือ. 2559. <http://natres.psu.ac.th/nsfc4/download/2.pdf>



ไมโครพลาสติก ในทะเล

ปัจจุบันนี้ ถุงพลาสติก หรืออุปกรณ์ที่มีองค์ประกอบของพลาสติกถือเป็นส่วนหนึ่งที่มีการใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันของทุกคน จากการประมาณการผลิตพลาสติกทั่วโลก พบว่า พลาสติกมีการผลิตเพิ่มขึ้นทุกปี จาก 1.7 ล้านตัน ในปี 1950 เป็น 299 ล้านตัน ในปี 2013 โดยที่ 5-13 ล้านตัน ได้ถูกทิ้งลงทะเลในแต่ละปี ⁽¹⁾ โดยประเทศไทยติดอันดับ 1 ใน 10 ของประเทศที่มีขยะพลาสติกมากที่สุดในทะเล ดังรูปที่ 1 และจากที่ทราบกันดีว่า พลาสติกเป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ยาก มีความคงตัวสูง ทำให้ขยะพลาสติกที่ตกค้างในทะเล ใช้เวลาในการย่อยสลายอยู่ในช่วง 10-600 ปี ขึ้นอยู่กับประเภทของพลาสติก เช่น ถุงพลาสติกทั่วไป อยู่ที่ 10-20 ปี แต่ถ้าเป็นขวดน้ำพลาสติก และเอ็นटकปลา สามารถอยู่ได้นานถึง 450 ปี และ 600 ปี ตามลำดับ ซึ่งใช้เวลาในการย่อยสลายมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับขยะประเภทอื่น ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 ประเทศที่พบว่ามีขยะพลาสติกมากที่สุดในทะเลในปี 2010
(<http://news.nationalgeographic.com/news/2015/02/150212-ocean-debris-plastic-garbage-patches-science/>)



รูปที่ 2 ระยะเวลาการย่อยสลายของขยะแต่ละประเภทในทะเล (<http://www.momypedia.com/>)

ที่มาของไมโครพลาสติก

ไมโครพลาสติก คือ ขยะพลาสติกที่มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร ซึ่งมาจากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกขนาดเล็กโดยตรง เช่น เป็นองค์ประกอบในเครื่องสำอางค์ ที่เป็นเม็ดสกรับ (microbeads) ในเสื้อผ้า หรือในการผลิตอุตสาหกรรมพลาสติก ดังรูปที่ 3 ส่วนอีกรูปแบบหนึ่ง มาจากพลาสติกที่ใช้อยู่ทั่วไป เกิดการฉีกขาดจนเป็นเศษพลาสติกขนาดเล็ก และตกค้างสะสมในสิ่งแวดล้อม⁽²⁾ ด้วยเหตุที่ไมโครพลาสติก เป็นวัสดุขนาดเล็ก ทำให้การเก็บและการกำจัดกระทำได้ยาก แม้แต่ในกรณีที่ไมโครพลาสติกปนเปื้อนมากับน้ำเสียและได้ผ่านการบำบัดมาแล้วก็ตาม ประกอบกับคุณสมบัติที่คงสภาพ ย่อยสลายได้ยาก ทำให้เมื่อมีการระบายน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วลงสู่สิ่งแวดล้อม จึงง่ายที่จะทำให้เกิดการปนเปื้อน แพร่กระจาย สะสม และตกค้างในสิ่งแวดล้อมได้ ในขณะเดียวกัน การทิ้งขยะพลาสติกขนาดใหญ่ เมื่อเวลาผ่านไปก็สามารถเกิดการย่อยสลาย มีการแตกหักเป็นอนุพันธ์ของไมโครพลาสติก ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้เช่นเดียวกัน



รูปที่ 3 ไมโครพลาสติกที่เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางค์ (<http://www.plasticsnews.com/>)

ผลกระทบต่อสัตว์ทะเล

ในปัจจุบัน พบการแพร่กระจายของไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมทางทะเลทั่วโลก ทั้งในน้ำ และตะกอนดิน จึงทำให้ไมโครพลาสติก จัดเป็นมลภาวะที่มีแนวโน้มว่าจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทางทะเลทั้งในกรณีเป็นตัวนำสารพิษเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร และการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ และการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศขึ้นได้

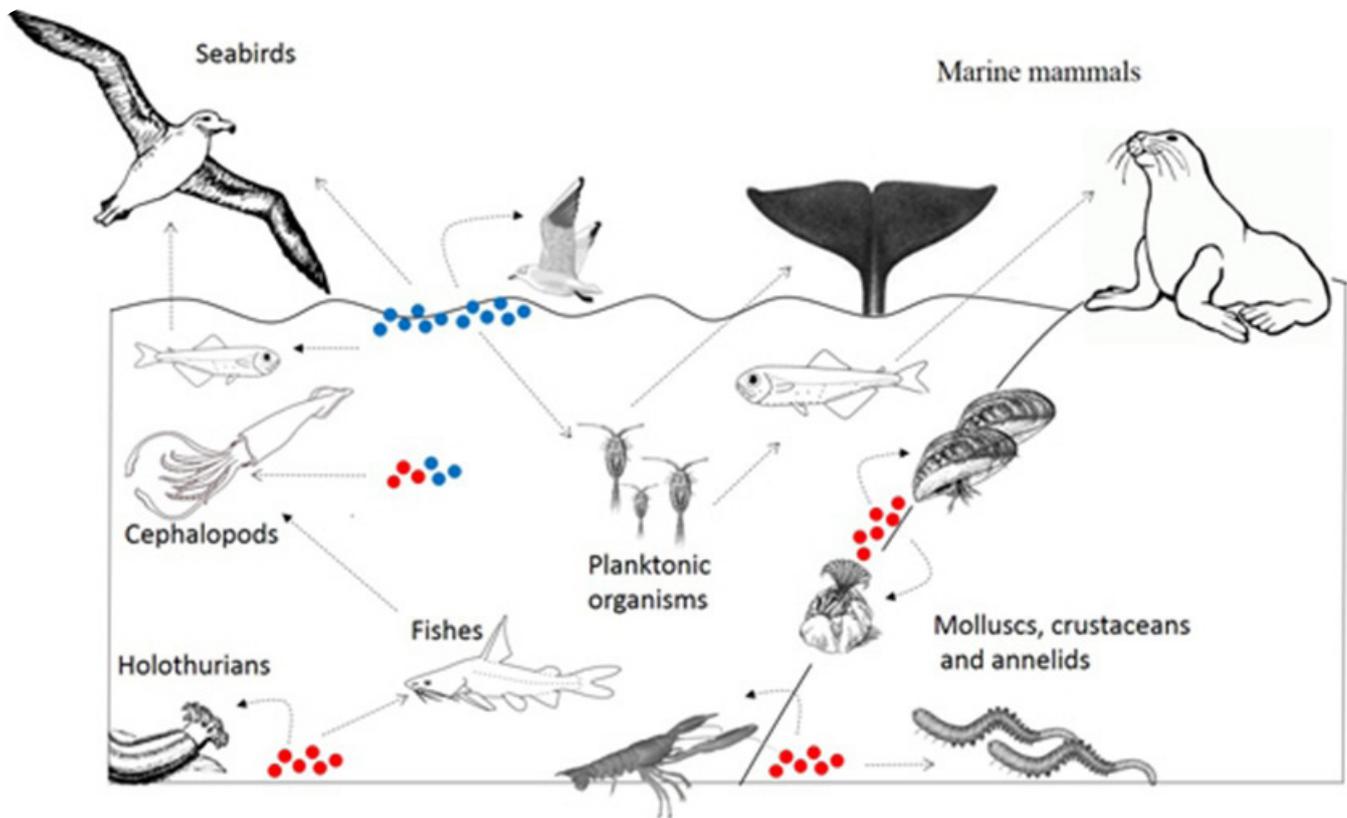
มีการสำรวจว่า ขยะที่ถูกทิ้งลงในทะเล ทั้งในมหาสมุทร ลิกไปจนถึงแผ่นน้ำแข็งทวีปอาร์กติก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นขยะ ประเภทพลาสติกนั้น สัตว์น้ำกว่า 700 สายพันธุ์ ได้กินขยะ พลาสติกเหล่านี้เข้าไป^(๑) โดยมีความเข้าใจว่าสิ่งนั้นเป็นอาหาร ซึ่ง หมายความว่ารวมถึงไมโครพลาสติกด้วย ดังรูปที่ 4 โดยผลกระทบ ที่เกิดขึ้น อาจก่อให้เกิดมลพิษทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อ สิ่งมีชีวิตได้ ที่กล่าวเช่นนี้ เนื่องจากมีรายงานว่า สารที่เป็น องค์ประกอบ และพบว่ามีการปนเปื้อนอยู่ในไมโครพลาสติก เป็นสารพวกโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) โพลีคลอริเนตไบฟีนิล (PCBs) ดีดีที (DDT) และ ไดออกซิน ซึ่งเป็นสารพิษที่สามารถก่อให้เกิดมะเร็งได้^(4, 5)



รูปที่ 4 ไมโครพลาสติก (สีเขียวเรืองแสง) ที่อยู่ภายในตัวของแพลงตอนสัตว์ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก⁽⁴⁾

การศึกษาการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกบนชายหาดในประเทศไทย

ในประเทศไทย ได้มีรายงานผลการสำรวจและจำแนกตัวอย่างขยะทะเลประเภทไมโครพลาสติก โดยสถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลน คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา^(๖) ซึ่งในเบื้องต้นพบว่า ชายหาดเจ้าหลาว และคังวิมาน จังหวัดจันทบุรี ทั้งบนชายหาด ในตะกอนดิน และในหอยสองฝาที่อาศัยอยู่บริเวณชายหาด มีการปนเปื้อนของ ไมโครพลาสติก อย่างไรก็ตามผลกระทบที่มีความกังวลต่อขยะประเภทไมโครพลาสติกคือการสะสมสารพิษบนไมโครพลาสติก และการถ่ายทอดไปสู่ผู้บริโภคในลำดับที่สูงกว่านั้น ยังไม่สามารถสรุปได้ถึงแนวโน้มการสะสมของสารพิษในห่วงโซ่อาหาร แต่จากผลการศึกษาที่กล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าได้มีการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมทางทะเล และในสัตว์ทะเลของประเทศไทยแล้ว



รูปที่ 5 การแพร่กระจายเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารของไมโครพลาสติก⁽⁷⁾

ความตั้งใจของผู้เขียน ต้องการนำเสนอผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมอีกรูปแบบหนึ่ง ที่มีความห่วงกังวลกันทั่วโลก อันเนื่องมาจากขยะประเภทไมโครพลาสติก ซึ่งยังไม่ค่อยมีคนเคยได้ยิน หรือคุ้นหูกับคำๆ นี้ มากนัก แม้ว่าผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ามีการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในทะเลและสัตว์ทะเลในประเทศไทยแล้วก็ตาม แต่ข้อห่วงกังวลหรือข้อคำถามที่เกิดขึ้นตามมาก็คือ แล้วจะมีผลกระทบต่อคนที่บริโภคสัตว์ทะเล อย่างปลา หรือหอยชนิดต่างๆ หรือไม่นั้น ในความเห็นของผู้เขียน จากที่กล่าวไปแล้วว่า โดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตในทะเลจะกินไมโครพลาสติกเข้าไปเพราะเข้าใจว่าเป็นอาหาร ดังนั้นไมโครพลาสติกมักจะสะสมอยู่ในส่วนของกระเพาะและลำไส้ ในกรณีที่เป็นปลาโดยปกติเราก็ไม่ได้บริโภคอวัยวะในส่วนนี้ จึงยังไม่ควรวิตกกังวลมากนัก แต่ถ้าเป็นสัตว์น้ำประเภทหอย

ทั้งหอยสองฝาและหอยฝาเดียว อย่างหอยแมลงภู่ หอยแครง และหอยหวาน ซึ่งเราบริโภคทั้งตัว ก็มีโอกาที่จะสามารถรับสารมลพิษที่ปนเปื้อนในไมโครพลาสติกได้ อย่างไรก็ตามร่างกายของคนเราก็มีกระบวนการขับสารพิษออกจากร่างกายอยู่แล้ว ซึ่ง ณ ตอนนี้อาจยังไม่ห่วงกังวลมากนัก ประกอบกับยังไม่มีรายงานทางวิชาการที่ยืนยันแน่ชัดว่า ไมโครพลาสติกก่อให้เกิดผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์โดยตรงจากการได้รับผ่านทางห่วงโซ่อาหาร แม้กระนั้นก็ตาม เพื่อตอบคำถามเหล่านี้ นักวิจัยทั่วโลกจึงกำลังทำการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมทางด้านความเสี่ยงในการสะสมของสารพิษ และการถ่ายทอดของสารปนเปื้อนในไมโครพลาสติกสู่มนุษย์ รวมถึงผลกระทบทางด้านสุขภาพของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ เพื่อตอบคำถามที่กำลังเป็นที่สงสัยและเป็นข้อห่วงกังวลอยู่ตอนนี้



เอกสารอ้างอิง

- (1) European Commission. 2015. Microplastic pollution's effects explored for two key marine species: mussels and lugworms. เข้าถึงได้จาก http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/microplastic_pollutions_effects_explored_for_mussels_and_lugworms_412na5_en.pdf
- (2) Microplastics. เข้าถึงได้จาก <https://en.wikipedia.org/wiki/Microplastics>
- (3) Laura Parker. 2015. 'Eight Million Tons of Plastic Dumped in Ocean Every Year' เข้าถึงได้จาก <http://news.nationalgeographic.com/news/2015/02/150212-ocean-debris-plastic-garbage-patches-science/>
- (4) Katsnelson, K. 2015. New feature: microplastics present pollution puzzle. Proc Natl Acad Sci 112(18): 5547–5549. Published online 2015 May 5. doi: 10.1073/pnas.1504135112
- (5) Rochman CM, Hoh E, Hentschel BT, Kaye S. Long-term field measurement of sorption of organic contaminants to five types of plastic pellets: Implications for plastic marine debris. Environ Sci Technol. 2013;47(3):1646–1654.
- (6) Ivar do Sul, J. A., & Costa, M. F. (2014). The present and future of microplastic pollution in the marine environment. Environmental Pollution, 185, 352-364. DOI: 10.1016/j.envpol.2013.10.036
- (7) Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J., Galloway, T. S. 2013. "Microplastic ingestion by zooplankton." Environmental science & technology 47(12): 6646-6655.
- (8) สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลน คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา. 2557. รายงานฉบับสมบูรณ์ การสำรวจและจำแนกตัวอย่างขยะทะเลประเภทไมโครพลาสติก. 67 หน้า.

คลื่นความร้อน และการพัฒนาดัชนีความร้อน เพื่อประยุกต์ใช้ศึกษาในประเทศไทย



1. คลื่นความร้อน

คลื่นความร้อน จัดเป็นสภาวะความรุนแรงของลมฟ้าอากาศ ซึ่งหมายถึง ลักษณะที่สภาพอากาศร้อนผิดปกติและสะสมอยู่ที่ใดพื้นที่หนึ่งเป็นระยะเวลาโดยอาจจะเกิดขึ้นมาพร้อมกับอากาศที่มีความชื้นสูงและอบอ้าว คลื่นความร้อนมีนิยามและคำจำกัดความที่หลากหลายและแตกต่างกันค่อนข้างมากในแต่ละภูมิภาคและพื้นที่ (Meehl and Tebaldi, 2004) โดยทั่วไปแล้ว คลื่นความร้อน มักถูกตรวจวัดและเปรียบเทียบกับลักษณะสภาพอากาศในพื้นที่นั้น ๆ และ/หรือเปรียบเทียบกับอุณหภูมิปกติในแต่ละฤดูกาล

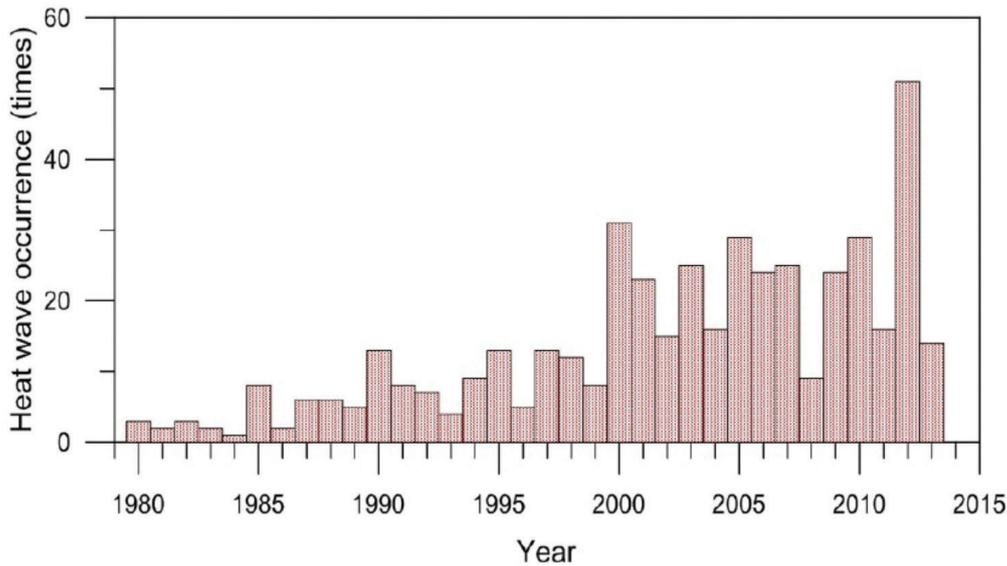
องค์กรอุตุนิยมวิทยาโลกและ Frich et al. (2002) ได้ให้คำจำกัดความของคลื่นความร้อน คือ ช่วงระยะเวลาอย่างน้อย 5 วันที่มีอุณหภูมิสูงสุดเกิน 25°C (77°F) โดยมีเวลาอย่างน้อย 3 วันในช่วงอุณหภูมิสูงสุดเกิน 30°C (86°F) ซึ่งเป็นนิยามที่ประยุกต์ใช้กันโดยทั่วไปในทวีปยุโรป (WMO-WHO, 2010) สำหรับประเทศอเมริกา คลื่นความร้อนปกติ กำหนดให้ช่วงระยะเวลา 3 วัน หรือมากกว่า 3 วันติดต่อกัน ที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 32°C (90°F) (Lau and Nath, 2012; NOAA, 2014) ในช่วงระยะเวลาเกิดคลื่นความร้อนไม่เพียงอุณหภูมิกลางวันที่สูงขึ้น แต่อุณหภูมิและความชื้นตอนกลางคืนอาจเพิ่มขึ้นสูงกว่าค่าเฉลี่ยระยะยาวเช่นกัน ภายใต้มุมมองของอุตุนิยมวิทยาแล้ว คลื่นความร้อน เกี่ยวข้องกับการไหลเวียนของมวลอากาศแบบ quasi-stationary anticyclonic ที่ผิดปกติซึ่งส่งผลให้มวลอากาศอุ่นจมตัวลง ท้องฟ้าโปร่งใสและเกิดอากาศใกล้พื้นดินร้อนอบอ้าวเป็นระยะเวลานาน (Fischer et al., 2007; Barriopedro et al., 2011)

คลื่นความร้อน นับเป็นภัยคุกคามทางภูมิอากาศที่สามารถส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสังคม โดยส่วนใหญ่ รู้จักกันถึงผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ (Kovats and Hajat, 2008) คลื่นความร้อน มีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตและความเป็นอยู่ของประชาชน รวมทั้งประสิทธิภาพและสุขภาพของมนุษย์ ซึ่งสามารถนำไปสู่การเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะสั้นของการเจ็บป่วยและเสียชีวิต (Kovats and Ebi, 2006; Basu, 2009) โดยเฉพาะในพื้นที่เขตเมืองที่ประชาชนอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น กลุ่มเสี่ยงที่มีความอ่อนแอสูงต่อคลื่นความร้อน ได้แก่ ผู้สูงอายุหรือกลุ่มที่มีโรคประจำตัว มักได้รับผลกระทบโดยตรงที่ค่อนข้างรุนแรงกว่ากลุ่มอื่น ๆ

ความแปรปรวน คือ ลักษณะทางธรรมชาติที่รู้จักกันดีของระบบภูมิอากาศ ซึ่งคลื่นความร้อน เป็นรูปแบบหนึ่งของความผันแปรดังกล่าว นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ยังเป็นปัจจัยเสริมที่สำคัญต่อแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของคลื่นความร้อน ผลการศึกษาที่ผ่านมา ระบุว่า เหตุการณ์คลื่นความร้อนและสภาวะเครียดจากความร้อน (Thermal stress) ในช่วงหลังของศตวรรษที่ 20 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในหลายภูมิภาคของโลก ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นควบคู่กับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก (Field et al., 2012; IPCC, 2013; IPCC, 2014) เหตุการณ์คลื่นความร้อนที่มีขนาดใหญ่และมีระดับรุนแรง ได้เกิดขึ้นหลายครั้งในช่วงทศวรรษเร็ว ๆ นี้ อาทิเช่น ในทวีปยุโรปในปี ค.ศ. 2003, 2006 และ 2010 ประเทศออสเตรเลียในปี ค.ศ. 2009 ประเทศรัสเซียในปี ค.ศ. 2010 และประเทศสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 2010 และ 2011

ความถี่ของการเกิดคลื่นความร้อนรวมรายปีของโลก ระหว่างช่วงปี ค.ศ. 1980-2013 แสดงในรูปที่ 1 ซึ่งบ่งชี้ถึงการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของเหตุการณ์คลื่นความร้อนที่เกิดขึ้นทั่วโลก โดยเฉพาะหลังจากปี ค.ศ. 2000 โดยจำนวนเหตุการณ์คลื่นความร้อนที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องนี้ สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้น

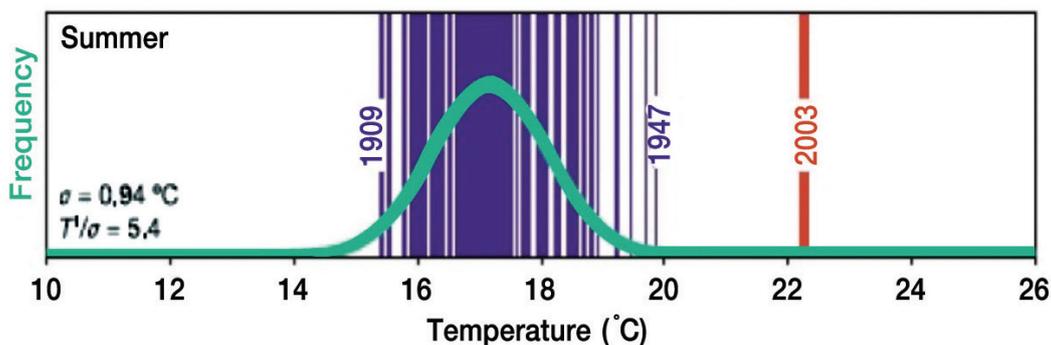
เป็นบริเวณกว้างของจำนวนคลื่นที่อบอุ่น (Field et al., 2012; IPCC, 2013) ทั้งนี้ มีความเป็นไปได้ที่คลื่นความร้อนมีแนวโน้มความถี่ของการเกิดเพิ่มขึ้นตั้งแต่ช่วงหลังของศตวรรษที่ 20 ในทวีปยุโรป ออสเตรเลีย และพื้นที่ส่วนใหญ่ของทวีปเอเชีย



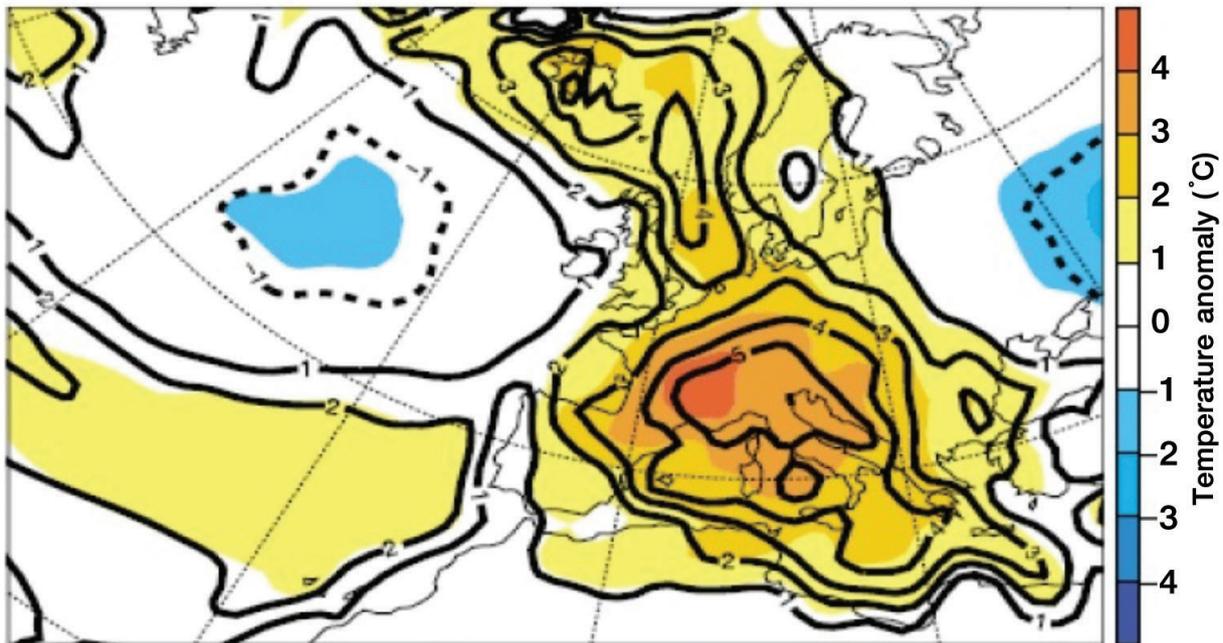
รูปที่ 1 จำนวนการเกิดเหตุการณ์คลื่นความร้อนรวมรายปีของโลกที่บันทึกในฐานข้อมูล Emergency Events Database (EM-DAT) ของ The International Disaster Database (<http://www.emdat.be/>)

คลื่นความร้อนที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูร้อนของปี ค.ศ. 2003 นับเป็นเหตุการณ์ที่รุนแรงที่สุดในรอบ 3,500 ปีของทวีปยุโรป ซึ่งส่งผลกระทบต่อเป็นบริเวณกว้างในหลายประเทศ (รูปที่ 2) (Beniston, 2004; Schär et al., 2004; Stott et al., 2004) อุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูร้อน (เดือนมิถุนายน กรกฎาคม และ สิงหาคม) ของปี ค.ศ. 2003 สูงกว่าค่าเฉลี่ยในช่วงปี ค.ศ. 1961-1990 ถึง 3°C ซึ่งเกินกว่า 5 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (รูปที่ 3) (Schär et al., 2004) ทั้งนี้ มีความเป็นไปได้สูงที่คลื่นความร้อน มีความถี่ของการเกิด ความแรงและระยะเวลาการเกิดที่ยาวนานขึ้น ภายใต้อุณหภูมิโลกที่ร้อนขึ้นของสภาพภูมิอากาศ

ในอนาคต (Field et al., 2012) โดยมีหลักฐานบางส่วนที่แสดงถึงกิจกรรมมนุษย์ อาจเป็นสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อคลื่นความร้อน Rahmstorf and Coumou (2011) พบว่า มีความเป็นไปได้ถึง 80% ที่คลื่นความร้อนที่เกิดขึ้นบริเวณฝั่งตะวันตกของรัสเซีย ในช่วงฤดูร้อนของปี ค.ศ. 2010 เกิดจากการเพิ่มขึ้นเป็นบริเวณกว้างของอุณหภูมิโลกหลังจากปี ค.ศ. 1980 ผลการจำลองผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อคลื่นความร้อนในทวีปอเมริกาเหนือในศตวรรษที่ 21 พบว่า ความถี่และระยะเวลาของคลื่นความร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นภายใต้การเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์



รูปที่ 2 การแจกแจงความถี่ของอุณหภูมิเฉลี่ยช่วงฤดูร้อนระหว่างปี ค.ศ. 1864-2003 ในประเทศสวิตเซอร์แลนด์ (ที่มาของข้อมูล : Schär et al., 2004)



รูปที่ 3 ลักษณะของคลื่นความร้อนที่เกิดขึ้นในทวีปยุโรปช่วงฤดูร้อนของปี ค.ศ. 2003 โดยพิจารณาจากค่าผิดปกติของอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคมเทียบกับจากค่าเฉลี่ยในช่วงปี ค.ศ. 1961-1990 (ที่มาของข้อมูล: Schär et al., 2004)

ในปี ค.ศ. 2015 มีเหตุการณ์คลื่นความร้อนเกิดขึ้นในประเทศอินเดียช่วงเดือนพฤษภาคม โดยอุณหภูมิในหลายเมืองสูงถึง 48 °C ส่วนประเทศปากีสถานเกิดคลื่นความร้อนในช่วงเดือนมิถุนายน เจ้าหน้าที่ทางการแพทย์เผยว่าโรงพยาบาลต่างๆ ของนครการาจี ทำการรักษาประชาชนที่ได้รับผลกระทบจากโรคลมแดดและภาวะร่างกายขาดน้ำเกือบ 80,000 คน โดยที่อุณหภูมิระดับ 45 °C หรือสูงกว่านั้นถือเป็นเรื่องธรรมดาในพื้นที่อื่นๆ แต่สำหรับนครการาจีแล้วนับเป็นเรื่องผิดปกติ เนื่องจากปกติแล้วเมืองแห่งนี้มักมีอากาศเย็นกว่าที่อื่นๆ เนื่องจากตั้งอยู่ริมชายฝั่ง ส่วนประเทศอียิปต์เกิดขึ้นในเดือนสิงหาคมทำให้มีผู้เสียชีวิตซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นผู้สูงอายุและผู้ป่วยในโรงพยาบาลจิตเวช ในประเทศญี่ปุ่นเกิดสถานการณ์คลื่นความร้อนปกคลุมหลายพื้นที่ในช่วงต้นเดือนสิงหาคม ส่งผลให้ชาวเมืองโตเกียวต้องเผชิญอุณหภูมิ 35 °C นานติดต่อกันถึง 5 วัน ซึ่งถือว่ายาวนานที่สุด ตั้งแต่มีการเก็บข้อมูลสถิติมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2418 และกรุงโตเกียวต้องตกอยู่ในสภาพอากาศที่ร้อนระอุถึง 36.7 °C ทำให้ประชาชนในเมืองต้องเข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาลกว่า 3,307 คน จากสาเหตุอากาศร้อน ขณะที่เมืองโดโงะ ในจังหวัดอิบารากิ ทางภาคเหนือของประเทศญี่ปุ่นต้องเผชิญกับอุณหภูมิที่สูงถึง 38 °C นอกจากนี้ ในทวีปยุโรปยังเกิดคลื่นความร้อนทั้งในประเทศฝรั่งเศส เยอรมัน อิตาลี

อังกฤษ สเปน โปรตุเกส เนเธอร์แลนด์และภาคใต้ของสวีเดน ในช่วงต้นเดือนกรกฎาคม โดยอุณหภูมิสูงกว่า 40 °C

สำหรับประเทศไทย ยังมีการศึกษาไม่มากนักที่บ่งชี้ถึงความรุนแรงและความถี่ของการเกิดคลื่นความร้อนและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสภาวะเครียดจากอากาศร้อนจัด แต่ข้อมูลจากการศึกษาของแสงจันทร์และคณะ (2553) และจากรายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานการณ์ภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 1 แสดงถึงโอกาสเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งเป็นตัวแปรหลักที่กำหนดการเกิดคลื่นความร้อนและสภาวะเครียดจากความร้อน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในประเทศไทย นอกจากนี้ ดัชนีอุณหภูมิที่ร่างกายมนุษย์รู้สึกได้ (Apparent Temperature; AT) ซึ่งคำนวณจากข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ยังแสดงความเสี่ยงต่อสภาวะความเครียดจากความร้อนในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในรอบ 42 ปีที่ผ่านมา (แสงจันทร์และคณะ, 2553) Tawatsupa et al. (2012) พบความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและอัตราการตายของคนไทยในช่วงระหว่างปี ค.ศ. 1999-2008 โดยอุณหภูมิสูงสุดเป็นปัจจัยที่สำคัญในการคาดการณ์อัตราการตาย

2. ดัชนีความร้อน

Thermal Index (TI) ซึ่งโดยส่วนใหญ่คำนวณจากข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อใช้อธิบายเงื่อนไขและความเชื่อมโยงที่ซับซ้อนระหว่างการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างร่างกายมนุษย์และสิ่งแวดล้อมโดยรอบ (Anderson et al., 2013; WMO and WHO, 2015) โดยที่ WMO and WHO (2015) ได้สรุปชุด TI ที่มีอยู่ในปัจจุบันที่ถูกลำนำประยุคตีใช้ประเมินความร้อนและอธิบายกระบวนการควบคุมอุณหภูมิและภาวะความร้อนในหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับอุตุนิยมวิทยาทั้งส่วนกลางและส่วนท้องถิ่น ซึ่ง TI ที่ใช้ในปัจจุบันมีหลากหลายตั้งแต่ดัชนีอย่างง่ายที่คำนวณจากตัวแปรภูมิอากาศพื้นฐานที่ตรวจวัดกันโดยทั่วไป ไปจนถึงดัชนีที่คำนวณจากตัวแปรภูมิอากาศหลายตัวแปรหรือคำนวณบนพื้นฐานของโมเดลสมดุลความร้อนหรือโมเดลทางด้านสรีรวิทยาความร้อนและอุณหภูมิของมนุษย์ (Anderson et al., 2013; WMO and WHO, 2015)

จากการทบทวนเอกสารงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง พบว่า Steadman's apparent temperature เป็นหนึ่งในบรรดา TI ที่นิยมมากที่สุดสำหรับการวิจัยด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถคำนวณจากข้อมูลอุณหภูมิอากาศและความชื้น โดยแปลงสภาพอากาศปัจจุบันให้เป็นอุณหภูมิที่ทุกคนรู้สึกได้เหมือนกันในกรณีที่อุณหภูมิจุดน้ำค้างมีค่าเท่ากับ 14.0 °C (Steadman 1979a, 1979b, 1984; Rothfus 1990) อย่างไรก็ตาม Steadman's apparent temperature ได้พัฒนาเพื่อวัดความสะดวกสบายจากความร้อนมากกว่าใช้ศึกษาสุขภาพของมนุษย์ (Steadman 1994) Anderson et al. (2013) ได้ทำการเปรียบเทียบอัลกอริทึมและสมการที่แตกต่างกันถึง 21 วิธีที่ใช้คำนวณดัชนีความร้อนที่พบในเอกสารงานวิจัยที่ผ่านมา เพื่อตรวจสอบว่าอัลกอริทึมและสมการที่แตกต่างกันนั้นให้ค่าดัชนีความร้อนที่สอดคล้องกับแนวคิดทางทฤษฎีของ AT หรือไม่และให้ผลการคำนวณค่าดัชนีความร้อนที่คล้ายคลึงกันหรือไม่ ซึ่งผลการศึกษา พบว่า อัลกอริทึมและสมการส่วนใหญ่ ให้ค่าดัชนีความร้อนที่สอดคล้องกับ AT และให้ผลการคำนวณที่ใกล้เคียงและสามารถเปรียบเทียบผลกันได้

3. การพัฒนาดัชนีความร้อนสำหรับประเทศไทย

Heat Index (HI) ได้ถูกคัดเลือกเป็นดัชนีความร้อนที่ใช้ศึกษาในประเทศไทย เนื่องจากเป็นดัชนีที่อาศัยเฉพาะข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น ซึ่งเป็นตัวแปรภูมิอากาศพื้นฐานที่ตรวจวัดเป็นประจำของสถานีตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาพื้นผิว อีกทั้ง เป็นดัชนีที่สามารถใช้ติดตามแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคลื่นความร้อนในระยะยาวได้บนพื้นฐานของฐานข้อมูลภูมิอากาศรายวันที่ได้ตรวจวัดและเก็บรวบรวมอย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน HI เป็นดัชนีที่ถูกพัฒนาบนพื้นฐานของ AT ซึ่งได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ทั้งการศึกษารายวันและการติดตามตรวจสอบอย่างแพร่หลายในหน่วยงานต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น National Weather Service ของประเทศสหรัฐอเมริกา HI สามารถคำนวณจากข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{HI (}^{\circ}\text{F)} &= -42.379 + 2.04901523 \cdot T + 10.14333127 \cdot \text{RH} - 0.22475541 \cdot T \cdot \text{RH} \\ &\quad - 6.83783 \times 10^{-3} \cdot T^2 - 5.481717 \times 10^{-2} \cdot \text{RH}^2 + 1.22874 \times 10^{-3} \cdot T^2 \cdot \text{RH} \\ &\quad + 8.5282 \times 10^{-4} \cdot T \cdot \text{RH}^2 - 1.99 \times 10^{-6} \cdot T^2 \cdot \text{RH}^2 & 1 \\ C &= 5/9 \cdot (^{\circ}\text{F} - 32) & 2 \end{aligned}$$

HI: heat index (°F), T: air temperature (°F), RH: relative humidity (%)

F: Fahrenheit, C: Celsius

สมการข้างต้น เป็นอัลกอริทึมมดถอยพหุคูณ ประกอบด้วย 9-term multiple regression model ที่สามารถประยุกต์ใช้คำนวณ HI ได้ดี เมื่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 26 °C และ 39% ตามลำดับ ดังนั้น มีข้อเสนอแนะให้ปรับความถูกต้องของค่า HI = T ในกรณีที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าค่าดังกล่าว (Patricola and Cook 2010; Zahid and Rasul, 2010; Oka, 2011; Rajib et al., 2011) สำหรับข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาทั่วประเทศไทยในห้วงเวลา 1970-2014 ประมาณ 24.3% ที่มีค่าต่ำกว่า 26 °C ส่วนข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์รายวันในห้วงเวลาเดียว พบเพียง 0.13% ที่มีค่า

น้อยกว่า 39% ซึ่งต้องปรับความถูกต้องเมื่อคำนวณค่า HI จากสมการ 1 ความผิดพลาดของการคำนวณ HI มีค่า ± 1.3 °F (Zahid and Rasul, 2010; Rajib et al., 2011) เนื่องจาก HI เป็นการคำนวณจากข้อมูลในตาราง Steadman ด้วยสมการถดถอยพหุคูณ HI ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ศึกษาในพื้นที่ใกล้เคียงกับประเทศไทย อาทิเช่น ประเทศปากีสถาน ประเทศบังคลาเทศ และประเทศเกาหลีใต้ เพื่อให้ HI สามารถถูกนำไปใช้งานให้ง่ายขึ้น ได้มีการพัฒนา Chart ที่แสดงค่าของ HI ในช่วงของอุณหภูมิตั้งแต่ 26-43°C และความชื้นสัมพัทธ์ตั้งแต่ 40-100% เพิ่มเติม ดังแสดงในรูปที่ 6 โดยระดับผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นต่อร่างกายมนุษย์ของค่า HI ในช่วงต่าง ๆ สรุปในตารางที่ 1 ซึ่งผลกระทบดังกล่าว ยังได้แสดงใน Chart ของ HI ด้วยระดับความเข้มของสีที่ต่างกัน (รูปที่ 4)

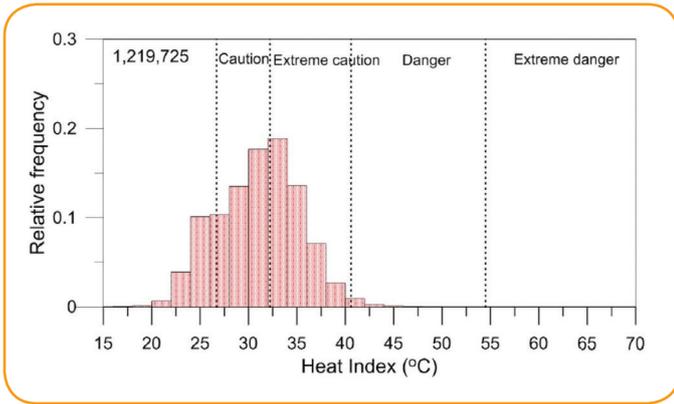
| Temp (°C) | Relative Humidity (%) | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 43 | 56.6 | | | | | | | | | | | | |
| 42 | 53.7 | 57.5 | | | | | | | | | | | |
| 41 | 50.9 | 54.3 | 58.1 | | | | | | | | | | |
| 40 | 48.3 | 51.3 | 54.8 | 58.5 | | | | | | | | | |
| 39 | 45.8 | 48.5 | 51.6 | 55.0 | 58.7 | | | | | | | | |
| 38 | 43.4 | 45.9 | 48.6 | 51.6 | 55.0 | 58.6 | | | | | | | |
| 37 | 41.2 | 43.4 | 45.8 | 48.5 | 51.4 | 54.7 | 58.2 | | | | | | |
| 36 | 39.1 | 41.0 | 43.1 | 45.5 | 48.1 | 51.0 | 54.2 | 57.5 | | | | | |
| 35 | 37.2 | 38.8 | 40.7 | 42.7 | 45.1 | 47.6 | 50.3 | 53.3 | 56.5 | | | | |
| 34 | 35.4 | 36.8 | 38.4 | 40.2 | 42.2 | 44.4 | 46.8 | 49.4 | 52.2 | 55.2 | 58.4 | | |
| 33 | 33.8 | 34.9 | 36.3 | 37.8 | 39.5 | 41.4 | 43.5 | 45.7 | 48.1 | 50.8 | 53.5 | 56.5 | |
| 32 | 32.3 | 33.2 | 34.4 | 35.6 | 37.1 | 38.7 | 40.4 | 42.3 | 44.4 | 46.6 | 49.0 | 51.5 | 54.2 |
| 31 | 30.9 | 31.7 | 32.6 | 33.7 | 34.8 | 36.2 | 37.6 | 39.2 | 40.9 | 42.7 | 44.7 | 46.8 | 49.0 |
| 30 | 29.7 | 30.3 | 31.0 | 31.9 | 32.8 | 33.9 | 35.0 | 36.3 | 37.7 | 39.1 | 40.7 | 42.4 | 44.2 |
| 29 | 28.6 | 29.1 | 29.7 | 30.3 | 31.0 | 31.8 | 32.7 | 33.7 | 34.7 | 35.9 | 37.1 | 38.4 | 39.7 |
| 28 | 27.7 | 28.0 | 28.4 | 28.9 | 29.5 | 30.0 | 30.7 | 31.4 | 32.1 | 32.9 | 33.7 | 34.7 | 35.6 |
| 27 | 26.9 | 27.1 | 27.4 | 27.7 | 28.1 | 28.5 | 28.9 | 29.3 | 29.7 | 30.2 | 30.7 | 31.3 | 31.8 |
| 26 | 26.2 | 26.4 | 26.6 | 26.7 | 26.9 | 27.1 | 27.3 | 27.5 | 27.7 | 27.9 | 28.0 | 28.2 | 28.4 |

รูปที่ 4 HI Chart สำหรับช่วงของอุณหภูมิตั้งแต่ 26-43 °C และความชื้นสัมพัทธ์ตั้งแต่ 40-100%

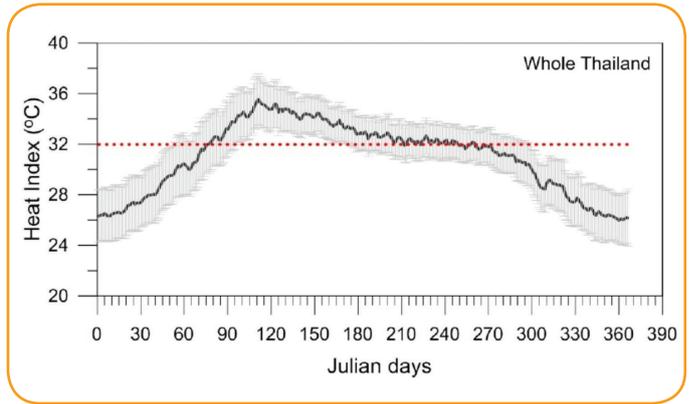
ตารางที่ 1 ผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นต่อร่างกายมนุษย์ของค่า HI ในช่วงต่าง ๆ (Choi et al., 2005; Zahid and Rasul, 2010)

| Category | Heat Index (°C) | Possible symptom |
|-----------------|-----------------|---|
| Caution | 26.7 - 32.2 | Fatigue with prolonged exposure and physical activity |
| Extreme caution | 32.2 - 40.6 | Sunstroke, Heat cramps and heat exhaustion with prolonged exposure and physical activity under these conditions |
| Danger | 40.6 - 54.5 | Sunstroke, Heat cramps or heat exhaustion are likely. Heatstroke with prolonged exposure and physical activity |
| Extreme danger | Over 54.5 | Heatstroke or Sunstroke are imminent |

ผลการคำนวณจากข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ตรวจวัดรายวันของสถานีพื้นผิว ของกรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 69 สถานี ในห้วงเวลาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970-2013 พบว่า HI ในประเทศไทย มีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 13.1 – 64.2 °C แต่ค่า HI ส่วนใหญ่ตกอยู่ในช่วง 27 – 35 °C (รูปที่ 5) ทั้งนี้ HI ที่คำนวณสำหรับประเทศไทยในอดีตถึงปัจจุบัน มีค่าอยู่ในช่วงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นต่อร่างกายมนุษย์ตั้งแต่ Caution ถึง Extreme danger โดย 25.5% ของข้อมูลทั้งหมดมีค่า HI สูงกว่า 32.2 °C หรือระดับ Extreme caution (ตารางที่ 1 และรูปที่ 5)

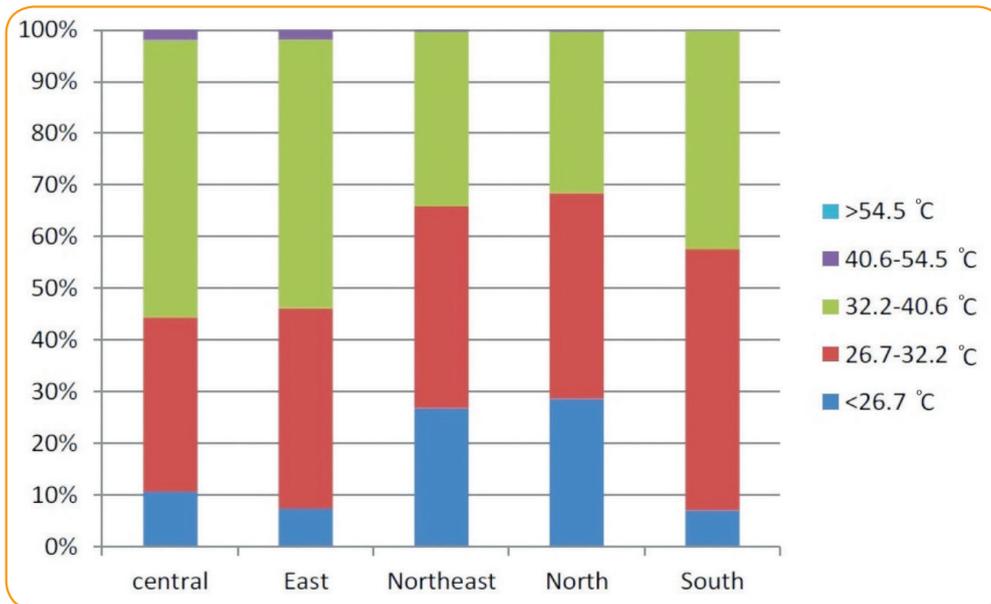


รูปที่ 5 Relative frequency histogram ของค่า HI ที่คำนวณจากข้อมูล อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ตรวจวัดรายวันของสถานีผิวพื้นของ กรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 69 สถานี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970-2013



รูปที่ 6 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระยะยาว (1970-2013) รายวันในรอบปีของ HI ที่คำนวณจาก 65 สถานี ในช่วงตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970-2013 เส้นปะสีแดง แสดงระดับ Extreme caution (32.2 °C)

ค่าเฉลี่ยระยะยาวและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานรายวันในรอบปีของ HI ในภาพรวมของประเทศไทยดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่ง HI มีค่าสูงกว่าระดับ Extreme caution เกิดขึ้นตั้งแต่ประมาณปลายเดือนกุมภาพันธ์ถึงประมาณเดือนกรกฎาคม (รูปที่ 6) ภาคกลางและภาคตะวันออก มีช่วงที่ HI มีค่าสูงกว่าระดับ Extreme caution กว้างกว่าภาคอื่น ๆ พร้อมทั้งมีค่าสูงสุดสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับภาคอื่น ๆ ทั้งนี้ ค่า HI ในระดับ Extreme caution (> 32.2 °C) ในภาคกลางและภาคตะวันออก มีสัดส่วนที่สูงกว่าภาคอื่น ๆ เช่นกัน (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 สัดส่วนของค่า HI เฉลี่ยรายภาคในกลุ่มต่าง ๆ ตามตารางที่ 1

เอกสารอ้างอิง

แสงจันทร์ ลิ้มจิรกาล อัศมน ลิ้มสกุล และทวิวงศ์ ศรีบุรี. 2553. การประเมินสภาวะความรุนแรงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย: การวิเคราะห์ความเสี่ยงและความอ่อนแอของพื้นที่วิกฤติ. รายงานฉบับสมบูรณ์ของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).
 อัศมน ลิ้มสกุล อำนาจ ชิดโรตง และกัณธรีย์ บุญประกอบ. 2554. รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานการณ์องค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทยครั้งที่ 1 คณะทำงานกลุ่มที่ 1 องค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

Anderson, G.B., Bell, M.L., Peng, R.D. 2013. Methods to calculate the heat index as an exposure metric in environmental health research. Environmental Health Perspectives, 121, 1111-1119.

- Barriopedro, D., Fischer, E.M., Luterbacher, J., Trigo, R.M., García-Herrera, R. 2011. The hot summer of 2010: redrawing the temperature record map of Europe. *Science*, 332, 220–224.
- Basu, R. 2009. High ambient temperature and mortality: a review of epidemiologic studies from 2001 to 2008. *Environmental Health*, 8:40, DOI: 10.1186/1476-069X-8-40.
- Beniston, M. 2004. The 2003 heat wave in Europe: A shape of things to come? An analysis based on Swiss climatological data and model simulations. *Geophysical Research Letters*, 31, L02202.
- Field, C.B., et al. (Eds.) 2012. *Intergovernmental Panel on Climate Change: Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*. Cambridge University Press: Cambridge; 1075 pp.
- Fischer, E.M., Seneviratne, S.I., Lüthi, D. and Schär, C. 2007. Contribution of land-atmosphere coupling to recent European summer heat waves. *Geophysical Research Letters* 34: L06707. DOI: 10.1029/2006GL029068.
- Frich, P., Alexander, L.V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Klein Tank, A.M.G. and Peterson, T. 2002. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate Research*, 19, 193-212.
- IPCC, 2013. *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Eds: Stocker TF, Qin D, Plattner G-K, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V and Midgley PM). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, 2014. *Climate change 2014: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Eds: Field CB, Barros VR, Dokken DJ, Mach KJ, Mastrandrea MD, Bilir, TE, Chatterjee M, Ebi KL, Estrada YO, Genova RC, Girma B, Kissel ES, Levy AN, MacCracken, S, Mastrandrea PR, and White LL). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Kovats, R.S. and Ebi, K.L. 2006. Heatwaves and public health in Europe. *European Journal of Public Health*, 16, 592–599.
- Kovats, R.S. and Hajat, S. 2008. Heat stress and public health: A critical review. *Annual Review of Public Health*, 29, 41–55.
- Lau, N.-C and Nath, M.J. 2012. A model study of heat waves over North America: Meteorological aspects and projections for the twenty-first century. *Journal of Climate*, 25, 4761–4784.
- Meehl, G.A. and Tebaldi, C. 2004. More intense, more frequent and longer lasting heat waves in the 21st century. *Science*, 305, 994-997.
- NOAA, 2014. Heat wave. National Weather Service, National Oceanic and Atmospheric Administration. <http://www.weather.gov/>.
- Oka, M. 2011. The influence of urban street characteristics on pedestrian heat comfort levels in Philadelphia. *Trans GIS*, 15(1), 109–123.
- Patricola, C.M., Cook, K.H. 2010. Northern African climate at the end of the twenty-first century: an integrated application of regional and global climate models. *Climate Dynamics*, 35,193–212.
- Rahmstorf, S and Coumou, D. 2011. Increase of extreme events in a warming world. *PNAS* 108, 17905–17909.
- Rajib, M.A., Mortuza, M.R., Selmi, S., Ankur, A.K. and Rahman, M.M. 2011. Increase of heat index over Bangladesh: Impact of climate change. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 58, 402-405.
- Rothfus, L.P. 1990. The Heat Index “Equation” (or, More Than You Ever Wanted to Know About Heat Index). SR 90–23. Fort Worth, TX:National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service, Office of Meteorology.
- Schär, C., Vidale, P.L., Lüthi, D., Frei, C., Häberli, C., Liniger, M.A. and Appenzeller, C. 2004. The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature*, 427, 332-336.
- Steadman, R.G. 1979a. The assessment of sultriness. Part I: A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. *Journal of Applied Meteorology*, 18, 861–873.
- Steadman, R.G. 1979b. The assessment of sultriness. Part II: Effects of wind, extra radiation and barometric pressure on apparent temperature. *Journal of Applied Meteorology*, 18, 874–885.
- Steadman, R.G. 1994. Norms of apparent temperature in Australia. *Aust Met Mag*, 43, 1–16.
- Stott, P.A., Stone, D.A. and Allen, M.R. 2004. Human contribution to the European heatwave of 2003. *Nature*, 432, 610-613.
- Tawatsupa, B. Dear, K., Kjellstrom, T, and Sleigh, A. 2012. The association between temperature and mortality in tropical middle income Thailand from 1999 to 2008. *International Journal of Biometeorology*, DOI 10.1007/s00484-012-0597-8.
- WMO-WHO, 2010. *Heat wave and health: Guidance on warning system development*. The World Meteorological Organization and the World Health Organization. 88 pp.
- WMO (World Meteorological Organization) and WHO (World Health Organization), 2015. *Heatwaves and health: Guidance on warning-system development*. WMO-No. 1142. 96 pp.
- Zahid, M. and Rasul, G. 2010. Rise in summer heat index over Pakistan. *Pakistan Journal of Meteorology*, 6 (12), 85-96.



การบำบัดไซยาไนด์

จากการขยายตัวอย่างต่อเนื่องของอุตสาหกรรมผลิตทองคำบริสุทธิ์ส่งผลให้เกิดน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการสกัดแร่ทองคำและอุตสาหกรรมผลิตทองคำบริสุทธิ์เพิ่มปริมาณมากขึ้นเรื่อยๆ ไซยาไนด์เป็นสารสำคัญในการแยกสินแร่ทองคำมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ของการผลิตทองคำทั่วโลกในแต่ละปีใช้ไซยาไนด์แยกสกัดทองคำออกจากแร่สิน แม้สารเคมีหลายชนิดจะสามารถใช้สกัดทองคำได้แต่ด้วยปัจจัยหลายประการ เช่น ความเป็นพิษ ประสิทธิภาพ ต้นทุนการผลิต ซึ่งทำให้ไซยาไนด์เป็นสารเคมีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในการแยกสกัดทองคำ แม้ความเป็นพิษสูงแบบเฉียบพลัน แต่ไม่จัดเป็นสารก่อมะเร็ง ดังนั้นหากมีการจัดการที่ดี เริ่มตั้งแต่การขนย้าย การนำมาใช้ในปริมาณที่พอเหมาะก่อให้เกิดของเสียที่มีไซยาไนด์น้อยที่สุด และการกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสียไซยาไนด์มากขึ้นเกิดจากเหล็กในสินแร่ ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กไซยาไนด์ นอกจากนี้โลหะอื่นในสินแร่เป็นสารมลทินแย่งทองจับไซยาไนด์ เช่น สังกะสี ทองแดง และนิกเกิล ทำให้ต้องใช้ไซยาไนด์มากขึ้นซึ่งจะทำให้เกิดของเสียไซยาไนด์ (สภาวิศวกร. 2554)

สารไซยาไนด์ (Cyanide) นับว่าเป็นสารเคมีอีกชนิดที่ควรตระหนักถึงภัยอันตรายที่มีต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ถึงแม้ว่าสารไซยาไนด์ไม่ถูกจัดว่าเป็นสารก่อมะเร็ง (จตุรัตน์. 2547) แต่ก็มีฤทธิ์ทำให้ถึงแก่ความตายได้หากร่างกายได้รับเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า การได้รับสารไซยาไนด์ที่ความเข้มข้นสูงอาจทำให้เสียชีวิตได้ในระยะเวลาเพียงไม่กี่วินาที (Baskin และคณะ.2008)และสารเคมีชนิดนี้ถูกใช้เป็นยาพิษเมื่อหลายพันปีแล้ว (ที่มา: <http://www.siamchemi.com/>)

ความเข้มข้นของสารประกอบไซยาไนด์และวิธีการได้รับสารพิษ

1. **ทางปาก (Ingestion)** ค่า Lethal Dose 50 เปอร์เซ็นต์ (LD₅₀) เท่ากับ 50-200 ppm หรือ 1-3 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักร่างกาย (กิโลกรัม)

2. **ทางลมหายใจ (Inhalation)** ค่า Lethal Concentration 50 เปอร์เซ็นต์ (LC₅₀) เท่ากับ 100-300 ppm จะตายภายในเวลา 10-60 นาที แต่ถ้าได้รับไซยาไนด์ 2,000 ppm จะตายภายใน 1 นาที

3. **ทางผิวหนัง (Contact)** ค่า LD₅₀ เท่ากับ 100 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักร่างกาย (กิโลกรัม) โดยที่ค่า LD₅₀ คือ ปริมาณสารที่เราให้กับสัตว์ทดลอง แล้วสัตว์ทดลองตายไปครั้งหนึ่ง หรือ 50 เปอร์เซ็นต์ (<http://www.chemtrack.org/Board-Detail.asp?TID=0&ID=467>)

พิษจากสารไซยาไนด์ (จุฑารัตน์ . 2547)

อาการเฉียบพลัน ทางเข้าสู่ร่างกายนั้นสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ทั้งทางการหายใจ ทางการกิน และซึมผ่านผิวหนัง หากได้รับเข้าไปปริมาณมากจะมีฤทธิ์ยับยั้งการหายใจในระดับเซลล์ทำให้เซลล์ถึงแก่การตายได้

อาการระยะยาว การสัมผัสพิษสาร thiocyanate ในระยะยาวอาจก่อให้เกิดพิษเรื้อรังได้มีอาการ แขนขาอ่อนแรง ปวดศีรษะ และโรคของต่อมไทรอยด์ ซึ่งมีรายงานในคนงานโรงงานแปรรูปจรวดและเครื่องบิน และคนงานขุดเครื่องเงิน

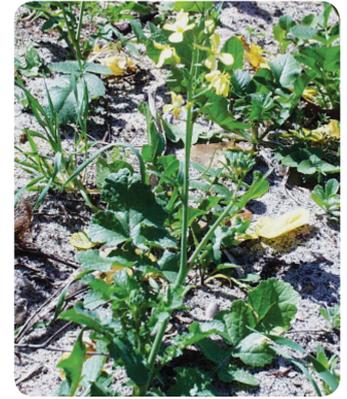
การบำบัดไซยาไนด์

ไซยาไนด์เป็นสารเคมีที่พบได้ในธรรมชาติทั้งพืชและสัตว์ โดยสมดุลของธรรมชาติจะมีกระบวนการทำลายพิษของไซยาไนด์ จะดำเนินการไปอย่างช้าๆ ซึ่งไม่สามารถรองรับของเสียอุตสาหกรรม ดังนั้นต้องหาวิธีการบำบัดไซยาไนด์อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสม (Young, Online 2002)

1. **กระบวนการย่อยสลายตัวโดยธรรมชาติ (Natural Degradation)** การสลายตัวโดยธรรมชาติเกิดจากหลายปฏิกิริยา เช่น Hydrolysis Photodegradation, Chemical Biological Oxidation และการตกตะกอนในรูปสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะ แต่กระบวนการหลัก คือ การแยกตัวของสารประกอบเชิงซ้อนไซยาไนด์ของโลหะ และการระเหยเป็นก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนด์ ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการสลายตัว ได้แก่ pH อุณหภูมิ แสงแดด และการเติมอากาศรวมถึงการใช้พืช ถ้าอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม ปัจจัยแวดล้อมทางธรรมชาติจะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการสลายตัวของไซยาไนด์ได้ดียิ่งขึ้น



Thlaspi caerulescens



Brassica juncea

2. **กระบวนการย่อยสลายทางกายภาพ** การจัดการไซยาไนด์โดยวิธีการทางกายภาพ เป็นวิธีการอย่างง่ายเหมาะสมสำหรับกรณีที่มีของเสียปริมาณไม่มาก เช่น การเจือจาง (Dilution), Electrowining, Hydrolysis / Distillation และการผ่านเยื่อ (Membrane) โดยการแยกไซยาไนด์จากสารละลายโดยการผ่านเยื่อสามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่ Electrodialysis ทำได้โดยใส่สารละลายไซยาไนด์ที่ต้องการทำให้บริสุทธิ์ในครึ่งเซลล์แคโทดหรือขั้วลบ เนื่องจากไซยาไนด์มีประจุลบจะแพร่ผ่านเยื่อมาครึ่งเซลล์แอโนด หรือขั้วบวก เป็นการแยกไซยาไนด์ออกจากสารละลายและ Reverse Osmosis เป็นวิธีที่ใช้แรงดันทำให้น้ำแพร่ผ่านเยื่อเป็นการแยกน้ำออกจากสารละลายไซยาไนด์

3. **วิธีการผสมผสาน** การ Acidification/Volatilization/Reneutralization (AVR or Mills-Crowe Process) เป็นการบำบัดไซยาไนด์โดยการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recovery) เป็นกระบวนการที่ใช้ได้ดีกับของเสียที่ไซยาไนด์มีความเข้มข้นปานกลางถึงสูงและมีอัตราการไหลสูงหรือต่ำก็ได้โดยการทำให้ไซยาไนด์อยู่ในสภาพที่เป็นกรด (Acidification) ที่ pH ต่ำกว่า 8.0 ไซยาไนด์อิสระและ WAD Cyanide จะทำปฏิกิริยากับกรดได้ก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนด์ระเหยไปในอากาศ (Volatilization) ปฏิกิริยาเหล่านี้สามารถเกิดขึ้นได้เองในธรรมชาติ โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะละลายน้ำได้กรดคาร์บอนิกทำให้ pH ลดต่ำลง เกิดก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนด์ แต่ถ้าต้องการนำไซยาไนด์กลับมาใช้ใหม่ก็จะต้องให้ก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนด์ทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide: NaOH) ซึ่งจะสามารถดักจับไซยาไนด์ได้ประมาณ 70-95 เปอร์เซ็นต์

Metal Addition การเติมโลหะเป็นการทำให้ไซยาไนด์อยู่ในรูป SAD complex เช่น การเติม Fe²⁺ หรือ Fe³⁺ ทำให้เกิด Hexacyanoferrate (II) ion [Fe(CN)₆⁴⁻] และ Hexacyanoferrate (III) ion [Fe(CN)₆³⁻] ตามลำดับ แต่สารประกอบที่ได้อาจเกิดปฏิกิริยากับแสง (Photodegradation) ดังนั้นจึงมีการเติมโลหะซ้อนอีก เช่น เหล็ก ทองแดง นิกเกิล และสังกะสี เพื่อให้เกิดการตกตะกอนเป็น

โลหะเชิงซ้อนของเหล็กไซยาไนด์ โดยที่ Hexacyanoferrate (II) ion $[\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}]$ จะทำปฏิกิริยากับโลหะที่เติม

Flotation การทำ Flotation เกิดขึ้นครั้งแรกตั้งแต่ปี 1880 เพื่อแยกแร่ออกจากสินแร่ ต่อมาจึงได้มีการปรับปรุงระบบมาใช้กับการบำบัดไซยาไนด์ การแยกไซยาไนด์ด้วยวิธี Flotation เป็นการแยก SAD Cyanide แล้วเกิดเป็นตะกอนโดยธรรมชาติหรือโดยการเติมโลหะเพื่อช่วยในการตกตะกอน ซึ่งจะช่วยป้องกันการสลายตัวเป็นไซยาไนด์อิสระการทำ Flotation ได้โดยเติมสาร Heteropolar Surfactant ซึ่งส่วนมากจะเป็นสารกลุ่ม Cationic Amine เช่น Tricaprylmethyl Ammonium Chloride (R_4NCl) เพื่อทำปฏิกิริยากับสารประกอบ Anionic SAD Cyanide แล้วตกตะกอนเป็นเกลือเชิงซ้อนของสารอินทรีย์ตะกอนที่ได้อาจอยู่ในรูปสารแขวนลอยหรืออาจมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า วิธีนี้เหมาะสำหรับการแยก SAD Cyanide มากกว่า WAD Cyanide

Solvent Extraction เริ่มใช้ครั้งแรกประมาณกลางปี 1950 ในกระบวนการผลิตยูเรเนียม และจากนั้นมาอีก 10 ปี ก็ได้รับความนิยมทั่วโลกจากการประยุกต์มาใช้กับกระบวนการผลิตทองแดง สารที่ใช้เป็น Solvent Extraction เป็นสารอินทรีย์จึงไม่รวมตัวกับน้ำและมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำและมีความสามารถในการละลายเมื่อเติมสารที่ใช้เป็น Solvent Extraction

กับสารละลายที่ต้องการบำบัดไซยาไนด์จะแยกตัวออกมาอยู่ในชั้นของ Solvent Extraction สมการการเกิดปฏิกิริยามีลักษณะเดียวกันกับ Flotation สารละลายที่ใช้เป็น Solvent Extraction สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

4. วิธีการดูดซับ (Adsorption method) วิธีการดูดซับไซยาไนด์เป็นการแยกไซยาไนด์ออกจากสารละลายโดยอาศัยวัสดุต่าง ๆ ที่มีสมบัติในการดูดซับ เช่น แร่บางชนิด ถ่านกัมมันต์ (M.D. ADAMS, 1994) และ เรซิน โดยหลักการแล้วไซยาไนด์ที่ถูกดูดซับไว้จะถูกแยกออกอีกครั้งในสารละลายที่มีปริมาณน้อย ทำให้ได้สารละลายไซยาไนด์เข้มข้นและวัสดุดูดซับดังกล่าวก็สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

5. วิธีการออกซิเดชัน (Oxidation method) การกำจัดไซยาไนด์ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น วิธีทางกายภาพ วิธีการทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อน และวิธีการใช้สารที่มีคุณสมบัติในดูดซับยังคงมีสารประกอบไซยาไนด์ที่เกิดจากการบำบัดที่ยังเป็นพิษต้องทำการบำบัดก่อนการปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม แต่วิธีการดังกล่าวเป็นวิธีการแยกและนำไซยาไนด์กลับมาใช้ใหม่ถ้าต้องการทำลายไซยาไนด์จำเป็นต้องให้ไซยาไนด์เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

เอกสารอ้างอิง

- จุฬารัตน์ อาชวรรัตน์ถาวร. 2547. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไซยาไนด์. สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน กรมอุตสาหกรรมเหมืองแร่ สภาวิศวกร. 2554. มาตรฐานการปฏิบัติวิชาชีพ เรื่องมาตรฐานการจัดการไซยาไนด์ในการกระบวนการสกัดทองคำ ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์. <http://msds.pcd.go.th/searchName.asp?VID=1385>
- M.D. ADAMS, REMOVAL OF CYANIDE FROM SOLUTION USING ACTIVATED CARBON, Minerals Engineering, 1994, Vol. 7, No. 9, pp. 165-117
- S.I. Baskin, J.B. Kelly, B.I. Maliner, G.A. Rockwood, C.K. Zoltani, Cyanide poisoning, in: S.D. Tuorinsky (Ed.), Textbook of Military Medicine: Medical Aspects of Chemical Warfare, Office of The Surgeon General at TMM Publications, Borden Institute, Washington, DC, 2008, pp. 371-410
- Young, C.A. and Jordan, T.S. "Cyanide Remediation: Current and Past Technologies." (Online). Available: <http://www.engg.ksu.edu/HSRC/95Proceed/young.pdf>, 2002.
- <http://www.siamchemi.com>
- <http://www.tint.or.th/nkc/nkc51/nkc5102/nkc5102d.html>
- <http://www.publicconsultation.opm.go.th/rubfung67/doc37.pdf>

ถ่ายทอดความรู้

และรณรงค์หยุดการเผาพื้นที่การเกษตรในตำบลต้นแบบปลอดการเผา ณ โรงเรียนห้วยน้ำขุ่น ต.อานาโลย อ.เวียงสา จ.น่าน



กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยสถาบันไดออกซินแห่งชาติ ได้เข้าร่วมจัดแสดงนิทรรศการเรื่อง “สารไดออกซิน” เพื่อเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับสารไดออกซินให้กับประชาชนทั่วไปได้รับรู้ถึงภัยอันตรายที่มากับสารไดออกซิน ในงานถ่ายทอดความรู้และรณรงค์หยุดการเผาพื้นที่การเกษตรในตำบลต้นแบบปลอดการเผา เมื่อวันที่ 4-5 กุมภาพันธ์ 2559 ที่ผ่านมา ณ โรงเรียนห้วยน้ำขุ่น ตำบลอานาโลย อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน จัดโดยสำนักงานเกษตรจังหวัดน่าน ซึ่งในงานมีการจัดแสดงนิทรรศการจากหน่วยงานต่างๆ มากมาย และได้รับความสนใจจากประชาชนในพื้นที่เป็นอย่างมาก



การประชุมเชิงปฏิบัติการพัฒนาโครงการนำร่องพื้นที่รูปธรรมต้นแบบแห่งการเรียนรู้ของชุมชนในการแก้ไขปัญหาหมอกควันที่ยั่งยืนในพื้นที่ดอยยาว-ดอยพ่าหม่น

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ร่วมกับวิทยาลัยบริหารศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จัดการประชุมเชิงปฏิบัติการพัฒนาโครงการนำร่องพื้นที่รูปธรรมต้นแบบแห่งการเรียนรู้ของชุมชนในการแก้ไขปัญหาหมอกควันที่ยั่งยืนในพื้นที่ดอยยาว-ดอยพ่าหม่น ในระหว่างวันที่ 12-13 มีนาคม 2559 ณ ศูนย์บริการนักท่องเที่ยวภูชี้ฟ้า ตำบลต๋นเต่า อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจ เกี่ยวกับองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับโครงการนำร่องพื้นที่รูปธรรมต้นแบบแห่งการเรียนรู้ของชุมชนในการแก้ไขปัญหาหมอกควันที่ยั่งยืน ในพื้นที่ดอยยาว-ดอยพ่าหม่น ประกอบด้วย เกษตรกรรมยั่งยืน การท่องเที่ยวยั่งยืน และ

การทำปุ๋ยอินทรีย์จากเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พร้อมทั้งร่วมกันจัดทำแผนการดำเนินโครงการนำร่องพัฒนาพื้นที่รูปธรรมต้นแบบแห่งการเรียนรู้ของชุมชน ซึ่งได้รับความสนใจจากกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่เข้าร่วมงานเป็นอย่างดี



