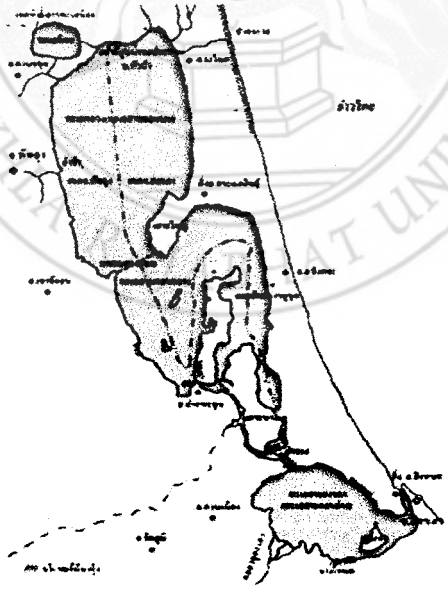
บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1ทะเลสาบสงขลา

2.1.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

ที่ตั้ง

ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตั้งอยู่บนชายฝั่งด้านตะวันออกของภาคใต้ มีตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ระหว่างละติจูดที่ 6 องศา 27 ลิปดาเหนือ ถึง ละติจูดที่ 8 องศา 12 ลิปดาเหนือ และระหว่างลองติจูดที่ 99 องศา 44 ลิปดาตะวันออกถึงลองติจูดที่ 100 องศา 41 ลิปดาตะวันออก มีเนื้อที่รวมทั้งหมด 9,807 ตารางกิโลเมตร (6,129,375 ไร่) พื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นพื้นดินมีเนื้อที่ 8,761 ตารางกิโลเมตร (5,475,625ไร่) และส่วนที่เป็นพื้นน้ำมีเนื้อที่ 1,046.04 ตารางกิโลเมตร (653,775 ไร่) (คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2537) ครอบคลุมพื้นที่ 3 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดสงขลา 12 อำเภอ คือ อำเภอเมือง อำเภอหาดใหญ่ อำเภอสะเดา อำเภอรัตภูมิ อำเภอระโนด อำเภอสทิงพระ อำเภอสิงหนคร อำเภอควนเนียง อำเภอกระแสสินธุ์ อำเภอนาหม่อม อำเภอ บางกล่ำ และอำเภอคลองหอยโข่ง จังหวัดพัทลุงทั้งจังหวัด และจังหวัดนครศรีธรรมราช 2 อำเภอ คือ อำเภอระอวด และอำเภอหัวไทร ดังภาพที่ 2.. (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่12; 2543)



ภาพที่ 2.1 ที่ตั้งทะเลสาบสงขลา

ที่มา: http://www.nicaonline.com/0008.htm

อาณาเขตของพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ได้กำหนดตามแนวสันปันน้ำชายฝั่งทะเล และแนวขอบเขตการปกครอง (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12; 2543) มีดังต่อไปนี้

ทิศเหนือ ติดต่อ อำเภอปากพนัง อำเภอเชียรใหญ่ อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช

ทิศใต้ ติดต่อ ประเทศมาเลเซีย

ทิศตะวันออก ติดต่อ อำเภอจะนะ อำเภอเทพา อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา และอ่าวไทย

ทิศตะวันตก ติดต่อ จังหวัดตรัง จังหวัดสตูล และมีแนวสันปันน้ำเทือกเขาบรรทัดเป็นเส้นแบ่งตั้งแต่ตอนเหนือในเขตจังหวัดพัทลุงลงไปถึงตอนใต้จรดเขตชายแดนไทย-มาเลเซีย

ภาพที่ 2.2 ทะเลสาบสงขลา

2.1.2 ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศที่เด่นชัดบริเวณลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา คือ เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติขนาดใหญ่ ซึ่งมีทั้งแหล่งน้ำจืดและแหล่งน้ำกร่อยตามสภาพลักษณะระบบนิเวศที่แตกต่างกันโดยธรรมชาติ สำหรับพื้นที่ผิวดินมีลักษณะภูมิประเทศดังต่อไปนี้

1. พื้นที่ภูเขา (Hill) พบได้ 2 บริเวณ คือ ทางด้านตะวันตกของพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งเป็นที่ตั้งของแนวเทือกเขาบรรทัด เป็นเทือกเขาสูงทอดตัวยาวเป็นสันปันน้ำในแนวเหนือ-ใต้ ตั้งแต่ตอนเหนือสุดของจังหวัดพัทลุงไปจรดชายแดนไทย-มาเลเซีย เทือกเขาเหล่านี้เป็นแหล่งต้นกำเนิดลำน้ำสายสำคัญในพื้นที่ ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เช่น คลองพรุพ้อ คลองท่าแค คลองหลง และคลองรัตภูมิ ส่วนด้านตะวันออกเฉียงใต้มีแนวเทือกเขาเตี้ยๆ อยู่ในเขตอำเภอเมือง ผ่านอำเภอจะนะ อำเภอเทพา และอำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา ไปจรดชายแดนไทย-มาเลเซีย พื้นที่ภูเขาสูงนี้ปกคลุมด้วยป่าไม้ทึบอันอุดมสมบูรณ์ จึงเป็นแหล่งต้นน้ำลำธารที่สำคัญที่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา

2. พื้นที่ราบลูกคลื่น (rolling plain) เป็นพื้นที่อยู่ถัดจากพื้นที่ภูเขา มีลักษณะภูมิประเทศเป็นเนินเขาเตี้ยสลับด้วยที่ราบ เริ่มตั้งแต่ตอนเหนือของจังหวัดพัทลุงขนานไปกับแนวเทือกเขาบรรทัด ไปจนถึงด้านใต้บริเวณอำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา

3. พื้นที่ราบ (plain) เป็นพื้นที่ที่มีอาณาบริเวณล้อมรอบทะเลสาบสงขลา พื้นที่ราบในบริเวณนี้เป็นที่ราบที่เกิดจากการทับถมของตะกอนจากลำน้ำต่างๆ ที่ไหลลงสู่ทะเลสาบ จนเกิดเป็นที่ราบขนาดใหญ่ พบทางด้านตะวันตกและทางใต้ของทะเลสาบ

4. ที่ราบชายฝั่งทะเลสาบ (coastal plain) เป็นพื้นที่ราบชายฝั่งที่เกิดจาการทับถมของตะกอนทะเล พบในบริเวณด้านเหนือและด้านตะวันออกของพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบบริเวณ อำเภอเมือง อำเภอระโนด อำเภอสิงหนคร อำเภอกระแสสินธุ์ จังหวัดสงขลา และอำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช ดังนั้น ในบริเวณพื้นที่ราบและพื้นที่ราบชายฝั่งทะเลจึงกลายเป็นแหล่งที่ตั้งชุมชนและแหล่งผลิตทางการเกษตรที่ สำคัญของประชาชน ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

2.1.3 แหล่งน้ำธรรมชาติ

ทะเลสาบสงขลาเป็นทะเลสาบที่มีคุณสมบัติแตกต่างจากทะเลสาบน้ำจืดโดยทั่วๆ ไป คือมีลักษณะเป็นแหล่งน้ำแบบลากูนขนาดใหญ่ (large lagoonal water) มีความกว้างจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออกประมาณ 20 กิโลเมตร ส่วนความยาวจากทิศเหนือไปทิศใต้ประมาณ 75 กิโลเมตร ประกอบด้วยแหล่งน้ำที่สำคัญ 3 ส่วนคือ ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง มีเนื้อที่ 182.15 ตารางกิโลเมตร ทะเลหลวง มีเนื้อที่ 27.16 ตารางกิโลเมตร ส่วนทะเลน้อยจัดเป็นแหล่งน้ำจืดที่หลงเหลือเป็นแหล่งสุดท้ายในปัจจุบันความลึกของน้ำในทะเลสาบเฉลี่ย 1-2 เมตร แหล่งน้ำดังกล่าวแต่ละส่วนเชื่อมต่อกันโดยช่องแคบและลำคลอง ทะเลสาบสงขลาตอนล่างมีลักษณะเป็นทะเลเปิด มีทางออกสู่อ่าวไทยที่ปากทะเลสาบสงขลา น้ำของทะเลสาบในบริเวณนี้เป็นน้ำเค็ม แต่บางส่วนในช่วงฤดูฝนจะเป็นน้ำกร่อย และได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลง ทะเลหลวงเป็นน้ำกร่อย-จืด (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ที่ 12; 2543)

สภาพน้ำในทะเลสาบโดยทั่วไปมีลักษณะตื้นเขินมาก เนื่องจากบริเวณลุ่มน้ำทะเลสาบมีแหล่งน้ำ ลำคลองหลายสายที่ไหลลงสู่ทะเลสาบได้พัดพาตะกอนมาทับถม สืบเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดินในบริเวณที่สูงของลุ่มน้ำ จนเป็นสาเหตุให้เกิดการกัดเซาะดินอย่างรุนแรง และปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลามีปริมาณลดลง เนื่องจากมีการได้กักเก็บน้ำตามโครงการชลประทานต่างๆ ในลำน้ำสาขา ทำให้น้ำในทะเลสาบมีสภาพกร่อยจนไปถึงเค็มในช่วงฤดูแล้ง ประกอบกับคุณภาพน้ำในทะเลสาบมีคุณภาพลดลง เพราะได้มีการปล่อยของเสียทิ้งลงสู่ทะเลสาบ ไม่ว่าจะเป็นของเสียจากชุมชนบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม โรงแรม การเกษตรและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำบริเวณรอบๆ ทะเลสาบ (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12; 2543)

2.2 ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

2.2.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

ทะเลสาบสงขลาตอนล่างอยู่ถัดจาก ตำบลปากรอ อำเภอสิงหนครลงมา คลอบคลุมพื้นที่อำเภอเมือง อำเภอหาดใหญ่ อำเภอสิงหนคร อำเภอควนเนียง และอำเภอบางกล่ำ จังหวัดสงขลา เป็นส่วนตอนล่างสุดของทะเลสาบสงขลาทั้งหมด มีพื้นที่ผิวน้ำ 182.15 ตารางกิโลเมตร ส่วนพื้นที่รอบๆ ทะเลสาบสงขลาตอนล่างมีเนื้อที่รวมประมาณ 1,500 ตารางกิโลเมตร ดังภาพที่ 23 (คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2537)

ภาพที่ 2.3 ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

2.2.2 สภาพภูมิประเทศ

บริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง มีสภาพภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มและที่ราบริมทะเล ด้านทิศเหนือ ทิศตะวันตกและทิศใต้เป็นพื้นที่ลาดชันมีเนินเขาและทิวเขาสูง ส่วนทางด้านทิศตะวันออกเป็นที่ราบริมฝั่งทะเลและมีเนินหาดทรายรอบๆ ทะเลสาบ มีเขาเตี้ยๆ ตามแนวเหนือ-ใต้ เขาที่สำคัญได้แก่ เขาตังกวน มียอดเขาสูง 80 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล เขาน้อย มียอดเขาสูง 60 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล และเขาคอหงส์ มียอดเขาสูง 389 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ทะเลสาบสงขลาตอนล่างมีทางออกสู่ทะเลอ่าวไทยทางด้านตะวันออกที่ปากทะเลสาบสงขลา ในบริเวณอำเภอเมืองจังหวัดสงขลา น้ำในทะเลสาบเป็นน้ำกร่อยหรือเค็ม และได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลง บริเวณทางตอนใต้มีพื้นที่ป่าชายเลนปกคลุมโดยทั่วไป แต่ปัจจุบันถูกเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่อยู่อาศัยและพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้ง สภาพทะเลสาบโดยทั่วไปมีลักษณะตื้นเขิน ความลึกของน้ำในทะเลสาบเฉลี่ยประมาณ 1-2 เมตร ยกเว้นช่องแคบที่ติดต่อกับทะเลอ่าวไทย ซึ่งเป็นช่องเดินเรือมีความลึกประมาณ 12-14เมตรในทะเลสาบมีพื้นที่เกาะที่สำคัญคือเกาะยอ (คณะทรัพยากรธรรมชาติ,มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2537)

2.2.3 ลำน้ำสำคัญที่ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

1. คลองอู่ตะเภา ต้นกำเนิดจากเทือกเขาสันกะลาคีรี ในตำบลสำนักแต้ว อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา ไหลผ่านอำเภอสะเดา อำเภอหาดใหญ่ ไปลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนล่างยาวประมาณ 90 กิโลเมตร

2. คลองวาด ต้นกำเนิดจากเทือกเขาบรรทัด ในอำเภอหาดใหญ่ ไหลลงสู่ทางตะวันออกเฉียงเหนือ ไปสู่คลองอู่ตะเภา ยาวประมาณ 37 กิโลเมตร

3. คลองรัตภูมิ ต้นน้ำเกิดจากเทือกเขาบรรทัด ลำน้ำเขานครศรีธรรมราชตอนต้นไหลลงทางทิศเหนือ แล้วลงมาทางตะวันออกเฉียงเหนือ ผ่านอำเภอรัตภูมิ และลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

4. คลองต่ำ ต้นกำเนิดจากเทือกเขาบรรทัด (เขาพระ) ไหลลงสู่คลองอู่ตะเภา

5. คลองพะวง ไหลผ่านชุมชนตำบลบ้านน้ำน้อย ตำบลควนหิน ไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

6. คลองสำโรง ไหลผ่านทางตอนใต้ของอำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนล่างบริเวณบ้านท่าสะอ้าน อำเภอเมือง ผ่านเขตชุมชนย่อยๆ หลายชุมชนและยังเป็นที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภท (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12; 2543)

2.2.4 แหล่งกำเนิดน้ำเสียที่สำคัญในพื้นที่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

แหล่งกำเนิดน้ำเสียที่สำคัญในบริเวณพื้นที่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำทะเลสาบสงขลาตอนล่าง คือ แหล่งชุมชน กิจการอุตสาหกรรม การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ กิจกรรมการเกษตร และการทำเหมืองแร่

1. น้ำเสียจากชุมชน

ชุมชนซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ ในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เป็นชุมชนขนาดใหญ่ซึ่งมีประชากรอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก มีการขยายตัวของเมืองอย่างรวดเร็ว ได้แก่ ชุมชนเทศบาลนครหาดใหญ่และปริมณฑล และชุมชนเทศบาลนครสงขลาและบริเวณใกล้เคียง โดยน้ำเสียจากชุมชนจะถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติซึ่งเป็นคลองสาขาของทะเลสาบสงขลาตอนล่างก่อนที่จะไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนล่างต่อไป

เทศบาลนครหาดใหญ่ เป็นเมืองศูนย์กลางความเจริญของภาคใต้ตอนล่างที่มีประชากรอาศัยอยู่หนาแน่น มีการขยายตัวของเมืองออกไปพื้นที่รอบบริเวณอย่างรวดเร็ว ทำให้ชุมชนที่อยู่รอบข้าง อาทิ เทศบาลตำบลบ้านพรุ อบต. คอหงส์ อบต. คลองแห มีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่นเช่นเดียวกัน จากประชากรจำนวนมากดังกล่าวจะปล่อยน้ำทิ้งลงสู่คลองเตยและคลองอู่ตะเภาก่อนที่จะไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาในที่สุด สำหรับคลองอู่ตะเภานั้นนอกเหนือจากการรองรับน้ำทิ้งจากเทศบาลนครหาดใหญ่และชุมชนต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นแล้ว ยังรองรับน้ำทิ้งจากชุมชนในระดับเทศบาลซึ่ง

เป็นพื้นที่ต่อเนื่องจากเทศบาลนครหาดใหญ่อีก คือ เทศบาลตำบลสะเดา เทศบาลตำบลพังลา เทศบาลตำบลปริก และเทศบาลตำบลพะตงด้วย

เทศบาลนครสงขลาและบริเวณใกล้เคียง คือ อบต. เขารูปช้าง มีลักษณะเป็นเมืองศูนย์ราชการ และเป็นที่ตั้งของสถาบันการศึกษาที่สำคัญหลายแห่งจึงมีประชากรเข้ามาอาศัยอยู่ในเขตพื้นที่ดังกล่าวเป็นจำนวนมาก และส่งผลให้มีปริมาณน้ำเสียมากในแต่ละวัน โดยแหล่งน้ำซึ่งรองรับน้ำเสียจากชุมชนเทศบาลนครสงขลาและบริเวณใกล้เคียงนี้ คือ คลองสำโรง และคลองขวาง ซึ่งในปัจจุบันคลองทั้ง 2 แห่งนี้ค่อนข้างตื้นเขิน (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ที่ 12; 2543)

2. น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นสาเหตุสำคัญอีกประการหนึ่งที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ จากข้อมูลและปริมาณน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ในเขตจังหวัดสงขลา พบว่าปัจจุบันทะเลสาบสงขลาและคลองสาขา รวมถึงทะเลอ่าวไทยในเขต อำเภอเมือง อำเภอสิงหนคร อำเภอสทิงพระ และอำเภอระโนด ต้องรองรับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมสูงถึงวันละประมาณ 70,920 ลูกบาศก์เมตร จากโรงงานอุตสาหกรรมทั้งสิ้น 60 โรง โดยโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่สำคัญคือ โรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ และโรงงานผลิตยางพารา คลองที่ได้รับการระบายน้ำจากโรงงานอุตสาหกรรมที่สำคัญคือคลองสำโรง คลองพะวง และคลองอู่ตะเภา (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ที่ 12; 2543)

การประกอบกิจการของโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ ส่วนใหญ่เป็นโรงงานผลิตอาหารทะเลแช่แข็ง อาหารทะเลบรรจุกระป๋อง ห้องเย็น น้ำเสียที่เกิดจากโรงงานเหล่านี้จะเกิดขึ้นในระหว่างการแปรรูปผลิตภัณฑ์ คือ การฟอก การล้างสัตว์ทะเล รวมทั้งการใช้น้ำในกระบวนการผลิต และโดยทั่วไปพบว่าไม่มีการนำน้ำมาหมุนเวียนหรือกลับมาใช้ใหม่อีก ดังนั้นในแต่ละวันโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำจึงก่อให้เกิดน้ำเสียในปริมาณที่มาก สำหรับในจังหวัดสงขลาพบว่ามีโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำซึ่งระบายน้ำทิ้งลงสู่ทะเลสาบสงขลา คลองสาขา และทะเลอ่าวไทย จำนวนทั้งสิ้น 26 โรง และมีปริมาณน้ำทิ้งทั้งสิ้นประมาณ 22,190 ลูกบาศก์เมตร ต่อวัน โดยคลองสาขาของทะเลสาบสงขลาที่รองรับน้ำทิ้งจากโรงงานเหล่านี้ ก่อนที่จะไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาได้แก่ คลองวง คลองหวะ คลองสำโรง และคลองน้ำน้อย (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ที่ 12; 2543)

โรงงานผลิตภัณฑ์ยางพาราในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เช่น โรงงานทำน้ำยางข้น โรงงานผลิตถุงมือยาง ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในเขตอำเภอหาดใหญ่ อำเภอสะเดา และอำเภอบางกล่ำ โดยคลองสาขาของทะเลสาบสงขลาซึ่งเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมยางพารานี้ คือ คลองอู่ตะเภา ซึ่งเป็นแหล่งน้ำดิบที่สำคัญในการผลิตน้ำประปา แต่ขณะเดียวกันก็ต้องรองรับน้ำทิ้งในปริมาณที่มากขึ้นทุกปี โดยในแต่ละปีรองรับน้ำทิ้ง 38,990 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จากปริมาณน้ำทิ้งที่เกิดจากโรงงานผลิตภัณฑ์ยางพาราในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาทั้งสิ้น 44,490 ลูกบาศก์เมตร ต่อวัน ซึ่งน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นดังกล่าวส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการทำน้ำยางซึ่งต้องใช้น้ำในปริมาณมากถึง 3-10,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของโรงงานด้วย

นอกเหนือจากโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ และโรงงานผลิตภัณฑ์ยางพาราแล้ว ยังมีโรงงานประเภทอื่นที่ก่อให้เกิดน้ำเสีย เช่น โรงงานผลิตอาหารสัตว์ โรงงานผลิตน้ำอัดลม เป็นต้น

อนึ่ง โรงงานอุตสาหกรรมดังกล่าวข้างต้นทั้งหมดล้วนมีการติดตั้งระบบบำบัด น้ำเสีย เพื่อทำการบำบัดน้ำเสียให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

สำหรับแหล่งน้ำธรรมชาติที่รองรับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลามีดังนี้ (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ที่12; 2543)

คลองอู่ตะเภา	รับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม	41,000	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
คลองน้ำน้อย	รับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม	3,600	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
คลองวง	รับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม	3,240	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
คลองสำโรง	รับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม	300	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
คลองแพรกสุวรรณ	รับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม	800	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
คลองหวะ	รับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม	4,880	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
คลองบางกล่ำ	รับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม	750	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
ทะเลสาบสงขลา	รับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม	80	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
ทะเลอ่าวไทย	รับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม	13,010	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
แหล่งน้ำอื่นๆ	รับน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม	3,206	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

3. น้ำเสียจากการเกษตร

เกษตรกรในพื้นที่บริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ประกอบอาชีพเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเกือบทุกตำบล โดยเกษตรกรในตำบลเกาะยอมีการเลี้ยงสัตว์น้ำมากที่สุด สำหรับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำซึ่งเป็นกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่นิยมทำกันมากในปัจจุบัน พบว่าในระยะ 10 ปีที่ผ่านมา ปัญหาน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำส่งผลกระทบต่อเกษตรกรที่ต้องใช้น้ำ พื้นที่ในบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนล่างที่มีการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ได้แก่พื้นที่เขตอำเภอสิงหนคร อำเภอเมือง อำเภอควนเนียง และอำเภอหาดใหญ่ จากสถิติข้อมูลพื้นที่การเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ผ่านมาพบว่าพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำเริ่มมีการขยายตัวขึ้นอีกครั้งในปี 2540 เป็นต้นมา ทั้งนี้เป็นผลมาจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีราคาสูงขึ้น เกษตรกรส่วนใหญ่จึงหันมาเพาะเลี้ยงอีกครั้ง หลังจากต้องประสบกับภาวะขาดทุนจากการเลี้ยงในปี 2536 เป็นต้นมา ของเสียส่วนใหญ่จากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะประกอบด้วย สารอินทรีย์ สารแขวนลอย และของแข็งต่างๆ ตลอดจน สารตกค้าง (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ที่12; 2543)

สาเหตุของปัญหาน้ำเสียจากการเกษตรที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ การทำฟาร์มปศุสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟาร์มสุกร ซึ่งมักมีที่ตั้งของฟาร์มอยู่ใกล้แหล่งน้ำ จึงมีการระบายน้ำเสียลงสู่คูคลองหรือลำคลองสาธารณะและไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลาในที่สุด โดยพื้นที่ที่มีปัญหาในเรื่องฟาร์มสุกรมากที่สุดในปัจจุบัน คือ อำเภอนาหม่อม ซึ่งมีแนวโน้มการขยายตัวของฟาร์มสุกรเพิ่มมากขึ้นในอนาคต (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ที่ 12; 2543)

การกสิกรรม โดยเฉพาะกิจกรรมการปลูกผัก ทำสวนผลไม้และสวนยางพาราจะมีการใช้ปุ๋ยและสารเคมีมาก สารเคมีที่ตกค้างอยู่ในดินจะถูกชะพาไปโดยน้ำในฤดูฝนลงไปยังลำคลอง และในที่สุดจะไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา พื้นที่ที่ทำการเพาะปลูกผักมาก คือ ตำบลบางเหรียง อำเภอควนเนียง ส่วนพื้นที่ที่มีการทำสวนยางพารามาก คือ ตำบลน้ำน้อย อำเภอหาดใหญ่ ตำบลเกาะยอ อำเภอเมือง และตำบลบางเหรียง อำเภอควนเนียง (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12; 2543)

4. น้ำเสียจากการทำเหมืองแร่

การทำเหมืองแร่ก่อให้เกิดมลสารประเภทโลหะหนักและสารตกค้างอื่นๆ พื้นที่ทำเหมืองแร่ที่ปล่อยของเสียลงสู่ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ได้แก่ เหมืองแร่ดีบุก และวุลเฟรมในเขตอำเภอหาดใหญ่ และอำเภอนาหม่อม เหมืองแร่ฟอสเฟตในอำเภอรัตภูมิ (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ที่ 12; 2543)

2.2.5 แนวโน้มคุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

จากผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำในปี 2542 ของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12 (2543) พบว่าคุณภาพน้ำโดยรวมของทะเลสาบสงขลาตอนล่าง อยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมกว่าผลการตรวจชี้วัดที่ผ่านมา คลองสาขาต่างๆ ของทะเลสาบสงขลาซึ่งรองรับน้ำทิ้งจากชุมชนหาดใหญ่และโรงงานอุตสาหกรรมจำนวนมาก เช่น คลองสำโรง คลองขวาง คลองพะวง มีคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมตลอดทั้งปี ชี้ให้เห็นว่าคลองสาขาเหล่านี้รองรับน้ำทิ้งจนไม่อาจปรับปรุงให้ดีขึ้นได้แม้ในช่วงฤดูฝน ซึ่งโดยปกติแล้วปริมาณน้ำฝนจะช่วยทำให้เกิดการเจือจางความสกปรกลงได้

สำหรับคุณภาพน้ำบริเวณคลองอู่ตะเภา หลังจากมีการเปิดใช้ระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสียรวมเทศบาลนครหาดใหญ่เมื่อเดือนตุลาคม 2542 ปรากฏว่าคุณภาพน้ำปรับตัวดีขึ้นอยู่ในระดับพอใช้จากที่เคยอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม หรือค่อนข้างเสื่อมโทรมเกือบทุกปี แต่จากการรายงานการตรวจวัดคุณภาพน้ำ คลองอู่ตะเภาจังหวัดสงขลาของศูนย์วิเคราะห์และทดสอบสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมภาคใต้ สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม พบว่าในปี 2544 คุณภาพน้ำคลองอู่ตะเภากลับไปอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างเสื่อมโทรมเป็นส่วนใหญ่ และในปี 2545 คุณภาพน้ำลดลงไปอยู่เกณฑ์เสื่อมโทรมเกือบในทุกจุดตรวจวัด(สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ที่12; 2545)

ทะเลสาบส่วนนี้อยู่นอกสุดและเชื่อมต่อกับอ่าวไทย สภาพน้ำจึงได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลอ่าวไทย ค่าความเค็มจึงมีค่าตั้งแต่ 0 -33 ppt. ส่วนใหญ่แล้วความเค็มของน้ำในทะเลสาบตอนล่างจะเป็นน้ำกร่อยและน้ำเค็มผสมกัน แต่ในช่วงที่มีฝนตกชุกในเดือนพฤษภาคม-มิถุนายนและเดือนพฤศจิกายน-มกราคมความเค็มจะลดต่ำลง จนบางพื้นที่กลายเป็นน้ำจืด เช่น ปากคลองอู่ตะเภาและบริเวณใกล้เคียง ทางด้านทิศใต้มีประชากรและโรงงานอุตสาหกรรมอยู่หนาแน่น รวมถึงกิจกรรมอื่นๆ อีกมากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมประมงและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการประมง คุณภาพน้ำในทะเลสาบตอนล่างทางด้านทิศใต้ตั้งแต่ปากคลองอู่ตะเภา คลองบางโหนด คลองพะวง เรื่อยไปจนถึงปากคลองขวางจึงค่อนข้างเสื่อมโทรมจนถึงเสื่อมโทรม โดยบริเวณปากคลองอู่ตะเภาไปจนถึงหน้าสถาบันวิจัยสุขภาพสัตว์

น้ำชายฝั่ง กรมประมง นั้นแม้จะมีค่าบีโอดีไม่สูงนัก แต่ก็มีธาตุอาหารสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ปากคลองอู่ตะเภาซึ่งพบว่าความเข้มข้นของไนเตรท-ไนโตรเจนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นชัดเจน โดยในปี 2535 มีค่าเฉลี่ยเพียง 0.14 mg/L แต่ในปี 2546 กลับมีค่าเฉลี่ยสูงถึง091 mg/L ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยทั้งทะเลสาบตอนล่างถึง 5 เท่า บริเวณนี้จึงมีแพลงก์ตอนพืช bloom บ่อยครั้ง โดยเฉพาะช่วงเดือนตุลาคม-ธันวาคม บางครั้งมีความหนาแน่นสูงถึง 6 ล้านเซลล์/ลิตร หรือมีค่าคลอโรฟิลล์ เอ สูงกว่า 180 mg/L สำหรับคลองขวางและคลองสำโรงซึ่งไหลผ่านชุมชนแออัดหลายแห่งรวมถึงบริเวณที่เป็น ตลาดสด ปากคลองเหล่านี้จัดอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม มีค่าบีโอดีและธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูง อีกทั้งยังมีลักษณะทางกายภาพของน้ำก่อให้เกิดทัศนียภาพที่ไม่สวยงาม น้ำมีสีดำและส่งกลิ่นเหม็น ในบางช่วงโดยเฉพาะในช่วงที่มีปริมาณน้ำน้อย ส่วนทะเลสาบตอนล่างบริเวณเกาะยอ บ้านหัวเขา บ้านท่าเสาร์ ซึ่งมีกระชังปลากะพงขาวอยู่หนาแน่นมาก ออกซิเจนละลายจึงค่อนข้างต่ำ เฉลี่ย 5.5 mg/L อย่างไรก็ตามค่าออกซิเจนละลายในบริเวณนี้บางครั้งอาจสูงถึง 8 mg/L จากการที่มีแพลงก์ตอนพืช bloom สำหรับคุณภาพน้ำอื่นๆ อยู่ในเกณฑ์ปกติ เช่นเดียวทะเลสาบตอนล่างส่วนที่เหลือ จึงเห็นได้ว่าคุณภาพน้ำในทะเลสาบตอนล่างได้รับผลกระทบจากการที่มีประชากรและโรงงานอุตสาหกรรมอยู่หนาแน่น ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณภาพน้ำในทะเลสาบสงขลาเดือนธันวาคม พ.ศ. 2547

บริเวณ	Salinity	DO	pH	Trans.
ทะเลหลวง	0-1.5	6.64-7.98	4.79-7.29	40-100
ทะเลสาบตอนกลาง	0-8.35	6.96-8.35	6.64-8.11	30-70
ทะเลสาบตอนนอก	0-2.6	3.7-7.9	6.56-7.78	30-70

ที่มา: http://www.nicaonline.com/0008.htm

2.3 อุตสาหกรรมต่อเรือและซ่อมเรือไทย

ยงยุทธ ศุภะกะลิน (2537) ได้กล่าวถึงความเป็นมาของอุตสาหกรรมอู่ต่อเรือไทยไว้ว่าประเทศไทยเริ่มมีการต่อเรือและซ่อมเรือมามากกว่า 388 ปีมาแล้ว ในสมัยสมเด็จพระเอกาทศรถแห่งกรุงศรีอยุธยาเมื่อวันที่ 11 กันยายน พ.ศ. 2151 ได้ทรงขอช่างต่อเรือชาวฮอลันดาและเครื่องมือในการต่อเรือจากประเทศฮอลันดา เพื่อมาต่อเรือที่ประเทศไทยโดยเรือที่ต่อ เป็นเรือกำปั่นฝรั่งแบบ 2 เสา (Brig) และแบบ 3 เสา (Bargue) เพื่อใช้เป็นเรือหลวงและบางลำส่งไปขายยังต่างประเทศ เนื่องจากประเทศไทยอุดมสมบูรณ์ด้วยไม้นานาชนิดจึงเหมาะกับอุตสาหกรรมการต่อเรือ ต่อมาในปี พ.ศ.2155 เรือสำเภาไทยได้นำสินค้าไปเทียบท่าเทียบเรือนางาซากิ ประเทศญี่ปุ่นนับเป็นเรือสินค้าลำแรกของไทย ความเจริญด้านอุตสาหกรรมการ ต่อเรือของไทยไม่ได้ด้อยกว่าชาติอื่น ๆ ในเอเชีย อัณณพ ปาลวัฒน์วิไชย และสำราญ โชติทัตย์ (2539) ได้กล่าวไว้ว่า ในสมัยสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช ในสมัยกรุงธนบุรี

ประเทศไทยเป็นประเทศแรกที่ใช้ กงทราย (Sand frames) ทำด้วยหมอนหวายบรรจุทรายอยู่ภายในซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็วในการย้ายหมอนในอู่ต่อเรือเพื่อซ่อมเปลือกเรือ ถ้าต้องการย้ายเพียงแต่ฉีดน้ำให้ทรายไหลหลุดออกมาก็จะทำให้หมอนไม้ข้างบนเลื่อนตัวลงมาอยู่ในกงได้ และสามารถย้ายหมอนออกจากพื้นที่ได้ เป็นที่นิยมในต่างประเทศ ในปัจจุบันหลักฐานพบที่อู่ต่อเรือที่จังหวัดจันทบุรี การพัฒนาของอุตสาหกรรมการต่อเรือไทยได้พัฒนาเรื่อยมาจนถึงรัชกาลที่ 2 พระพุทธเลิศหล้านภาลัย พ.ศ. 2361 คนไทยสามารถต่อเรือขนาดใหญ่ มีน้ำหนัก1,000 ตัน ได้ปีละ 6-8 ลำเพื่อใช้ในการค้าขายกับต่างประเทศ ไชยยศ ไชยมั่นคง (2538) ได้สรุปถึงความจำเป็นของกิจการอุตสาหกรรมต่อเรือและซ่อมเรือไทยว่า อุตสาหกรรมต่อเรือและซ่อมเรือเป็นบริการขั้นพื้นฐานมีความสำคัญทั้งเศรษฐกิจด้านป้องกันประเทศ เพราะอุตสาหกรรมอู่ต่อเรือใช้สร้างและซ่อมเรือที่ใช้ในราชการทหาร ดังนั้นอุตสาหกรรมการต่อเรือเป็นอุตสาหกรรมเกี่ยวข้องกับการป้องกันประเทศ (Defence Related Industry) รัฐบาลจึงให้การสนับสนุนและส่งเสริมอู่ต่อเรือเพื่อรัฐบาลจะไม่ต้องลงทุนสร้างอู่เรือเพื่อใช้เพียงการป้องกันประเทศ อุตสาหกรรมต่อเรือและซ่อมเรือเป็นบริการขั้นพื้นฐานที่ใช้ในการต่อเรือและซ่อมเรือ สามารถสร้างและซ่อมสิ่งลอยน้ำ และสิ่งก่อสร้างทางทะเล โครงสร้างลอยน้ำ เพราะเครื่องมือ เครื่องจักรกลในอู่ต่อเรือ สามารถทำโครงสร้างเหล็ก (Steel Structure and Steel Fabrication) และส่วนประกอบของเครื่องจักรทำให้ไม่ต้องสั่งซื้อโครงสร้างเหล็กขนาดใหญ่

2.4 อู่ต่อเรือหมู่ที่ 2 ต.หัวเขา อ.สิงหนคร จ.สงขลา

อู่ต่อเรือ หมู่ที่ 2 ต.หัวเขา อ.สิงหนคร จ.สงขลา มีเพียงอู่เดียว กิจกรรมของอู่มีทั้งการต่อและซ่อมเรือรวมไปถึงแพขนานยนต์ด้วย โดยมีการต่อเรือปีละประมาณ 1 ลำ และซ่อมเรือประมาณเดือนละ 20-30 ลำลักษณะของการซ่อมเรือโดยทั่วไปส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะของการซ่อมบำรุงทั่วไป และซ่อมสีใหม่ ดังภาพที่ 2.4

ภาพที่ 2.4 ลักษณะโดยทั่วไปของอู่ต่อเรือ หมู่ที่ 2 ต.หัวเขา อ.สิงหนคร จ.สงขลา

2.5 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

วันเพ็ญ กฤตผล และคณะ (2536) ได้จำแนกและแจกแจงลักษณะของวัตถุดิบแต่เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่อเรือและซ่อมเรือในประเทศไทยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับประเภทของเรือบางครั้งวัสดุบางอย่างยังสามารถใช้ร่วมกันได้ เช่น ไม้ที่ใช้ทำเฟอนิเจอร์ พลาสติกที่ใช้ทำฉนวนหุ้มสายไฟ หรือ โลหะพวกทองเหลือง เหล็ก วัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่อเรือและซ่อมเรือมีดังนี้

1. วัสดุที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่อเรือ

1. เหล็กแผ่นต่อเรือ เป็นเหล็กที่ใช้ในการต่อเรือโดยเฉพาะมีส่วนผสมและคุณสมบัติพิเศษแตกต่างจากเหล็กทั่วไปมีความหนาเป็นมิลลิเมตร แต่ความกว้างความยาวเป็นฟุต ขนาดที่ใช้ก็ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมที่จะใช้ ส่วนมากจะใช้ขนาด หนา 6 มิลลิเมตร กว้าง 5 ฟุต ความยาว 20 ฟุต ยี่ห้อที่นิยมใช้คือ Corten B

2. เหล็กแผ่นธรรมดา มีคุณสมบัติทั่วๆ ไปจะใช้งานทั่วไปภายในเรือ มีทั้งแผ่นเรียบและแผ่นลาย ส่วนมากใช้ปูพื้นกันลื่น

3. เหล็กเส้นแบน เป็นเหล็กพืดชนิดหนึ่งที่มีขนาดความกว้างน้อยกว่า 1 ฟุต เหล็กพืดนี้มีอยู่หลายขนาดส่วนมากจะใช้ทำกระดูกงูเรือ กงเรือ หรือพวกโครงสร้างต่างๆ นอกจากนี้ยังมีรูปพรรณต่างๆ เช่น เหล็กฉาก ตัวแอล ตัวที ตัวไอ ตัวซี รางน้ำ และพวกฉากปีกตุ่มหรือตัวทีปีกตุ่ม เหล็กตัวไอหรือเหล็กเพลา เป็นต้น

4. ท่อเหล็ก เป็นท่อที่ผลิตจากเหล็กและมีคุณสมบัติทั่วไปจะใช้ทำส่วนประกอบภายในเรือ เป็นหลักยึดในการต่ออุปกรณ์อื่นและใช้ทำท่อต่าง ๆ ในเรือ

5. ลวดเชื่อมโลหะ เป็นวัสดุที่ใช้เชื่อมประสานให้ชิ้นส่วนติดกันด้วยกรรมวิธีการเชื่อมโลหะ เพื่อให้ได้ชิ้นส่วนที่เราต้องการตามแบบกำหนด และมีคุณสมบัติเหมือนกับเนื้อวัสดุงานที่ทำการเชื่อม

6. อลูมิเนียมแผ่น เป็นอลูมิเนียมที่ผลิตขึ้นมาเพื่อการต่อเรือโดยเฉพาะ และจะต้องมีใบรับรองคุณสมบัติของอลูมิเนียมทุกครั้งที่สั่งซื้อมีขนาดและความหนาเหมือนเหล็กแผ่นต่อเรือ

7. ไม้ เป็นไม้ที่ใช้ต่อเรือ ควรมีคุณสมบัติที่ดีตรงตามที่กำหนด ไม่มีหลายชนิด และส่วนมากที่ใช้คือ ไม้สัก ตะเคียน ประดู่ มะค่า เคี่ยม ตะเคียนทอง ไม้ที่ใช้ทำกงเรือ ตัวเรือ ฝักมะขามเปลือกเรือและตกแต่งภายในเรือ

8.ใยแก้ว เป็นใยหินหรือใยแก้วที่มีรูปร่างเส้นสั้นยาวแบบถักเป็นผืนเมื่อทำปฏิกิริยากับโปลีเอสเตอร์เรซิ่น และสารเคมีอื่นแล้วจะแข็งตัว

9. โปลีเอสเตอร์เรซิ่น เป็นของเหลวที่มีลักษณะข้นใสคล้ายกับกาโดยถือว่าโปลีเอสเตอร์เรซิ่น เป็น พลาสติกเหลวชนิดหนึ่ง เมื่อนำโปลีเอสเตอร์เรซิ่นมาทาบนแผ่นใยแก้วแล้ว จะทำให้ใยแก้วแข็งตัวเป็นแผ่นเดียวกัน

10. โมโนสไตรีน เป็นตัวละลายที่เสริมปฏิกิริยาเพื่อไม่ให้ของผสมนั้นข้นเกินไป

11. ตัวทำปฏิกิริยา เป็นตัวที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยเปลี่ยนโมเลกุลจากของเหลวเป็นของแข็ง

12. เจลโค๊ด เป็นเจลล์สำหรับทาผิวของแม่แบบ เพื่อไม่ให้เกิดฟองอากาศในใยแก้วซึ่งไล่อากาศยังไม่หมดและทำให้ผิวของแม่แบบเรียบ

13. แม่สี มีลักษณะที่เป็นผงเหมือนแป้งมีคุณสมบัติของสีที่ใช้ผสมเพื่อให้เกิดสีแก่ไฟเบอร์กลาสตามต้องการ

14. ตัวเร่งปฏิกิริยา เป็นตัวเร่งทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีโดยการเปลี่ยนแปลงรูปร่างจากพลาสติกเหลวเป็นพลาสติกแข็ง

15. ผงเบา เป็นตัวทำให้เกิดการคงตัวคือไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีใดๆ กับโปลีเอสเตอร์

16. รีลีสเอเจนท์ เป็นของเหลวใช้สำหรับทำแบบหล่อเพื่อให้ถอดแบบหล่อได้ง่ายแต่มีคุณสมบัติละลายในของเหลว

2. วัสดุที่ใช้ในการซ่อมเรือ

1. แผ่นเหล็กเหนียว เหล็กเหนียวเป็นเหล็กที่ใช้ในการซ่อมเรือจะต้องมีคุณสมบัติตามที่สมาคมที่เกี่ยวข้องกำหนด เหล็กเหนียวที่ดีจะต้องมีส่วนผสมของคาร์บอนประมาณ 0.02% สามารถทดแทนแรงดึงได้ประมาณ 41-45 กิโลกรัมแรง/ตารางมิลลิเมตร เหล็กที่นิยมใช้คือเหล็กมาตรฐาน NK ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 เกรด คือ KA, KB, KD, KE มีที่สังเกตดังนี้ ชื่อและเครื่องหมายการค้าชัดเจน มีชื่อผู้ซื้อและผู้ขาย

2. ไม้และวัสดุอื่นๆ เหมือนกับการต่อเรือใหม่

2.6 ปัญหาเกี่ยวกับโลหะหนัก

โลหะหนัก หมายถึง ธาตุที่มีความถ่วงจำเพาะสูง ตั้งแต่ 5 ขึ้นไป มีเลขอะตอมอยู่ระหว่าง 23–29 อยู่ในคาบที่ 4 – 7 มี 68 ธาตุจากจำนวนธาตุทั้งหมด 105 ธาตุ โลหะหนักส่วนใหญ่มีสมบัติทางกายภาพคล้ายคลึงกัน แต่สมบัติทางเคมีต่างกัน ทำให้ระดับความเป็นพิษของโลหะหนักแต่ละชนิดแตกต่างกันไป สารปริมาณน้อย (Trace Element) มีความสำคัญในการดำรงชีวิต แต่ถ้าได้รับในปริมาณที่มากเกินไปก็จะทำให้เกิดพิษ ในอดีตโลหะหนักที่พบปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมไม่มากนัก แต่ในปัจจุบันมีการนำโลหะหนักมาใช้ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมกันอย่างกว้างขวาง จึงทำให้มีการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการผลิต เมื่อโรงงานอุตสาหกรรมระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ ก็จะทำให้เกิดการแพร่กระจายของโลหะหนักลงสู่สิ่งแวดล้อมด้วย และมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ โลหะหนักสามารถรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ได้ ทำให้เกิดสารประกอบใหม่ที่เสถียรกว่าเดิม และสามารถสะสมในสิ่งมีชีวิตและถ่ายทอดไปตามห่วงโซ่อาหาร แต่มนุษย์ก็ยังจำเป็นต้องนำมาใช้

ประโยชน์ในอุตสาหกรรม และในชีวิตประจำวันอยู่เสมอ โลหะหนักที่นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรม ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม ฯลฯ ซึ่งโลหะหนักเป็นสารที่อันตราย แต่มนุษย์ก็ยังจำเป็นต้องนำมาใช้สำหรับอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมถลุงแร่ และเหมืองแร่ ก็อาจมีการปล่อยอนุภาคเล็ก ๆ ของตะกั่วและแคดเมียมด้วย นอกจากนี้การเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินก็สามารถทำให้เกิดอนุภาคล่องลอยไปในอากาศได้ เช่น ทองแดง และสังกะสี เป็นต้น โลหะหนักมีหลายชนิดและก่อให้เกิดปัญหาแก่ชุมชนและสิ่งแวดล้อมอย่างมาก นอกจากนี้ยังทำให้เกิดมะเร็งในสิ่งมีชีวิต สำหรับความเป็นพิษต่อมนุษย์ โลหะหนักบางตัวจะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ และเกิดพิษได้ ซึ่งระดับความเป็นพิษอาจแสดงอาการตั้งแต่ไม่รุนแรงนักจนถึงขั้นที่ทำให้ตายได้ โลหะหนักสามารถสะสมใน เนื้อเยื่อต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตได้ โดยเริ่มตั้งแต่ปริมาณน้อยๆ และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงระดับที่ร่างกายจะแสดงอาการออกมาเรียกว่าเป็นพิษเรื้อรัง

2.6.1 ผลกระทบของโลหะหนักต่อสิ่งมีชีวิต

ในปัจจุบันนี้ปัญหาเกี่ยวกับโลหะหนักนับเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพราะสารพิษดังกล่าวมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจด้วย ความเป็นพิษของโลหะหนักต่อสิ่งมีชีวิตนั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของสิ่งมีชีวิตกับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันออกไป

การศึกษาผลกระทบของโลหะหนักมีมานานแล้ว แต่ที่ได้รับการยอมรับและเห็นผลชัดเจนที่สุด คือ ประเทศญี่ปุ่น ที่อ่าวมินามาตะ เนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่บริเวณอ่าวปล่อยน้ำเสียที่มีปรอทปนเปื้อนลงสู่อ่าว ทำให้เกิดการสะสมอยู่ในปลา เมื่อประชาชนบริเวณนั้นกินปลาที่มีปรอทสะสมอยู่เข้าไปก็จะทำให้มีการสะสมเอาไว้ในร่างกายจนถึงขีดที่เป็นอันตราย นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่าปรอทในสภาพของสารประกอบอินทรีย์ จะถูกจุลินทรีย์เปลี่ยนสภาพให้เป็นปรอทเมทธิล และปรอทไดเมทธิล ซึ่งสุดท้ายจะเกิดการตกตะกอนลงสู่ดินตะกอนใต้น้ำได้อีก และในที่สุดจะเข้าสู่วงจรลูกโซ่อาหาร และสะสมอยู่ในปลาเป็นจำนวนมาก เนื่องจากปรอทเมทธิลจะถูกขับออกมาช้ามาก สำหรับโลหะหนัก อื่นๆ เช่น ตะกั่ว ทองแดง แคดเมียม โครเมียม สังกะสี และเหล็กก็สามารถเข้าสู่วงจรลูกโซ่อาหาร และสะสมในปลา และมนุษย์ได้เช่นเดียวกับปรอท

2.6.2 แหล่งที่มาของโลหะหนัก

แหล่งที่มาของโลหะหนักโดยทั่วไปแล้ว สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แหล่ง คือ

1. แหล่งตามธรรมชาติ เนื่องจากในธรรมชาติมีโลหะหนักต่าง ๆ ปะปนอยู่กับหินแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น ในหินอัคนีและหินแปรมีตะกั่ว 10 – 20 ppm ปริมาณโลหะหนักที่จะมีในบรรยากาศจะขึ้นอยู่กับ

ก. ความมากน้อยของการเซาะกร่อนโดยลม

ข. องค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองนั้น

ค. ความมากน้อยของการตกลงมาสู่พื้นดินหรือแหล่งน้ำของฝุ่นละอองนั้น

2. แหล่งที่มนุษย์เกี่ยวข้อง

ก. แหล่งที่อยู่กับที่ โรงงานต่าง ๆ ที่มีขบวนการผลิตเกี่ยวข้องกับโลหะหนักจะปลดปล่อยโลหะหนักสู่สภาวะแวดล้อมเสมอ เช่น โรงงานแบตเตอรี่ โรงงานถลุงโลหะ โรงงานผลิตสี ฯลฯ ปริมาณที่ปลดปล่อยออกมาขึ้นอยู่กับชนิดของขบวนการผลิตและขั้นตอนการผลิตของโรงงานนั้น แต่แหล่งที่อยู่กับที่นี้จะก่อให้เกิดปัญหาเฉพาะบริเวณใกล้เคียงเท่านั้น

ข. แหล่งที่เคลื่อนที่ เป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะและได้รับความสนใจค้นคว้าอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในย่านเขตชุมชนที่มีการจราจรหนาแน่นเพราะโลหะหนักที่ก่อให้เกิดปัญหามาก คือ ตะกั่ว และแคดเมียม ซึ่งเป็นผลจากการเติมตะกั่วเพื่อป้องกัน การน็อคของเครื่องยนต์ในน้ำมัน ส่วนแคดเมียมจะถูกปลดปล่อยออกจากน้ำมันเครื่องยนต์

ค. การเกษตร โดยการนำเอาสารเคมีต่าง ๆ มาใช้เพิ่มผลผลิตทั้งในรูปของปุ๋ยซึ่งเป็นทางตรงและยาปราบสัตว์ตรูพืชต่างๆ ซึ่งมีผลในทางป้องกันการสูญเสียผลผลิต ดังนั้นการเกษตรเป็นแหล่งที่ส่งเสริมให้มีผลตกค้างของโลหะหนักได้อีกทางหนึ่ง

2.6.3 ประเภทของโลหะในน้ำ

การจำแนกประเภทของโลหะในน้ำตัวอย่าง ในการหาปริมาณของโลหะในน้ำตัวอย่าง นิยมแบ่งโลหะที่ต้องการวิเคราะห์ออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

ก. ประเภท "โลหะละลาย" (dissolved metals) คือ โลหะที่หาได้จากส่วนประกอบต่างๆ ซึ่งสามารถผ่านเยื่อกรอง (membrane filter) ขนาด 0.45 ไมโครเมตรได้

ข. ประเภท "โลหะแขวนลอย" (suspended metals) คือ โลหะที่หาได้จากส่วนประกอบต่าง ๆ ซึ่งไม่สามารถผ่านเนื้อเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตรได้

ค. ประเภท "โลหะทั้งหมด" (total metals) คือ ปริมาณโลหะที่หาได้จากน้ำตัวอย่างที่ไม่ได้กรองและทำการย่อยสลายอย่างรุนแรง (vigorous metals) คือ ปริมาณโลหะที่หาได้จากน้ำตัวอย่างที่ไม่ได้กรองและทำปฏิกิริยาด้วยกรดแร่ (mineral acids) ที่เจือจางและร้อน

ง. ประเภท "โลหะสกัด" (extractable metals) คือ ปริมาณโลหะที่หาได้จากน้ำตัวอย่างที่ไม่ได้กรองและทำปฏิกิริยาสกัดด้วยกรดแร่ (mineral) acids) ที่เจือจางและร้อน

2.6.4 โลหะหนักที่สำคัญบางชนิด

ตะกั่ว เป็นโลหะที่มีสถานะเป็นของแข็ง สีเทาเข้ม มีจุดหลอมเหลวต่ำ นำมาทำให้บริสุทธิ์ได้ง่าย ทนต่อการผุกร่อนได้ดี ละลายน้ำได้ดี และกลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิสูง ๆ ตะกั่วอยู่ในรูปอิออนอิสระเป็นรูปที่มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยาและตะกั่วรูปนี้จะเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตมากสุด

ตะกั่วถูกนำมาใช้กันอย่างกว้างขวาง ทำให้เกิดการปนเปื้อนของตะกั่วในสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยเกิดจากน้ำฝน ขยะ และน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ชุมชน การเกษตรกรรม รวมทั้งการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง จากการสำรวจปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในช่วงปี 2529–2531 ในแม่น้ำแม่กลอง พบว่ามีค่าไม่เกิน 10 ไมโครกรัม/ลิตร (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต; 2532) ตะกั่วที่พบปนเปื้อนอยู่ในธรรมชาติ อาจอยู่ใน

รูปสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น ลักษณะของดิน และน้ำ สมบัติทางกายภาพ และทางเคมี เป็นต้น และหากพื้นดินที่ใดมีตะกั่วปนเปื้อนอยู่มาก ก็จะตรวจพบว่าปริมาณตะกั่วในดินตะกอนมีมากตามไปด้วย เพราะเกิดจากการสลายตัวของหิน และดินที่มีตะกั่วปนเปื้อนอยู่

ความเป็นพิษของโลหะตะกั่ว ตะกั่วที่เข้าสู่ร่างกายมนุษย์ก่อให้เกิดความเป็นพิษได้ 2 ลักษณะ ได้แก่ความเป็นพิษเฉียบพลัน และความเป็นพิษเรื้อรัง

- ความเป็นพิษเฉียบพลัน

ผู้ได้รับตะกั่วจะรู้สึกฝืดคอ มีกลิ่นโลหะในปาก กระหายน้ำ คอแห้ง ปวดแสบปวดร้อน อาเจียน อาเจียนอาจมีสีขาวขุ่นจากเลดคลอไรด์ ผู้ที่ได้รับตะกั่วส่วนใหญ่จะท้องร่วง อุจจาระมีสีเลือดหรือสีดำอันเนื่องมาจากเลดซัลไฟด์ ในบางรายอาจเกิดอาการช็อค กล้ามเนื้อกระตุก อ่อนเพลีย หรือมีอาการเกี่ยวกับประสาทส่วนกลาง เช่น ปวดศีรษะ นอนไม่หลับ หรืออาจมีอาการผิดปกติที่ไร้สาเหตุ เช่น รู้สึกชา ซึมเศร้า ถึงขั้นโคม่าและเสียชีวิตในที่สุด อาการที่รองลงมา ได้แก่ ภาวะไตเสื่อมทำให้ปัสสาวะน้อยกว่าปกติมี อัลบูมิน และมีเมือกในปัสสาวะ นอกจากนี้จะมีการสลายตัวของเม็ดเลือดแดง อาจทำให้เสียชีวิตได้ภายใน 2 วัน

- ความเป็นพิษเรื้อรัง

ผู้ที่ได้รับตะกั่วอาจมีอาการทางระบบทางเดินอาหารและระบบประสาท ดังนี้

อาการทางระบบทางเดินอาหาร เช่น เบื่ออาหาร เหม็นเฝื่อนในคอ ท้องผูก เป็นตะคริวที่หน้าท้อง

อาการทางระบบประสาท เช่น ข้อมือตก เป็นอัมพาต ไม่มีแรงแต่ยังคงมีความรู้สึก อาการทางสมองหรือเยื่อหุ้มสมองอักเสบ อาการนี้พบน้อยในผู้ใหญ่ส่วนมากมักจะเกิดขึ้นกับเด็ก เช่น เด็กที่กำลังร่าเริงว่องไวอยู่ดีๆ ก็หมดสติ นานประมาณ 2-3 ชั่งโมง จากสถิติที่มีอาการทางสมอง บางรายเสียชีวิตประมาณร้อยละ 25 ของผู้รอดชีวิตอาจมีอาการทางประสาทถาวร ปริมาณตะกั่วที่มีในเลือดประมาณ 0.25 ppm จะไม่เป็นพิษถ้าได้รับในปริมาณมากในทันทีทันใด เช่น พบในเลือดมากกว่า 0.8 ppm เกิดเห็นพิษฉับพลันได้ ในปัสสาวะประมาณ 0.15 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับมาตรฐานของตะกั่วในอากาศ ในบริเวณที่ทำงานกำหนดไว้ว่าไม่ควรเกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ของอากาศ สำหรับคนงานที่งาน 8 ชั่วโมง/วัน หรือ 40–42 ชั่วโมง/สัปดาห์ ความเป็นพิษของตะกั่วจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีสังกะสีและปรอทรวมอยู่ด้วย (พิชิต สกุลพราหมณ์; 2525)

ทองแดง เป็นธาตุโลหะชนิดหนึ่งที่มีสมบัติทนต่อการกัดกร่อน นำความร้อน และนำไฟฟ้าได้ดี รองลงมาจากเงิน และเป็นโลหะที่อ่อน ดัดงอได้ง่าย ความหนาแน่น 6.96 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร จุดหลอมเหลว 1083 องศาเซลเซียส ทองแดงในน้ำผิวดินปกติมีความเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร ทองแดงถูกนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมในรูปของโลหะทองแดง และสารประกอบทองแดงกันอย่างกว้างขวาง ได้แก่ การทอผ้า เม็ดสีในการผลิตเซรามิกและเส้นใย อุปกรณ์ไฟฟ้า และใช้เป็นสีทากันตะไคร่น้ำ ใช้ผสมในการทำยาปราบศัตรูพืช พวกสาหร่าย และใช้เกลือทองแดงในการกำจัดสาหร่าย และหอยที่ไม่เป็นประโยชน์ในแหล่งน้ำ รวมทั้งใช้เป็นโลหะผสมในส่วนประกอบของยารักษาโรคหลายประเภท

เช่น ยาสมานแผล โลหะทองแดงแม้ว่าเป็นธาตุที่จำเป็นต่อสิ่งมีชีวิต เช่น ใน Crutacea และ Mollusca นั้น ซึ่งเป็นส่วนสำคัญใน Haemocyanin ในเลือด ทำหน้าที่เป็นตัวส่งผ่านออกซิเจน แต่ถ้ามีปริมาณของทองแดงสูงเกินกว่าระดับที่สิ่งมีชีวิตต้องการ ก็อาจเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตนั้นได้ ในสัตว์ทะเลหลายชนิดสามารถสะสมโลหะทองแดงไว้ในร่างกายได้สูง เช่น หอยนางรม เมื่อสะสมโลหะทองแดงมากจะทำให้มีสีเขียวผิดปกติในแมนเทิลและเหงือก ทำให้เนื้อหอยมีรสที่ผิดปกติ อันเป็นสาเหตุที่ทำให้หอยนางรม มีราคาตกต่ำ สำหรับความเป็นพิษของทองแดงต่อมนุษย์นั้นหากได้รับโลหะทองแดงเข้าไปในร่างกาย 100 มิลลิกรัม จะทำให้เกิดความเป็นพิษได้

โดยทั่วไปความเป็นพิษของโลหะทองแดงไม่ค่อยพบ เนื่องจากการดูดซึมและการเก็บของทองแดงในร่างกายน้อยมาก ในขณะที่ส่วนใหญ่ถูกขับออกจากร่างกาย แต่อย่างไรก็ตาม พิษของการมีทองแดงอยู่มาก ถ้าหากเกิดการสะสมของทองแดงในสัตว์น้ำ แล้วมนุษย์นำสัตว์ดังกล่าวมาบริโภคก็อาจปรากฏขึ้นได้ ถ้าบริโภคมากกว่า 30 เท่าของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคเป็นระยะเวลานาน และอาจพบได้ในโรค wilson"s disease ซึ่งเป็นโรคที่เกิดจากพันธุกรรมซึ่งไม่ค่อยพบบ่อยนัก เนื่องจากความผิดปกติของทองแดง เมแทบอลิซึมทำให้มีปริมาณของทองแดงอยู่ในตับ สมอง และกระจกตามาก ซึ่งอาจวิเคราะห์ได้จากการมองเห็นเป็นวงแหวนสีน้ำตาล หรือเขียวที่กระจกตา สมองโตเป็นแผล ตับโต ทรงตัวไม่ได้ ควบคุมกล้ามเนื้อไม่ได้ การควบคุมโรคก็โดยการลดอาหารทองแดงหรืออาจใช้พวกแพนนิซิลามีน (penicillamin) (พิชิต สกุลพราหมณ์; 2525)

แคดเมียม เป็นโลหะอ่อนมีสีเงิน จุดหลอมเหลว 320.9 องศาเซลเซียส จุดเดือด 769 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่น 8.65 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร (ที่ 0 องศาเซลเซียส) ละลายได้ดีในกรดอินทรีย์เนื่องจากแคดเมียมมีโครงสร้างอะตอม และคุณสมบัติทางเคมีคล้ายสังกะสี จึงมักพบแคดเมียมในแหล่งที่มีการปนเปื้อนของสังกะสี และแร่โลหะอื่นๆ แคดเมียมเป็นโลหะที่มีปริมาณน้อยในธรรมชาติ ซึ่งมักจะพบแคดเมียมอยู่ในรูปซัลไฟด์ โดยปกติพบแคดเมียมบนผิวโลกประมาณ 0.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม นอกจากนี้แคดเมียมจะถูกดูดซับด้วยอนุภาคดินด้วย โดยดินที่เกิดจากหินชั้นจะมีแคดเมียมสูงกว่าดินที่เกิดจากหินอัคนี หรือหินแปร ส่วนในน้ำจืดมีแคดเมียมอยู่ประมาณ 0.001– 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำทะเลมีปริมาณ 0.0001 มิลลิกรัม/ลิตร แคดเมียมสามารถแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมจากการระเบิดของภูเขาไฟ น้ำฝน และการพังทลายของหินต้นกำเนิด แต่ยังน้อยกว่าที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับแคดเมียม เช่น อุตสาหกรรมพลาสติก แก้ว สีปุ๋ย และฝุ่นละอองที่เกิดจากยานพาหนะบนถนนล้วนมีผลต่อปริมาณแคดเมียมที่กระจายลงสู่แหล่งน้ำได้ไม่ว่าจะเป็นทะเลสาบ และทะเล มหาสมุทร หรือแหล่งน้ำอื่นๆ นอกจากนี้แคดเมียมยังมีการแพร่กระจายในบรรยากาศ และพื้นดินได้อีกด้วย

การนำแคดเมียมมาใช้ประโยชน์ได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วโดยแคดเมียมถูกนำมาใช้ประโยชน์ในหลายๆ ด้าน เช่น ชุบโลหะด้วยไฟฟ้าเพื่อป้องกันสนิม อุตสาหกรรมรถยนต์ ผสมสีผงยาง แบตเตอรี่ ใช้กำจัดเชื้อรา ใช้ทำเซลล์สุริยะ ใช้ในทางการแพทย์ ทันตแพทย์ และทำโลหะผสม นอกจากนี้แคดเมียมยังเป็นส่วนผสมในน้ำมันดีเซล ทำให้พบแคดเมียมในฝุ่นละอองและดินบริเวณข้างถนนในปริมาณมาก

สำหรับการศึกษาปริมาณแคดเมียมที่เปื้อนในอาหารทั่วไป พบว่าค่าความเข้มข้นที่น้อยที่สุดในน้ำนม เนื้อปลา และผลไม้ ซึ่งพบอยู่ในช่วง 1–50 ppm ในข้าว มันฝรั่ง ข้าวสาลี มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 10–150 ppm อาหารที่มีแคดเมียมสูงที่สุด คือ หอยนางรม และหอยแครง ซึ่งมีค่าในช่วง 100–1000 ppm สำหรับความเป็นพิษของโลหะแคดเมียมต่อมนุษย์นั้น หากได้รับแคดเมียมปริมาณ 35 มิลลิกรัม เข้าสู่ร่างกายทางปาก อาจทำให้เกิดความเป็นพิษอย่างรุนแรงขึ้นได้ซึ่งโลหะแคดเมียมเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคอิไต – อิไต ในกรณีที่ผู้ป่วยได้รับแคดเมียมสะสมนาน 20 – 30 ปี จะมีอาการรุนแรงมาก คือเจ็บปวดทั่วร่างกาย ความกดของน้ำหนักตัวที่มีต่อกระดูกสันหลังทำให้ร่างกายเตี้ยหรือค่อมลง และกระดูกจะเปราะในระยะสุดท้าย ผู้ป่วยจะสูญเสียแคลเซียมทางปัสสาวะมากจนกระดูกผุ และเสียชีวิตไปในที่สุด นอกจากนี้พิษของแคดเมียมยังก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบต่างๆ ของร่างกาย เช่นระบบเอนไซน์ทำงานผิดปกติเป็นต้น (พิชิต สกุลพราหมณ์; 2525)

2.7 หลักการทั่วไปของเทคนิค ICP

ในการวิเคราะห์สารนั้นเริ่มต้นด้วยการเตรียมสารตัวอย่างและสารมาตรฐานที่ใช้กับเครื่อง ICP สเปกโทรมิเตอร์ ซึ่งขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสารตัวอย่างนั้นๆ แล้วทดลองวิเคราะห์ดูเพื่อหาช่วงของความเข้มข้นที่เหมาะสม

ขั้นที่สอง เกี่ยวกับวิธีการที่จะนำสารละลายตัวอย่างเข้าสู่ในเครื่อง และการเตรียมเครื่องมือที่จะใช้ซึ่งโดยทั่วไปขั้นตอนนี้ควรจะพร้อมอยู่แล้ว บางครั้งเราอาจจะใช้วิธีการอื่นๆ ก็ได้ เช่น ในกรณีที่สารตัวอย่างที่จะวิเคราะห์มีอนุภาคแขวนลอยอยู่มาก หรือมีสารเป็นของแข็งละลายอยู่มากๆ อาจจะต้องใช้วิธีการพิเศษ

ขั้นที่สาม ถ้าจะพัฒนาวิธีการวิเคราะห์คือ การที่จะต้องทำโปรแกรมใหม่โดยสามารถใช้ Computer Software ที่ให้มาพร้อมกับเครื่องทำงาน เพื่อเก็บข้อมูลและตั้งโปรแกรมกระบวนการต่างๆ เช่น การเลือกความยาวคลื่น การ Calibrate เครื่องมือ การวัดความเข้มของอิมิสชัน ตลอดจนการจะวิเคราะห์สารตัวอย่างจริง โดยทั่วไปของการวิเคราะห์บริษัทผู้ผลิตมักจะทำโปรแกรมกำหนดสภาวะและขั้นตอนต่างๆ ให้เรียบร้อยจนได้ผลการวิเคราะห์เป็นที่น่าพอใจ อย่างไรก็ตามก่อนที่จะใช้เครื่องมือทำการวิเคราะห์ ผู้วิเคราะห์ควรตรวจสอบเครื่องมือเสียก่อนว่าเครื่องมือนั้นทำงานได้อย่างถูกต้อง มิฉะนั้นแล้วจะทำให้ผู้วิเคราะห์เสียเวลาเปล่า

เมื่อเครื่องมือพร้อมที่จะทำงานทั้ง Hardware และ Software คือโปรแกรมวิเคราะห์เลือกไว้เรียบร้อยแล้ว สารมาตรฐานและสารละลายตัวอย่างได้เตรียมเสร็จเรียบร้อยแล้ว การวิเคราะห์สามารถดำเนินการได้ทันที นั่นคือ ทำ Calibration แล้วทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง แต่จะต้องไม่ลืมว่าสารละลายตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานควรจะต้องคล้ายคลึงกัน (Matching) เพื่อป้องกัน Matrix Effect แต่ถ้าไม่สามารถทำสารละลายตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานให้คล้ายกันได้ ควรจะใช้เทคนิค Internal Standard Addilution Method

การเลือกความยาวคลื่น (Selection of Wavelengths)

ในการเลือกความยาวคลื่นที่เหมาะสมสำหรับวัดความเข้มข้นของอิมิสชันที่เกิดขึ้นจากธาตุวิเคราะห์นั้น มีเกณฑ์ที่ใช้ ดังนี้

1. ความยาวคลื่นที่จะเลือกใช้นั้นจะต้องสามารถทำได้กับเครื่องมือนั้นๆ เช่น ในกรณีที่ใช้ Polychromator – Based ICP Instrument ความยาวคลื่นต่างๆ ได้ถูกกำหนดขึ้นเรียบร้อยแล้วเราจะจัดใหม่ไม่ได้ และในกรณีที่เครื่องมือบางชนิดไม่มีอุปกรณ์สำหรับทำ Vacuum หรือ Purging จะเลือกใช้ความยาวคลื่นที่ต่ำกว่า 190 นาโนเมตร ไม่ได้เลย

2. ความยาวคลื่นที่เลือกใช้จะต้องเหมาะสมกับความเข้มข้นของธาตุที่จะวิเคราะห์ นั่นคือ จะต้องให้อยู่ภายใน Working Range หรือ Calibratiom Curve ถ้าอยู่นอก Working Range ใช้ไม่ได้ ดังนั้นการเลือก Emission Range จึงสำคัญ เช่นในการวิเคราะห์ธาตุ Mangenese Emission Line ที่ได้สภาพความไวสูง คือที่ 257.61 นาโนเมตร และที่ให้สภาพความไวต่ำกว่าคือที่ 344.19 นาโนเมตร ถ้า Working Range ของ Mn สูงสุดที่ 50 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อตัวอย่างมีความเข้มข้นขนาด 200 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อเป็นเช่นนี้ ความยาวคลื่นที่จะเลือกใช้ได้ควรเป็นที่ 344.19 นาโนเมตร แต่ถ้าความเข้มข้นต่ำๆ ควรเลือกความยาวคลื่นที่ให้สภาพความไวสูงสุด

3. เนื่องจาก Spectrum Line ที่สามารถเลือกใช้ได้อาจเป็น Ion Transition Line หรือ Atom Transition Line บาง Line ให้ผลไม่แน่นอนไม่ควรเลือกใช้ เมื่อเลือกใช้ Spectrum Line แบบใดก็ควรจะเลือกใช้ให้เหมือนกันทั้งสารตัวอย่างและสารมาตรฐาน

4. ความยาวที่เลือกใช้ควรจะปลอดจาก Spectral Interferences ในทางปฏิบัติแล้วทำได้ยากเพราะ ICP ให้พลังงานสูง สามารถทำให้ธาตุปล่อยแสงออกมาได้หลายความยาวคลื่น ทำให้มีโอกาสเกิด Spectral Interferences เสมอ อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์จะต้องทำ Corection อยู่แล้ว

การวัดอิมิสชัน (Emission Measurement)

วิธีที่จะใช้ความเข้มของแสงที่ปล่อยออกมาจากธาตุที่วิเคราะห์นั้นโดยทั่วไปแล้วผู้ใช้เครื่องไม่มีโอกาสเปลี่ยนแปลงได้เลย เพราะบริษัทผู้ผลิตได้ออกแบบมาเสร็จเรียบร้อยแล้ว แต่ถ้าผู้ใช้เครื่องรู้วิธีที่เครื่องสามารถวัดได้อย่างไร ซึ่งมีความสำคัญจะทำให้ลดปัญหาไปได้หลายอย่าง

โดยทั่วไปการวัด อิมิสชันนั้นสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. เครื่องสเปกโทรมิเตอร์จะทำหน้าที่ Scan ที่ความยาวคลื่นที่ช่วงแคบๆ ของสเปกตรัม เพื่อหาความเข้มข้นสูงสุดที่จะวัดได้ หรือใช้วิธี “ Peak Search หรือ Wavelength Optimization ”

2. ใช้วิธีตั้งสเปกโทรมิเตอร์วัดอิมิสชันที่ความยาวคลื่นที่กำหนดให้

เครื่อง ICP สเปกโทรมิเตอร์ หรืออิมิสชันสเปกโทรมิเตอร์ ยังคงใช้วิธีวัดทั้งสองแบบข้างบนนั้นอยู่หรือใช้ทั้งสองวิธีร่วมกัน ทั้งสองวิธีนี้มีข้อดี ข้อเสียอยู่ในตัวของมันเองจึงขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ การออกแบบและราคา

อิมิสชันสเปกโทรสโกปีเป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการวิเคราะห์ทั้งในเชิงคุณภาพและในเชิงปริมาณเป็นเทคนิคที่มีสภาพความไวสูง ทำการวิเคราะห์ได้รวดเร็วและสามารถวิเคราะห์ได้ในขณะเดียวกันอาจถึง 72 ธาตุ ทั้งโลหะและอโลหะ ตัวอย่างที่ใช้ก็น้อย

ในการทำคุณภาพวิเคราะห์นั้นสามารถทำได้ง่ายๆ โดยการเปรียบเทียบ Spectral Line ที่ได้จากตัวอย่างกับ Spectral ของ Standard ซึ่งมีอยู่ในโปรแกรม Software Computer แล้วจะทำให้เราทราบได้ว่าตัวอย่างมีธาตุอะไรบ้าง

สำหรับการทำปริมาณวิเคราะห์ ถ้าต้องการให้ผลการวิเคราะห์ออกมาถูกต้องมี Relative Error น้อยกว่า ± 10% แล้วสิ่งสำคัญที่จะต้องระวัง คือ การเตรียมตัวอย่างและสารละลายมาตรฐาน ตัวแปรต่างๆ ทั้งการทดลองและเครื่องมือจำเป็นจะต้องควบคุมให้ดีพอ ในการวิเคราะห์ด้วยการใช้ อาร์ก หรือ สปาร์คจะมี Ralative Error ±1-5%

2.8 วิธีการวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง

2.8.1 ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมน้ำตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์

2.8.1.1 การเก็บและรักษาน้ำตัวอย่าง (Sample Handling and Preservation)

ในการหาปริมาณของโลหะจำนวนน้อย ๆ นั้น ข้อที่ต้องระมัดระวังมาก ๆ ก็คือการปนเปื้อน (Contamination) และการสูญหาย (Loss) ของเนื้อโลหะ ต้นเหตุสำคัญในการทำให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำตัวอย่างได้แก่ ฝุ่นในห้องทดลองสิ่งเจือปนที่อยู่ในรีเอเจนต์ที่ใช้และที่อยู่บนเครื่องใช้ในห้องทดลอง โดยทั่ว ๆ ไปการทดลองที่เกี่ยวกับสารที่เป็นของเหลว (ซึ่งในกรณีนี้เป็นน้ำ) ภาชนะที่ใส่สารตัวอย่างนั้นมีบทบาทสำคัญที่จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนเชิงบวก (positive error) หรือความคลาดเคลื่อนเชิงลบ (negative error) โดย

1. ภาชนะที่มีสิ่งปนเปื้อน (contaminants) ออกมาในขณะที่ทำการชะล้าง (leaching) หรือภาชนะเกิดขบวนการคายสารออกมาจากผิว (desorption)

2. ภาชนะดูดซับโลหะบางส่วนไว้ที่ผิว ทำให้ความเข้มข้นของโลหะลดน้อยลง ดังนั้นขวดเก็บน้ำตัวอย่างควรล้างให้สะอาด โดยทำตามลำดับต่อไปนี้คือ (1) ล้างด้วยสารซักฟอก และน้ำ (2) ล้างด้วยกรดไนตริก 1+1 และน้ำ (3) ล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริก 1+1 ตามด้วยน้ำ และ (4) ล้างด้วยน้ำกลั่น ดีอิออนไนซ์เป็นขั้นสุดท้าย

2.8.1.2 การเตรียมน้ำตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์

การเตรียมน้ำตัวอย่างเพื่อใช้ในการหาปริมาณโลหะแต่ละประเภทกระทำดังนี้

ก. ประเภทโลหะละลาย

ในการหาปริมาณ "โลหะละลาย" ต้องกรองน้ำตัวอย่างด้วยเครื่องกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้หลังจากเก็บน้ำตัวอย่างนั้น (เครื่องมือเครื่องใช้ในการกรองควรใช้ชนิดที่ทำด้วยแก้วหรือพลาสติก เพื่อหลีกเลี่ยงการปนเปื้อน) ใช้ 50–100 ลูกบาศก์เซนติเมตรแรกของน้ำตัวอย่างล้างขวดที่รองรับ เทน้ำส่วนนี้ทิ้งไปแล้วเก็บน้ำตัวอย่างที่กรองได้ต่อมา จนได้ปริมาตรที่ต้องการ นำน้ำตัวอย่างที่กรองได้นี้มาทำให้เป็นกรดด้วยกรดไนตริก 1+1 โดยปกติแล้วใช้กรดไนตริก 1+1 จำนวน 3 ลูกบาศก์เซนติเมตร ก็ควรจะพอเพียงที่จะเก็บรักษาน้ำตัวอย่างน้ำไว้ได้ ได้มีรายงานเสนอแนะไว้ว่า ถ้าน้ำตัวอย่างมีคุณสมบัติเป็น "บัฟเฟอร์" อย่างมากอาจจะต้องเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นจำนวน 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร ถ้าต้องการรักษาและเก็บน้ำตัวอย่างนั้นเป็นเวลานานๆ ดังนั้นต้องควรระวังให้ดีในการเก็บรักษาตัวอย่างที่มีคุณสมบัติพิเศษ การวิเคราะห์น้ำตัวอย่างซึ่งได้เตรียมมาโดยวิธีนี้เป็นการวิเคราะห์ "โลหะละลาย"

ข. ประเภทโลหะแขวนลอย

ในการนี้ให้กรองน้ำตัวอย่างจำนวนหนึ่งที่ยังไม่ได้ทำการเก็บรักษา(unpreserved sample) ด้วยเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร สำหรับน้ำตัวอย่างที่มีสารแขวนลอยปนอยู่มากให้ใช้น้ำตัวอย่างประมาณ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งกวนเข้ากันดีก่อนนำมากรอง

จดปริมาตรของน้ำตัวอย่างที่ใช้กรองและนำเยื่อกรอง ซึ่งมีสารที่ไม่ละลายอยู่ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมกรดไนตริกเข้มข้น 3 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปิดฝาบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกาแล้วทำให้ร้อนอย่างไม่รุนแรง ในที่สุดจะละลายเยื่อกรองทั้งหมด เพิ่มอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าและย่อยต่อไป เมื่อกรดได้ระเหยออกไปหมดแล้ว ทำให้เย็นแล้วเติมกรดไนตริกเข้มข้นลงไปอีก 3 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติม 1+1 ไนตริก ปริมาตร 2 ลูกบาศก์เซนติเมตรลงในสารที่เหลือที่แห้งอุ่นอย่างช้า ๆ จนกระทั่งสารนั้นละลายหมดติดผนังด้านข้างของบีกเกอร์และกระจกนาฬิกาด้วยน้ำกลั่นดีออนไนซ์ กรองสารละลายเพื่อกำจัดสารพวกซิลิเกต และพวกที่ไม่ละลายออกไป ปรับปริมาตรสุดท้ายของสารละลายให้เท่ากับปริมาตรที่คำนวณไว้ก่อน ซึ่งคาดว่าความเข้มข้นของโลหะจะอยู่ในช่วงที่ต้องการ สารละลายที่ได้พร้อมจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป (ความเข้มข้นของโลหะจะอยู่ในช่วงที่ต้องการสารละลายที่ได้พร้อมจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์) ความเข้มข้นของโลหะที่ได้นี้จัดอยู่ในประเภท "โลหะแขวนลอย"

ค. ประเภทโลหะทั้งหมด

ในขณะที่เก็บน้ำตัวอย่าง ทำน้ำตัวอย่างให้เป็นกรด (pH 2)โดยใช้กรดไนตริก 1+1 ไม่ต้องกรองน้ำตัวอย่างก่อนที่จะทำการทดลองต่อไป เลือกใช้ปริมาตรของน้ำตัวอย่างที่เหมาะสม (ซึ่งปริมาตรของโลหะอยู่ในช่วงที่คาดไว้) ถ้าในน้ำตัวอย่างมีสารแขวนลอยอยู่มากปริมาณที่เลือกใช้ คือ

50–100 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยเขย่าน้ำตัวอย่างให้เข้ากันดีเสียก่อน ปริมาตรน้ำตัวอย่างที่ใช้นี้อาจจะเปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนชนิดของโลหะที่ต้องการหา ถ่ายน้ำตัวอย่างที่ผสมกันดีดังกล่าวลงในบีกเกอร์แล้วเติมกรดไนตริกเข้มข้น 3 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตั้งบนเตาไฟฟ้าโดยไม่ให้น้ำตัวอย่างเดือด ขณะทำการระเหย ทำบีกเกอร์ให้เย็น แล้วเติมกรดไนตริกเข้มข้นลงไปอีก 3 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปิดฝาบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกาแล้วนำไปตั้งบนเตาไฟฟ้าอีก เพิ่มอุณหภูมิของเตาไฟฟ้าจนกระทั่งทำให้ของเหลวในบีกเกอร์เดือดปุดๆ เบาๆ (gentel reflux) ทำให้ร้อนต่อไป (เติมกรดไนตริกเข้มข้นลงไปอีกถ้าจำเป็น) จนกระทั่งการย่อยสลายเป็นไปอย่างสมบูรณ์ (โดยทั่วๆ ไปสังเกตได้จากของแข็งที่เหลือจะมีสีอ่อนๆ)เติมกรดไฮโดรคลอริก 1 + 1 ลงในบีกเกอร์ให้มีจำนวนพอที่จะละลายส่วนที่ละลายได้ของส่วนที่เหลือ แล้วอุ่นบีกเกอร์เพื่อช่วยในการละลายชะผนังภายในของบีกเกอร์และกระจกนาฬิกาด้วยน้ำกลั่น กรองสารละลายที่กรองได้ให้มีปริมาตรอันหนึ่งที่คาดว่าความเข้มข้นของโลหะอยู่ในระดับที่คาดคิดไว้ สารละลายตัวอย่างนี้พร้อมที่จะนำไปวิเคราะห์ต่อไป ความเข้มข้นของโลหะที่ได้นี้ บันทึกผลการทดลองเป็นประเภท “โลหะทั้งหมด”

ง. ประเภทโลหะสกัด หรือโลหะที่ละลายได้ในกรดผสมระหว่างกรด ไฮโดรคลอริก กรดไนตริก ที่เจือจางและร้อน

ทำตัวอย่างขณะทำการเก็บตัวอย่างให้เป็นกรดโดยเติมกรดไนตริกเข้มข้นจำนวน 5 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อลูกบาศก์เดซิเมตร เมื่อจะทำการทดลองให้แบ่งน้ำตัวอย่างซึ่งเขย่าให้เข้ากันดีแล้วจำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ถ่ายลงในบีกเกอร์หรือขวดแก้ว เติมกรดไฮโดรคลอริก (กลั่นใหม่) 1+1 จำนวน 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วต้มให้ร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส บนเครื่องอังไอน้ำหรือเตาไฟฟ้า นานประมาณ 15 นาที หลังจากนั้นให้กรองน้ำตัวอย่างและปรับปริมาตรสุดท้ายให้เท่ากับ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร น้ำตัวอย่างที่เตรียมได้นี้พร้อมที่จะทำการวิเคราะห์หาปริมาณ “โลหะสกัด” ต่อไป

2.9 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยต่างๆ เกี่ยวกับปริมาณโลหะหนักทั้งในน้ำ และตะกอนดินบริเวณทะเลสาบสงขลาพบว่ามีผู้วิจัยเกี่ยวกับทะเลสาบสงขลาจำนวนมาก ในที่นี้จึงขอยกตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโลหะหนักทั้งในทะเลสาบสงขลาและบริเวณต่างๆ ซึ่งมีผู้ศึกษาไว้ในลักษณะต่างๆ ที่พอจะนำมาเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยหาปริมาณโลหะหนักพวก ตะกั่ว แคดเมียม และทองแดง ในทะเลสาบสงขลาบริเวณอู่ต่อเรือ

รัชนีกร บำรุงราชหิรัณย์ และคณะ (2527) ศึกษาโลหะในน้ำทะเลและตะกอนดิน โดยการเก็บตัวอย่างน้ำทะเล 295 ตัวอย่าง และตัวอย่างตะกอนดิน 253 ตัวอย่าง ซึ่งเก็บจากอ่าวไทยตอนบน และชายฝั่งทะเลตะวันออก การวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่างน้ำทะเลและตะกอนดินใช้ Atomic Absorption Spectrophotometer (Techtron AA4) ส่วนปรอทใช้ Cold Vapour Technique ปรากฏว่าปริมาณโลหะหนัก

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

(ปรอท ตะกั่ว และแคดเมียม) ในน้ำทะเลที่เก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง แต่ละสถานีที่ทำการสำรวจขึ้นๆ ลงๆ เช่น สถานีที่ 8 (บริเวณบางแสน) พบปรอทมากถึง 386 ไมโครกรัม/ลิตร เมื่อวันที่ 16 พฤษภาคม 2525 แต่ตัวอย่างน้ำทะเลที่เก็บก่อนและหลังจากนั้น คือวันที่ 28 เมษายน และ 30 พฤษภาคม 2525 พบปรอทเพียง 0.5 ไมโครกรัม/ลิตร เท่านั้น และวันที่ 11 กรกฎาคม 2525 ไม่พบปรอทในตัวอย่างเลย อีกครั้งที่พบปรอท 60.3 ไมโครกรัม/ลิตร ที่สถานีที่ 8 เมื่อ วันที่ 28 พฤศจิกายน 2525 สถานีอื่นๆ ปรากฏว่าพบและไม่พบปรอท แสดงว่าปรอทที่พบไม่ใช่ปรอทที่ถูกพัดพามาตามแม่น้ำลงสู่ทะเล ส่วนตะกั่วและแคดเมียมที่พบในแต่ละสถานี ผลที่ได้ขึ้นๆ ลงๆ แสดงว่าโลหะหนัก (ตะกั่วและแคดเมียม) ถูกพัดพามาตามแม่น้ำลงสู่ทะเล

นันทนา สันตติวุฒิ และคณะ (2530) ศึกษาปริมาณโลหะหนักในน้ำบริเวณปากแม่น้ำรอบอ่าวไทย โดยการเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณปากแม่น้ำ 17 สายและคลองอีก 2 สาย ที่ระบายลงในอ่าวไทยระหว่างปี 2527-2529 พบว่าปริมาณโลหะหนักในน้ำบริเวณปากแม่น้ำสายต่างๆ ส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ยกเว้นปริมาณของตะกั่วที่พบในบริเวณปากแม่น้ำปราณบุรี แม่น้ำบางปะกง แม่น้ำตราด แม่น้ำประแส และแม่น้ำปัตตานี ซึ่งมีปริมาณตะกั่วเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.06-0.16 มิลลิกรัม/ลิตร สูงกว่ามาตรฐาน ที่กำหนดให้ ลักษณะการแปรผันของปริมาณตะกั่วในบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง แม่น้ำตราด แม่น้ำปราณบุรี และคลองด่าน ปริมาณตะกั่วในฤดูแล้งสูงกว่าใน ฤดูฝน ส่วนบริเวณปากแม่น้ำประแสในฤดูฝนกลับพบค่าสูงกว่าในฤดูแล้ง และบริเวณปากแม่น้ำปัตตานี พบค่าเท่ากันทั้งในฤดูฝน และฤดูแล้ง ดังตารางที่ 2.2

363.7394
ก 2751
134571
2 ก.ค. 2549

ตารางที่ 2.2 ปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในบริเวณปากแม่น้ำที่ไหลลงสู่อ่าวไทย ระหว่างปี 2527-2529

หน่วย : มิลลิกรัม/ลิตร

แหล่งน้ำ	Cd	Pb	Hg
คลองด่าน	0.020	0.06	nil
ระยอง	0.001	0.03	nil
บางปะกง	0.011	0.08	0.467
คลองบางพระ	0.008	0.05	0.640
ตราด	0.008	0.08	0.020
แม่กลอง	0.002	0.04	0.808
เจ้าพระยา	0.004	0.03	0.260
ปัตตานี	0.002	0.11	0.240
ประแส	0.012	0.09	nil
ปราณบุรี	0.002	0.06	0.153
ท่าจีน	0.002	0.03	0.055
เพชร	0.005	0.04	0.188
ตากใบ	0.008	0.03	nil
สายบุรี	0.002	0.02	0.310
ตาปี	0.006	0.03	0.174
โกลก	nil	nil	nil
ปากพนัง	0.005	nil	0.04
ชุมพร	0.004	nil	0.02
จันทบุรี	0.002	0.160	0.01
ค่ามาตรฐานสิ่งแวดล้อม	0.05	0.05	0.002

ที่มา:นันทนา สันตติวุฒิ และคณะ (2530)

โสมศิริ เดชารัตน์ (2545)ได้ศึกษาการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมในแม่น้ำตาปี-พุมดวง โดยทำการตรวจวัดความเข้มข้นรวมของตะกั่วและแคดเมียมในน้ำดิบและในตะกอนโคลนรวมทั้งศึกษารูปแบบทางเคมีต่างๆ (Form of metal species) ของตะกั่วและแคดเมียมที่ปนเปื้อนในตะกอนโคลนของโรงกรองที่มีการใช้น้ำดิบจากแม่น้ำตาปี - พุมดวง จำนวน 4 สถานีโรงกรอง คือโรงกรองประปาพระแสง โรงกรองประปาเดียนซา โรงกรองประปาดีรีรัฐนิคม และโรงกรองประปาพุนพินโดยวิธีการแยกลำดับส่วนและวิเคราะห์

ความเข้มข้นของ ตะกั่ว และแคดเมียมด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอพชั่นสเปกโตรโฟโตมิเตอร์แบบกราไฟต์เฟอร์เนส พบว่าความเข้มข้นรวมโดยเฉลี่ยตลอดปีของตะกั่วและแคดเมียมในแม่น้ำตาปี-พุมดวงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดิน (กำหนดให้ตะกั่วมีค่าสูงสุดไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตรและแคดเมียมมีค่าสูงสุดไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร) พบค่าความเข้มข้นของตะกั่วและแคดเมียมสูงสุดที่สถานีพระแสง (43.76 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 1.24 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ ซึ่งอยู่ต้นน้ำและมีค่าลดลงมาทางปลายน้ำ รูปแบบทางเคมีของตะกั่วที่พบมากที่สุดในทุกสถานีโรงกรอง คือ รูปแบบที่เป็นองค์ประกอบภายในผลึกแร่ โรงกรองน้ำประปาที่พบรูปแบบนี้มากสุดคือสถานีเคียนซา (ร้อยละ 76) และสถานีพุนพิน (ร้อยละ 72) รูปแบบทางเคมีของแคดเมียมที่พบมากที่สุด คือ รูปแบบที่สามารถดูดซับกับเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ ซึ่งพบมากสุดที่สถานีเคียนซา (ร้อยละ 72) และ สถานีพุนพิน (ร้อยละ 53) ส่วนรูปแบบที่เป็นองค์ประกอบ ภายในผลึกแร่ พบมากสุดที่สถานีพระแสง (ร้อยละ 42) การศึกษานี้สรุปได้ว่าการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมในน้ำดิบยังอยู่ในระดับที่ปลอดภัยโดยตะกั่วส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดจากแหล่งแร่บริเวณต้นน้ำและไม่สามารถแพร่กระจายสู่สิ่งมีชีวิตได้ ส่วนแคดเมียมส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดที่ไม่แน่นอน (non-point source) แต่อยู่ในรูปที่อาจแพร่กระจายสู่สิ่งมีชีวิตได้

วินิตา อธิไภริน (2537) ศึกษาการปนเปื้อนของปรอท ตะกั่ว และแคดเมียมในน้ำและตะกอนดินคลองอู่ตะเภา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โดยการเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนดินระหว่างเดือนตุลาคม 2535 ถึงเดือนเมษายน 2536 การวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำใช้เครื่อง Inductively Coupled Plasma Emission Spectrophotometer ส่วนการวิเคราะห์โลหะหนักในตะกอนดินใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer แบบ Direct Aspiration นอกจากปรอทซึ่งใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer แบบ Cold Vapour Generation Technique ผลการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยของปรอท ตะกั่ว และแคดเมียมในน้ำมีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินบริเวณสะพานถนนเลี่ยงเมืองหาดใหญ่ สถานีสูบน้ำเพื่อผลิตน้ำประปา สะพานถนนตัดใหม่ สะพานบ้านหาร สะพานวัดคูเต่าและบ้านแหลมโพธิ์นอกของคลองอู่ตะเภา ส่วนในตะกอนดินความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในบริเวณเดียวกันของคลองอู่ตะเภามีค่าเกินกว่าความเข้มข้นของแคดเมียมในดินปกติทั่วไป ความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วบริเวณบ้านแหลมโพธิ์นอกของคลองอู่ตะเภามีค่าเกินกว่าความเข้มข้นของตะกั่วในดินปกติทั่วไปนอกจากปรอทที่มีค่าไม่เกินความเข้มข้นของปรอทในดินปกติทั่วไป

การเปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วและแคดเมียมในน้ำและตะกอนดินระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง พบว่าที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (α=0.05) ความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในน้ำและตะกอนดินในฤดูฝน (ตุลาคมกับธันวาคม) สูงกว่าในฤดูแล้ง

อารมณ์ เชาวลิต (2534) ศึกษาโลหะหนักในตะกอนธารน้ำในลำคลอง 4 สายที่ไหลสู่ทะเลสาบสงขลา ผลการศึกษาโลหะหนักในตะกอนธารน้ำในลำคลอง 4 สาย คือ คลองลำสิน คลองชะรัต คลองปากพะเนียด และคลองปากพล พบว่า ปริมาณตะกั่วอยู่ในช่วง 4.17-21.91 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณการกระจายของตะกั่วในตะกอนธารน้ำจะเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะห่างจากแหล่งแร่ ซึ่งพบว่าในบริเวณใกล้แหล่งแร่มีปริมาณตะกั่วสูงกว่าบริเวณอื่น คืออยู่ในช่วง 15-21 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

และจะมีปริมาณลดต่ำลงมาทางทะเลสาบสงขลา ปริมาณของตะกั่วส่วนใหญ่ (ร้อยละ 85) มีค่าต่ำกว่า 15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และจากการศึกษารูปลักษณ์ทางเคมีของธาตุ โดยวิธีแยกลำดับส่วน (Sequential extraction) พบว่าปรอทอยู่ใน fraction exchangeable species โดยปริมาณใกล้เคียงกันตลอดลำน้ำ มีค่าอยู่ในช่วง 0.03-0.09 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณปรอทมีแนวโน้มต่ำลงไปทางทะเลสาบสงขลา การปะปนปรอทในส่วนนี้เนื่องจากปรอทสามารถรวมกับโลหะอื่นเป็นสารประกอบได้ดี

ตะกั่ว พบกระจายอยู่ 5 ส่วน โดยมีปริมาณมากในส่วน 5, 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ ในส่วนที่ 5 อยู่ในช่วง 4.24-5.91 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (39-45%) มีปริมาณสูงสุด (39.52 และ 15.57 ตามลำดับ) ในส่วนที่ 4 มีปริมาณอยู่ในช่วง 0.67-7.44 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (26-46%) ในส่วนที่ 3 มีปริมาณอยู่ในช่วง 1.53-1.96 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (6-16%) ในส่วนที่ 2 มีปริมาณอยู่ในช่วง 0.02-0.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณสูง 2.04-3.48 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในส่วนที่ 1 มีปริมาณอยู่ในช่วง 0-0.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นส่วนที่มีปริมาณน้อยที่สุด

แคดเมียม มีพบ 2 ส่วน คือ 1 และ 5 (exchangeable species และ residual species) ไม่พบในส่วนอื่น แต่ส่วนใหญ่อยู่ใน residual species ส่วนใน exchangeable พบปริมาณน้อยคือ 0.002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ใน residual พบอยู่ในช่วง 1.51-3.38 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณสูงสุด 6.32 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในการศึกษารูปลักษณ์ทางเคมีของธาตุโดยทั่วไปพบว่ามีแนวโน้มไปทางท้ายน้ำ (Downsteam) ของคลองชะรัต โดยโลหะหนักส่วนมากจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากอัตราการไหลของน้ำในบริเวณท้ายน้ำของคลองชะรัต ลดลงและมีปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนธารน้ำสูง และลักษณะของตะกอนมีสีแดงมีเหล็กออกไซด์สูง เหล็กสามารถดูดซับโลหะชนิดอื่นได้สูง จึงทำให้การสะสมโลหะในตะกอนบริเวณท้ายน้ำสูง และเนื่องจากความเป็นกรดเบสของน้ำมีค่าเป็นกลาง จึงทำให้โลหะละลายน้ำได้น้อย (โลหะบางชนิดตรวจวิเคราะห์ไม่พบและบางชนิดพบปริมาณน้อย)

ณรงค์ ณ เชียงใหม่ และคณะ (2522) ศึกษาโลหะหนักในตะกอนท้องน้ำในทะเลสาบสงขลา พบว่า ปริมาณแคดเมียมและตะกั่วมีค่าสูงกว่าโลหะหนักในดินปกติทั่วไป แคดเมียมมีปริมาณอยู่ในช่วง 8–10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ดินปกติ 0.14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และตะกั่วมีปริมาณอยู่ในช่วง 40–65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ดินปกติ 15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณตะกั่วในทะเลสาบตอนนอกมีค่าสูงกว่าในทะเลสาบตอนกลางและตอนใน ส่วนในทะเลสาบตอนนอกและตอนใน มีปริมาณใกล้เคียงกัน สรุปโดยทั่วไปปริมาณโลหะหนักที่พบในตะกอนท้องน้ำในทะเลสาบสงขลาโดยเฉลี่ยมีค่าสูงกว่าปริมาณในดินทั่วไปมากและกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ในทะเลสาบ และ ณรงค์ ณ เชียงใหม่ (2527) พบว่าโลหะหนักที่สะสมในสัตว์น้ำบริเวณทะเลสาบสงขลา มีปริมาณสูงกว่ามาตรฐานขององค์การอนามัยโลก กล่าวได้ว่าปริมาณโลหะหนักในตะกอนท้องน้ำในทะเลสาบสงขลามีปริมาณอยู่ในขั้นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม แต่ไม่มีการศึกษาค้นคว้าแหล่งที่มาของโลหะเหล่านี้เนื่องจากทะเลสาบสงขลาเป็นพื้นที่ลุ่มบริเวณรอบๆ ทางทิศตะวันตกมีทางน้ำสายไหลลงสู่ทะเลสาบ และคาดว่าสายน้ำเหล่านี้จะเป็นตัวกลางสำคัญที่นำโลหะหนักลงสู่ทะเลสาบ ซึ่งได้แก่ จากชุมชนในบริเวณลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา โรงงานอุตสาหกรรมหรือจากการทำ

เหมืองแร่ โดยที่สภาพในบริเวณนี้เป็นที่ทำเกษตร โรงงานอุตสาหกรรมมีน้อย ส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณทะเลสาบตอนนอก จึงคาดว่าโลหะหนักในทะเลสาบสงขลาส่วนใหญ่อาจมาจากชุมชน หรือจากการทำเหมืองแร่

รุ่งโรจน์ รัตนโอภาส วราภรณ์ ศิรินาวิน และ เพริศพิชญ์ คณาธารณา (2536) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณโลหะหนักบางชนิดในทะเลสาบสงขลา คือ Cd, Pb, Zn, Cu และ Hg. โดยใช้เทคนิค Stripping Potentiometry และนำเทคนิค GFAAS มาใช้เสริมในการวิเคราะห์ตัวอย่าง พบว่าปริมาณโลหะหนักส่วนใหญ่ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแต่ก็ควรให้ความสำคัญและระแวดระวังต่อการปนเปื้อนของสารตะกั่วเป็นกรณีพิเศษ เพราะแหล่งและสาเหตุตลอดจนโอกาสของการเกิดมลภาวะมีมาก

ภาสกร ถมพลกรัง และคณิต ไชยาคำ (2539) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณโลหะหนักในน้ำและตะกอนดินในทะเลสาบสงขลาตอนนอก โดยดำเนินการระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – สิงหาคม 2538 โดยแบ่งเป็น 9 สถานี โลหะหนักที่ทำการสำรวจได้แก่ เงิน แคดเมียม โคบอลต์ โครเมียม ทองแดง เหล็ก แมงกานีส นิเกิล ตะกั่ว และสังกะสี ในตะกอนดิน ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง เหล็ก ตะกั่ว และสังกะสี ทำการทดสอบโดยวิธี Analysis of Variance One – way และ Duncan is New Multiple Range Test พบว่าชนิดของโลหะหนักในรูปที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยในแต่ละสถานที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) คือ แคดเมียม โคบอลต์ แมงกานีส นิเกิล และตะกั่ว ปริมาณโลหะหนักในน้ำมีมากกว่าค่ามาตรฐาน คือ แคดเมียม ทองแดง เหล็ก และตะกั่ว มีค่าเฉลี่ยในแต่ละทุกสถานีเท่ากับ 0.035±0.019, 0.067±0.014, 0.467±0.165 และ 0.226±0.102 ppm ตามลำดับ ปริมาณโลหะหนักในตะกอนดินที่สำรวจพบว่าค่าเฉลี่ยในแต่ละสถานีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ทุกชนิด ยกเว้น เหล็ก โดยโลหะหนักทุกชนิดมีค่าเฉลี่ยในแต่ละสถานี ดังนี้ 0.31±0.158, 7.09±3.621, 656±3.621, 656±95.8, 20.88±7.795 และ 24.79±9.705 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ

จากการศึกษาของนักวิจัยหลายๆท่านเห็นได้ว่าปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนัก ตะกั่ว ทองแดง และแคดเมียม ในทะเลสาบสงขลามีแนมโน้มสูงขึ้น จึงควรมีการเฝ้าระวังการปนเปื้อน ให้มากยิ่งขึ้นเพื่อลดการเกิดมลภาวะที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม